钻石宝石学

王雅玫　张　艳　等编著

地质出版社

·　北　京　·

内 容 提 要

本书从钻石文化和市场，钻石的基本特征，钻石矿床，钻石的鉴定、加工、分级、合成、优化处理及商贸方面进行了系统、全面透彻的论述。其特点是：新——收集了钻石优化处理、合成钻石及钻石鉴定最新的研究成果，贯彻执行了2003年国家钻石分级新标准；细——对内容的解释细致入微，既有基本概念又有原理与方法的提高和深化；全——涵盖了与钻石有关的所有知识面，体现了“一书在手，学习内容全有”的指导思想；精——精讲精练，本书附录配置了各章节相应的学习要点、习题等内容，注重知识“点”与“面”、“教”与“学”的联系，努力实现由知识到能力的培养。本书集系统性、知识性、科学性、实用性于一体，是从事钻石加工、鉴定、分级、商贸与教学人员的重要参考书。

图书在版编目（CIP）数据

钻石宝石学/ 王雅玫，张艳等编著 . -北京：地质出版社，2004. 6
ISBN 7-116-04107-9

Ⅰ. 钻… Ⅱ. ①王… ②张… Ⅲ. ①金刚石 - 基本知识②宝石-基本知识 Ⅳ. P578

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 057388 号

ZUAN SHI BAO SHI XUE

责任编辑：郑长胜
责任校对：王素荣
出版发行：地质出版社
社址邮编：北京海淀区学院路 31 号，100083
电　　话：（010）82324508（邮购部）
网　　址：http:// www .gph .com .cn
电子邮箱：zbs@ gph .com .cn
传　　真：（010）82310759
印　　刷：北京中科印刷有限公司
开　　本：787 mm×1092 mm 1/ 16
印　　张：25. 25　插页：8 页
字　　数：600 千字
印　　数：1—3000 册
版　　次：2004 年 6 月北京第一版·第一次印刷
定　　价：88. 00 元
ISBN 7-116-04107-9/ P·2479

（凡购买地质出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社出版处负责调换）

目　　录

第一章　绪论……(1)
　第一节　钻石的传说……(1)
　第二节　钻石与爱情……(2)
　第三节　世界著名钻石……(4)
　第四节　钻石发现及开采的历史……(11)
　第五节　国内外钻石市场……(13)
第二章　钻石的基本特征……(16)
　第一节　结晶学特征……(16)
　第二节　钻石的类型……(22)
　第三节　钻石的性质……(25)
第三章　钻石矿床及采选……(35)
　第一节　钻石的形成……(35)
　第二节　钻石矿床的成因类型……(38)
　第三节　钻石的分布及产出现状……(48)
　第四节　钻石矿的开采……(53)
　第五节　钻石的分选和回收……(57)
第四章　钻石的鉴定……(64)
　第一节　直观鉴别……(64)
　第二节　放大检测……(68)
　第三节　仪器测试……(72)
　第四节　钻石与其仿制品的区分……(83)
第五章　钻石加工……(88)
　第一节　概述……(88)
　第二节　钻石加工的工艺过程……(89)
　第三节　钻石琢型……(104)
第六章　钻石分级概述……(112)
　第一节　钻石分级及其意义……(112)
　第二节　国际上有影响的钻石分级体系简介……(113)
第七章　钻石的颜色分级……(117)
　第一节　颜色分级概述……(117)
　第二节　颜色分级的标准……(120)
　第三节　颜色分级的条件……(123)
　第四节　颜色分级的方法……(127)
　第五节　彩色钻石的颜色分级……(133)
第八章　钻石的净度分级……(136)
　第一节　净度特征及意义……(136)

第二节　净度分级标准及判定…… (139)
第三节　净度分级的方法…… (144)
第九章　钻石切工分级…… (156)
第一节　钻石光彩形成的光学原理…… (157)
第二节　切工比例分级标准…… (162)
第三节　切工比例的仪器测量方法…… (165)
第四节　切工比例的目估方法…… (172)
第五节　钻石的修饰度分级…… (182)
第六节　花式钻石的切工分级…… (186)
第十章　钻石的克拉质量与尺寸…… (193)
第一节　钻石质量的意义及质量单位…… (193)
第二节　钻石的质量称量及质量分级…… (195)
第三节　钻石质量的估算…… (196)
第十一章　镶嵌钻石的分级…… (204)
第一节　镶嵌钻石的净度分级…… (204)
第二节　镶嵌钻石的颜色分级…… (206)
第三节　镶嵌钻石的切工分级…… (207)
第四节　镶嵌钻石的质量估算…… (210)
第十二章　钻石的优化处理及其鉴别…… (214)
第一节　钻石的呈色机理…… (214)
第二节　钻石的辐照处理及鉴别…… (222)
第三节　钻石的净度处理及鉴别…… (230)
第四节　钻石的覆膜处理及鉴别…… (235)
第五节　钻石的高温高压处理及鉴别…… (236)
第十三章　钻石的合成技术及合成钻石鉴别…… (241)
第一节　概述…… (241)
第二节　合成钻石的形成机制…… (243)
第三节　合成钻石的合成方法…… (249)
第四节　天然钻石与合成钻石的鉴别…… (260)
第十四章　钻石的销售…… (270)
第一节　钻石原石的销售…… (270)
第二节　成品钻石的销售…… (281)
第三节　钻石首饰的销售…… (287)
第十五章　钻石首饰评估…… (296)
第一节　钻石首饰评估的原则和目的…… (296)
第二节　钻石的价格体系…… (298)
第三节　钻石首饰估价的方法…… (306)
第四节　钻石首饰评估报告的内容…… (311)
附录　钻石宝石学学习/ 实习指导书 …… (314)
主要参考文献…… (397)

第一章

绪　　论

第一节 钻石的传说

钻石（Diamond），是一种由碳元素组成的等轴（立方）晶系天然矿物。其摩氏硬度为10，密度为3.53（±0.01）g/cm^3，折射率为2.417，色散为0.044。此外，钻石还具有高热导性、强抗腐蚀性等特点。它的矿物名称为金刚石，在金刚石矿产中能够达到宝石级的约占五分之一，称为宝石级金刚石，国外称“钻石原石”或“钻坯”。钻坯切磨成某种琢型后称为裸钻，国外称为成品钻石或抛光钻石。英文Diamond来自希腊文金刚adams一词，意为“无可征服”。

钻石源自远古，孕育于地球深部，带着与生俱来的神奇魅力和璀璨光彩，以其稀少、珍贵、坚硬无比和独一无二的特质，最能表达爱情、纯洁和忠贞等情感，是身份、权利、地位和成就的象征，因而令无数的人们向往它、追求它，甚至膜拜它。钻石之所以有如此丰富的内涵，与它源自不同文化信仰、交织着无数宗教神话和臆测，渲染了淘钻工人和商人的神奇传说有关。

自3000年前，在印度首次发现钻石后，有关钻石的由来就充满了神秘、传奇和浪漫的色彩。古希腊人认为钻石是星星陨落的碎片；也有人说钻石是天神的眼泪；更有人相信钻石是天水、天露结晶的产物；梵文中钻石被解释为由闪电而生；甚至连著名的科学家Robert Byle（1627～1691）也相信钻石可以繁衍钻石。

在人类沧海桑田变化的历史中，没有哪种宝石像钻石这样流传着许多动人、充满诱惑的传说和故事。其中最诱人的恐怕当数“钻石谷”的故事。传说在中亚有一个恐怖可怕的山谷中，满地都是钻石。天上有飞禽盘旋巡逻，地下有毒蛇严密把守，这些毒蛇的目光就可以置人于死地。只有那些机智勇敢的寻钻人，才能从这个山谷中找到钻石。据传他们把羊宰杀后撕成肉块，丢下谷底，血腥的羊肉便沾满钻石，正午时分，饥饿的秃鹰从山顶飞入谷底，抓起肉块，飞回山顶准备饱餐时，守候在山顶的寻钻人，大声吆喝，吓走秃鹰，获取钻石后，再将肉块留给秃鹰。巴西彩色钻石称誉全球，可矿区却位于托康廷斯河流非常荒凉的地带，当地人说到托康廷斯河比上天还难，途中要穿越荒僻的原始森林和漫无边际的沼泽地带，那里毒蛇横地，猛兽成群。荷兰探险家多次用皮筏企图越过沼泽地，均以惨痛失败而告终。这些传说都诉说了获取钻石比砂里淘金还要艰辛，比大海捞针还要艰难。

13世纪时，法国国王路易九世曾下令禁止所有的女性佩戴钻石，即便是皇室公主和贵族仕女也不例外。在他看来，只有圣母玛莉亚才配得上佩戴钻石。在印度，人们曾

把钻石镶嵌于印度教神像的眼睛上，可以看出人们对钻石的膜拜程度。

钻石金刚不坏的特性，也流传广泛。公元前一世纪，一位罗马诗人曾写到“钻石无惧敲击”。其后的一百年内几乎成了人人相信的事实。而巴西和南非的商人，正是利用了这样的传说，欺骗无知的淘钻者，击破他们送来的真钻石，让他们误以为检来的只是一般的石头，等淘钻者失望地离去后，便将钻石据为己有。

数千年以来，钻石就是世代皇权的标志。15 世纪以前，只有皇帝才能佩戴钻石，作为领兵打仗战无不胜和治理国家的护身符。据著名印度史诗《玛哈帕腊达》中记载，在三千多年以前，人们就用钻石来装点他们的英雄。法国王室贵族们对钻石的热爱，始于法兰西一世到路易十三世，在路易十四世达到顶峰，他收藏的钻石包括 112 克拉的法国蓝色钻石（French Blue），109 颗质量超过 10 克拉、273 颗 4～10 克拉及约 1100 颗的小钻石。遗憾的是法国大革命爆发的前夜，王室的珠宝被盗一空。俄国沙皇们也是不遗余力的追钻者。早在 1600 年沙皇收藏的珠宝中就已拥有镶满钻石的宝球和镶有 900 颗钻石及其他宝石的王座。1682 年彼得大帝和其弟伊凡五世的共同加冕典礼上，两人的皇冠就镶满了钻石。1762 年皇后凯萨琳宣布即位时所戴的皇冠上镶嵌的钻石多达 5000 颗，凯萨琳还把前情夫所赠的欧罗夫（Orloff）钻石，镶于皇室的权杖上。英国王室自 1300 年从黑王子爱德华开始，到 1907 年爱德华七世六十六岁生日收到世界最大的库里南钻石为止，收藏的钻石可以称得上是世界之最。英国王室是崇尚钻石，并用以显示他们的权力和地位的典范。时至今日，英国王朝加冕典礼中仍沿用镶有钻石的皇冠、皇服和皇杖作为权力的象征。

1700 年以前，钻石几乎为皇亲贵戚的专属品。第一个敢于冲破此规矩的寻常百姓是法王查理七世的宠爱安格丽斯·苏瑞，她多次在社交场合佩带钻石首饰以引人注目。在此后的几百年历史中，钻石逐渐演化为社会名流、工商巨贾追逐占有财富和炫耀成就的象征。如纽约赌场场主、两任国会议员、前世界重量级拳王约翰·茅瑞生，出版业巨子普立兹夫人，印度钢铁大王 Dorab Tata，希腊船王 Stavros Niarchos，珠宝业富豪哈里·温斯顿及社交名人安东尼，好莱坞明星玛莉莲·梦露、伊丽莎白·泰勒等都是钻石文化的追随者和传播者。

第二节 钻石与爱情

钻石以其神奇、光彩夺目深深地打动着人们的心，又因自然界罕见而显得格外珍贵，被誉为“宝石之王”。爱情是人类永恒的主题，女性使爱情充满魔力。女性的美与爱情之魂，古往今来，让无数文人墨客去咏叹。当印度最早发现这坚不可摧的钻石后，钻石便与爱情、与女性结下了不解之缘，使钻石文化与爱情文化紧密地联系起来。

钻石孕育于地球深部炽热的岩浆中，随着剧烈的火山爆发，来到了人间。虽然大自然亿万年的地质作用，可使海枯石烂，但钻石以其无可匹敌的硬度永恒不变。它成了永恒的信物，代表永恒之心，燃烧永恒之火，表达永恒之爱，作为爱的语言，诉说天长地久、永无尽头。

钻石的神奇之处还在于传说中爱神丘比特的箭头镶满了钻石，才因此充满爱的魔力。1477 年，奥地利大公麦西米伦把一枚钻戒送给法国勃艮地的玛莉，从此开创并建立了以钻戒订婚的人类文化传统。直到今天，以钻戒作为对女性爱的献礼，已经蔚然成风、风靡世界。

订婚钻戒戴在左手无名手指上更有一些美妙的传说。信奉基督教者相信这源自于婚礼仪式上，牧师手拿戒指轻触新人的左手，并说:“ 奉圣父、圣子、圣灵之名”，最后戒指戴在新人的左手第四个手指上，因而形成了这一传统。然而，浪漫的古埃及人却相信,“ 爱情之脉 ”是通过左手无名指与心房相连的。在中世纪，很多人相信，钻石不仅是爱的象征，而且具有维系爱情的功效，它能使濒临破裂的婚姻巩固起来。

1953 年，好莱坞著名影星玛丽莲 · 梦露主演了电影 《君子好逑》，当她第一次看到巴罗达月亮钻石时，激动得几乎停止了呼吸，留下了她对美的千古咏叹！她主唱的主题歌 《钻石是女人最好的朋友》，掀起了上流社会对钻石的追求热潮。歌中唱到:

手上轻轻一吻多么让人陶醉，
可只有钻石才是姑娘心中最好的朋友。
男人会变老，女人也会老，
我们最终都要失去青春的魅力。
唯有那些美丽的钻石，
却永远不会失去光彩，
钻石才是女人最好的朋友。
……

据人们考查发现，“ 爱人 ”这个美丽动情的词汇最早竟然出现在刻于一枚公元前 400 年前的订婚戒指上。英国国王享利在送给王后的戒指上刻着一句小诗“ 神把我差遣给您”，可谓留下了婚戒的千古绝唱了。自 15 世纪以来，婚约誓盟赠送钻石戒指已成为人类一种神圣的传统。

作为爱的一种纪念，美的一种标志，在文化背景上，最具象征意义的还是钻石。

年轻人选择钻石来作为他们定情、新婚的见证，通过钻石的完美及永久来祈望他们对爱情的美满及永远；年长者喜欢选择钻石来作为金婚纪念的标志，通过钻石的永恒来表明他们经过漫长岁月考验永生不变的爱心。

钻石是世界上最坚硬的物质，因此被喻为最能经得住各种考验，成为给人带来力量、美丽、幸福和长寿的象征物。所以，从结婚到金婚之间每一个生命之爱的纪念历程，它都可以在爱情之旅上建立起一个永恒的纪念塔。

钻石是世界上最明亮、璀璨的物质，因此用心灵之光编织的浪漫爱情故事，定会使人生的婚姻爱情倍添光彩。

钻石是世界上最传奇的物质。因此在社交场合，女性佩戴钻石又成为她们表现信心、突出个性，或者表达勇敢与成功的象征。这是自尊、自立、自强的心灵造型，不只是装饰文化，而是构成职业女性的一种美感状态。

钻石是世界上最昂贵的宝石，1988 年纽约索斯比拍卖行曾拍卖过一颗质量为 0. 95 克拉 （ct） 的钻石，每克拉价值竟达到 97. 5 万美元。但通常来说，钻石真正的价值不

完全在于它的价格本身，它象征着爱情之火生生不熄，生命之美绵绵不绝，它给女性带来浪漫的色彩，留下美好的回忆。人们购买钻石就是购买一个梦想、一个理想、一份情感。

用钻石文化语言，为女性诉说着生命的浪漫与激情。女性把钻石镶嵌在胸针上，显得高雅别致；镶嵌在吊坠上，显得魅力无穷；镶嵌在发夹上，更有一种别样的意境。有了钻石文化，女性美的文化更有一番升华。

现代人从自然情感出发，对钻石颜色的象征意义赋予了丰富的内涵。女性佩戴白色的钻石，象征着“纯洁、忠贞”，红色的钻石表示“热情似火”和“活泼天真”；蓝色的钻石表示“柔情似水”和“娇媚可爱”。

不同形状的钻石也表达了女性不同的气质和性格。心型的钻石象征着温和和幸运；圆形的钻石代表着热情与智慧、可靠而易于满足；方形的钻石是典型的严谨、持重、有条不紊的生活形态；橄榄形适合于真诚、果断，具有强烈自我意识、丰富创造才能的人佩带；梨形钻石表达的是渴望体验新生活、勇于挑战新事物、理性与感性兼顾的特质。

第三节 世界著名钻石

人类开采钻石已有数千年历史，但自古代以来大于 20 ct 的钻石颇为罕见，而大于 100 ct 的钻石则更是视为珍宝。在原苏联，把大于 20 ct 的钻石都给予定名，收藏在俄罗斯莫斯科克里姆林宫军械“钻石库”。

世界历史上有数的著名钻石都是无价之宝，有关它们的发现、特征、大小、加工工艺和价值等都是重要的宝石学资料。目前，世界上已发现 400 ct 以上的钻石原石见表 1 - 1，经过加工的世界名钻见表 1 - 2。

表 1 - 1　世界上 400 ct 以上钻石原石一览表

名　　称	质量 (ct)	颜色	发现时间 (年)	产出国家	名　　称	质量 (ct)	颜色	发现时间 (年)	产出国家
库利南 Cullinan	3106	无色	1905	南非	高贵无比 Excelsior	995. 20	无色	1893	南非
塞拉利昂之星 Star of Sierra Leone	968. 80	无色	1972	塞拉利昂	萨伊 Znle	890. 00	金黄色	1984	西非
大莫卧儿 Great Mogul	787. 50	无色	1650	印度	沃耶河 Woyie River	770. 00	无色	1945	塞拉利昂
琮克尔 Jonker	726. 60	无色	1934	南非	瓦尔加斯总统 President Vargas	726. 60	无色	1938	巴西
雷兹 Reitz	650. 80	无色	1895	南非	无　　名	620. 14	无色	1984	南非
巴姆哥尔德原石 Baumgold Rough	609. 25	无色	1922	南非	莱索托 Lesotho	601. 25	淡褐色	1967	莱索托
无名 (产于 Jagers-fontein)	600. 00	无色	1884	南非	高亚斯 Goyas	600. 00	无色	1906	巴西
无名 (产于 Preimer)	593. 50	无色	1919	南非	无名 (产于 Jagers-fontein)	572. 25	无色	1955	南非

续表

名　　称	质量 (ct)	颜色	发现时间 (年)	产出国家	名　　称	质量 (ct)	颜色	发现时间 (年)	产出国家
无名 (产于 Jagerfontein)	565.75	无色	1912	南非	无名 (产于 Jagersfontein)	537.00	无色	未知	南非
无名 (产于 Woyie River)	532.00	未知	1943	塞拉利昂	莱索托 B Lesotho B	527.00	无色	1965	莱索托
无名 (产于 Premier)	523.74	无色	1907	南非	无名 (产于 Premier)	514.00	无色	1911	南非
温达 Venter	511.25	淡黄色	1951	南非	无名 (产于 Jagersfontein)	507.00	无色	1914	南非
无名 (产于 Kimberley)	503.50	无色	1896	南非	巴姆哥尔德 II Baumgold II	490.00	黄色	1941	南非
无名 (产于 Premier)	487.25	无色	1905	南非	维克多利亚 1884 Victoria 1884	469.00	无色	1884	南非
无名 (产于 Premier)	458.75	无色	1907	南非	无名 (产于 Premier)	458.00	无色	1913	南非
达尔西·瓦尔加斯 Darcy Vargas	455.00	褐色	1939	巴西	无名 (产于 Premier)	444.00	无色	1926	南非
无名 (产于 Du - toitspan)	442.25	无色	1917	南非	尼扎姆 Nizam	440.00	无色	1835	印度
和平之光 Light of Peace	435.00	无色	1969	塞拉利昂	无名 (产于 Jagersfontein)	430.50	无色	1913	南非
戴比尔斯 De Beers	428.50	淡黄色	1888	南非	维克多利亚 1880 Victoria	428.50	淡黄色	1880	南非
无名 (产于 De Beers)	427.50	无色	1913	南非	冰神 Ice Queen	426.50	无色	1954	南非
无名 (产于 Jagersfontein)	419.00	无色	1913	南非	比尔格伦 Berglcn	416.25	褐色	1924	南非
勃劳德利克 Brodrick	412.50	未知	1928	南非	彼特 Pitt	410.00	淡蓝色	1701	印度
无名 (产于 Premier)	409.00	无色	1913	南非	杜特拉总统 President Du-tra	407.68	无色	1949	巴西
无名 (产于 Jagersfontein)	407.50	无色	1926	南非	科罗曼德尔 IV Coromandel IV	400.65	未知	1948	巴西
无名 (产于 De Beers)	400.00	无色	1891	南非					

据栾秉趁 (1984) 略修改。

表 1 - 2　世界成品钻石一览表

名　　称	发现时间 (年)	质量 (ct)	颜色	产出国	最后所有者	资料时间 (年)
金色庆典	1986	545.67	金褐黄色	南非 (普列米尔)	泰国国王加冕 50 周年庆典时，泰国商人送给泰王的纪念物	2003
库利南 I Cullinan I	1905	530.20	无色	南非 (阿扎尼亚)	伦敦，英国皇家珠宝	1978
天下无敌 Incomparable	1984	407.48	黄色	未知	美国钻石商	
库利南 II Cullinan II	1905	317.40	无色	南非	伦敦，英国皇家珠宝	1978

续表

名　　称	发现时间(年)	质量(ct)	颜色	产出国	最后所有者	资料时间(年)
大莫卧儿 Great Mogul	1650	280.00	无色	印度	1739 年在马德里被盗	
尼扎姆 Nizam	1835	277.00	无色	印度	印度海德拉巴市的尼扎姆	1934
世纪之钻 Centerary	1988	273.00	无色	南非	戴比尔斯联合矿业责任有限公司	1998
大平原 Great Table	1642	250.00	粉红色	印度	分割为“光之川”和“努尔·乌尔·艾因”两颗	1966
印度人 Indian	—	250.00	无色	印度	不详，1869 年为西德布伦尼克公爵所有	
欢乐节 Jubille	1895	245.35	无色	南非 (阿扎尼亚)	巴黎，巴乌尔—路易斯·维勒所有	1971
戴比尔斯 De Beers	1888	234.50	黄色	南非 (阿扎尼亚)	不详，约在 1890 年卖给印度王子	
维克多利亚 1880 Victoria 1880	1880	228.50	黄色	南非 (阿扎尼亚)	不详，约在 1890 所卖给印度王子	
红十字 Red Cross	1981	205.00	鲜黄	南非 (阿扎尼亚)	不详，1918 年在伦敦出卖，内有十字包体	
千禧之星 Enamour Diamond Millennium Star	1990	203.00	无色	刚果共和国	戴比尔斯	1999
非洲黑星 Black Star of Africa		202.00	黑色	南非 (阿扎尼亚)	不详，1971 年在东京展出过	
奥尔洛夫 Orloff	18 世纪前	189.60	无色	印度	1775 年卖给俄国人奥尔洛夫，现藏克里姆林宫	1968
光之川 (伊朗) Darya-I-Nur (Iran)	古代	185.0	粉红色	印度	德黑兰，伊朗王室珠宝	1968
维克多利亚 1884 Victoria 1884	1884	184.50	无色	南非 (阿扎尼亚)	不详，曾报道卖给海德拉巴市的尼扎姆	1900
月亮 Moon		183.00	淡黄	南非	不详，1942 年在 Southby's 附近出卖	
伊朗人—I Iranian I		152.16	微黄	南非	德黑兰，伊朗王室珠宝	1968
和平之光 Light of Peace	1969	150.00	无色	塞拉利昂	美国得克萨斯州达拉斯城的考尔帕拉逊	1971
光之川 (达卡) Darya-i-Nur (Dacca)	1642	150.00	无色	印度	不详，1959 年在达卡出卖	
摄政王 Regent	1701	140.50	淡蓝色	印度	巴黎，藏罗浮宫博物馆	1978
弗洛伦萨人 Florentine	15 世纪前	137.27	黄色	印度	1929 年在奥地利女王家中被盗	
泰菲尼 Tiffany	1878	128.51	黄色	南非 (阿扎尼亚)	属纽约泰菲尼所有	1978
葡萄牙人 Portuguese		127.02	无色	巴西	华盛顿茵斯泰社逊所有	1978
琮克尔 Jonke	1934	125.65	无色	南非 (阿扎尼亚)	泥泊尔王后所有	1959
光明之山 Koh-i-noor	1304	108.83	无色	印度	伦敦，英国皇家珠宝	1978
大菊花 Great Chrysanthemum		104.15	古铜色	南非 (阿扎尼亚)	纽约尤利乌斯·科恩所有	1971

续表

名　　称	发现时间（年）	质量（ct）	颜色	产出国	最后所有者	资料时间（年）
东方之星 Star of the East		94.80	无色	印度	1952 年法鲁克国王流放后不详	
库利南 III Cullinan III	1905	94.40	无色	南非（阿扎尼亚）	伦敦，英国皇家珠宝	1978
沙赫 Shah	古代	88.70	无色	印度	藏俄罗斯克里姆林宫	1968
爱神 Spoonmakcr's	古代	84.00	无色	印度	藏伊斯坦布尔托卡比博物馆	1966
莱索托 Lesotho		71.73	无色	莱索托	由海利·温斯顿卖于私人	1971
幽灵之眼 Idol's Eye	古代	70.20	无色	印度	芝加哥，归海利·莱温逊所有	1971
卡蒂尔 Cartier		69.42	无色	南非（阿扎尼亚）	伊莉莎白·塔乌罗尔所有	1970
德兰士瓦 Transvaal		67.89	淡橙黄	南非	华盛顿茵斯泰杜逊所有	1978
努尔·乌尔·艾因 Nur-ul-Ain	1642	60.00	粉红色	印度	德黑兰，伊朗王室珠宝	1969
桑西 Sancy	古代	55.00	无色	印度	英格兰阿斯托尔家藏	1966
希望 Hope	1730	45.52	蓝色	印度	华盛顿茵斯泰杜逊所有	1978
纳沙克 Nassak	古代	43.38	无色	印度	康涅狄格州爱德华所有	
德赖斯顿绿 Dresden Green	古代	41.00	绿色	印度	藏德累斯顿历史博物馆	1971
维特尔斯巴克 Wittels bach	古代	35.32	蓝色	印度	由孔克米尔卖给私人	1966
尤金蓝 Eugenie Blue	古代	31.00	蓝色	印度	华盛顿茵斯泰杜逊所有	1978
威廉姆逊 Willamson		23.60	粉红	坦桑尼亚	伊莉莎白二世所有	1971
温克尔萨姆 Uncle Sam		12.42	无色	美国	由西德的奈·德·扬卖给私人	1971
戴维 Dewey		11.15	无色	美国	1898 年约翰·莫里西死后一直不详	
阿肯色之星 Star of Ancan-sax		8.27	无色	美国	私人所有	1968

据栾秉趁（1984）略修改。

一、世界最大的钻石——“库利南”

1905 年 1 月 25 日，南非的普列米尔矿在收工之际，一位名叫佛德瑞克·威尔士的工地总监在例行巡查时，突然间一名工人上气不接下气地跑来，拉他到一个矿坑旁，指给他看一块半露在泥土中的闪闪发光的东西。佛德瑞克用小刀将它挖出的一刹那，顿时惊呆了。那是一块巨大的纯净透明的高品质钻石，质量为 3 106.75 ct，大小相当于一个成年男子的拳头。这就是迄今为止世界上最大的钻石晶体。由于当天该矿的创始人汤玛士·库利南也正好莅临指导工作，故以“库利南”命名。“库利南”不是一个完整的晶体，只是一个大晶体的部分碎块。1919 年，在普列米尔矿山又发现一颗重达 1 640 ct 的钻石，它也是一个大晶体的碎块，并且颜色和“库利南”相似。因此，有人认为它与“库利南”是同一个大晶体碎裂而成的，而没有给它专门命名。只可惜这块大晶体后来在选矿时被弄碎了。

“库利南”由于太大，当时没有人能买得起。后由南非的德兰士瓦地方当局用 50 万

英镑买下“库利南”钻石，并在1907年12月9日为祝贺英国国王爱德华七世66岁的生日赠送给英国皇室了。1908年初，“库利南”被送到当时琢磨钻石最权威的城市——荷兰阿姆斯特丹市，交给约·阿斯查尔（Asscher）公司加工，加工费8万英镑。由于原石太大，需要事先按计划劈开成若干小块。这是一件极其困难的工作，如果研究不够或技术欠佳，这块巨大的钻石就会被打碎成一堆没有什么价值的小碎片。劈钻工作交给了荷兰著名工匠约·阿斯查尔。他用了近两个月的时间来研究“库利南”，按它的大小和形状制造了一个玻璃模型，并设计了一套工具。他先用这些工具对玻璃模型试验，结果达到了预期的要求。1908年2月10日，他和助手来到专门的工作室中，用一个大钳子紧紧钳住“库利南”，然后将一根特制的钢楔放在它上面预先磨出的槽中。约·阿斯查尔用一个沉重的锤子敲击钢楔。“啪”的一声，“库利南”纹丝不动，钢楔却断了。阿斯查尔脸上淌着冷汗，在那紧张得像要爆炸的气氛中，他放上了第二根钢楔，再使劲地敲击一下，这一次，“库利南”完全按照预计裂为两半，而阿斯查尔却昏倒在地板上了。

“库利南”被劈开后，由3个熟练的工匠进行琢磨，他们共用了8个多月的时间，每天工作14小时才完成。一共磨成了9粒大钻石（表1-3）和96粒小钻石。总质量为1 063.65 ct，仅为“库利南”原质量的34.25%。由“库利南”磨成的9粒大钻石（表1-3），全部归英国王室所有。9粒之中最大的一粒名叫“库利南第Ⅰ”，也称“非洲之星第Ⅰ”，质量为530.2 ct，为梨形，共琢磨了74个面。它是现今世界上第二大成品钻石，镶在英国国王的权杖上。次大的一粒叫做“库利南第Ⅱ”或“非洲之星第Ⅱ”，质量为317.4 ct，外观垫形，磨有64个面，它是世界上第三大钻石，现镶在英国国王王冠下方的正中。“库利南第Ⅲ”和“库利南第Ⅳ”，曾被镶在1911年制成的玛莉王后的王冠上，后又取下归王后收藏，王冠上则用水晶的复制品代替。

表1-3　库利南9粒大钻加工款式及质量

序　　号	名　　称	加工款式	质量（ct）
1	库利南Ⅰ（非洲之星Ⅰ）	梨　　形	530.20
2	库利南Ⅱ（非洲之星Ⅱ）	方　　形	317.40
3	库利南Ⅲ	梨　　形	95.00
4	库利南Ⅳ	方　　形	63.70
5	库利南Ⅴ	心　　形	18.85
6	库利南Ⅵ	橄榄形	11.55
7	库利南Ⅶ	橄榄形	8.77
8	库利南Ⅷ	长方形	6.80
9	库利南Ⅸ	水滴形	4.39

二、带来幸运的钻石——“布拉冈斯”

18 世纪末，在南美洲葡萄牙的殖民地巴西境内，发现了钻石矿。当时的葡萄牙国王为了垄断这些宝藏，规定居民凡采到重 20 ct 以上的钻石必须上交给皇家，如果隐瞒将处以重罚。到了 18 世纪 90 年代初，在巴西东部的米纳斯吉拉斯州，有 3 个因犯有重罪而被终身流放的犯人，被迫从事开采钻石的艰辛劳动。1798 年的一天，幸运似乎向这 3 个犯人招手了，他们在沿着阿巴依戴河寻找钻石时，突然发现一块几乎有鹅蛋那样大的“砾石”，它无色透明而略带微蓝，3 个犯人认为可能是钻石，便把它悄悄地带了回来。经过商议他们决定把钻石交上去，希望由于这一功劳而得到国王的赦免。但是，犯人想见当地官员是不容易的，又怕被别人骗走了钻石。结果他们求助于当地神甫帮助。神甫是个好心人，经过一番周折，终于将这粒珍宝交到了葡萄牙驻巴西总督手中。面对这样大的钻石，总督不敢相信它是真的，于是找来专家进行鉴定，结果是惊人的！它不仅是一块钻石，而且是当时世界上最大的钻石。最后，这颗珍贵的钻石送到葡萄牙王宫中。由于发现巨大钻石的功劳，3 个流放犯被赦免，协助他们的神甫获得了一笔传教费作为奖励。这块钻石重达 1 680 ct，因为它发现于阿巴依戴河的河滩上，故最初按地名命名为“阿巴依戴”，后来，因归葡萄牙王族所有，又以王族的姓来命名，改称“布拉冈斯”。“布拉冈斯”进入葡萄牙王宫之后，就销声匿迹了，在钻石历史上，留下一个悬念。

三、充满血腥的钻石——“沙赫”

钻石稀少、昂贵，难免使一些心怀叵测的人为之觊觎，甚至不惜以血的代价猎取。“沙赫”钻石就是这样一颗充满血腥的历史名钻。

400 多年以前，在印度的戈尔康河谷，成千上万的人顶着酷热在寻找钻石，结果在混杂的砂砾石中，一名矿工惊喜地发现了一块闪闪发亮的石头。它纯净透明，微带黄色，大小为 4×2 cm^2，质量为 99.75 ct（毛坯）。这就是后来被称为“沙赫”(Shah) 或“沙皇”的著名钻石。

“沙赫”被送进了当时一位邦君阿麦德那革的宫殿，邦主找来了印度的宝石工匠先磨了一些极细的钻石粉末，再用尖尖的细棍蘸取这种粉末在这块钻石上刻字。不知道花了多少时间，经历了多少困难，才在它的一个晶面上刻下了几个波斯文：“布尔汗 - 尼查姆——沙赫第二，1000 年”(沙赫为地方统治者的称呼)。

当时，统治这些邦的是印度北部的莫卧儿大帝。他派了几个使臣到各邦去勒索贡品，但带回的财物很少，仅 15 只象和 5 件珠宝。莫卧儿大帝在盛怒之下，派大军攻进了阿麦德那革统治的邦，夺走了他的全部宝物，其中包括这颗“沙赫”钻石。1627 年莫卧儿帝国的皇帝查罕基驾崩，接着在他的儿子们之间爆发了为争夺帝位的血腥战争。结果小儿子沙杰汗杀死了两个哥哥，登上了皇帝的宝座。这位皇帝不仅是鉴赏宝石的行家，而且自己也会琢磨宝石。于是，他亲自在这颗钻石的另一晶面上又刻了几个字：“杰汗格沙赫之子——杰汗沙赫，1051 年”。在这两次刻字之后，这颗钻石也就被人们

叫做“沙赫”。1657 年沙杰汗身患重病时，皇宫中也酝酿着阴谋。他的 4 个儿子策划夺取皇位，把父亲的权力和财宝攫为己有，结果最会玩弄权术，又善于作战的三儿子奥朗则布获胜。他杀了三个兄弟，又将患病的老父亲沙杰汗囚禁在旧宫中，自己做了皇帝，成为这颗“沙赫”钻石的新主人。他又在这颗钻石上刻下一条槽，用金丝将“沙赫”悬吊在宝座的前方，这样他可以时时看到它。据说把钻石悬吊起来可以避邪。1687 年贪婪的奥朗则布登位后到处出兵征讨，占领了戈尔康达地区，独霸这里的宝石。1707 年奥朗则布死后，莫卧儿帝国开始逐渐解体，昏庸贪婪而又暴虐的统治者们加快了分裂和衰落的步伐。1739 年波斯的纳狄尔沙赫率军侵入印度，占领了莫卧儿帝国的首都德黑兰，进行抢劫和血腥屠杀。“沙赫”钻石作为战利品，落入纳狄尔手中。它被第三次刻上:“卡杰尔，法塔赫，阿里沙赫”字样。经过这几次刻字和刻槽,“沙赫”的质量由原来的 99. 75ct 减为 88. 70 ct。1829 年俄国驻波斯大使在德黑兰被人刺死，沙皇俄国威胁要报复。为了平息沙皇的怒火，波斯派王子霍斯列夫·密尔查率领代表团到彼得堡谢罪。王子送给沙皇一件宝物，就是这颗饱经沧桑的“沙赫”钻石。此后,“沙赫”一直保存在俄罗斯。

四、噩运之钻——“希望”

椭圆型的“希望”钻石，质量为 45. 52 ct，具有极为罕见的深蓝色，而且隐约地透出一股凶恶的光芒。这可能是因为在它像迷雾一样的历史中，充满了奇特和悲惨的经历，它总是给它的主人带来难以抗拒的噩运。

1642 年，法国探险家兼珠宝商塔维密尔在印度西南部首先得到了这块巨大的钻石，质量为 112 ct。塔维密尔将钻石献给了法国国王路易十四，国王封他一个官职，并赏他一大笔钱。可噩运也随之降临，塔维密尔的财产，被他不孝之子花得精光，使他在 80 岁时穷得身无分文。这样，他不得不再一次到印度寻求新的财富。可是，这一次却在那里被野狗咬死。法国国王路易十四命人将这颗蓝色钻石琢磨，质量减为 69. 03 ct，可他仅仅戴了一次，就患天花死去。继位的路易十五成为钻石的新主人。他发誓不戴这颗深蓝色的大钻，可是，他把它借给情妇佩戴，结果这位情妇在法国大革命中被砍了头。这颗蓝色大钻石又传给了路易十六，他的王后经常佩戴此钻，结果双双被送上了断头台。路易十六王后的女友兰伯娜公主，随之成了这颗蓝色噩运之钻的主人。她大概也是因为戴了这颗倒霉的钻石，在法国大革命中被杀。

这颗蓝色钻石于 1792 年在法国的国库中被盗。窃贼的命运如何，不得而知，只知道它被重新琢磨了一次，质量减为 45. 52 ct，并于 1830 年在伦敦的珠宝市场上一出现，当即被银行家霍普（Hope）买去，价值 18 000 英镑。从此，这颗蓝色钻石叫做“霍普”。由于英文 Hope 又是希望的意思，故又名“希望”。银行家霍普将这颗蓝色钻石传给外孙。这位新的钻石主人后来娶了一位美国女演员约西为妻。不久，小霍普破产，约西和他离了婚。约西于 1940 年死于美国波士顿，她在晚年穷困潦倒，经常埋怨“希望”钻石给她带来难以摆脱的噩运。1906 年，小霍普为清偿债务被迫卖掉了“希望”。此后的两年之内,“希望”被转卖了多次。

1908 年,“希望”被土耳其苏丹哈密德二世用 40 万美元买走。据说，经手这笔买

卖的商人在带着他的妻儿出门时，汽车翻下了悬崖，全家一起遇难。“希望”在土耳其宫廷中由苏丹赏给他的亲信左毕德佩戴。不久，左毕德被苏丹处死。

1911 年，美国华盛顿的邮政负责人麦克兰，用 11.4 万美元购得了“希望”，他将它送给自己的妻子（Evalyn Walsh Mclean）作为礼物。麦克兰夫人骄横霸气、奢侈无度，1908 年在欧洲旅行结婚时就曾购买过著名的 94.8 ct 的东方之星钻石项链。有人告诉麦克兰夫人，这是一颗会带来噩运的钻石。麦克兰夫人一笑置之。她经常将“希望”与“东方之星”同时佩戴，以显示豪华与富有。可是，在她得到“希望”的第二年，她的儿子在一次车祸中丧生，而她的丈夫麦克兰先生酗酒成疯，不久后死于疯人院，她的女儿又因为服用安眠药过量，25 岁便香消玉陨。麦克兰夫人于 1947 年去世。麦克兰夫人生前在一切场合均不忘宣传钻石的浪漫与神奇。最后美国著名的大珠宝商温斯顿买下了她的全部珠宝，成了“希望”的新主人。温斯顿带着这颗噩运之钻，在不同的季节多次飞越大西洋，都平安无事。多少年过去了，温斯顿的家庭和睦、事业发达。迷信终于破灭了，噩运也结束了。这颗历尽坎坷，蒙受了无数不白之冤的美丽蓝色钻石——“希望”，找到了它的归宿。温斯顿把它作为礼物捐献给了国家，现藏于美国华盛顿史密森博物院。从此，它再也不是炫耀豪华和财富，或增加个人娇美的装饰品，而是成为国家的财富和科学研究的标本。

第四节 钻石发现及开采的历史

印度是世界上最早发现钻石的国家。据记载，3000 年前就已发现钻石。大约在 2000 年前，位于印度安得拉邦的戈尔康达王国，在克里希纳河、彭纳河及其支流的砾石层中，曾大规模地开采过钻石。传说，钻石最早是印度的一个奴隶在河床的沙石里发现的。当时找到的那颗钻石重约 136 ct，由于无处可隐藏，这位奴隶将钻石放在自己割开的小腿里面，后来被人发现其秘密而遭到了杀害。凶手将钻石带到英国卖了1 000英镑。几年后，价格已增到 13 万英镑。之后，这颗钻石几经转手又落入一位法国贵族的手里。这就是世界上第一颗钻石发现的经过。一直到 18 世纪中叶以前，印度是世界上唯一的钻石产地。世界一些著名的历史名钻均产于印度的戈尔康达，这些名钻包括“沙赫”、“光明之山”、光明之海”、“摄政王”、“纳萨克”、“印度之梨”及“希望”。可是，印度钻石产量不大，当世界上其他国家发现钻石后，它就几乎不再为人所知了。

1728 年，在巴西米纳斯吉拉斯州首次发现了钻石。随后又在皮奥伊州找到了含钻石的砂砾层。由于巴西钻石的产量比印度大得多，因而迅速取代了印度而成为当时世界钻石主要产地。这一垄断地位一直维持了 140 年。在巴西也发现过一些世界名钻，如世界第二大钻石——重达 1680.00 ct 的“布拉冈斯”，重达 726.60 ct 的“瓦加斯总统”。现今巴西也产钻石，但产量很低，只占世界产量的 1%。

1866 年，距南非开普敦殖民区霍普镇约 60 km 处的奥伦治河南岸，一天伊诺马斯·杰克布斯和一牧童出外游玩，路上牧童捡到一颗黄色闪亮的石头，扔给了伊诺马斯，伊诺马斯顺手把它装在兜里带回家送给妹妹玩。不久后，一位杰克布斯家的常客修克·

尼科克来到他家做客，谈话间妈妈提起了这块闪亮的石头，尼科克多少听说过一点有关钻石的事，就在杰克布斯家的玻璃上划了一下，果然划出了一条痕迹（此玻璃现存于开普敦博物院）。尼科克很喜欢这块漂亮的石头。好心的妈妈就将石子送给了客人。尼科克便把它带到了霍普镇请钻石商鉴定，钻石商也不敢作出肯定的结论，建议他送到哥士堡让地质学家鉴定。由于其他的原因，尼科克暂时放下了此事。1867 年的一天，尼科克向他一个做买卖的朋友欧瑞利（Oreilly）夸耀那颗会闪光的石头。欧瑞利便自告奋勇把它带到哥士堡鉴定。哥士堡的一位名人介绍他求助格雷安的一名地质学家。欧瑞利便将石头寄给了地质学家，地质学家回信证明确实是钻石。后来尼科克收到殖民区英国总督的一封信，说他愿出 500 英镑购买这颗石子。在当时 500 英镑是一笔不小的财产，尼科克同意卖掉这颗钻石。他没有忘记小女孩妈妈的好意和善良，从 500 英镑中分给了她一半。这是在非洲发现的第一颗钻石，质量为 21.25 ct。命名为“优瑞卡”（Eureka）（后切磨成椭圆刻面型，质量为 10.73 ct。1966 年戴比尔斯买下，1967 年为纪念“优瑞卡”100 年，作为礼物送给了开普敦议会）。过了两年尼科克忽然灵机一动，想到他过去曾听说一个黑人巫医也有一颗闪亮的大石子，他用这块石子念咒行医。尼科克心想，这颗石子莫非又是钻石。于是，他去拜访了这位巫医，很快就谈了一桩双方都非常满意的买卖。尼科克送给巫医 500 只羊、10 头母牛和一匹马，价值 250 英镑，换得了那颗亮晶晶的石子。那位巫医不仅惊异，而且很怕这位白人反悔。他哪里知道，转手之间，尼科克将这颗巨大的钻石卖给了利立菲公司，价格高达 11200 英镑。这颗钻石就是有名的“南非之星”（Star of South Africa），质量为 83.50 ct。

“南非之星”的发现震惊了世界，也震惊了南非。随之爆发了寻找钻石热潮。当时金伯利的报纸做了这样的描绘：“水手们离开了停泊在港口的船；士兵离开了军队；警察扔掉了步枪，放走了犯人；商人放弃了他们兴旺的生意；职员们离开了他们的办公室；农民们让他们大群的牲畜活活饿死。这些人全都向瓦尔河和桔河两岸赶来……”

成千上万如痴如狂的钻石挖掘者一窝蜂涌到金伯利，到处胡挖乱掘。有一个人挖了半天没有结果，就在一座泥屋的阴凉处坐下吸烟，他的脚在尘土中一踢，一颗闪亮的钻石跳了出来。于是他在泥屋的墙上、地面上乱刮乱挖，又找到不少钻石。另一个人在倒塌的猪栏里找到了钻石。这一下，整个金伯利像疯了一样，找钻石的人把整座房屋拆成废墟。可是，却找不到钻石了。又有人在一只鸭子的嗉子里，找到了大大小小上百粒钻石。于是，金伯利所有的鸡鸭全遭了殃。但是，谁也没有那第二次幸运，钻石似乎像幻影一样难以捉摸。

1871 年 7 月 16 日，库力斯堡合伙采掘队向地下深部挖掘获得了成功，在金伯利岩筒中找到了钻石。就这样，诞生了非洲第一座钻石矿——库力斯堡钻石矿，也称为“新热潮”矿。1889 年，戴比尔斯公司用一笔巨款购买了全部采矿权。这样，南非就成为世界上主要的钻石产地。直至今日在世界钻石市场上，一直扮演着极为重要的角色。

南非钻石矿的特点是颗粒巨大的钻石较多。例如，“库利南”（3 106 ct）、“高贵无比”（995.20 ct）等，世界上已发现的 2 000 多颗质量为 100 ct 以上的宝石级钻石，95%产于南非，由此可见一斑。

1907 年 11 月 4 日美国地质学家贾诺特在刚果共和国（原扎伊尔）的开塞河流域寻

找金矿时，偶然在马伊木乃村附近的河滩上发现了一颗重 0.10 ct 的小钻石。随后人们用类似淘金的方法，沿着河流淘洗砂砾中的钻石。经过近 40 年艰苦的地质工作，1946 年终于在姆布吉玛伊市附近发现了一批富含钻石的岩筒。多少年来，横贯刚果大草原的河流内发现了世界上最丰富的残积—冲积型砂矿，从而在 1953 年使刚果的钻石产量超过了南非，但其产值却远低于南非，这是由于刚果所产的多数是价廉的工业用金刚石。

1829 年，在俄罗斯乌拉尔的一个含金、铂的砂矿中，发现了第一颗钻石。此后，围绕着乌拉尔地区，花了 100 多年寻找钻石，只找到了一些小的砂矿，无开采价值。1937～1940 年，俄罗斯著名的地质学家 B·C·索波列夫经过长期研究后指出，西伯利亚地区与南非盛产钻石的地质情况十分相似，预测在西伯利亚地区有丰富的钻石资源。但找了 10 多年，仍无突破。1954 年他们利用镁铝榴石为线索，终于发现了第一个含钻石的岩管，并取名为“闪光”。随后，运用各种现代化的手段，在西伯利亚的雅库特地区找到了大量富含钻石的岩管，使俄罗斯从 1971 年起，钻石年产量超过 1×10^7 ct。俄罗斯钻石矿的特点是品级高。因此一直是戴比尔斯极力争取的合作伙伴。

20 世纪 20 年代，澳大利亚地质学家普顿德发表了自己的研究成果，认为澳大利亚的北部高原与南非盛产钻石的金伯利地区在地质条件上很相似，认为这里是产钻石的有利地区。到 20 世纪 60 年代，原苏联的成功引起了澳大利亚人的重视。当时，有几十家公司向政府申请勘探权，采用了各种最现代化的手段，终于取得了惊人的成果。在澳大利亚北部高原，发现了 60 多个岩筒；1976 年在西澳大利亚发现了一个与金伯利岩的地质条件相似，但物质成分不同属钾镁煌斑岩型含钻石的巨大岩筒，这就是著名的阿盖尔岩筒，直径近 1 000 m，占地面积竟达 84 万平方米。在这个巨大岩筒附近，还蕴藏着丰富的钻石砂矿。澳大利亚钻石的储量占世界总储量的一半以上。到了 20 世纪 80 年代后期，澳大利亚已成为世界钻石第一生产大国。

随着钻石热的不断掀起，在 20 世纪 60 年代后期，与南非接壤的博茨瓦纳发现了一系列重要钻石矿。如 1967 年发现的奥拉帕矿及 1978 年发现的杰旺年和莱特哈尼，使博茨瓦纳成为现今世界上钻石生产大国之一。

加拿大在 20 世纪 90 年代后发现了一个新的钻石产地，从 1991 年起在加拿大西北部内陆区的 Point 湖下，经过一年的地质勘察找到了该国首个金伯利岩筒。1998 年 10 月投产了第一个钻石矿——Ekati 矿。2003 年第二个价值 8.5 亿美元的钻石开采项目由英国奥里廷托公司与加拿大钻石公司合资经营，并已投产。预计 2006 年后加拿大将成为世界上又一个钻石生产大国。

第五节 国内外钻石市场

一、世界钻石生产、消费状况

世界上主要钻石生产国为博茨瓦纳、俄罗斯、南非、安哥拉、纳米比亚、澳大利亚和刚果共和国。根据戴比尔斯 20 世纪 90 年代末的资料，按钻石产量排序，世界上主要

钻石生产国为澳大利亚、原扎伊尔、博茨瓦纳、俄罗斯、南非，这5个国家的钻石产量占世界总产量的90%以上。世界上金刚石产量自1983年突破徘徊多年的4.5×10^7 ct，1983～1988年的产量分别为5.52×10^7 ct、6.69×10^7 ct、6.65×10^7 ct、8.96×10^7 ct、9.07×10^7 ct、9.87×10^7 ct。20世纪90年代以后，世界金刚石产量一直维持在1×10^8 ct以上，增长速度减缓。按钻石产值排序，世界上主要钻石生产国为博茨瓦纳、俄罗斯、南非、扎伊尔、安哥拉、澳大利亚、加拿大和纳米比亚。

长期以来，钻石原石的销售基本上由戴比尔斯控制，它拥有世界上最大规模的钻石矿山——维涅蒂钻石矿，并与博茨瓦纳、纳米比亚等国合作开采，所产钻石价值约占全球总产值的一半，它还通过与主要钻石生产国签订协议收购钻石，戴比尔斯下属的原中央销售组织（Central Selling Organization——CSO），销售世界60%～80%的钻石原石。自1988年以来，原CSO钻坯销售基本保持在40亿美元以上；1999年、2000年分别达到52.16亿美元和56.7亿美元。2002年底戴比尔斯的钻石原石销售由改制后的国际钻石贸易公司（DTC）负责，当年钻坯的销售额达51.5亿美元，目前DTC约销售世界60%的钻石原石（表1-4）。

表1-4　1983年以来原CSO和现DTC钻石原石销售情况（亿美元）

年　份	销售额	年　份	销售额
1983	15.99	1993	43.66
1984	16.13	1994	42.5
1985	18.23	1995	45.31
1986	25.57	1996	48.34
1987	30.75	1997	46.4
1988	41.72	1998	33.45
1989	40.86	1999	52.16
1990	41.67	2000	56.7
1991	39.27	2001	43.41
1992	34.17	2002	51.1

钻石首饰零售占世界整个珠宝市场的80%以上。1993年世界钻饰零售突破400亿美元，1994年、1996年分别达到420亿美元、475亿美元，1998年尽管发生了亚洲金融风暴，世界钻饰零售额仍为510亿美元。据美国钻石业协会估计，世界钻饰销售仍以每年3%的速度增长。世界上钻饰主要消费国或地区为美国、日本、西欧、东南亚。目前，钻石首饰销售增长最快的是包括中国在内的东南亚各国，估计每年仍以8%的速度增长。

美国是世界上经济最发达的国家，国民生产总值居世界第一。钻石销售一直居世界前列。1996和1997年美国钻石首饰的销售额分别为179亿美元和204.5亿美元，占世

界总销售量的 35 %和 40%。目前美国女性拥有钻石的比例为 85%，1996 年美国人结婚钻戒的平均价格为 1822 美元。

日本是世界人口密度最大、经济实力最强的国家之一。但近十年来，日本经济一直不景气。受其影响，日本的珠宝业呈下滑走势，钻石市场的变化最为突出，从世界第一钻石消费市场，第一大进口国变为第二，并继续呈下滑趋势。1996 和 1997 年日本钻石首饰的销售额分别为 144 亿美元和 121.61 亿美元，占世界钻石销售额的 28%和 24%，为世界第二大钻石消费市场。在日本 76%的新娘拥有钻饰。东京地区女性人均拥有 2.8 件钻石首饰。铂金钻戒已成为日本订婚和结婚的最佳信物。

西欧是钻石消费的传统市场，1996 和 1997 年钻石销售量占世界销售总值的 18%和 14%。东南亚是世界钻石消费市场的后起之秀，也是十多年来钻石消费增长最快的地区，以 1996 年为例，东南亚的钻石销售占世界钻石销售额的 16%。香港作为国际金融贸易中心，20 世纪 80 年代以后已成为重要的珠宝首饰制造业中心、钻石贸易中心和消费中心。近几年的市场数值显示，香港钻石市场发展稳健，是世界中高档钻石重要的区域消费市场。

二、中国钻石市场状况

中国是一个新兴的钻石市场，尽管市场的发展仍处于初级阶段，但中国拥有世界 1/ 4 的人口且经济发展强劲。据戴比尔斯推测，中国将成为继美国、日本之后世界第三大钻石消费市场。自 20 世纪 80 年代以来，中国黄金珠宝市场得到迅猛发展，20 世纪 90 年代中期，黄金珠宝年销售额已超过 500 亿元（其中黄金在首饰销售中占据着主导地位），到了 90 年代后期，随着钻石文化的普及、人们消费观念的转变及消费者收入水平的提高，钻石首饰的销售呈现出快速发展的趋势。在过去的十年间，钻石首饰零售额的增长超过了 1000%，成为亚太地区增长最快的市场，是世界上最具潜力的钻石消费市场。1995～1999 年我国钻饰的销售额估计分别为 33 亿元、45 亿元、150 亿元、200 亿元、300 亿元人民币，2000 年以后钻石销售仍保持较快的增长，到了 2004 年估计达 580 亿元。世界钻石交易所最近派出调查小组对我国市场进行调查，该联合调查小组主席伊扎拉夫认为：“钻石贸易在中国是新兴贸易，且发展很好，有实现大幅度增长的巨大潜力”。2002 年戴比尔斯对我国 15 个大中城市调查，0.20～0.50 ct、VS 级、白色钻石的销量普遍有所上升，而 0.50～1 ct 的高品质钻石主要在经济发达的城市有需求。据戴比尔斯统计，在城市女性选择珠宝首饰的调查中，钻石被作为首选的目标。其中上海 54%的新娘拥有结婚钻戒，名列全国第一，其次是北京 44%，广州 20%，全国钻戒的平均拥有率约为 10%。随着中国钻石市场的发展和完善，中外合作交流的不断扩大，相对于欧美几近饱和的钻石首饰市场，中国钻石消费呈现出勃勃生机的局面，已成为国际钻石业关注的焦点。

第二章

钻石的基本特征

第一节 结晶学特征

钻石是由有规律重复排列的碳原子组成。碳和碳原子之间是以共用电子对（共价键）的形式键合在一起的。

碳原子之间的结合及排列情况是导致钻石的各种性质的根本原因。因此，要了解钻石的结晶学特征，首先要剖析碳原子的结构。

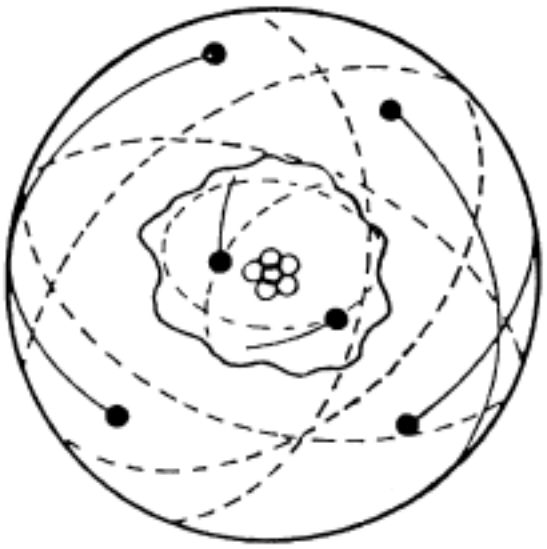


图 2 - 1　碳原子结构图，内层有 2 个电子，外层有 4 个电子，其运行轨道如虚线所示
（据《宝石钻石学教程》，陈钟惠译，1993）

一、碳原子结构

碳的原子序数为 6，它是由一个原子核（6 个质子和 6 个中子）及绕核运动的 6 个电子组成。内层的 1*s* 轨道充填 2 个电子，外层的 2*s*、2*p* 轨道充填有 4 个电子，同时还留下了 4 个电子轨道空位（图 2 - 1）。这些空位可以容纳其他原子的电子形成碳的多种化合物。在形成化合物时，碳原子既可以同电负性高的元素结合，也可以同电负性较低的元素结合，所以碳的氧化数可以从 + 4 变化到 - 4 价。但不管碳的氧化数的多少，碳原子的键数总是 4。

二、碳单质的晶体结构

碳有钻石和石墨两种同质多像变体。

钻石为等轴晶系，三向晶轴等长，其间以直角相交。每个碳原子通过 sp^3 杂化轨道同其周围的 4 个碳原子以 0.154 nm 间距相连接，形成 4 个共价单键，配布成一个正四面体。整个结构基型可视为以角顶相连接的四面体的组合〔图 2 - 2（a）〕。钻石晶体结构的单位晶胞为立方面心晶胞〔图 2 - 2（b）〕，其边长为 0.356 nm。碳原子在单位晶胞的分布是：8 个位于立方体晶胞的角顶；6 个位于面心，4 个位于晶胞的里面，即将立方体平分为 8 个小立方体，则在相间排列的每个小立方体中心还存在着碳原子。由于 C—C 键能很大，所有价电子又都参与了共价键的形成，晶体中没有自由电子。因此，钻石的这种晶体结构，导致了钻石具有高硬度、高熔点、不导电、化学性质稳定等特性。

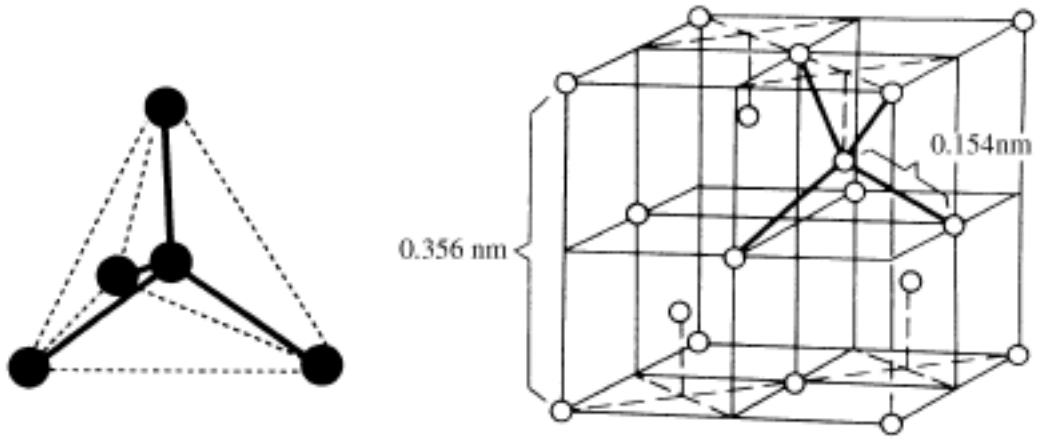


图 2 - 2　钻石的晶体结构

石墨具有典型的层状结构，每层由碳原子排列成六方环状网。上层面网的碳原子对着下层面网六方环的中心〔图 2 - 3（a)〕。面网内每一碳原子同另外 3 个碳原子相连结，其间距为 0. 142 nm。碳原子中的 4 个价电子只有 3 个电子参加成键。未参加成键的电子（ρπ 电子）能在整个片层内自由运动。两面网之间以分子键结合起来，面网之间的距离为 0. 340 nm，即较层内原子间距大两倍〔图 2 - 3（b)〕。因此，层间的价键弱于层内的价键。石墨的这种结构，决定石墨具有润滑性、导电、导热等性质。

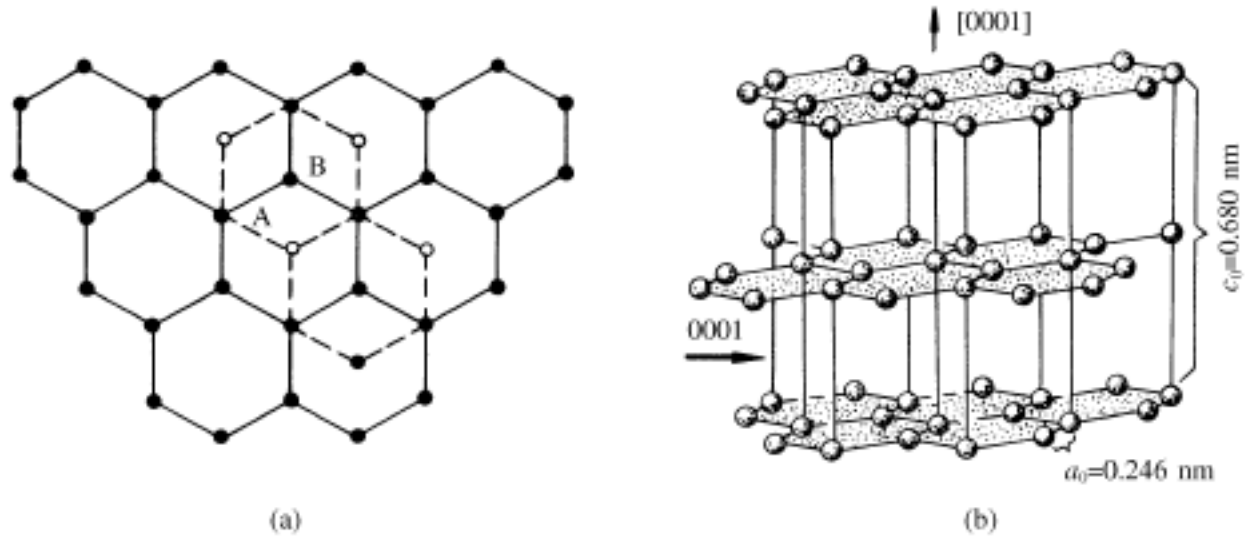


图 2 - 3　石墨的晶体结构

(a) 石墨层状晶体结构中原子的中心位置；(b) 石墨 - 2H 的晶体结构

钻石和石墨，由于晶体结构不同，它们的物理性质和化学性质都存在着明显的差异。

三、钻石的晶体形态

钻石中的原子排列如图 2 - 2 所示。可以认为钻石的基本单元是面心立方体。大量的基本单元按照一定的规律有序地排列在一起，组成一定的形态——构成了钻石的晶体形态（图 2 - 4)。钻石的晶体形态可以分为单形和聚形两种类型。单形是指由对称要素联系起来的一组晶面的总和；聚形是指由两种以上的单形聚合在一起所构成的晶体。钻

石常见有七种单形，分别是八面体、菱形十二面体、立方体、三角三八面体、三角六八面体、三角四六面体和四角三八面体。其中最常见的是前三种单形及其由它们聚合而成的聚形（图 2 - 5）。

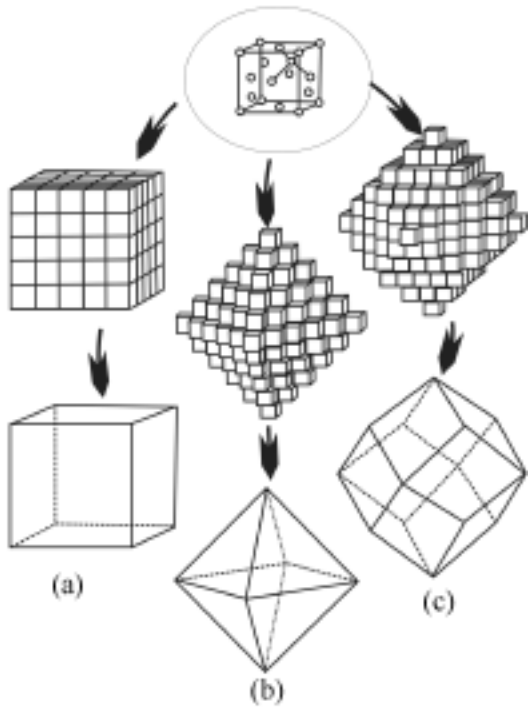


图 2 - 4　单位晶胞构成的钻石晶体
（据《Diamond Grading》，1992，略修改）
(a) 立方体；(b) 八面体；
(c) 菱形十二面体

在金伯利岩和钾镁煌斑岩中钻石单晶（单形和聚形）约占 60%。

自然界中的钻石若处于理想的生长环境下，同一单形的晶面应该是同形等大。但这种理想的晶形很少见，多数晶体由于所处物理化学条件的改变，会出现晶面生长不均，呈弯曲状、变形状等复杂的晶体形态。

八面体是钻石中最常见的形态，有平面八面体和曲面八面体之分。平面八面体是内成稳定阶段金刚石相、膨胀阶段金刚石相的基本结晶形态。它由面平、棱直的八个面组成，晶体面角为 109°28′14″和 70°31′46″，晶面为三角形，内角为 60°或 120°。由于增长补充晶棱，使八面体晶形有十几种形态。完好的八面体是切磨成圆多刻面型钻石的最佳晶形。曲面八面体的晶面、晶棱都成弯曲的弧形，顶角钝化，外形呈浑圆状。

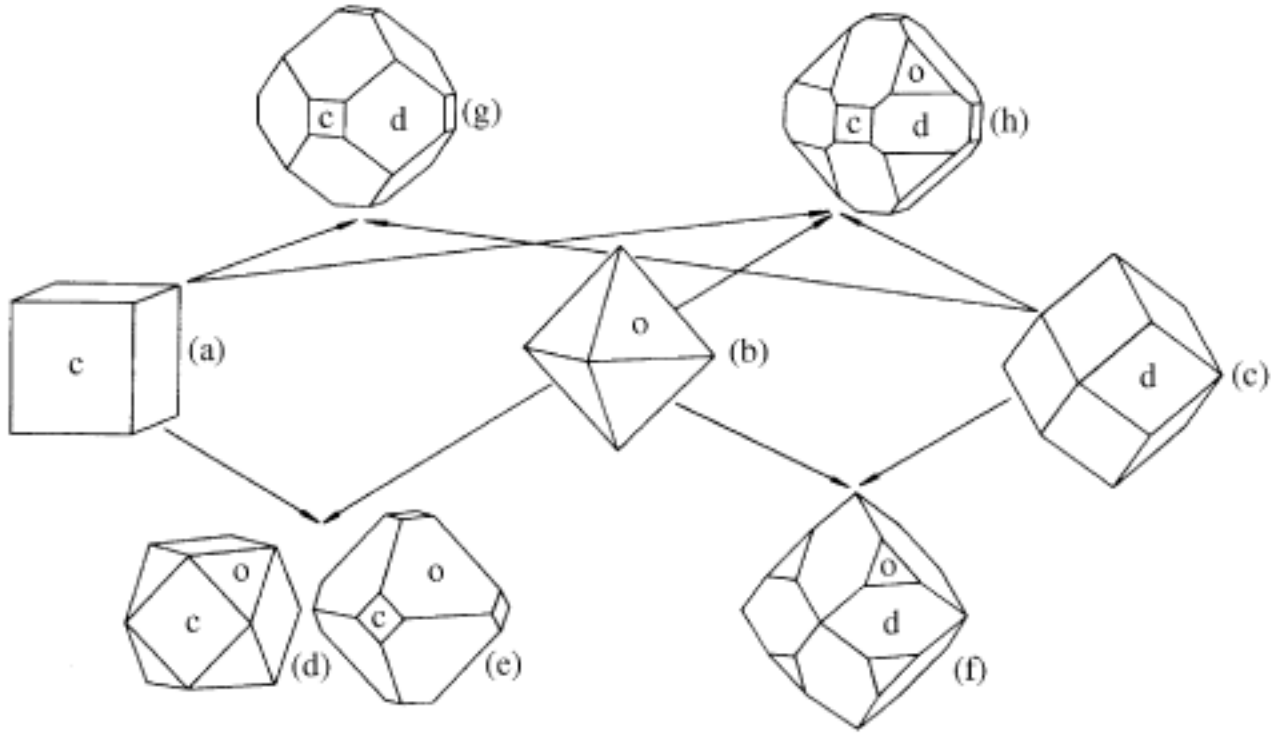


图 2 - 5　钻石常见的晶体形态
(a) 立方体；(b) 八面体；(c) 菱形十二面体；(d) 立方体 + 八面体；(e) 八面体 + 立方体；
(f) 菱形十二面体 + 八面体；(g) 菱形十二面体 + 立方体；
(h) 菱形十二面体 + 八面体 + 立方体

菱形十二面体居钻石晶形中的第二位。其中曲面晶体占绝大部分，但等轴状的曲面菱形十二面体十分罕见，出现的晶形大都是沿某一晶轴压扁状的变形晶和歪晶（见图版Ⅳ）。曲面晶体是一种熔蚀状晶体，当金伯利岩浆由内成稳定阶段转入侵入阶段，在浑圆化作用下形成的产物。钻石中（110）晶面面网密度大，同时面网间距也大，首先遭

受到熔蚀。尽管（111）面网密度更大，但由于受到（111）面的双层面网结构的控制，第一层面网保护了第二层面网，因此，(111) 晶面是钻石在熔蚀作用中最稳定的面网。曲面菱形十二面体的外形特点是晶棱呈外凸的弧形曲线，晶面为外凸的弧形曲面，曲线与曲面相交变成浑圆状。

曲面晶体是金伯利岩和钾镁煌斑岩中具有重要工业价值的金刚石晶体，它的颗粒大、品质好，大量被加工切割的宝石级金刚石都来源于曲面晶体。

立方体是较少出现的晶形。它是膨胀阶段金刚石相由于温度降低，不利于八面体的生长而形成的。主要分布在岩脉相金伯利岩中。

除上述三种基本单形及它们的聚形外，还有少数上述单形与四六面体、四面体等组成的聚形。

但是，在实际结晶过程中，如果同种类型的结晶面在某些地段受到限制或晶体在所有方向上都没有足够空间自由生长，譬如，当条件不允许八面体的平面和棱、角发育时，晶体在总体上沿某些结晶轴方向变扁或拉长或使晶面呈阶梯状。另外，晶体在形成之后受到熔蚀或溶解作用也可导致呈不规则形态。所以，歪斜形状的晶体（图 2 - 6 所示）远比标准形状多。若考虑到双晶，那么钻石所呈现的形态就更加丰富了。

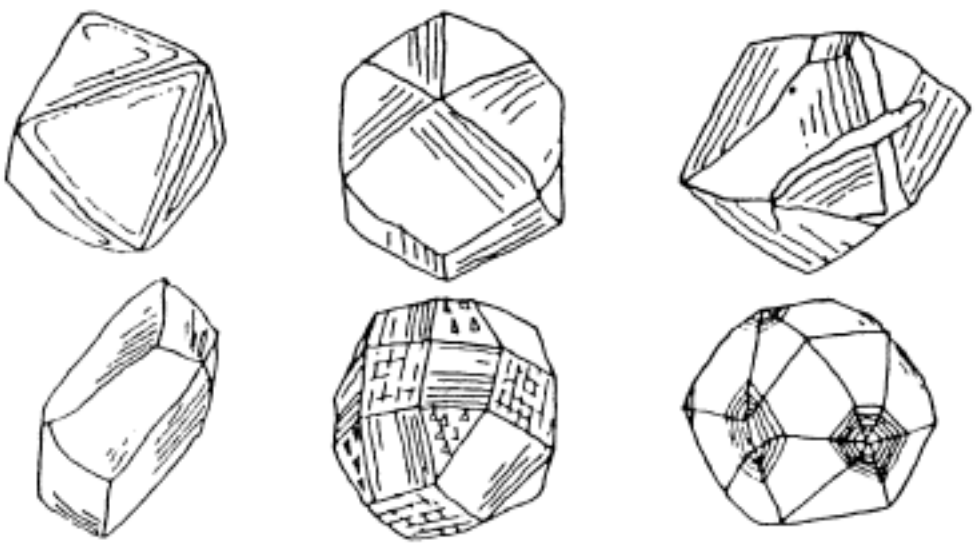


图 2 - 6　钻石晶体的形态及生长纹理

值得注意的是，不同原生矿床中的钻石，往往存在着晶体形态特征的差异性，如南非金刚石多为八面体（南非型）；巴西的多为菱形十二面体（巴西型）；印度的除八面体外，亦见曲面六八面体的异形；中国的钻石有菱形十二面体、八面体及八面体与菱形十二面体聚形。此点可作为研究钻石砂矿，推测或追索原生矿源体及产地的重要信息。

四、双晶

双晶系由两个或多个单晶按一定的对称规律形成的规则连生。双晶依（111）面最普遍，双晶面平行于（111）面。钻石按双晶类型分为：①接触双晶〔八面体按尖晶石律（111）形成双晶〕，可形成简单的接触双晶和聚片双晶；②星状穿插双晶（两个或多个单体相互贯穿所构成的双晶）；③环状双晶〔由 3 个～5 个单晶组成，(111) 双晶结合面不平行，形成环状〕。钻石常见的双晶见图 2 - 7。

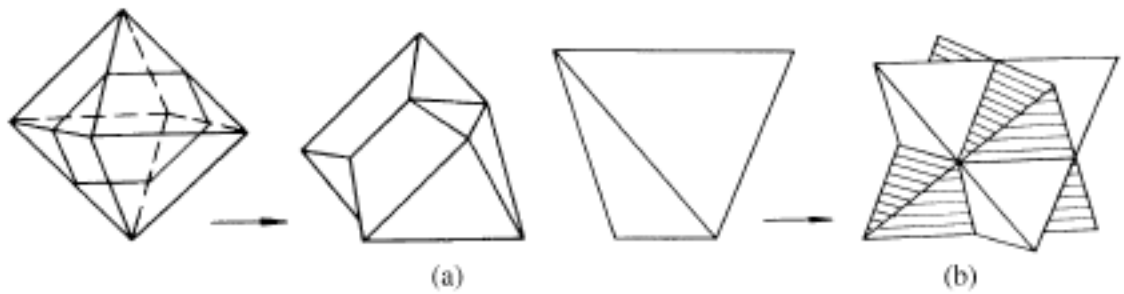


图 2 - 7　钻石的双晶

(a) 八面体按尖晶石律生长的接触双晶；(b) 由四面体构成的穿插双晶

钻石的双晶不能简单地理解为多颗钻石聚合在一起，而是在生长阶段形成的同种晶体的一种非平行的规则连生体。其连生的规律性表现在：成双晶关系的各单晶体，除了在某几个特定的方向上，内部结构中的对应行列和面网彼此平行一致外，其余皆互不平行，但全都呈反映对称或旋转 180°对称的关系。此种对称关系由双晶面或双晶轴来描述，并使双晶常呈现某种特定的形状。钻石中的双晶形态有三角形、菱形、六角形和五角形等。

钻石中最常见的双晶为八面体按尖晶石律生长的接触双晶，外观为三角形的板状晶体（见图版Ⅴ）。在双晶接合处常有凹角，凹角处常见平行八面体晶棱方向的交叉纹理，似青鱼骨刺，故称为青鱼骨刺纹。

五、蚀像

蚀像是指晶体在形成之后因受到溶蚀而在晶面上形成的一些具有规则形状的凹斑。蚀像的具体形状和方位均受晶面的面网性质所控制。

在钻石的晶面上常有三角形、四边形等蚀像。不同单形的晶面上蚀像不同，如在平面—曲面立方体晶面上常呈四边形凹痕，它与立方体晶面相差 45°。若四边形凹痕重叠发育则成网格状花纹；八面体晶面上常形成规则的等边三角形凹痕（三角座），大小有很大的变化，深浅不一，浅的凹坑平缓，深的为三角锥状，在三角形凹坑中，还可出现阶梯状。有时相互叠置并整齐地排列成行，其顶角指向八面体晶面的一条边，这一特征应与钻石的三角形生长纹区分开，在不规则形态的钻石中，三角形蚀像的斜边平行纹理方向；菱形十二面体晶面上可见多层突出晶面的圆盘状花纹。除此之外，钻石晶面上还可见到蛀穴状、麻点状、叠瓦状、毛玻璃状等蚀像（见图版Ⅴ）。研究钻石的蚀像不仅可协助切磨师切割钻石定向，也可作为鉴别钻石晶体真伪的依据。

六、纹理

有些钻石的表面或内部可见到生长过程中留下的痕迹——纹理，它表现出清楚的纹。不同的晶面上，纹理的方向及图形不同。钻石中大多数纹理平行八面体面方向。平行于立方体面的纹理罕见。纹理的指向对于切磨钻石很有意义。钻石只能横穿纹理锯开和抛磨，并沿着纹理劈开。

在八面体面上，纹理平行于八面体面的三条边，具有三个方向的纹理，形成三角形

图案（图 2 - 8），这是钻石中最常见的纹理。在八面体原石上，纹理还可表现为阶梯状的三角形。

在菱形十二面体面上，纹理平行于晶面的延伸方向，只显示一个方向上的纹理（图 2 - 9）。

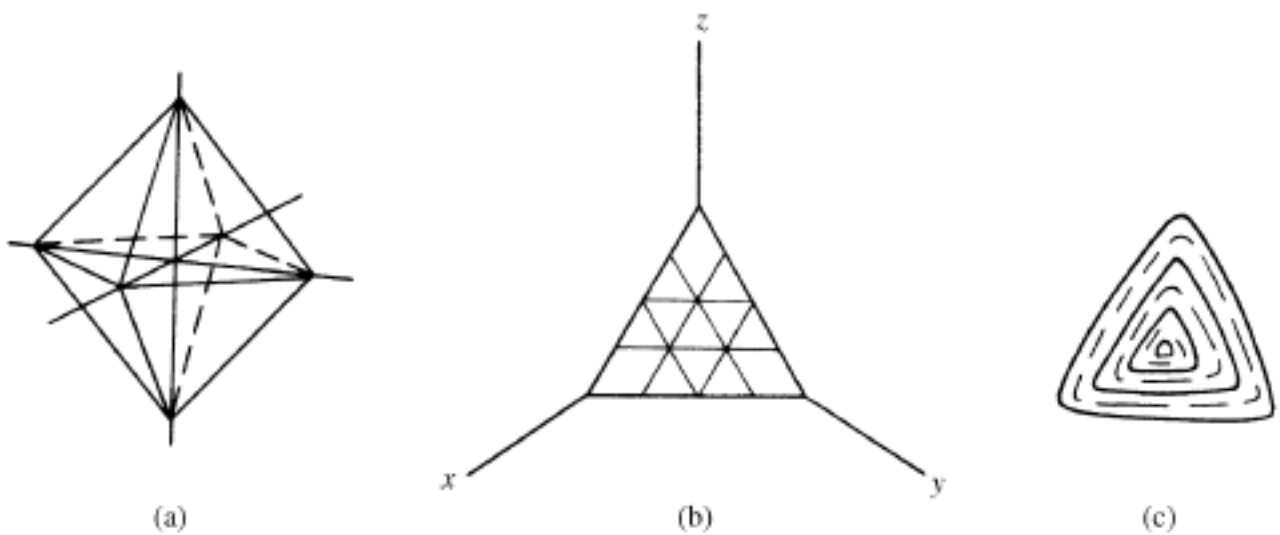


图 2 - 8

(a) 八面体；(b) 八面体面与晶轴的关系及纹理方向；(c) 原石晶面上的纹理

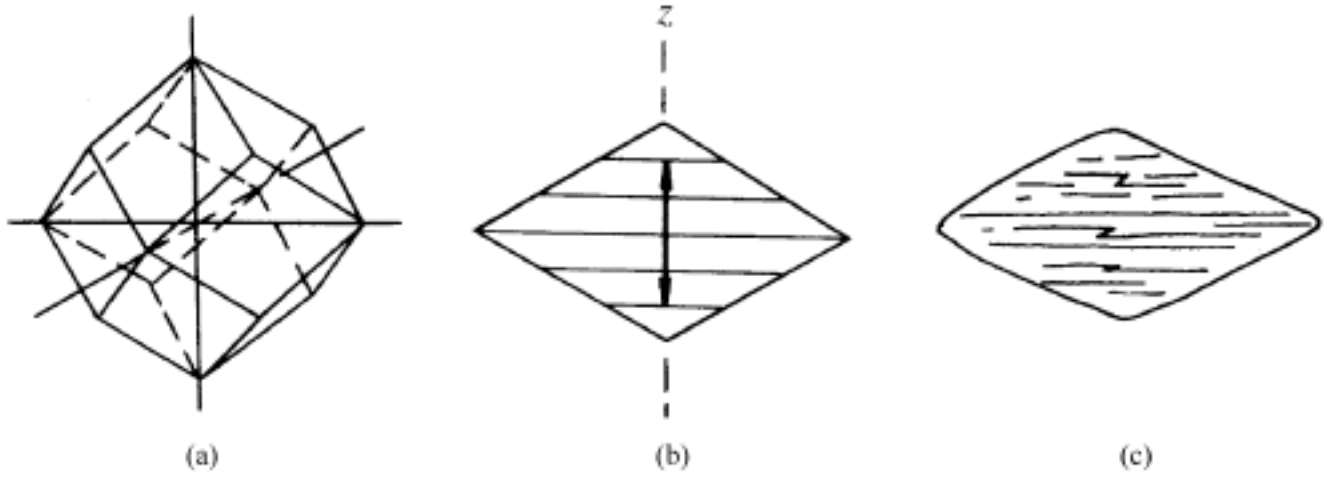


图 2 - 9

(a) 菱形十二面体；(b) 菱形十二面体面与晶轴的关系及最佳抛磨方向（箭头所示）；(c) 原石晶面上的纹理

在立方体面上，纹理平行于晶面的边，具有两个方向的纹理（钻石中很少见到具平滑晶面的立方体晶体）。立方体面平行于 *x*、*y*、*z* 轴中的任意二个轴（图 2 - 10），最佳抛磨方向应平行这些轴，即穿过纹理。在八面体截面的立方体面上看到的纹理如图 2 - 10（c）所示。

七、生长丘、生长脊

生长丘是在晶体的生长过程中形成的，具有规则几何外形而突出于晶面的生长物。

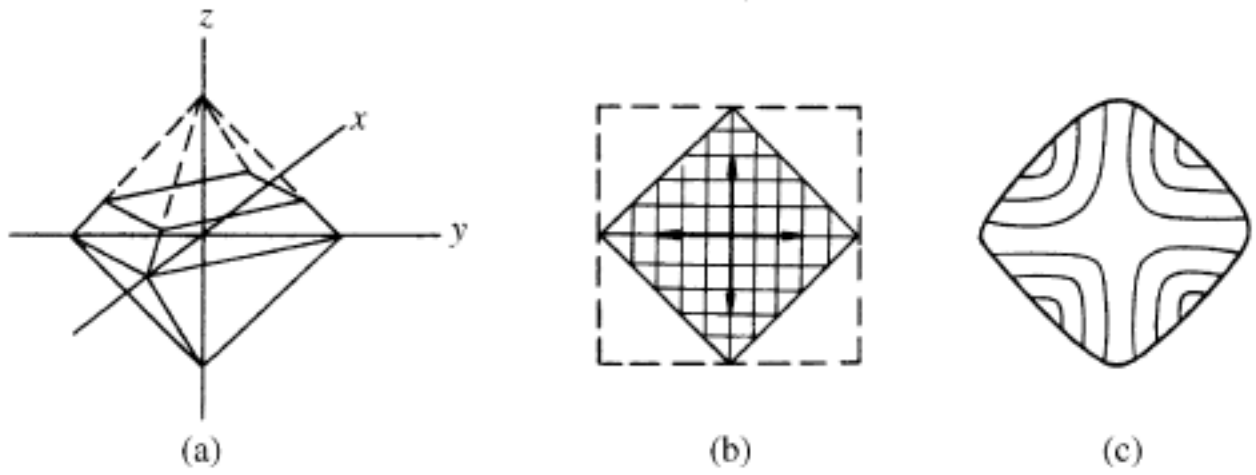


图 2 - 10

(a) 八面体中立方体面的截面；(b) 虚线表示的正方形为立方体的立方体面；黑线勾划出的正方形为八面体中的立方体截面并标有纹理及最佳研磨方向（即平行于晶轴方向）；(c) 立方体面范围内所观察到的纹理

在天然钻石的晶面上，常见由八面体与菱形十二面体交替生长形成的三角形生长丘，且三角丘的每个角都是指向八面体面的一条边的方向。生长脊往往沿菱形十二面体晶面短对角线方向生长出的突起的脊，外观似四六面体两条相连的棱。

八、其他外观特殊的钻石原石

带壳钻石　具粗糙的糖状外壳的钻石晶体。外壳由许多小于 1 μm 的微细杂质组成，厚度不一。颜色有近于透明的黄色或绿黄色、亚透明 - 半透明的灰色 - 灰黑色。其最大的特点是壳内往往含较优质的钻石。评估带壳的钻石一般需要切开一个窗口。

烟幕钻石　表面通常具有极薄的半透明、无光泽表皮，是砂矿中钻石被流水、风等介质搬运过程中磨蚀所致。无光泽表皮经抛光即可去除。

劣等钻石（聚晶）　主要指用于工业目的、具暗淡或糖状表皮的微细钻石多晶质集合体，具体可分为：

(1) 圆（球）粒钻石（ballas），又称为巴拉斯钻石。由放射状排列的外观呈球粒状、乳白色或铅灰色的微细钻石连生体组成，多产于巴西和南非。

(2) 黑钻石（carbonado），又称为卡帮纳多钻石，由显微状钻石聚合而成的不规则块状集合体。通常呈黑色、深褐和深灰色。其硬度最大、韧性最好，多产于巴西。

(3) 硬圆粒钻石（boart），又称为博特钻石。由显晶质结构的钻石集合体组成。其颜色多为黑色或深灰色，外观似黑钻石，多产于南非和博茨瓦纳。

第二节 钻石的类型

钻石的化学成分是碳元素。在 20 世纪 30 年代罗伯森（Robertson）、福克斯（Fox）和马丁（Martin）通过研究钻石在红外光区的透射性和紫外光的透射性的差异，将钻石分

成了明显的两大类：I 型钻石能透过 400～300 nm 的紫外光且在红外光区 1000～1430 cm^{-1} 间显示明显的吸收谱带；II 型钻石可透过低到 220 nm 的紫外光且在红外光区 1000～1430 cm^{-1} 无明显的吸收谱带。直到 1959 年，在美国工作的凯萨（Kaiser）和邦德（Bond）研究发现，造成 I 型与 II 型钻石差异的主要原因是与钻石内含氮杂质元素有关。后来的工作者在此基础上对钻石进行了更加深入的研究认为：绝大多数的钻石都含有微量的杂质元素，主要有氮、硼、铝、氢等。不同的微量元素或不同量的微量元素，可使钻石的物理性质如颜色、导热性、导电性等发生明显的变化。根据钻石中所含微量元素的种类、含量及微量元素的原子团类型，结合红外吸收光谱（图 2 - 11）、紫外吸收光谱、电子顺磁共振谱等特征，可把钻石进一步分为两个大类（I 型和 II 型）、四个亚类（Ia、Ib、IIa、IIb）。

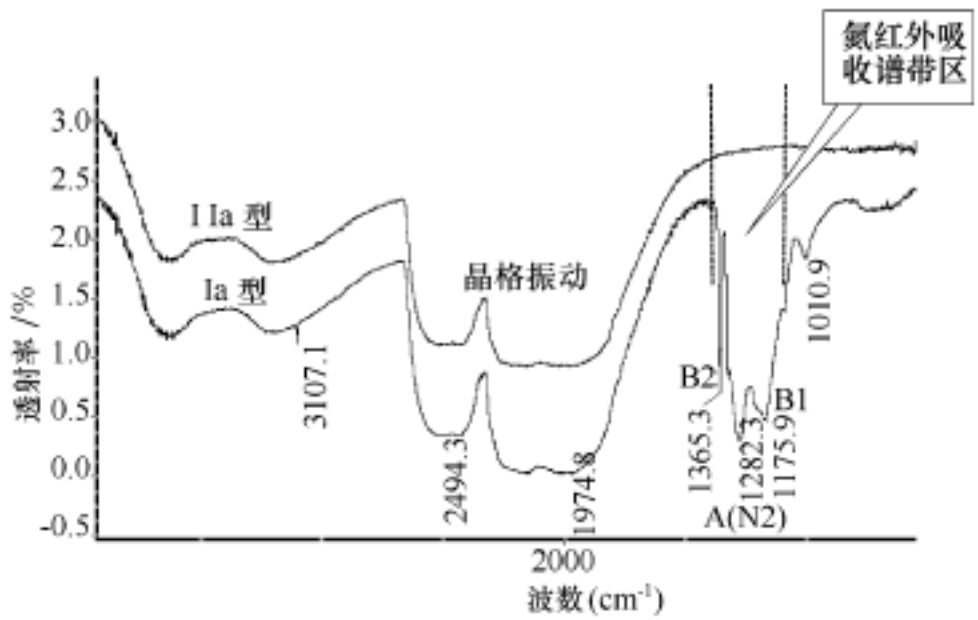


图 2 - 11　钻石的红外吸收光谱特征

一、I 型

1. Ia 型

98%的钻石属于此类，其特点是含有微量的氮原子，氮含量在 0.1%～0.25%之间。氮原子是以不同的聚合态形式存在于钻石的结构中的。①若氮以双原子形式同时替代钻石中两个相邻的碳原子并形成稳定的聚合态时，称为 IaA 型钻石，这种聚合的形式称为 A 集合体。A 集合体的特征吸收谱带是红外光区 1282 cm^{-1} 的吸收。②长时间地处于高温高压环境，可使钻石中的氮进一步聚合成 3 个氮原子，沿（111）方向取代三个相邻的碳原子，并在三个氮原子中间留下一个结构空穴时，称为三原子氮。这种米歇尔三角形氮加空穴组成的形式称为 N3 中（色）心。N3 中（色）心可导致可见光紫区 415.5 nm 强吸收，它是钻石产生黄色色调及蓝白色荧光的主要原因。③若钻石晶体结构中由 4～9 个氮原子依一定的结构方向占据碳原子的位置（常见四个氮原子加一个空穴）时，称为 IaB 型钻石，这种聚合的形式称为 B（或 B1）集合体。B(或 B1)集合体以红外区 1175 cm^{-1} 处强吸收谱带为识别特征。④若 IaB 型钻石氮的含量达到一定程度聚

合成 50～100 nm 大小（通常为几个原子厚的扁平层），且在电子显微镜下可直接观察到片状物时，通常会导致片晶氮的产生。小片晶是沿（100）面上相邻层面原子间 N - N 连接的三价氮原子的双层析离物，周围被 C 原子所包围。这种片晶氮通常称为 B2 中心，它的主要识别标志是红外光区 1365～1370 cm^{-1} 有强吸收谱带。

大多数钻石会含 A、B 两种形式的集合体或与 A 集合体相伴的 N3 中（色）心，并且它们常以不同的比例混合存在。总体上 Ia 型的钻石由于氮杂质的存在影响了对紫外、红外和可见光的吸收，降低了钻石的导电性和导热性，增强了钻石的机械强度。

2. Ib 型

Ib 型钻石在自然界中很少见，估计不到 1% 的钻石属于此类。其特点是氮以分散的单原子形式随机占据晶体结构中碳的位置。其在红外光谱 1130 cm^{-1} 有强吸收谱带，且 1130 cm^{-1} 明显强于 1280 cm^{-1} 吸收谱带。这类钻石多为鲜黄色（又称金丝雀黄）。

合成钻石主要为 Ib 型（经特殊处理除外）。将 Ib 型钻石中的氮迁移聚合成 Ia 型中氮的形式，需要的时间很长，且成本很高，所以在合成钻石时很难形成单独的 Ia 型。

二、II 型

II 型钻石不含氮，或含有可忽略不计的氮。在 1100～1400 cm^{-1} 波长范围内不显示任何与氮有关的特征吸收作用，也不吸收低于 300 nm 的紫外光，它们的导热性很好。

II 型钻石在自然界中很少见，大多数 II 型钻石具一定的塑性变形特征，形态多为不规则状，少见完好的晶形。晶面波状弯曲、不光滑、反射弱。不适合加工成圆多刻面型钻石。著名的“库利南”和“塞拉利昂之星”均属于此类。

II 型钻石按不同电学性质又分为 IIa 型和 IIb 型。

1. IIa 型

指不含氮或其他杂质的、成分非常纯净的钻石，它可以透过大约 225 nm 的紫外光。一般不吸收可见光，通常为无色透明，IIa 型钻石不导电。自然界中 IIa 型钻石比 IIb 型的钻石略多。在钻石所有的类型中，它具有最高的导热性，室温下至少是铜的五倍。IIa 型钻石的这一性质在电子工业中作为散热片发挥着重要的作用。

2. IIb 型

指含有杂质硼元素的钻石，硼的含量为 0.5×10^{-6}，其在红外光谱 2800 cm^{-1} 有强吸收谱带。它对 250 nm 紫外光是透明的，在短紫外光照射下多显磷光。大部分 IIb 型钻石呈蓝色，但也有少数呈棕色或灰色。IIb 型钻石是半导体，而且是天然钻石中唯一能导电的。IIb 型钻石的电阻性随温度的增高而迅速地降低，这一性质可用作热电阻测试温度的变化。

IIb 型钻石主要产于南非 Premier 矿，另外在印度也有产出。著名的“霍普”钻石就属此类。从 1968 年开始，在合成钻石中加入硼，可合成出 IIb 型钻石。表 2 - 1 总结了钻石的类型及特征。

表 2 - 1　钻石的类型及特征

分类及依据	Ⅰ型含一定量的氮杂质					Ⅱ型不含氮，含硼等杂质	
	Ⅰa				Ⅰb	Ⅱa	Ⅱb
	氮以聚合态的形式存在				氮以单原子形式存在	不含任何杂质或含极少量的氮	含少量的硼
杂质元素存在的形式及亚类	双原子氮 ⅠaA	三原子氮 ⅠaAB	4 - 9 原子氮 ⅠaB	片晶氮 ⅠaB2	孤氮		分散的硼替代碳的位置
晶体缺陷中心	N2/ A 中心	N3 中心	B/ B1 中心	B2 中心	Ⅳ C 心		B 心
红外光吸收光谱 (cm^{-1})	1282		1175	1365 1370	1130	1100～1400 之间不吸收	2460、2800
可见光吸收光谱 (nm)	N2、N3 中心吸收蓝光、紫光，其中 N3 以 415 吸收为特征，另外还有 423、435、465、475 nm 吸收。B1 、B2 不吸收可见光。				503、637 弱吸收，紫外光 270～蓝绿光吸收	不吸收可见光	可见光区无明显吸收峰
紫外光吸收光谱 (nm)	能透过至 330 nm 的紫外光				同左	能透过至 220 nm 的紫外光	同左
紫外荧光	长紫外线下颜色以蓝白色为主，强度为无—强				黄、橙黄等色，无—强		短紫外光下为蓝色或红色磷光
杂质元素的含量 (%)	含 0. 1%～0. 25% 的氮				含小于 0. 1% 的氮	含小于 0. 001% 的氮或不含氮	含极少量的硼、铍、铝、氢
占钻石的比例	98%				很少 (约 0. 1%)	1. 8%	极少 (约 0. 1%)
颜色	无 - 浅黄色系列				金黄色、黄色、褐色	多为无色透明若晶格位错，可呈褐色、粉红色	蓝色，部分为灰色 (与氢有关)
常见晶形	大多以圆滑的八面体、菱形十二面体及其聚形产出				八面体、菱形十二面体	形态多为不规则状	晶体不规则～较完整
电阻率 (Ω· cm)	大于 10^{14}				大于 10^{14}	大于 10^{14}	小于 10^{14}
热导率 (W/ ℃· cm)	9～10				19～20	20	
其他特性					顺磁性		导电性

注：顺磁性。氮的存在形式是多样的。按磁学性质可分为顺磁性和非顺磁性两类。顺磁性氮是指孤氮，氮置换钻石晶格上的碳原子，并在 N - C 键上造成一个不配对的施主电子，因而具顺磁性。

第三节 钻石的性质

一、钻石的光学性质

(一) 颜色

由纯碳组成的无色透明的钻石在自然界中微乎其微。在钻石的形成过程中，其成分中总是或多或少地混入了微量的氮、硼等杂质元素，使得大多数钻石带有一定的颜色色调。由于所含微量元素的种类不同，同种微量元素的含量不同，则钻石的颜色也有差异。主要有以下三大系列：

1. 无色 - 浅黄色系列

从无色透明到带有不同浓度黄色色调的浅黄色钻石。自然界中绝大部分钻石属于此系列，由于南非好望角省的开普矿盛产这类钻石，所以又称为开普（Cape）系列或好望角系列钻石。

2. 淡褐 - 褐绿系列（咖啡系列）

极淡的褐色到褐色、褐绿色。颜色的形成可能与钻石的塑性变形有关。这是自然界中另一较常见的系列，商业上俗称咖啡钻。

3. 彩色系列

彩色钻石可呈现可见光光谱中的所有色调，只要颜色达到了一定饱和度，具有清晰、特征色调的钻石统称为彩色钻石。彩色钻石因极为稀有、瑰丽而身价百倍。常见的彩色钻石有金黄色、橙黄色和黄绿色，粉红色、紫红色和蓝色较少见，红色最罕见。

彩黄、褐或黄绿色钻石必须具有较高饱和度，浅黄、浅褐只能属于色级较低的开普系列钻石。二者之间并无客观标准，只要颜色美丽动人，遵从于市场流行，一般色浓艳者为佳。浓艳的黄绿色是黄色钻石中较珍贵的品种。褐色钻石相对较多，当它带有明快的绿、黄、橙色时则更富有魅力。

蓝色钻石的饱和度一般较低，其色调浅而带灰，以冷峻的“铁蓝”为特征。色调浓艳的蓝色钻石罕见。蓝色的“Hope”钻石可称得上蓝色钻石中的极品。

粉红、紫红色钻石主要来源于俄罗斯的 Yakuti 和澳大利亚的 Argyle 地区。一般色调浅。“Hancoct”钻石以其浓艳的紫红色创下了宝石拍卖中最高的克拉记录。

绿色钻石色调也较浅，并常带有不同程度褐、黄色。纯绿色的钻石在自然界中几乎没有。

总之，绝大多数彩色钻石的颜色不像红宝石的红色，蓝宝石的蓝色那样纯正、鲜艳。除黄、褐、黄绿色钻石外，其他彩色钻石色调均较浅。价格上黄色、褐黄色、金黄色及绿黄色的钻石不及无色透明者（D 色）；而紫色、淡蓝色和粉红色则往往更值钱；明亮度中等、色彩鲜明之蓝色、红色钻石价格最高，往往比质量相当的无色透明钻石高出几倍。黑色金刚石一般用于工业。

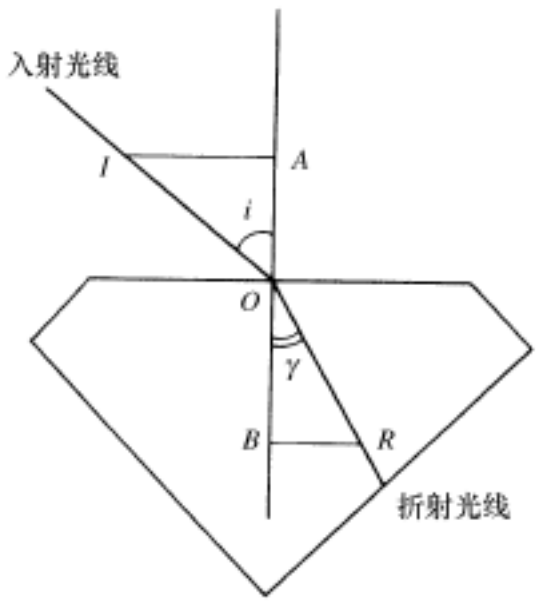


图 2 - 12　折射示意图

i— 入射角；γ—折射角

（二）光泽

光泽是指矿物表面对可见光反射的能力。光泽的强弱取决于该矿物的折射率、吸收系数和反射率，其中反射率又是折射率和吸收系数的函数。钻石的光泽非常强，属于金刚光泽。抛光钻石的刻面能将相当部分的光作镜面反射，具有光灿灿的外观。

（三）折射率

光在不同介质中传播时，在两种介质的界面处发生改变其传播方向的现象叫做光的折射。物质使光发生折射的相对能力称为折射率。

折射率的计算可从图 2 - 12 中求得：以折射点 *O* 为中心，取任意长为半径画圆。从光线与圆周的交点向法线引垂线得到 *IA* 与 *RB*，二线段长度之比，也就是入射角与折射角的正弦之比，即为所求折射率值。由此可知在折射法则中入射角 *i* 的正弦与折射角 γ 的正弦之比应是一个定值，以符号 $N_{钻石}$ 表示，此 *N* 值与入射角的大小无关。

$$N_{钻石} = \sin i / \sin\gamma$$

另外折射率也可以通过光在空气中的传播速度与在某物质中的传播速度之比来计算，计算公式如下：

$$N_{钻石} = v_{空气} / v_{钻石}$$

光在空气中的传播速度接近光在真空中的传播速度，即 300 000 km/ s。在钻石中的传播速度为 124 000 km/ s。因此，钻石的折射率（$N_{钻石}$）为

$$N_{钻石} = v_{空气} / v_{钻石} = 300\,000 \text{ km/ s} \div 124\,000 \text{ km/ s} = 2.417$$

因为白光是由一系列不同波长的有色光所组成。钻石的折射率随着光波波长变短而增大（表 2 - 2）。所以，钻石的折射率是对应于钠黄光（即波长为 589 nm）的折射率。

表 2 - 2　钻石在不同波长光波下的折射率

光谱频带	红	橙　红	橙　黄	绿	蓝	靛　紫	紫
波长（nm）	687.6	656.0	589.2	527.0	486.1	431.0	430.8
折射率	2.4077	2.4090	2.4176	2.4269	2.4354	2.4506	2.4512

当光线由光密介质进入光疏介质时（折射角大于入射角），随着入射角的逐渐增大，折射角也增大。当折射角等于 90°时，光线不再进入光疏介质，而是沿着两介质界面通过，此时的入射角则称为临界角（图 2 - 13）。

从图 2 - 12 可知，当入射角小于临界角时，则入射光线将离开光密介质进入光疏介质。反之，当入射角大于临界角时，则光线将全部返回光密介质，这种现象叫光的全反射。

由斯涅耳的折射定律和反射定律得出：

$$\sin 临界角 = \frac{1}{N_{钻石}}$$

由此可知，折射率越大，临界角越小。$N_{钻石}$ = 2.417，其临界角为 24°25′。钻石的临界角较小，全反射的范围宽，光易在钻石中发生全反射（图 2 - 14）。

临界角常用于确定钻石理想琢型的设计，加工钻石光路设计的原则是尽可能使从钻石冠部入射的光线，经亭部全反射后，又从冠部返回。

（四）色散（火彩）

色散是指白光通过透明物质的倾斜平面时可以分解为组成它的各种波长的光谱色的现象（图 2 - 15）。因为不同波长的光通过同种物质时其折射率不同，亦即不同波长的光折射的角度不同。白光是由不同波长的光所组成，故通过钻石时会产生色散现象（图 2 - 16）。

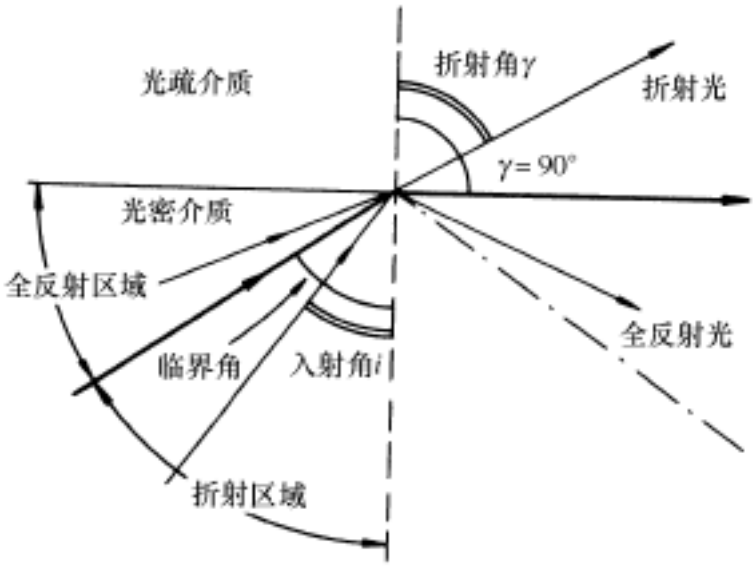


图 2 - 13　全反射示意图

当 γ= 90°时，称 *i* 为临界角

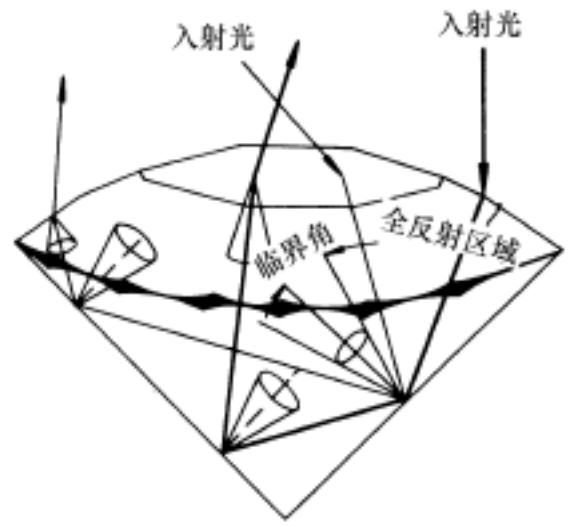


图 2 - 14　钻石的全反射示意图

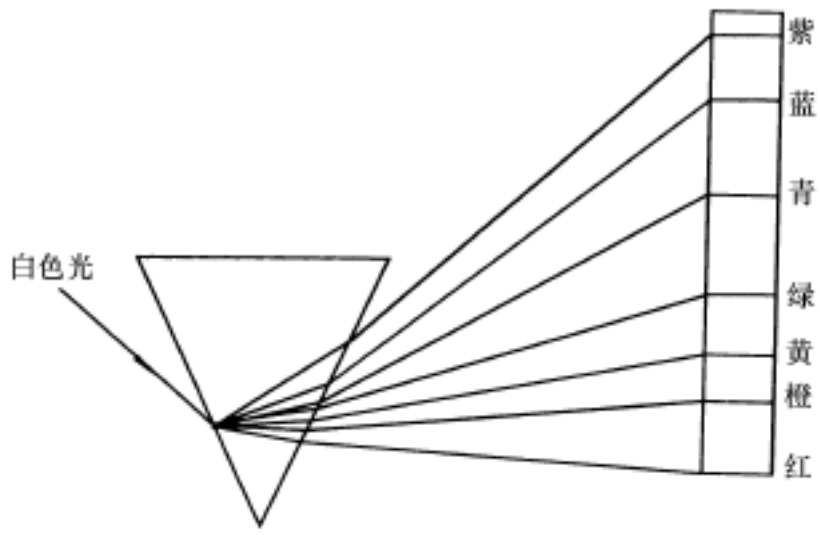


图 2 - 15　光的色散

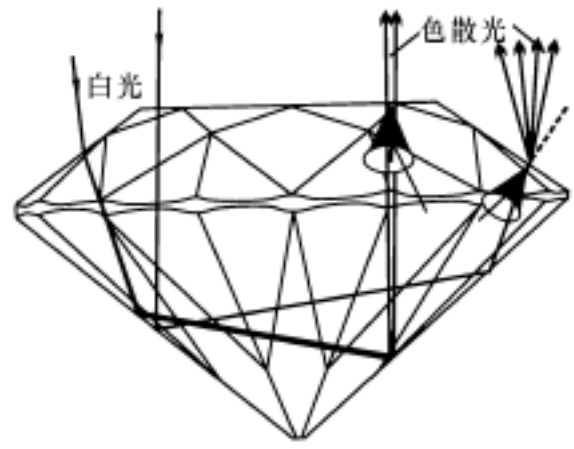


图 2 - 16　钻石的色散

色散的强度是可以测量的，通常用弗朗霍夫光谱 *B*（*B* 线为 687 nm）和 *G*（*G* 线为 430.8 nm）线相当的光所测得的折射率的差值来表示。

钻石的色散值 $D = N_{钻石}$（紫）$- N_{钻石}$（红）$= 2.451 - 2.407 = 0.044$，比所有天然无色宝石都高。

钻石表面色散效应的强弱，不但取决于钻石的色散值，还与成品钻石的冠部角度及台面大小有关。只有合适的冠角，才能使经亭部全反射的光，到达冠部的倾斜刻面时，产生最佳的色散效应。钻石的台面越小，冠部小刻面占的面积越大，色散亦越强。另外色散也受光在钻石中行程距离长短的影响，每当光线在钻石中被反射一次，色散即被放大一次。这就是大钻石总比小钻石看上去有更多火彩的原因之一。

色散是钻石所具有的十分突出的光学性质。色散使无色钻石五光十色，增加其内在美，显得华贵而高雅。

(五) 发光性

钻石在高能射线的照射下，能发出不同颜色可见光的性质称为发光性。

钻石的发光性是由于晶体结构中晶格缺陷捕获的电子吸收了较高的外加能量（如紫外线、X 射线等），从基态跃迁到能量较高的激发态后，又从激发态回到能量较低的基态时，依能量守恒定律，以热和可见光的形式释放受激发时所吸收的能量。若高能射线停止后，钻石仍能在一定的时间内继续发光的现象称为磷光。钻石的发光性与外加能量的性质及钻石本身的性质有关。

研究表明，钻石在阴极射线（由阴极发射出的电子组成，它可通过在真空管中释放电子或加热金属丝产生）下发较均匀的或伴随有生长纹状的蓝白色荧光；在 X 射线下发蓝白色荧光；在紫外线下部分钻石可发弱至强的蓝白色、黄白色、橙黄色、粉红色等荧光，一般短波弱于长波。

钻石在 X 射线下发光的特性，可用于钻石选矿。将钻石矿石通过 X 射线分选机，钻石发出荧光，光线脉冲激发空气喷射开关，使钻石偏离矿石被收集在一个容器中。

将钻石置于日光下暴晒后，也会发出淡蓝色的磷光。

不同颜色的钻石具有的荧光、磷光特征不同，可供鉴定时参考。

(六) 透明度

透明度是指宝石允许可见光通过的能力。自然界中的金刚石有透明、半透明和不透明的。钻石是透明的，它们在可见光谱区的吸收能力很差，大约为 2%～5%，而透过能力很强。从理论上来说，不含杂质、结构上无任何缺陷的钻石在波长为 200～4 800 nm 范围内无任何吸收作用。

二、钻石的力学性质

(一) 解理

解理是指晶体在外力打击下总是沿一定的结晶方向裂成光滑平面的性质。

钻石具有平行 {111} 四组中等—完全解理（图 2 - 17）。前已述及，钻石中的碳原子与碳原子之间是以强大力量的共价键结合在一起的。但在钻石的晶体结构中，不同的

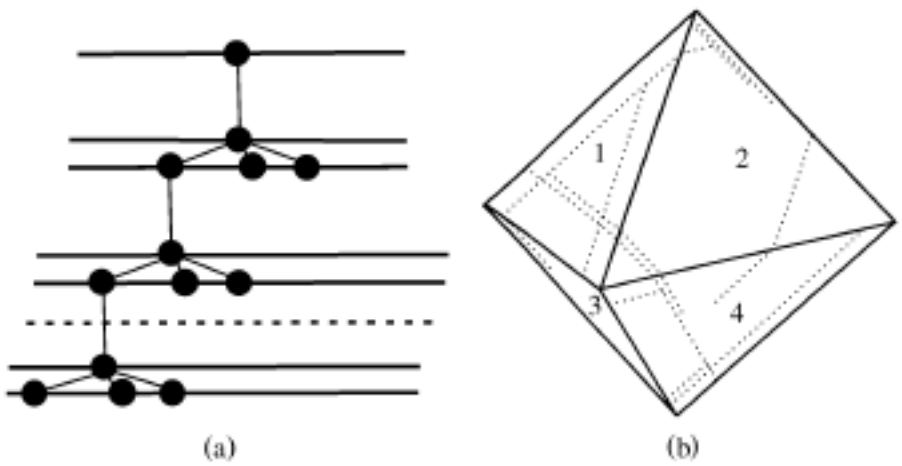


图 2 - 17　钻石的解理

(a) 八面体面网上原子的相对位置；(b) 八面体钻石晶体的解理方向

结晶方位键力是有差异的。解理往往沿着平行八面体面网方向产生。这是因为钻石的八面体面面网密度最大，面网间距也最大，面网间的键力最小。由于平行八面体面方向易破裂成光滑平坦的解理面，因此，不管钻石原石的外形如何，均可劈成规则的正八面体(图 2 - 18、图 2 - 19)。加工钻石正是利用了这一性质。

钻石的解理是鉴定钻石的重要特征之一。

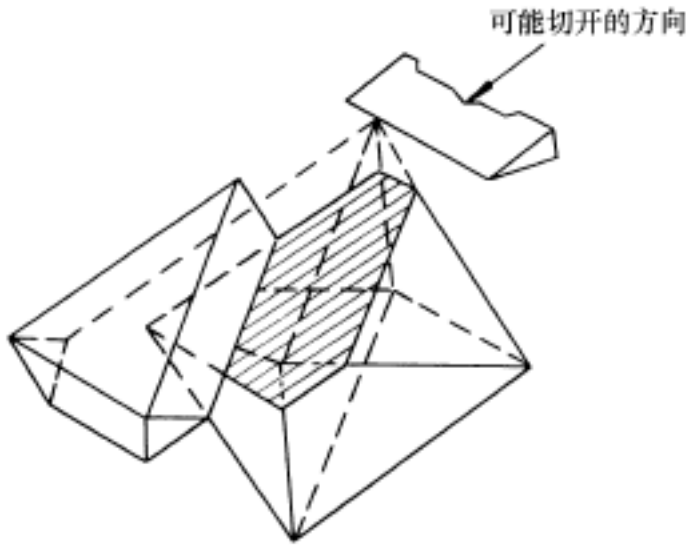


图 2 - 18　八面体劈开方向

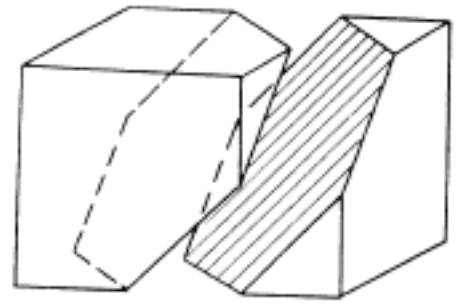


图 2 - 19　立方体劈开方向

(二) 硬度

硬度是指矿物抵抗某种外来机械作用 (如刻划、压入、研磨) 的能力。在宝石学中通常所称的硬度是指摩氏硬度，即宝石与摩氏硬度计相比较的刻划硬度。

钻石内部的碳原子以最紧密的方式排列，原子之间的结合力非常牢固，使得钻石成为硬度最大的矿物。

1. 摩氏硬度

这是 1822 年由德国矿物学家摩氏提出的。摩氏硬度计由 10 种矿物组成，按其相对软硬程度分为 10 级 (表 2 - 3)，钻石的摩氏硬度为 10。

用摩氏硬度计测试宝石硬度十分简单，应用的范围很普遍。但摩氏硬度较为粗略，仅仅是硬度的相对顺序，代表不了真实的硬度。

表 2 - 3　摩氏硬度计

矿物名称	摩氏硬度	矿物名称	摩氏硬度
滑　　石	1	正 长 石	6
石　　膏	2	石　　英	7
方 解 石	3	黄　　玉	8
萤　　石	4	刚　　玉	9
磷 灰 石	5	金 刚 石	10

2. 绝对硬度

精确测定宝石的硬度时常用显微硬度计或测硬仪来测定。显微硬度计的设备和测试比较复杂，主要用于科学研究，一般情况下不用于宝石的硬度测试。其原理是用一个呈四方锥形（相对锥角间的夹角为 α）的钻石，负载一定荷重 p（kg）压入矿物后，根据矿物表面的凹痕对角线长度 d（mm）和深度 p（mm），按下列公式计算硬度（H）：

$$H = 2\sin\alpha/2 \cdot p/d^2$$

用这种方法测出的钻石的绝对硬度（可鲁普硬度）是 80 kPa，矿物绝对硬度增高的幅度极不一致，如钻石的绝对硬度是石英的 1 000 倍，比刚玉高 150 倍，是合成碳硅石的 3 倍。

3. 差异硬度

钻石虽然是自然界中最硬的物质，但其硬度随其晶体结构的异向性而有差异，这就是钻石的差异硬度。钻石的差异硬度决定了钻石的锯切方向和研磨方向，也就是说用钻石较硬的方向磨钻石较软的方向，只有钻石才能切磨钻石。钻石的差异硬度与钻石的面网密度（面网基本图形的单位面积上所有原子的数目）及面网间的距离有关（图 2-20）。立方体面网，是一个边长为 a（a 是钻石结构中立方体单位晶胞的棱长）的正方形，原子分别位于正方形的四个角和中心点上，面网的密度为 $\frac{2}{a^2}$；菱形十二面体的面网，即把立方体晶胞沿对角线方向平分为二得到的矩形，其短边长等于 a，长边长等于 $a\sqrt{2}$，六个原子位于矩形的四角和两条长边的中点上，二个在矩形里面，面网的密度等于 $\frac{4}{a^2\sqrt{3}}$；八面体面网即连接三个晶顶所得的等边三角形，每条边长为 $a\sqrt{2}$，三个原子位于三角形的三个角，其余三个位于三条边的中点上，面网的密度 $\frac{a}{a^2\sqrt{3}}$。若同时考虑面网间的距离，两个距离较近的八面体面网彼此间紧密结合，相互距离近得可以把它们看成一个整体“加厚”的面网，实际上它的面网密度应该是两个面网密度之和，对于菱形十二面体和立方体面网来说，它们的面网排列均匀，且面网的面间距离总是相等的。因此，钻石晶体中八面体面网的密度最大，因而也是硬度最大的，它们之间的面网密度比例关系为：(111) ：(110) ：(100) = 2.308 ：1.414 ：1，钻石琢磨的操作实践充分证实了以上的结论。锯切钻石的方向多为立方体面网方向〔图 2-21（a）〕，此方向硬度较小，最适宜将八面体和菱形十二面体面的原石锯切成圆多刻面型，并且沿此方向锯切钻石质量损失最小，有时也把菱形十二面体的面网方向作为锯切方向〔图 2-21

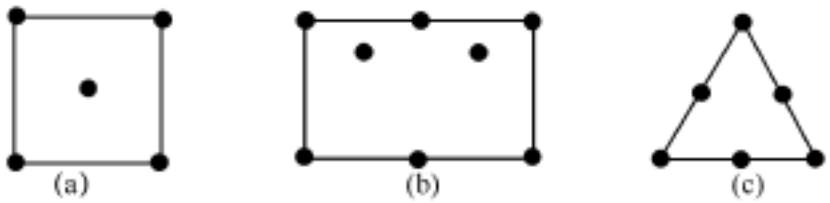


图 2-20　钻石的面网密度

（a）立方体面网；（b）菱形十二面体面网；（c）八面体面网

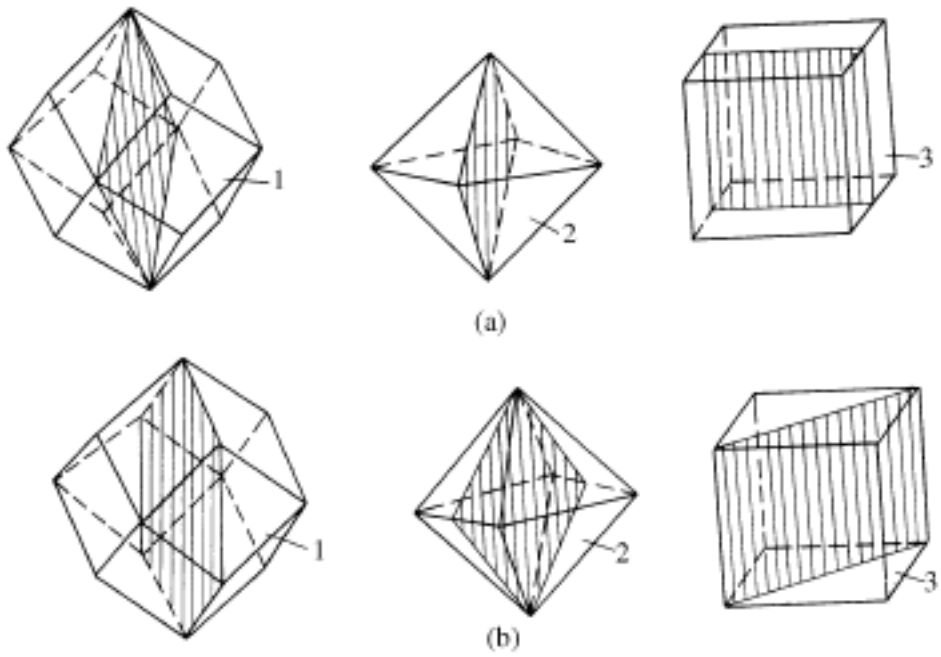


图 2 - 21　钻石的锯切方向

(a) 沿立方体面网方向锯开；(b) 沿菱形十二面体面的面网方向锯开

1—菱形十二面体；2—八面体；3—立方体

〔解〕。菱形十二面体的面网方向多作为抛磨方向。

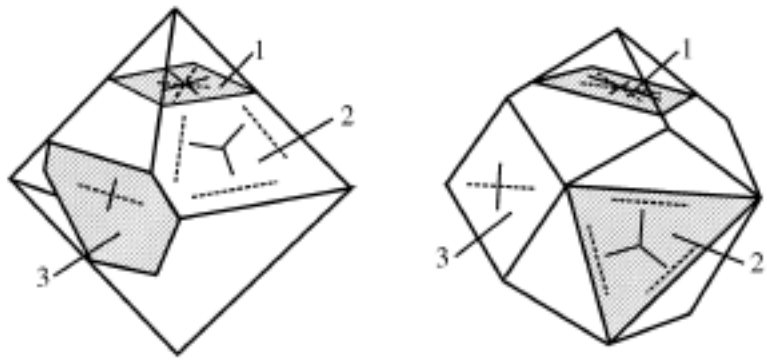


图 2 - 22　钻石不同晶体、不同面网上的硬度差异

1—立方体面网；2—八面体面网；3—菱形十二面体面网。实线为易磨方向；虚线为难磨方向

在同一面网上，不同方向上原子间的键力不同，因而硬度有差异，研磨的难易程度也不同（图 2 - 22）。例如，在立方体面网上，与原子排列的正方形的边相平行的方向硬度小，沿该方向研磨容易，而在正方形的对角线方向硬度大，研磨难；在菱形十二面体面网上，沿平行长方形短边方向为易磨方向，长边方向则为难磨方向；在八面体面网上，沿与原子排列的三角形各边平行的方向为难磨方向，与三角形各边垂直的方向为易磨方向。综合评价钻石不同面网和同一面网不同方向，其硬度由大到小排列的顺序为立方体面平行对角线方向—菱形十二面体平行长对角线方向（与晶轴垂直）—八面体面平行晶面棱方向—八面体面上垂直于面棱的方向—立方体面上平行晶棱方向—菱形十二面体平行短对角线方向。

由于钻石的硬度大，使得钻石具有很高的耐磨性，不会因划痕或磨蚀影响其光泽、透明度和亮度。也正因为有如此大的硬度，它才能高度抛光，并且能使每个刻面和棱角保持平直、锐利。

测试成品钻石的硬度，属破坏性鉴定。除非万不得已，方可将钻石腰围在磨平抛光好的标准硬度矿物——刚玉片上刻划。这在鉴定钻石原料方面是快速而有效的方法。

（三）密度

物质的密度是指单位体积物质的质量。

钻石的密度为 3.52 g/ cm^3。但不同颜色的钻石密度略有不同：无色钻石为 3.521；

玫瑰色钻石为 3.531；绿色钻石为 3.523；橙色钻石为 3.550；蓝色钻石为 3.525。黑色钻石的密度小，为 3.012～3.416，主要是由于含有包裹体的缘故。钻石较高的密度不仅能够使钻石形成砂矿，而且在重力选矿和钻石鉴定中也具有重要的意义。

（四）脆性

矿物受外力作用时容易破碎的性质称为脆性。

当施加外力挤压钻石时，它很坚固，可抵抗很大的压力。但钻石经不起撞击，若重击则易碎裂，即钻石具有脆性。因此在佩带钻石首饰时，勿与硬物相撞。尤其是在加工花式钻石的尖角、圆钻石的薄腰时，需要十分细致。

三、钻石的热学性质

（一）热导性

热导性是物质将热从一个区域传向另一个区域的能力，其强弱由热导率的大小来表示。钻石的热导率为 7～25 W/ ℃ · cm，它是一种非常好的热导体，比银的热导性还好(银是金属中热导性最好的)，这是观察者触觉钻石较凉的原因。热导性与钻石晶体中碳原子振动或共振频率有关。在钻石晶体中，碳原子非常轻，而结合的键力却很强。因此，原子的振动或共振的频率非常高，每秒 40 亿万次，并且碳原子振动时消耗的能量非常小。热量（原子运动的能量）可以非常迅速地传过钻石而不会被吸收。鉴别钻石及其仿制品的热导仪，正是利用了钻石的这一性质而设计出来的一种仪器。钻石也是小型固体微波器、半导体激光器、集成电路中的散热器的原料，同时也应用于高灵敏度的温度计等方面。

（二）热膨胀性

热膨胀性是指物质受热朝各个方向膨胀的性质。钻石的热膨胀系数在 193 K～1200 K 温度范围内仅为 $(0.4\sim4.8)\times10^{-6}$，热膨胀性非常低，温度的突然变化对钻石影响不大。例如，无裂隙和包裹体的纯净钻石在真空中加热 1 800℃后迅速冷却，不会给钻石带来任何损害，这一性质有利于钻石的镶嵌和首饰的维修。但若钻石中含有热膨胀性大于钻石的其他矿物包裹体或存在裂隙时，不要加热钻石，否则会使钻石产生破裂。

（三）熔点

钻石在空气中加热到 850～1 000℃温度时开始缓慢燃烧，燃烧时发出浅蓝色火焰，变成 CO_2。钻石在氧气中燃烧的温度为 650℃，在绝氧条件下，钻石加热到 2 000～3 000℃,缓慢地变成石墨。当修理钻石首饰时，虽然不需取下钻石，但一定要涂上一层绝氧的物质，以免造成氧化作用，使钻石表面留下雾状残余物。

激光打孔和锯切钻石正是利用了钻石能燃烧但不膨胀的性质。

四、钻石的电学性质

钻石的电学性质，主要指钻石的导电性。导电性是指矿物对电流的传导能力，它在很大程度上依赖于化学键的类型。

钻石中的碳原子彼此以共价键结合，在结构中没有自由电子存在。因此，大多数钻

石是良好的绝缘体，电阻率均大于 $10^{14}\Omega\cdot cm$。但含杂质元素 B、Al 的Ⅱb 钻石具有 $<10^{4}\ \Omega\cdot cm$ 的电阻率，属于 P 型半导体。这一性质可被用来鉴别蓝色钻石的颜色成因类型。

若钻石被高能射线辐射或加热，使其结构破坏并产生一些自由电子，由此可产生极小的电导率。

合成钻石由于在其合成过程中，加入了一定的金属触媒，它们可具有一定的导电性。

五、其他性质

(一) 亲油和疏水性

钻石具有明显的亲合油脂而排斥水的性质。在其做成首饰后的佩戴过程中，很容易将油垢、污垢吸附其表面。而油脂具有比空气大的折射率，它将改变进入和离开钻石的光线，从而减弱钻石的光泽、亮度和色散。

钻石的亲油性可用于油脂选矿。将含钻石的矿石置于油脂传送带上，然后用水冲洗，钻石则被粘附，其他物质会被水冲走，从而达到分选钻石的目的。

与亲油性相对应的是钻石的疏水性，水不能呈薄膜状附着在钻石表面，仅能以水滴状存在。由于钻石晶体表面（最外层）的碳原子中总会存在着未占用的轨道，它很容易被其他物质的电子占用。钻石晶体表面的碳原子同空气中的气体结合形成非极性的表层，水是极性分子，这是造成钻石具有疏水性的主要原因。可利用钻石的这一性质，做滴水实验鉴别钻石。

(二) 稳定性

稳定性是指钻石抵抗光、热和化学腐蚀等能力的性质。钻石具有很好的化学稳定性，在正常的情况下不与酸和碱发生反应。如在高浓度的氢氟酸、盐酸、硫酸、硝酸中不溶解，王水对它也不起作用。但热的氧化剂却可以腐蚀钻石，如把钻石放入硝酸钾中加热到 500℃以上，即可造成溶蚀痕。

第三章

钻石矿床及采选

第一节 钻石的形成

一、钻石的形成条件

早在18世纪后期，科学上就证实了贵重的钻石与普通的石墨都是由碳原子组成。当碳原子呈六方环状的层状排列时，形成的是低硬度的高温耐火材料——石墨；当碳原子呈立方最紧密堆积，彼此以共价键相连时，就形成了自然界最硬的宝石——钻石。现已得知，地球中大多数的碳是以碳酸盐（如石灰岩）和碳氢化合物（如石油）的形式存在，尽管从地幔深处喷发出来的火山中含 CO_2 气体，证明在地幔中有碳的存在，但地幔中碳含量是相当少的。

钻石中碳的同位素成分测定表明，它们来源于地幔。那么，地幔中少量的碳在什么样的物理化学条件下才能形成具有特殊结构的钻石成了人们研究钻石成因的重要课题。

到目前为止，世界上大多数的钻石主要赋存在金伯利岩中。金伯利岩是一种偏碱性的超基性岩，主要分布于稳定地区的深断裂带中，产状为爆破岩筒、火山颈，或为岩墙、岩脉，时代以白垩纪为主。金伯利岩多为深色，以灰绿色者居多。矿物成分十分复杂，有金伯利岩原生矿物，有来自上地幔、地壳捕虏的矿物和后期蚀变的矿物。

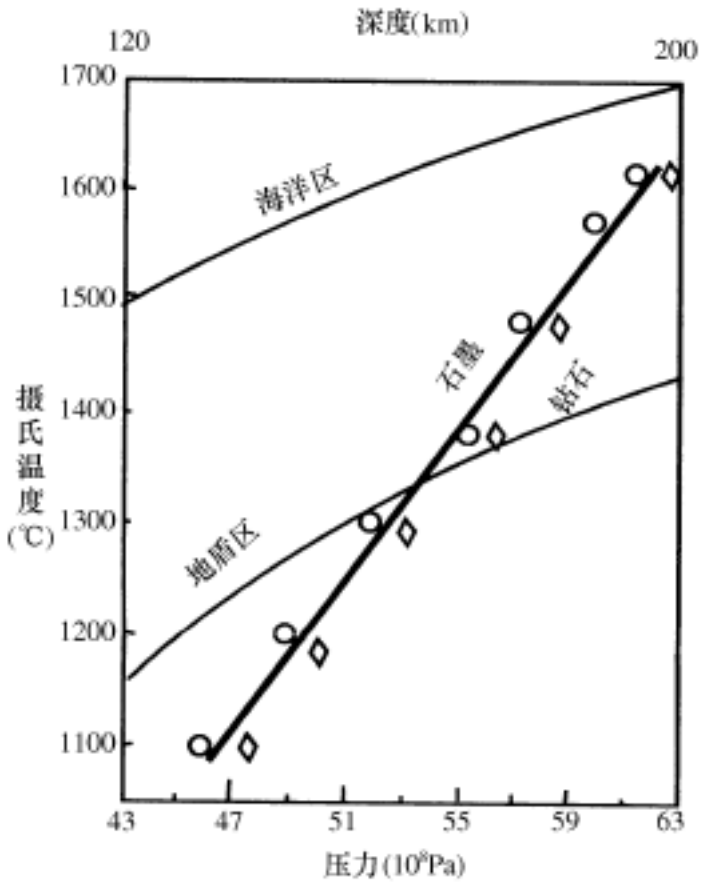


图 3-1 钻石形成的地质条件

根据含钻石的金伯利岩中捕虏体成分特征，分出橄榄岩型钻石和榴辉岩型钻石。橄榄岩型钻石的包裹体表明，它们的形成温度为900～1 300℃（平均1 050℃），压力为（45～60）$\times 10^8$ Pa，相当于地球120～180 km的深度，从榴辉岩型钻石的包裹体中获得的结果表明，其形成温度大约1 250℃，同时压力数据也显示出它们可能来自180 km以下更大的深度（约200 km）。钻石形成的温压条件反映了钻石形成于陆壳稳定的、且在漫长的地质时代里（古生代以来）很少受到变形

的克拉通下的地幔环境（图 3 - 1）。因为洋壳下相当深度所对应的温度（可达 1500～1700℃）要比克拉通下地幔高。现在地球上稳定的克拉通地区有加拿大、南部非洲、巴西、澳大利亚、西伯利亚和中国的华北地台、扬子地台等。而钻石的产出恰与这些地区具有厚岩石圈有关。

通过实验室内的高温高压下试验，建立了不同状态下碳的稳定域，以此推测出钻石可能的生成温度和压力，从高温高压实验可知：高温特别是高压下可以形成颗粒粗大，透明无色的八面体钻石。如果压力稳定，温度迅速下降，钻石仍处于稳定状态；相反，如果温度稳定，压力迅速下降，易导致钻石晶体结构的位错滑移，并诱发晶格缺陷，使一部分原本无色的钻石变为褐黄色、棕黄色，钻石逐渐石墨化。所以，钻石形成的首要条件是高温高压下形成的无色透明的钻石，在上升过程中压力应基本保持不变或下降速度很慢。但在地球的开放系统中，尤其是接近地表时的压力会迅速下降，岩浆上升过程中要想保持温度、压力变化不大，首先是岩浆上升速度必须很快。而含钻石的金伯利岩浆上升速度可达 70 km/ h，几小时就到了地表，这种速度正好能满足上述要求。除此之外，钻石的形成还与其形成方式、生成环境等密切相关。

二、钻石的形成年代

通过测试钻石包裹体的年代可推断出钻石形成的年代。其结果表明，钻石可以形成于不同的年代。例如，在南非的金伯利矿，橄榄岩型钻石大约形成于 33 亿年前，而 Argyle（澳大利亚）和 Orapa（博茨瓦纳）的榴辉岩型钻石则分别为 15.8 亿年和 9.9 亿年。在南非的 Finsch 矿，研究了两种生长环境的钻石。橄榄岩型钻石的年龄大致为 33 亿年，榴辉岩型钻石的年龄大约为 15.8 亿年。很显然，钻石的年龄与把它们带到地壳浅层的金伯利岩的喷发年代相比，钻石要早得多。如金伯利和 Finsch 的金伯利岩形成在白垩纪，只有 0.9 亿～1 亿年，而钻石的年龄至少是它的 10 倍。这表明，钻石和金伯利岩虽然都来自于地球的深部，但其成因可能是不同的。金伯利岩可能来自上地幔部分熔融的橄榄岩，是一种混杂成因的岩石，在其原始熔融物质上升到地表过程中捕虏了来自围岩的岩石（橄榄岩或榴辉岩捕虏体）和矿物（橄榄石、石榴子石、辉石等捕虏晶）碎块。

三、钻石的产出环境

钻石起源于地球的深部，但它们是怎样到达地壳浅层的呢？

1827 年以前在印度和巴西的砂矿中，即河流成因的砂、砾石中发现了钻石。1866 年这种类型的矿床首次在南非发现。随后不久，在金伯利镇附近的 Koffiefontein 找到了含钻石的原岩——金伯利岩，并很快被其他人所识别。

从那以后，在许多国家发现了金伯利岩。金伯利岩是含钻石的主要寄主岩石。它来源于地球深部，以气体（C、H、O 为主要成分）、液体（超镁铁质岩浆）和固体（地幔橄榄岩和榴辉岩）的混合物形式到达地壳浅层，在岩浆上升过程中，熔体捕虏了含钻石的橄榄岩和榴辉岩，并携带这些捕虏体、捕虏晶（包括钻石）沿构造薄弱地带到达地壳浅层。世界不同地区的金伯利岩具有不同的组成，这与上升过程中所穿过的岩石类型有

关，金伯利岩具斑状结构、角砾状结构和细粒结构，最常见的矿物是橄榄石、石榴子石、辉石、角闪石、云母、钛铁矿及少量的其他矿物，如钻石。最有效的指示矿物是铬镁铝榴石和镁钛铁矿，因这两种矿物与其他岩石极少共生，而且能够在经历相当长时期的风化后残存下来。

金伯利岩大多以直立岩筒或岩床形式产出。而岩筒一般是锥形的，顶部宽、向下变尖成单个或多个通道（火山通道），金伯利岩筒的形成如图 3 - 2 所示。

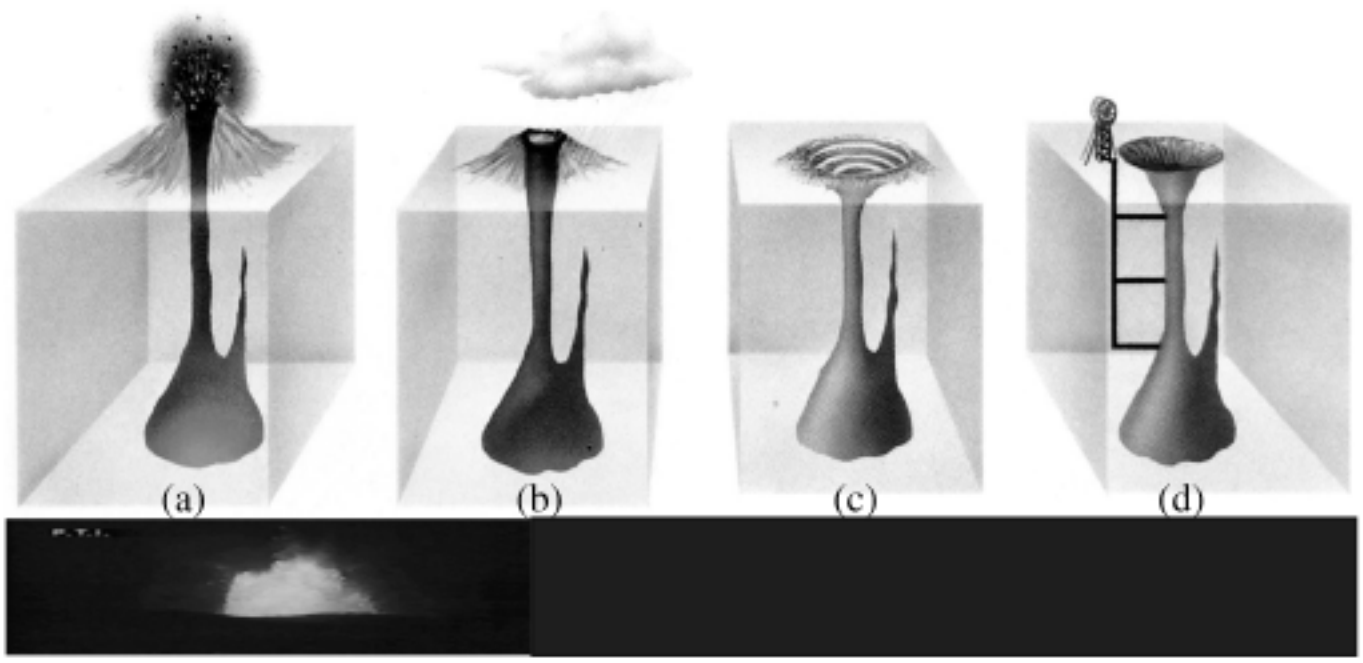


图 3 - 2　金伯利岩筒形成与开采示意图

（据《宝石钻石学教程》，陈钟惠译，1993）

（a）熔融的金伯利岩开始向上运移、喷发；（b）金伯利岩喷发的岩屑堆积在岩筒周围；（c）和（d）岩筒周围的堆积物被风化侵蚀，岩筒被开采

金伯利岩筒的地面形态和外观在很大程度上取决于从它喷发以来所发生的剥蚀量，岩筒可被划分为三个带（图 3 - 2）。如果自喷发以来很少被剥蚀，岩筒由堆积的金伯利岩岩块组成，构成了岩筒的顶部带；在火山口下方，岩筒变窄，这个中部过渡带被称为中部（浅成）带；第三个带为根部带，代表最后一次驱使金伯利岩到达地壳浅层的那个爆发点，在此带，金伯利岩筒是非常窄的。

钻石可以出现在所有三个带中。

金伯利岩暴露在大气中，迅速被风化，变成一种黄色的易碎物质，被称之为“黄地”。在风化带以下，金伯利岩一般是暗蓝灰色岩石，且较硬，被称之为“蓝地”。

1979 年在西澳大利亚地区发现另一种赋存钻石的岩石——钾镁煌斑岩。像金伯利岩一样，钾镁煌斑岩也以筒状体或岩墙形式产出，但与金伯利岩相比较，其岩筒有一个相对于主要通道来说特别大的火山口带。

西澳大利亚的钾镁煌斑岩是一种超钾质富镁的碱性岩类，也称超钾金云火山岩，属于浅成相或喷出相的岩石，具斑状结构，基质为微晶—隐晶质结构，以脉状或岩墙状形式产出。其特征矿物有黄长石、白榴石、富钛贫铝的金云母、透辉石、含钛钾的碱镁闪石及富钾的火山玻璃等。像金伯利岩一样，也捕虏了地幔的含钻石的橄榄岩、榴辉岩等

捕虏体。

除上述的含钻石的两种寄主岩石外，世界上还有许多的冲积砂矿型钻石矿床，即由含钻石的原岩经风化、流水的搬运、沉积作用形成砂矿。

四、钻石形成相

通过对金伯利岩岩浆演化过程中物理、化学条件变化的研究证实：内成稳定阶段、侵入膨胀阶段具备钻石的形成条件。

1. 内成稳定钻石相

钻石在内成稳定阶段中由于压力、温度作用使钻石的结晶过程处于十分稳定的状态，原生碳源充足，结晶时间充分，钻石围绕着晶芽迅速生长，形成较大的平面八面体钻石。此时岩浆的基性程度高，Ti 元素为分散状态，由它所形成的“触媒”作用，还无法制约钻石的生长。

当钻石被金伯利岩浆携带转入侵入作用后，钻石完全处于熔蚀状态，第一世代平面八面体钻石向曲面菱形十二面体转化。因此在金伯利岩中存在的曲面晶体或平面—曲面晶体代表了内成稳定钻石相特征。宝石级金刚石大都来源于内成稳定相。

2. 侵入膨胀金刚石相

据金伯利岩矿物实验研究认为，膨胀阶段的温度为 1000～1500 ℃，瞬时膨胀所产生的压力可达 5×10^{9} Pa 以上，这样的温压条件为第二代金刚石晶芽的形成创造了条件，由于结晶时间短，碳源不足以及岩浆酸性程度增高，Ti 元素的进一步富集并与 O 元素结合等原因，均制约着钻石的生长。此阶段形成的金刚石粒径很小，以阶梯状八面体及异形晶为特征。膨胀金刚石相大多提供工业级金刚石。

第二节 钻石矿床的成因类型

具有经济价值的钻石矿床有两大成因类型：钻石原生矿和钻石砂矿（图 3 - 3)。前者在世界范围内有广泛分布，但所产的钻石极其有限，约占钻石总产量的 1/ 4；后者提供 3/ 4 的钻石产量，并有大量的宝石级钻石产出。

事实上，钻石不仅在金伯利岩、钾镁煌斑岩中发现，还在陨石（1880 年)、碱性玄武岩（1979 年)、蛇绿岩（1978～1979 年）和安山岩中出现。这些发现进一步拓展了钻石成因类型的研究途径。

一、钻石原生矿

1905 年以前，几乎所有的钻石都来自砂矿。后来在南非及前苏联等国相继发现 5 000多个金伯利岩岩体，其中含钻石岩筒近 1 000 个，具经济意义的只有 5%～10%。长期以来，人们认为钻石原生矿只有一个类型，即金伯利岩型，但 1979 年在西澳大利亚发现钾镁煌斑岩中也含有钻石，到目前为止，已开采的钾镁煌斑岩型钻石矿仅 10～15 个。现根据赋矿岩石特征，将钻石原生矿大致分为两种：金伯利岩型和钾镁煌斑岩



图 3 - 3　世界钻石资源分布示意图

型。

(一) 金伯利岩型钻石矿床

世界上绝大多数原生钻石矿床属此类型。如南非的阿扎尼亚、俄罗斯西伯利亚雅库特、中非的扎伊尔钻石矿床及中国山东蒙阴、辽宁瓦房店钻石矿床都是该类矿床的典型实例。

1. 南非钻石矿床

南非阿扎尼亚是钻石的最大原生矿区，发现有世界上最大的金伯利岩岩筒——普列米尔岩筒 (Premier，1896)，并在此发现世界上最大的钻石——“库利南”。矿区著名的岩筒还有金伯利 (Kimberley，已闭坑)、伯特丰坦 (Bultfontein，1871 年)、亚赫斯丰坦 (Jagersfontien，1870 年)、杜特斯本 (Dutoitapan，1870 年)、戴比尔斯 (De-Berrs，1871 年)、温塞尔顿 (Wesselton，1890 年)、芬契 (Finsch，1965 年)。所有的岩筒，都具有封闭的外形，体积不大，截面面积平均为 300 m×150 m；水平截面的形状近圆形或椭圆形；埋深 290～822 m，岩筒均分布在隐伏断裂带上或分布在隐伏断裂交叉处，这些断裂在深部彼此相连。岩筒多呈漏斗状，在深部变为岩墙或岩脉。

岩筒中的岩石为金伯利岩，岩浆喷发时代是晚白垩纪。金伯利岩中含有二辉橄榄岩、橄榄岩、榴辉岩等幔源包体。

阿扎尼亚矿区钻石储量 2.5×10^{8} ct，品位 0.34～3 ct/ m^{3}。其中，普列米尔岩筒的钻石质量最好，宝石级金刚石 (钻坯) 占 55%，并且也是Ⅱ型钻石的主要产地。

2. 中国的钻石矿床

我国是世界钻石资源较少的国家。20 世纪 60 年代，在贵州东部、山东蒙阴找到了钻石原生矿。70 年代初，在辽宁南部找到了我国最大的瓦房店原生钻石矿，该矿储量较大，质量较好，宝石级金刚石产量高，已于 1990 年 10 月投产。山东虽然出产大颗粒钻石，如 1977 年发现的质量为 158.785 ct 的“常林钻石”，1981 年发现的质量 124.27

ct 的“陈埠一号”钻石等，但因钻石颜色发黄，达到宝石级的钻石并不很多。

现将我国金伯利岩及有关钻石矿床特征介绍如下:

(1) 位置及构造环境　　我国已知金伯利岩分布于辽宁、山东、贵州、湖北、河南、河北、山西、吉林等地，主要位于我国东部地区。但有工业价值的原生钻石矿床仅见于辽宁、山东和贵州。从构造环境看，金伯利岩主要分布于华北地台及扬子地台区内。而有重要经济意义的金伯利岩型钻石矿床位于华北地台内。金伯利岩的形成与深切地幔的大断裂有关。山东金伯利岩分布于郯 - 庐深大断裂带西侧的次级断裂中，距主断裂约 75～100 km；辽宁和吉林的金伯利岩区分布于郯 - 庐深大断裂带的东侧；贵州金伯利岩区位于 NNE 向宜昌 - 都匀深断裂带和 NEE 向的贵阳 - 藏江断裂带的交接部位。

(2) 金伯利岩的形成时代　　辽宁南部金伯利岩的形成时代为奥陶纪—泥盆纪，属晚加里东期—早华里西期构造旋回的产物。山东金伯利岩的形成时代为古生代晚加里东期的产物；贵州金伯利岩的形成时代为古生代泥盆纪。

(3) 金伯利岩的产状、形态及规模　　金伯利岩有成群、成带分布的特征。一个地区的金伯利岩，往往由 2～3 个岩带组成。如辽宁南部，在长 28 km，宽 18 km 范围内，分布着大小金伯利岩体 76 个，它们在空间上可分为 3 个岩带，各岩带大致平行排列，并呈北东方向展布。山东金伯利岩区，在长 60 km，宽 20 km 范围内，也分布着 3 个岩带。其他金伯利岩区，也有成群、成带分布特征。金伯利岩的产状主要为岩筒、岩脉和岩床。它们在形态、大小、分布及含金刚石性方面各有其独自的特征:

①岩筒　　是含钻石最富、最有工业意义的金伯利岩体。从地表平面图看，呈圆形、椭圆形、透镜状、哑铃状及不规则状；从剖面上看，多呈漏斗状、筒状。形成岩管的有利构造部位是两组断裂交汇处。一般来说，金伯利岩管向深处变为岩脉，但延伸深度各不相同。

②岩脉　　与同一岩带的岩管相比，岩脉的钻石含量低。从平面上看，金伯利岩岩脉窄而长，剖面上呈墙状、扁豆状。其长和宽差别较大，长者可达几千米，短者十几米，宽者可达十几米，窄者仅几厘米。一般岩脉越长，向深处延伸越深。岩脉一般沿断裂成群、成带产出，组成平行的、半平行的、雁行状或分枝状岩脉群。组成岩脉的岩石，主要是块状构造的斑状金伯利岩，岩石中含深源包体及围岩碎屑少。

③岩床　　不含或少含钻石。一般呈似层状、透镜状和饼状，多于盖层发育区的层间构造中。岩床产状较平缓，倾角不超过 25°。

(4) 金伯利岩的主要岩性特征

①斑状金伯利岩类　　包括斑状金伯利岩、斑状云母金伯利岩及斑状富云母金伯利岩。块状构造、斑状结构。基质呈显微斑状结构。斑晶矿物呈浑圆状或椭圆状，一般含量为 10%～30%，高者可达 60%，直径为 5～10 mm。斑晶的矿物成分为橄榄石 (假象)，次为云母。副矿物为铬尖晶石、镁铝榴石、单斜辉石、钛铁矿、磷灰石及锆石等。

②金伯利凝灰角砾岩及金伯利角砾凝灰岩类　　该类岩石为暗绿色、绿灰及深灰色。碎屑构造，碎屑成分占 50% 以上。以 2 mm 以上的碎屑角砾为主者，是金伯利凝灰角砾岩；以 2 mm 以下的碎屑为主者，为金伯利角砾凝灰岩。该类岩石中的碎屑由深源碎屑、同源碎屑和壳源碎屑三部分组成: 深源碎屑主要为纯橄岩类、二辉橄榄岩类、

榴辉岩类和云母岩类及矿物晶屑。同源碎屑为早期形成的斑状金伯利岩、斑状云母金伯利岩及金伯利岩碎屑；壳源碎屑的岩性多种多样，主要有砂岩、页岩、片麻岩、混合花岗岩、石榴石麻粒岩等。

③细粒金伯利岩类　　岩石为暗绿色，块状构造，细粒结构，显微斑晶为橄榄石、金云母、铬尖晶石等矿物。从产状看，一种是作为金伯利岩的包体产出，为早阶段形成的产物；另一种呈脉状产出，穿插于斑状金伯利岩中，为晚阶段形成的产物。

(5) 金伯利岩岩石化学成分特征　　虽然金伯利岩存在着混杂现象，但其化学成分仍有一定的规律。金伯利岩的 SiO_2 通常 < 35%，比一般橄榄岩低；$K_2O > Na_2O$，H_2O 和 CO_2 含量高。金伯利岩比一般超基性岩富含碱质和 TiO_2，比钾镁煌斑岩含 (Fe_2O_3 + FeO) 高，而含 ($K_2O + Na_2O$) 及 Al_2O_3 低。总体来看，金伯利岩中 (Cr_2O_3 + NiO) 含量越高，($TiO_2 + Al_2O_3 + Na_2O + K_2O + P_2O_5$) 含量越低，岩石中钻石含量则高。

(6) 钻石矿的找矿标志　　钻石形成于高温条件下，尤其是高压的上地幔条件下，被快速上升的金伯利岩浆携带至地表，这种钻石矿床形成的特殊的地质条件和环境，必然反映到金伯利岩的岩石学、地球化学、矿物学等方面的特征上来，因而，可以根据金伯利岩的这些对含钻石有指示意义的特征，寻找钻石矿床。

①少含或不含钻石的金伯利岩在空间上、时间上往往与钾镁煌斑岩、玻基纯橄岩、云煌岩、橄辉玢岩等相关岩石密切共生。

②金伯利岩筒含钻石较富，其次是岩脉，而岩床含矿很贫或不含矿。岩筒产状中，又以陡立的或漏斗状产出的岩筒含钻石性最好，而那些缓倾斜的岩筒，含钻石性较差。

③同一岩体中，往往块状金伯利岩比碎屑状金伯利岩含钻石富。含深源捕虏体的数量越多，钻石含量越高；岩石中含橄榄石粗晶矿物越多，钻石越富。

④一般来说，随岩石中 MgO、Cr_2O_3 和 NiO 含量的增加，$TiO_2 + Al_2O_3 + Na_2O + K_2O + P_2O_5$ 含量的降低，岩石中含钻石性越好。

⑤钻石是形成于上地幔中的一种矿物，与富 Cr 贫 Al 的镁铝榴石，铬尖晶石，富 Cr 和 Mg、贫 Ca 和 Fe 的单斜辉石，富 Cr 和 Mg 的钛铁矿及富 Mg 的橄榄石等高温高压下形成的矿物密切共生。因而，金伯利岩中，这种在钻石 p - T 稳定区形成的矿物组合中矿物越齐全，含量越多，则钻石越富。

(二) 钾镁煌斑岩型钻石矿床

含钻石钾镁煌斑岩，又称超钾金云火山岩。这是一种钻石原生矿床的新类型。1979 年发现于澳大利亚的金伯利地区。它与金伯利岩无论在岩性方面，还是在形成的构造环境和岩筒结构等方面均不相同 (表 3 - 1)。典型矿床为阿盖尔钻石矿。

含钻石的钾镁煌斑岩是一种超钾质碱性岩类，岩石化学特征是 $K_2O > Na_2O$，高 MgO (表 3 - 2)。

西澳金伯利地区含钻石钾镁煌斑岩体位于元古宙金伯利地块 (西澳地台的一部分) 的西南缘，岩体侵入到 King Leopold 活动带，喷出时代是早中新世。100 多个岩体产在 3 个主要矿田中。大多数钾镁煌斑岩受构造控制，主要是 NWW 向断裂控制。其特点是：火山口直径很大，而岩管通道极为狭窄；火山口一般充填有凝灰岩；岩层倾角很缓，向岩管中心倾斜；上覆凝灰岩一般较粗，层理不清，几乎不含外来物质；而最下层

的凝灰岩含有很大比例的崩解的富石英围岩，层理很好，并具交错层，凝灰角砾岩和侵入同源角砾岩常见；在许多岩管中，凝灰岩被晚期岩体所超覆或侵入，岩浆侵入相和火山口相岩石紧密共生。这些特征在金伯利岩火山通道中是少有的。

表 3 - 1　两种原生金刚石矿床的特征及形成地质环境对比

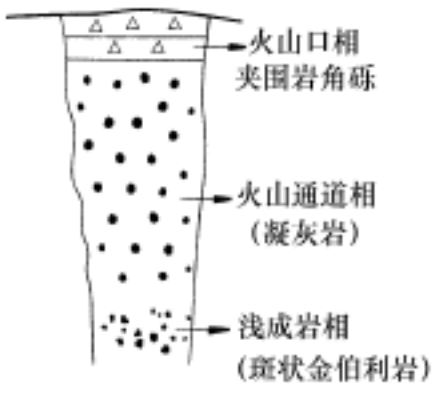
项目	金伯利岩型	钾镁煌斑岩型
岩性	斑状碱性橄榄岩、金云母金伯利岩、蛇纹石金伯利岩、方解石（钙质）金伯利岩、Ca - Mg 橄榄石金伯利岩	硅酸不饱和富 Mg 富 K 煌斑岩、金云白榴响岩、透辉金云白榴岩
元素特征	高 CaO、$A1_2O_3$、K_2O 、P_2O_5、Cr、Ni、CO 等。我国含矿金伯利岩一般 $Cr_2O_3 > 2.5\%$，$Al_2O_3 < 21\%$	高 K_2O（一般 2.7%～7.74%），高 MgO（一般 14%～27%），$TiO_2 > 1\%$，$K_2O/Na_2O = 2.7$～20.0，$Al_2O_3 > 7\%$，$MnO < 0.2\%$，高 Ba
特征矿物	Cr 透辉石、高 Cr 低 Ca 的镁铝石榴石、橄榄石。金刚石含量往往与富 Cr 的镁铝榴石含量成正比，而与含 Ti 副矿物及金云母含量成反消失关系。	富钛金云母（含 TiO_2 4%～8%）富钾玻璃、白榴石、镁红钠闪石、红柱石、钾钙板锆石
共生岩石	世界上几个盛产金刚石的古老地台，金伯利岩常与暗色岩共生。这种暗色岩是以基性为主的一整套熔岩、火山凝灰岩和次火山岩。与其他基性超基性、碱性岩石等共生者，常不含金刚石	
包体	含橄榄岩、二辉橄榄岩、榴辉岩及碎镁铁结核等包体	含橄榄岩、二辉橄榄岩、榴辉岩及碎镁铁结核等包体
大地构造环境	稳定克拉通中次级构造交接带地壳引张区，成带分布，与隐伏深断裂有关，地台需有沉积盖层（在地盾区者多不含矿）。主要分布在地台隆起区	超钾岩区、克拉通化活动区及老克拉通边缘盆地
岩筒结构	 剖面上呈陡立的漏斗状，平面为椭圆状及不规则状，直径 250～850 m，1000～1500 m 以下过渡为岩墙。岩筒成带分布	 ①火山口直径很大，岩管通道窄；②火山口一般充填凝灰岩，倾角缓；③上覆凝灰岩较粗，层理不清，几乎不含外来物质，最下层层理好，含同源角砾岩；④凝灰岩常被后期岩浆岩超伏或侵入，岩浆相与火山相岩石共生
物性异常	通常有负地形；目标区局部磁力高；岩筒上局部具重力负异常；电阻与围岩比为异电体	通常为正地形；磁力反应一般；局部重力正异常；与围岩比为异电体
形成时代	地台基底形成在太古宙、元古宙，岩体喷出多在白垩纪	地台基底形成在太古宙或元古宙，西澳钾镁煌斑岩喷出于早中新世

表 3 - 2　世界钾镁煌斑岩岩石化学成分表　　单位 : %

编号	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	CO_2	MnO	P_2O_5	TiO_2
1	42. 61	4. 40	4. 52	4. 26	22. 33	5. 21	0. 47	4. 03	0. 17	0. 14	0. 78	8. 15
2	40. 71	4. 51	4. 58	4. 28	22. 20	5. 37	0. 37	4. 51	0. 21	0. 14	1. 48	3. 21
3	30. 46	3. 53	6. 98	1. 80	26. 67	5. 14	0. 29	2. 56	0. 21	0. 13	0. 29	2. 61
4	38. 40	3. 47	6. 85	1. 80	26. 31	4. 60	0. 73	3. 07	0. 18	0. 13	0. 81	2. 22
5	45. 00	4. 84	3. 00	4. 66	21. 20	4. 88	0. 46	5. 50	0. 50	0. 12	1. 58	3. 22
6	41. 70	4. 58	2. 79	4. 62	23. 90	5. 45	0. 09	3. 74	1. 95	0. 12	0. 90	2. 48
7	56. 00	7. 70	1. 15	4. 85	13. 90	2. 36	0. 06	4. 12	0. 75	0. 05	1. 05	2. 61
8	37. 40	3. 36	6. 93	1. 55	25. 50	4. 24	0. 16	3. 28	0. 55	0. 12	1. 62	3. 30
9	45. 50	3. 66	5. 07	1. 42	15. 30	5. 10	0. 48	5. 70	0. 40	0. 10	3. 38	3. 14
10	49. 30	8. 70	4. 15	3. 89	16. 10	1. 30	1. 43	2. 70	0. 55	0. 07	0. 23	0. 17
11	44. 80	5. 80	3. 20	7. 13	25. 00	7. 40	1. 44	0. 80	0. 20	0. 18	0. 25	0. 03
12	41. 52	3. 54	4. 57	3. 90	26. 90	4. 38	0. 36	4. 10	0. 19	0. 13	0. 62	2. 01
13	40. 10	3. 50	3. 80	4. 98	26. 10	5. 61	0. 45	3. 46	0. 12	0. 14	1. 17	2. 14
14	42. 80	3. 30	4. 90	3. 52	24. 90	4. 30	0. 51	4. 23	0. 10	0. 12	0. 60	2. 71
15	42. 43	4. 44	4. 94	2. 37	19. 04	4. 06	0. 63	5. 11	0. 70	0. 11	0. 80	5. 77
16	43. 14	8. 33	3. 81	4. 67	17. 88	11. 34	1. 82	1. 95	0. 91	0. 18	0. 77	0. 71
17	55. 48	13. 11	7. 43	0. 11	6. 72	2. 23	1. 81	3. 82	0. 42	0. 14	0. 68	0. 72
18	50. 23	10. 15	3. 65	1. 21	7. 48	6. 12	1. 29	10. 48	0. 00	0. 09	1. 81	2. 39
19	49. 26	7. 27	5. 47	1. 02	8. 29	2. 56	0. 45	7. 74	0. 30	0. 10	0. 64	5. 41
20	46. 04	6. 85	7. 12	0. 88	10. 74	3. 89	0. 45	9. 67	0. 23	0. 10	1. 68	0. 59
21	48. 12	5. 97	5. 99	1. 50	10. 74	2. 80	0. 49	9. 56	0. 25	0. 09	1. 05	8. 12
22	50. 47	7. 38	5. 72	1. 62	9. 12	4. 15	0. 44	8. 80	0. 75	0. 09	0. 75	5. 67
23	53. 61	9. 85	5. 66	1. 22	4. 99	2. 13	0. 67	11. 22	0. 30	0. 11	0. 72	5. 16
24	54. 67	7. 90	7. 39	0. 72	4. 66	2. 38	0. 34	9. 10	0. 35	0. 07	1. 18	5. 14
25	58. 75	7. 29	6. 02	0. 87	4. 47	2. 07	0. 38	4. 91	8. 25	0. 11	1. 06	5. 04
26	41. 48	7. 19	3. 29	5. 43	11. 33	9. 57	0. 20	4. 91	8. 25	0. 11	0. 99	0. 15
27	42. 03	6. 84	3. 57	5. 42	12. 59	9. 17	0. 18	4. 25	5. 90	0. 11	0. 92	3. 51
28	44. 43	7. 20	3. 64	5. 16	14. 73	6. 89	0. 40	3. 93	3. 28	0. 11	0. 95	3. 01
29	43. 15	7. 32	3. 24	5. 58	13. 50	7. 30	0. 23	4. 28	4. 58	0. 10	0. 95	3. 13
30	40. 85	8. 30	1. 00	5. 36	10. 59	11. 16	0. 10	3. 25	8. 80	0. 10	0. 96	3. 43

1、2. 西澳 WAK31、WAK18 (含金刚石); 3、4. 美国大草原河 (含金刚石); 5、6、7. 西澳阿盖尔 (含金刚石); 8、9. 西澳埃伦代尔 4 号 (含金刚石); 10、11. 西澳旺达吉 (含金刚石); 12、13、14. 西澳 MAK16、WAK32、WAK33 (含金刚石); 15. 西澳伊比斯山 (无金刚石); 16、17. 云南海东 (无金刚石) (《云南地质》, 1986, 第三期); 18. 怀俄明州白榴石山 (无金刚石); 19. 西澳 WAK17 (含金刚石); 20. 西澳波希山 (无金刚石); 21. 西澳“31”英里火山口 (无金刚石); 22. 西澳罗兹山 (无金刚石); 23. 西澳玛米勒山 (无金刚石); 24、25. 西澳东大草原山 (无金刚石); 26～30. 贵州 (无金刚石)。(《贵州科技情报》, 1985 年, 第 3 期)

很多岩体具同心圆状的成分分带特征，常见同心圆状和放射状节理。从外带到中心，岩相分布顺序：角砾岩带（含许多围岩沉积物碎块）、角砾岩化金云钾镁煌斑岩和细粒斑状钾镁煌斑岩带（常含金云母或透辉石流线斑晶）、块状中—粗粒金云钾镁煌斑岩位于岩体中心。常见矿物有橄榄石、单斜辉石、金云母（含 Ti）、白榴石、角闪石（典型的是钾碱镁闪石）、斜方辉石、透长石、富钾火山玻璃。副矿物有红柱石、磷灰石、霞石、尖晶石、钙钛矿、钾钙板锆石，有时出现上地幔来源的捕虏体和捕虏晶。

岩石可以是基性成分，也可以是超基性成分，$K_2O/Na_2O>3$，Rb、Sr、Ba、Ti、Zr、Nb、Pb、Th、U 及轻稀土元素丰度高。其岩性有橄榄石钾镁煌斑岩、白榴钾镁煌斑岩和含橄榄石白榴钾镁煌斑岩。

（三）原生钻石矿床成因

地质学家已经公认，钻石是在高温高压具较强的还原条件下形成，但对钻石矿床的成因模式却有不同的看法：

1. 钻石是由岩浆熔体或某种地幔岩交代流体形成

O．A．Henry 认为，当地球的软流圈形成后，由于地幔底辟活化及邻近地幔岩石的自然扰动，钻石与深源包体混合，并进入底辟形成的金伯利岩和钾镁煌斑岩岩浆中，然后通过深断裂将钻石迅速送至地面。其根据有以下几点：

(1) 钻石中未发现流体包体和气体包体，只有超镁铁岩和榴辉岩系列的包体，且以后者为主。测试表明，超镁铁岩系列 $\delta^{13}C$ 大多为 -5‰（-2‰～-9‰），榴辉岩系列 $\delta^{13}C<-34‰$，两个系列包体彼此排斥，不共存，说明钻石的形成环境不止一种。

(2) 据同生包体年龄测试，南非芬契矿的钻石形成在 20 亿年前，而金伯利岩形成于 9000 万年前，有些钻石的年龄甚至与地球年龄相等，说明钻石不是金伯利岩的副矿物，而是捕虏晶。

(3) 据计算，金伯利岩上升速度可高达 70 km/h，从地幔上升到地壳近表面仅需几小时，所以，这种上升速度使钻石得以保存不致被熔化或完全转变成石墨。

(4) 榴辉岩捕虏体中的钻石，其包体基本上属榴辉岩系列，所以，钻石是榴辉岩的矿物成分，与榴辉岩同时形成。

(5) 碳以 CO_2 和 CH_4 形式存在，来源于原始碳和俯冲形成的再循环碳。地幔中的原始碳大多在地球壳幔分离后不久即已存在于地幔中，与硅、氧、铁、镁等元素相比，碳的含量极少。

2. 钻石是多来源的

F. Hagger (1986) 认为，钻石可以有多种来源：

(1) 部分细粒钻石形成在火山爆发前后。岩石圈底部是热力状态和氧逸度状态反差大的区域，在软流圈与岩石圈边界处容易发生 CH_4 的氧化或 CO_2 的还原及气态裂解，使碳发生沉淀。此外，C 是硅酸盐矿物的不相容元素，部分熔融过程中 CO_2 和 CH_4 离解成单质碳，富集在岩石圈残留体中，这些都是钻石中碳的来源。在岩浆喷发前一段时间内，地幔去气作用已特别活跃，高压微粒碳高度富集，在爆发瞬间温度很高，钻石晶体的生长和滞留期又短，可以自发成核，形成具清晰界面、无熔蚀现象的高温八面体钻石。所以，细粒钻石的形成与火山爆发时代相当或略早。只要完全避免熔蚀作用，这些

钻石就可以保留。

(2) 粗粒钻石与岩石圈内的超镁铁岩同源，年龄 20～40 亿年，它们是在地球化学亏损环境下，在挥发分中结晶生长的矿物。

(3) 榴辉岩组分的平均值虽相当于玄武岩，但密度很大 (3.5 g/ cm^3)。石榴二辉橄榄岩随着压力不断增大，部分熔融。含钻石的榴辉岩可能是在太古代最早期地壳和岩石圈发展过程中，被捕虏进入尚在形成的岩石圈里或侵入到地壳下部形成的。软流圈密度 (3.4 g/ cm^3) 要大于亏损型岩石圈密度 (3.3 g/ cm^3)，榴辉岩在岩石圈内的沉降速率大于下伏软流圈内沉降速率，这样就在软流圈与岩石圈界面上堆积了榴辉岩豆荚体。而这个深度正好是钻石、石墨或二者亚稳定共存的区域。

(4) 硫化物对 CO_2 的还原作用：虽然硫是一种挥发性气体，但从地幔捕虏体获得的信息表明，上地幔有硫化物存在，有时还作为钻石包体存在。

$$2FeS + CO_2 = 2FeO + S_2 + C$$

榴辉岩中常见硫化物球形集合体 (磁黄铁矿、镍黄铁矿和黄铜矿)，当温度超过 1 000℃ (FeS，Ni，Cu 固溶体液相线温度) 时，成为不混溶体，碳在其中的溶解能力大大加强，当碳达到饱和时，就有钻石或石墨结晶，其中硫化物帮助维持还原的缓冲环境和维持钻石成核和生长的临界状态。据此推测，榴辉岩中钻石在富硫熔融体中成核，在变质条件下继续生长。

(5) 甲烷与氮气反应产生钻石。

$$3CH_4 + 2N_2 = 3C + 4NH_3$$

在岩石圈底部，由于原始去气作用，使氮大量浓集，由于此处一直保持高温，必然出现以 Ia 型退火的高温八面体为主的钻石，往岩石圈内部则逐渐发育立方体 - 八面体金刚石；在岩石圈最上部，则发育 Ib 型钻石。II 型钻石只限于富集在亏损氮的孤立区域。

F．Hagger 用一个综合模式图表明金伯利岩型和钾镁煌斑岩型钻石矿床的形成过程 (图 3 - 4)。

二、钻石砂矿

钻石砂矿是世界上钻石的主要来源。世界各国砂矿中钻石储量约 8.5×10^8 ct，占世界钻石总储量的 40%，但产量却占总数的 75%。如俄罗斯乌拉尔的钻石矿，西非、巴西和委内瑞拉的冲积砂矿，纳米比亚滨海砂矿许多原生矿的发现都是由砂矿追溯的。

(一) 钻石砂矿的成矿期

具有工业价值的钻石砂矿主要分布在古老地台上，仅有少量产于地槽区或褶皱带。砂矿主要分布在扎伊尔、南非 (阿扎尼亚)、纳米比亚、安哥拉、加纳、塞拉利昂等国。

钻石砂矿的主要成矿期是前寒武纪和新生代。晚古生代、中生代也有产出。

前寒武纪含钻石砾岩具有较大工业价值，占世界钻石产量的 12%。著名的南非维特瓦特斯兰德含钻石砾岩，几内亚—利比亚、印度、南美、西澳等地的钻石砂矿都属前寒武纪。

晚古生代的砂矿，主要是指西伯利亚地台区的砂矿。

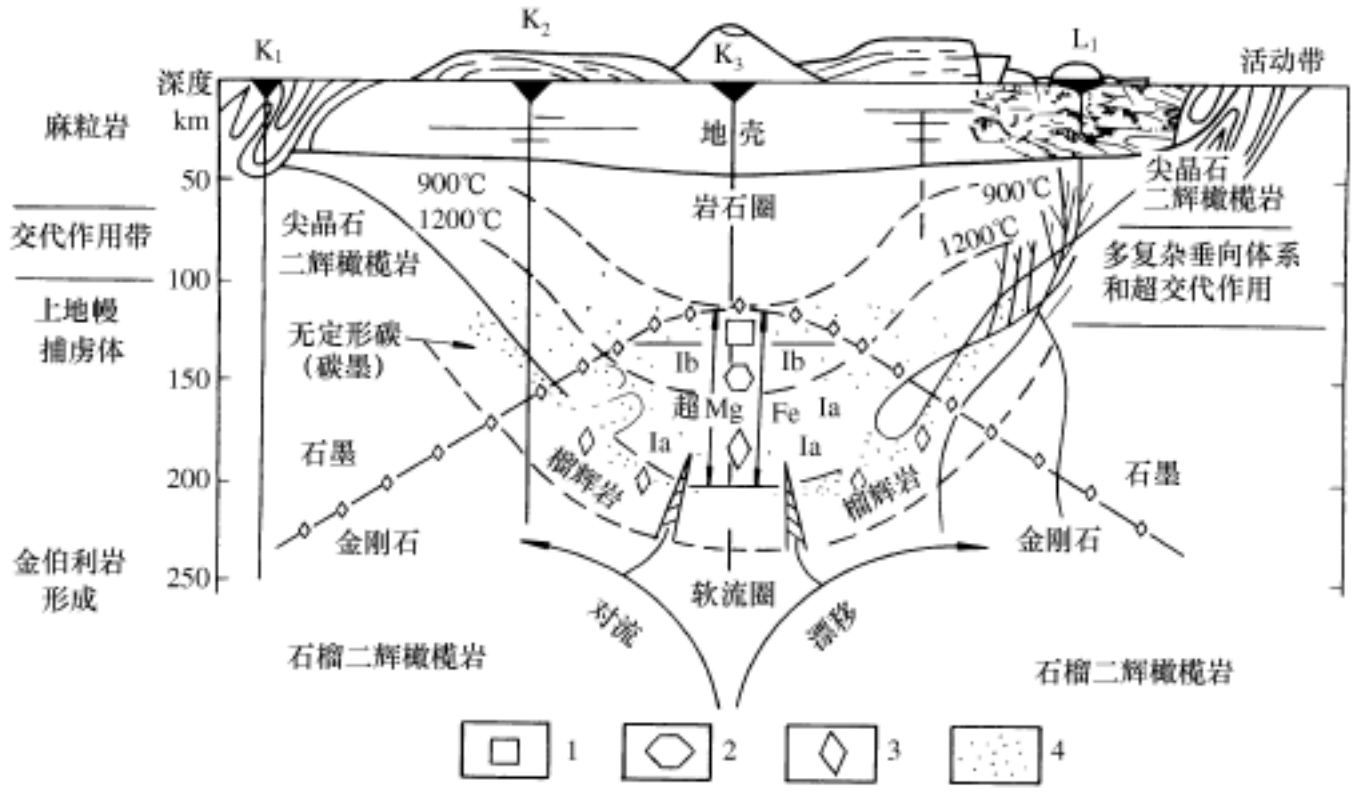


图 3 - 4　钻石矿床成矿模式图

(据 F. Hagger, 1986)

1—低温八面体钻石；2—中温立方体 - 八面体钻石；3—高温立方体钻石；4—碳黑（无定形碳）K_1、K_2、

K_3—金伯利岩筒；L_1—钾镁煌斑岩

中生代钻石砂矿主要发育在非洲—阿拉伯地台和南美地台。中非刚果河流域（白垩纪含钻石砾岩）和扎伊尔的开赛河流域都是世界有名的钻石产区。

新生代钻石砂矿分布也十分广泛。第四纪砂矿价值较大的是河流冲积矿、残积砂矿和滨海砂矿。较有名的是南非普列米尔岩筒上部的残积砂矿。该砂矿由含钻石的“黄土”和“蓝土”组成，厚达 56 m，钻石平均品位 2 ct/ m^3，储量 4.2×10^6 ct。博茨瓦纳的奥拉帕岩筒上部残积砂矿及南非罗伯茨 - 维克多岩筒残积砂矿都有丰富的钻石资源。

(二) 钻石砂矿特征

含钻石的金伯利岩经风化、搬运、沉积可形成砂矿。

1. 前寒武纪钻石砂矿特征

(1) 产出　　前寒武纪钻石砂矿都位于地台结晶基底的早期固结阶段，分布在地质或古老地块的核部附近，产于前寒武纪地台沉积盖层的底部。

(2) 成因　　往往与滨海成因的粗碎屑岩、三角洲和滨海冲积平原沉积有关，有的是冰川成因。

(3) 赋矿岩石　　含钻石砾岩。砾岩成分大部分是石英岩、硅质岩，多半含金，但缺失特有的钻石伴生矿物——含铬镁铝榴石、镁钛铁矿和铬透辉石等。

(4) 钻石特征　　所产钻石具不同色调的绿色和褐色，晶体表层呈薄壳状或斑点状。绿色斑是由于长期被辐射的结果；褐色斑则是由于区域变质作用对钻石加热而引起。绝大多数钻石呈菱形十二面体，浑圆状，晶体上有许多溶蚀痕迹。钻石质量好，宝

石级金刚石占相当大比例。

2. 第四纪钻石砂矿特征

第四纪钻石砂矿，按其成因可分为河流冲积砂矿、残积砂矿和滨海砂矿。

(1) 河流冲积砂矿　　矿床位于河流冲积砂中，富矿主要集中在中、小河流冲积砂中；含矿层为砾石层，砾石成分以石英岩、脉石英、硅质岩为主，分选性和磨圆度好，富矿往往位于底部砾石层中；碳酸盐地区岩溶漏斗或深坑中也往往形成品位特别高的钻石砂矿床。

(2) 残积砂矿　　位于金伯利岩筒上部，由“黄土”、“蓝土”或交互成层的薄层页岩、泥岩、粗砂砾和漂砾组成。残积砂矿的形成除取决于原生矿的种类、规模、含量外，最重要的是需要有潮湿的热带和亚热带气候条件，所以，主要分布在非洲、亚洲南部和南美洲。

(三) 中国的钻石砂矿

1. 湖南沅水的钻石砂矿床

钻石砂矿主要分布于沅江流域中下游阶地上。阶地型和河谷型钻石砂矿在垂向上从上至下一般可分为四层：浮土层、砂粒层、含钻石砂卵石层、含钻石粗砂砾层。卵石、砾石的主要成分为板岩、变质石英砂岩、石英岩和硅质岩。钻石砂矿在三维空间上的富集规律是：①纵向上越往下游，钻石品位越高，质量越好。②横向上，河谷中间品位较高，往两侧逐渐变贫。③主流地段品位高，钻石颗粒大，支流中钻石砂矿品位较低，颗粒较小。④钻石常富集在坡积、冲积层下部。

湖南沅水的钻石砂矿，所产钻石质量较优，宝石级金刚石约占 80%。湖南钻石普遍具有强的金刚光泽，光彩夺目；晶形完整度高，单晶晶面、晶棱完整率达 85%，主要以菱形十二面体为主，约占 80%以上。八面体单晶占 8%，其余为立方体、四面体及八面体与菱形十二面体的聚形。据资料统计，湖南钻石中质量为 0.1～0.25 ct 的约占 38.7%，大于 0.25 ct 者占 19.8%，其余为 0.025～0.1 ct。湖南钻石中无色纯净的占 4.5%左右；表面淡黄、淡褐色，占 68%左右；表面带淡黄、淡褐色及其他色，占 17%左右，黄色钻石占 10.5%左右。英国矿物学家哈理斯博士、澳大利亚学者和比利时地质专家到湖南考察后认为，沅水流域的钻石质量胜于巴西钻石。再加上钻石常与黄金伴生，实为世界罕见的宝石资源。

2. 山东沂沭河流域的钻石砂矿

矿床位于沂沭河水系的中下游地区，属被剥蚀的Ⅱ级阶地砂矿。该矿床仅残留少量的钻石砂砾层，单个砂矿矿体规模较小，一般长几千米，宽几百米，厚度很少超过 1 m。钻石品位不高，但颗粒大，著名的“常林钻石”就发现于此地，1981 年以来，该区先后找到质量为 124.27 ct、96.94 ct、92.82 ct 的特大钻石 (分别命名为陈埠一号、陈埠二号、陈埠三号)，钻石质量欠佳，无色透明的不多，以淡黄、棕黄色钻石为主。

3. 辽南钻石砂矿

矿床主要分布在钻石原生矿附近的复州河的次一级支流阶地和河床砂砾层中。矿体长一般为几千米、宽几百米，厚约 3～8 m。钻石品位较高，质量甚佳，大多为无色透明、晶形完整。20 世纪 70 年代末，该区曾发现一颗质量为 10.8 ct、无色透明的钻石晶体。

第三节 钻石的分布及产出现状

钻石在自然界中产出极稀少，分布极不均衡。迄今为止，只在世界 27 个国家找到了具有经济价值的钻石矿床。

21 世纪，钻石主要采自非洲、澳大利亚、俄罗斯和加拿大。其中非洲是最主要的产地。主要产出国是博茨瓦纳、南非、刚果共和国、安哥拉和纳米比亚等。澳大利亚的钻石矿床主要集中在西澳地区，目前的钻石产量居世界前列。俄罗斯的钻石矿床多分布在西伯利亚地区，随着新的勘探方法的应用，有可能发现新的矿床，从而提高钻石产量。加拿大是一个新的钻石产出国，矿床主要集中在西北部。预测不久的将来，加拿大将会成为一个主要的钻石生产国。

自 3000 年前印度首次开采金刚石矿床以来，世界各国共采出金刚石约 25.5 亿克拉(约 510 吨)。目前，全世界现有的金刚石资源量约 19 亿克拉，探明的保有储量 9 亿克拉。1990 年以来，世界金刚石年产量已突破 1 亿克拉。据统计，世界金刚石产量中，75%来自原生矿，25%来自砂矿。

一、非洲金刚石

自古以来，非洲一直是世界上最主要的钻石产地。1992 年，非洲金刚石总产量占全球金刚石总产量的 70%；1998 年占 74%；预计到 2005 年，将会占到 75%。非洲主要的金刚石产出国有以下几个国家。

1. 南非

南非的金刚石资源十分丰富，既有多处规模很大的原生矿床，又有分布广泛的砂矿床。自 1866 年在奥伦治河 (Orange River) 阶地发现第一颗金刚石以来，从 20 世纪初至 60 年代，金刚石产量在世界一直独占鳌头。尽管现在南非的金刚石产量仅占世界总产量的 9%，居第六位 (其中宝石级占其产量 45%)，但产值却占全球钻石总产值的 17%，其中大部分来自原生的金伯利岩矿床 (岩筒)。南非的钻石以质量好、产量大闻名于世。最高品位 100～300 ct/ m^3，平均品位 0.5～2 ct/ m^3，1～3 克拉大小的钻石常见。目前南非的金刚石基本由戴比尔斯集团负责开采。

(1) 普列米尔 (Premier) 金伯利岩筒

普列米尔金伯利岩管发现于 1902 年，占地面积 30.75 万平方米，是南非规模最大、经济价值最高的金伯利岩筒。该岩筒自 1903 年开采至今，共采用 1 亿多克拉金刚石。据统计，截至 1996 年底，该岩筒共产出 > 100 ct 宝石级金刚石 308 颗；其中 > 500 ct 的有 7 颗，300～500 ct 的有 14 颗。普列米尔金伯利岩筒产出的著名大钻有：

“库利南”3106 ct，浅蓝白色，世界第一巨钻；

“琮克尔”726.60 ct，无色透明，纯洁无瑕优质钻；

“无名”593.50 ct，无色钻石；

普列米尔岩管产出的金刚石，80%呈碎块状，完整晶体较少见，宝石级金刚石以浅蓝白色、淡玫瑰色和纯白色以及高净度为特色。普列米尔矿可开采 100 年以上。

(2) 亚赫斯丰坦 (Jagersfontien) 金伯利岩筒

亚赫斯丰坦岩管发现于 1871 年，岩筒直径约 300 m，延深 750 m。目前虽已停止开采，但在历史上，该岩筒以产出品质极佳的宝石级金刚石著称，驰名于世的名贵大钻有:

“高贵无比”995.20 ct，无色;

“雷兹”650.80 ct，无色;

“亚赫斯丰坦”240 ct，蓝色;

“温斯顿”154.40 ct，蓝白色。

据统计，该岩筒几乎没有发现黄色钻石，虽然钻石的产量不高，但所产出的钻石纯洁无瑕，色级好。

(3) 金伯利 (Kimberley) 和戴比尔斯 (De Beers) 金伯利岩筒

两岩筒发现于 1870 年，相距约几百米，开采深度均超过 1000 米，目前已停采。据统计，两个岩筒在开采期间发现的大钻较多。其中: >500 ct 1 粒; 200～500 ct 57 粒; 100～200 ct 684 粒。这两个岩筒以出产金黄色和深棕色宝石级金刚石为特色，优质蓝白色、无色钻石较少。钻石晶形以八面体和六八面体为主，粗大双晶极多。

(4) 其他金刚石矿

除上述金伯利岩矿外，南非还有很多金刚石矿床。其中最主要的是维尼蒂亚 (Venetia) 矿、芬契 (Finsch) 矿，估计可再开采 30 年以上。

在南非海岸及海区还发现有金刚石次生矿，大多分布在原生矿附近及南非的西海岸。如 Veal 河和 Orange 河的冲积矿床。次生矿所产的钻石占世界总产量的 0.3%，虽产量有限，但质量优，产值高。

2. 博茨瓦纳

博茨瓦纳的金刚石开采始于 100 多年前，真正大规模的金刚石勘查始于 1955 年。迄今为止，共发现 200 多个金伯利岩筒，保有金刚石储备约 3 亿克拉，其中有 3 个具有重要经济价值的金刚石矿。博茨瓦纳金刚石的产量占世界总产量的 25% (其中 73%为宝石级)，产值居世界第一位。目前，该国的钻石主要由博茨瓦纳政府与戴比尔斯共同开采。

(1) 杰旺年 (Jwaneng) 金伯利岩筒

杰旺年岩筒探明金刚石储量约 2 亿克拉，其中宝石级金刚石占 40%，被称为世界上最大的钻石矿。矿山由 7 个金伯利岩筒组成，面积 5.4 万平方米，岩筒上部金刚石的品位为 5～6 ct/ m^3。近几年产量超过 1000 万克拉，宝石级占 25%～50%。20 世纪 80 年代该矿所产的钻石品位在所有金刚石矿床中是最高的。每吨矿石含 154 ct 钻石，且发现不少大钻。如 1993 年在该矿开采的一粒重达 446 ct 的钻石。杰旺年矿以产绿色宝石级金刚石和高净度、白色宝石级金刚石为特色。1997 年，该矿床的金刚石产量为 1270 万克拉，约占全球钻石总产值的 21%，预计还可开采 45 年。

(2) 奥拉帕 (Orapa) 金伯利岩筒

奥拉帕岩筒发现于 1967 年，是博茨瓦纳最大的岩筒，居世界第二位。岩筒占地面积 1130 平方米，目前开采的深度 100 m，矿床浅部平均品位 2.2 ct/ m^3。该岩筒探明金刚石储量超过 1 亿克拉。1972 年 5 月投入生产，前几年的产量为 500 万克拉，至 2000 年产量已达 1250 万克拉。所采金刚石中 15%为宝石级，以微黄 - 淡黄色金刚石为主，预计还可开采 63 年。

莱特哈尼 (Letlhakane) 金伯利岩筒的金刚石质量与奥拉帕岩筒的金刚石相当。发现于 1975 年，由 2 个金伯利岩筒组成，宝石级金刚石占 70%～80%。

3. 安哥拉

安哥拉是世界上重要的金刚石资源国之一。1916 年首次发现金刚石，有规模的开采始于 20 世纪 20 年代。70 年代初产量最高，达到 250 万克拉。至 1997 年，金刚石产量达到高峰，约 400 万克拉。目前安哥拉金刚石产量约占全球总产量的 3%，占总产值的 11%。金刚石矿床多位于东北部的隆达 (Lunda) 地区，以冲积矿床为主，所产金刚石中 70%为宝石级，以无色、高净度为特征。安哥拉还发现有原生金刚石矿床 (金伯利岩筒)。目前，安哥拉金刚石产量的 70%经由 TDC 销售。

4. 刚果民主共和国 (前扎伊尔)

刚果民主共和国曾是世界上最大的金刚石生产国，1986 年退居澳大利亚之后。1910 年在西南部 Kasai 河支流的冲积砾石中首次发现金刚石，后来也陆续发现金刚石原生矿 (布什玛依地区)。所产金刚石中，50%为宝石级，20%～25%为近宝石级。布什玛依地区的金刚石以灰色、褐色、浅黄色为主，质量不佳，但切卡帕地区的钻石质量很好，以无色为主，平均每克拉售价 150～160 美元。目前刚果民主共和国的金刚石产量约占全球总产量的 12%，总产值的 6%，主要采自金刚石冲积矿床。

5. 西非地区

(1) 塞拉利昂

塞拉利昂曾是重要的金刚石生产国，历史上金刚石产量达到 205 万克拉 (1970 年)，以金刚石砂矿为主，估计保有储量 2000 万克拉。所产金刚石中，60%以上为宝石级，以高净度白色优质钻石为主，平均每克拉售价 173 美元。产出的著名大钻有:“塞拉利昂之星”，重 968.80 ct。无色透明;“沃耶河”，重 770 ct，晶体表面虽有少量黑斑，但内部清晰透明，属无色系列，均为世界著名钻石。

(2) 加纳

1919 年，加纳在开采砂金矿时发现金刚石，矿床主要分布在东南部的比里姆河上游流域，金刚石品位较高，1～2.5 ct/ m^3。从 1921 年开采金刚石砂矿至今已采出金刚石约 1 亿克拉。目前估计金刚石保有储量约 2000 万克拉。加纳的金刚石颗粒较小，但质量佳，以无色透明为主，宝石级金刚石约占 50%以上，平均每克拉售价 165 美元。加纳的金刚石砂矿大多已采尽，目前主要开采贫矿，金刚石产量已从 20 世纪 70 年代的 100 多万克拉降至 1996 年的 50 万克拉。

(3) 坦桑尼亚

坦桑尼亚发现有世界上最大的金伯利岩筒——姆瓦杜伊 (Mwadui) 岩筒。该岩筒占地面积为 146 平方米，所产金刚石虽品位不高，但质量好，宝石级约占 51%。当时

探明储量 5000 万克拉，目前年产金刚石已下降为 10 万克拉。估计保有储量剩 1000 万克拉。该岩筒曾产出 240.83 克拉的高净度白色“姆瓦杜伊”钻石和 155 克拉的玫瑰色“威廉姆森”钻石。

二、澳大利亚金刚石

澳大利亚首次发现金刚石是在 1851 年。1979 年，在澳大利亚西澳地区发现了“阿盖尔”(Argyle) 超大型钾镁煌斑岩型金刚石原生矿床，使其金刚石产量占居世界第一位。1986 年的总产量为 2920 万克拉。1990 年的总产量为 3470 万克拉；1994 年达到高峰，总产量为 4380 万克拉，占世界金刚石总产量的 41%，到 1998 年总量略有下降，为 4090 万克拉，仍占世界总量的 35%。目前的产量可一直保持到 2005 年。金刚石 95%来自原生矿，5%来自砂矿。

阿盖尔是澳大利亚最大的金刚石矿床，目前共采出金刚石 50000 万克拉，其中 4000 万克拉采自附近的冲积矿床。阿盖尔矿床中，宝石级金刚石含量较低，约 5%，近宝石级的为 40%，55%为工业级。所产金刚石的颗粒较小，多为褐色，不规则形状。但该矿床产出有彩色钻石，其中有色泽艳美的玫瑰色和粉红色宝石级金刚石，属稀世珍宝，平均每克拉售价达到 3000 美元。曾经产出一颗 3.5 ct 的玫瑰色高净度优质钻石，售价高达 350 万美元。阿盖尔矿床还产出有褐色、蓝色、紫色、绿色金刚石，切割后为 0.51～1.20 ct，该矿床如果向地下开采，可持续到 2009 年。

Merlin 矿是在澳大利亚开采的第二大金刚石矿。1994 年发现，1999 年投入生产，预计开采年限为 5 年，每年产出金刚石 1500～3000 万克拉。所产金刚石质量较好，平均每克拉售价 130 美元，远超过阿盖尔金刚石 8 美元的平均价。

澳大利亚金刚石次生冲积矿床多沿新南威尔士州麦奎里河和阿盖尔矿四周分布，所产金刚石多为复杂的双晶，很难加工。

三、俄罗斯金刚石

俄罗斯是世界上著名的金刚石资源大国。金刚石矿床主要分布在西伯利亚的雅库特、白海东岸的阿尔汉格尔斯克和乌拉尔地区。金刚石的开采始于 1829 年，目前俄罗斯的金刚石产量约占全球总产量的 20%多 (其中宝石级 41%)，总产值居世界第二，其中 98%金刚石产自于原生矿，2%产自次生冲积砂矿。

西伯利亚所产的金刚石原生矿 90%呈碎块、不规则状，10%具规则的几何形态(八面体、菱形十二面体、立方体)。金刚石颜色变化范围较大，常见的是无色，其次是黄色、绿色、褐色、棕色及黑色。冲积砂矿主要分布在乌拉尔山脉及西伯利亚地区的 Ebelyakh 河流域，产量较低，仅占总产量的 2%。

21 世纪，俄罗斯的钻石产量估计会达到目前的 2.5 倍，其中 40%采自 Sakha 共和国，60%将采自北欧俄罗斯和西伯利亚北部。

四、加拿大金刚石

加拿大是一个新的钻石产地。20 世纪 80 年代早期首次勘探出有金刚石存在。自

1991 年至 1998 年，在加拿大西北地区共发现了 250 多个金伯利岩筒，在其他地区如魁北克、安大略等也发现含金刚石的金伯利岩筒。

加拿大最重要的金刚石矿床是 Ekati 矿。该矿金刚石总储量为 66 Mct。1998 年 10 月投入生产，平均年产量有望达到 300～400 万克拉，可持续开采 17 年，所产金刚石平均克拉价为 100 美元。该矿床的开采年限在 25 年以上，2003 年第二个由英奥里廷托与加拿大 Abr 钻石公司合资经营的钻石矿投产。目前，还有 6 家公司正对加拿大西北地区的金刚石资源进行评估和勘探。据加拿大钻石业内人士预测，加拿大西北地区已有 2 个具有经济规模的钻石矿，并有 30 个左右的开采项目。随着该地区第三个钻石矿——斯那普湖钻石矿在 2005 年投产，加拿大每年将生产价值达 10 亿美元的钻石。2006 年以后，加拿大钻石产量将占世界钻石总产量的 17%，成为世界上第三大钻石生产国。

五、印度金刚石

印度是世界上最早发现金刚石的国家，大约在 2800 年前就已开采金刚石砂矿。1925 年以后发现金刚石原生矿。长期以来，印度一直是金刚石的主要产地。非洲发现金刚石以后，印度生产金刚石的地位大大下降。近年来，其金刚石产量仅保持在 3～5 万克拉，但金刚石质量甚佳，85%为宝石级，以无色透明高净度为特色，估计保有储量 1000 万克拉。印度重要的金刚石产区有“马加旺”(Majhgawan) 岩筒，探明储量有 500 万克拉，1925 年投入开采，现已采尽闭坑；潘纳地区的金刚石砂矿所产金刚石以品位高 (0.65 ct/ m^3)、质佳、颗粒大 (平均质量 1.75 ct) 为特色。宝石级金刚石占 87%，以无色透明为主，并发现有 10%左右的绿色宝石级金刚石；安得拉邦地区以盛产珍贵大钻而闻名于世。

曾产出的著名大钻有：“大莫卧尔”重 787.50ct，无色，高净度；“摄政王”(又名皮特) 重 410 ct，不均匀的浅蓝色，高净度；“荷兰女皇”重 400 ct，浅蓝白色，高净度等。虽然印度在钻石的历史舞台上扮演过重要的角色，但现今的产量仅占世界总产量的 0.04%。

六、中国金刚石

中国自 1953 年以来，先后在湖南、山东、辽宁等省发现金刚石矿床，探明储量超过 2500 万克拉。目前金刚石年产量为 15～20 万克拉，占世界总产量的 0.5%，其中宝石级占 20%。

辽宁省瓦房店地区是金刚石的主要产区，所产金刚石质量较好，以无色透明净度高为特色，宝石级金刚石约占 60%，平均每克拉售价 175 美元，曾发现的最大的钻石为 65 克拉；山东沂蒙山区是金刚石的重要产区，原生矿中金刚石质量较差，以淡褐色、褐色为主，内部包体较多，主要产出工业级金刚石，宝石级金刚石占 15%；湖南常德、桃源是金刚石砂矿的著名产区，金刚石质量较佳，以浅蓝色和无色透明为主，净度多为 VVS 和 VS 级，宝石级金刚石占 60%以上，金刚石的平均售价为每克拉 130 美元。湖南沅水流域曾发现最大的钻石重 52 克拉。

综上所述，21 世纪钻石的生产大格局不会有太大变化，非洲仍将占据钻石产出的

首要位置，其中最主要的是博茨瓦纳和南非。澳大利亚和俄罗斯也是主要的钻石生产国。加拿大会异军突起，成为新的钻石产出大国。

第四节 钻石矿的开采

钻石矿床按其成因分两种类型：原生矿和次生砂矿型。原生矿目前只产在两种类型的岩石中：金伯利岩和钾镁煌斑岩；而砂矿的类型很多，按成因可分为残积、坡积、冲积和海滨砂矿床，其中最重要的是河流冲积砂矿床和海滨砂矿床。

一、钻石原生矿的开采

钻石原生矿主要以岩筒的形式产出。金伯利岩或钾镁煌斑岩筒的开采有露天开采和地下开采两种形式。

1．露天开采

露天开采是先将覆盖在矿体上面的土石剥掉（剥离），直接在露天进行采矿的方法。由于开采工作在露天进行，它比地下开采具有建设速度快，开采的机械化、自动化程度高、劳动生产率高、生产成本低，矿石的损失贫化小、劳动条件好等优点。露天开采通常包括以下几个步骤：矿区的地面准备、矿床的疏干、矿山基本建设、剥离工作和采矿工作。钻石原生矿通常由三层组成，上层为上覆物，中间是风化的金伯利岩（黄地），再往深处才是未风化的金伯利岩（蓝地）。露天开采首先必须剥离上覆物，上覆物的厚度和分布直接影响钻石矿床的经济效益。早期由于开采区管理混乱，开采的技术条件非常原始，上覆物和开采出的废石没有处理好，造成极大的浪费。如今的露天开采通常是把矿岩划分成一定厚度的水平分层，逐层自上而下地开采，并使各分层保持一定的超前关系，在开采过程中露天矿场形成了阶梯状（图 3 - 5），每一个阶梯就是一个台阶或者称为梯段，梯段是露天矿场的基本构成要素，是用独立的采掘与运输设备开采的矿岩分层。每一个梯段厚约 12 m。在每一梯段的边缘打上炮眼进行爆破，爆破出的矿石用卡



图 3 - 5　钻石矿露天开采示意图

车从矿坑底部沿盘旋公路运出矿场。

2. 地下开采

地下开采是用地下坑道进行采矿工作的总称。随着露天矿坑的扩大，需要运出去的废石随之增加，运送废石的费用也不断增加，最终使得地下开采比露天开采更有效益。相对于露天开采，地下开采就复杂多了，因为是在地下深处工作（金伯利岩的开采深度可达 900 m），故需要复杂的技术，先进的设备。

地下开采钻石矿的方法主要采用矿房式采矿法和崩落采矿法两种。

(1) 矿房式采矿法

钻石的矿房式开采开始于 1890 年，由戴比尔斯公司总经理威廉姆斯引进。采区划分为矿房（采场内除了必须保留的矿柱外，其他应予回采的矿体部分）和矿柱（采场内矿房与矿房之间，用以维护天井和采区安全的那部分矿体）两部分。先采矿房，后采矿柱。矿房回采时所形成的采空区是利用矿柱支撑的。其基本原理如图 3 - 6 所示，主要包括几个部分：主要岩石运输竖井、主要运输平巷、岩石勘探竖井、开采水平层。一般来说，主要运输竖井距岩筒边缘的距离大约 300 m；主要运输平巷由竖井通向岩筒，平巷的垂直间距为 180 m，这些平巷靠大致垂直的岩石勘探竖井相连，垂直勘探竖井距岩筒约 30 m，从岩石勘探竖井向岩筒挖掘开采水平层，开采水平层间距约为 13 m。

从最高处的开采水平层开始，在每一个开采水平中，由岩筒的一侧到另一侧，开挖出若干个约 7 m 宽的横切采区（矿房），横切采区之间是约 3.5 m 宽的坚固矿石（矿柱）。并且每一个开采水平层里的矿柱都直接分布在下一个开采水平层的矿房之上。采用爆破的方法开采矿房，当矿房穿透到上部开采水平层时，其上一开采水平层的矿柱就自行崩落，金伯利岩也自行破碎。

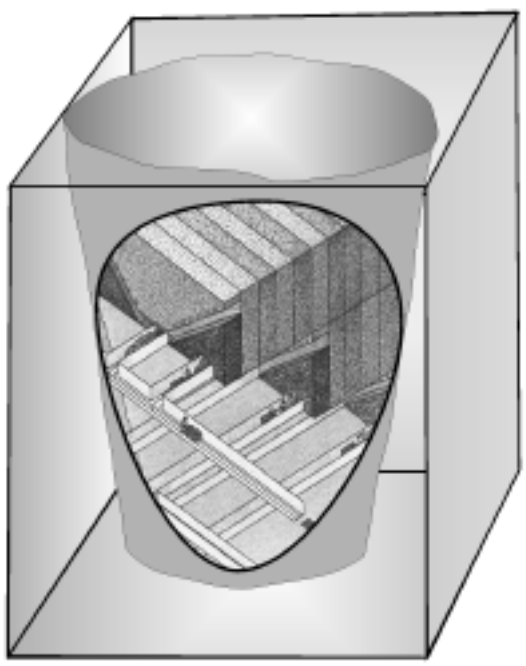


图 3 - 6　矿房采矿法开采示意图

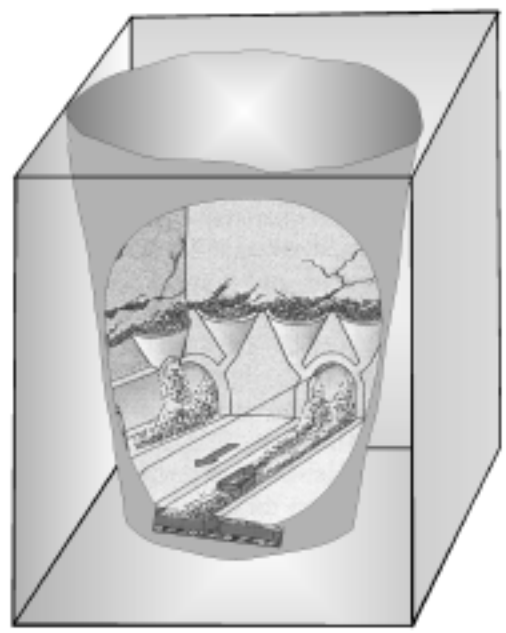


图 3 - 7　矿块崩落法开采示意图

矿房式开采是一种安全的开采方式，主要优点是：蓝地采出量高，费用低。缺点是劳动强度大，巷道和矿房的通风较困难，开采新采区的准备时间较长。

(2) 矿块崩落法

矿块崩落法是随着回采工作面的推进，有计划地借崩落矿体上部的覆盖岩石和两盘围岩来充填采空区，以控制地压和处理采空区的采矿方法。其基本原理为：岩筒中的蓝地块段被采出后，矿体就会失去平衡，开始崩落并自行破碎，破碎的蓝地沿着通道经过漏斗进入水平巷道，然后利用机械耙放进矿车提升至地面 (图 3 - 7)。

这种方法起源于 20 世纪 50 年代初，由戴比尔斯公司设计并投入使用。基本方法是在围岩中沿岩筒的整个宽度开拓出一条水平巷道，从该水平巷道掘进一排穿过岩筒的用混凝土修筑并装备有机械耙的耙矿平巷。这些耙矿平巷相互平行，大约间隔 14 m，位于现行工作区下约 185 m 处。在每个耙矿平巷的侧边，留有斜开的 1.2 m 见方的口，称为放矿溜眼，可以交替的设置在左侧和右侧，彼此间隔 3.5 m。

从这些放矿溜眼朝上挖掘天井，即小的竖井，通向正在开采蓝地的上部平巷，每个天井的顶部加宽成漏斗状，从所有天井伸出的漏斗遍布整个水平掏槽。水平掏槽本身就是穿过岩筒采空的一个分层。分层的顶部就是无支撑的巨大蓝地块体，它将破碎崩落。破碎的蓝地落进漏斗，再下降到放矿溜眼。

在每个耙矿平巷里有一个用长钢缆系着的两吨耙斗，用电动绞车牵引。耙斗能沿耙矿平巷来回拖动，把破碎的金伯利岩拖到某个位置，使它们从竖井滑落到下面平巷中的待装矿车里。有的地下还配有粉碎站，粉碎后再提升至地表。

破碎的金伯利岩源源不断垮落下来，直到洞穴与上覆物贯穿，该矿段开采结束。而在几百米深处，下一个开采水平的准备工作早已开始。

矿块崩落法开采的优点是：效率高，费用低，劳动强度小。

除以上开采方法外，根据实际情况，还有一些特殊的开采方法，如针对岩筒深部的分段崩落法，以及露天开采与地下开采相结合的混合式开采等。

二、钻石砂矿的开采

金伯利岩抗风化能力较差，出露地表后很容易遭受自然营力的破坏。金伯利岩经风化后，受到流水的搬运，在适宜的地方富集而形成砂矿。

1. 河流冲积砂矿

河流冲积砂矿根据砂矿赋存的位置分为两种类型：如果赋存在现代河流中，称为湿矿床；赋存在古河流中，称为干矿床。

(1) 河流干矿床的开采

开采步骤：①首先使流经矿床的河流经新开凿的排水截槽渠改道；②然后沿平行于排水截槽的方向挖掘主干掏槽，两者的距离应足够宽，使得从两条槽中挖出的泥土和废石能堆放在槽间高地上；③开掘搬运钻石矿石的自卸车行驶的道路；④将挖掘出来的钻石矿石用卡车运走，泥土和废石则填放在前一个主干掏槽中，直到钻石矿石全部采出。图 3 - 8 为干矿床开采示意图。

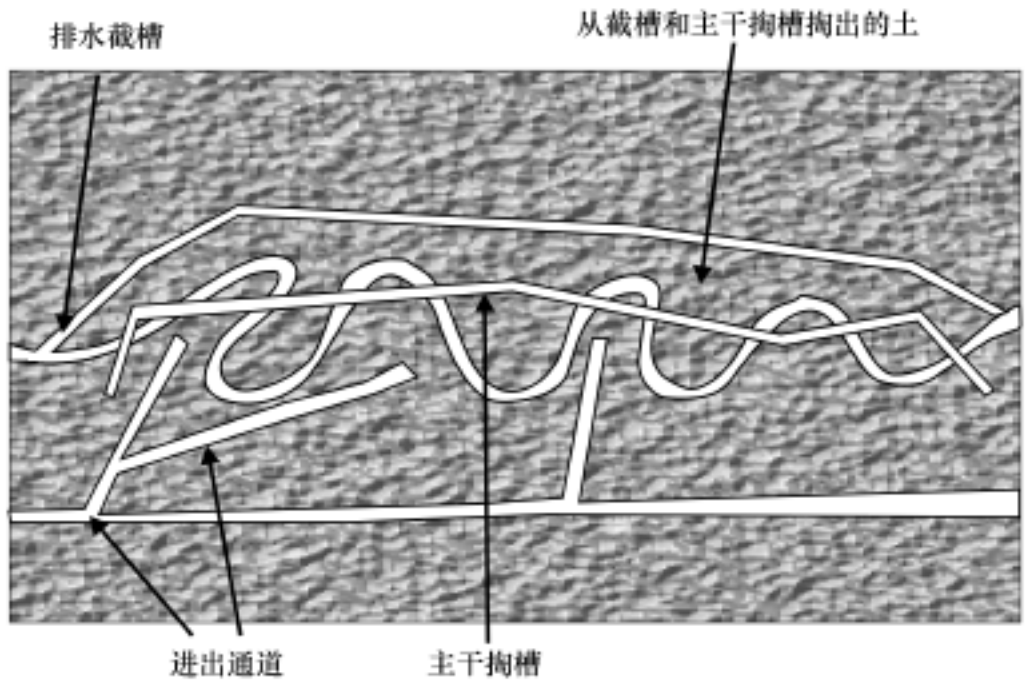


图 3 - 8　干矿床开采示意图

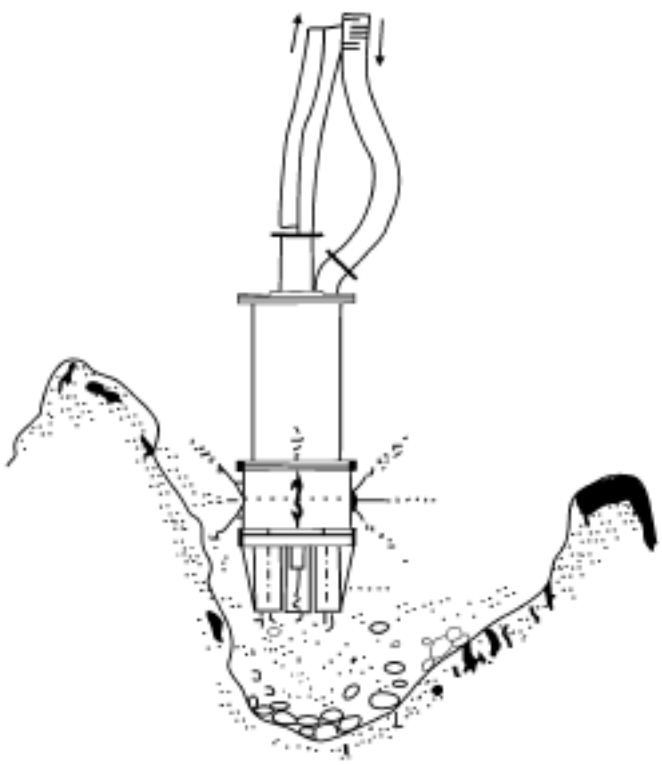


图 3 - 9　吸扬式挖泥船

(2) 河流湿矿床的开采

湿矿床的开采一般采用挖掘和河流改道两种方法。挖掘法通常采用吸扬式挖泥船 (图 3 - 9) 机头底部的大口径吸管，将矿石和水同时吸起，并排出水，选出矿石的开采方法。吸扬式挖泥船侧面还配有水喷头，用来松动沉积物。挖掘法不但用于河流砂矿中，也可用于海洋砂矿的开采。

河流改道法是从河曲的转弯处挖一条分水渠道到另一河弯处，使河流改道，然后在牛轭湖的两侧筑起堤坝，并将堤坝拦住的河道中的水抽干，最后用自卸车和索斗铲进行砂矿开采的方法。河流改道法开采钻石在非洲相当普遍，尤其是安哥拉运用得相当成功 (图 3 - 10)。

2. 海洋砂矿的开采

海洋钻石砂矿可分为三种类型：已露出海面的古代海滩砂矿、现代海滩矿床和滨外砂矿。

海滩或前滨带的开采，如图 3 - 11 所示，在海岸线高潮位 20 m 左右的位置筑起一座大约 500 m 长，顶面 15 m 宽的梯形挡水坝，挡水坝的两端向陆地方向合拢，在挡水坝的内侧架起大功率抽水机，把水抽干。然后利用推土机和铲运机来开采方形坑内的钻石砂矿石。一个方形坑采掘完，沿海岸前滨带再建一个，如此反复，从而沿海滩形成一系列的采区。

纳米比亚从 20 世纪 60 年代开始曾进行过海上开采，开采前首先由潜水员冒险潜入

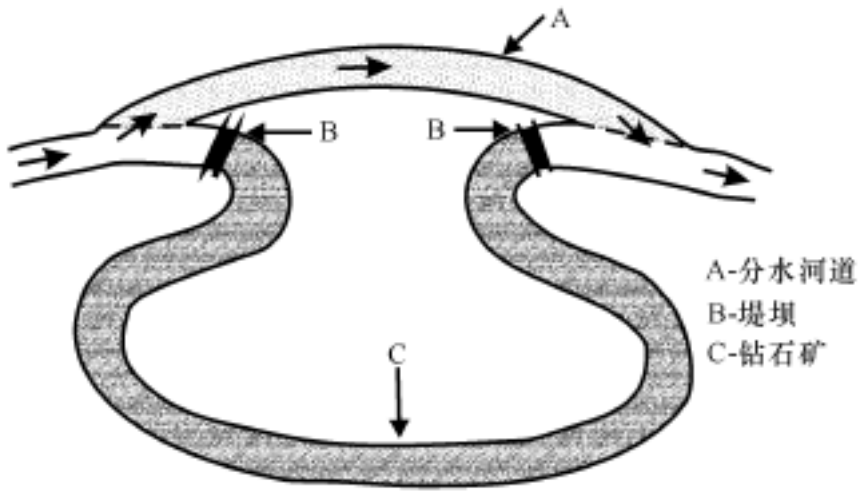


图 3 - 10　河流改道法

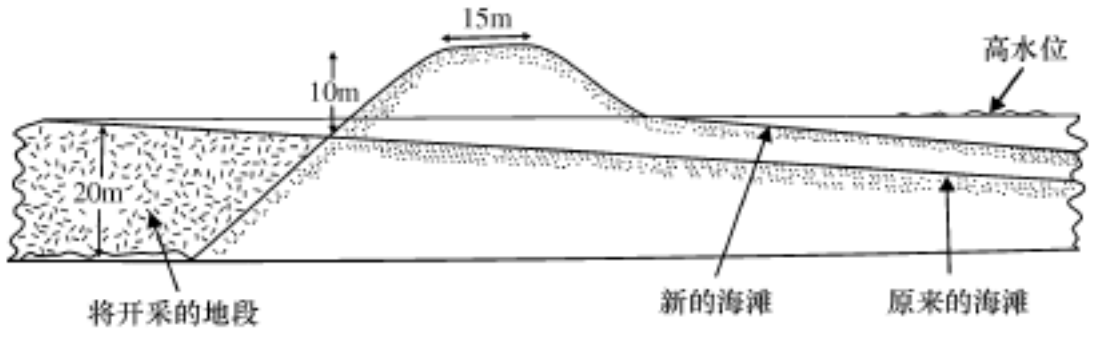


图 3 - 11　海滨砂矿开采示意图

海底进行实地探测，确定具体的开采步骤。海上开采的方法是采用特殊的挖泥船，从海底吸起矿石，再送到船上的车间进行分选。挖泥船工作的同时，周围有小船和直升机配合服务。海上开采危险性大，容易使挖掘船发生事故。然而随着陆地钻石矿的日渐枯竭，海上开采还在不断探索研究新的方法。

第五节 钻石的分选和回收

钻石的分选和回收与其他矿物不同，因为钻石必须无损回收，且钻石每克拉的价格随粒径增加而增加，所以不能用常规破碎和研磨成小颗粒的方法，必要时可能还要手工回收。

钻石的选矿流程一般包括：准备、粗选、精选几个阶段。

一、准备阶段

钻石选矿前的准备作业一般包括破碎、筛分、洗矿、磨矿、水力分级等。其目的是为选矿事先创造好条件，使得选别作业能顺利进行和获得良好的效果。

1. 破碎

是钻石原生矿选别前主要的准备作业。在破碎阶段，一方面要使粗粒的矿石充分解离，另一方面又要尽量减少钻石晶体的破碎，在矿石破碎的过程中，力求保护晶体的要

求较破碎其他矿石更为严格。

破碎设备主要是颚式破碎机，也有旋回破碎机、水电破碎机等。

2. 筛分

在钻石选矿中需要采用筛分作业的地方较多。筛分一方面可以在破碎阶段及时地分出合适粒度的矿石，避免矿石的过度破碎，降低电耗，提高效率，对保护晶体也有好处；另一方面可以为下一步选矿作业做准备。

筛分作业的设备为筛分机，最常采用的是振动筛，其次是摇动筛。

3. 洗矿

钻石砂矿和某些原生矿，含有大量的粘土质矿物，在选矿前必须将其去除。洗矿就是除去矿石中粘土质物料的过程，包括使粘土分散和使分散后的粘土物质与粒状物料分离两个阶段。常用的洗矿设备有高压水枪、圆筒洗矿机、槽式洗矿机等。

4. 磨碎

磨碎是破碎过程的继续，是指在机械设备中，借助于介质和矿石本身的冲击及磨剥作用，使矿石的粒度进一步变小。钻石矿石磨矿的主要目的就是使矿石中细粒钻石全部或大部分单体解离出来，以便在下一步的选矿作业中加以回收。此外，根据钻石与脉石矿物耐磨性的差别，有选择性地磨矿，可将大部分矿石磨成指标要求的粒度，弃置尾矿，提高效率。

磨矿作业通常在一个旋转的圆筒形磨矿机中进行。磨矿机有球磨机、棒磨机和自磨机，其基本原理是利用介质（或矿石本身）对矿石进行冲击和研磨。

5. 水力分级

当进行细粒物料的粒度分离时，因采用筛分的方法比较困难，故常采用水力分级的方法进行。其基本原理是基于物料粒度（或密度）的不同在流体中沉降速度的差别而进行的。

水力分级用的主要设备是螺旋分级机和水力旋流器。

二、钻石的粗选

钻石矿石经过破碎、筛分、洗矿、磨矿、分级等准备作业后，即进入选矿作业。

钻石的选矿工作通常分两大阶段进行，第一阶段是粗选，主要起初步富集作用。其任务是将少量的含有钻石的重矿物与大量的不含钻石的轻矿物分离，最后得到的是含有金刚石的粗精矿。第二阶段是精选，其任务是将粗选得到的粗精矿进一步加工处理，直至选出钻石。

钻石的粗选通常采用重力选矿法，这是由于钻石矿石的原矿品位极低，首先采用生产费用较低的重选法处理比采用其他选矿方法在经济上更合算。常用的粗选方法有三种：淘洗选矿法、跳汰选矿法和重介质选矿法。

1. 淘洗盘选矿法

1874 年淘洗盘代替淘洗槽成为钻石分选工业中独有的设备得到广泛的应用。非洲一百多个老矿山曾用它进行钻石的最初富集，现在尽管被重介质选矿所代替，但仍有一些老矿山还保留着。

淘洗盘分选的基本依据是矿物密度的差异。钻石和其他少量的重矿物作为高密度矿物富集在淘洗盘的底流中，低密度的脉石矿物从溢流堰排出，从而达到按密度不同分离的目的。

在选矿作业中，淘洗盘一方面起初步富集作用，另一方面又可脱出给料中的细泥，为重介质的分选创造了有利条件。

淘洗盘可用清水淘洗和浊水淘洗。浊水淘洗，由于细粒物料的加入，提高了分选介质的密度，从而可以排出更多的轻矿物，增加了分选过程的富矿比，适宜于矿泥较多的矿山。

淘洗盘选矿法优点是：构造简单、操作方便，在淘洗的同时具有分选作用。

2. 跳汰选矿法

我国钻石矿的主要选矿方法。

其基本原理是由于钻石与脉石密度、形状、表面摩擦系数等的差异，在垂直交变的运动介质流中物料将按密度分层。钻石不仅具有较大的密度，而且形状浑圆，表面光滑，具有较大的沉降速度和穿层能力，因而容易形成精矿。常用的分选介质是水。

实现跳汰分选的设备为跳汰机，主要由带有筛板的水箱和使水产生垂直交变运动的活塞或隔膜以及驱动活塞、隔膜运动的转动机构组成。

矿粒给到筛板上，筛版上的物料称为床层。在上升水流的作用下，床层松散，矿粒按其本身的特性（密度、形状等）彼此做相对运动而分层；在下降水流前期，矿粒继续运动，床层逐渐紧密，并继续进行分层。待全部矿粒都沉降到筛板后，大部分的矿粒就不能继续向下运动，只有极细的重矿物粒能穿透床层的缝隙而继续向下运动，进行分层。下降结束后，分层停止。上述过程为一个跳汰周期，在每一个跳汰周期中，矿粒都受到一定的分层作用，经过多次反复，分层逐渐完善，结果是大密度矿粒基本居下层，小密度矿粒居上层。

矿粒在筛板上分层后，上面的轻矿物随水平水流经溢流堰排出，下面的重矿物在筛下排出。

跳汰选矿法的优点是分选效果较好，工艺过程简单，操作管理方便，但设备生产能力较低，耗水量大，分选效率不如重介质选矿高。

3. 重介质选矿

国外广泛采用的一种钻石的粗选方法。

基本原理是基于阿基米德定律，物体在液体中所受的重力与液体的体积、矿粒与介质间的密度差成正比；密度大于分选介质密度的矿粒，将在介质中沉淀，聚集在分选机的底部；密度小于介质的矿粒，将浮在介质的上层，聚集在分选机的表层，把两种矿粒分别从分选机中排出，即得到密度不同的产物(图 3 - 12)。

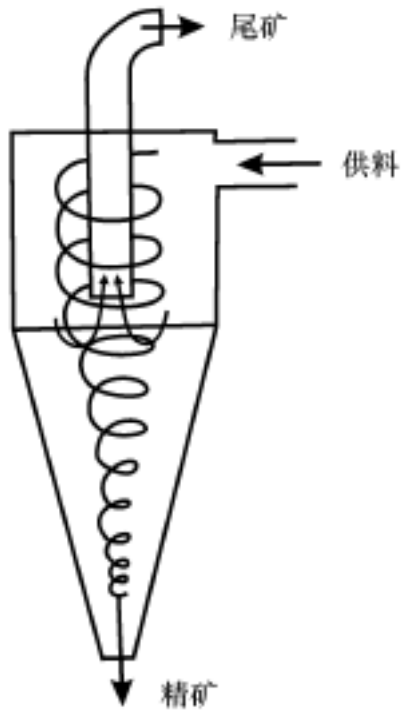


图 3 - 12　重介质旋流器中材料运动示意图

因此，在重介质选矿中，矿粒的分层规律，只取决于矿粒的密度，而与它的粒度和形状无关。但它们的分层速度却是粒

度和矿粒与介质间密度差的函数，粒度愈大，密度差愈高，分选速度愈快，分选时间愈短。

重介质选矿的介质有两类：重液和重悬浊液。重液是各种可溶性高密度的无机盐的水溶液或某些高密度的有机液体，重液优点是物理性质稳定，但价格昂贵，回收困难，往往有毒。故现在所用的介质主要是重悬浊液。重悬浊液是各种粒度很细的固体颗粒与水混合而得到的非均匀的介质。表 3 - 3 为几种常用的重介质。

表 3 - 3　钻石选矿常用几种悬浊液的临界容积浓度 λ_B

加重剂			悬浊液	
名　称	密　度（g/cm³）	粒　度（mm）	λ_B（%）	悬浊液密度（g/cm³）
磁铁矿	5.18	0.074～0.044	26	2.20
硅　铁	6.80	0.074～0.044	34	3.00
方铅矿	7.50	0.074～0.044	31	3.00

重介质选矿厂用的设备有鼓形选矿机，重介质旋流器等。

重介质选矿法的优点是分选效率高，设备生产能力大，适应的物料粒度范围宽，生产过程易于实现自动化。缺点是工艺过程复杂，需要一套介质的制备与净化的辅助工艺，设备磨损较快。从 1950 年在南非出现之后，重介质选矿法一直成为主要的粗选方法。

三、钻石的精选

钻石矿石经粗选后得到的是钻石和重矿物的混合物，其中钻石的含量仍然很低。为了得到钻石，粗精矿须进一步精选，使钻石与重矿物分离，最终得到单独的钻石。

常用的金刚石的精选方法有：X 光电选矿法、油膏选矿法、磁力选矿法、表层浮选法、重液选矿法等。

1. X 光电选矿法

X 光电选矿法是根据钻石在 X 射线下发浅蓝色荧光的特性进行分选的方法。

使用的分选设备为 X 光电分选机（图 3 - 13）。X 光电分选机基本上由三部分组成：

(1) 给料系统。其作用是将矿粒呈单层或平行排队给入光检控制系统，一般包括漏斗和传送带，对其要求是给料稳定、准确。

(2) 光检及控制系统。它的作用是对矿粒进行 X 射线检测，并将钻石的荧光变为电讯号，加以放大，以驱动执行机构。它包括 X 光管、光电倍增管，电子管放大系统及其控制装置。

(3) 执行机构。其作用是将钻石从主矿流中分离出来。它由气阀或打板及其附属设备组成。执行机构动作应快速而准确，以保证分选机的生产能力高和精矿产出率低。

由于钻石在 X 射线下发荧光的性质受外界因素影响小，因而工作可靠，分选效率高，且设备的自动化水平高，操作、检修十分方便，是目前应用较为广泛的选矿方法。

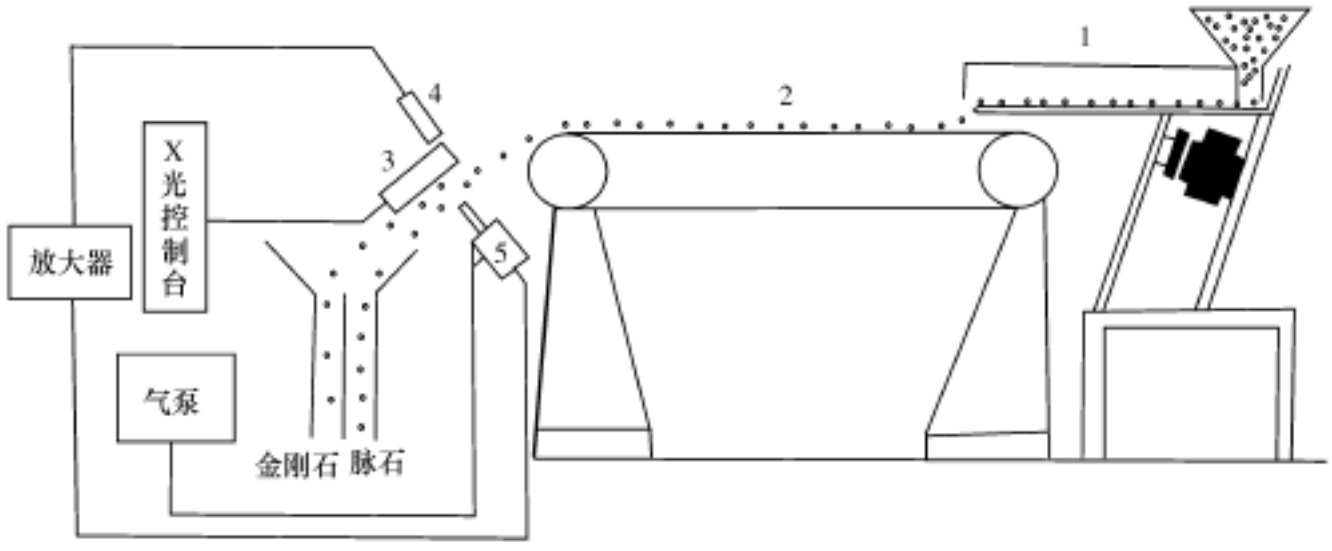


图 3 - 13　X 射线分选示意图

1—振动给料器；2—槽型皮带；3—X 光管；4—光电倍增器；5—电磁喷嘴

2. 油脂选矿法

简称油选法，也是钻石精选的主要方法之一。

油选法主要是依据钻石的亲油疏水性发展起来的一种选矿方法。其过程就是将准备好的含钻石的物料给到油选机粘性油膏表面上，于是亲油（疏水）的钻石，便粘着在油膏表面上，成为精矿；疏油的脉石，则不与油膏表面粘附，被水冲走，成为尾矿，从而达到分选的目的。

油选法处理物料的粒度，可以为 20～0.5 mm，主要是 5～1 mm 的跳汰粗精矿。

3. 表层浮选法

表层浮选法出现在 1907 年，最初用于选铜，1949 年开始在钻石选矿中应用，主要用来处理细粒级的重选粗精矿。

其基本原理与油选法相同，都是基于钻石的亲油疏水性进行分选的。不同的是，油选是使亲油的矿粒粘着在油膏表面，加以回收；表层浮选则是依靠水的表面张力的作用，使疏水的矿粒漂浮在水面上，亲水的矿粒沉入水中，从而达到分选的目的。

表层浮选法所用的设备为表层浮选机（如图 3 - 14），它是由一个钢制的水槽和安装在其中的运输带组成的。运输带由铜合金编制，孔眼 0.18 mm，带宽 300 mm，带长的 2/3 水平安装，1/3 以很小的倾角进入水槽。将物料以单层给到运输带的前端，随着运输带的移动，物料进入气 - 水界面时，金刚石浮在水面，经溢流堰流入精矿箱，亲水的脉石则沉入槽底，选别时采用清水，分选指标较高，富矿比可达 1000，回收率可达 98%。

与其他回收细粒级金刚石的方法比较，表层浮选法的主要优点是：

① 回收率高。处理易选矿石，可达到 97%～99%；

② 精矿产率低，一般为 0.5%～3%；

③ 富矿比大，最高可达 1000；

④ 设备结构简单，投资低，操作方便，容易掌握。

缺点是：①设备的处理能力小；②分选的粒度上限低。

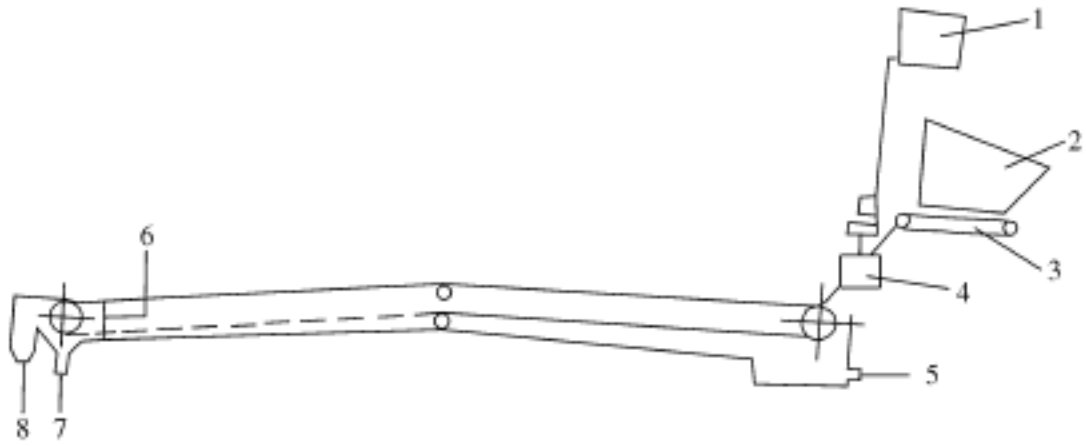


图 3 - 14　表层浮选机示意图

1—水箱；2—料仓；3—给料皮带；4—搅拌桶；5—排水管；6—给水阀门；7—尾矿出口；8—精矿出口

4. 磁力选矿法

磁力选矿法是利用矿物之间的磁性差异而分选的一种选矿方法，主要用于细矿的分选。

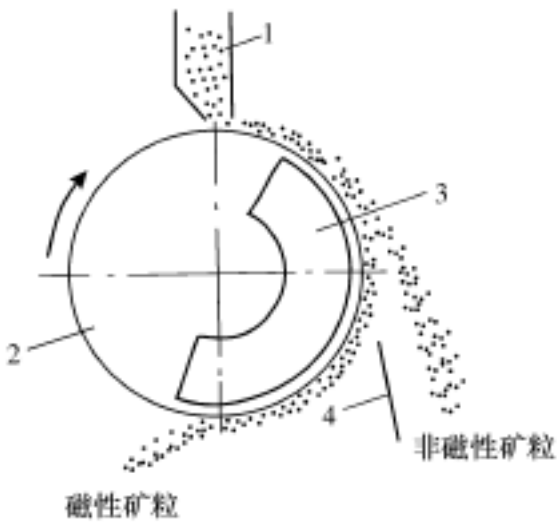


图 3 - 15　磁选过程示意图

1—给矿斗；2—辊筒；3—磁系；4—隔板

钻石本身没有磁性，而与它共生的脉石矿物中有一些具有强弱不等的磁性。如砂矿中的磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿、石榴子石等；原生矿中的蛇纹石、辉石、角闪石、绿帘石等均具有磁性。钻石的磁选就是利用钻石及其共生矿物在磁性上的差异进行分离，从而使钻石富集于非磁性产物中。尤其当钻石矿石中含有大量磁性矿物时，采用磁选法处理非常有效。

磁选就是在磁选机中借助磁力和机械力对被处理矿粒的作用而实现的。被处理的矿粒通过磁选机的磁场时（图 3 - 15），同时受到磁力和机械力的作用，磁性较强的矿粒所受到的磁力大于机械力，因而被吸在辊筒上并随滚筒旋转。当辊筒旋转至磁系作用以外的区域时，由于此区磁力很弱，磁性矿粒即从辊筒上脱落而进入磁性产品料斗中，非磁性矿粒不被吸引而早早离开辊筒而进入非磁性产品料斗中。

但要注意，当钻石受到磁性材料的污染严重时，磁选法的回收率将大大降低。此外，矿料的粒度范围、湿度、矿泥和粉尘含量等都将对磁选产生较大影响。

5. 其他精选方法

除以上介绍的方法外，在钻石精选作业中还用到重液法、电选法、化学处理法、选择性磨矿筛分法以及手选法。

重液法是利用钻石与脉石密度差异而分选的方法，是重介质选矿法的一种，既可用于粗选作业，也可用于精选作业。不同的是粗选中主要用悬浊液，而精选中采用重液作为介质。由于重液价格昂贵，且常有毒，故只用于处理量小的精选作业。

电选法是利用钻石的不导电性，而与脉石分离的方法。该方法只适合于处理 6 mm 以下的细粒物料。该方法曾在钻石的精选作业中得到广泛应用，但由于其要求严格的操作条件，难于控制，耗电量大，现已很少使用。

化学处理法是基于钻石的化学稳定性，而用碱液去除大量脉石的方法，主要用于处理细粒物料，此法获得精矿产率较低，但成本高，现也很少使用。

选择性磨矿筛分法是基于钻石的耐磨性，而将大量脉石磨细筛除，达到分选目的。由于该法价廉、简便，故常被使用。但从保护晶体角度出发，此法的应用有一定限制。

手选法是钻石选矿的最终工序，利用钻石的晶形、颜色、光泽等方面的特征，有时还结合 X 光选矿机，人工将其从脉石中挑选出来。手选法尽管费时，但却是目前钻石选矿中必不可少的工序。

四、钻石选矿工艺流程选择

钻石选矿方法很多，具体采用哪些方法要视具体条件而定。

影响流程选择的主要因素是，原矿的矿物组成以及它们的性质；嵌布粒度特征；矿石在破碎和磨矿作业的泥化性能；围岩的碎散度及混入率；原生矿泥的多少；有用矿物的含量及其经济价值、选矿厂规模以及对精矿的质量要求等。

对于钻石砂矿，因为不需要破碎，粗选流程比较简单，常用淘洗和重介质选矿法，有时也结合跳汰选矿法。

对于原生矿粗选流程比较复杂，首先必须从矿石中将钻石解离出来，而在解离过程中还要尽可能地保护晶体的完整，故多采用多段破碎多段选别的流程，及早地分出已单体解离的钻石。粗选方法与原生矿一样，主要采用重介质选矿法。

钻石重选粗精矿中，仍然含有大量的其他重矿物，因此必须进行精选。

精选时要综合利用钻石与伴生重矿物的多种性质的差异和每种方法的适用范围，采用多种方法的联合流程。如非洲南部各矿山的钻石，在 X 射线照射下，荧光性较好，因此精选过程中，大于 3 mm 的物料多用 X 光电分选，而小于 3 mm 的物料，油选法分选有较高的回收率。而扎伊尔的矿石性质与非洲南部各矿山性质有很大不同，弱发光钻石含量较多，细粒钻石表面的亲油性很差，而矿石中含磁性矿物较多，精选中，用 X 光电分选和油选法效果不突出，故多采用磁选结合重液分选。

目前手选是钻石回收中不可缺少的最后工序，为了减少手选工作量，应强化其他精选过程。

第四章

钻石的鉴定

本章从直观鉴别、放大检测、仪器测试三个方面阐述钻石及钻石仿制品（凡是用来仿钻石的物理性质、外观特征的天然或人工材料）的鉴定特征。其中直观鉴别方法简单易学，但只能作为警示性依据；放大检测、仪器测试才能作出诊断性的结论。

第一节 直观鉴别

一、以折射率为依据的鉴别方法

1. 透视试验

将具圆多刻面型切工的宝石擦净，台面朝下，放在一张画有一条线或写有字的白纸上，垂直地从亭部透过宝石观察压在宝石下的线或字的清晰程度，可以初步判断宝石是否为钻石。若是钻石，光线不能通过亭部刻面，透过钻石看不到纸上的线或字；而折射率小于钻石的仿制品有足够的光线漏出亭部刻面，透视观察可以看到纸上的线或字的一部分（图 4 - 1）。此外，由于各仿制品的折射率不同，透视出来的图形也不一样，人造钇铝榴石其下的字形有些放大且稍稍变圆；人造钆镓榴石字迹呈现断续现象；对合成立方氧化锆，则字迹模糊，几乎不能辨别。总之，折射率越低，透视的线或字越清晰。

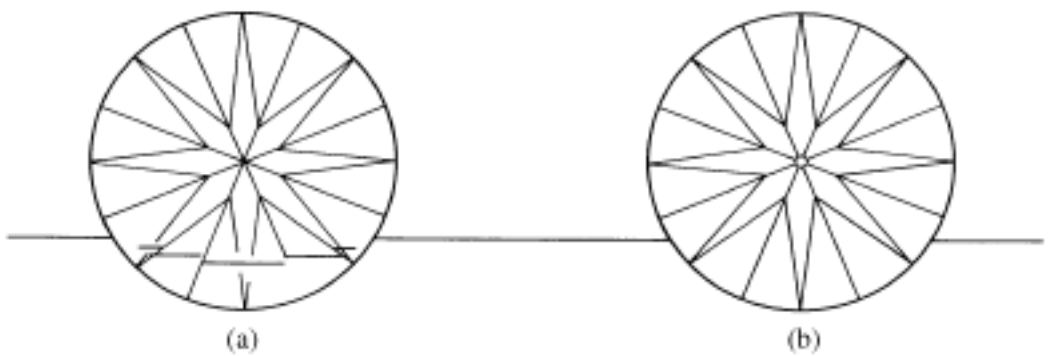


图 4 - 1　钻石与合成立方氧化锆的透视效果

(a) 合成立方氧化锆；(b) 钻石

人造钛酸锶、合成碳硅石与钻石的折射率相似或高于钻石，不显透视效应。

本实验仅限于切工比例好的圆多刻面型钻石及仿制品的透视观察，不适合镶嵌饰品及切工比例太差的圆钻及仿制品的观察。

2. 倾斜试验

观察者应坐在桌前，将一颗拭净的待测样品与一颗已知的钻石标样作对比，观察有

无暗窗及暗窗的大小。其步骤如下：①将二样品台面朝上，置于有凹槽的白色塑料板(或纸板)上；②将塑料板靠近桌子边缘，并稍低于桌面一点点，然后将放有样品的塑料板从观察者向桌子方向慢慢倾斜；③观察待测样品，并对比钻石标样。折射率低于2.00的无色宝石，其冠部离观察者最远的部分将出现一个较大的暗窗(阴影)，如无色蓝宝石、合成的无色尖晶石；而人造钇铝榴石、钆镓榴石，暗窗可能较小且是三角形的。

切工好的圆多刻面型钻石几乎反射了所有的入射光，因此，看不到暗窗。本试验仅适用于区分具有圆多刻面型切工而迷惑性较小折射率较低的仿制品。

3. 亮度强弱观察

钻石冠部的外反射和经内部全反射返出光量的总和，称为亮度。

钻石亮度的强弱主要取决于内部全反射，内部全反射是指从钻石冠部进入的光，经亭部刻面发生两次全反射，又从冠部返出的现象。内部全反射光的路径主要受钻石亭角及冠角大小所控制。只有适当大小的亭角，配以合适的冠角，才能使冠部进来的光充分地反射出冠部。钻石的亮度还与钻石表面反射光的强度(光泽)和台面大小有关。

冠部表面反射光的强度又受反射率和抛光度的影响。反射率与折射率之间有如下关系：

$$R(\text{反射率}) = \frac{(N-1)^2}{(N+1)^2} \qquad (N\text{——宝石的折射率})$$

由此可知，宝石折射率越大，反射光的能力越强；另外，宝石表面不光滑，反射光将会因漫反射而减弱。将钻石及其仿制品置于同一光源的同一环境下，台面朝上观察。切工好的圆多刻面型钻石，几乎能将从冠部进入的光线，经亭部二次全反射后，又从冠部返回，再加上它的金刚光泽及合适的台面宽度比例，定能显示出极强的亮度；仿制品与钻石虽然切工相似，但它们的临界角与钻石不同，从冠部进入的光线会不同程度地从亭部漏掉，而且它们也不具备钻石所具有的光泽，从而使亮度降低。

4. 浸液中突起试验

此试验是根据两种物质折射率不同，造成视觉上宝石边缘粗细不等及相对背影轮廓清晰程度不同的现象，用来区分钻石及其与之折射率相差比较大的仿制品。钻石的折射率为2.417，浸液二碘甲烷的折射率为1.74。将钻石及其仿制品放入二碘甲烷中，以二碘甲烷的折射率作为对比的基础，观察它们的突起，可以简单地区分钻石及其仿制品。具体方法是：将宝石台面朝下放入二碘甲烷浸液中，观察宝石的突起程度。宝石折射率与二碘甲烷的折射率差值越小，宝石在浸液中的边缘越细，背影轮廓越不清晰，甚至消失在溶液中；反之，宝石的边缘越明显，背影轮廓清晰。钻石及仿制品在二碘甲烷中的突起归纳于表4-1中。

5. 阴影图法

将圆多刻面型切工的宝石台面朝下，完全浸没在二碘甲烷溶液中，用笔式电筒由上向下照射，其底部会呈现出不同图案的阴影图，以此可以作为鉴别钻石及其仿制品的辅助方法。

鉴定步骤如下：

表4-1　钻石及其仿制品在二碘甲烷中的突起

宝　　石	折射率	与二碘甲烷（1.74）差值	突起程度
无色蓝宝石	1.762～1.70	0.02～0.04	弱突起，消失在溶液中
合成无色尖晶石	1.727	0.013（负值）	弱突起，背影轮廓模糊看不清
人造钇铝榴石	1.83	0.09	低突起，背影轮廓隐约可分辨
锆　　石	1.93～1.99	0.19～0.25	中突起，背影轮廓较清晰
人造钆镓榴石	1.97	0.23	中突起，背影轮廓较清晰
合成立方氧化锆	2.15～2.18	0.41～0.44	高突起，背影轮廓很清晰
人造钛酸锶	2.41	0.67	很高突起，背影轮廓极明显
钻石	2.417	0.677	很高突起，背影轮廓极明显
合成金红石	2.61～2.90	0.87～1.16	极高突起，背影轮廓极明显
合成碳硅石	2.65～2.69	0.9～0.95	悬浮在溶液表面

(1) 将宝石台面朝下浸入注满二碘甲烷的玻璃器皿中，并使之完全浸没。

(2) 将玻璃器皿置于白色背景上（白纸上）。

(3) 用笔式手电或其他强光源从器皿的上方向下照射宝石。

(4) 微微抬起玻璃器皿，观察宝石投影在白色背景上的阴影图形。钻石及其仿制品的阴影图如图4-2所示。

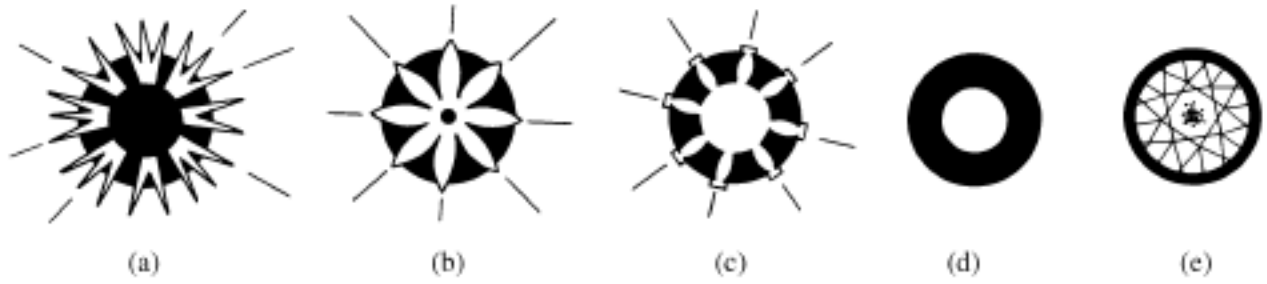


图4-2　几种圆钻型宝石的阴影图

(a) 钻石；(b) 人造钛酸锶；(c) 合成立方氧化锆；(d) 人造钆镓榴石；(e) 人造钇铝榴石

(5) 识别阴影图形的特征，对比鉴定。

采用阴影法鉴定的注意事项：

(1) 所测样品太小，则得不到合适的阴影图；

(2) 不标准的琢型或比例，会使正常的阴影图变形。

二、以色散为依据的鉴别方法

宝石的色散可以根据其色散值的大小划分为极低（<0.01）、低（0.01～<0.02）、中等（0.02～<0.03）、高（0.03～<0.06）、极高（>0.06）。

1. 色散（火彩）强弱的观察

前面已述，宝石色散效应的强弱同宝石的色散值大小、冠部角度、台面大小及光在宝石中的行程有关。色散值越大、冠部角度合适、台面越大，宝石的色散效应越强。因

此，对于具有同种切工，而具有不同色散值的宝石，所表现出来的色散效应是有差异的。能显示较强到极强色散的宝石列于表 4 - 2 中。

表 4 - 2　具有较强—极强色散的宝石的色散值

宝　　石　　种	色　　散　　值
人造钇铝榴石	0. 028
锆　　石	0. 039
钻　　石	0. 044
人造钆镓榴石	0. 045
合成立方氧化锆	0. 065
人造钛酸锶	0. 190
合成金红石	0. 300
合成碳硅石	0. 104
铅玻璃	0. 03～0. 08

从表 4 - 2 中可知，合成金红石、人造钛酸锶的色散值分别是钻石的 7 倍和 4 倍，可显示很强的色散效应，即呈现出五颜六色绚丽多彩的外观，有刺眼感；合成碳硅石的色散值较钻石高，虽然也可观察到五颜六色的火彩，但不及人造钛酸锶和合成金红石强烈、刺眼；钻石的色散值为 0. 044，色散柔和，能呈现出中等程度赏心悦目的色散效应，并且黄色光出现的几率较多，因此不宜从台面方向判断钻石的色级。锆石、人造钆镓榴石的色散值接近钻石，也显示中等程度的色彩。人造钇铝榴石的色散值相对较低、色散弱。

用色散的强弱辨别钻石及其仿制品时，只适合区分与钻石相比色散值过大或过小的仿制品。

2. 底面闪光效应观察

底面闪光效应是指圆多刻面型切工的钻石及其仿制品在其亭部刻面往往出现单色闪光及覆盖范围不同的现象。即从亭部观察宝石，其亭部会分解出来像雨伞一样的单色光谱色（底面闪光)。大多数情况下，无色的合成立方氧化锆在亭部出现橘黄色、蓝色闪光，而且这种颜色似乎严格限制在一半亭部刻面；人造钆镓榴石出现蓝色和橘黄色闪光，但没有合成立方氧化锆的颜色鲜艳；人造钇铝榴石则出现蓝色和紫色闪光，并遍布多数刻面。钻石一般不会出现覆盖亭部大面积的单色闪光，只在亭部约 1/ 4 刻面范围内出现黄色、蓝色闪光。折射率极高的仿制品可以出现从暖色调到冷色调颜色丰富的闪光，且跨越亭部小面的数目更多。使用底面闪光效应观察色散时，不仅要注意闪光的颜色，而且还要注意覆盖亭部刻面的范围。

三、以亲油性为依据的鉴别方法

钻石对油脂有亲和能力，即能吸附油脂。利用钻石的这一特性可以鉴别钻石与钻石仿制品。

1. 划线试验

用一支钻石笔（油基墨水的特制笔），在钻石的台面上画线，则会留下一条不间断直线。而其他的仿制品不具有亲油性，当用同样的方法划线时，则会在划过的地方墨水聚集成断续的点线。

2. 水滴试验

在钻石及仿制品的台面上，滴一小滴水珠，水珠的大小应一样。观察水滴保持的时间和形态。在钻石上水滴将长时间保持球形，而仿制品上的水滴则会在相对短的时间内散开。做这一试验关键是要使待测样品表面干净无污。最好有一钻石标样作参考，解释观察结果也应谨慎。

四、以热导性为依据的鉴别方法

1. 哈气试验

将待测样品和已知钻石标样一起放在一玻璃板上，并且它们的起始温度必须一样。对着样品哈气，观察雾气消失的情况。钻石上雾气很快消失，而仿制品上的雾气消失的相对较缓慢。热导率越低，雾气消失的速度越慢。此方法不适合在干燥、温度高的环境下使用。

2. 感觉试验

在室温下用舌尖或皮肤接触钻石及其仿制品时，温凉的感觉不同。钻石比仿制品要凉很多。就好像触摸铁（凉）和木头（温）的感觉不同一样。以热导性为依据的鉴别方法，不适合区分合成碳硅石。

第二节 放大检测

一、包裹体

钻石除最佳品质外，一般都会或多或少地含有矿物包裹体。近几十年来，利用 X 射线衍射及电子探针技术，对世界各地钻石中的包裹体研究结果表明，钻石中的原生或同生矿物包裹体有 30 多种，后生及伴生矿物包裹体也有 10 余种。并且，不同的地质环境下形成的钻石中的包裹体的组合不同；同一钻石中也不可能同时出现两种不同成因的包裹体。钻石中的包裹体列于表 4 - 3 中。

钻石中的包裹体可大可小、形态各异、丰富多彩，可单独出现，也可成群分布。常见的包裹体有：橄榄石、石榴子石、尖晶石、顽火辉石、铬透辉石、铬铁矿、硫化物矿物。除了结晶矿物包裹体外，云雾也是钻石内常见的内含物。近几年来，学术界对钻石包裹体的研究，发现钻石内部也存在流体包裹体，并认识到流体包裹体与钻石生成模式之间的关系。现将几种常见包裹体的典型特征分述如下：

橄榄石　多为无色、浅黄绿色的浑圆形粒状、厚板状。晶体边缘粗黑。成分中富 Mg，其中 $\frac{Mg}{(Mg+Fe)}$ 的变化范围多在 0.91～0.95 之间，Cr_2O_3 的含量高于一般的橄

表 4-3　钻石中的矿物包裹体

原生或同生矿物包裹体		后生矿物包裹体	伴生矿物包裹体
超镁铁质岩	榴辉岩（捕虏体）		
		蛇纹石	
镁橄榄石	绿辉石	方解石	
透辉石	铁铝榴石	石墨	
铬镁铝榴石	蓝晶石	赤铁矿	
铬尖晶石	透长石	高岭石	金云母
镁钛铁矿	柯石英	锂辉石	黑云母
硫化物	金红石	碱镁闪石	白云母
锆石	红宝石	钙钛矿	角闪石
钻石	钛铁矿	锰钛铁矿	磁铁矿
自然铁	铬铁矿	磷钇矿	磷灰石
	钻石	尖晶石	
	硫化物	氟镁石	
		针铁矿	

据 H. O. A Meyer，1987；修改。

榄石。

辉石　有单斜和斜方两种。淡绿—艳绿色，短柱状，有时可见柱面条纹，晶体边缘明显。透辉石富 Cr_2O_3 和 CaO，绿辉石富 Na_2O 和 Al_2O_3。

石榴子石　主要为含铬镁铝榴石和铁铝榴石两种。颜色为暗红色和橙红色，晶形完好，外观似球状，油脂光泽，晶体边缘清楚。含铬镁铝榴石中 MgO（24%）和 Cr_2O_3（16%）的含量高，铁铝榴石中 CaO（3%～14%）和 FeO（10%～23%）的含量高。

铬铁矿　常呈粒状或尘埃状分布在钻石中，黑色。

云母　钻石中发现的云母包裹体可以有黑云母（黑色、褐黑色）、金云母（黄褐色）、白云母（白色），多呈碎片状，有时可见较好的六方片状、板状，转至合适的角度时，可看到解理面的珍珠光泽。

铬尖晶石　大部分为镁铬铁矿，鲜红色或褐红色，含极高的 Cr_2O_3（67%），呈小八面体形及不规则形。

硫化物　常常呈粒状、片状附着在钻石解理面的两壁或微裂隙内，有时围绕结晶质包裹体呈放射状。具有金属光泽，反光强。

钻石负晶　在宝石显微镜下（暗域照明）为白色或无色，多呈八面体形态。负晶分布在刻面表面时表现为空洞，可见其内部有阶梯状的平行生长纹。这是由外壁钻石生长时留下的痕迹所致。

云雾　通常为非常细小的白色似针尖状包裹物，聚集在一起形成云雾状。现代技术研究认为它们可能是由钻石中最小的固态点状物聚集而成；也可能是含一些 H_2O、CO_2 等的微小包裹物；也可能与晶格位错有关。

金属矿物　一般含量较少，多为各种不规则形态，显微镜透射光下不透明，反射光下可呈金属光泽。

二、硬度与切磨质量

由于钻石的稀少、珍贵和高硬度，一般对钻石的切磨都是相当讲究的。不仅强调钻石各部分的切割比例，冠部、亭部角度都需要严格地计算得出，而且小刻面的分布也应该均匀对称。一颗璀璨生辉的钻石，一定经过精密细致的琢磨过程。而钻石的仿制品硬度均低于钻石，并且价格便宜，很少或根本不会花费大的工本使它们达到像钻石一样的精美切工。生产出来的产品比例不当、对称欠缺。这就从切磨质量方面为鉴别钻石及其仿制品提供了可能。

1. 刻面

钻石的台面及小刻面是平直的，没有屈曲的现象，表现为台面内反射外界物体（如灯管）的影像不变形。而仿制品台面多不平坦，有不同程度的屈曲，反射影像多有不同程度的变形。根据反射影像是否变形，可检查出台面是否屈曲。钻石中同种刻面的形态、大小几乎一致，很少出现明显的对称性偏差。而仿制品中同种刻面的形态、大小多不一致，常见对称性偏差，尤其是亭部刻面粗短、随意，远不及钻石细长、精致。

2. 棱、角

钻石的棱、角是笔直而锐利的，标准圆钻型切工的钻石，三条或三条以上的棱严格地交于一点，并形成尖锐的角。而且两个小刻面也严格地相交于一条棱线上。

钻石的仿制品，由于硬度低，切工差，棱和角往往是圆滑的。几条棱相交处不是一个点，而是一个面或一条边。合成碳硅石、合成立方氧化锆和人造钇铝榴石在仿制品中硬度超过了8，相对而言，它们的刻面棱、角要显得规则一些，但仍不如钻石那么锋利、尖锐。

3. 腰

对钻石及其仿制品的腰进行仔细观察，能发现许多有用的鉴定信息。

标准圆钻型钻石，其腰围经粗磨后通常是不抛光的。这种不光滑的腰围称为“粗磨腰”或称为“糖化”腰。“糖化”腰是钻石典型的切磨特征，表现为具有暗淡的蜡状光泽。这种现象并不是暗淡无光，而是像被研磨后的玻璃（毛玻璃）一样，呈细粒状的外观，似霜冻状。有时在钻石的腰围还保留有原始晶面，甚至蚀像，这是天然钻石重要的识别特征。

大多数的仿制品具有抛光的腰围，有时也模仿钻石加工成粗磨腰。无论是怎样的腰围，在宝石显微镜下仔细检查均可见到研磨线（钻石有时也有抛光腰围但不见研磨线），研磨线或与腰棱平行或与腰棱斜交，这是识别仿制品的标志。

4. 抛光痕

抛光痕是一系列几乎近于平行的细密线状痕迹。由于钻石的硬度高，可以形成良好的抛光。因此，在钻石的刻面上大多数情况下看不到抛光痕迹。但有时抛光不精致，也可在一些小刻面上尤其是亭部近底尖部位，看到细密的抛光痕。又因为钻石的硬度具有方向性，抛磨总是寻找钻石最软的方向，所以在相邻的小刻面上抛光痕的方向也不相同。相反，仿制品则比较容易发现明显的抛光痕，尤其是在台面。给仿制品抛光时利用的是比仿制品硬度更大的磨料，因此抛光痕在相邻的小刻面上方向大致相同。

5. 磨损

钻石极高的硬度使它很不容易被磨蚀，即使有磨蚀也局限在个别小刻面的棱和角，特别是底尖，而磨蚀的现象极少延伸到刻面本身。而仿制品，由于硬度低，面棱被磨蚀后往往比较毛糙，并且在刻面上也可见到很重的擦痕。

6. 反射影像

标准圆多刻面型切工的钻石可依据各种反射影像特征确定钻石的切工比例，而相同切工仿制品的反射影像形态及规律性与钻石均有差异。

三、解理

钻石具平行｛111｝方向的完全—中等解理。解理对鉴定钻石是有价值的线索。因为钻石的仿制品很少有这一特征。它可有效地排除玻璃、合成立方氧化锆、人造钇铝榴石、人造钆镓榴石等大多数的仿制品。

钻石的解理，表现为以下三种方式：

1. 孤立存在的羽状纹

孤立的片状或阶梯状的裂纹显示的是初始解理，它往往表现为在某一任意裂面内与裂纹呈一定交角的次一级平行排列的解理纹，外观似羽毛状，故称为羽状纹（体）。羽状纹也常围绕着晶体包裹体呈放射状或盘状分布。

2. 须状腰

在粗磨钻石腰围的过程中，若用力过猛，可使腰围周围沿解理方向产生微细裂纹并向钻石内部延伸，外观很像老人的胡须，故又称之为“须状腰”。

3.“V”形缺口

由于受到外力作用常在钻石腰围处形成一个深入其内的小而窄的缺口，缺口经常以解理面为边，呈“V”字形。而钻石的仿制品往往趋向于形成贝壳状断口。

解理可通过一系列非常浅的阶梯面而得以识别，因为钻石受力裂开总是沿着若干个原子层同时发生的。

四、生长特征

1. 双晶

钻石的双晶依｛111｝最普遍。可形成接触双晶、星状穿插双晶及轮式双晶、环状双晶。双晶缝合线在钻石晶体的表面或抛光刻面上主要表现为直线或简单的折线，也有不规则线。在缝合线的两侧，晶面条纹、解理不连续，硬度有变化，晶面反光强度也有所不同。

在切磨好的钻石内部或小刻面上，双晶可表现为：①简单的直线或折线，光滑的小刻面可能被缝合线断开；②也可能由不规则的凸起区（节结）组成，即出现在钻石纹理方向发生改变的地方。节结和木材上的木结很相似，给抛光带来了一定的困难。当抛光通过由双晶产生的节结时，会产生细小的拖尾纹；③结晶结构发生错动的双晶中心，常和小点伴随；④在钻石的内部还可观察到由于双晶发生错动而引起的丝网状特殊内含物。

2. 纹理

纹理是天然钻石在生长过程中，发育在其表面或内部的生长痕迹。

在切磨好的钻石表面，纹理表现为沿一个或多个方向的多条平行排列、间距相似的细线。在其内部则以线状或云状薄带产出。观察表面纹理需反射照明，观察内部纹理需暗域照明，并转动钻石至一个恰当的方向方可清晰。切不可把纹理同抛光痕迹相混淆，纹理的存在是天然钻石的重要证据。

有时在切磨好的钻石未抛光的腰围上，还残留有原始晶面上的纹理，尤其是三角形纹理。

五、观察刻面棱重影

具有较大双折射率的宝石，透过冠部倾斜观察可以看到亭部小刻面棱具有平行影像即重影（双轨）现象。重影的分离程度取决于三个因素：双折射率的大小；宝石的大小；宝石的定向。在具有一定克拉值的宝石非光轴方向，双折射率值越大，其重影现象越明显。仿制品中天然锆石（双折射率为 0.059）、合成金红石（双折射率为 0.287）和合成碳硅石（双折射率为 0.043）均具有很大的双折射率值，很易观察到小刻面棱的重影。这是区分这一类相似材料的重要依据。

钻石属于均质体，不具有小刻面棱重影现象。然而，通过某些老式琢型钻石的台面，有时可能看到亭部小刻面棱的汇聚线，不可与重影而语。

第三节 仪器测试

一、热导仪与反射仪

热导仪和反射仪对于鉴定钻石及其仿制品具有诊断性的意义。

（一）热导仪

热导仪（图 4-3）是根据钻石极高的热导性而设计出的一种专用仪器，是专门用于鉴别钻石及其仿制品的。其原理是测试热从探头传导的速度。宝石的热导率不同，对热的传导速度则不同，表 4-4 列出了金属和常见宝玉石的比热导率。

热导仪可以快速、简便、准确地将钻石及其大多数仿制品区分开，尤其是对于镶嵌钻石首饰的鉴别意义更大。

从钻石及与它相似的无色蓝宝石、锆石、合成尖晶石、人造钇铝榴石（YAG）、人造钆镓榴石（GGG）、合成立方氧化锆、玻璃对热的传导速度曲线（图 4-4）可以看出，钻石比它们对热的传导速度要快得多。但从表 4-4 可以看出，合成碳硅石的比热导率也很大，故对所有现今使用的热导仪也显示“钻石反应”，如何区分后述。

热导仪探笔头部构造如图 4-3 所示，使用时，接通电源通过加热器加热热电偶，依据热电偶上热量传出的速度，由发光二极管显示发亮的数目，或液晶屏显示的文字，即可知道钻石的真伪。

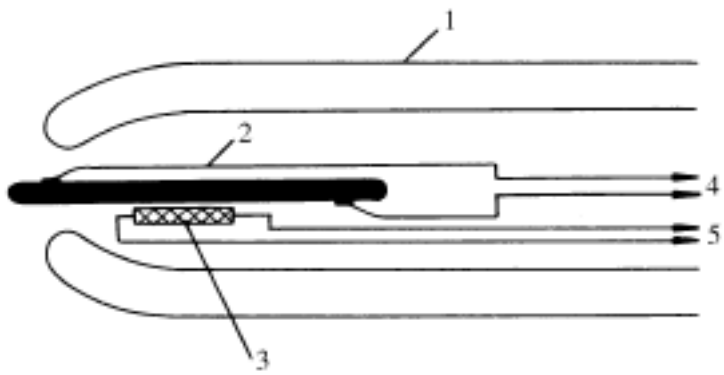


图 4 - 3　热导仪探笔头部构造

1—探笔外管；2—铜制热电偶；3—加热器；4—与热导仪测试元件连接的导线；5—与电源连接的导线

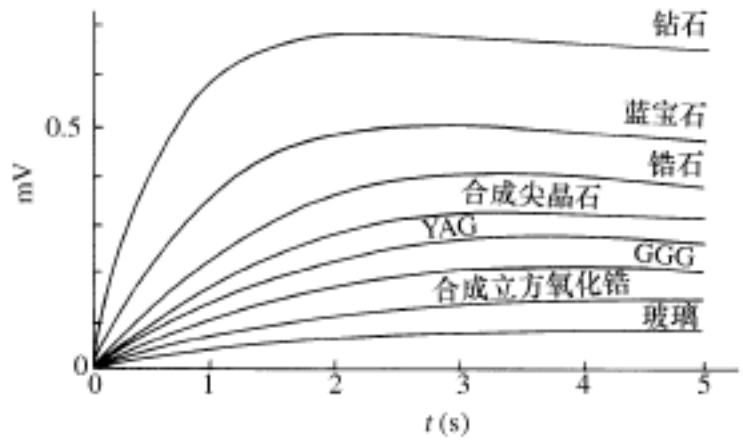


图 4 - 4　钻石与仿制品的导热曲线

表 4 - 4　金属和常见宝石的比热导率　(以银为 10000)

宝　石	比热导率	宝　石	比热导率	宝　石	比热导率
钻　石	16000～48000	刚　玉	834	锆　石	109
银	10000	黄　玉	446	绿 柱 石	95～131
铜	9270	尖 晶 石	281	铁铝榴石	79
金	7070	石　英	140～264	长　石	36～62
合成碳硅石	5494～11705	金 红 石	122～231	水晶玻璃	33
铝	4850	钙铝榴石	135	普通玻璃	12～33

目前由不同厂家或宝石研究部门研制的热导仪产品有多种型号，其外观和显示方法虽有所不同，但它们的原理及性能大同小异。

1. Diamond SelectorⅡ热导仪

仪器长约 13 cm、宽 4 cm、厚 1. 5 cm。仪器最主要部位探笔（探头）固定在仪器前端。附件有一块小铝板，板上有 6 个大小不同的凹孔，用以放入大小不同的钻石，测定时将样品放入铝板孔中，台面朝上，通电预热，几秒钟后，在刻有“Ready”的窗口亮起一个红灯，表示探针已烧热，可以开始测定。

在仪器上，有一排 12 个长方形的发光二极管，测定之前，需根据被测钻石质量和测试温度（表 4 - 5）调测。

表 4 - 5　钻石质量与测定点温度调亮发光二极管数目表

质量（ct）	< 10℃	10℃～30℃	> 30℃
< 0. 05	5	6	7
0. 06～0. 5	3	4	5
> 0. 6	1	2	3

其步骤是：先调亮发绿光二极管的数目，然后将仪器探针的黑色塑料保护套取下，使探针垂直地与被测样品接触，此时，剩余的二极管发亮，若发亮的二极管总数为 9 个或超过 9 个，同时仪器发出“滴、滴、滴”断续的鸣叫声，表示所测样品为钻石或合成碳硅石。如果发亮的二极管总数不足 9 个，仪器又默不作声，则所测样品为仿制品。

使用热导仪的注意事项：①待测宝石必须干燥和干净，测试应在室温下进行。②热导仪的探头非常精细，测试中施加的压力应适中，必须小心使用，以免损坏。③电池电力不足时应及时更换，否则会造成测量结果不准。④长时间不使用应将电池取出，定期清洁探头。⑤测试裸石应使用热导仪配备的底托附件，不可用手直接拿着样品测试。⑥测试前应检查仪器的灵敏度，轻触金属托，仪器会发出连续的报警声。⑦测试时应控制工作区的空气流通，不要正对着空调和窗户测试。

2. Presidium Diamond Mini Mate 热导仪

该热导仪体积大小为 135 mm×25 mm×15 mm。它的特点是一切信息都在仪器上的一块大液晶屏上显示。基本步骤如下：打开电源开关，待仪器准备好可开始测试时，液晶屏上显示“READY”字样。然后拿起连接仪器的探针笔，取下保护套，使探针以直角对准测试样品，若液晶屏上显示“DIAMOND”字样则所测样品为钻石；若显示“SIMULANT”字样则为仿制品。

此仪器测定时要求的环境温度为 10℃～40℃，若温度低于 10℃时，则使用效果有误。热导仪只能用来区分钻石的真伪，如测试结果是非钻石，而确定究竟是什么物质，热导仪则无能为力。

从表 4 - 4 还可看出，除钻石之外，热导性较高的宝石还有合成碳硅石和刚玉类宝石。当用热导仪测定合成碳化硅和克拉值较大的冷冻的无色蓝宝石时，也显示“钻石反应”，在这样的情况下，应使用反射仪进一步区分。

反射仪与热导仪的优缺点正好互补，即热导仪上易混淆的宝石则可在反射仪上明显区分，而在反射仪上特征相似的宝石则可通过热导仪明显区分。测量钻石及其仿制品时，最好是热导仪和反射仪同时使用。

（二）反射仪

反射仪对于测试折射率超过标准折射仪极限的高折射率宝石更有用。如人造的钇铝榴石、钆镓榴石、钛酸锶、合成立方氧化锆等。

反射仪是根据宝石的反射率性质设计的一种仪器，它可以测量从宝石表面返回的光量。反射率是指当光的入射角为 0°时，宝石表面反射光的强度。反射率与折射率之间存在着准线性关系，即：

$$\text{反射率} = \frac{\text{反射光线的强度}}{\text{入射光线的强度}} = \frac{(N-1)^2}{(N+1)^2}$$

式中：N——宝石的折射率。

由于宝石的折射率不同，可依上式算出常见宝石的反射率列于表 4 - 6 中。

从上表可以看出宝石的反射率有一定变化范围，因此在反射仪上标注宝石反射率的刻度有一个区间范围，指针落在区间内即表示可能为此宝石。

表 4 - 6　常见宝石的折射率（*N*）和反射率（*R*）

宝　　石	折射率	反射率（%）	宝　　石	折射率	反射率（%）
一般玻璃	1.4～1.6	2.78～2.53	锆　　石	1.92～1.99	9.93～10.96
黄　　玉	1.61～1.64	4.46～5.88	人造钆镓榴石	2.03	11.55
尖晶石	1.71～1.73	6.86～7.15	合成立方氧化锆	2.15	13.33
刚　　玉	1.76～1.77	7.58～7.73	人造钛酸锶	2.41	17.09
人造钇铝榴石	1.834	8.66	钻　　石	2.42	17.23
合成碳硅石	2.65～2.69	20.29～20.97	合成金红石	2.6～2.9	19.75～23.73

反射仪的右上角（或下半部）有一圆形测光孔，其孔内构造如图 4 - 5 所示。测光孔内有一砷化镓的发光二极管和一个光电接收器。测定时，将宝石抛光良好的台面朝下对准圆孔。

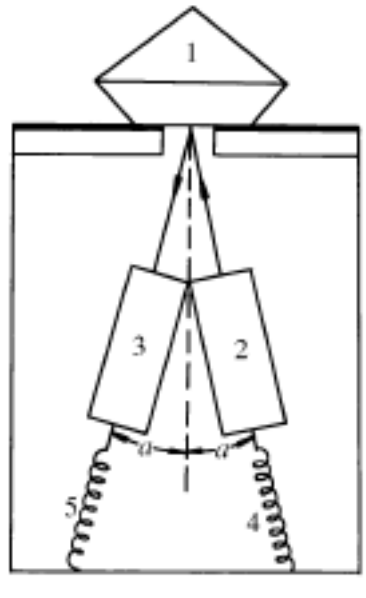


图 4 - 5　反射仪的测光孔内构造示意图

1—宝石，台面朝下，对着测光孔；2—砷化镓发光二极管；3—光电管接收器；4、5—电线；α—入射角和反射角，α角约为 7°～10°

盖好遮光罩，按下开关按钮。仪器通电后，砷化镓二极管会发出一束波长为 930 nm 的红外光，以大致成 7°～10°的入射角射到宝石台面上，被台面反射后，射入光电管的接收器中。光电管将产生光电流，所产生的电流大小与从宝石台面反射回的光的强度成正比。所产生的光电流传到反射仪的指针显示器中，从指针偏转所指的刻度，即可知道测定宝石的品种。

反射仪显示器上的刻度，分为高 *R*、低 *R* 两档：低 *R* 档反射率范围从 2.78%～8%；高 *R* 档大于 8%。两档在测定时可由按钮变换。反射仪的测量精度比较低，只能到小数点后一位。对于折射率低于 1.80 的宝石，不宜用测量精度较低的反射仪，而尽量用折射仪来测定。只有当宝石的折射率大于 1.80，即反射率高于 8%时，才适用于反射仪。虽然反射仪的测定精度不高，但因折射率大于 1.80 的宝石不多，测出一个范围就可以估计出宝石的品种。

另外，应特别注意合成碳硅石在空气或氧气中经高温处理后，表面可形成一薄层的二氧化硅薄膜，降低了合成碳硅石的视折射率（表面效应），使合成碳硅石在反射仪上的读数与钻石相似。

宝石反射仪有多种型号，也可把热导仪和反射仪组装在一起使用，先测热导率，再测反射率。仪器本身附带了七种常见仿制品的样品，供对照校正。

目前，大多数型号的反射仪已把反射率转换成了折射率，但其测量精度不如常规折射仪，只能达到 0.05。使用反射仪的注意事项：①样品必须具有抛光平面且尺寸大于测孔，否则接收不到仪器信号或读数过低；②样品内部内含物的反射可导致读数偏差；③由于测孔很小，每个样品要多测几个方向，以保证结论的准确性；④样品表面要求洁净无污物，否则会影响光的反射，导致结论的错误。在反射仪上，有可能把人造钛酸锶与天然钻石的读数搞混淆，因为它们的反射率极为相似。此时，采用热导仪则很容易将两者区分开。

二、合成碳硅石钻石检测仪

1. 590 型无色合成碳硅石/ 钻石检测仪

该仪器是根据钻石与合成碳硅石在近紫外光区（425 nm）的透射性不同的原理而设计的一种专门区分钻石和合成碳硅石的电子仪器，如图 4 - 6 所示。

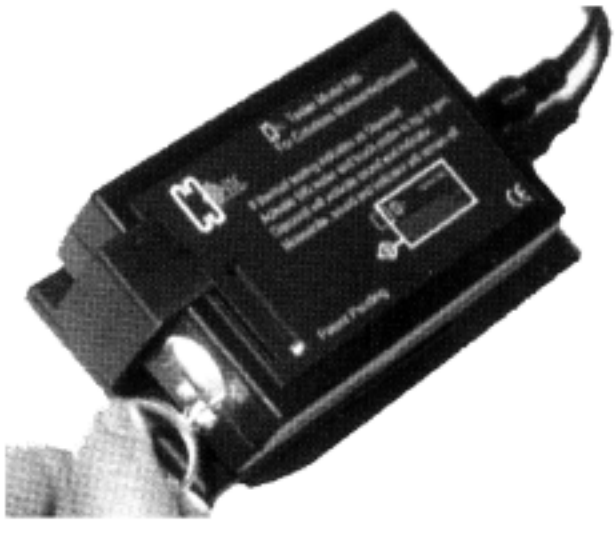


图 4 - 6　590 型碳硅石/ 钻石检测仪

钻石可以透过紫外光，合成碳硅石完全吸收紫外光。将待测宝石的台面与仪器的探头相接触，同时用一个小的高强度卤素灯斜向照射钻石。若指示灯亮并有鸣叫声，表明所测样品为钻石；若没有反应，则是合成碳硅石。尽管许多其他的无色宝石在近紫外区也是透明的，但该仪器只对热导仪上显示钻石反应的碳硅石有效。检测时应注意：①钻石内若有大量的内含物时，测试结果不准确；②由钻石和合成碳硅石组成的二层石，该仪器不显示钻石反应；③该仪器不宜单独使用。为保证结论的可靠性，必须与热导仪同时使用。

2. Moissketeer 2000 sd

这种仪器也是在被测宝石通过热导仪测试显示“钻石反应”的结论之后才使用的。其原理是测试宝石的导电性。在这个测试中，被测宝石必须保持清洁干燥，如果是未镶嵌宝石，必须使用样品夹，避免手与样品直接接触，测试时，一手拿着样品夹，另一只手拿着仪器，使大拇指靠近仪器前端的测试按钮，当按下测试按钮，黄灯亮起，传感器的尖端与被测宝石的台面接触，如果黄灯保持不变仪器没有发出蜂鸣声，则样品不是合成碳硅石，如果红灯出现同时响起蜂鸣声，则样品是合成碳硅石或合成无色钻石。使用该仪器需测试不同的部位以保证结论准确可靠。

3. Conductor 2001

该仪器的测试原理同 Moissketeer 2000 sd 基本相同，然而它的使用方法更简单不需要任何的样品夹或支架，裸石或镶嵌的宝石直接拿在手里，测试仪器像笔一样拿在另一只手里，将宝石的不同部位与仪器的探针接触，由于合成碳硅石是半导体，无色到浅黄钻石是不导电的，用这款测试仪时，显示导电性的是合成碳硅石。如果仪器没有显示，则被测样品是天然钻石。

像天然钻石一样，钻石仿制品（例如合成立方氧化锆）也是不导电的，测试仪一样没有反应。因此，要区别天然钻石或者合成碳硅石与钻石仿制品，应该先对他们进行热导仪测定，如果绿灯亮起，则该石头是合成碳硅石或合成钻石，红灯亮起，表示测试有误（接触到了金属部分）。

三、紫外荧光仪

钻石受到外界能量（如紫外线、X 射线、阴极射线）的激发，能够发出可见光。钻

石的荧光特征包括有无荧光、荧光颜色、荧光强弱及荧光的分布特征。不同类型、不同产地、不同颜色的钻石，其荧光特征不同。

检测钻石发光性最常用和最简易的方法就是利用紫外荧光仪。紫外光的波长范围为380～200 nm，界于可见光与X射线之间。

在长紫外线（主波长365 nm）下，大约50%的钻石可以发光，最常见的荧光色为蓝白，其次有黄白、黄绿色等色；在短紫外线（主波长254 nm）下，也有极少数的钻石可以发光。钻石的荧光色与体色之间存在着一定的相关性（表4-7）。

表4-7　钻石的体色与荧光色的关系

颜　色	荧　光　色		荧光强度	磷　光
	长紫外线（LWUV）	短紫外线（LWUV）		
无色-浅黄色系列	蓝白（常见）、蓝紫、黄或橙	蓝、黄或橙（少见）	通常长波强于短波（无—强）	偶见黄色（弱）发光时间小于30 s
褐色系列	黄绿色（常见）	黄绿色（少见）	长波强于短波（弱—中等）	
鲜黄色	黄或蓝，偶尔为橙色，很少绿色	黄或蓝，偶尔为绿色，很少为橙色	长波强于短波（无—很强）	偶尔黄色时间小于15 s
粉红色	橙黄色（少见）	橙黄色（少见）	长波强于短波或长波=短波	橙色（持久）
蓝　色	通常不可见，很少橙—橙红	通常不可见，偶尔黄白—蓝白，罕见橙—橙红	短波强于长波	蓝白或橙红色

另外，发光性同钻石的类型也有一定的关系。Ⅰa型钻石，多发蓝白色荧光；Ⅰb型钻石多显黄或橙黄色荧光；有些Ⅱ型钻石在长紫外线下为黄绿色荧光，在短紫外线下发蓝色甚至红色磷光。如霍普钻石（Hope Diamond）则发出带粉红色调的红色磷光。荧光检测对于鉴定一组钻石（群镶）是非常有用的方法，即在一组群镶的钻石中，钻石的发光特性是不均一的，荧光的颜色、荧光的强弱很不一致。

对于仿制品来说，在紫外线下发光，总是趋向于相同的颜色和强度，均一性非常明显。

与钻石相似的宝石的荧光特征见表4-8。

表4-8　与钻石相似宝石的荧光性

宝　石	荧　光　色		荧光强度
	长波紫外线	短波紫外线	
合成立方氧化锆	绿黄、橙黄、粉红	橙　黄	长波：无～强　短波：无～中
合成无色尖晶石	惰性或绿	蓝白色、绿蓝色	长波：无～弱 短波：弱～蓝
锆　石	混浊黄色	混浊淡黄色	无—强
人造钇铝榴石	橙色	橙色	无～中等
人造钆镓榴石	橙　色	浅红橙色	短波（中～强）强于长波：（无～中等）
合成无色蓝宝石	惰　性	蓝白色	无～弱
合成碳硅石	橙黄色	橙黄色	长波：无～中等　短波：弱～中
人造钛酸锶	惰　性	惰　性	

四、X 射线荧光仪

X 射线又称伦琴射线，自 1895 年由伦琴发现以来，被广泛应用于各个领域。X 射线是一种超短波的电磁波，波长约为 10^{-10}～10^{-5} cm。X 射线在宝石鉴定中的应用相当重要，不但可确定晶体的结构，还可测试宝石的化学成分（主量、微量）。X 射线还具有能使照相乳胶感光、荧光物质发光、气体电离及穿透物质的能力等特点。由于购买和维护费用极高，只有装备精良的实验室才能拥有这样的设备。X 射线属于高能射线，其能量可达 0.1 百万电子伏特，可能会造成宝石晶格损伤，改变宝石颜色，一般情况下，不采用这种鉴定方法。X 射线通过钻石时可产生两种情形：

1. 穿透性

X 射线对宝石的穿透能力取决于化学成分中元素的原子序数。原子序数越高，穿透能力越差。钻石的化学成分是 C，原子序数为 6，碳原子中心不存在吸收穿越辐射能的亚微粒。X 射线在钻石中的穿透能力比其他任何硅铝化合物都强。

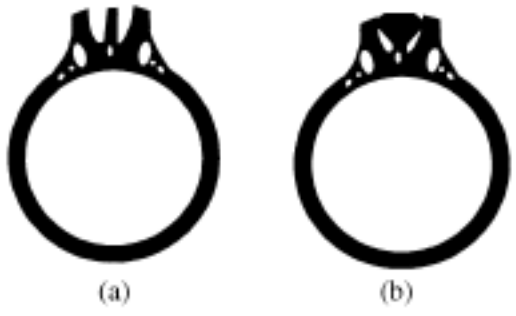


图 4 - 7　钻石及其仿制品的 X 射线照片
(a) 钻石；(b) 仿制品

用 X 射线照像，时间在 10 s 内，钻石允许 X 射线透过并使胶片曝光，显影后钻石透明。而其他仿制品，将吸收 X 射线，胶片不会曝光，显影后不透明（图 4 - 7）。

采用这种方法鉴定时，应以一颗已知的钻石和一颗仿制品为标样，同时操作，谨慎解释结果。

2. 荧光性

几乎所有的钻石在 X 射线激发下，都可以产生蓝白色荧光，且颜色和发光强度的均匀程度都比紫外线下好。

五、阴极发光仪

阴极发光技术从 20 世纪 70 年代开始应用于宝石鉴定研究工作，阴极发光仪对于鉴别天然钻石与合成钻石十分有效。该仪器具有成本低、无损、快捷和制样简单等优点（图 4 - 8）。

宝石在电子束的轰击下发出可见光的现象称为宝石的阴极发光。阴极发光与宝石的晶体结构、化学成分、成因及生长环境有关。由于天然钻石与合成钻石的生长环境不同，因此它们的生长结构有很大的差异性。在电子束的轰击下，不同结构的生长区发出不同颜色和不同强度的荧光，并以此而显示晶体的生长结构和生长纹，这就是阴极发光仪鉴定钻石的原理。

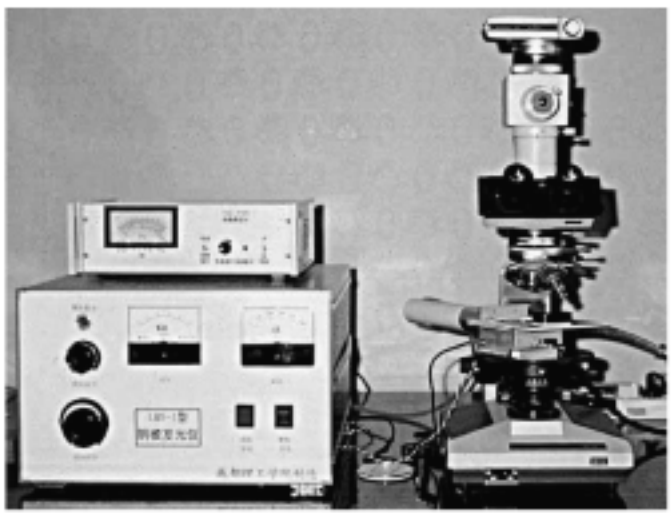


图 4 - 8　阴极发光仪

天然钻石多形成八面体或菱形十二面体等单形及其聚形，它的发光性显示相对均匀的蓝色或蓝白色，而且发光区形态不受生长区控制，无规律可循。

合成钻石多形成相对复杂的八面体、立方体、菱形十二面体和四角三八面体等单形

组成的聚形，这样在合成钻石中常常存在多个生长区，特别是立方体生长区比较发育。不同生长区的生长能力、生长速度和所含氮杂质的量不同，它的阴极发光特征明显不同于天然钻石，呈现规则的几何对称图形。

六、电子天平或其他衡器

用电子天平或其他衡器测试裸钻及仿制品的密度是区分它们十分有效而简易的方法。钻石密度的测量常用以下几种方法。

1. 静水力学法

分别测量样品在空气中的质量（m）和在水中的质量（m_1）或直接测量其两者之间的差值（$m - m_1$）。代入密度公式。

$$\rho = \frac{m}{(m - m_1)} \times \rho_0$$

式中：ρ——样品在室温时的密度（g/cm^3）；m——样品在空气中的质量（g）；m_1——样品在水中的质量（g）；ρ_0——不同温度下水的密度。

使用电子天平测试宝石密度还需要配备一个支架、一只烧杯、一根细铜丝做成的宝石兜和一个计算器。如图 4 - 9 所示。

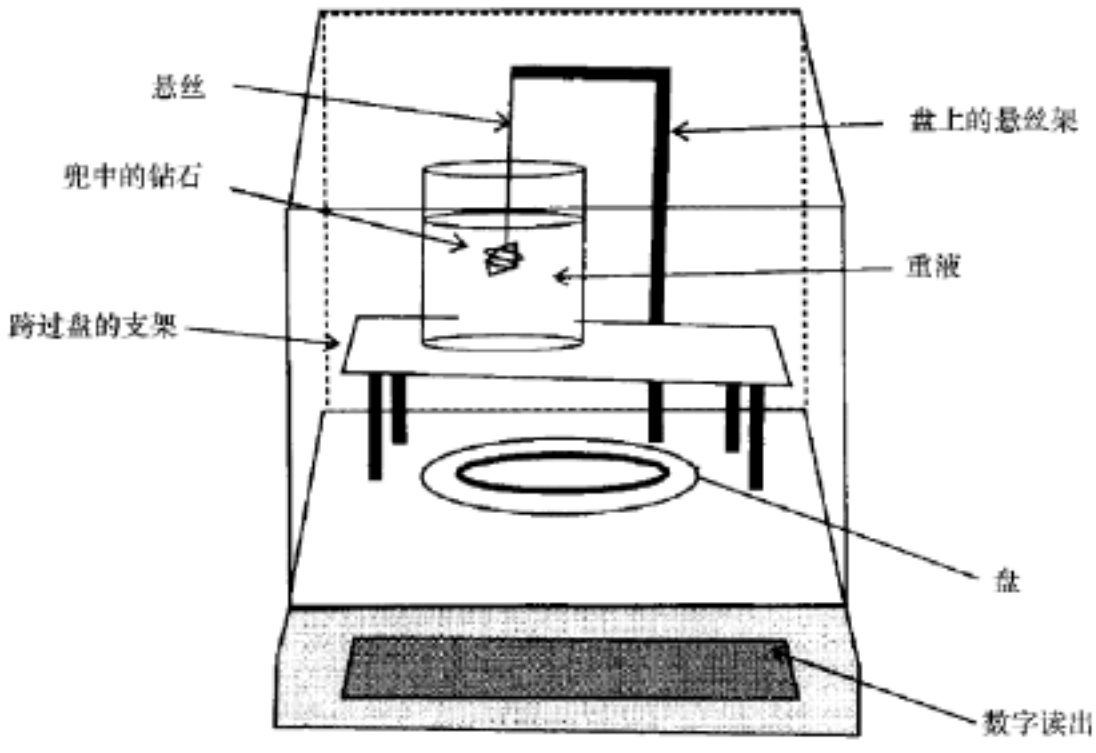


图 4 - 9　电子天平测试宝石密度

测试宝石密度的步骤如下：

①在空气中给宝石称重，并记录数据。

②按图示放置支架，往烧杯中装 2/ 3 的蒸馏水，然后将烧杯放到支架上。

③把宝石兜放在水中，并使之完全浸没于水中央，将天平归零。

④取出宝石兜，将宝石放入兜中，再次浸没水中，并轻轻摆动赶走气泡。

⑤待天平的读数稳定后，记录下宝石在液体中的质量。

⑥将所测数据代入公式计算密度。

表 4 - 9　直径为 6.5 mm 同体积的钻石及仿制品质量比较表

宝　　石	大致密度 (g/ cm^3)	大致质量 (ct)
合成碳硅石	3.22	0.91
钻　　石	3.52	1
合成金红石	4.25	1.2
人造钇铝榴石	4.6	1.3
锆　　石	4.7	1.33
人造钛酸锶	5.13	1.46
合成立方氧化锆	5.8～6	1.65
人造钆镓榴石	7.05	2

钻石的密度为 3.52 g/ cm^3。而绝大多数的仿制品同钻石的密度相差较大 (表 4 - 9)，仅天然黄玉的密度 3.56 g/ cm^3 同钻石相似。

从表中可知，钻石与其仿制品体积 (直径) 等同时，钻石的质量则轻；质量等同时，钻石的体积 (直径) 则大。只有合成碳硅石与之相反。

2. 测量腰围法

若钻石为标准圆钻型切工，其直径与质量之间有着对应关系 (参见第六章)。因此采用以下步骤就可将钻石及其仿制品区分开：①检查切工 (必须为标准切工)；②称重；③测量腰围直径；④查表对比。若质量与直径相符，则可能为钻石 (首先应排除黄玉)，若不相符，则可能为仿制品。

七、分光镜及紫外可见近红外分光光度计

钻石中由于混入微量的 N、B 等元素，致使钻石的晶格产生缺陷，形成各种色心，色心对光的选择性吸收，在可见光谱中有固定的吸收波段。因此，用分光镜检查钻石的吸收光谱是鉴定钻石的有用依据。

分光镜是利用色散元件将白光按波段依次分解成单色光，构成连续的可见光光谱，并可以观察宝石在不同波段产生选择性吸收的一种光学仪器。分光镜有棱镜式和光栅式两种类型。观察钻石的吸收光谱常使用双管棱镜式分光镜，它的两根管一长一短，长管为分光镜主管，短管为波长标尺管。观察钻石吸收光谱的基本步骤如下：①将钻石放在合适的光源窗口，打开光源开关，调节光源强度，不能太强；②将安装在架座上的分光镜对准钻石，以保证透过钻石的光能最大程度地进入分光镜；③观察蓝光区、紫光区钻石的吸收光谱。使用分光镜观察钻石的吸收光谱时的注意事项：①由于钻石的吸收光谱比较弱，光源最好采用光导纤维冷光源灯；②钻石应有一定粒度，否则光谱中的吸收线相对较弱，不易观察；③钻石不宜长久受光源热辐照，否则光谱中的吸收线会逐渐模糊甚至消失；④分光镜狭缝应保持清洁，若有灰尘，会在光谱上产生黑色水平线。

紫外可见近红外分光光度计是一种能详细记录紫外与可见光谱，并根据吸收光的波长、强度等特征对宝石中的发色基团进行定性和定量分析的光学仪器 (图 4 - 10)。用

紫光和可见光（波长范围 190～800 nm）照射钻石时，引起晶格中价电子能级间的跃迁，并伴随原子的振动能级与转动能级的变化，因而产生的吸收光谱为紫外与可见光谱。测试钻石的紫外与可见光谱应由实验室的专职实验员按测试要求来完成。



图 4 - 10　紫外可见近红外分光光度计

不同颜色的钻石吸收光谱不同，下面分述之。

1. 无色 - 浅黄色系列钻石

吸收光谱以紫区 415.5 nm 处的强吸收线为特征。随着颜色浓度的增加，可能伴有 423 nm、433 nm、453 nm、465 nm、478 nm5 条弱吸收线（图 4 - 11）。415.5 nm 线即使在近无色钻石中亦可出现，而其他的吸收可能很难观察到。对于这类无色 - 浅黄色系列钻石的吸收光谱的观察，最好用分光光度

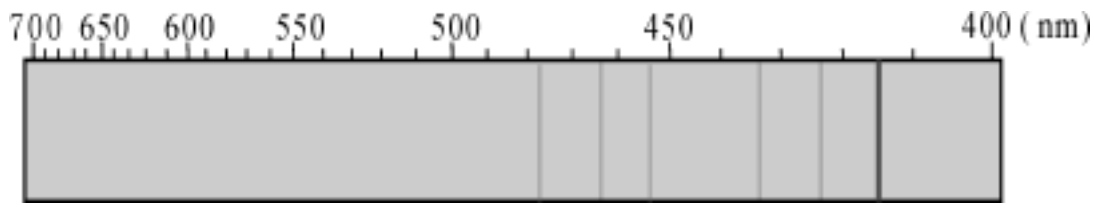


图 4 - 11　无色 - 浅黄色系列钻石的可见光吸收光谱

计。分光光度计灵敏度高，当宝石置扫描光束下，宝石透过和吸收的光均被详细地记录在屏幕上，一目了然。而手持式分光镜中弱吸收线是很难用肉眼观察出来的。如果在低温下（具液氮装置中）测试钻石，将会获得更好的结果。

黄色系列钻石分光光度计显示的吸收图谱如图 4 - 12。

2. 彩色系列

(1) 浓黄色钻石

主要表现为蓝紫区的 432 nm、452 nm、465 nm、478 nm 吸收线，有时还伴有 496 nm 和 503 nm 的弱吸收线，415 nm 吸收线也可存在。吸收光谱如图 4 - 13 所示。

(2) 褐色、褐绿色钻石

褐色、褐绿色的钻石，其颜色的分布通常是不均匀的，并且在这一类钻石的晶体中（尤其是菱形十二面体）很容易观察到变形纹。因此，它的颜色可能与塑性变形有关。主要表现为绿蓝区 503 nm 处窄的强吸收带，并伴有 537 nm、512 nm 和 495 nm 弱吸收线，有时 415.5nm 吸收线也存在。吸收光谱如图 4 - 14 所示。

(3) 红色系列的钻石

红色钻石是一种价值极高的彩色钻石，这种彩色的成因可能同褐色钻石相似。与钻石遭受的应力作用有关。晶体的塑性变形可导致钻石内部晶格位错，产生晶格缺陷，形成粉红色色心，在极端的情况下可形成紫红色色心。

所有的天然粉红色和紫红色的钻石在 563 nm 处都有吸收线。通常属Ⅱa 型的粉红色钻石在 396 nm 和 390 nm 处可见吸收线。澳大利亚北部的阿盖尔（Argyle）矿山以产粉红色和紫红色钻石而闻名，它的吸收光谱很特征，由 563 nm 的宽带和 503 nm、

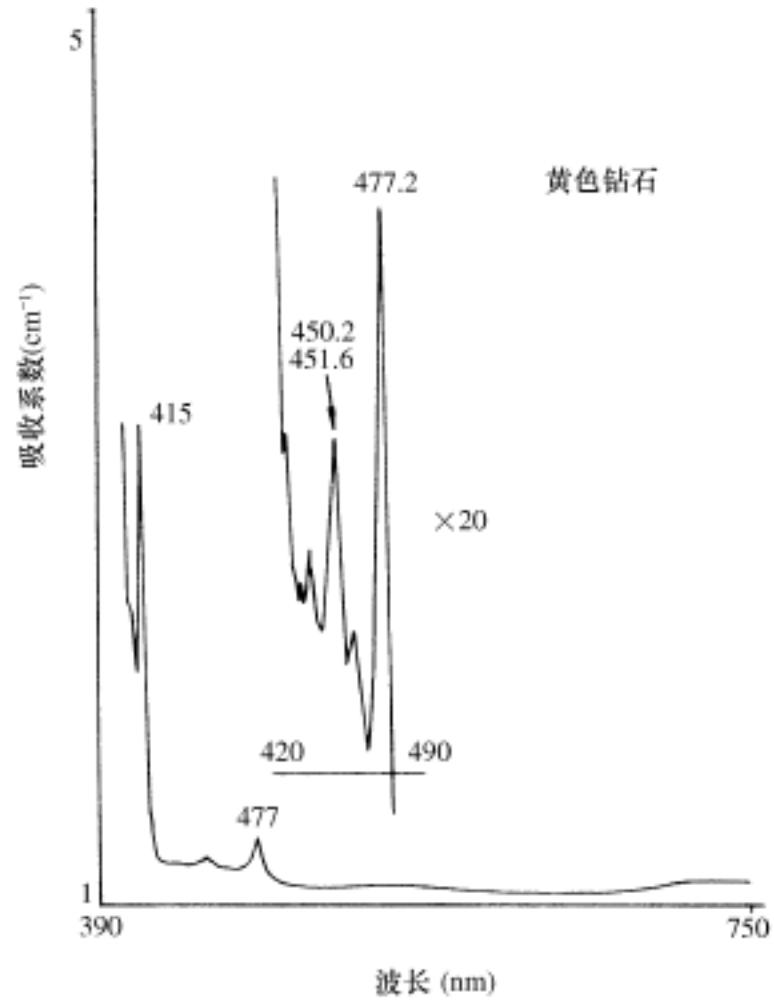


图 4 - 12　用分光光度计获得的黄色系列钻石的吸收光谱图

(据《宝石钻石学教程》，陈钟惠译，1993)

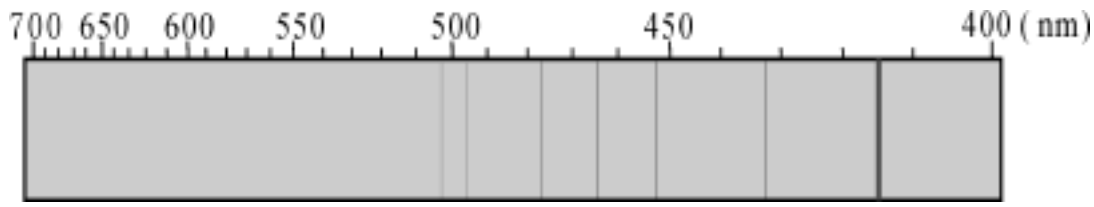


图 4 - 13　浓黄色钻石的吸收光谱图

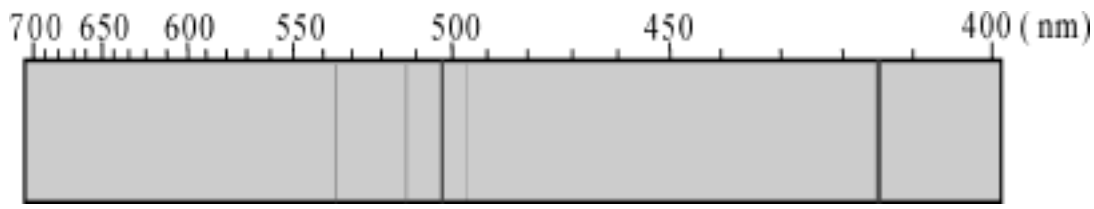


图 4 - 14　褐色钻石的吸收光谱图

415 nm 处的尖吸收峰组成。粉红色钻石的吸收光谱如图 4 - 15 所示。

(4) 蓝色钻石

蓝色钻石是另一种价值极高的彩色钻石。从晶体的完美程度来讲，蓝色钻石是最好的。它归于Ⅱb 型钻石，硼是使钻石具有蓝色的原因。

蓝色钻石的透射率在可见光的红光段到蓝光段逐渐增加，而没有明显的峰或谷。任何有吸收峰的蓝色钻石均不是天然成因的。

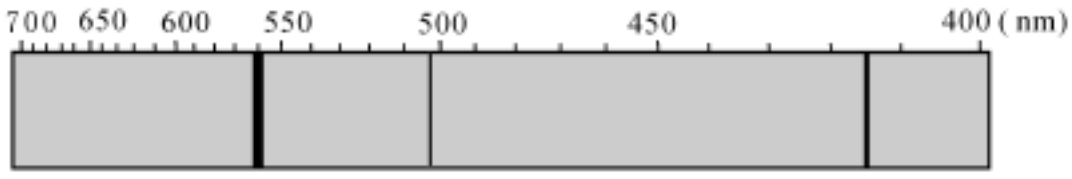


图 4 - 15　粉红色钻石的吸收光谱图

(5) 黑色钻石

黑色钻石一般是由无数的暗色不透明包裹体引起的。

第四节 钻石与其仿制品的区分

一、钻石与天然无色宝石的区分

与钻石最相似的天然宝石是锆石，无色锆石自然界中并不多见，市场上的无色锆石多为热处理产品。因为无色锆石具有较大的折射率和色散值，外观很像钻石。然而，根据双折射、硬度和偏光性很容易将两者区分开。钻石为各向同性。而锆石为各向异性且具很大的双折射率值，透过冠部可见其亭部的刻面棱“重影”现象。锆石的脆性很大，刻面棱常被磨损。另外钻石与锆石的密度、阴影图、吸收光谱均不相同。

其他的天然无色宝石，由于折射率和色散往往较小，即使切磨很好，也很难见“光芒四射”和“色彩缤纷”的外观。另外，通过折射仪和偏光镜的检测也很容易将它们与钻石区分开。钻石的折射率为 2.417，已超过一般折射仪的读数范围，而无色天然宝石如黄玉、水晶等很容易测出其折射率。表 4 - 10 列出了钻石与其他天然无色仿钻宝石的特性。

表 4 - 10　钻石与天然无色宝石的区别

宝石名称	摩氏硬度	折射率	双折率	色散	密度 (g/cm^3)
钻　　石	10	2.417	-	0.044	3.52
锆　　石	7.5	1.93～1.99	0.059	0.039	3.90～4.73
蓝 宝 石	9	1.762～1.770	0.008	0.018	3.95～4.10
黄　　玉	8	1.61～1.62	0.010	0.014	3.53 (±0.04)
绿 柱 石	7.5	1.577～1.583	0.006	0.014	2.72 ($^{+0.18}_{-0.05}$)
水　　晶	7	1.54～1.55	0.009	0.013	2.65 ($^{+0.03}_{-0.02}$)

二、钻石与人工相似宝石的区分

钻石是最贵重的宝石，因此它的仿制品也特别多。几乎无色透明、硬度较高的固体物质，经过琢磨成型后，都可用作钻石的仿制品。常见的钻石仿制品性质列于表 4 - 11 中。

表 4 - 11　钻石与人工相似宝石的区别

宝石名称	硬 度	密 度	折射率	双折率	色 散
钻 石	10	3. 52	2. 417	—	0. 044
合成立方氧化锆 (CZ)	8. 5	5. 6～6. 0	2. 15～2. 18	—	0. 065
合成碳硅石 (Sic)	9. 25	3. 25	2. 65～2. 69	0. 040	0. 104
人造钇铝榴石 (YAG)	8. 5	4. 58	1. 83	—	0. 028
人造钆镓榴石 (GGG)	6～7	7. 05	1. 97	—	0. 045
人造钛酸锶	5～6	5. 13	2. 41	—	0. 190
合成金红石	6. 5	4. 2～4. 3	2. 61～2. 90	0. 287	0. 300
合成尖晶石	8	3. 63	1. 728	—	0. 020
铅 玻 璃	5	3. 74	1. 63～1. 96	—	0. 08～0. 031

从历史上看，作为钻石仿制品最悠久的是玻璃，至少已延用了好几百年。由于早期的玻璃硬度低而易划伤，折射率不高，仿制效果并不理想。直到 19 世纪欧洲玻璃制造商发现在玻璃中加入氧化铅，可以增加其火彩，使玻璃看起来更像钻石，加入氧化铅的玻璃，国外又称为斯特拉斯 (Strass) 钻石。20 世纪初合成出了折射率和硬度均较高的合成无色蓝宝石和合成无色尖晶石后，玻璃仿制品就逐渐淘汰了。合成无色蓝宝石和合成无色尖晶石经琢磨后外观比玻璃更像钻石，而且价格低廉。然而钻石的折射率高达 2. 417，摩氏硬度为 10。而合成无色蓝宝石虽然摩氏硬度为 9，可折射率最大值只有 1. 77，两者相差太多；同时它又是非均质体，与钻石的均质性不符；合成无色尖晶石虽然是均质体，但硬度为 8，折射率仅为 1. 73，它们仿冒钻石的效果并不理想。20 世纪中期以后，随着科学技术的发展，新合成了多种人工产品，其共同特点是折射率都超过 1. 8，甚至在 2. 0 以上，多为均质体，色散效果好，用作钻石的仿制品更为成功。下面按照生产时间顺序分别叙述。

1. 合成金红石

金红石是一种很普通的矿物，它的化学成分为 TiO_2，属四方晶系，非均质体。硬度为 6～6. 5；密度为 4. 20～4. 30；折射率很高，为 2. 61～2. 90，超过了钻石的折射率；色散为 0. 300，是钻石的 7 倍。由于金红石的高折射率和高色散值，切磨后外观非常美丽，是很好的宝石品种。但自然界中的金红石，透明度低，颜色多为褐红色且粒度较小。所以，人们一直在研究合成金红石的方法。直到 1948 年，美国铅业公司首先用焰熔法制造出了合成金红石。刚熔制出的合成金红石为倒梨形，黑色不透明，需再在氧气中加热至 1 000℃才能变成乳白色透明的晶体。若在制造时加入不同的微量元素，可形成各种悦目的颜色。合成金红石的缺点是硬度低。故近年来有人在合成金红石的表面加镀一层硬度为 9 的合成无色蓝宝石薄膜，使之坚硬耐久。

琢磨成标准圆钻型的合成金红石，表面五彩缤纷、闪亮耀眼，故在珠宝界被俗称为“五彩钻”或“五色钻”。其他颜色的合成金红石，也可作为美观而又价廉的宝石。不过在合成立方氧化锆大量生产而被应用后，用于珠宝首饰的合成金红石已不再生产。

合成金红石与钻石容易区别：①合成金红石为非均质体，且有很高的双折率(0.287)，肉眼便可见到亭部的棱线有明显重影；②合成金红石的密度为4.2～4.4，高于钻石，可用密度法加以区分；③合成金红石的色散值大，琢磨好的成品表面火彩过于强烈、富丽，使人看起来很刺眼；④内部通常无暇，偶见气泡；⑤紫光区430 nm有强截断式吸收。

2. 人造钛酸锶

1953年另一种钛的人工产品——人造钛酸锶问世了，它的化学成分为$SrTiO_2$。与合成金红石不同的是，它可以形成完全无色的等轴晶系的晶体，折射率为2.41，更接近钻石。人造钛酸锶的合成方法也采用焰熔法，除无色透明的品种之外，在其成分中若加入微量的Cr、Co、Fe、Mn、Ni、V等，尚可形成黑红、褐黄、褐色等颜色偏暗的钛酸锶，但这些颜色均不受欢迎。钛酸锶的色散值为0.19，是钻石的4倍，琢磨成型的产品，其表面的色散虽然没有合成金红石那么刺眼，但比钻石绚丽。

无色透明的人造钛酸锶曾在20世纪50～60年代很畅销，而在70年代后期合成立方氧化锆的出现，人造钛酸锶则被迅速取代，目前市场上已很少见到人造钛酸锶的产品。

人造钛酸锶与钻石的区别为：①人造钛酸锶的硬度低，仅为5.5。琢磨后的人造钛酸锶常留有抛光痕，圆滑的棱、角。若长时间佩带后，其面、棱上常见明显的划痕及磨损，这在钻石中是难看见的；②人造钛酸锶的密度(5.13)比钻石大，可用密度法区分；③人造钛酸锶对紫外线显惰性，而部分钻石有荧光；④人造钛酸锶一般情况下内部无暇，偶尔可见球形气泡，而钻石内部常有晶体包裹体及其他瑕疵；⑤人造钛酸锶的阴影图为花瓣状。

3. 人造钇铝榴石(YAG)

天然的石榴子石是复杂的类质同像系列的硅酸盐矿物，它的一般化学式为$R_3^{2+}R_2^{3+}(SiO_4)$，式中R_3^{2+}经常为Ca^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{2+}、Mn^{2+}；而R_2^{3+}则常为Al^{3+}、Fe^{3+}、Mn^{3+}、Cr^{3+}。若化学式中的R_2^{3+}、R_3^{2+}、Si全部由稀土元素替代，则称为“稀土石榴子石”，由于其成分不含Si，所以“稀土石榴子石”不是硅酸盐，它是在1960年采用助熔剂法合成出的一种自然界中不存在的具有石榴子石晶体结构的人造氧化物。今日商业用的稀土石榴子石大部分采用晶体提拉法。人造稀土石榴子石最初主要用于激光及电子工业。在稀土石榴子石中，用作钻石仿制品的只有人造钇铝榴石和人造钆镓榴石。由于人造钇铝榴石的硬度为8.5，折射率接近钻石，为光性均质体，一度成为最普遍的钻石仿制品，尤其是卡第尔公司用它复制了有名的泰勒波顿钻石后，更助长了它的商业价值。

无色人造的钇铝榴石与钻石的主要区别：①人造钇铝榴石的色散弱，仅为0.028，火彩远不及钻石。亭部多见蓝色、紫色的底面闪光；②人造钇铝榴石的折射率为1.83，为亮的玻璃光泽，在二碘甲烷中外观轮廓部分消失，而钻石的折射率是2.417，为金刚光泽，在二碘甲烷中高突起；③人造钇铝榴石的密度为4.55，明显大于钻石；④人造钇铝榴石的硬度为8.5，抛光容易，不易破碎，琢磨好的产品棱、角较圆滑；⑤人造钇铝榴石在紫外线下，具无—中等的橙色荧光；⑥人造钇铝榴石一般内部干净，很少含有

气泡；⑦人造钇铝榴石具透视效应。

4. 人造钆镓榴石（GGG)

人造钆镓榴石也是一种人造的稀土石榴石，化学成分为 $Gd_3Ga_2(GaO_4)_3$。人造钆镓榴石用晶体提拉法生长，为等轴晶系，折射率为 1.970，色散为 0.045，均比钇铝榴石更接近于钻石。

人造钆镓榴石与钻石的主要区别：①人造钆镓榴石硬度仅为 6.5，因此琢磨成品的棱角处常显圆滑状，且面棱上多见磨损；②人造钆镓榴石的密度大，达 7.02，手感非常沉重，因此用密度法很容易区别开；③人造钆镓榴石在长波紫外线中有无 - 中等的橙色荧光，在短波紫外线中有中 - 强浅红橙色荧光；④体色略带褐色，内部一般干净无裂隙，可含有气泡；⑤阴影图为圆圈状。⑥亭部闪光为蓝、橙色。

人造钆镓榴石的缺点是硬度低，且生产成本高，无色透明的产品在阳光下又易变化为褐色。因此，在 1976 年合成立方氧化锆投入市场以后，人造钆镓榴石作为钻石的代用品的地位已被全部取代。

5. 合成立方氧化锆（CZ)

合成立方氧化锆俗称“人造锆石”、“方晶锆石”，由于最早由前苏联合成，又称为“苏联钻”。合成立方氧化锆的化学成分为 CrO_2，与天然锆石的成分、结构完全不相同。合成的二氧化锆可以有各种晶系的变体。例如，加热至 1 250℃为四方晶系，以 1 900℃长时间加热变成六方晶系。作为钻石仿制品的二氧化锆最适合的是等轴晶系的立方氧化锆，需加热至 2 300℃以上。要使合成立方氧化锆在常温下稳定不变，需在合成时加入 15%～18%的氧化钇（Y_2O_3）或 5%～8%氧化钙（CaO)，又因为合成立方氧化锆的熔点高达 2 750℃，比金属坩埚的熔点还高，采用一般的合成方法尚不可行。1972 年由前苏联科学院列别捷夫物理研究所的科学家亚历山大罗夫等人用“冷坩埚法”的新技术熔炼成功。1976 年合成立方氧化锆作为钻石的仿制品大量推向市场。

在钻石的仿制品中，合成立方氧化锆与钻石的性质最为接近。合成立方氧化锆的折射率为 2.15，色散为 0.065，属等轴晶系。这些特性均与钻石相近或相同，其硬度为 8.5，仅次于红蓝宝石，也可琢磨出较尖锐的棱角。因此刚投入市场时，不少有经验的人也上当受骗。

合成立方氧化锆与钻石的区分在于：①导热性及硬度均与钻石有差别；②合成立方氧化锆的密度为 6.0，是钻石的 1.7 倍，用密度法容易区分，有经验的鉴定师用手掂也可区分开；③合成立方氧化锆透明无瑕，有时可含未熔化的氧化锆粉末和气泡，天然钻石中总能找到各种瑕疵；④合成立方氧化锆在大多数亭部刻面上有橙色闪光，而钻石很少在亭部刻面上出现橙色或蓝色闪光；⑤合成立方氧化锆在长紫外线下，为无 - 中等的淡黄色、淡粉色荧光，短紫外线下为无 - 弱的黄或黄绿色荧光；⑥由于合成立方氧化锆价格便宜，切磨质量不如钻石，同等刻面大小、形态不一致，刻面棱角较圆滑。影像特征与钻石也有明显的差异。

6. 合成碳硅石

1998 年美国 C3 公司推出了一种新的钻石仿制品——合成碳硅石，它的物理性质比合成立方氧化锆更接近钻石，尤其是它具有良好的热导性，使得热导仪这一检测仿钻制

品的有效“武器”失去了作用。

早期采用熔体法合成碳硅石晶体，以石英砂和碳的混合物为原料，在电炉中高温烧制而成。混合物包裹的发热体——石墨棒，横卧炉体中心，并连接两端电极，通电后形成回路。中心的石墨棒受热达2700℃高温时将发生简单的化学反应：$SiO_2 + 3C = SiC + 2CO$ 这种方法生长的晶体小且颜色差。合成宝石级碳硅石大晶体经历了数十年的研究，在众多的合成方法中只有“Lely”法采用的升华法受控生长工艺被证明是可行的。“Lely”法升华工艺的原理是将SiC粉末原料置于圆柱型空腔内被气化，受热的SiC蒸气穿过多孔的石墨内衬管，进入晶体生长区在腔体中央底部的种晶上结晶，生长出SiC晶体。合成碳硅石也有六方、立方和斜方同质多相变体，但只有六方变体才可培养出大的晶体。

合成碳硅石与钻石的区别是：①肉眼观察，合成碳硅石火彩比钻石强，但常常不及钻石明亮；②合成碳硅石的颜色最高级别仅相当于钻石的H色，并且常带绿、灰绿、黄绿等色调；③合成碳硅石裸石在3.33的重液中上浮，钻石则下沉；④放大检查，合成碳硅石常见细长白色针状包裹体和刻面棱重影（应倾斜样品透过冠部刻面观察亭部棱线的重影，不宜垂直台面观察）。钻石常见天然矿物包裹体、羽状纹、生长纹等内含物，无重影；⑤合成碳硅石的抛光效果不如钻石，相邻刻面间可见相互平行的抛光纹；⑥分光镜检查425 nm处的截断式吸收，但勿与钻石415 nm的强吸收线混淆；⑦合成碳硅石受热后立即变黄，但退火后又恢复原状。

第五章

钻 石 加 工

第一节 概　　述

钻石被人们誉为宝石之王，它有着极高的折射率和在天然无色宝石中最高的色散值，而优质的加工能够使钻石原石特有的金刚光泽和光彩效应更加充分地体现出来。古人云：玉不琢，不成器。一块精美的钻石原石，只有经过精心设计、耐心劈锯、细心车磨，才能成为一件完美的工艺品。正因为如此，在对成品钻石进行质量评价时，加工质量——即切工，是世界公认成品钻石质量评价标准的四大要素之一。可以这么说，优质的切工可使钻石火彩四溢，价值大增。

对于宝石的加工可谓历史悠久，早在一万多年前的新石器时代早期，我们的祖先就会用石质工具打磨出一些简单的装饰品。从目前出土的玉器来看，原始社会的玉器生产已从石器制造业中分离出来，有了专门的生产技工和琢磨工具，并且已有了切割、打磨、穿孔等工艺雏形。而对于钻石的加工则出现得较晚，但仍可追溯到公元前 3000 年的古印度，那时的印度钻石工匠们就已经知道用钻石打磨钻石的手工艺方法，并一直延续到 15 世纪，才由欧洲人发明了机械加工钻石的技术工艺。从那时起，钻石加工的机械化程度越来越高，工艺也越来越复杂，从而使可加工钻石的品种范围也越来越广。

近几十年来，随着人们对钻石需求量的不断增加，钻石加工业迅猛发展起来，钻石加工几乎遍及全球。比利时、以色列、美国、印度及泰国已成为世界的五大钻石加工基地。此外，南非、荷兰、法国、英国、日本、巴西、俄罗斯等国也有较强的钻石加工实力。我国的钻石加工业目前也具有一定的规模，但钻石加工工艺与世界其他国家相比还存在一定的差距。当今，钻石加工业呈现几大发展趋势：

(1) 新款式不断涌现，如 20 世纪 80 年代后期，国外一些宝石工艺大师针对异形钻石和色泽不好的钻石，开发出“百日草”、“大丽花”、“金盏花”、“向日葵”和“火玫瑰”等款式。

(2) 钻石加工机械向自动化、综合化方向发展，大大降低了钻石的加工成本。

(3) 钻石加工的智能化和数字化，使钻石的加工进入了一个全新的发展时期。

(4) 激光技术在钻石加工中起着非常重要的作用。利用激光锯开较困难或有交叉纹理的原石，所用的时间仅是常规时间的一小部分，在钻石的加工中，激光还可替代抛磨，使钻石成型，并制造出一些不寻常的花式琢型，如马头型或鱼型。

面对迅速发展的世界钻石加工业，我国的差距还很大，应该立足高起点，紧跟国际发展潮流，争取在不久的将来使我国成为钻石加工业发达的国家。

第二节 钻石加工的工艺过程

所谓钻石的加工，就是指将钻石原石经设计、劈、锯、车、磨等工艺转变成一定琢型的成品钻石的工艺过程。从此概念可看出钻石加工通常由以下工序组成：设计、劈钻、锯钻、车钻、磨钻。并不是每颗钻坯都必须通过全部的五道工序，这就要视钻坯本身的形态、质量等特征而定。比如，加工片状毛坯有时就不用劈和锯，而加工条形和祖母绿式琢型钻石就不需要车。然而加工任何琢型的钻石，有两道工序是必不可少的，那就是设计和磨钻。在对钻石进行加工之前，对钻坯分级是十分必要的。因为天然钻坯在形态、质量、颜色和净度等方面千差万别。同时钻坯产量稀少，价格昂贵，加工难度较大，需要加工者针对每一粒钻坯不同的情形进行不同的加工处理。不同国家和国际著名钻石加工企业对钻坯的分级体系相同，都考虑了4个基本的分级指标：质量、形状、净度和颜色。其中分级的基础是钻坯质量，因为钻坯的质量是决定钻坯价格的首要因素。形状是在质量分级基础上的二级分类指标，通常可分为完晶类（stones）、可劈类（cleavage）和可琢类（makeable）三大类。进一步的钻坯分级还要考虑钻坯的净度和颜色，据此可将钻坯细分为更多的级别。

一、钻坯设计

钻坯设计是根据现行的规则，用画线笔和规定的符号在钻坯上标出劈、锯等位置。此道工序是钻石加工工艺流程必不可少的首道工序，也是钻石加工的关键步骤，它必须由经验丰富、技艺精湛的设计师来完成。钻坯设计的基本原则是最大限度地实现钻石的商品价值。设计时既要全面考虑钻坯的形状、净度、表面蚀像，又要分析钻坯的出品率及成品钻石的价值。钻坯设计包括：①钻坯审查；②确定钻坯适合加工成的成品钻琢型(以成品率最高的成品钻石价值最高为原则)；③确定钻石的加工工艺程序；④确定并在钻坯上标出劈开面和锯切面。标明哪里需要锯开或劈开，有时还标记哪里需要抛磨。其最终目标是制造出最大、最干净、最完美形态的钻石。

近几年计算机三维模拟技术和数字摄像技术集成的钻石辅助设计系统使钻坯设计标线变得十分简单。其基本过程是，先用摄像机多方位摄制钻坯，并将其三维图像输入计算机，计算机则根据设计者的思路，在钻坯中显示出成品钻石的三维几何形态，同时可计算出钻坯的出品率和损耗率，从而估算出成品钻石的价值。通过变换参数，可以获得不同的设计方案，最终优选出商品价值最大的方案。辅助设计系统在欧洲及以色列被广泛应用于晶形好、净度高的钻坯。

(一) 钻坯审查

钻坯审查就是研究每个晶体的形态特征，比较钻坯的价格、成品率和可能产出的成品钻石的价值，以确定钻坯的加工工序。

鉴于钻坯价格昂贵，认真比较加工过程中的损耗，正确地判断成品钻石的琢型是至关重要的。同时设计标线时的一个最重要的问题是如何选择好一个能使出品率达到最高

的锯切面。如对于八面体钻坯来说，最大的截面就是贯穿任意一组四个晶顶的那个平面，对于需要这种锯切的原石就应使锯切线与最大截面保持平行，正好标在相当于成品钻石台面高度的位置。而对于其他形态的钻坯，设计师的使命就是准确地选择好锯切位置，以取得最高出品率。钻坯审核时应考虑如下因素：①钻坯的形态，这是成品钻石琢型设计的基础。钻坯形状的审核除了其自然形状外，更重要的是要估计一下可供利用部分的形状；②钻坯的质量，它主要为设计和加工中计算出品率提供一个基本参数；③钻坯的瑕疵，包括瑕疵的性质和位置以及它们的方向变化和延伸情况。

钻坯审核常用的方法有两种：①浸润观察法；②强光照射观察法。

(二) 钻石设计概要

钻石设计概要包括初步确定钻坯适合加工成的成品钻石琢型；确定钻石的加工工艺程序；确定并在钻坯上标出劈开面和锯切面。它是在对不同质量特征的钻石加工后效益进行分析的基础上，参照当时的市场行情和工艺水平总结出来的，它会随着上述因素的变化而改变。

1. 设计晶形规整的钻坯

对八面体来说，垂直四次对称轴有三个截面，设计师从中要找出其中面积最大的一个来确定钻石的锯切面，那么是半锯切得到两颗质量相等的成品呢？还是不对称地锯切而得到两颗质量不同的成品钻石？要视不同规格晶形的钻坯而定 (图 5 - 1)。

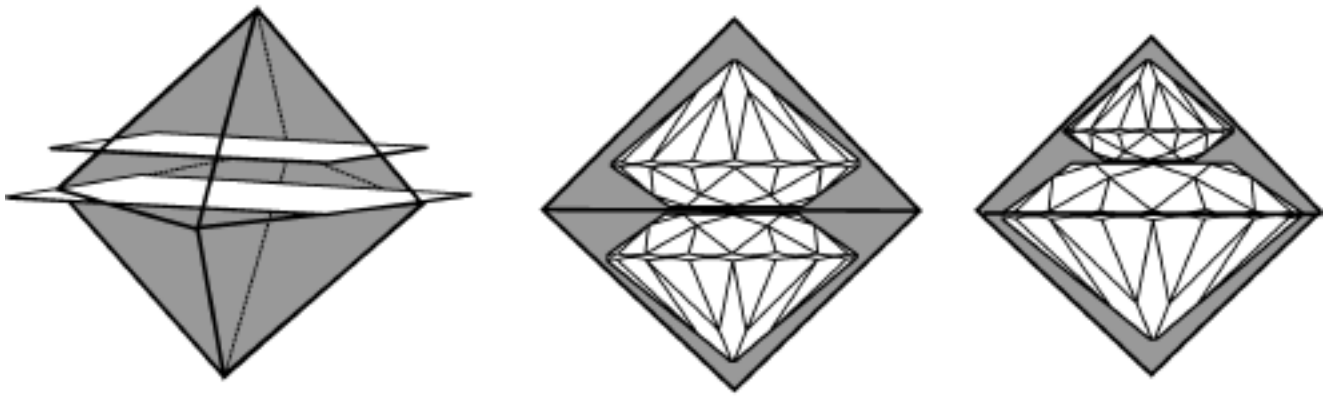


图 5 - 1　同一材料的不同设计方案

一般来说，小于 0.15 ct 的钻坯应设计为半锯切得到两颗质量相等的成品钻石；0.16 ct 至 2.99 ct 的钻石设计为不对称锯切 (半锯切的 1.35～1.45 ct 的钻坯除外)；大于或等于 3 ct 的钻坯应按多次锯切设计，首先锯掉八面体的晶顶，然后再根据基准截面来设计。

2. 设计变形的钻坯

钻石最常见的变形晶是沿 L^2 和 L^3 加长，以及沿 L^3 变扁的晶体 (图 5 - 2)。晶体的变形程度是通过变形率来反映的。变形率是指沿加长度最大的晶轴方向的长度与正常长度的比值。具体的变形钻坯的设计总结于表 5 - 1。

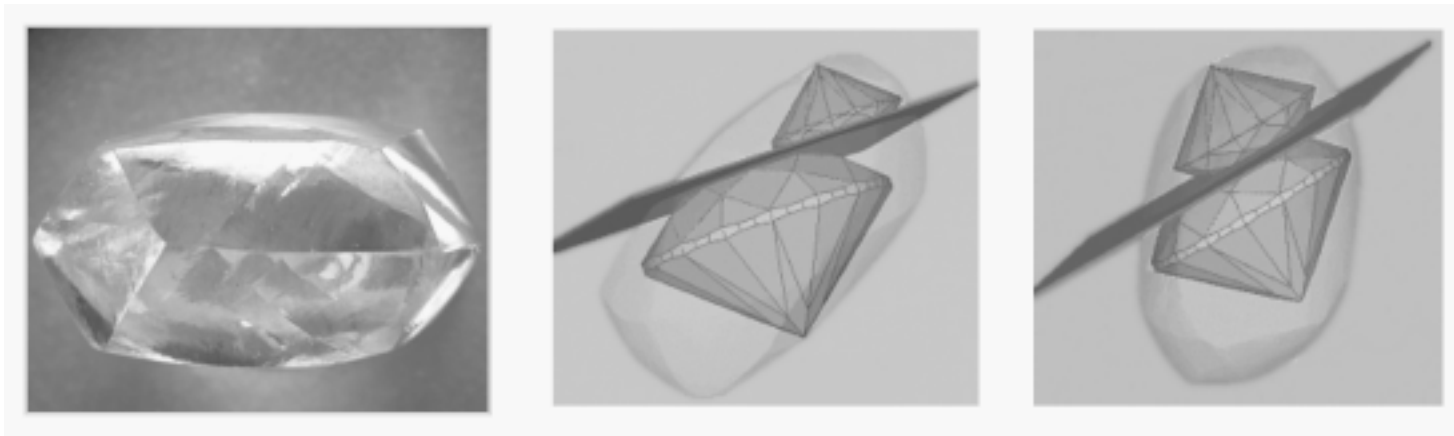


图 5 - 2　设计变形晶体

表 5 - 1　钻石变形晶体的设计

变形种类	对半锯切和不对称锯切			斜　　锯			多锯几次		
	变形率	钻坯重 ct	成品琢型	变形率	钻坯重 ct	成品琢型	变形率	钻坯重 ct	成品琢型
沿第二次对称轴方向加长	< 1.4 1.4～1.7 1.6～2.0 1.5～2.0	0.05～1.99 1.00～1.99 1.00～1.99 0.10～0.99	圆钻 梨形钻 马眼钻 条形钻	< 1.4 —— —— ——	0.05～1.99 —— —— ——	圆钻 —— —— ——	1.3～2.0 1.3～2.0 1.3～2.0 ——	2.00～2.99 3.00～3.99 4.00～4.99 ——	圆形 梨形钻 马眼钻 ——
沿三次对称轴方向变扁	1.4～1.8	0.05～3.99	圆钻 梨形钻 马眼钻	< 1.4 —— ——	0.05～3.99 —— ——	圆钻 —— ——	1.3～1.8	4.00～4.99	圆钻 梨形钻 马眼钻
沿三次对称轴方向加长	< 1.4 1.4～1.8	0.05～3.99 0.05～3.99	圆钻 圆钻 梨形钻 条形钻	< 1.4 —— —— ——	0.05～3.99 —— —— ——	圆钻 —— —— ——	1.3～1.8	4.00～4.99	圆钻 马眼钻 梨形钻

据《钻石加工工艺学》，史恩赐译。

3. 设计含瑕疵的钻坯

钻石中的瑕疵包括各种固体包裹体、裂纹及其他缺陷，是影响钻石价值的重要因素之一。在设计中，瑕疵的处理是最令人头痛的事，但设计中又必须加以妥善处理。

如何正确合理地处理瑕疵，是比较复杂的，它需要具体问题具体分析。因为瑕疵的表现多种多样，有大、有小，有深、有浅，有的对成品钻石的价值影响大，有的影响小，处理的难易程度相差很大，没有一种固定的方法可解决所有瑕疵问题。只能遵循尽量把瑕疵的影响降低到最低程度的原则。而要做到这一点，需要综合考虑成品钻石的质量、琢型、切工比例等各方面因素，最终选择一个能充分体现钻石价值的最佳方案。

在对瑕疵处理的设计中，一般应注意以下几点：

(1) 尽可能在原石设计中避开瑕疵，或使瑕疵在随后的琢磨中可以被琢磨掉。

(2) 若钻坯有大而深的破裂 (解理面或裂纹)，那么，应首先沿此破裂面将原石劈开，再行设计。对细小裂纹，应尽量不留在设计琢型的内部，因为内部裂纹往往会使钻石在加工中发生突然破裂。因此，宁可使其质量损失一点，也不要保留深部或内部的裂纹。但若裂纹微细短浅，且无法完全去掉时，应尽量将其置于钻石内而对钻石外观影响比较小的位置，如腰棱附近。

(3) 当瑕疵较多又无法同时除去时，可以考虑“避重就轻”，留小去大。

(4) 钻坯中的脏点 (如深色包体) 若实在无法除去时，应尽量将其置于对钻石影响不大的部位，如腰棱附近或上下腰小面附近，最好不要出现在台面内，更不要留在亭部底尖附近，以免由于亭部刻面的多次反射而产生“满天星”的不良后果。



图 5 - 3　标记钻坯

(三) 标记钻坯

标记钻坯就是用快干油性墨水在钻坯上画出细黑线 (图 5 - 3)。做这项工作的人必须经验丰富并精通加工技术，同时还需要对前述与钻坯设计有关的因素做到心中有数，并且了解钻石的纹理。只能顺着纹理劈开钻石，穿过纹理锯开和抛磨钻石。

另外，对一些带壳钻坯或表面纹理复杂的钻坯，在最终确定如何标记之前，标记工可能先决定进行“开窗”处理，即在原石两侧抛出平行的小面——窗口，以便能较好地了解钻坯的内部情况。开窗口也必须有经验，太小，标记工不能充分观察到他要看的内容；太大，又会影响成品钻石的最终尺寸。

一些名钻、大钻在真正设计前，还要根据钻坯的形态用其他材料制作出模型，先在模型上反复讨论、修改，进行预设计，目的是使大钻的价值最大限度地体现出来。

标记钻坯的工具包括放大镜、游标卡尺、电子秤以及划线笔、划线器和油性墨水。

二、分割钻坯

由于各种各样的原因，往往需要分割钻坯，即根据设计时划线的位置对钻石进行锯开或劈开。什么时候劈，什么时候锯，要根据每颗钻坯来确定。对形状规则的钻坯极少采用劈开的方法，对形状不规则的钻坯，可配合使用锯和劈的方法，将它分割成几部分。

(一) 劈钻的工艺流程

劈钻是在“V”型槽位置沿着解理面方向，即八面体晶面方向或平行于三角薄片双晶结合面方向，将钻石劈开。

1. 劈钻的目的

劈钻的目的在于最大限度地提高钻坯的有效利用率，它能够以较少的原料损耗和时

间消耗把钻坯劈成若干块。

劈钻主要用于以下情形:

(1) 劈钻得到的晶体与锯切相比较，利用率更高、更经济。

(2) 瑕疵分布在劈钻后可以去掉且钻坯损失最少的部位。

(3) 有明显的解理破裂面或破裂双晶面的晶体。

(4) 钻坯的形态极不规则。

(5) 有较多“外皮”的钻坯。

劈钻的工作经验证明，凡是根据上述特征判断应该劈开的钻坯，都必须进行劈钻工序。另外劈钻的时候不应老是想把瑕疵全部去掉，而应当把后续工序有无可能去掉瑕疵的可能也考虑进去。只有这样，劈钻才经济合算。

2. 劈钻工艺

(1) 劈钻工具。它包括:①劈钻工作台;②钻坯废渣收集盒;③一套安装钻坯和钻石刻刀的夹杆;④厚薄不等的劈刀。除此之外还配有一个六倍的放大镜。劈钻的主要工具是劈刀，为了便于选用一定厚度的刀刃，可将劈刀的刀刃磨钝，这样刀刃的厚度就可随时变动。用作粘牢钻坯的材料是一种劈钻用的特种胶合剂。

(2) 劈钻流程。包括以下步骤:观察钻坯，确定劈开面，备好劈刀和带刻刀的夹杆，把要劈的钻坯安装在夹杆上，刻槽、劈钻，使劈开的钻坯与粘合剂分离。

①劈工拿到一颗已标记过的原石，首先用酒精灯或煤气灯加热专用粘合剂将钻坯粘在夹杆上(见图 5 - 4)。夹杆是一根木棒，大约 20 cm 长，端部呈锥形。粘结钻坯时，必须使得用绘图墨水标好的劈开面同夹杆的中轴成一小角度，需要刻槽的那一面朝上。把粘好钻坯的夹杆固定到刀架盒上，用盒子接住劈开过程中产生的钻石碎片和粉末。

②用另一根同样的夹杆粘上具有尖棱或尖角的原石，沿着墨线在需要劈开的原石上开出一“V”型槽。本工序最重要的是第一刀，先用较厚的刻刀刻出一条宽槽，然后用较尖的刻刀把槽底加深、修尖。

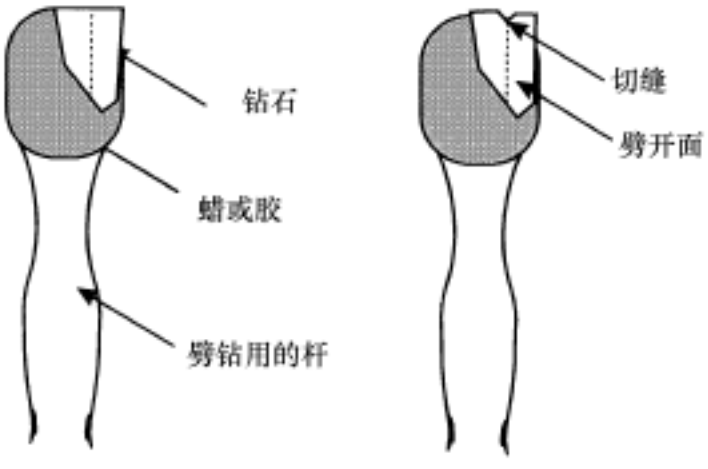


图 5 - 4　待劈钻石的粘结及切缝

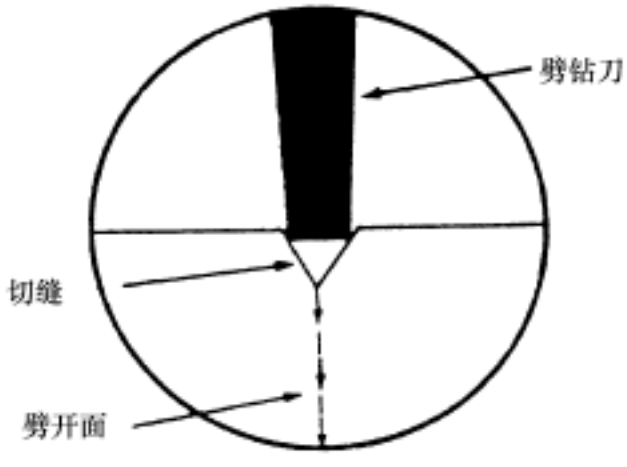


图 5 - 5　劈钻刀在切缝上的位置

③把劈钻刀放进切缝，实施劈钻。劈钻刀较钝，但刃口以上的刀面要抛光，刀刃必须放在切缝侧面上，而不是放在其底部(如图 5 - 5)。用左手大拇指和食指捏住劈刀的作业部位放进刻槽里，其余的手指支撑在废渣收集盒的边上使劈刀定位。用特制的木锤或金属棒快速敲击刀背，把钻坯劈开。然后通过加热使钻石与胶合剂分离，钻坯残留的

胶合剂可用酒精洗去。

劈开的技巧在于知道从哪里开缝，以及要开多深。切缝不需太深，但必须呈“V”字形。切缝的劈开方法至关重要，必须对切缝两边施加同样的力。表面上看此项操作非常简单，实际上只有靠长期经验的积累才能完成。哪怕是最微小的失误也会使原石破碎。目前，已利用激光来开槽。

(二) 锯钻的工艺流程

锯钻是指选择合适的锯片，沿“V”型槽对钻坯进行锯切，并把钻石晶体分割成一块或多块毛坯的过程。通过锯钻，可以有目的地去掉钻石中的一些瑕疵，使加工后的钻石具有最大价值，现阶段锯钻的方法有五种，即采用超声波、电蚀、激光和电子束以及机械加工。综合来看前几种方法都无法保证钻石锯切面的质量要求。机械锯钻仍是主要的普遍采用的方法之一，即靠粘结着大量金刚石微粉的锋刃将钻坯锯开。下面主要介绍机械方法锯钻。



图 5-6　钻坯的锯切

1. 锯钻的工艺流程

(1) 锯钻的设备

锯钻是在专用的锯钻机上完成的 (图 5-6)，下面介绍几种原理相同，结构不同的锯钻机。

①贝通信维尔公司的锯钻机。此种锯机的特点是采用实心钢筋混凝土机座和总传动轴带动锯机主轴转动的传动方式。其缺点是如搬迁锯机则要重新浇注机座，且单机工作的独立性差。

②CPB 牌锯钻机。此种锯机是为克服贝通信维尔公司的锯机缺点而由苏联科学研究所设计，锯机由机台和十台具有独立传动装置的单台锯机组成。但 CBP 牌锯钻机的缺点是：基座结构刚度小，锯机高度不够，致使在钻坯定位时操作不便，钻石对锯片施加的压力无法比量。

(2) 锯钻的工艺流程

锯钻的工艺流程包括以下几道工序：粘牢设计好的钻石，把钻石装上锯机定好位；开口，锯钻；清洗锯好的钻石。

①粘钻。粘钻是将钻坯摁入填满配制好的粘胶剂的黄铜夹嘴承窝的一道工序。粘钻时应注意，要让锯切线与夹嘴的纵轴垂直并稍许超出夹嘴唇口一点。

粘钻使用的粘胶剂是一种医用石膏和胶水 1∶1 专门配制而成的。将钻石装进夹嘴承窝之后，必须将多余的粘胶剂清除并置于干燥箱中干燥。干燥之后要重新检查钻石粘在夹嘴上的位置是否恰当，如不恰当，应重新粘钻。

②钻坯的定位。钻坯可以沿两种面网锯开：立方体的面网和菱形十二面体的面网。

锯钻之前，必须将设计师设计的锯切面与锯片平面对正定位。通常的方法有三种：肉眼观察法 (最简便)，用测角器定位 (要求被定位钻坯晶面要平整)、X 射线定位 (适用于任意形状的晶体)。实际生产中，由于后两种方法花费时间较长，故一般都采用肉

眼观察法给钻石定位。为了提高晶体定位的精确度，可以借助于一些辅助定位装置。

③开口和锯钻。定位后，选择厚度和直径适当的锯片，将其安装在心轴上。接着进行修整以消除其径向振摆。除此之外，还要用硬木板从锯片两侧小心地触磨锯片以除去毛刺。开口用的锯片厚薄对应于钻坯的大小见表 5 - 2。

表 5 - 2　锯切钻坯锯片的选择

选择开口锯片		选择工作锯片	
钻坯重/ ct	锯片厚/ mm	钻坯重/ ct	锯片厚/ mm
< 1. 00	0. 06	< 1. 00	0. 05
1. 01～2. 00	0. 07	1. 01～2. 00	0. 06
> 2. 00	0. 08	> 2. 00	0. 07

据《钻石加工工艺学 史恩赐译》。

开口以后，开口锯片更换成工作锯片。工作锯片的直径选择应以锯片伸出心轴足以锯开该种规格的钻石为准。但不宜太大，以免降低锯片的钢度，从而影响锯切面质量。

④清洗。将锯好钻坯取下来，放入超声波清洗机中把粘胶剂清洗干净，再在蒸馏水中漂洗 1～2 分钟。

2. 锯钻的钻坯损耗

锯钻的钻坯损耗用锯耗层的质量与钻石原坯的质量的比值表示。

影响钻坯损耗的因素有多种，如锯片的厚度、钻坯的大小、涂在锯片上的钻粉粒度、锯片的振摆、钻坯对锯片的压力以及工人的熟练程度等，而其中锯切面面积的大小和锯片的厚度是影响钻坯损耗的最重要的两个因素。计算钻坯损耗层质量的公式为:

$$P = (0.015 + 0.005 + h)\, d\, \frac{S_1 + S_2}{2}$$

式中: h——锯片厚度，mm; d——钻石的密度，g/ cm^3; S_1、S_2——分别表示锯开后的两个锯切面的面积，mm^2; P——锯耗层的总质量，g。

公式中 0. 015 mm 表示因涂上 ACM - 20 号人造钻粉而使锯耗层增加的厚度。0. 005 mm 表示锯切面微观不平度的公差。一般来说，锯钻工艺要求一定大小的钻坯，对应一定厚度锯片的钻坯损耗额一定。

3. 锯钻的质量要求

锯钻质量的好坏不仅关系到本工序，同时也关系到后序工序的钻坯损耗率。在锯钻时，锯切面应跟设计标线走，锯切面平直、平整，不得有深入未来成品钻石表面的缺口、梯坎、凹陷、锯齿痕等瑕疵。

锯钻的质量常用六倍放大镜检查。以下是锯钻时常出现的一些问题 (图 5 - 7)。

(1) 台面有梯坎。这是由迎面再锯的锯切面同起先的锯切面上下错位所造成。

(2) 凹台面和凸台面。是由于锯片承受的荷载增加或者锯片穿过瑕疵时方向发生改变，使锯片偏离原先位置造成的。

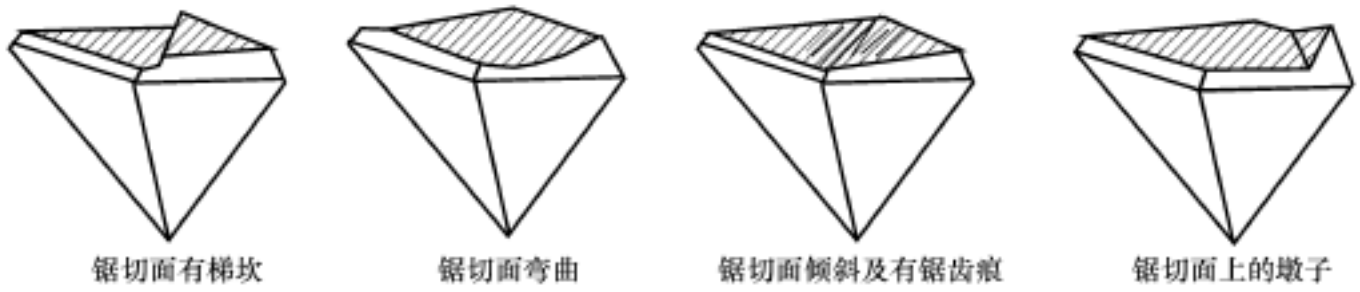


图 5 - 7　锯钻时常出现的问题

(3) 斜台面。是因为锯钻工给钻坯定位时不够准确，加上锯钻时又没检查，以及锯钻过程中锯片上的钻粉涂得不均匀造成的。

(4) 墩子。是由于快锯开时操作工没减少钻坯的荷载，或是钻坯被右顶杆顶压太大造成的。这时钻石未锯断就沿解理面崩开了。

(5) 深锯齿痕。出现这种现象的原因是锯钻时没按时给锯片上磨料、锯机振摆加大和荷载增加引起锯片推进不均匀、不平稳所致。

纠正以上问题通常是将它们磨掉，这样会增大钻坯的额外损耗。故在锯钻时要掌握很好的方法，杜绝以上问题的出现。

随着高能粒子束技术在钻石加工领域的不断发展，激光锯钻机在钻石加工大国将逐渐成为主流的锯钻设备。新一代的锯钻机将充分利用计算机技术和自动控制技术，实现锯钻工序的自动化和最优化。

三、车钻（也称成型）

用钻石车刀对分割过的钻坯整形的工序称车钻。车钻的目的是对成品钻石的腰形进行成型处理，以确定未来成品钻石的形状。腰形一旦确定，成品钻石的大小也就基本确定了，它与钻石的价值有着直接的关系。车钻在钻石加工工艺流程中责任重大，同时也是实现钻石设计的最重要的工序之一。因为任何一颗车好的在制品，其大小、形状不但受到钻坯形状和大小的限制，而且还在很大程度上决定着钻坯的利用率和成品钻石的质量。车钻所遵循的原则是使某种琢型的在制品车出的边线尺寸最大，同时考虑冠高、台面及底尖对称等因素，这样才能保证磨好的成品钻石质量最大。车钻是用特殊的设备，依照一定的工艺流程完成的。

(一) 车钻设备

根据钻坯固定方式的不同，车钻机有单头机和双头机之分。单头机车钻靠胶来粘牢钻坯，双头机则既可以胶粘，又可以用机械方法夹牢。电子车钻机比一般的车钻机转速更快，同时配备有吸尘器和能够监控车钻全过程的液晶显示器。目前最先进的是自动车钻机。

一般常用的车钻机有鲁宾车钻机（比利时)、斯哈尔庚斯车钻机、COA - 3 型车钻机，它们的基本功能相似，但又各具特色。

(二) 车钻的工艺流程

在介绍车钻的工艺流程前，有必要介绍一下工作面的概念。所谓工作面，就是车间划定给各操作工人使用并配置有完成一定生产任务所必须的仪器、设备、工具和材料的生产场地。工作面的合理摆布可以提高功效和加工质量。

关于车钻的整个工艺流程，可分为以下几个工序：即车钻前仔细检查钻坯、固定钻坯、钻坯定中、固定钻石车刀、加工边线表面（车边和光边）、检查车好的钻石是否符合各种参数。

1. 车钻前仔细检查钻坯

仔细观察钻坯，判定钻石加工范围内的瑕疵的特性和准确位置，并在此基础上决定部分还是全部将它们去掉。根据钻坯晶体的形状、大小和瑕疵，确定固定钻坯的方法（是夹持式还是粘胶式）。

2. 固定钻坯

车钻时固定钻坯有两种方法，即粘胶法和机械法。

(1) 粘胶法。此法是用专用的粘胶剂将钻坯粘结到特制的平头夹头上〔图 5 - 8 (a)〕。粘贴以前要把夹嘴嵌合面和钻坯粘接面上的残渣清除，并用溶剂去脂。粘胶前还要将夹头在火炉或电灶上加热（大约 100℃以下），接着把长条形粘胶剂轻轻地触及加热了的夹头表面，把粘胶剂涂在嵌合面上。用特制的夹钳或镊子把钻坯紧紧地贴在夹头表面的粘胶剂上。粘胶剂在 180～200℃的温度下经 25～30 分钟硬结。把粘有钻石的夹头从电灶上拿出来，放进盛水的专用浴盆中冷却。加工完毕后，再把夹头加热至 300℃，使钻坯与夹头分离。

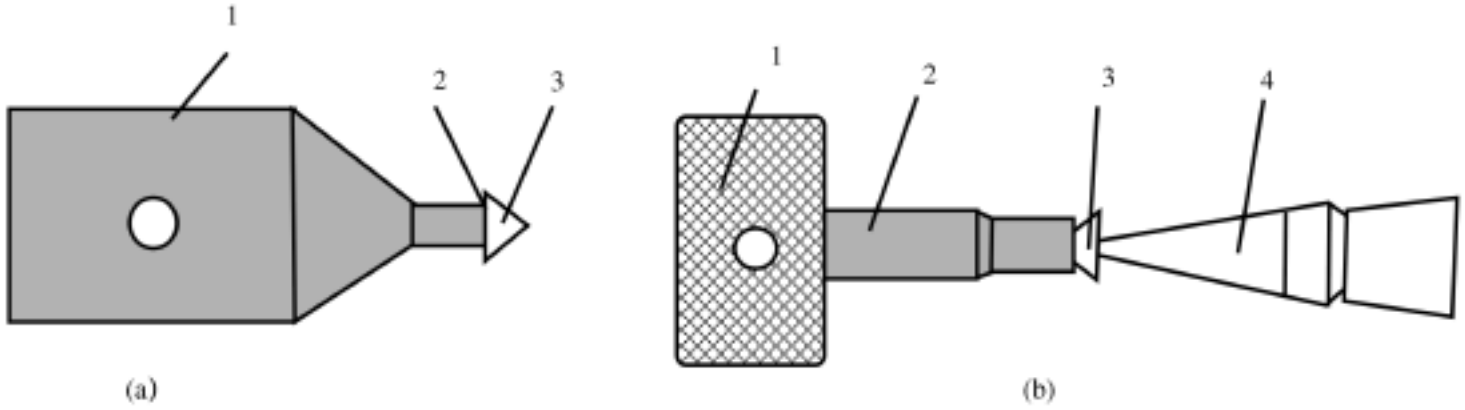


图 5 - 8　固定待车钻坯

(a) 粘胶法：1—夹嘴，2—粘贴位置，3—钻坯；(b) 机械法：1—卡盘，2—夹嘴，3—钻坯，4—顶针

(2) 机械法。用此法夹持钻坯时，要给钻坯挑选承窝与底尖大小相当的夹嘴。将夹嘴安装在车钻机前顶针座的主轴上，把钻坯稳固、周正地放进夹嘴的承窝中。然后用左手捂住钻石，使后顶针座靠近前顶针座，把钻坯顶紧压进承窝中（图 5 - 8）。此处施加的压力须大小适度，既要保证将钻坯夹得不松不紧，又不能使钻坯裂破，此法工效较高。

3. 钻坯定中

所谓钻坯定中，就是使待加工钻坯可能获得的直径最大的在制品的转轴与未来成品

钻的中心重合。定中的任务是：务必使车好以后的半成品的各种参数都达到最大值，同时以最小的钻坯损耗去掉瑕疵。

定中是靠“浮游卡盘”来实现的。但要使在制品的转轴同成品钻石的中轴一下子就完全重合是十分困难的，因此在车钻过程中还需反复进行若干次补充定中。定中要求车钻工有丰富的经验和高超的技艺。

4. 固定钻石车刀

固定钻石车刀通常采用机械法，即把钻石车刀装进夹嘴并用钳嘴夹紧，再把夹具拧到一根长柄的端部，长柄的长度为 40～50 cm。此时钻石车刀必须有一个晶顶向前突出。有时固定钻石车刀也采用粘胶法，这种固定方法比较适合有裂纹的钻石车刀，并且可以使车刀触及钻坯的任一加工面。

通常采用锯切钻、圆粒金刚石、黑金刚石来作车刀用。

5. 车钻

把已固定好钻坯的夹具安装在车钻机的卡盘上。操作者用手臂握住装有钻石车刀的长柄，当车钻机带动钻坯旋转时，使车刀小心翼翼地触碰旋转的钻坯，两颗钻石相接触并互磨成型 (图 5 - 9)。在整个车钻过程中，需要把钻坯反复补充定中，并且经常改换车刀的位置和角度以使其磨损均匀。所产生的粉末和碎片落到一个托盘里，研磨出的粉末备作它用。此过程可进一步细分为：粗车、精车和打边。

(1) 粗车是为完成车钻的主要步骤做好准备，把钻坯初步车成设计的形状。

(2) 精车是车钻的完成步骤，它的目的是使半成品的外形符合要求。

(3) 打边是车钻的收尾步骤，它是在主轴转速最大时用车刀锋刃打磨边线。它只是刮掉在制品表面的毛刺罢了，而非重新车它一圈。

手工车钻工艺中最难确定的是三线 (即钻坯琢型的中心线、粘杆轴线、车钻机轴线) 合一。现代由摄像机、微机控制辅助系统的自动车钻机能够很好地解决这一难题。它不仅可以通过摄像机和计算机三维图像处理软件直观地显示钻坯可能车出的最大直径，而且还可以自动调整车钻机轴，确保车钻腰围形状高度对称，并获得最大的出品率。

四、磨钻

磨钻是整个钻石加工工艺流程中劳动量投入最大 (50%～60%)，钻坯损耗率 (40%～60%) 也较大的工序。钻石的光彩能否最佳地体现，主要取决于此道工序。磨钻总体来说分为两个步骤：研磨，即在成型处理过的钻坯表面按一定的比例和规律研磨出具有一定形状的刻面；抛光，即去掉研磨时留下的磨痕，使磨出的刻面光亮如镜。

钻石的研磨和抛光是把钻坯的表面在同一涂有钻粉铸铁磨盘上抛磨完成的。研究和实践经验表明，钻石的抛磨过程是热学作用和力学作用的综合效应。一方面钻石与高速运转的磨盘在一定的压力下摩擦产生高热，使钻石表面逐层碳化；另一方面当钻石与钻粉碰撞时机械破损，钻石会逐层剥落。影响钻石的磨削强度 (即单位时间内钻坯的减轻量) 有多种因素，它们是钻坯的取向、磨盘的转速、接触面上的压强以及磨盘工作面上钻粉的粒度和密度。对于钻坯的取向，由于钻坯硬度的各向异性，在磨钻时沿菱形十二

面体、立方体、八面体各面网方向进行时，磨削强度依次减少；磨盘转速对钻石磨削强度的影响是转速越高，钻石的磨削强度也越大；当钻石晶体对磨盘接触面的压力增大时，也会增大磨削强度。但研究资料表明接触面上施加的单位压力在磨钻时最好在 2.5～6.5 MPa 之间，抛光时最好在 1.0～2.5 MPa 之间，如压力再大，一方面影响磨钻质量，另一方面又加快磨盘磨损，甚至可能使钻石破裂；磨盘工作面上钻粉的粒度在一定的粒度范围内微粒越大磨削强度愈大，但要获得好的加工质量，必须选择较细的钻粉。而钻粉在磨盘上的密度在 0.0032 ct/ cm^2 时，磨钻过程效率最高，密度再大，反而会降低磨削强度。另外，在磨钻方法中如采用电弧放电亦可提高磨削强度（八面体晶面除外）。

磨钻是借助于一定的设备，经过一定的工艺流程来完成的（图 5 - 10）。

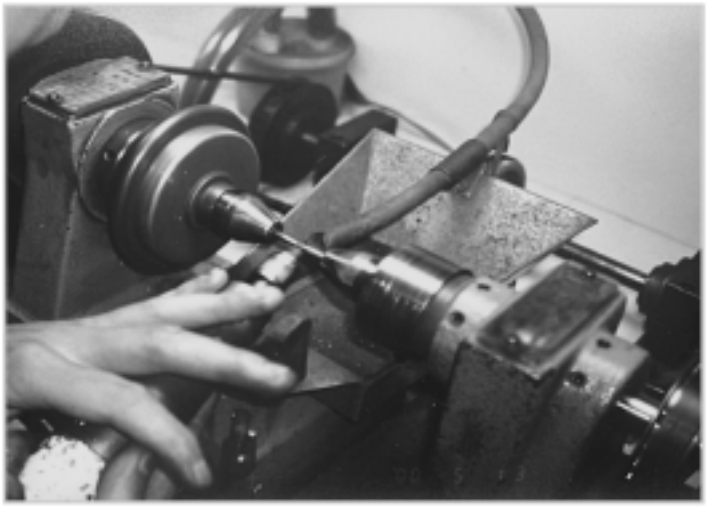


图 5 - 9　车钻机车钻



图 5 - 10　磨钻机磨钻

（一）磨钻的设备

研磨和抛光钻石刻面的设备是磨钻机。从古至今，磨钻机的变化并不大，仅是夹具及磨盘的质量有所改进，把人力驱动变为动力驱动而已。目前最先进的磨钻机是自动磨钻机，只需人工安装钻坯，其余的工序机器可以自动完成。

磨钻机的主要部件是磨盘、夹钳和夹嘴。

1. 磨盘

磨盘是一个铸铁盘，直径大约 30 cm，厚度大约 2 cm。磨盘只有一个圆盘，从内到外分为三个区，即试磨区、研磨区和抛光区。一般的磨盘直接装在马达主轴上。业已证明，磨盘转速每分钟 2 500 转左右对大部分操作是最佳速度。

抛磨开始前必须仔细地准备好磨盘。磨盘表面必须绝对平坦和精确。磨盘要用下面的铅锤来小心地平衡，以确保旋转平稳，无任何摇摆。通常将钻石粉膏料涂在磨盘表面进行抛磨。

2. 夹具

传统的夹具是用硬木制作，有一根金属接长杆，接长杆在端部分开，并可拧到一起形成夹子，夹住夹嘴，夹嘴夹住钻石。

夹具是指加工过程中任何一种固定钻石的装置。现代钻石工业中，常用一特制的机

械手或称车石臂来固定钻石，通过旋转夹具上的角度旋钮抛磨不同的刻面。机械夹具的自动夹嘴有许多类型，如爪式夹嘴、卡式夹嘴、底式夹嘴和台式夹嘴。这些夹嘴靠金属爪将钻石固定到不同位置。夹嘴还可自动旋转，自动“寻找”钻石的纹理。

(二) 抛磨圆钻的工艺流程

钻石的琢型有许多种，现以标准圆钻型为例介绍磨钻的工艺流程，其工艺流程如下。

1. 抛磨台面及主要刻面

抛磨台面及主要刻面采用交叉抛磨的方法。

交叉抛磨工的任务是磨出基础的 18 个小刻面，即台面、底面、冠部的 4 个角面和 4 个顶侧小面、亭部的 4 个角面和 4 个底侧小面。

不同工厂、不同抛磨工采用的方法都不尽相同。然而，要制作一件多面形琢型的钻石，通常首先要完成台面，然后抛磨冠部的 4 个角面。第一个角面抛磨完后，在其对面抛磨第二个角面，方法相同，但角度相反。交叉抛磨必须保证第一、二个角面与台面之交棱应绝对平行 (图 5 - 11)。垂直前两个角面与台面的交棱抛磨第三个角面。第四个角面的抛磨方法同第二个角面。同样也应保证交棱是平行的。若能准确完成这项工艺，台面应是完美的正方形。顶角呈十字状。



图 5 - 11　顶部角面和台面的抛磨顺序

(据《宝石钻石学教程》，陈钟惠译，1993)

下一步是将底部也抛磨成十字状，顺序如图 5 - 12 所示。

底部小刻面必须交于一点，该点应与钻石的圆心精确重合。从顶部看下去，底部的交点应位于台面完美正方形的中心。

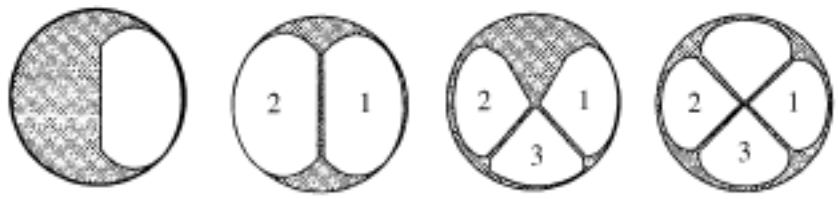


图 5 - 12　底部角面的抛磨顺序

(据《宝石钻石学教程》，陈钟惠译，1993)

交叉抛磨工用一个简单的量尺检查自己的工作，但最初的抛磨得靠自己的眼睛和经验。抛磨钻石的最初 8 个刻面必须位置准确无误，大小相等，与台面的角度也应绝对正确。这是抛磨所有其他刻面的基础。出现一个失误就会造成全部抛磨过程的返工。

一旦钻石已抛磨成完全的十字状，也就是已抛磨好 4 个顶部角面和 4 个底部角面，下一步就是在顶部再加上 4 个顶侧小面，在底部再加上 4 个亭侧小面，如图 5 - 13 所

示。

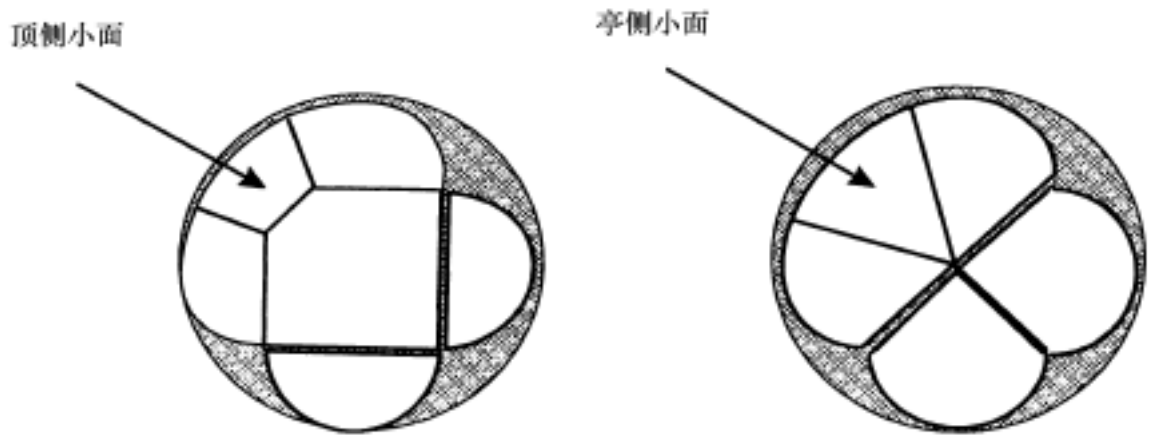


图 5 - 13　抛磨顶侧小面和亭侧小面

至此，上部的台面将成为一个由 8 个顶侧小面包围的完美的八角形，如图 5 - 14 所示。然后，钻石将送到车钻工手中做圆化处理。在把它送给下步抛磨之前，还要拿回来进行最后的复检。

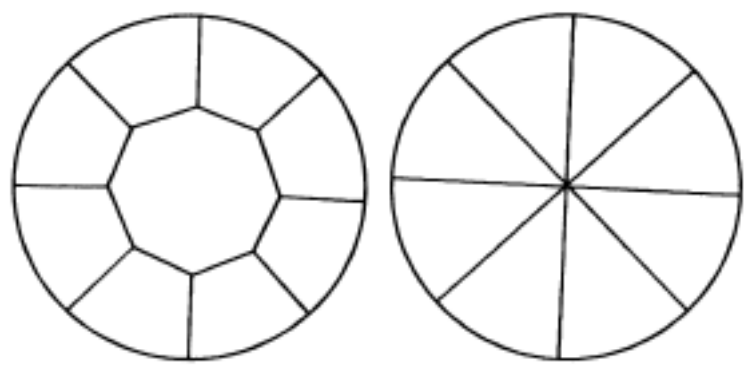


图 5 - 14　已完成的顶、底部交叉抛磨

2. 抛磨其余的小刻面

下面的任务是由多面抛磨工加工最后的 40 个小面，其中 24 个在冠部，16 个在亭部。此项工艺称为多面抛磨。

多面抛磨工完成余下的抛磨工作时，若发现有一点错误，必须加以改正。抛磨过程中，必须使钻石轻微接触磨盘，动作要快，精确度要高。必要时常拿起夹嘴和夹钳查看钻石，然后再放到磨盘上抛磨。

多面抛磨工在钻石上抛磨出的所有小面都是三角形的。从冠部开始，先绕台面磨出 8 个星刻面，制成一个八角星（图 5 - 15）。在这些小面之下，从星小面的顶角到顶侧小面的中点位置，磨出三角形的上腰小面，每个星小面配 2 个三角形上腰小面，共 16 个三角形上腰小面（图 5 - 16）。

亭部三角形下腰小面直接位于上腰小面之下，同样也有 16 个，但它们更细长，如图 5 - 17 所示。

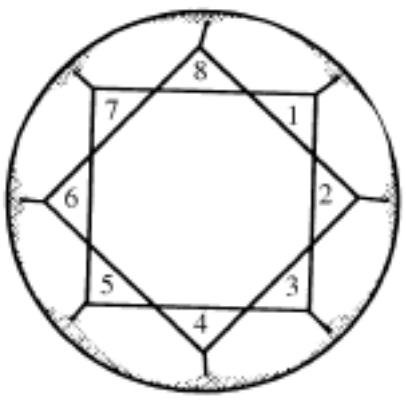


图 5 - 15　八个星小面

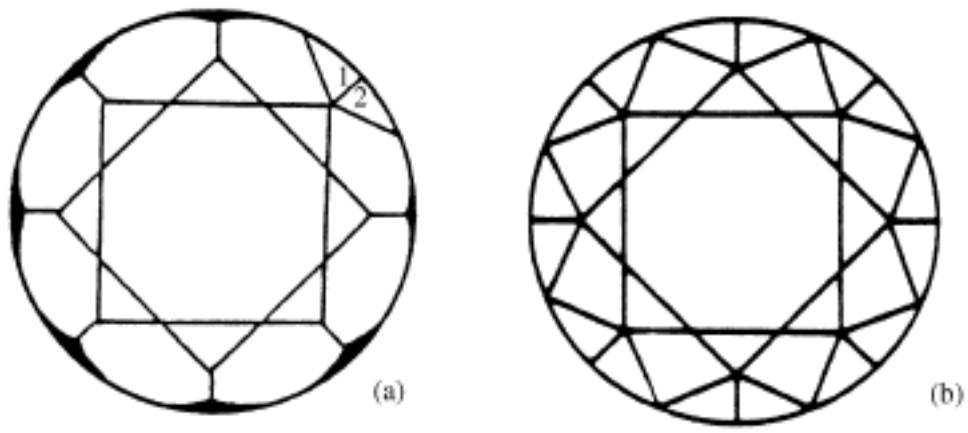


图 5 - 16　(a) 加磨三角形的上腰面；(b) 完成后的冠部

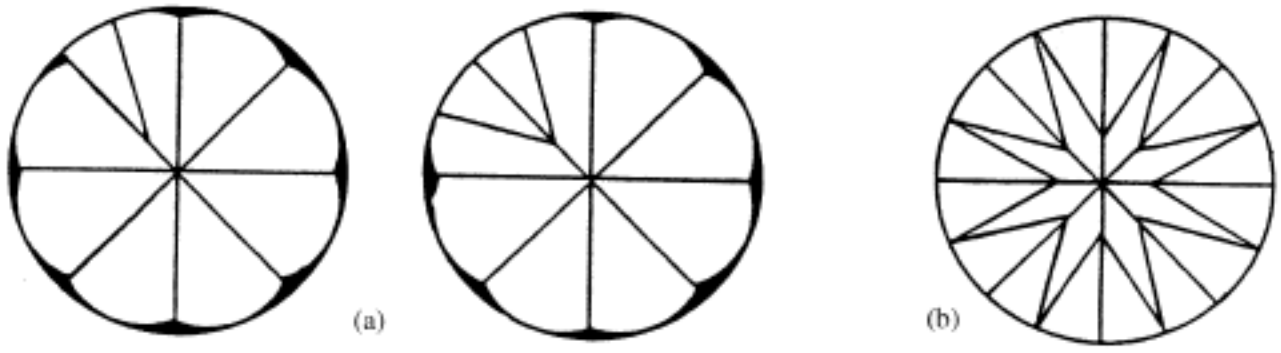


图 5 - 17　(a) 亭部三角形的下腰面；(b) 完成后的亭部

所有同种类型的小刻面必须大小相等，均匀对称，交棱截然、清晰，交角尖锐。

至此，抛磨工作全部完成。然后将钻石放置在由浓硫酸和盐酸或硝酸钾配制的混合液中煮沸几分钟，冷却后再用清水清洗、滤干，然后分级、估价，以备销售。

3. 磨钻的钻坯损耗

根据原坯质量和形状的不同，不同琢型的钻石在磨钻时的损耗率分别是：

圆钻的磨耗	40%～45%
梨形钻的磨耗	45%～55%
梯方钻的磨耗	45%～55%
马眼钻的磨耗	55%～60%

(三) 抛磨技术

1. 钻石的锯开与钻石的晶面和纹理方向有关

同一钻石不同的晶面硬度有差异，如八面体晶面硬度 > 菱形十二面体晶面硬度 > 立方体晶面硬度；同一晶面的不同方向上硬度也有差异。锯开钻石必须在横穿纹理的方向进行。通常是沿平行立方体或菱形二十面体晶面的方向锯开钻石。锯钻工分别将它们称为四尖纹理或二尖纹理锯开。

四尖纹理锯开是平行或大致平行立方体面方向。因为有三对平行的立方体面，故有 3 个锯开方向。

二尖纹理锯开是平行或大致平行菱形十二面体面的方向。由于菱形十二面体有 6 对平行的面，故有 6 个锯开方向。

对于形态完整的晶体，锯开方向比较容易确定。若晶体形态不规则，确定锯开方向要困难得多。因此，标记工必须依据钻石表面的三角凹痕及其他特征给钻石定向且决定锯开方向。

2. 四尖石、二尖石和三尖石

在钻石加工中，根据分割后的钻石台面上出现纹理的组数和方向，钻石工匠们将它们分别称为四尖石、二尖石和三尖石，对应台面上出现的纹理方向和组数分别是二向纹理、一向纹理和三向纹理。有时也按台面来命名，如四尖台面。

(1) 四尖石　　是最常见的，即钻石的台面是立方体面方向，台面出现二向纹理。它可通过从平整的锯开面上看到四个自然晶角来认识 (图 5 - 18)。

(2) 二尖石　　当钻石沿平行或大致平行菱形十二面体面的方向锯开时，可以得到

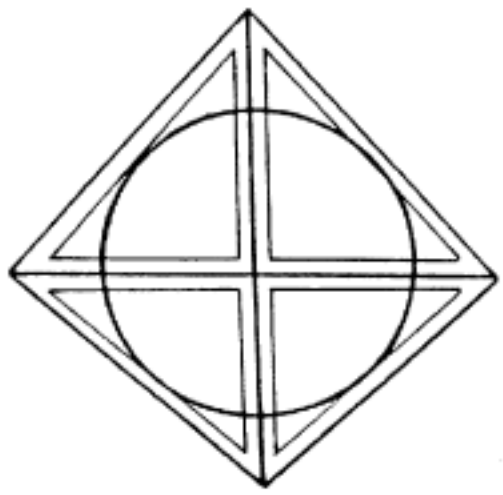


图 5 - 18　四尖石或四尖台面

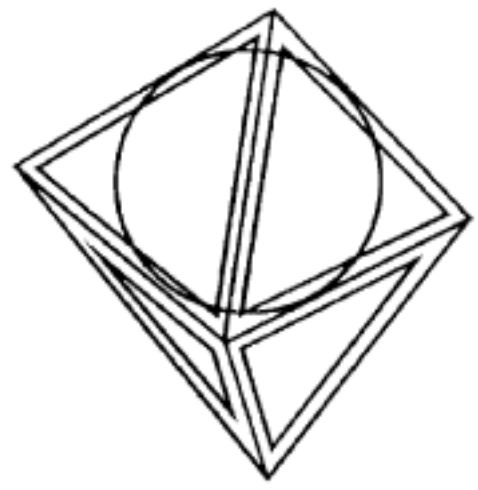


图 5 - 19　二尖石或二尖台面

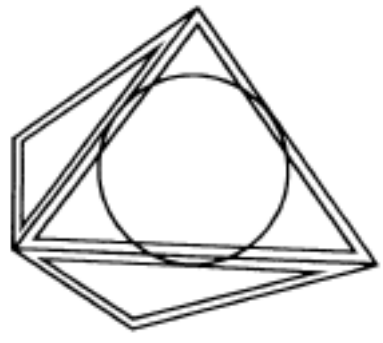


图 5 - 20　三尖石或三尖台面

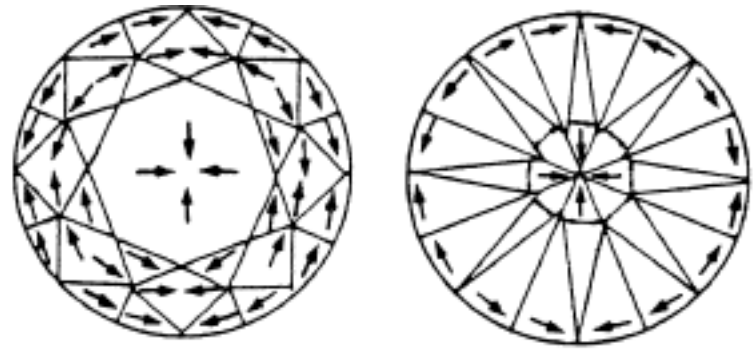


图 5 - 21　四尖石的抛磨方向

二尖石。二尖石台面的纹理为一向纹理。从锯开面上，可以清楚地看见 2 个自然晶角，如图 5 - 19 所示。

(3) 三尖石　　台面为八面体面方向时为三尖石。三尖石从锯开面上，可清楚地看到三个自然晶角。台面并非与八面体面完全吻合，实际上存在着微小的角度，因为八面体面本身是无法抛磨的，如图 5 - 20 所示。

就八面体而言，从晶顶磨出的台面是四尖石，沿晶棱磨出的台面是二尖石，沿晶面磨出的台面是三尖石。

实际上，很少有切割面与上述的晶面方向完全相吻合的情况，故纹理将不对称。有了这些认识之后，抛磨工方可开始工作。

3. 抛磨方向

已知具有二向纹理的面硬度最小，一向纹理硬度居中，三向纹理硬度最大。显然设

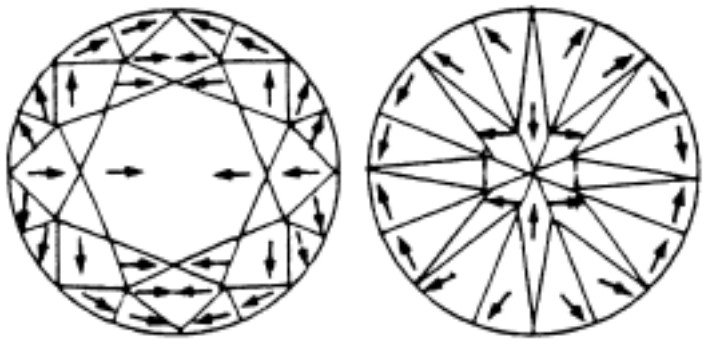


图 5 - 22　二尖石的抛磨方向

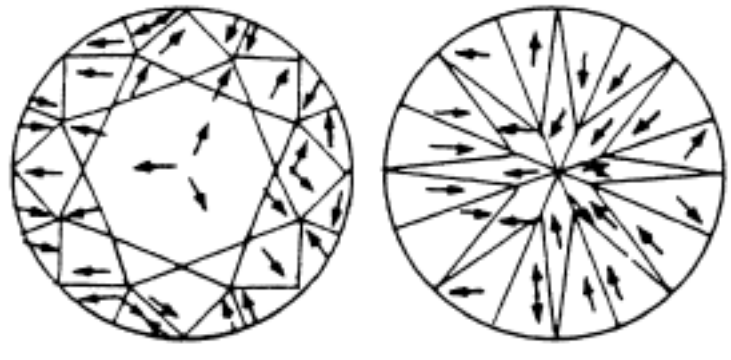


图 5 - 23　三尖石的抛磨方向

计师在设计台面时，以四尖石为最佳，即几乎所有的锯开料都是四尖石。图 5 - 21 表示了四尖石的抛磨方向。

二尖石的纹理横穿台面，刻面的抛磨方向如图 5 - 22 所示。

三尖石可通过台面上的三角形纹理来确定，这在三角薄片钻石双晶中常见。其抛磨方向如图 5 - 23 所示。

4. 抛磨纹理罗盘

台面一旦选定，纹理方向即确定了。抛磨工通过调整夹钳罗盘使抛磨方向与纹理方向垂直，即可实现高效抛磨的目的。抛磨时钻石固定在夹嘴上并调整它至一定方向，夹钳罗盘则会指示每一个位置。

抛磨方向可根据它们与罗盘指向之间的关系来记忆（图 5 - 24）。

现代新型自动化磨钻机在微机数据控制装置下不仅可以精确地按设计要求的比例磨钻，而且也可以通过微机控制敏感探头自动寻找最佳磨削方向，从而实现了钻坯的出品率最高，效率最大。在磨钻机的自动化程度不断提高的同时，多头磨钻机也是一个重要的发展趋势。

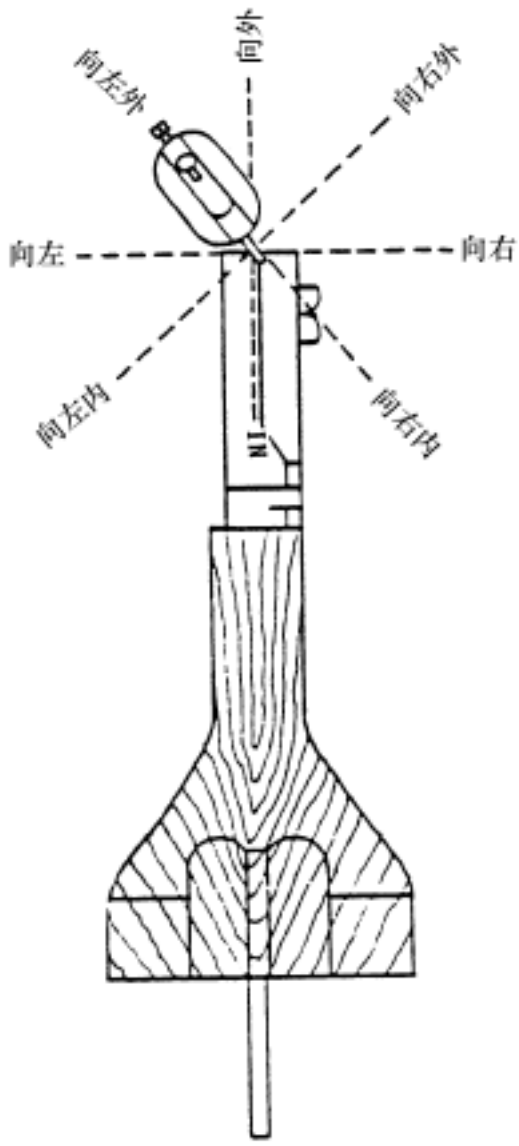


图 5 - 24　夹钳罗盘

第三节 钻石琢型

钻石琢型就是指钻石的最终成品造型即钻石原石经琢磨抛光后所呈现的式样。通常亦可称之为款式。在钻石首饰中，常见的琢型为圆多刻面形琢型，又可称为圆明亮形琢型。

一、圆多刻面形琢型钻石的各部位名称

在进一步研究钻石琢型之前，有必要知道圆多刻面形各部位的名称。从图 5 - 25 中可以看到，整个琢型由三部分构成，即冠部、腰部和亭部。冠部顶端中央的较大的一个八边形面称为台面，呈风筝状的四边形面称为冠部主刻面，共有 8 个，冠部主刻面与腰棱的水平面的夹角称为冠角，它是冠部各面的基准角。紧连台面四周的 8 个三角形小面称为星刻面。冠部与腰棱之间 16 个小面称为上腰面。腰棱与亭部间的 16 个小面称下腰面。亭部有 8 个四边形小面称为亭部主刻面，它与腰水平面的夹角称为亭角，是亭部各刻面的基准角。另外，有时在亭部底端有一小八边形面，称为底面或底小面，主要是为了减少钻石底部的破损而加工的。

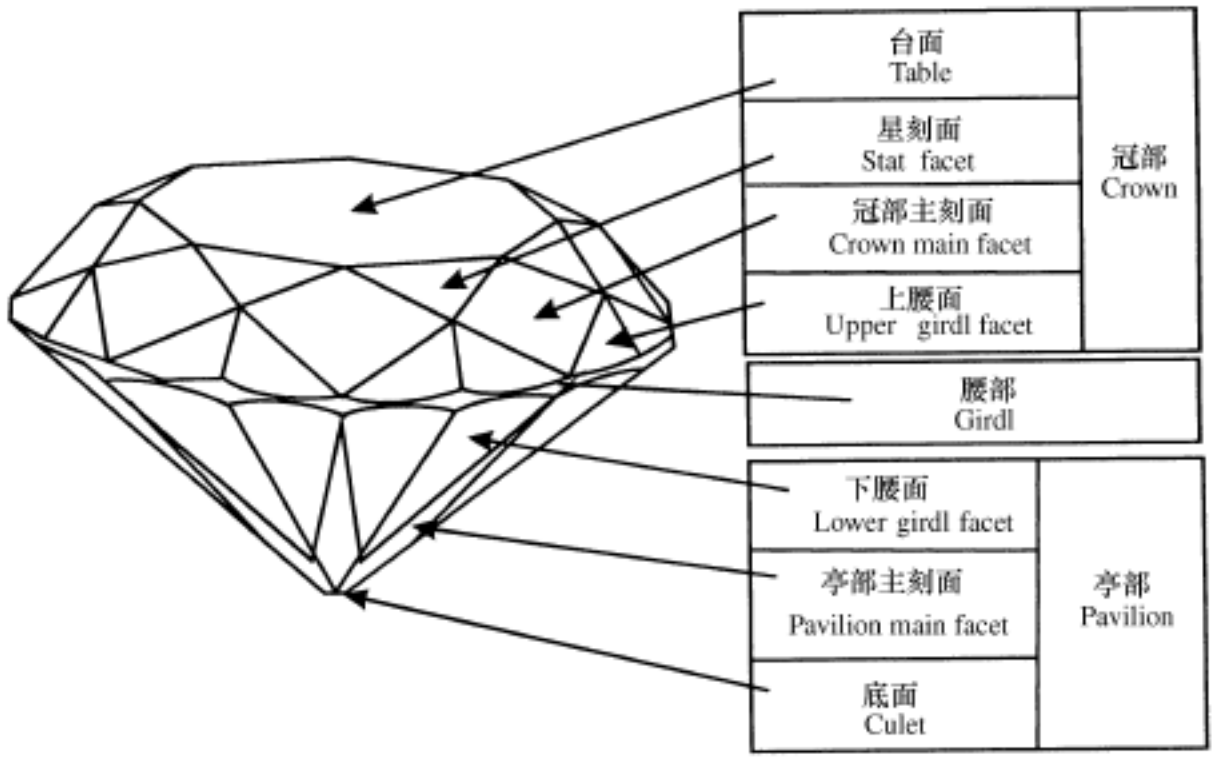


图 5 - 25　圆多刻面形琢型钻石各部分组成示意图

钻石的冠部有：1 个八面形的台面，8 个三角形的星刻面，8 个四边形的冠部主刻面，16 个三角形的上腰面，共 33 个面；钻石的亭部有：16 个三角形的下腰面，8 个四边形亭部主刻面，1 个底面，共有 25 个面

圆多刻面形琢型是钻石的基本琢型，其他钻石琢型多由其变化而来。许多变型实际上仍然沿用了圆钻型的尺寸比例和角度，只是腰棱形状不同而已。

二、钻石琢型的历史

为了更好地理解圆多面形琢型的设计思路，有必要回顾一下钻石琢型的发展简史。要准确地说出钻石抛磨工艺源于何时何地是很难或几乎不可能的。从古代印度文献中可以发现，早在公元前 4 世纪，人们就已认识钻石并将其视为宝石。1665 年法国宝石商和旅行家 Jean Baptiste Tavernier 访问印度时，就报道过抛磨了钻石。他记述了印度人抛磨钻石以除去钻石晶面上的瑕疵。当瑕疵深埋在原石中，要去除就会带来太多的质量损失时，他们就在缺陷上方抛磨出许多小面。可以说伴随着钻石切磨工艺的发展，钻石琢型亦经历了漫长的演变过程。

早在 12～13 世纪，就出现了尖琢型（point cut）和桌形琢型（table cut）。尖琢型盛行于中世纪的欧洲大陆，它是利用钻石本身的八面体磨光而成，磨削量很少，故又可称之为结晶体琢型。桌形琢型现出于 14 世纪，该琢型是在尖琢型基础上切去一顶角而成一四方台面，有时底部也切角成一小底面。尖琢型和桌形琢型只能适用于晶形较为完整的钻石八面体单晶，对晶形不完整或聚形晶则无能为力。15～16 世纪中叶，玫瑰花琢型的诞生是钻石琢型发展的一次飞跃，其中以荷兰玫瑰花琢型为代表，它以平底、拱顶和三角形小面对称分布为特征，令钻石赏心悦目。

17 世纪开始，多刻面形琢型的问世，代表了近代圆钻式琢型雏形的形成。最早从

单多面形琢型开始，随后在 17 世纪末出现了双多面形琢型，在翻光面的数量和排列构成上开始多样化，比较典型的是三重多面形琢型（老矿工琢型）中的帕鲁兹琢型和巴西琢型，此类琢型在 18 世纪达到鼎盛。当时风行于巴西、威尼斯、阿姆斯特丹、安特卫普和英国伦敦等钻石加工和贸易中心。

18 世纪中叶至 19 世纪，因钻石加工机械的发展，近代圆钻式琢型相继诞生，使钻石的小面和角度更趋合理，外形更圆，比起多面形琢型火彩更好。其中比较有代表性的是古典欧洲琢型。

20 世纪以来，随着钻石加工业的发展，在钻石琢型史上有重大影响意义的现代圆钻形琢型正式加工成型。它在 1919 年由马歇尔·托尔科夫斯基（Marcel Tolkowsky）首创。托尔科夫斯基根据光学原理，经过计算提出，通过减小圆钻式琢型的冠角和亭角，可以增强亮度。在他以前的各种琢型设计中，冠角和亭角基本上是根据钻石原石八面体晶面夹角确定的。马歇尔·托尔科夫斯基设计的早期现代圆钻式琢型在美国被广泛采用，因此也被称为美国理想式琢型（American ideal cut）。

自从马歇尔·托尔科夫斯基提出设计方案后，人们做了许多努力来改进它，进行了很多计算以达到更好的效果。1926 年，约翰逊（Johnson）和罗什（Rosch）提出了圆多面形的一种改进型。它尽管被称为“理想琢型”，却一直未被人们接受。1940 年，艾普洛（Eppler）提出了“实用完美琢型”（practical fine cut）的设计。它被德国人所普遍接受，认为是理想琢型。1969 年和 1978 年斯堪的纳维亚地区的国家，以及国际钻石委员会，先后推出了成品钻石切工分级标准，为圆钻形琢型提出一系列的理想比例和角度。

现代圆多面形琢型的设计思路非常清晰，即尽可能地表现出钻石的“火彩”和亮度特点。至于保存尽可能多的质量，已退为次要考虑的方面。

近 20 年来，现代圆多刻面形琢型的发展日益完善，翻光面越来越多，而琢磨精度要求也越来越高。圆多刻面形琢型的一些变型和花式琢型相继问世。这些年间曾出现超过 100 个小面琢型，有 157 个小面的钻石 2000 琢型和小面总数达到 144 个的皇家琢型等。

三、钻石琢型的种类

（一）尖琢型

尖琢型（point cut）是钻石的最早抛磨形状，仅限于将八面体的 8 个晶面磨得光滑（图 5 - 26）。由于八面体面本身无法抛磨，故所抛磨的面与八面体面有小的交角。抛磨的目的是改善对称性，获得透明的钻石。

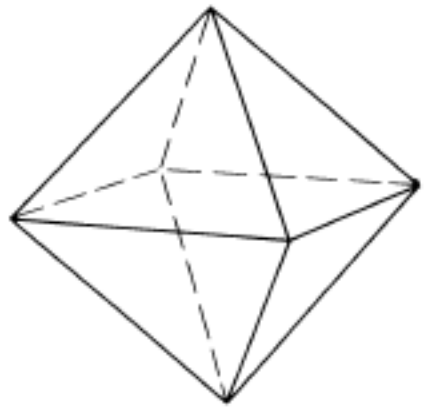


图 5 - 26　尖琢型

（二）桌形琢型

桌形琢型（table cut）只是简单地磨掉八面体的一个角顶，这样就形成了冠部 4 条自然倾斜棱的桌形（图 5 - 27），进而又演化为阶梯状小面

型琢型，如图 5 - 28 所示。

(三) 玫瑰花琢型

玫瑰花琢型为平底、拱顶琢型，顶部为小的三角形小面覆盖，如图 5 - 29 所示。这种 琢型质量损失小,外观更漂亮,很适合扁平晶体制成玫瑰花琢型,其缺点是火彩不

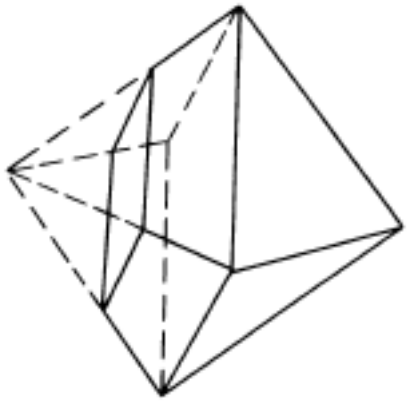


图 5 - 27　桌形琢型

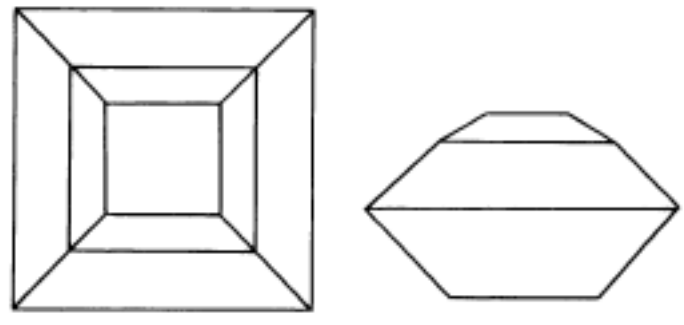
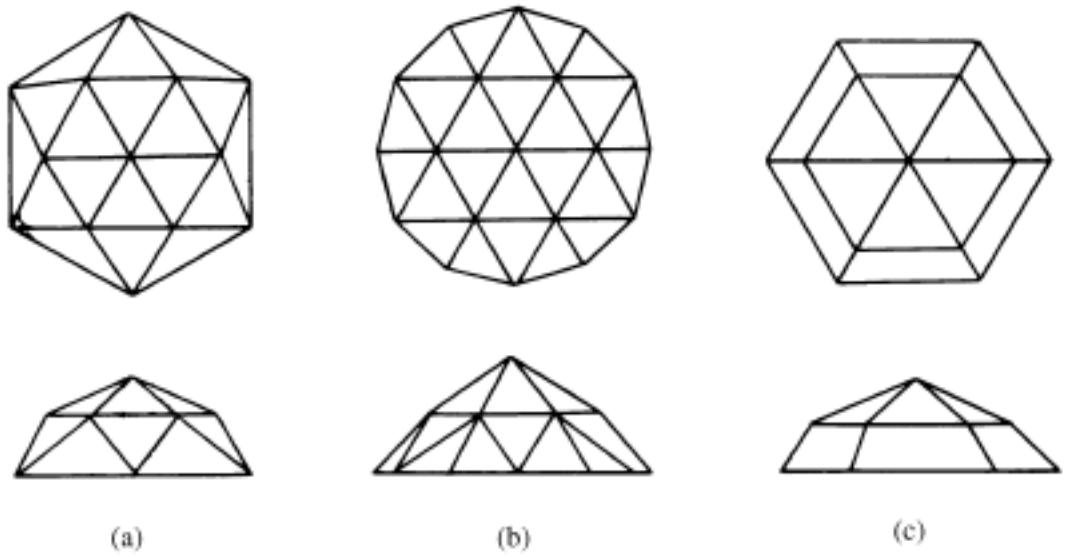


图 5 - 28　阶梯状桌形琢型



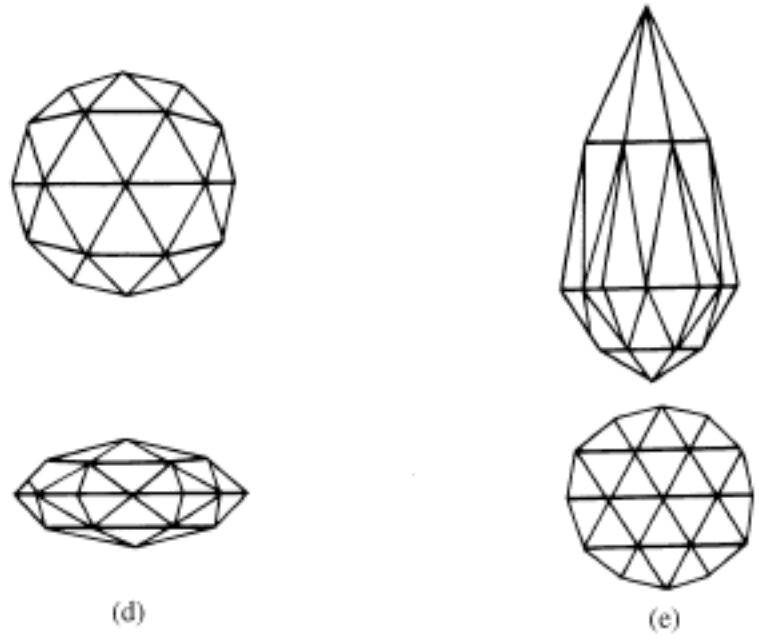


图 5 - 29　各种形式的玫瑰花琢型

(据《宝石钻石学教程》陈钟惠译，1993)

(a) 半荷兰玫瑰花；(b) 荷兰玫瑰花；(c) 安特卫普玫瑰花；

(d) 双玫瑰花；(e) 坠形小面型

足。尽管如此，玫瑰花琢型还是流行了数十年，世界上一些著名的钻石就是这种琢型。

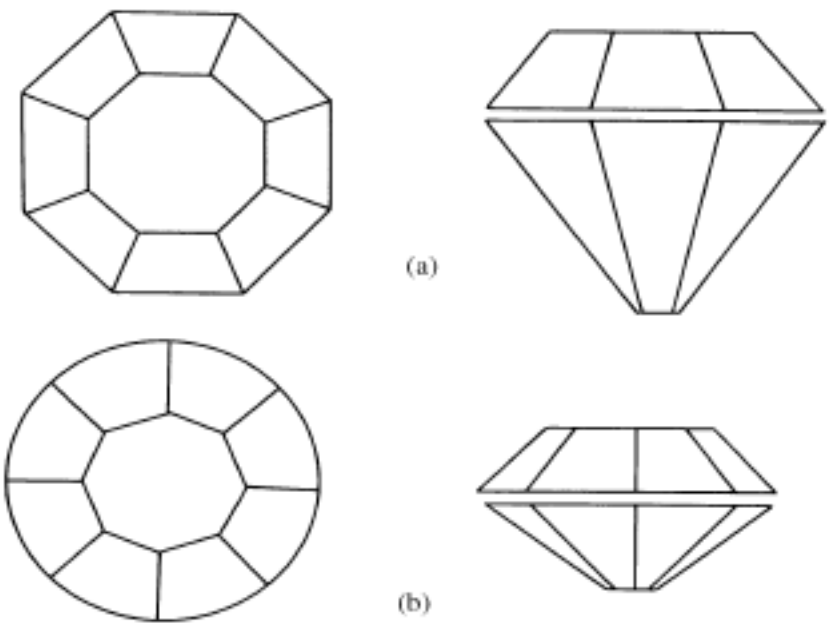


图 5 - 30　老式单多面形琢型（a）和现代单多面形琢型（b）

（四）单多面形琢型

单多面形琢型（single cut），是桌形琢型向圆多面琢型发展的过度琢型，它类似于现代的八面琢型（eight cut），但外观不是圆形。它是 4 个角顶被磨掉的斜截的桌形琢型，如图 5 - 30 所示。

（五）双多面形琢型

双多面形琢型（double cut）由单多面形琢型转变而成，许多人认为这是由马扎林（Mazarin）主教倡导的结果，故又称之为马扎林琢型。其外形似垫子，总共有 34 个小面，其中 16 个在冠部，16 个在亭部，再加 1 个台面和 1 个底面，如图 5 - 31 所示。

此外，双多面琢型还有两种变种：英国星形琢型和英国方形琢型，如图 5 - 32 所示。星形琢型有明显的角状外观，方形琢型为垫状，另外，它们亭部的切磨也不同。

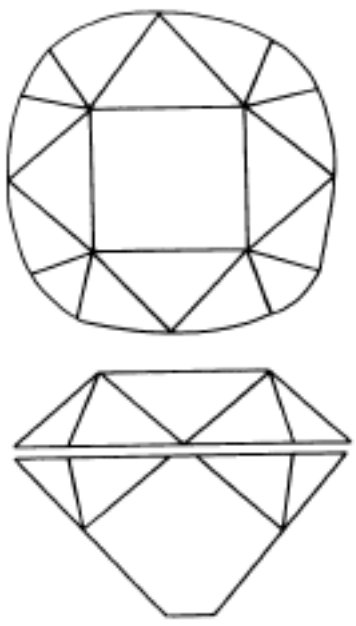


图 5 - 31　双多面形琢型

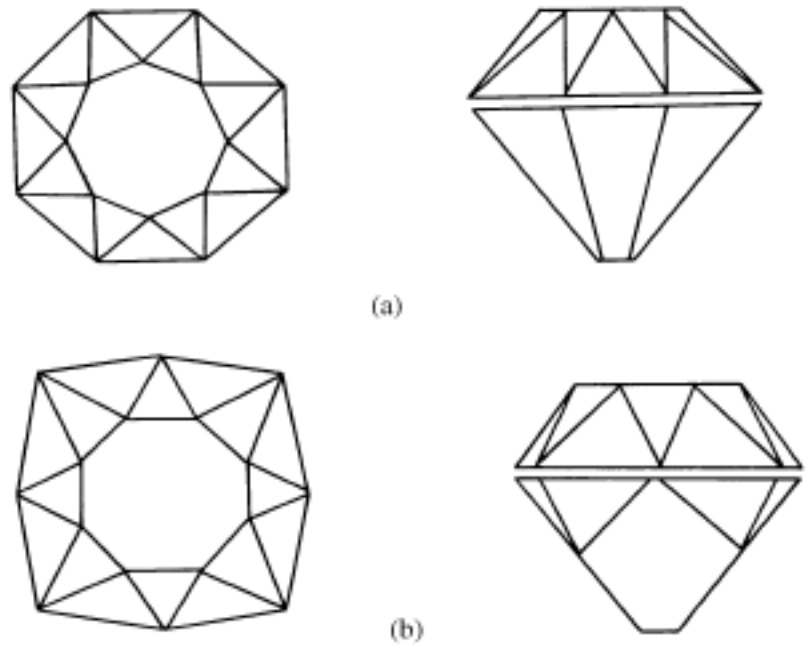


图 5 - 32　英国星形琢型（a）和英国方形琢型（b）

(六) 三重多面形琢型

据认为，三重多面形琢型（triple cut）是威尼斯的钻石抛磨工匠帕鲁兹（Vincenzio Peruzzi）设计的，他把小面数增加到 58 个，其中包括台面和底面。这增加了钻石的亮度和火彩，但形态仍是不规则的（图 5 - 33）。

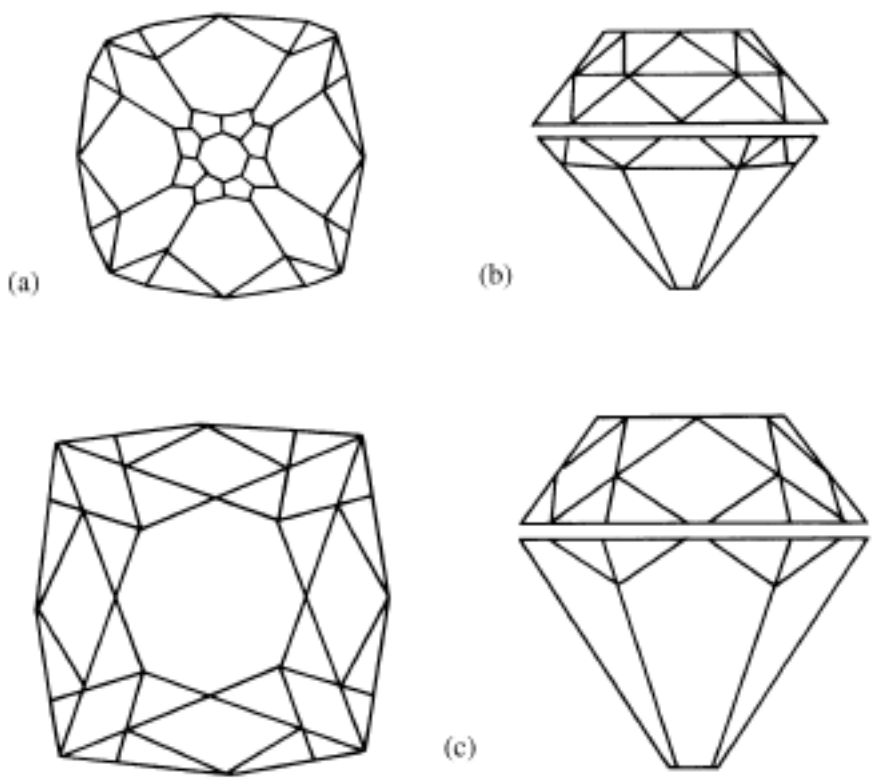


图 5 - 33　(a) 巴西琢型、(b) 里斯本琢型和 (c) 帕鲁兹琢型

三重多面形琢型同样也有一些变型。巴西琢型环绕底面多抛出 8 个小面，而里斯本琢型在冠部有些主小面平行于腰棱（图 5 - 33）。

在欧洲钻石贸易中，三重多面形琢型常称为“老矿山琢型”或“老矿工琢型”。这种琢型的钻石可以再次抛磨，以增强钻石的亮度而补偿质量的损失。

(七) 古典欧洲琢型

古典欧洲琢型（图 5 - 34）是上述琢型进一步改进的结果，其小面的大小和角度更趋均匀、对称，腰棱已具有更圆的外形。此种琢型在形状和式样上更加接近现代圆多刻面形琢型。

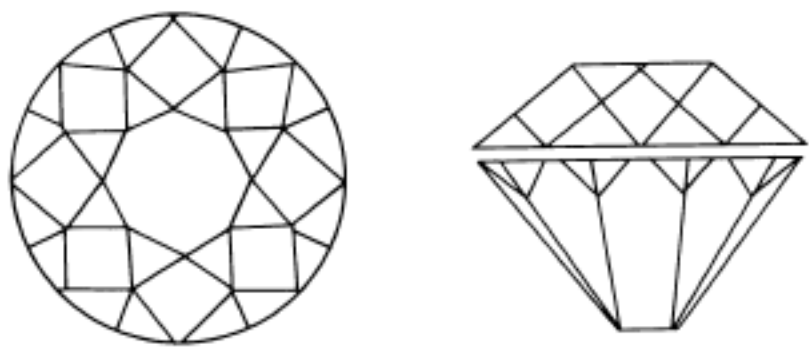


图 5 - 34　古典欧洲琢型

(八) 现代圆多刻面形琢型

世界不同地区的有代表性的现代圆多刻面形琢型的各种“理想”琢型的比例见图 9 - 8。

(九) 花式琢型

花式琢型 (fancy cut) 是指非圆多面形琢型的任何现代钻石琢型。据估计，大约只有 10%～20%的钻石原石加工成该琢型。这主要是由于最终抛磨的形态在很大程度上依赖于原始的原石形态。另一个因素是花式琢型的生产成本较高，只有少数有经验的抛磨工匠能够制作，而且是一件极花时间的工作，因此，生产商常常不愿生产这种琢型。

花式琢型的款式很多，根据各自的特点基本上分为两组：每组都要求不同的工艺和不同的钻石原石。第一组为变形圆多面形琢型 (图 5 - 35)，它由圆多面形琢型演变而

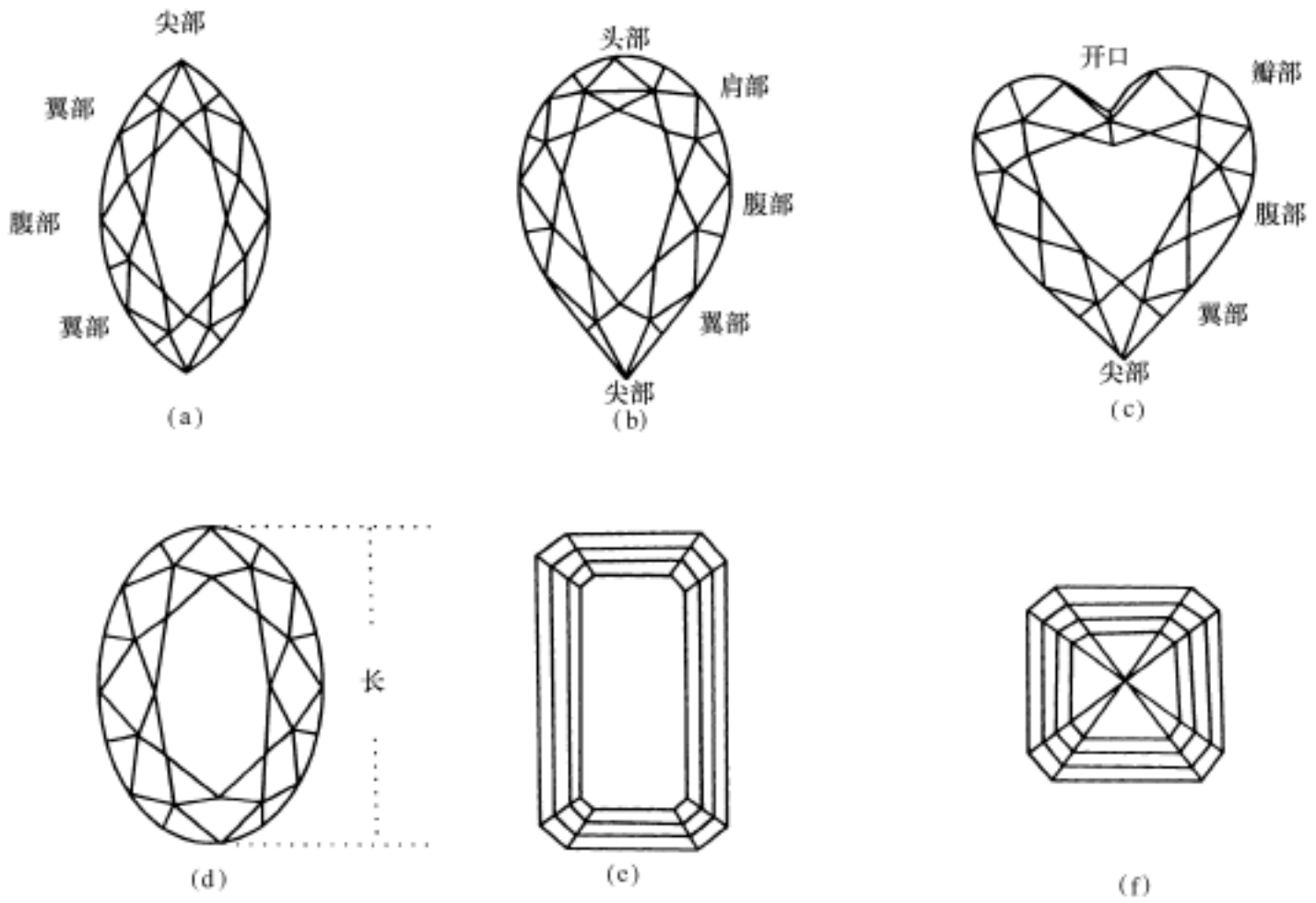


图 5 - 35　不同类型的花式琢型

(a) ～ (d) 多面形琢型组：(a) 橄榄形，(b) 梨形，(c) 心形，(d) 卵形；(e)、(f) 阶梯形琢型组：(e) 祖母绿形，(f) 正方形

来。这类琢型的刻面分布方式与圆多面形琢型相似，仅是腰围的轮廓不同而已。常见有椭圆形、橄榄形、梨形和心形；第二组为阶梯形琢型，常见正方形和祖母绿型两种琢型 (图 5 - 35)。此外，阶梯形琢型还有许多不同的形态，如楔形、菱形、三角形、梯形和风筝形等，如图 5 - 36 所示。

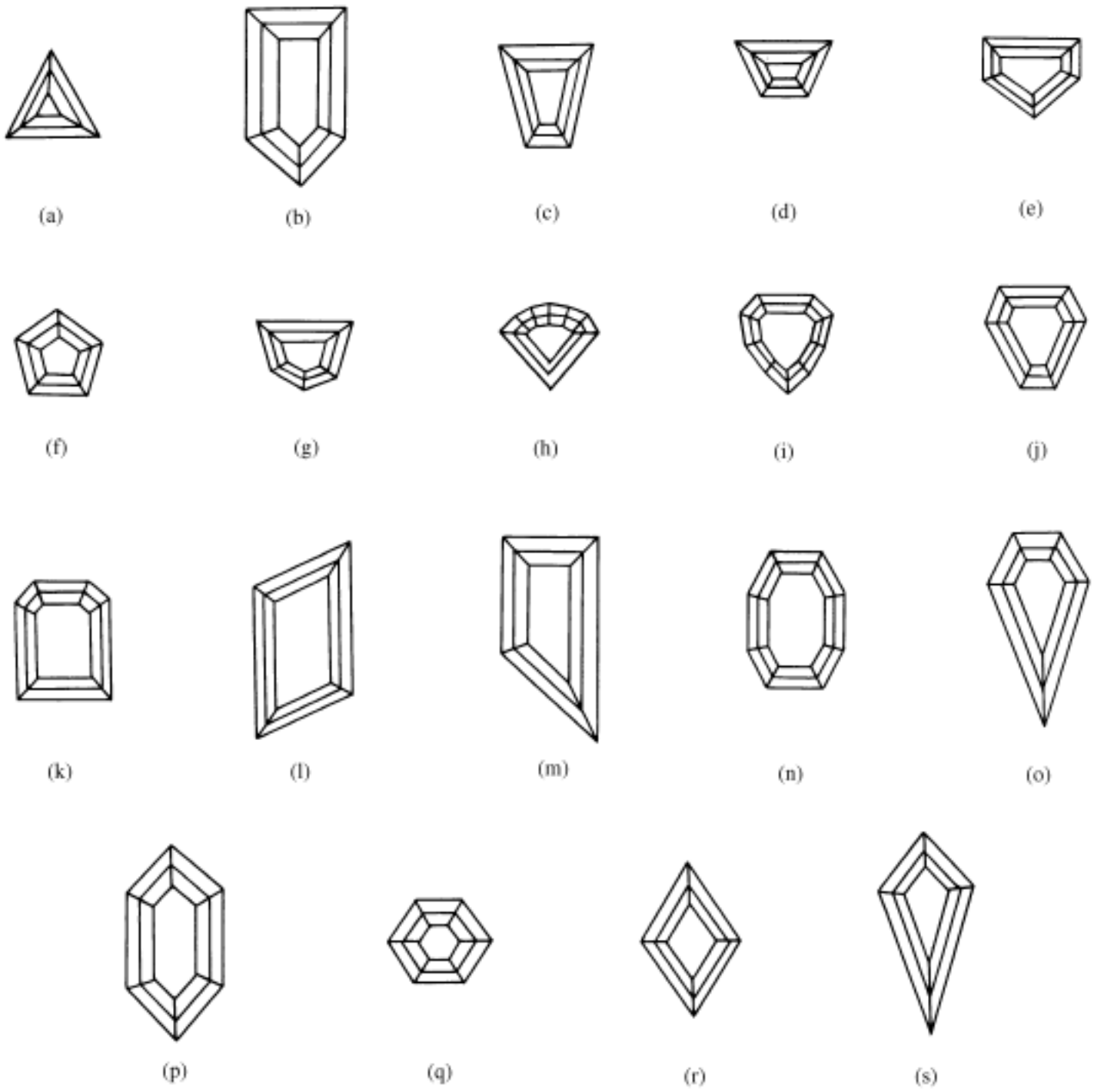


图 5 - 36　各种类型的阶梯形琢型

(据《宝石钻石学教程》，陈钟惠译，1993)

(a) 三角形；(b) 子弹形；(c) 倒梯形；(d) 梯形；(e) 扇章形；(f) 五角形；(g) 楔形；(h) 扇形；(i) 盾形；(j) 小牛头形；(k) 窗形；(l) 长斜方形；(m) 哨子形；(n) 细长八角形；(o) 犄角形；(p) 细长六角形；(q) 六角形；(r) 菱形；(s) 风筝形

(十) 奇异式琢型

奇异式琢型主要表现设计师的创意，不受任何标准的约束。它可根据原石形态的多样化切割成动物、植物等一些奇特的形状，如马头、羊、鱼、十字架、月牙形、五角形、观音等。

几乎每年对现有琢型都有一些改进型，或者出现一些新的琢型。

第六章

钻石分级概述

钻石是自然界中最珍贵的宝石，其价值与钻石的品质等级有着密切的关系。两颗同等质量的钻石，品质上的分毫之差，往往会造成价格上明显的差异。钻石等级划分是确定钻石价值的主要因素。

第一节 钻石分级及其意义

一、钻石分级的概念

钻石分级（diamond grading）是指从颜色（Colour）、净度（Clarity）、切工（Cut）及质量（Carat）四个方面对钻石进行等级划分，简称“4C”分级。钻石分级是对钻石的宝石学属性及价值进行全面评定。

颜色分级（colour grading）是4C分级中较难言传，但易于操作的一项技术。钻石颜色优劣的评价仅针对无色—浅黄（褐、灰）色系列。自然界完全无色（白色）透明的钻石十分稀有，也非常昂贵，大部分的钻石都带有轻微的黄（褐）色色调。钻石颜色分级就是将待分级钻石与无色透明钻石相比较而得的结果。各颜色等级之间颜色差异甚微，以至于一般消费者难以察觉。然而这些轻微的差异，却对钻石的价格有很大的影响。专业分级师可将自然界中透明无色连续变化到浅黄（褐）色的钻石，划分为若干个等级，颜色越黄，等级越低。彩色钻石不仅具有明快而特征的自然色彩，而且极其稀有，其价值依颜色的饱和度和纯正程度而定，不属于颜色分级范畴。

净度分级（clarity grading）是用来描述钻石内部及外部呈现瑕疵的明显程度。天然钻石中无瑕的钻石几乎没有，大多数钻石都含有天然的或在其加工过程中造成的各种瑕疵。瑕疵对净度等级的影响，取决于它们的大小、数量、位置、类型等因素。分级师以十倍放大镜亦无法看到内、外部瑕疵的钻石定为无瑕级；分级师肉眼即可观察到瑕疵的钻石定为重瑕级。界于二者之间，使用十倍放大镜根据瑕疵被观察到的难易程度，可进一步划分出若干个净度等级。钻石越纯净，自然界中就越稀少，净度等级越高。净度分级是“4C”分级中最需要反复实践、积累经验，并不断调整判断力后才能做出准确判断的一项工作。

切工分级（cut grading）是依据某一切工标准对成品钻石的切磨比例和修饰度进行等级划分。这是钻石“4C”分级中唯一非自然属性的评价。切磨比例是指刻面的大小、形状、分布及切割角度之间的关系，修饰度反映的是对称性和抛光等细节。切磨钻石应

遵循两个基本原则，即最有效地光线回射及最大限度的质量保存。一颗璀璨生辉完美切工的钻石是靠理想的切磨比例（率）及精心地修饰实现的。因为切工分级涉及到切工的各种几何比例和角度关系，以及它们之间的对称性，所以它是钻石分级中最为复杂的一项工作。

质量分级（Carat grading）是“4C”分级中最为客观的评价。裸钻可直接使用标准计量衡器进行称量评价；镶嵌钻石虽无法直接称重，但可通过各种测量工具测得数据，由公式计算出质量来评价。钻石的质量单位为“克拉”(ct)。克拉质量是确定钻石价格最基本的尺度，单颗钻石越大越稀少，价格也越贵，钻石的价格随质量增加呈二次函数关系。

二、钻石分级的意义

钻石分级是钻石贸易国际化的必然要求。随着钻石贸易的国际化，钻石交易逐步需要一个公平规范的市场，大家对不同品质的钻石在基本统一标准的原则下公平交易，这是推进钻石贸易国际化、规范化进程的基础。钻石分级体系的建立就是随着钻石的贸易而孕育、产生、发展和完善的。一张具法律效应的钻石“4C"分级证书，在世界各地的珠宝界均被认可。“4C"分级证书已普遍被钻石商及消费者所接受，在钻石首饰销售中起着重要的质量保证作用。

掌握钻石分级技术，是从事钻石采购、销售、鉴定、设计等工作的基础。如在钻石销售过程中若能准确说明钻石的真伪；可靠、正确地判别钻石的等级；对影响钻石净度等级的内含物给予合理的解释；对钻石首饰的价格做出令人信服的说明，会大大缩短经营者与消费者之间的距离，增强亲和力，提高销售业绩。

钻石业最关心的问题，莫过于钻石价值的衡量与判断。钻石分级就是确定钻石价值，建立钻石价格体系的充分必要条件。钻石的价格是依据钻石的质量、净度、颜色、切工的等级而确定的。钻石的价值与“4C”的关系是钻石分级的核心问题。

钻石估价首先必须了解市场价格，精通市场行情，分析影响钻石价格的各种因素及如何解读钻石商的报价表，“4C"分级能力是最基本的素质要求。

总之，钻石分级是对钻石的品质与美丽、稀有与价值的综合评价，是宝石学中一门系统的分支学科。

第二节 国际上有影响的钻石分级体系简介

钻石价值的衡量标准是钻石业最关注的问题。东、西方学者专家相继著书，论述了钻石价值的评定方案。20 世纪中叶以前，尚未有一套公认的钻石品质分级标准。50 年代初期，GIA 宝石业鉴定实验室（Gem Trade Laboratory 简称 GTL）诞生后，致力研究并推行钻石分级的标准化程度，定义了分级术语，通过不断的实践、讨论，革新了钻石分级的依据、原理及步骤，以期达到客观、公正并为世界所公认的目的。该鉴定实验室推出的钻石品质分级证书（Quality Analysis Report）给钻石业带来了革命性的影响。

随着品质分级证书需求量的迅速增加，世界各地的钻石或珠宝鉴定机构相继成立，并相应地建立起了各自的钻石分级标准。

不同的国家和地区各自有着严格的钻石分级标准，到目前为止，还未形成一套国际上公认的钻石分级标准。但在实际运用过程中各标准渐渐趋于统一，主体内容基本相同，仅是在术语的定义、分级的设备、外部特征对净度的影响、切工评价等方面有小的分歧。在众多的钻石分级标准中，国际珠宝联盟（CIBJO）和美国宝石学院（GIA）提出的分级体系得到了较为普遍的应用。

我国于 1996 年 10 月正式颁布了中国的《钻石分级》标准。它对规范和繁荣我国钻石市场，统一国内钻石分级技术标准，提高我国的钻石分级技术水平，保护钻石经营者和消费者的共同利益起到了重要的作用。尤其为我国与国际钻石业顺利接轨奠定了基础。

以下重点介绍国际上有影响的各钻石分级标准的特点，具体的内容在以后的章节中详细介绍，这里不赘述。

一、美国宝石学院（GIA）钻石分级规则

GIA 是 Gemological Institute of America 的缩写。它创立于 1931 年，是最早系统地提出钻石“4C" 分级规则的机构。自 1953 年以来，GIA 钻石分级规则已被钻石商、鉴定机构及零售商持续使用了 50 年，期间此规则历经修订、改进，更趋合理。它的宗旨是提供稳定、精确的分级结论，这也是业界长期以来一直追求的品质分级准则。其特点是：①颜色分级采用简单明了的 D—Z 字母依次表示钻石由无色到有色的颜色级别，取代了含糊不清的老术语；②净度分级更为详细，把欧洲的“镜下无瑕" 级细分为“无瑕" 和“内部无瑕" 两个级别；③在钻石净度分级中主张内、外部瑕疵并重，尤其是对“无瑕" 级钻石评判中，外部瑕疵的作用意义更大；④切工分级从比例、磨光及对称性等方面进行了全面的测量与评价。为统一钻石分级标准做出了重大的贡献。

二、国际珠宝联盟（CIBJO）钻石分级手册

CIBJO 是法文 Conferation Internarionale de Ia Bejouterie, Joaillerie, Orjevrerit des Diamonts, Pirles et Pierres 的缩写。总部设在英国伦敦卢克街 78 号 A 座。它是一个国际性团体组织，创立于 1961 年，拥有 20 多个成员国，主要集中在欧洲，经 CIBJO 认可的世界各地的珠宝鉴定实验室必须具备 CIBJO 所规定的分级条件，执行 CIBJO 的标准。它的宗旨是保护和促进国际珠宝首饰贸易。CIBJO 的最高权力机构是 CIBJO 成员代表大会，执行委员会下设宝石委员会、钻石委员会、珍珠委员会、教育委员会、协调委员会、宣展委员会、安全委员会。1974 年由三个专业委员会分别制定了宝石、钻石、珍珠三本手册。《钻石手册》在 1979 年进行了重要修订并与 GIA 的色级一一对应。截止 1994 年新版本的手册共 10 章 48 条。其特点是：①色级仍采用贸易中较易理解的描述性术语；②轻微的外部特征不影响钻石的净度等级；③重新打磨不损失较多质量而无法去掉的严重外部特征在确定净度时予以考虑；④切工分级中不进行比例评价，仅对对称性和抛光用术语 VG（very good），G（good），M（medium），P（poor）评价。

三、国际钻石理事会（IDC）钻石分级标准

IDC 是英文 International Diamond Council 的缩写。其前身是世界钻石交易所联合会（WFDB）和国际钻石制造工商协会（IDMA）在 1975 年成立的联合委员会。目的是为钻石商贸制定一个国际上适用的钻石分级标准，并且在比利时钻石高层议会（HRD）及 CIBJO 钻石专业委员会的共同参与下，于 1979 年制订了《国际钻石分级标准》。其中大部分内容与 CIBJO 的《钻石手册》相似。目前国际钻石理事会积极推行 IDC 的标准，许多重要的钻石贸易国家如南非、以色列、比利时、德国的一些实验室陆续采用 IDC 的标准。其特点如下：①提出了著名的“5μm 规则"，采用对比标准净度样石的方法，通过定量化测量瑕疵的大小（5 μm）来界定“镜下无瑕（LC）“与" 极微瑕（VVS1）”两个级别；②某些外部的如原晶面和多余面、双晶纹与生长纹等特征对 LC 级钻石影响不大，仅在附注中说明；但同样的外部特征根据 10 倍放大镜观察的难易程度确可降低 VVS 级及其以下等级。

四、比利时钻石高层议会（HRD）钻石分级标准

HRD 是英文 Hoge Raad voor Diamont Vzw 的缩写。成立于 1973 年，是比利时政府认可的代表比利时钻石工商业的非营利性组织。其成员包括四个比利时钻石交易所、钻石交易联合会及其他的钻石贸易组织。在钻石的加工、商贸、鉴定、分级、培训等方面均具有一定的知名度。该标准的最大特点是力荐净度分级的定量化，以消除人为分级的主观影响因素，使分级的结果更具客观性和再现性。通过宝石显微镜详细测量内含物的大小、数量及对比度并按规定换算成修正值，分别投图至台面、冠部、腰围、亭部位置的不同净度级别区域内。HRD 虽然在钻石分级的定量化方面取得了重大的突破，但它的可操作性差。自从与 IDC 共同制定了《国际钻石分级标准》之后，就采用新的 IDC 标准。HRD 证书部是第一个获得 IS09002 标准认证的成品钻石分级实验室。

五、斯堪的纳维亚（Scan. D. N）钻石委员会的钻石分级标准

Scan. D. N 是英文 Scandinavian Diamond Nomenclature 的缩写。它是欧洲问世最早的钻石分级标准。由北欧的丹麦、芬兰、挪威和瑞典四国组成。斯堪的纳维亚钻石委员会于 1969 年制订了《斯堪的纳维亚钻石分级术语》。1980 年第二版时把归并整理后的颜色分级术语同 GIA 的字母色级一一对应，其特点是：①颜色分级沿用了老术语；②通过绘制净度特征素描图，把净度等级更加直观、形象地表现出来。

六、中国的《钻石分级》标准（GB /T - 16554 - 2003）

中国国家技术监督局于 1996 年 10 月 7 日发布，1997 年 5 月 1 日正式实施了珠宝行业的第一部国家标准（GB/ T - 16554 - 1996）。该标准执行六年来，为规范中国的珠宝市场、促进珠宝市场有效、健康地发展提供了监督依据。为更加适合和正确引导中国珠宝市场进一步繁荣昌盛，拓宽市场的发展空间，进一步与国际接轨，中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局于 2003 年修订了原《钻石分级》国家标准，并于 2003 年 11

月1日正式实施了新修订的《钻石分级》国家标准。本次修订的钻石分级GB/T16554—2003代替了GB/T16554—1996。新标准由中华人民共和国国土资源部提出，国家珠宝玉石质量监督检验中心负责起草。参考了国际标准化组织（ISO）公布的ISO/FDIS-1《抛光钻石分级　第一部分　术语及分类》（2002年英文版）、ISO/FDIS11211-2《抛光钻石分级　第二部分　检测方法》（2002年英文版）等技术文件中的有关术语和规定。新标准与GB/T-16554-1996相比，主要修订内容如下：①未镶嵌钻石和镶嵌钻石的起始分级修订为0.0400 g（0.20 ct）；②对因优化处理而不被分级的样品范围进行了限定；③颜色级别中去除了中文描述；④切工分级中增加了“测量项目和测量方法”；⑤质量称重准确度提高至0.0001 g；⑥删除了镶嵌钻石品质级别；⑦镶嵌钻石颜色级别分为：D-E、F-G、H、I-J、K-L、M-N、<N；⑧增加了镶嵌钻石切工分级内容。

GB/T-16554-2003《钻石分级》标准适用于天然的未镶嵌及镶嵌、质量大于0.0400 g（0.20 ct）、颜色为无色—浅黄（褐、灰）色系列的标准圆钻型抛光钻石的分级。不适用经覆膜、裂隙充填等优化处理的未镶嵌及镶嵌抛光钻石的分级。质量小于0.0400 g（0.20 ct）的镶嵌及未镶嵌抛光钻石分级可参照本标准执行。

七、国际标准化组织（ISO）《抛光钻石分级——术语及分类》

ISO是英语International Standard Organization的缩写。

20世纪90年代，在德国的普福尔茨海姆市，由国际珠宝联盟（CIBJO）、美国珠宝学院和宝石业鉴定实验室（GIA/GTL）、国际钻石理事会（IDC）、斯堪的纳维亚钻石委员会（Scan. D. N）联合向国际标准化组织（ISO）TC174技术委员会提交了国际统一的钻石分级标准征求意见草案，代号为TC174/CD11211。于1993年10月27日下发到ISO所有的成员国。由于此稿在切工比例、检测方法等诸多方面未达到统一共识，一度被搁浅。1995年12月经修订的《抛光钻石分级——术语及分类》（TC174/TR11211）又以技术报告（TR）的形式发布试行。2002年国际标准化组织公布了《抛光钻石分级　术语及分类》（ISO/FDIS 11211-1）及《抛光钻石分级　检测方法》（ISO/FDIS11211-2）。预计不久的将来一套由ISO制订的适合国际钻石贸易、国际统一使用的钻石分级标准会在全世界全面实施。

第七章

钻石的颜色分级

第一节 颜色分级概述

一、颜色分级的定义及范围

钻石的颜色虽然丰富多彩，但自然界中大多数的钻石只带有很浅的黄色色调，真正完全无色的钻石几乎不存在，而彩色钻石又十分稀少。

钻石颜色分级是指采用比色法，在规定的环境下对钻石颜色进行等级划分。

钻石的颜色分级就是要求分级师在小而透明的钻石上，找出颜色浓淡的轻微差异。这是一项颇具挑战性的工作，是对人的耐心、专心的极大考验。颜色分级的目标就是通过反复练习，达到分级结论的一致性和稳定性，最终实现对钻石颜色作出准确的判断。

影响钻石颜色分级的因素很多，包括光源的类型、观察的方向、钻石的大小、内含物的颜色、切割比例等。例如同一颜色的钻石在不同的光源下或观察的角度不同，会得出迥异的结论。但我们只要在正确的工作环境下，严格按照颜色分级的操作程序，判断待测样品的色级并不困难。它比净度分级和切工分级的工作简单。

颜色分级的范围主要限于无色—浅黄（褐、灰）系列的钻坯、成品钻石和镶嵌钻石。成品钻石颜色分级的级别较为详细，钻坯、镶嵌钻石颜色分级的级别则较粗疏。

二、颜色分级的术语

钻石分级始于 19 世纪末钻石颜色专用术语的形成，它也是颜色分级的雏形。颜色分级的术语是在钻石的贸易中不断被认识、发展起来的。一般颜色范围内的钻石，其颜色的深浅，不但影响钻石的外观，如色调越深，钻石越显深黯，同时也是决定钻石价格的重要指标。如在其他质量相同的条件下，相邻色级间的价格差异可达 5%～15%。愈是无色透明的钻石越稀有，其价值越高，因此，盛产白色钻石矿山的钻石价格远远高于盛产黄色钻石矿山的钻石价格，由此而派生出了早期的以矿山名作为颜色分级的专用术语。譬如，葛尔康达（Gocando）乃印度一产钻石的城市名，曾经用来描述异常无色透明的钻石；亚哥（Jager）是形容无色透明、发蓝色荧光的钻石，因南非的亚哥方坦矿（Jager Fontein）产许多这类钻石得名，代表着 20 世纪初期最好的色级；河水（River）则指无色透明无荧光的钻石，因为河床冲积砂矿钻石往往比管状金伯利岩原生矿产出钻石颜色要好；近乎无色的温塞尔顿（Wesselton）钻石，由距南非金伯利市中心约四英里的 Wesselton 得名；开普（Cape）一词系由南非好望角省 Cape 矿而得名，该矿的钻

石比印度、巴西的钻石都黄，专指颜色较黄的钻石；普里米尔是指南非 Premier 矿山出产的略带黄色，并有强烈蓝色荧光，使外观呈现油雾状（俗称油钻石 Oily）的钻石。这些钻石虽然与产地有关，但作为颜色分级的初级术语，已不含产地的意义，而代表着 20 世纪初期钻石贸易中国际性的颜色分级规则（表 7 - 1）。

表 7 - 1　传统的色级术语与 GIA 色级的对应关系

GIA 色级		传统的色级术语	注　　释
D	COLORLESS 无色透明	Jager　（亚哥儿）	南非矿山名，盛产带蓝色荧光的透明无色钻石，即所谓的蓝白色钻。
E		River　（净水白）	产于河床中冲积砂矿，不发蓝色荧光的透明无色钻石，Scan. D. N 将其与前一等级合并，成为其体系颜色最高级别。
F			
G	NEAR COLORLESS 接近无色	Top Wesselton（高级温塞尔顿）	南非矿山多产近乎无色的钻石。1981 年戴比尔斯收购后，更名为“总理”矿。
H		Wesselton　（温塞尔顿）	
I		Top Crystal　（高级晶钻色）	由水晶玻璃派生的术语，指带很淡黄色调的白色钻石。
J		Crystal　（晶钻色）	
K	FANT YELLOW 轻淡黄色	Top Cape　（高级开普色）	南非地名，多产带黄色色调的钻石，其色度变化大。
L			
M		Cape　（开普色）	
N	VERY LIGHT YELLOW 轻微黄色	Low Cape　（深开普色）	
O		Light Yellow　（浅黄色）	此颜色范围内的钻石肉眼即可看出明显的黄色色调。
P			
Q			
R			
S 至 Z	LIGHT YELLOW 浅黄色		
Z^+	FANCY 彩黄色	Yellow　（黄色）	

到了 20 世纪中叶，非洲其他地区及前苏联钻石矿的陆续发现和开采，南非不再是钻石的唯一生产国。另外，依据钻石矿山或产地来划分色级并不科学，因为同一矿山生产的钻石，其颜色差别可以很大，且老术语总是带有一定的主观性和随意性，并且以地名称谓某色级钻石常生误导。尽管老术语在当时已广为流传，却没有人对其能做出相同的解释。20 世纪 50 年代美国宝石学院（GIA）不遗余力地通过教学、检测等工作，训练专业人员，统一颜色分级标准，简化颜色分级术语，定义了由字母 D—Z 的颜色分级

标准（表 7 - 1)。其目的是为钻石业创建一个科学、客观、实用的分级规则。为什么从 D 开始，主要是有别于之前的其它商业分级系统采用过字母 AAA、AA、A，A、B、C……及数字 0、1、2、3……或 0、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ等。

国际上并不是所有国家都采用 GIA 的分级系统。尤其是在欧洲就先后制定了 Scan. D. N、CIBJO、IDC 等分级体系，他们共同的特点是承续了传统颜色分级体系的精髓，更新了老术语名称，采用了商业上易于理解的描述性术语。并且与 GIA 的分级标准相对应，使国际上颜色分级标准得到了高度统一，一颗钻石无论采用哪套颜色分级标准，均能做出正确一致的结论。

三、颜色分级的一般规定

色级是指依据钻石黄（褐、灰）色调的明度和饱和度组合，按照从无到有由浅至深的变化规律，人为地划分出一系列等级的高低次序。亦即将钻石连续变化的颜色浓度(明度与饱和度共同决定）体系，人为地分割成若干个颜色浓度区间，其间的界限由字母或文字固定下来。颜色分级的具体规定如下:

(1) 每一颜色等级代表着一个狭窄的色级范围，而非一个特定的色级点。色级越高，浓度区间越窄；色级越低，浓度区间也相应变宽（图 7 - 1)。



图 7 - 1　钻石颜色等级范围示意图

(2) 每一颜色区间都有一颗代表该色级最高或最低颜色的标准样石——比色石。属于同一色级的钻石可能有轻微的颜色浓度差异。

(3) 人眼受生理机能的限制，对不同色彩的敏感性不同。微褐色比微黄色易于刺激人的视觉感官。因此初学者往往易将带褐色调较大尺寸的钻石级别定得偏低。相反，有些小于 0. 20 克拉的带褐色调的钻石，从正面观察较同色级的带黄色调的钻石显的色浅。这就是为什么钻石商采购微褐色钻石，而不买价格相近的微黄色钻石的原因。微带灰色又比微带黄色的钻石难于观察，色级往往易定高。切记对无色 - 褐、灰色系列的钻石进行颜色级别判定时，对比的是它们颜色的浓度差异，而非色调的差异。

(4) 不同大小的钻石对于颜色浓度反映的灵敏度不同。克拉值小的钻石颜色浓集程度低，颜色易显浅；克拉值大的钻石，颜色浓集程度高，色级易显深。表 7 - 2 总结了不同尺寸钻石的颜色特征。

(5) 观察钻石的方向不同，对颜色的识别能力也不同，一般情况下从冠部正视，颜色易受表面光线干扰，色级的辨别能力降低；从亭部侧视，可排除光线的干扰，对色级的辨别较准确（表 7 - 3)。

(6) 镶嵌后的钻石，金属托的颜色对钻石色级的识别有很大的影响，如 0. 5 ct 以下的 J、K、L 色级钻石镶于黄金托上，正面观之，接近无色，但克拉值较大或镶托为白色金属，一般均可看出黄色色调。

表 7 - 2　分级师从冠部观察不同尺寸钻石的颜色特征

色　　级	< 0. 15 ct	0. 20～0. 50 ct	0. 6～1. 00 ct	> 1. 00 ct
D	透明无色	透明无色	透明无色	极透明无色
E				
F				透明无色
G				
H			微黄白	微黄白
I		微黄白		
J				
K	微黄色			浅黄白
L			浅黄白	
M		浅黄白		浅黄
N				
< N	浅黄白		浅黄	

表 7 - 3　分级师从不同方向观察 0. 20 ct 以上钻石的颜色特征

色　　级	冠部正视	亭部侧视
D	透明无色	透明无色
E		
F		
G		
H		微黄白
I	微黄白	
J		
K		浅黄白
L		
M	浅黄白	
N		
< N		浅黄

第二节 颜色分级的标准

一、颜色分级标准

钻石颜色分级标准起源于传统的颜色分级老术语。后经半个世纪的发展、改进、演化，最终世界各地相继制订了具有各自特色的颜色分级标准（表 7 - 4)。

表 7 - 4　世界主要的钻石颜色分级体系对照表

美国宝石学　院 (GIA)	中国 2003		国际钻石委员会 (IDC) 1779 比利时钻石高层议会 (HRD) 1979	国际钻宝联合会 (CIBJO) 1994	斯堪的纳维亚 (Scan D N) 1980
D	D	100	特白 + Exceptional white +	特白 + Exceptional white +	特 白 Rares white
E	E	90	特白 Exceptional white	特 白 Exceptional white	
F	F	98	很白 + Rare white +	很白 + Rare white +	Rare white 很 白
G	G	97	Rare white 很 白	Rare white 很 白	
H	H	96	白 White	白 White	白 White
I	I	95	微带点 (黄色) 的白 Slightly tinted white	微带点 (黄色) 白 Slightly tinted white	微带点 (黄色) 白 Slightly tinted white
J	J	94			
K	K	93	带点 (黄色) 的白 Tinted white	带点 (黄色) 白 Tinted white	带点 (黄色) 白 Tinted white
L	L	92			
M	M	91	一级浅黄 Tinted Colour 1	Tinted Colour 浅黄色	淡黄 Slightly yellowish
N	N	< 90			
O	< N		二级浅黄 Tinted Colour 2		浅黄 yellowish yellow
P					
Q			三级浅黄 Tinted Colour 3		
R					
S - Z			四级浅黄 Tinted Colour 4		
Z^+			Fancy Color 彩黄色	Fancy Color 彩黄色	黄色 yellow

尽管不同国家或组织对钻石的色级有着不同的表示方法，但总的来说，颜色级别的划分大体上是一致的。目前，世界上对钻石的颜色分级主要遵循两套体系：一套是几乎全球（包括世界上最大的钻石销售组织——DTC）均采用的美国宝石学院（GIA）制定的以英文字母表示的分级体系；另一套是欧洲地区广泛推荐的描述性术语体系。中国香港、台湾等地区多采用以“百分制”表示的颜色术语。

我国《钻石分级标准》（GB/ T16554 - 2003）明确规定了颜色级别采用英文字母表示法，参照国际通用的划分方法，结合我国的实际情况，将颜色分为十二个级别，并以

英文字母 D～N 和 < N 来依次代表由白—黄的每一个颜色级别。同时，国内钻石贸易中也较流行的“百分制法”(即从 100 开始递减到 90，表示黄色浓度越来越深) 亦可使用。

1. 美国宝石学院 (GIA) 颜色分级标准

GIA 颜色分级体系可分为 4 大级 23 个小级别，D 为最高等级，依次为 E、F、…、Z。

(1) D—H 类　白色类。

D 级　无色极透明;

E 级　无色很透明;

F 级　无色、透明;

G、H 级　近白色，略显出似有似无的黄色色调;

(2) I—L 类　微带黄的白色类。对这一类的钻石，从台面观察近无色，但从亭部观察，显示出微黄白色。

I 级　观察钻石亭部，可显轻微黄白色，正视台面观察近无色;

J 级　观察亭部显微黄白色，但从冠部检查带轻微黄白色;

K 级　观察亭部显轻微的浅黄白色，观察冠部显微黄白色;

L 级　观察亭部显浅黄白色，冠部也显浅黄白色;

(3) M—R 类　黄色类。这一类的钻石从任何角度观察都显黄色色调。

M、N、O、P、Q 级　目视即可看出明显浅黄色或浅褐色;

(4) < R 级　明显的黄色类。这一类钻石目视可看出明显的黄色、褐色，价值较无色类低很多。

2. 中国的颜色分级体系

中国的颜色分级体系，可分为 5 大级 12 个级别。

(1) D—H 级　白色类。属于这一类的钻石不显任何颜色色调。

D 级　为最高等级，纯净无色、极透明。

E 级　纯净无色，很透明。

F 级　从任何角度观察均为无色透明。

G 级、H 级　从冠部观察看不出任何颜色色调，从亭部观察显示似有似无的黄(褐、灰) 色调。

(2) I—J 级　微黄 (褐、灰) 白类。属于这一类的钻石从冠部观察近无色，但从亭部观察显微黄 (褐、灰) 白色。

I 级　观察亭部显轻微黄 (褐、灰) 白色，观察冠部近无色。

J 级　观察亭部显微黄 (褐、灰) 白色，观察冠部显轻微黄 (褐、灰) 白色。

(3) K—L 级　浅黄 (褐、灰) 白类。属于这一类钻石从任何角度观察均带有较浅的黄 (褐、灰) 色色调。

K 级　观察亭部显很浅的黄 (褐、灰) 白色，观察冠部显微黄 (褐、灰) 白色。

L 级　观察亭部显浅黄 (褐、灰) 白色，观察冠部显很浅的黄 (褐、灰) 白色。

(4) M—N 级　浅黄 (褐、灰) 色类。属于这一类的钻石透过冠部能看出黄 (褐、

灰）色色调，观察亭部能比较清楚地看出黄（褐、灰）色色调。

M 级　观察亭部带有明显的浅黄（褐、灰）白色，观察冠部显浅黄（褐、灰）白色。

N 级　从任何角度观察钻石均带有明显的浅黄（褐、灰）白色。

(5) < N 级　黄（褐、灰）色类。属于这一类的钻石具有明显的浅黄（褐、灰）色色调。

二、各颜色分级标准的特点

(1) Scan. D. N 承续了为建立现代钻石颜色分级标准奠定了基础的老术语，具有渊源流传的历史意义。Scan. D. N 标准还对 0. 47 ct 以下钻石采用简化的色级，共分为四级，即前三级合并为一级 White（白），后三级合并为一级 Tinted Color（浅黄白），中间二级不变。

(2) CIBJO、HRD、IDC 的颜色分级标准基本一致，均采用的是与钻石颜色外观相近、易于商贸交流的描述性术语。CIBJO 和 IDC 标准，对 0. 47ct 以下的钻石不细分 EW^+ 和 RW^+ 。

(3) GIA 的颜色分级标准，虽未直接表明颜色差别的概念，但简洁、干练，便于记忆。按字母的依次顺序，等级性还是清晰分明的。

(4) GB/ T16554 - 2003 颜色分级标准，既推荐国际性通用的术语，也考虑了中国国情，两种命名都有效。

第三节 颜色分级的条件

颜色分级需要一个非常严格、苛刻的稳定条件。为确保分级结论的精确性和稳定性，颜色分级首先要具备一套标准的比色石，在合适的工作环境下，使用适当的工具，由具备专业知识和良好视力的分级师，将待测钻石与比色石比较，才能准确地判定待测钻石所属的色级。

一、标准的照明条件

钻石颜色分级中最重要的是照明条件。因为钻石显黄色的主要原因是吸收了可见光中蓝光和紫光。因此，照明的光源必须是连续的、分布均衡的白光。如在黄光含量高的白炽灯下观察钻石时，颜色都偏黄。

传统上钻石颜色分级采用散射日光（非直射日光）作为光源。既在北半球要用来自北方的日光，如设在英国的 DeBeers 钻石分级评估部和世界钻石交易中心的交易厅都利用朝北的巨大玻璃窗采光；在南半球要用来自南方的日光。然而日光是不稳定的光源，日光的强度及光线的组成随时间、地点、季节的变化而变化。如黄昏的日光中以红黄光居多，而中午则以蓝光居多。另外日光中含有紫外线，而大约 50％的钻石在紫外线照射下会激发出蓝色荧光。蓝色荧光和黄色互补，使钻石的色级看上去更高。如一颗具有

很强蓝白色荧光的 J 级钻石，在日光直射下分级可能会提高一～两个级别的色级。此外，空气中的灰尘和烟雾等对颜色分级也会有影响。为了克服以上不足，需要一种人造标准光源——专用钻石比色灯来代替日光。钻石比色灯（diamond light）是指用于钻石比色的，对照度、色温、显色指数有一定要求的日光灯。钻石比色灯应具备以下要求：

(1) 色温：比色灯色温的高低对观察钻石的颜色有一定的影响。色温越高，可见光的光谱中蓝色光的成分所占的比例较高，在这种条件下观察钻石的色级就会把钻石看得白一些；反之，色温较低，可见光的光谱中红黄光的成分就会多一些，于是看到的钻石色级显得相对黄一点。这就是为什么人们把钻石检验灯的色温控制在一个不是很大的区间范围中的原因。国际照明委员会（CIE）规定的钻石颜色评定的标准光源色温为 5500 K～6500 K。但实际操作时各国又根据各自不同的情况作出了不同的规定。我国《钻石分级》（GB/ T16554 - 2003）标准规定比色灯的色温范围为 5500 K～7200 K。《钻石色级比色目视评价方法》（GB/ T18303 - 2003）规定的钻石检验灯色温为 5500 K～6500 K ±200 K。此标准也适用于 GB/ T16554 - 2003。

(2) 照度：表示被照明物体表面在单位面积上所接受的光通量。即某物体表面被照亮的程度，单位：勒克斯（LX）。我国《钻石色级比色目视评价方法》规定的钻石检验灯的照度为 1200LX - 2000 LX。

(3) 显色指数：我国《钻石色级比色目视评价方法》规定钻石检验灯的显色指数在 75 以上。

(4) 钻石比色灯光源中不应含紫外光。

颜色分级中钻石比色灯是必不可少的工具。使用统一的比色灯可消除由于光源的不同对颜色分级造成的差异，使世界各地不同的实验室、不同的技术人员，能在相同的条件下进行分级，以保证分级结果的一致性和可比性。

二、比色石及其要求

比色石（diamond master stone）是指经过严格的色级标定，用于实验室或商业中对待测钻石色级比对时的一套标准圆钻型切工的钻石样石。依次代表由高至低连续的颜色级别。比色石要求非常严格，每颗样石必须符合以下条件：

(1) 比色石的琢型应当是切工好的标准圆钻型，粗磨腰。

(2) 质量大于 0.3 ct，最重可达 1 ct 左右，一般为 0.3 ct～0.4ct，且整套样石的质量大小要大致相同，质量差异不得超过 0.1 ct（GIA 规定质量差异不应大于 0.05 ct）。

(3) 净度级别应在 SI_1 级以上（含 SI_1 级）。

(4) 除黄色调外，无其他杂色。

(5) 无荧光反应。

(6) 比色石应当进行严格的色级标定。

对钻石的颜色分级来说，比色石的数量最好具备全部级别的比色石样石，但通常比较困难。由于市场上钻石的颜色等级范围多在 D—N 之间，所以大多数比色石的数量在 10 颗左右。我国《钻石分级》标准中规定比色石由 7～10 颗钻石组成。整套比色石应不少于 7 颗，通常代表连续的颜色级别序列。

很显然，比色石的数量越多，成本越高。只要符合鉴定或商贸的需要，比色石的数量一般不限。以挑选工作中常见的钻石颜色等级为准。GIA 提供的比色石等级组合通常为 E - G - I - K - M - O 和 F - H - J - L - N 两种。

一套合格的比色石，经严格的色级标定后，每一比色石在其所代表的色级中的位置应该一致。比色石的具体位置有上限或下限之分。位于上限位置的比色石，代表的是该色级的最浅颜色；位于下限的比色石，代表的是该色级的最深颜色。因此，使用比色石进行色级判别时应注意比色石的限定。如一颗介于 G、H 比色石之间的待测钻石，采用下限的比色石比对时，其色级应定为 H 色；采用上限的比色石比对时，其色级应定为 G 色。不同的分级标准，比色石位置的限定不同。GIA 钻石分级标准规定比色石代表每一色级的上限，而 CIBJO、IDC、GB/ T16554 - 2003 等规定每一颗标准比色石都代表该色级的下限。

国际珠宝联盟(CIBJO)的实验室有一套共 7 颗，质量分别是 1.00 ct、1.17 ct、1.07 ct、1.03 ct、1.00 ct、1.17 ct 和 1.09 ct 的“标准比色石”(Master Stones)如图 7 - 2 所示。

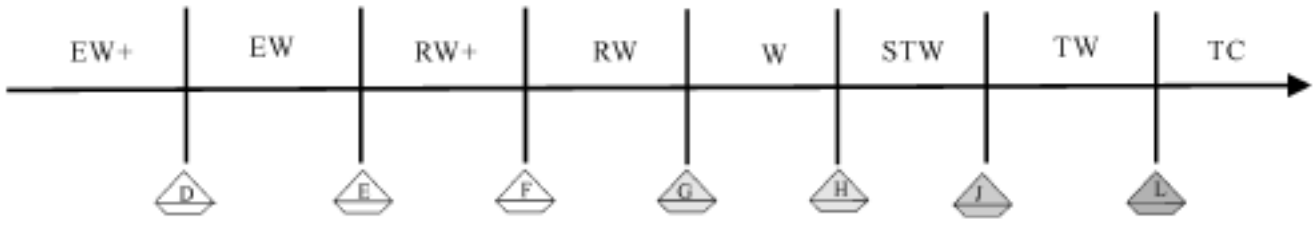


图 7 - 2　国际珠宝联盟 (CIBJO) 标准比色石示意图

另外还有 3 颗分别代表强、中、弱发蓝白色荧光的标准样石。所有的被 CIBJO 分支机构应用的比色石都是同这套母样石溯源后获得的，并经 CIBJO 鉴定通过。

1977 年世界钻石交易所联合会 (WFDB)、国际钻石生产者协会 (IDMA) 在比利时钻石高层议会 (HRD) 的实际帮助下与国际珠宝联盟 (CIBJO) 共同确定了国际钻石委员会 (IDC) 的颜色标准比色石，共 9 颗，每个色级可再细分为 3 个等级：=、+ 和 $^{+}$ + (图 7 - 3)。

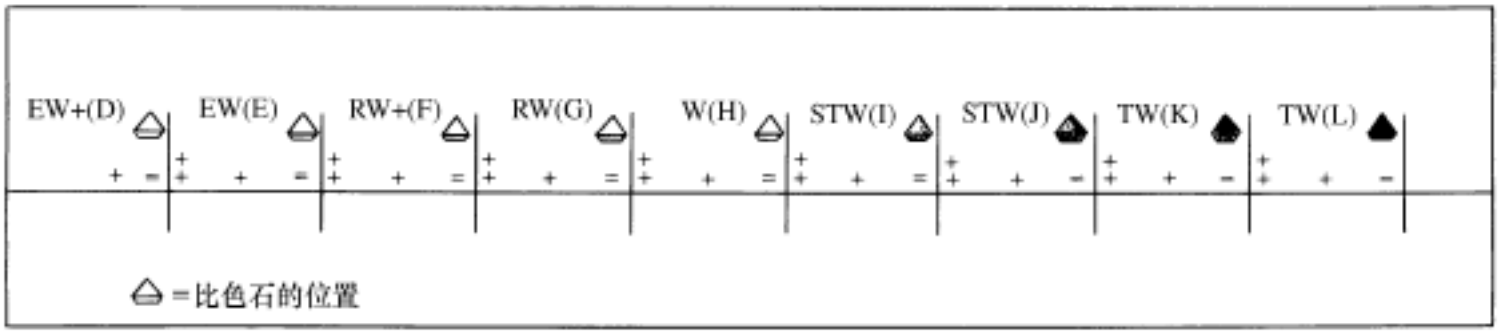


图 7 - 3　IDC 比色石在色级中的位置和每等级内再分为三个次等级示意图

(据《钻石的分级和鉴定—HRD 标准》，智尚田译，1995)

= —与比色石色级相同；+ —稍好于比色石色级；■—好于比色石色级

美国宝石学院的洛杉矶 GTL 实验室里也保存着一套完整的溯源物质—标准比色石。这是唯一专门给比色石定级的实验室。

近几年来，有些业界实验室选用比较廉价的合成立方氧化锆（CZ）作为比色石，是不妥的行为。因为 CZ 的折射率值、色散值与钻石均不相同，其亭部泄漏的光线和火彩极易干扰分级的结果。实践证明，CZ 的颜色是不稳定的，它会随着时间的推移而发生变化。但教学上利用合成立方氧化锆作为“比色石”，以展示颜色从无色 - 黄色的浓度变化现象，还是可取的。

三、良好的比色环境

钻石比色时的周围环境条件称为比色环境。它包括室内墙面、地面、窗帘、检测人员的服饰、桌椅、灯具等颜色和光线。环境对钻石颜色级别的划分有着不可忽视的影响。环境的总体色调，特别是分级操作背景色彩选择不当，会给钻石颜色分级带来误差。因此，比色时要求有一个中性的分级环境，避免太强烈的色彩，最好是白色、灰色或黑色，而且不要让阳光直接射入，最理想的场所是有标准光源的暗室。

我国《钻石分级》（GB/ T16554 - 2003）标准规定，颜色分级应在无阳光直射或其他杂色光干扰的室内环境中进行，分级环境色调应为白色或灰色。分级时采用专用的比色灯，并以比色板和比色纸为背景，以保证颜色分级的准确。

除此以外，钻石分级室也需要有足够大的空间以放置物品及仪器，同时要具有一定的隐私性和安全性，保证分级师集中精力、免受打扰以及物品的安全。

四、有经验的专业分级师

比色者虽不必是专家，但至少是受过专门的技能培训，掌握正确的操作方法，有相当经验的专业技术人员。有经验的分级师应熟悉每一色级的颜色，能辨别微弱的颜色差别。比色时要求由 2～3 名技术人员独立完成同一钻石的颜色分级，并取得统一的结果。

五、比色常用的工具

合适的比色工具对钻石颜色分级十分重要，它可将分级时人为因素降至最低，使比色工作顺利进行。颜色分级常用的工具：

(1) 钻石比色灯。除满足照明光源的所有条件外，灯管的发热量要小，光线应均匀柔和。灯体的外观部件也应该是中性颜色。颜色分级所用的灯具各不相同，有专门用于颜色分级的钻石检验灯，如 GIA 的钻石灯，另外它还配备有透射光窗口，便于褐色及灰色钻石的颜色分级；有结构相对简单的钻石比色、净度分级两用灯；许多宝石显微镜特制的反射光源匹配上一个比色槽即可组成一个小巧的比色空间。

(2) 比色板/ 纸 (white background)。用作比色背景的无定向反射作用的白色板或白色纸。在进行钻石色级评价时，用来放置比色石和待测钻石的 V 形槽板。用一张名片大小的无荧光厚白纸，折成 V 形槽，也可代替比色槽使用。

第四节 颜色分级的方法

迄今为止，钻石颜色分级的方法主要采用传统的目视比色法，在规定的环境中，使用比色灯和比色石，由受过培训的分级技术人员来完成。

一、颜色分级的操作规程

(1) 清洗待测钻石。钻石表面的污垢会影响光的透过及对颜色的辨别。建议使用酒精作为清洗剂，必要时可用酸清洗，或者用专用的擦钻布擦干净。清洗完毕后不允许用手直接拿起，应用镊子夹取。

(2) 称量待测钻石，检查内、外部特征，描述、记录净度特征，以便于辨认。

(3) 将比色石台面朝下，大约相间 2 cm，按色级由高至低从左向右依次排列在比色板上。

(4) 把排列好的比色石放置于比色灯下，与比色灯管垂直距离为 10 cm～20 cm。视线平行比色石的亭尖、腰棱或垂直于亭部刻面，因为钻石的颜色往往集中于这些部位（图 7 - 4)。冷静观察比色石，以熟悉各比色石之间的颜色差异。

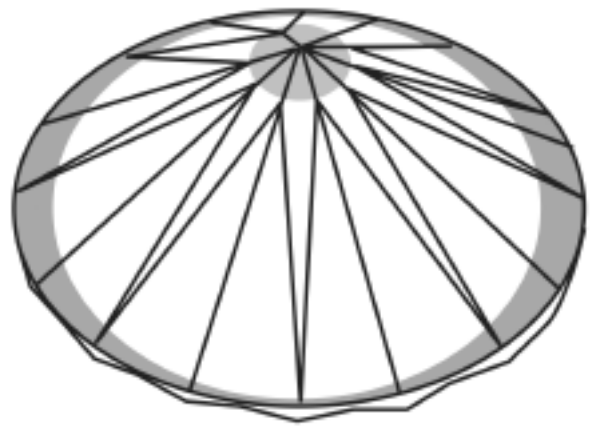


图 7 - 4　比色的位置

颜色常集中在钻石上有阴影的位置。

(5) 用清洁镊子夹取待测钻石，与比色石对比，判断钻石色级。首先找到与待测钻石颜色大致相同的比色石颜色区间，放至其中与左右两边比色石相比较。如果待测钻石比左边比色石色深，又比右边色级较低的比色石色深时，则应把待测钻石向右移动一格，再进行比较，直到待测钻石的颜色比左边的比色石深，又比右边的比色石浅为止，即可判断待测钻石所属色级。若比色石的标定为下限，则待测钻石属于右比色石色级范围。若比色石标定为上限，则待测钻石属于左比色石色级范围。图 7 - 5 所示，比色石的标定为下限时，样品 1 为 J 色，样品 2、样品 3 为 K 色。

(6) 有时在确定色级之前，把待测钻石放在比色石两侧，颜色有深浅不同的感觉，这种光学幻觉称为比色石“色差效应”。根据比色石“色差效应”可进一步确定与比色石色级一致的待测钻石。具体情况如下:

①将待测钻石放在比色石的左侧时颜色相同，放在右侧时稍浅，则待测钻石的色级较比色石的色级高〔图 7 - 6 (a)〕。②将待测钻石放在比色石的左侧时，颜色略深，放在右侧时，其颜色与比色石相同，则待测钻石的色级较比色石的色级低〔图 7 - 6 (b)〕。③将待测钻石放在比色石的左侧时，颜色显深，放在右侧时颜色显浅，则待测钻石与比色石色级相同〔图 7 - 6 (c)〕。值得注意的是，少数人的色差效应正好相反，

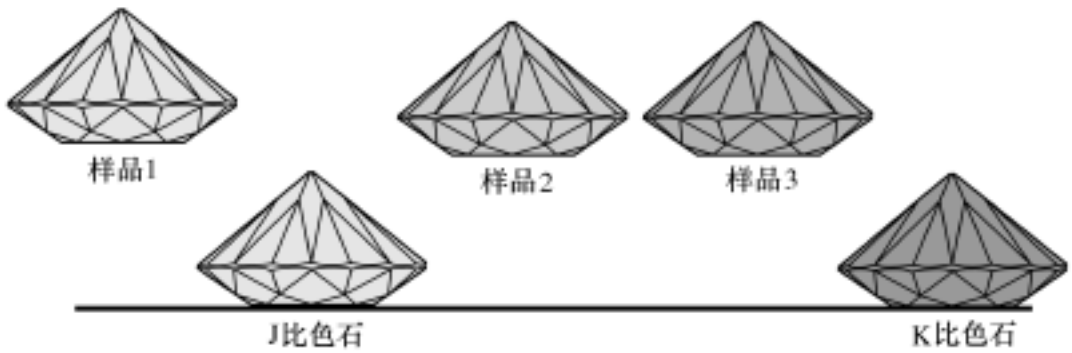


图 7 - 5　比较左右比色石确定待测样品的颜色等级

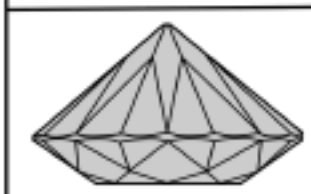
位于比色石左边	比色石	位于比色石右边	比色结果
			(a) 颜色高于比色石
			(b) 颜色低于比色石
			(c) 颜色与比色石相同

图 7 - 6　比色石的色差效应

必须反复校准，找出应对措施，方能准确定级。

(7) 检查待测钻石，确定未错换比色石。

(8) 记录比色结果。

二、颜色级别的判定规则和判定方法

(1) 若待分级钻石的颜色高于比色石的最高级别 D 时，仍用 D 表示该钻石的色级。

(2) 当待分级钻石颜色低于比色石中最低级别，则用小于该色级表示该钻石的色级。如待测钻石颜色比 N 级比色石还深，其色级用 < N 表示。

(3) 若待分级钻石与某一粒比色石颜色相同，则待分级钻石属于该比色石颜色级别。

(4) 若待分级钻石的颜色介于相邻两颗连续的比色石之间，则以其中较低等级比色石的色级表示待分级钻石的颜色级别（比色石标定为下限)。

(5) 同一色级的钻石，色调上会有轻微的差异。如图 7 - 5 所示，样品 2、3 均为 K 色。

(6) 颜色分级实践经验：①将待分级钻石放在标准的比色槽中，平行钻石腰棱偏上一点观察，若肉眼感觉钻石特别白，一般为 D—E 色级，进一步细分应对照比色石；②若肉眼感觉钻石比较白，一般为 F、G 色级。对钻石哈气可进一步验证，哈口气马上看，腰棱处显白色的为 F 色级，黄色调在腰棱处一抹而过的为 G 色级；③若肉眼感觉钻石带有黄色色调，一般为 H、I、J 色级。哈气马上观察，仅在腰棱处显黄色调的为 H 色级，腰棱及亭部都显黄色调的为 I 色级，整个侧面都显黄色调的为 J 色级。哈气观察应越快越好。

三、颜色分级的注意事项

(1) 比色观察的方位。钻石的颜色常集中于亭尖及腰围。通过亭部检查钻石的颜色，能获得正确的评价。比色观察的方向可以有多种角度（图 7 - 7），无论哪一种角度，只要比较比色石与待测钻石相同的方位即可。

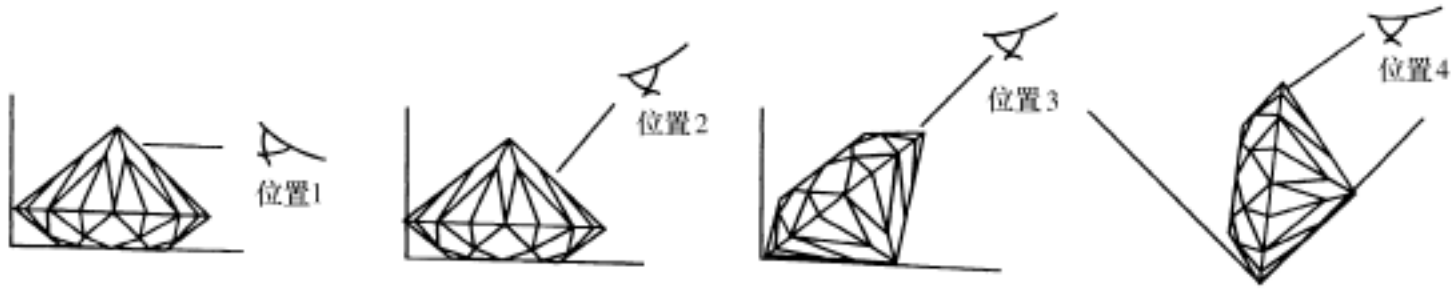


图 7 - 7　比色观察的不同方位

(2) 记忆色级是相当困难的。心理学家认为颜色是无法记忆的，所以在对高色级钻石进行颜色分级时，一定要借助比色石的帮助。如果经过非常严格的分级训练，并具有丰富的比色经验且对钻石的色级非常敏感时，不用比色石对工作中常见的颜色级别也可作出准确的判断。

(3) 比色时间不宜过长，也不宜反复比较，而应该快速作出判断。一颗钻石的比色时间通常不超过 6～8 分钟。颜色分级时虽然有比色石作参照物，但仍具有很强的主观性。长时间地从事单纯的工作，可造成视觉疲劳，使准确分级的能力下降。通常观察颜色的第一印象是最可靠的信息。另外，人的视力在不同的时间段也有差异，通常上午是视力最好的分级时间。一个鉴定时间段最好为一小时，中间应停下来休息，恢复视力。

(4) 颜色分级者在比色前应身体健康，保持最佳心理状态。因为比色是一种相对的主观判断，不是绝对的客观标准，因此颜色分级的准确性与比色者的健康状况、情绪及心理状态有很大的关系。

(5) 比色时不提倡从台面观察，因为钻石冠部的光彩会掩盖其真正的体色。

(6) 轻轻移动比色板，改变其与光源间的角度，可以减少某些刻面反射光对分级的干扰。若反射光太强，可对钻石轻轻哈气，改善反射光。总之，要寻找到一个反射光弱的位置进行比色。

(7) 一颗钻石上有时会出现两个颜色等级，称之为色域（color zoned），分级时应多角度转动钻石取其平均色作为待测钻石的色级。

(8) 当待测钻石与比色石大小相差较大时，钻石的比色非常困难。因为同色级的大钻石颜色浓集程度大，易于察觉，没有经验的比色者易将其颜色级别定得偏低。大小不同的钻石比色时应比较亭部底尖的位置且比色石与待测钻石比色的区域大小应相同（图 7 - 8)；也可比较腰围偏上相同的区域；或者比较台面与比色板接触的位置，此位置受钻石大小的影响较小。

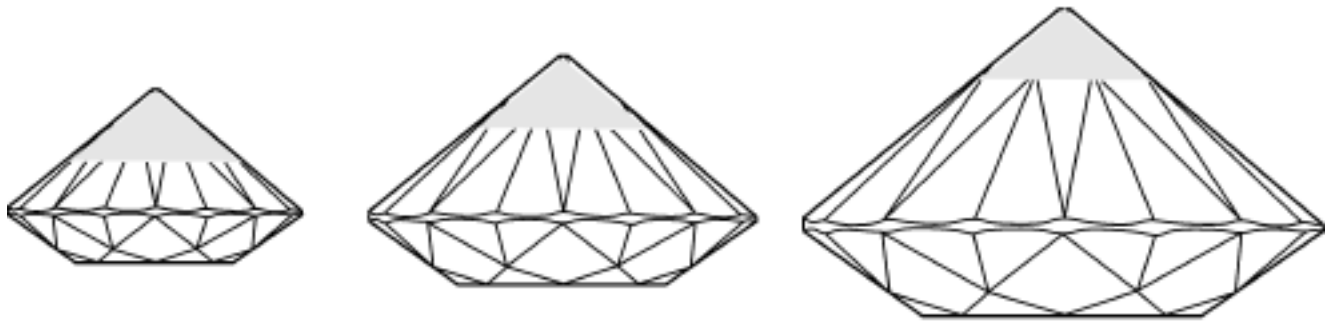


图 7 - 8

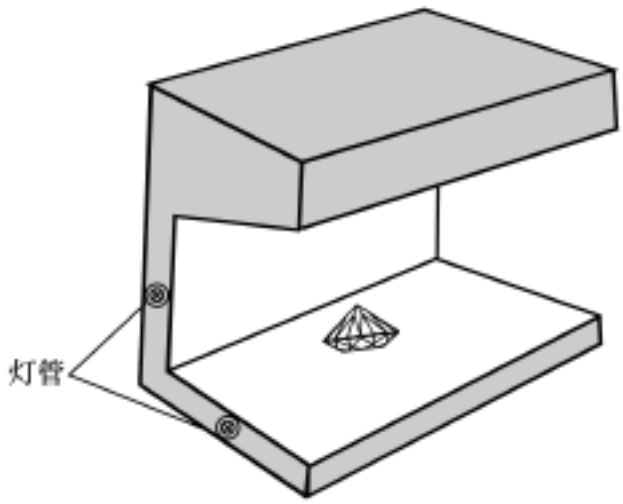


图 7 - 9　褐色、灰色钻石的透射光比色法示意图

(9) 黄色调以外的钻石比色是颜色分级中常遇到的困难。给褐色、灰色系列以及透明度差的钻石分级，往往需要改变光源的方向，让光线从比色槽的后方或下方透过，减弱光线强度，降低钻石色调的清晰度，会使分级更容易(图 7 - 9 所示)。

(10) 切工比例不良的钻石也会给颜色分级带来困难。如亭部过浅的钻石（鱼眼石）比同色级切工标准的钻石看起来颜色要浅；相反亭部过深（块状石）的钻石看起来颜色要深。切工比例不良的钻石比色应回避这些切工偏差大的部位。如亭部偏差大，比色应选择台面与比色板接触的位置或腰围；冠部偏差大，比色应选择底尖；若腰围太厚或明显的粗糙腰，比色也应选择底尖。

(11) 标准圆钻型以外的其他花式钻石，因其琢型和刻面数不同，外观颜色变化较大，判定色级比圆钻型更加困难。一般沿长度方向观察花式钻石的颜色比宽度方向的颜色要深；而菱形、梨形、心形的尖端或开口处颜色最为集中，不是比色的有利部位；祖母绿型因其亭部刻面的排列方式不同，颜色也有变化。花式钻石颜色分级的步骤如下：①台面朝下，仔细观察每个方向，通常以斜对角线方向比色为准（图 7 - 10 所示)；②台面朝上复查色级，若颜色反而变深，则应调整降低颜色等级。

四、钻石的荧光强度分级

大约有 50%的钻石在紫外线的照射下会产生荧光，钻石荧光的颜色、强度对钻石

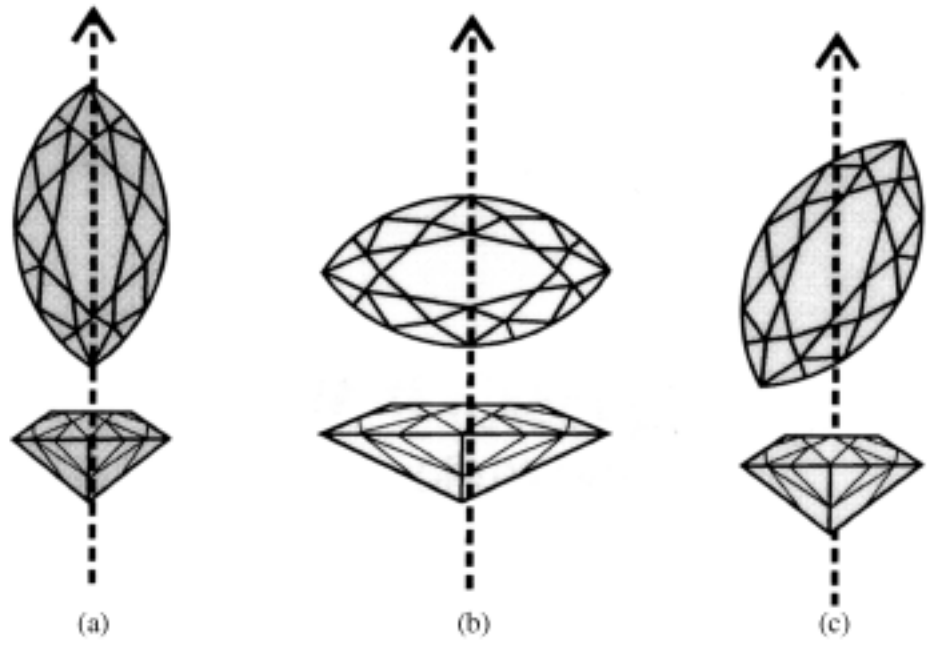


图 7 - 10　花式钻石的比色

(a) 平行长轴方向颜色显深；(b) 平行短轴方向颜色显浅；(c) 平行对角线方向适合比色

的外观（体色）有一定的影响作用，甚至有时影响到钻石的价格。这就是钻石荧光强度分级的意义。

钻石荧光最常见的颜色为蓝白色，其次为黄白、黄、黄绿、橙黄等色。具中等强度以上的蓝白色荧光会使无色透明的钻石看上去更白，如“Jager 钻石"。强蓝白色荧光也可与浅黄色钻石的黄体色互补，看上去接近无色，提高了钻石的色级。如果钻石发黄色荧光，无论如何都会使钻石的色级降低。太强烈的荧光还会使钻石呈现朦胧油状，降低钻石的透明度，影响到钻石的净度，如“Premier" 超蓝钻。荧光还被许多珠宝商用来营造神秘感和意外惊喜。

1. 荧光强度级别

荧光强度（flourescence degree）是指钻石在长紫外光照射下发出的可见光强弱程度。

我国《钻石分级》标准中，把钻石的荧光强度级别划分为强、中、弱、无四个等级。CIBJO 也把荧光级别分成四个等级。GIA 则划分为极强、强、中、弱、无五个等级。

2. 荧光强度分级的方法

荧光强度分级是采用目视的方法，在长紫外线下，对比标准荧光强度样石，对钻石的荧光强度进行等级划分。

荧光强度样品（masterstone flourescence degree）是指一套以标定荧光强度级别的标准圆钻型切工的钻石样石。通常由 3 颗组成，依次代表“强”、“中”、“弱”三个级别的下限。其步骤如下:

(1) 将荧光样品按强、中、弱的顺序，从左至右等距离摆放在紫外荧光灯的暗箱中。

(2) 打开长紫外光灯的开关。

(3) 用镊子夹取待分级钻石，将其放在紫外荧光灯的暗箱中，与荧光强度样品对

比，判断其荧光强度级别。

3. 荧光强度级别划分规则

(1) 若待分级钻石的荧光强度高于荧光强度对比样品中的“强”，仍用“强”表示该钻石的荧光强度级别。

(2) 当待分级钻石的荧光强度低于荧光强度对比样品中的“弱”，则用“无”代表该钻石的荧光强度级别。

(3) 待分级钻石与某一粒荧光强度对比样品相同，则该样品的荧光强度级别为待分级钻石的荧光强度级别。

(4) 待分级钻石的荧光强度介于相邻两颗对比样品之间，则以较低级别代表待分级钻石的荧光强度级别。

(5) 同一荧光强度的钻石，荧光强度上会有轻微的差异。

(6) 除需标出荧光强度外，还需标出荧光颜色。

钻石的荧光强度是钻石分级报告中的一项内容，不可与颜色等级相提并论。

商业上，高色级（H 色以上)、高净度（VS 级以上）的钻石若具有中等以上的蓝白色荧光，其价格往往比无荧光的钻石低 1%～10%，荧光越强，对价格的影响越大。而微黄色的钻石（I 色以下）若具有中等以上的蓝白色荧光，可最多加价 4%。弱荧光以及低净度钻石的荧光对价格的影响不大，具体影响程度见图 7 - 11。具黄色荧光的钻石价格往往可折扣 5%～10%。然而真正的钻石贸易时，很少有人把有荧光和无荧光的钻石详细分开。因此，荧光对钻石价格的实际影响意义并不大，仅作参考意见。

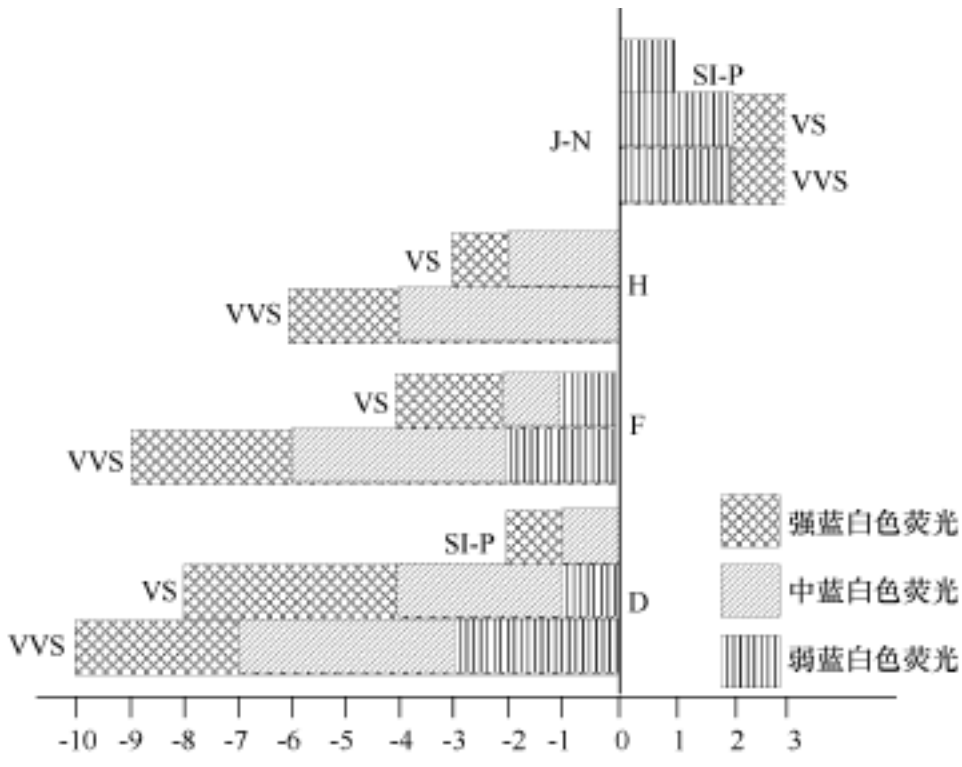


图 7 - 11　荧光对钻石价格的影响

五、颜色分级的其他方法

采用比色法对钻石进行颜色分级总是或多或少地带有人为无法克服的主观因素。因

此长期以来人们一直努力寻找更科学更客观的颜色分级方法。但由于方法和手段的限制及颜色成因的复杂性，至今人们尚未找到一种理想的方法，现仅简单介绍一下在钻石颜色分级方面的一些探索性研究工作。

(一) 色度仪法

色度仪是测定钻石在可见光波段 (360～700 nm) 色度坐标值的小型分光光度计。该仪器利用了钻石的黄体色与可见光蓝光的吸收关系，以及蓝光吸收越强，体色越黄的原理，测定 CIE 颜色表上的红绿蓝三刺激值，能对 0.25～10 ct 的钻石进行全光谱分析，根据颜色色度坐标值在色度图上的投影点可以提供 CIE 表色系中所有颜色的光谱，从而达到颜色分级的目的。另外它还可指明彩色钻石的明度和饱和度，更利于彩色钻石的分级。但色度仪所测结果精度不高。

(二) 分光光度计法

分光光度计法是使用紫外线—红外线检波器作为测量器件，利用不同颜色级别的钻石在特定波长的吸收强度不同的原理，来判断钻石的颜色等级的方法。它可测定钻石从紫外线 (200 nm 左右) 到红外线 (2 500 nm) 范围内某一特定波长处或一定波长范围内的吸收光谱及吸收强度，对样品的颜色成因进行定量或定性分析。由显示器给出反映吸收光谱特征的图像。由于该仪器具有高灵敏度的检波器及液氮冷却 (-193℃) 装置，使得钻石在室温下一些很弱的吸收线清晰可辨。

然而用分光光度计对钻石进行颜色分级时，目前还有相当的难度：①同种颜色等级，不同类型的钻石吸收光谱不同，两者的强度很难对比；②钻石的颜色往往是多种色心的组合，不同的组合类型其吸收光谱特征不同，吸收强度难以对比；③即使是以某种特征波长的吸收为主，其他的弱吸收的类型不同，吸收强度也很难对比；④根据吸收强度确定颜色级别的标准其本身所要考虑的因素也很复杂。

较理想的方法是首先确定钻石的类型 (或颜色成因)，同种类型的钻石其光谱特征基本相似，根据颜色的深浅与吸收强度的关系，可以较科学地进行颜色分级。另外，使用荧光光度计不仅可详细地研究发光问题 (其优点是能表示发光的本质)，而且有助于进一步确定颜色的性质，若需要的话，还可记录荧光光谱。

近几年来，计算机技术在珠宝界得到了广泛的应用，以色列的克朗计算机工业公司生产的钻石比色仪 (Diamond Colormeter DC2000) 在钻石颜色分级方面进行了深入的研究，取得了一定的进展，对不同大小、不同琢型、不同色调的钻石均可测量，但色级的精度和其他影响色级的因素还无法解决。

总之，通过研究吸收光谱的特征，确定钻石颜色的成因、荧光和其他特征 (如钻石的类型) 等，从而以更科学的方法对钻石的颜色进行分级。

目前利用仪器对钻石的颜色进行分级的研究工作还在大量样品重复测试的过程中，缺乏足够的规律性，但这毕竟为人们打开了一条钻石颜色分级的新思路。

第五节 彩色钻石的颜色分级

彩色钻石的主要魅力在于其独特的颜色，琢型比例、净度都不像无色钻石那样严重地影响它的价值。钻石工匠们有这样一句行话“当你切磨彩色钻石时，要将书抛开”。所以，在评价彩色钻石时更应注重它的颜色及这种颜色的稀有程度。

一、彩色钻石的分级条件

对彩色钻石进行颜色分级，其光源要求更为严格，一般采用国际照明委员会的标准光源 D65，在中性背景的环境中，以《孟塞尔颜色图册》作为参照物，将彩色钻石台面朝上（HRD 要求台面朝下）放置于白色比色板的凹槽中，让视线垂直台面或垂直冠部刻面，稍微晃动钻石，消除表面反射光的影响，以观察到颜色的最佳特征色。

二、彩色钻石的分级标准

彩色钻石的分级比“开普”系列的钻石分级要复杂的多，它不但要考虑色调（彩色间能相互区分的种类），还涉及到色彩的明度（彩色的明亮程度）和饱和度（彩色的纯净程度）等问题。此外，彩色钻石极为稀少，一般分级技术人员无法得到这方面的实际训练，且难以获得一套理想的比色石。尤其是对彩色钻石颜色的描述众说纷纭，有时还用一些不确切的俗名表述，如白兰地酒黄、金丝雀黄等。为了统一彩色钻石的颜色分级标准，GIA、HRD 建立了各自的分级标准。

1. GIA 彩色钻石分级体系

早期是建立在彩黄色钻石分级的基础上，在 Z 比色石后，增设了若干个彩黄色标准样石。1994 年 GIA 的 GTL 实验室的研究人员从《孟塞尔颜色图册》的无光泽样品（共 150 块颜色样品，外加 32 块中性色样品）中，选出了其中的 27 种色调样品，拼成了一个连续的红、橙黄、绿、青、蓝、紫彩色色调环（图 7 - 12a），分别代表了自然界中彩色钻石的所有色调，并辅以色彩的明度和饱和度术语（图 7 - 12b 横坐标表示颜色的饱和度高低，纵坐标表示颜色的明度），从而构成了 GIA 彩色钻石分级体系的主体内容。

（1）GIA 的色调术语共 27 个（从色调环的 12 点处顺时针方向开始）分别为：1. 红色；2. 橙红色；3. 带红的橙色；4. 橙色；5. 略带黄的橙色；6. 黄橙色；7. 橙黄色；8. 略带橙的黄色；9. 黄色；10. 略带绿的黄色；11. 绿黄色；12. 黄绿色；13. 略带黄的绿色；14. 绿色；15. 略带蓝的绿色；16. 蓝绿色；17. 绿蓝色；18. 略带绿的蓝色；19. 蓝色；20. 略带紫的蓝色；21. 略带蓝的紫色；22. 紫罗蓝色；23. 紫色；24. 带红色的紫色；25. 红紫色；26. 紫红色；27. 带紫的红色。

（2）GIA 的 9 个辅助性前缀术语：

Faint：微弱的（表示明度极高，饱和度极低）

Very Light：很淡的（表示明度很高、饱和度低）

Light：轻淡的（表示明度高、饱和度较低）

Fancy Light：浅色的（表示明度较高、饱和度较低）

Fancy：彩色的（表示明度中等、饱和度适中）

Fancy intense：鲜明的（表示明度中等，饱和度较高）

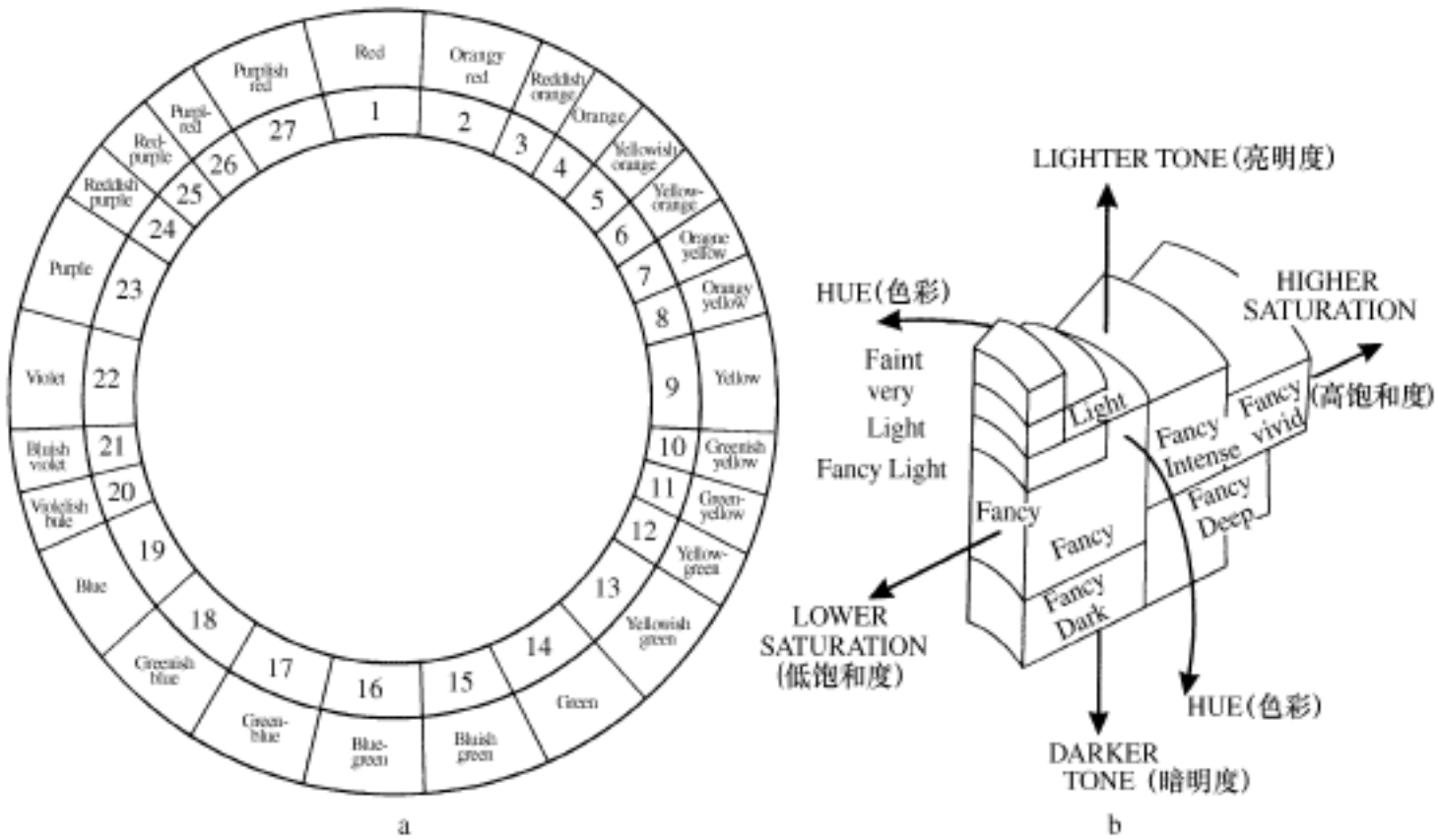


图 7 - 12　彩色钻石的颜色分级

a—彩色钻石的色调环；b—彩色钻石的辅助性术语

Fancy Vivid：**艳丽的（表示明度中等，饱和度高）**

Fancy deep：**深暗的（表示明度暗，饱和度中 - 高）**

Fancy dark：**暗淡的（表示明度较暗，饱和度低 - 中等）**

(3) **命名规则**：

前缀术语 + 色调术语 + 描述颜色均匀度术语（均匀或不均匀）。

例如有一颗彩色钻石，色调为黄橙色。色彩的明度较高，饱和度较低，颜色均匀。则该钻石按 GIA **的彩色钻石分级标准应命名为浅黄橙色钻石**（fancy light yellow - orange Diamond）。

2. HRD **的彩色分级标准**

HRD **的彩色分级标准，选用《孟塞尔颜色图册》有光泽样品（共** 1450 **块彩色样品，外加** 37 **块中性色样品）中的** 23 **种颜色样品作为彩色钻石颜色的参照物，系统描述钻石颜色的色调，同时使用** 4 **个前缀术语综合表示明度和饱和度。它们是**：

Faint（**微弱的**）：**透过冠部看不出颜色色调，透过亭部稍微能看出。**

Light（**轻淡的**）：**透过冠部颜色色调能看出，透过亭部则感觉明显。**

Intense：（**浓艳的**）：**颜色色调清晰、饱和度高、明度较高。**

Dark（**暗的**）：**颜色饱和度高，明度较暗。**

命名规则：前缀术语 + 色调术语

总之，彩色钻石分级时应掌握这样一个原则，彩色钻石的颜色愈稀有，其颜色的等级越高，价值也就越高；颜色越浓，饱和度愈高，其价值越高。如一颗质量为 0. 95 ct **的红色钻石**（Aancock），**属于** fancy purplish-red，**于** 1987 **年** 4 **月在纽约克里斯蒂拍卖**

价为 926 000 美元/克拉；而一颗质量为 20.17 ct 的祖母绿型蓝色钻石（属于 deep blue），在 1994 年 10 月纽约苏富比的拍卖价为 490 952 美元/克拉。尽管“Aancock”包裹体易见，且比后者小，色较浅，但因颜色更稀有而价格更高。

第八章

钻石的净度分级

自然界中，纯净无瑕的钻石几乎是不存在的，大多数的钻石总是或多或少地含有其生长过程中业已存在的及切磨加工中人为造成的和首饰佩戴时不慎损坏的各种瑕疵。钻石越纯净，价值越高，瑕疵会降低钻石的净度等级和价值。钻石中所有的瑕疵类型统称为净度特征。显然，净度特征也是评价钻石质量的一个重要因素。

净度分级是指钻石内、外部净度特征从无到有的相对程度，是人为地划分出一系列等级的高低次序。

净度分级是采用 10 倍放大镜，对钻石内部和外部的特征进行等级划分。

20 世纪初，当时最重要的钻石贸易中心——巴黎即开始从贸易角度来观察钻石的瑕疵，并把钻石按品质分为两类：①肉眼看不到任何瑕疵的“洁净”钻石；②较常见的具明显瑕疵的“瑕疵”钻石。这是净度分级的雏形。20 世纪中期，美国宝石学院(GIA) 根据所观察到的瑕疵的数量、大小、多少、位置、类型，以 10 倍放大镜为基准提出了系统的净度分级方案，同时详细的定义了净度术语。这套分级方案提出后就得到了业界普遍的认同和采用。60 年代后期，欧洲各钻石分级体系先后出台，并以中性词内含物 (Inclusions) 取代了 GIA 的含贬义性的瑕疵 (Imperfect) 一词，后来这一观点也被 GIA 所接受。然而，钻石不但发育有内部瑕疵，同时也具有表面缺陷，于是内部特征就成了内含物的同义语，与之相对应的外面特征的术语自然产生。

总之，钻石的净度等级不但反映了钻石的稀有程度，同时也是钻石美丽与价值的体现。

第一节 净度特征及意义

钻石的净度特征依据它们分布在钻石的内部及表面的位置不同可划分为内部特征和外部特征两大类。

一、内部特征

内部特征是指包含在或延伸至钻石内部的天然包裹体、生长痕迹和人为造成的缺陷。观察内部特征非常重要，因为它们是影响钻石净度等级的主要因素。

(1) 晶体 (Crystal)　　晶体是指钻石内所有具有明显的三维几何形态的矿物晶体。晶体又可分为无色的或浅色的包裹体及深色的或黑色的包裹体。它的种类繁多 (据统计有 20 多种)，形态各异，是钻石中最普遍的内含物，在众多的晶体包裹体中，小钻

石出现的几率最多，其次可见橄榄石和石榴子石。它们常被小羽毛状裂隙环绕。或单独出现，或成群分布，可大亦可小。晶体的出现，意味着钻石的净度等级一般不会高于VS级。除非晶体很大，否则也不会对钻石的美观及耐久性造成影响。

(2) 点状物（Pinponit） 或称针尖，钻石内部极小的天然包裹物。有无色和深色之分，单一或成群分布，它对净度级别的影响不大。

(3) 云状物（Cloud） 钻石中朦胧状或乳状无清晰边界的包裹物，可能是由许多极细小的点状物组成，也可能由结构位错引起。云状物常依钻石的对称轴分布（与钻石的成长历史有关），有时在白色的云雾里还可出现一些黑色的大小不等的点状物。云雾有时清淡，分布在小的区域内，对净度的影响不大；有时浓重，散布在整个钻石中，不但降低了钻石的净度和透明度，而且也影响了钻石的美观。

(4) 羽状纹（Feather） 钻石内由于解理或张力所造成的裂隙，形似羽毛状。若羽状纹相对较大，则可称之为“裂纹”。羽状纹易沿钻石的四组八面体方向裂开，分裂面平坦、光滑。若沿任意方向破裂，其破裂面多成阶梯状。羽状纹对净度的影响明显，通常易于观察到。个别情况下，有些细小的羽状纹单独出现，且破裂面与钻石的小刻面垂直时，观察起来较困难，应特别仔细寻找，以免疏漏而造成结论上的错误。

(5) 须状腰（Bearding） 存在于腰部的须状微裂纹深入内部的部分，形似老人的胡须。它是由于过激的粗磨造成的。粗糙腰围与其成因相似，但粗糙腰棱有砂粒感，常伴有很小的缺口。

(6) 内部纹理（Internal Graining） 钻石内部因原子排列不规则所造成的生长痕迹，如双晶纹、生长纹等。纹理可多可少、可粗可细 、可平行也可相交。纹理看上去多为白色的细线，有时可反光形成彩色条纹，它对净度的影响程度不等。若纹理密集地出现在整个钻石内部时，可降低钻石的透明度，使钻石看上去有朦胧感。

(7) 双晶中心（Twinning Center） 结晶构造发生错动的中心点，常伴生有点状物。

(8) 内凹原晶面（Sunken Natural） 从表面凹入钻石内部的原始晶面。多出现于钻石的腰围，也可出现于其他部位。理论上深凹的锯齿状或三角状的天然晶面经重新打磨可以去除，但会造成质量上的损失，因此它会降低钻石的净度等级。

(9) 激光痕（Laser Drill mark） 用激光束及化学药品去除钻石内部深色包裹物时留下的痕迹。管状或漏斗状称为激光孔。常被高折射率玻璃充填。

(10) 击痕（Bruise） 钻石表面受外力撞击形成的根部伸入到钻石内部的痕迹。击伤痕通常为白色，具一定的几何形态，尺寸可大可小。

(11) 破口（Chip）。腰部边缘破损的小口，多呈“V"字形。

(12) 坑或洞（Cavity） 是钻石中较严重地从外部深入到内部的特征。它们可能是由于解理崩落了小块钻石所致，也可能是钻石在抛光时造成表面的包裹体脱落而产生的坑或洞。

二、外部特征

外部特征是指暴露在钻石外表的天然生长痕迹和人为造成的缺陷。外部特征没有内部特征对钻石的净度影响重要，因为它们绝大部分可以通过重新抛光来改善，并且没有

大的质量损失。

(1) 原始晶面 (Natural)　　为保持最大质量而在腰部或近腰部保留的原始结晶面。原始晶面上多留有生长“印记”，小面边缘多呈曲线不规则状。原晶面若不影响腰围的圆度，不超过腰围的厚度是精湛切磨技术的象征。

(2)刮伤(Scratch)　　表面很细的划伤痕迹。看起来像细的白线,多出现于台面上。

(3) 磨损 (Abrasion)　　棱线或底尖细小的磨擦受损，而不是原来很锐利的棱和角，外观呈白色或模糊状。

(4)点(pit)　　钻石表面极细小的缺口,在十倍放大镜下看起来像一极小的白点。

(5)抛光纹(Polish Lines)　　抛光不当所致的细密线状痕迹,其方向受控于一定的刻面。有时受光的干涉作用,呈现彩色的细纹。抛光纹多发育于亭部刻面近底尖附近。

(6) 烧痕 (Burning)　　抛光不当所致的糊状烧伤疤痕，且清洗不掉。烧痕的种类有：①随机定向的小烧灼痕；②圆形或几何形的烧灼痕；③大面积出现的烧灼痕。

(7)表面纹理(Surface Graining)　　表面的生长痕迹,呈直线、折线或其他几何形状。这是钻石结晶时,内部原子排列不规则所形成的一种现象。它不受小刻面的约束。

(8) 额外刻面 (Extra Facet)　　在标准切工所规定之外的所有多余刻面。它是为去除表面特征或修正微小切磨偏差，不得已而为之，也可能是切磨师的纯技术原因。额外刻面光滑、平坦，无生长印记，多为不对称几何形态，边缘平直。额外刻面可以出现在钻石的任何部位，但常靠近底部腰围。

(9) 缺口 (Nict)　　钻石腰或棱线上的撞伤。

三、净度特征的意义

净度分级是根据钻石中瑕疵可视的难易程度来定级的。依据净度级别可以评判内含物对钻石美观程度及稀有程度的影响。

净度与价格的关系比其他 3 个“C”容易理解。用自己的专业术语，说明净度特征的成因，以及对价格、美观和耐久性的影响，甚至当某些内含物被解释的生动而有趣时，还会增加消费者对内含物的兴趣，不但可以澄清人们对瑕疵的错误观念，增强购买信心，而且也可以帮助他们找到一颗既喜欢又符合预算的钻石。

钻石总是或多或少地含有属于它自己固有的净度特征，而钻石相似品大多内部干净，极少情况下会有人工制造的特殊内含物，准确判别钻石的净度特征，是区分相似品的有效手段。

对钻石包裹体的研究，提供了钻石形成的重要地质信息。尤其是测试包裹体内部压力、温度以及对稳定同位素的研究，揭示了钻石的形成、运移、演化直至到达地表的全过程，反映了钻石形成于地球深部高温高压和还原的地质环境。

钻石的净度特征对钻石的切磨有着重要的指示意义。面对不规则形态的钻石，寻找它的结晶生长方向,是锯开、劈开和抛磨钻石必不可少的依据。切磨师首要考虑的是将内含物如何去除或将其安排在最不明显的部位而不损失太多的质量,以提高钻石的价值。

每一颗钻石都是大自然的独特杰作。自然界中绝无两颗净度特征完全相同的钻石。钻石内含物如同指纹一样也是辨认钻石身份特征的依据。

第二节 净度分级标准及判定

一、净度分级标准

1. 净度分级标准的确定

国际上各种钻石净度分级的标准大同小异，大多数的国家采用的是建立在 10 倍放大镜基础上的定性描述分级体系。每一级别是根据瑕疵的大小及观察的难易程度来确定的。实际上没有一个钻石是绝对洁净的，几乎所有的钻石中都含有瑕疵，仅仅是在 10 倍放大镜下有可能是洁净的。另外，人眼只能在 10 倍放大镜下分辨大于 5 μm 大小的瑕疵，而小于 5 μm 的瑕疵则分辨不清。

根据瑕疵在钻石中的可见性，大体上可分为：

- 无瑕级：10 倍放大镜下，钻石内、外部均无瑕疵
- 有瑕级：10 倍放大镜下有瑕疵
  - 极微瑕级　极难发现　很难发现
  - 微瑕级　难发现　比较容易发现
  - 小瑕级　容易发现　很容易发现
  - 瑕疵级　肉眼能发现，10 倍放大镜下显而易见
- 肉眼可见　肉眼易见　肉眼很易见

从以上净度级别可以看出，定性观察总是不可避免地存在着人为因素，这同人的观察能力、经验有很大的关系。如容易发现和比较容易发现之间没有截然的界线，不同的观察者，可能会有不同的认识。

目前有些国家试图采用与颜色分级相似的对比法，首先建立一套标准的净度分级样石，然后将待测钻石与样石比较进行净度分级，但钻石的净度特征千差万别、包罗万象，要想建立一套标准的净度等级样石极其困难。

比利时钻石高层议会（HRD）的分级体系要求定量地测量出瑕疵的大小、数量、多少及对比度，并将其测量结果换算成修正值，分别投图至台面区、冠部区、腰部区和亭部区的不同净度等级区域内，最后以最差的级别决定钻石的净度等级。其结论比定性观察结果更为科学，在某种程度上解决了净度分级的唯一性和重复再现性的问题。但这种定量分级方法的可操作性差。

表 8 - 1 列举了世界上主要的净度分级标准。重点对比介绍美国珠宝学院（GIA）、国际珠宝联盟（CIBJO）及中国的净度分级标准。

我国《钻石分级》标准（GB/ T16554—2003）规定：钻石的净度级别分为五大级，由高至低依次是：LC、VVS、VS、SI 和 P。其中 VVS、VS、SI 又细分为两个小级别，即 VVS_1、VVS_2、VS_1、VS_2、SI_1 和 SI_2，P 细分为 3 个小级别，即 P_1、P_2、P_3。下角标为“1”的净度级别高于下角为“2”的级别。

表 8 - 1　世界主要钻石净度分级体系对照表

CIA		CIBJO③		中国		ISO			
级别	鉴定特征	级　　别	鉴定特征	级　　别	鉴定特征	级　　别		鉴定特征	
FL（无瑕级）	10 倍放大镜下观察，钻石内、外部无任何特征，但允许有①。	LC(镜下无瑕)	10 倍放大镜下看不见任何内含物，绝对透明	LC(镜下无瑕)	10 倍放大镜下，未见钻石具有的内部和外部特征①	LC 镜下无瑕	FL 无瑕	10 倍镜无内部特征/ 内含物但允许有④	10 倍放大镜下无内部特征/ 内含物和外部特征/ 瑕疵，但允许有①
IF(内部无瑕级)	10 倍放大镜下钻石无内含物，但外部有极小的经重新抛光可去除的特征。						IF 内部无瑕		10 倍放大镜下无内部特征/ 内含物，但有外部特征/ 瑕疵。④不影响本级
VVS_1(一级极微瑕级)	10 倍放大镜下极难发现极微小的或很不明显的内含物。VVS_1 与 VVS_2 的区别见②。VVS_2 级的内含物仍很难看见。	VVS_1(一级极微瑕)	极微小的内含物，10 倍放大镜下很难发现。VVS_1 与 VVS_2 的区别见②、③	VVS_1(一级极微瑕)	钻石具有极微小的内、外部特征，10 倍放大镜下极难观察	VVS 极微瑕	VVS_1	10 倍放大镜下极难看到细微的内部特征/ 内含物	
VVS_2(二级极微瑕级)		VVS_2(二级极微瑕)		VVS_2(二级极微瑕)	钻石具有极微小内、外部特征，10 倍放大镜下难以观察		VVS_2	10 倍放大镜下很难看到细微的内部特征/ 内含物	
VS_1(一级微瑕级)	10 倍放大镜下可见较小的内含物，难见至稍微容易看见。VS_1 与 VS_2 的区别见②。	VS_1(一级微瑕)	很小的内含物，10 倍放大镜下难发现。VS_1 与 VS_2 的区别见②、③	VS_1(一级微瑕)	钻石具细小的内、外部特征，10 倍放大镜下难以观察	VS 微瑕级	VS_1	10 倍放大镜下难见细小的内部特征/ 内含物	
VS_2(二级微瑕级)		VS_2(二级微瑕)		VS_2(二级微瑕)	钻石具细小的内、外部特征，10 倍放大镜下比较容易观察		VS_2	10 倍放大镜下较容易看到细小的内部特征/ 内含物	
SI_1(一级小瑕级)	明显的内含物，在 10 倍放大镜下比较容易或容易观察。SI_1 与 SI_2 的区别见②。	SI_1(一级小瑕)	小的内含物，10 倍放大下较易发现，但肉眼看不见。SI_1 与 SI_2 的区别见②、③	SI_1(一级瑕疵)	钻石具明显的内、外部特征，10 倍放大镜下容易观察	SI 小瑕级	SI_1	10 倍放大镜下容易看到明显的内部特征/ 内含物	
SI_2(二级小瑕级)		SI_2(二级小瑕)		SI_2(二级瑕疵)	钻石具明显的内、外部特征，10 倍放大镜下很容易观察		SI_2	10 倍放大镜下很容易看到明显的内部特征/ 内含物	
I_1(一级瑕)	10 倍放大镜下内含物显而易见，肉眼从冠部观察有些困难，内含物并不影响其亮度。	PI(一级瑕)	10 倍放大镜下内含物立即可见，但肉眼不易从冠部发现，不影响亮度	P_1(一级重瑕疵)	钻石具明显的内、外部特征，肉眼可见	P 或 I 有瑕级	P_1/ I_1	肉眼可见明显的内部特征/ 内含物	
I_2(二级瑕)	内含物大而多，肉眼容易观察，并影响到钻石的亮度。	PⅡ(二级瑕)	肉眼从冠部一侧容易看到大而多的内含物，对钻石亮度有轻微影响	P_2(二级重瑕疵)	钻石具很明显的内、外部特征，肉眼易见		P_2/ I_2	肉眼容易看见很明显的内部特征/ 内含物	
I_3(三级瑕)	大的内含物，不仅肉眼显而易见，还削弱钻石的透明度与亮度，也影响其耐久性	PⅢ(三级瑕)	肉眼从冠部极易发现大而多的内含物，降低了钻石的亮度	P_3(三级重瑕疵)	钻石具极明显的内、外部特征，肉眼很易见		P_3/ I_3	肉眼很容易看见十分明显的内部特征/ 内含物	

① 下列情况仍属于 10 倍镜下无瑕级：a. 额外刻面位于亭部，冠部不可见。b. 原始晶面位于腰部，不影响腰部的对称。c. 内部生长纹无反射现象，不影响透明度。d. 钻石内、外部有极轻微的瑕疵，经重新加工后可除去；②VVS、VS、SI 又可分成两个亚级，其级别主要是根据瑕疵的大小、数量、位置进一步划分的。IF 级与 VVS_1 的区别在于 IF 只有外部极微小瑕疵，而 VVS_1 内、外部均有极微小瑕疵；③CIBJO 将级别 VVS、VS、SI 又分成两个亚级，但这只针对 0.47ct 和更大的钻石。④不反光、白色或有色，但不太影响钻石透明度的内部生长纹

对于质量低于（不含）0.0940 g（0.47 ct）的钻石，净度级别可划分为五个大级别。

2. 净度分级标准释义

要精确地定义和释义除无瑕级之外的任何净度等级是不可能的，因为钻石的净度特征千变万化，可组合成无穷的净度等级，而所释义的净度等级的典型特征，代表的是符合这一等级的最常见的特征，而不是这一等级中唯一可见的特征。

(1) 无瑕级（Flawless）

简称 FL 级，是指专业技术人员在 10 倍放大镜下观察，钻石既无内含物也无外部特征。

(2) 内部无瑕级（Internally Flawless）

简称 IF 级，是指专业技术人员在 10 倍放大条件下观察无内含物，但有轻微的外部特征。如轻微的表面生长纹或双晶纹，大于腰厚的原晶面，位于亭部稍大的多余面及可经重新抛磨去除，而不明显损失质量的其他外部特征。它与无瑕级的区别在于允许有轻微的表面特征。

GB/ T16554-2003 中的镜下无瑕级（LC）是将无瑕级（FL）和内部无瑕级（IF）合二为一，并规定 10 倍放大镜下，未见钻石内外部特征。下列情况仍属于 LC 级。

a. 额外刻面位于亭部，冠部不可见。

b. 原始晶面位于腰围内，不影响腰部的对称，冠部不可见。

c. 内部生长纹无反射现象，不影响透明度。

d. 钻石外部有轻微的特征，经轻微抛光后可去除。

e. 上述情况对以下级别的划分不产生影响。

LC 级与 VVS_1 级的钻石由 5 μm 规则界定。内含物的尺寸≤5 μm，且无强反射光的钻石为 LC 级；否则为 VVS_1。

(3) 极微瑕级（Very Very Small Inclusion）

简称 VVS 级，可细分为两个亚级 VVS_1 和 VVS_2，是指钻石内含有极微小的内含物，专业技术人员用 10 倍放大镜极难发现（VVS_1）和很难发现（VVS_2）。它与 IF 级的区别，是含少量微小的内含物，而 IF 只有不明显的外部特征。

VVS 级允许有较容易发现的外部特征，如多余面、原晶面、小划痕或微小的缺口等。极少量的可见度低的针尖状包裹体、发丝状小裂隙（位于亭部），轻微的须状腰，少量的有反射的生长纹、微弱的云状雾等。

典型特征：

VVS_1 级　台面区　不允许有内部特征。

冠部/ 亭部区　极少量的可见度低的点状物或极淡的云雾。

腰部区　极轻微的须状腰。

VVS_2 级　台面区　极少量的点状物或极淡的云雾。

冠部/ 亭部区　少量的点状物、淡的云雾。

腰部区　轻微的须状腰。

VVS 级是许多珠宝商销售的最高等级。

(4) 微瑕级 (Very Small Inclusion)

简称 VS 级，可细分为 VS_1 和 VS_2 级，是指钻石内具有细小的内含物，专业技术人员以 10 倍放大观察难发现 (VS_1) 或比较容易发现 (VS_2)。除原晶面及冠部可见的多余面外，其他轻微的外部特征对该级别的影响不大。

典型的内含物有明显的针尖群、云状物、细小的晶体及羽状纹。

典型特征:

VS_1 级: 台面区　点状物或淡云雾、底尖轻微破损。

冠部/ 亭部区　轮廓不太清楚的细小浅色晶体包裹体。

腰部区　不明显的须状腰或细小的缺口、内凹原晶面、较难观察的短丝状羽状纹。

VS_2: 台面区　细小的晶体包裹体、点群包体、明显的云雾、底尖破损。

冠部/ 亭部区　细小晶体包体、丝状羽状纹。

腰部区　小缺口、平行腰棱的线状羽状纹或斜交腰棱的细小羽状纹。

(5) 小瑕级 (Small Inclusion)

简称 SI 级，可细分为 SI_1 和 SI_2 两个等级。是指专业技术人员以 10 倍放大观察容易 (SI_1) 和很容易 (SI_2) 发现钻石内具有明显的内含物。

典型的内含物有晶体、云状物和羽状纹、洞痕等。通常位于中心且立即可见。SI_1 级的内含物肉眼从任何角度无论如何都看不见，SI_2 级的内含物肉眼从亭部观察界于可见与不可见之间。

典型特征:

SI_1 级: 台面区　明显的浅色晶体包裹体、明显的云雾。

冠部/ 亭部区　明显的线状羽状纹。

腰部区　缺口、小的面状羽状纹。

SI_2 级: 台面区　明显内部特征。

SI 级与 P 级划分依据: 有经验的分级人员裸眼可见内含物为 P 级。

(6) 有瑕级 (Pique)

简称 P 级，可细分为 P_1、P_2、P_3 三个级别。从冠部观察，专业技术人员在 10 倍放大镜下显而易见及肉眼可见的净度特征。它们对钻石的光学效应有一定影响。

P_1 级的内含物，通常肉眼从冠部观察界于可见与不可见之间。

典型的特征有，明显的深色包裹体，较大的裂纹，清楚的云雾等。

P_2 级的钻石肉眼从冠部容易看见大或多的内含物，它们对钻石的亮度有明显的影响，使钻石看上去变得暗淡、呆板。对钻石的耐久性也有影响。典型的特征是大而多的深色包裹体、浅色包体群、大的裂纹。

P_3 级的钻石肉眼很容易看见数目极多或个体极大的特征。它们不但影响了钻石的透明度和明亮度，还影响了钻石的耐久性。典型的净度特征是大的羽状纹，一组裂纹，或大的通裂。P_3 级钻石实际已和工业用金刚石相差无几。

但有些较大钻石含有肉眼可见的内含物，且位于腰围，不见得非定为 P 级，因为它们可经重切后提高净度等级且质量损失不大。但其价格则以重切后的等级和质量重新计算。

二、净度级别的判定

钻石的净度等级是由其净度特征的整体视觉外观决定的。而影响整体视觉外观的因素有：净度特征的大小、数量、位置、对比度及类型等。

1. 大小

钻石净度特征的大小尺寸与可见度有极大的关系，内含物越大，越易发现，净度级别越低。IDC 的“5 μm”规则，就是这一影响因素最好的实例。参加分级的分级师用 10 倍放大镜均能看见 8 μm 及以上大小的内含物，部分分级师能分辨 6～7 μm 的内含物。所有的分级师均看不见 5 μm 及以下的内含物。内含物的大小不仅影响着净度等级，也会影响钻石的耐久性及光彩，如裂纹越大、晶体越大，其潜在危害性也越大，钻石也就暗淡无华。

2. 数量

净度特征的数量越多，净度级别越低，同样大小的内含物成群分布或均匀分散分布总比单独或少量的内含物可见性明显。数量的多少是指内含物可见度而不是去数它们到底有多少个特征。如：钻石仅存几个针尖，仍可定为 VVS 级，但一颗晶体包裹体出现，就可降为更低的等级。数量对净度的影响必须谨慎考虑，只有内含物大小相近时，其分级的意义才更加明显。当钻石具有多个同等级的特征时，两个特征同时出现于 VS_1 及其以上级别，净度等级往往降低一个亚级，三个特征同时出现 VS_2 及其以下级别，净度等级往往降低一个级别。

3. 位置

净度特征分布的位置决定着被观察到的容易程度，其分布的位置不同，可见度就可能不一样。通常其影响程度依台面区—冠部区—腰部区—亭部区顺序降低。切磨师在切磨钻石时尽量避免在钻石的心脏部位——台面留下内含物。台面下的内含物是最显而易见的，对净度等级的影响比其他部位大。内含物分布在冠部的其他刻面下或接近腰围的位置时，常被表面火彩干扰所掩盖，可见度会降低。位置对净度等级的影响不及大小和数量明显，大多数情况下仅影响到亚级。最易引起视觉注意的位置是内含物位于台面下方接近亭尖而引起亭部刻面镜像反射的位置。一个内含物可反射多重影像，这对净度等级的影响是非常严重的。

具潜在危害性的裂纹分布的位置，对钻石的耐久性影响极大。如裂纹位于钻石的内部或接近亭部表面经镶嵌后受到保护，佩戴时裂纹不至于延伸扩大，对钻石的耐久性影响不大；但钻石中若含有达及冠部表面的裂纹，佩戴时切勿碰撞，否则裂纹会延伸扩大以至于裂开，损坏了钻石的耐久性。

4. 对比度

对比度是指钻石内含物的颜色、光泽和透明度同钻石体色之间的对比程度。它同样影响着净度特征的可见度。对比度越明显，钻石的净度等级越低。虽然钻石中大部分内含物是无色的，但不乏也有黑色、褐色、暗红色及某些透明低的白色内含物，它们在无色透明的钻石映衬下更加醒目，可见性高，所以净度级别也就越低。值得注意的是黑色的针尖较白色的针尖反而不易发现。某些具金属光泽的小于 5 μm 的硫化物包裹体，也

可由于很强的反光被分辨出来。

5. 类型

钻石的净度级别是由最明显的净度特征决定的，内含物的类型不同，其可见性不同，钻石的净度等级也不相同。如晶体就比针尖的可见性明显，较淡的云雾又比细小的暗色包裹体对净度的影响小。在钻石众多的瑕疵类型中，如果它们分布的位置、数量等条件相同的情况下，晶体及羽状纹的出现对钻石净度级别的影响较大，一般的情况下若钻石内部出现晶体，其净度等级不会高于 VS 级，而羽状纹往往是 SI 级及其以下等级常见的净度特征。

钻石的净度等级从内部无瑕级逐渐过渡到有瑕级是一个连续变化的净度尺度。净度特征从极微瑕级开始越来越容易看见，直至最低等级中肉眼可见，它们均是综合上述因素而确定的。本章提供了不同净度等级的照片样本（图版Ⅸ、Ⅹ、Ⅺ、Ⅻ）。但照片由于印刷、聚焦清晰度等问题，无法显示显微镜下的三维立体图像全貌。只能帮助学习者建立不同净度等级的框架印象。

如何将文字性的定义转换为脑中“感应”的净度等级，是要靠苦心孤诣、日积月累才能实现的。观察的钻石越多，主观判断才越客观、越科学，才能达到熟练自如地进行分级的境界。

第三节 净度分级的方法

一、净度分级条件

1. 净度分级的工具

(1) 放大观察的仪器

钻石的净度特征之微小，一般情况下肉眼是难以观察到的，必须借助于放大仪器。国际上规定，确定钻石净度等级是以 10 倍放大为基准。珠宝界常用的放大仪器是 10 倍手持式放大镜及双目立体显微镜（图 8 - 1）。手持式放大镜是钻石分级最方便、实用的工具。一个校正了球面像差（是由于透镜的曲率不同，无法将视域范围内的物体同时聚焦，而使中间准焦时，周围则模糊不清的现象）和色像差（透镜将不同波长的光聚焦在不同的平面上，而引起观察点周围产生色散的现象）的放大镜由三片玻璃组成：中间一片是无铅、低折射率的双凸透镜，上下则是两片含铅、高折射率、低色散的凹透镜。

在使用放大镜时，通常右手食指穿过放大镜把柄，与拇指一起压紧把柄执镜，贴近右眼，左手用镊子直立夹持钻石，叉入右手中指与无名指之间，将钻石置于放大镜的焦距内。10 倍放大镜的焦距在 2.5 cm 左右。

检查放大镜质量的方法是用放大镜观察小方格纸上方格图案的变形程度和色散出现的范围。一个符合钻石分级用的放大镜，其视域内的小方格除放大外不变形，无彩色边缘（图 8 - 2），放大镜的金属把柄也应该是白、黑、灰等中性颜色。

10 倍立体双目显微镜，适用于所有宝石实验室对钻石的净度分级，它不仅可以提



图 8 - 1　钻石分级常用的工具

供一个舒适的工作条件，使分级者连续数小时的工作不感到疲劳，而且还可高倍放大，对高净度的或有疑问的钻石进行辅助观察。宝石显微镜都配有特殊的照明装置，暗域照明适合观察钻石中大部分的浅色内含物；顶光照明适合观察钻石的表面特征。另外，利用附着于显微镜物台上的夹子牢固地夹住钻石，不仅可以对钻石进行系统地检查，还能腾出手来同时做记录。一般情况下，用显微镜确定钻石等级后，复查时应使用 10 倍放大镜，因为有些内含物在放大镜下显得更暗淡。

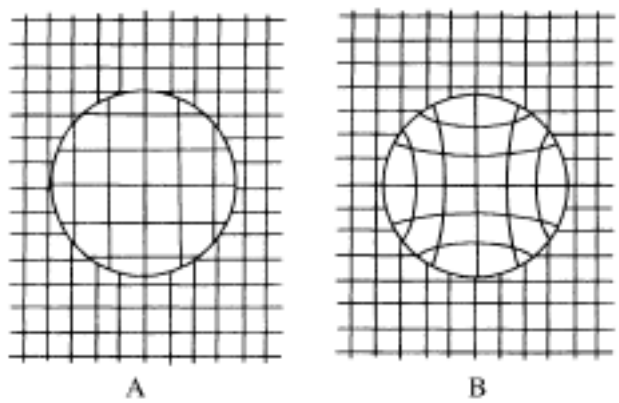


图 8 - 2　检查钻石分级用放大镜质量的方法

A—质量好；B—质量差

(2) 镊子

钻石分级用的镊子，要求钢质柔韧而有弹性。镊子依据尖端的大小分为各种型号(图 8 - 1)。中尖 (Medium Point) 是最实用的，适合夹持大多数待分级的钻石；细尖 (Fine Point) 适合夹持小钻石。镊子的尖端部都有网状或长槽状的防滑齿。有些中尖和细尖的镊子上配备有锁固装置，可用来固定被夹持的钻石。初学者用镊子夹持钻石时会

显得有些笨拙。建议先将钻石台面朝下，放在宝石布上不断练习，直至轻松自如为止。使用镊子时，用力应适当，过分地紧张僵硬及用力，易使钻石弹飞。当利用显微镜分级时，应将镊子靠在显微镜的载物台上，以保持钻石聚焦稳定且缓解手部疲劳。如果使用放大镜分级，应将双肘自然支撑在工作台上，或夹紧在身体两侧，左手用镊子竖立夹持钻石，与拿放大镜的右手按使用放大镜的要求相互交叉，构成一个稳定、舒适的三角支架式姿势（图 8 - 3)。

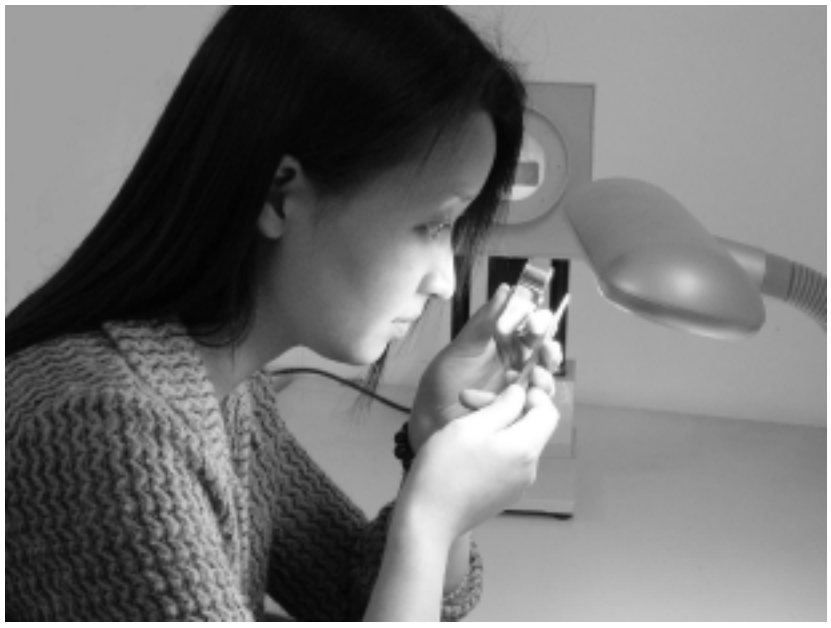


图 8 - 3　夹持钻石的正确姿势

镊子夹持钻石的方式通常有三种：①平行腰围夹持〔图 8 - 4 (a)〕，通过左、右转动手腕可观察钻石冠部及亭部的大多数净度特征，也适合切工分级。②垂直腰围夹持〔图 8 - 4 (b)〕，适合观察钻石腰围上的所有特征。③台面至底尖夹持〔图 8 - 4 (c)〕，用放大镜金属框轻轻拨动，或放在盘中滚动。适合检查冠部及亭部各个刻面、腰围及透过刻面观察净度特征。但此夹持方式易损伤底尖，经验不足者，不宜使用。花式钻石的夹持因琢型不同而夹持方式也不同，多数的花式钻石应夹持其宽度方向，心型钻石常沿尖端和瓣部顶端夹持。

2. 照明条件

钻石的净度分级没有严格地限定使用何种灯源。我国规定采用比色灯照明。

在进行净度分级时，要让前额接近荧光灯罩，双眼不高于灯罩的下缘；钻石应放置在靠近“光锥”的前部边缘，让光线尽可能多地从亭部进入钻石（暗域照明)，这样可

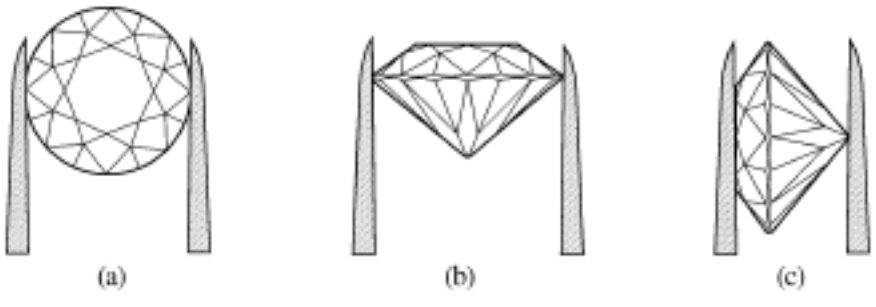


图 8 - 4　夹持钻石的基本方式

避免表面的强反射光对分级的干扰（图 8 - 5）。

3. 人员要求

从事净度分级的技术人员应受过专门的技能训练，掌握正确的操作方法，由 2～3 名分级师独立完成同一待测钻石的净度分级，并取得统一意见。分级的技术人员应熟悉各种类型的净度特征、把握分级尺度、正确使用 10 倍放大镜，并积累了丰富的净度分级经验，才能够确保分级结果的正确性和稳定性。

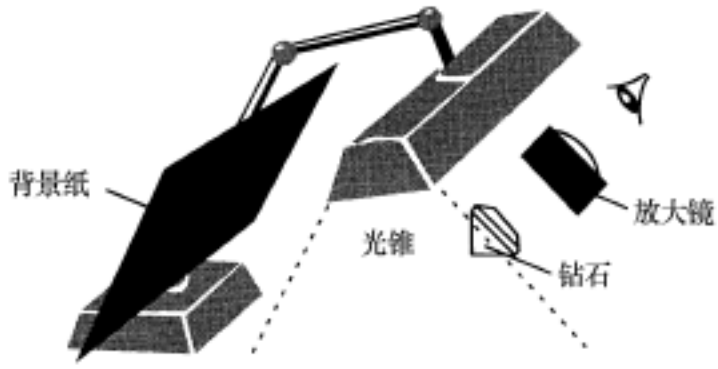


图 8 - 5　照明条件

二、净度分级的步骤

1. 清洁钻石

在净度分级之前清洁钻石是相当重要的。因为钻石具有强烈的亲油性，很容易玷污。钻石表面的污物，对钻石的外观有很大的负面影响，灰尘易被误认为点状物，而油污不但可以使内含物变得明显，也可加深钻石的颜色。尤其是对净度、色级比较低的钻石影响更加明显。

裸钻通常用不起毛的粗纤维拭布擦拭清洁（珠宝用具专卖店有售），也可以用专用的珠宝清洁剂或家用清洁剂浸泡，以软毛刷清洁后再以清水（或酒精）洗净。许多分级师习惯用小毛刷或长绒棉签蘸酒精或纯净水涂刷钻石表面，以减少反射光及除去灰尘。注意分级时需保持表面潮湿，否则溶剂挥发后会在表面留下一层薄膜。

镶嵌钻石或批量钻石普遍使用蒸气清洁机（利用热压力吹走积物）或超声波清洗器（以超声频率波推动清洁液）清洁钻石。有些钻石加工厂用硫酸加热清洗最后完工或腰围深凹处藏有金属残屑的钻石，但此方法危险，应由专业人员谨慎操作。特别注意，钻石清洁后不能用手去捏，而要用干净的镊子夹起。

2. 检查钻石的净度特征

放大检查钻石细小的净度特征是既费神又费时的工作，需要专心、细致及有条不紊的工作程序。

检查钻石的程序有多种。一种是以台面为中心向外逐层扩散的同心圆式途径。一种是将钻石分成若干个“ V ”形区域的转盘式途径。无论采用何种途径，只要能迅速、准确地验明钻石的净度特征即可。

净度等级的确定主要依据钻石冠部净度特征的可见性，所以分级应从冠部开始。

(1) 检查钻石的冠部　①观察台面，它是钻石中最大的刻面，台面下所见到的内含物，同其他刻面下所见的内含物相比，对光线传播的影响程度较大。将台面旋转 360 ℃直到台面所有的部位检查完毕。在观察台面的同时，视线应先聚焦于表层，然后逐步向下深入直到底尖；②继续以同样的方法检查星刻面、冠部主刻面、上腰面。检查这些刻面时，应保持视线与所要观察的刻面垂直，以降低表面反射光的干扰，最大程度地捕获内含物。同时轻微晃动钻石可使一般情况下难以发现的丝状物、生长纹理等特征，

反射了一定角度的光线而变得明亮、清晰。若在此过程中未检测到任何瑕疵，则待测钻石的净度等级可能较高。

(2) 检查钻石的腰围　　采用垂直夹持或台底夹持的方式，观察腰围所有部位，注意寻找原始晶面、多余面及小缺口。

(3) 检查钻石的亭部　　钻石亭部的刻面受光线的干扰比冠部弱的多，这是由于标准切工的钻石亭部不会泄漏光线，因此，观察亭部容易找到被冠部光线掩盖的内含物及接近亭部表面或分布在下腰面的净度特征　　具体方法是采用平行夹持或台底夹持的方式，旋转一周检查亭部所有的 24 个刻面。同样视线也应与被观察的刻面垂直。

(4) 检查钻石的表面特征　　采用反射照明，使被观察的刻面呈镜面反射，此时反射光线与视线平行，钻石表面特征会容易地被反射在眼中。

三、标注净度特征

当所有的净度特征都被观察且已判定净度等级之后，为保存钻石分级的真实信息，便于检查确认钻石及再现净度等级，需将钻石的内、外部净度特征按实际形态及大小比例，通过规定的标记符号，标注在净度俯视图上。这是钻石净度分级不可缺少的内容，也是对消费者知情权的尊重。

自然界中没有两颗净度特征完全相同的钻石。因此，一张精致的净度图解，配以精确的质量和尺寸，本身就为该钻石的身份提供了足够的确认资料。同时也能真实地反映净度等级，成为分级师之间心灵交流的一种语言。尤其在产生净度纠纷、评估钻石价值时具有非常重要的意义。

标注净度特征，应该在综合判断净度等级之后进行颜色分级之前，按照净度特征的形态和大小比例真实地绘图，切不可凭记忆绘制，也不可先绘图再以图解定级。否则，会扭曲该钻石的净度等级和净度特征。

净度素描图由不同琢型的钻石冠部俯视图和亭部俯视图组成。所有的外部特征用绿色标出，所有的内部特征用红色标出。只有通过亭部才能看到的或内含物已触及到亭部表面的特征标注在亭部俯视图上；台面可见的底尖磨损，标注在亭部俯视图上；其他的特征，包括在腰棱上的特征都标注在冠部俯视图上；冠部及亭部都能看到的内含物，按定位规则分别标注在两个俯视图中。

在标注特征之前，首先要标定位置。定位有两层含义：①为观察者定位，通用的方法是选择一个大的或易于识别的特征作为标志，确定钻石与观察者的基准位置（往往是“6 点钟”位），其他的内含物均与此标志的相对关系，顺时针标注。②为被分级的钻石冠部/亭部定位，标注净度特征时要保持冠部/亭部定位正确。钻石的定位有两种方式，即水平定位和垂直定位。水平定位是将钻石台面朝上，分为十二个时钟位置〔图 8-6(a)〕，用镊子竖直夹持钻石腰围的 9 点钟与 3 点钟位置，以 12 点钟—6 点钟为轴，向右翻转钻石。此时钻石的亭尖朝上，3 点钟和 9 点钟的位置互换，形成一个逆时针的亭部俯视图定位，而 12 点与 6 点位置不变。垂直定位是将钻石台面朝上，用镊子水平夹持钻石 12 点钟与 6 点钟位，以 3 点钟—9 点钟位为轴，向下翻转钻石，12 点钟位与 6 点钟位互换，形成一个逆时针的亭部俯视图定位，此时 3 点钟与 9 点钟位置保持不变

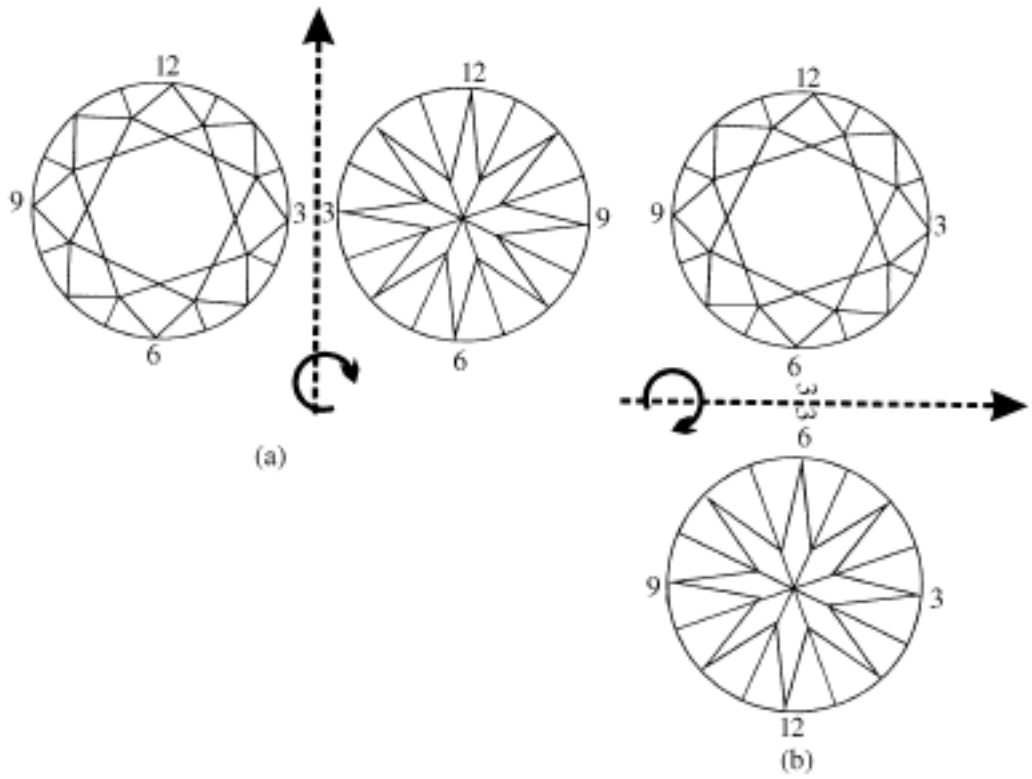


图 8 - 6　钻石俯视图的定位

(a) 左右定位；(b) 上下定位

〔图 8 - 6 (b)〕。垂直定位适合于显微镜分级的净度特征的标注。

绘制净度特征时，只需绘出决定净度等级及有鉴别意义的特征，并在俯视图的下面作简明扼要的净度说明。对高净度钻石 (FL、IF) 而言，除额外刻面外，不需要绘出内、外部生长纹理，只须在备注中说明。不同的净度特征采用不同的标记符号。不同的分级体系，标记符号不同，但总体来说大同小异。下面介绍 Scan. D. N. 及中国的钻石分级体系中规定的标记符号 (图 8 - 7、8 - 8)。

四、外部特征在净度分级中的作用

众所周知，钻石的内含物是决定钻石净度等级的主要因素。但外部特征在净度分级中是否考虑或作用如何，这是国际钻石分级体系中意见分歧较大的部分。多数的分级体系考虑外部特征对净度的影响，其理由是有些外部特征并非是切磨水平评价的范畴，甚至是经重磨后都无法去除的或者是重磨后虽可去除但钻石的质量损失较大。

外部特征作为净度特征，它在净度分级中的作用各持己见。下面分别介绍几个钻石分级体系中外部特征在净度分级中的作用的规定。

(1) IDC 钻石分级体系中各种外部特征依 10 倍放大镜下的可见度不同，对 LC 级与 VVS 级以下等级的影响作用列表于 8 - 2。

(2) HRD 把位于表面及内部的纹理单独分级 (表 8 - 3)，其他的外部特征对净度的影响与 IDC 相似，多余面在切工分级中加以评价。

(3) GIA 分级标准规定，外部特征 (也称缺隙) 主要对 FL 和 IF 的钻石有影响，对更低级别的钻石影响不大 (与 IDC 正好相反)。

(4) CIJBO 分级体系规定，如果外部特征很大，经重抛光对质量损失不大而无法去

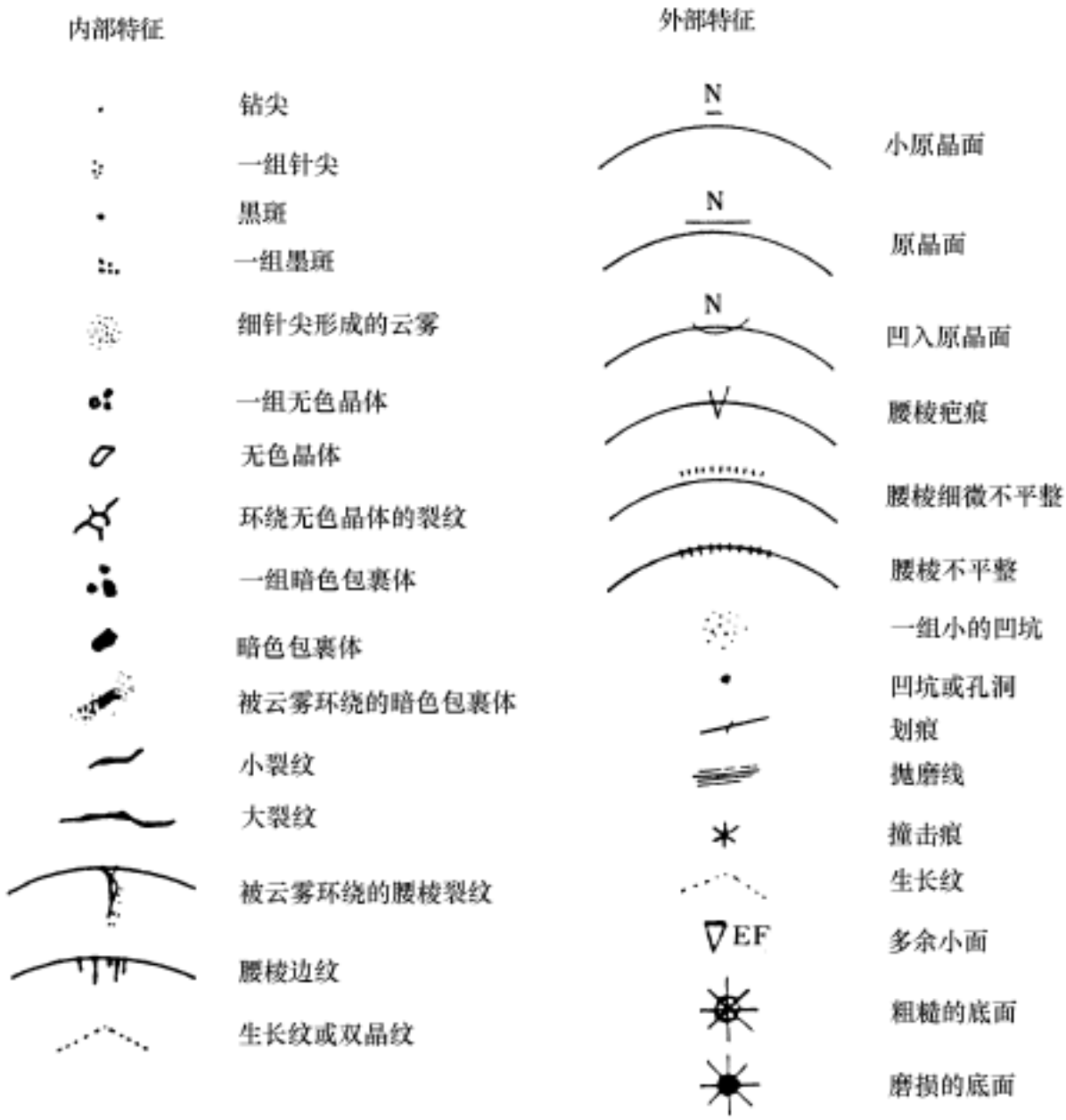


图 8 - 7　Scan D. N. 使用的内、外部特征符号

表 8 - 2　IDC 钻石分级标准关于净度分级中外部特征及作用

外部特征的种类		净度分级的作用	
打磨和损伤引起的外部特征	原晶面和多余面	镜下无瑕级	VVS 及其以下等级
1. 10 倍放大镜观察没有或很难发现	1. 小而且位于亭部	1. 不加附注	1. 没有影响
2. 用 10 倍放大镜比较容易发现	2. 从冠部看不见	2. 附注为：“轻微外部瑕疵”	2. VVS 变为 VS；VS 仍为 VS
3. 用 10 倍放大镜容易发现	3. 从冠部看得见	3. 附注为：“存在外部瑕疵”	3. 净度等级不能高过 VS，但也不至于归入 P 级
4. (非同寻常地大和多) 用 10 倍放大镜很容易发现	4. 从冠部很容易看见	4. 附注为：“腰棱下面有原晶面”，“底尖破损”等	4. 净度等级不能高过 VS，但也不至于归入 P 级

除时，净度评价中加以考虑且在备注中说明。其他的外部特征分级时不予考虑。

(5) GB/ T16554 - 2003《钻石分级》标准中外部特征对净度等级的影响未作明确的规定，但在瑕疵类型中对外部特征进行了详细的定义。





图 8 - 8　中国内、外部瑕疵类型符号

(据《珠宝玉石国家标准释义》，1996.10)

表 8 - 3　HRD 表面结构特征分级表

10 倍放大镜下的可见性	没有其他影响净度的内部特征出现	有其他影响净度的内部特征出现
	等　　级	
非常难发现	净度等级；放大镜下洁净	不影响洁净度分级
较难发现 (处于某一状态时容易看到)	附注为:“轻微的表面纹理线”	不影响洁净度分级
比较容易看到 (很容易看到)	附注为:“存在表面纹理线”	净度等级不高于 VVS_1
容易看到 (很容易看到)	VVS_1/ VVS_2	净度等级不高于 VVS_2
非常显著的表面纹理线	VS_1/ VS_2	VS_1/ VS_2

综合上述各分级体系的特点，结合作者在实践工作中的经验，将外部特征对净度等级的影响概括于表 8 - 4。

表 8 - 4 所列的外部特征若两项同时存在，净度等级顺降一个亚级，若三项及其以上

表 8 - 4　外部特征对净度的影响

外部特征及影响作用 / 可见度	原晶面	额外刻面	表面纹理	其他外部特征	对净度的影响	
					无任何内含物	有影响净度等级的内含物
10 倍放大镜(率)下难以观察。	位于腰部不大于腰厚，不影响腰的对称性	位于亭部，冠部不可见，小的由于切磨水平不良造成的	无反光，不影响透明度	轻微的经重新抛光不损失质量可去除	不影响净度等级	不影响净度等级
10 倍放大镜(率)下比较容易观察	位于腰部造成腰部轻微的对称缺陷	位于亭部，较大的，或冠部可见较小的。	有反光，数量少，但不影响透明度	轻微的经重新抛光不损失质量可去除或变得不明显	净度级别不高于 VVS_1	VVS_1 可降为 VVS_2，VS 级及以下级别不受影响
10 倍放大镜(率)下容易观察	位于腰部或其他部位，使腰部明显增厚或减薄	位于亭部，大到可跨越两个刻面，明显地为避讳瑕疵而故意切磨或冠部可见	有反光，数量多，对透明度有较轻微的影响	经重新抛光不损失太多质量，是无法去除的	净度级别不高于 VS_1	VS_1 可降为 VS_2，严重的可降为 SI。

同时存在，净度等级顺降一个级别。

五、净度分级注意事项

(1) 净度分级前必须彻底、干净地清洗钻石，否则不宜进行净度分级。

(2) 综合钻石净度特征，给出净度等级的第一印象。通常第一印象对净度等级的判定非常重要。

(3) 分级的时间不宜太长，分级时要调整好自己的健康状态，在疲倦或精神涣散的情况下，不适合分级。

(4) 检查识别灰尘是分级时最令人头疼的问题。因为钻石的表面总是含有少量的灰尘，它对高净度（VVS 级以上）钻石的判定易产生偏差。下面介绍几种鉴别灰尘的技巧。

①利用全反射原理，光线以大于灰尘存在时的实际全反射角（33.3°）的角度从内部射向钻石刻面时，只能看到内含物，而不会观察到灰尘，其原理如图 8 - 9 所示。因此，在净度分级时，应尽量避免灰尘进入视线，最有利的观察方法是透过此刻面，观察彼刻面，即观察的方向与被观察刻面的夹角大于 57.7°(灰尘存在时的全反射角 33.3° + 钻石的全反射临界角 24.25′)，如图 8 - 10 所示。

②变化焦距观察钻石台面棱及特征的清晰程度。若特征与台面棱同时聚焦清晰，应为灰尘〔图 8 - 11 (a)〕；若台面棱清晰，特征不清晰，或者特征清晰，台面棱不清晰，则为内含物〔图 8 - 11 (b)、(c)〕。

③根据有无影像区分。靠近刻面棱的内含物，常在相邻的刻面上出现影像，内含物离刻面棱越近，出现影像距离也越近。而灰尘在相邻的刻面上无影像（图 8 - 12)。

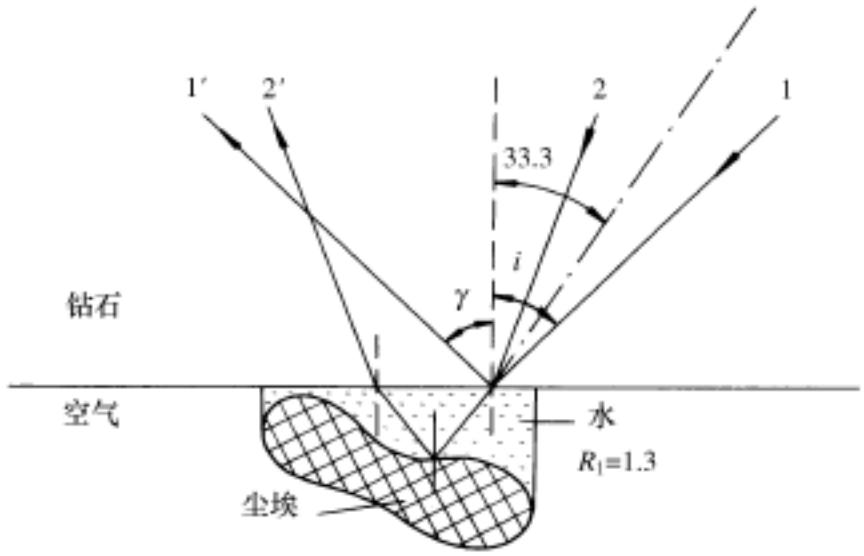


图 8 - 9　钻石与尘埃过渡带的全反射角

33.3°灰尘存在时的实际临界角；1、2 分别代表入射光线（1—大于临界角光线；2—小于临界角光线）

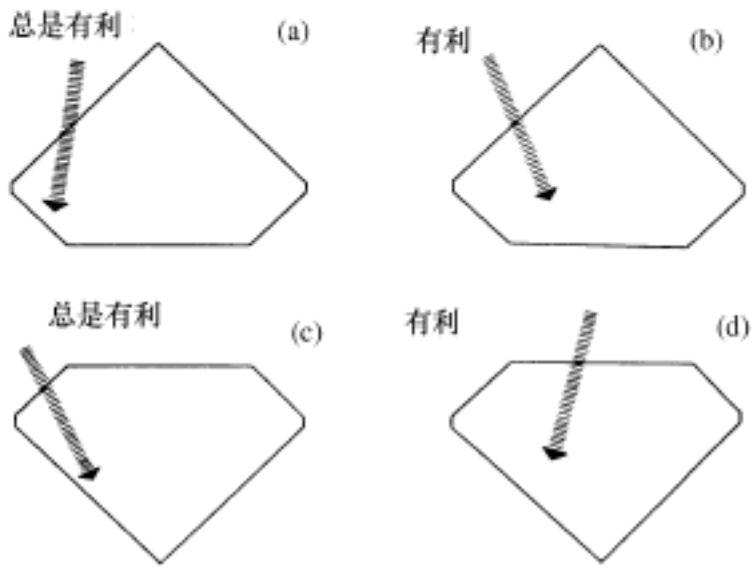


图 8 - 10　避免观察到灰尘的有利方向

(a) 从亭部刻面观察冠部刻面；(b) 从亭部刻面观察台面，但有时可看到灰尘，轻微倾斜钻石灰尘即可消失，而内含物则保持不变；(c) 从冠部刻面，观察亭部刻面；(d) 从台面观察亭部刻面

④视线平行表面反射光观察，看见特征附着在表面的应为灰尘，什么也看不见的则为内含物。

⑤最简单的方法是清洗或用针尖拨动特征，若特征可被清洗掉或被拨走，应为灰尘。若清洗或拨动后特征依旧保留在原位，则为净度特征。

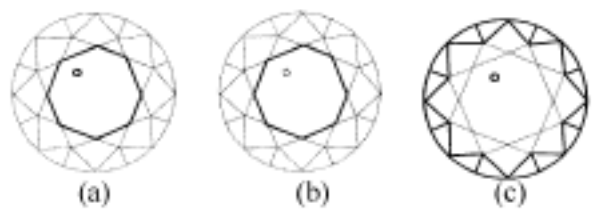


图 8 - 11　变化焦距区分内含物与点状物

(5) 分级时注意不要将镊子的影像误认为内含物。镊子的影像总是对称地出现在镊子夹持钻石的腰部，外观似不规则的“羽裂面”(图 8 - 13)。辨别它的方法很简单，只要换个方位重新夹持钻石，若特征随镊子的转移而消失则肯定为影像。另外，在夹稳钻石的前提下，尽量使用镊子的尖端，或者用黑色镀膜的镊子均可使镊子的影像降到最低程度。

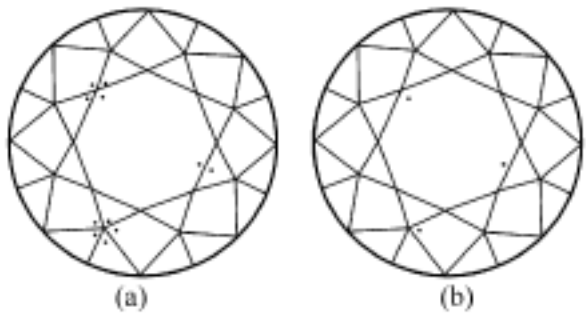


图 8 - 12　靠近刻面棱的包裹体常有影像出现于相邻刻面 (a) 和表面的灰尘无影像 (b)

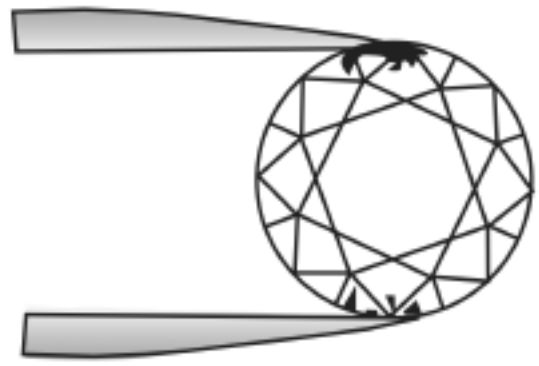


图 8 - 13　镊子的反射影像

(6) 对净度等级较高的钻石，可适当地放大显微镜的倍数，辅助检查可能被遗漏的内含物，但最后定级一定要在 10 倍放大的条件下进行。

(7) 钻石在光源下各部分的照明情况不同，通常 6 点钟区位的照明条件最理想，受外界干扰也最小。因为，这个位置最有利于光线集中地透过亭部，反射到观察者的眼中，所有在此区域分布的内含物都可尽收眼底，是最适合观察可能被光彩掩盖了的净度特征的理想位置。

(8) 钻石中内含物的深度往往比实际的深度看起来更接近表面，这是由于光线在钻石中的折射并在视网膜上成像而引起的 (图 8 - 14)。因此，确定内含物的深度时，应注意这种“变浅”现象。通常可通过观察内含物及其影像之间的距离推测 (图 8 - 15)。

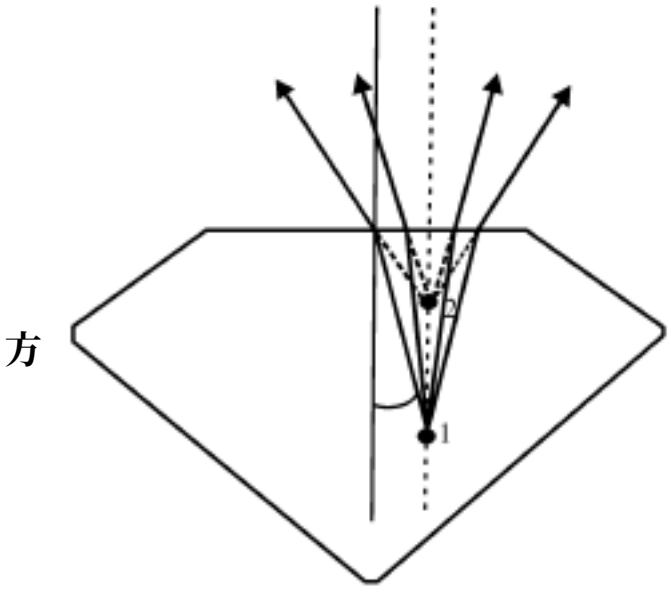


图 8 - 14　瑕疵“变浅”现象示意图

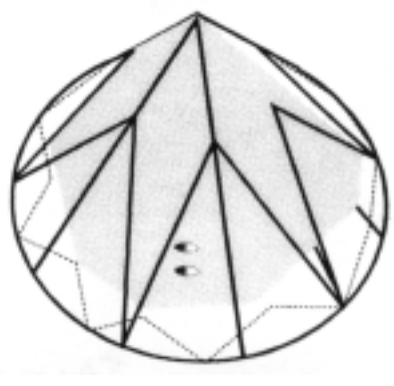


图 8 - 15　内含物与影像的距离关系示意图

法是将钻石台面朝下，调整钻石的位置，使内含物及其影像都出现在离亭部刻面最近的刻面内，内含物越靠近反射影像，愈近表面。

(9) 在净度分级时，有时在同一方向上多次看到某一内含物，这是由于内反射及复合视觉引起的虚像造成的。这种现象通常是内含物出现在亭部刻面棱附近时可见，被检查的刻面就像一面镜子，可以引起镜像反映 (图 8 - 16)。判断实像和虚像可用如下方法：①虚像的位置总是比实像要深，放大倍数很容易判断；②虚像总是更靠近腰棱。

(10) 钻石分级标准是以圆多刻面型琢型和最常见的尺寸为准，同样大小的内含物

在不同尺寸钻石中的可见度不同；具有相同净度等级，不同尺寸大小的钻石，其内含物的大小也不相同。例如同样一个影响 VS 级的晶体包裹体，在 0.30 克拉和 1.00 克拉的钻石中其大小就不同。因此，给大小尺寸相差较大的钻石分级时，应按比例缩放净度特征的定性标准，并且在实践中不断积累经验，方可准确分级。

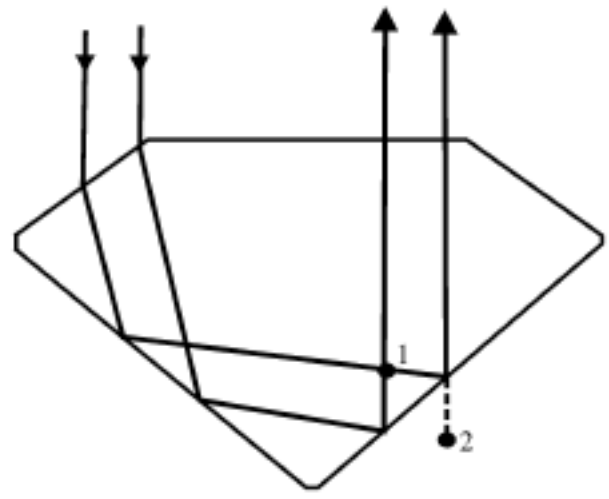


图 8 - 16　带有镜像的瑕疵的光线传播途径示意图

(11) 花式钻石的净度分级标准与圆多刻面型相同，内含物观察的难易程度也相似。但在净度分级时应注意以下问题：①菱形、梨型和心型尖端的内含物容易被忽略；②祖母绿型钻石的台面大，内含物容易被发现，初学者易将净度等级定低；③花式钻石的台面下，亭部尖端附近经常会出现腰围的影像，有可能被误认为内含物，应注意加以区分。

第九章

钻石切工分级

在钻石的“4C”分级标准中，克拉质量、色级、净度均是评价钻石本身所固有的特性，唯独切工是评价人为的因素。切工比净度、色级更影响钻石的外观。一块钻石原石只有经过耐心、细致入微的切磨，才能充分焕发出耀眼的亮光，释放出独特的火彩，闪烁出神奇而迷人的光芒。同一颗钻石原石，不同的切磨质量，会产生不同的光学效果，或木然无华或光芒四溢。钻石的切工是人类高科技和手工艺术的完美展现。在钻石贸易中，切工也是影响钻石价格的重要因素，一般来说，切工优劣对价格的影响可达10%～40%。

评价钻石的切工，其实就是对切磨师的设计理念、技术水平及细致程度的评价。钻石切磨的基本原则是最大限度地保留质量及最大程度地体现钻石的光彩。如何有效地协调二者之间的关系，是切磨达到理想切工的最高标准。

通过降低切工等级实现质量保存常用的方法总结于表9-1。

表9-1　实现质量保存常用的方法

特征 / 保留质量的方式	原石形态	外观特征
加大台宽比例、减小冠角	可切磨出两颗成品钻石的八面体原石	薄冠部、大直径、薄腰围。钻石的亮度有余，但火彩不足，且看起来较实际质量的尺寸要大
加厚腰围	各种形态	钻石的厚腰不但易被识别、缠灰，且看起来较实际质量的尺寸要小。有时可漏光，形成灰色的影像
加大冠高比例	只能加工出一颗小钻石的原石	较陡的冠角，使钻石看起来较实际质量的尺寸显小，且降低了钻石的火彩
薄冠高、细腰围、浅亭深	薄原石	钻石看起来较实际质量的尺寸要大，但光彩变弱，往往出现在较小克拉值的钻石中
降低钻石对称性	形态不规则原石	钻石圆度不够、底尖偏心、台腰不平行
加深亭部	块状钻石	亮度降低。由于增加的质量有限，却对光学效应影响极大，故多出现在小克拉值的钻石中

从上表中可知，以牺牲外表美而追求最大出成率的钻石，严重地损害了它的可售性。如今，人类智慧的积累及切磨设备的自动化，虽然可使钻石的切磨达到理想化的标准，但切工细微的差异，足以使钻石的外观产生醒目的变化，降低钻石的美学价值。优质的切工是以牺牲更多的原料和劳动付出为代价的。因此，对钻石的切磨工艺进行等级划分不仅是可行的，而且也是必要的。

切工分级是通过测量和观察，从比率和修饰两个方面对钻石加工工艺完美性进行等级划分。切工分级包括切工比例分级、修饰度分级。切工是依钻石切磨后的完美程度及原石的产出率而影响钻石价格的。

第一节 钻石光彩形成的光学原理

在第五章第三节中，已介绍了各种各样花式琢型的钻石，它们都是为了最大限度地保留原石质量和满足市场上求异的需求而切磨的。但最能体现钻石光学特性的是标准圆钻型或称圆明亮式琢型（Brilliant Cut），它也是市场上最流行的琢型。标准圆钻型各部分的比例与角度关系是光学设计的主体，也是钻石显示亮度、火彩、闪光，通称为光彩的美丽本质。反射定律、折射定律、全反射原理、色散效应是钻石光学设计的基本理论依据。

一、钻石的亮度与切工的关系

钻石所显示出来的亮度不仅取决于表面反射的光量（光泽），更主要取决于钻石内部全反射所返出的光量。在大多数角度下，从钻石表面折进钻石内部的光线远较反射的光线多。当光线以 45°的入射角照射到钻石表面时，约有 80%的光线被折射，只有 20%左右的光线被反射；若以 80°的入射角照射到钻石表面时，约有 57%的光线被折射；当入射角大于 80°时，折射与反射的光线间的平衡才会明显地改变，如入射角为 89°时，大约 90%的光线被反射，即照射到钻石表面的光线，随入射角的增加，反射光的强度也增加（图 9 - 1），但二者之间并不是简单的线性关系。

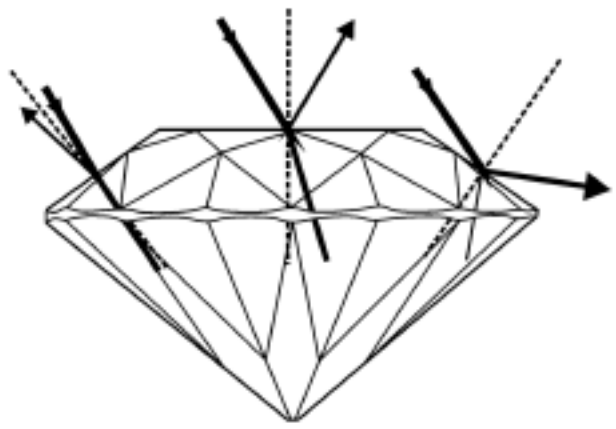


图 9 - 1　钻石反射与折射

本节重点讨论光线垂直于钻石冠部入射时的全反射光学途径。

可以证明，切工标准的钻石，当光线由冠部进入其内部后，它的运行方向由光线的折射角大小所决定，而折射角的大小又受钻石的亭角所控制。因此，亭角是控制钻石亮度的主要因素。

1. 光线由钻石台面垂直进入时亭角的设计

如图 9 - 2，光线 I 进入钻石后，欲使其经亭部刻面 $R1$、$R2$ 发生两次全反射，并于 O 以小于钻石临界角的角度从钻石冠部射出，则必须使反射角 γ_1' 和 γ_1'' 同时大于钻石临界角 A。

可以证明：当 $i > A$ 时，

$$i = \gamma' = \beta \qquad ①$$

$$\gamma'' = 180 - 3\beta \qquad ②$$

在满足已知条件的情况下，由①、②式得：

$$\beta > A \qquad ①'$$

$$\beta < 60 - \frac{1}{3}A \qquad ②'$$

故钻石的亭角设计范围应在 $(A,\ 60 - \frac{1}{3}A)$ 这一区间内，方能保证从台面垂直射入的光满足钻石全反射的光路途径。

2. 光线垂直钻石冠部主刻面进入时亭角的设计

如图 9 - 3 所示：光线Ⅱ进入钻石后，设 $\gamma_2' > A$，$\gamma_2'' > A$ 同时成立，根据光的折射、

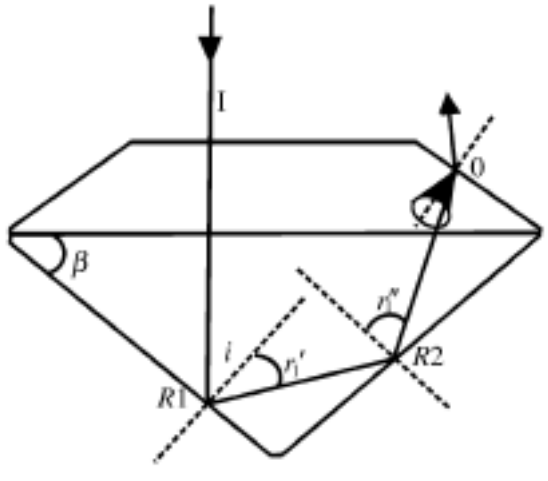


图 9 - 2　光线由钻石台面垂直射入的光路示意图

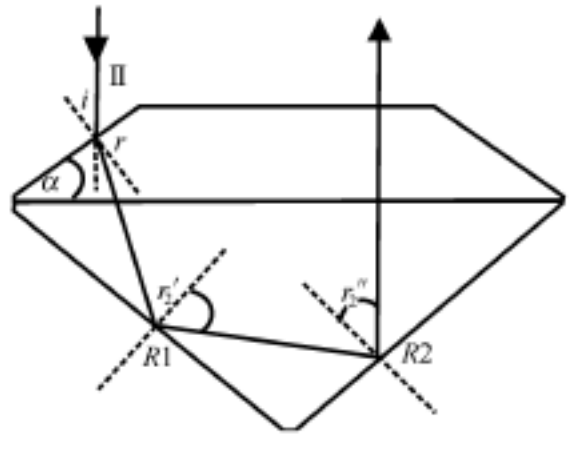


图 9 - 3　光线由钻石冠部垂直射入的光路示意图

反射定律及几何要素，可以证明以下等式成立：

$$\gamma = \arcsin(\sin\frac{i}{n}) \qquad ③$$

$$\gamma_2' = \beta + \alpha - \gamma \qquad ④$$

$$\gamma_2'' = 180 - 3\beta - \alpha + \gamma \qquad ⑤$$

将 $\gamma_2' > A$、$\gamma_2'' > A$ 同时成立代入④、⑤得

$$\beta > A + \gamma - \alpha \qquad ④'$$

$$\beta < 60 - \frac{1}{3}(A + \alpha - \gamma) \qquad ⑤'$$

当光线垂直冠部主刻面入射时，即 $i = \alpha$ 进入钻石，且满足 $A + \gamma - i < \beta < \frac{1}{3}(A + \gamma - \gamma)$，则钻石不漏光。

综合考虑①′②′④′⑤′满足 1、2 二种情况同时成立可以得出：

$$\beta > A \quad \beta < 60 - \frac{1}{3}(A + \alpha - \gamma)$$

即当冠角 α 确定后，亭角 β 应满足 $A < \beta < 60 - \frac{1}{3}(A + \alpha - \gamma)$ 条件，才能保证从冠部垂直进入钻石的光线在亭部发生两次全反射，而不泄漏。

由冠部进入钻石的光线，虽然有较高的比例沿上述光学路径传播。但考虑到入射方

向的改变、冠部刻面的角度及亭部刻面角度轻微的变化等因素，大多数的切磨师及钻石专家倾向亭角为 40°～42°时钻石可显示较高的亮度。钻石亭角每相差一度，均会降低钻石的光学效果。如果亭角过大或过小，到达亭部的许多光线，会落在临界角内，并从亭部逸出，造成漏光现象，使钻石变得暗淡无光。例如亭角过小（小于 39°），亭部太浅，导致光从亭部大量损失〔图 9 - 4（a)〕，加上一个宽的台面，将看到自腰围入射的光线将腰围的影像射入台面边缘，形成一个白色的封闭环，形似鱼的眼睛，俗称“鱼眼效应”〔图 9 - 4（b)〕，这种钻石称为鱼眼钻石。反之，由于亭角过大（大于 44°），光线从亭部一侧反射到另一侧时进入临界角范围，大部分光线由底部漏走〔图 9 - 5（a)〕，钻石形成黑底效应〔图 9 - 5（b)〕。

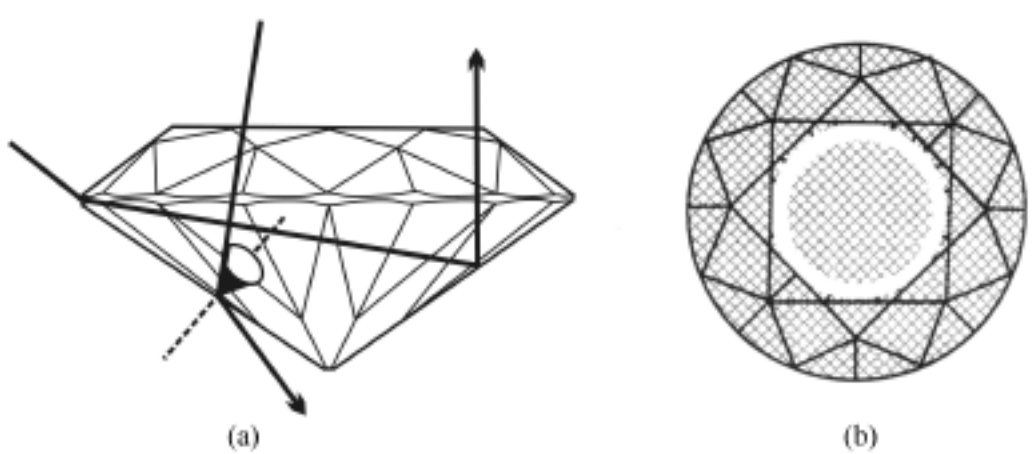


图 9 - 4　亭角过小对钻石亮度的影响

（a）小亭角造成的光线泄露（鱼眼钻石)；（b）鱼眼效应

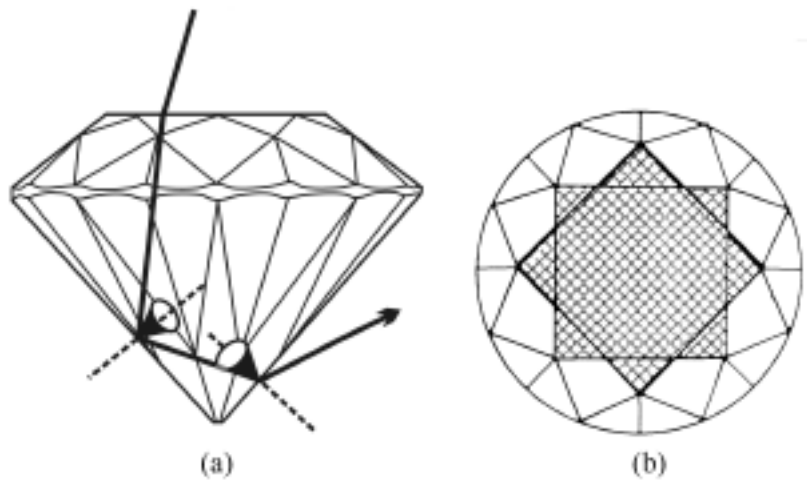


图 9 - 5　亭角过大对钻石亮度的影响

（a）大亭角造成的光线泄露（块状钻石)；（b）黑底效应

综上所述，钻石亭部刻面的角度、冠部刻面角度、对称程度均要求协调、正确，才能使钻石产生最佳的亮度。

另一方面，亮度又受钻石表面反射光影响。宝石的折射率越大，反射光的强度越大。钻石表面可以反射很强的光。除此之外，反射光还与钻石刻面的抛光程度密切相关。若抛光不良，表面光洁度降低，反射光发生漫反射，使光线减弱，亮度变弱。但这

种情况通常只会在小钻石中出现。

二、色散（火彩）与切工的关系

色散是钻石另一个重要的光学效应。一颗切工标准的钻石，从冠部能观察到丰富多彩的有色光。可以证明色散效果的强烈程度受冠部角度α及台面大小共同制约。

1. 光线从台面垂直进入，从冠部逸出时色散的形成

光线从台面垂直进入钻石，白光不发生色散效应，经亭部刻面两次全反射，照射到冠部的倾斜刻面，以小于临界角的角度折射出钻石时，白光则被分解为各种有色光。这是火彩形成的主要原因。

色散角θ的分离程度，与经亭部第二次全反射到达冠部倾斜刻面时的入射角 *i* 的大小有关（见表9-2），而入射角 *i* 又受冠角α的制约（图9-6）。冠角控制的范围，正是光线离开钻石冠部倾斜刻面时比较集中的范围。冠角过大（超过40°），到达冠部的光线大部分不产生色散效应，而是发生全反射又返回到钻石中。即使有部分光线从冠部射出，但色散光的角度也偏离了正面，正面不可见〔图9-6（c)〕。反之，冠角过小（小于30°），则色散角变小，色散效应变弱〔图9-6（a)〕。只有适当的冠角才能使亭部全反射光的入射角 *i* 接近钻石的临界角，钻石的色散效应最强〔图9-6（b)〕。

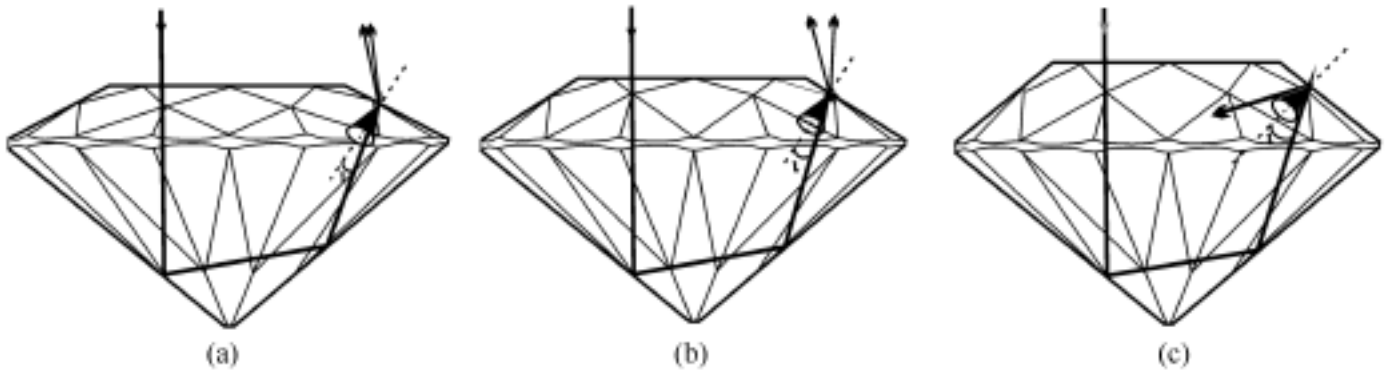


图9-6　钻石的色散与冠角的关系示意图

(a) 冠角过小，色散弱；(b) 合适冠角，色散强；(c) 冠角过大不显色散

表9-2　光线从冠部刻面折射时的入射角与色散角的关系

入射角 *i*	色散角θ
0°	0°
5°	0°19′
10°	0°42′
15°	1°12′
20°	2°13′
23°56′	12°57′
> 24°5′	全反射

除了冠角影响色散的强弱外，台面与冠部小刻面的相对大小也是重要的因素。若冠角不变，台面变小，冠部小刻面的面积变大，色散亦越强。但是，色散增强的同时，亮度就会减弱。反之，台面增大，冠部小刻面的面积减少，亮度增加的同时，色散就会减弱。虽然小台面、高冠部的钻石会产生更强烈的火彩，但钻石原石的质量损失较大，且外观看上去比它实际的质量要小。现在大多数的切磨师及专家认为冠角近于34.5°时，

光学效应与经济效益间最协调。

2. 光线从冠部进入，从台面逸出时色散的形成

光线垂直照射到钻石冠部的倾斜刻面时，第一次折射即可使白光产生小角度的分离，经亭部刻面的两次全反射有所放大后，又从台面射出时，也有微弱的色散效应。根据折射定律，可计算出不同的冠角与色散角的关系（表 9 - 3)。

表 9 - 3　光线从冠部小刻面进入时，冠角与色散角的关系

冠角（α)	色散角（θ)
10°	0°04′
20°	0°09′
30°	0°13′
35°	0°15′
40°	0°17′

从表中可以看出，随着冠角 α的变化，色散角变化微弱且很小。因此，这一色散作用与上述作用相比要弱的多，甚至可忽略不计。

三、亮度和色散的关系

从上面分析中可以得出：亮度主要来自于钻石的台面，色散（火彩）主要发生于冠部的倾斜刻面，而对于一个标准切工的圆钻型钻石来说，亮度和色散是一对互相制约的矛盾统一体，同一钻石不可能把亮度和色散两种光学效应都最大程度地反映出来，其平衡的结果会得出不同的理想琢型。比如在欧洲和美国，钻石的色散和亮度之间的平衡要求就不一样。美国人欣赏带有更多火彩的钻石，欧洲人喜欢更亮的钻石，因此，美国理想琢型的钻石具有较小的台面和较高的冠高，而欧洲标准琢型的钻石具有较大的台面和较浅的冠高。因此，台面大小和冠部角度的控制是平衡亮度和火彩的主要机制(图 9 - 7)。

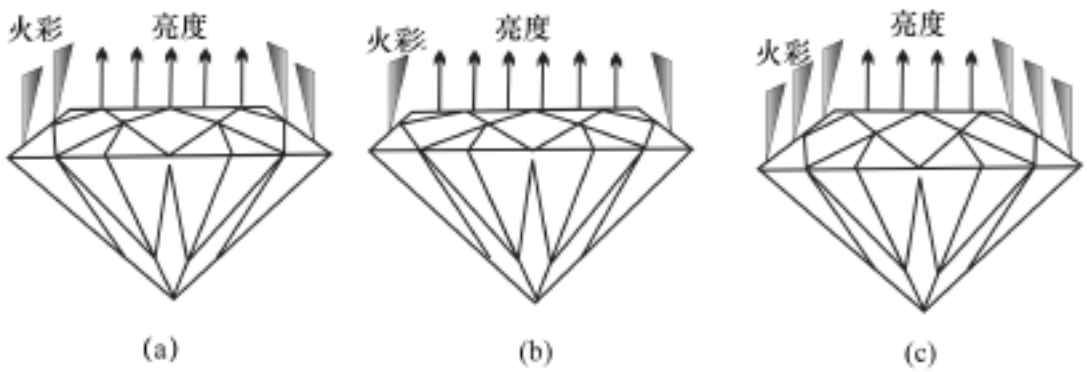


图 9 - 7　钻石的火彩与亮度的关系

(a) 理想；(b) 薄冠部、大台面；(c) 厚冠部、小台面

四、闪光与切工的关系

钻石小刻面反射的光由于钻石、光源或者观察者的移动所呈现的强度变化现象称为闪光（闪耀)。闪光可使钻石具有动感。钻石闪光效果的强弱取决于刻面大小、刻面数

目、切割比例和抛光程度。一般来说，刻面过小，刻面数相对较多，如小碎钻，闪光很弱；但刻面过大，刻面数相对较少，闪光效果也不强。只有标准切工且刻面数目与刻面大小相对比较协调的钻石，才可以显示出跳跃的闪光。

从上面光彩形成的讨论中，我们可以做出如下总结：

钻石光彩
- 亮度
  - 内部全反射：主要由亭角决定
  - 外部反射：由反射率和抛光程度决定
- 色散（火彩）：由冠角控制，同时也受台面大小制约
- 闪光：由刻面数、抛光、切割比例决定

切工是连接钻石内在光学性质和外表光学效应之间的桥梁。一块钻石原石只有经过精心设计、耐心切磨、细心抛光，才能流光异彩，形成一曲光之交响乐。

第二节 切工比例分级标准

一、切工比例分级定义

世界各地对钻石的光学效应要求不同，至少有 4 种“标准琢型”，即美国琢型（或托尔可斯基琢型）、德国琢型（或艾普洛精致琢型）、理想琢型（或约翰逊琢型）和欧洲琢型（或斯堪的纳维亚琢型）（图 9 - 8）。由于上述各琢型的标准不一致，导致了世界

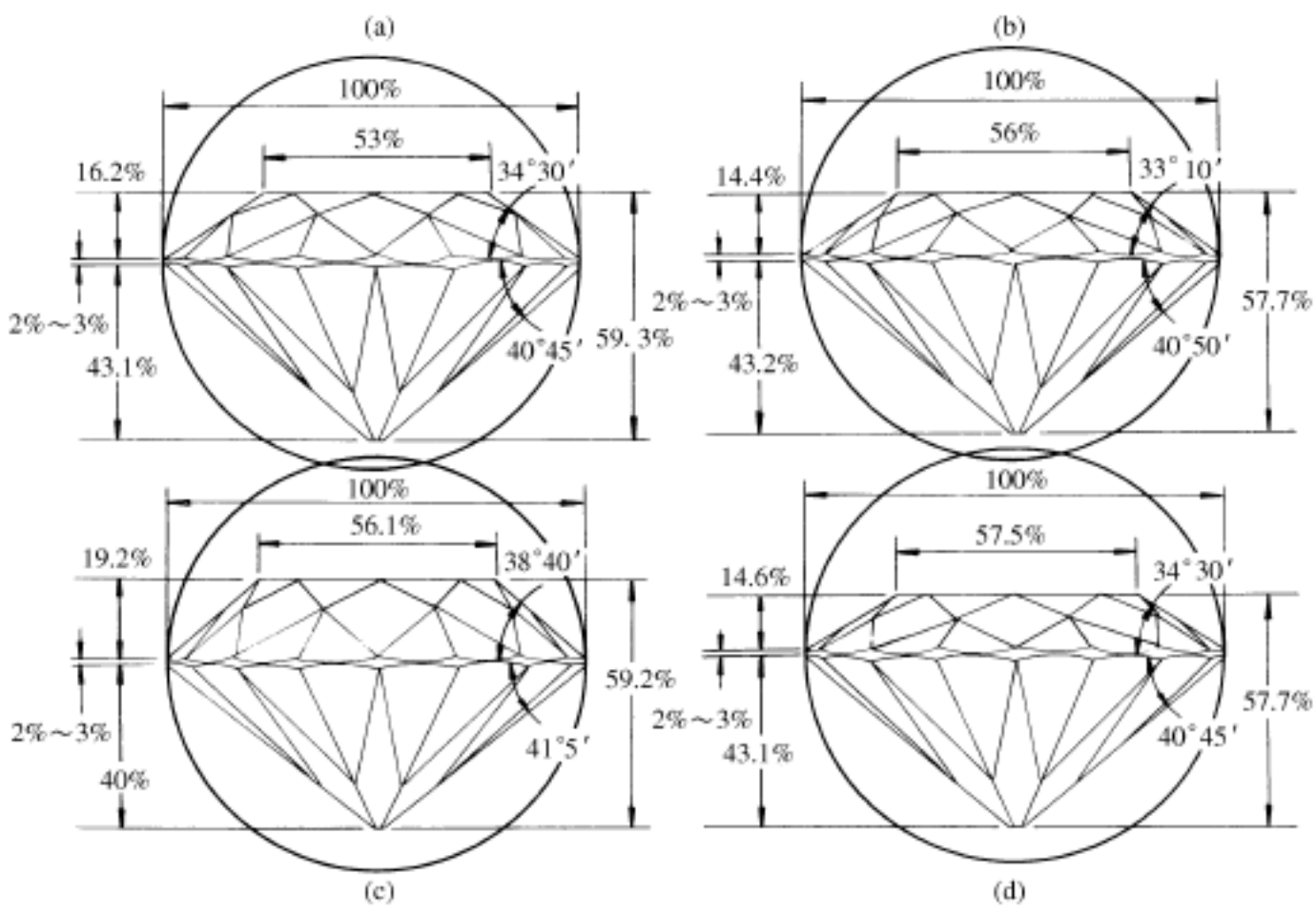


图 9 - 8　四种“理想”钻石琢型的比例和角度范围

(a) 美国琢型；(b) 德国琢型；(c) 理想琢型；(d) 欧洲琢型

上不同分级体系中对切工评价的分歧最多。IDC、HRD 和我国都明确地提出了切工比例分级标准，并提出了很好、好、一般（或中等至差）的等级评价规则；GIA 也根据切工比例和修饰度提出了较为中性措词的 1、2、3、4 等级评价规则；CIB-JO 则没有类似的等级规定，倾向于切工只测量，不评价，但要求描述对称性和抛光程度并进行评价。

到目前为止，钻石业尚未建立起一个类似色级、净度一样为大家都能接受并统一对应的切工分级标准，但这并不意味着切工不分级，通常使用的描述切工的术语，如 1、2、3、4 或 A、B、C、D 等均可反映切工的优劣及其与价格的关系。

钻石的切工比率（proportion）是指钻石各部分相对于平均直径的百分比。直径是指钻石腰部圆形水平面的直径。其中最大值称为最大直径，最小值称为最小直径，1/2（最大直径 + 最小直径）值称为平均直径（图 9 - 9），单位为毫米（mm），精确至 0.01。钻石切工比例分级中主要比例参数有：冠高比（crown height）、台宽比（table diameter）、亭深比（pavilion depth）、腰厚比（girdle diameter）、底尖比（culet diameter）和全深比（total depth）。其定义如下：

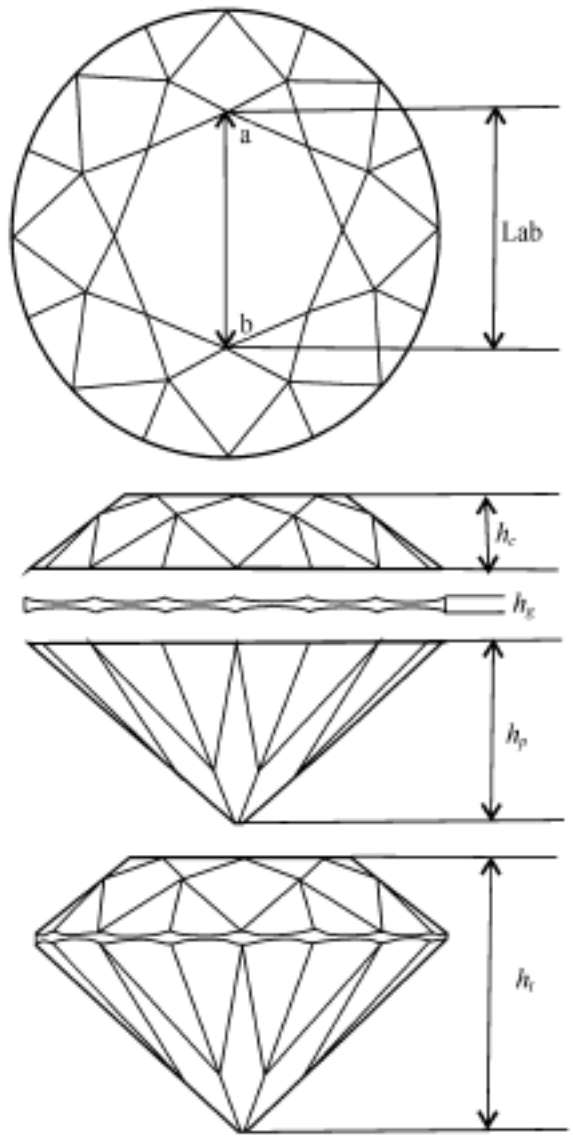


图 9 - 9　钻石切工比例示意图

冠高比　冠部高度相对平均直径的百分比。

即：冠高比 =（冠部高度（h_c）/ 平均直径）×100%

台宽比　台面宽度相对平均直径的百分比。

即：台宽比 =（台面宽度（lab）/ 平均直径）×100%

亭深比　亭部深度相对平均直径的百分比。

即：亭深比 =（亭部深度（h_p）/ 平均直径）×100%

腰厚比　腰部厚度相对于平均直径的百分比。

即：腰厚比 =（腰部厚度（h_g）/ 平均直径）×100%

底尖比　底尖直径相对平均直径的百分比。

即：底尖比 =（底尖直径/ 平均直径）×100%

全深比　全深相对平均直径的百分比。

即：全深比 =（全深（h_t）/ 平均直径）×100%

除上述这些比例要素外，在钻石切工比例分级中，还包括冠角和亭角两个参数。冠角（α）是指冠部主刻面与腰围所在的水平面之间的夹角；亭角（β）是指亭部主刻面与腰围所在的水平面之间的夹角。

二、切工比例分级标准

在 IDC 和我国钻石切工比例分级标准中，参与等级划分的参数主要有：冠高比、台宽比、亭深比、腰厚比、冠角和底尖。其分级等级可划分为很好、好和一般（中等至差）三个等级（表 9 - 4)。表中各比率数值通常取整数，必要时只近似取到 0.5，角度值有效数值保留小数点后一位。切工比例等级由表中所列各项数值最差的等级表示。GIA 是用 1、2、3、4 表示钻石切工的优劣（表 9 - 5)。

表 9 - 4　钻石切工比例分级表

体系 / 级别 / 所属项目	中等至差	一般	好		很　好	
	IDC	中国	IDC	中国	IDC	中国
冠高比（%）	≤8.5	≤8.5	9～10.5	9～10.5	11～16	11～16
台宽比（%）	≤50.0	≤50.0	51～52	51～52	53～66	53～66
冠角（β）	≤26.9°	≤26.5°	27°～30.6°	27.0°～30.5°	30.7°～37.7°	31°～37.5°
亭深比（%） 或亭角（α）	≤39 ≤38.4°	≤39.5	40～41 38.5°～39.5°	40～41	41.5～45 39.6°～42.2°	41.5～45
腰厚比（%）	特薄	0～0.5 （极薄）	很薄	1～1.5 （薄）	薄及 中等	2～4.5 （适中）
底尖（%）					至 1.9	< 2.0（小）
全深比（%）	≤52.9	≤52.5	53.0～55.4	53～55.5	55.5～63.9	56.0～63.5

体系 / 级别 / 所属项目	好		中等至差	一　般
	IDC	中国	IDC	中国
冠高比（%）	16.5～18	16.5～18	≥18.5	≥18.5
台宽比（%）	67～70	67～70	≥71	≥71.0
冠角（β）	37.8°～40.6°	38°～40.5°	≥40.7°	≥40.7°
亭深比（%） 或亭角（α）	45.5～46.5 42.3°～43.1°	45.5～46.5	≥47 ≥43.2°	≥47.0
腰厚比（%）	厚或 很厚	5～7.5 （厚）	特厚	≥8 （极厚）
底尖（%）	2～3.9	2～4（中）	≥4	> 4（大）
全深比（%）	64～66.9	64～66.5	≥67.0	≥67.0

表 9 - 5　GIA 切工等级（据 GIA 钻石分级课程）

等　　级	1***	2	3*	4**
台宽比	53%～60%	61%～64%	65%～70%	> 70%
冠高比	34°～35°	32°～34°	30°～32°	< 30°
腰围	中厚—稍厚	薄—厚	很薄或很厚	极薄或极厚
亭深比	43%	42%或 44%	41%或 45%～46%	> 46%或 < 41%
底尖	无—中大	稍大	大	很大
修饰	优良—极优	良好	不良	劣等

* 3 级中尚包括桌面大小为 51%～52%，冠角 37°之钻石。

** 4 级也包括桌面小于 51%，冠角大于 37°，或有主要对称缺陷之钻石。

*** 在 1 级中小于 0.50 克拉钻石桌面大小可至 61%～62%。

第三节 切工比例的仪器测量方法

一、钻石投影比例仪测量圆钻的比例

测量钻石比例的常规仪器是钻石投影比例仪。它是一种轮廓投影仪。其原理是通过投影图与屏幕上的标准图形及标尺的关系来测量成品钻石的比例和主要对称性偏差。该仪器由投影屏幕、投影放大装置和样品夹具三部分构成。投影屏幕有两个，一个用来测量 1.25 克拉以下的钻石，另一个用来测量 8 克拉以下的钻石。投影荧屏上刻有钻石标准比例和角度标尺的圆钻侧视轮廓图；投影放大装置可将待测的钻石样品投射放大到活动荧屏上，并可调准它的放大影像，使之与所刻的图形吻合；特制的钻石样品夹具是用来固定和调整样品的。投影比例仪的基本操作步骤如下：①打开电源及投影屏幕开关；②夹固清洁后的钻石。将钻石放到呈马蹄形的夹具上，上杆顶住圆钻的台面，底尖放在下杆有侧面开口的空洞中，转动上夹杆的螺纽，夹紧钻石；③将夹固好钻石的夹具放在比例仪光源上方的载物台上；④聚焦、调试投影图像。调节物镜焦距，使钻石的放大影像图聚焦、清晰，同时转动夹具的下夹杆手轮移动钻石，使投影图像与屏幕轮廓图 100%吻合。完成了上述步骤后即可开始仪器的测量工作了。

1. 台宽比的测量

移动调节钻石投影图，使其台面与屏幕轮廓图的水平刻度盘平行，并将腰部直径调到 100%处，即可测量台面宽度。如果此时台面在正中央，台面两边的读数是一样的，如图 9 - 10 所示，左、右两边刻度均为 60%，即该待测钻石的台宽比为 60%。台宽比要依八边形台面的四条对角线，分别从 4 个不同的侧影去测量，再计算出测量结果的平均值。

如果台面不在中央，即台面偏离中心，侧影在左、右刻度上的读数不一样。为确定台宽比先测出这两个数并求平均值，然后再从其他 3 个不同的侧影上去测量，以这 4 个

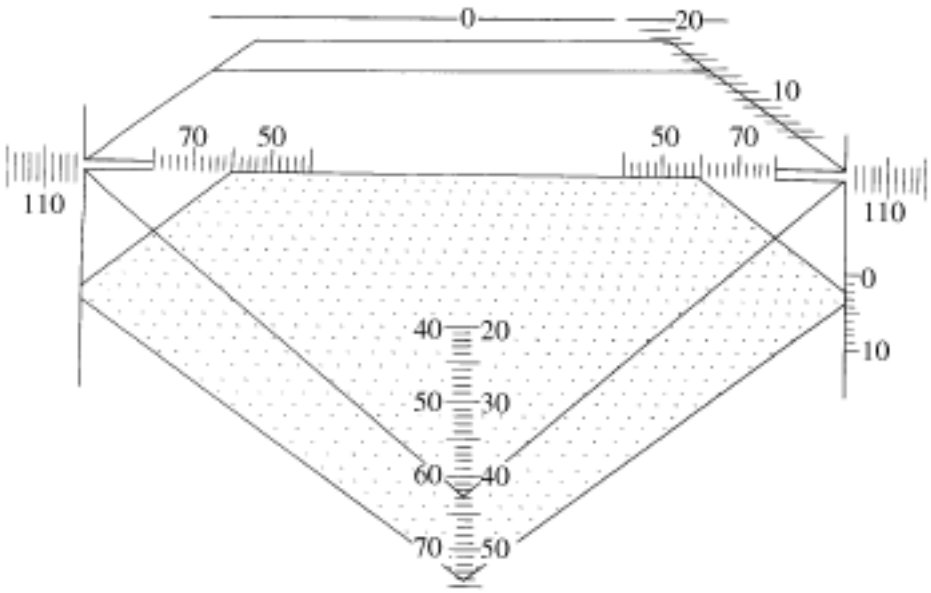


图 9 - 10　台面在中央时台宽比的测量方法

台宽比为 60%

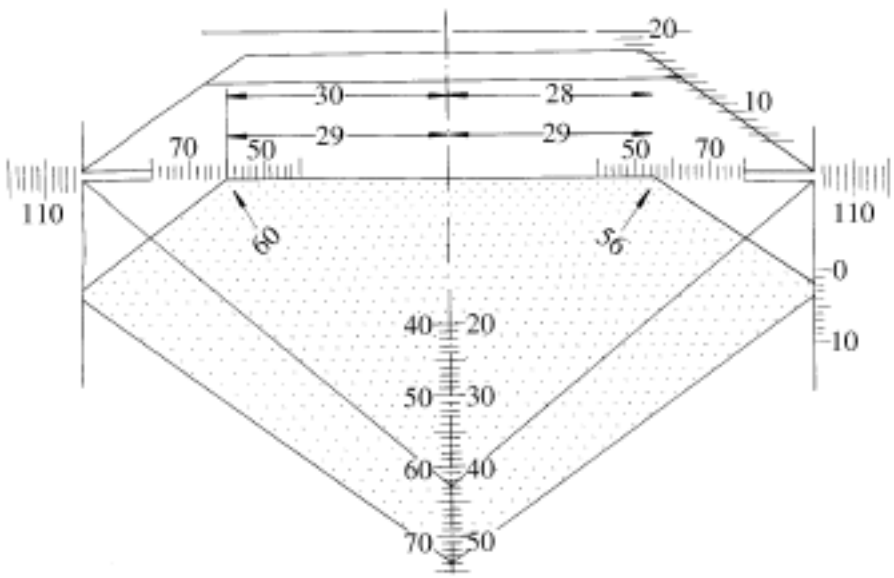


图 9 - 11　台面不在中央时台宽比的测量方法

平均台宽比 $\frac{(60\% + 56\%)}{2} = 58\%$；**实际偏心率** $\frac{(60\% - 56\%)}{2} = 2\%$

读数的平均值，做为台宽比的最终数值。图 9 - 11 表示台面不在中央时，台宽比的测量方法。

在评定钻石的对称性时，台面偏离中心的程度是可以测量出来的，它属于主要对称性偏差。最终台宽比需取 4 个不同方向的侧影所测结果的平均值（表 9 - 6)。

表 9 - 6　台面偏离中心台宽比的测量

	左标尺	右标尺	平均值	差值
侧影 1	62%	68%	64%	6%
侧影 2	62%	66%	63%	4%
侧影 3	64%	68%	66%	4%
侧影 4	66%	70%	68%	4%

最终台宽比为 65%，同一侧影的最大差值为 6%，实际偏心率为 3%。

2. 冠高比测量

将屏幕恢复到基准位置，钻石腰部直径必须调到 100%处，然后将钻石投影图右侧冠部主刻面与荧屏上轮廓图主要刻面（冠部）边缘对齐（图 9 - 12)。要始终保持钻石的台面平行于荧屏上的顶面线。从右侧倾斜的线性标尺上读数，得出冠高比。注意此处线性标尺的每个刻度为 1%，如图 9 - 12 中测得的冠高比为 13%。如此反复 8 次，取其平均值。

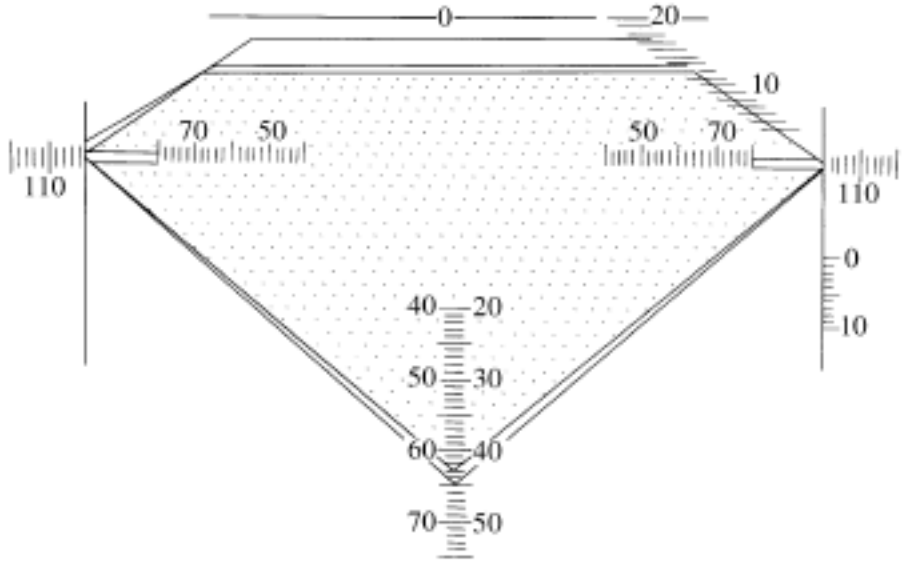


图 9 - 12　用投影比例仪测冠高比

冠高比为 13%

3. 亭深比的测量

同样，先调整腰部直径到 100%处，然后将屏幕上轮廓图腰围左右下角与钻石投影图腰围的左右下角对齐，底尖（面）到达屏幕中间垂直的线性标尺上的右侧刻度读数(左侧刻度为全深比的读数)，即可得出亭深比（图 9 - 13)。线性标尺上一个刻度等于

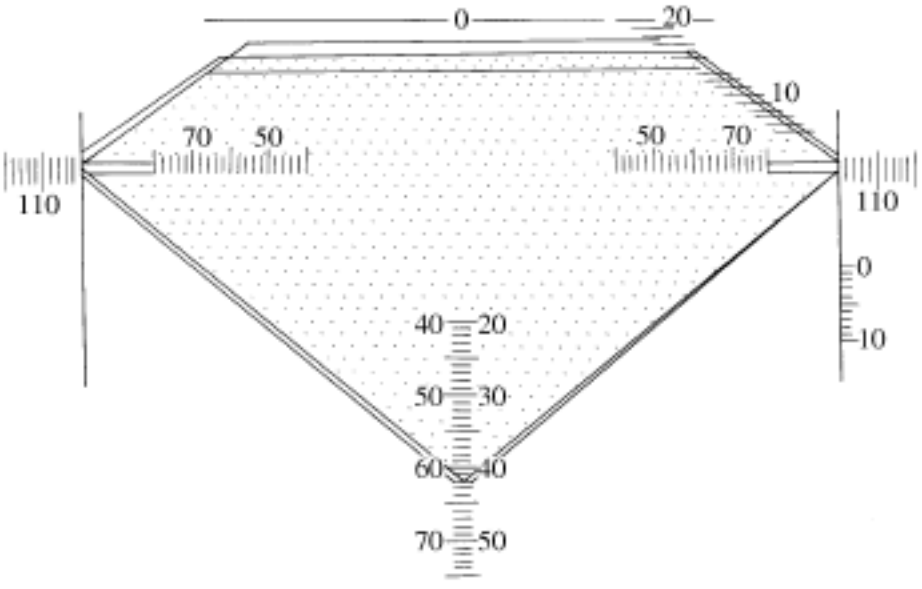


图 9 - 13　用投影比例仪测亭深比

亭深比为 42%

1%。测量时要始终保持钻石的台面平行于荧屏上的顶面线。如此反复 8 次测量亭部深度，取其平均值即为亭深比。有的钻石底尖（面）不在中央，说明钻石的底尖偏离了中心，这时应水平调动荧屏，直到底尖（面）重合于垂直线性标尺，再测量亭部深度。底尖的偏离度可用亭部阴影与垂直线性标尺相交时的读数与底尖重合于垂直线性标尺时的读数差来确定。

4. 腰厚比的测量

将屏幕垂直上移，调整钻石腰围直径达 100%处。使腰围的右上部与右边的垂直标尺零点对齐。每个刻度等于 1%。转动钻石测量 8 次，取平均值。当腰厚度变化较大时，应详细测量各处腰厚度。腰围厚度是以腰棱最宽处读数为准，这与目估方法不同。此步骤也可在测量台宽比时同时完成，只读出腰围阴影所占刻度数即可。

5. 底尖比的测量

测量小的底面，可以使用目镜刻度上的参考圆圈。这时要使用适当的放大率和刻度圆圈，表 9 - 7 所示的是某些目镜圆圈的大小与所使用的放大率的关系。这些参考圆圈在其他放大率时的大小，可从本表中用内插法推算得知。

表 9 - 7　目镜度量圆的大小与物镜放大率间的关系

大小尺寸（μm） / 物镜放大率 / 目镜度量圆	1	1.1	1.2	1.4	1.6	2	2.2	2.5	2.8	3	3.2	4
4○5	100	90	85	70	65	50	54	40	35	33	30	25
8○9	400	365	335	285	250	200	185	160	145	135	125	100
12○13	1600	1455	1335	1140	1000	800	730	640	570	535	500	400

对于有较大底面的钻石，可以使用线性标尺测量。

二、用钻石比例镜测量钻石的比例

如果没有投影比例仪，在宝石显微镜目镜的位置装上特制的具有读数标线尺的目镜(或称比例刻度计、比例分析器)，也可以较准确地测量钻石的比例。测量目镜上刻画的微标尺图案各不相同，测量的步骤也不一样。如用 HRD 比例刻度计测量钻石的比例(图 9 - 14)。其基本步骤如下：

①使用顶光照明；②用显微镜载物台上配置的镊子夹住钻石，台面朝上；③调整放大率和显微镜调焦旋纽，使钻石腰部直径调整为 100%，即腰围影像与标线尺上的圆圈轮廓重合〔图 9 - 14（a)〕；④观察方向垂直于台面，焦点对准腰围平面，转动测量目镜，这时即可测量台宽比〔图 9 - 14（b)〕；⑤将钻石的底尖指向前方，聚焦钻石的侧影，使样品的下腰线与微标尺的 0 点对齐，底尖与微标尺重合，可测量冠高比、亭深比和腰厚比。测量时精确地调试钻石的正确位置极为重要，否则一个很小的偏差，都会引起较大的误差，尤其是倾斜钻石时，可轻微摆动钻石，以刚好看不见台面为理想的测量位置，即台面要与标尺垂直。此方法还适合镶嵌钻石的切工分级，尤其是测量镶嵌钻石的腰围

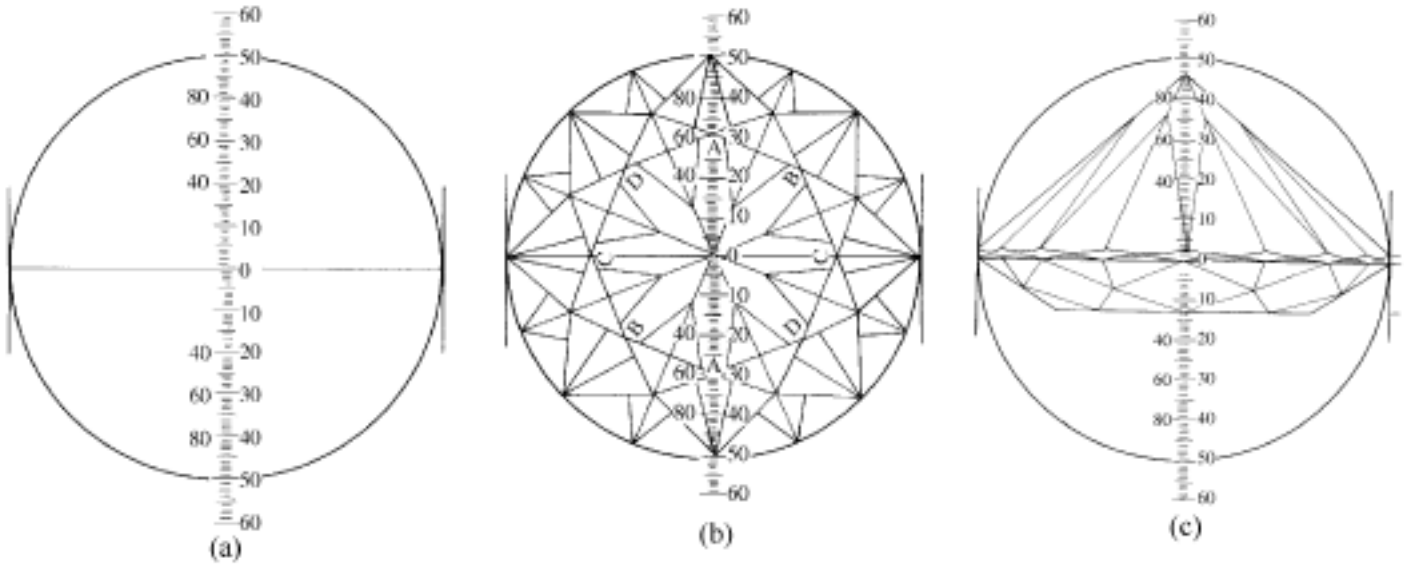


图 9 - 14　HRD 比例刻度仪及其测量图

(据《钻石的分级和鉴定——HRD 标准》，智尚田译，1995)

(a) HRD 比例刻度仪；(b) 台宽比测量 (60%)；(c) 冠高比和腰厚比测量 (冠高比为 13%，腰厚比为 2%)

直径、台宽比、台影比、冠角的影像宽度比都比较有效。

另外，这种读数标尺还可用来测量任何内含物 (如小包裹体或裂隙) 的尺寸。

三、用读数显微镜测量钻石的各部分尺寸计算比例

读数显微镜是一种光学仪器，结构简单，操作方便，价格便宜。如采用上海浦东物理光学仪器厂生产的 JC - 10 型读数显微镜 (图 9 - 15) 配合外径千分尺 (或游标卡尺) 使用，测量钻石各部分尺寸不失为一种行之有效的方法。

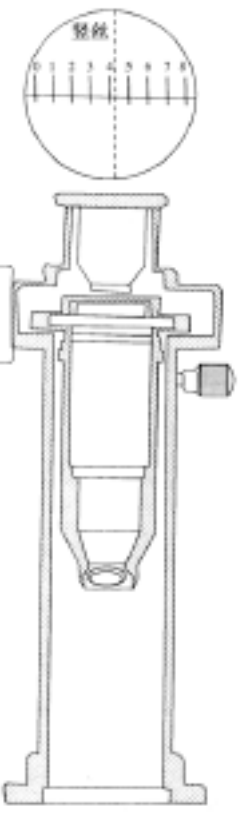
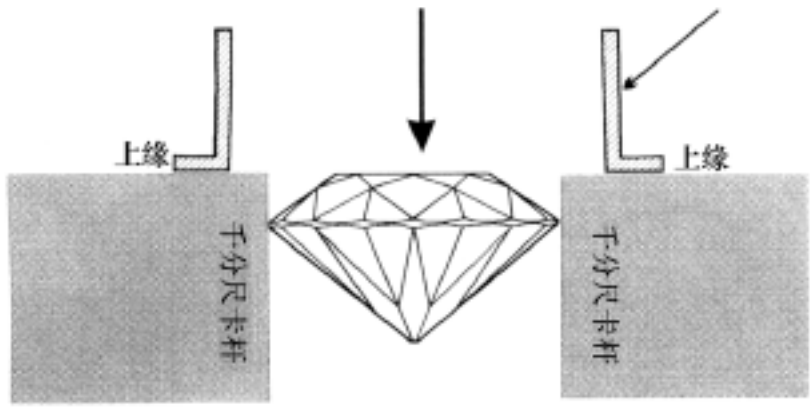


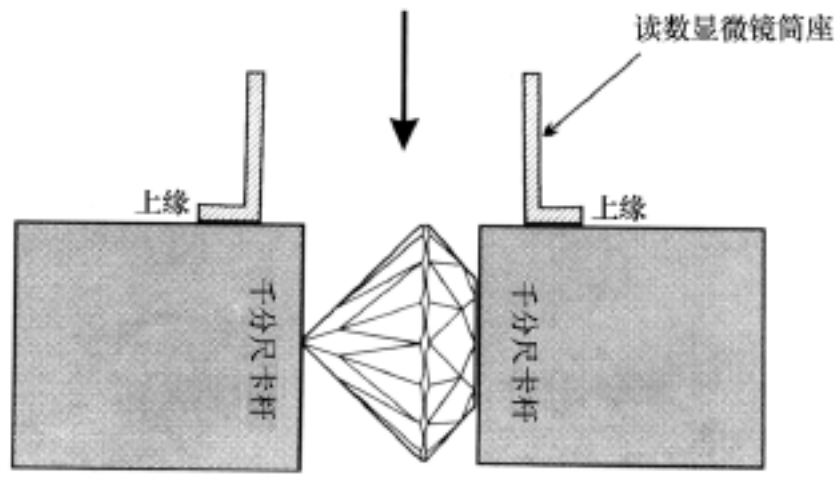
图 9 - 15　读数显微镜基本结构示意图

该读数显微镜主要由目镜、物镜、镜筒、镜筒底座和读数鼓轮组成。它的放大倍数为 20 倍，测量长度 8 mm，有效测量范围 6 mm，精度为 0.01 mm。读数显微镜的视域内有一横坐标，其上有 8 格刻度线，每格 1 mm。垂直横坐标设有一根可移动的竖丝。旋转读数轮，竖丝可左右移动，移动距离可从读数轮上读出。读数轮上刻有 100 格，每格为 0.01 mm。读数轮旋转一周，视域中的竖丝移动一格。利用读数显微镜可测量钻石的台面、冠高、腰厚、亭深和底面大小的尺寸。

基本操作步骤如下：①利用外径千分尺 (或游标卡尺) 准确测量钻石的腰围直径、总深度；②如图 9 - 16 (a) 夹好钻石，将读数显微镜放在夹尺上，使读数显微镜的进光窗对向光源；③调试视域中钻石影像清晰，使横丝通过八边形台面的对角线，然后向内转动读数轮，使竖丝对准对角线的左端，记录读数 1，之后转动读数轮使竖丝移到右端，记录读数 2。二读数的差，即为台面尺寸；如此反复测量其他三条对角线，取其平均数；④如图 9 - 16 (b) 夹好钻石，使腰围与夹尺的上缘在同一焦点平面内。固定读



(a)



(b)

图 9 - 16　读数显微镜测量钻石比例夹持方法

(a) 测量台面的夹持方法；(b) 测量冠高、腰厚、亭深比的夹持方法

数显微镜于夹尺上，移动竖丝读数，分别可测量冠高、腰厚、亭深尺寸，转动读数显微镜（或夹尺），每一部分尺寸分别测量 8 次，取其平均值；⑤将测出的各部分数据带入公式，计算钻石各部分比例及角度（$\beta = \mathrm{arctg}\,2h/(\phi - \phi)$；$\alpha = \mathrm{arctg}\,2h_p/(\phi - \phi)$）。

四、用微尺测量钻石的比例

用各种微尺也可测量钻石的比例，常用的微尺有高精度卡尺和胶片微尺。卡尺主要用于测量钻石的直径和全深。一个有经验的钻石商总是随身携带这样的卡尺，可以随时迅速了解钻石的质量。测量钻石的卡尺精度一般不低于千分之一毫米，常见有盘式刻度尺、游标卡尺、千分尺及数显式刻度尺等。

胶片微尺（台面量尺）是用硬质胶片制成的一种微尺（图 9 - 17）。它是在胶片上贴了一个 1 cm 长的刻度分为毫米和十分之一毫米的线性尺子，借助放大镜或显微镜，用胶片微尺可以直接测量钻石的比例，尤其是测量钻石的台宽比十分简便。测量时，先在一块厚的塑胶片或硬纸板上挖一个小凹槽，并使待测钻石固定在槽内，再轻轻地把胶片微尺压上去，用冷光源照明并在放大镜下直接测量即可。

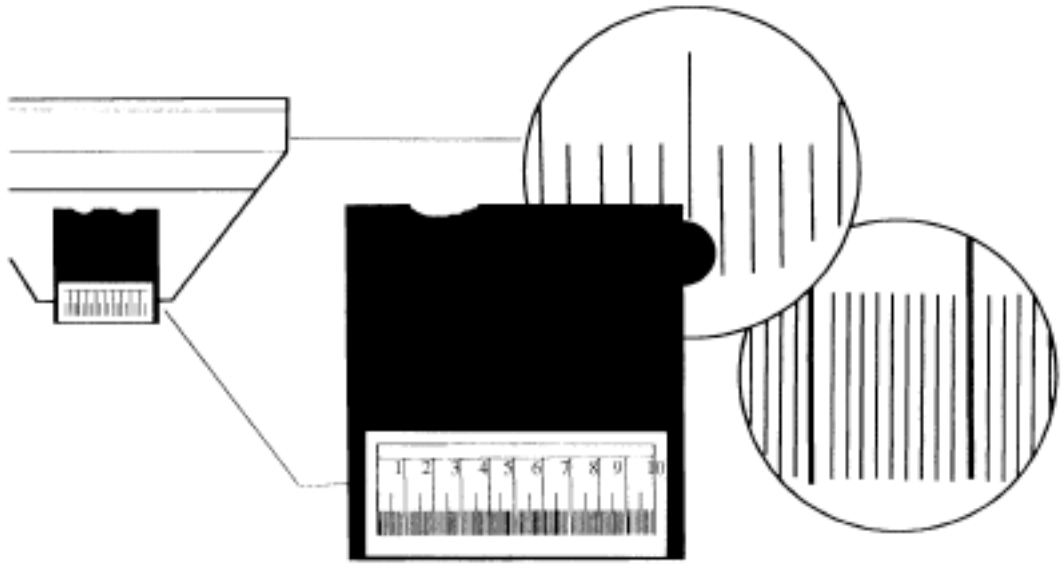
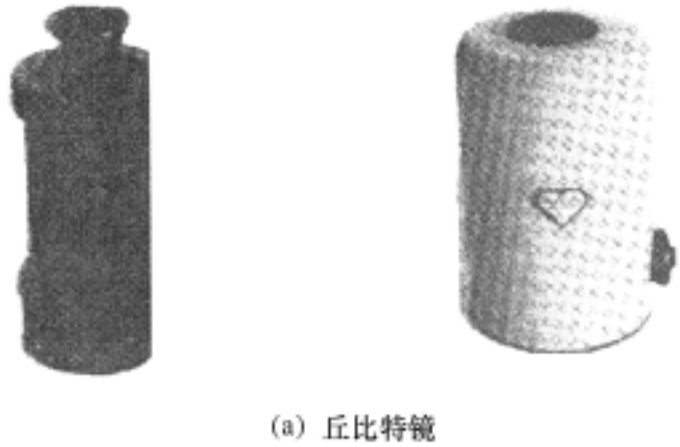
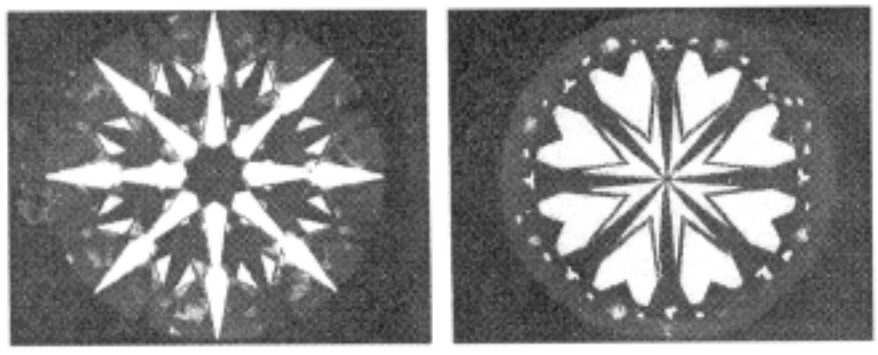


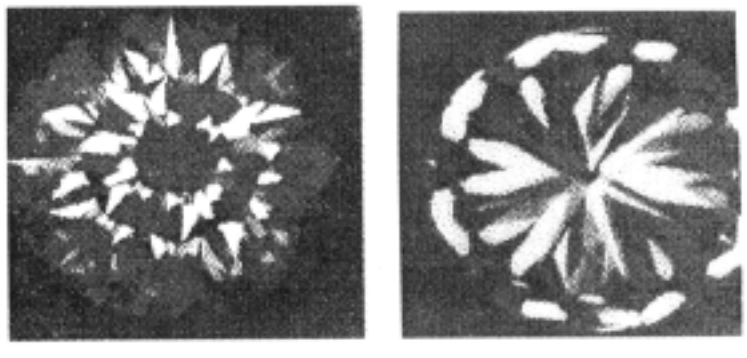
图 9 - 17　胶片微尺（台面量尺）示意图



(a) 丘比特镜



(b) 完美切工的“八心八箭”图案



(c) 一般切工的变形、散乱图案

图 9 - 18　丘比特镜及观察钻石切工的图案

五、丘比特观测镜

20 世纪 90 年代中期，日本东京的山下金作先生发明了一种专门用于观察圆钻型切工优劣的小型仪器〔图 9 - 18（a)〕，主要由底板（黑色圆板）和放大镜筒组成。它简单、方便，易于操作。只要让足够的光线从顶部照射到钻石，经过钻石的光线就会在丘比特镜的视域内形成一个特殊的图形——“八心八箭”。只要切工等级属于很好、好且对称性高的钻石，用丘比特镜观察钻石台面时，就会看到八个放射状分布的、清晰规则的“梭镖”状图案；观察钻石的亭部时，就会呈现八个指向亭尖的“箭头”和“心脏”的图形，寓意为丘比特之箭，穿过恋人的心脏〔图 9 - 18（b)〕。故有人把在丘比特镜下能看见“八心八箭”的钻石称为“丘比特工”。对于切工等级属于好以下级别的钻石，则无法清晰地看到“八心八箭”或者图形有不同程度的变形、散乱〔图 9 - 18（c)〕。许多钻石批发商和零售商都配备了这种小型仪器，以向顾客展示他们所售钻石切工之标准。

第四节 切工比例的目估方法

目估法是指借助于 10 倍放大镜用肉眼观察钻石的各部分轮廓或影像等特征估测钻石各个比例的方法。这是钻石切工分级中最常用也是最简便、快捷、经济的方法。一个有经验的专业分级人员，误差不超过 1%。

一、台宽比的估测

台宽比的估测有两种方法。

1. 线段比例法

通过目测腰围至台面边缘距离（*CA*）和台面边缘至底尖中心距离（*AB*）之比例关系，估测台宽比的一种方法。如 *CA*：*AB* = 1：1，则台宽比为 54%。其他比例见图 9 - 19、表 9 - 8。

表 9 - 8　线段比例法目估台宽比

AB：*CA*	1：1	1.25：1	1.50：1	1.75：1	2：1
台宽比（%）	54	60	65	69	72

目估的步骤如下：①让视线垂直于钻石台面，将底尖调至腰围中央；②可假想一条直线，从上腰面与腰围的接点 *C*—星刻面尖点—横过台面棱的中点 *A*—底尖 *B* 为止；③将此假想线段分为内外两段，*CA* 为外段，设其值为 1，*AB* 为内段；④目估外段占内段的比例。若线段比例为 1：1 并不代表 50%的台面，因为台面直径是由八边形对角线所决定。之所以选择台面边缘做比较，是为了最大限度地减少视觉在长度上的光学错觉(增加或减少)。利用针笔可以更精确地进行目测（图 9 - 20)。

用此方法估测台宽比时，若出现对称性偏差，如台面偏心，则选择偏离程度小的方

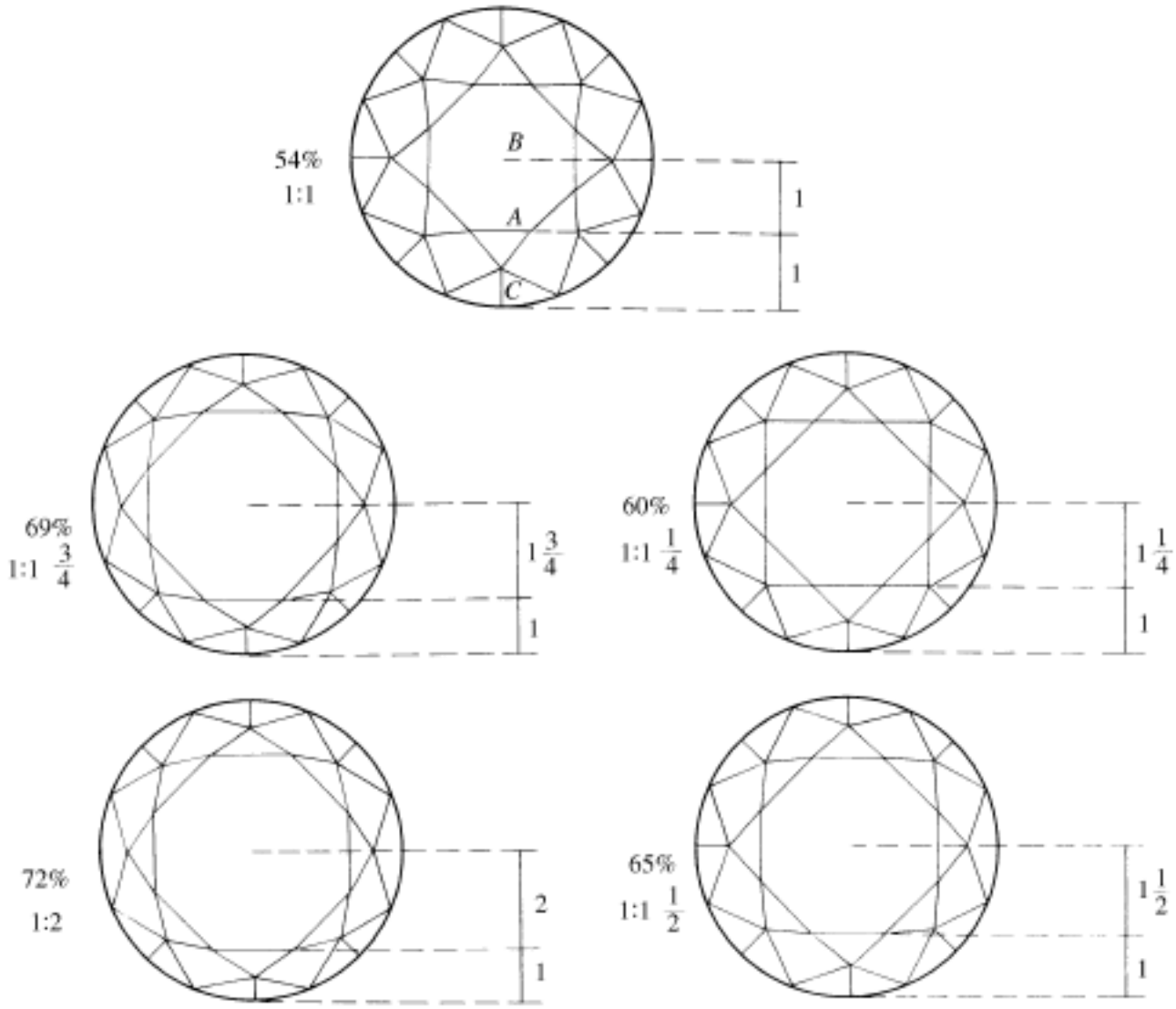


图 9 - 19　比例法目估台宽比

向或估测有偏离的两侧比例，加权平均；若底尖偏心，可稍微倾斜钻石，使底尖移至中心点再估测。

2. 弧度法

通过观察钻石台面与星刻面组成的两个相互重叠的正方形的任意一条边的弯曲程度来确定台宽比的一种方法。

基本步骤如下：①视线垂直于钻石台面，将底尖调至腰围中央；②集中注意一个正方形任意一条边，即该边从一个星刻面的顶点延伸到台面边缘再到星刻面的顶点。若台宽比为 60%时，该线为一条直线；若台宽比小于 60%，该线则向台面内弯曲；若台宽比大于 60%时，该线向外弯曲；具体的曲度与台宽比的关系见表 9 - 9、图 9 - 21。

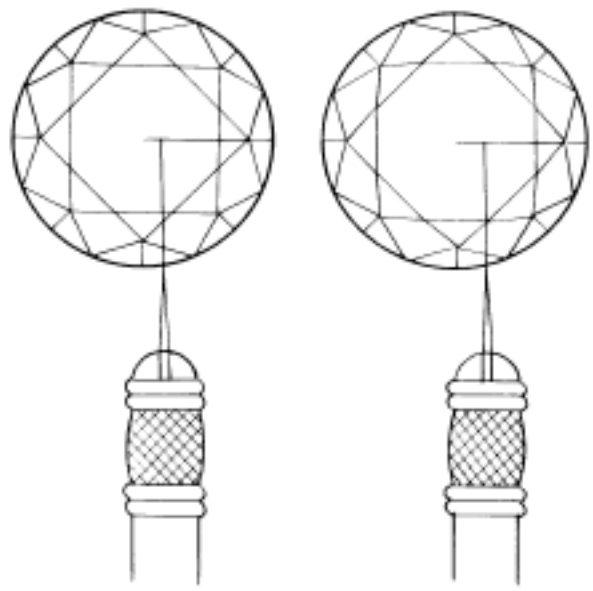


图 9 - 20　用针笔测量 *CA*/ *AB* 值示意图

用此方法估测台宽比要求星刻面的高和上腰面的短边边长应该等长〔图 9 - 22（c)〕，但有时候二者长短不一样，这时用弧度法目估台宽比时，就需要加减 1%～6%的改正值。如星刻面的高占台面边缘至腰围距离的 2/ 3 时，台面看起来较小，这时要加 6%

表 9 - 9　弧度法目测台宽比

弧线弯曲状况	很明显向内弯	稍向内弯	8 条直线	稍向外弯	明显向外弯
台宽比（%）	53	58	60	63	67

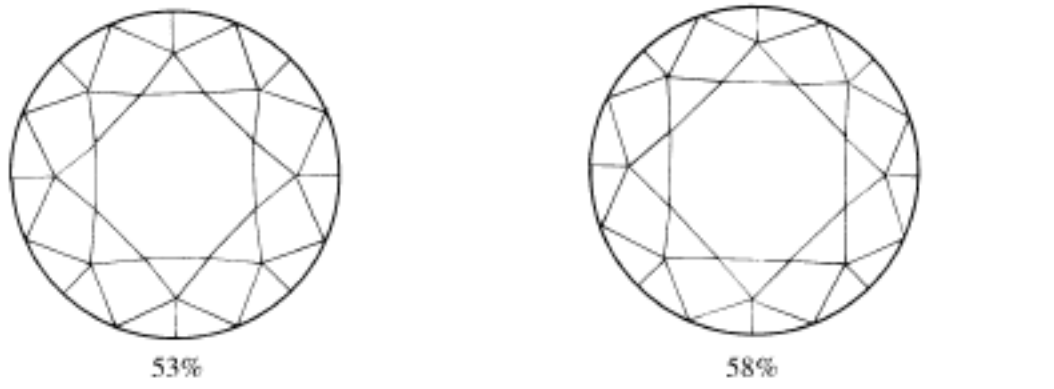


图 9 - 21　弧度法目测台宽比

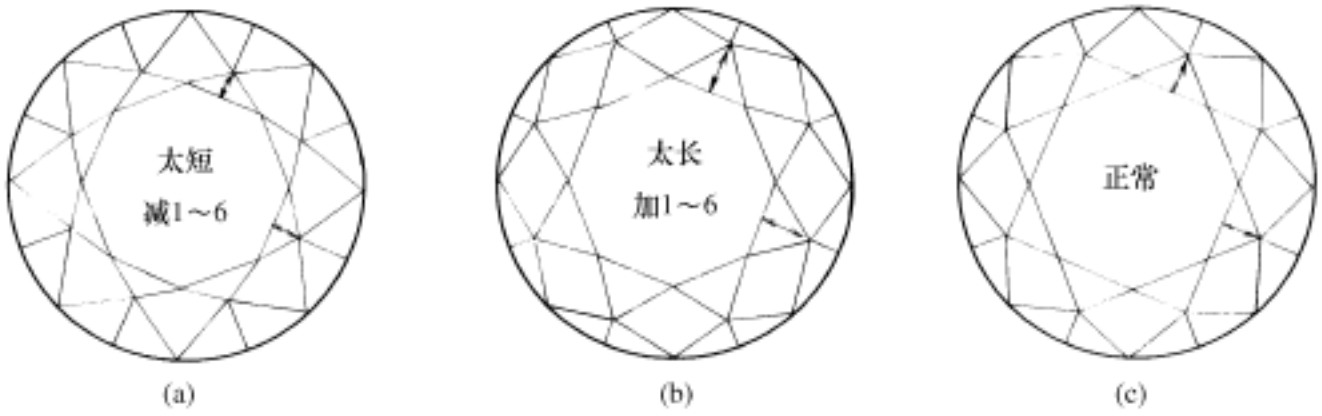


图 9 - 22　弧度法改正值的确定

(a)、(b) 中的单位为%

〔图 9 - 22 (b)〕；反之，要减 6%〔图 9 - 22 (a)〕。如果界于 2/ 3 与 1/ 3 之间可内插 1%～5%，事实上在分级的过程中，通常只需加减 3%。

另外，有些冠部不对称的钻石，可导致正方形的边有的内弯、有的外弯或弯曲的弧度不同。此时应根据不同的情况，分别估出台宽比后，加以平均，取其平均值。

线段比例法和弧度法估测台宽比可以相互印证，并不断训练自己的眼力和积累经验，很快就会掌握这两种方法。

本书所附图版XIII、XIV的台宽比从55%～72%涵盖了钻石常见的台面尺寸。

二、冠角的估测

冠部角度估测有两种方法：即侧面直接观察判断角度大小及透视台面和冠部主刻面，比较亭部主刻面影像，估测冠部角度。

1. 侧视估测法

从侧面目估冠角时，必须以冠部主刻面与腰围所在平面的夹角为基准。不可估测星刻面、上腰面与腰围所在平面的夹角。在理想的琢型中，冠角大都在33°～34.5°之间，基本上是直角的三分之一。

侧视法目估冠角的步骤如下：①用镊子垂直夹持钻石，放在眼睛的正前方，镊子内壁与钻石腰棱成直角（图9-23）；②想象中把直角分成三等份，然后估测冠角的大小。因为人眼对角度的轻微差异很敏感，所以从侧面目估冠角简单易学，训练有素的分级师误差不超过2°。

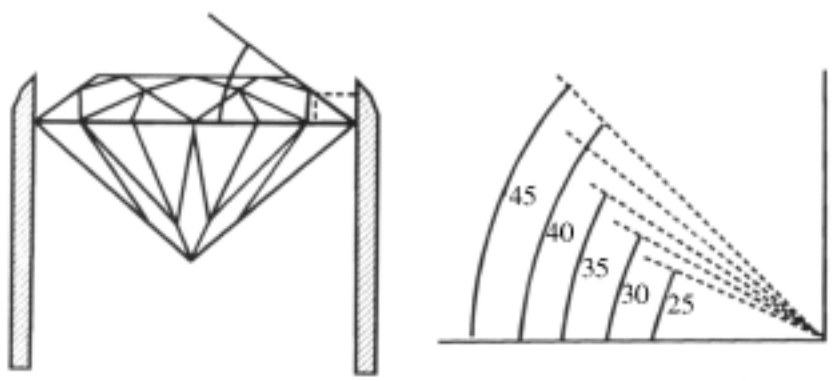


图9-23　侧视法目估冠角示意图

2. 正视估测法

此法利用亭部主刻面在八边形台面的一个角与冠部主刻面连接点处的影像宽度之比〔图9-24（a）、表9-10〕，估测冠角的方法。

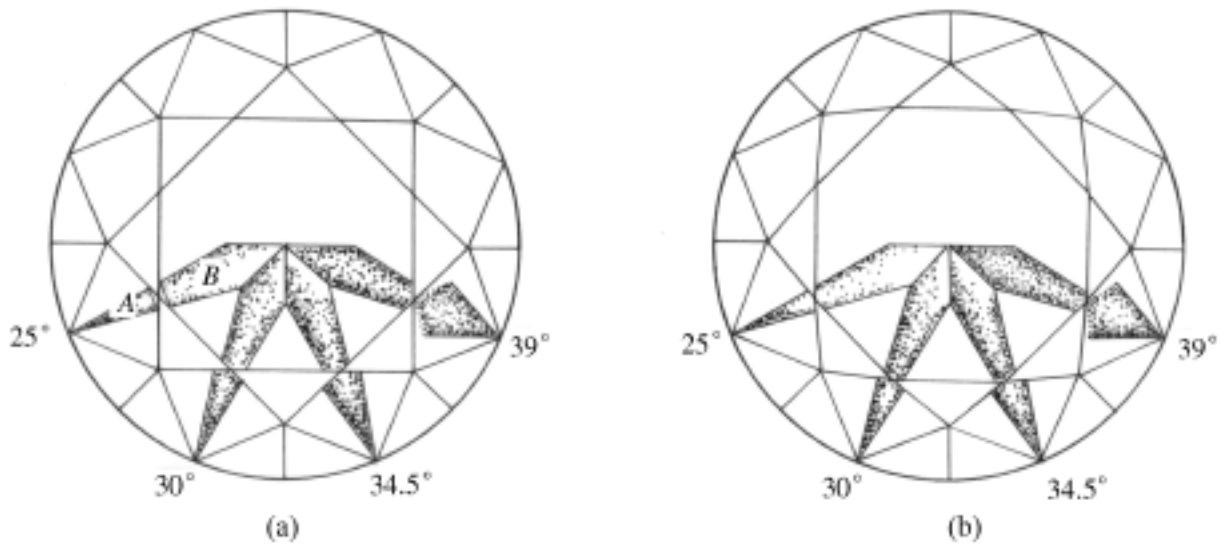


图9-24　台面朝上冠角的目测

（a）60%台面；（b）65%台面

表 9 - 10　冠角估测

B：*A*	1：1	1：1. 5	1：2
冠角（β）	25°	30°	34. 5°

具体步骤如下：①正视钻石，透视台面，从底尖顺着一亭部主刻面过渡到台面八边形的一个角观察其影像 B 的宽度，接着透视相连接的冠部主刻面观察影像 *A* 的宽度；②若冠角为 34. 5°时，则 *B*：*A* = 1：2，即亭部主刻面影像在台面八边形角处的宽度是冠部主刻面影像宽度的一半；③若冠角大约为 30°，二影像宽度差距不明显；若冠角为 25°时，影像从台面八边形的角到冠部主刻面成直线状延伸；④若冠角大约为 39°时，影像在冠部主刻面上变为梭镖状；⑤若冠部非常陡，并匹配一个小尺寸的台面时，可看到底尖影像几乎在所有的冠部主刻面出现。

另外亭部刻面影像还受台面大小的影响而变化，如图 9 - 24（b），如果台宽比增加，影像间的比值关系不变，只是影像本身会变窄。

当冠部主刻面位置与亭部主刻面的位置稍有差异时，影像会发生位错、变形，此时正面估测冠角比较困难。通常需估测多个影像的冠角取其平均数。最好是用两种方法相互验证，可增进结果的准确性和一致性。显微照片所展示的是从正面与侧面目估钻石 25°～40°间的冠部角度。

已知冠角及台宽比，可确定钻石的冠高比，见表 9 - 11。

表 9 - 11　根据冠角及台宽比确定钻石的冠高比

冠高比（%）　冠角 / 台宽比（%）	34. 5°	25°	30°	32°	38°
52	16. 5	11. 2	13. 9	15. 0	18. 8
53	16. 2	11. 0	13. 6	14. 7	18. 4
54	15. 8	10. 7	13. 3	14. 4	18. 0
55	15. 5	10. 5	13. 0	14. 1	17. 6
56	15. 1	10. 3	12. 7	13. 7	17. 2
57	14. 8	10. 0	12. 4	13. 4	16. 8
58	14. 4	9. 8	12. 1	13. 1	16. 4
59	14. 1	9. 6	11. 8	12. 8	16. 0
60	13. 7	9. 3	11. 6	12. 5	15. 6
61	13. 4	9. 1	11. 3	12. 2	15. 2
62	13. 1	8. 9	11. 0	11. 9	14. 8
63	12. 7	8. 6	10. 7	11. 6	14. 5
64	12. 4	8. 4	10. 4	11. 2	14. 1
65	12. 0	8. 2	10. 1	10. 9	13. 7
66	11. 7	7. 9	9. 8	10. 6	13. 3
67	11. 3	7. 7	9. 5	10. 3	12. 9
68	11. 0	7. 5	9. 2	10. 0	12. 5
69	10. 7	7. 2	8. 9	9. 7	12. 1
70	10. 3	7. 0	8. 7	9. 4	11. 7
71	10. 0	6. 8	8. 4	9. 1	11. 3
72	9. 6	6. 5	8. 1	8. 7	10. 9
73	9. 3	6. 3	7. 8	8. 4	10. 5
74	8. 9	6. 1	7. 5	8. 1	10. 2
75	8. 6	5. 8	7. 2	7. 8	9. 8

三、亭深比估测

从正面观看圆多刻面型钻石，底部刻面就会如镜子一般反射出台面的影像，找出并诠释这些影像对切工分级及鉴别钻石有非常重要的意义。目估亭深比非常精确，分级师的误差一般不会超过 1%。亭深比目估的方法有两种。

1. 台影比法

指用 10 倍放大镜从垂直台面方向观察经亭部刻面映射的台面影像，根据其影像在整个八边形台面内所占比例的大小，即台面影像宽度与台面实际宽度之比（简称台影比），估测亭深比的方法。其光学原理如图 9 - 25 所示。从图中可以看出，在其他切工比例不变的情况下，台面影像的大小随亭深比或亭角的增大而逐渐增大。

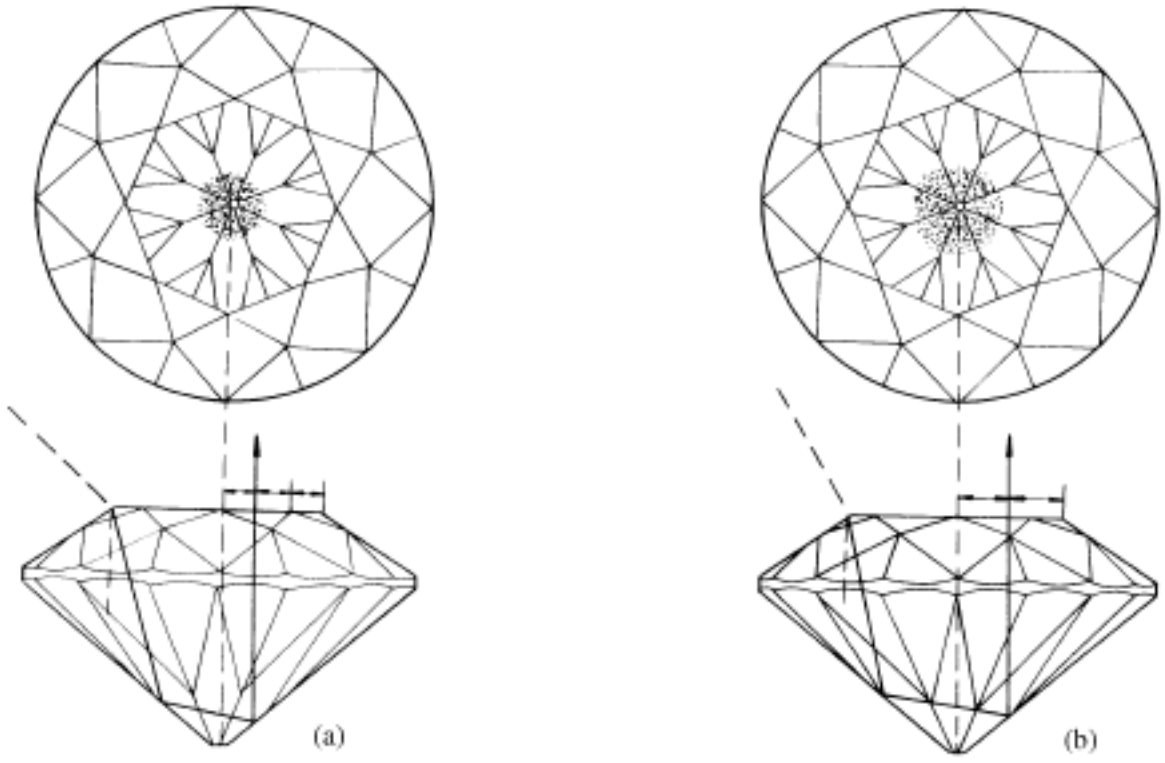


图 9 - 25　台面影像形成的光学原理

(a) 台面影像占台面宽度的 1/ 3；(b) 台面影像占台面宽度的 1/ 2

台影比法估测亭深比的步骤如下：①找出台面反射影像是目估亭深比的第一步工作，视线垂直透过台面，将底尖调于台面中心；②聚焦亭部刻面，首先寻找容易看到的星刻面的黑色三角形反射影像（似小的黑色领结），然后环视所有的黑色小领结状影像，即可找到环绕着底尖的一个灰色八边形台面影像轮廓；③根据台面影像占台面面积的多少判断亭深比。其台影比与亭深比关系如表 9 - 12 所列。影像的位置、大小及特征与亭深比关系如图 9 - 26 所示。

若钻石出现轻微的对称性偏差，会使星刻面的反射影像扭曲变形，而看不到全部的八个黑色小领结。通常只能清楚地见到二、三个。其余可能是歪斜的、不对称的领结（图 9 - 27）。

表 9 - 12　亭深比与影像的特征

亭深比（%）	影 像 特 征
35.0～38.0	腰围反射的影像在台边缘形成一个封闭清楚的白色环（鱼眼）
39.0～40.0	部分腰围反射的影像可见于台面边缘
41.0	台面影像位于底尖至台面的 1/4 处，反射影像呈现破碎状
43.0	台面影像位于底尖至台面角的 1/3 处
44.5	台面影像位于底尖至台面角的 1/2 处
45.5	台面影像位于底尖至台面角的 2/3 处
46.5	台面影像位于底尖至台面角的 3/4 处
47.0	台面影像位于底尖至台面角的 4/5 处
48	台面影像几乎占满整个台面
49～51	台面影像占满整个台面，并扩散到星刻面

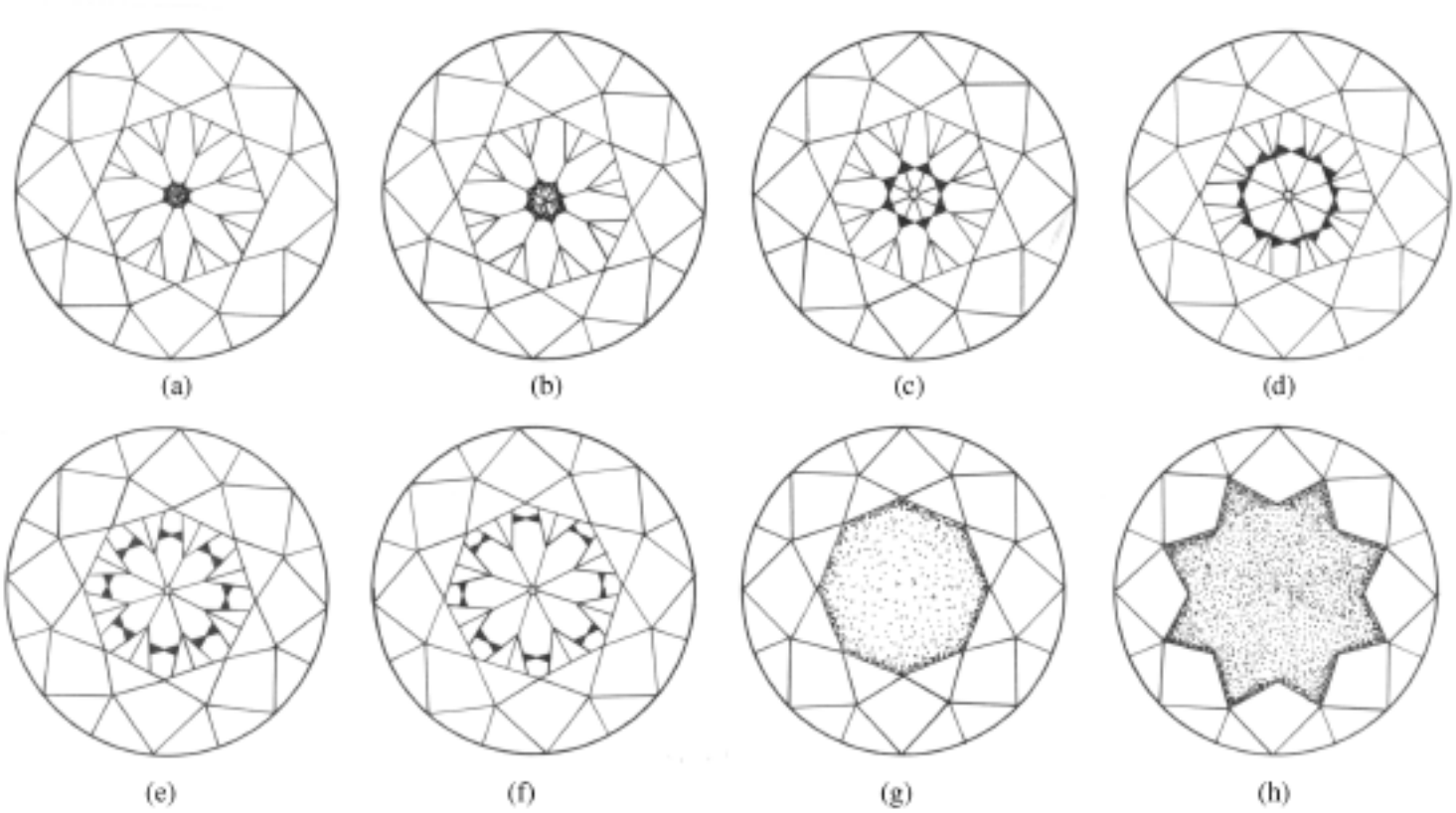


图 9 - 26　用台面影像目估亭深比

(a) 台面影像比较小且不明显，亭深比为 40%；(b) 台影比为 1/4，亭深比为 41%～42%；(c) 台影比为 1/3，亭深比为 43%；(d) 台影比为 1/2，亭深比为 44.5%；(e) 台影比为 2/3，亭深比为 45.5%；(f) 台影比为 4/5，亭深比为 47%；(g) 台影比为 1，亭深比为 49%；(h) 台面影像扩散到星小面，亭深比≥50%

台影比除受亭深比或亭角决定外，还受台面大小的影响。如果台宽比为 53%～57%，则这种影响可以忽略不计；如果台宽比大于 57%，则需要对表 9 - 12 进行修正。表 9 - 13 列出了不同台宽比对应亭深比的修正值。这样，真实的亭深比 = 亭深比 + 亭深比修正值。例如，有一圆钻经观察其台影比为 1/2，据表 9 - 12，其亭深比为 44.5%，但该圆钻的台宽比为 65%，应用表 9 - 13 查出该台宽比下亭深比修正值为 - 1%，因此该圆钻的实际亭深比为 43.5%。

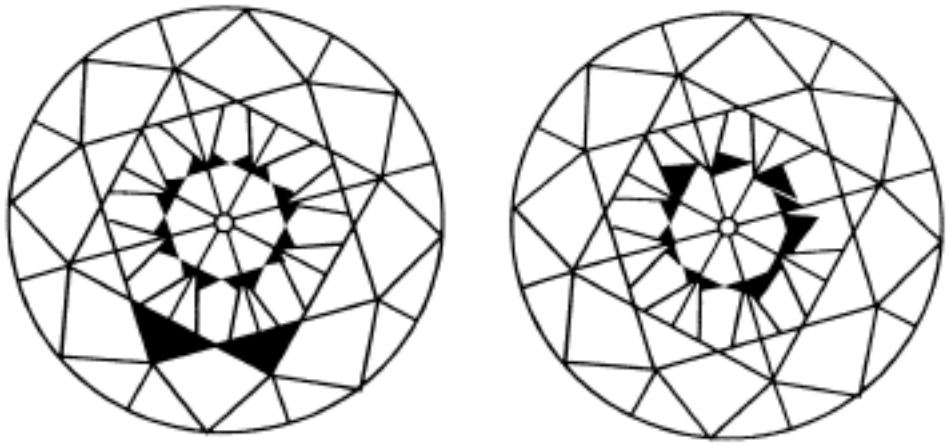


图 9 - 27　钻石对称性偏差造成的星刻面影像扭曲变形现象

(a) 无对称性偏差的星刻面影像；(b) 变形的星刻面影像

表 9 - 13　不同台宽比条件下亭深比的修正值

亭深比修正值（%） / 台宽比（%） \ 台影比	1/ 3	1/ 2	2/ 3	0. 7	0. 8	0. 9	1
亭深比（%）	43	44. 5	45. 5	46	47	48	49
70	- 2	- 2	- 1. 5	- 1	- 1	- 1	- 0. 5
67	- 1. 5	- 1. 5	- 1	- 1	- 1	- 0. 5	- 0. 5
65	- 1	- 1	- 1	- 1	- 1	- 0. 5	0
63	- 1	- 1	- 1	- 1	- 0. 5	0	0
60	- 0. 5	- 0. 5	- 0. 5	- 0. 5	- 0. 5	0	0
58	- 0. 5	- 0. 5	0	0	0	0	0

已知钻石的亭深比，即可依据表 9 - 14 亭深比与亭角的关系得出亭角的数值。

图版 XV 所展示的是钻石从 41%～49%的亭深比，供用台影比法估测钻石亭深比时学习。

表 9 - 14　亭深比与亭角的关系

亭深比（%）	30	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
亭角（°）	38. 0	38. 7	39. 4	40. 0	40. 7	41. 4	42. 0	42. 6	43. 2	43. 8	44. 4	45

2. 腰影比法

在 10 倍放大镜下，从侧面观察钻石腰棱影像有独特的形貌，可以看见腰棱经亭部刻面反射后形成的一条或两条横过亭部刻面的弧形亮带。亮带出现的位置及其间的比值（h_1 ：h_2）与亭部深度有关（图 9 - 28）。一般来说，h_2 变化不大，主要是根据 h_1 的大小来检验钻石亭部过浅或过深的有效方法。腰部影像在实际钻石中的明亮程度、宽窄、形态不尽相同，这与钻石的腰棱特征有关。

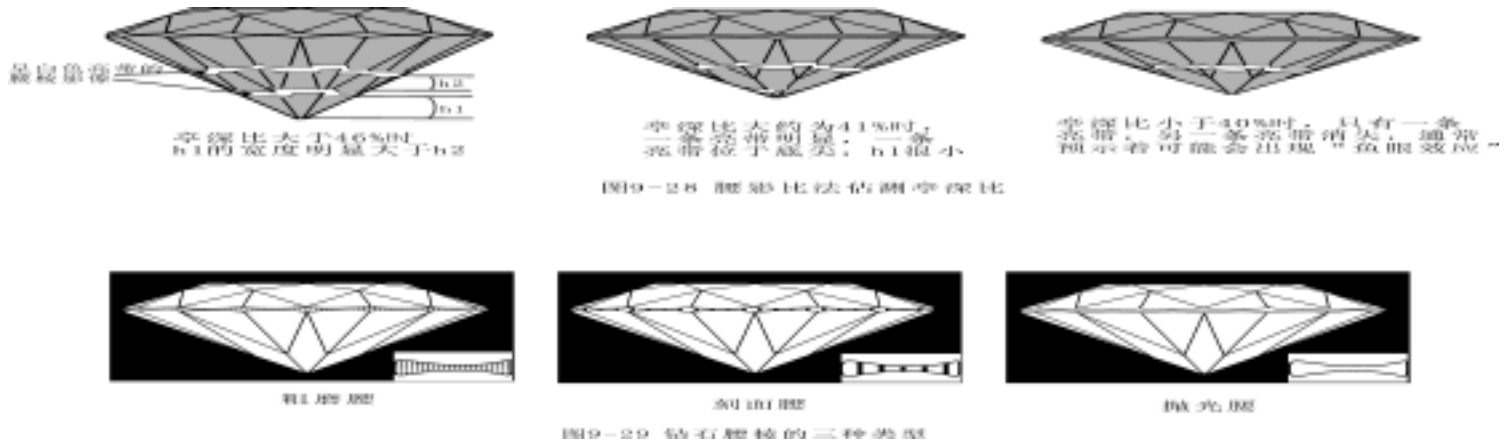


图9－28 腰影比法估测亭深比

图9－29 钻石腰围的三种类型

四、腰部厚度的估测

目估一颗切磨好的钻石腰部，并不像其他的比例一样，考虑的是与腰围直径的比例关系，而是观察腰围显示的可见程度。

钻石的腰围有三种类型（图 9 - 29）：粗磨腰，是使用车钻机打磨而成。表面粗糙不光亮，通常呈灰白色、不透明，这是最常见的腰围类型；抛光腰，是采用光边机在钻石微粉磨轮上加工而成的。表面光滑透明，往往是发现钻石有对称性缺陷后，才加工修正的一种腰围；刻面腰，是在磨钻机上用手工加工而成。通常小刻面大小并不一致，刻面光滑透明。它往往是由于钻石腰围太厚或腰部有瑕疵，不得已而为之。

钻石腰围厚度的估测一般是以 10 倍放大镜（率）为基准，再辅以肉眼复查。通常钻石腰部的厚度小于 0.5 mm。一颗成品钻石腰部厚度在整体钻石切割美感方面并不会造成太大的影响。但是太厚的腰部会使同等质量的钻石外观看起来比薄腰的钻石小很多；厚腰还可使进入钻石的光线泄漏，甚至有时候腰部的影像会折射入钻石内，造成灰色的阴影；太厚的腰也不利于镶嵌；再者大部分钻石的腰是粗磨的，很容易弄脏。因此，腰部太厚是切工不好的反映。相反，如果腰太薄，受到碰撞或受压时容易造成缺口或裂痕。腰围的厚度应该以足够抵御外力的作用为佳。

目估法是以上腰面和下腰面之间最窄的一段为标准，而不是以风筝面与亭部主刻面的尖端之间的距离为标准（这与仪器测量的规定不同）。钻石的腰围常会出现厚薄不均的情况，此时一定要在 10 倍放大镜下整圈观察一遍，找出最厚和最薄之部位，取其平均厚度值评价其腰围。

在我国台湾钻石分级中，对腰围厚度的分级较详细，共分成七个等级，图 9 - 30 表

示 10 倍放大镜（10×）和肉眼对腰围厚度的观察及评价；GIA 分为八个等级，是将台湾分级中的极薄/ 很薄细分为两级，其他的级别与台湾分级相同；CIBJO 的腰围厚度只分为三个等级，分别为薄腰、中等腰、厚腰；我国《钻石分级》标准要求测量钻石的腰厚比，根据比值得出很好、好、一般的评价。目估钻石腰围的可见程度与钻石的大小有直接的关系，且根据腰围厚度目估的结果可大致判断腰厚比（图 9 - 31）。

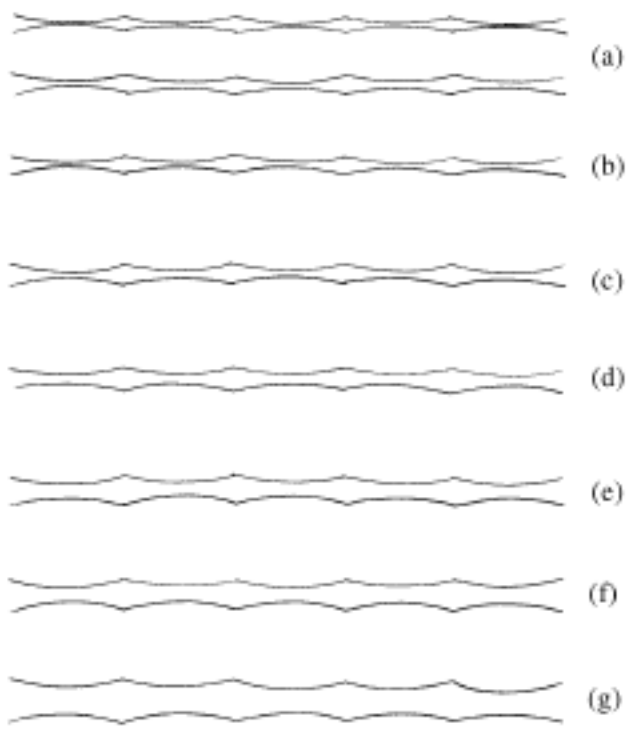


图 9 - 30　钻石腰厚评估

（据吴舜田，1991）

（a）极薄/ 很薄，通常腰围边缘锋利，在 10 倍放大镜下呈刀刃状，肉眼不可见；（b）薄，在 10 倍放大镜下呈线状，肉眼之下勉强可见；（c）适中，在 10 倍放大镜下呈窄条状，肉眼之下为一条线；（d）稍厚，比适中稍厚，10 倍放大镜下明显可见其腰围的宽窄变化；肉眼可见腰围；（e）厚，在 10 倍放大镜下非常明显，大约是适中的双倍厚度；肉眼易见；（f）很厚，在 10 倍放大镜下很厚，肉眼可明显看见其腰围的宽窄变化；（g）极厚，在 10 倍放大镜下极宽的厚度，肉眼很易见。大约是厚腰的双倍厚度

五、底面大小的估测

钻石底面是 58 个刻面中最小的一个刻面，它对钻石的光彩影响也较小。但如果底面太大会造成漏光，降低亮度。有时也会将漏光的暗色底面误以为瑕疵。反之，很尖锐的底尖容易破损。老式切工的钻石有着相当大的底面，而今天的理想琢型其底面的大小刚好以防止磨损或崩缺为佳。

估测底面大小是将钻石冠部朝上，视线垂直台面，在 10 倍放大镜（率）下，底尖会出现以下几种情况：①无。没有刻面，看上去像一个小的白点；②小。几乎看不出一个小面；③中。已可感觉出一个八边形小面，肉眼不可见；④大。八边形底面很明显，甚至肉眼已勉强感觉出八边形小面；⑤很大。肉眼比较容易看见八边形小面，整个八边形的刻面在台面下已成一个暗影；⑥极大。肉眼已清晰可见八边形小面。钻石底面大小与钻石尺寸的大小有直接的关系，且底面大小目估的结果可大致推测底尖比（图 9 - 32）。

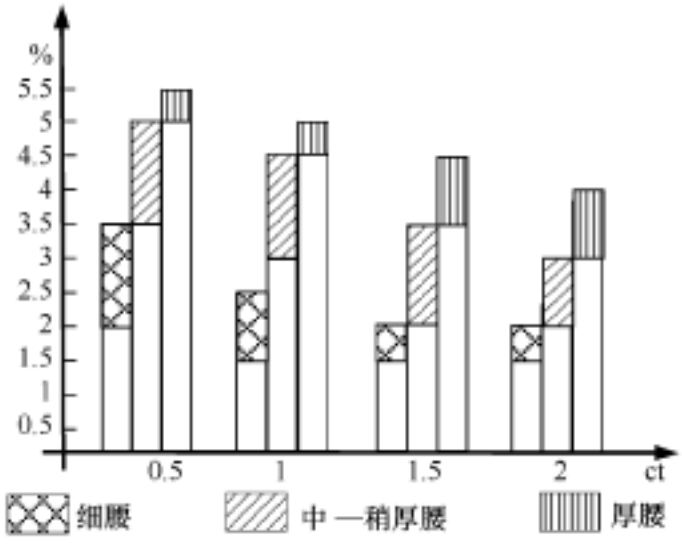


图 9 - 31　不同大小钻石腰围厚度百分比

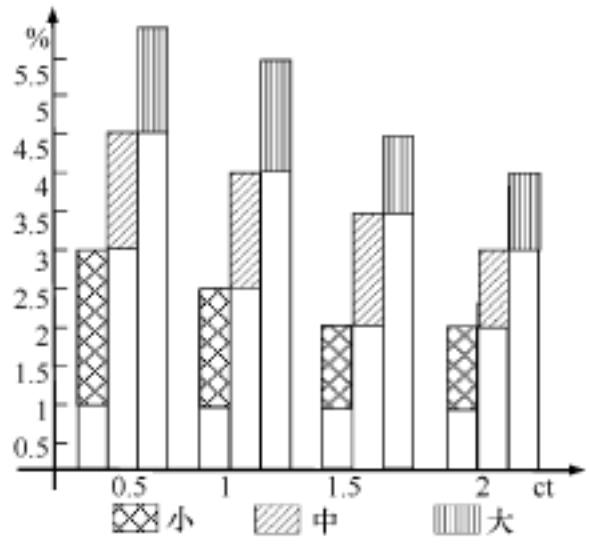


图 9 - 32　不同大小钻石底尖大小百分比

第五节 钻石的修饰度分级

钻石的修饰度不同于颜色和净度，并不反映钻石的稀有程度。只要切磨师关注钻石的切磨质量，愿意花费更多的精力和时间，可以使所有的钻石达到优质的修饰。完美修饰的钻石在几何上是完全对称的，这也是保证钻石的外形美和光彩发挥的重要条件。然而，使每个细节都达到完美切工的钻石十分罕见。大多数的切磨师愿为修饰大尺寸、高净度、高色级的钻石倾注更多的“心血”。因此，修饰度对大的高品质钻石的价格影响不大。而市场上畅销的0.20～1.00克拉的钻石，通常采用自动化设备切磨，总会出现偏离“理想”修饰的情况。在此克拉值范围内，若修饰一颗钻石投入了额外的精力，则增加了钻石的加工成本，钻石的价格明显增加。因此，修饰度对市场上畅销的钻石价格影响较大。修饰度等级的差异，不仅是由于加工不慎或切磨技术水平欠佳引起的，也可能是由于考虑尽可能获得更大质量或回避瑕疵造成的。实际上，一颗钻石最后的切工应力求达到标准的比例、完美的对称和最大限度地保留原石质量，使三者之间能很好地协调。

修饰度包括钻石的对称性和抛光。观察修饰度采用10倍放大镜（率）。

一、对称性特征

目前世界上许多国家对对称性分级没有专门的规定，而IDC将对称性等级进行了详细的划分。

1. IDC对称性分级标准

IDC标准共分为四个等级：很好、好、中等、差。具体内容如下：

(1) 很好　肉眼看不到不对称，用10倍放大镜或显微镜也很难找到不对称特征。

(2) 好　肉眼很难看到，经限定范围后方可见到，但不太显著。在10倍放大镜下比较容易观察到，较明显。

(3) 中等　肉眼容易看到，用10倍放大镜观察很明显，将影响钻石的光彩。

(4) 差　肉眼观察对称偏差非常明显，而且碍眼。钻石光彩明显地受到钻石的不对称性的影响。

2. 主要对称性偏差

当对称性缺陷影响钻石的外观，且修正这些对称性缺陷会造成钻石质量有明显损失时的缺陷称为主要对称性偏差。这些偏差均可以通过测量工具进行测量。因此，主要对称偏差分级可以定量化进行（表9-15）。在每组数据中，主要对称性等级由表中所列各项数值最差的等级表示，好及其以下等级的每组数据中出现两项时，等级自动下降一级。

(1) 钻石腰围不圆（OR）　钻石的腰围偏离了标准圆周。观察时视线应垂直台面，使底尖位于台面中心，人眼即可敏感地察觉出钻石圆度的偏离程度。

(2) 台面与腰围不平行（T/ G） 台面倾斜腰围所在的平面。视线应平行腰围，多角度观察，也可通过投影比例仪测量冠高比判断。

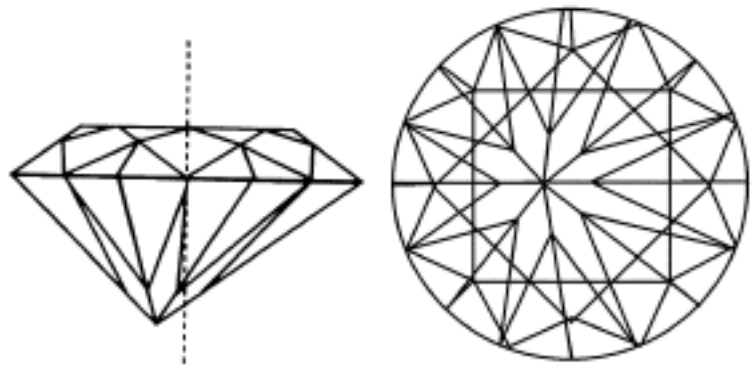


图 9 - 33 底尖偏心

(3) 底尖偏离中心（C/ OC） 底尖不在台面中心的垂线上（图 9 - 33）。侧视钻石，假想一穿过台面中心的垂线，观察底尖与垂线的重合关系；也可透过台面观察钻石亭部的四条主要面棱的相交关系，推测底尖是否偏心。如果底尖位于中心，则四条面棱相互垂直；若底尖偏离中心，则其中的一条或两条棱线在底尖处变为折线。

表 9 - 15 主要对称偏差分级表

	很好	好		中等
		G	G* ①	
1. 钻石不圆（仅指圆钻）	< 2%	< 3%	≤4%	> 4%
2. 台面倾斜	< 2%	≤3%	< 4%	≥4%
3. 底尖偏离中心	< 2%	≤3%	< 4%	≥4%
4. 台面偏离中心	< 2%	< 3%	< 4%	≥4%

①“G*”级出现两次以上时，对称性分级自然归为中等。

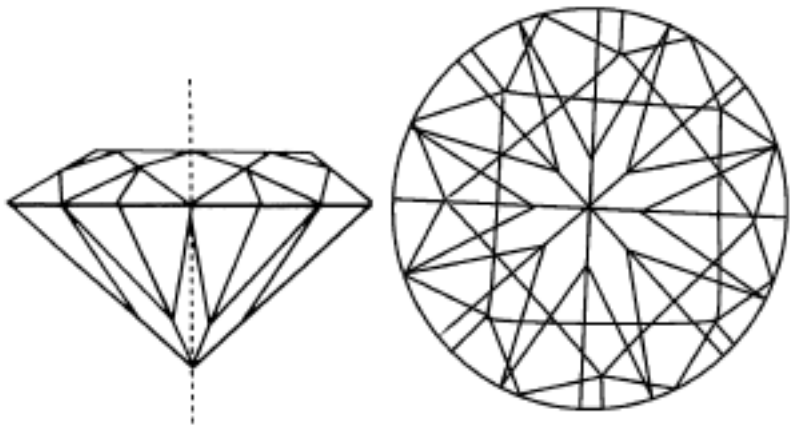


图 9 - 34 台面偏心

(4) 台面偏心（T/ OC） 台面不位于腰圆的中央（图 9 - 34）。台面朝上，视线垂直台面，将底尖调到腰圆的中心，比较构成台面的两个正方形的角到腰围的距离是否等长，或者观察亭部两条相互垂直的主要面棱将组成台面的任一正方形是否对等地分为四等份。如果台面位于腰圆的中央，则正方形的四个角到腰围的距离等长，且组成台面的任一正方形被均匀分为四等分；若台面偏离腰圆的中央，则正方形的四个角到腰围的距离不相等，且组成台面的任一正方形不等分。

3. 一般对称性偏差

(1) 波浪状腰围（WG） 有时可以观察到钻石的腰围上下起伏，不在一个平面内。这种对称偏差可以用 10 倍放大镜（率）从钻石的侧面来观察。

(2) 圆锥状腰围（CG） 圆锥状腰围的对称偏移是由于重新切割冠部太高或亭部太深的钻石时，为保持一定的质量而加工的（图 9 - 35）。圆锥状腰围从正面观察可见钻石的腰围呈现一个白色的不透明“环”；从侧面观察，钻石的腰围呈圆锥状。

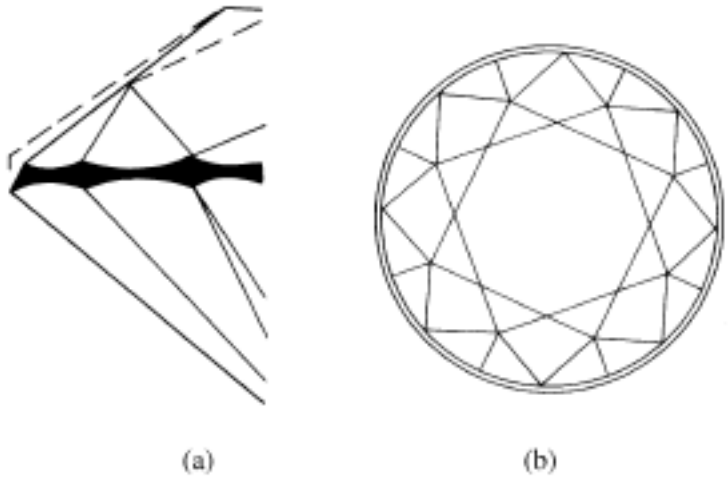


图 9 - 35　圆锥状腰围钻石

(a) 侧面观察; (b) 正面观察

(3) 冠部与亭部刻面衔接不良 (ALN)　侧视钻石腰部，观察冠部与亭部刻面在腰围处的尖点未逐一对齐。这种对称偏差从正面观察也容易发现，方法是透过冠部主刻面观察亭部主刻面，看二者在腰围的尖点是否交于一点。如果冠部与亭部刻面稍微衔接不良，则二尖点就会错位 (图 9 - 36)，若二者偏离太大，则在冠部主刻面尖点附近不易找到亭部主刻面尖点。

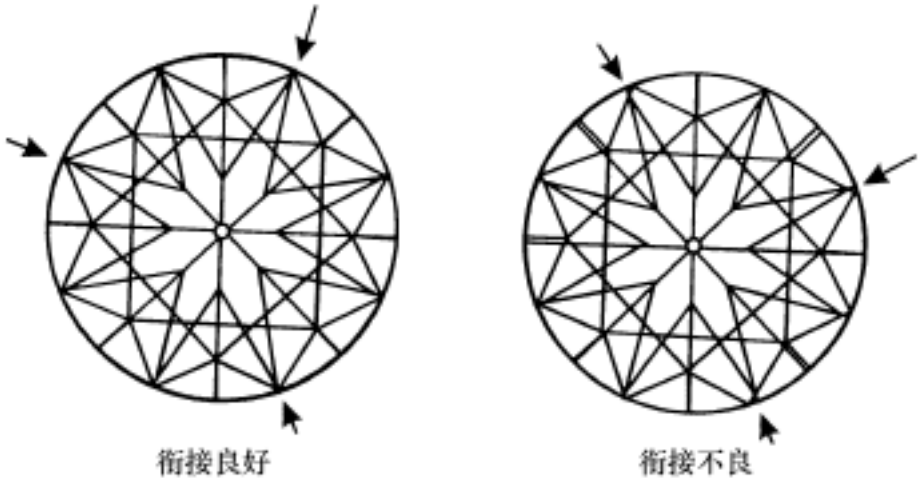


图 9 - 36　冠部、亭部刻面尖点衔接程度示意图

(4) 刻面尖点不交于一点 (PTG)　优质切工的钻石，多条刻面棱应严格交于一点。但有时多条刻面棱未能交于一点，而是相交在一条线或一个小面上，使刻面的尖点显得不够尖锐。

(5) 同种刻面大小不等 (FAC)　同种刻面其大小、形状出现不一致的现象。

(6) 台面非正八边形 (T/ OCT)　八边形台面边长不相等的现象。

二、抛光

抛光的广义概念是指所有的表面特征。不良的抛光可使光线产生漫反射，而减损钻石表面的反光。即使钻石的切工比例很好，但缺乏精细的抛磨，也会使钻石表面的光彩大打折扣。抛光的狭义概念专指钻石的抛光水平。

三、修饰度分级

修饰度分级应从对称性及抛光两个角度评价（表 9 - 16）。

对称性分级：主要是依据钻石的对称性偏差的偏离程度及 10 倍放大镜下观察的难易程度划分的。抛光分级：主要是根据抛光纹及不参与净度分级的其他外部的可见程度划分的。对称性和抛光可以单独分开评价。

表 9 - 16　钻石的修饰度分级

等级 / 对称及抛光	很好	好	中等	一般
腰围不圆	< 2%	< 3%	≤4%	> 4%
底尖偏离中心	< 2%	≤3%	< 4%	≥4%
台面偏离中心	< 2%	< 3%	< 4%	≥4%
台面倾斜	< 2%	< 3%	< 4%	≥4%
一般对称性特征	无对称偏差或轻微的一或二项难观察到的一般对称性偏离	不超过三项轻微的比较难观察到的对称性偏离	不超过三项比较容易观察到的对称性偏差	明显的或许多不太明显的容易观察到的对称性偏差
抛光纹或不参与净度评价的其他外部特征	无抛光痕或极少的很难发现的抛光纹及细微的外部特征	仅在不明显的位置有轻微的抛光纹和外部特征，难以观察到比较容易观察	比较容易观察到有些刻面的抛光纹或其他外部特征	显而易见的抛光纹，或其他的外部特征
对钻石光彩的影响	无影响	对光彩影响不大	对光彩有轻微的影响	对光彩有明显的影响
对价值的影响	无影响	≤5%	6%～8%	9%～12%，若须重切，则超过 12%

四、我国修饰度分级标准

目前，GB/ T16554 - 2003《钻石分级标准》中提出了 7 种降低修饰度等级的因素（图 9 - 37）及等级划分标准，根据其内容的实质来看，主要考虑了一般对称性偏差和抛光。

(1) 钻石刻面留有抛光纹；
(2) 整个钻石圆度不够；
(3) 冠部与亭部刻面尖点不对齐；
(4) 刻面尖点不够尖锐；
(5) 同种刻面大小不均；

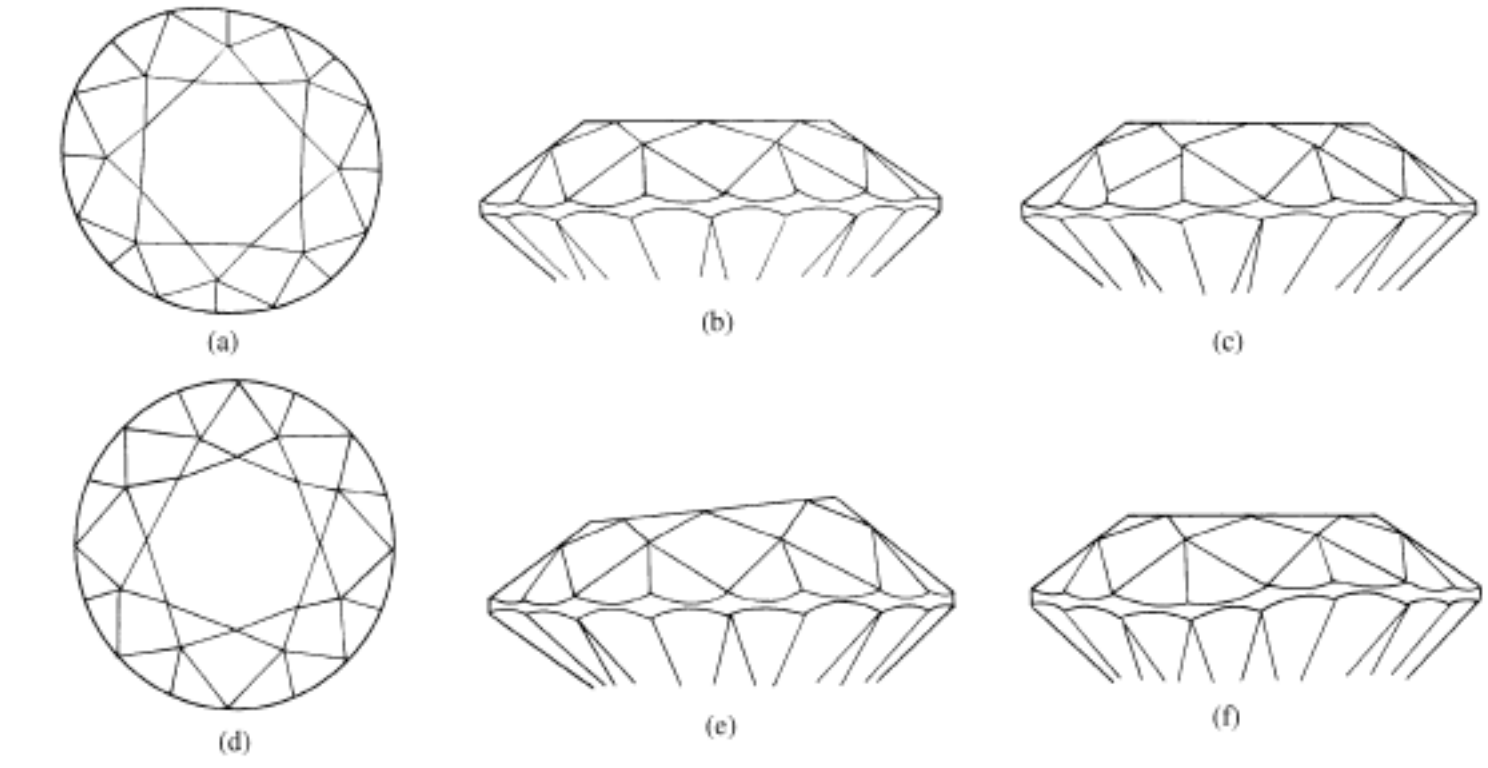


图 9 - 37　影响修饰度等级因素

(a) 整个钻石圆度不够；(b) 冠部与亭部刻面尖点不对齐；(c) 刻面尖点不够尖锐；(d) 同种刻面大小不均；(e) 台面和腰部不平行；(f) 波浪形腰

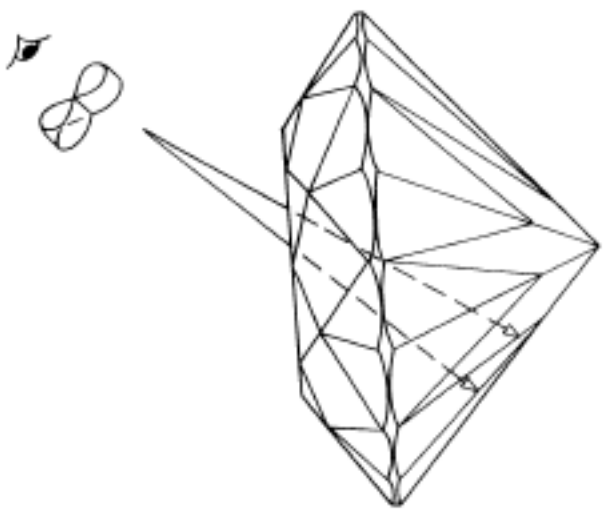


图 9 - 38　观察抛光纹的方法

(6) 台面和腰部不平行；

(7) 腰呈波浪形。

修饰度划分为很好、好和一般三个等级。根据我国《钻石分级标准》规定：

(1) 成品钻石无上述 7 种修饰度偏差或仅有第 1 种抛光纹，则其修饰度级别为“很好”；

(2) 凡钻石仅有第 1、2 项或仅有第 2 项者，则其修饰度级别为“好”；

(3) 除上述两种情况之外，均为“一般”。

值得注意是：观察抛光纹时不要直接观察表面，因为有时表面反光会使抛光纹不明显。通常观察抛光纹最理想的方法是在 10 倍放大镜下通过台面观察亭部各刻面。因为穿过钻石观察对面刻面是最不容易造成反光的一种方法 (图 9 - 38)。本书图版 XVI展示了钻石常见的修饰度偏差。

第六节 花式钻石的切工分级

由于花式钻石琢型繁多，形态各异，对花式钻石的切工评价比圆钻困难。很难取得统一的分级标准。花式钻石与圆钻相比，其特点列表于 9 - 17。

表 9 - 17　圆多刻面型钻与花式钻石的特点

类型 / 特征	圆多刻面型钻石	花式钻石
美学价值	钻石所呈现的亮度、火彩、闪光较花式钻石强烈得多，耀眼的光彩还可掩盖内含物，“提高”色级	形态各异的腰围外形，可满足个性化的需求，更能体现琢型的优雅和艺术性。对彩色钻石而言，花式琢型可增强其色彩的饱和度
加工前常见原石形态	规则的或较规则的八面体、菱形十二面体	扁平的、拉长的和扭曲的不规则状原石
平均出品率	平均出品率 40% ±。在所有的切磨钻石中圆钻占 80％以上	花式钻石比圆钻具有更高的出品率，如祖母绿琢型可达 80%。在所有切磨钻石的比例中占 20% ±
加工方法	因形态标准，可采用自动化机械设备切磨。切磨效率高，对称性好	因形态各异、加工工艺要求高，通常采用手工操作。花式钻石更利于因材施艺，设计的可塑性大，对称性偏差往往比圆钻也大。大多数名钻采用的是花式琢型
镶嵌工艺	易以标准镶座镶嵌，且同等质量的钻石镶口一致，适合规模化生产	无统一标准形态，即使基本形态相似，腰围轮廓也会有很大的差异。且腰围厚度波动大，给规模化生产带来一定的困难
传统心理	属于传统的、已被人们广泛接受的形态	非传统的，人们对花式琢型，尤其是奇异式琢型的接受能力不强
价格	标准切工的圆钻较花式钻石价格要高	常见的花式琢型钻石价格比圆钻低 20% ～ 50%

一、花式钻石的比例分级

花式钻石的比例分级不如圆钻具体、系统。即使形态相同的花式钻石，其各部分比例变化也很大。

评价花式钻石切磨质量的原则是最大限度地保留质量和最大程度地挖掘形态美，并注意光彩的体现。

花式钻石光彩体现的光学设计原理与圆钻基本相同。①大的台面及小的冠角可降低钻石火彩；②深的或浅的亭部可进一步减小亮度；③腰围常被反射到台面内，故花式钻石的腰围常切割成刻面腰以降低腰围反射影像。

1. 台宽比

花式钻石的台宽比是指台面在短轴方向的宽度与腰围宽度的百分比（图 9 - 39）。花式钻石的台面宽度可用胶片微尺直接测量，也可用线段法直接估测。值得注意的是花式钻石的台宽比小于 52％或大于 70％的现象均比圆钻普遍的多。

2. 冠部角度

花式钻石的冠角是指冠部在宽度方向上的主刻面与腰围所在平面之间的夹角。

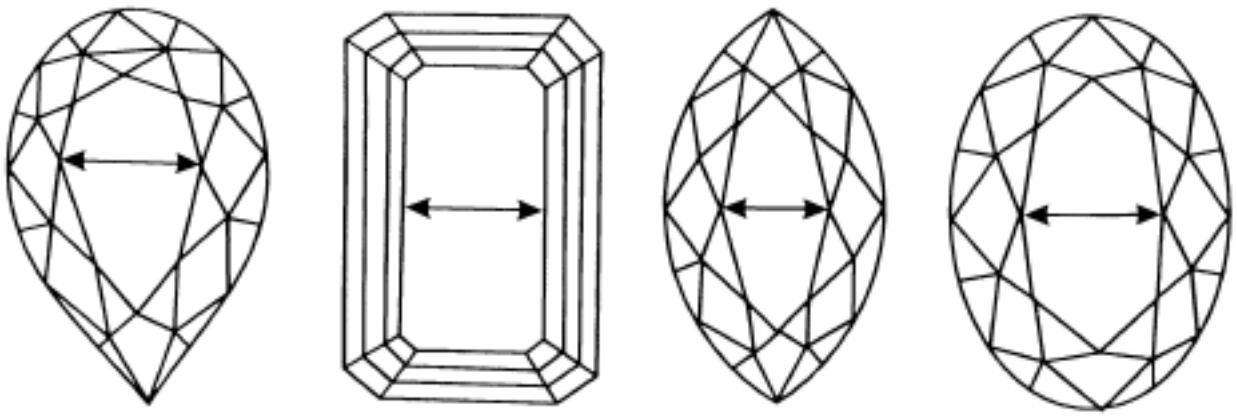


图 9 - 39　花式钻石台面宽度示意图

观察时采用与估测圆钻冠角相同的侧视估测法。用镊子垂直宽度方向夹持钻石，让视线平行长度方向，用 10 倍放大镜估测冠角大小。祖母绿型或其他梯型钻石以冠部中间刻面倾斜角度为准。

冠部角度的精度要求不像圆钻那样高。常用很小、小、适中、大、稍大等术语评价花式钻石的冠部角度。

3. 腰围厚度

花式钻石的腰围厚度往往比圆钻厚且不均匀。如心形钻石的开口、尖端部位，菱形、梨形的尖端部位常比腹部的腰围厚度大。这是为避免尖端破碎而进行的技术处理。

目测腰围厚度时应尽量排除这些特殊的位置，环视其他部位的腰围，取其平均值。腰围厚度的评价与圆钻相同，划分为很薄、薄、中等、厚、很厚、极厚等级别。

4. 亭深比

花式钻石的亭深比是指亭部深度与腰围宽度的百分比。它的亭角不可避免地在不同的部位角度不同。往往位于尖端的亭角小于腹部的亭角。现代切工则采用加长底尖，并在头部或尖端舍去主刻面而切磨出一条底脊线来弥补亭角的变化图〔9 - 40（a)〕。

估测花式钻石的亭深比，应正视钻石，观其明亮程度及台面影像。若花式钻石的亭深比合适（41%～45%)，钻石明亮且不见台面影像；若亭部太深，钻石的亮度降低，

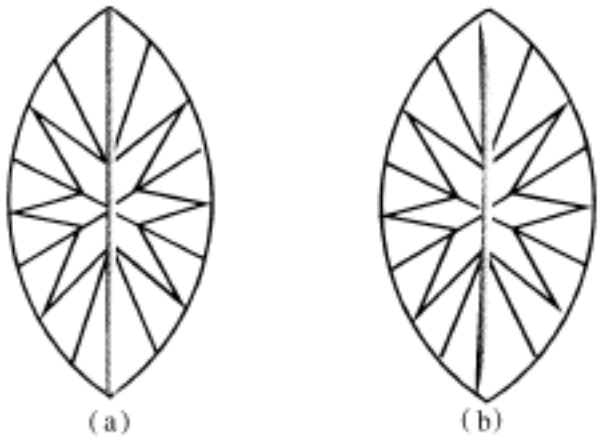


图 9 - 40　花式钻石的底脊线及其偏移示意图

(a) 底脊线居中；(b) 底脊线偏移



图 9 - 41　花式钻石的黑色“领结”效应

外观变暗。台面的影像在宽度方向上加大加深，形成领结状的黑色阴影，称为“领结”效应（图 9 - 41）。

但“领结”效应还可出现在花式钻石长宽比增加，底部角度偏差较大时；若亭部太浅，则在台面边缘也会出现鱼眼效应。评估花式钻石的亭深比采用很浅、稍浅、合适、稍深和很深等术语。

另外，花式钻石的亭深比也可根据全深比或冠部高度与亭部深度之间的协调关系推测。

(1) 亭深比 = 全深比 - 冠高比 - 腰厚比。

其中全深比可用卡尺测量计算。花式钻石合适的全深比范围是 55%～65%。

冠高比可由冠角及台宽比之间的关系求得（表 9 - 11）。腰厚比可通过评价腰围的厚度，推测出百分比（第十章论述。）



图 9 - 42　花式钻石的亭部膨胀现象

(2) 冠部高度与亭部深度之间的协调关系是指在标准的花式钻石的切磨比例范围内，亭部深度往往是冠部高度的 2. 5～4. 5 倍。

亭深比的估测必须采用多种方法综合评定，方可得出较为准确的结论。

对于祖母绿琢型及其他阶梯琢型，亭部由三层不同角度的刻面组成。若切磨比例不当，可造成亭部膨胀现象（图 9 - 42），既过多地保留了质量，也增加了亭部的漏光量，并使钻石难以镶嵌。

观察亭部膨胀，是以 10 倍放大镜侧面观察钻石宽度方向，若亭部刻面轮廓线不是一条平缓、弯曲不明显的弧线，而是弯曲度较明显的弧线则为亭部膨胀现象。

5. 底尖比

评价花式钻石的底尖大小和圆钻相似。若底尖拉长时，则以底尖的宽度为准，并根据具体的形态，分为点、线状底尖。评语使用无、很小、小、中、大、很大、极大。

二、花式钻石的修饰度分级

花式钻石的修饰度也包括两个部分：对称性和抛光。对于花式钻石的切工而言，对称性比比例更为重要。因为花式钻石的比例随意性大，且美学价值主要体现于形态美。

1. 花式钻石的主要对称性偏差

花式钻石的主要对称性偏差有许多种，凡是破坏了钻石的均衡及美感造成镶嵌困难，而且降低销售性的偏差，均属于主要对称性偏差（图 9 - 43）。

(1) 腰围轮廓偏差（GP）

它对钻石的均衡及美感影响极大，通常轮廓的偏差有以下几种：

①腰围轮廓不对称。即将花式钻石的腰围轮廓放入对称的坐标象限中，不能形成上、下或者左、右对称的镜像反映。

②腰围轮廓的曲度不协调。

③腰围轮廓的长宽比例不佳。腰围轮廓的长宽比例应符合心理学对钻石美感的要

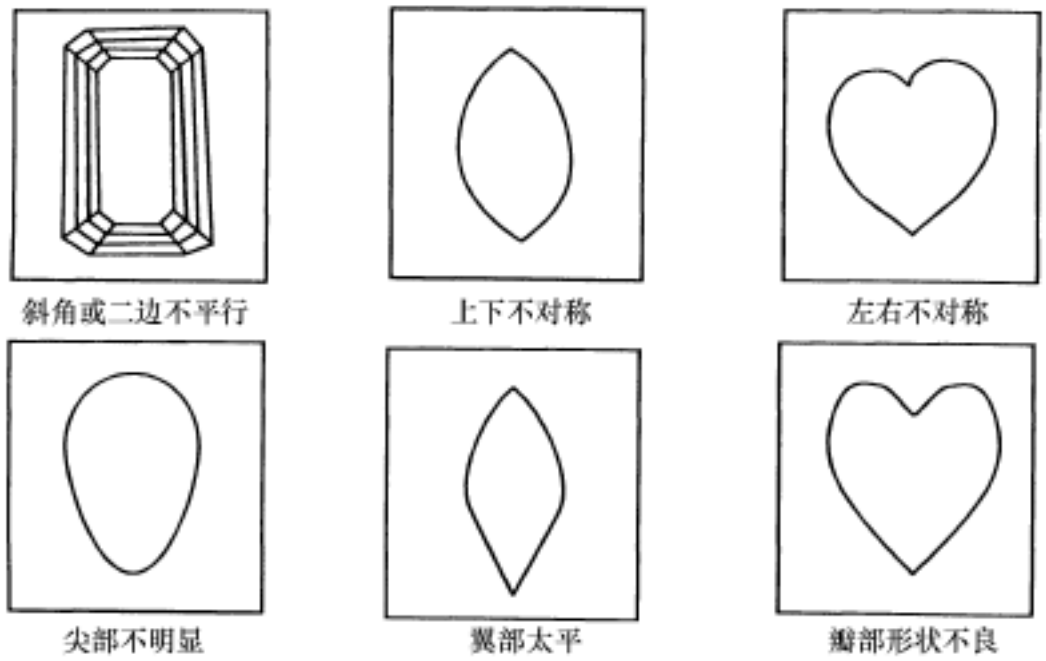


图 9 - 43　花式钻石的主要对称性偏差

表 9 - 18　花式钻石的长宽比特征

	合　适	太　长	太　短
祖母绿形	1.50～1.75∶1	2.00⁺ ∶1 (太瘦)	1.25～1.10∶1 (太方)
心形	1.00∶1	1.25⁺ ∶1 (近梨形)	1.00⁻ ∶1 (粗短)
橄榄形	1.75～2.25∶1	2.5⁺ ∶1 (瘦长)	1.50⁻ ∶1 (粗短)
椭圆形	1.33～1.66∶1	1.75⁺ ∶1 (瘦)	1.25～1.10∶1 (胖)
梨形	1.50～1.75∶1	2.00⁺ ∶1 (瘦长)	1.50⁻ ∶1 (粗短)

求。合适的长宽比及不佳的长宽比见表 9 - 18。

(2) 台面偏离中心 (T/ OC)

台面在宽度上偏离了中心。造成台面宽度的最宽点到两侧腰围的距离不等长。

(3) 底尖或底脊线偏离中心 (C/ OC 或 K/ OC)

花式钻石亭部刻面有时不相交于一点，而是形成一条底脊线。底尖或底脊线应该与腰围轮廓长度方向中心线重合。如果偏离，则底脊线不但弯曲，而且与长度线不重合(图 9 - 39b)。

(4) 台面与腰围所在平面不平行 (T/ G)

与圆钻定义相同。

(5) 波状腰围 (WG)

与圆钻定义相同。

2. 花式钻石的一般对称性偏差

(1) 底尖配置偏差 (CPI)

花式钻石的底尖除有偏心的现象外，还应考虑底尖位于长度线上的上、下位置。合适的底尖配置位置应在台面宽度的连线上 (图 9 - 44)。若底尖太高，会改变亭角，造成漏光，减损钻石的亮光。若底尖太低，易产生影像反射现象。



图 9 - 44　花式钻石的底尖配置偏差

(2) 台面不对称 (UT)

花式钻石的台面边长不一定相等，但要求左右对应边长相等。

(3) 同等刻面形状不良 (FAC)

定义同圆钻。

(4) 冠部/底部刻面尖点衔接不良 (ALN)

(5) 面棱不交于一点 (PTG)

(6) 梯形切磨的底部膨胀不均匀 (UB)

梯形切磨的钻石，侧面观察时，可见底部膨胀不对称，一边比另一边大。

3. 花式钻石的抛光

花式钻石的抛光评价同圆钻相同，依据抛光纹的数量，观察的明显程度及对光彩的影响程度分为 4 个等级。

花式钻石的修饰度分级见表 9 - 19。

表 9 - 19　花式钻石的修饰度分级

等级 / 修饰度	很好	好	中等	一般
对称性	无对称性偏差，或轻微的很难观察到的偏离	不超过三项轻微的不容易观察到的对称性偏差(不包括轮廓偏差)	不超过三项比较容易观察到的对称性偏差。但钻石的均衡和美观没有受到明显的影响	明显的对称性偏差，钻石的均衡和美感受到了影响
抛光纹或不参与净度评价的其他外部特征	无抛光纹或极少的很难发现的抛光纹及其他外部特征，对钻石的光彩无影响	有轻微的难观察到比较容易观察到的抛光纹及其他外部特征，对光彩几乎无影响	比较容易观察到较明显的抛光纹及其他外部特征。对钻石的光彩有轻微的影响	显而易见的抛光纹或其他外部特征。对钻石的光彩有明显的影响

三、花式钻石切工分级应注意事项

1. 祖母绿形（其他梯形）

(1) 常见大台面（≥80%）。

(2) 台面长度方向两条边不平行，测量台面宽度时，应取其中间值。

(3) 冠角是指亭部中间倾斜刻面与腰围所在平面的夹角。

(4) 底部的膨胀及不均衡膨胀现象，不利于镶嵌。

(5) 注意长的底尖或底脊线的偏心。

(6) 注意斜角的对称性及宽角、窄角或消失角。

(7) 倾斜的腰围面使腰围变薄，镶嵌时易破碎。

2. 心形

(1) 长度测量应从瓣部顶端到尖端。

(2) 开口及尖端处腰围常常较厚，不利于比色级及评价腰围厚度。

(3) 亭部深度不合适时，易见“领结”效应。

(4) 底尖应位于中心长度线与台面宽度连线的交点处。

(5) 注意瓣部、翼部的对称性，弧线过平或过凸现象。

(6) 注意尖端不醒目，呈圆滑状。

3. 椭圆形

(1) 正面观察“领结”效应。

(2) 检查腰围轮廓的偏差。(不对称，曲度不协调)

(3) 底尖或底脊线有无偏差。

(4) 亭角是否在两侧等大。

4. 梨形（水滴形）

(1) 尖端处腰围较厚，不易进行颜色分级及评价腰围厚度。

(2) 常见浅冠部及浅亭部。

(3) 底尖应位于中心长度线与台面宽度连线的交点处。

(4) 注意腰围轮廓的偏差（平或凸翼、高或方肩)。

(5) 尖端呈圆滑状。

5. 橄榄形（菱形）

(1) 常见浅冠部及浅亭部。

(2) 二尖端处腰围较厚，不易比色级及评价腰围厚度。

(3) 正面检查注意“领结”效应。

(4) 底尖或底脊线应位于二尖端连线上。

(5) 尖端可能呈圆滑状，不醒目。

(6) 注意腰围轮廓偏差（平、凸翼或翼部不对称)。

第十章

钻石的克拉质量与尺寸

钻石的质量可以精确地称重和测量计算。当钻石的颜色、净度和切工确定后，人们是按照钻石的质量交易的。质量是决定价格的最基本的尺度，因为质量为克拉单价的乘数，其他 3 个“ C ”对钻石价值的影响，是随钻石的大小而上升的。

第一节 钻石质量的意义及质量单位

一、 质量的意义

自然界产出的钻石大多较小，超过 1～2 ct 的晶体称为格令钻，只占总产量的少部分。大钻和超大钻每一等级都有账面价格或单独竞价拍卖。钻石质量的大小反映了钻石的稀有程度，越大的钻石越稀有，价值就越高。一般大于 20 ct 的就非常罕见，而大于 100 ct 就属于珍宝（全世界仅约 2000 颗），大于 500 ct 属于稀世珍宝（世界上仅有 20 余颗），每一颗都有一个名字，都有一段传奇的故事。

圆钻的质量与直径之间有一一对应关系。圆钻型切工的大多数的钻石仿制品比钻石的密度都大，只要精确称量、测量尺寸即可将钻石与大多数的仿制品区分开。

质量与尺寸的关系在销售时极为重要。消费者是通过对比外观尺寸来理解质量概念的。相同的质量而外观尺寸上的差异，也是切工水平优劣的体现。

钻石的质量更能展现钻石的光彩。小钻石就无法全面地显示钻石的光彩，往往是闪光有余但火彩不足。只有一定质量标准切工的钻石（大于 0.30 ct 以上），才能淋漓尽致地显示钻石的光彩。

二、 钻石的质量单位

钻石的质量单位为克（g）。准确度为 0.0001。钻石贸易中仍可用“ 克拉（ct）”作为质量单位。1.0000 g = 5.00 ct

1. 克拉（carat）

克拉是国际通用的宝石质量单位，用符号 ct 表示。它来源于地中海地区的 Carob 或洋槐树的干果子，由于此树干果的质量非常一致，平均每颗为 205 mg，误差较小。所以古代在测量质量较小的宝石时，曾经用它作为宝石的质量单位，并延续下来。但以前的旧制克拉，质量因地而异，如意大利叫波罗那克拉，每克拉 188.5 mg；英美的旧制克拉为 205.3 mg；法国的是 205 mg；德国的是 205.5～205.8 mg；荷兰的是 205.7

mg；而阿拉伯克拉为 254.6 mg。这种旧克拉制各国差别较大，使用不便，因此自 1871 年法国巴黎的宝石行业组织提出了 1 ct 为 205 mg，各国才逐渐统一了这一标准。但这种旧克拉制换算不便，自本世纪初至 1914 年，法国国家度量衡局长乔姆提出了 1 ct 为 200 mg 的标准后，珠宝界便采纳了这一标准。

过去，在许多钻石贸易中心，克拉质量的表示方法也不相同。大多数将小于 1 ct 的部分用分数表示，如 $1\frac{1}{2}$ ct、$3\frac{3}{4}$ ct。到 1918 年世界各国才一致同意将小于 1 ct 的部分用小数表示。如 $1\frac{1}{2}$ ct，应表示为 1.50 ct。目前，克拉与质量单位换算关系为：

1 ct 为五分之一公制克，即：

1 ct = 0.2000 g

国家标准规定成品钻石的质量数值保留至小数点后第四位。换算为克拉值时，保留到小数点后第二位。如 1.35 ct、3.48 ct。克拉值小数点第三位逢 9 进 1，其他忽略不记。如 3.476 ct，则表示为 3.47 ct。

2. 分 (point)

对于小于 1 ct 的钻石，由于使用小数不利于商业应用，所以使用更小的单位——分，用符号 pt 表示。1 ct 的百分之一为 1 pt (分)，即：

1 ct = 100 pt

所以 0.25 ct = 25 pt。

3. 格令 (grain)

钻石批发商常以格令描述质量。格令是公制克拉的 1/4。即等于 0.25 ct 或 25 pt。格令通常表示钻石的近似质量。质量为 0.25 ct 倍数的钻石，常以几格令相称，例如，2 格令钻可以表示 0.47～0.56 ct 的钻石。1 格令钻的质量范围在 0.23～0.26 ct 之间。目前，格令在钻石界使用并不广泛。

4. 每克拉多少粒

对于碎钻，通常不说重多少分，而是说每克拉有多少粒。如有一包小碎钻，共 50 粒，总质量为 1.00 ct，每一粒小钻石的质量近似 2 pt，那么，人们通常将这一包小钻石说成“每克拉 50 粒”。

5. 其他的质量表示方法

有些批发商或切磨商，也用分数表示大约质量。如 0.48 称为半克拉，用 1/2 表示。表 10-1 列出了分数表示的大约质量。

表 10-1　分数表示的大约质量

分数范围	大约质量范围 (ct)	分数范围	大约质量范围 (ct)
9/10	0.90～0.95	1/3	0.30～0.37
7/8	0.84～0.89	1/4	0.23～0.29
3/4	0.70～0.83	1/5	0.18～0.22
5/8	0.57～0.69	1/6	0.15～0.17
1/2	0.47～0.56	1/8	0.12～0.14
3/8	0.38～0.46	1/10	0.09～0.11

另外有些钻石商对外的函件或开据票据时，也可见到用 1/ *n* 的分数形式表示小数质量（表 10 - 2）。

表 10 - 2　1/ *n* 记录小数质量

小数质量（ct）	读　法	记录法
0.125	八分之一	1/ 8
0.1	十分之一	1/ 10
0.03	三十三分之一	1/ 33
0.02	五十分之一	1/ 50
0.015	七十分之一	1/ 70
0.01	一百分之一	1/ 100

第二节 钻石的质量称量及质量分级

裸钻的称重是一项较简单的工作。只要有一台天平即可，但称重的操作要求非常精确，因为钻石的质量相差 0.01 ct，其价值就可能相差上百美元。

一、称重的衡器

钻石称重的衡器，类型很多。早期使用一种式样简单的盘式天平。钻石与砝码分置于两秤盘中，直到指针平衡时，砝码的质量就是钻石的质量。这种手提式的天平携带方便，现在仍然有人使用。但其精度较差，一般为 0.01 ct。机械天平有游码、链码、单秤等多种类型。其中单秤式机械天平相比之下用途较广。天平的控制旋钮可通过杠杆，升降箱体顶部的砝码，并通过刻度尺和游标尺读出钻石的质量，精度为 0.001 ct。机械天平虽然精度符合称重的要求，但操作不方便。不过，随着电子天平的问世，它以简便、快速、准确取代了机械天平。操作者只需把钻石放入秤盘中，待测物的质量即自动转换为电阻，再转换为数字，质量从液晶显示屏上直接读出。电子天平大多内置了标准砝码，轻轻一按 CAL 键，几秒钟即可校准归零，且具备若干种计量单位及自动转换功能。电子天平有不同的类型和精度。其中体积小、价格便宜、便于携带的便携式电子克拉称最受欢迎，但精度较低，只有 0.01 ct。精度最高的是台式电子天平，它的精度为 0.001 ct，但不便携带，价格较昂贵。

称重时应严格遵照衡器的使用说明书操作，以便获得准确一致的数据，同时也利于仪器的维护。电子天平一般要求放置在稳固特制平整的台面上，以防震动。避免有较强的气流、噪音、粉尘等影响，更需要一个适当的温度、湿度环境。

二、钻石的质量分级

目前国内外尚无统一的质量分级标准。已知戴比尔斯对于钻坯的质量分为五个等

级，即超大钻（≥10.8 ct）、大钻（2.00～10.79 ct）、格令钻（0.75～1.99 ct）、小钻（筛号+11～0.74 ct）和混合小钻（7～40 粒/ ct）。根据我国的实际情况，我们对成品钻提出如下质量分级方案：

成品钻质量分级
- 大钻　≥1 ct
- 中钻　0.23～0.99 ct
- 小钻　0.05～0.22 ct
- 碎钻　≤0.05 ct

美国纽约 Rapaport 报价表将钻石的质量分为 18 个等级（表 10-3）。

表 10-3　Rapaport 报价表中钻石质量分级及术语

质量级别	克拉重范围	术　语	
FC	0.01～0.03	足工碎钻 Small full cut	
SM	0.04～0.07	小米粒钻 Small melee	米粒钻
LM	0.08～0.14	大米粒钻 Large melee	
1/6	0.15～0.17		
1/5	0.18～0.22		
1/4	0.23～0.29	一格令钻 Grain	
1/3	0.30～0.37		
3/8	0.38～0.45		
LH	0.46～0.49	轻半克拉钻 Light half	
2/4	0.50～0.69		
3/4	0.70～0.89		
9/10	0.90～0.95	轻一克拉钻	
IK	1.00～1.49	一克拉钻 One-carater	
6/4	1.50～1.95		
2K	2.00～2.90	两克拉钻 Two-carater	
3K	3.00～3.90	三克拉钻 Three-carater	
4K	4.00～4.90	四克拉钻 Four-carater	
5K	5.00～5.90	五克拉钻 Five-carater	

第三节 钻石质量的估算

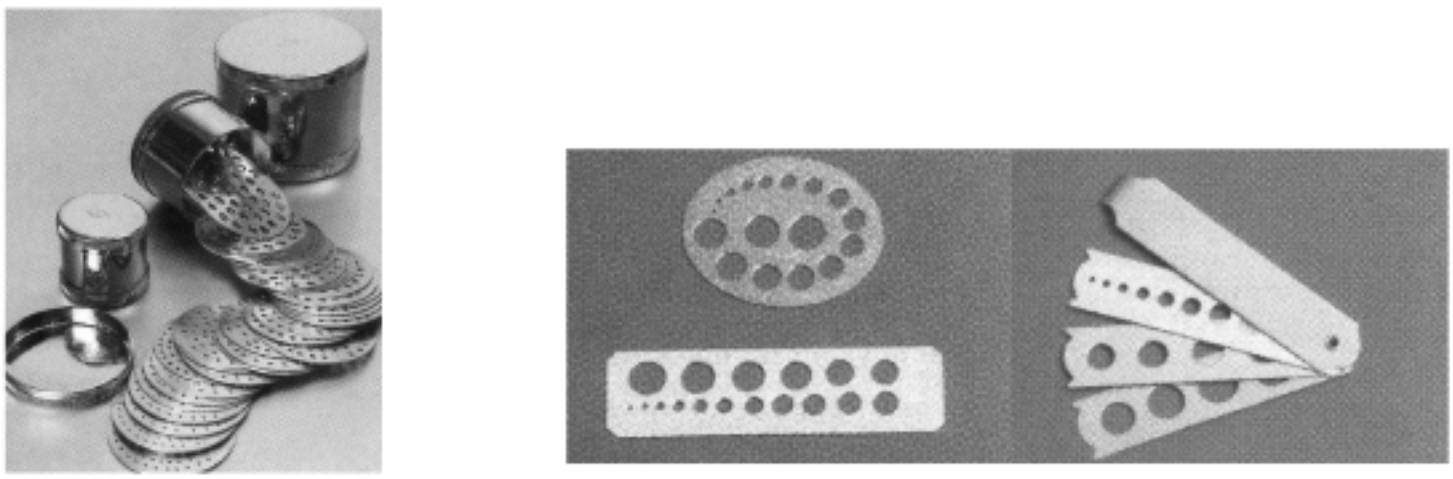
对于已镶嵌的钻石，人们不能运用称重的方法给出钻石的质量。而且，在许多情况下，譬如钻石太小或身边没有称重的工具时，可以对钻石的质量进行估算。这是因为圆

多刻面型的钻石都是由切磨工匠尽量加工成标准比例，如 1 ct 的圆多面形琢型钻石，其腰棱直径为 6.5 mm、高度为 3.9 mm，也就是说钻石尺寸大小与质量间有一定的对应关系。钻石质量的估算有两种方法。一是根据外围轮廓尺寸与各种量规比照。另一种方法是用测量工具测量钻石的腰围直径和总深度，带入公式计算质量或查表估计质量。

一、外围轮廓估重法

1. 钻石筛

对于标准圆多面形琢型的钻石，利用其腰棱直径与质量之间的关系可用来估算钻石的质量。钻石筛〔图 10 - 1（a)〕就是其中的一种，它是用优质的不锈钢薄板，激光打



(a)　　(b)

图 10 - 1　钻石常见的估重工具

(a) 钻石筛；(b) 孔型量规

孔做成的圆形筛盘。筛片直径有 4.8 cm、6.6 cm、8.0 cm 和 10.7 cm 四个规格。有 21 片和 41 片两种组合，分别从 0—20 或 0—40 编号。筛盘的孔径是已知的，而且不同孔径编号的筛片大致都对应于一个特定的钻石质量（表 10 - 4)。这在钻石批发市场，分选和估算大量的小钻石时十分有效，利用不同的筛盘，从大孔径到小孔径反复筛选，就可把整包的混合小钻石分成质量不等的几组，每组中的钻石质量大致相等。

2. 孔型量规

孔型量规是一种用塑料或金属制作的用于估算钻石质量的简单孔型量板〔图 10 - 1 (b)〕。它的外形各异（圆形、椭圆形、长条形、折扇形等)，孔径与标准圆多面型钻石的直径相对应，并按大小顺序排列。一般可比照 0.1～4 ct 大小的钻石。只要简单地找出与钻石腰棱一致的孔洞，即可估计出该钻石的质量大小。但对于非标准切工的圆多面型钻石，误差可达 20%。故这种量规只能给出一颗圆多面形琢型钻石的大致质量。

3. 对照量规

对照量规是由一组镶嵌的圆多面形琢型钻石仿制品（通常是合成尖晶石）组成，每一颗都是根据不同质量的钻石所对应的腰棱直径大小加工的。这种量规的目的主要为顾客提供特定质量钻石有多大的概念。

表 10 - 4　钻石筛子比例表

筛片编号	每克拉大约颗数（颗）	质量（pt）	直径（mm）	筛片编号	每克拉大约颗数（颗）	质量（pt）	直径（mm）
0	200	1/2	1.1	10 1/2	17		2.60
1	175		1.15	11	16	6/7	2.70
1 1/2	150		1.20	11 1/2	15		2.80
2	125		1.25	12	13	7/8	2.90
2 1/2	110/115		1.30	12 1/2	11	9	3.00
3	100	1	1.35	13	10	10	3.10
3 1/2	90		1.40	13 1/2	8/9	11	3.20
4	80		1.45	14	8	12	3.30
4 1/2	70		1.50	14 1/2	7.5	13	3.40
5	60		1.55	15	6.5	15	3.50
5 1/2	50	2	1.60	15 1/2	6	17	3.60
6	48		1.70	16	5.5	18	3.70
6 1/2	45		1.80	16 1/2	5 1/2	19	3.80
7	35		1.90	17	4 3/4	21	3.90
7 1/2	33	3	2.00	17 1/2	4 1/2	22	4.00
8	30		2.10	18	4 1/2	23	4.10
8 1/2	25	4	2.20	18 1/2	4	25	4.20
9	22		2.30	19	3.70	27	4.30
9 1/2	20	5	2.40	19 1/2	3.33	30	4.40
10	18		2.50	20	3	33	4.50

表中尺寸大小误差可在 10% 左右。

二、测量计算估重法

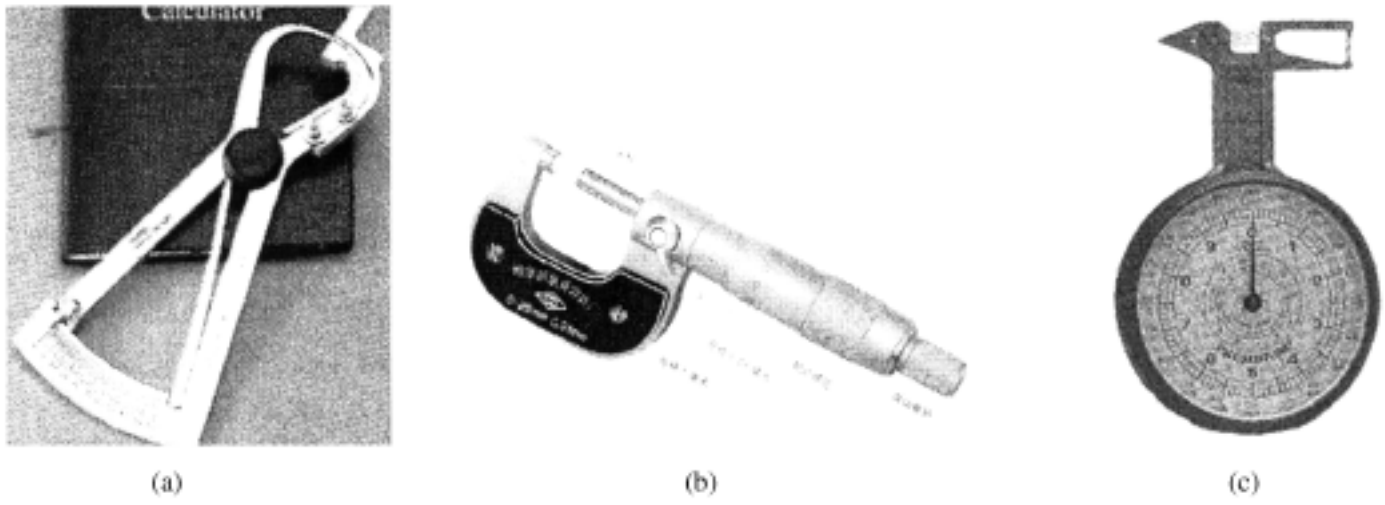
为了估算钻石的质量，人们可以通过各种卡尺测量钻石的直径和总深度（花式钻石测量长、宽、高），精确到 0.01 mm。代入公式计算质量，或直接从直径 - 质量表上查出（表 10 - 5）。

表 10 - 5　圆多面形琢型钻石的直径 - 质量表

腰棱直径（mm）	总深度（mm）(全深比 60% 细腰)	质量（ct）	腰棱直径（mm）	总深度（mm）(全深比 60% 细腰)	质量（ct）
1. 76		0. 02	4. 62	2. 78	0. 36
2. 22		0. 04	4. 70	2. 82	0. 38
2. 54		0. 06	4. 78	2. 89	0. 40
2. 80		0. 08	5. 15	3. 10	0. 50
3. 10	1. 86	0. 10	5. 47	3. 28	0. 60
3. 20	1. 92	0. 12	5. 76	3. 46	0. 70
3. 37	1. 98	0. 14	6. 02	3. 64	0. 80
3. 52	2. 10	0. 16	6. 27	3. 76	0. 90
3. 66	2. 22	0. 18	6. 50	3. 90	1. 00
3. 80	2. 28	0. 20	7. 43	4. 46	1. 50
3. 92	2. 34	0. 22	8. 18	4. 91	2. 00
4. 03	2. 42	0. 24	8. 81	5. 28	2. 50
4. 14	2. 48	0. 26	9. 36	5. 62	3. 00
4. 25	2. 55	0. 28	10. 30	6. 18	4. 00
4. 30	2. 58	0. 30	11. 10	6. 66	5. 00
4. 40	2. 64	0. 32	11. 79	7. 07	6. 00

1. 测量钻石常用的卡尺

(1) 最早推出的是摩尔 (Moe Gauge) 量规。它由一对简单的卡钳组成，直接从标尺上就可以读出钻石的直径。精度 0. 1 mm，摩尔量尺不易测量花式钻石 〔图 10 - 2 (a)〕。



(a)　(b)　(c)

图 10 - 2　测量钻石常用的卡尺

(a) 摩尔量尺；(b) 旋转千分尺；(c) 杠杆量尺

(2) 测微计 (Micrometer Gauge)。它是测量裸钻较精密的工具。其中便宜适用者为旋转测微计 (旋转千分尺)，精度 0.01 mm，可估测至 0.001 mm。测微计直杆上的刻度每格 1 mm，旋转杆上的刻度每格 0.01 mm。它的缺点是钳头较宽，只适合测量裸钻，不适合测量镶嵌钻石。如果操作者稍有不慎，会损伤钻石的底尖或腰围 〔图 10 - 2 (b)〕。

(3) 钻石量尺 (杠杆量尺 Leveridge Gauge)。是一种多功能的卡尺。不但可以用来测量裸钻，还可利用配备的附件，测量镶嵌钻石。精度为 0.02 mm。钻石量尺的钟型度盘上有毫米及 0.1 mm 的刻度，肉眼可估测到 0.01 mm。指针旋转一周为 10 mm。度盘左方小计数器，指示 10 mm 的倍数。钻石量尺附有钻石质量估计卡 〔图 10 - 2 (c)〕。

最新式设计出的电子钻石量尺带有数字显示屏，还可与程序计算器连接，无须查表，直接显示钻石的质量。

2. 质量计算公式

(1) 圆多面形

质量 = 平均直径^2 × 高度 × 0.006^1

(2) 椭圆形

质量 = 平均直径^2 × 高度 × 0.006^2　　〔注：平均直径 = (长 + 宽) / 2〕

(3) 心形

质量 = 长 × 宽 × 高 × 0.005^9

(4) 三角形

质量 = 长 × 宽 × 高 × 0.005^7

(5) 长方形

质量 = 长 × 宽 × 高 × 0.009^{15}

(6) 梯形

质量 = 长 × 宽 × 高 × 0.009^{15}

(宽度 = 取上、下两个长短边平均值)

(7) 祖母绿形

$$\text{质量} = \text{长} \times \text{宽} \times \text{高} \times \begin{cases} 0.008\ 0\ (1.1\text{∶}1)\ (\text{ct}) \\ 0.009\ 2\ (1.5\text{∶}1)\ (\text{ct}) \\ 0.010\ 0\ (2.0\text{∶}1)\ (\text{ct}) \\ 0.010\ 6\ (2.5\text{∶}1)\ (\text{ct}) \end{cases}$$

长：宽

(8) 橄榄形 (马眼形)

$$\text{质量} = \text{长} \times \text{宽} \times \text{高} \times \begin{cases} 0.005\ 65\ (1.5\text{∶}1)\ (\text{ct}) \\ 0.005\ 80\ (2\text{∶}1)\ (\text{ct}) \\ 0.005\ 85\ (2.5\text{∶}1)\ (\text{ct}) \\ 0.005\ 95\ (3\text{∶}1)\ (\text{ct}) \end{cases}$$

长：宽

(9) 梨形

$$\text{质量} = \text{长} \times \text{宽} \times \text{高} \times \begin{cases} 0.006\ 15\ (1.25:1)\ (\text{ct}) \\ 0.006\ 00\ (1.5:1)\ (\text{ct}) \\ 0.005\ 90\ (1.66:1)\ (\text{ct}) \\ 0.005\ 75\ (2:1)\ (\text{ct}) \end{cases}$$

上述各计算公式中，质量单位为克拉，长度、宽度、高度的单位均为毫米。需要说明的是，只有钻石的切工标准，这些公式才能使用。对于偏离正确比例的钻石，所计算出的质量可能有1%～8%的偏差。另外，对于腰棱偏厚的钻石，需增加一个改正系数。改正系数的大小由表10-6、10-7给出。修正后的质量 $W' = W *$ (1 + 修正系数)。例如一颗裸钻经测量后得：腰围直径4.10 mm、总深度2.76 mm、厚腰。它的质量 = 4.102×2.76×0.0061×(1+0.04) = 0.28 ct。

表10-6 腰部厚度的质量改正系数

直径 (mm)	稍厚腰部 (%)	厚腰 (%)	很厚腰 (%)	极厚腰 (%)	直径 (mm)	稍厚腰部 (%)	厚腰 (%)	很厚腰 (%)	极厚腰 (%)
3.80	3	4	9	12	5.55	2	3	6	9
3.85	3	4	9	12	5.60	2	3	6	9
3.90	3	4	9	12	5.65	2	3	6	9
3.95	3	4	9	12	5.70	2	3	6	9
4.00	3	4	9	12	5.75	2	3	6	9
4.05	3	4	9	12	5.80	2	3	6	8
4.10	3	4	9	12	5.85	2	3	6	8
4.15	2	4	9	12	5.90	2	3	6	8
4.20	2	4	8	11	5.95	2	3	6	8
4.25	2	4	8	11	6.00	2	3	6	8
4.30	2	4	8	11	6.05	2	3	6	8
4.35	2	4	8	11	6.10	2	3	6	8
4.40	2	4	8	11	6.15	2	3	6	8
4.45	2	4	8	11	6.20	2	3	6	8
4.50	2	4	8	11	6.25	2	3	6	8
4.55	2	4	8	11	6.30	2	3	6	8
4.60	2	4	8	10	6.35	2	3	6	8
4.65	2	4	8	10	6.40	2	3	6	8
4.70	2	3	8	10	6.45	2	3	6	8
4.75	2	3	7	10	6.50	2	3	6	8

续表

直径 (mm)	稍厚腰部 (%)	厚腰 (%)	很厚腰 (%)	极厚腰 (%)	直径 (mm)	稍厚腰部 (%)	厚腰 (%)	很厚腰 (%)	极厚腰 (%)
4.80	2	3	7	10	6.55	2	3	6	8
4.85	2	3	7	10	6.60	2	2	5	7
4.90	2	3	7	10	6.65	2	2	5	7
4.95	2	3	7	10	6.70	2	2	5	7
5.00	2	3	7	10	6.75	2	2	5	7
5.05	2	3	7	10	6.80	2	2	5	7
5.10	2	3	7	10	6.85	2	2	5	7
5.15	2	3	7	9	6.90	2	2	5	7
5.20	2	3	7	9	6.95	1	2	5	7
5.25	2	3	7	9	7.00	1	2	5	7
5.30	2	3	7	9	7.05	1	2	5	7
5.35	2	3	7	9	7.10	1	2	5	7
5.40	2	3	7	9	7.15	1	2	5	7
5.45	2	3	7	9	7.20	1	2	5	7
5.50	2	3	7	9	7.25	1	2	5	7
7.35	1	2	5	7	7.85	1	2	5	6
7.40	1	2	5	7	7.90	1	2	5	6
7.45	1	2	5	7	7.95	1	2	5	6
7.50	1	2	5	7	8.00	1	2	5	6
7.55	1	2	5	7	8.05	1	2	5	6
7.60	1	2	5	7	8.10	1	2	5	6
7.65	1	2	5	7	8.15	1	2	4	6
7.70	1	2	5	6	8.20	1	2	4	6
7.75	1	2	5	6	8.25	1	2	4	6

表 10-7　花式钻石腰部厚度的质量改正系数

直径 (mm)	稍厚腰部 (%)	厚腰 (%)	很厚腰 (%)	极厚腰 (%)	直径 (mm)	稍厚腰部 (%)	厚腰 (%)	很厚腰 (%)	极厚腰 (%)
3.80～4.15	3	4	9	12	6.55～6.90	2	2	5	7
4.20～4.65	2	4	8	11	6.95～7.65	1	2	5	7
4.70～5.10	2	3	7	10	7.70～8.10	1	2	5	6
5.15～5.75	2	3	6	9	8.15～8.25	1	2	4	6
5.80～6.50	2	3	6	8					

三、钻石分级证书

1. 钻石分级证书的基本内容

(1) 证书编号

(2) 质量

(3) 规格（最大直径×最小直径×全深)

(4) 颜色级别及荧光强度级别

(5) 净度级别及净度素描图

(6) 切工比例：台宽比、腰厚比、亭深比、底尖比的测量值

(7) 修饰度级别

(8) 签章和日期

以上内容是钻石分级证书中必须具备的内容。

2. 其他

钻石分级证书中还可以选择比率级别、颜色坐标、净度坐标、使用仪器、备注等内容。

第十一章

镶嵌钻石的分级

钻石只有被镶嵌成钻石首饰后，才能更好地体现出它的装饰价值。尽管世界各地大多数的检测机构只为裸钻出具严格的分级证书，但消费者所购钻石绝大多数为钻石首饰。对钻石的分级，不可避免地会涉及到镶嵌钻石。

我国的钻石市场与发达国家相比起步较晚，绝大多数的钻石未经严格的裸钻分级，直接镶嵌成钻石首饰出售。随着消费者自我保护意识的增强，人们越来越关注钻石首饰的品质问题。为适应具有中国特色的钻石市场的需要，我国在 1996 年 10 月颁布了《钻石分级》标准，并以裸钻分级标准为前提，制定了“镶嵌钻石品质分级规则”。这对逐步规范我国的钻石市场，提高钻石的消费水平，有效地保护消费者和珠宝企业利益起到了积极的作用。但“镶嵌钻石品质分级规则”只考虑了色级、净度对钻石质量的影响，而在切工方面由于存在某些技术上的困难，未进行评价。因而导致了市场上切工好坏的钻石鱼目混杂在一起，以同等的价值进入同一市场。其后果是消费者对他所购买的钻石切工质量无从知晓，同时也极大地挫伤了规范经营的珠宝商的积极性，从而使国家《钻石分级》标准中的切工评价失去了实质性的意义。

评价镶嵌钻石面临着巨大挑战。因为镶嵌钻石无法直接称重，给出精确的质量数据；难以做到彻底的清洁；限制了观察内含物的角度；阻碍了钻石的全面测量；镶托还遮掩了易于比色的部位，干扰了对色级的判断。种种弊端，都或多或少地影响到镶嵌钻石分级的准确性和稳定性。因此，镶嵌钻石的分级不可能像裸钻那样精细，只能是概略性评价。但只要在标准的环境下，采用正确的方法，专心细致地测量或估测，可以克服上述大部分的困难，使评价的结果客观、稳定。

第一节 镶嵌钻石的净度分级

镶嵌钻石的净度分级比较复杂，因镶嵌限制了对净度特征的观察及判断，它与裸钻之间在观察净度特征方面的差异总结于表 11 - 1。

一、镶嵌钻石净度分级标准

综述上表，鉴定镶嵌钻石受到的多重限制，已妨碍检查到全部的净度特征，因此，镶嵌钻石净度等级的划分采用与裸钻净度分级相同的概念，概略性地确定镶嵌钻石的净度等级。我国《钻石分级》标准将镶嵌钻石的净度分为 LC、VVS、VS、SI、P 五个等级。其中镶嵌钻石的 LC 级与 VVS 级之间的细微差异很难界定，分级机构基本未将镶嵌

表 11 - 1　镶嵌钻石与裸钻观察净度特征的差异对比表

类型 / 特点	裸　　钻	镶嵌钻石
光的传播	可以很好的传播来自各个方向的光线，使内含物“暴露无遗”。	部分光线受到了镶托的阻挡，使有些内含物未被反射至人眼中，增加了观察的难度，如镶爪下的内含物。
内含物的观察角度	可从正面、反面、侧面多角度寻找钻石中的内含物。	观察的角度多为正面，并且镶爪下、镶边包裹的腰围、封闭镶嵌的亭部通常都无法检测。
照明的条件限制	可采用暗域照明、亮域照明的条件，检查钻石中所有的浅色或深色内含物。	封闭式镶嵌减少了从亭部侧面或底部照射的光线，降低了对内含物观察的清晰程度。
外部因素的影响	除可辨认的镊子影像外，清洁钻石后无其他外部人为因素影响观察钻石的净度特征。	镶嵌使彻底清洁钻石受到限制，而且镶爪和镶边常被映射在钻石中，较难辨认与影像叠加在一起的内含物。

钻石定为 LC 级，实际上无瑕级在镶嵌钻石分级中基本是“有行无市”。

二、镶嵌钻石净度分级方法

(1) 镶嵌钻石净度分级的条件与裸钻相似。要求有合适的照明光源，尤其需要借助光纤光源，10 倍放大镜或 10 倍放大显微镜（更加适合镶嵌钻石的净度分级），仅是不需用镊子夹持钻石，镶托已起到夹持的作用。

(2) 分级的步骤与裸钻相同。仅是观察的角度多限于冠部，难以详细检查腰围及亭部的净度特征。

三、镶嵌钻石净度分级的注意事项

(1) 分级时多采用 6 点位“转盘式”分级方法（裸钻分级时已详述），可比较容易地检查到大多数的内含物。

(2) 倾斜钻石，并轻轻摆动，采用观察对面反射影像的反射方法，可检查到被镶爪、镶边掩藏的净度特征。

(3) 镶嵌钻石中观察金属托影像范围内的内含物是很困难的。一般来说，金属托的影像始终反映出金属光泽，并且它的分布总是受金属托的制约，而内含物多无金属光泽。往往倾斜钻石至一定的角度，容易观察到内含物，使金属托影像或影像的影响最小。

(4) 在亭部刻面上的镶爪的影像，容易被误认为“线羽”。区别的方法是用光纤灯垂直“线羽”观察，若为影像，光纤通过时，“线羽”无变化；若为羽状纹，光纤通过时，裂面反射光线“线羽”会变亮。实际上区分镶嵌钻石镶托的影像和内含物采用光纤灯照明是一种十分有效的方法。

(5) 镶嵌钻石的底座周围，由于清洁不彻底，黑色的金属碎屑或抛光粉常粘附在钻石亭部刻面外围，形成令人困惑的“特征”。分级时应特别小心区分这些外部粘附物。根据它们分布的位置（常与底座位置有关）、形态（常围绕亭部呈断续的环状分布）等特征是辨别是否为粘附物的重要方法。

(6) 按视域内所含内含物可见性的第一印象给出净度等级，并进一步寻找镶托掩藏

的内含物，调整等级的最后判断。

(7) 净度特征标注的方法与裸钻相似。除底尖破损、亭部刻面上的抛光纹及只有在亭部才能观察到的净度特征标注在亭部俯视图上外，大多数的净度特征都标注在冠部俯视图上。标注时应标注净度特征的实际位置而非反射影像。

(8) 用黑色虚线绘制金属部分。

第二节 镶嵌钻石的颜色分级

镶嵌钻石的颜色无法像裸钻一样进行精确的颜色分级。这是因为:

(1) 镶嵌钻石金属托的颜色会影响钻石色级的准确判定。如金属托为黄金，将会使钻石带上黄色色调，从而降低高色级钻石的色级。但低色级带黄（褐）色调的钻石若用黄金镶嵌，则很难辨别钻石真实的颜色，有时色级反而看上去会更高。

(2) 镶嵌钻石的腰及腰围以下的亭部基本被遮掩，仅留出了不易比色的冠部。

(3) 镶嵌钻石越小，颜色分级越难，因为冠部表面的光彩对颜色的干扰明显，再加上周围强烈的金属托反光，降低了人眼对颜色的分辨率，会使相差 2～3 个色级的钻石看起来相差无几。

如果能够综合考虑上述因素对镶嵌钻石颜色分级的影响，一个经验丰富、技术熟练的分级技术人员还是可以采用比色法对镶嵌钻石进行较科学的分级。

一、镶嵌钻石颜色分级标准

镶嵌钻石颜色分级受金属托之影响及比色位置的限制。颜色等级的划分往往是将裸钻的 2～3 个等级合并为一个颜色级别范围。

我国《钻石分级标准》(GB/ T16554 - 2003) 中规定：镶嵌钻石采用比色法分级，分为七个等级，与未镶嵌钻石颜色级别的对应关系见表 11 - 2。

表 11 - 2　镶嵌钻石的颜色分级

镶嵌钻石颜色级别	D—E		F—G		H	I—J		K—L		M—N		< N
对应的未镶嵌钻石颜色级别	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	< N

二、镶嵌钻石颜色分级方法

(1) 比色的环境：采用与裸钻完全相同的比色环境（标准的照明条件、比色石、中性的分级背景、有经验的分级技术人员等)。

(2) 比色的步骤：①将显微镜的灯管下缘（或用比色灯)，固定一张反光弱的白纸(或黑纸) 组成一个小巧的中性比色空间（图 11 - 1)。②选择比色区域。比色区域的确定以镶嵌钻石裸露最多的部位为原则。③若为爪镶、迫镶，用特制的可以灵活夹取比色

石的钻石抓或镊子夹持比色石，让其台面与镶嵌钻石的台面靠近，从侧面比较二者亭部中间透明区域，或腰棱偏上相同部位。然后互换位置，达到在比色石两侧比色的效果（图 11 - 2）。④若钻石为包镶，且克拉值较大时，让比色石与镶嵌钻石的台面靠近，从侧面比较冠部相同区域。若钻石为内包镶，侧面无裸露的冠部，不得不采用最不易比色的正面比色。比色时二者都应略微倾斜，以减少过多的反光。观察钻石整体外观的颜色。分级的具体步骤与裸钻相似，直至找到最相近的比色石。

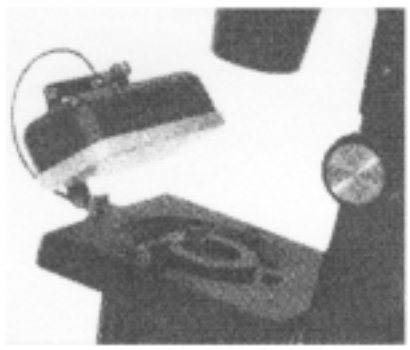


图 11 - 1　宝石显微镜特制的比色光源

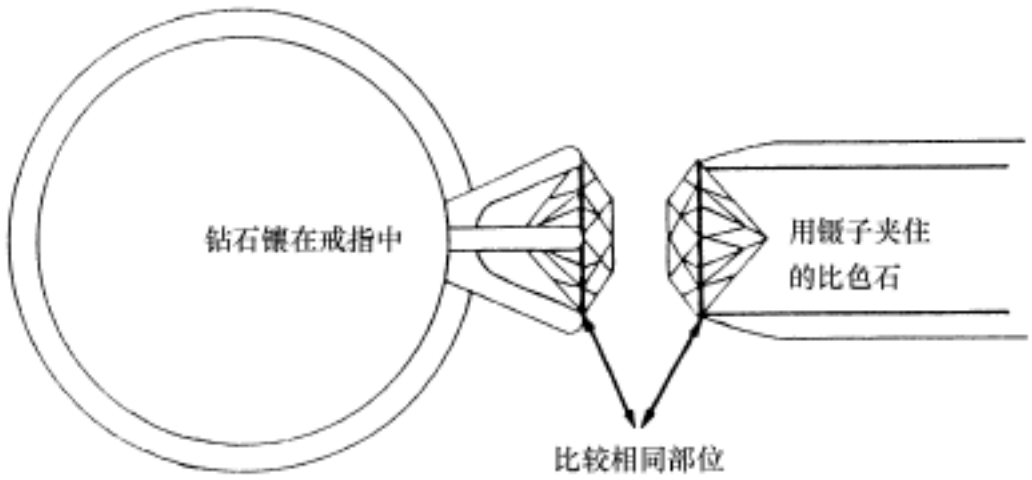


图 11 - 2　镶嵌钻石的颜色分级

(3) 确定颜色等级范围，若镶嵌钻石最接近于 J 比色石，则等级用 I—J 表示 。国外有些实验室也用 H—I—J 表示。

(4) 注意事项：镶嵌钻石颜色分级应考虑金属托对钻石颜色的影响，注意加以修正。

第三节 镶嵌钻石的切工分级

镶嵌钻石切工分级，视其镶嵌的情形不同，而分级的难易程度不同。镶嵌钻石由于观察和直接测量各部分比例受到了一定的限制，切工分级多采用目测的方法。

我国《钻石分级标准》（GB/ T16554—2003）标准中对镶嵌钻石的切工测量与描述规定如下：

对满足切工测量的镶嵌钻石，采用 10 倍放大镜目测法或仪器测量法，测量台宽比、亭深比等比率要素。对影响修饰度的要素加以描述。

一、腰围直径的估测

(1) 镶嵌钻石若为爪镶或迫镶，可利用卡尺（尤其是杠杆量尺）多测几个方向的直径，记下最大值、最小值和平均值〔图 11 - 3（a)〕。

(2) 镶嵌钻石若为包镶，则应沿着风筝刻面尖点方向估测被金属镶边掩盖下尖点的位置〔图 11 - 3 (b)〕，于相对尖点测量。测量横过四对风筝刻面，记录最小、最大和平均值。此操作步骤应小心、谨慎，切不可超估或低估，否则计算质量时会产生较大误差。每一数据的取得都要尽可能地精确，以便使误差降至最小值。

(3) 花式钻石只需测量两个尺寸，即长度和宽度。估测梯形钻石被镶边压住的宽度部分以相邻裸露刻面间宽度为标准。

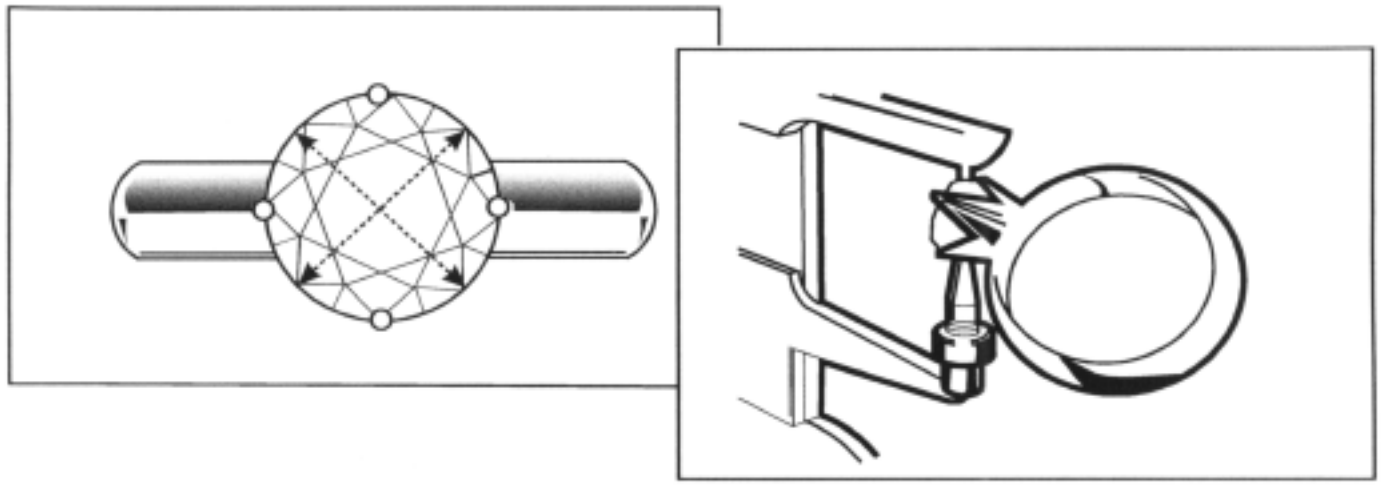


图 11 - 3　测量镶嵌钻石腰围直径

(a) 爪镶钻石的测量；(b) 包镶钻石的测量

二、台宽比的估测

采用与目估裸钻台宽比相同的弧度法是较理想的估测方法。其步骤与裸钻相同。采用线段法估测台宽比则要看镶嵌的情形，若为爪镶或迫镶，可沿外露的腰围引一条假想线段至台面中心，按照与裸钻相同的方法估测台宽比；若为包镶，则要按估测腰围直径的方法，假想一条从台面中心顺着风筝刻面尖点方向推测被金属镶边掩盖下腰围位置的线段 (图 11 - 4)，然后再依据用线段法估测裸钻台宽比的方法估测镶嵌钻石的台宽比。

镶嵌钻石的台面尺寸完全可以用胶片微尺准确测量 (图 11 - 5)，并利用腰围直径测量的数据，计算台宽比。

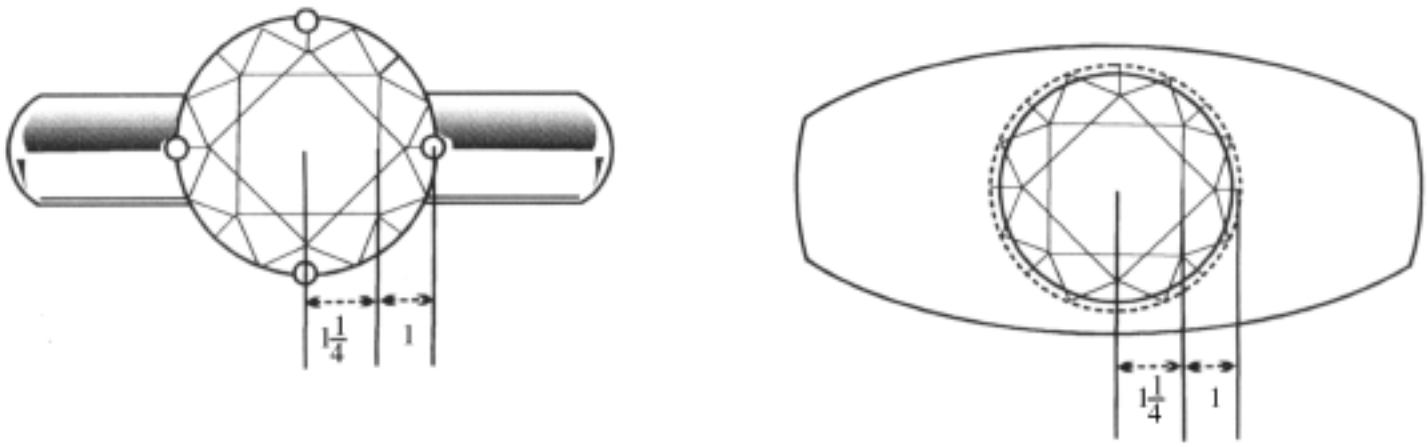


图 11 - 4　用线段法估测镶嵌裸钻石的台宽比

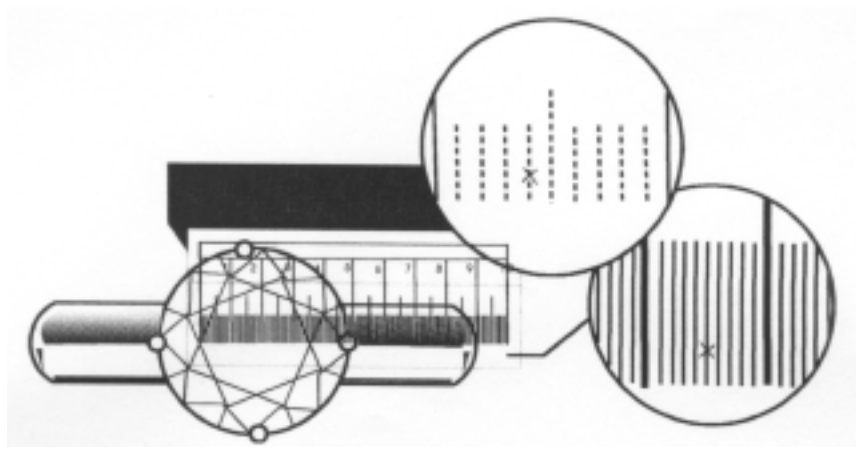


图 11 - 5　用胶片微尺测量镶嵌钻石的台面尺寸

三、冠部角度的估测

镶嵌钻石冠部角度的估测采用估测裸钻冠角的正面目视法。如果在爪镶或迫镶裸露的空隙间，可以找到合适的观察钻石冠部主刻面与腰围夹角的角度的话，也可用侧面目视法估测冠角，并与正面目视的冠角相互验证。花式钻石则试着用侧面目视法估测冠角。

四、腰围厚度的估测

(1) 若镶嵌钻石有裸露的腰围，则按与裸钻相同的方法定性评价腰围厚度。

(2) 若钻石为包镶，首先应试着倾斜并转动钻石，透过冠部刻面顺着台面边缘下腰面的方向寻找被镶托遮住的腰围影像。此时，一定要让视线与腰围影像所在的平面平行。调整焦距，使影像聚焦，图像清晰。然后依据评价裸钻腰围厚度的标准，确定包镶钻石的腰围厚度。镶嵌钻石的腰围类型不同，腰围反射的影像也有差异。抛光腰围，其影像为一亮灰色弧线。粗磨腰则为暗灰色粗糙弧线。偏厚的腰围则腰部边缘反射的影像较显著，似两条弧线构成的腰围影像。观察腰围影像应特别仔细，不要与金属镶座的影像相混淆。一定要先拿裸钻或半包镶的钻石多做练习，待判断力准确后，方可用于镶嵌钻石的判别。

五、亭深比的估测

镶嵌钻石亭深比的估测，采用与裸钻相同的台影比法估测亭深比。如果遇到亭部太浅的鱼眼钻石与亭部较深的块状钻石在台面内的影像相似，且钻石为封闭式镶嵌，又无法采用与裸钻相同的腰影比法进一步确认浅亭部或深亭部时，则采用倾斜钻石透过台面观察腰棱影像出现的速度确认。若很快看到腰棱影像，则为鱼眼钻石，反之为块状钻石。

底尖的大小对亭深比也有影响，若底尖为大到极大，则应在估测的亭深比上减去1%～3%。

花式钻石亭部被遮住时，可利用全深比减去冠高比、腰厚比，求出亭深比（花式钻石的冠高比与腰厚比可使用与圆钻相同的百分比表查表获得)。全深比可通过测量表视深度（第四节中详细介绍）计算得出。

六、底尖大小

判断镶嵌钻石底尖的大小与裸钻相同。

七、镶嵌钻石的修饰度分级

方法与裸钻相同，仅是利用反射影像法检查被镶托遮住的对称性偏差比较困难。

第四节 镶嵌钻石的质量估算

镶嵌钻石虽无法直接称重，但给出一个尽可能接近的质量概念是十分必要的。因为钻石的质量是评价钻饰价值的基础。对于圆明亮式钻石而言，质量可根据公式 $w = \phi^2 \times h \times 0.0061$ 计算求得。

从公式中可知：若要估算出钻石的质量，必须求出钻石的腰围直径（φ）及总深度（h)。腰围直径的估测前面已述。下面重点介绍总深度的估测。

一、估测总深度

测量镶嵌钻石的总深度是比较困难的事。若为爪镶或迫镶，尚可在侧面开口处，使用胶片微尺或杠杆量尺测量。

1. 胶片微尺测总深度

首先让微尺的0标线与钻石的台面平行，然后垂直测量至底尖的距离（图11-6)，此操作的关键是，标尺的0标线应与台面重合，测量垂直距离。

2. 杠杆量尺测量总深度

使用附有延长量针的杠杆量尺可从底部开口处测量镶嵌钻石的总深度（图11-7)，测量时要让量针从底部开口处伸进去，轻触底尖。

3. 利用全深比估测总深度

当镶嵌钻石的亭部被封闭镶嵌，限制了测量时，可利用下面的公式求出总深度：

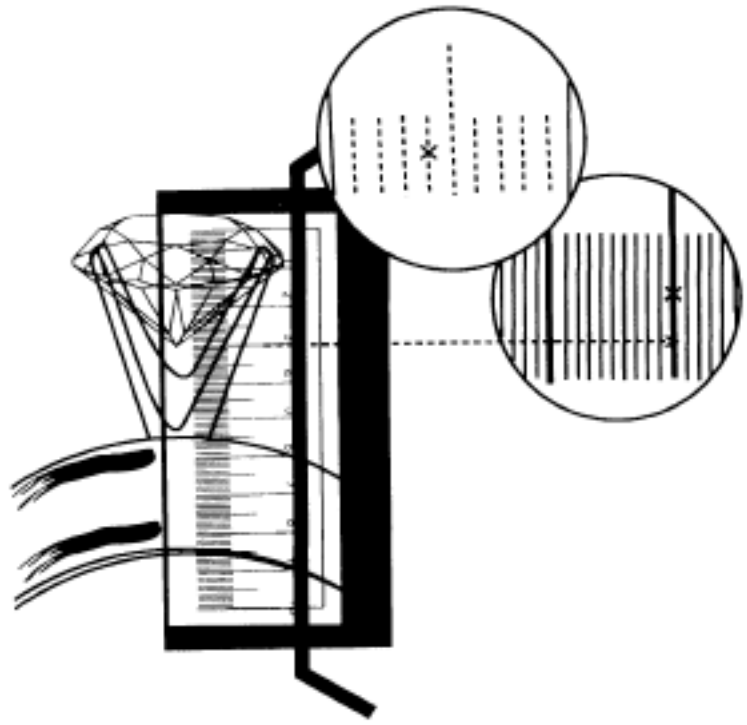


图 11 - 6　用胶片微尺测量镶嵌钻石的总深度

全深比 = 冠高比 + 腰厚比 + 亭深比　　①

全深比 = 总深度/ 腰围直径×100%　　②

总深度 = (冠高比 + 腰厚比 + 亭深比) ×腰围直径　　③

公式③中冠高比可依冠部角度及台宽比的关系查表 9 - 11 求得。

腰厚比可依腰围厚度评价的结果与腰围直径的关系查表 11 - 3 求得。表中列出了标准切工 0.20 ct (直径 3.80 mm) 到 2.00 ct (直径 8.25 mm) 的钻石腰部厚度百分比。从表中可以看出，属于同一腰围厚度等级的钻石，其腰围越大，腰厚比越小，即钻石的最佳腰厚比是变化的。若钻石的腰围属于极薄—很薄，则可根据实际的腰围直径，对照表 11 - 3 中薄—中等腰围的百分比减少 50%估算。腰厚比多用来估算总深度时使用。

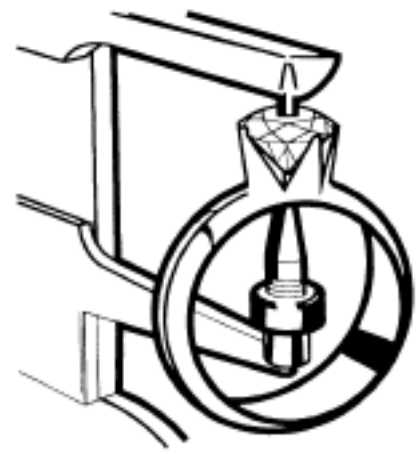


图 11 - 7　用杠杆量尺测量镶嵌钻石的总深度

亭深比则采用台影比法估测。

例：求总深度：假设钻饰的平均腰围直径为 4.25 mm，台面宽度为 2.55 mm，冠部角度为 34.5°。腰围为厚腰。

则　台宽比 = 2.55÷4.25×100%

= 60%

冠高比依 60%台宽比与 34.5°冠角查表求得为 13.7%;

腰厚比依 4.25 mm 腰围直径对应厚腰查表求得 5%;

若估测的亭深比 44.5% (台影比为 1/ 2)，无底尖。

则　全深比 = 13.7% + 5% + 44.5%

= 63.2%

总深度 = 0.632×4.25 mm
= 2.686 mm
= 2.69 mm　　(**精确到小数点后二位，四舍五入**)

表 11 - 3　腰围厚度百分比表

腰围评价	腰厚比（%）	腰围直径（mm）
薄—中等	4	3.80～4.25
	3	4.30～6.00
	2	6.05～8.25
稍厚	5	3.80～4.40
	4	4.45～5.70
	3	5.75～8.00
	2	8.05～8.25
厚	6	3.80～4.15
	5	4.20～5.10
	4	5.15～6.55
	3	6.60～8.25
很厚	9	3.80～3.85
	8	3.90～4.40
	7	4.45～5.05
	6	5.10～6.00
	5	6.05～7.30
	4	7.35～8.25
极厚	11	3.80～3.85
	10	3.85～4.20
	9	4.25～4.70
	8	4.75～5.30
	7	5.35～6.15
	6	6.20～7.25
	5	7.30～8.25

4. 测量表视深度估算总深度

光线在钻石中的折射并在视网膜上成像引起的底尖看起来比实际深度浅的现象称为表视现象。

钻石的实际深度 = 表视深度×钻石的折射率值

表视深度可用宝石显微镜和胶片微尺的简易组合测量出来。其步骤是：①选用高性能、高倍数（30～60 倍）的宝石显微镜，将胶片微尺固定在镜臂合适的位置上（图 11

−8）；②用附有弹簧装置的宝石夹，固定夹持钻石；③选择适宜的放大倍数，调整镜筒高度，使台面与底尖在视域内同时可见；④在可移动的镜筒上对应于胶片微尺的部位用胶带粘一水平标记符号；⑤转动调焦螺旋，使台面棱线处于最清晰的焦点上，记录胶片微尺的读数；下降镜筒使底尖处于最清晰的焦点上，读取第二个数据，二读数的差值即为表视深度；⑥重复检查一便。向下移动镜筒使底尖处于模糊像，提升镜筒至底尖清晰，读取数值1，继续提升镜筒，使台面棱线清晰（锐利），读取数值2。二者的差值所求的表视深度应与步骤⑤的表视深度相差不大，取其平均值再乘以2.417（钻石的折射率值），即可求得总深度。

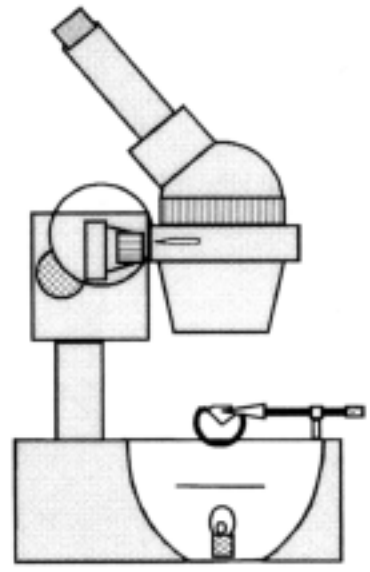


图11-8　测量镶嵌钻石表视深度示意图

二、估计质量

公式 $W=\phi^2\times h\times 0.0061$，是相对于标准切工的圆钻形钻石而言，若钻石偏离正确比例或有影响质量的对称性偏差时，所算出的质量可能有1%～8%的偏差。

影响质量偏差的最大因素是腰围厚度，因此钻石腰围偏厚时质量公式要用：

$W'=\phi^2\times h\times 0.0061\times$（1+修正系数）。圆钻厚腰的质量改正系数查表10-6求得。

例如，一颗钻石的平均腰围直径为4.25 mm，平均腰围为厚腰，质量改正系数为4%，则质量修正系数=（1+0.04）=1.04

花式钻饰的质量估算可按第十章给出的公式计算。但除额外的腰厚外，底部膨胀和某些轮廓偏差，也应做相应的修正。

第十二章

钻石的优化处理及其鉴别

钻石的优化处理技术是提高钻石价值的重要手段，是宝石学研究的重要课题和前沿领域。钻石人工优化处理的方法主要有辐照与加热处理、激光打孔、充填处理、覆膜处理和高温高压处理。钻石人工优化处理的主要目的是改善或改变钻石的颜色，提高钻石的净度。

第一节 钻石的呈色机理

一、能带理论

能带理论是研究钻石呈色的基础理论。它认为晶体中的电子运动不是束缚于某个原子或几个原子的局部之间的跃迁，而是扩散到整个晶体中的运动。每个电子的运动不是定域的，而是相互独立，并在晶体内部的一个三维空间的周期性势场中运动。在晶体的周期性晶格势场中，原子间总是趋向于形成配位数高、能充分利用空间、使体系的势能尽可能降低的最紧密堆积，各原子的原子轨道之间有一定的重叠，电子运动时的能量限制在一定区域内，电子运动所允许的能量区域称为能带。相邻原子间有价电子的原子轨道（价轨道）之间的重叠可以形成具有一定能级宽度的能带，其能量要低于单原子相应的原子轨道能量。下面以固体锂为例，说明能带的形成及与能带有关的基本概念。

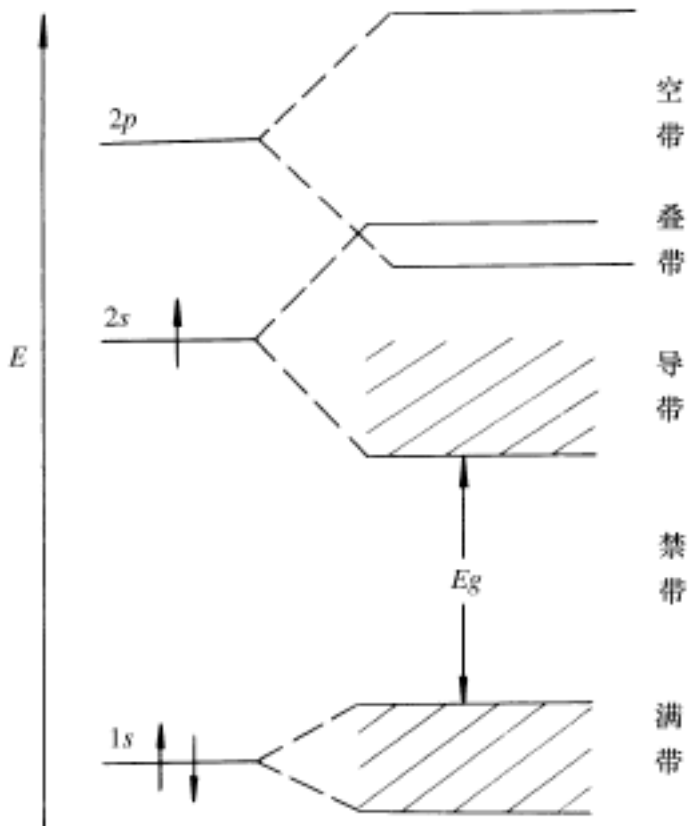


图 12 - 1　金属锂的能带模型结构

根据成键三原则，锂原子轨道的 1*s*、2*s*、2*p* 原子轨道组成三个能带。如图 12 - 1 所示，由于孤立锂原子 1*s* 和 2*s* 轨道能量相差很大，所以锂晶体的 1*s* 能带与 2*s* 能带之间也有很大的间隙，这间隙即为禁带；1*s* 轨道是填满电子的，故 1*s* 能带称为满带。2*s* 轨道中仅有一个电子，故 2*s* 能带中仅在能量较低的那一半能级上填有电子，这种未被电子完全充满的能带称为导带；2*p* 能带是全空的，称为空带。因为孤立锂原子的 2*s* 和 2*p*

轨道能量相差不大，当有 10^{23} 个锂原子的 2*s* 轨道和 2*p* 轨道重叠分别组成 2*s* 能带和 2*p* 能带时，2*s* 能带中的反键轨道高于孤立原子的 2*s* 轨道，2*p* 能带中的成键轨道低于孤立原子的 2*p* 轨道，结果 2*s* 能带和 2*p* 能带部分重叠，称为叠带或重带。叠带也有满带、导带和空带之分。

在上述能带中凡是填有价电子的能带又称为价带。价带与其毗邻的空带及两者之间的禁带是晶体能带中最重要的部分。价带中电子的填充情况（满或缺），决定了该晶体中电子的活跃程度，是晶体能否导电的根本原因。禁带的能量大小决定了价带与空带间电子跃迁的难易程度，是晶体呈色的主要原因。若带隙能的能量值正好与可见光的能量范围一致，则处于晶体价带中的电子，就可选择性吸收可见光的能量，产生电子跃迁，则晶体就会产生颜色。

一些宝石矿物含有周期表的第四列元素，这些元素以共价键（共用电子）为主，化合价为 4。例如：金刚石（C）、碳化硅（SiC）、硫镉矿（CdS）等。它们的颜色可以用能带理论解释。

在这些矿物中，电子接受光能在价带和导带之间运动，形成“内带跃迁”。这种跃迁的可能性与价带和导带之间的能量差（带隙能 *E*g）密切相关（图 12 - 2）。带隙能不同，宝石的颜色不同。以这种机理呈色的宝石矿物可分为三种类型。

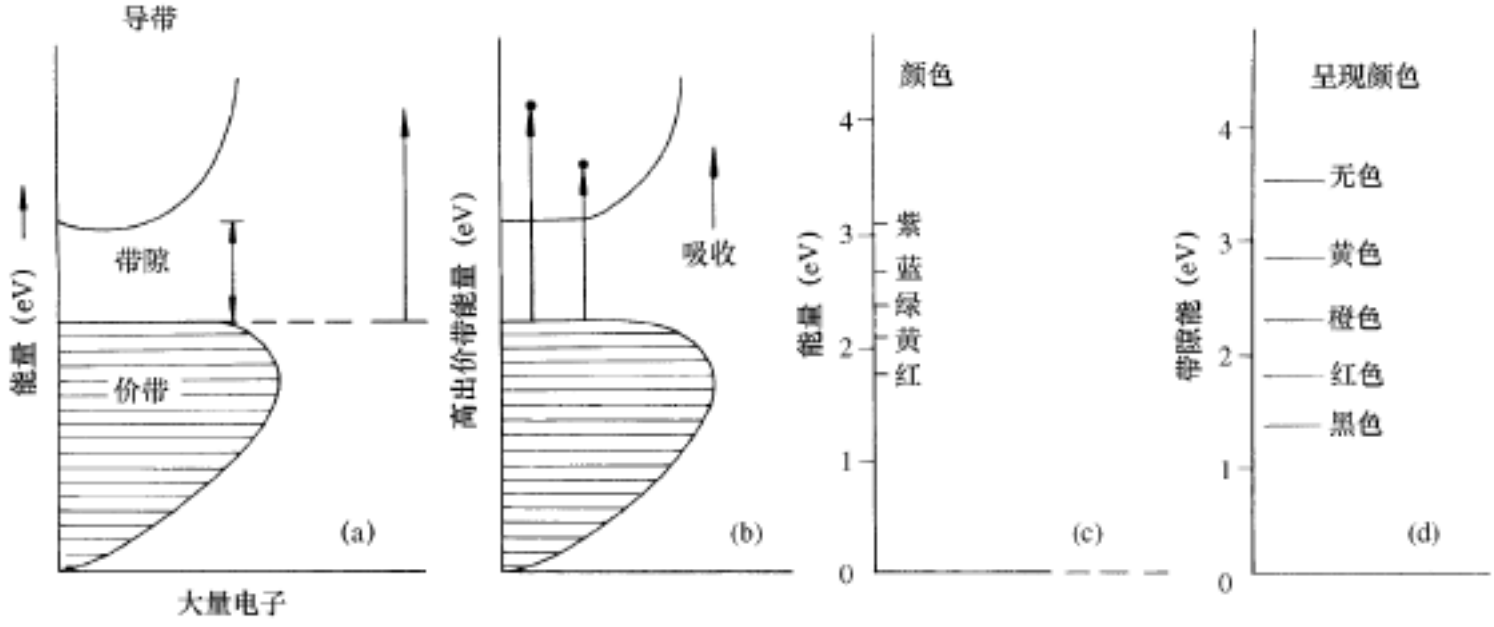


图 12 - 2　用能带理论对颜色成因的解释

（a）典型半导体能带图；（b）光的吸收和通过；（c）能量与颜色的关系；（d）不同带隙能呈现的颜色

1. 宽带隙

这类矿物的带隙能较大，一般大于 3.5 eV。即大于可见光的能量范围。可见光的能量范围如图 12 - 3 所示，所以由可见光提供的能量不足以使价带上的电子跃迁到高能量的空带上去，可见光没有被吸收，而全部透过。在无杂质或瑕疵的情况下，矿物是无色的。例如，在无任何杂质的纯碳钻石晶体中，每个碳原子以共价键与另外 4 个碳原子连接，带隙能为 5.4 eV。可见光不具有足够高的能量来激发价带中的电子，因而没有光波被吸收，故钻石为无色透明。

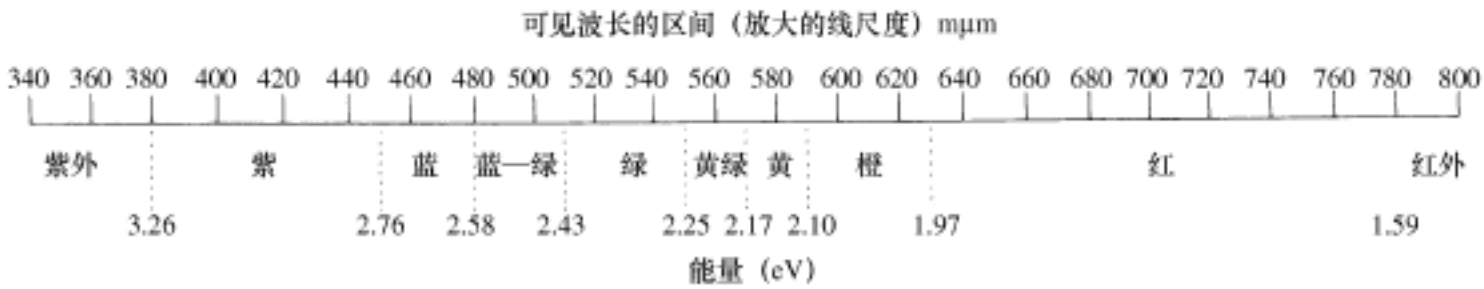


图 12 - 3　按波长和能量划分电磁波谱图

由于无法规定各区段明显的上界或下界，故区段之间的界限是任意的；eV. 电子伏特 = 量子能 = 1 240/ λ; λ. 以毫微米为单位的波长 mμm

2. 窄带隙

带隙的能量（E_g < 1. 77 eV）小于可见光的能量，有的趋于零。处于价带上的电子在可见光的辐射下，极易发生跃迁。跃迁到空带上的电子也极易返回到价带，返回时将跃迁吸收的大多数能量，再以光的形式释放。金属矿物多属于窄带隙材料，所以，金属矿物大多为黑色、灰黑色、不透明状，并具有强烈的金属光泽。

3. 中等带隙

若带隙的能量，正好属于可见光范围的某一能值，能量大于带隙能的可见光被吸收，而能量小于带隙能的可见光被透过，宝石呈现出各种颜色，它们的呈色序列如图 12 - 2（d）所示。如辰砂的带隙能为 2 eV，只有红光透过，其他可见光均被吸收，辰砂显红色。

二、色心致色

1. 晶体结构缺陷（晶格缺陷）

宝石晶体是原子、离子或分子有规则地排列成空间格子状的结构。当宝石在形成过程中或在形成之后，由于种种物理、化学原因，而使晶体内部质点（阳离子或阴离子）的排列偏离了格子构造规律的现象，称为晶体结构缺陷。晶体结构缺陷，按其晶体结构中分布的几何特点，可分为点缺陷、线缺陷、面缺陷和体缺陷四种类型。

（1）点缺陷　　是发生在一个或多个质点范围内的晶体缺陷。常见的点缺陷的表现形式有以下几种：

①空位　　晶体中应有质点占据的位置，因质点缺失而造成的空位。

②填隙　　在晶体结构中正常排列的质点之间，存在多余的质点填充晶格空隙的现象。

③替位　　杂质成分的质点代替了晶体本身固有成分的质点，并占据了被代替质点的位置的现象。由于替位质点的半径、电价等方面与被代替质点存在差异，因而可造成不同形式、程度不等的晶格畸变。

（2）线缺陷　　是指在晶体内部结构中沿某条线方向（行列）上的周围局部范围内所产生的晶体缺陷。它的主要表现形式是位错（位错是指在晶体中的某些区域内，一列或数列质点发生有规律的错乱排列现象）。

(3)面缺陷　　是指沿晶格内或晶粒间某些面的两侧局部范围内所出现的晶格缺陷。

2. 色心

色心是指能选择吸收可见光的晶体结构缺陷。色心的种类很多，但真正弄清楚其形成机制的仅有几种。宝石中常见的色心是“电子色心”和“空穴色心”。

电子色心是指在晶体结构中由阴离子空位和一个受此空穴电场束缚的电子所组成，被空穴捕获了的电子来保持晶体的电中性。该电子与价带中的价电子相似，具有占据不同能级和吸收可见光的能力。

空穴色心是指晶体结构中，本该存在电子的位置上缺少一个电子，留下一个电子“空穴”和一个能吸收光能发生跃迁的未配对电子。

3. 色心形成的条件

对于晶格缺陷来说，其本身并不能对任何光产生吸收作用而呈色，色心致色必须具备两个基本条件：

(1) 宝石中要有晶格缺陷。这种缺陷的形成可以是：①宝石形成过程中物理化学条件发生变化；②存在着不等价的类质同像置换，如钻石中氮和硼对碳的置换；③外界高能离子对晶格中离子的轰击；④其他原因（如变形）造成的缺陷。

(2) 要有能吸收可见光的未配对电子。晶体缺陷并不等于色心，必须有未成对的电子与之共存，二者缺一不可。

色心也可用能带理论解释，晶体结构缺陷可被看成是晶体价带与空带之间的“空穴陷阱”能级，其能量介于价带最高能级的能量及空带最低能级的能量之间，如图 12 - 4 所示。当价带中的电子受激发跃入空带后，绝大多数电子随即又返回到价带，并以热能或发光的形式释放所吸收的能量。但也有极少数电子在向价带返回时被空穴陷阱（Ea）俘获，从而形成色心。空穴能级又是由具有不同能级差的次一级能级组成。在大多数情况下，Ea 能级小于空带最下部的能级（Eb）。处于被空穴能级中的被俘电子吸收可见光后可以向次高能级跃迁。一旦所给予电子的能量消失，电子又回到陷阱中，这就使宝石在一定光谱范围内稳定呈色。Ea 不同，对光的吸收则不同，宝石的颜色也就不同。若宝石所受激发源的能量进一步加大，达到或超过 Eb 时，则被俘的电子重新进入空带，并可能返回到价带，色心消失。因此，Eb 可以看成是色心能级的能垒。图 12 - 5 直观地表示了色心的形成与消失过程。首先宝石晶体具有某种俘获电子的陷阱（空穴能级），其能级在 B 态。A、B、C、D、E、F 分别代表了不同的能级。

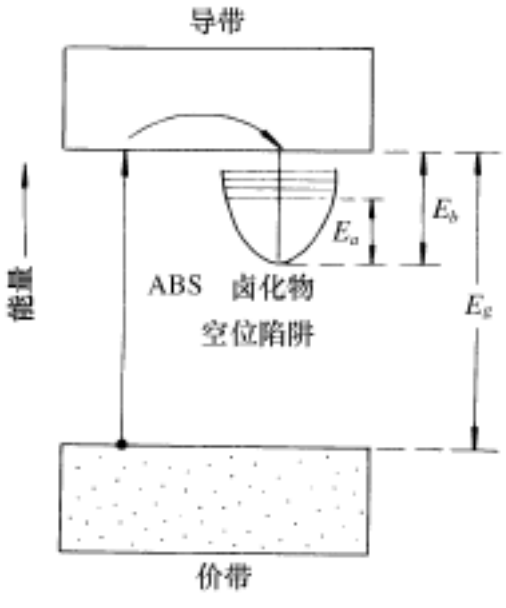


图 12 - 4　能带理论对色心的解释
(K. Nassau，1983)

处于基态 A（价带）的电子受到外能辐照，向上跃迁到 F 能级（空带），随后电子返回落到一个较低的能级 B，若在 B 和 E 之间存在着中间能级 C、D，而且这些能级与可见光对应。那么该电子就能吸收可见光跃到 C、D 能级，使宝石呈色。同时在返回“陷阱”时以光的形式释放能量，产生荧光。如果给电子提供足够克服能垒的能量（如加热或高能辐照），则电子将回到它原来

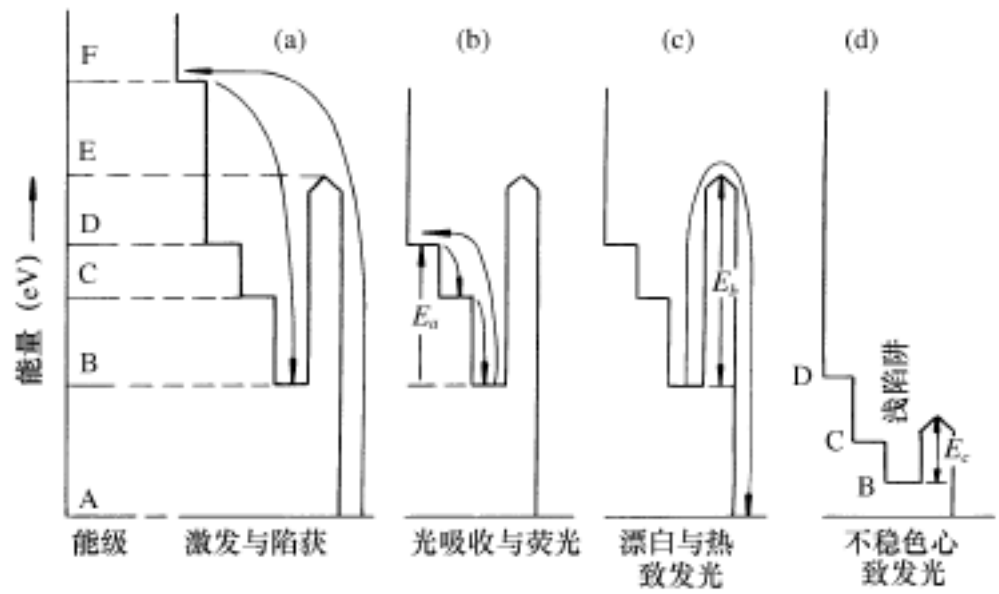


图 12 - 5　色心的形成与消失

(a) 激发与陷获；(b) 光吸收与荧光；(c) 漂白与热致发光；(d) 不稳色心致发光

的位置 A (价带)。宝石将失去颜色或称为漂白。电子在越过能垒返回价带时会发光，此时的发光为热致发光。

宝石颜色稳定的关键因素是电子为克服能垒所需的能量值。假若这一能量值大，宝石的颜色是稳定的；若能垒很低 (色心浅)，室温或阳光即可克服，宝石的颜色则不稳定，也存在中间的可能性。即能垒具有让电子缓慢越过能量值，从而导致逐渐地褪色。钻石辐照改色就是依据这一原理。

三、钻石的呈色机理讨论

对钻石颜色成因机理的研究，一直是宝石学研究的热点，虽然取得了实质性的进展，但对某些颜色成因的解释仍难以令人信服。钻石的颜色与钻石的类型、结构、生长历史密切相关，受多种因素的影响，极其复杂。

1. 晶体中氮杂质元素的呈色讨论

众所周知，钻石是碳原子以共价键结合而成，其中每一个碳原子都通过 sp^3 杂道与相邻的 4 个碳原子形成典型的共价键基团 CC_4，每个碳的配位数都是 4，C—C 共价单键键长都是 0.154 nm；两个键间的夹角都是 109°28′，以每个碳原子为中心，与其直接键合相邻的 4 个 C 原子都形成如图 12 - 6 所示的正四面体。

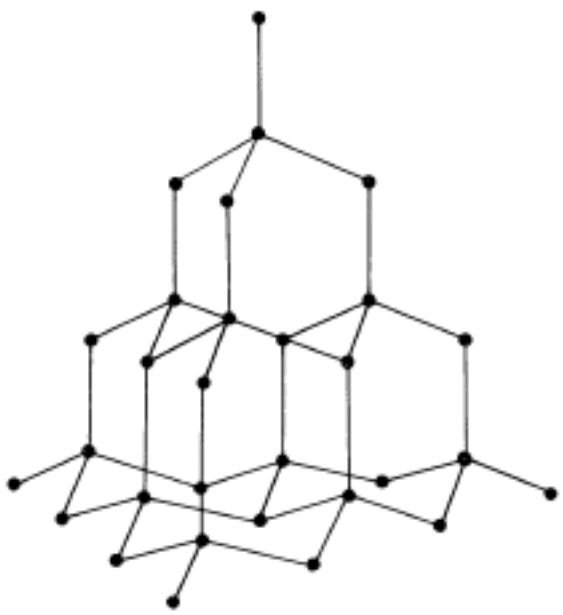


图 12 - 6　钻石的结构

在钻石中，对于每个 CC_4 四面体基团来说，中心碳原子以 4 个 sp^3 杂化轨道与 4 个邻近的碳原子成键，共形成 4 个成键分子轨道和四个反键分子轨道。来自中心碳原子的 4 个外层电子与来自每个邻近碳原子的一个电子 (共 8 个电子)，正好填满这 4 个重叠在一起的成键轨道，形成满带，对应的 4 个

反键分子轨道是全空的，形成空带，两个能带间隔着一个较宽的禁带，禁隙能 $Eg > 5.4$ eV，可见光通过时不被吸收，故纯净的钻石为无色透明。若当钻石中掺入杂质，其电子能级恰好处于禁带的位置，则使宽带隙变窄，从而改变了钻石的某些性质。

在钻石成分中总是含有或多或少的氮杂质，如图 12 - 7 (a) 所示。氮原子以类质同像取代钻石结构中的碳原子，氮原子的电子组构为 $1s^2 2s^2 2p^3$ 比碳原子的电子组构 $1s^2 2s^2 2p^2$ 的外层电子多了一个电子，其中 4 个电子进入已填满价电子的价带，被共价键强烈约束，而多余的一个电子只能在带隙内形成一个杂质能级，称为氮施主能级。这个杂质能级的存在使带隙的能量降低 2.2 eV。即在原宽带隙内，由多余的电子增加了一个杂质能级。只要能量大于 2.2 eV 的任何光量子都能把多余电子从氮施主能级激发

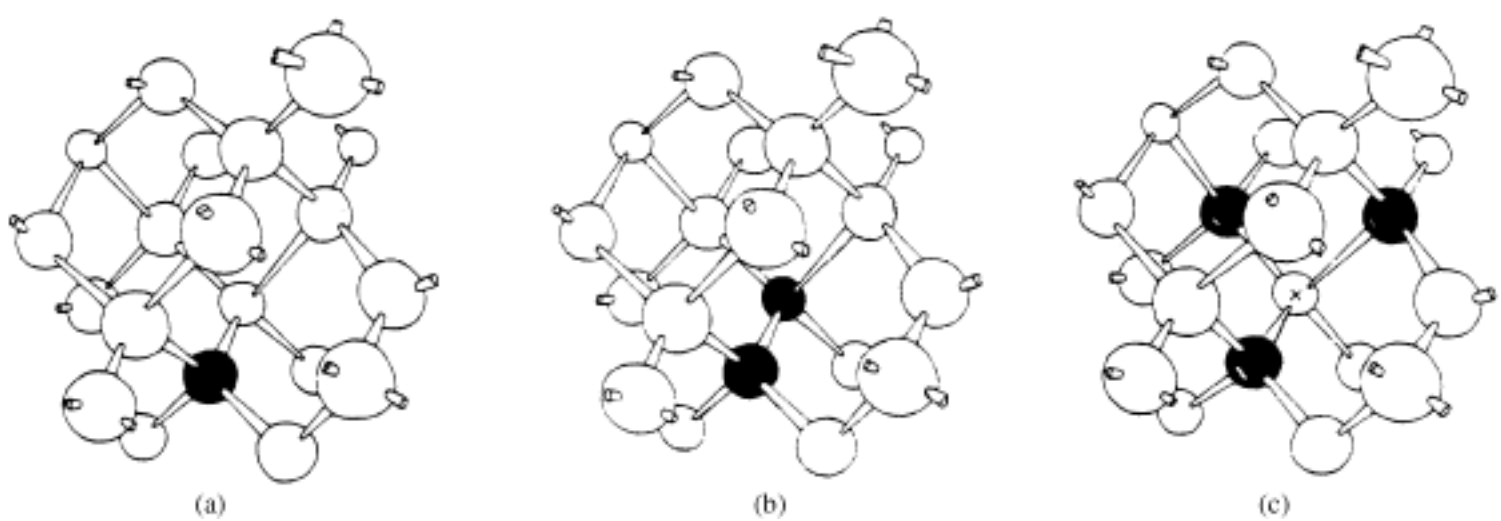


图 12 - 7　钻石晶体结构中氮原子的构成形式

(据《宝石钻石学教程》，陈钟惠译，1993)

(a) 氮以单个孤立的原子出现；(b) 氮以原子对的形式出现 (N2 中心)；(c) 三个氮原子集合体环绕一个空位 (N3 中心)

●表示氮原子；○表示碳原子；◎表示晶格空位

到导带中，如图 12 - 8 所示。并由此引起紫光—蓝绿光范围内的光被吸收，其他的光被透过，从而使钻石呈现黄色，这类黄色被称为“Canary”黄，仅产生于当孤立氮原子替代碳原子的比率约为 1/ 100000 时的 Ib 型钻石中，其吸收光谱如图 12 - 9 所示。合成金刚石基本为 Ib 型，其黄色的成因即属于这种。

钻石中的氮可以以多种形式取代碳原子的位置，从而造成不同的吸收峰。①孤氮 (N 心) 在 Ib 型钻石的紫外—可见—近红外吸收光谱中显示从紫光—蓝绿光的吸收宽带及部分红光，有时可见 503 nm、637 nm 的吸收线，使钻石呈现黄色。②当钻石中氮杂质以聚集的形式存在，在紫外—可见—近红外吸收光谱的范围内可形成 9 个线系的吸收谱带，从 N1—N9 线系，每个线系都有几个吸收峰，其中 N1 在近红外区，N4—N9 在紫外区，N2、N3 线系位于可见光区，对钻石颜色的成因才有贡献。在 Ia 型钻石中氮以原子对的形式取代相邻碳的位置，引起晶格畸变，形成 N2 心，如图 12 - 7 (b) 所示；氮以三个原子围绕一个空穴组合在一起，形成 N3 心，如图 12 - 7 (c) 所示，它们是开普系列钻石呈色的主要原因。

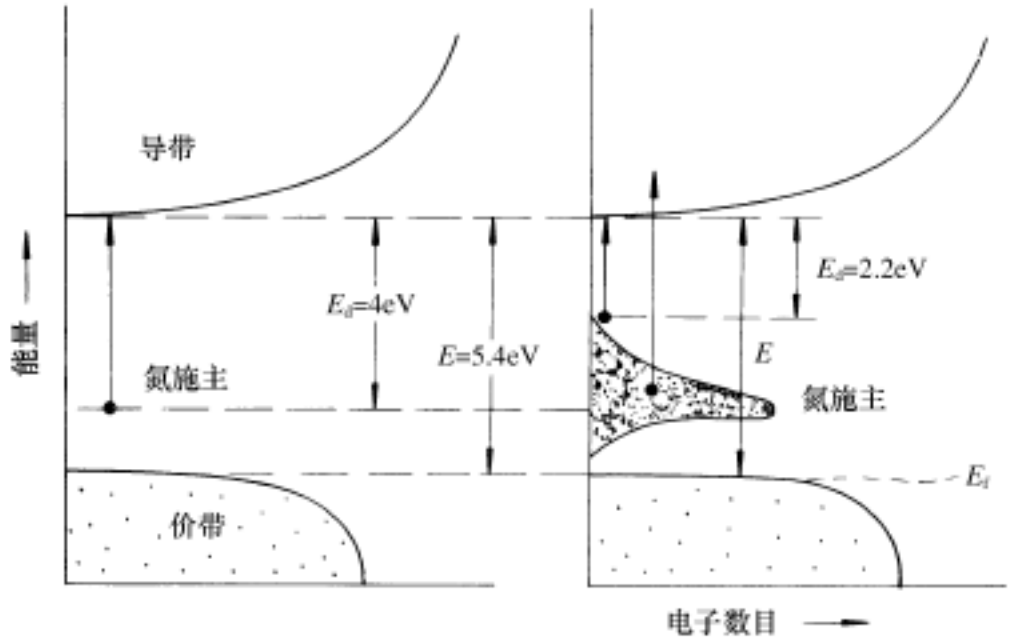


图 12 - 8　钻石带隙中氮施主能级形成示意图

(K. Nassau，1983)

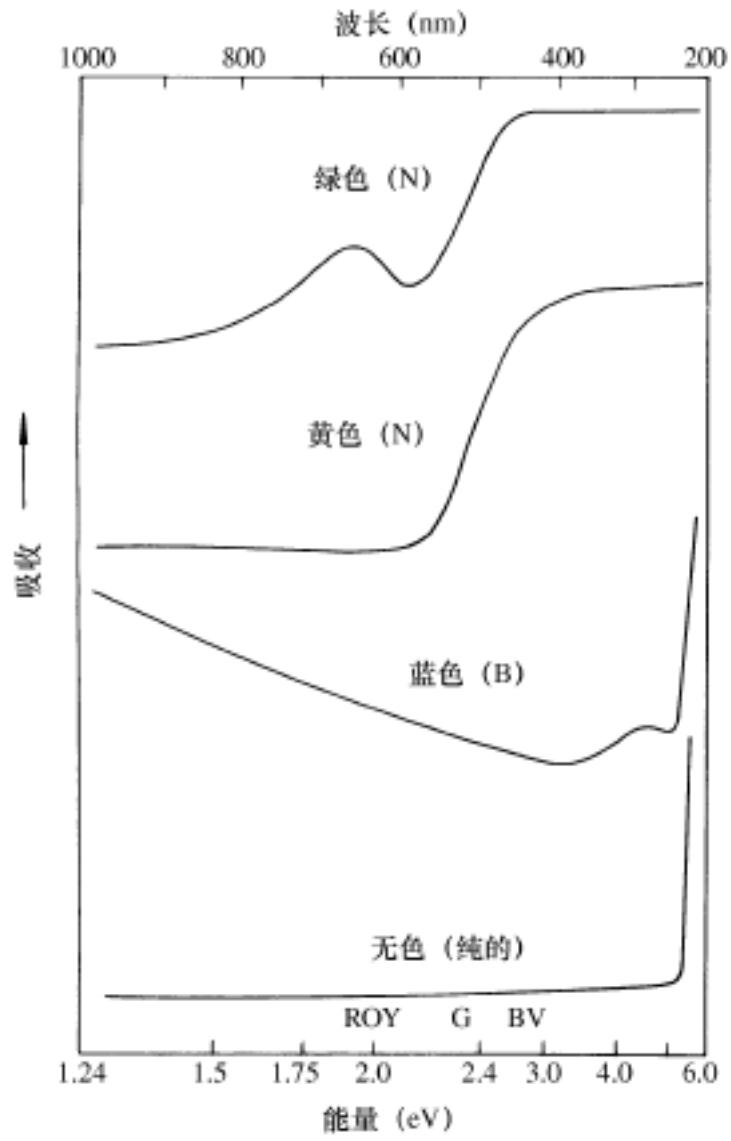


图 12 - 9　钻石中的氮与硼杂质产生的吸收光谱图

(K. Nassau，1983)

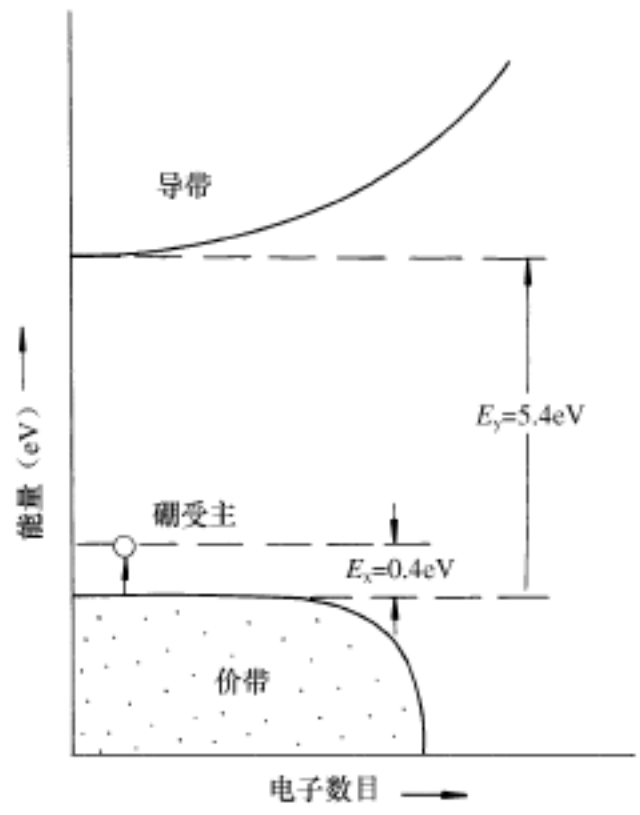


图 12 - 10　钻石带隙中硼受主的定位示意图

(K. Nassau，1983)

N2、N3 心分别能吸收可见光的蓝光和紫光，其中 N3 心是天然钻石中最常见的点缺陷形式，形成一个典型的振动谱带，由位于 415 nm 的零声子带和在较短波长上出现

的藕合谱带组成。N2 线系的吸收主峰在 478 nm 处，其次还有 452 nm，439 nm 的弱吸收，尽管 N2 线系为一系列的弱吸收，但人眼对在 478 nm 处比 415 nm 处的吸收反应更灵敏。其实在天然钻石中往往既有 N2 心，又有 N3 心，个别情况下可能还存在单原子氮。不同聚合态形式的氮可形成不同的点缺陷，从而构成了不同的色心。天然钻石的颜色实际上是由多个色心共同作用的结果。不同色心浓度的差异，构成了浅黄色系列钻石的谱线组 415 nm、423 nm、435 nm、465 nm、478 nm，如图 4 - 11 所示。

2. 晶体中硼杂质元素的呈色讨论

当钻石中含有硼 (B) 杂质时，硼原子同氮一样代替了碳原子的位置。硼原子的电子组构为 $1s^2 2s^2 2p^1$，比碳原子少一个电子，在钻石的带隙中形成一个空穴能级。这个能级中没有电子，但它可以接受价带中的电子，使价带出现空洞。空穴能级又称为“受主能级”，位于价带的上方大约 0.4 eV 处 (图 12 - 10)，受主能级不是一个简单的能级，而是具有复杂结构的杂质能带。当每 100 万个碳原子中有一个或几个硼原子时，它能把从红外—500 nm (绿光边缘) 的光吸收，钻石可产生诱人的蓝色，其吸收光谱如图 12 - 9 所示。

含有硼杂质的Ⅱb 型蓝色钻石，由于受主能级的形成，接受了价带中的价电子，使价带产生空洞，变成导带。导带中的电子受外电场作用，有可能在该能带的不同能级间改变其能量分布状态。电子从高能量状态处向低能量状态处“流动”，因而导电。所以，通常称这种钻石为空洞Ⅱb 型导电钻石。

最新的研究发现了不含硼、不导电的灰蓝色钻石。它们的晶体中常含有氢杂质元素。因此认为氢杂质的存在是导致灰色、灰蓝色钻石呈色的主要原因。

3. H3 心和 H4 心

H3 心是与 IaA 型钻石有密切关系的点缺陷。503 nm (2.46 eV) 的吸收谱线代表着 H3 心。H4 心是与 IaB 型钻石有密切关系的点缺陷，496 nm (2.49 eV) 的吸收谱线代表着 H4 心，H3 心和 H4 心均可使钻石呈现黄色。但对于绝大多数的天然浅黄色钻石来说，H3 心、H4 心均很弱，往往缺失或不易测出，对钻石的呈色作用不大，而致色因素主要是 N2 心、N3 心。若钻石受到变形作用，晶格中 H3 心的缺陷得到加强，钻石呈现褐黄色，此时致色因素主要为 N2、N3、H3 心的组合。H4 心在天然钻石中始终很弱或缺失。辐射及加热处理可使钻石中很弱的 H3、H4 心得到加强。

4. 塑性变形呈色的讨论

对大多数的褐色、粉红色及灰色钻石的呈色机理研究表明：它们的颜色与其形成于高温高压的地幔环境及钻石随携带它的岩浆载体运移至地表的过程中发生的不同程度的塑性变形引起的晶体结构缺陷 (点缺陷、线缺陷、面缺陷) 有关。在引起晶格缺陷的同时，还可改变钻石中氮的聚集速率和形式，使钻石形成不同的颜色，且钻石颜色的均匀程度与塑性变形的均匀性有关。

褐色钻石在 503 nm 处窄的强吸收带，537 nm、512 nm、494 nm 处还有一些弱的吸收线；粉红色的钻石在 563 nm 处都有吸收线。Ⅱa 型的粉红色钻石在 396 nm、390 nm 处有吸收线。澳大利亚的粉红色钻石的吸收光谱由 563 nm 的宽吸收带和 503 nm、494 nm、415.5 nm 的吸收线组成。

5. 包裹体对颜色的影响

大量的不透明的深色包裹体可使钻石整体呈现黑色。当用强的透射光观察时，可以发现钻石本身为透明的深灰色。若大量的次生包裹体存在于钻石的裂隙中时，可使钻石整体呈现褐红色或锈红色，这种钻石被成为“铁染”钻石或“氧化”钻石。

天然钻石的颜色很丰富，其致色因素也复杂得多，一种颜色的呈现往往是多种色心以不同方式和强度组合在一起的结果。除了注意某一种色心对颜色的贡献外，更要注意多种色心组合的影响。天然钻石颜色成因总结于表 12 - 1。

表 12 - 1　天然钻石颜色成因

黄色	杂质元素氮致色。在Ⅰa 型钻石中氮以集合体形式出现，引起 415.5 nm 处明显的吸收主线（N3）；从 415.5 nm 到 478 nm 弱的吸收带（N2 心、N3 心组合）；在Ⅰb 型钻石中氮以单个原子形式出现，引起可见光紫光～蓝光的吸收，有时在 503 nm、637 nm 处有弱的吸收线
褐色	塑性变形导致的晶体结构缺陷心引起。Ⅰa 型钻石中 503 nm 处的吸收线。部分浅褐色钻石中有以 575 nm 为主的弱吸收带
粉红色或红色	可能由塑性变形引起。563 nm 的宽吸收带及朝较短波长方向的吸收；阿盖尔粉红色钻石除 563 nm 的吸收外，还有 503 nm、494 nm 和 415.5 nm 的吸收线
蓝色	杂质元素硼（Ⅱb 型）致色；高含量的氢
绿色	自然界辐射产生的空穴心—741 nm 处的吸收。辐射产生的绿色仅限于原石表面，成品钻石中几乎没有天然成因的绿色钻石
黑色	大量深色不透明包裹体引起

第二节 钻石的辐照处理及鉴别

钻石的辐照处理是指用高能射线辐照钻石使其颜色发生改变的方法。辐照后，常附加热处理。

对钻石进行改色处理是本世纪初“镭”的放射性元素被发现以后的事。曾几何时，只有“无色”钻石才称得上极品，有色钻石如浅红、浅蓝、绿色等天然钻石虽极为罕见，但往往只作为收藏品被收藏家收藏，作为商品在市场上很少出现。近几年来，特别是世界上最大的钻石矿——澳大利亚的阿盖尔（Argyle）矿山开发以来，天然彩色钻石也就具有了重要的商业意义。当钻石的颜色饱和度达到一定程度时，其色调会变得楚楚动人，身价倍增。因此，长期以来，人们试图将为数众多的低色级的钻石，改为受人欢迎的“彩色钻石”，以求提高它们的价值，同时也为钻石家族增加一些多姿多彩的彩色品种。

尽管人工改色的彩色钻石在外观上与天然彩钻没有多大的差别，但二者的呈色机理有着本质的区别。

一、辐照改色钻石的色心类型

辐照的本质是提供激活电子、格位离子或原子发生位移的能量，从而形成辐照损伤色心。其基本原理是利用辐射源的带电粒子（加速电子、质子）、中子或射线与宝石中离子、原子或电子的相互作用，最终在宝石中形成电子—空穴心或离子缺陷心。

辐照钻石产生色心的过程较为复杂，往往是多种色心的组合。辐照产生的色心，主要有以下两种类型：

1. 辐照产生的电荷缺陷色心

钻石的电荷缺陷色心是指晶格点阵上的碳原子仅在带电性质上发生变化而形成的色心，而该晶格位上的碳原子既不增加也不减少。一般来说，在钻石晶体受到辐射时，辐射粒子与晶格位上碳原子的外层电子发生相互作用，把辐射能量传给了电子，电子在吸收一定能量后，就会克服碳原子的束缚而逃逸出去，从而形成了电荷缺陷色心。电荷缺陷色心又可分为空穴色心和电子色心。空穴色心是指碳原子外层的一个电子受辐照后从碳原子中逃逸出来，使这个碳原子出现了一个电子空位和一个未配对的电子。此时的碳原子即为空穴色心。另外，在钻石晶格中某一碳原子正好有能力俘获了这个逃逸的电子，此时的碳原子为电子色心。

2. 辐照产生的离子缺陷色心

钻石中离子缺陷是指正常晶格位的碳原子在位置上发生了变化，形成了离子空位、空位聚集等缺陷。由此类缺陷所形成的色心称为离子缺陷色心，辐照可以产生离子缺陷色心。

在辐照钻石的过程中，当辐射粒子进入宝石与晶体中的碳原子发生弹性碰撞，在碰撞过程中，彼此间发生能量转移，从而使碰撞粒子的运动状态发生显著的变化，将钻石中的碳原子从其初始位置激离，从而产生 GR1 色心（中性的碳空位）。要使钻石形成离子缺陷，辐照粒子必须给予晶格原子足够的动能，碳原子才能克服其周围原子形成的势垒，离开原来的晶格，进入邻近的填隙位置。

3. 辐照产生色心的逆过程

辐照可以使钻石内部产生各种色心。辐照的过程实际上是钻石中晶格缺陷俘获电子或产生空位的过程。不同类型的色心具有不同的陷阱能级。加热可以使处于陷阱能级中的电子，越过陷阱能垒使色心消失。然而在对钻石的辐照过程中，由于辐射源类型、能量、作用时间等不同，在钻石中形成不同类型的色心组合，钻石辐射后的颜色实际上是多种色心的综合表现。加热可以使钻石中的某些能垒低的色心首先消失，而使另一些色心得到加强，钻石的颜色也随着加热温度的不同而变化，当温度增加到一定的程度时，最终会使钻石的色心全部消失。在钻石的改善中，常采用一定的加热温度来固化钻石的颜色，消除不稳定色心。因此，加热是辐照产生色心的逆过程。

常见的辐射损伤色心有以下几种：①GR1 心（1.673 eV），它表现为一个很宽的吸收带，从典型的 741 nm 吸收谱线一直延伸到黄—绿可见光区。使钻石呈现绿色、蓝绿色、蓝色或黑色；②614 心（2.015 eV），使钻石呈现绿蓝色、绿黄色；③H3（2.463 eV），即 A 集合体 + 空位（NVN 缺陷），特征的吸收峰为 503 nm；H4 心（2.499 eV），

即 B 集合体 + 空位，特征的吸收峰为 496 nm，它们通常是辐照后经加热处理形成的，使钻石呈现黄色，除此之外，钻石经辐照及退火后还会产生位于近红外区的 H1b 和 H1c 心（2024 nm、1936 nm），它们对钻石呈色的意义不大，但在人工改色钻石的鉴别中意义重大。

钻石中辐射损伤色心的形成及其种类与下列四种因素有关：①钻石晶格位上原子或离子的电离或激发；②中子与钻石晶体中原子的相互作用，导致钻石晶格位上离子的迁移；③钻石晶格位上出现正、负离子空位或空位聚集；④滑移线系。事实上，钻石经辐照后产生的往往是复合色心。

二、辐照钻石的处理方法

如前所述，完美的钻石应是完全无色的，颜色是由晶格中的缺陷色心所致。因此，要改变钻石的颜色，必须人工制造出新的缺陷色心，为达到此目的常采用高能量的辐射方法，通过大量实践，人们发现，不同类型的辐射源对钻石的辐照结果不同。下面介绍几种常见的处理方法。

1. 中子辐照处理

利用核反应堆释放出的高能中子束辐照处理钻石，是目前最常用的方法之一。

中子是质量约为一个原子质量单位的中性（不带电）粒子。中子的主要来源有核辐射源、重核裂变及轻核聚变等。根据中子的能量大小，可将其分为：热中子（0.025 eV）、慢中子（0.03～100 eV）、中能中子（100～10 keV）、快中子（10 keV～10 MeV）及高能中子（> 10 MeV）。中子的穿透能力不如 γ 射线和高速电子束，但它具有很高的辐射能量。将钻石置于核反应器中用快中子照射，当高速中子与钻石中的碳原子碰撞时，很容易使碳原子离开其原来的位置形成晶格缺陷。这种晶格缺陷色心（离子缺陷色心）使钻石具有比较均匀的蓝色或绿色，颜色稳定。通常，中子辐照钻石产生的颜色饱和度取决于中子束的能量大小、辐照的时间和钻石的粒度。当辐照时间一定，钻石的粒度一样时，中子束能量越大，钻石的颜色越浓。同样，当中子束一定，对于同一颗钻石，辐照时间越长，颜色越深。

中子辐照的优点是时间短、效率高、改色效果好、成本低。初期的放射性，很快就会消失。

2. 高能电子束辐照处理

高能电子束辐照处理方法也是目前常用的辐照处理钻石的方法。

高能电子为带电粒子，在通过钻石时，主要与电子相互作用（碰撞）而损失能量，从而引起钻石中碳原子的激发与电离，形成电子—空穴心。但由于电子质量小（1/1840），在与碳原子中的电子碰撞时不仅会失去较多的能量且运动方向也会改变。因此，它的辐照效应不如中子，造成的晶格缺陷也多在钻石的表层。电子辐射致色的颜色多为比较均匀的蓝绿色—蓝色。

产生高能电子束的辐射源有多种，常见的有电子加速器、直线加速器等。不同辐射源的辐射功率是不同的，应根据样品的需要来选择。利用高速电子辐照钻石时，必须使用良好的冷却循环系统，防止钻石颜色产生退火变化。这是因为在辐照过程中会产生大

量的热，可在极短时间内使钻石局部达到很高的温度。

3. 重带电粒子辐照处理

重带电粒子主要指α粒子和质子，它们带有不同数量的正电荷，质量比电子大得多；它们的穿透力不如中子，但能量却往往大于中子束，辐照钻石所产生的效果与中子类似，都是绿色色调的。

重带电粒子的辐射源有两种：①核反应堆或重放射性核素；②粒子回旋加速器。将钻石放入回旋加速器处理，可诱生多种颜色，如绿色、蓝绿色及黑色。用这种方法处理的钻石，颜色常不均匀，表现为：①钻石表面常形成绿色斑点；②在辐照的方向上颜色集中。

4. γ射线辐照处理

γ射线是放射性核素衰变过程中产生的波长极短的电磁辐射，其特点是：能量高(0.5～2 MeV)，穿透力极强，不会诱生放射性，等等。用γ射线辐照钻石，可诱生不同色度的绿色、蓝绿色，且颜色均匀。

γ射线辐照的缺点是辐照生色的时间缓慢，因为γ射线的粒子质量太小，所产生的辐射效应非常弱，只有通过延长辐照时间来增加辐照效应。γ射线的辐射源多用^{60}Co，通常把多个棒状^{60}Co辐射源围绕钻石排列，或把钻石放入管状^{60}Co辐射源中心，使辐射产生的颜色尽可能地均匀。

三、辐照钻石的色心转型

有时单纯的辐射往往得不到所需要的最终颜色，因此，还需要进行色心转型。通常采用热致转型，亦称“热处理”或“退火”。如前所述，热处理是辐照作用的逆行为，它能使辐照作用产生的色心释放出来，从而破坏辐照产生的色心。若被捕获的电子释放后不能返回原位，又被另一种缺陷中心所捕获，这时则可形成新的色心，实现色心转型。热处理的目的是使钻石的颜色稳固化，这主要是通过消除某种不稳定色心，增强另一些色心来改变钻石颜色。

辐照钻石的退火处理方法在一定程度上取决于钻石的类型。Ia型钻石经过高能电子或中子流、γ射线辐照后，通常都呈现绿色、蓝绿色或绿蓝色。这主要同GR1心、614心和594心有关。在未进行热处理前，GR1心的强度比

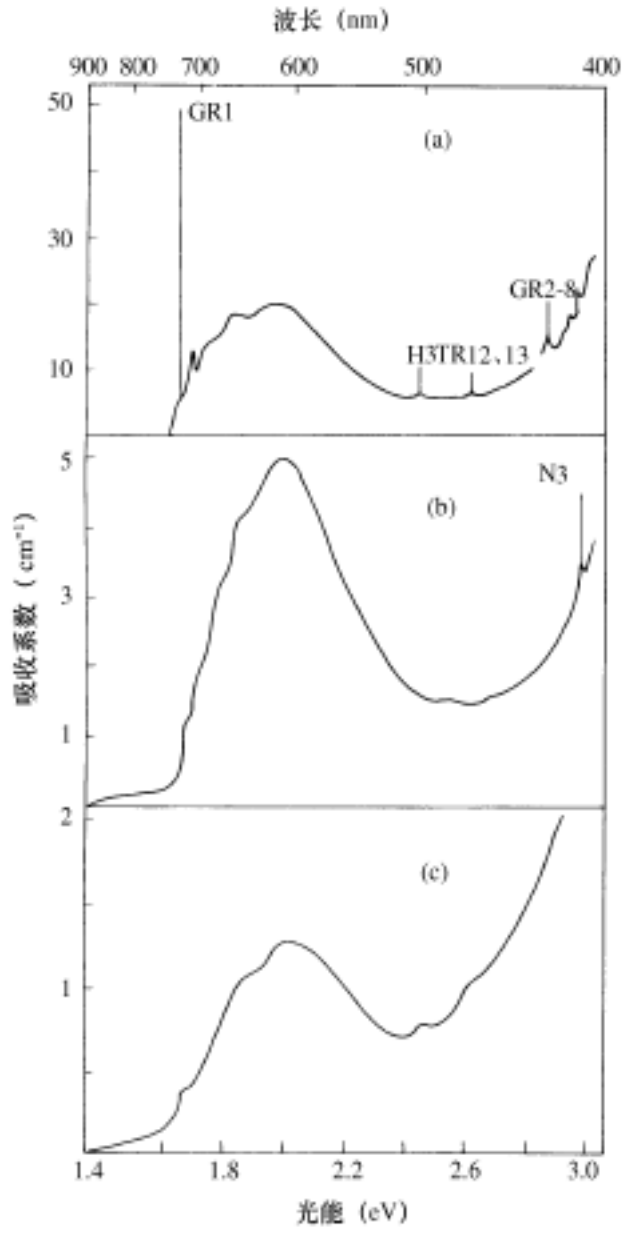


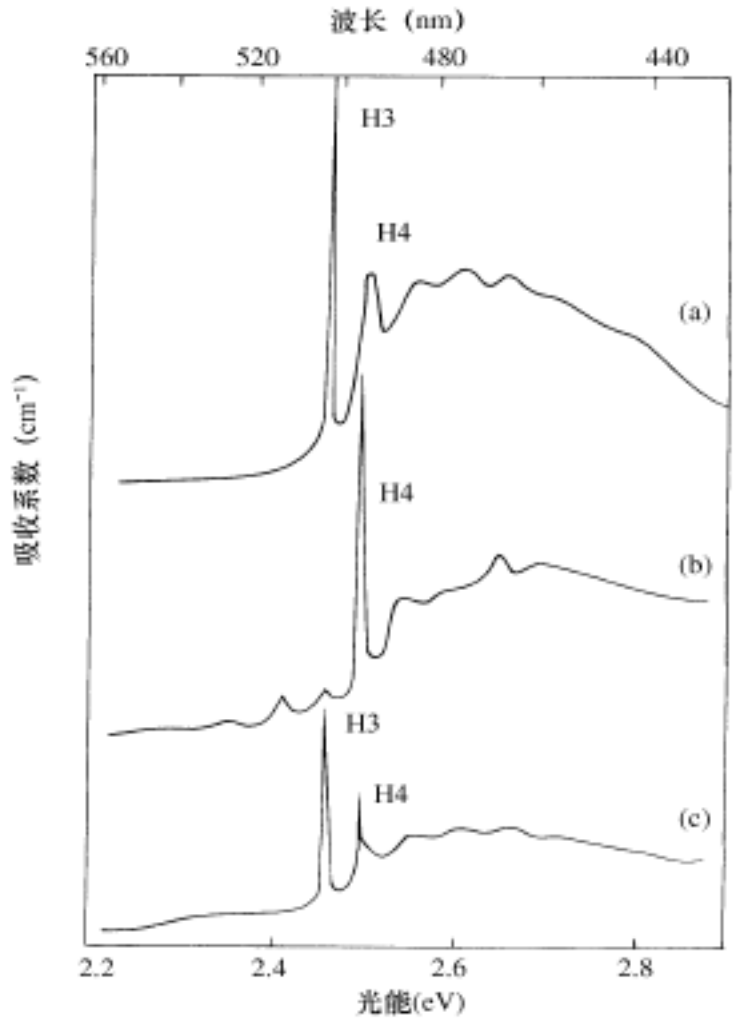
图 12 - 11　低温辐照处理的钻石吸收谱带图

(据吕新彪引自 A. T. Collins, 1982)

(a) 2 MeV 电子流低温下辐照处理的Ⅱb型钻石；(b) 2 MeV 电子流低温下辐照处理的Ⅰa型钻石；(c) 经中子辐照处理的Ⅰa型钻石光谱

较大，而 N2、N3、H3 等心强度相对较弱。所以，上述各种色心的组合，使钻石呈现黄绿色、绿色、蓝绿色或蓝色（图 12 - 11）。

对辐照钻石加热处理，可使钻石随温度的升高发生从蓝色、绿色、蓝绿色→绿黄色→黄色→原生色。这种变化序列可以停止于任何一点，得到任一种颜色。从退火处理的过程可知：①当温度达 275 ℃时，594 nm 吸收峰开始出现，GR1 吸收峰开始衰弱，总体上使钻石呈现蓝绿色的吸收强度有所降低；②加热到大约 500 ℃时，GR1 吸收峰大幅度减弱，同时 594 心、H4 和 H3 心吸收峰明显得到加强（图 12 - 12），使钻石呈现蓝绿色的色心进一步退化（图 12 - 13），此时钻石已变成绿黄色；③进一步加热到 800 ℃时，H3、H4 心等吸收强度达最高峰，而 GR1 心完全消失，二者呈互补形式出现（图 12 - 14），钻石呈现艳黄色；④若温度升至 1000 ℃左右，H3、H4 吸收峰略有加强，594 nm 心迅速消失，但近红外区的两个吸收中心 H1b（2024 nm）、H1c（1936 nm）开始形成。595 nm 心的衰减和 H1b 谱线的增长也呈现严格的互补关系。研究表明，H1b 和 H1c 的强度之比与 H3 和 H4 的强度之比呈正比关系，H1b 的吸收谱线是由 595 nm 缺陷 + A 集合体引起，H1c 的吸收谱线是由 595 nm 缺陷 + B 集合体引起；



12 - 12　天然钻石和辐照加热处理的钻石吸收谱带图

（在 100 K 下测得，据 A. T. Collins，1982）

(a) 天然钻石带有 H3 心的吸收谱带图；(b) 经过处理的钻石，其 H4 心明显占优势；(c) 天然钻石具 H3 和 H4 心的吸收光谱

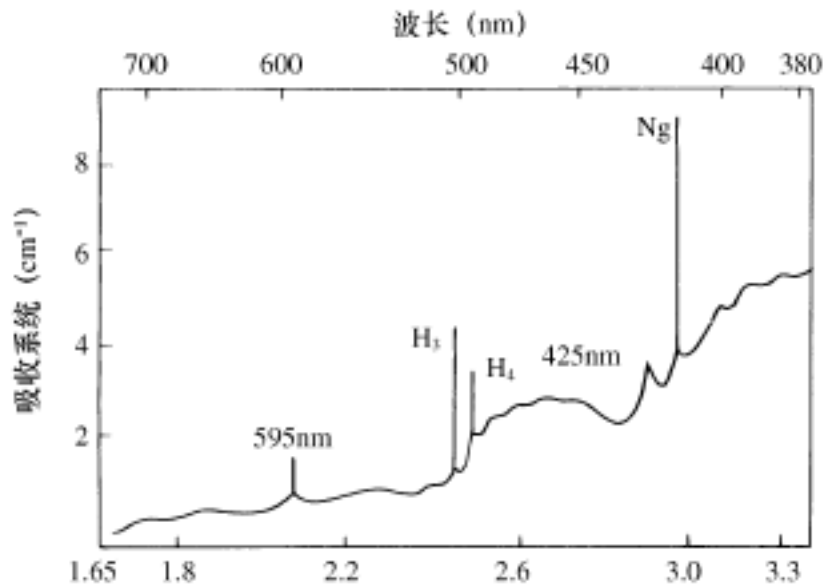


图 12 - 13　经过辐照 - 退火处理的钻石

(据董秉宇等，1990)

⑤当温度加热至 1400～1500 ℃时，H4、H1b、H1c 吸收峰都会消失，而钻石的颜色不会发生明显的变化，此时辐照处理的黄色钻石与天然黄色钻石的吸收谱很相似，无法用光谱法区分。在辐照钻石热处理的过程中，钻石中原有的 N2、N3 心的强度变化不大，有些Ⅱa 型钻石辐照后，可变成粉红色、红色或紫红色。某些少见的具有橙色荧光并带有粉红色色调的天然钻石，经辐照和加热处理后，可使颜色的饱和度得到加强，吸收光谱如图 12 - 15 所示。这从一个侧面反映了辐照处理在一定程度上加剧了塑性形变的演化，并增强了钻石结构缺陷心的浓度。另外，某些透明度低的灰色钻石经中子辐照，可变成非常漂亮的深蓝色。钻石辐照处理改色结果见表 12 - 2。

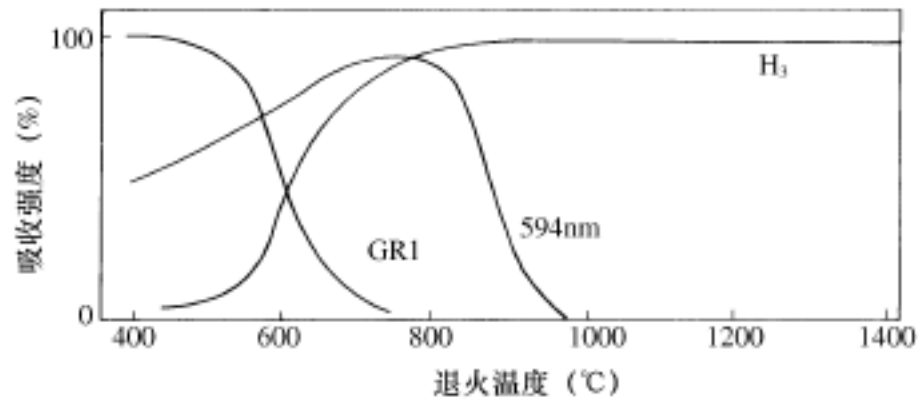


图 12 - 14　H3、GR1、594 nm 心的吸收谱线

(据 G. S. Woods，1986)

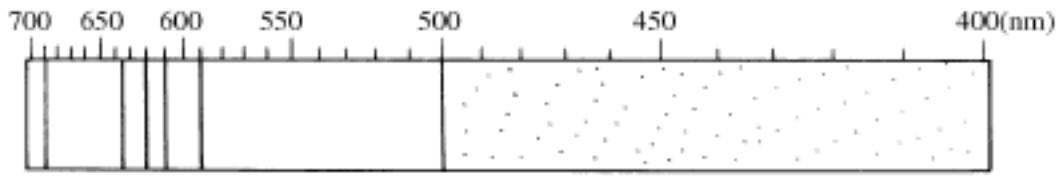


图 12 - 15　改色粉红色钻石的吸收光谱

对钻石进行退火处理时，温度不宜太高，否则会使钻石表面碳化。

表 12 - 2　钻石的类型与辐照改色结果

类型	特点	颜色、色心类型	产出特点	辐照后的颜色、色心类型	辐照后再经热处理颜色、色心类型
Ⅰa	含 A 型氮、B 型氮置换团	无色 - 黄色(典型的开普系列)。N2 心、N3 心、H3 心弱	钻石的主要类型	绿色：N3 + 614 心 + GR1 心 蓝色：N3 + 614 心 + GR1 心 红色：N3 + 637 + H3 心	更浓的黄色、橙黄色、橙棕色。H3 心、H4 心、594 心
Ⅰb	含孤立的氮	棕黄色、黄色。N 心	少见	红色：637 心。	粉红色 - 紫色、褐色
Ⅱa	不含可测到的氮杂质	无色、棕色、褐色、粉红色。塑性变形致色。	很少见	红色：637 心 + 575 心。	原始颜色。色心浓度大或消失
Ⅱb	含硼、不含氮	蓝、灰色。B 心	极少见，导电		

四、辐照处理钻石的鉴别

目前，对于经辐照处理的钻石检测方法并不多，而且还需要具备一定的检测设备，如记录式分光光度计，付立叶变换红外光谱仪、阴极发光仪等，若具有冷却（液氮）的条件，则检测效果会更好。下面简要总结目前有关辐照处理钻石的鉴别方法。

1. 辐照处理钻石的谱学特征

辐照处理钻石的谱学特征包括紫外—可见—近红外光谱（UV—VIS 谱)、红外光谱(IR 谱)、阴极发光谱（LC 谱）等。表 12 - 3～12 - 6 对比总结了天然钻石与辐照处理钻石的谱学特征（据亓利剑略修改)。

表 12 - 3　辐照处理的蓝色钻石

特征 \ 分类	天然钻石	辐照处理钻石
类型	Ⅱb	Ⅰa
UV - VIS 谱（nm)	无特征的吸收峰	415、478、614、741
IR 谱（cm^{-1})	2800	显示与氮有关的红外吸收峰
CL 谱峰（nm)		388（±2)、415、425/ 427、503、575、741
CL 发光中心	A（427）与氮无关的晶格振动心	A、N2、N3、S1（515—520 的辐射损伤心）GR1
LRM 谱（cm^{-1})		2088（D_1)、799（D_2）与高温高压有关

表 12 - 4　辐照处理的绿色钻石

分类 / 特征	天然钻石	辐照处理钻石
类型	Ⅰa	Ⅰa
UV - VIS 谱（nm）	415、478、741（弱）	415、478、614、741
IR 谱（cm^{-1}）	显示与氮有关的红外吸收峰	显示与氮有关的红外吸收峰
CL 谱峰（nm）	415、425、741	388、407、517、415
CL 发光中心	A、N2、N3、GR1	A、N2、N3、614、GR1、ND1（388±2）
阴极发光	强蓝白色为主	强的黄绿—蓝绿色

表 12 - 5　辐照处理的红色钻石

分类 / 特征	天然钻石	辐照处理钻石
类型	Ⅰa、Ⅱa	Ⅰa、Ⅰb、Ⅱa
UV - VIS 谱（nm）	Ⅰa：415、503、563、 Ⅱa：390、396、563	415、503、575、637
CL 图像	滑移线、变形纹	与天然相似
CL 谱峰（nm）	415、503、563、390、396	388（±2）、427、515、575、587、602、620
CL 发光中心	A、N2、N3、575	ND1、A、N2、N3、S1、575、601、620
阴极发光	无—弱的红色	强　橙红—鲜红

表 12 - 6　辐照处理的金黄色钻石

分类 / 特征	天然钻石	辐照处理钻石
类型	Ⅰa、Ⅰb	Ⅰa
UV - VIS 谱（nm）	Ⅰa：415、478、 Ⅰb：503（弱）、637	415、478、503、496
IR 谱（cm^{-1}）	显示与孤氮、集合体氮有关的红外吸收峰	显示与集合体氮有关的红外吸收峰
CL 发光中心	A、N 、N2、N3	A、N2、N3、575，橙黄色 595 为鉴定特征
阴极发光	无—强的黄色	中—强的黄色

2. 辐射处理钻石的颜色分布特征

(1) 早期用回旋加速器辐照处理钻石的颜色分布特征与钻石的琢型及辐射轰击方向有关：若从钻石的亭部轰击，颜色分布式样为围绕亭部张开的伞状；若从冠部轰击，颜色平行琢型小面分布，特别在腰部形成一深色环；若从侧面轰击，一般无特征图案，但轰击源一侧颜色深。而天然致色的彩色钻石，其色带多为直线状或角状，色带与晶面平行。

(2) 辐照处理的蓝色、蓝绿色钻石内部有时发育有黄色、黄褐色色带及滑移线。

(3) 辐照处理的绿色钻石着色均匀，且色层具有一定的深度。天然的绿色钻石颜色

多呈斑点状，着色多限于表面且分布不均。

(4) 检查辐射处理钻石的颜色特征，通常需要把钻石浸入浸液中，用显微镜或10倍放大镜观察，效果更好。

3. 辐射处理钻石的其他鉴定特征

(1) 辐照改色后的粉红色钻石，其可见光谱有570 nm的荧光线（亮线）和575 nm的吸收线，有时伴有610 nm、622 nm、637 nm的吸收线。

(2) 辐照处理的黄色钻石以594 nm的强吸收为鉴定特征。但H4心缺失并不说明钻石的颜色一定是天然的。另外辐照处理的黄色钻石至少要出现595 nm吸收线和H1b、H1c吸收线中的任意一种。因为随着退火温度的增加595 nm吸收线消失的同时会出现H1b、H1c吸收线，二者互补。

(3) 所有天然的蓝色钻石，都是Ⅱb型的（也有合成的Ⅱb型蓝色钻石），凡是不属于Ⅱb型的蓝色钻石通常是改色处理的。Ⅱb型的天然蓝色钻石是半导体（但合成的Ⅱb或Ⅱb+Ⅱa混合型的合成蓝色钻石也导电），并且能透过波长大于225 nm的短紫外线。Ⅰa型或其他类型的改色蓝色钻石均不导电，并且不能透过波长短于300 nm的短波紫外线。

(4) 一般来讲，辐射处理的钻石不会含有残余的射线，仅在少数情况下，如钻石经强剂量的辐射处理时，才可能有剩余的射线。在这种情况下，可将一小片洗照片用的放大纸（或黑白照相底片）和钻石用黑纸包在一起，几小时后，将放大纸显影，如果钻石有放射性，放大纸上或底片上会出现黑斑。

第三节 钻石的净度处理及鉴别

一、净度处理的方法

钻石的净度处理是指将激光除斑技术与注入充填技术相结合应用于钻石，以消除钻石中暗色内含物、愈合裂隙、提高钻石净度的方法。钻石的净度是评价钻石价值的指标之一，不同净度等级的钻石，其价值不同。因此，将那些净度级别低的钻石，通过净度优化处理，提高它们的净度级别，最终目的是提高钻石的价值。目前已经可以非常有效地愈合较大的裂隙，消除暗色内含物，且处理痕迹亦不易察觉。常见的净度优化方法有两种。

1. 激光处理

(1) 激光钻孔净度处理。它是根据钻石的可燃烧性，利用激光束对钻石进行激光打孔，直达包裹体并与化学药品共同作用，去除钻石内部暗色包裹体。所留下的孔洞称为激光孔。激光孔的孔径很微小，一般在2.5～25 μm之间，深度没有限制。打孔应垂直于距“内含物”最近的一个刻面。激光处理钻石最早出现在市场上是20世纪70年代后期，这种方法常用在处理一些低净度的钻石，但不可能把一粒SI_2级的钻石变为无瑕级，充其量只能使P_1和P_2级的钻石提高1～2个净度等级。另外，经过激光打孔的钻

石在其表面会留下一个圆形的开口孔道，有时还要采用注入处理充填孔洞，这本身也是一种瑕疵。

(2) 激光裂隙净度处理。是一种新的激光处理钻石的方法，称为“KM处理”，即“Kiduah Meyuhad”的缩写，在希伯来文中的意思是“特殊的钻孔”。这种技术起源于以色列，它与传统的激光钻孔技术在方式上相似，所不同的是用一束或多束脉冲激光聚焦在层状分布的包裹体上，激光束的焦点向钻石表面移动，产生的热导致钻石由内部至表面形成裂隙。这种裂隙似羽毛状，不像传统的激光钻孔诱发的管状孔洞。激光处理后，将钻石浸泡在强酸溶液中煮沸，然后施加一定的压力使酸通过裂隙与暗色包裹体有效反应，从而达到去除包裹体的目的。

2. 充填处理

是指在高温、高压的条件下，将一种折射率与钻石相近的透明充填物（如高折射率玻璃），注入到钻石的裂隙和孔洞中，以提高钻石净度的一种优化处理的方法。

对于有裂隙、孔洞等瑕疵的钻石，一般先将其放置于沸腾的强酸中作净化处理，溶蚀掉裂隙或孔洞中的杂质，然后再用某种充填物对达及钻石表面的裂隙、孔洞进行充填。以往的研究表明，采用吉田法（由以色列的Ramat Zvi Yehuda于1982年首先发明）进行的净度处理，可提高钻石的视净度，即吉田法处理可大大降低钻石裂纹的可视性。GIA在20世纪90年代检测发现，告斯法（由以色列Koss shechter小组创立）和奥德法（Gold man Oved）充填处理过的钻石，那些达及钻石表面的裂纹，也几乎看不见。

二、净度处理钻石的鉴定特征

1. 激光处理钻石的鉴定特征

(1) 激光钻孔处理的钻石多留有笔直的管状孔洞（图12-16）。

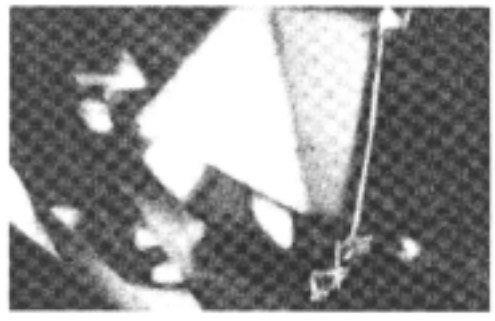


图12-16 激光钻孔处理的管状孔洞

(2) KM处理的钻石所诱发的裂隙总是不自然地弯曲〔图12-17（a）〕，且垂直于裂隙派生有许多微小的解理纹，外观似蜈蚣状〔图12-17（b）〕。KM处理诱发的连续裂隙中常残留有原始的黑色包裹体残余。

(3) 应用差异干涉显微镜可观察到裂隙两侧表面特征的一致性。如果裂隙在加工前就存在，则裂隙两侧抛光纹的深度和粗细不同，尤其是裂隙边缘抛光拖曳痕迹和圆滑现象进一步表明裂隙在抛光前就已经存在，即裂隙两侧的抛光特征不同〔图12-17（c）〕。而激光诱发的裂隙形成于钻石抛光后，并且非常细，裂隙不易被观察到且两侧的表面特征协调、一致〔图12-17（d）〕。

(4) 经酸煮沸过的钻石在裂隙处显示浅蓝色的干涉色。它不像充填处理钻石那样，随钻石的转动单色闪光的颜色发生变化。

2. 充填处理钻石的鉴定特征

(1) 闪光效应

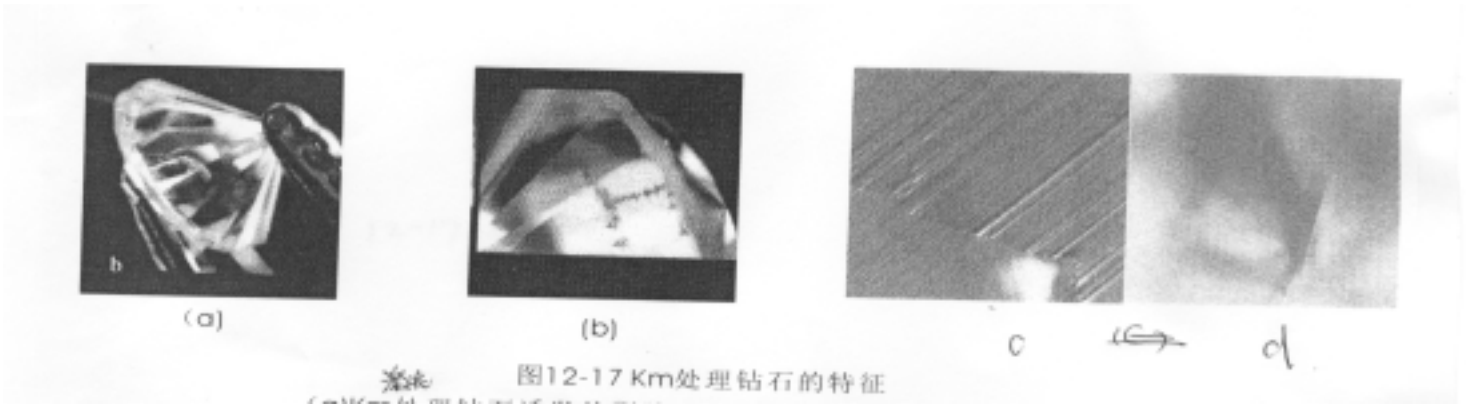


图 12 - 17　KM 处理钻石的特征

(据 Y. Horikawa，2001)

(a) KM 处理钻石诱发的裂隙；(b) 外观似“蜈蚣”状的裂隙；

(c) 钻石加工前存在的裂隙；(d) 钻石抛光后诱发的裂隙

到目前为止，每一个被检测的充填处理钻石均可见到闪光效应。这是鉴别裂隙充填钻石最重要也是最常见的特征。闪光效应是指在宝石显微镜下，轻轻转动钻石，沿着裂隙面观察，可见到不同颜色的单色闪光。其原因是由于充填物在裂隙内形成一个很薄的膜，在光的作用下所引起的“薄膜干涉效应”。闪光效应在不同的照明条件下所表明的闪光颜色不同。在暗域照明的条件下，最常见的闪光颜色是黄橙色、紫色、紫红色和粉红色（见图版Ⅶ），少数情况下可见红橙色。在明域照明的条件下，最常见的闪光颜色是蓝色、蓝绿色、绿色和黄色（见图版Ⅶ）。它们基本是暗域照明条件下的补色。在某些特殊的情况下，也显示异常的紫色。充填钻石所显示的闪光颜色同充填物的性质密切相关。另外上述两种照明条件下，充填裂隙都可能表现为不同的部位显现出不同的闪光颜色。若闪光效应在明域下是均匀的单色闪光，则在暗域下常为紫色。此外，如果轻轻转动钻石，充填裂隙的闪光色会部分或完全改变。

另外，也发现了同上述规律相反的个别情况。即在暗域为蓝色、绿色，而在明域为黄色、橙色和粉红色。

闪光效应的可见度变化较大。有些充填钻石闪光效应肉眼就可以看见。而有些闪光效应必须借助纤维光源才能检测出。经验表明：明、暗两种照明条件下，闪光效应的可见度基本一致。

值得注意的是，一些未充填钻石的裂隙也可出现十分类似于闪光效应的“薄膜干涉色”。所不同的是引起干涉的薄膜不是充填物，而是裂隙中的空气或水气。但是，空气薄膜干涉色在暗域照明条件下，常为多种颜色组成的彩虹效果。只有偶尔能见到单调的黄、橙或蓝、紫色。并且，在亮域照明条件下，薄膜干涉色没有相应的补色。区别薄膜干涉色的另一个可靠的方法就是考察观测的角度，未充填裂隙的薄膜干涉色一般在垂直于裂隙面的方向最明显，而充填钻石的闪光效应则常在平行于裂隙面方向最清楚。另外，在正交偏光显微镜下观察也可区别。薄膜干涉色在正交偏光显微镜下颜色会发生变化，而闪光效应则没有色度变化，只有强度的增加和减弱。

一些未充填的裂隙中有时沉积含铁的杂质，使裂隙显示出褐黄色的色调，它与充填钻石的闪光效应的主要区别是铁染造成的颜色在转动钻石时颜色不发生改变，而由充填

物造成的闪光颜色，随钻石的转动发生变化。另外，还可遇到由自然放射造成的染色，这种染色同铁染一样在各个角度均可观察到，而且，这种染色可以延伸到裂隙之外的钻石中。

(2) 圈闭气泡

充填裂隙内常保存一些细小的气泡。这是由于在充填过程中，裂隙中的空气未被完全赶出造成的。气泡有些是大而规则的，有些呈不规则的指纹状，类似于红、蓝宝石中的指纹状气 - 液包裹体。气泡在暗域照明条件下，反射较强，尤其是大而规则的气泡会产生镜面反射。这些明亮的气泡是裂隙充填的明显标志。

(3) 流动构造

在一些充填钻石的裂隙中，可观察到高折射率玻璃充填物的细微流动构造，这在未充填的钻石中是不可能出现的。

(4) 交线

充填裂隙面与钻石表面的交线有时呈现出特有的白色线条，这些线条实际上是未被完全充满的裂隙口，或者是充填处理过的钻石在清洗过程中充填物在钻石表面脱落后形成的。在暗域照明的条件下观察这些白色线条更加明显。

(5) 充填物的絮状结构

充填物中的絮状结构，形状上有些像干湖床上的泥裂。这种裂纹主要见于较厚的充填物（如激光孔中)。另外，有些充填钻石的裂隙中还可观察到极细的相互平行的“梳状”裂纹，这种结构要在纤维光下放大 40 倍以上观察。

(6) 充填物的颜色

在充填钻石的裂隙中若充填物较厚则会多少显示有褐黄色、黄色色调。这是充填物本身的颜色，主要见于被充填钻石的孔洞和激光孔中。

(7) 充填物残余

钻石表面的充填物残余有两种可能性，一种为充填裂隙开口附近的微小凝固物，它是由于充填后热处理，充填物从裂隙开口溢出所致。另一种是在钻石表面有一些白色的云状物（白雾)，它是由于过量充填物残留造成的。注意充填物残余不能同钻石表面“烧伤”痕迹相混淆。“烧伤”痕是钻石抛光过程中过热造成的，这种伤痕通常面积较大，而且与裂隙无空间关系。

(8)“魔影”效应

在一些充填处理过的钻石中还可以见到一种紫色的“魔影”效应，这是由于被充填的裂隙折射造成的。如果钻石中造成这种折射的充填裂隙较多，这种“魔影”效应可导致钻石的总体颜色呈现紫红色。

(9) X 光照相和 X 荧光能谱仪鉴定

X 光照相在检测钻石充填裂隙方面可以做出确定性的结论，同时还可以判断充填程度。钻石在 X 光下高度透过，而充填物常常在 X 光下不易透过，所以在 X 光片中，钻石呈白色轮廓。用 X 荧光能谱仪鉴定检测充填物中的微量元素（特别是铅）可提供确实可靠的证据。

(10) 拉曼光谱仪检测

拉曼光谱可检测出充填物的物质成分。钻石的拉曼光谱在 1330 cm^{-1} 处有一个明显的吸收谱峰；而玻璃充填物的拉曼光谱在 830 cm^{-1}～930 cm^{-1} 之间有一个宽的吸收谱带，树脂充填物的拉曼光谱在 1100 cm^{-1}～3000 cm^{-1} 范围内有多个吸收峰。

三、充填处理钻石的鉴定步骤

在各种照明条件下用宝石显微镜检测充填处理的钻石是最有效和最可靠的方法。其照明条件可以是暗域光、明域光、纤维光、正交偏光等。在检测充填处理过的钻石时，应像钻石净度分级一样，首先在暗域照明下，用 10 倍放大镜观察，然后逐渐放大倍数观察裂隙。

如果是裸钻，观察起来较为方便，首先将钻石台面向上夹住，观察台面和冠部小刻面，轻轻转动钻石，不断寻找充填证据。转动钻石十分重要，因为有些鉴定特征需在某个方向才能观察到。然后，将钻石翻过来，观察亭部小刻面，继续按上述方法检测。最后，夹住钻石的台面和底面全面观察。系统而仔细地观察，不仅减少漏看的可能，而且还能全面地评价钻石的充填程度。注意尽管是在暗域照明条件下观察，底面的次级反射光也可以产生局部范围的亮域照明。因此，充填裂隙在不同的部位既可以呈现暗域照明条件下的闪光颜色，也可以呈现明域照明条件下的闪光颜色。

检测镶嵌好的钻石十分困难，因为金属爪有可能正好盖住了充填裂隙，同时已镶嵌的钻石也限制了观察的角度。这对观察闪光效应极为不利，因为闪光效应只有在一个很小的角度才能观察到。因此，在检测时，必须仔细地转动钻石，在尽可能多的角度上进行观察。在观察时，用一些辅助光源（如纤维光）能起到重要作用。

裸钻和镶嵌钻石均可利用水帮助检测。将钻石定位于偏光显微镜下，把可能的裂隙放在上面，用一个小的湿刷子扫过裂隙，然后观察水的运动，如果水流入裂隙中，则为未经充填处理过的钻石。但有时难以观察到水流进裂隙中，此时需耐心仔细观察，可能会发现气泡和水的运动，这是由于水在光照下受热的反应。反之，水不流进裂隙并不能绝对表明是经充填处理过的钻石，需进一步检测其他的充填特征。

四、充填物的稳定性

对充填处理过钻石的充填物的稳定性，有关专家进行了多项测试，其测试内容如下：

(1) 蒸汽清洗。蒸汽清洗对充填物几乎没有什么影响，仅个别样品会失去少量充填物。

(2) 超声波清洗。把充填处理过的钻石放入超声波清洗器中取出后，充填物均无影响。

(3) 在清洁剂中煮沸。充填处理过的钻石在清洁剂中煮沸，其充填物不受影响。

(4) 在酸中煮沸。大多数充填处理过的钻石在酸中煮沸，充填物均有不同程度的破坏。

(5) 直接加热。在高温下，充填物均遭到明显的破坏。表现为充填物呈汗珠状渗出，且裂隙呈褐黄色。

(6) 重新抛光。将充填处理过的钻石重新抛光，充填物都有不同程度的影响。

(7) 低温热振。低温热振检测充填处理过的钻石，对充填物无影响。

(8) 应力效应。给充填处理过的钻石施加一定的应力，其充填物不受影响，但应力过高会损坏钻石。

(9) 日光曝晒。温度变化对充填物无明显影响。

第四节 钻石的覆膜处理及鉴别

一、 覆膜处理的方法

覆膜处理是用涂、镀等方法在钻石表面覆着薄膜，以改善钻石的颜色、增加临界质量。

1. 覆膜与着色

在钻石的表面镀膜与着色处理是一种很古老的处理方法，其目的是为了提高钻石的色级或掩盖颜色。

覆膜是在钻石表面涂覆或喷涂一层折射率高的物质，大约 1/ 1 000 mm 厚，类似照相机镜头上的覆膜一样。一方面可以使钻石的颜色得到改善，提高 1～2 个色级，另一方面也可以掩盖钻石的黄体色。

着色是给钻石增加一点色调，如红、蓝、粉红等色，在钻石的表层进行染色处理，将有色染料涂在钻石的腰围，使钻石呈现红色或蓝色色调。这样染色的钻石多采用全包镶嵌，因而不易被察觉。另外，为了减弱钻石的黄色色调，可用蓝色色剂在钻石表面染色，使钻石看上去显得白些，提高钻石的色级，但同时也降低了钻石的亮度。因此，此法现在极少采用。

2. 表面增生（钻石膜）

为了改善钻石的颜色或增重，运用化学气相沉积法（简称 CVD 法）可以在钻石的表面比较快速地生长出一层钻石膜（简称 DF）。钻石膜的研究始于 20 世纪 50 年代，直到 80 年代初日本科学家用 CVD 法生产出了钻石膜后才备受关注。

钻石膜是指采用 CVD 方法生长的由碳原子组成的具有钻石结构和物化性质的多晶体材料。其原理是利用一种能量（如热能、电能或光能）使碳氢化合物（如甲烷、乙醇等）气体离解，产生活化的碳离子，这些碳离子在一定的条件下沉积在同质或异质基底上形成钻石膜。这种方法生产的钻石成本低、条件简单，虽然钻石层很薄，但这种表面增生了钻石晶体的物质在工业上有着广泛的用途，它不怕酸、碱腐蚀，具有钻石优良的特性。这种方法应用于首饰业将开拓一个新的途径，同时对钻石鉴定也是一种挑战。特别是用“热导仪”测定时，它具有与天然钻石相似的反应，这对习惯于依赖“热导仪”检测钻石的人来说不能不是一种危险的信号。然而，目前这种材料还有许多难以解决的困难：①生长层的厚度和附着强度不够；②生长层表面为细小钻石多晶体，一般呈灰蒙蒙外观。

二、覆膜处理钻石的鉴别

1. 覆膜与着色钻石的鉴别

检测镀膜与着色处理的钻石比较简单，涂层物的硬度通常比钻石低，用简单的擦划试验便可确认涂层的存在，即用小刀或针尖可将薄膜刮掉或可见薄膜脱落现象；大多数涂层在强酸中加热、煮沸会去掉；或将钻石放入浸油中，用显微镜放大观察更容易鉴别出来。染色的钻石可用丙酮擦试，看是否存在染迹。

2. 钻石膜的鉴别

(1) 钻石的表面具有粒状结构，而非天然钻石单晶体的特征。

(2) 天然钻石与覆膜钻石的拉曼光谱有很大的差别。天然钻石的特征峰在 1332 cm^{-1} 处，且峰的半高宽 (FWHM) 窄，优质 DF 钻石膜特征峰也在 1332 cm^{-1} 附近，但半高峰略显宽，质量差的 DF 钻石膜特征峰宽，强度减弱，甚至在 1500 cm^{-1} 附近出现一个宽峰 (图 12 - 18) 。

(3) 如果钻石的表面匹配生长了一层单晶薄膜，则可利用 X 射线衍射双晶貌相技术，通过出现双衍射峰的双晶摆动曲线识别。

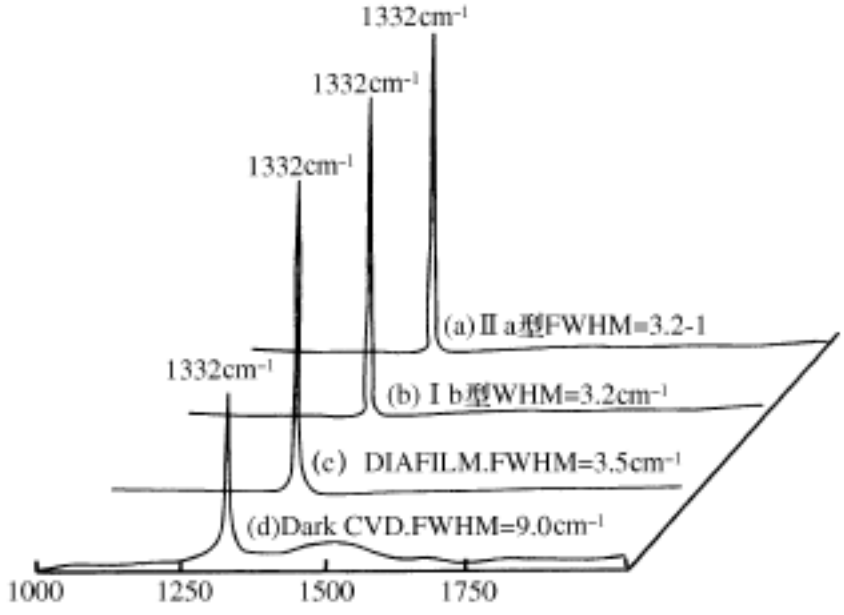


图 12 - 18　天然钻石、覆膜钻石拉曼光谱图

(据《系统宝石学》1998)

第五节 钻石的高温高压处理及鉴别

一、高温高压 (HPHT) 处理的原理

20 世纪末期，美国通用电器公司 (GE) 研究人员采用高温高压方法，可将Ⅱa 型的褐黄色、棕黄色、褐色的钻石处理成无色的钻石 (又称为高温高压修复型处理)；将Ⅰa 的褐黄色、棕黄色钻石处理成黄绿色、绿黄色、蓝绿色、绿蓝色及粉红色 (又称为

高温高压增强型处理或称为诺瓦钻石)。由于这类钻石主要是通过以色列的 Lazare Kaplan 设在安特卫普的分公司 Pegasus Overseas Limited (POL) 销售，业内又称之为“GE—POL 钻石”。

钻石高温高压 (HPHT) 处理的原理是模拟自然界中钻石结晶生长时的环境，通过人工调控被处理钻石所处的温度、压力及介质条件，有助于Ⅱa 型的褐黄色、棕黄色、褐色的钻石晶体克服其所处的势垒，并自动地消除晶体在塑性变形过程中产生的各种晶格缺陷，使其修复至塑变前的初始稳定状态并最大限度地恢复其原本无色的面貌(最高可达 D 色)，以达到提高其色级的目的。另一方面，通过高温高压处理也可使Ⅰa 型褐黄色、棕黄色钻石在晶体现存的塑性形变和点缺陷的基础上，进一步加载其塑性形变的强度，促进晶体内进一步的位错和滑移从而使其转变成彩色钻石的目的。由此可见，在高温高压的条件下，改善或改变钻石中的晶格缺陷，是高温高压处理钻石的基本原理。

二、高温高压 (HPHT) 处理钻石的鉴别

1. 光性异常现象

正交偏光镜下，经塑性变形的天然钻石均可发生程度不等的等倾线式异常双折射现象 (整体上宝石趋于全亮)。等倾线式异常双折射 (图 12 - 19) 是指变形带呈明显的不规则弧形带状，边界截然、清晰，并随方向不同而异，其间伴有两组相交成网格状的较弱的滑移面 (线) 系。由塑性形变引起的钻石晶格沿八面体晶面方向滑移造成的晶格位错是钻石出现光性异常的主要原因，也是鉴定 HPHT 处理钻石的重要证据。

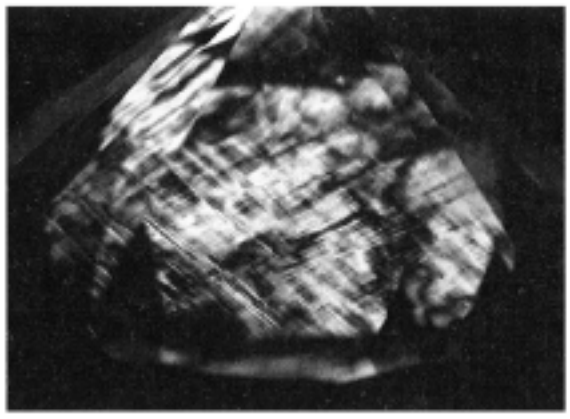


图 12 - 19　等倾线式异常双折射

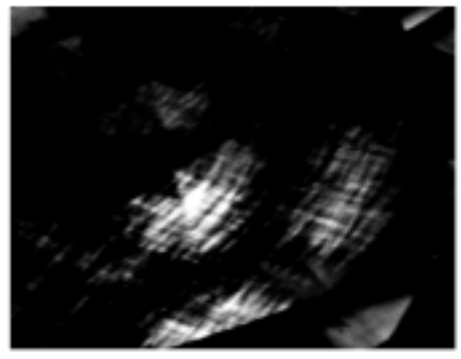


图 12 - 20　HPHT 处理无色钻石的异常双折射
(据亓利剑，2001)

(1) 高温高压修复型处理的Ⅱa 型钻石的光性特征

经高温高压修复型处理可使Ⅱa 型钻石原本存在的晶格位错发生明显的修复，并“释放”由塑性变形作用而储存的应变能，使位错修复至塑变前的初始稳定状态。在正交偏光镜下表现为：①钻石的异常消光得到修复，整体上趋于全暗；②两组滑移线系仍有残余 (反映了其修复前的塑性形变特征)，表现为由两组细密、微波状、明暗相间、断续排列且边界渐变过度的变形带组成的似格子状应力图案 (图 12 - 20)。

(2) 高温高压增强型处理的Ⅰa 型钻石的光性特征

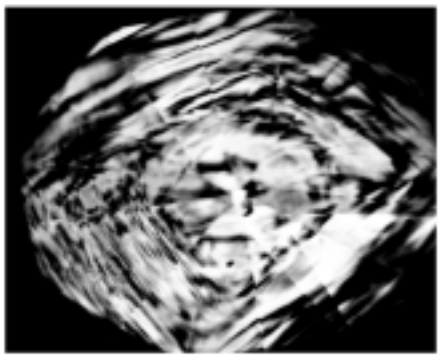


图 12 - 21　HPHT 处理黄绿色钻石的异常双折射
(据亓利剑，2001)

经高温高压增强型处理可使钻石原本存在的位错发生增殖和运动，这样使钻石在正交偏光镜下整体上趋于全亮，通常表现为等倾线式异常双折射。如果位错进一步增殖和运动使钻石发生强塑性变形，在垂直 L^4 的方向上，沿钻石四方生长环带方向形成相间有序排列的位错壁，似聚片双晶强变形带，变形带基本不切穿钻石，同时伴有干涉色出现 (图 12 - 21)。

2. 阴极发光特征

在阴极电子束的轰击下，未经 HPHT 处理的褐黄色钻石和经 HPHT 处理的钻石表现出的几何发光图案之间存在着明显的差异，它较好地揭示高温高压修复型和增强型处理钻石的各自特点。表 12 - 7 总结了未经处理的和经 HPHT 处理的钻石的阴极发光特征。

表 12 - 7　未经处理的和 HPHT 处理钻石的阴极发光特征

类型 / 特征	未经处理的黄褐色钻石	HPHT 处理的修复型无色钻石	HPHT 处理的增强型蓝色钻石	HPHT 处理的增强型黄绿色钻石
整体发光特征	较均一的强黄绿色光	强蓝白色光	强蓝色光	强黄绿色光
变形带的发光特征	在三组滑移面（线）系组成的滑移带发强黄绿色光；局部残留的原生生长环带部位发强蓝色光；亚变形过度带发不均一的强蓝白色光。	在基本修复的部位发均一的强蓝色光；未完全修复的亚变形过度带发较均一的强蓝白色光，并伴有点状断续定向排列的几何 CL 亚变形带。	显示三组清晰、细密、发强蓝白色光的 CL 滑移面（线）系。	由三组清晰的 CL 滑移面（线）系和变形带发出极强的黄绿色光。构成了 HPHT 处理黄绿色钻石强位错滑移的特征。

3. 谱学特征

(1) 拉曼光谱特征。澳大利亚浅紫红色钻石是由塑变呈色的。在澳大利亚浅紫红色钻石中普遍存在一对特征的拉曼弱峰，分别位于 2087 cm^{-1} (D1) 和 795 cm^{-1} (D2) 处 (图 12 - 22)，初步证实这对峰的强弱与钻石的塑变强度呈正比关系。HPHT 增强型处理的钻石表现出的拉曼光谱特征再次验证这一结论，从 HPHT 处理蓝色钻石中心至边缘，塑变 (D1，D2) 强度趋于减弱，充分反映出钻石位错滑移的不均一性和复杂性。HPHT 修复型处理的无色钻石的拉曼光谱中以存在 3760 cm^{-1} 左右拉曼谱宽峰 (低温状态下：3738 cm^{-1} 的拉曼谱锐峰) 为鉴定特征 (图 12 - 23)，同时 D1 的拉曼谱峰得到加强。

(2) 由塑性变形产生的一组 621 nm、529 nm、500 nm、985 nm 可见 - 近红外吸收谱带和 CL 发光谱带 507 nm 主峰，535 nm、575 nm 次级峰带，可视为鉴别 HPHT 处理钻石的重要佐证。

(3) HPHT 处理的黄绿色钻石内部多具棕～黄色纹理 (天然的多为棕色纹理)。

(4) HPHT 处理的钻石可见热处理的痕迹，如熔蚀的原晶面、表面裂隙的侵蚀或

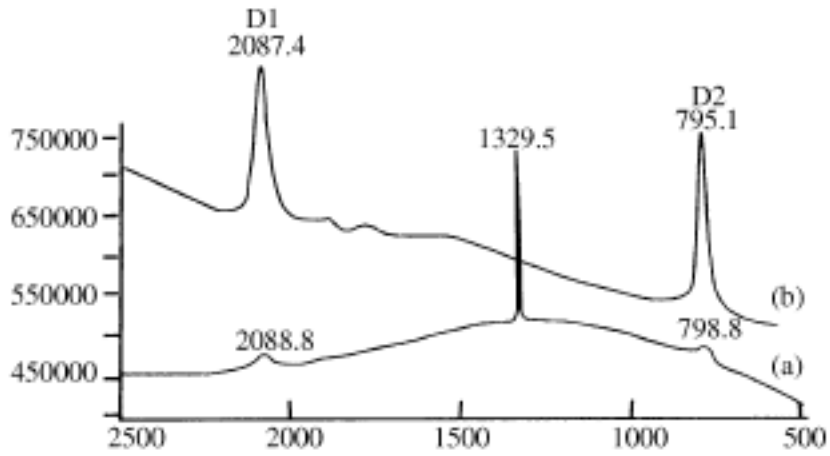


图 12 - 22　天然钻石与 HPHT 处理钻石的激光拉曼光谱

(据亓利剑等，2001)

(a) 澳大利亚天然粉红色钻石；(b) HPHT 处理蓝色钻石

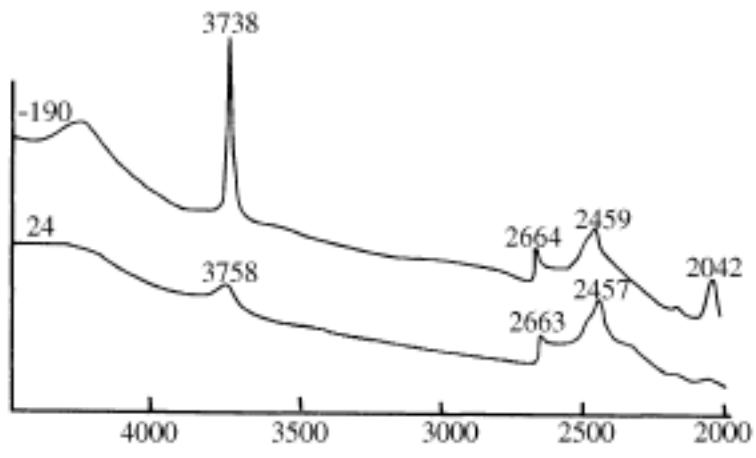


图 12 - 23　HPHT 处理无色钻石的拉曼光谱

(据亓利剑等，2001)

石墨化、环绕晶体的盘状裂隙或晕圈。

(5) 高温高压处理的钻石有时在其腰部刻有 GE - POL 字样。

(6) 高温高压处理的无色钻石 99%为Ⅱa 型，大部分为花式琢型，少部分为圆明亮型，质量 2/ 3 的大于 1～2 ct，色级多为高色级 (D—H)，极少为低色级，净度 60%左右为高净度 (IF—VVS)，40%为 VS，极少为 SI。

(7) 显微镜下放大检查，大部分高温高压处理的钻石可见到极不明显到明显的平行生长纹，有时还可见到浅褐的色带。

对于人工优化处理的钻石，国际珠宝联盟作了如下规定:

(1) 如果钻石的天然颜色被人工改造过，则应明确标注“处理”、“人工着色”、“辐射改色”等字样。

(2) 为改变钻石的净度而进行人工处理的钻石，应标明“激光处理”字样，其净度分级应参照处理前的分级结果，而且激光孔本身也应作为内含物来对待。

(3) 为提高净度进行的充填处理，应标明“人工处理”字样。

世界钻石联合会 1993 年 6 月中旬在安特卫普召开的第 26 届世界钻石大会上还作出了如下规定:

(1) 人工注入其他物质、着色 (膜)、辐射处理、全部或部分人工合成的钻石在销售活动中必须明确标出。

(2) 违反上述规定者将依据钻石商会的有关法律加以处理。

(3) 钻石销售者违反上述规定，顾客有权要求退货、拿回全部货款，并赔偿顾客所遭受的直接损失。

我国《珠宝玉石名称》标准也明确规定，经辐照处理、充填处理、激光钻孔、覆膜处理、高温高压处理的钻石，必须在其名称后面标注“(处理)”二字或在钻石名称前描述具体处理方法，如:“充填处理钻石”。

第十三章

钻石的合成技术及合成钻石鉴别

第一节 概　　述

一、合成钻石的概念

合成钻石是指在实验室或工厂里通过一定的技术与工艺流程制造出来的与天然钻石的外观、化学成分和晶体结构完全相同的人工材料。

天然钻石矿床和储量并不丰富，开采工作十分困难，富矿中钻石的含量最多不过是几百万分之一，即处理上百吨矿石才得到 1 ct 左右的钻石。因此，合成钻石的研制受到极大的重视，世界上许多国家很重视发展并广泛使用合成钻石。

对合成钻石的基本要求就是要尽可能逼真，越接近天然钻石的一切特性越好，越让人们分辨不出是天然的还是合成的钻石越好。从仿真角度看，对合成钻石的产品侧重于四个方面的指标：即颜色、折射率、色散和硬度。目前合成钻石在晶体结构的完整性、颗粒大小、透明度、各种美丽的色彩等方面已经可以与天然钻石相媲美。

二、合成钻石的发展历史及研究现状

早在 18 世纪后期就已经证实了钻石和石墨都是由碳组成，后来就开始了合成钻石的探索工作。1855 年苏格兰化学家汉纳（Hanney）采用将碳溶于熔剂中并使之晶出钻石的方法来制造钻石。他用石蜡精和炭黑或煤烟作为碳的来源，将这种混合物置于一个长约 50 cm、直径 10 cm、内径约 12 mm 的坚固金属管中，将管子的两端焊封，然后把管子置于炉中长时间加热。在高压下，有机物分解产生碳和氢。冷却后用酸溶去金属管，找出可能生成的钻石。在 80 次试验中，他认为有 3 次可能是成功的。但是后人证实他并未能成功地合成出钻石。

莫伊桑（Henri Moissan）是一位法国的药剂师，他采用铁做熔剂，将碳溶解的方法，使之晶出钻石。具体操作步骤是：将一个长 2 cm、直径 1 cm 的圆铁柱置于碳坩埚中，铁柱周围放上糖粒状木炭，将坩埚放在电炉上加热，然后再将热坩埚投入冷水中；利用熔融铁固结时，因外部收缩而产生的内部高压使碳结晶成钻石；然后用酸将固结的铁溶解，取出里面的钻石。利用这种方法得到的“纯碳”组成的小晶体（0.1 mm），当时并未被确认为钻石。后人多次重复他的试验，都未能成功。

帕森斯是第一个利用可控压力来合成钻石的人。他希望将炽热的木炭置于受控的压力(16×10^8 Pa)下能合成出钻石来,其结果失败了。可是,他对合成钻石的贡献是巨大的,因为他为合成钻石引进的先进技术,受控的压力和温度已接近了合成出钻石的条件。

汉纳、莫伊桑和帕森斯等早期试图合成钻石的工作者,皆因缺乏关于碳不同相之间热力学关系的知识和静态超高压、高温技术而失败。实际上合成钻石是在20世纪50～60年代,在静态超高压、高温技术有所进展的基础上合成成功的。

1953年,瑞士工程公司(ASEA)使用压力球装置,生产出40颗钻石小晶体,但未正式对外宣布。

1955年,美国通用电气公司(GE)宣布成功地合成了钻石。采用的是静压熔(溶)媒法(简称GE法)。

1959年,南非戴比尔斯公司(De Beers)发展了非常类似于美国通用电气公司的合成钻石的技术——外延生长技术,并于1961年开始合成钻石的商业性生产。

1970年,美国通用电气公司宣布合成了克拉级(大于5 mm)的宝石级钻石。采用的也是GE法。

1985年,日本住友电气工业公司(Sumitomo Electric Industries)合成了黄色宝石级钻石。

1987年,南非戴比尔斯合成出了11.14 ct的宝石级钻石;1990年又成功地合成出了质量很好的钻石单晶,重14.2 ct(是迄今最大的)。

1990年,俄罗斯宣布了利用“分裂球(split - sphere)法”或称BARS法生长合成钻石的工作成果。同年,美国通用电气公司也宣布合成出了具有特殊物理性能的宝石级钻石。这预示着钻石合成技术的新发展。

1997年6月,在美国拉斯维加斯珠宝展销会上,汤姆·查塔姆(Thom Chatham)公司推出了该公司与俄罗斯合作生产的100颗合成钻坯。

我国从60年代起,由中国科学院物理研究所、一机部通用机械研究所、郑州磨料削磨具研究所和地质科学院等单位有关实验室,先后在开展静态超高压、高温技术研究工作的基础上,1963年研制成功细粒合成钻石,1965年生产出1～3.5 mm的大颗粒钻石(指粒级大于1 mm以上者)。目前我国合成钻石的生产点几乎遍及全国,产量逐年上升,质量不断提高,合成钻石制品的品种与数量也有很大发展。磨料级合成金刚石已立足于国内,不仅完全自给,还能出口;大颗粒合成钻石的制造技术已突破,但由于生长周期长、成本高,要求的工艺条件十分苛刻,迄今为止,仅停留于实验室研究,没有进行工业化或商业化生产。

三、市场前景

现在合成宝石级钻石已成为现实,但是它并没有引起钻石贸易的混乱和紧张,因为这种合成宝石级钻石生产技术复杂、成本非常昂贵、价格往往超过同等质量的天然品,目前尚无法与天然品竞争。然而,随着天然钻石开采储量的不断减少、生产成本的持续增长,实际上当前已有部分合成宝石级钻石进入市场。因此合成钻石的研究大有可为,前途广阔。

第二节 合成钻石的形成机制

合成钻石，实质上就是人为地建立一定条件，使非钻石结构碳转变成钻石结构碳。在这种相变过程中，压力、温度及其他有关因素等是变化的条件，碳原子及其集团的运动和相互作用等是变化的根据。压力、温度及其他有关因素等外因是通过碳原子及其集团的运动和相互作用等内因而起作用的。

一、碳的同质异像变体

碳是人类最早发现和利用的元素，碳有着种类繁多和数量庞大的化合物，但是只有钻石和石墨是由纯碳组成的晶体。它们在晶体结构上有很大的差异，故被称为碳的同质异像变体。

钻石和石墨在晶体结构、形态和物理性质上的差异主要由它们成键的形式不同所造成的。

1. 碳原子的 sp^3 杂化与钻石结构

碳原子的电子层结构是 $1s^2 2s^2 2p^2$。即它的外层电子有四个，有两个是 $2s$ 电子，有两个是 $2p$ 电子。$2s$ 次层只有一个轨道，这两个 $2s$ 电子都在 $2s$ 轨道上，自旋相反。$2p$ 次层可以有三个轨道 $2px$，$2py$，$2pz$。故碳原子的外层有四个轨道，即 $2s$，$2px$，$2py$，$2pz$。电子在这四个轨道上运动时，电子云分布情况如图 13 - 1 所示。

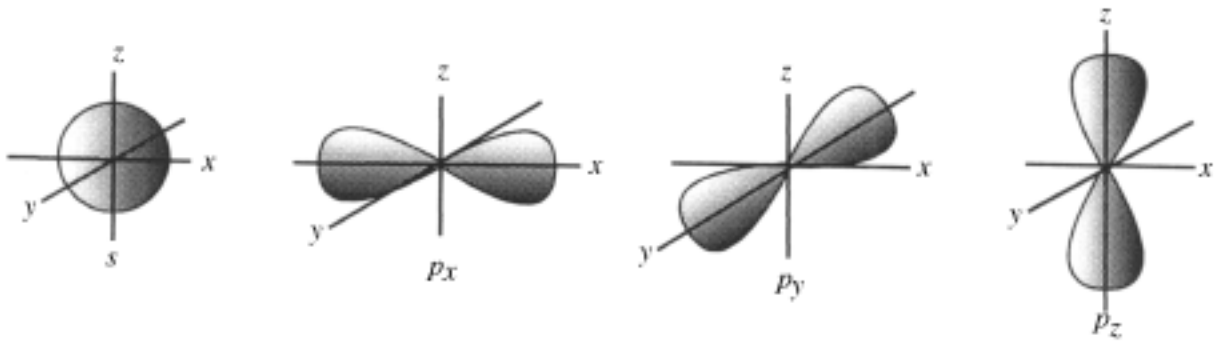


图 13 - 1　碳原子 s 轨道与 p 轨道的电子云分布情况

两个电子由于相互排斥，在 $2p$ 次层上运动时，要尽可能分配在两个不同的轨道上。故碳原子的电子层结构可以写为：$1s^2 2s^2 2px^1 2py^1$，其中只有两个未成对的价电子 $2px$ 与 $2py$，故对外联系只能形成两个共价键。但如果把一个 $2s$ 电子激发到 $2pz$ 轨道，使电子层结构变成：$1s^2 2s^1 2px^1 2py^1 2pz^1$，则就有四个未成对的价电子，与外界联系可以形成四个共价键。$2s$ 电子激发到 $2pz$ 虽然要花费些能量，但这样可以多形成两个共价键，可以得到更多的结合能。故在可能的情况下，$2s$ 电子要激发到 $2pz$ 轨道，构成四个价电子，可以对外形成四个共价键。当碳原子与外界形成四个共价键时，它外层的四个轨道（$2s$，$2px$，$2py$，$2pz$）要相互混合重新组成四个等同的新轨道，称为杂化轨道 sp^3。这四个杂化轨道的方向是指向正四面体的四角，同甲烷分子 CH_4，如图 13 - 2 所示。这说明碳原子的四个 sp^3 杂化轨道，其电子云分布是集中在四面体中心与四个顶

角之间，分成四个相同的分支。这样的杂化轨道称为四面体杂化轨道，与外界联系时，要尽可能按四面体结构来成键。由此可见，当很多碳原子按 sp^3 杂化轨道来互相成键时，每个碳原子要与相邻的碳原子形成四个共价键，因而就很自然地形成了两种钻石结构，一种属闪锌矿结构类型，即通称为立方钻石（天然钻石和合成钻石一般都是立方晶系）；另一种属铅锌矿结构类型，如图 13 - 3 所示，即通称为六方钻石（首先发现于陨石中，后来用动压法被合成出来；对石墨单晶沿 c 轴方向加温加压，得到的也是六方晶系的钻石）。这说明了碳原子之所以能形成钻石结构，是与碳原子的外层电子结构和它们的相互作用成键的状况有关。共价键是饱和键，具有很强的方向性，因而使得钻石具有很大的硬度。

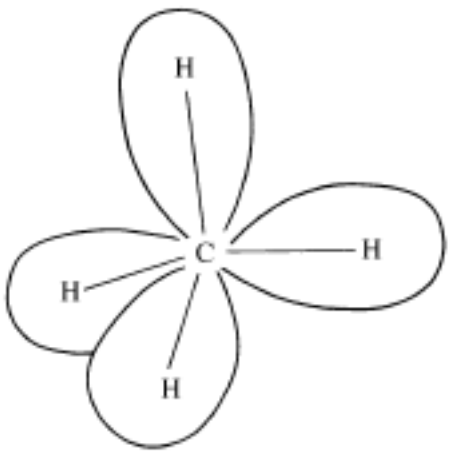


图 13 - 2　碳原子 sp^3 杂化轨道

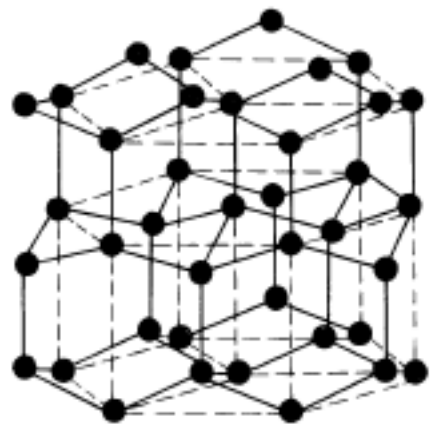


图 13 - 3　六方钻石的晶体结构

2. 碳原子 sp^2 杂化与石墨结构

碳原子中的一个 2*s* 轨道与两个 2*p* 轨道（2*px*，2*py*）还可以相互混合重新组成三个等同的杂化轨道，用 sp^2 表示。这三个轨道在同一平面上形成三个分支，分别指向正三角形的三个角，如图 13 - 4 所示。这样的杂化轨道也可以叫做正三角形杂化轨道。另外还有一个未参加杂化的 2*pz* 轨道，则与此三角形平面垂直。

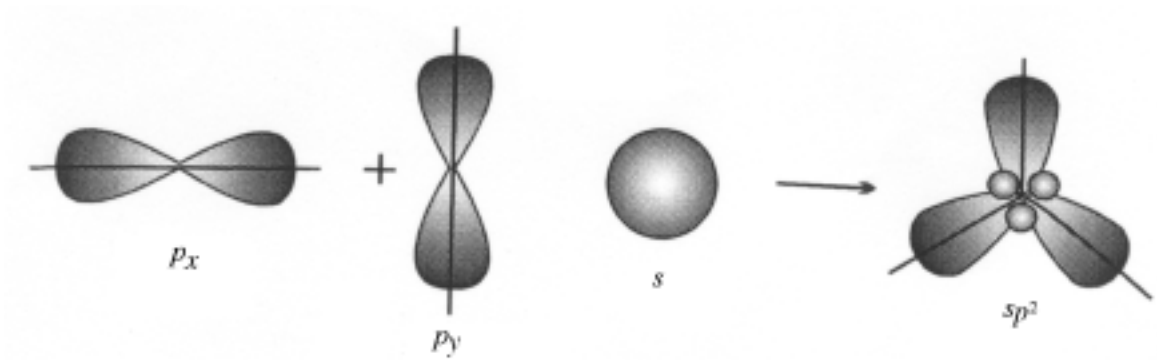


图 13 - 4　碳原子 sp^2 杂化轨道的电子云分布示意图

当许多碳原子在同一平面上相互接近相互作用时，它们就可以采用 sp^2 杂化轨道，彼此间以共价键结合成六角形的平面网状结构，如图 13 - 5 所示，形成一个无限的平面形分子。其中每个碳原子都以 sp^2 杂化轨道与相邻的三个碳原子相结合，形成三个共价键。此外每个碳原子还多一个 2*pz* 轨道和 2*pz* 电子，这些 2*pz* 轨道都与层平面垂直，因此是相互平行的。相邻的两个碳原子的 2*pz* 电子不能形成共价键。因为一个碳原子的 2*pz* 电子要与相邻的三个碳原子同时发生联系，不能只固定与一个相邻的碳原子联

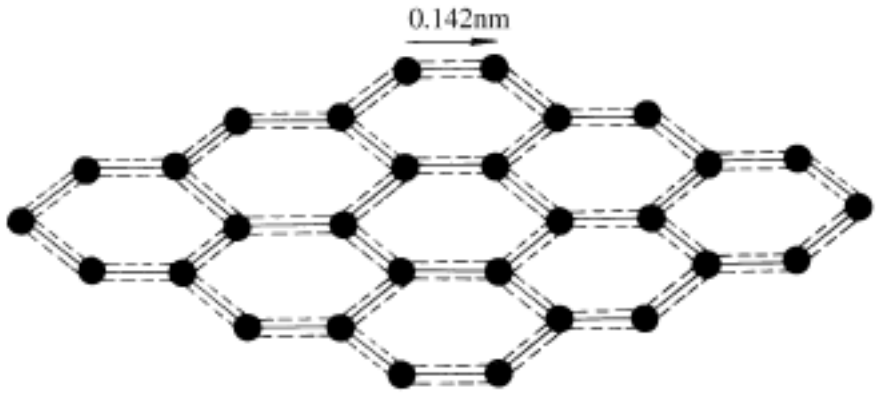


图 13 - 5　由碳原子形成的平面六角形网状结构

系形成一个共价键。因此 2*pz* 电子是比较自由的，不固定属于某一共价键，而是可以在整个平面网状层内运动，所有的 2*pz* 电子在六角形的平面网状格架上形成一个金属键。如图 13 - 5 中六角网状每边所示的实线表示共价键，虚线表示在共价键上叠加的金属键。C—C 键长为 0. 142 nm。六角形的平面格架是由共价键组成的，具有方向性和饱和性，不能导电。在共价键上叠加的金属键，无饱和性，2*pz* 电子在格架上可以自由移动，故可以导电。所以这样形成的无限层状分子，其键型是共价键叠加金属键，具有双重键型的特征。

许多这样的无限层状分子平行堆积起来，它们就会通过范德华力结合起来形成石墨结构。层与层间的距离是 0. 334 nm，远较 C—C 键长 0. 142 nm 为大。由于范德华引力较弱，因此层与层间结合不强，可以滑移。这是石墨可以作为铅笔笔芯书写和作为润滑剂的原因。所以石墨晶体中同时含有共价键、金属键和范德华键（分子键）三种键形。

钻石中的 C—C 键是共价键，键长 0. 154 nm。而石墨每层中的 C—C 键是共价键叠加金属键，键更强一些，因而键长更短一些，是 0. 142 nm。这就是说石墨每层中的各个碳原子结合得比钻石中的还强，所以具有高的熔点，常常被用作高温发热体材料。

二、合成钻石的形成机制

合成钻石在实验室中试制成功已有 40 多年了，但由于长期以来，在实验室技术和理论计算上还存在着一些问题，所以至今对合成钻石形成的理论及机制仍在深入探讨之中。

合成钻石的形成过程，既遵守一般相变（使非钻石结构碳转变成钻石结构碳）的成核和生长的共性规律，又具有特殊相变的成核和生长的个性规律。Bundy，F. P 根据合成钻石的实验数据，以及石墨和钻石熔化温度的测定，并参照前人（Rossini，F. D.，Berman，R.，Simon，F. 等人）的有关工作和锢、锗的实验数据，作了计算和类推，得到一个粗略的碳的相图，如图 13 - 6 所示。从相图可以看出，在不同压力、温度范围内碳的存在形式也有所不同。固相区有固相Ⅰ——石墨，固相Ⅱ——钻石，固相Ⅲ——金属碳（其密度比钻石大 15%～20%，具有金属性质），还有液相区。在较大的压力、温度范围内，钻石是稳定相。实验表明，在钻石稳定区和亚稳区（如图 13 - 6 中固相Ⅰ区是石墨稳定区，钻石形成后，也可以在这个区域所表示的温度压力条件下存在，但不

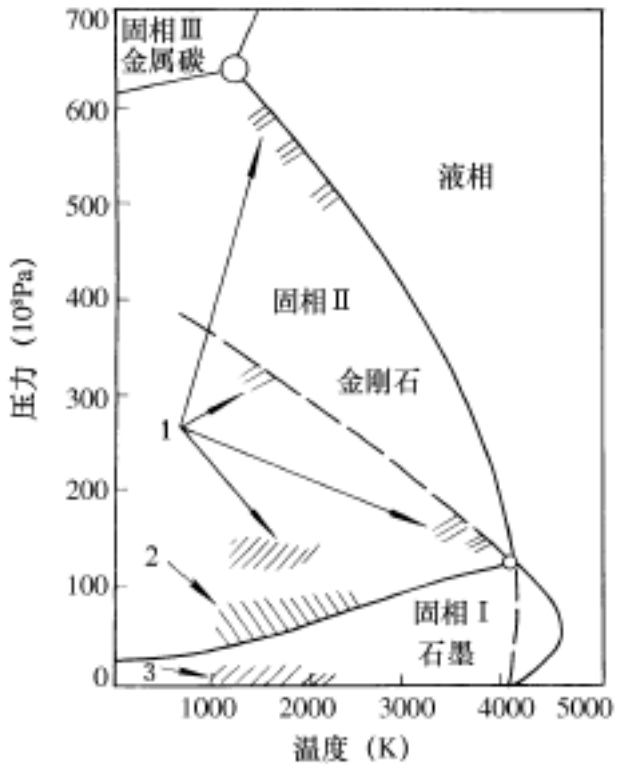


图 13 - 6　碳的压力 - 温度相图

1—直接法合成钻石实验区；2—熔（溶）媒法合成钻石实验区；3—外延法合成钻石实验区

如石墨在这样的条件下稳定，故称为钻石的亚稳区）的一些部位，用不同技术方法均可使碳质原料转变为钻石。

制造合成钻石的三种方法（图 13 - 6），都需要有个成核和生长过程。直接法以自发成核为主，触媒法和外延法以非自发成核为主。只有 sp^3 型或易于进一步转变为 sp^3 型杂化状态的碳原子及其集团才是合成钻石的碳源。目前，主要以石墨为碳源合成钻石。

（一）直接法合成钻石的形成机制

直接法合成钻石是利用瞬时静态超高压高温技术和动态冲击波技术及静态、动态混合超高压高温技术，使石墨等碳质原料直接转变成钻石。

对这种转变有两种可能的方式：一种方式是石墨在超高压高温下熔化，石墨晶体解体，其碳原子间断键（并不一定断键解体成一个个的碳原子，可以出现近程有序结构），然后在钻石稳定区冷凝析出钻石。另一种方式是在超高压高温下，石墨无需解体，碳原子间无需断键，只要在石墨层间距，即 c 轴压缩大约 0.13 nm（从 0.334 nm 趋近 0.204 nm），层中碳原子分别相对于层平面垂直向上和向下移动 0.025 nm，就可以得到钻石结构，如图 13 - 7 所示。这就是通称的直接法合成钻石的固相转变机制。

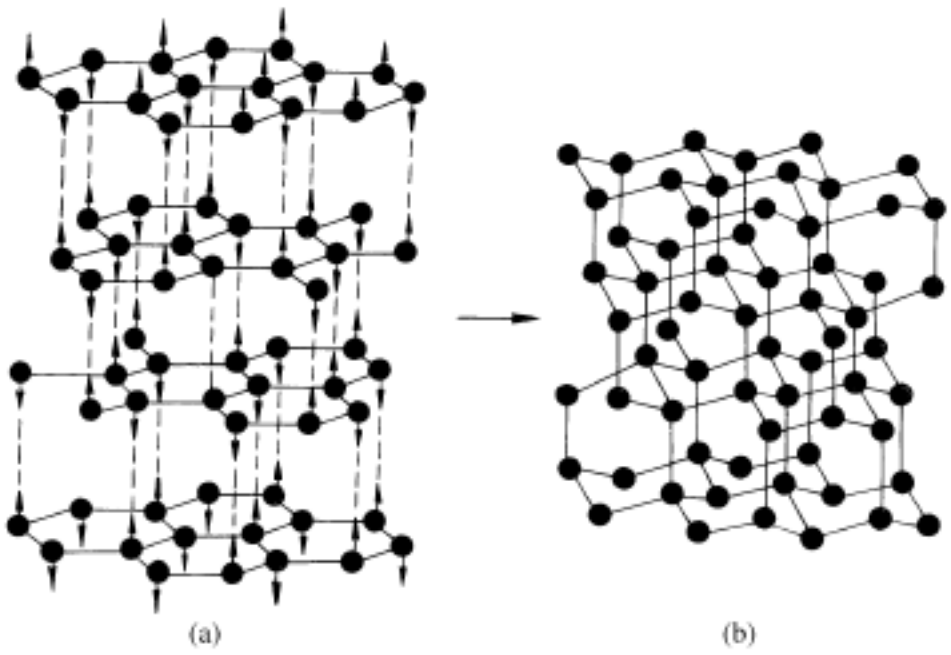


图 13 - 7　石墨变金刚石前后的晶体结构

(a) 转变前；(b) 转变后

温度、压力、时间、碳质原料、杂质等外因是通过对碳原子及其原子团的压缩、切变和热振动等运动方式来激发成 sp^3 型杂化状态的，最后形成钻石结构。从热力学观点来看，石墨等碳质原料转变成钻石的推动力是这种相变本身自由能的降低。当钻石和石墨等碳质原料在相变系统中所处状态的自由能变化小于零时，钻石是稳定相，石墨是亚稳相，石墨等碳质原料向钻石转变是可能的。当这种自由能变化大于零时，石墨是稳定相，钻石是亚稳相，石墨等原料向钻石转变是不可能的。当这种自由能变化等于零时，两相则处于平衡状态。从动力学观点来看，石墨等碳质原料能否变成钻石还取决于这种相变的速率。在钻石成核和生长速率同时处于极大值的情况下，石墨等碳质原料变成钻石的相变速率最大，若其极大值不在同一条件下发生，则这种相变速率要小些。

(二) 触媒法合成钻石的形成机制

触媒法合成钻石是利用比直接法低的压力，如低于 120×10^8 Pa 的静态超高压高温技术 (一般用 60×10^8 Pa 左右)，通过石墨等碳质原料同某些金属或合金的反应生长钻石。显然所用的金属和合金能降低石墨等碳质原料生成钻石所需的压力和温度，并增加这种相变的速率。人们对这种形成机理的认识并不一致，可归纳为三种典型观点，即溶剂学说、触媒 (催化) 学说和固相转化学说，试图说明这些金属和合金在这种形成过程中的作用。

溶剂学说认为，所用金属起着碳的溶剂作用。在静态超高压高温下，石墨以原子方式溶进液态金属成过饱和溶液，然后在钻石稳定区析晶成钻石。持这种观点的人不排除在钻石结晶过程中，金属可能有催化作用。但认为使石墨等碳质原料不断溶解，钻石不断析晶，将取决于石墨等碳质原料和钻石在所用溶剂中的溶解度之差。所用金属的作用就是使石墨断键，石墨晶体解体成原子进入液态金属。当温度超过激发碳原子成 sp^3 型，而又不超过溶解度上限时，钻石就自发成核和生长。因此，在这种过程中，可能没有催化作用和固相转化。

催化学说认为，所用金属或合金是一种催化剂。在静态超高压高温下，石墨等碳质原料加金属或合金后，发生溶解，碳原子通过起催化作用的活动金属薄膜析出钻石。金属薄膜的出现，可以降低金属和钻石之间的表面能 (界面能)，这就是催化作用的一个标志。还认为所用金属有利于钻石的外延生长。该学说并不排除钻石从过饱和的金属溶液中析出，但认为这是附带性的，不是主要过程。

固相转化学说认为，石墨和钻石有某种结构上的相似之处，所以石墨晶体无需断键解体，只要通过简单的晶格形变就形成钻石结构。即金属原子进入石墨晶格以固相方式变为钻石。

以上所述的三种典型观点或学说，各自具有一定的合理性，也具有一定的局限性，无法解释所有的实验现象和规律性。为了进一步探索和研究这种合成钻石的形成机制，人们将这些相对孤立的典型观点或学说有机地结合起来，发展为新的学术观点——熔(溶) 媒激发复合机制。下面简单介绍该机制的主要内容。

众所周知，在常压、高温下，碳与过渡金属可以形成间 (填) 隙固溶体和间 (填) 隙化合物。这类金属 d 带空穴越多，与碳形成的间 (填) 隙相越稳定，生成热也越大，这是因为碳的价电子移入 d 带可以降低整个电子系统的能量。从第Ⅷ族，如 Ni—

$3d^8 4s^2$、Co—$3d^7 4s^2$、Fe—$3d^6 4s^2$，第Ⅶ B 族，如 Mn—$3d^5 4s^2$，第Ⅵ B 族，如 Cr—$3d^5 4s^2$，第Ⅴ B 族，如 V—$3d^3 4s^2$，第Ⅳ B 族，如 Ti—$3d^2 4s^2$ 到第Ⅲ B 族，如 Sc—$3d^1 4s^2$ 等，*d* 带空穴是增加的，所以形成间（填）隙相的能力是增强的。具有熔（溶）媒激发效应的金属 *d* 带空穴一般为 2～4，个别为 5～7；并且大多数呈最紧密堆积结构，个别呈立方体心和比较复杂的结构。在一定高温下，这类金属趋于最紧密堆积结构，并在适量碳原子进入晶体结构间隙时扩大最紧密堆积结构相区。在通常情况下，这类金属的最近原子间距为 0.249～0.285 nm，呈立方面心结构的晶胞常数为 0.352～0.392 nm。至于ⅠB 族金属的 *d* 带填满了价电子，ⅣB—ⅥB 族金属的 *d* 带缺少 5.8 个价电子，两者组合后，不仅在几何结构上，而且在电子结构上都类似于第Ⅷ族金属。

在一定的超高压高温下，第Ⅷ族过渡金属和锰、铬、钽、铌及相应的合金一般可以转变为一种特殊的熔体，在这种熔体中存在着一定的近程有序的几何结构（例如立方面心结构）和电子结构（例如 *d* 带有 2～4 个空穴）的原子团。熔体和石墨等碳质原料的原子及其集团发生相互扩散、溶解，互为溶剂或溶质，处于共熔状态。共熔时：①熔体与碳质原料中非石墨结构的碳原子或集团相互作用，例如在近程有序的立方面心结构的某些面上某些碳原子及其原子团可以转变为 sp^2 型杂化状态的碳原子及原子团。进入近程有序立方面心结构间隙的碳原子有利于逐渐转变为 sp^3 型杂化状态的碳原子或原子团。②熔体与石墨结构的碳原子及其原子团相互作用，即 *d* 带空穴与 π - 电子（未经杂化的 p_z 轨道上的电子）相互作用，从而松弛或破坏了双键（破坏了 π- 键，松动了 σ- 键），则有利于转变为 sp^3 型杂化状态的碳原子集团。如果不仅破坏了 π- 键，还断开了 σ- 键，则有利于转变为 sp^3 杂化状态碳原子。这种相互作用一般发生在网面结点密度最大的面网上，例如立方面心结构的（111）面和石墨结构的（0001）面上。主要在原子相互间（填）隙状态时发生这种作用。③熔体中近程有序结构的金属或合金、间隙固溶体和间隙化合物在其几何结构和电子结构，特别是它们表面的能量状态，有利于钻石成核时，它们就可以成为钻石成核的杂质基底。这就是一种非自发成核的外延层状生长方式。④在过压度、过冷度（过饱和度）和浓度等条件的起伏作用下，被释放 sp^3 型杂化状态的碳原子及其原子团，按一般溶液中晶体生长规律长大。由于熔体和碳质原料相互作用过程中，金属可以发生偏聚、偏析现象，加上金属即可以杂质基底，又可以结晶基元等方式进入晶体，因此在生长过程中金属原子和原子团不断排至晶体生长表面，这样形成的金属薄膜与晶体表面的浸润性好，对于钻石晶体输运碳源和长大、长好有着重要作用。

熔（溶）媒观点，有别于前面所述的三种典型观点，也不是其中两种观点的简单叠加。因此另称为熔剂 - 触媒观点，简称熔（溶）媒观点。该观点把所用金属或合金称为熔（溶）媒，把它们起的作用称为熔（溶）媒激发复合效应，把这种条件下钻石的形成机制称为熔（溶）媒激发复合机制。显然，不同的熔（溶）媒，具有一定差异的几何结构和电子结构，因此它们与碳质原料在超高压高温下的共熔状态、溶解度、相互扩散、相互作用和释放 sp^3 型杂化状态的碳原子及其原子团等能力也就不同。这些必然影响到钻石的成核、生长和排杂速率，从而影响钻石的生长状况，即生长结晶习性、形态和杂质分布等特征。

熔（溶）媒激发复合机制观点概括了三种典型观点的合理性，从而有利于进一步探索和研究各种方法合成钻石成核和生长机制等问题。从该观点可以看出：①在熔（溶）媒熔体中或熔（溶）媒偏析部位，有可能创造条件控制成核、生长和排杂速率，以获得优质、粗粒和较大单晶钻石；②在石墨部位〔熔（溶）媒通过扩散进入石墨晶体间(填）隙，例如（0001）面层间〕，有可能创造条件提高成核和生长速率，降低排杂速率〔使杂质即熔（溶）媒分散在晶粒内而不聚集在晶体界面上〕，以获得优质大颗粒多晶钻石；③采用 d 带空穴多的过渡金属或其碳化物，在熔点低的熔（溶）媒条件下生长钻石或烧结多晶钻石，可以增强成核和烧结的激发效应和激活效应。

（三）外延法合成钻石的形成机制

外延法合成钻石，是在钻石亚稳区利用热解或电解某些含碳物质时析出的碳，在钻石晶种或某些起基底作用的物质上外延生长出钻石。由于原子有规律地在晶种或杂质基底上排列，并向外延伸，形成一晶格结构完整的单晶层（这个新单晶层是原来晶种晶面平行向外延伸的结果)，所以，把这过程称为外延。

外延法是以非自发成核生长钻石。这种非自发成核的基底，既可以是反应过程前就存在的，也可以是反应过程中形成的或是两种情况的混合。外延生长钻石的碳源是分解原料中，具有 sp^3 型杂化状态和反应过程中形成的含有 sp^3 型杂化状态的碳原子或原子团，也可以是易受晶种（表面碳原子）激发成 sp^3 型杂化状态的碳原子及其原子团。

第三节 合成钻石的合成方法

一、合成钻石的合成方法与技术

目前，制造合成钻石的具体方法很多，按所用的技术特点，可归纳为静态超高压高温法（简称为静压法)、动态超高压高温法（简称为动压法）和低压或常压高温法（简称为低压法）等。按人造钻石形成机制特点，又可归纳为超高压高温直接转变法（简称为直接法)、静压熔（溶）剂 - 触媒法〔简称为熔（溶）媒法〕和低压外延生长法（简称外延法）等。已被工业上采用的主要是静压熔（溶）媒法，其次是动压爆炸法。

（一）静压法合成钻石

静态超高压是采用特制的压机对传压介质施加机械压力而产生的。静压法合成钻石的特点是，在钻石稳定区利用静态超高压高温技术，使非钻石结构碳直接转变或通过同熔（溶）媒反应得到磨料级钻石、大颗粒单晶和多晶钻石；使细粒钻石通过熔（溶）媒在晶种上长成大颗粒单晶钻石。

1. 静压熔（溶）媒法

石墨只有在 5～10 GPa 的压力和 1000～2000 ℃的高温下，并在熔（溶）媒的帮助下才能转变成钻石。该法是用液压机加压产生高压，以交流或直流电通过石墨试样加热产生高温，加金属或合金作为熔（溶）媒，使石墨转变为钻石的方法。可得到磨料级钻石、大颗粒钻石单晶和聚晶。

2. 静压直接转变法

不用金属或合金作熔（溶）媒，使石墨在更高的温度（2700 ℃）和压力（12.5 GPa）条件下直接转变成钻石，得到的是微细钻石粉末。

3. 用晶种的熔（溶）媒法

这是生长大颗粒钻石的方法。是以钻石粉为碳源，通过熔（溶）媒从高温区（供碳区）输运到低温区（生长区）的晶种上长成大颗粒单晶钻石。美国通用电气公司（1970年）用此法在 6 GPa 的压力和 1500 ℃的温度下，用一周时间生长出 1 ct 左右（粒度接近 6 mm）的宝石级优质钻石单晶，与天然钻石很接近。此法主要缺点是生长速率慢、成本高，未能投入工业生产。

（二）动压法合成钻石

动压法是利用动态冲击波技术，使石墨等碳质原料直接转变为钻石。动态冲击波由核爆炸、烈性炸药、强放电和高速碰撞等瞬时产生的。冲击波在介质中高速传播时，它的阵面后边产生很高的压力和温度，所以受冲击波作用的物质就能同时获得超高压高温。用这种方法产生的压力，一般可达几十到几百吉帕（GPa）。但作用时间短（约几微秒），压力和温度不能分别加以控制。此法得到的钻石为六方晶系。下面介绍具体方法：

1. 爆炸法

利用烈性炸药（常用 40%TNT 加 60%黑索金）引爆后产生的冲击波直接作用或通过金属飞片高速碰撞石墨板块状试样，在几微秒内产生的瞬时压力约达 20～200 GPa，使石墨转变为钻石。此法得到的是微细粉末状钻石（< 40 μm），颗粒表面吸附有害杂质较多，适宜于制研磨膏和作为聚晶钻石的原料。此法最大的优点是便宜、投资少、单次产量高（可达 500 ct 左右）。在最佳情况下，每千克炸药能生产 60 ct 钻石。

2. 液中放电法

是将含有熔（溶）媒金属的石墨电极与空心圆筒石墨（或金属）作为两电极，浸在低蒸发热的液体介质中，空心电极与石墨电极同轴。当电极与 10000 μF 的电容和在 2000 V 下放电的蓄电波相联时，便产生电火花。这时，在两电极之间的液体中产生冲击波，使从石墨电极上熔落下来的微粒碳质原料直接转变为钻石。冲击波所产生的压力、温度与放电能量有关。此法生成的钻石粒度，一般为几十微米，最大可达 0.5 mm。与其他方法比较，其特点是设备费用和维持费用较低，能降低产品成本；另外能连续运转，便于自动化连续生产。主要缺点是产量不高。

3. 直接转变成六方晶系钻石

用结晶良好的石墨作为原料，对它的 *c* 轴给予强的压缩，在 13 GPa 和 1000 ℃以上的温度下，直接转变为六方晶系钻石。

（三）低压法合成钻石

低压法是在钻石亚稳区（常压或低压条件下）进行外延生长钻石的一种方法。具体方法有以下几种：

1. 气相法

以气态含碳物质作碳源的生长钻石技术，是把甲烷、乙烷、丙烷、丙酮等气体在

1 000 ℃左右和分压在 0. 1～1 mm 水银柱高的范围内通过钻石晶种，分解出的碳沉淀在晶种上并外延生长钻石。此法生长速率慢、颗粒很细。

2. 液相外延生长法

以液态含碳物质为碳源的生长钻石技术，是利用温度和电解原理，把碳质原料在高温区熔进金属或合金熔体中，并在低温区析出碳作碳源，或使含碳液体电解出碳的离子，在晶种上外延生长钻石。所用的金属有铅、铜、铝、铋、金、银、锑、锡、锗等及它们的合金，在高温约 1600 ℃熔融，低温约 1250 ℃生长钻石，其生长速率约 2. 5 mm/ d (毫米/ 天)。所用的液体有好几种，如氟氯烷，电极上覆盖着氟化碳、钻石粉、硅、锗、碳化硅等作基底，用交流电源或脉冲直流电源进行电解。美国曾提出用此法生长大钻石单晶。

3. 气 - 液固相外延法

以气、液态含碳物质作碳源的生长钻石技术，是用 6000 W 氙灯作热源，用稍低于常压的含碳气体 (如甲烷) 充入灯内，焦点处放装有钻石晶种的石英容器，热解反应得到的碳通过熔 (溶) 媒金属到晶种表面进行外延生长。用这种方法得到的钻石，其直径为 10～50 mm，长 2 mm 的晶须和直径约 0. 1 mm 的球状钻石，生长速率平均 10 μm/ h (微米/ 小时)，最大可达 100～400μm/ h。1970 年在晶种的 (111) 面上长成了直径为 80 μm、长 120 μm 的晶须。

4. 常压高温合成法

是用常压高温冶炼技术获得钻石的方法。冶炼温度一般为 1400～1800 ℃，保温半小时或更长，冷却时间达几小时。生长的钻石为 0. 1～0. 5 mm，个别曾超过 0. 5 mm。

5. 地下核爆炸法

此法利用核爆炸产生极高压高温条件，采取一定措施，可达到高产、颗粒大、成本低的目的。

二、钻石合成工艺及装置

(一) 合成钻石的温压条件

从碳的相图上可以看出，石墨转化为钻石一般需要在 5～10 GPa 的压力和 1000～2000 ℃的温度下，借助熔 (溶) 媒才能合成。

钻石合成的温度和压力条件，因熔 (溶) 媒的种类不同而异。图 13 - 8 是几种熔 (溶) 媒金属在间接加热时合成钻石的温度和压力范围。图中 V 字形合成区的高温侧界线与相平衡线的走向一致。低温侧界线则因熔 (溶) 媒种类不同而不同，它是熔 (溶) 媒与石墨共晶温度。表 13 - 1 是各种熔 (溶) 媒合成钻石所需的最低温度和压力条件。

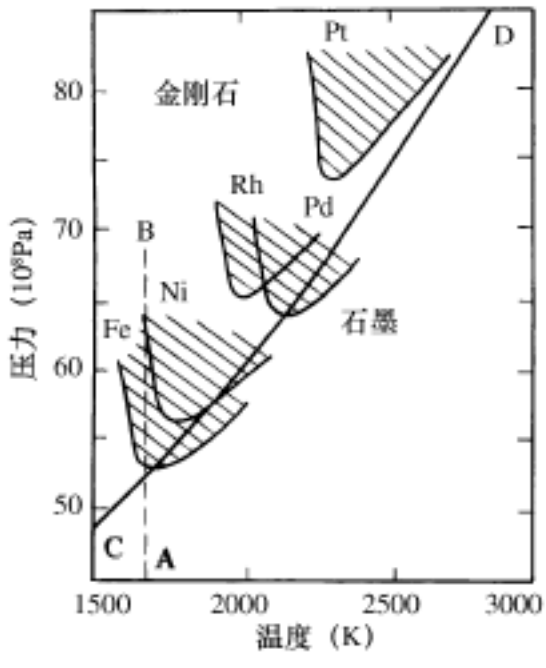


图 13 - 8　钻石可能合成的区域

(二) 合成钻石装置

1. 高压装置

合成钻石所需的高压一般是由油压机通过特殊的加压装置产生的。目前工业生产所采用的加压装置有三种：两面顶、四面顶和六面顶。

(1) 两面顶装置。图 13 - 9 是两面顶装置简图。它是由上、下两压砧（通称为顶锤）和中部一个压缸所组成。压砧呈截锥形状或典面截锥形状，具有大支承的效果。压缸腔体上下两端部与压砧相应呈锥形或喇叭形，同压砧之间有较小的角度间隙。两面顶装置

表 13 - 1　各种触媒金属合成钻石所需的最低温度与压力条件

触媒种类	压力 (10^8 Pa)	温度 (℃)
Ni-Cr-Fe (80, 14, 6%)	45	1150
Mn-Cu (92, 8%)	48	1400
Co	50	1450
Mn-Co (92, 8%)	50	1450
Ni-Cr	51	1450
Mn-Ni (92, 8%)	53	1475
Ni	55	1400
Pt-Co (80, 20%)	55	1500
Fe	53	1400
Mn	57	1500
Rh	63	1700
Ta	65	1800
Pt	70	2000
Cr	70	2100

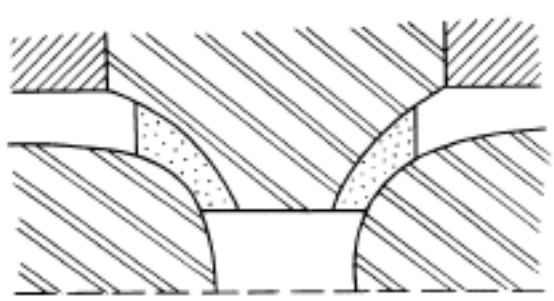


图 13 - 9　两面顶装置简图

一般工作压力达 65×10^8 Pa，温度达 2000 ℃，并具有操作简单，有效高压体积较大等优点；但压力、温度梯度较大，引线和对中心较难，组件较多等，有待进一步改进。

(2) 四面顶装置。如图 13 - 10 所示。它是由 4 个可移动的压砧按四面体形状所组成。每个压砧有 3 个斜面和 1 个三角形砧面。当四面顶压砧挤拢时，相邻的压砧斜面正好密合，砧面正好围成 1 个四面体空间。预制的试样必须大于这个空间，才能在压缩时产生高压力。压砧

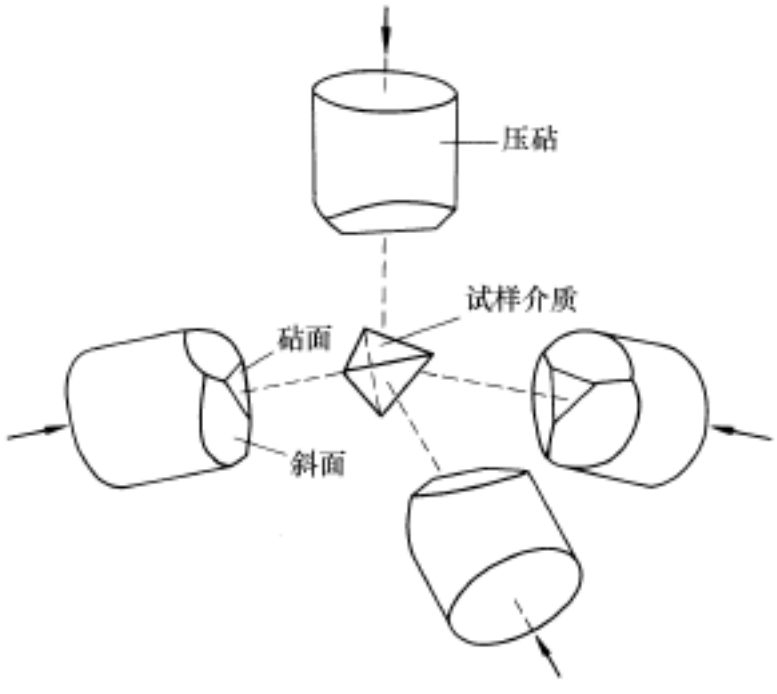


图 13 - 10　四面顶装置

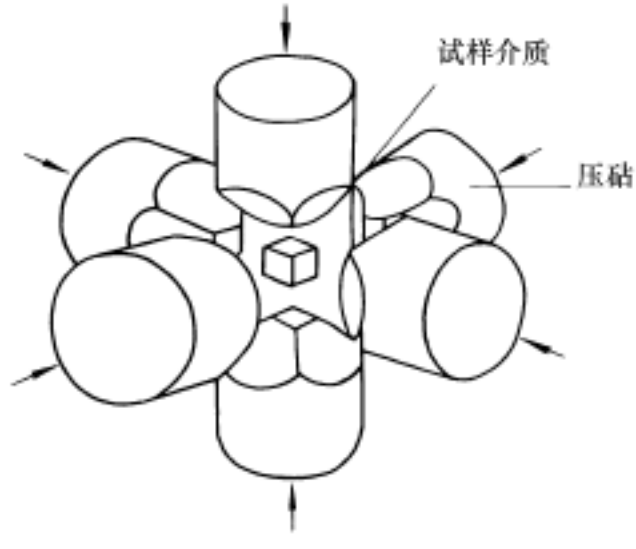


图 13 - 11　六面顶装置

数目增多，压力均匀性、压缩行程均增大，但同时也引起支承作用减少，装置复杂性增加。

(3) 六面顶装置。如图 13 - 11 所示。国内合成钻石基本上都用六面顶装置，由上下、前后、左右 3 对压砧组成。每个压砧有正方形的砧面和 4 个斜面。6 个压砧挤拢时，形成一个立方体的高压腔。各压砧多用多缸油塞来推动。在这种装置中，对中性能和压砧同步均不理想，可采用单向加压方式来加以克服。如上海硅酸盐研究所合成钻石的高压装置就是一种单向加压的六面顶压机。

四面和六面顶压机，一般工作压力达 (60～70) $\times 10^8$ Pa，温度达 2000～2500 ℃。

2. 加热方式

合成钻石所用的加热方式主要有两种：直接加热和间接加热方式。直接加热方式是电流直接通过试样 〔石墨和熔 (溶) 媒〕，由其本身电阻发热加热产生高温。间接加热方式是由电流流过试样外的特制加热管 (例如碳管) 产生热量，对试样进行加热。如美国通用电气公司 1970 年合成宝石级钻石，试样采用间接加热方式 (用碳管加热，用陶瓷管、陶瓷片绝缘)。直接加热优点是组件简单，加热时间短；间接加热优点是试样中温度梯度小。另外，还有直接和间接混合加热的方式。

(三) 原料

1. 碳质原料

合成钻石所用的主要原料为石墨。对其要求是石墨化程度高、晶形完整、晶粒大、纯度高，有适宜的气孔率。表 13 - 2 是石墨原料的技术参数。选用这样的石墨可以生产出晶形好、强度高、粒度大的钻石。

2. 熔 (溶) 媒金属或合金

熔 (溶) 媒不仅改变了钻石的合成条件，而且对钻石的质量、产量也有较大影响。如 $Ni_7O - Mn_3O$ 合金作熔 (溶) 媒合成钻石的产量高，用 $Ni_4O - Fe_3O - Mn_3O$ 作熔 (溶) 媒钻

表 13 - 2　石墨原料技术参数

牌号 / 项目	石墨化程度（%）	晶粒大小（μm）	晶形完整程度	电阻率（Ω·cm）	其　他
HSM	65～72	长 0.40 宽 0.16	石墨晶粒粗大，反射率强，内部不均一	0.00041	气孔率 23%～25%
cm^{-1}	85	长 0.12 宽 0.15	结晶纯度好，反射率强，内部均一	0.0010	
上海光谱纯碳棒	90			0.049	
吉林光谱纯碳棒	65～77	长 0.11 宽 0.05	结晶纯度差，每一个颗粒不均匀	0.00059	气孔率 23%～25%

石粒度较粗；而用纯 Co 合成的钻石晶形完整，抗压强度高。优选熔（溶）媒的原则是：

（1）结构对应原则。熔（溶）媒晶面上的原子排列要与石墨（0001）晶面上的单号原子（把石墨层中向上振动的原子编为单号，称为 1′、3′、5′……号原子，把向下振动的原子编为双号，称为 2′、4′、6′……号原子，如图 13 - 12 所示）相对应，而且原子间距要接近或等于钻石（111）面上的碳原子间距，即 0.251 nm。这就是说熔（溶）媒应具有立方面心结构，晶胞常数等于或接近钻石的晶胞常数。图 13 - 13 是石墨在熔（溶）媒镍作用下的转变及具立方面心结构的镍在（111）面上原子排列情况。

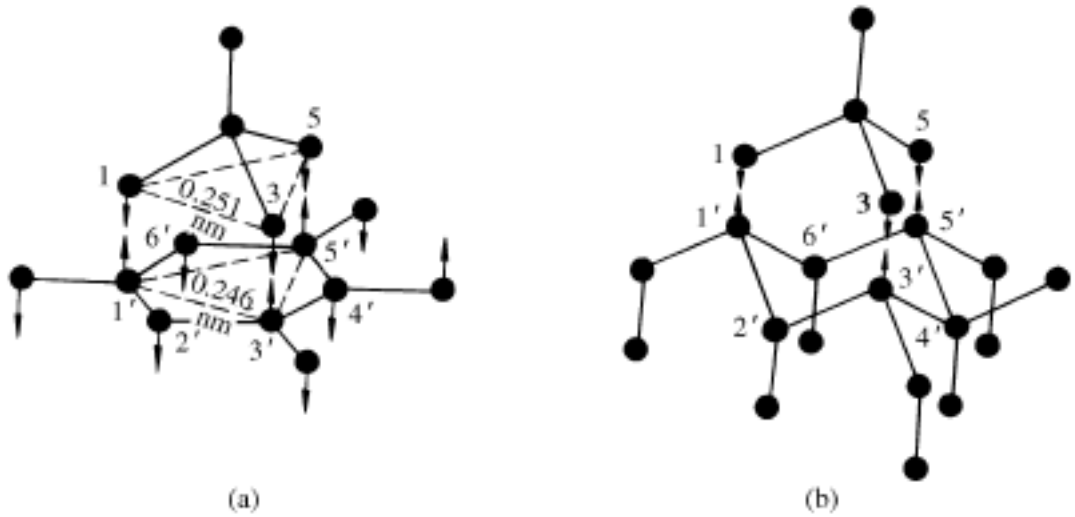


图 13 - 12　石墨在金刚石作用下的转变

（a）转变前；（b）转变后

（2）定向成键原则。熔（溶）媒网面结点密度最大的晶面〔如（111）面〕上的原子要与石墨（0001）晶面上的单号原子在垂直方向上成键，成键能力越强，效果越好。

（3）低熔点原则。熔（溶）媒应选择熔点低一些的，以延长设备寿命，同时有利于掌握工艺过程。

使用熔（溶）媒时，还要注意它的金相组织，要求它的晶粒应尽可能大。

3. 叶蜡石

叶蜡石是常用的传压介质，它起着传压、密封、耐高温、热绝缘、电绝缘、支承试样和支承压砧等作用。叶蜡石在常压下熔点为 1400 ℃；在压力较高时，叶蜡石（$Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$

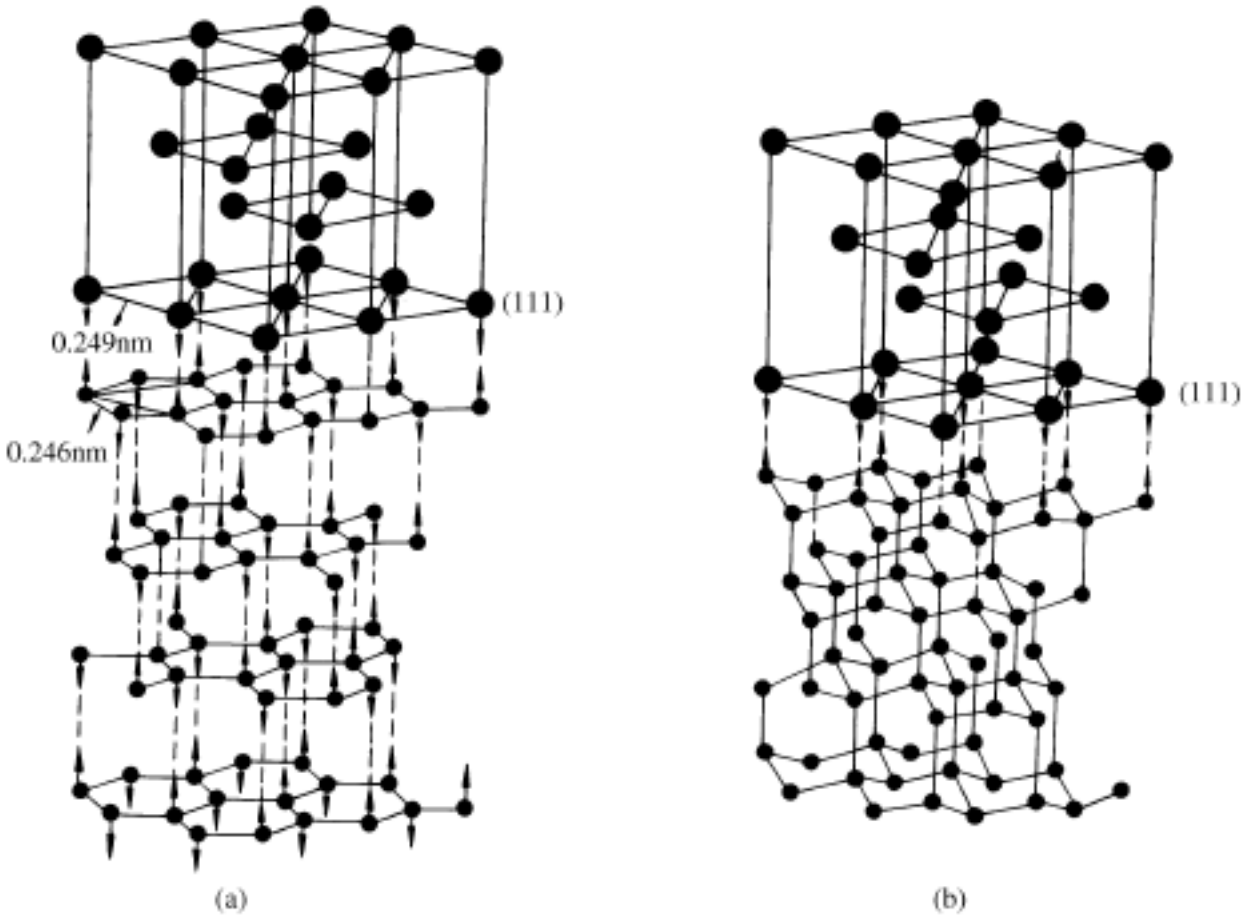


图 13 - 13　石墨在触媒作用下的转变

(a) 转变前；(b) 转变后

·H_2O) 可以转变成蓝晶石（Al_2O_3 · SiO_2）和柯石英（密度大的高压石英），相对密度由 2.8 增加到 3.3，熔点升高，以致在 50×10^8 Pa 左右加热到 2700 ℃时还不熔化。但这种相变过程必然会引起试样上压力的变化（即相变形成一个硬度为 7 的硬壳，对传压不利）。叶蜡石中的结构水在高温高压下会促进叶蜡石相变成蓝晶石和柯石英，影响压力的传入。如果把叶蜡石中的结构水脱去，可以阻止这种相变发生。处理的办法是将叶蜡石在电阻炉内烧到 950 ℃进行脱水。为了提高叶蜡石的传压性能，成型加工可采用粉末成型法。

(四) 合成钻石的工艺过程

1. 合成件组装

一般使用块状和片状熔（溶）媒金属或合金较多，合成件组装的方式是将一层石墨一层熔（溶）媒金属或合金片（块）间隔排列，装入已成型的叶蜡石块中。此外，还有粉状、管状或柱状等不同形态的熔（溶）媒金属或合金，就形成了如图 13 - 14 所示的各种组装方式。图 13 - 15 (a)、(b) 是合成大单晶钻石时，较好的两种组装方式。

2. 升温升压方式

选择合适的压力、温度和时间及这些参数的控制，可以解决增大粗粒比和提高质量等问题。具体方式有以下两种：

(1) 先加压、加温到所用熔（溶）媒生成钻石的最低压力、温度，然后保温几分钟到十几分钟，降温升压或恒温升压到选定的压力，并迅速加热到压力相应的平衡温度(生成钻石 V 形区的内侧)，保温几分钟，随即降温、降压。也可降温到生成钻石区的

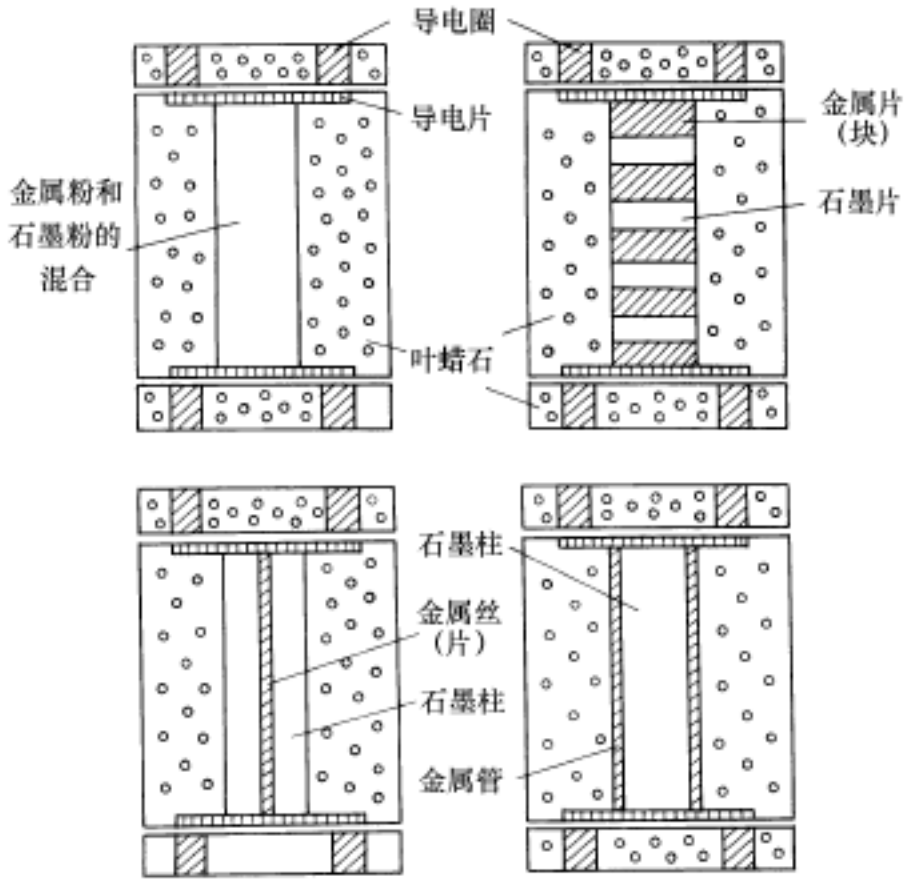


图 13 - 14　合成件的几种组装方式

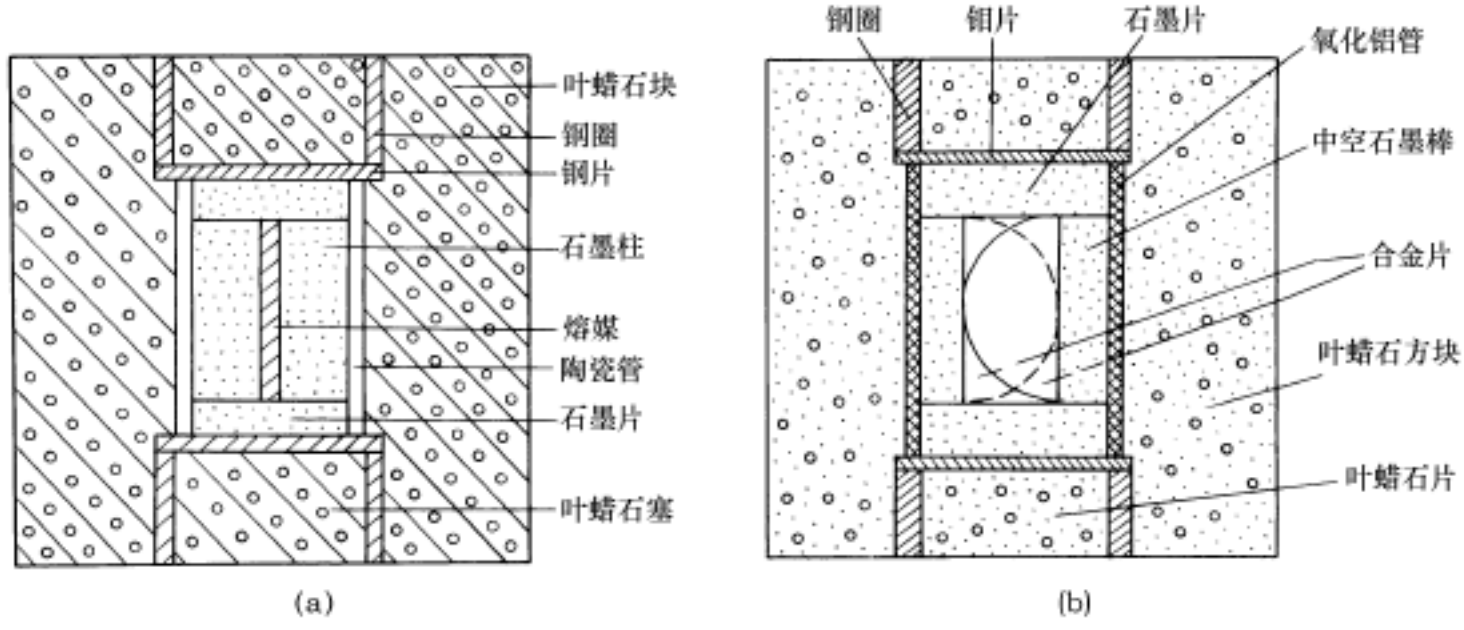


图 13 - 15　大单晶钻石的组装方式

最低限附近，保温一段时间后再降到室温和常压。用这种工艺过程获得的是磨料级钻石。

(2) 先加压到所用熔（溶）媒生成钻石的最低压力附近，升温到所选压力相应的平衡温度上限附近，保温少许时间，速升压到所选压力，降温到生成钻石 V 型区内侧(即生成钻石的高温区)，保温几分钟随即降温降压。也可以降温到生成钻石 V 型区的低温附近，保温后降温降压。采用这种工艺过程加温、加压能产生大晶粒、晶形完整、杂质少、抗压强度高的优质钻石晶体。

3. 合成钻石的提纯

合成钻石产品中除了钻石外，还有剩余的石墨、金属或合金、叶蜡石碎块等物。所以，必须经过处理才能得到纯净的钻石。

(1) 除去金属或合金

硝酸、王水等化学试剂都可以除去金属。在工业生产中，大量除去金属的方法还以电解法为好，并且成本低。

①硝酸浸泡法　将合成出来的混合体砸碎浸泡在30%左右的稀硝酸溶液中。几天后，金属或合金就可以被腐蚀掉。其反应原理如下（以去除铁为例）：

$$Fe + HNO_3 \longrightarrow Fe(NO_3)_3 + H_2\uparrow$$

②王水处理法　将合成后的混合体与王水（3体积浓盐酸和1体积浓硝酸的混合物）一起装在烧杯或耐酸容器中，置于电热板上加热。较短时间内，可使全部的熔(溶)媒金属或合金溶解。例如熔（溶）媒合NiCrFe片与王水的反应：

$$Ni + HNO_3 + HCl \longrightarrow NiCl_2 + NO\uparrow + H_2O$$

$$Cr + HNO_3 + HCl \longrightarrow CrCl_3 + NO\uparrow + H_2O$$

$$Fe + HNO_3 + HCl \longrightarrow FeCl_3 + NO\uparrow + H_2O$$

③电解处理　电解液配制方法：每升溶液中含有工业纯$NiSO_4$ 200 g，化学纯$MgSO_4$ 150 g，化学纯$FeSO_4$ 150 g，化学纯NaCl 2～3 g，化学纯H_3BO_3 5g。电解条件：电解电压6～8V，电解温度50～60 ℃，pH值5～6，电流密度在开始时为3A/cm^2，阴、阳极间距为30～40 mm。

电解方法：图13-16为电解装置，阴极材料为不锈钢，阳极电解篮由多孔材料制成。试样捣碎后装入电解篮中压实，放入电解槽内进行电解。隔一定时间把料压实一次，同时要保持电解液高度，定时取出阴极上的电解物。

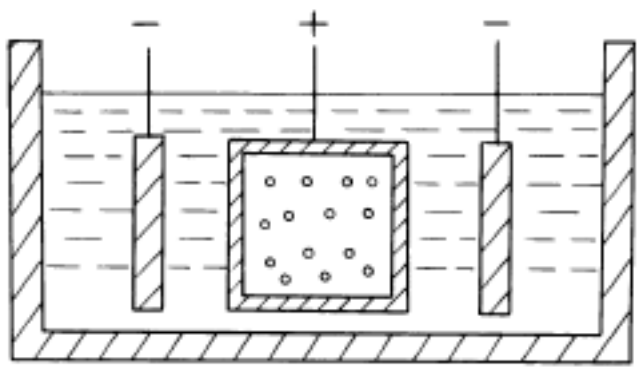


图13-16　电解装置

电解原理：以去除镍片为例。在电解过程中$NiSO_4$溶液电离生成Ni^{2+}离子移向阴极，并从阴极得到电子被还原而析出镍：

阴极：$Ni^{2+} + 2e \Longrightarrow Ni$

在阳极，因为镍原子比SO_4^{2-}易失去电子，所以镍片逐渐溶解，即镍原子失去电子被氧化成Ni^{2+}离子进入溶液，补偿了溶液中因在阴极上析出而减少的镍离子，使溶液中镍离子保持不变。电解过程，使阳极镍片逐渐溶解。

总的反应：$Ni \xRightarrow{\text{通电}} Ni$

(阳极溶解)　(沉淀在阴极表面)

(2) 除去石墨

一般采用两步处理法。第一步碳酸钠处理，第二步为高氯酸处理。另外还有其他的处理方法，一并介绍如下：

①碳酸钠处理法

原理:碳酸钠加热到 500 ℃左右,对石墨有一定的氧化作用。用此法可以粗除 70%～80%的石墨。

方法:将去除金属或合金的混合料与碳酸钠以 1∶5 比例均匀混合,然后置于镍坩埚中,在电炉内加热至 500 ℃,保温时间为 2 h。为了使反应均匀,要定时加以搅拌。取出坩埚后将料倒入烧杯中,用盐酸中和。静置 20～30 min

min 为时间单位,1 min = 1 分钟后,用水反复漂洗沉淀物直至干净 (水清),最后烘干。

②高氯酸处理法

原理:高氯酸是一种强氧化剂,加热后能使石墨缓慢地全部氧化。其反应如下:

$$HClO_4 \longrightarrow Cl_2 \uparrow + O_2 \uparrow + H_2O$$

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \uparrow$$

方法:在混合料中分数次加入高氯酸,其数量是混合料的 1/ 7～1/ 10。然后加热溶液,开始时冒白烟,溶液颜色由白变绿,再变成棕色直至红棕色,石墨氧化完毕。取下烧杯冷却,并清洗、烘干。剩余物为钻石和叶蜡石。

③硝酸—硫酸法

原理:利用石墨在温度为 280 ℃条件下与硫酸、硝酸反应,生成二氧化碳气体和易溶于水的物质,以清除石墨。

溶液配制:硫酸与硝酸的比例为 9∶1、10∶1 或 7∶3,各厂家不一样。

方法:将去除金属或合金的混合料置于烧杯中,加入混合料质量 10～20 倍的硫酸—硝酸混合液,置于电炉上加热至 140 ℃时,硝酸分解,有棕红色气体逸出。继续加热至 250 ℃时,溶液变成乳黄色,红棕色气体消失,并有少量 SO_3 气体逸出,此时反应完毕,整个过程约需 30～40 min。取下烧杯并冷却至室温,滤出溶液 (留下次再用)。将杯内沉淀物洗至中性,然后烘干。

④硫酸—碘酸钾法

原理:碘酸钾 (KIO_3) 在硫酸中成为酸式碘酸钾 ($KIO_3 \cdot HIO_3$),在高温时分解出碘和氧,均是较强的氧化剂,能与碳发生反应,生成二氧化碳气体。

方法:将去除金属和合金的混合料放入硫酸—碘酸钾混合液中,加热至 120 ℃,溶液开始与碳发生反应,并有碘蒸气逸出。1 g 碳需消耗 10～14 g 碘酸钾。

⑤硫酸—铬酐法

原理:不仅硫酸具有很强的氧化性,铬酐 (CrO_3) 也是很强的氧化剂。所以两者的水溶液在高温时,能使石墨氧化,而达到分离碳的目的。其反应原理如下:

$$C + H_2SO_4 + CrO_3 \longrightarrow Cr_2(SO_4)_3 + H_2O + CO_2 \uparrow$$

方法:将混合料与硫酸和铬酐水溶液均匀混合,加热至 120 ℃,逸出 CO_2 气体,溶液由白色变绿。1 g 碳需消耗 10～15 g 铬酐。

⑥氧化铅法

原理:PbO 是一种半导体,其导电性主要靠空穴,故称为空穴半导体或 P 型半导体。在空气中加热,由于吸收了氧使之活化,并导致活化氧与石墨之间的电子转移,而完成石墨被氧化成二氧化碳的反应。

方法：将除去熔（溶）媒金属或合金的混合料洗净、烘干、粉碎，过 20# 筛，并与 PbO 以 2∶1 的质量比混均。加热到 500 ℃，保温 2 h，同时通空气 4 L/ min。反应结束后，加入 HNO_3 使 PbO 成为溶液〔$Pb(NO_3)_2$〕回收。沉淀物洗净、烘干。

(3) 除去叶蜡石

通过除金属和石墨，剩下来的就是钻石和叶蜡石了。目前去除叶蜡石最常用的方法是氢氧化钠处理法。

原理：叶蜡石是层状硅酸盐，高温下与氢氧化钠反应生成硅酸钠和偏铝酸钠等溶于水的物质。反应过程是：

$$Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O + NaOH \longrightarrow NaAlO_2 + Na_2SiO_3 + H_2O$$

方法：把钻石和叶蜡石的混合料倒入不锈钢坩埚内，按 3∶1～4∶1 比例加入氢氧化钠，在电炉内加热到 650 ℃±20 ℃，保温 1 h，使叶蜡石全部熔融为止。冷却后取出，倒进温水加热，使生成物溶解，倒去废液，用水清洗沉淀物，然后用 5%稀盐酸中和，再经漂洗，干净后烘干，此时即为纯净的合成钻石。

三、化学蒸汽沉淀法合成钻石

早在通用电气公司、瑞士的 ASEA 实验室、戴比尔斯等机构陆续成功地用高温高压法合成了钻石，并开始商业性生产之前，WG Eversole 就成功地从亚稳定状态的气体中合成出了钻石。由于合成速度极慢，化学蒸汽沉淀合成钻石的方法（又称气相法）一直被人们冷落了二十多年。直到 1974 年，位于日本筑波的日本无机材料研究所用这一方法合成钻石，取得了重大突破，并于 1981 年正式向世人公布他们的实验成果之后，各国的研究人员才开始将合成钻石的研究及开发的重点放在这一方法上。今天，化学蒸汽沉淀（CVD）法合成钻石的技术已获得了飞速的发展。

1. 化学蒸汽沉淀法合成钻石的基本原理

将甲烷和氢气两种气体输入一直径约为 50 mm 的石英管中，石英管的压力保持在 5%大气压，管的中央部分放置一非钻石材料制成的基座（通常用硅材料。合成钻石将在基座上沉淀下来）。由微波产生的等离子输入石英管后，将使管内温度加热至 800 ℃左右，甲烷气体分离后的碳将沉淀在基座上，合成出多晶质钻石。

2. 化学蒸汽沉淀法合成钻石的优点

(1) 合成钻石不必在钻石籽晶上生长，它可以在各种材料的基座上沉淀下来。

(2) CVD 是一种低温、低压合成技术，压力接近大气压（0.01～1 大气压）、温度则在 700～1000 ℃之间，因而更为经济。

(3) CVD 合成的是一种多晶质钻石，钻石晶体随机排列，这使得它比单晶钻石更具韧性，而且更易合成大面积的钻石。

(4) CVD 方法可以直接在各种材料表面上生长钻石膜，而且理论上钻石膜的面积、厚度、形状等均不受限制，这使其在切割工具、光学、抗腐蚀、散热、半导体等领域具有独特的应用前景。

另外，高温高压合成钻石主要由几家大公司垄断，而 CVD 法的研究和开发是开放性的。因此，CVD 法的合成工艺更加多样化，参与开发生产的企业、机构众多。预计

21 世纪，钻石膜将会给人们的日常生活和高科技领域创造更多的价值。

四、合成钻石的应用

由于钻石具有高硬度、低磨擦系数的机械性质；高热导率、低热膨胀系数的热学性质；不与酸碱发生反应的化学稳定性；从紫外光谱一直到微波段的透明性、高折射率的光学性质和极宽的带隙、极高的击穿电压、高的电子迁移速率、高的空穴迁移速率、低的介电常数、紫外电光效应、负的电子亲和力等电学性质，使得钻石的应用从传统的以切、磨、钻为主的钻石工具拓宽到高技术的各个领域。

(1) 利用钻石的机械性质、热学性质和化学性质，可使合成钻石在钻石工具、磨蚀材料、轴承、航空器的高强度复合外壳等方面得到广泛的应用。

(2) 利用钻石的机械性质、热学性质、化学性质和电学性质，可使合成钻石作为散热片、高温高频电子仪器、电容器、真空管、超级计算机的三维多芯片模块等方面显示出特有的优越性。

(3) 利用钻石的机械性质、热学性质、化学性质和光学性质，可使合成钻石在各种光谱的光学窗、激光窗、雷达天线屏蔽器、滤光器、传感器、探测器、光学开关、波导、光学设备、扬声器、音响设备等方面具有广阔的应用前景。

第四节 天然钻石与合成钻石的鉴别

长期以来，合成钻石或由于粒度小或由于成本昂贵，一直未具有商业价值，对合成钻石的鉴定研究也为人们所忽视。自 20 世纪 90 年代以来，随着合成技术的不断改进和完善，合成钻石及经人工处理改色的钻石已成为商业事实。这给钻石的鉴定又提出了新的课题与挑战。

合成钻石是在高温高压下快速生长形成的，它与天然钻石的形成条件不同，因此，在某些宝石学特征方面与天然钻石也存在着差异，这是鉴定合成钻石的基础。从目前的研究成果来看，区别天然钻石和合成钻石主要有以下几个方面：

一、颜色

合成钻石的颜色可以是近无色、浅黄色、黄色和蓝色，几乎包含天然钻石的所有颜色。但仔细观察颜色的细微变化，也可得到某些有用的鉴别依据。大部分的合成黄色钻石为高饱和度，比天然黄色钻石颜色艳丽并带有棕色，而天然黄色钻石颜色柔和纯正。近于无色的合成钻石总带有浅灰、浅蓝、微黄、黄绿色调。而天然的近无色钻石总是带有黄、褐色色调。天然黄色钻石（Ⅰa、Ⅰb + ⅠaA 型）经辐照退火处理后多呈橙黄、棕黄、黄色；而合成黄色钻石（Ⅰb 型、Ⅰb + ⅠaA 型）经辐照退火处理后多变为橙红、桃红，甚至红色。合成蓝色钻石也比天然蓝色钻石颜色鲜艳，天然蓝色钻石的颜色普遍浅淡明亮。

二、晶体形态

天然钻石的晶形常为八面体、菱形十二面体的单形、聚形或不规则（尤其是蓝钻）形态。由于熔蚀作用常使晶面、晶棱弯曲，晶角钝化，呈浑圆状外观，且晶面上常有与生长结构有关的三角形、四边形、网格状、锥形等蚀像。

合成钻石的晶体基本为八面体、立方体组成的聚形，并在少量的晶体上出现晶面发育不全的菱形十二面体、四角三八面体等单形。在合成钻石的晶体中总能找到天然钻石中很少出现的立方体面，且晶面平坦，晶棱锐利，晶角尖锐。晶面上具有与天然钻石晶体表面特征完全不同的枝叶脉状、树枝状或其它不规则状的表面形貌特征。另外，查塔姆合成钻石粗糙的立方体接种面上总是残留有垂直八面体 L^4 方向的籽晶片，沿四边形籽晶片对角线方向指向合成钻石的立方体生长区，籽晶片的存在为鉴定合成钻坯提供了诊断性的证据。

三、内部特征

1. 包裹体

在宝石显微镜下，仔细地观察钻石内部的包裹体，有时能准确、快速地鉴别出天然钻石与合成钻石。如果钻石中能见到一些透明的有色或无色的矿物包裹体，如石榴子石、透辉石、顽火辉石或钻石等，则表明为天然钻石。若在其内部发现有一些不透明的，且在反射光下呈金黄色、银白色、黑色具金属光泽，外观呈浑圆状、棒状、板状、针状及各种不规则状或少量的结晶状，并显示有磁性的合金包裹体（见图版Ⅷ），则表明为合成钻石。其中针状合金包裹体多沿籽晶幻影区向外呈放射状展布，并密集在八面体的初始生长区内或沿三维立体方向排列构成“鹰架”式结构。这些合金包裹体经化学分析认为主要与触媒剂中的铁和镍及不等量的铜、硫、硅等元素有关。在天然钻石中，唯一能与合金包裹体相混淆的就是金属硫化物磁黄铁矿或镍黄铁矿，所幸的是，这些金属硫化物包裹体的周围多伴生有一系列的张性裂隙。这种包裹体与裂隙的组合形式，至今为止，在合成钻石中尚未发现。除此之外，在合成钻石的内部总是或多或少地存在尘埃状微粒，随机或沿一定的结晶生长区呈弥散状分布。

2. 籽晶幻影

合成钻石的籽晶片在切磨的过程中虽已切除，但沿四方形籽晶片向下生长而形成的似四方单锥状生长区，便以籽晶幻影这一形式在钻石中被保留下来。观察籽晶幻影需利用显微镜在暗域照明的条件下，调整合适的角度才可发现。通常情况下，籽晶幻影区多位于钻石的中央，呈较规则的四方形轮廓，其边缘有似贝壳线的细亮线。沿籽晶幻影对角线方向展布的十字形细线，指向立方体生长区。

3. 生长结构

如果钻石的净度较高，难见包裹体，系统地检查钻石内部的生长结构也有助于区别天然钻石与合成钻石。天然钻石主要出现八面体内部生长带，并存在平行八面体面的平直或交叉状纹理，极少情况下可见“云状”立方体生长带。而合成钻石可出现立方体、八面体、菱形十二面体、四面体等多种内部生长带，其特征可通过紫外荧光和阴极发光

的分带性显示。纹理多为不规则交叉状与八面体、立方体有关的“砂钟”式样及四边形纹理。

4. 颜色分带

色带分布的特点也是鉴别天然有色钻石和合成钻石的有用证据。若在散射照明的条件下观察，大多数的天然黄色钻石和蓝色钻石的颜色分布是均匀的。有时可见平行分布的或斑块状的色带，而大多数合成钻石的颜色分布是不均匀的。合成的近无色钻石有时可显示极浅的灰蓝、黄或绿的颜色分布。合成的黄色钻石及蓝色钻石常显示“砂钟”式样或其他几何图形，如四边形、八边形、柱形等色带。色带或模糊或清晰，显示出从深到浅的色区。

四、紫外荧光

紫外荧光对于区别天然钻石和合成钻石十分有效，它们不仅在荧光的颜色上，而且在颜色的分布方面有明显差异。天然钻石在长紫外线照射下多见蓝色及少量的黄色荧光，而在短紫外线下无或者有较弱的蓝色、黄色荧光，并且荧光效果呈均匀状或不均匀的带状分布。而合成的黄色钻石则在长、短紫外线照射下发中—强的黄绿色荧光，并且短紫外线的荧光强度强于长紫外线的荧光强度。发光区仅限于钻石中央籽晶幻影与初始生长区之间的狭窄区域内。在籽晶幻影的边缘部位荧光强，向对角线方向逐渐减弱（图版Ⅷ）。荧光的几何对称图形明显地受控于各生长区，可反映出明显的内部生长带结构特征。目前，查塔姆合成无色钻石发射的荧光特征明显地有别于早期合成的黄色钻石。在短紫外光的激发下，合成无色钻石均发射强度不等的蓝白色荧光，并伴有蓝色磷光，特征的几何对称分区生长结构表现得不甚明显。

五、阴极发光

合成钻石的阴极发光组合图像是鉴定合成钻石的诊断性依据。

天然钻石在其复杂的生长过程中，所带入的杂质氮是引起发光的主要因素。该元素的含量和分布状态所表现出的阴极发光的颜色、强度和分布的特殊图像，被称为钻石的“指纹印”。

由于天然钻石与合成钻石的生长环境和生长时间有明显差异，因而它们反映出的阴极发光图像也明显不同。合成钻石的阴极发光图像，整体上强化了短紫外光激发下合成钻石特征，阴极发光所具有的几何对称生长分区更加明显。在紫外光下基本不发光的籽晶幻影区，在阴极射线的作用下部分可发光。一般情况下，八面体生长区的发光强度大于立方体生长区，并在各生长区内发育有醒目的平直或带状分布的生长纹理（图版Ⅷ）。近期查塔姆合成无色钻石的阴极发光图像相对比较简单，具体表现为立方体生长区发光微弱，呈不规则的暗十字交叉状，八面体生长区发强的白垩状蓝色荧光，并伴生带状和镶嵌状生长结构。而大多数的天然钻石表现出单一、均匀的蓝色荧光，并伴生连续、规则的八面体生长环带结构，仅少数钻石显示出由曲线和直线构成的复杂图形。

六、光谱检查

用手持式分光镜和台式分光镜检查合成的黄色、褐黄色钻石很有效。“好望角”系列的天然钻石在可见光谱中显示 415 nm、425 nm、478 nm 的吸收线。其中 415 nm 的吸收线，可视为天然钻石的特征吸收。经辐照退火处理的钻石常显示 496 nm、503 nm、594 nm、637 nm 的吸收谱线。合成钻石中的氮杂质对可见光的选择性吸收可导致从 530 nm 开始到 300 nm 宽的吸收带。另外，大多数的合成钻石，在常温下的可见光谱中没有 415 nm 处特征的吸收线，但在液氮低温状态下，可有 658 nm 的吸收峰，它可能与金属镍的存在有关。合成的黄色钻石经红外光谱测试，除显示孤氮的吸收峰外，还显示双原子氮及集合体氮（B）的混合型吸收峰。查塔姆合成无色钻石的红外吸收光谱显示钻石中基本无氮，在 2800 cm^{-1} 附近出现特征的吸收峰及特征的 271 nm 紫外吸收峰。

七、磁性检查

合成钻石常含合金包裹体，这些包裹体或大或小，有时肉眼即可观察到。合金包裹体多具有磁性，可被强磁性物质（磁铁）吸引。在检查过程中，将钻石系在一条丝线上，挡住气流，用磁铁靠近，然后摆动磁铁，合成钻石则随磁铁平行摆动，而天然钻石则毫无反应。

八、异常双折射现象

许多天然钻石由于在自然界的条件下生长而成，会受到各种应力的作用显示出异常双折射现象。主要表现为不规则的带状、星状、斑块状、波状、格子状及环绕包裹体的十字形图案。有时平行于八面体晶面还可以出现干涉色。而合成钻石在形成之后并未受到强烈的应力作用，一般来说，无异常双折射现象，有时呈十字形交叉亮带，通常沿籽晶幻影对角线方向扩展。转动样品 360°，其异常双折射图形保持不变。观察异常双折射现象最好将样品放入二碘甲烷溶液中。

上述几个方面的特征，并非在每个合成钻石中均可观察到，而需要综合鉴定。随着合成钻石的日益商业化，对合成钻石的鉴定必须更为细致、全面、系统才行。同时还会总结出更好、更成熟的鉴定方法。下面附有天然钻石与合成钻石鉴别表（表 13 - 3 至表 13 - 5）。

戴比尔斯 DTC 研究中心最近研制了两种鉴别天然钻石与合成钻石的仪器。其一，被称为“Diamond Sure”。它是根据所测宝石是否存在 415 nm 的吸收线（大量天然钻石中均有这一谱线，而合成钻石中尚未发现）而设计的。该仪器体积为 268 mm×195 mm×107 mm，重 2.8 kg。装有一光纤探头，只要把已抛光的裸石或已镶嵌的钻石台面紧贴探头尖端，便可进行快速检测。若在仪器的液晶显示器显示出：“PASS”（即为天然钻石）或“REFER FOR FURTHERTESTS”。另一种仪器称为“Diamond View”，其原理是测量钻石表面的发光影像，从而确定钻石的生长结构。因为天然钻石与合成钻石的生长结构不同，所以天然钻石与合成钻石的发光类型有明显的区别。基于此，训练

有素的操作者可正确鉴别出所测钻石是天然的还是合成的。该装置由发光成像单元和特别配置的电脑两部分组成。发光成像单元有一 TV 摄像机，把钻石放在特制的裸石夹具和戒指夹具上按说明程序测量即可。

表 13 - 3　天然钻石与合成钻石鉴别表（一）

鉴定特征 \ 类型		无色—接近无色系列	
		天然成因 Ⅰa 型　Ⅱa 型　Ⅱb	合成成因 Ⅱa 型　Ⅱa + Ⅰb + Ⅱb 混合型
颜色		Ⅰa 型（普遍）：无色一微黄—棕或黄绿色 Ⅱa 型（极少数）：无色或微棕—灰色 Ⅱb 型（极少数）：无色或微灰色	Ⅱa 型：无色—接近无色 混合型，有时呈浅灰、浅蓝、浅黄、浅绿，因小的内部生长区内有杂质（B、O 或 Ni）
质量		毛坯可超过 100 ct，刻面成晶可超过 100 ct	实验室合成毛坯可达 3 ct，刻面成晶至今仍不足 1 ct
原始晶形		Ⅰa 型：八面体（常因出现其他单形而纯化，有时见双晶），部分晶体呈不规则的凸晶或蚀象 Ⅱa 型：晶体呈不规则外形	立方体｛100｝面与八面体｛111｝的聚形；棱角尖锐，表面平坦；晶面常出现树枝状或蕨叶状图案、条纹、生长边及其他不同于天然钻石的表面特征
放大检查	生长带	只有八面体内部生长带存在。偶尔有云状立方体生长区在晶体中心构成花形图案	出现多种内部生长带，如八面体、立方体、菱形十二面体、四面体。可由紫外荧光和阴极发光的分带性揭示
	内部颜色分带	绝大多数均匀，但不绝对	混合型：偶尔轻度不匀的颜色分布，因存在小范围的Ⅰb 型（黄色）和Ⅱb 型（蓝色）的生长区。它们在刻面成晶中产生极浅的灰、蓝、黄或绿色调
	纹理	纹理层（有时带色）常平行于八面体晶面，也可构成十字形影线或席状结构	Ⅱa 型：极少数或无纹理层出现。因为内部生长区中无杂质元素，不同生长区间折射率无差别 混合型：有时见轻微纹理
	应变异常双折射	弱—强的异常双折射。颜色多样。平行于八面体晶面成层分布，呈十字形。当从其他方向观察时，呈多种干涉色镶嵌的图案	弱异常双折射，有时呈黑十字形
	包裹体	偶见矿物包裹体，有钻石或橄榄石、石榴子石、尖晶石、辉石等有色矿物	常见助熔剂金属包裹体，反射光亮片状，透射光黑色不透明，长约 1 mm；一般深圆或拉长，或孤立或成群出现。常平行于晶体表面或沿内部生长带边界分布
	其他特征	裂理或解理发育，可见蚀像或其他蚀痕	见星散状包裹体，但对鉴定无诊断意义，通常无裂理和解理
紫外荧光	长波	极少数惰性，或有蓝、黄、橙色荧光，弱—强	惰性
	短波	惰性，或有蓝、黄、橙色荧光，弱—强	黄、绿黄或橙黄，弱—强
	紫外荧光相对强弱	一般长波强于短波或长、短波相同，极少数短波强于长波	短波强于长波
	紫外荧光分布	一般均匀，有时不均	分布不均匀，内部生长区成双排列，常呈四边形或八边形加十字形，有的显荧光，有的显惰性。在内部生长区中荧光呈平行纹理的带状
	磷光	有时黄色（长波、短波），一般弱。持续 30 s 或更短	一般黄或绿黄色，中等到强（短波），持续时间很长，60 s 以上

续表

鉴定特征 \ 类型		无色—接近无色系列	
		天然成因 Ⅰa型　Ⅱa型　Ⅱb	合成成因 Ⅱa型　Ⅱa+Ⅰb+Ⅱb混合型
其他特征	阴极射线发光	常为蓝色，有时为其他色；Ⅰa型：可出现与八面体内部生长区排列相关的图案 Ⅱa型：可呈复杂网状或十字形交叉的席状图案	分布不均匀，成双排列的八面体内部生长区有些发不同色光，如黄、橙、蓝或绿，其他的不发光。发光性比紫外荧光明显，图案与之相似
	可见光发光性	若能观察到，一般为蓝色，极少数为绿色；分布常是均匀的	惰性
	可见光吸收光谱	Ⅰa型：“开普色”系列的有1条或多条清晰吸收线（415 nm、465 nm和478 nm处） Ⅱa型：无清晰谱线 Ⅱb型：无清晰谱线	无明显吸收
	其他	不受磁铁吸引	若存在硼元素，则有导电性，因含Fe、Ni等助熔剂金属包裹体，受强磁铁吸引

J. Eshigle E. Frisch I. reinitz，毛凌云译，1996。

表13-4　天然钻石与合成钻石鉴别表（二）

鉴定特征 \ 类型		黄色系列	
		天然成因 Ⅰa型 Ⅰb+ⅠaA型	合成成因 Ⅰb型　Ⅰb+ⅠaA型 Ⅰb或ⅠaA的辐照热处理型 ⅠaA的高压处理型
颜色		黄：灰黄—绿黄—棕黄色；浅—深（可呈棕色）。一般为Ⅰa型，极少数为Ⅰb+ⅠaA型。若经辐照及热处理后（t≥800 ℃），呈黄色（Ⅰa型）、桃红色—粉红色（Ⅰb+ⅠaA）一般为Ⅰb型，极少数Ⅰb+ⅠaA型。	Ⅰb或ⅠaA处理型：辐照处理的为橙—粉（或均匀红色）。中等—深。热处理（t≈800 ℃）的为粉—红ⅠaA处理型：黄—绿色—黄绿。中等。属高压下的热处理（1700～2100 ℃）
质量		毛坯可重达几百克拉，刻面成品可重达100 ct	实验室合成毛坯达34 ct，但大多数晶体只有1～2 ct或更小。刻面成品一般轻于0.5 ct，大者可有几克拉
原始晶形		八面体（常见出现其他单形而钝化，有时见双晶） 部分晶体呈不规则的凸晶或蚀像 Ⅰb+ⅠaA型可为立方体	立方体{100}与八面体{111}的聚形，也可出现菱形十二面体{110}。四面体{113，115}等单形的晶面 棱角尖锐，表面平坦。晶面常出现树枝状或蕨叶状图案、条纹、生长边及其他不同于天然钻石的特殊表面特征
放大检查	生长带	只出现八面体内部生长带，偶尔在核部出现云状立方体生长带	有不只一种内部生长带，常见的是以八面体生长带为中心，有环绕着4个八面体面，4个立方体面的生长带，还有附加菱形十二面体和四面体生长带。内部生长带通过颜色分布、紫外荧光、阴极发光及纹理等表现出来

续表

鉴定特征 \ 类型		黄色系列	
		天然成因 Ⅰa型 Ⅰb+ⅠaA型	合成成因 Ⅰb型　Ⅰb+ⅠaA型 Ⅰb或ⅠaA的辐照热处理型 ⅠaA的高压处理型
放大检查	内部颜色分布	一般均匀；有时不均匀，出现不规则斑纹状色带，或在晶体中心出现暗黄色带 处理型：有的均匀；有的出现不均匀色带	一般不匀，因存在不同内部生长区且其所含杂质元素的量不同。生长区有四边形、八边形、柱形、“砂钟”形等。色带从模糊到明晰变化，常出现从暗黄—浅黄的色区 经辐照和热处理的合成钻石出现粉—红—黄的色带。其中粉色和红色缘于辐照相对应生长带的影响
	纹理	纹理平行于八面体晶面成层展布，有时呈黄色或棕色。可构成十字形呈窗口状或席状结构	纹理层沿内部生长区间边界或平行某一生长区平面。纹理层常相交，出现“受阻象”表面（反射光下）和“砂钟”式的内部纹理（透射光下），其他形式的纹理也是可能的
	应变异常双折射	弱—强的异常双折射，颜色多样，平行于八面体晶面成层展布，呈十字形。当从其他方向观察时，呈多种干涉色镶嵌的图案	弱异常双折射，有时呈黑十字形
	包裹体	偶见矿物包裹体，有钻石或橄榄石、石榴子石、尖晶石、辉石等有色矿物	Ⅰb型钻石常含暗色针状或片状包裹体，常见助熔剂金属包裹体，反射光亮片状，透射光黑色不透明，长约1 mm。一般浑圆或拉长。或孤立或成群出现。常平行于晶体表面或沿内部生长区间边界分布
	其他特征	常有裂理或解理发育，可见蚀像或其他蚀痕	见星散状包裹体，但对鉴定无诊断意义。通常无裂理和解理
紫外荧光	长波	Ⅰa型：有时显惰性；若有，常呈蓝色或黄色，有时为橙色，极少数呈绿色，弱—强 Ⅰb+ⅠaA型：常无荧光。有时为黄色或橙色，弱 Ⅰa处理型：黄—绿色，弱—强 Ⅰb+ⅠaA处理型：橙色，常具绿色窄带，弱—强	Ⅰb型：惰性 Ⅰb+ⅠaA型：黄或黄绿色，弱—强 Ⅰb或ⅠaA处理型：在不同生长区上呈强绿加淡橙色，或仅淡橙色荧光 ⅠaA处理型：绿黄色，有时为黄色，很强
	短波	Ⅰa型：有时显惰性；若有，常呈蓝色或黄色，偶尔呈绿色，极少数淡橙色，弱—强 Ⅰb+ⅠaA型：常为惰性，有时为黄色或橙色，弱 Ⅰa处理型：橙色，常具绿色窄带，弱—强	Ⅰb型：惰性；或黄—绿色，弱—中等 Ⅰb+ⅠaA型：黄或黄绿色，弱—强 Ⅰb或ⅠaA处理型：强—极强绿色加不同生长区的淡橙色，或仅淡橙色荧光 ⅠaA处理型：绿黄色，强
	紫外荧光相对强弱	Ⅰa型：多数长波强于短波 Ⅰb+Ⅰa型：长波强于短波，极少数短波强于长波或两者相同 Ⅰa处理型：长波强于短波 Ⅰb+ⅠaA型：长波与短波相同或强于短波	Ⅰb或Ⅰb+ⅠaA型：短波强于长波 Ⅰb或ⅠaA处理型：长、短波相同或者短波强于长波 ⅠaA处理型：长波强于短波

续表

鉴定特征		类型：黄色系列 天然成因 Ⅰa型 Ⅰb+ⅠaA型	合成成因 Ⅰb型　Ⅰb+ⅠaA型 Ⅰb或ⅠaA的辐照热处理型 ⅠaA的高压处理型
紫外荧光	紫外荧光分布	多数均匀，极少不匀。富氢的天然钻石常显出几何形状的蓝色或黄色荧光区 Ⅰa处理型：一般均匀 Ⅰa+ⅠaA处理型：通常均匀，为带绿色窄带的橙色荧光带	分布不均匀，内部生长区成双排列，常呈方形或八边形加十字形，有的显荧光，有的无。在内部生长区，荧光呈平行纹理的带状
	磷光	一般为黄色（长波和短波），弱—中等，持续时间少于15 s	Ⅰb或Ⅰb+ⅠaA型：常为惰性，有时淡黄或绿黄色。能持续几秒钟 Ⅰb或ⅠaA处理型：极少数显弱绿色。持续几秒钟的磷光 Ⅰa处理型：黄色，中等—强（长波和短波）。持续30～60 s
其他特征	阴极射线发光	常为蓝色，有时为绿—黄绿等其他色，可出现十字形或与八面体内部生长区排列相关图案 处理型：常为绿色，形成与八面体内部生长带相关的图案	分布不均匀，成双排列的八面体内部生长区有些发不同色光，如黄、橙蓝或绿色，其他的不发光，发光性比紫外荧光明显，图案与之相似
	可见光发光性	有时为绿色或紫蓝色，弱—强。一般随纹理层分布 Ⅰa处理型：有时为绿色，弱—强 Ⅰb+ⅠaA处理型：有时为带绿色窄速成的橙色，弱—强	Ⅰb型：惰性 Ⅰb+ⅠaA：绿色，弱—中等。一般不均匀分布，与内部生长区排列有关 Ⅰb或ⅠaA处理型：有时为中等绿色；极少数为弱橙色 ⅠaA处理型：惰性或绿，弱—中等。一般分布不匀，与内部生长区排列有关
	可见光吸收光谱	Ⅰa型：“开普色”系列的有1条或多条清晰谱线（415 nm及潜在的423 nm、433 nm、452 nm、465 nm和478 nm处）。有时在496 nm和503 nm有弱吸收 Ⅰb+ⅠaA型：无清晰谱线 Ⅰa型：496 nm、503 nm和594 nm谱带 Ⅰa+ⅠaA型：503 nm、575 nm、595 nm、615 nm、625 nm、637 nm谱线	Ⅰa型：一般无明显吸收，有时658 nm处因合成宝石的冷却作用会有吸收 Ⅰb+ⅠaA型：600～700 nm可见几条清晰谱线，经冷却的合成钻石谱线位置是617 nm、627 nm、637 nm、647 nm、658 nm、671 nm和691 nm； Ⅰb或ⅠaA处理型：有时在503 nm、527 nm、553 nm、575 nm、595 nm、617 nm和658 nm处见清晰谱线 ⅠaA处理型：有时在473 nm、478 nm、481 nm、503 nm、511 nm、527 nm、547 nm、553 nm处有清晰谱线
	其他	磁铁不吸引	含Ni或Fe等助熔剂，易受强磁铁吸引

J. Eshigle E. Fritsch I. reinitz，毛凌云译，1996。

表 13 - 5　天然钻石与合成钻石鉴别表（三）

鉴定特征 \ 类型		蓝色系列	
		天然成因 Ⅱb 型	合成成因 Ⅱb 型　Ⅱb + Ⅱa 混合型
颜色		蓝—蓝灰；浅—深 注：辐照能使无色或浅色调（常为棕色）的Ⅱa 或Ⅱa 型钻石改成蓝色，少数含 H 杂质的也呈蓝色。此两类钻石宝石学特征完全不同于蓝色的Ⅱb 型合成钻石	蓝：浅—深（若有小的黄色内部生长带，也可出现浅绿或蓝色）
质量		毛坯可重于 100 ct，刻面成品重于 100 ct	实验室合成毛坯达 1 ct，刻面成品至今不足 1 ct
原始晶形		一般为不规则外形，极少数呈八面体，部分晶体呈不规则凸晶或蚀像	立方体｛110｝与八面体｛111｝的聚形，也可有菱形十二面体｛110｝、四面体｛113、115｝。棱角尖锐，表面平坦；晶面出现树枝状或蕨叶状图案、条纹、生长边及其他不同于天然钻石的表面特征
放大检查	生长带	只有八面体内部生长带存在	有不只一种内部生长带。常见的是以八面体生长区为中心，环绕着 4 个八面体和四面体生长区。它们通过颜色分布、紫外荧光、阴极发光及纹理等表现出来
	内部颜色分带	一般均匀，有时出现蓝—无色的明显色带	一般不匀，因存在不同内部生长区且其所含杂质元素的量不同。色带从模糊到明显，色区为浅蓝（或无色）—深蓝。可构成“砂钟”形
	纹理	通常无纹理，偶见白色调或“幻影”状纹理	纹理层沿内部生长带间边界或平行某一生长平面。纹理层常相交，出现“受阻象”表面（反射光下）和“砂钟”形的内部纹理（透射光下），其他形式的纹理也可能有
	应变异常双折射	弱—强的异常双折射，颜色多样，平行于八面体晶面成层分布，呈十字形。当从其他方向观察时，呈多种干涉色镶嵌图案	弱异常双折射，有时呈黑十字形
	包裹体	无矿物包裹体	常见助熔剂金属包裹体，反射光亮片，透射光黑色不透明，长约 1 mm；一般浑圆或拉长，或孤立或成群出现。常平行于晶体表面或沿内部生长区间边界分布
	其他特征	偶有裂理或解理发育，可见蚀像或其他溶蚀痕	见星散状包裹体，但对鉴定无诊意义。通常无裂理和解理
紫外荧光	长波	常显惰性；有时有橙—橙红色　荧光；弱—强	惰性
	短波	常为惰性；有时为黄白—蓝白；极少数为橙—橙红；弱—中等	黄或绿黄色，弱—中等
	紫外荧光相对强弱	典型的短波强于长波	短波强于长波
	紫外荧光分布	一般均匀	分布不均匀；内部生长带成双排列，常呈方形或八边形加十字形，有的显荧光，有的惰性，在内部生长带中荧光呈平行纹理的带状
	磷光	长波极少数显蓝白色，短波一般为蓝白色，极少数为黄色，橙—橙红色，弱—中等。持续 15 s	黄色：短波中等—强，持续 30～60 s

续表

鉴定特征 \ 类型		蓝色系列	
		天然成因 Ⅱb型	合成成因 Ⅱb型　Ⅱb+Ⅱa混合型
其他特征	阴极射线荧光发光性	常为蓝色，有时为其他颜色，常呈复杂的网状或十字形交叉的“常状图案”	分布不均匀；成双排列的八面体内部生长区有的发不同色光，如黄、橙、蓝或绿色。其他的不发光。发光性比紫外荧光明显，图案也相似
	可见光发光性	惰性	惰性
	可见光吸收光谱	无明显吸收	无明显吸收
	其他	电导性。磁铁不吸引	电导性。因含 Fe、Ni 等助熔剂可被强磁铁吸引

J. Eshingle E. Fritsch I. reinitz，毛凌云译，1996。

第十四章

钻石的销售

第一节 钻石原石的销售

世界钻石原石销售是一个非常特殊的市场，它由戴比尔斯（De Beers）下属的原中央销售机构（CSO，现为钻石贸易公司 DTC）单一渠道控制和垄断着。戴比尔斯拥有世界上最大规模的钻石矿山，每年生产钻坯的总量约占世界产量的 25%，价值约为全球总产值的一半。在 1934～1996 年间，每年可以分选、评价和销售世界 80%以上的钻石原石。来自主要钻石生产国的大部分钻石原石，均汇集在中央销售机构设立在伦敦的钻石估价部，按形状、色级、净度和大小，分选成 5 000 多个等级。再由 CSO 的钻石贸易公司（DTC）举行看货会，出售给 170 位 CSO 的配售客户（看货人）进行切磨和分销。但 1997 年以后，由于澳大利亚、俄罗斯等钻石生产国脱离 CSO 单一销售渠道，通过外围市场销售钻石，使 CSO 的控制量下降到 60%左右。2001 年 DTC 从 CSO 分离出来，成为戴比尔斯重组的合资公司，全面接替原 CSO 和原 DTC 的业务。目前全球钻石原石的 60%由 DTC 分级评价和销售。

一、钻石原石的分级

在钻石原石销售以前，需要对钻坯进行详细的商业分类。从矿山得到的成包钻石，通常是所有种类钻石的混合样，有些可能是世界各地不同钻石矿山的混合样，其形状、质量和大小变化很大，有高品级的钻石，也有劣等钻石。因此，必须首先将原矿分为工业用金刚石和钻石原石。对钻石原石进行分类有非常重要的意义：①因为对钻石原石的分级可确定加工后成品钻石的出成率高低，它直接影响着成品钻石的质量；②了解钻石切磨难易程度。如澳大利亚原石多为复杂的双晶，加工难度大，其钻坯的单位克拉价也低；③可确定成品钻石的琢型。钻石的琢型与钻坯的形态有很大的关系，八面体易切磨成圆明亮型，拉长、压扁晶体易切磨成祖母绿型等；④可大致确定成品钻石的品质。干净透明的钻坯，成品钻石的净度高。含分散状黑斑的晶体，成品钻石的净度低。钻石原石分类的依据是由钻石原石的形状、净度、色级和质量决定的。

（一）DTC 钻石原石分级体系简介

De Beers 有一套钻石原石分级体系，其基本内容如下：

1. 钻石原石的质量分级

质量是影响钻坯价格的重要因素，甚至是第一位的因素，大钻以称重分级，小钻则

按筛孔大小划分，具体分级标准见表 14 - 1。

2. 钻石原石的形状分级

钻石原石的形状，直接影响着成品钻石的形态和出成率及加工的难易程度。质量相等，净度、色级相同的两颗不同形状的钻石晶体，其价值可相差几倍。如：一颗 10 克拉的扁平状晶体，可能只切磨出几个数克拉的长方形钻石，而一颗完好的 10 克拉八面体晶体，则可切磨出一颗约 3.5 克拉和一颗约 1.5 克拉切工精湛的圆形明亮式钻石，三角薄片双晶往往加工成心型。钻石原石形状分级见表 14 - 2。

表 14 - 1　钻石原石的质量分级

质量分级	定义及分级方法
特级钻	质量大于 10.80 ct，每一颗均单独称重定价。这一质量等级的钻石，不包括在 DTC 正规看货的包裹内，只给有销售能力的少数看货人报价
大钻	质量在 2～10.80 ct 之间的钻石，此等级的钻石较大者称重分级，偏小者机械或人工筛分，其间每一等级的钻石都有账面价格
格令钻	质量在 0.75～2 ct 之间的钻石（3～8 格令）。通常是市场上常见的成品钻石的原石质量
小钻	是指筛号 + 11～3 格令之间的钻石。分级方法采用筛分
混合小钻	筛号 11 以下的所有小钻石，其质量范围可以从 8 颗/ ct～4 颗/ ct

表 14 - 2　钻石原石的形状分级

分级 / 质量	形状分级	定义及意义
大钻（大于 1 克拉）	规则钻（Stones）	晶形规则完整，可有轻微的变形。成品钻石出成率高，多切磨成圆明亮式琢型
	成形钻（Shapes）	形态较规则，晶体较完整，但有畸变。对出成率有一定影响，若畸变较明显时，也可影响成品钻的切工比例
	劈裂钻（Cleavage）	不规则形状的破裂钻石晶体，通常沿解理面破裂，常见大缺口，出成率低
	三角薄片钻石（Macles）	外观呈三角形状的三角薄片钻石双晶。多切磨成花式钻石，加工难度大
	扁平钻（Flats）	扁平状钻石碎块晶体，多切磨成花式钻石以最大限度保重
	立方钻（Cubes）	立方体晶体（包括浑圆状立方体，破裂但尚存轮廓的立方体，凹面立方体）
小钻（小于 1 克拉）	规则小钻（Melee）	具规则或较规则形态的钻石晶体
	劈裂小钻（Cleavage elee）	不规则形态有缺口的小钻石晶体
	扁平小钻（Maclesmelee）	扁平或三角形具双晶的小钻石晶体
	劈开片 Chipe	一些小劈裂片的钻石晶体
混合钻	Makeable 可制形	可直接按形状切磨出成品小钻石的钻坯
	Sawable 可锯形	可锯开或劈开后加工成小成品钻石的钻坯

钻石原石的形状非常重要，它最终影响成品钻石的形状和质量。完好的八面体钻石可以锯成两段，比一颗不规则形态的钻坯利用率要高得多。钻石原石的六种基本形状见图 14 - 1 所示。

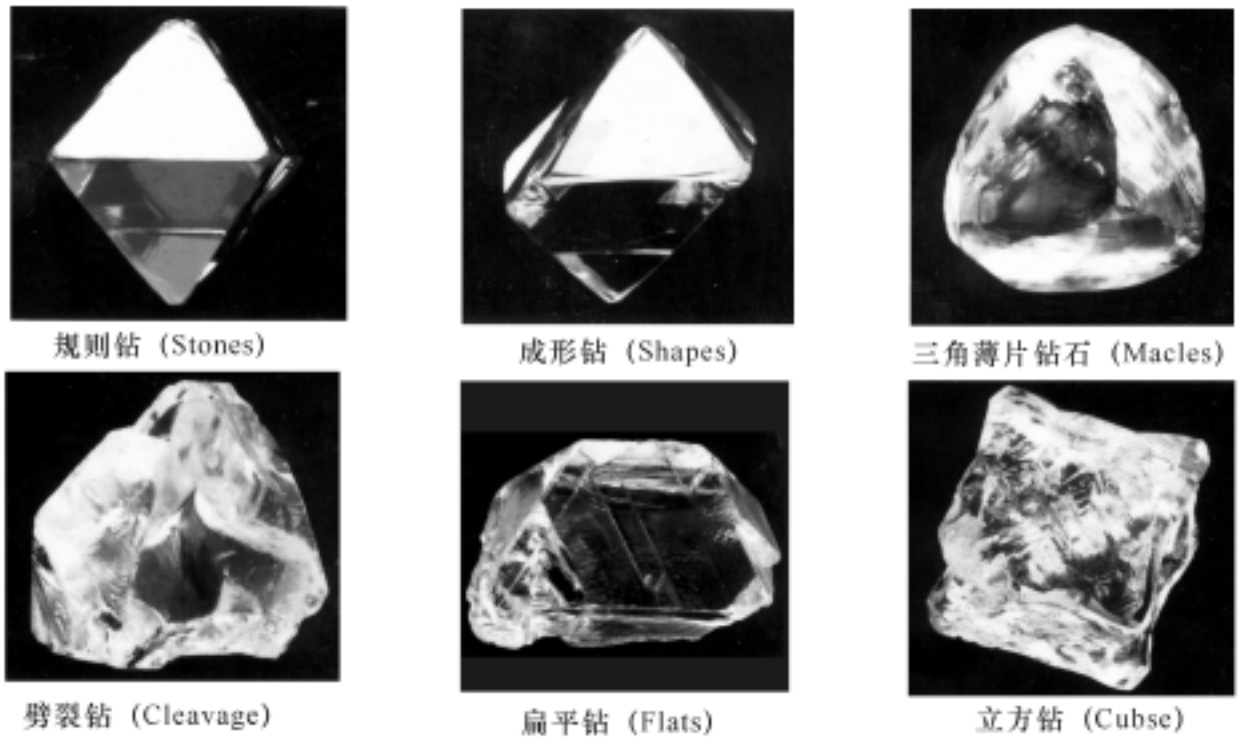


图 14 - 1　钻石原石的六种基本形状

3. 钻石原石的净度分级

钻石原石的净度分级，通常是用 6 倍或 10 倍放大镜，检查钻石内含物的数量、大小及在钻石中所处的位置。分级师通常把钻石晶体分为三个区，即中心区、中间区和边缘区。钻石边缘的一个黑点可能在切磨时被除掉，若黑点在钻石中心或一条裂隙穿过钻石，则品质大大降低。钻石原石中的内含物主要是指小深色包裹体、其他矿物包裹体、裂隙、云状物及妨碍光线穿过钻石的任何明显的特征。钻石原石的净度分级是一项极为细致的工作，并需要较高的技巧，分级师不仅要分辨出钻石原石表层或内部的净度特征，而且还要设想出切磨后的结果。只看外表没有用，必须考虑钻石内部情况。

对于可切割的钻坯，可以粗略地分为 5 种净度等级（也有报道分为 10 个净度等级，其编号分别为 1～10 级）。

(1) 干净透明的钻坯。

(2) 含小内含物但容易被切磨去除的钻坯。

(3) 含较大明显的内含物，但可以被切磨去除的钻坯。

(4) 含分散状小包裹体，其外观较暗的钻坯。

(5) 含明显黑色内含物，外观色暗的钻坯。

4. 钻石原石的颜色分级

钻石原石的颜色分级比较困难，有时晶体的内、外部颜色有差异。颜色通常易集中在晶体表面，这就需要分级师具有敏锐的判断力和丰富的分级经验。钻石原石的颜色分级同成品钻石的颜色分级的条件、步骤基本相似。只是在自然日光下利用比色石进行分级。在北半球，分级室通过安装在北面的大玻璃窗，让阳光透过而不直射在大的分级台板上，分级师面北而坐，进行颜色分级；在南半球则将玻璃窗安装在南面，分级师朝南而坐，进行颜色分级。

通常无—浅黄色的钻石原石可粗略地分为五大级别：

1 级　最高级白钻坯，颜色极白。

2 极　次高级白钻坯，颜色很白。

3 极　高级白钻坯，白色中微带黄色。

4 级　开普钻类，带黄色色调。

5 级　暗的开普色。

对于黄绿色、褐色的钻石另行分类。

目前，DTC 钻石研究所已设计出了钻石原石自动分级与称重机，主要对 0.1～0.5 克拉的小钻进行净度、颜色、形状分级；对 0.5～10 克拉的钻石还可自动称重及记录数字。其特点是效率高、速度快，每秒可处理 10 粒。

(二) 俄罗斯的钻石原石分级体系

俄罗斯的钻石原石分级与俄罗斯最大钻石垄断企业阿尔罗萨 (Almazy-Rossi-Sakna) 公司 (ARS) 采用的 CITY 体系 (与戴比尔斯粗分体系的主干相似) 一致。

CITY 分级体系也是按钻石原石的大小、晶形 (含变形程度和表面特征)、净度和颜色分级的，是目前已知的钻石原石分级体系中最系统、全面的一个，其主要形式见表 14 - 3 至表 14 - 7)。

表 14 - 3　CITY 分类体系大小分类的术语及其定义

大　类	类别	单颗钻石重/ 克拉	备　注
- 9	- 2	小于 0.01	* 本栏带正、负号的数字，都是钻坯分选筛的筛号。 * * GR 系 GRAINAR (格令钻) 的缩写。 * * * CAR 系 CARATER (克拉钻) 的缩写。 * * * * 大于 10.80 ct 的另行分类：10.80～50 ct 的叫“特号钻”(special)； 大于 50 ct 的叫“记名钻”，即可以享有单独的命名，并载入专门的目录。
	- 3 + 2 *	0.01～0.02	
	- 4 + 3	0.02～0.03	
	- 5 + 4	0.03～0.05	
	- 6 + 5	0.05～0.07	
	- 7 + 6	0.07～0.10	
	- 9 + 7	0.10～0.15	
+ 9	- 11 + 9	0.15～0.30	
+ 11 - 3GR	- 12 + 11	0.30～0.65	
	3GR * *	0.66～0.89	
4 - 6GR	4GR	0.90～1.19	
	5GR	1.20～1.39	
	6GR	1.40～1.79	
+ 1.8	8GR	1.80～2.49	
	10GR	2.50～2.79	
	3CAR * * *	2.80～3.79	
	4CAR	3.80～4.79	
	5CAR	4.80～5.79	
	6CAR	5.80～6.79	
	7CAR	6.80～7.79	
	8CAR	7.80～8.79	
	9CAR	8.80～9.79	
	10CAR	9.80～10.80 * * * *	

表 14 - 4　CITY 分类体系净度分类的术语及其定义

PUALITY	缩写	净　　度
TOP	TOP（1Q）	净度一级——用六倍放大镜观察无瑕或有勉强能看到的、加工过程中可以去掉的单个的点状瑕疵。
SPOTTED	SPT（2Q）	净度二级——有斑点状的深色瑕疵，加工时减少一点儿质量即可获得较高净度的成品钻石。
SPECULATIVE	SPEC（3Q）	净度三级——有瑕疵，包含一定风险，工人技术熟练程度高时可以获得高净度的成品钻石。
DARK	DK（4Q）	净度四级——深色瑕疵，晶体一半干净，一半有瑕，做首饰钻不合算。
BLAK	BLK（5Q）	净度五级——两半都呈深色、黑色，包含大大小小的瑕疵，酌情判定石头属于四个黑度中的哪一个。

表 14 - 5　CITY 分类体系晶形分类的术语及其定义

分类术语	缩写	定　　义
STONES	ST	大于或等于 + 1.8 的完整晶体 *，以及轻微变形（变形率 * * 1.25 以下）的晶体
SHAPES	SH	明显变形的 + 1.8、+ 9 的完整晶体；变形率为沿二次对称轴 1.25～2.0，沿三次对称轴 1.3～2.0
CLEAVAGE	CL	变形率达 2.99 的有断面的晶体、碎块、残片 *
FLATS	FL	沿三次对称轴严重变扁的平晶面晶体或椭圆形晶体
MACCLES	MAC	平晶面或晶面浮雕不严重的完整的板状双晶和尖晶石律双晶
MAKEABLES	MB	变形晶体（变扁了），必须粗磨，平晶面或晶面有各种溶蚀纹的含板状连生体的完整晶体、尖晶石律双晶、双晶残片
CRYSTALS	CR	尖棱、平晶面晶体、轻微变形的规则完整晶体
SAWABLES	Z	平晶面或晶面浮雕不严重的轻微变形的规则完整晶体
IRREGULARS	IRR	凹凸不平，外表有缺口的不规则晶体
CHIPS	CH	各种变形、晶面有各种浮雕的完整晶体及其残片、双晶及其残片
CLIVAGE	CLIV	规则晶体的残片，变了形，晶面有各种浮雕以及变了形、晶面浮雕、形状不及 Z 和 SH 类的晶体
REJECTIONS	REJ	各种变形、晶面有各种浮雕的完整晶体及其残片、双晶及其残片
DRILLING	DRILL	各种变形、晶面有各种浮雕的完整晶体及其残片，双晶及其残片、连晶，以及完整的等比晶形的残片，用作钻探工具
INDUSTRIAL SERIE	VTLLST	工业系列，黄色、深褐色的完整晶体、残片
DRESSERS	DRESS	工业系列，做砂轮刀用的晶形完整的晶体
CUBES	CUBES	立方体晶体，连晶
BLART	BOART	各种变形、晶面有各种浮雕，各处都有大缺口的晶体及其残片、双晶及其残片，连晶

*所有钻石原石在进行晶形分级的时候，可分为完整晶体和残片两大类。前者包括没有破损的晶体和原始体积破损不到三分之一，而这些破损又不足以使晶体严重变形的晶体；如果残留的部分少于三分之二，归为残片类。

* * 变形率指的是晶体最长处与最短处的数值之比。它们又分成六种不同的程度（见表 14 - 6）。

表 14 - 6　晶体变形程度与变形率对应表

程　　度	晶形特征	长宽比（变形率）
1	规则晶形	1∶1
2	轻微变形	1.5∶1
3	明显变形	2∶1
4	变形	3∶1
5	严重变形	4∶1
6	针状晶体和板状晶体	大于 4∶1

表 14 - 7　CITY 分类体系颜色分类的术语及其定义

类　　别	缩写	定　　义
COLOR	C	颜色（用白纸作背景来确定）
EXTRA	EXT	顶级无色，以及水蓝色，与白纸融成一片
1 - ST COLOR	1C	同 EXT 级的区别是在白纸上看起来透明、无色，但两者无法融成一片
2 - ND COLOR	2C	勉强察觉到一点黄色、绿色、蓝绿色、紫罗兰色、灰色色调
3 - RD COLOR	3C	极浅的黄色、绿色、蓝绿色、紫罗兰色、灰色
4 - TH COLOR	4C	淡淡的黄色、绿色、蓝绿色、紫罗兰色、灰色，或一点褐色
5 - TH COLOR	5C	看得出有黄色、绿色、蓝绿色、灰色，或一点褐色
6 - TH COLOR	6C	明显的黄色、绿色、柠檬色、蓝绿色或灰色
7 - TH COLOR	7C	整颗钻石呈黄色，或夹杂有饱和的黄色、绿色、柠檬色
8 - TH COLOR	8C	很黄
9 - TH COLOR	9C	黄褐色
COLOURED	COL	异彩色
YELLOW	YELL	黄色
CAPE	CP	黄色调
BRONW	BRN	褐色
DARK BLOWN	DKBRN	暗褐色
1 - ST COL BROWN	1 BRN	边缘区带褐色色调
2 - ND COL BROWN	2 BRN	褐色散布于整颗钻石
3 - RD COL BROWN	3 BRN	过饱和的深褐色
4 - TH COL BROWN	4 BRN	整颗石头褐灰色中带黄
BLACK	BLK	黑色

以上 CITY 表格据史恩赐　2001 年。

二、钻石原石的销售机构

世界上虽然有 27 个国家找到了具有经济价值的钻石矿床。但钻石的生产只来自十几个国家。就是这些国家钻石的供应也是由少数的跨国集团控制，其中以 De Beers 钻

石企业集团为主。De Beers 与其他钻石公司联合组成的中央销售机构（现更名为 DTC），是世界钻坯最大的供应商。下面简要介绍这几个钻石原石的销售机构。

1. 戴比尔斯（De Beers）钻石矿业集团。

戴比尔斯钻石矿业集团的创始人是西赛约汉·罗德斯（Cecil John Rhodes）。罗得斯生于英格兰，是一位乡下牧师的第五个儿子。自从 1866 年南非发现第一颗钻石优瑞佳（Eureka）后，就成了淘钻者的“天堂”。在 1869～1871 年间，南非原生钻石矿管发现后，每一矿管被分割成了若干块 31 * 31 平方英尺的“专署矿地”，供开矿者开采。1870 年，17 岁的罗德斯从英国来到歌赫伯特在南非的殖民地，开始他的钻石创业生涯。罗德斯最早是靠给挖矿人卖冰水起步，后来他看准了深度开采矿石过程中地下水渗漏难以处理的现状，就与合伙人查理士·鲁德（Charles Rudd）开了一家专门从事抽水业务的公司。他们先后同金伯利矿、戴比尔斯矿和杜特斯本矿签署了购买抽水机的合约。随着抽水机生意的兴隆，罗德斯购买了一块戴比尔斯矿的“专署矿地”。非洲之旅增加了他将全非洲聚集在大英之下的毕生梦想。1873 年，他将公司交给了合伙人鲁德打理，孤身一人返回英国，进入牛津大学深造。从牛津大学毕业后，他义无反顾地又回到南非，开始了新一轮的收购计划。1887 年，他们已掌握 De Beers 矿的所有采矿权。19 世纪 80 年代，由于钻石大量被开采，价格不断下跌，罗德斯业已了解，只有供需平衡，才能保证钻石价格的稳定，控制产量，避免恶性竞争，使钻石业获得有序发展。之后他们加紧了收购金伯利矿的步伐。当时的金伯利矿由巴立·巴那多（与罗德斯同称 De Beers 的开山祖师）和法国的一家公司共同控制。罗德斯没有直接向巴那多购买他的“专署矿地”，而是采取“曲线救国”的策略，从法国公司打开垄断金伯利矿的突破口。罗德斯企图购买法国公司在金伯利矿“专署矿地”采矿权的用意被巴那多识破后，在争夺金伯利矿的竞争中，罗德斯利用金伯利中心股票的暴涨暴跌，以持有 60% 的股权取得了胜利。1888 年 3 月 13 日正式成立了戴比尔斯联合矿业有限公司（De Beers Consolidated Mines Ltd）。公司拥有戴比尔斯矿全部股份，四分之三金伯利矿以及雅哥方坦矿和杜特斯本矿的控制股份，1891 年，公司又控制了温塞尔顿的股份，实现了在南非控制产量，稳定钻坯价格的目的。罗德斯不仅经商，而且积极参与政治活动，28 岁当选为开普殖民地国会议员，37 岁成为内阁总理。

1902 年罗德斯去世后，他的继承者使戴比尔斯联合矿业有限公司的业务不断扩展，不久就兼并了一系列的公司发展成为戴比尔斯钻石企业集团（钻石企业集团原始会员共有 10 个）。1907 年，由于受全球经济萧条的影响及普里米尔矿和西南非日耳曼海岸（现在的纳米比亚）钻石矿的发现及无度开采。再加上第一次世界大战混乱的战争局面，钻石价格再度狂跌，导致戴比尔斯再度减产，财务发生了困难。与此同时，爱尼斯·奥本海默（生于德国，是一位犹太雪茄商人的儿子）被总部设在伦敦的钻石企业集团会员之一的 A·当可斯布勒（A·Dunkelsbuhler）派往南非采购钻石，由于奥本海默出色的业绩，及一流的智商，使奥本海默很快成为钻石采矿业的重要人物。1917 年他成功地合并了英美公司（AAC）并购得战败国德国的充公财产西南非（纳米比亚）钻石海岸，重组控股成立了西南非联合钻石矿业公司（CDM），并在安哥拉、刚果不断开发新矿区。奥本海默公司的迅速扩张，使戴比尔斯的垄断地位受到威胁，成为戴比尔斯最强大

的竞争对手。1924 年经协商，奥本海默爵士的英美公司（奥本海默因参与第一次世界大战建功，被英国皇室封为爵士）与戴比尔斯钻石企业集团合并。奥本海默在戴比尔斯董事会赢得了一个席位，并于 1929 年 50 岁时成为董事长。奥本海默权力增大的同时，新的经济危机已经来临。戴比尔斯 1931、1932、1933 年连续三年亏损，库存滞压，已无法以它过去的结构控制钻石供应。奥本海默为重振雄威，重新组建了新的集团——钻石股份有限公司，1933 年钻石股份有限公司和主要的产钻国共同加入了钻石生产者协会（DPA）。经协议会员按预定的股权比例以钻石贸易公司（DTC）的名誉在南非的约翰内斯堡（金矿城）上市，销售他们的产品，实现了单一渠道销售钻坯的策略，使罗德斯的梦想变为现实。第二次世界大战期间及战后重建，使工业级金刚石的需求量骤增，戴比尔斯相应地又成立了工业金刚石公司。

目前新集团的办事处、子公司遍及世界各地。戴比尔斯不但在钻石业占据导航地位，同时还包括其他行业的多元化投资。戴比尔斯于 1998 年底与英美公司（Anglo American Corporation）、戴比尔斯世纪有限公司（Centenary A G，1990 年为纪念戴比尔斯 100 周年而在瑞士成立的公司）重组为英美公共有限公司，在伦敦上市，戴比尔斯拥有 40%的股权，成为第一大股东，同时成为全球最大的矿业上市公司之一。1999 年，里奇·奥本海默接替汤普生（J. Ogilvie Thompson）出任戴比尔斯钻石矿业有限公司及戴比尔斯世纪公司主席，罗飞（Gray Ralfe）出任戴比尔斯集团董事长兼总经理。2001 年戴比尔斯集团进行了大刀阔斧的改革，使戴比尔斯这个历经一个多世纪的品牌退出了钻石原石销售的历史舞台，取而代之的是 DTC。然而，无可否认的是戴比尔斯仍将在未来的钻石产销舞台上，继续扮演着重要角色。

2. 戴比尔斯中央统售组织（CSO）

戴比尔斯中央统售组织主要由钻石股份有限公司（Dicorp）、钻石贸易公司（DTC）、估价部和工业金刚石公司所组成。

钻石股份有限公司是 CSO 的采购部门，负责从世界各地购买原石。钻石贸易公司负责估价、销售钻石原石。工业金刚石公司，负责销售工业金刚石。随着世界钻石产量的增加，钻石贸易公司所具有的双重职能明显需要分离。因此，1977 年 CSO 分级估价部成立，负责钻石的分类和估价，总部设在伦敦。

CSO 的宗旨是保持钻石原石价格的稳定和有秩序的市场体系。它是由奥本海默（Ernest Oppenheimer）爵士倡导的。他认为：“世界上所有钻石原石都应当由一个唯一的销售机构来出售，这个机构应具有强大的经济实力和丰富的经验，这样可以调节钻石的需求走向，确保市场的稳定”。

中央统售组织在世界钻坯的销售中所起的作用及功能总结如下：

(1) 通过协调统配钻坯的供应量，为钻石市场的供求平衡、价格稳定，保护钻石商的利益，维护消费者的消费心理起到了重要作用。

(2) 通过对主要钻石生产国控股或参股，提供货款等方式，有效地控制了钻石的收购市场。

(3) 通过在非洲、各切磨中心、英国、俄罗斯、香港等钻石生产国（地区）和集散地设立办事处等方式，对 CSO 以外的外围市场收购钻石，避免了走私、低质量销售等

因素对钻石市场的恶性竞争。

(4) 建立了完整的原石分级体系及估价体系，确保了世界范围内原石交易的公平性。

(5) 积极推动世界范围内的找矿、勘察、开采及科研、学术、鉴定工作，为钻石资源的开发利用，维护天然钻石的市场服务。

(6) 投资市场企划，用以提高广大消费者的钻石消费意识，树立消费观念，协助珠宝零售商提升销量。CSO 通过三个企业代理商——美国的爱尔公司、其他地区的温特·汤普生 (J. Walter Thompson) 公司和贝克·史拜佛格·贝赐 (Backer Spiellogel Batas) 公司，并通过设立在主要钻石消费国的钻石推广中心，推广其企划理念。

3. 国际钻石贸易公司 (DTC)

De Beers 总结过去几十年的历史，尽管取得了一定的成就，但全球钻石零售业的增长率明显低于全球 GDP 的增长率，而其他一些高档奢侈品 (如汽车、电器、香水、手表等) 的增长率，却超过了 GDP 的增长率。究其主要原因是钻石分销复杂且欠缺效率，再加上与其他一些高档奢侈品的市场推广相比，钻石的市场推广投入严重不足，影响了钻石业的发展，这些使戴比尔斯传统的单一销售渠道的经营理念受到了考验，并且给经济上带来了很大的压力。为了应对新的市场挑战，戴比尔斯集团于 2001 年实施了一系列的战略转变。买断了原上市公司的股票，将在约翰内斯堡上市的钻石贸易公司和在伦敦上市的英美公共有限公司改制成合资公司，对外名称变更为 DTC。原来的上市公司全部撤消。新 DTC 公司奥本海默家族拥有的中央集团有限公司 (CHL) 占股 45%，英美公司 (Angal) 占股 45%，De Beers 与安哥拉的合资公司 (Debswana) 占股 10%。DTC 全面接管 CSO 的业务。De Beers 只作为一个珠宝品牌名称进行推广。

DTC 的宗旨是将原来的钻石原石垄断供应商转型为全球的最佳供应商。

目前全球 60%的钻石原石仍然由 DTC 分级评价及销售。除原有的业务外，加拿大所开采钻石的 35%、俄罗斯的 50%也卖给了 DTC，全球共有 120 位 DTC 的看货人。DTC 仍将在稳定钻石市场价格、促进钻石市场有序发展方面起着重要的作用。DTC 与 CSO 的另一个不同点是与路易维登(LV)公司合作，打造 De Beers—LV 品牌，进军钻石零售市场，加大广告投入，为珠宝零售商树立一个珠宝品牌榜样，进一步抢占其他高档消费市场的份额。

DTC 的作用及功能：

(1) 在世界钻石销售市场中，推行“最佳钻石供应商”计划，刺激消费者对钻石的购买欲。

(2) DTC 与配售商形成的新的合作方式，其目的是以更加有效的方法分销钻石，并以最有效的策略推广钻石。

(3) 加强与零售商的合作，确保钻石业的良性发展与成功。DTC 力争在未来的 10 年内，使钻石首饰的零售额增加 50%，相当于 550 亿美元。

(4) 加大钻石市场的推广投入，进一步抢占高档奢侈品的市场份额。DTC 将继续每年斥资 1.80 亿美元作为全球及地区性的广告宣传及品牌推广经费，从而吸引更多的消费者。

(5) 进一步加大精品意识的推广，势力打造一个深入人心的世界级钻石首饰品牌，为珠宝企业树立一个品牌典范。

(6) 继续支持业界推出多元化且具市场竞争力的首饰设计款式，为消费者提供更多的选择。

(7) 进一步明确了 DTC 的法律地位。使 CSO 与 DTC 之间含糊不清的组织关系得到确认，并以 DTC 这一注册登记的独立实体取代了 CSO 这一组织名称。

(8) 规范配售商的执业道德，严禁销售未作说明的合成钻石、处理钻石，注重行销和保护天然钻石，以维护消费者对钻石的消费信心。

三、钻石原石销售

1. 中央统售机构的单一渠道销售系统

所谓单一渠道销售系统，是指 CSO 对钻石资源的勘探、开采、收购、分选、评估、销售、设计、企业策划等实行统一管理的单一营销系统。

CSO 钻坯的来源有多种途径：①De Beers 公司独立控股的矿山开采的钻石；②De Beers 与世界上主要钻石生产矿山合资开采钻石。De Beers 提供资金、技术，负责销售钻坯，利润按比例分享；③CSO 与每一个有能力开采钻石的国家签定协议，购买钻石。在合同期内，按已谈妥的产量份额，通过 CSO 按商定的价格购买。不管市场如何变化，CSO 保证按协议的产量和价格购买钻石；④除与主要钻石生产国签约外，CSO 还在比利时、扎伊尔、几内亚、安哥拉等国设立收购站，收购外围的钻石并收集市场资料，以保障 CSO 钻石单一供货渠道系统的正常运转。

CSO 每年采购约 14 吨的钻石原石，超过六亿五千万颗钻石运往伦敦查特豪斯大街 19 号的销售中心总部。在那里由 500 多名熟练分级师把来自世界各地混合在一起的钻石原石，分成 15000 多种，每一种都可在 CSO 的《价格手册》上找到对应的价格。

钻坯的销售途径是看货会。看货采取被邀请的方式，被邀请者为 CSO 客户，称为看货人（Sightholder)。并不是任何人都有权利成为看货人，他们必须具有强大的经济实力、丰富的采购经验、良好的职业道德和具有稳定的分销渠道。2001 年前，CSO 的客户约有 170 位（目前，DTC 约有 120 位看货人)，他们大都来自世界五大钻石切磨中心。其中一部分 CSO 客户是制造商，通常拥有大型钻石切磨厂；另一部分是分销商，他们把钻石原石转卖给实力稍小的切磨商；还有少数客户被称之为半加工者，比如比利时的蓝斯钻石工业公司（LDI)，他们只将原料劈开，为其他切磨厂服务。

看货会每年举行 10 次。大型的看货会在伦敦举行，小型的看货会在瑞士的卢塞恩和南非的金伯利举行。之所以叫看货会，是因为它为购买者提供了最重要的实际观察或鉴定已事先申请并可望获得的钻石的机会。客户一般预先申请所需要钻石的数量，而 CSO 会根据钻石矿山的供应量，尽量满足各客户的需求。在配售钻石原石时会考虑市场存货、成品钻石的价格趋势及整体的消费需求等因素。每一次看货会上，看货人一般要采购 200～300 万美元的钻坯，期间钻坯经纪人与戴比尔斯都会有许多交流。看货会往往在召开之前几个星期就已开始筹备。钻石原石到达 CSO 后，不同矿区来的钻石将混合在一起。这样，售给 CSO 的客户的钻坯将是所有生产厂家来的混合样。CSO 并不

寻找自己的客户，代理人起着确定未来客户的作用，并为 CSO 提供每一位潜在的客户。看货会开幕前三个星期，要求客户代理人提供看货会上客户的需求申请。代理人联系着客户与 CSO，他将代表客户与 CSO 协商并参加看货会。

看货是在被称为看样间的秘密房间里进行。在绝对保密条件下，客户在这里观看一盒或数盒样品，他可以自由地询问盒内的钻石组成。当客户感到满意后，代理人通过 CSO 的客户接受所看的货，货将备好以便发送。7 天之内销售发票通过代理人送到客户手上以便结账。一旦银行确认付账后，货将运送给客户。

2. CSO 以外的开放市场

CSO 的单一渠道销售体系，长期垄断了世界 70%～80%的钻坯，年产值在 40 亿～50 亿美元。其他的 20%～30%的钻坯，不经过 CSO 销售，采取自主销售的方式，越来越多的竞争者进入钻石原石开放市场，CSO 控制下的钻石市场份额受到越来越大的挑战。

俄罗斯（原苏联）曾公开拒绝与 CSO 合作，尤其是原苏联的解体，为解决国家的经济危机，俄政府抛销了大量的储备钻石，使得 CSO 的单一销售渠道受到了很大的影响。俄罗斯是一个重要的不可忽视的外围市场钻坯供应商。虽然经过与阿尔罗萨公司（控制俄罗斯钻石开采量 98%的垄断企业）经过艰苦谈判签订了 2002～2006 年 5 年 40 亿美元，每年 8 亿美元的钻坯由 De Beers 销售的合同，但其份外的一半销售量仍通过比利时向开放市场销售，对钻坯的供应仍起着重要的作用。

政局动荡的安哥拉，使其大量优质的砂矿钻石的生产完全失控，通过走私渠道流入国际市场。虽然戴比尔斯动用了数亿美元收购这些无序开采的钻石，但大量走私的钻石仍然影响了钻石的供应。

除此之外，西非、巴西等国家，虽然各自的产量不大，但整体的力量也不可小视。这些国家也是通过五大钻石切磨中心进入钻石原料开放市场，流入了外围流通渠道。目前国际钻石市场启动的《金伯利进程国际证书》业务，就是要努力杜绝血腥钻石和走私钻石的泛滥。

澳大利亚阿盖尔钻石联营公司 1997 年与 CSO 的合约期满后，决定不再与 CSO 续签新的钻石销售合同，也脱离了中央销售组织。尽管戴比尔斯的代言人表示阿盖尔所产出的钻石质量较低，其销售额只占 CSO 每年销售总额的 6%，因此对 CSO 控制不至于造成威胁，但澳大利亚销往印度的小颗粒、低品质的钻石，也对全球兴起的低档钻坯市场的形成起到推波助澜的作用。

加拿大目前为世界第五大钻石生产国，据加拿大业内人士指出，加拿大西北地区已有 2 个具有规模的钻石矿，并有 30 个左右的钻石开采项目。随着该地区第三个钻石矿——斯那普湖钻石矿在 2005 年投产，加拿大每年将生产价值 10 亿美元的钻石，预计 2005 年成为世界第三大钻石生产国，2006 年后，加拿大钻石产量将占世界钻石总产量的 17%。这将是在钻石原料供应市场杀出的一匹黑马。目前戴比尔斯已在加拿大设立了办事处，并致力于在加拿大投资，加紧了与当地钻石业联营及紧密合作的工作，初步达成协议，加拿大 35%的钻石经 DTC 销售。

近年来钻石市场发生了明显的变化，一向只充当高档商品的钻石也成了全世界普通

消费者的宠物。钻饰流行趋势往高档化和低档化方向同时发展。钻石的低档化需求启动了小钻和“近宝石级金刚石”的销售市场。而低档钻石又恰能以“技术型钻石”的名义规避统售机构的控制，自由买卖。这样低档钻石市场便以惊人的速度成熟起来，独当钻石市场的一面。相应地，以产出小钻和近宝石级金刚石为主的钻石切割中心有了自立门户的基础。实质上人们对钻石的多样化需求造成了当今世界钻石市场往两极化或多元化发展的趋势。

基于上述原因及全球贸易的一体化趋势、世界经济持续低迷的状况、网络资讯空前发达等因素，戴比尔斯的单一渠道销售体系步履艰难，并于 2000 年 7 月正式宣布结束单一渠道销售体系，将取而代之的 DTC 定位为最佳供应商。钻石原石市场流程示意图如图 14 - 2。

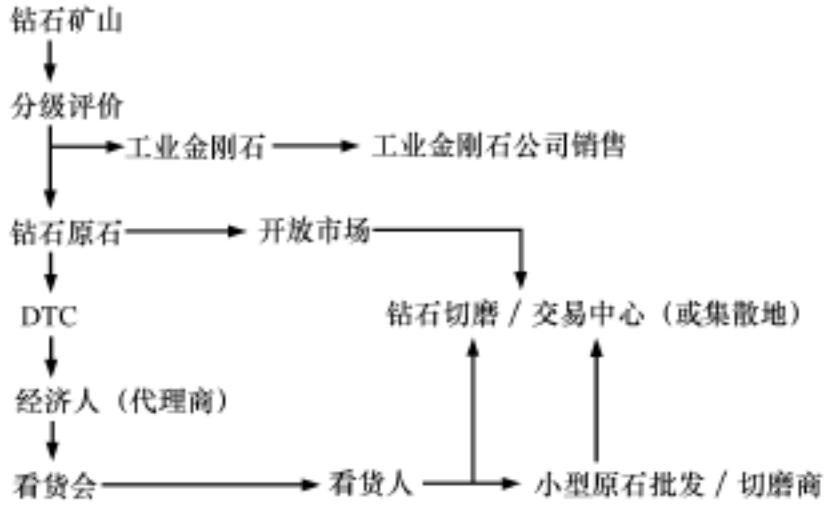


图 14 - 2　钻石原石市场流程示意图

第二节 成品钻石的销售

一、世界钻石切磨贸易中心

1. 比利时安特卫普

安特卫普距伦敦和 CSO 仅隔英吉利海峡，具有优越的地理优势，是当今世界最大的钻石切磨和成品钻石贸易中心。安特卫普的钻石加工业，始于 1500 年，直到 20 世纪初，才摆脱了老牌切磨对手——阿姆斯特丹的阴影，巩固了它在钻石切磨业的“王者”风范。近几年来，钻石贸易额稳定在 200 亿美元以上。每年全球有 50%的钻坯及金刚石是在这里进行交易的，素有“世界钻石之都”的美誉。30 多年来，安特卫普加工的钻石占世界的 1/ 3，现约占 20%。比利时的切磨业者大部分为荷裔比利时人，他们长期加工各种类型，尤其是专精像双晶之类，较难切磨形状的原石和质量大于 0.30 克拉以上优质钻石为主。另外，在安特卫普东南有一个叫坎彭的地方也加工小的原石。安特卫普加工技术精湛，一颗钻石如标有“安特卫普切工”，即是完美切工的代名词。这里集中了 8 000 名技术熟练的切磨技师，约 300 家有实力的钻石加工厂。目前，由于劳动力

成本不断提高，安特卫普多加工较大的钻坯。

比利时政府积极支持钻石加工业，制定了多项优惠政策，使比利时的钻石业极为活跃，城里城外驻扎着世界各地的钻石代理商、制造商和批发商。其中 DTC 的看货人约有 50 多位。比利时的钻坯主要来自 DTC。除此之外，扎伊尔、安哥拉、澳大利亚、俄罗斯和刚果等国的钻坯，也经安特卫普上市销售。钻坯主要出口到以色列、印度、香港等加工中心。成品钻石主要出口到美国、日本。日本市场上质量大于 0.30 克拉，所谓“极优”切工的钻石多由安特卫普加工。

2. 以色列特拉维夫

以色列与钻石加工业有着密切的关系，其成品钻石的出口额占整个以色列工业出口额的 1/ 3。近几年来，一直稳定在 50 亿美元以上，2002 年达 52 亿美元，钻坯的出口额达 16 亿美元。以色列钻坯 30%以上来自 DTC。美国仍然是以色列出口的第一大市场，占其出口额的 2/ 3。其次为香港 10%以上、比利时 6%左右、日本 2%左右。由于我国上海钻石交易所的成立及进口关税的减免，以色列也加大了对中国市场的供应。特拉维夫的钻石业始于 20 世纪 30 年代，从业人员多为二战期间德军占领阿姆斯特丹、安特卫普和欧洲其它的切磨中心逃到特拉维夫的犹太人。

以色列政府为钻石加工业提供外汇兑换津贴、银行低息贷款、钻坯信托凭证抵押贷款等多项优惠政策，使以色列的钻石加工业得到了快速发展。由于二战后技术人员的缺乏，以色列采取了钻石切磨流水线的自动化加工措施。目前，它是自动化程度最高的钻石加工基地。以色列以其先进的设备、精湛的技术、优质的切割而成为仅次于安特卫普的又一世界钻石切磨、交易中心。约有 40 位 DTC 的看货人在这里安营扎寨，有 8 200 位技术娴熟的切割师，630 家钻石加工厂。过去专门加工那些较小的钻石（小于 1 ct）及三角薄片（macles）或规则形态的小晶体，尤其精通加工小的花式钻石及流行款式的钻石，特拉维夫是世界花式钻石的主要供应基地。目前，特拉维夫已加工各种大小的原石。以色列虽然采用机械化生产，但切割比例仍由人工凭经验调控，加工出来的钻石，腰部往往偏厚且有时可产生系统性修饰度偏差。

总之，以色列以其高效快速的交易、灵活多样的销售和薄利多销的原则来运作整个钻石工业。

3. 美国纽约

纽约曼哈顿的 47 号街是闻名世界的钻石街，无数的著名珠宝商聚集在这里，从事钻石及钻石首饰的加工、制作和交易活动，是目前世界大钻的切磨中心。由于这里寸地寸金，劳动力成本高，主要加工 Stones、Shapes、Cleavage 形状的大钻石。过去以 3 克拉以上为主，近年来由于市场上对克拉钻的需求不断增加，目前他们将加工范围扩大为 2 克拉以上。美国加工的大钻石，多卖给中东、远东和欧洲的超级富豪。美国加工的钻石多为圆钻型。GIA 鉴定中心的总部即在该区的中心地带。

4. 印度孟买

尽管印度是最早发现钻石的国家，但其钻石切磨业的发展还是 20 世纪 70 年代以后的事情。由于印度政府对钻石加工业给予了特殊的优惠政策，加上印度有低廉的劳动力资源，使印度的钻石加工业得到了迅猛发展，甚至改变了整个钻石业的格局。孟买已成

为世界小钻加工中心。这里拥有 29 位 CSO 看货商，80 万切割工人，每年平均可加工 10 亿颗以上的钻石。近年来，印度的钻石出口强劲，约 100 亿美元。总体来说，孟买加工的钻石以小钻为主，形态多为扁平低质原石。相对而言，印度的加工设备简单、方法传统。“印度工”的切工比例、对称性、抛光程度相对较差。

5. 泰国曼谷

20 世纪 80 年代初，曼谷才建起第一座钻石切割厂，经过十余年的发展，目前，曼谷已拥有 30 多座钻石切割厂，从业人员达 9 000 多，年加工能力为 6 万多克拉。成品钻石出口额在 6 亿美元以上。现阶段以加工质量为 0.01～0.10 克拉小钻为主。

6. 俄罗斯

俄罗斯是世界上重要的钻石供应国，也是重要的钻石加工基地，其钻石的分级、销售、加工自成一体，有数千名的技术工人，以加工圆钻为主，大小为 0.1～10 克拉。俄罗斯自行研制的切割设备，具有相当高的技术含量。俄罗斯加工出来的钻石，切割比例、修饰度极为标准，“俄罗斯工”是世界上公认的优质切工。

7. 南非约翰内斯堡

约翰内斯堡是世界上含金矿脉最丰富的地区之一，享有“黄金城”的盛名。由于其丰富的矿产资源，使它很快成为南非最大的采矿、制造、金融和商业中心。钻石切磨从业者约 3000 人，钻坯 2/3 来自南非，大小从米粒钻到 2 克拉都有。南非约有 17 位看货人。

许多年轻人来到南非从师学艺，学习使用的原石标本均由戴比尔斯捐赠。完成 6 个月的训练后，就可走向工作岗位，就业前景非常好，因而被称为“钻石训练者的学校”。

8. 中国

中国的钻石加工业，始于 20 世纪 80 年代。2002 年已有 70 多家钻石切割加工厂，从业人员达 18000 多人，年加工钻坯总价值约 8 亿美元。钻坯一半以上由 DTC 直接或间接供给。大部分加工厂集中在广东、山东和上海。广东基本是合资或外资独资企业，加工厂多集中在从化，以原料加工为主。设备先进，工艺优良。较大的加工厂有港商庞永剑创立的永恒钻石厂，产品出口欧洲及亚洲其他地区；总部设在安特卫普的印度独资公司——东麟钻石厂，产品多返回比利时。山东共有 20 多家加工厂，其中山东省工艺品进出口公司下属的京华饰品有限公司在国内具有一定的知名度，他们自行研制的钻石加工设备，除供给所属的 14 家加工厂外，还出口到印度，设备费用比进口的便宜 1/4～1/5，目前主要以加工小钻为主。该公司提供的一套天然钻石比色石标样于 1999 年通过了国家标准委员会的鉴定，改变了我国无比色石标准物质的局面，为我国的钻石分级技术与国际接轨作出了贡献。中国上海于 2000 年成立了上海龙华、陆家嘴两大钻石加工中心。这是上海市为推进钻石交易中心采取的配套设施，也是上海发展都市工业的重要支撑之一。

二、钻石交易所

(一) 世界钻石交易所

在每个主要切磨中心均设置钻石交易所或钻石俱乐部。它通常就是成品钻石销售的

地方。世界钻石交易所联合会是包括 20 多个交易所的世界性组织，它的宗旨是增进各交易所成员间的相互了解，达成贸易法规。比利时安特卫普具有相对独立性，它有 4 所交易所，并有自己的比利时钻石交易所联合会。

会员们每天聚在交易所内，在交易大厅里做生意，大厅具有朝北的巨大玻璃窗，并有一张与玻璃窗呈直角放置的长桌子。在交易厅内，当相信安全能确保时，他们将彼此展示货物。很多新建的交易厅的楼上有办公室，很多交易是在办公室里进行的。加入俱乐部或交易所需要一定的条件：①通过严格考试；②至少有两年的钻石贸易经验；③一位会员推荐；④交纳会费。钻石业中最重要的原则便是诚信。交易皆为现金，并制定了一套内部法规。

交易所除了交易和发布最新信息外，也是各种争议的仲裁机构。做钻石生意的人并不去民事法庭，通常，争议由交易所来解决，由交易所仲裁委员会来裁定。任何不接受裁决的会员一定会被除名。一旦这种事情发生，该会员的照片及犯规的详细情况将一起送给联合会中的每一位会员，并在布告栏上张贴，供众人观看。

在交易所就像在市场上一样，钻石商人的话就是契约。商务合同被封上“幸运和上帝赐福”的封条后，就没有再反悔的余地了。交易所既交易成品钻石，也交易钻坯。一般而言，一个钻石交易所约有 2000 个会员。目前世界钻石交易所分别为安特卫普四所(安特卫普钻石交易俱乐部、钻石贸易交易所、自由钻石贸易交易所、安特卫普钻石工会)，纽约、特拉维夫和伦敦各两所，阿姆斯特丹、约翰内斯堡、米兰、巴黎、新加坡、香港、维也纳等均有钻石交易所。

(二) 中国上海钻石交易所

上海钻石交易所是经中华人民共和国国务院批准，设立于上海浦东的国家级要素市场。交易所按国际钻石交易通行规则运行，为国内外钻石商提供一个公正、公平、安全并实行封闭式管理的交易场所。

上海钻石交易所设立会员大会，会员大会由全体会员组成，是上海钻石交易所的权利机构。实行自律管理。会员大会设理事会，理事会是会员大会的常设机构，理事会对会员大会负责。理事会所有理事由会员大会选举产生，理事长由中国籍人士担任。理事会下设纪律、仲载等专业委员会。

上海钻石交易所设在中华第一高楼金茂大厦内，共有二个层面 5422 平方米的建筑面积。交易所内有设备齐全的交易大厅、海关、外管、工商等政府机构“一站式”受理业务大厅和多家银行、保险、押运、钻石鉴定分级等配套服务机构，还有近百间可供会员租用的高标准办公用房。上海钻石交易所具备便捷完善的通讯、网络系统和完备的消防、监控、保安设施系统。

上海钻石交易所的交易政策涉及进出口及海关监管政策、税收政策、外汇管理政策三大政策。

1. 上海钻石交易所会员条件

(1) 在中国镜内注册具有独立法人资格的钻石企业。

(2) 从事钻石进口、出口、批发、零售以及生产业务三年以上。

(3) 有良好的商业信誉和资信证明。

(4) 二名正式会员批准。

(5) 承认交易所章程，愿意遵守交易所规则。

2. 上海钻石交易所主要交易规则

(1) 遵守交易所规则。

(2) 遵循诚实信用的原则。

(3) 交易范围：钻石毛坯和成品钻石。

(4) 交易地点：钻石交易所内

交易时间：周一至周五。

(5) 交易在会员之间进行。

(6) 交易双方交易钻石时必须填写钻石交易成交单。

(7) 钻石交易的计价货币为美元。

(8) 交易成交后须将交易条件书面记载于钻石封包的表面，并由会员代表签名方可生效。

三、成品钻石的交易方式和代理人

成品钻石的交易方式往往是买卖双方坐在一张桌前，面对面地进行交易，货在其间传来传去。成品钻石同钻坯不同，并没有一个固定的价格。所谈定的价格是讨价还价的结果。购买钻石需要耐性，需要了解钻石的品质并具有讨价还价的能力。卖方先出价，并使自己有回旋余地。买方会自动地按自己准备支付的最高价提出折扣价。

多数买方有自己特定的成品钻石经销商，他们时常光顾这些经销商，有些买方不光顾交易所，而是要求将货送上门来。若购买者不喜欢这些货，他将退还给出售商，这种情况特别多见于钻石批发商。今天，较重要的买卖是在营业所的秘密间进行的。交易所大厅是供小商人或供那些没有办公室的外国来访者作交易地点用。

钻石交易所也有钻石交易代理人。他们或男或女，为他人出售钻石并提取酬金。代理人为制造商或销售商节省了开支，不需要再雇用专门的销售人员。代理人的酬金包含在货价中。代理人有时也将货物带到营业所找买方。另外，一个买方可以在交易所贴一张告示，说明需要货品的条件及联系方式，这样他就不用费力去交易所了。然后，代理人将尽力为他寻找。这种情形，所付价格可能比通常的略高一些。

四、钻石商

钻石商扮演着切磨商和零售商中介的角色。

1. 钻石商的类型

钻石商的类型分为：①运作简单，由家庭少数成员组成，专门经营成品钻石批发业务的家庭式企业；②具有严密组织管理机构的大盘钻石批发股份公司；③集钻石切磨、批发、镶嵌、连锁零售一条龙服务的品牌大公司；④较小规模的“跑街”自由销售商。

2. 钻石商的货源

主要由切磨、交易中心或切磨厂提供。有的固定从一家切磨厂进货；有的组织多家切磨厂的货源；有的是切磨交易中心的直接买家；有些也买进二手货批发。

3. 钻石商的作用

钻石商在钻石业中有着重要的作用。①为镶嵌厂、零售商提供行销渠道，减少营运成本；②能够提供多种类型的产品，减少零售商进货资金的积压；③为零售商提供财力支持。

4. 钻石商的价格

钻石批发商的价格虽有差异，但真正买到便宜钻石的做法只有三种：①现金交易；②大小与品质齐全的采购；③以量取胜。

5. 混合包

经销商常将各种类型的钻石搭配在一起称为混合包（Parcels）。它既是钻石商购买也是销售的特殊类型产品。混合包中的钻石大小、色级、净度、切工等级各不相同。它的价格较单一品种的钻石具有更大的诱惑力。如果具有较强的市场经验、熟练的分级技术，广泛的分销渠道。混合包是最实惠的采购对象。一般来说混合包多以克拉质量分类。例如半克拉包，四分之一克拉包。一包中的钻石平均质量为该包的标重，其色级、净度以较小者为佳，大颗粒者多半较低。如何从混合包中分选钻石并定价，既可反映包内钻石的价格差异，又可与现行同品质大小钻石的价格做比较，是钻石商或零售商的基本工作能力要求。

下面以假设的四分之一包为例简述分包定价程序。设该包钻石实重 25.53ct，包内共有 100 粒钻石，价格为 3-969 元/ 克拉。共计花费 101-328 元。

(1) 用钻石筛或卡尺测量直径或称重，将包内钻石按大小分为三组，见表 14-8。

表 14-8　混合包钻石按质量分类表

1/ 5		1/ 4		1/ 3	
0.16	0.19	0.22	0.26		
0.17	0.19	0.22	0.26	0.30	0.32
0.17	0.19	0.23	0.26	0.30	0.32
0.17	0.19	0.23	0.26	0.31	0.32
0.17	0.20	0.23	0.26	0.31	0.32
0.18	0.20	0.23	0.26	0.31	0.32
0.18	0.20	0.23	0.27	0.31	0.33
0.18	0.20	0.23	0.27	0.32	0.33
0.18	0.20	0.23	0.27	0.32	0.34
0.18	0.20	0.24	0.27	0.32	0.34
0.18	0.20	0.24	0.28	0.32	0.34
0.18	0.21	0.24	0.28	0.32	0.34
0.18	0.22	0.25	0.28	0.32	0.34
0.18	0.22	0.25	0.28	0.32	0.34
0.18	0.22	0.25	0.29	0.32	0.34
0.18	0.22	0.26	0.29	0.32	0.35
0.18	0.22	0.26	0.29		0.35
34Stones	6.47 ct	34Stones	8.70 ct	32Stones	10.36 ct

1/ 5 克拉，重 6.27 克拉，共计 34 颗；

1/ 4 克拉，重 8.70 克拉，共计 34 颗；

1/ 3 克拉，重 10.36 克拉，共计 32 颗。

(2) 再将每组按净度大级分级，P 级细分；色级依 Rapaport 等级划分为 D-F、G-H、I-J、K-L 四组。

(3) 查价格表找出各质量级别，不同净度、色级的克拉单价，见表 14 - 9。

表 14 - 9　混合包钻石分级定价表

大小	净度	色级	数量（S）	质量（ct）	克拉价格（元）	总价
1/ 5	VS	G-H	17	3.03	6616（5292）	20046.50
1/ 5	SI	G-H	17	3.44	6000（4800）	20640.00
1/ 4	SI	I-J	17	4.04	6000（4800）	24240.00
1/ 4	I1	I-J	17	4.66	4135（3308）	19269.10
1/ 3	I1	K-L	32	10.36	4135（3308）	42838.6
						总计 127034.2

(4) 对比混合包与购买所有单一等级钻石的价格。

101328÷127034.2 = 0.7976，即混合包价格比购买单一等级的钻石价格便宜 20%。

(5) 用计算出的价格比，求出混合包每一等级的实际购买单价。

如：6616×0.80 = 5292，以此类推。上表括号所示价格，为二者的差价，即为购买混合包的毛利。

(6) 混合包分级所耗费的劳动力也应适当考虑进入实际成本中。

若混合包的钻石有些不符合您的库存需要，也可拒买某些钻石，但钻石批发商会对此包钻石的克拉单价做出相应的调整。调整价格的常用公式为：

整包钻石的克拉单价 + (拒绝品的百分比×拒绝品的差值) / 剩余拟购品的百分比

假如：一个“四分之一包”重 100 克拉的钻石，每克拉 4000 元，除去拒绝的 10% 货品，估计克拉单价为 3000 元，则您为弥补挑选钻石应多负担的价格为：

4000 + 0.10× (4000 - 3000) / 0.90 = 4000 + 111 = 4111 元

即：为挑出混合包中不符合要求的钻石，每克拉应多付 100～115 元。

以上有关混合包分包定价的程序，仅代表常规的程序，并不能说明钻石商真实的定价原则。这里只起一个抛砖引玉的作用。

第三节 钻石首饰的销售

钻石首饰的销售受一般零售业发展趋势的影响，已逐渐趋于层次化、个性化和服务化。

钻石首饰销售涵盖了古老文化的浪漫和现代科技的精髓，即华丽奢侈又切合实用。

从极为稀少的矿山到世界各大交易中心，从柜台上到消费者手里，继而完成了钻石“旅途”的最后一程，伴随着主人一生的愉悦和回忆，为提高人们的生活质量做出了不可磨灭的贡献。

钻石首饰销售的形式种类繁多，有采用现代企业管理模式，集中采购及在全国范围内销售的大型连锁店；有挂靠于某一品牌公司的代理商；有在购物中心设立专柜的法人公司及主营钻石首饰的专卖店等。

影响钻石首饰销售的四个重要因素是目标市场的选定、睿智的采购角色、聪慧的销售人员及诚信的企业形象。

一、钻石首饰销售的市场细分与选择

在竞争日益激烈的钻石首饰销售市场中，一方面要在消费者中找到自己的市场，另一方面更应设法引导消费者，创造属于自己的市场。无论从哪一方面找到属于自己的市场，都需要对钻石市场进行细分。

1. 市场细分的意义

所谓市场细分，是指企业依据消费者需求的差异性和类似性，把整个消费者按一定标准划分为若干不同的消费群体，组成若干不同的子市场，从中选择一个或几个子市场作为目标市场。市场细分不是细分商品，而是细分消费者。它可以为企业认识市场、分析市场、选择目标市场提供客观依据。

(1) 市场细分能进一步满足消费者需求的多样性

在钻石首饰销售的多元化市场中，越来越多的成功珠宝企业家已经意识到一个企业无论规模多大、实力多强、产品种类多丰富，都不可能满足市场上所有消费者的需求。因为市场上的消费者人数众多，分布广泛。不同的消费者所处的地域、文化习俗、年龄、性别、受教育程度、职业等均不相同，因此，他们的需求偏好、消费心理、购买动机和购买行为具有极大的差异性，这样就构成了若干个不同需求特点的子市场。

(2) 市场细分有利于开发新产品，创造培育新的钻石首饰销售市场

目前中国的大多数珠宝企业销售的产品，营销方式缺乏创新，“人有我有”，“人云我云”。这样的珠宝企业很难找到属于自己的市场，即使找到了，也艰难跋涉。市场创新是将原有的产品通过改进有别于已有的产品进入一个新的市场，从而扩大目标市场的范围，这种作法就是我们通常所说的“人无我有”、“人有我新”。实现创新的机会很多，如钻石首饰的设计上创新、服务上创新、销售的形式上创新等。

(3) 市场细分有利于提高自己的竞争能力

珠宝企业除满足市场某一方面的需求，提供满足这一需求的核心产品的同时，还要致力于本企业核心产品的开发和优化研究工作，并依据产品生命周期的长短及时开发新的产品，以便更好地满足市场需求，才能提高企业的产品竞争力，取得更好的市场份额和经济效益，使企业在激烈的市场竞争中，始终处于良性循环状态并能不断提高自己的竞争能力。

(4) 市场细分是制定科学合理的营销策略的关键环节

珠宝企业必须利用科学的、系统的分析方法去研究整体钻石市场的特殊性，然后去

研究各个细分市场之间的差异性，从而确定有利的目标市场。然后，根据目标市场需求制定营销策略。将人力、物力、财力、信息资源等凝聚成一股强大的市场渗透力，最大程度地提高在目标市场上的市场份额，通过在目标市场上的竞争优势，为企业发展奠定坚实的基础。

2. 钻石首饰销售的市场细分

钻石首饰的市场细分，依据消费者的消费心理、年龄、经济收入、消费行为等特点可以细分为不同的市场类型。这里仅根据消费者的社会角色和经济收入状况，将钻石首饰销售市场基本可细分为高品质钻石消费市场、中档钻石消费市场及不同品质的小钻石消费市场。

(1) 高品质钻石消费市场

高品质钻石消费市场面对的是个体经营者和在国有、集体、民营企业和外资企业从事商业、贸易工作的“白领”阶层或知名人物。这一阶层人员的收入水平通常相对较高，他们在购买钻石首饰时追求克拉值大、高净度、高色级、高价位的钻石，有的甚至是值得收藏的钻石。这一市场的消费者购买钻石往往是出于社会交际、突出个性与成就、象征地位与财富、美化与装饰、储备保值等目的。他们在购买钻石首饰的过程中，注重追求钻石首饰的高档性、首饰设计的艺术性或豪华性、珠宝企业的品牌性。求名、求新、求奇的消费动机强烈。这一消费市场在钻石首饰的消费中约占 10%，但消费的价值约占 30%。

(2) 中档钻石消费市场

这是一种走大众路线的钻石销售市场。也是最大的消费市场，这一市场面对的主要是工薪阶层，包括各类企业、事业单位的职工，除少数人以外，绝大多数成员的收入水平一般。但这一阶层的部分消费者由于文化程度较高，具有较强的审美能力，购买钻石的自主性较强，由于受购买力的限制，在做出购买钻石决定时花费的时间较长。他们购买钻石的主要目的是为了美化与装饰、突出气质和个性、象征着情感与修养、部分为从众心理。中档钻石消费市场的钻石多为 VS 级，G、H、I、J 色级，大小在 0.20～1.00 克拉之间，中等价位。钻石款式要求简洁实用，但又不失流行元素成分。这一消费群体是钻石消费的主力军。

(3) 不同品质的小颗粒钻石消费市场

这一市场的消费群体，年龄偏低包括刚步入社会的年轻人、正在筹备嫁娶的新人、校园中的青年学生及中年较低收入的时尚分子。这一市场的消费者接受新生事物的能力强，受广告宣传及周围环境的影响大，情感消费、时尚消费、美化装饰消费、从众消费的心理明显。部分作为个人礼品，馈赠亲朋好友的消费者也属于此市场。他们对钻石的品质要求有别，但更注重价格范围。钻石的净度、色级不一定要求很高，大小多为 0.20 克拉以下，总体钻石首饰的成本要求低，但款式要求时尚、流行及个性化。这一消费群体，是钻石首饰消费的后起之秀，是值得进一步关注、研究的消费群体。

3. 目标市场的选择

钻石首饰销售整体市场内部的子市场，决定了它需要的商品与服务不可能由一个珠宝企业销售所有品质的钻石来满足所有市场的需求及品位，到现在为止还没有一个类似

的成功实例。在钻石销售的市场竞争中能否取胜，往往取决于它的竞争优势是否与目标市场需求相适应。

在短缺经济时代，消费者需求水平低下，消费结构单一的条件下，企业面对整体市场上的所有消费者采用大规模营销方式，多数企业大量地采购和镶嵌相似品质的钻石，款式雷同，缺少变化。旨在以最低的成本、最原始的价格竞争、最大的销量、获取最高的利润，这在钻石销售市场的初期阶段，具有一定的发展空间，而在商品供给充足，品种丰富、消费者需求多元化、多层次、个性化、消费者拥有极大选择权的阶段，这种营销方式受到极大限制和挑战，从而导致国内钻石首饰市场竞争更趋激烈与残酷。因此，做好企业的定位调研、策划和实施是企业在竞争中争取主动的首要环节。企业在选择目标市场时，必须根据目标顾客、顾客需求、竞争者的营销策略及自身的经营特点和竞争优势，将核心产品策略、定价策略、销售策略、促销策略及公众形象策略有机地结合起来，走自己的路，在不断更新传统的营销观念时，借鉴和吸收国外先进的营销管理，使企业进一步地走向成熟，得到长足地发展。

二、钻石首饰的采购策略

零售市场的变化就像钻石的品质等级，从低档小颗粒钻石到高档昂贵精美的钻石，如何把市场做好，在于你的市场定位及营销目标。有效的采购不只是以最低的价格买进钻石，而且还要全盘衡量企业的经营状况，包括产品的结构、流行趋势、库存情形、销售情况、资金流量等问题。一个成功的采购者不但有敏锐的判断力和市场意识，还要具备娴熟的专业技能，二者缺一不可。采购钻石应具备如下策略：

1. 判别钻石的价值，缔造采购权威的策略

要知晓各种品级的钻石价格是否合宜，并不是讯问钻石批发商或看一下价目表就可以完成任务了，而是利用你的分级技术，尤其是锐利精细的眼力判断价格的合理性。采购者要经常面对整包钻石，以放大镜对代表性的样品做快速分级鉴定，而非一颗一颗地挑选。尤其要加强训练自己对毫米尺寸与标准克拉质量的心理印象。因为尺寸与质量的关系，不但可以让你快速地判断此包钻石的平均克拉值的质量组成结构，还可快速地判断切磨质量的好坏。钻石供应商往往是采购者最好的盟友，在长期的经营过程中，他们积累了丰富的经验，要从他们的一言一行中捕获各种有用信息，颜色级别在批量的钻石中切不可凭记忆判断。最好是利用精心挑选的比色石作为采购的工具，通常为两颗，一颗是接近平常经手钻石的最高色级，另一颗为最低色级。对于米粒钻石一定要正面检查外观，判别切工质量，每颗钻石的切磨比例不同，成对或成组镶嵌时，钻石的光彩则显得不均匀。另外亭部和腰围的偏差，有时会给镶嵌者带来很大困难，或者根本不可能镶嵌得很标准。熟练的分级技术，是采购者应具备的最基本的素质，也是树立采购者形象的基石，同时也是议价的依据。

2. 协商议价的策略

在任何议价的场合，完整的价值观至少是胜利的一半。丰富的钻石价格资讯及熟练的分级技术，还不足以签定订单，还应具备议价谈判的技巧。这些知识可通过书籍学习而得，也可在实践操作的过程积累经验获得。但议价谈判的结果是达到双方共同期望的

成功协议，并且在议价谈判的过程中明确预期的步骤及阶段，是采购成功的有效途径之一。

3. 了解市场竞争动向的策略

在钻石首饰销售的市场，了解分析真正的竞争对手，做到知己知彼是采购者不可缺少的技能。通过仔细观察、学习竞争对手的优秀的经营方式，在与竞争者销售同种品质范围内的钻石首饰时，要取长补短，给顾客提供更多选择的可能，分析竞争市场的定价策略，耐心清晰地解说品质因素，让消费者了解你所销售钻石价格的合理性。在进行市场分析时，不但要分析了解同行的经营特色，同时还要同其他奢侈品消费中争取顾客，要让消费者了解自然界中稀少、珍贵的钻石，远比高档家电、健身器材、汽车、手表等更具有生命力，它是自然艺术与人类艺术相结合的典范。

4. 把握流行趋势，引领市场流行的策略

有人把采购者对流行款式的观察力视为与生俱来的天分。实际上对流行趋势的掌握，是采购者对美学的反应。什么款式畅销，什么不好卖，下一季可能流行什么等等，永远能走在流行前沿的采购者，才能称得上“天才型”的采购专家。虽然钻石具有恒久不变的寓意，但其款式仍随着市场流行的变化而变动，每一季都有每一季要表达的语言符号，不同的文化、地域、民族都有他们传统的精髓。把握传统与现代理念兼容并蓄，是首饰设计追求的最高境界，是采购者把握流行脉搏的致胜法宝。

对市场流行的直觉意识是可以培养的，重要的是跟上流行潮流。注意观察市场服装款式的流行变化，订阅服装杂志、搜索服装资讯、参观高级服装店及装饰品店，培植与他们老板间的商业友谊，并借助珠宝供他们展示与表演之用。因为首饰与服装是相得益彰、密不可分的。当群星闪耀“奥斯卡”舞台上的时候，正是时装、发型和形象设计的国际展示会，更是钻石首饰设计和钻饰流行新趋势的发布会。另外，电视广告、电视节目，媒体里的任何有助于钻石设计的细节，都是培养流行意识的灵感。

5. 盘存库存，满足顾客需求的策略

采购的目的，就是满足市场的需求。采购者对顾客需求的敏感性是采购成功或失败的关键。采购人员不能只坐在办公楼里工作，必须深入销售的第一线，了解顾客的需求。有些消费者只需要买到最大最重的钻石，而对钻石的品质不特别感兴趣；有些消费者永远要最好的钻石，在他们所能负担得起的条件下总是买最高品质的钻石；还有些消费者只注重色级、净度对外观的影响，不计较切磨比例；也有人不愿为看不出来的色级和净度差别多付些钱。所以说，顾客的需求是多层次的，在购买核心产品的同时，注意消费者需求的细节，在品质与价位上，能提供给消费者不同的选择。

采购者还应做复杂的市场研究，将详细的销售记录制成图表分析，判断畅销产品，剔除滞销品，为策划下一阶段的采购方案提供依据。

总之，不同的珠宝公司有不同的采购策略，同一珠宝公司也会随着消费者需求的变化，而不断修正自己的采购策略。在采购过程中，采购人员充当了主要角色，他们必须具备如下素质：

对钻石价值的辨别力。

协商议价的技巧。

竞争市场变化的警觉性。
流行款式的审美观及预测性。
对核心产品判断的准确性。
对消费者需求的敏感性。

三、钻石首饰销售策略

销售钻石首饰除应具有销售一般产品所要求的技能外，还要具备掌握钻石的特性，鉴定分级等知识的专业性技能。因为钻石的销售是一个特殊的行业，你所销售的是天然的最稀少、最精美和独一无二的商品，人们购买钻石是一种精神消费，而非一般的高档商品如电器、汽车、房子等具有实用价值的消费。一个成功的销售人员应具备丰富的知识（销售知识、专业知识）、熟悉货品、委婉的表达及敏锐的判断、了解顾客的能力，以便引导顾客树立购买钻石的信心，最终实现购买行为。在钻石首饰的销售过程中，应注意如下销售策略：

1. 钻石首饰销售的专业性策略

钻石是大自然赐予人类的杰作，它形成的地质条件苛刻、发现找矿的艰辛、开采品位之低及加工之精美都是一般顾客所无法了解的。而对于消费者来说，他们也许一生只会购买一件钻石首饰，没有人会对其完全不懂或与生活无关的事物产生兴趣的。他们对钻石知识的了解过程就是销售人员传递钻石知识的过程，无论他们是第一次走到你的柜台前，还是已经光顾了多家珠宝店后走到你的柜台前，他们都愿意聆听你给他解释钻石之稀有性、钻石是如何开采、切磨的？钻石价格的高低是由什么因素决定的？为什么0.30克拉钻石的价格不是0.10克拉钻石价格的3倍？为什么0.25和0.27克拉的钻石却看不出他们外观尺寸的差别？钻石光彩夺目暗淡无光是什么原因造成的……诸如此类的许多疑惑都要求销售人员用专业化的知识加以解释。但切忌滔滔不绝、喋喋不休，罗列了一大堆的专业术语，如3格令、78分、H成色、VVS级、风筝面上小针尖等，使顾客感到更加困惑或厌烦。而是要把专业性术语，经你的理解转换为更通俗的语言，要知道站在我们面前的消费者不是同行，不清楚业界的术语。俗话说“知识像怀表一样应放在口袋里，不要为了炫耀你就拿进拿出”。不但销售人员应具备专业知识，而销售的环境也应具有专业性的特点，如在专买店里设置一台显微镜，供消费者了解自己要买到什么样的钻石，指出有些净度特征是独一无二的标志；也可为消费者提供一套对照量规，以便消费者理解钻石的质量与尺寸的概念；还可以买一些简单的测量仪器如丘比特观测镜、卡尺等，甚至国外有些大的珠宝公司配有比例仪，用于说明钻石切磨质量与价格的关系；另外还可收集不同白度的纸做成小卡片，向顾客解释钻石颜色的差异等难以表述的专业性特征。同时，珠宝店的宣传画或展示柜也应配合专业性营销策略，用正确的专业设备来展示销售钻石，有助于提高市场竞争中的专业性形象。

2. 钻石首饰销售的文化性策略

钻石首饰的销售人员是钻石文化的传播者。钻石化学成分的单纯，光学性质的璀璨及独一无二的硬度等特性，使钻石具有了精神意义上的寄托和象征。销售钻石就是推销一种理念、一种寄托、一份情感，也可以说是在推广一种文化。钻石象征着爱情、永

恒、成就、权力、地位等，人们正是对这种特殊意义上精神享受的追求，而产生购买钻石欲望的。如果把消费者比做舞台上的演员的话，而销售人员就是兼编剧和导演于一身的综合体。你必须创作和诠释你的销售剧本，启发消费者对钻石美的欣赏是发自心灵的震撼。不同的消费者有着不同的消费目的，重要的是应该掌握消费者的感情需要，迎合他们的情感和意欲，进行有效的引导，将购买钻石的理念根植于消费者心中，以确定他们的购买动机。要知道你所推销的是美丽与喜悦，你卖出的钻石将伴随主人一生的幸福与回忆。

3. 钻石首饰销售的基本过程

钻石首饰的销售人员应具备强烈的事业心，良好的个人形象、精通专业知识、优良的职业道德。

销售人员推销钻石的基本步骤为:

问候顾客———→了解顾客———→激发兴趣———→展示钻石

———→克服异议———→达成交易———→售后服务

问候顾客是推销的第一步，和顾客打招呼时应面带微笑，让他们感到自己受欢迎被重视。

了解顾客是通过细心观察、耐心探问和认真倾听了解顾客的需要、喜好和兴趣，得知顾客的购买动机，找出顾客感兴趣的卖点，让顾客的疑虑暴露出来，销售人员必须了解顾客对钻石的认知程度，因为顾客只希望获得他们想要的资讯，而不是被灌输他们原本已知的讯息。在了解自己的过程中忌讳将自己的意愿强加给顾客，或者说出与顾客信念相反的话语，决不能批评顾客的品位，也不要询问顾客的预算。当顾客出现犹豫、矛盾时也需要用委婉的语气表达自己的建议。

激发兴趣可以从钻石的特性入手。结合钻石的文化性销售策略，进一步地强调迎合他们的购买目的，激发他们的购买兴趣，增强他们的购买信心。另外你可收集一些如广告、图册、杂志、报纸等与所推销钻石卖点相关的资料，制成精美的图册给顾客翻阅，以辅助销售。激发兴趣的关键是将钻石与他们的生活品位结合在一起。

展示钻石就是在了解顾客的基础上为顾客选出他们心中可能想要的钻石。这一工作的前提是你应该熟悉自己所推销钻石的品质范围、设计风格和镶嵌方式，并把钻石的优点展示给顾客。首先你要选一件流行的漂亮而昂贵的钻饰，目的未必是要将它出售，而是借之吸引顾客感受钻石的美感，展示的目的是协助顾客挑选出令顾客得到最大满足的钻饰，并感受到货品是专为他们而设计，是绝对完美的配搭。

克服异议是指对顾客在购买钻饰的过程中，所表现出的疑惑或提出相反的意见，给予耐心细致的解答，以消除顾客的疑惑。可针对顾客购买目的的不同，渲染钻饰的优点，但要自圆其说，做到既能使顾客感到满意又能达成交易。

达成交易是指留意顾客购买讯号，积极地协助他们做出购买的最后决定。用一些类似技巧性的语言，诸如:“我可以替您用礼盒装好吗?”、“您用现金还是用信用卡付款?”、“为您修改指圈只需要 10 分钟”……不要催促客人，要对自己对顾客有信心。如果顾客决定购买，那就概括说明它的优点，然后称赞他们做出了明智的选择，如果顾客决定今天不购买，也要送给他们一本有关钻石的小册子，争取顾客的信任，建立个人情

意，相信他们一定是你的回头客。

售后服务是销售的最后环节，也是决不可忽视的一个环节，它是扩大你的消费人群的无形广告，达成交易后，你要告诉顾客提供售后服务的条款，并记下他们的姓名、地址及联系方式，购买日期、价格、钻石品质等资料。建立顾客档案资料库，一方面作为顾客的售后服务之用，一方面为日后电话或信函推销之用。

售后服务可利用漫画和逸闻趣事等形式制成小册子，使顾客在轻松中得到钻石的保养、清洗等知识。

在钻石首饰销售的过程中要把握两个重要原则，第一个原则是对钻石首饰的介绍说明必须事先做好准备，了解店内每件钻饰的主要卖点，以及顾客可能提出的质疑。另一原则是能配合顾客兴趣及疑问弹性发挥，顾客之间有许多共性供你总结，但今天的成功方法，明天不见得有效，顾客讨厌听到录音带似的介绍说明。

4. 钻石首饰销售的促销策略

随着商品经济的高度发展，钻石首饰销售的层次和领域不断地加深和扩大，仅有内含的销售已显乏力，对外延的促销越来越得到人们的重视。

广告媒体就是一个很有效的促销手段。广告媒体是指广告主为达到一定的传播目标，向消费者进行广告宣传时所采用的物质技术手段。广告媒体以它特有的吸引力、广泛的传达力和灵活的适应力，在珠宝首饰的销售中发挥着不可缺少的功能和作用。广告媒体的种类繁多，几乎一切使广告受众产生反应的手段和方法都包括在内，其中以报纸、杂志、广播、电视和直接函件为主。

广告依广告的目的不同大致分为:

产品广告：强调的重点是产品和价格。

形象广告：着眼于建立产品本身、生产厂或购买人的形象。如中国铂金协会推出的著名演员张曼玉担当形象代言人的“我的铂金系列”广告。

服务广告：此类广告重点说明公司的服务类别。

珠宝店可同时采用上述三种广告形式，推动钻石销售和服务，树立公众形象。

另外聘请切磨师在店中进行钻石切磨的现场示范以吸引顾客，达到促销的目的。礼品配送、参加社会公益活动、在社团、学校做钻石专题讲座，编写钻石典故、传奇人物、钻石知识及公司简介的书籍等均可起到促销的目的。

钻石首饰销售的公共关系策略是一种间接的促销方式。公共关系是指在公众中建立企业形象和产品形象。企业形象包括企业的定位，核心产品的确定，内、外装潢布置，橱窗展示，员工服饰、仪容、举止、服务、信誉等。产品形象来自于企业的生产、营销过程、活动过程，如钻石的品质、价格、款式、标签等。珠宝首饰企业的形象好坏，直接影响着消费者对企业所售产品的信心。因为钻石首饰是贵重的消费品，消费者在付款购买前往往要进行详细的市场调查，即所谓的“货比三家”，评估不同珠宝企业的各项服务如信誉、款式、质量、价格、服务等优势后才决定他的购买行为。因此，建立良好的企业形象和产品形象有助于增强消费者购买信心，提高企业在社会上的知名度，提高产品在市场中的占有率，从而为企业创造更多的利润。

5. 钻石首饰销售的诚信策略

钻石首饰属高档消费品，品质上的等级差异明显地影响到其价值。因此，真实地反映钻石品质，合理公道地定价，不要为了更大的折扣而虚报价格。维护消费者对钻石首饰的消费信心，是珠宝企业的立足之本。不要因为怕失去生意，而不愿意告知顾客钻石若佩戴不当也易受损的事实。真诚地向顾客说明佩戴首饰的注意事项（或佩戴说明书）比忽视对消费者的提醒，而产生珠宝损伤或丢失带来的后果具有更实惠更长远的意义。因为在消费者心中，钻石是恒久不变的饰物，若遇损伤或丢失，不但严重地挫伤了消费者的购买意愿，也会损及珠宝企业的商誉。

不应为了追求销售业绩而总是推销高品质、高价格的钻石，而应站在消费者的角度，为消费者着想，推销给他们最适合、最满意的产品。任何销售人员都不满足于只做一宗生意，而是与顾客发展长远关系为目的，令初次购物的顾客变成长期的客户或客户的“载体”。因此，推销的目的应是令顾客得到最大的满足，而不是让他们付出你认为他们可以负担的最高价钱。

诚信是金，诚信对珠宝企业来说是其赖以生存、长足发展的生命线。

第十五章

钻石首饰评估

钻石评估是钻石贸易和销售中十分重要的环节。在国外有专门的机构从事钻石评估业务，并出具钻石评估证书，这种业务既可以为社会提供服务，如投保、贷款、抵押等，也可以为一般消费者服务。钻石首饰的评估是指首饰评估师，为了特定的目的对被评估的钻石首饰进行鉴定、分级与描述，并综合市场信息，独立而且公正地进行分析研究，确定其价值并提出评估报告的过程。

第一节 钻石首饰评估的原则和目的

钻石首饰评估是极其复杂的，涉及到的因素很多，而且这些因素中有些是动态变化的。因此钻石评估通常必须由专业的评估师来完成，他们在评估之前，对钻石首饰应进行全面的鉴定和详细的描述，再结合大量专业、商业知识。最终才能对一件钻石首饰作出准确的估价。

一、钻石首饰评估的原则

(1) 要有诚实的职业道德，严谨的工作作风，遵循客观、公正、公平的原则；

(2) 必须以丰富的专业知识和商业经验为基础；

(3) 评估应在无利益冲突的条件下进行；

(4) 评估应遵守为客户保密的原则；

(5) 评估应针对某一特定时间、地点和某一具体目的而进行，遵循一定的时效性；

(6) 评估结果往往是建立在收集、整理资料的基础上进行的，而钻石首饰的价格受多种因素的影响而变化。因此，评价的结果具有一定的近似性。

二、钻石首饰评估的目的

在对钻石首饰评估之前，一定要了解顾客评估的目的，并清楚地告诉他估价数字的含义。在没有了解顾客意图和不经过仔细观察钻石首饰的情况下，匆忙给出或随意给出一个价格都是极不明智的举动。

为了各种原因，许多人想知道拥有的钻石首饰值多少钱，尤其在我国，人们对钻石知之不多，在商店购买钻石首饰之后，很想找专业人士或机构进行估价。另外，一些拍卖行、银行、法院等机构为了某种原因，也需要对钻石首饰进行估价。无论是怎样的一种情形，评估之前一定要了解其估价的目的。评估的目的不同，同一件钻石首饰评估的

结果不同。通常情况下，钻石首饰评估的目的有以下几种：

1. 为了解钻石首饰的价值估价

委托人（消费者）仅是希望了解所拥有的钻石首饰价格为目的要求估价。往往不需要出具正式的估价报告，多采取口头咨询的形式。估价应采用市场价值，市场价值是指在完全市场竞争的条件下，买卖双方在公平、公开的市场中，根据各自的经济实力和利益，均能理智行事，双方共同确定的合适的价格。市场价格代表了市场上同类型钻石首饰的真实价格（接近零售价)。这个价格应包括钻石首饰的各种成本、各种税费及适当的利润。市场价格在不同的地区可能有一定的差价。评估师应针对委托人的购买市场，给出一个合适的估价。最好给出一个价格范围，而非一个绝对的价格。

2. 为钻石首饰再销售估价

钻饰拥有者由于各种原因决定将其钻石首饰兑换成现金时而进行的估价。通常这是当事人之间的买卖。在这种情况下，最好能知道评估委托人是卖方还是买方，因为这会影响估价结果。为再销售估价应以批发价值为基础，同时考虑市场价值，并根据委托人的具体身份，估价者可利用自己的商业经验，作出适当的调整，给出一个公平的价格。通常，这个价格应位于零售商愿意收购和愿意出售之间的价格。若卖方在有条件的特殊情况下，想尽快出售手里的钻石首饰时，估价采用清算价值（清算价值是指财产出售后用现金或其他内容明确的条款体现的最合适的价格)，清算价值是市场上的较低价格，是以该件钻石首饰在一般市场条件下尽快出手套现为标准的。

3. 为保险估价

在国外为了给贵重的珠宝首饰投保,往往要进行保险估价。估价时要求确定保险标的、保险费及确定索赔金额。保险评估是确定保费的基础,是为保险公司提供万一丢失或损坏钻石首饰而索赔给投保人一个相当的新钻石首饰的价格依据(保险公司通常不赔付现金)。

在进行保险评估时，应确定钻石首饰的重置价值。重置价值是指购买或制造一件相同的财产以替代另一件财产所需要的现金量或其他明确指出的条件。所用的材料、技术和标准使重置财产在外观上和使用方式上与原财产相同，有些物品可能需要考虑折旧。

4. 为贷款、抵押等目的估价

有时银行或其他机构接受钻石首饰作为贷款的安全抵押或以典当为目的的抵押，他们需要知道抵押物的变现数额能否抵消贷款的数额。估价时应考虑如果贷款者到期无法偿还贷款，银行（或典当行）可以将珠宝首饰在短期内变现，以收回贷款，评估时视期望用途不同，可采用清算价值、重置价值和适销现金价值（适销现金价值是指财产经有序销售所产生、并由减扣各项销售成本后预期的净收益)。

5. 为法律事务估价

在接受法庭估价时，评估师首先要确定估价委托人的类型，估价的目的和详细情况，不可盲目估价。因为估价的目的不同，估价采用的方法则不相同，估价的结果就不一样。如为经销商失窃估价采用重置价值，若为消费者失窃估价采用市场价值。

法律量刑估价，责任重大，不应受任何外界因素影响，要客观、公正地进行估价。

无论钻石首饰出于什么目的估价，都要涉及到钻石的价格，钻石的价格是钻石首饰估价的主体。

第二节 钻石的价格体系

钻石作为国际市场中最贵重的商品之一，不但具备商品的一般属性，还具有独特的自然属性及商贸规则。市场中钻石商品有三种类型，即钻坯、成品钻石和钻石首饰。从商品经济的角度分析，商品的价格是商品价值构成的货币表现形式。钻石作为一般商品，它的价格也是由获得钻石产品的所有生产成本、流通费用、税金和正常利润四个要素构成。但钻石作为一种特殊的矿产资源，其成本又不同于一般商品的成本构成，它与钻石的分布、质量、加工工艺水平、劳动力价格等因素有关。除此之外，钻石作为一种被“垄断”控制的商品，它的价格还受 DTC 的制约。因此，钻石的价格体系是非常复杂的，需要考虑的因素很多。

一、钻坯的价格

1. 钻坯的价格构成

(1) 钻坯的价格取决于钻坯的找矿、勘探、开采等阶段的物化劳动和活劳动耗费。

众所周知，钻石是自然界中最稀少的矿产资源，主要产出于金伯利岩和钾镁煌斑岩中，而这两种岩石形成的地质条件较为苛刻，平均出露面积仅 0.05 平方千米，仅占地球陆地总面积的百亿分之三。到目前为止，已探明的金伯利岩筒（脉）有 5000 多个，其中含有钻石的不到 1000 个，而具有开采价值的只有 50～60 个。地质学家常年累月奔波于高山峻岭、荒野沙漠、海岸等恶劣条件下，经普查、详查等地质阶段，从发现的众多矿点中不断筛选、淘汰，直到最后圈定出具有开采价值的钻石矿床的全过程的劳动耗费，构成钻坯的找矿勘探成本；之后要进行矿山建设，采用合适的采矿方案及选矿流程，最终获得钻坯的所有劳动耗费构成钻坯的采选成本。一般情况每 100 吨的矿石可含金刚石 0.5～680 克拉。

(2) 钻坯的价格除反映了钻坯的商品属性的成本外，还与钻石的矿床类型、钻坯在矿石中所占的比例（品位）有关。如安哥拉、南非的砂矿、博茨瓦纳的原生矿，钻坯的品位高，则该产地钻坯的平均单价就高；相反，钻坯品位低，则钻石价格就低，如澳大利亚的钻坯。

(3) 钻坯的价格还反映了这一级别、种类的钻石在自然界的产出率。产出率越低，钻石的价值越高，亦即颜色越白、净度级别越高、颗粒越大、形状越规则的钻石产出率越低、越稀有、价值越高。

2. 钻坯价格的确定

钻坯的销售主要受 DTC 的制约。DTC 既是钻坯的销售机构，也从事钻石的找矿、勘探与采矿。DTC 有一本“价格手册”，其中列出了约 15000 种钻坯的价格。DTC 就是按照这本手册购买钻石生产商的钻坯，同时也是以这本“钻石圣经”为基础，确定钻坯的销售价格。因此，戴比尔斯中央销售组织的这本“价格手册”基本反映了钻石原石价值的综合性指标。

3. 影响钻坯价格的因素

(1) DTC 的价格控制因素

DTC 的销售模式仍然是稳定钻石原石价格，调节市场供需平衡，保持价格稳定增长的主要因素。DTC 销售体制存在的合理性就在于它维护着市场对钻石的信心。

(2) 世界范围内的经济发展状况与水平

世界经济经历了高速发展、兴盛、衰退、萧条等阶段。即使在同一时期，不同的国家、不同的地区，经济水平和经济发展的速度也不同。经济稳定发展、兴盛时期，人们购买钻饰的热情高，需求量大，钻坯的价格会提高；反之，如 20 世纪 30 年代，全球性的经济大萧条，钻坯的价格则降低。

(3) 钻坯的开采总成本及钻石的产出率

外坯的开采总成本越高，单位钻坯的价格相对较高，钻石的产出率低，钻石的价格越高；反之，则低。

(4) 钻坯的来源及组合

钻坯的来源是影响钻坯价格的重要因素。不同来源的钻坯间价格有明显的差异。这是因为不同产地的钻坯、质量、矿床类型不同。宝石级钻石所占产量的比例大，则该产地钻坯的平均单价就高。

二、成品钻石的价格

1. 成品钻石的价格构成

(1) 成品钻石的价格取决于购买钻坯、切磨钻坯的所有物化劳动耗费。钻坯的价格对成品钻石价格的影响是最直接、最具体的。成品钻石的价格与钻坯的价格呈正比关系。

(2) 成品钻石的价格与成品钻石的品质密切相关。成品钻石的品质高，如净度、色级好，切工优良，它的价值就高，反之，则低。

(3) 钻坯的切磨成本也是构成成品钻石价格的另一重要内容。尽管钻石加工设备有了日新月异的改进，但钻石的切磨仍然是一项以手工操作为主的工艺。娴熟的技术、丰富的经验及全神贯注的投入，才能切磨出完美切工的钻石。因此，克拉数越大，净度色级越高，晶体形态复杂的钻坯，切割的成本越大，风险也越大。切磨成本还与切磨中心的劳动力成本有密切的关系。如美国纽约，寸土寸金，劳动力成本远高于其他切割中心，所以纽约只切磨高品质的大钻石。印度孟买的劳动力成本低，这里只切磨克拉数小，质量较低的钻石。印度较小钻石的切磨成本约为 5～10 美元/ 克拉，而在俄罗斯，切磨同样大小的钻石的成本约 45～50 美元/ 克拉。

2. 成品钻石价格的确定

成品钻石的价格主要由纽约、安特卫普、特拉维夫等钻石贸易中心以表格的形式发布。成品钻石的价格与它的“4C”质量体系一样，几乎为全世界所公认，具有规范、统一、国际化的特征。但各地报价表的性质和特点有差异，大部分的报价表是依据钻石的质量、色级和净度报价的。但价格信息可以以不同的方式呈现，有些是为每一琢型的

表 15 - 1　美国纽约 Rapaport 钻石报价表

RAPAPORT DIAMOND REPOR

Tel: 212 - 354 - 0575 ◆Fax: 212 - 840 - 0243 ◆15 west47th street. New York. NY10036

◆Iinternet. www. diamor

Copyright 1996 - 2000 by Martin Rapaport. All Rights Reserved. Reproduction in any form is strictly prohibited.

MARQUISE2/ 4/ 00

RAPAPORT: (0.18 - 0.22) 2/ 4/ 00

	IF - VVS	VS	SI_1	SI_2	SI_3	I_1	I_2	I_3
D - F	14.5	12.5	11.5	10.5	9.5	8.0	6.3	4.6
G - H	12.5	11.5	10.5	9.5	8.5	7.5	6.0	4.0
I - J	11.5	10.5	9.5	8.5	8.0	7.0	5.5	3.5
K - L	9.4	8.3	7.9	6.9	6.4	5.9	4.5	3.0
M - N	7.9	6.9	5.9	5.4	4.9	4.4	4.0	2.5

RAPAPORT: (0.23 - 0.29) 2/ 4/ 00

	IF - VVS	VS	SI_1	SI_2	SI_3	I_1	I_2	I_3
D - F	17.5	15.5	13.5	11.5	10.5	9.0	7.0	5.2
G - H	15.5	13.5	11.5	10.5	10.0	8.5	6.3	4.6
I - J	13.5	11.5	10.5	9.5	9.0	7.7	5.8	4.0
K - L	10.4	9.9	8.9	7.9	7.4	6.9	5.1	3.5
M - N	8.4	7.4	6.4	5.9	5.4	4.9	4.5	3.0

RAPAPORT: (0.30 - 0.37) 2/ 4/ 00

	IF	VVS_1	VVS_2	VS_1	VS_2	SI_1	SI_2	SI_3	I_1	I_2	I_3
D	33	31	29	27	23	21	28	16	13	10	7
E	31	29	27	24	21	20	18	16	12	9	6
F	29	27	24	22	20	19	17	15	11	8	6
G	27	24	22	20	19	18	16	14	10	8	5
H	22	21	20	19	17	16	14	13	9	7	5
I	18	17	16	16	15	14	13	12	9	7	4
J	15	14	14	13	13	12	11	10	8	6	4
K	13	12	12	11	11	10	9	8	6	5	4
L	11	10	10	9	9	8	8	7	4	4	3
M	10	9	9	8	8	7	7	6	3	3	3

RAPAPORT: (0.38 - 0.45) 2/ 4/ 00

	IF	VVS_1	VVS_2	VS_1	VS_2	SI_1	SI_2	SI_3	I_1	I_2	I_3
D	37	35	33	30	27	24	21	18	14	11	9
E	35	33	31	29	26	23	20	17	13	10	8
F	33	31	29	27	25	23	20	17	13	9	7
G	31	28	26	25	24	22	19	16	12	9	7
H	27	25	24	23	22	20	17	15	11	8	6
I	22	21	20	19	18	17	15	14	11	8	6
J	18	17	17	16	16	15	14	13	10	7	5
K	16	15	14	13	13	12	10	9	7	6	5
L	13	12	12	11	11	10	9	8	5	5	4
M	11	10	10	9	9	8	8	7	5	4	4

RAPAPORT: (0.46 - 0.49) 2/ 4/ 00

	IF	VVS_1	VVS_2	VS_1	VS_2	SI_1	SI_2	SI_3	I_1	I_2	I_3
D	41	37	35	33	30	27	24	21	17	13	10
E	37	35	33	31	29	26	23	20	17	13	9
F	35	33	31	29	28	25	22	20	16	12	9
G	33	31	30	28	26	24	21	19	15	12	8
H	29	28	27	25	24	22	19	18	14	11	8
I	26	25	24	23	22	20	18	16	13	11	7
J	22	21	20	19	19	18	16	15	12	10	7
K	18	17	16	15	15	14	14	13	11	9	6
L	15	14	14	13	13	12	11	10	8	7	6
M	13	12	12	11	10	10	9	7	7	6	5

RAPAPORT: (0.38 - 0.45) 2/ 4/ 00

	IF	VVS_1	VVS_2	VS_1	VS_2	SI_1	SI_2	SI_3	I_1	I_2	I_3
D	57	50	46	42	38	35	30	26	20	15	11
E	50	46	42	38	36	34	29	25	19	14	10
F	46	42	38	36	34	32	27	23	18	13	10
G	41	37	35	33	31	29	25	22	18	13	9
H	36	34	32	31	29	27	23	20	17	12	9
I	32	29	28	27	26	25	22	19	16	12	8
J	25	24	23	22	22	21	19	18	15	11	8
K	20	20	19	19	19	18	17	16	12	10	6
L	17	16	16	15	15	15	14	13	9	8	7
M	15	14	14	13	13	12	12	11	8	7	6

RAPAPORT: (0.70 - 0.89) 2/ 4/ 00

	IF	VVS_1	VVS_2	VS_1	VS_2	SI_1	SI_2	SI_3	I_1	I_2	I_3
D	80	66	63	60	57	54	47	39	29	19	13
E	65	62	60	57	55	52	46	38	28	18	12
F	61	59	57	55	53	50	44	35	26	17	11
G	57	56	54	52	50	47	41	33	25	17	10
H	51	50	49	47	45	42	36	31	23	16	10
I	44	43	42	41	39	37	32	28	22	15	9
J	36	35	34	33	33	31	27	24	19	14	9

RAPAPORT: (0.09 - 0.99) 2/ 4/ 00

	IF	VVS_1	VVS_2	VS_1	VS_2	SI_1	SI_2	SI_3	I_1	I_2	I_3
D	92	73	70	65	61	57	51	43	33	22	14
E	73	70	65	62	59	56	50	42	32	21	13
F	70	65	62	59	57	54	48	40	31	20	12
G	65	62	60	58	55	52	46	38	29	19	11
H	58	56	54	52	50	47	41	35	28	18	11
I	51	49	47	45	43	42	37	32	26	17	10
J	43	42	41	39	38	36	32	29	23	16	10

钻石准备一份报价表；有些则主要为圆多刻面琢型钻石报价，其他花式钻石的报价按百分比差异定价，如菱形 + 10%、祖母绿 - 10%。有些给出一份圆多剖面琢型钻石的价格，也给出一份代表性花式钻石的价格。使用这些资料时应加以分析。下面以美国纽约 Rapaport 钻石报价表（表 15 - 1）为例解读成品钻石的市场价格。

Rapaport 钻石报价表是汇总众多钻石贸易公司的报价后，加以整理，列出有代表性的价格，反映了纽约钻石市场上卖方钻石价格概况。报价有两种形式，一种是开价表（Price sheet），一种是交易价表（trade sheet）。

由于圆钻是市场上的主打产品，开价表每周发布一次，花式钻石（以梨形钻石为基准）每月的第一个周五发布，同时通过 E - mail 告知用户。该表每一个质量等级有一个独立的矩阵。质量范围 0. 01～5. 99 ct（其中 0. 01～0. 99 ct 分为 12 个矩阵，1. 00～5. 99 ct 分为 6 个矩阵）。每一质量等级的价格以色级为纵坐标，净度为横坐标报出。价格的单位为每克拉百美元。0. 30 ct 以上的矩阵底下还有一行用字母、数字表示的价格指数。W 代表优质钻石（D—H/ IF～VS2），T 代表本矩阵所有的钻石（D—M/ IF～P_3，其后的数字表示的是平均单价，“ = ”后面的百分比“ + 或 - ”表示与上次报价相比的涨落幅度）。矩阵中涨价的价格用粗字体标出，降低用斜体标出，报价表中的切工以好切工为标准。表中的价格为高开价（纽约高位现金报价 High Cash New York Asking Prices），可作为交易的参考价格，在实际交易时价格往往有折扣。

3. 影响成品钻石价格的因素

成品钻石的价格是珠宝中最稳定的，而且钻石的价格已经形成了较为完整的体系。一颗成品钻石在世界各地的价格是基本接近的。这是因为评价钻石价值的 4C 标准已为全世界所接受。据 4C 标准，成品钻石可划分为 6 000 多个等级。这种严格的划分不仅为商业带来方便，也为钻石估价提供了基础。另外，除了 4C 级别外，钻石的价格还受美元价格和市场的供求关系的影响。

(1) 质量对价格的影响

钻石的价格与质量之间并不是简单的正相关关系，而与其质量的平方成正比，即质量平方原则，这个原则对成品钻石和钻坯均适用。它虽然是 200 年以前提出的，但至今仍具指导意义，其表达式为：

$$\text{钻石价格} = (\text{质量})^2 \times \text{基础价} \times \text{市场系数}$$

$$\text{或} \quad = (\text{质量})^2 \times \text{价值系数（K）}$$

上式表明 4 ct 的钻石并不是 4 颗 1 ct 重的钻石价值之和，很可能是 1 ct 钻石价格的十几倍左右。朱而勤等（1996）根据上式计算与 1996 年 6 月纽约钻石报价相比较，其结果表明，高品质钻石符合程度较好，低品质钻石的符合程度较差（表 15 - 2）。因此，平方原则只是一个粗略的估计，切勿生搬硬套。

质量对钻石价格的另一影响是克拉台阶，即价格在克拉处有一阶梯式的增长，也称克拉溢价。这是由于大多数人对整数克拉钻石的偏爱，同时也是市场需求所致。足 1 克拉或稍重钻石的每克拉价比 0. 95 ct 要高很多；同样，足 2 ct、3 ct 也是如此，在 Rapaport 报价表上则表现为整数克拉钻石与小于整数值的钻石分属于不同的质量报价矩阵中。实际上，市场上小于 1 克拉的钻石在 0. 24 ct、0. 30、0. 38、0. 46、0. 50、0. 7、0. 90

表 15 - 2　钻石计算价与实际价格比较表

钻石质量（ct）	高品质钻石		低品质钻石	
	计算价（美元）	实际报价（美元）	计算价（美元）	实际报价（美元）
0. 25	470	450	150	190
0. 50	1870	2900	600	700
0. 75	4220	4050	1350	1500
1	7500	7500	2400	2400
2	33000	26000	9600	6200
3	67500	55800	21600	12000

据朱而勤修改，1996。

处也有跳跃式溢价现象，只不过没有克拉溢价明显而已。克拉溢价的幅度与钻石质量有关，一般来说，高品质钻石的克拉溢价较低品质钻石的克拉溢价明显。

(2) 色级、净度对价格的影响

色级和净度对价格的影响主要与二者对钻石外观的影响程度有关，并且它们对价格的影响是共同的、相互制约的，很难孤立分开讨论。我们随时都可以制作一些图解，比较二者与价格之间的关系。如任意选择某一时间价格表为参照物，以 1. 00 ct 或 0. 5 ct 为质量值（主要以容易观察曲线的变化为原则），以净度为横坐标，价格为纵坐标，选取一个高色级（D 或 E）和一个低色级（K 或 L）钻石，观察价格变化曲线（图 15 - 1）。或者以色级为横坐标，价格为纵坐标，选取一个高净度（IF 或 VVS_1），一个低净度（P_2 或 P_3）的钻石观察价格变化曲线（图 15 - 2）可以发现对于高品质的钻石而言（F 色以上，VVS_2 以上），高色级随净度变化的曲线或高净度随色级变化的曲线它们的斜率均比较陡，即色级和净度其中任一因素保持不变，而另一因素变化时，每一等级对单位价格的影响明显且相似。曲线变化最明显的地方是在 IF 和 VVS_1 以及 SI_2 和 P_1 之间。对于低品质的钻石（L 色以下，P_1 以下），随净度或色级变化的价格曲线其斜率均比较平缓，即反映了无论净度等级好坏，低色级钻石的需求量均不大；或者说无论色级如何，重瑕级的钻石供给并不稀少。介于高品质与低品质之间的中等品质（色级 G～K，净度 VS_1 ～SI_2）的钻石，其价格曲线介于二者之间。它们也是市场上“流行”的等级，其中色级对“流行”的净度级别（如 VS）的影响更大。

综观大部分的钻石报价表，不难看出较明显的克拉单价差异对于净度而言主要在大级之间，即 IF/ VVS_1、VVS_2/ VS_1、VS_2/ SI_1、SI_2/ P_1，小级间的价格差异并不明显。其中最大的价格差异在 IF/ VVS_1 及 SI_2/ P_1 之间。对于色级而言 G/ H、H/ I、K/ L 之间价格的差异较明显。

小颗粒钻石的色级和净度等级范围较宽，色级分为 D-F（无色透明）、G-H（近无色透明）、I-K（微带颜色）、L-M（带有颜色）四类，其中 I 色为分水岭，对价格影响明显外，其他的色级间的价格变化并不明显。小钻石的净度 VVS、VS、SI 没有细分，但 P_1、P_2、P_3 仍然细分，因为 P 级是小钻市场的主要净度级别，即使尺寸小，也要考虑内含物的可见程度对外观的影响。

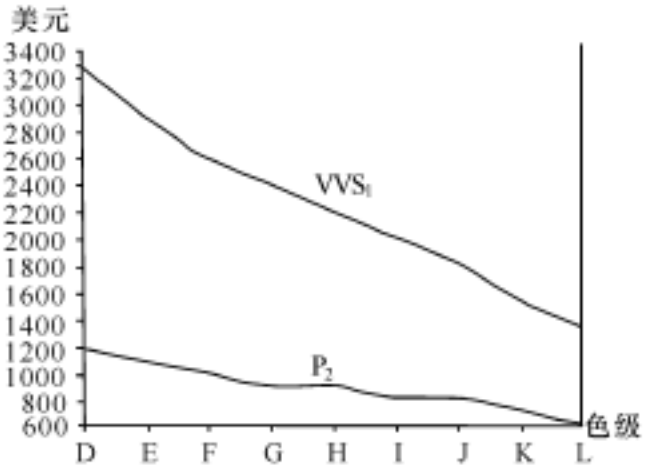


图 15 - 1　VVS_1 级和 P_2 级钻石的色级与价格曲线图

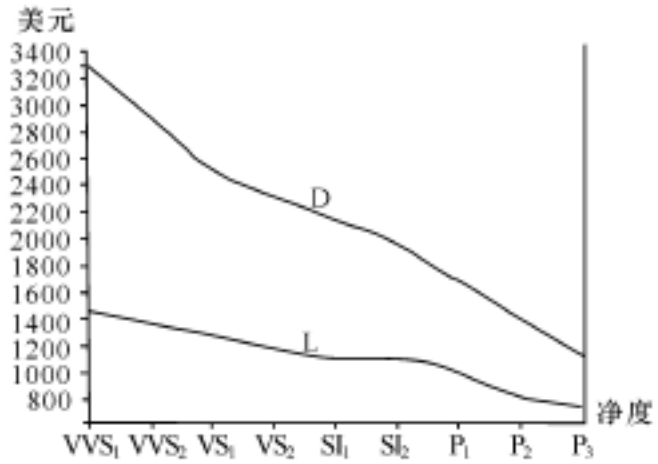


图 15 - 2　D 色和 L 色钻石的净度与价格曲线图

(3) 切工对价格的影响

一般来说，切工相对于色级和净度而言，对价格的影响在报价表上不易解读。

部分切磨商总是切磨相同的市场上常见的比例范围，有些则对尺寸大的和高品质的钻石做最佳的比例和修饰切磨，而对于其余的产品则不精益求精，还有些切磨商专门切磨优质比例和修饰的钻石，当然其索要的价格也高。而报价表往往是汇总不同切磨工艺的众多钻石贸易公司的价格整理后给出的。

一般来讲市场上常见等级的钻石，切磨比例大多较标准，但修饰度差别却很大。另外质量大、品质高的钻石非常稀少，切磨师都会花费更多的精力和时间精心切磨，其切磨比例和修饰都较优质。只有那些勉强地被拉入临界克拉质量的钻石，切磨比例或修饰会因过多地注重质量保存而降低。如一颗 1.02 克拉的钻石，若存在很大的台面、浅冠部及浅亭部或很厚的腰围，计算其价格时，克拉单位往往使用十分之九的价格，而不使用 1 克拉的克拉单价。然后再乘以实际质量。不仅克拉质量如此，所有的临界质量均应注意切工等级，正确判断其价格。而大多数的小钻石切磨时主要注重保留质量，常见切磨比例或修饰度偏差。

切工对裸钻价格的影响目前还未形成共识。按照国际市场的普遍认同。俄罗斯工、比利时工或纽约工相对较好，克拉单价较高；而以色列工、泰国工次之，克拉单价中等；印度工相对修饰不精，价格较低。需要说明的是，无论哪里都可能有优质的切工和一般的切工，不能绝对地以加工地来评判。

市场上大多数钻石商的报价未作切工说明，但常见的以良好切工（2 级切工）为标准。这些切工的钻石外观璀璨夺目，只有经过训练或经验丰富的钻石商才能识别其中的不同。一般切工（3 级切工）的钻石为获取更多的质量，大都有比例问题或对称性偏差，从而降低了钻石的光彩。其价格往往比良好切工降低 5%～15%。一般工中偏近良好切工的降价 5%左右，偏近差切工（4 级工）的降低 15%左右。一般切工（3 级工）的钻石若质量接近临界质量时，价格往往按较小一级质量矩阵的价格计算其克拉单价。差切工（4 级切工）的钻石，其切磨比例或修饰度偏差对钻石的外观均有明显的影响。通常可经重切处理，其价格要比良好切工降低 50%。很好切工（1 级切工）的钻石较良

好切工的钻石质量损耗较多，切磨师所付出的劳动力成本也高，因此，其价格比良好切工应高出 15%。

切工对钻石价格的影响并非逐项计算，而是取决于切工对钻石整体外观的影响，同时考虑质量的节省及切磨成本。影响最大的因素是大台面、浅亭部的鱼眼钻石和深亭部的块状钻石以及有主要对称缺陷的钻石。极厚、极薄的腰围对价格的影响也不可忽视。通常切工对价格影响可达 15%～40%左右。

(4) 市场供求关系对价格的影响

在市场经济中，任何商品均受到供求关系的影响，钻石也不例外。只是钻石市场基本是垄断控制的，才避免了投机。任何投机活动只对少数人有利，而使大多数人遭受损失，并破坏钻石交易体系。在钻石市场上，当钻石需求增加时提高产量，需求减少时降低产量。因此，通过调节供需关系，最大限度地避免暴涨暴跌，才能稳定钻石价格，也减轻了估价者的任务。在经济萧条的 20 世纪 30 年代，钻石价格所受的影响比包括黄金在内的其他商品都小。这一切均应归功于戴比尔斯 (De Beers)。

(5) 美元行情 (汇率) 对价格的影响

钻石是国际性高档消费品，各钻石交易市场钻石价格均是以美元计价的。因此，各国货币与美元的汇率变化直接影响着该国的钻石价格。

三、钻石的品级—价格系数表

从上述讨论中可以看出：钻石的价格与它的质量、色级、净度和切工成正比关系。有人用数字来定量综合表示这种正比关系，并以表格的形式给出 (表 15 - 3)，它直观地表示钻石品级与价格系数的关系，因此被称之为钻石的品级—价格系数表。虽然表中的定量化数值都是近似值，但仍然较好地体现了钻石的 4C 与价格的关系。利用此表，可以估算不同品级钻石的价格差异，如果知道某时钻石的标准价格，还可以用来评估钻石的价值。需要指出的是，标准价格系数是以钻石质量为 1 ct、色级为 H、净度为 VVS1、完美圆钻切工的价格确定的，钻石的价格通常由钻石交易所定期发布。评估钻石的价值可按下式计算：

评估价值 = 标准价格×色级系数×净度系数×切工系数×质量系数×实际质量

例如，一颗钻石，其色级为 I，净度级为 VS_2，切工中等，质量为 0.5 ct，市场上标准价格为每克拉 6000 美元。它的估价计算如下：

评估价值 = 6000×90%×75%×85%×55%×0.5 = 946.69 (美元)

也就是说，这颗钻石的估价为 946.69 美元。

四、钻石首饰的价格

1. 钻石首饰的价格构成

销售钻石的最终产品是让消费者得以佩戴、珍藏的钻石首饰。

钻石首饰的价值构成包括以下几个方面：

(1) 钻石首饰的价格取决于购买裸钻的费用。它往往是钻石首饰定价的基本因素。

表 15 - 3　钻石品级—价格系数表

价格系数（%）	色级	净度	切工	质量（ct）	价格系数（%）	色级	净度	切工	质量（ct）
185	D			2.0	60	M		差	0.6
175	E			1.5	55	N			0.5
150	F				50	O			
140	G	FL			45	P	SI_1		
120		IF			40	Q	SI_2		
100	H	VVS_1	优	1.0	35	R			
95		VVS_2	好		30	S	P_1		0.3
90	I				25	T	P_2		
85	J	VS_1	中	0.9	20	Z	P_3		0.2
75	K	VS_2		0.8	15				
70	L				10				0.05 以下

(2) 钻石首饰的价格反映了将裸钻镶嵌制作成钻石首饰的制造成本。镶嵌制造成本包括镶嵌钻石的贵金属原料费用，镶托的制作、设计、镶嵌设备的折旧、工资等费用。加工镶嵌钻石不像制造生产电视机可以采用现代化大规模批量生产线，每一件钻石首饰都需手工经多道工序精心制作完成。况且钻饰的款式各不相同，可以说镶嵌制造钻石首饰的单位劳动成本是所有制品中成本最高的之一。

(3) 钻石首饰的价格应包含钻石首饰销售过程中的营销成本、劳动者工资、福利及合理的利润。钻石首饰的营销成本包括货品保险费、广告费、专业服务费、展示设备及维护费，安全系统费、员工的工资及福利、耗费材料等费用。

钻石首饰的价格最后依据分摊在单位钻石首饰上的总成本不同而价格不同。单位钻饰的成本高，则钻石首饰的价格也高。除此之外，钻石首饰的价格还与不同国家或不同地区的经济水平有关。

2. 钻石首饰价格的确定

钻石首饰的价格 = 裸钻的价格 + 镶嵌费 + 金属镶托的费用 + 销售成本 + 合理利润 + 税金

3. 影响钻石首饰价格的因素

钻石首饰是钻石销售的最终产品。其价格除受首饰的主石——钻石的“4C”质量影响外，首饰的设计、镶嵌及辅助金属材料，销售公司的销售成本，无形资产等因素，均对钻石首饰的定价产生影响。

(1) 钻石的质量对价格的影响

钻石的质量对价格的影响与成品钻石相似，仅在分级确定等级时应参照第十一章镶

嵌钻石的分级标准。

(2) 钻石首饰镶嵌的制作成本对价格的影响

一颗裸钻被制作成一枚首饰往往要经过设计、起板、铸模、执模、镶石、抛光等过程。每一过程的劳动耗费及劳动力成本均构成制作成本。在这个过程中凡经手工制作的成本最高。若以一般普通镶嵌厂的镶嵌费用为基数，则设计风格独特、新颖，镶嵌工艺精湛的，镶嵌费则应比一般工费高 1～3 倍。若有配石则按配石的数量另外收费（一般一颗碎圆钻多加一元，梯方钻 2～3 元），男式镶工费高于女式镶工费的 30%～50%。但国内大多数镶嵌厂的镶嵌手工费相差不大，仅有 1%～3%差距。

(3) 镶嵌的贵金属材料对价格的影响

钻石镶嵌的贵金属材料多采用铂金（Pt）和黄金（Au)。铂金有 Pt900 和 Pt950 两种，黄金多采用 18K 金。贵金属的价格通常按当天的国际铂金、黄金的报价折算后，加上手续费和损耗率（10%～20%）计算。

(4) 钻石首饰的营销成本对价格的影响

营销成本高，钻石首饰的定价就高。这里应特别指出，珠宝企业的无形资产——珠宝公司的品牌，也是影响钻石首饰价格需要考虑的因素。另外，钻石首饰属贵重商品，高额的保险费、安全费用往往会使价格增加 5%～10%。

(5) 税收对价格的影响

目前国家对珠宝首饰开征的税金也是影响价格的因素之一。

钻石首饰的税金包括 17%的增值税和 5%的消费税。按国家法规规定规范经营的珠宝公司钻石首饰的价格相对要高。而有不正当经营行为的公司其价格相对要低。

(6) 市场需求对价格的影响

钻石首饰主要是满足人们的精神生活需求的特殊商品，而非生活必需品。它的需求量与消费者经济收入、当地的经济水平、消费观念、消费季节等有关，需求的弹性较大，钻石首饰市场的竞争较一般消费品市场的竞争要激烈，且更无序。钻石首饰的价格往往也受竞争者价格的影响及供求关系的制约。

第三节 钻石首饰估价的方法

一、成本法（又称重置成本法)

成本法是指评估资产时，按在现时条件下重新购买一项全新状态的被评估资产所需要的全部成本减扣其各项损耗价值来确定被评估资产价值的方法。

利用成本法评估钻石首饰时，重置价值是通过估算钻石首饰新的重置成本减扣折旧来计算的。重置成本是在现行市场上，以购买与被评估钻石首饰相当（似）（款式、金属、钻石大小及品质、镶嵌工艺等）的新钻石首饰所花费的成本。

1. 成本法适用的前提条件

(1) 评估对象可以再生产或者再复制。

(2) 随着时间的推移应考虑资产的贬值。

钻石是属于矿产资源，而矿产资源具有不可再生性，即钻石是一种珍贵独特的自然资源产物，并包含着独特文化内涵价值，是无法实现真正意义上的再生产或者再复制，而且在未来很长时间内很少会随着时间的推移而贬值。但是从一般商品市场上钻石首饰的商业性概念理解，如钻石的大小、品质、贵金属质量、含量、镶嵌的款式、工艺等是可以复制重做的，钻石首饰在佩戴过程中也可以遭遇损坏使钻石的品质下降，金属镶托的磨损使质量减少等实体性的贬值，实体性的贬值是通过观察、确定钻石首饰的成新率估算的。另外，钻石首饰还会因外部经济环境的变化如款式过时，金属种类不流行及汇率、供求关系的改变而产生经济性贬值。

因此，用成本法对钻石首饰进行评估不但符合其条件要求，而且也是简单、可行且易被人接受理解的方法。

2. 成本法的适用范围

因为成本法侧重考虑了资产的重置全价及损耗。比较适用于以资产重置、补偿为目的评估业务。如：保险评估、抵押贷款、经济担保等。

成本法适合于对大多数钻石首饰的评估，尤其是不涉及到版权的钻石首饰。

成本法的优点是评估钻石首饰所需的资料易于收集、整理，并可为其他评估方法提供基础依据。

3. 成本法评估的基本步骤

用成本法评估钻石首饰，实际上是从生产的角度去确定组成钻石首饰的各部分生产成本，减去佩戴过程中所产生的折旧后所获得的重置成本价值。计算制造成本的基本步骤如下：

(1) 清洗钻石首饰。

(2) 称重钻石首饰并估算或复查钻石的质量。

正规厂家加工的钻石首饰均在其镶托上标有钻石的质量及金属的类别和成色。但对所标钻石的质量要根据第十一章第四节镶嵌钻石的质量估算方法复查。若需将钻石取下称重，须经客户书面同意。

金属托的质量 = 钻石首饰的质量 - 钻石的质量

(3) 鉴别钻石的真伪（优化处理品及合成钻石）

(4) 对钻石进行“4C”分级，并作适当描述。

(5) 测试金属的成分、成色，分析镶嵌工艺。

(6) 根据“4C”分级结果，收集价格信息，并对信息资料进行有依据的整理分析，确定主石钻石的价格（注意货币的单位换算）。若有配石还应依配石的种类、大小确定配石的价格。钻石的价格常以 Rapaport 的报价为参考依据，并根据市场状况及切工比例折扣 10%～40%，最低达 50%（参考本章第二节表 15 - 3）。然而，一名优秀的经验丰富的珠宝评估师，在索取有用的销售信息资料时，必须长期地进行市场调查，对钻石首饰的价格变化有特殊的敏感性，建立完整的个人价格资料库。钻石的价格信息可从以

下方面收集：①网上查找对比不同交易市场的钻石报价表；②收集钻石批发商的钻石报价；③参加珠宝展、研讨会了解钻石的价格；④加入市场行情分析服务组织得到钻石价格；⑤做详细的市场零售价调查；⑥广交珠宝界朋友，从中获取有价值的价格信息；⑦拍卖行珠宝首饰的价格信息是评估师的宝贵信息资源。

(7) 根据贵金属的成分、成色测试结果，收集国内外贵金属报价，尤其是从镶嵌厂直接收集评估基准日的贵金属报价及损耗率、计算贵金属的成本。

镶嵌钻石首饰用的金属常为K金(Au)、铂金(Pt)。K金(Karat Gold)中的K表示为纯金的含量，纯金为24K。因此，10K = 10/24 = 41.67%(含黄金量为41.67%)；12K = 12/24 = 50%；14K = 14/24 = 58.33%；18K = 18/24 = 75%。有时，K金也用黄金的含量表示，如750指18K，583指14K。

K金的颜色视配制合金材料不同而不同。黄色、红色的K金常配有一定量的银、铜、锌、镉、钯等。白色K金(K白金)中配有相当量的镍及少量的锌、铜、银等。K白金比K黄金更硬，更难加工。

铂族金属具有加工容易、镶嵌牢固、颜色与钻石匹配等优点，非常适合钻石的镶嵌。依铂金的含量分为90%和95%两种类型，分别用Pt900、Pt950表示。

(8) 根据款式的流行风格、加工工艺水平等首饰的整体外观造型，计算设计、镶嵌、抛光、电镀、喷砂及配石的镶嵌方法等加工镶嵌成本。加工镶嵌费用与镶嵌加工厂的地点、品牌、加工工艺水平、加工款式的复杂性、首饰的类型(吊坠、戒指、耳钉、链牌、手链等)等因素有关。可从不同类型的加工厂直接索取加工镶嵌费信息。

(9) 累加求和，即可得出钻石首饰的总的制造成本。

制造成本 = 钻石的成本 + 贵金属成本 + 加工镶嵌费。

若钻石首饰设计独特、新颖可能涉及到版权问题还应加上设计费用。

4. 使用成本法评估珠宝首饰的注意事项

(1) 对估算钻石首饰重置成本的数据进行全面分析，考虑材料成本、制作成本、其他费用以及制造者的合理利润，应合理确定完全重置成本。

(2) 合理确定实体性贬值和经济性贬值。钻石首饰评估通常不考虑功能性贬值。

(3) 利用成本法可以计算市场钻石首饰的市场价值。

用成本法计算钻石首饰的市场价值时，必须确定不同市场的钻石首饰销售者生产钻石首饰的所有成本，并且根据评估的目的和价值类型确定一个合适的加价率(包括销售费用、各种税费及合理的利润)。通常不同市场的价格与不同市场的零售价相当。

批发价 = 成本价 × (1 + 批发利润率)

市场零售价 = 成本价 × (1 + 批发利润率) × (1 + 市场利润率)

= 成本价 × (1 + 加价率)

不同市场级别的钻石首饰加价率不同，一般来说批发商加价率比零售商低。品牌公司、大商场、豪华的珠宝专卖店的加价率比一般小型珠宝店的要高。加价率可通过市场调查、计算确定。

(4) 不宜采用成本法估价的钻石首饰

已故名师设计制作的或市场仅此一款的钻石首饰评估；具有历史意义、文物价值、

名人效应的钻石首饰评估；非常稀有的具收藏价值的钻石首饰。

二、市场法

市场法（又称市场比较法）是通过市场调查，选择与被评估资产相同或相似的资产作为对比参照物，分析该参照物的成交价和交易条件，并就影响价格的有关因素进行对比调整，从而确定被评估资产价值的一种资产评估方法。

被评估资产的市场价值 = 参照物（资产）市场价值 + ∑因素调整余额

1. 市场法适用的前提条件

(1) 交易活跃的钻石首饰市场。

(2) 可以搜集到与被评估钻石首饰相同或相似的可比参照物。

(3) 参照物的价值因素明确并可量化。

在珠宝首饰销售额中，钻石首饰的销售可占 80% 左右。不同规模、不同品牌、不同销售方式及不同目标市场的钻石首饰销售市场，十分活跃。这为寻找类似的参照物提供了可能。

选择与被评估钻石首饰类似的参照物是市场法最重要的环节。如果被评估钻石首饰属于批量加工的，市场上常见的款式及常见的钻石品质。则其参照物易于寻找。若被评估钻石首饰设计独特、新颖、具有一定的艺术价值则市场难以寻找到与之完全类似的参照物时，则尽可能地寻找与之设计风格类似、工艺水平类似、艺术价值类似的加工厂商设计、生产的同类型钻石首饰作为参照物。

参照物的选择应综合考虑各种因素，遵循如下可比性原则：

①满足同一评估目的的原则

根据评估的目的不同，选择参照物的市场体系不同，评估的结果则不相同。如为一般消费者评估，则选择零售市场上的参照物，若为经销者评估，则选择批发市场的参照物。

②市场类型的一致性原则

因为不同的地区、国家，处于不同的经济发展水平，形成了不同的消费水平市场，处于不同消费市场的同一件钻石首饰，其价格是有差异性的。如在美国市场和中国市场相类似的钻戒，其价格很难具有对比性。因此，参照物的市场类型应尽可能与被评估钻石首饰的市场类型相同。

③参照物的公平代表性原则

在市场调研寻找参照物的过程中，参照物的价格确定应具有相对的公平性（应包括一定的税金、合理的利润、钻石首饰的交易数量，无虚标打折或恶性竞争的倾销价格等），另外参照物的数量应具有一定的代表性，采用能够真实地反映被评估钻石首饰的价值。

④时间的可比性原则

选择与被评估钻石首饰相同交易时间成交的钻石首饰作为参照物。由于钻石首饰的价格受世界经济周期、供求关系及汇率的影响较大。不同时期购买的钻石首饰在选择参照物时一定要考虑时间因素的作用。如将 20 世纪 80 年代钻石首饰的市场价格作为 21

世纪的参照物体格，评估的结果是缺乏科学性的。

⑤主要价值因素构成的相似性原则

参照物的钻石首饰成本构成与被评估钻石的成本构成应相似，才具备可比性。参照物的钻石价值因素构成包括相似的质量，同等质量的钻石价值、相似的金属价值、加工镶嵌费用。

总之运用市场法评估钻石首饰应尽可能地考虑各种影响因素，考虑的因素越全面，评价的结果越接近实际情况。所选择的参照物与被评估钻石应具备可比性原则，即尽量的相似或相当。

2. 市场法的适用范围

市场法的适用范围广泛，任何与市场有关的钻石首饰评估均适用。如，一般消费者的评估法庭量刑评估，馈赠物评估等。尤其适合具历史意义、名人佩戴过的名家设计的、有版权的钻石首饰。

3. 市场法评估的基本步骤

在运用市场法评估钻石首饰时，应做详细的市场调查、研究、分析，直至选取可详细对比的参照物价格，从而确定被评估钻石首饰的价值。具体步骤如下:

(1) 清洗钻石首饰。

(2) 称重钻石首饰。

(3) 对钻石进行“4C”分级及分析金属的成分和成色。

(4) 分析钻石首饰的加工工艺。

(5) 辨别钻石首饰的来源，时期或时代。

(6) 寻找与评估对象相似的销售市场类型。

(7) 选取合适的参照物。

(8) 把被评估的钻石首饰与参照物进行比较，分析二者之间的异同点及其对价值的影响。

(9) 分析调整差异，得出评估结论。

对所有影响价值的因素进行分析、校正时，都应有有效证据来支持你的评价结论。

4. 运用市场法评价钻石首饰时应注意的事项

(1) 尽可能全面地收集评估对象以往的交易信息、相同或类似珠宝首饰交易的市场信息，以使评价的结果更符合实际情况。

(2) 确定若干具有合理比较基础的相同或类似钻石首饰作为参照物。

(3) 对评估对象以往交易信息进行分析调整。

(4) 确定相同或类似钻石首饰的恰当市场，根据评估对象与参照物之间的区别，以及市场级别、市场交易条件等因素，对相同或类似珠宝首饰交易信息及相关资料进行分析调整。

第四节 钻石首饰评估报告的内容

一、委托方基本资料

包括委托方的姓名、公司名称（或经办人名）、详细地址、联系方式等资料。

二、资产评估机构基本资料

资产评估机构的名称，评估机构资格认证证明，评估负责人及参与评估人员的姓名、职称、评估资格证明等资料。

三、评估对象基本资料，包括对评估对象的鉴定、品质分级和描述

（一）评估对象基本资料

钻石首饰种类（男/女戒指、耳钉、吊坠、链牌、手链、胸针等）、外观特征、尺寸大小（mm）、琢型、镶嵌的方式、辅石的数量及分布等。

（二）评估对象的鉴定、品质分级

1. 鉴定依据

指出鉴定采用的标准、鉴定仪器的名称、型号。鉴定内容包括：钻石的光泽、色散、内含物、光性特征、热导性、发光性、切磨质量（面、棱、角特征）等特征。必要时借助阴极发仪、红外光谱等仪器指出是天然钻石，合成钻石及优化处理钻石。

2. 品质分级

采用的分级标准、颜色级别、净度等级及描述、切工分级（比例分级和修饰度分级），克拉质量（写明是实际称量或是测量后按照公式估算所得出的结论）。

3. 对评估对象加工工艺等描述（主石与配石分开描述）

（1）金属的颜色、类型、质量、金属上所有的标记，包括版权告示和注册商标。

（2）首饰的设计和款式特征：整体造型、图案纹样是否形象自然、线条是否流畅、布局状况等。

（3）镶嵌工艺评价：首先确定制造方法，确定是浇铸、冲压成型、拼合还是手工制作，然后详细描述工艺特点，包括钻石放置是否周正、平服、牢固；钻石与镶托各部分比例是否协调、对称；首饰托架有无变形；金属的抛光精细程度、表面损伤、有无砂眼等现象。

（4）钻石首饰新旧程度对价值的影响。钻石首饰视其整体外观特征，将新旧程度分为新、较新、旧、很旧、极旧。特别指出钻石首饰在佩戴过程中的破损状况对价值的影响。

（5）钻石首饰的出处。可咨询委托人获得，并提供相应的证明。钻石首饰来源于哪里？是大型商场、品牌公司、专卖店、小型珠宝店、展销会、还是批发商手中。

钻石首饰的历史意义，是否为名人戴过？是否出自名家设计？

四、评估目的和期望用途

根据委托人的要求确定评估的目的。因为评估的目的、评估的价值类型、选择评估的方法与评估的结论有密切的关系。在评估之前应当向委托人说明评估目的相对应的价值类型。期望用途是评估师在评估、咨询或复核评估等业务报告中提供的有关专业意见或结论的一种或多种用途。它与一定的价值类型相关，由评估师说明，客户决定。

五、评估基准日

评估基准日是评估价值所适用的日期，是提供价值基础市场条件的日期。从评估基准日可看出当时的市场条件。评估值是该基准时间点上的价值。

六、与评估目的相一致的价值类型及其定义

评估的目的不同，选取的价值类型也不同，如，评估的目的是保险索赔，则选取更新重置价值，若评估的目的是了解钻石首饰的价值，则选取市场价值进行估价。

七、评估方法

依据评估的目的及期望用途，选取相适应的价值类型拟定评估方法，对评估项目做出科学的、合理的结论。每一种评估方法都可以辅助检验其他方法，仅是这种方法更适合于一个具体的评估项目。

八、评估过程

(1) 接待委托人、确定与评估有关的事宜。包括评估目的、对象、价值类型、检验日期和评估报告完成日期、评估对象的所有权、评估报告类型的确定。

(2) 签订评估合同（或协议）并填写接样单。

(3) 制定评估计划。

①收集与评估目的有关的经济行为的法律依据资料。

②分析整理资料。

③拟定评估报告提纲并编制评估工作计划。

(4) 出具鉴定钻石首饰的鉴定报告和钻石首饰的分级报告。

(5) 市场调查和分析研究。

①收集与被评估钻石首饰有关的市场资料（批发价/零售价、拍卖价、展销价、加工费用、贵金属价格等)。

②分析研究。对所收集的市场资料进行整理分析、对比、论证，从而建立市场模型。统计、分析各参与评价的参数。

评估过程可针对不同要求的评估报告有选择地取舍。

(6) 估价。根据以上资料或分析结果，对钻石首饰价值进行评估。

(7) 编写评估报告。评估报告分为简明评估报告（资料的详细程度、评估的方法、过程简明扼要)。限制评估报告（信息只对解决与评估有意义的信息进行简单描述，未

说明限制信息，只符合当事人目的的评估，常为咨询报告）及完整的评估报告。

九、评估结论

用简练的文字、综合估价的结果。

十、影响评估的重要假设条件和限定条件

在接受评估项目后，应该对任何影响评价结论的因素进行讨论和推敲，确定哪些是变量，哪些是不变量。哪些因素是假设不变的，哪些变量是限制在一定条件下的等等。一份完整的评估报告，必须有假设条件和限定条件的分析。

十一、评估报告提出日期

评估报告须由两名评估人员签名，并经对珠宝首饰评估人员所在评估机构盖印。

十二、相关附件

包括委托书、鉴定分级报告、相关术语（定义）、实物相片等。

附录

钻石宝石学
学习/实习指导书

前　言

钻石宝石学学习/ 实习指导书与《钻石宝石学》一书紧密配套，按钻石的形成与产出—开发与利用—性质与鉴定—加工与分级—销售与估价这一体系，对钻石宝石学各章节知识要点进行了归纳和总结；指出了学习目的、学法建议和学习要点，突出知识、能力、素质“三元合一”的学习模式，强调综合分析和实践能力的培养。每章后精选精编了针对性很强的基本训练和综合能力训练，尤其是在学习方法指导方面做了探索性的尝试。学习/ 实习指导书配合教学编排了大量的实践内容，重点训练学员掌握钻石“4C”分级的技能，实习编排由简单到复杂，由单项到综合，遵循了认识的循序渐进规律，最终达到让学员全面掌握钻石知识与评价钻石品质的能力。

钻石宝石学学习/ 实习指导书的特点是理论与实践相结合、基础与提高相辅佐、全面与重点相呼应。它是一本与教材同步配套使用的全面、系统学习钻石知识，进一步消化理解钻石知识的重点和难点的辅导性资料。

本指导书由王雅玫编写。尽管它是作者长期教学实践的心得和信息资料的整理，但不当之处在所难免，恳请专家、读者不吝指正。

基础部分学习指导

第一章

绪　　论

学习要点

1. 钻石 (Diamond)　是一种几乎全部由碳原子结晶而成的等轴晶系的自然矿物。其摩氏硬度为 10，相对密度为 3.52，折射率为 2.417，色散 0.044。

2. 传说中钻石来自星星的碎片、天神的眼泪、天上的露珠、雷电的产物等。

3. 本章对“库利南”、“布冈拉斯”、“沙赫”和“希望”世界名钻以及历史人物和古老传说的描述，揭示了钻石象征着权利、地位、财富等丰富的内涵。

4. 世界万物在轰轰烈烈的变革中沧海桑田，不复曾经的模样，然而，钻石永存。世上没有哪一种东西能像钻石这样贴切地代表恒久不变的爱心。将钻石与经得起时空考验的事物联系在一起，已是根植于人心、流传久远的文化传承。

5. 钻石的发现史经历了七个重要时期。3000 年前印度发现钻石的初始时期—1728 年巴西的承上启下时期—1866 年南非的钻石产业奠基时期—1907 年其他非洲国家的扩张时期—1937 年俄罗斯的繁荣时期—1976 年澳大利亚改变钻石历史的时期，直到 21 世纪加拿大新的钻石基地时期。

6. 目前世界钻石的主要生产国为澳大利亚、南非、博茨瓦纳、安哥拉和俄罗斯，五国共占世界总产量的 90%以上。20 世纪 90 年代后，世界钻石年产量已突破 1 亿克拉。按产值排序，目前世界钻石生产国为博茨瓦纳、俄罗斯、南非、安哥拉、纳米比亚、澳大利亚和刚果。钻石的价格比起石油、贵金属等影响经济指标的重要商品的价格更趋稳定增长。

学习目的

通过对钻石历史、钻石文化的学习，以及对钻石市场现状的了解，协助你从情感的角度及掌握最新钻石资讯的角度成功地销售钻石。

学习方法

注意收集与钻石有关的历史传说、文化寓意等资料，时常从报刊、杂志、电台等传媒工具关注最新的市场资讯，定会丰富你的内涵，增强你的销售业绩。

基础训练

一、选择题（将你认为正确的一个答案填写在答题卡上）

1. 希腊文 adamas 原义为：

A. 坚硬　　B. 无可征服　　C. 无可破坏

2. 钻石被认定为哪一月份生辰石：

A. 五月　　B. 四月　　C. 八月

3. 下列何人送出历史上第一枚订婚钻戒：

A. 法王圣路易斯　　B. 爱德华七世　　C. 奥地利大公麦西米伦

4. 世界上最大的成品钻石现收藏于哪个国家：

A. 法国　　B. 英国　　C. 俄罗斯

5. Hope 钻石目前藏于何处：

A. 卢浮宫　　B. 伦敦塔　　C. 史密斯博物院

6. 世界金刚石产量最大的国家是

A. 南非　　B. 澳大利亚　　C. 俄罗斯

7. “库里南”被劈开后，磨成的大钻石和小钻石的数目分别为：

A. 8 粒、14 粒　　B. 9 粒、14 粒　　C. 9 粒、96 粒

8. 1720 年之前世界上主要钻石来源为：

A. 印度　　B. 巴西　　C. 南非

9. 南非钻石发现之前世界主要钻石生产国为：

A. 巴西　　B. 印度　　C. 俄罗斯

10. 第一个发现钻石原生矿的国家是：

A. 澳大利亚　　B. 俄罗斯　　C. 南非

二、判断题（你认为正确者选 A，错误者选 B，将答案填写在答题卡上）

11. 钻坯是指宝石级钻石。

12. 钻石在一个世纪前首先发现于印度。

13. 法王路易十四曾下令禁止所有的女性佩戴钻石。

14. “钻石无惧敲击”是公元前一世纪一位印度商人在一首诗中提到的。

15. 1762 年皇后凯萨琳宣布即位时所戴的皇冠上镶嵌的钻石多达 5000 颗。

16. 凯萨琳把其情夫所赠的可依努钻石，镶于皇室的权杖上。

17. 《钻石是女人最好的朋友》是好莱坞著名影星泰勒主演的电影《君子好逑》的主题歌。

18. 世界最大的切磨钻石是“库利南”I 号。

19. 3 个犯有重罪而被终身流放的犯人因将捡到的“布拉冈斯”钻石上交给葡萄牙王族而受到赫免。

20.“沙赫”钻石一直保存在俄国。

21. 霍普 (Hope) 钻石是一颗纯净无色的高品质钻石。

22. 印度是世界上最早发现钻石的国家。

23.“优瑞卡”(Eureka) 是南非发现的第一颗钻石。

24. 美国钻石首饰销售一直名列世界第一。

25. 世界上已发现的质量大于 100 ct 以上的宝石级钻石，95%产于印度。

三、填空题 (将正确答案填写在答题卡上)

26.“库利南”原石重_____克拉，发现于_____年，其颜色为_____。

27. 目前世界上按产量排序的主要金刚石生产国为_____、_____、_____、_____。

28. 中国主要的金刚石产地有_____、_____、_____。

29. 世界上第一个发现原生金刚石矿的国家是_____。

30. 第一个打破皇规在公共场合佩带钻石的寻常百姓是_____。

31.“库利南”是在_____年，为祝贺英国国王_____而赠送给英国皇室。

32.“库利南”被切磨成_____颗大钻石，_____颗小钻石。

33.“库利南”Ⅰ号重_____克拉，形状为_____，被镶嵌在英国国王的_____。

34. 饱经沧桑的“沙赫”钻石现保存于_____。

35. _____把“希望”钻石捐献给了美国华盛顿史密森博物院。

四、简答题

1. 钻石、钻坯、成品钻石的概念。

2. 写出五句表达钻石文化寓意的广告词。

3. 查找资料介绍与“钻石恒久远，一颗永流传”这句广告词有关的内容。

4. 介绍各钻石网站的特点。

钻石宝石学学习指导书答题卡

姓名:

划线要求	1. 用 HB—2B 笔按这样填写 ╋ 2. 修改要用橡皮擦干净 3. 注意不要划错行 (可用直尺对齐)

学生编号					
[0]	[0]	[0]	[0]	[0]	[0]
[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]
[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]
[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]
[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]
[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]
[7]	[7]	[7]	[7]	[7]	[7]
[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]
[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]

1 [A] [B] [C] [D]

2 [A] [B] [C] [D]

3 [A] [B] [C] [D]

4 [A] [B] [C] [D]

5 [A] [B] [C] [D]

6 [A] [B] [C] [D]

7 [A] [B] [C] [D]

8 [A] [B] [C] [D]

9 [A] [B] [C] [D]

10 [A] [B] [C] [D]

11 [A] [B] [C] [D]

12 [A] [B] [C] [D]

13 [A] [B] [C] [D]

14 [A] [B] [C] [D]

15 [A] [B] [C] [D]

16 [A] [B] [C] [D]

17 [A] [B] [C] [D]

18 [A] [B] [C] [D]

19 [A] [B] [C] [D]

20 [A] [B] [C] [D]

21 [A] [B] [C] [D]

22 [A] [B] [C] [D]

23 [A] [B] [C] [D]

24 [A] [B] [C] [D]

25 [A] [B] [C] [D]

26 _____、_____、_____。

27 _____、_____、_____。

28 _____、_____、_____。

29 _____。

30 _____。

31 _____、_____。

32 _____、_____。

33 _____、_____、_____。

34 _____。

35 _____。

第二章

钻石的基本特征

学习要点

第一节 钻石的结晶学学习要点

1. 钻石的组成：钻石是由有规律重复排列的碳原子组成的。

2. 钻石的晶体结构：晶体结构是指组成晶体的原子、离子或分子在晶体内部以一定的键力相结合而构成的空间分布。这种分布具有一定规律的周期性和对称性。

(1) 钻石的结构基型：每个碳原子通过 sp^3 杂化轨道同其他 4 个碳原子以 0.154 nm 间距相连接，形成 4 个共价单键，配布成一个正四面体〔见本书图 2-2 (a)〕。

(2) 单位晶胞：立方面心晶胞，其边长为 0.356 nm。碳原子在单位晶胞中的分布是：8 个位于立方体晶胞的角顶；6 个位于晶面中心；4 个位于立方体晶胞的里面〔见本书图 2-2 (b)〕。

(3) 晶系：等轴晶系，三向晶轴等长，其间以直角相交。

3. 晶体形态：钻石常见的晶体形态为八面体、菱形十二面体、立方体等及其聚形。

4. 双晶：钻石中最常见的双晶为八面体按尖晶石律生长的接触双晶，外观为三角形的板状晶体——三角薄片双晶。

5. 晶面蚀像：钻石的晶面上常有三角形、四边形等蚀象，不同的晶面上蚀象不同。八面体晶面上常形成规则的等边三角形凹痕 (三角座)，其顶角指向八面体晶面的棱。

6. 生长纹理：钻石的表面或内部可见到生长过程中留下的纹理。不同的晶面上，纹理的方向及图形不同，在八面体晶面上，纹理平行于八面体面的三条边，具有三个方向的纹理；菱形十二面体面上，纹理平行于晶面的延伸方向，只显示一个方向上的纹理；在立方体面上，纹理平行于晶面的对角线方向，具有两个方向的纹理。

7. 其他外观特殊的钻石原石：①带壳钻石 (具粗糙的糖状外壳的钻石晶体)；②烟幕钻石 (表面通常具有极薄的半透明、无光泽表皮的钻石)；③劣等钻石 (主要指用于工业目的、具暗淡或糖状表皮的微细钻石多晶质集合体)。

第二节　钻石类型的学习要点

根据钻石中所含微量元素的种类、含量及微量元素的原子团类型，结合红外吸收光谱、紫外吸收光谱、电子顺磁共振谱等特征，可把钻石分为两个大类，四个小类即Ⅰa、Ⅰb、Ⅱa、Ⅱb，其特征见教材表 2 - 1。

第三节　钻石的性质学习要点

1. 光学性质

颜色	无—浅黄（褐、灰）色系列；彩色系列
光泽	金刚光泽
折射率	2.417
临界角	24°25′
色散值	0.044
发光性	在阴极射线、X 射线下均发蓝白色荧光；在紫外线下部分钻石可发弱至强的蓝白色、黄白色、橙黄色、粉红色等荧光，一般短波弱于长波。

2. 力学性质

解理	钻石具有平行 {111} 四组中等—完全解理（见图 2 - 16）。
摩氏硬度	10
克鲁普硬度	80×10^{8} Pa
差异硬度	综合评价钻石不同面网和同一面网不同方向，其硬度由大到小排列的顺序为：立方体面平行对角线方向—菱形十二面体平行长对角线方向（与晶轴垂直）—八面体面平行晶面棱方向—八面体面上垂直于面棱的方向—立方体面上平行晶棱方向—菱形十二面体平行短对角线方向。
密度	3.52 g/cm^3

3. 其他性质

导热率	(7～25) W/cm·K
比热	温度 300K 时为 6.195 J/mol
热膨胀系数	193K 时为 0.4（±0.1）$\times10^{-6}K^{-1}$ 293K 时为 0.8（±0.1）$\times10^{-6}K^{-1}$ 400～1200 K 时为（1.5～4.8）$\times10^{-6}K^{-1}$
熔点	钻石在空气中燃烧的温度是 850℃～1 000℃。燃烧时发出浅

	蓝色火焰，变成 CO_2。
	钻石在氧气中燃烧的温度为 650℃。
	在绝氧条件下，加热到 2 000～3 000℃，缓慢地变成石墨。
电导性	大多数钻石是良好的绝缘体，电阻率均大于 $10^{14}\ \Omega\cdot cm$。
	Ⅱb 钻石具有 $<10^{14}\ \Omega\cdot cm$ 的电阻率，属于 P 型半导体。
亲油和疏水性	钻石具有明显的亲合油脂而排斥水的性质。
化学稳定性	钻石具有极强的化学稳定性，在正常的情况下不与酸和碱发生反应，但热的氧化剂、硝酸钾却可以腐蚀钻石。

学习目的

1. 掌握钻石的结晶学特征。
2. 掌握钻石类型的划分规则。
3. 掌握钻石的性质，并能够解释这些性质在钻石鉴定、加工、分级、回收、商贸中的意义。

学习方法

1. 通过绘制钻石的晶体结构图来加深理解钻石的晶体结构特征。
2. 熟记钻石的物理参数。
3. 自制表格对比Ⅰa、Ⅰb、Ⅱa、Ⅱb 的区别，进一步理解Ⅰ型和Ⅱ型钻石的本质差异和物理性质上的不同。

基本训练

一、选择题 (将你认为正确的一个答案填写在答题卡上)

1. 钻石晶体结构中化学键类型是:

A. 离子键　　B. 金属键　　C. 共价键

2. 金刚石和石墨为:

A. 类质同像变体　　B. 同质多像变体　　C. 同质类像变体

3. 钻石晶体结构的空间格子形式为:

A. 立方体心格子　　B. 立方面心格子　　C. 立方格子

4. 钻石晶体最常见的单形是:

A. 立方体　　B. 八面体　　C. 菱形十二面体

5. 钻石的解理面方向是平行:

A. 110 面　　B. 100 面　　C. 111 面

6. 天然钻石中Ⅰa 型钻石所占的比例大约为:

A. 98%　　B. 50%　　C. 80%

7. 钻石的密度是指:

A. 单位体积内的质量　　B. 单位体积内的重量　　C. 排开 4℃水同体积的质量比

8. 快速鉴定钻石戒指的方法是检测钻石的:

A. 吸收光谱　　B. 热导性　　C. 密度

9. 绝大多数的合成钻石属于:

A. Ⅰb　　B. Ⅱa　　C. Ⅱb

10. 钻石的折射率和色散是:

A. 2.417/0.44　　B. 2.417/0.044　　C. 2.147/0.044

11. 钻石疏水性的原因是:

A. 钻石表面表现为非极性，水是极性分子

B. 钻石表面表现为非极性，水是非极性分子

C. 钻石表面表现为极性，水是非极性分子

12. 下列那种叙述是错误的

A. 三角薄片钻石双晶并不总是具有三角形外形

B. 三角薄片钻石双晶上的青鱼骨刺纹称为结节

C. 三角薄片钻石双晶与八面体有直接的关系

13. 当对钻石戒指进行维修时，通常要涂敷一层薄膜，这是为了:

A. 充填被破坏的裂隙　　B. 避免温度的突变　　C. 防止氧气的影响

14. 下列哪些性质非钻石所有:

A. 差的解理　　B. 低的热膨胀性　　C. 高的耐化学腐蚀性

15. 钻石中的双原子氮同时替代相邻的碳原子并形成稳定的聚合态时称为:

A. IaB 型钻石　　B. IaA 型钻石　　C. Ib 型钻石

二、判断题（你认为正确者选 A，错误者选 B，将答案填写在答题卡上）

16. 八面体形态的钻石是多个晶面组成的聚形。

17. 钻石具有极完全解理。

18. 钻石是光性均质体，故在正交偏光镜下无明暗变化的消光现象。

19. 大多数钻石是近无色的。

20. 在钻石的八面体晶面上常见三角形蚀像。

21. 钻石的硬度具有各向异性的性质。

22. 大多数钻石具有导电性。

23. Ⅱa 型钻石热导率最大。

24. 钻石具有较高的热膨胀性。

25. N_3 中（色）心是导致钻石在可见光紫区 415.5 nm 强吸收和产生蓝白色荧光的主要原因

26. 钻石晶体内部质点是规则排列的，故在其生长过程中必有规则的外形。

27. Ⅰ型和Ⅱ型钻石的本质差别是是否含有氮杂质元素。

28. 在Ⅰb 型钻石晶体中氮是以单原子的形式存在的。

29. N_2、N_3 中心中的电子能够吸收可见光的蓝、紫光并使钻石显示黄色色调。

30. 钻石在 X 射线辐照下均可发出蓝白色荧光。

三、填空题（将你认为正确答案填写在答题卡上）

31. 钻石属于_____晶系，_____格子。

32. 碳的主要结晶形式是_____和_____，这就是所谓的_____。

33. 钻石的另一个同质多像变体属于_____晶系，密度为_____。

34. 钻石中的双晶主要有两类型，即_____双晶和_____双晶。

35. 钻石的晶面上常有_____，_____蚀像。

36. 钻石按其所含微量元素的特点，通常分为_____和_____大类。

37. 钻石的折射率为_____，色散值是_____，密度为_____。

38. Ⅱ型钻石不含_____杂质元素，Ⅱb 型钻石含_____杂质元素。

39. 天然钻石主要为_____型，合成钻石主要为_____型。

40. 钻石在紫外荧光下的颜色通常可反映钻石的硬度，一般情况下不发荧光钻石的硬度_____；发蓝白色荧光钻石的硬度_____；发黄色荧光钻石的硬度_____。

四、名词解释

Ⅰ型钻石	Ⅱ型钻石	N_3 中心	类质同像	三角薄片双晶	金刚光泽
亲油性	热导性	结节	Cape 系列	青鱼骨刺纹	全内反射
发光性	带壳钻石	色散	劣等钻石	三角凹痕	差异硬度

五、问答题

1. 绘图说明钻石与石墨的晶体结构特征，并解释二者为什么有不同的物理性质。

2. 从哪些方面可以证明钻石可被誉为“宝石之王”。

3. 钻石的类型是如何划分的？它们各有什么重要的物理性质。

4. 简述钻石的颜色成因。

5. 从钻石的物理性质谈钻石首饰的保养。

6. 简述钻石的荧光性。

7. 说明天然钻石的结晶习性和合成钻石的常见晶形（可绘图说明）。

8. 用草图说明钻石中碳的结合方式及如何规则排列构筑成立方晶体结构。

9. 说出“折射率”、“色散”和“全内反射”对钻石外观的影响。

10. 简述钻石的差异硬度。

钻石宝石学学习指导书答题卡

姓名:

划线要求	1. 用 HB—2B 笔按这样填写 十十 2. 修改要用橡皮擦干净 3. 注意不要划错行 (可用直尺对齐)

学生编号					
[0]	[0]	[0]	[0]	[0]	[0]
[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]
[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]
[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]
[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]
[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]
[7]	[7]	[7]	[7]	[7]	[7]
[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]
[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]

1 [A] [B] [C] [D]	21 [A] [B] [C] [D]	39 _____、_____
2 [A] [B] [C] [D]	22 [A] [B] [C] [D]	40 _____、_____
3 [A] [B] [C] [D]	23 [A] [B] [C] [D]	_____。
4 [A] [B] [C] [D]	24 [A] [B] [C] [D]	
5 [A] [B] [C] [D]	25 [A] [B] [C] [D]	
6 [A] [B] [C] [D]	26 [A] [B] [C] [D]	
7 [A] [B] [C] [D]	27 [A] [B] [C] [D]	
8 [A] [B] [C] [D]	28 [A] [B] [C] [D]	
9 [A] [B] [C] [D]	29 [A] [B] [C] [D]	
10 [A] [B] [C] [D]	30 [A] [B] [C] [D]	
11 [A] [B] [C] [D]	31 _____、_____	
12 [A] [B] [C] [D]	32 _____、_____	
13 [A] [B] [C] [D]	_____。	
14 [A] [B] [C] [D]	33 _____、_____	
15 [A] [B] [C] [D]	34 _____、_____	
16 [A] [B] [C] [D]	35 _____、_____	
17 [A] [B] [C] [D]	36 _____、_____	
18 [A] [B] [C] [D]	37 _____、_____	
19 [A] [B] [C] [D]	_____。	
20 [A] [B] [C] [D]	38 _____、_____	

第三章

钻石矿床及采选

学习要点

第一节　钻石的形成学习要点

1. 碳的来源：钻石中碳的同位素成分测定表明：上地幔中形成钻石的碳的来源的观点主要有两种，即幔源碳和壳源碳（地壳运动带到地幔）。碳在高温高压的条件下结晶成钻石。

2. 钻石的形成条件：形成在陆壳稳定的、且在漫长的地质时代里（古生代以来）很少受到变形的克拉通下的地幔环境。钻石形成温度约为900℃～1 300℃（平均1 050℃），压力为（45～60）×10^8 Pa，相当于地球120～200 km的深度（见本书图3-1）。

3. 钻石的形成年代：橄榄岩型钻石大约形成于33亿年前；榴辉岩型钻石则分别为15.8亿年和9.9亿年。比把它带到地表的寄主岩石的年龄都早。

4. 寄主岩石类型：迄今发现的钻石保存在两种寄主岩石中，即金伯利岩和钾镁煌斑岩。

5. 钻石形成相：钻石主要形成在内成稳定相。平面八面体钻石、曲面钻石晶体或平面—曲面钻石晶体代表了内成稳定相特征。

第二节　钻石矿床的成因类型学习要点

1. 钻石原生矿：金伯利岩型钻石矿床，包括南非的阿扎尼亚、俄罗斯西伯利亚雅库特、中非的扎伊尔钻石矿床及中国山东蒙阴、辽宁复县的瓦房店钻石矿床；钾镁煌斑岩型钻石矿床，以澳大利亚阿盖尔钻石矿为典型矿床。

2. 钻石砂矿：钻石砂矿是世界上钻石的主要来源。世界各国砂矿中钻石储量约8.5×10^8 ct，占世界钻石总储量的40%，但产量却占总数的75%。钻石砂矿一般品位高、富含高品质的优质钻石。如俄罗斯乌拉尔的钻石矿，西非、巴西和委内瑞拉的冲积砂矿，纳米比亚滨海砂矿。

第三节　钻石分布及产出现状学习要点

钻石在自然界中产出极稀少，分布极不均衡。迄今为止，只在世界 27 个国家找到了具有经济价值的金刚石矿床。

21 世纪，钻石主要采自非洲、澳大利亚、俄罗斯和加拿大。其中非洲是最主要的产地。主要产出国是博茨瓦纳、南非、刚果共和国、安哥拉和纳米比亚等。澳大利亚的钻石矿床主要集中在西澳地区，目前的钻石产量居世界首位。俄罗斯的钻石矿床多分布在西伯利亚地区，随着新的勘探方法的应用，有可能发现新的矿床，从而提高钻石产量。加拿大是一个新的钻石产出国，20 世纪 90 年代，在加拿大北部 Slave 州的湖泊地区发现了重大钻石矿床。预测不久的将来，每年可产出约占全球产量 10% 的钻石，加拿大将会成为另一个主要的钻石生产国。其他产钻石的国家还有：巴西、委内瑞拉、安哥拉、中非共和国、加纳、几内亚、象牙海岸、利比里亚、纳米比亚、塞拉里昂、印度、中国等。

中国自 1953 年以来，先后在湖南、山东、辽宁等省发现金刚石矿床，探明储量超过 2500 万克拉，目前金刚石年产量 15～20 万克拉，占世界总产量的 0.5%，其中宝石级约 20%。

辽宁省瓦房店地区是金刚石的主要产区，所产金刚石质量较好，以无色透明净度高为特色，宝石级金刚石约占 60%，平均每克拉售价 175 美元，曾发现有最大的钻石重 65 克拉；山东沂蒙山区是金刚石的重要产区，原生矿中金刚石质量较差，以淡褐色、褐色为主，内部包体较多，主要产出工业级金刚石，宝石级金刚石占 15%；湖南沅水流域是金刚石砂矿的著名产区，金刚石质量较佳，以浅蓝色和无色透明为主，净度多为 VVS 和 VS 级，宝石级金刚石占 60% 以上，金刚石的平均售价为每克拉 130 美元。以上三个产地的钻石产量均较低，都在 10 万克拉以下，还无法满足国内钻石市场的需求。另外，在贵州、河南、湖北、宁夏、山西等地也发现了金伯利岩和钾镁煌斑岩。

第四节　钻石矿的开采学习要点

1. 钻石原生矿的开采：

(1) 露天开采　露天开采是先将覆盖在矿体上面的土石剥掉（剥离），直接在露天进行采矿的方法（见本书图 3 - 5）。

(2) 矿房式采矿法　是将采区划分为矿房和矿柱两部分。先采矿房，后采矿柱。矿房回采时所形成的采空区是利用矿柱支撑的一种采矿方法（见本书图 3 - 6）。

(3) 矿块崩落法　是随着回采工作面的推进，有计划地借崩落矿体上部的覆盖岩石和两盘围岩来充填采空区，以控制地压和处理采空区的采矿方法（见本书图 3 - 7）。

2. 砂矿的开采

(1) 河流冲积砂矿开采 (河流干矿床的开采、河流湿矿床的开采)。

(2) 海洋砂矿的开采。

第五节 钻石的分选和回收学习要点

1. 准备阶段 包括破碎—筛分—洗矿—磨碎—水力分级。

2. 选矿阶段 钻石的选矿工作通常分两大阶段进行，第一阶段是粗选，主要起初步富集作用。其任务是将少量的含有钻石的重矿物与大量的不含钻石的轻矿物分离，最后得到的是含有金刚石的粗精矿。第二阶段是精选，其任务是将粗选得到的粗精矿进一步加工处理，直至选出钻石。

(1) 钻石的粗选

淘洗盘选矿法 淘洗盘分选的基本依据是矿物密度的差异。钻石和其他少量的重矿物作为高密度矿物富集在淘洗盘的底流中，低密度的脉石矿物从溢流堰排出，从而达到按密度不同分离的目的。

跳汰选矿法 其基本原理是由于钻石与脉石密度、形状、表面摩擦系数等的差异，在垂直交变的运动介质流中物料将按密度分层。

重介质选矿 基本原理是基于阿基米德定律，物体在液体中所受的重力与液体的体积、矿粒与介质间的密度差成正比；密度大于分选介质密度的矿粒，将在介质中沉淀，聚集在分选机的底部；密度小于介质的矿粒，将浮在介质的上层，聚集在分选机的表层，把两种矿粒分别从分选机中排出，即得到密度不同的产物。

(2) 钻石的精选

X 光电选矿法 X 光电选矿法是根据金刚石在 X 射线下发浅蓝色荧光的特性进行分选的方法 (见本书图 3 - 13)。

油脂选矿法 油选法主要是依据钻石的亲油疏水性发展起来的一种选矿方法。其过程就是将准备好的含钻石的物料给到油选机粘性油膏表面上，于是亲油 (疏水) 的钻石，便粘着在油膏表面上，成为精矿；疏油的脉石，则不与油膏表面粘附，被水冲走，成为尾矿，从而达到分选的目的。

表层浮选法 其基本原理与油选法相同，都是基于钻石的亲油疏水性进行分选的。不同的是，油选是使亲油的矿粒粘着在油膏表面，加以回收；表层浮选则是依靠水的表面张力的作用，使疏水的矿粒漂浮在水面上，亲水的矿粒沉入水中，从而达到分选的目的 (见本书图 3 - 14)。

磁力选矿法 磁力选矿法是利用矿物之间的磁性差异而分选的一种选矿方法 (见本书图 3 - 15)。

学习目的

1. 基本了解钻石形成的地质条件 (温度、压力、深度、地质构造条件、岩浆条

件)。

2. 掌握金伯利岩和钾镁煌斑岩的岩浆岩特征及其与钻石的关系。
3. 能够说明钻石的资源分布及产出状况。
4. 结合钻石的性质，理解钻石矿床的开采手段和选矿方法。

学习方法

1. 能借助其他辅助材料进一步识记并理解钻石形成的地质条件。
2. 熟记与本章有关的名词释义。
3. 分析钻石矿的采矿方案和选矿方法，能在理解的基础上绘图说明。
4. 不断收集与钻石资源有关的资料和信息。

基本训练

一、选择题 (将你认为正确的一个答案填写在答题卡上)

1. 钻石一般形成于地下多深处:

A. 120～200 千米　　B. 100～150 千米　　C. 120～150 千米

2. 金伯利岩又名为:

A. 橄榄 - 榴辉岩　　B. 角砾云母橄榄岩　　C. 榴辉 - 橄榄岩

3. 钻石形成的最早年代是:

A. 33 亿年　　B. 15. 8 亿年　　C. 9. 9 亿年

4. 金伯利岩发现的年代是:

A. 1866 年　　B. 1886 年　　C. 1927 年

5. 南非阿扎尼亚是著名的钻石矿区，它属于:

A. 次生矿　　B. 冲积砂矿　　C. 原生矿

6. 砂矿中的钻石约占钻石总量的:

A. 1/ 4　　B. 1/ 5　　C. 3/ 4

7. 河床上发现的钻石矿称为:

A. 冲积砂矿　　B. 陆源矿床　　C. 原生矿

8. 与原生矿相比，砂矿的钻石:

A. 品质好、品位低　　B. 品质低、品位高　　C. 品质好、品位高

9. 俄罗斯所产的钻石占世界钻石总产量的:

A. 15%　　B. 13%　　C. 20%以上

10. 澳大利亚宝石级金刚石占其总产量的比例是:

A. 10%　　B. 5%　　C. 8%

11. 南非最有经济价值的钻石矿山是:

A. 亚赫斯丰坦 (Jagersfontien) 矿

B. 戴比尔斯 (De Beers) 矿

C. 普列米尔 (Premier) 矿

12. 南非钻石矿床的类型有:

A. 仅为金伯利岩型原生矿

B. 原生矿和冲积砂矿

C. 原生矿、冲积砂矿和滨海砂矿

13. 预计 21 世纪新的钻石生产大国是:

A. 美国　　B. 中国　　C. 加拿大

14. 矿房式采矿和矿块崩落法采矿适用于:

A. 岩筒状矿床的开采　B. 冲积砂矿的开采　C. 风化岩筒状矿床的开采

15. 重介质选矿中，矿粒的分层规律取决于:

A. 矿石的粒度　　B. 矿石的磨圆程度　C. 矿石的密度

二、判断题 (你认为正确者选 A，错误者选 B，将答案填写在答题卡上)

16. 钻石的寄主岩石是金伯利岩和钾镁煌斑岩。

17. 钻石与金刚石是两种不同的矿物。

18. 钻石中的矿物包裹体往往与橄榄岩、榴辉岩这两种上地幔岩石有关。

19. 金伯利岩是一种偏碱性的超基性混杂型的岩石。

20. 钻石形成于陆壳稳定的长期以来很少受到变形的克拉通下的地幔环境。

21. 钻石与金伯利岩是同时代的产物。

22. 西澳大利亚的钾镁煌斑岩是一种超钾质富镁的碱性岩。

23. 阶梯状八面体钻石或平面—曲面钻石晶体代表了内成稳定钻石相特征。

24. 中国有工业价值的原生钻石矿床仅见于辽宁。

25. 阿盖尔钻石矿产出著名的粉红色钻石。

26. 梯段是地下采矿场的基本构成要素。

27. 直接处理采场采出的钻石矿石的第一步是破碎。

28. 重介质选矿厂常用的设备有鼓形选矿机和重介质旋流器等。

29. X 光电选矿法是根据钻石在电子辐射下的荧光性而分选钻石的方法。

30. 表层浮选法主要用来处理细粒级的钻石粗精矿。

三、填空题 (将你认为正确答案填写在答题卡上)

31. 我国的金刚石砂矿主要产于_____、_____等地。

32. 橄榄岩型钻石的包裹体表明: 钻石的形成温度为_____，压力为_____，相当于地下_____的深度。

33. 现已发现的金伯利岩，其产状或是较陡的_____或为平缓的_____。

34. 金伯利岩已风化成易碎的物质称为_____，而新鲜的较硬的物质称为_____。

35. _____和_____是金伯利岩中钻石存在的指示性矿物。

36. 金伯利岩筒的开采总是先从_____开始开采，再到_____开采。

37. 由戴比尔斯公司总经理威廉姆斯提出的采矿方法为_____，采区一般被划分为_____和_____两部分。

38. 在上述方法中的水平巷道成为_____，并由近垂直的_____相连。

39. 钻石的选矿工作通常分两大阶段进行，第一阶段是_____，第二阶段是

_____。

40. X 光电分选机基本上由_____、_____、_____三部分组成。

四、名词解释

金伯利岩	寄主岩石	蓝地与黄地	钾镁煌斑岩	矿床成因类型
钻石砂矿	矿房式采矿法	矿块崩落法	原生钻石矿	油脂选矿法
淘洗盘选矿法	跳汰选矿法	重介质选矿	X 光电选矿法	

五、问答题

1. 简述钻石的形成条件。
2. 简述钻石矿床的成因类型。
3. 对比两种钻石原生矿床的特征。
4. 简述世界钻石资源的分布及产出现状。
5. 简述中国金刚石资源的分布及产出情况。
6. 分析澳大利亚、加拿大钻石矿山的生产对世界钻石市场的影响。
7. 砂矿是怎样形成的？如何开采干矿床和湿矿床？
8. 描述滨海砂矿的开采过程。
9. 绘图说明露天开采钻石矿的方法。
10. 借助流程图说明钻石原石从矿石到分级台的回收过程。

钻石宝石学学习指导书答题卡

姓名:

划线要求	1. 用 HB—2B 笔按这样填写 ╋
	2. 修改要用橡皮擦干净
	3. 注意不要划错行 (可用直尺对齐)

学生编号					
[0]	[0]	[0]	[0]	[0]	[0]
[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]
[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]
[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]
[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]
[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]
[7]	[7]	[7]	[7]	[7]	[7]
[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]
[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]

1 [A] [B] [C] [D]	21 [A] [B] [C] [D]	39 _____、_____
2 [A] [B] [C] [D]	22 [A] [B] [C] [D]	40 _____、_____
3 [A] [B] [C] [D]	23 [A] [B] [C] [D]	_____。
4 [A] [B] [C] [D]	24 [A] [B] [C] [D]	
5 [A] [B] [C] [D]	25 [A] [B] [C] [D]	
6 [A] [B] [C] [D]	26 [A] [B] [C] [D]	
7 [A] [B] [C] [D]	27 [A] [B] [C] [D]	
8 [A] [B] [C] [D]	28 [A] [B] [C] [D]	
9 [A] [B] [C] [D]	29 [A] [B] [C] [D]	
10 [A] [B] [C] [D]	30 [A] [B] [C] [D]	
11 [A] [B] [C] [D]	31 _____、_____	
12 [A] [B] [C] [D]	32 _____、_____	
13 [A] [B] [C] [D]	_____。	
14 [A] [B] [C] [D]	33 _____、_____	
15 [A] [B] [C] [D]	34 _____、_____	
16 [A] [B] [C] [D]	35 _____、_____	
17 [A] [B] [C] [D]	36 _____、_____	
18 [A] [B] [C] [D]	37 _____、_____	
19 [A] [B] [C] [D]	_____。	
20 [A] [B] [C] [D]	38 _____、_____	

第四章

钻石的鉴定

学习要点

第一节　钻石的直观鉴别学习要点

透视试验　条件　标准圆多刻面型样品。

方法　将样品台面朝下放在一张印有字迹或线条的白纸上，视线垂直白纸观察有无字、线从样品亭部透过。

结论　钻石不会有字、线透过；折射率低于钻石的仿制品可观察到断断续续的、不同外形的字、线。

倾斜试验　条件　标准圆多刻面型样品。

方法　将样品台面朝上，置于有凹槽的白色塑料板（或纸板）上，将塑料板靠近桌子边缘，并稍低于桌面一点点，然后将放有样品的塑料板从观察者向桌子方向慢慢倾斜，观察待测样品冠部有无暗色的阴影（暗窗）。

结论　钻石无暗窗；折射率低的钻石的仿制品可观察到不同形状、不同大小的暗窗。

突起试验　条件　标准圆多刻面型样品。

方法　将样品台面朝下，放入二碘甲烷浸液中，观察样品的突起程度（宝石边缘粗细不等及相对背影轮廓清晰程度不同的现象）。

结论　见下表。

钻石及其仿制品在二碘甲烷中的突起

宝　　石	折射率	与二碘甲烷差值	突起程度
无色蓝宝石	1.762～1.780	0.02～0.04	弱突起，消失在溶液中
合成无色尖晶石	1.727	—0.013	弱突起，背影轮廓模糊看不清
人造钇铝榴石	1.83	0.09	低突起，背影轮廓隐约可分辨
锆　石	1.93～1.99	0.19～0.25	中突起，背影轮廓较清晰
人造钆镓榴石	1.97	0.23	中突起，背影轮廓较清晰
合成立方氧化锆	2.15～2.18	0.41～0.44	高突起，背影轮廓很清晰
人造钛酸锶	2.41	0.67	很高突起，背影轮廓极明显
钻石	2.417	0.677	很高突起，背影轮廓极明显
合成金红石	2.61～2.90	0.87～1.16	极高突起，背影轮廓极明显
合成碳化硅	2.65～2.69	0.9～0.95	悬浮在溶液表面

底面闪光实验　条件　标准圆多刻面型样品。

方法　将样品底尖朝上，在光源下观察宝石亭部分解出来像雨伞一样的单色光谱色（底面闪光）现象。不同色散值的宝石出现单色闪光的颜色及其覆盖范围不同。

结论　钻石只在亭部 1/ 4 刻面上出现黄色、蓝色闪光；
合成立方氧化锆在一半亭部刻面出现桔黄色、蓝色闪光；
人造钆镓榴石出现遍布多数刻面的蓝色和桔黄色闪光；
人造钇铝榴石则出现遍布多数刻面的蓝色和紫色闪光；
折射率极高的仿制品可以出现从暖色调到冷色调颜色丰富的火彩，且跨越亭部小面的数目更多。

第二节　放大检测学习要点

1. 内含物的观察：钻石内部可以出现各种类型的内含物。

- 内含物
  - 矿物包裹体：各种颜色的晶体包裹体、点状物、云雾等
  - 裂隙与缺口
    - 不定向应力裂隙
    - 羽毛状裂隙
    - 解理裂隙
    - 胡须状微裂隙
    - “V”型缺口
  - 生长痕迹
    - 双晶纹
    - 内、外部生长纹

2. 切磨质量的观察：钻石的刻面平直、光滑，无屈曲现象；刻面棱锋利，棱角尖锐；仿制品刻面抛光不精致，刻面棱角圆滑。

3. 对称性和抛光工艺的观察：优良切工的钻石，其刻面的形状、大小、角度均有严格的要求，对称程度很高，抛光工艺好；仿制品的相同刻面可能大小不一，形状不规则，衔接不良，对称性一般，常见抛光痕或划痕。

4. 腰围的观察：钻石的腰围多呈“砂糖状”，有时可见原始晶面及生长纹和蚀像，即使是抛光腰围也很少见到抛光纹。这些腰围特征均是钻石典型的鉴定标志。

5. 解理的观察：与解理有关的“须状腰”、“V”型缺口、“羽状纹”均是鉴定钻石的诊断性依据。

第三节　仪器测试学习要点

热导仪、反射仪、碳化硅/ 钻石检测仪、紫外荧光仪、X 射线荧光仪、阴极发光仪、

电子天平或其他量器与卡尺等仪器的原理、方法及注意事项。

第四节　钻石与其仿制品的区分学习要点

钻石的仿制品应具备无色透明的外观、较强的光彩、相似的切工等特征。它们可能是天然品，也可能是人工材料。它们共同的特点是酷似钻石的外观及接近钻石的某些物理性质，如有检测不慎，则容易被误判。钻石的仿制品可通过放大观察、仪器测试参数，尤其热导仪可快速地区分大多数仿制品。目前市场上最成功的钻石仿制品是立方氧化锆，最新、最相似的仿制品是合成碳化硅。其性质见下表。

合成碳化硅、合成立方氧化锆与钻石的区别

宝石名称	合成立方氧化锆	合成碳化硅	钻石
化学成分	ZrO_2	SiC（Al，Fe，Ca，Mg）	C
颜 色	各种颜色	浅黄、灰蓝、灰绿、无色	无色、浅黄为主，少数为彩色
晶 系	等 轴	六方 一轴（+）	等轴
折射率	2.15	2.65～2.69	2.417
双折射率	0	0.043	0
色 散	0.060	0.104	0.044
偏光性	均质体	非均质体	均质体
多色性	无	不明显	无
紫外荧光	黄—桔红色等	无、弱橙色	无色、蓝色、黄色等
密 度	5.89 g/cm^3	3.20～3.22 g/cm^3	3.52 g/cm^3
硬 度	8.5	9.25	10
热导仪	无钻石反应	显示钻石反应	显示钻石反应
放大观察	偶见气泡或未熔 ZrO_2 粉末	细小针状、点状、金属球状包体，重影明显	天然矿物包体、裂、纹理等
其他测试	电的绝缘体	具导电性	II_b 钻石为半导体，其他类型为绝缘体

第五节　钻石原石的鉴别

钻石原石在大多数情况下，可依据强的金刚光泽、晶体形态、晶面生长特征（如三角形蚀像、凹痕、生长纹、屈曲晶面等）、明显的火彩和高硬度等特征综合识别。若以上特征不明显时，可借助仪器测试。

学习目的

1. 理解教材中针对钻石的性质所做的各种实验的实质、条件及结论，来帮助自己为鉴别钻石提出指示性依据。

2. 利用直观、放大观察、仪器测试等方法，能够正确鉴别钻石及其相似品。

3. 熟练掌握 10 倍放大镜鉴定钻石的技能。

4. 能够正确使用鉴定钻石的各种仪器，并能合理解释所观察到的现象。

学习方法

1. 尽可能多地接触标本，反复练习各种直观鉴别实验，不断总结鉴定经验。

2. 熟记钻石常见仿制品的物理参数。

3. 注意积累在常规鉴定过程中不同宝石的主要鉴定特征。

4. 积极参加实践课程的学习，并把观察到的典型现象记录或素描下来。

基本训练

一、选择题 (将你认为正确的一个答案填写在答题卡上)

1. 用透视实验鉴别钻石及其仿制品的基本条件是:

A. 样品必须是无色透明　　B. 标准圆钻型切工　　C. 具有足够的硬度

2. 将钻石浸入二碘甲烷溶液中，观察其突起程度，可以看到:

A. 钻石的背影轮廓隐约可分辨

B. 钻石的背影轮廓比较清晰

C. 钻石的背影轮廓极明显

3. 在干净、干燥的钻石表面用油性笔画一条直线，可以见到:

A. 连续的线段　　B. 断续的线段　　C. 无法画上线段

4. 对着钻石哈气，雾气很快消失的原因与钻石的什么特性有关:

A. 热容性　　B. 热电性　　C. 热导性

5. 下列那一种宝石的色散比钻石强:

A. 锆石　　B. 钇铝榴石　　C. 钛酸锶

6. 国家标准规定下列哪种术语不能在命名时单独使用:

A. 仿钻石　　B. 仿宝石　　C. 钻石戒指

7. 下列何者为目前市场上与钻石最相似的仿制品:

A. 锆石　　B. 合成金红石　　C. 合成碳化硅

8. 与钻石外观最相似的玻璃是:

A. Strass 玻璃　　B. 冕牌玻璃　　C. 医用玻璃

9. 出现在钻石腰围的与解理无关的特征是:

A. 须状腰　　B. “V”型缺口　　C. 锥状腰

10. 常温下用热导仪测试能够发出断续鸣叫声的物质是:

A. 金属　　B. 合成碳化硅　　C. 合成无色蓝宝石

11. 有效区分钻石和合成碳硅石的仪器是:

A. 折射仪和反射仪

B. 分光镜和偏光镜

C. 热导仪和 C3—590 型检测仪

12. 反射率大于钻石的仿制品是:

A. 合成立方氧化锆　　B. 人造钛酸锶　　C. 合成碳硅石

13. 用以鉴别群镶碎钻及其仿制品首饰的简便方法是采用:

A. 热导仪　　B. 长紫外荧光仪　　C. 阴极发光仪

14. 415 nm 的强吸收与钻石晶体中氮杂质元素的哪种存在形式有关:

A. 单原子氮　　B. 双原子氮　　C. 三原子氮

15. 与塑性变形有关的褐色钻石的可见光吸收光谱表现为:

A. 478 nm 的强吸收　　B. 503 nm 的强吸收　　C. 637 nm 的强吸收

二、判断题 (你认为正确者选 A，错误者选 B，将答案填写在答题卡上)

16. 钻石中的原生矿物包裹体与同生包裹体可以共生。

17. 由于合成碳硅石的色散值比钻石高，所以它看起来比钻石更明亮。

18. 无色合成立方氧化锆总是在亭部一半刻面出现桔黄色底面闪光效应。

19. 用油性笔在合成碳硅石的台面上画线，总会留下一条不间断直线。

20. 钻石内部不可能存在流体包裹体。

21. 由于橄榄岩和榴辉岩均是地幔物质，所以钻石中与二岩石成因有关的包裹体可以共生在一起。

22. 被包裹在钻石中的硫化物在反射光下可显示金属光泽。

23. 依据 GB/ T16554—2003 标准，定名为仿钻石的一定是人工宝石。

24. 钻石在 X 射线下均有荧光。

25. 原晶面是指在钻石腰围上保留下来的圆形面。

26. 钻石的热导率是所有矿物中最高的。

27. 钛酸锶作为钻石仿制品的主要缺点是硬度太低。

28. 肉眼即可见到合成金红石的刻面棱重影现象。

29. 钻石在偏光镜下无光性反应。

30. 合成宝石级碳化硅采用的是“Lely”升华法。

三、填空题 (将你认为正确答案填写在答题卡上)

31. 在折射仪上得不到读数的钻石人工仿制品有_____、_____。

32. 在偏光镜下无法与钻石相区分的仿制品有_____、_____、_____。

33. 与钻石色散值最接近的仿制品是_____，密度值最接近的是_____。

34. 含铅的玻璃能够提高玻璃的_____，但可影响到玻璃的_____。

35. 合成金红石作为钻石仿制品显著的缺点是_____和_____。

36. YAG 是_____的简写，GGG 是_____的简写。

37. 放大检测主要是用来观察钻石的_____、_____和_____。

38. 以亲油性为依据鉴定钻石的辅助性实验有_____实验和_____实验。

39. X 射线通过钻石时可产生两种情形即_____和_____。

40. 澳大利亚北部的阿盖尔（Argyle）矿山的粉红色和紫红色钻石的吸收光谱由_____和_____、_____组成。

四、名词解释

透视实验　画线实验　底面闪光　亮度　火彩　包裹体
原生包裹体　同生包裹体　后生包裹体　荧光　磷光
阴极发光仪　吸收光谱　“Lely”合成法

五、问答题

1. 用肉眼或 10 倍放大镜鉴定钻石时，要注意哪些重要的特征？

2. 绘图指出钻石的解理方向，并指出它在钻石中是如何表现出来的？

3. 钻石的荧光及其对钻石色级的影响。

4. 列表对比钻石、合成立方氧化锆和合成碳硅石可观察到的特征及物理性质。

5. 有一无色透明宝石女戒，它可能是天然钻石，也可能是 YAG 或合成 SiC，你能用哪些方法将它们鉴别出来。

6. 彩色钻石的仿制品有哪些？如何鉴别它们？

7. 说出钻石五种人工仿制品，指出它们的组成和性质。

8. 什么是热导性，这种性质如何用于鉴别钻石？

9. 详述利用卡尺和克拉秤区分钻石和仿制品的方法。

10. 详述天然钻石的可见光吸收光谱特征。

钻石宝石学学习指导书答题卡

姓名：

划线要求	1. 用 HB—2B 笔按这样填写 十 2. 修改要用橡皮擦干净 3. 注意不要划错行（可用直尺对齐）

学生编号					
[0]	[0]	[0]	[0]	[0]	[0]
[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]
[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]
[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]
[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]
[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]
[7]	[7]	[7]	[7]	[7]	[7]
[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]
[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]

1 [A] [B] [C] [D]	21 [A] [B] [C] [D]	39 _____、_____
2 [A] [B] [C] [D]	22 [A] [B] [C] [D]	40 _____、_____
3 [A] [B] [C] [D]	23 [A] [B] [C] [D]	_____。
4 [A] [B] [C] [D]	24 [A] [B] [C] [D]	
5 [A] [B] [C] [D]	25 [A] [B] [C] [D]	
6 [A] [B] [C] [D]	26 [A] [B] [C] [D]	
7 [A] [B] [C] [D]	27 [A] [B] [C] [D]	
8 [A] [B] [C] [D]	28 [A] [B] [C] [D]	
9 [A] [B] [C] [D]	29 [A] [B] [C] [D]	
10 [A] [B] [C] [D]	30 [A] [B] [C] [D]	
11 [A] [B] [C] [D]	31 _____、_____	
12 [A] [B] [C] [D]	32 _____、_____	
13 [A] [B] [C] [D]	_____。	
14 [A] [B] [C] [D]	33 _____、_____	
15 [A] [B] [C] [D]	34 _____、_____	
16 [A] [B] [C] [D]	35 _____、_____	
17 [A] [B] [C] [D]	36 _____、_____	
18 [A] [B] [C] [D]	37 _____、_____	
19 [A] [B] [C] [D]	_____。	
20 [A] [B] [C] [D]	38 _____、_____	

第五章

钻石加工

学习要点

1. 加工钻石的原则:

(1) 充分体现钻石的光彩。

(2) 尽可能多地保留钻石的质量。

(3) 保证钻石的品质最佳、市场价值最大。

2. 加工钻石的工艺流程: 加工圆多刻面型钻石通常包括四个基本步骤。

(1) 钻坯设计

钻坯设计包括:

①钻坯审查　即审查每个晶体的形态特征, 比较钻坯的价值、成品率和成品钻石的价值, 以确定钻坯的加工工序。审查时应考虑的因素: 钻坯的形态; 钻坯的质量; 钻坯的瑕疵。

②确定钻坯适合加工成的成品钻石琢型　以成品率最高的成品钻价值最高为原则设计琢型。设计者应充分考虑市场对款式、钻石品质、资金的回收速度等因素。

③确定钻石的加工工艺程序　制订合理的加工流程及采用相应的技术方法。

④标记钻坯　确定并在钻坯上标出劈开面和锯切面。

(2) 分割钻坯　即根据设计时划线的位置对钻石进行锯开或劈开。

①劈钻的工艺流程　劈钻是在“V”型槽位置沿着解理面方向即八面体晶面方向或平行于三角薄片双晶结合面方向将钻石劈开。

劈钻主要用于以下情形:

劈钻得到的晶体与锯切相比较, 利用率更高、更经济。

瑕疵分布在劈钻后可以去掉且钻坯损失最少的部位。

有明显的解理破裂面或破裂双晶面的晶体。

钻坯的形态极不规则。

有较多“外皮”的钻坯。

②锯钻的工艺流程　锯钻是指选择合适的锯片, 沿“V”型槽对钻坯进行锯切, 并把钻石晶体分割成一块或多块毛坯的过程。

锯钻时应考虑的因素:

锯片的厚度;

钻粉的粒度和密度;

锯片承受的压力和锯路的平整度。

(3) 车钻 (成型)　用钻石车刀给钻坯整形的工序称车钻。车钻的目的是对成品钻

石的腰形进行成型处理，以确定未来成品钻石琢型的形状。

车钻所要考虑的因素：

使某种琢型的在制品车出的腰围尺寸最大；

同时考虑冠高、台面及底尖对称等。

(4) 磨钻　是指将经过成型处理的钻石在制品，按一定的比例规律研磨出一定形状的刻面，再将其抛光为光亮的镜面过程。磨钻一般遵循从台面—主刻面—其余小刻面的顺序。

抛磨钻石应考虑的因素：

·钻石的取向　不同的晶面硬度不同：111 面硬度 > 110 面 > 100 面；同一晶面，不同方向硬度也不同。在钻石加工中，根据台面上出现纹理的组数和方向分别称为四尖石（二组、二方向)、三尖石（三组、三方向)、二尖石（一组、一个方向)

磨盘的转速；

抛光粉的粒度和密度；

钻石对磨盘的压力。

3. 钻石的琢型

(1) 钻石琢型的历史　12、13 世纪为尖琢型—14 世纪桌琢型—15、16 世纪 玫瑰花琢型—17 世纪多面形琢型——18、19 世纪古典欧洲琢型—20 世纪圆明亮式琢型——花式琢型

(2) 圆多刻面型琢型（圆明亮式琢型）的特征及各刻面的名称和分布（见本书图 5 - 25)。

学习目的

1. 基本了解钻石加工的一般工艺流程及所遵循的原则。
2. 掌握圆多刻面钻石的加工特征，且能够熟练画出圆多刻面型钻石的俯视图。
3. 了解钻石加工的历史。

学习方法

1. 列表对比钻石加工各工艺流程的目的、原则、过程及设备等有助于全面系统掌握本章的重点内容。
2. 不断收集与钻石琢型有关的资料和信息，把握钻石加工的新潮流。
3. 借助计算机绘图软件，分析不同钻石晶形可能加工出来的最终产品。

基本训练

一、选择题（将你认为正确的一个答案填写在答题卡上)

1. 钻石加工工艺的本质是：

A. 加法出造型　　B. 减法出造型　　C. 琢磨

2. 标记钻石的最终目的是：

A. 开一个窗口　　B. 最大程度地增加售价　C. 获得最大的回收率

3. 车钻工序是用来确定:

A. 钻石的锯开方向　　B. 钻石腰围形态　　C. 钻石刻面的比例

4. 钻石的纹理方向有助于钻石的分割，劈开钻石往往:

A. 垂直纹理方向　　B. 平行纹理方向　　C. 斜交纹理方向

5. 钻石的纹理方向有助于钻石的分割，锯开钻石往往:

A. 垂直纹理方向　　B. 平行纹理方向　　C. 斜交纹理方向

6. 劈钻通常是沿下列哪个方向进行的:

A. 八面体面方向　　B. 立方体面方向　　C. 菱形十二面体方向

7. 锯钻通常是沿下列哪个方向进行的:

A. 八面体面方向　　B. 立方体面方向　　C. 菱形十二面体方向

8. 最早加工的钻石琢型是:

A. 尖琢型　　B. 尖桌型　　C. 桌琢型

9. 目前中国宝石市场上最流行的钻石琢型是:

A. 花式琢型　　B. 圆多刻面型琢型　　C. 火玫瑰琢型

10. 分割后台面是立方体面方向时称为:

A. 二尖石　　B. 四尖石　　C. 三尖石

二、判断题 (你认为正确者选 A，错误者选 B，将答案填写在答题卡上)

11. 切磨钻石的最大目的是尽可能多地保留钻石的质量。

12. 钻石腰围上的三角形凹痕，表明钻石的切工很差。

13. 印度是最早切磨钻石的国家。

14. 所有的钻石原石加工成成品钻石都必须经过设计、分割、成型和抛磨四个步骤。

15. 设计标线和抛磨是切磨钻石必不可少的工序。

16. 无论是劈钻还是锯钻都要在标线的位置开一“ V ”型槽。

17. 钻石的光彩能否最佳地体现出来主要取决车钻工序。

18. 三尖石可通过台面上的三角形纹理来确定。

19. 古典欧洲琢型在形态上最接近现代圆明亮式琢型。

20. 花式琢型在形态上很大程度依赖于原始的原石形态。

三、填空题 (将你认为正确答案填写在答题卡上)

21. 加工钻石的基本步骤为_____、_____、_____、_____。

22. 分割钻石可详细分为_____和_____两种方法。

23. 带壳钻坯在最终确定如何标记之前需进行_____处理。

24. 劈钻工具包括_____、_____、_____、_____。

25. 锯钻的工艺流程包括_____、_____、_____、_____。

26. 高能粒子束技术在钻石加工领域的应用，_____在钻石加工中逐渐成为主流的锯钻设备。

27. 车钻机有_____机和_____机之分。

28. 车钻时固定钻坯有两种方法，即_____法和_____法。

29. 磨钻总体来说分为两个步骤，即_____和_____。

30. 根据分割后钻石台面上出现纹理的组数和方向，可分别把它们称为_____、_____、_____。

四、名词解释

圆多刻面型　　花式琢型　　切缝　　开窗　　车钻

分割　　三尖石　　四尖石　　可制形

五、问答题

1. 简述钻石加工中的四项主要工序。

2. 什么是劈开？什么是锯开？列表对比它们的优缺点。

3. 简述钻石的抛磨过程。

4. 借助示意图说明圆多刻面型琢型的理想比例。

5. 绘图指出圆多刻面型钻石各部位名称。

6. 说出钻石琢型的种类。

7. 简述在钻石的加工过程中是如何分割原石的。

8. 借助示意图解释八面体钻石原石可能的设计方案。

9. 简要说明圆多刻面型琢型的发展过程，讨论它为什么如此流行？

10. 钻石的硬度对钻石的加工有何影响？

11. 借助示意图解释什么是三尖石、四尖石和二尖石，并指出它们的纹理方向。

12. 哪些原石可用于加工花式琢型？

钻石宝石学学习指导书答题卡

姓名:

划线要求

1. 用 HB—2B 笔按这样填写 ┼┼
2. 修改要用橡皮擦干净
3. 注意不要划错行 (可用直尺对齐)

学生编号					
[0]	[0]	[0]	[0]	[0]	[0]
[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]
[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]
[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]
[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]
[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]
[7]	[7]	[7]	[7]	[7]	[7]
[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]
[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]

1 [A] [B] [C] [D]	21 _____、_____	
2 [A] [B] [C] [D]	_____、_____	
3 [A] [B] [C] [D]	22 _____、_____	
4 [A] [B] [C] [D]	23 _____	
5 [A] [B] [C] [D]		
6 [A] [B] [C] [D]	24 _____、_____	
7 [A] [B] [C] [D]	_____、_____。	
8 [A] [B] [C] [D]	25 _____、_____	
9 [A] [B] [C] [D]	_____、_____	
10 [A] [B] [C] [D]	26 _____。	
11 [A] [B] [C] [D]	27 _____、_____	
12 [A] [B] [C] [D]	28 _____、_____	
13 [A] [B] [C] [D]	29 _____、_____	
14 [A] [B] [C] [D]	30 _____、_____	
15 [A] [B] [C] [D]	_____。	
16 [A] [B] [C] [D]		
17 [A] [B] [C] [D]		
18 [A] [B] [C] [D]		
19 [A] [B] [C] [D]		
20 [A] [B] [C] [D]		

钻石分级部分实习指导

第六章

钻石分级概述

学习要点与目的

1. 掌握钻石分级的概念，理解其含义。

钻石分级（diamond grading）是指从颜色（Colour）、净度（Clarity）、切工（Cut）及质量（Carat）四个方面对钻石进行等级划分，简称“4C”分级。钻石分级是对钻石的宝石学属性及价值进行全面评定。

2. 理解钻石分级的意义。

(1) 钻石分级是钻石贸易国际化，钻石交易公平、规范化的准则。

(2) 掌握钻石分级是从事钻石采购、销售、鉴定、设计等工作的基础。

(3) 钻石分级就是确定钻石价值，建立钻石价格体系的充分必要条件。

(4) 钻石分级是钻石估价的前提和基本的素质要求。

(5) 钻石分级是对钻石的品质与美丽、稀有与价值的综合评价，是宝石学中一门系统的分支学科。

3. 了解钻石分级的发展过程。

自然晶体形态（16 世纪初印度）→简单的琢型（1724 年巴西，切工分级的雏形）→颜色分级的雏形（19 世纪世纪中叶，印度、巴西矿山名的颜色分级术语；19 世纪后叶到 20 世纪初，南非矿山名的颜色分级术语）→20 世纪初净度分级的雏形（巴黎钻石交易中心形成的“洁净钻石”和“瑕疵钻石”）→20 世纪中叶完整的“4C”分级体系的提出（GIA）。

4. 了解世界各钻石分级体系的基本内容。

5. 掌握中国的钻石分级体系与世界主要钻石分级体系的异同点。

学习方法

1. 收集与钻石发展历史有关的信息。

2. 结合自己在学习和工作中的经验，总结钻石分级的意义。

3. 自制表格对比世界主要分级体系的主要内容，可帮助你了解各体系的特征。

基本训练

一、选择题（将你认为正确的答案填写在答题卡上）

1. 钻石分级始于：

A. 15 世纪初期　　B. 16 世纪初期　　C. 17 世纪初期

2. 钻石“4C”分级体系的建立源自：

A. 颜色分级的老术语　　B. 自然晶体形态　　C. 切工分级的雏形

3. 美国珠宝学院（GIA）创立于：

A. 1935 年　　B. 1931 年　　C. 1953 年

4. 第一个用简单明了的 D—Z 字母依次表示钻石颜色级别是哪个体系提出的：

A. HRD　　B. IDC　　C. GIA

5. 将“镜下无瑕”级细分为“无瑕”和“内部无瑕”两个级别的钻石分级体系是：

A Scan. D. N.　　B. GIA　　C. IDC

6. 除大的外部缺陷外，外部特征不影响净度级别的规定是哪个钻石分级体系提出的：

A. IDC　　B. CIBJO　　C. Scan. D. N

7. 切工分级中不进行比例评价，仅评价对称性和抛光的钻石分级体系是：

A. IDC　　B. CIBJO　　C. Scan. D. N

8. 著名的“5 μm 规则”是哪个钻石分级体系提出的：

A. HRD　　B. IDC　　C. CIBJO

9. 提出钻石净度分级定量化标准的体系是：

A. IDC　　B. HRD　　C. Scan. D. N

10. 对钻石切工比例、修饰度均进行评价的体系是：

A. GB/ T16554 - 2003　　B. CIBJO　　C. GIA

11. 考虑外部特征影响钻石净度级别的体系有：

A. HRD　　B. GIA　　C. Scan. D. N

12. 第一个获得 IS09002 标准认证的成品钻石分级实验室是：

A. GIA 钻石分级实验室

B. CIBJO 钻石分级实验室

C. HRD 钻石分级实验室

13. 颜色分级使用描述性术语的体系有：

A. CIBJO　　B. IDC　　C. GB/ T16554 - 2003

14. 首次采用净度俯视图直观、形象地表示净度特征的钻石分级体系是：

A. GIA　　B. CIBJO　　C. Scan. D. N

15. 起草 GB/ T - 16554 - 2003 标准主要参考了：

A. ISO 有关钻石分级的术语和规定

B. CIBJO 有关钻石分级的术语和规定

C. GIA 有关钻石分级的术语和规定

二、判断题 (你认为正确者选 A，错误者选 B，将答案填写在答题卡上)

16. 钻石颜色分级就是将待分级钻石与无色透明钻石相比较而得的结果。

17. 自然界中不存在完全无瑕的钻石。

18. 切工分级是“4C”分级中唯一非自然属性的评价。

19. 钻石的价格随克拉质量增加呈明显的线性关系。

20. GIA 钻石净度分级中主张内、外部瑕疵并重影响钻石的净度等级。

21. GIA 标准规定在“无瑕”级钻石评判中，外部瑕疵的影响意义更大。

22. CIBJO 规定经重新打磨不损失较多质量而无法去掉的外部特征不影响钻石的净度等级。

23. CIBJO 规定切工分级中只进行比例评价，不评价修饰度。

24.“5 μm 规则”是用来界定“内部无瑕”级与“极微瑕”级的。

25. IDC 规定外部特征对 LC 级钻石影响不大，但可降低 VVS 级及其以下等级。

26. Scan. D. N 的颜色分级仍沿用了老术语。

27. GB/ T16554—2003 于 2003 年 10 月 1 日正式实施。

28. GB/ T16554—2003 规定未镶嵌钻石和镶嵌钻石的起始分级质量为 0. 47 ct。

29. GB/ T16554—2003 增加了镶嵌钻石切工分级内容。

30. ISO/ FDIS 11211 - 1、2 于 2000 年正式颁布。

三、问答题

1. 列表回答 CIBJO、IDC 等欧洲钻石分级与 GIA 钻石分级体系的主要不同点。

2. 谈谈你是如何运用有关钻石知识帮助你销售钻石的。

3. 简述 GB/ T16554—2003 对 GB/ T16554—1996 做了哪些修订。

4. 结合自己理解，举例说明为什么要进行钻石分级。

钻石宝石学学习指导书答题卡

姓名:

划线要求	1. 用 HB—2B 笔按这样填写 ┼┼ 2. 修改要用橡皮擦干净 3. 注意不要划错行 (可用直尺对齐)

学生编号					
[0]	[0]	[0]	[0]	[0]	[0]
[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]
[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]
[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]
[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]
[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]
[7]	[7]	[7]	[7]	[7]	[7]
[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]
[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]

1 [A] [B] [C] [D]	21 [A] [B] [C] [D]	
2 [A] [B] [C] [D]	22 [A] [B] [C] [D]	
3 [A] [B] [C] [D]	23 [A] [B] [C] [D]	
4 [A] [B] [C] [D]	24 [A] [B] [C] [D]	
5 [A] [B] [C] [D]	25 [A] [B] [C] [D]	
6 [A] [B] [C] [D]	26 [A] [B] [C] [D]	
7 [A] [B] [C] [D]	27 [A] [B] [C] [D]	
8 [A] [B] [C] [D]	28 [A] [B] [C] [D]	
9 [A] [B] [C] [D]	29 [A] [B] [C] [D]	
10 [A] [B] [C] [D]	30 [A] [B] [C] [D]	
11 [A] [B] [C] [D]		
12 [A] [B] [C] [D]		
13 [A] [B] [C] [D]		
14 [A] [B] [C] [D]		
15 [A] [B] [C] [D]		
16 [A] [B] [C] [D]		
17 [A] [B] [C] [D]		
18 [A] [B] [C] [D]		
19 [A] [B] [C] [D]		
20 [A] [B] [C] [D]		

实习一

钻石的内、外部特征

实习要点

1. 钻石中所有的瑕疵类型统称为净度特征。

2. 净度是指钻石内、外部净度特征从无到有的相对程度，是人为地划分出的一系列等级的高低次序。

3. 内部特征指包含在或延伸至钻石内部的天然包裹体、生长痕迹和人为造成的缺陷。

4. 外部特征是指暴露在钻石外表的天然生长痕迹和人为造成的缺陷。

5. 标注净度特征应按照净度特征的形态和大小比例真实地绘制在净度俯视图上。

6. 所有的外部特征用绿色线条标出，所有的内部特征用红色线条标出，金属托用黑色线条。

7. 只有通过亭部才能看到的或内含物已触及到亭部表面的特征标注在亭部俯视图上；其他的特征，包括在腰棱上的特征都标注在冠部俯视图上；冠部及亭部都能看到的内含物，按定位规则分别标注在两个俯视图中。

实习的目的

1. 能够准确分辨钻石的内部特征和外部特征。
2. 掌握钻石常见的内部及外部特征。
3. 能够正确标记钻石的内、外部特征。

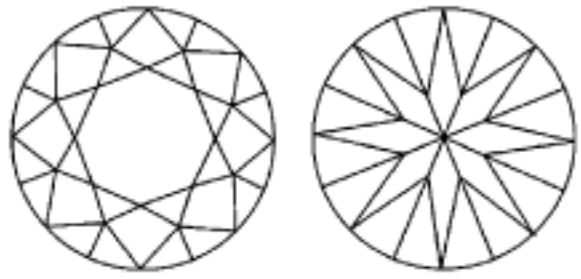
实习的要求

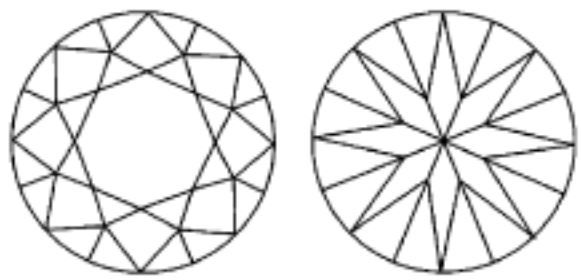
1. 学会正确使用钻石分级常用的工具（镊子、放大镜、清洁工具等)。
2. 学会采用不同的照明条件观察钻石的内、外部特征（透射光、反射光)
3. 学会辨别灰尘和点状物、镊子影像和羽裂面、原晶面和多余面、抛光纹和生长纹等。
4. 掌握“六点钟”观察钻石特征的技巧。
5. 掌握正确标注净度特征的方法（定位、形态、相对大小等)。

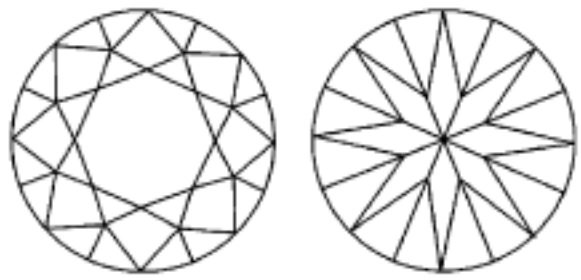
实习内容

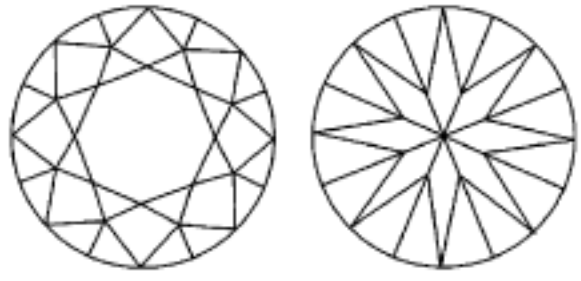
1. 练习熟练夹持钻石（姿势、力度和夹持方式)。
2. 观察钻石的内、外部特征。
3. 完成 12 颗钻石净度特征的观察和标记。
4. 记录实习报告。

实习报告　钻石净度特征

样品编号	特征类型	标记符号	标记净度特征
			

样品编号	特征类型	标记符号	标记净度特征
			

样品编号	特征类型	标记符号	标记净度特征
			

样品编号	特征类型	标记符号	标记净度特征
			

实习二

钻石的净度分级

实习要点

1. 净度级别划分规则

(1) LC 级。10 倍放大镜下，未见钻石内外部特征。下列情况仍属于 LC 级。

a. 额外刻面位于亭部，冠部不可见。

b. 原始晶面位于腰围内，不影响腰部的对称，冠部不可见。

c. 内部生长线无反射现象，不影响透明度。

d. 钻石外部有轻微的特征，经轻微抛光后可去除。

e. 上述情况对以下级别划分不产生影响。

(2) VVS 级。10 倍放大镜下，钻石具极微小的内、外部特征。10 倍放大镜下极难观察，定为 VVS_1；很难观察，定为 VVS_2。

(3) VS 级。10 倍放大镜下，钻石具细小的内、外部特征。10 倍放大镜下难以观察，定为 VS_1；比较容易观察，定为 VS_2。

(4) SI 级。10 倍放大镜下，钻石具明显的内、外部特征。10 倍放大镜下容易观察，定为 SI_1；很容易观察，定为 SI_2。

(5) P 级。从冠部观察，肉眼见钻石具内、外部特征。钻石具明显的内、外部特征，肉眼可见，定为 P_1 级；钻石具很明显的内、外部特征，肉眼易见，定为 P_2 级；钻石具极明显的内、外部特征，肉眼极易见，定为 P_3 级。

2. 净度级别的判定

钻石的净度等级是由其净度特征的整体视觉外观决定的。而影响整体视觉外观的因素有：净度特征的大小、数量、位置、对比度及类型等。

(1) 大小　钻石净度特征的大小尺寸与可见度有极大的关系，内含物越大，越易发现，净度级别越低。

(2) 数量　净度特征的数量越多，净度级别越低。数量的多少是指内含物可见度。

(3) 位置　净度特征分布的位置决定着被观察到的容易程度，其分布的位置不同，可见度就可能不一样。通常其影响程度依台面区—冠部区—腰部区—亭部区顺序降低。

(4) 对比度　对比度是指钻石内含物的颜色、光泽和透明度同钻石体色之间的对比程度。对比度越明显，钻石的净度等级越低。

(5) 类型　钻石的净度级别是由最明显的净度特征决定的，内含物的类型不同，其可见性不同，钻石的净度等级也不相同。一般情况下，晶体及羽状纹的出现对钻石净度级别的影响较大。

3. 净度分级的步骤

(1) 清洁钻石。

(2) 检查钻石的净度特征。

a. 检查钻石的冠部：观察台面，它是钻石中最大的刻面，台面下的内含物可见性最强；检查星刻面、冠部主刻面、上腰面。这些刻面受表面反射光的干扰较明显。

b. 检查钻石的亭部：钻石亭部的刻面受光线的干扰比冠部弱的多。观察亭部容易找到接近亭部表面或分布在下腰面的净度特征。

c. 检查钻石的腰围：注意寻找原始晶面、多余面及小缺口。

d. 检查钻石的表面特征。

(3) 标注净度特征

a. 净度素描图由不同琢型的钻石冠部俯视图和亭部俯视图组成。

b. 按照定位规则记录决定钻石净度等级的特征。

(4) 净度分级注意事项

a. 净度分级前必须彻底、干净地清洗钻石，否则不宜进行净度分级。

b. 综合钻石净度特征，给出净度等级的第一印象。

c. 分级的时间不宜太长，分级时要调整好自己的身、心健康状态。

d. 注意识别灰尘。

e. 注意识别镊子的影像。

f. 对净度等级较高的钻石，可适当地放大显微镜的倍数，辅助检查内、外部特征。

g. “6 点钟”区位的照明条件最理想，受外界干扰最小，最适合寻找内含物。

h. 注意钻石中内含物的“变短”现象和由内反射及复合视觉引起的镜面虚像影像。

i. 钻石分级标准是以圆多刻面型琢型和最常见的尺寸为准,同样大小的内含物在不同尺寸钻石中的可见度不同;具有相同净度等级,不同尺寸大小的钻石,其内含物可见度也不相同。

j. 注意花式钻石净度等级的判别。

实习目的

1. 掌握影响钻石净度等级的判别标准。
2. 学会用 10 倍放大镜（率）确定钻石的净度级别。

实习要求

1. 彻底清洁钻石。
2. 系统观察钻石。观察的顺序为台面——冠部——腰部——亭部。
3. 根据净度特征的大小、数量、位置、类型等因素，判断钻石的净度级别。

(1) 学会界定 LC、VVS、VS、SI、P 五大净度等级。

(2) 初步掌握 VVS_1—VVS_2、VS_1—VS_2、SI_1—SI_2、P_1—P_2—P_3 细分的规则。

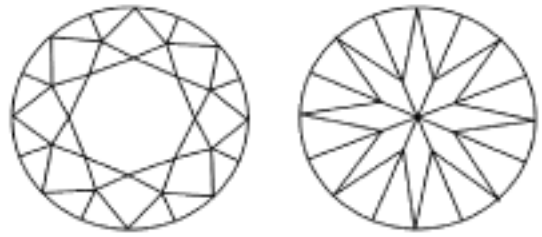
4. 绘制净度素描图。

实习内容

1. 按净度分级的步骤观察实习样品。
2. 完成 18～20 颗钻石样品的净度分级和净度素描图。
3. 记录实习报告。

实习报告　钻石净度分级

样品编号		质量大小		净度级别	



简要描述：_____

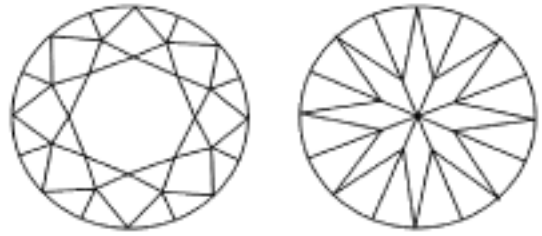
_____

净度坐标

LC　VVS_1　VVS_2　VS_1　VS_2　SI_1　SI_2　P_1　P_2　P_3

在你确定的净度级别中打“×”

样品编号		质量大小		净度级别	



简要描述：_____

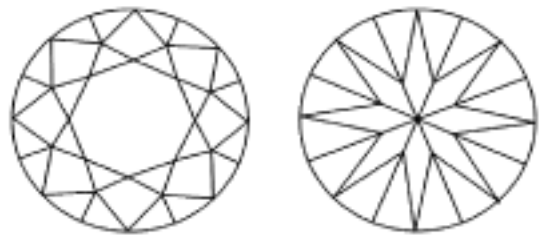
_____

净度坐标

LC　VVS_1　VVS_2　VS_1　VS_2　SI_1　SI_2　P_1　P_2　P_3

在你确定的净度级别中打“×”

样品编号		质量大小		净度级别	



简要描述：_____

_____

净度坐标

LC　VVS_1　VVS_2　VS_1　VS_2　SI_1　SI_2　P_1　P_2　P_3

在你确定的净度级别中打“×”

实习三

钻石的颜色分级

实习要点

1. 钻石颜色分级始于 19 世纪末颜色专用老术语，是颜色分级的雏形。

2. 钻石颜色分级是指采用比色法，在规定的环境下对钻石颜色进行等级划分。

3. 色级是指依据已切磨钻石黄（褐、灰）色调的明度和饱和度组合，按照由浅至深的变化规律，人为地划分出一系列等级的高低次序。

4. 颜色分级的范围主要限于无色—浅黄（褐、灰）系列的钻坯、成品钻石和镶嵌钻石。

5. 颜色分级的一般规则：

(1) 每一颜色等级代表着一个狭窄的色级范围，而非一个特定的色级点。色级越高，浓度区间越窄；色级越低，浓度区间也相应变宽。

(2) 每一颜色区间都有一颗代表该色级最高或最低颜色的标准样石——比色石。属于同一色级的钻石可能有极轻微的颜色浓度差异。

(3) 人眼受生理机能的限制，对不同色彩的敏感性不同。褐色钻石色级易定低，灰色钻石色级易定高。

(4) 不同大小的钻石对于颜色浓度反映的灵敏度不同。克拉值小的钻石颜色易显浅；克拉值大的钻石颜色易显深。

(5) 观察钻石的方向不同，对颜色的识别能力也不同。冠部易受表面光线干扰，色级的辨别能力降低；亭部和底尖对色级的判别较准确。

6. 颜色级别：按钻石颜色变化划分为 12 个连续的颜色级别，用英文字母或数字表示均可。

D（100）、E（99）、F（98）、G（97）、H（96）、I（95）、J（94）、K（93）、L（92）、M（91）、N（90）、＜N（＜90）

7. 颜色级别划分规则：

(1) 若待分级钻石的颜色高于比色石的最高级别 D 时，仍用 D 表示该钻石的色级。

(2) 当待分级钻石颜色低于“N”比色石时，则用＜N 表示。

(3) 待分级钻石与某一比色石颜色相同，则待分级钻石属于该比色石颜色级别。

(4) 待分级钻石的颜色介于相邻两颗连续的比色石之间，则以其中较低等级比色石的色级表示待分级钻石的颜色级别（比色石标定为下限）。

8. 颜色分级的条件：

(1) 标准的照明条件（色温在 5500 K～7200 K 范围内，无紫外线，有连续的、分

布均衡白光的比色灯)。

(2) 达到严格要求的比色石。

(3) 无阳光直射，避免太强烈的色彩，最好是白色、灰色的室内环境或暗室。

(4) 用作比色背景的无定向反射作用的比色板（槽)。

(5) 2～3 名有经验的专业分级师。

9. 颜色分级的步骤:

(1) 清洗待测钻石。

(2) 检查记录待测钻石的特征。

(3) 将比色石台面朝下，相间 2 厘米，按色级由高至低从左向右依次放置比色石。

(4) 视线平行比色石的亭尖、腰棱或垂直于亭部刻面，冷静观察比色石。

(5) 用清洁镊子夹取待测钻石，与比色石对比，判断钻石色级。

(6) 检查待测钻石，确定未错换比色石。

(7) 记录比色结果。

10. 颜色分级的注意事项:

(1) 比色时应寻找正确的观察方位。

(2) 比色时间不宜过长，也不宜反复比较，而应该快速作出判断。

(3) 保持健康的身心。

(4) 轻轻移动比色板或对钻石轻轻哈气，改善反射光，减少某些刻面反射光对分级的干扰。

(5) 大小不同的钻石比色时应比较底尖相同大小区域的位置。

(6) 采用透射光的方法，可有效地比较黄色调以外的钻石的颜色级别。

(7) 注意回避切工不良的位置，比较钻石的颜色等级。

(8) 花式钻石通常以斜对角线方向比色为准。

11. 钻石的荧光强度级别:

(1) 按钻石在长紫外光照射下发出的可见光强弱程度把钻石的荧光强度级别划分为强、中、弱、无四个等级。

(2) 若待分级钻石的荧光强度高于荧光强度对比样品中的“强”，仍用“强”表示该钻石的荧光强度级别。

(3) 当待分级钻石的荧光强度低于荧光强度对比样品中的“弱”，则用“无”代表该钻石的荧光强度级别。

(4) 待分级钻石与某一粒荧光强度对比样品相同，则该样品的荧光强度级别为待分级钻石的荧光强度级别。

(5) 待分级钻石的荧光强度介于相邻两颗对比样品之间，则以较低级别代表待分级钻石的荧光强度级别。

(6) 除需标出荧光强度外，还需标出荧光颜色。

实习目的

1. 学会利用比色石确定无—浅黄（褐、灰）色系列钻石样品的颜色级别。

2. 初步掌握不用比色石分辨钻石样品大类的颜色等级（D - E、H、I - J、K - L、M - N）。

3. 学会利用荧光样石确定无—浅黄（褐、灰）色系列钻石样品的荧光级别。

实习要求

1. 利用比色石确定待测钻石的颜色等级时，应按照先后顺序依次进行。

2. 利用比色槽携带待测钻石与比色石进行比对，严禁单独用镊子携带钻石，以免中途丢失。

3. 严格按照比色的基本步骤进行颜色的等级划分。

4. 不要从 D 比色石依次比到 N 比色石，注意提高比色效率。正确的方法是首先找到与待测钻石颜色大致相同的比色石范围，然后再在此范围内进行详细的颜色分级。

5. 待测钻石与比色石对比时切忌相互接触，以免相互干扰颜色的准确评定和相互损伤。

6. 综合考虑比色时的各种影响因素后方可确定颜色等级。

实习内容

1. 熟悉各比色石之间的颜色特征。

2. 利用比色石确定待测钻石的颜色等级。

3. 反复训练自己的眼力，试着不用比色石对工作中常见的颜色级别作出准确的判断。

4. 完成 18～20 粒样品的颜色分级。

5. 记录实习报告。

实习报告　钻石颜色分级

样品编号	颜色等级	荧光等级	颜色坐标
			D E F G H I J K L M N<N 荧光颜色 蓝白 黄白 其他 荧光等级 强 中 弱 无

样品编号	颜色等级	荧光等级	颜色坐标
			D E F G H I J K L M N<N 荧光颜色 蓝白 黄白 其他 荧光等级 强 中 弱 无

样品编号	颜色等级	荧光等级	颜色坐标
			D E F G H I J K L M N<N 荧光颜色 蓝白 黄白 其他 荧光等级 强 中 弱 无

样品编号	颜色等级	荧光等级	颜色坐标
			D E F G H I J K L M N<N 荧光颜色 蓝白 黄白 其他 荧光等级 强 中 弱 无

样品编号	颜色等级	荧光等级	颜色坐标
			D E F G H I J K L M N<N 荧光颜色 蓝白 黄白 其他 荧光等级 强 中 弱 无

实习四

钻石的切工分级（一）

实习要点

1. 钻石光彩形成的光学原理

(1) 概念

光彩：是指钻石所显示出的亮度、火彩、闪光的通称。

亮度：是指钻石表面反射的光量（光泽）和钻石内部全反射所返出的光量总和。

色散：是指钻石的倾斜刻面将白光分解成组成它的光谱色的现象。

闪光：是指钻石小刻面反射的光由于钻石、光源或者观察者的移动所呈现的强度变化现象。

(2) 钻石的光彩与切工的关系

钻石光彩
- 亮度
  - 内部全反射　主要由亭角决定
  - 外部反射　由反射率和抛光度决定（光泽）
- 色散　由冠角控制，同时也受台面大小制约（火彩）
- 闪光　由刻面数、抛光、切割比例决定

2. 切工比例分级标准

(1)钻石的切工比率(proportion)是指钻石各部分相对于平均直径的百分比。直径是指钻石腰部圆形水平面的直径。其中最大值称为最大直径,最小值称为最小直径，1/2(最大直径+最小直径)值称为平均直径。单位为毫米（mm），精确至0.01。

(2) 钻石切工比例分级中主要比例参数有：冠高比（crown)、台宽比（tabal)、亭深比（pavilion)、腰厚比（girdle)、底尖比（culet）和全深比（total depth）及冠角、亭角。

(3) 我国钻石切工比率级别分为很好、好和一般三个等级。各部分比率级别划分详见本书表9-3。

3. 钻石切工比率的目估方法

(1) 台宽比的目估

a. 线段法

让视线与台面垂直，将底尖移至台面中心。

从台面中心—台面棱—星刻面尖点—腰围假想一条直线。

假设腰围到台面棱的线段（*CA*）长度为1，估测 *CA* 占 *AB* 线段的比值。

参考教材上图 9 - 19 估测台宽比。

b. 弧度法

视线垂直台面，底尖调至台面中心。

任从一星刻面尖点沿台面边缘至另一星刻面尖点连成一条直线（即正方形的一条边）。

观察上述该直线的平直—弯曲程度，估测台宽比。

(2) 冠角的目估

a. 侧视法

使钻石台面朝上，用镊子夹住钻石的腰棱，使镊子内侧臂与腰围平面构成直角。

调整冠部主刻面正对镊子内侧臂作为参照物。

估测冠部主刻面与腰围平面夹角的度数。

b. 正视法

视线垂直台面，底尖移至台面中心。

透过台面和冠部主刻面寻找其正下方的亭部主刻面的影像。

观察亭部主刻面影像在台面交角及冠部主刻面交角处断头 AB 和 $A'B'$ 的宽度比值，估测钻石的冠角。

(3) 亭深比的目估

a. 台影比法

视线垂直台面，底尖移至台面中央。

从底尖处沿亭部主刻面的棱线向上移动，在与下腰面尖点衔接处，首先找到黑色“领结”状三角形影像。

将黑色三角形星刻面影像连成一圈，观察影像占整个台面的比例关系，目估亭深比。

b. 腰影比法

在 10 倍放大镜下，从侧面观察钻石腰棱影像，可以看见腰棱经亭部刻面反射后形成的一条或两条横过亭部刻面的弧形亮带。

亮带出现的位置及其间的比值（h_1 ：h_2）与亭部深度有关。

4. 腰部厚度的评价

很薄、薄、中等、厚、极厚。

5. 底尖大小的评价

无、小、中、大、很大。

实习目的

1. 了解钻石的切工对钻石光彩的影响。
2. 熟记 GB/ T16554 - 2003 钻石比率级别的划分规则。
3. 学会用 10 倍放大镜目估钻石的各比率参数。

实习要求

1. 首先找到目估钻石各比率方法中涉及到的各种假想/ 实际线段、各种影像特征。

2. 熟练运用线段法、弧度法（含修正）目估台宽比，且将二方法相互印证，得出综合评价。误差≤2%。

3. 先在练习本上训练自己观察角度的眼力，再用侧视法和正视法综合目估冠角。误差≤2°。

4. 按本书所述台影比法目估钻石亭深比的步骤及修正系数估测钻石的亭深比，并能用腰影比法进一步校正浅亭部或深亭部比率。亭深比误差≤1%。

5. 观察钻石腰围类型，评价腰围厚度。

6. 观察钻石底面大小及是否有破损。

7. 能利用估测的结果评价钻石的切工比率等级。

实习内容

1. 目估钻石样品的台宽比和冠角。

2. 目估并修正钻石样品的亭深比。

3. 评价钻石样品的腰围厚度和底面大小。

4. 按要求完成 12 粒样品实习报告。

实习报告　钻石比率级别

样品编号	台宽比（%）		亭深比（%）		冠 角		腰厚比（%）		底尖比（%）	
	线段法		台影比法		正视法		极薄 < 0.5		小 < 2	
							薄 1～1.5			
比率等级	弧度法（含修正）		腰影比法		侧视法		适中 2～4.5		中（2～4）	
							厚 5～7.5			
	综合结论		综合结论		综合结论		极厚≥8		大 > 4	

样品编号	台宽比（%）		亭深比（%）		冠 角		腰厚比（%）		底尖比（%）	
	线段法		台影比法		正视法		极薄 < 0.5		小 < 2	
							薄 1～1.5			
比率等级	弧度法（含修正）		腰影比法		侧视法		适中 2～4.5		中（2～4）	
							厚 5～7.5			
	综合结论		综合结论		综合结论		极厚≥8		大 > 4	

样品编号	台宽比（%）		亭深比（%）		冠 角		腰厚比（%）		底尖比（%）	
	线段法		台影比法		正视法		极薄 < 0.5		小 < 2	
							薄 1～1.5			
比率等级	弧度法（含修正）		腰影比法		侧视法		适中 2～4.5		中（2～4）	
							厚 5～7.5			
	综合结论		综合结论		综合结论		极厚≥8		大 > 4	

实习五

钻石的切工分级（二）

实习要点

1. 修饰度分级

修饰度：是指抛磨工艺的评价。

2. 修饰度级别：10 倍放大镜下分为很好、好、一般三个级别。

3. 钻石修饰度偏差的目估方法

4. GB/ T16554 - 2003 标准中影响修饰度的因素：

a. 钻石刻面留有抛光纹；

b. 整个钻石圆度不够；

c. 冠部与亭部刻面尖点不对齐；

d. 刻面尖点不够尖锐；

e. 同种刻面大小不均；

f. 台面和腰部不平行；

g. 腰呈波浪形。

实习目的

1. 学会观察钻石的修饰度偏差。
2. 掌握钻石中常见的修饰度缺陷的特征及识别标志。
3. 依据标准能够评价钻石的修饰度等级。
4. 了解修饰度偏差对钻石抛磨工艺及价格的影响。

实习要求

1. 按教材确定对称性偏差的方法，观察钻石的对称性偏差。
2. 反复观察、训练自己对修饰度偏差的敏感度。
3. 认真总结经验，掌握判别修饰度偏差的方法。
4. 能利用估测的结果评价钻石的修饰度等级。

实习内容

1. 在 10 倍放大镜下检查钻石的修饰度偏差。
2. 按要求完成 12 粒样品的实习报告。

实习报告　钻石的修饰度级别

样品编号	主要对称偏差		次要对称偏差		抛尖工艺评价	
	腰围不圆	□	冠/ 亭部尖点未对齐	□	无或很难发现抛光纹	□
	台腰不平行	□	刻面尖点不尖锐	□	轻微抛光纹	□
	底尖偏心	□	同种刻面大小不等	□	比较明显抛光纹	□
	台面偏心	□	波浪状腰	□	很明显抛光纹	□

样品编号	主要对称偏差		次要对称偏差		抛尖工艺评价	
	腰围不圆	□	冠/ 亭部尖点未对齐	□	无或很难发现抛光纹	□
	台腰不平行	□	刻面尖点不尖锐	□	轻微抛光纹	□
	底尖偏心	□	同种刻面大小不等	□	比较明显抛光纹	□
	台面偏心	□	波浪状腰	□	很明显抛光纹	□

样品编号	主要对称偏差		次要对称偏差		抛尖工艺评价	
	腰围不圆	□	冠/ 亭部尖点未对齐	□	无或很难发现抛光纹	□
	台腰不平行	□	刻面尖点不尖锐	□	轻微抛光纹	□
	底尖偏心	□	同种刻面大小不等	□	比较明显抛光纹	□
	台面偏心	□	波浪状腰	□	很明显抛光纹	□

样品编号	主要对称偏差		次要对称偏差		抛尖工艺评价	
	腰围不圆	□	冠/ 亭部尖点未对齐	□	无或很难发现抛光纹	□
	台腰不平行	□	刻面尖点不尖锐	□	轻微抛光纹	□
	底尖偏心	□	同种刻面大小不等	□	比较明显抛光纹	□
	台面偏心	□	波浪状腰	□	很明显抛光纹	□

实习六

钻石的质量

实习要点

1. 钻石的质量是决定价格的最基本的尺度。

2. 钻石的质量单位为克（g）。准确度为 0.0001。钻石贸易中仍可用“克拉（ct）”作为质量单位。1.0000 g = 5.00 ct

3. GB/ T16554 - 2003 国家标准规定成品钻石的质量数值保留至小数点后第四位。换算为克拉值时，保留到小数点后第二位。克拉值小数点第三位逢 9 进 1，其他忽略不计。

4. 钻石在整数克拉值及市场需求量大的整小数克拉值处有克拉溢价现象。

5. 钻石的质量可用称量衡器直接称量。

6. 标准切工的钻石也可用估重公式计算出来。

7. 商贸中钻石质量分级标准主要以 Rapaport 报价表中钻石质量矩阵为标准(见教材表 10 - 3)。

8. 圆钻型钻石的估重公式为：质量 = 直径^2 ×总深度×系数（系数从 0.0061～0.0064，具体的取值视腰围的厚度而定。)

9. 若钻石为标准切工（全深比 = 60%、腰厚比 2%～3%），查表也可估算钻石的质量。

实习目的

1. 掌握钻石的质量单位和换算方法。
2. 掌握钻石质量的准确度和取舍规则。
3. 了解称重仪器的操作步骤。
4. 学会通过测量钻石的某些参数估算钻石的质量。

实习要求

1. 按称量衡器的操作规程，检查衡器的准确度。
2. 按称量衡器的步骤和要求细心地称重。
3. 学习使用各种类型的卡尺，精确地测量钻石的直径和高度。
4. 根据公式估算钻石的质量及分析误差率。

实习内容

1. 在符合钻石称量准确度要求的衡器上精确地称量钻石的质量。
2. 根据测量结果估算钻石的质量。
3. 对比有关表格分析、评价估算公式的误差范围。

实习报告　钻石的质量

样品编号	最大直径 (mm)	最小直径 (mm)	平均直径 (mm)	总高度 (mm)	估算质量 (ct)	实际称重	与实际质量的差级

实习七

钻石“4C”分级

实习目的

1. 全面掌握钻石分级的方法。
2. 熟练地运用“4C”分级的结果，评价钻石的切工等级。
3. 进一步加强钻石分级的准确性和稳定性。
4. 掌握钻石的价格与“4C”等级的关系。

实习要求

1. 能够对钻石的颜色、净度、切工准确地分级。
2. 能够综合地评价钻石的切工等级。
3. 能够全面地考虑、分析分级中所有的影响因素。
4. 能够准确地绘制净度素描图。
5. 学会通过测量钻石的某些参数，估算钻石的质量。
6. 收集不同国家和组织钻石分级实验室的钻石分级证书，了解钻石分级证书的内容和意义。

实习内容

1. 不参考钻石样品的分级证书进行综合分级。
2. 完成 6～8 粒钻石样品的综合分级。

实习报告　钻石“4C”分级

编号：_____　　日期：_____

形状：_____　　质量：_____

颜色级别：_____　　荧光：_____

D　E　F　G　H　I　J　K　L　M　N　<N

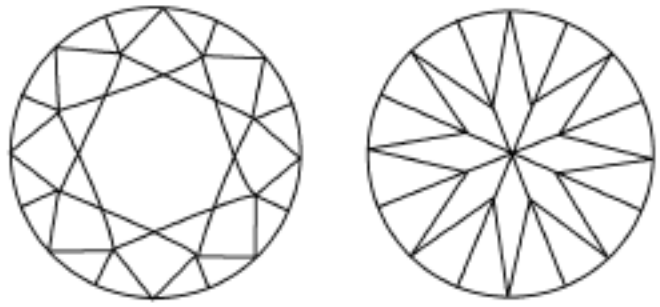
净度级别：_____

净度描述

_____

_____

_____



LC　VVS_1　VVS_2　VS_1　VS_2　SI_1　SI_2　P_1　P_2　P_3

切工：

规格：_____　　全深化：_____

台宽比：_____　　腰围类型：_____

冠角：_____　　腰厚（比）：_____

亭深比：_____　　底尖（比）：_____

修饰度偏差：_____

比率级别：_____　　修饰度级别：_____

很好　好　一般　　很好　好　一般

使用仪器：_____

基本训练

一、选择题（将你认为正确的一个答案填写在答题卡上）

1. 最早代表钻石颜色等级是用：

A. 人名　　B. 地名　　C. 矿山名

2. GB/ T16554 - 2003 标准中规定可以用几种方法表示色级：

A. 1 种　　B. 2 种　　C. 3 种

3. GB/ T16554 - 2003 标准中规定的比色灯色温为：

A. 5000～7200 K　　B. 5500～7200 K　　C. 5000～6500 K

4. 与大多数宝石不同，最有价值的钻石颜色是：

A. 浅黄色　　B. 无色　　C. 花色

5. 比色石的荧光特征应为：

A. 强荧光　　B. 弱荧光　　C. 无荧光

6. 比色石的净度级别不应低于：

A. VS_2　　B. SI_1　　C. SI_2

7. 不影响钻石颜色分级的条件是：

A. 实验室墙壁的颜色　　B. 不含紫外线的光源　　C. 分级的日期

8. “好望角系列”的钻石是指：

A. 产自好望角地区的钻石　　B. 与单原子氮有关的钻石　　C. 无 - 浅黄色系列钻石

9. 颜色分级环境的色调必须为：

A. 白色　　B. 灰色　　C. 中性色

10. 对钻石进行分级时，独立完成同一颗钻石的人员要求是：

A. 2 名分级师　　B. 2～3 名分级师　　C. 3 名分级师

11. 比色的时间不宜太长，通常最好不超过：

A. 6～8 min　　B. 8～10 min　　C. 10 min

12. 来自不同国家的两名分级师，对同一颗钻石在相同的条件下，进行颜色分级，但未取得相同的结论。这是因为：

A. 分级不在同一地区　　B. 使用了不同标定的比色石　　C. 二者的观念不同

13. 界于 E—F 比色石之间的一颗裸钻的色级应该是：

A. F 色　　B. E 色　　C. E 色或 F 色均有可能

14. 排列比色石的规则是：

A. 从左至右由低到高，相间 30 mm

B. 从左至右由低到高，相间 20 mm

C. 从左至右由高到低，相间 20 mm

15. 在严格的比色条件下，进行颜色分级时，如何考虑钻石的荧光性特征：

A. 必须考虑蓝色荧光　　B. 必须考虑黄色荧光　　C. 不考虑钻石的荧光性

16. 黄色调以外的钻石比色时应对比其：

A. 明度和色调　　B. 明度　　C. 明度、亮度和色调

17. 样品与比色石相差较大时，应比较：

A. 亭部尖点　　B. 二者亭尖相同大小的区域　　C. 亭尖 1/ 3 以上部位

18. 在比色过程中可采用哈气的方法，这是因为：

A. 钻石的颜色看不清　　B. 减少表面反光影响　　C. 钻石的颜色太黄

19. 钻石须状腰的形成往往与什么性质有关：

A. 差异硬度　　B. 解理　　C. 脆性

20. 观察钻石内含物的最佳位置是：

A. 垂直台面　　B. 垂直亭部刻面　　C. “六点钟”位置

21. 原始晶面与额外刻面的最大区别是：

A. 形状不同　　B. 出现的位置不同　　C. 刻面上有无生长特征

22. 钻石的“火彩”与钻石的哪些切工参数有关：

A. 冠角和台面大小　　B. 冠角和色散角　　C. 色散角

23. 测量钻石尺寸规格的准确度为：

A. 0. 01 mm　　B. 0. 001 mm　　C. 0. 1 mm

24. 台宽比为 53%～66%的比率等级应为：

A. 很好　　B. 好　　C. 较好

25. 目估钻石台宽比的误差一般要求不超过：

A. 2%　　B. 1%　　C. 1%～2%

26. 目估钻石亭深比的误差一般要求不超过：

A. 2%　　B. 1%　　C. 1%～2%

27. 目估钻石冠角的误差一般要求不超过：

A. 1°　　B. 2°　　C. 1°～2°

28. 钻石的腰厚比与钻石的大小有关：

A. 同样的腰厚比，钻石越大，腰越厚

B. 同样的腰厚比，钻石越大，腰越薄

C. 同样的腰厚，钻石越大，腰厚比越大

29. 花式钻石的“蝴蝶领结”效应是由什么造成的：

A. 亭部太深　　B. 亭部膨胀　　C. 台面太宽

30. 钻石的质量单位为克（g），其准确度要求为：

A. 0. 0001　　B. 0. 001　　C. 0. 01

二、判断题（你认为正确者选 A，错误者选 B，将答案填写在答题卡上）

31. 老术语 River 原指河床冲积砂矿中无色透明的钻石。

32. 老术语 Crystal 是指像水晶一样的钻石。

33. 每一颜色等级代表着一个狭窄的色级点。

34. 比色石有上限和下限之分。

35. 不同大小的钻石对于颜色浓度反映的灵敏度不同。

36. I 色级的钻石从任何角度观察均显示有微黄色色调。

37. 用作比色的比色板/ 纸必须是无定向反射作用、无荧光的白色板或纸。
38. GB/ T16554 - 2003 规定成品钻石的起始分级质量为 0. 47 克拉。
39. GB/ T16554 - 2003 规定成品钻石净度等级细分的质量要求为 0. 0940 克。
40. 同一色级的钻石，色调上会有较明显的差异。
41. 钻石的色级可以随时地记忆在脑子里。
42. 颜色分级是一种相对的主观判断。
43. 钻石的荧光颜色和强度会影响钻石的价格。
44. 羽状纹是钻石内部像羽毛状的纹理。
45. 用点这一术语来表示钻石内部具有微小的点状包裹体。
46. 国际上大多数分级标准，判定净度级别时不考虑外部特征。
47. 亭深比大于 50%的钻石称为“块状”钻石。
48. 10 倍放大镜下很难观察到钻石的微小特征，其净度定为 VVS_1 。
49. “4C”分级中，净度是决定钻石价格的最重要因素。
50. 所有的内部特征都是用红色笔标注的。
51. “国标”中台宽比为 53%～66%的钻石其切工比例定为很好。
52. 切工精湛的钻石其亮度与火彩均可达到最大值。
53. 蓝白色荧光能使钻石看上去比其真实的体色有更高的颜色级别。
54. 彩色钻石的价值是由它的颜色及这种颜色的稀有程度决定的。
55. 靠近刻面棱的灰尘，常在相邻的刻面上出现多个灰尘的影像。
56. 钻石中内含物的位置往往比实际的位置看起来更接近表面。
57. 不论钻石的大小，最佳腰厚比都是 2%～4. 5%。
58. 用线段法目估钻石的台宽比时，若比例为 1∶1 则代表 50%的台宽比。
59. 钻石理想琢型的冠角大都在 33°～34. 5°之间。
60. 用正视法目估钻石的冠角时，其影像的比值受台面大小的影响而变化。
61. 羽状纹只封闭在钻石的内部。
62. 采用比色石进行颜色分级是目前正确确定钻石色级的唯一方法。
63. 标准比色石在克拉重量、净度、荧光和切工等方面都有一定的要求。
64. 到目前为止比色法是最好的颜色分级方法。
65. 严格来说所有的圆钻型钻石都不是一个绝对精确的圆形。
66. 修饰度是决定钻石切工优劣的主要因素。
67. 多余刻面多出现在钻石腰棱附近。
68. 烧痕是抛光不当在钻石表面留下的糊状疤痕。
69. 净度等级是钻石分级中一种定性描述结果。
70. 钻石自身的物理性质决定了标准圆钻切工的比例范围。

三、填空题 (将你认为正确答案填写在答题卡上)

71. GB/ T16554 - 2003 颜色分级标准，将成品钻石的色级分为_____级别，净度分为_____大级别。

72. 钻石颜色分级是指采用_____，在规定的环境下对_____进行等级划

分，_____钻石不使用本方法。

73. 钻石的净度级别是根据内部特征的_____、_____、_____、_____划分的。

74. 钻石颜色分级必须具备_____、_____、_____、_____等四个主要条件。

75. 彩色钻石的分级主要考虑彩色钻石的_____和色彩的_____。

76. 钻石常见的内部特征有_____、_____、_____、_____、_____。

77. 目前世界上理想比例的琢型分别有_____、_____、_____、_____。

78. 标准圆钻型切工钻石的估重公式为质量 = _____。

79. 目估台宽比的方法有_____、_____。

80. 切工分级包括切工_____分级和_____分级。

四、名词解释

钻石分级　颜色分级　净度分级　切工分级　修饰度　台宽比
内部特征　外部特征　净度　色级　比色石　鱼眼钻石　块状钻石
冠角　波状腰　须状腰　锥状腰　点状物　“领结”效应　火彩
“色差”效应　星刻面　标准圆钻型切工　比率　原晶面　克拉

五、问答题

1. 试述钻石颜色分级的:
a. 条件; b. 步骤; c. 注意事项; d. 划分规则。
2. 比色石应具备哪些条件？
3. 试述钻石净度分级的:
a. 步骤; b. 影响因素; c. 注意事项; d. GB/ T16554 - 2003 划分规则。
4. 讨论包裹体对钻石颜色和净度的影响。
5. 腰棱上的特征是如何影响钻石的净度等级的？
6. 荧光对钻石的颜色分级有何影响？
7. 讨论钻石的切工与光彩的关系。
8. 绘图说明钻石标记的定位规则。
9. 降低钻石修饰度等级的因素有哪些？
10. 为什么同为圆钻型切工的钻石一颗看起来璀璨生辉，一颗却黯然失色？
11. 两颗圆钻型切工的等质量的钻石为何看起来一颗大而另一颗小？
12. 绘图简述目估亭深比的两种方法。
13. 绘图简述目估台宽比的两种方法。
14. 一颗重 0. 3 ct 的镶嵌钻石要求你出具一份钻石分级证书，试述它的分级步骤。
15. 一张全面的钻石分级证书应包括哪些内容？

钻石宝石学学习指导书答题卡

姓名:

划线要求	1. 用 HB—2B 笔按这样填写 ┼┼ 2. 修改要用橡皮擦干净 3. 注意不要划错行 (可用直尺对齐)

学生编号					
[0]	[0]	[0]	[0]	[0]	[0]
[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]
[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]
[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]
[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]
[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]
[7]	[7]	[7]	[7]	[7]	[7]
[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]
[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]

1 [A] [B] [C] [D]	21 [A] [B] [C] [D]	41 [A] [B] [C] [D]	61 [A] [B] [C] [D]
2 [A] [B] [C] [D]	22 [A] [B] [C] [D]	42 [A] [B] [C] [D]	62 [A] [B] [C] [D]
3 [A] [B] [C] [D]	23 [A] [B] [C] [D]	43 [A] [B] [C] [D]	63 [A] [B] [C] [D]
4 [A] [B] [C] [D]	24 [A] [B] [C] [D]	44 [A] [B] [C] [D]	64 [A] [B] [C] [D]
5 [A] [B] [C] [D]	25 [A] [B] [C] [D]	45 [A] [B] [C] [D]	65 [A] [B] [C] [D]
6 [A] [B] [C] [D]	26 [A] [B] [C] [D]	46 [A] [B] [C] [D]	66 [A] [B] [C] [D]
7 [A] [B] [C] [D]	27 [A] [B] [C] [D]	47 [A] [B] [C] [D]	67 [A] [B] [C] [D]
8 [A] [B] [C] [D]	28 [A] [B] [C] [D]	48 [A] [B] [C] [D]	68 [A] [B] [C] [D]
9 [A] [B] [C] [D]	29 [A] [B] [C] [D]	49 [A] [B] [C] [D]	69 [A] [B] [C] [D]
10 [A] [B] [C] [D]	30 [A] [B] [C] [D]	50 [A] [B] [C] [D]	70 [A] [B] [C] [D]
11 [A] [B] [C] [D]	31 [A] [B] [C] [D]	51 [A] [B] [C] [D]	
12 [A] [B] [C] [D]	32 [A] [B] [C] [D]	52 [A] [B] [C] [D]	
13 [A] [B] [C] [D]	33 [A] [B] [C] [D]	53 [A] [B] [C] [D]	
14 [A] [B] [C] [D]	34 [A] [B] [C] [D]	54 [A] [B] [C] [D]	
15 [A] [B] [C] [D]	35 [A] [B] [C] [D]	55 [A] [B] [C] [D]	
16 [A] [B] [C] [D]	36 [A] [B] [C] [D]	56 [A] [B] [C] [D]	
17 [A] [B] [C] [D]	37 [A] [B] [C] [D]	57 [A] [B] [C] [D]	
18 [A] [B] [C] [D]	38 [A] [B] [C] [D]	58 [A] [B] [C] [D]	
19 [A] [B] [C] [D]	39 [A] [B] [C] [D]	59 [A] [B] [C] [D]	
20 [A] [B] [C] [D]	40 [A] [B] [C] [D]	60 [A] [B] [C] [D]	
71 _____、_____ 72 _____、_____ _____。 73 _____、_____ _____、_____	74 _____、_____ _____、_____ 75 _____、_____ 76 _____、_____ _____、_____	77 _____、_____ _____、_____ 78 _____ 79 _____、_____ 80 _____、_____	

第十一章

镶嵌钻石的分级

学习要点

1. 镶嵌钻石给分级带来的困难

镶嵌钻石无法直接称重给出精确的质量数据；难以做到彻底的清洁；限制了观察内含物的角度；阻碍了钻石的全面测量；镶托还遮掩了易于比色的部位，干扰了对色级的判断。

2. 镶嵌钻石净度分级标准

我国《钻石分级》标准将镶嵌钻石的净度分为 LC、VVS、VS、SI、P 五个等级。

3. 镶嵌钻石净度分级的注意事项

(1) 分级时多采用“六点钟”位置观察钻石的特征。

(2) 采用观察对面反射影像的方法，可检查到被镶爪、镶边掩藏的净度特征。

(3) 注意判断金属镶托的影像和内含物。

(4) 注意区分金属镶托附近的黑色粘附物和深色包裹体。

4. 镶嵌钻石颜色分级标准

镶嵌钻石颜色级别	D—E		F—G		H	I—J		K—L		M—N		< N
对应的未镶嵌钻石颜色级别	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	< N

5. 镶嵌钻石颜色分级应考虑金属托对钻石颜色的影响，注意加以修正。

6. 镶嵌钻石的切工测量与描述

(1) 对满足切工测量的镶嵌钻石，采用 10 倍放大镜目测法或仪器测量法，目估(测量)台宽比、亭深比等比率要素。

(2) 对满足切工测量的镶嵌钻石，采用 10 倍放大镜目测法，对影响修饰度的要素加以描述。

学习目的

1. 了解镶嵌钻石与未镶嵌钻石在钻石分级过程中的异同点。

2. 掌握镶嵌钻石分级的规则。

3. 学会对镶嵌钻石进行等级划分。

学习方法

1. 多接触镶嵌钻石，不断总结镶嵌钻石的分级经验。

2. 有条件的情况下，先对裸钻分级，再进行镶嵌后分级，对比二者的结果。

3. 从各个角度观察与市场上流行的镶嵌钻石色级相近的比色石，借以寻找出金属托对色级的影响规律。

4. 以裸钻为例，训练自己能够较准确地估算镶嵌钻石的质量。

基础训练

一、选择题 (将你认为正确的一个答案填写在答题卡上)

1. 镶嵌钻石净度分级的条件与裸钻相似，但为了更有效地观察内含物往往需要借助:

A. 10 倍放大镜　　B. 高倍显微镜　　C. 光纤灯

2. 检查到被镶爪、镶边掩藏的净度特征，可用:

A. 倾斜钻石，采用观察反射影像的方法

B. 正视钻石，采用暗域照明的方法

C. 倾斜钻石，采用亮域照明的方法

3. GB/ T16554 - 2003 规定对满足测量条件的镶嵌钻石，其切工分级要求:

A. 测量比率要素　　B. 评价比率等级　　C. 测量并评价比率等级

4. GB/ T16554 - 2003 规定对满足测量条件的镶嵌钻石，其修饰度要求:

A. 描述修饰度要素　　B. 评价修饰度等级　　C. 描述并评价修饰度等级

5. GB/ T16554 - 2003 规定镶嵌钻石的起始分级质量为:

A. 0. 20 克拉　　B. 0. 10 克拉　　C. 0. 47 克拉

6. 对包边镶嵌的钻石进行颜色分级时，有时不得不观察:

A. 亭部刻面　　B. 亭尖位置　　C. 冠部刻面

7. GB/ T16554 - 2003 标准删除了 1996 版中有关镶嵌钻石的:

A. 净度小级　　B. 品质级别　　C. 切工描述

8. GB/ T16554 - 2003 标准去除了 1996 版中有关镶嵌钻石的:

A. 净度小级　　B. 颜色级别的中文描述　　C. 颜色级别的数字表示

9. GB/ T16554 - 2003 标准与 1996 版相比增加了有关镶嵌钻石:

A. 颜色分级内容　　B. 切工分级内容　　C. 荧光分级内容

10. GB/ T16554 - 2003 标准，将镶嵌钻石的色级分为:

A. 5 级　　B. 6 级　　C. 7 级

二、判断题 (你认为正确者选 A，错误者选 B，将答案填写在答题卡上)

11. 镶嵌钻石颜色分级应考虑金属托的颜色对钻石颜色的影响。

12. 镶嵌钻石的净度分为五个等级。

13. 利用卡尺和微尺可以准确测量镶嵌钻石的台宽比。

14. 采用与目估裸钻亭深比相同的台影比法也可以估测镶嵌钻石的亭深比。

15. 镶嵌钻石的台面尺寸很难准确测量出来。

16. 用测量表视深度的方法可以估算镶嵌钻石的总深度。

17. 镶嵌钻石的色级如果借助比色石是完全可以详细划分出 12 等级的。

18. 镶嵌钻石若为标准切工是可以通过测量某些尺寸精确估算其质量的。

19. 质量大于 0.47 克拉的镶嵌钻石净度必须细分为 10 个等级。

20. ≥1 克拉的钻石必须在镶嵌前进行“4C”分级。

三、问答题

1. 对比镶嵌钻石与裸钻分级的异同点。

2. 简述镶嵌钻石估算质量的过程。

3. 镶嵌钻石颜色分级的注意事项。

4. 镶嵌钻石净度分级的注意事项。

钻石宝石学学习指导书答题卡

姓名:

划线要求	1. 用 HB—2B 笔按这样填写 十十 2. 修改要用橡皮擦干净 3. 注意不要划错行 (可用直尺对齐)

学生编号					
[0]	[0]	[0]	[0]	[0]	[0]
[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]
[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]
[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]
[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]
[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]
[7]	[7]	[7]	[7]	[7]	[7]
[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]
[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]

1 [A] [B] [C] [D]	6 [A] [B] [C] [D]	11 [A] [B] [C] [D]
2 [A] [B] [C] [D]	7 [A] [B] [C] [D]	12 [A] [B] [C] [D]
3 [A] [B] [C] [D]	8 [A] [B] [C] [D]	13 [A] [B] [C] [D]
4 [A] [B] [C] [D]	9 [A] [B] [C] [D]	14 [A] [B] [C] [D]
5 [A] [B] [C] [D]	10 [A] [B] [C] [D]	15 [A] [B] [C] [D]
16 [A] [B] [C] [D]		
17 [A] [B] [C] [D]		
18 [A] [B] [C] [D]		
19 [A] [B] [C] [D]		
20 [A] [B] [C] [D]		

钻石优化、合成部分

第十二章

钻石的优化处理及其鉴别

学习要点

1. 天然钻石的呈色机理讨论

(1) 晶体中杂质元素的呈色

a. 钻石是碳原子以共价键结合而成，其中每一个碳原子都通过 sp^3 杂化轨道与相邻 4 个碳原子成键，形成 4 个成键分子轨道和四个反键分子轨道。4 个成键轨道形成满带，4 个反键分子轨道形成空带，两个能带间隔着一个较宽的禁带，禁隙能 $Eg > 5.4eV$，可见光通过时不被吸收，故纯净的钻石为无色透明。

b. 若钻石成分中含有孤立的氮杂质时，氮原子以类质同像取代钻石结构中的碳原子，氮原子比碳原子的外层多了一个电子，其中 4 个电子进入已填满价电子的价带，被共价键强烈约束，而多余的一个电子只能在宽带隙内形成一个杂质能级，称为氮施主能级。只要能量大于 2.2 eV 的任何光量子都能把多余电子从氮施主能级激发到导带中，并由此可见光中的部分红光和紫光—蓝绿光被吸收，从而使钻石呈现黄色。

c. 在 Ia 型钻石中氮以原子对的形式取代相邻碳的位置，引起晶格畸变，形成 N_2 心，氮以三个原子围绕一个空穴组合在一起，形成 N_3 心，它们是开普系列钻石呈色的主要原因。其中 N_3 心以 415.5 nm 吸收峰为特征，N_2 心的吸收主峰在 478 nm 处，其次还有 452 nm、439 nm 的弱吸收。

d. 当钻石中含有硼 (B) 杂质时，硼原子同氮一样代替了碳原子的位置。硼原子比碳原子少一个电子，在钻石的带隙中形成一个由空轨道组成的空穴能级，可以接受价带中的电子。空穴能级又称为“受主能级”，位于价带的上方大约 0.4 eV 处，受主能级不是一个简单的能级，而是具有复杂结构的杂质能带。它能吸收从红外～500 nm (绿光) 的光，使钻石可产生诱人的蓝色。

(2) 塑性变形致色

当钻石随携带它的岩浆载体从高温高压的地幔环境运移至地表的过程中发生了不同程度的塑性变形，引起的晶体结构缺陷是引起大多数褐色、粉红色及灰色钻石呈色的主要原因。

褐色钻石在 503 nm 处窄的强吸收带，537 nm、512 nm、494 nm 处还有一些弱的吸收线；粉红色的钻石在 563 nm 处都有吸收线。Ⅱa 型的粉红色钻石在 396 nm、390 nm 处有吸收线。澳大利亚的粉红色钻石的吸收光谱由 563 nm 的宽吸收带和 503 nm、494 nm、415.5 nm 的吸收线组成。

2. 辐照损伤色心致色

辐照的本质是提供激活电子、格位离子或原子发生位移的能量，从而形成辐照损伤色心。钻石中辐射损伤色心的形成及其种类与下列四种因素有关：①钻石晶格位上原子或离子的电离或激发；②中子与钻石晶体中原子核的相互作用，导致钻石晶格位上离子的迁移；③钻石晶格位上出现正、负离子空位或空位聚集；④滑移线系。事实上，钻石经辐照后产生的往往是复合色心。

辐照产生的色心，主要有以下几种类型：

(1) GR1 心：GR1 心为一结构空穴，表现为一个很宽的吸收带，典型的吸收峰为 741 nm，使钻石呈现绿色、蓝绿色、蓝色或黑色。

(2) 614 心：使钻石呈现绿蓝色、绿黄色。

(3) H3 心：即 A 集合体 + 空位 (NVN 缺陷)，特征的吸收峰为 503 nm。

(4) H4 心：即 B 集合体 + 空位，特征的吸收峰为 496nm。H3 心、H4 心通常是辐照后经加热处理形成的，使钻石呈现黄色。

3. 钻石的辐照处理及鉴别

(1) 辐照处理的方法

辐照处理是通过高能射线辐照钻石使其颜色发生改变的方法。辐照后，常附加热处理。目前，此方法仅适合处理色级较差的或彩色较浅的钻石。处理后这些钻石可产生鲜艳的彩色，从而提高其价值。

辐照处理的方法有：中子辐照处理、高能电子流辐照处理、重带电粒子辐照处理、γ 射线辐照处理。其中中子辐照处理是目前最常用的处理方法。该方法是将钻石置于核反应器中，利用快中子照射，当高速中子与钻石中的碳原子碰撞时，很容易使碳原子离开其原来的位置形成晶格缺陷。这种晶格缺陷色心（离子缺陷色心）使钻石具有比较均匀的蓝色或绿色，颜色稳定。若辐照后附加热处理，可使钻石变成黄色、橙黄色等色。

(2) 辐照处理的鉴别

a. 谱学特征：见本书表 12 - 3 至表 12 - 6。

b. 辐射处理钻石的颜色分布特征：若从钻石的亭部轰击，颜色分布式样为围绕亭部张开的伞状；若从冠部轰击，颜色在腰部形成一深色环；若从侧面轰击，在轰击源一侧颜色深。

c. 辐照处理的蓝色、蓝绿色钻石内部有时发育有黄色、黄褐色色带及滑移线。

d. 辐照处理的绿色钻石比天然绿色钻石着色均匀，且色层具有一定的深度。

e. 辐照处理的蓝色钻石不具导电性。

4. 钻石的激光处理

(1) 激光处理的方法

激光处理是指运用激光技术，以消除钻石中暗色内含物，提高钻石净度的方法。它

包括激光钻孔处理和激光裂隙处理。

(2) 激光处理的鉴别

a. 激光钻孔处理的钻石多留有笔直的管状孔洞

b. KM 激光处理可诱发出弯曲的裂隙，且垂直于裂隙派生有许多微小的解理纹，外观似蜈蚣状。

c. 应用差异干涉显微镜可观察到裂隙两侧表面特征的一致性。

5. 钻石的充填处理

(1) 充填处理的方法

是指在高温、高压的条件下，将一种折射率与钻石相近的透明充填物（如玻璃），注入到钻石的裂隙和孔洞中，以提高钻石净度的一种优化处理的方法。

(2) 充填处理的鉴别

a. 闪光效应：暗域照明最常见的闪光颜色是黄橙色、紫色、紫红色和粉红色；明域照明最常见的闪光颜色是蓝色、蓝绿色、绿色和黄色。

b. 充填裂隙内可见圈闭的一些细小的气泡。

c. 充填裂隙中，有时可观察到高折射率玻璃充填物的细微流动构造。

d. 充填裂隙面与钻石表面的交线有时呈现出特有的白色线条。

e. 充填物较厚时，还可见到絮状结构或“梳状”结构。

f. 充填裂隙开口附近有时可见微小液滴状的充填物残余。

g. 用 X 光给充填处理的钻石照相，显影后钻石呈白色轮廓。X 荧光能谱仪也可检测出充填物中的微量元素（特别是铅）。

h. 拉曼光谱可检测出玻璃充填物的 830 cm^{-1}～930 cm^{-1} 宽的拉曼吸收峰。

6. 高温高压处理

(1) 高温高压处理的方法

钻石高温高压处理是指通过人工调控温度、压力及介质条件使Ⅱa 型的褐黄色、棕黄色、褐色的钻石晶体克服其所处的势垒，并自动地消除晶体在塑性变形过程中产生的各种晶格缺陷，使其修复至塑变前的初始稳定状态并最大限度地恢复其原本无色的面貌。另一方面，通过高温高压处理也可使Ⅰa 型褐黄色、棕黄色钻石在晶体现存的塑性形变基础上，进一步增大其塑性形变的强度，使其转变成彩色钻石。

(2) 高温高压处理钻石的鉴别

a. 光性特征：高温高压修复型处理的Ⅱa 型钻石，异常消光得到修复，整体上趋于全暗，但两组曾遭受塑性变形的滑移线系仍有残余；高温高压增强型处理的Ⅰa 型钻石在正交偏光镜下整体上趋于全亮，通常表现为等倾线式异常双折射。

b. 阴极发光特征：HPHT 处理的修复型无色钻石整体上强蓝白色荧光；HPHT 处理的增强型蓝色钻石发强蓝色荧光，HPHT 处理的增强型黄绿色钻石发强黄绿色荧光，二者均显示三组清晰、细密的 CL 滑移线系。

c. HPHT 修复型处理的无色钻石的拉曼光谱中以 3760 cm^{-1} 左右拉曼谱宽峰（低温状态下：3738 cm^{-1} 的拉曼谱锐峰），以及 2087 cm^{-1} (D1) 和 795 cm^{-1} (D2) 的拉曼谱带为鉴定特征。

d. 由塑性变形产生的一组 621 nm、529 nm、500 nm、985 nm 可见—近红外吸收谱带和 CL 发光谱带 507 nm 主峰，535 nm、575 nm 次级峰带可视为鉴别 HPHT 处理钻石的重要佐证。

e. 高温高压处理的钻石有时在其腰部刻有 GE—POL 字样。

f. 显微镜下高温高压处理的钻石可见到极不明显到明显的平行生长纹，有时还可见到浅褐的色带。

学习目的

1. 基本掌握优化处理钻石的原理。
2. 了解优化处理的过程。
3. 重点掌握优化处理钻石的鉴定特征。

学习方法

1. 复习与优化处理原理相关的结晶学、晶体化学等知识。
2. 拓展与鉴定优化处理产品相关的光谱学知识。
3. 不断收集鉴定优化处理产品的学科前沿信息。

基础训练

一、选择题（将你认为正确的一个答案填写在答题卡上）

1. 天然蓝色钻石与辐照处理蓝色钻石的区别在于：

A. 导热性不同　　B. 导电性不同　　C. 颜色的饱和度不同

2. 钻石经人工优化处理的主要目的是：

A. 改善颜色，提高净度　　B. 改变其用途　　C. 废物利用

3. 能带理论应用于钻石，主要是研究它的：

A. 晶体结构缺陷　　B. 呈色机理　　C. 优化处理的方法

4. 色心是指能吸收可见光的：

A. 色素中心　　B. 晶体结构缺陷　　C. 颜色中心

5. 彩色钻石的颜色主要是由什么引起的：

A. 致色离子　　B. 物理作用致色　　C. 色心致色

6. 天然钻石中最常见的点缺陷形式是：

A. N2 心　　B. N3 心　　C. H3 心

7. 重的带电粒子是指：

A. 中子　　B. α 粒子　　C. α 粒子和质子

8. γ 射线是一种：

A. 微粒子　　B. 电子流　　C. 电磁辐射

9. 辐照处理钻石中，轰击钻石的不带电粒子为：

A. 质子　　B. 中子　　C. α 粒子

10. 美国通用电气公司的英文简称为：

A. ASEA　　B. GE　　C. DE·BEERS

11. 钻石中最常见的辐照损伤色心是:

A. H4 心　　B. GR1 心　　C. 496 nm 心

12. 辐照处理蓝色钻石属于:

A. Ia 型　　B. Ⅱa 型　　C. Ib 型

13. 辐照处理钻石最有鉴定意义的证据是:

A. 内含物特征　　B. 光谱学特征　　C. 钻石的类型

14. KM 处理是一种新兴的:

A. 充填处理钻石的方法　B. 覆膜处理钻石的方法　C. 激光处理钻石的方法

15. 充填处理钻石最易寻找的识别标志是:

A. 充填物中的气泡　　B. 充填残余物　　C. “闪光”效应

16. 钻石膜是采用什么方法生长的由碳原子组成的多晶体材料:

A. DVC 法　　B. CVD 法　　C. FVD 法

17. 高温高压修复型处理钻石的类型是:

A. Ia 型　　B. Ib 型　　C. Ⅱa 型

18. 高温高压增强型处理钻石的类型是:

A. Ia 型　　B. Ib 型　　C. Ⅱa 型

19. HPHT 处理的修复型无色钻石阴极发光特征是:

A. 弱蓝色荧光　　B. 强的蓝色荧光　　C. 整体不发光,局部发弱蓝色光

20. 优化处理的钻石命名时必须:

A. 全部标注处理　　B. 一部分标注处理　　C. 一部分标明处理方法

二、填空题 (将答案填写在答题卡上)

21. 用粒子回旋加速器处理的钻石通常呈_____色，热处理后可转变为_____色、_____色。

22. 利用中子辐照处理钻石可使其产生_____心，从而形成_____色。

23. 辐照处理钻石，可使其产生_____心和_____心。

24. 通过带电离子、中子、射线与宝石中的_____、_____、_____作用，可使宝石产生辐照损伤色心。

25. 对钻石净度处理的方法有_____和_____。

26. 覆膜处理是用_____、_____等方法在钻石表面_____，以改善钻石的_____。

27. 经表面增生处理的钻石的表面具有_____结构。

28. 对钻石进行高温高压处理可使钻石达到_____和_____的目的。

29. 对钻石进行优化处理的方法有_____、_____、_____、_____。

30. 常见的辐照处理钻石的方法有_____、_____、_____、_____。

三、名词解释

N3 心　　N2 心　　GR1 心　　GE - POL 钻石　　诺瓦钻石　　HPHT 处理钻石

充填处理　　激光打孔　　KM 处理　　电子 - 空穴心　　离子缺陷心

四、问答题

1. 讨论钻石的呈色机理。

2. 简要介绍改善钻石颜色的处理方法和识别特征。

3. 简要介绍改善钻石净度的处理方法和识别特征。

4. 说明辐照处理钻石改色的方法，可能产生的颜色及识别特征。

5. 什么类型的钻石适合辐照处理，为什么？说明辐照改变钻石颜色的机理。

6. 用中子处理的钻石可产生何种颜色？后再加热到约 800℃温度时颜色有何变化？这些颜色是由什么引起的。

7. 讨论钻石辐照后的颜色到退火至 1000℃时，色心的转化和颜色的变化。

8. 说明 Ia、Ib 和 Ⅱa 型的黄色或褐色钻石可用哪些优化处理方法使其转变为什么颜色的有经济价值的产品。

钻石宝石学学习指导书答题卡

姓名:

划线要求	1. 用 HB—2B 笔按这样填写 十
	2. 修改要用橡皮擦干净
	3. 注意不要划错行 (可用直尺对齐)

学生编号					
[0]	[0]	[0]	[0]	[0]	[0]
[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]
[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]
[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]
[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]
[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]
[7]	[7]	[7]	[7]	[7]	[7]
[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]
[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]

1 [A] [B] [C] [D]	21 _____、_____	
2 [A] [B] [C] [D]	_____。	
3 [A] [B] [C] [D]	22 _____、_____	
4 [A] [B] [C] [D]	23 _____、_____	
5 [A] [B] [C] [D]	24 _____、_____	
6 [A] [B] [C] [D]	_____。	
7 [A] [B] [C] [D]	25 _____、_____	
8 [A] [B] [C] [D]	26 _____、_____	
9 [A] [B] [C] [D]	_____、_____	
10 [A] [B] [C] [D]	27 _____。	
11 [A] [B] [C] [D]	28 _____、_____	
12 [A] [B] [C] [D]	29 _____、_____	
13 [A] [B] [C] [D]	_____、_____	
14 [A] [B] [C] [D]	30 _____、_____	
15 [A] [B] [C] [D]	_____、_____	
16 [A] [B] [C] [D]		
17 [A] [B] [C] [D]		
18 [A] [B] [C] [D]		
19 [A] [B] [C] [D]		
20 [A] [B] [C] [D]		

第十三章

钻石的合成技术及合成钻石鉴别

学习要点

1. 合成钻石的公司

日本住友（Sumitomo）公司、美国通用电气公司（GE)、俄罗斯的 Tairus 公司、戴比尔斯公司（Debeers)，目前市场上的合成钻石主要是俄罗斯生产的。

2. 合成钻石的形成机制

钻石、石墨是碳的两种同质多像变体，常温常压下石墨是稳定态，钻石为亚稳定态，高温高压下钻石是稳定态。合成钻石实质上就是人为地建立一定条件（压力、温度及其它条件)，使碳原子及其集团的运动和相互作用将非钻石结构碳（石墨结构，碳为 sp^2 杂化轨道）转变成钻石结构碳（碳为 sp^3 杂化轨道)。

(1) 直接法合成钻石的形成机制

直接法合成钻石是利用瞬时静态超高压高温技术和动态冲击波技术及静态、动态混合超高压高温技术，使石墨等碳质原料直接转变成钻石。有两种方式：一种方式是石墨在超高压高温下熔化，石墨晶体解体，其碳原子间断键，然后在钻石稳定区冷凝析出钻石。另一种方式是在超高压高温下，石墨无需解体，碳原子间无需断键，只要在石墨层间距，即 c 轴压缩大约 0.13 nm（从 0.334 nm 趋近 0.204 nm)，层中碳原子分别相对于层平面垂直向上和向下移动 0.025 nm，就可以得到钻石结构。

(2) 触媒法合成钻石的形成机制

触媒法合成钻石是利用比直接法低的压力，通过石墨等碳质原料同某些金属或合金的反应生长钻石。

金属触媒（通常是按一定比例配制的铁镍合金）的作用：①能降低石墨等碳质原料生成钻石所需的压力和温度（4.0×10^9 ～1.0×10^{10} Pa，温度 1200℃；无触媒 1.25×10^{10} Pa，温度≥2700℃)，并增加这种相变的速率。②作为碳的溶解剂。在一定的温压条件下，石墨和钻石均可溶解于触媒中，且石墨比钻石的溶解度大，压力越高，二者的溶解度差越大，当石墨在触媒中饱和时，钻石已达到过饱和状态，即为合成宝石级钻石的晶种触媒法。

(3) 外延法合成钻石的形成机制

外延法合成钻石，是在钻石亚稳区利用热解或电解某些含碳物质时析出的碳，在钻石晶种或某些起基底作用的物质上外延生长出钻石。

3. 合成钻石的方法

(1) 静压法：是采用特制的压机对传压介质施加机械压力合成钻石。它是在钻石稳定区利用静态超高压高温技术，使非钻石结构碳直接转变或通过同触媒反应得到磨料级

钻石、大颗粒单晶和多晶钻石，使细粒钻石通过触媒在晶种上长成大颗粒单晶钻石。

a. 静压触媒法：石墨只有在 5～10GPa 的压力和 1 000～2 000℃的高温下，用液压机加压产生高压，以交流或直流电通过石墨试样加热产生高温，以金属合金作为触媒，使石墨转变为钻石的方法。

b. 静压直接转变法

不用金属或合金作触媒，使石墨在更高的温度（2700℃）和压力（12.5 GPa）条件下直接转变成钻石。得到的是微细金刚石粉末。

c. 晶种触媒法：是以天然钻石或合成钻石粉，石墨及钻石粉的混合物为碳源，将其溶解于铁镍触媒中，通过触媒从高温区（供碳区）输运到低温区（生长区）的晶种上长成大颗粒单晶钻石。

(2) 动压法：动压法是利用动态冲击波技术，使石墨等碳质原料直接转变为钻石。动态冲击波由核爆炸、烈性炸药、强放电和高速碰撞等瞬时产生的。

a. 爆炸法：利用烈性炸药（常用 40% TNT 加 60% 黑索金）引爆后产生的冲击波直接作用或通过金属飞片高速碰撞石墨板块状试样，在几微秒内产生的瞬时压力约达 20～200 GPa，使石墨转变为金刚石。

b. 液中放电法：是将含有触媒金属的石墨电极与空心圆筒石墨（或金属）作为两电极，浸在低蒸发热的液体介质中，当电极与 10 000 μF 的电容和在 2 000 V 下放电的蓄电池相联时，便产生电火花。这时，在两电极之间的液体中产生冲击波，使从石墨电极上溶落下来的微粒碳质原料直接转变为钻石。

(3) 外延法：包括气相法、液相外延法、气液固相外延法、常压高温法。

上述各方法，有些用于工业合成金刚石，有些处于实验室研究阶段，目前只有晶种触媒法能够合成出宝石级的金刚石。

4. 合成钻石的设备

(1) 压力系统：合成钻石所需的高压一般是由油压机的动力转变为高压容器内的静态压力。目前主要采用的是两面、四面和六面砧压机。

(2) 加热系统：分直接加热和间接加热两种方法。直接加热是电流直接通过试样(石墨和触媒)，由其本身电阻发热加热产生高温。间接加热方式是由电流流过试样外的特制加热管（例如碳管）产生热量，对试样进行加热。

(3) 测试系统：要求稳定性能好，灵敏度、精度高，操作简单。

5. 合成钻石的鉴别

(1) 合成钻石多为 Ib 型，少数为 IaA 型。

(2) 合成钻石的颜色可以是近无色、浅黄色、黄色和蓝色。但大部分的合成黄色钻石为高饱和度，比天然黄色钻石颜色艳丽，有时具“砂钟”式样的色带（辅助依据）。

(3) 合成钻石的晶体多为八面体、立方体组成的聚形，且晶面平坦，晶棱锐利，晶角尖锐。晶面上具有枝叶脉状、树枝状或其他不规则状的表面形貌特征。另外，查塔姆合成钻石粗糙的立方体接种面上总是残留有垂直八面体 L^4 方向的定向籽晶片。

(4) 合成钻石内部可见合金包裹体，它们在透射光下不透明，在反射光下具金属光泽，外观呈浑圆状、棒状、板状、针状及各种不规则状，其排列方式与生长区相关。

(5) 籽晶幻影在合成钻石中沿四方形籽晶片向下生长而形成的，籽晶幻影区多位于钻石的中央，呈较规则的四方形轮廓，其边缘有似贝壳线的细亮线。

(6) 大多数合成钻石的颜色分布是不均匀的。合成的黄色钻石及蓝色钻石常显示“砂钟”式样或其他几何图形，如四边形、八边形、柱形等色带。

(7) 合成的黄色钻石在长、短紫外线照射下发中—强的黄绿色荧光，并且短紫外线的荧光强度强于长紫外线的荧光强度。发光式样与籽晶幻影与初始生长区有关。

(8) 合成钻石的阴极发光图像具有几何对称生长特征。不同的生长区，具有不同的颜色和强度。一般情况下，八面体生长区的发光强度大于立方体生长区，并在各生长区内发育有醒目的平直或带状分布的生长纹理。

(9) 合成钻石缺失 415.5 nm 吸收线，并且红外光谱的特征吸收也可确定合成钻石的类型。

学习目的

1. 基本掌握晶种触媒法合成大颗粒钻石的原理和方法。
2. 了解合成钻石的一般工艺流程。
3. 掌握合成钻石的鉴定特征。

学习方法

1. 复习与合成钻石相关的结晶学、晶体化学等知识。
2. 了解合成钻石的最新动态。

基础训练

一、选择题 (将你认为正确的一个答案填写在答题卡上)

1. 合成大颗粒的钻石目前常用:

A. 动压法　　B. 静压法　　C. 高温法

2. 合成金刚石的液中放电法属于:

A. 高压法　　B. 动压法　　C. 静压法

3. 莫伊桑 (Henri Moissan) 是一位法国的:

A. 药剂师　　B. 化学家　　C. 物理学家

4. 合成钻石的主要原料为:

A. 天然小碎钻　　B. 石墨和钻粉　　C. 合成小碎钻

5. 合成钻石的触媒主要由什么组成:

A. 铁镍合金　　B. 镍铜合金　　C. 铁铜合金

6. 在合成钻石过程中，叶蜡石是常用的:

A. 传温介质　　B. 传压介质　　C. 绝热介质

7. 借助触媒石墨转化为钻石的温压条件是:

A. 压力 10 GPa，温度 1200℃

B. 压力 12.5 GPa，温度 2700℃

C. 压力 5～10 GPa，温度 1 000～2 000℃

8. 鉴别天然钻石晶体与合成钻石晶体的关键在于:

A. 颜色　　B. 内部特征　　C. 晶体形态

9. 将甲烷和氢气分离后的碳沉淀合成出多晶质钻石的方法称为:

A. 气固化合法　　B. 化学蒸汽沉淀法　　C. 覆膜法

10. 最简单有效的鉴别合成钻石的仪器是:

A. 显微镜　　B. 分光镜　　C. 阴极发光仪

二、填空题 (将答案填写在答题卡上)

11. 合成钻石是指在实验室或工厂里通过一定的_____和_____制造出来的与天然钻石的_____、_____和_____完全相同的人工材料。

12. 合成钻石的色心，主要为_____心，从而形成_____色。

13. 辐照处理钻石，可使其产生_____心和_____心。

14. 合成钻石的方法有_____、_____、_____。

15. 静压合成钻石的方法有_____、_____、_____。

16. 动压法合成钻石的方法有_____、_____、_____。

17. 合成钻石的设备包括_____、_____、_____三个系统。

18. 合成钻石所用的加热方法主要有_____、_____两种。

19. 区别合成与天然钻石主要从几个方面进行_____、_____、_____、_____。

20. 低压法合成钻石的方法有_____、_____、_____、_____。

三、名词解释

合成钻石　　静压法　　动压法　　外延法　　触媒剂　　液中放电法　　化学蒸汽沉淀法

四、问答题

1. 讨论合成钻石的形成机制。

2. 用什么方法可以合成出宝石级的金刚石？简述它的合成过程。

3. 简述合成金刚石的主要用途。

4. 如何区分天然钻石与合成钻石？

5. 讨论合成钻石的最新动态，解释合成钻石对天然钻石市场的冲击，为什么？

钻石宝石学学习指导书答题卡

姓名:

划线要求	1. 用 HB—2B 笔按这样填写 十
	2. 修改要用橡皮擦干净
	3. 注意不要划错行 (可用直尺对齐)

学生编号					
[0]	[0]	[0]	[0]	[0]	[0]
[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]
[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]
[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]
[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]
[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]
[7]	[7]	[7]	[7]	[7]	[7]
[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]
[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]

1 [A] [B] [C] [D] 2 [A] [B] [C] [D] 3 [A] [B] [C] [D] 4 [A] [B] [C] [D] 5 [A] [B] [C] [D]	_____。 17 _____、_____ _____。 18 _____、_____ 19 _____、_____	
6 [A] [B] [C] [D] 7 [A] [B] [C] [D] 8 [A] [B] [C] [D] 9 [A] [B] [C] [D] 10 [A] [B] [C] [D]	_____、_____ 20 _____、_____ _____、_____	
11 _____、_____ _____、_____ _____。 12 _____、_____ 13 _____、_____		
14 _____、_____ _____。 15 _____、_____ _____。 16 _____、_____		

钻石商贸部分

第十四章

钻石的销售

学习要点

1. 钻石原石按质量、形状、颜色、净度分为 5000 多个等级。

2. 钻石原石的收购、销售机构

(1) 英美投资有限公司 (Anglo - America Investment Trust Ltd.)

为托拉斯投资集团，以 De Beers 为首，包括金刚石贸易公司，通过直接和间接的投资，形成世界金刚石主导市场。

(2) 戴比尔斯联合矿业有限公司 (De Beers Consolidated Mines Ltd)。

下设的直属机构有:

a. Premier 金刚石矿业公司 fghijk

b. 津巴布韦金刚石联合开采有限公司

c. Griquaiand 金刚石公司，Dutoispan 开采有限公司

d. 联合公司，Bultfontein 开采有限公司

e. New Tagersfontain 勘探开发有限公司

(3) 金刚石集团有限公司

为 De Beers 的全资联合企业，下设两个投资公司

a. 津巴布韦联合金刚石矿业有限公司

b. 西南金融集团有限公司

它们的主要目的是开展同业工会与非工会间的联络、收购等。根据契约接受从扎伊尔、安哥拉、塞拉里昂、加纳、中非、坦桑尼亚等产钻国的金刚石。

(4) 生产者同业工会

以戴比尔斯联合矿业有限公司、金刚石集团有限公司为主，联合南非共和国、津巴布韦委任总督共同组成，主要负责金刚石原石的供应，并按照宝石级金刚石和工业金刚石供给有贸易关系的机构。然后再由贸易机构分配给下属公司经销。

以上公司概括如下页图。

3. 戴比尔斯中央统售组织 (CSO)

戴比尔斯中央统售组织主要由钻石股份有限公司 (Dicorp)、钻石贸易公司 (DTC)、估价部和工业金刚石公司所组成。

钻石股份有限公司是 CSO 的采购部门，负责从世界各地购买原石。钻石贸易公司

负责估价、销售钻石原石。工业金刚石公司，负责销售工业金刚石。估价部负责钻石的分类和估价，总部设在伦敦。

CSO 的宗旨是保持钻石原石价格的稳定和有秩序的市场体系。

- 英美投资托拉斯
  - 南非
    - 戴比尔斯有限公司
    - 金刚石矿业公司
  - 津巴布韦
    - 津巴布韦金刚石联合开采有限公司
  - 非洲其他产钻国
    - 金刚石集团有限公司
  - → 戴比尔斯联合矿业有限公司
  - → 南非共和国
  - → 津巴布韦委任总督
  - → 中央销售机构
- 生产者工会
  - 宝石级：金刚石收购贸易公司→金刚石贸易公司
  - 工业级：工业金刚石配给公司→工业金刚石公司

4. 国际钻石贸易公司 (DTC)

2001 年戴比尔斯集团为了应对新的市场挑战，实施了一系列的战略转变。买断了原上市公司的股票，将在约翰内斯堡上市的钻石贸易公司和在伦敦上市的英美公共有限公司改制成合资公司，对外名称变更为 DTC。DTC 全面接管原 CSO 的业务。

De Beers 只是一个珠宝品牌名称。

DTC 的宗旨是将原来的钻石原石垄断供应商转型为全球的最佳供应商。

5. 戴比尔斯控制外的开放市场

CSO 的单一渠道销售体系，长期垄断了世界 70%～80%的钻坯，年产值在 40～50 亿美元。其他的 20%～30%的钻坯，不经过 CSO 销售，采取自主销售的方式，越来越多的竞争者包括俄罗斯、澳大利亚、安哥拉、加拿大、中国等进入钻石原石开放市场，CSO 控制下的钻石市场份额受到越来越大的挑战。

6. 钻坯的销售途径：看货会，看货采取被邀请的方式。看货会每年举行 10 次。大型的看货会在伦敦举行，小型的看货会在瑞士的卢塞恩和南非的金伯利举行。

7. 钻坯的交易形式：交易是在绝对保密被称为看样间的秘密房间里进行。客户在这里观看一盒或数盒样品，他可以自由地询问盒内的钻石组成。

8. 成品钻石的销售：世界钻石切磨交易中心——比利时安特卫普、以色列特拉维夫、美国纽约、印度孟买、泰国曼谷、俄罗斯、中国上海。

9. 成品钻石的交易：在世界钻石交易中心的钻石交易所内进行。世界钻石交易所联合会是包括二十多个交易所的世界性组织，它的宗旨是增进各交易所成员间的相互了解，达成贸易法规。

会员们每天聚在交易所内，在交易大厅里做生意，大厅具有朝北的巨大玻璃窗，并有一张与玻璃窗呈直角放置的长桌子，彼此展示货物。也可在交易所的室里面对面交易。

成品钻石也可通过钻石代理人交易。代理人为制造商和销售商节省了开支，其酬金包含在货价中。

10. 钻石首饰的销售

影响钻石首饰销售的四个重要因素是目标市场的选定、睿智的采购角色、聪慧的销

售人员及诚信的企业形象。

(1) 钻石首饰销售的市场细分与选择

a. 市场细分的意义

市场细分能进一步满足消费者需求的多样性。

市场细分有利于开发新产品，创造培育新的钻石首饰销售市场。

市场细分有利于提高自己的竞争能力。

市场细分是制定科学合理的营销策略的关键环节。

b. 钻石首饰销售的市场细分

钻石首饰的市场细分是依据消费者的社会角色和经济收入状况，将钻石首饰销售市场细分为高品质钻石消费市场、中档钻石消费市场及不同品质的小钻石消费市场。

c. 目标市场的选择

企业在选择目标市场时，必须根据目标顾客、顾客需求、竞争者的营销策略及自身的经营特点和竞争优势，将核心产品策略、定价策略、销售策略、促销策略及公众形象策略有机地结合起来，选择适合自己的目标市场，并不断更新传统的营销观念，借鉴和吸收国外先进的营销管理，使企业进一步地走向成熟，得到长足地发展。

(2) 钻石首饰的采购策略

a. 判别钻石的价值，缔造采购权威的策略;

b. 协商议价的策略;

c. 了解市场竞争动向的策略;

d. 把握流行趋势，引领市场流行的策略;

e. 盘存库存，满足顾客需求的策略。

(3) 钻石首饰销售策略

a. 钻石首饰销售的专业性策略;

b. 钻石首饰销售的文化性策略;

c. 钻石首饰销售的基本过程。

销售人员推销钻石的基本步骤为:

问候顾客→了解顾客→激发兴趣→展示钻石→克服异议→达成交易→售后服务

d. 钻石首饰销售的促销策略;

e. 钻石首饰销售的诚信策略。

学习目的

1. 基本了解钻石收购—销售的全过程。
2. 了解不同阶段钻石产品的销售途径、交易方式等知识。
3. 能够分析影响钻石价格的因素。
4. 根据所学钻石的相关知识，做一个合格的钻石采购、销售及企业的管理人员。

学习方法

抛开书本、走向市场、学习经验、收集信息，采取理论联系实际的学习方法。

第十五章

钻石首饰评估

学习要点

1. 钻石首饰评估的原则

a. 要有诚实的职业道德，严谨的工作作风，遵循客观、公正、公平的原则；

b. 必须以丰富的专业知识和商业经验为基础；

c. 评估应在无利益冲突的条件下进行；

d. 评估应遵守为客户保密的原则；

e. 评估应针对某一特定时间、地点和某一具体目的而进行，遵循一定的时效性；

f. 评价的结果具有一定的近似性。

2. 钻石首饰评估的目的

a. 为了解钻石首饰的价值估价；

b. 为钻石首饰再销售估价；

c. 为保险估价；

d. 为贷款、抵押等目的估价；

e. 为法律事务估价。

3. 钻石的价格体系

a. 钻坯的价格构成：应考虑钻坯的找矿、勘探、开采等阶段的物化劳动和活劳动耗费；钻石的矿床类型；钻坯的品质；垄断市场的控制等。DTC 的钻坯“价格手册”，列出了约 15000 种钻坯的价格。

b. 成品钻石的价格构成：应考虑购买钻坯、切磨钻坯的所有物化劳动耗费；成品钻石的品质；钻坯的切磨成本。成品钻石的价格主要由纽约、安特卫普、特拉维夫等钻石贸易中心以表格的形式发布。

c. 影响成品钻石价格的因素

克拉质量对价格的影响；

色级、净度对价格的影响；

切工对价格的影响；

市场供求关系对价格的影响；

美元行情（汇率）对价格的影响。

d. 钻石首饰的价格构成：应考虑购买裸钻的费用；镶嵌制作成钻石首饰的制造成本；钻石首饰销售过程中的总营销成本。

钻石首饰的价格 = 裸钻的价格 + 镶嵌费 + 金属镶托的费用 + 销售成本 + 合理利润 +

税金

4. 钻石首饰估价的方法

a. 成本法　成本法是指评估资产时，按在现时条件下重新购买一项全新状态的被评估资产所需要的全部成本减扣其各项损耗价值来确定被评估资产价值的方法。

b. 市场法　市场法（又称市场比较法）是通过市场调查，选择与被评估资产相同或相似的资产作为对比参照物，分析该参照物的成交价和交易条件，并就影响价格的有关因素进行对比调整，从而确定被评估资产价值的一种资产评估方法。

5. 钻石首饰评估报告的内容

a. 委托方基本资料；

b. 资产评估机构基本资料；

c. 评估对象基本资料；

d. 评估目的和期望用途；

e. 评估基准日；

f. 与评估目的相一致的价值类型及其定义；

g. 评估方法；

h. 评估过程；

i. 评估结论及报告。

学习目的

1. 掌握钻石首饰评估的基本方法。
2. 了解钻石首饰评估的基本内容。

学习方法

1. 学习与钻石评估相关的知识（资产评估学、经济学等）
2. 建立与钻石首饰评估相关的市场资料信息库。
3. 有条件的情况下，积极参与珠宝首饰评估工作。

基础训练

一、选择题（将你认为正确的一个答案填写在答题卡上）

1. CSO 的含义是：

A. Central Selling Organization

B. Central Selling Originate

C. Central Steady Organization

2. CSO 大约销售世界所产钻石原石的：

A. 60%　　B. 70%　　C. 80%

3. DTC 是什么的简称：

A. 钻石销售公司　　B. 钻石贸易公司　　C. 钻石采购公司

4. DTC 的重要功能与作用是：

A. 推行“最佳钻石供应商”计划

B. 打造 De Beers—LV 品牌

C. 市场推广宣传

5. 钻坯的销售途径是:

A. 交易会　　B. 代理商　　C. 看货会

6. 每年 10 次的大型的看货会是在哪里举行:

A. 南非　　B. 伦敦　　C. 美国

7. 背离 CSO 的开放市场中最大的对手是:

A. 澳大利亚　　B. 俄罗斯　　C. 安哥拉

8. 成品钻石的销售途径是:

A. 看货会　　B. 钻石交易所　　C. 钻石加工厂

9. 中国的钻交所位于哪个城市:

A. 北京　　B. 深圳　　C. 上海

10. 钻石原石克拉质量分级中特级钻(超大钻)克拉质量应达到:

A. 10.80 ct　　B. 10.00 ct　　C. 8.10 ct

11. 戴比尔斯的创始人是:

A. 西赛约汉·罗德斯　　B. 查理士·鲁德　　C. 爱尼斯·奥本海默

12. 钻石首饰评估的基本原则是:

A. 客观、公正、公平　　B. 诚实的职业道德　　C. 科学严谨的工作作风

13. 被戴比尔斯中央销售组织称为“钻石圣经”的手册是:

A. 钻石原石分类手册　　B. 世界钻石矿山报价单　　C. 钻石原石价格手册

14. Rapaport 钻石报价表反映了哪个钻石市场上卖方钻石价格概况:

A. 比利时安特卫普　　B. 以色列特拉维夫　　C. 美国纽约

15. 评估基准日是指:

A. 购买钻石首饰的时间

B. 提供价值基础市场条件的日期

C. 评估结束时间

二、填空题(将答案填写在答题卡上)

16. 评价钻石原石的价值依赖于_____、_____、_____、_____。

17. 将矿区来的混合样首先分为_____、_____两大类。

18. 混合钻按形状可分为_____和_____。

19. 分级师通常把钻石晶体的净度位置分为三个区,分别是_____、_____、_____。

20. 变形率指的是晶体_____与_____的数值之比。

21. 说出四个主要钻石切磨中心_____、_____、_____、_____。

22. 教材中依据消费者的社会角色和经济收入,将钻石首饰销售市场细分为

_____、_____、_____。

23. 影响成品钻石价格的因素有_____、_____、_____、_____。

24. 钻石首饰估价通常有两种方法_____、_____。

25. 成本法评估的适用前提条件是_____、_____。

26. 钻石首饰评估的目的有:_____、_____、_____、_____。

27. Rapaport 钻石报价表上的价格是以每克拉_____单位计算的。

28. 利用成本法计算钻石首饰的市场零售价的公式是_____。

29. 钻石首饰评估报告中委托方基本资料包括_____、_____、_____、_____。

30. 评估报告须由_____评估人员签名，并经评估人员所在的_____盖印方可生效。

三、名词解释

CSO　DTC　看货人　代理人　成本法　市场法　市场细分

四、问答题

1. 列出四大钻石切磨中心，并指出各自的特点。

2. 说明钻石原石的分配体系。

3. 绘图示意钻石的流通过程。

4. 结合实际谈谈如何运用钻石相关知识销售钻石。

5. 结合实际谈谈一个优秀的钻石营销人员应具备什么特质？

6. 钻石首饰销售的基本过程有哪些？

7. 优秀的采购人员应具备的基本素质有哪些？

8. 在钻石销售过程中主要有哪几个策略？

9. 珠宝首饰评估的基本原则有哪些？

10. 一份较完整的评估报告应包括哪些主要内容？

钻石宝石学学习指导书答题卡

姓名:

划线要求	
	1. 用 HB—2B 笔按这样填写 ~~十~~十
	2. 修改要用橡皮擦干净
	3. 注意不要划错行 (可用直尺对齐)

学生编号					
[0]	[0]	[0]	[0]	[0]	[0]
[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]
[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]
[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]
[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]
[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]
[7]	[7]	[7]	[7]	[7]	[7]
[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]
[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]

1 [A] [B] [C] [D]	_____。	
2 [A] [B] [C] [D]	20 _____、_____	
3 [A] [B] [C] [D]	21 _____、_____	
4 [A] [B] [C] [D]	_____、_____	
5 [A] [B] [C] [D]	22 _____、_____	
6 [A] [B] [C] [D]	_____。	
7 [A] [B] [C] [D]	23 _____、_____	
8 [A] [B] [C] [D]	_____、_____	
9 [A] [B] [C] [D]	24 _____、_____	
10 [A] [B] [C] [D]	25 _____。	
11 [A] [B] [C] [D]	_____	
12 [A] [B] [C] [D]	26 _____	
13 [A] [B] [C] [D]	_____	
14 [A] [B] [C] [D]	_____	
15 [A] [B] [C] [D]	_____	
16 _____、_____	27 _____	
_____、_____	28 _____	
17 _____、_____	29 _____、_____	
18 _____、_____	_____、_____	
19 _____、_____	30 _____、_____	

主要参考文献

陈钟惠等译，1993，《宝石钻石学教程》，武汉：中国地质大学出版社。

邓燕华编著，1991，《宝玉石矿床》，北京：北京工业大学出版社。

董振信编著，1995，《天然宝石》，北京：地质出版社。

董秉宇，1990，钻石的辐射着色处理、色心及光谱特征，国外非金属矿与宝石，第 4、5 期。

国家质量监督检验检疫总局，2003，中华人民共和国国家标准《钻石分级》GB/T16554 - 2003，北京：中国标准出版社。

黄凤鸣、陈钟惠，21 世纪的几个主要钻石产地，宝石和宝石学杂志，2000，第二卷，第一期。

吕新彪编著，1995，《天然宝石人工改善及检测的原理与方法》，武汉：中国地质大学出版社。

栾秉敖编著，1988，《宝石》，北京：冶金工业出版社。

闵乃本著，1982，《晶体生长物理基础》，上海：上海科学技术出版社。

潘兆橹主编，1994，《结晶学及矿物学》上、下册，第三版，北京：地质出版社。

潘道皑等编，1985，《物质结构》，北京：高等教育出版社。

亓利剑、袁心强等，查塔姆合成无色钻石——一种Ⅱa - Ⅱb 混合型品种，宝石和宝石学杂志，1999，第一卷，第四期。

亓利剑等，辐照处理彩色钻石的缺陷中心及阴极发光谱，宝石和宝石学杂志，2000，第二卷，第二期。

亓利剑、袁心强、田亮光等，高温高压条件下钻石中晶格缺陷的演化与呈色，宝石和宝石学杂志，2001，第三卷，第三期。

丘志力、李立平，2003，《珠宝首饰系统评估导论》，武汉：中国地质大学出版社。

史恩赐译，1991，《钻石加工工艺学》，广州：广东科技出版社。

王福泉著，1985，《宝石通论》，北京：科学出版社。

王曙编著，1992，《珠宝、玉石和金首饰》，北京：中国发展出版社。

王雅玫，1996，用宝石显微镜鉴定充填处理的钻石，中国宝玉石，第 2 期。

王雅玫，1996，如何区别天然钻石与合成钻石，珠宝科技，第 4 期。

王雅玫，1997，钻石切工与火彩，中国宝玉石，第 3 期。

王昶、申柯娅，2002，《珠宝首饰营销》，武汉：中国地质大学出版社。

吴舜田等，1991，《实用钻石分级学》，台湾：经纶图书公司。

袁心强，1998，《钻石分级的原理与方法》，武汉：中国地质大学出版社。

苑执中等，高温高压处理改色的黄绿色金刚石，宝石和宝石学杂志，2000，第二卷，第二期。

张克从等编，1981，《晶体生长》，北京：科学出版社。

张瑜生，1987，《4C 钻石评价》，台湾：华视出版社。

朱而勤、郭志越，1996，评估钻石价格的因素，珠宝科技，第 4 期。

周国平，1989，《宝石学》，武汉：中国地质大学出版社。

中国对外贸易经济合作部科技司等译，1995，国际珠宝首饰联合会（CIBJO）《钻石·宝石·珍珠》手册。

智尚田等译，1995，《成品钻石的分级和鉴定——HRD 标准》，武汉：武汉工业大学出版社。

李士杰、张志三译，1990，《颜色的物理与化学》，北京：科学出版社。

De Weerdt，F．& Van Royen．J，“Investigation of seven diamonds，HPHT treated by Nova Diamond”Journal of Gemology，27，4，201 - 208，2000．

Eric Bruton，1975，Diamonds，2nd．，Pennsylvania．Chiton Book Company．

Gemological Institute of America，1991，《Diamonds》，New Yrok．

Gemological Institute of America，1992，《Diamond Grading》，New York．

Gübelin，E．J．and Koivula，J．I．，1992，Photoatlas of Inclusions in Gemstones，2nd Ed．，Switzerland．ABC Edition Zurich．

Horikawa, Y, “Identification of a new type of base treatment (KM treatment) of diamonds”, The Journal of Gemology, Vol. 27 No. 5 (1/2001).

Kurt Nassau, 1988, Gemstones Enhancement, Butler & Tanner Ltd., London.

Kammerling R. C. et al., 1994, An update on filled diamonds: Identification and durability. Gems & Gemology, Vol. 30, No. 3.

Koivula J. I. et al., 1989, The Characteristics and identification of filled diamonds. Gems & Gemology, Vol. 25, No. 2.

McClure. S. F., Kammerling R. C. 1995, A visual guide to the identification of filled diamonds. Gems & Gemology, Vol. 31, No. 2.

Shigley J E. et al., 1995, A Chart for the Separation of Natural and Synthetic Diamonds, Gems & Gemology, Vol. 31, No. 4.

Verena Pagel - Theisen, 2001, 《Diamond Grading ABC The Manual》, Rubin & Son n. v., Belgium.