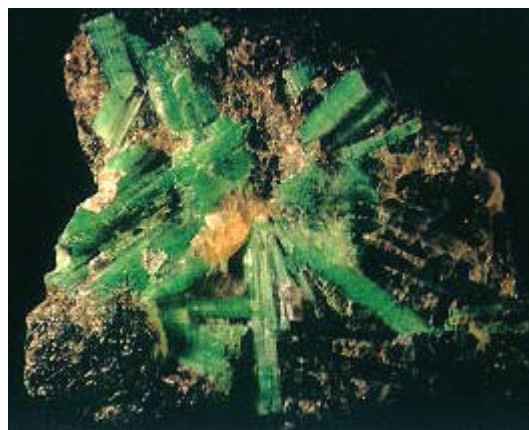


宝石矿床学

第1章 绪论

一、课程性质、目的与任务

本课程是宝石学专业方向学生的专业课。目的在于使学生了解主要的宝(玉)石在全世界和在我国的分布、产出和利用的情况;了解各类主要的宝(玉)石的地质成因和矿床类型。为他们今后从事的工作提供专业知识。



二、课程的基本要求

- 1、了解宝(玉)石资源和矿床的分布和特点。
- 2、掌握主要的宝石淘汰和矿床的分布和特点。
- 3、掌握主要的玉石资源和矿床的分布和特点。

三、课程教学大纲（或讲授基本内容）

第1章 绪论

主要简介宝石和玉石的概念，国内、外研究现状，国外宝(玉)石资源的分布和特点以及我国宝(玉)石资源和矿床的分布和特点。

第2章 宝玉石矿床总论

- 1、有关矿床的基本概念
- 2、成矿作用总论
- 3、岩浆矿床

- 4、伟晶岩矿床
- 5、气水热液矿床
- 6、接触交代矿床（矽卡岩化矿床）
- 7、火山成因矿床
- 8、风化矿床
- 9、沉积矿床
- 10、有机矿床
- 11、变质矿床
- 12、层控矿床

第3章 宝石矿床

- 1、钻石矿床
- 2、刚玉类宝石矿床：红宝石与蓝宝石
- 3、绿柱石类宝石矿床：祖母绿、海蓝宝石与其它
- 4、金绿宝石矿床：猫眼石和变石
- 5、其它宝石矿床：包括碧玺(电气石)，紫牙乌(石榴子石)，黄宝石，橄榄石，锆石，尖晶石，二氧化硅质宝石(水晶，紫晶)以及长石族宝石等。

第4章 玉石矿床

- 1、翡翠矿床
- 2、软玉矿床
- 3、其它玉石矿床：包括绿松石、独山玉、岫玉二氧化硅质玉、青金石(岩)玉、孔雀石的组成、鸡血石、煤玉等。

第5章 宝玉石矿床研究新进展专题讲座

第 2 章 宝玉石矿床学总论

宝玉石矿床是一种特殊的矿床类型，在整个矿床学中只占较小一部分。由于我系地质学专业教学计划中没有开设《矿床学》课程，因此，对《矿床学》的一些基本概念作简要介绍是十分必要的。

一、有关矿床的基本概念

（一）矿产的种类

矿产的分类有多种方式，如按产出状态可分为气体矿产、液体矿产、固体矿产三种；按矿产的性质及其主要工业用途，又可分为金属矿产、非金属矿产、可燃有机矿产和地下水资源四类。考虑到宝玉石的具体情况，下列主要介绍后一种分类方案：

1、金属矿产

是从中可提取金属元素的矿物资源，按工业用途又分为：

- （1）黑色金属：铁、锰、铬、钒、钛等。
- （2）有色金属：铜、铅、锌、镍、钴、钨、锡、钼、铋、锑、汞等。
- （3）轻金属：铝、镁等。
- （4）贵金属：金、银、铂、钯、钌、铑、钇、钆、铈等。
- （5）放射性金属：铀、钍、镭等。
- （6）稀有、稀土和分散金属，可分为三类。
 - ①稀有金属：钽、铌、锂、铍、锆、铯、铷、铟等。
 - ②稀土金属：包括原子序数 39 和 57-71 的 16 个元数。根据地球化学性质又分为：
 - i 轻稀土金属（铈族元素）：包括镧、铈、钆、铽、钇、铈等。
 - ii 重稀土金属（钇族元素）：包括钇、钆、铽、镱、铈、铈、铈、铈等。

③分散金属：如锗、镓、铟、铊、铅、铋、镉、钨、硒、碲等。

2、非金属矿产

是从中可提取非金属元素或可直接利用的矿物资源。按工业用途又可分为：

- (1) 宝玉石及工业美术材料矿产：如钻石、翡翠、红宝石、蓝宝石等。
- (2) 建筑及水泥材料：如花岗岩、大理岩、石灰岩、砂岩、珍珠岩、松脂岩等。
- (3) 陶瓷及玻璃工业原料：如长石、石英砂、高岭土、和粘土等。
- (4) 压电及光学原料：如压电石英、光学石英、冰洲石、和粘土等。
- (5) 工业制造业原料：如石墨、金刚石，云母、石棉、重晶石、刚玉等。
- (6) 化学工业原料：如磷灰石、磷块岩、黄铁矿、钾盐、岩盐、明矾石等。
- (7) 冶金辅助原料：如萤石、菱镁矿、耐火粘土等。

3、可燃有机矿产

是指可为工业或民用提供能源的地下资源。按产出状态可分为三类：

- (1) 固体的可燃有机矿产：如煤、油页岩、地蜡、地沥青等。
- (2) 液体的可燃有机矿产：如石油。
- (3) 气体的可燃有机矿产：如天然气等。

4、地下水资源

包括地下饮用水、技术用水、矿泉水、地下热水和卤水等。

(二) 同生矿床和后生矿床

1、同生矿床

是指矿体与围岩在同一地质作用过程中，同时或近于同时形成的矿床。如由沉积作用形成的沉积矿床，由岩浆结晶分异作用形成的岩浆矿床等。

2、后生矿床

指矿体的形成明显晚于围岩的一类矿床。例如某些热液矿床，其矿脉切穿围岩，其形成时间明显晚于围岩。

(三) 矿体的形状和产状

矿体是矿床的主要组成部分，是开采和利用的对象。一个矿体往往是由多个矿体组成，矿体具有一定的形状和产状。

1、矿体的形状

按矿体在三度空间长度比例的不同，可将矿体的形状分为三种最基本的类型：

（1）等轴状矿体：指三轴在三度空间大致均衡延伸的矿体。按其规模又有不同各称，例如直径数十米以上的称矿瘤；直径只有几米的称矿巢；直径更小的称矿囊或矿华袋等。这种矿体在宝玉石矿床中也较为常见。

（2）板状矿体：是指主要呈二维延伸的矿体。又有两种基本类型：

矿层：是指沉积堆积作用形成的板状矿体。宝玉石矿床中的砂矿、残坡积矿床可呈这种类型产出。

矿脉：是指产于各种岩石裂隙中的脉状矿体，属典型的后成矿床。宝玉石矿床呈这种形式产出和矿体较多。

（3）柱状矿体：是指一个方面延伸较大、而其它两个方面延伸较小的矿体类型。金刚石矿体常呈这种形状产出。

2、矿体的产状

指矿体产出的空间位置和地质环境，主要包括以下内容：

（1）矿体的空间位置。包括走向、倾向和倾角。

（2）矿体的埋藏情况。是露出地表（露天矿）或埋于地下（隐伏矿）。

（3）矿体与岩浆岩的关系。

（4）矿体与围岩的关系。

（5）矿体与地质构造的关系。

（四）围岩和母岩

1、围岩

指矿体周围的岩石。由于矿床成因的复杂性，因而矿体与围岩的关系也变化多端。

2、母岩

指在矿床形成过程中，为成矿提供主要成矿物质的岩石，与矿体的空间上、时间上、主要在成因上存在密切的联系。

（五）矿石和脉石

1、矿石

是指从矿床中开采出来的，能从中提出有用组份（元素、化合物或矿物）的矿物或矿物集合体。矿体一般由矿石矿物和脉石矿物两部分组成。矿石矿物是指可被利的金属和非金属矿物，也称有用矿物，如红宝石矿床中的刚玉；脉石矿物是指不能被利用的矿物，也称无用矿物，如红宝石矿床中的石英、云母等。

2、脉石

一般泛指矿体中的无用物质，包括围岩的碎块、夹石、的脉石矿物。它们通常在矿床开采过程中被废弃掉。

（六）矿石的构造和结构

1、矿石的构造：

是指组成矿石的矿物结合体的特点，即矿物集体的形态、相对大小及其空间相互的结合关系等所反映出来的形态特征。如玛瑙的条带状构造等。矿石的构造主要靠肉眼观察。

2、结构

是指矿石中矿物颗粒的特点，即矿物颗粒的形态、相对大小、及其空间相互关系等所反映出来的形态特征。如翡翠常的粒状镶嵌结构等。矿石的结构主要靠镜下观察。

（七）矿石的品级和品位

1、品位

矿石中有用组分的含量称为品位。例如泰国蓝宝石矿床一吨土中所含蓝宝石大约为 4 克（20 克拉），则我们就说，泰国蓝宝石矿床的品位为 4 克/吨。品位越高，矿体的价值越高。

在具体勘探过程中，我们还经常使用边界品位和工业品位两个名词。边界品位是用来划分矿体与非矿体的最低品位，即超过这个品位是矿体，达不到这个品

品位值不是矿体。边界品位值是随着科学技术的发展以及人类对矿产品不断的追求而不断变化的。工业品位是指在当前科学技术及经济条件下能供开采和利用矿段或矿体的最低平均品位。只有矿段或矿体达到工业品位才能作为工业储量，被设计和开采。

2、品级

主要根据矿石的品位和有益、有害组成的含量来确定。矿石的品位越高，有益组分含量越高，有害组分含量越低，矿石的品级就越高。

（八）决定矿床工业价值的因素

决定矿床工业价值的因素很多，但主要因素有下列三个：

1、矿床本身的特征和性质

包括矿体的形态、产状和储量，矿石的质量（品位、品级），矿石综合利用价值和矿床开采、选矿、冶炼技术条件等。对宝玉石等非金属矿床，则不仅要注意矿床的储量和品位，而且要注意有用矿物的物理性质、化学性质、以及工艺技术特点。

2、国民经济和国防建设对矿产的要求

主要包括经济建设和国防建设计划中对各类矿产的需求量，矿床的地理分布，该地区的发展远景计划等。对宝石矿床则主要考虑市场的需求，所能创造的经济效益等。

3、矿区的经济因素

如劳力资源、水文地质、工程地质、交通运输以及粮食、劳动力供应等。

（九）矿床成因类型和工业类型

1、矿床成因类型

是指按照矿床的形成作用和成因划分的矿床类型，如伟晶矿床、热液矿床、沉积矿床、风化矿床、变质矿床等。

2、矿床工业类型

是在矿床成因类型基础上，从工业利用的角度来进行划分的类型。

二、成矿作用总论

（一）元素的富集和成矿

元素在地壳和上地幔中的含量并不是固定不变的，它们在地球各种内部或外部力量的作用下，总处于来断变化的运动变化之中。运动变化的结果，或导致元素分散，或是导致元素集中。元素这种运动变化和迁移的过程，称为元素的迁移。可以说，没有元素的迁移，就没有成矿作用发生。即元素必须通过一定的地质作用发生迁移，并富集达到能成为矿床的程度，才能成为矿床。元素迁移富集的程度可用浓度系数表示。所谓浓度系数是该元素矿床工业品位与其在地壳中平均含量的比值，便如铁的地壳平含量为 5.8%，工业品位为 30%，则浓度系数为 5，即说明铁要富集 5 倍以上，才能成为矿床；又如铜，地壳平均含量为 0.006%，工业品位为 0.5%，必须富集 80 倍以上才能成为矿床；又如金，地壳平均含量为 $4 \times 10^{-7}\%$ ，工业品位为 0.001%，浓集系数为 2500，即需富集 2500 倍才能成为矿床。上述举例也说明，各种元素富集成矿的难易程度是不同的。浓度系数越大，成矿越难。

在自然界中，元素聚合形成矿石矿物的方式多种多样，主要的作用如下：

1、结晶作用

按性质和特征又分为：

（1）岩浆结晶作用：岩浆是一种以硅酸盐为主的熔融体。当岩浆冷凝到一定程度时，达到了其中某一些矿物的饱和点，矿物就从岩晶中结晶出来，矿物高度集中形成矿床。如金刚石、磷灰石、铬铁矿、钛铁矿等就是岩浆结晶作用形成的。

（2）凝华作用：岩浆的热能使一些易挥发物质气化，并沿着裂隙逸散，它们沿火山口、喷气孔或者浅成侵入体周围，直接结晶形成凝华物。如火山口附近的自然流，玛瑙也可通过这种方式形成。

（3）蒸发作用：在天然盐池中，由于海水来断蒸发，盐不断浓缩，并最终结晶出来形成矿床。

2、化学作用

通过化学反应而生成矿石矿物，导致元素集中。主要的作用有：

(1) 化合作用：化合作用发生在气体、液体和固体之间。

(2) 胶体化作用：如高岭土吸收溶液中的铜，形成硅孔雀石等。

(3) 生物化学作用：如礁灰岩即就是又各种造礁生物通过生物化学作用而形成。

3、交代作用

实际上也是一种化学作用。但它是特指溶液与岩石在接触过程中，发生的一些组分代入和另一些组分代出的地球化学作用。这种作用广泛发生于岩浆岩与围岩相接触的地带。宝玉石中许多矿床的形成与此相关，如矽卡岩型红宝石矿床，石榴石矿床等。

4、离子交换作用

这种作用在内生和外生作用中均广泛存在，在宝玉石矿床成作中也占显著地位。

5、类质同象置换作用

是指矿物中的一种或多种元素被性质相同的另一种或多种元素置换，而矿的结晶学性质未发生变化，仅某些物理性质发生变化的现象。类质同象置换作用在宝玉石矿床形成中至关重要，对大多数宝玉石矿床而言，没有类质同象置换，就没有这类矿床的形成。例如红宝石，其矿物是刚玉，仅其中铝被铬类质同象置换而使其成为红宝石。若没有该作用，则仅为无色刚玉，没有宝石学价值。

(二) 成矿作用

成矿作用是指在地球的演化过程中，使分散元素地壳和上地幔的化学元素，在一定的地质环境中相对富集形成矿床的作用，它是地质作用的一部分。按作用的性质和能量来源，可将成矿作用划分为内生成矿作用、外生成矿作用和变质成矿作用三大类。

1、内生成矿作用

主要是由地球内部的能量作用导致形成各种矿床的地质作用。地球内部能的来源有多种方式，如放射性元素蜕变能、岩浆热能、在地球重力场中物质调整过程中释放出的能量等。内生成矿作用按其物理化学条件不同，可分为岩浆成矿作用、伟晶成矿作用、接触交代成矿作用和热液成矿作用等。

2、外生成矿作用

主要是在太阳能影响下，在岩石圈上部、水圈、气圈和生物圈的相互作用过程中，导致元素集中，从而形成矿床的作用。外生成矿作用可分为风化成矿作用和沉积成矿作用两大类。外生成矿作用对宝石矿床而言，意义十分重大。

3、变质成矿作用

在内生作用和外生作用中形成的岩石或矿床，由于地质环境发生变化，特别是温度、压力的变化，并有其它气液的参加，造成它们的矿物成分、化学成分、物理性质及结构构造等都要发生改变，造成元素集中，形成矿床的过程。许多玉石矿床就是变质作用的产物。变质成矿作用按其产生的地质环境不同，可分为接触变质成矿作用、区域变质成矿作用和混合岩化成矿作用等。

4、叠生成矿作用

这是一种复合的成矿作用，在自然界是常发生的。即在先形成的矿床或含矿建造基础上，又有后期成矿作用叠加，从而形成矿床的过程。叠加过程可使矿床成矿或更加富集，同时也可使原矿床贫化。具体依情况而定。

（三）矿床的成因分类

矿床成因分类反映人类对矿床成因和成矿过程的认识程度，也是人类对矿床研究成果的高度概括。正确地制定矿床成因分类对于了解成矿作用的本质、指导生产实践等都具有重要意义。根据宝玉石矿床的特点，结合前人在矿床学研究的成果。采用（表 1）有分类方案：

表 1-1 矿床成因分类表

一级分类	二级分类	三级分类	矿床实例
内生矿床	岩浆矿床	岩浆分结矿床	磷灰石
		岩浆熔离矿床	
		岩浆爆发矿床	金刚石
	伟晶矿床		电气石
	接触交代矿床		石榴子石

	热液矿床	岩浆热液矿床	水晶
		非岩浆热液矿床	玛瑙, 祖母绿
	火山成因矿床	火山岩浆矿床	刚玉
		火山-次火山气液矿床	刚玉
		火山-沉积矿床	梅花玉
外生矿床	风化矿床		翡翠
	沉积矿床		金刚石
	生物成因矿床		珊瑚、琥珀
	接触变质矿床		红宝石
	区域变质矿床		祖母绿
	混合岩化矿床		红宝石
叠生矿床	层控矿床		祖母绿

三、岩浆矿床

(一) 概念和特点

1、概念

岩浆矿床是由各类岩浆在地壳深处, 经过分异作用和结晶作用, 使分散在岩浆中的成矿物质聚集而形成的矿床。

2、特点

- (1) 成矿作用和成岩作用基本同时进行。
- (2) 矿体主要产于岩浆岩母岩内。
- (3) 浸染状矿体与母岩一般呈渐变或迅速过渡关系; 贯入式矿体与母岩的界线清楚。
- (4) 矿石的矿物组成与母岩基本相同, 则有用矿物明显富集而也。

(5) 成矿温度一般较高。

(二) 形成的地质条件

1、岩浆条件

是首要条件，岩浆类型决定矿床类型。如金刚石主要与金伯利岩有关。

2、大地构造条件

大地构造环境决定岩浆岩类型，并由此决定矿床类型。例如金刚石的形成需要较稳定的克拉通环境等。

3、岩浆的挥发份作用

挥发份也称矿化剂，对成矿至关重要，许多矿床是在挥发份的直接参与下成矿的，伟晶岩矿床；实际上就是在挥发份的直接参与下形成的。

4、同化作用

岩浆在其形成和向上运移过程中，往往会熔化或溶解一些外来物质（如围岩碎块），从而使岩浆成分发生改变的作用，就是同化作用，不完全的同化作用称混染作用。同化作用不但生成一系列不同类型的岩浆岩，而且往往与新的岩浆岩类型相对应，形成一系列不同的类型的矿床。

5、岩浆的多期多次侵入作用对成矿的控制

岩浆作用往往不是一步到位，而是多期多阶段活动。而且从成矿作用看，越是晚期的岩浆，成矿越有利。

(三) 岩浆矿床类型

1、岩浆分异作用与岩浆分结矿床

岩浆中的矿物按顺序进行结晶，并在重力和动力作用影响下分异和聚集的过程，称为结晶分异作用。由结晶分异作用导致矿物集中，并形成矿床就称为岩浆分结矿床。宝石中典型的有橄榄石矿床等。

2、岩浆熔离作用与岩浆熔离矿床

在较高温下为一种均匀的岩浆熔融体，当温度和压力降低时，分离成两种或两种以上不混溶的熔融体的作用称为岩浆熔离作用。由岩浆熔离作用形成的矿床称为岩浆熔离矿床。如产于基性岩的中铜镍硫化矿床就是典型。

3、岩浆爆发作用与岩浆爆发矿床

经分异或熔离作用的岩浆，通过爆发的方式到达地表，称岩浆爆发作用，所形成的矿床称岩浆爆发矿床。典型的有产大金伯利岩岩筒中的金刚石矿床等。

四、伟晶岩矿床

（一）概念和特点

1、概念

伟晶岩是一种矿物颗粒结晶粗大的，具有一定内部构造特征的，常呈不规则岩墙、岩脉或透镜体产出的地质体。当伟晶岩中的有用矿或组分富集并达到工业要求时，便成为伟晶岩矿床。

2、特点

（1）化学成分：主要是氧和亲氧元素；稀有、稀土、和分散元素；放射性元素和挥发组分等。

（2）矿物成分：丰富多彩，据统计有 300 多种。

（3）典型结构：巨晶结构。

（4）典型构造：带状构造，巨晶集中在核心带或中央带。

（5）岩体大小：差别较大。

（二）成矿条件

1、物理化学条件

（1）温度：范围较大，一般 800-300℃。

（2）压力：800-100Mpa。

2、岩浆条件

主要与花岗岩浆有关。

3、地质构造条件

主要在造山带。

4、围岩条件

常是区域变质的岩石，如片岩、片麻岩和混合岩等。围岩对成矿有控制作用。

（三）伟晶岩浆的成因

- 1、由岩浆中的挥发分形成
- 2、由变质作用形成

（四）伟晶岩矿床的分类

按 K.A.符拉索夫的分类（图示）

- 1、文象和等粒型伟晶岩
- 2、块状型伟晶岩
- 3、完全分异型伟晶岩
- 4、稀有金属交代型伟晶岩
- 5、钠长石-锂辉石型伟晶岩

宝石矿床主要产于块状型伟晶岩和完全分异型伟晶岩中。

五、气水热液矿床

（一）概念

气水热液是指在一定深度（几-几十公里）下形成的，具有一定温度（几十-几百℃）和一定压力（几十万-几亿帕）的气态和液态的溶液。其成分是以水为主，并含有其它挥发份和成矿金属。

热液在各类成矿作用中广泛存在。可以说没有气液，许多成矿作用均不能进行。但在矿床地质研究中，气水热液矿床主要指除其它类型矿床外，与气水热液相关的矿床，典型的如哥伦比亚的祖母绿矿床。

（二）气水的来源、主要成分

1、来源

- （1）岩浆热液
- （2）变质热液
- （3）地下水热液

(4) 海水热液

2、成分

(1) 最主要的成分：水。

(2) 基本成分：Na、K、Ca、Mg、Sc、Ba、Al、Si、Cl、F、 SO_4^{2-} 。

(3) 金属成分：Cu、Pb、Au、Ag、Sn、Sb、Bi、Hg、Fe、Co、Ni、W、Mo、Be、TR、U、In、Re 以及稀有、稀土元素等。

(4) 溶解气体： H_2S 、 CO_2 及 HCl 等。

(5) 其它微量金属：Li、Rb、Cs、Br、I、Se、Te 等。

(三) 气水热液中成矿元素的搬运和沉淀

1、气水热液中成矿元素的搬运形式

(1) 以硫化物的形式搬运

(2) 以卤化物的形式搬运

(3) 以易溶络合物的形式搬运

(4) 以胶体的形式搬运

2、气水热液中成矿元素的沉淀原因

(1) 由于温度的变化

(2) 由于压力的变化

(3) PH 值的变化

(4) EH 值的变化

(5) 不同性质溶液的混合

(四) 气水热液的运移

1、原因

(1) 由于渗流作用引起

(2) 由于深部热源作用引起

(3) 由于压力差引起

(4) 由于冷却中的岩浆释放出所溶解的流体引起

2、通道]

(1) 原生孔隙

(2) 次生孔隙

3、与地质构造的关系

(1) 提供形成气水热液的前题条件。

(2) 提供气水热液运移的通道-次生孔隙。

(3) 提供气水热液运移的运力。

(4) 提供气水热液集中的空间。

(五) 气水热液矿床的成矿方式

1、充填作用及充填矿床

为含矿气水热液在围岩裂隙中充填形成热液矿床。

2、交代作用与交代矿床

为气水热液与围岩发生交代反应，形成矿床。

3、交代作用与围岩蚀变

由于交代作用，将发生围岩蚀变，典型的有矽卡岩化、云英岩化、钾长石化、钠长石化、青盘岩化、绢云母化、绿泥石化、粘土化、硅化、碳酸盐化、明矾石化、蛇纹石化等。

六、接触交代矿床（矽卡岩化矿床）

(一) 概念和特点

1、概念

接触交代矿床主要是在中酸性-中基性侵入体与碳酸盐类岩石(或本钙镁质岩石)的接触带或其附近，同于含矿气水溶液进行交代作用而形成的矿床。接触交代矿床具典型的矿物组合(钙铝-钙铁榴石系列;透辉石-钙铁辉石系列)，这些矿物组合称矽卡岩组合，由于矿床的形成在时间和成因上与矽卡岩存在密切联系，因而也称矽卡岩矿床。

2、特点

(1) 矿床产出部位：在岩浆岩与围岩的接触带上，并受接触带的明显控制。

(2) 矿石的矿物成分及结构构造：成分复杂，但具典型的矽卡岩矿物组合，结构构造也多种多样，但由于温度较高，有挥发分参加，因而矿石一般为粗粒结构。这为宝石矿的形成创造的良好前题条件。

(3) 矿床分带性：常具明显分带性。一般分为内带、过渡带和外带。

(二) 形成条件

1、岩浆条件

主要与中酸性岩浆有关，次为中基性岩浆。

2、围岩条件

有利围岩主要为各种碳酸盐岩石，如石灰岩（或大理岩）、白云质岩石、泥灰岩和钙质页岩等。其次为火山岩、安山岩、英安岩和凝灰岩等。

3、构造条件

主要包括接触带构造；围岩层理、层间破碎带及构造裂隙；褶皱构造；捕虏体构造等。

4、温度条件

一般认为 800-300℃。

5、深度和压力条件

主要为中等深度； $3 \times 10^7 - 3 \times 10^8$ 。

(三) 成矿过程

1、接触渗滤交代作用

2、接触扩散交代作用

七、火山成因矿床

(一) 概念和特点

1、概念

火山成因矿床是指与火山岩、次火山岩与成因联系的矿床类型。

2、特点

- (1) 矿床产于同构造旋回的火山岩浆-构造活动带中。
- (2) 含矿介质比较复杂，有岩浆、喷气、热液及火山烤热的海水或湖水。
- (3) 矿床产在地表（陆面或水下）或地下浅处（0-1.5 公里）。
- (4) 矿体受火山机构控制明显。
- (5) 矿物物质成分和结构构造复杂多样。

(二) 火山成矿作用及矿床分类

1、成矿作用

成矿作用十分复杂。是在火山喷发过程中各种作用的产物，具体因矿而易。

2、分类

因为成矿作用复杂，对火山矿床的分类也有各种不同的看法和分类方案。岳书仓（1971）的分类如下：

(1) 大陆火山作用矿床：下又分

火山喷发矿床：包括火山喷发-沉积矿床；火山-岩浆矿床；近代火山喷气升华矿床。

火山喷发期后气成-热液矿床：包括与次火山有关的矿床；与火山-深成岩有关的矿床；与火山构造有关的矿床。

(2) 海底火山作用矿床：

袁见齐等（1985）根据主要的成矿作用，将火山成因矿床分为：

- (1) 火山-岩浆成矿作用——火山岩浆矿床；
- (2) 火山-次火山气液成矿作用——火山气液矿床；
- (3) 火山-沉积成矿作用——火山沉积矿床。

八、风化矿床

(一) 概念、特点

1、概念

系指陆表层在风化作用下形成的，质和量都能满足工业要求的有用矿物堆积的地质体。

2、特点

(1) 大部分是第三、第四纪的产物。因此，它们埋藏浅，便于露天开采。

(2) 矿床分布范围与原生岩石或矿体出露的范围一致或相距不远，往往是沿现代丘陵地形呈覆盖层状分布，多为面形矿体。

(3) 矿体深度决定于自由氧化渗透到地下的深度，一般几米-几十米。

(4) 组成矿体的是在风化条件下较稳定的元素或矿物。

(5) 矿石结构一般疏松多孔，多为土状、多孔状或网状构造。

(6) 矿床规模以中、小型为主，个别也在大型或特大型。

(二) 形成条件

1、气候条件

最有利的气候条件是热带和亚热带。

2、原岩条件

原岩是成岩物质的来源。因原石的物质成分对成矿起控制作用。

3、地貌条件

高差不大的山区、丘陵地形对风化矿床的形成最为有利。

4、水文条件

风化矿床形成与地表水和地下水的运动情况，以及水的化学类型有关。它们在决定风化矿床的规模和深度方面起着明显的作用。风化矿床一般形成于大气水的渗透带和地下的流动带。停滞水带不利于形成风化矿床。

5、地质构造条件

稳定的克拉通地区利于形成大型风化矿床；活动的造山带不利于形成风化矿床。

6、时间条件

如有一个较长时间稳定的地质环境，才可以使风化作用进行得彻底，才有利于形成风化

矿床。

（三）成矿作用及矿床类型

1、风化作用

包括物理风化作用；化学风化作用；生物风化作用。

2、风化作用过程中元素的迁移和富集

由于风化作用过程中发生着水化作用、水解作用、氧化作用、酸的作用、离子交换作用、生物作用等，导致部物化部分物质被溶解迁移，部分物质留下而富集。

3、风化矿床的分类

（1）残积及坡积砂矿床：如翡翠山流水。

（2）残余矿床：如蓝宝石矿床。

（3）淋积矿床：如欧泊矿床。

九、沉积矿床

（一）概念和特点

1、概念

地表岩石、矿石在风化作用下被破碎、分解的产物，有机残骸和火山喷发物等，被水、风、冰川、生物等营力搬运到有利沉积的环境中，经过沉积分异作用沉积下来，形成的各种沉积物，当其有用部分达到工业要求时，即形成沉积矿床。

2、特点

（1）矿体常呈层状，且与围岩产状一致，整合接触。

（2）矿体规模一般较大，矿层沿走向延伸较广，可达数千公里，面积可达几万甚至几十万平方分里。

（3）矿床常产于特定的地层层位。

(4) 由于沉积作用较为复杂，因而沉积矿床的物质组成也较复杂。

(二) 形成条件

主要包括：

- 1、物质条件
- 2、气候条件
- 3、岩性岩相条件
- 4、地质构造条件

(三) 成矿作用及矿床类型

1、机械沉积作用——砂矿床

机械沉积作用形成的砂矿种类很多，如金、铂、金刚石、锡石、金红石、水晶、刚玉、锆石和和种玉石仔料等。

机械沉积砂矿床分为：冲积砂矿床（主要在河谷）；海滨砂矿床（主要在海岸）和古砂矿床（新第三纪以前形成的砂矿床）三大类。

- 2、蒸发沉积矿床——主要是盐类矿床
- 3、胶体化学沉积作用
- 4、生物-化学沉积矿床

十、有机矿床

(一) 概念

主要与生物作用有关的矿床类型，有用部分或是生物体的组成部分，或是其它作用参与下形成的以有机质为主要组成的地质体。

(二) 主要矿床类型

- 1、煤
- 2、油页岩
- 3、石油
- 4、天然气

（三）与宝玉石有关的矿床类型

- 1、煤精
- 2、珊瑚
- 3、琥珀

十一、变质矿床

（一）概念和特点

1、概念

由外生作用或内生作用形成的岩石或矿石，由于地质环境的改变，温度和压力的增加，它们的矿物成分、化学成分、物理性质以及结构构造等，都要发生变化；同时在变化的过程中，还会使原来的物质成分发生强烈的改造或活化转移，并在新的条件下富集。由这种作用形成的矿床就称为变质矿床。

2、特点

变质矿床的特点就是岩石或矿床经受变质作用后，所产生的多方面变化，基本上可归纳为以下三方面：

- （1）矿物成分和化学成分的变化
- （2）矿石的结构构造的变化
- （3）矿体形状和产状的变化

（二）形成条件

1、物理化学条件

- （1）较高的温度
- （2）较大的压力
- （3）水溶液的参加

2、地质条件

- （1）时代一般较早
- （2）古老的造山带

(3) 原岩的含矿性较高

(4) 产在变质岩区

(三) 矿床类型

1、接触变质矿床

2、区域变质矿床

3、混合岩化矿床

十二、层控矿床

(一) 概念和特点

1、概念

系指那些受多种成矿作用影响，但矿体呈层状或基本呈层状，包括部不规则状，但仍受一定地层层位控制的矿床。

2、特点

(1) 兼有内生和外生矿床的某些特点。反应成矿作用具多阶段性和多期性。

(2) 矿源层的存在是层控矿床的主要特征之一。但矿源层与储矿层可以是同一层位，也可以是不同的层位。

(3) 矿床常集中于某一特定的岩性段内，往往具有多层的特点。

(4) 矿床产于定的地层层位中，因而“时控”特点明显。

(5) 矿床常具有成群、成带展布和一定的“层”、“相”、“位”集中的特点。

(6) 矿体形态、大多数与地层整合产出，呈层状、似层状或透镜状，但也有少数不规则的穿层矿体。

(7) 沉积-改造型层控矿床中，矿物成分较简单。

(8) 矿床与岩浆岩关系一般不明显。

(二) 成矿作用和成矿模式

1、成矿物质来源——矿源层

主要是沉积作用导致部分成矿物质初步富集，并形成矿源层。但矿源层也可通过其它作用形成。

2、成矿物质的活化转移及后生叠加造再富集

后生的叠加改造作用可细分为三种：

- (1) 热液叠加改造
- (2) 变质叠加改造
- (3) 岩浆叠加改造

层控矿床的成矿模式（见表 2-2）

表 2-2 层控矿床成矿模式

原始物质来源 (陆源、海源、海底火山作用及岩浆源)	迁 移 机械、化学或生物化作作用	初步富集（矿源层） 改 再 造 造 作 用
各种含源流体 (以地下水热液为主)	循环、携带新物质 淋滤、加大浓度	成矿物质活化转移 叠 改 加 造 作 用
控矿构造 (以层状构造为主)	多次活动 通道、堆积场所	成矿物质再富集（矿体）

第3章 宝石矿床

一、钻石矿床

(一) 概述

1、金刚石的基本特征

(1) 化学组分:碳,此外,还经常含硅、铝、钙、镁、锰、钛、铬、氮和硼等杂质元素。除氮和硼外,其它杂质元素多以包裹体的形式存在,如磁铁矿、镁铝榴石、铬透辉石、绿泥石、黑云母、橄榄石以及石黑等。过多的包裹体可使金刚石透明度降低,颜色发黑而降低甚至失去其宝石学价值。宝石级金刚石含杂质很少,研究证明主要杂质元素是氮和硼,并因此可划分出不同的类型。含氮者称 I 型,其中若氮聚集成片晶,为 Ia 型;若氮成分散状,则为 Ib 型;不氮者为 II 型。其中含硼者为 IIb 型,不含硼者为 IIa 型。

(2) 晶系和结晶习性:金刚石晶体为立方晶系。其结晶习性最常见是八面体,此处还有立方体,菱形十二面体以及变立方体等。也有呈磨成圆的或呈扁平的,双晶常见。

(3) 物理性质:质纯的金刚石为无色透明,但由于杂质元素的混合使金刚石呈不同的颜色,宝石级金刚石中含铬者呈天蓝色,含氮者呈黄色,含硼者为绿色,其它还有乳白色,浅绿色,玫瑰色,红色,紫色等。金刚石具金刚光泽,完全的八面体解理,贝壳状断口。硬度 10,是自然界硬的材料。比重约 3.52。折射率约 2.42。色散高(0.044)。导热率高(0.35 卡/厘米.秒.度)。热膨胀系数小。熔点约为 4000 度,在空气中燃烧温度为 850-1000 度,燃烧后变成二氧化碳。在绝氧条件下,金刚石加热到 2000-3000 度缓慢变成石黑。金刚石具发光性。日光下曝晒后或在辐射线照射下都会发荧光和磷光。以上特征是使金刚石成为最名贵宝石的主要原因,也是评价和鉴定金刚石的主要依据。

2、发展历史

钻石矿床的发现已有相当长的历史,2000 多年前在印度克里希纳河、彭纳河及其支流砾石层中就发现了金刚石矿床。至今已有 27 个国家发现金刚石矿床,但产钻石矿床的国家主要是澳大利亚、扎伊尔、博茨瓦纳、俄罗斯和南非。

据美国矿业局（1979）估计，全世界金刚石矿产潜在储量为 8.6 亿克拉，已产出量为 1.5 亿克拉（其 40% 在南非，并主要用作宝石）。

1905 年以前，几乎所有的金刚石矿都来自砂矿，1979 年以前，认为原生金刚石矿仅金伯利岩型一个类型；1979 年在西澳大利亚发现了钾镁煌斑岩型金刚石矿床。金伯利岩体包括岩筒、岩体，目前全世界共发现 5000 多个岩体，其中岩筒 1000 多个，岩筒中含金刚石的仅 50%，而具经济意义的仅占 5-10%。

1905 年在南非发现世界上最大的金伯利岩筒-普列米尔岩筒，并发现世界上最大的钻石-库利南，该钻石重 3106 克拉。目前世界上 400 克拉以上的钻石共有 50 颗左右，绝大部分产在南非，其余是产在巴西、印度和赛拉利昂。

我国 3000 年前就发现了钻石，100 克拉以上的钻石到目前仅发现 4 颗，即 1936 年发现的金鸡钻石（281 克拉）；1977 年 12 月在临沐常林发现的“常林钻石”（158.785 克拉）；1981 年 8 月在临沐常林（距上述常林钻石 4 公里处）发现的陈埠 1 号钻石（124.27 克拉）；1983 年 11 月在蒙阴发现的蒙山 1 号钻石（119.09 克拉）。总的来说，我国金刚石资源相对较少，探明储量仅占世界第六位。但勘探时间较短，1950 年在沅江流域首先发现金刚石，60 年代在黔东、蒙阴发现原生金刚石，70 年代在辽宁瓦房店发现原生金刚石矿，1991 年后年产值均在 1200 美元以上。总的来讲，远景尚未完全搞清。

（二）金刚石砂矿床

1、分布

主要分布在古老克拉通上，如南部非洲。

2、成矿期

主要是前寒武纪和新生代、古生代。

（1）前寒武纪含金刚石砾岩：占世界产量的 12%。分布于南非、北非、南美、西澳等。其特征是：①含金刚石的地区位于地盾或地老地块；②产于前寒武克拉通沉积盖层的底部；③与浅海成因的粗碎屑岩有关，也有冰川成因；④砾岩砾石多为石英、硅质岩，常含金；⑤常呈绿色或褐色调。

(2) 新生代：主要为第四系冲积砂矿或残坡积砂矿和滨海砂矿。冲积砂矿多产于中、小河流中，含矿层都是砾石层（石英、硅质岩等），金刚石产于砾石层底部。

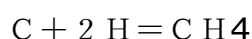
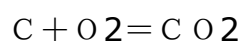
中国的金刚石砂矿产于沅江流域，以河谷砂矿和阶地砂矿最有价值，其次是阶地冰碛水砂矿，金刚石品位分布，纵向上高低相同，但总的是下游富。横向上中间富，两则贫。

(三) 原生金刚石矿床

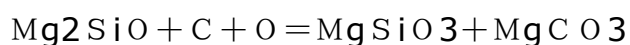
1、 原生金刚石形成条件

(1) 物质条件：由于作为金刚石主要成分的碳分布很广，在地壳中的平均丰度为 0.02%；地幔中为 0.07%，而且还可以通过核聚变形式产生，因而在任何条件形成金刚石都有丰富的碳的物质来源。

(2) 物理化学条件：通过高温高压实验和矿物包裹体研究表明，金刚石是在较高温度和较高压力下形成的，目前较一致的认识是：形成温度 900-1400℃，压力 45-60kba，这一温度相当于地球-200 公里的深度。但根据 Moore 等(1985)的研究，某些金刚石是在超过 300 公里的深度形成的。除高温高压外，形成金刚石还需要具备适当的氧化还原环境，特别是氧逸度(f_{O_2})。在过氧化环境下，金刚石将被氧化成二氧化碳；若氧逸度过低，金刚石将与氢发生作用而形成甲烷，即：



由于在金刚石中发现有菱镁矿橄榄石包裹体，因而，可以确定在金刚石形成过程中存在下列反应式：



按照这个反应式，可以确定金刚石形成时氧逸度的估计式为：

$$\lg(f_{O_2}) = 7.61 - 2.3872/T + 0.064(P - 1)/T$$

式中 T 是温度，单位是 K；P 是压力，单位是 Pa(巴)。

由(4)式看出，形成金刚石时所要求的氧逸度实际上也是温度和压力的函数。因此，影响金刚石形成最重要的物理化学条件是温度和压力。

(3) 地质构造条件：为了满足形成金刚石的物化条件，就需要有特定的地质构造背景。 研究发现宝石级金刚石都产于具有稳定结晶基底的古老克拉通地区。这些地区是在地史上曾发育过岩石圈厚度大于 150 公里的地域，只有这样的地区才能达到形成金刚石所需要的深度条件。从（图 3-1）看出，与活动的造山带相比,稳定古老克拉通下的地幔相对要冷一些,等温点的连线(等温线) 是向下凹的，另一方面，金刚石-石墨平衡线是上凸的。这种地区是挥发组分(包括形成金刚石的碳)大量聚集的有利部位，有利于金刚石形成；这种地区也易于达到形成金刚石的深度条件，即比造山带要求深度要小得多。克拉通是形成金刚石最有利的部位，因而是世界上绝大多数金刚石都产在这样地质构造环境中。

3、宝石级金刚石的成因

金刚石成因目前争论较大。除传统地幔岩浆成因说外，又先后提出了陨石冲击说，动力变质成因说，油储隐爆成因说，大洋板块俯冲成因说等。其中油储稳爆说和大洋板块俯冲成因说都有待进一步证实，陨石冲击成因金刚石目前仅见于俄罗斯西北利亚，其特征和远景也有待进一步研究，动力变质成因金刚石虽然在西澳大利亚、乌克兰和哈萨克斯坦等都有发现，但其粒度很少，尚未发现达到宝石级者。因此，至今为止，宝石级金刚石主要来源于地幔成因的金伯利岩型矿床和钾镁煌斑岩型矿床。

涉及金伯利岩型和钾镁煌斑岩型金刚石成因的问题之一是金刚石与其主岩(金伯利岩和钾镁煌斑岩)的关系问题，存在两种可能性：第一，金刚石在金伯利岩或钾镁煌斑岩主岩内结晶，两者存在成因关系；第二，金刚石在金伯利岩或钾镁煌斑岩主岩侵入以前已形成，金刚石只是主岩中的外源包体或捕虏体，两者没有成因联系。同位素年龄的研究使这个问题取得的进展（如表 1）。

表 1 金刚石的年龄和所产围岩年龄的比较

矿区	金刚石年龄 (Ma)	围岩年龄 (Ma)	矿区	金刚石年龄 (Ma)	围岩年龄年 龄(Ma)
南非金伯利	大于 3300	110	南非芬什	大于 3300	110

博茨瓦纳奥 拉帕	990	100	中国瓦房店	3265	465
-------------	-----	-----	-------	------	-----

资料来源于 M.B.Kirkley(1994)和向辑熙 (1996)

表 1 说明, 金刚石很古老, 比携带它们至地表的金伯利岩和钾镁煌斑岩形成时代早得多; 金刚石在被携带到地表以前, 通常在地球深部存贮了很长时间, 金刚石的成因与金伯利岩和钾镁煌斑岩没有联系。

早已形成的金刚石在地幔中如何保持稳定? 又如何被稳定地带出? 是金刚石成因中另两个必须考虑的问题。地质研究表明, 克拉通是从较小的和分散的陆核开始, 然后逐步发展增生的, 总的趋势是从活动到稳定 (朱夏, 1986)。因此, 克拉通将随地质构造演化的进行将变得越来越稳定, 因而其下地幔中金刚石的稳定较易保持。但在金刚石随岩浆从地幔向地表迁移的过程中, 温度和压力将会发生突变。从金刚石-石墨的形成相图(图 2)可知, 这种突变会使金刚石发生相变而使之全部或部分转变成石墨。因此金刚石的迁移机制是金刚石能否保存下来的关键 (廖宗廷等, 1996)。一种途径是要求岩浆从地幔到地表的整个过程在瞬时间内完成, 即要求上升速度极快, 其速度要在 70 公里/小时以上。但从地质构造分析, 要造成这种条件是比较困难的。基于许多金刚石矿床的形成, 不但是产于稳定克拉通内, 而且是在克拉通有较厚的沉积盖层并其下隐伏规模较大深断裂的部位。世界许多金刚石矿床以及我国辽宁瓦房店金刚石矿就产于这样的背景之下。因此, 克拉通有较厚沉积盖层下隐伏深断裂的条件可以形成金刚石新的带出机制, 即由于深断裂深达地幔, 构成岩浆上升的通道, 含金刚石的岩浆就沿着这种断裂发生底辟; 上覆的沉积盖层造成的封闭条件使岩浆在上升过程中的温度和压力保持不变而使金刚石捕虏晶继续保持稳定。底辟的高温高压岩浆若受如断裂走滑等形式构造作用的影响, 就可爆发形成漏斗状或蘑菇状含金刚石岩筒, 从而形成含宝石级金刚石的金刚石原生矿床。

二、刚玉类宝石矿床

(一) 基本特征

1、一般特征

刚玉类宝石是指以矿物刚玉(Corundum)为原料的宝石。由于其形成条件不同,刚玉中可含有不同的微量元素(致色元素),因而呈不同的颜色,其中呈红色者为红宝石;呈其它所有的颜色皆称蓝宝石。宝石级的红宝石和蓝宝石是很稀少的,因而,无论在古代或是在现代,红宝石和蓝宝石都是非常贵重的。古代曾有人用“宝石之王”和“宝石之冠”来称呼红宝石,并被人们看作是吉祥如意的象征;蓝宝石则被看作是忠诚和坚贞的象征。它们还与钻石、珍珠一起成为英帝国国王、俄国沙皇皇冠上和礼服上不可缺少的饰物。很多都被珍藏、陈列在世界各地的博物馆里。我国清朝时代,亲王、一品官、三品官等头上的帽子也要用红、蓝宝石作为顶戴标志。在现代,红宝石和蓝色蓝宝石与钻石、祖母绿和金绿宝石一道被称为世界五大著名宝石。

2、化学成分、结晶学特征和物理性质

化学成分: Al_2O_3 , 即氧化铝。当不含杂质元素时。刚玉为无色。当含 Cr 等其它杂质元素时则呈现各种不同的颜色。

结晶学特征: 三方晶系, 结晶习性为完善的晶体常为六边形筒状或柱状, 有时呈板状, 具双晶; 表面特征为在锥和柱面上常有横的条纹。这种特征加上三角生长标志提供了良好的识别特征。解理差, 但由于叶片状双晶的原因, 发育有平行底面和菱面的裂开。断口为贝壳状。

物理性质: 硬度 9, 韧度极好, 比重 3.9-4.1, 折射率: 1.76-1.78, 折射率 0.008, 一轴晶, 负光性, 色散低 (0.018), 玻璃光泽至亚金刚光泽, 透明—不透明, 颜色变化大, 并决宝品种, 即红色者为红宝石, 其它颜色者为蓝宝石, 最重要的是星光效应, 极少见猫眼效应, 也有似变石的变色效应, 多色性: 中等到强, 并取决于品种。

(二) 红宝石矿床

1、产在大理岩中的红宝石矿床

(1) 产地: 缅甸抹谷、阿富汗、帕米尔、巴基斯坦北部等。

(2) 产出环境: 产于印度次大陆的阿尔卑斯-喜马拉雅带内。红宝石无例外产在太古代和元古代地块的隆起上, 隆起由深变质岩组成。

(3) 矿床成因: 由区域变质作用形成的。

2、赋存在含钙长石和蛭石的奥长伟晶岩中的红（蓝）宝石矿床

（1）产地：坦桑尼亚的翁巴塔尔矿床。

（2）成因：伟晶岩矿床。

3、产在强变质层状斜长岩杂岩体中的红宝石矿床

（1）产地：澳大利亚哈茨山。

（2）成因：深部形成红宝石斑晶-斜长岩带出-岩体侵入使其变质-红宝石斑晶再结晶生长。

4、产在玄武岩中的红宝石矿床

（1）产地：泰国洛波、博赖及柬埔寨、越南等。

（2）成因：火山玄武岩矿床。

5、产地片麻岩、变粒岩和云母片岩中的红宝石矿床

（1）产地：新疆阿克陶县、美国和锡兰等。

（2）成因：变质作用

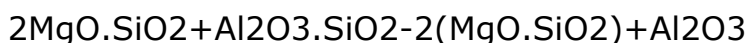
（三）蓝宝石矿床

1、产地玄武岩（特别是碱性玄武岩中）的蓝宝石矿床

（1）产地：山东省昌乐、澳大利亚新南威尔士州、东南亚等。

（2）成因：与玄武岩浆作用有关。过去有两种说法，一是蓝宝石很早以前就形成于上

地幔，后被玄武岩浆捕获；另一种观点认为是玄武岩早期岩浆结晶的产物。新的观点认为，蓝宝石是由于橄榄玄武岩浆中的橄榄岩与地壳中的氧化硅发生反应形成的。如：



2、产在花岗伟晶岩同白云质岩石接触带及内接触带的蓝宝石矿床

（1）产地：典型的是克什米尔。

（2）成因：一般认为是气成热液与伟晶岩发生反应交代长石的结果。与此同时形成双

交代带——阳起石-透闪石带。

3、产在正长石与大理岩内接触带的蓝宝石矿床

(1) 产地：典型的是斯里兰卡。

(2) 成因：被认为是正长石岩浆脱硅化的产物。

4、产在碱性-基性煌斑岩中的蓝宝石矿床

(1) 产地：唯一的实例是美国蒙大拿州。

(2) 成因：有两种观点：其一是岩浆熔融体与所捕获的氧化铝围岩反应生成；其二是蓝宝石直接从岩浆熔融体中结晶。

5、产在超基性岩交代岩—云母岩中的蓝宝石矿床

(1) 产地：美国、南非、坦桑尼亚和印度。

(2) 成因：变质交代成因。

三、绿柱石类矿床

(一) 一般特征

绿柱石(Beryl)类宝石是指以矿物绿柱石为原料的一类宝石的总称。由于绿柱石形成条件不同，使其中所含的致色离子不同而呈现出不同的颜色，因而在宝石学中的名称也就不同，即可根据颜色分出不同亚类的宝石。不同亚类宝石间的价格相差也较大，特征也明显不同。常见有以下几个亚类：

1、绿柱石含致色离子铬者，其颜色为翠绿色，这就是十分珍贵的祖母绿(Emerald)，它被誉为绿色之王而深受人们喜爱。自古以来，祖母绿和钻石、红宝石、蓝宝石、金绿宝石一起被当成是世界五大珍贵宝石。在国际市场上，优质祖母绿的价格比钻石还贵。

2、绿柱石含致色离子铁者呈天蓝色或海水蓝色，这就是海蓝宝石(Aquamarine)，它是近期崛起的、受欧美人喜爱的宝石品种。

3、绿柱石含致色离子铯、锂和锰者，其颜色呈玫瑰红色，称铯绿柱石(Morganite)，其英文名称来源于美国宝石爱好者(J.P.Morgan)的名字。

4、绿柱石含铁并呈金黄色、淡柠檬黄色者称金色绿柱石(Helliedor)，其英文名称不源于希腊语的“太阳”。

5、绿柱石含钛和铁者，呈暗褐色，称暗褐色绿柱石(Dark Brown Beryl)。

(二) 祖母绿矿床

1、哥伦比亚的祖母绿矿床

矿床主要产于含沥青的黑色页岩中。其成因有以下几种认识：

(1) 远程低温热液矿床。

(2) 变质矿床

(3) 卤水矿床

(4) 沉积作用产生的矿床。

解决问题的关键是铍的来源。

2、津巴布韦的祖母绿矿床

矿床产物津巴布韦地盾的太古代结晶岩石中。周围有花岗伟晶岩分布，矿床可能为变质矿床，也可能是接触交代矿床。

3、俄罗斯乌拉尔祖母绿矿床

俄罗斯乌拉尔祖母绿矿床主要产于角闪岩、角闪片岩、斜长片麻岩等中。

其成因有两种看法：

(1) 祖母绿的形成是由于富含水蒸气、氟和其他挥发份的伟晶岩熔融体同超基性岩发生反应的结果。

(2) 伟晶岩矿床。

4、印度拉贾邦的祖母绿矿床

该地的祖母绿矿床常不均匀地分布在伟晶岩与超基性岩接触带中的黑云母片岩中。

其成因一般认为与花岗伟晶岩侵入到受变质的超基性岩中并发生交代作用相关。

(三) 海蓝宝石矿床

1、产地：世界优质海蓝宝石主要来自于巴西（占全世界 70%），其次有中国、美国、加拿大、马达加斯加等。

2、成因：主要是伟晶岩矿床。

（四）其他绿柱石矿床

在世界较多地方有产出，其成因主要是伟晶岩矿床。

四、猫眼石和变石矿床

（一）一般特征

金绿宝石英文名称 **Chrysoberyl**。这个词来源于两个意思，分别为金黄色 (**chryso**) 和绿柱石(**beryl**)，是希腊语词汇。它们高度概括了金绿宝石的颜色特征。一般情况下，金绿宝石呈浅茶水一样明亮的褐黄色和绿黄色，具猫眼效应和变色效应的金绿宝石属高档宝石品种。

猫眼石(**Cat's eye**)金绿宝石中含有定向密集排列的绢丝状管状包体。经切磨成弧面型宝石后能呈现明显的猫眼效应，这种金绿宝石就称为猫眼石。

变石亦称亚力山大石(**Alexandrite**)，它具有在阳光下呈绿色，烛光和白炽灯下呈红色的变色效应。诗人称它是“白昼里的祖母绿，黑夜里的红宝石”。据人们传说，变石是在 1830 年俄国沙皇亚力山大二世生日那天发现的，故将其命名为亚力山大石，又因为变石出现的红、绿色，是俄国国家皇家卫队的代表色，因此，变石在当时的俄国倍受人们宠爱。

化学成分：**BeAl₂O₄**，即铍铝氧化物，斜方晶系，扁平状或板状晶体，垂直的(轴面的)面上常有条纹。许多双晶显六边形结晶习性，可通过假六边形晶面上的凹角辨认出来，这些假六边形双晶常称之为三连晶，差到中等的柱状解理，硬度 8.5，比重 4.72，折射率 1.74-1.75，双折射率 0.009，二轴晶，正光性，玻璃光泽，色散低(0.014)，多色性中等，但在优质变石中明显。

（二）变石(亚历山大石 **Alexandrite**)和猫眼石矿床的典型产地

1、巴西米纳斯吉拉斯

是世界上主要的变石和猫眼石产地，储量大、种类丰，且原生矿和次生矿均具有工业价值。只有斯里兰卡、马达加斯加和缅甸可与之比拟。

2、印度喀拉邦南部含金绿宝石矿床

3、斯里兰卡金绿宝石矿床

4、俄罗斯乌拉尔变石矿床

（三）金绿宝石的成因

世界上主的金绿宝石产在老变质岩地区的花岗岩、蚀变伟晶岩中，俄罗斯乌拉尔的变石则产在超基性的蚀变岩——云母岩中，与祖母绿共生。但真正意义上的金绿宝矿床大都产于砂矿中，如斯里兰卡的猫眼石矿床。巴西米纳斯吉拉斯的金绿宝石矿床则既产于伟晶岩中，又产于砂矿中。

五、其他宝石矿床

（一）锆石

1、概述

人们称它是天生的假钻石，因为它的外貌和钻石很相似。尤其是无色的锆石，刻成戒面以后与钻石确实不易区分。大约在本世纪 50 年代以前，用锆石来冒充钻石的事是很多的。锆石还有泰国钻、斯里兰卡钻的别称。因此,购买钻石时应十分小心。

锆石可分成高型和低型两种，高型锆石呈白色和褐红色，是岩浆早期结晶的产物；低型锆石产于岩浆晚期，由于这类锆石中放射性元素含量高，导致晶格因幅射而遭到破坏，使之具非晶质的特征。低型锆石多呈绿色或暗绿色。通常说的锆石都指高型锆石。

锆石的化学性质： ZrSiO_4 ，即锆的氧化物，四方晶系，晶体呈四方柱和四方双锥，偶见似八面体的双锥晶体，有时可见膝状双晶，也有磨圆或水蚀卵石。它的颜色种类很多，金刚—亚金刚光泽，色高(0.038)，透明，比重 4.6-4.8，折光率 1.925-1.984，双折射率很高为 0.059，一轴晶，正光性,这些都是高型锆石的性质，低型锆石和它则完全不一样。

2、矿床成因和产地

锆石是一种分布很广的岩浆岩副矿物，多产于花岗岩、正长岩、花岗闪长岩、霞石正长岩中，也可在碱性玄武岩中成为巨晶矿物。但宝石级锆石主要产于变质岩或玄武岩中。如同大多数宝石一样，主要有意义的矿床都产在残坡积、冲积等矿床中。

锆石的主要产地在柬埔寨、泰国、缅甸、斯里兰卡、法国、澳大利亚、美国。我们国家的锆石几乎都是同蓝宝石共生于砂矿中，如福建明溪、海南文昌、山东、苏北、东北等省有产出。

(二) 水晶

1、概述

水晶，古代有人称它为水精，认为它是由冰变来的，水晶实际上是结晶完美的 SiO_2 。三方晶系，常发育成完好柱状晶体，常见呈六方柱，菱面体，三方双锥等。并见有横纹和双晶，水晶的常见晶形见图 5—2。水晶有无色、紫色、黄色、褐色、灰黑色的，没有鲜红、绿及蓝色的水晶，透明，玻璃光泽，一轴晶，正光性，折光率 1.544-1.553，双折射率 0.009，色散低(0.013)，硬度 7，比重 2.65，见壳状断口。

水晶的品种有：无色水晶、紫水晶、黄水晶、烟晶、茶晶及墨晶、发晶、水胆水晶、蔷薇水晶。

2、成因类型及产地

水晶矿床主要为花岗伟晶岩型和中温热液脉岩型。伟晶岩型水晶矿床常与花岗岩侵入活动有关，多出现于花岗岩体的内、外接触带。伟晶岩体多呈脉状，常有分带现象及晶洞构造。热液脉型水晶矿床主要分布于硅质岩层和碳酸盐岩石中，呈脉状体产出，脉体可呈透镜状、网脉状、单脉状。

紫晶的成因类型除与水晶的上述成因类型相同外，还见于玄武岩的气孔中。紫晶形成于较特殊的地球化学条件下，形成紫晶的热液必须是富铁、贫锆的。氧逸度高，有三价铁的存在。

巴西是水晶的主要产地。此外还有马达加斯加、日本和美国。我国内蒙、新疆、江苏、山东、河南等地均有产出，其中江苏北部的东海县是我国有名的水晶产地。

紫晶的产地国外也是以巴西为主，马达加斯加和前苏联乌拉可等地也有出产。我国的山西省繁峙县有质量很高的紫晶产出。另外山东、新疆等地也有产出。

（三）尖晶石

1、一般特征

尖晶石包括一组矿物的类质同像系列，种类很多，能做宝石原料的只有镁尖晶石，因为它的颜色鲜艳、透明度好。

尖晶石化学成分：分子式为 $MgAl_2O_4$ ，其中 Mg^{2+} 可被少量的 Fe、Zn、Co、Mn 代替，而 Al^{3+} 可被 Fe^{3+} 和 Cr^{3+} 代替。等轴晶系，晶体常呈八面体，有时有双晶，（见示意图）。

尖晶石颜色多种多样，但以红色和紫色为主，透明—不透明，玻璃光泽，具贝壳状断口，硬度 7.5-8，比重 3.58-4.62，折光率 1.71-1.83，宝石尖晶石通常为 1.718。

尖晶石的品种有：红色尖晶石、蓝色尖晶石、象变石的尖晶石、星光尖晶石、人造尖晶石等。

2、成因类型及产地

尖晶石类宝石矿床主要为接触交代型(矽卡岩系)矿床，矿体赋存于镁质矽卡岩带中，与之有关的砂矿是最重要的矿床类型。

红色尖晶石主要产于斯里兰卡，缅甸和泰国。蓝色尖晶石在斯里兰卡产出较多，在非洲的尼日利亚也有所发现。

（四）橄榄石

1、一般特征

橄榄石类宝石是古老宝石之一，古代称之为“太阳宝石”认为佩带它可以驱邪护身。橄榄石被列为八月生辰石，且有“夫妇幸福”的象征。

橄榄石类矿物是镁铁硅酸岩盐的类质同象系列产物,其分子式为 $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_4$ 。属于宝石级橄榄石,多为镁橄榄石和贵橄榄石。镁橄榄石中 Mg 含量在 90%以上,Fe 不足 10%。贵橄榄石,Mg 约为 70-90%,Fe 为 10-30%。斜方晶系,晶体呈短柱状(示意图),完好晶形者少见,多为不规则柱状,颜色为微带黄的绿色(橄榄绿色)、黄绿色、褐绿色,透明一半透明,玻璃光泽,硬度 6.5-7,比重 3.34,折光率 1.65-1.69,双折射率 0.035-0.038,有较明显的双折射现象,通过台面可见其底部边棱的重影。

2、成因类型与产地

宝石级橄榄石大多产于玄武岩中的橄榄岩(或称地幔岩)包体中。我国东部大陆地区广泛分布新生代玄武岩,橄榄岩包体即存在于碱性玄武岩中,见于火山口附近。我国河北张家口、吉林蛟河均有这一类型的橄榄石矿床,且是世界优质橄榄石产地。黑龙江、山西、新疆等地也有发现。此外,美国亚历桑纳州、夏威夷、苏联、巴西、澳大利亚、捷克、肯尼亚均有橄榄石矿。

(五) 托帕石

1、一般特征

托帕石中国矿物学书上称“黄玉”,但该名称容易被误解为黄色软玉.也有人将托帕石称为黄晶。然而“黄晶”容易和黄色水晶混淆。因此用音名称“托帕石”最好。托帕石也曾被称为黄宝石,其实它的颜色不仅限于黄色,还有粉红、橙红、兰、紫等色,无色者也颇常见。托帕石被列为十一月生辰石。

化学成分: $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F,OH})_2$,斜方晶系,晶体多为柱状(图),柱面常有纵纹。采自砂矿中的托帕石多被磨蚀为椭圆形。颜色常见者为黄色,黄褐色和无色,其他也有粉红、橙红、兰、紫等色,透明,玻璃光泽,具有平行底面的完全解理,易裂开,硬度 8,比重 3.53-3.56,

折光率无色、褐色及兰色黄玉为 1.61-1.62,双折射率 0.010,红色、橙色、黄色和粉红黄玉为 1.63-1.64,双折射率为 0.008。在长波紫外光照射下,黄色、浅褐色和粉红色托帕石显橙-黄色荧光。粉红色托帕石在短波紫外光照射下有明显的浅绿色荧光,蓝色和无色托帕石无荧光或呈很弱的绿黄色荧光。

2、成因类型及产地

宝石级托帕石主要产于花岗伟晶岩和气成-热液云英岩中,也产于酸性火山岩气孔中。砂矿型托帕石是很重要的成因类型。

世界上重要的托帕石产地是巴西的米纳斯吉拉斯伟晶花岗岩中。此外,斯里兰卡、前苏联的乌拉尔、中国、美国、缅甸、非洲、澳大利亚等地均有产出。中国的托帕石主要产于云南、广东、内蒙古等地。

(六) 长石类宝石(**Feldspar**)

1、概述

长石是地壳中分布最广的硅酸盐矿物,约占地壳重量的 50%以上。它是一个矿物族(群),其中又分两个亚族,即钾长石亚族和钙钠长石(斜长石)亚族。钾长石(亦称碱性长石)亚族包括正长石 $K(AlSi_3O_8)$,透长石 $K(AlSi_3O_8)$,微斜长石, $(K,Na)(AlSi_3O_8)$ 三种矿物。斜长石亚族包括两个基本矿物类型即钠长石 $Na(AlSi_3O_8)$ 和钙长石 $Ca(AlSi_3O_8)$ 。这两者的成分又常以不同比例混合在一起,从而派生形成一系列过渡性矿物。根据钠长石分子(以 **Ab** 表示)和钙长石分子(以 **An** 表示)相对含量的不同而派生出的一系列矿物。

主要的长石类宝石有月光石(**Moonstone**)、日光石(**Sunstone**)、天河石(**Amazonite**)、拉长石(**Labradorite**)。

2、成因类型与产地

1 月光石:冰长石主要产于低温热液岩脉中。透长石则是高温下结晶的产物,主要产于粗面岩、响岩、石英二长岩、钾质流纹岩、中酸性凝灰岩中,多呈斑晶产出。产地主要为斯里兰卡、缅甸、印度、澳大利亚马达加斯加、坦桑尼亚、美国和巴西。

2 日光石:主要产于片麻岩中的石英脉(如挪威),伟晶岩(如印度、马达加斯加)中。优质月光石主要产自美国(新泽西州和犹他州)、加拿大和前苏联。

3 天河石:产于伟晶岩中.产地有美国、马达加斯加、津巴布韦、澳大利亚和前苏联。我国天河石以新疆阿勒泰的花岗伟晶岩型天河石矿床最著名。此外,在云南西北贡山县至泸水县间的福贡附近,发现有宝石级天河石伟晶岩矿床。

4 虹彩拉长石:主要产于辉长岩、斜长岩、辉绿岩、玄武岩及辉长伟晶岩中。优质宝石级新红拉长石产于美国俄勒冈来克县沃沦谷、得克萨斯州阿尔平一带和加利福尼亚州莫克县和犹他州米来得县、前苏联、马达加斯加等地。

(七) 电气石(Tourmaline)

1、概述

电气石的名称来源于它自身所具有的热电性质。其化学成分为铝、镁、铁的复杂硼硅酸盐，三方晶系，电气石属于没有对称中心的一类晶系，其主轴(垂直轴)是极化的。极性在下列特性中表现出来，加热时，这种性质在晶体两端产生相反的电荷。晶体两发育不同是单形，电气石晶体通常终止于被称为单面的单形，或终止于锥。锥面在晶体的另一端不重复，所以它是不是双锥。晶体常呈柱状，柱可能是三方或六方的，三方柱的晶面常常起，通常显示清晰的垂直条纹。贝壳状断口，硬度 7-7.5，比重 3.01-3.11，折射率 1.62-1.65，双折射率 0.018(0.014-0.021)，一轴晶负光性，玻璃光泽，色散低(0.017)，颜色可呈各种颜色。电气石的颜色范围可能比别的宝石变化都大，杂色电气石也常见，其分带可能与晶体底面平行或是环绕 C 轴呈环带状。

2、电气石的成因类型及产地

电气石通常产在花岗伟晶岩及钠长石锂云母云英岩中，但具宝石价值的电气石多产在强烈钠长石化和锂云母化的微斜长石钠长石伟晶岩的核部。

电气石主要产地是：美国、前苏联、巴西、马达加斯加、中国和劳动保护里兰卡等。

(八) 石榴石(Garnet)

1、一般特征

石榴石的英文名称是 Garnet 拉丁文 Granatum,意思是"象种子"或"有许多种子"。也就是说石榴石的形态和颜色很象石榴中的籽,这个名字准确的刻划出了石榴石矿的外表特征。化学成分:石榴石族有六个个种，其通用分子式为 $L_3 M_2 (SiO_4)_3$ 。为些种构成两个类质同象系列,即铝榴石系列和铬钙铁榴石系列。

(1) 在铝榴石系列中,L 可以是 Mg,Fe 或 Mn,而 M 则永远是铝,该系列有三个品种:镁铝榴石(MgAl 榴石),铁铝榴石(FeAl 榴石)和锰铝榴石(MnAl 榴石)。

(2) 在铬钙铁榴石系列中,L 永远是 Ca,而 M 可以是 Cr,Al 或 Fe,这个系列有三个品种:钙铬榴石(CaCr 榴石),钙铝榴石(CaAl 榴石)和钙铁榴石(CaFe 榴石)。

(3) 替代现象在每个类质同象系列中最为广泛,但系列之间也可以在较小程度上发生.石榴石的成分很少与上述纯端员成分相一致,其物理性质也是变化的。

立方晶系,菱形十二面体,较不常见的有中角八面体(偏方面体),还有滚圆卵石,解理无,折射率,单折射,常见异常双折拆射,特别是在镁铝榴石-铁铝榴石系列中。

2、石榴石宝石的成因及主要产地

石榴石是自然界最常见的矿物之一,其成因类型广泛。在大多数矿床类型中都有石榴石产出。镁铝榴石主要产于岩浆型矿床中,产地主要有南非,斯里兰卡,美国和独联体等,铁铝榴石主要产于变质型矿床中,产地主要有印度,斯里兰卡,马达加斯加,坦桑尼亚,赞比亚,美国和巴西等。锰铝榴石在各类矿床中都有。产地主要有斯里兰卡、缅甸、巴西及马达加斯加等。钙铝榴石主要产于冲积型和变质型矿床中,主要产地有巴西、加拿大、肯尼亚、坦桑尼亚、巴基斯坦、南非、新西兰、美国等。钙铁榴石主要产于冲积型矿床中,主要产地是俄罗斯的乌拉尔山脉。

第四章 玉石矿床

一、硬玉（翡翠）矿床

（一）产地

1、主要产地

翡翠产于与我国云南省德宏、保山毗邻的缅甸。但据历史记载，有“翡翠产于云南用场副、永昌府”之说，这是由于当时的翡翠产地宝井，即今天的缅甸猛拱（又叫抹谷，Mogok）曾属云南永昌府孟密宣抚司管辖之故，而永昌即为今天的保山市。

当今的缅甸是世界上几乎所有的商业级翡翠的来源地，主要产地位于缅北猛拱西北部的乌尤江上游三条支流流域内，（图 4-1），产区方圆约 13 公里。这是从 3 世纪初就开始开采的翡翠的冲积矿床和冰川砂矿，18 世纪后发现的翡翠原生矿。

2、其它产地

除此以外，世界上的翡翠产地尚有：

（1）危地马拉：危地马拉的玉石矿发现于莫塔奎山谷靠近曼泽村的地方，但其与缅甸翡翠不同，它不是钠质玉，而是透辉石，除含有一般的钠和铝外，还含有大量的钙和镁，而且，其商业价值及储量尚有待于研究和评价。

（2）美国的加利福尼亚：1939 年，加利福尼亚的桑木利脱克利尔斯普林地区发现了白色硬玉岩和深绿色不透明硬玉岩。另外在加利福尼亚的伊尔河北福克处和所罗马县也发现了小规模硬玉矿。但上述矿均无开采价值。

（3）日本：日本的翡翠发现于新鸿府的法来村，其翡翠与钠长石和石英伴生，但多半不能雕琢，无较大的经济价值。

（二）矿床类型及成因

翡翠矿床有原生矿床和次生矿床两大类型。

1、原生翡翠矿床

(1) 分布：图所示乌尤江流域的翡翠原生矿床中，质量最优者属度冒矿床。度冒矿床位于蛇纹岩化的橄榄岩体内，靠近岩体与蓝闪石片岩和钾钠长石片岩的接触带属气成热液双交代型矿床。度冒翡翠矿体呈脉状、透镜状和岩株状产出。沿走向长 270 米，矿体具环带状构造，由中心向外分别为：中心部位-硬玉岩带（厚 2.5-3 米），由白色硬玉矿物组成，产祖母绿色优质翡翠；向脉壁方向渐变为钠长石-硬玉岩带和细粒钠长石岩带，产块状、角砾状艳绿色硬钠玉（含铬大于 3%），俗称“不倒翁”。钠长石带的两侧又各有一个碱性角闪岩带。

(2) 成因：关于翡翠矿床的成因，尚无人作过深入系统的研究，但已有人提出过不同的认识，如热成因说（M. 拉克鲁瓦，1930），变质成因说（W.P. 罗弗，1955）和热液交代说（И.С 柯尔仁斯基，1953）等，这些认识都是在没有经过广泛深入研究的前提下得出的，因而其认识是不符合客观实际的。我们通过对缅甸翡翠矿床的研究有如下认识：

A、翡翠矿床一般分布于板块俯冲碰撞带上，而且常分布于双变质带的高压低温变质带中。

B、翡翠矿床的围岩原岩主要是一套基性-超基性岩，其次是少量含盐高的软泥。这些软泥实际上可能是封闭海湾的沉积物，由于板块俯冲，它们相互混杂形成混杂堆积。

C、矿床一般分布于断裂作用最发育的部位。实际上，许多硬玉岩就是构造岩。

鉴于上述几方面的特征，作者初步把翡翠的成因归纳为以下几点：

首先，是大洋板块向大陆板块俯冲，使得洋壳残块与大陆边缘的含盐软泥相混杂，形成混杂堆积，这种混杂堆积物即成了形成硬玉岩的物质基础。

第二，大洋板块强烈的俯冲作用造成的高压、低温物化条件使得混杂堆积物混熔并结晶，形成硬玉岩、蓝闪石片岩、钠长岩等矿物和岩石。

第三，强烈的构造作用（主要是断裂作用）使原来形成的岩石强烈破碎，形成构造角砾岩、糜棱岩、千糜岩，与此同时，超基性岩受热液淋滤，使其中的 Cr, Fe, Mn 等致色元素进入溶液而形成“染色剂”，染色剂沿构造裂缝上升并与强烈磨细的硬玉岩相混合。

第四，被磨细的硬玉岩重新胶结、结晶形成了各种颜色的翡翠。

因此，翡翠形成的条件十分苛刻，因而全世界分布甚少，高质量的翡翠更少。

2、次生矿床

（1）产于冲积砂层的翡翠矿床：由翡翠原生矿床风化剥蚀搬运到乌尤江流域沉积而成。主要分布在乌尤江上游度冒之东南的坎底、蒙冒、潘冒、卡杰冒、桑卡等村庄附近的河谷中，其中蒙冒是最大的翡翠冲积砂矿床，并以坎底玉和蒙冒玉较为有名，共同特点是以黑皮者居多。

（2）产于砾岩层的翡翠矿床：巨厚的第三纪-早第四纪砾岩层分布在缅甸北部，这些砾岩层是片岩、蛇纹岩、辉长岩等岩石的浑圆形的碎屑，经砂-粘土或钙质胶结而成。砾岩层组成乌尤江高层阶地，覆盖着山区平原。砾岩露头可长达数十公里，厚约 300 米，有些层位富含翡翠漂砾和卵石。含翡翠的砾岩主要集中在乌尤江河谷的鞋帕等地及乌尤江支流的马蒙、潘马等地。乌尤江流域砾岩层是玉雕翡翠的主要来源。

二、软玉

（一）产地及资源量

中国软玉矿床最著名的是新疆和田玉。“万方乐奏有于田”、“天下美玉出和田”……，光彩照人的和田玉远在 7000 多年前即被先民发现、利用，并传入我国中原地区。和田玉作为友谊的桥梁和团结的象征照耀着历史长河，周穆王亲自到昆仑山采玉，西王母曾三赴中原献玉，这些都是有文字记载的历史事实，历史考证表明，远在丝绸之路以前，在中原到中国西北边陲之间就存在玉石之路，“玉门关”就是玉石之路上的一个重要的驿站。自玉门关往西，玉石之路分为南北两条，北路由和田经莎车、喀什、库车、吐鲁番、哈密到玉门关，南路则由和田到且末、若羌、楼兰到玉门关。玉石之路直到清朝还异常繁忙，仅公元 1762-1790 年，清朝曾先后多次在莎车开采玉料、玉册达 800 片，玉印材料 50 方，重 3 万公斤以上（宋建中，1996）。现存北京故宫的“大禹治水玉山”，采自新疆的密尔岱山，这块重 1 万多斤的玉石沿玉石之路，是几百匹马、几千人用了数年时间才最终运抵京城。

中国软玉除了和田玉以外还有两种类型，一种是产于超基性岩中的玛纳斯碧玉；另一种是产在变质岩中的龙溪玉较为可观。玛纳斯碧玉的原生矿床分布于天山北坡的玛纳斯县南部。清代在玛纳斯曾设绿玉厂，乾隆 54 年（1789 年）封禁，多年不采使该产地逐渐不为人所知，直到 1973 年采矿点才被重新发现，两年后一块重达 750 公斤的大碧玉被发现，这就是后来扬州玉器厂琢成的国宝“石刻聚珍图”。龙溪玉产于四川汶川县龙溪乡，其特征见表 4- 3。已有文物表明，四川在古代就开采利用了软玉。

表 中国部分软玉矿地质特征简表

产地名称	地质特征	玉石质量	开采情况
新疆玛纳斯县黄台子	矿化带在华力西期超基性岩体上盘。矿体产于俘虏体中贯入的蛇纹岩岩枝接触带上，长数米至十余米，宽数十厘米至一米余，延深 1~5 米	碧玉，多为一级到三级	开采较盛
四川汶川县龙溪乡	产于志留系碳酸盐中，中厚层状透闪石化大理岩中央软玉多层。矿化带长 98 米，厚 5 米，矿体长 0.2~1 米，厚一般 0.1~0.2 米，个别 1.25 米	为绿色，还有黄及黄绿色，多裂纹	曾开采
四川省石棉县	蛇纹岩中有酸性岩脉贯入，软玉产于接触带上	浅色碧玉	开采石棉时顺便开采
青海省祁连县转刺沟	产于超基性岩中，呈扁豆状、透镜状，一般块度仅几十厘米，大者 4.2 米	白软玉，主要由透闪石组成，其次有方解石。墨绿色玉由淡斜绿泥石组成	已利用
西藏日喀则，拉孜，	在超基性岩的蛇纹岩中，破碎带发育	碧绿色软玉	1949 年之前作为

隆葛，昂仁			宝石材料 曾采
台湾花莲 县丰田乡	在蛇纹岩与围岩接触带上，矿体为透黄及绿色玉，有猫眼玉	镜状，长一至数米，厚一般一米	开采很盛
新疆和田- 于田	为海西期闪长岩与前寒武纪结晶灰岩接触交代矿床，矿体范围大，呈囊状，透镜体状，产于大理岩中	白玉，青玉为主	开发较盛
新疆且末	为片麻岩状花岗岩与大理岩接触交代矿床，矿体产于接触带上，呈不规则团块状	以青白玉为主	开发较盛

和田玉分布于塔里木盆地之南的昆仑山-阿尔金山地区，和田玉成矿带断续绵延长达 **1100** 多公里，在高山之上分布着和田玉的原生矿床及矿点（图 4-2）。

（1）昆仑山产区：该区是中国软玉的主要产地，东起且末，西至塔什库尔干，在长达 **1200** 公里的昆仑山麓和各条河流的河床中，已发现软玉矿体和矿点 **20** 多处，但整个昆仑山产软玉的可分为三个矿区。

（2）和田-于田矿区：该矿区产有白玉、青玉和青白玉。主要矿体有四处，皮山县二处，和田一处，于田县一处，该矿区所产的软玉质量较高。

且末矿区：该矿区也主要产白玉、青玉和青白玉，质量同和田-于田矿区。主要矿床已知有三处，均分布于且末县境内。

（3）莎车-塔什库尔干矿区：所产软玉以青玉为主，也有少量白玉。矿床主要分布在莎车县北塔什库尔干县内。该矿区是我国古代采玉的重要场所，一些大块的玉料（如重达万斤的“大禹治水玉山子”）大都产于该矿区。

（4）天山产区：天山产区的软玉为碧玉，因具体产地在玛纳斯县境内，故又有“玛纳斯碧玉”之称。

（5）阿尔金山产区：产于阿尔金山地区的软玉，今称“金山玉”。该产区所产的软玉除少量青玉外，主要是碧玉，特征与天山产区的软玉极为相似。

不少河流中产出和田玉的子玉，其中最著名的要属喀拉喀什河和玉龙喀什河。人们首先发现和利用了和田玉的原生矿床，目前已知的和田玉原生矿床有 **18** 处（图 4-2）。古代的和田玉大都是“水产”，估计其总产量没有详尽的统计，也无史料记载；二是即使象清朝那样由皇家垄断和田玉开采的朝代，由于民间私采禁不胜禁，仍无法确知其产量。唐延龄等（1994）估计从夏到清朝和田玉的总产量为 **9968** 吨，平均年产量约 **2.5** 吨。这一数据比现代子玉最低收购数 **3.5** 吨少了 **1** 吨，考虑到现代广泛得多的开采活动，上述估计有一定的合理性。和田玉原生矿床和世界上其它软玉一样，具有规模小，变化大的特点，矿体规模一般长几米到几十米，宽几十厘米到几米，大多在一米以内，矿体延伸变化也大，一般单个矿体延伸只有几米到十几米，在矿化带延伸方向上可出现数个矿体，因此，这对探明和田玉的储量十分不利，另一方面，和田玉原生矿床多处交通不便的崇山峻岭地区，这也给探明其储量带来极大困难，应用矿床类比法和地质推断法，唐延龄等（1994）对分布在昆仑山和阿尔金山地区的和田玉资源量按以下三大类型进行了预测：

第一，已采矿山的保有资源量：共 **10** 处，保有资源量估计在 **3** 万吨以上；

第二，未采矿山资源量：共有 **6** 处，预计资源量在 **1.3-4** 万吨之间；

第三，可能发现矿床的源量：在昆仑山-阿尔金山和田玉成矿带上，大约每 **50-150** 公里有一个成玉地段，每个地段上有矿化带或矿床 **3-4** 个。据地质成矿条件分析，预计有 **10** 多处成矿地段，**305-50** 个玉矿，预计资源量为 **14-21** 万吨。

从上述预测来看，和田玉有较大的找矿前景，但由于交通不便，地质研究程度较低，加之矿体小而分散等因素，欲将和田玉的资源量变成可供开发的资源量，尚须长期不懈的努力。

（二）矿床类型

按成因类型，和田玉可分为内生和外生矿床两大类，内生矿床为接触交代矿床，外生矿床又可分为坡积型、冲积型和冰渍型。

1、内生矿床

和田玉为典型的接触交代矿床，它产于中酸性侵入岩与白云石大理岩接触交代蚀变带中，矿体产于外接触带，主要位于透辉石带以外的透闪石化白云石大理岩中。矿体形状极不规则，有脉状，透镜状，囊状等，与围岩的界限呈弯曲的锯齿状。

2、外生矿床

（1）坡积型：这类矿床一般位于原生和田玉矿床下方的山坡上，是矿体风化崩解的矿石，因重力而移动，因坡势的陡缓而散布聚集成矿床。其规模一般不大，可与原生矿床同时开采。厚度一般为数十厘米至数米，块度数厘米至数十厘米，矿石因搬运不远未经磨蚀而保留有尖锐的棱角。

（2）洪-冲积型：这类矿床与流水有关，它位于和田玉成矿带分布范围内的河流中上游之河谷内，包括河床、漫滩、阶地和古河道。在河流的上游，因搬运距离不远，仍有一些不太尖锐的棱角，这种和田玉被称为“山流水”；河流的中下游地区，因搬运距离远，和田玉块已基本磨蚀圆滑，被称为“子玉”。子玉中的羊脂玉，色白滋润，凝如羊脂，非常难得。羊脂玉一般占子玉产量的5%左右，西昆仑山产子玉的河流，首推玉龙喀什河，次为喀拉喀什河。而白玉大部分产于玉龙喀什河。

（3）冰绩型：冰绩型和田玉分布在高山雪线下方，原生和田玉块受冰川刨蚀被携带至雪线附近的冰蚀槽谷中，随着冰川下滑，雪线的后移，冰绩物中的和田玉成为可采的矿床，此类矿床由于临近雪线，自然条件差，大规模开采的难度较大。

（三）和田玉的找矿方向

根据和田玉的矿床地质特征和前人的找矿经验，和田玉原生矿的主要找矿标志有：

（1）矿化地区：指和田玉矿体露头或矿化现象，这是最直接的找矿标志。

（2）围岩蚀变标志：在中酸性侵入岩与白云石大理岩接触带上的蚀变，如透辉石化、透闪石化和蛇纹石化等，是和田玉成矿的有利地区；

（3）围岩标志：与和田玉有关的围岩为白云石大理岩，呈透镜状或舌状体出现。

(4) 构造标志：和田玉一般产于断裂上盘的剪切节理中；

(5) 砾石标志：在河流中下游地区发现大的子玉，其上游应是寻找山流水和山料的有利地区；

(6) 古矿的不同标志：不少玉矿在古代即被开采，遗留下来的古矿是良好的找矿标志；

(7) 地名标志：古代产玉的地方往往以玉命名，如喀拉喀什（墨玉）、阿拉玛斯（宝石）、玉龙喀什等。

(8) 历史文献：和田玉开发利用历史悠久，古代文献也多有记载，从中可追索玉矿产地。

三、其它玉石矿床

(一) 绿松石矿

不同地区的绿松石矿床在地质产状和矿石类型上几乎完全一致。一般认为，绿松石矿床属外生淋滤成因，与含磷和铜的硫化物矿化岩石的线性风化有关。这些岩石可以是年轻的酸性喷出岩（流纹岩、粗面岩、石英斑岩、二长岩等）和含副矿物磷灰石的花岗岩，也可以是含磷的沉积岩和沉积变质岩。

绿松石矿体既可以直接产在斑岩铜矿床、多金属矿床、铀矿床和金矿床的成矿区里，也可以产在无工业意义的矿化区中。按岩石类型及成矿作用可将绿松石矿床划分为三大类：

1、斑岩建造多金属矿床硫化物风化型；

2、碳硅质板岩，片岩，页岩沉积淋滤型；

3、流纹岩，粗面岩线形风化淋滤型。世界上大多数大型绿松石矿床均属第三种类型。世界上绿松石的主要产地有：

伊朗：所产绿松石晶体品质极佳。

埃及：所产绿松石常呈绿蓝色或绿色。其外观和别的产地绿松石相比更显半透明状和玻璃质。

美国：产于内华达州、亚利桑那州和加利福尼亚州。美国产的绿松石质软，显粒状，常用树脂粘接，故比重下降为 2-2.5。

英国：产于 Cornwall 的 St.Austell 的瓷土矿中。但其大多数孔隙度极高。

中国：我国的绿松石矿在世界各地都很有名，主要集中分布于湖北、陕西和河南三省的交接地带，以郧阳绿松石矿最为有名。据马玉兴（1989）资料，郧阳地区绿松石矿在清朝就有开采，共有矿点 80 余处，古代开采的坑洞到处可见，均为顺层开采，一般深 10-30m，最深达 200m。从 50 年代开始，湖北省地质工作者对郧阳及邻近的绿松石矿进行了详细的地质普查工作，发现产地 40 余处。其绿松石主要产在碳质、硅质岩层中，含矿地层的时代是距今约 5 亿年前的寒武纪早期，矿体呈透镜状、结核状、镶嵌状、脉状填充等产出，属碳硅质板岩，片岩，页岩沉积淋滤型矿床。

郧阳县境内的重要绿松石矿床有云盖寺、火烧寺、上阳坡、广山寨、马家沟、姚家坡等矿山、此外还有竹山显的喻家崖、喇叭沟、马广土地岭、金莲洞等矿山；陕西省境内的响和县的月山潭、穆英寨、岩子沟、白龙洞等矿山。

除上述重要产区外，我国的绿松石产地还有新疆哈密、河南、浙川、云南安宁等地，但都产量较少。

（二）蛇纹石玉矿

蛇纹石玉属变质型矿床，一般有两种地质产状，一种是由富镁碳酸盐岩蚀变而成，如岫玉，信宜玉等；另一种是由超基性岩自变质作用形成的，为中低温热液矿床，如祁连玉等。两种类型由于其形成条件不同，因而具有不同的矿物化学成分和物理性质。两种类型的化学成分对比见下表：

表 两种类型蛇纹石玉的化学成分

成分	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MgO	CaO	MnO	Na2O	K2O	H2O
祁连玉	35.80	0.08	6.4	3.78	0.42	38.29	0.51	0.058	0.02	0.03	13.9

岫 岩 玉	44.57	0.05	0.20	---	0.62	41.17	0.13	0.015	---	0.60	12.0	0
-------------	-------	------	------	-----	------	-------	------	-------	-----	------	------	---

岫岩玉的质量远优于祁连玉，前者硬度接近 5，透明度较好，后者硬度一般为 2.4-4.0，透明度也较差。

中国蛇纹石玉的产地相当广泛，主要有：

（1）辽宁岫岩县：所产蛇纹石玉就被称为岫岩玉或岫玉。特点是岫玉与滑石和菱镁矿共生，矿体与岩层一致。李庆森等（1987）人经过研究，认为岫玉的形成是经历了沉积、变质和变质热液交代三个阶段，其矿床类型属“层控超变质热液交代矿床。”岫岩岫玉矿以蛇纹石为主，含少量透闪石、滑石、菱镁矿和白云石等。颜色以淡绿为主，也有深绿色和其他颜色者，多为半透明，油脂光泽。岫岩县境内已知岫玉矿有十余处，其中北瓦沟玉矿是中国该类玉石矿中规模最大者。

（2）甘肃酒泉：所产蛇纹石玉称“酒泉玉”或“祁连玉”等。它产与蛇纹石化超基性岩中，是一种含有黑色斑点或黑色团块的暗绿色岫玉。因其色暗绿或暗黑，用其制成的酒具别具一格。古代的“葡萄美酒夜光杯”，相传就是用酒泉玉制成的。

（3）广东信宜：所产蛇纹石玉称“南方玉”。它产于透闪石化和蛇纹石化的白云岩中，玉质细腻，呈黄绿至绿色，与岫玉或酒泉玉颜色有别。

（4）新疆昆仑山：所产蛇纹石玉称“昆仑玉”，产于昆仑山和阿尔金山白云石大理岩与闪长岩的接触带上，呈脉状产出。昆仑岫玉以暗绿色为主，也呈淡绿、淡黄、黄、绿、灰、白等色。绿色中往往伴有褐红、橘黄、黄、白、黑等色。质地细腻，油脂光泽。

（5）台湾花莲：所产蛇纹石玉称“台湾玉”。矿体与石棉共生，赋存在石灰岩与侵入岩体的接触带上。台湾玉由于含杂质矿物，因而玉石具黑色或黑色条纹，玉质细腻，半透明，油脂光泽，颜色为草绿色、暗绿色。

（6）广西陆川：所产蛇纹石玉称“陆川玉”。其玉质细腻，在黄绿基底上常见黑点。

(7) 四川会理：所产蛇纹石玉称“会理玉”。玉质细腻，外观似碧玉，呈暗绿色。

(8) 云南：所产蛇纹石玉称“云南玉”，其玉质细腻，成分中除蛇纹石外，含少量绿泥石，颜色以暗绿为主。

(9) 山东吕南：所产蛇纹石玉称“吕南玉”，其玉质细腻，呈黑色或淡黄色，呈黑色或近于墨绿色。

(10) 北京市：所产蛇纹石玉称“京黄玉”。玉质细腻，呈黄色或淡黄色，优质者呈美丽的柠檬黄色。

(11) 青海都兰：所产蛇纹石玉由于是竹叶状花纹，别有风趣，因而称为竹叶状玉。

(12) 甘肃武山：所产蛇纹石玉又称武山鸳鸯玉，玉矿体产在块状蛇纹岩内，呈似层状。玉石以墨绿色蛇纹石为主，含少量绿泥石、黄铁矿、尘状磁铁矿。

(13) 山东泰山：因产与五岳之首的泰山东坡而得名泰山玉，它是一种呈碧绿色、墨黑色的含黑黄色的斑点的致密块状蛇纹石玉。

国外蛇纹石玉的著名产地和品种有：

新西兰：产鲍纹玉(Bowenite)，呈微绿色白至淡黄绿色，半透明状，质地细腻。

美国宾夕法尼亚州：产威廉玉(Williamsite)，主要由镍蛇纹石组成并含有铬铁矿斑点，浓绿色，半透明。

朝鲜：产朝鲜玉，又名高丽玉，呈鲜黄绿色，近透明，质地细腻。

墨西哥：产雷科石(Riwlite)，呈绿色，具蛇纹构造。

美国加利福尼亚州：产加利福尼亚猫眼石(California cat's eye)，是一种具有平行排列的纤维状结构的蛇纹石玉，琢磨成弧面形宝石后，呈猫眼效应。

(三) 独山玉

独山玉产于河南南阳市郊独山，故名“南阳玉”。民间相传，独山玉开采始于2000多年前的西汉时代。《汉书》称独山为玉山。今独山之上，遗留有古代采玉的矿坑1000余处，可见古代采玉之盛况。据考古调查资料，安阳殷墟妇好墓

出土的 700 余件玉器中，有部分南阳玉器，而南阳黄山新石器时代出土有“南阳玉铲”等，更说明独山玉的开采和利用可以前推至新石器时代。

据不完全统计，在 2、3 平方公里的独山范围内（海拔高度不到 400 米），共发现矿脉 400 余条，目前开采地段中的优质矿体已为数不多，年开采量约在 1000 吨左右（栾秉敖，1994）。

关于独山玉的成因有多种观点，李学清（1936）认为独山玉是角闪石岩；A.Schuller(1960)将此作为钠长翡翠岩；河南地质 19 队（1965）和地质调查 4 队（1985）认为独山玉是斜长岩在构造后期热液作用下重结晶而形成的；邓燕华等（1990）认为独山玉是斜长岩浆期后热液在 350—430 度及低压下充填交代辉长岩和斜长岩裂隙沉积而成，是高到中温热液矿床。看来，独山玉矿床的成因有待作深入细致的研究，以期能取得更符合实际的认识。独山玉的产地至今为止，能达工业要求的仅我国河南独山一矿，尚未见到发现其他独山玉矿床的报道。

（四）**SiO₂** 类玉石

1、概述

SiO₂ 类玉石包括石英微晶组成的芙蓉石、东陵石；由玉髓组成的碧玉、绿玉髓、玛瑙等；非晶质的含水胶状蛋白石（欧泊）；二氧化硅交代角闪石、蛇纹石石棉等而成的木变石、虎晶石；SiO₂ 热水置换交代形成的硅化木和其它化石等十余种。其范围分布之广泛，矿床类型之丰富，有热液型（欧泊，玛瑙等），沉积型（玛瑙），伟晶岩型（芙蓉石），变质型（京白玉，东陵玉，密玉等）。限于篇幅，此处择主要几种予以简单介绍：

2、欧泊

欧泊按成因产状可分为两种类型：古风化壳型欧泊矿床和热液型欧泊矿床。属于前者的包括占世界目前欧泊总量 95% 以上的澳大利亚，其中澳大利亚的库伯佩迪矿床是世界上欧泊储量最大的矿床。欧泊的另一别名“闪山云”也是由其在澳洲的产地闪电岭(Lightning Ridge)转译而来的。捷克，墨西哥，美国等地的欧泊以热液型矿床为主，按欧泊的颜色来分，白欧泊的主要产地为澳洲的安达莫卡和库伯佩迪，新南威尔士的怀特克利夫斯以及昆士兰的约瓦赫，其次是巴西的

皮澳伊州，捷克的切尔文尼察及美国的俄勒岗州；黑欧泊的主要产地为澳洲的闪电岭，其次是安达莫卡和昆士兰州的海利克斯；火欧泊的主要产地是墨西哥的格雷罗州，其次是匈牙利和美国的内华达。中国境内迄今为止除了普通的蛋白石外，尚无一处欧泊的产地。

3、玛瑙

玛瑙矿床主要分布于基性和中性熔岩被中，有时分布于次火山侵入体和凝灰岩中，属热液型，沉积型和砂矿型，以热液型为主。含玛瑙和玉髓矿带多出现在中基性喷发岩系的多孔隙（杏仁状）岩石地段和熔岩破碎地段。玛瑙和玉髓充填于熔岩别的原生气孔的多节理交汇处和裂隙膨胀处。

玛瑙产地广泛，几乎遍及全球各地，红玛瑙主要来自巴西，印度，乌拉圭和中国云南；带玛瑙和黑玛瑙主要产自巴西，马达加斯加乌拉圭；苔藓玛瑙主要来自印度和美国；灰白色玛瑙主要来自格鲁吉亚，冰岛，印度，美国和中国。中国的玛瑙主要产于黑龙江，吉林，辽宁，内蒙古，河北，山西，陕西，江苏，浙江，福建，新疆，湖北，广西，湖南，云南，西藏和江西等省区，其中主要集中在东三省。最著名的产地当推阜新。南京雨花台所产的雨花石也以玛瑙为主，同时也包括玉髓以及色泽艳丽的火山岩，碧玉等小砾岩。

4、芙蓉玉

芙蓉石主要产于花岗伟晶岩脉中，属花岗伟晶岩型矿床。芙蓉石分布不广，世界上优质芙蓉石主要产于巴西，斯里兰卡。缅甸产猫眼芙蓉石。此外，美国，西南非洲，马达加斯加等地亦产芙蓉石。中国芙蓉石主要产于内蒙古和河北，其次还有新疆，陕西，湖南，广西，四川和江西等地。

（五）青金岩玉

矿床地质学研究证明，世界上几乎所有的青金岩矿床均属于接触交代矽卡岩型矿床，根据被交代的岩石的成分，一般可将青金岩矿床进一步划分为镁质矽卡岩型和钙质矽卡岩型两大类型。

1、产在硅酸盐-镁质矽卡岩中的青金岩矿床

世界上一些著名的青金岩矿床，如阿富汗萨雷散格，加拿大的累克港，前苏联小贝斯特拉和斯柳甸等，均属此类矿床。

2、产在钙质矽卡岩中的青金岩矿床

属于此类的有智利的青金岩矿床。世界上盛产最优质的青金岩的当属阿富汗东北地区，据考证，该国在公元前 5000-6000 年间就已对青金岩进行了开发利用，并运往各文明古国，其中就包括中国。虽然青金岩是中国传统的主要玉料，但国内迄今为止尚未发现青金岩的产地。

（六）鸡血石

前人的研究结果证明，鸡血石的成因较为复杂，它是沉积、火山喷发、构造活动和热液活动有机结合的产物。总体的机制是受构造层位控制的次火山热液矿床，从矿床大类来讲，应属于层控矿床。

鸡血石的工业产地目前主要是中国的昌化和巴林。昌化鸡血石发现于明朝，后受清朝政府重视。解放前，由于战乱曾一度停止开采，解放后又一度当做汞矿开采而受到了很大的破坏。1978 年以后，由于国内外市场对鸡血石需求量的复苏，当地群众自发开采。

虽然鸡血石形成条件特殊，但并非中国所独有，许多国家的汞矿山都可能有鸡血石存在，但尚未引起各国的重视。

（七）煤玉

煤玉的成因很简单，即它仅是褐煤的一种形式。主要由沉到水底的低等植物和部分高等植物在合适的温度，压力环境中转变而形成的。世界上优质的煤玉主要产在英国英格兰北部约克郡，呈不同大小的团块产出。此外，还有法国的朗格多克省及西班牙的阿拉贡、加利西亚和阿斯图里亚，中国的抚顺、美国的科罗拉多州，德国的府腾保、加拿大的新斯科舍省等。我国辽宁抚顺的煤玉主要产于第三系煤层中，其雕刻品久负盛名。沈阳新乐文化遗址中出土有新石器时代的煤玉耳铛等工艺品。