普通高等教育地质矿产类规划教材

矿山地质学

侯德义　李志德　编



地质出版社

TD1
H-38

普通高等教育地质矿产类规划教材

矿山地质学

侯德义　李志德　杨言辰　编

顶级地质论坛：http://bbs.3s001.com/

地质出版社

·北　京·

877251

内 容 简 介

本书比较全面系统地阐述了矿山地质学的基本概念、基本理论和基本方法，并对近年来矿山地质研究的新领域，进行了比较详细的介绍。

全书共分十一章，包括：矿山建设阶段的地质工作、生产勘探、生产矿山矿石质量研究与管理、矿山储量计算与管理、矿石贫化与损失的计算与管理、采掘（剥）地质指导与采矿单元结束的地质工作、矿山环境地质、矿产资源保护和综合利用、矿山矿产资源核算与评价、矿山隐伏矿床（矿体）寻找与预测。

图书在版编目（CIP）数据

矿山地质学/侯德义等编．-北京：地质出版社，1998.11
普通高等教育地质矿产类规划教材
ISBN 7-116-02552-9

Ⅰ.矿… Ⅱ.侯… Ⅲ.矿山地质-高等教育-教材 Ⅳ.TD1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（98）第 32170 号

地质出版社出版
（100083 北京海淀区学院路 29 号）
责任编辑：陈磊 肖宇
责任校对：范 义
*
河北香河印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所发行
开本：787×1092 1/16 印张：13.125 字数：318000 字
1998 年 11 月北京第一版·1998 年 11 月河北第一次印刷
印数：1—3000 册 定价：10.50 元
ISBN 7-116-02552-9
P·1882

（凡购买地质出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行处负责调换）

前　言

建国以来，随着我国矿山生产建设的蓬勃发展，我国的矿山地质工作，得到了迅速的发展并取得了显著成绩，已经成为我国地质事业和采掘工业的一个重要组成部分。然而，与蓬勃发展的矿山生产建设需要相比，我国的矿山地质工作和矿山地质技术人才的培养，尚是一个极为薄弱的环节，至今没有受到地质教育部门和矿山部门应有的重视，不适应矿业生产建设发展的需要。为了加速培养矿山地质技术人才，进一步繁荣我国矿山地质事业，提高矿山地质科技水平，以适应日益发展的矿山生产建设需要，地矿部“矿产普查勘探”课程教学指导委员会，根据加强基础，拓宽专业面，增强适应性的教改要求，多次开会研讨决定：在“八五”期间，需要编写一部适于高等地质院校（系）矿产地质勘查及矿床学等专业本科学生使用的《矿山地质学》新教材，以满足各院校教学的需要。

我们受地矿部“矿产普查勘探课指会”和部教材室的委托，根据地矿部高校教材建设的“八五”规划和课指会成都会议（1990年）及厦门会议（1991年）研讨通过的《矿山地质学》教材编写提纲，在长春地质学院和中国地质大学（武汉）原校内自编教材的基础上，总结经验，完善体系，精选内容，推陈出新，反映现状，利于教学，全面提高教材质量的要求，编写出版了这部《矿山地质学》新教材。

本教材在编写过程中，注意了贯彻“少而精”、加强“三基”、重视实际应用和理论联系实际等原则，注意了先进性与实用性的结合，注意了与相关课程的衔接关系，避免内容不必要的重复或相互脱节，注意了教学、生产实践经验的总结，注意培养学生的逻辑推理、分析综合、独立思考、理论联系实际和求异创新等能力。

本书由长春地质学院侯德义、杨言辰和中国地质大学（武汉）李志德合编。第一章绪论，第二章矿山建设阶段的地质工作，第八章矿山环境地质，第九章矿产资源保护和综合利用，第十章矿山矿产资源核算与评价，第十一章生产矿山隐伏矿床（矿体）寻找与预测由侯德义编写，第三章生产勘探由杨言辰编写，第四章生产矿山矿石质量研究与管理，第五章矿山储量计算与管理，第六章矿石贫化、损失的计算与管理，第七章采掘（剥）地质指导及采矿单元结束的地质工作由李志德编写。最后由侯德义负责对全书进行了统编与修改并定稿。

本书经吉林地勘局高级工程师程玉明及长春地质高等专科学校副教授赵凤桐主审及“矿产普查勘探课指会”1993年贵阳会议审定，同意作为高校教材出版。本书在编写过程中，得到地矿部“矿产普查勘探课指会”全体委员的大力支持和帮助，提供了许多资料和宝贵意见，我们谨向他们致以深切的谢意。由于编者水平所限，加之矿山地质学的内容不断向前发展与更新，书中很难一一概括，书中不足或错误之处在所难免，敬希读者批评指正。

编　者

1993年10月

目　录

前　言
第一章　绪论……（1）
第一节　矿山地质的概念与任务……（1）
第二节　矿山地质学的学科性质与特点……（2）
第三节　矿山地质在矿山企业中的地位与作用……（3）
第四节　矿山地质学的发展现状与发展方向……（4）
第二章　矿山建设阶段的地质工作……（11）
第一节　矿山建设阶段地质工作的主要任务与特点……（11）
第二节　矿山建设前期的地质工作……（12）
一、资源调查和矿山规划中的地质工作……（12）
二、初步可行性研究、项目建议书工作中的地质工作……（13）
三、矿山建设可行性研究中的地质工作……（13）
四、矿山设计与地质勘探的结合……（13）
五、对地质勘探总结报告的评审……（14）
六、储量计算工业指标的研究……（15）
第三节　矿山设计阶段的地质工作……（21）
一、初步设计前的地质准备工作……（21）
二、设计地质图件的编制……（22）
三、设计储量计算工作……（23）
四、基建探矿设计……（25）
五、初步设计地质专业说明书的编写……（25）
六、设计地质工作中的施工图设计……（25）
第四节　矿山基建施工阶段地质工作……（26）
第三章　生产勘探……（27）
第一节　生产勘探的目的与任务……（27）
第二节　生产勘探的技术手段……（27）
一、影响选择生产勘探手段的因素……（28）
二、露天开采矿山的生产勘探手段……（28）
三、地下开采矿山的生产探矿手段……（29）
第三节　生产勘探工程的总体布置……（35）
一、总体布置应考虑的因素……（35）
二、生产勘探工程的总体布置形式……（35）
第四节　生产勘探工程网度（工程间距）……（36）
一、影响工程网度（间距）的因素……（36）

二、确定生产勘探网度（间距）的方法 …… (37)
第五节 生产勘探设计 …… (42)
一、生产勘探总体设计 …… (42)
二、生产勘探工程的单体设计 …… (43)
第六节 生产勘探中的探采结合 …… (43)
一、探采结合的意义与要求 …… (43)
二、露采矿山的探采结合 …… (43)
三、地下开采的探采结合 …… (44)
四、探采结合的经济效益 …… (47)
第七节 生产勘探程度的要求 …… (48)
一、生产勘探程度对矿山生产的影响 …… (48)
二、生产勘探程度的具体要求 …… (49)
三、生产探矿深度的基本要求 …… (49)
第八节 矿山探采资料验证对比 …… (50)
一、验证对比的意义和作用 …… (50)
二、地段选择和衡量标准 …… (50)
三、验证对比方法与内容 …… (50)
四、验证对比结果分析与说明书的编制 …… (52)
第四章 生产矿山矿石质量研究与管理 …… (53)
第一节 生产矿山矿石质量研究 …… (53)
一、矿石质量的基本概念及其评价指标 …… (53)
二、生产矿山矿石质量研究的目的和内容 …… (54)
三、矿石质量研究的方法 …… (55)
第二节 矿山取样 …… (55)
一、化学取样 …… (55)
二、物理取样 …… (59)
三、矿物取样 …… (60)
四、矿石加工技术试验取样 …… (60)
第三节 矿石质量管理 …… (62)
一、矿石质量计划及矿石质量预计 …… (62)
二、矿石质量均衡 …… (65)
三、采场矿石质量管理 …… (67)
第五章 矿山储量计算与管理 …… (70)
第一节 生产矿山储量的构成 …… (70)
一、矿产储量（地质储量） …… (70)
二、生产矿量 …… (71)
第二节 矿产（地质）储量计算 …… (72)
一、生产矿山矿产（地质）储量计算的目的与要求 …… (72)
二、储量计算的一般程序 …… (73)
三、储量计算工业指标的修订 …… (73)

四、矿体边界线及其圈定 …… (73)
五、平均品位的计算 …… (75)
六、储量计算方法 …… (76)
第三节 生产矿量的计算与管理 …… (83)
一、地下开采矿山生产矿量的划分和计算 …… (83)
二、露天开采矿山生产矿量的划分与计算 …… (84)
三、生产矿山生产矿量保有期的确定与计算 …… (84)
第四节 储量变动的统计及储量管理 …… (87)
一、矿山储量变动的统计 …… (87)
二、储量的审批与报销 …… (89)
三、储量管理工作 …… (90)
第六章 矿石贫化与损失的计算及管理 …… (91)
第一节 矿石贫化、损失的概念及管理的意义 …… (91)
第二节 矿石贫化与损失的分类 …… (92)
一、贫化的分类 …… (92)
二、损失的分类 …… (92)
第三节 矿石贫化与损失的计算 …… (93)
一、直接法 …… (93)
二、间接法 …… (96)
第四节 矿石贫化与损失的管理 …… (98)
一、矿石贫化与损失的统计表报 …… (98)
二、贫化与损失的影响因素和管理指标 …… (100)
三、降低采矿贫化与损失的措施 …… (101)
第七章 采掘（剥）生产地质指导及采矿单元结束的地质工作 …… (103)
第一节 采掘（剥）生产地质指导 …… (103)
一、矿山采掘（剥）技术计划编制 …… (103)
二、坑道掘进的地质指导 …… (104)
三、露采剥离的地质指导 …… (105)
四、爆破工作的地质指导 …… (105)
五、回采作业过程的地质指导 …… (106)
第二节 采矿单元结束的地质工作 …… (107)
一、采场（块段）验收的依据、项目与步骤 …… (107)
二、中段与台阶结束的条件、所需资料与审批 …… (108)
三、闭坑应具备的条件和闭坑报告的编写与审批 …… (109)
第八章 矿山环境地质调查 …… (111)
第一节 矿山环境地质的概念、研究意义及主要内容 …… (111)
一、矿山环境地质的概念 …… (111)
二、矿山环境地质研究的意义 …… (112)
三、矿山环境地质研究的主要内容 …… (112)
第二节 矿山工程地质调查 …… (114)

一、矿山工程地质工作的意义、任务和内容 …… (114)
二、岩土工程地质特征的调查 …… (115)
三、岩体结构特征的调查研究 …… (116)
四、矿区构造应力场的调查分析 …… (118)
五、露天矿边坡岩体稳定性的调查研究 …… (119)
六、井下岩体移动的地质调查 …… (126)
第三节 矿山水文地质调查 …… (127)
一、矿山水文地质工作的意义 …… (127)
二、矿山水文地质工作的内容 …… (128)
三、水文地质条件复杂的矿山专门水文地质勘探与试验 …… (130)
四、水文地质条件复杂矿山的地下水防治 …… (130)
第四节 矿石（或围岩）自燃的地质调查 …… (132)
一、矿石自燃的研究意义与内容 …… (132)
二、矿石（或围岩）自燃基本过程 …… (132)
三、预防矿石自燃的地质调查研究 …… (133)
四、预测自燃火灾井圈定火源的方法 …… (133)
第五节 矿山水土污染的地质调查 …… (133)
第六节 矿山空气污染的地质调查 …… (135)
第七节 矿山地热的地质调查 …… (135)
一、地热现象及其研究意义 …… (136)
二、地热增温率及其影响因素 …… (136)
三、地热变化规律的调查及坑道最初温度的预测 …… (137)
四、地下热水的运动及地热异常的调查 …… (137)
五、地热的利用问题 …… (138)
第九章 矿产资源保护和综合利用 …… (139)
第一节 矿产资源保护的意义与现状 …… (139)
第二节 有关矿产资源保护与合理开发利用的法规与政策 …… (140)
一、矿产资源法 …… (141)
二、其它配套法规 …… (141)
第三节 各生产环节的矿产资源保护工作 …… (142)
一、矿产勘查阶段实行综合勘查综合评价 …… (142)
二、矿山设计阶段充分考虑矿产资源保护和利用 …… (142)
三、矿山企业各部门的矿产资源保护工作 …… (143)
第四节 矿床中伴生矿产的综合利用 …… (143)
一、伴生矿产的基本概念 …… (143)
二、伴生矿产的分类 …… (144)
三、伴生矿产的工业要求 …… (144)
四、提高矿产资源综合利用的途径 …… (145)
第十章 矿山矿产资源核算与评价 …… (149)
第一节 我国矿产资源与矿业发展现状 …… (149)

一、我国的矿产资源现状 …… (149)
二、我国矿业发展现状 …… (151)
第二节 矿产资源核算的研究 …… (154)
一、矿产资源核算的目的与意义 …… (154)
二、矿产资源核算的范围与要求 …… (155)
三、矿产资源定价理论和方法 …… (155)
四、矿产资源核算的步骤和方法 …… (157)
五、矿产资源核算实例 …… (158)
六、矿产资源核算纳入国民经济核算体系 …… (163)
第三节 矿产资源综合开发利用评价 …… (165)
一、资料要求及技术经济标准 …… (165)
二、矿产资源综合开发利用评价 …… (165)
第四节 采矿贫化损失经济评价 …… (167)
一、开采损失经济效益的计算 …… (167)
二、开采贫化经济效益的计算 …… (168)
第五节 低品位矿石利用及边角矿体经济评价 …… (169)
一、低品位矿石利用与分析 …… (169)
二、矿体上下盘小矿体（边角矿体）的利用评价 …… (170)
第十一章 生产矿山隐伏矿床（矿体）寻找与预测 …… (171)
第一节 隐伏矿床（矿体）的基本概念与分类 …… (171)
第二节 生产矿山找寻隐伏矿床（矿体）的意义与特点 …… (175)
一、生产矿山找寻隐伏矿床（矿体）的意义 …… (175)
二、生产矿山找寻隐伏矿床（矿体）的特点 …… (176)
第三节 生产矿山隐伏矿床（矿体）预测的特点与依据 …… (176)
一、生产矿山隐伏矿床（矿体）预测的特点 …… (176)
二、生产矿山隐伏矿床（矿体）预测的地质依据 …… (177)
第四节 生产矿山（矿区）隐伏矿体（矿床）预测方法 …… (188)
一、生产矿山（矿区）隐伏矿床（矿体）预测的步骤 …… (188)
二、矿区成矿预测的方法 …… (189)
三、矿区统计预测实例 …… (199)
主要参考文献 …… (202)

第一章 绪 论

第一节 矿山地质的概念与任务

1. 矿山地质的概念

矿山地质，一般是指矿床经过勘探之后，在矿山基建和矿山生产过程中，在已建或拟建矿山范围内，为保证矿山基建与生产工作的顺利进行，而对矿床所进行的一系列地质工作的总和或总称。

矿山地质可按其性质和任务的不同，又分为基建地质、生产地质、闭坑地质和矿区深部、边部（有时还包括矿区外围）隐伏矿体的勘查等四个组成部分。可见，矿山地质既是矿产勘查在生产条件下的继续与深化，又是矿山生产的重要组成部分，它贯穿于矿产资源开发的始终，是矿床开采中的基础工作之一。

2. 矿山地质的任务

矿山地质作为一项保证矿山生产和建设正常进行的基础工作，其基本任务是进行矿床的开发勘探和研究工作，提高储量级别，扩大矿山资源远景，延长矿山服务年限，监督矿产资源的合理开发利用。其主要任务是：

(1) 进行开发勘探（基建勘探和生产勘探）。进一步查明矿床开采地段的地质构造特征，矿体形态、产状、空间分布，矿石质量、数量、赋存规律及其开采加工技术条件等，提高储量级别，为制订矿山生产计划和进行开采设计提供地质资料。

(2) 随着探采工程的进展，做好地质编录、取样等日常基础地质工作，不断补充和修改矿山地质资料，为采掘生产提供可靠的地质依据。

(3) 根据矿业法规、矿山采掘（剥）技术业务政策，对矿产资源的合理开采、综合利用，实行有效的监督。

(4) 按期计算并分析地质储量和生产矿量的保有和变动情况；开展采矿贫化与损失的计算与分析；进行矿山采掘（剥）工作的地质技术管理。

(5) 开展矿山水文地质、工程地质及环境地质工作，为矿山防治水，控制露采边坡和井下地压活动及环境保护提供地质资料。

(6) 开展矿区综合地质研究，总结成矿规律，指导隐伏矿体找寻及矿区的矿产预测。

(7) 加强矿山地质科技情报交流，研究和推广新技术、新方法、新手段，提高矿山地质工作水平，促进矿山地质工作现代化。

矿山地质的任务，决定了矿山地质的内容，主要有以下几个方面：

经常性生产地质工作 是指在矿山开采过程中，为了保证矿山生产的正常进行，每个矿山都要进行的经常工作。主要包括：生产勘探工作（在基建期为基建勘探工作），取样、编录和储量计算工作。

专门性生产地质工作　是指在矿山开采过程中，为了解决某些与地质因素有关的特殊问题或关键问题，由矿山地质部门专门进行或配合其它部门进行的地质调查及研究工作。这种工作不是每个矿山都要进行的，仅在必要时才专门进行。主要包括：为了解决岩体稳定或工程动力地质问题而进行的工程地质调查研究工作；为了解决矿坑防排水问题而进行的水文地质调查研究工作；为了保护矿山生产和生活环境而进行的环境地质调查研究；为了开展矿产资源的综合利用而开展的专门地质研究工作，以及为了改变或改进矿石的加工工艺而进行的工艺矿物学研究等。

矿山地质技术管理和监督工作　这项工作是整个矿山技术管理的重要组成部分。包括：矿产储量管理、统计、上报以及保有程度的分析和检查；三级矿量的管理及保有指标的检查；从地质角度参与矿石质量均衡的管理、开采中矿石损失和贫化的管理和监督、采掘（剥）计划编制、现场施工生产的管理和监督，以及采掘单元停采或报废的管理等；对某些非金属矿，有时还要参与矿产品或深加工产品标准的制定等工作。

矿山地质综合研究工作　矿山有大量探采工程揭露了矿体和地质现象，有利于对矿床和矿体地质开展综合研究。诸如矿体形态的研究，矿石物质成分的研究，矿床构造的研究，控矿因素和成矿规律的研究等。开展这些研究一方面有利于指导盲矿体的寻找和错失矿体的追索，另一方面也有利于指导生产勘探工程的合理布置以及采选生产活动。此外，也可为地质学的发展作出贡献。

矿区深部、边部及外围的矿产勘查工作　尽管生产矿山在基建前进行过矿床勘探工作，但由于当时探矿工程数量有限，对矿床构造及成矿规律的认识也还不够深入，所以不可能找到和探明矿区深部、边部及其周围的所有盲矿体或错失矿体。为此，积极开展生产矿山外围和深部隐伏矿体的勘查工作，这是增加矿山接替资源，扩大矿山资源前景的，省时、省力、省钱的有效途径。

第二节　矿山地质学的学科性质与特点

1. 学科的性质

矿山地质学是在矿山地质工作发展的基础上，建立和发展起来的一门新兴的应用地质学科，是地质学的一个重要分支学科。它的发展与矿山的生产实践活动密切相关，矿山生产活动，要求建立与之相应的矿山地质机构，开展满足于生产要求的地质工作。长期的矿山生产活动和矿山地质工作的实践，为矿山地质学的发生和发展，奠定了基础，创造了条件。

矿山地质学是一门直接为矿山生产建设服务的应用地质学科，它主要研究与矿产资源开发有关的地质问题及其相应的资源经济问题。故按其实质来说，其学科性质应属于应用性的经济地质学。

2. 学科的特点

概括地说，矿山地质学具有以下几个特点：

（1）矿山地质学是直接联系矿山采掘生产并为矿山开采活动服务的应用学科，故具有较强的实践性。矿山地质问题来源于生产实践，同时，它的研究成果必须服务于生产实践，并接受生产实践的检验。

(2) 矿山地质学又是一门综合性很强的学科，与基础地质学、矿产地质学及环境地质学都有着广泛的联系。它以矿物学、岩石学、历史地质学、构造地质学等学科为理论基础，以岩矿鉴定、矿石工艺、勘查地球物理、勘查地球化学以及钻探工程与坑探工程等为技术手段，应用各地质科学的理论与方法来研究与解决矿山生产中出现的各类地质问题，为矿山生产服务。因此，各门地质科学的理论与方法都是矿山地质学的基础。

(3) 矿山地质学又是介于地质学与矿冶工程学之间的边缘学科。它与矿山测量、采矿、选矿以及矿冶经济学、资源经济学之间都有着密切的联系。因此，矿山地质学又具有明显的经济性特点。

总之，可以说矿山地质学是一门实践性、综合性和经济性都比较强，联系面比较广的应用地质学。

第三节　矿山地质在矿山企业中的地位与作用

1. 地位与作用

任何一个矿山，从矿山设计、建设开始，直到回采完毕，矿山闭坑，关闭矿山为止，都离不开矿山地质工作。它具有四个主要职能：服务生产、管理生产、监督生产和为矿山提供接替资源，保证矿山生产和建设的正常进行，延长矿山的服务年限。矿山地质是矿山生产建设中的重要组成部分，是矿床开采的基础性工作。众所周知，社会主义的矿山企业是有计划的正规生产。必须以可靠的矿产资源储量为生产的物质基础；矿山采掘生产工程的布置与施工，需要正确的地质资料为依据；矿山的正常与安全生产，应有地质工作配合进行正确管理与指挥；国家对矿山各项技术方针政策的贯彻也必须有地质人员进行监督、管理和指导；至于在矿山范围内的深部、边部隐伏矿体的勘查与评价，增加接替资源的储量贮备，扩大矿山远景，延长矿山服务年限，更是矿山地质工作者有所作为的一个重要方面；配合开采部门研究提高回采率，降低贫化率与损失率的措施，达到合理的开采资源，综合利用资源，防止资源的丢失与浪费，就更需要加强矿山地质工作；矿山生产环境与生活环境的保护，防止环境恶化、污染，减少地质灾害，也是矿山地质工作的重任之一。

建国40余年来，随着现代化矿山生产建设的蓬勃发展，我国的矿山地质已经成为采掘工业的一个重要组成部分，它不仅有力地保证了矿山正常生产能够持续、稳定的进行，而且有不少矿山在开采阶段，每年新增加的储量大于或等于当年消耗量，这就使国家增加了财富并使矿山延长了寿命。因此，矿山地质在矿山企业中的地位与作用是极其重要的。

2. 矿山地质工作与其它矿山技术工作的关系

矿山地质是矿山生产的组成部分，它和整个矿山生产过程有着密切联系，特别是与矿山测量、采矿、选矿等工作的联系更为密切。

地质与测量工作关系　矿山测量是矿山地质工作的基础，是彼此协同工作的技术工种，共同组成矿山地测部门，负责矿山生产的检查与验收；日常工作中双方配合进行工程施工的指导，工程的地质测绘，开采的贫化与损失、生产矿量的统计、计算与管理。

地质与采矿工作的关系　彼此的配合贯穿于生产各方面。首先，矿山企业要按计划持续生产，必须正确的贯彻附合矿山生产客观规律的矿山采掘或采剥技术方针政策。矿山地质人员对技术方针政策的贯彻负有重要职责。“采掘并举，掘进（剥离）先行”是指导生产

的主要方针。要作到掘进（剥离）先行，首先要地质先行；“自上而下，由顶到底，由远及近”是符合坑采矿山生产规律的采掘顺序，露采则是“定点采剥，按线推进”。贯彻这一顺序，应有地质工作及时提供基础地质资料作为保证；“贫富兼采、难易兼采、大小兼采”，是保证矿产资源最大限度地开发利用的重要原则。贯彻这一原则，要求地质工作做到“贫富兼探、难易兼探、大小兼探”。地质与采矿的关系还反映在采矿生产的各环节上。在开拓过程中，地质人员必须为矿山开拓设计提供可靠的矿床地质资料，并在施工中起监督和指导作用，地质与采矿人员互相配合，为实行开拓阶段的探采结合勘探创造有利条件；在采准过程中，地质人员必须为采准设计提供矿体中段地质图、横剖面图、纵投影图等地质资料以及有关矿石质量和矿量的资料。地质人员还应在采准工程施工中加强监督与指导，地质与采矿人员应相互配合，为实行采准阶段的探采结合勘探创造良好条件；在回采过程中，采场的地质工作和生产的管理工作和采矿工作互相交叉作业，地质人员必须对采矿加强指导，地、测、采人员共同进行采场边界管理，矿石损失贫化和三级矿量的管理，协同研究生产措施，确保采矿工作按计划均衡生产。

地质与选矿工作的关系　选矿是矿山矿石处理和加工部门。矿石的物质成分和结构构造在一定程度上决定了选矿方法与工艺流程。矿山地质人员必须正确划分矿石自然类型与工业类型（或工业品级），指导采矿人员注意选别开采；为选矿人员合理选择选矿方法，制订工艺流程，提供有关矿石的矿物成分、共生组合、结构构造、矿物粒度及嵌布特征等基本地质资料；与选矿人员共同研究矿石、废石、围岩、尾砂、废水等的物质成分，确定其综合回收和改善矿山环境的方向与途径。

第四节　矿山地质学的发展现状与发展方向

1. 矿山地质学的发展现状

科学的发展是由生产决定的。矿山地质学是在采矿生产的推动下逐步发展起来的。我国是世界上四大文明古国之一，我国的采矿事业有着悠久的光辉历史，远在几千年前，就已经开采铜、铁、金、煤等矿产。

在国外，矿山地质的产生是比较晚的。欧洲近代地质科学是随着英国的产业革命发展起来的。19 世纪 30 年代形成了完整的地质学理论体系，19 世纪 40 年代与矿产有关的地质学分支——石油地质学、金属矿床地质学先后诞生。

应该指出的是，虽然许多地质学科的诞生与建立都与采掘工业的发展有密切关系，但是矿山地质学与采掘工业的直接关系，是地质科学中其它分支学科无法相比的。还应指出的是，尽管历史上为矿山开采服务的地质工作出现的比较早，但是矿山地质学做为一门独立的学科还是比较晚的。20 世纪 30 年代，由于矿冶工程学和机械工程学与矿床地质学的渗透，矿山地质学才成为一门独立学科。40 年代矿山地质学的专门著作相继出版。如 1947 年原苏联出版了Д. Э. 晋科夫的《矿山地质学概论》，1948 年美国出版了 H. E. 麦金斯特的《矿山地质学》。此后，矿山地质论著逐渐增加。

我国的矿山地质工作和矿山地质学是新中国诞生之后，才系统地建立和发展起来的。建国 40 年来，我国的矿山地质工作随着矿山生产建设的发展而得到了迅速地全面的发展，这对保证矿山正常持续与稳定的生产，矿产资源的合理开发利用，扩大矿山规模，延长矿山

寿命等方面均起了重要作用。

我国广大矿山地质人员，不仅在生产实践方面作出了极大的贡献，而且在紧密结合矿山生产需要，开展了多方面的综合研究工作，取得了许多丰硕而喜人的成绩。70年代以来，我国不仅成立了矿山地质科技情报网，开展了经验交流，广大矿山地质人员在有关学术会议上和刊物上，发表了不少有水平的学术报告和论文。为适应学术发展的需要，1979年先后成立了国家科委地质专业组矿山地质专业分组；中国地质学会矿山地质专业委员会；中国金属协会地质学术委员会也成立了矿山地质组。现在已经召开了多次全国性的矿山地质学术交流会，交流内容很广泛，成果显著。

值得指出的是矿山地质的研究领域在不断扩大，如矿产补充资源、工艺矿物、矿山环境地质以及矿山资源经济等方面也都展开了研究，并都取得了一些喜人的成果。

并相继出版了《矿山地质通论》（李鸿业，1980）、《矿山地质学》（张轸，1982）、《矿山地质制图》（高德福等，1986）矿山地质著作。所有这一切，标志着我国矿山地质科学已由初步建立走向成熟和更大的发展。

2. 矿山地质学的发展趋势与方向

根据矿山地质学的发展现状，展望未来，矿山地质学的发展趋势是：研究领域的不断扩大，技术手段与方法不断更新与革新，工作效率与效果不断提高，管理体制与方法也必将变化。

现代科学技术发展中，明显地出现两种相反而辩证地互相联系的趋势，即随着科学技术水平的提高，学科越分越细和趋向更加专门化，同时各学科之间又不断接触和渗透，产生许多边缘学科。做为研究开发矿产科学技术重要组成部分的矿山地质学，也是这种发展趋势。除了物理、化学、生物学继续向地质学的纵深渗透外，数学、技术科学，如测试技术、矿冶技术、电子技术、航空技术、系统工程、控制论以及经济学、管理学、统计学和自然辩证法等也正不断引入到地质科学，矿山地质学反映的尤为明显。

从50年代起，直到现在，最突出的特点是技术科学、经济学和数学的成就引人地质领域，使矿山地质学发展发生了较大变革。目前看来，这种发展趋势有增无减，是科学发展的必然趋势。

近30年来，由于采掘事业的迅速增长，现代科学技术的突飞猛进，矿山地质学也迅速扩大了原有的研究领域。使矿山地质学由原有的，一般常规工作方法为主要内容的时期，开始走向矿体变化性规律的分析及预测，矿区水文及工程地质、矿山环境地质、矿山资源经济、矿产补充资源、矿山资源保护及工艺矿物研究和储量计算方法的改进等为主要内容的新阶段。

当代国内外矿山地质科学主要研究方向有以下几个方面：

（1）加强生产矿区基础地质和综合地质研究，深化成矿规律的认识，用新理论和新方法进行成矿预测，更有成效地作好矿床深部、边部及矿区外围隐伏矿床或矿体的勘查工作，仍是矿山地质学的一个重要发展方向。

加强生产矿区及其外围的矿产勘查工作，根据矿山生产过程中获取的新资料，不断提高找矿、探矿效果是矿山地质学的重要研究方向。国内外实践证明，许多生产矿区及外围存在着资源潜力（潜在的矿床和矿体），是扩大矿山资源远景的有利地区。而在老矿区勘查与开发过程中，提高了矿区地质研究程度，加深了对成矿规律的认识，因而也就更容易找

到矿。如美国克莱梅克斯矿区外围享德逊大型隐伏斑岩钼矿床的发现就是个典型实例。从50年代以来，美国新发现的39个斑岩铜矿中，90%以上的矿床都位于已知的铜矿内，其中80%是在紧邻已知矿床或矿点处找到的。

我国云南易门铜矿三家厂矿区，根据矿区生产取得的新资料，不断加深对矿床成因的认识，连续取得新突破：50年代用中温热液成矿理论指导找矿，找到了狮山与凤山铜矿床；70年代初，通过结核状团块的发现，进行了狮山矿床地层含矿性、矿物共生组合特征和硫同位素测定应用的研究，提出沉积成矿理论，沿狮山含矿层位找矿，结果在狮山与凤山之间找到了菜园河矿体；进而研究了凤山角砾岩的成因与含矿性，提出了浅源热液后期改造成矿理论，认为凤山矿床属“后生潜火山管道气液再造型铜矿”，沿紫色页岩两侧找矿的结果，在凤山矿区找到了三个新矿体，新增铜储量超过凤山原提交储量。

(2) 重视矿产资源保护及其综合利用的研究已成为世界各国矿山地质工作中共同关注的大问题。矿产资源是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础，它又是一般不可再生的一次性资源，是有限的。资源问题，是世界各国共同面临的人口、资源、环境这三大问题之一，已引起世界各国的高度重视，成为国际性重大议题之一。

我国是世界人口第一大国，矿产资源既是总量大国，又是人均穷国，不足世界人均水平的一半，在世界占第80位。目前，我国矿产资源形势在某些方面还相当严峻，这在相当程度上制约着矿业的发展，进而制约着能源、原材料工业和整个经济的发展，成为国民经济发展中的“瓶颈”。按照国民经济发展“三步走”目标，我国45种主要矿产中，目前已有1/4不能保证当前国家经济建设的需要，本世纪末将有1/2得不到保证，如果按目前发展趋势发展下去，地质工作得不到加强，矿产勘查不能实现新的重大突破，下个世纪20年代我国矿产资源将出现全面紧张的局面。

造成矿产资源严峻形势加剧的原因，除限于我国地质条件，某些矿产资源先天不足和由于许多矿产地的地质勘查工作不能适应矿产资源急剧消耗和人口增长和经济发展对矿产需求急剧增长外，很重要的一个原因就是矿产开发利用程度低，浪费大，保护差。

据558个国营矿井统计，回采率低于部定标准的占48%；主要有色金属，采、选、冶回收率约55%，非金属矿的采选加工回收率大多低于60%；冶金、化工、建材的大多数矿山的开采回采率也低于设计要求。

据报导，我国246个含有伴生或共生矿产的大、中型矿山企业，其中32.1%的矿山没有综合回收伴生或共生有益组分，就是搞了综合回收的矿山，综合利用程度也是比较低的。从对1845个重要矿山的了解，综合利用有用组分70%以上的仅有2%，利用有用组分达50%的矿山不到15%，75%的矿山有用组分利用率低于25%。

目前，我国有色金属冶炼厂回收的伴生组分只有11～18种，而原苏联在1980年就已回收到74种。我国伴生组分的综合利用率仅为20.62%～68.24%，面日本已达到85%～95%，美国100%的砷、铼、硒、铋、镉、钴、镓、储、铪、镭、铷、碲和铊等，都是通过综合利用取得的。对硫磺的需求，一些发达国家主要是从天然气和硫化矿冶炼过程中回收的“有害杂质”来满足的，而我国回收的则很有限。几十年来，煤炭、冶金、有色金属等各类矿山的废料、尾矿总量超过百亿吨。

矿产资源开发利用程度低，经过采、选、冶后，矿产资源浪费极大，这是问题的一个方而。另一方面资源衰竭的矛盾日益突出。经过“六五”的调整，矿山采掘业已基本上正

常，但多数矿山的生产勘探还不足以维持简单再生产能力；油气储采比仍然紧张。50～60年代兴建的一批矿山现已进入老年期，资源趋于枯竭，129个重点有色金属矿山，10年内将消减20×10^4 t生产能力，其中有一半以上保有储量的服务年限不到10年，预计到2000年，全国有色金属矿山的生产能力将消减一半以上。41个重点黄金矿山中，近三分之一的保有储量服务年限只有3～5年。“七五”期间，黑色金属矿山自然衰减和消失生产能力1500万吨，预计到2000年，全国黑色金属矿山的生产能力将消失大约2000×10^4 t。

面对这种情况，我们必须加强对矿床物质成分和选冶试验研究。研究无尾矿选矿和无废料加工工艺流程，提高综合利用程度，改进选冶技术条件，尽量减少资源的消耗和浪费，提高资源合理开发利用的经济社会效益，加强资源的有效保护与管理，使有效的资源尽可能发挥出更多的潜能。

(3)矿山环境地质的研究已成为矿山地质工作的一个新领域，日益受到人们的重视。矿山环境地质作为矿山地质学一个新的分支正在兴起，它是矿山地质学向深度和广度发展的一个重要标志。环境地质已成为矿业开发中不可缺少的一项重要研究内容，已日益受到人们的重视。

地质环境，是指地壳上部包括岩石、水、气体和生物在内的互相关联的系统，地壳面是地质环境的上限，人类作用于地壳深度是地质环境的下限。

矿山生产的工程—经济活动将使地质环境的组分性质和状态发生变化，从而改变自然地质作用或产生新的地质作用。地质环境在人类活动影响下所发生的变化，又会反过来影响人类的工程—经济活动，甚至威胁人类的安全。因此，开展环境地质工作，对于确保国土科学整治，为四化建设和人们的生产和生活提供良好的自然环境，具有重要的战略意义和现实意义。

矿产资源的开发，矿山工业的兴建决定了地质环境要承受巨大的负担。在采矿工作的影响下，自然景观发生变化。在采矿地区形成独特的地形：有露天采矿场、废石堆、废料物、尾矿砂等；当地下开采时，废石丢弃在采空区，地面形成裂隙塌陷、漏斗和沉降。在深处的采掘巷道中，发生冲击地压、岩石喷出和膨胀，析出甲烷、硫化氢及其它有毒气体，地下水突然涌出。岩溶地区和大型断裂涌水现象尤其危险。露天采矿时，发生滑坡、坍陷、泥石流及其它外力地质作用。这对矿床开采方案的制定均有很大影响，需采用有效措施加以预防。

现代化的采掘工业生产是一个能量和物质转换过程，在这个转换过程中，人类从自然环境中取得各种物质资源，又把转换中的废弃物排放于环境。由于我国设备及管理水平等条件的限制能源利用率仅30%，矿物资源利用率仅为50%，其余的以废物形式排出，因此工业废物量极大，仅废碴和尾矿一年就有5亿吨，这些废碴堆弃在城郊或排入江河湖海，不仅占用大量土地，而且对土壤、水质和大气造成严重的污染危害。我国最成熟的工业废碴利用率也不过23%，垃圾无害化处理不足5%，危害废物处置几乎是空白。现在，我国多年积存的工业和矿业废碴已达53×10^8 t，长年占地89万多亩。另外，有毒性易燃易爆和腐蚀性工业废物造成的严重污染事故时有发生。

我国现有矿山企业约几万家，年采矿总量约十几亿吨。据估计由于采矿等生产活动而破坏的土地，目前全国每年约为30万亩，历年来全国累计已达2000～3000万亩。

矿产资源开发中，煤炭的产量最大，所引起的破坏也最严重。据典型调查，每采出一

万吨原煤造成的土地坍陷，开滦为2.5亩，徐州3.6亩，淮北4.3亩。另据煤炭科学院唐山分院的研究成果，地下采煤引起的地表塌陷，其深度一般约为煤层开采厚度的80%，塌陷容积约为煤层开采体积的60%，塌陷面积约为开采面积的1.2倍。

地表塌陷会给耕地和建筑物带来不同程度的损害，严重的造成耕地绝产，路桥断裂，房屋倒塌，形成一片荒芜衰败的景象。

另据有人统计全国每年排放煤矸石在一亿吨以上，同时流失泥煤100多万吨，排放废水仅煤炭洗煤与黑色金属矿山就达四亿多吨，尾矿约5000多万吨。废水、废气对大气和水源污染相当严重。据对云南贵州调查，土法炼硫，硫的回收率仅为20%～30%，污染更为严重。又如白云鄂博铁矿石伴生有二亿吨萤石，由于选冶技术不过关，使包钢受氟污染严重。还有高放射性磷矿石的直接应用对农作物的污染也十分严重。

要改变上述这些环境地质情况，就必须进行矿山环境地质调查与研究，对那些影响环境的项目，要切实做好环境影响评价，要重视矿产资源综合开发利用的研究，发展二次资源的回收利用，建立无尾矿选矿和无废料加工工艺，以促进矿山保护和环境保护。

1984年国务院召开第二次全国环境保护会议，明确提出保护环境是“我国一项基本国策”，确定到本世纪末的目标是，力争全国环境污染基本得到解决，自然生态基本恢复良性循环。但由于我国矿山企业环境保护工作起步晚，工作的开展还有局限性，对改造现有老矿山企业的环境污染问题还远远不够。我国今后工业化程度将愈来愈高，对环境的威胁也越来越大，我们应防患于未然。在矿山生产的同时，要特别强调矿山以不产生“三废”污染和破坏自然生态环境为目标，尽量提倡闭路生产方式；露采矿山必须重视矿山复田、植被和绿化工作。对粉尘、烟毒、噪音、尾矿排放、污水外溢等，要加强整理治理，减少污染源和重点防护，并应设专门机构，加以研究解决。把矿山开发引起的公害降到最低程度。

（4）工艺矿物研究工作的兴起。随着矿冶生产新技术的发展和矿产资源综合利用水平的提高，要求矿山地质人员为生产提供更多的岩矿的微观、微区、微粒研究的数据资料。因此在广泛应用电子探针和电子显微镜等仪器进行岩石鉴定基础上，出现了一门新的边缘学科——工艺矿物学。A. H. 金兹堡（1974）把工艺矿物学的研究任务概括为下列四项：

①研究矿物学在工艺处理过程中的性能和状态。着重研究在各种选矿药剂作用下矿物的浮游性能；在不同温度、压力条件下矿物在酸性、碱性或有机化合物中的溶解度；在焙烧和烧结时以及在真空中加热到高温时矿物性状的变化；矿物离子交换、萃取性等。

②研究矿物工艺性质与成分、结构关系。在矿山生产中常常遇到同一矿体不同部位的矿石在选矿冶炼过程中其工艺性质有很大差异，这是因为矿物的粒度成分及其结构不同所造成的。深入地进行矿物的电、磁、重、浮的工艺特性研究，可以为选矿生产提供可靠的科学依据。

③应用新技术定向的改变矿物性质的实验研究。如用加热法、化学法、机械法和超声波等处理矿物，改变其性质，以便分离和选矿。

④为综合利用采选冶矿物废料进行废石、尾矿和炉碴的工艺矿物研究。这是为重复开发利用矿产资源服务，也是为治理“三废”做好环保工作的一项基础研究工作。

据报导，70年代以来加拿大、澳大利亚一些矿冶企业使用电子探针、扫描电镜等，有的仪器配有电子计算机组成矿物测定系统，大大提高了矿物研究质量，加快了速度。

欧美各国在工艺矿物研究中，注意以先进的仪器逐步代替传统的手工操作方法，以促

使选矿过程中的矿物分析由定性逐步向定量化发展。

近年来，我国一些矿山也开展了工艺矿物学的研究。在矿石可选性、揭示矿石难选原因、尾矿废碴的综合利用及环境地质研究方面也有明显进展。其研究成果直接应用于生产，取得了明显的经济效果。如金川铜镍矿床通过工艺矿物学研究，对共生矿物的综合利用，选、冶回收提供了可靠的资料。在工艺矿物研究方法上，除常规方法外，还应用了电子探针、电子显微镜、红外光谱、电子顺磁共振、穆斯堡尔谱等先进方法。

(5) 矿产资源经济研究取得新进展。矿产资源是自然产出的，具有经济价值或潜在经济价值的有用矿物资源，它是矿山生产的基本生产资料和劳动对象。矿山生产与建设过程实质上是利用和改造自然的经济活动。为此，应用经济学的理论与方法解决矿山生产与建设中，出现的各种地质与技术问题，这不仅是矿山生产建设的发展的需要，也是矿山地质学科发展的必然。

我国目前，许多生产矿山存在的大量问题，诸如一些中、老年矿山都面临资源枯竭、资源相对不足，矿产资源利用率低、浪费惊人，矿山的合理经营参数（工业指标，生产规模，采矿损失率、贫化率和选矿回收率），缺少经济论证，矿产资源综合开发利用评价不够，资源产权关系不明确，资产管理不完善，产业政策不健全以及实行的矿产资源无价和无偿使用以及资源环境恶化等问题的出现，无不与经济问题相联系，相制约。为此，在矿产资源开发过程中，加强矿产资源经济与资源管理的研究，对于提高我国地质资源经济发展和决策水平，对提高资源合理开发利用的经济社会效益，加强资源的有效保护和管理都有着重大的现实意义和深远的经济意义，而且是当务之急。

近几十年来，特别是近20年来，世界性能源危机后，世界上一些经济发达国家更加注意了从整个国民经济甚至社会未来发展的全局来研究矿产资源的保证程度和合理利用问题。

当前，矿产资源及宏观经济研究的普遍趋势是运用电子计算机建立各种矿产资源数据库，建立多种数学计量模型，引进不同的变量参数，进行资源供应和需求的中期和长期预测；在微观、中观经济研究的趋势则是侧重于经济区和矿物原料基地现状和发展前景的评价，矿床地质经济评价，矿床勘查工作效果评价，矿产综合开发利用效果评价以及有关矿产储量，矿产品的价格、劳动定额和评价指标体系等极为广泛的内容。由于矿产资源经济实际研究的蓬勃发展，在理论研究方面也取得了长足进展。在许多国家建立了《矿产经济学》(B. W. Mackenzie，1983)、《矿物原料经济学》(H. Bachmann，1983) 和《自然资源经济学》(R. Lecomber，1979)，作为一门独立学科正在日趋成熟。

我国有关矿产资源经济方面的研究，由于种种原因，起步较晚。从80年代开始，才重视有关这方面的理论与实践方面的探索与研究。出版了一些如《地质经济管理概论》(1982)，《地质技术经济学》(1987) 和《矿床技术经济评价的理论与方法》(1989) 等著作，并在最近几年在资源经济研究领域不断推出一些新的成果和新思路，资源核算理论的出现，资源产业的提出和界定，自然资源资产观念的确立，极大地丰富了资源经济学这门学科，为建立具有中国特色的资源经济学创造了条件，奠定了基础。但是，我国资源经济问题的研究目前正处在由探索、开拓阶段开始走向实质性的应用阶段，其中尚有许多问题有待进一步研究与深化，就当前矿山生产情况来说，以下几个问题值得着重研究与解决：

一是要深入调查研究矿产资源及其开发利用的现状和问题，预测其未来的发展趋势，论

证其对经济社会发展需求的保证程度，探索其进一步合理开发与利用途径。

二是研究矿产资源的价值理论和合理定价方法，改变我国现行的“资源无价、原料低价、产品高价”的价格扭曲现象，从而可以无偿占有、无偿使用，随便浪费的观念和行为。

三是研究矿产资源核算（包括实物量核算和价值量核算）及其纳入国民经济核算体系的问题，克服现行国民经济核算体系偏重于产值增长，不计资源基础消长的弊端。

四是研究确定矿产资源资产概念，完善、实施资源资产管理制度，改变目前资源权属不清，以致抢占、浪费和破坏资源的混乱局面。

五是开展以合理开发利用资源为核心的生态、环境保护战略的研究。这是因为，无论是生态破坏，还是环境污染，从根本上来说，都是由于资源的不合理开发利用造成的。解决生态、环境问题，一条重要途径就是要建立正确的资源战略。

六是开展矿产资源合理开发、利用和保护政策的研究，以便充分发挥矿产资源的资源效益和社会效益。

七是开展矿产资源（矿床）技术经济评价理论与方法的研究，根据矿床开发过程中获取的新资料和技术、经济的新变化，搞好矿床开发的技术经济评价和矿山主要经营参数的分析和论证工作，以提高矿床合理开发的经济、社会效益。

（6）新技术、新方法的应用与推广取得了显著效果。人造金刚石坑内钻机和小口径钻具的研究、生产和使用，改进了矿山探矿手段，提高了钻探效率，降低了探矿成本。据统计从 1976 到 1982 年，全国有色金属矿山每年坑内钻探进尺由五万米上升到 21 万米，可以代替 10 万米坑探，每年节约 700 多万元以上。华铜铜矿根据矿山特点创造的钻探、坑探和采矿炮孔相互配合的“组合勘探”方法，提高了探矿和圈定矿体的质量，万吨采掘比由原来的 600～700 m，降低到 400 m。荡坪钨矿根据矿体围岩与矿脉颜色分明，矿石品位高而稳定等特点，研制了钻孔光电测脉仪，可较准确地确定矿脉位置。铜陵有色金属公司地质队开展了井中三分量和井中无线电波透视，提高了探矿效果。此外，许多矿山进行手提式萤光分析仪在坑内测定矿石品位的试验工作，取得了较好效果。

电算技术和矿山地质数据库的建立，将大大推进矿山地质现代化的进程。地质统计学及其它各种数学地质方法，在地质数据处理、数学模拟、储量计算、矿区成矿规律研究、矿产统计预测，矿山技术经济预测和管理等方面都得到了更加广泛的应用，并取得了比较明显的地质经济效果。系统工程的理论与方法在解决矿山隐伏矿床（矿体）预测及确定矿山最优配矿及最优生产探矿方案等方面，在一些生产矿山也得到了一定的应用并取得了较好的效果。

由上可见，矿山地质学是随着矿山采掘等矿冶工程的发展，其研究领域在不断扩大，其理论与方法也在不断丰富和深化。我们相信，在这大有做为的 90 年代，随着矿业生产的发展和科学技术的进步，矿山地质学研究领域，将在深度和广度上，更会有新的进展，在推进我国的国民经济发展和地质科学进步方面，将会越来越发挥其更重要的作用。

第二章　矿山建设阶段的地质工作

矿山建设之前，地质工作由于主、客观条件的限制，往往遗留一些问题，需要在矿山建设阶段的设计地质工作和基建地质工作中加以解决。这一阶段地质工作质量的好坏，关系到矿山建设和矿山生产能否正常进行，而且其中不少工作的原则、方法、要求等均受未来矿山生产的需求所制约，或大体与矿山生产过程中的地质工作相一致。所以矿山建设阶段的地质工作属于矿山地质工作范畴，是矿山地质工作的一个重要组成部分。

第一节　矿山建设阶段地质工作的主要任务与特点

1. 矿山建设阶段地质工作的主要任务

（1）进行新矿区或生产矿山新矿段（或外围）的资源调查，了解矿区（段）基本地质特征、资源状况及其远景、地质工作的布署与计划，为矿山建设规划提供地质信息。

（2）参加矿山规划。分析矿区地质条件和矿化特征，进行资源评价。对于生产矿山，还应了解老采区的储量保有情况和资源远景。

（3）在编制项目建议书、可行性研究工作中，参加矿区经济评价工作，为配合矿山重大方案的比较论证进行地质图件的加工制作和储量的改算工作。

（4）进行地质设计工作。包括进行基建勘探设计，确定生产勘探设计原则和方法，以及矿山地质测量专业定员、装备和相应设施的设计。

（5）为使地质勘探资料能尽量满足建设需要，与地质勘探部门密切协作。如进行勘探部署、设计与矿山设计建设的协调，工业指标的论证，参加矿区水文地质、工程地质工作的试验或成果的评价，参加选矿试料采样设计的编制与施工服务，参加对地质勘探总结报告的评议与审查等。

（6）基建探矿和矿山建设中的现场服务工作。包括施工或试生产过程中的设计修改与地质问题的处理，参加研究基建探矿报告书编写，进行专业设计总结及矿山投产后的回访工作，此外，还有有关设计地质方面的技术咨询工作。

2. 矿山建设阶段地质工作的特点

矿山建设阶段的地质工作是由地质勘探阶段过渡到生产阶段中的一个重要环节。它与地质勘探阶段的地质工作相比，具有如下特点：

（1）针对性　本阶段的地质工作，大多是针对原地质工作遗留的，而矿山建设又必须解决的问题而开展的工作。如为了合理确定露天矿境界或井下通风井位置，需对某些地段矿体的边界进行进一步的追索和圈定；又如当所确定的首采地段控制程度不够或“三带”界线不清，需补加勘探工程，提高其控制程度和地质研究程度等。

（2）继承性　矿山建设阶段的地质工作，是在地质勘探工作基础上进行的，不可能脱离已有的历史事实，基建探矿是地质勘探工作的继续和局部补充。其探矿方法和工程布置，

必须受原勘探工程体系的制约。在基建探矿工程的布置上，要结合原工程体系，充分利用已有勘探工程，以减少基建探矿工程量。地质资料的使用与加工，必须以原地质勘探总结报告为依据；一切有价值的地质资料均需继承，并予以进一步验证、补充、修改，使之更加客观和完善。

(3) 生产性　在矿山建设阶段，由于进行了可行性研究或设计工作，对矿山规模、产品方案、开采方式、采矿方法、开拓运输、矿井通风方式、厂址、选矿流程等重大方案，已有了一个初步设想或已经确定。地质工作的目的更加明确和具体。此阶段地质工作的深度和要求，是以能否满足矿山建设和生产需求为准则。如高级储量的数量和分布是根据矿山规模、矿山投产时对“三级矿量”的需要和首采地段的位置而确定的。同时，本阶段有条件使探矿工程与矿山基建、生产井巷工程相结合，充分利用已确定的各类矿山巷道起探矿作用；另一方面，所设计的各类探矿工程又要尽量为矿山生产所利用，在总体上形成统一系统。

第二节　矿山建设前期的地质工作

一、资源调查和矿山规划中的地质工作

1. 工作目的与作用

为了制定矿山建设中、远期规划，地质勘探部门应提前数年提供矿山建设所需要的地质勘探报告，供工业部门选择。资源调查和矿山规划是为了掌握地质工作的进展情况和最新的地质成果，及时地对矿区资源条件、开采技术条件和建设条件等进行分析和评价，并根据择优的原则，提出对矿山建设“选点”“排队”及建设规划的建议，供计划部门决策。资源调查以反映客观情况为主，矿山规划是在资源调查的基础上提出矿山建设的轮廓设想，分为全国性规划、区域性规划、行业规划或矿区规划。资源调查和矿山规划是工业部门与地质部门在矿山建设前最初的信息沟通工作。

2. 地质资源调查的主要内容

资源调查的对象通常是已经完成详查或勘探的矿区，其工作一般要经过资料收集、现场调查和资料整理三个步骤。主要调查内容为：矿区交通位置与自然经济地理概况；矿区水、电、燃料、建筑材料供应及区域协作条件、区域矿产与开发现状；矿区基本地质概况；矿床地质特征；矿石的物质成分、特性及加工技术性能；矿区水文地质和开采技术条件；矿区地质工作任务、方法及成果、下一部工作计划；地质储量与矿床远景评价。最后进行矿区资源条件与建设条件的分析与评价，提出对矿山建设的建议。

3. 矿山建设规划中地质工作的主要内容

矿山建设规划中的地质工作，除应包括地质资源调查的各项内容外，还必须包括下列内容：为工艺专业提供经审定后的地质资料，包括矿体规模、形态产状、矿石成分、矿床储量、水文地质条件；根据地质资源条件、矿床水文地质条件、开采技术条件，对不同矿区（或矿段）进行分类排队；配合采矿人员进行开采对象和范围的选择；根据矿山建设规划方案，对地质勘探工作布署及勘探程度要求提出建议。此外，对重点矿区须进行实地踏勘、资料收集及其核实评价工作。

二、初步可行性研究、项目建议书工作中的地质工作

矿山建设初步可行性研究，是在矿产地质详查的基础上进行的。此阶段地质工作程度较低、资料较少，选矿试验研究深度不够。因此，初步可行性研究的任务只是对矿山建设的重大方案进行比较，提出矿山建设的概略蓝图。项目建议书是在初步可行性研究的基础上，向上级机关呈报的建议书，主要是阐明项目建设的根据和必要性，以及在技术、经济方面的可行性。此阶段的地质工作内容，大体与矿山可行性研究相同，只是在研究深度上较为粗浅，工作程度较低。

三、矿山建设可行性研究中的地质工作

根据批准的项目建议书所进行的可行性研究工作，主要对项目在技术、经济和外部协作条件等方面进行全面调查研究，对拟建工程项目，作多方案比较和全面论证，推荐最佳方案，其研究成果可作为矿山建设项目决策的依据。可行性研究中的地质工作主要内容如下：进行地质勘探报告的评审和矿产资源条件的分析；绘制中段（台阶）地质平面图和垂直剖面图及其它辅助图件；进行中段（台阶）储量计算或建立矿体的矿块模型；根据需要进行探矿设计；进行矿床水文地质条件和工程地质条件的分析与评价，矿坑涌水量计算，矿区地表水和地下水防治方案的论证，并估算其工程量；拟定矿山地质测量仪器设备、定员及其它设施；对地质资料存在的问题，提出处理意见或建议。

四、矿山设计与地质勘探的结合

在资源调查和矿山建设发展规划的基础上，对一些条件较好，在近期可能建设的矿区，设计部门要按照主管机关的指示，或应地质勘探部门的要求，派出以地质专业为主的设计人员，与试验研究部门以及生产建设部门一道、深入勘探现场，同地质勘探部门相结合，对矿区地质勘探工作提出意见和建议，以便按照地质勘探规范要求，将影响矿山建设的重大问题解决在地质勘探过程中，为矿山设计提供可靠的地质资料依据。这项工作是矿山建设前期设计地质人员的一项重要工作。在结合过程中，设计地质人员应根据适合矿床具体特点的矿山建设方案设想对地质勘探工作提出建议。地质部门应客观而及时的提供有关地质资料与成果，从而促进矿山建设项目及时列项，带来优化的社会效益。

地质、设计部门之间“结合”的主要内容有：

1. 勘探决策的结合

矿床是否值得勘探是个重大决策问题。一般来说，应优先选择品位高、规模大、开采技术条件和加工技术条件简单、建设条件好、市场需要的矿区转入勘探。如果存在某些重大不利条件，将会造成矿山生产在技术上不可行或经济效益不佳。此时如果盲目转入勘探，纵然提交了“勘探报告”也可能被搁置不用而成为呆矿，不但积压了资金，且又占用了勘探力量，影响对急缺矿种的勘探。

2. 勘探工作布署的结合

对矿区内勘探对象和勘探范围的确定、勘探分段分期及勘探顺序等，应与开采范围、开采顺序、首采地段相一致。埋藏浅的矿床，应满足露天开采境界圈定的需要。在主要井巷工程或露天境界和工业场地附近，要布置重点工程，对矿体和地质构造以及开采技术条件，做出工程地质评价。高级储量的位置应位于首采地段。勘探进度应满足矿山建设进度的需要。如勘探工程布置不当，也同样会影响基建工程的顺利进行。如某大型铜矿，勘探范围为 0～16 线，露天矿基建范围为 1～13 线，长 1600 m，地质部门虽然探求了占总储量 18%

的高级储量，但仅分布在3～5线垂深200 m范围内。为了满足生产需要，基建时又耗时一年多，在原高级储量范围外的首采地段进行了加密勘探。此外，老矿山的深部开拓·或新矿段的开发，在进度安排上应考虑老矿段储量的保有期限，使新矿段及时衔接。并注意新老工程系统的结合与统一。

3. 勘探深度的结合

合理确定勘探深度是勘探设计的重要内容。一般要求是对延深很大的矿床，其勘探深度一般在400～600 m左右。但实际上矿体规模、形态产状和空间分布千差万别，必须因地制宜地加以确定。勘探深度过深，会积压资金，勘探深度过浅又满足不了既定生产规模和合理服务年限内对储量的需要。通过设计与地质部门之间的协调，可以求得一个恰当的勘探深度。

4. 勘探工程布置的结合

勘探工程布置应与矿山开拓工程紧密结合。在满足地质探矿目的前提下，应尽量为矿山生产所利用，做到“一巷多用”。中段的开拓及其中段（台阶）储量和涌水量计算，其标高应尽量与设计标高一致。对水文地质条件复杂需进行大口径抽水试验或在矿床开采前需进行矿床超前疏干时，应尽可能将大口径抽水试验与矿山超前疏干结合进行，以节约投资。疏干工程也应尽量与矿山其它基建工程相结合。

5. 矿石类型划分中的结合

矿床的矿石类型（自然类型和工业类型）繁多，如划分过简与采选工艺流程不符，则满足不了设计和生产的需要；如划分过繁，不仅增加了人为的复杂性，而且不便使用。为此，应根据采矿的可能和选矿工艺的需要，本着尽量“简化”的原则进行矿石类型的划分。

五、对地质勘探总结报告的评审

地质勘探总结报告的质量直接影响矿山设计的质量。因此，必须在设计之前对所依据的地质资料进行严格审查，将错误和问题消除在设计之前。这是保证建设质量的一项关键性工作。

评审地质勘探报告时，除需详细研究和熟悉地质资料外，还要对矿区有重大地质意义的地表露头和坑道进行现场观察，根据需要查看岩矿心、样品加工、化验室，了解其工作质量等，必要时应抽查测量成果和原始编录资料，然后对资料作出评价。

评审地质勘探报告具体内容应着重从地质工作程度、工程质量和地质资料的完整性、可靠性等三方面进行。以能否满足矿山设计与建设的要求，是否符合储量规范的规定为准则。审查要点如下：

1. 矿床地质研究方面

成矿地质条件和矿体控制因素及其赋存规律是否查清；矿石的矿物组成、含量、主要有益有害组分和伴生组分的种类、含量、赋存状态及富集规律是否查明；矿床次生氧化作用发育程度和规律、氧化带、混合带和原生带划分的依据是否充分；主要矿石类型的加工技术试验有无代表性，试验深度能否满足评价要求。

2. 矿床水文地质、工程地质研究方面

矿区水文地质条件和矿坑充水因素是否查清，水文地质试验的代表性、深度和质量是否满足规范要求，矿坑涌水量预测是否正确；对开采有重大影响的断层、破碎带、滑坡、泥石流等工程地质条件是否查清；矿体及其顶底板围岩和露天边坡的稳定性，是否作出确切

评价；矿岩物理和机械性测定的种类和数量是否符合要求，有无代表性，测量方法是否正确。

3. 矿床控制程度方面

主要含矿层位和矿化带的分布范围是否查清；勘探类型划分依据是否充分，勘探手段的选择、网度确定是否合理，是否经过对比或加密工程验证，试算是否有代表性；主矿体的形态、产状和规模是否控制，边界是否圈定，破坏矿体较大的脉岩、构造是否查明，主矿体上盘的主要小矿体是否达到C级储量的控制程度；高级储量是否分布在首采地段，其比例是否满足设计要求；矿石中的伴生组分和矿区内的共生矿产是否进行了综合勘探或综合评价。

4. 储量计算方面

储量计算工业指标是否主管部门正式下达，运用是否合理；矿体圈定、连接是否有地质依据，推断是否合理；储量计算方法是否符合矿床地质特征和勘探工程的布置；是否经不同方法计算，参数计算是否正确，不同矿石类型体重测定的数量、空间分布、品位、结构构造是否有代表性、是否经大体重验证，矿石体重是否需进行湿度校正；储量级别划分是否符合规范确定的分级条件。

5. 勘探工作质量方面

矿区测量平面控制和高程控制的等级和精度是否符合规范要求，高程和坐标系统是否全国统一标准系统，地形图的比例尺、图幅内容和精度是否符合测量规范要求；钻探工程孔斜、方位、孔深，是否按规程测定，精度是否符合要求，是否按规定进行了简易水文地质观测和封孔、质量如何；化学样品的采集、加工、化验质量是否符合要求，岩矿鉴定的数量和质量是否满足需要；原始编录和综合地质编录的质量如何，是否经过审查验收。

6. 资料的评价

主要是对地质资料的完整性和可靠性作出评价。如地质资料的完整性，资料的统一性，推论的逻辑性，资料的规范性和资料的实用性等分析基础上，对地质总结资料能否作为矿山设计的依据作出客观评价。

六、储量计算工业指标的研究

矿产资源能否为工业所利用，决定于工业生产所能达到的工业技术水平及相应的经济效益。只有符合工业生产质量标准的矿产资源才能列为具有使用价值的储量。

工业指标是划分矿与非矿的标准，是评价矿床工业价值、圈定矿体和计算储量的依据。在通常情况下，工业指标的改变将导致矿体形态、产状、规模以及储量的改变，甚至影响到采矿方法、选矿工艺等重大方案的变更。当矿体形态、产状、规模因工业指标改变而发生显著改变时，将造成矿床勘探类型，以及相应勘探手段和工程间距的改变。如在某斑岩铜矿工业指标试算中的三个方案具有显著的差异，如表2—1。

表2—1 某铜矿不同工业指标试算结果表

方 案	边界品位 %	最低工业品位 %	储量比	平均品位 %	金属比	矿体个数	勘探类型
Ⅰ	0.2	0.4	100	0.49	100	9	Ⅰ～Ⅱ
Ⅱ	0.3	0.5	61.14	0.56	70.27	119	Ⅱ～Ⅲ
Ⅲ	0.4	0.6	21.18	0.65	37.35	188	Ⅲ～Ⅳ

因此，工业指标确定得是否合理，不仅影响到地质勘探工作的进行和地下资源的利用，而且直接影响着矿山企业的建设与生产，所以，合理确定储量计算工业指标，是一项严肃而重要的工作。

工业指标的研究与制定，是一项政策性很强的地质技术经济工作。它必须建立在矿床地质条件可能的基础上，并与国家的现行经济政策和对矿产资源的需求状况、当前的采、选及冶炼加工技术水平和经营管理水平相适应。因此，它必须符合矿床地质特点，既能满足国家对该种矿产的需求，又能保证矿山企业有足够的利润，以便为国家建设提供矿物原料和扩大再生产的资金。

一个矿床的工业指标，不是一成不变的，但又具有相对稳定性。地质勘探阶段正式制定的工业指标，其合理与否对勘探工作、设计建设和矿山生产均有重要影响，因而是矿山建设前期设计准备阶段一项十分重要的设计地质工作内容。下边就制定工业指标的原则，影响工业指标的因素和制定工业指标的方法作一简要介绍。

1. 制定工业指标的原则

①充分考虑国家建设对某种矿产的需要程度，同时也要考虑国际市场的供求状况和价格趋势；②贯彻矿产资源保护和充分利用方针；③保证矿山生产在采、选技术上可行和矿山建设与生产有较好的经济效益；④保证矿体圈定的合理性和完整性，力求形态简单、矿体完整；⑤贯彻资源综合评价、综合利用方针；⑥最大限度满足国民经济计划和市场经济的需求。

上述的几项原则之间常常是互相矛盾的。如提高工业品位可使企业获得更大的经济效益，但采富弃贫却要丢失大量矿产资源而资源效益不好；提高工业品位可增加矿山企业产量，但也可因矿体形态的复杂化而影响生产能力的发挥。因此，在研究与制定工业指标时，必须综合考虑，全面权衡，以便取得总体优化。

2. 影响工业指标的因素

①矿化特征和地质条件，对于矿化较强的矿床，一般来说，降低工业指标效果不大；对于矿化均匀，规模大，品位较低的矿床，宜采用较低的工业指标，但应注意剔除那些低于最低工业品位，有一定厚度和层位能够剔除的表外矿；矿床储量大，一般具有较大的开采规模，企业成本较低，或综合利用的伴生有益组分多，均可促进工业指标的降低。②矿石性质及其加工技术性能：矿石类型简单，矿石选冶加工技术性质优良，有利于采用较低的工业指标。反之，就要迫使工业指标提高。③矿体埋藏条件和开采技术条件：矿体埋藏浅，可用露天开采；矿床开采技术条件简单，矿坑涌水量小，矿体形态简单，可以选用成本低、效率高的采矿方法，则有利于采用较低的工业指标。④矿区建设条件：对矿区开发投资和矿山经营效果及工业指标都有很大影响。如果矿区交通方便，水、电、燃料、材料供应充足、价格低廉，则工业指标可以降低。⑤国家需求和市场价格：如果国民经济对矿物原料的求大于供而资源又满足不了建设需要时，可以适当降低工业指标；价格的改变对工业指标的制定有较敏感的影响。⑥矿山生产经营效率：先进技术的采用，生产管理水平的提高，经营管理措施的改善等，都将会使矿山生产技术经济指标的改善而对工业指标的制定产生影响。

随着上述诸因素的重大变化，工业指标亦应作相应的变化或浮动，故工业指标实质上是一个动态指标。

5. 工业指标的具体内容及其应用

矿床储量计算工业指标，主要包括两大类，即工业部门对矿产质量提出的要求标准（矿石质量指标）及对矿床开采技术条件提出的要求标准（矿床开采技术条件指标）。

矿产质量指标对金属矿产来说，主要有边界品位、最低工业品位、伴生有益矿产最低允许含量、有害杂质的最大允许含量、以及矿石类型和矿石品级划分指标等；对某些非金属矿产来说，还有对矿物物理性质要求指标，如各种宝石的颜色、晶形、粒度、透明度、光泽、折光率等要求；对压电石英的压电性、无双晶的要求；对云母矿的剥分性、面积和绝缘性等要求；对蛭石的膨胀率、导热性；石棉的长度、韧性等；对用作耐火原料的高铝粘土的质量要求除化学成分（Al_2O_3、Fe_2O_3、CaO）外，还有烧失量及耐火度等指标。

矿床开采技术条件指标，主要有最低可采厚度、最大允许夹石厚度。有的为了提供地质勘探工作参考尚提出了勘探最大深度、剥离比或剥采比及含矿床数指标要求。

关于储量计算工业指标体系中的各项指标的基本概念、意义与应用，各个工业使用部门都有其具体的规定，在其以往颁发或下达的指标中均有明确的表述，特别是对于矿床开采技术条件方面的一些技术性质较强的指标在基本概念上阐述的比较明确，因此大家的理解也较统一，所以使用起来效果也较好，故在此省略不予介绍。但是对于金属矿贫矿石的边界品位和最低工业品位两项质量指标在基本概念上，认识的很不统一，有的将边界品位和边际品位混为一谈，有的认为最低工业品位就是边际品位，有的认为最低工业品位是不赔不赚的收支平衡品位，有的认为是盈利品位，还有的认为是能保证投资返本的品位，……等等。为了保护矿产资源，也为了使地质勘探工作能顺利进行和矿山生产能获得所期望的经济效益及社会效益，我们认为有必要对边界品位和最低工业品位这两项指标给以确切的概念，并在其具体应用上加以说明。

（1）边界品位　边界品位是使圈定矿体内的单个样品有用组分的含量的最低标准，是划分矿石与废石（包括非矿夹石）界线的品位标准。在使用中均以单个样品来衡量，即勘探工程中所揭露的含矿段，除去不能剔除的非矿夹石外，每个样品的品位都必须大于或等于规定的边界品位。

边界品位的使用，一般是在见矿工程中对每个样品用边界品位进行衡量，将大于和等于边界品位的样品圈定为矿体，但必须保证工程平均品位达到最低工业品位要求。如达不到，则需将矿体边部或中间连续出现的、品位界于边界品位与最低工业品位之间的样品，圈为表外矿石，直到工程或样品段的平均品位等于最低工业品位时为止。这样作的目的，是为了在保证每个见矿工程的平均品位达到或超过最低工业品位的前提下，尽可能扩大资源利用率，并使矿体圈定趋于简单而有利于开采，使得矿山企业生产时不致因为过多地开采和处理品位过低的矿化物质而影响其经济效益。所以，拟定边界品位的基本原则是：其值既不能低于当前处理该类矿石的尾矿品位又要保证所圈定的矿体或开采矿段的平均品位不低于最低工业品位。

（2）最低工业品位　在一般情况下可以分为单工程或单块段的最低工业品位，矿体或开采矿段的最低工业品位。

单工程（或块段）最低工业品位，是圈定矿体、划分表内外储量的依据，是根据现有采选冶工艺技术水平、矿化特征和经济的合理性而确定的。该指标是对单个勘探工程中连续分段平均品位为衡量单位，对于品位变化较大矿脉，以块段为衡量单位。它是划分平衡

表内储量和平衡表外储量的依据。凡分段（或块段）平均品位大于或等于最低工业品位时，列为表内储量，低于最低工业品位，而高于边界品位者列为表外储量。由于此项指标只要求用最低工业品位圈出的表内储量平均品位，等于或高于矿段或矿床的收支平衡品位，因此，它一般都低于收支平衡品位，而不是可以盈利的品位标准。

由于此项指标低于经济上的不赔不赚品位，故对于品位较低或品位分段富集的原大矿体，按上述最低工业品位的应用方式，往往影响矿床的经济价值和矿山生产初期的经济效果。在此种情况下，有必要将连续分布的低于最低工业品位的样品圈定为表外矿，即相邻工程间对应连续的界于边界品位与最低工业品位的样品，即使并入平均计算后，工程平均品位仍然达到最低工业品位要求，但只要大于夹石剔除厚度，一般也应单独圈定为表外矿，从而避免将表内矿过于贫化。

矿体（或开采矿段）的最低工业品位：此项指标是针对矿化极不均匀的矿床，考虑矿体（或矿段）分别开采时的经济合理性而提出的。它是对全矿体或某一开采矿段参加矿体圈定的所有大于边界品位的试样的有用组分平均含量的最低要求，它是矿山企业据以生产能够获得所期望的基准投资收益率的品位值。此项指标在一般金属矿床工业指标制定中，仅作为选取指标方案的重要依据，但不下达该项指标要求。而对黄金、汞等品位极不均匀的矿床，则作为工业指标的一项主要内容下达。

此外，有必要说明的是有关边际品位的含义。目前，国外在储量计算中，已广泛应用了电子计算机和地质统计学理论，以及距离反比法。通过大量的信息处理与计算，建立矿块模型。矿与非矿是以块体（Block）为单元来衡量的。相应的工业指标采用单项制，即只有一个指标——边际品位来圈定矿体和计算储量。所谓边际品位，是指对储量计算单元有用组分平均品位的最低要求，也是控制开采效果的一种基本要求，而计算单元的大小是根据矿体特点、勘探程度以及开采需要情况而定。因而，欧美国家所使用的边际品位在含义及使用上与我国有一定的差异，不同于前述的边界品位、最低工业品位，也不同于矿体（矿段）平均品位。

4. 制定工业指标的方法

由于各工业指标的性质与作用的不同，因而其研究与确定的方法也有很大的差异。下边就各类指标的确定方法简述如下：

（1）确定边界品位和最低工业品位的方法主要有类比法、统计法、价格法、地质方案法和综合方案法等几种。

类比法　根据矿床矿化特征，矿石加工技术特性，矿体开采技术条件等，与已开采的类似矿山（或本矿山的生产区段）进行比较，参考其指标，制定本矿的工业指标。边界品位往往参考尾矿品位，是尾矿品位的 1～2 倍。此法简单易行，适于矿石性质简单的小型矿床。或在确定大中型矿床的参考指标时，作暂用指标使用。许多老矿山的深部延伸区，或生产矿山的外围矿段亦常用此法。

统计法　通过研究单样品位的频率分布，找出分布曲线的突变点，结合选矿尾矿品位进行综合分析，作为确定边界品位的参考。

价格法　它的依据是从矿石中提取一吨产品的生产成本应低于该产品的国家价格或市场价格，计算出经济临界品位（不赔不赚品位），此指标不等于最低工业品位，它比最低工业品位偏高，所以，往往用于验证储量的利用价值。显然，高于该品位则盈利，反之则亏

损。此法在工业指标制定中不宜单独使用，而只作为其它方法的补充和验证。

地质方案法（资源对比法） 它是根据经验和与矿床类比，通常拟定二到四组工业指标方案，选择有代表性地段，分别圈定矿体，计算储量，从矿体形态复杂程度、矿化连续性、矿体规模及其完整性和储量的多少等方面进行对比分析。选择矿体形态简单、矿化连续性较好，具有一定品位和规模、储量较多的方案。此法优点是突出了资源的合理利用和形态对比，计算工作量不太大。但缺乏技术经济论证性的全面论证，具有一定的局限性。故一般不宜单独使用。有时与价格法联合使用或作为综合方案法的一部分。

综合方案法（技术经济全面比较法） 是根据矿化特征和品位分布，参照类似矿山经验，提出几组工业指标方案，分别计算出品位和储量，绘出相应的矿体形态图，然后从资源利用程度，生产规模，采、选、冶技术经济指标及经济效益等进行对比，从中推荐资源利用率高，投资效果好的工业指标。此法的优点是考虑全面，成果较可靠，是目前在确定正式指标时应用最广的一种方法，但该法计算工作量较大，要求有较完善的基础资料。

（2）最小可采厚度的确定方法 最小可采厚度一般根据矿体规模、产状、矿床开采技术条件、开采方式、采矿方法、矿石的经济价值等因素制定、常采用经验对比法。参考指标如表 2—2。

表 2—2 最小可采厚度参考表

开采方式	有色金属		贵金属		铝土矿
	陡倾斜	缓倾斜	陡倾斜	缓倾斜	
地下	1	2	0.5～0.8	2	0.8
露天	1	2			0.5

（3）夹石剔除厚度的确定方法 夹石剔除厚度决定于开采方式、采矿方法、采掘设备以及矿石加工过程中对废石的剔除程度。通常，采用大型设备的露天矿或采用深孔采矿法的井下矿，选用较大的夹石剔除厚度；采用浅孔采矿法，小型采掘设备的井下矿山，夹石剔除厚度要小。一般情况下，地下开采时为 2 m，露采为 4 m。

（4）综合工业品位指标的制定方法 当矿床中同时存在几种有用组分，但每一种组分均不能单独达到工业利用的要求，而它们在矿石中的含量又高于技术上的可选品位（一般指尾矿品位）时，该矿床的工业价值，就不能只用一种有用组分的价值来衡量，而必须按技术上可以回收的几种有用组分的综合价值进行考虑。这种按照两种或两种以上有用组分的综合价值所制定的工业指标，叫做综合指标。可见综合指标的意义在于全面地评价矿床的经济意义，以充分和合理地利用矿产资源。一般地说，综合指标主要适用于品位较贫、有用组分密切共生的多金属矿床。

制定综合指标较制定单一组分工业指标复杂，它必须具备以下条件：对矿石质量有较深入研究，产品方案已基本确定，各有用组分在选冶中的回收可能性、回收方式和实收率已经了解。

目前，综合品位指标的制定方法和相应的表达形式可归结为两种：一是制定综合工业品位和品位折算系数；二是仍以主组分工业指标下达，但考虑了与其共生或伴生组分的经济价值而相应降低主组分最低工业品位。

A. 综合工业品位的制定　综合工业品位是多组分矿床单项工程（或块段）综合品位的最低要求。它是按加工处理多金属组分矿石全部生产成本计算，以主组分表达的经济上临界品位。由下式计算求得：

$$C = \frac{S \cdot C_d}{Z_d(1 - K_t) \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_1}$$

式中：C——综合工业品位（%）；S——处理单位多组分矿石的全部生产成本（元/t）；C_d——精矿品位（%）；Z_d——主组分产品的精矿调拨价格（元/t）；K_t——采矿贫化率（%）；ε_0、ε_1——主组分选矿、主组分精矿运输回收率（%）。

综合工业品位是矿石综合经济价值的衡量标准，因而在意义上和数值上与主组分的最低工业品位并不相同，应该严格区分开来。

为了圈定工业矿体和评价矿床的工业意义需要将次要共生（伴生）组分按等值的原则折算为主组分品位。主组分与某一伴生组分品位的比值，称为该伴生组分的折算系数，而主组分品位及伴生组分折算为主组分品位的总和，称为综合品位。列式表示为：

$$C = C_0 + \sum_{i=1}^{n} K_i \cdot C_i$$

式中：C——综合品位；C_0——主产元素品位（%）；C_i——第 i 种伴生组分品位（%）；n——具有综合利用价值的伴生元素种类；K_i——第 i 种伴生组分折算系数。

圈定矿体时，按单个工程（或块段）将伴生组分品位折算为主组分品位，而得出该工程（或块段）的综合品位，当此综合品位大于或等于综合工业品位时，则外表内矿。

折算系数的计算，常有以下几种方法：

a. 产值法　以主、伴组分产品产值的比值做为折算系数。公式为：

$$K = \frac{\varepsilon_i \cdot Z_i}{\varepsilon_0 \cdot Z_0}$$

式中：ε_0、ε_i——主元素、伴生元素回收率（%）；Z_0、Z_i——主元素、伴生元素最终产品价格。

b. 价格法　以主元素与伴生组分最终产品（精矿或金属产品）的价格之比，作为折算系数，其公式为：

$$K = \frac{Z_i}{Z_0}$$

c. 盈利法　按主、伴组分产品盈利相比的原则进行折算系数的计算，其公式为：

$$K = \frac{(Z_i - B_i)\varepsilon_i}{(Z_0 - B_0)\varepsilon_0}$$

式中：B_0、B_i——主元素、伴生元素最终产品成本（元/t）。

对以上三种计算方法的分析，价格法计算比较简单，但它仅考虑了主、伴组分产品的价格，而未考虑回收程度和加工费用不同带来的影响，从而等价带有一定的虚假性，对某些价格较高的金属伴生组分，易导致错误的结论，因而一般较少应用。盈利法虽考虑因素比较全面，但实践中存在一些困难，如主元素与伴生组分某些共同发生的费用难于分开，故二者成本难于分别计算，也就难于确切计算利润；矿山企业利润与矿石品位密切相关，本应考虑品位因素，但工业指标确定以前，矿石品位也是不确定的。此外，当公式中 $Z_i = B_i$ 时，$K = 0$，说明伴生组分无折算意义，但这是不合适的，因这并不能说明不具有综合利用

价值。因为此时，虽然回收伴生组分对本企业“不赔不赚”，但为社会提供了矿产品原料，充分利用地下资源，具有一定的社会效益。产值法所得出的 K 值，实际上也是以综合全成本计算的主伴组分临界品位的比值，故这一公式较为完善。但应该指出，公式中并未考虑主伴组分加工费用不同的影响。此外，品位的变化也会造成选矿实收率的改变，从而产生实际上并不完全等值的情况。

应当说明的是，用折算系数求取综合品位，主要适合于几种有用组分回收工艺过程不同、实收率和产品价格相差又较悬殊的情况。对密切共生且回收工艺过程相同，产品价格又大致相近的两种组分，可以近似地将折算系数定为一。此时可直接下达合计型综合品位，即为两组组分的品位之和。如河南某铌钽矿工业品位 $(Ta+Nb)_2O_5 \geqslant 0.02\%$，湖南某钨锡矿最低工业品 $WO_3+Sn \geqslant 0.2\%$。

还需要说明的是，采用综合工业品位时，参于折算的组分在目前技术经济条件下，必须具有回收价值。如其含量过低，在加工过程中难以回收或回收率低就不能参于折算，否则可能导致矿床经济评价的失误。因此，有必要确定伴生组分的折算起点。只有在有用组分品位高于或等于其折算起点时才能进行折算。

折算起点主要从有用组分加工工艺性质和回收情况考虑。一般以选矿试验尾矿品位的1～2倍作为折算起点，也可以用该有用组分的边界品位值作为折算起点。

B. 成本冲抵法　本方法的实质是，按主元素和伴生组分的产值分别占总生产费用的比例，进行成本分摊，根据伴生组分在矿体中的平均品位、选矿回收率、分摊成本及产品销售价，计算出伴生组分的利润。用此利润去减主元素分摊的成本，用冲抵后的主元素生产成本进行经济评价计算和方案比较。由于主元素的生产成本因伴生组分的“冲抵”而可采用较低的工业指标，有利于资源的充分利用。此时推荐的工业指标是以主元素作为单元素形式出现，但已考虑了伴生元素的回收价值，当然，由于工业指标制定以前，伴生组分的平均品位是不确定的，相应的回收率取值也受影响，故“冲抵”的量，带有一定的误差，本方法是平均意义上冲抵，即是以全矿区或某一类型的矿床（段）进行平均计算。虽方法较简单，但较粗略、且有上述不完善之处。一般适用于伴生组分较低，但可综合利用的矿床。或在推荐暂用指标时采用。

有关综合指标的制定，目前在我国还处于探索研究阶段，其表达形式、制定方法等，都还很不成熟。在工业指标方案对比中，要应用某些技术经济指标。这些指标的选取决定于矿体的形态、产状和矿石质量等因素，而矿体的形态、产状和矿石品位又受工业指标所制约。在这些正反因素相互影响下，合理选择计算参数是值得进一步深入研究与探讨的。

第三节　矿山设计阶段的地质工作

矿山设计是矿山建设的一个重要环节。是将地质勘探成果转化成矿山建设和生产的桥梁。其主要任务是在地质勘探成果的基础上，合理确定矿山规模、工艺流程、产品方案、建设投资等。以及对矿山设备、经济效益等进行计算和论证，并据此绘制施工图纸，指导矿山建设施工。设计质量的优劣，对矿山建设和实现均衡生产都有着决定性的影响。

一、初步设计前的地质准备工作

初步设计是矿山企业设计的主要工作阶段。它一般是在可行性研究的基础上，根据设

计任务书已确定的原则要求进行的。在这种情况下，在初步设计之前，只需对地质资料及其评价意见进行审查，而对于未进行可行性研究的矿山，则必须对地质勘探报告资料进行评价，现仅就初步设计前的几项主要地质准备工作简述如下：

1. 工业指标的核实与修改

当影响工业指标的因素在矿山设计时期与勘探时期相比发生明显变化时，在设计之前必须进行核实与修改。必要时，还应在新的资料和各项技术经济参数基础上重新进行试算，确定新的工业指标。

2. 首采地段的选择

矿山首先开采地段的合理选择，对整个矿床的开采顺序、基建投资、投产初期经济效果影响极大。首采地段的选择，主要地质依据是矿体形态产状和埋藏条件，以及品位分布和矿石类型分布等。因此，设计地质人员应配合采矿专业人员选好首采地段。

首采地段的选择应遵循如下原则 ①符合矿床合理开采顺序；②选择品位高、埋藏浅、高级储量地段，有利于投产初期的经济效益和缩短投资偿还年限，保证矿山基建合理可靠；③有利于总体开拓系统、矿山工业场地运输线路的合理布置；④有利于减少井巷工程量和露天开采的基建剥离量。

二、设计地质图件的编制

设计地质图件是矿山企业设计必不可少的直接依据。不仅中段（台阶）储量计算，基建勘探工程的布置等，需要直接依据设计地质图件进行，而且，开采设计方案的确定、井巷工程的布置、开采进度计划安排、以及基建工程量的计算等等，也必须借助于设计地质图件才能进行。

设计中使用的综合图件，其来源有两个方面。一是沿用地质勘探报告中所附的图件，如矿区地形地质图、储量计算剖面图、储量计算平面图、矿体纵投影图、矿体顶底板等高线图等。关于这些图件的要求，在矿产勘查学中及有关规范与规程中均有详细阐述，设计中使用这些图件，首先应进行检查，看内容是否齐全，各种图件内容是否衔接一致。必要时还需作一些必要处理。当蓝图变化较大时，可采用较准确的坐标网格透明纸描图，尽量减小矿体主要部位的变形。经过检查和必要处理后，就可以在设计中使用。二是重新编制的地质图件，这种图件是设计地质人员根据矿山开采设计的实际需要，充分利用地质勘探阶段的综合地质图件和基础资料重新编制的。其中最主要的是阶段（中段）地质平面图。此外，根据矿床地质条件、设计开采方式及设计中储量计算要求等具体情况，有时需要重新编制矿体纵投影图、矿体顶底板等高线图、以及辅助剖面（断面）图等。这也是设计过程中，地质人员的一项重要工作内容。

矿山设计阶段对地质图件重新编制的主要原因是：①原提交图件不够用或其标高与设计标高不一；②某些图件之间不相吻合；③矿石工业类型和氧化带界线进行了修改；④储量改算引起某些界线变动；⑤原图件错误等。

不同的矿山其地质条件、开采方式、采矿方法均有不同，矿山开采设计对地质图件的要求也不完全一致，大体可分以下三种情况：

（1）各矿山共同需要的设计地质图件 矿区地形地质图、勘探线剖面图、矿体纵投影图。

（2）露天开采矿山设计需要的设计地质图件 台阶地质平面图、辅助剖面图。

（3）地下开采矿山设计需要的设计地质图件　中段地质平面图、矿体顶底板等高线图（缓倾斜矿体）、辅助剖面图。

关于设计地质图件的编制方法与要求与一般地质图件基本相同，这在有关规范或规程中，以及矿产勘查学中均有规定与介绍，故在此省略不予介绍。

三、设计储量计算工作

设计中的储量计算工作包括地质报告储量改算和中（阶）段储量设计计算。

1. 设计储量计算的目的与内容

（1）储量计算的目的　地质勘探阶段储量计算的范围和内容，由于无法考虑矿床开采因素，往往不能直接为矿山设计所利用，因此，在设计过程中，设计地质人员还需将地质勘探阶段的储量计算成果，按矿山采选设计的实际需要进行阶段或中段储量计算。设计中进行储量计算的主要目的是：在地质勘探储量计算成果的基础上，对储量的空间分布进行正确的分配计算，为开采方案的合理选择及矿山生产能力、技术经济指标的确定，提供储量依据。

（2）储量计算的内容　包括阶段（台阶）和中段储量计算及保安矿柱的计算。

阶段（台阶）储量计算，是对露天开采矿山，为了确定矿山生产能力、安排采掘进度计划和进行剥采比、技术经济计算的主要依据。设计时，应按采矿专业确定的阶段高和不同方案的露天开采境界，结合阶段平面图，计算个方案露天境界内的阶段储量。

中段储量计算，是对地下开采矿山，为了确定矿山生产能力，安排采掘进度计划和进行技术经济计算提供依据。设计时应按采矿专业所确定设计开采范围和中段标高，结合中段平面图，计算各中段储量。

保安矿柱的计算，这是为了保障开采安全，对于处于河床、含水破碎带、老窿区附近或特殊需要保护的建筑物、古文物附近的矿体，需保留部分矿量不予开采，留作保安矿柱，而计算其矿石量和金属量，以作为论证留设保安矿柱在技术经济上合理性的重要依据。

2. 设计中储量计算方法

设计中储量计算，应充分利用地质勘探阶段的储量计算资料，必须使设计中计算的分层储量的总和与地质勘探报告提交的储量基本吻合，这是设计储量计算的基本原则。设计储量计算有多种方法，其中以在设计实践中产生的分配法、应用较多；有时也采用常用的储量计算方法，如水平断面法、开采块段法等；随着国外先进技术的引进，电算技术也开始在设计中使用，如距离平方反比法，克立格法等。

（1）面积分配法　此法适用于采用平行勘探线进行勘探、并采用剖面法计算储量的矿床。计算方法是，当各剖面间距相等时，用各矿体分级别的中段剖面面积和占该矿体总面积的比例分级别按矿石类型进行储量分配，计算出该矿体的中段矿石量（图 2—1）。其计算公式为：

$$Q_i = Q \times \frac{S_i}{S}$$

式中：Q_i——某矿体或某矿块 i 中段储量；S_i——某矿体或矿块 i 中段剖面面积；Q——某矿或矿块总储量；S——某矿体或某矿块的总面积；$\frac{S_i}{S}$——分配系数（K）。

若剖面间距不等，则以矿块为单位，分别进行分配计算。分配系数 $K=\frac{S_i}{S}$，矿块 K 值

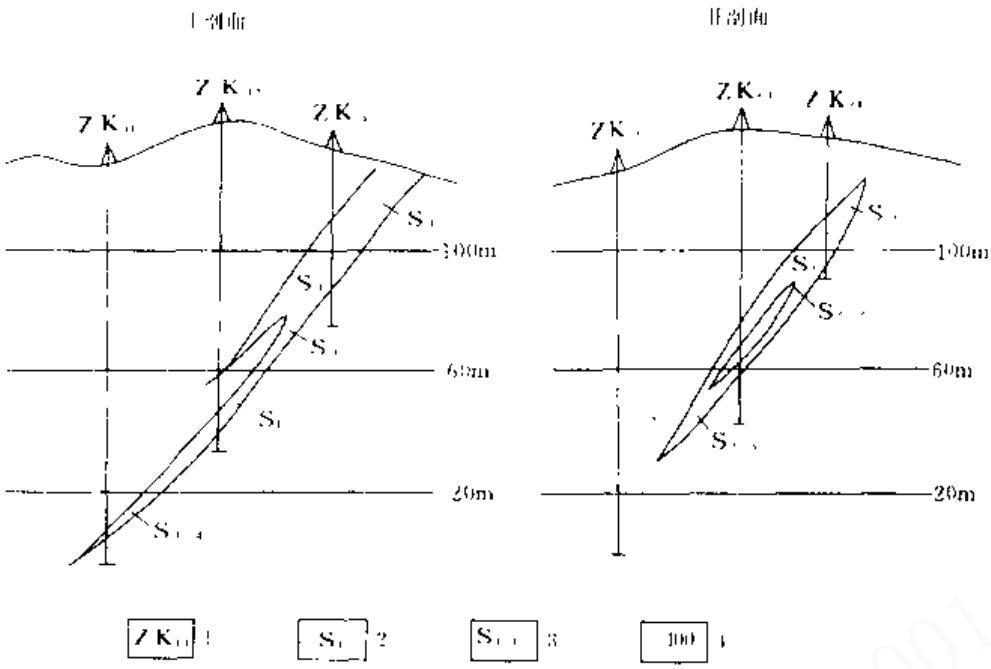


图 2—1　剖面面积分配法示意图

1—钻孔及编号；2—剖面矿体总面积及编号；3—中段分面积编号；4—中段标高

计算公式：

$$K_1=\frac{S_{1\ 1}+S_{2-1}}{S_1+S_2}$$

（2）体积分配法（纵投影面积、厚度分配法）　该法适用于陡倾斜的脉状、层状矿体。当矿体产状变化不大，工程分布较均匀时，此法精确程度较高。特别是当相邻两剖面矿体位置高差大于中段（或阶段）高度时，此时如用剖面法就会在某中段仅有一个剖面切到矿体（图 2—2），据此所算得的储量很不准确。如用体积分配法，则能准确的计算出中段储量。计算时可用各中段所占的体积比，分配各分中段的矿石量。如图 2—3。各中段的矿体体积为　　$V_i=S_1\times m_i$

各中段的分配量为：

$$Q_i=\frac{V_i}{V}Q$$

式中：m_i— i 中段平均厚度（用本中段各剖面厚度的平均值）；$\frac{V_i}{V}$— 一体积法分配系数；V——矿体总体积；Q——总储量。

（3）水平投影面积与垂厚乘积分配法　此法适用于勘探工程不规则，勘探阶段采用水平投影图计算储量的缓倾斜层状、似层状矿床。

此法计算过程较面积分配法

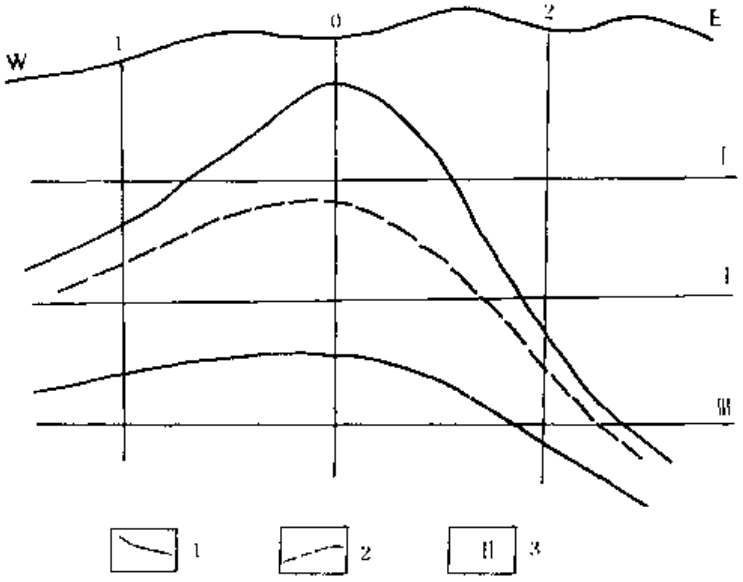


图 2—2　纵投影分配法示意图

1—矿体边界；2—氧化带界线；3—中段

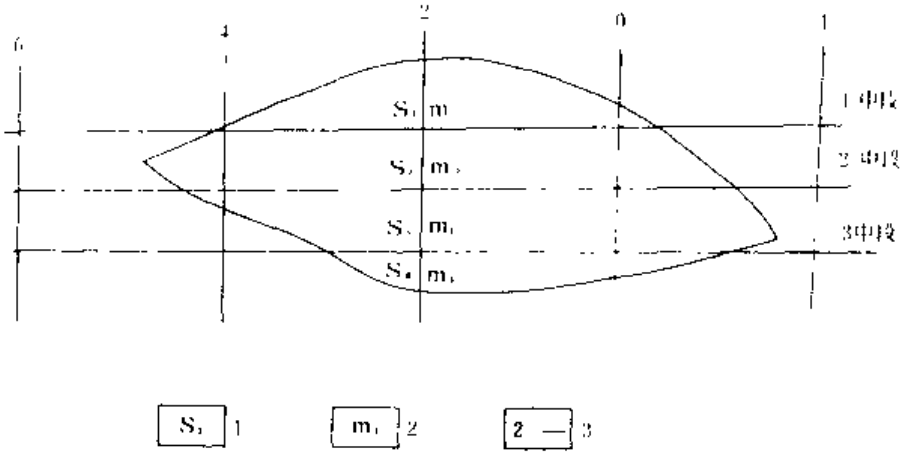


图 2—3　体积分配法示意图

1—中段矿体面积；2—中段矿体平均厚；3—勘探线及编号

简便，计算过程与纵投影法配法相似。当矿体厚度变化不大、地质构造较简单时，可获得满意的计算效果。

(4)其它储量计算方法　其原理与计算程序与地质勘探阶段所使用储量计算方法相似，故在此从略。

四、基建探矿设计

基建探矿是矿山基建阶段，为保证基建开拓、剥离和基建范围内采、切工作的顺利进行以及为满足矿山投产初期对生产矿量的需要，在地质勘探工作的基础上，在基建地段内所进行的探矿工作。

在我国目前地质工作管理体制下，除个别例外，基建探矿是矿山建设过程中的一个必须的步骤，这是因为当出现下列问题时，则需进行基建探矿：

(1) B 级储量在数量上和质量上不能满足开采设计的要求或未分布在首采地段；

(2) 首采地段内主矿体上部的主要平行小矿体控制程度过低或主矿体上部边界不清；

(3)须分采分选的各矿石类型界线及其数量未予探明或氧化带界线划分缺乏实际资料；

(4) 在基建范围内规模较大的断层、破碎带、岩脉的分布及其破坏程度尚未查明或较大矿体的边界未能圈定。

基建探矿费用，应列入矿山基建计划。在矿山初步设计中，还应确定基建探矿原则、范围、网度和手段，据此设计探矿工程并计算工程量。

五、初步设计地质专业说明书的编写

设计说明书是设计成果的集中体现，是施工图设计的依据。其主要内容如下：前言，矿区地质，矿石性质及特征，矿床开采技术条件，矿床水文地质条件及矿坑涌水量预测，矿床储量，地质报告评价，矿井疏干设计及地表防排洪设施，基建探矿与取样，以及存在的问题与建议等。

六、设计地质工作中的施工图设计

设计地质工作中的施工图设计，主要包括基建探矿工程施工图设计和矿山地质专用设施施工图设计两个内容。

(1) 基建探矿工程施工图设计　其内容主要应说明设计依据，基建探矿施工图纸的绘制，施工顺序、进度计划及说明书的编写等。

(2) 矿山地质专用设施施工图设计　其内容主要有：地质化验室施工图设计，样品加工室施工图设计，岩矿鉴定室施工图设计及岩矿心库施工图设计等。

第四节　矿山基建施工阶段地质工作

1. 基建探矿施工阶段的地质工作

(1) 施工单位的地质工作　①基建探矿的施工组织与管理；②现场地质编录、综合地质研究、矿产取样和计算储量和编写基建探矿总结报告。

(2) 设计部门的地质工作　①向施工单位进行设计交底，介绍基建探矿的设计目的、原则、工程布置、施工技术要求和施工顺序与进度计划；②深入施工现场，帮助解决施工中出现的问题；③进行地质勘探与基建探矿之间的验证对比；④参与基建探矿总结报告编写的研究；⑤参加施工验收和编写专业工程总结。

2. 矿山施工验收与工程总结中的地质工作

矿山施工验收中的地质工作：首先是对基建探矿报告的审查与验收；其次是配合采矿专业进行有关工程的验收工作。

矿山设计地质专业工程总结，在矿山投产后，为了总结经验教训，应对矿山设计工作的全过程进行回访。对地质专业来说，首要的是通过基建探矿对地质报告的验证，检验设计对地质勘探报告评价意见的正确性；其次是总结在设计准备阶段所提出的问题解决的效果如何？基建探矿的类型、网度、手段、工程布置是否正确有效；此外，对验证后的储量与原设计储量计算成果进行对比，分析变化原因；最后应提出地质专业总结报告。

第三章　生产勘探

第一节　生产勘探的目的与任务

1. 生产勘探的目的

生产勘探是在矿山生产期间，在前阶段地质工作的基础上，为满足开采和继续开拓延深的需要，提高矿产储量级别和为深入研究矿床（矿体）地质特征所进行的探矿工作。其主要目的在于提高矿床勘探程度，达到矿产储量升级，直接为采矿生产服务。其成果是编制矿山生产计划，进行采矿生产设计、施工和管理的重要依据。

2. 生产勘探的任务

（1）采用一定的探矿手段或利用部分生产工程，正确圈定矿体边界线。

（2）进一步查明矿体形态特征和影响矿床开采的地质构造特征，查明矿产质量、矿石品级和类型，准确圈定矿体的氧化带、混合带、原生带，必要时圈定出矿石类型和品级边界，为储量计算、矿石质量管理、矿产资源的合理开采提供地质依据。

（3）按生产要求重新计算矿产储量，提高储量的可靠程度，为制定生产作业计划和矿产储量管理提供依据。

（4）探清近期开采地段的矿床水文地质条件、开采技术条件，必要时还要进一步查明矿石技术加工条件及其它生产需要解决的地质问题，为安全生产作业和矿石的合理开发提供必要的资料。

（5）探明原矿床勘探时未控制的存在于主矿体上．下盘及边、深部的平行、分支再现等矿体和其它小盲矿体，不断增加矿山保有储量，延长矿山服务年限。

通过生产勘探，多数矿床的矿产储量由C级逐步升至B级或A级，小而复杂的矿床由D级升至C级（极少数可能达B级）。由于生产勘探多年持续进行，储量升级随采区发展而逐步扩展，为保证生产勘探资料及时服务于生产，储量升级必须对生产保持一定的超前关系，超前的范围和期限由矿山具体的地质、技术和经济条件决定。在一般情况下，生产勘探超前采矿生产的范围对露天采矿为一到几个台阶，地下采矿为一到两个阶段。

第二节　生产勘探的技术手段

生产勘探所采用的技术手段，与矿产地质勘查阶段所采用的技术手段大体相似，但是，在生产勘探中所选用的各种工程的目的及其使用的比重与矿床地质勘探相比，具有其不同的特点。因为生产勘探是直接为矿山生产服务的勘探工作，要求研究程度高，提供的地质资料要准确；生产勘探与采矿生产关系密切，探矿工程与采矿工程往往结合使用。

在目前的探矿技术水平条件下，生产探矿的主要技术手段有探槽、浅井、钻探和地下

坑探工程。

一、影响选择生产勘探手段的因素

（1）矿体地质因素　特别是矿体外部形态变化特征，诸如矿体的形态、产状、空间分布及矿体底盘边界的形状和位置。

（2）能被矿山生产利用的可能性　特别是地下坑探工程的选择，必须考虑探采结合，尽可能使生产探矿工程能为以后矿床开拓、采准或备采工程所利用。

（3）矿床开采方式及采矿方法　对露天开采矿山，一般只用地表的槽探、井探和浅钻或堑沟等技术手段，而地下开采矿山则主要采用地下坑探和各种地下钻探来进行；不同的采矿方法对勘探技术手段的选择也往往有一定的影响。

（4）矿床的开采技术条件和水文地质条件以及矿区的自然地理经济条件，在某种程度上也会影响勘查技术手段的选择。

在具体选择生产探矿技术手段时，必须对上述各种影响因素进行全面研究、综合分析，才能正确地选择探矿技术手段。

二、露天开采矿山的生产勘探手段

在露天开采矿山的生产勘探中，探槽、浅井、穿孔机和岩心钻等是常用的技术手段。

（1）探槽　主要用于露天开采平台上，揭露矿体、进行生产取样和准确圈定矿体。当地质条件简单，矿体形态、产状及有用组分含量稳定而又不要求选别开采的矿山，用探槽探矿更为有利。

平台探槽的布置，一般应垂直矿体或矿化带走向，并尽可能与原勘探线方向一致。为节省工程量可采用主干探槽与辅助探槽相间布置（图 3—1）。

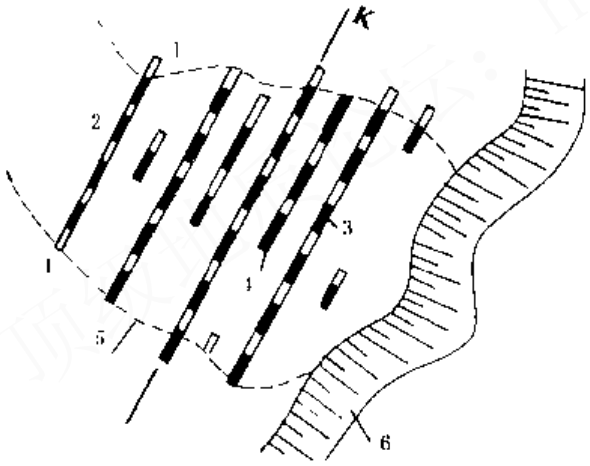


图 3－1　露采平台探槽布置

1—围岩；2—矿体；3—主干槽；4—辅助槽；5—矿体边界；6—露采边坡

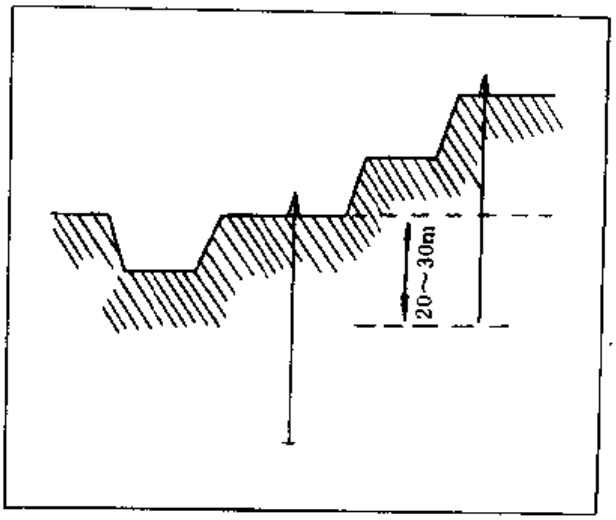


图 3　2　露采钻孔布置剖面示意图

（2）浅井　常用于探查缓倾斜矿体或浮土掩盖不深的矿体，其作用是取样井准确圈定矿体，测定含矿率，检查浅钻质量。

（3）钻探　岩心钻是露天采场生产勘探的主要技术手段，一般孔深取决于矿体厚度及产状。常选用中、浅型钻孔。如矿体厚在中等以下，可以一次打穿；如矿体厚度大、倾角陡时，一般孔深为 50～100 m，只要求打穿 2～3 个台阶，深部矿体可采用分阶段接力的方

法探矿。为弥补上下层钻孔不能紧接的缺点，上下层孔间应有 20～30 m 的重复部位(图 3—2)。

(4) 潜孔钻或穿孔机　当矿体平缓时，此时可采用潜孔钻或穿孔机，通过收集岩(矿)粉取样以代替探槽的作用。样品的收集应分段进行，可在现场缩分后送去化验。

三、地下开采矿山的生产探矿手段

地下开采矿山的生产探矿手段，主要是各种地下坑道和坑内钻，在可能情况下也可利用各种凿岩机起辅助探矿作用。

(一) 坑道

坑道是地下开采矿山的主要生产探矿手段。所获资料准确可靠，利于探采结合，能为生产所利用。其缺点是探矿成本高、掘进速度慢。

各类坑道的探矿作用是：沿矿体走向追索时，主要使用脉内沿脉和脉外沿脉或带穿脉的沿脉；沿矿体倾向追索时，主要使用天井(急倾斜)、上山(缓倾斜)、斜天井(中等倾斜)；沿厚度方向切穿矿体时，主要使用穿脉、小天井(暗井)或盲中段中的辐穿。各类探矿坑道的作用综合示意图如图 3--3。

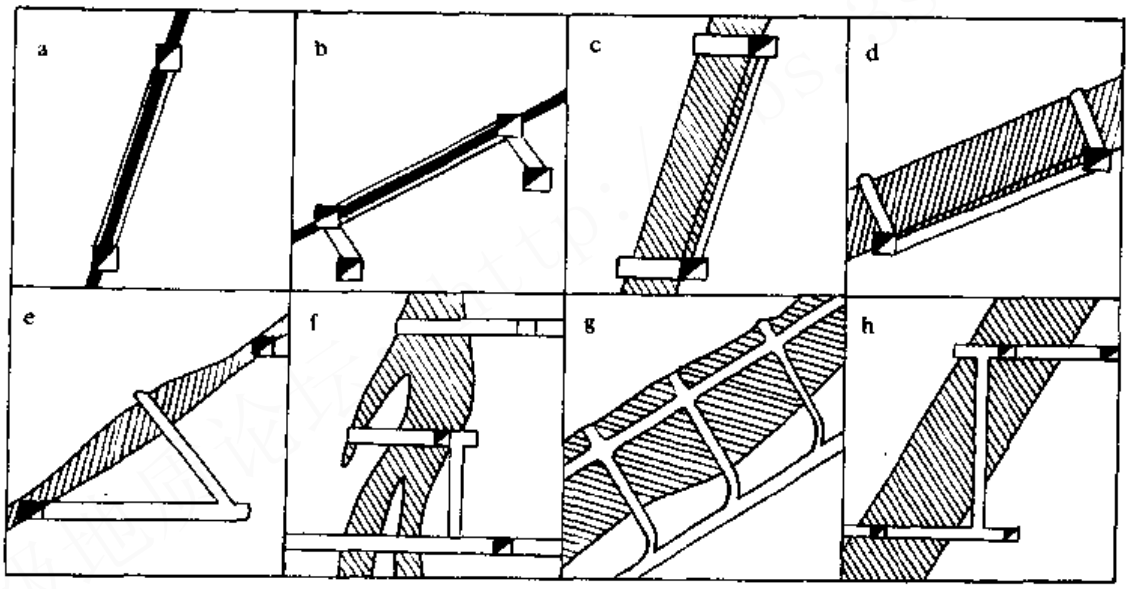


图 3—3　生产勘探中所用各类坑道综合示意图

a—急倾斜极薄矿体，用脉内沿脉及天井；b—缓倾斜极薄矿体，用脉内沿脉及上山或下山；c—急倾斜中厚矿体，用下盘沿脉、天井及穿脉；d—缓倾斜中厚矿体，用下盘沿脉、上山及天井；e—倾斜中厚矿体，用下盘沿脉及斜天井；f—不规则矿体，用盲中段辅穿探矿；g—厚大矿体，阶段水平面上用脉内沿脉和穿脉坑道探矿；h—厚大矿体，垂直剖面上用阶段天井探矿

(二) 钻探

钻探亦是井下生产矿山常用的探矿技术手段。根据钻探揭露的部位的不同，可分为地表岩心钻和坑内岩心钻两类。前者多用于探明浅部矿体，后者多用于追索和圈定矿体深部延深情况，寻找深部和旁侧的盲矿体，也可以多方向准确控制矿体的形态和内部结构以及探明影响开采的地质构造等。

目前我国有色金属矿山使用的坑内钻有：国产红旗—100 型、钻石—100 型、KD—100 型、太原—100 型、ТХИ—75 型等，还有加拿大产 JK—25 型。这些坑内钻都有结构简单、

轻便、操作方便、能打各种方向及各个角度的钻孔，效率高，成本低的特点。

近年来，为解决坑道探矿周期长、经济效益差的问题，坑内钻已在我国许多地下开采矿山，得到了广泛使用。目前采用以钻探代替部分坑探、坑钻组合方式进行生产探矿，提高了生产探矿效果，缩短了探矿周期，降低了成本，满足了生产的需要，对加速矿山生产具有重要意义。它已成为我国地下开采矿山生产勘探手段的发展方向。

坑内钻具有以下优点：

1. 地质效果好

坑内钻岩心采取率高　坑内钻大部分都是利用金刚石钻头钻进，其岩矿心采取率一般都在80%以上，如中条山篦子沟铜矿从1979年到1985年，施工不同角度的坑内钻孔进尺共15000 m，平均岩矿心采取率为92%。辽宁红透山铜矿，施工223个钻孔，岩矿心采取率在80%以上的占93.3%。

钻孔方位和倾角偏差小　钻孔方位偏差和倾角偏差一般为2°～4°，达到规定质量要求。如红透山铜矿，在施工223钻孔中，其方位角偏差在两度左右，倾角偏差2°～4°，证明钻孔工程质量是可靠的。

取得地质资料可靠　通过某些矿床对应地段的坑内钻与坑道所取得的主要地质成果对比证明，坑内钻地质效果较好。如湖南锡矿山矿务局南段，矿体形态的重叠率为93%～96%以上，矿体上盘位移0～0.6 m，下盘位移0～1 m，单项工程矿体品位相对误差一般在±5%～20%左右，平均为±10%。杨家杖子岭前某地段以坑钻组合探矿，获升级储量470 kt，与坑探所获得的升级储量相比仅差－2%。

湖南桃林铅锌矿床为中低温热液裂隙充填铅锌萤石矿床，属三至四勘探类型。矿床断续赋存在花岗岩体接触断裂带上部，呈扁豆状，复合脉体产出，矿体脉幅厚，品位低。该矿为了验证坑内钻代替坑探的可行性，分别在同一地点，先施工钻孔，再掘进坑道，两者相比（表3—1），矿体下盘界限偏差一般为2 m，最大者不超过8 m，主要是因矿化为稀疏

表3—1　桃林铅锌矿坑探、钻探资料对比表

工程	手段	矿体条	矿体下盘界线变化 m	品位变化系数 %		工程平均品位 %		品位绝对误差 %		品位相对误差 %		面积 m^2	面积绝对差 m^2	面积相对差 %
				Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn			
7号	坑	8	8	110	124	0.57	0.89	±0.03	−0.11	±5	−12			
	钻	8		108	129	0.60	0.78							
3～7号联	坑	7	基本吻合			0.41	1.33	±0.24	−0.36	±59	29			
	钻	9				0.65	0.95							
6号联	坑	6	2	108	122	0.79	1.21	−0.15	−0.27	−19	22			
	钻	7		128	123	0.64	0.04							
5号联	坑	5	2			2.01	3.81	−0.76	−1.39	−38	36			
	钻	5				1.25	2.42							
1联	坑	4	2	100	125	1.85	0.85	−0.33	+0.21	−18	25			
	钻	4		135	122	1.52	1.06							
余地段	坑		2～8	98	112	1.03	1.01	−0.09	−0.07	−9	−7	6085	−291	5
	钻			128	124	0.94	0.94					5794		

网脉状和团块状为主，极不均匀所致；两者控制矿体的总轮廓相似，面积相对误差仅为5%；品位相对误差不大，表明坑探及钻探所获得的资料相近，能揭示矿床的客观特征，证明坑内钻探完全可以作为生产探矿的一种手段，如果适当加密钻探网度，地质效果将会更好。

2. 机动灵活、操作简单

坑内金刚石钻机体积小，重量轻，搬迁方便，操作简单。可以进行任何方位，任何角度的钻进，可以最合适的角度穿过矿体或构造线，从而获得更好的地质效果。

3. 钻探效率高、成本低

这种坑内钻，钻探速度快，探矿周期短，资料供给及时。坑探每米成本约140～200元以上，而这种钻探成本只有10～20元。以钻代坑可以减少坑内掘进量，如红透山铜矿用1.3 m钻探可以代替1 m坑探，岭前钼矿用1.6 m钻探可以代替1 m坑道。同时以钻探代替坑探可以大大减少坑道维护量，节约大量的木材、钢材和水泥等支护材料。

4. 有利于安全生产

以钻探代替坑探，减少了坑探掘进工程量，不但可以降低粉尘，减少出渣量，减轻工人劳动强度，而且使矿岩稳固性少遭破坏，有利于安全生产。

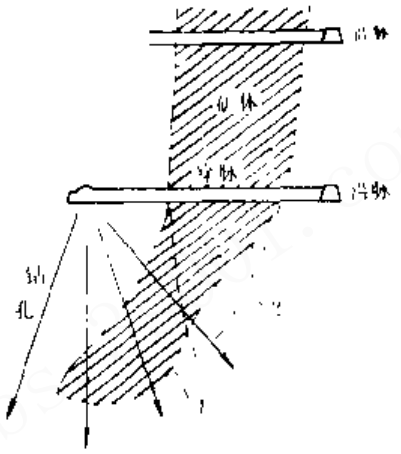


图3—4 坑内钻探明矿体的延伸示意剖面图
1—用坑内钻圈定的矿体边界；2—原推断的矿体边界

坑内钻在生产勘探中的主要用途：

(1)探明矿体深部延深，为深部开拓工程布置提供依据（图3—4）。

(2)用坑内钻指导脉外坑道掘进。为控制矿体走向和赋存位置，先打超前孔，指导脉外沿脉坑道的施工（图3—5）。

(3) 用坑内钻代替天井及付穿控制两个中段之间矿体形态与厚度的变化（图3—6）。

(4) 用水平坑内钻代替付穿，圈定矿体工业品级界线（图3—7）。

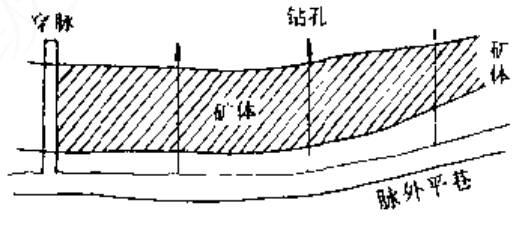


图3—5 用坑内钻指导脉外坑道掘进平面图

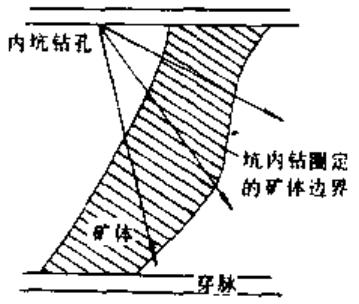


图3—6 用坑内钻代替天井及付穿控制矿体形态与厚度变化剖面图

(5) 用坑内钻代替穿脉加密工程，提高储量级别（图3—8、图3—9）。

(6) 用坑内钻探矿体下垂及上延部分，圈定矿体边界（图3—10、图3—11）。

(7) 探构造错失矿体（图3—12）。

(8) 探矿体边部或空白区寻找盲矿体（图3—13）。

(9) 用扇形坑内钻控制形状复杂不规则矿体（图3—14）。

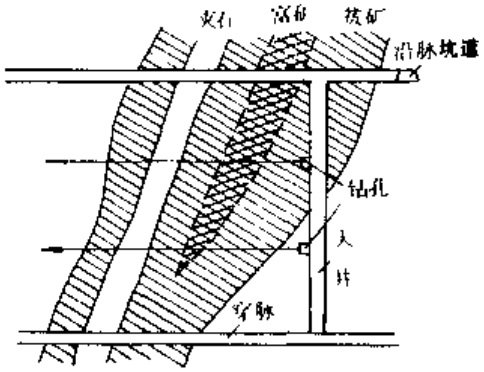


图 3-7 用坑内钻代替付穿圈定矿体工业品级界线剖面图

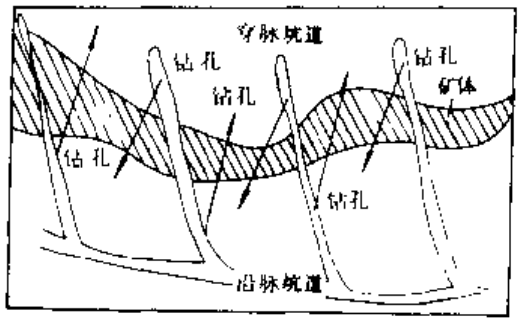


图 3—8 坑内钻代替穿脉加密工程平面图

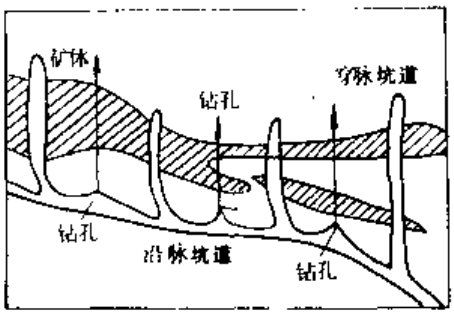


图 3-9 坑内钻代替穿脉加密工程平面图

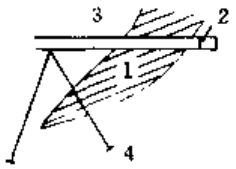


图 3—10 坑内钻探下垂矿体剖面图

1—矿体；2—沿脉坑道；3—穿脉坑道；4—钻孔

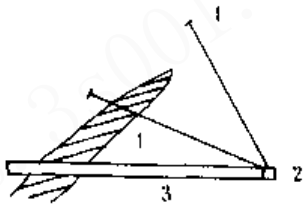


图3—11 坑内钻探矿体上延部分剖面图

1—矿体；2—沿脉坑道；3—穿脉坑道；4—钻孔

(10) 探老洞残矿（图 3—15）。

(11) 探含水层、地下暗河、溶洞

用坑内钻不仅可探明分布在开采范围内的含水层、地下暗河、岩溶等岩溶构造，同时还可用钻孔作放水孔，为生产创造条件。如东薄有色金属矿横水岭 500 m 中段大巷，位于水库下面，该地段暗河、溶洞发育，为探清地下水情况，当大巷施工到一定位置时，先施工一个 200 m 深的超前探水孔，避免地下水患，保证坑道施工安全（图 3—16、图 3—17）。

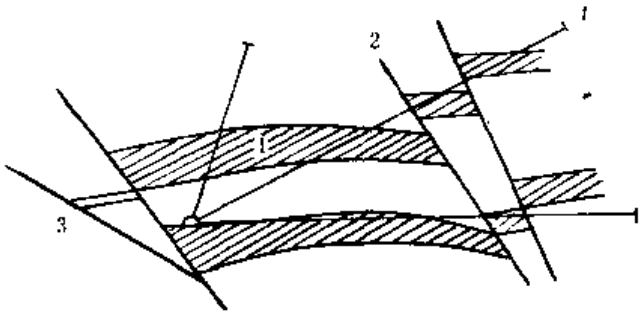


图 3—12 坑内钻探构造错失矿体剖面图

1—矿体；2—断层；3—沿脉；4—钻孔

(三) 凿岩机探矿

近十几年来，我国一些配有中深孔或深孔凿岩设备的矿山，经常利用矿山已有的凿岩机进行探矿，也取得了良好效果。某铜矿近年来每年完成 2000～3000 m 的深孔取样探矿工程量，可以代替 1000 m 以上的坑探工程量。目前此种手段也亦成为矿山生产探矿的重要手段之一。

目前，我国一些生产矿山常使用的凿岩机类型有当探矿孔眼深度小于 13 m 时，可用

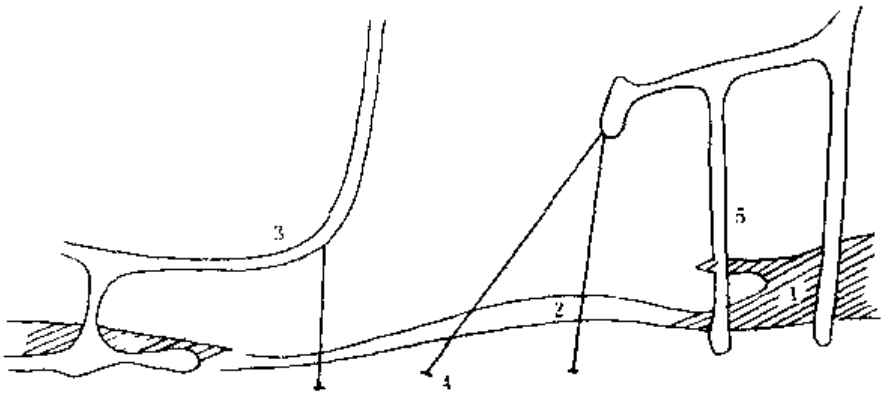


图 3—13　用坑内钻追索边部矿体和寻找盲矿体平面图

1—矿体；2—盲矿体；3—沿脉道；4—钻孔；5—穿脉

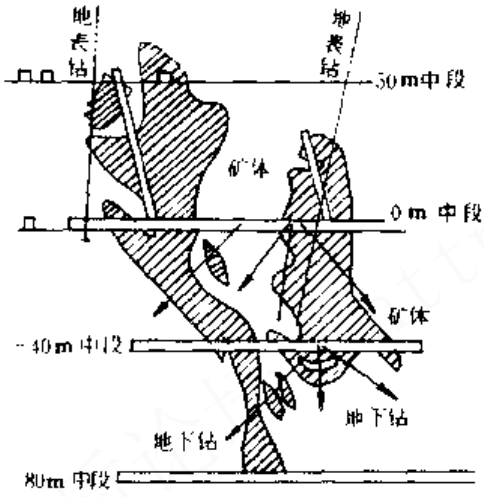


图 3—14　扇形坑内钻控制不规则矿体形态平面图

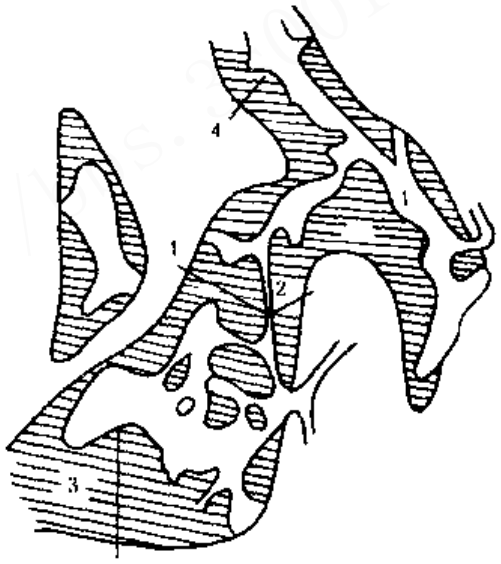


图 3—15　坑内钻探老洞残矿平面图

1—老洞；2—沿脉；3—矿体；4—钻孔

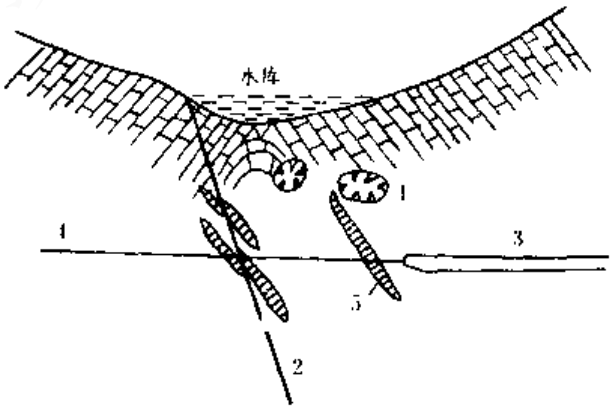


图 3—16　坑内钻探含水层剖面图

1—溶洞；2—断层；3—穿脉坑道；4—钻孔；5—矿体

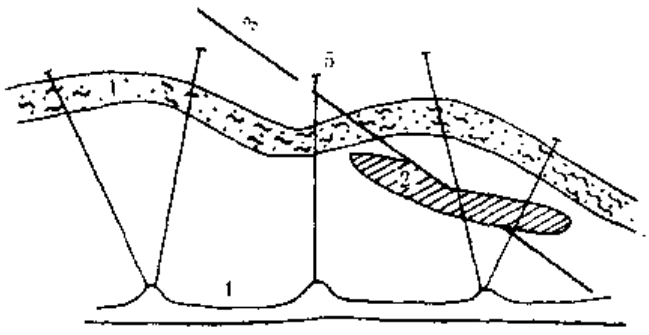


图 3—17　坑内钻探暗河平面图

1—暗河；2—矿体；3—断层；4—沿脉；5—钻孔

"01-38 型"和"YG-40 型"等凿岩机；当探矿孔眼深度为 13～25 m 时，可用"BBC-120F 型"或"YG-80 型"等凿岩机；当探孔眼深度大于 25 m 时，可用"YG100 型"等潜孔钻机。

凿岩机探矿的优点是　设备的装卸、搬运比坑内钻更为方便，而且要求的作业条件也更简单，特别是利用它在采场内进行生产探矿其优越性更显著；比一般坑内钻更适于打各种上向孔；与坑内钻探相比具有更高的效率和更低的成本，其效率可比坑内钻高 1～2 倍，而成本却更低；许多情况下可以实行探采结合，往往通过爆破用的炮眼孔取样，就可使此炮孔起探矿作用。

表 3—2　生产勘探工程技术特征

工程种类	工程名称		主要技术规格	工　效	基本作用	常用设备型号
槽井探	探槽	山地探槽	底宽 0.5～1.0 m，壁坡度 70°～80°；长度等于矿体或矿带宽度	0.5～1.0	揭露埋深小于 5 m 的矿体露头	手掘或挖沟机械
		平盘探槽	断面 1.0（宽）×0.5（深）m；长度等于矿体或矿带宽度	5～10	剥离露天采场工作平盘上的人工堆积物	手掘或挖沟机械
	浅　井		断面 0.6～1.0×1.0～1.2 m；深度一般小于 20 m	0.5～1.0	揭露埋深大于 5 m 的矿体；多用于砂矿及风化堆积矿床	手掘或吊杆机械
钻探	砂　矿		孔径 130～335 mm；深度 15～30 m	10～15	探砂矿	SZ-130，SZC-150，SZC-219，SZC-325
	露天炮孔		孔径 150～320 mm；深度 10～30 m	15～20	取岩泥、岩粉、控制矿石品位	露天采矿潜孔、牙轮钻
	地　表岩心钻		孔径 91～150 mm；深度一般 50～200 m 最大 600 m	3～5	探原生矿床，多用于露天采矿	DDP-100 型汽车钻，北京-100，XU-300，XU-600，YL-3，YL-6，XY-1
	坑内钻	岩心钻	孔径 91～150 mm 深度一般 50～200 m；最大 600 m	5～10	配合坑道探各类原生矿床	KD-100，钻石-100，钻石-300，钻石-600，YL-3
		爆破深孔	孔径 45～100 mm 深度 15～50 m	15～20	配合坑道探各类原生矿床	YG-40、80，BBC-120F YSP-45，YQ-100
坑探	平　巷（穿脉、沿脉）		断面，坡度、弯道与生产坑道一致。纯勘探坑道断面 1.5～2.0（宽）×1.8～2.0（高）m；坡度可达 5%	0.2～1.0	在阶段、分段平面上，沿脉控制矿床走向，穿脉控制矿体宽度	利用矿山坑道掘进设备
	上、下山		断面同平巷、坡度 15°～40°	0.2～0.8	用于缓倾斜矿体，在阶段间控制矿体沿倾斜变化	利用矿山坑道掘进设备
	天　井		断面 1.2×2.2 m 坡度 40°～90°	0.2～1.0	用于急倾斜矿体，在阶段间控制矿体变化	利用矿山坑道掘进设备

注：探槽工效单位 m^3/工班；浅井工效单位 m/工班；钻探及坑道工效单位 m/台班。

但是，用这种设备探矿有一定局限性，因为此类设备一般不适于打下向孔；所取得的样品为矿（岩）泥，不易鉴定岩性、岩层产状及地质构造等；当地质体之间成过渡关系时，不易划准界线。

用凿岩机进行探矿的作用是：寻找坑道附近的盲矿体；代替部分穿脉进行生产探矿；用于进一步加密工程控制；探矿体尖灭端和用于回采前对矿体的最后圈定等。

生产探矿时期所使用的各种工程的主要技术特征和适用条件综合如表 3—2。

第三节　生产勘探工程的总体布置

一、总体布置应考虑的因素

生产勘探工程总体布置应考虑以下几个因素：尽可能与原矿床勘探阶段已形成的总体工程布置系统保持一致，即在原总体布置的基础上进行进一步加密点、线，以便充分利用已有的勘探资料；生产勘探剖面线的方向尽可能垂直采区矿体走向，如矿体的产状与由矿体组成的矿带产状不一致时，此时，生产勘探剖面的布置首先应考虑矿体的产状，根据实际情况改变生产勘探剖面的布置方向，以利于节省探矿工程量，提高勘探剖面的质量和计算储量的可靠性（图 3—18）；生产勘探工程构成的系统应当尽可能与采掘工程系统相结合，以便为矿山生产所利用。

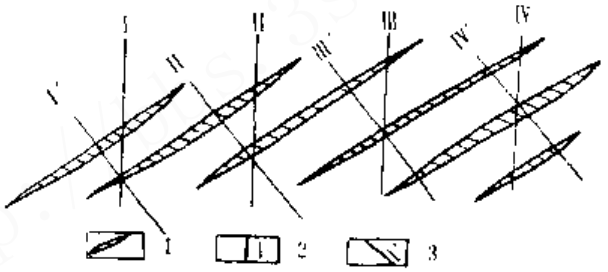


图 3—18　生产勘探剖面与原勘探剖面的关系平面图
1—矿体；2—原勘探剖面；3—生产勘探剖面

二、生产勘探工程的总体布置形式

生产勘探工程的总体布置与矿床勘探阶段工程的总体布置相比较，有其共同的一面，也有其不同的地方。生产勘探工程的布置，不仅要考虑矿床、矿体的地质特点，更重要的还要考虑矿床的开采因素，特别是开采方式及采矿方法的因素。在生产勘探中有以下几种布置形式：

1. 垂直横剖面形式（勘探线形式）

该种布置形式是由具有不同倾角的工程构成，如探槽、浅井、直或斜钻以及某些坑道（常为穿脉、天井及上、下山）。工程沿一组平行或不平行的、垂直于矿体走向的垂直横剖面布置，利用该剖面控制和圈定矿体。此种布置形式多在原矿床勘探基础上加密，主要用于倾斜产出的各类原生矿床露天采矿以及某些情况下（开拓、采准尚未完全展开等）地下采矿的生产勘探。

2. 水平勘探剖面形式

生产勘探工程沿一系列水平勘探剖面布置，并从水平断面图上控制和圈定矿体。这种形式，在地下开采矿山，主要用于矿体产状较陡面且在不同标高的水平面上矿体形状复杂，产状变化大的筒状、似层状、脉状及不规则状矿体。在该条件下，主要探矿手段为水平的坑道及坑内扇形钻用于对矿体进行追索和二次圈定。露天开采的矿山使用平台探槽探矿时，也采用这种布置形式。

3. 纵横垂直勘探剖面形式（勘探网形式）

这种形式是由铅直性工程，如浅井、直钻沿两组以上勘探剖面线排列形成。工程在平面上布置为正方形、长方形或菱形等网格，可以从两个以上剖面方向控制和圈定矿体。该布置形式多利用原矿床勘探已形成的勘探网加密，适用于砂矿床、风化矿床及产出平缓的原生矿床露天采矿时的生产勘探。

4. 垂直剖面与水平勘探剖面组合形式

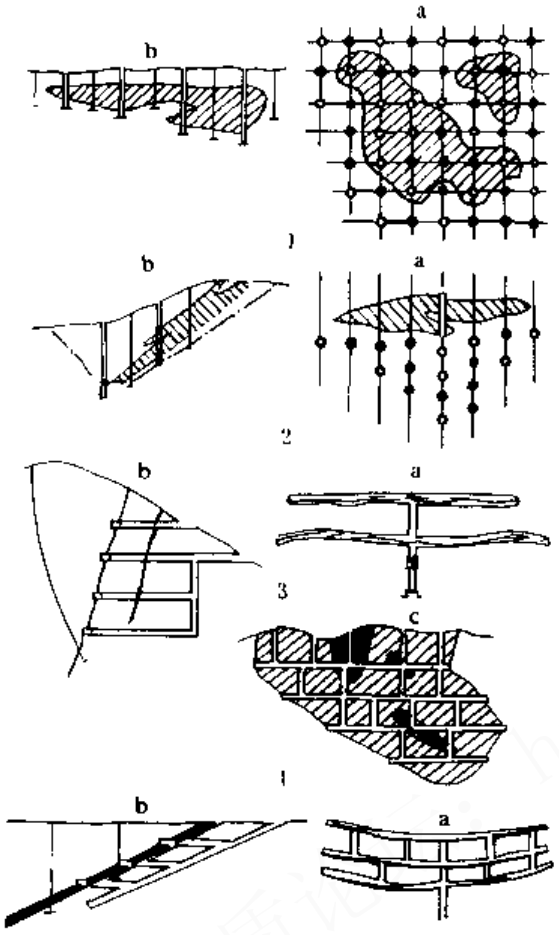


图 3—19　探矿工程总体布置形式综合示意图
1—勘探网形式工程布置；2—勘探线形式工程布置；3—垂直与水平剖面组合形式工程布置；4—开采块段形式工程布置

这种布置形式要求探矿的工程既要分布在一定标高的平面上，同时又要在一定的垂直剖面上。即控制和圈定矿体的工程沿平面及剖面两个方向布置，组成格架状。当地下采矿时，在阶段及分段平面上，工程主要由脉外或脉内沿脉、穿脉及水平钻构成；在剖面上主要由天井或上下山及剖面钻构成。露天采矿时，平台探槽与钻孔结合，亦可组成此种格架系统。此种布置形式应用甚广，当矿体厚度较大，生产探矿工程的布置最终多能形成这样一种形式。

5. 开采块段（棋盘格）形式

该种工程布置形式，是用坑道将薄矿体切割成一系列开采块段，矿块由坑道四面包围，上下两个中段布置有沿脉，两个中段之间矿块左右两侧沿倾斜有天井或上下山揭露矿体。这些工程把矿体切割成一系列长方形式方形的矿块。它主要适用于矿体厚度可被沿脉天井或上山全部揭露的薄矿体。急倾斜薄矿脉矿块，上下可用沿脉，左右可用天井包围；而缓倾斜矿脉的矿块，上下用沿脉（如拉底巷道），左右两侧用上山包围，可以进行探采结合的生产勘探。矿体纵投影图是此种布置系统用以圈定矿体的主要图件之一。

各类探矿工程总体布置形式综合示意图（图 3—19）。

第四节　生产勘探工程网度（工程间距）

为了提高矿床勘探程度，达到矿产储量升级的目的，生产勘探必须在原矿床勘探的基础上加密工程。通常储量每提高一个级别，工程需加密一倍，有时还需要更密。但是进行生产勘探时并不是对所有矿体、地段都毫无例外地同等加密工程，在确定合理工程网度（间距）时必须综合考虑许多因素。

一、影响工程网度（间距）的因素

1. 矿床地质因素

矿床地质构造复杂，矿体形状、产状变化大，取得同级矿产储量的工程网度应较密，反之则可稀。矿体边、端部，次要的小盲矿体及构造复杂部位勘探难度较大，工程网度一般密于主矿体或矿体的主要部位。

2. 工作要求

合理的工程网度应保证工程及剖面间地质资料可联系和对比，不应漏掉任何有开采价值的矿体。

3. 工程技术因素

坑道所获资料的可靠程度高于钻探，在相似地质条件下达到同等勘探程度，坑道间距可以稀于钻探。

4. 生产因素

露天采矿的地质研究条件较好，在相似地质条件下，取得同级矿产储量所需工程网度可以稀于地下采矿。当所用采矿方法的采矿效率愈高，采矿分段、盘区及块段的结构愈复杂，构成参数要求愈严格，对采矿贫化与损失的管理要求愈高或者要求按矿石品级、类型选别开采，需要进行矿石质量均衡而应对矿石品级进行严格控制等情况下，对勘探程度要求愈高，所需的工程网度也愈密。此外，为了便于探采结合，地下采矿时生产勘探工程间距应与采矿阶段、分段的高度以及开拓、采准及切割工程的间距相适应。

5. 经济因素

生产勘探网度加密将增加探矿费用，但却可减少采矿设计的经济风险。当两者综合经济效果处于最佳状态时的网度应为最优工程网度。此外，生产勘探工程网度与矿产本身的经济价值大小亦有一定关系。价值高的矿产与价值低的矿产比较，勘探程度可以较高，相应的工程网度允许较密。

二、确定生产勘探网度（间距）的方法

确定生产勘探网度（间距）的方法一般有三种，即类比法、验证法和统计计算法。

1. 类比法

此法亦称经验法，此法是先划分矿床的勘探类型，再将被勘探矿床（区段）与同类型矿床（区段）的勘探工程网度（经实践证明是正确的）对比，以选定合理的工程网度。

矿床勘探类型是根据矿床的某些地质特点用以衡量矿床勘探难易程度进而选定勘探方法的一种矿床分类。分类的主要依据是：矿体的规模大小、矿石质量变化程度或矿化均匀程度，矿化的连续性，矿体形态特征及其变化程度，矿体产状的稳定性等。一般用罗马数字表示，第Ⅰ勘探类型一般矿床规模大而简单，而第Ⅱ、Ⅲ等勘探类型相应较小和比较复杂。求取同级矿产储量时，第Ⅰ勘探类型工程网度最稀，而第Ⅱ、Ⅲ等勘探类型要求逐类增密。矿床种类不同，矿床勘探类型具体划分亦不相同，且不同矿种同一勘探类型矿床之间在矿床地质特点和工程网度方面难以相互对比。有的矿种如铬铁矿划分为三类，有的矿种如铜和铀等矿床则划分为五类，而多数矿种划分四类。各类矿种矿床勘探类型的具体划分和求取各级矿产储量（A、B、C、D）的相应工程网度的经验性规定在各矿种的勘探规范内均有详细记载，本书从略。由于矿体局部地质构造因素变化的复杂性，采据工程构成对生产勘探的影响，矿山实际采用的生产勘探工程网度往往密于规范规定，且不同矿山工程的加密情况和程度有所不同。今将部分矿山实际勘探工程网度列入表 3—3，供参考使用。

表 3—3　部分矿山地质勘探及生产勘探工程网度

序号	矿区	勘探类型	地质勘探网度/m	生产勘探网度/m	备　注
1	南芬铁矿	Ⅰ	钻　C　400×200 B　200×100～150 A　100～200×100	平盘探槽　24×50 钻　A　50×50	
2	攀枝花铁矿	Ⅰ	钻　C　200×100 B　100×100 A　100×50～100	平盘探槽　15×25～30 钻　A　50×50	
3	八一锰矿	Ⅰ	钻　C　50～100×50 B　25～50×25	钻、浅井　B　25～30×25～30 简口钻　10～20×10～20	水力开采
4	孝义铝矿	Ⅰ	钻、浅井、槽　C　200×200 B　100×100	钻、浅井　C　200×200 B　100×100 指导剥离　50×50	
5	老厂砂锡矿	Ⅲ	砂钻、浅井　C　50～70×50～70 B　25～60×25～60	砂钻、浅井　B　25～30×25～30	水力开采
6	白银铜矿	Ⅲ	钻　C　100×100	钻　B　50×25 局部　25×25	
7	老虎头稀有金属矿	Ⅲ～Ⅳ	钻　C　200×100	平盘探槽　25 钻　B　50～100×50	
8	701 铀矿	Ⅲ	钻　D　40×40 C　40×20	平盘探槽　10×10	
9	云浮硫铁矿	Ⅱ～Ⅲ	钻　C　200×50～100 B　100×50	平盘探槽　12×25～50 钻　A　50×50	Ⅱ、Ⅳ号矿体
10	浏阳磷矿	Ⅱ～Ⅲ	钻　C　200×100	平盘探槽　25 钻　B　50～100×50	
11	庞家堡铁矿	Ⅰ	钻　C　300～400×100～200 B　75～150×75～150	坑　A　30×30～60	
12	弓长岭铁矿	Ⅰ～Ⅱ	钻　C　300×150 B　150×70 A　75×75	坑　A　50～60×40×40～60	
13	湘潭锰矿	Ⅱ	钻　C　150×70 B　75～150×75 A　75×37.5	坑　A　30×50～100×7.5～10 坑内钻　15～30×10～15	
14	金川镍矿	Ⅰ	钻　C　100×100～150 B　100×50～75	坑　A　30×25～30	
15	铜录铜矿	Ⅱ	钻　C　60～120×40 坑　B　60×40	坑　A　60×10～20	

续表

序号	矿区	勘探类型	地质勘探网度/m	生产勘探网度/m	备注
16	桃林铅锌矿	Ⅰ～Ⅱ	钻 C 100×50 坑 B 20×25	坑 B 40×25×30～50	
17	杨家杖子钼	Ⅰ～Ⅱ	钻 C 100×100	坑 B 40×25×50	
18	西华山钨矿	Ⅱ	钻 D 80～100×80～100 C 80×40～50×50	坑 B 25～50×50×50 坑内钻 10	
19	万山汞矿	Ⅳ	钻 C 50×50	坑 B 10～25×20～30×20～30 坑内钻 10	
20	711-1 铀矿	Ⅱ	钻 D 50～100×50 坑 C 50×20～40	坑 B 50×20×40 小矿体加副段 12×25	
21	716 铀矿	Ⅳ	钻 D 40×40 C 20×20 坑 C 30×20	坑 C 30×20×40	矿区东部
22	广元粘土矿	Ⅰ	钻 C 200×200 B 100×100	坑 C 100×100 B 50×50	
23	马路坪磷矿	Ⅰ	钻 C 800×800 B 400×200 A 200×100	坑 A 40×100	
24	风城硼矿	Ⅱ	钻 D 100×50 C 50×50 钻、坑 B 50×50	坑 B 12.5～25×12.5～25 A 6～25×12.5	
25	向山硫铁矿	Ⅱ	钻 C 100×50	坑 B 20～30×25×17.5 坑内钻 50×50	
26	七宝山硫铁矿	Ⅲ～Ⅳ	钻 D 100×80～100 C 50×30～50	坑 B 40×25 A 8～20×25	
27	应城石膏矿	Ⅰ	钻 C 1000×1000 B 500×500	坑 120（切割与回风巷平距）×70（上、下山）	无单独生产勘探
28	金州石棉矿	Ⅰ	钻 C 200×100 B 100×100	坑 B 50×80～100 A 50×40～50 坑内钻 10～20	下盘矿
29	鲁矿石墨矿	Ⅰ	钻 C 600×500 B 300×250	坑 A 35×100×100	
30	丹巴云母矿	Ⅰ～Ⅱ	坑 D 30～50×30～50 C 30～40×20～40	坑 B 30（斜距）×10～20	缓倾斜矿体

注：1. 序号1～10为露天采矿，11～30为地下采矿；2. 钻探网度：走向×倾向；3. 坑探网度：段高×穿脉×天井或上下山；4. 平台探槽网度：台阶高×走向；只一数值指走向；5. 序号3内“筒口锹”指手握“洛阳铲”。

类比方法简便，应用甚广，所确定的工程网度是否准确可靠，有待工作中用其它方法检验。

2. 验证法

此法可分为工程网度抽稀验证法和探采资料对比验证法两种。前者是将同地段不同网度所获资料进行对比，以最密网度资料作为对比标准，选定逐次抽稀后不超出允许误差范围的最稀网度作为今后采用的生产勘探工程网度；后者是将同地段开采前后所取得的资料进行对比，以开采后资料作为对比标准，验证不同网度的合理性。

探采资料对比法最适用矿山生产时期，既可验证原矿床勘探的工程网度又可验证生产勘探工程网度的合理性，而抽稀验证法由于具有一定程度的不确定性，只是一种辅助方法。

3. 统计计算法

是用数理统计分析方法计算合理工程数目和合理工程间距的方法。如用变化系数及给定精度确定合理工程网度，根据参数的方差及给定精度要求确定合理工程网度和应用地质统计学法计算探矿工程的合理网度。今只就后者作一个简要介绍。

地质统计学所用的变差函数和变差图能反映地质变量的空间相关关系，并能求得出表征空间相关程度的影响范围—变程(a)，这用于确定探矿网度具有一定的优越性。目前可采用以下几种方法：

(1) 应用变程确定工程间距　变程大小是由矿床本身特点所决定的。对于金属矿床变程影响范围可达数百米，但对于铀矿、金矿可以很小。确定探矿工程间距就要了解每个工程所控制的影响范围。一般讲探矿工程间距应小于变程值，这样就能控制矿体的基本变化。

(2) 应用变程玫瑰花图确定探矿工程总体布置形式　工程的布置形式可以通过不同方向的变差曲线，求出不同方向的变程，作出变程玫瑰图。如果是各向同性，则宜选择方格网；若为各向异性，则宜选择菱形网和矩形网，矩形网的网距应与各向变程相吻合，而且通过各向异性的椭球体，可以判断矿体变化最大方向，便于确定勘探剖面线的方向。

(3) 应用估计方差确定探矿工程网度　生产勘探阶段将要布置大量的工程，这对投资与经济效益有极大影响。为此，需要选择一个最佳的勘探方案，最合理的勘探网格。所谓最合理的勘探网格，就是在工程数相同情况下，使标志值估计量的误差为最小的一种工程排列方式。

估计方差 σ_E^2，就是从一个样点的信息 v 推断到矿体内某矿块 V 时所产生的误差。这种估计误差的大小取决于样品信息的性质与数量，矿化空间的规则性，被估计矿块的大小。地质统计学可以用变差函数 $r(h)$ 的线性组合估计这种误差。

$$\sigma_E^2 = 2\bar{r}(v \cdot V) - \bar{r}(v \cdot v) - \bar{r}(V \cdot V) \qquad (3—1)$$

利用估计方差确定出最佳网格的步骤如下：

a. 在一定矿化面积条件下，按不同网度划分为不同形状的网格，如方形、矩形、菱形等（图 3--20）。假设每一网格结点都有一个工程，并对不同形状的网格计算出每一结点 x_1 的估计方差 $\sigma_K^2(n \cdot x_1)$。再计算出这种网度下全区结点的平均估计方差 $\bar{\sigma}_K^2$，即根据此点外网格上其它点来估计该点值时的克里格方差。

$$\bar{\sigma}_K^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sigma_K^2(n \cdot x)$$

b. 将勘探区不同规格的网格，按上述方法分别算出全区不同网度下结点估计方差的平

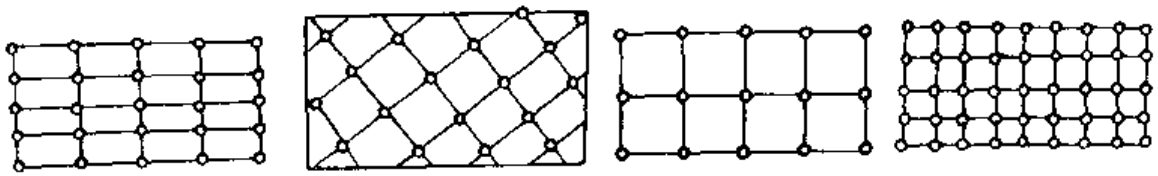


图 3—20　不同的勘探网度

均值，并把每种网度所要花费的资金与平均估计方差的关系，绘成相应的曲线（图 3—21）。找出曲线上变化快到慢的转折点（如图 3—21 中，在 300 m 和 200 m 之间处）。认为其对应的网度平均估计方差最小，而投资也较合理，所以是最佳的勘探网度。如果再增加投资，所取得的效益就不大了。

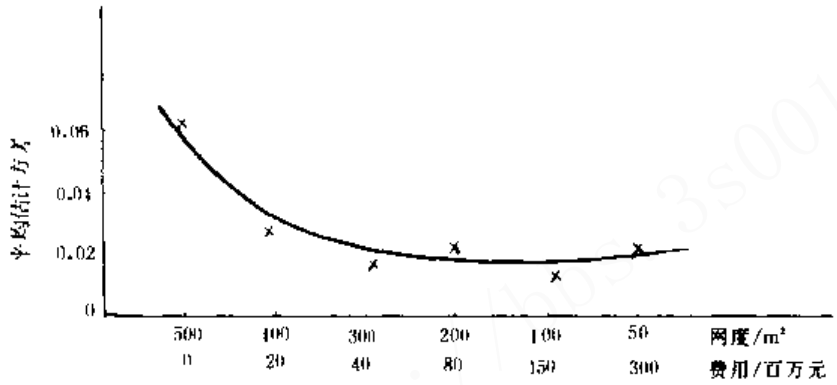


图 3—21　最优勘探网度的选择

（4）利用估计方差 σ_E^2 还可以确定最优工程位置　在一个探矿区已有几个探矿工程，并且从这些工程资料中已初步获得该区的变差函数 $r(h)$，为了提高该区品位及储量的估计精度，决定再增加少数几个工程。为此，可以用估计方差 σ^2 来确定最优孔位 x 的具体位置，其方法概括如下：

a. 首先计算出 n 个已完工工程 x_i（$i=1, \cdots, n$）中每个工程的两个估计方差：当工程数均为 n 时，用其它（$n-1$）个工程品位估计工程 x_i 处品位的估计方差 σ_E^2（$n \cdot x_i$）；当增加一个工程 x_{n+1}后用 x_i 以外的其它 n 个工程品位估计 x_i 处品位的估计方差 σ_E^2（$n+1$、x_i）（图 3—22），一般有：

$$\sigma_E^2(n+1, x_i) \leqslant \sigma_E^2(n \cdot x_i) \tag{3—2}$$

b. 计算每个原有工程的相对收益 G（x_i）

$$G(x_i) = \frac{\sigma_E^2(n \cdot x_i) - \sigma_E^2(n+1 \cdot x_i)}{\sigma_E^2(n \cdot x_i)} \times 100\% \tag{3—3}$$

再求出新设计工程 x_{n+1}的平均相对收益：

$$G(n+1) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} G(x_i) \tag{3—4}$$

并将此值标在 x_{n+1}处。

c. 多次改变 x_{n+1}的位置，求出相应的 G（$n+1$）值，分别标在相应 x_{n+1}的位置上，然后根据这些值作出平均值相对收益的等值线图。如果该等值线图的最大值与原来考虑的

x_{n+1}工程重合，则该工程位置就是最优工程设计位置，也就是布置该工程之后，可以获得较小的估计方差。否则，改变x_{n+1}位置，重复上述计算，直到等值线图的最大值与某x_{n+1}位置重合为止。

d. 再从上述的（$n+1$）个工程出发，重复上述步骤，可以求出$n+2$个最优设计的工程位置，这样下去，一直到补打的工程全部设计完位置为止。

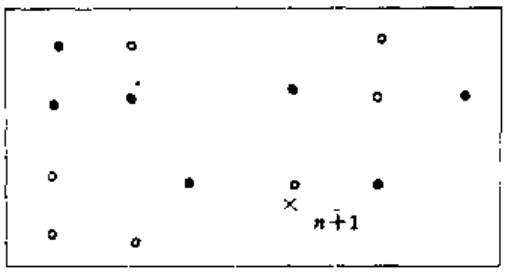


图 3 -22　利用 σ_E^2 确定新工程位置 x_i

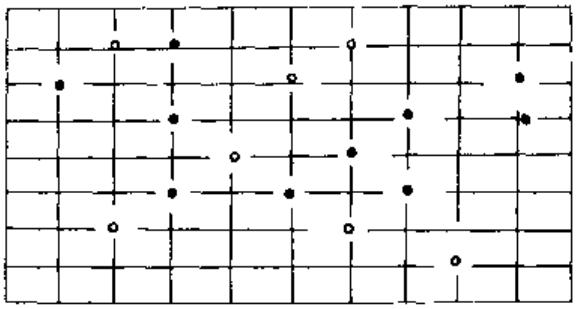


图 3—23　利用 σ_E^2 确定一批工程位置

这种方法的优点是严格的最优化，但成本高，因此只有在增加少量几个工程时才适用。如果要一下子增加许多工程，用这种方法就显得麻烦了。此时，可以首先按照勘探精度要求，确定工程网度，并在平面上划上网格，假设已完工的几个工程和要增加设计的工程均在网格结点上（图 3—23）。于是，可仿照上述方法算出全部未完（未打）的工程结点处增加一个工程x_{n+1}的平均相对收益值。

$$\overline{G}(n+1)=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}G(x_i) \tag{3—5}$$

设若这种收益值共有M个，如果只增加m（$<m$）个工程，就可在这M个G（$n+1$）值中选择前m个较大的值其所对应的m个结点作为最优设计的一批工程，设计工程也可按G（$n+1$）值由大到小的顺序进行。

第五节　生产勘探设计

生产勘探设计一般每年进行一次，是矿山年度生产计划的组成部分之一。必要时也进行较长或较短期的设计。生产勘探设计的主要任务为：根据矿山地质、技术和经济条件、企业生产能力、任务以及三级矿量平衡和发展建设的要求，并按照开采工程发展顺序所安排的生产勘探对象、范围以及储量升级任务来拟定生产勘探方案，确定工程量、人员、投资、预计勘探成果，并对生产勘探设计的合理性作出说明。

生产勘探设计按工作程序一般分为总体设计和工程单体技术设计两个步骤。

一、生产勘探总体设计

总设计主要解决生产勘探的总体方案问题，如勘探地段的选择、技术手段选择、工程网度确定、工程总体布置形式、工程施工顺序方案等。设计完成后，应编写设计说明书。设计说明书由文字、设计图纸和表格构成。文字中应说明：上年度生产勘探工程完成情况，本年度生产勘探任务和依据；设计地段地质概况；生产勘探总体方案；勘探工作及工程量统

计、预计矿量平衡统计、预计技术经济指标计算；工程施工顺序和方案等。主要设计图有：露天采矿的采场综合地质平面图及勘探工程布置图、预计地质剖面图；地下采矿的预计阶段地质平面图及工程布置图，预计地质剖面图。必要时提交矿体顶、底板标高等高线图，矿体纵投影图和施工有关的网格图表。

二、生产勘探工程的单体设计

单体设计主要解决各工程的施工技术和要求等问题。

探槽　要确定工程位置、方位、长度、断面规格，提出施工目的和要求。

浅井　要确定井位坐标、断面规格、深度，提供工程通过地段的水文和工程地质条件，施工目的与任务要求，井深大于 10 m 者尚应提出通风、排水、支护措施；进入原岩的浅井，应提出爆破、运搬措施。

钻探　要求编出钻孔预计地质剖面图及钻孔柱状图，并说明钻孔通过地段的地层、岩性、水文及工程地质条件；确定钻孔孔位坐标、方位、倾角、预计换层、见矿及终孔深度，提出对钻孔结构、测斜、验证孔深，岩（矿）心采取率，水文地质观测及封孔等的要求，孔深小于 50 m 者，上述要求可简化。

坑探　要求提供坑道通过地层、岩性、构造、水文及工程地质条件；说明坑道开门点位置和坐标，工程的方位、长度、坡度、断面形状和规格，弯道位置及参数，工程的施工目的和地质技术要求。探采结合坑道的技术规格要符合生产技术要求，必要时由采矿人员设计。纯勘探坑道的技术要求可以适当降低。参考表 3—1。

第六节　生产勘探中的探采结合

所谓探采结合，是指在保证探矿效果的前提下，实行探矿工程与采掘工程的统筹规划，统一安排，利用采掘工程进行生产探矿，或生产探矿工程能为采矿工作所利用。实行探采结合是我国矿山地质工作实践中总结出来的一套行之有效的工作方法。

一、探采结合的意义与要求

生产探矿工作贯穿于矿山生产的全过程，它常与采矿工程交叉进行，许多工程互有联系，并往往可以互相利用。实行探采结合可以减少矿山坑道掘进量，降低采掘比，加快生产探矿进度，缩短生产探矿和生产准备周期，降低生产成本，提高探矿工作质量与效果，有利于安全生产和加强生产管理，充分发挥矿山生产潜力，并可使矿山坑道系统更趋合理。

实施探采结合时，要求探采双方在工作上必须打破部门界限、实行统一设计，联合设计，统筹施工和综合利用成果，形成一体化工作法；探采结合必须是系统的、全面的，必须贯穿于采掘生产的全过程；合理确定施工顺序，在保证“探矿超前”的前提下，探采之间力求作到平行交叉作业；探采结合必须以矿床的一定勘探程度为基础，特别是对地下采矿块段内部矿体的连续性应已基本掌握，不致因矿体变化过大导致在底部结构形成后，采准、回采方案的大幅度修改，工程的大量报废。在条件不具备的情况下，仍应先施工若干单纯的探矿工程（钻探或坑道）。

二、露采矿山的探采结合

露天采矿在剥离前，一般均已进行一定工程密度的探矿工作，矿体总的边界已经控制。

因此，露天采矿的探采结合主要存在于爆破回采阶段。此时能用于生产探矿的生产工程为：采场平台、台阶边坡、爆破孔、爆破洞井、爆破矿堆。利用平台与探槽的资料编制平台地质平面图；利用岩心钻及爆破孔揭露的资料编制地质剖面图。

剥离和堑沟，是露天开采的重要采准工程，同时可起到生产探矿作用。通过剥离，可重点查明矿体在平面上的四周边界和矿体的夹石分布。通过堑沟，可以掌握矿体上、下盘的具体界线。

采矿平台和爆破孔，是采矿过程中的直接生产工程，可以直接利用平台上部和侧面已爆露部分进行素描、编录、取样等地质工作，确定在平台上的矿体边界、地质构造界线、夹石分布、矿石品位和类型等，并编制平台实测地质平面图。在该图的基础上，进行穿爆孔设计。根据穿爆孔岩粉取样化验结果和爆破孔岩粉颜色的变化，进一步圈定矿体的局部边界，指导采矿工作的进行，同时根据爆破孔孔底取样资料，编制下一台阶预测平台地质平面图，作为平台开拓设计的依据。

三、地下开采的探采结合

1. 开拓阶段的探采结合

开拓阶段各种工程用于探采结合的可能性分为下述几类：

控制性工程　包括竖井、斜井、主平窿，无探矿作用。

联络工程　石门、井底车场等，也不能起探矿作用。

探采结合工程　包括脉内沿脉、运输穿脉等，这些工程大部分切穿矿体，能起探矿作用。

脉外开拓工程　此类工程对矿体产状、形态、边界的空间位置依赖性较大，必须在探矿后才能施工，不能实行探采结合。

纯生产探矿工程　包括探矿穿脉、天井、盲中段、坑内钻等，这类工程对生产无直接生产意义。

开拓工程与生产探矿结合的步骤和方法：

（1）地质人员提供阶段开拓的预测地质平面图及矿石品位、储量资料；

（2）在充分考虑阶段地质条件和探矿要求的基础上，采矿人员拟定阶段开拓方案；

（3）进行探采联合设计，采矿人员布置开拓工程，地质人员布置探矿工程，双方共同选择探采结合工程，并进行工程的施工设计；

（4）地采双方联合确定工程施工顺序并统筹施工；施工中，地质人员与测量人员配合掌握施工工程的方向、进度、目的，采矿人员控制技术措施；

（5）阶段开拓工程施工结束后，地质人员视情况补充一定探矿工程，再整理开拓阶段生产勘探所获资料，为转入采准阶段的探采结合创造条件。

2. 采准阶段的探采结合

采准阶段的探采结合，是以采矿块段（采场、采区、盘区）为单元，属于单体性生产探矿范围。

采准工程与生产探矿工程结合的步骤：

（1）地质人员提供采矿块段地质平面图、剖面图和矿体纵投影图；

（2）采矿人员根据资料初步确定采矿方法及采准方案；

（3）地采双方共同商定采准阶段的探采结合方案，通常是从采准工程中，选定能达到

探矿目的而又允许优先施工的工程作为探采结合工程，有时与分段等生产工程结合探采结合层；

（4）编制块段探采结合施工设计。利用采准工程进行生产探矿的工程，一般由采矿人员设计，纯生产探矿工程由地质人员设计；

（5）确定工程施工顺序。首先掘进离矿体较远或对矿体空间位置依赖性不大的工程，以接近矿体和构成通路，然后选择某些能起探矿作用又基本符合探矿间距的采准工程作为探采结合工程，并优先施工。配合部分纯生产探矿工程，对矿块内部的矿体边界、夹石、构造、矿石质量及品位变化情况进行控制；

（6）地质人员整理块段探采结合工程施工所获地质资料，提供采矿人员进行全面采准工程设计；

（7）采准工程全面施工。施工结束后，地质人员视情况补充必要的探矿工程，再整理采准阶段生产勘探阶段所获地质资料，为转入块段矿石回采作好准备。

采准阶段的探采结合方法，随矿体地质条件和采矿方法的不同而有别，这里只举数例加以说明：

（1）壁式采矿方法的采场　此法适于薄而缓倾斜的矿体。结构简单，采准工程多布置于矿体内，能用于探矿。此种采矿方法沿矿体走向布置（图 3—24）。先从脉外大巷开溜井进入矿体下盘，切割沿脉和倾斜井为探采结合工程，斜井中的探矿小穿脉、短天井（或坑内钻），用于探矿体厚度。这些工程也为探采结合工程，如地质构造复杂时，还应补充纯生产勘探工程。

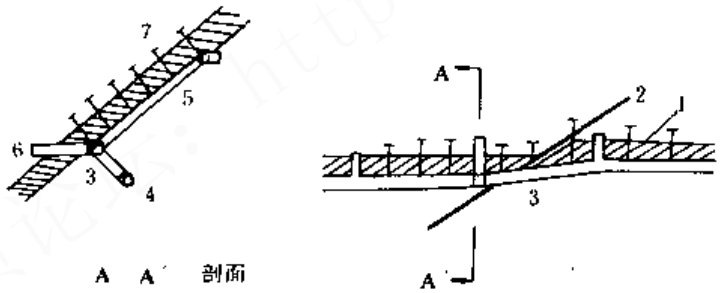


图 3—24　某锡矿壁式采矿法探采结合工程示意图

1—矿体；2—断层；3—切割沿脉；4—脉外运输巷道；5—斜井；6—探矿小穿脉（探采）；7—钻孔

（2）留矿法采场　此类采矿方法运用于薄而陡倾斜矿体，采场多为沿矿体走向布置。这类采矿方法分有底柱留矿法及无底柱留矿法。以某铅锌矿的无底柱留矿法采场为例（图 3—25），开拓沿脉为采准阶段的采场切割道。为探采结合工程在切割道的下盘掘一个平行于沿脉切割道的下盘脉外坑道为运输道，每隔 5～6 m 打一个垂直沿脉切割道的出矿进路（为探采结合工程）。在矿体走向上，每隔 50 m 上掘一个探采结合天井，在天井里掘两层幅穿或以坑内钻进行生产探矿。

（3）分段法（空场法）采场　此类采矿方法适于中厚、陡倾斜矿体，电耙道沿矿体走向布置。采场可分二或三个分段，分段高 10～15 m，用中深孔凿岩，采场各天井为探采结合工程。它可以控制矿体下盘界线，用天井幅穿或天井里打钻孔代替幅穿探矿体上盘界线，再于分段凿岩巷道里布置扇形坑内钻进行矿体的重新圈定（图 3—26）。

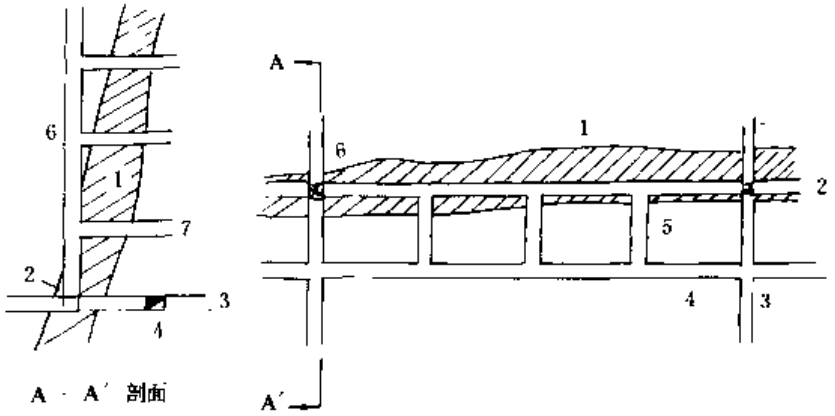


图 3—25　某铅锌矿无底柱留矿法探采结合工程示意图

1—矿体；2—沿脉（探采）；3—穿脉（探采）；4—脉外运输巷道；5—出矿进路；6—探矿天井（探采）；7—分段幅穿

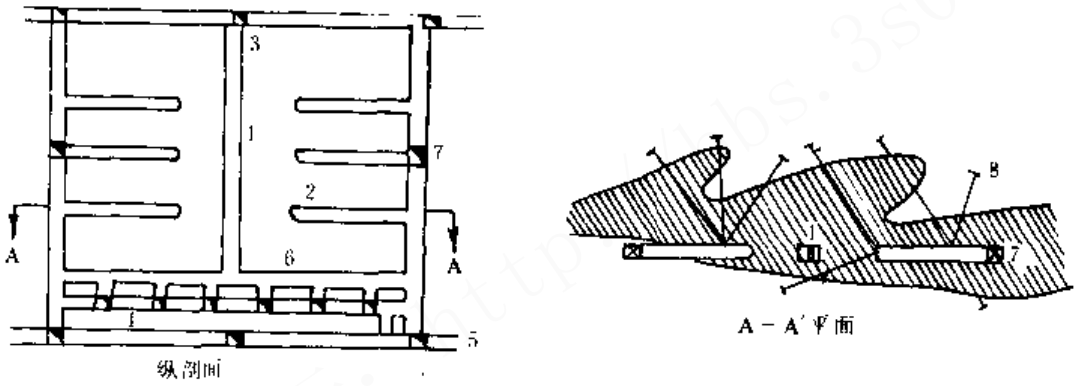


图 3—26　空场法探采结合工程示意图

1—采区天井（探采）；2—分段凿岩坑道（探采）；3—阶段穿脉（探采）；4—电耙道；5—阶段沿脉运输巷道；6—切割槽；7—天井幅穿（探采）；8—钻孔

（4）沿矿体走向布置的有底柱分段崩落法采场　此法适用于中厚、缓倾斜矿体的采矿，即一个阶段分二或三个分段，分段高度为 20～15 m 左右，利用电耙出矿，电耙道于脉外沿脉沿矿体走向布置，电耙道长为 30～40 m（图 3—27）。

这类采场，下盘脉外通风井或溜矿井，属采矿工程，一般距矿体较远，对控制矿体边界位置的依赖性不大，可首先掘进。然后选出一个或两个电耙层作为探采结合层（中等倾斜可选择一个电耙层，其位置大致介于阶段高度的一半；缓倾斜至少要选择两个电耙层），并优先施工，待联络道掘进到矿体下盘位置后，从中打扇形钻控制矿体厚度，作为采场矿体的圈定资料，为全面采准施工提供依据。矿体形态复杂时，尚需利用凿岩天井，各类联络道和切割工程进行探矿。

（5）垂直矿体走向布置的有底柱分段崩落法采场　当矿体为厚或极厚时，电耙道垂直矿体走向布置，一般间距为 15 m 左右（图 3—28）。作为采准工程，常要求这些穿脉耙道工程穿过矿体上下盘界线，这样，这些坑道便完全能够起到加密工程的作用。

（6）无底柱分段崩落法采场　此法适用于厚矿体，进路工程多为垂直矿体走向布置，进

路间距一般为10 m，分段高度10 m。进路工程大部分位于矿体内部（图3—29）。各个进路和下盘切割井可作为探采结合工程。依据这些探采结合工程的地质资料进行矿体的重新圈定和储量计算，提供备采设计利用。

无底柱分段崩落法如果处于覆盖岩下放矿，必须严格控制矿体上下盘界线，否则易造成矿石的贫化损失。

3. 回采阶段的探采结合

经过采准阶段的探采结合，重新圈定矿体，一般已控制住矿体的形态和质量。对于形态变化复杂的矿体，为了更准确地掌握矿体的变化，应该充分利用回采阶段的切割层。回采分层、爆破中深孔等进行最后一次生产探矿，进行矿体边界的再次圈定，正确指导下一步的回采工作。

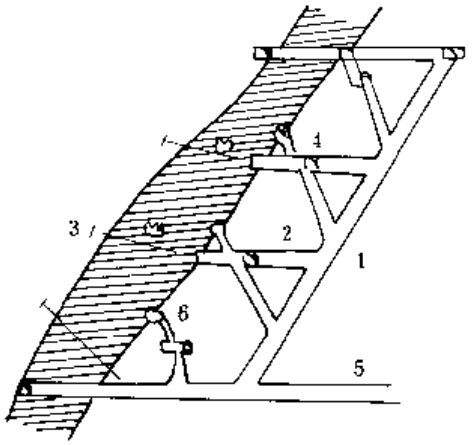


图3—27　中厚矿体有底柱分段崩落法采场探采结合工程剖面图

1—采区通风井；2—联络道（探采）；3—钻孔；4—电耙道；5—阶段穿脉巷道（探采）；6—切割巷道

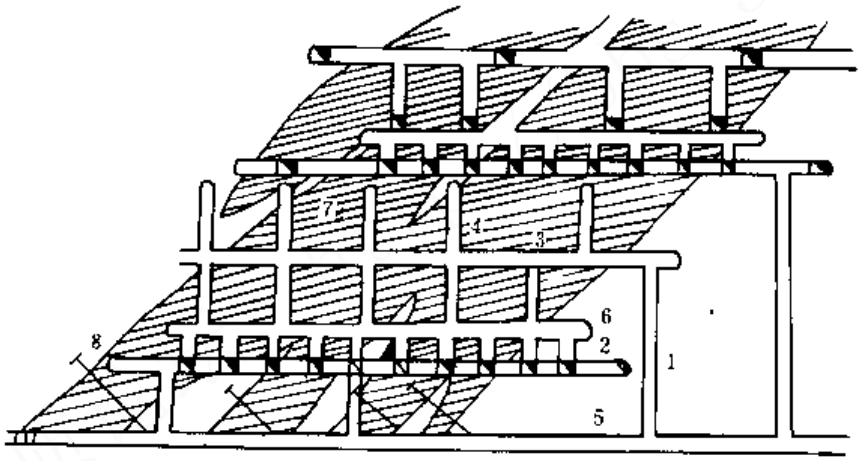


图3—28　厚矿体有底柱分段崩落法采场探采结合工程剖面图

1—溜井；2—电耙道（探采）；3—凿岩巷道；4—拉槽工程；5—阶段穿脉（探采）；6—切割巷道；7—切割井；8—钻孔

四、探采结合的经济效益

生产探矿的经济效益，体现在以最小的劳动消耗取得尽可能多、尽可能好的、满足生产需要的矿产储量和地质资料。

某铜矿1958年基建，1964年正式投产，为年产矿石百万吨的大型矿山。该铜矿属于沉积变质型铜矿，为第Ⅲ勘探类型。主要采用平洞与竖井开拓。阶段高为45 m。各阶段的开拓工程为矿体上下盘脉外沿脉巷道及穿脉巷道。采矿方法为有底柱分段崩落法，一个阶段分为两个分段，采高20 m左右，电耙出矿，电耙道垂直或沿矿体走向布置。垂直矿体走向布置的电耙道间距为15 m，沿矿体走向布置的电耙道（适于薄矿体），耙距一般为30～40 m左右。

探采结合的经济效益。该矿山60年代中期至70年代中期，生产探矿除坑探外，开始

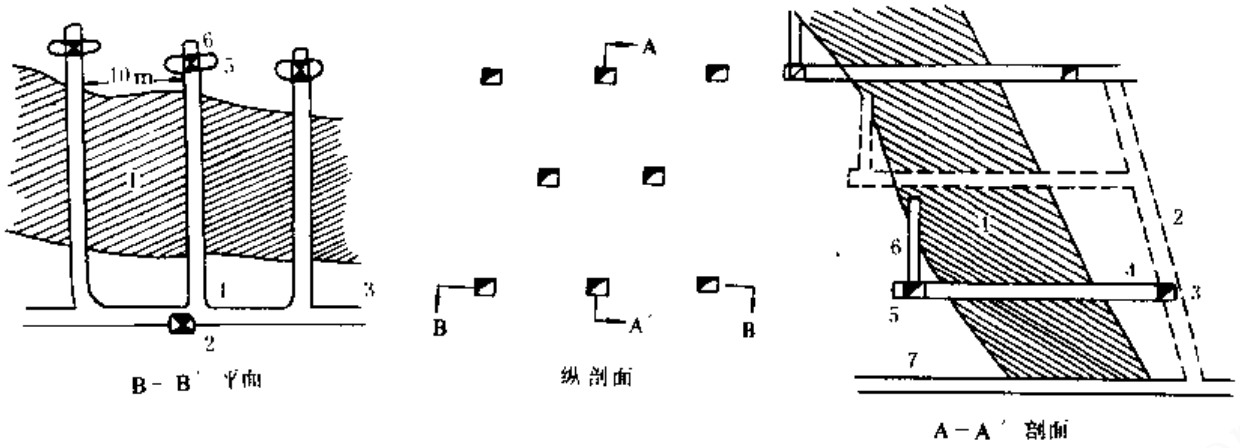


图 3—29　无底柱分段崩落法采场探采结合工程布置图

1—矿体；2—溜井；3—运输联络道；4—溜井联络道（探采）；5—切割巷道；6—切割井（探采）；7—阶段穿脉运输巷道（探采）

应用坑内钻代替部分坑探，万吨探矿比 50 年代中后期已大幅度下降，但仍为 40 m/万吨以上。70 年代中期以来，由于普遍使用以钻代坑或探采结合的生产探矿方法，万吨探矿比逐年下降，如 1980 年至 1987 年已下降到 7～10 m/万吨。

矿山平均掘进总量为 1.5×10^4 m 左右，其中生产探矿与开拓、采准结合工程约占年掘进总量的 40%以上，每年大约节省生产探矿成本费 80 万元以上。

根据生产实践，一般一条电耙道及配套工程的全部掘进量约为 380 m。其中纯采矿工程约占 64%，纯探矿工程占 5%，探采结合工程占 31%左右。通常一条电耙道的探采结合工程可节约生产探矿成本费 1.6 万元。

一条沿矿体走向布置的电耙道及配套工程全部掘进量约为 400 m 以上。其中采矿工程约占 53%，纯探矿工程占 3%，探采结合工程占 44%。所以，一条沿脉电耙道的探采结合工程可节约生产探矿成本费 2.5 万元以上。

第七节　生产勘探程度的要求

矿床生产勘探程度，是指经过生产勘探工作之后，对生产勘探范围内矿床或矿体的地质特征控制和研究程度。其基本内容与地质勘探阶段基本相同，所不同的是在地质勘探程度的基础上，进行更为深入、细致的勘探程度的要求。

一、生产勘探程度对矿山生产的影响

矿体的形状、产状、空间赋存特征和受构造影响或破坏的情况，是反映矿体外部形态特征的重要因素，也是确定矿山开采、开拓方案和选择开采方法的重要依据。

矿体外部形态控制研究程度的高低，直接关系到露天采场的底界标高、最终境界线位置、分期扩建范围及期限、边坡角及平台高度、开沟位置、剥离方案、排土系统、运输线路、地面建筑物等生产要素的确定；对地下开采矿山则关系到井筒位置、盘区及阶段划分、

阶段高度、开拓方案、开拓运输系统、采矿方法及块段构成。矿石回收工艺的确定，相应地还影响生产的各项技术经济指标：采掘或采剥比、贫化率及损失量及贫化率、生产成本及效率等。而对矿石质量内部结构研究程度不足，将会直接影响到矿山产品方案的质量及选矿加工工艺流程，选矿效果。我国在这方面的正反两方面的实例甚多，经验与教训也都是深刻的。

二、生产勘探程度的具体要求

1. 对矿体产状、形态、空间位置的控制程度的要求

矿体边界位移程度的要求　矿体的实际边界与生产探矿圈定的边界位置不一致面发生的边界位移，对采掘、采剥工程的正确布置有直接的影响。它是衡量生产探矿程度的重要参数。即使是储量误差不大而边界位移过大，也严重影响矿山正常生产、导致工程报废、资金浪费。

矿体边界位移误差允许范围决定于下列因素：①储量级别高低，级别高，要求严；②位移的方向，垂直位移比水平位移要求严；③矿体倾角，缓倾斜比急倾斜要求严；④矿体下盘位移比上盘位移要求严；⑤地下开采比露天开采要求严；⑥当开拓、采准工程多数位于矿体内部时，此时生产工程对矿体边界的摆动适应性较好，边界位移允许较大些。但当开拓工程位于脉外时，则对边界位移要求甚严，否则，将引起开采贫化与损失的增大，如误差过大时，将造成整个坑道的报废；⑦露采的一次基建与分期基建则对矿体位移的要求也不同。

矿体产状变化的要求　矿体倾角及倾向必须准确控制，才能使采掘工程正确布置，否则将严重影响生产进行。如某铜矿由于矿体产状变缓而无法放矿，造成多次更改矿体下盘脉外放矿运输巷道。而有的矿床由于矿体产状变陡，使矿石储量大减。

2. 对于主矿体周边小盲矿体的控制程度要求

这部分小矿体在地质勘探时不可能控制清楚。但经生产探矿和矿床开拓后，这些小矿体的价值则显露出来，若不及时探明或开采，在主矿体开采后，将造成永久损失。因此，要求在生产探矿阶段进行一定工程间距的控制与研究。

3. 对矿体内部结构和矿石质量控制程度的要求

在生产探矿期间，必须根据选矿的需要，采矿的可能，对矿体中矿石自然类型、工业类型、工业品级的种类及其比例和分布规律，夹石性质与分布，矿石品位及其变化规律，进行必要的工程控制与深入地研究。

为了进一步确定矿石的选冶性能和伴生矿产综合利用的可能性，必须认真研究矿石的物质成分，结构构造及其变化情况。

4. 对地质构造及矿床水文地质条件等的控制研究程度的要求

也应针对地质勘探阶段工作程度不够或尚未查清的问题，开展深入、细致的工作，以保证矿山生产工作的顺利进行。

三、生产探矿深度的基本要求

生产探矿深度依据矿山服务年限、矿体延深及生产接替情况来决定。对于小矿体、薄矿体一般一次探清。厚大而延伸较深的矿体则多年持续分段进行。表 3—4 是有色金属矿山生产探矿控制深度参考表。

表 3—4　生产探矿控制深度参考表

工作目的	开采方式	控制深度
为近期矿山服务	露天开采 地下开采	3～4 个平台 1～2 个阶段
为开拓工程衔接服务	露天开采 地下开采	7～6 个平台 4 个阶段
为远景规划服务	露天开采 地下开采	终了深度 400～600 m 左右

第八节　矿山探采资料验证对比

一、验证对比的意义和作用

矿床探采资料验证对比，是根据矿山开采所获得的有关资料，通过与开采前对应地段勘探资料的对比，来研究勘探方法、验证勘探网度和检查勘探程度的合理性，从而达到总结勘探经验，提高以后的地质勘探水平，深化对矿床地质特征与成矿规律的认识，更好地为矿山生产建设服务。

其具体作用，主要有以下几点：

(1) 验证地质勘探对矿床地质认识及结论的正确与否；

(2) 验证矿床勘探类型划分与勘探网度确定、勘探手段选择的合理性；

(3) 验证矿床使用工业指标及地质储量的合理性与可靠性；

(4) 为编制和修订地质勘探规程与有关技术政策提供资料依据。

二、地段选择和衡量标准

(1) 地段选择原则　①矿床中参加对比的矿体，在地质特征、矿石类型、矿石质量等方面应具有代表性；②参与对比的对象，应是主矿体分布地段，其储量应占总储量的大部分，或至少在一半以上；③矿体开采已结束或基本结束，已取得足够可供对比的生产地质资料。

(2) 衡量标准　探采对比有关参数的允许误差和衡量标准，目前国内尚无统一要求，现仅就一般经验列于表 3—5，以供参考使用。

表 3—5　各级储量探采对比允许误差

储量级别	面积重合率/%	形态垂曲率/%	底板位移误差/m	矿石量误差率/%	品位误差率/%	金属量误差率/%
A	≥80	≤30	≤10	≤10		≤10
B	≥80	≤40	≤10	≤20	15	≤20
C	≥70	≤100	≤10	≤40	20	≤40

(据昆明有色冶金设计院《铜矿总结》1976)

三、验证对比方法与内容

(1) 探采对比的基本要求　①根据矿山具体情况，探采对比可分为：生产勘探与开采

资料对比，地质勘探与开采资料对比，少数为地质勘探与生产勘探资料对比；②根据矿山生产勘探地质资料，进行不同勘探网度的试验对比，进一步研究矿床合理勘探网度；③探采对比应以最终开采资料为对比的标准和基数；④开采储量对比基数应包括采出矿量、损失矿量。

（2）验证对比内容　①矿体形态对比分析；②矿体产状和位移的对比分析；③矿体品位、储量对比与分析；④矿床地质条件对比分析。

（3）探采对比参数的计算方法

a. 矿体面积绝对误差　指被一定网度工程圈定的矿体面积 S_c 与矿体真实面积 S_u 之间的误差。

面积绝对误差　$$S_\delta = S_u - S_c \tag{3—6}$$

面积误差率　$$S_r = \frac{S_u - S_c}{S_u} \times 100\% \tag{3—7}$$

b. 矿体面积重合率（D_r）指开采（或生探）揭露的矿体面积与勘探圈定矿体面积两者在平面或剖面上重合部分的面积（S_d）与矿体真实面积（S_u）的比值。

$$D_r = \frac{S_d}{S_u} 100\% \tag{3—8}$$

c. 矿体形态歪曲误差（W_δ）指在平面或剖面上由一定网度工程所圈定的矿体形态与其真实形态相比较，即勘探工程圈定出来的面积比开采真实面积多圈（S_n）和少圈（S_p）面积的总和（不考虑正负号）。

形态歪曲绝对误差　$$W_\delta = \Sigma\ (S_n + S_p) \tag{3—9}$$

矿体形态歪曲率　$$W_r = \frac{\Sigma\ (S_n + S_p)}{S_u} \times 100\% \tag{3—10}$$

d. 矿体厚度绝对误差（M_δ）指开采揭露的矿体真实厚度（M_u）与勘探圈定的矿体厚度（M_c）之间的误差。

$$M_\delta = M_u - M_c \tag{3—11}$$

矿体厚度误差率　$$M_r = \frac{M_u - M_c}{M_u} \times 100\% \tag{3—12}$$

e. 矿体长度误差（L_δ）指开采揭露的矿体真实长度（L_u）与勘探圈定矿体长度（L_c）之间的误差。

$$L_\delta = L_u - L_c \tag{3—13}$$

矿体长度误差率　$$L_r = \frac{L_u - L_c}{L_u} \times 100\% \tag{3—14}$$

f. 矿体边界位移误差　一般指包括矿体下盘边界或上盘边界位移。这里着重介绍矿体底板边界的水平位移，其测定与计算方法有两种：其一是在水平断面图上以开采所揭露的矿体底板界线为基准，沿走向按规定的勘探线间距，测定矿体底盘位移值，并按＜2 m、2～5 m、5～10 m、10～15 m、15～20 m、＞20 m 等间距分别统计不同区间的位移所占长度百分比，计算平均位移和最大位移值。第二种方法是用探采底板线在水平断面上所构成的图形的面积除以底板直线的平均长度，即得平均水平位移距离，并注明最大位移值。

矿体位移误差对比，一般采用矿体上下盘的水平位移和垂直位移误差两方面进行对比。对矿山开拓工程来说，矿体下盘位移误差比上盘位移误差更显得重要，所以，通常十分重视下盘位移误差。

以上反映矿体外部形状产状之探采对比资料内容及主要参数，通常集中反映于下列表格中（表 3—6），以便进行综合性的验证对比。

表 3—6 矿体形态、产状参数综合表

矿体编号	中段或断面	面积误差率/%	面积重合率/%	形态歪曲率/%	厚度误差率/%	长度误差率/%	矿体边界模数	底板位移/m	
								向北或向南移	向东或向西移
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

g. 矿石品位误差（C_δ）指开采测定的矿体平均品位（C_u）与勘探计算的平均品位（C_c）之间的误差。

$$C_\delta = C_u - C_c \tag{3—15}$$

矿石品位误差率

$$C_r = \frac{C_u - C_c}{C_u} \times 100\% \tag{3—16}$$

h. 矿石储量误差 Q_δ 指开采统计的矿石储量（Q_u）与勘探计算的矿石量（Q_c）之间的误差。

$$Q_\delta = Q_u - Q_c \tag{3—17}$$

矿石储量误差率

$$Q_r = \frac{Q_u - Q_c}{Q_u} \times 100\% \tag{3—18}$$

i. 金属量误差　指用开采资料计算的金属储量（P_u）与勘探资料计算的金属储量（P_c）之间的误差。

$$P_\delta = P_u - P_c \tag{3—19}$$

金属储量误差率

$$P_r = \frac{P_u - P_c}{P_u} \times 100\% \tag{3—20}$$

以上反映矿体品位、储量探采对比资料内容，也要集中反映于下列表 3—7 中。

表 3—7 矿石品位、储量对比参数综合表

矿　山	矿体编号	勘探线或中段	矿石量误差率/%	品位误差率/%	金属量误差率/%
1	2	3	4	5	6

四、验证对比结果分析与说明书的编制

通过探采资料两者对比后算出绝对误差（正负差）及相对误差百分率，并与各参数的允许误差标准对照，发现勘探结果有无问题或问题所在。肯定勘探正确方面，以便继续有效指导今后的勘探工作。同时找出问题产生的原因，以防止今后重复发生。特别对勘探工作存在的较大问题及给生产造成的影响和危害，应实事求是的加以说明，以吸取教训。

在上述对比分析基础上编写验证对比说明书。其主要内容有：①矿区地质概况；②地质勘探工作概况；③矿山生产和生产探矿情况；④地段选择和衡量标准；⑤探采对比分析；⑥评价结论及今后意见。

第四章　生产矿山矿石质量研究与管理

第一节　生产矿山矿石质量研究

矿石质量研究不仅是矿产勘查各个阶段的主要基本任务之一，也是矿山地质工作中经常进行的主要基础工作之一。

一、矿石质量的基本概念及其评价指标

矿石质量一般是指矿石满足当前采矿、选矿、冶炼加工利用的优劣程度或能力。矿石质量的好坏，取决于矿石中有用组分或有用矿物的种类及其含量，有害杂质的种类、含量，伴生有用组分和有害杂质的赋存状态，矿石类型及其物理机械性质和工艺加工技术性能等方面。对金属、化学和农用矿石的质量是由其物质成分（化学和矿物成分）及有用组分和有害杂质含量决定的；而有用矿物和晶体质量则取决于有用矿物的含量和反映其特殊物理性质的综合指标（如石棉的强度、柔韧性、纤维长度和酸溶性；云母的片体大小、平滑度、耐热性、剥分性和绝缘性；压电光性原料的光学性质、大小、晶体质量等）；对高岭土、耐火粘土、滑石等部分非金属矿石，其质量既决定于化学成分，又取决于它们的某些技术或物理性质（如对高铝粘土矿的化学成分，包括 Al_2O_3、Fe_2O_3、CaO，烧石量、耐火度）；对可燃性矿石的质量，主要为发热性能和一系列其它专门特性；对建筑石材的质量则取决于其工业价值的综合技术特性，如抗压、抗拉、抗剪、抗冻等性质。

矿石的工艺性能决定了为获取所有有用组分进行加工的可能性和经济合理性。矿石的工艺性能取决于全部质量指标，其中除了有用组分品位及有害杂质含量外，最有意义还有：原料的矿物成分，各种矿物中有用组分和有害杂质分布情况，有用矿物的形态和大小，矿石的结构与构造；矿石及其中有用矿物的物理特性，硬度、脆度；围岩及脉石的化学成分及矿物成分。

由上可见，矿石质量综合的反映在矿石的可用性与可用程度上。可用性表现为矿石的可采性、可选性和可炼性；可用程度主要受原矿石质量高低、利用途径、采选冶技术水平及三“率”（贫化率、损失率、回收率）指标高低和经济合理性的制约；最终体现在规定的现行矿石质量指标上。

矿石质量指标（边界品位、最低工业品位、有害组分或杂质含量最大允许含量、品级划分、综合工业品位及矿石物理机械性质等）是评价矿石的工业利用价值、圈定矿体、计算矿石储量的技术标准和尺度，用以检查和评价矿石质量在现有技术经济条件下为工业利用的价值大小和合格程度。

矿石质量指标的制定，主要根据国家一定时期内有关的政治、技术、经济等政策、采矿、选矿、冶炼、工业利用等科学技术的发展水平和趋势，国内外矿产品市场的供求情况，以及矿产资源的地质特征等因素而制定的，并受上述诸因素的制约。当上述诸因素或其中

某些因素发生变化时，矿石质量指标应作相应的调整。因此，矿石质量指标是一个动态性指标，既具有一定的时间性，也具有很强的针对性。

矿石质量指标属于矿产工业指标体系中的一个重要组成部分，是矿产资源经济，矿产勘查与开发过程中，地质技术经济综合研究和评价的重要基础内容。

需要指出的是由于不同的矿物或矿种具有其不同的化学、物理和技术特性，其工业利用领域和使用途径等是不同的，因此，不同的工业部门或用户根据其使用的途径和要求会提出不同的矿产质量指标；再者即使是同一种矿种，由于其矿化特征、矿体产出条件、所在的地域及矿石技术加工性能的不同，其开发利用途径也不尽相同，因之用于圈定矿体的质量指标也会有所差异。例如同是属于鞍山式铁矿的南芬铁矿和关门山铁矿，二者的铁元素的含量均很接近都在31%左右，但是矿化特征却有很大不同，前者矿化较均匀而集中，矿体内部结构简单属易选铁矿石，而后者因含铁矿物及矿石结构构造也较复杂，矿石难选，故二者的质量指标应该不同。

二、生产矿山矿石质量研究的目的和内容

生产矿山的矿石质量研究主要是根据矿山生产和合理利用矿产资源要求的需要，详细查明矿石质量及其空间分布特征，为重新圈定矿体（段），计算与管理储量和生产矿量，制定生产计划，选择最佳的生产技术方法、加工工艺流程与技术指标，调整产品方案，进行矿石质量管理，以及综合地质研究等提供依据。

矿石质量研究的主要内容概括如下：

（1）准确查明矿石中主要有用、有益组分及有害杂质的种类、含量及其分布特征。这是决定矿石质量及其变化性的基础参数，通常以化学取样获得。

（2）研究查明矿石矿物成分、含量、结构构造、共生组合、嵌布特征及某些特殊物理性质。这些往往也是许多非金属矿产的主要质量参数。

（3）根据分采、分选、分别冶炼的需要，对矿石进行分类型、分级别的研究，常将矿石分为不同的自然类型、工艺（业）类型和工业品级：

矿石自然类型是按矿石结构构造，矿物共生组合，主元素和有害元素含量高低，围岩岩性，脉石矿物含量，氧化程度等不同，按矿石自然特性进行地质分类，是研究矿石质量特征，矿体内部结构构造，进行矿石加工技术试验，划分矿石工业类型和技术品级的基础依据。

矿石工业类型是在划分矿石自然类型的基础上，根据加工技术试验结果和加工处理的需要，为经济合理地开发利用矿产资源，将采选冶方法及工艺流程不同的矿石，按工业要求划分矿石工业类型。工业类型划分必须具备的条件是：该类型矿石加工特性具明显的差异，需要单独加工处理；集中赋存于一定空间，具有一定规模，并需要和可能分别开采；在分采分选的基础上，具有明显的经济效益。

矿石品级是在同一工业类型矿石中，根据矿石质量差异，进一步分出技术等级，称矿石品级。品级一般是按矿石中主要有用（有害）组分的含量，物理技术性能的差别，以及不同用途的要求进行划分。或铝土矿按铝硅比值和 Al_2O_3 含量分为七个品级；耐火粘土按化学成分、耐火度、体积密度分为四个品级。特别是那些采出后即作为商品的矿石，及矿石质量不同而需要不同加工方法处理或供给不同用户的矿石都要划分技术品级。划分矿石技术品级的原则：按矿石及产品的不同用途和质量等级指标划分；按主要有用（有害）组分

的含量指标划分；有利于资源的合理利用和提高矿山生产的经济效益。划分技术品级的目的除保证不同的工业应用外，一般是为了确定最佳配料数量，以便获得加工的最佳指标。

（4）研究查明矿石和围岩的物理技术性质，为计算储量、选择开采技术设备和采矿方法提供依据。

（5）查明各采矿单元矿石从原始状态下到采、选、输出全过程中的质量及其变化规律，取得指导生产、管理生产、进行矿石质量管理的基础资料。

（6）查明矿床的矿化规律、矿石质量变化特点及其与地质构造单元的关系，进而指导矿床成因、矿床勘查开发模式的综合地质研究等。

三、矿石质量研究的方法

在目前的科学水平和技术经济条件下，研究与确定矿石质量的方法有：取样法和不直接取样的其它物理学和数学方法。前者是指从矿体、近矿围岩和矿山生产的产品（如原矿、精矿、尾矿）中按一定规格或重量要求采取一定数量的样品，通过样品加工、化验分析、试验与鉴定，研究矿产质量，确定矿石的物理、化学性质、矿石加工技术性能、矿石的开采条件等，为矿床评价、计算储量，以及解决有关地质、采矿、选冶和矿产综合利用等问题，提供资料依据。这种方法是目前研究矿石质量最基本、最可靠、最常用、也最成熟、最有科学依据的方法；而后者则是直接在有用矿石产出的地方用各种地球物理手段（放射性测量、磁法测量或电法测量）、萤光分析和实测统计的方法确定矿石质量。这些方法一般只能作为辅助方法，尚不能普遍使用，但如能有效地发展，这种方法将在一定程度上代替现有的对大量样品进行采样、加工及化学-矿物研究的方法。现有的取样法需要花费大量的时间和资金。

第二节　矿山取样

矿山取样是矿山地质工作中主要基础工作之一。按取样目的与研究方法的不同，可分为化学取样、物理取样、矿物取样和矿石加工技术取样四类；按所要解决的问题，可分为生产勘探取样、生产取样、商品取样，以及生产矿山深部、边部、外围矿产勘查工作中的矿产取样四种。这四种取样工作，按矿种和具体情况应用上述前四种取样方法中某几种方法确定矿产质量。

一、化学取样

生产矿山的化学取样，是指为测定矿体及其围岩、矿山生产的产品（如原矿、精矿）以及尾矿、废石、与矿产有关的岩石中的化学成分及其含量的取样工作。它包括化学样品采集、加工、分析及质量检查等取样工作的全过程。生产矿山中的化学取样主要在地下坑道、露天或地下采场及采下矿石中进行。

1. 地下坑道中的采样

地下坑道中的化学样品采集方法有刻槽法、刻线法、网格法、拣块法、打眼法、点线法、剥层法、全巷法等。根据不同的矿种、矿化均匀程度、矿体厚度大小、矿石类型、用途等可选用不同的采样方法和规格（表 4--1）。结合工业指标规定的最低可采厚度和夹石剔除厚度，可选用合理的取样长度。地下开采矿山常用采样长度 1~2 m。随着勘探程度的深入，采样间距往往不断加密。地质条件及采矿方法不同，采样方法、规格均有可能发生变

化。所以，需区别不同矿种和矿化均匀程度，不同生产准备阶段与采矿方法，选择或试验确定其相适应的采样方法及其采样规格、长度、间距，使采集的样品具有代表性，又要经济合理。采样时应沿物质成分变化最大方向（一般为厚度方向）采取，按不同矿石类型、品级分段连续取样。

表 4—1　化学样品采集方法、规格及用途

名　称		方　法	规　格	用　途
刻槽法		在矿岩露头上，用取样钎、锤或取样机开凿槽子，将槽中凿取下来的全部矿岩作为样品	常用样槽规格宽×深为(cm)：5×2～10×5，矿化均匀时规格小些，矿化不均匀时规格大些	为金属、非金属矿产最常用的取样方法。在探槽、井巷、回采工作面等人工露头或自然露头上采集样品
刻线法		在矿岩露头上刻一条或几条连续的或规则断续的线形样沟，收集凿下的全部矿岩作为样品	常用样沟规格宽×深为(cm)：(1～3)×(1～3)，线距10～40 cm	单线刻线法用于矿化均匀矿床；多线刻线法用于矿化不均匀矿床；常用子采场内取样
网格法		在矿岩露头上划出网格或铺以绳网，在网线的交点上或网格中心凿取大致相等的矿（岩）石碎块（粉）作为样品。网格形状有正方形、菱形、长方形等	网格总范围一般为1 m见方，单个网格边长10～25 cm，一个样品由15～100点合成，总重2～10 kg	代替刻槽法
点线法		按刻槽法布置样线，在样长范围内直线上等距离布置样点，各点凿取近似重量的矿岩碎块（粉）作为样品，矿化不均匀时可在2～3条直线上布置样点	点距一般为10 cm，线距一般为50～100 cm	一定程度上代替网格法，常用于矿化较均匀的采场内取样
拣块法		从采下的矿（岩）石堆上，或装运矿石的车、船、皮带上，或成品矿堆上，按一定网距或点距拣取数量大致相等的碎块（粉）作为样品	爆堆上网点间距一般为0.2～0.5 m；矿车上取样视矿化均匀程度与矿车大小，有3点法、5点法、8点法、9点法、12点法等	常用于确定采下矿石质量或运出成品矿质量
打眼法	浅孔取样	用凿岩机钻凿浅眼的过程中，同时采集矿岩泥（粉）作为样品	常用眼深1～2 m，一般不超过4 m，由一个或几个炮眼所排出矿岩泥（粉）组或一个样品	常用于矿体厚2～5 m沿脉掘进时探明矿体界线，代替短穿脉，以及浅眼回采的采场内确定残留矿体界线、质量
	深孔取样	用采矿凿岩设备进行深孔凿岩过程中，同时采集矿、岩、泥（粉）作为样品。有全孔取样、分段连续取样、孔底取样三种方法	露天深孔取样间距一般为(m)：4×4～6×8，地下深孔取样间距一般为4～8 m或8～12 m	露天深孔取样（穿爆孔取样）结果是详细确定开采块段矿体边界、矿石质量、矿石类型（品级）、编制爆破块段图，指挥生产等主要依据；地下深孔取样主要用于详细确定回采块段矿岩边界和矿石质量，也可代替部分坑探或钻探工程中取样

续表

名　称	方　法	规　格	用　途
剥层法	在矿岩出露面上按一定规格凿下一层矿岩石作为样品	常用剥层宽度×深度为(cm)：(20～50)×(5～15)，某些非金属矿产取样断面规格较大	主要用于检查其他取样方法精度，采取技术试验样品、厚度小或矿化不均匀矿床的化学取样
全巷法	在巷道掘进的一定进尺范围内的全部或部分矿（岩）石作为样品	取样断面与井巷断面一致，样长一般为1～2 m	主要用于检查其他化学取样方法精度以及矿化极不均匀矿床的化学取样
岩心取样	从钻探获得的岩心、岩屑、岩粉作为样品。常用岩心劈开机劈取一半岩心或金刚石锯取一半岩心作为样品	岩（矿）心直径有大孔径127～146 mm，中孔径75～110 mm，小孔径<75 mm。样长一般为1 m	用岩心钻探探矿时进行岩心取样

2. 露天或地下采场中的采样

采场采样是在采场工作面或采掘巷道中进行采样，以进一步掌握矿石质量，指导采掘方向，有效地进行矿石质量管理。

(1) 露天采场采样　一般是在开采平台上利用穿爆孔进行采样，有时也采用平台探槽采样和浅钻岩矿心采样。

利用穿爆孔采样可节约探槽和刻槽工作量，同时能对爆破后矿石的品位提供直接的数据，还能为下个台阶矿石品位提供信息。

平台探槽采样是在平台上垂直矿体走向，按一定的采样间距布置探槽，在槽底用刻槽法或网格法采样。当阶段边坡稳定且矿体倾角很缓时，可在工作面上直接采样。

(2) 坑内采场采样　一般是在回采巷道和回采工作面中采样或利用凿岩炮孔采岩（矿粉）。采样方法和样品布置的原则与在坑道中采样相似；但采用不同采矿方法的采场中，所使用的采样方法和样品在采场内的布置就有所不同。

留矿法，每上采4～5 m采样一次，沿走向每3～4 m布置一条采样线，每条线上1～2 m分段连续采样用刻槽法（图4—1）。

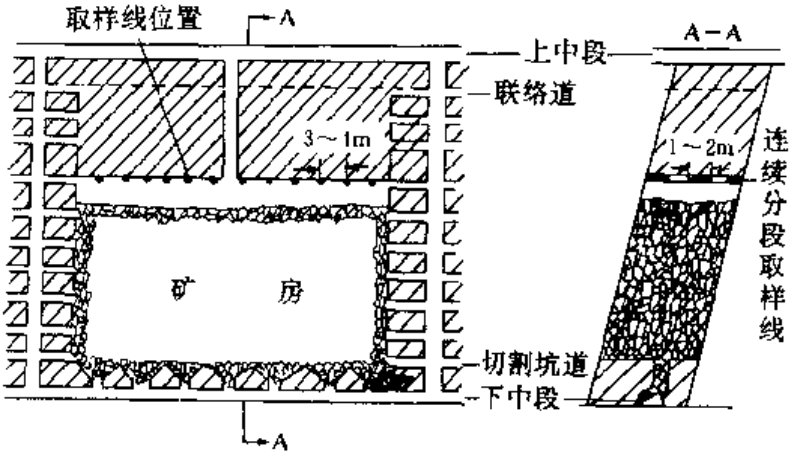


图4—1　浅孔留矿法采场采样示意图

全面法，每前进 3～5 m，在掌子面上采样一次，间距 3～5 m，样槽垂直底板（图 4—2）。

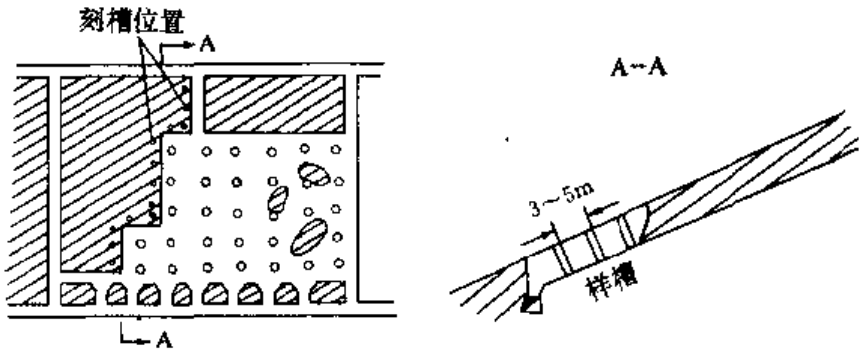


图 4—2　全面法采场采样示意图

充填法，每爆破一次（1.6 m）采样一次，充填前可在矿堆上拣块采样。围岩顶底板各一个。矿体中，矿房小时一个；矿房大时 3～5 个。如拣块法来不及，可在充填后矿房顶板中央，垂直矿体走向，用刻线法采样，分段长度 3～4 m（图 4—3）。

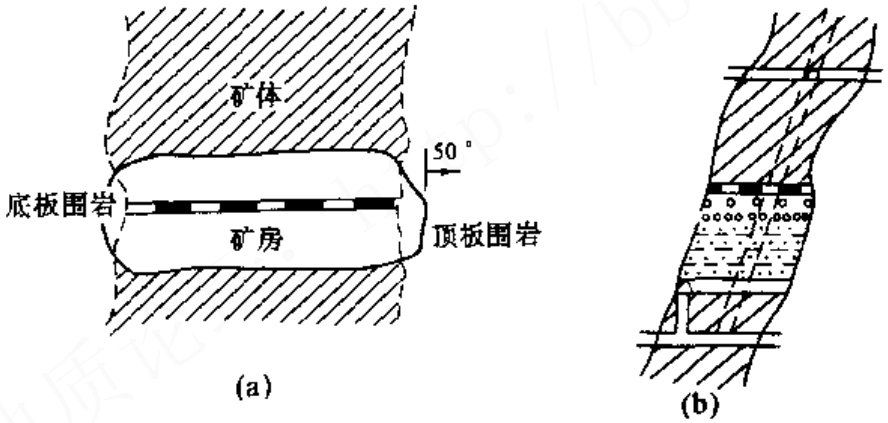


图 4—3　充填法采场采样示意图

(a) 掌子面平面图；(b) 矿房剖面图

中深孔分段崩落法，在 6～10 m 分段内，每 4 m 用刻槽法取样一次。也可用凿岩深孔采样（图 4—4）。

3. 采下矿石的采样

此种采样的目的是检查与衡量采出矿石的质量，计算采出矿石质量合格率，为计算矿石贫化损失提供依据。

这种采样与原生状态矿石采样最大的区别在于此类采样中必须充分考虑到金属和非金属矿物的各种碎块或粉末在空间上分布的特征，面这些分布特征取决于矿石中各种矿物的物理性质（比重）、堆放特点及块矿与粉矿的比例等因素。

根据采样地点及对象的不同，采下矿石的采样可有以下几种：

（1）掌子面爆下矿石的采样　为了及时迅速指导矿石质量中和（配矿）和及时对采下矿石质量的评价，一般采用拣块法采样，采样的准确程度决定于分样的数量、重量及取样

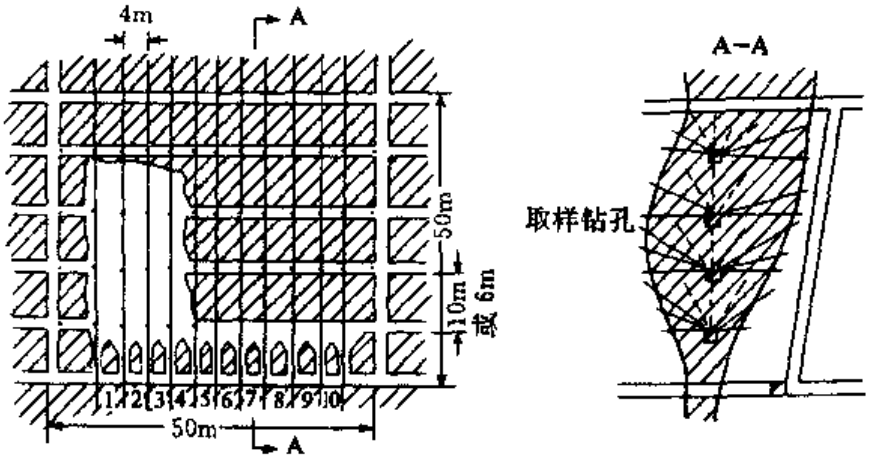


图 4—4　中深孔崩落法采场采样示意图

点的分布。

（2）矿石漏斗的取样　目的在于评价矿山每班、每昼夜从采场或矿仓中放出矿石的质量。采样方法是当漏斗放了一定的车数后，用试样勺取一份样；当漏斗连续放矿时，也可按一定时间取一份样，然后按一定的车数或时间内所取的份样合并为一个样品。

（3）矿车取样　一般一个矿车或每隔 1 至数车，用三点法或五点法拣块取样（图 4—5a）。每点所取份样重量最小于 0.5 kg，同一采样地点的矿石，每班或每十车组合一个样品，样品重量一般为 8～10 kg。

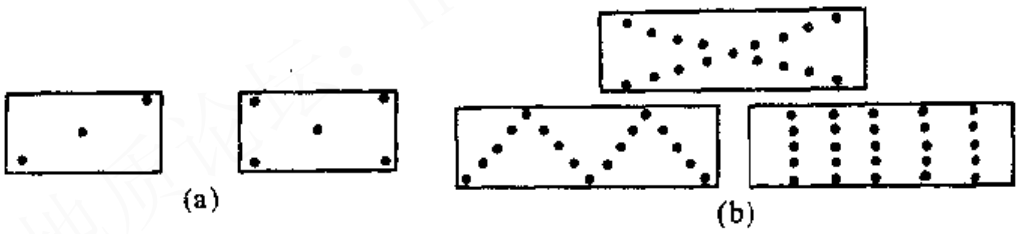


图 4—5　矿车中矿石采样点的分布示意图

（a）三点或五点法拣块取样；（b）采样点的排列形式

（4）火车、汽车内矿石采样　主要用于矿石的商品样品，用拣块法采样。取样点的数量及样品的排列形式与矿石中有用组分的均匀程度、矿块的大小及车箱的大小有关。一般每车箱的采样点为 5～30 个。采样点的排列形式有长方形、折线形或两交叉对角线形（图 4—5b）。

二、物理取样

物理取样又称技术取样。是指为了研究矿石和岩石的技术物理性质而进行的取样。对大部分非金属矿产，主要是测定与矿石用途有关的物理和技术性质，以便确定矿石质量及工业用途（表 4—2）；而对一般矿产主要是测定体重、容重、湿度、孔隙度、松散性、块度、自然安息角、岩矿石的物理力学性质及其可钻性、爆破性等。以便为矿产储量计算及矿石开采技术条件提供必要的参数。

表 4—2 某些非金属矿产的主要物理性质测试项目

矿 种	用 途	物理性质测试项目
石 棉	纺织、耐磨、绝热、建筑材料等	纤维长度、机械强度、耐酸性、耐碱性、导热性、导电性
石 墨	坩埚材料 电极材料	导热性、鳞片大小 导电性、粒度
云母（包括白云母、金云母）	电器设备材料	硬度、抗压强度、耐热性、挠曲性、击穿电压、体积电阻率、表面电阻率、介质损耗角
	一般工业及建筑材料	硬度、挠曲性、抗压强度、耐热性
金刚石	宝石拉丝模、硬度计、刀具、研磨材料等半导体器件等	晶体大小、晶形、颜色、透明度、包裹体等 导热性，半导体性能
滑 石	造纸、纺织、日用化工等 高频瓷	白度、细度 白度、细度、导电性、耐热生、表面电阻、热敏性能等
石 膏	医药、雕塑、装饰、造纸等	白度、细度
高岭土	建筑、陶瓷、电瓷、日用化工等	可塑性指数、白度、耐火度、烧结范围、干燥收缩和烧成收缩率
凹凸棒石粘土	油脂精炼、抗高温钻井泥浆、建筑涂料等	脱色力、吸附率、造束率、吸蓝率、脱质价、比表面、可交换阳离子及阳离子交换总量
沸 石	水凝水泥的硬凝剂、吸附剂、阳离子交换剂、轻骨料等	比表面、吸附率、可交换阳离子及阳离子交换总量等
大理石	饰面材料和工艺品	颜色、花纹、光泽度、抗折强度、抗压强度、容重、吸水率、耐磨率等
	电气绝缘材料	磨光性、加工性能、吸水率及吸湿后的体积、电阻系数、干燥状态的电场击穿强度

三、矿物取样

矿物取样是指从矿体、岩石或其风化剥蚀自然产物中，采集矿石、岩石、自然产物的标本、样品或单矿物，用化学、物理和物理化学方法鉴定和研究矿物的取样工作，是进行矿物学研究，概略估计矿石质量，研究矿床成因和确定找矿方向的一种取样手段；也是解决矿床综合评价或分析矿石选冶加工工艺性质的重要手段；对于一些利用其中某些矿物特性的矿产，则可根据矿物取样得到有用矿物含量的资料。

矿物取样种类随矿物学的发展与矿物应用的发展而增加，目前矿物取样种类有岩矿鉴定样，矿物包体测试样，稳定同位素测定样及同位素地质年龄测定样等。各类矿物取样的样品采集、取样过程及用途见表 4—3。

四、矿石加工技术试验取样

矿石加工技术试验样，是指为了研究矿石的加工技术性能，确定矿石的选矿、冶炼或

表 4—3 各类矿物取样样品采集、取样过程及用途

岩矿显微镜鉴定取样	样品采集	从岩石或矿石中采集块状标本，标本规格视需要而定
	取样过程	采集岩矿标本→加工成光片、薄片或光薄片→显微镜下鉴定
	用　途	确定矿石、岩石种类，分析地质构造，推断矿床生成地质条件，了解矿石加工技术性能，划分矿石类型等
矿物包裹体测试取样	样品采集	从岩石或矿石中采集样品，样重按测试项目而定
	取样过程	采集原始样品→选取单矿物→用爆裂法测温或测定包裹体化学成分 采集原始样品→制成薄片或光薄片→在显微镜下用均化法测温和研究包裹体形态、大小及气、液、固相比例
	用　途	用于研究矿物的形成温度、包裹体成分，进而利用热晕、蒸发晕找矿或研究矿床、岩石成因等问题
稳定同位素测定取样	样品采集	从岩石或矿石中采集全岩样品或单矿物样品；所采样品应避免有后期叠加蚀变、退变质或固体包裹体或有固熔体分离的矿物；单矿物纯度要求 98%以上
	取样过程	采集标本或样品→提取单矿物→测定稳定同位素
	用　途	判别成岩成矿物质来源，解决矿床成因，划分矿化阶段和成矿期次，指导找矿方向以及判断矿床规模等
同位素地质年龄测定取样	样品采集	查清地质情况的条件下，除专门研究蚀变和形变作用时期外，采集新鲜、未受蚀变风化的岩石或矿物样品，矿物中不应含副矿物包裹体，母体和子体同位素没有与外界物质发生交换
	取样过程	采集原始样品→加工成单矿物样品、一致曲线样品，等时线样品→进行同位素地质年龄测定
	用　途	确定岩层或矿床地质年龄，指导找矿

其它加工方法、工艺流程和合理的技术经济指标等，而对矿石进行的取样工作。不同种类或用途的矿产，加工技术取样任务不同。对绝大多数金属和部分非金属矿产，主要是确定矿石的可选性及选矿工艺，其中一部分矿石还需研究冶炼性或其它加工性能；对绝大多数非金属矿产，主要是确定其可用性、可选性和可加工性（含化工处理）。

表 4—4 金属矿产矿石加工技术试样重量参考表

试　验　类　型	试　样　重　量
可选（冶）性试验	50～500 kg
实验室流程试验	300～1000 kg
实验室扩大连续试验	5～25 t
半工业试验	试样重量根据试验单位的设备规格、处理能力及必须试验的时间而定
工业试验	试样重量根据工厂设备规格及需要试验的时间而定。当采用新设备需作工业试验时，所需试样重量按设备能力而定

矿石加工技术试验的种类有　可选(冶)性试验、实验室流程试验、实验室扩大连续试验、半工业试验及工业试验。不同类型加工技术试验样品的重量可参考表 4—4、表 4—5。

矿石技术加工样品的采集方法主要用全巷法，有时亦可采用刻槽法、剥层法采样或局部爆破法采样。要求样品具有代表性，分矿石类型进行。

表 4—5　某些非金属矿产矿石加工技术试验试样重量参考表

试验类型 / 矿种	初步可选性试验/kg	详细可选性试验/kg	半工业试验	工业试验	工业技术性能试验
石　棉	500～1000	3000～5000	根据试验方案的数目、选矿方法、试验单位的设备规格、处理能力及必须的试验时间而定	根据试验方案的数目、工厂规模及必须的试验时间而定	单项试验不少于 3 kg，一般总重需 30 kg
高岭土	500～1000	>1000			实验室规模制陶试验 100～500 kg
滑　石	300～500	>1000			单项试验 1～3 kg，一般总重需 20～30 kg
石　膏		>30			实验室制板试验 100～200 kg
金刚石	5000～30000	5000～30000			对每颗金刚石进行晶形、重量、导热性、半导体性能等测定
石　墨	300～500	>1000			20～30 kg
硅灰石					500 kg
云　母					需有效面积大于 40 cm^2 的厚片云母 1～3 套，每套包括 1～4 种标号，总重量 10～15 kg，5、6、7、8 标号云母 10～20 kg 作薄片出成率试验
凹凸棒石粘土					测试脱色力、吸附率、吸兰量、胶质价、膨胀容、比表面、阳离子交换总量等，每单项需一至几克不等

第三节　矿石质量管理

矿石质量管理属于矿山企业全面质量管理的重要组成部分，是为了充分合理地利用矿山宝贵的矿产资源，减少损失并保证矿产品质量，满足使用单位（选、冶、用部门）对矿石质量的要求而开展的一项经常性工作。要搞好矿石质量管理，就必须按照矿石质量指标要求，编制完善的矿石质量计划，进行矿石质量预测，加强采矿贫化与损失的管理（见第六章），搞好矿石质量均衡工作，并加强生产现场全过程的矿石质量检查与管理，以减少输出矿石质量的波动，保证矿山按计划、持续、稳定、均衡地生产，提高矿山企业生产的总体效益。

一、矿石质量计划及矿石质量预计

1. 矿石质量计划的作用和内容

众所周知，矿石质量与产量计划是矿山采掘（剥）生产技术计划的核心，规定要求矿石质量计划必须与采掘（剥）计划同时编制、上报、考核、验收和下达。矿山必须是在能够保证满足规定的矿石质量指标（如矿石类型要求、有用组分品位、有害杂质允许含量

等）的前提下，具体安排矿石回采范围、作业进度、回采顺序及出矿数量等。所以，矿石质量计划是矿山采掘（剥）生产技术计划的重要组成部分，是保证实现矿石质量指标，满足选冶用户对矿石质量要求的具体活动安排，是进行矿石质量管理的首要措施。

矿山应对矿石质量全面负责，并组织综合管理。矿山地质部门是原矿（入选前矿石）质量技术管理的主管单位，应会同矿山生产、计划和技术等部门编制矿石质量计划。矿石质量计划分为长期（大于5年）、中期（3～5年）、短期（1～2年），季、月及旬、日、班矿石质量计划等。

编制矿石质量计划的作用在于，可以衡量计划期内将生产的矿石能否达到规定的矿石质量指标要求，以便及时发现问题，预先采取措施，调整生产计划；可以有目标、按计划地指导矿石质量均衡工作；保证采、选（冶）均衡生产，有助于提高矿山生产效率和资源回收率。

矿石质量计划的基本内容应分为文字、图件和表格三部分：

文字部分包括：①计划开采块段矿石质量的基本情况；②预计的矿石贫化率与损失率；③各类型或品级矿石计划达到的质量指标；④矿石回采作业进度、顺序、各地段的出矿计划及矿石质量均衡安排；⑤为实现矿石质量计划所采取的技术措施和要求等。

图件部分包括综合地质图、矿石类型与品级分布图、采样位置图、矿石品位分布图、块段或爆区单体性地质图件、采掘（剥）进度计划图等。

表格部分分为各式矿石质量计划表，如表4—6及表4—7。

表4—6　日（班）矿石质量计划表

日　期

块　段（爆区）	矿石类型	出矿能力	地质品位/%	计划出矿量/t	计划出矿品位/%	各掌子出矿配矿安排	备　注
1	2	3	4	5	6	7	8

表4—7　年季（月）矿石质量计划表

块段、爆区	掌子面	矿体号	计划采出矿石量/t	原矿地质品位/%		计划贫化率/%	质量指标（品位，%）		有益及有害成分含量计算				地质平均品位/%		计划出矿品位/%		备注
				组　分			组　分		地质含量		出矿含量		组　分		组　分		
									4×5	4×6	4×8	4×9					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

2. 矿石质量计划的编制

矿石质量计划，尤其是与年、季、月及旬、日、班采掘生产相协调的矿石质量计划的编制，其理论依据应是“全面质量管理”的基本原理，必须实行“全面、全员、全过程”的系统管理；矿山必须建立、健全原矿质量管理机构和体系，制定生产工序质量的考核标准，增强“全员”的质量意识，并注意研究和推行提高矿石产品质量的新方法、新技术等，这是应该强调指出的。矿石质量计划编制的直接依据是上级下达（或合同规定）的按照矿山

实际能够达到的矿石质量指标，当然受矿山具体的矿床地质条件、采掘生产技术水平和作业计划、矿石损失与贫化指标以及相应的地质工作程度的制约。

矿石质量计划编制的一般步骤是：

（1）安排采矿计划进度线及采矿量，必须在了解矿床地质与矿石质量分布特征，符合合理采掘顺序的前提下，按计划时间和采矿单元进行。

（2）计算计划开采地段内的矿石平均品位（地质品位），按矿石类型、品级、矿体以及中段（台阶）、块段（爆区）分别进行。

（3）计算计划采掘范围内的预计贫化率，根据所圈定的夹石与矿石分布、厚度、产状、品位等和采掘技术水平进行计算，并研究分采的可能性。

（4）计算采出矿石的预计平均品位，分类型和开采部位进行。

（5）作出矿石质量均衡（配矿和分选）的具体安排。

（6）提出防止与降低矿石损失与贫化的措施。

（7）编制矿石质量计划所需图表与文字说明。

3. 影响矿石质量指标的因素

影响矿石质量指标的因素很多，主要有：

矿山地质因素　包括矿床地质特征，矿体空间形态、产状、厚度及结构特征，矿石类型等质量分布特征等。这是客观存在决定采矿方式与方法，矿石的损失与贫化，可能的矿石质量高低的基础因素。

地质工作程度　尤其是生产勘探程度、矿石取样研究程度，决定着对矿床（体）地质特征信息资料掌握的全面性、正确性和准确可靠程度。这是合理采矿方法选择与矿石质量管理的依据。

开采技术因素　指所选择的矿床开采方式、采矿方法，采掘生产技术装备的机械化程度和生产效率，组织管理水平等。这是影响采矿的贫化、损失和矿石质量变动的重要原因。

矿石加工因素　主要指矿石进入选厂后的破碎和选矿工艺流程的技术水平。这是决定入选矿石、中间矿石及精矿质量与回收率等技术经济指标的重要因素。

矿石质量指标正是在全面综合研究上述因素的基础上确定和下达的。

4. 矿石质量的预计方法

矿石质量预计是采掘（剥）技术计划、矿石质量计划与管理的基础工作。矿山地质人员在矿床开采前和采矿过程中随时预计未采下矿石的质量（如矿石类型、品级、品位、杂质含量等）和采下矿石质量，以便采、选及有关部门掌握矿石质量的变化动态，按照各阶段矿石质量指标的要求，适时调整采矿与选矿生产计划，采取适当措施加强各阶段矿石质量管理，以保证入选矿石和矿产品质量。

矿石质量体系因矿种、矿床类型和工业利用方法、途径等不同而各有结构重点的区别，金属矿床侧重于矿石的品位和有害杂质的含量等；影响因素很多。预计矿石质量的方法也很多，但总体上可分为定性预测与定量预计两类。定性预测法又称为直观法或调查法，其实质是经验法或类比法，是指根据已有经验判断矿石质量未来可能的变化趋势，根据地质规律研究矿石质量特征的方法亦属此类。

定量预计矿石质量的方法是根据矿石质量的影响因素与矿石质量变化的因果关系，或根据已有的矿石质量历史数据，采用数学的种种方法计算与推断未来的矿石质量。例如对

出矿品位常用的预计方法有：

(1) 根据将开采地段的矿石平均地质品位 C、围岩（废石）品位 C_y 和预计的废石混入率 r 或用预计的矿石贫化率 p，预计出矿品位 C_t 时，可用如下公式：

$$C_t = (1-r)C + rC_y \quad 或 C_t = (1-p)C \tag{4-1}$$

当 $C_y=0$ 时，则 $C_t=(1-r)C$ 或 $C_t=(1-p)C$

(2) 回归分析法 如生产多年的矿山，可根据历年投产矿块的地质品位 C 与出矿品位 C_t 间的关系，通过回归分析，建立线性回归方程为：$C_t=a+bC$（其中 a 为回归常数，b 为回归系数），可用此方程预计将投产矿块的出矿品位。

若出矿品位与多种因素有相关关系，还可以建立多元回归方程进行预计，且其预测精度可以用剩余标准差衡量。实践证明，回归分析是一种行之有效的矿石质量预计方法。

(3) 滑动平均法 这是假定出矿品位仅与近期生产状况有关，与较远期状况无关，故只选用近期（如前三日或三周）的平均出矿品位值 C_1、C_2、C_3 进行算术平均（或加权平均），即得到下个时期预计的出矿品位 C_4 值；这种滑动平均法属于时间序列分析法。其公式如：

$$C_4 = \frac{1}{3}(C_1 + C_2 + C_3) \tag{4-2}$$

二、矿石质量均衡

1. 矿石质量均衡的意义与作用

矿石质量均衡或称矿石质量中和（又被称作配矿）。它是指在矿山生产的各个环节，有计划有目的地按比例搭配同类型不同品级（或品位）的矿石，使之混合均匀；或进行初步分拣，使矿石质量达到规定要求的标准，然后送入矿石加工利用部门（选矿厂或冶炼厂）的技术措施。

由于选矿厂（或冶炼厂）对所用矿石质量有相当严格、相对稳定的要求，如金属矿石的入选品位变化幅度不应大于 5%～10%；或因某些共生矿物（或元素）会恶化（或改善）矿石加工技术指标，对其含量也有一定的要求标准，而采下矿石并非随便都能满足规定指标要求，所以往往需要按计划对矿石质量进行必要的调整，以保证达到规定的质量指标。这是矿石质量管理的重要环节。

矿石质量均衡的直接作用在于保证矿石质量能够满足选（冶）部门要求的矿石质量指标，有助于提高选（冶）工作效率和效果；有计划地搭配部分低品级、低品位矿石，有助于充分利用矿产资源；相应地提高部分低质量矿石的等级，即相对的提高其价值，有助于增加矿山经济收入、降低成本，并延长矿山服务年限。

2. 矿石质量均衡的原则

(1) 贫矿石的加入量，必须保证高质量矿石品位降低后仍能达到利用的规定标准。

(2) 两种矿石品位及特性相差悬殊时，不能搭配，否则会给选冶部门造成技术上的困难。

(3) 不同自然类型和工业类型的矿石，因加工利用方式、方法不同，不能搭配。

(4) 两种颗粒规格相差过大的矿石不能搭配，因其质量不同、用途不同，价值亦不同。

(5) 耐火材料及某些利用其特殊物理性质的矿产，一般不能搭配。

3. 矿石质量均衡的计算

矿石质量均衡通常主要是对矿石中有用组分含量的均衡，必要时也对有害组分或选渣组分进行均衡。

(1) 当对多品级矿石的品位进行质量均衡（配矿）时，各采区（采场、中段）品位的质量均衡能力系数（质量中和能力系数）F_i 基本计算公式为：

$$F_i = T_i(C_i - C) \tag{4—3}$$

式中：T_i——各采区（采场、中段）计划出矿量；C_i——各采区（采场、中段）预计平均出矿品位；C——要求达到的平均品位指标。

当所计算的 F_i 为“正”时，表示该采区（采场、中段）的矿石可搭配部分低品位矿石，当 F_i 为“负”时，则表示需搭配部分高品位矿石。但必须考虑全部的矿石质量均衡，即最终必须使各采区（采场、中段）矿石品位的均衡能力系数之代数和满足下列要求：

$$\Sigma F_i = F_1 + F_2 + \cdots + F_n \geqslant 0 \tag{4—4}$$

即 $$T_1(C_1-C) + T_2(C_2-C) + \cdots + T_n(C_n-C) \geqslant 0$$

式中：F_1、$F_2 \cdots F_n$——各采区（采场、中段）质量均衡能力系数；T_1、$T_2 \cdots T_n$——各采区（采场、中段）计划出矿量；C_1、$C_2 \cdots C_n$——各采区（采场、中段）预计平均出矿品位；

当需对有害组分进行均衡时，同理则必须：

$$\Sigma F' = F'_1 + F'_2 + \cdots + F'_n < 0 \tag{4—5}$$

即 $$T_1(a_1-a) + T_2(a_2-a) + \cdots + T_n(a_n-a) < 0$$

式中：F'_1、$F'_2 \cdots F'_n$——各采区（采场、中段）预计有害组分均衡能力系数；a_1、$a_2 \cdots a_n$——各采区（采场、中段）预计有害组分平均含量；a——有害组分最大允许含量。

若不能满足上述要求，则须重新调整各采区（采场、中段）的出矿量，并进行适当的配矿。

(2) 当对只有两种品位的矿石配矿时，则用下式计算允许搭配的低品位矿石数量：

$$X = \frac{Q_1(C_1 - C)}{C - C_2} \tag{4—6}$$

式中：X——允许搭配的低品位矿石数量；Q_1——较高品位的矿石量；C_1——较高品位矿石的平均品位（$C_1 > C$）；C——要求达到的品位指标；C_2——低品位矿石的平均品位（$C_2 < C$）。

4. 矿石质量均衡的方法与步骤

矿石质量均衡的主要方法是指配矿，但矿石采下后的初步分选（矿石与废石分拣）亦属于矿石质量均衡的范畴。

(1) 配矿的系统方法和步骤　配矿工作贯穿于从矿石开采设计到商品矿石输出全过程的各个环节，可通过一次或多次不同质量矿石的搭配达到规定的矿石质量标准。

a. 在编制开采设计和采掘作业计划时编制配矿计划　在充分了解矿石质量分布特征的基础上，有针对性地合理安排各计划中段（台阶）、地段（爆区）矿石的采矿方向、出矿顺序及产量比例，以利于矿石质量均衡。

b. 爆破时配矿　合理安排各品级矿石的爆破范围、数量和顺序；露天采场更易于产生初步配矿效果。

c. 出矿时配矿　根据各采场或掌子面矿石质量特点安排出矿顺序和出矿量，对矿车进

行编组，达到配矿目的。

d. 入仓或栈桥翻板时配矿　将不同品位的矿车对翻，或利用移动式卸矿车往复移动；也可使用皮带输入贮矿仓，尽量使矿石逐层分布均匀。

e. 高品矿石或精矿石（砂）装车、船时配矿，即设法使矿石质量相对均一。

(2) 矿石初步分选　矿石初步分选是指对采下矿石或在其运输过程中进行工业矿石与废石的分拣，以达到提高正式入选矿石质量的方法，也称为矿石预选。实践证明，当矿石质量波动很大时，预先用人工或仪器设备把不同品级矿石、废石分拣开来，按不同路线运输、不同方式加工是有利的。最简单者是块度法、肉眼法分选，较复杂的是地球物理法分选。据进行分选的地点分为工作面（回采矿块内）分选、地下分选设备（或分选站）分选和地面分选设备（或破碎分选工厂）分选。地面分选可看作是选矿总过程的一部分。

a. 块度法分选　利用筛子（固定或振动式），把矿石按不同块度分开，因为有时矿石块度对加工具有独立意义，如某些脆性矿物，经筛选的细粒级组分往往是高质量、高品级矿石，这可直接进行冶炼。块度法分选可在地下进行，也常在地表进行。

b. 肉眼法分选　若不同品级、类型矿石，或矿石与废石的物理性质（如颜色、光泽等）易用肉眼加以区别，则用手工加以分拣：挑出废石作充填料（地下），或另行处理；或挑出特富矿石作特殊加工等。该法常用于某些金属矿产及云母、石棉、水晶等非金属矿产。可在地下开采工作面的矿石堆上或在运输机皮带上进行肉眼法手工分选。

c. 地球物理法分选　对于放射性矿石，可用辐射计测量天然放射性射线强度，据其确定每个矿块的金属品位，并据此将矿车按矿石质量品级编组。也可在运输机皮带下先逐块测量皮带上经筛选的矿石，将测量结果储传给专门的设备（如风动机），此设备把矿石逐块分送到不同的贮运设备中分别加工处理：合格矿石送选矿厂或冶炼厂，表外贫矿贮存起来进行浸出处理，把废石送入废石场等。

原苏联正在研制人工放射性的选择诱导和测量方法，则铁、铜、汞、锑和金矿石等都适用放射性测量和分选；还正在研制按颜色进行机械化分选的分选设备，以代替某些肉眼法分选；用辐射原理研究按含不同矿物的矿石块吸收热的热差异分选法；用 X 射线荧光法确定矿石中 Fe、SiO_2、Al_2O_3 的含量等快速分析法进行矿石分选。

地球物理法可以使矿石初步分选完全机械化和自动化，我们也应该在这方面加强科技研究和设备研制。

无论采用哪种分选方法，均需通过与全部矿石质量均衡比较，并进行技术经济论证。

三、采场矿石质量管理

1. 地下采场

虽然在采矿过程中，防止过高的损失与贫化（尤其是薄矿体）是保证矿石质量的首要环节，但地下开采矿石质量管理的关键是出矿管理和矿石装运过程中的配矿和分选。出矿管理基的要求是实行岩矿按计划、按品级、类型分装、分运。充填法采场，尤其注意工业矿石的打清出净，不得将高品位粉末状矿石混入充填料，也不准将充填料混入采出矿石中，减少矿石的损失与贫化。房柱法采场，要注意将房柱布置于低品位（或表外）矿石或无矿地段，并防止出矿时顶盘与四壁围岩的塌落。深孔崩落法采场，覆岩下放矿，应编制放矿图表，保证岩矿界面的不等量均衡下降；正确确定和掌握出矿极限（截止）品位；矿石出完后应及时封闭漏斗。当然，在矿石开采与运输过程中，应避免“采富弃贫”造成原设计

应采下矿石的未采下损失，按开采设计作好采掘工程的质量管理；同样按计划进行必要的配矿和矿石初步分选，达到矿石质量均衡，这是矿石质量管理相辅相成的两项工作内容。

2. 露天采场

露天采场往往因范围大、多台阶、多掌子面同时作业，回采与剥离交错进行，尤其是多品级、多类型矿石的采场，矿石质量管理工作比较复杂。在矿石质量计划的指导下，管理的主要措施是实行分穿、分爆、分铲、分装、分运、分级破碎储存，并加强配矿和矿石的分选。其中主要环节有：

(1) 爆破块段管理　爆破块段地质图或爆区图是确定划分矿岩、矿石品级和类型边界的依据，在现场采用一定标志（小旗、木牌等）表示其分界线位置，指导分穿、分爆。

(2) 爆破矿堆管理　最好绘制爆破矿堆矿石分布草图，同样在现场设置标志表示矿岩、矿石品级或类型界线位置。爆堆草图应一式三份，分别交调度室、地测部门和电铲司机，指导分铲、分装、分运工作。

(3) 出矿指挥　按计划指导分装、分运、分别存放或加工，并进行必要的配矿和矿石初步分选。为此，矿山地质人员必须参与现场值班。

(4) 矿石质量检查　每次爆破后，地测人员配合进行产量与矿石质量验收，既检查爆破效果，又要及时进行生产取样与质量检查取样，用以指挥出矿和完成块段管理台账。同时，配合质量检查部门，作好出矿质量的反馈和存在问题的调查，指导生产计划的必要调整与修订，保证矿石质量达到规定的标准。

3. 矿石质量管理的举例

例 1　白云鄂博铁矿露天采场矿石质量管理简介

该露天采场矿石质量管理工作的特点是始终以矿石质量预报为生产地质的中心工作。这是组织生产的保证和稳定产品质量的关键。他们以穿孔取样为获得生产矿石资料的主要手段；以数理统计的方法，编制矿石质量指示图、X—R 矿石质量管理图，使资料系统化、图表化，并作为制定计划的依据。采场标志的四牌化，使生产组织者、矿石质量管理人员和直接生产者（铲装工人），资料和现场结合并统一，按计划有秩序地组织生产，取得了很好的经验。其主要措施是：

(1) 穿孔采样　该矿主要以穿孔取样获得生产矿块矿石质量信息，其次是生产勘探资料、爆堆取样资料及掌子面素描等，以此作为进行综合地质分析的基础。穿孔采用牙轮钻机，采样方法用渣堆断面法；或采用潜孔钻穿孔，以渣堆点取样（用管型取样器，按不同角度、方向，采集 6～9 个点矿粉，缩至 1.5～2 kg）。孔距 6 m，对块段的代表性强，与实际生产品位绝对误差为 1.2%左右。经验证穿孔取样优于槽探、矿堆取样。用穿孔取样和生产勘探资料确定块段的矿石生产品位，以指导爆破，为编制月计划提供质量预报，也是日班生产矿石质量预报的主要依据。

(2)质量指示图和 X—R 矿石质量管理图的编制　质量指示图是爆破块段的总体预报，是矿石生产管理的综合图件，为矿石质量中和（配矿）、组织生产、制定计划提供信息。

在所划分的生产块段采集样品，准确计算地段矿量和有用、有益、有害组分含量；以此资料绘制成矿石质量指示图；并详细说明地质情况、矿石品级、品位变化趋势，预计的矿石损失、贫化，提出中和配矿、铲、装的意见。

X—R 矿石质量管理图是应用数理统计的方法，以穿孔位置为横坐标、矿石组分含量为

纵坐标，图中标注有高、中、低品级界线；作考核组分 Fe、FeO，F、P 的含量变化曲线。在图上明确划出配矿能力，在生产地段的矿石品级、品位稳定区，可大胆生产，发挥最大工程能力。品级、品位急剧变化地段为“危险区”，为生产取样加大密度，向生产组织者提出警告信息，为不出废品提出了预报。

（3）采场标志的建立　这是矿石质量预报与管理的一项重要措施。采场地质人员根据矿堆实际情况和采装方法，依爆前获取的生产勘探、穿孔取样、掌子面素描等资料，在矿堆上立四种明显标记牌：①工程牌，示勘探线位置；②爆区分界牌；③矿种界线牌：主要矿种为氧化矿、原生磁铁矿、原生赤铁矿和氧化富矿；④矿岩分界牌。这一现场设立标志措施使生产者和组织者做到心中有数，目标明确，有条不紊。

（4）班矿石质量预报　生产地质人员每天到现场详查每台电铲作业位置，发现品位变化较大，要进行铲前取样，为班预报收集资料。同时，建立采场生产预报制度，设置矿石质量预报台账，即与矿石质量检查部门紧密配合，又进行现场生产指导。当爆区采完后要进行矿石数量和质量对比验证。

例 2　715 矿“全优采场、优质分层”活动简介

715 矿采用的是水平分层崩落法的地下采矿方法。通过开展“全优采场、优质分层”活动，采取既抓采掘工程质量，又抓产品质量，并以前者保证后者的科学方法，取得了提高矿石回采率，降低采矿贫化与损失，保证矿石质量，增加收入，调动大家积极性的极好效果。其主要措施是：

（1）建立班子　从上到下形成完整的质量管理网，进行层层质量把关：A.“质量管理委员会”是以总工程师为首，地测、生产、安全、财务、劳资及工会人员参加组成，重点是抓矿山井巷工程质量和产品质量。B. 常设机构为地测科，负责日常质量管理工作。C.“质量管理小组”：以工区区长、技术负责人为首，有地测、物探、采矿等专业负责人及采掘队长、安全员参加，负责工区质量管理及全优采场和优质分层评定、填报工作。D. 质量检查员，由采掘队长兼任，负责队里施工质量及产品质量。

（2）制定明确的技术要求和具体的质量标准　把“采场”和“分层”分为优质（奖）、合格（不奖不罚）和不合格（罚）三级。其中，如优质分层的技术要求和质量标准是：A. 有完整的分层回采设计；B. 严格按分层设计和采场管理办法的规定进行回采；C. 采矿损失率和贫化率必须分别小于或等于 5%和 10%；D. 全部按要求完成围壁探矿，深度不小于 1.5 m；E. 无丢矿等事故；F. 地质、测量、物探、采矿等专业各项技术资料收集齐全；G. 采场实测矿岩量与检查站统计误差不得超过±15%。合格分层标准基本上同于优质分层，只是其中有 1、2 项未达到优质标准，但已基本达到设计要求。

（3）定期进行填报，认真审查评定　质量管理小组月填报，质量管理委员会季评定。优质者，由地测科签署意见，交总工程师或副矿长批准；地测科计算奖励金额，经总会计师签字；工区按工作人员贡献大小，对产品质量重视程度，对不同工程分别发奖。

（4）按采场和分层规模大小划分为四个等级，分别计奖，做到多劳多得，公平合理。

第五章　矿山储量计算与管理

任何一个生产矿山，由于对矿床不断进行生产勘探，矿石不断被采出，矿山的矿产地质储量和生产矿量都经常处于变动状态之中。它随着探矿与采矿工作的进展而变化，同时也随不同时期矿冶工艺水平对矿石工业要求的不同而变化。为了满足矿山开采设计和矿山生产工作的需要，就必须经常进行储量计算。

在生产矿山进行储量计算，不仅是为国家有关部门提供矿产储量变动资料，以便国家掌握全国资源情况和编制国民经济发展规划；而且也更是为了给矿山开采设计、采掘生产计划的编制及矿山生产管理提供必要的资源与资料依据。

第一节　生产矿山储量的构成

一、矿产储量（地质储量）

生产矿山保有的矿产储量由矿产储量和生产矿量构成。矿产储量是经过地质勘探、基建勘探和生产勘探后，经勘查证实存在矿床（矿体），探明其空间分布、产状、形态、规模和质量，能为当前工业生产技术经济条件所开发利用的原地矿产资源量。它是矿山矿产资源量中已勘查探明矿产资源量的一部分。

矿产储量，在矿山设计与生产实际工作中，人们习惯于将其称为地质储量，以区别于生产矿山的生产矿量。其中包括能利用储量和可能利用的储量。

能利用的矿产储量是指矿床内部技术经济条件和水、电、运输、配套工业、市场产销等外部条件，当前工业综合开发利用，技术上可行，经济合理，符合资源合理开发利用和环境保护要求及国家政策允许开发的近期可开发利用的矿产储量。

可能利用的矿产储量是指矿床内部技术经济条件符合我国当前工业生产技术经济条件和资源合理开发利用、环境保护等要求，国家政策允许开发，只因外部条件尚难合理解决，或开采加工工艺复杂，需要特殊技术措施，成本较高，工业综合开发利用，经济不合理；或国家政策，目前暂不准开发；或经济上虽然合理，但由于外部设施投资过大，国家和地方目前的经济条件尚无力开发，随着国家经济发展和外部条件的改善，可能利用的矿产储量定然可转变为能利用的矿产储量。

矿产储量根据对矿产勘查研究程度分为A、B、C、D、E五级。

A级储量是供矿山编制备采生产计划依据，也是验证B级储量的储量，在缺少开采储量的矿山，也可作相对级别精度和回采率计算及停、闭坑结算储量的基础。

B级储量是首采区采准设计的依据和C级的验证级别。

C级储量是矿山建设设计中段开拓或不探求B级储量时首采区采准设计依据及D级储量的验证级别。

D级储量是矿山建设设计开拓方案选择、生产规模、服务年限、总体布置等总体设计和

矿床总体规划、初步可行性研究、项目建议书及勘探设计的依据，也是E级储量的验证级别。

E级储量是国民经济长远规划和部署总体勘探工作的依据。

二、生产矿量

生产矿量是指在探明能利用储量的基础上，按照设计要求，完成相应采矿阶段的准备工作，根据生产技术经济指标要求，计算相应采矿准备工程系统内的可采矿量，作为矿山采掘（剥）切割设计和生产计划的依据。

生产矿量根据不同采矿方法的相应开采设施和工程准备程度，分为开拓、采准、备采三级矿量，或开拓、备采二级矿量。

开拓矿量是指在勘探程度达到相应级别的能利用探明储量基础上，完成设计所规定的开拓系统工程范围内及其所开采的邻近矿体，所计算的除永久性矿柱和暂不回采的矿柱外的所有能利用已有开拓工程进行采准的矿量。

采准矿量是指在勘探程度达到相应级别的能利用探明储量和开拓矿量的基础上，完成设计所规定的全部采准工程和辅助工程系统的范围内，所计算的除永久性矿柱、不同时回采的矿柱和开采条件复杂、技术经济无法开采的矿量，以及不符合回采顺序的块段外的所有能利用已有采准工程系统进行备采的矿量，它是开拓矿量的一部分。

备采矿量是指按照采矿方法要求的顺序，做好全面回采、切割等采矿准备工作，所计算的除没有回采切割工程的矿柱及未有措施解决开采条件复杂的采场外的所有能利用已有采矿准备工程进行回采的矿量，它是采准矿量的一部分。

生产矿量中的三级矿量关系与地质储量中的五级储量关系，前者是包容关系，而后者则是矿产储量的接续关系（图5—1）。

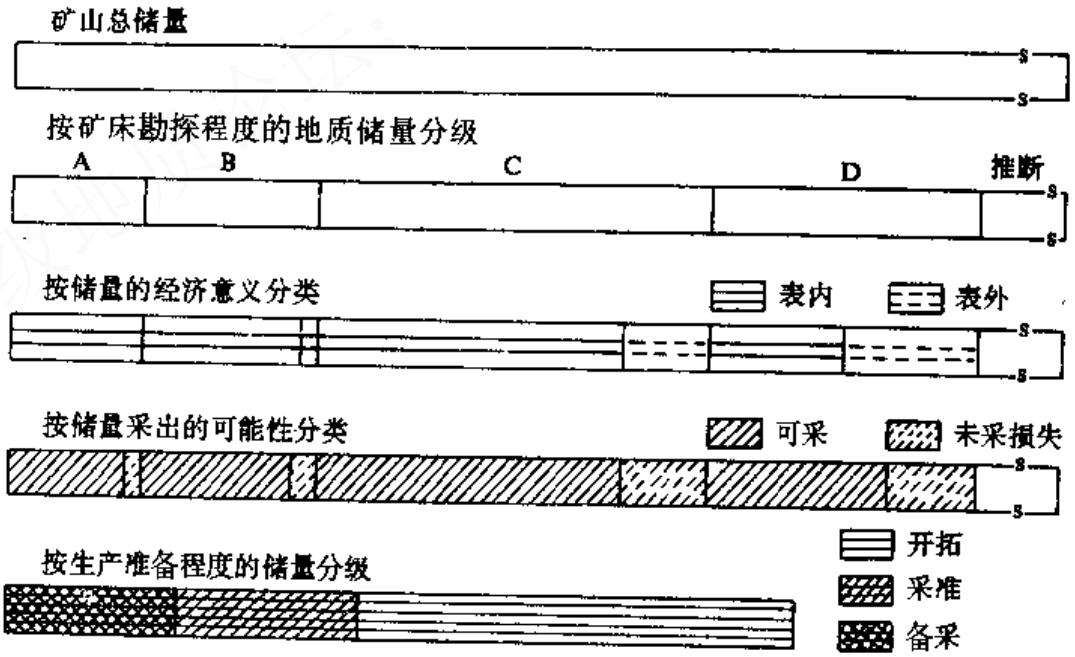


图5—1　矿山矿产储量的构成关系对照图

矿产储量与生产矿量的划分标志、构成不同，其作用也不相同。在生产矿山，矿产储量的级别是衡量矿床勘查程度的标志，而生产矿量的级别则是衡量采掘（剥）生产准备程

度的标志。两者在概念上和划分标准上，既有区别又有联系。矿产储量是编制矿山采掘计划的基础，矿产储量的获得与级别的提高为三级生产矿量的获得提供了条件与依据；同时，采矿准备程度的提高，采矿准备工程的增加与施工又增加对矿块地质条件的了解，从而又提高了对矿床（矿体或矿块）的控制研究程度及其储量级别。

生产矿量与矿产储量对比关系表（表 5—1）。

表 5—1 矿产储量与生产矿量（储量）对比关系表

<table>
<tr><td colspan="4">类 别</td><td colspan="7">储 量 （矿 量）</td><td colspan="2">预测资源量</td></tr>
<tr><td rowspan="4">可用的</td><td rowspan="3">能利用</td><td rowspan="2">可采储量</td><td>生产矿量
（生产储量）</td><td colspan="7">备采矿量
采准矿量
开拓矿量</td><td colspan="2" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>探明可采储量</td><td></td><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">矿产储量</td><td>真实</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>G</td></tr>
<tr><td>可能利用</td><td>真实储量</td><td colspan="4">探明储量</td><td>推断储量</td><td colspan="2">预测资源量</td></tr>
<tr><td colspan="4">尚难利用</td><td></td><td colspan="5">尚难利用资源量</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

生产矿山的矿产储量除上述两大分类系统外，还有根据矿产统计工作的需要，从而分为：矿山的总储量、可采储量、保有储量和新增储量等。

矿山的总储量　一般是指矿山基建设计初期，由地质勘探部门提交给矿山的累积探明储量。在实际工作中，人们常将其称为矿山原地质总储量。

可采储量　是指在当前工业生产采矿技术经济条件下，能够从能用的或可能利用的探明储量中采出的部分。某些矿种需要计算采选冶加工后的金属、矿物、石材等产品可采收的部分，称为产品可采收储量。其计算公式为：

$$探明可采储量=探明储量\times采矿回收率\%$$

$$探明可采收储量=探明储量\times采矿回收率\%\times选冶加工回收率$$

保有储量　是指探明的矿产储量扣出开采和损失量后的实有储量。它反映矿山矿产资源的现实状况。

新增和升级储量　新增储量是指矿山生产建设中相对以往年度新探明的矿产储量；升级储量是指在原探明储量级别的基础上，经进一步生产勘探和研究后，储量级别升高的储量。它们反映矿山年度之间的成果变动情况。

第二节　矿产（地质）储量计算

一、生产矿山矿产（地质）储量计算的目的与要求

生产矿山进行矿产储量计算的目的，一是为了向国家有关部门提供矿山储量变动的统计资料，使国家和地方掌握矿山矿产资源勘查、开采、利用和损失情况，为编制经济建设发展规划和制定有关技术经济政策的依据；二是为了给矿山开采设计、采掘计划的编制及

生产管理提供必要的资料。

矿山矿产储量计算的要求是储量计算采用的工业指标必须符合本矿山的实际；矿体圈定、参数计算和储量计算方法的选择要正确合理，依据充分，数据可靠；块段的划分不仅要按不同储量级别、不同矿石类型、品级划分，而且要按照各采矿中段、各矿块、各矿柱划分，分别较精确地计算储量；地质与生产储量的级别，须按有关法规标准进行计算；地质储量的勘查研究程度，生产矿量的开拓或准备工作程度达不到相应级别要求的，不能参入相应级别中进行计算；各种储量计算成果，都需编制系统、完整的各参数计算表册和有关图纸、计算图应满足有关参数测定的精度要求和反映计算的储量统计台账和成果，其比例尺应满足矿山生产的需要。

二、储量计算的一般程序

无论是采用传统的几何法还是使用近代的储量计算方法，储量计算的一般程序是：①确定储量计算的工业指标；②依据工业指标圈定矿体或划分储量计算块段；③在储量计算图上测定被圈定矿体或块段的面积（S），计算其平均厚度（$\overline{M}$），矿石平均体重（$\overline{D}$）和平均品位（$\overline{C}$）；④计算各矿体或矿段的体积（V）；⑤计算矿体或块段的矿石量（Q）；⑥计算有用组分的储量（P），计算公式如下：

$$V = S \cdot \overline{M} \tag{5—1}$$

$$Q = V \cdot \overline{D} \tag{5—2}$$

$$P = Q \cdot \overline{C} \tag{5—3}$$

三、储量计算工业指标的修订

有关矿产储量计算工业指标的基本概念，影响工业指标的因素，工业指标的内容及主要工业指标的确定与研究方法，在本书的第二章中均有所介绍。现仅就生产矿山工业指标修订的必要性说明如下：①矿山生产过程中矿体不断被工程揭露，对矿床（矿体）地质条件有了确切的了解，要根据新的条件与新认识，修订工业指标；②矿山投入生产后，采、选、冶生产条件已定型，生产成本和矿山经营参数（采矿损失率、贫化率和选矿回收率）都可以比较精确的计算。因此，有条件根据实际生产条件和生成成本及比较可靠的经营参数重新考虑寻求符合矿山实际的合理工业指标；③由于矿山生产技术水平的提高，如低品位矿石处理新方法出现，生成成本降低，或矿石中某些伴生组分的综合利用，矿产品价格的上涨等原因，均可以使工业指标进一步降低。

四、矿体边界线及其圈定

储量计算中所必须划分的边界线有多种，但主要的有：零点边界线、可采边界线、暂不能开采边界线、储量级别边界线及矿石类型和矿石品级等边界线。

有关各种边界线的基本概念与圈定方法，在矿产勘查学中均有比较详细的介绍，为避免学科间在内容上的重复，故在此从略。

必须指出的是，无论采用何种方法圈定矿体，都应对矿体赋存的地质条件进行认真的分析研究，在对地质条件取得正确认识基础上再进行圈定和连图，绝不可机械地圈定和连图，这样才能为储量计算取得可靠的基础资料。为此，在圈定矿体及连图时必须注意下列问题：

1. 反复对比矿体的垂直断面图与水平断面图

矿体断面上，如果出现多个矿体，必须注意矿体间相应问题。此时，不能单凭一组断

面图进行对应，而必须研究另一组与其相垂直断面图上的地质条件，而后进行矿体的对应和圈定。如图 5—2 所示，如果仅从垂直断面上考虑矿体的圈定，很可能将两断面上的厚矿体看成是一个矿体，导致储量计算的错误；如果结合水平断面图进行对比，便易于得出正确结论。

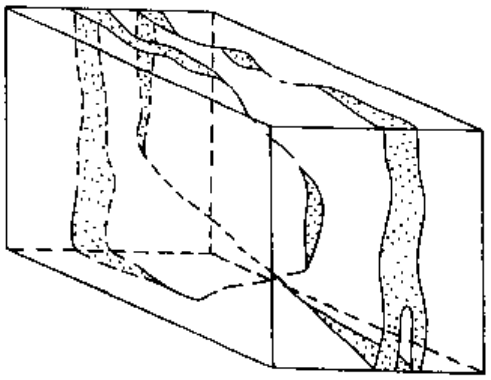


图 5—2　矿体平剖面对应示意图

2. 注意成矿的构造控制

必须弄清成矿作用是受断裂、褶曲控制，还受岩层层面、不整合面等控制，同时必须弄清这些构造的产状。如图 5—3 某铜矿地质勘探资料与生产揭露资料的对比，由于地质勘探中忽视了该矿体的构造控制，连图结果完全歪曲了矿体的形态。后经生产勘探和开采揭露，发现矿体的形状和产状都与最初圈定的情况有很大出入，从而给矿山生产造成很大的影响。

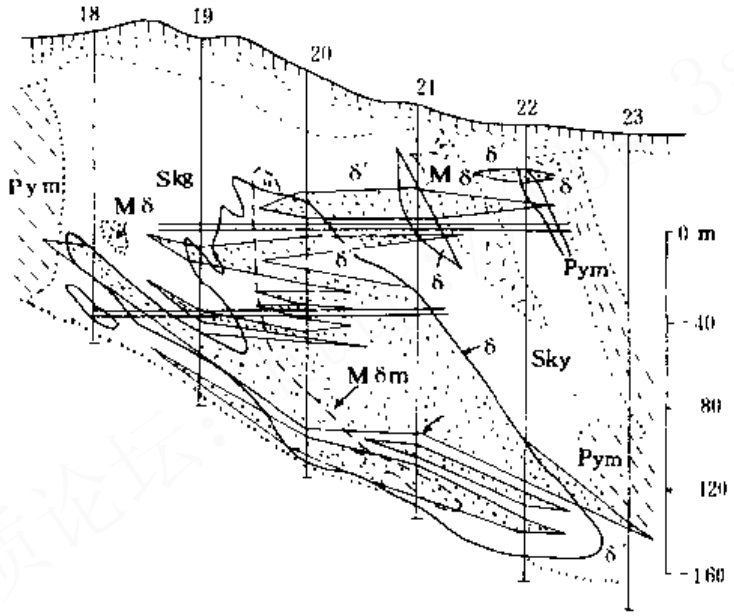


图 5—3　TGS 铜矿某剖面地质勘探和生产揭露矿体形态对比

Pym—炭质页岩；Skg—石榴石夕卡岩；Mδ—闪长岩；Mδm—侧旁矿体界线；δ—生产揭露矿体界线；δ'—地质勘探中所圈定的矿体界线（带点者为原圈定矿体）

3. 注意成矿后构造变形

在圈定矿体时，必须注意研究和分析控制成矿岩层的产状变化及成矿后的构造形迹，否则容易产生错误。如图 5—4 所示，忽视控制成矿岩层的产状变化，有可能把一个矿体连成两个矿体；又如图 5—5 所示，由于未注意分析褶曲构造变形，可能会将褶曲矿体误连为透镜状矿体；再如图 5—6 所示，由于未注意分析断层构造，可能会将断层造成的矿体重复地段误连为矿体膨胀地段。

4. 注意分析矿化特点

在连图时必须注意分析矿体的矿化特点，是充填成矿还是交代成矿，不同矿石类型的矿化顺序，以及氧化矿石与原生矿石的分布关系。如果不注意这些矿化特点，也易导致错

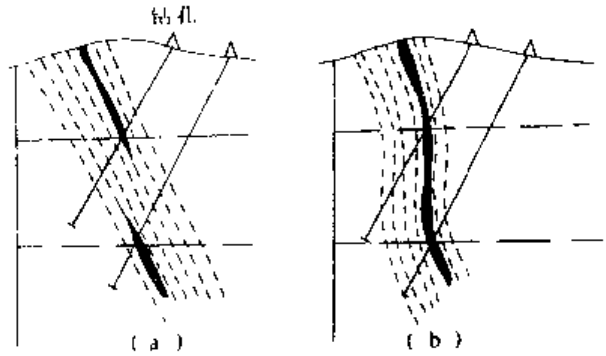


图 5-4 连图时未注意分析岩层产状变化可能出现的错误示意图

(a) 不正确；(b) 正确

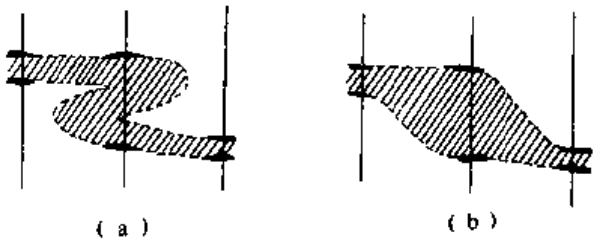


图 5—5 连图时不注意分析构造可能出现错误示意图之一

(a) 正确；(b) 不正确

误连图。

5. 注意调查分析成矿后岩浆侵入体对矿体的破坏

如果不注意这方面的分析，也容易导致矿体圈定与连图的错误。

许多矿山生产实践证明，矿产储量的最大误差是地质误差，而地质误差中最大的是矿体圈定误差，而产生矿体圈定误差的根本原因是对矿体赋存规律与控矿条件研究不够造成的。

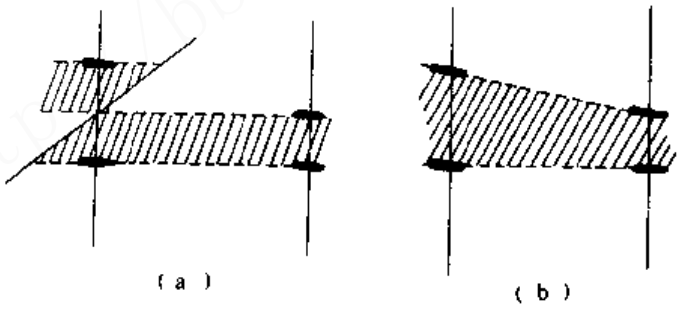


图 5—6 连图时不注意分析构造可能出现错误示意图之二

(a) 正确；(b) 不正确

五、平均品位的计算

品位计算需按储量级别、矿种、矿石类型、工业品级分别统计计算其平均值。

计算程序是按工程计算线品位、按剖面或平面计算面品位、按体积计算矿块（块段）品位、按矿块（块段）储量计算矿体品位、按矿体储量计算矿区品位。

平均品位的计算方法有算术平均法与加权平均法两种，前者主要用于采样工程问题和采样长度基本相等或接近，而矿石品位变化较均匀时；而后者主要用于采样工程间距和采样长度不等，或矿体厚度与品位间有正比或反比关系时使用。

平均品位的计算公式如下：

算术平均法：

$$C = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_n}{n} \tag{5—4}$$

式中：C——单一采样工程各储量级别、矿石类型、工业品级的平均品位；$C_1 \sim C_n$——单个试样品位。

加权平均法：

线加权：

$$C=\frac{C_1L_1+C_2L_2+\cdots+C_nL_n}{L_1+L_2+\cdots+L_n} \tag{5—5}$$

式中：$C_1\sim C_n$——单个试样品位；C——单一采样工程各储量级别、矿石类型、工业品级的平均品位。

薄矿体中的取样间距不等又相差较大时，按下式计算：

$$C=\frac{C_1m_1L_1+C_2m_2L_2+\cdots+C_nm_nL_n}{m_1L_1+m_2L_2+\cdots+m_nL_n} \tag{5—6}$$

式中：$m_1\sim m_n$——各采样点矿体厚度；$L_1\sim L_n$——各样品控制长度。

面积加权：

$$C=\frac{C_1S_1+C_2S_2+\cdots+C_nS_n}{S_1+S_2+\cdots+S_n} \tag{5—7}$$

式中：C——块段间各储量级别、矿石类型和工业品级的平均品位；$C_1\sim C_n$——各剖面或平面上各储量级别、矿石类型和工业品级的平均品位；$S_1\sim S_n$——$C_1\sim C_n$相应代表的面积。

体积加权：

$$C=\frac{C_1V_1+C_2V_2+\cdots+C_nV_n}{V_1+V_2+\cdots+V_n} \tag{5—8}$$

式中：C——矿体中各储量级别、矿石类型和工业品级的平均品位；$C_1\sim C_n$——矿体中各计算块段的各储量级别、矿石类型和工业品级的平均品位；$V_1\sim V_n$——$C_1\sim C_n$相应代表的体积。

矿量加权：

$$C=\frac{C_1Q_1+C_2Q_2+\cdots+C_nQ_n}{Q_1+Q_2+\cdots+Q_n} \tag{5—9}$$

式中：C——矿体平均品位；$C_1\sim C_n$——矿体中各储量级别、矿石类型和工业品级的平均品位；$Q_1\sim Q_n$——$C_1\sim C_n$相应代表的储量。

六、储量计算方法

矿山常用的储量计算方法有传统的几何法和近代的地质统计方法两大类。

传统的几何法，在生产矿山比较常用的有：地质块段法、断面法、开采块段法、最近地区法（多角形法）及等高线法。虽然这些方法的特点和应用不同，但它们都是遵循一个基本原则，即把形状复杂的矿体转化成为与该体积大致相等的简单形体，并将矿化复杂状态变为在影响范围内的均匀化状态，从而计算其体积、矿石量、平均品位、金属量等。传统法的优点在于简便、易于掌握，不使用计算机也可以进行计算，因而该法一直沿用至今。特别当工程数很少，只对矿产储量进行概略估计时或对储量精度要求不高时，采用该法是可行的，而且方便灵活；当矿体形态简单或品位变化不大，或者工程数非常之多，控制程度相当高时，传统的几何法也是可行的。但当矿体形态和矿化复杂，工程控制不是特别多，而想用传统法计算得到精度较高的储量是很困难的。这是因为，根据有限的工程资料编绘的简单矿体形态，很难说是与真实复杂形体的体积大致相等，并且，把采样点的品位延拓到它的所谓影响范围（块段）而作为该范围品位的均值，这种影响范围也很难说是它的真正影响范围。这样，由此计算的矿石储量和品位便会产生事先无法预计的随机误差。这就是传统法可靠性差的原因所在。并且这种可靠性或误差还无法进行自身估计。但是，尽管如此，传统的几何法，在我国目前技术经济水平条件下，仍然是矿山矿产储量计算的主要

方法，其应用也较普遍。

现代的储量计算方法，主要是指60年代以来，以矿块空间模型为基础的，应用电算技术而产生的新的储量计算方法。这些方法主要有距离反比法、距离平方反比法、克立格法。此外，还有我国高级工程师汤义于1988年，在博采国内外储量计算方法众长，在继承和改造传统断面法的基础上，创立和命名的“SD储量计算法”。

今将矿山生产中常用的几种传统储量计算方法列表（表5-2）简介如下。

表5-2 常用的传统储量计算方法简表

方法名称	计算公式	简要说明
1. 平行断面法： ①梯形公式法	$V=\frac{1}{2}(S_1+S_2)L$ $Q=V\cdot D$	用于面积差<40%时 Q——矿石储量（下同）； V——体积（下同）； S_1、S_2——断面上矿体的面积（下同）； L——两断面之间的距离（下同）； D——矿石体重（下同）
②截锥公式法	$V=\frac{1}{3}(S_1+S_2+\sqrt{S_1\cdot S_2})L$ $Q=V\cdot D$	符号同上，面积差>40%用之
③似柱体公式法A	$V=\frac{L}{6}(S_1+S_2+4S_m)$ $Q=V\cdot D$	用于相邻剖面形状不相似，面积相差悬殊时 S_m——断面之间的断面积，用内插法求得；符号同上
④楔形公式法	$V=\frac{1}{2}S\cdot L$ $Q=V\cdot D$	用于矿体呈楔形尖灭时 符号同前
⑤锥体公式法	$V=\frac{1}{3}S\cdot L$ $Q=V\cdot D$	用于矿体呈圆锥形尖灭时 符号同前
⑥似柱体公式法B	$V=\frac{1}{6}L(2a_1b_1+b_1a_2)$ $Q=V\cdot D$	a_1、b_1——为一剖面上的矿体长和宽； a_2——为另一剖面上的矿体边长； L——两断面间间距
2. 不平行断面法： ①普罗科菲耶夫计算法	$V=\frac{1}{L_1}S_1\cdot S'_1+\frac{1}{L_2}S_2\cdot S'_2$ $Q=V\cdot D$	S'_1、S'_2——分别为Ⅰ、Ⅱ剖面间块段的水平投影面积； L_1、L_2——为矿体在Ⅰ、Ⅱ上的投影长度
②依洛塔列夫计算法	$V=\frac{1}{6}\varphi[S_1P_1+S_2P_2+(S_1+S_2)(P_1+P_2)]$ $Q=V\cdot D$	P_1、P_2——为S_1、S_2的形中心到旋转轴的距离； S_1、S_2——两剖面上的矿体面积
3. 地质块段法	$V=S\cdot\overline{m}$ $Q=V\cdot D$	S——块段面积； $\overline{m}$——块段矿体平均厚度
4. 最近地区法	$V=S\cdot m$ $Q=V\cdot D$	V——多角柱体积； S——多角柱体的底面积； m——每个工程中见矿厚度
5. 等高线法	$V=S\cdot m$ $=L\cdot a\cdot m$ $=L\cdot m\sqrt{b^2+h^2}$ $Q=V\cdot D$	V——块段体积； S——块段矿体面积； m——块段矿体平均真厚度； a——块段宽度； b——两等高线的水平平均间距； h——两等高线的高差

续表

方法名称	计算公式	简要说明
6. 等值线法	$V=\frac{S_1+S_2}{2}\cdot h$ $Q=V\cdot D$	S_1、S_2——两等值线个自控制的面积； h——等值线间的距离
7. 开采块段法	$V=L\cdot a\cdot \overline{m}$ $=L\cdot h\cdot \overline{m'}$	L——块段长度； h——块段垂直方向宽度； a——块段倾向面的宽度； $\overline{m}$——块段矿体真厚度； $\overline{m'}$——块段平均水平厚度
8. 线储量法 ①相邻两剖面的线储量差<40%时	$Q=\frac{Q_1+Q_2}{2}L_{1-1}$	Q——断面Ⅰ与断面Ⅱ间的储量； Q_1——断面Ⅰ的线储量； Q_2——断面Ⅱ的线储量； L_1、L_2——面的储量
②相邻两剖面线储量差>40%时	$Q=\frac{1}{3}(Q_1+Q_2+\sqrt{Q_1\cdot Q_2})L_{1-1}$	符号同上
③仅一个剖面见矿	$Q=\frac{1}{2}Q_1L_1$ 或 $Q=\frac{1}{3}Q_1L_1$	L_1——断面Ⅰ的影响距离

现代的储量计算方法也有多种，现仅就地质统计学及SD两种储量计算方法简要介绍如下：

（一）地质统计学法（克立格法）

地质统计学储量计算法又称克立格法。它是以矿石品位和矿床储量的精确估计为主要目的，以区域化变量理论为基础，以变异函数为基本工具，采用电子计算技术，计算矿山矿石品位及矿床储量的方法。用这种方法进行矿床的储量计算不但能提供在无偏条件下达到估计方差为极小的矿石平均品位估计值，而且还能给出此种估计值的精度。这是此法的特点和优点。此外，这种方法还可研究矿体的变化性，帮助选择勘查与开采方法。目前世界上许多矿山已成功地使用该法于储量计算的生产实践。我国目前在铜、铁、钼、煤、石墨、石灰岩等矿床上，也开始研究与试用此法，并都取得了很好的效果。

地质统计学发展到今天，已经不仅仅属于地质、矿山学科，而成为研究表征和估计各种自然科学的工程学科。它的内容十分丰富，现仅就在利用地质统计学法计算矿山的矿石储量时，必须掌握的理论与方法，给于简要的介绍。

1. 区域化变量理论

区域化变量是分布于空间的一个变量。因为属于空间，所以这个变量不同于通常的一般变量。它有两个显著的特征：一是具有结构性，即空间相邻点之间存在某种程度的自相关，而这种自相关依赖于空间邻近两点的向量 h；二是它的随机性。这两个特征说明区域化变量是一个函数的特定实现。地质统计学的创始人G·马特龙就把区域化变量定义为，是一种具有数值的空间位置的函数。

根据这个定义，对区域化变量可作为随机函数来研究。

令 X 是空间 D 中的一个点，则定义在点 X 上的实函数 $Z(x)$，即是区域化变量。

2. 变异函数及其理论模型

由于区域化变量具有复杂的性质，用一般函数来研究它是困难的。G·马特龙在前人研

究的基础上，提出了利用变异函数为工具来研究区域化变量的方法，20余年，地质和采矿生产实践，证明这种方法是成功的。

变异函数又称结构函数或变差函数，其定义为区域化变量的增量平方的数学期望，即区域化变量增量的方程。设以向量 h 相隔的两点 x 和 $x+h$ 的两个区域化变量值 $Z(x)$和 $Z(x+h)$之间的变异函数 $2\gamma(x\cdot h)$为：

$$2\gamma(x\cdot h)=E\{[Z(x+h)-Z(x)]^2\} \tag{5—10}$$

借助于内蕴假设，变异函数 $2\gamma(h)$只依赖于分隔向量 $\vec{h}$，而不依赖于具体位置 x。这样，就可以用有效数据来估计变异函数 $2\gamma(h)$。变异函数的估计量 $2\gamma(h)$是在以向量 $\vec{h}$ 相隔的任一对点的实验观测值$[Z(x_1),Z(x_1+h)]$增量平方的算术平均值

$$2\gamma(h)=\frac{1}{N(h)}\sum_{i=1}^{N(h)}[Z(x_i+h)-Z(x_i)]^2 \tag{5—11}$$

式中：$N(h)$ ——有效数据对的对数。

通常，人们采用半变异函数 $\gamma(h)$ 代替 $2\gamma(h)$

$$\gamma(h)=\frac{1}{2N(h)}\sum_{i=1}^{N(h)}[Z(x_i+h)-Z(x_i)]^2 \tag{5—12}$$

半变异函数习惯上简称变异函数。

以 $\gamma(h)$ 为纵坐标，以 h 为横坐标作图，称变异函数曲线图或变差图（图5—7）。

从变异函数曲线可得到下列参数：

C_0——块金常数。反映变异曲线上近原点处的不连续性（变异性），即块金效应。

a——变程。变程范围内区域化变量之间存在着相关性，当 $h>a$ 时，则相互独立。

C——基台值，反映区域化变量变异性的大小。

很显然，$\sigma^2=C_0+C$，式中 σ^2 为计算 $\gamma(h)$ 时全部样品的方差。

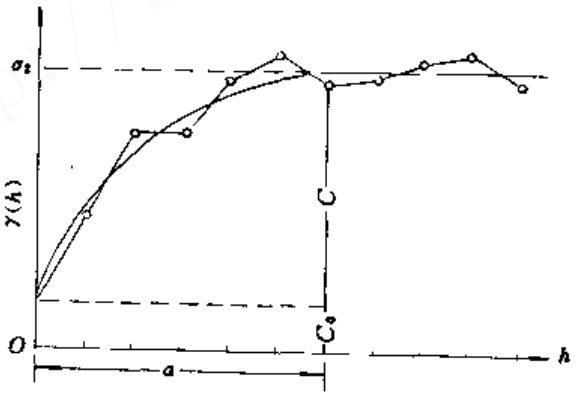


图 5—7　经验变异函数曲线及相应的理论曲线

在实施二维克立格法时，一般应在水平方向上计算北—南、东—西、北东—南西和北西—南东四个方向上的经验变异函数曲线。实施三维克立格法时，还需作垂直方向上的变异函数曲线。

有了实验变异曲线，就要根据它的特征，确定其合适的理论变异函数模型，拟合出一条较为满意的理论变异函数曲线。

变差函数理论模型，一般分为有基台值和无基台值模型两组：

有基台值或跃迁模型亦有很多种，其中最重要的是球形模型（图5—6），目前应用最广，其公式为：

$$\begin{cases}\gamma(h)=C_0+C\left[\dfrac{3}{2}\left(\dfrac{h}{a}\right)-\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{h}{a}\right)^3\right] & \text{当 } h<a\\ \gamma(h)=C_0+C & \text{当 } h\geqslant a\end{cases} \tag{5—13}$$

无基台模型：有对数模型、戴维斯模型及幂函数模型。

3. 结构分析

结构分析的目的是建立一个变异函数的理论模型。即在求出实验变异函数的基础上，根据实验变异函数曲线的特征，建立起一个合理的理论变异函数模型，然后拟合变异函数的一些参数（a、C_0、C_0--C）直至拟合出合乎实际的理论变异函数曲线。

结构分析的主要方法是套合结构。它就是把分别出现在不同距离 h 上或不同方向 a 上同时起作用的变异性组合起来（此内容较多，从略）。

4. 计算克立格估值

这是地质统计学用以解决实际问题的最后一个过程。地质统计学主要就是在结构分析的基础上，采用各种克立格法来估计和解决实际问题的。

从数学角度说，克立格法实际上是一种特定的滑动加权平均法。具体地说，它是依据一定空间（块段）内信息（品位）作出一种线性、无偏、最小估计方差的估计的方法。其具体实施是对每个信息值（每个样品值）赋予一定的权系数，最后进行加权平均求得。

这里可以看出克立格法有两个核心内容，一是无偏估计，二是提供最小的方差。这也是克立格法成立的两个条件，克立格方程就是根据这两个条件列出的。

设有一组品位 $\{x_j,\ j=1,\ 2,\ 3,\ 4,\ \cdots,\ n\}$，则克立格加权滑动平均方程为

$$Z^* = \sum_{j=1}^{n} a_j \cdot x_j \tag{5—14}$$

式中：Z^*——待估块段的无偏线性平均品位估计值，简称“克立格估计值”；a_j——权系数。

为求解权系数，在估值与真值之间，应是均值相同及方差极小的条件下，求无偏线性估计值。所谓无偏，即要求公式（5—14）中的

$$\sum_{j=1}^{n} a_j = 1$$

同时采用拉格朗日乘数法求极值，得到包含 $n+1$ 个线性方程组，即所谓克立格方程组：

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{n} a_j \bar{\gamma}(x_i, x_j) + \lambda = \bar{\gamma}(x_i, Z) \\ \sum_{j=1}^{n} a_j = 1 \end{cases} \tag{5—15}$$

式中：$\bar{\gamma}(x_i, Z)$——当向量 h 两端分别独立描述邻域 x_i 和待估域 Z 时的半变异函数的平均值；$\bar{\gamma}(x_i, x_j)$——当向量 h 两端分别独立描述邻域 x_i 和 x_j 的半变异函数的平均值；λ——拉格朗日乘数。

将公式（5—15）写成矩阵形式：

$$[A] \cdot [a] = [B]$$

$$\begin{bmatrix} \bar{\gamma}_{11} & \bar{\gamma}_{12} \cdots \bar{\gamma}_{1n} & 1 \\ \bar{\gamma}_{21} & \bar{\gamma}_{22} \cdots \bar{\gamma}_{2n} & 1 \\ \vdots & \vdots \ \vdots \ \vdots & \vdots \\ \bar{\gamma}_{n1} & \bar{\gamma}_{n2} \cdots \bar{\gamma}_{nn} & 1 \\ 1 & 1 \quad \cdots 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{\gamma}_{12} \\ \bar{\gamma}_{22} \\ \vdots \\ \gamma_{n2} \\ 1 \end{bmatrix}$$

解此矩阵得 a_j 及 λ，代入公式（5—14）求出克立格估值 Z^*。再求克立格最小估计方差：

$$\sigma_k^2 = \sum_{j=1}^{n} a_j \bar{\gamma}(x_i \cdot Z) - \bar{\gamma}(z \cdot Z) + \lambda \qquad (5—16)$$

式中：$\bar{\gamma}$（$z \cdot Z$）——待估点信息值与待估值的半变异函数。

所求得的 σ_k^2 值愈小，即误差最小，Z^* 估值愈可靠。

用上述方法估计了各矿块品位后，即可计算总体储量。凡矿块的估计品位达到边际品位要求的，便列为工业储量，否则作为废石处理。

（二）SD 储量计算法

该法以结构地质变量为基础，以断面构形为核心，以样条函数及分维几何学为主要数学工具的储量计算方法。该法由四大内容组成。

1. 结构地质变量理论

该法认为矿产储量计算中的地质变量（厚度、品位、体重等）具有规律性与随机性这两重性。规律性反映在地质变量的矿体总体变化中的变化，这种变化具有空间结构性；随机性反映出各种干扰因素所引起的局部变化，这种变化表现空间离散性。作者对仅反映出某种地质特征的空间结构及其规律性变化的地质变量称作为结构地质变量。结构地质变量与所在的空间位置有关，亦与它周围的地质变量的大小和距离有关，它们在一定空间范围相互影响。具体对地质变量进行统计分析时，将地质变量经过权尺化处理。从这个意义上说，结构地质变量是经过权尺化处理后的地质变量。

2. 断面构形理论

此法一般只用边界品位、夹石剔除厚度和可采厚度为指标来圈定矿体。单工程矿体圈定后，接着进行工程间（断面上）圈定矿体。然后根据工程采样提供的数据信息，经过处理，直接用数学模型计算储量，而不是根据图上绘成的矿体面积计算储量，即不是直接用它的形态，而是几何形变后的形态。作者认为对矿体的不同认识可有不同的矿体连接，即出现不同的矿体形态，不同的矿体形态只反映了作图人对矿体这个客观现实认识的深度，并不是矿体的真实形态。矿体矿化具有空间的连续性，那么它的地质变量（厚度和品位）的变化就应满足一定曲线关系式。这样便可绘制适合 SD 法计算矿体厚度坐标曲线图（施行几何形变后的形态）。几何形变后的矿体形态是在储量计算后得出的。但几何形变后的圆滑曲线下的面积与形变前的面积等同，见图 5—8。

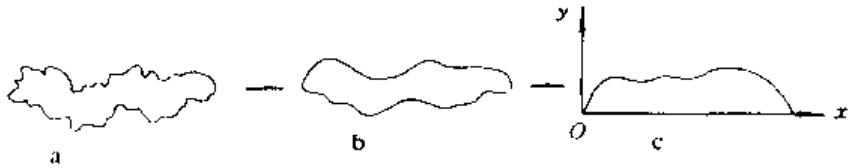


图 5—8　矿体形态的几何形变过程

a—矿体原始形态；b—边界圆滑后的形态；c—几何形变后的形态

3. 储量计算参数积分表达式

如图 5—9 将矿体置于直角坐标系中分析，设垂直矿体厚度的投影面（LOl）上的矿体面积为 S，此投影面上有 m 条断面线，每条线上有 n 个工程。L 为矿体长度方向，l 为矿体宽度方向，其矿体宽度函数为 f（L），厚度函数为 f（L，l），F（L，l）表示厚度和品位

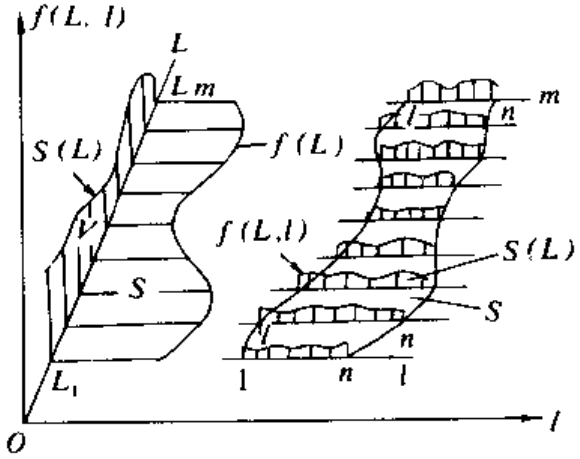


图 5--9　参数积分关系图

乘积的函数，D 为矿石体重。矿体几何空间、金属量、品位等参数的求取过程可用下列积分式表达。

(1) 矿体几何空间

断面面积　$$S(L)=\int_{L_1}^{L_m} f(L,l)\mathrm{d}l \tag{5—17}$$

投影面面积　$$S=\int_{L_1}^{L_m} f(L)\mathrm{d}L \tag{5—18}$$

体积　$$V=\int_{L_1}^{L_m} S(L)\mathrm{d}L \tag{5—19}$$

断面平均厚度　$$H_S=S(L)/(l_n-l_1) \tag{5—20}$$

体平均厚度　$$H_V=V/S \tag{5—21}$$

(2) 矿石量　$$Q=DV=D\int_{L_1}^{L_m} f(L)\mathrm{d}L \tag{5—22}$$

(3) 金属量 (P)

面金属量　$$P_S=D\cdot P(L) \tag{5—23}$$

$$P(L)=\int_{l_1}^{l_m} F(L,l)\mathrm{d}l$$

体金属量　$$P=P_V=D\int_{L_n}^{L_m} P(L)\mathrm{d}L \tag{5—24}$$

(4) 品位

面平均品位　$$C_S=P(L)/S(L) \tag{5—25}$$

体平均品位　$$C=C_V=P/Q \tag{5—26}$$

(5) 体重　用算术平均或数理统计法求出。

对上述的积分表达式，作者根据矿床的特点的复杂程度提出普通 SD 法、SD 搜索法、SD 递进法等储量计算方法。

4. SD 精度法

在勘查阶段有限工程控制的情况下，矿体形态是未知的，因此它的真量也是未知的。但是随着工程数 (ν) 的逐渐增多，网度逐渐加密，工程间距 h 越小，便越接近真量。对于不同的矿床，当工程间平均间距缩小至某一定值 H_s 时，即当 $h=H_s m$ 时，计算的面 (体) 量便可以认为是真值。这就是本法预测精度的思想基础，进而以豪斯道夫分维几何学为基础，用分数维为数学工具，以曲线逼近某一定值为极限目标，表征矿体在有限工程控制条件下储量计算值的精度。精度公式：

$$\eta=\rho\frac{n_b}{n_c}=\rho\frac{\ln L_k}{\ln L_t} \tag{5—27}$$

式中：ρ—— 为框架指数；n_b——B 点的豪斯道夫维数；n_c——C 点的豪斯道夫维数；L_k——时刻 K 的折线长度；L_t——当量尺 $l=H_s$ 时折线长度；η——SD 法预测精度。

从上可以看出“SD”储量计算法的基础是以样条函数为主要数学工具，对断面的数值

积分。此法已推出电算程序包，可在 WANG-T 机和 PC-1500A 上运行。目前在微机上尚不通用。

第三节　生产矿量的计算与管理

本章第一节已经介绍过生产矿山的保有储量是由地质储量和生产矿量组成。地质储量是按照矿床勘查研究程度不同进行分级计算的，表明探明储量的可靠程度；而生产矿量是按照采矿工作的准备程度不同进行分级计算的。它们之间既有内在不可分割的联系，又有构成内容和划分标志上的区别。生产矿量的计算是在地质储量的基础上进行的，它是地质储量的一部分。

一、地下开采矿山生产矿量的划分和计算

1. 开拓矿量的划分与计算

按照矿山设计的规定，地下开拓系统的井巷工程已开凿完毕，形成完整的运输、通风、排水、供水、压风、电力、照明系统（充填法尚有充填系统），并可以在此基础上布置采准工程，分布在此开拓水平以上的可利用（表内）矿量，称为开拓矿量。

凡是为了保护地表河流、建筑物、运输线路以及地下重要工程，如竖井、斜井、溜矿井等所划定的永久性矿柱矿量，应单独计算。只有在废除上述被保护物或允许进行回采保安矿柱时，方可划入开拓矿量。

在勘探程度上，开拓矿量视具体条件应达到 B 级或 C 级储量标准。

2. 采准矿量的划分与计算

在已经开拓的矿体范围内，按照设计的采矿方法完成了规定的采准工程，形成了采区外形，分布在这些采区范围内的矿量，称为采准矿量。

采准工程随采矿方法不同而有不同的规定，一般指沿脉辅助运输平巷、穿脉，采区天井、切割巷道及上山、耙矿巷道、格筛硐室、溜矿井、充填井等。

顶柱、底柱、中间矿柱内的矿量，只有在完成矿柱回采方法规定的采准工作，不违反开采顺序及采矿安全要求，且预计矿房回采结束后相邻矿柱在一年左右能够回采时，才能列入采准矿量。

在勘探程度上，采准矿量一般应达到 A 级或 B 级储量标准。

3. 备采矿量的划分与计算

在做好采准工程的采区（块段）内，按采矿方法的规定，完成了各种切割工程，可以立即进行回采的矿量，称为备采矿量，又称其为回采矿量。备采矿量一般均达到 A 级储量标准。

顶底柱及中间矿柱的矿量，只有按设计矿柱回采方法的规定，完成了切割工程，且采矿安全条件允许进行回采时，才能列入备采矿量。如果有的采场由于违反采矿顺序不允许回采，或因事故、地压活动等原因停产，而短期内不能恢复生产时，则此采场的矿量不能列入备采矿量。

切割工程依采矿方法不同而有不同的规定，一般是指切割层、槽、井、拉底层，扩大漏斗（又称劈漏）及形成正规采矿工作面等。

地下开采三级矿量划分及分布范围的例子，见图 5—10、图 5—11。

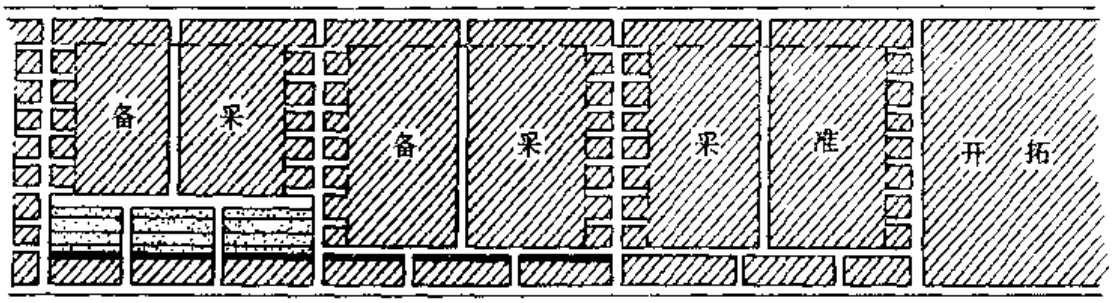


图 5—10　水平分层充填法三级矿量范围
（垂直纵投影）

二、露天开采矿山生产矿量的划分与计算

1. 开拓矿量

在计划露天开采的范围内，覆盖在矿体上的岩石（或表土）已剥掉，露出矿体表面，并完成了通往开采阶段（台阶）规定的工程和完整的运输系统，则分布在此阶段水平以上的矿量，称为露天开采的开拓矿量。规定的工程是指堑沟、边坡及放矿、排土、防水工程等。

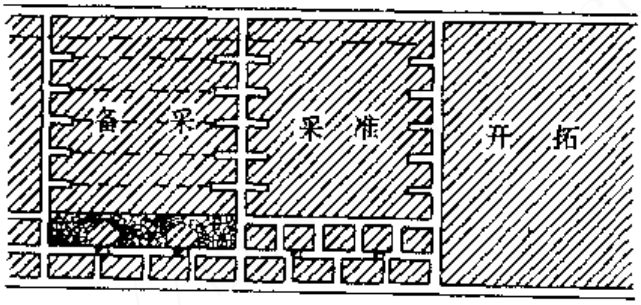


图 5—11　深孔崩落法三级矿量范围
（垂直纵投影）

保安矿柱内的矿量，在未废除其上部被保护物时，不能列入开拓矿量。利用地形在露天采场底部用溜井、平硐工程开拓的采场，只有在完成溜井及平硐运输系统，并达到上述剥离要求时，才能列入开拓矿量。

开拓矿量一般应达到 B 级或 C 级储量标准。

2. 备采矿量

在露天采场正常采矿的阶段范围内，矿体的上部和侧面均被揭露出来，并完成了运输线路架设、清理了废石、残渣，则自上台阶边坡底线算起的安全工作平台最小宽度（机械化开采一般为 30 m 左右）以外，可供立即回采的矿量，称备采矿量。

积压在保安矿柱和固定线路之下的矿量，不能列入备采矿量。备采矿量一般应达到 A 级或 B 级储量标准。

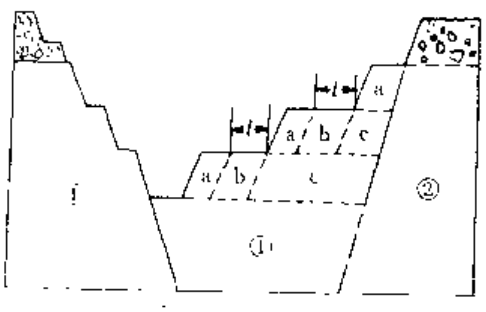


图 5—12　露天采场生产矿量级别划分图
①矿体；②围岩；L—安全工作平台宽度

如图 5—12 中，a 为备采矿量，$a+b$ 为开拓矿量。某些露采矿山仍划分为三级矿量，则其“采准矿量”为 $a+b$，开拓矿量为 $a+b+c$。

三、生产矿山生产矿量保有期的确定与计算

（一）影响确定生产矿量保有期限的因素

生产矿山的生产矿量常处于变动状态，为了贯彻“采掘（剥）并举，掘进先行”的方针，坚持合理的采掘顺序，进行正规的采掘作业，要求矿山保有的各类矿产储量及生产矿量大致平衡。如果保有储量过多，会造成资金积压，影响周转，增加了采

掘工程的维护费用；如保有储量不足，在生产中就缺乏必要的矿量储备，造成三级矿量不足的备动局面，使矿山不能持续生产，影响国家下达任务的完成。因此，矿山保有的“三级生产矿量”必须有一定的保有期限指标。确定生产矿量保有期限时，须考虑下列因素：

(1) 矿床开采方式　露天开采因其采矿技术条件较好，增加储备矿量容易，周期较短，故生产矿量保有期限较地下开采短些。但若为多类型、多品级矿石时，则应以保证主要类型、品级的生产衔接为准，备采矿量保有期限应高些。

(2) 生产能力与生产效率的高低　矿山总的生产能力一定时，若采用低效率的采矿方法，由于采场生产效率低，需较多同时回采的采场和备用采场，则保有备采矿量数较多，保有期较长；反之则较短些。

(3) 矿床地质条件　矿床地质条件较复杂，则勘探程度准备较困难，采掘工程施工亦困难，要求的备用采场多些，保有指标应高些。

(4) 坑道掘进速度　若坑道掘进速度较高，采掘生产准备较易，生产矿量保有指标可以低些；反之则应高些。

(5) 坑道工程维护的难易程度　若坑道穿过的围岩或采场顶底板围岩不稳固，或由于构造破坏、地压较强，容易产生片帮冒顶及坑道变形，维护困难，则保有指标在保证生产衔接需要的前提下，应尽可能低些。

(二) 矿山储量保有期限的一般规定指标

矿山地质储量（指C级以上工业储量）保有期限根据矿山实际情况研究确定，一般最少应在10～15 a以上。到矿山生产后期，当其达不到一定标准时，被称为危机矿山（见表5—3）。

表5—3　矿山资源危机标准

矿产种类	生产能力	地质储量保有期限/a
有色金属	<500 (t/d)	<3
	500～3000 (t/d)	<5
	>3000 (t/d)	<8
黑色金属	中小型	<5
	大　型	<10

生产矿量的合理保有期限，实际上相当于生产勘探伴随着开拓工作超前于采准工作，采准工作超前于切割回采工作，即从矿山实际出发，保证各工序（开拓、采准、切割、回采及相应的探矿）正常衔接的各级矿量所必须的规定时间。一般规定标准见表5—4，通常备

表5—4　生产矿量保有期限的一般规定

类　别	开拓矿量/a	采准矿量/a	备采矿量/月
地下开采	>3	>1	>6
露天开采	>1	—	4～6
露天砂矿	>1	—	3～6

采、采准、开拓三级矿量的保有期限应大致保持 1∶2∶4～6 的比例关系。

（三）矿山储量实际保有期限的计算

1. 工业储量实际保有期限（T）

$$T = \frac{Q(1-\phi)}{A(1-P)}(年) \tag{5—28}$$

式中：Q——矿山实际保有工业储量，t；ϕ——采矿总损失率，%；$(1-\phi)$ 为总采收率，%；A——矿山年生产能力，或选厂年处理矿石能力，t/a；P——开采总贫化率，%。

2. 生产矿量的实际保有期限

（1）开拓矿量实际保有期限（T_K）

$$T_K = \frac{Q_K(1-\phi)}{A(1-P)}(年) \tag{5—29}$$

式中：Q_K——计算期末结存开拓矿量，t。

（2）采准矿量实际保有期限（T_C）

$$T_C = \frac{Q_C(1-\phi)}{A(1-P)}(年) \tag{5—30}$$

式中：Q_C——计算期末结存采准矿量，t。

（3）备采矿量实际保有期限（T_b）

$$T_b = \frac{Q_b(1-\phi)\times 12}{A(1-P)}(月) \tag{5—31}$$

式中：Q_b——计算期末结存备采矿量，t。

（四）生产矿量应有保有期限的确定

生产矿量应有保有期限是指为保证采掘生产的正常衔接计划的生产矿量合理保有指标。在确定应有保有期限时，总是按先备采、后采准、再开拓三级矿量保有期限的顺序进行研究计算。

地下开采矿山确定生产矿量应有保有期限的具体步骤为：

1. 根据矿山正常生产的矿石年产量，计算其计划日产量（G，一年按 300 天计），然后求出满足日产量的正常放矿采场数 F：

$$F = \frac{G}{a}(个) \tag{5—32}$$

式中：a——单个采场计划日平均放矿量，t。

2. 计算满足日计划产量时，处于正常回采采场的保有备采矿量。由于各放矿采场的回采程度总体上应处于一个理想的“阶梯状”，故其保有备采矿量大致相当于放矿采场原有总矿量的一半，即：

$$Q_S = \frac{1}{2}q \cdot F \tag{5—33}$$

式中：Q_S——正常回采采场的总保有备采矿量，t；q——一个新采场的平均备采矿量，t。

3. 为保持矿山正常出矿能力，常需保有一定数量的预备采场，以接替一旦发生意外事故而丧失出矿能力的采场。预备采场数依具体情况确定，一般相当于正常回采采场数的 20%～30%（亦有 50%左右的），即备用系数为 1.2～1.3；其矿量属应有保有备采矿量的一部分。

4. 计划月平均产量（Q_a）可由年计划产量求得；也可用采场（块段）矿体总面积与采矿强度（吨/月·米^2）乘积求得。则备采矿量应有保有期限（T_b）可用下式计算：

$$T_b = \frac{(Q_S + Q_m)(1-\phi)}{Q_a(1-P)}(月) \qquad (5—34)$$

式中：Q_m——预备采场矿量和，t。

5. 依据采矿工作顺序，除了根据三级矿量保有期限指标的经验比例关系，计算采准与开拓矿量应有保有期限外，按其衔接关系，则：

（1）采准矿量应有的保有期限 T_c 为：

$$T_c = \frac{T_b + T_p}{12}(年) \qquad (5—35)$$

式中：T_p——按采矿方法采准与切割一个块段所需的时间，月。

（2）开拓矿量应有的保有期限 T_k 为：

$$T_k = T_c + T_q(年) \qquad (5—36)$$

式中：T_q——开拓一个中段需要的时间，a。

露天开采矿山生产矿量应有保有期限的确定：

1. 备采矿量应有保有期限（T_b）为

$$T_b = \frac{R \cdot E \cdot W \cdot D(1-\phi)}{Q_a(1-P)}(月) \qquad (5—37)$$

式中：R——开采矿石工作线总长度（m）。当矿山生产能力一定时，可视为一常数。可据电铲台数与每台电铲所占工作线长度乘积；或用工作台阶数与矿体平均长度（工作线平行矿体走向）或平均水平宽度（工作线垂直矿体走向）的乘积计算；E——爆破带宽度，m；W——台阶（阶段）高度，m；D——矿石平均体重，t/m^3；Q_a——采场计划月平均矿石产量，t/月；ϕ——采场总损失率/%；P——采场总贫化率/%。

2. 开拓矿量应有保有期限 T_k 为：

$$T_k = \frac{n \cdot h \cdot L \cdot W \cdot D(1-\phi)}{12Q_a(1-P)}(年) \qquad (5—38)$$

式中：n——计划正常作业所需采矿台阶数；h——平台合理宽度，即爆破带宽度与安全工作平台最小宽度之和，m；L——矿体平均长度，或平均水平宽度，m。

3. 当露天开采矿山亦划分三级矿量时，则以上计算的“开拓矿量应有保有期”则为采准矿量应有保有期限；其开拓矿量应有保有期限则以最低堑沟水平以上所有台阶圈定矿体范围的总矿量数参加计算。其计算公式从略。

第四节　储量变动的统计及储量管理

一、矿山储量变动的统计

矿山储量变动统计的目的是既为矿山计划、地质与生产部门及时掌握矿山储量的增减情况，进行储量的审批和报销，又为了掌握开采的准备程度，使开拓、采准工作能同回采与勘探之间保持平衡和协调，保证矿山正常生产及未来发展对矿产资源的需要提供依据。

矿山储量变动统计的资料来源包括：地质勘探与生产勘探储量计算资料，生产矿量计算资料，采场产量资料，采矿贫化与损失的计算资料等。

储量变动统计一般要求分期、分阶段、按单位分别统计。月统计采场（块段），季度或半年统计矿体、中段（台阶），年度统计全矿区（井田或露天采场）的储量变动情况。同时要求按不同的地质储量与生产矿量级别，不同的自然类型与工业品级，并按矿种分保有、已采、副产、矿房、矿柱、损失、存窿和储备的各种矿量分别进行统计，建立相应的储量统计台账。

在以上矿山储量增减和级别变动的动态统计基础上，定期填写储量统计表。一般要求每年七、八月份统计上半年并预报下半年及次年的储量变动；年终填写储量统计表参加储量审批与报销；年初填写专门的储量统计表上报储量管理委员会备案。地质储量与生产矿量统计表（原称储量平衡表）的格式和内容例见表 5—5 与表 5—6。

表 5—5　一九××年度地质储量平衡表

矿种：

计算单位：矿石量：×10⁴t
金属量：t
品　位：%
保有期限：年

矿区或中段	储量级别	项　目	一九　年元月一日保有		开采量	损失量	因勘探　因重算		一九　年元月一日保有		备注
			表　内	表　外			增（+）减（−）	增（+）减（−）	表　内	表　外	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	A+B	矿石量									
		品　位									
		金属量									
		保有期限									
	C	矿石量									
		品　位									
		金属量									
		保有期限									
	A+B+C	矿石量									
		品　位									
		金属量									
		保有期限									
	D	矿石量									
		品　位									
		金属量									
		保有期限									

表 5—6　一九××年度生产矿量平衡表

矿种：　　计算单位：矿石量：$\times 10^4$ t
金属量：t
品　位：%
保有期限：开拓及采准（年）
备采（月）

矿区或中段	顺序	一九　年度实际保有						本期开采量			本期损失量			本期因掘进增（+）减（−）			本期因重算增（+）减（−）			一九　年度实际保有						存矿量（堆场）
		开拓		采准		备采														开拓		采准		备采		
		总量	其中矿柱	总量	其中矿柱	总量	其中矿柱	开拓	采准	备采	开拓	采准	备采	开拓	采准	备采	开拓	采准	备采	总量	其中矿柱	总量	其中矿柱	总量	其中矿柱	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27

二、储量的审批与报销

主管部门每年末均要对所属矿山的储量保有和变动情况进行审批，是为了加强对国家矿产资源勘查与开发的宏观调控和计划管理；其直接目的在于：了解各矿山储量的保有与变动情况，弄清“家底”，心中有数，作为矿山建设部署和下达年度生产任务的依据；发现矿山储量管理中存在的问题，进行指导，及时制订或完善管理措施；并适时进行储量报销。

储量审批具有矿山会审的性质。矿山应作好准备工作，如据全矿山储量统计计算资料，填写表报；编制专门图件，用以表明矿山储量的数量、种类、分布、性质及级别结构的变化；编制年度储量变动说明书，其内容有：地质储量与生产矿量计算及统计方式、方法、资料来源、储量变动及原因分析，矿山生产情况，备用采场数量，采掘（剥）进度情况，计算地段地质构造条件和矿石质量情况。对于生产矿量尚应增加采矿贫化与损失、矿量储备情况及提高回采率、降低贫化率等的措施。

储量审批程序和内容为：①各矿山介绍情况和阅读资料，审查储量计算图件和表报，全面了解矿山储量保有、类型、级别、分布及变动情况；②审查矿山采矿方针政策的执行情况，开采顺序、采掘（剥）比例及贫富、大小、难易、远近矿体兼采情况；③审查地质储量分级与生产矿量划分是否符合规定标准；④审查开采的贫化与损失情况，过高时要查明原因；⑤审查各类、各级储量的平衡情况，检查是否达到保有指标，若不平衡或“欠账”，要查明原因；矿山地质人员应对储量的增加、减少、采去、损失，按井区、中段、矿体等分别作出说明；⑥了解历年对矿山储量的审批意见和处理情况；⑦经过会议审查批准，进行储量报销。

储量报销是指在经过储量审批后，把由种种原因耗损或减少的储量从原储量统计表中核销或减去。主要包括以下几种情况：经地测部门验收，证明确已采去的储量；经补充地质勘探或生产勘探，并经论证修订的合理工业指标重新圈定矿体、计算储量，查明矿产储量确实减少者，均应随年度上报审批一次核销。由于自然原因、矿床地质构造或采矿技术管理等原因造成损失的矿量，且确实不能开采者，属于报废性质的报销。处理方法是：一类属开采设计的正常损失，随年度储量上报并一次核销；另一类由于地质、安全条件，作业不正规，技术管理不善和事故等原因造成的非正常开采损失，应在中段或平台结束前六

个月提出书面报告，损失量十万吨以下者，由省局批准报销；损失十万吨以上者，报部批准。

三、储量管理工作

矿山储量管理工作由矿山地质、测量与采矿部门共同负责，对矿产储量的数量和质量实行全面管理，亦属矿山保护范畴。其中心问题是“开源”与“节流”。一般每季、每年召开生产矿量与地质储量分析会，研究矿山储量保有情况及存在问题，制定储量管理的有效措施：建立储量变动统计台账，作好储量计算图表，坚持储量表报与报销制度，按规定指标平衡与管理矿山储量。除此而外，还应做到：加强矿山找矿与地质勘探工作，扩大矿产储量，延长矿山服务年限；加强矿产综合利用研究，增加新矿种，兼采和兼用伴生矿产，使矿山资源得到最大限度的综合开发利用；改进采矿方法，优化选冶工艺流程，降低采矿贫化与损失，设法回收残矿、矿柱及表外贫矿；加强掘进、采矿、放矿及配矿的各工序质量管理，努力提高回采率与选冶回收率；坚决贯彻有关的方针政策，坚持合理的采掘（剥）顺序，加强生产勘探和生产地质指导，使生产矿量及时达到规定标准，并使矿山保持高效益地持续均衡生产。

顶级地质论坛：http://bbs.3s001.com/

第六章　矿石贫化与损失的计算及管理

第一节　矿石贫化、损失的概念及管理的意义

1. 矿石贫化与损失的概念

矿石贫化　是指在开采过程中，由于地质条件和采矿技术等方面的原因，使采下的矿石中混入废石（围岩、夹石与表外贫矿），或部分有用组分溶解和散失而引起工业矿石品位降低的现象称矿石贫化，亦简称“贫化”。其中①采下矿石的品位降低数与原矿体（或矿块）平均品位之百分比，称为品位降低率，又称为矿石贫化率，或简称“贫化率”。②废石混入量与采下矿石（俗称“毛矿石”，即工业矿石与废石之和）量的百分比，称废石混入率，表示废石的混入程度。

矿石损失　指在开采生产过程中，由于种种原因（如地质条件复杂、采矿方法不当和放矿、运输问题等）造成的工业矿石未被全部采下或采下矿石丢失的现象。其中，①采矿过程中损失的工业矿石量与该采场（或采区）内拥有矿石储量的百分比，称矿石损失率，表示工业矿石损失的程度。相应的，采出的工业矿石量与该采场（或采区）原拥有矿石储量的百分比称为矿石回采率，或矿石采矿回收率，又称矿石采收率。则：矿石回采率＝1－矿石损失率。②对于金属矿山，在采矿过程中所损失工业矿石中的金属量与该采场（或采区）内原拥有金属储量的百分比，应称金属损失率；而采出矿石中的金属总量与该采场原拥有金属储量的百分比，称金属采收率。由此可知，只有当混入废石不含有用组分，即废石品位为零时，金属采收率＝1－金属损失率；否则，金属采收率＞1－金属损失率。

所以，某些非金属矿产在开采过程中，往往只需计算废石混入率、矿石损失率和矿石回采率；而金属矿山则还须计算矿石贫化率和金属采收率等（金属损失率等于矿石损失率）。

2. 矿石贫化与损失管理的意义

无数矿山生产实践证明，由于矿石贫化会降低选矿回收率和精矿的产量，并加大选矿厂的矿石处理量，增加生产费用等；由于矿石损失，使矿山有限的矿产资源不能充分有效地得到利用，使分摊到每吨矿石的基本建设费用相应增加，提高了生产费用，而且还会引起采准工作与回采工作的脱节，以及缩短矿山寿命（服务年限）等，所以经常研究检查矿石贫化与损失情况，提出降低损失与贫化的措施，是矿山地质部门的重要任务。

采矿贫化率与损失率是直接衡量矿山采矿工作好坏的重要经济技术指标，是衡量矿山素质、技术管理水平高低、分析采矿方法是否合理的基本考核指标。一般讲，不论贫化还是损失，都是矿山生产的不利因素，尤其是可以避免的偶然性贫化与损失，是矿山生产管理的主要对象。力争降低贫化与损失到最低的合理限度是矿山地质与采矿部门的重要职责之一。

总之，采矿贫化与损失管理的意义在于：

（1）有助于矿石的合理开采，降低采、选（及冶炼）成本，提高生产效率；

（2）有助于保护矿产资源，延长矿山服务年限；

（3）为编制矿山生产计划，进行矿石质量管理和矿山储量的平衡与管理等提供依据；

（4）有助于了解各种采矿方法的优缺点，以便选择更加先进合理的采矿方法。

第二节　矿石贫化与损失的分类

一、贫化的分类

按与采矿作业过程有关的贫化分类：①第一次贫化：指凿岩爆破时，因矿岩界线不清等原因，而将围岩、夹石与矿石一并采下所造成的贫化（图 6—1）。②第二次贫化：在放矿过程中，因两盘或顶板围岩不稳固，或因管理不善，致使围岩塌落混入矿石造成的贫化（图 6—2）；或在二次破碎（因块度过大）及装运过程中，因围岩、废石或充填料混入，或高品位粉末状矿石丢失所引起的贫化，统称二次贫化。

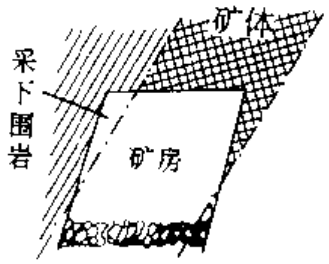


图 6—1　将围岩与矿石一并采下造成的贫化

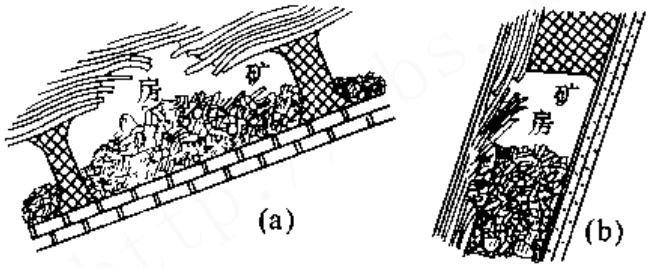


图 6—2　顶盘围岩下落造成的贫化

（a）缓倾斜矿体，房柱法；（b）急倾斜矿体，留矿法

根据贫化性质分为可避免的贫化与不可避免的贫化两类：①不可避免的贫化：亦称设计贫化，指按开采设计或采掘计划规定，必须在采矿时采出一部分围岩、夹石或表外贫矿所造成的贫化。例如电耙道布置于矿体下盘的采矿方法，按规定要切割一部分围岩；开采过薄矿脉时，为保证采场足够的采幅，往往将部分围岩采下；深孔分段崩落法，由于爆破范围及深度大，不能实行分采，按设计必须将夹石和部分表外贫矿石与工业矿石一并采下所造成的贫化；②可避免的贫化：亦称施工贫化，是指在采矿作业过程中，由于组织与技术管理不善，技术措施不正确，作业不正规，或因矿体边界圈定不准确等，而将设计不应采下的围岩、废石、表外贫矿石与工业矿石一并采下、运出所造成的贫化。

采场（或采区）的总贫化由不可避免的贫化与可避免的贫化一起构成，后者为主要管理对象。

二、损失的分类

按与开采作业关系可分为开采损失与非开采损失两类：①开采损失是指在矿床开采过程中，与采矿方法、开采技术条件、施工技术管理、采矿作业技术水平有关的损失。其中又可分为两种：一种为未采下损失，即按开采设计规定须留下各种矿柱（图 6—3）及护顶（图 6—4）部分所造成的损失，亦称设计损失；若按设计应回采的矿石，由于矿体形态复杂、

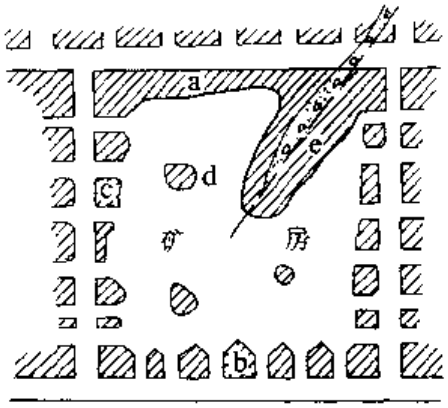


图 6 -3 采场纵投影图

a- 顶柱；b -底柱；c—矿壁；d--房柱；
c—保护破碎带而留下的矿柱

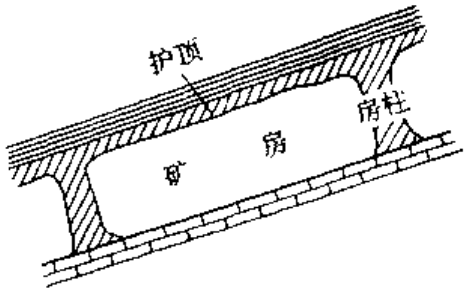


图 6—4 为保护顶盘而留下护顶

采矿技术条件问题、矿体界线不清，或因技术措施不当、组织管理不善等原因造成的未采下损失，亦称施工损失。另一种是采下损失，即当矿石采下后，在放矿、装车、运输及充填过程中所发生的损失。②非开采损失，指与采矿方法、采矿技术管理工作无关的损失。例如，因断层破碎带破坏或强烈褶皱变形，致使矿石无法全部采出；为防止坑道涌水而留下保安矿柱；为保护井筒、地面建筑、河流、水库、交通要道等留下的保安矿柱所造成的永久损失。

根据损失的性质也可分为不可避免的损失与可避免的损失。前者主要指按开采设计规定留在地下不能采出的损失，亦即设计损失；某些非开采损失亦属不可避免的损失。后者是指开采过程中，由于组织管理不善、技术措施不当等所造成的损失，亦即施工损失。可避免的损失是矿石损失管理的主要对象。

虽然矿石在采、选、冶、用整个过程中，均可能造成矿石（或金属）损失的现象；但在矿山地质工作中，尤以采矿损失及其管理为最主要。

第三节 矿石贫化与损失的计算

矿石贫化与损失的计算，应分期、分阶段、分设计与实际，分别按采矿单元进行。地下开采时，且要求按不同的采矿方法、矿体、矿房与矿柱等分别计算和统计。一般以矿块（采场）为基本单元，从其每一爆破分层计算起，继之进行采区、中段、坑口（井田）到全矿区的综合，最终得到全坑口或全矿区的总贫化和总损失。露天开采时，应在每一爆破块段（或爆区）计算的基础上，按台阶到采场的步骤进行综合统计。无论地下开采，还是露天开采，采矿贫化与损失的计算方法总体上分为直接法与间接法两种。

一、直接法

直接法只适用于地测人员可以进入的采场，即在采场（矿房）内，直接测定采下或损失矿石量，采下混入的废石（围岩、夹石等）量及有关品位，并与原工业矿石储量及其品位进行比较计算，以求得相应贫化率与损失率的方法。其优点是可按爆破分层计算，准确度较高；又能与采场生产管理相结合，易于直接查明发生贫化与损失的地点、数量及原因，

及时采取纠正措施；而且计算简便，效率较高，故而得到广泛应用。

但须指出，一般情况下，即当所开采矿体（或矿块）属与围岩界线清楚的致密块状矿石，围岩（与夹石）基本不含有用组分，且高品位矿石不发生（或少发生）丢失时，则可以用废石混入率代替贫化率（即品位降低率）。且前者亦易于查明和计算。这也是造成目前对贫化率与废石混入率区分不清、应用不统一的原因之一。

（一）贫化率与废石混入率的计算公式

1. 据贫化率定义，其基本计算公式为：

矿石贫化率（P）：
$$P=\frac{C-C_0}{C}\times 100\% \tag{6—1}$$

废石混入率（γ）：
$$\gamma=\frac{Y}{Q_0}\times 100\% \tag{6—2}$$

式中：P——矿石贫化率（品位降低率），%；C——工业矿石（开采范围内）平均品位，%；C_0——采下或放出矿石（包括工业矿石和废石）平均品位，%；γ——废石混入率，%；Y——混入采下或放出矿石中的废石（围岩、夹石等）量，t；Q_0——采下或放出矿石量（工业矿石与废石量之总和），亦称采掘总量，t。

2. 设计贫化率（P_s）与废石混入率（γ_s）：
$$P_s=\frac{C-C_s}{C}\times 100\% \tag{6—3}$$
$$\gamma_s=\frac{Q_s-q_s}{Q_s}\times 100\% \tag{6—4}$$

或
$$\gamma_s=\frac{M_s-M}{M_s}\times 100\% \quad \text{（薄矿脉）} \tag{6—5}$$

式中：C_s——设计采下矿石平均品位，%；Q_s——设计采下矿石量，t；q_s——设计采下工业矿石量，或工业矿石储量减设计损失矿石量之差，t；M_s——设计采幅，即设计采场平均宽度，m；M——脉幅，即矿脉平均宽度，m。

（出现过的符号，以下公式中若重复出现，则不另注。）

3. 一次贫化率（P_1）与一次废石混入率（γ_1）：
$$P_1=\frac{C-C_c}{C}\times 100\% \tag{6—6}$$
$$\gamma_1=\frac{Q_c-q_c}{Q_c}\times 100\% \tag{6—7}$$

或
$$\gamma_1=\frac{M_c-m}{M_c}\times 100\% \quad \text{（薄矿脉）} \tag{6—8}$$

式中：C_c——实际采下矿石平均品位，%；Q_c——实际采下矿石量，t；q_c——实际采下工业矿石量，t；M_c——实际采幅，m；m——实际脉幅，m。

4. 可避免的贫化率（P_k）与废石混入率（γ_k）：
$$P_k=\frac{C_s-C_c}{C}\times 100\% \tag{6—9}$$
$$\gamma_k=\frac{Q_c-Q_s}{Q_c}\times 100\% \tag{6—10}$$

或
$$\gamma_k=\frac{M_c-M_s}{M_c}\times 100\% \quad \text{（薄矿脉）} \tag{6—11}$$

5. 二次贫化率（P_2）与二次废石混入率（γ_2）：

$$P_2 = \frac{C_c - C_t}{C} \times 100\% \tag{6—12}$$

$$\gamma_2 = \frac{Q_t - Q_c}{Q_t} \times 100\% = 1 - \frac{Q_c}{Q_t} \times 100\% \tag{6—13}$$

式中：C_t——实际出矿品位（平均），%；Q_t——实际出矿量，t。

6. 采场总贫化率（P_2）与总废石混入率（γ_2）：

$$P_2 = P_1 + P_2 = \frac{C - C_t}{C} \times 100\% \tag{6—14}$$

$$\gamma_2 = \frac{\Sigma Q_t - \Sigma q_c}{\Sigma Q_t} \times 100\% = 1 - \frac{\Sigma q_c}{\Sigma Q_t} \times 100\% \tag{6—15}$$

式中：ΣQ_t——采场放出矿石量总和，t；Σq_c——采场采出工业矿石量总和，t。

（二）矿石损失率的计算公式

1. 按损失率的定义，则：

$$\phi = \frac{q}{Q} \times 100\% \tag{6—16}$$

式中：ϕ——矿石损失率，%；q——损失矿石量，t；Q——工业矿石储量，t。

2. 设计矿石损失率 ϕ_s：

$$\phi_s = \frac{q'_s}{Q} \times 100\%$$

式中：q'_s——设计损失矿石量，t。

3. 未采下损失率 ϕ_w：

$$\phi_w = \frac{q_w}{Q} \times 100\% \tag{6—17}$$

式中：q_w——未采下损失矿石量，t。

4. 采下损失率 ϕ_b：

$$\phi_b = \frac{q_b}{Q} \times 100\% \tag{6—18}$$

式中：q_b——采下损失矿石量，t。

5. 采场总损失率 ϕ_z：

$$\phi_z = \frac{q_w + q_b}{Q} \times 100\% \tag{6—19}$$

（三）计算参数来源

1. 设计矿石贫化率、废石混入率与矿石损失率的计算参数

Q、Q_s、q_s、q'_s、M_s、M 及 C、C_s 等，可全部在采矿设计图上，依据矿体（块段）圈定范围、设计采掘或崩落范围、回采前的矿产取样资料求得。

2. 实际贫化率与损失率主要计算参数的确定方法

计算法：可运用计算储量的平行断面法或开采块段法求得有关的矿岩量参数。若是水平分层充填法或留矿法一类的采场（图 6—5），可在每一分层的上下掌子面素描图上分别测定其矿体（或岩石）面积 S_1 及 S_2，计算平均分层高度为 h；有关矿（岩）平均体重 D；假若可用梯形公式计算其体积，则有关矿（岩）量的参数 Q_0 的计算公式为：

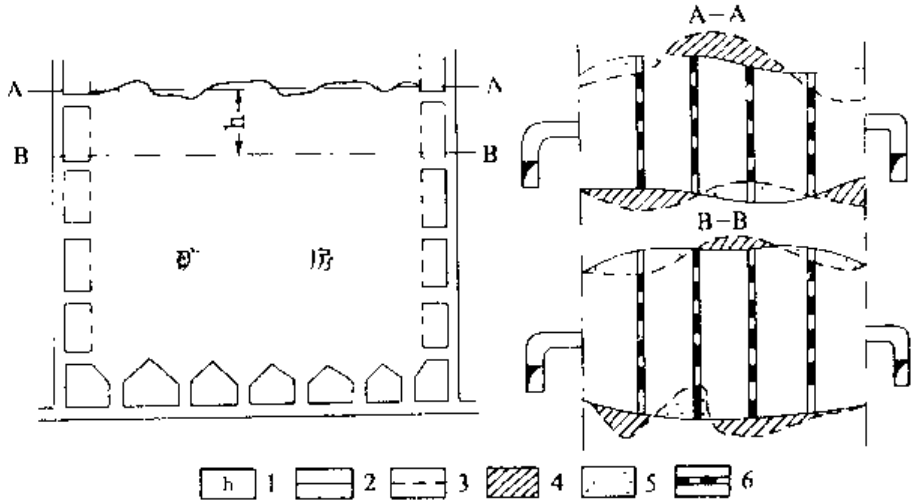


图 6—5　留矿法矿房及掌子面图

A—A 上采矿掌子面；B—B 下采矿掌子面。1—分层高度；2—采掘边界线；3—工业矿体边界线；4—损失工业矿石；5—采下围岩、废石；6—生产取样线

$$Q_0 = \frac{h}{2}(S_1 + S_2)D \tag{6-20}$$

若是急倾斜矿脉（倾角>60°）或缓倾斜层状、似层状矿体（倾角<30°），则可在采场矿体纵投影或水平投影图上分别测定两次验收期间的矿（岩）体面积 S；矿（岩）平均厚度（水平或垂直厚度等）M 可在掌子面素描图上或在编录时测定，则用开采块段法计算有关矿（岩）量参数 Q_0 公式为：

$$Q_0 = S \cdot M \cdot D$$

由上述可知，计算所得 Q_0 分别有下述情况。若 S_1、S_2、D 或 S、M 等参数：①测自圈定矿体，计算结果为 Q；②测自实际采掘范围，计算得 Q_c；③测自采下矿石范围，结果为 q_c；④测自采下废石（围岩、夹石）范围，结果为 Y；⑤测自未采下矿石范围，则计算结果为 q_w。

相应矿（岩）平均品位参数，则由生产取样资料计算（算术或加权平均）得到。

实测法　地测人员可在现场测量采空区面积及采矿高度，直接求得相应采掘量。出矿时，抽取一班或多班一定数量矿车，将车中原矿倒出（倒车法），手选矿石及废石，分别称重，然后取其平均值；若出矿车数已知，车数乘平均值，则得采出矿石量 q_c，采下混入废石量 Y，总计后得 Σq_c、ΣQ_f 等。为避免一、二次贫化或一、二次废石混入率混淆，手选亦可在采场内进行。未采下损失 q_w 可在采场内测量未采下矿石面积，推断其深度后求得；采下损失 q_b，如为水平分层充填法或空场法开采，出矿后在采场底板上选择有代表性的单位面积（如 1 m^2），收集损失矿石，再据采场总面积求得。出矿量 ΣQ_f 亦可用地中衡称量（计车法）求得。薄矿脉的实际采幅 M_r 及脉幅 m 在素描图或在现场测定并计算其平均值，测量间距 2～4 m。

二、间接法

当不能或不必在采场内直接测定矿石量、废石量及有关品位等参数，而可用间接方法求出采矿量、废石量及相应品位值，并与原工业矿石储量和品位进行比较计算，以求得贫

化率、废石混入率及损失率的方法，称为间接法。

间接法计算的最大优点是可用于任何一种采矿方法，对于地下开采不能进入的采场（如深孔崩落法）是唯一的贫化与损失计算方法。它能够反映采矿与放矿过程中总的损失与贫化以及设计采场（块段）范围内的矿石回收情况，而且计算结果与“实际”较一致，所以亦常用。但其缺点是在矿块开采结束前，无法计算，效率较低；也无法区分一、二次贫化，或可避免与不可避免的贫化；还分不清是围岩混入造成的贫化，或由于地质品位无代表性（实际与勘探资料误差较大）所造成的假像（贫化或富化）等。所以，间接法使用的条件应是矿床（矿块）生产勘探程度高，采准后“二次”圈定所得资料（矿量、品位等）较准确；各采场（或块段）有单独的放矿系统，以保证出矿量与出矿品位资料齐全、准确、系统；同时，必须有专门人员制作管理台账，才能取得较可靠结果。

1. 计算公式

假设某矿块原拥有矿石储量为Q，其地质平均品位为C，布置采场的出矿量为T，损失矿石量为q，采下混入的废石（围岩与夹石）量为Y，废石平均品位为C_Y，采场出矿品位为C_t；则可得到如下有关出矿量和采出金属量的平衡方程式：

$$T = Q - q + Y \tag{6—21}$$

$$TC_t = QC - qC + YC_Y \tag{6—22}$$

通过适当变换（如式6—21两边乘C后与6—22式联立）求解后，则可得有关矿石损失率（ϕ）、废石混入率（γ）等计算公式如下：

$$\phi = \frac{q}{Q} \times 100\% = 1 - \frac{T(C_t - C_Y)}{Q(C - C_Y)} \times 100\% \tag{6—23}$$

$$\gamma = \frac{Y}{T} \times 100\% = 1 - \frac{C_t - C_Y}{C - C_Y} \times 100\% \tag{6—24}$$

$$P = \frac{C - C_t}{C} \times 100\% \tag{6—25}$$

当围岩与夹石不含有用组分，即$C_Y=0$时，则：

矿石损失率：

$$\phi = 1 - \frac{TC_t}{QC} \times 100\% \tag{6—26}$$

矿石贫化率与废石混入率相等，即

$$P = \gamma = \frac{C - C_t}{C} \times 100\% = 1 - \frac{C_t}{C} \times 100\% \tag{6—27}$$

2. 计算参数来源

间接法基本计算参数有：Q、C、C_Y、T、C_t。一般均应由生产勘探资料、生产取样与采矿生产过程中统计计算求得。Q由块段（采场）设计单体性地质图计算；C与C_t可在回采坑道取样，C_t在矿车、电耙道、矿堆或装矿机上取样测定；T可用计车法测定。为提高计算的可靠性，采场出矿量统计及各项品位测定，每班均应进行。当然，若T、C_t为预计值，则计算所得为设计矿石损失率、贫化率及废石混入率；若T、C_t为实际测定值时，计算所得则为实际矿石损失率、贫化率和废石混入率。

露天采场，无论用直接法或间接法计算矿石损失率、贫化率和废石混入率时，均可利用爆破块段（或爆区）地质图件、生产勘探资料、生产取样及采矿过程中的统计资料获得所需参数。此不冗述。

金属矿山，尤其是有色金属矿山，往往还需计算金属采收率（ε_k），其基本计算公式为：

$$\varepsilon_k = \frac{q_c C + Y C_Y}{QC} \times 100\% \qquad (6—28)$$

式中：q_c——采场（块段）采出工业矿石量，t；Y——采场（块段）采出废石量，t；C——工业矿石平均品位，%；C_Y——废石平均品位，%；Q——采场（块段）工业矿石储量，t。

例子：已知某采区中，铁矿石可采工业储量（Q）为100 kt，其平均地质品位（C）为31%，采出矿量（T）90 kt，出矿品位（C_t）25%，废石品位（C_Y）7%，求该采区采矿的矿石贫化率（P）、废石混入率（γ）、矿石回采率（K_c）、矿石损失率（ϕ）和金属采收率（ε_k）各是多少？

解得：

（1）矿石贫化率（即品位降低率）：

$$P = \frac{C - C_t}{C} \times 100\% = \frac{0.31 - 0.25}{0.31} = 19.35\%$$

（2）废石混入率：

$$\gamma = \frac{C - C_t}{C - C_Y} \times 100\% = \frac{0.31 - 0.25}{0.31 - 0.07} = 25\%$$

（3）矿石回采率：因混入废石量$Y = T \cdot \gamma = 90 \times 25\% = 22.5$ kt，采出工业矿石量$q_c = T - Y = 90 - 22.5 = 67.5$kt，所以

$$K_c = \frac{q_c}{Q} \times 100\% = \frac{6.75}{10} \times 100\% = 67.5\%$$

（4）矿石损失率：

$$\phi = 1 - K_c = 1 - 67.5\% = 32.5\%$$

或

$$\phi = \frac{Q - q_c}{Q} \times 100\% = \frac{10 - 6.75}{10} \times 100\% = 32.5\%$$

（5）金属采收率：

$$\varepsilon_k = \frac{q_c C + Y C_Y}{QC} \times 100\% = \frac{6.75 \times 0.31 + 0.07 \times 2.25}{10 \times 0.31} = 72.58\%$$

第四节　矿石贫化与损失的管理

采矿过程中矿石贫化与损失的管理，包括作好贫化与损失的统计表报工作，根据影响贫化与损失的因素，确定合理的采矿贫化率与损失率指标，并进一步寻求降低采矿贫化与损失的措施。其中，损失与贫化的统计台账和表报是实际情况的编录，损失与贫化的影响因素与合理的损失、贫化指标是管理的根据，降低贫化与损失的措施是贫化损失管理的宗旨。

一、矿石贫化与损失的统计表报

为衡量和检查矿山采掘（剥）生产的优劣，采矿方法与技术管理的好坏，确切掌握矿产资源的利用情况，要求定期按采场（块段）、矿体、中段或台阶、井区（或露天采场）计算和统计矿石的贫化与损失的有关参数，并分别建立相应的统计台账（表6—1）；据此，按月、季、年度填表（表6—2）呈报主管部门。这是矿山地测与生产部门进行矿石贫化与损

表 6- 1　开采过程中贫化与损失统计台账

采区　　中段（平台）　　采场　　矿体

日期	采矿方法	矿种	采下矿石			采下围岩			采下矿岩总量			贫化率/%	未采下矿石			未运出矿石			损失总矿量			损失率/%	备注
			矿石量/t	品位/%	金属量/t	围岩量/t	品位/%	金属量/t	矿岩量/t	品位/%	金属量/t		矿石量/t	品位/%	金属量/t	矿石量/t	品位/%	金属量/t	矿石量/t	品位/%	金属量/t		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

表 6—2　贫化与损失年或季度报告表

项目	设计开采矿岩总量/t	实际采下矿石量		二次贫化围岩量/t	贫化率/%		未采下损失[损失量/t / 储量/t]		采下损失[损失量/t / 储量/t]	未采下损失量/t	总损失率/%	备注
		总量/t	其中围岩量/t		总的	可避免的	矿房	矿柱				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
甲												
乙												
⋮												

失管理的基础工作。

填写贫化与损失统计表报的具体要求如下：

1. 对地质原始资料的要求

设计图件与掌子面素描图上，要准确圈定矿体；矿石与围岩体重尽可能采用实测资料；工业矿石储量的计算以备采矿量为基础，在设计指定的范围内确定；矿石及围岩品位必须以生产取样为依据，不能采用经验数据；采出矿石平均品位可以依据矿石量与金属量用反求法确定。

2. 对生产记录资料的要求

实际出矿量应据实测资料填写；出矿品位应按矿车或漏斗口矿堆取样确定；累计总数也可用出矿矿石及金属总量用反求法确定。

3. 对开采损失率的统计要求

矿山应分别按未采下损失及采下损失进行统计，一般以前者为主。金属矿产应分别统计矿石损失率与金属损失率。当采场回采结束后，必须将历次（分层）计算的原始资料加以整理，计算采场总损失率。回采矿柱、残矿应单独计算。整个中段或台阶回采结束，再计算全中段或台阶工业矿石储量的总损失率。

4. 对开采贫化率的统计要求

贫化率统计程序同于损失率。对于实际贫化率，非金属矿山一般只统计废石混入率；金属矿山还应统计品位降低率。当有害组分影响显著时，则需统计有害组分的增高率。

二、贫化与损失的影响因素和管理指标

1. 影响矿石贫化与损失的因素

虽然影响采矿贫化与损失的因素很多，但总体上讲，可分为可以避免的偶然性因素和不可避免的必然性因素。前者主要反映生产施工过程中的组织管理水平与采场工艺参数确定的正确性；后者主要决定于矿床（体）地质条件的复杂程度和选择的开采方式、方法与设计的正确性。例如，影响矿石贫化率的主要因素有：矿体厚度愈薄（尤其是小于最低采幅时），其贫化率愈高；含矿系数愈小，其贫化率愈高；矿体形态愈复杂，其贫化率愈高；矿体产状、矿石和围岩的稳固程度、断裂构造的发育程度、水文地质条件等开采地质因素愈不利，其贫化率愈高；露天开采一般较地下开采，其贫化率低；机械化程度愈高，其贫化率易高；地下开采效率较低的充填法其贫化率最低，留矿法与空场法次之，效率较高的崩落法其贫化率往往最高。而影响贫化的施工组织管理及工艺技术因素更是多种多样，它贯穿于采掘生产过程的各个环节，且往往属于可以避免的随机性（偶然性）因素。影响采矿的矿石损失和金属损失的因素同样很多，虽然有时采矿贫化与采矿损失具有某种反消长关系。

各个矿山应根据实际情况全面系统地进行综合分析，具体查明影响贫化与损失的因素，分清主次，制定合乎矿山实际的贫化与损失管理指标，实行指标管理。在这方面，许多矿山已取得了很好的经验。

2. 矿石贫化与损失的管理指标

矿石贫化率与损失率是矿山生产管理的重要经济技术指标，其范围大小主要取决于矿床地质条件及采矿方式、方法与技术管理水平等。露天开采贫化率在0.4%～5.7%之间，一般不超过3%；损失率在2.2%～7.8%之间，一般约4%。地下开采推荐指标如表6—3。

表6—3　各种采矿方法贫化与损失率推荐指标

采矿方法	损失率/%	贫化率/%	采矿方法	损失率/%	贫化率/%
全面法	5～12	5～8	深孔留矿法	10～15	10～15
房柱法	8～15	8～10	长壁陷落法	5～15	5～10
分段法	10～12	7～10	分段崩落法	15～20	15～20
阶段矿房法	10～15	10～15	阶段崩落法	15～20	15～20
浅孔留矿法	5～8	5～8	充填法	<5	<5

（引自《冶金矿山设计参考资料》，1972）

如何确定矿山具体的合理的贫化与损失指标，历来是矿山地质技术经济综合研究的主要课题之一。虽然贫化与损失率指标是可变的，影响因素很多，但总的应遵循价值大于成本才有盈利的基本原则来确定合理的贫化与损失率指标。有人（如任帮生，1984）建议，矿山应以损失率为主要考核指标，因为损失一吨矿石价值往往比多采选一吨废石的成本要高得多。故当贫化率增大些，损失率会减少些时，可考虑在一定程度上增大贫化率以降低损失率；但当贫化率增大到使所投入的采选成本大于损失率减少所获得的价值时，也是不合理的。当然，贫化率与损失率都降低为最佳目标。所以，合理贫化率指标计算如下：

设

$$C \cdot \varepsilon_z \cdot a = F \cdot K \tag{6—29}$$

又令 $\varepsilon_z=(1-P)\cdot\varepsilon_x$ 代入（6—29）式得：

$$P=1-\frac{F\cdot K}{C\cdot\varepsilon_x\cdot a} \tag{6—30}$$

式中：C——矿石地质品位，%；ε_z——金属总回收率，%；a——产品价格，元/t（精矿含量%）；F——矿石采选总成本，元/t；K——利润系数，%；ε_x——选矿金属回收率；P——采矿贫化率，%。

(6—30)式为合理贫化率计算公式，当 $K=1$ 时，计算的贫化率为不盈不亏时的贫化率；当 $K>1$ 时，即有盈利；按我国企业一般利润下限7%评价，则 $K=1.07$ 时，所计算的贫化率为允许的最大贫化率。同理，亦可计算合理损失率指标。

又因 $P=\frac{C-C_t}{C}\times 100\%=1-\frac{C_t}{C}\times 100\%$，则 $1-P=\frac{C_t}{C}\times 100\%$，代入上述(6—30)式得：$C_t=\frac{F\cdot K}{\varepsilon_x\cdot a}$(式中 C_t 为出矿品位，其它符号意义同前)。该式表示 C_t 与 F、K 成正比，而与 ε_x、a 成反比；即当矿石采选总成本与利润系数一定时，出矿品位可随选矿回出率或精矿产品价值的升高而降低，即可适当增大废石混入率或贫化率。尤其是有色金属与贵金属矿床，矿体是以品位指标圈定，矿体与围岩呈渐变过渡关系（即围岩品位大于零），增大贫化率的同时，也增加了金属采收率。所以，当其它条件允许时，适当增大允许贫化率指标是可行的。这也是表外贫矿石有时可以得到采选利用的初步依据。

所以，各矿山应根据其具体情况，探讨并论证适合于生产的合理损失与贫化管理指标。同时，有针对性地采取降低采矿贫化与损失的管理措施。

三、降低采矿贫化与损失的措施

由于各矿山影响采矿贫化与损失的因素千差万别，所以，应全面分析其影响因素，尤其要抓主要因素；研究贫化与损失的逐年变动情况，推断未来生产期间可能的贫化与损失数值，确定合理的损失与贫化管理指标，作为采取具体措施的依据。综合众多矿山的实践经验，总体上讲，降低采矿贫化与损失的主要措施有：

1. 把好地质资料关

因为准确的地质资料是采矿方法选择、开采设计与采矿工艺合理确定的唯一依据。其手段是加强生产勘探，提高勘探程度，彻底准确控制矿体形态、产状及矿石质量等实际分布，提高储量可靠程度，取得生产必须的规范、准确的地质资料，这是降低采矿贫化与损失的首要措施。

2. 认真贯彻采掘生产技术政策

必须遵循合理的采掘顺序，若违反采掘顺序往往会造成较大规模的损失或贫化；必须贯彻正确的采掘（剥）技术方针，探采并重，探矿超前，适时提高生产准确程度；露天开采须定点采剥，按线推进，保证生产的正常衔接；坚持大小、贫富、厚薄、难易、远近矿体尽可能兼采的原则；生产计划需当前与长远相结合，防止片面追求产值、产量、利润指标而滥采乱挖、采富弃贫，造成资源浪费，缩短矿山寿命等短期行为。

3. 选择合理的采矿方法

先进合理的采矿方法是指工艺先进、工效高、安全性好，同时，矿石贫化率与损失率低、经济效益好的最佳采矿方法。并且把好设计关，做好采掘生产的总体设计和单体性工程设计；未经严格审批的设计，不能交付施工。这是研究合理采矿贫化与损失管理指标的

先决条件。

4. 加强施工作业过程的质量管理，包括工程和矿石质量管理

云锡公司在有底柱分段崩落法采场，除了把好设计关外，在施工作业过程中要求把好施工质量关、打眼关、装药爆破关和放矿管理关，以及易门铜矿的“三强”（强掘、强采、强放）经验都极有成效，应予以推广。

5. 加强采掘生产地质指导与地质技术管理工作，并做好合理贫化与损失指标的技术经济论证。

6. 强化地测部门的监督管理职能

严格执行设计—施工—验收制度；针对产生贫化损失的具体原因，及时研究并提出降低贫化与损失的措施，贯彻“以防为主，防检结合”的方针。

7. 借助于经济手段考核管理生产和贫化与损失指标。该指标应是根据矿山实际，经过努力可以达到的。

8. 做好群众工作，提高对采矿贫化与损失的思想认识，增强整体与全局观念；全矿上下，同心协力，以主人翁的姿态，认真持久地开展“全员”、“全过程”、“全面”质量管理活动。这是降低采矿贫化与损失、保证矿石质量的根本措施。

资源地质论坛：http://bbs.3s0...com/

第七章　采掘（剥）生产地质指导及采矿单元结束的地质工作

第一节　采掘（剥）生产地质指导

矿山采掘（剥）生产是按计划和设计进行的，同样离不开生产的地质指导。生产地质指导是矿山地质人员在矿山生产过程中，根据矿床地质情况和设计的任务要求，对生产进行现场施工的指导工作。它对生产起着具体的服务、指导、监督和验收的作用。

矿山生产地质指导贯穿于矿山采掘（剥）生产的全过程。地下开采矿山分为坑道掘进的地质指导、矿块采准工程和切割回采的地质指导；露天开采矿山则分为剥离和回采的地质指导。

本节拟就矿山采掘（剥）技术计划及坑道掘进、露采剥离、爆破工作、回采作业过程中几个方面的地质指导进行介绍。

一、矿山采掘（剥）技术计划编制

矿山生产计划可以分许多种。由于矿山生产的特点是以采矿为中心，工程掘进为手段或必经途径，地质与技术、经济、设备为基础和条件。所以，通常所讲的矿山生产技术计划即指采掘（剥）技术计划。又以年度采掘（剥）技术计划为主，而更短期（季、月、旬、日、班）可靠的生产技术计划（或作业指令）对其起着保证作用。为保证采掘（剥）计划的完成，必须配以相应的生产勘探计划（或设计）及其它主要技术经济指标计划等。

编制采掘（剥）技术计划的目的是用来指导完成上级机关下达的年度生产任务，进行掘进和矿石回采工作的合理安排。通过具体安排矿体、阶段和矿块回采的先后顺序和工作量，达到完成矿石产量和质量指标，并验证基建与生产准备、各生产阶段（开拓、采准、切割和回采）之间的衔接是否协调，确定生产所需的人员、设备及投资费用等。

采掘（剥）计划的编制必须遵循的原则包括：①坚持计划生产的原则。经制订审批的计划，必须坚决执行。②坚决贯彻有关生产技术方针与政策的原则，尤其要坚持合理的采掘（剥）顺序。③最大限度利用矿产资源的原则，根据矿山具体地质条件和技术经济条件，实行综合勘探、综合开采、综合评价、综合利用的方针。④贯彻安全生产和保护环境的原则。⑤在计划指导下集中作业的原则。⑥以最少的生产投资，取得最佳生产成果与经济效益的原则。总之，在综合考察社会、资源、政策、地质与技术经济诸因素的基础上，理顺各方面关系，加强全面质量管理，力求挖掘矿山生产潜力，做到优质、高产、低耗，保证全面完成上级下达的任务。

矿山采掘（剥）技术计划是在广泛收集矿山整个生产历史和现状全面资料的基础上，以文字和图表的形式明确表示出计划年度的生产安排和预计成果。文字部分应说明年度生产任务、生产历史与现状、采掘（剥）工作的总体安排和具体安排，完成计划所存在的问题

及主要技术措施等。表格和图件种类繁多，表格如产品产量、采掘（剥）作业量、主要技术经济指标、生产勘探作业量等表格；图件如矿区总平面图、地质剖面图、中段（平台）地质平面图、矿体（纵）投影图、采掘（剥）进度图及其它图件。

矿山地质人员在编制生产计划中的工作：

（1）提供计划编制所需的全部基本地质图件资料；

（2）提供矿石质量和储量资料，会同生产技术人员编制生产计划中的矿石种类、质量与产量计划；

（3）编制矿山地质勘探、生产勘探和所有地质工作计划；

（4）对编制计划的有关采掘（剥）技术方针政策的贯彻，工业指标的修订，开采贫化与损失指标，储量保有期限及平衡指标，矿产资源的保护和综合利用，矿山环境保护、经济管理等提出意见和建议。

二、坑道掘进的地质指导

矿山坑道包括各种基建井巷、生产坑道、探矿坑道等，均是根据矿山生产建设需要和采掘、探矿计划布置的，其掘进均是依照单项工程设计进行的。无论何种坑道掘进的始终都存在着坑道的地质调查及目的性指导和安全性指导。

1. 坑道地质调查

随着坑道工程的掘进，地质人员必须及时进行地质观察、工程地质编录和取样工作。根据已揭露的地质现象，进行综合研究、分析判断，正确指导坑道的施工。若发现预计不到的地质问题，应根据具体情况及时提出处理意见或修改设计。无论何种坑道的设计和施工，都存在或多或少的不确定因素，具有某种风险性和探索性。这就要求地质人员不断加强地质构造研究，运用地质理论，由已知推断未知。这是指导坑道设计与施工的重要基础工作。

坑道掘进过程中主要的地质构造研究项目有：①矿体形态、产状、空间分布及其变化规律；②矿石与围岩的物质成分、含量、结构、构造及其分布规律，尤其与矿化有关的各类地质现象，矿石质量及矿化富集规律；③各种构造类型、产状、规模及其相互关系，尤其控制和破坏矿体的构造，如切割矿体的断层性质、断距和位移方向等。必要时，还需补充水文地质和岩矿物理机械性质的研究和测试工作。

2. 目的性指导

主体基建井巷工程往往由专门的矿山设计部门设计；生产工程由采矿人员为主进行设计；勘探坑道由矿山地质人员负责设计。基建生产坑道设计施工的目的是为了保证运输、通风、联络及中段开拓、矿块采准、切割与矿石回采等需要；勘探坑道施工目的是探矿、探水、探构造或为坑内钻探施工创造条件等。无论何种坑道，其目的或作用均已事先确定，并各有其一定的规格、位置、方向、倾角（坡度）、进尺与施工期限要求。因坑道工程有成本高、投资多、掘进速度慢、施工条件较差等缺点，故必须遵循如下程序：先有地质及技术设计，经批准后实施；掘进前必须向施工人员交待施工目的要求和可能出现的地质现象；施工过程中加强地质调查研究并及时给以指导；达到预期目的，及时进行工程验收；验收合格，填写停工通知书。验收由地质、测量及生产施工人员共同进行，按设计主要验收项目为方位、坡度、规格、进尺、技术经济指标（如工效、成本等）及施工目的等。

3. 安全性指导

所谓安全性指导即解决坑道掘进的施工安全和坑道的使用安全问题，包括掘进技术方

法和坑道维护两方面的工作。影响坑道施工安全的客观因素主要是地质构造条件、水文工程地质条件。所以，矿山地质人员必须在坑道掘进前和施工过程中，充分调查和研究影响安全的因素（尤其在地质构造和水文条件复杂的施工地段），如岩矿的稳固性、含水性和岩体的稳定性对施工安全的影响，据此提出应防治的措施。坑道掘进过程中，必须注意进行水文工程地质和岩矿某些物理技术性质的观测。具体工作如观察巷道滴水、渗水、涌水现象及水理性质与流量；研究断层、裂隙的发育程度、位置、产状、规模、组合关系、结构面力学性质和特征，特别是软弱夹层或构造弱面、破碎带、老窿、溶洞；预测可能的涌水、突水、冒顶、片帮地点和规模等。研究这些影响坑道安全的客观因素，总结其类型和规律性，采用适当的技术方法，既可顺利地指导坑道安全掘进，又可为坑道维护及使用安全提供地质资料。

三、露采剥离的地质指导

露采矿山采场的剥离属于开拓工作，是矿石回采的基础，及时而得当的地质指导有助于矿石正确的回采。露采剥离地质指导的目的在于确切地掌握剥离平台的矿体地质特征，便于为矿岩的分爆、分铲、分别装运生产，为回采矿石的质量管理及边坡管理等创造条件。剥离地质指导主要集中在下述几个方面：①矿岩边界、夹石边界及矿石类型、工业品级分界线具体位置；②剥离境界线的实际位置；③边坡岩体的稳定性，边坡角的正确性及矿岩的稳固性，含水性和力学性质。尤其是对于地质构造复杂和转入凹陷或深凹开采的矿山，剥离的地质指导特别重要。

露采剥离的地质指导必须配合采剥生产，注意贯彻“采剥并举，剥离先行”的方针和“定点采剥，按线推进”的原则，并及时进行编录、取样和圈定矿体等工作，避免剥离不足或过多剥离的现象发生；同时，必须加强研究，注意解决随着开采深度增加而出现影响生产与安全的众多地质构造问题，指导剥离工作的顺利进行。

四、爆破工作的地质指导

提高爆破效果是关系矿山采掘（剥）生产的一个重要问题。爆破效果除了与炸药的性质、能量、数量和爆破方法有关外，岩（矿）体的可爆性（岩矿体对爆破的抵抗能力或可爆的难易程度，是爆破方案选择、爆破参数确定的重要依据）是影响爆破效果的重要因素。它们均与地质构造因素密切相关。

影响爆破效果的地质构造因素包括：

（1）岩矿石的物理技术性质　如硬度、弹性、塑性、韧性和脆性等。它们取决于矿岩石的矿物成分、结构构造、体重、相对密度、孔隙度、湿度、热学性质、松散性、耐风化浸蚀性与其力学性质等。例如一般讲硬度越大越难破碎，相对密度越大越难破碎和抛掷，则需较多炸药。

（2）岩矿体的结构特征　指其被断层面、裂隙面、节理面、层理面、片理面等构造弱面切割破坏的情况。爆破后块度大小主要取决于这些弱面。一般岩矿体愈完整愈难爆破，块状体又较粉状体可爆性差。

（3）岩层产状　岩层层面（主弱面）与自由面的空间关系往往影响爆破效果，表现在：岩层走向与自由面平行时爆破效果较好；工作面与岩层倾向一致时，块度过大；岩层与自由面倾向相反时，会出现活动三角块或留根底；岩层走向与自由面近直交时，块度分布不均匀且易失去爆堆的可控性。

（4）断层、裂隙发育状况　断层面与层理面类似，往往限制着爆破效果。裂隙的产状与发育程度同样亦影响爆破效果。裂隙构造模数（u）指垂直裂隙走向的单位距离（m）内裂隙的平均条数。裂隙构造比稠（g）指裂隙的开口程度，其值等于裂隙构造模数与裂隙的平均开口宽度（t）的乘积（即 $g=ut$）。一般讲，裂隙构造模数特小或太大，爆时均易产生大块，需药量较多；裂隙构造比稠值大，炸药能量损失较多，爆破效果亦不好，反之则有利。

爆破的地质指导工作主要是　爆破前，地质人员提供爆破块段的地质图件，表示出爆破孔的分布与深度；提供矿体与围岩的产状、地质构造及其它影响爆破效果的资料。凿岩爆破时，地质人员配合采矿生产人员确定爆破孔位置、倾角、深度及装药量等，力求提高爆破效果。

五、回采作业过程的地质指导

回采是在采区内直接进行采矿作业的总称。它主要包括落矿、搬运矿石和采空区处理等。回采作业地质指导因采矿方式、方法不同各有具体的要求，一般地下开采较露天开采困难；地质构造条件越复杂，采矿工艺要求越严格，选别开采较混合开采，其地质指导越重要。而经采准后所获得的单体性地质图件资料是回采作业地质指导与管理的依据。

1. 矿山单体性地质图

地下采场单体性地质图是指以采区、块段或采场为单位编制的生产性地质图件。通常包括采区、块段或采场上下中段（或分段）地质平面图、不少于两个地质横剖面图及纵投影图（或纵剖面图），总称其为“三面图”。缓倾斜层状矿体还包括矿层厚度等值线图及矿层顶（底）板等高线图。它具有比例尺大（1∶200～1∶500）、矿体界线圈定准确等特点。

随着采场矿石回采，编制以采矿块段为单元，由图纸、文字、表格构成的整个采场地质、测量、采矿生产资料，称为块段或采场“管理台账”。它既是反映采场（块段）内矿体与地质构造特征，指导安全生产作业的生产管理地质资料，又是采后验收、储量报销的依据，还是探采对比、总结经验教训并进行矿床综合地质研究的基础资料。

露天采场单体性地质图件是指爆破块段（或爆区）地质图．它包括块段（或爆区）地质平面图（1∶500），在同比例尺平台地质平面图的基础上编制；只切割本台阶的地质剖面图（不少于两个）。附以简要说明书和矿石类型、品级、品位及矿量资料等，即构成指导爆破与采、装、运输的爆破块段生产管理地质资料，也是爆破块段验收的依据。

2. 回采作业过程中的地质指导

地下采场矿石回采过程中的地质指导主要表现在如下几个环节：

（1）指导切割　切割或称切割拉底巷道（层）是整个采场上采的基础，对矿体边界不清或边界形态复杂的矿体，切割的地质指导具有重要意义。指导切割工作包括：①据矿体边界位置确定拉底巷道（层）的范围和宽度，使其与工业矿体边界尽可能吻合。发现拉底不足，提出扩帮；发现过多切割围岩，及时制止。②指导并确定上采倾角。③依据拉底揭露的地质现象预计上采过程中可能出现的矿体形态、产状变化，以及夹石、断裂破碎带、岩脉等影响矿石回采的地质问题，以便采取预防的技术措施。

（2）检查矿房两帮　对允许进入采场的矿房，每一次爆破后，检查两帮是否残留工业矿石，如有残留则提出扩帮地点、范围和深度，减少未采下损失。

（3）检查回采掌子面　其目的在于圈定上采边界线，使上采爆破边界与矿体边界尽可

能符合。

（4）指导炮孔布置　如图 7—1，上采爆破炮孔应依据矿体边界、倾向与倾角正确布置，否则，顶盘会引起矿石贫化，底盘会造成矿石损失。采用无底柱分段崩落法的采场，要注意切割井（图 7—2）及炮孔（图 7—3）的正确布置，避免过多的无效进尺或矿石贫化。深孔崩落法的采场，在爆破后不可能进入，只能利用凿岩天井及深孔探顶，以指导炮孔布置及装药深度。

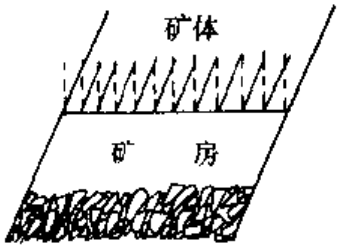


图 7—1　回采掌子面上炮孔的布置
实线—正确；虚线—不正确

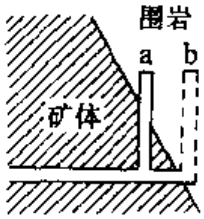


图 7—2　切割井布置
（沿进路断面）
a—正确；b—不正确

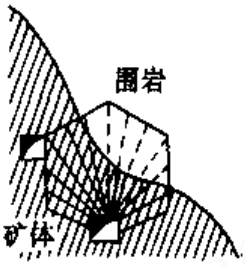


图 7—3　无底柱分段崩落法扇形炮孔的布置
（引自张轸“矿山地质学”1982）
（垂直进路断面）
实线—正确；虚线—不正确

（5）指导爆破与出矿　对于多类型、品级矿石分采或按矿石、废石（围岩、夹岩）分采的采场，要加强分区、分段爆破和分别装运出矿的指导，保证达到出矿质量和数量的指标。

（6）指导充填　充填法采场，在充填前保证采下矿石出净；充填时，检查充填料，指导充填范围和深度，不允许工业矿石混入充填料，也不允许充填料混入矿石采出。

露天采场回采作业的地质指导较方便，主要是按计划做到“定点采剥，按线推进”；会同采矿人员确定边坡角，管好边坡；根据各爆破块段（爆区）的矿石质量特征，按计划做好矿石质量管理和配矿工作。

第二节　采矿单元结束的地质工作

矿山采矿单元从小到大是指采场（块段）、中段（台阶）、坑口（露天采场）。每个采矿单元结束，都要经过有组织的鉴定和验收，否则不能进行封闭。

一、采场（块段）验收的依据、项目与步骤

采场（块段）是基本的采矿单元，其验收所需资料依据包括：

（1）采场地质资料　包括采场内矿体的分布、形态、产状、边界位置；矿石质量及其类型、品级划分与分布；围岩、夹石性质、分布与产状；破坏或影响矿体的需皱形状、规模，断层类型、产状、规模与断距；含水层位置、含水性、涌水情况；脉岩特征等。

（2）采场地质工作　地质勘探对采场内矿体的控制程度，生产勘探对矿体“二次圈定”的准确程度，开采过程中的地质工作。

（3）采场生产资料　采矿块段的开采技术条件，如矿岩的硬度、稳固性、块度等；采

矿方法、采矿工艺过程、采场构成参数及回采技术措施；采矿分层及采场总的贫化率与损失率，贫化与损失的原因；采场工业储量，采下矿量及出矿量；顶柱、底柱、房柱、矿壁的损失矿量，残矿量及采下损失量；采场总回收率；采场地质、原矿、出矿品位，矿石质量变动与生产管理资料等。

（4）采场测量资料　采场测量图纸、产量及采空区测量资料等。

采场的验收项目主要包括：

（1）回采率是最主要的验收项目，应检查采场设计要求回采的矿石是否全部采完；矿柱和残矿是否回采；存窿矿石是否全部放出；矿房底板上的粉矿、浮矿是否已扫清出净。

（2）充填法采场，其充填量是否已达规定标准。

（3）覆岩下放矿的采场，出矿品位是否已达出矿极限（截止）品位指标；各电耙道的放矿漏斗是否均已按要求封斗。

（4）由于地质、技术或安全条件等原因，未采下或采下损失矿石是否确无法补采或不可能放出；是属永久损失的必须查明其数量、质量及分布，否则应采取补救措施或指出将来补采的可能性和方法。

（5）采场采掘设备是否已全部拆除和转移。

采场验收的步骤是首先阅读并掌握采场全部资料；根据具体情况和针对查出的问题，地质、测量与生产部门共同进行现场鉴定；然后逐项进行验收；验收合格，正式停止该采场的所有工作。若属因意外事故停产的采场需为恢复生产打下可靠的基础，收集整理好有关资料。

二、中段与台阶结束的条件、所需资料与审批

中段正常结束的条件包括：

（1）中段范围内矿床地质构造、矿体地质特征已探明，“空白区”、开采中段外围已作出无矿或不可采的结论。

（2）中段范围内所探明的主要、次要矿体，一切可利用资源已采尽出净。

（3）中段范围内各采场（块段）均已结束，并经正式鉴定验收，且已封闭。

（4）中段内可采矿柱、残矿已按设计要求补采并出尽。损失矿石数量、质量，损失性质、分布及原因等均已查明，并经主管部门审批核销。

（5）中段范围内的地质测量资料已收集完毕，无遗留问题。

露天采场台阶结束的条件包括：

（1）台阶范围内地质构造条件已查明，矿产资源也全部探明，境界线外已作无矿或不可采结论。

（2）该台阶剥离、回采均已达规定境界范围；边坡角已达设计规定标准；无遗留隐患。

（3）残留在边坡上的矿石，在允许的条件下已经补采；积压在建筑物和线路下暂时无法回采的矿石，其数量、质量及分布均已查明。

中段或台阶结束所需资料是其申请关闭（报废）的依据，是地质与采矿工作的阶段性总结，又是闭坑的基础地质资料。这些资料包括：

（1）中段或台阶矿床地质特征包括其矿体分布、规模、产状和形态，矿石质量与品级、类型分布；工业矿石地质储量、表外矿石储量，矿床构造，围岩及水文地质条件等。

（2）地质勘探与生产勘探工作。

(3) 生产工作包括开采方式、开拓方案、采矿方法、掘进或剥离及采矿工作，采矿技术经济指标，生产管理工作和经验教训等。

(4) 矿量变动情况，包括地质储量级别、数量变动，历年采矿量、剥离量、损失量及矿量报销；采矿的贫化与损失，各采场（块段）回采率，中段或台阶总回采率等。

(5) 中段或台阶范围内探采资料对比。

(6) 图表资料：该中段或平台的地质平面图、剖面图，采场（块段）设计与施工图，储量计算图，探采对比图，采掘工程素描图，采场（块段）生产管理地质资料，取样、加工、化验，贫化与损失、矿量统计等各种表格。

(7) 中段或台阶结束遗留的问题和处理意见。

中段或台阶结束需经过上级部门审核批准。一般在结束前三个月提交结束资料和申请报告；报告审批后即可拆除和转移生产设备；设备转移后还要经有关部门现场鉴定，最后正式关闭中段或报废台阶。对于具有长期使用意义的某些井巷，如运输、通风巷道、溜矿井、人行井等，允许暂作保留，以备必要时使用。同时采取必要措施，消除可能对环境和安全带来不良影响的因素。因重大事故损废中段，应立即作好与上述大同小异的工作。

三、闭坑应具备的条件和闭坑报告的编写与审批

井区、坑口或露天采场已达设计要求后，或因遇到意外的原因面终止一切采矿活动，并关闭全部生产系统，称之为闭坑，或关闭矿山。这是对矿山生产具有全局性的一件重要工作，必须慎重对待。

(一) 闭坑应具备的条件

(1) 坑口、井区或露天采场范围及深部地质构造已经查明，有关资料或报告已经批准。

(2) 各中段或台阶均已鉴定验收，并办完结束手续，其资料齐全。

(3) 矿山储量已经报销，包括设计开采境界内的残存矿量（永久损失）和境界线外的储量；已查明其损失的数量、质量、分布与原因，并经上级主管部门审批核销。

(4) 有关的矿山地质、测量与采掘生产资料已经系统搜集和整理，并已作探采资料验证对比研究，总结了经验教训。需永久保留的资料，进行了报送存档工作。

(5) 对采矿破坏的土地已采取了复垦利用，并采取了治理环境污染的措施。

(二) 闭坑报告的编写

闭坑报告既是一个终止生产的请示报告，又是矿山生产建设历史经验教训的总结报告。编写时必须坚持实事求是的科学态度，对矿产资源远景的结论和资源回收利用程度的论述要有充分的科学根据，使闭坑工作不遗留问题。

闭坑报告一般分为地质、测量与采矿、选矿生产两大部分。下面简要介绍地测部分编写的主要内容。

1. 文字部分内容

(1) 概述　矿区交通位置，勘探及开采历史，投产、达产及结束日期，原探明地质储量，最终地质储量，历年产量及主要技术经济指标及结论性意见。

(2) 矿床（区）地质条件　地层、构造、岩浆活动，矿体地质特征，矿石质量特征，矿床成因及成矿规律，矿石及围岩物理技术性质，矿床水文地质条件与特征等。

(3) 矿山地质工作　补充地质勘探及生产勘探方法评述，工业指标选择、试算及其合理性，取样、地质编录及储量计算方法论证，生产地质管理工作评述等。

（4）矿山储量及其报销　系统统计历年的各类、各级储量变动、平衡管理及报销情况，采矿贫化与损失参数，计算矿山资源的利用率。

（5）综合分析研究及探采资料的验证对比　包括地质勘探与生产勘探或选择地段的开采生产资料对比研究，对矿床勘探类型的划分、勘探手段的选择，求得各级储量的工程间距、工程布置的正确性和合理性等提出总结性的意见和建议。这是总结同类型矿床勘探经验，寻求合理勘探方法的重要途径。

（6）结语　矿山地测工作取得的成绩，存在的问题，遗留问题的处理和闭坑后工作安排的意见与建议。

2. 图件及其他资料

随同文字报告提交下述图件和资料：①矿区交通位置图；②矿区地形地质图；③矿区总平面布置及坑内外工程布置图，露天采场历年的综合地质图；④勘探线剖面图；⑤中段或平台地质平面图；⑥矿体纵投影图或缓倾斜矿体的等厚线，顶、底板标高等值线图；⑦储量计算图；⑧采掘工程实测图；⑨地表矿石堆积场、排土场及尾矿库实测图；⑩矿床探采资料验证对比图件；⑪钻探、坑道、采场原始地质编录资料；⑫储量计算及采矿贫化与损失的计算与统计资料；⑬矿床水文地质图及历年气象、水文与排水资料；⑭矿山永久性地测资料目录等。

（三）闭坑报告的审批

闭坑前一定时间（如--年）应向主管机关提出申请，阐明闭坑理由；未经同意闭坑前不得拆除生产设施或破坏生产系统。

由主管部门组织鉴定，现场了解情况，查清问题，分析原因，确认已具备闭坑条件的，批准闭坑。中小型矿山和坑口由主管机关审批；大型矿山或坑口由主管机关将审查意见报主管部审批。

闭坑或关闭矿山后，将正式闭坑报告及所附资料，除报送主管机关外，还应送省及国家资料局归档存放。

第八章　矿山环境地质调查

随着世界人口的增长，随着生产力的提高，生产规模的扩大和人类活动范围的扩张，环境问题，即由于人类活动作用于人们周围的环境所引起的环境质量变化，以及这种变化反过来对人类的生产、生活和健康的影响问题，已成为全球性的突出问题，受到世界各国的重视。环境科学也得到了较快的发展。

环境科学是以“人类—环境”系统为其特定的研究对象。它是研究“人类—环境”系统的发生和发展、调节和控制，以及改造和利用的科学。“人类—环境”系统，即人类与环境所构成的对立统一体，是一个以人类为中心的生态系统。

人类与环境的关系主要是通过人类的生产和消费而表现出来的，人类的生产和消费活动也就是人类与环境之间的物质、能量和信息的交换活动，人类通过生产活动从环境中以资源的形式获得物质、能量和信息，然后通过消费活动再以“三废”的形式排向环境。因此，无论是人类的生产活动，还是消费活动（生产消费与生活消费）无不受环境的影响，也无不影响环境，其影响的性质、深度和规模是随着环境条件的不同而不同，随着人类社会的发展而发展的。

环境科学的地学分支是环境地质学，它是近 20 年来，地质学中发展起来的一门新的分支学科，目前还处在发展的初期阶段。环境地质学主要应用地质学理论和方法，研究地质环境的基本特征、功能和演变规律，研究人类活动与地质环境之间的相互作用、相互制约关系，解决人类开发利用自然环境遇到的和可能引发的地质问题，探索在发展社会经济的过程中，合理利用和保护地质环境的途径。

矿山环境地质是环境地质学的重要组成部分。同时，它又是矿山地质学的一个新的分支，正在发展兴起，它是矿山地质学向深度和广度发展的一个重要标志。环境地质已成为矿业开发中不可缺少的一项重要研究内容。

第一节　矿山环境地质的概念、研究意义及主要内容

一、矿山环境地质的概念

矿山环境地质是介于矿山地质学与环境学之间的边缘学科。它主要研究在矿山开采过程中，自然地质作用、人为地质作用与地质环境之间的相互影响与作用，及由此产生的环境污染与破坏问题，从而达到合理开发利用矿产资源和保护地质环境的目的。

传统地质学认为地质作用是地质动力引起的，两种基本类型的作用——内动力地质作用和外动力地质作用，推动着地壳运动和发展。内动力地质作用，有构造运动、岩浆活动、地震及变质作用；外动力地质作用，包括风化、剥蚀、搬运、沉积和成岩作用等，由这两种基本地质作用，控制和改变着地球表面的结构和形态。

但是，人类的出现，特别是人口剧增、社会生产力和科学技术大大发展的情况下，地

球表面受到了人类活动的强大冲击，人类活动成了除上述天然的内、外地质动力之外，使地球表面发生变化和发展的不可忽视的又一动力，产生了其规模与速率都可以同天然地质作用相比拟的人为地质作用。

人为地质作用是环境地质学的重要研究内容。人为地质作用包括：人为剥蚀地质作用（如露采矿山剥离盖层、工程挖掘土石等）、人为搬运作用（如填筑工程基础、采掘矿产、工程场地开挖等）、人为堆积作用（如由建筑施工和工业生产产生的废弃物的堆积，固体生活垃积堆积层等）和人为塑造地形作用（如采矿堆积的尾矿、废石堆、挖掘的采矿场陡壁斜坡、矿坑、陷落漏斗、修建的人工湖、假山，工程与道路建设削平高地，填平低地，建筑路堤、路堑等）和人类活动的其它地质作用，如人类活动可以使地壳表层内的地球化学场、应力场、水动力场、热力场等发生改变，产生其它新的地质作用和地质现象。例如，在长期大规模强力开采地下水的地区，由于开采区含水层中水压力的降低，导致含水层和隔水层发生新的压密作用，引起地面沉降，在岩溶发育区发生地面坍陷；又如在露天开采矿山，由于开采而引起的边坡岩体的滑动和地下开采矿山的井下岩体的崩塌与移动等。

上述人为地质作用，必然破坏地质环境在天然地质作用下的平衡条件，形成新的平衡关系。随着人口的增长，社会生产力的发展和科技的进步，人为地质作用力将越加强大，它们对地质环境的冲击亦将更加强烈。深入研究人为地质作用和地质现象的发生、发展，有助于评价地质环境的变化趋势。

二、矿山环境地质研究的意义

矿业开发的过程，实际上是利用、改造和破坏自然环境的过程。所以，环境问题是矿山生产进程中必然出现面又必须解决的问题。有人预计，到下个世纪，环境问题将成为地质工作的重点之一。在某些情况下，合理利用、保护和改善地质环境，包括合理开发利用矿产资源的调查研究，可能比勘查矿产的意义更大。而在环境地质研究中，矿山环境地质工作占有重要地位。因为矿山存在着特殊的地质环境，特别是矿床开发后，这种特殊地质环境对人类的影响，就更为严重。在生产过程中，人们与地质体直接接触，而且在矿产资源开发的同时，又排出了大量废弃物（废石、矿坑水、尾矿）更增加了对生产与生活环境的污染与恶化，造成的危害就更大，甚至呈现为一种恶性循环（图 8—1）。要使恶性循环向良性循环转化，就需要加强对矿山环境的保护与治理。

环境保护的内容，根据我国环境保护法的规定，包括“保护自然环境”与“防治污染和其它公害”两个方面，这就是说，要运用现代地质学和环境科学的理论与方法，在更好地利用自然资源的同时，深入认识和掌握污染和破坏环境的根源和危害，有计划的保护环境，预防环境质量的恶化，控制环境污染，促进人类与环境协调发展。

开展矿山环境地质调查研究，做好地质环境的保护，不仅对地质灾害的防治，为经济建设和社会发展创造有利条件，而且对人类生产和生存发展提供良好的环境空间也具有重要的现实意义和战略意义。

三、矿山环境地质研究的主要内容

矿山环境地质工作涉及的问题比较广泛，总的来说，它既涉及到自然地质灾害方面的问题，又涉及到人类对自然的影响而产生的环境破坏方面的问题。但由于矿山环境地质，目前尚处于初始发展形成阶段，其中有许多内容的研究尚处于探索、开拓研究阶段，很不成熟，加之，我们现在掌握的资料及水平所限，本章只能就当前比较常见和研究比较广泛而

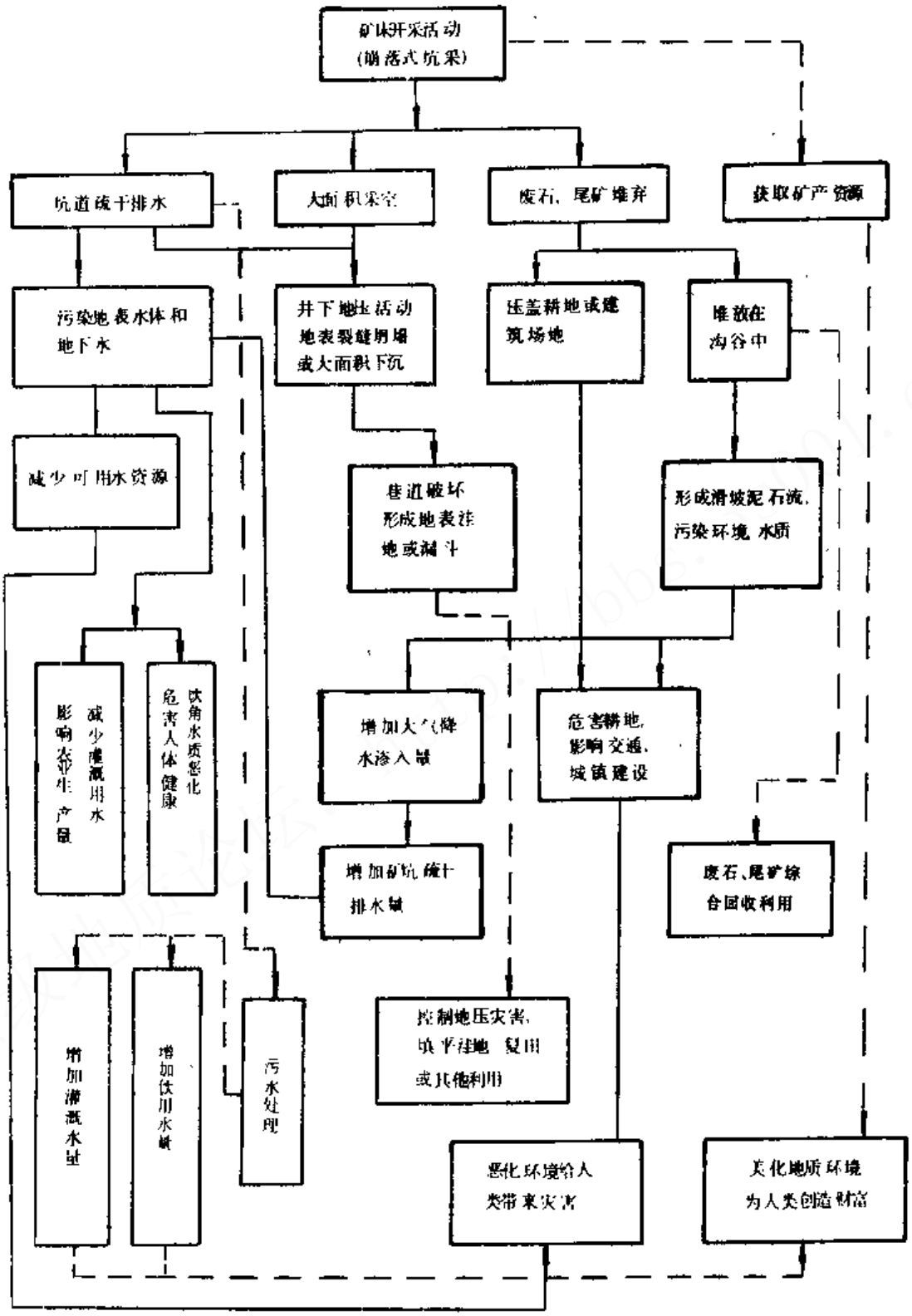


图 8—1 矿产开采活动引起的环境地质作用循环系统

（据胡海涛改编）

----→良性循环作用及方向；——→恶性循环作用及方向

又比较深入的几个环境地质问题，作一梗概的介绍。

这些地质问题主要有以下几个方面：

1. 矿山工程地质调查与研究

主要任务是紧密结合矿山生产，解决与矿床开采有关的岩（矿）体稳定性和预报地质自然灾害问题。其主要工作内容有：开展露天矿边坡工程地质调查，进行边坡稳定性评价；进行岩（矿）石物理力学参数测定，地应力测量，岩体变形和位移的监测；对采区岩（矿）体的稳定性，回采工艺等技术问题进行研究或论证；开展地质自然灾害（矿区岩体的崩塌、滑坡和泥石流灾害，露天矿边坡的滑移，井下矿山的地压活动）的预报，以及灾害调查和处理中的工程地质工作。

2. 矿山水文地质调查与研究

主要任务是根据设计确定的开采范围深度、采矿方法和技术要求，进一步查明影响矿床充水的各种因素，研究地下水处理前后的补给、径流和排泄条件的变化情况，核校矿坑涌水量与各项计算参数，制定防治和综合利用地下水的方案，保障矿山安全生产的进行。其主要工作内容是：在充分利用已有矿床水文地质资料的基础上，开展一些补充性或专门性的水文地质勘探与试验工作，必要时还要进行防排水工作的研究。以便进一步查清下列诸问题：矿区含水层的水文地质特征，地下水的补给、径流、排泄条件；主要构造破碎带、风化破碎带、岩溶发育带的分布和富水性及其与其它各含水层和地表水体的水力联系密切程度；主要充分含水层的富水性，地下水径流场特征、水头高度、水文地质边界线；地表水体的水文特征及其对矿床开采的影响程度；老窿分布、积水情况等。确定矿床主要充水因素、充水方式及途径；对矿床疏干排水方案进行综合研究与综合评价；研究地下水对岩土体稳定的影响。

3. 矿山水土污染的地质调查与研究

其主要任务在于查明影响矿山环境的地质因素和矿床开发后有害物质的含量、迁移、转化和分布规律。配合矿山环保部门开展对矿山开发产生的废弃物污染的环境监测和质量评价。研究的主要内容有造成矿山水土污染的元素；矿山水土污染对人体健康的影响及矿山开发污染源地质调查等。

4. 矿山空气污染的地质调查

其中包括有害粉尘的地质调查及其有害气体的地质调查两个方面。

5. 矿石（围岩）自燃的地质调查

其研究内容包括：矿石（围岩）自燃的原因调查，预防自燃的地质调查及识别初期自燃火灾的地质调查等内容。

6. 矿床热害的地质调查

对有热害或赋存有地热水的矿区，应研究地温场的情况、地热增温率及热异常的范围，地热水的赋存条件，补给来源，评价地热及地热水对矿床开发的影响及其利用的可能性。

第二节　矿山工程地质调查

一、矿山工程地质工作的意义、任务和内容

矿山工程地质工作是为了查明影响矿山工程建设和生产的地质条件而进行的地质调

查、评价及研究工作。

尽管矿山在基建前已进行过一定的工程地质测绘和勘察工作，但其详尽程度不完全能满足工程建设和生产需要。因此，在矿山开始基建乃至投产后，对于工程地质条件复杂的矿山仍有继续深入进行工程地质工作的必要。

过去，在矿山设计、基建或生产中，由于忽视工程地质调查研究或因工作程度不够而造成损失的教训不少。例如，湖北远安盐池河磷矿于1980年曾发生灾害性大滑坡，滑下的岩体总量达100多万立方米，矿区内所有地表建筑被毁坏，死亡284人；山西中条山铜矿峪铜矿主平硐全长3500米，当掘进到1000米时，突然遇到一条长百余米和立平硐近乎平行的大断层，产生多次大冒落，其高达30 m，采取多种措施都未成功，最后被迫将主平硐由双轨大断面巷道改为单轨小断面双巷；江西盘古山钨矿，由于岩体内发育的潜在滑动面、切割面与地应力的共同作用，于1967年引起大面积不稳定岩体采空区移动和崩塌，导致6个中段的破坏，一万多米坑道下沉，370多个采矿场的夹墙倒塌，山头沉下2 m，给矿山生产造成了严重损失。由此可见，矿山工程地质工作的重大意义。

矿山工程地质工作的任务是更详细地查明工程建设和生产地段的工程地质基础条件，更深入地查明可能危害建设和生产的工程动力地质现象，以保证工程建设和生产的顺利进行。其具体工作内容包括：对基建施工中的厂房地基、尾矿坝的坝基、铁路和公路的路基及边坡等进行工程地质调查；对掘进中井巷、硐室、采场中工程地质条件复杂地段，进行工程地质调查和编录，并与采矿人员密切配合及时解决掘进中的工程地质问题；与采矿技术人员密切配合，系统地开展有关露天矿边坡稳定和地下矿岩体稳定的综合性调查研究（包括岩土工程地质特征、岩体结构特征、有关水文地质条件、构造应力场的调查研究以及失稳地段定期的移动观测等）；对可能危害工程施工或工程设施的工程动力地质现象（包括流砂、泥石流、崩塌、岩堆移动和岩溶等），进行专门的工程地质调查；当矿山进行扩建时，还可能要开展扩建工业场地、路基及尾矿坝的工程地质调查。

二、岩土工程地质特征的调查

岩土是矿山工程的地基或围岩，又是地下水埋藏的物质基础。岩土的工程地质性质将直接影响到工程的设计、施工和使用，因此在矿山工程地质工作中要首先对岩土的工程地质特征进行调查。

1. 岩土的工程地质分类

在工程地质工作中，必须按一定原则将岩土进行科学分类，才能正确地调查掌握各种岩土的工程地质特征，开展工程地质研究。

岩土的工程地质分类很多，可概括为局部分类和专门分类两种。局部分类是根据一个或较少的指标，对部分岩土的分类，如按粒度成分、塑性指标、膨胀性、压缩性或砂土相对密度等指标中的一个或几个对土的分类等。专门分类是根据某些工程部门的具体要求而进行的分类，如水工建筑、铁路建筑等部门都有相应的岩土分类，并以规范形式确定颁布。

本书介绍岩土的一般工程地质分类，此种分类包括了全部岩土，也有不同的分类方案，目前较通用的是下列分类：

（1）岩质岩石　包括各种岩浆岩、变质岩积胶结沉积岩；

（2）半岩质岩石　包括风化的岩质岩石、非结晶胶结岩石和结晶化学沉积的可溶岩石（如岩盐、石膏等）；

（3）粘性土　包括粘土、亚粘土、黄土和黄土状亚粘土；

（4）非粘性土　又分为粗碎屑土（包括漂石土、卵石土、砾石土、碎石土及砂砾土）和中粒松散土（包括硅藻土、砂土等）；

（5）特种成分、状态土（包括土壤、泥炭土盐渍土、过饱水土、冻结土等）。

2. 岩质和半岩质岩石工程地质特征调查

为了对岩质和半岩质岩石进行工程地质性质的评价，应进行下列的调查或测试：一般岩石学特征（岩石的矿物成分、结构、构造、产状和岩相变化等）；岩石的化学性质（溶解性、水或其它溶液对岩石的作用等）；岩石的物理性质（密度、体重、孔隙率、裂隙率、含水性等）；岩石的力学性质（抗压强度，抗剪强度，抗拉强度，弹性模量等）；岩石的水理性质（透水性、吸水性、抗冻性、软化性等）；岩石的风化程度和抵抗风化的能力。

3. 土的工程地质特征的调查

为了进行土的工程地质性质的评价应进行下列的调查或测试：土的一般特征（包括土的粒度成分、矿物成分、胶体物质类型及电性、含水和气体状况以及土的结构、构造等）；土的物理性质（密度、容重、含水性、孔隙性）；土的水理性质（透水性、毛管性以及粘性土的膨胀性、收缩性、崩解性、塑性等）；土的力学性质（压缩性、抗剪性和动力压实性等）。

三、岩体结构特征的调查研究

岩体结构特征是岩体在长期成岩及形变过程中形成的产物，包括结构面和结构体两个要素。结构面是地质发展历史中，尤其是变形过程中，在岩体内形成具有一定方向，延展较大、厚度较小的两维面状地质界面。包括物质分界面和不连续面，如层面、片理面、节理面、断层面等。结构面类型及特征参看表 8—1。结构体是由不同产状的结构面组合将岩体切割面成的单元块体。岩体结构类型及其工程地质特征可参看表 8—2。

影响岩体特性的因素很多。在进行岩体结构特征调查时，应着重研究结构面的特性、结构体（岩块）的坚固性、岩体的完整性和岩体质量系数四个主要因素。

1. 结构面特性调查研究

岩体结构决定岩体特性，并控制着岩体的变形破坏机制和过程。岩体结构特性是由结构面发育特征所决定，因此，岩体结构的力学效应应主要是结构面力学效应的反映。结构面的力学效应应主要反映在：结构面结合状况，结构面充填状况，结构面形态，结构面延展性和贯通性，结构面产状以及结构面组数。

结构面调查应着重下面主要内容：①结构面的几何形态：结构面按形态可分为三种：平直型，包括一般层理、片理、原生节理和剪切破裂面；波状起伏型，具波痕的层理、轻度揉曲的片理、沿走向和倾向呈舒缓波状的压性、压扭性结构面；曲折型，张性、张扭性结构面、具交错层理和龟裂纹的层面、缝合线等；②结构面的光滑度和粗糙度：可分为极粗糙、粗糙、一般、光滑、镜面五个等级；③结构面结合状况：结构面结合有胶结的、开裂的两种。胶结的结构面以胶结物质成分的不同可分为泥质胶结、可溶盐类胶结、钙质胶结、铁质胶结、硅质胶结等；④结构面充填状况：可分为干净的、薄膜、夹泥、薄层夹泥、厚层断层泥及构造破碎岩；⑤结构面延展性及贯通性：延展性可由一定方向上的结构面或连续段长表示，在一定尺寸的工程岩体内的贯通性可分为非贯通性、半贯通性、贯通性；⑥结构面密度：其表示方法有单位长度或单位面积、单位体积内发育的结构面数量，结构面

表 8—1 结构面类型及其特征

成因类型		地质类型	主要特征		
			产状	分布	特征
原生结构面	沉积结构面	1. 层理层面 2. 软弱夹层 3. 沉积间断面	一般与岩层产状一致，为层间结构面	海相岩层结构中此类结构面分布稳定，陆相岩层中呈交错状，易尖灭	层面、软弱夹层等结构面较为平整；沉积间断面多由碎屑、泥质物构成，且不平整
	岩浆成结构面	1. 侵入体与围岩接触面 2. 薄岩脉、岩床展布面 3. 原生冷凝节理、流线、流面等	岩脉受构造结构面控制，岩床受层间结构面控制；而冷凝节理受侵入体接触面控制，流面、流线受岩浆流动方向控制	接触面延展布面延伸较远，比较稳定，而原生节理一般较短小密集	接触面可具熔合及破裂两种不同的特征；原生节理可具被充填及破裂两种不同的特征
	变质结构面	1. 片理 2. 片岩软弱夹层	产状与岩层或构造线方向一致	片理短小，分布极密，片岩软弱夹层延展较远，具固定层次	结构面光滑，片理在岩体深部往往闭合成隐闭结构面；片岩软弱夹层含片状矿物，呈鳞片状
构造结构面		1. 节理（剪节理、张节理） 2. 断层（正断层、逆断层、平移断层等） 3. 层间错动面 4. 羽状裂隙、劈理等	产状与构造线呈一定关系，层间错动与岩层产状一致	张性断裂较短小；剪切断裂延展较远；压性断裂（如冲断层、逆掩断层）规模巨大，但有时为横断层切割成不连续状	张性断裂不平整，可具次生充填，呈锯齿状；剪切断裂较平直；压性断层具多种构造岩成带状分布，往往含断层泥，糜棱岩
次生构造面		1. 卸荷裂隙 2. 风化裂隙 3. 风化夹层 4. 泥化夹层 5. 次生夹泥层	受地形及原结构面控制	分布上往往呈不连续状，透镜体，延展性差，且主要在地表风化带内发育	一般为泥质物充填，水理性质很差

间距，岩体尺寸和结构尺寸之比；⑦结构面产状及组合关系：在一定围压下，岩体稳定与结构面产状有关，其组合关系控制着岩块或岩体变形破坏机制。

结构面力学性质试验可以在现场或取样后在室内进行抗剪强度试验。

由于结构面的力学效应对工程岩体稳定性起控制作用，进行露天边坡、地下工程岩体稳定性分析时，应先找出优势、软弱、控制性结构面及其组合关系，应用赤平极射投影等方法分析边坡和地下岩体稳定性。

2. 结构体（岩块）的坚固性研究

所谓岩块的坚固性是指岩块对变形抵抗力的强弱。通常以坚固性系数（f）表示：$f=R_b/100$（R_b 为岩石饱和单轴极限抗压强度）。

3. 岩体的完整性研究

主要考虑两项指标，结构面间距和完整系数。前者可在现场不同地段分组测定，后者为岩体纵波速度和岩石纵波速度的平方比：

表 8—2　岩体结构类型及其特征

岩体结构类型	岩体地质类型	主要结构体形式	结构面发育情况	工程地质特征	受区域构造影响程度
整体状结构	均质、巨块状岩浆岩、变质岩、巨厚层沉积岩	巨块状	以原生构造节理为主，多闭合型。结构面间距大于 1.5 m，一般不超过 2～3 组	整体性强度高，岩体稳定。在变形特征上可视为均质弹性各向同性体	未经或只经过轻微的区域构造变动
块状结构	厚层状沉积岩、块状岩浆岩及变质岩	块状、柱状	只具有少数贯穿性较好的裂隙、节理或小断层错动，结构面间距 0.7～1.5 m，一般为 2～3 组	整体强度仍较高，结构面互相牵制，岩体基本稳定，在变形特征上接近弹性各向同性	经历过区域构造变动，但无强烈挤压、褶曲变形；地层一般作单斜产状
层状结构	多韵律的薄层及中厚层状沉积岩、变质岩	层状、板状、透镜状	层理、片理、节理发育，并常有层间错动面	岩体为各向异性介质，其变形及强度特征受层面及岩层组合控制，可视作弹塑性体；稳定性较差	无明显的褶曲变形，地层产状一般较稳定
破裂状结构	构造影响严重的破碎岩层	碎块状	断层、断层破碎带、片理、层理较发育。结构面间距 0.25～0.5 m，一般在 3 组以上	完整性破坏较整体强度大大降低，并受断层等软弱结构面控制，多呈弹塑性介质；稳定性差	经过两次以上的区域构造变动，挤压、错裂现象明显，地层产状变化较大
散体状结构	经构造剧烈影响或风化的断裂破碎带或风化带	碎屑状、颗粒状	断层破碎带，构造及风化裂隙密集（间距小于 0.25 m），结构面及组合错综杂乱，并多充填粘性土	完整性遭到极大的破坏，稳定性很差。岩体属性接近松散体介质	经历过多次区域构造变动，地层强烈挤压变形，断层发育，地层产状杂乱

$$I = \frac{V_m^2}{V_r^2} \tag{8—1}$$

式中：I——岩体的完整性系数；V_m——岩体纵波速度，km/sec；V_r——岩石纵波速度，km/sec。

四、矿区构造应力场的调查分析

地壳中天然应力状态取决于某一地区的地质条件和所经历的地质演化史。天然应力状态对工程岩体的稳定性影响很大，尤其在高应力岩体中，地表或地下工程施工会引起岩体与卸荷回弹，应力释放相关的变形破坏，恶化工程地质条件。有时作用的本身对工程也造成危害，例如坑道底部隆起、边邦爆裂、边邦围岩向临空面的水平位移或沿已有近水平的结构面产生剪切错动等。

矿区应力场的调查分析主要有两方面，一是地壳运动保留在岩体中的残余构造应力，二

是现代正在积累的构造应力。调查的内容有下列几方面：①查明矿区所处区域地质特征，地质演化历史，并分析区域构造形踪特点以进行构造体系配套；②研究矿区及其外围构造应力场演化，现代地应力的基本特征，并以构造体系特点进行地质力学分析，得出构造应力场的主应力方向；③查清矿区内应力集中的可能部位。例如工程岩体中与最大主应力成30°～40°交角的断裂，尤其是这类方向的雁行式或断续式排列的断裂组是应力集中部位。在构造活动区内，这类断层最容易发展为活动性断裂，在其端点、拐点、分支点或与其它方向断裂的交汇点，即对断裂活动起阻碍作用的地方，均是应力高度集中的部位；④研究矿区内岩体自然应力积累条件和程度。应先查明矿区内各地质时期及当代地壳隆起的速度和幅度，通常是以矿区内的主要河流各阶地的绝对年龄并测出它们之间的相对高程而取得。然后以这些资料结合区内岩体应变速率的变化趋势及各地史时期的断裂活动情况，总体判断当前区内岩体应力积累条件和程度。

五、露天矿边坡岩体稳定性的调查研究

大多数露天矿山在开采过程中，都要形成大规模边坡。这些边坡的稳定性直接关系到矿山生产安全和矿山开采的正常进行。因此对露天边坡稳定性的研究具有重要意义。

1. 影响边坡工程岩体稳定性的因素

影响边坡岩体稳定性的因素很多，现简要分述如下：

地质构造因素　主要有断层与破碎带，节理与裂隙，层理与片理，软弱夹层等。这些岩体的结构面及其空间组合将岩体切割成不同类型的结构体。这些结构面与结构体就决定了岩体的稳定性。

断层与破碎带，它普遍存在于各种岩体中，断层的延续性、发育程度、产状及其与边坡的组合关系，控制着边坡岩体的稳定性。例如一条与边坡走向一致或与其成小角度相交的断层，倾向与边坡倾向接近一致，倾角略小于边坡角，这条断层将成为岩体的滑动面，如图 8—2 为一个露天煤矿边坡沿断层面滑落的实例。

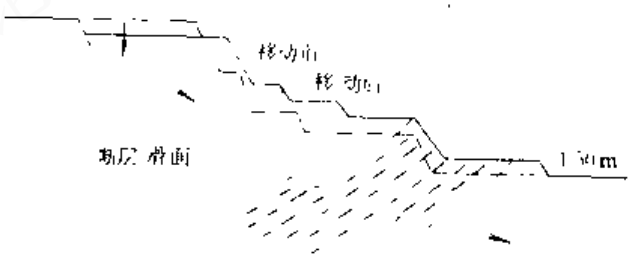


图 8—2　某露天煤矿沿断层发生岩体滑落

当断层有破碎物存在，且破碎物已成断层泥或者是断层破碎物被水解泥化，则更会促使岩体沉陷下滑。

岩层的层理与片理，这种结构面是抗剪强度很低的弱面，它们的产状和边坡的空间组合关系，是边坡岩体稳定性的主要因素。无其它因素参与的情况下，具有顺向层理面及片理面的岩体稳定性差，易产生活动，反之则较稳定。边坡角小于结构面倾角时较稳定，反之则不稳定。

软弱夹层一般与岩层产状一致，为层间结构面，它具有厚度小，有较强的延续性，所

含的粘土矿物较多，易水解泥化，发生膨胀，受力产生塑性变形等特点。所以，往往成为边坡岩体的滑动面。

节理与裂隙对边坡岩体稳定性的危害，取决于它的密度、延续性及其空间组合。密集的节理，造成岩体的极不连续，易于产生掉块与崩塌。

岩性因素　主要是指岩石的矿物组成、水理性质、结构等以及岩石物理特性。如含有片状、鳞片状矿物的岩石，抗剪强度低；含有粘土矿物的岩石，易吸水膨胀，受压后发生塑性变形；未经胶结或胶结不好的岩石抗风化能力弱；水理性质特殊的粘土岩、某些泥灰岩、板岩、粘土页岩、灰质页岩、凝灰岩等经不起地表及地下水浸泡。一旦出露地表，很快就吸水崩解成为碎块，并逐渐变为有塑性的岩石。故易造成边坡岩体的错动和倾倒。如图 8—3 所示；抚顺露天煤矿的煤层底板凝灰岩在大面积开采暴露后，吸水膨胀，产生多次大规模滑落，危害很大，图 8—4 为该煤矿岩体滑动地质剖面示意图。

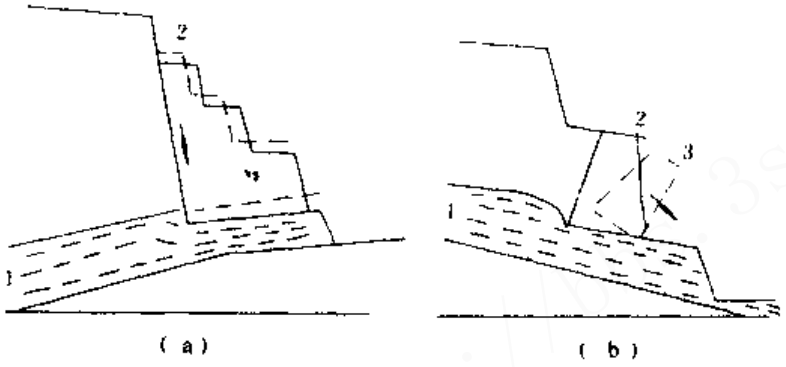


图 8—3　岩体错动和倾倒

(a) 岩体错动；(b) 岩体倾倒；1—软岩层；2—移动前位置；3—移动后位置

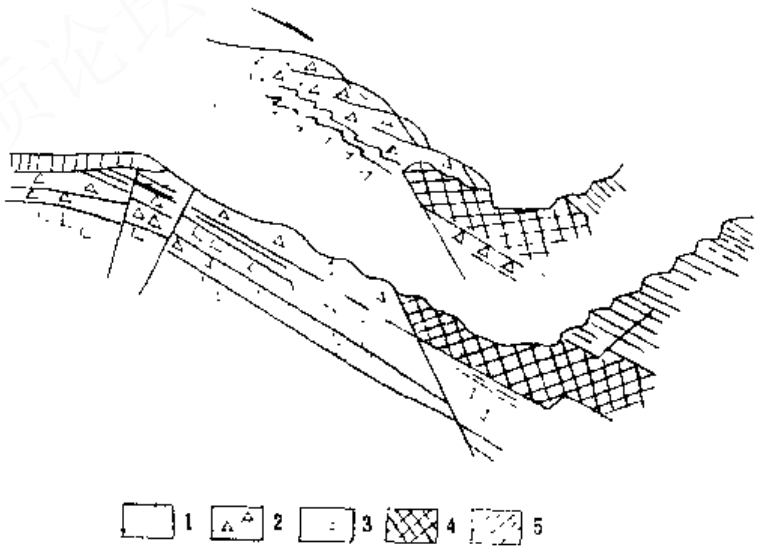


图 8—4　抚顺露天煤矿岩体滑落剖面示意图

1—玄武岩；2—凝灰岩；3—页岩；4—油页岩；5—绿色页岩

水文地质因素　此因素对边坡岩体稳定性的影响是多方面的，而且是复杂的。水的因素主要破坏作用表现在以下几个方面：大气降水渗入上部岩体，岩石湿度增加，因而上部

岩体的重量增加，使下滑力增强，滑动的可能性加大；当边坡岩体处于水淹状态时，水对边坡底部岩体可产生静水浮托力；岩体结构面中存在的水，对岩体滑动可起到滑润作用，降低结构面的摩擦力；结构面中的积水因结冻膨胀会加宽结构面的宽度，并相应产生一定的位移；软岩层，特别是含粘土矿物较多的岩石受地下水作用或经长期降水浸泡时，可发生软化，甚至水解泥化，有的发生膨胀，导致岩体移动；岩石颗粒间的孔隙处于饱水状态，则力学强度降低；若开采境界四周岩层中有承压水存在，必然产生向着开采境界内采空区方向的侧向压力；从露天采场周围流向境界内的大气降水可产生类似的动压力。

矿山生产和岩石工程作用因素：包括露天采场的形状及深度，边坡形状存在的时间长短，爆破震动作用，边坡上面的荷载等也会增大其下滑力。

2. 边坡工程地质调查

边坡工程地质调查的任务是查明矿区或边坡岩体的工程地质特征，以及与边坡岩体稳定性相关的矿山开采技术条件，为露天矿边坡设计的修改、边坡稳定性评价、边坡工程的变形破坏预报、灾害的预防和处理提供依据。其具体工作内容如下：

（1）岩体稳定性评价的工程地质调查　它包括区域稳定性调查（通过区调、地震资料的研究、分析区域地质构造特征、地震规律和新构造运动特征，查明区域构造线和构造应力的方向与特征）；矿区工程地质特征调查（查明影响边坡稳定性的地质构造、岩性、岩体结构和水文地质因素等）；矿区岩体的工程地质分带（在工程地质测绘基础上，进一步对各类岩体工程地质特征综合对比、研究，以岩石性质、地质构造、水文地质特征为主要依据，将矿区划分为若干带和亚类（表 8—3），作为矿区边坡工程地质评价的依据；边坡岩体的工程地质分区（表 8—4），作为采场结构要素调整、边坡工程维护和增治的依据。

（2）边坡整治工作中的工程地质调查　由于自然、地质、设计和生产等因素的综合作用，往往引起露天边坡工程的变形或破坏，影响矿山的安全和持续生产。所以，维护边坡工程的完整和稳定，整治遭受破坏或严重变形的边坡，改善矿山安全条件，恢复正常生产，几乎是每个露天矿山预防或面临的难题。边坡工程的整治，必须以查明引起边坡变形、破坏的主要因素和边坡变形破坏机制为依据，从而拟定整治方案，治理边坡。其具体工作有以下两个方面：①变形、破坏区边坡工程地质测绘，在以往工作的基础上，进一步调查边坡变形或破坏的范围、工程地质特征，并编制实测平面图，作为进一步调查、研究的依据；②边坡变形、破坏控制因素的调查：观察和测绘边坡表面的宏观变形特征和变形破坏区内裂隙的分布、性状、规模，周边围岩体位移或破裂状态；破坏特征，主要是观察和测量边坡的宏观破坏特征（如边坡破裂边界及其内部特征，判断破坏类型是崩塌、坐落、滑坡、倾倒，还是其它，是整体移动，还是解体破坏，位移的方向和规律，破坏区对生产的危害；地质因素，观察变形，破坏余迹与工程地质条件的关系；分析大气降雨、近矿河流、地震、风化、解冻等自然条件与边坡变形、破坏的关系；调查变形、破坏区边坡施工的技术措施与边坡变形、破坏有否关系等。

3. 边坡稳定性的岩体结构分析

大量的工程实践证明，边坡岩体的变形或破坏，都是沿着岩体中的软弱结构面发生的。也就是说，边坡岩体受工程作用力的破坏过程，主要是结构体沿着结构面的剪切滑移、拉开及整体的累积变形和破裂。所以，从岩体结构考虑，边坡岩体的稳定性主要取决于结构面的物理力学性质及其空间组合；结构体的物量力学性质及其立体形式；结构面、结构体

表 8—3　矿区地层和岩体工程地质分带对比表

地层		分带		分组	
		编号	名称	编号	名称
前震旦系白家咀子组	第一段第一层 $AnZb^{1-1}$	Ⅰ	混合岩带	$Ⅰ_1$ $Ⅰ_2$	F_1 断层破碎岩组 较完整的均质混合岩组
	第一段第二层 $AnZb^{1-2}$	Ⅱ	片岩片麻岩带	$Ⅱ_1$ $Ⅱ_2$ $Ⅱ_3$	黑云母片麻岩组 云母石英片岩组 F_{16} 断层破碎岩组
	第一段第三层 $AnZb^{1-3}$	Ⅲ	大理岩带	$Ⅲ_1$ $Ⅲ_2$ $Ⅲ_3$	中厚层大理岩组 多种岩浆岩混合岩组 岩浆岩频繁穿插的大理岩组
海西期 加里东期		Ⅳ Ⅴ	含矿超基性岩 碎裂花岗岩带		
前震旦系白家咀子组	第二段第一层 $AnZb^{2-1}$	Ⅵ	条痕-均质混合岩带	$Ⅵ_1$ $Ⅵ_2$ $Ⅵ_3$	F_3 断层破碎岩组 条痕-均质混合岩组 绿泥石绢云母石英片岩组
	第二段第二层 $AnZb^{2-2}$	Ⅶ	绿泥石云母石英片岩片麻岩带		
	第二段第四层 $AnZb^{2-4}$	Ⅷ	中厚层大理岩		
第四系	全新统 Q_4 中上更新统 $Q_{2,3}$ 下更新统 Q_1	Ⅸ	第四系松散岩	$Ⅸ_1$	微胶结冲积洪积砂卵砾石层
				$Ⅸ_2$	红色砂砾岩组
F_3 断层		Ⅹ	F_3 断层破碎带		

表 8—4　金川露天矿上盘区边坡工程地质分区特征表

编号	Ⅰ—1	Ⅰ—2	Ⅰ—3
位置与范围	位于露天矿采场西南侧，矿体上盘，小白泉沟以西地段，勘探线 28 与 36 行之间	位于采场南侧中部，矿体上盘，小白泉沟沟谷区，勘探线 24～28 行之间	位于采场东南侧，矿体上盘，小白泉沟以东地段，勘探线 10～24 行之间
地形与地貌	该区为矿区最高的山区，与采场入口相比，比高为 160 m，山脊薄，山坡陡，原始山形为“L”形，雨水东侧流入小白泉沟，西侧流入戈壁滩	本区为一较开阔的沟谷地形小白泉沟由南向北流经本区，沟谷冲积厚度达 10 m 左右	本区由走向北西的山脊和沟谷组成比高约 80 m 山脊较薄，北坡陡，南坡缓
工程地质岩组	本区出露的岩组自上而下：中厚层大理岩岩组（40～50 m）、绿泥石云母石英片岩（50～60 m）、条痕均质混合岩岩组（50～60 m）、岩浆岩频繁穿插的大理岩岩组（140～150 m）、多种岩浆岩混合岩岩组（80～90 m），超基性岩岩组（80～90 m）以及小部分碎裂花岗岩岩组	本区出露的岩组比较简单，自上而下：条痕均质混合岩岩组（90～120 m）夹大理岩较多、碎裂花岗岩岩组为本区主要岩组，出露面积较大，超基性岩岩组（140～200 m）	本区出露的岩组较复杂，自上而下：混合岩岩组，中间夹有一条带绿泥石云母石英片岩岩组（40 m 左右），在混合岩岩组内还夹有很多大理岩透镜体，F_{11} 断层破碎岩岩组（20 m 左右），中薄层大理岩岩组（50～150 m），多种岩浆岩混合岩岩组（40～50 m）、含矿超基性岩岩组

续表

编　号	Ⅰ—1	Ⅰ—2	Ⅰ—3
构造特征	本区构造形态为紧闭等斜褶皱西部轴向走向 N60°～80°W，倾向 SW，高倾角，东部轴向 N—N20°E，倾向 SE，高倾角，正常岩层产状：N20°～60°W，SW，∠45°～75°。片岩倒转产状：N40°～50°W，NE，∠45°～50°。主要断层：F_{13}。F_3（压性断层），产状：N40°～60°W，SW，∠60°，F_{14}（扭性断层），产状：N5°～10°W，SW，∠70°，F_{23}产状：N74°W，NE，∠67°	碎裂花岗岩、呈岩墙状斜切岩层交向侵入古老变质岩系中，与围岩呈断层接触 F_{14}、F_{13}和 F_4，破碎带产状：N—N30°E，SE，∠60°～70°。主要断层：F_{11}从边坡顶部通过，产状：N50°W，SW，∠70°左右，花岗岩中节理最发育有四组：（1）N5°W，NE，∠85°。（2）N80°E，NW，∠71°。（3）N35°E，NW，∠50°（4）N80°W，SW，∠60°	本区大致为一单斜构造，产状：N40°～50°W，SW，∠30°～60°。所有岩层均为断层接触，层间挤压破碎，F_{11}断层上、下盘具有显著拖拉褶皱带，轴面大致平行 F_{11}，纵贯全区的走向断层以 F_{11}为主，产状：N50°W，SW，∠60°～80°，破碎带宽 10～30 m，其中还有 F_9：N50°W，SW，∠70°，F_7：N50°～80°W，SW，∠70°～80°，都为冲断层，破碎带宽 2 m
水文地质条件	各岩组节理裂隙发育，属裂隙含水层，F_3构造岩与片岩岩组为不透水层，因而形成层状水文地质结构。本区降雨量小，地表流条件好。地下水流量不大，溢出点多在断层附近，F_4断层带附近明显	主要为碎裂花岗岩含水较多，属裂隙水，多在超基性岩的上盘蚀变破碎带以及其它接触带溢出，小白泉沟汇水面积较大，在暴雨季节可补给本区但水量不大	本区为显著的层状水文地质结构，大理岩岩组及超基性岩岩组为裂隙含水层，断层带、片岩岩组及蚀变带均为隔水层，因龙首矿地下采矿坑道靠近本区，地下水则向坑道集中，含矿超基性岩体渗透系数 0.00875～0.00106 m/d
岩体结构	各岩组结构各异：大理岩岩组为不规则菱块状结构，片岩为层状碎裂结构，混合岩为碎裂结构，超基性岩为菱块状结构，各断层破碎带为散体结构，这些岩组在边坡总体上呈显出层状碎裂结构特征，诸结构面（除片理外）大都倾向山里，倾角陡	混合岩为碎裂结构，碎裂花岗岩岩组为镶嵌结构，因出露在边坡，受风化作用，外表已呈碎裂状态，边坡下半部为超基性岩组成的菱块状结构	混合岩为碎裂结构，大理岩为不规则菱块状结构，断层破碎岩组为松软散体结构，超基性岩为菱块状结构片岩岩组为层状碎裂，大多数结构面倾向山里，倾角较陡整体上呈层状碎裂结构
边坡稳走性评价	从本区岩组，构造，岩体结构等特征来看，由于岩层结构面产状多为逆坡倾向，岩石软弱破碎为倾倒变形提供了必要条件，又由于多组结构面的发育，提供了边坡岩体变形的其它边界条件 F_3断层破碎带在上部荷载作用下产生压缩变形，片理面的发育是边坡滑移变形的有利条件上部 F_{23}亦为岩体滑坡提供了主要条件，由于多种因素，本区是矿区内边坡变形最严重地区，应给予极大注意	本区边坡中、上部主要是碎裂花岗岩分布，节理特别发育，岩体经风化后多呈碎块，因之，边坡变形以坍塌，坐落，滑移为主，下部以超基性岩体为主，其蚀变带易引起泥化压缩，产生变形，本区小白泉沟流水对边坡稳定起到不良影响	从本区工程地质条件来看与Ⅰ—1区有类似之处，如陡倾的反坡向岩层软硬相间不均一结构形式，顺坡向结构的发育等等都会引起边坡产生压缩，倾倒，滑移等变形，但由于本区地形条件，边坡比高较Ⅰ—1区为低，以及在采场位置内处于有利的应力分布范围内，故边坡稳定性较Ⅰ—1区好很多

与边坡结构要素的空间组合形式。边坡岩体结构分析，就是根据结构面和结构体对边坡稳定性的控制作用这个原理，通过野外调查和室内分析，定性的评价边坡岩体的稳定性，其分析步骤是：

首先，结合工程地质调查，统计、分析边坡岩体结构面的类型、产状、性质和规模等特征；

其次，应用赤平极射投影方法，图解分析边坡范围内，具有代表性的地质结构面、结构体的组合特征，及其与边坡面的组合关系，判断边坡岩体的稳定结构类型；

然后，综合应用赤平极射投影和实体比例投影的方法，推断稳定边坡角，定性评价边坡稳定性。

(1) 结构面的野外调查　①结构面分级：各种结构面发育的规模不同，在工程地质分析、评价中的地位也就不同。在大量实践的基础上，根据结构面的走向延展性、纵深发育和宽度的大小，将结构面划分为5级(表8—5)；②沿工程地质剖面线进行结构面调查统计，重点调查结构面的发育规律、组数、线状特征和切割关系，并绘制实测剖面图(图8—5)；③沿边坡面走向进行结构面调查统计，重点是详细测量结构面沿边坡面走向的相对距离和组合关系；④测绘调查点结构面实测平面图(图8—6)。以上调查内容与图件，都是室内图解分析和编制综合工程的剖面图的依据。

表8—5　结构面分级表

级　别	主　要　特　征	工　程　地　质　意　义
Ⅰ	区域性断裂，走向、纵深和破碎带宽度极大	控制区域稳定性，与重要工程规划关系密切
Ⅱ	有限的区域性地质构造面、大断层，延展数百米至数千米，破碎带宽约1～5 m	控制整体边坡稳定性
Ⅲ	小断层、层间错动面，破碎带宽约0.1～1 m	常是局部边坡变形、破坏边坡倾倒、大裂缝的主要控制因素
Ⅳ	层面、连续性较好的节理、裂隙，走向、纵深5 m以上	破坏岩体完整性，可影响边坡
Ⅴ	分布随机、为数甚多延展性极差的微小结构面，如小节理、不发育的片理、层理，长度小于5 m	降低岩体强度，是局部边坡坍塌重要原因

(2)边坡岩体稳定结构类型的判别　边坡岩体稳定性的结构类型可分为：稳定结构、基本稳定结构和不稳定结构。稳定结构是指边坡岩体中的结构面或结构面组合交线的倾向与边坡面线相反(图8—7)，由于可能的滑动面倾向边坡内部，岩体不易向采坑中心滑移，对边坡的变形、破坏没有影响，是比较稳定的；基本稳定结构是指边坡岩体中的结构面或结构面组合交线的倾向与边坡面的倾向一致，但前者的倾角大于边坡角(图8—8)。结构面或结构体滑动线的产状，一般说来是不利于岩体向采坑中心移动的，故边坡工程一般是较稳定的；不稳定结构是指在边坡岩体中的结构面或结构面组合交线的倾向与边坡面的倾向一致，而它的倾角小于边坡角(图8—9)，在客观上极有利于岩体沿着结构面或不稳定体沿着

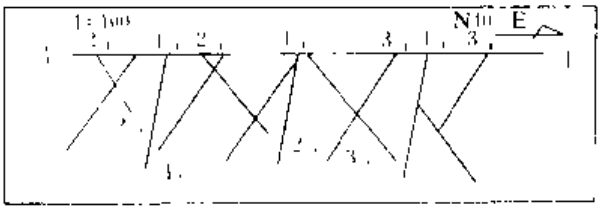


图 8—5　结构面实测密度及产状示意剖面图

Ⅰ—Ⅰ—测线；1—压性结构面；2、3—扭性结构面；$1_1 \sim 1_2 = 30$ cm；$2_1 \sim 2_2 = 25$ cm；$3_1 \sim 3_2 = 20$ cm

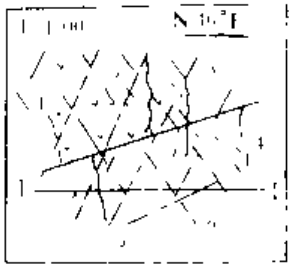


图 8—6　结构面实测间距示意平面图

Ⅰ—Ⅰ—测线；1—压性结构面；2、3—扭性结构面；4—张性结构面

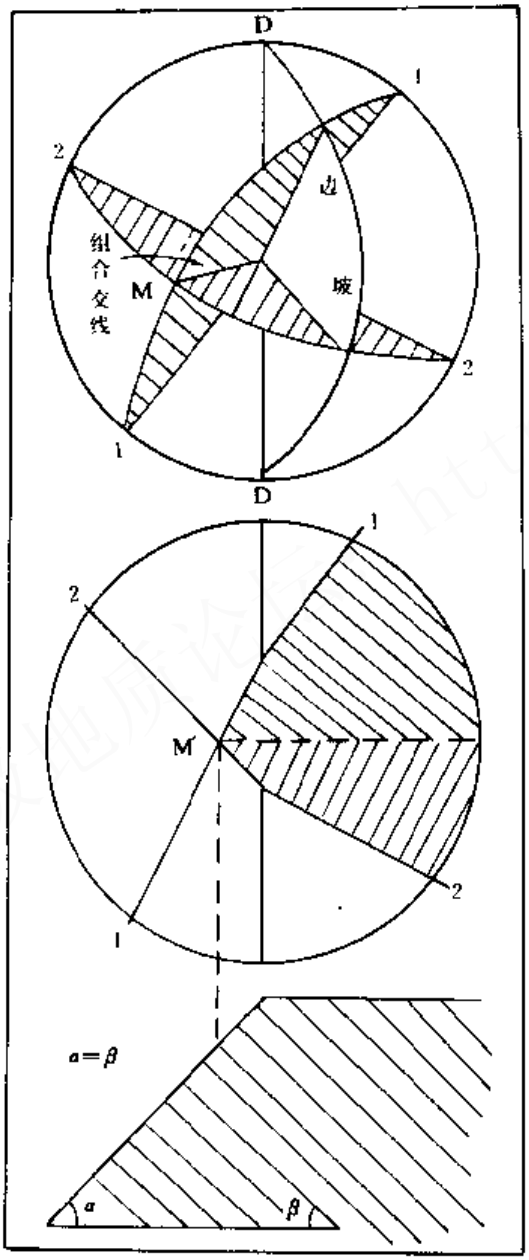


图 8—7　稳定结构

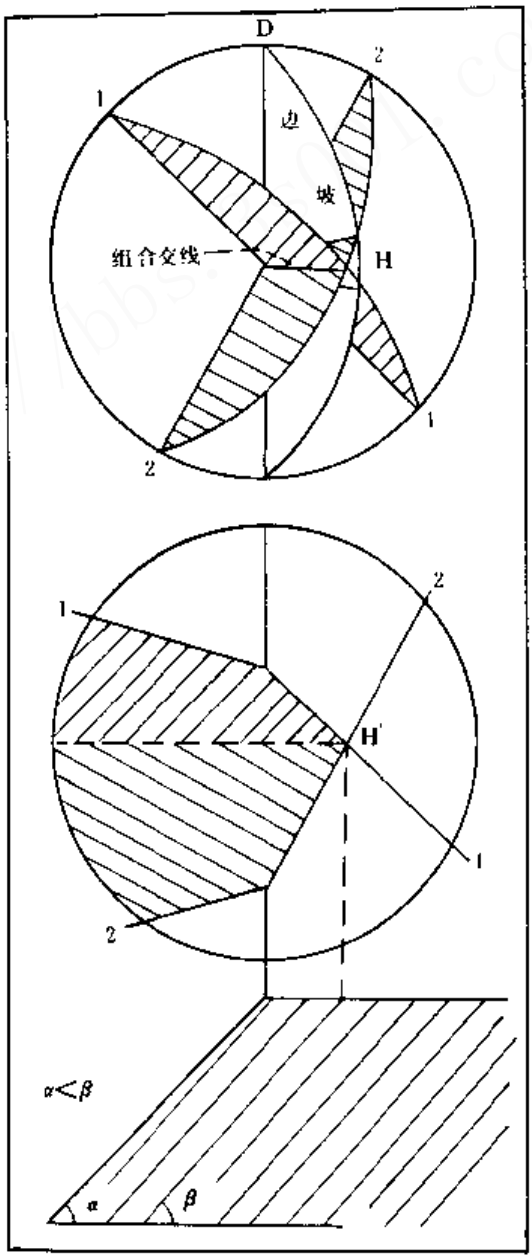


图 8－8　基本稳定结构

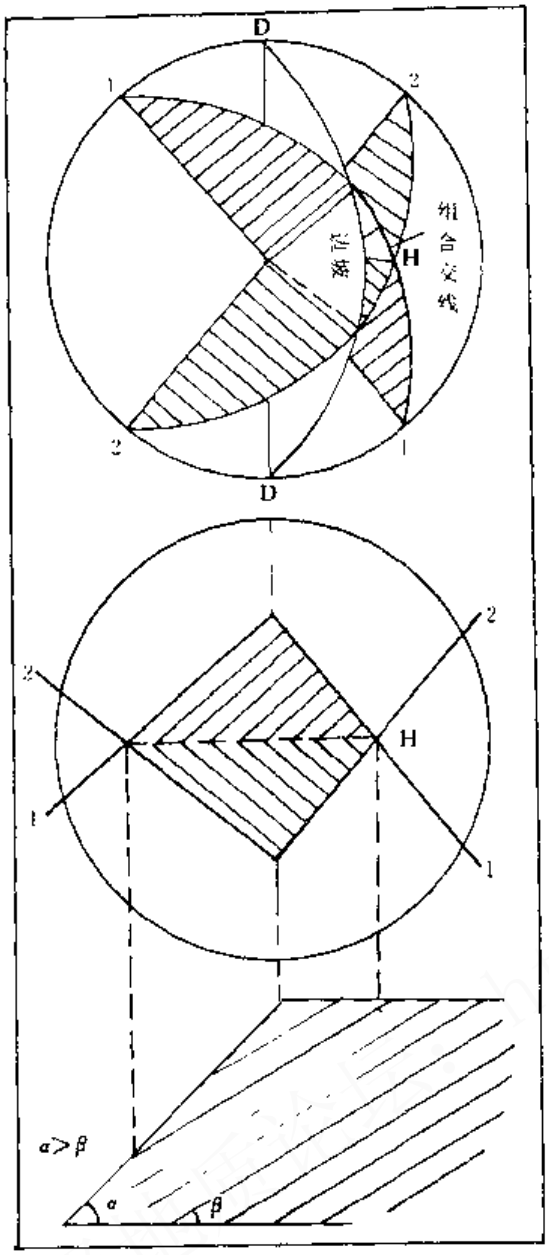


图 8—9　不稳定结构

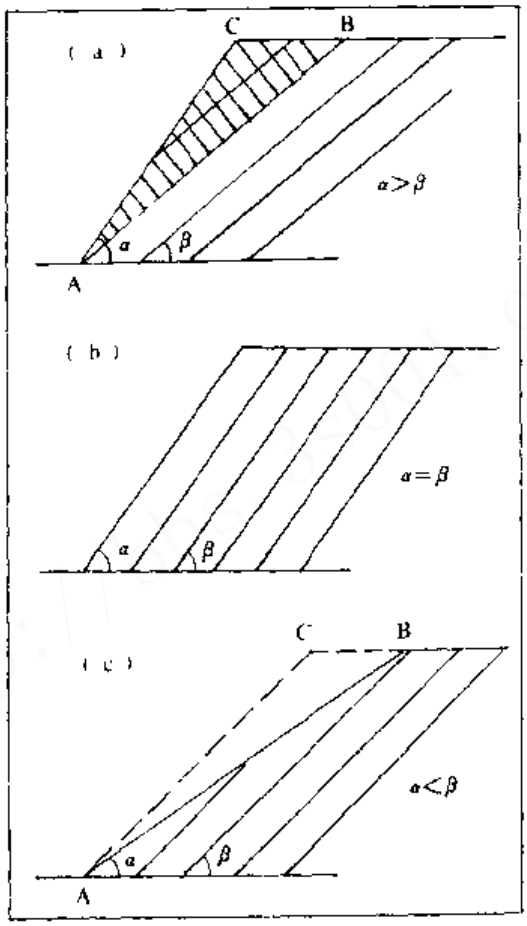


图 8—10　稳定边坡角与结构面产状关系

结构面组合交线，向采坑中心滑动，所以这类结构类型的边坡工程，一般是不稳定的。

（3）稳定边坡角的推断　层状结构边坡，当层面走向与边坡走向一致，倾向也相同时，层面与边坡面的组合关系可有图 8—10 所示的三种形式。从岩体结构的观点定性推断，当 $\alpha=\beta$ 时的边坡角，即为稳定边坡角。但层面走向与边坡面斜交时，稳定边坡角就不能用上述的直观方法推断。此时，可采用计算法，应用赤平极射投影图解分析和查图法推断稳定边坡角。

六、井下岩体移动的地质调查

坑内开采矿山，由于采掘工程的进行，破坏了岩体的原始应力状态，可因应力重新分布引起岩体变形、移动、破坏、冒落等一些岩体活动现象，这些岩体活动通称地压活动。在岩体活动的发展过程中，在空间上是由近至远，由下而上，逐渐扩展，甚至达到地表；在时间上经历初期变形、微弱移动、中期激烈移动，逐渐减弱达到相对稳定阶段，即达到新

的力学平衡状态。处于岩体移动的井下，井上建筑物、工业设施等将会受到不同程度的破坏和影响，甚而使矿山的竖井、斜井和其它坑道也可遭到破坏，严重的可威胁安全生产和开采的正常进行。因此，研究开采区的岩体移动地质条件以及岩体移动规律，对解决采掘工程施工的安全，合理有效地确定井巷维护方法，改善顶板管理方法、采矿方法和开采顺序，减少矿产损失，提高矿石回采率等都具有重要意义。

1. 井下岩体移动的类型

依其活动范围的大小和空间位置，可将其分为：大面积岩体移动，局部岩体移动，巷道地压活动及冲击地压四类。大面积岩体移动是指一个采区的大部分采空区或一个采区的数个中段在同一时间发生岩体移动，严重破坏一个采区的井巷工程，损失大量矿石储量，甚至造成采区关闭；局部岩体移动是指一个采区的 1～2 个中段或几个采场所发生的岩体移动。这类移动其后果虽不像大面积岩体移动那样严重，但在一个矿山内，局部活动往往比较频繁，且易引起连锁反映。个别或少量采矿矿柱被压裂，顶板脱落，频繁掉块等就是此类岩体移动的具体表现。严重的可出现个别中段或几个采场及某些采空区的垮落，并引起部分巷道开裂、错动等；巷道地压活动是指巷道中出现片邦、冒顶、顶板下沉、两邦内鼓、底部岩石膨胀等都是地压活动的表现。现有的矿山由于巷道地压活动，造成施工困难，巷道形成之后支护保持不住，甚至多次返修或报废部分巷道；冲击地压又称岩爆，往往发生在开采深度很深的矿山（一般在采深 800 m 以下），也有采深较浅的出现岩爆（煤矿有时在 200～300 m）。岩爆发生时，不仅破坏井巷工程，而且可引起人身伤亡，它的发生时间短促，可引起气浪，产生震动，并有响亮的声音。

2. 岩体移动调查

井下岩体移动虽然规模大小，表现的形式不同，但发生岩体移动除了和采矿方法、采空区处理、开采深度等因素有关外，更直接和矿床的地质条件有关。为此，岩体移动调查的主要内容是：断裂构造的调查和查明最新构造应力场的分布；岩体的岩石性质与结构的调查，岩石的水理性质和岩体的结构特性以及溶洞、水文地质条件等的调查。

3. 岩体移动的征兆与监测

包括初期变形阶段的征兆（岩层发响、顶板掉块次数增加、巷道出现新裂隙并不断加宽，巷道底板流水的变化、巷道变形和地表缓慢下沉及动物活动反常等），岩体大规模移动初期征兆（井下局部岩体冒落等）；岩体移动的监测包括岩体位移监测、压力测量和岩声监听等内容。岩体位移监测一般都是采用精密经纬仪和水准仪（测绝对位移），而相对位移监测可采用位移测杆、巷道顶底板“对点”观测、木质顶板沉降仪、标准尺测量等手段进行；压力测量可使用钢弦力盒、钢弦频率仪和杠杆式测压仪进行；岩声监听可通过声撞击、声发射、声波观测等方法进行监听。

第三节　矿山水文地质调查

一、矿山水文地质工作的意义

在矿山资源开发中，矿山水文地质工作具有很重要的地位。这不仅是由于地下水直接或间接威胁矿山采掘作业的安全，影响经济效益，而且在矿山排水疏干期间，还会改变矿山环境地质条件，对附近城乡的工农业生产与建设造成一定的影响。合理治理地下水，开

展地下水的综合利用，正是矿山水文地质工作者的光荣职责。

众所周知，大水矿山的疏干排水工程投资和经营费用是巨大的。据我国南方部分大水有色金属矿山的不完全统计，在70年代初，每采一吨矿石需排水30～55 t。泗顶铅锌矿日最大涌水量竟高达430 t，而在地下开采矿山中，突水常常伴随着大量涌砂、流泥以至冒顶、崩塌，一旦备用排水能力不足，轻则影响局部生产，重者造成矿井被淹。湖北大冶叶花香铜矿即多次发生突水，最大突水量达62400 m^3/h，终因排水费用大，治水困难而关闭停产。

地下水活动，还会大大恶化矿坑的工程地质条件，降低露天矿采场边坡或坑道顶底板的稳定性，引起滑坡、崩塌与冒顶、塌方、泥砂溃入等现象。江西武山铜矿在南矿带－40 m探矿坑道掘进中，多次遇构造破碎带。其中11穿工作面因突水和泥砂溃入，堵塞了50多米坑探、波出地表农田，造成地表塌陷；在岩溶矿山，大规模的疏干排水引起区域地下水位下降，井泉干枯或流量锐减，使农田灌溉和城镇供水发生困难；尤其严重的是，疏干排水常常引起大规模的地面塌陷，对附近城乡人民的生活、生命财产安全和工农业生产带来巨大的威胁。湖南水口山铅锌矿在坑下放水（疏干）2～3年后，产生大小塌洞800余个，损害农田516亩，迁建民房6613 m^2。1968年曾家溪塌陷区河道被洪水淹没，坑下涌水量激增两倍多，坑道几乎被淹。与输干排水引起的不良工程地质现象斗争，无疑是矿山水文地质工作者的一项长期面艰巨的任务。

有些以硫化矿为主的有色金属矿山，地下水常呈酸性，其pH值可达2～4。坑道中的酸性水既对各种金属设备具有强烈的腐蚀性，排放后又会污染环境。

由上可见，开展矿山水文地质研究和矿坑水的防治与综合利用，对保证矿山生产和人民生命财产安全，对保护环境都有着非常重要的意义。

二、矿山水文地质工作的内容

矿山开发阶段的水文地质工作因不同的开采方式和矿山水文地质条件的不同，其工作内容往往有很大的差异。但总的来说，在水文地质条件一般的矿山，其工作内容是在原水文地质工作的基础上，设置必要的防治水设施，组织排水疏干和日常监测；对水文地质条件复杂的矿山，往往由于原勘探工程量和工作深度的限制，其所取得的水文地质资料，难以满足矿山开发的需要，故应结合矿山的实际，在建设前期到生产的初期进行补充（或专门性）水文地质勘探与试验。必要时，还应建立专业的防治水队伍，进行防排水工作的研究、设计、施工工作。

1. 露天开采矿山水文地质工作

露采矿山的主要特点是采掘范围大、揭露岩层多、工作面宽阔、进出运输方便，但开采深度一般均较地下矿山小。由于露天矿坑直接暴露面积大，大量降水可直接降入或汇入矿坑内。此外，如若地下水涌入矿坑，对矿山采掘的主要影响则表现为突然溃水淹没矿坑，影响爆破和矿岩装运效率和露天边坡的稳定性。应分别根据其特征和开采要求，有针对性的开展工作。

对地下涌水（或暴雨）可能淹没矿坑的露天矿，必须建立完善的防排水系统。如在深凹的露天采矿场，一定频率的暴雨径流量，往往大大超过地下涌水量，成为淹没矿坑的主要因素之一。故对这类矿山，首先应计算矿坑涌水量和暴雨径流量，以便确定防排水系统的排水能力。暴雨径流量取决于暴雨频率的选择和矿坑允许淹没深度与天数。对进入矿坑的降水和地下水，要尽可能分段拦截、分段排出，以减少排水扬程和能耗。这类矿山水文

地质工作的主要任务是进一步查明主要充水岩层与矿体的疏干排水条件，建立可靠的排水疏干系统和观测检验系统，进行疏干塌陷及其它环境工程地质问题的预测与防治的研究，条件允许时，可采取措施封堵主要充水岩层、矿体与地表水体的水力联系。

在凹陷露天采矿场，地下涌水（大气降水）会使松散或软弱岩层构成的工作面与道路变得泥泞，严重影响装运的效率。工作面和爆破深孔中的地下水，会影响爆破效率。还有些矿山，由于地下水渗流，可能导致冬季道路和工作面结冰，结采掘作业和运输的安全带来很大影响。故对这些矿山，应采用预先疏干方式，把地下水位降低至最低采掘工作面以下。地下水对露天矿山边坡稳定性的影响，主要表现为大大降低边坡的稳定性，严重时会造成大面积的片邦、滑坡、崩落等一系列工程地质问题，威胁人员、设备的安全。由疏散、疏软地层或遇水软化的岩层构成的边坡尤其严重。为此，必须查明边坡各含水层，特别是弱含水层分布范围、产状、厚度、分层的岩性及其透水性、地下水的补给排泄条件，进面研究其疏干条件，建立疏干系统和边坡加固措施。

2. 地下开采矿山的水文地质工作

地下矿山的采掘范围较小，掘露岩层主要为矿体及其围岩，工作面狭窄，出入通道既小又少，且受提升能力的影响。因此，地下水对采掘生产的危害，往往比露天矿山严重。地下水突然溃入，造成的淹没事故，在一些矿山中时有发生。伴随着溃水或坑下涌水，常有大量泥砂涌入和冒顶、片邦、底鼓、断面收缩等不良工程地质现象。由于采矿造成采矿场顶板岩层的沉陷波及地面还会产生陷落和疏干塌陷，还会沟通上部含水层、地表水体，引起地表水、地下水和大气降水的下渗与溃入。此外，酸性水还会对井巷中的金属部件和设备，产生强烈的腐蚀性。

坑道突然溃水，常发生在开采深度大、地下水压高，主要含水层的强透水性裂隙或岩溶、裂隙发育的矿山。突水时，地下水以极大的压力和速度冲入巷道，易造成灾害事故。产生突水淹井的原因，主要是对矿山水文地质条件未查清，涌水量预测不准，防范措施不利等原因造成的。为了防患于未然，首先，尽可能准确地预测矿坑涌水量，并据此确定合理的水仓容量和水泵的数量与规格；超前探水（放水），必要时还要进行坑道超前疏干和地表群孔预先疏干等措施与工作。此外，为了检验矿山涌水量和设计疏干手段的可靠性、有效性，可在基建时利用已建成的部分疏干工程进行坑道放水（疏干）试验。

对因坑道涌水造成泥砂溃入、坑道变形的地段，可采用超前疏干，预先降低地下水位。预先疏干的方式除前述者外，对渗透性较差、涌水量不大的松散含水层，可用打入式过滤器、真空过滤器放水，配合巷道疏干，以提高坑道的稳定性。

采矿和疏干引起的地面变形（沉降、开裂、塌陷）对地下水的影响，主要是形成了沟通地面与地下巷道的各种形式的通道，它们将导致大气降水的汇集与下渗；地表水的下灌及上部含水层地下水的下泄。从而使巷道涌水量增加，甚至造成灾害。这部分水量，在勘探阶段是无法预测的，只有在矿山设计与施工中，根据所确定的采矿方法、设计影响开采范围和降水量，计算降水渗入量。同时，要在生产实践中，不断积累矿山开采影响范围、降雨量和巷道涌水量的增加值之间的动态关系，修正降雨渗入量。通常的治理办法是回填塌洞、河流改道和在采矿崩落区外设排水沟，以减少渗入量。

地下水对管道及排水设备的腐蚀，是和有色金属硫化物矿床含酸性地下水密切相关的。对此类涌水量不大，酸性水危害严重的矿山，应定期采取水样分析，掌握水质变化规律与

发展趋势，与环保部门配合，搞好污水处理。废水中的有益元素，应进行回收。

三、水文地质条件复杂的矿山专门水文地质勘探与试验

专门水文地质勘探是在初步确定防治水方案之后，根据方案的要求进行的专题勘探与试验工作。它包括：

（1）为鉴定防治水方案的技术可靠性和为施工图设计提供资料而进行的半工业试验工程。如地表群孔疏干（抽水）试验、坑道放水试验、帷幕注浆堵水试验、疏干塌陷的试验研究。

（2）为进行防治水工程设计而进行的勘探。如寻找疏干孔位及查帷幕注浆边界的勘探。

（3）为检查矿坑涌水量，核定矿床充水条件，查清计算边界条件，以建立矿山水文地质模型而进行的大流量、大降深抽水试验、疏干试验、坑道放水试验。

（4）为延长矿山服务年限而延深矿坑或扩大开采范围而进行的深部或矿区外围的水文地质勘探等。

由上可见，专门水文地质勘探是目的性明确、针对性强，且要投入大量人力、物力、财力，花费大量时间的大型试验研究工作。它既是矿床水文地质勘探的延续与发展，又是它的深化与提高。

专门水文地质勘探工程的布置，要尽可能与矿山防治水工程相结合；尽可能利用已有的开拓工程；力争一孔多用。

专门水文地质勘探的手段与方法：水文地质物探是探查浅部隐伏型含水构造（岩溶带）的一种较简便、价廉的方法。除常用的地面电法（电测深、联合剖面、激发激化）外，还有感应瞬变脉冲法、甚低频电磁法、浅层地震法、高精度磁测法等。在井中物探方面，常用的有无线电波透视法、水文电测井、井中流速流量测定仪；近年来，国内外又推广发展了一批新的深孔测试手段，如电视成像测井、声波透视测井、综合测井、温度测井等。钻探是揭露含水层，查明其分布与埋藏条件的直接手段。钻孔提供了测井及各种试验的场所，又是疏干的设施。从工作性质来分，有疏干孔、直通式泄水孔、放水孔、抽水孔、观测孔、侦察孔等。按钻孔直径分为小口径孔（ϕ200 mm 以下）、大口径孔（ϕ200～1000 mm）。另外，还有抽水试验和专门水文地质试验、深孔疏干（抽水）试验、坑道放水试验、地下水连通试验、帷幕注浆堵水试验等）。

四、水文地质条件复杂矿山的地下水防治

在水文地质条件复杂的矿山，为了减轻地下水的危害，改善劳动条件，保障矿山生产建设的安全，提高劳动生产效率，必须对矿坑涌水采取经济有效的防范和治理措施。

1. 地下水的预先（超前）疏干

地下水的预先疏干是利用专门的排水系统，将地下水位提前降至工作中段（平台）以下，使采矿场处于干燥状态。常用的方法有地表群孔疏干与地下巷道疏干法、明沟疏干法和联合疏干法。疏干方法的选择应考虑：矿山水文地质条件和采掘生产的要求；有效地降低采矿场的地下水位，形成稳定的疏干降水漏斗并显著改善矿山作业条件；施工条件好，建设投资少，周期短；经营管理方便，费用低。

地表群孔疏干　是在地表施工穿透主要含水层，揭露强透水裂隙或岩溶带的大口径孔群，用深井泵或浅水泵抽水，以形成超前的相互干扰的深大降水漏斗或直接拦截地下水流，使被保护区处于疏干状态。此法适用于含水层渗透性好、含水丰富的矿山，但受水泵扬程

的限制，疏干深度一般不能超过 300 m。

地下巷道疏干　是直接利用专门的巷道辅以坑下放水孔，拦截涌向矿坑的地下水流，或预先降低矿坑地下水的疏干方法。它以截流和疏干为主要特征而与一般巷道排水相区别。此法应用范围较广：它不受含水层深度、性质、渗透性和富水性大小的限制，既可疏干强含水层，也能疏干弱含水层；既应用于地下矿山，也可用于露天矿山。

明沟疏干　在厚度小、埋藏浅（不超过 15～20 m）的含水层中，开挖超前疏干明沟，拦截涌向露天采场的地下水。在地下矿山，可防止浅层孔隙水涌入矿坑。此方法多作为辅助疏干手段。

联合疏干　凡一个矿山采用两个或两个以上疏干方法，称为联合疏干。适用于水文地质条件复杂的矿山。

2. 注浆堵水

注浆堵水是将具有充填、胶结性能和较高强度的材料配制成浆液，压入岩层的裂隙或空洞中，以局部或全部堵塞矿坑充水的通道，加固岩层，减少矿坑涌水量，预防塌陷。此法是矿山防治水害的重要方法之一。此法可分预注浆堵水和后注浆堵水两种。前者是指开凿井巷前预先注浆封堵构造破碎带、岩溶裂隙和松散透水岩层；后者则是在掘砌井巷后注浆，处理井壁漏水、加固井壁岩层和恢复被淹矿井。

3. 矿山排水工程

有许多矿山，在矿坑中直接排水和设置必要的防护工程。它包括地面防水工程和矿坑防排水工程两类。地面防水工程有防水堤坝、截水沟、防渗工程；矿坑防排水工程有超前探水放水孔，防水门和挡水墙，水仓、水泵房及排水管线及监测系统；露天矿防排水工程，如各台阶临时或永久性集水沟渠、水泵房、水仓及排水管线。

4. 矿床疏干引起的塌陷及其防治

隐伏的浅部岩溶发育区，由于疏干排水或井下突水，地下水位大幅度下降，使地下水对上覆土层的浮托力减少甚至完全消失。地下水运动过程中的潜蚀作用，溶洞充填物被携带流失形成新的空洞，以致在真空吸蚀力和重力的作用下，从沉降、开裂进而发展成塌陷。塌陷的产生，恶化了矿区的工程地质条件，使地面建筑物开裂甚至倒塌、耕地毁坏、河流中断、井泉干涸、铁路、公路、桥梁、管道发生变形、破坏；由于塌陷，大量地表水携带泥砂涌入矿坑，淹没铁轨、淤集水仓。更严重的是发生在地表水体（河流、湖泊）中的塌陷，将导致地表水下灌，矿坑涌水量猛增，一旦涌水量超过水泵总排水量就会造成淹井事故。

为此，应该加强对塌陷分布规律的研究，以便开展塌陷的预测工作和采取疏干塌陷的防治措施。

疏干塌陷的分布有以下特征　多产生在构造破碎带，硫化矿体、岩浆岩体与可溶岩的接触带，特别是浅部岩溶强烈发育的地带；质纯厚度大的可溶岩层；第四系厚度较小、颗粒较粗的地层中易发生塌陷；一般情况下，降水漏斗中心部位的塌陷多于边缘部位；多分布于地下水的主要径流方向；岩溶水与地表水力联系较密切的河床及地形低洼地段。

疏干塌陷的防治措施　塌陷前的预防一般在预测的塌陷区内，不得布置重要的工业设施和建筑工程，避免造成损害；对已受影响的原有建筑和设施应适其重要程度、危害大小分别采取搬迁、加固和拆除等措施；为减少疏干塌陷主要应减少岩溶充填物和上覆盖层被

潜蚀，为此应逐渐加排、放水量、减缓地下水位下降速度，避免动水位急剧下降；在疏干孔、放水孔中安装过滤器，力争水清砂尽；对可能塌陷地段进行局部或帷幕注浆；此外，还可采取改河道、地表防洪分流、回填低洼塌陷区等措施，以防地表水渗漏、倒灌，加剧潜蚀作用，同时应加强动态观测。

第四节　矿石（或围岩）自燃的地质调查

一、矿石自燃的研究意义与内容

有些矿床的矿石(或围岩)氧化性能极强，特别是一些硫化物组成的矿床当其成为松散状态时，氧化更为强烈，在一定条件下，这些松散的矿石(或围岩)可因氧化而引起自燃。

矿石（或围岩）的自燃现象多发生于硫化物矿石的有色金属矿山，严重者可引起矿山火灾。

矿石的自燃，不仅可以引起坑内火灾而损坏设备和危害工作人员的安全，而且还能造成矿产资源的损失。因此，对这种自燃现象必须进行调查研究，以便掌握其规律，为有关部门采取预防性措施提供地质方面的依据。

矿石自燃的产生虽然与采矿方法、通风方式、矿石损失状况、采下矿石的堆放时间和方式等采矿技术有关，更重要的还是取决于矿床的地质因素。如矿石的化学及物理性质以及矿床的赋存特点等。因此，对矿石自燃的调查研究是矿山地质人员责无旁贷的职责。

在矿石自燃的地质调查时，须进行下列几项工作：预防自燃的地质调查，处理自燃火区的地质调查及有自燃倾向地段爆破安全的地质调查等。

二、矿石（或围岩）自燃基本过程

矿石（或围岩）自燃产生的原因是由于矿石中各种硫化物的氧化，因为硫化物氧化的过程是一个放热的过程。以黄铁矿为例，其氧化时的化学反应方程式如下：

$$2FeS+7O_2+2H_2O \longrightarrow 2FeSO_4+2H_2SO_4+2578.315\ kJ$$

当氧化作用不断聚集起来的热量，不能逸散时即可引起自燃。

含硫化物的矿床一旦被坑道工程揭露后，尤其爆破成松散体后，氧化作用就不可避免地要开始。即使坑下的温度是常温（10～15℃），随着氧化的进行，矿石的温度可逐渐增高。而温度的升高使其氧化产物［如 $Fe(SO_4)_3$ 或 H_2SO_4 等］又进一步加速了氧化速度，当温度升高到一定程度后，可出现自热的转折点，可称为温升加速点，此时，自热速度可超过原速度的几倍甚至几十倍。例如湘潭锰矿顶板的黑色页岩便有此情况，220℃是该页岩氧化自热的转折点；又如黄铜矿当温度升高到 270℃时，自热的速度可达到原速度的 38 倍；铜官山铜矿的某些矿石的温度加速点甚至可低至摄氏 40 多度。当矿石温度超过温升加速点后，氧化自热速度急剧加速，终于到达始燃点，而产生自燃现象。这种自燃现象既可发生于坑内受到破碎的存窿矿石或损失于废采场的矿石中，也可发生在裂隙较多的原矿石中，甚至发生于地表堆积的矿石中。在此需要指出的是除了硫化矿物是引起自燃的主要物质外，矿石中的一些其它物质如酚类等有机物或挥发物等也可能引起或促进自燃的发生。

实验证明：在矿石本身性质相同的情况下，矿石的氧化速度与矿石的破碎程度、温度以风流速度等因素有关。一般破碎块度小的块石和湿度大的矿石氧化较快，而风流速度则

有一定限度。一般当矿石灼热后，每一定温度都有它自己的吹送空气极限速度，到了这个极限速度，矿物的自热与散热达到平衡，温度逐变为固定，如风速超过了这个极限速度而继续增高，那么由于散热大于自热，温度就会下降。

三、预防矿石自燃的地质调查研究

为了掌握矿石自燃的可能，对矿石有自燃危险的矿山，需对下列地质因素进行调查研究：①矿区范围内的矿石和岩石的物质成分及其含量，特别是能引起自燃的那些成分（如硫化物）及其含量；②矿石的结构构造特点；③通过试验测定矿（岩）石氧化速度、升温加速点和始燃点；④矿石的物理性质（如导热系数等）和力学性质（如与破裂程度有关的脆性等）；⑤矿体厚度、产状、矿床分带性及其变化特点；⑥矿床水文地质条件及地下水的成分等。

根据上述调查资料的综合分析，还应在有关地质图上圈定出自燃危险性程度不同的地段。以作为采取预防措施的依据。

四、预测自燃火灾并圈定火源的方法

1. 矿坑内地下水分析法

根据许多实际观测资料证明，在硫化物矿床“火区”里流出来的地下水，其成分与非“火区”流出来的地下水是绝然不同的。如硫化物矿床“火区”流出来的地下水中 Fe^{2+} 和 SO_2^{2-} 的浓度比非“火区”有明显的增高。某些硫化物铜矿床中，在非“火区”中每升水内铜的含量仅有千分之几克，而从“火区”流出来的水中铜含量可渐渐增至 5～10 g/L 以上，铁的含量也从 0.05/L 增至 15 g/L 以上。由此可见，系统的分析矿坑各地段涌水的成分，在一定程度上可以预测矿石自燃是否发生或即将发生的地段。

2. 矿物学—地球化学法

在氧化作用剧烈的条件下，矿体中的化学反应作用，能形成一些特殊的伴生矿物如胆矾、铁矾等，这些伴生矿物大约有 20 几种。在“火区”的每个发展阶段都有特殊的地球化学过程。因此，“火区”的每个发展阶段都因其独特的伴生矿物而区别于其它阶段。伴生矿物的变化主要是决定于“火区”形成时期长短和矿石的化学成分。故对已知“火区”附近特征矿物进行系统调查，可以掌握这些矿物的种类及分布规律，以便对未知“火区”进行预测。

3. 利用地层等温线圈划火源法

为了确定“火区”界线，可在强烈氧化区（自燃区）的范围内，沿走向方向和宽度方向，每隔若干距离测量岩石的温度，然后将各点测得的温度值，标定在垂直剖面图或水平断面图上，绘成等温线图，用以表明火区的温度变化，借以掌握该区范围内有无危险的升温现象，确定升温地带的边界，研究初期火灾在时间上的演化过程等。

第五节　矿山水土污染的地质调查

成矿过程可使矿区某些元素的含量异常，而在矿山基建和以后的生产过程中，大量废石、废水及尾矿排放到地表，可进一步加剧矿区水、土中某些元素的异常，以至出现严重的污染。因此，为了协助环保部门搞好环境工作，在矿山开发过程中就应进行下列几方面的调查研究工作。

1. 矿山原始环境地质调查与评价

此项工作的目的是为了查明尚未采掘的地质体，能否成为污染源和出现污染的可能程度。其主要工作内容包括：查明地质体中可能造成污染的有害物质的赋存状态、含量及分布；进行原始环境质量评价，以确定潜在污染源及其可能造成的污染程度；对可能产生污染的矿山，还要编绘出污染源分布图。

2. 环境污染定点定期监测

对于经过原始环境地质质量评价，断定有可能产生环境污染的矿山，在基建阶段就应开展环境污染监测工作，对此，可先在废石堆以及矿坑水排入的水体（河、湖、塘或水库）布置一定的监测点，定期测定水体和土壤中有害组分浓度的变化，如发现污染情况，还应及时扩大布点范围，以开展全面监测。

3. 废石中污染元素风化扩散情况调查

要调查开拓中排出废石的风化速度，并测定废石堆中元素的流失情况和从废石堆流出的水流中有害组分的含量，以便查明它们对附近水体、下游水体以及周围土壤的污染影响。

4. 水土污染危害的调查

配合环保部门对矿区附近一定范围内，随开采的不同阶段，调查水土污染对人体健康和其它动、植物的危害，确定与环境条件和污染的关系。

矿山主要有害金属元素及其对人体健康的危害性见表 8—6。

表 8—6　有色金属矿山主要有害金属及对人体危害

元　素	含　量	危　害
铜	人体正常含量 100～500 mg	超过人体正常含量有害，含铜盐类如硫酸铜更具毒性
铅	矿区空气中正常含量 1.3 μg/m³	铅可以形成不溶性的磷酸三铅，进入人体后在骨骼中沉淀，也可少量进入肝、脑、肾等内脏器官，对神经系统、血液皆有害
镉	土壤 1.0 ppm（土壤环境标准） 饮水 0.01 ppm（饮水标准） 废水 0.1 ppm（排放标准） 大气 1.0 ppm（排放标准） 废渣 0.3 ppm（废物处理标准）	镉中毒引起“骨痛病”，死亡率达 58%
锌		锌本身无害，但其盐类能使人体内蛋白质沉淀，对皮肤、粘膜有刺激腐蚀作用
砷	选冶车间、巷道空气中最高允许含量为 0.3 mg/m³，三价砷对人的致死含量为 70～180 mg	砷对人、动、植物均有严重危害，以三价砷为最强烈，能使小孩患骨质病成残废畸形；成人头痛、呕吐、腹泻，重者死亡；砷与喉、眼癌及白血病有关
汞	空气中正常汞蒸发量应少于 0.1 mg/m³；成人体内允许含量小于 100 ng/ml	甲基汞引起“水俣病”，空气中含汞超标可引起知觉障碍病变

续表

元　素	含　　量	危　　害
铍	车间、巷道允许含量为 1 μg/m³	急性中毒时发生眼结膜炎，接触性皮炎，支气管炎、肺炎；慢性中毒产生铍肺病，并可导致乳癌、宫颈癌、骨癌，铍中毒死亡率为 36%
镍	空气中允许含量：镍金属小于 1 mg/m³；四羰基镍小于 0.001×10⁻⁶	镍化物对皮肤、粘膜有强烈刺激作用，口服后发生呕吐、肠胃炎，严重时可致死
钒	车间、巷道允许含量为：五氧化二钒烟气<0.1，粉尘<0.5，钒铁尘<1 mg/m³	主要是呈五氧化二钒烟雾引起中毒，其粉尘及钒铁尘可引起呼吸、血液循环和神经系统疾病
碲	车间、巷道允许含量：碲粉尘<0.1 mg/m³，碲化氢<0.1 mg/m³，气体六氟化碲<0.02×10⁻⁶	碲中毒症状为头痛、眩晕、昏睡

（据张轸资料编）

第六节　矿山空气污染的地质调查

在矿山开拓及其生产过程中都会有一些矿（岩）石粉尘悬浮于空气中；一些有害气体（如氡气、SO_2、CO_2、H_2S 等）也可从地质体中逸出，这些都可能对矿山空气造成污染，危害人体健康。因此，在矿山开发阶段就有必要对可能造成污染的地质因素，进行调查研究，为矿山采取预防措施提供资料。

1. 有害粉尘的地质调查

有害粉尘的地质调查主要工作包括对空气中粉尘样品的矿物成分、粒度、尘粒形状等进行显微镜下鉴定；对井巷中岩石及矿石样品进行鉴定，并与相应地段空气中粉尘的鉴定结果进行对比分析，以查明易于产生有害粉尘的岩石、矿石或其中某些矿物；编制有害粉尘预报地质图，即在有关地质图上圈出可能产生有害粉尘地段。

2. 有害气体的调查

有害气体主要指自地质体逸出的有害气体如氡气和二氧化硫气体等。调查时应查明有害气体成分、含量（浓度）、来源和逸出部位等，并绘成相应图件和对影响程度作出评价。

第七节　矿山地热的地质调查

对于位于地热异常区的矿山或预计开采深度较大的矿山，一方面应掌握地热的变化规律，以便在矿山开采中采取适当措施，避免其危害；另一方面又应尽可能设法利用它来为生产和生活服务。为此目的，应进行下列几方面工作：

1. 查明影响矿区地热变化的地质因素，并定期在专门的钻孔或井下测温钻孔中进行地温观测，了解地热增温率等地热变化规律，以便预测深部尚未施工井巷或采场中的最初温

度。

2. 对存在地热异常的矿山，应查明产生异常的地质条件和地下地温梯度的空间变化，圈定地热异常范围，计算热流密度，推算热储温度，并对地热异常的成因、热储结构特征、控热构造及可能存在的热源做出合理的分析推断。

一、地热现象及其研究意义

在地球内部由于放射性元素不断进行蜕变或其它原因放出大量热量，加之岩石是热的不良导体，因此在地下深处积累了大量热能，温度较高，此种现象称为地热现象。随着矿山开采深度的加大，地热将逐渐升高，此时矿山地质工作部门必须对地热进行观测和研究。

在年常温带以下，地壳温度随着深度的增加而作有规律的增加，因此矿井内岩石的温度也随着矿井的延深而逐渐增高，矿井中空气的温度也随着岩石温度的增高而增高，掌握此种地热变化规律可以预测某个深度下巷道内空气的温度，所以研究矿区内地温变化规律对于深部采掘工程的设计是有很大实际意义的。我国冶金工业部所制订的矿山安全规程规定：井下作业地点最高允许温度，当湿度小于90%时，不应超过26℃；当湿度大于90%时，不应超过25℃。因此研究地热对采矿工作的影响对矿山的深部开采具有普遍意义。尤其是随着我国矿业的不断发展，地下矿山开采深度将不断加深，对此问题进行研究将更加重要。

二、地热增温率及其影响因素

1. 地热增温率

是地热增温度和地热增温级的统称。在年常温带以下地壳温度作有规律的上升，每增加一单位深度（一般采用100 m）时，温度的增加值（摄氏度数）称为地热增温度；反之，平均温度每上升1℃所需要增加的深度值（一般用米表示）则称为地热增温级（又称地热梯度）。世界各地平均的地热增温度约为3℃，平均地热增温级约为33 m，但在各地区可以有很大的不同。

2. 影响地热增温率变化的因素

①岩石导热性的不同：导热性好的岩石，其内部热量易于传导，所以温度易于趋向均匀，单位距离的温度差可较小，因而地热增温度的数值较小，而地热温级的数值则较大。②各地区岩层产状的不同：具有层状构造的岩石，沿其不同方向导热性是有所不同的。一般平行层面方向物质结合较紧密导热性较好，而垂直层面方向则相反。因此，如果两个地区虽然其岩性相同，但产状不同，则在岩层产状为水平状态时地热增温度的数值将较大，地热增温级的数值则较小；而当岩层产状为垂直时，地热增温度的数值将较小，地热增温级的数值将较大。当岩层为倾斜时，则其地热增温率的数值界于上述两者之间。③地下岩石或矿石所发生的化学反应：地下某些岩石或矿石在其发生化学反应时，有时是放热的，例如含某些硫化物的岩石或矿石在其发生氧化时能放出热量。此时其内部温度必然升高，使此岩石或矿床与近地表岩石的温度差加大，因而地热增温度数值增大，地热增温级数值减小；相反，此放热岩石或矿床与其下伏岩石间的温度差则相对减小（因为深部岩石本来温度就高）而使该放热岩石或矿床以下的地热增温度数值减小，地热增温级数值增加。在放热反应的岩石或矿床中进行采矿作业时，常由于温度太高而给工作带来很大困难，甚至危险。④地下水的影响：灼热的地下水能使岩石温度升高，冷的地下水甚至在相当深的深度下能降低岩石的温度，因此地下水的温度亦能改变局部地区的地热温度及地热增温率的变化。这种情况在采矿中亦必须注意。

三、地热变化规律的调查及坑道最初温度的预测

要掌握矿区内地热的变化规律，首先应对影响地热增温率的地质因素进行调查研究，以便查明影响矿区地热变化的控制因素。此外，还须定量地确定矿区地热年常温带的深度、温度及地热增温率。

为确定矿区地热常温带的深度及温度，可选择一个或数个钻孔进行不同深度、不同时期的地温观测，一般需深约一百米的钻孔即可。如无钻孔，也可在不同深度的坑道中进行，但应尽可能避开矿山通风和排水的影响，并在坑道壁上打出水平炮孔，在炮孔中采用如下的测温方法进行测定。观测次数一年内至少要有两次，且要捕捉到地温变化的极值。由于地温变化滞后于气温变化，深度愈大，滞后时间愈长，因此一年中常温带以上的地温极大值多数不在气温最高时出现，而极小值也不在气温最低的月份出现。因此，为了捕捉地温变化的极值，最好每季观测一次，每年能达到四次。如果进行上述实测工作有困难，也可采用估算办法。根据中科院地研所地热组资料，可以采用下列公式进行估算：

$$H = 19.1 \cdot h \tag{8—2}$$

式中：H—— 年常温带深度；h—— 日常温带深度。

而年常温带的温度一般相当于当地年平均气温（地面），后者通常比年平均气温高出1～2℃。上述日常温带深度，年平均地面温度以及年平均气温的数据，一般均可在当地气象台站直接查到。

为了定量地确定矿区地热增温率，还必须在矿区内不同深度的已开凿的井巷中测量地温，然后求出矿区内地热增温率，并用此调查所得到的地热增温率预测深部设计井巷中的最初温度。

根据上述测定结果，可用下式求矿区内的地热增温级：

$$q = \frac{h_1 - h}{T - t_{cp}} \tag{8—3}$$

式中：q—— 地热增温级；h_1—— 测点深度；h—— 年常温带深度；t_{cp}—— 年常温带温度；T—— 深度为 h_1 时的地温。

在求得矿区地热增温级后，就可以用以预计某个深度处的地温，其计算公式为：

$$T' = t_{cp} + \frac{h' - h}{q} \tag{8—4}$$

式中：T'—— 预计深度 h' 处的地温；h'—— 预计深度；其它符号同上式。

除此之外，也可以利用求得地热增温度的平均值以预测深部岩石的可能温度或预测深部坑道或采场的最初可能温度。

四、地下热水的运动及地热异常的调查

1. 地下热水的运动

前述的地热调查，属于一般正常情况下地热规律的调查，这种调查只对开采深度大的地下开采矿山才是必要的，但是有的矿区，当存在地热异常时，不论开采深度如何，都需对地热异常规律进行调查。

地热异常现象往往与大地构造、岩浆活动等因素有关，但就矿区范围来说，其分布与变化又与地下热水的运动有关。因此处于地热异常区的矿山还必须调查地下热水的运动。地下热水与其它地下水一样，其运动受地质构造、透水层和不透水层的分布、地形变化等条

件的控制。所以需调查这些因素与地下热水运动的关系。

2. 地下热水异常的探查方法有

热晕法、电阻法、氡晕法、水化学法和同位素等方法。在此从略。

五、地热的利用问题

地热资源是一种很有希望的能源，在我国已得到重视，利用也较广泛。例如，广东、河北等地区已利用地热发电；天津地区还将 30～50℃ 的地下热水直接用于锅炉和冬季取暖；湖北、天津地区用地下热水调节稻田水温，解决春寒早稻的灌溉和烂秧等问题，都取得了良好的经验与成就。

但地热在生产矿山多利用于防寒方面，特别在我国东北和西北地区，由于冬季冰冻时间较长，大气温度低达 0～40℃，坑口冬季冰冻现象严重，甚至严重影响了生产，为此可利用地热进行井筒、坑口防寒，从面节约大量防寒经费。

利用地热防寒的办法是把空气送入提升井口之前，先将空气压入一定深度的坑道内，利用地热以提高其温度，这样就可使提升井口变暖而不致发生冰冻现象。

在此工作中，地质人员可从事预热巷道中各种岩石的对流热系数、导热速度、巷道中岩石地温等项的调查工作，以供设计预热坑道分布及长度等的参考。

在上述调查的基础上，计算岩石在单位时间内传导给空气的热量，可参照下式计算：

$$d_0 = \frac{K(t_0 - t)P \cdot d_z}{3600} \qquad (8\text{--}5)$$

式中：d_0——单位时间内预热坑道传导给空气的热量；K——热导系数，即单位时间内（小时）单位面积（平方米）传导给空气的热量；t_0——岩石在坑内的原始温度；t——空气温度；P——预热坑道周长；d_z——预热坑道长度。

第九章　矿产资源保护和综合利用

第一节　矿产资源保护的意义与现状

1. 矿产资源保护的意义

矿产资源是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础，它又是一种基本上不可再生的，有限的自然资源。我国虽然地大物博，许多矿产的储量居于世界前列，但一些重要矿产的人均占有量则相对贫乏，不足世界人均水平的一半。

随着我国社会主义现代化建设的发展对矿物原料的需求将日益增长，在我国，目前工业原料的80%来自于矿产品，能源的95%是矿物能源。可见，矿产资源是工业化社会最主要的资源之一。根据世界各国统计，人均国民经济生产总值在2000美元以下，特别在1000～2000美元这一发展阶段，矿产品的消耗增长速度是比较快的。我国是一个人口众多的大国，工业化进程尚处于中级起飞阶段。随着我国人口和经济的发展，对矿产资源需求越来越大。1989年我国人口已突破11亿，到2000年将达到13亿，2050年预计要达到16～20亿。目前，我国人均资源消耗量还很低，随着国民消费水平的提高，人均资源消费量必然要提高。另一方面，我国工业化进程尚处于中级起飞阶段，一般来说，当工业产值在国民经济产值中所占的比例不断上升和工业产值在国民经济中占主导地位时，对资源的需求将保持较高的增长速度。如欠发达国家人均国民生产总值每增加1%，钢消费量将增加2%，其它金属将增加1.7%，能源增长1.1%。可以预见，在今后50～60 a内，我国对资源的需求将高强度增长。

资源问题，是世界各国共同面临的人口、资源、环境这三大问题之一，已引起世界各国政府的高度重视，成为国际性重大议题之一。我国是世界人口第一大国，矿产资源既是总量大国，又是人均小国。目前，矿产资源形势在某些方面还相当严峻，这在相当程度上制约着矿业的发展，进而制约着能源、原材料工业和整个经济的发展，成为国民经济中的“瓶颈”。按照国民经济发展“三步走”目标，我国45种主要矿产中，目前已有四分之一不能保证当前国家经济建设的需要，本世纪末将有二分之一得不到保证。如果按目前趋势发展下去，地质工作得不到加强，矿产勘查不能实现重大突破，下个世纪20年代，我国矿产资源将全面出现紧张的局面。

如果说在人口较少、生产力水平较低、矿产资源比较丰富的时代，还用不着强调矿产资源保护和合理开发利用的话，那么，在人口激增和现代化社会大生产日益加大对矿产资源的需求压力，导致矿产资源损毁、生态环境恶化、经济发展受阻的今天，强调矿产资源保护及其合理开发利用就是非常必要。

加强矿产资源保护，不仅对保护和合理开发利用矿产资源，以及对保护和改善生态环境，是一项积极有效的措施，而且对经济社会长期持续、稳定、协调地发展，也是一项非

常重要的保证因素。所以，矿产资源保护和综合利用，关系着人民的现实生活、国家建设的百年大计，也关系到子孙后代的长远利益。

工业的基础在矿山，矿山的基础在资源，为此，在生产矿山开展矿产资源保护和综合利用的研究，对合理开发利用和保护资源，提高资源利用率，提高矿山开发的经济效益、社会效益和环境效益等方面，更具有十分重要的意义。

2. 我国矿产资源开发利用现状及存在的问题

建国以来我国矿业生产得到了飞速发展，已建成国营矿山有7500多座，乡镇集体小矿11万多处，个体小矿12万处，全国矿山年采总矿石量达18亿吨，是建国初期的40倍，其中有色金属的产量是解放初期的120倍。多年来，矿山主管部门和许多矿山企业在加强资源管理，提高回采率和选冶回收率方面做了大量工作。在矿产资源综合开发利用方面也取得了显著成绩。如白银有色金属公司，对矿石中17种有用元素已能回收利用14种；金川镍矿以镍为主，同时综合回收铜、钴、金、铂族金属14种产品。目前，我国已有相当一部分冶炼企业综合利用率已达到或超过70%。我国黄金综合回收量占总产量的1/4～1/3，白银、铂族金属和稀散元素几乎100%由综合利用产出，近3/4的硫酸源料是从有色金属生产过程中综合回收的。但是，我国在矿产资源开发利用中也存在不少的问题，对共生矿产，限于部门、行业分割，只采对口矿产，丢失其它矿产，造成了矿山资源不可挽回的损失和浪费；对伴生矿产的综合利用，除少数矿山外，在多数矿山没有受到足够的重视或根本没有开展工作，不仅浪费了资源，还往往污染了环境。据有关部门对60个主要矿种统计，其中34个矿种中的419个矿山有综合利用价值，但进行全部综合利用的矿山占35%，部分综合利用的占33%，完全没有搞综合利用的矿山占32%。又据1845个矿山综合利用指数统计，综合利用组分达70%以上的矿山仅占2%，利用50%的矿山不足15%，而75%的矿山有用组分的综合利用率小于25%。伴生组分的回收率，有70%的矿山实际低于40%；此外，在许多矿山还存在着采富丢贫、采厚丢薄、采易丢难等现象，致使回采率和回收率仅达30%～50%左右。据有关部门对15个大型煤矿、27个铜矿、15个锡矿进行抽样观察，发现煤矿平均回采率为32%，其中国营煤矿为50%左右，乡镇集体煤矿为20%，个体小煤窑则不足10%。铜矿平均回采率为50%，锡矿平均回采率为28%；此外，由于采矿秩序混乱，矿山管理失控、矿业管理渠道不畅，造成的矿产资源破坏损失严重，浪费惊人的现象也不乏有之。

针对我国矿产资源共生、伴生组分多，贫矿多的特点和现阶段对矿产资源利用率低，破坏损失浪费严重的现实，必须认真贯彻执行《矿产资源法》，坚持开源与节流并重，十分珍惜，有效保护，节约使用各种矿产资源。要从多方面采取措施搞好矿产资源的综合开发和综合利用。做好这项工作，具有重大的现实意义和深远意义。

第二节　有关矿产资源保护与合理开发利用的法规与政策

新中国成立后，为振兴我国矿业，远在1951年就制定了《中华人民共和国矿业暂行条例》，其中就规定了有关矿产资源的保护与利用的内容。随着大规模地现代化矿山生产建设和矿产勘查事业的发展，针对我国矿业方面的新情况和新问题，1965年，国务院又批转了

地质部颁发的《矿产资源保护试行条例》。在条例总则中规定“矿产资源的保护和合理利用，在社会主义建设中带有战略意义，是国家的一项重要的技术经济政策。地质勘探、矿山设计、开采、选矿、冶炼、矿产加工和使用等各个环节的有关部门，应当主动配合，密切协作，把保护资源的工作视为一个整体，正确处理当前与长远之间，局部与整体之间，用矿与保矿之间的关系，切实贯彻执行综合勘探、综合开发和综合利用的方针，以促进生产的发展”。下边仅就我国近些年来，已建立的矿产资源法规简介如下：

一、矿产资源法

随着我国现代化建设的进展，尤其是为适应矿业大发展的需要和健全我国经济立法的新形势，在总结三十多年来我国矿产资源工作经验的基础上，于1986年颁布了《中华人民共和国矿产资源法》（以下简称矿产资源法）。《矿产资源法》体现了《宪法》关于矿藏即矿产资源属于国家所有，国家保藏自然资源的合理开发利用的规定；体现了国家关于“放开、搞活、管好”加快开发地下资源的总方针和国家对乡镇企业实行“积极扶持、合理规划、加强管理”的方针，通过法律的保障，既调动国营、集体、个人勘查和开发资源的积极性，又使矿产资源得到合理利用和保护，以加强地质工作，振兴矿业，满足社会主义建设当前和长远对矿产资源的需求。

《矿产资源法》的主要内容包括总则，探、采矿产资源的主要制度，矿产资源的勘查，矿产资源的开采，乡镇集体矿山企业和个体采矿，法律责任以及附则第七章五十条。主要规定了下列一些内容：

国家保障矿产资源的合理开发利用。禁止任何组织或者个人用任何手段侵占或者破坏矿产资源。各级人民政府必须加强矿产资源的保护工作；国家对矿产资源的勘查、开发实行统一规划、合理布局、综合勘查、合理开采和综合利用的方针；国务院地质矿产主管部门主管全国矿产资源勘查、开采的监督管理工作，省、自治区、直辖市人民政府地质矿产主管部门主管本行政区域内矿产资源勘查、开采的监督管理工作；矿产资源普查在完成主要矿种普查任务的同时，应当对工作区内包括共生或者伴生矿产的成矿地质条件和矿床工业远景作出初步综合评价；矿床勘探必须对矿区内具有工业价值的共生和伴生矿产进行综合评价，并计算其储量；开采矿产资源，必须采取合理的开采顺序、开采方法和选矿工艺。矿山企业的开采回采率、采矿贫化率和选矿回收率应当达到设计要求；在开采主要矿产的同时，对具有工业价值的共生和伴生矿产应当统一规划，综合开采，综合利用，防止浪费；对暂不能综合开采或者必须同时采出而暂时还不能综合利用的矿产以及含有有用组分的尾矿，应当采取有效的保护措施，防止损失破坏；国家对乡镇集体矿山企业和个体采矿实行积极扶持、合理规划、正确引导、加强管理方针，鼓励乡镇集体矿山企业开采国家指定范围内的矿产资源，允许个人采挖零星分散资源；国家指导、帮助乡镇集体矿山企业和个体采矿不断提高技术水平、资源利用率和经济效益；对勘查和开发利用矿产资源规定了法律责任。

《矿产资源法》的颁发、施行，为建立、健全矿产资源法规体系提供了法律依据。它标志着我国矿产资源保护和利用进入了新的阶段，对今后我国矿业的大发展具有重要意义。

二、其它配套法规

根据《矿产资源法》规定的基本原则，结合我国的矿业实际情况，近几年来又制定颁布了一些配套法规，充实、完善了矿产资源法规体系。

根据《矿产资源法》规定的“国家对矿产资源勘查实行统一登记制度”，确立和保障矿产资源勘查单位的探矿权的原则，1987年国务院颁布了《矿产资源勘查登记管理暂行办法》，明确规定凡在中华人民共和国领域及管辖海域从事矿产资源勘查工作，必须依法登记，领取勘查许可证，取得探矿权；国家依法保护取得探矿权的勘查单位的合法权益不受侵犯，保障勘查作业区的生产秩序和工作秩序不受影响和破坏；对违反规定勘查的，扰乱、破坏勘查工作的将追究法律责任，以提高勘查效果和勘查工作的社会经济效益。

根据《矿产资源法》规定的开办国营矿山企业必须审查批准，申请登记，并保障其采矿权的原则，1987年国务院颁布了《全民所有制矿山企业采矿登记管理暂行办法》，明确规定加强对全民所有制矿山企业开采矿产资源的管理，全民所有制矿山企业开采矿产资源，必须以法定的程序，申请登记，领取采矿许可证，取得采矿权；未取得采矿许可证的不得进行采矿活动；国家保护取得采矿权的矿山企业的合法权益不受侵犯；对擅自进入矿区范围内采矿、盗窃、抢夺矿产品和其它财物，破坏矿山企业采矿设施和生产秩序的将追究法律责任。

根据《矿产资源法》规定加强对矿山企业开发利用和保护矿产资源的监督管理的原则，1987年4月国务院颁布了《矿产资源监督管理暂行办法》，明确规定国务院和各省、自治区、直辖市人民政府地矿主管部门以及有关主管部门对采矿监督管理的职责；矿山企业的任务，矿山地测机构的责任；采矿生产过程中资源合理利用和储量的监督管理工作。同时要求矿山企业要加强对矿产资源开采的管理，选择合理的采矿方法，综合开采、综合利用；建立矿山企业合理开发利用和保护矿产资源的考核指标，并严格进行考核管理；对违反规定采矿造成资源破坏损失的将追究法律责任。

这些法规、规章的颁布，充实了矿产资源法规体系，但是还不完备。目前我国有关部门还正在制定其它与之相配套的法规。如矿产资源法实施细则，矿产资源有偿开采办法以及中外合资、合作、外国独资企业（简称外商投资企业）勘查、开采矿产条例等。以完善矿产资源法规体系，为依法治矿创造条件。

第三节　各生产环节的矿产资源保护工作

一、矿产勘查阶段实行综合勘查综合评价

在矿产勘查阶段要改变单打一的矿产勘查方法，实行综合勘查与综合评价。在勘查主矿产的同时，要对勘查区内一切具有工业价值的共生和伴生矿产、进行勘查和研究。根据设计需要开展对有关矿产开发利用条件和矿石物质成分的研究与试验工作，并结合国家当前与长远利益的需要，对共生的各种矿产拟定正确合理的勘查程度和综合工业指标，对矿区作出全面评价，为矿产资源的综合开发和综合利用奠定基础，创造条件，提供依据。

二、矿山设计阶段充分考虑矿产资源保护和利用

确定矿山总体部属或全面规划时，要充分考虑矿山发展及扩建要求。确定矿山企业开采方式、开拓方案、开采方法时，尽可能采用贫化与损失指标最低的先进方案，尽可能实行选别开采，对贫矿实行配矿，提高矿产资源利用率。

设计矿山选厂及冶炼企业时，要考虑采用先进而合理的矿石加工技术工艺方法与流程，使矿石中一切有工业价值的有益组分都能够得到最大限度的回收利用。

对于具有多种有用矿产存在的综合矿区，矿产品种及其回收将牵涉到几个工业部门。这时矿山企业设计部门会同各有关工业的设计部门联合进行；对矿产资源的开发，要打破行业界线，开发某一种资源时，要考虑共生、伴生或有密切关系的其它资源的开发利用；鼓励主业副业兼营、综合开发、综合利用，支持跨行业的联合开发。对于某些工业系统目前并不急需或暂时尚难于开发利用的矿产，矿山设计时要采取有效措施予以妥善保留，避免开采时遭到破坏；如果矿床地质或矿山采矿技术条件不允许保留，而必须随他种矿产一并采出时．应当设计必要的储矿场暂作保存，备将来利用。

确定矿山总体部署，设计各类主要厂房、井筒、选矿厂、运输线路、水塔、管道系统、高压线路、永久性公共建筑、供水水库、储矿厂、废石堆、排土场、尾砂坝等大型建筑前，必须充分考虑工程区内矿产资源的分布情况，避免压矿，造成资源损失。

在设计过程中，对矿山企业的“三废”应采取先进的方法充分利用，严格执行允许的排放标准，减少对环境的污染。

三、矿山企业各部门的矿产资源保护工作

矿山地质测量部门在矿山开采过程中要加强探矿工作，提高矿山勘探程度，为开采设计提供可靠依据。要加强综合地质研究及矿山深部或边部的矿产预测及勘查工作，寻找新矿体，增加矿山储量，同时深入进行矿石物质成分研究，为伴生组分综合利用提供基础资料。要根据地质条件的新变化和采、选、冶技术的新发展，及时修改和采用合理的工业指标。

矿山地测机构，还负有监督矿山企业充分合理开发利用与保护矿产资源的职责。根据国务院发布的《矿产资源监督管理暂行办法》的规定，其主要职责是：①作好生产勘探工作，提高矿产储量级别，为开采提供可靠依据；②对矿产资源开发的损失、贫化以及矿产资源综合开采利用进行监督；③对矿山企业的矿产储量进行管理；④对违反矿产资源管理法规的行为及其资任者提出处理意见并可越级上报。

采矿技术生产部门，在矿产资源保护工作中的主要任务是提高回采率、降低品化及损失率。必须根据设计要求，本着贫富、大小、厚薄、难易兼采和综合利用的原则，制订合理的、切实可行的技术措施和作业程序。在开采过程中，应当经常研究、改进采矿方法，努力降低贫化率和损失率，最大限度地回采矿产资源。对设计中确定不予开采的矿体或已采出暂不利用的矿石，应从实际出发，采取保护措施，以备将来利用。对难采地段，如采矿场的矿柱、残矿等，应当采取措施，在保证安全生产及经济合理前提下，最大限度地加以回采。

选矿、冶炼部门应采取先进而合理的矿石加工技术方法，提高选冶回收率，降低尾矿品位、炉渣品位。重视选冶理论及实践问题的研究，改进与改革矿石加工工艺流程，综合回收一切可以利用的矿产资源。特别要研究尾砂、炉渣、烟尘、尾水、阳极泥等综合利用问题，消除“三废”危害，化害为利，变无用为有用。

第四节　矿床中伴生矿产的综合利用

一、伴生矿产的基本概念

伴生矿产是指矿床（矿体）中与主矿、共生矿一起产出，未“达标”或为“成型”，技

术、经济上不具有单独开采价值，但在开采、加工主要矿产时能同时被合理地开采、提取和利用的矿石、矿物或元素。

伴生矿产种类繁多，形式多样，但它们都必须是在当前技术经济条件下，可以回收利用并有经济效益的，才列为伴生矿产；对于那些在回收利用中虽然技术上可行，但经济上明显不合理的组分，应列为潜在性的伴生矿产；对于含量甚微，而加工中又不能富集回收的组分，不能列为伴生矿产。

二、伴生矿产的分类

伴生矿产按照其存在形式，与主矿产的关系，开采（回收）条件，分为伴生矿物矿产、伴生元素矿产和伴生矿石矿产三大类。

伴生矿物矿产是一些可利用程度较高的矿物。它们在矿床中的分布较为普遍，局部也可富集到接近矿产工业指标的要求。在加工主矿产的选矿流程中可同时选出它们的合格精矿产品或中间产品；有的在矿石中含量虽低，但因特殊需要或经济价值很高，而有必要进行选别的某些重要矿物，可以分选出精矿产品，扩大了矿石组分回收利用范围，对进一步提高矿床的经济价值具有重要意义。

属于这一类伴生矿物种类很多，包括金属矿物和非金属矿物，但在具体的矿床中，实际上达到了要求含量并需要选别的伴生矿物却是比较有限的，通常只有一、二种至三、四种。

伴生元素矿产，通常是指含量低呈分散状态存在的可以附带回收的伴生有用组分。它们包括赋存于其它有用矿物中的类质同象成分、机械混入物、微细包裹体；离子吸附型的有用组分；煤和油页岩中各种可以附带提取的有机化合物；油、气藏中的溶解气、凝析气；固体和液体盐类矿床中的各种伴生的元素化合物等，有呈固态的，也有呈液态或气态的。它们大多数属于稀有、稀土、分散元素、贵金属和一部分有色、黑色、放射性金属和卤族元素。

伴生矿石矿产是指分别产出的异体伴生矿产。即在主要矿产的围岩或剥离层内形成独立的矿层、矿体，但由于有用组分品位低或者矿体厚度薄，未“达标”或未“成型”．经济上不具单独开采价值，只能随同主矿产一起开发利用的各种矿石。

三、伴生矿产的工业要求

伴生矿产的工业价值不仅与其本身的价值有关，同时更重要的是取决于赋存状态、回收难易和回收效果。决定伴生矿产价值的主要因素，一般也是确定伴生矿产工业要求的基本因素。

矿床中的伴生矿产应有主次贵贱之分，对储量较多，含量较高，分布稳定，回收工艺成熟，回收效果良好，既有销路又可盈利，可以有计划安排生产并可形成固定产品的伴生矿产，应特别加以重视。随着新技术新工艺的开发，回收利用伴生矿产的范围也日益扩大，工业要求也在不断变化。加之具体矿床的技术经济条件千差万别，在综合评价中应根据当时当地的具体条件，确定合理的工业要求。

对于某些矿床中的伴生有害组分，为了保护环境，改善生产条件，提高产品质量的需要，即使无利可图也必须处理并可回收的组分，可不受工业指标限制。

以类质同象伴生的有用元素，它们赋存于主元素矿物中，在选矿过程中与主元素一起被回收，不构成单独精矿产品，它们在精矿中的回收率及富集比，与主元素一致或相接近。

这类以类质同象产出的伴生有用组分的富集提取过程，是随主元素的加工过程自然发生的，在冶炼工艺中富集于主产品、烟尘、炉渣、阳极泥和废液中，在生产过程中不需要花费采、选、运成本，只需付最后提炼的成本。因此，对它们的回收要求较低。一般根据冶炼中可以回收的含量标准，折算为原矿中的含量，作为对矿石的最低含量标准。

以单独矿物产出的伴生有用元素，可以在选矿中以单独精矿或在主元素的精矿中两种形式回收。

当伴生元素可构成单独合格精矿产品时，由于是与主元素一起开采，因此，不需单独的采矿、原矿运输、碎矿以及管理费用，只需要一定的选矿费用，故其工业要求较单一组分矿床为低。在此种条件下，伴生有用组分品位可按以下公式（公式 9—1）计算

$$c \geqslant \frac{\beta \cdot \alpha}{(1-\gamma) \cdot \varepsilon \cdot \rho} \tag{9—1}$$

式中：c——某伴生元素的工业品位（%）；β——伴生组分精矿产品品位（%）；α——回收伴生组分的直接成本(元/t)；γ——采矿贫化率(%)；ε——伴生组分选矿回收率(%)；ρ——伴生组分精矿产品价格（元/t)。

回收主元素精矿中颗粒很细的金、银单矿物及进入到铜、铅锌精矿中的硫等伴生组分，其情况与呈类质同象产出的伴生元素大致相似，其工业指标制定方法也基本相同。

上述伴生有用组分综合利用工业品位，是在主金属够工业指标要求的前提下使用的。当主金属不够工业要求，而含有多种伴生元素时，为了正确评价矿石的工业价值，可以用价格比值，把各种伴生组分的品位，统一换算成主要组分的品位，然后用品位换算系数制定综合最低工业品位，详见本书第二章。

四、提高矿产资源综合利用的途径

根据我国矿产资源贫矿多，物质组分复杂难选矿多的特点和对矿产资源综合利用程度低，损失浪费大的现实，我们应该采取的对策与途径有以下几个方面：

1. 加强矿石物质组分及工艺特性的研究是决定矿产资源综合开发利用和选冶方法的基础

矿石物质组分及其工艺特性的研究是一项重要的基础工作。它对了解矿石中共生、伴生组分的分布和赋存状态、矿石的选冶性能、矿石的综合利用、环境保护、矿产品的数量与质量以及经济效益都有很大影响，是决定矿产资源综合开发利用和选冶方法的基础。

2. 加强矿产综合利用选冶基础理论及实践问题的研究是不断扩大资源利用领域、开辟新资源的关键与前提

通过多年的实践证明：矿产资源综合利用的研究，能充分合理地利用和保护矿产资源，可以变一矿为多矿，变呆矿为活矿，变废为宝，扩大矿产储量，开辟新资源，并可搞好环境保护，能产生显著的经济效益和社会效益。

但是，矿产综合利用研究工作的任务还十分艰巨。目前，我国已探明储量的矿产达 136 种。约 15000 多个矿区（床），其中多数矿产具有组分复杂、难选冶、贫矿多的特点。地质部门仅对约 2000 个矿（床）进行过选矿试验，正式提交综合评价报告仅 780 多个，占 40%。即使在做过综合评价的矿区（床），也由于缺乏中间扩大试验或多种工艺流程对比试验，缺乏经济核算评价，使多数报告不能作为矿山全面技术经济评价的依据。全国还有许多重要大型矿产综合利用问题尚待解决，如全国有锡铁矿及硼铁矿约 40×10^8 t，碳酸锰 2 亿多吨，

铁锰矿 0.7×10^8 t，胶磷矿 80 多亿吨以及相当储量的硼镁铁矿、白钨矿、铂矿、贫铬矿等，都因综合利用问题未解决，不过关而无法利用。

为此，必须加强矿产综合利用选冶工艺基础理论与实践问题的研究，及时利用现代自然科学的最新成就，深化认识，指导实践，不断攻克新、杂、微、细矿床的利用关，以不断扩大资源利用范围，开辟资源利用的新前景。

3. 采用选冶新技术、新方法、新工艺是提高选冶效果和资源利用率的重要途径

近些年来，我国已比较重视选冶技术、方法的研究，从而使矿产资源的综合开发利用水平有了明显提高并取得了显著成绩。但由于我国矿产资源特点是贫矿多，物质组分复杂，难选矿多，加之选冶技术方法的不适应，从而使矿产资源的总回收率比较低，综合利用程度差。据报道，我国 246 个含有伴生或共生矿产的大、中型矿山企业，其中 32.1%的矿山没有综合回收伴生或共生有益组分，就是搞了综合回收的矿山，综合利用程度也是比较低的。从对 1845 个重要矿山的了解，综合利用有用组分 70%以上的仅有 2%，利用有用组分达 50%的矿山不到 15%，而 75%的矿山有用组分利用率低于 25%。

目前，我国有色金属冶炼厂回收的伴生组分只有 11～18 种，而原苏联在 1980 年就已回收到 74 种。我国伴生组分的综合利用率仅为 20.62%～68.24%，而日本已达到 85%～95%，美国 100%的砷、铼、硒、铋、镉、钴、镓、锗、铪、铟、镭、铷、碲和钍等，都是通过综合利用取得的。对硫磺的需求，一些发达的国家主要是从天然气和硫化矿冶炼过程中回收的“有害杂质”来满足的，而我国回收的则很少。造成这种差距的主要原因之一，就是我国目前的选冶技术水平比较低造成的。

国外近年来，极为重视超微粒选矿的新方法、新设备的应用，如载体浮选、乳化浮选、选择性絮凝、电泳选矿等，还发展了电、磁、重、浮多因素选矿法，如磁流体选矿、电浮选、磁场浮选、跳汰浮选、重介质旋流浮选等，此外，微波、超声波、激光、中子活化等新技术应用于破碎选矿过程，出现了光化中子选矿、发光选矿法、光度选矿法、激光分选法、红外线放射光选机等选矿新方法和新设备，浮选药剂、萃取剂、离子交换剂也发展很快。

国内在微粒重选方面有所创新，对其它新技术虽有引进，但引进缓慢，使用的浮选药剂品种甚少，仅为国外的十分之一强，效果不很理想。

国外冶炼新技术、新方法的发展很快，而且不少新技术、新方法已用于工业实践，在火冶方面如一步炼铜、一步炼铅、直接还原、等离子熔炼、原子能炼铁等；在湿法冶炼方面，如微波、超声波浸出、高压浸出、离子交换、地下浸出、堆浸等，我国对于这些方法大部分处于试验开拓阶段。

4. 开展以“三废”为主的二次资源的开发利用是促进矿产资源保护和环境保护，最大限度的综合利用矿产资源的一条重要道路

二次资源是相对于大自然中矿产、森林等一次资源而言，一般认为是指在当前科技水平条件下能够代替一次资源作为工业原料、燃料的废旧物质和工业排泄物。二次资源又称再生资源或潜在矿产资源。

进入本世纪 70 年代以来，曾经把开发、回收和利用二次资源认为是“穷国的政策”的工业发达国家，如日本、美国、原苏联等都在认真研究这方面的经验与教训，积极回收利用二次资源。这些国家的实践证明：充分利用二次资源，可人为地形成资源的可再生性、可

改造环境，控制生态恶化。现在世界上使用的全部原材料约有四分之一左右是从二次资源中获得的。据预测，废纸、废铝、废钢铁等资源的利用率可增加1～2倍。

原苏联利用高炉炉渣，1975年生产了236×10⁴ t填料、47500 t碎石、6400×10⁴ t铸品、18500×10⁴ t渣棉、13500×10⁴ t水泥熟料，同时回收了160×10⁴ t铁。原苏联把化学工业污水叫做液体矿石，1971年，仅乌克兰从工业污水中提取的多种化学物质就价值2260万卢布。

以“三废”为主的二次资源的开发应用和综合利用研究也有无比广阔的前景。按世界人均年消耗3.5 t矿石的现有水平推算，全世界每年矿石采量大约是180×10⁸～200×10⁸ t。充分利用和综合开发开采矿石，全面实现无尾矿选矿，无废料加工，将会使地球上减少数以亿计的废渣、废液和废气，同时也就相应减少人类因更大开采所耗费的劳动及其对地表环境和生态所产生的影响。

原苏联黑色矿山的脉石，每年就可能生产几千万吨碎石、几百万吨改良土壤粉料、300×10⁴ t白垩等等。我国一般选厂尾矿的排出量都在50%以上，有色矿选厂尾矿排出量甚至高达90%，金矿几乎是100%，建矿厂总投资的5%～37%是在尾矿上花掉的。据报道，我国株州冶炼厂已积存的锌窑渣中，就储银130 t，相当于一个中型银矿，每年锌窑渣带走400～500 t铜、10～15 t银。

美国每开采11 m³的原油，就要排放2 m³含盐度高达10～100 g/L的水，如果用这些油田废水只提取溴、碘、锂、镁，每年可以生产出15亿美元的产品；如果同时也回收铷、铯、氯、钾，则产值可超过30亿美元。我国工业生产中排放的“三废”资源价值约达200亿元，每年社会上散存的生产和生活废旧物质其价值也超过100亿元。这些资源利用起来，每年可增加社会财富250亿元。

原苏联几乎全部的银、铋、铂族，20%的金，30%硫都来自有色金属工业副产品的回收；前民主德国二次资源利用率已达30%；美国从二次资源中回收的金属占每年年产金属铜33%以上，汞50%，锡45%，铅36%，铝18%。而我国回收利用的有色金属只占总产量11.2%。当前，我国金属二次资源的年生产量已达3000×10⁴ t左右，仅次于美国、原苏联和日本，居世界第四位，到本世纪末，预计可达5000×10⁴ t至6000×10⁴ t。

利用二次资源，大有可为，是利国利民的一条重要道路。

5. 建立与健全矿产资源保护及其综合利用法规是以法律手段保护矿产资源合理开发利用的根本保障

实行矿产资源系统管理，必须把行政手段、经济手段和法律手段紧密结合起来。过去一个长时期里，我国对矿产资源及矿业的管理主要采用的是行政手段。随着矿业经济运行机制的转变，单一的行政手段已难以驾驭矿产资源管理、产业管理和相应的开发利用管理日益复杂的局面。因此，除了利用必要的行政手段，并充分利用经济手段外，还要加强法制建设。

建国四十多年来，我国在自然资源保护的法制建设方面做了一些工作，但在矿产资源保护方面的法制建设却很少，只有1965年的《矿产资源保护试行条例》和1986年公布的《矿产资源法》。这两个法规在矿产资源保护工作中曾经起过或正在起着积极重要作用，但还存在一些问题，主要是：法规系统不完备，还没有形成一个由宪法、矿产资源法、矿产资源开发与保护法组成的矿产资源立法系统。因此，这些立法不能很好地起到保护和合理

利用矿产资源的作用。目前《矿产资源法》执行情况不十分令人满意，有法不依、执法不严的现象比较严重。不仅是行政管理机关没有真正行使自己实施法律的职责，而且有的司法机关对《矿产资源法》的实施也不十分重视，以致出现了虽有法规却无人实施或实施不力，以致明知违法行为而不予以追究的现象。

由于我国目前还没有专门的矿产资源保护与综合利用法，人们对矿产资源保护的法制观念淡薄。人们习惯于认为矿产资源是一种自然资源是无限的、无价的、可以无偿的占用，任意开发利用，从而导致采矿秩序混乱，矿产品管理失控，矿产资源破坏损失严重，浪费惊人。鉴与此，为了确保有限的矿产资源能够合理开发与利用，就必须建立和健全矿产资源保护及其综合利用法规，要严格执行，做到有法必依，违法必究，执法必严，要强化监督管理机构和监督管理制度，使法律规定真正得到落实，同时要加强公、检、法机关在资源保护中的作用。

要加强资源开发利用和保护法规的宣传教育，使人们不仅懂得矿产资源保护及综合利用法规的规定，正确地行使所拥有的权利，而且能够自觉地服从法律，参与法律的实施，认真地履行所承担的义务。

煤炭地质论坛：http://bbs.3s001.com/

第十章　矿山矿产资源核算与评价

矿产资源核算与评价是地质矿产资源经济学的一个重要组成部分。它是近年来，矿山地质工作领域中新出现并正在开拓发展的一项重要工作内容。目前，由于我国还未形成专门的地质矿产资源经济学科，有关这方面的研究成果尚较零散，也不十分成熟。本章仅就与矿山地质工作紧密相关的几个主要矿产资源经济问题：我国矿产资源与矿业发展现状，矿产资源核算和矿产资源评价等问题简介如下：

第一节　我国矿产资源与矿业发展现状

一、我国的矿产资源现状

1. 探明的矿种及储量

截止1988年底，我国已发现有用矿产162种，各类矿产地近20万处，其中探明储量的矿产148种，矿区2万余处。按照我国矿产分类划分为以下9类：

（1）能源矿产有：煤、石油、天然气、油页岩、铀、钍等；

（2）黑色金属矿产：铁、锰、铬、钒、钛；

（3）有色金属及贵金属矿产：铜、铅、锌、铝土矿、镍、钴、钨、锡、铋、铝、汞、锑、铂族（铂、钯、钌、铱、锇）、金、银等；

（4）稀有、稀土和分散元素矿产：铌、钽、铍、锂、锆、铪、铷、铯、稀土（镧、铈、镨、钕、钷、钐、铕、钆、铽、镝、钬、铒、铥、镱、镥、钇、钪、硒、碲；

（5）冶金辅助原料矿产有：熔剂用石灰岩、白云岩、硅石、菱镁矿、耐火粘土、萤石、铁钒土、铸型用砂、粘土、高铝矿物原料等；

（6）化工原料非金属矿产有：硫铁矿、自然硫、磷、钾盐、钾长石、含钾岩石、明矾石、蛇纹石和橄榄石、化肥用硅石、化工用石灰岩、泥炭、硼、岩盐、芒硝、天然碱、钠硝石、镁盐、溴、砷、重晶石、毒重石等；

（7）特种非金属矿产有：压电水晶、熔炼水晶、光学水晶、冰洲石、光学萤石、金刚石、蓝石棉等；

（8）建材及其它非金属矿产有：云母、石棉、高岭土、石墨、石膏、滑石、水泥用灰岩、泥灰岩、水泥混合材料、水泥配料、玻璃砂、玻璃用白云岩、长石、陶瓷粘土、砖瓦粘土、硅灰石、建筑用大理石、花岗岩、建筑用石材、方解石、铸石用玄武岩和辉绿岩、珍珠岩、沸石、蛭石、硅藻土、膨润土、凹凸棒石和海泡石粘土、浮石、叶蜡石、刚玉、石榴子石、天然油石、玉石、宝石等；

（9）地下水资源有：地下水、地下热水。

我国主要矿产储量与国外对比见表10—1。

表 10—1　中国主要矿产工业储量与国外储量对比

顺序	矿种名称	中国在世界所占位次	国外矿产储量较多的国家（按顺序排列）
1	铁	5	原苏联、澳大利亚、巴西、加拿大
2	锰	3	南非、原苏联、加蓬、澳大利亚、巴西
3	铬	11	南非、津巴布韦、原苏联、土耳其、印度
4	钒	1	南非、原苏联、新西兰、澳大利亚
5	钛	1	加拿大、挪威、南非、澳大利亚
6	钼	6	智利、美国、赞比亚、秘鲁、扎伊尔
7	铝	5	澳大利亚、美国、加拿大、原苏联、南非
8	锌	4	加拿大、美国、澳大利亚、巴西、印度、牙买加
9	铅	12	几内亚、澳大利亚、巴西、印度、牙买加
10	镍	9	古巴、新喀里多尼亚、加拿大、原苏联、印度尼西亚
11	钨	11	加拿大、原苏联、美国、澳大利亚
12	锡	1	马来西亚、印度尼西亚、泰国、澳大利亚
13	铋	1	日本、秘鲁、澳大利亚、美国、墨西哥
14	钼	2	美国、智利、加拿大、墨西哥、秘鲁
15	汞	3	西班牙、意大利、墨西哥、美国、土耳其
16	锑	1	泰国、玻利维亚、原苏联、南非
17	银	7	美国、原苏联、加拿大、墨西哥、秘鲁
18	金	8	南非、原苏联、美国、加拿大
19	稀土	1	美国、印度、原苏联、澳大利亚、加拿大
20	铂族	5	南非、原苏联、美国、加拿大
21	煤	2	原苏联、美国、南非、英国
22	石油	8	沙特阿拉伯、科威特、原苏联、伊朗、伊拉克
23	磷	2	摩洛哥、美国、南非、原苏联
24	硫	2	原苏联、波兰、加拿大、伊朗、墨西哥
25	钾	10	加拿大、原苏联、原民主德国、原联邦德国、巴西
26	菱镁矿	1	朝鲜、原苏联、巴西、澳大利亚
27	萤石	1	南非、原苏联、蒙古、墨西哥、美国
28	重晶石	3	原苏联、美国、印度、土耳其
29	硼	4	美国、土耳其、原苏联
30	天然碱	5	美国、墨西哥

由于我国人口多，人均占有资源量低，人口和经济发展对矿产资源压力大。据统计，35种主要矿产我国人均占有量只有世界人均的60%左右，铁、锰、铬、铜、铅、锌、铝土矿、镍、钴、汞、锑、银、铂族、金、煤、石油、耐火粘土、萤石、硫铁矿、天然碱、钾、硼、重晶石、金刚石、石棉、磷等26种均低于世界人均水平。

2. 矿产资源的质量和结构情况

我国矿产资源贫矿多、富矿少；共生伴生矿多，单一矿少；矿石成分结构复杂、难选矿多。开发技术条件复杂，成为发展矿业的一个主要制约因素。铁矿石平均品位为33%，富矿只占6.3%，可以直接入炉的富铁矿石只有2%。锰矿石储量中富矿石占5.9%，碳酸岩矿石占一半以上，铁锰矿石不到1/3，氧化锰矿石不到1/5，可直接利用的不到10%。铝土

矿中99%为选冶工艺较复杂的水硬铝石，铝硅比大于7的矿石量仅占27%，铝硅比低，溶出性能差，能耗大。铜矿储量中含铜品位在1%以上的只有34%，大于3%的不到1%。磷矿储量中五氧化二磷品位大于35%的仅有8%，选冶性能差。贫矿石、难选矿石的开发利用成为我国矿业发展面临的最大难题之一。

3. 矿产资源的地理分布

很不均衡，矿床规模差异大，大矿储量高度集中，小矿遍布全国。

二、我国矿业发展现状

1. 我国矿业的构成

根据国家统计局有关产业划分，我国矿业产业包括以下七个部分：①煤炭采选业；②石油及天然气采选业；③黑色金属采选业；④有色金属采选业（含贵金属及稀有金属采选业）；⑤建筑材料及其它非金属采选业（含化工非金属及特种非金属采选业）；⑥采盐业；⑦其它矿采选业。

2. 矿业发展实况

(1) 矿业实况　到1987年底止，我国有矿山企业77350个（其中乡以上独立核算单位26502个，村办矿企业50844个），矿石总产量18×10^8 t，矿业总产值达721.5亿元，占工业总产值的5%。1986年矿业产业各行业产值和净产值见表10—2、10—3。

表10—2　我国矿业产业基本情况表（1986年）

	煤炭采选业	石油及天然气开采业	黑色金属矿采选业	有色金属矿采选业	建材及其它非金属采矿业	采盐业	其它矿采选业	矿业总计	工业总计	矿业占工业的百分数
总产值 亿元（1980年不变价）	200.55	171.53	15.88	37.43	41.46	21.21	0.13	488.19	9028.46	5.4
净产值 亿元	97.53	127.35	8.43	17.95	18.50	16.89	0.08	286.73	2978.7	9.6

资料来源：《中国经济年鉴》(1987)，经济管理出版社，1987.9；《1986年工业统计年报》，国家统计局。

表10—3　矿业产值及增长速度（1980年不变价）

年　份	1960	1970	1975	1980	1985	1986	1987	1960～1987年均增长率/%
矿业总产值/亿元	122.8	101.5	221.3	309.3	457.7	488.1	515.83	5.7

(2) 矿业产值变化　1979～1987年间我国矿业产值年均增长率为10.8%，其中煤炭采选业为10.4%，黑色金属采选业为10.9%，有色金属采选业为15.5%，非金属采选业为44%（表10—4）。

(3) 主要矿产品产量及变化情况　1950～1987年间，我国采矿总量从5000多万吨增长到18×10^8 t，增长了30多倍。石油、煤炭、铁矿石、有色金属、钨、磷等主要矿物原总产量年均增长率在8%～19%之间（表10—5）。作为世界重要矿业国，我国主要矿产品产量在世界占有越来越重要的地位。据《中国统计年鉴1989》资料，截止1987年底，我国钢产量5628×10^4 t，居世界第四位；原煤92800×10^4 t，居世界首位；原油13400×10^4 t，居世界第五位；水泥18625×10^4 t居世界首位；化肥1672×10^4 t，居世界第三位。

表 10—4　1979～1987 各行业产值及增长情况

年　份	煤炭采选业	油气开采业	黑色采选业	有色采选业	非金属采选业
	产　值	产　值	产　值	产　值	产　值
1979	116.24		10.1	18.29	4.07
1980	112.97		10.5	20.67	23.55
1981	145.60		22.4	28.19	25.21
1982	154.46		16.1	25.21	27.71
1983	165.87		11.6	25.00	30.97
1984	180.62		13.6	30.94	35.27
1985	193.75		14.7	34.39	53.55
1986	237.44	231.8	19.9	45.63	67.38
1987	256.98	292.2	23.1	57.96	75.94
1979～1987 年均增长率/%	10.4		10.9	15.5	44

表 10—5　主要矿产品及加工产品产量

产　品	1950 年	1985 年	1986 年	1987 年	1950～1987 年平均增长速度/%
钢/$\times10^4$ t	61	4679	5220	5628	13.0
生铁/$\times10^4$ t	98	4383	5068	5503	11.5
原煤/$\times10^4$ t	4300	87228	89400	92800	8.7
原油/$\times10^4$ t	20	12489.9	13061	13414	19.6
铁矿石/$\times10^4$ t	235	13819	11950	16143	12.2
10 种有色金属/$\times10^4$ t	3.06	155.8	167.3	196.6	11.9
其中：铜	1.05	41.3	47.6	51.64	
铝	0.91	52.5	55.9	61.62	
铅	0.49	223	23.0	24.64	
锌	0.07	30.6	31.9	38.31	
锑	0.59	3.51	3.44	6.68	
锡	0.86	2.84	2.91	3.02	
钨矿/85%（WO_3）	1.19	4.88	5.03	5.33	
硫铁矿/$\times10^4$ t 标矿	10	691.9	783.5	1054.9	12.8
磷矿石/$\times10^4$ t 标矿	2	680.7	979.8	1486.6	18.8
化肥	1.5	1322.2	1395.7	1672.2	21
水泥	1.41	14594.8	16606	18625	14.1

资料来源：《中国统计年鉴》1987、1989，中国统计出版社，1987.10；1989.10。《中国工业年鉴.1987、1988》经管理出版社，1987、9，1988、9。国家统计局《1986 年工业经济年报》。

12 种主要矿产品产量占世界总产量 10%以上的有煤、铁矿石、钨、锡等四种，占 5%～10%的有铅、锌、锰等三种，占 5%以下的有铝土矿、铜、金、银、原油等五种(表 10—6)。

(4) 主要矿产品进出口情况　我国主要出口的矿产品有石油、煤炭、钨、锡、汞、锑以及石墨、萤石、滑石、重晶石及其它建材非金属等，进口矿产品及相应原材料主要有钢材、铜、铝、铅、锌以及锰矿石、铬矿石、金刚石、化肥、纯碱以及有关非金属。按照中国统计年鉴资料统计，1981 年前我国矿产品及相应原材料进出口基本平衡，1981 年有顺差

表 10—6　我国主要矿产品（及加工品）产量在世界地位（1985 年）

矿　产　品	世界总计	我国产量	我国产量占世界/5%	我国居世界第几位	产量居世界前 5 位国家
钢/×10⁴ t	65500	4679	7.1	4	原苏联、日本、美国、前联邦德国
煤/×10⁴ t	433600	87228	20.0	2	美国、原苏联、前民主德国、波兰
原油/×10⁴ t	266900	12490	4.7	5	原苏联、美国、沙特、墨西哥
铁矿石/×10⁴ t	90510	13819	15.3	2	原苏联、巴西、澳大利亚、美国
矿产铜/×10⁴ t(金属含量)	830.1	26.5	3.2	9	哥伦比亚、美国、原苏联、加拿大、赞比亚
矿产铝土矿/×10⁴ t	8830	140	1.6	11	澳大利亚、几内亚、牙买加、巴西、南斯拉夫
矿产铝/×10⁴ t(金属含量)	356.2	21.5	5.9	5	原苏联、澳大利亚、美国、加拿大
矿产锌/×10⁴ t(金属含量)	691.8	37.1	5.4	5	加拿大、原苏联、澳大利亚、秘鲁
矿产钨(W 含量/×10⁴ t)	5.38	2.32	43.0	1	原苏联、加拿大、南朝鲜、澳大利亚
矿产锡(Sn 含量/×10⁴ t)	19.68	2.98	15.0	2	马来西亚、巴西、印度尼西亚、泰国
矿产银(Ag 含量/t)	13321	520	3.9	15	墨西哥、秘鲁、原苏联、美国、加拿大
矿产金/t	1528	48	3.1	7	南非、原苏联、加拿大、美国
矿产锰/×10⁴ t	2274.2	160	7.0	5	原苏联、南非、巴西、澳大利亚

资料来源：(1)《世界金属统计》(World Metal Statistic 1987)。(2)《中国统计年鉴》1985。(3) 美国《采矿年评》1987.6 (Mineral Year Review)。

26.67 亿美元，1984 年开始出现逆差，1986 年由于油价暴跌，我国石油出口蒙受几十亿美元损失，外贸逆差仍达 36.71 亿美元（表 10-7），外贸逆差出现，主要是最近几年来钢材以及铝、铜等原材料进口猛增所致。1987 年后，钢材及非金属材料等进口额大大缩减，逆差逐渐减少。据预测，到 2000 年前，我国钢材进口若能控制在 1000×10⁴ t 以内，可基本实现外贸平衡。

表 10—7　“六·五”以来我国主要矿产品进出口额（单位：万美元）

	1981 年	1984 年	1985 年	1986 年
出口				
能源	510699	595126	704828	360543
金属矿产量	67516	27023	30172	34065
非金属矿产量	11772	13396	12961	12961
总计	589987	635545	747961	407569
进口				
能源	5332	6294	6221	8684
钢材及黑色				
金属矿产量	167277	421897	660942	627975
有色金属	19463	98279	132895	66763
化肥及非金属	131154	183092	166136	71207
总计	323225	709562	966194	774629
出口（+）、进口（—）	+266762	—74017	—218233	—367060
出口占同期出口总额（%）	27.3	24.3	17.4	13.2
进口占同期进口总额（%）	14.9CL	25.9	22.9	18.1

资料来源：国家统计局《中国统计年鉴》1982~1987 中国统计出版社。

第二节　矿产资源核算的研究

关于矿产资源核算理论与实践问题的研究，无论是国内外都还处于初期开拓研究阶段，其中尚有许多理论问题与实践问题还有待于进一步深化研究解决。这里仅就我们已掌握的资料将其作简要的介绍。

一、矿产资源核算的目的与意义

矿产资源是国家的重要资产财富，是经济建设和社会发展的重要物质基础。在我国，目前工业原料的80%来源于矿产品，能源的95%是矿物能源，矿业产值虽然只占国民生产总值的百分之几，但却支持70%以上的国民经济各部门的运转。1987年资料表明，矿业产值占国民经济生产总值5%～7%之间，而矿业及以矿业为原料的相关产业（冶炼、加工）产值却占整个国民生产总值的1/3～1/2。可见，矿产资源是工业化社会主要资源之一。是国民经济发展的基础和支柱。

一个国家的国民财富的富裕程度不仅应由国民生产总值来衡量，而且还应由资源的合理利用和储备来测度，而现行的国民经济核算体系没有把资源的核算纳入其中，只注重经济产值、忽视资源基础，资源存量和用量不计，收入增长和资源耗减混淆，因而不能全面地反映整个国民经济运行情况，容易导致社会发展中单纯追求产值和速度而不惜以资源的巨大浪费和耗竭为代价；它混淆了资源耗减与收入增加的界线，把资源耗减包含在资源产品中作为价值增加，使国民经济的发展和经济潜力建立在虚假的信息之上。长此下去，势必导致资源空心化的出现，即一方面是资源基础的持续削弱，国民财富的持续减少，另一方面则是国民生产总值的虚幻增加。我国目前所采用的国民经济（MPS）体系是在高度集中计划体制下形成的，除了以上问题外，还存在资源无价、矿产品低价、加工产品高价的不合理价格体系以及缺乏考核资源利用效益、资源耗竭速度方面的指标体系，企业以高的资源消耗、替代资金和劳动投入，致使资源的巨大浪费和资源收益低下并存。建立资源核算体系，就能合理地评价经济发展进程和效果；通过资源实物和价值量的核算，可正确地评价国家中长期发展的潜力，使有关资源开发利用决策科学化；有利于加强对资源的管理，完善国民经济核算体系；此外，还有利于资源有偿使用和有偿占用制度的建立。

对矿山矿产资源核算来说，它是地区和全国矿产资源核算的基础。核算的内容既包括矿山矿产资源的存量核算，也包括流量核算；既有实物量的核算，也要价值形态的核算；既要对矿山多类矿产资源分别核算，也要进行综合核算，以便为地区和国家的矿产资源的总核算打好基础、创造条件。

矿山矿产资源核算的作用，主要表现几个方面：

（1）通过矿山矿产资源核算，将使我们能够更加全面，更加客观地评价矿山生产发展过程和效果，合理地约束资源消耗速度，提高资源利用的国民经济效益。

（2）建立矿产资源核算体系并纳入区域和国民经济核算之中，是提高资源利用率、杜绝资源浪费和环境破坏现象、合理配置资源的一项带根本性措施。

（3）通过矿产资源核算可以解决资源有偿使用，建立以产权约束为基础的资源管理制度和开发管理制度。

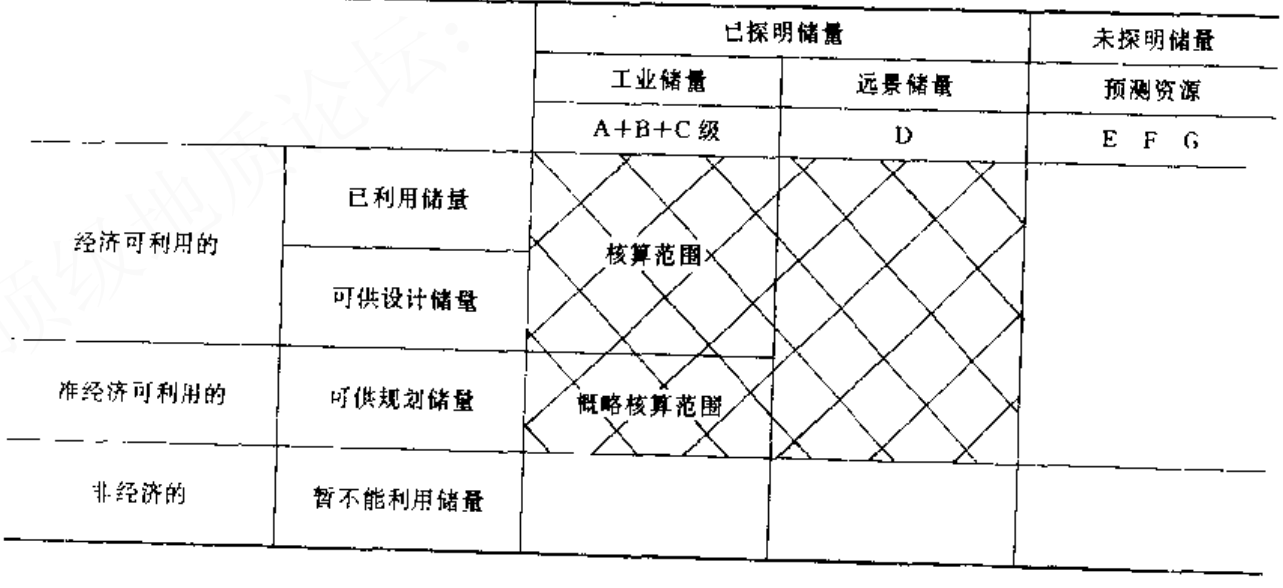
（4）矿产资源核算，确定矿产资源价格，是实行产品价格改革的前提。我国矿产品价格长期偏低，价格成本构成不全，既不包括资源占用费和补偿费，又不包括资源勘查费用。只有通过资源核算，确定资源价格，才能理顺矿产品价格，促进矿业发展。

二、矿产资源核算的范围与要求

参照国外矿产资源核算的经验，结合我国的实际情况，矿产资源的核算应按矿产种类、地质勘查程度和经济可用性分别考虑。但为了与国际上的资源核算进行对比，我们可先按国际统一要求，把已探明的经济可利用工业储量（A+B+C级）列入核算范围，其它级别的储量或资源可根据国家需要进行概略的核算或估计。

鉴于目前，我国现行储量分类及储量平衡表中，缺乏对矿产经济可利用性的评价，因此，应对原储量分类和平衡表进行改造和完善，划分出经济的、准经济的和非经济的储量等级。这项工作要在对每个矿床进行相应技术经济评价基础上完成。在条件不具备时，当前可先采用1987～1988年由国家计委、经委、科委、地矿部会同冶金部、煤炭部、石油部、有色金属总公司等九个工业部门，对矿产资源保证程度进行论证的做法，按其可利用程度划分为矿山占用的储量（可采储量），可供矿山设计的储量，可供规划的储量和经济上暂不能利用的资源。据此，我们把可采储量和可供设计储量定为经济可利用储量作为核算范围，它是根据已确定的价格、成本等经济参数计算确认为经济可利用储量，这部分储量已为矿山利用或不作为矿山设计依据，而把可供规划的储量定义为准经济可利用储量，它是根据预期的价格成本等参数计算的预期经济可采储量，可作为矿山建设规划依据。必要时，可进行概略核算或进行预期价值的估算。见表10—8。

表10—8　中国矿产资源核算范围分类表



矿产资源核算的要求　矿产资源核算既要进行实物量的计算，也要进行价值量的核算。实物量的核算要反映出矿产储量的存量、流量、增量和减量，既反映实物量变化的动态过程，还要反映净变化量。价值量的核算要反映价值量的变化，既包括实物量增减导致的价值量的变化，也包括价格变化导致的价值量的变化，特别要注意计算出净变化。

三、矿产资源定价理论和方法

1. 矿产资源定价理论原则

①以生产价格理论为基础，充分吸收均衡价格理论的合理内核，充分考虑供求关系及有限资源的稀缺性；②建立由矿产品价格、探明矿产资源价格、地质勘探储量价格和矿产资源价格体系，准确界定四个不同层次价格间的经济关系；③矿产资源价格的构成包括矿山绝对收益、矿山级差收益和矿产资源耗竭补偿费及环境补偿费三个部分；④已探明矿产资源价值包括两个部分，一部分是矿产资源自然过程形成的价值（取决于矿产的有用性、稀缺性和开发利用条件），另一部分是地质勘查人员过去创造的价值，它表现为地质勘探储量价格。地质勘探储量价格构成包括：勘查工作成本、勘查平均利润、勘查资金时间价值、风险费用等四部分；⑤矿产品价格及地勘储量价格应按边际成本定价。过去我国矿产品定价以部门平均成本为基础，这是造成我国矿产品价格长期偏低的原因之一，带来了许多弊端。实践证明，以边际成本为定价依据，在理论上和实践上都是必要的。所谓边际成本是指每增加一单位产出所增加的成本，对于一个企业来说，当最后一个单位产量成本高于市场价格时，企业就会停止生产，这个成本就是边际成本。在进行理论价格计算时，劣等资源条件的具体标准往往很难确定，过去一般采用系数法加以简化，即按照矿床边界品位、平均品位、规模大小、构造复杂程度、开采技术条件、矿石选冶性能、水文条件、交通运输条件等因素划分相应等级作为矿产资源价格的修正系数。

2. 矿产资源核算的层次及价格的计算方法

矿产资源核算一般分三个层次进行：第一是对每一种矿产资源进行核算，反映它的增减变化；第二是对矿产资源进行综合核算，反映矿产资源总量的增减变化；第三是把矿产资源纳入国民经济核算体系，全面地反映国民财富的增减变化，资本形成的规模以及国民生产总值（GNP）与净值（NNP）的实际情况。这三个层次的核算相互联系，相辅相成。

矿产资源价格的确定与计算方法有：

（1）市场法　由矿产资源交易和转让市场或投标竞争中，直接形成的矿床的价格，这种方法在市场经济的国家中可广泛采用。

（2）成本法（正算法）　常采用的公式是：

$$P_2 = L_1 + L_2 + R \tag{10—1}$$

式中：P_2——矿产资源价格；L_1——矿山绝对收益；L_2——矿山级差收益；R——矿产资源消耗补偿费及环境补偿费。

对于已探明矿产资源的价格计算，上述公式应加上地质勘探储量价格，即：

$$P = P_2 + P_1 = L_1 + L_2 + R + P_1$$

$$P_1 = C_1 \cdot \frac{(1+i)^t(1+P_r)(1+K)}{d(1-r)} \tag{10--2}$$

式中：P——探明矿产资源价格；P_1——地质勘探储量价格；P_2——矿产资源价格；C_1——每吨探明储量探明勘探成本；t——时间，以年为单位；i——利息率；P_r——地质勘探部门平均利润；K——矿床等级修正系数；d——定额储量利用率；r——风险系数。

（3）采用资源核算价格体系的逆算净值法　它是以已知的矿产品国际市场价格作为影子价格，扣除矿产勘查和开发运输的费用，即为该矿床的核算价格。其表达式为：

$$P_2 = P_F - C_F(1+P_R) - P_1/d_R - P_T$$

式中：P_2——矿产资源价格；P_F——该矿产品国际市场价格；C_F——矿山采选（冶）总成

本；P_R——采矿部门平均利润率；P_1——地质勘探储量价格；d_R——定额资源总利用率（采选冶总回收率）；P_T——运输价格。

对于已探明矿产资源价格，上述公式去掉（P_1/d_R）项变为 $P_2=P_F-C_F(1+P_R)-P_I$。

考虑到我国国内矿产品价格与国际市场价格相差较大，同时也考虑到各类矿产品进出口数量的差异，在实际计算时，可以在国际市场价格体系的基础上，参照国内价格体系进行一定的修正，对于非进出口矿产品也可采用国内价格体系进行计算。

四、矿产资源核算的步骤和方法

1. 实物量核算

（1）在核算范围的基础上，按下列公式计算变化量

期初储量＋总增加量－总减少量＝期末存量。总增加量中包括：地质勘查新增加量、储量重估等；总减少量中包括：开采量、开采损失量、储量重估等；储量重估应包括矿产勘查工作程度方面的重估，也包括技术经济和矿山建设条件方面的重估。

总增加量与总减少量之差为净变化量。

（2）核算单位　石油万吨原油；天然气万立方米；煤炭亿吨；金属矿产一般用金属量，也可换成一定品位的精矿（如铁矿、铝土矿）；非金属矿用矿石量或一定品位标矿。

（3）核算表示　见表 10—9。

表 10—9　矿产资源实物量核算表

实物量核算（单位：$\times10^4$ t）	1980	1981	1982	1983 ……
期初存量				
增加储量				
新探明增加				
重估增加				
减少量				
采出量				
开采损失量				
其它损失量				
重估减量				
净变化量				
期末存量				

2. 价值量核算

采用逆算净价法或顺算法计算出某种矿产资源的净价，然后按下列公式计算矿产资源的价值变化：

（资源净价×期初存量）＋（资源净价×总增加量）－（资源净价×总减少量）＝资源净价×期末存量，通过此公式可由实物量求出多种矿产资源价值的变化量，净变化量、期初价值量和期末价值量。其核算表示如表 10—10。

表 10—10　矿产资源价值量核算表

单位价值/元·吨$^{-1}$	1980	1981	1982	1983 ……
产品国际市场价格				
开采费用				
勘探费用				
资源净价				
价值量核算/元				
期初价值				
增加价值				
新探明增加				
重估增加				
减少价值				
开采量（耗减）				
开采损失量				
其它损失量				
重估减量				
净变化				
期末总价值				

五、矿产资源核算实例

1. 煤炭资源核算

中国是世界上以煤炭为主要能源的少数国家之一，煤炭在能源消费结构中占 70%以上，煤炭资源对国计民生有举足轻重的作用。30 多年来煤炭地质勘查工作的发展，使煤炭资源不断扩大，到 1987 年底，全国查明的矿区有 4900 多处，大、中、小型以上煤矿井 2200 多处，1953～1987 年间原煤产量以 7.9%的平均速度增长，1987 年煤炭产量达 92800 万吨，居世界第一位，煤炭还是我国主要出口矿产品，1953～1986 年间出口量以年均 8.1%的速率增长，到 1987 年出口煤炭 1353×10^4 t，创汇 47673 万美元，占出口总额的 1.5%（表 10—11）。

实物量核算　在我国工业部门煤炭储量按其地质勘查程度划分为精查储量和非精查储量两类，精查储量是指那些已经勘探的井田内的储量，即统一储量分类中的 A+B+C 级储量（又称工业储量），相当于美国分类中确定的和推定的储量。非精查储量又分为详查、普勘、普找三种，一般指经过普查井经一定钻探工程控制的储量，相当于中国统一储量分类中的 D 级储量，与美国储量分类中的推测储量大体相当。精查储量和普查储量通称为探明储量，按其可利用程度，分为已经生产利用的和正在建设的矿井储量、可供建井设计的矿井储量，前两类定义为经济可采储量。本次核算中将已经生产利用和正在建设以及可供设计的井田范围内的精查储量（A+B+C 级）列为核算范围。对于可供规划利用（具潜在经济价值的）普查储量（D 级）只作概略推算（表 10—12）。核算中重估增减量包括重新计算储量的增减，也包括建设条件和技术经济条件变化经济可用性导致的增减。

表 10—11　原煤历年产量、进出口量表

年　份	产量/×10⁸ t	进口量/×10⁴ t	出口量/×10⁴ t	消费量/×10⁴ t
1953	0.70		95	7149
1955	0.98	2.00	163	9070
1960	3.97	124.20	212	39701
1965	2.32	198.65	336	22884
1970	3.54	128.24	227	33184
1975	4.82	259.08	300	45713
1980	6.20	199.22	632	60685
1981	6.22	194	657	60565
1982	6.66	216	644	64126
1983	7.15	213	656	67485
1984	7.89	243	696	74418
1985	8.72	231	777	81892
1986	8.94	247	982	
1987	9.28		1353	
累计	134.55		12776	

资料来源：《中国对外经济贸易年鉴，1984，》《中国统计年鉴》1985、1986、1987。

表 10—12　煤炭储量核算范围

		精查储量	非精查储量		
			详查	普勘	普找
经济可利用的	生产井和在建井储量	核算范围			
	可供建井设计储量				
准经济可利用的	可供规化（待勘探区）的储量				
非经济可利用的	暂不能利用的储量				

实物量核算结果（表 10—13）表明：

(1) 1980～1986 年间，我国煤炭储量每年增加量 9～105×10⁸ t 之间，其中 1982～1984 年增加量多达 68×10⁸ t 以上，煤炭耗竭绝对速率平均为 4.2%，净变化除 1985 年为负值外，其它各年均为正值，煤炭总储存量以每年 1.5%的速率递增。

(2) 价值量核算煤炭是我国重要的出口产品，因此采用我国出口的平均国际市场价格，即以国家统计局出版的《中国统计年鉴》中公布的年出口数量和以美元计的出口金额，求得年平均单位原煤出口价格，然后以当年官方汇率，换算成元/吨。国内生产成本包括勘查成本，开采成本均采用平均成本。核算结果表明：①1980～1987 年间，煤炭出口国际价

表 10—13　煤炭资源核算

实物量核算	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1980～1987年均增长%
期初储量		1517.1	1575.04	1624.13	1637.65	1686.72	1699.28	1693.04	1723.12	
增加量		71.79	61.53	105.66	77.58	68.25	47.5	52.22	47.67	
新探明增加		71.79	23.97	105.66	77.58	68.25	47.5	52.22	9.84	
重估上升		—	37.56	—	—	—	—	—	37.83	
耗减量		13.85	12.44	92.14	28.51	55.69	53.74	22.14	18.56	4.2
开采量		6.20	6.22	6.66	7.15	7.89	8.72	8.94	9.28	
损失量		6.20	6.22	6.66	7.15	7.89	8.72	8.94	9.28	
重估下降		1.45	—	78.82	14.21	39.91	36.30	4.62	—	
净变化		57.94	49.09	13.52	49.07	12.56	−6.24	30.08	29.11	
期末储量	1517.1	1575.04	1624.13	1637.65	1686.72	1699.28	1693.04	1723.12	1752.23	1.5
单位价值（元/吨）										
平均出口价（美元/吨）		41.98	48.41	52.23	44.35	41.34	40.41	40.74	35.20	35.20
折成人民币（元/吨）		62.96	82.77	98.71	87.83	96.32	118.40	140.15	130.59	
生产成本（元/吨）		20.06	21.57	21.96	22.35	23.40	29.04	31.09	37.28	
开　采		20.05	21.54	21.95	22.33	23.37	29.03	31.06	37.27	
勘　查		0.014	0.031	0.005	0.021	0.032	0.014	0.032	0.011	
净价值（元/吨）		42.90	61.20	76.75	65.48	72.92	89.36			
价值量核算（亿元）										
期初储量		—	67569.22	99396.76	125689.64	110446.43	123911.5	151290.05	187923.47	
增加量		3079.79	3765.64	8109.41	5079.94	4976.79	4244.6	5695.11	4448.09	
新探明增加		3079.79	1466.76	8109.41	5079.94	4976.79	4244.6	5695.11	918.17	
重估上升		—	2298.67	—	—	—	—	—	3529.92	
耗减量		594.17	761.33	7071.75	1866.83	4060.91	4802.21	2414.59	1731.83	
开采量		266.84	380.66	511.16	468.18	575.34	779.22	975.00	865.92	14.3
损失量		266.84	380.66	511.16	468.18	575.34	779.22	975.00	865.92	
重估下降		62.21	—	6049.44	930.47	2910.24	3243.77	503.86	—	
净变化		2485.63	3004.31	1037.66	3213.10	915.88	−557.61	3280.52	2716.25	
价值重估		—	28827.53	25255.22	−18456.31	12549.19	27936.16	33352.16	−27139.14	
期末储量		6759.22	99396.76	125689.64	110446.43	123911.50	151290.05	187923.47	163500.58	

格以 2.6%的速率下跌，但美元对人民币汇率以 11.5%逐年上涨，国内生产成本以年均 9.2%的速率上升，这些参数决定着，煤炭单位净价(租金)总体保持上升趋势，年均增长率约 12.0%，其中 1986 年最高，达到 109 元/吨，1987 年又下降，这里美元汇率的影响十分明显。这一期间煤资源平均单位价值 76 元/吨；②煤炭价值量年增加量最高为 1982 年，达 8109 亿元，最低为 1987 年，为 918 亿元；年耗减量最低 594 亿元，最高为 1982 年，达 7072 亿元，每年平均以 14.3%速率增加；③价值净变化除 1985 年为负值外，均为正值，这与实物量净变化是一致的。即这两年实物耗减叠加价值的耗减，导致贮备总价值的大大下降；④1980～1987 年间煤炭资源总贮备价值量在 7～19 万亿元之间波动，总体而言，8 年间上升平均速度为 11.7%。

说明：考虑到国内煤价和国际市场煤价尚有较大差异，同时国内出口煤炭仅占煤炭总产量的 2%左右，我们采用国内原煤平均影子价格(坑口)减去开采和勘探成本，获得煤炭资源净价。影子价格根据国家计委《建设项目经济评价方法与参数》所给出的开滦、峰峰、大同、阳泉、抚顺、淮南、淄博、平顶山、渡口、石咀山、哈密等 17 个省 43 个主要煤矿的坑口影子价格加以平均，得全国煤炭坑口影子价格为 63 元/吨，煤资源净价格为 25～43 元/吨。核算结果，1980～1987 年间我国煤炭年净变化量在 300～2500 亿元之间，年耗减量在 340～4000 元之间，年贮存量在 37900～75300 亿元之间，此数字与以国际价格为依据核算的结果相差一倍多。

2. 铁矿资源核算

中国铁矿资源比较丰富，到 1987 年底，探明铁矿区 1876 处，保有工业储量(A+B+C) 250×10^8 t，探明储量 495×10^8 t，拥有大中小铁矿山 800 处，1953～1986 年间我国铁矿石产量以年均 10.3%的速率增长，到 1986 年年产量已达 14950×10^4 t，但由于我国铁矿石贫多富少，质量不甚理想，每年仍要进口一部分以补不足，特别是 1979 年起进口量剧增到 700×10^4 t，到 1986 年达 1300 多万吨(表 10—14)，进口主要是澳大利亚、巴西的富铁矿石。

表 10- 14 铁矿石历年产量、进口量及消费量

年 份	产量/$\times10^4$ t	进口量/$\times10^4$ t	年 份	产量/$\times10^4$ t	进口量/$\times10^4$ t
1953	582		1980	11259	725.36
1955	960		1981	10459	335.5
1960	1279	61.66	1982	10732	371.3
1965	3149	103.25	1983	11.339	392.4
1970	6422	67.64	1984	12670	395.7
1975	9694	274.00	1985	13.783	1006
1979	11876	716.19	1986	114950	1.372

(1)实物量核算　我国已探明铁矿储量按照现行分类方法分为 A、B、C、D 四级，其中 A+B+C 级称为工业储量，D 级储量为远景储量；按可利用程度分为已利用储量、可供设计储量、可供规划储量和暂不能利用储量四类，其中已利用和可供设计工业储量定义为经济可利用储量，列入核算范围，而对可供规划的 D 级储量，定义为准经济可利用储量，作为概略核算的对象。重估上升或下降的储量的含义，与石油和煤炭相同。

实物量核算表明(表 10—15),1980～1987 年间我国铁矿资源年增加量在 21.6×10^8～1.8×10^8 t 之间波动,平均每年增加量为 7.05×10^8 t,年均增长率为 8.4%;储量年耗减量为 1.2×10^8～19×10^8 t 之间,年均耗减量为 4.0×10^8 t,年均耗减速速为 6%;储量净变化均为正值,年变化幅度在 4.9～0.58 之间,总贮备量以每年 18%的速率缓慢增长。

表 10—15 铁矿资源核算

实物量核算/亿吨	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1980～1987 年均增长%
期初储量		173.34	173.92	178.2	180.62	185.57	188.42	193.39	195.92	
增加量		1.79	6.58	3.93	8.66	4.09	7.08	21.52	3.15	8.4
新探明增加		1.79	1.92	1.88	8.66	1.29	4.59	7.79	2.69	
重估上升		0.09	4.66	2.05		2.80	2.49	13.83	0.46	
耗减量		1.21	2.30	1.51	3.71	1.24	2.11	19.09	1.82	6.0
开采量		1.11	1.02	1.03	1.18	1.15	1.2	1.28	1.36	
损失量		0.10	0.09	0.10	0.11	0.09	0.14	0.26	0.10	
重估减少			1.19	0.38						
其它减少					2.42 +4.95	+2.85	0.77 +4.97	17.55 +2.53	0.36 +1.33	
净变化		+0.58	+4.28	+2.42	185.57	188.42	193.39	195.92	197.25	
期末储量		173.92	178.2	180.62						
单位价值										
进口平均价/(美元/吨)		24.89	32.23	29.63	29.65	27.29	25.58	24.32	24.73	1.1
折人民币/(元/吨)		37.33	55.11	56.00	58.71	63.59	74.95	83.66	91.75	
生产成本/(元/吨)		35.47	37.48	39.78	40.06	42.89	46.70	49.43	54.34	6.3
选采/(元/吨)		35.39	37.40	39.75	40.02	42.83	46.60	49.35	54.29	
勘查/(元/吨)		0.078	0.075	0.03	0.039	0.056	0.08	0.082	4.045	
净价值		0.93	8.81	8.11	9.36	10.3	24.13	17.11	18.15	53.4
价值量核算/亿元										
期初储量		—	161.75	1570.83	1464.83	1736.01	1950.15	2731.64	3353.17	
增加量		1.66	57.97	31.87	81.02	42.33	100.01	370.03	58.92	
新探明增加		1.58	16.92	15.25	81.02	13.35	64.84	133.38	50.32	
重估上升		0.08	41.05	16.63		28.98	35.17	236.70	8.61	
耗减量		1.13	20.27	12.25	34.71	12.84	29.81	326.73	34.05	53.0
净变化		5437.78	19.63	46.31	29.49	70.20	43.30	24.88		
重新估价		—	1624.41	−125.03	224.87	189.65	711.29	578.24	316.52	
期末储量		161.75	1570.83	1464.83	1736.01	1950.15	2731.64	3353.17	3689.56	15.6

（2）价值量核算　铁矿石是当前我国重要的进口矿产品，所以，其国际价格采用进口平均价格，即以国家统计局公布的当年进口总金额和进口总数，求得以美元结算的每吨矿石的单价，然后以当年官方汇率换成人民币。考虑到我国进口铁矿石一般为品位65%左右的富矿，而国内铁矿储量平均品位为33%，1980～1987年间我国露天矿出矿品位平均为32%左右。经选矿后的精矿品位一般为63%左右，所以可以用精矿成本来代表相应富铁矿石的成本，选矿比按照1∶2考虑，则国内平均品位为33%的铁矿石净价也应按此比例进行折算，表中所列净价为折算后中国铁矿石净价。铁矿生产成本采用部门年铁精矿平均成本，勘查成本中储量利用率因素影响很小，忽略不计。

核算结果表明：①1980～1987年间铁矿石进口平均价格比较平稳，最高为29.65美元/吨（1983年），最低为24.89美元/吨（1980年），除中间年份向上波动外，8年中年平均上涨率几乎为零，但由于美元对人民币汇率以年均11.5%上升，扣除成本上升因素（每年以6.3%的速率上升。铁矿石单位净价值1980～1987年间仍以年均53%的速率上升。例外的是，1980年因进口价格低、汇率也低，铁矿石净价值仅1.66元/吨；②1980～1987年间铁矿资源价值增加量每年在1.66～370亿元之间，平均年增加量为106亿元；耗减量为1.13～326亿元之间，平均年耗减量为67亿元，资源耗竭增长速率为53%；③1980～1987年价值净变化量为0.5～70亿元，各年均为正值；④1980～1987年铁矿总价值存量以年均15.6%的速率增加，1987年总价值达3689.56亿元。

（3）按国内价格体系核算的比较　根据国家计委《建设项目经济评价方法与参数》所提供的数据和折算指数，国内65%铁精矿出厂价格为72.50元/吨，按1.49折算指数折算成影子价格为108元/吨。再按照1∶2选矿比折算成33%品位的铁矿石影子价格为54元/吨，用递算法算得铁矿资源净价为2～9元（其中1985～1987年三年为负值）按此计算，1980～1987年间铁矿资源年增加量为2～18亿元，耗减量为3～36亿元，资源总价值存量为519～1773亿元，也比按国际价格核算的结果低1～2倍。

六、矿产资源核算纳入国民经济核算体系

矿产资源核算纳入国民经济核算体系后，对GNP、NNP的修正

根据1990年5月在美国世界资源研究所中美双方专家讨论的一致意见，自然资源纳入国民经济核算体系的途径有二：

一是将自然资源作为国民财富，纳入国民财富帐户，以资产形式进行实物量和价值量的核算，加入到国民资产的总帐户中。

二是以自然资源核算的结果，对国民生产总值（GNP）和国民生产净值（NNP）进行修正，得出新的GNP和NNP，可称之为资源核算国民生产总值和资源核算国民生产净值，分别以RAGNP和RANNP代表，其计算公式如下：

$$RAGNP = GNP + 自然资源增加量$$

$$\begin{aligned} RANNP &= RAGNP - 自然资源耗减量 - 固定资产折旧 \\ &= GNP + 自然资源增加量 - 自然资源耗减量 - 固定资产折旧 \\ &= NNP - 自然资源净减少量 \end{aligned}$$

根据上述公式1980～1987年的初步资料为例，概略算出纳入自然资源核算后的RAGNP和RANNP。

（1）RAGNP的核算（表10—16）　概略核算结果表明，矿产资源核算纳入国民经济

表 10—16　矿产资源核算纳入国民经济核算体系后的国民生产总值

单位：亿元（当年价）

年　份	国民生产总值（GNP）	主要矿产资源价值增加量				矿产资源核算纳入国民经济核算后的国民生产总值（RAGNP）
		煤矿	铁矿	其它矿	合计	
1979	3998					
1980	4470	3079.79	1.66	106.64	3187.30	7657.86
1981	4773	3765.64	57.97	40.34	3863.95	8806.95
1982	5193	8109.41	31.87	290.00	8431.28	13624.28
1983	5809	5079.94	81.02	622.52	5783.48	11592.48
1984	6962	4976.79	42.33	1403.78	6422.90	13384.90
1985	8568	4244.6	100.01	3442.13	7786.74	16354.74
1986	9726	5695.11	370.03	310.98	6376.12	16102.12
1987	11351	4448.09	58.92	609.18	5116.19	16467.19
年增长率%	14.2					11.6

表 10—17　矿产资源纳入国民经济核算后相对耗竭对国民收入的修正

单位：亿元（当年价）

年　份	国民收入（近似 NNP）	主要矿产资源净变化				考虑矿产资源净变化后的国民收入（近似 RANNP）
		煤	铁矿	其它矿产	合计	
1979	3350					
1980	3688	2848.63	0.54	−401.99	2447.18	5997
1981	3940	3004.31	37.78	−162.37	2879.72	6820
1982	4261	1037.66	19.63	−75.18	982.11	5243
1983	4730	3213.10	46.31	280.62	3540.03	8273
1984	5650	915.88	29.49	967.73	1913.10	7563
1985	7031	−557.61	70.20	2883.47	2396.06	9426
1986	7887	3280.52	43.30	20.14	3343.96	11231
1987	9321	2716.25	24.88	129.00	2870.13	12191
年均增长率/%	14.2					110

核算后，新的国民生产总值（RAGNP）有了大幅度的增加。它反映了地质勘查工作通过发现、探明矿产资源而每年为国家新增加3000～7000亿元的国民生产总值，虽然这部分国民生产总值并不是地质勘查工作直接创造的（因为矿产只能发现，不能创造），但它使潜在的价值变为现实的价值。

（2）矿产资源核算对国民收入的修正（近似的RANNP核算）　我国目前实行MPSPS核算体系，国民经济发展的主要统计指标有社会总产值，国民收入，工农业总产值等。近年来吸取SNA的优点开始统计国民生产总值这一指标，但历史数据不全，为此，我们这里仍采用国民收入这一指标。

国民收入是我国反映经济发展水平、经济效益和分配关系的重要指标，它是从社会总产值中扣去生产过程中消耗的生产资料价值（包括原材料、肥料、种子、燃料、动力和固定资产折旧等等）后剩下来的净产值，即农业、工业、建筑业、运输业和商业净产值之和。因此，它可以近似地代替SNA体系中的国民生产净值，即NNP。在核算过程中：

新国民收入（近似的RANNP）＝国民收入－矿产资源净减少量

概略核算的结果见表10—17。1980～1987年间，在我国由于地质勘探新探明的矿产资源大于年耗减量，其净变化量表现为正增加，所以纳入国民经济核算后，新国民收入（近似的RANNP）均有所增加，年增加量约在1000～3500亿元之间，我国矿产资源相对耗竭速度是基本合理的。

第三节　矿产资源综合开发利用评价

矿产资源综合开发利用评价是生产矿山对矿床技术经济评价的一项基本任务。共生矿产的综合开发和矿石中伴生有价组分的综合利用对矿产资源保护、提高矿床经济价值、增加矿山盈利具有重要意义。它不仅具有基建投资和生产费用较低的优点，同时又是广开矿源，特别是获得稀有金属和分散元素的主要途径；而且还是改善环境、减少“三废”的重要技术措施。为此，综合开发共生矿产及综合利用矿石中伴生的有价组分的工作，日益受到世界各国的重视。对于矿石中伴生有价组分能否在选冶加工过程中综合回收，主要取决于矿石性质和选冶技术水平，而值不值得回收主要取决于经济效果；而对于共生矿产，特别是对异体共生矿产能否综合开发关键在于要打破行业、部门界线，鼓励主业、副业兼营，支持跨行业的开发。

一、资料要求及技术经济标准

（1）在评价前，对综合开发的共生矿产及综合利用的有价组分应具备以下资料　①共生矿产的种类、储量、质量；赋存部位、可采性能；市场的需求；②伴生有价组分的赋存状态，物质组分、品位及分布规律；选矿试验指标。

（2）矿石中伴生组分综合利用及共生矿产综合开发的技术经济合理性的标准：　①共生矿产的质量，或经选矿后的精矿符合国家颁布的标准；②综合回收的有价组分的精矿，或在元素精矿中的含量应达到国家要求的冶炼标准（包括品位和杂质含量）；③综合开发共生矿产和综合回收有价组分，应能提高矿山或冶炼厂的效果。

二、矿产资源综合开发利用评价

1. 共生矿产综合开发经济效果计算

在评价共生矿产开发的经济效果时，可采用总利润法计算全采期获得的期望总利润。

$$P_{共}=K\sum_{i=1}^{n}Q_i\cdot\varepsilon_i(Z_i-S_i)-J_{共} \tag{10—3}$$

式中：$P_{共}$——全采期共生矿产开发利用的期望总利润（万元）；n——共生矿产种类；Q_i——探明的各种共生矿产的储量（$\times10^4$ t）；ε_i——不同共生矿产的采矿回收率（%）；Z_i——不同共生矿产单位售价（元/吨）；S_i——不同共生矿产单位综合成本（元/吨）；$J_{共}$——共生矿产的总投资（万元）。

2. 伴生矿产资源综合利用评价

（1）根据提取伴生组分产值增收能够抵偿直接费用的原则进行评价　关于伴生组分的生产费用一般分为间接费用（或共用费用）和各种产品的直接费用。计算综合利用伴生组分经济效果的公式有两类：第一类是考虑各种直接和间接费用与收支平衡的关系，也就是说，不但要计算直接费用，选矿公用流程各工序的间接费用都由各有关最终产品来分摊。这种计算方法夸大了提取某种伴生有价组分所需的费用，不适当地提高了可供综合利用元素的品位指标，储量减少，由于这种原因在实际计算中一般不采用这种方法。第二类是只考虑提取伴生组分时追加的直接费用与收支平衡的关系，而不考虑任何间接费用，因为间接费用在提取主要组分时都已经支付了，这种计算方法比较合理，既考虑了综合利用费用的支出，又扩大了资源利用范围。

评价公式如下：

$$S_i\leqslant\alpha_i\cdot\varepsilon_i\cdot D_i \tag{10—4}$$

$$S\leqslant\sum_{i=1}^{n}\varepsilon\alpha_i\cdot\varepsilon_i\cdot D_i \tag{10—5}$$

式中：S_i——由一吨原矿中提取 i 组分时发生的直接费用（元/吨）；S——为综合利用各种组分时采选每吨原矿的全部费用（各种直接费用和间接费用）；$\alpha_i\cdot\varepsilon_i$——分别为原矿中 i 组分的含量及回收率（%）；D_i——为每吨 i 组分产品价格（元/吨）。

公式（10—4）是用以评价综合回收某种元素的经济效果．而公式（10—5）是通盘考虑所有组分综合利用时的经济效果，用收支平衡原则加以控制。

由上式可知，单种伴生组分只用直接成本确定其经济价值；综合矿石，用直接成本和间接成本确定其经济价值。

评价矿石综合利用在经济上是否有效以及有多大效益，可用下式评价：

$$R=\sum_{i=1}^{n}S_i(Z_i-S_{ui})-S_K \tag{10—6}$$

式中：R——矿石综合利用总经济效益（利润）（即综合利用一吨原矿的利润）（元/吨）；S_i——由一吨矿石中得到的 i 伴生组分产品的吨数（即产品的精矿产率）（%）；Z_i——一吨 i 组分产品的售价（产品价格）（元/吨）；S_{ui}——一吨原矿中提取 i 组分的直接费用（元/吨）；S_K——综合利用一吨矿石的一般费用（间接费）（元/吨）。

从上式可知，只有使 $S_i(Z_i-S_{ui})$ 不断增大，才是提高其经济效益的唯一途径，而当 Z_i 和 S_{ui} 相对稳定时，千方百计提高伴生组分产率，是提高其效益的根本途径。因此，既要充分利用资源，又要创造提取伴生组分的最佳条件，使每种产品的递增直接费用（S_{ui}）等于该产品的极限成本。若 $Z_i<S_{ui}$，则表明递增的产品抵偿不了递增的费用，在经济上不合算。

关于综合利用的社会效益，当前虽还没有较完备的计算方法，但它是客观存在的矿产资源的充分合理利用不仅可增加国民经济收入，而且可以满足国家建设对一些稀有、分散元素金属的要求，尤其是无独立矿物的稀散金属，几乎全部由综合利用获得。

另一方面，有些元素如任其排放，将造成环境污染，破坏生态平衡。除企业交纳排污费和被罚款的损失外，还将造成恶劣的社会影响，治理费用也将是巨大的。

（2）根据综合利用每吨矿石的盈利指标进行评价　上述计算公式（10—6），考虑了综合利用某种元素后，其产值增收能抵偿其直接费用，也考虑了所有组分综合回收的收支平衡，但并没有明确反映综合利用对整个企业盈利水平的影响。一般来说，进行综合利用应比回收单一元素利润增大，才具有实际经济意义。因此，可采用下式计算：

$$P_i \geqslant P \tag{10—7}$$

式中：P_i——计算综合利用的每吨矿石盈利（元/吨）；P——只生产单一产品每吨原矿盈利（元/吨）。

利润指标可以计算到精矿，也可计算到金属，需视具体情况而定。

按公式（10—7）的原则确定伴生组分的品位能提高企业经济效果。

同时，也可按下式进行评价计算：

$$P_i - P \geqslant S_i - S \tag{10—8}$$

式中：S_i——综合利用某种元素时，一吨原矿的选矿加工费（元/吨）；S——只生产一种精矿（主要元素）时，一吨原矿的选矿加工费（元/吨）。

（3）根据投资回收期和投资利润进行评价用超额投资回收期评价的公式如下：

$$T = \frac{J_i - J}{P_i - P} \tag{10—9}$$

式中：T——超额投资回收期（年）；J_i——综合利用伴生组分时矿山（采选）总投资（元）；J——不考虑综合利用时矿山总投资（元）；P_i——综合利用伴生组分时矿山年利润（元）；P——不计算综合利用时矿山年利润（元）。

用投资收益率评价：

$$i_E \geqslant i \tag{10—10}$$

式中：i_E——综合利用时矿山投资收益率；i——不计算综合利用时矿山投资收益率。

第四节　采矿贫化损失经济评价

矿石的贫化率、损失率历来就是采矿业的一项重要技术经济指标，生产矿山在降低采矿贫化率和损失率工作中，已取得了一定成绩。但由于种种原因，这两项指标仍较落后。据统计：有色金属工业总公司系统的矿山1985年总贫化率平均为26.4%，损失率为16.4%。造成这种局面的原因，一方面是由于矿床的地质特征、采矿方法、技术管理水平等多种因素综合作用的结果；另一方面则是长期以来贫化损失指标只作为一项技术指标看待，对其经济上的重大意义缺乏足够认识，所以未能进行必要的经济分析和采取积极的措施，给矿山造成重大经济损失。因此，对采矿贫化、损失应进行具体的经济评价，其方法简介如下：

一、开采损失经济效益的计算

1. 经济损失计算

（1）无效费用　矿山由勘探—设计—生产所投入的资金，由于一部分矿产储量没有采出而使一部分资金没有生产效果，这部分资金称为无效费用。其大小与开采损失量和生产成本成正比，其数字表达式为：

$$C_k = \Sigma C_i \cdot P_i \tag{10—11}$$

式中：C_k——无效费用；C_i——每吨金属的投资成本；P_i——生产过程各阶段的金属损失。

通常可根据企业投资进行计算。

$$C_k = \frac{R}{Q} \cdot P_i \tag{10—12}$$

式中：R——企业投资总额；Q——保有表内金属储量。

（2）失去的总收益　是指由于生产过程中金属损失而造成的经济损失。其计算式为：

$$P_M = (W - C_i)P_i \tag{10—13}$$

式中：P_M——失去的总收益；W——1吨金属的价格。

（3）企业提前投资而遭受的损失　是指由于储量损失，矿山能力过早消失，造成矿山提前转移、投资建设新的基地所蒙受的经济损失。其计算式为：

$$S = \mathrm{E} \cdot K \cdot \Delta T = \mathrm{E} \cdot K \cdot \frac{P_i}{G} \tag{10—14}$$

式中：S——企业提前投资而遭受的损失；E——投资效果系数，一般为0.8；K——新区建设投资；ΔT——企业提前投资时间；G——年消耗表内金属储量。

（4）经济总损失（M）的计算，经济总损失为以上各项计算之和。

$$M = C_k + P_M + S = P_i\left(\frac{R}{Q} + W - C_i + \frac{\mathrm{E} \cdot K}{G}\right) \tag{10—15}$$

2. 附加费用（C_d）的计算

它是指企业投资或生产成本以外追加的措施费（附加费），通常根据措施项目进行具体计算。有时为了简便，也可用生产成本代替。

3. 开采损失经济效益（H）计算

$$H = M - C_d = P_i\left(\frac{R}{Q} + W - C_i + \frac{\mathrm{E} \cdot K}{G}\right) - C_d$$

设：$D = \left(\frac{R}{Q} + W - C_i + \frac{\mathrm{E} \cdot K}{G}\right)$，上式可写成：

$$H = P_d \cdot D - C_d \tag{10—16}$$

当H等于零或正数时，降低开采损失是合算的，反之，H为负数时，降低开采损失在经济上是不合算的。

二、开采贫化经济效益的计算

1. 无效费用计算

矿山生产中多采一部分废石，就意味着有一部分资金没有生产效果，这部分资金称为无效费用（C_k），其计算式为：

$$Ck = a \cdot Q_2 \tag{10—17}$$

式中：a——1吨废石的采选成本；Q_2——废石量。

2. 失去总收益的计算

由于废石的混入，导致原矿品位降低，使其金属产量减少，经济上带来损失。其计算

式为：

$$P_M = C_1 \cdot r \cdot Q \cdot \beta(a_1 - e) = C_1 \cdot Q_2 \cdot \beta(a_1 - e) \tag{10—18}$$

式中：P_M——失去的收益；当 P_M 为负数时，企业盈利；反之 P_M 为正数时，企业亏本；C_1——原矿品位；r——贫化率，

$$r = 1 - Q_1/Q = Q_2/Q \tag{10—19}$$

Q——采出矿量 $Q=Q_1+Q_2$；Q_1——开采矿石量；Q_2——开采废石量；β——选矿实收率；a_1——1 t 金属产品成本；e——1 t 金属产品价格。

3. 损失金属量计算

这里是指贫化增大，废石增加导致选矿实收率降低造成的经济损失。通常根据废石品位进行计算：

$$S = Q_2 \cdot C_2 \cdot \beta \cdot e \tag{10—20}$$

式中：S——金属损失；C_2——废石品位；其它符号同前。

4. 开采贫化造成的经济总损失

$$\begin{aligned} G &= Ck + P_M + S \\ &= Q_2[a + \beta \cdot C_1 \cdot a_1 + \beta \cdot e(C_2 - C_1)] \end{aligned} \tag{10—21}$$

5. 降低开采贫化经济效益计算

设降低贫化措施的附加费用为 C_f，经济效益为 W，则降低开采贫化经济效益公式为：

$$\begin{aligned} W &= G - C_F \\ &= Q_2[a + \beta \cdot C_1 \cdot a_1 + \beta \cdot e(C_2 - C_1)] - C_f \end{aligned} \tag{10—22}$$

当 $W \geqslant 0$ 时，降低贫化是有益的，反之，W 为负数时，降低贫化在经济上是不合算的。

第五节　低品位矿石利用及边角矿体经济评价

一、低品位矿石利用与分析

低品位矿石评价是矿床经济评价的内容之一。

低品位矿石是指在当前的技术经济条件下，接近而未达到经济平衡品位或某一盈利品位的矿石，以及低于最低工业品位的表外矿石。这部分矿石是数量很大的一批资源。随着工业建设的发展，对矿物原料的要求日益增加，而地质找矿工作的难度在增加，勘探和矿山建设周期长，浅、近、易、富的矿床数量减少，建设新矿山的难度也相应增大。因此，为了充分利用矿产资源，充分发挥生产矿山的生产潜力，提高矿山经济效益，在已开发矿区，合理利用低品位矿石就成为一件十分重要而又具现实意义的工作。

例如，白银露天矿一号采场，自投产起，即将最低工业品位由 0.5%降至 0.3%（原边界品位），充分利用了“表外”矿石。1966 年又将浸染矿的品位进一步降低，由 0.3%降至 0.2%，共采出该种矿石 883.6×10^4 t，铜金属 22090 t，平均品位为 0.25%，在当时的技术经济条件下，回收该部分在露天开采境界内的矿石，因为它不负担探矿费用，基建投资、采矿费用，所以还略有盈利，这是低品位矿石利用的一个较好实例。

实际上，处于不同开发阶段的矿量，随着采矿工程的实施，投入的劳动消耗相应增加，对各级储量工业品位的要求，就相应的越来越低。根据对某铅锌多金属矿床的研究，各级储量的级差品位指标如表 10—18。

表 10 18 某铅锌多金属矿各级储量的级差品位表

储量级别	远景储量	工业储量	开拓矿量	采准矿量	备采矿量	存窿矿量
不同开发阶段每吨矿量的探采、选平均费用(元/吨)	46.33	44.93	35.30	33.38	31.12	19.04
综合最低工业平均品位(%)	4.33	4.20	3.30	3.12	2.19	1.78

(据项长兴资料改编)

级差品位，就是根据各级矿量的不同勘探和生产准备阶段所投入的费用，分别确定不同的最低“工业品位”。对同时采下的低品位矿石或露天境界范围内采出的低品位矿石是否有利用价值的问题，应视其矿石中的有用组分含量的价值，能否抵偿以后的直接生产费用为原则。其品位指标可用下式求得：

$$C_{低}=\frac{l+d+y-(a+b)}{\nu\cdot\beta\cdot K_p(1-r)} \qquad (10—23)$$

式中：l——每吨矿石内部运输费用；d——每吨矿石的选矿费用；y——每吨矿石所含精矿的销售费用；a——低品位矿石按废石处理时，每吨废石的运输费用；b——低品位矿石按废石处理时，使每吨矿石多增加的剥离费用或采掘费用；ν——精矿（调拨）价格；β——选矿回收率；K_p、r——分别为采矿回采率（1－损失率）和贫化率。

在生产矿山，可以根据不同开发阶段的矿量，通过上式求得一个利用低品位矿石的经济平衡品位。在实际工作中，求得级差品位的同时，还要考虑到矿山的开采方式、开拓形式、回采顺序及采矿方法，以及已建成的选冶规模及加工技术条件等因素。如白银露天矿浸染矿品位的降低，就是基于该矿选矿有较大的处理能力，而且这部分矿石的可选性能良好，没有因为这部分矿石的混入而影响选矿指标，选矿回收率仍保持在90%以上。所以经济上合理、技术上可行、生产能力允许是低品位矿石利用的决定条件。

一般来说，矿山生产初期，为保证盈利水平和偿贷能力，可优先开采品位较富地段。随着矿山生产能力的形成和技术水平、管理水平的提高，就应适时地考虑低品位矿石的利用问题。到了矿山末期，为延长矿山服务年限，更要认真对待低品位矿石的利用问题。

二、矿体上下盘小矿体（边角矿体）的利用评价

在开采设计阶段未予考虑的主矿体以外的上下盘小矿体或主矿体的边角部分，随着探矿和开采工程的进行，地质、技术、经济条件不断变化，需要对它们重新进行评价。

矿山企业应在充分利用资源，延长服务年限的思想指导下，采用收支平衡法对这部分矿量利用的可能性进行评价。其方法是：将开采此类矿体所需新增的直接费用与其开采所得价值进行比较，新增费用中不包括（分摊）地勘费、基建费等一般费用。其表达式为：

$$Z\leqslant Q\cdot C\cdot K\cdot P(1-r) \qquad (10—24)$$

式中：Z——直接费用（元）；Q——可采矿量（t）；C——矿石品位（%）；K——采选回收率（%）；r——贫化率（%）；P——精矿含金属价格（元/t）。

在一般情况下，在收益大于或等于支出时考虑采出，否则不宜回采。

在评价此类矿体时，还要注意它们的产出特点，考虑它们与主矿体不同的采矿方法、安全技术条件等带来的技术经济问题，选取合理的技术经济参数，以便正确地作出评价。

第十一章　生产矿山隐伏矿床（矿体）寻找与预测

第一节　隐伏矿床（矿体）的基本概念与分类

1. 隐伏矿床（矿体）的概念

凡是在地表没有矿体的直接出露的矿床，称为隐伏矿床。与隐伏矿床相应，矿床中所有或部分矿体出露现代地表，称出露矿床。

凡是在地表没有直接出露的矿体，称盲矿体（或隐伏矿体）。与隐伏矿体（盲矿体）相对应，出露地表的矿体，称表露矿体。

2. 隐伏矿床（矿体）的分类

目前，国内外地质界对隐伏矿床（矿体）的分类均不统一，国外以下两种分类法及定义较为实用。

一是原苏联 П. А. 舍赫特曼（Шехтман）等人（1979 年），针对热液矿床而划分的类型。他们把未出露地表的矿床统称为隐伏矿床，具体的又分为四类（图 11—1）：

①覆盖矿床　被不厚的（几米）浮土覆盖的，只用探槽和小浅井（5～10 m 以下）就可揭露出矿床的基岩露头；

②掩埋矿床　埋于较厚（5～10 m）岩层之下的矿床；

③掩覆矿床　埋于较深处。其中又分为两个亚类：一亚类是在不整合于容矿岩层的岩石之上为特点的很厚的已固化的沉积或火山岩层之下；另一亚类是在逆掩断层之下（地层超覆或构造覆）；

④隐伏或盲矿本身　这一名词常常不是涉及矿床的而是涉及在已经查明的矿田（矿床）范围内进行普查的矿层和矿体。它们既可以分布在直接靠近已知矿层的地方，因而具有同样的地质位置；也可以分布在矿床的较深部位，处于另一地质构造层中。

二是美国学者彼得斯（Peters）的分类（1976 年），他曾把这类矿床统称为隐蔽矿床，具体地又按成因分为以下五类（图 11—2）：

①盲矿体　受地下构造和岩性控制的，地表没有或很少有矿化标志显示的矿体；

②淋滤矿体　矿体顶部被淋滤溶蚀掉了，在地表只保留下一顶“帽于”；

③分带矿体　靠地表部分常由于成矿密切的脉石矿物构成，中下部由金属硫化物构成；

④削蚀矿体　主要由断层错断而深埋的矿体；

⑤被隐蔽矿体　被成矿后的沉积物或熔岩所掩复，因而在地表是很难找到任何标志及成矿地质信息的。

国内的分类有以下两种分类比较适用。

张轸（1982 年）按对指导找矿有现实意义的地质—地球化学原则将出露—隐伏矿床分

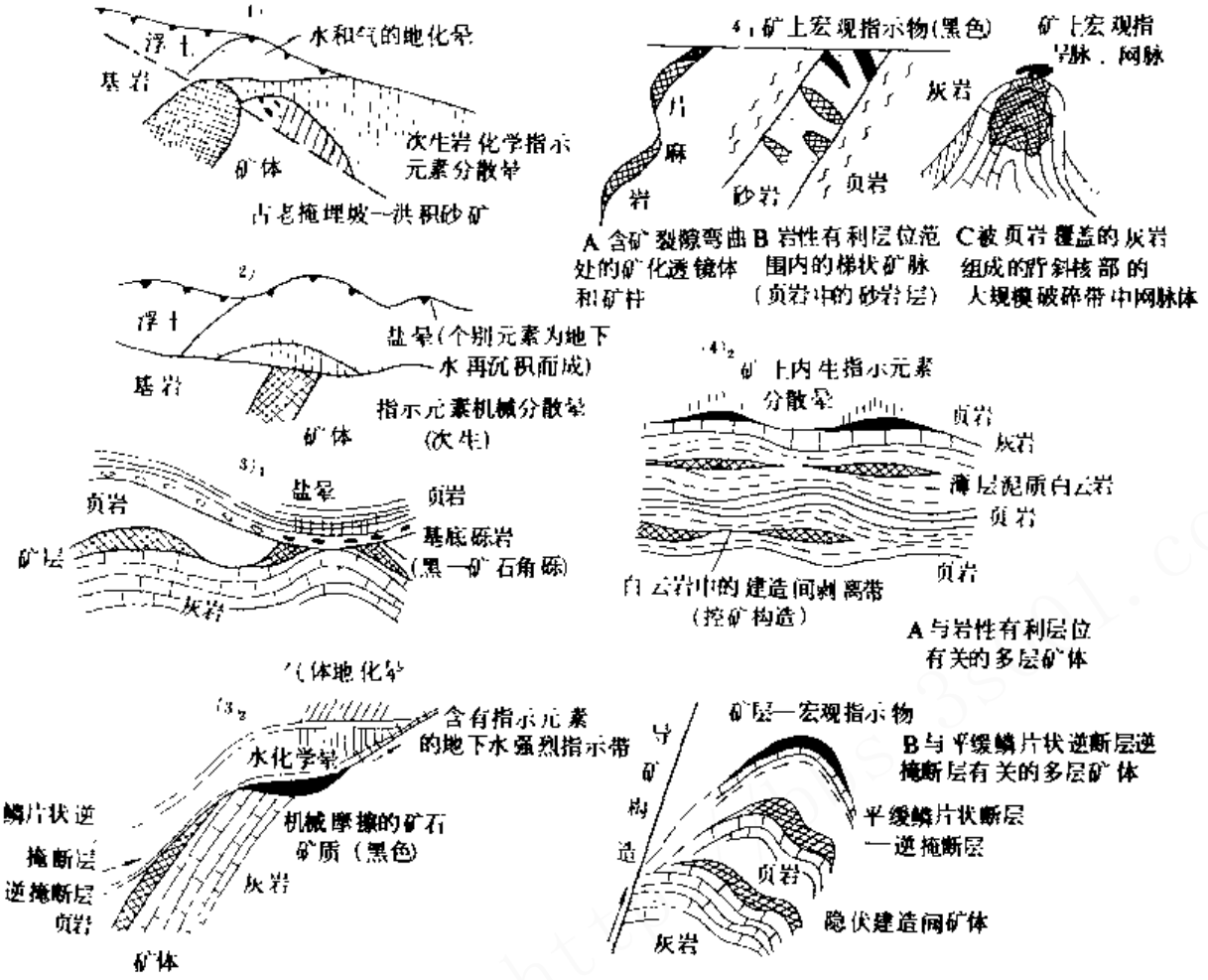


图 11- 1　II. A. 舍赫特曼等人的隐伏矿床分类示意图

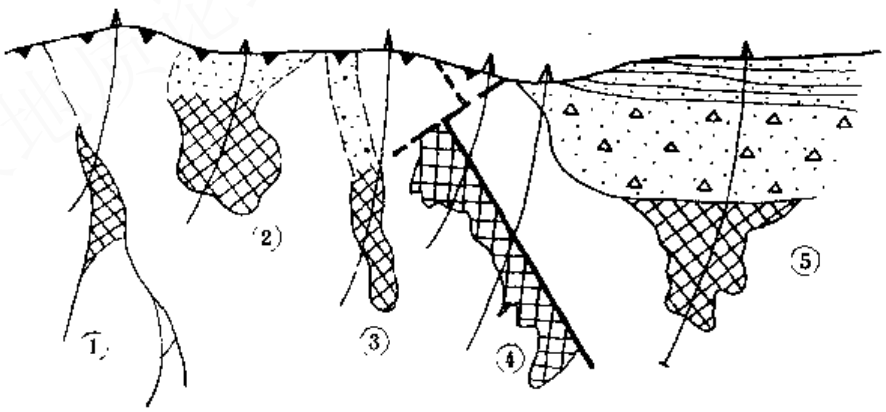


图 11—2　彼得斯的隐伏矿床分类示意图

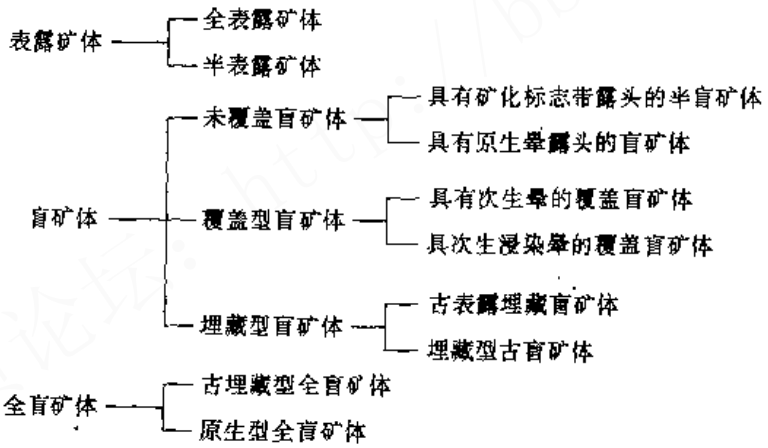
为四类（表 11—1）。

在上述各类矿床中，按矿体与地表关系所决定的空间赋存形式、被沉积物掩盖程度、掩盖物厚度和性质、掩盖或埋藏的相对时代以及矿体出露或近地表部位的地质—地球化学特征，将表露—盲矿体分为三大类七亚类，分类系统如下：

表 11—1　出露—隐伏矿床分类表

矿床分类		矿床空间赋存特征	被沉积物掩盖情况	矿床的地质-地球化学标志	矿床成因类型
出露矿床	全出露矿床	全部矿体出露现代地表	无掩盖物或有极薄不连续自积物	有原生及次生矿体露头	现代砂矿、风化堆积及风化壳矿床、剥蚀殆尽的原生矿床
	半出露矿床	部分矿体出露现代地表	同　上	同上，部分无露头矿体、原生及次生晕发育	多为具各种产状的内、外生原生矿床，当前开采矿床多属此类
隐伏矿床	半隐伏矿床	全部矿体隐伏地下	有较厚自积物掩盖	有矿化标志、蚀变带出露，原生晕及次生晕发育	多为内生矿床，如夕卡岩型、热液型矿床，近年来发现的隐伏矿床多属此类
	全隐伏矿床	同上，且隐伏甚深	有较厚的移(运)积物掩盖	地表无任何矿化标志或地球化学异常	多为各类原生矿床。发现难度大，但逐渐增多

(引自矿山地质学，张铨，1982)



各类表露—盲矿体主要特征见图 11—3：

(1) 全表露矿体　矿体大面积暴露地表，包括风化矿床(图 11—3a)、砂矿床(图 11—3b)及剥蚀殆尽的原生矿床(图 11—3c)中的矿体。此类矿体有发育良好的露头，易于在地表直接发现。

(2) 半表露矿体　矿体局部出露现代地表，包括风化或砂矿床(图 11—3d)、具有一定倾角产出的内生矿床(图 11—3e)和沉积、沉积变质矿床(图 11—3f)中的矿体。找矿时也易于经观察或学用物、化探方法发现。

(3) 未覆盖盲矿体　矿体在现代地表无露头，但有明显的矿化标志带(图 11—3g)、围岩蚀变带(图 11—3h)或原生晕(图 11—3i)出露。此类矿体找矿时要进行大量的矿化标志的细致研究，次生晕及原生晕法是发现矿体的有效方法。

(4) 覆盖型盲矿体　矿体(图 11—3j、k)或矿体的原生晕上向晕(图 11—3l)曾出露

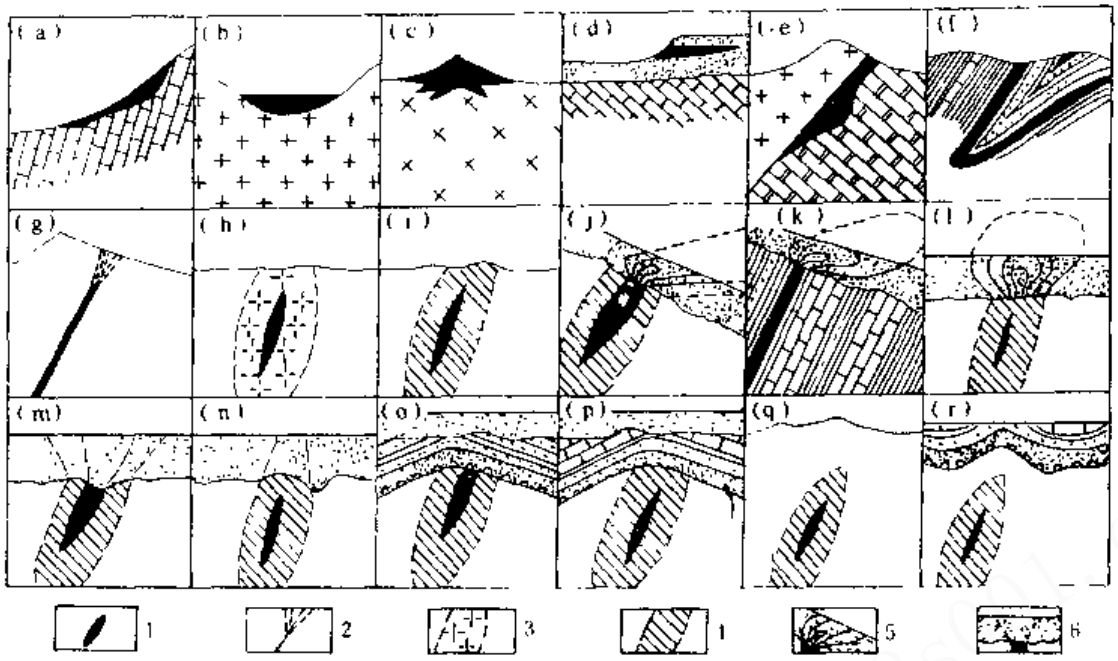


图 11—3　表露—盲矿体分类示意图

（据张轸，《矿山地质学》，1982）

1—矿体；2—矿化标志带；3—围岩蚀变矿体；4—原生晕；5—次生晕；6—气晕

地表，被几米、十几米或几十米的残、坡积物掩盖，地表无矿体的直接露头，有次生晕或原生晕分解形成的次生浸染晕发育。各类次生晕法是找这一类盲矿体的有效方法。

（5）埋藏型盲矿体　矿体（图 11—3m）或矿体的原生晕上向晕（图 11—3n）被几十米或上百米的移运积物（洪积或冲积物）埋藏。移运积物中不可能形成原生晕或一般的次生晕，但某些迁移元素或气体如 Hg 蒸气、SO_2、CO_2、卤族元素及其化合物、惰性元素等，能顺移运积物的孔隙、裂隙运移至地表形成气晕。由矿体内物质形成的气晕较强，而由原生晕内物质形成的气晕较弱。找矿时可借助气体测量法寻找盲矿体。特别是汞气测量法能探测 10～300 m 移运积物之下的盲矿体。

（6）古埋藏型全盲矿体　矿体（图 11—3o）或矿体的原生晕上向晕（图 11—3p）曾出露于古浸蚀面之上，被后期各时代地层埋藏，埋藏深度几十到几百米不等，现代地表沉积物中无任何矿化或地球化学显示。找矿时，要进行成矿控制因素的深入研究，借助于分辨率甚高，穿透力较强的物探方法才能找到该类全盲矿体。

（7）原生型全盲矿体　矿体形成后，矿体及其有关矿化标志、蚀变带、原生晕等从未出露过地表。有的无后期沉积（图 11—3q），有的被后期各时代地层埋藏（图 11—3r），矿体一般埋藏甚深，达数百米以上。此类矿体在地表亦无任何矿化和地球化学显示。找矿时同样要进行成矿控制因素的深入分析，借助于分辨率极高，穿透力极强，或对该类矿产特殊有效的物探方法才能发现这一类全盲矿体。

这个矿体分类，大体上反映找矿难度的增大和找矿历史的变迁。50 年代或以前主要是寻找 1、2 类矿体，目前找到的可能性很小；60 年代以来，由于物、化探方法的改进，在生产矿区加强综合地质研究，开展成矿预测和找矿，发现了一些 3、4 类矿体，取得较大突破；

70年代由于汞气测量法的应用，对第5类盲矿体有不断的发现；6、7类矿体找矿难度最大，是今后主要研究的对象。

第二节　生产矿山找寻隐伏矿床（矿体）的意义与特点

一、生产矿山找寻隐伏矿床（矿体）的意义

生产矿山开展隐伏矿床（矿体）的寻找，是当前生产矿山开发矿产资源的需要，也是矿产勘查形势发展的必然，是我们当前急需研究与解决的主要课题。这种情况不仅在我国如此，在世界经济发达国家也是如此。所以，研究这个问题是十分重要的。

从生产矿山开发矿产资源的需要来说，许多生产矿山已探明的资源储量减少迅速，逐渐耗竭，面临资源不足，矿量危机。据有关部门统计预测资料表明，我国到2000年时，铜矿将消失39%、47个矿山，铅、锌矿将消失37%、43个矿山；又据中国黄金公司统计资料，到1985年底，全国有63个岩金矿山资源危机，到1987年底，63个资源危机的岩金矿山中有4个增加了储量，其余59个，在“七五”期间仍处于资源危机状态。初步预测，“七五”期间我国的老金矿山将衰减生产能力约20万两（6.25 t）。面对这样形势，一是要更加珍惜资源，提高现有生产矿山的资源回收水平；二是要积极开展生产矿山外围和深部的隐伏矿床（矿体）的矿产勘查工作。近些年的实践证明开展生产矿山外围和深部隐伏矿床（矿体）的找寻是一种省时、省力、省钱的有效途径。据资料报道，国外70年代发现的18个重要矿床中，至少有12个属于老矿区扩大远景的；在国内如水口山铅锌矿、湘西汞矿、杨家仗子钼矿等重点矿山外围，柿竹园钨矿、大厂锡矿、冬瓜山铜矿等深部，都取得了显著的找矿效果。这对挖掘矿产资源潜力，扩大矿山资源远景、增加接替资源储备，维持矿山继续生产、延长矿山寿命都起了重要的作用。

从矿产勘查形势发展方面来看，目前，地表矿、浅部矿、易识别矿日趋减少，找矿难度日益增大和找矿效果日益降低，从而重点转入深部、边部和外围找寻隐伏矿，新类型矿及新领域矿，以扩找矿视野，开辟新的资源前景。这反映了人类认识和实践由表及里，由浅入深，由此及彼的发展过程，是人类矿产勘查及矿业开发生产活动进一步深化的表现，也是人类为了满足社会物质文明和精神文明日益增长的需要必须采用的有效措施，这是矿产勘查形势发展的必然。

按中国近些年来找矿实情分析，找到的隐伏矿床（体）比例在逐渐增大。迄止1983年底，我国找到378个大型矿床中，1965年前找到280个，其中隐伏矿28个，仅占10%；1965年找到98个，其中隐伏矿49个，占50%。这些数字说明我国出露地表的矿床数量也在明显地减少，而隐伏矿床的比例在逐步增大。这是找矿形势发展的必然。

另外，在现代侵蚀面（地表面）上出露的矿床，绝大多数是它形成后处于被侵蚀过程中某一时期的一种现象。无疑，没有露出地表矿（隐伏矿床或矿体）的工业储量将大大超过在地表有露头的矿床（矿体）的储量。为此，在科学技术迅速发展的今天，利用新的成矿理论和勘查技术方法，研究已知矿区的成矿规律，在其外围和深部寻找新的矿床和矿体，仍具巨大潜力。以华南钨矿为例，主要生产矿山自50年代陆续投产以来，历经几十年，确因资源枯竭而闭坑停产者极少。许多大、中型矿山在此期间，由于开展矿山找矿，而增长的储量弥补甚至超过了开采量，使矿山保有储量接近投产前的水平。据统计，赣南钨矿生

产矿山中有56%，平均新增储量相当于开采量；其余储量下降的矿山中又有88%的矿山经开展矿山找矿都有新的发现，新增储量一般可供矿山开采10～15年。又如贵州汞矿从1958年至1983年底，在老矿区及其外围新增储量相当于探获一个大型汞矿，占同期消耗储量的45.7%；铜官山铜矿新增储量相当于原地质勘探提交储量的60%；白银有色金属公司历年来新增铜金属量26×10^4 t，锌12.6×10^4 t；广东金子窝锡矿在矿山闭坑期间，继续进行探矿工作，找到了网脉状及原生矿体，延长了服务年限13年，使“死”矿变成“活矿”，并扭亏为盈。再如原苏联土尔盖磁铁矿区，是被第三纪和第四纪沉积物所覆盖的隐伏大型富磁铁矿床。自1930年至1971年，先后探明储量38.48×10^8t，远景储量14.3×10^8 t。就在这个研究程度很高的矿区，1981年在恰尔矿床附近又发现了一个新的矿床，储量为10×10^8 t，距卡恰尔矿床仅相距几公里，这将使卡恰尔采选联合企业的生产延长几十年。

二、生产矿山找寻隐伏矿床（矿体）的特点

生产矿山找矿的目的是为满足矿山生产建设发展对资源的要求，不断扩大矿产资源远景，增加接替资源储备，延长矿山生产服务年限，为矿山持续生产和扩大再生产，作好矿产资源的地质储备，以便最大限度地发挥矿山的地质经济效益和矿山建设投资效益。

为此，它有如下几个特点：

(1) 生产矿山的找矿主要是对矿床边部、深部及生产矿山外围的找矿工作，为此，找矿的对象主要是隐伏的矿床和矿体。

(2) 生产矿山的找矿就其性质来说，属于就矿找矿性质的工作，它具有花费时间短，投资少，见效快的特点，是一种行之有效的找矿途径。

(3) 生产矿山找矿的过程实质上是对已知矿床成矿规律不断深化研究的过程。为此，加强对一些找矿有直接影响的关键性基础地质问题的研究，是能否取得找矿成效的关键环节之一。一个断层性质的正确厘定，一个普通地质现象的合理解释，都可能带来重大突破。如在前面绪论中所介绍的云南易门三家厂矿区，通过结核状团块的发现和含矿地层、矿物共生组合特征等的研究，从而沿狮山含矿层位找矿，结果在狮山与凤山之间找到了菜园河矿体；之后，又进而研究了凤山角砾岩的成因与含矿性，提出了该矿属“后生潜火山管道气液再造型铜矿”，沿紫色砾岩两侧找矿的结果，在凤山矿区又找到了三个新矿体，新增铜储量超过凤山原提交的储量。

应该特别值得指出的是，在研究过程中，观念不能僵化，要以地质事实为依据不断更新。大量的生产实践证明，在老矿山或研究程度高的地区，用旧理论与一般常规的找矿方法，很难找到新矿床（矿体），但采用新理论与新方法，则往往富有成效。

第三节　生产矿山隐伏矿床（矿体）预测的特点与依据

一、生产矿山隐伏矿床（矿体）预测的特点

(1) 生产矿山（矿区）成矿预测属大比例尺或小范围的矿产预测。通常是在远景区内的局部地段进行的，所以又称为局部性成矿预测。一般是在几公里至几十平方公里范围内进行，比例尺一般为1∶2000～1∶50000。随着预测范围的缩小，而比例尺则应逐步加大；预测结果不仅要指出可能找到新矿床（新矿体）的地段，而且要预测新矿床（新矿体）的埋藏深度、赋存标高、矿体形态产状、矿化类型，并估计其质量与规模。因此，生产矿山

（矿区）成矿预测，要求的可靠程度大，精度高，往往是立体的定量预测。

（2）预测对象比较隐避或比较难于识别。大中型生产矿山（矿区），特别是保有储量严重不足的矿区，一般都经过多次的矿产勘查工作，地表出露的矿床（矿体）和常规方法易于识别的矿床，大多已作出评价；其中主要工业矿床（矿体，正在开采，或地表、上部中段已采完。因此，预测地段主要是矿床的边部、深部，矿床与矿床之间、矿体与矿体之间的空白区，矿区外围的邻近地段，或原来评价否定的矿体组、带和矿化地段。预测的主要对象是地表缺乏直接找矿标志，宏观矿化信息较少，比较隐蔽的隐伏矿床（矿体），预测难度较大。

（3）生产矿山（矿区）研究程度，开采投产年限极不均衡，各生产矿区现有资料的系统性，完整性差异比较大。就我国的实际情况而言，总体来看，已知矿床揭露比较充分，累积的资料比较丰富，研究程度较高，成矿规律已基本掌握，这是开展矿区成矿预测的有利条件。但就具体矿区而言，开采投产年限、揭露程度、研究程度、资料的系统性、完整性又是不均衡的，甚至差异性很大。有的生产矿山，地、物、化资料比较系统完整，研究程度较高；有的矿区只有地质资料，而缺乏物、化探资料；有的矿区由于种种原因，地质资料也极不系统极不完整，研究程度较低。有的矿区开采投产不久，有的矿区已进入开采末期，甚至有的矿区已采完，但又未做闭坑论证。同一生产矿区，开采生产地段与深、边、外围需做预测地段研究程度也差异很大。这些特点使得矿区成矿预测工作不能拘泥于一种模式，必须从实际情况出发，因地制宜，因矿制宜，才能达到预测的效果。

4. 预测、勘查、评价、开采密切结合，预测结果能及时验证，反复进行，不断修正。在生产矿山日常地质工作中，对开采时碰到的矿体断失、尖灭、矿石变贫，都要及时作出预测判断，并立即布置坑道或坑内钻探验证，如果找到了错失部分，尖灭以后再现或侧现、矿石变贫以后，一定距离内又重复变富，开采工作便可跟随进行。而专门成矿预测结果往往在次年即可列入矿山矿产勘查计划，如果论据充分，有时开拓巷道即可向预测地段掘进。故无论是日常预测或专门预测，预测结果一般能够及时验证。这样把预测、勘查、评价、开采紧密结合起来，反复多次进行，根据验证结果，不断修正预测资料，使之更加符合客观实际，这是非生产矿山（矿区）难于做到的。

基于上述基本特点，生产矿区成矿预测取得成效的关键在于：生产过程中，矿山地质工作要系统地完整地收集各种资料，尽力提高地质编录的质量；注意加强基础地质研究工作，并将矿区地质与区域地质背景的调查研究紧密联系起来；对生产矿区的成矿认识，不能墨守前见，要随着开采生产实践过程，根据客观实际的变化，不断总结成矿规律，从感性认识上升到理性认识，反复实践，不断深化认识，打开思路，吸取最新成矿理论成果，善于运用理论进行科学预测和找矿；生产矿区成矿预测是立体的定量预测，必须抓住矿床（矿体）空间定位机制，矿床（矿体）空间排列、组合、展布规律，分带规律、共生规律，成矿系列规律，并综合各种矿化信息等主要关键，成矿预测才能取得实效；在预测方法、手段上既要综合运用各种预测方法和手段，又要从实际出发，因地制宜，因矿制宜；生产矿区成矿预测，不能乞求一次完成，要反复实践、反复认识、反复验证，不断修正，发挥生产矿山预测、勘查、评价，开采密切结合的优势，就能使成矿预测接近和反映客观实际，从而在找矿上取得重大突破。

二、生产矿山隐伏矿床（矿体）预测的地质依据

科学的预测应当以科学理论为指导。成矿地质作用有它的共性，这种共性就是我们进行预测的依据。含矿地段成矿规律的研究则是进行矿产预测的理论基础。由于矿化作用还受一些局部特殊因素和大量随机因素的影响，在从事矿产预测时，只有将成矿作用的共性与研究地段的具体地质情况结合起来分析，才能得到符合或近似符合客观实际的正确认识。因此，生产矿区的成矿预测研究的主要内容应当侧重成矿作用的特殊性。

为了使矿区成矿预测能够有效的进行，必须综合分析各个控矿因素对矿化局部富集的控制，即聚矿因素，它决定了矿化位置的具体条件，它们能够提供成矿的可能性；还必须把握能够说明矿产存在的地球物理、地球化学、矿物标型及其它矿化信息，以便预测矿产赋存的具体情况。

国内外许多矿区成矿预测的成功经验已经证明：矿床分布的方向性、等距性、对称性、分带性、共生性、岩体成矿专属性、地层岩石容矿的相对选择性、成矿物理化学条件的特殊性、成矿的叠加、继承性、岩体特征标志及物化探异常等，都是矿区成矿预测的重要依据。

1. 控矿的构造因素

构造是控制矿产空间分布、排列组合形式、矿体形态产状的重要因素，并对矿床（矿体）的改造、叠加、破坏，起重大影响。对局部构造的深入分析，无疑是矿区成矿预测的首要课题。

大量事实说明，不同性质的断裂构造、褶皱层间构造、侵入体与围岩的接触构造、火山构造等，都有明显的控矿和预测意义。

我国地质工作者，在实践中，应用地质力学理论总结出构造体系多级控矿，构造体系复合控矿、构造交汇部位控矿等理论，预测油气田、煤田、铁、钨、钼、金刚石及其它有色稀有金属矿床，收到了显著效果。不少单位在矿区成矿预测中，运用地质力学理论和方法，取得了可喜的成绩。例如在赣南钨矿区内，纬向构造带与新华夏系的复合对钨矿的分布起着最主要的控制作用，以此推测木梓园一带可能有隐伏矿床（矿体）存在。经实地找矿工作，发现木梓园一带断裂发育，分属纬向构造与新华夏系构造体系，且经多次活动，形成了有利于成矿的构造条件（图 11－4）；与矿化有关的云母线、石英线发育，含脉率大于3%；并据接触变质带的特征推测深部有隐伏岩体，木梓园恰位于岩体突出部位。据此，进行了钻探验证，结果发现地表的石英线、云母线，往下变成了石英细脉，愈往下石英脉愈宽，在接触带上下 100 m 范围内出现了含钨钼石英脉（图 11—5），证实了木梓园为一大型隐伏钨钼矿床。

2. 控矿的岩浆岩体因素

特别是对隐伏岩体的研究是矿区成矿预测课题的重要内容。

岩体的产状形态规模与成矿的关系：对基性超基性和碱性侵入岩来说，岩体愈大，形成的矿床也愈大，以分异完善的岩盆或缓倾斜岩体对成矿最有利；对中酸性岩体来说，以中小型岩体与成矿关系最密切。岩体产状形态复杂的，一般更有利于矿床（矿体）的赋存。岩体的小突起部位，经常控制了矿化地段的分布，往往一个突起构成一个矿化中心。在突起顶部的断裂挠曲带以及突起的倾没端部，常是脉状、细脉状、透镜状矿体赋存的良好空间。

对岩体形态、产状及规模的判断，往往是根据接触面的产状、原生流动构造产状、接

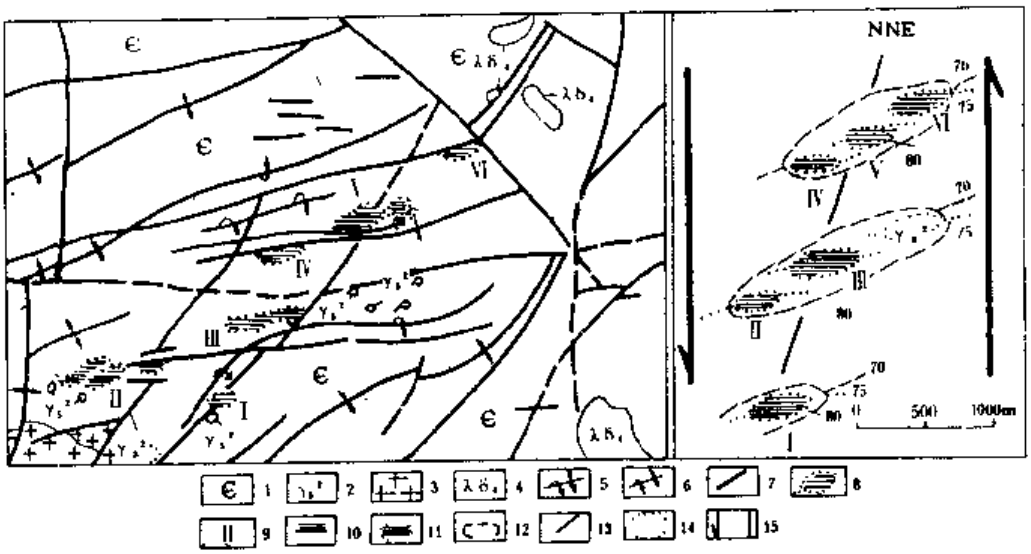


图 11—4　木梓园隐伏钨钼矿田构造界线图及矿脉展布规律示意图

（据 908 队）

1—寒武系；2—酸性脉岩；3—花岗岩；4—石英闪长岩；5—背斜及倒转背斜；6—向斜及倒转向斜；7—断层；8—矿化带；9—矿化脉群及编号；10—云母石英脉及其走向；11—脉组及其长轴方向；12—脉群及其长轴方向；13—诸脉群中轴联线方向；14—酸性岩脉群；15—扭动方向

触带的宽窄、岩相的分布情况和物化探资料来推测的。

岩体的剥蚀深度　对预测矿产也有重要作用。岩体的剥蚀深度，在一定程度上反映了有关矿床的出露程度，如剥蚀尚浅，未及岩体顶部，即使地表上仅有矿化及细脉出现，其下部找铅、锌、汞、锑等中低温矿床仍是有望的。当剥蚀区到中等深度，岩体在地面呈岛状分布，各种蚀变较强，尚有寻找各种热液及夕卡岩矿床的希望。如中酸性岩体大面积出露，剥蚀程度已深，则成因上与该岩体有关的矿床将大为减少，或仅剩矿床的末端。岩体剥蚀深度的判断，主要依据岩体形态、岩相变化、捕虏体分布、岩石化学、地球化学特征、副矿物分布及蚀变强弱等进行研究。

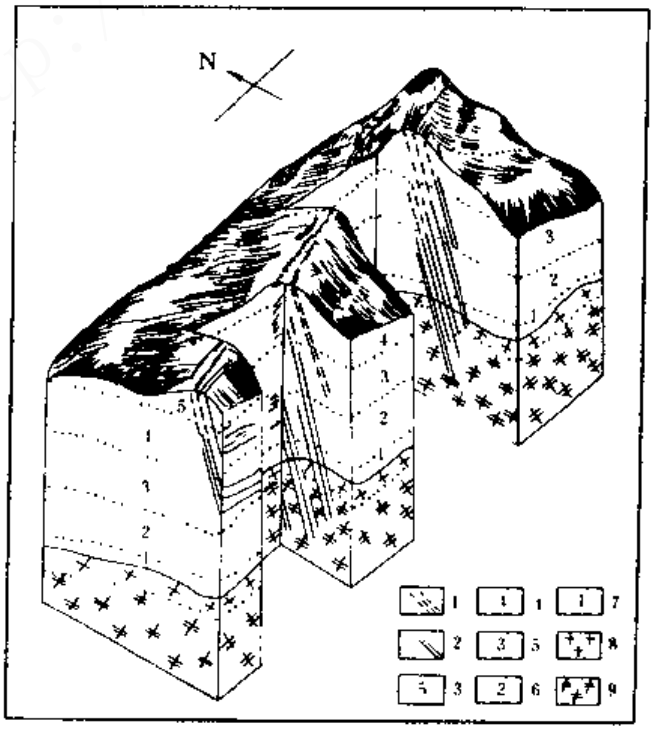


图 11—5　木梓园钨钼矿床立体示意图

（据江西 908 队）

1—云母石英线；2—工业矿体；3—区域变质带；4—斑点板岩带；5—角岩化带；6—团块状角岩化带；7—强角岩化带；8—细粒黑云母花岗岩；9—中粒黑云母花岗岩

岩体成矿专属性　迄今为止仍是内生矿床成矿预测的重要依据。在矿区成矿预测中，不仅要研究岩石类型、岩相划分、岩石结构构造、矿物成分与矿产的空间关系，而且要强调岩体酸度、碱度以及岩体中成

矿元素、挥发分含量与成矿关系的研究。例如，同锡石硫化物矿床有关的花岗岩中，成矿元素（Sn、Be、Pb、Li、Nb、Ta、Zr、Th、U、TR 等）的背景含量，均高出世界花岗岩的平均含量的 1 倍至几倍，而且普遍具有富钾的特点，如广西大厂拉磨岩体含 K_2O 为 5.28%，云南都龙老寿山岩体含 K_2O 4.29%～5.58%。

个旧矿田的花岗岩具有富钾、富锡及其它成矿元素含量高的持征，但这仅是矿区成矿岩体的一般特征，只有在具备这些条件的基础上，氟的含量又高到一定程度，才产出好的矿床。该矿区与已知锡矿床有关的花岗岩、氟含量都大于 2000ppm，产矿最好的夕卡岩体含氟 2450～3750ppm，其中老厂矿床最大，含氟量也最高，达到 3750ppm；产矿较好的马松岩体含氟 2040～2260ppm；产矿差的龙岔岩体为 1160ppm，神仙水岩体为 1250ppm，白沙冲岩体为 1150ppm（图 11—6）。

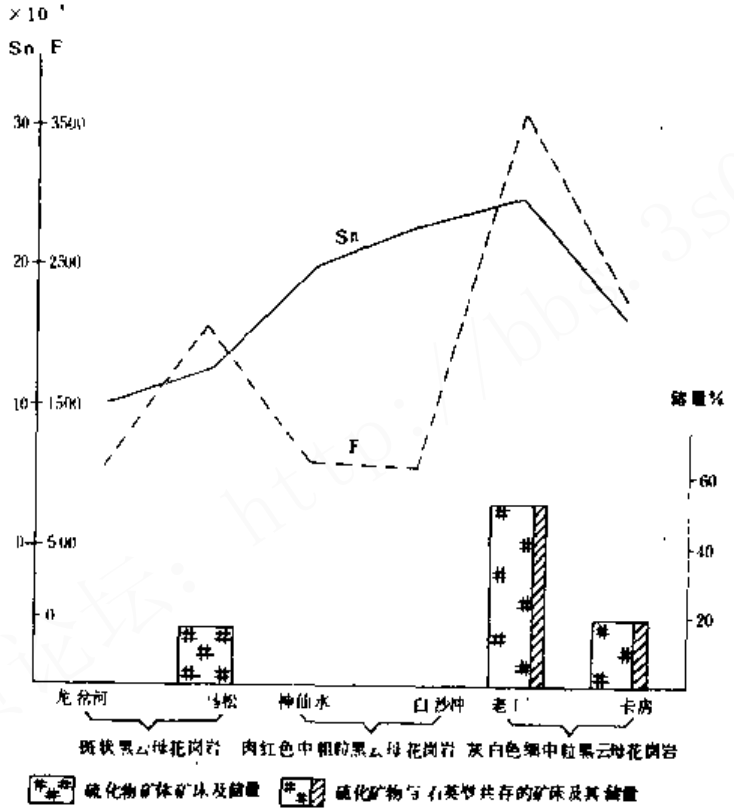


图 11—6　个旧矿区各花岗岩岩体产矿情况与锡、氟含量关系图

从图中可以看出花岗岩体氟含量的变化曲线同探明储量的百分比十分近似，表明它们之间存在内在联系。可见，岩体中氟的高低是评价和预测岩体锡的成矿性的重要标志。

岩体构造的研究　主要包括受断裂褶皱制约的岩体形态变化、接触带构造、接触带与断裂复合构造、捕掳体构造、岩体原生流动构造和岩体边缘破碎带等。研究这些内容，对查明与岩浆岩体有关的许多金属、非金属矿床的空间分布、矿化富集规律，进而指导预测找矿都有重要指导意义。

接触带构造　岩体与围岩接触而的接触形式、接触带形状以及上部围岩的破碎程度，对成矿有重要的控制作用。例如，垂直接触形态呈“S”形时，矿体在接触带的凸出和缓倾斜部位大而厚，陡倾斜而接触带平直时，矿体较稳定但厚度薄（图 11—7）。与有利成矿的围

岩接触部位，常常有富厚的矿体。

依据接触面产状和围岩产状关系，可将接触构造分为以下几种：

整合接触构造　接触带产状与围岩产状基本一致，形成的矿体形态比较简单，多呈似层状、透镜状。矿体产状常与接触面、围岩产状同步展布，给预测矿体带来一定的有利条件。我国邯郸、莱芜、鄂东、福建马坑等地的夕卡岩铁矿和东北、华南不少多金属矿床，都有这种整合接触构造控制的矿体。由于围岩破碎程度不同，会出现“相对封闭”和“相对半封闭”两种情况。在相对封闭环境下，热变质和接触交代作用得以较充分地进行，夕卡岩矿床最为发育，矿体多赋于接触带夕卡岩与围岩的交接面附近。在相对半封闭的成矿环境，则形成内接触带矿床和外接触带的层间矿床、脉状矿床同时发育的状况（图 11—8）。

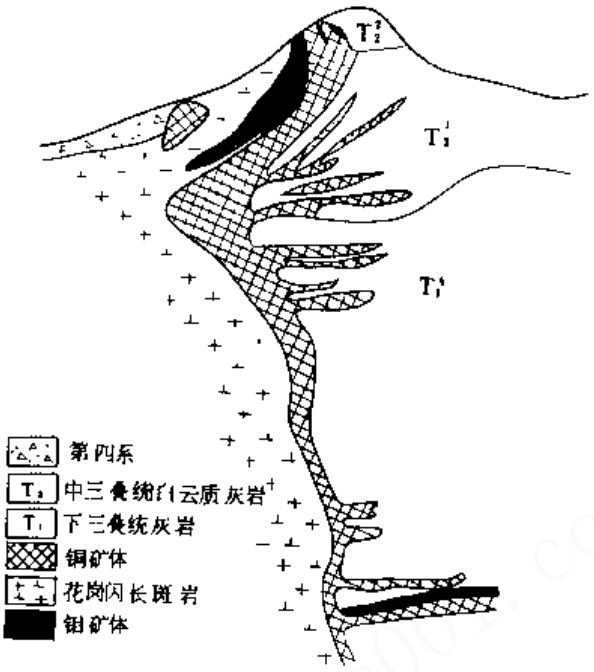


图 11—7　某夕卡岩型铜矿床 9 线剖面图

（据 603 地质队 1973 年）

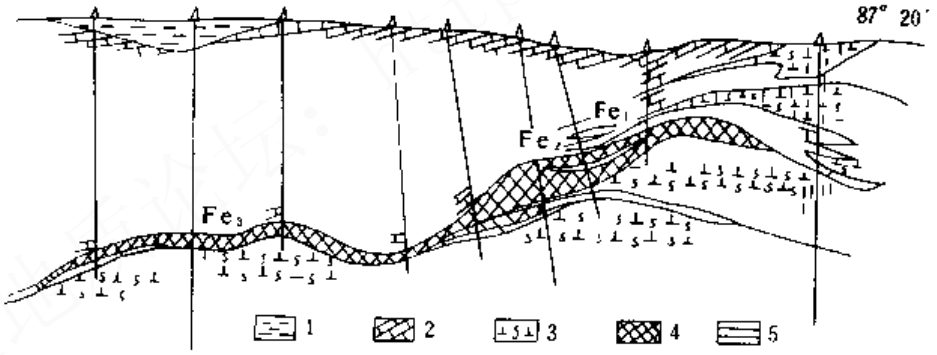


图 11—8　某夕卡岩型铁矿床剖面示意图

（据 518 队，华北所原图简化 1973 年）

1—黄土；2—灰岩；3—蚀变闪长岩；4—铁矿体；5—夕卡岩

交错接触构造　接触带产状与围岩产状不一致，造成一种相对开放的系统，含矿热液的垂直活动明显，常发育形态十分复杂的矿体（图 11—9）。

超覆式接触构造　岩体超覆于围岩之上，在超覆岩体的下盘，有利于矿化局部富集，构成隐伏矿体。如江西某夕卡岩型白钨铅锌矿区（图 11—10），在补勘中，根据区域存在南北向压扭性断裂带，提出有可能存在岩体由西向东超覆的构造，于是有意识地布置钻孔穿透岩体，终于找出了超覆构造下的盲矿体群，初步控制远景规模超过原勘探储量的 1/5。

接触带与断裂复合控矿　岩体与围岩接触面是一个构造薄弱带，故可常被岩体形成后

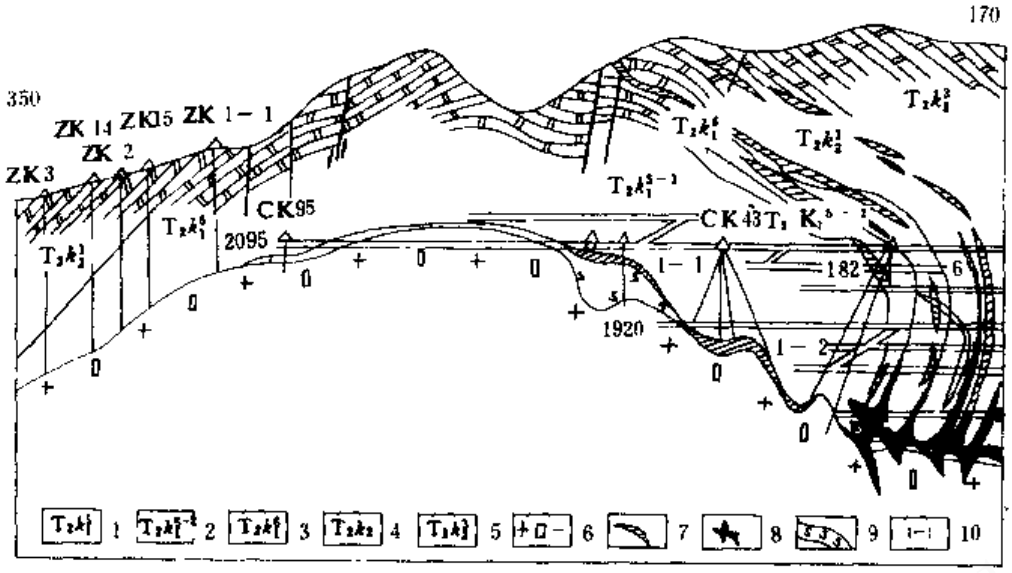


图 11—9　某锡矿床地质剖面图（Ⅰ—Ⅱ）

（据云锡地质队，1978 年）

1—大理岩；2—条带状大理岩；3—白云岩夹大理岩；4—白云岩；5—泥质白云岩；6—斑状花岗岩；7—氧化带；8—硫化矿；9—夕卡岩；10—矿体编号

的动力所利用，发展成为滑动面。这种叠加断裂构造的接触带是成矿的良好空间，对形成工业矿体极为有利。矿体的空间分布受接触带和断裂双重控制（图 11—11）。在河南八宝山矿床、湖南水口山矿床、鄂东南铁铜矿床中，都有这种形势的矿体。云南老厂锡矿则把断层在接触带的“扎根”部位，视为成矿预测、开展找矿的主要对象之一。

3. 矿床的分带性

是矿区成矿预测的重要依据。矿床的原生分带是指矿物成分、化学成分、矿石结构构造在区域、矿床范围内和在矿体范围内空间上的变化规律。查明矿床的分带特征，对预测、勘查、评价以及指导开采，都具重要意义。

矿床的空间分带规律，可以反映为不同矿物组合沿矿体走向、倾向的规律变化，也可以是围绕某一岩体，一系列矿床作有规律的分布。从空间位置来说，可分为水平分带与垂直分带；从分带标志来说，可分为金属矿物分带、蚀变分带、矿石结构构造分带和元素分带等。

（1）金属矿物分带　对于许多矿床的原生分

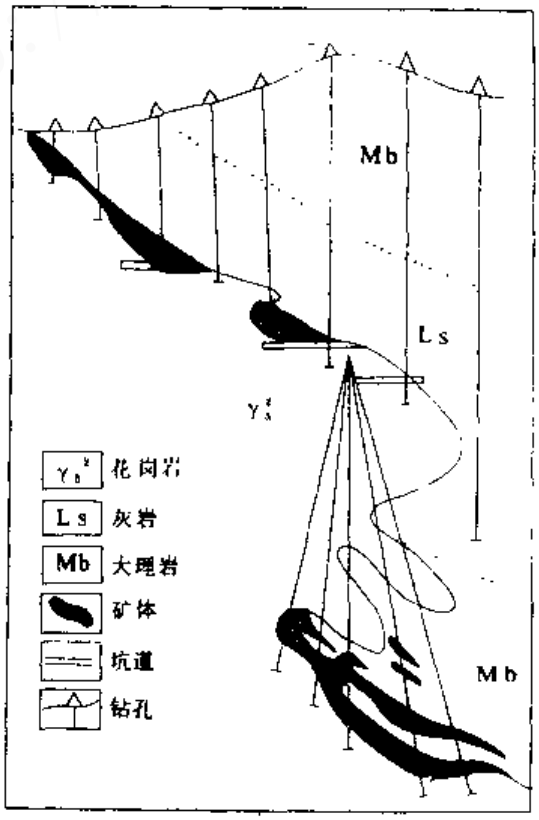


图 11—10　某钨矿区勘探线剖面

（表示岩体形态与矿体的空间关系）

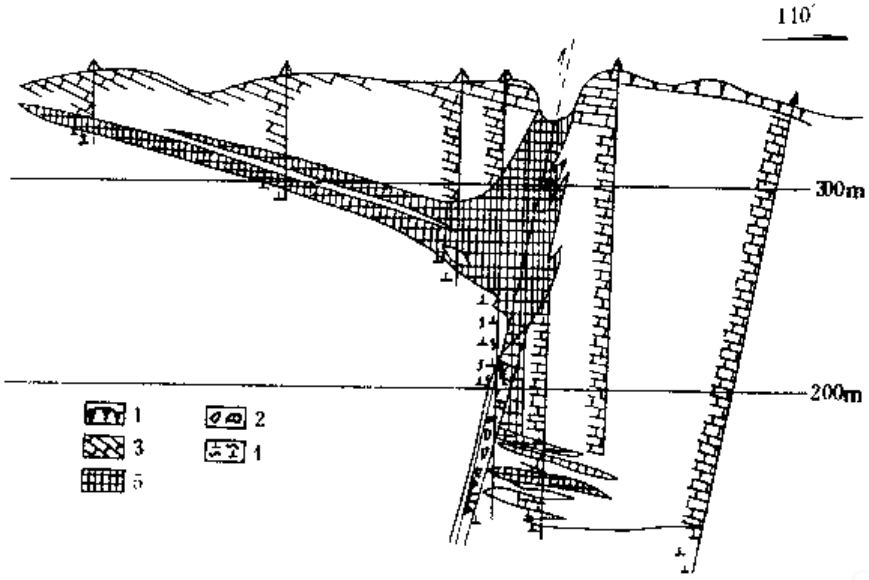


图 11—11　某夕卡岩型铁矿床剖面示意图

（据 513 队、华北所原图简化）

1—浮土；2—角砾岩；3—灰岩；4—蚀变闪长岩；5—矿体

带成因，有不同的解释。对热液成因矿床，一般认为是地热分带、脉动分带或沉淀分带；对沉积矿床则认为含矿与成岩物质是同时沉积的，分带性与相变有关，与沉积区距海岸线的远近有关。

金属矿物的水平分带与垂直分带是含铜砂岩矿床的显著特点之一。原生矿物分带所显示的这种规律在勘查层状铜矿床过程中，被广泛地用来作为预测评价的依据。例如，借助于这个规律曾对原苏联乌道坎矿床深部层位的远景作过正确的评价；矿物分带沿岩层走向及厚度方向所表现出的规律，对原苏联哲兹卡斯甘矿床及其它国家的许多矿床勘探与开采，提供了很大帮助。

有人指出，赞比亚的一些含铜砂岩矿床，在盆地浅水部分水中富含氧，使金属成氧化物；离岸稍远，在细菌作用下游离出 H_2S；当 H_2S 不足时，铜首先沉淀，往深处 H_2S 富集，钴和铁开始沉淀；沉积过程中物质的这种分异，决定了矿物分带。

在海岸线变动的情况下，矿物带可互相重叠。在地层剖面中，硫化物的更替与海侵、海退有关。海侵性分带是辉铜矿→斑铜矿→黄铁矿（由底板至顶板）；海退性分带与此相反，黄铁矿、黄铜矿→黄铜矿、斑铜矿→斑铜矿、辉铜矿→辉铜矿。显然，矿带可由一种矿物构成，也可由几种金属矿物构成。

我国滇中六苴砂岩铜矿床，含矿层位为白垩系上统马头山组下部砂砾岩段，从紫色砂岩向浅色砂岩可分四个带：①赤铁矿、自然铜带；②赤铁矿、辉铜矿带（由矿缘到中心两矿物比由 1∶1 至 1∶5，增至 1∶10）；③斑铜矿、黄铜矿带（伴生少量方铅矿、闪锌矿）；④黄铁矿带。金属矿物分带与矿体侧伏的长轴方向一致，据此可了解矿体长轴方向之变化，从而预测矿体赋存部位。

云南个旧锡矿床，以斑状黑云母花岗岩株为中心，沿东南方向自内向外构成 5 个水平和垂直方向上都有很明显的分带（图 11—12）。

a. Cu 带　主要产于花岗岩正接触带上的夕卡岩硫化矿体和靠近正接触带的碳酸盐类岩层层间的少量不规则矿体。围岩为石榴石、透辉石、透闪石、阳起石等组成的夕卡岩及碳酸盐岩石。金属矿物组合为磁黄铁矿、黄铜矿、毒砂、白钨矿、辉铋矿和锡石等。此带以铜矿物为主，含铜 1%～5%、伴生有钨（WO_3 0.11%）、Bi（0.18%）。Sn 一般小于 0.2%，此带宽 150～300 m。

b. 铜锡带　为层间的管状、条状矿体，下部接近正接触带。金属矿物组合主要为磁黄铁矿、黄铜矿、辉铋矿、锡石。Sn 品位一般为不足 1%～2.0%，Cu2%～5%，Cu 占优势，此带宽 400 m。

c. 锡铜带　矿物组合与（b）带相同，锡矿化最大富集（2%～5%），铜矿化减弱（0.n%～1%）。此带宽约 200～250 m。

c. 锡铅带　紧接（3）带外侧，金属矿物以黄铁矿、锡石为主，有少量方铅矿和闪锌矿。Sn 品位 0.5%～2%，Pb0.n%～2.0%，Zn 小于 1%，此带宽约 250 m。

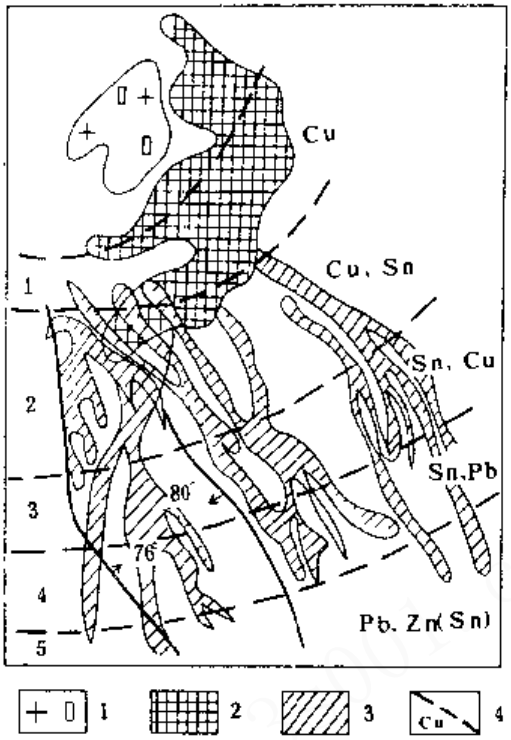


图 11—12　个旧锡矿金属原生分带平面示意图
（据云冶一矿）
1—斑状黑云母花岗岩；2—夕卡岩硫化矿；3—层间氧化矿；4—金属分带

e. 铅锌（锡）带　为外带，一般处于地表以下数十米，只有少量 Cu 和 Sn 产出，Pb、Zn 达最大富集。Pb 品位 3%～7%，Zn2%～3%，Sn0.2%～0.5%左右。

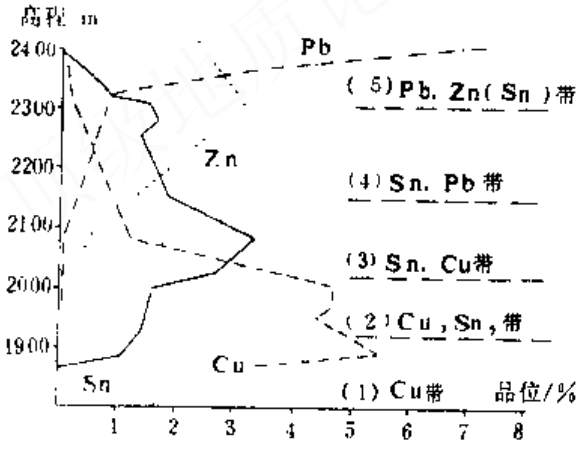


图 11—13　个旧锡矿床 22 号矿体金属垂向分带
（据云冶一矿）

金属在垂直方向上的变化与水平方向是相对应的。例如 22 号矿体（图 11—13），Pb、Zn 在（5）带最富集、锡在（3）带达到最大值，铜则集中在下部（1）到（2）带。

这个锡矿区曾经是一个后备资源增长不快的矿山，由于研究与运用“成矿中心—金属原生分带”的规律，进行成矿预测，大力开展以 Sn、Cu、Pb 三种金属为主要内容的综合找矿、综合勘探，探明了不少储量，缓和了资源危机的状况。

我国广西某锰矿床，原生含锰岩系经次生氧化作用，锰的氧化电位升高，由 Mn^{+2}→Mn^{3+}→Mn^{4+}，也往往显示锰矿物的分带性，由褐锰矿、钠水锰矿→恩苏矿、锰土→钾硬锰矿→锂硬锰矿、软锰矿；矿石构造由薄层状→多孔状→葡萄状→碎块状；Co、Ni、Cu 的含量也逐步升高。

（2）蚀变分带　应用围岩蚀变和蚀变分带特征，预测和探寻有用矿产，早已成为行之

有效途径。如我国若干斑岩铜矿床的蚀变分带，是很好的找矿标志。并可分为面状蚀变和线状蚀变两类。在斑岩侵入体接触带的两侧，常形成蚀变范围大、蚀变强度高、分带好的面状蚀变。江西某斑岩铜矿床，蚀变垂直分带由下而上为：①钾长石化带（相应矿化带是黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿）；②石英—绢云母—水白云母化带（黄铜矿、辉铜矿）；③水白云母—伊里石化带（黄铁矿、方铅矿、闪锌矿）；④绿泥石—绿帘石化带（近矿指示蚀变带）。线状蚀变是以矿脉或含矿脉带为中心所形成的蚀变，它以矿脉形态而变化，呈线状或条带状产出。例如安徽某斑岩铜矿床的线性状蚀变的垂直分带，自下而上是：①钾长石—黑云母化带（相应矿化带是黄铜矿、斑铜矿）；②石英—绢云母化带（黄铁矿、黄铜矿）；③青磐岩化带（黄铁矿）。

破碎带蚀变岩型金矿，岩石蚀变强度自矿体中心向两侧依次减弱，也呈现明显分带性。如山东某金矿床，产于破碎带蚀变混合花岗岩中。矿体与蚀变混合花岗岩无明显界线，呈过渡渐变关系。蚀变带宽数米至数百米，长数千米，矿体在其中呈脉状、饼状或不规则状，无论沿走向或倾向膨胀狭缩、分枝复合现象明显，多条平行矿脉，集中构成一个矿床（图11—14）。单脉长由数百米至数千米，脉幅宽数十厘米至十几米，一般2～3 m，延深最大者900余米，一般500～600 m，围岩蚀变以黄铁矿化、绢云母化、硅化与金矿化关系密切。岩石蚀变强度自矿体中心向两侧可分为特强、强、一般、弱等四带。工业矿体靠化验结果圈定，由黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化混合花岗岩和硅化混合花岗岩组成。

辽宁某金矿床，赋存于辽河群高家峪组碎屑状千枚岩、变质砂岩及两者的交互带中。金矿体的近矿围岩蚀变主要为硅化、绢云母化及黄铁矿化，这几种蚀变往往交织在一起，在地层，构造适宜地点，形成较完整的“蚀变晕”，大体可分成若干个小环带（图11—15）；中心为致密块状黄铁矿（金品位最高可达1100g/t，一般100～300g/t）；第二环带为黄铁矿—

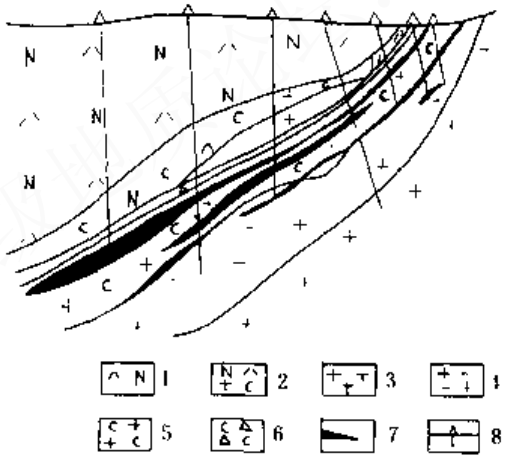


图11—14　某金矿床112线地质剖面示意图

（据吉林冶勘公司1979）

1—斜长角闪岩；2—绢云母化混合岩化花岗岩；3—混合花岗岩；4—硅化混合花岗岩；5—绢云母化混合花岗岩；6—绢英岩质碎裂岩；7—矿体；8—钻孔

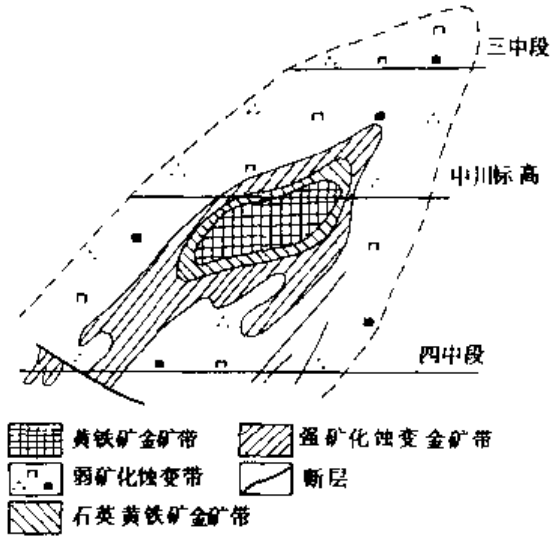


图11—15　某金矿区矿化分带图

（据吉林冶勘公司1979）

石英硅化带（含 Au 品位可达 20g/t 以上）；第三环带为强矿化蚀变带（含 Au 品位在 8～15g/t）；外带则为含稀疏浸染状黄铁矿的绢云母岩化带，含 Au 品位由内向外约为 5～1g/t，逐渐降低，矿体与围岩无明显的界线。

（3）矿石结构构造分带　在我国斑岩铜矿床中，有时有明显的矿石结构构造的分带现象。在岩体中或接触带附近，特别是面状蚀变发育时，矿石构造主要为细脉浸染状和散点浸染状；向外过渡为细脉状或小脉状、条纹状等。再外为脉状铜矿，脉石矿物为石英、方解石等。通常是，脉状或小脉状矿石组成的铜矿体发育时，浸染型铜矿化便弱，矿体也小；反之，细脉浸染和散点浸染的铜矿体发育时，脉型铜矿化便差，矿体规模较大。

宁芜北段铁矿的矿石构造分带也较典型。矿化和矿石类型在空间分布有对称分带和侧向分带两种。对称分带为浸染状→脉状（或网脉状）→角砾状→块状→角砾状→脉状（或网脉状）→浸染状。侧向分带为浸染状→脉状（或网脉状）→角砾状。这一矿化分带是指导施工和找矿的直接标志。

（4）地球化学分带　元素地球化学分带是与矿床同时形成并与矿体有着成因联系，常常出现组分分带与组分集合的现象。研究查明这种地球化学分带特征，有助于确定矿体赋存地段和判断矿床剥蚀程度，可以提高异常评价水平和预测效果。地球化学分带，有下列几种：

与矿床相对应的水平分带　金属溶液在沉淀过程中，一部分形成矿体，另一部分则流渗到围岩中去，造成了矿床四周的原生分散晕。因此，原生晕中的组分特征应保持与矿床中矿石组分的一致性。例如华南某锡石-铅锌矿床，在石英斑岩东部，已知盲矿床的接触带上发现了明显的 Mo-Mn-Zn-Pb 的原生晕，在接触带南端为 Mo-Mn 晕，向北过渡为 Mn-Zn-Pb 异常带，再向北则为 Pb 异常带。这种原生晕的分带与已知盲矿床的分带是符合的：Mo-Mn 异常分布范围基本上与含 Sn 的夕卡岩符合；铅锌矿体主要是产于 Mn-Zn-Pb 的异常带内；位于 Pb 带范围内的则是一些较小的铅矿体。又如某大型斑岩铜矿床，岩体为花岗闪长斑岩，围岩为泥盆系安山玢岩，矿体产于石英核两侧。其地球化学分带特点自内向外是：

石英核 Mg、Ag
- 一矿带：Cu、Ag、Mo、Au→Cu、Mo、Pb、Zn、Ag、Hg、F
  $K_2O/Na_2O>1$，$K_2O>3\%$
- 二矿带：Cu、Ag、Au（Mo）→Cu、Mo、Pb、As、Hg、F
  $K_2O/Na_2O>1$，$K_2O>3\%$

Cu、Ag、Mo 高含量组合以及 $K_2O/Na_2O>1$，$K_2O>3\%$ 反映了矿体赋存部位，Cu、Ag、Mo 中等含量反映了矿化带的范围。

同心环状分带　这种分带往往出现在单一矿体式矿带四周，不同元素组分作同心式分带。如某脉状铅锌矿床发现矿体四周的 Pb 异常宽 10～20 m，Ag 异常则可达 150～200 m。西南某花岗岩与大理岩接触带上的锡石-铅锌矿床四周发现 Mn 异常宽 30 m，Pb 异常宽 10 m，而 Sn 则只在矿体邻近处出现几个交点。

矿体上、下盘的分带　在东北某铅锌矿区的钻孔中原生晕资料，发现了 Pb、Zn、Ag、As、Cd 的异常，Pb、Zn 和 Ag 在矿带上、下盘均有异常出现，其异常带的宽度是 Ag＞Zn＞Pb。可是，As 异常只出现在矿带下盘，Cd 异常只出现在矿带上盘。As 和 Cd 的这种分布与该区的黄铁矿和铅锌矿化的分布有关。分析单矿物结果，黄铁矿中含 As 达 500ppm 左

右、不含 Ag；铅锌矿石中含 As 极微、但含 Cd。由于该区在主要铅锌矿化之前有黄铁矿化活动，铅锌矿化期使用了与黄铁矿化期的同一通道，并叠置在黄铁矿化的上部，这样就造成了 Cd 和 As 在矿带上、下盘有规律的分布。利用这一规律在矿区附近的另一地段的地质评价中提供了地球化学依据，该区地表及钻孔内，发现上部 Pb、Zn、Ag、As 的异常含量很高，向深处很快降低，均不含 Cd，说明了该处地表矿化系矿带尾部，上部矿带已被侵蚀，与钻探结果一致。

研究地球化学分带特征表明，矿床原生晕不但在空间位置上与矿床有着密切关联，而且，晕中元素的组分分布特征与矿体或矿床有着内在的有机联系。因此，可以认为，研究原生晕中元素组分分带分布特征，并据此规律预测找矿，更具有直接的现实意义。

经验证明，原生晕组分分带明显的，不论是同心环状分带或水平分带，其找矿的地质效果最为显著。在同心环状分带各元素相互重叠的中心部位，往往是盲矿体最有可能产出的位置；在水平分带各元素相互叠置的地方，也往往是盲矿体最有可能产出的部位。根据原生晕的水平分带还有可能了解矿液活动的中心、矿化延伸范围及方向，从而摸索盲矿带延伸的范围和方向，追踪盲矿体，并可大致推测盲矿体分带。

4. 成矿叠加、继承性

矿区往往是多种成矿作用叠加和成矿继承性活动的集中区。许多矿床的形成是多成因的，它表现为矿质多来源，以及多种成矿作用和多期多阶段成矿的叠加。成矿期的间隔时间很长，彼此有时没有明显的成因联系，如白云鄂博铁、稀土矿床，沉积作用发生在 15×10^{8}Ma 以前，岩浆作用叠加发生在近 3×10^{2}Ma 前。多阶段叠加成矿则是构造脉动等因素造成的。搞清成矿的时间脉动性，把握主要成矿期（或阶段）有重要的预测意义。成矿的继承性，是反映同种物质或金属元素在不同时代重新活动，辗转成矿，形成新的矿床类型的特点。当我们发现与某一时代有关的某类型矿床时，就必须注意在该地区是否有属于其它时代的同一种金属的其它类型的矿床存在。在岩浆演化过程中有时也表现出明显的地球化学继承性，如个旧矿区，在花岗结晶阶段，锡富集于黑云母中（1.14%～1.87%）；夕卡岩形成阶段，锡富集于石榴石、方柱石及辉石中，氟则富集于符山石中（1.85%）；氧化物、硫化物阶段、锡呈锡石分出，而氟则呈萤石析出。锡石和萤石的继承性，可作为评价岩体含矿性与否的参考标志。

5. 成矿物理化学条件

地壳中成矿元素的迁移富集与元素本身特点有关，也与元素所处物理化学环境有关。后者包括温度、压力、矿液浓度、氧化还原电位（E_h）、酸碱度（pH）和生物化学因素等。例如，在内生、外生、变质作用中广泛存在的扩散作用，成矿物质总是从高浓度向低浓度方向运移；在地壳发生断裂造成压力差的条件下，含矿岩浆或含矿气水溶液总是沿着断裂逐渐向压力减少的方向运移等等。这些影响元素迁移富集的外在因素，可在矿物、岩石中留下大量信息，经过搜集、研究，可以为成矿预测工作提供依据。如云南某砂岩铜矿床，矿体产于浅色砂岩与紫色砂岩过渡带的浅色砂岩一侧，含铜岩石萤浅颜色变化是反映沉积成岩条件的标志之一，利用不同形式的铁矿物的相对含量及 $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Fe^{3+})$ 的比值变化，可以区分不同的氧化、还原环境，从而指导预测与找矿。

成矿温度的研究　温度直接影响成矿元素和化合物的物性状态和活动性。随着温度的升降，能加速和减缓化学反应的速度，并引起吸热或放热反映，影响成矿物质的聚集，对

矿床的形成起着很大的作用。成矿温度的研究，不仅有助于阐明矿床的成因，划分成矿阶段，也有利于确定成矿时成矿溶液流动方向，探寻隐伏矿体。例如，胶东某石英脉型金矿，对分布最广的第一矿化阶段的石英进行系统的测温，做出温度梯度等值线（图 11—16），清楚地反映多渠道的矿液是从北东深部向南西方向斜上运移，温度递减，矿液流向与控矿构造、矿柱形态、矿体侧伏都有空间上联系，从而指导了深部矿体的预测。

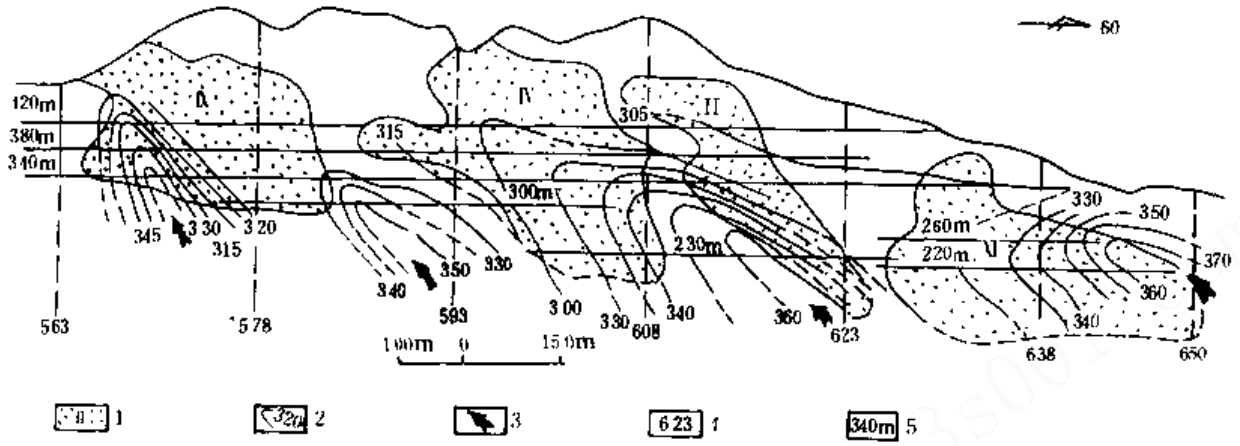


图 11—16　某石英脉型金矿成矿温度梯度与矿柱关系

（据王燕 1979 年）

1—矿柱及编号；2—温度等值线；3—矿液流动方向；4—勘探线编号；5—坑道水平标高

介质的酸碱度（pH）和氧化还原电位（E_h）的研究　介质的酸碱度是元素及化合物溶解和沉淀的主要因素之一。例如，各种金属氢氧化物的沉淀与水溶液的 pH 值有密切关系。碱金属、碱土金属以及少数几种其它的元素能够保存在普通海水（pH＝8.1～8.3）中，就是因为它们的氢氧化物要在碱性介质（pH＝9～12）中才能沉淀。在硫化金属矿床的氧化带，当介质的 pH≤5 时，则不会生成孔雀石、菱锌矿和白铅矿等，因为这些矿物只有在 pH≥6 时才能沉淀。因此，测定和研究矿物和岩石的 pH 值，对于了解矿床的成因和形成环境是有实际意义的。

通过对海南石碌铁矿矿物和岩石 pH 值的系统测定，发现该矿区岩石的最大特点是含矿岩系的 pH 值都比较高，铁矿的顶底板以白云岩为主，结合铁矿与厚层硬石膏紧密共生等特点，说明该矿床是在气候炎热、蒸发较强的海湾或泻湖环境中沉积的，这种偏碱性的特殊环境，较好地解释了海南岛虽处于地壳的活动地带上而石碌铁矿仍以赤铁矿为主的客观现象，并为火山成因观点提供了依据，指出石碌式铁矿与古陆的风化无关，找矿空间范围和成矿时代均可扩展和延伸，应着重研究古断裂及古火山带的分布，去寻找新的矿床。

第四节　生产矿山（矿区）隐伏矿体（矿床）预测方法

一、生产矿山（矿区）隐伏矿床（矿体）预测的步骤

生产矿区成矿预测目前尚无统一的标准化程序，根据国内外初步实践的经验，其大体的程序步骤如下：

（1）明确成矿预测要求，制定预测研究工作设计书。具体包括预测地段范围和目的要

求；预测比例尺及预测精度要求；预测图件与报告要求；投入技术手段及预计工作量；预测工作期限和工作进度安排和预测工作所需经费预算等内容。

（2）全面收集与整理已有地质、物探、化探和其它测试资料。具体包括：预测矿区及其所在区域各种比例尺图件及历年的地质报告和科研成果，要求按性质分类、编号、统一登记，编成卡片目录；物探、化探、重砂测量数据及其处理结果和遥感地质资料；化验分析、岩矿测试数据、样品分布图及质量检验结果；探采工程分布、位置、坐标及其校正处理结果；矿床、矿体组、矿体、矿石类型按不同标高水平面、阶段的质、量、成分统计数据资料。上述资料力求全面系统，并编制相应的原始基础图件与表格，将其系统化、条理化。

（3）补充现场调研、取样、测试工作。如调查构造带的形态特征、力学性质、伴生构造、充填物质、活动顺序；调查矿化地段的构造、岩体、岩性、蚀变等细节变化及其与矿化的关系。调查时要采集各种样品，进行测试工作。

（4）综合分析控矿因素、矿化标志（信息），编制专门图件和基本地质图件。成矿控制因素是多方面的，不同成因类型的矿床，成矿控制因素有差别，故应注意结合本矿区的矿床成因特点，抓住对矿床形成起主要控制作用的地质因素，综合分析；对地质、物探、化探、重砂及遥感等资料信息进行综合分析、地质解译。

（5）总结成矿规律，编制成矿规律图，建立成矿模式，为矿床（矿体）预测提供地质理论基础。

（6）建立预测模型，确定预测评价准则。

（7）编制成矿预测图进行成矿预测，划分出不同级别的远景地段，并对可能存在的矿床（矿体）的形态、位置、数量、质量及采选技术条件和经济价值进行预估和评价。

（8）编写成矿预测报告，提出进一步工作的意见与建议。

二、矿区成矿预测的方法

生产矿区大比例尺成矿预测，到目前为止主要是采用类比法，即从已知推测未知，从分析生产矿区、矿床、矿体成矿地质背景、控矿因素、矿化信息标志入手，总结成矿规律，建立成矿模式和预测模型，确定预测评价准则，然后对矿区深部、边部、外围进行类比，作出预测。

类比理论是成矿预测的基本理论之一，类比方法是成矿预测首要的或主要的方法，其它成矿预测方法都是建立在这一方法的基础之上。相似地质环境下应有相似的矿床产出，相同的地质范围应有相近或等同的资源量。据此理论应用成矿模式指导成矿预测成为首要的方法，也是地质类比的基本依据。在大比例尺矿区成矿预测中，对深部地质环境有了基本认识，特别是应用成矿模式进行类比，对未知区的潜在矿床（矿体）远景作出推断，这是大比例尺成矿预测中，其它方法尚不能代替的关键方法。

类比法可分为地质预测法和统计预测法两大类，地质预测法主要是定性为主并辅以定量，统计预测方法主要是定量预测。地质预测法实际上包含了地、物、化预测方法，有的生产矿区已开始采用地质、统计综合预测方法，或地、物、化综合预测方法。

（一）生产矿区地质预测方法

生产矿区成矿预测主要是对矿区边部、深部和外围进行预测，所以预测的目标主要是在这些范围内对矿体的空间定位、矿化类型、矿石质量、数量和采选加工技术条件进行预

测和估价。

为了达到预测的目标，根据目前国内外的实践经验总结，地质预测的主要途径是，从已知推未知，从单因素预测到多因素预测，从一般地质预测到以地质法为基础的地、物、化综合方法预测，从定性预测到定量预测，从点到面再面中求点进行预测。

1. 单因素预测

单因素预测即从一个或几个控矿因素、控矿规律分别进行预测，通常用的是构造预测、岩体预测、地层—岩性—岩相—古地理环境预测、分带性和剥蚀保存程度、共生规律预测等，单因素预测是综合因素预测的基础。有的矿区利用单因素预测就可以找到矿，而另外一些矿区单因素预测效果不佳，必须采用多因素综合预测。

（1）矿田矿床构造预测　运用矿田矿床构造分析获得预测效果的矿区实例最多，经验最为丰富，例如个旧、大厂、水口山、瑶岗仙、夹皮沟等一大批矿山，通过构造分析进行成矿预测，都取得了显著效果。构造分析预测主要应抓住下面几个重点：弄清控矿构造的方向性和构造类型；划分控矿构造级别，总结构造分级控矿规律，区分与判别导矿构造、配矿构造和聚矿（容矿）构造，抓住不同方向不同级别构造复合交叉地段；研究构造演化发展阶段与成矿演化发展阶段的关系；总结聚矿（容矿）构造的空间排列组合，展布形式和间隔规律，包括平、剖面的侧幕规律、分支合并规律、侧伏倾伏规律、等距与非等距规律等；查明导矿、聚矿构造面形态产状变化规律，研究成矿溶液流经和矿化局部富集的构造条件；查明各种聚矿构造的力学性质，作为推断矿体形态、产状和规模的依据；研究矿床矿体构造形态空间分带，查明成矿后的褶皱断裂的类型和性质、褶皱的长度与幅度、断层的断距，从构造判断矿床矿体的剥蚀、保存程度。在上述调查、分析、总结的基础上，建立构造控矿模型，编制矿区构造图，进行成矿预测，按构造有利程度划分预测远景地段级别。

（2）岩浆岩体预测评价　无论与岩浆岩有成因联系的矿床，或受岩浆岩活动改造的矿床，利用岩浆岩体预测评价都具有重要意义。如南岭地区的钨锡生产矿区绝大多数有花岗岩类岩体出露或隐伏于地下。因此隐伏岩体预测和岩体含矿性评价是矿区成矿预测主要途径之一。隐伏岩体位置与矿区构造有关，常受构造控制，一般分布于背斜的核部，倾没端，褶皱轴转折段，横跨褶皱交汇地段，不同构造体系和不同级别、不同序次断裂复合交叉地段，所以首先通过构造分析预测。在构造预测的基础上，利用遥感地质信息，电测深数据，热力接触变质岩石分带及各带垂直厚度，钻孔和坑道中揭露脉岩条数的频率和岩石原生晕成晕元素的组成与含量等多方面信息进行预测；查明和预测隐伏岩体的顶面、侧面几何形态产状变化特征及其与矿化空间分布关系；已出露地表的岩体要根据岩相、原生流动构造、围岩包体和顶盖围岩残留体恢复岩体顶面原始形态，利用钻孔资料和控岩构造的力学性质预测岩体侧面和底面（岩床、岩盖和无根小型侵入体）的形状产状；进行岩体含矿性评价，岩体含矿性评价，一般从岩浆活动时代，岩石、岩相种类、岩石化学成分及其含量、特征值，岩石微量元素种类和含量，造岩矿物和副矿物等单矿物微量元素含量，岩体的热液蚀变类型及其强弱等综合信息判别；最后建立岩浆岩体控矿预测模型，编制岩浆岩分布图，进行成矿预测。

（3）根据地层、岩性、岩相、古地理条件进行成矿预测　对沉积成因和层控有色金属矿山，含矿地层层位、岩性、岩相、古地理条件是重要的预测因素。这种预测应着重研究：

生产矿区矿床在地层岩相剖面中的层位、岩性、岩相和古地理条件；在矿区外围无矿化的地层中进行地层地球化学工作，找出矿源层；有条件时开展矿床S、O、H、C等稳定同位素测定工作，了解成矿物质来源；选择正常的典型剖面进行岩性和岩相系统观测工作，确定地层、岩性、岩相、古地理环境与矿床（矿体）形成与分布的关系；研究含矿岩系剖面中含矿岩层及其顶底岩层的物理性质与化学性质及其与成矿的关系；研究地层、岩性、岩相地质界面的形态产状及其与成矿的关系；研究和查明成矿物质活化转移和再度聚集的条件。在这些研究基础上建立地层、岩性、岩相古地理的综合预测模型，编制地层、岩性、岩相、古地理图，进行成矿预测。

（4）根据变质作用条件进行成矿预测　对于变质成因矿床应着重研究：恢复原岩岩性、岩石种类；研究变质程度、划分变质相带和变质建造及其与成矿的关系；查明变质岩中叠加褶皱、断裂构造及其与成矿关系；建立变质条件控矿模型，进行预测。

（5）研究矿床分带规律，建立分带模式，进行成矿预测　矿床分带规律是生产矿区成矿预测的重要依据，分带规律包括：矿床的构造形态分带规律，如赣南石英脉型钨矿垂直分带（五层楼）规律（图11—17）；矿床系列成矿规律，如铜陵地区“五层楼”矿床系列规律（图11—18）；矿物分带规律；热蚀变分带规律及地球化学分带规律等。在掌握已知矿床的分带规律后，在成矿条件有利的远景区，开展标志带调查、矿物填图、蚀变查定、稳定同位素地质、岩石地球化学勘查等专门预测，不仅有效地预测有无盲矿体存在，而且可以及时地从定性预测转入定量预测评价。

2. 多因素综合预测

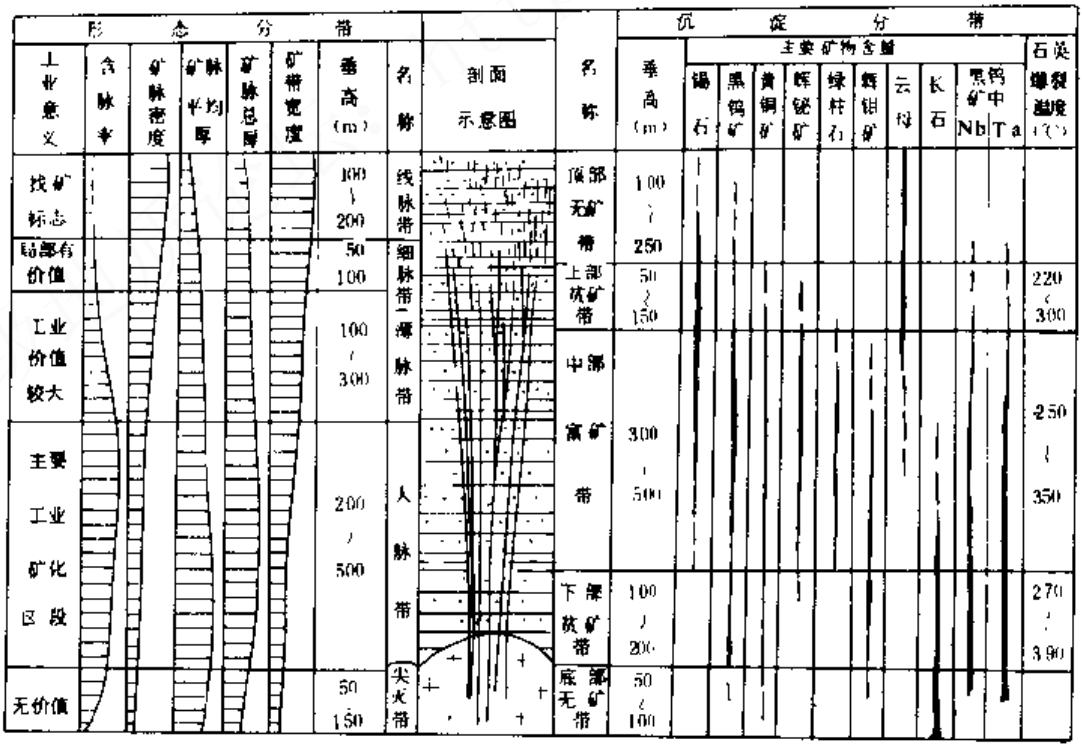


图11—17　赣南石英脉型钨矿垂直分带示意图

（据冶金部南岭钨矿专题组）

多因素综合预测是用多种地质因素和地、物、化等的矿化信息，进行综合预测。这种预测需要抓住以下几个关键问题：要全面收集各种控矿因素和地质、物探、化探的矿化信息；要去粗取精，去伪存真，对控矿因素和地质、物探、化探的矿化信息进行筛选，找出对预测有用的主要因素和主要信息；在成矿理论观点上，既要重视该矿区多年来形成的观点，又要不受旧观点束缚，开阔思路，吸取最新成矿理论观点，因为不同的观点控矿因素的主次是不同的；在控矿因素中要通过综合分析研究划分出成矿因素、配矿因素和容矿因素三类，并将控矿因素划分为若干级，例如根据因素对预测的重要程度划分为最优值级、有利值级、中性值级和不利值级；要在已知矿床成矿模式的基础上，结合预测区可能获得的信息，建立预测模型。

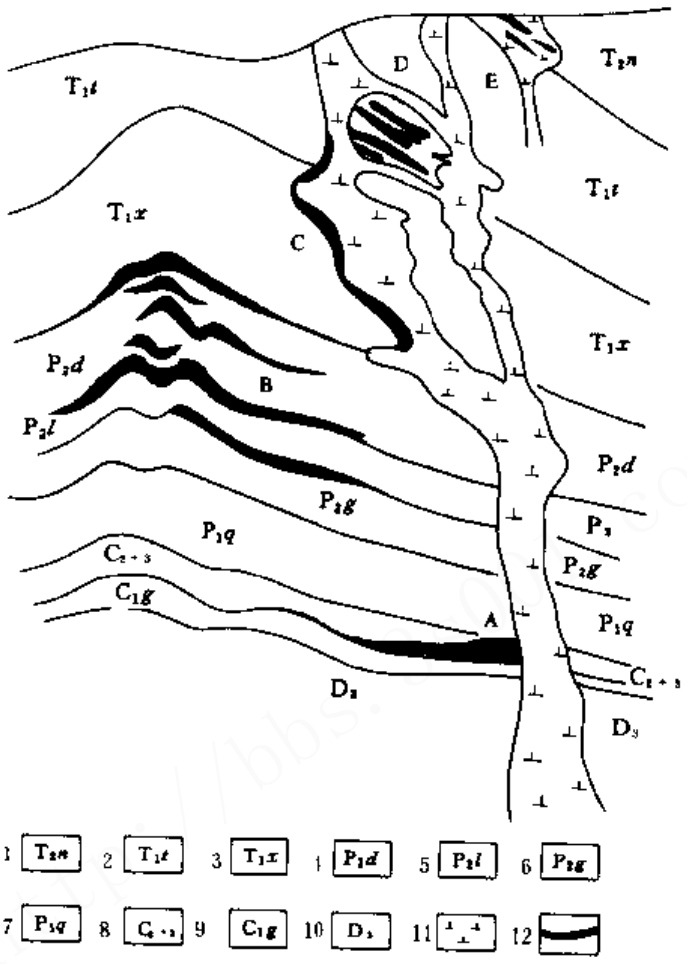


图 11—18　狮子山矿田中“五层楼”成矿模式

（据叶元正）

1—南陵组；2—塔山组；3—小凉亭组；4—大隆组；5—龙潭组；6—孤峰组；7—栖霞组；8—黄龙船山组；9—高丽山组；10—五通组；11—闪长岩；12—铜矿体；A—冬瓜山铜矿；B—老鸦岭铜矿；C—胡村后山铜矿；D—西狮子山铜矿；E—东狮子山铜矿

（二）矿区统计预测方法

矿区统计预测是用数学地质理论和方法，对成矿地质环境和地质因素的控制作用等方面的矿化信息，进行定量化和模型化，建立起矿床成矿数学模型。模型中有控矿因素必要组合和各因素控矿最有利的数值区间。通过定量对比未知区和模型区成矿特征差异圈定远景区，对远景区内进行定量预测。工作内容包括：提出矿区统计预测任务要求；收集资料和野外工作；划分统计单元，对单元内进行地质变量选择和定量；运用正确数学方法建立各种地质环境地质数学模型，对有利地段内矿体位置、数量 、质量、规模、可能出现概率作出定量预测。

1. 矿区统计预测单元的划分和模型单元的选择

统计单元是按一定大小和形状，在地质图上划分等面积、等形状的小块。这是矿区统计预测中进行观测和取值的最基本单位。因此，要求单元划分具有统一的地质意义和划分原则。保证抽样具有随机性、代表性、独立性、分布性和在相同条件下可以进行对比。单元面积大小应根据矿区统计预测内容、研究精度和比例尺大小以及控制矿体变化性的地质条件复杂程度决定。一般控制矿体变化性地质条件复杂，控矿因素变化较大时，划分单元相对小些。单元形状，根据地质变异程度，选择正方形或长方形。

模型单元是由具有代表性，工作研究程度较高的已知单元组成。通过模型单元的研究，建立起预测数学模型，开展对未知区的研究预测。在矿区统计预测中，需要选择已知有矿单元和无矿单元两个大类，进行观测与研究。作为这两类模型单元代表要求条件是：成矿地质特征与研究区（评价区）有可比性；选择模型单元在时间上和空间分布上具有代表性；对成矿特征有工程揭露，对成矿与控制关系已有一定程度研究，具有较完整的标志组合。这些单元可从研究区内选择、也可选自研究区外，单元之间可以相互毗邻，也可以均匀分布。

2. 变量选取与定量

地质变量是指控制矿产形成与分布的地质条件和某一成矿特征标志所取不同数值的量。如地层、构造、岩性、岩浆岩、变质作用、地球化学场、地球物理场、遥感等方面的矿化信息标志，或用来反映地质体含矿性的一些特征参数值。由于地质现象错综复杂，因此，反映不同地质特征的地质现象也各不相同，地质变量取值数值也不同。采用定性与定量两种地质变量说明上述这些性质的差异。定性地质变量说明地质体某种属性，状态而没有数量的概念。如在描述颜色时经常用“红色”、“白色”、“灰色”等形容词。可用数字1，2，3分别代表不同颜色，只起代码作用，而不包含其相对重要性或相对幅度的数据。又如某一统计单元中，是否存在花岗岩，说明岩体存在与否状态，常用存在记为“+1”，缺失记为“−1”，情况不明记为“0”，从逻辑意义上说明地质体某种状态。定量地质变量不仅说明地质体的某种属性、状态，而且还有数量概念，彼此之间可以比较它们的大小，定量的表示出它们的差异性。如矿体中有用组分含量、岩石的各种化验值。

在矿区预测中，当确定了预测目标和预测范围后，接着就是变量的选取。变量选取一般遵照定性—半定量—定量的综合分析过程以找到与矿化密切有关的控矿因素和标志。为了获取某个地质变量的具体数值，可采用直接测定和间接测定。

3. 地质变量筛选方法

不同的数学模型对地质变量的要求不同。如判别分析要求变量呈正态分布；回归分析要求因变量呈正态分布，各自变量和因变量之间有足够的线性相关；聚类分析要求各变量量纲一致，变量间相互独立。因此，要求在保证不损失找矿信息的前提下，原来变量间的关系不变，进行原始数据变换。变换的方法有：正态变换、统一量纲的变换、线性变换。地质变量经过预处理后，从中挑选对成矿起重要作用的变量。地质变量筛选时，应注意使变量数目达到尽可能少，同时又不损失与研究对象有直接或间接联系的主要成矿（或找矿）信息。筛选时以地质认识为基础，结合数学方法进行。筛选地质变量的常用方法有：相关系数法、信息量计算法及地质特征矢量长度分析等方法。

4. 矿区统计预测方法

有回归分析预测、判别分析法预测、聚类分析法预测、趋势面分析法预测、因子分析法预测和逻辑信息法预测等。

回归分析方法预测　这种方法主要用来研究矿床值与控矿因素之间的关系，通过控矿因素预测矿床值；研究矿床中各元素之间的关系，根据其它一些元素含量（储量），预测主要成矿元素含量（储量），或根据一些元素含量来预测矿体延伸；研究矿体品位与某些标志（厚度、体重等）间的关系，从而可以通过体重、厚度预测品位。此法预测中，常把矿床值（矿床储量、矿石品位、区域单位价值）当成因变量y；控矿因素或特征标志为自变量x。应用模型单元，通过数学计算。建立起矿床值与控矿因素间的回归方程。

若矿床值与控矿因素间呈线性关系，则线性回归方程：$\hat{y}=a_0+bx$。若控矿因素较多，以线性多元回归表达为：

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_nx_n$$

式中：$\hat{y}$——矿床值回归值；a_0——常数；b_0，b_1，b_2，$\cdots b_n$——回归系数；x_1，x_2，$\cdots x_n$——控矿因素或特征标志。

在预测时，需对建立的回归方程进行显著性检验。检验方法有：作散点图，计算相关系数，F 检验法。

判别分析法预测　此法解决的基本问题是样品的归属问题。用这种方法可以区别矿体异常和非矿体异常；进行地质体的含矿性评价；区别矿化岩体与非矿化岩体；区别矿源层或隔水层以及区别有价值铁帽和无价值铁帽等等。矿区预测中的判别分析按其方法不同分为判别、逐步判别、序判别、选代判别等这几类分析方法。

判别分析从两个不同角度提出问题，因而有两类不同的判别准则：

费歇准则　已知两组不同对象 A 组和 B 组，对未知样品的归属进行判别，其准则是：使两组样品的新变量均值方差为最大，且各组内离差平方和最小，使下式达到最大。

$$I = \frac{(\overline{R}_A - \overline{R}_B)^2}{\sum_{i=1}^{N_A}(R_{Ai} - R_A)^2 + \sum_{i=1}^{N_B}(R_{Bi} - R_B)^2}$$

式中：$\overline{R}_A$、$\overline{R}_B$…分别为 A、B 两总体的判别得分平均值；N_A、N_B 为 A、B 两总体的样品数；R_{Ai}、R_{Bi}为 A、B 两总体第 i 个样品的判别得分值。

费歇准则运用于点群或组判别，各组变量均有显著差别的情况。

贝叶斯准则　用于多组判别，这时必须把认别多组总体的标志空间划分为互不相交的多个区域，使其错误损失最小，多个区域互不相交。即是指彼此之间没有重叠部分，使每一个样本只能归属于多个区域中的某一个区域，而不能同时落在两个区域或多个区域中。这样可通过计算样本归属某一区域概率最大，来确定样本归属。其计算方法与费歇准则略有不同，但统计要求相同，即组内观察值必须服从多维正态分布，各组协方差矩阵没有显著差别。

聚类分析法预测　它是根据描述研究对象标志作为变量，从这些变量中研究对象的相似程度，从而对它们进行分类。这种分类特点是不存在事先分类的情况下进行的，能比较客观地反映研究对象本身的差别和内在联系，避免了分类的主观性和分类方案因人而异。因此这种方法广泛地应用于矿区预测中。聚类分析分为 R 型和 Q 型。R 型是研究变量之间的相似程度，对变量进行分类，如研究控矿地质因素及矿化标志之间的关系，多用于矿物、化学元素等方面的分析，以助于矿床成因问题的分析。Q 型分析是研究样本之间的相似程度，对标本进行分类。从矿区预测角度来考虑，主要是进行 Q 型聚类分析，把划分统计单元视作于单元内有利成矿地质因素及矿化标志发育程度及其组合情况。根据这些地质因素和标志的相似程度对单元进行分类归组。然后根据有矿和无矿单元的分类归组，结合地质条件分析，相对地评价各种未知单元成矿远景。用来表示它们之间的相似性。一般常用统计量有：

相似系数（S_{ik}）：

$$S_{ik}=\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_{ij})(x_{kj})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(x_{ij})^2\sum_{i=1}^{N}(x_{kj})^2}} \qquad \begin{pmatrix} i=1,2,\cdots n \\ j,k=1,2,\cdots m \quad i\neq k \end{pmatrix}$$

S_{ik}值大表示相似程度大；S_{ik}值小表示相似性小。$-1<S_{ik}<1$。

距离系数（D_{ik}）：

$$D_{ik}=\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(x_{ij}-x_{kj})^2/N} \qquad \begin{pmatrix} j=1,2,\cdots n \\ i,k=\cdots m, \quad i\neq k \end{pmatrix}$$

D_{ik}值大，表示对象间相似性小；D_{ik}值小，表示对象间相似程度大。$0<D_{ik}<1$。

相关系数（r_{ik}）：

$$r_{ik}=\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_{ij}-\bar{x}_j)(x_{ik}-\bar{x}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(x_{ij}-\bar{x}_j)^2\sum_{i=1}^{N}(x_{ik}-\bar{x}_k)^2}}$$

r_{ik}值大，表示对象间的相似性大，反之则小。$-1<r_{ik}<1$。

用上述三种统计量衡量对象间的亲疏关系。这就构成了聚类分析的度量标志。具体运用时，根据目的、任务、方法不同，选用某一统计量作为对象间相似程度的度量标志。然后根据相似性数值大小、绘成谱系图。

趋势面分析法预测　此法在矿区预测中用来研究某一地质标志在空间上的分布特征及其变化规律。如查明区内构造、某一标志层、含矿层、矿体厚度在区内的系统变化；研究岩体形态，内部矿物及其化学成分分布规律；确定评价物化探异常，区域背景值和异常值；对区内提出正确预测评价意见。指出成矿元素及其伴生元素的集中分散趋势，从区域趋势变化和剩余值高低来探讨某一对象特征标志的变化，达到评价目的。常用的方法有：方块平均趋势分析、滑动平均趋势分析、多项式函数拟合趋势分析。

方块平均趋势分析　通过任一点观测值分解为区域背景值的变化，进一步找到局部因素产生的异常，特别是引起含量增高的地段，为找矿指明方向。

滑动平均趋势分析　是以一定大小窗口（单元）在数据图上滑动，分别求出滑动时各位置上窗口内各测点观测值的平均值，并直接标在窗口中心位置上。

多项式函数拟合趋势分析：是用一定函数形式对某种地质特征标志在空间上的变化进行分析。多项函数式为：

$$\hat{Z}_i=a_0+a_1x_i+a_2y_i+a_3x_i^2+a_4x_iy_i+a_5y_i^2+\cdots$$

式中：$\hat{Z}_i$——第 i 点标志观测值；x_i，y_i——第 i 点坐标值；a_0，a_1，a_2……——待定系数。

在观测值与趋势值差的平方和为最小条件下，应用最小二乘法、求出待定系数。建立趋势方程式，再用回代办法可以求出各点趋势值。然后用各点观测值减去各点趋势值，可得各点偏差值。即 $Q=Z_i-\hat{Z}_i$。

湘西金矿曾应用趋势分析以查明矿区褶皱构造的空间变化及其对成矿的控制。根据矿区 V_1、V_2 脉底板高程、脉厚及相应坐标值，作 1～5 阶趋势面，分析结果如图 11—19。图中趋势显示了一个开阔倾伏背斜的几何特征，剩余部分显示次级褶皱位置，它与矿区富矿

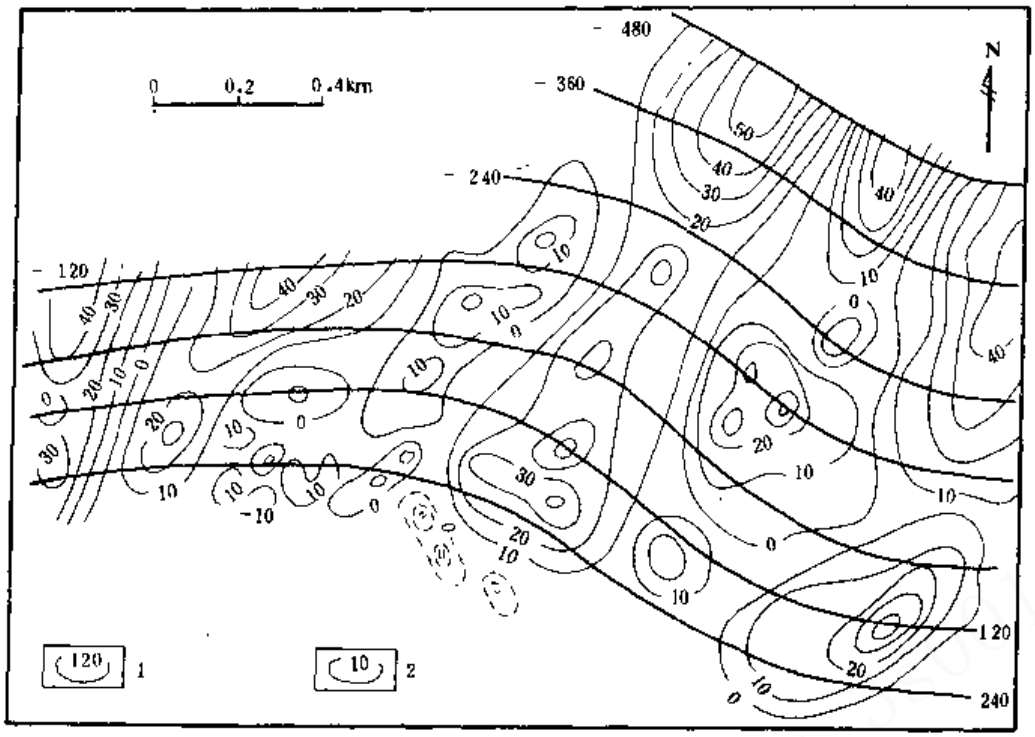


图 11—19　沃溪金锑钨矿床 V_1 层脉底板高程五阶趋势分析图

1—趋势值等值线；2—剩余值等值线

延伸和矿化位置基本吻合。为矿区找矿指明了方向。

因子分析法预测　因子分析在矿区预测中用来研究物质成分与地质作用相互间的关系，可分为R型和Q型。研究变量之间的因子分析称R型因子分析，如元素组合、成矿阶段划分等；研究样品对象间的因子分析称Q型因子分析，如系统分类计算。其方法步骤为：

（1）列出原始数据地质信息矩阵表：

$$x=\begin{Bmatrix} x_{11} & x_{12}\cdots x_{1p} \\ x_{21} & x_{22}\cdots x_{2p} \\ \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2}\cdots x_{np} \end{Bmatrix}$$

矩阵表中每一个元素以 x_{ij} 表示 $(i=1, 2, \cdots n, j=1, 2, \cdots p)$；$i$——表示第 i 个样本；j——表示第 j 个指标观测值。

（2）原始数据标准化：

$$x'_{ij}=\frac{x_{ij}-\bar{x}_j}{S_j} \qquad x_{ij}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_{ij}$$

$$S_j=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_{ij}-\bar{x}_{ij})^2}$$

式中：x'_{ij}——标准化后观测值；x_{ij}——原始观测值；$\bar{x}_j$——第 j 个指标算术平均值；S_j——第 j 个指标均方差。

（3）由标准化了的数据阵 x 求出二变量间相关系数得到相关系数矩阵表 R：

$$R=\begin{Bmatrix} r_{11} & r_{12}\cdots r_{1p} \\ r_{21} & r_{22}\cdots r_{2p} \\ \vdots & \\ r_{n1} & r_{n2}\cdots r_{np} \end{Bmatrix},$$

式中：$r_{ij}=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}x'_{ik}\cdot x'_{jk}$ $(k=1, 2, \cdots n)$

$$r_{ij}=\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{ik}-\bar{x}_i)(x_{jk}-\bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_{ik}-\bar{x}_i)^2\sum_{i=1}^{n}(x_{jk}-\bar{x}_j)^2}} \qquad (i,j=1,2,\cdots p)$$

（4）求相关矩阵 $R=(r_{ij})$ 的特殊值及特征向量。取其中最大的 m 个特征值，并按其大小依次排列，得 $\lambda_1\geqslant\lambda_2\geqslant\lambda_3\cdots$，求出相应的 m 个特征向量 u_1，u_2，$\cdots u_m$，其中 m 的确定仍按地质条件和累积百分比大于 80%来确定，或根据公式：

$$\sum_{i=1}^{r_m}\lambda_i/p$$，确定因子数目。

（5）计算初始因子矩阵（因子载荷矩阵）：

$$A=(a_{ik})\cdot\begin{Bmatrix} a_{11} & a_{12}\cdots a_{1m} \\ a_{21} & a_{22}\cdots a_{2m} \\ \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2}\cdots a_{nm} \end{Bmatrix}\cdot\begin{Bmatrix} u_1\sqrt{\lambda_1} & u_1\sqrt{\lambda_2}\cdots u_{1n}\sqrt{\lambda_m} \\ u_2\sqrt{\lambda_2} & u_2\sqrt{\lambda_2}\cdots u_{2n}\sqrt{\lambda_m} \\ \vdots & \vdots \\ u_{p1}\sqrt{\lambda_1} & u_{p2}\sqrt{\lambda_2}\cdots u_{pn}\sqrt{\lambda_m} \end{Bmatrix}$$

（6）将 A 施行方差极大旋转，使其中载荷的平方的方差极大化，便得到旋转后因子矩阵 B。

（7）对 m 个成分进行地质解释。

因子分析用来研究元素组合，建立指示元素组。以湘西金矿为例：根据因子分析结果，获取前三个公因子作为主成分的元素组合如下：

F_1：WO_3、CaO

F_2：Au-Sb-FeO-MgO-Mn-CaO

F_3：Zn-Pb-Au

根据典型因子解判断地球化学属性。（F_1）WO_3-CaO 组合，反映成矿围岩对矿化的作用，为白钨矿成矿因子。（F_2）Au-Sb-FeO-MgO-Mn-CaO 组合说明围岩和变质作用对 Au、Sb 矿化的控制作用，为 Au、Sb 成矿因子。（F_3）Zn-Pb-Au 反映硫化物成矿作用的地球化学特征，为硫化物成矿因子。这样，在找金时以硫化物组合追索、评价其含矿性。

因子分析研究矿化与围岩蚀变关系，以河北某铜钼矿床为例：根据 R 型因子分析结果表 11—2，取前三个公因子：（F_1）MgO-CaO 组合反映围岩原有物质成分；（F_2）Cu-Ag-MgO 组合说明矿化时围岩蚀变过程的带入物质；（F_3）MgO-CaO 反映围岩中白云石、方解石含量。用这样的变量组合说明矿化与围岩的关系。

根据 Q 型因子分析，将主因子轴按方差极大旋转，得旋转载荷矩阵 B，分析结果为表 11—3。从表中第一列可知 2、3、4 号样品 g_1 值较大，反映了矿化过程后期形成物质 Cu、Ag

含量较高的特点。因而认为 g_2 的值最高，而 1 号样品含 SiO_2、Mo 最高，第 11 号样品含 SiO_2、Mo 很低，但含 CaO、MgO 较高，它们分别表示矿化前期生成物质和围岩本来物质成分。因此，认为 g_2 的正向表示围岩本来成分，而负向表示矿化前期的生成物。第三列中第 9 号样品 g_3 值最大，其特点是含 MgO 较高，可以认为 g_3 表示围岩本来成分的白云石、蛇纹石物质成分。第四列 g_4 的作用比前三个因子作用要小，大致可看出它表示围岩中原有成分内的方解石。

表 11—2　河北某铜钼矿床因子解

元素 \ 因子	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6
SiO_2	−0.907	−0.283	0.226	−0.161	−0.110	−0.095
CaO	0.953	−0.083	−0.241	0.076	−0.055	−0.134
MgO	0.773	0.469	0.410	0.110	−0.037	−0.026
Ag	−0.781	0.561	−0.771	0.066	−0.204	0.017
Mo	−0.865	−0.393	0.066	0.305	0.203	−0.015
Cu	−0.812	0.543	−0.049	−0.015	0.194	−0.076
Sk	4.345	1.070	0.314	0.142	0.069	0.043
方差贡献累计	72%	90%	95%	97%	99%	100%
主成分	MgO、CaO、SiO_2、Mo	Cu、Ag、Mo、MgO、SiO_2	MgO CaO	Mo	Ag	CaO

表 11—3　河北某铜矿因子解

样　号	g_1	g_2	g_3	g_4
1	0.183	−0.874	−0.438	−0.027
2	0.834	−0.285	−0.208	−0.290
3	0.808	−0.226	−0.202	−0.482
4	0.849	−0.126	−0.359	−0.319
5	−0.839	0.343	0.363	−0.034
6	−0.530	0.435	0.216	0.656
7	−0.736	0.611	−0.105	0.254
8	−0.506	0.463	0.607	0.389
9	−0.354	0.239	0.893	0.119
10	−0.842	0.208	0.389	0.166
11	−0.323	0.828	0.157	0.359
3k	4.842	2.597	1.936	1.264

三、矿区统计预测实例

1. 云南个旧锡矿床东区北部统计预测

(1) 矿区地质概况　个旧矿区位于华南加里东褶皱带西南端。区内广泛发育中三叠系碳酸盐岩系，受印支—燕山运动的影响，地层产生强烈的褶皱和断裂活动，伴有大规模的酸性和碱性岩的侵入。为锡多金属矿床的形成提供了有利的条件。区内矿化类型可分为：接触带夕卡岩型硫化物矿床和层间氧化矿床。此外还有砂锡矿。矿床分布受个旧东区北东东向复式背斜控制。

(2) 矿床分布规律　花岗岩的突起对矿床（矿体）的分布起控制作用，矿床（体）围绕岩体突起成群分布；背斜是成矿的有利部位，当上有背斜穹隆，下有岩株突起时，常构成有利的成矿构造组合；层间氧化矿多产于互层带之中。当含矿断裂切割互层带时，更有利于成矿。

(3) 成矿因素，找矿标志数理统计分析　该区统计预测与传统地质类比法同时进行。采用比例尺 1∶10000，通过统计预测工作，圈出测区内有利找矿远景地段，并要求对矿床规模作出定量评价。

统计区内的单元划分采用 $1\times1km^2$ 和 $0.5\times0.5km^2$ 等面积正方形单元以及 $1\times1\times0.4$ km^3 短柱状三维单元。在掌握矿床成因和控矿构造规律的基础上，将不同找矿方法所取得的数据、图表、文字说明，从中选取 42 个变量（表 11—4）参加统计预测分析，从数理统计分析方法查明它们在找矿上的数量级的关系。其中信息量的计算，用逐步回归，逐步判别等方法对变量重要性进行排列，据此进行筛选变量。

(4) 成矿预测　是针对接触带型锡矿，层间型锡矿和接触加层间锡矿三种不同对象，分别选择不同变量和数学方法进行预测。提出各种数学方法对单元划分找矿远景的认识，然后综合各种方法所提出的结果。以有利方法数多少作为圈定远景区的标准。预测不同的矿床类型，要求不同的标准（即最少有利方法数），并据此指出有远景的单元（表 11—5），再结合 0.25 km^2 和 0.4 km^3 划分的单元预测结果，提出预测区最有利的找矿远景单元。远景单元有利方法数，为单元内有利方法种数与总方法数之比。规定为：Ⅰ级单元＞70%；Ⅱ级单元 55%～70%。这些单元组成了三个有望的远景区：①元宝山-小石岗远景区；②芦塘坝-阿西寨远景区；③高峰山外围远景区。对各远景区单元可能获得的金属量用回归方法作了估计。经对远景地段进行钻探，芦塘坝已探明为一中型锡矿，小石岗已见到了矿化。

2. 柿竹园矿区的统计预测

(1) 矿区地质概况　柿竹园钨锡钼铋矿床位于湖南郴县千里山花岗岩体东南部，NNE 复式向斜昂起部位。其两侧各有一条断裂外倾的高角度走向冲断层，形成一个“对冲断陷式”复式向斜。其中发育轴向为南北至北东向的次一级褶皱。区内出露泥盆系灰岩、砂页岩。岩浆活动具明显同源间歇性多次活动的特征，可分为四个阶段：第一阶段——斑状黑云母花岗岩；第二阶段——细粒黑云母花岗岩；第三阶段——花岗斑岩和石英斑岩；第四阶段——辉绿玢岩。矿化主要与第二阶段黑云母花岗岩侵入形成的夕卡岩有关。

(2) 方法选择　根据柿竹园矿区矿化主要是叠加在夕卡岩之上。夕卡岩主要产于岩体与灰岩接触带，岩体凹陷部位常形成厚大的夕卡岩矿体。为了研究夕卡岩矿体赋存规律，寻找新矿体，必须查清岩体顶面形态及其产状变化特征。因此，选择趋势面分析来研究其变化。实践证明，圈定找矿有利远景区，指导进一步勘探，取得了较好的效果。

表 11—4　参加统计预测的变量

变量类型	变量号	地质意义	定量方法
化探	1～8	Sn、Cu、Pb、Cd、Bi、As、Mn、Ag 各元素的异常范围	计算各元素在单元内的异常面积和
	9～16	Sn、Cu、Pb、Cd、Bi、As、Mn、Ag 各元素的异常特点	计算单元内各元素异常的平均面积
	17～22	Sn、Cu、Pb、Bi、As、Mn 各元素的异常强度	计算单元内各元素异常浓度的平均值
	40	Sn 与 Cu 的异常特点	单元内 Sn、Cu 异常面积和
	41	Pb 与 Mn 的异常特点	单元内 Pb、Mn 异常面积和
	42	Cd、Bi、As、Ag 异常特点	单元内 Cd、Bi、As、Ag 异常的面积和
断裂	23	断裂的矿化及相交情况	按断裂矿化，相交情况给分
	24	破碎程度	单元内断裂的条数
	25	断裂通向下伏花岗岩的情况	单元内切割花岗岩（隐伏）的断裂条数
褶皱	26	褶皱特点（可间接反映花岗岩侵入高度）	单元内 $T_2k^1_1$ 与 $T_2k^1_2$ 界面的平均标高
	27	层面产状的坡度	单元内 $T_2k^1_1$ 与 $T_2k^1_2$ 异面的等高线条数
	28	各级背、向斜	按背向斜成矿的有利程度给分
地层	30	有利层位	计算单元内有利层位的垂直厚度
	31	有利层位距花岗岩的距离	$T_2k^1_1/T_2k^1_2$ 界面距花岗岩顶面距离
	34	个旧组碳酸盐	单元内花岗岩上覆岩层的总厚度
	29	单元柱上地层组合（v）	$v=\Sigma K_1H_1/\Sigma H_1$ H_1——第 i 层的垂直假厚度； K_1——第 i 层的权系数
	32	单元柱上出现的层面数（v）	$v=\Sigma L_1$ L_1——为不同层面的矿化有利程度，由统计给权根据接触带矿体产出地层统计给权（R_1）
	33	与花岗岩接触的地层	
花岗岩	35	花岗岩顶面形状（凹起或凹陷）	由电测深的趋势分析推断花岗岩Ⅰ、Ⅱ级凸起（凹陷）并给分
	36	花岗岩侵入高度	单元内花岗岩顶面平均标高
	37	岩体顶面坡度	单元内花岗岩体顶面等值线条数
	38	花岗岩埋深	三维单元柱底面距花岗岩体顶面垂直距离
综合	39	地层、岩体、构造综合控矿	根据岩浆岩、构造、地层情况综合给分

表 11—5　单元为 1 km² 的综合预测结果

矿床类型	采用数学方法种类	要求远景单元的有利方法数/%	有远景单元
接触带型	5	72	33、42、43、44、97、108、55、90、91、99
层间型	5	72	33、44、54、55、79、81、90、91、92、93、97、104、108
接触＋层间	9	73	33、35、79、97、99、108、44、67、101、107、23、54、80、88、90

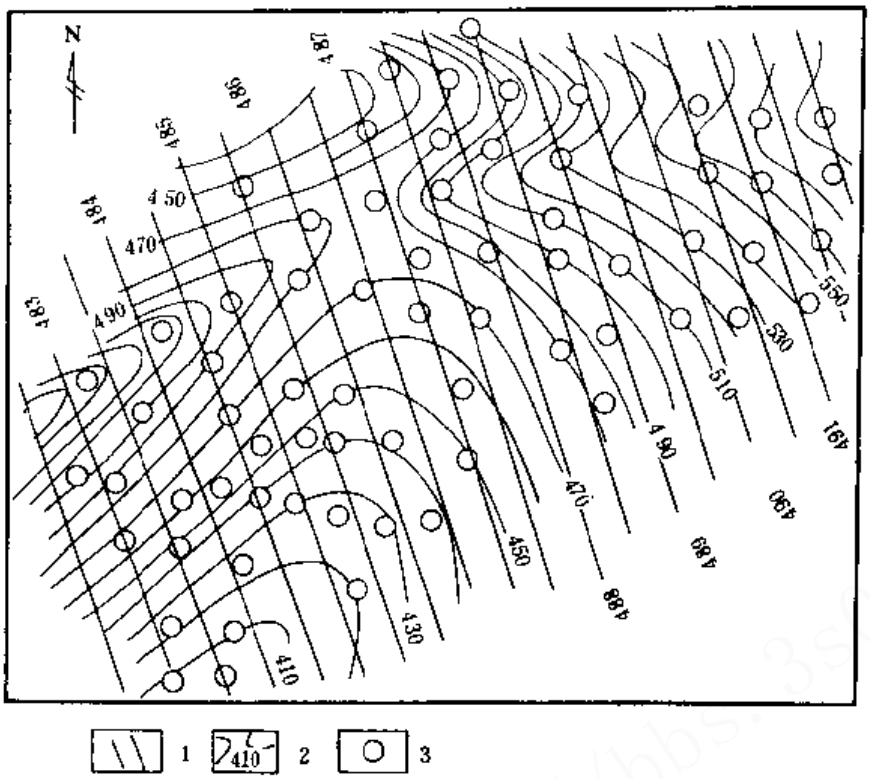


图 11—20　柿竹园矿区花岗岩顶面一次、五次趋势面图

1——一次趋势等值线；2—五次趋势等值线；3—钻孔位置

（3）趋势面分析的计算与结果的分析　利用原勘探钻孔资料，取得第二阶段细粒黑云母花岗岩与夕卡岩矿体的接触界面的高程，作为观测值并取其相应的坐标 x、y 数值，共计 71 组观测值。由于网点分布较为均匀，基本上能满足趋势面分析的要求，观测数据又无周期性的变化。作了多项式一到五次趋势值和剩余值的计算，并作出相应的趋势面图。从一次和五次趋势面等值线图分析（图 11—20）可知：一次趋势面反映第二阶段细粒黑云母花岗岩顶面总体趋势是东高西低，推测岩体应是南西西向北东东方向侵入。五次趋势面反映了岩体顶面形态总体的外貌和构造轮廓。图中清楚地显示出自西南角开始向北东而北东东再转至东西向的一个弧形隆起带和中部的一个深而宽的槽状凹陷，应为古构造，即在岩体侵入前就存在的两个断裂带：北东向隆起带和东西向隆起带。这与矿区的二组主要构造即北东向和东西向构造相吻合。五次趋势面的凹陷，呈北东走向、深而宽，北面和西面均为隆起，表明岩浆流动方向与全区花岗斑岩走向一致。认为岩浆自南西西侵入之后，矿液随之而来。流至北西弧形隆起带受阻而回旋于凹带之中，在“锅”底形成厚大的夕卡岩复合型矿体。

（4）趋势面分析预测效果与检验　本区矿化与细粒黑云母花岗岩顶面形态变化有关，而细粒花岗岩的前缘有可能找到较好的矿体的认识，提出了本区东部南北向断层下盘和片角岭、天鹅塘一带较有远景。在远景区经钻孔证实，分别在夕卡岩和细粒黑云母花岗岩内，见到了钨矿化或钨锡铋钼的矿化。

主要参考文献

1. 李鸿业等，矿山地质学通论，冶金工业出版社，1980。
2. 张轸，矿山地质学，冶金工业出版社，1982。
3. 中国有色金属矿山地质编委会，中国有色金属矿山地质，地质出版社，1991。
4. 采矿手册编委会，采矿手册第一卷，冶金工业出版社，1988。
5. 冶金矿山设计参考资料编写组，冶金矿山设计参考资料，冶金工业出版社，1972。
6. 中国水文地质工程地质勘查院，环境地质研究，地震出版社，1991。
7. 刘培桐主编，环境学概论，高等教育出版社，1986。
8. 刘天奇等主编，环境保护概论，高等教育出版社，1982。
9. 焦作矿院，瓦斯地质概论，煤炭工业出版社，1990。
10. 李金昌主编，资源核算论，海洋出版社，1991。
11. 李金昌等主编，资源产业论，中国环境科学出版社，1990。
12. （苏）П. А. 舍赫特曼著，热液矿床详细构造预测图，地质出版社，1982。
13. 地质矿产部政法司，中华人民共和国地质矿产现行法规汇编，地质出版社，1988。
14. 中国地质科学院成矿远景区划室汇编，成矿预测论文集，地质出版社，1987，2 期。
15. 侯德义主编，找矿勘探地质学，地质出版社，1984。
16. 长春地质学院矿床勘探教研室，矿床勘探，地质出版社，1979。
17. 赵鹏大等编著，矿床统计预测，地质出版社，1983。
18. 卢作祥等编著，成矿规律和成矿预测学，中国地质大学出版社，1989。
19. H. 巴赫曼著（德），矿物原料经济学，地质出版社，1988。
20. 唐义等，SD 储量计算法，地质出版社，1990。
21. 中国地质学会矿山地质专业委员会，第一届全国矿山地质学术会议论文选集，冶金工业出版社，1985。
22. 有色冶金系统设计院联合编写组，有色冶金矿山设计地质工作参考资料，1984。
23. 中国地质学会矿山地质专业委员会，全国生产矿山找盲矿地质讨论会论文选登，矿山地质，1985，2 期。
24. 杨广韬等，工程地质学，地质出版社，1984。
25. 谷德振，岩体工程地质学基础，科学出版社，1979。
26. 张倬元等，工程地质分析原理，地质出版社，1981。
27. 山田刚二等（日），滑坡和斜坡崩坍及其防治，科学出版社，1980。
28. 郭纯毓，运用探采结合的方法进行矿山生产建设的体会，有色金属（采矿部分），1974，1 期。
29. 胡家峪矿技术科，在矿区开发中实行探采结合，地质与勘探，1977，7 期。
30. Peters，W.C.，Exploration and Mining Geology，1978.
31. А. Г. Харченков，Принципы Прогнозирования Минеральных Ресурсов，《НЕДРА》，1987.

877251

资源地质论坛：http://bbs.3s001.com/