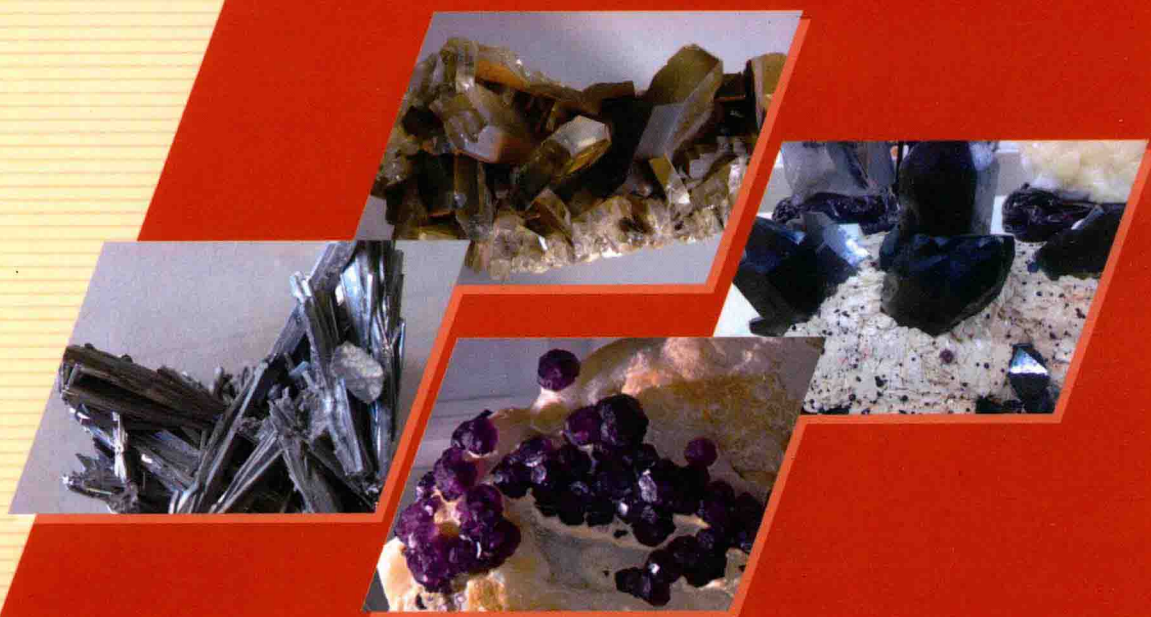


普通高等学校教材

# 矿产资源学

**K**UANGCHAN ZIYUANXUE

● 彭 渤 编著



地质出版社

国家自然科学基金和湖南省重点学科建设项目资助

# 矿产资源学

彭 渤 编著

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

矿产资源学是当今社会经济条件下产生的一门综合性交叉学科。本书主要介绍了矿产资源学的基本概念、基本理论和研究方法,包括:矿产资源分类,矿产资源勘查的理论与方法,矿产资源经济区划研究,矿产资源政策的制定,矿产资源管理及相关法律法规,矿山安全与环境保护,矿产资源安全预警分析等内容。

本书可作为大中专院校资源勘查工程、地理科学、经济学、资源环境与城乡规划管理、土地资源管理等专业的教学用书,也可作为从事矿产资源管理、研究、开发工作的在岗培训用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

矿产资源学 / 彭渤编著. —北京:地质出版社,  
2014. 8

ISBN 978 - 7 - 116 - 08969 - 3

I. ①矿… II. ①彭… III. ①矿产资源管理 IV.  
①F407. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 201301 号

### KUANGCHAN ZIYUANXUE

责任编辑:魏智如

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号,100083

咨询电话:(010)82324508(邮购部);(010)82324586(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

传 真:(010)82324340

印 刷:北京纪元彩艺印刷有限公司

开 本:787 mm × 1092 mm 1/16

印 张:9.75

字 数:235 千字

版 数:1—1500 册

版 次:2014 年 8 月北京第 1 版

印 次:2014 年 8 月北京第 1 次印刷

审 图 号:GS (2014) 1996 号

定 价:20.00 元

书 号:ISBN 978 - 7 - 116 - 08969 - 3

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

# 前 言

人类社会发展的历史，在某种程度上就是一部矿产资源开发利用的历史。矿产资源作为一种特殊的自然资源，是人类社会文明进步必不可少的物质资源。对矿产资源进行分析和研究，具有重要的科学意义和实际价值。

矿产资源学是从经济、社会和环境的角度，综合研究矿产资源开发利用及其与人类社会发展的关系。阐明矿产资源的储存和分布规律，认识矿产资源的自然属性，是矿产资源学研究的基本任务。分析矿产资源的开发利用及其与人类社会发展的关系，认识矿产资源的社会属性，是矿产资源学研究的核心议题。现代矿产资源学，要在认识矿产资源自然属性和社会属性的基础上，分析矿产资源与国家安全之间的关系，阐明矿产资源对人类社会未来发展的影响，研究矿产资源的安全预警和战略定位，探究矿产资源不断耗尽的形势下，人类未来的应对措施。因此，矿产资源学是一门介于自然科学和社会科学之间的、高度综合的交叉学科。

国家的强盛、社会的兴衰更替、区域的发展布局等，都与矿产资源的开发利用密不可分。当时代的脚步进入到 21 世纪，矿产资源如同一颗闪闪发光的“金子”，正以其特有的魅力，受到世界各国政府要员和战略决策者们的的高度重视。2012 年 8 月在澳大利亚布里斯班召开的第 34 届国际地质大会（34<sup>th</sup> IGC），即是以未来资源为主题的国际盛会，得到了来自世界上 112 个国家的政府要员、专家学者和企业巨头的重视。这从一个侧面反映了当今世界人们对矿产资源的重视程度。特别是在人口增长、工业化、城市化的大背景下，矿产资源在社会发展、经济建设、国际贸易、现代军事中的地位 and 作用，已提升到了一个全新的战略高度。因而，矿产资源学的学科建设和发展应得到进一步的重视。

然而，由于历史的原因，矿产资源学在很长一段时间内未能得到应有的重视。特别是在我国由计划经济向市场经济过渡的社会变革中，矿

业活动的秩序发生了本质性变化，矿产资源的社会效益、经济效益和环境效益等出现了新的情况。面对新形势，笔者以国家自然科学基金课题(40002021、40572172)的部分研究成果为基础，在湖南省重点学科建设项目的支持下，完成了《矿产资源学》这本书的编写。试图在前人研究的基础上，为矿产资源学这门学科的建设和发展提供一个新参考。

由于水平所限，所接触的材料局限，书中的不当与疏漏在所难免。恳请同行批评指正。

彭 渤

2014年4月8日于长沙

# 目 录

## 前 言

第一章 绪论	1
第一节 矿产资源的概念	1
第二节 矿产资源的基本特征	5
第三节 矿产资源学的研究内容及其发展趋势	9
第二章 矿产资源的类型与特征	14
第一节 矿床的成因类型	14
第二节 矿产资源的分类	17
第三节 典型矿产资源特征简介	22
第三章 矿产资源勘查理论与方法	34
第一节 概述	34
第二节 矿产资源预测理论	35
第三节 矿产资源勘查技术方法	39
第四章 矿产资源经济区划	43
第一节 概述	43
第二节 矿产资源自然区划	44
第三节 矿产资源经济区划	56
第五章 矿产资源实例分析	66
第一节 珠宝玉石矿产资源分析	66
第二节 煤炭资源分析	74
第三节 湖南祁东铁矿开发利用分析	81
第六章 矿产资源政策的理论与实践	85
第一节 概述	85

第二节	矿产资源的经济属性和社会属性 .....	86
第三节	政府的矿产资源政策 .....	89
第四节	公司的矿产资源策略 .....	99
<b>第七章</b>	<b>矿产资源管理 .....</b>	<b>102</b>
第一节	概述 .....	102
第二节	矿产资源管理的法律制度 .....	105
第三节	矿产资源管理机构 .....	108
第四节	国家矿产资源政策与战略 .....	110
<b>第八章</b>	<b>矿山安全与矿山环境保护 .....</b>	<b>122</b>
第一节	矿山生产安全 .....	122
第二节	矿山环境与环境保护 .....	126
第三节	小型矿山的安全与环境问题 .....	130
<b>第九章</b>	<b>矿产资源安全预警 .....</b>	<b>132</b>
第一节	矿产资源安全预警的概念 .....	132
第二节	矿产资源预警分析的方法 .....	135
第三节	矿产资源预警指标体系 .....	137
第四节	矿产资源预警预报 .....	140
<b>参 考 文 献</b>	<b>.....</b>	<b>141</b>
<b>附 录</b>	<b>.....</b>	<b>145</b>

# 第一章 绪 论

矿产资源是一种特殊的自然资源。随着经济的发展和城市化进程的加快，人们对矿产资源的需求正在急剧增加。而矿产资源在地球上不仅储量有限，而且分布极不均匀，加上矿产资源的不可再生性特征，使得世界各国对地球上矿产资源占有的竞争在不断加剧。因而，矿产资源问题已成为当今世界上迫切需要解决的重大问题之一。加强矿产资源问题的分析和研究，具有重要的理论意义和实际价值。

进入 21 世纪以来，一些人提出，工业革命已经结束，冷战已成为过去。现代信息化社会中，知识经济取代了资源经济。最近又有人大力提倡低碳经济等。似乎矿产资源在国民经济中的地位已经动摇。然而，事实并非如此。矿产资源在国民经济中的重要基础地位不但不会改变，而且在不断得到加强。矿产资源的安全供给，仍然是国家安全和发展战略的重要方面。地球的南极已经成为不再平静的疆域，月球、火星等天体正在吸引世人的目光……所有这些依赖高科技和高投入的重大举措，一个重要的目的就是谋求人类社会未来赖以生存和发展的包括矿产资源在内的自然资源。

长期以来，矿产资源问题已成为国际关系中的重要问题。当今世界，国家之间对矿产资源的争端已日趋激烈。矿产资源问题是已被提到战略高度的重要问题。故而矿产资源学是一门值得高度重视的学科。

矿产资源学一方面要研究矿产资源的分布及赋存特征，以及矿产资源的勘探、评价、开采、利用等各个环节的技术和理论问题，另一方面又要研究矿产资源开发利用与国民经济建设和社会发展之间的相互关系。所以，矿产资源学既研究矿产资源的自然属性，又分析矿产资源的社会属性。因此，矿产资源学是一门介于自然科学和社会科学之间的交叉学科。

## 第一节 矿产资源的概念

### 一、矿产资源

矿产资源是经过地质作用形成的，赋存于地壳或地球表面的，呈固态、液态或气态等各种形式存在的，在当前或将来能成为经济上开采、提取和利用的矿产品（厉以宁和章铮，1995；钱抗生和盛桂浓，1996）。这个概念从矿产资源的形成、赋存状态及其开采利用等方面界定了矿产资源的涵义。

矿产资源是人类生产资料和生活资料的基础材料，是人类生存、社会发展、国民经济



建设和科学技术进步的物质基础，更是国家综合实力的象征，是国家安全的重要保障。

矿产资源的概念既是一个自然概念，也是一个经济概念。它科学地强调：

a. 矿产资源是一种自然资源，是经过地质作用形成的矿物资源。地质作用是导致各种地质事件的过程和作用。岩浆岩的结晶、沉积岩的形成、变质岩的发育、矿床的形成和定位等，都是地质作用的结果。矿产资源即是在岩石形成的过程中，赋存于地壳中的矿物资源的集合。因此，矿产资源既可以赋存在沉积岩中，又可以赋存在变质岩中，还可以赋存在岩浆岩中，甚至还可以赋存在作为岩石风化产物的土壤、沉积物和风化壳中。

b. 矿产资源可以以固态、液态、气态三种形式存在于自然界中。各种金属矿产资源多以固态形式存在，而石油和天然气则是液态、气态矿产资源的代表。矿产资源不局限于某一相态的物质，体现了矿产资源的多样性。

c. 矿产资源本身不仅包括已发现的矿产资源，而且还包括未来可以被发现和利用的矿产资源。矿产资源既有确切所指的对象，又不是一成不变的客体。也就是说，在现有技术条件下不能被发现或者发现了却又不能被开发利用的矿物资源，在将来可以被利用的矿物资源也是矿产资源。即矿产资源不是固定不变的，目前没有经济价值的矿物，今后有可能变成有经济价值的矿物也属于矿产资源。从发展的眼光来认识矿产资源的概念，有着特别重要的意义。特别是，随着科学技术的进步，比如开采技术、选冶提取技术等进步，矿石的边界品位会发生变化，原先不成为矿产资源的矿石，可能因为技术的提高而转变为有开发利用价值的矿产品，从而成为矿产资源。如微细粒浸染型（卡林型）金矿床发现之初，由于金的提取率不高，该类矿床无法得以开采利用。但它仍然是一种重要的金矿资源。20世纪80年代，由于选冶技术的突破，该类金矿床得以开发利用，实现了其资源价值。

## 二、矿石与矿产资源

上述矿产资源的概念表明，矿产资源与矿石、矿床、矿物资源等一些概念有关。以下作简要说明。

### 1. 矿石与矿床

地壳是由岩石组成的，大陆地壳主要由沉积岩、岩浆岩、变质岩组成，而大洋地壳主要由玄武岩组成。岩石是由矿物组成的，组成岩石的主要矿物为造岩矿物，而岩石中能够被工业利用的矿物为矿石矿物。矿石即是具有工业价值的矿石矿物的集合体。如图1-1所示，即是一些典型的矿石，包括：铜锌矿石，主要是黄铜矿、闪锌矿的矿物集合体（图1-1a）；铁矿石，为磁铁矿（氧化）矿物集合体（图1-1b）；锑矿石，为辉锑矿矿物集合体（图1-1c）；钨矿石，主要是白钨矿矿物集合体（图1-1d）。有一些岩石含有特殊的矿物（如金、银、铀等贵金属，金刚石等名贵宝石），它并不是单一的矿物集合体，但也构成矿石。如波兰 Lubin 铜矿红色砂岩中富集自然金（图1-1e, f），使得该砂岩成为金矿石，并在该矿床中构成可开采的金矿床（Piestrzynski and Wodizcki, 2000）。可见，矿石其实就是一种特殊的岩石。这种特殊性在于，岩石由特殊的矿物集合体组成或者含有特殊的矿物，能够被工业开采利用。

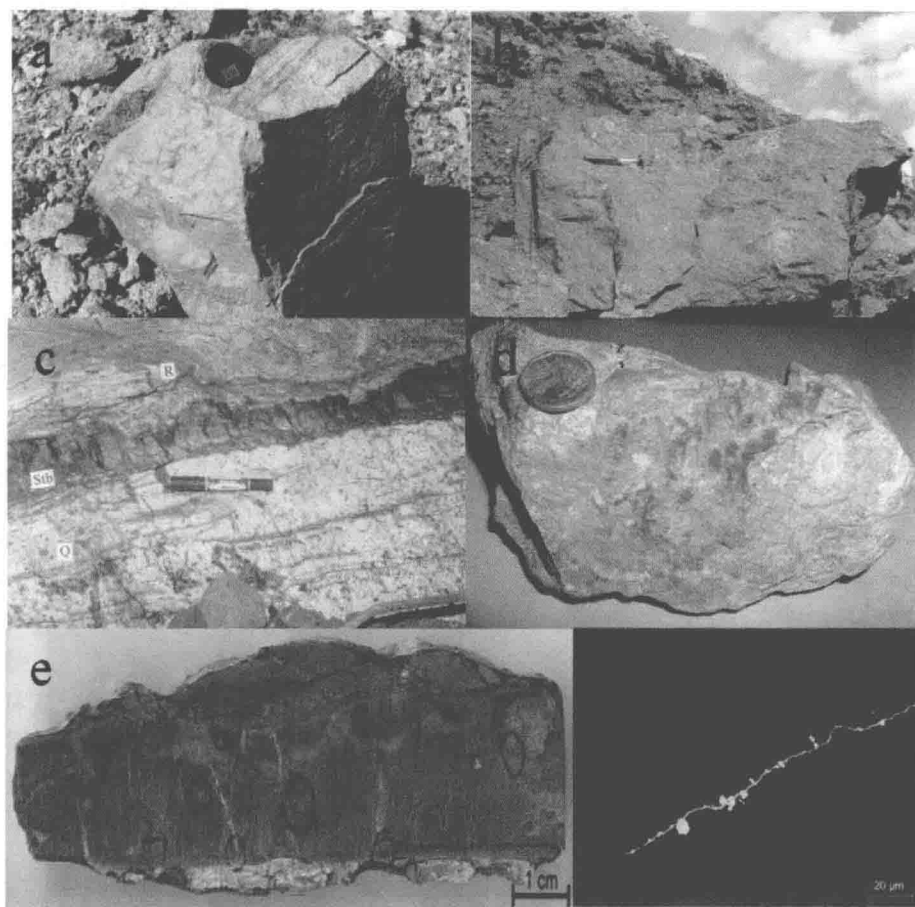


图 1-1 几种典型矿石

a—新疆阿舍勒铜矿床中产出的铜锌矿石，黄铜矿与闪锌矿互生（彭渤摄于 2003 年 8 月）；b—新疆蒙库铁矿产出的磁铁矿矿石，矿石发生一定程度的氧化（彭渤摄于 2003 年 8 月）；c—湘西沃溪金矿产出的块状辉锑矿矿石（沃溪坑口 27 平 V4 脉，R 为蚀变围岩，Stb 为辉锑矿，Q 为石英，彭渤摄于 2006 年 7 月）；d—湘西沃溪金矿产出的块状钨矿矿石（沃溪坑口 26 平 V4 脉，彭渤摄于 2007 年 8 月）；e—波兰 Lubin 铜矿产于氧化带的砂岩，富集自然金（Piestrzynski and Wodizcki, 2000）；f—波兰 Lubin 铜矿氧化带红色砂岩中自然金显微照片（Piestrzynski and Wodizcki, 2000）

矿物则是天然产出、具有特定的化学成分和内部晶体结构的均匀固体（杨达源，2001）。这是狭义的矿物概念。从矿产资源学的角度，我们认为矿物由化学元素组成、天然产出的具有特定的物理化学性质的化合物。也就是说，矿物是地质作用生成的，具有自身分子组成（其成分可用分子式来表示）和结构构造特征的化合物。它并不局限于固态化合物，也可以呈液态（如液态的汞等）、气态（如甲烷等）等形式产出。如放射状产出的辉锑矿矿物（图 1-2a）、立方晶型黄铁矿（图 1-2b）、产于石英脉上的紫红色萤石（图 1-2c）及产于石英脉上的绿柱石（图 1-2d），都是固态矿物。它们聚集在一起即构成矿石。



图 1-2 几种典型矿物

(彭渤摄于 2013 年 10 月)

a—放射状辉锑矿；b—立方晶型黄铁矿；c—石英（白色）和萤石（紫红色）晶体；d—绿柱石晶体

矿床（矿藏）是指由地质作用形成的、含有用矿物、具有开采价值的地质体（袁见齐等，1979；任启江等，1993；封志明，2004）。故矿床即是地壳中矿石的集合体。确定矿床的依据主要有：①矿物的富集程度；②矿物在现今市场上的价格；③矿床开采、生产的费用投入（任启江等，1993；刘石年等，1999；李守义和叶松青，2003）。从矿床中开采出来的、能用于提取有用组分的自然矿物集合体即是矿石（封志明，2004）。所以说，矿石就是在现代工业技术条件下能被开采利用的有用矿物的集合体。本书作者认为，矿石就是一种特殊的岩石。这种特殊的岩石有三种可能性：第一，是岩石中富集的具有工业价值并在现有条件下能被利用的矿物，如四川攀枝花钒钛磁铁矿床，在辉长岩中富含钒钛磁铁矿，辉长岩即为铁矿石。第二，是有些岩石中含有用矿物较少，目前还无法被开采利用，但随着科学技术的发展，今后可能被开采利用，也称为矿石。如前面所举例的微细浸染型金矿床。第三，是岩石本身特有的化学成分或物理性能，而具有工业或工艺价值，可以被开采利用，如石灰岩、白云岩、黏土、硅藻土等本身就是矿石。其中石灰岩、白云岩

是重要的建筑材料，而黏土、硅藻土则是重要的耐火材料，在工业生产活动中均被广泛利用。

可见，矿床（矿藏）实质上是由矿石组成的，是在一定地质作用下形成、富集并能被开采利用的有用矿物资源的地质体。一般地，富集固体金属和非金属矿物的地质体称为矿床，而富集石油、天然气、煤炭的地质体称为矿藏。

总之，矿石是由矿物组成的，是有用矿物的集合体。矿石可以看成是一种特殊的岩石。而矿床则是矿石的集合体，是一个蕴含有用矿石的特殊的地质体。

## 2. 矿石与矿产资源

地壳中矿石或矿床（矿藏）的集合便构成矿产资源。矿产资源即是赋存于地壳岩石中的、能为工业利用的物质资源。全球矿产资源的分布是不均匀的。这主要是因为矿床的分布和产出受控于各种地质作用，而地质作用既有其复杂性，又有其不均匀性的特点。地球上不同的地区，同一地区的不同地壳发展时期（阶段），同一地区地壳的不同部位等，都有不同的地质作用。因而作为地质作用的产物，矿床的产出和分布也是不均匀的。也就是说，矿床并非在地球上任何地方都能找到，世界上一些国家富集矿产资源，而一些国家矿产资源紧缺，如南非、澳大利亚、加拿大、俄罗斯、中国、南美、中东地区等国家和地区就盛产各种矿产资源，而一些国家如德国、丹麦、波兰等的矿产资源就相对贫乏、单一、紧缺。但世界上没有一个国家能蕴藏所有种类的矿产资源。另外，就单个矿种而言，一些矿床总比其他一些矿床要富足，如铁矿床比金矿床就要富足，而石灰岩矿床总比铁矿床又要富足等。

上述矿床的产出特征和复杂性，决定了矿产资源分布、储存的特征和复杂性，使得矿产资源不同于其他自然资源，而具有其特殊性。

## 第二节 矿产资源的基本特征

根据矿产资源的概念，矿产资源具有以下一些基本特征。

### 一、矿产资源的不可再生性

矿产资源是有限的，一旦被开采出来之后，在人类历史相对短暂的时期内，绝大多数不可能再自然生长出来。我们知道，现今测得地球的年龄为 46 亿年，其实，46 亿年前地球就已经形成。矿产资源就是在地球形成以后经历漫长的地质演化和地质作用的过程中形成的。目前的研究表明，地质演化的历史至少经历了太古宙、元古宙、古生代、中生代和新生代等地质时期，而人类的出现则是第四纪最后一次冰期以后大约一万年的时期。因此，与地球演化的漫长历史时期相比，人类的历史是微不足道的，无以具备地质历史的特征。因而，在人类社会发展的历史阶段，地球上的地质作用无法达到能导致矿产资源形成的、地质历史的时间尺度。故在人类文明社会发展过程中，即便有发达的现代科学技术，也无法模拟地球。虽然现有的科学技术可以在实验室里制造出人造矿物，如人造金刚石、人造红宝石等，但人们无法实现利用地球的地质作用来制造或生产矿产资源。故矿产资源第一个特征，就是其不可再生性，或不可更新性。

根据这一特征，要求人类对地球上的矿产资源必须采取保护措施，做到有计划、合理地开发利用矿产资源。即既要开发利用矿产资源，促进经济建设和社会的持续发展，又要

在开发中有效地保护矿产资源，使矿产资源的经济效益和社会功能最大化、最佳化地为人类社会服务。也因此，矿产资源在国家战略和安全保障方面，具有重要的地位，是当今世界各国都高度重视的战略资源。

## 二、矿产资源分布的局限性

如前所述，地质条件和构造特征决定了世界上不同的国家和地区，有不同的地质演化发展历史，发育不同的地质作用。故不同的国家和地区，其矿产资源盈缺不齐，贫富不均。如我国南岭地区，中-新生代构造-岩浆作用十分强烈，花岗岩广泛分布，而四川、松辽、伊陕等盆地地区则以地台阶段相对稳定的地壳演化发展为特征，发育各种沉积岩。这便从根本上决定这两类不同性质的构造区，发育不同储量和种类的矿产资源，前者以有色、稀有金属矿床大量发育为特征，后者则主要赋存石油、天然气、煤等一些能源矿产资源。又如德国等欧洲平原上的一些国家富集褐煤等能源矿产，但缺乏铜、金等一些有色、稀有金属矿产品。而南非、澳大利亚等国家则盛产各种有色金属、贵金属矿产资源，是世界上矿产资源分布十分丰足的国家。所有这些，都是由地质作用决定的。

从矿产资源的整体性来说，世界上任何国家和地区，都有其短线和不足之处。即使是同一种矿产，其矿石的质量、品位、成分、结构等在不同的国家和地区也不尽一样。因此，不同的地壳结构和地质构造演化特征，决定了不同地区有不同的矿产资源分布和赋存特征，使得不同地区的矿产资源分布和储存具有局限性。

根据这一特征，我们通常对资源短缺的矿产，采取必要的保护措施，对资源充裕的矿产，可有计划地开采和出口，提高其经济效益。矿产资源分布的局限性，同样要求我们人类要有计划地、合理地开采利用矿产资源。

## 三、矿产资源的伴生性

由于地质作用的复杂性、长期性、多期多阶段性等特点，地壳上产出的矿床或矿石往往组分并非单一，而是复杂多样。因此，任何矿产资源也不是单一的组分，而是多种组分共生（多种元素平均含量相差不大，见图 1-1a）或伴生（以一种元素为主，其他元素含量相对较低）在一起（姜胜章等，1992）。如煤是一种能源矿产，但很多情况下，煤中伴生有砷、硫、铜、铅、铀等其他一些金属元素。又如湘西沃溪金矿，是金、锑、钨（铅、锌）多种有用金属元素相互伴生而形成的重要矿床（彭渤等，2003，2007）。这就是矿产资源的伴生性特征。矿产资源的这种伴生性特征，从根本上说也是由地质条件和地质作用决定的。

矿产资源的伴生性特点，决定了矿产资源的综合性。这就要求我们在开发矿产资源时，要做到矿产资源的综合利用，使矿产品中的有用资源得到充分利用，最大限度地发挥其作用。特别要避免资源的浪费。

## 四、矿产资源的隐蔽性

矿产资源是地质作用的产物，地质过程（包括地壳演化、岩浆活动、变质作用、流体作用、地幔对流等）和地质构造（包括大地构造性质、构造体系、构造组合型式等）对矿石或矿床的产出、定位、分布等有明显的控制作用。

由于地质过程、地质构造的复杂性，使得矿床的分布和产出具有隐蔽性特点。尽管地质学家、矿床学家试图通过研究矿床成因来揭示矿石或矿床产出特征及其空间分布规律，但地壳内部的构造特征及其变化规律，还存在很多谜团和不确定因素。如根据江汉盆地油气田产出的地质特征，理论上推断湖南洞庭湖盆地应该存在找到大型石油、天然气藏的远景，是理想的油气找矿靶区。然而，在与江汉油田具有十分相似的地质构造特征和地质演化历史的洞庭湖盆地内，寻找油气田（油气藏）的地质找矿勘探工作，多年来一直没有取得实践上的突破。又如，以往传统的观点认为，我国的煤炭矿藏主要产于泥盆系、石炭系、二叠系地层。因而长期以来，我国煤炭地质勘探工作在华北，主要是寻找泥盆系、石炭系地层中的煤炭矿藏；而在华南，则主要寻找二叠系地层中的煤炭矿藏。可是，最近几年，在中国新疆准噶尔盆地东部三叠系地层中，我国地质工作者又发现了大型整装煤田，预测资源量为3900亿吨，目前已正式递交的地质报告显示，探明储量为2136亿吨，可满足国家上百年的需求。可见，由于地质作用的复杂性，预测有找矿远景的地区，最终可能找不到矿床。而认为可能没有找矿前景的地区，由于找矿思路的突破或创新，又有可能实现找矿工作的新突破。这就是矿产资源的隐蔽性特征。即地质条件的复杂性决定了地质找矿勘探工作的偶然性，使得矿产资源具有隐蔽性特征。

矿产资源的隐蔽性使得我们在矿床的勘探、开发、使用过程中，存在一定的风险。现代采矿工业具有以下明显特点：开采的品位日益低贫，开采的条件日趋困难，地质勘探的费用越来越高，矿山建设投资和生产成本增高（刘石年等，1999；李守义和叶松青，2003）等。所以，投资开发矿产资源的风险程度越来越高。为降低投资风险，提高地质工作的程度和水平，摸清矿床的时空定位特征，切实把握矿床的成矿规律等显得十分重要。因而针对矿产开发探索性强、风险性大的特点，进行可行性研究（如矿床分布规律研究、选冶试验分析等）是降低投资风险的关键。

## 五、矿产资源的品质性

矿产资源具有品质性差异。矿产资源品质不一样，其使用价值不同，经济效果也不同。矿产资源的品质性即矿石的质量，是由以下因素来决定的。

### 1. 矿石的品位

矿石的品位直接决定矿石的开采应用价值。品位是指矿石中 useful 组分的平均含量，常用%、g/t、 $10^{-6}$ 、 $10^{-9}$ 等来表示。一般品位高，矿石的质量好。矿石的品位是确定一些矿床、矿体的重要依据之一。一般通过最低工业品位或矿石边界品位来圈定矿体。最低工业品位或矿石边界品位是一个人为规定的品位值，它与矿产品的市场价格和开采利用成本等因素有关。因此，最低工业品位或矿石边界品位是随矿产品价格和成本的变动而变动的，用以确定或圈定具有经济价值的矿体的品位，是矿床储量计算的重要指标。

可采品位的确定有逆推法和公式计算法两种。

#### (1) 逆推法

先要知道1吨金属的市场价格。若为精矿产品，要换算成金属价格。再按公式(1-1)求出每吨金属允许的最高成本：

$$\text{最高成本} = \frac{\text{金属价格}}{1 + \text{成本利税率}} \quad (1-1)$$



再求出上述假设下的采矿量。最后按式 (1-2) 求出在上述采矿量的情况下保证 1 吨金属量的最低品位为:

$$\text{最低工业品位} = \frac{1}{\text{采矿量}} \times 100\% \quad (1-2)$$

## (2) 直接公式计算法

除要有已知成本、价格等参数外, 还要有“三率”指标值, 亦即要有采矿贫化率、选矿回收率、冶炼回收率这三个指标值。然后, 按公式 (1-3) 和式 (1-4) 计算:

当最终产品为精矿时,

$$\text{最高成本} = \frac{A_1 (1 + R_1) C_1}{S_1 K_1 (1 - r)} \quad (1-3)$$

当最终产品为金属时,

$$\text{最高成本} = \frac{A_2 (1 + R_2) C_2}{S_2 K_2 K_1 (1 - r)} \quad (1-4)$$

式中,  $C_1$  为精矿最低工业品位 (%);  $C_2$  为金属的最低工业品位 (%);  $r$  为采矿贫化率 (%);  $K_1$  为选矿回收率 (%);  $K_2$  为冶炼回收率 (%);  $S_1$  为精矿价格 ( $a$  元/t);  $S_2$  为金属价格 ( $a$  元/t);  $R_1$  为单位精矿利税 ( $a$  元/t);  $R_2$  为单位金属利税 ( $a$  元/t);  $A_1$  为单位精矿产品总成本 ( $a$  元/t);  $A_2$  为单位金属产品总成本 ( $a$  元/t);  $a$  为计算单位换算系数, 是考虑到矿体厚度变化、有害组分含量等因素而确定的经验参数。

## 2. 矿石中 useful 元素 (组分) 的赋存形式 (赋存状态)

一些情况下, 矿石的质量取决于矿石中 useful 元素 (组分) 的赋存状态 (姜胜章等, 1993)。如卡林型 (微细浸染型) 金矿, 在 20 世纪 80 年代不能被大量开采利用, 主要是矿石中 useful 元素金以晶格金的形式存在于矿石中, 难于被提取或者提取率太低, 经济上不划算, 故该类金矿石在当时的技术条件下不能被开采利用。后来, 由于选冶技术的突破, 提高了该类金矿石金的提取率, 使得该类矿床被大量开发利用, 成为一重要的金矿资源 (王奎仁等, 1994)。这说明矿石中 useful 元素的赋存形式, 对矿石质量有直接的影响 (姜胜章等, 1993)。

## 3. 矿石、矿床的空间产出地理位置和构造位置

假设规模大小相似、矿石品位和元素赋存状态等特征基本相同的两个金矿床, 一个产于内陆经济发达的省份, 一个产于海拔 5000 m 以上的西部某地, 前者肯定投资成本低, 品质性要好; 而后者投资成本相对高, 品质性就差一些。另外, 如果某矿床产于地壳深部某个部位, 在现有的技术条件下开采成本高, 甚至高出其应用价值, 那么该矿床 (矿石) 的品质性特征就要大打折扣。

## 4. 矿石中伴生杂质组分的种类和含量

矿石中伴生杂质组分的种类和含量也直接或间接地影响矿石的质量, 即影响矿产资源的品质性特征。如金矿石中砷 (As) 的含量, 对金的成色有直接影响, 而且要剔除矿石中富含的砷, 既需要考虑成本因素, 还需要考虑环境因素。关键的问题是, 矿石中的砷不易被剔除。因而湖南湘西一带的金矿 (如沃溪金矿等) 因砷含量低, 成色高, 因而价格高 (彭渤和 Piestrzynski, 2000; 彭渤等, 2003); 而湖南湘东一带的金矿 (如洪源金矿、

团山背金矿等)因种的含量高,成色较低,相应价格也较低(姜胜章等,1993)。

矿产资源的品质性特征,要求我们在开采利用矿产资源时,不能只顾及开采品质性好的矿床或矿体,而忽视对品质性差的矿床或矿体的开采利用。从矿产资源学的角度,应该贫富兼顾,避免资源的浪费。另外,从矿产资源的空间分布来看,不能只顾及开采浅部矿床,忽视深部矿床的开采利用,而应浅部深部兼顾。矿产资源的品质性特征,要求我们也要做到矿产资源的综合利用,避免资源的浪费。

## 六、矿产资源的耗竭性

矿产资源在开发利用过程中,通过能量和物质形态的转换,消耗的是矿产资源。而且这种消耗不可能像森林、植被一样可以复原,不可能“取之不尽,用之不竭”。矿产资源作为一种特殊的自然资源,不同于水、植被等其他自然资源,它的储存是有限的。源源不断地开发利用,会导致资源的耗竭。而资源短缺,能源危机,又会影晌经济社会的发展。因此,对矿产资源的开发利用,做到有计划的合理开采利用是十分重要的。

正是由于矿产资源的耗竭性,使得世界各国对矿产资源的竞争越发激烈。美国要称霸全球,自然也企图垄断全球的矿产资源。因此,美国对其本国的矿产资源加强保护,而为了国家建设和发展的需要,他们将目光投向南非、巴西等一些矿产资源十分丰富的第三世界国家,利用当地廉价的劳动力资源,开采矿产资源以满足其本国需要。对此,应当引起高度警觉。

## 七、矿产资源的稀缺性

由于矿产资源赋存于地表或地下,又有耗竭性和不可再生性,与人们大量开发利用和需求相比较,源源不断地获取矿产资源相对比较困难。而且随着地质找矿工作的深入,地表矿床、易于发现的矿床基本已经被发现并开采利用。这样也增加了找矿工作的难度。故而,矿产资源是稀缺的,具有稀缺性。对于矿产资源本身就很紧缺的一些国家和地区,矿产资源的稀缺性就更加明显。而对于矿产资源十分丰富的国家,矿产资源的稀缺性也同样存在。因为即便某国或某地区对某种矿产资源不稀缺,但对其他矿种可能是稀缺的。而且一个国家目前某种矿产资源不稀缺,但随着时间的推移,不断的开采使得该种矿产资源可能耗竭。目前不稀缺的矿产资源,在将来可能是稀缺的。如湖南浏阳的菊花石,作为世界上独一无二的菊花石资源,在浏阳永和等地的二叠系灰岩中十分丰富。但由于人们对这种矿产资源的特殊性没有引起足够的重视,开发利用过程中缺乏对资源的保护,也缺乏长远规划,使得该种资源面临枯竭,成为稀缺的矿产资源。因此,矿产资源的稀缺性特点在任何国家、任何地区都是存在的,是全人类都要面对的重要资源问题。也因为矿产资源的稀缺性特点,使得世界各国对矿产资源的竞争加剧。

## 第三节 矿产资源学的研究内容及其发展趋势

当代科学的发展是高度分化和高度综合的统一。矿产资源学就是在地质学、经济学、环境学等多门学科之间发展起来的一门高度综合、交叉渗透的学科。它是研究矿产资源的形成、演化、质量特征、时空分布规律及其与人类社会发 展之间的相互关系的一门交叉学科。



## 一、矿产资源学的研究内容

矿产资源学是研究矿产资源的自然、技术、经济属性及其社会属性，以及矿产资源勘查、开发、利用和管理的一般规律的科学。其主要研究内容包括以下8个方面。

### 1. 矿产资源的特点与分布

矿产资源的特点与分布是矿产资源学研究的基础内容。亦即，既研究不同种类矿产资源的区域分布特征及其与地质构造的关系，又探讨不同国家和地区不同种类矿产资源的分布特征和规律。通过矿产资源特点与分布规律的研究，要为区域矿产资源的勘查、评价、开发、规划、管理等提供科学依据。

### 2. 矿产资源的经济区划

矿产资源经济区划研究是以矿产资源自然区划研究结果为依据，进行宏观的矿产资源经济区划研究。通过矿产资源经济区划研究，要为一个地区或一个国家的工业布局和社会长远发展提供基础材料，谋划工业社会的协调发展，实现社会发展过程中矿产资源的供需平衡。贾芝锡等（1999）对我国矿产资源进行了全面的经济区划研究，提出了具有重要参考价值的我国矿产资源经济区划方案。

### 3. 矿产资源的勘查与评价

矿产资源的勘查与评价是一项专业性很强的工作，是专业人员根据国家的宏观规划和经济发展的要求，进行的一项为国家和地区提供矿产资源生产基地的工作。矿产资源的勘查需要地质学（含构造地质学）、矿床学、矿床勘探学、地球化学、地球物理学、水文地质学等方面的专业知识。而矿产资源的评价除需要地质学方面的专业知识之外，还必须具备经济学、社会学方面的专业知识，而且应全面了解矿产资源的用途、生产历史、发展前景等方面的详细情况。特别还要掌握国内外矿产资源的供需情况，才能对矿产资源做出合理、可靠的评价。

### 4. 矿产资源规划

矿产资源规划是在市场经济条件下，加强矿产资源宏观调控的重要手段。而要做好宏观调控，就要在摸清矿产资源家底的基础上，理顺矿产资源开发利用过程中存在的问题和困难，对矿产资源的开发利用进行科学规划。以贯彻中央确定的人口—资源—环境的基本国策，保证国民经济建设和社会发展对矿产资源的需求。建立适应市场经济的、安全而稳定的矿产开发和供应保障体系。在我国，国土资源部对我国矿产资源进行了详尽的资源规划研究，为国家矿产资源的开发利用提供了科学参考（国土资源部规划司，2001）。

### 5. 矿产资源开发利用的历史及其与社会发展的关系

人类社会的历史在某种程度上就是一部矿产资源开发利用的历史。研究矿产资源开发利用的历史及其与社会发展的关系，一方面其本身就是矿产资源学的研究内容；另一方面，加强该方面的研究，对于协调社会经济发展和地区开发，进行国家矿产资源的安全预警分析等具有重要的科学借鉴意义。

### 6. 矿产资源的开发利用与环境保护

矿产资源的开发利用为人类社会提供了物质资源，但同时又导致环境的破坏。特别是当今社会，矿产资源开发利用的力度和强度在不断加大、加强，由此引起的环境问题也越发严重和突出。加强矿产资源开发利用与环境保护方面的理论研究和实践探索，对于保护