

高等学校规划教材
GAODENG XUEXIAO GUIHUA JIAOCAI

矿产资源 开发利用与规划

邢立亭 徐征和 王青 主编



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

高等学校规划教材

矿产资源开发利用与规划

邢立亭 徐征和 王 青 主 编
李忠武 马振民 徐军祥 副主编

北 京
冶金工业出版社
2008

内 容 简 介

本教材共分十二章,内容包括:矿产资源概述;品位与储量计算;地下开采的基本概况;地下矿床开拓;地下开采;采矿方法选择;露天开采;矿山项目投资经济评价;矿山环境保护;矿业权与矿业权市场;矿产资源规划;矿产资源可持续利用等。

本书可作为采矿工程、地质工程专业大学本科生教材,也可供相近专业的科技人员、研究生和教师参考,对各级国土资源部门的专业人员也有重要参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

矿产资源开发利用与规划/邢立亭,徐征和,王青主编.
—北京:冶金工业出版社,2008.4
高等学校规划教材
ISBN 978-7-5024-4456-3

I. 矿… II. ①邢… ②徐… ③王… III. ①矿产资源—资源开发—高等学校—教材 ②矿产资源—资源利用—高等学校—教材 ③矿产资源—经济规划—高等学校—教材
IV. F407.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第039235号

出版人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 宋良 杨秋奎 美术编辑 李心 版式设计 张青

责任校对 王永欣 责任印制 丁小晶

ISBN 978-7-5024-4456-3

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2008年4月第1版,2008年4月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;18.75印张;501千字;291页;1—4000册

40.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	作 者	定价(元)
中国冶金百科全书·选矿卷	本书编委会 编	140.00
中国冶金百科全书·采矿卷	本书编委会 编	180.00
现代金属矿床开采科学技术	古德生 等著	260.00
金属及矿产品深加工	戴永年 等著	118.00
采矿概论 (高校教材)	陈国山 主编	28.00
矿井通风与除尘 (本科教材)	浑宝炬 等编	25.00
碎矿与磨矿 (第2版) (本科教材)	段希祥 主编	30.00
安全原理 (第2版) (本科教材)	陈宝智 编著	20.00
系统安全评价与预测 (本科教材)	陈宝智 编著	20.00
矿山环境工程 (本科教材)	韦冠俊 主编	22.00
矿业经济学 (本科教材)	李祥仪 等编	15.00
选矿概论 (本科教材)	张 强 主编	12.00
选矿厂设计 (本科教材)	冯守本 主编	36.00
工艺矿物学 (第3版) (本科教材)	周乐光 主编	45.00
矿石学基础 (第3版) (本科教材)	周乐光 主编	43.00
矿山企业管理 (高职高专教材)	戚文革 等编	28.00
地下采矿技术 (职业技能培训教材)	陈国山 等编	36.00
露天采矿技术 (职业技能培训教材)	陈国山 等编	36.00
井巷施工技术 (职业技能培训教材)	李长权 等编	26.00
矿山通风与环保 (职业技能培训教材)	孙文武 等编	28.00
重力选矿技术 (职业技能培训教材)	周小四 主编	40.00
磁电选矿技术 (职业技能培训教材)	陈 斌 主编	29.00
浮游选矿技术 (职业技能培训教材)	王 资 主编	36.00
碎矿与磨矿技术 (职业技能培训教材)	杨家文 主编	35.00
矿山废料胶结充填	周爱民 等编	45.00
现代矿山企业安全控制创新理论与支撑体系	赵千里 等著	75.00
露天矿边际品位最优化的经济分析	谢英亮 著	16.00
固体矿产资源技术政策研究	陈晓红 等编	40.00
可持续发展的环境压力指标及其应用	顾晓薇 等著	18.00
矿床无废开采的规划与评价	彭怀生 等著	14.50
冶金矿山地质技术管理手册	中国冶金矿山企业协会 编	58.00
矿山事故分析及系统安全管理	山东招金集团有限公司 编	28.00
矿山工程设备技术	王荣祥 等编	79.00

前 言

在人类文明史中，矿产资源作为一种重要的自然资源，是人类赖以生存的、不可缺少的物质基础。可以毫不夸张地说，没有矿产资源，就谈不上世界今天的繁荣和发展。

自古以来，人类对矿产资源的开发利用就从未间断过，长期的实践使人类积累了丰富的知识，掌握了各种采选的技术方法，有些方法一直沿用至今。在过去的一个相当长的历史时期内，社会生产力水平较低，人口少且居住分散，矿产资源开发利用的技术也较简单，开发规模不大。尽管那时各种矿业活动基本处于无序状态，但一般仍不会对自然环境造成过大干扰。然而，20世纪的后半叶，世界发生了巨大变化，人口急剧膨胀，社会需求增加，科学技术的迅猛发展，使人类能够大规模开发利用矿产资源，与此同时，矿产资源的开发利用也产生了诸多环境问题。

我国是个人口众多、人均矿产资源严重不足的国家。长期以来，囿于学科专业分工和管理部门体制的局限，矿产资源的开发利用，尤其是矿产资源的勘探、开发、利用、科学管理问题，未能得到很好的解决。而矿产资源开发利用与规划的理论体系与研究方法尚处于不断的研究和完善之中，许多方面的探索和研究还很不够，培养的人才和使用的教科书也往往侧重于其中的某一方面，尚无适用于教学的完整、系统、全面论述矿产资源开发、利用与规划的教材。为了适应学科调整建设的需要，我们参考了兄弟院校采矿工程专业、矿产勘查专业、水文地质专业、资源经济学等内容及矿产资源规划的最新研究成果，以系统的、科学的观点阐明了矿产资源开发利用技术、矿产资源规划及保护等一整套原理及方法。

本书作为采矿工程、环境工程、地质工程专业本科生的专业课用书，其内容打破了采矿学、水文地质学、资源环境经济学等相关学科专业的界限，突出了资源环境的整体性及资源开发利用与经济、环境协调发展的思想，以达到拓宽基础，强化综合分析和应用能力培养的教学目的。为扩大本科生的知识面，书中还介绍了近年来国内外的新理论和新技术。

本书由济南大学、东北大学、中国地质大学（武汉）、山东省地勘局的人员共同编写。全书共分十二章，第一章由邢立亭、徐军祥执笔；第二章由王青、邢立亭执笔；第三章由邢立亭、屠晓利执笔；第四章由任凤玉、邢立亭执

笔；第五章由王青、任凤玉执笔；第六章由王青、徐征和、马振民执笔；第七章由徐征和、屠晓利执笔；第八章由王青、梁伟执笔；第九章由邢立亭、康凤新、刘本华执笔；第十章由李忠武、马振民执笔；第十一章由李忠武、徐东来、王先民执笔；第十二章由邢立亭、李忠武、沈浩松执笔。全书由邢立亭、王青修改定稿。

本书得到了国家自然科学基金（40672158）和山东省重点学科基金项目的资助。

由于水平所限，书中有不妥之处，诚请读者批评指正。

编 者
2008年1月

目 录

第一章 矿产资源概述	1
第一节 矿产资源及其属性	1
第二节 世界矿产资源潜力	8
第三节 我国矿产资源的基本特点	10
第四节 我国矿产资源开发利用存在的主要问题	12
第二章 品位与储量计算	15
第一节 储量的分类	15
第二节 储量计算参数的确定	18
第三节 品位、矿量计算的垂直断面法	19
第四节 矿量、品位计算的水平断面法	21
第五节 三维块状模型	25
第六节 地质统计学法	29
第三章 地下开采的基本概念	39
第一节 金属矿床的工业特征	39
第二节 金属矿床地下开采概述	45
第三节 矿山井巷与矿井生产系统	56
第四节 矿石损失和贫化	59
第五节 开采过程概述	63
第六节 采场运搬	72
第四章 地下矿床开拓	74
第一节 开拓方法分类	74
第二节 开拓方法	74
第三节 主要开拓巷道比较	84
第四节 中段高度的确定	85
第五节 主要开拓巷道位置的确定	86
第六节 井底车场	90
第七节 矿床开拓方案选择的基本要求	93

第五章 地下开采	96
第一节 采矿方法分类及特点	96
第二节 空场采矿法	97
第三节 崩落采矿法	104
第四节 充填采矿法	129
第五节 单一走向长壁采煤法	135
第六节 倾斜长壁采煤法举例	153
第六章 采矿方法选择	157
第一节 影响采矿方法选择的主要因素	157
第二节 采矿方法选择	159
第七章 露天开采	162
第一节 基本概念	162
第二节 开采程序	165
第三节 最终开采境界的确定	176
第四节 露天矿床开拓	182
第五节 露天开采工艺	186
第八章 矿山项目投资经济评价	195
第一节 矿山项目投资构成及生产成本	195
第二节 投资项目经济评价	200
第三节 矿山项目国民经济评价	208
第四节 社会评价	211
第九章 矿山环境保护	218
第一节 矿产资源开发对环境的影响	218
第二节 矿区水环境保护及矿坑涌水量预测方法	229
第三节 矿山地质环境治理	250
第四节 我国矿产资源的开发利用和保护	255
第十章 矿业权与矿业权市场	257
第一节 矿业权由来及涵义	257
第二节 矿业权市场	258
第十一章 矿产资源规划	263
第一节 概述	263

第二节	矿产资源规划的目标	266
第三节	矿产资源规划的研究内容	268
第四节	矿产资源规划的编制程序	274
第十二章	矿产资源可持续利用	277
第一节	矿产资源可持续利用的内涵	277
第二节	矿产资源可持续利用的基本条件	278
第三节	地质矿产调查评价及矿产资源勘查	280
第四节	矿产资源战略储备	286
参考文献	290

第一章 矿产资源概述

第一节 矿产资源及其属性

矿产是在地球演化过程中形成的物质资源。矿产资源是人类赖以生存和发展的重要物质基础，开发利用矿产资源对人类社会的进步起到了巨大的推动作用。人们的生活水平随着矿产可利用价值的增加而提高。随着科学技术的进步，有用矿物的范畴将不断扩大，矿产资源的可用性成为社会财富的一种衡量指标。

因矿产资源数量有限，而人类对矿产资源的消费量却在日益增长，所以随着开发利用的加强，有些矿物开始短缺，甚至枯竭，矿产资源开发利用的同时也不可避免地对环境造成各种各样的破坏性影响。只有努力降低环境代价，才能使矿产资源的开发利用纳入社会、经济可持续发展的轨道。

一、矿产资源的概念及其特征

（一）矿产资源的基本概念

矿石和岩石都是由一种或两种以上矿物所组成的集合体，人们把地质作用形成的、有经济价值的矿物和岩石称为矿产。它可以分为固态、液态和气态三类。

资源通常有广义的资源 and 狭义的资源之分。广义的资源指人类生存发展和享受所需要的一切物质的和非物质的要素，如阳光、空气、水、矿产、土壤、植物及动物等。狭义的资源仅指自然资源，联合国环境规划署（UNEP）对资源所下定义为：“所谓资源，特别是自然资源，是指在一定时间、地点、条件下能够产生经济价值，以提高人类当前和将来福利的自然环境因素和条件”。通常所说的资源或自然资源，实际上往往指的是资源产品，即原料。

《中国资源科学百科全书》对自然资源下的定义为：“人类可以利用的、自然生成的物质和能量”。由此，根据资源的再生性，按利用限度划分为可再生资源 and 不可再生资源。可再生资源是指通过比较迅速的自然循环作用或人为作用能为人类反复利用的各种自然资源，如可更新的淡水资源。不可再生资源是指在人类开发利用后，在现阶段不可能再生的自然资源，如煤炭、石油等。

矿产资源是指在地质作用过程中形成并赋存于地壳内（地表或地下）的有用的矿物或物质的集合体，其质和量适合工业要求，并在现有的社会经济和技术条件下能够被开采和利用呈固态、液态、气态的自然资源。矿产资源是一种非常重要的非再生性自然资源，是人类社会赖以生存和发展的不可缺少的物质基础。它既是人们生活资料的重要来源，又是极其重要的社会生产资料。

广义的矿产资源指在内外力地质作用下，元素、化合物、矿物和岩石相对富集，人类开采后能得到有用商品的物质形态和数量。狭义的矿产资源是指自然界产出的物质在地壳中富集成具有开采价值或潜在经济价值的形态和数量。

（二）矿产资源的特征

1. 不可再生性

矿产资源是亿万年地质作用的产物，在短暂的人类社会历史中，矿产资源是不可再生的，蕴藏量也是有限的。随着人类的大规模开发利用，矿产资源在不断减少，有的甚至发生短缺和枯竭。不可再生性决定了矿产资源的宝贵性，因此必须合理开发、综合利用。

2. 相对性

在勘探、开发和冶炼技术落后的时代，低品位的“矿石”对人类而言如同岩石一样，不具有资源的意义；随着冶炼技术的提高，人类能够从昔日低品位“矿石”中提炼有用的物质时，这些“矿石”才具有资源价值。因此，在不同的人类历史阶段，矿产资源具有相对性。矿石的埋藏深度亦决定其是否具有资源价值，不能被人类开采的地下深处的矿石即使品位很高，也不能称为矿产资源。

3. 复杂性

矿产资源绝大部分隐伏在地下，地质成矿、控矿作用极为复杂，所以，不管地质调查工作多么详尽，也只能求得相对准确的结果。因此，在资源勘探矿山建设时，不仅需要大量的资金和较长的周期，而且有一定的风险。

4. 地理分布的不均匀性与成矿规律性

不同类别的矿产通常具有不同的地质形成条件，有色金属多与岩浆活动有关，而煤、天然气和石油等都分布于沉积岩地区，反应成矿的规律性。矿产资源的分布主要受各种地质、构造条件的控制，由于成矿地质作用的复杂性和特殊性，导致许多矿产资源在地壳中的分布具有局部集中的现象，矿产资源在地域分布上呈现出明显的不均匀性。如世界 1/3 的锡分布在东南亚，我国北方多煤，南方多钨等。

5. 矿产资源的伴生性

自然界的矿产资源在区域分布上，有的是由平均含量相差不大的若干矿种或元素组成，称之为共生矿。更多的情况是以一种矿种为主，另有相对含量较少的一种或几种矿种或元素组合在一起形成伴生矿，这类矿床虽然可以一矿多用，但是矿石的选冶技术条件十分复杂，开采利用难度较大。随着地质勘探工作的不断深入和选、冶技术的不断发展，人类综合利用矿产资源的能力也在不断提高，矿产资源的品种在不断增加，利用范围在逐步扩大。

6. 生态性

矿产资源赋存于地质生态环境中，人工开发矿产资源后，会对地质生态环境产生影响，破坏原有的地质生态环境的平衡状态，严重的可诱发不良现象而导致灾害的产生。如矿产资源开发利用导致生态环境进一步恶化，土地沙化、地下水位下降、水土流失、沙尘暴、地面沉降、露天开采占用了大量的土地，原有地表植被遭破坏等。

二、矿产的种类与形成

（一）分类

矿产资源属不可更新性的可耗竭性资源，据统计，当今世界 95% 以上的能源和 80% 以上的工业原料都取自矿产资源。为了合理开发利用矿产资源，根据矿产的性质、用途、形成方式的特殊性及其相互关系而分别排列出的不同次序类别和体系，称之为矿产资源分类。矿产资源一般包括能源资源和原料资源两类，能源资源即矿物燃料和核燃料，原料资源有金属原料（金属矿产）和非金属原料（非金属矿产）。矿产资源依其组成成分可分为金属矿产和非金属矿产，在目前世界矿业生产总值中，燃料产值约占 70%，非金属原料约占 17%，金属原料约

占13%。人类对矿产资源的需求量约占自然资源需求总量的70%。

因此，地球上的矿产按用途可以分为三大类，即金属矿产、非金属矿产和能源矿产。

1. 金属矿产

金属矿产是指通过采矿、选矿和冶炼等工序从中可以提取一种或多种金属单质或化合物的矿产。金属矿产按工业用途及金属本身性质，还可进一步划分为：黑色金属矿产，如铁、锰等；有色金属矿产，如铜、铅、锌、钨等；贵金属矿产，如铂、钨、铀、金、银等；稀有金属矿产，如铌、钽、铍等；稀土金属矿产，如镧、铈、镨、钕、钐等。

2. 非金属矿产

非金属矿产指那些除能源矿产外，能提取某种非金属元素或可以直接利用其物化性质或工艺特性的岩石和矿物集合体。工业上只有少数非金属矿产是用来提取某一种元素如磷、硫等，大多数是利用非金属矿物的某种物理性质、化学性质或工艺性质。非金属矿产是人类使用历史最悠久、应用领域最广泛的矿产资源。非金属矿产可分为四类：冶金辅助原料，如菱镁矿、萤石、耐火黏土等；化工原料，如硫、磷、钾盐等；建材及其他，如石灰岩、高岭土、长石等；宝石非金属矿产，如玉石、玛瑙等。

3. 能源矿产

能源矿产又称矿物燃料，是指蕴涵某种形式的能量并可以转化为人类生产和生活所必需的光、热、电、磁和机械能的一类矿产，是人类获取能量的重要物质资源，是工农业发展的动力和现代生活的必需品。能源矿产包括煤、泥炭、石油、天然气、铀矿等。尽管水力、太阳能、海洋能、风能等越来越广泛地开发利用，但在能源消费结构中，能源矿产仍占90%左右，是人们取得能量的主要源泉。中国已发现的能源矿产可分为三类：（1）燃料矿产，又称可燃有机物矿产，主要包括煤、石煤、油页岩、油砂、天然沥青、石油、天然气和煤层气；（2）放射性矿产，包括铀矿、钍矿；（3）地热资源。

（二）矿产的成因

矿产的成因与整个地质循环密切相关，并与构造作用、地球化学循环以及地质流体（包括地表水、地下水和泉水）有密切关系。矿产的形成作用一般包括：岩浆作用、变质作用、沉积作用、生物作用和风化作用等。虽然矿产种类有很大差别，但成矿的基本机理非常相似。

1. 岩浆作用

岩浆矿床是指岩浆经分异作用使其中的有用组分富集而形成的矿床。它可以形成具有经济价值的多种金属矿产，如铬、铜、镍、钴、铁等。有些矿床是早期晶体分离作用形成的，如橄榄石、铬铁矿；有些是由晚期岩浆作用形成的。

2. 变质作用

矿床经常在岩浆岩及其侵入围岩的接触带处发现，该区以接触变质作用为特征。区域变质作用和热液变质作用也可形成某些有用矿床。变质矿床是经变质作用改变了工艺性能和用途的矿床或岩石经变质作用后形成的矿床。如煤经变质后形成的石墨矿床，又如变质硅灰石矿床、蓝晶石类（红柱石、蓝晶石及矽线石）矿床等。

3. 沉积作用

沉积作用对聚集有价值的可开采的矿床具有重大意义。在搬运过程中，风和流水使沉积物按大小、形状和密度分选。用于建筑方面的最好的砂或砾石都是由风或流水的搬运、沉积而形成的。沉积作用还可以形成金和金刚石砂矿。机械沉积分异作用形成的砂矿床，化学沉积分异作用形成的盐类矿床等。

4. 生物作用

生物作用也可形成矿床。许多矿床是在被生物强烈改造的生物圈环境中形成的。有机物如贝壳和骨骼可形成含钙矿物，人们已鉴定出几十种生物生成的矿物。生物成因矿物对沉积矿床的形成意义甚大，如生物及生物化学沉积作用形成磷块岩矿床。

5. 风化作用

风化作用也可以使一些物质达到一定浓度，并具有开采价值，如红土型风化壳指上部具有较发育的铝土岩风化带或富含褐铁矿、赤铁矿的红土带（即最终水解带）的风化壳。富铝岩风化后产生的残留土壤，可使难溶的含水氧化铝和氧化铁相对富集，形成铝矿（铝土矿）。镍矿和钴矿也可在富铁镁火成岩风化后残留的土壤中找到。

（三）成矿时代

根据我国地史演化和有关的大地构造发展阶段，我国的成矿时代一般可划分为五期。

1. 前寒武纪成矿期

这是我国的一个重要成矿期，太古代末到早元古代，华北、华南及西北塔里木等地进入地槽阶段；晚元古代，华北、伊陕等地转为地台。该期较为重要的矿产有北方诸省的变质铁矿（鞍山式含铁石英岩），绿岩带金矿，变质磷矿床（辽宁），滑石菱镁矿床（山东）和刚玉矿床等。还有裂谷火山岩型铜矿（云南、山西），岩浆型钒铁磁铁矿床（河北），以及内蒙古和新疆等地的稀有金属伟晶岩矿床。

2. 加里东成矿期

我国境内稳定区和活动区均较发育，华北、西南进入相对稳定的地台期，以产于浅海地带和古陆边缘海进层序底部的 Fe、Mn、P、U 等外生矿产为主，如宣龙式铁矿、瓦房子锰矿、湘潭式锰矿、昆明式、襄阳式磷矿等；中期海浸范围扩大，形成灰岩，白云岩矿床；晚期在海退环境下形成泻湖相石膏和盐类矿床；祁连山，龙门山，南岭等地进入地槽期，以内生矿床为主，也有变质矿床，如黄铁矿型铜矿（白银厂式），镜铁矿型铁矿（北祁连山），铬镍矿床，伟晶岩矿床以及气成热液矿床。

3. 海西成矿期

我国东部仍处于地台阶段，相应形成一系列外生矿床，如宁乡式铁矿，遵义式锰矿，石炭-二叠系的煤、铝土矿、黏土矿等；我国西部仍处于地槽发展阶段，以内生矿床为主，有秦岭和内蒙古的铬、镍矿床，白云鄂博式稀土-铁矿床，阿尔泰、天山地区的稀有金属伟晶岩，与花岗岩有关的 W、Sn、Pb、Zn，南祁连的有色金属，川滇等地的 Cu、N、Zn 以及力马河 Cu-Ni 硫化物矿床。

4. 燕山成矿期

燕山成矿期是我国最重要的内生矿产成矿期，特别是我国东部。该期由地台转入地洼（活化）期，构造、岩浆活动强烈，形成一大批与中酸性岩浆岩有关的 W、Sn、Mo、Bi、Fe、Cu、Pb、Zn 矽卡岩型和热液型矿床。晚期形成一系列与小侵入岩体有关的 Fe、N、Zn、Hg、Sb、Au，稀有金属，萤石，明矾石等矿床。喜马拉雅山地区及台湾仍处于地槽发展阶段，有与超基性及基性岩浆活动有关的 Cr、Ni、Cu、Pb、Ag 等矿床。在小型内陆盆地还有 Fe、Cu、U、煤、盐、油页岩等外生矿床产出。

5. 喜马拉雅期

我国西部以地洼活动为主，另外中生代开始发展的喜马拉雅地槽和台湾地槽成为仍在强烈活动的地槽褶皱区，产出伴随基性-超基性岩浆活动的 Cr-Pt 矿床（西藏），Cu-Ni 矿床，火山岩中的 Cu、Au 矿床（台湾地区）及 Pb、Zn、S 矿床（新疆）等；外生矿床以沉积和风化淋滤矿床为主，主要有含铜砂岩、风化淋滤型镍矿、风化壳型铝土矿，各类砂矿、盐类，高岭土

等, 还有钾盐 (云南)、煤炭和石油等。

三、矿产资源的供给现状

矿产资源是近代工业的基础, 从绝对意义上说, 地球的矿物是无穷无尽的。然而, 由于技术水平与经济效益的限制, 我们还不能从任何岩石中提取所需的物质。只有当某种元素富集到一定程度时, 才具有可开采价值。例如铁矿, 其可采的最低品位为 30% ~ 40%, 现已查明的世界储量为 1500 亿 t, 仅为地壳中铁元素含量的二十一万分之一。

(一) 世界矿产的储量与生产状况

由于成矿时期和地质作用的复杂多变, 矿产的分布很不规律。从全球范围来讲, 大部分矿产的已知储量只在很少的几个国家中出现, 而且, 每个国家都缺少某些有用矿物。根据国土资源部信息中心资料, 目前世界 40 种主要矿种中, 有 13 种矿产四分之三以上的储量集中在 3 个国家 (它们是锰、铬、钴、钼、钒、铂族金属、锂、铌、钽、锆、稀土、钾盐、天然碱), 有 23 种矿产四分之三以上的储量集中在 5 个国家 (除以上 13 种外再加上钨、菱镁矿、钛铁矿、金红石、锡、锑、磷、硼、金刚石、重晶石)。40 种主要矿产中, 储量排在前 3 位的国家, 其储量占世界总储量的比例最低为 30.7%, 最高为 99.5%, 前 5 个国家的储量所占比例最低为 45.8%, 最高约为 100% (见表 1-1)。从这个角度看, 世界上几乎没有一个国家的矿产资源是可以自给自足的。矿产消费大国实施矿产资源全球化战略是其必然选择。

表 1-1 1999 年世界主要矿产的地理分布

矿种	1999 年前 3 个国家的储量在总储量中所占比例/%	1999 年前 5 个国家的储量在总储量中所占比例/%	1999 年储量的区域分布 (主要生产国及其储量在总储量中所占比例) /%
铁	46	65.1	乌克兰 16.2, 俄罗斯 14.9, 澳大利亚 14.9, 中国 10.5, 美国 8.6
锰	80.9	90.9	南非 54.4, 乌克兰 19.9, 加蓬 6.6, 中国 5.9, 澳大利亚 4.1
铬	96	97.8	南非 81.1, 哈萨克斯坦 11.1, 津巴布韦 3.8, 芬兰 1.1, 印度 0.7
镍	43.6	64.2	俄罗斯 16.5, 古巴 13.8, 新喀里多尼亚 11.3, 澳大利亚 9.3, 加拿大 3.3
钴	79.1	91.37	刚果 46.5, 古巴 23.3, 澳大利亚 9.3, 赞比亚 6.97, 新喀里多尼亚 5.3
钨	69	78.9	中国 43.5, 加拿大 13, 俄罗斯 12.5, 美国 7, 韩国 2.9
钼	78.2	90.8	美国 49.1, 智利 20, 中国 9.1, 加拿大 8.2, 俄罗斯 4.4
钒	99.5	100	俄罗斯 50, 南非 30, 中国 19.5, 美国 0.5
铜	45	56.5	智利 25.9, 美国 13.2, 波兰 5.9, 俄罗斯 5.9, 印度尼西亚 5.6
铅	50.7	59	澳大利亚 27.3, 中国 13.6, 美国 9.8, 加拿大 5.3, 哈萨克斯坦 3
锌	49.5	60.6	澳大利亚 18.9, 中国 17.4, 美国 13.2, 加拿大 7.4, 秘鲁 3.7
铝土矿	58	72	几内亚 29.6, 巴西 15.6, 澳大利亚 12.8, 牙买加 8, 印度 6
菱镁矿	74	78.4	中国 30, 俄罗斯 26, 朝鲜 18, 土耳其 2.6, 巴西 1.8

续表 1-1

矿种	1999年前3个国家的储量在总储量中所占比例/%	1999年前5个国家的储量在总储量中所占比例/%	1999年储量的区域分布(主要生产国及其储量在总储量中所占比例)/%
钛铁矿	56.3	75	澳大利亚24.8, 南非19.3, 挪威12.2, 加拿大9.5, 中国9.2
金红石	74.1	92.5	澳大利亚39.5, 南非19.3, 印度15.3, 斯里兰卡11.2, 塞拉利昂7.2
锡	58.5	80.4	中国27.3, 巴西15.6, 马来西亚15.6, 泰国12.2, 印度尼西亚9.7
锑	74.4	91.5	中国42.9, 俄罗斯16.7, 玻利维亚14.8, 南非11.4, 吉尔吉斯斯坦5.7
铋	44.6	62.8	中国18.2, 澳大利亚16.4, 秘鲁10, 玻利维亚9.1, 墨西哥9.1
金	62.4	73.5	南非41.1, 美国12.4, 澳大利亚8.9, 俄罗斯6.7, 乌兹别克斯坦4.4
银	38.2	57.5	加拿大13.2, 墨西哥13.2, 美国11.8, 澳大利亚10.4, 秘鲁8.9
铂族	98.4	98.8	南非88.7, 俄罗斯8.7, 美国1.0, 加拿大0.4
锂	97.9	99.7	智利88.2, 加拿大5.3, 澳大利亚4.4, 美国1.1, 津巴布韦0.7
铌	98.8	100	巴西94.3, 加拿大4.0, 尼日利亚1.8, 刚果0.9, 澳大利亚0.3
钽	84.2	98.4	澳大利亚57.9, 尼日利亚16.8, 加拿大9.5, 刚果9.5, 巴西4.7
锆石	76.1	94.9	南非39.7, 澳大利亚25.3, 乌克兰11.1, 美国9.4, 印度9.4
稀土	75	81.3	中国43, 独联体19, 美国13, 澳大利亚5.2, 印度1.1
硫	30.7	47.1	加拿大11.4, 美国10, 伊拉克9.3, 波兰9.3, 中国7.1
磷	71.7	82	摩洛哥和西撒哈拉49.2, 南非12.5, 美国10, 约旦7.5, 巴西2.8
硼	64.6	88.7	美国23.5, 俄罗斯23.5, 土耳其17.6, 中国15.9, 哈萨克斯坦8.2
天然碱	98.3	99.2	美国95.8, 博茨瓦纳1.7, 墨西哥0.8, 土耳其0.8, 乌干达0.1
金刚石	63.8	82.8	刚果25.9, 博茨瓦纳22.4, 澳大利亚15.5, 南非12.1, 俄罗斯6.9

续表 1-1

矿种	1999 年前 3 个国家的储量在总储量中所占比例/%	1999 年前 5 个国家的储量在总储量中所占比例/%	1999 年储量的区域分布 (主要生产国及其储量在总储量中所占比例) /%
石墨	58.5	65.3	中国 33.1, 墨西哥 19.4, 马达加斯加 6, 印度 3.9, 巴西 2.9
萤石	38.6	45.8	墨西哥 14.5, 南非 13.6, 中国 10.5, 法国 4.5, 西班牙 2.7
重晶石	60	74	中国 23.3, 印度 18.7, 美国 18, 加拿大 7.3, 摩洛哥 6.7
石油	44.8	62.5	沙特阿拉伯 24.8, 伊拉克 10.7, 阿联酋 9.3, 科威特 9.2, 伊朗 8.5
天然气	54.4	62.5	俄罗斯 32.9, 伊朗 15.7, 卡塔尔 5.8, 阿联酋 4.1, 沙特阿拉伯 4.0
煤	52.6	67	美国 25.1, 俄罗斯 15.9, 中国 11.6, 印度 7.6, 德国 6.8
铀	53.0	70.3	澳大利亚 25.0, 哈萨克斯坦 17.3, 加拿大 10.7, 乌兹别克斯坦 8.9

注：表中的储量数字均为 1999 年的数字。其中，石油、天然气、煤炭储量的数字引自《BP-Amoco 世界能源统计》。

美国、加拿大、澳大利亚这三个国家及其他发达国家（仅包括储量排名在前 5 位的国家）控制世界储量 30% ~ 50% 的矿产有 8 种：铅、锌、钛铁矿、金红石、银、锆、煤、铀，控制世界储量 50% ~ 70% 的矿种有 4 种：铝、汞、钼、钾盐，控制世界储量 70% 以上的矿种有 1 种：天然碱。截至 1997 年，全球已探明的主要金属与非金属矿产储量为 1450 亿 t，其中美国、加拿大、澳大利亚、南非主要矿产储量占世界 80% 以上。

地球的矿产资源储量虽是巨大的，但总是有限的。而且大多数资源可能将在 21 世纪内完全枯竭。尽管不同的计算方法或数据略有出入，但这个总趋势是基本相同的，即从现在起再过 100 年左右，绝大多数重要的不可再生资源如果不是消耗殆尽也将变得极端昂贵。《BP 世界能源统计 2005》的数据表明，以目前的开采速度计算，全球石油储量可供生产 40 多年，天然气和煤炭则分别可以供应 67 年和 164 年。

（二）中国矿产的储量状况

中国是世界上矿产资源比较丰富、矿种配套比较齐全的少数几个国家之一。截至 2000 年，在我国已发现的矿种为 171 种，探明有一定数量的矿产有 158 种（任巍，2005），能源矿产 10 种，金属矿产 54 种，非金属矿产 91 种，水气矿产 3 种。按 45 种主要矿产储量的价值计算，矿产储量总值占全世界的 9.86%，探明储量潜在价值仅次于美国和俄罗斯，居世界第三位，但人均拥有量仅为世界人均水平的 58%，排名第 53 位（刘军，2006）。

1. 能源矿产

能源矿产是我国矿产资源的重要组成部分。煤、石油、天然气在世界和中国的一次能源消费构成中分别为 93% 和 95% 左右。由于矿物能源在一次能源消费中占有主导地位，因而对国民经济和社会发展有特别重要的战略意义。已知探明储量的能源矿产有煤、石油、天然气、油页岩、铀、钍、地热等 8 种。中国煤炭资源相当丰富，2000m 深以内的地壳表层范围内，预测煤炭资源远景总量达 50592 亿 t。

石油是工业的血液，是现代工业文明的基础，是人类赖以生存与发展的重要能源之一。中国 32 个油区探明地质储量有 181.4 亿 t。

天然气（包括沼气）是重要能源矿产资源之一，也是国内外很有发展前景的一种清洁能源。截至1996年底，我国天然气剩余可采储量0.7060万亿 m^3 ，约居世界第21位。

中国铀矿资源不甚丰富，我国铀矿探明储量居世界第10位之后，不能适应发展核电的长远需要。地热资源是一种清洁能源。中国地热资源分布较广，资源也较丰富，但目前开发利用程度较低。

2. 金属矿产

我国金属矿产资源品种齐全，储量丰富，分布广泛。其中已探明储量的矿产有54种。各种矿产的地质工作程度不一，其资源丰度也不尽相同。有的资源比较丰富，如钨、钼、锡、锑、汞、钒、钛、稀土、铅、锌、铜、铁等；有的则明显不足，如铬矿。

3. 非金属矿产

我国非金属矿产品种很多，资源丰富，分布广泛。已探明储量的非金属矿产有金刚石、石墨、自然硫等91种。

（三）矿产资源的需求

随着世界人口的不断增加和人们生活水平的提高，人类对矿产资源的需求量越来越大。当前，在发达国家与不发达国家之间，存在着矿物资源消费量的差异，世界人口的20%享受着整个世界资源的80%（见表1-2）。如美国仅占世界人口的5%，每年却消耗全世界一年所消耗的资源的30%左右；如果全世界每人的消费量要达到美国的水平，那么，全球矿产资源的产量就必须提高几倍。

表 1-2 世界各大洲金属矿物的消费比率 (%)

地 区	铝	铜	锌	铅	镍	锡
欧 洲	32	36	36	40	41	34
美 洲 (其中美国占百分数)	40 (79)	36 (75)	32 (65)	37 (77)	27 (81)	31 (66)
亚 洲 (其中日本占百分数)	24 (62)	25 (63)	27 (54)	19 (49)	31 (78)	31 (58)
非 洲	2	1	3	3	1	2
澳大利亚和新西兰	2	2	2	1	0	2

第二节 世界矿产资源潜力^①

矿产资源是人类社会得以发展的重要物质基础，自世界各国先后进入工业化发展阶段以来，矿产资源的消耗快速增长。20世纪100年来，全球累计消耗了1420亿t石油，780000亿 m^3 天然气，2650亿t煤，380亿t铁（钢），7.6亿t铝和4.8亿t铜，以及大量的支撑现代经济社会发展的众多矿物原料。毫不夸张地说，没有矿产资源就没有今天的世界文明，就谈不到人类社会的发展。从世界矿产资源的消费趋势看，20世纪上半叶矿产资源消费的高速增长代表了主要发达国家快速的工业化过程，世界多数国家对矿产资源勘查的重视和勘查领域科学技术

① 根据国土资源部规划司《矿产资源规划研究》，2001，删减修改。