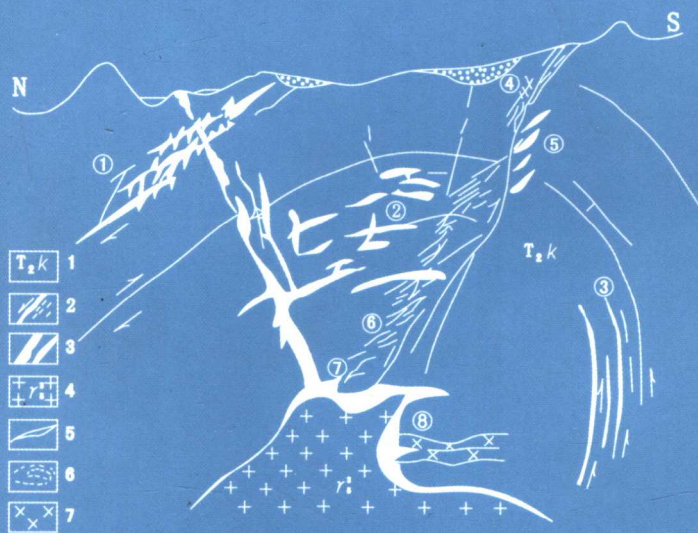




普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 矿产勘查理论与方法

赵鹏大 主编



中国地质大学出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 矿产勘查理论与方法

赵鹏大 池顺都 编著  
李志德 曹新志

中国地质大学出版社

## 内 容 简 介

本书是作者长期从事矿产勘查学的教学和科学研究的经验结晶。它深入地阐述了矿产勘查的基本理论;全面地讲述了成矿预测与矿产普查、矿床勘探与探采结合等矿产勘查的基本问题;此外还对资源经济、在矿产勘查中高新技术的应用及面向未来的接替资源等方面作了简要的介绍。

本书为矿产资源勘查专业大学生的教科书,也可作为从事矿产勘查专业的技术人员及有关专业研究生的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

矿产勘查理论与方法/赵鹏大主编. —武汉:中国地质大学出版社,2006.5  
ISBN 7-5625-2129-8

- I. 矿…
- II. 赵…
- III. 矿产-地质勘探-高等学校-教材
- IV. P624

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 040984 号

矿产勘查理论与方法

赵鹏大 主编

责任编辑:赵颖弘

责任校对:胡义珍

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮编:430074

电话:(027)87482760

传真:(027)87481537

E-mail: cbb@cug.edu.cn

经销:全国新华书店

<http://www.cugp.cn>

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16

字数:600 千字 印张:26.875 附图:8

版次:2006 年 5 月第 1 版

印次:2006 年 5 月第 1 次印刷

印刷:中国地质大学出版社印刷厂

印数:1-1 000 册

ISBN 7-5625-2129-8/P·666

全套定价:60.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

## 严峻的矿产资源形势呼唤加强矿产勘查工作 再版前言

进入 21 世纪以来,对矿产资源的需求有增无减。

到 2020 年,我国人口将达到 15 亿,需要生产粮食 6 亿 t,城市化程度将从现在的 40% 提高到 55%,城镇建设用地预计将增加 360 万公顷,我国经济总量将在 2000 年基础上翻两番,对能源的需求急速增长,煤炭要新增产能 7~10 亿 t,石油对外依存度有可能达到 60%,45 种主要矿产到 2010 年可以保证消费的为 21 种,而到 2020 年仅有 9 种,我国金属矿山回收率比国际水平低 10%~20%,9 种有色金属综合回收率为 35%~67%,伴生共生矿利用率仅 20%。

以能源矿产为例,由于石油分布很不均匀,沙特、伊拉克、科威特及伊朗 4 国拥有世界 63% 的储量。据估计,现在世界剩余可采储量为 1 421 亿 t,而我国剩余可采储量仅为 24 亿 t,与采出量基本持平,按目前生产水平,石油可采年限为 15 年,远远低于世界 51 年的平均水平,石油对外依存度已从 2003 年的 36% 提高到 2004 年的 45%。应该说,这个问题已经逐步由资源问题演变为政治问题,由经济安全问题转化为国家安全问题。美国资深参议员约瑟夫·利伯曼在“中美能源政策:选择合作还是选择对抗”论坛上说:“你可以看到,中国和美国在对石油进口的需求方面处于非常相似的地位,你可以看到为获取石油资源可能导致的对抗正在到来……。”尽管我国石油对外的依存度很高,但从消费和进口的石油绝对数量而言,与美国以及日本等国相比是微不足道的。根据国际能源署的统计数据,中美两国消费的原油接近世界原油消费量的 1/3,中美两国每天消费原油 2 800 万桶,而全世界每天消费 8 430 万桶。但有数据显示,2004 年中国石油消耗为每天 668.4 万桶,不足美国的零头,仅占全球石油消费总量的 8.3%。另外,中国人均石油消费小于两桶,远远低于美国人均消费 25 桶的标准。另从 2004 年石油进口统计表看,中国 13 亿人口,进口石油 1.68 亿 t;韩国 4 800 万人口,进口 1.2 亿 t;日本 1.3 亿人口,进口 2.6 亿 t;美国 2.8 亿人口,进口 6.4 亿 t。中国 2004 年净进口原油仅占世界原油贸易量的 6.3%,大约是美国同期进口原油的 1/4,日本的 1/2。2005 年,中国石油日消费量比 2004 年增加约 3%<sup>①</sup>,因

<sup>①</sup> 王冲,2005,美议员担心中美因争夺能源走向战争。中国青年报,2005 年 12 月 2 日第 4 版

此,认为中国能源,特别是对石油日益增长的需求以及逐年增长的对外依存度构成对世界能源供求威胁的论调是站不住脚的。然而无论如何,假如我国未来石油需求对外依存度超过50%的话,那就会严重影响国家的安全。

煤炭情况也很严峻,2004年比2003年增加探明储量16.62亿t,低于当年的产量,由于国内需求量大,2004年4月已跌破1亿t的警戒线,下降到9800万t,是近20年的最低值,与2003年同期相比,下降20%,而由于火电装机容量增大,高耗能行业生产惯性增长,煤炭需求仍将居高不下,一方面是对煤炭需求的增加,另一方面是煤炭生产的安全条件较差,甚至一半以上的煤产量来自安全生产条件得不到充分保障的煤矿,致使近年来矿难频发,安全事故不断,更使资源紧张形势雪上加霜。

其他如铁矿,2004年铁矿石进口量突破2亿t,对外依存度约为55%。10种有色金属储量下降0.7%,除Al以外,Cu、Pb、Zn、Ni、Sn、Sb、Hg、Mg、Ti等储量都有所下降,稀土资源储量也下降0.6%。以素有“有色金属之乡”的湖南为例,由于多年来不断开采和地质勘查及科研投入不足等原因,多数矿山保有储量逐年下降。据统计,近10年来,该省40家大中型有色金属矿山中有20家关闭或面临关闭,其中绝大多数并非矿区深部和外围资源枯竭,主要是探采失调,造成接替资源不足而被迫关停。

总之,矿产资源已出现“入不敷出”局面,即储量增长低于产量增长,而产量增长又小于消费增长的局面。矿产资源成为社会经济发展和可持续发展“瓶颈”的状态日益突出。然而值得重视的是,我国矿产资源一方面面临严重短缺,另一方面又存在回收率和综合利用率偏低,资源浪费严重的现象。针对这些情况,我国一方面开始重视加强对本国矿产资源的勘查工作,另一方面强调发展矿产资源领域的循环经济。所谓循环经济,按我国国家发展改革委员会的定义为“循环经济是一种以资源的高效利用和循环利用为核心,以‘减量化、再利用、资源化’为原则,以低消耗、低排放、高效率为基本特征,符合可持续发展理念的经济增长模式,是对大量生产,大量消费,大量废弃的传统增长模式的根本变革”。根据我国矿业生产现状,发展循环经济的潜力巨大,不仅提高资源回采率具有很大空间,而且矿业生产过程中产生大量的尾矿、废石等,均有二次开发、综合利用的巨大潜力,是缓解资源约束、解决资源“瓶颈”和矿业开发日益加剧的环境问题的有效途径之一。据报导,在2005年召开的全国国土资源厅局长会议上提出,我国将力争在“十一五”期间新增石油探明储量40亿t~45亿t,新增天然气探明储量2万亿~2.25万亿 $m^3$ ,通过加强资源调查评价,摸清资源家底,在重点矿种、重点成矿区(带)和危机矿山找矿实现重大突破,并力争增加铁矿石探明地质储量25亿t,铜矿2000万t,增加煤炭普查详查资源储量1000亿t,这表明立足国内,我国地质调查和矿产资源勘查工作将得到明显加强。

## 再版前言

---

本书曾于2001年由地质出版社出版,并作为矿产资源勘查专业大学生的教科书和从事矿产勘查专业的技术人员及有关专业研究生的参考书在校内、外广泛应用。由于教学工作需要,本书在进行了章节调整和必要补充与修订后由中国地质大学出版社再版。主要修改有:将矿床勘查阶段、工作任务及可行性研究的内容抽出,组成新的第三章;根据新的《固体矿产地质勘查规范总则》对全书作修订;储量计算增加克立格法和SD法简介;重新编写在矿产勘查中地理信息系统应用;补充环球大洋考察、大陆科学钻探、大洋矿产研究等方面的最新进展,等等。欢迎读者对此书的再版提出宝贵意见。

赵鹏大

2005年12月

# 前 言

自1988年笔者等编写出版《矿床勘查与评价》一书以来,至今已经十年有余了。在这十余年中,随着社会主义市场经济的发展,矿产勘查生产工作发生了很大变化。作为公益性、基础性地质调查(包括不同比例尺的地质测量)和风险性很强的地质找矿与作为市场行为较强的矿床勘探的运作方式、投资渠道及承担部门等都有很大差别。前者主要由地质调查部门使用国家财政拨款进行,而后者主要由产业部门进行且将勘探费用纳入成本或作为股份投入。因此,地质勘探阶段虽然在理论上或客观上是存在的,但实践上很少由某个单位一个部门自始至终按阶段进行。1986年公布的新的《矿产资源法》,规定了私人可以依法获取探矿权和采矿权,并拥有转让权。同时,在一定范围内对国外开放了探矿权和采矿权。因而可以吸纳一部分国外资金进行风险勘查。可以说,在由计划经济向市场经济过渡和转化的当今,矿产勘查工作的多样化和逐步走向市场化是最大的特点,也是最突出的变化。过去的十年,由于世界性的矿业不景气,矿产勘查面临严峻形势:一方面是勘查费用减少,另一方面矿产勘查也面临激烈竞争。矿产品价格下跌冲击着矿业,也影响着矿产勘查工作的发展。例如,印度矿业界曾惊呼,要“行动起来对付不利局面”。在1998年刊于《Journal of Mines, Metal & Fuel(6-7)》的一篇文章<sup>①</sup>中写道:“在向新的面向市场经济过渡的过程中,矿产部门遭受到种种威胁,包括竞争愈益激烈的市场,出口下降,矿产勘查和开发新投资财政困难,工资和投入成本盘旋上升。”文章最后强调“印度矿业部门必须行动起来,有效地对付当前的局势,并为下个世纪做好准备。矿业部门需要改变重点,开发新市场,力争生存下来。总之,矿业界的思维方式必须从根本上改变,以驾驭新出现的经济问题。”在矿产品市场中,贱金属是受价格下跌打击最重的矿产品。据报导,与1997年相比,1998年伦敦五金交易所的镍价下跌46%,铅下跌21%,铜下跌43%,锌下跌47%,铝下跌17%,锡下跌5%。黄金价格近年来也不断下跌,以美国为例,对黄金价格产生下压影响的主要因素<sup>②</sup>有:①世界上的重要经济大国政治和财政稳定;低利率,低通货膨胀;增长率受控制。

<sup>①</sup> 路石摘译,1998,印度矿业界要行动起来对付不利局面,地质矿产信息(未查到原作者姓名及年份)

<sup>②</sup> 弗莱明 C. A.,1998,金矿工业30年沧桑之变,CIM Bulletin,91(1025):55~67(未查到译者姓名及年份)

② 中央银行出售金锭正在造成市场供应过剩。③ 近十年来,黄金的供应量增加了大约1 120t,即由1987年的2 370t增至1996年的3 490t,这主要是由于矿山产量增加(增加600t)和黄金制品回收利用量增加(增加约250t)。④ 每年生产的黄金真正“消失”的呈极少数,其供给市场大部分最终成了珠宝首饰(1996年为2 800t,占供应量的80%),而这些黄金是很容易回收利用的。因此,黄金价格在整个20世纪90年代在下跌,虽然这一时期工业部门对黄金的需求增长了70%。然而,北美一些大的黄金公司通过增加其黄金储量基础的办法而使黄金股票的价值在整个20世纪90年代稳步增长。另一方面,许多发展中国家,特别是在南美、西非、东南亚、太平洋周边地区及独联体国家,还包括中国于20世纪90年代开始对外开放。这在全世界范围内产生了多方面新的机会,结果,加拿大和美国50%以上金勘查经费都花费在海外。

前些时期发生的亚洲金融风暴对这一地区乃至世界的矿产勘查业造成重大影响,因为这一地区的发展中国家对原料的需求一直是金属和矿产生产厂商的驱动力。消费量的减少造成许多矿产品供过于求。1998年的勘查工作受到明显的影响。据《1998年世界矿业基本形势》<sup>①</sup>一文引用的资料估计“全球矿产勘查费用减少31%”。但是,也有走俏的矿产,如“在铂族金属中,钯占据中心舞台。5月份钯价猛涨至400美元/盎司<sup>②</sup>以上,原因是需求骤增而供应不确定。近十年钯消费量翻了一番,几乎完全是由于汽车催化剂用量增加。马瑟J.公司预测1998年钯需求量将达到820万盎司”。

从上述简要资源形势分析可以看出,矿产勘查工作尽管是一种具有长效应和长过程的工作,但对矿业市场的敏感性是很强的,对矿种的选择性也是很强的。稀缺矿种、市场供不应求的矿产,国家建设急需的矿产,人民生活需求量大的矿产等等,都会吸引勘查工作向这类矿产资源做更大的投入,并可带动整个国家矿产勘查工作的发展。

当今矿产勘查工作另一令人瞩目的变化是保护生态环境约束或要求越来越高的环境评价标准。资源与环境联合评价已成为今后矿产勘查与开发所必须遵循的原则。这是因为对此问题的忽视将带来严重的负面环境效应。据前不久召开的全国矿山环境保护与治理工作现场会议的资料(2000年10月17日《长江日报》报导)表明,长期以来,由于在矿产资源开发利用中忽视环境保护,我国矿山环境恶化趋势尚未得到有效遏制,土地破坏、水生态平衡失调日益突出,“三废”污染严重。我国每年因采矿产生的废水约占工业废水排放总量的10%以

① 纪忠元摘译,1999,1998年世界矿业基本形势,地质矿产信息,摘译MJ,331(8512),509~511(未查到原作者姓名及年份)

② 1盎司(oz)=28.349 523g



上,而处理率仅为4.23%,绝大部分未经处理的废水直接排入江河湖海。我国每年工业固体废物排放量中,85%以上来自矿山开采。全国国有煤矿现有煤矸石山1500余座,历年堆积量达30亿t,占地5000多公顷。各类尾矿累计约25亿t,并以每年3亿t的速度递增,不仅占用了大量土地,还对土壤和水资源造成了严重污染。全国因采矿而直接破坏的森林面积已达106万公顷<sup>①</sup>,破坏草地面积26.3万公顷,全国因采矿累计占用土地586万公顷,破坏土地157万公顷,且每年仍以4万公顷的速度递增,而矿区土地复垦率仅为10%左右。一些地区因矿山开采破坏了水平衡,导致区域性地下水下降,某些地方地下水下降数十米甚至上百米,造成大面积疏干漏斗,致使水资源短缺,严重影响了当地人民群众的生产和生活,制约了当地社会经济的可持续发展。据联合国贸发会议(UNCTAD)的一项资料<sup>②</sup>,从1930—1980年的50年间,美国国土面积有0.25%被用于地表采矿,堆放地表及地下采矿废石及选冶加工废料,其中被矿山影响的土地约有47%到20世纪80年代末期已得到复垦(Olle Ostensson, 1997)。对于以开采小型矿床为主的小型矿山,如何将矿床开发与最小的环境影响结合起来也是人们关注的重要问题。联合国经济委员会在1992年对非洲的一项调查得知58%的小型矿山主要是从事金矿和宝石矿的开采,11%开采贱金属,16%为非金属,另15%为建筑材料(John, Hollaway, 1997)。

宝石开采造成的环境影响有限,因为矿山的规模都是最适度的,大部分是冲积矿床,不需要使用化学药剂。在从冲积层获取宝石的国家(如安哥拉、委内瑞拉及泰国等)也很少有堤坝使下游泥沙淤积。

然而,开采原生金矿则对环境造成显著影响,最主要的是汞污染。由于在原生矿石中较之在坡积层和冲积层中金的颗粒更加细微,直接淘洗只能回收游离的金粒,而更细小的金则需要采用混汞法获取。汞金属本身无毒,但其蒸气吸入肺中则会造成严重危害,所以在混汞加热时会对环境造成不良影响。有人估计(Viega, 1997),从1980年的采金热潮兴起以来,在南美已有将近5000t汞消失在环境之中!

对有些矿产的开采,可能会引起对环境更大的关注。如美国《观察家报》在1999年刊登一篇题为《深海蕴藏的甲烷气体将给地球带来危险》的文章<sup>③</sup>。该文指出:“甲烷被誉为未来的燃料,是可能在整个21世纪为我们的地球提供电力的一种新能源。但科学家们警告说,世界上最大的尚未开发的能源储备——埋藏

① 1公顷=10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>

② Olle Ostensson, 1997, 矿业与环境:经济上的议事日程,工业与环境,20(4),29~31(未查到译者姓名及年份)

③ 海底甲烷:危险的燃料,1999,参考消息,1999年12月6日(未查到原作者姓名及年份)

在海底的大量的甲烷气体——可能引发给全球造成严重破坏的灾难性大气变暖。” $1\text{m}^3$  甲烷水合物(又称天然气水合物)可以释放出难以置信的  $164\text{m}^3$  甲烷,而甲烷是对环境破坏作用最大的温室气体之一。近年来,已发现了 30 多个量很大的甲烷气体蕴藏地,其中大多数位于深海海底,不过在西伯利亚和阿拉斯加的永冻土地区也有发现。埋藏在深海海底的甲烷比较难以开采,但是工程师们说,他们研制的开采特别黏稠石油的新技术:通过钻孔向下注入蒸气,可以用于开采甲烷。正是这种开采前景为许多研究人员敲响了警钟。法国海洋地质科学研究中心的埃尔·聚斯教授说:“有关的能源公司目前只是刚刚开始试开采。如果它们开始实施大规模开采计划,我将感到更加不安。”所以有人将海底天然气水合物称为“危险的燃料”。但无论如何,它是一种很有应用和开发潜力的替代新能源,关键是对这类矿产资源的勘查、开发和利用必须同时进行环境效应的评价。当矿床所处的位置不适于开采时,那么只好放弃采矿,但这意味着要付出代价。取而代之的可能是开采另外的品位更低的矿床,这就将提高矿产品的生产成本且排放更多的废石,从而对环境造成更大损害。因此应该意识到,无论是关于矿业或是关于环境的所有决策都要付出代价。我们的目标应该是使这种代价尽可能降到最低程度,并避免过低或过高的调控,后者将造成不可接受的环境损害,前者将导致损失应有的物质福利。所以,资源环境的联合评价和综合考虑是非常重要的,这也是近年来矿产勘查在评价勘查对象时所必需考虑的重大问题。

勘查理论和勘查技术的新进展也是近十年来应加以关注的变化。《国土资源科技进展》(2000, (3)) 中有一篇题为《矿产勘查面貌在变化》(Morrissey C. J.) 的文章,此文在列举了 1976 年以来西方国家发现的 20 个最大的贱金属和贵金属矿床之后,提出了两个很重要的,也是很有意思的现象:一是在 20 个最大的矿床中“有几个新发现是‘新’类型,以前几乎没有发现过此类矿床或者没有发现过地质特征相同的较大矿床”,这里指的是智利的坝德拉利亚 Cu-Au 矿床,印度的兰普拉-阿古恰 Zn、Pb、Ag 矿床及澳大利亚“世纪”Zn、Pb、Ag 矿床。这些矿床都不是熟知的矿床类型,“某些类型矿体其最初的矿例无疑还有待于认识到它们具有重要的经济潜力”。二是有些重要发现“与这样一种常见的观点不一致”:即认为主要发现,尤其是未来的主要发现,只能通过在偏僻地方探测深部的、完全隐伏的矿化获得。所列举的新发现中几个矿床是出露于地表的,如阿拉斯加的“红狗”Pb、Zn、Ag 矿床等。因此该作者提出“一种明显的信息是在人们所熟悉和做过大量勘查工作的成矿带和成矿省,仍然可获得重大的发现”。应该说,这是两个很重要的观点:① 必须重视发现新类型矿床;② 不可忽视已进行过较多勘查工作的老区,当然更不可忽视勘查程度低的新区。

在勘查理论准则和方法体系方面,美国提出并目前仍开展“三部曲”(Three Parts)矿产勘查模式,俄罗斯则提出并开展“预测-普查组合(ППК)”的勘查模

式;我国则提出“矿床成矿系列”勘查及预测,边缘成矿理论及预测,“三源”成矿预测,成矿流体与地幔热柱控矿,同位成矿理论及预测,综合信息成矿预测,三维立体统计预测及最近提出的“三联式”(Three Steps)成矿预测等。矿产勘查、矿床开采和矿石选冶加工技术的发展对矿产勘查也带来重要影响和变化。遥感(RS)、地理信息系统(GIS)及全球定位系统(GPS)等所谓“3S”技术的广泛应用是近十年矿产勘查技术中最重要的新进展。生物找矿、生物选矿及原地堆浸技术等有着重要的发展前景。A. D. 格奥尔吉也夫斯基等(1996)在《磷块岩微生物选矿——21世纪的工艺》一文中,认为磷块岩的选矿问题具有代表性。他认为,绝大多数传统工艺已不能解决这些问题,而采用生物地质工艺——在微生物及其代谢产物的作用下,从矿石、精矿和尾矿中回收有用组分,科学地开辟并建立了全新的非传统选矿工业。另据报导(1998),我国已成功地进行了铀矿原地破碎堆浸开采,它和传统的水冶生产天然铀相比,生产成本有了大幅度降低。其矿山地浸工程全员劳动生产率是常规矿山的3~5倍,生产成本是同等条件常规矿山的1/2,其基建投资也大幅度降低。看来,原地采矿技术的进一步发展将是解决大深度矿床开发的关键所在,是面对采矿深度越来越大,所利用矿石中有用组分越来越低,矿石成分越来越复杂,选矿和加工技术经济指标越来越差,采选过程产生废料越来越多,造成的环境污染越来越严重等挑战的有力武器,是解决这些难题的有效途径。

我们还必需注意到矿产勘查所面临的日益突出的社会问题。多尔顿 D. L. (1997)在《进入公元第三个千年的矿业》一文中指出:“在新的公元第三个千年,矿业将面临要求在开发的方法上进行彻底改变的挑战”。但她所说这种挑战不是来自地质、矿产和技术方面,而是来自政治、社会方面。她强调“矿业是全球性行业,并将受到全球性问题和事件的影响。迄今矿业公司一直关注诸如金属价格这样的国际问题,然而它们将更加关注地方性问题和国家问题”,并认为“成功的矿业公司是那些目光远大,社区责任感更强,并且承认矿业不仅仅是从地下采掘出矿产、加工矿石和矿山经济寿命结束时就闭坑的公司”。作者认为,不能再沿用20世纪的标准进行矿产开发工作,强调不能低估当地能够且的确在妨碍矿业运营的政治、文化与经济问题。为了成功地开发矿产,矿业公司在规划采矿项目时,已经不得不包括一些当地社区的发展计划。矿业公司越来越需要提供更多的基础设施和做更多的社会善事。例如,澳大利亚西部矿业公司成立了一个地理学家办公室来解决影响公司投资的非矿业问题。在菲律宾,该公司1995年大约780万美元的勘查预算中的10%提供给了勘查地点的社区服务和其他非矿业活动。这样的问题,在我国也是同样存在的,矿产勘查是社会经济活动的一部分,它既受社会经济的制约,又为社会经济的发展服务。

这十年来,矿产勘查学科随着客观形势变化而发生了显著的变化。国家社

会政治经济体制的改革、国际市场价格的起伏、国际政治风云的变幻、地质成矿找矿理论和实践的发展、高新技术的引进等等,已成为学科发展的驱动力。这本教材一方面要基本反映矿产勘查的新进展和新变化,另一方面又要满足教学改革、拓宽专业面、增强适应性的新需要。学校是培养能适应未来知识经济时代需要的创新人才基地,新教材应有利于启迪学生的创造性思维,培养学生的创新能力。从这样的高度来看,本教材尚有很多不足之处,我们热切期盼广大读者能够提出宝贵意见。

本教材编写分工如下:第一、二章,赵鹏大;第三章,曹新志;第四章,李志德;第五、六、七章,池顺都。全书由赵鹏大、池顺都负责主编,最后由赵鹏大定稿。

本书附件《矿产勘查理论与方法实习指导书》,前4个实习由曹新志编,后8个由池顺都编。

本书稿承蒙裴荣富院士审阅并提出宝贵意见,谨表诚挚谢意。

方教为本书清绘图件,池漪为本书设计封面,在此一并致以谢意。

赵鹏大

2001年2月

### 主要参考文献

- 长江日报报讯,2000,我国矿山环境恶化加剧,长江日报,2000年10月7日  
John, Hollaway, 1997, Small-scale Mining: How to Combine Development with Low Environmental Impact, Industry and Environment, 20(4):44~48

# 目 录

<b>第一章 资源保证与矿产勘查</b> .....	(1)
第一节 持续发展与资源保证.....	(1)
第二节 矿产勘查与相关学科.....	(4)
第三节 学科变迁与发展趋势.....	(8)
<b>第二章 矿产勘查基本理论</b> .....	(13)
第一节 勘查特征与理论思路 .....	(13)
第二节 基本理论与四大基础 .....	(16)
第三节 对立统一与优化准则 .....	(30)
第四节 勘查战略与战术决策 .....	(34)
<b>第三章 勘查阶段与勘查系统</b> .....	(39)
第一节 勘查阶段与勘查周期 .....	(39)
第二节 勘查要求与工作程序 .....	(43)
第三节 可行性评价与勘查决策 .....	(53)
<b>第四章 成矿预测与矿产普查</b> .....	(61)
第一节 成矿预测与科学找矿 .....	(61)
第二节 控矿因素与找矿标志 .....	(79)
第三节 成矿规律与矿床谱系.....	(112)
第四节 找矿方法与信息提取.....	(131)
第五节 信息合成与靶区优选.....	(157)
<b>第五章 矿床勘探与探采结合</b> .....	(169)
第一节 矿体变异与勘查类型.....	(169)

第二节	勘查精度与勘查程度·····	(179)
第三节	矿体取样与质量评定·····	(187)
第四节	矿体构形与勘查剖面·····	(207)
第五节	储量计算与比较评价·····	(240)
第六节	矿山设计与探采结合·····	(275)
第六章	矿产勘查与资源经济·····	(281)
第一节	项目选择与市场竞争·····	(281)
第二节	紧缺矿产与两个市场·····	(285)
第三节	资产评估与矿权转让·····	(288)
第四节	风险勘查与资金引进·····	(292)
第五节	矿业经济与矿后经济·····	(296)
第七章	矿产勘查与高新技术·····	(299)
第一节	专家系统与智能勘查·····	(299)
第二节	遥感技术与全球定位·····	(300)
第三节	高精探测与分析技术·····	(302)
第四节	地理信息与神经网络·····	(304)
第五节	分形技术与混沌理论·····	(310)
第六节	海洋技术与超深钻探·····	(312)
第七节	计算机化与矿产勘查·····	(314)
第八章	面向未来与接替资源·····	(319)
第一节	新型产业与新型资源·····	(319)
第二节	环境保护与绿色矿业·····	(324)
第三节	接替资源与非传统矿·····	(328)

# 第一章 资源保证与矿产勘查

## 第一节 持续发展与资源保证

20世纪70年代以来,世界上经常讨论人类社会发展的现状和未来问题。1972年,罗马俱乐部推出了梅多斯等人的《增长的极限》报告,他们认为,人口、粮食、工业品和污染4个参数都是指数增长的,而不可再生资源是随经济发展而逐渐减少的。人口的指数增长与不可再生资源的枯竭将形成经济增长的极限。1987年世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》报告中提出了“可持续发展”的命题并将其定义为在不牺牲子孙后代需要的前提下满足当代人需要的发展。1992年在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会,提出了《21世纪议程》。这个文件的实质就是要求人类社会的发展要建立在经济有效、社会保障和生态安全的基础上。这可以说是世界社会发展在认识和行动上的一个转折点:人必须善待自然,人类社会的发展必须与地球或自然的发展相和谐,当代人的发展必须以不牺牲后代人的发展为代价。

众所周知,影响人类社会可持续发展的3个最重大的问题是人口、资源与环境。人口激增、资源短缺和环境恶化是当代人类面临的三大严重问题。此外,还有国家和地区发展的不平衡,局部战争的接连不断,自然灾害的频繁发生等都给人类发展,特别是给发展中国家和不发达国家带来更大的困难和严重后果。

### 一、矿物原料消费的增长

20世纪后半叶,世界人口激增,如在1950年以前,世界人口只有25亿,但到20世纪末世界人口增长了1倍以上,达到57亿。随着人口增长和经济发展,世界上对矿物原料的需求和消费也有很大的增长。1950—1970年世界石油开采增加了4.4倍,即从521Mt增至2282Mt;天然气增长5.4倍,即从1910亿 $m^3$ 增至10290亿 $m^3$ ;煤增加1.4倍,即从1536Mt增至2158Mt;而金属矿产则增加了2.5~7倍(Козловский Е. А., 1999)。但在这当中,发达国家对矿物原料消费的增长主要不是靠增加本国资源的采掘量,而是更多依靠进口外国资源。例如,在1970年,西欧的石油开采量为16Mt,但所需石油及石油制品量超过其自身开采量的38倍(达606Mt);在美国当时需求石油708Mt,而本国仅开采486Mt,占需求量之65%。铁矿情况也类似,英国、德国、比利时三国生产铁

矿石 17.6Mt,而进口铁矿为 42Mt,为其生产量的 2.4 倍。

资源保证问题受到很多国家的高度重视。如 1984 年美国在全国性会议上讨论了如下一些重要问题:战略矿产资源及其在世界上的稳定性;美国对战略性矿物原料的依赖性;美国未来对战略性矿物的需求状况等。对这些问题表现如此巨大之关注是由于美国从全球角度预测最近 20~30 年间将发生世界性的矿物原料短缺。

尽管如此,在 1970—1990 年间,世界的矿产勘探储量有了明显的增长:铝土矿增加了 9.4 倍,铂族金属增加 7.3 倍,锰矿增加 4 倍以上,金刚石、钴、磷等增加 3 倍以上;天然气、铀、锌、钨、硫及钾盐增加了 2~3 倍,石油及钼增加 1.9 倍,大多数矿产储量的增长大于开采量。

人们对矿产资源的需求和消费还应注意两方面情况:其一是随着科学技术的进步,大大扩展了利用新类型矿产的数量,如铀、稀有金属及稀土元素等。其二是世界矿物原料消费结构的变化。如在世界的燃料动力原料平衡中,20 世纪 50~70 年代石油所占比例从 27% 增加至 47.9%,但到 90 年代则减少到 39.2%;天然气逐步增长,从 9.8% 到 18.4% 及至 90 年代的 22%;煤则逐步减少其份额:从 61.5% 降至 30.9% 乃至 29%;原子能所占比例从 1970 年的 0.6% 增至 1990 年的 7%,而在西欧国家则增至 14%。

总的说来,矿物原料消费增长的速度是惊人的。最近 35 年消费的石油和天然气数量相当于这类矿产迄今为止开采总量的 80%~85%,在这 35 年中对其他矿物原料的消费也增加了 3~5 倍,而在这当中,占世界人口 16% 的发达国家消费了世界矿物原料采掘量的 52%,所以一些学者认为:矿产资源问题已从区域问题变为全球问题,并从经济范畴进入政治范畴。

## 二、矿产资源的保证程度

矿产资源是人类赖以生存和发展的物质基础。目前,我国 95% 的能源和 80% 的工业原料都取自矿产资源。“未来 20~30 年内,我国矿产品的年绝对需求量将大幅度增加,一些主要矿产品 2020 年需求量将是目前的两倍”(周永康,1999 年 12 月 2 日)。对这样的需求,我国的矿产资源保证程度如何?这是人们所关注的问题。

我国矿产资源总量丰富,到 1998 年底,我国已发现 171 种矿产,矿产地 25 000 多处,有探明储量的矿产 153 种,其中 45 种主要矿产已探明储量潜在价值约占世界矿产总值的 12%,居世界第 3 位。然而,我国矿产资源人均占有量仅为世界人均水平的 58%,居世界第 53 位,而且存在支柱性矿产后备储量不足,中小矿床多,大型特大型矿床少,支柱性矿产贫矿和难选矿多、富矿少,以及资源分布与生产力布局不匹配等主要问题。例如在 45 种主要矿产资源中,到



2000年可以保证需求的有29种,到2010年将下降到23种,而到2020年则仅有6种。到2010年,资源短缺、主要靠进口的矿产有铬、钴、铂、钾盐、金刚石等5种;而到2010年,不能保证,需要长期进口补缺的矿产有石油、天然气、铁、锰、铜、镍、金、银、硫、硼等10种;2010年基本可以保证,但可利用矿区在储量或品种上还存在不足,需要在国内进一步找矿或进口解决的矿产有铀、铝、锶、耐火粘土、磷及石棉等6种。届时进口矿产品将达到2.5~3亿t,这将耗费大量资金和外汇。以铜为例,1995年铜产品进口达220万t,耗资超过2亿美元。近几年,铬铁矿砂的年进口量超过100万t,年耗资也在2亿美元左右。这表明我国矿产资源的形势是严峻的。

据联合国经济委员会1981年发表的一份报告预测,如果发展中国家对矿物原料需求达到美国的消费水平,则现有的铝土矿储量在18年后将消耗殆尽,铜9年,石油7年,天然气5年,铅6年,而锌6个月。当然,像美国这种大量资源消费型的发展模式和生活方式是不可取的,尤其像我国这样人口众多的国家,必须走一条资源节约型的发展道路和生活模式,也就是走可持续发展或生态经济发展的道路。

戴自希等(1994)在《我国十几种急缺矿产找矿重大突破的可能途径和对策研究》一文中引述了如下一些资料:目前世界上已知的石油证实储量为9991亿桶,按现在的年采量,其储量寿命约为45年,远比1970年和1980年预测的寿命(30~35年)为长。据证实天然气储量为119万亿 $m^3$ ,按现在的消费量可用55年。煤资源量较丰富,储量寿命在230年左右。铀矿资源现有储量能保证58年,而金属矿产大多数矿种储量寿命均为30~40年以上,其中寿命不到30年的有金、银、汞、铅和锌。有些矿种寿命上百年,包括铁、铬、钒、钛、铝、锂、铍、铌、钼族和稀土金属矿产。非金属矿产资源量丰富,除某些特殊矿种外,大部分资源的保证程度在30~50年以上。储量寿命最短的是金刚石,约为9年。

关于矿产资源的保证程度问题应指出如下几点:

(1) 由于矿产资源分布的不均匀性和各个国家矿产消费水平不同,因而不同国家矿产资源的保证程度各异。在世界经济逐步一体化,矿产资源进入国际大市场,每个国家都有可能利用两种资源、两个市场的情况下,在一定程度上可以缓解本国矿产资源的不足。

(2) 像中国这样的发展中大国,尤其是人口大国,在有条件地利用外国矿产资源以弥补本国某些资源之短缺外,应主要立足于本国资源。为此,必须加强地质勘探工作,努力发现新矿床,特别是战略性和大宗、支柱及紧缺性矿产资源,不断提高这些资源的保证程度,以保护国家的国防安全、经济安全和资源安全。

(3) 不可再生矿产资源的资源总量毕竟是有限的。随着人类对矿产资源不断地采掘和利用,它们必将逐渐消耗殆尽。因此,在不断努力发现新矿床的同