

21世纪高等院校教材

矿产资源勘查学

(第三版)

阳正熙 高德政 严冰 编著



科学出版社

21 世纪高等院校教材

矿产资源勘查学

(第三版)

阳正熙 高德政 严冰 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书从成矿规律、成矿模型、勘查模型、成矿预测方法以及勘查项目等方面系统论述了靶区圈定战略；从遥感技术和矿产地质填图、地球物理、地球化学以及探矿工程方面详细阐明了现代矿产勘查技术体系；从矿产勘查阶段和资源量/储量分类系统、勘查工程的总体部署、矿产取样、综合地质编录以及资源储量估算等方面全面归纳了矿产勘查的方法学体系。本书既强调基本概念、基本理论和基本技能，又注重融入综合分析、创新思维和前沿成果。

本书可作为资源勘查工程专业和地质学专业本科生和研究生的教材，也可供从事矿产勘查方面的研究人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿产资源勘查学/阳正熙,高德政,严冰编著. —3版. —北京:科学出版社, 2015.1

21世纪高等院校教材

ISBN 978-7-03-042795-3

I. ①矿… II. ①阳…②高…③严… III. ①矿产资源-地质勘探-高等学校-教材 IV. ①P624

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第300454号

责任编辑:文一物/责任校对:胡小洁
责任印制:徐晓旭/封面设计:陈敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京科印技术咨询服务公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011年2月第 二 版 印张:25 1/2

2015年3月第 三 版 字数:635 000

2015年3月第一次印刷

定价:59.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第一作者简介

阳正熙 成都理工大学地球科学学院资源工程系教授、博士生导师。1973~1976年在长沙冶金工业学校矿山地质专业学习；1982年获成都地质学院矿产地质与勘探专业学士学位；1988年获中国地质大学矿产普查与勘探专业硕士学位；1996年获成都理工学院矿床学专业博士学位。1990~1991年以访问学者身份在英国威尔士大学加的夫学院学习矿产勘查哲学；1997~1998年以高级访问学者身份在加拿大麦吉尔大学专修经济地质学；2001年在英国埃克塞特大学进修矿山环境保护；2001~2002年在美国亚利桑那大学研修神经网络在地学中的应用技术。主要研究领域包括矿床学和矿产勘查地质学。

第三版前言

本书第三版遵循的思路是，继续提升其理论性、综合性、实用性和可读性，努力打造既适合于资源工程专业（固体矿产方向）本科和研究生的专业教材，又可作为其他地矿类专业教学以及野外地质勘查工作者的参考书。本次修改和补充的重要内容包括以下几个方面。

(1) 在第 12 章中对“联合国分类框架”（12.1.1 节）的内容进行了更新；将原第 16 章 16.2.6 节“矿体空间连续性”的内容调整至第 12 章作为 12.3 节。

(2) 在第 16 章中删去了“特高品位问题”一节（原 16.2.5 节）和“矿体空间连续性”（原 16.2.6 节），补充增加了“资源储量类别的确定”一节内容（16.2.5 节）。

(3) 第 17 章作了比较大的调整：①将“空间内插方法”（原 17.1.5 节）的内容充实后单列为 17.2 节；②补充增加了“矿石品位数据的探索性分析”的内容，将其列为 17.3 节，“特高品位问题”也归入本节的内容中；③补充了“距离倒数加权法”的内容（17.6.4 节）；④在“地质统计学方法”一节（17.7 节）中补充了点克里金、块克里金、克里金方差的原理和计算过程。

(4) 每章后面都增加了讨论题，这些讨论题一般都没有标准答案，适合于兴趣小组课外交流和讨论。

(5) 考虑到教学的时效性，在第 1 章中删去了铁矿石价格博弈的案例（案例 1.1）。由于在 17.3.3 节中讨论了“支撑”的概念，在第 17 章中删去了“支撑对矿床（体）品位-吨位的影响”（原 17.7.4 节）。

(6) 其余各章也都作了相应的补充修订，力求概念准确、表述清晰、内容完整。

矿产资源勘查学是一门极具综合性和应用性的专业课程，建议在理论教学过程中采用多样化的教学方式，围绕重点、突破难点、引发思考、启迪思维、培养创新意识，教学目的是为学生建立起矿产资源勘查的方法、理念、知识与框架。为方便与使用本教材的教师进行教学交流，笔者可提供自己在长期教学过程中使用的 ppt 课件，有需求者可向本书责任编辑索取。第三版不再附课程设计实训材料的光盘。

矿产资源勘查是一个从未知到已知的探索过程，建议同学们在阅读本教材的过程中不要浅尝辄止、一知半解，也切忌死记硬背、囫圇吞枣。先从头至尾通读一遍，初步建立矿产资源勘查的理念知识框架；读第二遍时对重点章节内容仔细揣摩，进而获取这些知识的背景，理解应该采用什么样的逻辑和方法解决矿产资源勘查中的复杂问题，培养分析问题和解决问题的能力；读第三遍温故知新，触类旁通，从而收获具有很强生命力和持久性的知识体系；更深入地阅读则有可能形成自己的思想。

在第三版修订的过程中参阅并引用了国内外大量优秀的文献资料，谨向这些作者表示崇高的敬意和诚挚的感谢！本书第三版的出版得到四川省“十二五”规划教材出版基金的资助，第三版新增图件由李静静和李文娟绘制，谨借此机会表示衷心的感谢！

阳正熙

2014 年 7 月 19 日

第二版前言

本教材第一版自 2006 年出版后，已连续印刷 6 次，发行量接近 9000 册。这组数据承载着的是读者对本书的厚爱，也是对笔者的鞭策。

时过四年，矿业全球化以及世界经济的深刻变化对于矿产资源勘查领域产生了重大的影响。与此同时，高等教育教学改革也在稳步深入推进，矿产资源勘查学的课程内容和知识体系也需要跟上时代发展的步伐。为此，本书在第一版的基础上进行了如下重要的修改补充：

(1) 对第二部分矿产勘查应用技术的内容进行了显著扩充，其思路是力图将矿产资源勘查学打造成一门综合性课程。笔者在教学研究和实践过程中体会到，对于资源勘查工程专业而言，独立开设遥感、地质填图、地球物理、地球化学等勘查技术课程不仅要受到课程学分方面的约束，而且其教学效果也低于预期。如果把矿产资源勘查学作为综合性课程开设，不仅能够减少课程的门类和学时，有利于为学生腾出更多的时间学习通识课程，而且打破了学科之间的界限，有利于培养学生对矿产资源勘查的整体认知能力。

(2) 补充前沿性和先进性的知识，注重体现与国际接轨的思想。体现在将原第 11 章矿产勘查阶段拆分为第 11 章矿产勘查阶段和第 12 章固体矿产资源/储量分类系统，并在第 12 章中介绍了国际上主要的资源/储量分类系统以及我国 2009 年新修订的《固体矿产资源量/储量分类》；将原第 15 章拆分成现在的第 16 章矿体圈定和第 17 章资源储量估算方法简介，在第 16 章中增加了矿体连续性的内容，第 17 章中补充了 SD 法、地质统计学方法、品位-吨位曲线，以及资源储量精度等方面的内容。

(3) 增加了课程设计的实训材料，并且以光盘的形式储存。实训过程主要利用中国地质调查局开发的软件来实现，目的是为教学提供方便。课程设计的内容由高德政教授和严冰讲师完成。

(4) 其余各章节也都作了相应的补充和调整，进一步丰富了本教材的内涵。

在第二版修订的过程中参阅并引用了国内外大量优秀的文献资料，谨向这些作者表示敬意和诚挚的感谢！第二版的出版得到成都理工大学教材出版基金的资助，书中部分图件由孙萍女士绘制，谨借此机会表示衷心的感谢！

笔者对本教材第一版中存在的个别疏漏向读者深表歉意！

阳正熙

2010 年 8 月

第一版前言

矿产资源是人类社会发展的物质基础，人类文明从新石器时代、铜器时代、铁器时代至工业化时代的每次跨越，都伴随着矿产资源利用技术水平的飞跃，人类在开发利用矿产资源的进程中，逐步积淀了勘查矿产资源的知识，发展成为矿产勘查学。

矿产勘查学最早的知识体系是苏联学者 V. M. Kreiter (1931) 根据苏联执行第一个五年计划在矿产勘查方面积累的经验总结成《矿床找矿勘探方法》；1940 年，由 Kreiter 撰写的《矿床找矿勘探学》教材出版，该教材的修订版（上册）在 1961 年、（下册）在 1962 年出版。一些国际上有影响的矿床勘查学优秀教材还包括捷克斯洛伐克布拉格大学 M. Kuzvart 等（1978 年第一版，1986 年第二版）的《矿床找矿与勘探》、美国亚利桑那大学 W. C. Peters (1978 年第一版，1986 年修订版) 的《矿床勘查与矿床地质学》、原英国威尔士大学加的夫学院 A. E. Annels (1991) 的《矿床评价》、英国雷斯特大学 A. M. Evans (1995) 的《矿产勘查学导论》及其由 C. J. Moon 等 (2006) 修订再版的《矿产勘查学导论》，以及加拿大不列颠哥伦比亚大学 A. J. Sinclair 等 (2002) 的《应用矿产资源储量估计》等。

在我国，矿产资源勘查学作为一门独立的应用地质学学科，可以追溯到 20 世纪 50 年代。最早在地质院校设置的课程名称为“找矿与勘探及编录、取样、储量计算法”，后来调整为“找矿勘探方法”、“找矿勘探地质学”、“找矿勘探学”、“矿产勘查与评价”、“矿产勘查学”，以及“矿产资源勘查工程学”等。最初的教学内容主要是借鉴苏联的教材以及苏联专家在华培训讲学的讲稿。国内比较有影响的教材包括：原重工业部（1954）汇编翻译的《找矿勘探理论和方法，苏联地质专家讲课汇编》、原成都地质学院与原昆明工学院（1980）的合编教材《找矿勘探学》（上、中、下）、侯德义（1984）主编的《找矿勘探地质学》及其由李守义等（2003）修订再版的《矿产勘查学》、赵鹏大等（1986）的《矿产勘查与评价》及其 2006 年修订再版的《矿产勘查理论与方法》、徐增亮等（1990）的《铀矿找矿勘探地质学》、阳正熙（1993）的《矿产勘查中的现代理论和技术》、范永香等（2004）的《成矿规律与成矿预测学》等。

30 余年来对矿产勘查的学习理解、课堂讲授、野外实践，笔者深深体会到，矿产勘查中充满着科学性、综合性、复杂性、变化性和艺术性的问题，这意味着在矿产勘查工程学课程的训练过程中，必须强调对学生进行创造性思维能力的培养。

矿产勘查最重要的环节是选准勘查靶区，本书的第一部分即是围绕这一主题展开的，包括第 2、3、4、5、6 章的内容。第 2 章主要论述成矿作用的地质规律，其目的是要阐明在哪个地质时期、在什么构造部位可能产生成矿物质的富集，从而为成矿预测奠定理论基础。矿产勘查思维需要借助于成矿模型来表达，因而在第 3 章中详细地阐述了成矿模型的概念以及描述性模型、品位-吨位模型，以及矿床成因模型的功能和应用。勘查模型在第 4 章中进行专门论述，其目的是要突出矿床类型的信息特征以及识别这些特征相应的勘查手段。第 5 章涉及了圈定勘查靶区的具体步骤和主要方法。第 6 章论述了建立勘查项目的战略考虑和哲学思想。

第二部分共有 4 章，重点论述矿产勘查应用技术体系。在第 7 章中介绍遥感地质及矿产地质填图；第 8 和第 9 章分别阐述了地球物理和地球化学勘查技术的原理、方法，以及适用条件等方面的内容；第 10 章着重讨论探矿工程在矿产勘查中应用的技术问题。

第三部分的内容涉及矿产勘查方法系统，分成 5 章进行讨论。第 11 章阐明了矿产勘查阶段的划分以及各阶段主要的工作内容，并且详细介绍了矿产资源储量的分类系统；第 12 章论述了矿产勘查工作总体部署的指导思想和技术路径；第 13 章阐述了矿产取样的原理、思路和具体方法；第 14 章介绍矿产勘查中一些主要的综合图件的内容和编制方法；第 15 章专门介绍固体矿产资源储量估算方法的原理和步骤。

为了系统培养学生的实际动手能力和综合分析解决问题的能力，本课程安排了课程设计的内容。课程设计要求学生根据一个地区的基本地质资料确定矿种和目标矿床、圈定勘查靶区、建立勘查模型、进行项目设计、原始地质编录和综合地质编录、估算资源储量，最后提交勘查报告。课程设计说明书将与本教程配套。

本书力图反映近年来矿产系统勘查理论研究方面的主要成果以及综合勘查方法所涉及的最重要方面。的确，我们对于矿产勘查活动的认识在好多方面仍然是不全面的，我们需要不断更新知识、创新思想和发展理论。本书的编著只是一种新的尝试，作为教材，希望它能为学生搭建起矿产勘查知识的平台；作为参考书，希望它能为常年坚持在野外第一线辛勤工作的地质勘查人员提供理论和技术指导。然而，由于学时（篇幅）的限制，一些内容（如矿床统计预测方法、地质统计学等）不得不尽量压缩，一些内容（如原始地质编录）则需要放在课程设计中去完成。由于笔者才疏学浅，书中难免存在不完善甚至谬误之处，恳请矿产勘查界专家、同仁和同学们批评指正！以便有机会修订再版时改进。

本书在编写过程中参阅并引用了国内外大量的相关资料，这些优秀的参考文献给了笔者巨大的启迪和帮助；本书的出版得到成都理工大学教务处的资助，谨借此机会一并致以最诚挚的谢意！

阳正熙

2005 年 12 月 1 日

目 录

第三版前言

第二版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 矿产勘查的目的和性质	1
1.2 矿产勘查所面临的形势	3
1.3 矿产勘查中的风险	6
1.4 矿产勘查地质工作者应具备的素质	7
本章小结	9
讨论题	9
本章进一步参考读物	9

第一部分 靶区圈定

第 2 章 成矿地质规律分析	13
2.1 成矿规律分析	13
2.2 矿床的空间展布特征	15
2.3 成矿的时间演化规律	20
2.4 板块构造环境与成矿的关系	27
2.5 控矿因素分析	33
本章小结	42
讨论题	42
本章进一步参考读物	42
第 3 章 成矿模型	43
3.1 成矿模型的概念	43
3.2 描述性模型	46
3.3 矿床品位-吨位模型	49
3.4 矿床成因模型	52
本章小结	54
讨论题	54
本章进一步参考读物	55
第 4 章 矿床勘查模型	56
4.1 概述	56
4.2 矿产勘查模型的种类	58
4.3 矿产勘查中两个令人困惑的问题	62

本章小结	63
讨论题	63
本章进一步参考读物	63
第5章 靶区圈定及资源潜力评价方法	64
5.1 勘查目标决策	64
5.2 “三部式”矿产资源评价方法	71
5.3 数学模拟方法在成矿预测中的应用	74
5.4 全国矿产资源评价项目采用的方法体系简介	84
本章小结	86
讨论题	87
本章进一步参考读物	87
第6章 矿产勘查项目	88
6.1 矿产勘查工作的主要内容	88
6.2 关于矿产勘查	90
6.3 矿权基本知识	98
本章小结	102
讨论题	103
本章进一步参考读物	103
第二部分 矿产勘查应用技术	
第7章 遥感地质及矿产地质填图	107
7.1 遥感技术	107
7.2 矿产地质填图	113
本章小结	119
讨论题	119
本章进一步参考读物	119
第8章 地球物理勘查技术	120
8.1 概述	120
8.2 磁法测量	125
8.3 电法测量	133
8.4 重力测量	140
8.5 设计和协调地球物理工作	145
本章小结	146
讨论题	147
本章进一步参考读物	147
第9章 地球化学勘查技术	148
9.1 概述	148
9.2 地球化学勘查的主要方法及其应用	154
9.3 矿产地球化学勘查的工作程序和要求	160
9.4 异常查证	166

本章小结	168
讨论题——加拿大不列颠哥伦比亚省 Hillside 地区铜异常	168
本章进一步参考读物	170
第 10 章 探矿工程勘查技术	171
10.1 坑探工程	171
10.2 钻探方法	175
10.3 金刚石岩心钻探方法	179
10.4 钻孔的设计	181
10.5 钻探编录	185
10.6 钻探合同	193
本章小结	194
讨论题	194
本章进一步参考读物	194
第三部分 矿产勘查方法	
第 11 章 矿产勘查阶段	197
11.1 概述	197
11.2 矿产预查阶段	200
11.3 矿产普查阶段	205
11.4 矿产详查阶段	210
11.5 矿产勘探阶段	212
本章小结	216
讨论题	216
本章进一步参考读物	216
第 12 章 固体矿产资源量/储量的分类系统	217
12.1 国际上主要的资源/储量分类系统简介	217
12.2 我国矿产资源储量分类系统	227
12.3 矿体空间连续性	237
本章小结	238
讨论题	239
本章进一步参考读物	240
第 13 章 矿产勘查工作的总体部署	241
13.1 矿床勘查类型	241
13.2 勘查工程的总体部署	245
13.3 勘查工程地质设计	255
本章小结	259
讨论题	260
本章进一步参考读物	260
第 14 章 矿产勘查取样	261
14.1 取样理论基础	261

14.2	矿产勘查取样	272
14.3	矿产勘查取样的种类	276
14.4	样品分析、鉴定、测试结果的资料整理	286
	本章小结	288
	讨论题	288
	本章进一步参考读物	288
第15章	矿产勘查综合图件的编制	289
15.1	编制综合性图件的一般要求	289
15.2	区域性图件	290
15.3	矿区(床)地形地质图和矿区(床)实际材料图	293
15.4	勘查线剖面图、中段地质平面图和矿体纵投影图	295
15.5	其他综合性图件	305
	本章小结	306
	本章进一步参考读物	306
第16章	矿体圈定	307
16.1	矿产工业指标	307
16.2	矿体的圈定	316
	本章小结	326
	讨论题	327
	本章进一步参考读物	327
第17章	矿产资源储量估算	328
17.1	概述	328
17.2	空间内插方法	331
17.3	矿石品位数据的探索性分析	334
17.4	国内传统的资源储量估算方法	339
17.5	SD资源储量估算方法	344
17.6	西方主要矿业国家资源储量估算方法简介	349
17.7	地质统计学方法	353
17.8	资源储量估算中应注意的问题	364
17.9	矿床(体)的品位-吨位曲线	365
17.10	资源储量估算的误差	368
	本章小结	373
	讨论题	373
	本章进一步参考读物	374
	主要参考文献	375
附录1	矿产地质勘查报告编写提纲	384
附录2	矿产资源储量规模划分标准	394
附录3	度量单位换算系数	395
	后记	

第1章 绪 论

1.1 矿产勘查的目的和性质

1.1.1 矿产勘查的目的

矿产资源是人类的宝贵财富，具有难以发现和不可再生的性质。矿产勘查是为发现和获得这些矿产资源而进行的科学调查活动。它是在区域地质调查的基础上，根据国民经济和社会发展的需要，综合运用地质科学理论及多种勘查技术手段和方法对工作区的地质特征和矿产资源所进行的系统研究。

矿产勘查包括寻找、发现、证实和评价矿床。矿产勘查的主要目的是合理地使用资金和时间、运用有效的技术手段去成功地发现和探明矿床。

1.1.2 矿产勘查成功的定义

矿产勘查中的成功可以从两个主要方面进行定义：科学和技术意义上的成功及经济意义上的成功。

科学和技术意义上的成功表现为发现了值得进一步查明其经济潜力（吨位和品位）的矿化富集体或者圈出了重要的矿化异常。在此基础上，进一步的勘查验证将有三种可能的结果：①非经济的成功，即在可预见的未来，所发现的矿化体如果开采是不能盈利的；②次经济的成功，即在当前经济技术条件下所发现的矿化体暂时不能开采利用，但随着技术的进步或经济环境的改善，次经济的资源可能成为经济上可利用的资源；③经济上的成功，即所发现的矿化体能满足当前经济技术条件下进行盈利开采所需要的全部条件，这类矿体（床）通常称为工业矿体（床）。

科学和技术上的成功取决于两个关键的要素：存在和探测。在一个限定地区内矿床的存在与否是一种自然状态，这就是说在无矿的地区无论勘查理论和手段多么先进也不可能找到矿，因此，勘查工作最重要的是选准靶区。探测则在很大程度上取决于勘查工作的质量，这意味着：①选择最适合于目标矿床类型及其环境的技术和方法；②合理地计划和组织勘查工作，包括进度安排及其逻辑性；③合理地利用好风险资金。

经济意义上的成功依赖于另一个关键要素——矿床的经济价值；其意义是使科学技术上的成功转化为经济上的成功。矿床经济价值仅部分取决于矿化体的自然状态，即矿化强度和范围，同时，它还包括了许多其他因素，如地理因素、经济因素、财政因素及政策和法律法规因素等。

如果考查近些年来重要矿床的发现，不难看出矿产勘查的成功主要来自以下两方面的因素：

(1) 地质人员在以前没有人勘查过的地区进行找矿。这可能是由于历史原因，以前这一

地区交通不便,然而,更主要的原因可能是以前没有人意识到这个地区的找矿潜力。

(2)地质人员认识了难以识别或者非典型的矿化标志。主要的原因可能是前人已经观测到这些矿化特征但否定了它们的价值。

逻辑思维在矿产勘查中固然十分重要,但促使矿产勘查取得成功的关键要素往往是横向思维。在矿产勘查中,所谓横向思维指的是这样一种思维意识能力:①采用新的视角理解所熟悉的岩石和地质环境;②质疑所有的假设(尤其是自己提出的假设)和已被接受的观点;③知道什么时候追随预感。

1.1.3 矿产勘查性质

矿产勘查主要是一种经济活动,更确切地说,是一种特殊的投资形式。促进矿产勘查活动不断进行的原因是:①已知矿产储量不能满足当前或可预见未来的经济发展要求,急需寻找新的资源储量;②人们总想找到比目前正在开采或拥有资源储量的矿床更能获利的矿床,即生产成本较低和(或)品位较高的矿床。但在实际工作中,大多数勘查项目多难以发现具有经济意义的矿床,因此,其项目的最初投资就难以回收,更不用说赚取投资利润了。对于国外一些私营勘查公司来说,矿产勘查的大部分盈利来自少数重大矿床的发现。

矿产勘查是一个动态的过程,它将随着矿产品价格和消费者的需求、采矿和矿石加工技术、政府的矿业政策及新的勘查技术和地质理论等因素的变化而变化。

由于矿产勘查基本上是一种经济活动,因此,技术发展和政府的矿业政策对于矿产勘查的整个水平和发展方向有着极大的影响。矿产勘查的一次热潮一般开始于某种刺激因素,如矿产品价格的上升、新矿床类型的证实,或者在以前被认为缺乏矿产资源的地区取得重要突破等。一次勘查热潮,常常可导致许多重大发现。由于新发现的矿产原料看来已经过剩,或者随着本地区勘查的深入发展,目标矿床发现率显著降低,或者在新的地区发现了更容易探明的矿床,致使勘查目标转移,于是矿产勘查的一个周期宣告完成,与此同时,新的勘查热潮将再度兴起。

世界矿产品市场巨变始于1974年,由于供小于求,1973~1974年石油价格急剧上升,其他矿产品价格也相继上涨(尤其是1979~1980年),并由此导致了20世纪70年代后期矿产勘查活动的繁荣兴旺。同时,也促使人们更合理使用矿产资源,更广泛地回收金属,以及发展塑料、金属陶瓷和玻璃材料来代替一些传统的矿产资源。

上述状况导致了两方面的后果:一方面,矿山建设和开发的速度加快;另一方面,消费却停滞不前,矿产品过剩,价格暴跌,矿产品输出国也因此而失去了重要的外汇来源。于是又迫使许多矿山关闭,采矿公司关、停、并、转;对地质勘查而言,除金矿勘查仍然方兴未艾外,其他许多金属矿产勘查活动锐减,直到1997年矿产勘查投资才回升至高位。

由于随后几年金属价格暴跌,大部分采矿公司持续削减生产、一些矿业公司并购,以及许多初级公司缺乏资金,导致勘查投资连续5年下降,并且在2002年降到了12年以来的最低点。这轮矿产勘查周期于2002年探底,之后,由于黄金价格的不断攀升以及股市持续多年的牛市,共同促使其他大多数金属的价格在2007年和2008年早些时候达到高峰,大型采矿公司每年勘查投资的增加和初级勘查公司投资的急剧增加推动世界矿产勘查投资(不包括铀矿)创造了2008年的历史新高。然而,伴随着世界陷入近十年以来最坏的经济状况,金融市场也遭遇低迷,矿业市场这几年的繁荣期至2008年9月进入了新一轮的调整期。尤其

是从2012年开始,随着全球矿产品需求持续萎缩,矿业投资强度显著削减,大宗商品及主要矿产品价格呈现高位下行态势,我国矿业与全球矿业一样,进入了行业的低迷期。未来十年,随着世界经济的复苏,尤其是国内经济的稳步增长,必将推动矿产品需求持续增加,矿产勘查将会迎来新一轮的发展机遇。在机遇与挑战并存时期,中国矿业要实现可持续发展,必须实施创新驱动战略,借力改革,进行结构优化调整,坚持长远布局;加强对市场的研判,并根据市场的变化调整布局,培育适应矿产勘查需要的各类市场主体;进一步鼓励和引导企业放眼未来,提升矿产勘查企业的差异化竞争能力,引导国有地勘单位与矿业公司通过并购重组来组建我国大型跨国矿业企业,打造中国矿业经济升级版。

1.2 矿产勘查所面临的形势

1.2.1 国家矿产资源安全的基本概念

在未来100年内,我们的矿产资源也许还不会枯竭,但可以预料,随着技术、经济等各方面的发展和变化,有的矿产品可能在利用上受到限制,有的则会大力发展,当然也可能会有新的突破。保证适应形势需要,提供足够的、长期稳定的、经济上可接受的矿产资源是地质、采矿、选冶工作者的光荣任务。

随着我国经济的持续高速发展,我国部分重要矿产资源保障程度不断降低,特别是石油、铀、铁、铜、铝土矿、锰、铬、钾盐等大宗矿产自给不足,供需缺口持续扩大,矿产品进口量大幅攀升,矿产资源对经济增长的约束日益加剧,直接影响国家经济全局的稳定。我国已成为全球矿产资源第一大消费国,“中国需求”、“中国因素”被列为影响国际矿产品市场未来价格走势的首选因素之一,中国需求量的每一次微小的变化,都会引起矿产品价格的重要波动。城镇化是刺激中国内需的核心动力,李克强也曾多次强调,城镇化是未来中国经济增长的动力;根据中国社会科学院发布的《2013中国中小城市绿皮书》,至2020年中国的城镇化率将达到60.34%,届时全国将有8.37亿人生活在城镇中。毫无疑问,城镇化进程的加快以及城市化质量的提升都将导致对金属需求量的显著增加。

以铜为例,2011年,铜精矿进口量占国内总供应量的68.5%,且呈现上升趋势;我国的铜精矿需求量约占全球总需求量的50%,目前精炼铜的年需求量已接近1000万t,接近世界铜年产量的50%,较10年前翻了两番。根据工业化、城镇化与铜消耗量的已知关系推算,至2020年我国铜的年需求量将达到1330万t,世界铜产量将达到3700万t,约占世界年产量的36%。再以BHP公司在智利北部的Spence铜矿山为例,其年生产能力为20万t铜,按此估算,中国新增的铜消耗量将要求勘查界探明约17个生产规模与Spence相近的铜矿床。

国家资源安全问题是指出一个国家因其社会经济发展所需要的自然资源受到某些因素(如资源枯竭、国际市场资源价格变动、生态环境破坏等)的干扰而不能获得持续、稳定、及时、足量的供给并导致一定程度的威胁和损害的状态(成升魁等,2003)。根据世界各国关于矿产资源生产和消费的水平,大致可以划分出矿产资源生产国和消费国。为了保证各自的国家利益,矿产资源生产国通常采取确保矿产资源稳定需求、足量供给的战略,具体对策主要包括:①动用剩余生产能力及调节生产配额来调节资源供应,并通过提高资源价格来实现最大利润;②建立矿产资源现有产业和产品销售网络。

矿产资源消费国往往认为：为保证国家矿产资源安全，不仅要保障资源进口数量的相对稳定，而且要保证控制矿产品市场并维持低价位；其安全战略一般是采取保证通过多渠道以可接受的矿产品价格获取足量资源来满足国民经济的持续发展。具体对策包括：①建立矿产资源战略储备以应付短期矿产资源短缺的威胁；②开发替代产品；③发展循环经济，提高资源利用效率；④增加矿产资源勘查和开发及技术创新的力度，降低对矿产资源进口的依赖性。

资源竞争是当今世界各国竞争的重要形式之一。地球上储存的资源相对有限，缺乏资源会严重影响一个国家的发展及竞争力，因而当前许多国家都在围绕资源展开激烈竞争。第一次、第二次世界大战，一定意义上说就是资源争夺大战。这种战争至今仍然以不同形式在世界的局部地区进行。

目前，我国重要矿产资源储量增长相对缓慢，矿产勘查难度不断增大，隐伏区、深部区等找矿方法尚未有效突破，一大批老矿山可采储量急剧下降，矿产资源勘查开发接续基地严重不足，一些重要矿产资源储量消耗快于资源储量增长。由于我国长期形成的粗放型增长方式和结构性矛盾尚未根本改变，矿产资源开发利用粗放浪费，综合利用率较低，矿山布局 and 结构不尽合理，矿产开发小、散、乱和矿山环境破坏等问题突出，加剧了资源供求紧张状况。

外部环境复杂多变，矿业合作挑战加大。全球矿业市场活跃，资源配置和矿业全球化趋势明显，为我国利用国外资源和市场提供了难得的机遇。但市场竞争日趋激烈，矿产品价格大幅波动，境外勘查开发矿产资源和进口矿产品成本增大。加之我国资源战略储备能力不足，有效应对资源供应中断和重大突发事件的预警应急能力较弱，矿产资源安全供应面临更大的挑战。

经济社会对于矿产资源巨大的需求，矿产资源保障能力的下降，呼唤着地质找矿必须取得重大突破。正在市场化道路上摸索的国有地勘单位，站在了保障国家资源安全的最前沿。

1.2.2 矿产资源的可持续发展

20世纪末，广为世界各国接受的社会经济发展的一个重大问题是：地球资源是有限的，这些资源的开采应以一种不损害子孙后代利益的方式进行，实现社会经济的可持续发展和资源的永续利用。就矿床开采而言，可持续发展的概念意味着未来的社会和经济实践应当努力维护矿产资源的保障能力，既要满足当代，还要满足子孙后代的需求。事实上，由于矿产资源的稀缺性和不可再生性，随着世界人口的急剧增加，保障矿产品长期稳定的供应是一个十分艰巨的任务，要求我们更好地认识地球系统、更有效地循环利用现有资源，以及对于处于枯竭边缘的资源寻找替代资源。

矿产资源永续利用的条件是不可再生的矿产资源消耗量要得到大致等量的新增资源储量的补充，即实现保有资源储量的动态平衡。这是矿产资源可持续利用的充分必要条件，也应成为矿业可持续发展的重要指标之一。

通过全球资源的优化配置，建立稳定、安全和经济的供应体系，满足我国全面经济建设对矿产资源的需求；通过开源节流，在满足当代人需求的同时，也保证我们的子孙后代发展的需求，实现资源利用上的大致公平；通过高效利用，将矿产资源的优势转化为经济优势，带动地区发展，实现地区间发展的公平性；通过战略储备，降低突发事件和国际市场价格波

动对中国的影响,保障国家经济安全;通过科技进步,提高矿产资源的利用效率和效益;重视灾害预防 and 环境保护,实现资源、环境与社会经济的协调发展和良性循环(周宏春,2003)。

遵循地质规律,依靠技术创新促进转变矿产资源开发利用方式,合理开发和高效利用资源;以科学发展观引领绿色矿业的发展,着力实现矿产资源开发的经济、环境和社会效益相协调,实现经济发展与保护资源双赢。

我们必须加快了解我国乃至全球矿产资源分布的步伐,只有当我们具有了比需要开发的矿产更多的矿产资源开发备选基地,才能实现矿产资源可持续发展。

1.2.3 矿产勘查所面临的形势

按其与地标的关系可把矿床分为以下三类。

(1) 露头矿 (outcropped orebodies): 矿体本身或上部氧化带出露地表。

(2) 隐伏矿 (concealed orebodies): 矿体曾经由于地壳抬升出露地表但后来由于地壳下降而被新的沉积层覆盖,可能导致这类矿体在地表无任何矿化显示。

(3) 盲矿体 (blind orebodies): 矿体未直接出露地表但赋存在地表浅部(一般在1km深度范围内),在地表可能存在与矿体有空间关系的蚀变带或地球化学异常。

寻找露头矿床不需要什么高深的理论和技术手段,只需对当地情况比较熟悉,具备一些简单的矿物鉴定知识就能找到,20世纪50年代以前,国内外发现的绝大多数矿床均属于这类矿床。发现盲矿床则需要借助一定的地质理论和技术手段,由于地表有矿化间接显示,勘查成功的机会仍比较多,70年代以前发现的矿床多属此类。

勘查在地表没有任何可识别矿化显示的隐伏矿床和盲矿床的难度最大,在许多勘查程度较高的地区所面临的任務就是寻找这类矿床,由于这些地区一般都已形成配套的工业基础,因此,寻找这类矿床具有很大意义。

勘查对象从露头矿床到地表只有间接矿化显示的矿床,再到現在和今后需要找寻的地表无任何矿化显示的隐伏和盲矿床的变迁,表现为矿床勘查难度增大,勘查费用增高,而矿床发现率却相对降低。这是矿产勘查地质工作者正面临的严峻的挑战,也面临着观念的转变和知识的更新。

White等(2007)分析了我国矿产勘查的现状后提出:①中国地质条件极其有利于矿产勘查更大的发现;②中国国内大部分地区都存在勘查不足或者未勘查的情况,绝大部分勘查工作中除了地质填图和地球化学测量,较少甚至没有运用过系统的、综合的地质勘查方法。他们认为,按照世界标准,现今中国采用的绝大部分勘查技术和方法都已过时,而且缺乏正确的勘查理念;对大多数地质勘查队伍来说,如地质填图和地球化学之类的基础勘查技术是可以采用的,但是有关矿床模型方面的知识却是残缺的;地面地球物理方法可以用但是费用较高,所以没有被普遍应用;航遥技术难以应用,质量较差。根据他们的结论,中国矿产勘查和采矿产业至少和世界水平相差了50年。

近30年来,我国地质矿产勘查(简称地勘)行业经历了一系列重大变动和改革,在多年的发展实践中,也陆续发现和出现了一些新的情况和问题。为了适应我国地质找矿工作面临内外环境的巨大变化,国土资源部于2009年在全国范围内开展了“地质找矿改革发展大讨论”,从思想观念、体制机制、规范标准等层面进行了系统的梳理,在思想观念方面、在