

21世纪高等院校教材

矿产资源勘查学

◎ 阳正熙 编著



科学出版社

www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材

矿产资源勘查学

阳正熙 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、成矿预测方法及勘查项目等方面系统地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、地球化学及探矿工程方面详细地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、综合地质编录及资源储量估算等方面全面地归纳了矿产勘查的方法学体系。本书既突出强调基本概念、基本理论和基本技能，又注重表现综合分析、创新思维和前沿成果。资料丰富、体系新颖、方法精炼、详略得当、图件清晰、文句流畅。

本书既可作为资源勘查工程专业与地质学专业本科生和研究生教材，也可供从事矿产勘查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 / 阳正熙编著. —北京: 科学出版社, 2006

(21世纪高等院校教材)

ISBN 7-03-016814-3

I. 矿… II. 阳… III. 矿产资源-地质勘探 IV. P624

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 006191 号

责任编辑: 胡华强 郭 森 李久进 / 责任校对: 赵桂芬

责任印制: 张克忠 / 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>

双青印刷厂 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: B5 (720×1000)

2006年3月第一次印刷 印张: 22

印数: 1-1 500 字数: 425 000

定价: 36.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈双青〉)

作者简介

阳正熙 成都理工大学教务处副教务长、地球科学学院资源工程系教授。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勘查专业学士学位；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 McGill 大学专修经济地质学；2001年在英国 Exeter 大学进修矿山环境保护；2001~2002年在美国亚利桑那大学进修神经网络在地学中的应用技术。主要研究领域为矿床学和矿产勘查地质学。

前 言

矿产资源是人类社会发展的重要物质基础，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，逐步积累了勘查矿产资源的知识，进而发展了矿产勘查学。

矿产勘查学最早的知识体系见于原苏联学者 V. M. Kreiter 于 1931 年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而成的《矿床找矿勘探方法》；1940 年，由 Kreiter 撰写的《矿床找矿勘探学》出版，该教材的修订版上册在 1961 年、下册在 1962 年出版。其他一些国际上有影响的矿床勘查学优秀教材还包括原捷克斯洛伐克布拉格大学 M. Kuzvart 等的《矿床找矿与勘探》（1978 年第一版，1986 年第二版）、美国亚利桑那大学 W. C. Peters 的《矿床勘查与矿山地质学》（1978 年第一版，1986 年修订版）、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（2005）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”及“矿产资源勘查工程学”等。最初的教学内容主要是借鉴原苏联的教材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：原重工业部于 1954 年汇编翻译的《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于 1978 年合编的教材《找矿勘探方法》（上、中、下）、侯德义（1984）主编的《找矿勘探地质学》、赵鹏大等（1988）的《矿产勘查与评价》、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（2003）的《成矿规律与成矿预测学》等。

30 余年来通过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，本书的第一部分是围绕这一主题展开的，包括第2章至第6章的内容。第2章主要论述成矿的地质规律，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、描述性模型、品位-吨位模型及矿床成因模型的功能和应用。勘查模型在第4章中进行了专门论述，其目的是要突出矿床类型的信息特征及识别这些特征的勘查手段。第5章介绍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章中介绍了遥感地质及矿产地质填图；第8章和第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5章进行讨论。第11章阐明了矿产勘查阶段的划分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问题解决问题的能力，本书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书配套。

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及综合勘查方法所涉及的最重要的方面。的确，我们对于矿产勘查活动的认识在许多方面仍然是不全面的，我们需要不断地更新知识、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！

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；本书的出版得到了成都理工大学省级精品课程经费的部分资助。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

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	5
1.4 矿产勘查地质工作者应具备的素质	6
本章小结.....	7
本章进一步参考读物.....	8

第一部分 靶区圈定

第 2 章 成矿地质规律分析	11
2.1 成矿规律分析.....	11
2.2 矿床的空间展布特征.....	14
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.....	29
2.5 控矿因素分析.....	35
本章小结	42
本章进一步参考读物	43
第 3 章 成矿模型	44
3.1 成矿模型的概念.....	44
3.2 描述性模型.....	48
3.3 矿床品位-吨位模型	51
3.4 矿床成因模型.....	54
本章小结	56
本章进一步参考读物	57
第 4 章 矿床勘查模型	58
4.1 概述.....	58
4.2 矿产勘查模型的种类.....	61
4.3 矿产勘查中两个令人困惑的问题.....	66

本章小结	67
本章进一步参考读物	67
第 5 章 靶区圈定及资源潜力评价方法	68
5.1 勘查目标决策	68
5.2 “三部式”矿产资源评价方法	76
5.3 数学模拟方法在成矿预测中的应用	79
本章小结	91
本章进一步参考读物	92
第 6 章 矿产勘查项目	93
6.1 矿产勘查工作的主要内容	93
6.2 关于矿产勘查	95
6.3 矿权基本知识	100
本章小结	105
本章进一步参考读物	105

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	109
7.1 遥感技术	109
7.2 矿产地质填图	113
本章小结	119
本章进一步参考读物	120
第 8 章 地球物理勘查技术	121
8.1 概述	121
8.2 磁法测量	126
8.3 电法和电磁法测量	128
8.4 其他常用的地球物理技术	130
8.5 设计和协调地球物理工作	132
本章小结	134
本章进一步参考读物	134
第 9 章 地球化学勘查技术	135
9.1 概述	135
9.2 地球化学勘查的主要方法及其应用	137
9.3 矿产地球化学勘查的工作程序和要求	141
9.4 异常查证	145
本章小结	147

本章进一步参考读物	147
第 10 章 探矿工程勘查技术	148
10.1 坑探工程	148
10.2 钻探方法	153
10.3 金刚石岩心钻探方法	157
10.4 钻孔的设计	160
10.5 钻探编录	164
10.6 钻探合同	171
本章小结	173
本章进一步参考读物	173

第三部分 矿产勘查方法

第 11 章 矿产勘查阶段	177
11.1 概述	177
11.2 矿产预查阶段	181
11.3 矿产普查阶段	186
11.4 矿产详查阶段	192
11.5 矿产勘探阶段	195
11.6 固体矿产资源量/储量的分类系统	200
本章小结	208
本章进一步参考读物	209
第 12 章 矿产勘查工作的总体部署	210
12.1 矿床勘查类型	210
12.2 勘查工程的总体部署	215
12.3 勘查工程地质设计	229
本章小结	233
本章进一步参考读物	234
第 13 章 矿产勘查取样	235
13.1 取样理论基础	235
13.2 矿产勘查取样	241
13.3 矿产勘查取样的种类	246
13.4 样品分析、鉴定、测试结果的资料整理	255
本章小结	257
本章进一步参考读物	257
第 14 章 矿产勘查综合图件的编制	258

14.1	编制综合性图件的一般要求	258
14.2	区域性图件	260
14.3	矿区(床)地形地质图和矿区(床)实际材料图	263
14.4	勘查线剖面图、中段地质平面图和矿体纵投影图	265
14.5	其他综合性图件	276
	本章小结	277
	本章进一步参考读物	277
第15章	矿产资源储量估算	278
15.1	概述	278
15.2	矿产工业指标	282
15.3	矿体的圈定	290
15.4	资源储量估算方法	298
15.5	西方主要矿业国家资源储量估算方法简介	306
15.6	矿床(体)的品位-吨位曲线	310
15.7	资源储量估算的误差	313
	本章小结	315
	本章进一步参考读物	315
	主要参考文献	316
附录1	矿产地质勘查报告编写提纲	322
第1节	矿产地质勘查报告编写前的最终综合整理	322
第2节	矿产地质勘查报告编写的要求	324
第3节	固体矿产地质勘查报告编写提纲	326
附录2	矿区矿产资源储量规模划分标准	334
附录3	部分矿石、岩石、矿物密度参考值	335
	后记	336

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。

矿产勘查取得成功的一个最重要的要素是横向思维。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，急需寻找新的储量；②人们总想找到比目前正在开采或拥有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，或者随着勘查的深入发展，其发现率降低了，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。

世界矿产品市场发生的巨变始于1974年,由于供小于求,在1973~1974年间石油价格急剧上升,其他矿产品价格也相继上涨(尤其是1979~1980年),并由此而导致了20世纪70年代后期矿产勘查活动的繁荣兴旺。同时,也促使人们更合理地使用矿产资源,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20世纪90年代末才有所回升。实际上,在世界矿业和矿产品贸易中,这种短缺和过剩之间的交替循环是经常出现的,然而,像1974年以来这种急剧变化的强度之大、持续时间之长及影响之深在历史上都是空前的。在矿业全球化的趋势下,认真分析世界矿产品市场的复杂变化,及时捕捉各种信息,对制定对策、确定地质勘查路线具有十分重要的意义。

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。尤其随着我国城镇化进程的加快,如果每年有1000万~1200万的农村人口转移到城镇,那么,至2020年,中国城镇人口将超过全国总人口的50%,城镇化导致对金属的需求量显著地增加。

以铜为例,我国目前铜的年需求量大约为340万吨,约占世界铜年产量的20%,较10年前翻了一番。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1330万吨,世界铜产量将达到3700万吨,

占世界年产量的 36%。再以 BHP 公司在智利北部即将建成投产的 Spence 铜矿山为例,其设计年生产能力为 20 万吨铜,按此估算,中国新增的铜消耗量将要求勘查界探明约 50 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。

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,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。

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, 再到现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。

1.3 矿产勘查中的风险

矿产勘查属于风险性很高的事业。有人把矿产勘查比喻为人类活动中最大的赌博, 这是因为, 如果勘查项目取得成功, 其所包含的经济报酬, 将大于许多其他行业所期望的经济报酬; 但同时矿产勘查失败的概率也相当高, 倘若失败, 则会导致重大的经济损失。然而, 矿产勘查是人与自然作斗争, 在这一过程中, 人能充分发挥其主观能动性。

勘查风险来源于地质方面、经济方面, 以及技术方面, 如果到国外进行勘查活动, 还要十分注意某些国家政治环境的不确定性。

地质风险与矿床埋藏状况有关, 也与勘查靶区的选择有关。更进一步说, 即使发现了矿床, 由于矿床内部地质情况的变化, 地质风险仍然存在。

经济风险在所有的经济预测阶段都存在, 与对价格、成本和市场条件等的预测正确与否和是否科学合理有关。矿山开发的经济风险比勘查阶段还要高得多, 如果根据不正确的地质资料进行矿山建设, 会造成重大经济损失。

技术风险与矿床开采和选冶技术条件有关。这些风险必须及早考虑, 一般可以通过初步验证、半工业性试验等以降低风险。

由于勘查活动是全方位活动, 在勘查和开发的过程中, 还可能遇到原来被疏忽的因素或难于预料的问题, 如经营机制转换, 某些政策的改变, 整体和局部发

生矛盾等，这些问题单靠个人的力量将难于解决，而只有紧靠国家的强力支持。

风险是不利因素；然而，它又是矿产勘查活动的组成部分，因此，为了尽量减少风险程度，缓解其在每个勘查阶段中的有害效应，提高抵御风险的能力，除了应综合各种因素认真分析利弊外，特别要搞好组织协调工作，以保证勘查活动顺利进行，达到风险小、效益高的预期目标。

1.4 矿产勘查地质工作者应具备的素质

矿产勘查难度增大是由于矿产勘查空间从二维过渡到了三维，勘查对象在地表反映的现象与矿床本身之间的距离越来越远；矿化信息由强信息转化为弱信息，由直接信息转化为间接信息。

矿产勘查是一个极具挑战性的行业，矿产勘查工作要取得重大突破，除了改进勘查理论和技术外，提高矿产勘查人员的素质是一个十分紧迫的问题。

Miller (1976) 提出了成功的矿产勘查地质人员应具备的素质，按重要性依次为：①良好的身体素质；②创造性；③智力；④乐观主义；⑤坚忍不拔的毅力；⑥不优柔寡断、不盲目崇拜；⑦冒险精神。

朱训 (2003) 认为矿产勘查地质人员需要智力方面和非智力方面的素养。智力素养包括：①合理的知识结构；②丰富的经验储备；③正确的理性思维；④高超的管理才能。非智力方面的因素包括：①强烈的找矿意识；②无私的奉献精神；③良好的协作道德；④强健的身体素质。

毫无疑问，高级知识分子的能力将决定未来矿产勘查公司的生存和发展。就矿产勘查而言，所要求的高素质地质人才既是精通矿产勘查理论和技术行家，也是具有项目管理才能的专家，能够强有力地领导自己的团队同心协力地完成所承担的项目。这类人不墨守成规，具有很强的开拓创新精神，善于听取他人意见，懂得扬长避短，是一个地道的综合素质高手。这种综合素质除了包括上述 Miller 所强调的 7 个方面以外，21 世纪的地质勘查人才还要注意培养以下几种能力 (阳正熙等，2004)。

1. 创新能力

这里说的创新能力与 Miller (1976) 所提到的创造性有所不同，创新能力具体在矿产勘查中表现为想像力，例如，提出新的勘查项目、设想出新的成矿模型和勘查概念，或者对传统勘查方法的更新等。换句话说，矿产勘查中的创新是指用一种独到的方式表述自己的勘查思维，或者采用一种新方法处理老问题。创新的作用在于勘查项目的起点、导致勘查理论的深化、促进成矿理论的完善、形成学术的竞争、引领科学的成矿预测、实现勘查技术的综合应用。具有创新能力的