

● 中国地质大学(武汉)地学类系列精品教材

# 成矿预测的 理论与实践

THEORIES AND PRACTICES FOR METALLOGENIC PROGNOSIS

范永香 曾键年 刘伟 编著



中国地质大学出版社  
CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES PRESS

中国地质大学(武汉)地学类系列精品教材

# 成矿预测的理论与实践

THEORIES AND PRACTICES FOR METALLOGENIC PROGNOSIS

范永香 曾键年 刘伟 编著



中国地质大学出版社  
CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES PRESS

## 内容简介

本书系统阐述了成矿预测的基础理论和基本方法,反映了该领域国内外的研究现状和最新进展,从理念上认为矿床勘查的核心是成矿预测,不同阶段、精度的勘查成果,都是预测性成果。成矿预测的理论部分,包括在地质背景、控矿因素和矿化信息研究的基础上,分析矿床的空间展布、时间演化、成因机制和模型建立,从而划分成矿单元,总结成矿规律作为成矿预测的基础。不同的区域成矿分析理论,是进行远景区预测的指导理论,包括区域构造、建造分析和成矿系列、地质异常、区域地球化学场等区域成矿分析理论。成矿预测的实践部分,对各种预测方法作简要介绍。同时,预测包括区域远景区预测、矿区局部预测和矿床深部预测,分别述及其特点和方法。

本书可供地质类高等院校的本科生、研究生作为专业教材或教学参考书。同时,可作为区域地质调查、矿床勘查、矿山地质工作者和有关地质矿产研究人员专业参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

成矿预测的理论与实践/范永香,曾键年,刘伟编著. —武汉:中国地质大学出版社,2018.5  
ISBN 978-7-5625-4189-9

- I. ①成…
- II. ①范…②曾…③刘…
- III. ①成矿预测
- IV. ①P612

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 315468 号

## 成矿预测的理论与实践

范永香 曾键年 刘伟 编著

责任编辑:湛福兴 赵颖弘

选题策划:赵颖弘

责任校对:代莹 张燕霞

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

http://cugp.cug.edu.cn

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16

字数:600 千字 印张:23

版次:2018 年 5 月第 1 版

印次:2018 年 5 月第 1 次印刷

印刷:湖北睿智印务有限公司

印数:1—500 册

ISBN 978-7-5625-4189-9

定价:80.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

# 前言

矿产资源开发与有效供给,是人类社会发展的物质基础,是国家的资源战略,并非单纯经济问题,而与国家安全战略紧密联系,已引起各国政要的关注。

矿床勘查是矿业开发不可缺少的先行步骤,而且贯穿矿产开发的全过程。整个勘查过程都是预测性研究决策过程,不同阶段的勘查成果都是不同精度的预测成果。成矿预测是在成矿规律研究指导下的决策,预测不同于猜测,前者是在一定科学理论指导下的决策,后者则是随机决策。

成矿规律研究是成矿预测的基础和依据。矿床勘查是充满不确定性的风险投资。本书力图给勘查者以最新的地质理论指导和创新思维,运用科学方法,提高勘查效果,降低勘查风险。成矿预测是以总结成矿规律为核心,指导勘查工作有效进行的一项综合研究工作,是应对矿床勘查难度增大新形势下形成的边缘交叉学科。《成矿预测的理论与实践》一书,是在20世纪80年代(1985)校内出版试用教材的基础上,30多年来结合作者的教学科研实践,对矿床勘查和成矿预测的深刻理解,成矿预测问题为什么受到世人前所未有的关注,本书将以全新的视野和理念,给读者以创新思维启迪。

本书可作为地质类和矿业类相关专业本科生和研究生的教材或教学参考书,同时又可作为矿产勘查和矿业开发第一线地质工作者的重要业务参考书。

为了适应社会的需求,中国地质大学出版社与作者协商,结合作者多年来的教学科研实践,保留原书的框架体系不变,对原书做了重要修改补充,补充了最新文献和实例,新增了矿床深部勘查和预测章节。

本书包括上篇、中篇、下篇3个主要部分。上篇主要从理念上认为矿产勘查的核心是成矿预测,所有勘查成矿都是预测成果。中篇通过对成矿作用的时空结构分析,查明矿床时空不均匀分布特征,建立模型作为进行预测的依据。同时,综合介绍了不同的区域成矿分析理论作为远景区预测的理论指导。下篇简述了主

要的预测方法,分别就区域远景区预测矿区局部预测和矿床深部预测进行了论述。

本书的编著分工:曾健年教授负责第四章、第五章、第六章、第八章、第九章撰稿,刘伟博士负责第十一章撰稿,范永香教授负责前言及第一章、第二章、第三章、第七章、第十章的编著,最后全书统编定稿。研究生李锦伟、张燕霞、李小芬、吴亚飞、陆顺富、余冯力参加了资料收集和整理工作。

鉴于本书涉及面很广,尽管作者做了一定的努力,但错漏之处在所难免,敬希读者批评指正。

本书的修订出版发行,要感谢中国地质大学(武汉)资源学院领导的关心和支持,感谢紧缺矿产资源勘查协同创新中心夏庆霖教授的关心和经费资助,还要感谢赵鹏大院士、卢作祥教授的鼓励和指导。在全书的编辑出版工作中,中国地质大学出版社的领导和赵颖弘编审都付出了艰苦辛劳,在此一并表示衷心的感谢。

此外,中国地质调查局项目(项目编号:1212011120866,12120114038101)为本书的修订提供了重要资料支撑。

中国地质大学(武汉) 范永香<sup>①</sup>

2015年5月1日

---

<sup>①</sup>范永香,1935年生,中国地质大学(武汉)教授、博士生导师。1956年毕业于北京地质学院,留校任教至今。长期从事矿床普查勘探教学与科研工作。20世纪70年代首次在我国地质类高等院校开设了“成矿规律与成矿预测”专业课程,并编著出版了《成矿规律与成矿预测学》《成矿规律与成矿预测》。先后对我国胶东金矿带、河南灵宝小秦岭金矿带等进行成矿规律和成矿预测的科学研究,出版了《山东招远-掖县金矿带构造控矿规律研究》《金矿床主要类型及其地质特征》专著。国内外发表专业论文70余篇,曾兼任学校黄金研究所所长,原国家教委科学技术委员会第二、三届委员,地勘、矿业、冶金、石油学科组长,湖北省政协第五、六、七届委员,为享受国务院政府特殊津贴的学者。

# 目 录

## 上篇 成矿预测绪论篇

第一章 成矿预测在矿产勘查中的重要作用及其历史回顾 .....	(3)
第一节 成矿预测研究是决定矿床勘查成败的关键 .....	(3)
第二节 成矿预测研究的历史回顾 .....	(11)
第三节 成矿规律和成矿预测研究发展趋势 .....	(15)
第四节 成矿规律和成矿预测与其他地质学科的关系 .....	(20)

## 中篇 成矿预测理论篇——成矿规律研究和区域成矿理论分析

第二章 成矿地质背景和控矿地质因素分析 .....	(25)
第一节 成矿地质背景和成矿域 .....	(25)
第二节 构造因素分析 .....	(33)
第三节 岩浆活动因素分析 .....	(44)
第四节 地层、岩相、古地理因素分析 .....	(60)
第五节 古水文地质等其他因素分析 .....	(69)
第三章 矿化信息研究 .....	(72)
第一节 遥感地质信息分析研究 .....	(72)
第二节 矿化露头的地质信息研究 .....	(79)
第三节 矿床分散晕的研究和评价 .....	(94)
第四节 物探异常的研究和评价 .....	(104)
第五节 矿化信息的综合评价 .....	(106)
第六节 找矿模型建立 .....	(108)

<b>第四章 成矿时空分布规律</b> .....	(112)
第一节 成矿的时间演化和继承性成矿 .....	(112)
第二节 矿床空间展布和矿化分带 .....	(125)
<b>第五章 成矿物质来源和共生</b> .....	(133)
第一节 成矿物质来源规律 .....	(133)
第二节 成矿建造和成矿系列 .....	(147)
第三节 成矿系统 .....	(155)
第四节 物质共生规律及演化 .....	(159)
<b>第六章 成矿模式、勘查模型和成矿单元</b> .....	(163)
第一节 成矿模式及其发展历程 .....	(163)
第二节 矿床描述性模式和矿床成因模式 .....	(168)
第三节 矿床勘查模型 .....	(177)
第四节 成矿单元的划分 .....	(183)
<b>第七章 区域成矿分析理论</b> .....	(189)
第一节 概述 .....	(189)
第二节 区域构造成矿分析理论 .....	(190)
第三节 建造分析和成矿系列区域成矿分析理论 .....	(200)
第四节 地质异常区域成矿分析理论 .....	(203)
第五节 地球化学场(或称金属省)区域成矿分析理论 .....	(208)
第六节 矿区局部预测的理论——工业矿体定位理论 .....	(210)

## 下篇 成矿预测实践篇——成矿预测方法和分类

<b>第八章 成矿预测方法</b> .....	(217)
第一节 方法分类 .....	(217)
第二节 地质分析类比法 .....	(218)
第三节 数理统计法 .....	(221)
第四节 物化探综合信息法 .....	(246)
第五节 基于 GIS 的成矿预测方法 .....	(249)

<b>第九章 区域性远景区预测</b> .....	(256)
第一节 区域性远景区预测的任务要求 .....	(256)
第二节 区域性远景区预测的特点及方法 .....	(262)
第三节 矿产资源总量预测 .....	(275)
第四节 区域成矿预测实例 .....	(285)
第五节 勘查靶区优选与决策基本原则 .....	(292)
<b>第十章 矿区局部预测</b> .....	(296)
第一节 概述 .....	(296)
第二节 矿区局部预测的主要途径 .....	(297)
第三节 矿区局部预测的基本工作方法 .....	(307)
第四节 矿区局部预测实例(鄂东铜录山矿田、矿床预测) .....	(311)
<b>第十一章 矿床深部勘查与预测</b> .....	(319)
第一节 概述 .....	(319)
第二节 矿床深部勘查与预测的理论和依据 .....	(322)
第三节 矿床深部勘查的技术方法 .....	(330)
第四节 矿床深部勘查与预测实例 .....	(339)
<b>主要参考文献</b> .....	(350)



# 上 篇

---

## 成矿预测绪论篇



# 第一章 成矿预测在矿产勘查中的重要作用及其历史回顾

当前人口、资源、环境是国际社会普遍关注的重大社会问题,其中矿产资源是自然资源重要的组成部分,是原材料工业和物质生产的基础。而矿产资源是不可再生的、有限的,随着工业化和社会的发展,人类对矿产资源的需求飞速发展。如何使有限的矿产资源满足国家、社会、经济可持续发展的需要,实现人类与自然的协调发展,成为各国关注的焦点之一。

众所周知,资源是社会财富的发展源泉,矿业开发是国民经济的基础产业。据不完全统计,世界每年采掘矿石以近千亿吨计。目前我国95%的一次性能源、70%~80%的工业原材料取自于矿产资源的开发利用,每年投入的原料达50多亿吨<sup>①</sup>。对矿产资源的利用水平,是人类社会进步的划分标志,如历史被划分为石器时代、青铜器、铁器时代、能源煤炭时代与油气时代等。一定的生产力水平与一定的矿产资源配置相适应,矿产资源开发是工业的支柱产业。首先,钢铁工业和能源工业尤为重要,直接影响到国家政治与经济发展,同时也是国家安全的重要因素。因此,矿产资源供给一直是各国备受关注的问题之一。一方面根据各国不同情况,制定合理的资源政策;另一方面重视资源勘查,不断增加矿产资源供给,参与世界矿产资源的市场竞争,力求达到供需平衡,以实现可持续发展战略。人类生存和社会发展对整个地球科学的要求愈来愈高,为了未来的生存和发展,地球科学研究具有举足轻重的地位。

矿产勘查是矿业开发的先行工作,勘查的目的是最终发现、评价可利用矿床。随着矿业开发和研究程度的提高,矿产勘查难度日益增长。矿产勘查工作本身存在许多不确定性,属高风险事业,矿产勘查工作的成功率愈来愈依赖于成矿规律研究和成矿预测的开展。成矿规律是成矿预测的基础,成矿预测是贯穿勘查工作始终的一项工作。矿产勘查的核心是进行成矿预测。

我国幅员辽阔,地质构造位置特殊。60余年来通过地质工作者的努力,证明了我国是矿产资源丰富的大国。21世纪是中华民族复兴的世纪,广大的地质勘查工作者仍将继续奋斗,为实现祖国繁荣昌盛而做出不懈的努力。

## 第一节 成矿预测研究是决定矿床勘查成败的关键

### 一、矿产勘查的核心是成矿预测

矿产勘查是指由区域地质调查到对矿产的普查勘探评价和开发过程中的全部地质工作的总称。首先是发现矿床并对矿床的可利用价值进行评价,所以矿产勘查是矿山生命周期的起

<sup>①</sup>何贤杰. 矿产资源与可持续发展,1998。

点,是矿业发展的第一步,同时是矿业发展的重要组成部分。矿产勘查是通过对各种地质信息,特别是与成矿信息有关的调查研究,抽样检验,不断提高研究程度。以苏联铁矿基地克里沃罗格铁矿为例,经过半个多世纪系统勘查研究工作,通过对控矿的构造形态、矿体产状认识的变化过程(B. И. 斯米尔诺夫,1976),逐步提高了预测水平(图 1-1)。

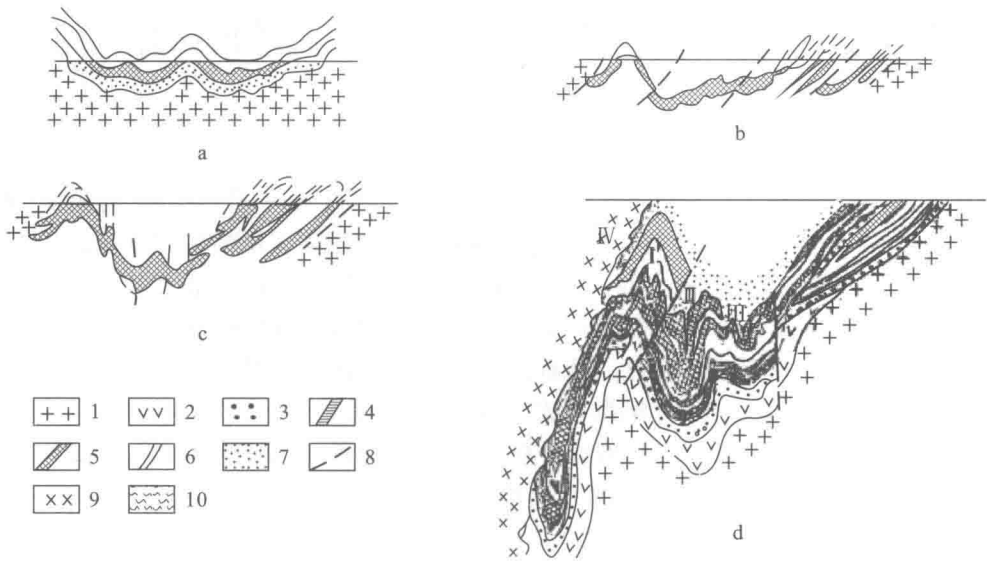


图 1-1 苏联克里沃罗格铁矿盆地剖面图

a. 1897 年 A. 米哈尔斯基所编; b. 1926—1927 年 Э. 富克斯等编; c. 1933—1937 年 Ю. 格尔绍依格编; d. 1955 年 Я. 别列夫采夫所编; 1. 萨克萨甘斜长花岗岩; 2. 角闪岩; 3. 克里沃罗格下组; 4. 滑石-碳酸盐层; 5. 中组铁矿层; 6. 中组片岩层; 7. 上组; 8. 断层; 9. 克里沃罗格微斜长石花岗岩; 10. 泥质片岩

整个勘查过程,都是总结成矿规律进行成矿预测的过程,不同阶段的勘查成果,实质上是不同精度的预测成果。

### 1. 成矿规律研究和成矿预测工作是矿产勘查不可缺少的先行步骤

以成矿规律为基础的成矿预测工作,是矿床勘查工作创新的基本途径。

(1)使矿床勘查工作建立在地质规律研究的基础上,就要深入进行成矿分析,总结成矿规律,用地质规律去指导找矿工作的突破和创新。成矿作用是地质作用的组成部分,工业矿床是有经济意义的特殊地质体。一切事物都存在于与周围事物有机联系的整体之中,所以要实现找矿工作的新突破,深入研究矿床的产出地质规律是基本途径。

(2)成矿预测工作的核心是充分利用已经取得的地质资料,对工作区已经做过的勘查工作,在预测过程中要进行系统的分析研究,做到实事求是,去粗取精,去伪存真,从感性认识提高到理性认识,正确做出进一步工作的决策。成矿预测工作就是要将各种地质成果转化为找矿勘查成果。

(3)通过成矿预测工作,实现理论研究和勘查实践紧密结合,成矿预测是地质理论转化为勘查成果的桥梁,通过成矿预测的分析研究,建立潜在矿床与各类地质成果数据之间的关系,将地质各相关学科的成果运用于找矿勘查实践,转化为发现潜在矿床的信息和依据。

(4)成矿预测使整个勘查工作成为有理论指导和有目的实践,成矿预测以现代最新的地质

理论,特别是成矿理论作为指导,利用已经建立的各种模型,指导勘查者的思维,通过勘查实践进行验证,不断提高勘查工作的预见性,从而降低勘查风险,提高勘查效果。

## 2. 成矿规律和成矿预测研究是贯穿勘查全过程的一项工作

前已提及,整个矿产勘查过程是对矿床形成规律的调查研究,最终目的是将地质概念转化为潜在矿床的概念,所采用的技术方法基本上是抽样分析过程,是不断获取信息,对各种直接或间接信息进行处理,做出判断的调查研究过程。名目繁多的各种设计,都是在预测的基础上进行的,整个勘查过程是反复进行预测验证的过程,大到全球、全国性的勘查决策,小到一个钻孔设计,均经过收集已有资料,用地质理论进行分析判断,对进一步工作做出预测;开展勘查工作,对前一轮的预测进行验证;在取得新资料的基础上,进行新一轮的预测,遵循“实践—理论—再实践”的途径,不断提高预测水平。所以说成矿规律和成矿预测贯穿于勘查不同阶段的全过程。

勘查选区是最重要的预测,根据工作区的地质特征,用地质理论进行分析和规律总结,对各种地质数据进行优选,确定找矿标志和预测准则,实现由成矿信息引向发现矿床方向的转换,减少预测成果的多解性和不确定性。找矿靶区优选的核心是对成矿规律的认识和找矿信息的识别处理,在不丢掉矿的前提下,以分阶段的循序渐进方式进行,逐步缩小勘查工作范围,最终逼近发现矿床。将本来客观上无矿地区,在预测区优选过程中予以摒弃,实现选优弃劣,以最少的投入发现矿床,从而提高勘查效益。

## 3. 成矿规律和成矿预测研究对矿产勘查具有重要指导意义

不难看出,成矿规律研究和成矿预测实践,在指导矿产勘查中具有极其重要的指导意义,理论对实践的指导意义是不容置疑的,国内外许多成功的实例证明了这点。如 20 世纪 70 年代后期南澳大利亚奥林匹克坝(Olympic Dam)超大型 Cu-U-Au 矿床的发现。1975 年,该国西部矿业公司在地表无任何矿化线索的罗克斯比草原埋深 350m 以下发现了世界最大的奥林匹克坝 Cu-U-Au 超大型矿床(图 1-2)。该矿床至少拥有 Cu 金属量  $3200 \times 10^4 \text{t}$ ,  $\text{U}_3\text{O}_8$   $120 \times 10^4 \text{t}$  和 Au 1200t。勘查者查明了含铜流体来源,同时发现该区重、磁异常和已发现的一

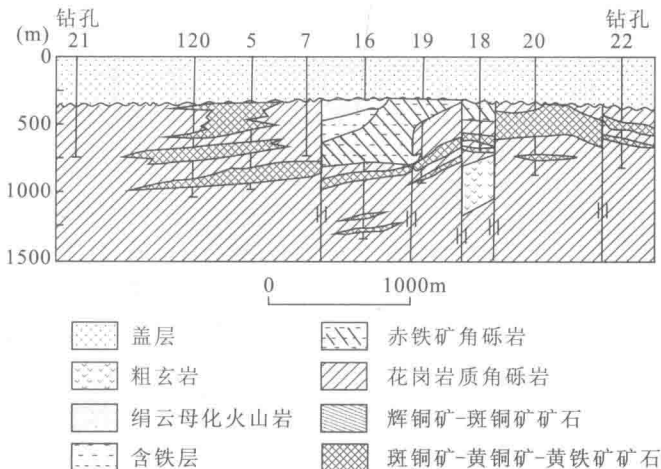


图 1-2 奥林匹克坝矿床 200 000N 横剖面图

(据 R. 伍德尔, 1983)

个小铜矿,圈定了勘查远景区(图 1-3、图 1-4),并确定了基底断裂的存在和位置,根据这些资料进行首批钻孔的验证发现了 38m 厚含 Cu 1.05% 的矿体。但在继续钻进中 9 个钻孔有 6 个不见矿,最终第 10 个钻孔中发现 170m 厚含 Cu 2.12%、 $U_3O_8$  0.059% 工业富矿,真正实现了找矿的新突破。他们从成矿规律出发,建立了成矿概念模型,对在元古宙地层中找铜具有坚定的信心,经过预测验证最终发现了世界最著名的超大型矿床。苏联学者从 20 世纪 50 年代到 70 年代,经过不懈的努力,在东西伯利亚的聂伯盆地找到了世界最大的钾盐矿床,亦可作为深入成矿规律研究,进行成矿预测,从而获得找矿工作突破的范例。苏联雅库特金刚石、日本黑矿、美国田纳西州的铅锌矿、加拿大的赫姆洛金矿,都可以作为通过成矿规律研究预测的成功实例。

我国 20 世纪 60 年代在东部油气勘查取得了突破。李四光等应用地质力学理论,分析了东亚大陆的构造体系及我国东北和华北的构造特征,认为在经向、纬向与新华夏系构造带间的

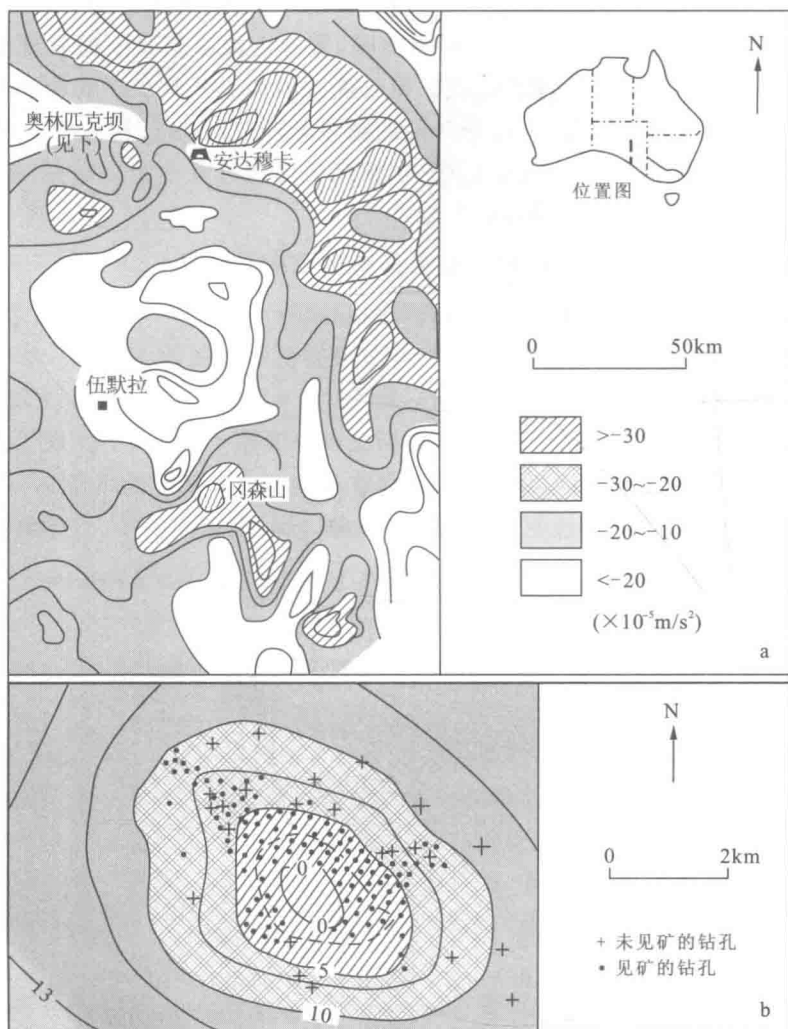


图 1-3 1974 年斯图尔特陆架布格重力等值线图(a)和奥林匹克坝重力等值线图及钻探结果(b)  
(据于志鸿,1996)

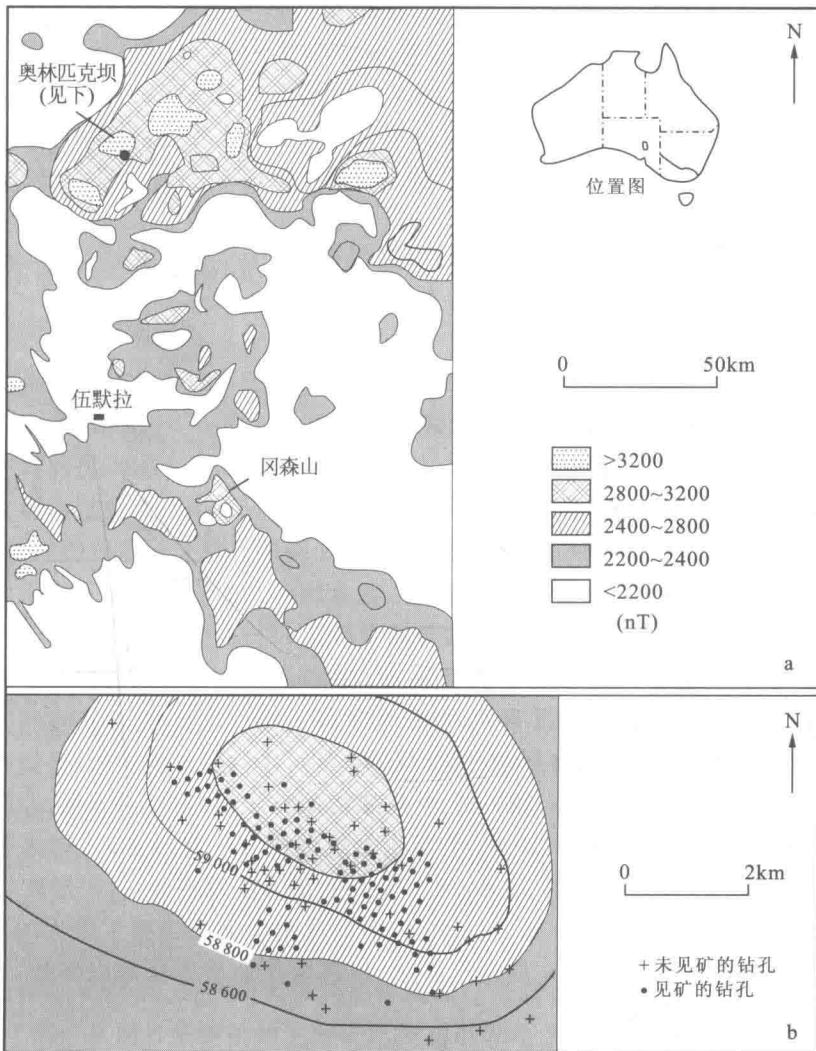


图 1-4 1974 年斯图尔特陆架航磁等值线图(a)和奥林匹克坝详细磁力线等值线图及钻探结果(b)  
(据于志鸿,1996)

沉降带,具有油气生聚储地质条件(图 1-5),做出了当时油气勘查东移的战略决策。大庆、大港和胜利油田的发现,打破了当时帝国主义封锁,困难条件下为国家建设提供了能源保障。

现有的成矿规律研究,包括彼此联系的大区域性和局部范围成矿规律的研究,它与勘查的战略选区和具体指导勘查工作部署相适应,前者的研究更侧重于基础地质,后者更偏重于应用。而目前国内对成矿规律和成矿预测在指导勘查中的重要作用,在认识上存在一定的片面性,有人过分强调直接应用和勘查者实际经验的作用。我们认为理论与经验是相辅相成的,二者并不矛盾。在勘查难度增大,以勘查隐伏矿床和难于识别矿床为主要对象时,成矿规律和成矿预测研究的重要作用不容置疑。科学找矿(或称理论找矿)的理论基础,是以成熟有效的地质理论作为指导,对各种地质成矿信息进行科学综合的基础上,总结成矿规律,建立成矿模型和找矿模型,进行创造性思维和科学预测,如此才能取得矿产勘查的新突破。

## 二、成矿预测的产生是矿产勘查发展的历史必然

### (一) 矿产勘查历史发展的 3 个阶段

世界各国的找矿与矿产勘查,大致都经历了下述 3 个阶段。

(1) 直接找矿阶段。找矿勘查初始阶段,以直观勘查地表矿为主,只要对矿石有一定的识别能力,均可以找矿。

(2) 综合找矿阶段。指地质、地球物理、地球化学及探矿工程方法彼此配合,可以发现勘查近地表的矿床,或部分隐伏矿床。

(3) 理论找矿阶段。指利用地质规律和成矿理论作为指导,发现并勘查地表无露头的隐伏和半隐伏矿床或难以识别的矿床。

不难看出,随着勘查程度的提高,找矿难度增大,勘查成本大幅度提高。根据加拿大已发现矿床的统计(M. L. 詹森,1979),1946—1953 年近 10 年中投产的 77 个矿山中,其中 53 个是用常规勘查方法发现的,占 69%;17 个是用地质方法发现的,占 22%;7 个是靠物探方法发现的,占 9%。1955—1965 年的 10 年中,投产的 175 个矿山中,其中 85 个是用常规勘探方法发现的,占矿床数的 50%;49 个是用地质方法发现的,占矿床数的 28%;28 个是用物探方法发现的,占矿床数的 16%;11 个是用其他方法发现的,占矿床数的 6%。这 10 年中地球化学方法得到了很大的发展,成为找矿支柱性的方法。可以看出,为了发现隐伏矿床,单靠常规地质方法难以奏效,需要物探、化探、遥感等新技术方法的支持。

我国的情况亦类似,以我国东部地区的铁矿勘查为例,其中隐伏和盲矿所占比重逐年增加(表 1-1)。

表 1-1 中国东部地区在 20 世纪 50—80 年代发现的铁矿中隐伏和盲矿所占比重变化

年代	发现矿床数 (处)	占发现矿床总数的 百分数(%)	隐伏矿和盲矿占该年代发现矿床数的 百分数(%)
20 世纪 50 年代	153	54.0	23.5
20 世纪 60 年代	70	24.7	54.0
20 世纪 70 年代	31	10.0	60.0
20 世纪 80 年代	29	11.3	81.5

注:转引自朱裕生等,1997。

从表 1-1 可以看出,矿床的发现率逐年下降,在发现矿床中的隐伏和盲矿比重逐年增加,从 20 世纪 50 年代的 23.5% 到 80 年代增至 81.5%,说明找矿难度增大;找矿潜力逐步转到以

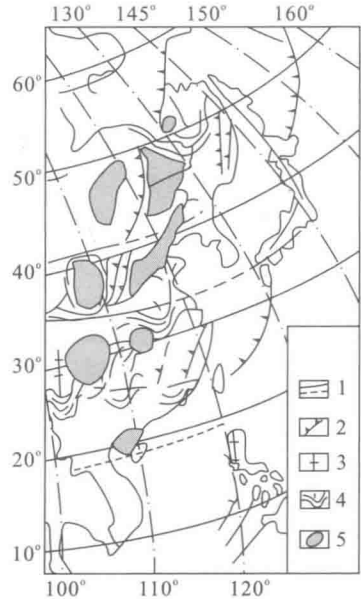


图 1-5 东亚大陆主要构造体系简图  
(据吴磊伯等,1961)

1. 纬向构造带;2. 新华夏系构造带;3. 经向构造带;4. “山”字形构造带;5. 主要沉降区



深部隐伏和盲矿为主;找矿深度从以地表为主,转而向以深部 300~1000m 为主;找矿方法由直观发现矿床变为间接预测验证发现矿床;找矿的科技含量逐年增高,找矿效果更多依赖于科技进步。多数勘查者提出当前的矿产勘查,已进入依靠高新技术方法、新深度、新领域、新矿床类型矿床以及新的成矿理论和思维阶段。新矿床类型强调低品位、大吨位、便于露采的大型、超大型矿床。赵鹏大院士(1997)针对勘查的新形势提出了要重视非传统矿产资源勘查,以满足不断扩大逐年增长的对矿产资源的需求。

## (二)矿床勘查的基本特点

### 1. 矿床勘查是风险投资

矿床勘查是发现并评价矿床的调查研究工作,勘查阶段的投资属于风险投资,整个勘查项目只有 1%~2% 最终成为矿山项目。绝大多数项目在勘查阶段终止。勘查的投入和产出相关性不密切。有的投入很大,收益甚微;也有投入不大,收入甚丰。勘查的成功者,是大矿的发现利润丰硕。勘查没有发现矿,不能说没有成果,只能说这种成果不是我们所追求的成果。通过勘查,对工作区的地质研究程度提高了,对矿床的发现做出否定评价。

勘查风险来源于地质、经济、技术诸方面。由于矿床深埋地下,根据现有的成矿理论进行推断存在诸多不确定性。即使通过一定的工程验证,其依然存在风险。经济方面存在产品价格、汇率、成本等方面的制约。技术风险与矿床开发的选冶条件有关。

对境外的勘查项目,则要考虑所在国的政治环境、社会环境、政策法规等因素。对投资高风险国家尤为重要,近年来教训颇多,如对秘鲁和蒙古国的铜矿勘查开发。

### 2. 矿产勘查的动态过程

多数固体矿产实质上是指有工业利用价值的特殊岩石,其利用价值是随人类知识和科学技术发展水平而变化的,评定工业矿体的技术标准是随技术水平的进步而变化的。如美国对铜矿的开发历史,在 20 世纪初开始将富铜矿石定在含铜 4% 以上,而浮选技术成功后铜的平均可采品位猛降 0.4%~0.5%,有人预测如将铜的可采品位下降到 0.25%,则世界铜的资源量可以增加 25 倍。从而开采铜矿的主要矿床类型也发生了根本的变化,开始以高品位、规模不大的热液脉状铜矿床为主转为以斑岩型、砂岩型铜矿大矿为主。国内也不乏其例,所属福建紫金矿业公司的上杭紫金山铜金矿,勘查时上部金矿为 5 余吨小型金矿(1994 年),开发过程中改进选冶工艺,将入选品位降至  $0.5 \times 10^{-6}$ ,计算储量达 153t,成为超大型金矿,后来(2011 年)继续降低入选品位(入选工艺包括堆淋工艺)为  $0.15 \times 10^{-6}$ ,则金的储量达 300t 以上。近年来国际上矿床勘查重视大吨位矿床的开发,特别是便于露采、可以形成规模经营的,是值得重视的重要方向。

### 3. 勘查者要具有创新思维素质

由于勘查工作充满不确定性,勘查过程是通过调查研究而发现工业矿床,有人将其比拟为博彩业。矿床深埋地下,只能靠直接或间接信息进行判断预测。成功的勘查者首先要有创新思维,要重视经验而不教条,理论联系实际,见微知著,要有充分的想象力,有三维概念的建立,如前述奥林匹克坝发现过程中成矿概念模型的建立,要有不屈不挠的精神、深邃的观察力,在复杂情况下做出正确的判断和预测,最终导致矿床的发现。勘查是科学研究,勘查是发现发明,勘查为人类创造财富。因为世界上每一个矿床都有其各自的特点。