

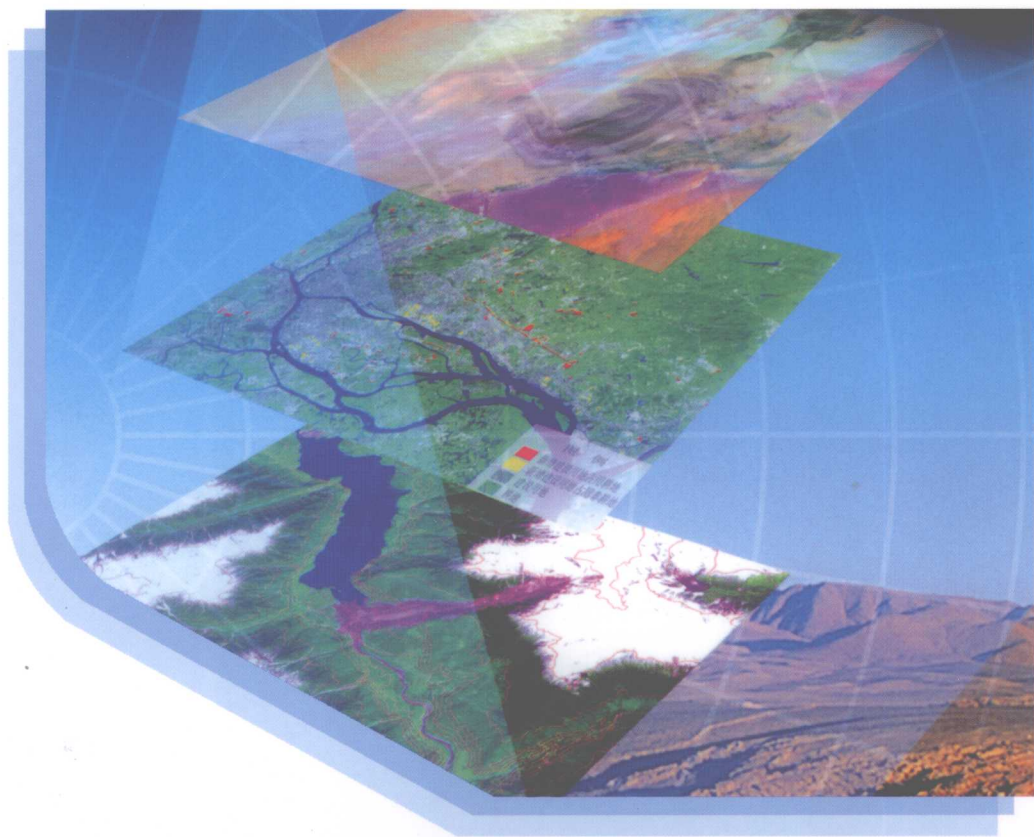


教育部高职高专资源勘查类专业教学指导委员会审查通过
高职高专院校资源勘查类专业“十一五”规划教材

主 编：杨小峰 刘长垠 张泰然 郑 毅

地球化学找矿方法

DIQIU HUAXUE ZHAOKUANG FANGFA



地 质 出 版 社



教育部高职高专资源勘查类专业教学指导委员会审查通过
高职高专院校资源勘查类专业“十一五”规划教材

地球化学找矿方法

主编：杨小峰 刘长垠 张泰然 郑毅

主审：张宏柏

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书主要由三部分内容构成：第一部分介绍了地球化学找矿各种方法的基本原理、适用条件；第二部分叙述了地球化学找矿方法、室内资料整理及异常解释；第三部分叙述了野外工作方法及实例分析，重点突出实际应用。

本书为资源勘查类、地质工程与技术类高职高专教学用书，也可供从事地球化学找矿的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

地球化学找矿方法/杨小峰等编. —北京：地质出版社，
2007. 12

ISBN 978-7-116-05547-6

I. 地... II. 杨... III. 地球化学勘探—高等学校：
技术学校—教材 IV. P632

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 200627 号

策划编辑：王章俊 魏智如

责任编辑：李凯明

责任校对：刘艳华 田建茹

出版发行：地质出版社

社址邮编：北京海淀区学院路 31 号，100083

咨询电话：(010)82324508 (邮购部)；(010)82324576 (编辑室)

网 址：<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱：zbs@gph.com.cn

传 真：(010)82310759

印 刷：香河金鑫印刷有限公司

开 本：787mm × 1092mm 1/16

印 张：11.5

字 数：280 千字

印 数：1—3000 册

版 次：2007 年 12 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价：18.80 元

书 号：ISBN 978-7-116-05547-6

(如对本书有建议或意见，敬请致电本社；如本书有印装问题，本社负责调换)

高职高专院校资源勘查类专业“十一五”规划教材

编 委 会

主 任：桂和荣

副主任：王章俊

委 员：马艳平

马锁柱

刘 瑞

李 华

李立志

李军凯

陈洪冶

罗 刚

肖 松

辛国良

范吉钰

殷 瑛

徐耀鉴

徐汉南

夏敏全

韩运宴

靳宗菊

魏智如

编 写 院 校

长春工程学院

重庆科技学院

甘肃工业职业技术学院

湖北国土资源职业学院

湖南工程职业技术学院

河北地质职工大学

江西应用技术职业学院

吉林大学应用技术学院

云南国土资源职业学院

郑州工业贸易学校(郑州地校)

主 审 院 校

安徽理工大学

安徽工业经济职业技术学院

北方机电工业学校

河南理工大学

湖北国土资源职业学院

湖南工程职业技术学院

吉林大学应用技术学院

江西应用技术职业学院

昆明冶金高等专科学校

克拉玛依职业技术学院

宿州学院

石家庄职业技术学院

太原理工大学

徐州建筑职业技术学院

云南国土资源职业学院

郑州工业贸易学校(郑州地校)

出版说明

最近几年,我国职业教育发展迅猛,地学职业教育取得了长足进展。由于历史原因,地学高职高专教育起步较晚,基础相对薄弱,迄今没有一套完整的专业教材。为此,2006年7月初,教育部高等学校高职高专资源勘查类专业教学指导委员会(简称“教指委”)会同地质出版社,组织全国分属地矿、冶金、石油、核工业部门的10所高职高专院校的一线优秀教师,联合编写了这套高职高专资源勘查类专业教材。教材编写从地学高职高专教育的教学实际需要出发,内容安排以理论够用,注重实践为原则;编写体例有所创新,章前有引导性内容,章后给出了重点内容提示及本章的复习思考题。

首批编写的教材共22种,包括:《普通地质学》、《地质学基础》、《岩石学》、《矿物学基础》、《古生物地史学》、《构造地质学》、《地貌学及第四纪地质学基础》、《矿床学》、《固体矿产勘查技术》、《普通物探》、《地球化学找矿方法》、《水文地质学基础》、《专门水文地质学》、《钻探工程》、《钻探设备》、《土力学地基基础》、《工程岩土学》、《岩土工程勘察》、《地质灾害调查与评价》、《宝石学基础》、《宝石鉴定》、《测量技术》。这些教材从2007年6月开始,陆续由地质出版社出版。

为了保证教材编写出版的顺利进行,确保教材的编写质量,本套教材从编写立项开始就成立了教材编写委员会。由教指委主任、宿州学院院长、博士生导师桂和荣教授任编委会主任,地质出版社副社长王章俊编审任编委会副主任。

教材编写过程中,参编教师投入了大量的心血和精力。多数教材融入了主编们近年来的教学及科研成果,从而使本套教材具有较强的时代感和较好的实用性。还要特别指出的是,教材的第一主编承担了编写大纲的制定、分工、统稿、修改、定稿等工作,为教材的顺利出版作出了重要贡献。各参编院校的领导从大局出发,给予每位作者最大限度的支持,保证了本套教材的按时出版。

教材建设是教指委的职能之一。本套教材在编写过程中,教指委一直发挥着管理与协调作用。2007年4月底,教指委组织14所院校的专家在北京召开了教材评审会议。与会专家会前对书稿做了认真审读,对教材初稿给予了较高评价,同时,指出了存在的问题和不足,并提出了具体的修改建议。会议结束后,作者根据评审意见对教材做了进一步的修改和完善。

作为本套教材的出版单位——地质出版社感谢教指委和各位作者对我们的信任和支持!精品教材的诞生需要多方努力,反复锤炼。为了使本套教材日臻完善,成为高职高专资源勘查类专业的精品教材,希望广大师生在使用过程中,注意收集各方意见和建议,并反映给教指委或地质出版社,以便修订时参考。

地质出版社

2007年12月

前言

2006年7月,教育部高等学校高职高专资源勘查类专业教学指导委员会会同地质出版社,在河南省郑州市组织召开了全国资源勘查类高职高专教材编写研讨会。本教材是根据会议决议及10所高职高专院校的现行教学大纲编写的,教材内容按60~70学时设计。

教材突出了基础性、实用性和系统性,主要讨论了地球化学找矿各种方法的基本原理、适用条件;叙述了地球化学找矿方法、室内资料整理及异常解释;介绍了地球化学找矿的野外工作方法及实例分析。本书为高职高专资源勘查类专业的教材,也可供从事区域地质调查、矿产普查勘探和地球化学找矿的地质及物化探工作人员参考。

本教材由云南国土资源职业学院杨小峰担任主编。全书共九章,各章编写分工为:第一章绪论、第二章地壳中元素的分布与迁移、第六章地球化学找矿分析测试技术,由云南国土资源职业学院郑毅同志编写;第四章地球化学找矿方法,由吉林大学应用技术学院刘长垠同志编写;第七章地球化学找矿资料整理与异常的解释和评价,由湖南工程职业学院张泰然同志编写;第三章地球化学找矿标志、第五章地球化学找矿野外工作方法、第八章地球化学找矿中常用数理统计方法、第九章实例分析,由云南国土资源职业学院杨小峰同志编写。全书由杨小峰进行统编定稿。

在教材编写过程中，张宏柏副教授审阅了全书，并提出了宝贵的修改意见；地质出版社魏智如提供了丰富的信息并给予了周到安排；参编院校领导给予了大力支持，相关教师提供了多方面的帮助；另外，教材参考了部分本科教材的内容，引用了许多专家、学者的研究成果；在此，编者一并致以最诚挚的谢意！

编 者

2007 年 12 月

目次

前 言

第一章 绪论	(1)
第一节 地球化学找矿概述	(1)
第二节 地球化学找矿的种类与特点	(2)
一、地球化学找矿的种类	(2)
二、地球化学找矿的主要特点	(3)
第三节 地球化学找矿的任务与工作方法	(3)
一、地球化学找矿的任务	(3)
二、地球化学找矿的工作方法	(4)
第四节 地球化学找矿简史	(5)
一、国外地球化学找矿简史	(5)
二、我国地球化学找矿简史	(5)
第二章 地壳中元素的分布与迁移	(9)
第一节 地壳中元素的分布与分配	(9)
一、地壳元素的丰度确定方法	(9)
二、地壳丰度值特征及其地球化学意义	(13)
三、元素在地壳中的分配	(15)
四、元素的空间分配	(21)
五、元素的概率分布	(21)
第二节 元素的存在形式与共生组合	(23)
一、独立矿物	(23)
二、类质同象	(23)
三、胶体吸附	(24)
四、有机质	(24)
第三节 元素的迁移	(25)
一、迁移的一般概念	(25)
二、迁移的方式	(26)
三、迁移的影响因素	(26)
四、元素的沉淀与分散	(27)
第三章 地球化学找矿标志	(29)
第一节 地球化学背景及异常	(29)
一、地球化学背景	(29)

二、地球化学异常	(30)
三、地球化学异常的分类	(31)
第二节 地球化学找矿标志	(32)
一、地球化学找矿标志的概念	(32)
二、指示元素	(33)
三、指示元素的选择	(33)
第四章 地球化学找矿方法	(36)
第一节 岩石地球化学找矿	(36)
一、原生晕的形成及特点	(36)
二、指示元素的含量特征	(38)
三、方法的应用条件和对象	(39)
四、岩石地球化学找矿的野外工作方法	(40)
第二节 土壤地球化学找矿	(41)
一、风化作用	(41)
二、土壤	(44)
三、次生晕	(48)
四、土壤地球化学找矿的应用及野外工作方法	(64)
第三节 水系沉积物地球化学找矿	(67)
一、分散流的形成	(67)
二、指示元素几何特征	(68)
三、水系沉积物地球化学找矿的应用及野外工作方法	(69)
第四节 其他地球化学找矿方法	(72)
一、气体地球化学找矿的基本原理及应用	(72)
二、水文地球化学找矿的基本原理及应用	(73)
三、生物地球化学找矿的基本原理及应用	(74)
第五章 地球化学找矿野外工作方法	(76)
第一节 踏勘及工作设计	(76)
第二节 地球化学找矿方法的选择	(77)
一、选择的依据	(77)
二、方法的选用	(77)
第三节 指示元素的选择	(77)
一、选择的原则	(77)
二、选择的方法	(77)
第四节 采样布局	(78)
一、“格子”采样法	(79)
二、规则测网	(79)
三、规则测线	(79)
四、不规则测网	(79)
第五节 采样	(80)

一、水系沉积物测量	(80)
二、土壤地球化学测量	(81)
三、岩石地球化学测量	(81)
四、水文地球化学测量	(82)
五、气体地球化学测量	(82)
六、生物地球化学测量	(82)
第六章 地球化学找矿分析测试技术	(84)
第一节 地球化学找矿样品加工	(84)
第二节 地球化学找矿样品分析技术要求	(86)
一、分析测试方法的通用要求	(86)
二、地球化学找矿中常用的分析测试方法	(87)
第三节 地球化学找矿样品分析质量监控和评价	(90)
第七章 地球化学找矿资料整理与异常的解释和评价	(92)
第一节 化探资料整理及图件编制	(92)
一、资料整理的意义	(92)
二、资料整理的内容	(92)
三、地球化学图件的编制	(94)
第二节 地球化学背景值、背景上限值的确定及常用数据统计分析	(99)
一、长剖面法	(99)
二、数理统计法	(100)
第三节 异常的初步筛选和评序	(104)
一、异常的初步筛选	(104)
二、异常的评序	(105)
第四节 异常检查与验证	(107)
一、异常检查的目的任务	(107)
二、异常检查的方法	(107)
第五节 异常评价与查证	(108)
一、异常评价的内容	(108)
二、矿致异常与非矿致异常的区分方法	(108)
三、矿体异常与矿化异常的区分方法	(109)
四、判断矿化类型的方法	(111)
五、判断矿体赋存位置的方法	(111)
六、异常的验证	(113)
第八章 地球化学找矿中常用数理统计方法	(116)
第一节 趋势分析	(116)
一、移动平均趋势分析	(117)
二、多项式函数拟合趋势面分析	(120)
第二节 一元回归分析	(121)
一、根据原始数据求相关系数	(121)

二、进行相关系数的显著性检验	(122)
三、求线性回归方程	(122)
四、计算剩余标准差	(122)
五、做回归直线图	(122)
第三节 判别分析	(124)
一、求判别函数	(124)
二、判别效果的显著性检验	(125)
三、计算各变量的贡献值	(125)
四、对未知属性样品进行判别	(125)
第四节 聚类分析	(129)
一、转换对数	(130)
二、数据均匀化	(130)
三、计算实例	(132)
第九章 实例分析	(140)
第一节 区域地球化学勘探	(140)
一、1:20 万区域地球化学勘探	(140)
二、1:10 万的区域地球化学勘探	(145)
第二节 1:5 万地球化学普查	(154)
一、地质及地球化学特征	(154)
二、结果与讨论	(155)
三、实例	(155)
四、结语	(158)
第三节 利用地球化学勘探发现盲矿体	(159)
一、矿区地质概况	(159)
二、物化探工作结果	(159)
三、矿区物化探工作的几点经验	(163)
第四节 利用地球化学勘探直接寻找锡矿床	(163)
一、地貌及地质特征	(163)
二、地球化学特征	(164)
三、地球化学工作	(166)
四、几点体会	(169)
主要参考文献	(172)

第一章 绪 论

内容介绍与学习目的

主要介绍地球化学找矿的概念，及其与地球化学之间的相互关系；介绍地球化学找矿的特点和类型、工作的方法，以及发展历史和发展方向。要求掌握地球化学找矿的概念、类型和特点，了解地球化学找矿的发展历史与发展方向。

地球是一个由大气圈、生物圈、水圈、地壳、地幔、地核等圈层构成的复杂体系，在这一体系中时刻都在进行着物质与能量的交换，而物质和能量的交换过程中必定伴随物理-化学变化的发生。深刻认识、理解地球就有必要借助物理-化学的理论、手段和方法。

第一节 地球化学找矿概述

地球科学是研究地球这个极其复杂的物质体系的学科总称，基于不同的认识角度产生了不同的分支学科。地球化学正是从地球的化学组成、化学作用和化学演化，即通过物质的化学运动形式来研究地球的。从学科角度讲，地球化学是由地质学与化学类基础科学相结合、渗透而产生的一门边缘学科。

人类赖以生存的地球，从化学观点看，是由 92 种化学元素和 354 种核素组成的。由于不稳定核素的衰变产生的能量推动了地球的物质运动：岩石熔融、岩浆喷溢、火山活动，进而造成了全球规模的地质作用。这种地质作用不断地改变着地球的外观和结构，同时也造就了 92 种元素及其同位素进行化合、分异、迁移，这为采用化学方法来研究地球、认识地球提供了客观条件。

地球化学的整体研究思路是“见微而知著”，即试图通过对微观的化学作用的研究来获知宏观的地质作用信息。为此，地球化学主要的研究内容就可归结为：①地球和地质体中元素及其同位素的组成；②元素的共生组合和赋存形式；③元素的迁移；④元素的迁移历史与地球的演化。

对地球、地壳或某一地质体，都可以从上述几个基本途径研究其形成和演化历史。因此，地球化学可定义为：是一门研究地壳和地球的化学成分以及元素在其中的分布、分配、集中、分散、共生组合、迁移规律、演化历史的学科。

随着地球化学研究领域的扩大和深入，也逐渐细划出了相应子学科。如：①以海洋为研究对象的海洋地球化学；②以环境为研究对象的环境地球化学；③以地下水为研究对象的地下水地球化学；④以探矿为目的的勘查地球化学等。

而勘查地球化学是地球化学中最活跃的学科之一，由于勘查地球化学主要以找矿为目的，因此，称之为地球化学找矿，简称为化探。对于地球化学找矿的定义，国内外学者有

各种不同的表述,其中比较有代表性的定义是:地球化学找矿是基于系统地测定天然物质的一种或数种化学性质的任何矿产勘查方法(H. E. Hawkes 等, 1962);地球化学找矿是根据基岩及覆盖层中、地下水及地表水流中、植物中和土壤中、气中的含矿物质不明显的微观分散晕以发现矿床的一种找矿方法(B. Ч. 克拉斯尼科夫, 1955)。本书采用的定义为:地球化学找矿是系统测量天然物质(如岩石、土壤、水系沉积物、地表水、地下水、植物和空气等)中一种或几种地球化学指标(如元素和同位素的成分、含量、pH 值、 E_h 值、温度等),研究其分布、分配和变化的规律,以发现与矿有关的地球化学异常来找矿的一门学科。

地球化学找矿研究的对象,不但包括地球化学异常本身,而且还包括如何在给定的自然条件下有效地应用它去达到预定的找矿目的或其他目的。从地球化学找矿的角度来看,具有经济价值的矿床,不过是地球化学异常的一种特殊类型。地球化学找矿主要采用定性描述的方法,对于一些定量的计算公式,要把它们看成是某种简洁的定性描述手段,但其发展趋势仍然是从定性逐渐走向定量。

地球化学找矿是一门非常年轻的边缘学科,它一方面以地质学、矿床学、地球化学、土壤学,以及数学、化学等为基础,另一方面又用自己的新发现和新资料服务于这些基础学科。

第二节 地球化学找矿的种类与特点

地球化学找矿随着主要研究对象的不同,其调查、研究、评价的手段和方法有所差异。随着人类对地球系统的深入认识和理解,成矿的多因素表征也是定论,这也造就了地球化学找矿方法和类型的细化。

一、地球化学找矿的种类

根据研究的天然物质的不同,地球化学找矿可分为:

- 1) 岩石地球化学找矿:以基岩为勘查对象(包括基岩中的裂隙充填物);
- 2) 土壤地球化学找矿:以土壤(包括残坡积物、冲积物、洪积物、冰碛物和塌积物等)为勘查对象;
- 3) 水系沉积物地球化学找矿:以河流和溪沟底沉积物为勘查对象;
- 4) 水文地球化学找矿:以地表水和地下水为研究对象;
- 5) 气体地球化学找矿:主要以自然界存在的各种气体(如稀有气体, CO_2 , CH_4 等)为研究对象。

另外还有生物地球化学找矿、海洋地球化学找矿、稳定同位素地球化学找矿等。

在上述各种找矿方法中,前三种类型找矿方法技术比较成熟,是目前普遍采用的手段,其余几种类型还不太成熟。近年来,其余几种方法发展迅速,特别是气体地球化学找矿发展较快,并取得了实质性的进展,其应用领域主要集中在油气勘探。

随着科学技术及研究手段的发展,同位素地球化学异常、矿物包裹体地球化学异常、构造地球化学异常、海洋地球化学异常以及大气地球化学异常也相继引起了人们的重视。新的地球化学找矿方法和手段正逐渐产生与发展。

二、地球化学找矿的主要特点

在矿产勘查史上风险最小、可靠性最大的是探究矿化露头的找矿方式，而在地表矿化露头大部分已被发现的状况之下，寻找隐伏矿体的期望也就变得越来越重要和越来越迫切，要满足这一愿望需借助于遥测的方式，也就是物探、化探、遥感等具有一定探测深度的工具。对全球找矿成功几率的统计表明，地球化学找矿是一种探究表生矿、深部矿和隐伏矿的有效手段。

地球化学找矿的主要特点，概括起来有如下几点。

1. 对象的微观化

目前，地质勘探的主要类型大致可分为以下几种：

- 1) 地质找矿：主要通过对矿床形成的地质条件和矿床存在的地质标志的研究来进行找矿；
- 2) 地球物理找矿：主要是通过对矿石与围岩物理性质差异的研究来进行找矿；
- 3) 遥感找矿：主要是通过各地质体或现象所表现的差异来进行找矿；
- 4) 地球化学找矿：主要是通过对矿体形成或表生破坏过程中，元素的分布与分配、分散与集中、共生组合与迁移演化规律的研究来进行找矿。

通过元素的地球化学研究，特别是微量元素的地球化学研究进行找矿是地球化学找矿的最根本特点。

2. 分析测试技术是基础

地球化学找矿的研究对象是元素，具体说应是元素的含量，要获得元素的含量必须借助于现代分析测试技术，特别是在地表矿日益稀少、找矿过程中异常与本底的差异也变得越来越小的情况下，分析测试技术的重要性更加明显。

3. 利于寻找隐伏矿床

地质找矿中观察研究成矿地质条件和矿体存在的标志，往往受露头的限制。而地球化学找矿则不受露头的限制，无论在基岩出露或松散层掩盖的地区均可采用地球化学找矿手段寻找地下深处的盲矿体，特别是气体地球化学找矿方法的发展，为寻找更深处地球化学异常提供了有力支持。

4. 准确率高、速度快、成本低

地球化学找矿具有准确率高、速度快、成本低的特点，这也是世界各国广泛采用地球化学找矿手段的重要原因之一。国内外都以地球化学找矿方法进行大区域（包括边远地区）扫面，即所谓“区域化探扫面”。通过这一基础性工作可以加快矿产资源的远景评价，为规划和部署进一步找矿工作提供依据。

第三节 地球化学找矿的任务与工作方法

一、地球化学找矿的任务

地球化学找矿的任务，概括起来有如下几方面。

1. 评价区域成矿远景，寻找成矿远景地段或区块

地球化学找矿通过研究元素在区域空间分布特征和时间上的演化规律来评价区域含矿远景，寻找含矿远景地段。同时划分地球化学成矿区，提出地球化学找矿标志。

2. 寻找矿床（矿体），追索矿区外围

通过研究矿床（矿体）附近岩石、土壤、植物、气体等介质中成矿元素的分布与分配，总结矿体形成、保存、消失过程中元素的分散与集中、共生组合与迁移演化规律，提出异常评价的地球化学标志和指标。

3. 研究地质问题，间接指导找矿

地质体及天然产物中元素的分布、分配等信息，不仅可标识矿体的存在和变化，而且也反映地质体的地球化学特征及说明其与有关地质作用（包括成矿作用）的成因联系。研究有关地质作用产物中元素的特征，总结有关的地球化学标志和指标，有利于研究地质问题，间接指导找矿。

4. 查明区域元素分布，扩大服务领域

查明区域中元素的分布状况，不仅可以指导找矿，而且可以为发展农业、畜牧业，防治地方病和环境污染以及相关地质学科提供基础性资料。

二、地球化学找矿的工作方法

1. 地质观察与样品采集

元素的迁移和变化与地质体是紧密相关的，因此，常规的地质工作方法在地球化学找矿中同样起着重要的作用。工作区域的地质条件、岩石及矿化和蚀变的特征、矿物的共生组合及生成顺序等，对找矿区域的选择、工作方法的确定、异常的解释评价都是重要的基础资料。采集样品在地球化学找矿中是一项重要的基础工作，一切成果都来自对所采样品的研究。采样的目的性、方法的正确性和样品的代表性在野外采样时应特别注意。

2. 数据的统计分析

如何处理和利用大量的分析测试数据是地球化学找矿方法中必须面对的问题。有效获取分析测试数据所反映的内在规律，从而获取矿藏信息，是地球化学工作者的基本技能。目前采用的主要手段是统计分析。20 世纪 60 年代统计分析方法开始引入地球化学分析测试数据的评价以来，随着计算机技术的发展统计分析手段越来越全面和丰富；但同时应注意，依据单一的统计数学方法来评价分析测试有时会导致信息的丢失，要充分认识到数理统计的自身局限性。

3. 地球化学指标的研究

地球化学指标是地质作用及其产物的地球化学特征的反映。只有通过地球化学指标的建立，才能研究与表征元素的分布与异常的特征，才能进行异常的解释评价。通过一系列地球化学指标的总结来发现异常、解释评价异常是地球化学找矿的根本方法。目前常用的地球化学指标有参数性的和非参数性的。

4. 地球化学图表的编制

地球化学图表不仅可反映元素的分布、分配特征，而且也能体现元素的分散集中、迁移演化的规律。因此，通过编制地球化学图表来研究矿区和区域地球化学的基本特征和规

律,也是地球化学找矿的基本工作方法。

以上是地球化学找矿的基本方法。随着科学技术的发展,多学科融合的现象越来越突出,特别是找矿难度的日益加大,强调多学科的协同分析就显得尤为重要。譬如,遥感与地球化学找矿的结合、地理信息系统与地球化学找矿的结合均是近年来发展的热点,也取得了显著效果。

第四节 地球化学找矿简史

地球化学找矿主要是通过研究、追索形成异常物质的来源进行找矿的,其萌芽于古代,只是当时主要研究对象是矿石和重矿物,而随着技术的发展,现代地球化学找矿所关注的是微观物质。地球化学找矿真正独立成为一门学科,是源于20世纪30年代、在近代分析测试方法迅速发展的基础上、在与地球化学密切结合的基础上逐步形成和发展起来的。

一、国外地球化学找矿简史

地球化学找矿最早为前苏联所创立。1932年苏联地质学家费尔斯曼、谢尔盖耶夫等,首先系统采集土壤及风化岩石样品进行分析,并用以找矿,当时将这种方法称之为“金属量测量”。1935年苏联研究成功了适用于大规模土壤地球化学测量的光谱分析设备与采样步骤,为开展土壤地球化学找矿提供了条件;同期,苏联还研究试验了水系沉积物地球化学找矿和生物地球化学找矿。20世纪60年代以来,在寻找盲矿方面苏联做了许多工作,取得了显著成绩。

斯堪的纳维亚半岛国家也是开展地球化学找矿最早的,特别是瑞典。1936年瑞典的帕姆金斯特探矿公司等人在试验性的植物地球化学测量中,发现含在Sn与W高的土壤中生长的乔木、灌木叶子内,Sn与W的含量也高,并以系统分析植物的方法在许多地区进行找矿。

20世纪40年代中期,地球化学找矿引起了美国、加拿大的注意。在美国,H.E.霍克斯于1947年首先开始进行土壤地球化学测量的试验,在各个气候带开展了研究,并在50年代初顺利地开展了地球化学找矿工作。其主要分析测试方法是比色法。

英国、法国对地球化学找矿的研究,开展较晚,于20世纪50年代中期才开始。但是他们很快就在本国和非洲及远东一些地区用以找矿。1970年成立了国际勘查地球化学协会,并出版了《地球化学勘查》杂志,每两年召开一次学术讨论会。

20世纪80年代推行的国际地球化学填图计划,极大地推动了地球化学找矿的发展,同时也为其他学科的发展提供了基础资料,如环境科学。

二、我国地球化学找矿简史

我国地球化学找矿工作最早可追溯至1924年。当时李四光等在河北武安利用 SiO_2 与 Al_2O_3 等含量线图研究了花岗闪长岩中铁的成矿远景。我国现代的地球化学找矿工作是1951年在安徽江山由谢学锦等首先进行试验的。

我国地球化学找矿工作中最先开展试验研究的是“土壤金属量测量”。1954年分别在

白银厂铜矿、中条山铜矿等已知矿床上进行系统的试验研究，并很快在区域地质测量中加以推广应用。20 世纪 50 年代中期，吉林大黑山大型钼矿床的发现，是地球化学找矿在我国获得的第一个显著成果。50 年代末期，在辽宁青城子铅矿试验、研究岩石地球化学找矿取得成功，使“硌老山空”的矿山得以继续生产。

水系沉积物地球化学找矿，早在 20 世纪 50 年代末期已开始试验，但未得以推广，直到 70 年代早期才得到较为广泛的应用。目前，它已成为我国进行全国性“区域化探扫面”（地球化学找矿）的主要手段。

迄今为止，全世界有 30 多个国家和地区开展了区域地球化学勘查工作，我国是开展区域地球化学勘查最早的国家之一。1978 年，以谢学锦为首的化探专家们建议开展全国性区域地球化学勘查工作，后纳入了全国基础性地质调查工作的中长期规划和年度计划。从此，我国有计划、有步骤地开展了全国区域地球化学勘查工作。

30 多年以来，全国区域地球化学勘查取得巨大成功。工作覆盖面积达到 $6.5 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，共分析各类地球化学样品约 142 万件，采用高精度大型仪器测试 39 种元素，共计取得原始测试数据约 5540 万个，首次全面系统地将这些数据汇集，建立了全国区域地球化学勘查数据库，编制了 39 种元素的全国地球化学图和图集。

全国区域地球化学系列图编制项目历经 3 年多的时间，现已全部完成，并由中国地质调查局对这项成果进行了评审和验收。此次编制的地球化学图，充分展示了我国不同地质背景所反映的地球化学特征和规律，显示了我国重要矿产地的分布。全国区域地球化学勘查已发现 2900 多处异常见矿，找到 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sn, W, Mo 等金属矿产地 700 多处，为国民经济建设提供了丰富的矿产资源；取得了地壳表层元素地球化学背景值，为地学研究提供了丰富资料；展示了我国与环境有关的元素分布状态，包括有益元素 N, P, K, B, Mn 等，有害元素 Cd, Hg, Pb, As 等，大大拓展了地球化学的应用领域。

同时，我国区域地球化学勘查的关键技术也取得了重大突破，解决了我国特殊地理景观区工作方法技术；建立了 39 种元素的微量、痕量测试方法技术体系，极大地提高了样品分析准确度；异常解释推断和查证技术、数据库信息系统与制图技术等，丰富了地球化学勘查理论。这些技术和理论均居国际领先水平。

当今地球化学找矿总体发展趋势是扩展应用领域，更新方法途径，深化基础研究。具体体现在以下几个方面。

1. 地球化学找矿正向环境领域扩展

主要表现在区域地球化学填图资料用于环境研究。地球化学找矿在研究天然污染物方面具有独特的功能，因此，将过去只用于矿产勘查的地球化学资料用于环境研究已成为当前热点。另外，全球地球化学填图也加强了地球化学找矿在环境领域的影响力。这一切正如著名的勘查地球化学家及环境地球化学家 Thorton 所说的“由于地球化学图与图集继续覆盖更大面积，90 年代将为科学提供一个激动人心的机会，那就是可以用全球的眼光研究过去只能在局部或区域尺度上研究的问题”。

这方面的工作主要是将全国或区域性地球化学填图资料用于区域农业规划、地方病防治、区域环境背景评价中。在技术上主要用数理统计的方法，区分人为污染的元素和自然污染的元素及其组合，强调多元素的协同作用。