

● 中国地质大学(武汉)地学类系列精品教材

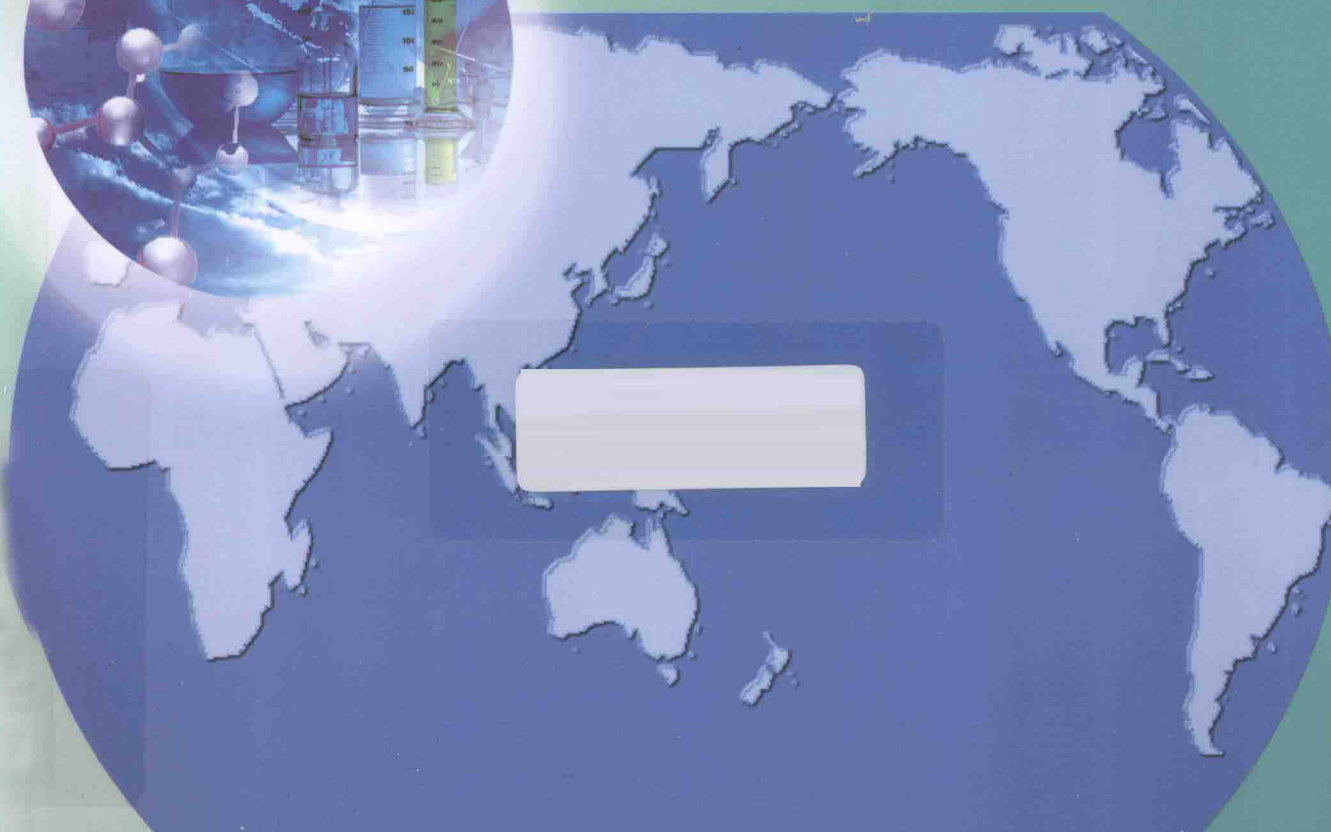
应用地球化学

YINGYONG DIQIU HUAXUE

修订版

主 编 蒋敬业

副主编 程建萍 祁士华 向 武



中国地质大学出版社有限责任公司

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

湖北省“十一五”重点图书规划项目
中国地质大学(武汉)“211工程”专项资助教材
中国地质大学“十五”规划教材

应用地球化学

(修订版)

主 编 蒋敬业
副主编 程建萍 祁士华 向 武

中国地质大学出版社有限责任公司

图书在版编目(CIP)数据

应用地球化学(修订版)/蒋敬业主编;程建萍,祁士华,向武副主编. —武汉:中国地质大学出版社,2006.3(2013.7 修订)

ISBN 7—5625—3181—4

- I. 应…
- II. ①蒋…②程…③祁…④向…
- III. 地球化学—高等学校—教材
- IV. P59

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 165973 号

应用地球化学(修订版)

蒋敬业 主编
程建萍 祁士华 向武 副主编

责任编辑:王凤林

责任校对:戴莹

出版发行:中国地质大学出版社有限责任公司(武汉市洪山区鲁磨路388号)

邮编:430074

电话:(027)67883511

传真:(027)67883580

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:560千字 印张:21.875

版次:2006年3月第1版 2013年7月第1次修订

印次:2013年7月第1次印刷

印刷:武汉市教文印刷厂

印数:1—3000册

ISBN 7—5625—3181—4

定价:32.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

资源、环境、人口与可持续发展,是 21 世纪人类最为关心的几大问题。人类不仅需要包括矿产资源在内的丰富的物资资源,而且需要良好的生存环境。地球化学作为研究地球物质成分的学科在这方面大有用武之地,勘查地球化学在矿产资源勘查方面起着极其重要的作用,但还不能完全满足人类逐渐扩大的需求。近 20 年来,勘查地球化学家们在环境调查评价、农业土壤及生态地球化学、火山地震预测、地热调查评价、城市工程、环境工程地球化学以及其他方面的应用进行了大量有益的研究和探索,取得了丰硕的成果。为适应人类需求的增长和学科发展的需要,应将勘查地球化学拓宽到更广阔的应用领域,《应用地球化学》教材已是呼之欲出。

我们几位从事地球化学应用教学和科研的教员,经过近几年的酝酿、讨论和准备,参阅了勘查地球化学在其他方面的应用文献,在原阮天健、朱有光教授编著的《地球化学找矿》的基础上,将油气化探、环境监测评价、农业地球化学、火山地震预测、地热调查评价及地球化学工程学等方面的应用纳入《应用地球化学》教材中,并在课程体系上作了较大的改革。全书在结构上由两部分构成,将各方向应用的公共理论基础和地球化学调查的通用方法技术(如野外采样、样品处理、分析测试、数据处理与信息提取)编为上篇,称为通论——理论与方法;将各方面的应用分章讲述,称为各论——应用与实践。

本书前言、绪论、第一至七章、第十一章由蒋敬业编写,第八章由程建萍编写,第九章由祁士华编写,第十章由向武、任利民、蒋敬业编写,最后由蒋敬业统编定稿。

本书是在校、院各级领导的关心和支持及化探界同仁的关怀鼓励下得以完成的,特别是引用了阮天健和朱有光教授编著的《地球化学找矿》一书中的许多资料,在此对他们表示衷心的感谢。

本书编著过程中深感“地球化学找矿”经过几十年的应用实践,是一门很成熟的学科,其学科体系、方法技术、专门术语已成一格,严谨准确。相形之下,本次尝试编著《应用地球化学》,在无公开版本可供参考的情况下,在课程体系、内容安排、相关名词术语使用上难免有不妥之处,恳请读者提出批评指正和建设性意见,以使《应用地球化学》更加完善。

在本书出版过程中,中国地质大学出版社社长梁志同志及科技编辑室段连秀编辑、王凤林编辑均对本书提出了许多建设性的意见,在此一并表示感谢!

编 者

2006 年 3 月

目 录

绪论.....	1
---------	---

上篇 通论——理论与方法

第一章 元素分布的基本规律	13
第一节 地球化学旋回与元素分布	13
第二节 元素的共生组合	17
第三节 元素的空间分布	19
第四节 元素含量的概率分布	24
第二章 原生地球化学环境与元素的原生分布	29
第一节 地壳的物质组成与元素丰度	29
第二节 各类岩浆岩中化学元素的丰度	34
第三节 沉积岩中化学元素的丰度	37
第四节 地壳中元素的赋存形式	38
第三章 表生地球化学环境与元素的表生分布	41
第一节 表生地球化学作用的一般概念	41
第二节 风化与剥蚀	42
第三节 风化产物	48
第四节 表生带中元素的存在形式	56
第五节 表生带中元素的活动性	59
第六节 土壤及土壤中的元素分布	62
第七节 水圈中元素的分布	74
第四章 地球化学调查工作方法	82
第一节 工作设计	82
第二节 采样布局	83
第三节 样品采集	86
第四节 样品加工	93
第五章 地球化学样品分析	96
第一节 地球化学样品分析的特点和要求	96

第二节	分析误差及分析质量监控	99
第三节	主要分析方法及样品预处理	101
第六章	地球化学资料整理与信息提取	113
第一节	原始资料及质量评定	113
第二节	背景值与异常界限的确定	118
第三节	单变量数据处理	121
第四节	多变量数据处理	124
第五节	元素空间分布的数据处理	133
第六节	地球化学制图	137

下篇 各论——应用与实践

第七章	金属矿产地球化学勘查	145
第一节	矿产地球化学勘查概述	145
第二节	岩石地球化学找矿	151
第三节	土壤地球化学找矿	179
第四节	水系沉积物地球化学找矿	192
第五节	水化学找矿	200
第六节	气体地球化学找矿	208
第七节	生物地球化学找矿	221
第八节	地球化学异常的解释与评价	231
第八章	油气地球化学勘查	242
第一节	油气与油气异常	242
第二节	油气化探的主要方法	246
第三节	油气化探异常的解释评价	251
第九章	环境地球化学调查	258
第一节	环境科学、人体健康与环境污染	258
第二节	环境地球化学调查	267
第三节	环境质量评价	276
第十章	农业生态地球化学调查	283
第一节	农业生态地球化学系统	283
第二节	元素、土壤地球化学与农业	287
第三节	农业生态地球化学调查	293
第四节	农业生态地球化学的应用	299

第十一章 在其他方面的应用	306
第一节 火山、地震监测与预测	306
第二节 地热地球化学勘查	312
第三节 在环境治理方面的应用——地球化学工程学	320
附录 1 地壳元素丰度表	327
附录 2 主要类型岩浆岩中化学元素的平均含量	329
附录 3 主要类型沉积岩中化学元素的平均含量	331
附录 4 世界土壤的元素含量及其范围	333
附录 5 全球河水元素含量及其范围	334
附录 6 标准正态分布函数 $F(u)$ 的数值表	335
附录 7 F 分布临界值 F_{α} 表	336
附录 8 最大累积频率绝对差 D_N 的临界值 $D_{N,\alpha}$ 表	337
主要参考文献	338

绪 论

一、应用地球化学的概念

人口、资源与环境是 21 世纪人类最为关注的三大课题,其中,资源与环境是与地球物质成分密切相关的。地球化学是研究地球物质成分的重要学科,它是从地球的化学成分出发去认识地球、解释地球形成及发展演化中的各种问题。

应用地球化学,顾名思义,是地球化学的实践应用,是地球化学的一个重要分支学科。它是将地球化学的基本理论和方法技术用于研究地球物质成分及其分布、分配给人类带来的利弊,即解决地球物质成分与人类的利害关系。具体地讲,地质作用中化学元素的迁移、演化,在何种条件、什么地方能够聚集成可供人类利用的矿产资源(金属、非金属和能源矿产)?如何科学地发现它、开采它,合理利用它?岩石圈表层中元素的富集、贫化与土壤的关系,以及各种成分差异的土壤对农作物(粮食、蔬菜、水果等)产量、质量有何影响?人类生活、生产、消费活动对地质环境改造及其对人类本身造成的影响如何(即人类经济活动的副作用)?这些都是应用地球化学所关心的、力图研究解决的问题。

由上所述,我们对应用地球化学可作如下的学科定义:它是一门运用地球化学基本理论和方法技术,解决人类生存的自然资源和环境质量等实际问题的学科。简而言之,是研究地球表层系统物质组成与人类生存关系,并能产生经济效益和社会效益的学科。

二、应用地球化学的形成过程

1. 矿产勘查地球化学的产生和发展

矿产勘查地球化学是应用地球化学中形成最早、方法技术最成熟、最全面的分支。人类生存的三大基本要素是吃、穿、用,随着人类的发展进步,对物质的需求也不断扩大和提高,制造生产工具和武器需要金属,提高生活情趣需要饰品。因此早在古希腊和罗马时期就有用淘洗溪流沉积物的办法寻找金矿。R. W. Boyle 推测,可能在公元 8 世纪以前,人们就已知道利用植物来找矿。1546 年巴塞尔出版的一部《论金属》的著作中,就有水化学找矿的详细描述(A. A. 莱文森,1974)。我国 2000 多年前的《管子·地数篇》中记有“山上有赭者,其下有铁;上有铅者,其下有银;上有丹砂者,其下有钨金;上有磁石者,其下有铜金,此山之见荣者也”。由此可见,早在春秋战国时期,我们的祖先已摸索出某些矿物和元素的共生关系,已发现了矿产的垂直分带规律。在 1500 多年前的南北朝时期,“地镜图”中说“草茎赤秀,下有铅;草茎黄秀,下有铜”。这实际表明人类已有了生物地球化学找矿的经验了。

应用地球化学始于找矿、成长于找矿。真正的地球化学找矿应以利用分析技术,追踪元素的迁移分布来找矿。所以,真正的地球化学找矿文献当属 1935 年 Б. И. 费罗列夫和 М. Ф 日宁发表的有关锡、铜矿床的锡量测量和铜量测量的文章。1936 年,Н. И 萨弗朗诺夫发表了矿床分散晕的论文。几乎与此同时,北欧国家也在 20 世纪 30 年代中期开展了地球化学找矿实践,如挪威的 T. Fogt 在硫化物矿床上的土壤、植物和水中进行了分散晕研究,芬兰的 K. Rankama 研究了镍矿床上植物中的镍含量。可以推测,地球化学找矿实践实际早于这些论

文发表之前。

20世纪30~50年代,地球化学找矿主要在前苏联得到了快速发展。这是因为十月革命在俄国取得胜利后,要改变在原资本主义社会相对落后的状况就需迅速恢复生产、发展工业,需要矿业原料,找矿工作受到国家高度重视。他们在1930年采用光谱分析技术进行土壤样品多元素分析,发展并逐渐使土壤地球化学方法成熟起来。从1937年起,C. Д. 米列尔、E. A. 谢尔盖耶夫、A. П. 索柯洛夫、B. A. 尤克耶夫、A. B. 柯罗列夫等人先后发表了多篇金属矿床的金属量测量(即土壤地球化学测量)的论文。1940年,B. M. 克列特尔在《矿产普查和勘探》一书中,专章综述了铜、锡、金、钨、钼金属量测量和水化学测量。同年,A. E. 费尔斯曼出版了《地球化学和矿物学找矿》一书。至此,地球化学找矿从实践到理论形成,已走完第一段历程,成为比较成熟的找矿方法。当地球化学找矿从一个一个矿床的试点研究取得了较为满意的结果后,1948—1949年,首次在哈萨克斯坦进行了中小比例尺的大面积的土壤地球化学测量(C. Д. 米列尔,1956)。1955年,前苏联地质找矿部规定所有地质机构在任何比例尺的找矿工作中,都必须使用金属量测量(据 И. И. Гинзбург, 金兹堡,1957 中译名)。

二次大战后,西方国家为恢复战争带来的损伤,急需矿业原料,找矿投资增加。1945、1947年地球化学找矿先后在加拿大(F. N. Warren)和美国(H. E. Hawkes 等)开展了地球化学找矿研究(Govett,1986)。1950年,英国帝国理工学院 J. S. Webb 教授考查了美、加两国的地球化学找矿工作后,回国组建了应用地球化学研究组,法国1955年才开始研究,很快在本土和非洲投入实际应用。西方国家和前苏联不同之处在于西方对使用半定量光谱分析不感兴趣,主要使用灵敏的比色分析,并促进了精确、快速的分析方法的完善和进步。西方国家在非洲投入的地球化学找矿工作(主要是英、法),规模仅次于前苏联,1959年全非地球化学采样量为150万件,其中100万件在中非。尤以在赞比亚和罗得西亚地区进行的土壤和水系沉积物测量成果证明是在露头稀少、风化强烈地区最有效的方法,为中非铜矿带的发现作出了重要贡献。

我国的地球化学找矿工作起步并不晚,建国伊始,百废待兴,1950年东北地质调查局就开办了化探方法短训班。1951年,谢学锦、徐邦梁等人在安庆月山进行了早期化探实验。1952年地矿部成立不到三个月就在地矿司内设立了地球化学探矿室,开始了我国的化探创业历程。初期主要是学习、摸索、从援华的前苏联专家中学习化探技术。1954年,开展了1:200 000土壤金属量测量。1956年,冶金部地球物理总队中成立了化探组,1957年地质部成立物探研究所,其中设置了化探组。1960年,原北京地质学院设立地球化学专业,开始系统培养化探方面的专门人才。至此,我国地球化学找矿走上正常发展的道路。但是“文革”十年,使我国化探工作几乎处于停滞状态。“四人帮”倒台后迎来了科学的春天,一大批高素质的勘查地球化学家以高昂的激情投身于地球化学勘查事业中,技术革新层出不穷,出现了一批全新的微量元素定量分析方法,微金分析技术达到 10^{-9} 水平,数理统计、计算机技术的应用使我国的地球化学找矿达到全新的阶段。第二代1:200 000区域化探扫面工作全面开展,使我国区域化探达到世界先进水平,并取得了辉煌的成绩。据中国地调局资料,至1997年已完成区域化探扫面 $575 \times 10^4 \text{ km}^2$ (占可调查面积90%以上),发现异常5万多个,初步筛选后检查了1.36万个,对其中约3 000个异常进行验证,发现工业矿床788个,其中大、中型312处,潜在价值达万亿元之多。而且,地球化学方法在金矿勘查上,已成为公认的不可替代的找矿方法,金矿勘查中的突破性进展与区域化探的开展密切相关。

地球化学找矿在实际工作中的广泛应用,促进了理论地球化学的发展,异常解释评价、异常形成机制、影响控制因素等都需要地球化学理论支持,以提高找矿效果。因此,成矿作用地

球化学、元素地球化学、区域地球化学等地球化学的分支学科得到快速发展,并密切联系找矿应用。此外,分析化学、分析技术、计算机技术和多元统计分析技术也因地球化学找矿的需要而得到快速发展。显然,地球化学找矿是应用地球化学前期的主要应用方向,是应国民经济建设和人类的实际需求而诞生发展的。

2. 应用地球化学从矿产勘查到多方位应用

20世纪80年代,矿产勘查地球化学无论从应用规模、理论水平、各类刊物上发表的论文数目上,都达到了空前的程度。这一时期,整个世界的工业生产和科学技术也已达新的高度。以美国为首的西方发达国家已进入后工业化时期,即进入电子电器、计算机信息时代。对矿产原料的需求呈下降趋势。同时,当人类为所取得的物质文明和技术进步而欢欣鼓舞的同时,人们惊异地发现,人类生存的环境却面临着日渐恶化的现实:矿山的开采、冶炼伴随着绿水变荒山,大批的固体废料、尾砂,有毒的粉尘和废水,大规模的工业生产伴随着废弃物、有害物质的急剧增长,大气、水、土壤被污染。千百万年来地球各圈层间物质交换的地球化学平衡被破坏,正常的地球化学循环的链条被截断,个别地区甚至遭受到严重的污染。人类违背自然规律的经济活动,必然受到大自然的惩罚(图0-1),大量排放的 CO_2 造成温室效应,酸雨降落,臭氧层的破坏,有害化学物质的排放,生物种数正以惊人的速度减少。1952年12月伦敦的烟雾,短短四天比平时多死亡4000多人,日本出现的水俣病(Hg中毒)、骨痛病(Cd中毒)引起人们的极度恐慌。工业国清醒后,首先从民间兴起了“环境运动”,要求政府采取有效措施解决环境问题。

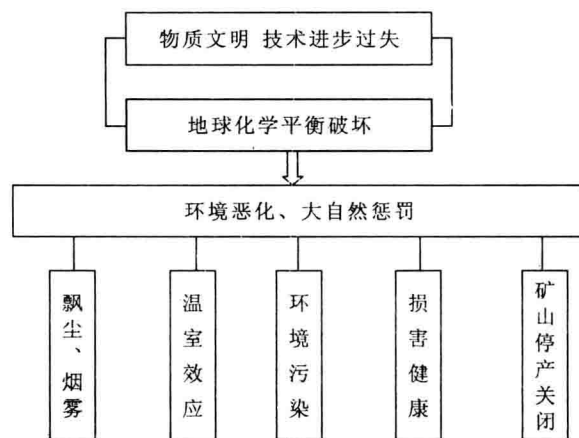


图0-1 地球化学平衡与环境

1968年12月在美国达拉斯召开了“地球化学与健康 and 疾病”学术讨论会,1972年,美国成立了“环境地球化学与健康”协会。以地球化学平衡为理论基础的环境地球化学应运而生了。

大多数环境问题,其实质是环境中某些成分的过多或不足问题。这种过多或不足,可以是天然地质作用引起的,也可以是人类活动造成的。由于人类长期生活在地球系统中,与地球系统,特别是表层系统(即自然环境)处于平衡状态,对自然系统中物质成分的适应有一定范围,过高或过低都会引起健康受损。地球化学调查的实质就是对地球表层系统进行有组织、有目的地调查,对找矿来说,就是查明成矿元素及其伴生元素的高值区(偶尔也研究低值区),追踪矿源。而对环境地球化学来说,则是对所有元素都要从环境角度审视元素的过高或亏损造成

的危害,特别是对有毒元素的监测更为迫切。因此,勘查地球化学的方法稍加改革,便可方便地在环境研究中派上用场。这也是地球化学应用首先“扩张”的领域,“捷足先登”成了环境研究中的生力军。一大批勘查地球化学家纷纷转而投身到 21 世纪人类最关注的课题中去大展宏图。1993 年,国际勘查地球化学家协会主席丁·杰克斯指出,勘查地球化学领域的专家和地质领域专家一样,越来越多地参与解决环境保护的各种问题。为了更好地开发勘查地球化学方法在环境评价中的应用,国际勘查地球化学家协会成立了以戈朗兹曼为首的环境委员会,扩大与环境方面各种组织和机构的交流与交往,发展勘查地球化学方法在环境方面的作用。同时,国际勘查地球化学杂志宣布了新的办刊方针,除继续鼓励矿产勘查的新方法、新技术外,还特别鼓励环境调查、治理方面的理论与经验交流。

谢学锦院士根据 C. G. Closs 编辑的勘查地球化学文献目录所作的统计结果(图 0-2)表明,1970—1985 年间,是勘查地球化学全盛时期。之后,矿产勘查的论文数呈递减趋势。但这并不是说应用地球化学本身已无用武之地,而是表明它正从传统的矿产勘查向其他领域扩展,一部分力量在其他领域发挥作用。当然,勘查地球化学家不能简单地套搬矿产勘查的地球化学方法,必须对原有技术进行革新和改造,同时与医学、生物学、生态学、农学等学科密切结合,吸收其营养以弥补自身的缺陷,形成环境地球化学研究的新思路和新方法、新技术,推动环境科学向前发展。

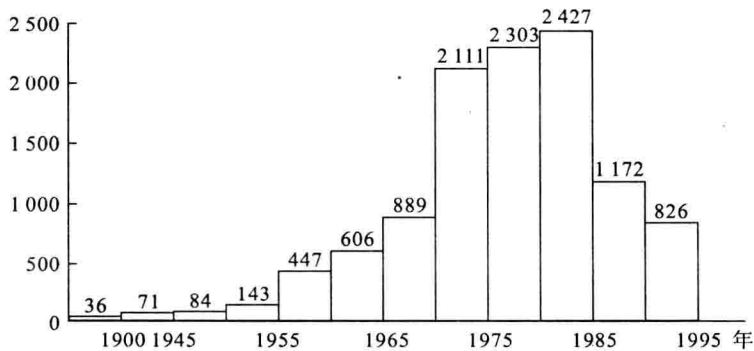


图 0-2 勘查地球化学文献变化图(谢学锦,1996)

土壤中元素含量与植物间有着密切的关系,早在 20 世纪初期,兰卡玛·马柳加以及 50 年代维诺格拉多夫、华伦等人就进行了研究,虽然当时主要是从找矿的目的出发,但所获得的许多认识,对农业生产、畜牧业、地方病的研究大有启发,也为勘查地球化学在农业领域的应用打开了空间。60 年代,英国帝国理工学院 J. Webb 等人利用水系沉积物测量编制的英国地球化学图,研究元素分布与农业、渔业和环境污染等方面的问题。1969 年和 1982 年,美国分别在密苏里州进行了以环境和农业为服务目标的地表沉积物,耕作土、非耕作土的地球化学调查工作。1980 年北欧诸国进行了 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的水系沉积物及冰碛物、苔藓、重砂测量,出版了北苏诺斯坎迪亚地区区域地球化学图,为环境污染、地质、医学、农业、林业提供了一套基础资料。70 年代起,前苏联地质研究所的化探人员与列宁格勒的土壤学家、土地规划工作者联合对原苏联西北部地区作了农业地球化学调查,编制了“1:600 000 列宁格勒州农业化学图”、“1:600 000 列宁格勒州土壤与成土岩石地球化学图”和“1:600 000 列宁格勒州土被地球化学分区图”等系列图件。80 年代以来,相继出版了《土壤地球化学与环境保护》(萨普雷金,

1984)、《农业化学与生物环境》(米涅耶夫,1984)。

近 20 年来,我国化探界人员利用 1 : 200 000 区域化探资料在研究地方病、环保及农业方面,也进行了大量的探索。1988 年,原地矿部物化探研究所朱立新等人利用区域化探资料对河北青龙——山海关一带环境和农业进行了探讨,研究了水系沉积物中某些营养元素、有益元素与农作物的关系。1990—1993 年,朱立新等人在河北冀东 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 地区查明了营养元素 Zn、Mn、B、Mo、Co 元素的缺乏区,选择水稻、玉米、花生和苹果增施上述元素的微肥,平均单产增加 10%,取得了好的效益。他们在许昌地区针对烟叶质量下降,开展了土壤地球化学调查,发现低质低产烟田区缺乏 Fe、Mn、Cu、Zn、Mo、V、Ni、Co、Mg、B 等元素。

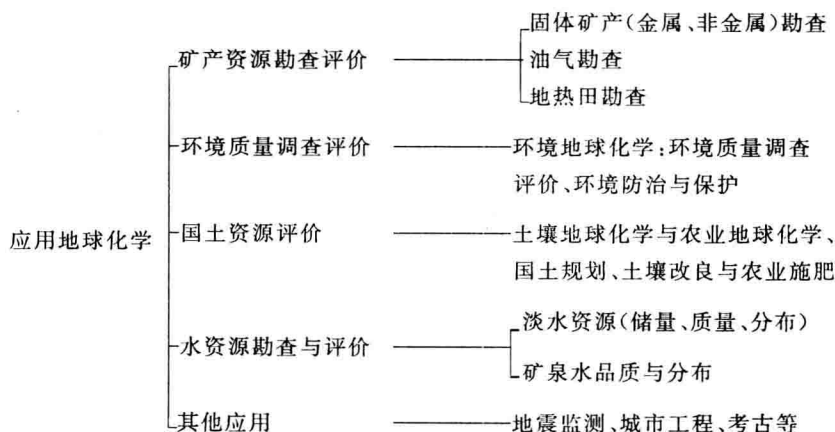
农业及土壤地球化学方面,为确定全国土壤元素背景值,“七五”期间进行的第二轮全国土壤调查取得了重要的基础资料,为农业地球化学研究提供了宝贵的资料。

农业地球化学调查是基础研究工作。农业的区域分区虽然是以气候为主要依据,但即使在同一区域、同一气候带内,农作物生长状况也不尽相同。一些名优产品在某些区域推广后,质量下降,很可能是由局部地球化学背景差异引起的。岩石是土壤之母,是土壤营养成分的供给者,不同岩石类型、不同区域岩石地球化学差异,造成了土壤微量元素含量的差异。因此,深入研究土壤中元素的组合、相关性、元素的存在形式、含量水平,是深化农业地球化学研究的重要途径。其次,一些地区土壤微量元素的贫化,可用微肥来补充。而微肥中,发展矿物岩石肥料,使之成为长效性、无毒性 and 低成本肥料,大有潜力。如超基性岩可提供 Fe、Mg、Cr、Ni、Co、V、Ti 等元素,海绿石提供 K、Mg、Al、B、Mn、Cu、Co 等。此外,利用自然矿物、岩石进行土壤改良,也大有作为。

应用地球化学除在环境、农业两方面进行了广泛的渗透并拓宽了应用,而且这两方面常常互有联系,可以在同一次调查研究中应用,提高资料的利用率,增加效益。此外,应用地球化学还在地热调查、地震预报、城市工程、考古等其他方面都有较成功的应用实例,大大拓宽了地球化学的应用领域,展示了它的广阔应用前景和强有力的生命力。

“十五”期间,国土资源部开展新一轮国土资源大调查,在厚覆盖区进行了多目标地球化学填图,将矿产资源评价、环境质量评价、农业土壤地球化学评价、地区资源评价等多种目标纳入统一综合的地球化学调查中,在江汉平原、成都平原、珠江三角洲进行试验研究,初步取得了好的效果。这显然是一次全方位的应用地球化学研究实践。

综上所述,应用地球化学的研究领域和方向可以用如下的框架来概述:



三、应用地球化学研究对象、研究内容及研究方法

1. 应用地球化学研究对象

人类生存所必需的大气、水、粮食、蔬菜、水果以及保障生存的其他物质资源(如矿产资源、能源)等,主要与大气圈、水圈、生物圈和岩石圈表层(包括地表疏松覆盖物)有关,我们可以将之统称为地球表层系统。

因此,应用地球化学的研究对象即可简单归结为地球表层系统的物质组成。它可以进一步理解为研究表层系统中元素及其化合物的空间分布、分配、迁移演化、集中分散、演化富集以及存在形态(价态)及其与人类的关系。

目前,人类经济活动所涉及的范围,金属矿产开采最深达到 3 500m,贱金属矿产一般不足 1 000m(我国则多小于 500m),石油开采深度大一些,可达 5 000~7 000m。这一深度,相对于岩石圈来说,仍只是表皮。生物圈范围也不大,地表植物、动物活动深度几十米而已,海洋中深度大一些,可达数千米。大气与人类最密切相关的只是地表面 500m。这些数据表明,应用地球化学研究的地球表层系统,最重要是地球表层界面上下 1 000m 之内的物质组成及其变化。对于更深部地壳内岩石组成,以及更高空的大气组成的研究,则多是理论地球化学家们所关心的。

2. 研究内容

(1)矿产勘查地球化学方面,研究成矿元素及其伴生元素的空间分布规律与矿产的联系。具体地讲是研究元素在集中分散过程中于矿体周围各类介质中形成的地球化学异常与矿床的时间、空间的成因联系,研究各类介质中地球化学异常形成机制、影响因素、发现异常和解释评价异常的方法技术。

(2)环境地球化学方面,研究对人类生存与发展、对人类健康有影响的化学元素的分布分配及其存在形态。其中特别重视对人类生命活动有益的必需元素的丰缺程度和对人体健康有害的有毒元素的富集程度。

(3)农业土壤地球化学方面,研究对作物生长有益或必需元素在土壤中的丰缺程度以及有毒、有害元素在土壤中的富集程度,即这些元素在空间的分布、存在形态对农、林、渔、牧业的影响。

(4)研究一切化学元素及其化合物在地球表层系统中的分布分配、活动演化可能给人类生存带来直接或间接影响,例如地震活动中的元素活跃显示为地震预报提供信息,地热田产生的地球化学异常,利用地球化学障、生物地球化学障进行环境改造与治理,利用地球化学作用于土壤改良、土壤施肥等等。

3. 研究方法

应用地球化学的研究方法基本可分为两方面,其一是现场采样调查评价研究,其二是实验研究。

采样调查是对地球表层各类介质,根据研究目的、要求,进行系统的样品采集,然后进行物质成分的分析测试。样品采集必须要对研究区的地质背景、景观地球化学条件有一定了解,然后才能根据要求进行采样点位的设计,对有代表性的介质进行样品采集。为查明表层系统中元素分布分配、活动迁移的规律,参照对比法采样是一项重要的工作部署原则。无参照对比便无大小差别,对比研究是一切自然科学研究的基本原则。元素含量的高低、贫化与富集,正常与异常,都是相比较而言的。因此,布置样品一定要考虑参照系统。如研究点源污染的空间,除研究污染源附近土壤、大气和水中各种污染指标外,还要对远离污染源的正常环境中土壤、大气和水中各类污染指标的背景特征进行调查研究。又如研究农作物中有害元素的含量特

征,常常不仅仅研究植物中的有害元素含量,还应对植物生长的土壤、形成土壤的母岩的化学成分特征进行研究。而且,还应对不同成土母岩、土壤类型及其作物中该元素的含量进行系统对比研究,以查明有害元素的来源、影响的程度等问题。

应用地球化学研究中,现代分析测试技术的应用是必不可少的,对采回的各类介质的样品,由于样品介质种类多,各类介质物理化学性质不同,要分别采用不同的仪器和分析方法,才能获得可靠的第一手材料。正因为地球化学样品介质的复杂性(气体、土壤、岩石、水、植物、动物及器官等),对分析方法和分析仪器的要求也高,这很大程度上促进了现代分析技术的进步。几乎现代仪器分析中的所有仪器,都在地球化学样品分析中占有一席之地。目前,在地球化学样品的分析中,比较常用的有原子吸收光谱分析、原子荧光光谱分析、电感耦合等离子光谱分析、X荧光光谱分析、质谱分析、中子活化分析、气相色谱分析、离子色谱分析以及其他化学分析(包括电化学分析)等。地球化学样品分析不仅涉及无机元素,还包括大量气体及有机化合物。不仅要求有高的准确度、精确度和灵敏度,而且要求最好多元素同时分析,还要经济、快速适用。

实验研究是应用地球化学研究中常常采用的另一种研究方法。诚然,采样调查研究是最直接、最常用的基本方法。但是,这种方法只能研究表层系统中各种地球化学作用的结果,不能说明这种结果的机制或原因。尽管通过所获数据,结合地质背景和景观条件能作一定推断解释,但仍只能是一种推测或假设,常常不能从根本上解决问题。因此,开展模拟实验、条件试验研究是必要的。这种试验研究,常常是尽可能地模拟自然地球化学环境,改变各种条件参数,以研究元素的活动、迁移、存在形态、转化机制、影响条件,最终提高认识,可以提高找矿效率,提高对环境治理和国土规划的水平。

四、应用地球化学与其他学科的关系

首先,应用地球化学是地球化学的一个分支,而且是极重要的分支。相对于理论地球化学而言,应用地球化学以实际应用为目的,以产生经济效益为特征。它在地球化学学科体系中的位置如图 0-3 所示。

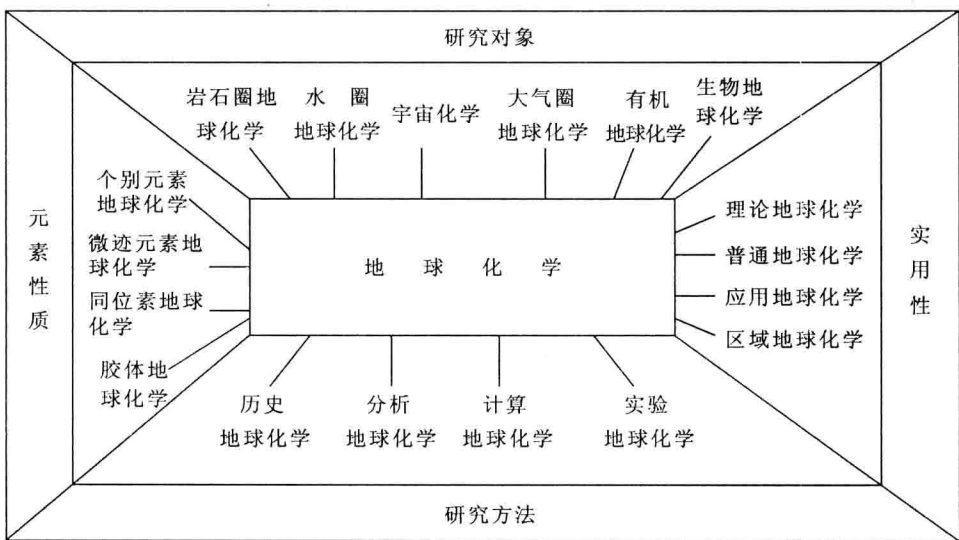


图 0-3 不同认识所作的地球化学分类(H. J. 勒斯勒, H. 朗格, 1985, 修改)

因此,应用地球化学具有地球化学学科的一切属性,都是研究地球中化学元素及其分布、分配、迁移活动、贫化富集。理论地球化学偏重于研究各类地质体中的化学组成、化学作用和化学演化;而应用地球化学的目标则是研究地球化学作用、化学演化的最终结果,以及这种结果与人类的利害关系(图 0-4)。

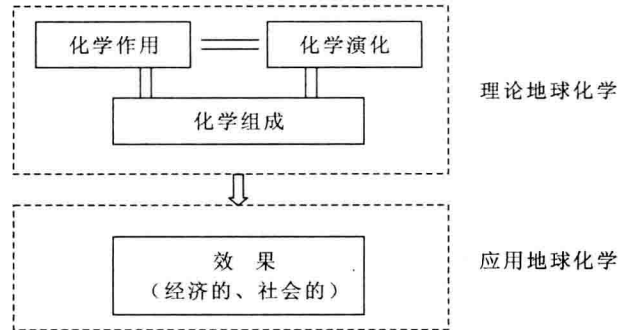


图 0-4 理论地球化学与应用地球化学关系

可见,理论地球化学偏重于追索化学作用、化学演化的过程,目的在于认识世界。而应用地球化学则更关心它的效果,关心化学元素的贫化富集、不足与过量的结果给人类带来的利与害、福与祸,目的在于服务人类。如果理论地球化学仅仅只停留在认识世界、解释世界上,而不服务于世界,这种理论是没有价值的,学科也没有生命力。只有理论与应用相结合,才能相互促进、生机勃勃,地球化学学科正是这样发展起来的。

其次,理论地球化学与应用地球化学研究的范围或系统不同。前者不仅研究地壳中的化学组成、化学作用与化学演化,而且整个地球,乃至宇宙的物质组成都是它的研究范围。而应用地球化学研究的只是与人类关系最密切的地球表层系统。一般是地表之下几百米到一千米,最深不过数千米(油气地球化学勘查)。可见,应用地球化学只是研究地球的表皮部分,较之理论地球化学更加实际具体。

从研究元素来看,理论地球化学研究一切天然元素,并且重点研究微量元素、稀土元素及同位素的示踪作用。应用地球化学更偏重于亲硫重金属元素、贵金属元素等金属成矿元素,以及重金属元素对农业、环境的影响和利害关系。

此外,理论化学家眼中,化学元素无好坏、恶善之分。但应用地球化学家则不然,他们更偏爱于成矿元素,而在环境地球化学和农业地球化学方面,把元素分成有用无用、有害无害、有益无益元素,显然对元素有了亲疏爱憎之感。而且,应用地球化学不仅研究自然过程,还把人类活动对自然环境的影响、对自然过程的改造也包括在内,即自然演化过程以及叠加其中的人类活动产生物参与的过程。

应用地球化学除了与理论地球化学有着极为密切的渊源关系外,还与许多其他学科有着密切的关系。作为地球科学的一部分,地质学基础知识是应用地球化学的研究基础,其中岩石学、矿物学、构造地质学的知识,都是学好应用地球化学所不可缺少的。应用地球化学涉及到的基础理论还有矿产资源学、生命科学、农业科学、医学、土壤学及地球物理学。应用地球化学研究中,还要涉及利用现代科技解决实际问题,其中最必不可少的是现代分析技术和计算技术(包括电子计算机技术、计算数学)。此外,水文学、自然地理、气象学等的有关知识,在应用地

球化学中也会涉及到。我们将与应用地球化学有关的学科关系表示如图 0-5,其中将关系很密切的用双线相连,较重要的用单线相连,有一定关系的用虚线相连。

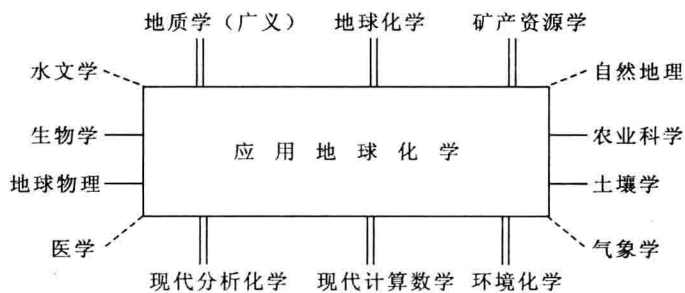


图 0-5 应用地球化学与其他学科关系

应用地球化学是一门复杂性的学科,涉及知识面极广。要将地球化学知识用来造福人类,必然要有多学科的扎实功底。本课程将为地球化学专业的学生展示地球化学的应用方向,传授具体的方法技术,是通向工作实践的一座桥梁,为在实际工作中大展宏图插上腾飞的翅膀。

