



Environmental Geochemistry

A Holistic Approach

环境地球化学

—— 一种整体论方法 ——

[美] 约翰·A·C·福蒂斯丘著 李世玢译 潘树荣校

高等教育出版社

[美]约翰·A.C.福蒂斯丘 著

环 境 地 球 化 学

——整体论观点——

李世玢 潘树荣 译

高等教育出版社

京) 112号

内 容 简 介

本书是根据德国施普林格 (Springer-verlag) 出版公司出版的《生态学研究丛书》中的第 35 卷, 并参照 1985 年苏联格拉左夫斯卡雅的俄译本译出。主要是论述环境科学中的一个重要分科景观地球化学。对这门学科的理论、方法、实际应用和今后的发展作了全面、系统的叙述。

本书既概括了苏联的景观地球化学的思想、理论和方法, 又总结了西方的景观地球化学的思想和作者的见解, 并以西方的大量的实例和经验论述了这些思想和理论, 又将现代的科学思想和方法与景观地球化学的传统思想和方法结合起来, 介绍了它们在土壤元素迁移, 矿物元素的集聚等过程在实际工作中的应用, 同时也展示出本学科的发展前景。

本书既是科学著作, 又以教科书的形式写成, 因此可供环境科学、地球化学、地理学、生态学、农林等方面的科研和实际工作者参考, 也可作为高校师生教学用书, 还可供涉及环境保护、土地利用等方面的决策者和非专业人员参考。

OriginalLy published in EngLish under the titLe:
EnvironmentaL Geochemistry
Copyright C Springer—VerLag New york, Inc. 1980.
ALL Rights Reserved.

环境地球化学

——整体论观点——

(美) 约翰·A. C. 福蒂斯丘 著

李世珩 潘树荣 译

高等教育出版社 出版

新华书店总店北京科技发行所发行
通县觅子店印刷厂印装

开本787×1092 1/16 印张17.5 字数400 000

1995年10月第1版 1995年10月第1次印刷

印数 0001—1 112

ISBN 7-04-000878-5/K·37

图字: 01-1995-104号

定价 16.85 元

序

资助能够胜任加拿大林业局的委托,并对加拿大森林资源的最佳管理提供特别保证的个人的研究首创精神,是加拿大林业局的政策。本书便是基于这样的首创精神。它代表了作者自己的哲学,而丝毫不受资助机构的观点的约束。

在过去20年间,J.A.C.福蒂斯丘(Fortescue)博士已闻名于全世界的许多研究中心。他开创了本书全面阐述的认识环境的方法。现在,传统的分隔式的研究方法的种种限定已遭到反对,这种情况促使人们从整体的观点来重新考虑基本的概念和原理。**景观地球化学**就是反映这种重新考虑的学科成果。它可以被看作环境科学为解决今天的问题和利用未来的可能性所需要的理论概念的最基础的单元。

例如,在森林资源经营中,生产和保护技术变得越来越复杂而精细,而且这是在外界环境压力变得越来越强烈而多种多样的背景下出现的。在这样的条件下,必须更多地了解生态系统及其复原力和行为型式的大小的基本功能。当然,从历史上看,森林学决不是脱离有关的学科而发展的,但是由本书作者所提倡的观点把这种相互依存关系的各分支放在更显著和更合理的基础上。从这个基础出发,所有环境科学应当更容易取得进展。

P.J.伦尼(Rennie)

1979年10月于加拿大渥太华

前 言

本书是为三类读者写的。第一类,而且也许是最少的一类,包括勘探地球化学家、专业地球化学家以及把地球化学作为其所选专业的重点的大学本科和毕业生。第二类读者包括环境科学、环境地质学、地理学、生态学、土壤科学、森林学、流行病学以及需要环境地球化学方面的入门课本的本科生和研究生。这些学科的教师可以利用本书作为指南,根据本书组织有关专业的一个学期的课程。第三类读者是科学家和非科学家这两方面的人员,他们对环境地球化学具有某种一般的或特殊的兴趣,因为该学科涉及污染(或潜在污染)问题、土地利用决策或环境卫生。这第三类读者应当从第1章开始,查阅书末的提要,并在准备阅读其余部分之前先读第20章。

本书贯穿着环境地球化学方面的整体论思想(holistic thinking)。它是对环境地球化学学科的现状的一般的、导论性的阐述。这门学科的研究范围,对于那些希望对处于形成阶段的学科作出贡献的青年科学家,应当特别具有吸引力;新的专门化的可能性,几乎经常都是明显存在的。本书不是为起破坏作用的批评家而写的。这种批评家应当等到房屋建成才拆脚手架!

如景观地球化学的奠基人 F.W. 克拉克、V.I. 维尔纳茨基、V.M. 戈尔德施密特和他们的合作者及后继者所述,景观地球化学是牢固地扎根于普通地球化学中的一门科学学科。这门学科涉及环境的地球化学问题,特别是涉及化学实体(chemical entity)在各类环境物质的合成和分解中所起的作用。景观地球化学同现代的系统生态学、环境地球化学以及总环境(total environment)的科学有着非常密切的联系。不过,它同今天的环境地球化学不同的地方在于,它是基于一组相互联系的七个原理和概念,这些原理和概念一起提供一种研究环境的独特方法。在这些概念中,有些,如元素丰度,是整个地球化学所共有的;有些,如生物地球化学循环研究,是同生态学所共有的;而有些,如景观的地球化学分类,则是景观地球化学所特有的。地球表面的概念在景观地球化学中被认为是重要的概念,因为正是在地表或地表附近,化学物质在环境中的循环由于存在活生物圈(living biosphere)而达到了最大的强度。景观地球化学的方法是整体的,因为它包括了岩石圈、水圈、土圈、生物圈和大气圈中的一切元素,以及一切化学相互作用的研究。

在本书中,我向读者介绍研究环境地球化学的一种方法。这种方法是在我自己的经历中逐渐形成的,并且是以下面三种思想来源为依据的:(1)景观地球化学学科的创始人 B.B. 波雷诺夫、A.I. 彼列尔曼和 M.A. 格拉佐夫斯卡娅(以及其他的苏联科学工作者)的思想;(2)由苏联以外的科学家阐述的景观地球化学的思想和例子;(3)由我作为大学生、研究工作者和教师的 25 年科学活动的经验。

当我在加拿大不列颠哥伦比亚大学学习时,我第一次看到了对环境地球化学采取整体论方法(holistic approach)的必要,那时,我在从事地球化学探矿研究的H.V.沃伦教授(Warren et al., 1955)指导下学习。当在英国牛津大学从事研究生的研究工作时,我在林学系的L.莱顿(Leyton)博士指导下,曾把一种整体的、概念性的模型应用于挪威南部冰川地区化学元素循环的研究。这项工作使我确信在环境地球化学中把岩石、土壤和植被看作一个独特的系统是非常恰当的。当我在英国伦敦帝国科学技术学院地球化学勘探研究中心完成博士学位研究[在J.S.韦布(Webb)教授的指导下]以后,我参加了赞比亚纳姆瓦拉(Namwala)租借地一个区的区域多元地球化学图的编制。这一经验说明了岩石与河流沉积物之间的地球化学关系是怎样出现在曾经受几次热带风化循环支配的地区内的,而且也指出了局部景观特征可能怎样改变河流沉积物中个别元素的分布型式。

1955年夏,当我在挪威特隆赫姆为阿尔萨克·克瓦尔黑姆(Alsak Kvalheim)主任领导下的斯塔腾斯·列斯托夫实验室(Statens Råstofflaboratorium)工作时,我获得了基于挪威南部矿床周围土壤的地球化学勘探的实际经验。在1959和1960年,我获得了基于比耶恩·贝尔维肯(Bjorn Bølviken)及其同事在挪威北部完成的河流沉积物调查的区域地球化学勘探的实际经验。这证实了土壤和河流沉积物调查技术的普遍效果,说明了冰川覆盖层的深度能够制约挪威铜(及其它元素)的地球化学异常范围的程度。

1956年和1957年夏季,我在为加拿大肯科(Kennco)勘探有限公司工作时,获得了另外的实际地球化学勘探经验。1956年,我在H.E.霍克斯(Hawkes)博士指导下取得了新不伦瑞克的经验,该经验涉及下伏石墨页岩或块状硫化矿床地区河流沉积物的航空电磁异常与地球化学异常之间的关系的研究。这时,我发现了导致默里(Murray)矿床的发现地球化学异常。1956年夏季的经验,使我确信注意元素分布型式的详细情况对于在不考虑有关元素的浓度水平的情况下解释河流沉积物调查的重要性。1957年夏,我曾同J.J.布鲁默(Brummer)博士一道从事加拿大不列颠哥伦比亚省南部吉琼·巴索利斯(Guichon Batholith)区的区域河流沉积地球化学制图设计的工作。这一经验表明,甚至在半干旱地区,都能在斑铜矿(其中某些矿埋藏得很深)的附近发现河流沉积物的地球化学异常。

我为加拿大政府工作了8年。1962—1967年,我在加拿大地质调查所地球化学组R.W.博伊尔(Boyle)领导下工作,后来又在执行国际生物学规划(IBP)的加拿大林业局佩塔瓦瓦(Petawawa)森林试验站工作。在加拿大地质调查所工作的这段时间,我论述了研究探矿资料的一种总的整体方法(holistic approach),并编写了一本名为《勘探体制》的勘探方法研究指南,该书是以1959年秋在挪威对特隆赫姆地质俱乐部的讲课为基础写成的(Fortescue, 1965)。

我在加拿大地质调查所的主要工作,在于对植物勘探方法研究采用整体论方法(福蒂斯丘,1970)。根据景观地球化学的原理,该方法必须包括:(1)拟定关于选择适于进行研究的勘探过的,但未受干扰的矿床的顺序系统(sequential system);(2)利用关于收集这种矿床周围的环境物质的成组相同样品的广义概念模型;(3)建立在野外处理植物和土壤样品的活动地球化学实验室;(4)以计算机为基础的地球化学数据处理系统;(5)作图表示形态学和化学资料

的标准方法;(6)分析和综合不同地区的发现的标准方法。这一经验证实了利用整体景观地球化学思想来拟定勘探地球化学研究的标准方法的实际性,特别是利用概念模型来选择研究地点的好处。

从前已经知道,同一种一般方法可以用于林学和环境地球化学的其它领域。在佩塔瓦瓦的时候,C.G.马顿博士曾向我介绍《生态学研究》第一卷中阐述的、当时新的“系统生态学”研究(Fortescue and Marten,1970)。这一方法表明:怎样才能既从真正的整体观点,又从利用计算机模型描述现实世界的生态系统的元素循环的潜力和模拟一定林分未来演化中的森林生长情况方面的潜力,来研究森林生态系统中的化学元素循环。在1970年,系统生态学已接近于提出关于环境生态学的一种新的范式(paradigm)。

1970年,我接受了加拿大安大略省圣凯瑟琳斯的布罗克大学地质科学方面的一个职务。当时,地质学很关心第四纪地质学和环境地质学,并且认为,景观地球化学将加强系的教学科研计划。在随后的7年里,学生、同事和我在尼亚加拉半岛(Niagara Peninsula)进行了基础和应用的景观地球化学研究——根据景观地球化学的原理。这项研究包括:(1)利用地方的和区域的河流沉积物取样来编制人类活动对环境地球化学的影响地图;(2)利用河流沉积物解释农业区内重金属的天然来源;(3)研究污水污泥的微量元素含量;(4)研究公路和果园的铅污染;(5)初步研究微量元素分布与人的发病率之间的关系。这些工作使我们深信作为一个整体的环境地球化学受到下一情况的阻碍:即缺少用来在环境地球化学的一般领域内进行比较研究的一门正规的和合乎逻辑的学科。看来,环境地球化学的发展,需要对作为环境化学精细研究(这是由于“环境革命”的结果)背景的基本概念进行形式化的表述。

作为实现这一需要的尝试,我编写了本书。它是根据作者关于景观地球化学的一系列论文(Fortescue,1974a,b)和同加拿大多伦多巴林杰研究机构(Barringer Research)的P.M.B.布拉德肖(Bradshaw,1975)博士关于汇编勘探地球化学典型实例的工作写成的。1976年1月承蒙加拿大林业局慷慨同意签订合同,使我能在1976年9月开始编写关于景观地球化学的研究文稿。1977年4月以后,我得到了美国密苏里州哥伦比亚密苏里大学环境痕量物质研究中心的客座研究教授职位,这使我又有6个月时间进行研究,并于1978年2月中向加拿大林业局提交了一份内容详细的研究文稿。本书即该文稿的节本,于1978年春季和夏季进行出版的准备。并根据加拿大林业局的书面同意而出版。

鸣谢。我借此机会向多年来在本书称为景观地球化学的学科的各个不同方面同我一一道工作的所有科学家表示感谢。特别是,我要感谢在准备研究手稿时给予我鼓励的F.阿米塔奇(Armitage)先生(不久前才离开加拿大林业局)和同一机构的P.J.伦尼(Rennic)博士及在制定本书编写计划时提出卓有见识的批评意见的橡树岭国家实验所(Oak Ridge National Laboratory)环境科学组的D.E.赖克勒(Reichle)博士和J.S.奥尔森(Olson)博士。我非常感谢正式允许我发表准备本书时利用的上述研究文稿的资料(加拿大环境合同No.5505:KL 020-5-0047)。我同样要感谢美国密苏里州哥伦比亚密苏里大学环境痕量物质研究中心副主任T.克萊文杰(Clevenger)允许我1978年在研究中心准备本书的出版。

同样也应感谢加拿大地质调查所的 R.W. 博伊尔博士，他曾安排将彼列尔曼 (Perel'man, 1966, 1972) 的著作从俄文翻译成英文。我们将会看到, 这些著作乃是编写本书利用的资料的主要来源。

约翰·A.C. 福蒂斯丘

1979 年 9 月于加利福尼亚州埃斯康迪多

目 录

第一篇 导 论

1. 概述	2	化学复杂性等级层次	15
景观地球化学	2	科研工作等级层次	16
本书的目的	2	逐次近似原理	19
本书的构思	3	概要和结论	20
2. 地球化学历史发展梗概	4	讨论题	21
现代地球化学的发展	4	4. 环境地球化学的其它研究方法	22
不连贯的数据库问题	5	环境科学与地球化学	22
地球化学的若干一般概念	6	环境科学与景观地球化学	23
景观地球化学	11	环境地球化学研究的其它方法举例	23
概要和结论	13	环境地球化学研究的生态学方法	23
讨论题	13	环境地球化学研究的生态学方法评述	26
3. 环境地球化学哲学	14	环境地球化学研究的土地分类方法	26
导言	14	环境地球化学研究的土地分类方法评述	29
空间等级层次	14	概要和结论	30
时间等级层次	15	讨论题	31

第二篇 景观地球化学学科的基本原理

5. 概念和原理解说	34	7. 景观中的元素迁移	66
导言	34	导言	66
景观地球化学总述	38	景观中元素绝对迁移率的研究	66
概要和结论	38	迁移率方程	68
讨论题	38	迁移元素的分类方案	71
6. 元素丰度	40	生物圈中的元素迁移	74
导言	40	元素迁移与整体论	77
环境中的元素丰度	40	概要和结论	78
岩石圈中元素的绝对丰度	41	讨论题	79
水圈中的元素丰度	46	8. 景观中的地球化学流	80
大气圈中的元素丰度	48	导言	80
生物圈中的化学元素丰度	50	通过景观的物质流	80
四个地圈中元素的绝对丰度总述	59	景观内的地球化学流型式	81
四个地圈中元素的相对丰度	60	景观单元细胞	82
元素的部分丰度	60	通过景观的元素流的一般原理	85
元素丰度概念与整体论	64	景观地球化学流与整体论	89
概要和结论	64	概要和结论	91
讨论题	65	讨论题	91

9. 地球化学梯度	92	例 I. 化学复杂性的同位素级	143
导言	92	例 II. 化学复杂性的元素级	145
地球化学梯度	92	例 III. 化学复杂性的部分元素级	146
生态梯度	97	例 IV. 持久性化学物质级	149
概要和结论	99	例 V. 营养级	150
讨论题	101	例 VI. 组织级	150
10. 地球化学障	103	例 VII. 有机体级	155
导言	103	景观地球化学与化学复杂性等级层次	
地球化学障的类型	103	之间的关系	157
地球化学障的效应	104	讨论题	157
标型元素	106	14. 科研工作与景观地球化学	158
后生过程	107	导言	158
地球化学障与整体论	108	科研工作的描述-经验级	158
概要和结论	109	科研工作的统计级	162
讨论题	109	科研工作的系统分析级	166
11. 景观历史地球化学	110	科研工作的系统模拟级	172
导言	110	概要和结论	176
波雷诺夫的风化过程概念	110	讨论题	177
地下水在景观发展中的作用	117	15. 空间与景观地球化学	178
景观的地质基础	118	导言	178
土壤时期和生态时期中景观的发展	118	单位	178
历史地球化学与整体论	126	环境地球化学的空间研究方法举例	178
概要和结论	126	概要和结论	187
讨论题	128	讨论题	190
12. 地球化学景观分类	129	16. 时间与景观地球化学	191
导言	129	导言	191
景观地球化学分类的基本原则	129	地质时期的回顾性监测	193
四个景观组的一般特征	130	土壤时期的回顾性监测	195
景观的地球化学等级层次分类	130	生态时期内环境条件的一致性	197
对彼列尔曼的景观地球化学分类的		概要和结论	203
一般评述	132	讨论题	204
格拉佐夫斯卡娅的景观地球化学分类	133	17. 作为总体的景观地球化学	205
格拉佐夫斯卡娅的景观特征概念模型	138	导言	205
概要和结论	141	景观地球化学的顺序叙述	205
讨论题	142	景观地球化学的术语	207
13. 化学复杂性与景观地球化学	143	概要和结论	209
导言	143	讨论题	209

第三篇 景观地球化学的应用

18. 景观地球化学的实际应用	212	景观地球化学的实际应用	218
导言	212	概要和结论	240

19. 环境地球化学的新范式	241
引言	241
普通地球化学中的范式(1900—1978)	241

环境地球化学的新范式	243
景观地球化学的五个类型	246
概要和结论	251

第四篇 概要和结论

20. 总述	254
引言	254
环境科学，环境地球化学和景观地球化学	254
环境科学的两个一般概念	254
环境地球化学与景观地球化学	255
景观地球化学的七个基本原理	255
景观地球化学的五个类型	257
关于景观地球化学未来发展的一般	

结论	258
提要	260
第一篇 导论	260
第二篇 景观地球化学学科的基本原理	261
第三篇 景观地球化学的应用	261
第四篇 概要和结论	262
参考文献	263

第一篇 导 论

“景观地球化学作为一个独立的科学方向，形成于本世纪 40 年代。景观地球化学正是产生于这个时期，并产生于我国，远不是偶然的，而是与 20 世纪自然科学发展的总趋势相关联的，并且是扎根于产生在本世纪初的卓越的俄国科学思潮。”

A. I. Perel'man, *Landscape Geochemistry*, Vysshaya Shkola. Moscow, 1966, (G. S. C. Translation 676, Ottawa)p.1.

1107394

• 1 •

1. 概 述

“最简单地说来,可以把地球化学定义为研究整个地球及其各个组成部分的科学的科学。”

Brian Mason, *The Principles of Geochemistry*, 3rd ed. (New York, John Wiley & Sons, 1966), p. 1.

景观地球化学

地球化学也可定义为对化学元素在各类自然物质的合成和分解中所起的作用的研究。景观地球化学本身从事表现于地球表面或其附近的环境的研究。该环境的形成是由于在地质时期、土壤时期和生态时期岩石圈同水圈、大气圈和生物圈的相互作用以及过去几百年人类活动的累积影响。

在本书中,景观地球化学被看作研究环境的地球化学问题的一种理论观点和整体的方法。它之所以是整体的,原因有三:

1. 它涉及全部化学元素在环境中的循环,而不仅仅是某几组元素,如“营养元素”或“有毒元素”在环境中的循环;
2. 它涉及元素在一定地域内的各类环境(例如,包括“陆地”边缘、“沼泽”和“水域生态系统”)中的循环;
3. 它可能涉及对一个地域进行科学研究的各种详细程度,其中包括地方的、区域的和全球的研究。

本书的目的

本书的目的是向读者介绍作为环境地球化学研究基础的总的思想。从短期的观点来看,本书应当导致对环境地球化学家使用的概念、原理和术语的全面检验。从长远的观点来看,本书叙述的方法应当成为评价环境地球化学论著的“奥卡姆的剃刀”*,并且应当提高按景观地球化学的原理构思的新的研究论著的科学严谨性。

今天,环境地球化学的许多思想,都来源于(1)计算机(它有助于以从前认为不可能的规模进行环境数据的数学分析和综合)和(2)现代仪器分析法(它们使得能够同时收集精确的同位素、元素和生物化学的数据)出现以前的概念和原理。计算机和现代仪器分析法这两项进步的深远含义,最终将导致重新考虑基本的概念和原理。

*英国经院哲学家威廉·奥卡姆(Wilhelm Occam)(约1300—1350年)提出要用剃刀把那些空洞的“形式”、“概念”统统剃掉。这就是哲学史上有名的“奥卡姆的剃刀”。——译者

本书应当促进这种重新考虑的开始,而且应当使人们能够把环境地球化学看作一个总体,在该总体内标准的数据和资料是从在空间和时间两方面系统地联系在一起的数据库 (data-base)* 中收集来的。

本书的构思

本书不是概括叙述环境地球化学研究的重要基础方面或应用方面的“目前技术状况”的环境地球化学手册。由于对环境地球化学来说存在非常庞大的数据库,这种提要的每一项均可要求写出单独的一本书。可是,本书由四篇组成(图1-1),是用比较少的概念和原理来分析和综合环境地球化学资料的尝试。当在环境地球化学的一定方面有经验的地球化学家把这些基本的概念和原理应用于他的一定活动领域的“目前技术状况”时,这些基本概念和原理应当引导出环境地球化学的新范式。本书是为环境地球化学方面的进步思想家——科学的“应用者,发展者或创造者”邦奇。(Bunge 1962) 写的。在本书的各个篇章中,都包括有其他学者著作的引文,这是为了给原来作为引导出环境地球化学新观点的智力训练而编写的书注入智慧的酵母。

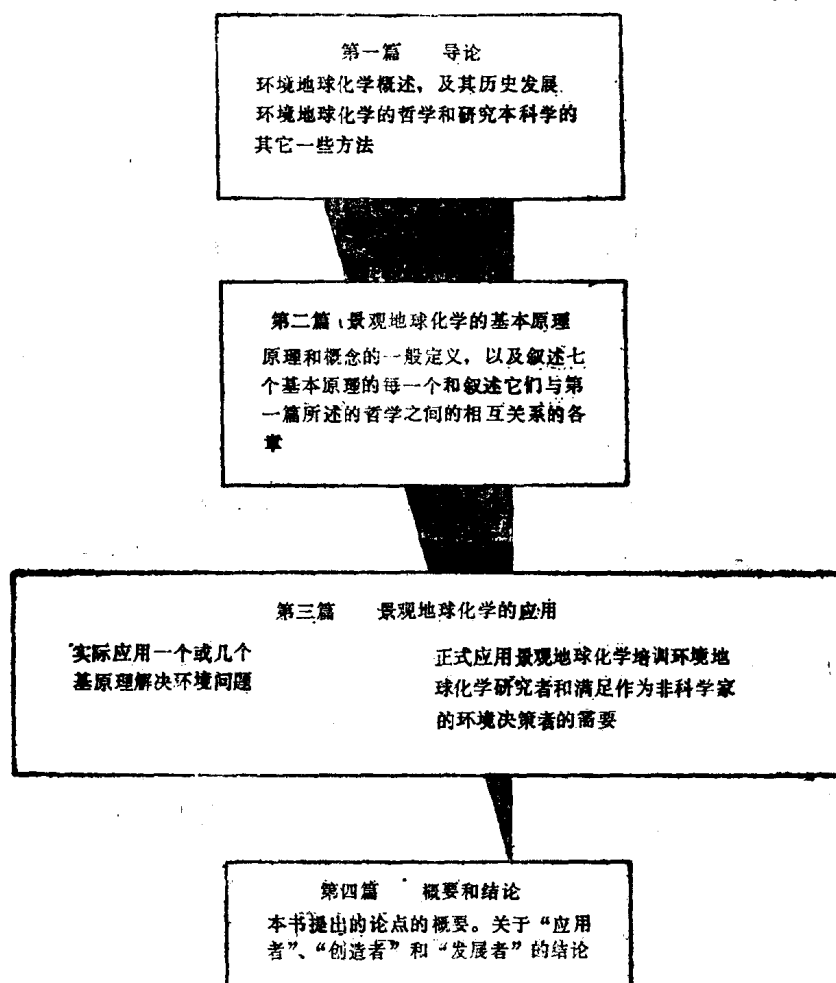


图 1-1 本书总的结构

*也可译为“资料库”。——译者

2. 地球化学历史发展梗概

“近代的地球化学是根据原子和离子的性质,研究化学元素在矿物、矿石、岩石、土壤、水及大气圈中的分布和含量以及这些元素在自然界中的转移。”

V.M. 戈尔德施密特,地球化学,科学出版社,北京,1959,第1页。

现代地球化学的发展

在1905年以前,地质学家、化学家以及其他的科学家已经确定了许多岩石、矿物及水的化学成分估计量(estimate)。对那时刚刚形成的地球化学科学做了主要的和不朽的贡献的,是美国地球化学家 F.W. 克拉克(1843—1934)。他在其经典著作《地球化学资料》中对这类资料进行了收集、分类和综合,该书最初于1908年出版。他这本书编写得很好,以致他在世时即已发行了五版,而且该书的最后一版的发行是在其第一版问世的16年以后(Cl Clarke, 1924)。这一地球化学资料来源曾被用作培训各代地球化学家的起点,而且现在仍作为参考文献加以引用。

地球化学的第二位先驱是俄罗斯科学家 V.I. 维尔纳茨基(1863—1945)。他在青年时代曾在 D.I. 门捷列夫(他第一个描述了元素周期表)和 V.V. 道库恰耶夫(现代土壤科学的奠基人)这样的思想家指导下,在圣彼得堡大学进行研究。起初,他研究矿物学和地质学;后来,他作为一位地球化学家对我们关于岩石圈、水圈、大气圈和生物圈的认识做了重大的贡献。他作为地球化学著作的作者,其著作既通俗易懂,又丰富多采。他在俄国和苏联以外,以其著作《生物圈》(Vernadski, 1927)而最为著名。他同样撰写了其它的重要著作,其中包括一本论述普通地球化学的著作(Vernadski, 1942——中译本, 1962)和一本论述天然水的著作(Vernadski, 1934)。他关于普通地球化学的著作包括了论述这样一类现代题目的章节,如碳的地球化学,放射性元素地球化学,以及锰、溴和碘的地球化学循环[Vinogradov(维诺格拉多夫), 1963]。正是维尔纳茨基确定了岩石地球化学、大气地球化学、水文地球化学及生物地球化学等术语(Rankama and Sahama, 1950)。他于1927年在莫斯科建立了生物地球化学研究实验室;他关于天然水的著作奠定了化学水文学和化学海洋学的系统研究的基础(Vinogradov, 1963)。维尔纳茨基对地球化学的贡献是广泛的,而且主要是他和他的一些学生[特别是 A.E. 费尔斯曼(1883—1945)和 A.P. 维诺格拉多夫(1895—1975)]的工作的结果。在过去50年中,地球化学在苏联和在其它国家已经成为一门主要的自然科学。

地球化学的第三位先驱是挪威人 V.M. 戈尔德施密特(Goldschmidt, 1888—1947)。戈尔德施密特同维尔纳茨基一样,起初是一位地质学家。他的第一个主要的贡献是他在1911年完成的博士论文,该文应用物理化学的原理研究挪威奥斯陆区的接触变质作用马逊(Mason), 1966 将该项研究称为“对地球化学的根本贡献”。戈尔德施密特的大部分职业经历是在挪威;

1928—1935 年期间,他在德国。他的研究工作,以及得到他鼓励的他的许多合作者的研究工作,包括了地球化学的各个方面。在每一种情况下,他们都做出了不朽的贡献。关于他和他的合作者在 1937 年以前的活动,他曾在已发表的伦敦讲演中作了简要的叙述 (Goldschmidt, 1937)。根据该讲演所列的题目,可以对他的活动的范围得到一些了解:

- (1) 陨石中的元素,
- (2) 元素的地球化学分类,
- (3) 决定于原子半径的元素在矿物中结合的规律,
- (4) 稀土元素地球化学的讨论,
- (5) 离子电位在沉积地球化学中的作用,
- (6) 海水地球化学,
- (7) 煤灰中化学元素的分布,
- (8) 落叶林的腐殖质层中元素的富集。

戈尔德施密特由于第二次世界大战期间生活必需品匮乏而于 1947 年逝世,当时他正在撰写一本关于地球化学的书。该书后来终于出版 (Goldschmidt, 1954——戈尔德施密特, 1959), 不过仅仅完成一部分,而且是由阿历克斯·缪尔 (Alex Muir) 编辑的。遗憾的是,戈尔德施密特未能写出他计划撰写的关于自然环境中诸元素行为的综合分析的几章;不过,该书正好包括了论述周期表中每一种元素的各章。该书的特点在于具有出自戈尔德施密特对于其研究对象的深刻了解的创新思想。例如,关于“汞”的一段是以这样的预言性的语句结束的:“也发现汞聚集在许多海洋动物中(例如在鱼中)” (戈尔德施密特, 1959, 第 218 页)。

从这些梗概中可以清楚地看到,三位地球化学的主要创始人——克拉克,维尔纳茨基和戈尔德施密特,在环境的化学研究方面是整体论者(holist)。他们考虑到所有元素在各类天然矿物的合成和分解中所起的作用。这种整体的研究方法同样为戈尔德施密特在 40 多年以前阐述的地球化学的三项任务所证实,这些任务是(Rankama and Sahama, 1950):

- (1) 确定地球中元素的丰度与其原子核的构造之间的关系,
- (2) 说明地球各地球化学圈内元素的分布,
- (3) 查明决定元素丰度关系和分布的规律。

不连贯的数据库问题

遗憾的是,地球化学方面的先驱思想家们的热忱的整体论(holism),不是一直为后代的地球化学家,特别是苏联以外的地球化学家所仿效。在戈尔德施密特去世以后的 30 年时间内,一般的地球化学,特别是环境地球化学,一直趋向于按支离破碎的方式发展,在单独的调查研究中不考虑一般的地球化学概念。产生这种情况的原因,部分是由于对选来做研究的环境中有意义的元素进行大量化学分析有困难,部分是由于缺乏作为解释和比较所收集的环境资料的出发点的一般概念。因此,不连贯的数据库(data base)问题便成了重要的问题,特别是对于景观地球化学来说。这个问题,苏联景观地球化学家彼列尔曼曾作过清楚的论述 (Perel'man, 1966, p. 161):

因此,不是简单积累关于植物、土壤、岩石、水和景观其它部分的化学成分的实际资料,而是对比通过有目的地和共轭地研究具体景观获得的这些资料,这才是了解景观的地球化学特征和揭示元素表生迁移的基本规律的途径。

地球化学的若干一般概念

地球化学和生态学不同,生态学具有作为中心点的有效生态系统概念(它可以同地方的、区域的和全球的生态研究联系起来),而地球化学则缺少一个中心概念。可能,如马逊(Mason, 1958——马逊, 1963)所述,最接近中心概念的是地球化学循环*(图 2-1);它是以 6 年

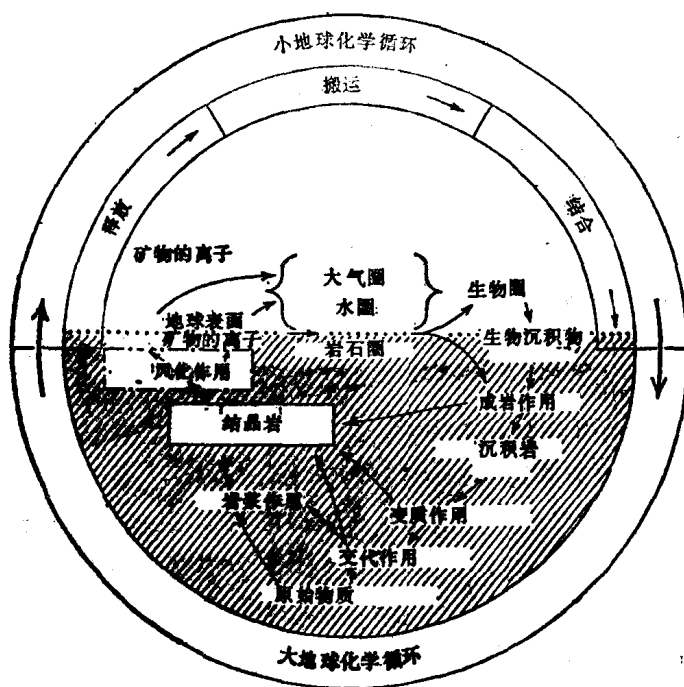


图 2-1 地球化学循环图(Fortescue, 1967 b; 据, 马进, 1963)

前他的书的第一版提出的较为奇特的型式为依据的(Mason, 1952)。地球化学循环是用来概括地质时期、土壤时期和生态时期自然界各元素的循环型式。它是包括两个部分——一个是地质部分,另一个是环境部分——的概念模型。地质部分,即大地球化学循环,包括发生于地球内部很深处的现象和过程。它开始于沉积岩被埋藏和受到成岩作用的时候,并且包括最终导致结晶岩的形成的深部变质作用和交代作用。环境部分,即小地球化学循环,开始于结晶岩在地球表面或其附近受到风化作用的时候;它通过搬运阶段继续进行,在该阶段内风化产物迁移到环境中;它最后形成沉积岩,后者经过很深的埋藏后,再次进入大地球化学循环。马逊(Mason, 1958——马逊, 1963)曾经指出,地球化学循环概念带有局限性。他在1966年提到,

* 或称“地球化学旋回”。——译者