



吴燕玉 主编

环境地球化学制图及应用

中国环境科学出版社

环境地球化学制图及应用

吴燕玉 主编
吴燕玉 区自清 王新 编著
熊先哲 周启星 梁仁录

中国环境科学出版社

1989

内 容 简 介

本书主要介绍环境地球化学制图概况、制图方法学与技术、环境地球化学制图、河流沉积物地球化学制图、土壤地球化学背景值制图、元素地球化学在矿物勘探、人体健康、环境(污染防治、建立环境标准、环境管理)等方面的应用。内容以介绍英国、美国、日本等国家情况为主,也结合我国一些工作作了系统介绍。

本书可供环境、土壤、农化、生物、地学等有关科技工作者、管理人员以及高等院校有关专业师生参考。

环境地球化学制图及应用

吴燕玉 主编

责任编辑 吴淑岱 滕景云

*

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街 69 号

国防科工委印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1989 年 7 月 第 一 版 开本 787×1092 1/16

1989 年 7 月第一次印刷 印张 20 3/4 插页:3

印数:0001—3000 字数 500 千字

ISBN 7-80010-446-X/X·248

定 价:12.00 元

前 言

环境地球化学是近十余年来兴起的一门新学科，主要研究环境中天然的和人为释放的化学物质的迁移分配规律及其与人体健康的关系。随着现代工业的迅速发展，许多工矿废弃物未经处理而任意排放，给人类环境造成了不同程度的污染，影响了人体健康，由此促成了地球化学、生物学、环境科学的相互结合，诞生了这门崭新的学科。为了系统地直观地表现化学元素在环境中的地理分布规律，绘制环境地球化学图是十分必要的。由于近年来发展了快速、低耗、多元素仪器分析技术，大量数据可由打印机直接打印，特别是发展了数据自动化成图技术，进一步促进了环境地球化学制图在世界各国的广泛开展，同时也大大提高了制图水平。

在我国，环境地球化学制图刚刚起步，处于探索阶段。近年来，在土壤地球化学背景值、水背景值调查及地方病调查中，试编了一些图件，还没有成熟的规范。

根据中国科学院和英国皇家学会有关协议，中国科学院“土壤背景值制图”考察组于1987年6月访问了英国伦敦帝国理工学院及英格兰、威尔士土壤调查总部及苏格兰马克来土壤研究所等单位，学习和交流环境地球化学制图方法、技术、应用等有关经验，并获得一批国际上环境地球化学制图及应用的最新资料。出版本书的目的是为了更好地向国际先进水平学习，系统地总结介绍一下我国在环境地球化学制图方面已取得的经验，供国内广大从事这方面工作的同志参考，以便今后把我国的环境地球化学制图工作做得更好。

参加本书编写的为中国科学院沈阳应用生态研究所（原林业土壤所）污染生态室部分同志。第一章由吴燕玉编写，第二章由周启星、区自清、王新编写，第三章由吴燕玉、张健环、梁仁录编写，第四章由区自清、王新、熊先哲编写。参加翻译供稿的尚有李娟、姜晴楠、陈涛、王裕顺等同志。图件清绘陈惠芝、方汝桂同志。

缺点错误之处，希望广大读者批评指正。

吴 燕 玉

1988 于沈阳

主 编：吴燕玉

编写人员：吴燕玉 区自清 王 新

熊先哲 周启星 梁仁录

目 录

第一章 环境地球化学制图概论	(1)
第一节 环境地球化学概述	(1)
第二节 环境地球化学制图概况	(8)
第三节 环境地球化学图的类型	(11)
第四节 环境地球化学制图方法论	(17)
第五节 环境地球化学图的制作方法	(26)
第二章 环境地球化学调查和制图	(42)
第一节 英国的环境地球化学调查和制图	(42)
第二节 英国沃尔夫森地球化学图集及其汇编	(47)
第三节 美国地球化学制图	(60)
第四节 芬兰、意大利和南斯拉夫地球化学研究与制图	(67)
第五节 英格兰、威尔士和美国人体疾病死亡率制图	(81)
第六节 我国水环境地球化学调查及制图	(91)
第三章 土壤环境地球化学调查与制图	(109)
第一节 英国土壤地球化学调查与制图	(110)
第二节 土壤地球化学详测制图	(128)
第三节 罗马尼亚土壤地球化学研究概况	(159)
第四节 日本濑户内海地区铬环境背景图的绘制	(163)
第五节 美国大陆土壤及地表物质背景值研究	(175)
第六节 中国土壤环境地球化学背景值调查与制图	(187)
第四章 环境地球化学的应用	(211)
第一节 环境地球化学与人类：健康与疾病	(211)
第二节 环境地球化学在农业上的应用	(256)
第三节 环境地球化学在区域环境污染方面的应用	(281)
第四节 环境地球化学值与土壤环境标准的关系	(287)

第一章 环境地球化学制图概论

第一节 环境地球化学概述

一、环境地球化学学科的形成

环境地球化学是研究天然的和人为的化学物质在人类环境中迁移运动和分布规律的科学。它由地球化学、环境科学和生物学相互交叉、相互融汇发展而成,70年代才发展成一门新兴的学科。它是从地球化学学科中派生出来的,迄今为止,对它是否是一门独立的学科,抑或是地球化学分支学科之一,尚未完全统一。

地球化学诞生在本世纪初,到20年代才形成为一门独立的学科。在地球化学奠基人中有三位伟大的科学家。第一位是美国科学家 F. W. Clark (1847~1934),他从事岩石、矿物、水的化学成分的分析40年时间,以探求元素在地壳中的平均含量。1908年出版了他的经典著作《地球化学数据》,得出了元素的克拉克值,直至现在一直为人们所引用。第二位是俄罗斯地球化学家 V. I. Vernadski (1863~1945),他对有关岩石圈、大气圈、水圈、生物圈的定名和地球化学作用做出了重大贡献。第三位地球化学先驱是挪威科学家 V. M. Goldschmidt (1888~1947)。1933年,他给地球化学下的定义为:“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迁移”,他本人从事的研究领域为:

- a. 确定地壳中元素和核素的丰度及其相关性;
- b. 计算地壳的地球化学圈中元素的分布;
- c. 探索支配元素丰度及分布的规律。

在上述三位地球化学家的推动下,更主要的是由于生产实践的需要,地球化学飞跃发展,形成了一门独立的边缘学科。地球化学是研究地球中物质化学运动及其变化过程的科学,通过地球化学的一系列研究,可以为地球化学找矿及矿产资源综合利用提供科学依据,它可以有效地找寻有色、稀有、放射性和石油等多种矿床。随着生产的发展和实践的需要,地球化学形成了内容丰富、方法先进的一门完整学科。它的产生和发展既来自其它学科(地质学和化学的相互融合),同时地球化学的发展又推动着其它学科的发展,并派生出许多学科分支,如元素地球化学、生物地球化学、景观地球化学、海洋地球化学、应用地球化学等。

自70年代以来,随着工业的迅速发展,许多未经处理的工厂废弃物的任意排放,造成了人类环境污染问题日益突出,现代生物圈正发生着一系列复杂的全球变化。为研究与解决环境污染问题,各个学科在自己学科基础上又与环境科学充分交叉,形成了许多新的边缘学科,它们的任务是研究与原各自研究对象有关的现代环境问题,如环境地质学,环境水文学,环

境土壤学、环境地球化学等等。

环境地球化学是地球化学、环境科学与生物学密切结合而诞生的一门新学科。近十几年来在世界各国迅速地发展起来，它的出现是现代地球化学发展的必然结果。

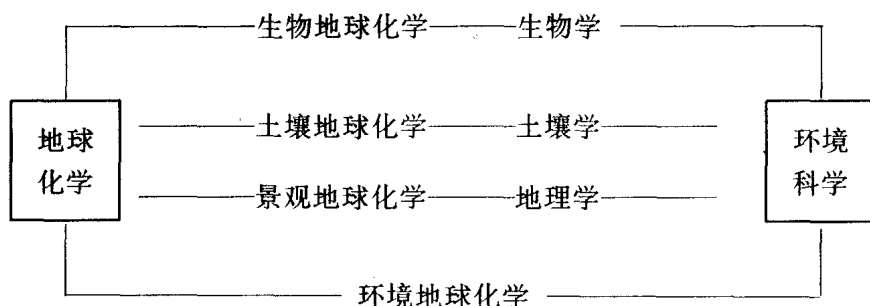


图 1-1 环境地球化学的形成

二、环境地球化学的定义和研究内容

环境地球化学作为一门独立的学科尚不成熟，它与环境化学、地球化学、环境地质学、污染生态学等学科多层次交叉重叠。它既继承了地球化学所具备的学科研究方法、学术水平，又不断吸收相邻学科——环境科学、生态学等学科的长处，形成了自己的特色。到现在为止，环境地球化学的定义、学科体系、研究内容在不断发展，并日益趋于完善。下面分别介绍各家的见解。

苏联 A. A. ъеус Л. И. Грабовская 1976 年出版了《环境地球化学》一书。朱颜明等 1982 年译成中文版，这是我国最早一本环境地球化学书籍。书中以丰富的地球化学研究成果，系统地论述地壳岩石圈、大气圈、水圈和生物圈的化学元素分布特征，并以发达国家环境污染实际资料，阐述人类生产活动对化学元素在各地圈中迁移的影响及其内在的地球化学联系。在书的绪言及译者的话中，谈到“环境地球化学是研究化学元素在自然环境中运动的科学”，谈到人类环境通常可分为四个地球化学系统，其组成是 1) 大气系统； 2) 水系统； 3) 土壤系统； 4) 岩石圈表面的岩石系统。简而言之，环境地球化学应该是研究天然的和人为的化学物质在大气、土壤、水、生物圈中迁移运动和分布规律的科学。朱颜明在译者序中着重指出：“从地球化学观点看，环境污染不过是地球环境物质在分布不均一基础上的新叠加”。

1980 年 John. A. C. Fortescue 在《环境地球化学》(Environmental Geochemistry) 一书中指出：“环境地球化学的定义是模糊不清的，包括了环境中化学的、地球化学的及生物地球化学几个方面的所有研究”。

Iain Thornton (1985) 认为“环境地球化学”是研究土壤及水的地球化学、土壤-植物-动物、土壤-水-植物-人体系统间相互关系的一门学科”。

陈静生 (1985) 在《中国大百科全书》“环境篇”中对环境地球化学定义为“是研究人类环境的化学性质和演化，天然的和人为的化学物质在环境中的迁移转化规律及其与环境质量与人群健康的关系，宇宙元素、地壳元素、海洋元素与生命元素的关系，生命过程的地球化学演化等问题的学科”。

张景荣(1984)将环境地球化学归入应用地球化学之内,并认为“环境地球化学”是在地球化学、生物学和医学密切结合下诞生的一门新学科,其主要任务是在了解地质背景的基础上,深入研究各种元素在岩石-土壤-地下水和地表水-生物体这一循环过程中的分布、赋存状态和迁移规律,探明地方病和环境污染引起公害病的根源,并找出根治的方法”。

日本山县登著的《环境の地球化学》一书(1974年)主要叙述“微量元素与健康”,从环境医学角度研究了汞、铅、镉、PCB、DDT等在土壤、水系、动植物环境及人类环境中迁移分布与人体疾病的关系。

1985年4月,地球化学与健康国际会议首次在伦敦召开,有12个国家参加了会议,中心议题是讨论环境化学因素与地方病及健康关系,会议后所有论文由Dr. Iain Thornton整理出版。许多材料编入了本书。

迄今为止,环境地球化学研究内容主要有下列三个方面。

(1) 研究人类环境的地球化学性质,及元素的赋存状态:

包括大气系统、水系统、土壤植物系统、岩石圈表面岩石系统的地球化学性质的研究。有时还包括技术系统的地球化学性质的研究。可见,人类环境的地球化学性质的研究,是环境地球化学研究的最基本任务。国内外所开展的环境背景值调查研究即是一项环境地球化学工作。通过环境背景值资料,掌握人类环境的地球化学性质,才能预测人类环境变化发展的趋势,从而为人类利用环境、改造环境提供科学的依据。

(2) 研究天然的和人为的化学物质在环境中迁移转化规律以及与环境质量的关系:

地球化学研究化学元素在地球上的迁移转化和分布规律,主要是为矿产资源开发与利用服务的。环境地球化学将地球化学的观点与方法应用于研究污染物质在环境中迁移分布规律,有助于了解自然界对污染物的自然净化能力,也有助于制订出改造已被污染环境的合理措施,以保证人类栖居环境的质量始终处于良好的状态。

应该说明,这方面的工作既是环境地球化学工作,也是环境化学与污染生态等学科共同交叉的领域,但这些学科的研究各具特色。环境地球化学的特色是除研究污染物迁移转化的一般机理外,着重研究各区域的环境条件对污染物迁移转化的影响。注意研究迁移特征的地域差异。在研究方法上更重视现场调查,注意现场条件的模拟试验,注意污染物在各环境要素间迁移的整体性,即研究污染物在环境中的行为历史。

(3) 研究与生命有关的或有毒的元素在环境中的运动形式及其对生物体和人体健康的影响:

在这里,与生命有关的元素是指生物体的必需元素,包括大量元素、常量元素和微量元素;有毒元素是指重金属元素和Cu、Zn、Ni、Co、Sn等具有一般毒理的元素。现已查明,有30多种元素的不足或过剩与地方病有关,它们是Ca、I、P、F、Hg、Pb、Cd、Cu、Li、Se、Sr、Ba、S、Fe、B、C、N、K、Al、Si、Cr、V、Cs、Mn、Co、Ni、Zn、As、Mo、U等。例如北半球灰化土带(从美国边境到联邦德国北部,民主德国、荷兰、丹麦、波兰、波罗的海沿岸到苏联莫斯科,乌拉尔到西伯利亚)由于缺乏I、Cu、Co、Ca而产生动物和人的甲状腺肿、“门克氏综合症”、贫血病和骨质疏松病。至于环境中硒不足,处于世界土壤低硒带,容易发生牲畜白肌病及克山病,这已被世界各国所证实。此外,环境中Ca、Mg含量与心血管病死亡率有直接的关系。Cu、Zn、B、Mo、Mg、Co、Fe、Mn的不足或过剩对动物、植物生长的影响也已有大量资料(详见本书第四章)。因此,研究生命元素或有毒元素对生物体和人体健康的影响是十分重要的。

三、环境地球化学研究中有关概念

1. 地球化学循环

与生态学不同，地球化学缺乏中心的概念。可能最接近的中心概念是地球化学循环（见图 1-2）。1958 年，Mason 为了概括自然界中各种元素在地质学、土壤学和生态学时间内的循环模式，建立了地球化学循环这一概念。他认为地球化学循环可分为二大部分：第一是地质学部分（主要的地球化学循环），它在地球内部深处进行，主要是指当沉积岩被深埋后，受到一系列的成岩作用、变质作用和交替作用最终形成结晶岩的过程；第二是环境部分（次要的地球化学循环），它是指当结晶岩暴露于地表后，在阳光照射下受到各种风化，风化产物在环境中迁移、运输、最终形成沉积岩，在深埋以后再次进入主要的地球化学循环。Mason (1958 年) 指出“地球化学循环概念有局限性，事实上，这种循环不可能实现，它不但在某个阶段可能终止或短路，而且还可能逆转”。但是，总的说来，地球化学循环的一般原则，在环境地球化学研究领域是有用的。因为它集中反映了在地质时间内各种化学元素循环的综合能力。

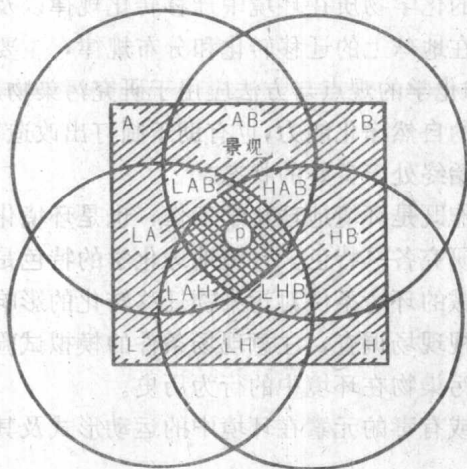


图 1-2 地球化学循环图解 (Mason 1958; Fortescue, 1967b).

2. 土壤圈

土壤圈 (Pedosphere) 是 Mattson 于 1938 年提出的，见图 1-3。

John A. C. Fortescue 认为“土壤圈”这个概念在环境地球化学研究中很重要。因为它把地质时间和土壤时间内在景观中发生的事件与四个地圈 (大气圈、水圈、生物圈和岩石圈) 相结合。一般来说，土壤圈的性质随着气候、地质条件和成土时间而变化。除陆地区域外，土壤也可以形成于沼泽地、淹水区以及湖底。可见，土壤圈的范围是很广泛的，它成为联结岩

石、大气、水、生物圈的核心。并处于整个地质大循环与生物小循环的中心。因此土壤圈中各种与生命有关的或有毒的元素可通过食物链（首先是农产品）传递给人类，进而影响人类的健康。在这种意义上可以说，土壤环境地球化学的研究是环境地球化学研究中最重要的一部分。

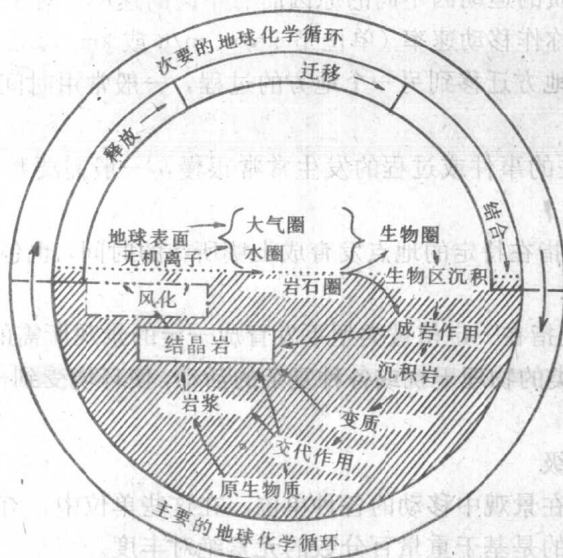


图 1-3 岩石圈、水圈、大气圈、生物圈之间可能发生的相互作用图解。

图中，L——岩石圈；H——水圈；A——大气圈；B——生物圈；P——上述四大圈相互作用形成的“土壤圈”，成为景观的一部分 (Mattson, 1938)；

LA——荒漠，由砂质颗粒及大气组成，没有水和生物存在；

AB——土壤最上层，代表植被；

HB——池塘，有无数的生物存在；

LH——贫瘠的淹水砂土或粘土；

LAH——极端条件下形成的盐化土壤；

LAB——候鸟鸟粪沉积物；

HAB——有机土壤和森林枯枝落叶；

LHB——淹水土壤和湖底沉积物。

3. 环境地球化学研究的等级体系

John A. C. Fortescue (1980) 认为在环境地球化学研究中通常可分为四个等级，它们是时间等级、空间等级、化学复杂性等级、科学成就等级。并且指出，对环境中化学元素或其化合物行为的任何研究，都应包括三个以上的这类等级。

(1) 空间等级

它与衡量元素或其化合物在空间的移动有关。因为，环境中各种元素或其化合物的行为研究都与特殊地区有关。一般来说，空间等级在环境地球化学研究中，包括三个强度等级：

a. 局部性的：面积小于 100km^2 。

b. 区域性的：面积在 100km^2 到 1000000km^2 。

c. 全球性的：面积一般大于 1000000km^2 ，包括各个大陆甚至全球表面。

地球化学调查和找矿通常采用局部性的或区域性的强度，而研究核爆炸后大气中放射性活度则要用全球性的强度。

(2) 时间等级

在环境中, 化学物质的运动因不同的原因而有不同的速率。对于某一特殊物质从 A 运动到 B 所需的时间, 一般称作移动速率 (单位是 cm/s 、 m/h 或 $\text{km}/1 \times 10^6 \text{a}$), 在这里, 元素的移动是指从景观中的一个地方迁移到另一个地方的过程, 一般常用时间等级来描述。其中时间等级包括:

- a. 地质时间: 有关的事件或过程的发生常常很慢, 一般需要数千年乃至数百万年的时间。
- b. 土壤时间: 一般指在特定的地点发育成土壤所花的时间, 也包括风化过程与气候的改变, 常大于 5000 年。
- c. 生态时间: 一般指在一定植被类型下发育成一定的景观所需的时间, 常大于 500 年。
- d. 技术时间: 指人类的物理干扰或各种复杂的活动, 使环境受到一定影响所经历的时间, 常小于 200 年。

(3) 化学复杂性等级

它是描述化学实体在景观中移动的各种单位。在这些单位中, 有些是比较简单的, 有些是复杂的, 其中最常用的是基于重量百分数的元素绝对丰度。

化学复杂性等级可划分为以下六个水平:

- a. 元素水平: 常以重量百分数或体积百分数为基础。其中岩石、土壤以干重表示, 有机物以烘干重 ($80 \sim 100^\circ\text{C}$) 表示。
- b. 同位素水平: 指放射性同位素 (^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{131}I) 和非放射性同位素 (如 ^{32}S 、 ^{34}S) 在景观中的数量。
- c. 简单离子水平: 主要指大气与水中如 Na^+ 、 Cl^- 等离子的数量。
- d. 复杂离子的水平: 主要指大气与水中如 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 等的数量。
- e. 持久性化学物质水平: 指农药如 DDT、PCB 等残留在环境中的数量及其从一个景观迁移到另一个景观中的数量。
- f. 部分丰度水平: 主要指样品采集、制备条件与浸提的技术。如土壤中水溶性硫的浸提为土壤中硫的部分丰度水平的量度。部分丰度水平在局部性和区域性水平的地球化学研究中很重要, 但在全球范围内由于很难互相比, 反而显得不太重要。

表 1-1 列出了环境中元素硫的化学复杂性六个水平。

表 1-1 环境中元素硫化学复杂性水平

水 平	引 例
同 位 素	^{35}S 放射性示踪同位素, ^{32}S 和 ^{34}S 则由生物分开 (Bowen, 1966)
元素丰度	地壳中硫的丰度为 340ppm
简单离子	天然还原环境中的 S^{2-}
复杂离子	天然环境中的 SO_4^{2-}
部分丰度	生长苜蓿的土壤, 用 $\text{HOAC}-\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 浸提, 含硫为 9ppm (Reisenauer 等, 1973)
有机物质	陆生植物中硫的丰度大约为 3400ppm (Bowen 1966)
持久性化合物	其中含 SO_2 污染物

(4) 科学成就等级

它包括两个方面，其一为来自于环境的化学资料，例如精密度和准确度，其二为所用的实验方法种类。一般来说，化学资料包括：

- a. 定量数据 (QD)：在样品分析时，用国际标准参考物控制，数据变异系数一般 $<1\%$ 。
- b. 半定量数据 (SQD)：在上述条件下，数据变异系数 $<10\%$ 。
- c. 试验数据 (TD)：没有获得与国际标准参考物平行分析相关的数据或数据变异系数 $<100\%$ 的。
- d. 评价数据 (AD)：没有标准参考物或数据变异系数的数据。

实验方法种类，即努力“域”(Field Fpfort) 包括：

- a. 描述水平：常凭经验进行，没有用数学设计(统计)规划的方法去控制环境化学的所有研究，例如克拉克(clark)的经典著作《化学数据》(1924)就是描述水平的典型。
- b. 统计水平：资料中包含了统计规划，即在具体调查研究过程中采用统计方法。
- c. 系统模型水平：包括系统模型，在环境地球化学中比较常用。
- d. 模拟模型水平：从系统分析中得出数学模型，包括在技术、生态、土壤、甚至地质的时间内引起的物理、化学、生物的环境变化导出的其他特殊问题。因此模拟系统模型是科学成就最后的目标。

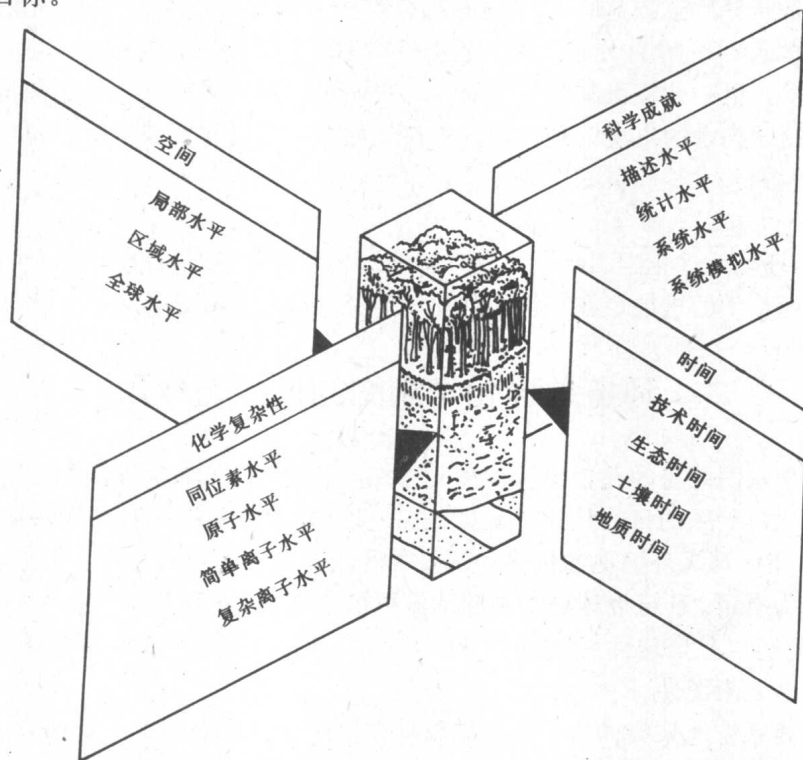


图 1-4 表征 环境地球化学四类等级有关的环境景观多面体通式 (Fortescue, 1980)

(吴燕玉 编)

第二节 环境地球化学制图概况

一、环境地球化学图的产生

地图是一种按照一定的数学模式,用符号在平面上表示各种不同空间信息的特殊空间图解模型。地图适合于表达元素在地理空间的变化及其规律,以及这种变化的原因(即与环境条件的关系),并且具有直观性、概括性和综合性的特点,因而作为表达元素值的一种方式时,地图具有形象、简洁、直观明了的优点。地图还具有一定的精确性和可量度性,在地图上可以近似地读取制图区域内任意一点的元素含量范围,还可以通过地图量算来完成各个含量等级所占面积的计算,因此地球化学制图既可以客观地表示元素的含量,又能显示元素在地理空间变化的规律性。早在 50 年代,人们就编制出了各地区地球化学普查的各种图幅。

随着环境地球化学学科的发展,所获大批资料既可以以总结报告形式完成,也可以以图的形式进行总结。环境地球化学制图源自地球化学学科的制图与方法,但又增加了新内容,赋予了新生命。如果说过去地球化学分析方法还比较粗放,主要为找矿服务,那么环境地球化学由于检测元素含量低,如 Hg、Se、Cd 等元素,客观地要求仪器检测灵敏度高;而且研制了不少先进仪器设备与分析方法,如 ICP(电感耦合等离子体发射光谱)、X-荧光法和中子活化法,一次可同时测定 20~40 种元素;由于数据资料不断积累,一般均建立了数据库,并采用自动成图打印技术。电子计算机制图技术的进一步完善,为环境地球化学制图打下了基础。

近年来彩色制图技术的出现,制作彩图既快又便宜,可以将所获资料以鲜明色彩,直观地表现出来,并做到艺术美和科学性的统一,以起到总结综合与宣传的效果,更使环境地球化学制图前进了一大步。

因此可以说,环境地球化学图的形成是环境地球化学研究更加深化必不可少的组成部分。它推动了环境地球化学的进展,在环境地球化学研究中处于重要地位。

二、环境地球化学制图的目的与作用

环境地球化学制图的目的在于揭示化学元素在不同地区内分布的规律性。

如果说地球化学制图的目的是为了矿物勘探,所测元素组限制在对矿藏感兴趣的元素,一般为 Cu、Pb、Zn 等。那么环境地球化学制图要求区域面积更大,测定元素更多,所获图件一般在大范围内更为有用。环境地球化学制图地区可以是局部性(面积 $<100\text{km}^2$);区域性($100\sim100\text{万 km}^2$);也可以是全球性($>100\text{万 km}^2$)。为了有效地研究环境地球化学与人类健康的关系,必须编制多元素图件。

在制图时,要系统地采集样品,分析结果标在地形和地质底图上,用相应的线条或符号将每一个元素浓度相同的点适当地连接起来或表示出来,绘成元素的等含量线图或含量分级图。通过这些图件,可表示某一元素集中和分散的地点,如能圈出环境地球化学异常高值区,不但在矿藏开发方面有用,而且在农业和环境研究中也很有用,如划出潜在毒性地区,建立各种保护人体或动物健康的环境标准。如果在某地区测出某元素含量异常低,也能使农业上

找到缺乏失调的元素，因而采取改良措施而使该区受益。

为进一步研究环境各元素之间关系，环境地球化学图除单元素分布图外，还能绘制多元素组分分布图，表示元素之间彼此共生关系或拮抗关系。

环境地球化学图所提供的信息是从一般地质图上所不能取得的宝贵信息。一般地质图，尤其小比例尺（1:250000~1:100000）或没有岩性内部变化详细资料的一般地质图是不能用来表明区域元素含量的变化。在一般实践中，地质图制图单元与其用不同年代表示，不如用详细岩性表示。还有一点，所有以前进行的采矿冶炼活动的痕迹可以随时间推移而消失，也不能从地质图上推断它们的存在。所以只有基于土壤、河流沉积物、表层物质、植物样品的采样与分析，所获得的环境地球化学图才能显示区域性环境地球化学的特色。

至于环境地球化学图的作用，可以以英国 Wolfson 英格兰及威尔士图集为例，Wolfson 图集显示了 21 幅彩色元素图与元素组图。如 Mo 图显示出在英格兰中央部分，有 150km² 异常高值区，4000km² 高值区，在高铝区 70% 牲畜缺 Cu，表现出缺铜临床症状。铅图指出在英格兰中部 Derbyshire 矿区 250km² 面积。该区土壤遭铅污染，含铅量可有数百至数千毫克/公斤。镉图注意到在 Shipham、Somerest 老锌矿附近土壤含有大量镉，导致以后进一步详细的农业与环境研究。多元素河流沉积物资料绘成地球化学勘查图在水质评价中的应用得到了推广，可以指出水质监测计划中那些有怀疑的元素，也可以用来帮助确定水质监测站的位置。近年来这些工作更具有多学科综合性，可以将地球化学图直接用到农业、供水、港湾、渔业及人体健康各个方面。

土壤环境地球化学图可用于土壤环境质量评价、环境区划和规划、地方病环境病因分析、土地资源评价与规划、农业区划与规划、生态经济区划与规划等项工作中，作为基础图件具有广泛的实用价值和科学意义。

三、环境地球化学制图概况

如前所述，环境地球化学是在地球化学、环境科学、生物学基础上发展而形成的，因此环境地球化学制图也是在各个学科专业性制图基础上发展起来的。

在过去 20~30 年里，全世界积累了丰富的区域地球化学制图经验：英国的 Webb 和 Howarth (1979)；Thornton 和 Plant (1980)；美国的 Ebens 和 Shacklette (1982)；McNeal 和 Miller (1982)；Bolivar (1983)；Mc Neal (1984)。

世界上最早出版的地球化学图集是北爱尔兰地球化学实验图集 (Webb, 1973)。比较著名的是英国 Wolfson 英格兰与威尔士图集，有 21 幅彩色元素图与元素组图 (Howarth 和 Martin, 1979) 比例尺 1:2000000。目前区域性及详细的地球化学调查在世界上许多国家轮番进行。这些区域性地球化学制图方法已在世界上很多地方成为一个有用的找矿手段。

1975 年，澳大利亚矿物资源局对 Seigal 和 Hedleys 湾区域性河流底泥进行监测，面积大约为 6000km²，采集 2508 个河流底泥样品，测定 25 个元素，编制 As、Be、Bi、Ce、Cu、Nb、Ni、Pb、Sn、Th、U、W、Zn 分布的地球化学图集。

美国能源部 NURE (能源部铀矿资源评价) 计划可能是现在所进行的最大的多元素河流沉积物调查计划，在美国大多数地区每 10km² 采一个样品，测定 16~48 个元素。现在在中国、北苏丹、希腊、南非、联邦德国也已开始进行较大范围的区域性计划。

Webb 和 Howarth (1979) 列举了从 60 年代以来英国进行区域性调查面积为 1500~20 万 km², 调查元素一般超过 15 个情况。这种以多元素调查与找矿为目的的调查, 明显的不同之处在于相对覆盖面较大、密度较稀、测定元素较多。

直到现在南斯拉夫没有进行过任何有组织的尝试, 去从事全国性的地球化学制图规划, 1982 年在 Slovenia 喀斯特地区进行了水生苔藓、河流沉积物与土壤采样特性的研究。

苏联 B. B. Ковальский 和他的同事们, 根据土壤成土过程、气候条件、元素的生物地球化学行为、生物对环境中地球化学及物理因素反应的相似性和差异性划分土壤生物地球化学区划。先分成地带性与非地带性二个带, 再分为 23 个不同类型生物地球化学省, 编成苏联生物地球化学区划略图, 其中涉及 17 种元素的不足和过剩 (Cu、Co、Ca、P、I、Sr、Mo、B、Se、F、Ni、Pb、Mn、U、K、S、Mg)。虽然他没有编绘单独的元素分布图, 然而在他编区划图时充分考虑了土壤及植物中各种元素含量, 而且所建立的生物地球化学概念也即是环境地球化学的概念。

我国在地球化学制图方面开展较好的, 首推地质矿产部门应用在地质找矿方面的制图。应用河流沉积物及土壤地球化学测量, 来发现与矿化有关的次生异常找矿, 已是成熟的经验。1980 年开始, 全国矿产部门开始全国性 1:20 万大面积化探扫面、用水系沉积物调查、成图自动化, 1988 年已通过全国鉴定, 但档案不公开。

近年来, 环境地学部门在第二松花江、湘江等水系和长白山、梵净山等地区开展水体环境背景值 (包括地表水、沉积物、水生生物) 调查研究, 并试编了第二松花江流域与洞庭湖水系水 (原水、过滤水) 及沉积物地球化学背景值图集。

从 1978 年以来, 土壤地球化学背景值调查制图比较活跃。日本冈田启以简化的地质构造分区图为基础制作了日本濑户内海流域铬的环境背景图, 把土壤和岩石含铬量分为五级。英国则利用电子计算机, 以等值线的表达形式, 分别制作了英国威尔士 Pembrokeshire 西北部土壤 12 个元素的含量分布图。

1984 年, 美国地质调查局的 H. T. Shacklette 出版了《美国大陆土壤和其它表层物质中 47 种元素的分布图集》(图比例尺 1:2460000)。在研究中, 他的样点间距 80km, 采用任意分级法用几何符号表示元素在不同采样点的含量。

1978 年, 中国科学院南京土壤所环保室本底组, 首先编制南京东郊土壤中九种元素环境背景图。陈年等编制重庆市 11 个元素的土壤环境背景值图。1983 年, 农业部组织对我国主要农业土壤及粮食中九种元素背景值进行调研, 并按九个农业经济区分别绘制了元素土壤背景图。1985 年, 松辽平原、辽河平原、松嫩平原先后完成土壤背景值分级图, 其中以松辽平原区域面积最大, 达 22.4 万 km², 是迄今为止国内最大区域多元素图件。

近十多年来, 与人体健康、地方病研究有关的环境地球化学图集编制十分活跃。美国 Mason 等于 1975 年首次出版了美国县级癌症死亡率图集, 以制图作为表现疾病地理分布的工具。

中国科学院长春地理所、吉林省地方病第二防治研究所等单位出版了《吉林省地方病与自然环境图集》, 既反映了吉林省各种地方病的分布特征, 又展现了各种地方病与周围环境的地球化学联系, 是很好的环境地球化学图集。1988 年即将出版的我国地方病图集, 将集中反映我国十多年来在克山病、大骨节病、地方性氟病、地方性甲状腺肿病方面的研究成果。

总而言之, 我国环境地球化学制图还处于探索阶段。“七五”科技攻关项目中列入全国性

土壤背景值调查以及长江水系水环境背景值调查与制图，将对我国环境地球化学图的编制与发展、在制图理论、专题内容、表示方法等方面进一步积累经验。

(吴燕玉 编)

第三节 环境地球化学图的类型

环境地球化学图种类很多，可以按不同标准来加以分类。例如按采样对象分，可分为河流沉积物、土壤、地下水、母岩、植被以及生物体组织等各个介质内元素含量图；也可按区域面积大小、制图的比例尺、采样密度等来区分各种类型图。目前尚无统一的划分标准。

一、按采样材料划分

这是最常用的分类方法。可靠的采样材料应具有下列特性：

- a. 在地球化学上，能反映其基岩和环境。
- b. 是采样点周围一定地区的代表。
- c. 在组成上一般是不变的。
- d. 采样材料对整个地区的制图是可用的。
- e. 样品易于采集和分析，而且价格合理。

可能利用的采样对象包括母岩、土壤、河流沉积物、湖相沉积物、地表水及植被；也包括生物体组织，如人体头发、羊毛、血液等。对环境地球化学家来说，概括不同采样对象的优缺点是有困难的，因为它们在某种程度上随着调查目的、采样难易程度、采样区域范围的代表性、采样花费、所监测元素数目等而变化。当然最后一项是实验室分析时间与开支，它是评价采样材料优劣的又一项标准。每一种对象可能仅在特殊环境下是合适的，只有土壤及河流沉积物可以广泛地用作多种调查采样对象，见图 1-5。

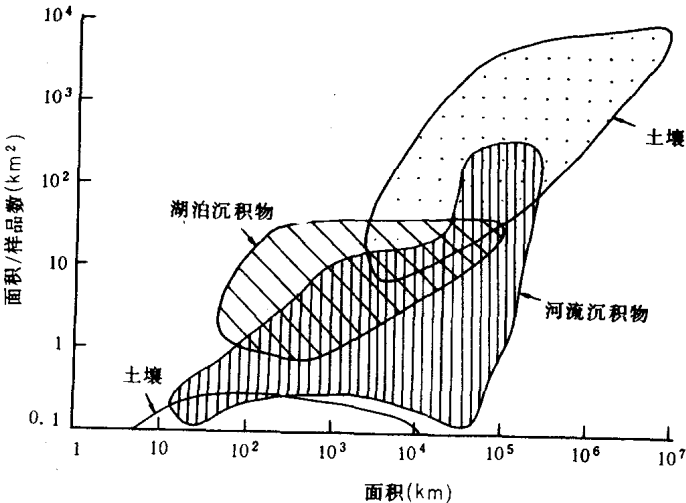


图 1-5 根据文献记载，土壤、河流沉积物、湖相沉积物各项地球化学调查时，调查区面积与有效采样密度之间函数关系 (R. J. Howarth and I. Thornton)