

高等学校研究生试用教材

现代环境地球化学

杨忠芳 朱 立 陈岳龙 编著

地质出版社

国土资源部高校年轻教师资助计划

高等学校研究生试用教材

现代环境地球化学

杨忠芳 朱立 陈岳龙 编著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书在系统介绍与人类活动密切相关的四大层圈(大气圈、水圈、土壤圈和生物圈)基本特征的基础上,重点阐述了全球变化学的概念、研究计划框架及国内外研究进展,详细论述了地球化学的理论和方法在研究过去全球变化中的作用及所取得的成果。此外,对原生地球化学环境与人类健康的关系,地球化学环境与地方性疾病,次生地球化学环境与人类健康及生态环境的关系,地球化学环境与现代农业的可持续发展,人类活动对地球化学环境的影响以及目前最主要的几种环境问题均作了系统的阐述。

本书资料翔实,内容丰富,观点新颖,适于地球科学类及环境科学类的大学生、研究生作为教材,并可供有关专业科研人员参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

现代环境地球化学/杨忠芳等编著.-北京:地质出版社

1999.6

ISBN 7-116-02690-8

I. 现… II. 杨… III. 环境地球化学 IV. X142

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 44828 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:白铁 江晓庆 叶丹 赵俊磊

*

北京市朝阳区小红门印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:28.75 字数:700000

1999 年 6 月北京第一版·1999 年 6 月北京第一次印刷

印数:1—2000 册 定价:70.00 元

ISBN 7-116-02690-8

X·10

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

序 言

随着人口剧增和工业加速发展,人类社会所面临的资源短缺、能源匮乏、环境污染、生态破坏和自然灾害的威胁日益加重,1998年夏季在我国发生的特大洪水灾害使人们更加清醒地认识到环境保护的紧迫性。人类对其生存环境的认识经历了由局部到全球,由过去、现在到未来,由一般的认识到严重的危机感的深刻变化。这种变化给地球化学工作者带来了巨大的发展机会和前所未有的挑战。物质和能量在地球各层圈间的运动和交换及其对环境质量的影响是环境地球化学的基本研究内容,地球化学的理论和方法在研究过去全球变化、地球化学环境与人类健康、地球化学环境污染与人类健康、地球化学环境与现代农业的可持续发展以及在治理白色污染、城市垃圾、“化学定时炸弹”、室内氡等各方面都发挥了非常重要的作用,取得了一系列成果,本书旨在向环境地球化学专业的研究生、本科生和广大环境地球化学工作者介绍该方面的一些基本理论和最新研究进展。

本书分为十章。绪论、第一章、第二章、第三章、第四章、第六章、第七章、第八章由杨忠芳编写,第五章由陈岳龙、杨忠芳编写,第九章由杨忠芳和朱立编写,第十章由朱立编写。全书由杨忠芳和朱立统稿。

由于编著者水平有限,时间仓促,书中难免出现差错及不当之处,欢迎读者提出宝贵意见,以便修改及完善。

本教材由国土资源部高校年轻教师资助计划资助出版。

编著者

1999年4月于北京

目 录

绪 论	(1)
第一章 环境问题和可持续发展	(8)
第一节 环境与环境问题	(8)
第二节 我国的几个主要环境问题	(18)
第三节 环境保护	(21)
第四节 可持续发展	(23)
第二章 人类生存环境的基本特征	(31)
第一节 大气圈	(31)
第二节 水圈	(40)
第三节 土壤圈	(43)
第四节 生物圈	(46)
第三章 全球变化学	(56)
第一节 全球变化学的概念	(56)
第二节 与全球变化研究相关的几个问题简述	(66)
第三节 中国陆域在全球变化研究中的作用	(85)
第四节 中国全球变化研究面临的特殊科学问题	(87)
第四章 地球化学与过去全球变化信息提取	(90)
第一节 树轮研究与气候变化	(90)
第二节 动物体内同位素组成、种群特征与全球变化	(104)
第三节 黄土研究与全球变化	(114)
第四节 冰岩心研究与全球变化	(123)
第五节 碳酸盐研究与全球变化	(133)
第六节 湖泊沉积研究与气候、环境演化	(151)
第五章 地球化学环境与人类健康	(154)
第一节 人体与地球化学环境的关系	(154)
第二节 人体中元素的分布	(158)
第三节 微量元素与人类健康	(164)
第四节 地球化学环境与人类疾病	(175)
第六章 土壤地球化学环境污染与防治	(206)
第一节 人类生产活动对土壤环境的污染	(206)
第二节 土壤污染与净化	(208)
第三节 污染物在环境中的迁移转化	(209)

第四节	污染物对生态环境及人类健康的影响·····	(215)
第五节	土壤环境质量评价·····	(224)
第六节	土壤污染的防治·····	(227)
第七章	大气地球化学环境污染与防治·····	(229)
第一节	大气污染物与大气污染源·····	(229)
第二节	污染物质在大气中的迁移和转化·····	(238)
第三节	大气污染的危害·····	(241)
第四节	大气环境质量评价·····	(261)
第五节	大气污染的控制与防治·····	(264)
第八章	水体地球化学环境污染与防治·····	(268)
第一节	水体污染物与水体污染源·····	(268)
第二节	水体中污染物的迁移和转化·····	(277)
第三节	水体中污染物的危害·····	(292)
第四节	水体环境质量评价·····	(310)
第五节	水体污染的预防与治理·····	(313)
第九章	几种典型类型的环境污染与防治·····	(318)
第一节	消除白色污染,倡导绿色消费·····	(318)
第二节	城市垃圾的危害及处理·····	(322)
第三节	典型工业污染与防治·····	(340)
第四节	环境地球化学灾害——“化学定时炸弹”的预测与治理·····	(346)
第五节	室内氡的监测、评价和防治·····	(355)
第十章	环境地球化学在农业上的应用·····	(377)
第一节	土壤元素背景值调查、土壤环境容量研制、农业环境污染和生态破坏现象的控制技术·····	(378)
第二节	保持和提高土壤肥力·····	(392)
第三节	保护和有效利用水资源·····	(398)
第四节	提高科学种植与养殖水平·····	(402)
第五节	高产、优质、高效和低耗农、林、牧、副、渔综合增产技术·····	(406)
参考文献及参考资料	·····	(421)
附件		
附件一	辐射量的曾用专用单位与国际单位制单位的换算·····	(430)
附件二	GB6566—86“建筑材料放射卫生防护标准”·····	(431)
附件三	GB7663—86“建筑材料用工业废渣放射性物质限制标准”·····	(437)
附件四	GB8921—88“磷肥放射性镭-226 限量卫生标准”·····	(441)
附件五	JC518—93 建材行业标准“天然石材产品放射性防护分类控制标准” ·····	(447)
附件六	GB9196—88“掺工业废渣建筑材料产品放射性物质控制标准”·····	(451)

绪 论

随着人口剧增和工业加速发展,人类社会面临着资源短缺、能源匮乏、环境污染、生态破坏和自然灾害的严重威胁。这一系列全球性的危机,如果任其发展,势必危及整个人类的生存和发展。环境地球化学作为环境科学与地球化学的一门交叉学科,在解决人类社会所面临的环境问题、保持可持续发展中起着越来越重要的作用。

一、环境地球化学的一般概念

环境地球化学是一门年轻而又发展迅速的交叉学科,是 20 世纪 60 年代兴起的一个新的研究领域,是研究化学元素和微量物质在人类赖以生存的周围环境中的含量、分布和迁移过程中与人类健康关系的科学。环境地球化学的主要任务是研究人类活动与地球化学环境的相互作用。它是地球化学与环境科学相互渗透而产生的一门新兴边缘学科。它从地球环境的整体性和相互依存性观点出发,以地球科学为基础,综合研究化学元素在地-水-气-人环境系统中的地球化学行为,揭示人为活动干扰下区域及全球环境系统的变化规律,为资源合理开发利用、环境质量有效控制及人类生存、健康服务。

地球为人类的生存和发展提供了丰富的物质基础和适宜的环境条件,人类经过漫长的奋斗历程,特别是地球科学的研究与发展,发现了大量的矿产资源和能源,并使之投入了应用。地球科学不仅使人类在利用自然资源和发展经济方面建立了辉煌业绩,而且为维持一个清洁、安全和舒适的居住环境,不断创造和发展新的理论和方法,给予了有效的科学指导。但是我们也应该清醒地看到,在人类社会工业化的过程中,由于追求繁荣的短视行为,向大自然的无度索取,造成了人与自然的关系日益紧张,发展与环境的矛盾日益尖锐,这些问题已成为当今世界政治、经济、外交的新热点。

随着人口的增长和经济的发展,我国也面临着十分严重的环境污染和生态破坏的双重压力。由于过度农垦、过度放牧,以至破坏了植被,使荒漠化土地面积不断扩展,水土流失严重,同时生物的多样性也遭到破坏,环境污染日趋严重。国家环保局在 1993 年环境状况公报中指出:全国废气排放量为 11 亿 m^3 ,废气中烟尘排放量 1416 万 t、二氧化硫 1795 万 t、工业粉尘 617 万 t;全国酸雨出现频率超过 70% 的城市已达 12 个;全国废水排放总量 355.6 亿 t,在 7 大水系和内陆河流水质评价的 123 个重点河段上,水质符合《地面水环境质量》1~2 类标准的只占 25%;全国工业固体废弃物产生量为 $6.2 \times 10^9 \text{m}^3$,历年堆积量为 $59.7 \times 10^9 \text{m}^3$ 。从总体上讲,环境污染问题还没有得到根本控制,并逐渐向农村蔓延。

我国灾害之重、灾史之长、灾域之广、灾种之多是世界上少有的。近 40 年来,每年由气象、水文、海洋、地震与地质以及农林等类型的突发性自然灾害造成的直接经济损失约为当年新增国民生产总值的 25%~35%,占当年国民生产总值的 3%~5%,平均每年因灾害死亡的人数愈万人。经济的发展、人口的增加和生态的恶化,尤其是在灾害高风险区内,人口、财产密集,使自然灾害发生的频率、影响范围以及其造成的损失均在增长,并成为一些地区长期难以摆脱贫困的制约因素。

人口过多与资源相对紧缺的矛盾是中国经济发展过程中的一对基本矛盾,环境污染、生态恶化、灾害频发是中国经济发展的长期制约因素和持久的压力。地质学家和地球化学家已经清楚地看到了环境污染与人类生存和健康之间存在着十分密切的联系。特别是人类活动作为严重影响地球表层形态、结构和组分变化的营力,已经到了不可忽视的程度。因而,大批地球科学家开始献身于地球化学环境的研究。与此同时,大批化学家从“地球的化学”概念出发,致力于地球环境的化学研究;大批生物学家也试图从地球环境化学变化导致生命机体生理变化的原因上关心地球化学。因而,在不太长的时间内,环境地球化学变成了地球科学家、化学家、生物学家共同探索的领域,环境地球化学作为一门新兴学科而被确立。

二、环境地球化学发展历史

环境地球化学作为一门学科,其形成和发展可以说是工业革命大发展后造成严重环境污染对人类健康产生直接后果和人们对其认识的产物。它的发展经历了由模糊至清晰、由感性到理性、由片面到全面的认识过程。

早年,日本小林纯以及原苏联学者 A. П. 维诺格拉多夫等人就开始从生物地球化学角度探讨微量元素与人体健康的关系。但是在自然科学系统中,对地质环境的重视则是从 20 世纪 50 年代开始的。例如,在美、英、瑞典等国相继对饮用水与心血管病死亡率和室内高氡环境与肺癌病例增加相关性的研究基本上肯定了地质环境对人体健康的影响。

随着认识的深化,环境地质学作为地质学的新分支,在自然科学领域逐渐出现了。

1965 年,美国《地质时代》杂志首先正式使用了“医学地质”这一名词;英国具 160 年历史的地质调查所更名为地质研究所,隶属于新设立的自然环境研究委员会;1969 年,美国地质调查所成立了环境地质组。继之,在日、法、德等国的地质机构中纷纷成立了专门的环境地质组织并开展了一系列的科学研究工作。

同时,与之相应的学术委员会及专门机构也迅速而普遍地建立起来了。例如国际地质联合会下设了“地质科学与人类”委员会;美国地球化学委员会下设了“环境地球化学与健康分会”;自 1968 年起,美国密苏里大学每年召开一次具有国际性的“微量物质对环境健康影响”的学术讨论会;1972 年夏,在斯德哥尔摩召开了“人与环境”的第一次国际会议,并出版了论文集。1975 年在加拿大安大略召开了“环境生物地球化学讨论会”,1977 年在肯尼亚首都内罗毕召开了联合国沙漠化会议等。

随着环境地质机构的建立,学术活动的频繁,环境地质出版物也不断增多。在美国,70 年代初即出版了几个版本的《环境地质学》教科书。此外,密苏里大学从 1969 年起逐年出版了与环境健康有关的微量物质学术讨论年会论文集。1972 年出版了《得克萨斯海岸带环境地质图集》,1973 年出版了《环境地质文集》,1974 年出版了《人及其地质环境》、《环境地质研究方法》,1975 年出版了《环境地质学》、《环境生物地球化学》、《环境污染源和排放量手册》、《变化着的全球环境》、《环境质量》等。在原苏联,随着对生物圈演化过程的研究及“技术圈”、“智慧圈”概念的提出,1973 年出版了《生物圈地球化学》,1975 年出版了《环境地球化学》等专著,标志着环境地球化学作为一门独立的学科出现了。

我国环境地球化学研究与国际学术界的发展基本上是同步的。60 年代是我国环境地球化学学科发展的萌芽阶段;70 年代是环境地球化学作为新兴边缘学科在我国确立并获得初步发展的阶段;80 年代是环境地球化学蓬勃发展,在理论上和解决实际环境生态科学问题中显示出重要作用的阶段;90 年代是环境地球化学在我国环境质量的维护和改善、自然资

源的合理开发利用、全球变化研究、农业生态保护及经济社会协调发展的环境决策等各方面都发挥重大作用的时期。

长期以来,克山病、大骨节病等地方性疾病威胁着人民的身体健康。60年代末,地质研究人员和医学工作者从病区分布与环境条件出发,对上述疾病开展了大量的地质环境调查和地球化学病因研究,揭示了其呈宽带状地域分布的格局,发现和推广了卤碱防治克山病及水质改善方法。上述研究为日后建立黑龙江、云南等省的克山病环境质量模型,开展硒、钼等微量元素与克山病病因关系的研究奠定了初步的基础。

60年代以来,环境污染和生态恶化的问题日益突出,对地学工作者提出了新的任务。1972年中国科学院地球化学研究所率先编辑出版了不定期刊物——《环境地质与健康》。刘东生先生在“环境地质学的出现”一文中,全面阐述了环境地质学出现的背景、学科基础、国际动向、研究范畴和发展前景。指出在地质学防治历史上,继矿产地质、工程地质的防治之后,环境地质学的出现标志了地质学为社会服务的新阶段;在环境地质学的研究中将树立生物进化观、物理运动观和化学变化观。

1973年,科学出版社出版了《环境地质与健康》集刊第一号,涂光炽预言“70年代环境科学和生命科学将异军突起,并成为自然科学领域中生命力十分强大的新增长点”,指出“环境科学与地球化学的相互渗透,产生了新的边缘分支学科——环境地球化学”。

1973年我国开始了有组织、有计划地调查环境污染和研究环境质量问题。由中国科学院贵阳地球化学研究所负责,中国科学院地理研究所、北京大学、北京师范大学等单位的科研和教学人员参加,开展了官厅水系洋河流域污染源调查。与此同时,“北京西郊环境污染调查与研究质量评价研究”项目开始组题并开展工作。

随着环境地质地球化学学科的确立,1974年中国科学院地球化学研究所环境地质研究室正式组建成立。中国科学院地理研究所化学地理研究室、中国科学院长春地理研究所化学地理研究室、中国科学院环境化学研究所等,均开展了与环境地球化学相关的研究工作。北京大学、北京师范大学、中山大学、东北师范大学、华东师范大学、浙江大学、中国地质大学、长春地质学院(现长春科技大学)和中南工业大学等均开展了环境地球化学、环境地质学方面的教学和科研工作。

1979年,中国矿物岩石地球化学学会设立了环境地质地球化学专业委员会;中国环境科学学会设置了环境地球化学及污染化学地理专业委员会、环境质量评价专业委员会;中国地理学会设置了化学地理专业委员会。上述与环境地球化学直接相关的学术团体的成立,为后来本学科的学术交流创造了良好的条件。1981年10月,中国环境科学学会、中国岩石矿物地球化学学会及贵州省环境科学学会在贵阳联合召开了全国首次环境质量、环境地球化学及污染化学地理学术讨论会,全面总结了70年代以来,我国在环境地质地球化学、地球化学与人类健康、环境质量评价等领域的研究进展,为80年代本学科的发展和学术交流铺平了道路。环境物质的分布、迁移、转化及其对环境质量的影响构成了环境地球化学研究的基本内容,同时也表明了环境质量与地球化学研究的重要的内在联系。

三、我国环境地球化学研究现状

随着环境污染和生态恶化的日趋严重,全社会对环境问题的认识产生了一个大的飞跃。80年代,保护环境被确立为我国的一项基本国策,全社会都关注着控制污染和保护生态环境的事业。环境保护工作的新形势推动了环境科学的蓬勃发展。

地球化学的基本原理、研究方法和工作手段被广泛地用于环境的科学调查和研究中。环境地球化学在理论和实践上的重要性更加突出,并在以下七个方面取得了研究进展:

1. 区域环境分异研究

区域性环境规划是发展区域环境中协调资源开发、发展经济和改善环境的纲领。编制区域环境规划必须在环境目标和环境内容上与区域规划协调,而区域环境地球化学分异特征正是区划环境的重要基础。

为了从区域整体上保护和改善环境质量,80年代初进行了京津渤区域环境综合研究,着重探索区域内环境物质运移和净化关系。通过分析自然环境特征和承载能力,阐明了该环境区域的控制因素及净化功能,提出了环境保护分区,阐明了环境污染过程及环境质量状况,提出了区域环境的对策建议。

另外研究还表明,黄土地球化学具有明显的分带性特征。这种分异规律不仅在认识黄土堆积和次生环境变化上具理论价值,而且在黄土区域农业生产和人体健康的环境评价方面具重要理论意义。

2. 区域环境背景研究

为了评价人为经济社会对环境地球化学平衡关系的影响程度,必须了解不同区域、不同环境介质中化学元素及化学物质的背景浓度水平。因而以地球化学背景为基本概念,适应于环境学科发展所需要的“环境背景值”的调查和研究成为80年代的热点。

1977年,中国科学院组织开展了北京、南京土壤中12种元素本底值的研究。1978年原农牧渔业部组织了我国主要农业土壤粮食中有毒物质背景值的调查。1983年国家“六五”科技攻关计划的有关项目中列入了环境背景研究课题。1986年国家“七五”科技攻关计划的有关项目中列入了全国环境背景值调查的项目,开展了全国性土壤环境背景值调查和水体环境背景值调查。此外,许多区域性环境研究项目中,几乎都涉及“环境背景值”问题。环境背景值调查获得了一定地域或水域中化学元素含量水平的基础资料,对认识环境质量变化、评价污染程度具有重要意义,对农业耕地利用、地方病防治、“化学定时炸弹”、室内氡预测、水源保护乃至地球化学找矿等也具一定参考价值。

3. 区域环境效应研究

地方性分布的疾病是典型的环境效应。研究地方病的环境病因是我国环境地球化学研究的重要领域。在早年工作基础上,中国矿物岩石地球化学学会相继举行过三次全国性“环境地球化学与健康”学术讨论会,并出版了论文集。1988年英国伦敦大学 King's College 环境监测与评价中心协助中国科学院环境科学委员会举办了“环境生命元素与健康”国际学术讨论会。这些学术讨论会不仅介绍了克山病、大骨节病、地方性氟中毒、地方性甲状腺肿等疾病环境地球化学病因研究的进展,而且对伽师病、地方性砷中毒、肝癌、肺癌、宫颈癌、鼻咽癌、食管癌、肠癌等地方性或区域性高发疾病的环境地球化学病因进行了探索,揭示了许多有意义的现象。1989年出版了《中华人民共和国地方病与环境图集》,对我国地方病环境病因研究成果进行了全面的汇总和深化。

4. 区域环境容量研究

区域地球化学分异导致同一种化学元素或污染物在不同区域生态效应的差异。这就意味着不同地球化学环境类型的环境介质中,允许存在的污染物的临界数量不尽一样。从环境地球化学的这种概念出发,一种直接为环境管理服务的新构思:根据环境容量,实施总量控

制,得到了人们的关注。

在环境保护的起始阶段,管理部门对环境中的污染物实行浓度控制。通过对污染源和环境中的污染物浓度的监测,开展了以污染物浓度作为基本参量的环境质量管理。浓度控制虽然对降低排放源浓度起了积极作用,但未规定允许排入环境中的污染物总量,而存在“稀释排放”的漏洞,未考虑区域环境现实负荷状况,这样,在排污源较多的地区区域环境质量难以获得改善;另外,未考虑自然条件的地域差异而形成的允许负荷能力的差异有时可能超过允许负荷,而有时又会提出不必要的苛刻条件。因此,浓度控制的效果不如预期的理想,于是就出现了“环境容量”的概念。

80年代初,我国对环境容量开展了较多探讨。从地球化学角度看,环境容量是一定地域单元内环境条件、环境背景、污染物性质及其人体健康和生物学效应的函数。对于确定的地域和污染物而言,环境容量是稀释扩散和净化降解能力及其生态效应的综合评估。环境地球化学工作者分别对大气、水体及土壤环境容量的具体含义、计算方法进行了广泛的讨论,并在土壤环境标准、农灌水质标准、污泥施用标准、污染物排放总量及土壤污染预测等方面体现出较大的实际意义。

5. 环境地球化学理论问题的探索

为揭示箱式模型的内部特征,探索地球化学环境中的化学、物理和生物反应过程是一个重要环节。其研究内容主要表现在以下几个方面:

(1)对环境介质中重金属和微量物质的含量水平、分布规律、赋存状态、运移特征、转化机制及其对生物学效应开展了大量的研究,并在认识环境质量、控制环境污染等方面发挥了积极作用。

(2)土壤-植物系统污染生态学的研究中,地球化学物质和能量循环原理获得了新的发展,并在防治污染方面取得了可喜的进展。例如,在京津渤区域环境研究中,采用人工模拟技术,研究了土壤-植物系统中硝酸盐的来源和流失过程及潜在环境危害,提出了用三种硝化抑制剂防止硝酸盐污染地下水的综合措施。

(3)环境质量变异的地球化学原理获得了进一步确立。环境质量的变化在很大程度上受环境物质组分的制约。用地球化学原理阐明了环境质量的形成和变化,并提出和总结了环境质量评价的原理和方法。

(4)“环境界面地球化学”概念的提出。在各环境宿体的界面及界面附近,发生着重要的物理、化学和生物反应,进行着频繁的物质交换和物质输送过程,存在着特异的地球化学平衡关系。近代地球化学的发展,已经较多地注意到环境界面作用。

(5)核素示踪技术在环境地球化学领域获得了广泛的应用。环境中的放射性核素具有已知的输入函数和衰变关系,提供了示踪地球化学过程的可能性。我国利用环境核素示踪技术在环境物质的累积、交换、迁移及混合作用方面取得了长足的进展。

6. 区域性典型环境研究

沙化、石化、土质退化、降水酸化、水源恶化是我国当前面临的几个典型的区域性环境问题。这些问题直接威胁着经济的可持续发展和人民生存的基本条件。寻找解决上述问题的对策途径是生态环境科学领域众多分支学科的共同任务,也是环境地球化学的重要任务。

解决区域性环境问题首先在于认识这些问题产生的原因及其发展演绎过程。这就需要在综合、对比、深入三个层次上开拓新的局面。即在较大的时空尺度下,综合多种环境要素的

影响和变化,对比自然演化过程与人为干扰影响的份额,深入剖析其发生演绎机理,揭示问题实质。环境地球化学以其宏观与微观结合的工作方法、多种环境因子的界面作用原理、对比识别自然变化与人为干扰的关系等学科特长,来认识和解决典型区域的环境问题。

7. 过去全球变化中环境信息的提取

近 10 年来,全球气候异常,土地荒漠化日趋严重,淡水资源短缺,生物物种减少,特别是温室效应诱发的全球增暖和臭氧层破坏等一系列重大而紧迫的环境问题困扰着人类社会,为了迎接这一重大全球性的环境问题的挑战,国际科学界发起了全球变化的研究,形成了国际科学界的一致行动。

过去全球历史演变有地质和地球化学的记录,提取这些记录,揭示其对地球未来的意义,并为评价现今的环境提供了对照的基准。国际地圈生物圈计划(IGBP)自 1988 年建立并开展工作以来,调动世界各国科学家开展多学科的国际协作,研究过去全球变化的海洋记录和陆地记录,系统研究 15 万年以来全球环境变化的地质地球化学记录,特别加强研究 2000a 以来的地球历史,以重建过去 2000a 全球气候和环境变化的详细历史(时间分辨率应达到 1a)。在对过去历史的研究中,树轮、湖泊沉积物、海洋沉积物、冰岩心、黄土剖面、古土壤、沉积岩层、孢粉及火山灰等可以提供丰富的环境演变信息。

四、环境地球化学的发展趋势及前景

几十年来的发展表明,环境地球化学以地球化学、地质学作为学科基础,与生态学交叉,在环境科学体系中形成了独具一格的学科内容(图 0—1)。

环境地球化学既研究自然环境的总体系统,揭示其总体变化和环境生态影响,又研究自然环境各个子系统,认识地圈-水圈-气圈-生物圈之间的相互关系。这就必然在认识地球环境的总体性和相互依存性中位于特殊的重要地位。环境地球化学从不同空间尺度上研究环境,从局域、区域乃至全球环境的综合研究上认识环境变化,从环境的自然演化与人为影响上认识环境变化的诱发因子,这将有助于对环境质量认识的深化。它在较大时间尺度上研究地球环境的历史演化,这在揭示低剂量、小幅度、长效应的环境演化及地球环境变化的突发事件的认识上也具有独特之处。环境地球化学研究环境物质的迁移、归宿、生态效应。这种循环系统的基础研究在认识区域环境变化、环境质量影响及全球变化上具有多目标的效益。

21 世纪是人类明智地管理地球的时代,环境地球化学在许多领域中将发挥越来越重要的作用,突出地表现在以下几个方面:①地球化学敏感及生态脆弱地区的风化淋溶;②过去全球变化研究中气候信息的提出;③地-气界面碳、硫及大气飘尘的释放以及环境地球化学行为;④环境微量物质与人体健康和生态效应的关系;⑤地球化学环境信息系统模型和模拟;⑥地球环境的地史演化等方面。另外,在与国民经济发展结合比较紧密的一些领域,环境地球化学也作为自己的首选课题正在积极地进行研究和探讨。

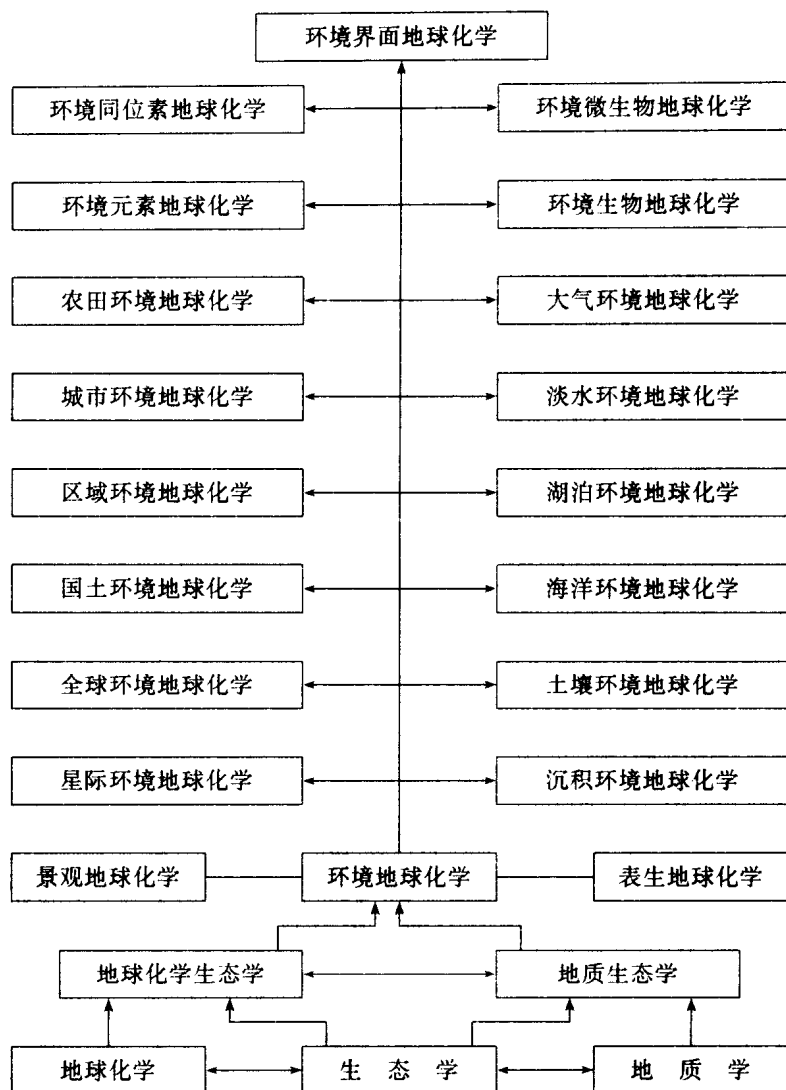


图0—1 环境地球化学及其次级学科关系图

第一章 环境问题和可持续发展

自然环境是一个由大气圈、水圈、岩石圈和生物圈相互作用形成的历史自然地域综合体,是人类和生物赖以生存和活动的场所。人类的生产和生活必然作用于环境,导致环境的变化。自然环境的剧烈变化,或者侵入自然生态系统中的有害物质数量过大,超过自然系统的调节功能,就会破坏生态平衡,使人类或生物受害。随着我国以工业化和城市化为核心的大规模经济开发的不断深入,生态系统承受的压力越来越大,造成严重的环境问题,给人类生存带来极大的威胁。因此,如何调节人与自然环境的关系,合理利用自然资源,积极保护生态环境,预防和治理环境退化,保持持续发展是人类面临的重要课题。

第一节 环境与环境问题

一、环境

环境这个名词随各种具体状况不同,其含义和内容不同。对环境科学而言,其含义是“以人类社会为主体的外部世界的总体”。其外部世界是指人类已经认识到的直接或间接影响人类生存与社会发展的周围事物。它既包括未经人类改造过的自然界众多因素,如阳光、空气、陆地、土壤、水体、天然森林和草原、野生生物等,又包括经过人类社会加工改造过的自然界,如城市、村落、水库、港口、公路、铁路、空港、园林等。所以,环境科学中所指的环境是人类生存的环境。

环境地球化学研究的环境,是指与人类生存活动密切相关的 4 个地球化学系统,即大气系统、水系统、土壤和生物系统、表层岩石圈系统。环境地球化学的基本任务就是要研究在这些宏观系统中化学元素和微量物质的存在形态、迁移转化过程及其对人类健康的影响。

环境地球化学既研究自然成因的环境,也研究人为成因的环境。前者是指地球自身形成过程及随后的长期地质历史中,在各种地质营力作用下形成的自然环境,其基本的组成要素包括有天然的岩石、大气、土壤、地表水、地下水与植物等。这类环境的物质成分特点和结构特征是天然形成的,因此又称做原生环境或第一环境;而所谓人为成因的环境,是指人类生产活动和社会生活对自然环境所引起的改造,使其原有的成分特点和结构特征发生了剧烈的、甚至质的变化,形成与原来自然环境不完全同步的一种新的环境,即一般所称的污染环境亦即第二环境。但是在很多情况下,原生环境和污染环境是很难截然分开的,因为人类的生产活动已经历了一个相当长的时期,特别是进入 20 世纪以来,更有了巨大的发展,地球表面原生的自然环境或多或少无不下留人类活动的痕迹,对自然环境产生了不同程度的污染,使其发生了变化。

二、环境要素

环境要素是指构成人类环境整体的各个独立的、性质不同的而又服从整体演化规律的

基本因素。环境要素可分为自然环境要素和人工环境要素两类。通常环境要素指的是前者,包括水、大气、土壤、岩石、生物及阳光等。

环境结构单元是由一些环境要素组成的,而环境系统或环境整体又是由若干环境结构单元组成的。自然界四大环境系统的组成如表 1—1 所示。

各种环境要素之间的相互作用,不断演变构成了动态平衡的大系统。环境要素演变的动力来自地球内部放射性元素的衰变能和太阳的辐射能。占太阳辐射能 50% 的可见光,特别是辐射最强的青光(波长 $0.475\mu\text{m}$ 左右)是植物生长的能量来源。因此,太阳辐射能是环境要素演变的基本动力源泉。

表 1—1 自然界的环境系统

环境系统	环境结构单元	主要环境要素
水圈	水体	水、溶解气体、底泥、溶解矿物质
大气圈	大气层	O_2 、 N_2 、 CO_2 、He 等
岩石圈	岩体、农田、草地、林地	岩石、土壤等
生物圈	生物群落	生物体(动物、植物、微生物)

环境要素具有一些重要的特点,这是人们认识环境、评价环境、改造环境的基本依据。归纳起来有以下几点:

(1) 最小限制律

这个规律由 19 世纪德国化学家比希提出并为 20 世纪初英国科学家布莱克曼进一步发展。最小限制律认为:整个环境的质量,不能由环境诸要素的平均状况来决定,而是受环境诸要素中处于最劣状态的那个环境要素所控制。这就是说,环境的好坏取决于环境诸要素中最差的要素,而不能用其中处于优良状态的要素来弥补较差的要素而对环境诸要素的优劣进行定量评估,按照先劣后优的顺序,依次改进某个要素,使之达到最佳状态。

(2) 等值性

各个环境要素对环境质量的影响作用,无论各要素之间在规模上或数量上有什么差异,只要它们是处于最劣状态,就具有等值性。

(3) 整体性大于各个体之和

环境诸要素组成一个环境体系时,必然会相互作用导致质的飞跃。也就是说,所有要素的整体作用大于各要素各自单独作用的和。

(4) 相互联系相互制约

在一个环境系统中,各环境要素是相互联系、相互作用和相互制约的。

三、环境质量

环境质量是对环境状况的一种描述,一般是指在一具体环境内,环境的某些要素或总体对人类或社会经济发展的适宜程度。环境质量的好坏直接影响人类的生活质量和社会经济的发展。

四、环境容量

环境容量是指人类生存和自然环境在不致受害的前提下,环境可能容纳污染物质的最

大负荷量。环境在未受到人类干扰的情况下,环境中的物质和能量分布的正常值称为环境本底值。当污染物质或因素进入环境后,环境具有一定的迁移、扩散、同化和异化的能力,能通过一系列物理、化学、生物等作用,使污染物或污染作用消失。环境的这种净化作用,称为环境自净。但这种能力是有限的,也就形成了环境容量。

对一个特定的环境及环境所提出的特定功能而言,环境容量对于各种不同情况具有一系列的确定值。但由于环境会有时、空、量、序的变化,使物质也有不同的分布特征,因此,环境容量又是时常变化的。

五、环境效应

环境效应是指在环境要素作用下环境受到影响的现​​象及其后果。环境效应可分为自然环境效应及人为环境效应,一般所称的环境效应多数是指人为环境效应。按环境效应产生的机理,还可以分为环境生物效应、环境化学效应和环境物理效应等。

环境生物效应是环境诸因素变化而导致生态系统变化的各种后果。环境化学效应是指在环境条件的影响下,物质之间的化学反应所引起的环境效果。环境物理效应是指由物理作用而引起的环境效果。

六、环境的特性

任何一个环境系统都具有以下特性:

1. 整体性

就人与地球环境而言,人与地球是一个整体,地球的任一部分或任一系统都是人类环境的组成部分,各部分之间相互联系、相互制约。局部地区的环境污染或破坏必定会影响其它地区,在环境污染问题上,是没有地区界限和国界的。由此可见,保护环境是全人类共同的事业。

2. 有限性

人类生存的环境是有限的,在地球环境中资源是有限的,环境对污染物质的包容、自净能力是有限的。也正因如此,在环境科学中引进了环境容量这样一个科学的观念。

3. 不可逆性

在人类环境系统的运转过程中,存在着三种运动形式:能量的流动、物质的循环和信息的传递。前一过程是不可逆的,因此,根据热力学理论,整体过程是不可逆的。环境系统遭到破坏后,即使可以得到部分的修复,但也不能完全彻底恢复到原状。

4. 隐现性

一些突发性的环境污染事故,从发生到产生后果,时间很短,然而,大多数的环境污染现象,需要较长时间才能观察到由它引起的明显的后果,例如水体中的重金属污染。当重金属随废水排出时,往往浓度很低,不易被人类察觉,然而在水中重金属经微生物作用就会转化为毒性更大的有机金属化合物,水生生物从污染水体中摄取了这种有机金属化合物,再经过食物链的生物放大作用,然后在较高级的生物体内成千上万倍地富集,最后经过食物进入人体,并在人体某些器官中积蓄起来,达到一定的浓度后,人体就会出现慢性中毒。

5. 持续作用性

环境科学研究的结果表明,环境污染不仅影响当代人的健康,还会造成遗传隐患,影响

下一代甚至几代人的健康。环境污染对生物体和非生物体同样存在着持续的作用性。

6. 灾害放大性

实践证明,某些环境污染与破坏,开始并未引起人们的注意,然而经过长期的作用,给人类带来的灾害就会明显地放大,如人类的文明史起源于火的利用,人类在漫长的发展过程中并未察觉到燃烧过程排放的碳氧化物会给人类带来什么害处,然而经过这么多年,碳氧化物等污染物已引起全球性的关注,可能引起气候异常、气温升高、海平面上升等,给人类造成严重后果。

七、环境问题

全球环境或区域环境中出现了不利于人类生存和发展的现象,概括为环境问题。目前所指的环境问题,主要是人类利用环境不当和人类社会发展过程中与环境不协调所致。环境问题的内容也涉及到各个方面,如环境污染、生态破坏、人口急剧增加和资源的破坏与枯竭等。

环境问题又分原生环境(或第一类环境)问题、次生环境(或第二类环境)问题和社会环境(或第三类环境)问题。

原生环境问题是与人类活动无关的,由自然界原来的环境给人类造成的,如许多自然灾害是大自然活动的必然结果;又如疾病的流行或某些地方病的发生等。次生环境问题是人类活动引起的环境质量变化,以及这种变化对人类生产、生活和健康的影响问题。社会环境问题是由于社会结构本身的不合理所造成的,如人口增长、城市膨胀、科技和教育的结构不合理,以及经济发展不平衡带来的社会结构和社会生活问题。

当今所讨论的环境问题多指次生环境问题,但上述三类环境问题往往又是彼此联系、不易分割的,尤其是讨论全球环境问题时,不可能不涉及社会环境问题。

环境问题是随着人类社会产生并加剧的。人类是环境的产物,又是环境的改造者。由于在同自然界的斗争中,人类认识能力和科学技术水平的限制,在改造环境的过程中,往往会产生当时意想不到的结果,而造成环境的污染和破坏。如中国的黄河流域是中国古代文明的发源地,那时森林比较茂密,土地肥沃。西汉末年和东汉时期进行了大规模的开垦,促进了当时农业的发展,可是由于滥伐了森林,水源不能得到涵养,水土流失严重,造成了沟壑纵横,水旱灾害频繁,土地日益贫瘠。

在农业阶段的都市,常是政治、商品交换和手工业的中心。都市里人口密集,物流量大,废弃物量也大,出现了废水、废气和废渣造成的污染问题。如中国的西安,公元582~904年隋唐在此建都300多年,人口密集、排水量大而造成明显的地下水污染。

环境污染作为一个问题逐步引起人们的注意是从18~19世纪的产业革命开始的。产业革命后,蒸汽机的发明和广泛使用,使生产力大为提高。这样,使一些工业发达的城市和工矿区,人口密集,物流量大,燃煤量急剧增加,以大气污染为主的环境问题不断发生。如1873年、1880年、1882年、1892年英国伦敦曾发生多起可怕的有毒烟雾事件。

第二次世界大战以后,社会生产力突飞猛进。工业的动力使用和产品种类、产品数量急剧增加,农业开垦的强度和农药使用的数量也迅速扩大。致使许多国家普遍发生了现代工业、农业发展带来的范围更大、情况更加严重的环境污染问题和生态破坏问题,威胁人类的生存和发展。如1952年12月英国伦敦出现了另一种类型的严重的烟雾污染,在短短的4天内比常年同期死亡人数多4000人。在日本出现了水俣病、痛痛病、四日市哮喘等震惊世界的