

高等教育“十二五”规划教材

中国矿业大学新世纪教材建设工程资助教材

Environmental Geology

环境地质学

主 编 冯启言 严家平
副主编 王明仕 刘桂建

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等教育“十二五”规划教材

中国矿业大学新世纪教材建设工程资助教材

环境地质学

冯启言 严家平 主 编

王明仕 刘桂建 副主编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

环境地质学是环境科学与地质学的交叉学科,是研究人类活动和地质环境相互作用的科学,研究内容包括原生的环境地质问题和次生的环境地质问题。本书重点介绍了人类工程活动诱发的环境地质问题,包括地下水污染、地面沉降、岩溶塌陷、矿山环境地质灾害、固体废弃物的地质处置、水利工程环境地质问题及地球化学环境与人体健康等,阐述了环境地质问题的形成机理、分布特征和演化规律,介绍了环境地质的调查和评价方法及主要环境地质灾害的治理技术。

本书可作为高等院校地质科学、环境科学、地理科学、岩土工程等专业的本科生或研究生教材,也可供从事相关领域的科研、生产、管理部门的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境地质学/冯启言,严家平主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2011.8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1129 - 3

I. ①环… II. ①冯…②严… III. ①环境地质学—高等学校—教材 IV. ①X141

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第132878号

书 名 环境地质学

主 编 冯启言 严家平

责任编辑 李 敬

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 11.5 字数 287 千字

版次印次 2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

定 价 22.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

地质环境是自然环境的一部分,是人类生存发展的基本地质空间,即指与水圈、大气圈、生物圈相互作用的岩石圈的表层。人类的一切活动均受地质环境的限制,而人类活动又在一定程度上影响地质环境的演化过程,甚至可极大地改造地质环境。近百年来,尤其是 20 世纪 50 年代以来,全球人口迅猛增长、城市无限扩张、经济和科技快速发展以及人类对资源、能源的极大需求和过度开发,由于人类工程活动对自然界的改造而遭到的自然环境的“报复”越来越强烈。目前,世界范围的水污染和水资源短缺、边坡灾害、土地沙漠化、洪水灾害、地面沉降、矿山地质灾害、大型水利交通工程地质问题均极大地威胁着人类的生存环境。因此,深入探讨环境地质问题的发生、演化过程和机理,探索环境地质问题的控制措施,对保护地质环境、实现人类可持续发展意义重大。从 20 世纪 60 年代提出环境地质学概念以来,本领域得到了众多地质工作者和环境保护工作者的重视并取得了一系列成果,这些成果从不同的研究领域丰富和发展了环境地质学的理论和方法。本教材的教学目的,就是介绍环境地质学的基本内容、理论、方法和地质环境保护的基本对策。

全书内容共分为三编。第一编简要介绍地质学的基本概念和地质灾害的主要类型,旨在为深入理解环境地质问题提供地质学基础知识。第二编重点介绍人类工程活动诱发的环境地质问题。其中,第五章介绍地下水资源开发利用过程中的环境地质问题,包括地下水污染、地面沉降和岩溶塌陷;第六章介绍矿产资源开发过程中的环境地质问题,阐述了矿区环境地质问题的类型、产生机理和控制措施;第七章介绍固体废物处置的环境地质问题,包括生活垃圾卫生填埋和放射性废物地质处置;第八章介绍大型水利工程、道路交通工程环境地质问题,包括水库工程、跨区域调水工程和道路交通工程的环境地质问题;第九章介绍地质环境与人类健康的相关问题,包括元素与人体健康、地球化学分带、常见的地方病等。第三编介绍环境地质的调查和评价、地质环境区划和环境地质问题的防治技术。

本教材的编写分工如下:绪论和第五章由中国矿业大学冯启言教授编写,第一章至第四章由中国科技大学刘桂建教授编写,第六章、第七章和第十一章、第十二章由安徽理工大学严家平教授编写,第八章至第十章由河南理工大学王明仕副教授编写,全书由冯启言和严家平统稿。

在本书编写过程中,编者引用了大量国内外学者的著述及相关研究成果,在此向各位学者表示衷心感谢。由于环境地质学是一门发展中的交叉学科,研究内容涉及多个学科,同时鉴于编者水平所限,不当之处敬请读者批评指正。

编 者

2011年3月1日

目 录

绪 论	1
-----	---

第一编 地质学基础知识

第一章 地球的形成和演化	11
第一节 地球的结构	11
第二节 地壳运动和地球演化	14
第二章 地球的物质组成	19
第一节 元素	19
第二节 矿物	20
第三节 岩石	21
第三章 地层和地质构造	27
第一节 地层	27
第二节 地质构造	28
第四章 地质作用和地质灾害	31
第一节 地质作用	31
第二节 地质灾害	32

第二编 人类工程活动与环境地质问题

第五章 地下水资源开发利用的环境地质问题	39
第一节 地下水的赋存和运动	39
第二节 地下水污染	48
第三节 地面沉降	60
第四节 岩溶塌陷	65
第六章 固体矿产资源开发的环境地质问题	70
第一节 主要固体矿产资源概述	70
第二节 煤矿开采造成的环境地质问题	73
第三节 金属矿山开采的环境地质问题	85
第七章 固体和放射性废物处置的环境地质问题	87
第一节 固体废物概述	87

第二节	生活垃圾填埋的环境问题	91
第三节	放射性废物处置的环境地质问题	96
第八章	大型工程的环境地质问题	103
第一节	水利工程的环境地质问题	103
第二节	交通工程的环境地质问题	111
第九章	地质环境与人类健康	113
第一节	元素与人体健康	113
第二节	原生地质环境与地方病	122
第三节	地质环境污染与人体健康	130

第三编 环境地质问题的调查和防治

第十章	环境地质调查	137
第一节	环境地质调查的内容	137
第二节	环境地质调查方法	138
第十一章	地质环境评价与区划	140
第一节	地质环境评价	140
第二节	环境地质区划	148
第十二章	地质环境治理	151
第一节	地质环境治理概述	151
第二节	矿山地质环境的治理技术	156
第三节	地质环境生态治理修复技术	165
参考文献		172

绪 论

一、环境地质学概念

环境,包括自然环境和人类环境。自然环境,由生物圈、大气圈、水圈和岩石圈组成,是人们赖以生存和发展的必要地质条件,是人类周围各种自然因素的总和。人类环境,是指人们生活的社会经济制度和上层建筑的环境条件,如构成社会的经济基础及其相应的政治、法律、宗教、艺术、哲学的观点和机构等人为创造的环境(陈余道等,2004)。

在自然环境的各层圈中,地球岩石圈及其风化表层两部分地质体构成了与人类活动关系最为密切的地质环境。地质环境包括岩石圈上部的地貌、土壤、地下水、岩石、构造、矿产等地质体、地质现象和地质作用,是一切影响人类生存和发展的地质因素的总和。张宗祜指出,地质环境是指“与人类社会有着特殊的、紧密相联系的岩石圈的一部分”,它“积极地与水、气、生物圈互相作用”(张宗祜,1991)。地质环境有一定的空间概念,其上限一般认为是地表或岩石圈表层,其下限大致有两种观点:一种认为是人类技术水平和生产活动能力所能达到的地壳深部;另一种认为应从环境对人类和其他生物的适应性来衡量,即与区域地壳稳定程度有关的地壳深部甚至地幔(潘懋等,2003)。

地质环境是人类生存发展的基本场所,它构成了人类生活和生产的客观实体。它对人类的作用可分为地质资源开发和地质体直接利用两方面。地质资源开发,包括地下水、地热、石油等流体的开采与煤炭、金属等固体矿产资源的开采以及土地资源的开发利用。地质体的直接利用主要是指人类对地质体的空间利用及地质体的物理、化学特征及其对人类的适宜性等。人类在开发、利用地质资源、地质空间的同时,也在不断改变地质环境的化学成分和结构特征,同时还承载着人类工程、经济活动产生的部分废气、废水、废渣等废弃物的排放和治理(潘懋等,2003)。

地质环境同其他水环境、土壤环境一样,对人类活动具有一定的承载力,即地质环境容量。所谓地质环境容量,是指某个特定地质空间所能承受人类社会经济发展的最大潜能(潘懋等,2003)。目前,人类利用所掌握的科学技术大规模开采地下资源、修建大型交通和水利工程、扩展城市规模、改造土地利用模式等,人类长期的、大规模的工程活动超过了地质环境的承载能力,由此诱发了各种次生的环境地质问题,包括地下水污染和水资源枯竭、地面沉降、开采沉陷、尾矿污染、垃圾填埋场污染、滑坡、泥石流等。这些问题随着人类工程活动的加剧也日益加剧,因此各国学者普遍关注环境地质问题,并从人与地质环境的关系入手,研究各种地质作用引起的生态、水文、工程等环境地质问题,并逐步形成了环境地质学这门学科。

二、环境地质学的产生和发展

美国学者哈克特(T. E. Hackett)于1964年首先提出环境地质学术语。他认为,环境地

质学是运用地质学原理,指导改善人类生存环境、有效利用矿产资源的一门学科。1969年,美国学者 P. H. Moxer 给出了环境地质学定义:“环境地质学是运用水文地质学、工程地质学、地球物理学及有关学科的原理,研究人类周围环境,从而更有效地利用天然资源的一门学科。”之后,很多学者从不同的角度探讨了环境地质学的含义。我国地质学家刘东生在1972年发表论文《环境地质学的出现》。该论文是我国环境地质学最早的文献,标志着我国环境地质学的诞生。他认为:“环境地质学是研究人类活动和地质环境相互作用的科学,是地质学的一个分支,也是环境地学的组成部分。其研究内容包括自然和人为引起的环境地质问题。”(刘东生,2002)

事实上,从人类改造自然的发展历程看,环境地质学的思想在更早的时期就开始萌芽,我国古代就有用矿物做药物用于治病的记载。医书《内经·素问》的“异法方宜论”中,就有地质地理环境、矿物与人类健康的关系的论述,书中指出,各地的地理环境、地形、水文、气候条件的不同,使各地居民有不同的生活习惯和不同的健康状况(朱大奎等,2000)。中国古代大禹治水,引浊放淤、排沟筑岸、建造台田等,都是合理开发利用地质资源和保护地质环境的典型范例。欧美部分国家在产业革命后社会经济得到了很大发展,环境问题也随之大量涌现,引起了科学家的重视和警惕,遂开始对环境和环境地质问题进行研究和探索。19世纪末,法国人文地理学家布拉什在《人地学原理》中指出,人是一种积极的因素,自然环境只是提供了可能性的范围,而人类在创造自身的居住地时又反过来按照他们的需要、愿望和能力来利用这种可能性。美国学者马什在1864年出版的《人和自然》一书中,论述了人类活动对森林、水体、土壤的影响。恩格斯在《自然辩证法》中也阐述了合理开发和保护自然环境的基本思想及两者的辩证关系,告诫人们必须节制开发活动,协调好人与自然环境的关系。然而,随着时代的进步,人类开发、索取、改造自然的活动进一步增长,产生的环境地质问题越来越多,通过不断积累知识、总结经验,人们对地质环境的认识不断深入,越来越多地进行了环境科学与地质科学或地球科学的交叉研究。1972年6月16日,联合国在斯德哥尔摩召开第一次人类环境会议,发表了《人类环境宣言》,大大促进了环境调查研究工作的进程和环境科学的形成和发展。进入20世纪80年代,环境地质学在西方国家已初步形成一门比较系统的学科。20世纪80~90年代,环境地质学的理论和方法在中国进入深入研究、讨论阶段。刘培桐、关伯仁、刘东生、万国江、张宗祜、陈梦熊等学者对环境地质学的概念、研究内容、研究方法做了大量研究和探索,对我国环境地质学的成形、发展和系统化起了极大的推动作用。

从学科角度来看,环境地质学诞生于20世纪60年代,经过50多年的研究和努力,环境地质学得到了长足发展,日趋成熟,涌现了大量的研究著作和教材。美国学者 E. A. Keller、D. R. Coates、L. W. Lundgren、R. W. Taak、C. W. Montgomery 等人都有《环境地质学》著述,涉及内容广泛,既有属于普通地质学的内容,又有飓风、洪水等自然灾害学范畴的内容。国内近十几年来非常重视环境地质学的教育和研究,出版了大量的相关专著和教材,主要有李鄂荣等(1991)、徐增亮等(1992)的《环境地质学》;李铁锋等(1996)的《环境地质学概论》;潘懋等(1997,2003)、戴塔根等(1999)、朱大奎等(2000)、吴志亮等(2001)、陈余道等(2004)的《环境地质学》。另外,还有《环境水文地质学》(林年丰,1990)、《环境岩土工程学概论》(缪林昌、刘松玉,2005)、《灾害地质学》(潘懋、李铁锋,2002)、《环境地理学导论》(朱颜明、何岩等,2002)、《环境工程地质》(刘起霞、李清波等,2002)、《环境工程地质学》(贾永刚,2003)、《生态

水文地质学》(万力,2005),《环境水文学》(张仁铎,2006),《环境地学》(赵焯,2007),《环境地学》(储金宇,2010),这些著作和教材分别从不同角度探讨了环境地质问题的产生、演化和防治,也极大地丰富了环境地质学的研究内容。

目前,对环境地质学概念已经形成了以下几点共识:① 环境地质学是地质科学中的一门新兴应用学科,是环境科学与地质学的交叉学科,是环境科学的重要组成部分;② 环境地质学是应用地质科学的理论和方法,研究在自然条件或人类经济社会活动干预条件下地质环境的特征及功能演变规律的学科;③ 环境地质学以研究人—地关系为主,即研究人类工程技术经济活动与地质环境相互作用、相互影响、相互制约的关系;④ 环境地质学通过探索人—地之间的内在联系和基本规律,着力研究地质环境容量和开发利用潜力,为人类合理开发利用地质矿产资源和保护人类生存的地质环境提供地质学方面的科学依据。环境地质学已经被国际地学界认同为地质科学中一门应用科学,并且已经成为环境科学和环境保护方面一个不可忽视的研究领域。

三、环境地质学的研究任务和内容

刘锡清(2005)将环境地质学研究的任务概括为:① 探讨全球环境演化的基本规律;② 揭示人类活动与地质环境、自然生态系统的关系;③ 探索地质环境变化对地球生命支持系统的影响;④ 揭示地质环境的污染规律及其对人类健康和生物生存的影响;⑤ 研究改善和治理地质环境和资源合理利用的技术;⑥ 探索地质环境与社会可持续发展的关系,研究人类与地质环境和谐相处的途径。

环境地质学的研究对象是地质环境与人类社会的相互关系,研究内容十分广泛,主要可以分为两个方面:一是地质作用(因素)引起的环境问题(原生地质作用)——火山爆发、地震、洪水、滑坡、泥石流等引起的环境问题(即自然地质灾害)和地质环境化学元素分配不均引起的生物效应问题(地方病等);二是人为活动改变地质环境引起的环境问题(次生地质作用)——水污染、资源枯竭、地面沉降、地面塌陷、废弃物处置、大型水利工程引起的环境问题、矿产资源的保护利用与开采过程中引起的环境地质问题和城市化引起的环境问题等。前者体现自然对人类的作用,后者则是因人类对自然的作用改变环境或超过环境承载能力所带来的问题(陈余道等,2004)。

环境地质学的主要研究内容包括以下几个方面。

1. 区域环境地质问题研究

区域地质环境调查、评价和预测,是环境地质学研究最基本的内容之一,也是环境地质工作服务于国土整治和环境保护的基本手段。区域环境地质问题研究主要包括区域地质环境背景值调查、地质环境质量现状综合评价、不同比例尺的环境地质填图、各种环境地质问题的调查和研究;在此基础上,对区域地质环境的演化趋势进行预测,为国民经济规划服务。我国已经开展了全国和省、直辖市范围的区域环境地质调查,并出版了不同比例尺的环境地质图,这些成果为我国环境地质灾害的防治提供了重要依据。

2. 地质灾害的研究和防治

地质灾害是由自然、人为或综合作用诱发的。以地球各层圈相互作用等自然因素为主导的地质灾害,称为原生地质灾害,如地震、火山喷发等;由于人类工程、技术活动造成地质环境条件恶化并最终诱发的地质灾害,称为次生环境地质灾害,如过量抽取地下水引发的地面沉降、煤矿开采诱发的开采沉陷等;另外,在原本地质环境质量就较差的地区再加上人为

因素的影响,往往更容易诱发地质灾害,如在岩溶发育区大量开采地下水而诱发岩溶塌陷等。

目前,人类经济社会飞速发展,城市规模逐步扩张,人口不断聚集,人类活动特别是大型工程建设对地质环境产生了更为严重的影响。例如,我国的三峡水利工程在库区蓄水后,库区原有的水文地质环境、地球化学环境、生态环境势必改变,由此亦会诱发一系列的环境问题,甚至还会诱发 5.5 级地震(姚运生,2006)。我国的南水北调工程中西线、中线和东线三个规划方案均会对原有流域径流产生负面影响,工程实施亦可能诱发岩爆、崩塌、滑坡、岩溶塌陷等环境地质灾害。因此,必须研究人类各种工程活动(建筑工程、采矿工程、水利工程等)与地质环境的相互关系,重点研究人类工程活动对地质环境的负面作用,以及由此而诱发的各种地质灾害,开展地质环境容量评价、地质灾害风险评价和移民工程地质环境质量评价等。对上述地质灾害的分布规律、发生机制、风险评估、预测预警等进行研究,制订科学、经济、合理的防治规划、应急措施及减灾、防灾、灾后恢复和重建方案等,对于降低灾害造成的人员伤亡和经济损失具有重要意义。

3. 资源开发环境地质问题研究

人类生产、生活都离不开资源,地质环境中的水、土、石油、煤炭、天然气等支撑了人类社会的运转。随着人口的增加和科技的发展,人类对各种地质资源的开发、利用日益增大,在开采、运输、加工、利用、排放的过程中产生了一系列环境地质问题,如固体矿产资源开发带来的地表破坏、土壤污染、地下水资源破坏等。

针对上述问题,必须研究资源的可开采性和可利用性以及资源开发利用对生态系统物质循环和能量循环的影响,探索资源开发的综合调控机制和优化技术,以保证地质环境向良性循环方向发展。

4. 城市环境地质研究

地质环境是城市建设和发展的基础,它提供了丰富而优质的固体矿产资源、能源、水资源、土地空间和优良的生态环境;同时,城市建设的快速发展、人口增加和工程经济活动加剧,对城市地质环境的影响亦越来越强,产生了不同程度的环境地质问题和地质灾害,如地下水资源枯竭、地下水污染、地面沉降、岩溶塌陷、滑坡、地裂缝等,严重制约城市经济和社会的可持续发展。中国地质科学院水文地质环境地质研究所自 2004 年开展了全国主要城市环境地质调查及综合评价,到 2006 年完成了 7 个省的 98 个城市环境地质调查评价,其中,35 个城市发现 39 处地下水资源枯竭,51 个城市存在 92 处地下水污染,23 个城市的 274 处分布崩塌灾害,33 个城市的 536 处存在滑坡灾害等。因此,必须研究城市地质环境污染和破坏的原因、机制和防治措施,建立城市地质环境监测系统,开展城市地质环境质量综合评价和变化趋势预测,提出城市环境地质问题的防治对策,为城市规划和建设提供依据。

5. 农业环境地质研究

土地是农业发展的根基,是关系粮食生产、食品安全的重要条件。目前,在很多农村耕地中均已发现土壤污染,如浙江在 2002 年率先开展的农业地质环境调查,就在城市周边地区的乡村中发现了土壤重金属污染,严重影响植物的生长。农村地区土壤中的元素贫、富状况,直接影响广大农民的身体发育和健康状况。此外,最近 10 年来,我国因地质灾害造成的人员伤亡中,农村人口已占总数的 80% 以上,农村已成为地质灾害防灾减灾的重中之重(孙文盛,2006)。

由此可见,农业环境地质研究在保障社会稳定及国民经济可持续发展中具有重要作用,开展农村地质环境调查,宣传地质灾害防治知识,研究针对农业环境地质问题的解决方案,是这一领域研究和工作的重点。

6. 元素的生物地球化学循环与人类健康

地质环境是由各种元素及其化合物组成的,这些化学物质(包括营养元素、有毒元素、无机化合物、有机化合物和高分子化合物)从无机环境进入生物体内部,然后又回到无机环境中,从而实现了循环流动过程,称为生物地球化学循环。现代地球科学研究表明,地球上绝大多数元素的地球化学循环均是生物地球化学循环(陈履安,1998)。元素的生物地球化学循环途径、运行机制和过程,关系人类和其他地球生物的生存状态和健康状况。自然界在长期的演变过程中,不可避免会发生元素在某一地区的富集或贫乏,同时人类活动也会改变原始的地球化学环境、造成环境污染,由此可引发地方性疾病和人为污染事件,前者如克山病、大骨节病、氟骨病等,后者如日本的水俣病事件、疼痛病事件等。目前,针对由原生或次生地质环境诱发的人类健康问题,探索解决这类问题的途径,已形成医学环境地质学科。

这一领域的研究包括化学元素或化合物在无机环境中的行为、运行机制和过程,以及从一种生物体(初级生产者)到另一种生物体(消费者)的迁移或食物链的传递关系及其效应,主要研究元素的各种化合物在生物圈、水圈、大气圈、岩石土壤层各贮库之间的迁移和转化,除了对各种物理、化学、生物过程和通道的研究外,还包括对其源、汇、通量、贮库及模式的研究。

7. 生态环境地质研究

人类工程、经济活动势必对生态地质环境造成影响和破坏。生态环境地质学,是指应用生态学、环境学和地质学的理论和知识,解决由于生态地质环境改变而引起的人类生存和生命、人群健康问题的学科。从更深层次上讲,生态环境地质学是一门研究人为地质活动(大规模经济活动)所引起的地球最表层的物质运移和能量转换规律及其所产生的效应(特别是负面效应)对人类生存环境和健康影响的学科(林景星等,2003)。

生态环境地质研究是国土资源规划及管理的基础,研究的内容具有综合性,包括地质环境的状态性质、生态地质环境对人类生存的制约作用、地质环境变化对生态系统平衡的影响和作用、人类活动对生态系统的影响、地质环境与生态系统之间的关联性规律等。我国在新一轮国土资源大调查中,生态环境地质调查占很大比重,江苏省已启动我国首个生态环境地质调查专题项目,针对水土污染和地面沉降两大环境地质问题进行了研究并取得丰硕成果。

8. 现代科学技术在环境地质学中的应用研究

环境地质学是一门高度综合的交叉性新兴学科,涉及内容广,研究领域多,地质环境监测数据量大。计算机及网络通信、卫星遥感(RS)、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、虚拟现实(VR)、海量数据存储等高新技术的发展,为地质灾害监测数据的自动化传输、管理、分析和可视化提供了极大方便。利用这些先进的科学技术,国际上已建立全球环境观测系统、地震灾害监测网、全球陆地观测系统等监测网络。基于地理信息系统,建立环境地质信息数据库,研究各类环境地质信息处理技术,模拟分析各种环境地质灾害的演化过程,也是环境地质学研究的关键课题之一(潘懋等,2003)。另外,现代化的分析监测技术也为环境地质学的发展提供了技术支撑。

9. 全球变化

全球变化已成为环境地质学研究的新课题。海洋—大气—陆地相互作用与水循环研

究,元素迁移的环境地球化学研究,过去事件和作用过程的高分辨率研究,陆地生态系统对全球变化的响应,地表过程及其环境效应,更新世晚期以来地质环境演化与未来生存环境变化趋势预测,人类活动对全球变化的影响等问题的研究已受到国际地学界普遍重视。例如,全球气候变暖问题, CO_2 、 CH_4 等气体的温室效应已经被证实,如何减排或处置这些气体是解决全球气候变暖的一个重要途径。利用地质环境处置 CO_2 是目前的一个研究热点,这一过程同时也为环境地质学的发展提供了契机。

四、环境地质学的研究方法

环境地质学是在地质科学、社会科学、环境科学和现代科学技术基础上发展起来的一门新兴的交叉学科,其研究内容既包括由水圈、大气圈、生物圈、岩石圈相互渗透的自然地球系统,又包括人类活动与自然系统的相互作用及其发展、演变过程。环境地质学的研究方法,既包括地质学研究方法又包括环境科学研究方法,既包括传统的研究方法又包括应用现代新技术的研究方法。

1. 野外地质环境调查、勘察和监测

野外地质环境调查和勘察,是获取基本资料和数据的一种重要方法。前者利用简单的测量工具获取研究区生态、地质、水文、地下水等基本资料,如地质环境背景调查;后者利用地球物理探测等手段获取研究区更为详细、丰富的数据资料等。地质环境监测,是指利用环境监测、地质监测等手段,对研究区各环境要素质量如地表高程、地下水水位、水质、元素、生物类型、数量等进行的监测。上述方法既有传统的环境科学和地质学的调查方法,又有现代高新技术如遥感(RS)、全球定位系统(GPS)、质谱—色谱联用技术等。

我国自 1999 年启动新一轮国土资源大调查,调查内容包括开展区域地质、地球物理、地球化学和遥感地质调查,更新系列基础图件;开展土地资源质量和数量的调查和评价,为政府加强土地资源管理提供科学依据;开展矿产资源潜力调查评价,掌握大宗支柱性矿产的资源潜力;开展主要经济区和大江大河地区的地质生态环境调查;开展重要地质灾害区的调查评价,提出防治方案;调查海洋国土的基本特征和海洋自然灾害形成机理,评价海洋矿产资源。其中,2006 年完成的青藏高原生态地质环境监测利用了多时相遥感监测新技术,系统查明了 30 年来青藏高原地质环境变迁演化规律、地质灾害现状、分布变化规律等,建立了青藏高原生态地质环境遥感监测信息系统(张洪涛,2006)。

江苏省针对本省情况启动了生态环境地质调查和监测,针对水土污染和地面沉降两大生态环境地质问题,从人类赖以生存和发展的生态环境调查评价着手,从生态系统的整体性和相互依存性的观点出发,以地球化学的方法手段为基础,综合研究化学元素及化合物在生态环境的土壤、水体、动植物、人体间的地球化学行为和迁移转化规律,揭示自然作用和人为活动干扰下区域生态环境的变化规律和发展趋势。

2. 野外现场试验和室内模拟试验

野外现场试验,既包括(水文)地质学试验如抽水试验、放水试验、注水试验、弥散试验等,又包括环境科学中的同位素试验、示踪试验等。前者用以获取关键的(水文)地质参数和描述(水文)地质条件;后者用以监测、判别污染源及其迁移途径和最终归宿。研究地下水污染物的运移、岩土体变形等问题,还可以通过构建物理模型在室内进行模拟试验,以研究其演化机理;利用室内或野外的模拟试验研究元素或污染物的生物地球化学效应。

3. 数值模拟和数学方法

地质环境是一个物理、化学、生物多种过程相互作用的复杂系统,物质的运移、转化和岩土体变形受多种因素制约,仅通过野外和室内的模拟试验难以反映其内在规律,因此需要在环境地质调查、资料收集和分析测试基础上,建立地质环境系统的水文地质、岩土、地球化学等的数值模型,模拟地质环境的演化过程,揭示地质环境的演化机理,预测地质环境的时空演化趋势,从而为环境地质问题的防治提供理论基础和工程设计依据。

除了针对环境地质不同领域的专业模型外,数学分析方法在环境地质中亦得到了广泛应用,如分布型分析、相互关系分析、网络分析、趋势面分析、空间相互作用分析、系统仿真、过程模拟和预测、空间扩散研究等,不仅为研究地理问题提供了理论演绎和逻辑推理工具,同时也提供了定量分析、模拟运算、决策和规划的手段(徐建华,2002)。从地理数据的采集、相关分析、聚类分析到地理系统模拟、空间估计和预测,都有相应的数学方法为依据,从而提高了环境地质问题研究的科学性和准确性。

4. 综合评价

我国针对不同的环境地质问题制定了一系列的调查、监测、评价的标准规范和技术要求,如《地质灾害防治条例》(中华人民共和国国务院令 第 394 号)、《地质灾害危险性评估技术要求(试行)》(国土资发[2004]69 号)、《城市环境地质调查评价规范》(DD 2008—2003)、《区域环境地质勘查遥感技术规程 比例尺 1:50 000》(DZ/T 0190—1997)、《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)、《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166—2004)、《矿山地质环境保护规定》(国土资源部令 第 44 号)、《地下水污染地质调查评价规范》(DD 2008—01)、《环境影响评价技术导则—地下水环境》(HJ 610—2011)等。根据环境地质调查,对研究区环境地质问题进行综合分析,综合自然、生态、社会、经济等各方面因素构建评价模型,对研究区环境地质问题发育程度、破坏损失程度、潜在危险性等进行评价,划分不同等级的区域,为防治环境地质问题、评估环境地质灾害提供依据。评价内容包括强度评价、危险性评价、破坏损失评价、社会经济易损性评价和防治工程评价等。开展环境地质评价,必须建立一套符合区域环境特征的综合评价指标体系,构建科学、合理的评价模型,在环境地质评价的基础上开展环境地质区划研究。

5. 编制环境地质图

环境地质问题具有空间性、动态性和综合性。分析、研究环境地质问题,全面、系统地调查、收集资料并绘制专题图件是最基本的方法,借助于计算机、数字化仪等工具,绘制不同时段的环境地质图件,包括自然环境要素、社会环境要素、环境地质现象等内容,有助于分析环境地质问题的发生机制、分布、演化等,并利用地理信息系统(GIS)等计算机软件平台进行空间分析、预测和评价。

另外,人文、社会和经济科学的有关理论和方法也被应用于环境地质研究,使环境地质研究的思想方法、理论方法和技术手段在实践中不断得到提高和丰富。总之,环境地质学是在地质科学、环境科学、社会科学基础上发展起来的一门综合性交叉学科,其研究方法不仅要遵循各个学科的传统研究方法,同时由于地质环境的系统性、复杂性,还要求环境地质学的研究必须把时间与空间相结合、宏观与微观相结合、物理模拟与数值模拟相结合、区域与局部相结合、自然科学方法与社会科学方法相结合,探索新的研究方法和途径。

第一编

地质学基础知识

