

普通高等教育“十三五”规划教材

环境地质学

(新一版)

陈余道 蒋亚萍 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十三五”规划教材

环境地质学

(新一版)

陈余道 蒋亚萍 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

全书分4个部分,共15章:第1篇为环境地质学基础,包括第1~2章,主要介绍环境地质学基本原理和基本概念,阐述地球物质及其作用,提供必要的地质学基础知识;第2篇为地质作用与自然灾害,包括第3~7章,主要从概念、类型、影响因素、效应以及预防等方面阐述地质作用引起的环境地质问题,即地震、火山活动、河流与洪水、斜坡岩土体运动、海岸灾害等;第3篇为资源与环境,包括第8~10章,从水资源、土壤、矿产资源(包括能源)3个方面阐述资源开发利用与环境之间的作用;第4篇为社会与环境,包括第11~15章,阐述水污染与处理、固体废弃物管理与地质、空气污染、地质与健康 and 全球气候变化等内容。其中,第2篇强调的是自然因素对地质环境的影响,第3篇和第4篇强调的是人类活动对地质环境造成的效应。

全书在每章的前面增加了章节学习内容概要,增加了主题图片,试图使教材变得新颖;每章后面列出了相关专业术语(英文)、复习题、思考题以及一些网站地址;对文中出现的专业术语提供了英文解释,便于读者在阅读时参考。该书可作为理科如化学、生物、地质、地理和物理,文科如人类学、经济学、人文地理学、文学、政治学和社会学等学科的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

环境地质学 / 陈余道, 蒋亚萍主编. -- 新1版. --
北京: 中国水利水电出版社, 2018.1
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5170-5599-0

I. ①环… II. ①陈… ②蒋… 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(2018)第027650号

审图号: GS (2017) 3831 号

书 名	普通高等教育“十三五”规划教材 环境地质学 (新一版)
作 者	HUANJING DIZHIXUE 陈余道 蒋亚萍 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 14.25印张 338千字
版 次	2004年7月第1版第1次印刷 2018年1月新1版 2018年1月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	32.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

《环境地质学》教材是我们近 20 年来持续努力工作的结果，2004 年和 2011 年分别出版了第 1 版和第 2 版，时过 5 年，进行修编十分必要。在原有的第 2 版基础上，我们参考国内外《环境地质学》教材风格，修编形成了此版《环境地质学》。

全书共 15 章，与第 2 版比较，有如下改变：

(1) 全书内容可归纳为 4 个部分：第 1 篇环境地质学基础，包括基本原理与基本概念，地球物质及其作用；第 2 篇地质作用与自然灾害，包括地震、火山活动、河流与洪水、斜坡岩土体运动、海岸灾害；第 3 篇资源与环境，包括水资源与环境、土壤与环境、矿产资源与环境（包括能源）；第 4 篇社会与环境，包括水污染与处理、固体废弃物管理与地质、空气污染、地质与健康 and 全球气候变化。

(2) 增加了土壤与环境、水污染与处理、固体废弃物管理与地质、空气污染等 4 章内容；将原来的水文地球化学环境分带与地方病修编成地质与健康；删除了城市化与环境地质和资源与环境法规两章内容。

(3) 对出现的专业术语相应给出了英文表达，并对重要术语做了解释，附在教材后面，可以帮助大家从原语种角度理解其含义。需要说明的是，我们没有对这些术语做进一步的中文解释，主要是考虑到在校学生有英语学习的基础和能力，也有英语学习不断线的必要性。

(4) 在每一章前面增加了章节学习内容概要与要求，增加了主题图片，试图使教材变得新颖。

(5) 修编了参考文献，并做了引用标注。文献引用和标注是我们今后修编继续注重的环节，使教材编写更加规范。

“环境地质学”是一门与“水文地质学”和“工程地质学”关系密切的、用地质学知识解决环境问题的应用学科。其涉及知识面宽广，也具有科普意义。本次修编增加的章节内容，与社会人群关注点联系密切，我们有理由期望环境地质学能够得到更多学科的关注，让更多领域的人接受和运用环境地质学

知识，为社会经济与环境的可持续发展作贡献。

书中难免存在疏漏和不足，敬请批评和指正（邮箱 cyd0056@vip.sina.com）。

编者

2017 年 4 月

第2版前言

环境地质学是一门应用学科，它使地质学与环境科学结合并在人类与自然环境的相互关系中得到应用。那些对该学科有兴趣的学生，都可能成长为一位环境地质工作者。

如果有地质学或地理学基础，环境地质学的学习是较为容易的。但是，大多数学生可能缺乏这样的基础，为此本书首先安排了一些地质学基本原理知识的学习，便于初步认识地质作用与环境的相互关系。本书一个重要的目的是希望有助于不同学科学生拓展自己的知识视野，关注环境地质学领域，在以后的相关工作中应用该领域知识，共同营造人与自然的和谐关系。这些学科包括理科如化学、生物、地质、地理和物理；文科如人类学、经济学、人文地理学、文学、政治学和社会学等。

相对于2004年出版的《环境地质学》，该版本列为第2版。新版本增加了“海岸作用”和“全球气候变化”两章内容；其他章节的内容也做了很多修订，较为明显的是将环境地质学的基本概念做了删减并合并到第1章（基本原理与基本概念），在“洪水”篇章中增加了河流的基本知识。第2版的修编参照了国外相同教材的发展轨迹。另外，新版中对一些常见的专业名称列出了相应的英文表达；对每章的作业类型做了改进。

全书共14章，可以分为4个部分：第1部分包括第1、2章，第1章主要介绍环境地质学的基本原理与基本概念，指出了人口的指数增长是环境危机的首要问题，环境的保护需要伦理学规范；第2章介绍地球地质作用及物质组成如矿物、岩石、土壤和水等，强调地球是一个系统，提供必要的地质学基础知识。第2部分包括第3~8章，主要是阐述由于地质作用导致的环境地质问题，通俗地讲是自然地质灾害，包括地震、火山爆发、河流与洪水、岩土块体运动、海岸作用、水文地球化学分带与地方病。主要从概念、类型、影响因素、效应以及预防等方面阐述这些问题。然而，它们的发生，不乏人类活动的干预与诱发。第3部分包括9~12章，主要是阐述人类生产活动导致的环境问题，包括水资源开发利用、土地资源开发利用、矿产资源开发利用以及城市化引发

的环境问题。每一种资源的利用，会带来相应的或错综复杂的环境问题，其中又以城市化带来的问题更为集中。第4部分包括第13、14章，主要介绍了地球系统科学范畴的全球气候变化问题，阐述了全球温度变化的历史记录，以及全球变暖可能产生的效应；另外介绍了环境地质学相关的法律法规，强调了环境地质学在法律事务中的重要性。

由于环境地质学涉及的知识领域非常宽，同时在深度上要考虑到学生的知识结构与所学课程的承前启后，该书在修编过程中也花费了很多功夫，尽量体现多年来课程教育的积累，也力求反映现代科技发展。尽管如此，就目前来看书中仍然存在不少需要更新或补充的地方。这样的工作会持续下去，期望在后面的版本中逐步改进、完善。

书中难免有许多不足，敬请读者批评指正。

编者

2010年10月

第1版前言

本书共分13章：第1~3章是环境地质学的基本部分，介绍了学科的基本概念，对地球的自然系统进行必要的综述，并概述人类文明对物质世界的依赖性；第4~8章讨论了主要的5种地质灾害——火山活动、地震、洪水、滑坡、地方病，属于地质作用（自然因素）引起的环境问题，体现了自然对人类的作用；第9~12章主要讨论人为活动改变地质环境引起的环境问题，主要包括各种资源利用过程以及城市化带来的环境地质问题，是人类活动改变环境或超过了环境承载能力所带来的问题，通过论述各种地质资源的开发利用方式以及城市化进程，阐述引起的各种环境地质问题及相应的防治方法与措施；最后，第13章讨论了环境管理方面的规划、政策、决策，重点讨论了主要地质资源开发利用及与环境相关的法律法规，阐述了防御、减少各种问题的积极方法。为便于进一步了解我国资源与环境相关法律，本书附录了我国当前的环境保护法、矿产资源法、水法、土地管理法和固体废物环境污染防治法。

环境问题是全球普遍的问题，环境保护也是全球性的行动。环境保护工作不局限于某个学科或某个地域，不局限于哪些人、哪些地区，需要地球上每个人自发参与。我们生活在地球上，生活在地质环境里，几乎每天都听闻或目睹这样或那样的环境地质问题。关注、认识、接受面临的现实，增强大众环境保护意识，普及地质环境保护教育，并采取积极的态度来保护资源、保护环境，使人类社会能够健康发展，是我们编写本书的立足点。

本书的编写参照了国外教材编著的思路，翻译了国外教材的部分章节内容，结合我国实际情况，尽可能利用了网络电子图书资源。编著过程更多地注重数据与实例，尽可能地反映当前面临的主要环境地质问题，没有在理论上做更多深入阐述，其主要目的是对读者起引导作用，希望在学习与工作中更多地关注该领域存在的环境地质问题，增强环境保护研究与管理意识。

作为一本教材或参考书，该书适合于高等院校资源勘查工程、勘查技术与工程、水文与水资源工程、环境科学、土木工程等相近专业领域的学生为拓展知识面而使用，也适于科研机构或生产单位等部门的有关专业人员、管理人员

参考。

本书的编写是建立在多年教学与科研实践基础上的，虽然花费了不少的精力，但由于我们的知识面仍存在一定的局限性，书中难免存在许多不足，敬请读者批评指正。

编者

2004年2月

目 录

前言

第2版前言

第1版前言

第1篇 环境地质学基础

第1章 基本原理与基本概念	2
1.1 基本原理	2
1.2 基本概念	7
1.3 小结	12
第2章 地球物质及其作用	14
2.1 地质学概述	14
2.2 地球的内部结构	15
2.3 地质循环	17
2.4 岩石	20
2.5 地表作用：风和冰	25
2.6 小结	26

第2篇 地质作用与自然灾害

第3章 地震	30
3.1 地震的分布	31
3.2 地震的成因、过程与测量	33
3.3 地震的影响	38
3.4 地震预报与抑制	42
3.5 小结	44
第4章 火山活动	46
4.1 火山的活动与分布	47
4.2 火山的分类	48
4.3 火山活动的影响	50

4.4	火山活动的预警	53
4.5	我国火山活动的监测与研究	55
4.6	小结	55
第5章	河流与洪水	57
5.1	河流	58
5.2	洪水	63
5.3	我国洪水形成的影响因素	66
5.4	洪水防护及对策	69
5.5	小结	73
第6章	斜坡岩土体运动	75
6.1	斜坡岩土体运动的类型	76
6.2	斜坡稳定性	79
6.3	人类开发活动的影响	83
6.4	灾害的监测与防治	85
6.5	小结	88
第7章	海岸灾害	89
7.1	海岸作用	89
7.2	海岸侵蚀	92
7.3	热带气旋	92
7.4	海岸灾害和工程建筑物	93
7.5	海岸灾害的防御	95
7.6	小结	97

第3篇 资源 与 环境

第8章	水资源与环境	100
8.1	水资源状况	101
8.2	地表水与地下水	104
8.3	水利用与水管理	108
8.4	水资源开发利用的环境问题	111
8.5	小结	119
第9章	土壤与环境	122
9.1	概述	122
9.2	土壤利用与环境	128
9.3	土壤调查和土地利用规划	132

9.4 小结	133
第 10 章 矿产资源与环境	135
10.1 矿产资源分类	136
10.2 矿产资源开发	144
10.3 矿产资源开发引起的环境问题	146
10.4 小结	149

第 4 篇 社会 与 环境

第 11 章 水污染与处理	152
11.1 引言	152
11.2 主要的水体污染物	153
11.3 地表水污染及治理	157
11.4 地下水污染与处理	158
11.5 水质标准	159
11.6 废水处理	160
11.7 小结	163
第 12 章 固体废弃物管理与地质	165
12.1 概述	165
12.2 固体废弃物类型	166
12.3 固体废弃物管理	166
12.4 小结	172
第 13 章 空气污染	174
13.1 空气污染源	175
13.2 空气污染物	175
13.3 室内空气污染	177
13.4 空气污染的影响	177
13.5 清洁空气行动	178
13.6 小结	178
第 14 章 地质与健康	180
14.1 水文地球化学环境的地带性	181
14.2 生物地球化学地方病病带	182
14.3 地方病	183
14.4 防治方法	185
14.5 小结	186
第 15 章 全球气候变化	187
15.1 全球变化与地球系统科学概述	187

15.2 全球气候变化的研究工具	188
15.3 全球气候变化	189
15.4 全球气候变化的可能效应	194
15.5 小结	196
术语解释 (英文)	198
参考文献	213

第1篇 环境地质学基础



出嘉峪关沿古城墙一路西行，经万里长城的最西端——天下第一墩，至讨赖河大峡谷。讨赖河大峡谷是自然形成的，深 20 多 m，如刀劈斧砍，两侧内壁垂直陡峭，地势险要。峡谷内终年流淌着祁连山的冰雪融水，受河水长期冲刷，形成一条大峡谷。

地球的形成是一个神奇的过程，大自然的鬼斧神工赋予了人类生存和发展的基础。然而，21 世纪以来人们越来越关注身边的环境问题，比如水污染、空气污染、滑坡、洪水和全球变暖等。几乎每一周，我们都能听到发生在这里或那里的、这样或那样的环境问题，同时也逐渐认识到地球上人口的快速增长和资源的不断开发正影响着地球系统的承载能力和资源供给。为了给我们的后代提供一个高质量的人与自然和谐的环境，人们也正在努力实现社会、经济与环境发展的可持续化。

本书第 1 篇是环境地质学基础，包括两章内容，第 1 章讨论了环境地质学的基本框架，环境伦理和环境危机，以及环境科学中几个重要的基本概念；第 2 章介绍了地质循环的组成要素以及地球上重要物质的组成，比如板块构造、矿物、岩石、地表作用等，为缺乏地质学基础知识的读者提供基本素材。

第 1 章 基本原理与基本概念

本章将首先讨论和定义环境地质学，强调人类在社会文化发展中应具有的环境伦理意识，阐述环境危机形成的重要因素；然后介绍环境科学贯穿本书章节的几个基本概念。通过阅读本章材料，可以讨论如下内容：①环境地质学是一门地质学和环境科学交叉的应用学科；②人口增加是重要的环境问题；③可持续化是评价和应对“环境危机”的重要策略；④地球是一个内部不断变化的复杂系统；⑤地球具有灾变性，环境问题的解决需要科学的方法。



复活岛 (Easter Island)，位于智利，因为现存 887 座石像而闻名，1995 年被列为世界遗产保护区。700—1100 年，波利尼西亚人进入复活岛，开创了繁荣时代，并塑造了大量石像以印证这一历史。但由于人类活动剧烈和人口过剩，自然资源逐渐枯竭，物种灭绝，环境衰退，至今难以恢复 (Hunt, 2006)。

1.1 基 本 原 理

1.1.1 环境与地质环境

环境 (environment)，是一切事物的集合体，可以分为自然环境与社会文化环境两大类。前者包括阳光、空气、水、土壤、野生动植物等，这些自然产物与一定的地理条件相结合，形成具有一定特征的自然环境，是人们赖以生存和发展的必要的物质条件；后者包括人类社会与文明的政治、经济、法律、宗教和美学等。重要的是，这两个方面是分不开的，并相互影响和相互作用。我国 2015 年 1 月 1 日实施的《中华人民共和国

环境保护法》(1989 年颁布, 2014 年修订) 第二条定义, 环境是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体, 包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、湿地、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等。

20 世纪 90 年代初, 我国地质学家张宗祜 (1991) 认为, 地质环境 (geological environment) 是指与大气圈、生物圈、水圈相互作用最直接、与人类活动关系最密切的部分岩石圈 (图 1.1)。地质环境与 21 世纪提出的“地球关键带 (Earth's Critical Zone)”概念是相似的, 后者是一个近地表的环境, 包括地表、植被、水体以及土壤层、非饱和渗流带和饱和的地下水带, 是所有生物体存在和人类活动最密切的地带 (U. S. National Research Council, 2001)。地质环境的上限是岩石圈的表面, 其中所有的环境因子 (主要包括岩石、土壤、有机成分、气体、地下水、微生物以及动力作用等) 都积极地与大气、地表水体、生物界相互作用; 其下限

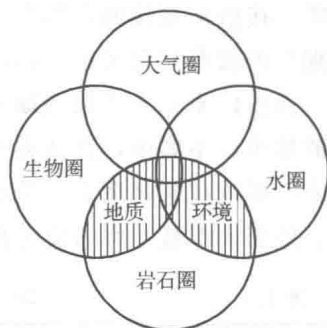


图 1.1 地质环境概念示意图
(张宗祜, 1991)

位置, 取决于人类社会的科学技术发展水平, 以及进入岩石圈内部的活动深度。比如, 20 世纪 80 年代, 苏联在俄罗斯的科拉半岛 (Kola Peninsula) 打成了一口用来探索地球深部信息的超深钻井, 其深度为 12262m, 这是当时地球上最深的一口井; 2005 年 4 月 18 日, 我国在江苏省东海县成功完成了一口直径 156mm、深 5158m 的亚洲最深的超深钻井工程。可是, 对于平均半径为 6371km 的地球而言, 人类能够探测的深度是非常有限的。

在当前的学科分类中, 与地质环境关系最为密切的学科是地质学 (geology) 和环境科学 (environmental science)。前者是研究地球组成物质的学科, 涉及地球物质的组成、结构、物理性质、动力学和演变历史, 及其形成、运动和变化的过程; 后者是 20 世纪 50 年代以后逐步发展起来的新兴学科, 研究环境中物理、化学和生物组分之间的相互作用, 更注重人类对自然环境的影响。简单地理解, 地质学与环境科学的有机结合, 形成了环境地质学 (environmental geology)。

1.1.2 环境地质学的产生与研究内容

早在 700~800 年以前, 用煤引起的环境问题就引起了人们的关注, 而当环境问题形成公害成为一个社会问题时, 则是由 18 世纪末至 20 世纪初的产业革命引起的。在 20 世纪 30—70 年代期间, 世界上由大气和水体污染造成的著名的八大公害——比利时马斯河谷 (1930 年)、美国多诺拉 (1948 年)、英国伦敦 (1952 年) 先后发生的烟雾事件, 美国洛杉矶光化学烟雾事件 (1943 年), 日本富山镉污染事件 (骨痛病, 1955—1972 年), 日本九州水俣事件 (1953—1956 年), 日本四日事件 (哮喘病, 1961 年), 日本九州米糠油事件 (多氯联苯污染, 1968 年), 造成了人类公害, 许多人患病, 有的终生残废, 并导致数万人死亡。

早在 1864 年, 美国第一位环境保护论者 George Perkins Marsh (1801—1882 年) 创作了 *Man and nature*, 认为人类日益强大、且具有毁灭性的行为将使自己身临不断退化的环境空间。尽管这样的言论在当时似乎危言耸听, 但后来也有一些著作发表了相似的言论, 我们现在看到的环境变迁也似乎印证了这些变化。

在 20 世纪,美国威斯康星(Wisconsin)大学从事野生动植物管理研究的 Aldo Leopold (1887—1948) 教授,曾鼓励信奉“土地伦理”(land ethics)思想。这是一个敦促人们关注整个自然环境的新概念,包括土壤、水体、动物和植物(统称为“土地”)。土地伦理的意义在于,地球是目前唯一的适合人群聚集的行星,土地是地球上与人类关系最密集、接触最直接的自然资源,需要人类来珍惜、保护、合理利用与和谐共处,需要环境伦理学的教育与思考(Leopold, 1949)。

自古以来,人类和地球上自然灾害(natural hazards)的抗争一直存在,只是早期人口数量少、不集中,自然灾害导致的损失不明显。随着人口数量的增加和集中,自然灾害带来的影响越来越明显,造成的损失越来越大。比如 20 世纪上半叶,世界上死于火山爆发、地震、滑坡、泥石流等自然灾害的人数近百万之多(表 1.1)。

表 1.1 20 世纪的环境地质灾害节选(蒋秀玲, 1991)

年份	灾害事件	地点	死亡总人数/人
1902	火山喷发	马提尼克	29000
1902	火山喷发	危地马拉	6000
1906	地震	中国台湾	6000
1906	地震/火灾	美国	1500
1908	地震	意大利	75000
1915	地震	意大利	30000
1916	滑坡	意大利、奥地利	10000
1919	火山喷发	印度尼西亚	5200
1920	地震/滑坡	中国	200000
1923	地震/火灾	日本	143000
1928	洪水	美国	2000
1930	火山喷发	印度尼西亚	1400
1932	地震	中国	70000
1933	海啸	日本	3000
1935	地震	印度	60000
1939	地震/海啸	智利	30000
1945	洪水/滑坡	日本	1200
1946	海啸	日本	1400
1948	地震	苏联	100000
1949	洪水	中国	57000
1949	地震/滑坡	苏联	12000~20000
1951	火山喷发	巴布亚-新几内亚	2900
1953	洪水	北海海岸(欧洲)	1800
1954	滑坡	奥地利	200
1954	洪水	中国	40000