

Huan Jing Di Zhi Xue Huan Jing Di Zhi Xue

环境地质学

闵茂中 倪 培 沈 吉 编著
崔卫东 刘松玉

南京大学出版社

环 境 地 质 学

闵茂中 倪 培
崔卫东 刘松玉 沈 吉 编著

南 京 大 学 出 版 社

1994 • 南京

(苏)新登字 011 号

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了环境地质学的基本原理和理论,以及国内外在该领域中的研究现状。全书 45 万字,共分十一章。第一章,概论;第二章,地下水资源开发利用的地质环境;第三章,矿产资源生成和开发的地质环境;第四章,土地资源生成和利用的地质环境;第五章,海岸地质环境;第六章,城市地质环境;第七章,人体健康与地质环境;第八章,废物处置的地质环境;第九章,自然地质灾害及其防治;第十章,受人类活动影响的地质灾害及其防治;第十一章,地质环境法。

本书可作为高等院校地学和环境科学专业的“环境地质学”教材,亦可供从事地质、地理、地震、环境保护、城市规划、环境医学等方面工作的科技人员参考。

环 境 地 质 学

闵茂中 倪 培 沈吉 编著
崔卫东 刘松玉

※

南京大学出版社出版

(南京大学校内 邮政编码: 210008)

江苏省新华书店发行 丹阳新华印刷厂印刷

※

开本 787×1092 1/16 印张 18.5 字数 455 千

1994 年 6 月第 1 版 1994 年 6 月第 1 次印刷

印数 1—1000

ISBN 7-305-02489-9/P·94

定价 15.60 元

前 言

“环境地质学”是地质科学和环境科学的交叉学科,研究地质环境与人类活动的相互作用和相互影响。“环境地质学”研究的最终目的是为了适应和改造自然环境,优化人类生存环境,促进人类社会的文明事业和经济繁荣。

“环境地质学”是一门正在兴起的应用地质学科,它与人类社会的经济发展休戚相关,因而备受各国重视。在美、英等西方国家的高等院校中,早在本世纪70年代末就开设“环境地质学”课程和设置相应专业或研究机构,至今“环境地质学”教材已具有较完整的体系。但在我国高等院校中同类教材目前还极少见。

为了在南京大学地球科学系开设“环境地质学”课程,拓宽地质专业大学生的知识面,以适应我国经济建设对人才的需求,本书主编在地球科学系行政和党总支的支持下,从1988年起即着手广泛收集国外有影响的“环境地质学”大学教材和国内外环境地质学研究成果,耗时两年,于1990年编就了“环境地质学”授课讲义(30万字)。本书是在该讲义基础上增补、修改写成的。编者来自不同学科和专业。

本书由闵茂中主编,左玉辉评审。编写的具体分工是:闵茂中编写第一、八、九、十章;崔卫东编写第七、十一章;倪培编写第三、五章;刘松玉编写第二、六章;沈吉编写第四章;张超参加了部分编写工作。

在编写过程中,曾得到南京大学地球科学系各教研室、图书室和南京大学外国教材中心的大力支持和帮助。

编者对所有为本书出版给予关心、支持的人士表示衷心感谢。

由于本书内容十分广泛,涉及众多学科,更况我国至今尚无同类教材或著书可供借鉴,书中不当之处在所难免,恳请读者指正。

编 者

1992年11月

目 录

第一章 概论	1
一、环境地质学的定义	1
二、环境地质学的研究内容	1
三、环境地质学学科的产生	4
四、研究环境地质学的目的和意义	5
五、国外环境地质学发展概况	7
六、我国环境地质学发展现状	8
七、环境地质学的研究方法	9
第二章 地下水资源开发和利用的地质环境	11
第一节 概述	11
第二节 地下水的赋存地质环境	13
一、岩土的空隙及地下水的存在形式	13
二、地下水类型及其赋存状态	15
三、地下水水质及其环境地质作用	16
第三节 地下水资源开发和利用的环境地质问题	17
一、地下水资源的开发利用	17
二、不合理开发利用地下水资源引起的环境地质灾害	22
第四节 咸水入侵	24
一、概述	24
二、咸水入侵的防治	25
第五节 地下水污染	26
一、概述	26
二、地下水污染方式和污染原因	27
三、地下水污染物质种类及其环境效应	30
四、地下水污染的评价	31
五、地下水污染的防治	32
第六节 地下水环境的保护与管理	33
一、地下水资源的评价	33
二、地下水环境质量评价	35
三、地下水环境保护与管理	36
第三章 矿产资源开发和利用的地质环境	40
第一节 概述	40
一、矿产资源	40
二、矿产资源枯竭——人类面临的长期地质灾害	42
三、矿生成成的地质环境	48
第二节 矿产开采利用时可能产生的环境问题	48
一、矿产开采时产生的环境地质问题	48
二、利用矿产时产生的环境问题	48

第三节 矿山地质环境的治理	66
一、覆田与整治	66
二、废石和尾矿的综合利用	67
第四章 土地资源生成和利用的地质环境	69
第一节 概述	69
一、土壤与土地	70
二、土壤的物质组成	70
三、土壤的物理性质	72
四、土壤的化学成分	73
五、土壤的生物学性质	75
第二节 土地资源生成的地质环境	76
一、母岩的分类和特性	76
二、母岩的风化作用	77
三、土壤形成的自然因素	81
四、土壤剖面	82
第三节 利用土地资源过程中可能出现的环境地质问题	83
一、土壤侵蚀	83
二、土地沙漠化	88
三、土壤次生盐渍化	91
四、土地污染	96
第四节 土地资源的综合治理与环境保护	99
第五章 海岸地质环境	103
第一节 海岸侵蚀作用	103
一、海岸侵蚀	104
二、海岸侵蚀的防治	109
三、人类活动加剧了海岸侵蚀	112
第二节 海平面变化	113
一、全球海平面在上升	113
二、海平面上升对人类环境的影响	115
三、海平面上升的原因	117
四、海平面上升灾害的防治	121
第三节 海啸	122
一、海啸灾害	123
二、海啸的成因	124
三、海啸灾害的防治	127
第四节 风暴潮	128
一、风暴潮的分类	130
二、风暴潮的成因	130
三、热带风暴潮	130
四、风暴潮灾害的防治	132
第六章 城市地质环境	133
第一节 概述	133
第二节 城市地质环境系统	135

一、城市地质环境基本要素	135
二、城市地质作用	135
第三节 城市选址与地质环境	136
一、城市兴衰的地质环境	136
二、城市选址的地质环境条件	138
第四节 城市规划与地质环境	140
一、城市用地评价的地质环境条件	140
二、城市环境美学与地质环境	143
第五节 城市建设与地质环境	145
一、城市建筑的地基条件	145
二、城市地下空间的开发利用	149
三、城市地质灾害的防治	150
四、城市废物处置的地质条件	150
五、城市供水条件	151
六、城市天然建筑材料的供给条件	151
第六节 城市地质环境评价与保护	153
一、城市地质环境的评价与保护原则	153
二、城市地质环境的评价与保护方法	153
第七章 人体健康与地质环境	157
第一节 概述	157
第二节 人体健康与地质环境的关系	157
一、人体与地壳的化学元素组成	157
二、人体必需元素及其不足或过剩	159
三、人体健康与地球物理状态	159
第三节 地质环境影响人体健康的生物机理	160
一、地质环境影响人体健康的途径	160
二、微量元素的生理功能	160
三、地磁场的生物效应	162
第四节 地质环境与疾病	162
一、克山病、大骨节病	163
二、地方性甲状腺肿病	169
三、地方性氟病	171
四、癌症	172
五、心血管病	177
六、中毒与迟后效应	179
第五节 矿物药物与地质环境	180
一、概述	180
二、主要矿物药物及其利用	181
第八章 废物处置的地质环境	185
第一节 概述	185
第二节 废物种类和性质	186
第三节 废物对人类环境的危害	189
第四节 城市废物处置的地质环境	190

一、城市固体废物处置	190
二、选择填埋场的地质环境因素	194
三、城市废液处置	195
第五节 放射性废物处置的地质环境	198
一、放射性废物的处理	198
二、放射性废液的处置	198
三、低、中放固体废物的处置	199
四、铀尾矿的处置	201
五、高放固体废物的处置	203
六、选择放射性废物处置场(库)址的地质环境因素	207
第九章 自然地质灾害及其防治	210
第一节 概述	210
第二节 地震灾害	211
一、地震的时空分布及其灾害	211
二、地震类型	214
三、震害致因	214
四、典型震害实例	218
五、地震的预报和防治	220
第三节 火山灾害	223
一、火山的成因、时空分布及其灾害	223
二、火山灾害致因	225
三、典型火山灾害实例	228
四、火山灾害预报	229
第四节 膨胀土灾害	233
第五节 雪崩灾害	236
第十章 受人类活动影响的地质灾害及其防治	238
第一节 洪水灾害	238
一、洪水的成因、分类、时空分布及其灾害	238
二、洪灾致因	241
三、典型洪灾实例	245
四、洪水预报和洪灾防治	246
第二节 崩塌和滑坡灾害	247
一、崩塌和滑坡的成因、分类、时空分布及其灾害	247
二、典型滑坡灾害实例	251
三、崩塌、滑坡灾害的预报和防治	253
第三节 泥石流灾害	256
一、泥石流的成因、分类、分布及其灾害	256
二、泥石流灾害的致因	258
三、泥石流灾害的防治	258
第四节 地面沉降和塌陷灾害	260
一、地面沉降和塌陷的分布及其灾害	260
二、地面沉降对环境造成的危害	261
三、地面沉降和塌陷的成因	263

四、地面沉降和塌陷灾害的防治	266
第五节 诱发地震灾害	268
一、水库诱发地震	268
二、采矿诱发地震	270
三、废液处置诱发地震	270
四、核爆炸诱发地震	270
第六节 我国地质灾害的分布和生成环境	271
一、地质灾害的区域性分布规律	271
二、地质灾害生成的自然环境	272
三、人类活动诱发、加重地质灾害	273
第十一章 地质环境法	274
第一节 概述	274
第二节 保护地质环境的法律规定	275
第三节 防治矿山废弃物污染环境的法律规定	276
第四节 减轻地质灾害的法律规定	279
第五节 环境地质学家的法律事务	281
主要参考文献	283

环境,是指人类赖以生存的周围事物——大气、水、土地、岩石、矿产、森林、山脉、动物、植物等的总称。环境的范围随着科学技术的进步而不断扩大,向下可至地壳下部,向外可达很远的宇宙空间。地质环境是指大气圈、生物圈、水圈和科学技术研究可及的岩石圈。人类生活在地球上,地球表面环境属于人类研究所称的地质环境,例如大气、水、土壤、岩石、矿产,以及依赖于一定岩石、土壤的植物、动物等。环境地质学就是在研究地质环境基础上,揭示人类技术、经济活动与地质环境之间相互作用、相互影响的一门学科。

P. H. Moer (1969)首次对环境地质学下的定义是:“环境地质学是利用地质学、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,以便更有效地利用天然资源的一门学科”。可见,最初有人研究和提出环境地质学概念,主要是从更有效地利用天然资源(例如水、土地、矿产等)这一目的着眼的。此后,经过20余年的发展,当今研究环境地质学的目的,已不再只限于有效地利用地质资源,而且还为了更有效地防治地质灾害,提高人类健康水平,竭力保护和改造人类赖以生存的地质环境,协调人类、资源和环境三者间的关系。

二、环境地质学的研究内容

环境地质学主要包括两方面的研究内容:①研究由自然地质作用引起的原生地质环境(或称第一地质环境)问题,例如:火山喷发、地震、海啸、矿产资源短缺、泥石流、滑坡、海岸侵蚀、冰川、膨胀土、地方病等地质灾害;②研究由人类活动造成的次生地质环境(或称第二地质环境)问题,例如:地面沉降、地下水污染、洪水、崩塌、土地沙漠化、废物引起的环境污染、咸水入侵等地质灾害。在上述两种地质灾害中,有些灾害(例如崩塌、地下水污染、洪水、土地沙漠化、地面沉降、矿产资源短缺、地方病等)既有自然原因,也有人为原因,具有双重性。此外,环境地质学还研究能给人类带来良好环境的地质现象——旅游地质学、农业地质学等内容。环境地质学的研究内容十分广泛,涉及地球科学的许多学科,尤其是构造地质学、水文

第一章 概 论

由于全球人口激增和人类生活水平的日益提高,人类与地质环境间的矛盾日益突出。为了减轻自然灾害给人类带来的灾难,减缓人类自身经济技术活动对生存环境带来的破坏,在本世纪60年代末期,一门研究人类与地质环境相互作用和影响的新学科——环境地质学,在前西德和北美应运而生。

一、环境地质学的定义

(环境地质学是研究地质环境与人类生活和技术、经济活动之间相互作用、相互制约的特点,预测自然或人为地质作用的发生和发展规律,从而制订改造、利用和保护地质环境的规划,防治和减轻地质灾害对人类的影响,优化人类赖以生存的地质环境的一门综合性学科。)简言之,环境地质学是研究地质环境与人类相互作用,进而藉以改造人类赖以生存的地质环境的一门学科。环境地质学是一门新兴的应用地质学学科,属地质科学和环境科学之间的交叉学科,就其实质,它是环境科学中较重要的分支学科。

环境,是指人类赖以生存的周围事物——大气、水、土地、岩石、矿产、森林、山脉、动物、植物等的总和。环境的范围随着科学技术的进步而不断扩大,向下可至地壳下部,向外可达很远的宇宙空间。地质环境是指大气圈、生物圈、水圈和科学技术研究可及的岩石圈。人类生活在地球上,地球表面环境属于人类研究所称的地质环境,例如大气、水、土壤、岩石、矿产,以及依赖于一定岩石、土壤的植物、动物等。环境地质学就是在研究地质环境基础上,揭示人类技术、经济活动与地质环境之间相互作用、相互影响的一门学科。

P. H. Moser (1969)首次对环境地质学下的定义是:“环境地质学是利用地质学、水文地质学、工程地质学、地球物理学以及有关学科的原理,研究人类周围环境,以便更有效地利用天然资源的一门学科”。可见,最初有人研究和提出环境地质学概念,主要从更有效地利用天然资源(例如水、土地、矿产等)这一目的着眼的。此后,经过20余年的发展,当今研究环境地质学的目的,已不再只限于有效地利用地质资源,而且还为了更有效地防治地质灾害,提高人类健康水平,竭力保护和改造人类赖以生存的地质环境,协调人类、资源和环境三者间的关系。

二、环境地质学的研究内容

环境地质学主要包括两方面的研究内容:① 研究由自然地质作用引起的原生地质环境(或称第一地质环境)问题,例如,火山喷发、地震、海啸、矿产资源短缺、泥石流、滑坡、海岸侵蚀、冰川、膨胀土、地方病等地质灾害;② 研究由人类活动造成的次生地质环境(或称第二地质环境)问题,例如,地面沉降、地下水污染、洪水、崩塌、土地沙漠化、废物引起的环境污染、咸水入侵等地质灾害。在上述两种地质灾害中,有些灾害(例如崩塌、地下水污染、洪水、土地沙漠化、地面沉降、矿产资源短缺、地方病等)既有自然原因,也有人为原因,有其双重性。此外,环境地质学还研究能给人类带来良好环境的地质现象——旅游地质学、农业地质学等内容。

环境地质学的研究内容十分广泛,涉及地球科学的许多学科,尤其是构造地质学、水文

地质学、工程地质学、地球化学、矿床学、第四纪地质学、岩石学、矿物学、地貌学等。此外,还涉及环境化学、经济学、环境法规等学科,其中水文地质学和工程地质学是环境地质学的支柱。环境地质学区别于地质学各分支学科的主要点在于,前者是作为地质学、环境学和经济学的交叉学科,是用地质学和经济学理论,阐述人类赖以生存的环境现象,即从地质学和经济学的理论和观点出发,论述各种地质作用(自然地质作用和人为地质作用)的过程及其对人类安全和生存的关系,以便采用一定的技术和方法,对其进行定量评价、预测和防治,提高人类的环境质量。环境地质学研究远较传统的地质学研究具有更广泛的社会性。

根据国外已趋成熟的模式,环境地质学应包括以下各分支学科和研究方向:

(一) 城市地质学

城市地质学是将地质学理论和方法应用于城市地区的规划和管理学的学科。随着人类文明的进步和物质生活的提高,世界都市化的趋势大大地加快,人口分布的城市密集化程度,已成为当今衡量一个国家发达与否的公认重要标志之一。在人口高度密集的城市中,随时都感受到地质环境与居民生活的依赖关系,例如,发展城市时地域的选择,城市建筑地基的选择(尤其近代超高层建筑),城市建筑材料的选取,城市用水的供给和探求,城市废物的处置,居民可能遭受的地质灾害——火山喷发、地震、滑坡、海啸、洪水、地面沉降等。凡此种种,无一不与地质环境有关,于是,环境地质学研究首先在城市中展开,环境地质学概念首先在城市中萌生、发展,以至城市地质学这一术语几乎与环境地质学术语同时诞生。W.J. Wayne(1968)在评述环境地质学产生过程时写道:“在都市中进行人类环境的地质学研究尤显重要,城市地质学这一术语实际上是环境地质学的同义词”,Flawn等(1970)指出:“现在城市地质工作是环境地质学研究的核心”(1970年正值环境地质学学科创立初期)。1980年,英国学者、牛津大学 D. Leveson 编写出版了“地质学和城市环境”一书(Geology and the Urban Environment),更强调环境地质学研究对城市地区的重要性。

目前,世界上许多国家都十分重视城市规划和建设中的地质评价和论证工作,美国把进行大城市及其邻区的地质调查和制图工作,列为环境地质学的一项战略任务,并在有些州开展了区域性城市地质总体规划和评价工作。前苏联研究了城市地区可能产生的地质作用,制订了相应的防范措施。

(二) 灾害地质学

环境地质学诞生的背景,就是一方面人类在长期生产实践和生活实践中,愈来愈感到许多自然现象给他们带来了灾难,例如地震、火山喷发、海啸、洪水、泥石流等,虽然它们是不可抗拒的自然灾害,但人们毕竟意识到通过人为努力,可以减轻灾害带来的损失;另一方面,随着科学技术的发展和人类经济活动的增多,人类活动对大自然和人类生存环境又可能会带来巨大的破坏,例如造成地下水污染、地面沉降、咸水入侵等。人类为了更好地保护自身的生存环境,抵御自然灾害,在与自然灾害进行不懈斗争的实践中,逐步创立了环境地质学这门学科。自然灾害恶化了人类的生存环境,因此,力图最大限度地减轻地质灾害对人类安全生存的威胁和对经济的破坏程度,便成为环境地质学的最重要研究内容之一。没有地质灾害,也就不可能创立环境地质学学科。

(三) 资源地质学

环境地质学研究的基本任务之一,是保护和充分利用地质资源。地质资源包括水资源、土地资源和矿产资源(包括能源资源)。防止水土流失,利用、保护水资源和矿产资源,是环境地质学的重要研究内容。在国外一些经典的环境地质学教程中,将资源地质学分成若干部

分,例如水资源、土地资源、矿产资源和能源等,分别予以介绍,并从地质学观点论述资源供需矛盾、管理方法等。

(四) 废物处置地质学

合理处置城市垃圾、工业废物和放射性废物,是优化人类环境的重要措施之一。地表水、地下水污染和地方病等,在很大程度上与生活垃圾和工业废物的污染有关。据报道,全世界400余个大城市每年要排放 3×10^9 t 固体废物和 500 km^3 废水。废物的最终处置一般采用地质掩埋方法,将废物埋在土壤、岩石等介质中,使其与人类环境暂时或永久隔离。实际上,废物处置主要是地质学研究问题,尤其在选择处置场时,需综合地应用构造地质学、水文地质学、岩石学、矿物学、地貌学等学科理论和方法。

(五) 医学地质学

研究人类健康与地质环境(第一地质环境和第二地质环境)关系的学科称为医学地质学,这是环境地质学的重要研究内容之一。在国外一些教材中,将引起地方病的地质作用归入长期地质灾害之列。

医学地质学主要研究和探索土壤、水中微量元素对人体健康和生物的影响。地方病的分布有明显的区域性,受一定地质环境制约,不同类型岩石经风化后生成不同化学成分和不同性质的土壤,在其上生长的作物中的微量元素成分和含量也不同,由此造成进入食物链(主要是农作物-动物-人体)中微量元素种类和丰度的差异,并最终可能导致地方病的发生。例如,在某些山区和缺碘地区,甲状腺肿患者增多;在干旱盆地或含氟高的火山岩分布区常发生氟中毒症;大骨节病多发生在饮水中富含 SO_4 、腐殖质的地区。又例如,印度的口腔癌发病率较高,以色列的乳腺癌发病率比日本高8倍,日本、冰岛的胃癌发病率较高,亚洲的食管癌发病率较高等。

在我国,目前将医学地质学列入环境地球化学的研究范畴。

(六) 旅游地质学

大自然不仅给人类带来灾难,而且也赐予人类以旅游佳境,让人赏心悦目,留连忘返,或在风景胜地安营扎寨,休养生息,尽情饱览大自然美景。旅游佳境无不与地质体和地质作用有关,例如,巍峨的叠峦山色,神奇的峰林怪石,秀丽的河川泉瀑,烟波浩淼的明湖碧海和神秘的溶岩幽洞,都是地质巨匠留下的杰作。甲天下的桂林山水是可溶性石灰岩在特定地质作用(造山、断裂、风化、溶蚀)条件下的产物;碧波万顷的太湖、元头渚、西山胜景,是湖水冲刷悬岩的结果;闻名于世的比萨斜塔和虎丘斜塔是设计师缺乏地质知识所致,等等。环境地质学不仅要研究给人类带来苦难的地质灾害,而且还要研究给人类带来欢悦的地质作用。

旅游地质学的任务就是运用地球科学的基本理论、方法和技术手段,寻找和研究各种旅游地质资源,探讨其形成机制和分布规律,进而对旅游区、旅游景点进行鉴定、评价、规划和设计,其最终目的是为了开发、利用、保护地质旅游资源。

目前,国外的大部分环境地质学教材中,还未列入旅游地质学的内容。

(七) 军事地质学

由于战争的需要,在地质学和军事学之间发展成了一门交叉学科——军事地质学,它研究地质条件如何影响军事施工和作战部署的问题,其具体任务是为军队修路架桥选址,获取饮用水,编制、判读和解释各种图件,索取军事施工所需的资源等。实践证明,地质学家在战争中起着重要作用,德国在第一次世界大战和美国在第二次世界大战期间,军队中都配备有地质学家,美国还成立了军事地质部队。

目前,在国外环境地质学教材中,虽然有关军事地质学的内容还比较少,但却已成为环境地质学的研究内容之一。

(八) 环境法规

为了保护人类生存环境,环境地质学研究必须遵循每个国家的一系列环境法规。在60年代后期,西方国家开始制订一系列环境法规。环境法规的种类很多,例如,矿山开采法、水资源法、土地使用法等。在水资源法中规定,不允许过量开采地下水,以免引起地面沉降、地下水污染等环境问题;在矿山开采法中规定,矿山开采前应预先提出土地复田方案,对违反者轻则处以罚款,重则判刑或处死。我国的这类法规还不够健全。

除以上内容外,现在趋向于将农业地质学也列为环境地质学的研究内容之一。在国外的环境地质学教材中,一般不单独介绍环境水文地质学和环境工程地质学内容,而是将这两学科中的研究内容分别归入水资源利用、灾害地质学、废物处置地质学、医学地质学等篇幅介绍。由于我国目前流行的环境水文地质学和环境工程地质学书刊中,几乎包括了大部分中环境地质学中研究的内容,这也许就是一些人片面地将环境水文地质学和环境工程地质学视为环境地质学同义词的原因。

此外,在西方的有些环境地质学书刊中,将灾害天气现象(例如酸雨)和空气污染等内容也列入环境地质学中,我们认为这不很恰当,虽然大气圈属于地质环境范畴,但将空气污染及某些灾害性天气列入,将使环境地质学的内容过于庞杂,而且这些现象与地质作用相差甚远。

三、环境地质学学科的产生

地球是人类诞生的摇篮,它不仅为我们提供生存的环境,而且也为我们提供丰富的资源。人类在长期的进化过程中,与大自然形成了某种程度的平衡,这种平衡虽然促进了人类的发展,但是随着人口的激增,社会生产的发展以及人类对自然资源的大量索取,在一定程度上破坏了这种平衡。因此,人类的经济活动作用于地质环境,在一定范围内破坏了地质环境的平衡,从而产生一系列环境问题。

环境地质学是人类认识自然、利用自然和改造自然的智慧结晶,也是人类与自然灾害作斗争的产物。

环境地质学是近二三十年间产生的,虽然我国和世界各国人民早在数百年前就从事环境地质学内容的实践,但是,环境地质学这一术语,在国外最早出现于1964年。J.E. Hackett首先提出有关环境地质学的设想,并列入1962年美国伊利诺斯地质调查所的研究规划中;此后,1964年4月在美国印第安纳大学举行的题为“Water Geology and the Future”的学术讨论会上,他将此术语第一次写入会议论文集中,并于1967年发表。实际上, J.E. Hackett当时提出的“环境地质学”术语的涵义还是十分模糊的, W.C. Hayes(1969)回忆当时的情景时说:“确实,环境地质学是一个在当时字典里找不到的新名词,它还没有准确的定义,只是到后来,地质学家将环境地质学理解为,运用地质学原理,改善人类的生存环境,更有效地利用矿产资源……。”直到1969年, P.H. Moser首次对环境地质学下了一个比较完整的定义:“环境地质学是运用水文地质学、工程地质学、地球物理学及其有关学科的原理,研究人类周围环境,更有效地利用天然资源的一门学科”。

自有人类社会以来,自然灾害便曾给人类带来了极大的苦难,并在世界许多地区继续威胁着人类的安全生存。地质灾害是自然灾害的主要组成部分。限于人类对自然灾害的认识过

程,早期是被动地承受,随着科学技术的进步和社会文明的发展,才开始认识到自然灾害虽然不可避免,但仍可采取一定措施来减少其对人类社会造成的损失,并在长期实践中积累了大量经验,奠定了环境地质学产生的基础。例如,可以通过地震前兆现象及时告诫人们迅速撤离住所,疏散至安全地区;同样,也可以利用火山喷发的前兆现象和喷发规律,预报某座火山的喷发时间。这些认识为创立环境地质学提供了条件。

进入20世纪以来,随着世界人口激增,城市数量和规模迅速发展,以及矿产资源的开采,工程建设的进行等,人类活动已构成了一种不可忽视的地质营力和人为地质灾害,恶化了人类自身的生存环境,对社会带来巨大损失。例如,过度抽取地下水会引起地面沉降和海水入侵,滥伐森林会引起频繁的洪灾和土地沙漠化等。城市地面沉降迫使人们去探索沉降原因和解决途径,最终解决了这一问题,即限制抽取地下水,同时向地下回灌地表水,使世界上许多城市已沉降的地面开始反弹回升。这样,人们认识到唯有通过科学技术才可减轻地质灾害程度,阻止和改变人为地质灾害的发生。又例如,利用建造海堤以减少海岸风暴、海啸灾害;在海啸多发区修建公园和植树,既可避免或减轻灾害,又美化了环境等等。于是,在60年代末期,环境地质学就应运而生。

四、研究环境地质学的目的和意义

作为人类生命之源的地球正在不断受到环境恶化的威胁,为此,世界各国都十分重视优化环境。1990年,世界性的诺贝尔奖特别增设了一项新奖——地球奖,以奖励为了提高一切生物生存质量而作出最卓越贡献的个人和团体,其七项奖中有三项与环境地质学有关,这七项奖是:地球道德奖,人口增长问题研究奖,裁军或削减军备奖,资源保护奖,粮食、能源和淡水问题研究奖。

研究环境地质学的目的,是协调人、资源和环境三者间的关系,合理开发和保护天然资源,评价和预测自然地质作用对人类可能造成的灾害,阻止和改变由人类生产活动造成对周围环境的危害,增进人类健康和优化人类的生存环境。

研究环境地质学的意义在于,运用地质学原理和现有的科学技术手段,最大限度地减轻和预防地质灾害对人类的危害,能间接地为社会创造巨大的物质财产,同时促进人类社会更富有、更文明、更健康。以下令人触目惊心的统计资料将使人们更深刻地认识到研究环境地质学的现实意义。

据联合国1987年统计,在过去20年间由于地震、滑坡、海啸、洪水、火山喷发等自然灾害,已在世界范围内吞噬了380余万人,受灾人数高达8.2亿,造成的财产损失估计约250~1000亿美元。据我国统计资料,1992年我国自然灾害损失达854亿元,全国有2.4亿人受灾,因灾死亡5741人,伤9.9万人,300余万人遭受洪水围困,7.7亿亩农作物受灾。

人类历史上最著名的惨重地质灾害有:① 1556年1月23日,在中国陕西华县8.0级大地震中,死亡83万人,伤残者不计其数;② 1970年11月12日,在巴基斯坦东部三角洲地区,一次台风引起暴雨和洪水,死亡50万人,是本世纪内全球最严重的一次地质灾害;③ 1970年,孟加拉国一次台风引起暴风 and 洪水,死亡30万人;④ 1976年7月28日,中国唐山市发生7.8级地震,死亡24.4万人,伤残16.4万人;⑤ 1737年10月11日,印度加尔各答大地震,死亡30万人;⑥ 1642年(明代),黄河决口,水淹开封城,全城37万人中死亡34万人。

全世界水污染严重,据世界卫生组织1980年估计,全球有18亿人由于饮用污染水而受到疾病威胁。据我国1989年公布资料,我国环境污染严重,每年造成的经济损失高达

883 亿元(相当于 1982 年全国国民收入总值的 20.7%),其中由大气污染造成的经济损失为 68 亿元,水污染造成的损失为 377 亿元(全国已有 82% 的江、河、湖受到不同程度的污染),固体废物污染造成的经济损失为 79 亿元,由农药污染造成的损失为 212 亿元。在由各种污染造成的经济损失中,由地表水、地下水水质污染造成的经济损失居首位(约占总数的 45%)。

在人类历史上,由地震造成的死亡总人数约为 1 亿,经济损失无法估计。据美国总统办公室统计资料,在近 150 年内,美国地震造成的经济损失超过 1 000 亿美元。在人类历史上有记录的死亡人数超过 10 万的七次大地震中,有四次发生在人口过分稠密的中国,共计死亡 135 万人。在本世纪 70 年代,我国由地震造成的死亡人数占同一时期全世界地震死亡总人数的 63%,伤残人员占 57%,直接经济损失在 400 亿元以上。1975 年海城地震和 1976 年唐山地震造成的直接经济损失为 108 亿元;为了重建新唐山,耗资 50 亿元。我国许多专家呼吁,若国家拨出相当于每年地质灾害损失的 1% 经费用于地质灾害防治工作,就可大大地减少受灾经济损失。

全世界每年因洪水灾害死亡的人数为数千人,直接经济损失达数十亿美元。我国黄河在过去 2000 年间曾决口成灾 1 500 余次,其中 1117 年、1642 年、1933 年的 3 次决口死亡 150 余万人;长江在过去的 1300 年间水灾 200 余次,死亡人数约 50 万;海河在过去 580 年间发生水灾 387 次。1983 年四川的一次洪水灾害造成 11 亿美元的经济损失;1991 年我国 18 个省市(区)遭洪灾,上亿人受灾,直接经济损失达 1215 亿元。

美国由膨胀土造成的经济损失平均每年约 23 亿美元,约为美国由洪水、地震、强风暴等地质灾害造成的年平均损失总和的两倍。

全世界每年的癌症患者约 600 万人,其中死亡约 500 万人,约占全世界疾病死亡总人数的 $1/6 \sim 1/4$ 。我国每年约有 100 万名癌症患者,其中死亡约 80 万人。全世界地方性甲状腺肿患者约两亿人。我国的主要地方病——克山病、心血管病、大骨节病、甲状腺肿、氟病和癌症,几乎遍布全国,患者总人数达上千万人,由此造成的巨额经济损失(医疗、丧失劳力等)难以估算。例如,陕西省的大骨节病患者达 30 余万人,其中永寿县 1981 年的大骨节病发病率高达 27.2%。地方病又称水土病,是一种长期地质灾害,具有明显的区域性分布。

我国水土流失面积目前已达 $15 \times 10^5 \text{ km}^2$, 约占全国国土总面积的 15.6%, 直接经济损失超过 25 亿元。目前全国每年流失耕作土壤约 $5 \times 10^9 \text{ t}$, 其中所含肥力相当于 $4 \times 10^7 \text{ t}$ 化肥, 与我国近 10 年化肥年产量相当。

目前全世界已受到沙漠化影响的土地总面积为 45 608 000 km^2 , 占全球可耕地面积的 35%, 沙漠化波及 100 个国家和地区。到本世纪末, 全世界因沙漠化将要损失可耕地面积 $1/3$ 。我国沙漠化土地总面积达 $33.4 \times 10^4 \text{ km}^2$, 现正以每年 1 560 km^2 的速度不断扩大。

据联合国 1987 年的统计资料, 近年来, 全世界由滑坡造成的经济损失超过 50 亿美元, 仅美国每年由此损失 10~20 亿美元。我国整治山区铁路线上的滑坡、泥石流费用已超过 10 亿元, 仅四川省近 10 年内发生的崩塌、滑坡、泥石流达数万次, 造成 2 500 余人死亡。我国已知泥石流沟有数万条, 受其威胁的县市超过 70 个。

在过去 400 年间, 全世界被火山喷发灾害夺走 266 000 余人的生命。目前, 全球居住在火山活动区内的总人口达 3.5 亿(占全球总人口的 14%), 他们随时会受到火山灾害的威胁。

据 1990 年我国公布资料, 全国 407 个城市中有 300 个城市在不同程度上缺水, 仅天津市因缺水减少工业产值达 100 亿元; 北京市正发生供水危机, 原可供水的水库已濒干涸。全

国一些著名旅游胜地的泉水,例如济南趵突泉、太原晋祠泉、敦煌月牙泉、无锡天下第二泉等,因过量开采地下水而濒于枯竭消失。

过量抽汲地下水,使我国许多大、中城市发生地面沉降,例如,北京、天津、上海、太原、沈阳、杭州、西安、重庆、包头、南京、常州等,其中上海市累计下沉2.63m(止1965年),沉降区面积达850km²;天津市累计下沉2.30m(止1985年),沉降总面积超过800km²。天津、大连、青岛市地下水降落漏斗中心水位的标高已低于海平面,造成海水入侵、土地盐碱化灾害。世界上发生强烈地面沉降的著名城市还有:东京(4.58m),墨西哥城(9m),台北市(2.0m),洛杉矶(3.0m),加利福尼亚长滩市(9m)。

据1989年统计,我国有12个省、市、区约200余个县、市出现千余处较大的地裂缝,其中西安市地裂缝群尤为突出,占地150km²;地裂缝沿途毁坏许多建筑物、道路等,造成巨大经济损失。地面塌陷已在我国18个省、市区内出现530余处,塌陷坑3万余个,由此每年造成的直接经济损失超过10亿元。

上面列举的部分触目惊心的统计数字,正是大自然向人类发起的挑战,也是向广大环境地质工作者发出的战斗号召,只有动员全人类,运用现代的地质学理论和科技手段,才能战胜这些地质灾害。

研究环境地质学的意义还远不止于防治地质灾害。在其他方面,例如选择新建城镇地址(城市地质学),开发旅游资源(旅游地质学),提高经济作物产量(农业地质学),修建军事要塞(军事地质学),安全处置城市废物和工业废物(尤其放射性废物),充分开发和保护地质资源(资源能源地质学)等,都离不开环境地质学研究。因此,许多著名科学家预言,在今后一个世纪内,环境地质学将是地质科学领域内发展最快的一门学科。

五、国外环境地质学发展概况

环境地质的概念、思想是1962年提出的,而“环境地质学”这一术语则于1964年诞生在美国。本世纪70年代,这一术语才被介绍到我国。

至今,环境地质学在西方国家已发展成为一门较系统、较成熟的学科,出版了十余种环境地质学教材,这些教材中大多数几乎每隔2~3年修订再版一次,使其内容和体系越来越完善。

纵观西方国家环境地质学的发展过程,大致可分为以下三个阶段:

(一) 1964年以前,为环境地质学科的萌发阶段

在这期间,各国劳动人民在与自然灾害的斗争中,认识到环境(包括地质环境)对人类生存和社会发展的影响,并积累了零散的资料和经验。这一发展阶段的突出特点是在后期已初步认识到地质环境和地质作用对人类生存、生活的影响,但是对抵御自然灾害和恶劣地质环境仍然是被动的,尚未认识到人类活动对地质环境的反作用,以及由此带来的危害。

(二) 1964~1980年,为环境地质学科的创立和发展时期

随着近代工业和城市的发展,环境问题变得日益突出,人们开始认识到,在相当发达的科学技术条件下展开经济活动时,会部分地形成一种地质营力破坏人类的生存环境。因此,人们不仅要研究和预测由自然地质作用造成的灾害,而且还要研究和防治由人为地质作用造成的灾害,例如地面沉降、诱发地震、水土流失、土地沙漠化、咸水入侵等。在这阶段,人们对抵御自然灾害和恶劣地质环境开始由被动走向主动预测和防治,例如,美国许多油田因开采油气而引起地面沉降,其中大部分在60年代后期开始研究采用人工回灌技术控制地面沉

降;上海市于60年代初期出现地面沉降,1966年开始试行人工回灌;意大利威尼斯市也是在70年代开始回灌地表水,以控制地面沉降的。以1964年首次提出“环境地质学”术语为标志,开始创立和发展该学科的内容和体系,例如,1970年由P.T.Flawn主编的“环境地质学”,其内容简陋,缺乏系统性,这正反映了该时期初人们对环境地质学的认识十分粗浅,主要集中在对自然灾害的过程和预防方面的介绍,许多内容与地质学书刊对自然灾害的介绍十分相似。从1973年起,西方出版的环境地质学教材数量激增,其体系和内容也在不断的完善。

(三) 1980年以后,环境地质学作为一门学科,已趋完善和成熟

在这一时期,环境地质学的研究内容不仅包括灾害地质学,而且还包括城市地质学、废物处置地质学、军事地质学、医学地质学、资源能源地质学和环境法规等。目前,有关环境地质学的理论和研究方法仍处于不断发展之中,从一定程度上讲,只要人类社会向前发展,环境地质学理论和方法也将永无止境地向前发展。

当前,世界各国都非常重视环境地质学研究工作,尤其一些工业发达国家,每年要拨出大量资金用于环境地质学研究和地质环境整治。例如,美国在1970~1976年便对旧金山湾进行了环境和资源规划研究。美国从联邦中央到各州都制订了环境法规,国家地质调查所、各州地质调查所和许多大学都设立了从事环境地质研究的专门机构,一些大学设立了环境地质学专业,编写了数十种教材,培训了众多的专门人才;组织力量绘编了全国和各州、县的各类环境地质图(如地震灾害图、火山灾害图、海岸灾害图、城市地质图、地下水污染图、洪水灾害图、滑坡灾害图等)和各类灾害预测图。据统计,最近至少已有25个国家(主要是欧州和北美国家,部分是亚洲和非洲国家)编制了区域斜坡稳定图或区域滑坡图,至少有10个国家编制了地震灾害分布图。前苏联在海岸地带、采矿区、城市区及其他近期发展地区,为了综合经济开发、环境保护和工程规划设计的需要,开展了有关环境地质调查和编图工作,并与东欧国家合作,编制了东欧地区1:25万比例尺的人为地质环境变化图等。

各国为了加强环境地质学研究,建立了许多国际合作机构,创办了国际性的“环境地质学”杂志。美国、日本和西欧诸国联合在国际海域研究确定放射性废物海洋处置的位置。环境地质学问题已成为近年来国际地质交流的中心议题之一,例如在第26届国际地质大会上设有地质灾害组,就环境地质问题进行了专门研究,国际工程地质协会还发表了“参与解决环境问题的宣言”,呼吁各国保护和合理利用地质环境。1982年,联合国教科文组织在巴黎召开成员国特别会议,通过了1984~1989年环境与自然资源研究规划,其内容包括地壳、矿产和能源资源计划、自然灾害计划、水资源计划、沿海与岛屿地区管理计划、土地利用和陆地资源计划、城市系统与城市化计划,提出了有关土地利用、地质灾害防治、水资源管理、沿海与岛屿的环境保护、城市生态系统规划等方面的环境地质研究任务。在1984年召开的第27届国际地质大会上,讨论了环境保护的地质学问题、水利建设与环境问题、矿业对环境的影响、科技进步与环境、自然资源和地质环境的综合利用等专题。

第42届联合国大会在1987年12月11日通过了第169号决议,决定将1990~2000年的10年定为“国际减轻自然灾害10年”,要求在世界范围内重视环境地质学研究;决议中所列七项自然灾害中,除大火外,其余六项均属地质灾害(地震、滑坡、海啸、风暴、洪水、火山喷发)。

六、我国环境地质学发展现状

早在2000多年前,我国劳动人民就研究地质地理环境、矿物与人体健康的关系,即医学地质学。在医书“素问·异法方宜论”中指出,由于各地的地理位置、地形、水文、气候等条件