

环 境 地 质 学

李 鄂 荣 王 述 训 蒋 荫 昌 等 编

地 质 出 版 社

环境地质学

.....



.....

环 境 地 质 学

李鄂荣 王述训 蒋荫昌 张义勋 毕立君
哈承佑 王章俊 汤臣健 李亚莉 等编

地 质 出 版 社

内 容 提 要

全书分为14章。第一章至第三章,论述环境地质学的科学范畴、基本概念和人类发展史中的环境问题回顾;第四章专论地质灾害及其对策,第五章至第十一章分别论述环境中的水资源问题、工程活动对环境的影响、海岸带地质环境及其管理与保护、气候变化与人类环境、土地利用与土壤破坏的环境影响以及城市地质环境问题等;第十二章至第十四章重点讨论环境政策与决策、废料污染与管理以及环境法问题。全书各章节收集了世界各国尤其是工业先进国家关于环境地质方面的丰富实例,以及因人为的环境地质改变而导致的环境纠纷的历史案件实例,具有重要的参考价值。

环 境 地 质 学

李鄂荣 王述训 蒋荫昌 张义勋 毕立君

哈承佑 王章俊 汤臣健 李亚莉 等编

责任编辑 乔作斌 胡庆江

地质出版社出版发行

(北京和平里)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 13.625字数: 318000

1991年5月北京第一版·1991年5月北京第一次印刷

印数: 1—1000册 国内定价: 8.85元

ISBN 7-116-00874-8/P·748

前 言

近几十年以来,由于人口的增长,工业、农业的迅速发展,资源能源的开发利用与消耗的规模与日俱增,急剧地加速了大气圈、水圈和岩石圈的人为变化过程,甚至超过了自然营力作用的变化过程。为了研究解决这些问题,地球科学中便诞生了一个新兴的分支学科——环境地质学。环境地质学同时也属于环境科学,所以有人又称之为地质学与环境科学的交叉学科。它的研究范围较宽广,综合性很强,包含了地球科学、自然科学、社会科学以及应用技术的有关部分和相关的科学理论与方法。这种交互渗透的科学,其优点在于可以跳出某一专业学科的框架,更好地把工农业建设、环境管理与保护、自然灾害的防治、人为污染的治理等等紧密地联系起来,应用于环境规划或建设项目的设计,使社会得到最佳的经济效益与环境效应。

自新中国成立以来,由于社会主义建设的需要,许多地区都进行了大规模的综合经济开发,兴建了许多大、中、小型工程,取得的建设成就是史无前例的。但同样,也经历人口增长速度的加快,建设与开发的要求紧迫,以致出现了某些建设项目中对环境地质变化的研究不够等问题,这样就使得在亘古以来存在的原始环境地质的问题上,又出现许多因过度开发利用而导致的新的环境问题。例如,在水资源的方面缺乏统一规划管理以及不合理的开发导致供需矛盾日益尖锐,某些城市发生地面沉降,农业区的大面积地下水位下降;工业三废的不合理排放,导致河流污染、农田污灌;化肥、农药的长期使用,导致城乡环境的污染、恶化;矿山开采给矿区及其附近地区带来地面崩坍、沉降、滑坡、诱发地震以及水害、热害等问题;水库建设带来岸边再造,诱发地震及水库下游地区的地下水位下降、土地沙化、盐渍化;沿岸带的不合理整治,加快了侵蚀、搬运和沉积作用的过程;铁路、公路的修建中的边坡再造,加快了沿线山坡的崩坍,滑坡、泥石流的发生频率;森林的滥砍滥伐,草原和山地的滥垦过牧,造成的水土流失、土地沙化,导致河流的侵蚀作用和搬运作用加强,肥沃土壤的贫化等等;而工业燃料的消耗,使我国的废气排放量达到世界工业发达国家的水平,造成大气污染、形成酸雨和温室效应等,这些又严重地影响了大气圈气候的变化,可能导致雪线上升和海平面升高,影响沿海城市的工农业建设。

近年来,党和政府也极为重视环境问题,制订了一系列的政策。在环境地质的勘察与研究方面也取得了较大成绩,获得了丰富而宝贵的资料与经验。但是,迄今尚缺乏全面论述环境地质学方面的参考书。

为了推动环境地质学的发展,培养我国的环境地质专业的人才,特编辑了本书。它不仅可作为环境地质专业的参考,也可作为环境地质工作者和研究者以及环境规划和环境管理人员的参考。

本书主要采用了著名学者D. R. 科茨编著的《环境地质学》的内容,并结合我国的实际情况增加了部分实际资料,重点放在与环境地质和地质灾害密切相关的问题等方面;同时还注意了与之相关的对策及防治与处理方法等。

由于本书内容多引自国外资料,并以欧美工业发达国家的资料为最多,其中许多内

容，如环境管理、环境决策、环境法等，当然有许多与我国有所不同，其处理问题的依据和办法也有很大的差异。所以，在使用本书时不能完全照搬，要与中国的国情相结合。

参加本书资料收集、译校工作的有李鄂荣、王述训、蒋荫昌、张义勋、哈承佑、毕立君、王章俊、郑明焕、周国钧、汤臣健、李亚莉、赵继昌、陈斌、林鸿才、周红春等。最后由李鄂荣、张义勋和毕立君对全书进行了统稿、定稿和补编工作。本书得到了中国地质大学、地矿部环境地质研究所、教育司的大力支持，特此表示感谢。

本书的资料涉及世界许多国家，计量单位使用各不相同，均未换算，为了便于阅读，附了单位换算表。

由于水平所限，存在的问题和错误尚希读者指正。

乔作斌

1990.8

目 录

前言

第一章 绪论	1
一、什么叫环境地质学.....	1
二、人类与自然界的关系.....	2
三、环境地质学研究的历史.....	4
四、为什么要研究环境地质学.....	5
第二章 基本概念	7
一、十个基本概念.....	7
二、展望.....	15
第三章 历史的回顾	16
一、人与自然的演化关系.....	16
二、古代世界.....	18
三、现代世界.....	20
四、展望.....	23
第四章 地质灾害与环境地质	25
一、火山活动与环境灾害.....	26
二、地震与环境灾害.....	31
三、滑坡与环境灾害.....	38
四、洪水与环境灾害.....	50
第五章 水资源与环境地质	60
一、历史背景.....	60
二、水资源.....	62
三、水资源存在的问题.....	69
四、水的节约和保护.....	71
五、展望.....	72
第六章 工程活动与环境地质	74
一、地质评价.....	74
二、环境地质问题.....	75
三、膨胀土问题.....	83
第七章 供水工程对环境的影响	86
一、水坝.....	86
二、运河.....	90
三、地下水.....	93
第八章 海岸环境及其保护	101

一、海岸环境	101
二、海岸线的地貌工程	104
三、海岸带的改造	109
四、海岸带的管理	110
五、展望	112
第九章 土壤利用与环境地质	114
一、历史背景	114
二、土壤利用	115
三、土壤的保护	121
四、展望	124
第十章 天气、气候与人	125
一、大气圈	125
二、人类与天气	126
三、大气污染	131
四、人类活动的气候效应	135
五、极端气候	141
六、展望	142
第十一章 城市环境地质	143
一、历史背景	143
二、城市化的发展趋势	144
三、城市与水资源	147
四、城市施工与建筑	151
五、展望	156
第十二章 废料污染及管理	158
一、环境法规	158
二、水污染及处理	159
三、固体废料处理	163
四、有害物质污染及处理	168
五、展望	173
第十三章 环境政策和决策	174
一、环境规划	174
二、土地利用政策	177
三、自然资源环境政策	184
四、环境政策条例	191
五、展望	193
第十四章 环境法	194
一、历史根源	194
二、现状	194
三、环境法规	198

四、自然要素与环境法.....	204
五、案件史.....	205
六、展望.....	209

英制—公制单位换算表

1 英寸 = 25.4 毫米 (mm)	1 英寸 ³ = 16.39 厘米 ³ (cm ³)
1 英尺 = 0.3048 米 (m)	1 英尺 ³ = 0.0283 米 ³ (m ³)
1 码 = 0.9144 米 (m)	1 码 ³ = 0.7646 米 ³ (m ³)
1 英里 = 1.609 公里 (km)	1 英亩·英尺 = 1233.46 米 ³ (m ³)
1 英寸 ² = 6.4516 厘米 ² (cm ²)	1 英里 ³ = 4.168 公里 ³ (km ³)
1 英尺 ² = 0.0929 米 ² (m ²)	1 加仑 = 3.784 升 (l)
1 码 ² = 0.836 米 ² (m ²)	1 盎司 = 28.33 克 (g)
1 英亩 = 0.4047 公顷 (ha)	1 磅 = 0.4536 千克 (kg)
1 英里 ² = 2.590 公里 ² (km ²)	1 ppm = 10 ⁻⁶

第一章 绪 论

一、什么叫环境地质学

环境地质学，究其渊源，并非始于近几十年。同地质学的其它一些领域相比，它与人类的关系更加密切。例如，经济地质学就是关于为了满足人类的物质需求而开采地球自然资源的科学。工程地质学则涉及对地表岩土及其在建设使用中的稳定性做出评价，以确保使用者的安全与利益的科学。水文地质学也是如此，它对保证地表水资源不足地区的生产、生活用水起了不可估量的作用。但是，不幸地是，几乎所有的人类活动都会影响到地球表面水-陆生态系统，所以研究地形及其改变作用的地貌学也为环境地质学家所利用。因为它能确定人类改变地形所引起变化的类型和速度。以此类推，地质学中的其它许多分支学科，在环境地质中也都具有重要意义：如地球物理学家可以提供有关地震的重要信息；火山学家可以提供有关火山灾害的重要情报；地球化学家可提供有关污染和工业废物的重要资料；水文地质学家可以为水资源的分析和管理工作提供有益的见解。因此环境地质学是许多地质分支学科的综合。此外，环境地质学也认为人类具有改变自然的能力。最后，它也是地质科学服务于社会的实际应用。

环境、生态学和生态系统 环境是指人类周围自然的和社会的全部条件和情况，也包括影响自然界性质的条件和物质。“生态学”是分析和解释生命形态及其与环境的关系的科学。“ecology”一词来自希腊文 *oikos*，意思是“生活的地方”。生态学的研究重点是有机体，而环境地质学则侧重无机体。因此，一个生态学家就是一位环境生物学家，他所主要关心的是生物、居民和它们群落之间的关系。

生物群落就是植物和动物的集合体，它们居住在同一区域里并彼此相互影响着。生物群落与自然环境的相互制约就构成了生态系统。作为有机体的人不能脱离这些关系，因为人类是促使生态系统的有机组分和无机组分发生变化的重要原因。尽管存在许多不同类型的生态系统，但它们都具有共同的要素。生态系统促使物质及能量向稳定体系的新形式转化。当某些树种被砍伐或为外界入侵者所摧毁时，一个森林生态系统就不平衡了。一个流域盆地构成一种陆-水生态系统，其中的河流特征和河床形态都与盆地所固有的自然状态相适应，……如土壤、岩石、地形特征、沉淀作用等等。当人们改变这些自然状态时，河流的水文特征就会发生变化，就会影响河床的形态。

人类的环境是由地球的自然资源和人类对它们的改造所组成的。它包括“营造的环境”，即：构筑物——建筑物、道路、桥梁、水坝、隧道和运河等。这些都是人类所建造的。但时常是以破坏自然的方式建造的。从广义的角度来说，自然资源就是那些对社会有用和有价值的物质、生物体、产地以及地球中的各种作用等。如果采用这一定义，则几乎可把地球上的所有物质都看成是资源——空气、水、土壤、许多矿物和岩石、有机体以及太阳能等。赏心悦目的景观作为优美的休养场所也可说是资源。同样，有些地质作用如瀑

布、喷泉、海洋波浪以及潮汐也是资源。

维持人类生存的资源有两类：可再生资源 and 不可再生资源。可再生资源是有生命的有机体和那些能持久使用的资源。不可再生资源是指开采后不会再生的金属及矿物燃料。这些资源是以缓慢的速度产生的，在人类正常生存期内，不可能指望使这种资源得到更新。必须记住，人类的环境是一个生物圈，是地球的一部分，其中存在着生命并与环境相互作用。例如，太阳能是一种可以利用的资源，并且它能激发水、土壤和岩石之间的化学作用，而这些又变成生命的组成基础。

使人们感兴趣的一些领域 环境地质学的范围十分广泛，不仅包括地质学的分支学科，还包括其它自然科学和生物科学、社会科学等使人感兴趣的领域，以及工程学、地理学、景观建筑学和土壤学等等的有关部分。因此环境地质学是一门多学科科学，具有边缘学科的特点。

环境地质学的论题包括与人类有关的土石物质、地质作用、地形地貌和应予考虑的各种作用的速度及时间等问题。它包括下列几方面，如自然资源的位置与开发；当人类活动使土石物质转移或破坏自然作用时，对陆-水生态系统能导致的自然环境的变化，或者会影响人类健康和导致自然界的灾害；使用、贮存和消除工业废料也能导致环境的质量变化。因此，环境地质学家也不得不卷入政策事务之中，在决定他们研究地区的规划与管理的决策过程中也有部分责任。在需考虑时间因素及需对未来做出预测时，情况更是如此。例如某些开发项目的规划和建设都与一定的效益-成本比例有关。这又反过来决定建筑物的类型和规模。有些核电站是以40年的寿命期限来建造的，所以建筑物的设计要考虑在此期间土壤与岩石的稳定性。许多控洪工程都是按100年一遇的洪水事件而设计的，许多城市中的暴雨、污水下水道则是按25年一遇的洪水事件而设计的。在这些建设中环境地质学家所提供的资料对工程项目的设计是至关重要的。环境地质学的首要任务就是对有关的研究和决策予以协助和指导，以便使人类对环境的破坏达到最小限度。在完成这些任务时，地质学家应与有关团体和管理机构相互配合。只有通过建立起强有力的联络系统和进行合作，才能妥当地完成环境保护工作。

二、人类与自然界的联系

人类是自然界的一部分。人类所处的环境和人类所创造的分别是自然界和文化。作为自然界和动物界的一部分，人类同其它动物一样，有类似的需求和动力，如防护、营养、掩蔽体以及繁衍生息等。人类的文化特征可以表现于人类的活动和产品中。不过本书中，自然界一词仅指环境中那些并非人类创造的部分。海浪侵蚀沙滩并运走沉积物，而在另外的地方把沉积物沉积下来，其情况正象河流侵蚀河床及河岸一样。因此，变化是构成大自然整体的一个必要的条件。不管人类存在与否山脉和丘陵最终将被侵蚀和降低，这种剥蚀为正常的、自然的或地质的侵蚀。然而，当人类进入自然界中，由于人类的规划施工或麻痹大意，会改变山坡地形、破坏土壤或改变自然作用，于是在正常的作用力之上，便增加了一组新的力。这一外加的力，加速了自然的作用过程，人为地加速了侵蚀过程。

对于环境地质学家说来，重要的是要了解什么是正常的以及什么是与自然系统相协调的。因为没有这种衡量标准，他们就不能评价非自然的人为影响。这种对自然系统的人为

变化的类型、范围及幅度的预测，取决于对正常平衡状态的认识和精确测量。自然营力的持续地作用，改变地形，风化岩石，产生土壤，并为河流提供搬运的物质。这种陆-水生态系统已达到一定的平衡及发展水平。例如土壤学家用“可容许侵蚀”一术语表示作用于土壤的侵蚀限度，在这个限度内，土壤的侵蚀与沉积两种系统是稳定的。在潮湿地区土壤中，其侵蚀总量可以多达每年每英亩五吨（每公顷每年1835kg）。这样的损失是可以忽略而且无害的，因为新的土壤正在以同样的增长速度堆积下来。

在20世纪，人类对自然体系的影响惊人地加速，由于人口更加稠密，使用的工具更加有效，使没有受到破坏和没有受到干扰的地方日趋减少。与人类的指数性增长相伴出现的肆无忌惮地、有增无减地及任意污染地球的空气、土地和水体，造成了观察家们所谓的环境危机。支持这个观点的人们注意到性质严重：污染程度的增加、膨胀的人口和数量惊人的饥饿或营养不良的人群、旱灾和洪水、能源问题等等。

人类与自然界之间存在的这两方面的关系，构成了“交互作用律”。一方面，人类使自然界物质和作用过程发生大的变化。这些冲击不可避免地会引起不平衡，进而又导致问题和困苦；另一方面，是自然营力对人类的影响和冲击，其范围包括从地震和飓风的惊人后果到能限制人类活动和居住的山脉等。有关自然界对人类自然影响的研究，即人类地理学。

尽管“人类地理学”这一术语如今已很少使用，但对它的专门研究至迟在30年代即已风行。这一学科倡始于1817年法国卡尔·赖夫尔的著作，后为雷耶尔和美国的埃伦·森普尔的著述所引用。这一学科目的在于表明地理位置（环境）对人类生活的重要性，尤其表现其在村落格局、文化构成以及活动范围等方面的重要性。当把它推崇到极点时，地理环境甚至被说成影响到人类的文明水平和身体外观。公元前4世纪，希腊医生希波克拉底把赛西亚人的矮小身材归因于严酷的气候和贫瘠的土地，而帕西安人的粗壮的体格和黄色皮肤则源于沼泽环境。甚至亚里斯多德在提出所假设的希腊人比野蛮人优越时，也使用了地理学的解释。罗马的著作者也将罗马人之所以能达到先进的政治和文化水准归因于环境。近期以来，汉廷顿在他的著作中主张气候是影响历史的因素之一。他提出人类种族的发展、他们的体态和成就水平取决于其气候是否是变化的、季节性的，或者是均一的、炎热的。他确信变化的气候是欧洲人取得优势的原因，而热带气候则使居民发展缓慢。

不过地理环境还有其它的以及更加可能的方式影响人类的习性和属性。陆地的自然类型常能直接影响人们定居的格局。早期《圣经》说迦南是一个流淌着牛奶和蜂蜜的地方，足以诱使犹太人去占有那些土地。美国独立战争后外国旅行者对美国东部的有利报道，促使移民激增起来。以同样的方式，尤其是在南北战争后，对美洲西部的报道，导致这个地区的加速发展和成长。尽管二次世界大战的根源是与苛刻的凡尔赛条约及思想意识的冲突等复杂因素交织在一起的，但对环境的，即当时称为“地球政治”的原因也是非常重要的。德国的希特勒等侵略者说，他的人民需要有更多的生存空间以及需要更多的矿物资源。这场战争常被称为“富国”（同盟国）对“穷国”（轴心国）的战争。

按照某些作者的观点，甚至可以把文明的根源归因于人类需要对付环境。威特福格尔发展了这一论点，提出伟大的早期文明都具有一个共同的重要要素——必须管好水源。正是需要管理和使用这一资源，使得社会成为统一的力量。这些“水利文明”需要有巨大的输水设施以灌溉半干旱的土地，需要有才能的科学家和工程师，以评价水资源和食物资

源，并设计运河和水的分配系统。为了挖掘沟渠，开辟梯田和土地以及农田和田野，需要有劳动力。管理人员必须处理水的分配问题；并要制定法律以求得平等；规定工资、费用 and 政策的界限。因而社会的所有重要组织都被“以水为基础的”经济所吸引和影响，而对此系统的管理也是围绕着以水为基础的资源进行的。

在定居的形式中，环境背景既可以是积极的也可以是消极的因素。在美国的13个最大的城市中，只有丹佛不位于巨大水体附近。美国早期的居民都集中在大西洋或瀑布线（阿帕拉契亚山脉和山麓地区的交接线）的河流沿岸，因为这里的河流梯度大，有可以利用的水力能源。这里集中了300万居民，约有近5%的人民生活在离瀑布线或海岸线16km的地带内。水吸引人们去定居，而山脉和沙漠一般则是有碍于或不利于居住的。因为山岳地区的运输是很难的，土壤是贫瘠的，温度和暴风雨使居民感到不安，并且时常成为灾害。而且，偏僻使得人们交往不便，货物交换和服务工作也难于满足要求。在当时的这种环境下，居民都变成了乡下佬，妨碍了“进步”的速度。

最后，就象在文学、艺术和音乐中所表现的那样，所谓的“人类精神”可能也是环境条件的一种反映。盖克爵士曾写道：“一个地区的地貌、山脉的形态、高度和走向、平原与山谷的位置和范围，河流的大小与方向，土壤与气候的不同性质，有用矿产的有无，距海的远近，海岸线的形状，是不是陡峭悬崖，有无犬牙交错岸线和大小港湾，以及其它方面的陆地景观，都对自然历史和自然特性的形成起到了各自的作用（盖克：历史中的风景，1905）。

盖克还指出了英格兰的“平静的景色”是如何地影响了如像乔叟、莎士比亚和弥尔顿等作家的文学著作。

英格兰-苏格兰边界处的河流，峡谷和溪涧显然是彭斯的许多诗篇的灵感的源泉，在那里他获得了那种心情和意境。

三、环境地质学的历史

尽管“环境地质学”这一术语是在1961年首次按现代的意义来使用的，但如今构成本学科的许多方面，却已被使用和实践了上千年。举例来说，在很早的时候，人们就已经使用和开采各种物质。不过，马尔什于1864年所著的《人类与大自然》是提出警告的第一本书。马尔什在书中指出：人类已变得非常有能力和破坏性。他们自己的力量对付日益恶化的环境而生存下来，但也因此而把自己置于危险的境地。类似的论著还有《消失的陆地》（Jacks and whyte, 1939）、《我们被掠夺的星球》（Osborn, 1948），以及《人类在改变地球面貌中的作用》（Thomas, 1956）等。达斯曼是第一个在其所著《环境保护》（1959）一书中从现代的角度使用“环境”这一术语的。在60年代，出现了大量出版普及本的新浪潮。到70年代，这一运动达到了全盛时代，而这种繁荣景象使某些人将此时期称为“环境的十年”。进入80年代，环境灾害成为全世界关注的问题，这一时期又被称为“减灾的十年”。

每一门地质学学科的丛书和期刊，对环境地质学问题都做过论述，而且有一大批社会科学的书籍，也都对环境问题提出了各式各样的看法。然而，没有一种知识领域、学科或一套丛书或杂志，专门报导有关研究和讨论环境地质学的问题。

四、为什么要研究环境地质学

现在我们已对环境地质学这一论题的某些背景信息有所了解，我们为什么要讲授和研究它呢？只有鸵鸟式的人物或处于沉睡状态的 Rip Van Winkle^① 才能忘记环境舞台总是在发生些什么。几乎没有一个星期不是在喧嚣着旱灾、洪水、能源危机、核电灾难、污染、露天采矿、饥饿和营养不良，以及其它有关问题的标题下渡过的。举例来说，1979年9月13日宾厄姆顿晚报的头版标题，就报导有四次环境事件：“弗雷德里克飓风袭击了四个州”，“印度尼西亚的地震使城镇沉入海中”，“埃特纳火山喷发9人丧生”以及“预报酸雨会更加严重”。

为了加深大家对环境问题的认识，我们还可以列举这一年报纸上所报道的与之有关的重大灾害事件。这些灾害有些是自然界的突发事件，有些则是人类活动的不良后果。

三英里岛核电站的事故危及广大区域的安全 3月28日，三英里岛原子能反应堆发生的水泵和阀门的机械故障以及仪器故障连同人为的混乱，导致发生一连串的事故。它们威胁到居住在核电站附近的95万居民的生命。

强烈地震使海岸疗养区变成一片废墟 4月15日的地震，使南斯拉夫与阿尔巴尼亚之间亚德里亚海100km风景海岸线的230多人丧生。

珀尔河泛滥造成的损失超过36亿美元 4月12日密西西比杰克逊地域一场50cm的倾盆大雨，形成本世纪最大的洪水泛滥。珀尔河的最高洪峰达13.2m。它比一般洪水期水位高出7.5m，比本世纪的其它洪水的洪峰高出1.8m。整个区域里成千上万的居民被迫疏散，财产损失是本区有史以来最大的。

失控油井危及海湾沿岸的生态 从坎佩切湾一眼未封口的墨西哥油井泄漏出来的石油，从6月3日开始向墨西哥湾的洁净海水每天倾泻达100万加仑以上的石油。墨西哥和得克萨斯海岸已部分地受到这次泄漏的影响。这成了有史以来最大的一次泄漏事故，它超过了1978年3月法国海岸外失事油轮Amoco Cadiz号泄漏的5400万加仑。

酸雨继续毁坏美洲东北部的湖泊 加拿大和美国科学家1979年的研究表明，来自酸雨的散落物正在毁坏着这两个国家的无数湖泊。瑞典科学家于50年代首先注意到这类问题。那时他们的几千个湖泊已变得非常贫瘠，以致鱼类大部分被毁灭。问题发生的原因，是来自烧煤发电站和工业的污染性微粒及排出物。

印度西部历史上最大的一次水坝灾难 8月13日的暴雨倾泻在马楚河盆地，导致水坝倒塌，巨浪高达6m的洪水淹死了有6万人口的城市莫尔维。死亡总数超过以前在意大利瓦昂特发生的灾难。那里于1963年死亡2200人。

本世纪最大的飓风袭击了加勒比地区 9月10日加勒比地区遇到了狂怒的恶魔戴维飓风。时速超过240km的大风、暴雨、以及巨浪，在整个加勒比地域造成了一场浩劫，单是在圣多明各附近就淹死了1100多人。暴雨也使美洲东南海岸发生了洪水泛滥。

弗雷德里克飓风横扫了海湾沿岸 9月15日40万人的大规模撤离，拯救了被破坏区中大多数人的生命。在本区历史上最有破坏性的暴风雨中，莫比尔首当其冲。时速达210km

^① 美国作家Washin'on Irring 所著《sketch Book》中“Rip ran Winkhe”的主角，Rip在 Catskill山中一睡20年，醒来发现一切全非

的弗雷德里克飓风连同波浪和大雨，使整个亚拉巴马-佛罗里达海岸区域蒙受 17 亿美元的损失，其中莫比尔就损失了 10 亿美元。由于有充分的预报、疏散和准备，生命的损失只有 9 人。

弗里克海啸袭击了法国里维埃拉 一个没有料到的津浪横扫过地中海，沿着海岸冲击到这个渡假者的港口，造成 1000 万美元的损失，淹毙 13 个未能迅速跑到安全高地上的人。

加利福尼亚南部被强烈地震所震撼 加利福尼亚再次享有地震区的名声。在南部几千平方公里的范围内，都感到了自 1971 年美国圣费尔南多地震以来的一次最大的（6.4 级）地震。在此次 10 月 16 日的事件中，大部分能量都集中释放在青翠的因皮里尔山谷中，损失达几百万美元。

这些自然的和人为的环境灾害，实际上不仅仅发生于 1979 年，而是年年都有发生。而且随着人类科学技术的发展，由人类活动诱发的环境事件也与日俱增，危害的程度也在加强。如何预知、研究、预报和防止这些不测事件，乃是全世界人民日益关心的问题，同时，也是近二十年来迅速兴起的一门新兴学科，即环境地质学所从事研究的许多问题中的一部分。

环境状况也成了立法团体所关心的事情。美国国会每年都须按照几百条环境法规采取行动。州及地方政府也必须检查类似的各种各样的立法。

研究环境地质学的第二个目的，是这门学科为许多领域提供了相互联系的机会。正如 C. P. 斯诺所指出的，世界已沿着两种文化即科学家和非科学家的特殊文化方向前进了。阻断联系的鸿沟已在变宽，而环境地质学却在为加强更多学科的联系提供机会。尽管在所有的学术活动中都需要专家，但对有能力填补空白并能了解许多不同方面复杂问题的多面手说来，显然也有其用武之地。

另外，环境地质学也是一个劳务市场。在环境地质学及相关的领域中，有很多工作需要人们去做。尽管 20 世纪早期的保护运动已失去其势头，但没有证据表明时下对环境关心的情绪正在消失。相反，始于 60 年代的强劲步伐，今天却更加有力了。举例来说，1970 年的环境政策法就创造了几万个新职位。这一典型的就业新浪潮所涉及的职业有：污染的控制、资源估价、能源评价、准备有关环境冲击的报告、保护计划、以及开垦规划和管理。可见，环境地质学的研究和知识，不仅能提供新的信息，而且还能增加就业机会和提供适合市场销售的技术。

第二章 基本概念

本章所描述的十个概念只表明一些专家对环境地质学的思路和主张的准则，而其它专家也可能提出全然不同的准则。

环境地质学的基本原则是要使其成为一门与任务有关的解决问题的科学。它是直接运用现代知识处理一些特殊的涉及社会和环境的课题和问题的。因此，环境地质的研究工作有其特殊性，即其所完成的研究工作应有直接和实际的用途。与其它研究工作有所不同，因为在其它领域里，科学家可以相对自由地选择课题。而在环境地质学中是问题业已存在，或者可以预期其即将发生。所以，从某种意义上说，是问题在选择环境研究人员。

在下列的十个概念中，前五个涉及到自然体系和地质学的基本原则，第六、七、八概念，论及问题的原因和现状。第九、十概念则涉及问题的解决和环境道德问题。

一、十个基本概念

1. 复杂性是自然体系中的定则

这个概念具有许多表现形式。有一个论点已被人们称为“可变因数律”。它涉及可以影响某一给定作用的许多不同的因素。与由“节省律”这一哲学法则所暗示的简单解决问题的看法有所不同，复杂性概念则认为正确的答案可能基于复杂而复合的关系。滑坡为此概念提供了一个很好的例证。它们可为几种机制所引起，而在受到适当的激发时，这些机制可以同时起作用。滑坡可为霖雨、地震或人类活动所触发，但这些都只不过是极近期的原因。因为对于滑坡的发生说来，在地壳物质或地质构造之中还必定存在着一些隐伏的和固有的软弱性。这样，一个自然体系就已被叠置在另一个自然体系之上。在导致最终破坏和在地表上造成一次灾难性的变化中，它们的联合效应是必不可少的。

复杂性概念的另一性质称为“等效律”。这条原理是指外观相似的特征，可由完全不同的作用引起。冲积扇和麓原虽非等同，但却具有许多相同的特征；然而这些地貌却是由不同营力引起的。宽谷的地表平面（有限的平面状地貌）也可有与河流阶地相同的地貌形态，但其发育却可能渊源于其它条件。在这种情况下，如果观察者对这种复杂性不能保持警觉，就有可能对地貌景观的成因作出错误的结论。

如果盲目地相信“均变律”，就会产生第三类错误。相信可以直接地把现代测量结果予以外推以确定地貌演化的人们，会铸成许多错误。对于作为过去气候和作用继承物的那些地貌形态说来，问题就发生了。因为那时的气候和作用条件可能与现今的完全不同。这样，“现在是过去的钥匙”这一简单化的观点并没有给体系的复杂性留有余地。这样的一个观察者就是在测量着叠加标记，就是在研究着结果而不是原因，因此，他便成了一个犯有不根据前提而进行推理的谬误的牺牲者。

最后，复杂性概念的本质意味着环境地质学必定是跨学科的——地质学与有关学科领域的联合。这种认为环境中的几乎每一件事物都是以某种方式而与其它事物相关联的看

法，已被称为“环境统一体概念”。这个观念为所有的基本原则提供了依据。这样的一种多学科和跨学科的研究方法，包含一系列错综复杂的关系，都是为了获得关于做出健全环境管理决策的基础知识。

2. 人类所引起的水-陆变化，不可避免地产生环境反馈系统

这是一个复杂的概念，它着重于环境系统的关联性。反馈是牛顿第三运动定律的环境表现形式。这就是说，对每一个作用力都存在一个与之相等的反作用力。在这里，它的特殊意义是，自然界已谱写了一曲关于通常在起协调作用的地球营力的十分和谐的交响乐。当人类进入这一系统，并改变其中的一个或多个组分时，就打乱了乐队的平衡。其结果是发出噪音而不是奏出音乐。生态学、自动调节的动态平衡和生命食物链的整个观念，都是从生物学方面来说明这个概念的。不过，也有许多来自自然科学的例证，可以揭示此概念在环境地质学中的重要性。

反馈以不同的方式、不同的规模和不同的时帧在起作用。来自某些人为变化的反应，其发生可能需要若干年，而在其它的一些变化中，效应却可以快得多。反应的地点和规模可能发生在离开发源地一段距离的某处。从水坝流出的河水，会侵蚀河床，这是由于沉积物（泥沙）被拦蓄在坝后时，水的能量增加的缘故。基准面的降低也会影响到支流。这些支流也会服从于普莱费尔尔的“河流汇合律”，因坡度变陡而切割河床。反馈变化也可发生在水库的上游。在那里，坡度的减小使沉积速率有所增加。沿着海岸线建筑的丁坝起着部分水坝的作用：在其附近的沉积物被截留在上游一侧，并使丧失了沉积物的水流在下游一侧进行侵蚀。这些情况说明了区域规划的重要性。因为一个局部问题可能已被解决，然而反馈系统却可能在别的地方制造出新的问题。

地下水的开采会产生几乎毫无止境的连锁反应。它表现了来自反馈机制的“多米诺效应”。过量地抽取地下水意味着含水层的补给和排泄不能同步进行，从而使地下水位下降。当水的浮力丧失后，未固结的沉积物就会沉陷（压密），导致地面沉降。同时，必须花更多钱把水井钻得更深一些，使之穿入新的含水层，从而导致抽水成本的提高和能源消耗的增加。更有甚者，埋藏较深的地下水，一般地说，由于停留在地下的时间较长，与沉积物中的矿物质接触较久，其中可能含有更多的被溶解的固体物质。如把这种含盐分的地下水用于灌溉，就会使土壤盐碱化，而丧失肥力。这样，过量抽取地下水可以产生一系列的影响：如地面变形、投资、能源、土壤性质以及增加消费者对灌溉产物的费用。

3. 在应付环境问题时，地质临界值是一个永存的危险值

自然体系是相互关联的，而且具有内在调整和平衡的反馈机制，在处于正常应力状态时，它们能使系统稳定。不过在达到临界点或临界值，超过了边界平衡条件时，就会因此而触发急速而激烈的变化。在达到异常临界值时，突变性的地质事件便会发生：如地震、火山活动、洪水、滑坡等。但是，在地质学及其它学科中，临界值一词还有其它含义和用法。物理学家们是依据一个已达临界质量的体系中的变化谈临界值的；工程师则根据承载负荷描述结构的稳定性；而地理学家们则是就承受能力而论，使人口联系资源基础来评价一个地区。他们具有一种共同的特性，即直到环境将此体系转变到在速率、方向和大小等方面都发生显著变化这一临界值时，这个体系与物质、作用和事件之间，都是相平衡的。举例来说，当超过了岩石的屈服强度（临界值）时，断裂便会产生，并引起地壳物质的快速位移。