

环境地质学

徐增亮 主编译

青岛海洋大学出版社

环 境 地 质 学

主编译：徐增亮

编译者：（按参加章节先后为序）：徐增亮 刘荣玉 徐海蓓 吴信民
杨亚新 吴继全 李广雪 梁荣斌 黄克玲 彭人勇 王祝文
刘菁华 刘海鹰 刘建新

审校者：（按参加章节先后为序）：王 琦 魏更生 赵光涛 赵其渊
杨作升 张景廉 王硕儒 贾永刚 夏宗纶 于联生

青岛海洋大学出版社

鲁新登字 15 号

内容简介

本书主要论述环境地质学的基本概念和基础知识；洪水、滑坡、地震、火山活动和海岸灾害等地质灾害；人类与环境的相互作用，包括水的供应、利用和污染；废物处置包括有害化学废物和放射性废物处置；矿物、能源和由于资源利用和管理引起的环境问题；土地利用、空气污染和环境保护法。以帮助人们认识地球、防灾抗灾、爱惜资源、保护环境。

本书适于作有关院校的教材，对从事生产、科研和教学的广大地质工作者、采矿工作者、环境保护工作者、城市建设及土地规划管理工作、社会科学人员、有关院校师生及有关 部门干部，均有较高的参考价值。

环 境 地 质 学

徐增亮 主编译

*

青岛海洋大学出版社出版发行

青岛市鱼山路 5 号

邮政编码 266003

新华书店经销

青岛海洋大学出版社激光排版中心排版

山东电子工业印刷厂印刷

*

1992 年 2 月第 1 版 1992 年 2 月第 1 次印刷

16 开本 (787×1092) 毫米 22 印张 510 千字

印数 1—2000

ISBN 7-81026-435-4/K·10

定价：16.00 元

编译者的话

认识地球，爱护地球，珍惜资源，保护环境，功归当代，利在千秋。当今人类发展所面临的重大挑战是人口、资源和环境之间的失衡对生态系统所造成的威胁。因此，一定要使人口、资源与环境协调发展，要使更多的人认识到这个问题的重要性。我国党和政府十分重视环境保护工作，把环境保护作为一项基本国策。1989年12月26日全国人民代表大会常务委员会通过了“中华人民共和国环境保护法”。环境地质学是总体环境科学的一个重要组成部分，是近年来兴起的一门新的边缘科学，它涉及到人口、资源和环境的问题。为了介绍这方面的基础知识，为建设有中国特色的社会主义服务，我们参考了美国爱德瓦尔德 A·凯勒尔 (Edward A. Keller) 于 1988 年所著的环境地质学，参考了张建华编的环境地质学讲义并结合国内外新近资料，编译成本书。使本书成为较新、较好的教材和科技读物。

本书的特点是：从基础理论讲起，系统性强，深入浅出，适合地质专业及非地质专业的读者；实际例子多，有许多美国及世界各国重大环境地质事件及其经验教训，对我国有重要借鉴作用；讨论了地质灾害发生的原因及防治措施；讨论了开发资源引起的环境问题；介绍废物处置的方法及土地利用规划中应注意的问题。

本书由徐增亮主编译。徐增亮、刘荣玉、徐海蓓、吴信民、杨亚新、吴继全、李广雪、梁荣斌、黄克玲、彭人勇、王祝文、刘菁华、刘海鹰、刘建新等参加编译。王琦、魏更生、赵光涛、赵其渊、杨作升、张景廉、王硕儒、贾永刚、夏宗纶、于联生等参加审校。插图由杨秀娥清绘。

本书在编译和出版过程中得到青岛海洋大学领导、海洋大学教务处、海洋地质系领导、河口海岸研究所杨作升、张锡仁、矿物资源研究所曹钦臣，华东地质学院领导同志的关怀和支持，得到北京大学环境科学中心陈静生教授和地质矿产部岩溶地质研究所研究员、袁道先的指导和帮助，得到冶金部高等教育青岛学术中心主任姜浩杰、同江边境经贸公司总经理李延斌的支持，在此一并致谢。

由于我们水平有限，编译时间较紧，错误难免，敬请读者指正。

编译者

1992 年 1 月

目 录

第一部分 基本概念和基础知识

第一章 绪论	(1)
一、环境地质学研究的内容.....	(1)
二、环境地质学的研究方法.....	(1)
三、环境地质学发展的几个阶段.....	(3)
四、环境地质学所面临的形势和任务.....	(4)
第二章 基本概念	(5)
一、概念一.....	(5)
二、概念二.....	(8)
三、概念三.....	(9)
四、概念四.....	(10)
五、概念五.....	(11)
六、概念六.....	(12)
七、概念七.....	(13)
八、结论.....	(14)
第三章 地球的物质和运动	(15)
一、地质旋回.....	(15)
二、矿物.....	(17)
三、岩石.....	(18)
四、水.....	(26)
五、风和冰.....	(31)
六、结论.....	(35)
第四章 土壤和环境	(37)
一、土壤的形成.....	(37)
二、土壤年代顺序.....	(41)
三、土壤的肥力.....	(43)
四、土壤中的水.....	(43)
五、土壤分类.....	(44)
六、土壤的工程性质.....	(46)
七、土地的利用和土壤.....	(50)
八、土壤污染.....	(54)
九、土壤流失速率.....	(55)

十、沙漠化	(55)
十一、土壤调查和土地利用规划	(58)
十二、结论	(60)

第二部分 灾害地质过程

第五章 自然灾害概述	(63)
一、自然过程的积极作用	(64)
二、全美国和区域概况	(64)
三、灾害预测	(66)
四、风险估计	(67)
五、灾害的缓解	(68)
六、灾害的影响及重建家园	(69)
七、人工控制自然灾害	(71)
八、全球气候和自然灾害	(71)
九、自然环境和特大灾害	(72)
十、人口增长和自然灾害	(73)
十一、结论	(73)
第六章 洪水泛滥	(75)
一、洪水的大小和频率	(75)
二、城市化建设和洪水	(80)
三、洪水灾害的特征和规模	(85)
四、预防和控制洪水的方法	(86)
五、美国二十世纪七十年代和八十年代的洪水	(90)
六、渠化的讨论	(91)
七、结论	(95)
第七章 滑坡及其相关的现象	(97)
一、斜坡稳定性	(98)
二、滑坡的原因	(104)
三、人类的利用和滑坡	(105)
四、滑坡的识别、预防与制止措施	(105)
五、雪崩	(108)
六、地面下沉	(109)
七、结论	(110)
第八章 地震及其相关现象	(112)
一、地震的基本概念	(112)
二、地震的空间分布规律	(118)
三、构造蠕变	(121)
四、地震震级、烈度及其频率	(121)

五、人类利用土地引起的地震·····	(124)
六、地震危害的减少·····	(125)
七、地震预报·····	(130)
八、地震活动的对策·····	(133)
九、结论·····	(133)
第九章 火山活动 ·····	(135)
一、火山分布·····	(135)
二、火山类型·····	(139)
三、火山活动的影响·····	(139)
四、火山活动的预测·····	(151)
五、结论·····	(152)
第十章 海洋开发与海岸灾害 ·····	(154)
一、海洋在全球环境与发展中的地位与作用·····	(154)
二、中国海洋资源开发和环境状况·····	(154)
三、热带气旋·····	(156)
四、海啸·····	(160)
五、海岸侵蚀·····	(162)
六、对海岸灾害的认识和采取的减灾措施·····	(172)
七、结论·····	(173)

第三部分 人类与环境的相互作用

第十一章 水 ·····	(176)
一、水：简要的全球展望·····	(176)
二、水是一种独特的液体·····	(177)
三、水循环·····	(178)
四、水管理·····	(184)
五、水污染·····	(184)
六、部分水污染物·····	(185)
七、地表水污染·····	(188)
八、地下水污染·····	(189)
九、水的再利用·····	(194)
十、脱盐·····	(196)
十一、水和生态系统·····	(196)
十二、中国的水资源和环境·····	(198)
十三、结论·····	(200)
第十二章 废物处置 ·····	(202)
一、废物处置的概念·····	(202)
二、固体废物处置·····	(203)

三、有害的化学废物管理·····	(208)
四、海洋废物场·····	(214)
五、废水处理·····	(216)
六、结论·····	(219)
第十三章 健康与地质环境·····	(220)
一、决定健康的因素·····	(220)
二、环境健康的一些地质因素·····	(222)
三、微量元素和健康·····	(225)
四、慢性病和地质环境·····	(232)
五、放射性辐射和氡气·····	(240)
六、结论·····	(244)

第四部分 矿产、能源和环境

第十四章 矿产资源和环境·····	(247)
一、矿产对社会的重要性·····	(247)
二、矿产的独特性质·····	(248)
三、资源和储量·····	(248)
四、矿产资源的可用性·····	(249)
五、矿产资源地质学·····	(251)
六、矿产开发对环境的影响·····	(262)
七、资源的回收·····	(263)
八、中国矿产资源开发与环境保护·····	(264)
九、结论·····	(266)
第十五章 能源和环境·····	(267)
一、煤·····	(269)
二、石油和天然气·····	(274)
三、化石燃料和酸雨·····	(278)
四、核能·····	(281)
五、地热能·····	(285)
六、可再生能源·····	(287)
七、中国的能源工业及其污染防治·····	(287)
八、结论·····	(289)

第五部分 土地、空气与环境保护

第十六章 土地利用规划·····	(291)
一、土地利用规划·····	(293)
二、选址的方法和评价·····	(301)
三、景观美学：风景资源·····	(302)

四、环境影响评价.....	(305)
五、中国农业土地利用与规划.....	(307)
六、发展林业改善环境.....	(309)
七、结论.....	(311)
第十七章 空气污染	(313)
一、大气层.....	(314)
二、大气层污染.....	(314)
三、空气污染物.....	(315)
四、城市地区和空气污染.....	(320)
五、室内空气污染.....	(324)
六、全球的展望.....	(325)
七、空气污染的控制.....	(328)
八、结论.....	(332)
第十八章 中国环境保护法	(334)
一、环境保护法的适用范围与目的.....	(334)
二、环境保护法的基本原则.....	(334)
三、全面加强环境监督管理.....	(336)
四、保护和改善环境.....	(336)
五、防治环境污染和其他公害.....	(338)
六、环境保护的法律责任.....	(340)
参考文献	(341)

第一部分 基本概念和基础知识

第一章 绪论

一、环境地质学研究的内容

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、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（据中华人民共和国环境保护法第二条）。环境科学是一门正在蓬勃发展中的科学。环境科学是应用多种 学科的知识 和理论来研究和管理环境的科学。研究环境科学的目的是：保护人类免受各种活动的负影响；为保护人体健康和提高生活水平而不断地改善环境质量。

环境地质学是总体环境科学的一个重要组成部分，是近年来兴起的一门环境科学与地质学的边缘学科。环境地质学是一门研究在整体范围内人和地质环境之间相互作用的应用地质学。它研究的内容有：由地质因素引起的环境问题，如洪水泛滥、滑坡、泥石流、地震、火山活动、海啸等现代地质过程引起的人类环境灾害，以及因地壳表面化学元素分配不均使某些地区某些元素严重不足或过剩引起的动、植物和人体的生物地球化学地方病等；及由人类活动引起的环境地质问题，如水污染，废物处置不当，使地表元素的分布更不均匀，大型水利工程引起的环境地质问题（如诱发地震等），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地质问题等。

二、环境地质学的研究方法

1. 实际调查研究法

科学研究工作，在明确了所要完成的任务之后，重要的是要占有实际资料。因此，进行现场调查研究，取得实际资料是环境地质学的基本研究方法。

（1）系统的野外环境地质观察。在野外进行实地的地质观察之前，应广泛的收集前人的工作资料、图件和结论。研究分析确定野外工作的内容。然后进行野外环境地质调查、描述、取样和分析研究。

（2）建立健全有利的环境地质观测（或监测）机构，并装备现代化的仪器装置。监

测是获取第一性资料的手段。科学的分布监测网点，并对监测资料进行综合分析研究。

2. 编图法

我们将所获得的实际资料，经过综合整理和分析研究，编制成各种环境地质图件。按照不同的目的和专业要求，环境地质图件可分为：

(1) 综合环境地质图：它反映区域或地段环境地质的基本特征，内容比较广泛，主要包括：地层、岩性、地质构造、水文和矿产分布等地质特征。这种图件要能反映地质因素与人类活动的联系，可作为制订经济发展规划（如矿产分布与开发计划）和环境规划管理的基础。

(2) 专业环境地质图：可根据专门的任务要求编制各种图件。如在进行城市工业规划时，应对规划区的地质构造、地貌、岩性、第四纪松散沉积物的分布、地下水、地表水系分布及其运动方向等编制图件。其中以工程地质为主要内容的专业性地质图是基础。在综合分析环境地质图件和资料的基础上，进行生产区与生活区的划分。在规划管理环境时，常需要编制一些相应的地理图件，如土壤植被分布图、城市交通规划图及矿产资源分布与开发利用远景规划图等。

(3) 历史环境地质图：人类现在所处的地质环境，是经历了地质历史的发展演变而来的。调查研究这种演变，对于合理规划环境和保护环境具有十分重要的意义。这类图件通常要用第四纪地质学、新构造运动学、古人类学、考古学和历史学等多方面的成果，并要借助于古地磁学、 ^{14}C 等同位素环境地质学等方法来深入研究。

(4) 环境地球化学图：这是研究环境化学元素分布规律的图件，用来研究元素分布和地方病之间的关系。要查明环境地球化学的性质，有害元素和污染物迁移转化规律。在确定环境背景与环境质量的基础上，建立环境质量模式，使之能够充分反映环境地球化学的性质与人体健康的关系。

3. 综合法

环境地质学广泛地利用其他学科的研究方法，包括综合法、比较法、典型法等。环境地质学的研究课题一般都是复杂的矛盾统一体，是一个多层次多因子的大系统。它由许多因素（或称子系统）构成，这些因素相互联系、相互制约，形成错综复杂的现象；分析、处理这种复杂问题时，需要用综合的而不是单一的、普遍联系的而不是静态的观点和方法。对于研究课题的全局，要协调各个局部（或子系统），才能达到好的效果。

4. 系统分析和模拟数学模型方法

系统分析和模拟数学模型方法的特点是能够在对一个系统的信息了解并不完全的条件下研究该复杂系统，并预测该系统在条件改变时的相应变化，从而为寻找控制该系统的最佳方案提供依据。系统分析总是围绕着特定中心问题而进行的，通过系统分析可将某个环境地质系统分解为若干局部。首先孤立地研究各个局部，并建立各局部的模拟数学模型，然后再研究各局部间的相互联系，逐步在模型中引进新因素。在计算机的协助下，反复试验、核对和修正。

采用电子计算机进行综合模拟与系统分析，要以大量的实验模拟和野外工作为基础。这样才能选择出比较接近实际的参数值。目前在研究某些污染物质在人类环境中的赋存状态与数量及其主要的迁移途径与转化机制，研究这些物质的时空分布规律及其与各种

环境因素的关系时，都是依靠大量的室内模拟试验与野外调查相结合的方法。

三、环境地质学发展的几个阶段

环境污染作为一个问题，引起人们的广泛关注，是在 700—800 年以前，从用煤开始的。当形成公害，成为一个社会问题，则是从 18 世纪末到 20 世纪初的产业革命引起的。到本世纪五、六年代，公害越来越严重。1962 年美国的卡逊发表“寂静的春天”是对农药造成生态破坏的警告；英国伦敦、日本四日市、比利时缪斯河谷先后发生的烟雾事件；日本富山镉污染事件，水汞污染事件，九州和四国的多氯联苯污染事件等等，造成了许多人患病，终生残废，甚至死亡。公害泛滥，震惊了世界。此外，地球在发展过程中的某些变动也直接或间接的影响着人类的安全和生存。例如火山爆发、地震灾害，作为一种环境时刻引起人类的重视。

我国早在公元前七世纪时，就有了关于滑坡灾害的文字记述。在医书“向素”里曾经指出：地理环境不同，居民的生活习惯不同，往往对人体的健康影响不同，因而产生不同的疾病。近年来，工业发达国家环境污染造成的后果，成了我们的“前车之鉴”，引起了我们的重视。

1972 年我国参加了在斯德哥尔摩召开的世界首次人类环境会议。这次会议标志着人类环境意识有了重大变化。会议提出的口号是“只有一个地球”。会议通过了“人类环境宣言”。1973 年我国在周恩来总理亲自关怀下召开了第一次环境保护会议，相应的环境地质问题，也被提到了议事日程。

十多年来，我国在环境地质方面开展了很多工作：如：对长江、黄河、珠江等大江大河的区域环境及水系污染状况进行了调查研究；对黄、渤海、长江口、珠江口及南海污染状况进行了调查研究；对北京西郊等地进行了环境质量评价研究；对长江三峡地区建水坝和发电站等大型工程进行了环境工程地质的勘查和论证；对全国各省的环境背景值进行了调查研究；对北京、沈阳、天津等地污染物在环境中迁移转化规律进行了研究；对地球化学环境与甲状腺肿、氟病、克山病和大骨节病等地方病的关系，进行了调查研究；开展了京津唐地区环境区划研究，常州市环境规划研究及其它地区环境区划与规划的研究；此外，还开展了风沙危害、洪水泛滥、地震、火山爆发、台风及龙卷风等灾害的研究。

首次人类环境会议以后的 20 年，也是全球环境保护工作深入发展的 20 年。在此期间，发达国家环境治理取得了明显的成绩。我国把环境保护提到基本国策的高度，采取了很多措施，走出了一条具有中国特色的，以强化管理为中心的环境保护发展道路。

然而，随着经济的日益发展，环境问题日趋恶化的势头没有根本消除。尽管一些老的问题已被控制或解决，但新的问题又在不断产生。过去人们关心的是工业污染源的治理，现在人们关心的却是既多又广，又复杂的污染源和破坏源的防治和所造成的酸雨、臭氧层破坏、“温室效应”及生态环境衰退等大范围、全球性的环境问题，性质和范围都发生了根本性的变化。

如果说五、60 年代的环境问题是第一次环境浪潮。90 年代则进入第二次环境浪潮。

此时全人类已感到环境浪潮已经严重地威胁着整个人类的生存和社会的发展。1992年6月在里约日内卢召开了联合国环境与发展大会，大会的基本目标是：“在加强各国和国际努力以促进各国可持续的且对环境无害的发展的前提下，拟订各种战略和措施，以终止和扭转环境恶化的影响”。会议通过了“里约环境与发展宣言”（或称地球宪章）将进一步促进各国对环境的重视和研究，环境地质相应的也将得到发展。

四、环境地质学所面临的形势和任务

宋健指出：当前人类在发展的道路上面临一个巨大的挑战，这就是人口、资源和环境之间的失衡对生态系统所构成的威胁。二十世纪世界人口猛增。1987年7月11日，世界总人口突破了50亿。据统计，自从人类出现一直到1830年，其间经历了数百万年，世界总人口才达到10亿。此后，每增加10亿人口的时间间隔分别为100年、30年、15年、人口从40亿增加到50亿只经历了13年。目前世界人口已超过54亿，每年增加9700万人，预计到1998年将达到60亿，2025年为85亿，2050年将达到100亿。很多人口学家认为，50亿已超出了地球的承载能力。

地球上的资源是有限的。在人口猛烈增加的同时，供人类衣、食、住、行的自然资源的消耗将日益增加。在现代工业社会里，为了维持一个人的生活。平均每年要从岩石圈中挖出25吨各种物质。据统计，目前全世界每年消耗的化石燃料为70亿吨，若以此速度来开采已探明的储量，煤只能开采200多年，石油仅够100年。如此发展下去，将导致资源耗竭的严重局面。

更为严重的是，被开采的物质在加工过程中产生大量的废渣、废水、废气、制成品在使用后又留下大量废弃物。目前每年向大气中排放50多亿吨废气，使大气变浊，气候变暖；氟氯烃的排放使臭氧层遭到破坏；海洋、江河湖泊被污染，森林被乱伐，生物多样性在锐减，目前濒临灭绝的动物有3000种，植物有16000种。人类当前和后代的利益可能受到严重的损害。

以上情况也就是当前环境地质学所面临的形势和任务。发展环境地质学就是为了解决上述问题贡献一个方面的力量。我们相信，我国人民和全世界人民一起行动起来，依靠科技进步，运用现代科学技术知识，其中包括环境地质学知识，提高认识自然规律和按照科学规律改造自然包括改造自己的能力。我们是能够胜利地迎接挑战，走向更加光明的未来。

（徐增亮）

第二章 基本概念

在本章中我们将讨论认识和研究环境地质学的基本概念。虽然这些概念未能组成完整的体系，但它们提供了本书的哲学框架。这些概念并不是为了记忆。了解每个概念的总论点对理解和评价全书的哲学和技术素材有很大帮助。

一、概念

地球本质上是一个封闭系统，对系统中的变化速率和反馈的认识是解决环境问题的关键。

系统可被认为是整体的任一部份，为了研究和观察在各种影响条件下的变化，系统在思维或事实上是被隔绝的。系统的实例可包括星球、火山或洋盆。大多数系统含有各种组分，它们相互调整，每个组份并对其他的组份产生部分的控制。例如，地球可被认为是存在四个部分的系统：大气圈；水圈；生物圈和岩石圈。这些部分的相互作用产生了今日地球表面的面貌。而且，一个部分的过程在量级或频率上的任何变化都会影响其他的部分。环境各个部分的这种变化习性称为环境统一性原理，即一切事物影响别的一切事物。例如过程量级的变化（增大），山脉抬升可影响大气圈，由于形成新的雨影而引起降雨格局的区域性变化。因为达到洋盆的径流或变多或减少，这又影响局部水圈。生物圈的变化是环境变化的结果。甚至较陡的坡度也影响岩石圈，由于促进了侵蚀作用，这又使沉积速率、沉积物类型以及有关的岩石类型变化。系统中各变量之间的相互作用并非无序，可通过测量每一变量来确定它如何与别的变量相互作用。它如何发生地段、地区或区域性的空间变化。例如，与太阳有关的海洋空间分布影响着海水的蒸发过程，这又使大气层含水量增加或减少而影响大气层环境。

地球不是静态而是动态的发展系统，其中的物质和能量不断地变化。此种动力学可被认为是地球系统没有能量和物质界线的开放系统的证据。这种分析说法是正确的，只要太阳连续给予地球的能量、地球物质逸到太空。然而，考虑到天然的地球循环如水循环和岩石循环中，存在着地球物质的不断再循环。我们可改变主意，认为地球是一封闭系统，或实际上是大量封闭系统的结合。例如，今日的降雨量终要返回大气层，过去沉积物将变为固态岩石。因此表面上永远是一开放系统，但就天然的地球循环而论，本质上却是一封闭系统。

1. 反馈

系统中有两种类型的反馈循环：正反馈和负反馈。正反馈常被称为恶性循环，而负反馈循环是促进系统自我调节，以接近平衡或稳态。自然界很多过程表现为反馈循环。例如，使用越野车可以是正反馈，因为使用量的增多，被根除的植物也多了，促进侵蚀加强。如发生这种情况后仍然有很多植被连续被破坏，就使侵蚀更加剧，直到某一地区由

于广泛使用越野车辆而使整个植被完全被破坏,从而侵蚀速率变得极高。另一方面,如河流这一类系统常呈现负反馈形成近似稳态。河流随着区域性降雨量或城市化的增大而变化,河道及泛滥平原系统将改变以适应新增大的水量或沉积物量,在较短时期内可建立新的稳态。

2. 增长率

发生在系统中的变化的增长率很重要,尤其是指数增长特别有意义。图 2.1 为指数增长曲线的理想化图解。其形状象字母 J; 早期阶段的增长可能很慢,但迅速增长快然后变得极快。许多系统的增长既可是人类诱发的,也可是自然的,可接近 J 曲线的形式。指数增长中包含有两个主要因素: 增长速率以百分比度量,时间加倍以年为单位,这是定量所必须的,不论是否重复测量。通用的经验法则是翻番的时间近似等于 70 除以增长速率。此法则适用于增长速率接近 10%。除此之外误差可能很大。

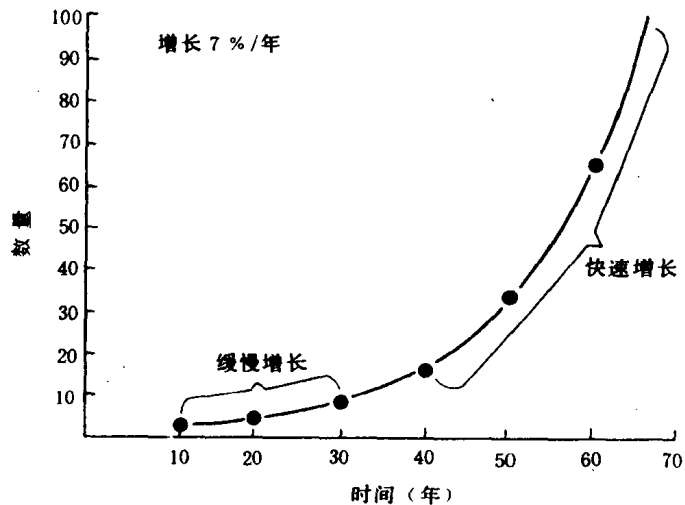


图 2.1 指数增长的 J-曲线

在给予一恒定增长率时,起初缓慢增长 (J 曲线的下部),但过弯曲部位后增长极快

自然界的许多系统在一些时期内表现为指数增长,所以我们要能够识别它是重要的。尤其是辨认具正反馈的指数增长更为重要,虽然去制止正反馈循环极其困难。另一方面,负反馈趋向稳态,因此易于控制。

3. 系统的变化

自然界系统中的变化可被寻求解决环境问题的人们认识和预测 (图 2.2)。当输入系统中的等于输出的 (图 2.2a),可建立近似稳态且不发生变化的系统。近稳态的实例可以是全球尺度的: 入射的太阳辐射和从地球输出的辐射之间的平衡; 或如板块构造系统中新岩石圈以相同的速率产生和破坏。较小尺度的如养鸭场,以恒定的速率买入鸭和养成鸭。变化的其他例子为输入系统的小于输出的 (图 2.2b)。这种情况如资源的利用,如地下水或某些植物、动物的获取,若输入大大低于输出,则地下水可被完全抽取光,植物、动物可能绝灭。系统内输入大于输出 (图 2.2c),可能发生正反馈,所测量的无论何种库存将增长。例如湖泊中重金属的聚积或土壤和水的污染。根据计算变化速率或系统的输入/输出分析,可求得平均滞留时间。平均滞留时间是一种时间的度量,用于特定物质的总库存或总供给,如在场地内循环的资源。计算平均滞留时间可简单地用库存或场地的总体积除以通过此场地或库存的平均速率。

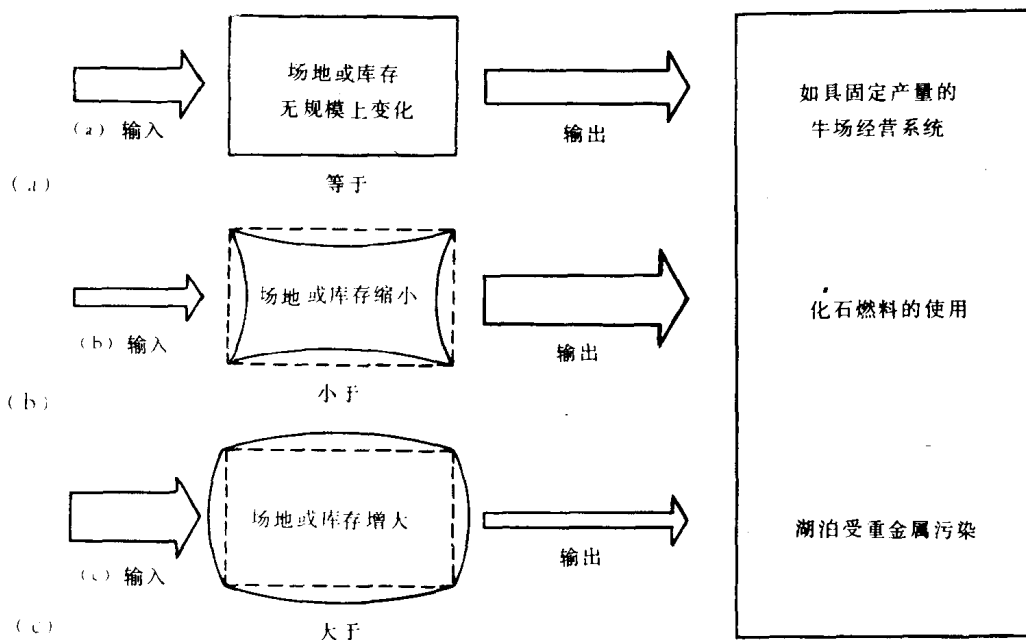


图 2. 2 某些物质可能变化的主要途径

根据 P·R·Ehrlich 资料修改, W. H. Freeman, 1977

了解系统中的变化在环境研究的许多问题中是基本的, 因为很小的增长速率在适当的时间内产生惊人的数目。另一方面, 和其它系统一起可计算特定资源的滞留时间。认识到这些, 利用信息发展完善的管理原则。辨认真负反馈系统并计算增长速率和滞留时间, 然后使我们能够作出有关资源管理的预测。

随着对地球的需求愈益增多以及它的有限资源, 了解保持地球循环过程的量级和频率变得日益重要。例如, 如果我们希望管理一地区的水资源, 就必须认识补给地下水及地表水的自然过程的性质及范围。或者, 若我们关心在处理井内的危险化学物的处置, 就必须知道处理过程如何与自然循环相互作用, 并确保我们和我们的后代不受危险化学物的危害。这在处理放射性废物方面特别重要, 它们必须被封存几个世纪到 25 万年。因此, 认识地球循环和特定循环中各个部分持续的时间是极其重要的。表 2. 1 和 2. 2 列举了有关地球物质的滞留时间和一些自然过程的速率。

表 2. 1 一些物质的滞留时间

地球物质	典型滞留时间
大气循环	
水蒸气	10 天 (下大气层)
二氧化碳	5 至 10 天
悬浮微粒	
平流层 (上大气层)	几月至几年
对流层	一周至几周
水文循环	
大西洋表层水	10 年
大西洋深层水	600 年
太平洋表层水	25 年
太平洋深层水	1,300 年
陆地地下水	150 年 (在 760m 深度以上)
生物圈循环 ^a	
水	2,000,000 年
氧	2,000 年
二氧化碳	300 年
海水的组成	
水	44,000 年
全部盐类	22,000,000 年
钙离子	1,200,000 年
硫酸根离子	11,000,000 年
钠离子	260,000,000 年
氯离子	不定

a 这些物质在大气圈和水圈中再循环所需的时间

资料来源: National Academy of Sciences 1972

表 2. 2 某些自然过程的速率

地球过程	典型速率
侵蚀作用	
美国平均侵蚀速率 ^a	每 1000 年 6.1cm
科罗拉多河流域	每 1000 年 16.5cm
密西西比河流域	每 1000 年 5.1cm
北大西洋流域	每 1000 年 4.8cm
太平洋陆坡 (加利福尼亚)	每 1000 年 9.1cm
沉积作用 ^b	
科罗拉多河	每年 281 百万吨
密西西比河	每年 431 百万吨
美国北大西洋海岸	每年 48 百万吨
太平洋陆坡 (加利福尼亚)	每年 76 百万吨
大地构造作用	
海底扩张	
北大西洋	每年 2.5cm
东太平洋	每年 7—10cm
断裂	
圣安德列斯 (加利福尼亚)	每年 1—5cm
山脉抬升	
凯琼·佩斯山 (Cajon Pass)	
圣伯纳尔迪斯山 (San Bernardino Mts) (加利福尼亚)	每年 1cm

a. 每 1000 年美国大陆表层被侵蚀的厚度

b. 包括固体颗粒和溶解盐类

资料来源: National Academy of Sciences 1972

二、概念二

地球是唯一适合我们的栖息地，但它的资源是有限的。

《地球和人类事务》的著名作者莱夫·拉波尔特 (Leo F. Isporte) 认为，概念二的内容包含两条基本真理：第一，地球的确是我们生活的唯一地方；第二，资源是有限的，一些资源可以再生，但许多资源都不能。因此，我们终究需要许多物质的大规模再循环，如果这些废物能再循环，大部份固态、液态废物的处理问题可趋缓和。换句话说，很多现在认为是污染物的东西可能被认为是资源。

对于自然资源至少有两种不同的观点。一种认为随着利用方式的改善，找到资源不