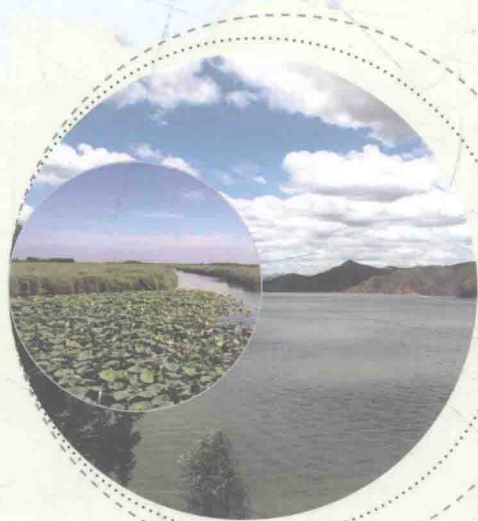


海河流域生态环境 演变规律研究

——以滦河流域和漳卫南流域为例

于磊 李巍 高建文 等著



地质出版社

海河流域生态环境演变规律研究

——以滦河流域和漳卫南流域为例

于磊 李巍 高建文 等著

地 资 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以海河流域两个子流域——滦河流域和漳卫南流域作为典型研究区域,采用多种研究方法对其不同时期的自然条件因子、人类活动因子以及生态环境脆弱性的演变规律进行分析,从而为该流域生态环境修复工作提供有益的借鉴。

本书主要研究海河流域生态环境演变规律,可供从事生态、环境、水文与水资源等领域工作的人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

海河流域生态环境演变规律研究 / 于磊等著. —北京:地质出版社, 2014.5
ISBN 978-7-116-08793-4

I. ①海… II. ①于… III. ①海河—流域—区域生态环境—研究 IV. ①X321.221

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第097421号

Haihe Liuyu Shengtai Huanjing Yanbian Guilü Yanjiu

责任编辑:刘亚军 邢宇

责任校对:黄苏晔

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

咨询电话:(010)82324508(邮购部);(010)82324578(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

传 真:(010)82310759

印 刷:北京地大天成印务有限公司

开 本:787mm×1092mm $\frac{1}{16}$

印 张:12.25

字 数:300千字

版 次:2014年5月北京第1版

印 次:2014年5月北京第1次印刷

定 价:90.00元

书 号:ISBN 978-7-116-08793-4

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

生态环境是指由生物群落及非生物自然因素组成的各种生态系统所构成的整体,是关系到社会和经济持续发展的复合生态系统。长期以来,中国政府充分重视生态环境问题,先后开展了黄河、长江等流域的水土流失综合治理,建设“三北”防护林,加大荒漠化治理力度,推广旱作节水农业技术,加强草原和生态农业建设,从而使生态环境建设对国民经济和社会可持续发展产生了积极、深远的影响。但随着社会经济发展需求的增强,国内生态环境难以继续承载粗放式发展,国际上应对气候变化的压力日益增大,迫切需要研究生态环境演变规律,进而在保护生态环境和合理利用资源的前提下逐步推进能源高效清洁转化,并实现人与生态环境和谐的绿色可持续发展。

海河流域是我国七大流域中水资源最为紧缺的地区,新中国成立以来进行了大规模的水利工程建设,防洪安全与生产生活用水条件得到了很大改善,但随着人口的大量增长和经济的快速发展,海河流域生态脆弱性已经恶化到十分危险的程度,迫切需要在探求其生态环境演变规律的基础上,提出行之有效的生态保育措施。与此同时,为推进“十二五”期间环境保护事业的科学发展,加快资源节约型、环境友好型社会建设,国务院于2011年印发了《国家环境保护“十二五”规划》,强调了扭转生态恶化趋势的目标,以及强化生态保护和监管的工作要求。胡锦涛同志在十八大报告中更是将大力推进生态文明建设放在了突出地位,强调生态与经济、政治、文化、社会的“五位一体”作用,是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计。为了贯彻落实这一重要指导思想,水利部于2013年初印发了《关于加快推进水生态文明建设的意见》,就加快水生态文明建设的重要意义、指导思想、基本原则和目标进行了全面阐述,明确了水生态文明建设的主要工作内容,并就开展水生态文明建设试点和创建活动提出了具体要求。海河水利委员会主任任宪韶在《切实加强水资源的节约保护,全面推进海河流域水生态文明建设》一文中,结合海河流域实际情况,对如何以水资源的可持续利用支撑经济社会可持续发展,恢复和维系良好生态环境等战略课题进行阐述,提出了海河流域

水生态文明建设的具体目标和主要任务。在此背景下，本书以海河流域的滦河和漳卫南两个典型区域为例，研究该流域生态环境影响因子及其演变规律，以期为该流域生态环境修复工作提供决策支持。

本书共分为7章：第1章为绪论，介绍了本书的研究背景、意义、目标及内容；第2章为我国生态环境问题，对生态环境研究相关概念和理论研究进展进行了综述，并介绍了我国生态环境问题现状和保护措施；第3章为研究思路及方法，系统介绍了本书进行生态环境演变规律分析所采用的技术路线和主要方法，是本书研究的理论基础；第4章为海河流域以及选取的典型研究区——滦河流域和漳卫南流域相关概况；第5章为影响因子演变规律，本书将影响生态环境变化的因子分为自然条件因子与人类活动因子两类，详细分析了这两类因子的时空变化规律；第6章为生态环境演变规律，详细介绍了水域生态系统、流域景观格局以及生态环境脆弱性变化规律的分析过程及结论；第7章为结论与展望，对本书中的主要研究结论进行归纳与总结，并针对研究工作中存在的不足提出展望；参考文献与附录，列举了本书研究中所引用的书目、文献及规范，供阅读本书时参考。第一章由于磊、高建文撰写，第二章由于磊、徐丽梅撰写，第三章由于磊撰写，第四章由于磊、李巍撰写，第五章由于磊、胡广鑫撰写，第六章由于磊撰写，第七章由于磊、李巍撰写。全书由于磊、高建文统稿，李巍校核。

本书的完成得到了水利部公益性行业科研专项经费项目(201101017)、海河水利委员会科技外事处、海河流域水土保持监测中心站、天津市龙网科技发展有限公司的支持，河海大学董增川老师给予了指导和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

作者

2013年11月

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 研究目标与内容	3
2 我国生态环境问题	4
2.1 生态环境研究理论体系	4
2.1.1 生态环境相关概念	4
2.1.2 生态恶化表现形式	6
2.1.3 生态理论研究进展	9
2.2 我国生态环境问题概述	14
2.2.1 我国生态环境问题现状	14
2.2.2 我国生态保护规划措施	15
3 研究思路及方法	18
3.1 研究思路	18
3.2 研究方法	19
3.2.1 “3S” 一体化技术	19
3.2.2 时间序列分析	22
3.2.3 灰色系统计算	25
3.2.4 数值模型构建	28
3.2.5 指标综合评价	33
3.2.6 其他研究方法	36
4 研究区概况	39
4.1 流域自然环境	39
4.2 流域河流水系	39
4.3 流域水文地质	40
4.4 流域社会经济	40
4.5 流域生态环境	41
4.6 典型研究区域	42
5 影响因子演变规律	44
5.1 自然条件因子演变规律	44
5.1.1 降水	44
5.1.2 气温	53
5.1.3 蒸发量	58

5.1.4 水资源量	63
5.2 人类活动因子演变规律	68
5.2.1 社会经济	68
5.2.2 水体污染	71
5.2.3 土地利用	74
6 生态环境演变规律	89
6.1 水域生态系统	89
6.1.1 河流水量	89
6.1.2 河流水质	104
6.1.3 湿地面积	135
6.1.4 水库藻类	138
6.2 流域景观格局	146
6.2.1 景观格局指数选取	146
6.2.2 景观格局变化分析	149
6.2.3 景观格局计算验证	152
6.3 生态环境脆弱性	152
6.3.1 生态环境脆弱性评价方法	153
6.3.2 生态环境脆弱性评价过程	155
6.3.3 生态环境修复可行性建议	175
7 结论与展望	177
7.1 主要结论	177
7.2 研究展望	178
参考文献	180
附录	184

1 绪论

1.1 研究背景与意义

海河流域东临渤海、西倚太行、南界黄河、北接蒙古高原,地跨北京、天津、河北、河南、山东、山西、内蒙古和辽宁等省、自治区、直辖市。流域面积约 $32 \times 10^4 \text{km}^2$, 占全国总面积的 3.3%。流域人口密集,大中城市众多,在中国政治经济中的地位重要,其中京津塘渤海湾地区是中国的三大增长极之一,京津冀地区更是中国的九大都市圈之一。同时海河流域以占全国 11.3% 的耕地面积和 1.5% 的水资源量,承载着全国 10% 的人口以及 11.6% 的国内生产总值,这也使得海河流域成为中国水资源最为短缺的地区。

自 20 世纪 50 年代以来,海河流域快速发展的经济社会与日益短缺的水资源矛盾日益突出。同时,以牺牲生态环境为代价的发展模式,也导致了流域河道断流、湿地消失、地下水枯竭、水体污染和沙尘暴肆虐等严重的生态环境问题。长期以来,为满足经济社会发展需求,水资源过度开发、超载运行,使海河流域的生态环境日益恶化。据统计,20 世纪 60 年代中期以来,流域地表水被大量的开发利用,中下游河道失去了有源之水,相继枯竭断流,除北部的滦河常年有水外,约 4000km 平原河道已全部成为季节性河流。根据《海河流域水资源综合规划》最新研究成果,海河平原 21 条主要天然河流 3664km 长河段的干涸长度已经从 20 世纪 60 年代的 714km 增加到 21 世纪初期的 2189km , 平均断流天数也从原本的 78d 上升为 268d, 见表 1.1。整个流域方面,20 世纪 60 年代主要河道年平均断流天数为 94d,70 年代 197d,到 80 年代则延长到 262d。20 世纪 60—70 年代的断流主要表现为有水但不流动,80 年代的断流主要表现为干涸,而随着水量的减少,近年来在似干非干的河道内水质也越来越差。同时,山区水源地来水量的锐减,也给中下游地区的生态环境和社会经济发展带来了极大的阻碍。20 世纪 50 年代原本近 $1 \times 10^4 \text{km}^2$ 的湿地也大面积萎缩,目前仅存约 1000km^2 。与此同时,从 1980 年开始,海河流域地下水位急剧下降,1987 年埋深已由原来的 4m 左右增长到 12m,到 1998 年埋深已达到 20m。据统计,海河平原浅层地下水埋深大于 10m 的范围,从 1980 年的 5700km^2 已经扩大到 42000km^2 。流域 70% 面积的地下水存在超采,其中严重超采面积为 $3.75 \times 10^4 \text{km}^2$,超采范围已近 $9 \times 10^4 \text{km}^2$,累计超采地下水 $900 \times 10^8 \text{km}^3$,进而形成了世界上最大的地下水漏斗区。水体污染已由 20a 前的局部河段发展到现在的全流域,由下游蔓延到中上游,由城市扩散到农村,由地表侵入地下。点源污染方面,1980—2000 年总体呈现上升趋势,2000 年后随着节水和治理措施的加强,废污水排放量有所减少,见表 1.2。但是由于非点源污染的加剧,海河流域的废污水排放量每年仍高达 $60 \times 10^8 \text{t}$,出现了“有河皆干,有水皆污”的严重危机。由于海河流域气候干旱且多暴雨,同时山区大部分土层浅薄疏松,地

面坡度较大，植被覆盖率低，极易形成严重的水土流失灾害，并造成河道水库淤积，是全国水土流失最严重的区域之一。此外，大面积的土地荒漠化也引发了频繁的沙尘天气，直接影响到包括首都北京在内的大部分北方城市。

表 1.1 海河流域平原 21 条主要河流干涸断流情况统计

项目	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	21 世纪初
年平均河道干涸天数 /d	37	133	160	163	194
年平均河道干涸总长度 /km	714	1431	1922	1925	2189
年平均河道断流天数 /d	78	173	234	225	268

表 1.2 海河流域 1980—2008 年点源废污水排放量统计 单位：10⁸m³

项目	1980 年	1985 年	1990 年	1995 年	2000 年	2008 年
工业	24.5	27.6	34.6	40.2	36.2	25.9
生活	6.9	9.0	12.5	16.1	24.1	21.6
合计	31.4	36.6	47.1	56.3	60.3	47.5

自新中国成立以来，党和国家领导人一直高度重视流域水污染治理和生态环境保护。早在 20 世纪 60 年代，毛泽东主席就发出了“一定要根治海河”的号召。2008 年初，胡锦涛总书记在安徽考察淮河时，从生态文明建设的高度，提出让江河湖泊休养生息，使“休养生息”从政策措施上升为中国水环境综合治理的指导思想。在 2013 年 5 月 24 日中共中央政治局关于大力推进生态文明建设的第六次集体学习会议上，中共中央总书记习近平在主持学习时又再次强调，“建设生态文明，关系人民福祉，关乎民族未来”，“要正确处理好经济发展同生态环境保护的关系，牢固树立保护生态环境就是保护生产力、改善生态环境就是发展生产力的理念，更加自觉地推动绿色发展、循环发展、低碳发展，决不以牺牲环境为代价去换取一时的经济增长”。

海河流域目前正处于快速城市化的阶段，生态环境危机将会成为流域经济社会可持续发展的重大制约因素，同时也是区域产业结构重大调整的内在动因。《海河流域水污染防治“十一五”规划》实施期间，流域各级政府加大了水污染防治工作力度，积极组织推进规划项目实施，为海河流域水环境质量改善提供了有力保障。围绕饮用水水源地污染防治、工业污染治理、城镇污水处理设施建设等重点项目，加强污染源治理，切实控污减排，使得污染物排放总量增加趋势得到了初步遏制，同时建立了严格的生态功能保护区环境保护制度，密云水库、于桥水库、王快水库等大中型水库水源地都得到了严格保护，生态环境质量有所改善。尽管海河流域水污染防治和生态环境修复工作取得了一定进展，但流域水体整体污染仍十分严重，饮用水安全形势不容乐观，生态环境承载力较弱而脆弱性较高，群众环境意识提高与环境质量短期内难以有效改善的矛盾日益突出，协同开展水污染防治和生态环境修复的流域管理机制亟待建立。因此，在国家对流域生态文明建设工作日益重视的背景下，依托于水利公益性行业科研专项经费项目“海河流域生态环境状态调查与变化规律研究”，开展流域生态环境状态调查、生态系统结构和特征分析工作，进而揭示其动态演变规律，有着重要的理论和现实意义。

1.2 研究目标与内容

本研究的目标是以典型研究区域水文水质、社会经济、生态环境等资料的收集整理为前提,采用适宜的研究方法分析生态环境演变影响因子时空变化特征,获得水体生态环境和景观生态格局演变规律,进而对流域生态环境脆弱性演变过程和驱动机制进行研究,并最终提出流域生态环境恢复的可行性建议。

本研究系统收集整理和综合分析相关基础资料,选取滦河和漳卫南两个子流域作为海河流域代表研究区,探索不同时期自然条件因子和人类活动因子变化特征,进而开展流域生态环境演变规律研究,主要内容包括以下4个方面。

(1) 影响因子演变规律研究

流域生态环境演变机制庞杂,本书选取降水、气温、蒸发量、水资源量等自然条件因子和社会经济、水体污染、土地利用等人类活动因子作为主要影响因子,通过多种研究方法对资料进行统计分析,揭示各项影响因子的时空变化特征,为生态环境演变规律研究奠定基础。

(2) 水域生态系统退化研究

水域生态系统内的组成成分及其相互作用十分繁杂,而生态系统退化更是由生态基质,内在动能因素和外在干扰共同作用的结果。本书针对海河流域水域生态系统退化现状及自身特点,从河流水量水质、流域湿地面积及水库生物多样性等方面开展退化机制研究,以期对水体生态修复工作提供有益的参考。

(3) 景观生态格局演变研究

景观生态学的研究焦点是在较大的空间和时间尺度上分析生态系统的空间格局和生态过程。其研究重点包括景观空间异质性的动态发展,不同景观指数与时空尺度对生态过程的影响以及景观格局和生态过程的可预测性。本书使用一组高度浓缩土地利用类型信息的景观格局指数来对景观变化规律进行描述,通过对比分析不同历史时期的指数变化情况,从而揭示流域景观生态格局演变规律。

(4) 流域生态环境脆弱性研究

由于生态环境自身的复杂性,脆弱性研究也是多学科、多尺度的结合,除了以生态学和地理学为主,还充分运用了社会学、经济学、灾害学和气象学的基本原理与方法。本书在流域尺度上研究生态环境脆弱性,引入生态敏感性-生态恢复力-生态压力度概念模型,主要关注区域自然环境、社会经济的脆弱性特征,以及区域土壤、水文、气候等自然条件变化与人类社会变化之间的相互关系,并最终提出流域生态环境修复的可行性建议。

2 我国生态环境问题

2.1 生态环境研究理论体系

2.1.1 生态环境相关概念

2.1.1.1 生态环境

生态环境 (ecological environment) 是“由生态关系组成的环境”的简称,是指与人类密切相关的,影响人类生存与发展的水资源、土地资源、生物资源以及气候资源数量与质量的总称,是关系到社会和经济持续发展的复合生态系统。

相关研究表明,“生态环境”这一汉语名词最初是在 20 世纪 50 年代初期由俄语和英语翻译而来的,属于外源和多源起源。王孟本教授通过查阅大量文献专著,对“生态环境”概念的内涵进行了探讨,他认为以生物为主体,“生态环境”是指“对生物生长、发育、生殖、行为和分布有影响的环境因子的综合”;而以人类为主体,则是指“对人类生存和发展有影响的自然因子的综合”(王孟本,2003)。根据对宪法第二十六条(即“国家保护和改善生活环境和生态环境,防治污染和其他公害”)中关于“生态环境”含义的解读,陈百明研究员认为“生态环境”应定义为:不包括污染和其他重大问题的、较符合人类理念的环境,或者说是适宜人类生存和发展的物质条件的综合体。《环境科学大辞典》中对关于“生态环境”一词的理解作了进一步解释,“在自然界,生态因子不是孤立地对生物发生作用的,而是各个生态因子相互联系、相互影响,在综合条件下表现出各自的作用,各生态因子的综合体即为生态环境”(《环境科学大辞典》编委会,2008)。在研究环境问题过程中,由于环境污染和生态破坏密切相关,难以区分,“生态环境”一词得到了广泛使用,有强调人类生态环境中生物因子的作用时,有保护、强调生态平衡的含义。另一方面,由于使用不同,因而对“生态环境”一词的理解也不同,含义不一,亦有理解生态环境即为通常所指的环境,也由于“生态环境”一词含义的不确定性,亦有人认为使用“生态环境”一词应持慎重态度。

生态环境问题是指人类为其自身生存和发展,在利用和改造自然的过程中,对自然环境破坏和污染所产生的危害人类生存的各种负反馈效应。《资源环境法词典》的定义为:因自然变化或人类活动而引起或可能引起的生态系统失衡和生态环境恶化,以及由此给人类和整个生物界的生存和发展带来的不利影响(江伟珏等,2005)。生态环境问题一般分为两类:不合理地开发利用自然资源所造成的生态环境破坏以及城市化和工农业高度发展而引起的环境污染。随着我国社会经济快速发展,生态环境问题日益突出,表现比较突出

的包括水土流失、土地荒漠化、森林和草地资源减少、生物多样性减少等。

2.1.1.2 景观生态

根据东海大学景观系王小璘教授的相关研究,景观生态(landscape ecology)即是以天空为顶,地表为底,在一定范围内之户外空间及其所包含之有机无机,有形无形因子及其之间的互动关系所产生之自然效应组合。与之相近的是生态景观的概念,全国科学技术名词审定委员会对其的定义为“由地理景观(地形、地貌、水文、气候)、生物景观(植被、动物、微生物、土壤和各类生态系统的组合)、经济景观(能源、交通、基础设施、土地利用、产业过程)和人文景观(人口、体制、文化、历史等)组成的多维复合生态体。它不仅包括有形的地理和生物景观,还包括了无形的个体与整体、内部与外部、过去和未来以及主观与客观间的系统耦合关系。”

景观生态学是20世纪70年代以后蓬勃发展起来的一门新兴的交叉学科,为生态学和地理学研究带来了新的研究思路,目前已经成为国内外生态学研究的前沿之一。研究在一个相当大的区域内,由许多不同生态系统所组成的整体(即景观)的空间结构、相互作用、协调功能及动态变化。《环境科学大辞典》中的解释为:“以综合方法研究地表景观单元中生物和非生物因素构成的相关联系系统的科学,是地理学、生态学以及人文科学的交叉学科。在强调生物与环境因素之间联系的综合型和系统性方面,与生态系统生态学是很相似的,但它把景观单元作为一个生物学谱系中高于生态系的生物系统,着重研究景观单元中变化规律及其与景观周围环境条件的关系,比较研究原始状态的景观和受人类影响的景观。在方法上把地学研究水平途径与生态学对自然变化和功能研究的垂直途径结合起来。它是地学研究向生态学和环境保护工作渗透的产物,对资源和环境管理、区域环境规划、生态评价可提供别的学科不可代替的理论基础”(《环境科学大辞典》编委会,2008)。生态学家邬建国在其专著《景观生态学——格局、过程、尺度与等级》中对其定义与研究内容作了解释:“研究景观单元的类型组成、空间配置及其与生态学过程相互作用的综合型学科。强调空间格局、生态学过程与尺度之间的相互作用是景观生态学研究的核心所在”。其基础理论主要包括7项:生态进化与生态演替理论、空间分异性与生物多样性理论、景观异质性与异质共生理论、岛屿生物地理与空间镶嵌理论、尺度效应与自然等级组织理论、生物地球化学与景观地球化学理论以及生态建设与生态区位理论(邬建国,2000)。

2.1.1.3 退化生态系统

退化生态系统(degraded ecosystem)指在自然因素、人为因素干扰下,导致生态要素和生态系统整体发生不利于生物和人类生存的量变和质变。退化的生态系统会朝着物种、生物量、物质能量流动规模减小、结构简单化以及环境状态不易生物生存的方向变化,表现为植被面积减少、土壤肥力降低、水土流失、耕地沙漠化等。生态退化是生态系统的一种逆向演替过程,是生态系统在物质、能量匹配上存在着某一环节上的不协调或达到发生生态退变的临界点,此时,生态系统处于一种不稳或失衡状态,表现为对自然或人为干扰的较低抗性、较弱的缓冲能力以及较强的敏感性和脆弱性,生态系统逐渐演变为另一种与之相适应的低水平状态的过程,即谓之退化。生态退化是生态系统运动的一种形式,是生态系统内在的物质与能量匹配结构的脆弱性或不稳定性以及外在干扰因素共同作用的产物。在生态退化的情况下,生态系统不仅不能提供净生产力,而且还可能导致生命维持系

统的破坏。造成生态系统退化的因素众多,在现实的生态系统中,造成退化往往是多种干扰力的综合作用,概括而言,即自然因素和人为干扰两大驱动力。偶发的自然因素如地震、火灾和气候变化等,都可能造成局部区域的生态退化,而人为干扰则包括森林过度砍伐、草场过度放牧、水域过度捕捞以及工业废弃物污染等行为。

水域生态系统是以水为基质的,由生物群落及其环境共同组成的动态系统,是自然生态系统的重要组成部分,包括淡水和海洋两类生态系统及其下属不同等级的水域,其中,淡水生态系统通常包括湖泊、水库和江河生态系统,而海洋生态系统则包括沿海及内湾生态系统、藻类生态系统、珊瑚生态系统、外海生态系统、上升流生态系统、深海生态系统等,前三者统称为沿海生态系统,后三者为大洋生态系统。水域生态系统与陆地生态系统显著不同的特点,即是水体运动使得江河、湖泊与海洋等各类水体之间相互联系。水域生态系统为人类社会提供了重要的服务功能,也是最容易受人类活动影响的生态系统之一。近年来为了强化水域生态系统的服务功能,保障和支撑社会经济的安全、稳定发展,很多流域都开展实施了大规模的水利工程建设和水资源开发利用活动,使水域生态系统急剧退化,其中平原河流生态系统破坏尤为明显。

2.1.1.4 生态环境脆弱性

脆弱性是指生态系统抗外界干扰能力低、自身稳定性差,在环境改变不大的条件下才能保持稳定的状态,因此生态环境脆弱便是退化生态系统的一种表现形式。对于一个生态系统而言,脆弱性通常体现的较为明显情形包括:处于演替阶段的生态系统,生物种类少、结构简单且食物链短缩的生态系统以及处于两个生态系统界面上的“过渡区”。

生态环境脆弱性(vulnerability of eco-environment)是一个涉及多学科的综合概念,对于其概念和机理存在一定争议,生态学观点认为生态环境的脆弱性是由系统内部演替和外部干扰共同作用引起的,分别对应于造成生态退化自然因素和人为干扰两大驱动力;地理学不仅局限于生态系统,更多地关注全球变化和人地关系对生态环境脆弱性的影响,强调地貌、气候等自然要素的差异,因此研究方法也是多尺度的结合。中国科学院研究员王小丹在综合生态、地学和人文等观点的基础上归纳了生态环境脆弱性的定义,即生态环境受到外界干扰作用超出自身的调节范围,而表现出对于干扰的敏感程度(王小丹等,2003)。

2.1.2 生态恶化表现形式

党的十八大报告突出了生态文明建设问题,强调人与自然的和谐,经济社会与资源环境的协调发展,体现我国推进生态环境可持续发展的决心,但是遏制生态恶化趋势并不仅仅是一个国家一个地区独立面对的问题,而是全球各国共同的责任。目前,以气候变化为代表的全球生态环境问题日益凸显,已经严重危及人类社会的生存和发展,全球生态安全受到严峻挑战。总体而言,生态恶化的表现形式主要包括以下4个方面。

2.1.2.1 温室效应

全球变暖是指因大气中某些痕量气体(对太阳短波辐射吸收极少,对长波辐射有强烈吸收作用的气体,包括二氧化碳、甲烷、一氧化二氮、氯氟烃及臭氧等30多种)含量增加,

而引起全球平均气温上升的现象（图 2.1）。20 世纪 80 年代以来，随着人口的急剧增加，工业的迅速发展，这种上升趋势更加明显，人类向大气中排入的二氧化碳等吸热性强的温室气体逐年增加（图 2.1 上）。由于这些温室气体对来自太阳辐射的可见光具有高度的透过性，而对地球反射出来的长波辐射具有高度的吸收性，能强烈吸收地面辐射中的红外线，因而使地表与低层大气温度增高。同时，能够有效吸收二氧化碳的森林植被，尤其是热带雨林被大量砍伐，大气的温室效应也随之增强，已引起全球气候变暖、降水再分配、冰川冻土消融、海平面上升、病虫害增加等一系列严重问题，既危害自然生态系统的平衡，又威胁人类的食物供应和生存环境。



图 2.1 温室效应

2.1.2.2 环境污染

环境污染是指人类直接或间接地向环境排放超过其自净能力的物质或能量，从而使环境的质量降低，对人类的生存与发展、生态系统和财产造成不利影响的现象。《环境科学大辞典》对其的解释为：“有害物质或因子进入环境，并在环境中扩散、迁移、转化，使环境系统的结构与功能发生变化，对人类或其他生物的正常生存和发展产生不利影响的现象”，“可以是人类活动的结果，也可以是自然活动的结果，或是上述两类活动共同作用的结果”（《环境科学大辞典》编委会，2008）。而通常意义上的“环境污染”主要是指人类活动所导致的环境质量下降，其表现形式包括：水污染、大气污染、噪声污染、放射性污染和固体废弃物污染等（图 2.2）。环境污染会给生态系统造成直接的破坏和影响，如沙漠化、森林破坏，也会给人类社会造成间接的危害，有时这种间接的环境效应的危害比当时造成的直接危害更大，也更难消除。例如，温室效应、酸雨和臭氧层破坏就是由大气污染衍生出的环境问题。近年来，在全球范围内都不同程度地出现了环境污染问题，具有全球影响的方面有大气环境污染、海洋环境污染、城市环境污染等。随着经济和贸易的全球化，环境污染也日益呈现国际化趋势，危险废物越境转移问题就是这方面的突出表现。



图 2.2 环境污染

2.1.2.3 水土流失

水土流失是指在水力、重力、风力等外营力作用下，水土资源和土地生产力的破坏和损失，包括土地表层侵蚀和水土损失。主要是由于人类对土地的利用，特别是对水土资源不合理的开发和经营，使土壤的覆盖物遭受破坏，裸露的土壤受水力冲蚀，流失量大于母质层育化成土壤的量，土壤流失由表土流失、心土流失而至母质流失，终使岩石暴露。通常多发生在山区、丘陵区，由于雨水不能就地消纳，顺着沟坡下流冲刷，造成水分和土壤同时流失（图 2.3）。导致水土流失的原因有自然原因和人为原因，自然原因主要有地貌、气候、土壤（地面组成物质）、植被等因素；人为原因主要指地表土壤加速破坏和移动的不合理的生产建设活动，以及其他人为活动，如战乱等。引发水土流失的生产建设活动主

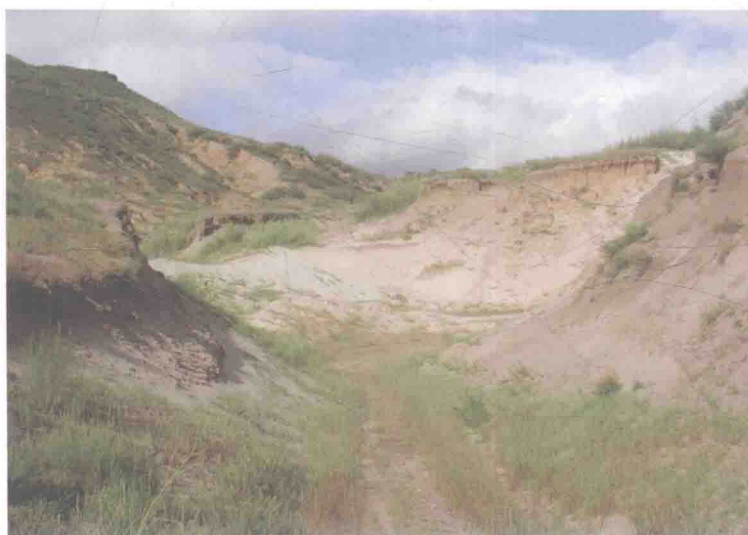


图 2.3 水土流失

要有陡坡开荒、不合理的林木采伐、草原过度放牧、开矿、修路、采石等。水土流失使大量的土地荒漠化，土壤肥力下降，粮食产量低，引起环境质量下降、生态平衡失调，同时也造成了日益频发的沙尘天气，泥沙在河床与水库的淤积，严重威胁河道的防洪安全与水资源的有效利用，泥石流也是水土流失的一种极端表现形式。

2.1.2.4 生态破坏

生态破坏是指人类不合理地开发、利用造成森林、草原等自然生态环境遭到破坏，并超过生态环境承受阈值，从而使人类、动物、植物的生存条件发生恶化的现象。生态破坏造成的后果往往需要很长时间才能恢复，有些甚至是不可逆的。而造成生态破坏的主要原因包括：①乱捕滥猎，过度采挖珍稀动植物；②乱砍滥伐，过度放牧；③毁林、毁草造田，过度垦荒，围湖造田；④不合理地引进物种等。近年来，人类对自然资源的过度开发以及在生产发展过程中对环境的不利影响，使得森林锐减、水土流失、土地沙漠化、土壤次生盐碱化、草场退化、湖泊富营养化的程度日趋严重（图 2.4）。此外，生态破坏还直接导致了全球生物多样性锐减，迄今为止已知的 25×10^4 种高等植物有 2.5×10^4 种处于严重危急状态，而 700 多种高等动物已经灭绝。为此 1992 年在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会上，153 个国家共同签署了《保护生物多样性公约》，并在 2001 年设定每年 5 月 22 日为国际生物多样性日。



图 2.4 生态破坏

2.1.3 生态理论研究进展

当今世界，人类面临着许多共同的生态环境问题。生态环境是影响人类生存与发展的水、土地、生物以及气候等各种资源数量与质量的总称，是关系到社会和经济持续发展的复合生态系统。人类的一切生产和生活既依赖于生态环境，同时又影响着生态环境的发展和变化。生态环境的质量在一定程度上影响着人们的生活质量和生产力的发展水平。因而保护生态环境就是保护生产力，改善生态环境就是发展生产力。生态环境问题一般表现为

环境污染和生态破坏两大类，目前涉及的生态环境问题主要包括：气候变暖、沙尘、草地退化、水土流失、水体富营养化、荒漠化、物种多样化减少、粮食安全和热岛效应等。

20 世纪 60 年代晚期，全球各地一系列的气候异常事件所造成的严重后果，引起了人类对环境演变问题的关注。尤其是非洲 Sahel 地带的旱化，导致大范围的饥荒和大量的人畜死亡，引起国际社会的注目。在生态环境问题引起世界各国普遍重视的情况下，许多学者从理论、实践等多个层次探讨了脆弱生态环境表现形式、形成过程以及治理方法。美国学者 Daniel et al 探讨了荒漠生态系统的水分特征及物质循环、能量流动和信息传输的特点，并研究了荒漠生态环境的景观分布格局。Kovshar et al 研究了俄罗斯干旱环境的保护等问题（蔡海生等，2003）。同时，许多学者研究了干旱区不同地理环境条件下的生态学问题，并对内陆河流域生态环境的空间分异特征进行了研究，强调干旱内陆河流域气候条件，尤其水热条件和地貌特征是植被生态、土壤环境及水环境形成与分异最主要的控制性因素；肖笃宁在景观生态学理论指导下，从生态空间与景观异质性，景观变化模型与未来景观规划，景观系统分析与 GIS 应用的角度研究了我国生态环境存在的一些问题（Xiao, 1996）。李俊梅等研究了气候变化条件下云南地区的生态环境问题，认为云南气候与生态环境发生了明显变化，极端气候事件频繁，生物多样性丧失，生态环境逐渐恶化（李俊梅等，2012）。Michael 综合 105 篇城市生物多样性的研究发现，65% 的研究证实了植物多样性增加，20% 的研究证明无脊椎动物多样性增加，仅 12% 的研究证明脊椎动物多样性的增加。吴敬禄等研究了新疆博斯腾湖水质水量及其演化特征，认为博斯腾湖水质水量共经历了三个不同时期，最近几年水位快速下降，矿化度升高，鱼群种类和产量受到人类的强烈干扰（吴敬禄等，2013）。

近年来，随着全球气候的变暖，气候变化对生态系统的影响日益增强，已经造成了全球性生态环境和生物资源的破坏。气候是影响植物及植被分布的主导因素，气候变暖造成各地区之间不同的湿温差异，造成地表植被时空分布变化具有突出的地域特征。通过分析气候变化对西北地区的生态环境影响发现，全球气候变暖将导致青藏高原森林面积可能增加 6.4%，高山草甸的面积将显著减少，高原山地温性荒漠增加。郑远长研究发现，温暖指数是决定青藏高原东南部山地针叶林分布的主导因子，区域内垂直自然带上限变动幅度在 360 ~ 670m 之间。气候变化对植被的生长发育、生产力、生物量等都将产生极大影响（郑远长，1995）。王根绪等指出，气候的暖干和暖湿变化对高寒草地植被生物量的影响不同，未来 10a 气温将增加 0.44℃，而降水量将增加 8mm，地上生物量将明显减少（王根绪等，2007）。宋怡和马明国研究中国西北植被覆盖变化时发现大部分西北地区植被退化，而陕西、宁夏大部分地区植被增加（宋怡等，2007）。数据显示，在气候变化加剧的情况下，2020 年兴安落叶松适宜分布区域将减 58.1%，2050 年将减少 99.7%，即至 2100 年兴安落叶松适宜分布区将从我国消失。

随着人类社会的发展，人类赖以生存的环境遭受到前所未有的干扰与破坏，使得自然环境要素与整体演变过程发生了变化。人类活动也深刻影响着水文水资源系统，具体方式包括土地利用 / 覆被方式，水资源利用结构的改变以及堤坝与水库的修筑。在全球变化背景下，许多区域受到气候变化长期影响与人类活动累积影响，逐步成为生态脆弱区和敏感区，水文水资源问题成为地理工作者关注的热点之一。人类活动对水文水资源的影响一般