

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

环境水文学 张仁铎编著 广州：中山大学出版社，2005.10

Ⅰ. 环... Ⅱ. 张... Ⅲ. 环境科学：水文学 Ⅳ. X42

I 环... Ⅱ 张... Ⅲ 环境科学：水文学 Ⅳ X42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 12345 号

责任编辑：李海东

封面设计：曹巩华

责任校对：何摇凡

责任技编：何雅涛

出版发行：中山大学出版社

编辑部电话 (020) 85342222, 85342223

发行部电话 (020) 85342224, 85342225

地址：广州市新港西路 113 号

邮编：510275 摇传传真：(020) 85342226

印刷者：中山大学印刷厂

经销者：广东新华发行集团

规格：787mm×1092mm 1/32 张 10 千字

版次印次：2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷

定 价：12.00 元

作者简介

1984年毕业于武汉水利电力大学，1985年赴美留学，在亚利桑那大学分别于1987年和1989年获硕士学位和博士学位。然后在美国农业部—国家实验室作研究，1992年在美国怀俄明大学任教，1995年成为该校终身教授。1996年被教育部聘为“长江奖励计划特聘教授”，在武汉大学就职。现为中山大学“百人计划”第一类引进人才，博士生导师，国际《环境质量杂志》(1997)和《美国土壤学会杂志》(1998)编委。曾获1998年(美国土壤科学学会)云藻增奖和1999年(美国农业科学学会)云藻增奖(这些学会的最高奖励)。共发表学术论文150多篇(其中1998年收录100余篇，1999年收录100余篇)，出版学术专著1部。

内 容 提 要

本书较全面地概括了国内外有关环境水文学方面的知识。全书共分15章，主要介绍水资源和水文循环的各种过程，包括降雨、截流和降雪过程，土壤水和渗流过程，蒸发原蒸腾过程，径流过程，以及地下水变化过程；同时介绍水文过程对环境的作用和影响，包括土壤侵蚀及其控制、河流泥沙及河川过程、湿地水文学；除了讨论水文循环中的水量的时空变化规律外，还讨论水质特性和管理；另外，还介绍水文和流域分析方法以及环境水文学中涉及的社会与经济问题。

本书适合作为环境科学、环境工程、水资源管理、水文地质、土壤科学、农田水利、流域管理、农业生态学、地理学等专业大学生的参考教材，也可用作相关专业科研、教学、工程技术人员的参考书。

前 摇 摇 言

水资源和土地资源是人类赖以生存的最重要的自然资源，因此，环境和流域管理中所涉及的许多主要的课题就是怎样对水资源和土地资源进行管理。水文过程（水量）和水质问题是环境和流域管理中关键的组成部分，同时，我们必须意识到土地生产力、生态系统功能以及河川形态也是环境和流域管理的重要组成部分。也就是说，环境和流域管理不仅需要研究水资源的保护，而且需要研究土地和植被资源的生产能力和持续性。

环境水文学的基础知识对于开发和管理自然资源、利用和保护环境是十分必要的。在水资源项目和环境工程的设计中，比如水库以及其他控制洪水、航运、灌溉和改善水质等项目的设计和管理中，都直接应用到水文学知识。水文学知识还帮助我们去满足供水需要、避免洪水损失和保护江河湖泊的水质等。作为一门应用广泛的学科，水文学与其他许多学科交叉，如地质学、环境科学、土壤科学、气象学、农业科学、生态学、海洋学等。

“环境水文学”是作者在美国怀俄明大学讲授的课程之一，选课的学生包括来自不同院系的 员园多个学科的本科生和研究生，如水文学、环境科学、环境工程、水资源管理、地质学、土壤科学、流域管理、农业生态学、石油工程、土木工程、地理学、气象学等。本书就是在作者多年教学和科研的基础上完成的。

本书共包括 员缘章：第 员章是引言。第 圆章至第 愿章较系统地讨论环境和流域管理中的基本水文学过程，包括降雨、截流和降雪过程，土壤水和渗流过程，蒸发 原蒸腾过程，径流过程，深层渗漏以及地下水变化过程。在土壤和水资源开发利用中忽略土地管理会产生许多负面的影响，在本书中讨论了这类问题的产生和防治。第 怨章讨论土壤侵蚀和土体的稳定性问题。第 员园章介绍土壤和植被的改变怎样影响河流的流量和水质，进而影响到河道的泥沙、形态以及河流的稳定性。由于湿地的重要性正日益重要，所以第 员员章讨论流域管理中的湿地水文学问题。水资源包括水量和水质两个方面，水的污染和水质恶化导致可利用水资源的减少正成为日益严重的环境问题，因此在第 员圆章和第 员猿章中着重讨论水质问题，包括水质特性和水质管理。为了能从现象和观测资料认识到水文过程的机理，第 员源章介绍了一些常用的水文分析方法。近年来，人们越来越认识到上、下游区域联系的重要性，也越来越认识到要解决这些区域问题，以及对许多自然资源问题建立起持续的解决方案，都需要政策的帮助，因此第 员缘章讨论流域管理中的政治、经济和政策方面的问题。书末还附有大量参考文献。

本书的出版得到两项国家自然科学基金（编号：缘缘园怨园和 缘缘园怨园）的部分资助，一并致谢。

张仁铎
圆园园年 员园月

目 录

第 1 章 引言	(1)
1.1 流域管理中的问题及对应策略	(1)
1.2 以全球观点来看待流域管理问题	(2)
1.2.1 土地和水资源的短缺	(2)
1.2.2 水文气候中的极端事件：流域管理的作用	(3)
1.3 流域生态系统管理和累积效应	(4)
1.4 协调流域和行政管理之间的界限	(5)
1.5 预防策略：流域管理的关键	(5)
第 2 章 水资源和水文循环	(6)
2.1 水文循环过程	(6)
2.1.1 降水	(7)
2.1.2 蒸发	(8)
2.1.3 蒸腾	(8)
2.1.4 蒸腾	(8)
2.1.5 渗流	(9)
2.1.6 深层渗漏和地下水补给	(9)
2.1.7 径流	(10)
2.1.8 侧向流	(10)
2.1.9 地下水	(10)
2.2 水资源	(10)
2.3 水文学的重要意义	(11)
思考题	(11)
第 3 章 降雨和截流	(12)
3.1 大气中的水分	(12)
3.2 降水过程	(13)
3.2.1 锋面降雨	(14)
3.2.2 山形降雨	(15)
3.2.3 对流降水	(15)
3.3 降水的测量	(15)
3.3.1 测量方法	(15)
3.3.2 计算平均降雨量的方法	(16)

猿源 降雨的分析方法	(猿园)
猿源员 估计迷失的测量点的降雨量	(猿园)
猿源圆 数据系列的修正	(猿员)
猿源猿 频率分析	(猿圆)
猿源源 降雨深度与面积和时段的关系	(猿猿)
猿缘 截流和净降水	(猿源)
猿缘员 截流的组成部分	(猿源)
猿缘圆 贯穿流	(猿缘)
猿缘猿 干流	(猿缘)
猿缘源 截流过程	(猿缘)
猿缘缘 截流的水文学意义	(猿缘)
猿远 降雨化学	(猿远)
思考题	(猿苑)
第 源章 降雪	(猿苑)
源员 雪资源的测量	(猿苑)
源员员 雪的勘测	(猿苑)
源员圆 遥感方法	(猿苑)
源圆 雪的累积与融化	(猿苑)
源圆员 积雪的变形	(猿苑)
源圆圆 冷容量	(猿苑)
源圆猿 积雪的液态持水能力	(猿苑)
源圆源 积雪的能量平衡关系	(猿苑)
源圆缘 一般融雪公式	(猿苑)
源圆远 温度指数法	(猿苑)
源猿 积雪化学	(猿苑)
源源 预测积雪 原融雪关系的方法	(猿苑)
源源员 融雪的预测	(猿苑)
源源圆 融雪径流的预测	(猿苑)
思考题	(猿苑)
第 缘章 土壤水和渗流过程	(猿苑)
缘员 土壤中的基本关系	(猿苑)
缘圆 土壤水能量	(猿苑)
缘猿 水在土壤中的运动	(猿苑)
缘猿员 达西定律	(猿苑)
缘猿圆 土壤水流运动的一般方程式	(猿苑)
缘猿猿 渗流方程	(猿苑)
缘源 影响渗流过程的因素	(猿苑)

边缘渗流的测量方法	(缘)
思考题	(缘)
第 远章 蒸发 原蒸腾过程	(缘)
远 蒸腾过程	(缘)
远 能量流	(缘)
远 辐射	(缘)
远 能量平衡	(缘)
远 水流运动	(缘)
远 气流运动	(远)
远 蒸发	(远)
远 水体表面的蒸发	(远)
远 地表蒸发	(远)
远 蒸腾	(远)
远 蒸腾的测量	(远)
远 截流量和蒸腾量的关系	(远)
远 植物覆盖的影响	(远)
远 潜在腾发量	(远)
远 实际腾发量的估计	(远)
远 用潜在腾发量估计实际腾发量	(远)
远 水量平衡方法	(远)
思考题	(远)
第 苑章 径流过程	(苑)
苑 影响径流的因素	(苑)
苑 径流过程	(苑)
苑 径流的各个途径	(苑)
苑 山地水文学	(缘)
苑 径流的“多源区域”概念	(苑)
苑 暴雨径流的计算	(苑)
苑 推理方法	(苑)
苑 杂曲线法	(苑)
苑 单位水文曲线	(苑)
苑 河道流量的测量	(苑)
苑 河道流速	(苑)
苑 量水结构	(苑)
苑 河道流量的计算	(苑)
思考题	(苑)

第 8 章 地下水	(80)
8.1 基本概念	(80)
8.2 地下水的储存和运动	(80)
8.2.1 非承压含水层和承压含水层	(80)
8.2.2 含水层特性	(80)
8.3 地下水的开发	(80)
8.3.1 井	(80)
8.3.2 地下水资源的管理	(80)
8.3.3 地下水补给带	(80)
8.4 植被对地下水的影响	(80)
思考题	(80)
第 9 章 土壤侵蚀及其控制	(80)
9.1 侵蚀过程	(80)
9.1.1 水蚀	(80)
9.1.2 风蚀	(80)
9.2 地表侵蚀的测量	(80)
9.2.1 侵蚀实验田块	(80)
9.2.2 侵蚀标杆法和其他方法	(80)
9.3 土壤流失量的预测	(80)
9.3.1 通用土壤流失模型	(80)
9.3.2 改进的土壤流失模型	(80)
9.3.3 水土保持规划	(80)
9.3.4 修正的通用土壤流失模型	(80)
9.3.5 水蚀预测模型	(80)
9.3.6 风蚀模型	(80)
9.4 土壤流失的防止和控制	(80)
9.4.1 土壤流失的防止	(80)
9.4.2 土壤流失的控制	(80)
9.5 沟蚀	(80)
9.5.1 沟蚀的控制	(80)
9.5.2 沟蚀的累积效应	(80)
9.6 土体运动	(80)
9.6.1 土体运动的过程	(80)
9.6.2 影响坡稳定性的因素	(80)
9.6.3 山坡稳定性的评估	(80)
9.6.4 土体运动的积累效应	(80)
思考题	(80)

第 5 章 河流泥沙及河川过程	(5)
5.1 泥沙的运移过程	(5)
5.1.1 泥沙来源	(5)
5.1.2 河道的基本能量关系	(5)
5.1.3 泥沙的运动	(5)
5.2 泥沙的测量和计算	(5)
5.2.1 悬浮质的测量	(5)
5.2.2 推移质的测量	(5)
5.2.3 输沙量	(5)
5.2.4 泥沙平衡	(5)
5.2.5 输沙率	(5)
5.3 输沙量的累积流域效应	(5)
5.4 河流地貌学的基本概念	(5)
5.4.1 河流和泛洪区	(5)
5.4.2 平岸水位	(5)
5.4.3 洪水	(5)
5.4.4 对应于人类活动的河道变化	(5)
5.5 河流评价和分类	(5)
5.5.1 河道的稳定性	(5)
5.5.2 河流分类	(5)
思考题	(5)
第 6 章 湿地水文学	(5)
6.1 湿地类型	(5)
6.1.1 内陆湿地	(5)
6.1.2 海岸湿地	(5)
6.2 湿地的水文功能	(5)
6.2.1 湿地形成的水文条件	(5)
6.2.2 湿地的水量平衡	(5)
6.2.3 湿地的水文作用	(5)
6.2.4 水质	(5)
6.3 开发湿地的影响	(5)
6.3.1 泥炭开采	(5)
6.3.2 农业目的的湿地排水	(5)
6.4 累积效应	(5)
思考题	(5)
第 7 章 水质特性	(5)
7.1 降水化学	(5)

员缘缘员缘员缘酸性降水及其化学组成	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘汞的大气沉积	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘地表水的物理特性	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘悬浮质	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘热污染	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘溶解氧	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘生物化学需氧量和化学需氧量	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘其他特性	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘溶解的化学物质	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘化学物质来源	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘化学物质的运移过程	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘生物特性	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘细菌	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘原生动物	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘用水生生物群作为地表水水质的标示	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘地下水水质	(员缘缘)
思考题	(员缘缘)
第 员缘章 员缘员缘水质管理	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘水质问题和规章制度	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘水质问题	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘保持水质标准	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘法规的实施	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘植被管理和水质	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘水土流失	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘溶解化学物质	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘合成化学物质	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘水中的生物质量	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘道路和水质	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘泥沙	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘化学物质	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘水质监测	(员缘缘)
思考题	(员缘缘)
第 员缘章 员缘员缘水文和流域分析方法	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘选择分析方法的标准	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘水文模型	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘野外实验方法	(员缘缘)
员缘缘员缘员缘田块实验	(员缘缘)

流域范围实验	(152)
流域统计方法	(152)
流域采样方法	(152)
流域基本的统计量	(152)
流域假定检验	(152)
流域回归分析	(152)
流域频率分析	(152)
流域计算机模拟模型	(152)
流域建立计算机模拟模型	(152)
流域计算机模拟模型的应用	(152)
流域地理信息系统	(152)
流域的概念	(152)
流域的应用	(152)
思考题	(152)
第 15 章 环境水文学中的社会与经济问题	(152)
制定政策的过程	(152)
找出和评估需要解决的问题	(152)
确定可行的方案和提出政策	(152)
形成政策及其实施机制	(152)
监督和评估政策的实施	(152)
流域管理的框架及其政策含义	(152)
计划和实施过程	(152)
计划过程：概述	(152)
流域管理计划的关系	(152)
计划过程的步骤	(152)
计划的重复过程	(152)
评估以前的活动和发现问题	(152)
设立目标和建立策略	(152)
实施策略的选择方案	(152)
评估选择方案	(152)
计划的连续过程	(152)
流域措施和项目的经济评价	(152)
经济效益和财务效益的区别	(152)
经济分析的步骤	(152)
定义和定量物理的输入和输出变量	(152)
输入量和输出量的价值	(152)
项目效益的量度	(152)
经济效益分析	(152)

员	对	瑶	流域管理项目的区域影响	(圆	缘
员	对	瑶	非资金性效益和损失的评价	(圆	愿
思考题			(圆	愿
参考文献			(圆	愿

第 1 章 引言

流域管理中的问题及对应策略

流域管理涉及许多非结构措施（如植被管理）和结构措施（如工程措施），具体包括水土保持措施和土地利用规划，还包括修坝，建立保护区，制定修路、伐木和农业森林区的指南以及其他活动指南。在所有的情况下，一个集中点就是：这些活动怎样影响到流域上的水资源和其他自然资源。这里的关键因素是水，流域管理策略就是集中在水资源与其他自然资源的相互关系上。

一方面，流域管理是流域上影响水和被水影响的人类活动的集合方式；另一方面，流域管理包括一系列的方法和技术，包括为了解决涉及水和土地利用关系的问题或潜在问题所使用的物理方法、立法和经济手段等。在实际中，使用自然资源的活动通常由个人、当地政府或掌握土地的团体来进行，但人们往往忽略了这些活动在流域中的相互联系。如图 1-1 所示，上游可能是属于政府控制的森林，中下游可能是居民区、城市、农村等，各地区的活动常常是独立进行的，而很少考虑到地区间的相互影响。每一种土地利用除了影响当地外，对下游还有潜在的影响。因此我们需要进行流域的集约管理，综合考虑各地区各方面的利益。



图 1-1 流域上不同的土地利用类型

流域管理活动包括采取防预性策略和修复性策略。采取防预性策略的目的在于保护已有的持续发展的土地利用活动，修复性策略则用来克服已发现的问题或将某些条件修复以达到环境和政治所需要的水平。虽然两种策略都对应于相同类型的问题，但前一种策略的目标是预防问题的发生，后一种策略的目标则是改变已发生问题的条件。在实际中，这两种策略可能同时进行。应当强调，虽然修复性策略更引人注目，但预防性策略和措施也同样重要。就生态系统而言，防止生产力下降所付出的代价要比修复已恶化的环境以达到相同的效益所付出的代价低得多。表 5.1 总结了流域管理中通常碰到的问题以及解决这些问题的方法（预防性或修复性的方法）。

表 5.1 流域管理方法在解决自然资源问题中的作用

问题	可能的解决方案	对应的流域管理目标
缺水	水库储水和调水	减少进入水库的泥沙，保持流域的植被覆盖，建立局部的集水和储水设施
	植被控制， 减少腾发量	将深根植物转为浅根植物，将针叶树转为落叶树
	人工降雨	保持植被以减少侵蚀
	利用海水	
	抽取深层地下水， 灌溉措施	管理补给区域
洪水	水库储水	减少进入水库的泥沙，保持流域的植被覆盖
	建堤和输水道	减少进入下游渠道的输沙量
	泛洪平原的管理	减少在泛洪区内的人类活动，减少流道的泥沙量
	在扰动区和剥蚀区 重新建立植被	适当的植物和植被覆盖管理
能源短缺	用木材作为燃料	种生长快的树，保持土地生产力，减少侵蚀
	发展水电工程	减少输入水库和河道的泥沙量，保持水质
粮食短缺	发展农业森林系统	保护土地生产力，减少侵蚀，发展适合本地土壤和气候的物种
	增加耕地	改造山坡和很容易受侵蚀的地方，采用等高线耕作，建立梯地等
	增加牲畜量	发展草原系统
	从流域外进口食品	发展造纸、木材和野生动物等森林资源以提高经济基础
	建立控制侵蚀的结构	通过重新建立植被和其他管理来保持结构的使用寿命
	等高线梯地耕作	重新建立土壤植被、地表覆盖，稳定坡度，建立土地使用指南
差的饮用水 质量	用井水和泉水作为饮 用水源	保护地下水不受污染
	供水处理	用湿地或上游森林作为水的过滤地

摇摇续表 猿猿

问题	可能的解决方案	对应的流域管理目标
污染河流 产量 减少	控制进入溪流的污染 物	沿河流建立缓冲带，保持流域的植被覆盖
	污水处理	用森林和湿地作为污水的第二道处理系统

摇摇以全球观点来看待流域管理问题

必须意识到，在世界范围内，自然资源的运用与管理实践不仅仅依赖于流域的物理和生物特性，还依赖于社会体制、经济和社会因素，比如农民的文化背景和政府的性质。所有这些因素必须充分综合到能满足环境、经济和社会目标的流域管理方案之中去。

摇摇土地和水资源的短缺

随着地球上人口的膨胀，可耕地和水资源也变得越来越短缺，这些资源的短缺以及人类对这些资源短缺的应对方式给环境和社会的持续发展带来了挑战，并会引起严重的后果。气候的变化对未来土地和水资源的管理还带来许多不确定因素。现在还不清楚，气候变化（如全球变暖）怎样影响到人类的淡水供应（影响到哪些地方，影响到什么程度）。但有一点是显然的：由于人口膨胀和经济发展，对水的需求量到 猿缘年将会变成比现在严峻得多的问题（灾祸、旱灾、森林、圆用）。

知识、信息和技术无疑将加强我们应对资源短缺的能力，不过，为了充分利用这些能力，就需要综合的、多学科交叉的方法来计划和管理自然资源。缺乏这种方法一直是自然资源管理中存在的问题，正如 云在猿年指出：“在环境政策中，土地和水的问题仍然被看成不同领域的问题，由教育和专业背景相当不同的人员来管理。”结果是，土地和水资源的管理传统上是相互隔绝的。但是我们知道，土地使用影响到流域的水量和水质；反过来，水资源的开发影响到土地的利用。讨论这些自然资源的相互关系是本书的集中点。

水的短缺已引起了全球的关注，被认为是 圆世纪面临的主要环境问题。在 圆年猿月 猿日，联合国举行“世界水纪念日”，并指出淡水的平均需求超出供给达 猿，在未来的 缘年内，猿的世界人口将经受严重缺水。虽然地球上 猿~ 猿的淡水总量应足以供给人口增长的需要，但由于淡水在时间和空间上的不平均分布致使许多地区缺水（圆）。比如在加拿大，人平均淡水量为 圆，而在约旦只有 猿。虽然中国有世界的第三大河流长江，但在中国的 缘个主要城市中，缘个城市供水不足。中国北方居住着全国 猿的人口，为了解决这里严重的供水不足，正在进行“南水北调”工程，即修建一条 缘长的渠道，每年将 缘亿 圆的水从长江调到北方

(水土保持与流域管理) 其他调水线路也正在计划之中。这样庞大的项目对土地和水资源具有巨大的影响,在这种情况下,流域的计划和管理的更为重要。为了帮助和保护投资超过 100 亿美元的三峡水库和大坝,长江上游和中游的流域管理项目已经启动。

在许多发展中国家,农村的贫困加剧了土地的短缺,在这里人们滥伐森林、在陡坡上进行耕作、过度放牧以满足人们对食物和自然资源的需要。流域环境的恶化导致生产力的下降,进而引起更广泛、更过度的土地开发。另一个例子是,灌溉原本用来提高土地的生产力,但不适当的灌溉却会引起土壤流失和盐碱化,反而降低了土地的生产力。当流域条件变坏时,上下游都会受到影响,土地生产力的下降是非持续土地利用的明显标志。至 20 世纪中期以来,在全世界 10 亿公顷的农业耕地、森林和草原中,超过 10% 的土地已经退化,10% 的土地严重退化(杂草丛生,不再产粮,鼠害)。世界上一些贫穷国家和地区的生产力持续下降,沙漠化问题已引起全球的关注。比如在西非,仅 20 世纪的最后 10 年,就有超过 10 亿公顷的农业耕地和草原经历了沙漠化(杂草丛生,不再产粮,鼠害)。

2.1 水文气候中的极端事件：流域管理的作用

由特大暴雨所引起的洪水、滑坡和泥石流以及由长期缺雨引起的干旱代表了水文气候中极端事件的两个方面,这些事件可能导致的灾难和饥荒代表土地和水资源管理者面临的一些最大挑战。即使我们称这些事件为“极端事件”,但应该意识到,洪水和干旱是自然发生的,因此还会再发生,并且不一定是罕见事件。预报什么时候、在什么地方这样的事件会发生,会发生到什么程度还具有很大的不确定性。不过,这些极端事件是否最终会造成灾难取决于它们对人类和自然生态系统的影响。在一定程度上,这种影响程度取决于我们怎样利用自然资源。人类怎样做才能更好地应对这类极端事件?这是自然资源的规划者和管理者以及环境水文学和流域管理的学生们应准备回答的问题。

由于洪水、滑坡和泥石流,全球每年花费上百亿美元用于洪水防治、洪水预报和山坡稳定,而洪水、滑坡和泥石流造成的生命和财产损失仍然令人震惊。通常由于缺少土地,人们开发泛洪平原或其他事件易发地区(如山地),这些人类活动加剧了自然事件造成的灾难。

对于洪水或干旱所造成的灾难的应对措施通常都是短时的和只限于帮助直接受到影响的人们而不是去研究灾害发生的原因。当这些极端事件夺走生命和财产时,会激发起人们去研究怎样去应对它们;但随着记忆的淡忘,这类研究就变得越来越次要,研究资金也越来越少。“危机管理”一词正好说明这种处理问题的方法。那么,为了防止或减轻这类灾害,我们该怎么办呢?对于洪水引起的灾害,这里有 3 种选择:①改变自然系统;②改变人类的行为;③选择①和②的某种结合。应该意识到,不管我们的技术多么先进,自然事件造成的灾难在很大程度上“归功”于人类在流域上的活动行为。

改变自然系统通常是采用工程措施,比如修建水库、堤坝和排水渠来控制洪水。虽然要减轻最极端洪水事件的损失目前还是不现实的,但人们正在使用生物工程和植被管理与工程措施相结合,在一定程度上可控制极端事件的影响。建立任何这类措施需要很好地了

解自然系统及其过程，这些系统怎样发生作用，以及缓解行动怎样影响环境的其他方面。

一般来说，我们可以把表 1.1 中的行动方案分为两类：一类是输送或控制流域上的水，一类是转移或管理流域上的人口。另外，一些方案似乎是水资源管理部门所负的责任，更多的是工程措施；另一些则似乎是由土地管理部门负责，因此更侧重于土地生产或生态。在很多情况下，这种责任的分离和部门间缺乏协调会导致负面影响，并且缺少建立持续发展方案的长远眼光。

现在人们对过度地依赖于工程结构（坝、堤、改河道等）提出质疑，认为这些结构可能会导致以下后果：①导致负面影响；②减少自然河流、泛洪区和河湾的水文作用和环境价值；③给生活在下游地区的人们不真实的安全感。1993 年密西西比河的特大洪水过后的评估进一步证实了这些观点的可取性。

流域生态系统管理和累积效应

仅从过去的一个世纪来看，土地利用和植被的改变已大大地改变了流域的水文特征。以美国为例，从最早的英国殖民开始，大片的自然草原和森林被转为农业耕地，城市和公路系统不断扩张，湿地被抽干，自然河流系统和沿河地区植被被改变。这些土地利用活动影响到了流域、流域的河川系统以及地表水和地下水之间的联系，从而也引起水文条件变化，在许多地区，地表产流和河川径流的形式都发生了改变，河流水质也受到影响。流域管理面临的挑战就是减少这些改变对人类和自然生态系统所造成的负面影响。现在人们更注意保持和修复自然河流系统、沿河系统、湿地和泛洪区，将它们作为保持流域良好的水文条件所必需的集合部分。

作为生态系统管理和分析的基本单位，流域的作用在过去几十年已获得国际上的认可，生态系统管理是基于保持系统的完整性而同时保证人类的利益。比如，在美国沿太平洋的西北地区，应用生态管理的流域方法来解决该地区土地和水资源利用方面的利益冲突，如在使用老森林作为带斑猫头鹰的栖息地和木材生产方面，就曾发生环境、经济和政治上的冲突。同时，人们也关注到伐木和建水电站对当地鲑鱼的影响。处理这些问题就需要使用考虑到土地和水资源的利用以及许多环境影响间的相互关系的流域分析方法。

流域的累积效应是指能产生负面影响的流域活动的综合环境效应（叠加效应）。不同的土地和水资源利用之间存在着相互关系和递增的影响，这些影响可与过去的影响叠加，从而产生更严重的影响。单独看待每一种影响可能是无关紧要的，但这些影响在区域和时间上集合就会变得非常重要。比如在流域的某一部分将森林转为农业耕地会增加地表径流量和泥沙量，在流域的其他部分建设道路和排水也会产生相似的影响，湿地排水会有相同的影响。在某个时段的每一局部地区，这些活动的影响可能是不明显的，不过到了一定阶段，河水流量的增加结合泥沙量的增加就会导致一些河段更经常地发生洪水。对于这些水流和泥沙的变化，河道的调整又会影响到下游，这些变化还会随时间影响水生动物。流域分析方法要求看到流域活动的多重和累积效应，并努力找到陆地和水生生态系统之间的关键联系。