



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

林业生态工程

(林业专业)

主 编 向劲松



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

林业生态工程

(林业专业)

主 编 向劲松
责任主审 王逢瑚
审 稿 郎奎建 王政权



高等教育出版社

02-

内容简介

本书是中等职业教育国家规划教材,是根据教育部2001年颁布的中等职业学校林业生态工程教学基本要求,并参照有关行业的职业技能鉴定规范,以及中级技术工人等级考核标准编写的。

本书主要内容为林业生态工程的概念及作用、综合调查与评价方法、工程建设常用的技术措施、工程建设主要模式、工程建设作业设计的方法、项目管理与施工管理、综合效益评价技术。本书从区域林业生态工程项目调查分析入手,着重介绍了不同区域类型林业生态工程的建设模式,较系统地介绍了林业生态工程项目的调查、分析、设计、设计报告编制及施工管理,重点培养学生从事小范围林业生态工程项目建设作业设计的技能。

本书适用于中等职业学校林业类专业及专门化,也可作为林业企业的职业培训教材和林业职工的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

林业生态工程/向劲松主编. -北京:高等教育出版社,
2002.3

中等职业学校林业专业教材

ISBN 7-04-010399-0

I. 林… II. 向… III. 森林-生态学-专业学校
-教材 IV. S718.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 005947 号

林业生态工程

向劲松 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

电 话 010-64054588

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

邮政编码 100009

传 真 010-64014048

经 销 新华书店北京发行所

排 版 高等教育出版社照排中心

印 刷 北京市鑫鑫印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 10.75

字 数 250 000

版 次 2002 年 3 月第 1 版

印 次 2002 年 3 月第 1 次印刷

定 价 13.20 元

本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前言

人类面临着环境、人口、资源三大难题，尤其是环境问题，已引起世界各国的普遍关注。在我国，水土流失的环境问题，尤其在山区、丘陵区 and 风沙区，水土保持是生态环境建设的主体，只有控制水土流失，才能为农业生产和生态环境建设创造条件，而防治水土流失必须强调综合治理，生物与工程相结合；工程是应急保障措施，生物，尤其是林业生态工程是长远的战略性措施和根本性措施。在水土流失地区，只有大力恢复森林植被，生态环境才能根本改善。在平原区、沿海地区，风灾危害常常使农作物遭受损失，防风林带（网）建设尤为重要。在城市和开发建设项目区，环境的恶化更为令人担忧，增加绿地覆盖面积，也是改善生态环境的重要措施。恢复植被，保护森林，建设林业生态工程，已成为世界各国的共识。

本教材根据国家《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的实施职业教育课程改革和教材建设规划的要求，依据教育部 2001 年颁布的中等职业学校林业专业林业生态工程教学基本要求编写。

本教材的主要内容包括：林业生态工程概念及作用，建设区域综合调查与评价方法，林业生态工程建设常用的技术措施，林业生态工程建设主要模式，林业生态工程建设作业设计的方法、项目管理与施工管理，综合效益评价技术等。全书从林业生产管理实际出发，突出体现了中等职业教育的特点，注重实践性和技能性。在强调生态思维观念的培养，列举治理保护措施与开发利用措施，介绍山丘区、平原区、风沙区、沿海区、工矿区等类型的林业生态工程的建设模式的同时，强调培养林业生态工程项目作业设计与工程项目施工管理的能力。全书还重点围绕小流域林业生态工程建设，增强实验、实训内容的系统性与实用性。本教材不仅是中等职业学校林业专业主干课教材，还可用于环境生态类专业人员的培训，也可作为生态环境建设工作人员的参考用书。

本教材由四川农业大学向劲松副教授主编并统稿。国家林业局退耕还林（草）办公室李世东高级工程师、河北省林业局科技与国际合作处吴庆辉编写。第 1、6 章由李世东编写，第 2、5 章由吴庆辉编写，第 3、4、7 章由向劲松编写。本书在送交全国中等职业教育教材审定委员会审定之前，特邀请国家林业局防治荒漠化管理中心胡培兴高级工程师审阅。本教材在编写过程中，始终受到国家林业局人教司、国家林业局职业教育研究中心、林业职业教育教学指导委员会和高等教育出版社的关怀和指导，特别是李葆珍、黄桂荣和苏惠民同志从本专业各主干课教材编写思路的拟定，到编写提纲的落实，都给予了具体的指导，在此谨表示衷心的感谢。

在编写本教材过程中，参考了相关专著和教材，引用了大量文献中的研究成果、数据，在此谨向作者们致以深切的谢意。同时，应该感谢东北林业大学郎奎建教授、四川农业大学 3S

中心与四川自然资源保护与发展培训中心，他们为教材提供了部分图、表。本教材编写人员力图将国内外这个领域的新经验、新成果、新理论编入教材之中。但是，由于作为林业生态工程课程教材，本书的编写在国内尚属首次，加之限于我们知识水平与实践经验有限，缺点和错误在所难免，热切地希望读者提出批评意见，以便今后改正与提高。

编 者

2001年6月

责任编辑	薛 尧
封面设计	于文燕
责任绘图	朱 静
版式设计	马静如
责任校对	胡晓琪
责任印制	张小强

目 录

第 1 章 林业生态工程概论	(1)
第一节 林业生态工程的概念与作用	(1)
一、生态工程	(1)
二、林业生态工程的概念	(2)
三、林业生态工程的作用	(4)
第二节 我国林业生态工程的现状与趋势	(9)
一、我国林业生态工程的简要回顾	(9)
二、我国生态环境建设面临的新形势	(12)
三、我国林业生态工程发展目标	(13)
四、我国林业生态工程建设重点与布局	(14)
第三节 国外林业生态工程建设现状	(16)
一、美国“罗斯福工程”	(16)
二、前苏联“斯大林改造大自然计划”	(17)
三、北非 5 国“绿色坝工程”	(17)
四、日本“治山计划”	(18)
五、法国“林业生态工程”	(18)
六、加拿大“绿色计划”	(18)
七、菲律宾“全国植树造林计划”	(19)
八、印度“社会林业计划”	(19)
九、韩国“治山绿化计划”	(19)
十、尼泊尔“喜马拉雅山南麓高原生态恢复工程”	(19)
复习思考题	(19)
第 2 章 林业生态工程建设区域调查与分析	(20)
第一节 建设区域综合调查内容	(20)
一、建设区域自然环境条件调查的内容	(20)
二、建设区域自然资源调查的内容	(21)
三、建设区域灾害调查的内容	(21)
四、建设区域社会经济情况调查的内容	(22)
第二节 综合调查与评价技术	(23)
一、自然资源的调查与评价	(23)

二、水土流失调查评价	(26)
三、社会经济系统调查分析	(32)
复习思考题	(34)
第3章 林业生态工程的技术措施	(35)
第一节 水土流失综合防治技术措施	(35)
一、林草措施	(35)
二、农业措施	(37)
三、工程措施	(37)
第二节 自然资源综合利用	(38)
一、生物资源利用方式	(38)
二、能源利用方式	(40)
三、旅游资源利用方式	(44)
第三节 农林复合经营技术	(48)
一、农林复合经营的概述	(48)
二、农林复合经营的几种主要类型	(49)
三、农林复合经营的设计	(50)
复习思考题	(53)
第4章 林业生态工程的系统建设模式	(54)
第一节 山丘区林业生态工程建设	(54)
一、山丘区水土保持技术措施	(54)
二、山丘区水土保持林业生态工程体系构成及其配置	(60)
三、山丘区水土保持林业生态工程的配置典型	(64)
第二节 平原、沿海区与风沙区林业生态工程建设	(68)
一、农田防护林	(68)
二、沿海防护林	(70)
三、风沙区防护林	(75)
第三节 城市与工矿区劣地林业生态工程	(83)
一、劣地及其类型	(83)
二、废石堆置地与贫瘠废弃地的植被恢复	(83)
三、高陡边坡绿化	(85)
复习思考题	(86)
第5章 林业生态工程的规划设计	(87)
第一节 林业生态工程的规划设计	(87)
一、林业生态工程的规划设计概述	(87)
二、林业生态工程总体规划	(89)
三、区域林业生态工程规划的编制	(89)
第二节 作业设计	(92)

一、作业设计的任务	(92)
二、作业设计的主要内容	(92)
三、作业设计成果	(92)
四、单项林业生态工程设计	(98)
复习思考题	(100)
第6章 林业生态工程项目管理	(101)
第一节 林业生态工程项目管理的程序	(101)
一、项目的基本概念	(101)
二、林业生态工程实行项目管理的意义	(101)
三、林业生态工程项目管理的程序	(102)
第二节 林业生态工程项目管理内容	(103)
一、发展林业生态工程的管理对策	(103)
二、施工管理	(107)
第三节 检查验收	(108)
一、一般要求	(108)
二、造林种草合格标准和保存合格标准	(109)
三、县级检查验收	(109)
四、国家级、省级检查验收	(110)
复习思考题	(112)
第7章 林业生态工程的综合效益评价	(113)
第一节 林业生态工程综合效益评价方法	(113)
一、综合效益的基本含义	(113)
二、综合效益基本特征	(114)
三、林业生态工程综合效益评价	(115)
第二节 林业生态工程综合效益的经济计量评价方法	(116)
一、森林涵养水源效益	(117)
二、森林保持水土效益	(118)
三、森林改良土壤效益	(119)
四、森林改善小气候效益	(120)
五、森林碳氧平衡效益	(121)
六、森林抑制风沙效益	(121)
七、森林游憩效益	(122)
八、林业生态工程经济效益	(123)
第三节 林业生态工程综合效益定量评价方法	(124)
一、评价指标及指标体系	(125)
二、综合效益评价方法	(129)
三、指标权重确定方法	(130)

四、综合效益评价的工作步骤	(130)
复习思考题	(132)
实 验	(133)
实验 1 利用地形图进行流域地形地貌调查	(133)
实验 2 小流域社会经济条件统计方法	(133)
实验 3 水土流失区域的参观调查	(135)
实验 4 小流域治理措施选设	(135)
实验 5 小流域土地利用规划	(136)
实验 6 防护林造林设计	(137)
附 录	(138)
附录 1 新华村小流域实训材料	(138)
附录 2 于家寨水库下游右岸小流域实训材料	(141)
附 表	(149)
附表 1 水土保持林与水源涵养林主要适宜树种	(149)
附表 2 农田防护林与防风固沙林主要适宜树种	(150)
附表 3 护路护岸林与风景林主要适宜树种	(151)
附表 4 草牧场防护林主要适宜树种	(153)
附表 5 环境保护林主要适宜树种	(153)
附表 6 生态公益林主要造林灌木、草种	(154)
附表 7 生态公益林主要适播乔木、灌木、草种	(155)
附表 8 生态公益林造林主要树种初植密度	(155)
主要参考文献	(158)

第1章 林业生态工程概论

第一节 林业生态工程的概念与作用

一、生态工程

生态工程是在 20 世纪 60 年代以来,全球生态危机的爆发和人们寻求解决对策以及强调资源环境保护的宏观背景下应运而生的,它是应用生态学中一门多学科渗透的新分支学科。

20 世纪 60 年代以来,全球生态危机表现为人口激增、资源破坏、能源短缺、环境污染和食物供应不足,所有这些虽然是人类面临的共同问题,但在不同的国家和地区表现不尽相同。西方发达国家面临的主要是由于高度工业化和强烈集约型的农业经营带来的环境污染和其他社会问题。发展中国家面临的不是单纯的环境污染问题,而是由于人口增长、资源破坏、生产不足和环境污染综合发作的“并发症”。某些国家或地区的落后、愚昧、贫穷交织在一起,使当地社会陷于恶性循环的泥潭而不能自拔。这些国家不但要保护资源和环境,更迫切的是要以有限的资源生产出足够的产品,达到高产、优质、高效、低耗,以供养日益增长的人口。现实不允许这些国家仿效发达国家的模式,他们必须立足本地资源和条件,去寻找适合于自己发展的途径和技术,为了提供这样的发展途径和技术,就应运而产生了生态工程。

就生态工程的应用来说,我国已有数千年的历史。我国是世界上最大的农业国,有数千年精耕细作的传统和经验,其中“轮套种制度”、“垄稻沟鱼”、“桑基鱼塘”等,就是相当成熟的生态工程模式。然而,作为一个独特的研究领域,生态工程的研究仅有几十年的历史。我国学者马世骏教授早在 1954 年即提出生态工程设想、规划与措施。1962 年美国 H.T.Odum 首先使用了生态工程(Ecological engineering)一词。1989 年,马世骏等参与了美国 Mitsch, W. J. 和丹麦 Jorgensen, S.E. 主编、多国学者参编的世界上第一本生态工程专著《Ecological Engineering》。这本专著的问世成为生态工程学作为一门新兴学科诞生的起点。他们将生态工程定义为“为了人类社会及其自然环境两者的利益面对人类社会及其自然环境进行设计”,“它提供了保护自然环境,同时又解决难以处理的环境污染问题的途径”,“这种设计包括应用定量方法和基础学科成就的途径”。

1997 年王如松将生态工程定义为:“是一门着眼于生态系统的持续发展能力的整合工程技术,它根据生态控制论原理去系统设计、规划和调控人工生态系统的结构要素、工艺流程、信息反馈关系及控制机构,在系统范围内获取高的经济和生态效益。它不同于传统末端治理的环境工程技术和单一部门内污染物最小化的清洁生产技术,生态工程强调资源的综合利用、技术

的系统组合、科学的边缘交叉和产业的横向结合,是中国传统文化与西方现代技术有机结合的产物。”简言之,生态工程是生态系统的人工设计、施工和运行管理。

20世纪90年代以来,在以马世骏院士为首的中国生态学家的倡导下,我国城乡生态工程建设蓬勃发展。农业、林业、渔业、牧业及工业生态工程模式如雨后春笋不断涌现,取得了显著的社会、经济和生态效益,并获得国际学术界好评。在许多典型的示范区,通过生态工程建设,农村能源问题、粮食增产问题、环境治理问题、农村剩余劳力问题等都获得了较好的解决。在各行各业的生态工程建设的实践中,生态工程主要类型可划分为:农业生态工程、林业生态工程、渔业生态工程、牧业生态工程和工业生态工程等。

二、林业生态工程的概念

(一) 林业生态工程的概念及特点

林业生态工程是生态工程的一个分支,是根据生态学、林学及生态控制论,设计、建造与调控以木本植物为主的人工复合生态系统的工程技术,其目的在于保护、改善与持续利用自然资源与环境。它传统的森林培育与经营技术相比具有5个明显的区别(表1-1)。

表1-1 林业生态工程的特点比较表

项 目	传统造林与经营	林业生态工程
对 象	宜林地或有林地	多种地类的区域(如流域)
培育目的	提高林地生产率、林地的可持续利用与经营	提高整个系统的经济效益与生态效益,实现系统的可持续经营
培育类型	森林生态系统(人工或天然)	人工复合生态系统,如农林复合、林牧复合
培育结构	以木本植物为主体;关心木本植物与环境,木本植物种间关系,林分结构功能、物流与能流	以所有物种为对象;关心整个区域所有物种种间关系与物质循环,整个系统的结构功能、物流与能流
培育措施	只考虑采用林业的综合技术措施	考虑采用各类土地上采用的综合措施,即“山水田林路综合治理”

(二) 林业生态工程的内容

林业生态工程的目标是建造某一区域的以木本植物为主体的优质、高效、稳定的复合生态系统,生态工程与林业生态工程的主要内容见表1-2。

表 1-2 生态工程与林业生态工程主要内容

项 目	生态工程	林业生态工程
系统的分析与评价	查清区域系统的自然环境与社会经济条件	查清区域系统的自然环境与社会经济条件
生物种群的选择	首先选择适生品种,在其基础上进行最佳“品种”的选择	“生物群落建设工程”:选择“种类”,并按“时间”与“空间”顺序“安置”
生物种群结构布置	通常生物群落越复杂,系统的生产力、稳定性高,群落的平面结构与垂直结构应科学匹配	
生物与环境的节律调控	促使生物节律与环境节律和谐一致	
环境因子的调控	改良不利的环境因子,主要改良对象是水、土、热量、光照、营养等方面	“环境改良工程”:“蓄水整地”、“径流汇集”、“人工沙障”、“水保工程”、地面覆盖保墒、吸水剂应用、低湿地排水
食物链的“加环”与“减链”	开发废物的多级利用;阻止污染物富集于人体	“生产性食物链”:“加环”;“加链”“减耗性食物链”:“控制害虫”;“人工干扰食物链”:“人工取代”
生物产品加工	收获资源的再加工,提高产品价值	收获资源的再加工,提高产品价值
生态工程效益预评估	包括生态、经济与社会效益的预评估	包括生态、经济与社会效益的预评估

(三) 林业生态工程的类型

按建设目的的不同,林业生态工程分为以下几类:

1. 山丘区林业生态工程 主要是保护、改善山丘区水土资源。
2. 平原区林业生态工程 主要是减轻冷热风对农作物的伤害,改善平原景观。
3. 风沙区林业生态工程 主要是防治风沙对农作物、人们生命财产的破坏。
4. 沿海林业生态工程 主要是减少台风、暴雨、海啸对人们生产生活的破坏。
5. 城市林业生态工程 主要是改善城市环境质量,为人们提供良好的环境。
6. 水源区林业生态工程 主要是涵养水源,减轻洪涝灾害。
7. 复合农林业生态工程 主要是实现自然界水分、养分、阳光等物质、能量的时间、空间最佳利用。
8. 防治山体灾害林业生态工程 主要是防止山体坍塌、泥石流等危害。
9. 自然保护林业生态工程 主要是保护物种资源,提高生物多样性。
10. 污染区林业生态工程 主要是净化空气,吸附尘埃,减轻工业“三废”污染。

三、林业生态工程的作用

(一) 涵养水源

森林改变了降水的分配形式,其林冠层、林下灌草层、枯枝落叶层、林地土壤层等通过拦截、吸收、蓄积降水,涵养了大量水源。根据原林业部、中国科学院和大专院校的森林生态定位监测结果,我国热带、亚热带、温带和寒温带4种气候带54种森林综合涵养降水能力的值在40.93~165.84 mm之间,中间值为103.40 mm,即森林一次涵养降水能力在100 mm左右,相当于1 000 L/hm²。一年中森林涵养降水量与当地降水总量、降雨强度和降雨频率等密切相关,高的可达2 000 mm以上。

1. 森林的林冠层截留降水 森林对降水重新分配的第一步是林冠截留。根据对四川省长防林的林冠截留研究结果,林冠一次截留降水量为1.2~13.9 mm,占降水量的2.3%~50%。由于小雨机会多,大雨频率少,林冠一年截留降水量的百分比一般要高于某一次截留降雨量的百分比,一般在10%以上。

2. 森林的枯枝落叶层截持降水 森林对降水重新分配的第二步是枯枝落叶层截持。枯枝落叶层的吸水能力很强,持水率一般在300%以上,即是自身重量的3倍以上。我国亚热带部分森林的枯枝落叶层的持水量范围为1.63~6.29 mm,平均值为3.66 mm。

3. 森林的土壤层蓄水 森林对降水重新分配的第三步是林地土壤蓄水。森林土壤表层的枯枝落叶分解后形成腐殖质,增加了土壤中的有机质,使森林土壤有良好的团粒结构、较高的渗透性和较大的非毛管孔隙度,一场76 mm的中等程度降雨就能被森林土壤完全吸收,不会形成超渗地表径流。

4. 我国水量平衡的特点与森林涵养降水的重要性 水量平衡中的人海径流量是集水区内各种消耗后剩余的水量,它与降水量的比较值,反映了集水区下垫面涵养降水的能力以及湖库塘坝蓄积、生产和生活消耗水量的大小,入海水量占降水量的比值越小,表明下垫面涵养降水的能力强,水资源被蓄积、开发、利用程度高。根据水量平衡的研究结果,我国外流区域的径流量与降水量的百比值为45%,比世界平均值37%高了8个百分点,说明我国江河注入大海的淡水要高于世界平均水平,降水被蓄积和生产、生活等利用的比率低,这与我国西高东低的地形、降水季节差异大等因素有关,也与我国流域的下垫面的状态恶劣、植被涵养降水能力低有关。

(二) 调节径流

森林对河川径流的影响主要表现在两个方面:一是影响河川径流总量,二是调节河川径流的分配,减少洪水流量,增加枯水期流量,即增加有效径流量,从而增加了可供人们利用的有效水量。

1. 森林对河川径流总量的影响 森林对河川径流的影响,目前意见不尽一致,不同的研究尺度、不同的研究地区其结果存在着分歧。国外的研究表明:小流域尺度森林植被的增加将减少径流总量,其中针叶林、硬木落叶林、灌木林、草本植物对流域径流总量的影响呈递减趋势。国内的研究也证明,森林植被增加,减少了流域径流总量,特别是在干旱少雨地区,森林减少径流作用比较明显,但在多雨地区,因为有气候、降水、地形、地下水等隐性增水因素存

在, 森林对径流总量的影响力下降。

2. 森林对河川径流的调节作用 森林对河川径流的调节作用主要表现在: 削减了洪峰流量; 推迟了洪峰到来时间, 增加了枯水期流量、推迟枯水期的到来时间, 减小洪枯比, 像径流均匀调节器一样, 提高了河流全年流量的均匀程度, 增加河流的有效流量, 真正达到“青山常在, 绿水常流”。国外的研究表明, 森林覆盖率每增加 2% 时, 约可以削减洪峰 1%, 当流域森林覆盖率达到最大值即 100% 时, 森林削减洪峰的极限值为 40% ~ 50%。国内的研究也表明, 对于 10 km² 以下的小流域, 森林可以削减洪峰的能力可达到 50% 以上。随着观测尺度的增大, 对于 100 km² 以上的中大流域, 由于其支流域降雨强度、时间的不一致等因素, 森林削减洪峰的能力有所下降。根据北京林业大学的观测研究, 山西省黄土区水土保持林对洪峰流量有显著的削减作用, 清水河流域面积 435 km², 从 20 世纪 60 年代到 80 年代末, 森林覆盖率从 25.31% 增加到 57.88%, 增加了 30%, 削减最大洪峰流量达 44%。就黄土高原平均而言, 森林流域洪峰径流模数比无林流域小 10 倍以上, 洪水历时延长 2 ~ 6 倍。森林土壤中的涵蓄水、地下水, 在平枯期间不断地渗入江河, 推迟了枯水期的到来, 增加了河流平枯期的流量。丰枯比是最大月流量与最小月流量的比值, 它的大小与流域表层的粗糙度、渗透性、拦截降水、涵蓄降水等能力密切相关。从表 1-3 可见, 森林覆盖率高的渭水河、黑河、子午河、褒河和石头河的丰枯比在 100 以下, 而森林覆盖率低的汾河、汴河、月河和武关河的丰枯比都在 100 以上, 说明多林流域能减少丰水月流量、增加枯水月流量, 起到了消洪减枯作用。

表 1-3 陕西秦岭九条河流丰枯比

项 目	渭水河	黑河	子午河	褒河	石头河	汾河	汴河	月河	武关河
森林覆盖率/%	75	73	66	57	57	42	40	37	34
丰水月与枯水月的比值	96	82	70	59	67	114	159	168	154

(三) 减少土壤侵蚀

土壤侵蚀引起的土壤退化留给人类的教训是深刻的, 由于植被破坏, 雨季来临时, 山体受冲刷, 水流夹着泥沙、一泻无阻, 涌入江河湖库, 水流减速后, 挟沙力降低, 泥沙沉积下来, 于是水库淤积、湖面缩小, 河床抬升甚至堵塞, 上演着一幕幕生态悲剧。“森林海绵体”能保护土壤, 减少土壤侵蚀, 避免江河湖库的泥沙淤积, 提高水利设施的效用。森林对土壤的保护作用突出表现在两个方面: 一是阻止和减小降雨对土壤的直接冲击, 二是减小地表径流及其对土壤的冲刷, 减少和消除了外部动力对土壤的侵蚀动能, 保护了土壤。从国内已有的研究看, 目前关于森林保护土壤效能的观测研究主要集中在如下 4 个方面。

1. 森林减少水土流失面积 我国目前水土流失面积 3.67 亿 hm², 其中水蚀 1.79 亿 hm², 风蚀 1.88 亿 hm², 每年损失表土 60 亿 t, 平均侵蚀模数达 1 635 t/km²·a⁻¹。森林植被通过阻止并减小水力、风力等侵蚀因素的动力, 减少水土流失面积。广东省韶关、梅县和肇庆三个地区 13 个县的研究结果表明, 随着各县森林覆盖率从 16.40% 上升到 69.59%, 水土流失面积占土地面积的百分比则从 34.55% 下降到 7.58%。

2. 森林减少土壤侵蚀量 土壤侵蚀的后果常常是灾难性的, 直接威胁到人类赖以生存发展的基础。我国是世界上土壤侵蚀最严重的国家之一, 如果按土层厚度 80 cm 计算, 相当于每年损失 60 万 hm² 的耕地, 相当于 3 个中等县的面积。同时, 损失氮磷钾约 4 000 万 t, 折合经

济损失 20 多亿元。森林通过减少雨滴对土壤的冲击、减少地表径流对土壤的冲刷,有效地保护了土壤。从表 1-4 可知,陕西秦岭地区森林覆盖率高的渭水河、黑河、西水河和洵河年均土壤侵蚀模数只有 120~250 t/km²,而森林覆盖率低的丹江、嘉陵江、坝河、南洛河年均土壤侵蚀模数却高达 545~1 680 t/km²,这说明多林流域的土壤侵蚀量小。

表 1-4 陕西秦岭八条河流土壤侵蚀模数指标

河流名称	渭水河	黑河	西水河	洵河	南路河	坝河	嘉陵江	丹江
森林覆盖率/%	75	73	67	50	44	37	35	34
土壤侵蚀模数/t·km ⁻²	120	165	153	250	545	1 420	1 680	951

3. 森林减少河川径流的输沙量 我国河流的输沙量逐年增大,前景堪忧。目前,全国每年进入江河的输沙量 35 亿 t,入海泥沙 18.5 亿 t,其中黄河流域输沙量最大,平均年输沙量和入海沙量分别占全国的 53%和 60%,长江流域次之,分别为 21%和 26%。森林通过减少土壤侵蚀,也减少了进入江河的泥沙量。“黄土高原水土保持林体系综合效益的研究”结果表明:晋西黄土区水土保持林具有强烈地减少流域侵蚀和产沙量的作用,无林流域的产沙量比森林流域高 33.4 倍,少林流域比多林流域的产沙量高 4.3 倍,森林相对拦沙效益达到 75.53%。

4. 森林减少泥沙淤积 泥沙淤积严重影响水资源的开发利用。我国土壤年侵蚀泥沙除流入大海外,其余 39 亿 t 多淤积在坝堤沟塘、江河湖库,其中 14 亿 t 淤积在下游干流河道湖泊内。长江流域每年土壤侵蚀量 22.4 亿 t,其中进入干流的输沙量达 5.3 亿 t,除去入海泥沙 4.7 亿 t 外,其余大多数淤积在坝堤沟塘、干流河湖内,严重影响了长江流域的水资源开发利用;长江中游的荆江段,因泥沙淤积,河床抬高,洪水期水面已高出地面 10 多米,形成“地上悬河”。森林的减沙防淤效果相当突出,从表 1-5 可知,森林覆盖率高的水库,年库容减少率大大低于森林覆盖率低的水库。

表 1-5 四川部分水库森林覆盖率和泥沙淤积关系表

项 目	黑石堰	嘉陵江上游水库	天台水库	群英水库	光明水库
森林覆盖率/%	65	60	20	7	5
库容年减少率/%	0.22	0.22	0.51	1.07	2.43

(四) 净化水质

森林对水质的影响作用,一是森林能吸收净化大气降水中的污染物质;二是森林能减少江河湖库水中的含沙量;三是森林对降水中的化学元素,“多则吸,少则补”,确保径流中化学元素不出现过高、过低的水平;四是森林可以改善部分水质指标。

1. 森林吸收净化大气降水中的污染物质 森林被形象地称为“大地之肺”,森林的林冠层、土壤层能吸收、吸附大气降水中携带的各种物质,包括被有关标准规程确定的 85 种有机污染物和铅、镉等无机污染物质,从而减少了穿透雨中的污染物浓度,详见表 1-6。