



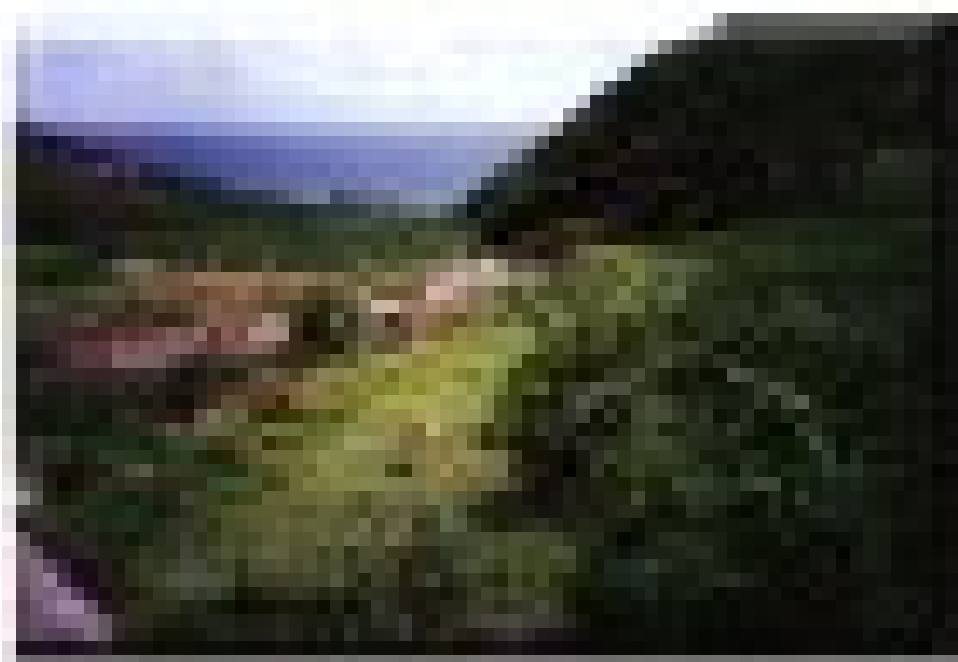
# 山地灾害与

# 生态工程

SHANDI ZAIHAI YU SHENGTAI GONGCHENG

周跃 著

云南科技出版社



山地

生

10

本书承华夏英才基金资助出版

# 山地灾害与生态工程

周 跃 著

云南科技出版社  
·昆明·

**图书在版编目(CIP)数据**

山地灾害与生态工程/周跃著. —昆明:云南科技出版社,2004.7

ISBN 7-5416-2016-5

I. 山... II. 周... III. 生态系统—应用—山地—地质—自然灾害—防治 IV. P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 075951 号

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码:650034)

滇黔桂石油勘探局昆明印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:13.25 字数:300 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

印数:1~1000 定价:35.00 元

## 内容提要

本书《山地灾害与生态工程》是一本介绍生态工程在水土流失、滑坡、泥石流等山地灾害防治中的运用的专业参考书。它以生态工程为主要介绍和讨论内容,以山地灾害防治作为运用实施领域,突出展示以灾害防治为目的的坡面生态工程的基本原理与方法。本书试图在土壤侵蚀控制工程和植被科学之间构筑一座桥梁,一方面介绍了植被作为生态工程材料的原理和工程作用,让传统工程从业人员初步了解生物学和生态学的相关原理和植被修复知识,知道最起码的植物作为工程材料的有关基础理论。另一方面,它也展示了生物学家的知识如何用于工程目的,如何参与解决工程问题,并介绍了坡面生态工程的技术体系,及其工程实践案例。从这两个方面入手,为坡面生态工程的规划设计提供理论与技术参考。本书可供工程技术人员、科研院所专业人员和大专院校师生,以及相关单位领导和科技、工程管理人员参考使用。

## 作者简介

周跃,昆明理工大学环境科学与工程学院教授,博士学位(英国赫尔大学),博士生导师,昆明理工大学环境科学研究所所长,享受国务院特殊津贴专家。从事植被侵蚀控制、水土保持生态工程、工矿区生态建设与土地复垦、流域治理与可持续发展、环境政策等有关的研究已有十多年经历,其中7年在英国留学和工作。已完成和在研的科研项目30多项,获得近20次国家基金、云南省基金、其他省部基金、国外基金资助,主持国家和云南省研究项目18项。已在国内外发表论文近60篇,其中多篇进入SCI,出版学术专著3部。获得云南省自然科学一等奖和二等奖各一次,获中科院和云南省科技进步二等奖和三等奖各一次。

# 前 言

## 一

滑坡、泥石流和坡面土壤侵蚀是主要的山地环境灾害,虽然是山地过程的自然结果,但它同时受自然和人为的双重影响,造成严重的经济、社会灾难。自然环境经受着来自不同方面的破坏力,植被作为一个积极因素平衡着各种破坏因素,维持自然景观的稳定。一旦植被受到破坏或者被彻底清除,坡面不稳定性就可能突显出来。人们充分利用植被对坡面过程的作用,把植被用于坡面稳定和侵蚀控制等工程目的,开创和发展了山地环境整治的生态工程途径。

近年来,随着人们环境意识的提高,工程建设与自然环境的融合更加受到关注。由于生态工程具有与自然环境的兼容性与景观建设的可持续性的鲜明特点,这种趋势使生态工程得以迅速发展。长远来看,传统的土木工程技术(水泥等灰色工艺或非生物建造)是不可持续的,高造价的和需要不断维修的。由于植物的生物生态学属性,它是自我建造、自我维持并随环境的变化而变化,因而是可持续的、作用增强的和环境和谐的。这是生态工程在许多情况下越来越多地部分或全部替代传统工程技术的原因。

不少科学技术门类在早期的发展过程中都会出现实践超前而理论滞后的现象,这在生态工程的发展历程中表现十分典型。目前,生态工程在世界上已经存在了半个多世纪,有大量的成功案例和实践经验积累,但是它的学科基础、基本原理,特别是定量分析方法仍未得到充分完善。但是,我们不能再等 50 年让其科学基础完善并成为一门真正的科学技术之后再来大力推广、运用这一潜在的科学技术。由于它的成功实践和巨大需求,有大量的理论探索和实践积累工作摆在人们面前。因此,不但业内人士要加紧深入探索,还有必要让更多的人了解和关注生态工程。

## 二

鉴于生态工程的发展现状和它面临的迫切需要,作者出版了这本书,目的是开阅读者视野,展示生态工程目前的实际运用、成功案例和潜在价值以及它的技术体系和可能的运用领域,讨论对其科学原理的认识现状,介绍其理论基础的不足和存在的问题。这本书名

为《山地灾害与生态工程》,但是它以生态工程为主要介绍和讨论内容,以山地灾害防治作为运用实施领域,突出展示以山地灾害防治为目的的坡面生态工程的基本原理与方法。对于业内人士,作者不可能、也不试图让这本书成为一本生态工程实用手册或技术指南,而是阐述和分析生态工程的科学基础,解释植被成为工程材料的原因,减轻人们在进行生态工程规划设计时的困惑,为他们进行植物材料工程性状的定量分析提供思路,更好地把生态工程引入工程实践。基于这样的定位,本书不详细介绍和分析坡面生态工程所涉及学科领域的原理和方法,比如生命科学、地球科学以及土木工程等,读者在需要时可以详细查阅这些内容和相关领域众多的专业文献资料。

坡面生态工程是一个交叉性很强的领域,涉及广泛的学科和技术领域。《山地灾害与生态工程》试图在常规工程和植被科学之间构筑一座桥梁。一方面让土木工程从业人员初步了解生物学和生态学的相关原理和植被修复技术,知道最起码的植物作为工程材料的有关基础理论。与此同时,本书为生物学家展示他们的知识如何用于工程目的,如何参与解决工程问题构筑了一个平台。从这两个方面入手,本书为生态工程的规划设计提供了理论与技术参考。由于学科领域跨度大,这本书力争受益于更大范围的读者。通过阅读这本书,地貌学家可以得到植被与地貌变迁关系的启发,景观设计师可以找到山地灾害防治中的环境美学问题,政府有关部门能够通过对生态工程途径的了解为生态环境建设找到更好的目标与要求。

应该指出,《山地灾害与生态工程》对于学术界来讲也许并不容易被接受,因为其内容和深度还不充分,其行文方式也不完全符合科学规范。比如,对于生态学家来讲,本书不讨论一个给定的自然环境遭到破坏后能否恢复或者植被能否恢复的问题,而把这些问题留给其他的文献去解决。对于工程技术人员来讲,因为没有全面、完整和系统的定量分析,本书缺乏直接的实践指导作用。而且,不像许多已经走向成熟的其他科学技术的专著,本书的许多例证来自仅有的研究案例和专家学者,这些研究和实践可能还没有得到广泛的关注与认同。这是多学科、交叉性、整合性科学技术门类早期的特点。

### 三

基于上述考虑,《山地灾害与生态工程》在一般介绍和讨论有关内容时,着重介绍了植被作为生态工程材料的原理和工程作用,介绍坡面生态工程的技术体系。全书分为七章。第一章是一般性介绍,让读者从总体上了解坡面生态工程。第二章简要介绍山地灾害,阐述坡面生态工程的实施对象,提出其存在和发展的前提。第三章是重点,阐述生态工程的科学基础,采用前人和作者的研究案例,尽量采用定量分析方法,讨论植被与坡面过程关系等相关原理。第四章进一步阐述生态工程的特点,介绍植被用于生态工程的生物生态学属性,以及植物材料的生态工程性状。第五章作为本书的重点介绍坡面生态工程技术

体系,介绍了国内外当前采用的主要技术门类和具体技术手段、实用性和优缺点,以及这些技术手段的选用条件。第六章在前一章的基础上,提出生态工程的规划、实施和设计内容、基本方法和一般步骤,让读者了解一项生态工程项目是如何开展的,包括哪些内容。第七章提供大量的运用案例,让读者进一步从中了解生态工程,了解它的多个侧面。在此基础上,第七章还讨论了生态工程今后的发展趋势与需要拓展的环节。

由于作者学识水平和实践经验积累不足,本书一定存在这样那样的缺点和谬误。作者为此深表歉意,并希望广大读者提出批评和进一步修改、完善的建议。谢谢!

作 者

2003 年 11 月

# 目 录

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 第一章 绪 论               | (1)  |
| 1.1 坡面生态工程的概念         | (1)  |
| 1.2 坡面生态工程与其他科学技术的关系  | (2)  |
| 1.2.1 生态工程的涵义         | (2)  |
| 1.2.2 在生态工程中的地位       | (3)  |
| 1.2.3 与其他科学技术的关系      | (4)  |
| 1.3 坡面生态工程的基本内容       | (4)  |
| 1.3.1 目标确定与规划设计       | (4)  |
| 1.3.2 立地环境评价与改造、控制    | (5)  |
| 1.3.3 植物种类的对比与选择      | (5)  |
| 1.3.4 群落设计与节律匹配       | (5)  |
| 1.3.5 植物群落营造          | (5)  |
| 1.3.6 工程造价概预算         | (6)  |
| 1.3.7 效益监测与评估         | (6)  |
| 1.4 坡面生态工程发展简史        | (6)  |
| 1.4.1 在国外的发展          | (6)  |
| 1.4.2 在国内的发展          | (7)  |
| 1.5 坡面生态工程的认识和发展现状    | (8)  |
| 第二章 山地灾害及其生态工程防治综述    | (10) |
| 2.1 山地灾害的概念           | (10) |
| 2.1.1 关于山地和灾害         | (10) |
| 2.1.2 山地灾害的概念         | (10) |
| 2.1.3 山地灾害的后果         | (11) |
| 2.2 山地灾害的分类及特征        | (12) |
| 2.2.1 山地灾害的分类         | (12) |
| 2.2.2 山地灾害的属性特征       | (12) |
| 2.2.3 山地灾害的区域规律       | (14) |
| 2.3 山地灾害的主要类型         | (14) |
| 2.3.1 流体运动类山地灾害的概念与特征 | (14) |

|                         |                         |      |
|-------------------------|-------------------------|------|
| 2.3.2                   | 流体运动类山地灾害的形成条件 .....    | (19) |
| 2.3.3                   | 块体运动类山地灾害的概念与特征 .....   | (21) |
| 2.3.4                   | 滑坡和崩塌发生的环境与形成条件 .....   | (22) |
| 2.4                     | 山地灾害的防治及其途径 .....       | (25) |
| 2.4.1                   | 我国的山地灾害防治 .....         | (25) |
| 2.4.2                   | 防治途径 .....              | (25) |
| 2.5                     | 生态工程的灾害防治特点 .....       | (28) |
| 2.5.1                   | 植被的灾害防治作用 .....         | (28) |
| 2.5.2                   | 生态工程途径的特点 .....         | (29) |
| 第三章 坡面生态工程的植被作用原理 ..... |                         | (35) |
| 3.1                     | 土壤—植被系统理论 .....         | (35) |
| 3.1.1                   | 土壤植被系统的概念 .....         | (35) |
| 3.1.2                   | SVS 的生物生态学和生态工程属性 ..... | (36) |
| 3.1.3                   | 土壤植被系统的生态工程意义 .....     | (38) |
| 3.2                     | 植被侵蚀控制原理 .....          | (39) |
| 3.2.1                   | 坡面过程及其受植被的影响 .....      | (39) |
| 3.2.2                   | 与植被作用有关的坡面稳定性分析 .....   | (39) |
| 3.2.3                   | 斜坡不稳定性的类型及其受植被的调节 ..... | (40) |
| 3.3                     | 植被影响坡面过程的突出作用 .....     | (41) |
| 3.4                     | 植被的水文效应 .....           | (43) |
| 3.4.1                   | 降雨截留 .....              | (43) |
| 3.4.2                   | 削弱滴溅侵蚀 .....            | (44) |
| 3.4.3                   | 提高土壤渗透 .....            | (47) |
| 3.4.4                   | 抑制地表径流 .....            | (47) |
| 3.4.5                   | 控制地表土壤侵蚀 .....          | (50) |
| 3.4.6                   | 土壤湿度的调节 .....           | (52) |
| 3.4.7                   | 土壤表面板结 .....            | (53) |
| 3.4.8                   | 植被侵蚀控制综合水文作用 .....      | (54) |
| 3.5                     | 植被侵蚀控制的水力学效应 .....      | (57) |
| 3.5.1                   | 雨滴溅蚀能量受植被的影响 .....      | (58) |
| 3.5.2                   | 地表径流形成时间受植被的影响 .....    | (58) |
| 3.5.3                   | 地表径流的土壤分离能力受植被的影响 ..... | (58) |
| 3.5.4                   | 径流沉积物搬运能力受植被的影响 .....   | (58) |
| 3.5.5                   | 地表物质沉积过程受植被的影响 .....    | (58) |
| 3.6                     | 植被的机械效应 .....           | (59) |
| 3.6.1                   | 土壤加强作用 .....            | (59) |
| 3.6.2                   | 斜向支撑作用 .....            | (64) |

|       |                            |       |
|-------|----------------------------|-------|
| 3.6.3 | 地表负荷作用 .....               | (72)  |
| 3.6.4 | 风力传导 .....                 | (72)  |
| 3.6.5 | 木本植物的楔劈作用 .....            | (72)  |
| 3.6.6 | 水文效应和机械效应的综合作用 .....       | (72)  |
| 第四章   | 植物作为生态工程材料的生物学与工程学分析 ..... | (75)  |
| 4.0   | 前 言 .....                  | (75)  |
| 4.1   | 植物材料的生物学分析 .....           | (75)  |
| 4.1.1 | 植物的结构和生长型 .....            | (75)  |
| 4.1.2 | 生态工程材料的基本类型 .....          | (81)  |
| 4.2   | 植物群落特征 .....               | (82)  |
| 4.2.1 | 种类组成特征 .....               | (82)  |
| 4.2.2 | 群落结构特征 .....               | (83)  |
| 4.2.3 | 植物群落的节律性 .....             | (84)  |
| 4.2.4 | 植物群落的动态特征 .....            | (84)  |
| 4.3   | 植物材料的生态工程学分析 .....         | (86)  |
| 4.3.1 | 植物材料的工程属性 .....            | (86)  |
| 4.3.2 | 植物根系的强度 .....              | (86)  |
| 4.3.3 | 植被工程性状的可变性与可靠性 .....       | (89)  |
| 4.3.4 | 不同类型植物材料工程性能的比较 .....      | (90)  |
| 4.4   | 植物材料选择的生态学基础 .....         | (92)  |
| 4.4.1 | 植物、生态因子与环境 .....           | (92)  |
| 4.4.2 | 植物对光的要求 .....              | (92)  |
| 4.4.3 | 植物对温度的要求 .....             | (93)  |
| 4.4.4 | 植物对水的要求 .....              | (93)  |
| 4.4.5 | 植物对土壤的要求 .....             | (93)  |
| 4.5   | 生态工程材料的植物种类选择 .....        | (94)  |
| 4.5.1 | 选种的环境指标 .....              | (94)  |
| 4.5.2 | 选种的生物学指标 .....             | (96)  |
| 4.5.3 | 选种的工程指标 .....              | (98)  |
| 4.5.4 | 选择植物的基本思路 .....            | (98)  |
| 4.5.5 | 本地植物与外来植物 .....            | (99)  |
| 第五章   | 坡面生态工程的技术体系 .....          | (100) |
| 5.1   | 概 论 .....                  | (100) |
| 5.1.1 | 作用与任务 .....                | (100) |
| 5.1.2 | 技术体系的特点 .....              | (100) |
| 5.1.3 | 技术体系的构成 .....              | (102) |

|                                        |       |
|----------------------------------------|-------|
| 5.2 整地工程技术 .....                       | (103) |
| 5.2.1 整地的方法 .....                      | (103) |
| 5.2.2 整地的季节 .....                      | (106) |
| 5.3 覆被工程技术 .....                       | (106) |
| 5.3.1 坡面保护技术组合 .....                   | (106) |
| 5.3.2 斜坡稳定技术 .....                     | (110) |
| 5.3.3 混合结构技术 .....                     | (123) |
| 5.3.4 附加结构技术 .....                     | (130) |
| 5.4 管护工程 .....                         | (131) |
| 5.4.1 施 肥 .....                        | (132) |
| 5.4.2 灌 溉 .....                        | (132) |
| 5.4.3 地表处理 .....                       | (133) |
| 5.4.4 地面覆盖 .....                       | (133) |
| 5.4.5 剪草和修枝 .....                      | (133) |
| 5.4.6 固定植株 .....                       | (133) |
| 5.4.7 病虫控制 .....                       | (133) |
| 第六章 坡面生态工程规划与设计 .....                  | (134) |
| 6.0 前 言 .....                          | (134) |
| 6.1 坡面生态工程规划 .....                     | (134) |
| 6.1.1 规划的基本原则 .....                    | (135) |
| 6.1.2 规划类型 .....                       | (136) |
| 6.1.3 规划内容 .....                       | (136) |
| 6.1.4 规划方法与步骤 .....                    | (138) |
| 6.2 坡面生态工程设计 .....                     | (140) |
| 6.2.1 工程设计的任务和阶段划分 .....               | (140) |
| 6.2.2 工程设计的基本原则 .....                  | (140) |
| 6.2.3 工程设计的主要内容 .....                  | (141) |
| 6.2.4 设计文件编制 .....                     | (144) |
| 6.3 规划设计综合评价 .....                     | (144) |
| 6.3.1 评价原则 .....                       | (144) |
| 6.3.2 评价依据与方法 .....                    | (145) |
| 6.4 坡面生态工程规划案例:滇西北地区水土流失综合防治总体规划 ..... | (145) |
| 6.4.1 概 况 .....                        | (145) |
| 6.4.2 水土流失现状及区域差异 .....                | (145) |
| 6.4.3 原有水土保持工作和经验(略) .....             | (149) |
| 6.4.4 水土流失综合防治总体规划 .....               | (149) |
| 6.4.5 综合防治规划 .....                     | (152) |

|                                        |       |
|----------------------------------------|-------|
| 6.4.6 自然保护区水土流失治理规划 .....              | (156) |
| 6.5 技术经济指标和效益评价 .....                  | (157) |
| 6.5.1 投入指标计算(略) .....                  | (157) |
| 6.5.2 进度指标计算 .....                     | (159) |
| 6.5.3 效益指标计算 .....                     | (159) |
| 6.6 实施规划的保障措施(略) .....                 | (161) |
| 6.7 坡面生态工程设计案例:腾—固公路建设水土流失控制 .....     | (161) |
| 6.7.1 项目区环境条件和水土流失状况 .....             | (161) |
| 6.7.2 公路建设的水土保持工程要求 .....              | (163) |
| 6.7.3 防治措施体系及总体布局 .....                | (164) |
| 6.7.4 弃渣场生态工程设计 .....                  | (164) |
| 6.7.5 取土场水土保持措施设计 .....                | (168) |
| 6.7.6 临时施工便道和临时场地生态工程设计 .....          | (169) |
| 第七章 坡面生态工程案例分析与发展前景 .....              | (172) |
| 7.1 案例一:热带亚热带香根草侵蚀控制和坡面保护的运用 .....     | (172) |
| 7.1.1 香根草的生物生态学特征 .....                | (173) |
| 7.1.2 香根草的生态工程运用 .....                 | (173) |
| 7.1.3 使用香根草的成本 .....                   | (174) |
| 7.2 案例二:意大利高山地区的侵蚀控制 .....             | (174) |
| 7.2.1 草地种植技术 .....                     | (175) |
| 7.2.2 相关的研究和开发 .....                   | (176) |
| 7.2.3 结果与讨论 .....                      | (176) |
| 7.3 案例三:英吉利海峡隧道工程弃土场边坡整治工程 .....       | (177) |
| 7.3.1 前期的研究和实验 .....                   | (177) |
| 7.3.2 建立植物群落 .....                     | (179) |
| 7.4 案例四:尼泊尔东部山区侵蚀控制和公路边坡保护 .....       | (179) |
| 7.4.1 环境条件与坡面不稳定性 .....                | (179) |
| 7.4.2 生态工程设计思路 .....                   | (179) |
| 7.4.3 初步措施的失败 .....                    | (179) |
| 7.4.4 最后的方案 .....                      | (181) |
| 7.4.5 经 验 .....                        | (182) |
| 7.5 案例五:中国广东花岗岩丘陵山地侵蚀控制的坡面生态工程实践 ..... | (182) |
| 7.5.1 前 言 .....                        | (182) |
| 7.5.2 地表面蚀控制 .....                     | (183) |
| 7.5.3 沟道侵蚀控制 .....                     | (183) |
| 7.5.4 治理效果 .....                       | (184) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 7.6 案例六:台湾地区流域管理的坡面生态工程 ..... | (184) |
| 7.6.1 前 言 .....               | (184) |
| 7.6.2 流域森林管理 .....            | (184) |
| 7.6.3 应用基础研究 .....            | (185) |
| 7.6.4 保护效果 .....              | (186) |
| 7.7 案例七:西非海岛侵蚀控制的坡面生态工程 ..... | (186) |
| 7.7.1 前 言 .....               | (186) |
| 7.7.2 侵蚀问题与解决办法 .....         | (187) |
| 7.7.3 生态工程技术 .....            | (187) |
| 7.7.4 工程效果 .....              | (187) |
| 7.8 坡面生态工程今后有待解决的问题 .....     | (188) |
| 7.8.1 克服不确定性 .....            | (188) |
| 7.8.2 建设数据库 .....             | (189) |
| 7.8.3 完善技术体系 .....            | (189) |
| 7.8.4 工程设计 .....              | (190) |
| 7.8.5 开拓与创新 .....             | (191) |
| 7.9 坡面生态工程的发展前景 .....         | (191) |
| 参考文献 .....                    | (192) |

# 第一章 绪 论

在过去几十年里,欧美许多学者,如 Gray 和 Sotir(1997)、Bacher 和 MacAskill(1984)、Schiecht 和 Stern(1996a, 1996b)等人,都一再强调植被对坡面过程的作用及其用于斜坡保护的重要性。Morgan 和 Rickson(1995)指出,总的来说,植被在保护陆地景观方面发挥着重大作用;与植被清除地区相比,植被发育良好的地区的侵蚀发生率相对较低。研究表明,破坏植被,尤其是破坏森林植被会降低坡面的稳定性(Tsukamoto 和 Kusakabe, 1984)。许多研究人员已经发现了植被与块体运动和泥石流的发生频率之间的因果关系(Centeri, 2002; Ekanayake, Watson 和 Rowan, 1997)。人们对植被作用的认识在不断深化,使植被越来越成为控制侵蚀和稳定斜坡的一个有效手段。

“坡面生态工程”(Slope Eco - engineering)是 20 世纪中后期才提出来的多学科、多技术门类相互渗透的应用学科领域,是生态工程(Eco - engineering)的一个重要方面(Gavino, Novillo 和 Marcelo, 2002)。目前,坡面生态工程已经在全球范围内受到广泛的关注,对其研究取得了快速的进展,对其的应用实践更取得巨大的成功。这门技艺正逐渐向一门真正的科学技术发展,它在环境建设和土木工程方面的影响一直在扩大。它在我国生态环境建设中负有不可替代的使命,正在发挥越来越大的作用。

从提出到现在只有近半个世纪的时间,坡面生态工程还是一个发展历程很短的年轻领域,它所包含的理论和方法以及它的技术体系都处在开拓和探索阶段。虽然来源于当前国内外比较普遍的理解,这本书中的不少概念、提法和认识也同样处于讨论和逐步完善之中。但是,如同任何一个新学科、新领域的建立都要经过一个漫长的过程一样,坡面生态工程还需要一个相当长的时间加以丰富和完善,使其成为一门成熟的科学技术。

本章对坡面生态工程进行总体介绍和一般讨论。

## 1.1 坡面生态工程的概念

最简单的理解,坡面生态工程就是指把生物(主要是植物)作为主要材料组分用于陆地表面的保护和修复工程的,具有一定结构与功能的人工或半自然的工艺体系或工艺过程,它主要致力于陆地表面侵蚀性灾害的防治,以及各种自然或人工边坡的加固和养护。我们通常所说的水土保持生物工程就属于这一范畴。坡面生态工程具有广泛的含义,其应用内容随地区差异有相应的变化。本书主要介绍和讨论的是它在山地灾害防治中的运用。

从本质上来看,坡面生态工程的是一条利用太阳能和生物活动等自然力进行人工建造和人为调控的途径,具有与大自然相互兼容和自我可持续发展的特征。从学科分类来讲,坡面生态工程的理论支撑属于应用科学,具体属于应用生态学的范畴。它以自身独特

的属性区别于传统的土木工程技术。坡面生态工程的相关原理和技术体系在本书第三章、第四章和第五章介绍。

在英国等西方国家,人们把生物用于环境保护和工程建设目的途径最早称作“生物工程”(Bioengineering),后来改为“生态工程”(Eco-engineering)(Nordin, 1993, 1995)。在美国这一途径称为“生物加固技术”(Biotechnical Stabilisation)和“土壤生物工程”(Soil Bio-engineering)(Nordin, 1993)。Morgan 和 Rickson(1995)对它下的定义为:把植被应用于斜坡稳定和侵蚀控制的途径和技术。这一工程技术已广泛应用于包含中国在内的许多发达和发展中国家,各国、各地区根据自己的理解和当地的情况对它的称呼各有不同,比如 Sotir(1995)的“土壤生物工程”,Barker(1990)的“绿色工程”,Howell 等人(1991)的“植被结构体”,Nordin(1995)和 Backer(1990)的“生态工程”,Stiles(Stiles, 1988)的“生物建筑体”或“绿色建筑体”,Matthias Oplatka 等人(1996)则使用“坡面生物工程”,等等。在不少文献和参考书中,“生物工程”这一术语通常指运用植被保护和修复坡面的工程建设。“生物工程”这一术语同样也在其他研究领域内使用,比如医学和遗传学,常常易引起混淆。这本书采用 Morgan 和 Rickson(1995)对这一生物学途径的定义,对其的称谓使用“坡面生态工程”的提法,突出其斜坡保护、侵蚀控制和山地灾害防治的运用范畴。这比较结合中国的情况,而且较为准确,不易混淆。

## 1.2 坡面生态工程与其他科学技术的关系

### 1.2.1 生态工程的涵义

美国著名的生态学家 H.T. Odum (1971)把生态工程解释为“为了控制生态系统,人类应用来自自然的能源作为辅助能,对环境进行的控制、管理的途径,是对传统工程的补充”;欧洲学者把生态工程理解为是“基于生态学知识、利用技术手段管理生态系统,以减轻人为活动对环境的干扰的技术体系”(Stiles, 1988)。在我国,马世骏(1984)给出的定义是“应用生态系统中物种共生和物质循环再生原理,结构与功能协调原则,结合系统的最优化方法设计的,促进多层分级利用物质的工艺系统”;熊文愈(1986)认为“生态工程是生态系统的工程,是系统工程与生态系统的结合,即利用分析、调整、决策、规划、模拟、预测、设计、实施、管理和评价等系统工程技术,是对生态系统进行设计和管理的技术”。

归纳起来,生态工程可以定义为:应用生态学、经济学、地理学的有关理论和系统论的方法,以生态环境保护与经济的可持续发展为目的的,对人工生态系统、人类社会生态环境和资源进行保护、改造、治理、调控、建设的综合工艺技术体系或综合工艺过程。

按其直接目的划分,生态工程可以分为三大门类(表 1-1)。一是以生态环境治理为主要目标的环境整治工艺过程,比如我国开展的十大林业工程项目、西部山区的退耕还林还草工程、工矿区的生物复垦与绿化工程、环境污染控制工程、湖泊富营养化控制工程等等。二是自然保护区建设为主要目的环境保护工艺过程,比如自然保护区和公园体系建设、生物物种多样性保护工程等等。三是在实现生态效益的同时,满足人民物质需求的物质生产工艺过程,比如农业生态工程、生态农业示范工程、生物药品工艺等等。这些不同的分类等级和不同的亚类不是绝对独立的,在许多情况下它们有不同程度的关系和

交叉。根据生态工程的发展,第三级甚至第二级分类还将进一步细化,增加更多的亚类。

表 1-1 生态工程的分类

| 一级分类:<br>按生态工程的实施目的<br>划分 | 二级分类:<br>按环境性质或产业类型的<br>划分      | 三级分类:<br>按生态工程的产业(或行业)类型的划分                                                      |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 生态建设门类                 | (1) 侵蚀灾害(水蚀)防治生态工程 <sup>A</sup> | (1) 水土保持生态工程<br>(2) 山洪、泥石流防治生态工程<br>(3) 滑坡、崩塌防治生态工程<br>(4) 石漠化防治生态工程             |
|                           | (2) 风沙灾害防治生态工程 <sup>B</sup>     | (1) 风灾防治生态工程<br>(2) 沙漠化防治生态工程                                                    |
|                           | (3) 污染灾害治理生态工程                  | (1) 工业污染治理生态工程<br>(2) 农业污染治理生态工程<br>(3) 城镇污染治理生态工程                               |
|                           | (4) 环境修复生态工程                    | (1) 工矿区土地复垦生态工程<br>(2) 水体富营养化治理生态工程                                              |
| 2. 环境保护门类                 | (1) 自然保护区建设生态工程                 | (1) 山地生态系统保护生态工程<br>(2) 湿地生态系统保护生态工程<br>(3) 旱区生态系统保护生态工程<br>(4) 其他特色地理区域生态系统生态工程 |
|                           | (2) 建设项目工程保障生态工程                | (1) 工程边坡加固与保护生态工程<br>(2) 周边植被环境保护生态工程                                            |
| 3. 物质生产门类                 | 农业(大农业)生态工程                     | (1) 种植业生态工程<br>(2) 林业生态工程<br>(3) 畜牧水产业生态工程                                       |

A 实际上与 B 属于同一大类,这里强调水蚀与风蚀类灾害的差别而将其分开。

1.2.2 在生态工程中的地位

从对生态工程的讨论中可以看出,坡面生态工程是生态工程的一个重要方面。从表 1-1 中可以看出,它包含在一级分类中的第一和第二大类中,主要涉及侵蚀灾害(水蚀)和风沙灾害的防治、山地环境修复和土地生态复垦、各种自然或人工边坡的加固和保护。在实施内容上,它主要解决陆地表面的土壤侵蚀控制和坡面保护问题;在地域范围上,它可以是在一个区域、一个小流域或一个具体坡段上实施。