

河道

生态建设

——植物措施应用技术

◎ 韩玉玲 岳春雷 叶碎高等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

河道生态建设

——植物措施应用技术

韩玉玲 岳春雷 叶碎高 严齐斌
李贺鹏 陈友吾 邵利萍 赵聚国 著
江锦红 王云南 应聪慧 聂国辉



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是一本应用植物措施进行河道生态建设和水生态修复的图书。该书全面阐述了植物措施在河道生态建设应用的理论基础,提出了不同类型河道物种选择及植物群落构建的原则和技术要点,建立了河道植物和河道植物群落综合评价指标体系,推荐了河道生态建设常用优良植物种类和健康稳定的植物群落模式,并进行了典型案例剖析和植物措施应用效益分析。

本书可供从事水利和林业生态建设的规划、设计、管理、科研人员学习、应用,也可供大中专院校师生和从事河道、水库生态建设的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

河道生态建设:植物措施应用技术/韩玉玲等著. —北京:中国水利水电出版社, 2009
ISBN 978-7-5084-6698-9

I. 河… II. 韩… III. 植物-应用-河道-生态环境-建设-研究 IV. X321

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第131099号

书 名	河道生态建设 —— 植物措施应用技术
作 者	韩玉玲 岳春雷 叶碎高 等 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社装帧出版部
印 刷	北京鑫丰华彩印有限公司
规 格	210 mm × 285 mm 16开本 15印张 295千字
版 次	2009年7月第1版 2009年7月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	68.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究



序

河流是生态系统的重要组成部分，是连接陆地生态系统和海洋生态系统的桥梁与纽带。自然状态下，河岸带特殊的生境是各种生物生活和栖息的天堂。然而，人们为了汲水、沐浴、嬉戏，采取砍伐、火烧等手段清除河岸带植被，以形成一条条能免除荆棘羁绊、蛇蝎攻击和猛兽威胁的通道；人们为了农业生产、城镇建设，对河流（或河道）裁弯取直、侵占滩涂，与水争地；人们为了行洪排涝、灌溉供水，渠化、硬化河道；人们为了交通运输，建设码头、缩窄河道。凡此种种，不一而足，这些看似体现“以人为本”理念的做法，其带来的结果却与人们的初衷背道而驰。原来可以淘米、洗菜的河水，现在连洗衣、洗脚都不行了；原来养育着肥美鱼虾的河水，现在连虫子都少见了……

随着工程技术的发展，人类整治、改造河道的能力迅速提高，不仅能铲除河岸带植物，也能通过改变生境控制植物的生长。然而，河流形态直线化、河道断面规则化、护岸材料硬质化虽然提高了河道行洪排涝和通航能力，却破坏了河流的自然生态系统，导致了河道生物多样性降低，河水自净能力下降，使河流失去了原有的生命力。

今天，有识之士重新诠释了“以人为本”的内涵，重新审视了人类对河流的干预，提出了“尊重自然，人水和谐”的治水理念，河道建设应以维持河流生态系统的生物多样性、维持河流健康生命为前提，提倡用生态工程技术保护河岸，维持水域、陆域生态系统之间的相互联系。

如果说人类文明的基础是人与人之间的相互理解、相互尊重，那么生态文明的基础就是对生态系统的理解与尊重。人类的建设活动应该建立在理解生态系统、尊重生态系统存在与演替规律的基础之上，在生态系统能够承载的限度之内索取人类生存、发展所需的物质资源和环境资源，最终实现人与自然和谐相处、社会经济可持续发展的目标。

河岸带植物具有固岸护坡、保持水土、拦截过滤、净化水质、生态修复、改善环境、调节气候、美化景观等作用。河道植物不仅在河流发挥生态功能方面具有不可替代的作用，也为动物、微生物提供食物和栖息地，为河流生物多样性奠定了基础。采用植物措施



进行河道生态建设涉及水利、环保、生态、林业等多个学科，是一项复杂的系统工程，需要有关部门相互协作、共同努力。限于对河道的建筑材料及河道植物的认识，一些地方在河道建设中采取的植物措施仍然存在着园林化、单一化的问题。浙江省科技厅和水利厅针对这一情况，组织水利、林业、环保等领域的专家，开展了“万里清水河道”建设植物措施应用研究。项目组经过多丰不懈的努力，通过试验、示范和推广应用，总结并提炼出了一套适宜于河道生态建设的植物措施应用技术。同时，将这些植物措施应用实践与项目研究成果相结合，总结、提高并编纂出版，完成了科研成果及时向基础应用技术的转化职能，利国利民，值得推荐。该书全面阐述了植物措施在河道生态建设应用的理论基础，提出了不同类型河道植物种类选择及植物群落构建的原则和技术要点，建立了河道植物和河道植物群落综合评价指标体系，推荐了河道生态建设常用优良植物种类和健康稳定的植物群落模式，并进行了典型案例剖析和植物措施应用效益分析。该书提出的应用植物措施解决河道生态问题的方法和技术，既有一定的理论探索意义，又有很强的工程实用价值。希望这本跨学科、跨行业的应用型专著，在把浙江省“水清、流畅、岸绿、景美”的治河目标与模式展现给大家的同时，也能为我国应用植物措施进行水生态修复和河道生态建设提供有力的技术支持，为人与自然和谐共处的生态治水事业作出积极的贡献。

中国工程院院士

中国水利水电科学研究院水资源所所长

2009年6月
于北京



前言

河流是水资源、水环境、水文化的重要载体，是全球生态系统的重要组成部分，同时又是连接陆域生态系统与海洋生态系统的桥梁和纽带。河流本身又是具有生命的有机体，其所到之处都充满生机。河流健康状况，直接影响其功能的正常发挥。而河流生态安全，则直接影响生态文明建设。

然而，在以往的河流整治活动中，或是建设用地的要求，或是防洪、航运的需要，或是形象壮观的追求，或是从事河流整治人员的专业局限等诸多人为因素，改变了河流的天然形态，出现了过度“三化”（河流形态直线化、河道断面规则化、护岸材料硬质化）的河道。随着人类活动的急剧扩张，河流在一天天走向枯萎，曾经洁净万物的本源惨遭污染，河水不再清澈、鱼虾不再肥美、环境不再优雅、景色不再宜人，河流功能日益衰弱，健康状况堪忧，迫使人们重新思考使河流回归自然的可能性。人们逐渐认识到维持河流生物多样性和河流生命活力的重要性，积极探索河道生态建设的新方法、新技术，采取各种生态方法和工程技术使受损河流尽可能恢复至近自然状态，发挥其生态服务功能。为消除人类活动对河流系统的不利影响，西方发达国家和日本较早开展了河道生态人工修复研究，积极修建生态河堤，恢复河岸植被。我国在河道生态修复与建设方面的研究工作起步较晚，20世纪90年代后期，受欧美等一些发达国家的影响，开始重视水利工程设计和施工对生态环境的影响，并对河岸带植被的结构和功能、河道生态护坡（岸）的理论和技術等方面进行相关研究探索。2003年，浙江省全面启动了以“水清、流畅、岸绿、景美”为总目标的“万里清水河道建设”工程。为防止河道建设中出现过度“三化”现象，减少工程建设对生态系统产生的负面影响，浙江省水利厅和浙江省科技厅先后组织水利、林业、生态、水土保持等领域的专家开展了“河道建设植物措施应用调研”和“植物措施在‘万里清水河道建设’的应用研究”。项目组经过多年不懈的努力，通过试验研究和示范工程建设，总结提炼形成了一套完整、成熟、有效的河道生态建设植物措施应用技术。为进一步推广应用项目研究成果，满足各地河道生态建设的迫切需要，项目组成员撰写了《河道生态建设——植物措施应用技术》。



本书共分8章。第1章介绍国内外河道建设现状及发展趋势，总结植物措施在河道建设中的重要作用；第2章阐述现代水利工程学、生态学、环境科学、植物学等领域与河道生态建设植物措施应用技术有关的基础理论与基本原理；第3章提出河道生态建设植物种类选择原则和要点，并针对不同类型、不同功能河道和河道的不同河段、不同坡位的特点，推荐优良植物种类；第4章提出河道生态建设植物种类配置原则，详细阐述河道植物群落营造技术，并推荐不同类型河道植物种类配置模式；第5章重点介绍河道植物生长、病虫害防治等管理养护技术；第6章通过山丘区、平原区和沿海区典型河道植物措施应用案例分析，全面系统地介绍河道生态建设植物措施应用工程设计方法，并结合典型河道治理前后成效对比和植物措施应用一系列成果展示，形象直观地反映实际效果；第7章介绍河道建设植物措施应用生态效益、经济效益和社会效益的分析方法，为三大效益评价奠定基础；第8章详细介绍河道生态建设常用优良植物的形态特征、生态习性、繁殖方式以及在河道建设中应用的具体范围。

本书是浙江省科技厅和浙江省水利厅重点科技项目——“植物措施在‘万里清水河道建设’的应用研究”主要科研成果。在撰写过程中，力求以通俗易懂的语言，图文并茂的形式，得到读者共鸣。为更好地指导各地采用植物措施进行河道生态建设，作者先期撰写了《河道生态建设——河道植物资源》，与本书形成河道生态建设的姊妹篇，两者既可配套使用，也可根据各地实际工作需要独立选用。

本书可供从事水利与林业生态建设的规划、设计、管理、科研人员学习、应用，也可供大中专院校师生和从事河道（渠道）、水库（山塘、池塘）生态建设的乡镇技术人员借鉴参考。

本书由多年从事水利、林业、水土保持、环境保护等专业的技术人员共同努力编撰完成，由韩玉玲、岳春雷、叶碎高统稿。本书是项目组成员集体智慧的结晶。杜国坚、张锦娟、宋绪忠、崔丹参加了项目研究工作，海宁市水利局许明华、姚晓红、罗帷，慈溪市



水利局陈利强、杨洪斌、孙建锁、施孟杰、周华杰，义乌市水务局王瑞琪、邵志平、戚庆华，永康市水务局朱志伟、胡志标，上虞市水利局胡幼康、金健，温岭市水利局江福六、赵传朋、梁道斌等参加了当地试验、示范河道建设和研究工作。余杭区林水局、龙游县水利局、平湖市水利局、安吉县水利局、南浔区水利局、龙泉市水利局、东阳市水利局、浙江省灌溉试验中心站等单位也承担了项目研究示范河道建设任务。在项目研究中，得到了中国工程院王浩院士和中国科学院赵其国院士，以及许文斌、杨炯、章仁俊、常杰、许利群、蒋屏、伍远康等专家的指导，同时浙江省水利厅和浙江省科技厅领导也给予了极大的关心与支持。在本书撰写过程中，浙江省河道管理总站陈永明主任、方自亮副主任和江海洋副主任给予了许多帮助，并提出了宝贵的建议；徐晔春、金水虎、高洪娣、莫仁荣、刘柏良、吴加宁等同志提供了部分精美的图片；张晓勉、骆勇军、胡玲、王帅也做了有益的工作。在本书出版之际一并表示最诚挚的感谢！

河道生态建设植物措施应用技术需要在实践中不断完善，在理论上不断总结提高。由于作者理论水平和专业知识所限，文中恐有疏漏和不妥之处，敬请各位专家、同仁和各界读者提出宝贵意见和建议。

作 者

2009年6月

于杭州



目录

序

前言

第1章 概述	1
1.1 河道概况	2
1.2 河道生态建设	4
1.3 植物措施的主要类型	7
1.4 植物措施的主要功能	11
1.5 植物措施应用存在的问题	16
第2章 植物措施应用基本理论与原理	19
2.1 植物措施应用理论基础	20
2.2 植物措施应用基本原理	29
第3章 河道生态建设植物种类选择技术	37
3.1 河道植物种类选择原则	38
3.2 河道植物种类选择要点	40
3.3 河道植物种类选择方法	46
3.4 河道生态建设植物种类推荐	57
第4章 河道生态建设植物群落构建技术	61
4.1 河道植物群落模式设计	62
4.2 河道植物群落营造技术	68
4.3 河道植物群落评价	72



第5章 河道植物管理与养护技术	79
5.1 栽后管理关键技术	80
5.2 日常管理维护技术	83
第6章 植物措施应用案例	95
6.1 山丘区河道植物措施应用案例	96
6.2 平原区河道植物措施应用案例	106
6.3 沿海区河道植物措施应用案例	122
6.4 植物措施应用成效	129
第7章 植物措施应用效益分析	133
7.1 生态效益	134
7.2 经济效益	140
7.3 社会效益	145
7.4 植物措施应用总体效益	147
第8章 河道生态建设常用植物	149
8.1 河道生态建设常用优良植物名录	150
8.2 河道生态建设常用优良植物介绍	155
附录A 术语与定义	214
附录B 化学符号表	217
参考文献	218

第1章 概 述

地球陆地表面生长着各种各样的植物，生长在河流及其两岸的植物种类尤为丰富。植物为人类及其他动物、微生物提供生存、发育必需的物质、能量、栖息地和适宜的环境，是地球上生命存在和发展的基础。河流是地球的血脉，是人类文明的摇篮。河流不仅为人类带来丰富的物质资源，还为人类提供便捷、廉价的航运条件，河流与人类的生活、生产息息相关。但随着人口的增加、经济的发展，人类对河流的干预不断增强，河流生态系统遭受的胁迫也日益严重，河岸植被急剧减少，取而代之的是硬化河岸，从而削弱了水域与陆域的联系，降低了水体自净能力，导致河流生态系统退化，威胁河流的健康生命。植物作为河流生态系统的重要结构组分，在固土护坡、保持水土、水质净化、塑造河流景观等方面具有极其重要的功能。因此，采用植物措施对受损河道进行生态修复，重建河道生态环境，恢复河流健康，实现人与自然的和谐，达到“水清、流畅、岸绿、景美”的治河目标具有十分重要的现实意义。





1.1 河道概况

1.1.1 河道概念

自古以来,河流带来人类繁衍生息所需的肥沃土壤、水源、水产品等物质资源,宣泄多余的洪水、涝水以保护人类家园,提供方便、低廉的交通运输条件,营造适宜的气候环境和异彩纷呈的视觉景观。为此,世界各大主要文明无一例外地发祥于河流两岸,世界各大主要城市也都滨水而建设、发展,足见河流在人类社会生存发展过程中的重要作用。河流是降到地表的雨水、积雪、冰川和涌出地面的地下水等通过重力作用,由高向低,在地表低处呈带状流淌的水流及其流经土地的总称。人们为了航运、取水和防洪排涝等目的,对河流实施疏浚、拓宽、护岸、筑堤,甚至缩窄、裁弯取直等整治工程,使其满足人类生存和发展的需要。目前,我国许多河流都进行了人工改造。河道是水流的通道,是指河流及其两岸堤防(或河岸线)之间的水面、边滩、沙洲等构成的整体。河道具有行洪排涝、供水灌溉、输水排沙、交通运输、水量调蓄、水质保护、渔业水产、景观休闲、生态环境、水能发电等功能。

1.1.2 河道特点

我国幅员辽阔,地形多样,气候复杂,发育形成数量众多的河流(河道)。但由于气象水文、地形地貌等条件不同,地区之间存在着显著差异。根据河道流经区域的地貌特征,可将河道划分为山丘区河道、平原区河道和沿海区河道三大类型。其中,山丘区河道是山区河道和丘陵区河道的总称。山区河道的水系格局与河流走向受构造运动的影响很大,以侵蚀下切为主,由于沿程构造和岩性的变化,常发展形成宽窄相间的藕节状外形和特殊的河形,两岸缺少宽阔的河漫滩,常有明显可辨的台地;河床断面多为窄深的V字形或U字形;纵坡一般较陡,局部形态极不规则,急滩深潭上下交替。山区河道一般不利于航行,但水力资源较为丰富。丘陵区河道相对于山区河道来说,河流坡度减缓,下切力减弱,侧向侵蚀力加强,河槽变宽,两岸有滩地,河床较稳定。平原区河道流经地势相对平坦,水流开始向平面扩散,加以坡降迅速减缓,导致水流速度降低,泥沙淤积增加,河床断面多为U字形或宽W字形,较为宽浅,一些河道还存在双向流现象。平原区河道密度大,往往形成河网。沿海地区地势平坦,河港交错,形成沿海河网。沿海区河道的几何形状和水动力学特征等与平原区河道相似,但也有其特殊性,如河道土质含沙量高而土壤颗粒之间凝聚力低、稳定性差,岸坡土壤含盐量较高,河道岸坡易遭台风风蚀和暴雨侵蚀等。河口区河道也纳入沿海区河道的范围,这些区域的河道大多受潮

汐影响。例如,浙江省入海河流受潮汐影响的河段长度平均为38%,而钱塘江受潮汐影响的河段长度可达282km,占河流总长的42%。河口段一般受潮水顶托,潮差大,受潮汐影响的河段长,排水不畅,对防潮、防洪和淡水资源利用带来不利影响。

河流有其自身产生、发展、演变的客观规律。河流生态系统是一个四维系统,即具有纵向、横向、竖向和时间尺度的生态系统(Ward, 1989; Stanford、Ward, 1993; Ward、Stanford, 1995; Church, 2002)。纵向上,从河源到河口,河流是一个线性系统,根据河道流经区域的地形地貌特征,可将河道分为山丘区河道、平原区河道和沿海区河道;按照河道流经的区域不同,可将河道分为城市(镇)河段、乡村河段和其他河段。横向上,河道与周围的河滩、静水区、河汊等形成了复杂的系统,而河岸带(边滩和岸坡)形成河道坡面系统。依据河道水位及其变化特征,将河道坡面系统分为常水位至河底(边滩)、常水位至设计洪水位之间坡面(水位变动区)、设计洪水位至坡顶坡面和坡顶平面(坡顶附近区域)共4个坡段。竖向上,河床、边滩、台地等具有不同高程,并发挥着不同作用;与河流发生相互作用的垂直范围不仅包括地下水对河流水文要素和化学成分的影响,而且还包括生活在河床底质中的有机体与河流的相互作用。时间尺度上,河道生态系统处于动态变化中,每个河流生态系统都有它自己的历史和随着时间变化而演变的特点。河道水域生态系统就是随着降水、产汇流及潮水涨落等条件在时间与空间中扩展或收缩的动态系统。河流生态系统与陆地生态系统相互依存,在联系陆地生态系统与海洋生态系统中起着桥梁和纽带的作用,沟通陆地生态系统与海洋生态系统之间的物质流、能量流与信息流。

1.1.3 河道植物资源

河流生态系统兼具水体和陆地的综合特征,生境复杂多样,是各种生物的重要栖息地。河岸带是水域与陆域间的过渡带,是两种生境交汇的区域,由于异质性高,适宜多种生物生长、发育,显著优于陆地或单纯水域。然而植物作为河流生态系统的重要组成部分,从水体到河岸依次分布着沉水植物、浮水植物、挺水植物、湿生植物、中生植物等的层状结构。另外,河口地区分布着滨海盐生沼泽,热带及亚热带地区有红树林植被等。

我国地域广阔,河道类型多样、生境复杂,河道植物种类相对丰富。目前我国河道植物以禾本科、莎草科、菊科、唇形科、蓼科、毛茛科、藜科、蔷薇科、豆科种类居多。河道植物区系的性质为温带特性,植物生态类型有中生植物、湿生植物、水生植物、旱生植物等,其中旱生植物主要分布在我国荒漠地区的河道。河道植被类型有木本植被和草本植被,以草本植被为主。植被类型分布受自然条件的影响和自然分异规律控制,在植被起源上,多为自然起源;在



寒温带、温带湿润半湿润地区，以苔草、芦苇植被为主；在暖温带、亚热带湿润半湿润地区有多种河道植被，如枫杨林、江南桉木林、水杉林、柳林、杨林、芦苇、水烛、苔草、荻、狗牙根、菱群落等；在滇西南山区和东南沿海平原的热带湿润气候区，以热带植物组成的河道植被为主。另外，河口地区生活着特有的盐沼或红树林植被等。

以浙江省为例，该省气候温和、降水丰富，立地类型复杂，形成了多样性的河道生境，蕴藏着丰富的植物资源。据浙江省河道植物资源系统调研，共有维管束植物1178种（包括种下分类等级），隶属153科，其中蕨类植物19科29属40种，裸子植物4科6属9种，被子植物130科536属1129种。根据植物适应特性分类，分别有中生植物832种、湿生植物214种、水生植物132种。河道植被类型多样，共划分为针叶林河道植被型组、阔叶林河道植被型组、竹林河道植被型组、灌丛河道植被型组、草本河道植被型组、水域河道植被型组等6个植被型组，13个植被型，75个群系（韩玉玲等，2009）。

1.2 河道生态建设

1.2.1 国外河道建设现状

河道的产生、发展、演变并不需要人类的参与或干预，自然界并不需要人类搞“河道建设”。所谓的河道建设，是人类为了自身利益或喜好而进行的一系列干预河道存在形态和演变规律的行为。原始状态下，河流有足够的宽度，有深槽、有浅滩、有台地，河道两岸或宽或窄都有滨水植物缓冲带。人类为了汲水、捕鱼、亲近河水，开始砍伐河边植物；为了免除年年砍伐的劳累，人们铲除河边植物；为了与水争地，人们强行缩窄河道、裁弯取直、改变河流走向；为了稳定失去植物保护的河岸和岸边的家园，人们开始使用硬质材料铺砌河岸。这些行为都属于河道建设行为。长期以来，河道建设往往侧重于防洪、排涝、水运、灌溉等为人类直接服务的功能，河道平面形状直线化，断面形状规则化，护岸材料硬质化现象比较普遍。本来，河流因植物、动物、微生物的生存繁衍，具有极强的自净能力和生命活力。河流的自净能力相当于河流生态系统的“代谢能力”。而这些河道建设行为，隔离了河道水体与河岸的连续性，导致了河岸植物群落丧失，破坏了河道连接水生态系统和陆地生态系统的纽带作用，削弱了河流的生态服务功能，使原本充满生机与活力，存在荆蔓与野兽的河岸，在免除羁绊和威胁的同时，也丧失了“代谢能力”和生命活力。另外，大量未经净化处理的生活污水、工业废水和农业废水直接排入河流，超出了河流生态系统的“代谢能力”，导致河流水质恶化，使河流水生态系统遭到严重破坏。

为控制、缓解人类活动对河流系统的不利影响,一些国家较早开展了河道建设技术与方法的研究,最早的河道工程修复研究始于欧洲。19世纪中期欧洲工业蓬勃发展,阿尔卑斯山区成为中欧的工业基地。由于开矿山、修公路、建电站,大规模砍伐森林,破坏了植被,造成山洪、泥石流、雪崩等频繁发生,引起了该地区各国的关注。1846~1884年间,法国政府制定了森林法及水资源利用法,为了与山洪和山地灾害斗争,兴建了大规模的河流整治工程。经过近百年的治理,大批工程设施发挥了作用,对山洪和山地灾害有所遏制。但随着水利工程的大量兴建,也出现了许多负面效应。特别是随着大量移民迁入,山区旅游事业激增,这些负面效应愈显突出。主要是传统水利工程兴建后,生物的种类和数量都明显下降,生物多样性降低,人居环境质量有所恶化,社会舆论要求保护阿尔卑斯山区,呼吁回归自然。

20世纪50年代德国正式创立了“近自然河道治理工程”,提出河道的整治要符合植物化和生命化的原理。阿尔卑斯山区相关国家,诸如德国、瑞士、奥地利等国,在河川治理方面积累了丰富的经验。这些国家制定的河川治理方案,注重发挥河流生态系统的整体功能;注重河流在三维空间的分布、动物迁徙和生态过程中相互制约和相互影响的作用;注重河流作为生态景观和基因库的作用。20世纪80年代开始,欧洲工程界对水利工程建设理念进行了深刻的反思,认识到河流治理不但要符合工程设计原理还要符合生态学原理,不能把河流系统从自然生态系统中割裂出来。欧洲陆续有一批河流生态治理工程获得成功,同时相应出现了一些河流治理生态工程理论和技术,如瑞士、德国等国家于20世纪80年代末提出了“自然型护岸”技术。日本在20世纪80年代响起“亲水”的呼声,90年代初开展了“创造多自然型河川计划”,提出“多自然型河道建设”技术,并且在生态型护坡结构方面做了大量研究。1991年开始推行重视创造变化水边环境的河道施工方法,即“多自然型河道建设”。通过对河道进行“多自然型护堤法”改造,覆盖土壤、种植植被等,有效地促进了地下水的渗透和水的良性循环,提高了水边环境的自然净化功能,形成了良好的河流景观与滨水环境。

20世纪90年代中后期,美国以及欧洲一些国家较为常用的技术是“土壤生物工程”护岸技术。该项技术是从最原始的柴木枝条防护措施发展而来的,经过多年的研究,现已形成一套完整的理论体系和施工方法。河流治理生态工程技术在欧美得到了广泛的应用。美国、法国、瑞士、奥地利等国积极修建生态河堤,恢复河岸水边植物群落与河畔树林;美国在新泽西州建设的生态护岸工程,抵御了1999年“弗洛伊德”飓风的袭击,生态护岸基本没有损坏,证明了生态护坡的实用性与可靠性。与传统工程方法比较,河道治理生态工程的突出特点是流域内的生物多样性有了明显增长,生物生产力提高,生物种类和密度成倍增加。治理后另一个特点是河流自净能力明显提高,水质得到大幅度改善。



1.2.2 我国河道建设现状

我国在河岸带生态修复方面的研究工作起步较晚。20世纪90年代后期,由于全球生态环境恶化加剧,保护生态环境的呼声日益强烈,同时受欧美等一些发达国家的影响,我国开始重视在河道治理中保护河流生态系统,着手研究在工程建设中应用生态修复技术实现河道生态系统的保护。如胡海泓(1999)在广西壮族自治区漓江治理工程中提出了笼石挡墙、网笼垫块护坡、复合植被护坡等生态型护岸技术;在引滦入唐工程中,陈海波(2001)提出网格反滤生物组合护坡技术;周跃(2000)提出了“坡面生物工程”技术。全国各地建设了一批生态河堤试验工程,具有代表性的工程包括广西壮族自治区桂林市漓江生态河道建设工程、四川省成都市府南河望江公园多自然型护岸试验工程、浙江省海宁市平原生态河道试点工程等。21世纪初,浙江省在河道生态建设方面进行了有益的探索与实践,2001年提出开展以改善水环境为重点的河道综合整治,2003年全面启动了以“水清、流畅、岸绿、景美”为总目标的“万里清水河道建设”工程,为充分体现“尊重自然、以人为本、人水和谐”的生态治水理念,避免河道建设中出现的过度“三化”(河流形态直线化、河道断面规则化、护岸材料硬质化)现象,减少工程建设对生态系统产生的负面影响,2003年浙江省水利厅制定印发了《“万里清水河道建设”技术要求》,2004年开展“河道建设植物措施应用调研”,2005年开展“植物措施在‘万里清水河道建设’的应用研究”,并在《“万里清水河道建设”技术要求》的基础上制定了浙江省地方标准——《河道建设标准》(DB33/T 614—2006)和《河道生态建设技术规范》(DB33/1038—2007)。目前,“万里清水河道建设”累计投资220多亿元,完成河道建设长度超过2万km。“植物措施在‘万里清水河道建设’的应用研究”项目,结合“万里清水河道建设”工程,采取边研究、边试验、边示范、边推广的方式,在浙江省各地开展试验、示范和推广工程建设。通过研究与实践,形成了一套系统的河道生态建设植物措施应用技术。

1.2.3 河道建设的新趋势

随着社会经济的发展,人们对河流生态环境的认识和要求不断提高,传统水利工程措施(在河床、河岸铺设混凝土、浆砌石等硬质材料)的治河方法已被各国普遍否定,建设生态河堤已成为国际生态治河的大趋势。随着我国河道建设工程的深入实施和治河理论不断完善,河道建设的理念和技术都发生了明显的变化,在满足河道主导功能要求的前提下,人们开始关心河流生态系统的服务功能,关注河道生态建设。

河道生态建设是融现代水利工程学、环境科学、生物科学、生态学、美学等学科为一体的水利工程。它是在不影响岸坡安全性、耐久性的前提下,以“保护、创造生物良好的生存环境

和自然景观”为目标,充分考虑生态效果,把河堤由传统的结构改造成为水体和陆地、生物相互作用的,适合生物生长、发育的区域,最终使受损河流尽可能恢复至近自然或人们期望的状态,实现其生态服务功能(Palmer 等, 2004)。利用植物对河道进行生态修复与重建,已成为河道生态建设的重要内容,植物措施在生态治河中发挥独特的、无法替代的作用。

1.3 植物措施的主要类型

生态护坡技术是在传统护坡技术的基础上,根据所采用植物的比例多少而加以分类。根据Gray 和 Sotir (1995)的分类,可将生态护坡技术分为土壤生物工程方法(Soil Bioengineering)和生物稳定技术(Biotechnical Stabilization)。其中,土壤生物工程方法指只用有生命力的植物进行边坡稳定设计的方法;生物稳定技术指整合具生命力的植物与无生命力的力学元件(如土工织物、土钉、石笼等)的边坡稳定技术措施(拱祥生、林宏达, 2003)。鉴于此,河道生态建设中,植物措施可分为单纯植物护坡技术和植物工程复合技术两大类。

1.3.1 单纯植物护坡技术

单纯植物护坡技术是指河道生态建设中全部采用植物进行河道岸坡保护的技术。该技术主要用于河道堤岸坡度相对较缓、稳定性较好、土层深厚且种植层与地下层连接的河道堤岸防护。

单纯植物护坡技术主要指乔灌草结合的护坡技术。该技术是指从河道堤岸坡脚至坡顶依次种植沉水植物、浮叶植物、挺水植物、湿生和中生植物(乔灌草)等一系列护坡植物,形成多层次生态防护,兼顾生态功能和景观功能的堤岸防护技术。挺水、浮叶以及沉水植物,能有效减缓波浪对堤岸水位变动区的侵蚀和船行波及水流的冲刷。坡面常水位以上种植耐湿性强、固土能力强的草本、灌木及乔木,共同构成完善的生态护坡系统,既能有效地防治土壤侵蚀、固土护坡,又能改善生态、美化河岸景观。该技术主要应用于那些植被稀少、品种单一、景观环境要求较高的河段。例如,浙江省海宁市后富亭子港、义乌市大陈江的植物措施护岸,见图1-1和图1-2。

除了种植乔灌草进行堤岸防护外,在河道建设中还可利用以能生根的植物茎枝等进行护坡技术,如活枝扦插技术、活枝柴笼技术、活枝层栽技术、灌丛垫技术、栅栏墙技术等(张利权、李小平, 2005)。活枝扦插技术是利用可以生根的植物活枝直接扦插或按压进入坡岸土壤,活枝生根后可将岸坡土壤颗粒连固在一起,同时吸收多余的土壤水分。该技术适用于生态