

近自然河道植物群落构建及其对生物多样性的影响

叶碎高¹, 王帅¹, 韩玉玲²

(1. 浙江省水利河口研究院 国际泥沙研究培训中心 杭州河口海岸试验研究基地, 浙江 杭州 310020; 2. 浙江省水利厅河道管理总站, 浙江 杭州 310009)

摘要: 分析了河流作为重要地理要素和生态廊道在区域景观中的重要生态功能, 以及河道建设中存在的主要问题。根据景观生态学原理, 阐述了河道植物通过边缘效应、廊道效应和干扰效应可以对生物多样性产生积极影响。通过对 10 多个试点河段两年多的试验研究, 提出河道建设要为植物措施创造条件, 充分考虑生物多样性, 恢复健康稳定的河道生态系统。认为河道生物多样性还需要考虑河流形态多样性, 加强定位系统观测和注重研究植物群落演替规律。

关键词: 近自然河道治理; 植物措施; 群落构建; 生物多样性

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2008)05—0108—04

中图分类号: X176, Q948

Construction of Plant Communities in Near-natural River Management and Their Impacts on Biological Diversity

YE Sui-gao¹, WANG Shuai¹, HAN Yu-ling²

(1. Scientific Experimental Research Base of Hangzhou Estuary and Coast, International Research and Training Center on Erosion and Sedimentation, Zhejiang Institute of Hydraulics and Estuary, Hangzhou, Zhejiang 310020, China; 2. Water Sources Department of Zhejiang Province, Hangzhou, Zhejiang 310009, China)

Abstract: The construction of plant community is very important to an ecological river. The main ecological functions of river are analyzed as an important geographical element and an ecological corridor for a regional ecosystem. By assuming vegetation measures to be a positive artificial disturbance, biodiversity can be effectively improved by edge effects and corridor effects. It is proposed that in river construction, ecological functions should be taken into account. Biodiversity conservation demands on environment should be met and a steady and healthy river ecosystem should be resumed and maintained. In addition, the concepts, contents, and functions of an ecological river are discussed. The near-natural river management is considered to be an effective way to ecological river construction and vegetation measures are the main content of near-natural river management.

Keywords: near-natural river management; vegetation measure; community construction; biodiversity

按照人类与河流关系阶段的划分,河道治理共经历了原始自然阶段、工程控制阶段、污染治理阶段和河流生态系统修复等 4 个时期^[1]。根据我国实际情况,目前多数河道还承担着污染治理的任务,也存在着仅为了行洪排涝进行工程控制的现象。近自然河道治理是 20 世纪就开始形成的一种先进的治河理念,旨在通过各种生态修复方法使受损河流生态系统的结构和功能恢复到受干扰前的自然状态,进而在遵循河流自身发展规律的前提下持续地满足人类社会

发展的需要。我国在这方面仍然处于起步阶段,针对我国河流自身特点,探索合适的近自然河道生态修复技术具有重要的理论和实践意义。

生物多样性是地球上生命长期进化的结果,是社会与经济发展的活资产,是人类社会赖以生存和发展的物质基础^[2]。河道是生物多样性丰富和敏感的区域,作为河道近自然治理的主要措施之一,河道植物能够维持陆域与水域之间的能量、物质和信息通道,保持河流系统的时空异质性,为动物、植物、微生物提供适

收稿日期:2008-02-06

修回日期:2008-04-28

资助项目:浙江省社会发展重点研究项目“植物措施在河道建设中的应用研究”(2006C23077);浙江省水利厅重点科技项目(RI0503)

作者简介:叶碎高(1963—),男(汉族),浙江省青田县人,高级工程师,博士研究生,主要从事水利工程和水土保持方面的研究。E-mail:yesg@zjwtaer.sov.cn。

通信作者:王帅(1982—),男(汉族),内蒙古自治区鄂尔多斯市人,硕士,主要从事水土资源保护与利用研究。E-mail:shuaiwang@ires.cn。

宜的避难所,是生物多样性和河道有效发挥生态系统服务功能的基础,并通过边缘效应、廊道效应和干扰效应,对生物多样性施加积极影响。选择100余种植物,构建50个植物群落,在浙江省各地选择10多个河段进行种植试验,观测植物群落的健康稳定性以及植物措施对生物多样性的影响,取得了较好效果。

1 河流生态功能及其面临的问题

河流是水流与河床在一定环境下长期作用的产物,形态各异,并具有纵向(上游—下游)、横向(河床—岸边高地)、垂向(水面—河川基底)和时间变化等四维结构特征。各类河流都是区域重要的自然地理要素,也是重要的生态廊道之一,承载着各景观要素间的能量流、物质流和信息流,发挥着重要的生态功能,对人类又是一种重要的自然资源^[3]。从景观生态学角度看,河道的主要功能有5点:生境功能,通道功能,过滤或屏障功能,“源”的功能和“汇”的功能^[4]。

随着人口的增长,特别是受城市化和工业化的影响,人类为了充分挖掘河流的行洪、航运、发电、供水等各项功能,进入对河流的工程控制阶段,导致河流自然环境的破坏和生态服务功能的下降,影响了生物多样性^[5]。具体表现在如下方面。(1)清除河道植物的“净化”手段,降低了水质净化功能,使依托河道植物生存的动物、微生物失去生长繁衍的生境和物质基础。(2)“渠化”、“硬化”手段,在提高河流过流能力的同时,改变了水流形态,阻断了水陆间物质、能量、信息交换的通道,破坏了生态系统完整性,减少了空间异质性,导致生物多样性降低。(3)净而不美,景观协调性差,不能满足现代人类期望亲近自然的要求。特别是我国现阶段的河流治理中,仍然普遍存在着重工程功能,轻生态功能的现象。

2 近自然河道治理与植物措施

近自然河道治理的概念是 Seifert 于 1938 年提出的^[6],到 20 世纪 50 年代,德国已经正式创立了近自然河道治理工程理论,主张河道的整治要植物化和生命化,从而使植物首先作为一种措施应用到河道治理当中。随着景观生态学的发展,多数学者认为近自然治理的实质就是景观生态学与荒溪治理学的结合,其关键在于尽量保持河流的自然状况或原始状态,更重要的是强调了生态多样性和生境多样性的重要性。

20 世纪 70 年代,欧洲各国进行了大量的河道近自然治理实践^[7]。1989 年, Misch 和 Jorgensn 发展了生态工程理论,奠定了受损河道生态修复的理论基础。自 20 世纪 90 年代以来,世界各国都开始强调用

生态工程方法治理河流环境,恢复水质,维护景观多样性和生物多样性。我国近自然河道治理领域起步较晚,目前还处于探索和发展阶段,也在实践工程中进行了一些应用。其中影响比较大的包括成都府南河的多自然治理,北京的凉水河生态治理工程,上海苏州河的水环境综合治理,大连的生态型河道建设,南京秦淮河整治工程等^[8]。杭州的西湖西进工程把河流生态治理的理念和技术应用于西湖滨水景观带的治理中,取得了较好效果。

但是目前我国近自然河道治理的意识仍然有待进一步宣传和提高,并且在认识上存在一些误区。(1)认为近自然河道就是把河道边坡绿化;(2)认为近自然河道就是回到过去,采用古人的治河技术;(3)认为只有纯天然的石材和植物才可以近自然治理,拒绝混凝土工程进入河道。

近自然河道治理不能完全恢复到干扰前的结构和功能,只是通过生态工程的技术手段,形成生态系统健康,安全稳定性高,生物多样性高,功能健全的非自然原生型河流生态系统。治理技术包括河床构建技术和护岸构建技术,植物措施仅是河道治理技术措施之一,适合于水流速度较小,冲刷侵蚀能力较低,行洪压力较小的河道。植物措施可以与工程措施同时使用,使河流在满足行洪排涝等功能要求的同时,不影响其生态平衡。

3 河道植物措施对生物多样性的影响

3.1 植物措施是提高生物多样性的基础

绿色植物是生态系统中的第一性生产者,是物质循环与能量交换的枢纽^[9]。近自然河道治理通过科学设计,人工种植多种植物,迅速增加了植物多样性。同时,植物具有保持水土,改善生境等功能,为当地植物恢复,其它微生物和动物栖息、生存和繁衍创造了条件。河道植物可以重新恢复和衔接水陆域间的联系,有效解决传统河道建设方式带来的自然环境破坏,河道服务功能下降等问题,并在缓解滨水带旱情,调节小气候,提高河流自净能力,改善人居环境等方面产生重要影响。

3.2 生物多样性影响机理

根据景观生态学原理,景观结构及其变化会对生物多样性产生重要影响^[10]。河道植物措施主要通过边缘效应、廊道效应和干扰效应影响河道生物多样性。

(1)边缘效应。河道植物生长的岸坡是水域和陆地边缘,相对来说,岸坡植物群落条件更好,更适合多种生物栖息和生存,特别是两栖类生物。在具有较高孔隙率的坡脚,更是物种最丰富的区域^[11]。

(2) 廊道效应。河道植物很大程度上影响着水陆间物种、营养物质和能量的交流,起到了运输和保护的作用。作为水陆生态交错带,其内部的异质性会使物种多样性高于两侧基质^[12]。

(3) 干扰效应。干扰是景观异质性的主要来源^[13]。植物措施是一种积极的人为干扰,通过筛选优良植物品种,根据河道类型和功能设计、构建人工植物群落,本身就是生物多样性的重要组成部分,并产生优美的景观效果^[14]。

4 近自然河道植物群落构建

4.1 河道建设要为植物措施创造条件

植物生长需要一定的立地条件,多数河流不能单独依靠植物措施,而需要采取工程措施与植物措施相结合的综合措施进行治理。河流治理设计时应充分考虑植物的立地条件和植物群落健康稳定的要求。植物群落的配置,应以不影响河道行洪排涝功能的发挥为原则,洪水位以下不能种植阻水的高大乔木^[15]。所选植物根系应不影响河岸稳定,并能满足多层次固土护坡要求,构建工程措施与植物措施和谐共存的河道防护系统。

4.2 植物配置应充分考虑生物多样性的要求

植物群落的结构是生态恢复的关键因素之一。植物群落结构设计应以充分考虑生物多样性为原则,具体包括各种群落组成的比例和数量,种群的平面布局,生物群落的垂直结构等。在植物群落结构中,乔灌草的合理配置是核心,要有效提高生物多样性,就必须考虑到以下几点。

(1) 合理的密度。要依树种、草种不同确定合理的种植密度。喜光、速生、干直的乔木树种宜稀植;喜阴湿,生长缓慢,干形不直的树种宜密植。

(2) 多层次的配置。依据地形、土壤条件进行合理配置。主要依靠优势生活型植物种类,按照不同生活型的乔、灌、草植物特性,建立与环境条件相适应的植被群落。

(3) 树种的多样性和混合配置。选择适宜的混交树种和混交模式很关键,有阴性和阳性树种混交,针、阔叶树种混交和乔灌木树种混交等不同类型。混交方式有株间混交、行间混交、带状混交等。草本植物多在边缘地带配置。

4.3 植物选择以本土植物为主,防止外来植物入侵

人为引进的大量外来物种极可能造成外来种大量替代当地原生植被的现象,以至造成当地原生植被消失,就可能给当地生物多样性带来危害。研究区容易入侵的物种包括有凤眼莲(*Eichhornia crassipes*)、

一支黄花(*Solidago decurens* Lour)、互花米草(*Spartina alterniflora* Loisel)等,已经给当地生态环境造成了极大危害^[15]。在植物种类选择时,应以乡土植物为主,防止外来植物入侵,以利于构建健康稳定的植物群落,为生物多样性创造条件。

4.4 植被恢复以建设稳定的河道生态系统为宗旨

河道植物措施治理的最终目标是构建健康稳定的河道植物群落,恢复河道生态系统。生态恢复应以河道周围原生植被群落作为植被恢复的目标,遵循其自然演替的规律,使生态系统发生如下变化。(1) 植物群落对立地条件要求从低到高的变化;(2) 土层厚度逐渐增加的变化;(3) 植物群落高度从低到高的变化;(4) 从短寿命植物种类向长寿命种类的变化;(5) 先锋植物到顶级群落的变化。通过植物措施结合必要工程措施,促进植被量的恢复,加快植被群落的演替速度,强化生态系统的功能和改善当地的自然景观。

根据以上要求,课题组在全省各地建设了 10 余处试点河段,分别代表山区、丘陵地区、沿海地区和平原河网等 4 种不同类型区的河道。在调查研究的基础上,选择乡土河道植物 100 余种,经过优化组合,构建了近 50 种植物群落,在试点河道种植,并开展试验研究。经过 2 a 多的试验观测,多数植物能正常生长,除部分草本植物外,群落稳定健康。多数人工撒播的草本植物被乡土植物替代,撒播草籽的初衷是在乡土草本植物恢复之前,临时保护坡面土壤。

4.5 试验河道效果

在试点河道中,植物措施实施 2 a 以来,植被恢复很快,物种数量逐渐增加,生物多样性明显提高(图 1)。在十几处试点、示范河道,随着人工种植植物的生长,乡土植物逐步恢复。其中草本恢复明显,灌木也有部分恢复生长。部分河段在撒播的草籽出牙之前,乡土草种就开始生长,并且明显抑制了人工撒播草种的生长。

实践证明,河道护岸方式对植物生长产生重要影响,只要植物恢复(河坡不硬化),植物多样性提高较快。飞禽、鸟类开始在修复后的河道栖息生长。在海宁市新江塘、慈溪市新周家路港等试点河段,野鸭、鸟类在绝迹多年后,重新出现(迁徙而来)。在新周家路港,多次看到白鹤等珍稀鸟类,并且与周边的其它鸟类友好相处。

在各试点示范河道,就植被护坡和无植被的对照岸坡进行随机取样,测定了土壤养分、含水量和密度等物理指标。结果表明试点区土壤的有机质含量、全 N 含量、全 P 含量、有效 Fe 含量和有效 K 含量均有所增加(表 1)。试点区植被护坡的土壤含水量明显

少于无植被的对照岸坡,植被覆盖度越高,效果越明显,最大降幅为 3.6%,平均降低了 1.56%。在水力侵蚀为主的地区,土壤含水量会直接影响到坡面稳定,随着含水量减少,土壤自身重力减小,团聚性增强,抗侵蚀能力会得到加强。植物护坡岸土壤干密度均小于对照岸坡 0.01~0.13 g/cm³,体现了植物

措施对土壤结构与性状的改良作用(图 2)。随着河道沿岸植物群落的恢复,使河岸这一水陆过渡带的物质流、能量流、信息流逐步恢复,与此同时,植物、动物、微生物也会逐步恢复并且互相依存,互相促进,经过一段时间的修养生息后,河道生态系统的生物多样性将会进一步改善。

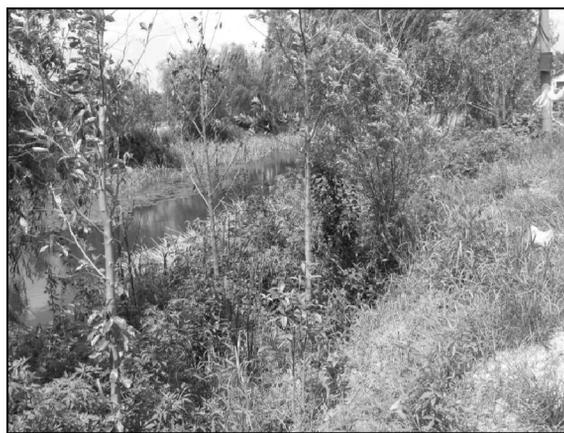


图 1 植物措施实施效果

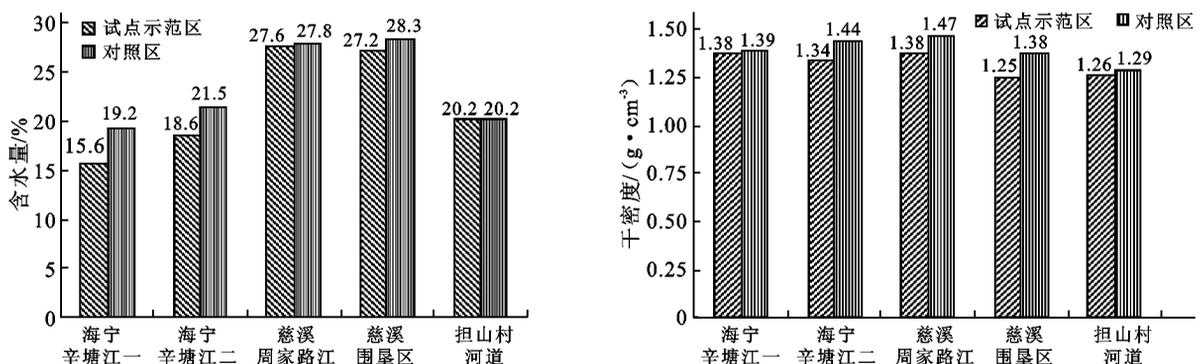


图 2 土壤含水量和密度变化

表 1 土壤养分含量变化

位置	土壤有机质/ (g·kg ⁻¹)	全 N 含量/ (g·kg ⁻¹)	有效 Fe 含量/ (mg·kg ⁻¹)	有效 K 含量/ (mg·kg ⁻¹)	全 P 含量/ (g·kg ⁻¹)
试点区	3.351	0.217	40.202	321.8	0.409
对照区	2.146	0.106	33.042	309.5	0.373

5 结论

植物措施是近自然河道治理的主要内容,近自然河道治理是恢复受损河流生态系统,建设生态型河道的重要手段。

随着建设生态型河流意识的提高和近自然河道治理理论的进步,植物措施治理河道已经被大量推广,积累了丰富的实践经验。浙江省的实践表明,植

物措施对改善河流生态环境,增加动植物和微生物的种类和丰度起到了积极作用。

但是,目前我国建设生态型河道的意识仍然不够普及,普遍存在“渠化”和“硬化”的简单工程措施。并且对生态型河道的内涵还没有整体、明确的界定,对近自然河道治理也存在不少误区,对植物措施在不同条件下的应用研究有待进一步提高。

(下转第 147 页)

4 结论

(1) 利用坡面降雨产流 BP 网络模型预测不同土地利用方式下径流量规律,效果较好,平均误差不超过 10%,具有较高径流量的翻耕地训练精度及预测结果较草灌地、刈割地准确性更高些。模型输入变量中,植被盖度、降雨强度、坡度、土壤前期含水率和土壤容重比较容易测定,模型便于利用,与回归模型相比较,该模型能更好地模拟各种土地利用方式下的降雨产流复杂非线性特性,能更好地预测次降雨的径流量。

(2) 该 BP 网络模型的输入参数是在一定试验条件下建立的,具有一定的使用范围。影响坡面径流量的因素众多,如最大 30 min 降雨强度、降雨量、土壤质地、坡长、坡向等都会影响坡面径流,在今后的研究中仍需深入探讨。

[参 考 文 献]

- [1] 舒畅,姜铁兵,蔡华,等. 降雨—径流过程的 ANN 建模[J]. 水电能源科学,1999,17(2):56—58.
- [2] Dwason C W, An artificial neural network approach to rainfall-runoff modeling[J]. Hydrol. Sci. J. 1998, 43

(1):47—66.

- [3] 鞠琴,郝振纯,余钟波. 基于人工神经网络的降雨径流模拟研究[J]. 辽宁工程技术大学学报,2007,26(6):941—943.
- [4] 曹广学,张世泉. BP 模型在降雨径流预报中的应用研究[J]. 太原理工大学学报,2005,36(3):350—353.
- [5] 敖汝庄,王协康,黄尔,等. 坡面产流模式的神经网络模拟[J]. 泥沙研究,2000,8(4):55—58.
- [6] 任妮,金生. 基于改进 BP 神经网络的降雨径流预报新方法[J]. 中国水运,2006,6(12):119—122.
- [7] 陈文亮. 组合侧喷式野外人工降雨装置[J]. 水土保持通报,1984,4(5):43—47.
- [8] 许全喜. 神经网络模型在流域水沙预报中的应用[J]. 人民长江,2000,31(5):30—32.
- [9] 武晟,解建仓,汪志荣,等. 典型下垫面径流系数预测的神经网络方法研究[J]. 环境科学与技术,2007,30(5):1—5.
- [10] 戴葵. 神经网络设计[M]. 北京:机械工业出版社,1999:23—34.
- [11] 刘耦耕,李圣清,肖强晖. 多层前馈神经网络结构研究[J]. 湖南师范大学:自然科学学报,2004,27(1):26—30.

(上接第 111 页)

关于生物多样性方面需要进一步研究的主要包括如下几方面。(1) 现在实施植物措施的河道仍然存在将河流渠道化和裁弯取直的现象,应充分重视保持河流自身形态的多样性,包括纵向形态多样性和横向形态多样性,河流形态多样性是生物多样性的基础;(2) 目前关于河道植物措施与生物多样性的研究大多还处在定性或半定性的描述层次,需要进行长期定位监测,以取得系统性资料,更全面地研究植物措施对生物多样性的影响;(3) 植物措施实施后,产生新生的生态系统,植物群落不断发生演替,结构随之发生变化,有必要深入研究其演替规律,以便更科学地设计和实施植物措施。

[参 考 文 献]

- [1] 倪晋仁,刘元元. 论河流生态修复[J]. 水利学报,2006,37(9):1029—1043.
- [2] Czech B, Krausman P R, Devers P K. Economic associations among causes of species endangerment in the United States[J]. Biology Science, 2000, 50:593—601.
- [3] 岳隽,王仰麟,彭建. 城市河流的景观生态学研究:概念框架[J]. 生态学报,2005,6(25):422—429.
- [4] 陈明曦,陈芳清,刘德富. 应用景观生态学原理构建城市河道生态护岸[J]. 长江流域资源与环境,2007,16

(1):97—102.

- [5] 高永胜,叶碎高,郑加才. 河流修复技术方法[J]. 水利学报,2007(增刊):592—596.
- [6] Seifert A. Natumaeherer Wasserbflu[J]. Deutsche Wasserwirtschaft, 1983, 33(12):361—366.
- [7] 朱国平,王秀茹,王敏,等. 城市河流的近自然综合治理研究进展[J]. 中国水土保持科学,2006,4(2):92—98.
- [8] 罗朝晖. 生态型河道构建原理及应用技术研究[D]. 河海大学,2005.
- [9] 刘惠清,许嘉巍,刘凤梅. 景观生态建设与生物多样性保护[J]. 地理科学,1998,18(2):156—163.
- [10] 邬建国. 景观生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2000:30—31.
- [11] 陈灵芝. 生物多样性保护对策[C]. 钱迎清,马克平. 生物多样性研究的原理与方法. 北京:中国科学技术出版社,1994:13—35.
- [12] 傅伯杰. 景观多样性分析及制图研究[J]. 生态学报,1998,15(4):348—350.
- [13] 周华锋,傅伯杰. 生态结构与生物多样性保护[J]. 地理科学,1998,18(5):472—479.
- [14] 韩玉玲,严齐斌,应聪慧,等. 应用植物措施建设生态河道的认识和思考[J]. 中国水利,2006(20):9—13.
- [15] 赵聚国,叶碎高,岳春雷. 浙江省平原地区河道植物调查与筛选[J]. 浙江水利科技,2007(5):13—14.