国外缓冲带护岸技术研究进展

王金潮[1]，刘 劲[2]
（1. 太原市林业调查规划设计院，山西 太原 030012；2. 山西省林业科学研究院，山西 太原 030012）

摘 要：河岸带是河流生态系统与陆地生态系统进行物质、能量、信息交换的一个重要过渡带，具有明显的边缘效应。通过对各国缓冲带护岸技术的引进和生态设计思想的借鉴学习，提出了适合我国的河岸带护岸的设计过程、方法及原则，并介绍了国外常见的护岸工程措施。

关键词：河岸带；植被缓冲带；生态护岸；护岸工程措施
文献标识码：B 文章编号：1000-288X(2010)06-0145-03 中图分类号：S727.26

Oversea Progress of River Bank Protection Technologies in Buffer Zone

WANG Jin-chao[1], LIU Jin[2]
(1. *Taiyuan Forestry Survey and Planning Institute, Taiyuan, Shanxi* 030012, *China*;
2. *Shanxi Academy of Forestry Science, Taiyuan, Shanxi* 030012, *China*)

Abstract: Riparian zone is a buffer zone between river ecological system and land ecological system for exchange of matter, energy, and information with apparent marginal result. Through introducing protection technologies of riparian zones in the United States and studying concepts of ecological design, the designing process, methods, and principles suitable to the situation of riparian zones in China are presented. Several measures commonly used in riparian zone engineering are introduced.

Keywords: **riparian zone; vegetation buffer zone; ecological bank protection; engineering measure for bank protection**

随着社会的迅速发展，人类对河流和陆地生态系统干扰强度越来越大，致使其结构和功能日益退化。河岸带作为陆地和河流生态系统的联系纽带，由于人类过度扰动而造成系统恶化状况日益显现，给河岸带的生态状况和人类的生产、生活造成许多危害。如河流防洪能力减弱、水质下降、河岸带生境恶化等。为了保护和管理自然河岸带，恢复和重建被人类活动严重破坏的河岸带，充分发挥河岸带的各种重要功能，使河岸带真正成为人与自然和谐共处的开放空间。本文主要介绍一些国外缓冲带护岸技术，为国内开展相关研究和实践提供参考。

1 河岸带及河岸植被缓冲带

1.1 河岸带

河岸带(riparian zone)的定义包括广义和狭义两种：广义是指靠近河边植物群落包括其组成、植物种类多度及土壤湿度等同高地植被明显不同的地带；狭义指河水—陆地交界处的两边，直至河水影响消失为止的地带，目前大多数学者采用后一定义[1]。即河岸带是指高低水位之间的河床及高水位之上直至河水影响完全消失为止的地带，它包括非永久被水淹没的河床以及周围新生的或残余的洪泛平原，其横向延伸范围可抵周围山麓坡脚[2]。此外，徐化成[3]认为河岸带指的是河流两旁特有的植被带，它是陆地生态系统和水生生态系统的交错区。由于特殊的位置，这里成为受水生环境强烈影响的陆地生境，因此具有独特的空间结构和生态功能。许多研究表明，河岸带通过过滤和截留沉积物、水分以及营养物质等来协调河流横向(河岸边高地到河流水体)和纵向(河流上游到下游)的物质和能量流，因而在与之相关的土壤侵蚀程度降低、渠道稳定化、生物栖息地保护以及水质改善方面都起着重要的作用。河岸植被又是野生动物栖息的重要资源，同时也是动物迁徙的廊道。河岸植被的合理经营和保护对河溪水质及野生动物的栖息繁衍起着关键性的作用。简单的说，河岸带具有 3 个重要的功能：廊道功能、缓冲带功能和护岸功能[4-5]。

收稿日期：2010-03-10 修回日期：2010-06-11
资助项目：国家 948 项目“河溪植被缓冲带恢复综合技术引进”(2006-4-15)
作者简介：王金潮(1964—)，男(汉族)，河北省衡水市人，学士，高级工程师，研究方向为规划设计。E-mail：tylyghy@163.com。
通信作者：刘劲(1970—)，女(汉族)，北京市人，学士，高级工程师，研究方向为森林培育。E-mail：liuj09@126.com。

1.2 河岸植被缓冲带

河岸植被缓冲带是在欧美等河岸带研究和管理水平较高的国家常用的一个概念，指河岸两边向岸坡爬升的由树木(乔木)及其它植被组成的，防止或转移由坡地地表径流、废水排放、地下径流和深层地下水流所带来的养分、沉积物、有机质、杀虫剂及其它污染物进入河溪系统的缓冲区域[6]。要构建健康、合理的河岸植被缓冲带生态系统，有两个因素必须确定，一是该缓冲带植物种类的分布和选取，缓冲带植被组成应该尽量以当地树种为主，考虑拟构建地段的具体生态条件和要求，正确搭配乔木、灌木以及地被的比例。二是缓冲带宽度的确定。河岸植被缓冲带的宽度是依据上壤和邻近地区 5 ~ 50 m 内的景观条件而定的[7]。

1.3 生态护岸及生态设计

生态护岸是指恢复后的自然河岸或具有自然河岸“可渗透性”的人工护岸。它拥有渗透性的自然河床与河岸基底，丰富的河流地貌，可以充分保证河岸与河流水体之间的水分交换和调节功能，同时具有一定的抗洪强度。可分为 3 种形式：自然原型护岸，自然型护岸和多种人工自然型护岸。护岸工程主要是防止水流和波浪对岸坡基土的冲蚀和淘刷，控制河势变化，加强河道纵深冲刷以扩大泄洪能力，同时也增添河道两岸的自然景观。传统硬质化的护坡结构有利于河道的防洪、排涝，但几乎未考虑对环境保护、河道生态环境、景观造成的负面影响。而河岸带护岸的作用不仅具有以上功能，重要的是保护河岸植被带的安全，使其充分发挥生态功能。

生态设计是一种与自然相作用、协调的方式，是对自然过程的有效适应及结合，它要求全面地衡量设计途径给环境带来的冲击。首先，生态设计是一种思想观念，要求人们在处理人与自然关系的问题时，要转变工业时代只注重生产效率，不考虑环境代价的思维方式；其次，生态设计是一种行为活动，要贯彻到人类日常生活和生产活动的方方面面；再次，生态设计有一系列的方法技术，它们是最终实现设计目标的工具和手段。

2 河岸带生态护岸设计

2.1 设计时应遵循的原则

在河岸带护岸生态设计中，日本是生态设计用于水利工程较好的国家，其对河道生态设计的原则主要有以下 5 个方面。(1) 治水。主要通过修建护岸来实现；(2) 自然环境、生态系统的设置。主要通过水边绿化、设置生物的生长区域和水质保护等实现；(3) 水边景观的设计。通过设置建筑物来保证与周围环境的和谐以及保证水边景观的连续性、自然性；(4) 亲水空间的设计。通过水边的台阶、缆绳、绿地等设施来实现；(5) 循环型空间的设计。用木材、石头、砂子等天然材料的多孔性构造，控制废料的产生，尽量避免未来发生的处理问题及二次性环境污染问题[8]。

2.2 现状调查

在提出河岸带护岸生态设计方案之前，应对工程区进行调查。调查内容包括：气候条件，水文条件，河势的变化规律和趋势、工程区关键物种的分布，现场可用或容易取得的施工材料、有无严重的土质和水质污染，工程施工是否会带来新的生态问题以及是否需要相应的补偿措施等[9]。

2.3 植物种类选择

采用植被措施护岸时，选择合适的植物种类对于设计是否成功非常必要，不同植物种类的生物特性不同，根据不同的水位，结合当地自然情况，将河流岸坡分为干燥、偶然的洪泛带，潮湿、季节性洪泛带，沿岸水位变动带，淹没带等几个区域[10]。在不同区域选取适合的植物种类。混合使用几种不同的植物比使用单一植物种类更为有利，工程区内及附近已有物种对于护岸工程中植物种类的选择具有参考作用。

2.4 河岸带生态护岸的优点和局限性

河岸带生态护岸的优点主要包括：(1) 将河岸与河道联系起来实现了物质、能量和养分的交流；(2) 大部分河岸带生态护岸带可为生物提供栖息地；(3) 植物根系可固着土壤，枝叶可截留雨水，过滤地表径流，抵抗流水冲刷，从而起到保护堤岸、增加堤岸结构的稳定性、净化水质、涵养水源的作用，而且随着时间的推移，这些作用可被不断加强；(4) 河岸带生态护岸以自然的外貌出现，容易与环境取得协调；(5) 造价较低，也不需要长期的维护管理。

河岸带生态护岸的缺点主要包括：(1) 选用的材料及建造方法不同，护岸的防护功能可能相差很大；(2) 建造初期若受到强烈干扰，则会影响到以后防护作用的充分发挥；(3) 不能抵抗高强度、持续时间较长的水流冲刷。

3 国外河岸带生态护岸工程措施

国外对环境、生态退化问题的认识较早，很早就开始研究传统护岸技术对环境与生态的影响，认为传统的混凝上护岸会引起生态与环境的退化。为了能有效地保护河道岸坡以及生态环境，提出了一些生态型护岸技术，瑞士、德国等国家于 20 世纪 80 年代末就已提出“自然型护岸”技术[11]，日本在 20 世纪 90 年

代初提出“多自然型河道治理”技术[12]，并且在生态型护坡结构方面做了实践。目前，在美国以及欧洲一些国家较为常用的技术是“土壤生物工程”(soil bio-engineering)护岸技术[13]。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，并得到了广泛应用。根据使用材料的不同，河岸带生态护岸工程措施可分为 5 大类。

3.1　植物护岸(vegetated geogrids)

自然河岸两侧都生长着芦苇、柳树等植物，恢复河岸原有的植物群落是河岸带建设的出发点。

(1) 插载工程。在河岸两侧插载柳树等植物的幼苗，恢复河岸近自然的植物群落。柳树喜水、耐水、成活率高，成活后的柳枝根部能压稳河岸，加之其枝条柔韧，保护河岸的能力强，并为昆虫等野生动物提供栖息地。除栽植柳树外，也可种植芦苇、菖蒲等具有喜水特性的植物。在德国等欧洲国家还在岸边种植白杨树和榛树等大型树木来保护河岸[14]。例如：植物桩(live stakes)是将活的、易生根的树木切枝直接插入土壤中或将树干以正方形或三角形的形式种植在堤岸上，利用根系固着土壤，枝叶削减流水能量。

(2) 栅栏工程。为了防止岸坡水土流失，将柳树树桩成排打入地下，在河岸下侧用柳树幼枝编成栅栏状，栅栏在柳树根系未发达之前起到临时保护河岸的辅助作用。例如：活栅栏墙(live cribwalls)。

(3)捆柴工程。将萌芽力强的柳树幼枝捆成一捆，用木桩将其固定在河岸坡脚，在柳树根系未发达之前能起到临时保护河岸的辅助作用。例如：植物笼(live fascines)就是将活体切枝系成圆柱状的柴捆，顺等高线方向置于岸坡上的浅渠内。

3.2　木材护岸

用圆木等固定河岸坡脚，在柳树根系未发达之前能起到临时保护河岸的辅助作用。例如：和树堑壕(tree revetments)就是将带有分枝的活体切枝顺斜坡方向放置，形成沉床，切枝被切的一端插入坡脚保护结构中。

3.3　抛石护岸

根据河流的水流冲刷能力，在河岸放置不同重量的石块，同时在石块间插入柳树等植物，在满足工程安全的同时，恢复近自然河岸生态系统。例如：乱石堆(riprap)和石脚保护(stone toe protection)就具有容易抛投，可置于水下，具有可变形性，具有很高的水力糙率，减小波浪和水流作用和维修要求低，便于修补以及耐久性强等优点。

3.4　石笼护岸

石笼护岸为传统型护岸方法之一。在方形或圆柱形的铁丝笼内装满直径不太大的天然石块，利用其挠性大，容许护堤坡面变形的特点而被用于边坡护岸以及坡脚护底等，形成具有设定抗洪能力，并具高空隙率、多流速变化带的护岸。

3.5　不同材料组合护岸

为了快速恢复受损的河岸生态系统可以采取不同材料组合的护岸方法。如植物、木材和石块组合护岸，植物袋和混凝土块体组合护岸，石笼和植物组合护岸。例如：混种(joint plantings)，木石堑壕(log root wad and boulder revetments)和岸重塑种植(bank shaping and planting)等。

4　结 论

(1) 河岸带的构建包括河岸植被带和护岸的建设，根据不同的具体情况和安全要求，综合考虑经济、环境和景观等诸多要素确定适合的措施或组合措施。生态护岸动用泥土、植物及原生纤维物质等形成自然草坡、沙滩、卵石滩等，属于软性景观，具有层次性好，季相明显的景观特征；它对生态干扰最小，是仿自然形的护岸，适宜游憩。

(2) 河岸带生态护岸工程具有工程量最小，取材本土化，经济性较好的优点。要使环境与生态问题得以解决，就必须使人的主观愿望与自然规律达到和谐与统一，在照顾人的需要的同时，取得最佳的环境、经济、社会效益。生态护岸设计可以兼顾自然和人类的共同需求，使人类和自然真正达到和谐统一。

[参 考 文 献]

[1] 陈吉泉. 河岸植被特征及其在生态系统和景观中的作用[J]. 应用生态学报, 1996, 7(4): 439-448.

[2] Nilsson C B, Kajas. Alterations of riparian ecosystem is caused by river regulation [J]. Bioscience, 2000, 50(9): 783-793.

[3] Xu H C. Landscape Ecology[M]. Beijing: Chinese Forestry Press, 1996.

[4] Miller W. An approach for green way suitability analysis [J]. Landscape and Urban Planning, 1998, 42: 91-105.

[5] Naiman R J, Decamps H, Pollock M. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity [J]. Ecological Applications, 1993, 3(2): 209-212.

[6] 邓红兵, 王青春, 王庆礼. 河岸植被缓冲带与河岸带管理[J]. 应用生态学报, 2001, 12(6): 951-954.

[7] 诸葛亦斯, 刘德富, 黄钰铃. 生态河流缓冲带构建技术初探[J]. 水资源与水工程学报, 2006, 47(2): 63-67.

(下转第 152 页)

森林景观类型数量先增加后减少，原因在于人们都会选择在低海拔较平坦的地区进行植树造林。

4 结 论

（1）北京山区森林格局是树种与环境相互适应、相互作用的结果，它不仅与树种的生物学特性和种群间竞争排斥有关，而且与树种的生境（海拔、坡度等）有密切关系。

（2）典范对应分析（CCA）同时综合了森林景观类型分布和环境因子，不但能够分析森林景观类型的空间分布格局差异，还能够区分出不同的环境因子对森林景观类型分布的影响程度。CCA 分析结果表明，不同的环境因子对森林景观分布的影响程度不同，其中海拔的影响最大，其次依次为坡度，坡向、坡位和土壤厚度对森林景观分布的影响较弱，这主要是由于北京山区脆弱的生态环境造成的。

（3）利用典范对应分析（CCA），综合研究北京山区森林景观类型分布和环境因子之间的关系，但仅局限在本研究的尺度上，然而在其它地区森林景观类型分布和环境因子之间的关系有待于进一步的研究。典范对应分析（CCA）能够对不同环境因子对森林景观类型分布的影响程度进行排序，提供了一种量化环境因素和森林景观分布之间关系的方法，但每个环境因子导致森林景观分布的具体权重大小有待于进一步探讨。

[参 考 文 献]

[1] 郭晋平. 森林景观生态研究[M]. 北京：北京大学出版社，2001.

[2] 沈泽昊，张新时，金义兴. 地形对亚热带山地景观尺度植被格局影响的梯度分析[J]. 植物生态学报，2000，24(4)：430-435.

[3] 沈泽昊. 山地森林样带植被—环境关系的多尺度研究[J]. 生态学报，2002，22(4)：461-470.

[4] Jongman R H G，Ter Braak C J F，van Tongeren O F R. Data analysis in community and landscape ecology[M]. Cambridge：Cambridge University Press，1987.

[5] Pinder J E，Kroh G C，White J D，et al. The relationships between vegetation types and topography in Lassen Vocalnic National Park[J]. Plant Ecol.，1997，131：17-29.

[6] Turner M G，Gardner R H. Quantitative methods in landscape ecology[M]. New York：Springer-Verlag，1991.

[7] 郭泺，夏北成，刘蔚秋. 地形因子对森林景观格局多尺度效应分析[J]. 生态学杂志，2006，25(8)：900-904.

[8] 郭晋平，薛俊杰，李志强. 森林景观恢复过程中景观要素斑块规模的动态分析[J]. 生态学报，2000，20(2)：218-223.

[9] 郭晋平，张芸香. 森林景观恢复过程中景观要素空间分布格局及其动态研究[J]. 生态学报，2002，22(12)：2021-2029.

[10] Ter Braak C J F. Canonical correspondence analysis：A new eigenvector technique formulti variate direct gradient analysis[J]. Ecology，1986，67：1167-1179.

[11] 李明阳. 浙江临安森林景观生态动态变化分析[D]. 南京：南京林业大学，2000.

[12] 张金屯，邱扬，郑凤英. 景观格局的数量研究方法[J]. 山地学报，2000，18(4)：346-352.

（上接第 147 页）

[8] 孙卫岳，郑海龙，黄颖蕾，等. 生态护坡技术试验与研究[C] //全国城市水利学术研讨会论文集. 上海：中国水利学会城市水利专业委员会，2003：187-192.

[9] 赵进勇，孙东亚，董哲仁. 生态型护岸工程的设计要点[C] //水利部国际合作与科技司. 河流生态修复技术研讨会论文集. 北京：中国水利水电出版社，2005：101-106.

[10] Hemphill R W，Bramley M E. Protection of river and canal banks：A guide to selection and design[M]. London：CIRIA，1989.

[11] 杨芸. 论多自然型河流治理法对河流生态环境的影响[J]. 四川环境，1998，18(1)：19-24.

[12] 日本土木学会. 滨水景观设计[M]. 孙逸增，译. 大连：大连理工大学出版社，2002：58-70.

[13] Martin D. Bioengineering Techniques for Streambank Restoration：A Review of Central European Practices[M]. Washington：Ministry of Environment，Lands and Parks and Ministry of Forests，1995：1-9.

[14] 杨海军，李永祥. 河流生态修复的理论与技术[M]. 长春：吉林科学技术出版社，2005：96-124.