

皖西南大别山麓河岸带滩地 生态重建与植物护坡效能分析

张建春^{1,3}, 史志刚², 彭补拙¹

(1. 南京大学城市与资源科学系, 江苏 南京 210093; 2. 安徽省水利厅, 安徽 合肥 230022;

3. 安徽师范大学国土资源与旅游学院, 安徽 芜湖 241000)

摘 要: 对比分析了大别山麓河岸带荒滩地与生态重建后的河岸带滩地生态效能、经济效能和社会效能, 结果表明, 重建后的河岸带滩地土壤理化性质和肥力得到一定程度的改善; 同时, 重建后的河岸带滩地生态系统还具有固滩防冲、防风消浪和改善小气候的效能, 是山丘平原地区河谷沙堤抵御洪水冲蚀最为经济和有效的措施之一。

关键词: 河岸带滩地; 重建; 生态系统效能; 大别山麓

中图分类号: S763

文献标识码: A

河岸带生态系统是指高低水位之间的河道加上高水位之上直至河水影响完全消失为止的地带^[1]。由于河岸带滩地水生态系统与陆地生态系统之间的作用强烈, 边缘效应显著, 对河流变化极为敏感, 是流域生物多样性最容易丧失的地区; 因此, 河岸带滩地生态系统是流域生态学研究最为关键的单元; 近年来恢复生态学和流域生态学已成为国际生态学研究的新领域, 特别是属于湿地范畴的河岸带滩地退化生态系统的恢复和重建愈来愈受到国外学者的重视: 1999 年加拿大学者 Stewart Rood 应用生态生理学原理和选择白杨树种(Poplars), 通过三个河坝放水控制试验, 成功地恢复了美国内华达州 Truckee 河的河岸带滩地生态系统^[2]; 1996 年完成的美国南达科他州 Foster 河岸带生态恢复和示范工程, 通过大量疏浚河岸带滩地和河道泥沙, 不仅认识了河岸带植物恢复的机理, 而且验证了河岸带植被恢复和数量增加, 可以使河流水质得到改善, 河溪滩地动植物生境得恢复, 生物多样性增加, 河道和河岸稳定性增强, 流水的侵蚀和沉积作用降低^[3]; 1998 年开始的美国佛罗里达州南部的 Kissimmee 河生态恢复工程, 计划在今后 15a 内恢复 70km 长的河道和 11 000hm² 的湿地生态系统^[4]。此外, 国外大量的河岸带生态

系统恢复和重建实验研究工作主要是通过利用恢复和重建后的河岸带植物对水陆生态系统间的物流、能流、信息流和生物流起到廊道(Corridor)、过滤器(Filter)和屏障(Barrier)作用的功能, 进行水土污染治理, 控制水土流失, 保护河岸, 增加动植物物种种源, 提高生物多样性和生态系统生产力, 调节微气候和美化环境等^[5~7]; 美国的 Erica 和 Christopher 等人, 研究了美国佐治亚州东部受核电站排出的热水和淤泥影响的 Savannah 河的河岸带退化生态系统, 通过植树造林恢复了河岸带生态系统^[8]; Parsons 指出在河岸相对较低时, 植树可以加强河岸带的稳定性^[9]。我国长江流域的河流网系 70% 分布于山丘区, 每年入江的泥沙量高达 22.4 亿 m³, 河床以每年 1cm 的速度升高。因此, 长江流域干、支流上游地段山丘区的生态环境建设, 特别是中小流域退化生态系统的恢复和重建, 是根除长江水患, 正本清源, 实现长江全流域生态环境优化的关键。

1 试验地概况

潜水是长江水系皖河的支流, 发源于大别山东南麓, 经天柱山逶迤而下; 位于 29°34'N ~ 31°16'N, 115°46'E ~ 117°50'E, 全长 115km, 流域面积 1 326km²

收稿日期: 2001-10-25。

基金项目: 安徽省水利厅资助项目。

作者简介: 张建春(1964-), 男(汉族), 江苏南京人, 在读博士。主要从事土地资源应用、管理与开发研究。联系电话: (0553)3869388; E-mail: zhangjianchun@263.net。

下,游大别山山前洪积圩畝地区,地势平坦,河网交织,干流河道宽 400m ~ 600m,河床比降一般< 1 ‰,多年平均流量和输沙量为 27.22m³/s 和 9 000t,实测最大洪峰流量为 4 510m³/s ;该地区多年平均气温为 15.6℃,年平均降雨量在 1 300mm ~ 1700mm 之间,主要集中在汛期 5 ~ 9 月;潜水属北亚热带湿润地区季节性河流,河谷滩地发育,宽窄差异较大,窄的仅 5m,宽的达 120m,汛期河床水位上涨,田中积水难排,河水经常泛滥,农田水冲砂压;因此,改善河岸生态系统,保护河堤,治理水患是本地区环境整治的重要内容之一。

2 试验方法

首先根据河岸带河道、河床及河滩地的地貌水文、植被、土壤等特性确定试验场地。我们选择了安徽潜山县潜水六公堤区段河道作为供试河段,从 1992 年春季起共布设了 3 个试验观测段,它们分别为鹰家咀(对照段,代表河岸带荒滩地)、野寨和铁路桥(见表 1)。其次,采用河滩地生物恢复技术,对河滩地防护林树种元竹(*Phyllostachys congesta*)、意杨

(*Populus Canadensis*. Moench.)、枫杨(*Pterocarya stenoptera*)、河柳(*Salix chaenomeloides*)和紫穗槐(*Amorpha fruticosa* L.)等进行树种引入、选育和培植,并根据树种的成活率等生长情况进行适应性分析;在过洪断面以外的滩地上,对枫杨、河柳、意杨采取了植苗和扦插两种方法,元竹采取了母竹移栽分植,紫穗槐采取了扦插和播种两种方法,秋季进行调查统计。1994 年又对成活率低的枫杨、意杨和河柳造林方式进行了改进,加大了枫杨、河柳的扦插深度至 1m,意杨则采取挖穴至 1m 深,每穴垫约 0.02m³的壤土,然后再植苗,秋季调查统计结果,其成活率大大提高;对四年生竹林和三年生意杨林试验地样方调查,样方中的枫杨、河柳基本存活,根系发育较快(表 2)。最后,依据植物固滩、护坡、防冲机理和本地树种的生物学特性,设计河滩地植物群落结构优化配置模式,并对重建后的河滩地生态系统进行生态效能和经济效能分析。

结果表明:本实验实现了河岸带荒滩地重建的目标,即在条件最为恶劣的河岸带荒滩地上重建河滩地生态系统并使其发挥一定的防洪护坡效能。

表 1 潜水试验观测段基本情况
Table 1 Description of study sites in Qianshui

地段	滩地高程 (m)	相对河床 (m)	措施 类型	株行距 (m)	滩长 (m)	河宽 (m)	滩宽 (m)	林宽 (m)
鹰家嘴	32.67	0.77	荒滩	/	210	530	70	/
铁路桥	32.34	0.80	A	33	350	450	58	50
野寨	37.32	1.58	B	33	170	470	85	40

表 2 不同造林方式成活率及根部生长状况统计
Table 2 Statistics of survival rate under different forestation measures

树种名	样方 (m×m)	植苗 (%)	扦插 (%)	母株移栽 (%)	播种 (%)	1m 深插 (%)	垫土植苗 (%)	单株根鲜重 (kg)	主根深 (m)
元竹	70×100			89				3.7(1m ³)	2.1
枫杨	25×5	100	40			92		4.4	1.5
意杨	30×30	37	30				93	1.6	0.6
河柳	25×5	86	46			100		3.5	0.9
紫穗槐	30×30		76		9			3.0	1.1

3 重建后的河岸带滩地生态系统效能分析

3.1 生态效能分析

首先,通过生态重建使河岸带生态系统的生物多样性和稳定性增加。原有的河岸带滩地多为砂石裸露的荒滩或由零星、稀疏的单一树种枫杨和元竹

林组成,经过多年的河岸带生态重建,在试验地组成了以本地优势树种枫杨(*Pterocarya stenoptera*)、河柳(*Salix chaenomeloides*)为主的落叶阔叶林,以紫穗槐(*Amorpha fruticosa* L.)为主的灌木林,以河岸坡地上的苔草(*Cavex*)为主的草本和元竹林(*Phyllostachys congesta*)共同构建的河岸带滩地生物群落,形成了从河滩、岸坡、高地,由乔、灌、草共同组成的面积约为

16hm² 的河岸带滩地生态系统; 明显的提高了河岸带生物多样性和生态多样性, 促进了河岸带生态系统的稳定, 改善了河岸带滩地的生态系统功能, 提高了河岸带生态系统的生产力。

其次, 经过重建后的河岸带荒滩地土壤理化性质得到改善, 养分增加(表 3)。试验措施 A 和措施 B, 与未采取重建措施前相对照, 土壤粘粒分别是原河滩地的 2.79 和 2.32 倍, 土壤容重分别下降 26.1%和 7.5%, 措施 A 试验样地的土壤有机质、全 N 和全 P 的含量分别是原河滩地土壤的 9.07 倍、2.82 倍和 2.08 倍, 措施 B 试验样地土壤有机质、全 N 和全 P 的含量分别是原来的 5.62 倍、1.85 倍和 3.82 倍; 措施 A 试验样地土壤速效 P 和 K 分别为原土壤的 4.64 倍和 2.86 倍, 措施 B 试验样地为 2.75 倍和 1.5 倍, 这表明采取不同的生物重建措施后, 土壤营养元素供应容量和供应强度均有较大程度的改善。此外, 措施 A 和措施 B 试验样地土壤阳离子交换量分别是原土壤的 1.82 倍和 1.23 倍, 说明采取措施后, 土壤保肥性能得到一定的改善, 促进了土壤养分的积累。

此外, 重建后的河岸带滩地生态系统, 还具有抗蚀淤淤, 固滩防冲和改善地方风速等小气候的效能(表 4、5)。植物可以增加地表粗糙度, 阻碍地表水流, 降低径流速度和流量, 相应的减轻流水特别是洪峰对河堤的冲刷, 促进河堤滩地泥沙的淤积, 保护河堤。由于采用“元竹—枫杨”和“意杨—紫穗槐—河柳”两种河岸带滩地生态重建措施护坡, 从滩缘到滩中至堤脚, 滩地横向冲蚀显著减弱, 淤积增加, 固滩防冲效能显著; 位于铁路桥的措施 A 植物护坡布设段, 当年最大洪峰每米冲蚀量仅 1.1m³, 没有出现崩塌现象, 而距其上游、滩高基本相同的对照段鹰家嘴荒滩每米冲蚀量达 5.3m³, 为护坡段的 4.8 倍, 且洪水造成崩塌 105m; 野寨措施 B 植物护坡布设段, 每米冲蚀量也较小, 出现的 13m 崩塌, 主要是由于滩岸过高造成的。

由于试验地段滩地植被覆盖有限, 尚不足以改善地方小气候, 故实验仅对林后风速进行了测定, 结果表明: 措施 A 试验地段和措施 B 试验地段林后风速分别下降 82.5%和 40.0%; 波高衰减系数分别为 0.77 和 0.39。

表 3 不同生态重建措施土壤养分和理化性质对比

Table 3 Soil physical and chemical properties in different reestablishment measures

实验地	措施	pH	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	全 P (g/kg)	速效磷 (mg/kg)	全 K (g/kg)	速效钾 (mg/kg)	CEC (cmol/kg)	盐基饱和度 (%)	容重 (g/cm ³)	粘粒(%) (<0.002mm)	含水量 ¹⁾ (%)
铁路桥	恢复前	6.5	1.4	0.38	0.13	2.8	0.89	7.0	6.48	40.6	1.57	5.12	5.01
(措施 A)	恢复后	5.3	12.7	1.07	0.27	13	26.5	20	1.8	57.5	1.16	14.27	6.21
野寨	恢复前	6.6	1.1	0.52	0.22	5.1	1.10	12.0	9.17	43.5	1.34	3.94	3.05
(措施 B)	恢复后	5.8	6.18	0.96	0.84	14	24.2	18	11.3	52.7	1.24	9.15	5.14

1)25cm 土层土样。

表 4 造林地与对照地河岸带冲蚀情况对比

Table 4 Comparison of flood erosion between forestation land and edge of beach

试验地段	措施类型	林宽 (m)	岸长 (m)	表面 破损 (m)	滑波 (m ³)	崩塌 (m)	冲蚀量 (m ³)	冲蚀量 (m ³ /m)	最大沉积 厚度 (m/a)
鹰家嘴	对照	70	210	210	115	105	1113	5.3	—0.32
铁路桥	A	58	350	240	73	13	385	1.1	0.09
野寨	B	85	170	130			255	1.5	0.05

表 5 不同植物措施护坡防风消浪效能对比

Table 5 Function of wind protection energy dissipation under different measures

试验地段	措施类型	林宽 (m)	株行距 (m)	枝下高 (m)	透风 系数	空地风速 (m/s)	林后风速 (m/s)	比降 (%)	波高衰 减系数
鹰家嘴	荒滩	/	/	/	/	/	/	/	0.99
铁路桥	A	58	3 根/m ²	1.0	0.9	4.0	0.7	82.5	0.77
野寨	B	48	33	/	0.6	4.0	2.4	40.0	0.39

3 2 经济效能分析

重建后的河滩地生态系统植物护坡的经济效益可以通过相同长度坡段(试验取坡长 100 m, 宽 35 m)植物护坡与块石护坡成本进行比较以及植物护坡的投入—产出情况得出结论: 通过植物护坡与块石护坡对比可知, 采用改进的措施 A 试验地段, 即“元竹-大叶柳-枫杨”护坡造价仅为块石护坡的 17. 1%, 每年管理费用仅

高于块石护坡费用 200 元, 根据样方产品数量及市场价格调查, 按 20a 的计算周期, 其投入产出比为 4. 93; 同理, 措施 B 试验地段, 即“意杨-紫穗槐-河柳”造价仅为块石的 12. 4%, 每年管理费用高出块石 200 元, 计算的投入产出比为 5. 32, 说明, 植物护坡经济效益是非常明显的(表 6)。

表 6 不同植物措施护坡与块石护坡成本对比
Table 6 Comparison of cost between different slope protection

措施类型	材料(株苗)	材料费(万元)	人工(万元)	人工费(万元)	造价(万元)	年管理费(万元)	投入与产出比
块石护坡	150	0. 60	225	0. 45	1. 05	0. 03	
措施 A	838	0. 12	30	0. 06	0. 18	0. 05	4. 93
措施 B	830	0. 08	25	0. 05	0. 13	0. 05	5. 32

3 3 社会效能分析

重建后的河岸带滩地生态系统的社会效益也是明显的, 如防汛期间大堤经常出现散浸现象, 有些坡段甚至发生滑坡、裂缝等险情, 夏防抢险材料的准备和管理一直是防汛工作中的难题, 河岸带滩地生态系统重建后, 竹子、意杨就可以就地取材, 为堤防的安全渡汛提供了充足的抢险材料。同时, 植物对有害气体有吸附作用, 对烟雾、灰尘有分离作用, 植物还能调节区域小气候, 涵养水源, 保持水土, 美化、

绿化和净化环境, 故河岸带滩地生态系统重建的经济、社会与生态效益是同步增长的。据此, 我们估算了安徽潜山县境内潜水、皖水和大沙河可施行河滩地生态系统重建的河段, 在全县总长 130km 的河段, 有条件可直接采取重建措施的河段为 73 km, 占河段总长度的 56. 2%, 无法采取措施的河段为 21 km, 占河段总长度的 16. 1%, 需要进一步采取改进措施的河段为 36 km, 占河段总数的 27. 7%(表 7)。

表 7 皖潜山县各干流河滩地生态系统重建可施行地段
Table 7 Reestablish riparian beach land in Qianshan River

措施	潜水(km)			皖水(km)			大沙河(km)			合计(km)		
	√	×	*	√	×	*	√	×	*	√	×	*
A	31	14	12	28	9	15	7	9	5	66	32	32
B	25	24	8	22	18	12	5	12	4	52	54	24
A 或 B	35	9	13	31	4	17	7	7	6	73	21	36

注: √ 适用, × 不适用, * 需改进

4 结论

河岸带滩地, 土壤肥力差, 生态环境较为恶劣。采用生态重建措施元竹-大叶柳-枫杨(措施 A 改进)和意杨-紫穗槐-河柳(措施 B)后, 在试验地组成了以本地优势树种枫杨(*Pterocarya stenoptera*)、河柳(*Salix chaenomeloides*)为主的落叶阔叶林, 以紫穗槐(*Amorpha fruticosa* L.)为主的灌木林, 以河岸坡地上的苔草(*Carex*)为主的草本和元竹林(*Phyllostachys congesta*)这样一种生物群落, 形成了从河滩地边缘—滩中—河岸坡地, 由乔、灌、草共同组成的河岸带滩地

景观生态系统; 河岸带滩地的生物多样性和生态多样性较荒滩地有了明显的提高, 从而促进了整个河岸带景观生态系统的稳定性, 改善了河岸带生态系统的功能和生产力, 使河岸带生态系统可持续地为人提供丰富多样的生产、生活和观光旅游产品。

参考文献:

[1] Nilsson Christen, Berggren Kajsa. Alterations of Riparian Ecosystems Caused by River Regulation[J]. *BioScience*, 2000, 50(9): 783~793.
[2] Ravindra N. Chibbar, Hao-Jie Chen. From gene shuffling to the restoration of riparian ecosystems[J]. *Trends Plant science*, 1999, (4): 337~338.

- [3] P. Ingle. Annual conference oral abstracts: Enhancing partnerships through riparian restoration and holistic resource management[J]. *Journal of Soil & Water Conservation*, 1996 **51**(4): 352~353.
- [4] Molles Jr, Mannel C, Crawford, Cliffords. Managed flooding for riparian ecosystem restoration[J]. *Bioscience*, 1998. **48**(9): 749.
- [5] Dennis F. Whigham. Ecological issues related to wetland preservation, restoration, creation and assessment[J]. *The Science of the Total Environment*, 1999. (240): 31~40.
- [6] Naiman Robert J. Riparian Ecology and Management in the Pacific Coastal Rain Forest[J]. *Bioscience* 2000. **50**(11): 996~1012.
- [7] 宁远, 沈承珠, 谭炳卿, 等(译). 河流保护与管理[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1997. 191~304.
- [8] Choistopher Barton, Eric A. Nelson, Randall K. Kolka. Restoration of a severely impacted riparian wetland system—The Pen Branch Project [J]. *Ecological Engineering*, 2000. (15): 3~15.
- [9] Margaret S. Petersen. River Engineering[M]. New Jersey: A Division of Simon & Schuster, Inc. Englewood Cliffs, 1986. 159~268.
- [10] 岳天祥. 生物多样性研究及其问题[J]. 生态学报, 2001, **21**(3): 462~467.
- [11] 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): 445.
- [12] 张永泽, 王恒. 自然湿地生态恢复研究综述[J]. 生态学报, 2001, **21**(2): 309~314.
- [13] 刘峰, 贺金生, 陈伟烈. 生物多样性的生态系统功能[J]. 植物学通报, 1999, **16**(6): 671~676.
- [14] 许炯心, 师长兴. 河漫滩地生态系统影响下的河型转化—以红山水库上游河道为例[J]. 地理学报, 1995. **50**(4): 335~343.
- [15] 李文华. 生态工程是可持续发展的有效手段—1996北京国际生态工程会议综述[J]. 生态学报, 1996. **16**(6): 667~669.
- [16] 尹澄清. 内陆水—陆交错带的生态功能及其保护与开发前景[J]. 生态学报, 1995, **15**(3): 331~334.
- [17] 张建春, 史志刚. 安徽潜山沙堤防护生物措施优化配置试验研究. 水土保持学报, 2001, **15**(2): 30~32.
- [18] 彭少麟, 赵平. 以创新理论深入推进恢复生态学的自然与社会实践—2000年恢复生态学学会国际大会综述[J]. 应用生态学报, 2000, **11**(5): 799~800.
- [19] 郭晓荣, 江玉林, 龙春林. 滇中地区公路路域防护植物的初步研究[J]. 山地学报, 2000, **18**(2): 115~121.
- [20] 杨玉盛, 何宗明. 严重退化生态系统不同恢复和重建措施的植物多样性与地力差异研究[J]. 生态学报, 1999. **19**(4): 490~494.
- [21] 于顺利, 马克平. 东灵山地区退化生态系统的恢复与重建实验[J]. 植物生态学报, 1998, **22**(3): 275~280.
- [22] 吴泽民, 孙启祥. 安徽长江滩地杨树人工林个体生长与淹淹状况的关系[J]. 应用生态学报, 2000, **11**(1): 25~29.
- [23] 周跃, Watts D. 欧美坡面生态工程原理及应用的发展现状[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, **5**(1): 79~85.
- [24] 余广明. 堤坝防浪护坡设计[M]. 北京: 水电出版社, 1987. 35~125.
- [25] 代全厚, 张力. 嫩江大堤植物根系固土护堤功能研究[J]. 中国水土保持, 1998, (12): 36~37.
- [26] 朱建强, 邹社校, 潘传柏. 长江中下游堤防侵蚀及其防治[J]. 水土保持通报, 2000, **20**(5): 5~10.
- [27] 周跃. 土壤植被系统及其坡面生态工程意义[J]. 山地学报, 1999, **17**(3): 224~229.

Ecological Reestablishment of Riparian Beach and Functions of Dike Protection at Foot of Dabai Mountain in Anhui Provinces

ZHANG Jiang-chun^{1,3}, SHI Zhi-gang² and PENG Bu-zhuo¹,

(1. Department of Urban and Resources, Nanjing University, Nanjing 210093 PRC;

2. Anhui Provincial Irrigation office, Hefei 230000 PRC;

3. Anhui Normal university, College of Territorial Resources and Tourism, Wufu 241000 PRC)

Abstract: Ecological reestablishment of river and riparian ecosystems has become a topic of intense interest worldwide. The purpose of this paper is to present an approach to rebuild riparian beach land areas of Qianshui river in Anhui provinces and to use tree shelters to protect the dike. We tried planting five tree species which were divided into two experimental design types, through the analysis on the ecological and economic functions of reestablishment of riparian beach land, the experimented results showed that the influence of reestablishment on river flow, soil condition and the stability of riparian beach land ecosystem is very significant.

Key words: Riparian beach land; reestablishment; functions of ecosystem; foot of Dabai Mountains