

DOI :10.3880/j.issn.1006-7647.2009.04.013

扦插-抛石联合技术的构建与应用

刘 瑛,高甲荣,张金瑞,吕 晶

(北京林业大学水土保持学院,北京 100083)

摘要 为探讨扦插-抛石联合措施在河岸生态修复中的适用性,简述了扦插-抛石联合措施的施工方法,并对其岸坡防护、水质净化、栖息环境改善和景观等功能进行分析;以长园河段扦插-抛石联合护岸为例,对扦插植物生长情况、根系的生物量和枝条的抗弯性进行了调查分析。结果表明:金丝垂柳生长情况良好,完工 2 个月,新枝高度和基径分别平均增长到 28.7 cm 和 0.3 cm;完工 5 个月,新枝高度和基径分别平均增长到 135.7 cm 和 1.0 cm。金丝垂柳根系扎根深、生长快,对深层土壤的加固作用良好。其新生枝茎有良好的抗弯性,柔韧弯曲的枝条覆盖坡面可起到保护坡面土壤被水流冲蚀的作用。

关键词 土壤生物工程 扦插植物 植物抛石联合措施 生态护岸

中图分类号 X171.4 **文献标识码** B **文章编号** 1006-7647(2009)04-0047-04

Construction and application of cutting and riprap joint planting technology//LIU Ying, GAO Jia-rong, ZHANG Jin-rui, LV Jing(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract :In order to discuss the suitability of cutting and riprap joint planting methods used in riparian restoration, the construction method of joint planting is introduced and the functions of the method, including strengthening riprap stability, purifying water quality, improving habitat and beautifying the landscape, are discussed. Using the joint planting revetment along the Yanqi River as an example, the performance of cut plants, root biomass and shoot bends are investigated. The results show that the golden silk willow grows well. The length and diameter of new shoots increased by 28.7 cm and 0.3 cm after two months, and increased to 135.65 cm and 1.0 cm after five months. The golden silk willow has a deepened root system and has a good reinforcing function in the deep soil. The golden silk willow has satisfactory bending and restorable properties. Flexible and bending branches cover the slope and protect it from water erosion.

Key words :soil bioengineering ; cutting ; riprap joint planting measures ; ecological embankment

扦插-抛石联合技术是河岸生态治理的一种优良方法,护岸工程不仅要考虑安全性,还要达到保护、创造生物良好的生存环境和自然景观的要求,在保证护岸具有一定强度、安全性和耐久性的同时,兼顾工程的环境效应和生物效应,以达到一种水体和土体、水体和生物相互协调、适合生物生长的近自然状态,也就是考虑到护岸工程的安全性、生物性、亲水性和景观性^[1]。如何加强抛石护岸的稳定性,并使其达到生态护岸更高的要求将是研究的难点和热点之一。植物是河流生态系统的一个重要组成部分,且植物在维持河岸稳定性的作用已经得到了普遍的认可。因此,笔者对扦插-抛石这种土壤生物工程联合措施作了初步的探讨,以期为我国生态护岸

的设计和施工提供有益的借鉴。

1 扦插-抛石联合措施

目前,河流生态修复已引起国际社会的高度重视。自 20 世纪 70 年代开始,对河流生态系统进行综合修复成为一种先进的治河理念^[2],欧美等国家进行了大量的研究^[3-4]。土壤生物工程措施就是在这些研究的基础上逐渐发展起来的。

土壤生物工程通过根系的作用稳固坡面土壤,防止坡面侵蚀,通过植物枝叶对降雨的拦截作用防止坡面溅蚀,通过根系锚固土壤的作用减少浅坡下滑,同时具有改善河溪生境、增加缓冲带的连续性和河溪的景观性等优点。扦插-抛石联合措施是土壤

基金项目 国家自然科学基金(40771128) 中奥科技合作项目(Nr. VIII . A. 3)

作者简介 刘瑛(1983—),女,山西长治人,博士研究生,从事河流生态修复研究。E-mail :lycg06@163.com

通讯作者 高甲荣(1963—),男,副教授,从事生态环境建设及流域管理研究。E-mail :jiaoronggao@sohu.com

生物工程技术中的一种,在许多发达国家被广泛用于坡面稳定和河岸带的生态修复。

以往使用抛石护岸时,在块石之间常留有空隙。扦插-抛石联合措施就是在抛石施工的基础上,截取植物的枝条随即扦插入抛石空隙之中的一种土壤生物工程方法。相对于生态混凝土来说,此工程施工经济、简单,生态混凝土每立方米大约 500 元^[5],扦插所用柳条 1 平方米大约为 10 元。生态混凝土植物的生长受到生态混凝土表层温度的影响,适宜于冬季施工^[5],扦插措施施工一般在春季植物休眠期进行。

2 扦插-抛石联合措施的功能

2.1 岸坡防护功能

抛石护岸具有取材容易、施工简单、投资省、维护管理方便等特点,铺于坡面的石块可顶住水流冲刷,强迫水流转向,以保护岸坡^[6]。但是抛石护岸也有自身的缺点,抛石在坡面上的运动可使岸坡不稳,甚至导致护岸工程失败。

扦插入抛石的植物枝条可有效加强护岸工程的稳定性。其茎干可起到抗滑桩的作用,以抵抗滑坡产生的剪应力。从树桩上长出的根有加筋作用^[7]。有研究表明,土壤生物工程施工后,其构筑的水位线附近坡岸表面土壤的剪切力随着植物的生长而逐渐提高^[8]。植物的生长增加了岸坡的粗糙率,减小了局部岸坡的水流流速,从而有效地减小水流的冲刷力^[9]。扦插措施对抛石护岸岸坡剪应力的作用随着植物的生长而加强,有研究表明,扦插-抛石联合措施在施工刚结束时的剪应力为 100 Pa,完工 3~4 季度后剪应力可达到 300 Pa^[10]。当然,不同的扦插-抛石联合措施,因孔隙度、回填土和扦插枝条生长情况的不同,土壤剪应力的提高也不同。

2.2 水质净化功能

植物覆盖的河岸对拦截泥沙和污染物十分有效。对柴笼和灌丛垫 2 种不同类型的土壤生物工程生态护坡的污染控制作用进行研究,发现它们对径流悬浮物体和营养盐的拦截作用良好^[11]。植物和土壤中的微生物通过新陈代谢作用可以把(拦截)泥沙携带的污染物质转化为无污染的合成物质。尽管抛石也可以拦截部分泥沙,但是石头没有水质净化的作用。而且拦截的泥沙也会在下次行洪时被水冲入下游。

2.3 栖息环境改善功能

护岸抛石具有较高的孔隙率,可以为鱼类等水生动物和两栖类动物提供栖息、繁衍和避难的场所。护岸植物可以防止太阳辐射,从而起到降低水温的

作用 通过植物的覆盖作用可以为河流生物提供良好的栖息环境 植物在岸坡生长的同时可以改善岸坡的土壤生境 植物可以有效提高土壤中各种微生物的数量以及修复区土壤动物的种类、数量、生物多样性指数^[12]。

2.4 美学亲水功能

过去在选择河岸坡面侵蚀材料时,较少考虑到其美学娱乐功能。如今随着人们亲水愿望的提高,河岸的整治也需要考虑这方面的要求。尽管块石材料来源于自然,但易给人们一种生硬的感觉。利用植物这种软性的材料来对抛石进行软化和自然化已成为生态护岸的首选方法之一。

3 扦插-抛石联合措施设计

顾名思义,扦插-抛石联合措施是由抛石和扦插 2 部分构成的。

抛石护岸平砌石块交错铺放可以对下层的土质、沙质等易侵蚀河岸起到保护作用。因土堤自身稳定的要求,岸坡不宜过陡,坡度应在 1.5:1 以下。抛石与岸坡土壤之间应铺设 1 层碎石级配料加以隔离,以避免土壤受水流冲蚀而流失,造成淘空现象^[13]。抛石护岸的能力主要来源于石块的质量和它们之间的相互作用。在施工设计时需要考虑抛石的大小和铺设的厚度等。

扦插施工简单易行,当抛石设置完工后,即可进行植物枝条扦插施工。总的来说,木本植物比草本植物更适合土壤生物工程施工,其中柳枝为最常用的材料。扦插工作应在木本植物的休眠期进行,在抛石缝隙间填土,截取直径为 1.5~5 cm 的柳条,其长度应超过抛石层的厚度。枝条在坡面上采取随机配置的方式,以‘大头朝下,小头朝上’的方法插入抛石之间的缝隙中。一般来讲 30 cm² 可设置 2~4 根枝条,其确切的密度还取决于抛石间的空隙位置。有时为避免枝条在插入过程中受损,可利用铁棒先行做出导洞,再将枝条由导洞插入抛石护坡的缝隙中。枝条的设置应尽量垂直于坡面,枝条前端露出抛石表面 3~5 cm 即可,并对露出的枝条部分进行削平,以防止水分蒸发,影响扦插枝条的成活率。取下的新鲜柳条在施工前用水浸泡以增加成活率。同时施工前应将柳桩旁侧的枝条剔除干净并保证树皮的完整性,桩底削尖以便易于插入土层。

4 案例分析

4.1 研究区概况

研究点设在北京市怀柔区境内雁栖河西支长园河段。怀柔区属暖温带大陆性季风型半湿润气候,四

季分明,雨热同期,夏季暖热湿润,冬季寒冷少雪。年平均气温为 9~13℃,年平均降水量为 600~700 mm,主要集中在 6~8 月份。试验点未治理前为土质河岸,已出现较严重的侵蚀现象。北京近郊旅游已成为该区的主要产业之一,在考虑岸坡安全性和生态性的同时,护岸的美学亲水功能也是需要考虑的一个重要方面。

在借鉴国外土壤生物工程成果和经验的基础上,利用柳桩和扦插-抛石联合措施对北京市怀柔区雁栖河长园河段进行施工(图 1),对扦插-抛石联合措施进行了有益的探讨。

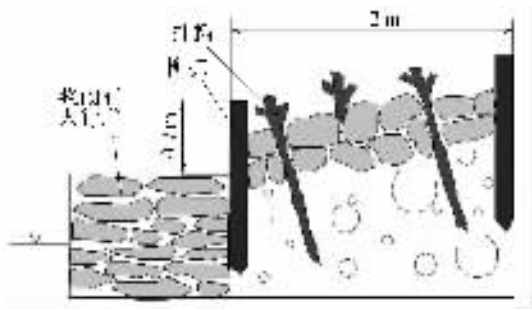


图 1 抛石扦插联合措施施工示意图

抛石护岸为水上干砌石护坡,用块石分 2 层铺设于岸坡之上,其间露有缝隙。

固定柳桩是土壤生物工程护岸的重要工程之一。2007 年北京市怀柔区水务局在对长园河段的生态整治工程中试验性地引进了这种方法。考虑到护岸的安全性和生态性,选用直径为 8~14 cm 的柳桩垂直打入河底,排成井状,起到稳定河岸边坡的作用。柳桩在设置初期即可适用于各种水力条件复杂的河段,护岸效果较好,并且具有一定的景观价值。但是,后期随着柳桩的腐烂,其对坡面抛石的防护作用将大幅度降低。

2008 年 3 月,笔者引进目前国外普遍采用的扦插-抛石联合土壤生物工程措施对该河段进行了进一步的修整。枝条截取直径大多在 1.5~4 cm 之间,石块间空隙较大的地方截取的枝条直径可达到 4~5 cm,枝条长度为 30~50 cm。把截取的新鲜金丝垂柳枝条扦插入石缝之间,以增加岸坡的稳定效果、景观效果和生态效果。

4.2 调查指标

采用现场测量和随机挖掘的方法,对块石护坡中扦插植物金丝垂柳的生长特性进行全面观察,并对该河段完工 2 个月后扦插枝条的萌芽率、萌发枝条高度和基径进行调查,对完工 5 个月后扦插枝条的成活率、生长高度和枝条基径进行监测,以探讨扦插金丝垂柳作为土壤生物工程的一种措施在北京地区的适宜性。

由于对抛石护岸扦插植物根系进行挖掘十分困难,对北京市怀柔区一渡河的扦插植物进行调查,挖掘护坡植物样品带回实验室,测定新生根系和枝叶的生物量(干质量)。对完工 5 个月后的扦插新生长枝条进行抗弯性试验,即在距其基部 40 cm 处分别施加 4.9 N 和 9.8 N 的荷载,持续时间为 30 min。记录枝条弯曲的程度(施加荷载与未施加荷载枝条基部之间的偏移角度),以探讨金丝垂柳抵抗风力和水流侵蚀的能力。

4.3 植物生长情况分析

植物的生长特性及适宜性是土壤生物工程措施成功与否的重要条件。完工 2 个月后金丝垂柳的生长情况良好,在完工 5 个月后植物对岸坡起到了一定的防护作用,并且达到了很好的景观效果。

观测表明,完工初期(2008 年 3 月份)植物材料均为没有根系和叶片的新鲜枝条。完工 2 个月后(5 月份)扦插柳条总的萌芽率为 98%,新枝高度和基径分别平均增长到 28.7 cm 和 0.3 cm。完工 5 个月后(8 月份)调查得左岸柳条总的成活率为 96%,新枝高度和基径分别平均增长到 135.7 cm 和 1.0 cm(表 1)。与 2007 年一渡河扦插的试验结果相比,扦插在萌芽率、成活率、新枝高度和基径的增长量上都有很大的提高^[14],从生长情况来看,金丝垂柳在北方地区水分条件良好的情况下,短期内就能达到一定的景观效果和改善栖息环境的效果,是一种适宜的河岸带生态修复材料。

表 1 扦插措施不同完工时期柳条生长特征

完工时间	新枝			基径		
	平均生长高度/cm	分布范围/cm	测量株数/株	平均生长高度/cm	分布范围/cm	测量株数/株
完工 2 月后	28.7	6.3~54.2	53	0.3	0.1~0.8	53
完工 5 月后	135.7	56.0~242.4	139	1.0	0.4~1.8	139

4.4 水土保持效益分析

完工 2 个月后,每株扦插新生枝条平均生物量为 14 g,完工 5 个月后,金丝垂柳新生枝叶繁茂,每株扦插枝条平均生物量可达到 130.50 go。

扦插单株植物根系生长迅速。从表 2 可以看出,完工 14 个月后根系的生物量比完工 8 月后的生物量有很大的提高,小于 1 mm 的根系生物量占到总根系生物量的 70%。植物根系对边坡稳定性至关重要,土壤剪切力或黏结力与土壤根系的生物量成正比^[8]。林木根系可以提高土壤水稳性团聚体的数量,从而增强土壤抗分散、悬浮的能力。土壤质地、水分含量的不同会影响扦插植物枝条和根系的生长。长园河段土壤含水量和土壤质地都优于一渡河河段,从枝条的生长情况来看,可以推测长园河段采

取扦插—抛石联合措施后实际根系生长情况见表 2 所示的情况要好,其根系的发展情况有待进一步研究。

表 2 扦插措施单株植物根系生物量

时间	根系生物量/g		
	< 1 mm	1 ~ 3 mm	> 3 mm
完工 8 月后	0.23	1.32	0.14
完工 14 月后	5.83	2.40	0.45

表 3 为金丝垂柳新生枝茎不同荷载作用下的弯曲角度。如表 3 所示,不同新生枝茎施加荷载30 min 后,基径为 1.3 cm 和 1.0 cm 的柳条表现出不同的弯曲度。当枝条弯曲至 90°时,枝条仍未断裂,说明金丝垂柳具有良好的抗弯性,可以经受水流的冲刷和风的侵蚀。同时金丝垂柳通过其弯曲的枝条覆盖坡面,可起到保护坡面土壤被水流冲蚀的作用,其详细研究另文详述。金丝垂柳根系生长迅速,随着植物的生长固土能力也将不断的加强。通过金丝垂柳茎干、新生枝叶和根系作用可以有效地增强抛石护岸的稳定性,达到良好的水土保持效果。

表 3 金丝垂柳新生枝茎不同荷载作用下的弯曲角度

新生枝茎		施力位置	荷载/N	弯曲角度 θ/(°)
高度/cm	基径/cm			
132	1.0	距基部 40 cm	4.9	16
132	1.0	距基部 40 cm	9.8	90
200	1.3	距基部 40 cm	4.9	10
200	1.3	距基部 40 cm	9.8	38

5 结 语

通过对长园河段进行扦插—抛石联合措施完工 2 月后和 5 月后的观测,表明金丝垂柳能够良好生长。完工 2 个月后,其新枝高度和基径分别平均增长到 28.7 cm 和 0.3 cm 完工 5 个月后,其新枝高度和基径分别平均增长到 135.7 cm 和 1.0 cm。金丝垂柳在短期内就可形成良好的景观,改善栖息地效果。金丝垂柳根系扎根深、生长快,对土壤的加固作用良好。其枝条柔韧,具有良好的抗弯性,弯曲的枝条覆盖坡面可起到保护坡面土壤的作用。

扦插—抛石联合措施可以防止水流对岸坡的掏蚀,大大加强了抛石坡面的稳定性,减少了水土流失。同时可降低河岸附近水流的流速 在小的河溪,护岸植物可以防止太阳辐射,从而起到降低水温的作用 通过植物的覆盖作用可以为河流生物提供良好的栖息环境 植物还可起到净化水质的作用。扦插—抛石措施将成为未来河岸防护措施的发展方向之一。扦插入抛石的植物种类不同,扦插柳桩的数量、角度以及入土长度的不同对抛石护坡的加固作

用也不同。目前对此机理的认识还不够清楚,尚需进一步研究。土壤生物工程不能简单的照搬,各个地区应根据当地的立地条件选择适宜的施工植物材料和施工方式。该试验仅仅在北方地区小的河溪进行施工和研究,河流岸坡通常处于枯水位以上的区域,扦插植物生长良好。但是对于诸如长江、黄河、淮河等大江大河,枯水位以上岸坡每年 4 ~ 10 月多数处于或部分处于水下,扦插植物的成效情况尚不得而知。

参考文献：

[1] 钟春欣,张玮.传统型护岸与生态型护岸[J].红水河,2006,25(4):136-143.

[2] 倪晋仁,刘元元.论河流生态修复[J].水利学报,2006,37(9):129-137.

[3] DONAT M. Bioengineering techniques for streambank restoration:a review of Central European practices [R]. British Columbia, Canada:Ministry of Environment Lands Parks and Ministry of Forests,1995 1-86.

[4] BENTRUP G, HOAGJ C. The practical streambank bioengineering guide[R]. Aberdeen,Idaho:USDA Resources Conservation Service,Plant Materials Center,1998.

[5] 汪洋.城镇河流生态护坡系统的建立及评价研究[D].南京:河海大学,2005.

[6] 徐锡荣,唐洪武,宗竞,等.长江南京河段护岸新技术探讨[J].水利水电科技进展,2004,24(4):26-39.

[7] 徐中华,刁逢光,陈锦剑,等.活树桩固坡对边坡稳定性影响的数值分析[J].岩土力学,2004,25(增刊):275-279.

[8] 陈小华,李小平,张利权.河道生态护坡技术的水土保持效益研究[J].水土保持学报,2007,21(2):32-35.

[9] 胡旭跃,刘斌,曾光明,等.植物粗糙度对明渠水流阻力影响的试验研究[J].水科学进展,2008,19(3):372-377.

[10] SCHIECHTL H M,STEM R. Water bioengineering techniques for watercourse bank shoreline protection [M]. London:Blackwell Science Inc,1997.

[11] 蔡婧,李小平,陈小华.河道生态护坡对地表径流的污染控制[J].环境科学学报,2008,28(7):1326-1334.

[12] 张宇博,杨海军,王德利,等.受损河岸生态修复工程的土壤生物学评价[J].应用生态学报,2008,19(6):1374-1380.

[13] Fischenich, J C. Effects of riprap on riverine and riparian ecosystems [R]. Washington, D. C.:U. S. Army Engineer Research and Development Center,2003.

[14] 高甲荣,刘瑛,HANS P R.土壤生物工程在北京河流生态恢复中的应用研究[J].水土保持学报,2008,22(3):152-157.

(收稿日期 2008-12-15 编辑 方宇彤)