

济平干渠堤岸带植物修复技术

迟艺侠¹, 张展羽¹, 李永顺², 曲卓杰²

(1. 河海大学农业工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 山东省输水工程技术研究中心, 山东 济南 250033)

摘要:为解决大型渠道施工中形成的大面积次生裸地的水土流失问题,减少边界污染物对渠道水质的影响,提出了渠道堤岸带植物修复原则。在此基础上,以济平干渠为例,按照修复目标将研究区域分为植物护坡区、植物防护绿篱和植物削污滞污区 3 个区域,进行植物配置研究,形成点、线、面相结合的绿化景观格局。在治理水土流失和削污滞污的同时,绿化美化沿线环境,实现“清水长廊”的目标和渠道的可持续发展。

关键词:渠道堤岸带;植物修复;削污滞污;水土流失

中图分类号:TV871.2 S727

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2009)05-0067-04

Study on embankment phytoremediation technology in Ji-ping Channel // CHI Yi-xia¹, ZHANG Zhan-yu¹, LI Yong-shun², QU Zhuo-jie² (1. College of Agricultural Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Shandong Water Engineering Technology Research Center, Jinan 250033 China)

Abstract: In order to solve the soil and water loss of a large bare area that is part of ongoing large canal construction, as well as the effect of boundary pollution on water quality, the design principles of embankment phytoremediation are presented. On this basis, using the Ji-Ping Channel as an example, and according to reparation goals, the study area was divided into three regions: a plant slope protection region, a plant hedge, and a diminished and laged contamination region. The plant disposition study was conducted, and a green landscape pattern of combined spots, lines and faces developed. The soil and water loss and the diminished and laged contamination were controlled. Meanwhile, the environment of the channel was beautified. The objectives of creating a clean waterway and sustainable development in the channel were achieved.

Key words: embankment zone of channel; phytoremediation; diminished and laged contamination; soil and water loss

南水北调工程既是解决我国北方地区水资源严重短缺问题的重大战略举措,也是关系到我国经济社会可持续发展的特大型基础设施。工程建设战线长,时空跨度大,施工方式种类多、强度大,土方量大,挖损、堆垫面积广,原有的植物覆盖层和岩土边坡遭到破坏,形成大范围呈线状分布的次生裸地,各种影响因素相互渗透、利弊交织,尤其是生态与环境问题具有潜伏性、传递性、长期性、累积性和难以逆转性的特点。输水渠道沿途经过农田、村庄和企业等,经常会受到生产、生活垃圾和企业废水废气的影响,尤其是农田边界,农业面源污染的加剧和深层累积现象不仅造成了土壤污染,也为地下水污染提供了源头^[1-4],严重影响输水水质。当降水或灌溉时,农田土壤中的污染物一方面通过水平运移经堤岸带进入输水渠道;另一方面,由于淋溶作用导致污染物进入地下水,进而影响调水水质。因此,渠道堤岸带

建设的好坏直接影响到输水效率、输水质量以及渠道沿线的社会经济和生态环境,其生态修复具有典型性和复杂性。另外,堤岸带具有特定的资源优势,合理开发利用渠道堤岸带资源,对绿化、美化沿线环境,发展当地经济有着重要的现实意义。

河流、湖泊和滨海区的堤岸带是联系水流生态系统和陆地生态系统的重要纽带和桥梁,堤岸带上的植被对水陆生态系统间的物质流、能量流、信息流和生物流等都发挥着廊道、过滤器和屏障作用^[5]。国际上,欧、美、日等发达国家非常重视堤岸带的生态建设,形成了各自的植物护坡理论和技术方法。为保障输水的质量和效率,在大型渠道防护工程中大多采用现浇混凝土、预制混凝土块体等结构形式,隔绝了原土壤生态系统之间的物质交换,渠道岸坡长度大、坡度陡,若没有天然植物作为屏障,降雨径流和渠岸带垃圾极易入渠造成渠水污染。传统的护

坡结构形式在不同程度上对景观、环境和生态均产生了不良的影响^[6],不能满足社会经济发展和人们生产、生活、生存对生态环境的需要;现有的渠道边坡植物防护技术在植物的选取和配置方面均缺乏理论依据,存在着引进技术不适用、边坡植草退化、护砌方式不合理等问题,未能充分利用渠道堤岸带的资源优势,直接影响生态防护的长期效果。

笔者在渠道堤岸带设计原则的基础上,以南水北调东线济平干渠段为例,分析不同类型渠道断面堤岸带各目标区的植物修复技术,为南水北调渠道沿线生态修复提供理论依据。

1 渠道堤岸带植物修复原则

渠道堤岸带既有河岸带的生态功能,又具有公路绿化带的线状特征和复杂环境,承担着治理渠道岸坡土壤侵蚀、防止地表径流直接入渠和削减面源污染的任务,应以自然为主导,减少对资源的剥夺,维护生态系统的动态平衡,提高系统的自我调节、自我修复能力,改善沿线生活环境^[7-8]。渠道堤岸带对开展水土污染治理和保护、稳定渠道岸坡、提高生态系统生产力、调节微气候、美化环境、开展旅游活动等方面均具有重要的现实和潜在价值。因此,渠道堤岸带的设计应在遵循自然发展规律的基础上,根据技术上适当、经济上可行的原则,使受到影响的生态系统重新获得健康,并有益于渠道输水要求。

a. 师法自然^[9] 渠岸带生态系统的恢复必须符合客观规律,以当地的自然条件为基础,尽量采用当地物种,遵循植物生长的自身规律及对环境条件的要求,科学合理地配置,使各类植物喜阳耐阴、喜湿耐旱,各重其所。只有着眼于整个区域生态环境,“师法自然”,协调渠堤绿化系统与自然地形的关系,创建的生态系统才可能稳定。

b. 实用性原则 渠道堤岸带植物修复的目的是发挥其降雨截流、固土护坡、削污滞污和景观绿化等多项功能,因此选用植被配置和施工工艺必须按照植物的生态习性、根系特点和边坡稳定性要求,满足实在可行、易种易活、具有可操作性的特点。

c. 统筹规划原则 应根据当地的实际情况进行统筹规划,综合考虑各种因素,选取的植物种类应该具有系统性、层次性与多样性,从不同方面、不同层次改善渠道沿线环境,提高输水质量和效率。植物配置中应以本土植物、易于管理植物为主,降低购买养护的费用,同等固坡作用下应优先采用经济作物,使植物修复的效益最大化。

d. 美学原则 在设计中要依据景观生态学原理,运用自然材料和软式工程,充分利用渠道沿线地

形和渠道断面特点,强调植物造景,增加景观异质性,构建渠道沿线生境走廊,实现渠道的可持续发展。

2 济平干渠堤岸带植物配置模式

2.1 干渠工程沿线概况

南水北调东线工程在山东境内分为南北、东西2条输水干线,形成“T”字形输水大动脉。济平干渠工程是东西干线—胶东输水干线的首段工程,年引水10.26亿 m^3 ,供水范围为济南、滨州、淄博、东营、潍坊、青岛、烟台、威海8市的47个县、市、区。济平干渠输水线路基本平行于黄河并沿长平滩区边缘布置,输水渠自西南向东北方向沿长平滩区边缘开挖。

线路以南为丘陵区,多为岩石风化残积的粗骨棕壤土,土层薄、质地疏松、蓄水能力差,水土流失严重。北部为黄泛平原和洼地,沿线地形起伏较大,所经姜沟、刁山坡、李山头等高地和山口,最高处为刁山坡,山顶高程为128m,地面高程为61m,渠道两岸汇流面积大,汇流速度快,开挖渠坡土质松散,冲积严重。曹山洼、栾湾洼、贵平洼和孝里洼相对较低,地面高程为35m,是封闭的洼地。

工程所在区域属华北暖温带季风大陆性气候,夏热多雨、冬寒少雪、春旱多风、秋旱少雨,季节性干旱特别严重。多年平均气温为12.6℃,极端最高气温为42℃,最低气温为-17℃,多年平均降水量为674.9mm,多年平均蒸发量为1000~1200mm。地下水埋藏深度受地形影响而深浅不一,埋深一般在2.5~5m,较深处达7~10m,地下水位年变幅3~5m。

输水渠沿线有木本植物分属50科,130余种。山地主要是侧柏、刺槐、酸枣、黄棘、黄草、荅草、白草、狗尾草和地柏群落;丘陵地主要有泡桐、毛白杨、臭椿、刺槐、柿子、核桃、大枣、苹果、山楂、梨、桃、花椒、玫瑰花、金银花、禾本科草类和农作物群落;平原洼地主要有杨、柳、榆、泡桐、棉槐、白腊、杞柳、芦苇、禾本科草类和农作物群落。

2.2 干渠堤岸带植物修复技术

干渠所经地区地形多样,断面形式可分为:山地深挖方段、丘陵半填半挖方堆堤段、平原挖方堆堤段3种类型,渠道断面简化如图1所示。在对工程沿线

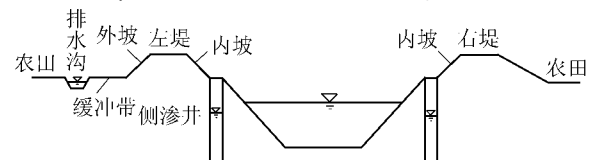


图1 渠道断面示意图

土壤类型、地质地貌、植被特征等进行综合调查与评价的基础上,按照不同研究区域的修复目标可将渠道堤岸带分为植物护坡区、植物防护绿篱和植物削污滞污区3种植物修复景观,使不同断面的这些景观组合成色彩斑斓、错落有致的风景带,沿输水渠道蜿蜒分布,形成点、线、面结合的生态防护体系。

2.2.1 植物护坡模式

植物护坡模式应用在渠堤内坡及戕台部位,与一定的工程措施结合,可起到拦截径流及污染物、固土护坡、减轻土壤侵蚀等目的。

山地深挖方段渠坡陡长,地质条件复杂,极易造成水土流失。以刁山坡为例,其石方段输水渠道堤顶与渠底最大落差为28.35 m,内坡的边坡系数为2.5,最大坡长可达80 m,渠道内坡土壤中水分含量较沿线耕地低,土壤中有有机质含量相对较少,比较贫瘠,且局部有岩石裸露和碎石土,渠道两岸汇流面积大,汇流速度快,水土流失严重。要克服陡边坡少土、缺水、缺肥的状态和冬旱夏热的困难,可采用椰纤维网植被护坡技术,利用椰纤维网筋与植物庞大根系形成的板块结构,增加防护层的抗拉强度和抗剪强度,限制在冲蚀情况下引起的“逐渐破坏”扩散现象,最终限制边坡浅层土壤滑动和隆起的发生。护坡植物的选择要综合考虑当地气候、土壤等实际情况,选择适于粗放型管理、耐寒、耐旱的藤本植物或草本植物,利用其茎叶自然覆盖坡面,起到减少溅蚀、拦截径流和柔化坡度的效果。

在平原、丘陵段,边坡相对较缓,可选取客土植生带法与植被相结合来固坡护岸,增强坡面土壤的抗冲刷能力,减缓降雨径流。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,这些作用被不断加强。护坡植物的设计可将护坡功能与景观功能综合考虑,选取对环境条件适应性广、耐磨、耐践踏、耐干旱、耐粗放管理的草坪草,利用地形差异,强调两岸风光对比,比如将地被植物与小灌木的色彩多样性和空间尺度性相结合,不仅可增强地表的覆盖效果,更能形成独特的平面构图,美化沿线环境。

2.2.2 植物防护绿篱

植物防护绿篱主要应用于防洪堤和堤顶公路范围。防洪堤一般高出地面3~4 m,设计边坡1:2.5,坡长在8~11 m之间,筑堤土料为输水渠沿线开挖土方,以壤土为主,部分渠段为黏土和砂壤土。该区域植物的选取以固土、绿化为目标,可选取适宜当地环境的小乔木和地被植物组合形成防护林,提高边坡浅层土壤的稳定性,增加经济收入。一方面,乔木

树冠截留、林地渗透,草类涵养水源、增加地面的覆盖度,减少了地径流量、减缓了径流速度,减轻了土壤侵蚀,起到水土保持的作用;另一方面防护林带还可以起到隔离输水渠道与外界田野、村镇和厂矿企业的屏障作用。

堤顶公路宽6~8 m,可选取对土壤要求不高、耐干旱贫瘠、抗各种有毒气体、耐烟尘、生长慢、寿命长的灌木,在公路两侧形成集防护、环保和景观功能于一体的防护绿篱,既可阻挡沿线生产、生活垃圾和落叶等污染物进入渠道,又减少了道路交通所带来的粉尘和尾气污染,营造优美舒适的交通环境。植物的选择主要以色彩斑斓的灌木为主,辅以地被植物。大灌木的高度超越了人的视线,对道路环境与输水渠道空间形成了屏蔽和隔离;小灌木高度在人的视线以下,具有篱笆的功能,易形成半开放式的空间;地被补充或点缀于灌木丛下,增加地表的覆盖度,构成空间自然的连续与过滤。对不同的色彩、质感的植物进行有机组合,层次分明,既有强烈的动感景观,又有鲜明的渠道沿线公路防护绿篱。尤其在刁山坡等山地深挖方段和高水位渠段,选择带刺的灌木用于危险地带的保护,还可防止孩童接近渠道。

2.2.3 植物削污滞污模式

渠岸缓冲带是外界污染物进入输水渠道的第1道屏障,其设计的重点在于通过不同植物的修复功能削减渠道边界(农田、村庄、厂矿企业等)产生的污染物。植物修复是利用绿色植物从土壤环境中吸收、带走重金属或将它们无害化从而达到治理的目的。植物的选取要根据边界污染物的种类和程度来确定。当边界条件为农田时,化肥和农药的大量施用、污水灌溉等引起的有机污染物普遍存在于土壤中;当边界条件为村庄或厂矿企业时,缓冲带土壤可能存在有机污染或重金属污染的风险。因此,渠岸缓冲带应有针对性地选择对某种污染元素有较好的吸收、转化、降解或稳定作用的植物,种植这些植物在削减污染物浓度的同时还可增加收入,作为渠道的管护费用。

2.2.4 植物修复效果

山地深挖方段:戕台铺植地砖草,渠道内坡植被在工程措施的影响下构成不同的图案,两岸呈对称型,堤顶公路两侧用大的灌木丛和小乔木相结合设置防护绿篱,缓冲带由错落有致的乔木和地被组成。这种模式既能稳定岸坡,有效拦截径流及污染物入渠,增强坡面的抗侵蚀、抗冲刷能力,柔化坡度,又充分利用地形,在地被、灌木和乔木的合理搭配下形成层次逐渐提升的立体群落,增加渠道沿线的景观效果。

平原丘陵段:该渠段属于平原丘陵相对型,坡度相对有所缓和,两岸的不对称结构为沿线环境的绿

化提供了丰富的表现形式。渠道丘陵侧内坡以固坡护土为主,平原则在护坡的同时可强调景观效果,灌草结合,利用灌木的色彩多样性形成不同的平面构图,防洪堤由不同类型的小乔木搭配形成防护林,增加林地渗透、减小径流量,涵养水源,缓冲带则可以构建狭长的经济林带或削污滞污带。三者组合在一起,在护坡、削污的同时充分利用了地形,形成色彩斑斓、错落有致的风景带,强调两岸风光的对比。

平原挖方堆堤段:平原区地形微微起伏,渠道两侧的坡缓较对称,宜营造开阔的视野。该渠段以削减农田面源污染为主,缓冲带可种植对氮磷吸收、固持效果较好的植物,降低农田边界土壤污染的影响。渠道内坡相对较短,可以参考平原丘陵段的植物进行设计。

渠道堤岸带不同区域可根据需要选择种植下列植物类型。

a. 乔木类。107 欧美杨,毛白杨,黄杨,旱柳,杞柳,垂柳,国槐,刺槐,紫穗槐,梓树,榆树,榆叶梅,龙柏,桧柏,砂地柏,铺地柏,金球桧,白皮松,北京栎,合欢,七叶树,圆蜡一号,泡桐,法桐,白腊,臭椿,白玉兰,大叶女贞,五角枫,日本晚樱,花椒,银杏,柿树,核桃,枣树,苹果,山楂,石榴,梨树,桃树,枸橼等。

b. 灌/花类。小龙柏,紫叶李,矮紫杉,金叶女贞,紫叶小檗,冬青卫矛,大叶黄杨,小叶黄杨,栀子,花,红刺玫,黄棘,酸枣,宁夏枸杞,金银花,四季玫瑰,迎春,紫薇,棣棠,锦带花,月季,丁香,连翘,石岩杜鹃,夹竹桃,淡竹,南天竹等。

c. 草/地被类。常春藤,三叶地锦,直立扶芳藤,狗牙根,中华结缕草,地毯草,草木犀,白刺,马蔺,苏丹草,高羊茅,麦冬草,百喜草,紫花苜蓿,黑麦草,小冠花,狗尾草,白草等。

3 结 语

大型输水渠道工程不仅对周边的生态环境造成

了影响,也受到边界水土流失和污染物的影响,为保障调水质量,实现南水北调工程‘清水长廊’的目标,笔者以济平干渠为例,在考察渠道沿线综合因素的基础上,遵循师法自然、统筹规划和实用性原则,依据景观生态学原理,分区域、分目标研究,从而形成济平干渠点、线、面相结合的生态修复系统,达到减少水土流失,保护水质和非输水断面的生态环境,保证生态系统结构稳定性、景观协调性、生态健康性和生态安全性的目的,实现人水和谐以及工程建设与自然景观、生态景观的有机结合。

参考文献:

[1] DOU E, FOX R H, TOTH J D. Seasonal soil nitrate dynamics in corn as affected by tillage and nitrogen source[J]. Soil Science Society of America Journal, 1995, 59: 858-864.

[2] FRANCIS G S, HAYNES R J, WILLIAMS P H. Nitrogen mineralization, nitrate leaching and crop growth after ploughing in leguminous and non-leguminous grain crop residues[J]. Journal of Agricultural Science, 1994, 123: 81-87.

[3] KEENEY D R. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution[C]// STEVENSON F J. Nitrogen in Agricultural Soils: 22: Madison, Wis.: American Society of Agronomy, 1982: 605-649.

[4] KEENEY D R. Nitrogen-availability indices[C]// PAGE A L. Methods of Soil Analysis, Part 2: Madison, Wis.: American Society of Agronomy, 1982: 711-733.

[5] 张建春, 彭补拙. 河岸带及其生态重建研究[J]. 地理研究, 2002, 21(3): 373-383.

[6] 王文野, 王德成. 城市河道生态护坡技术探讨[J]. 吉林水利, 2002(11): 24-26.

[7] 张华君, 吴曙光. 边坡生态防护方法和植物选择[J]. 公路交通技术, 2004(2): 84-86.

[8] SCHAEFER J W, NAETH A. Live staking with willows fails to protect eroded lakeshore slope (Alberta)[J]. Ecol Restoration, 2000, 18(4): 267-268.

[9] 常秋玲. 南水北调中线水源区-南阳市-生态环境综合研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2007.

(收稿日期: 2008-10-14 编辑: 高建群)

(上接第 41 页)

参考文献:

[1] 寿青云, 陈汝东. 借鉴国外经验积极发展我国的区域供冷供热[J]. 流体机械, 2003, 31(11): 47-50.

[2] 王刚. 瑞典区域供冷技术对中国的启示[J]. 建筑热能通风空调, 2004, 23(3): 24-29.

[3] 惠荣娜, 徐奇, 李德英, 等. 我国区域供冷的现状及发展[J]. 建筑节能, 2007, 35(3): 47-50.

[4] FERNBACK G. Seawater plays key role in stockholm cooling system[J]. Fuel and Energy, 1996, 37(2): 133.

[5] 蒋爽, 李震, 端木琳, 等. 海水热泵系统的应用及发展前景[J]. 节能与环保, 2005, 23(10): 11-14.

[6] 杜乐乐, 马捷, 王俊雄. 一种提取次表层海水冷量的新

型换热方案[J]. 太阳能学报, 2008, 29(9): 1057-1062.

[7] 方生, 陈秀玲. 地下水开发引起的环境问题与治理[J]. 地下水, 2001, 23(1): 8-11.

[8] 侯建, 王玉斗, 陈月明. 复杂边界条件下渗流场流线分布研究[J]. 计算力学学报, 2003, 20(3): 335-338, 345.

[9] 薛禹群. 地下水动力学[M]. 2 版. 北京: 地质出版社, 1997: 24.

[10] 张志辉, 薛禹, 谢春红. 含水层热量运移中自然热对流作用的数值模拟[J]. 水科学进展, 1996, 7(2): 99-104.

[11] 查金荣. 传递过程原理及应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1997: 324-325.

[12] 陶文铨. 数值传热学[M]. 2 版. 西安: 西安交通大学出版社, 2001: 77-79.

(收稿日期: 2008-12-05 编辑: 方宇彤)