



# 岷江犍为航电枢纽工程塘坝胶凝砂砾石 防洪堤与市政绿化的结合应用

罗先满, 梁萌帆, 廖柳霞

(四川江源工程咨询有限公司, 四川 成都 610041)

**摘要:** 采用胶凝砂砾石等刚性防洪堤对超标洪水具有较高的安全性, 而且堤身断面小, 可以节约土地资源, 但是传统胶凝砂砾防洪堤忽略了堤防的生态功能。通过将犍为航电枢纽工程塘坝胶凝砂砾石防护堤与市政绿化设计相结合, 探讨并提出兼顾防护堤卓越功能性与良好生态性能的实施。同时, 对胶凝砂砾石防洪堤进行水土保持生态效益及社会效益分析。结果表明, 胶凝砂砾石防洪堤可在满足防洪安全稳定的基础上兼顾市政绿化, 达到绿色生态、景观优美的效果, 可减少岸土对水库的侵蚀量、保护生物多样性, 比传统均质堤型更适合城市堤防。

**关键词:** 胶凝砂砾石; 防洪堤; 市政绿化; 水土保持; 犍为航电枢纽

中图分类号: TV 649; U 614

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)12-0139-06

## Combination of Tangba cemented gravel embankment of Minjiang Qianwei navigation and power hub project with municipal greening

LUO Xian-man, LIANG Meng-fan, LIAO Liu-xia

(Sichuan Jiangyuan Engineering Consulting Co., Ltd., Chengdu 610041, China)

**Abstract:** The rigid flood bank such as the cemented gravel embankment is safer when facing excessive flood, and has smaller sections, with less land occupied, but the traditional cemented gravel embankment ignores the ecological function. By combining the ecological function with the cemented gravel embankment in the design of Tangba flood bank of Minjiang Qianwei navigation and power hub project, we propose the scheme considering both remarkable function and ecologic performance, and analyze the economic and social benefits of cemented gravel embankment's soil and water conservation. The result shows that the cemented gravel embankment can combine the safety property with ecological functions in many ways, and achieve the effect of green ecology and beautiful landscape, reduce the amount of soil erosion on the reservoir bank to protect biodiversity, thus it is more suitable for the urban embankment.

**Keywords:** cemented gravel embankment; flood bank; municipal greening; water and soil conservation; Qianwei navigation-power junction

防洪堤既是水利堤防工程, 又具城市堤防的属性, 在堤防设计中要考虑防护区的重要性, 更要考虑防护区城市规划的相关设计, 做到防护与市政规划相融合, 兼顾工程的水土保持、人文美观。

胶凝砂砾石防护堤相对于传统的均质防护堤, 具有用料取材省、征地面积更少、经过超标洪水不溃坝、后期修复容易等优点<sup>[1]</sup>。塘坝防护堤堤高 6.60~13.70 m, 若采用传统均质坝堤型, 则必须考虑水库建成运行后由于水位涨落造成的库岸

收稿日期: 2021-05-28

作者简介: 罗先满(1990—), 女, 硕士, 从事水利工程设计、造价、咨询工作。



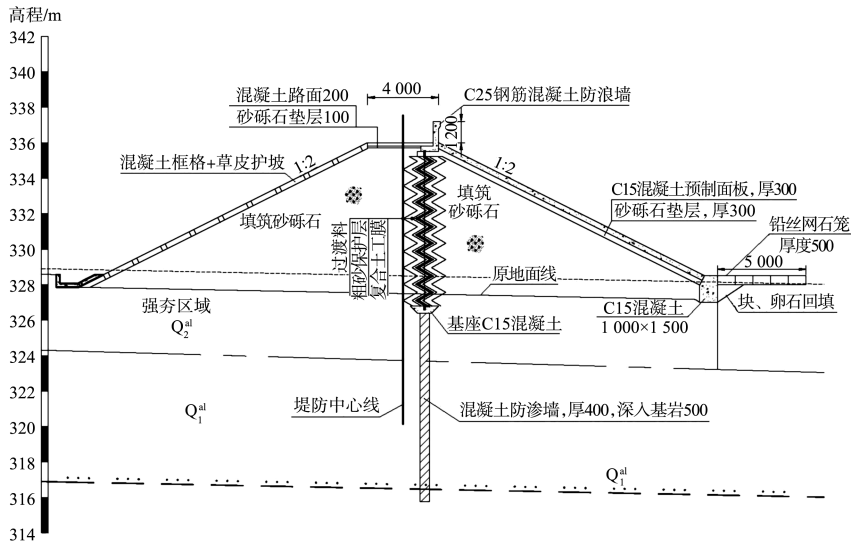


图 2 砂砾石均质堤典型断面 (单位: mm)

1.3 胶凝砂砾石堤和砂砾石防护堤对比分析

相对于传统砂砾石均质防护堤堤型,胶凝砂砾石断面可节约断面面积约 35%。从堤防建成后运营维护的角度看,胶凝砂砾石防护堤经历超标洪水不溃坝,即使局部有破损也容易修复,安全可靠,运行维护成本低。从水土保持的角度看,施工期胶凝砂砾石防护堤土方开挖量较多,水土流失风险相对较大,但做好绿化、排水、护坡措施可以得到防治;运行期砂砾石均质防护堤水土流失风险相对较大,特别是经历超标洪水后局部失稳垮塌的几率较大,且修复较为困难。从投资角度看,胶凝砂砾石堤堤身工程费用与均质砂砾石堤基本持平,但可以节约相对较多的征地拆迁费用,具有一定的优势。从绿化设计角度看,砂砾石均质防护堤本身背水面设置框格梁草皮护坡,满足简单的绿化要求,而胶凝砂砾石堤则需要现行设计上进行垂直绿化或者填土造型设计,可以有更多的新意<sup>[5]</sup>。

因此,胶凝砂砾石防护堤可以在满足概算投资的基础上大幅提升防护堤抗超标洪水的能力,可避

免防护区内部工业园区在砂砾石均质防护堤过水后背坡坍塌变形破坏情况发生,同时可以节约土地资源,给市政设计留下更多空间,故在塘坝选择胶凝砂砾石堤型防护堤对集镇可持续发展有重要意义。

2 防护堤与市政绿化结合方案设计

2.1 塘坝防护堤概况

塘坝防护堤位于库区右岸坝址上游约 2 km 处,防洪堤呈弧形,轴线全长约 2.71 km,沿轴线地面高程 325~338 m,地形较平缓,轴线中部靠上游分布 1 个鱼塘,最大水深约 2 m。防护区内靠下游侧发育 1 个小支流,直接向岷江排泄。

2.2 胶凝砂砾石防洪堤绿化方案

堤防工程是城市总体建设的重要组成部分,把防洪工程与城市的生态建设有机结合起来,既发挥防洪设施的多种功能,也为美化城市发挥作用<sup>[6]</sup>。在确保防洪安全的前提下,以环保、绿化、景观为主导,充分体现人文景观与自然的和谐与统一,使防洪工程成为塘坝乡人民郊游、休闲的理想场所<sup>[7-8]</sup>。

胶凝砂砾石防护堤断面如图 1 所示。可利用背水坡高 1.5 m 的台阶进行绿化设计，种植观叶类、观花类绿化植物<sup>[9]</sup>，台阶立面结合集镇的文化宣传方案，应用彩绘、镶贴造型，营造人文环境。沿途每隔 1 km 设置 1 个景观凉亭、健身区域，供居民运动、休闲，提高滨江道路的休闲特性，并为未来商业发展留下空间。胶凝砂砾石背水面绿化结构设计及人行梯步如图 3~4 所示。背水坡面也可直接从堤顶按 1:2 缓坡回填，在缓坡进行基础植草、结合宣传文案进行园艺设计，之后再按原方案直接布设通行绿道、排水沟、景观凉亭、宣传文案等市政设施，如图 5 所示。

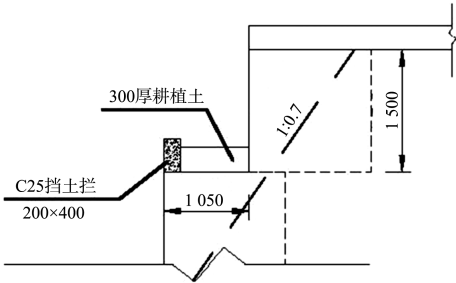


图 3 背水面绿化结构 (单位: mm)

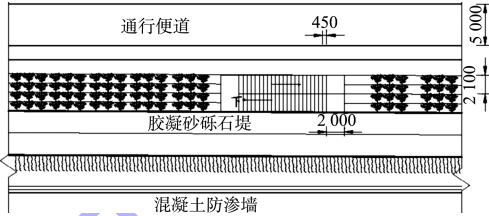


图 4 防护堤人行梯步平面图 (单位: mm)

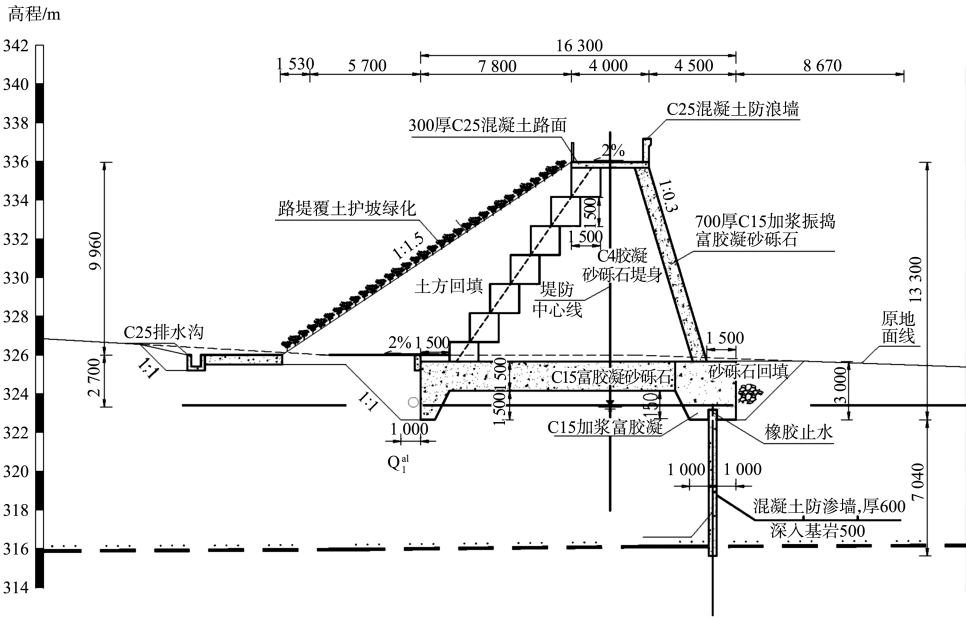


图 5 背水坡缓坡回填绿化方案 (单位: mm)

迎水面为富胶凝砂砾石护面，在保证堤身基础埋深的前提下，无需通过坡面绿化措施进行水土流失防治。若迎水面有绿化要求，可以在堤顶种植爬山虎等耐贫瘠的藤蔓类植物。迎水面绿化空间有 3 种方案：1) 在防浪墙外侧顶部悬挑 450 mm，做宽 300 mm、深 250 mm 的纵向浅槽，覆土作为

种植悬垂植物的营养基础空间，如图 6a) 所示；2) 在防浪墙顶部做宽 300 mm、深度为 300 mm 的纵向浅槽，覆土作为种植悬垂植物的营养基础空间，如图 6b) 所示；3) 在堤顶防浪墙外侧放置宽 300 mm、深 300 mm 的花箱，种植悬垂植物并通过绿化维护引导向迎水面覆盖，如图 6c) 所示。

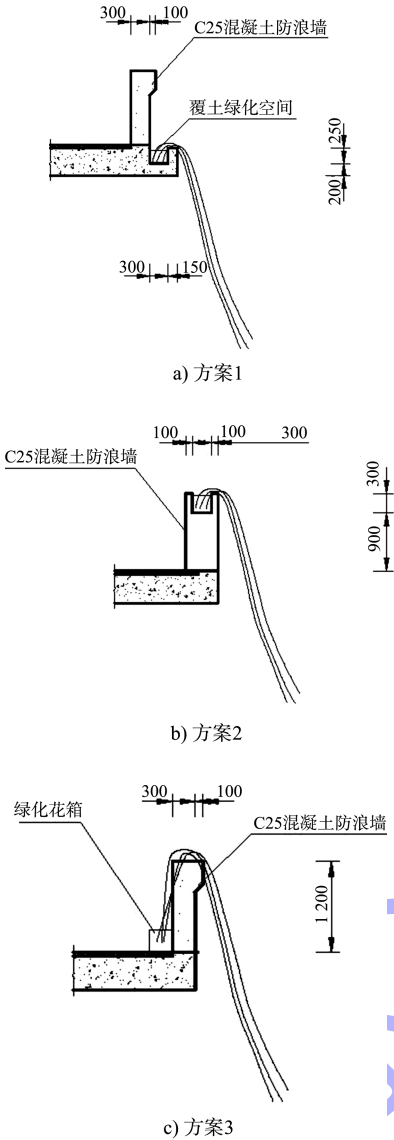


图 6 悬挑植物营造方案 (单位: mm)

2.3 水土保持效益分析

工程项目采取的水土保持措施带来的综合效益是评价各项措施的客观标准,是评价水保技术方案及政策可行性的基本原则和科学依据<sup>[10]</sup>。国内外学者已经对水土保持综合效益评价做了一系列研究,并提出各种不同的指标体系。本文的生态与环境效益评价,主要包括塘坝防护堤实施以后的调水保土效益和生态效益方面。

1)胶凝砂砾石防护堤可以减少库岸土壤侵入龙溪口水库的侵蚀量。水土保持最基础的效益是减少土壤侵蚀量。水土流失不仅造成山区土地生产力低下,而且产生的泥沙大量淤积在河流、湖泊、水库中加重了下游地区的自然灾害。当水土

流失产生的大量泥沙进行重新分配时,造成河床抬高、航运能力下降,加剧了洪水的威胁,降低水库沟坝等综合利用效益。植物在防止土壤侵蚀方面起到至关重要的作用<sup>[11]</sup>。在背水面的绿化设计,也能通过植物覆盖在地面上,减小雨滴对土壤的直接冲击,从而减少土壤流失。同时,植被层孔隙度和持水率较大,可吸收和增加降雨的入渗,对水源起到蓄集和缓冲作用,一定程度上降低了土壤侵蚀。

2)防护堤内的绿化湿地生态系统可以保护生物多样性。防护堤的修建在一定程度上破坏了原有的临江动植物的生态环境,通过堤防市政绿化设计,贯彻保护生态、和谐共存的建设理念,可以在最大程度上恢复临江生态系统,保护物种的多样性<sup>[12]</sup>。

3)良好的城市堤防市政绿化设计方案必然与岷江优美的自然风光融为一体、相得益彰。城市堤防将成为城乡居民休闲娱乐的新地标。在保护生态、巩固水土的同时还能增加就业,实现人与自然和谐发展,将“绿水青山就是金山银山”的发展理念应用到工程实际中。

3 结论

1)胶凝砂砾石防护堤可以在满足概算投资的基础上大幅提升防护堤的抗超标洪水风险的能力,可避免防护区在砂砾石均质防护堤过水后背坡坍塌变形破坏情况发生,同时可以节约土地资源,给市政设计留下更多空间,在塘坝选择胶凝砂砾石堤型防护堤对集镇可持续发展有重要意义。

2)胶凝砂砾石防护堤背水坡的台阶为工程完建初期绿化设计提供了平台,可种植观叶类、观花类绿化植物,台阶立面可以结合集镇的文化宣传方案,应用彩绘、镶贴造型,营造人文环境。堤防沿途设置景观凉亭和健身区域供居民运动、休闲,提高滨江道路的休闲特性,并为未来商业发展留下空间。

3)通过防洪堤与市政绿化设计结合,在胶凝砂砾石堤建成后,能达到减少库岸土壤对龙溪口



水库的侵蚀量、保护生物多样性、增加就业、人与自然和谐发展的目标。

4)城市堤防工程是城市总体建设的重要组成部分,把防洪工程与城市的生态建设有机结合起来切实经济可行,既能发挥防洪设施的多种功能,又能充分美化城市,为发展城市经济发挥作用。将胶凝砂砾石防洪堤与市政绿化结合设计具有重要的现实意义,需要多专业学者协作,也是未来城市堤防设计的热点和重点。

参考文献:

[1] 冯炜.胶凝砂砾石坝筑坝材料特性研究与工程应用[D].北京:中国水利水电工程科学研究院,2013.

[2] 王学武,冯学钢,王维早.库水位升降作用对库岸滑坡稳定性的影响研究[J].水土保持研究,2006(5):232-234.

[3] 曾刚.库水升降作用下水库库岸滑坡稳定性分析[J].三峡大学学报(自然科学版),2011,33(4):15-18.

(上接第 128 页)

与冶勒电站坝基天然钙质胶结砂砾石工程性质指标进行对比可知,人工合成的胶凝砂砾石比天然钙质胶结的天然砂砾石强度高、抗冲刷能力强,具有洪水翻堤不溃、屹立不倒的能力。随水泥用量的增加力学强度更高、抗渗性更佳,可作为防渗面板供防渗设计使用。

4 结语

1)通过选择适宜的胶凝材料和天然砂砾石或粉土,人工合成胶凝砂砾石,对防渗保护层富浆胶凝砂砾石配合比和强度进行对比试验,可获得推荐施工配合比。与冶勒电站坝基天然钙质胶结砂砾石工程性质指标对比可知,人工合成的胶凝砂砾石比天然钙质胶结的天然砂砾石强度高、抗冲刷能力强。随水泥用量的增加力学强度更高、抗渗性更佳,可以作为防渗面板供防渗设计使用。

2)人工模拟合成的胶凝砂砾石力学强度高于冶勒电站天然钙质胶结的胶凝砂砾石,结合冶勒电站在钙质胶结砂砾石上修建了 125 m 的高坝,

[4] 高晓明.浅谈水利工程水土保持措施和效果[J].农业与技术,2015,35(2):56-56.

[5] 朱福忠.堤防绿化树木的栽植与管理[J].中国新技术新产品,2008(17):158.

[6] 张英军,游宏伟.浅谈堤防绿化的布局及管理[J].内蒙古水利,2009(6):157.

[7] 符气浩,杨小波,吴庆书.城市绿化植物分析[J].林业科学,1996(1):35-43.

[8] 苗莉,郭丽.友爱河河口段左右岸回水堤堤防断面设计方案比较[J].甘肃水利水电技术,2010,46(5):40-41.

[9] 刘永贵.江河复式断面结构堤防采用爬山虎植物护坡技术[J].吉林水利,2006(2):36-39.

[10] 王慧娟,康玲玲,孙娟,等.水土保持生态效益浅析[J].水土保持,2017,5(2):7-12.

[11] 李进鹏.延河流域水土保持生态服务价值评价[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.

[12] 陈渠昌,张如生.水土保持综合效益定量分析方法及指标体系研究[J].中国水利水电科学研究院学报,2007,5(2):95-104. (本文编辑 郭雪珍)

证明采用人工合成的胶凝砂砾石筑堤坝能够满足承载和变形要求。经过乐山岷江“8·18”大洪水考验,犍为航电枢纽工程的胶凝砂砾石堤坝屹立不倒,提高了工程安全性能,降低溃堤风险,减小灾后重建损失,值得在堤防工程中广泛推广。

参考文献:

[1] 水利部水利水电规划设计总院,中国水利水电科学研究院,清华大学.胶结颗粒料筑坝技术导则:SL 678—2014[S].北京:中国水利水电出版社,2014.

[2] 冯炜,贾金生,马锋玲.胶凝砂砾石坝筑坝材料耐久性研究及新型防护材料的研发[J].水利学报,2013,44(4):500-504.

[3] 贾金生,马锋玲,李新宇,等.胶凝砂砾石坝材料特性研究及工程应用[J].水利学报,2006,37(5):578-582.

[4] 贾金生,刘宁,郑瑾莹,等.胶结颗粒料坝研究进展与工程应用[J].水利学报,2016,47(3):315-323.

[5] 魏星灿,刘思丁.冶勒水电站坝基弱胶结卵砾石层的工程特性研究[J].黑龙江水利科技,2013,41(11):24-26.

(本文编辑 王璁)