

几种常见的河道生态护岸形式的特点分析及展望

顾嘉伟¹, 钟华林^{1,2}, 刘维玲¹

(1. 苏交科集团股份有限公司, 江苏 南京 210019; 2. 江苏省港口绿色技术集成工程中心, 江苏 南京 210019)

摘要: 河道护岸设计是水运设计工作中重要组成部分之一, 传统护岸设计首先考虑到的是结构耐久性, 如防冲刷性能、防碰撞性能等, 故多采用水泥浆砌石、钢筋混凝土等结构, 然后这些结构切断了河道水体与岸边土质的连通渠道, 导致河道淤积严重, 泄洪能力下降。生态护岸的出现加强了水陆之间的联系, 不仅能够实现防止水土流失、防冲刷等功能, 同时还可以提高河道护岸的亲水性、经济性以及观赏性。通过对几种常见的河道生态护岸形式的介绍, 结合国内外学者相关研究, 分析了它们的特点, 并进行了展望。

关键词: 生态护岸; 结构形式; 水土流失; 评价体系

中图分类号: TV861 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0068—03

内河航运是我国历史悠久的交通运输方式之一, 推动着社会经济的发展与进步。随着时代的发展, 内河航运的重要性越来越明显, 与其他运输方式相比, 水运有着运输成本低、能源消耗少、污染影响小、运输体量大、经济效益高的优势。

早在上世纪 80 年代, 欧洲等国家就提出了“亲近自然河流”的概念以及“自然型护岸”技术^[1,2]。德国以及瑞士率先采用干砌石、沉排、草格栅等生态友好性护岸材料, 并在多条河流中进行实践。“土壤生物工程护岸技术”的概念由美国的戴尔·米勒^[3]提出, 其采用可降解材料作为填土的编织袋, 在形成护岸岸坡台阶后种植植物, 采用这一技术可以防止水土流失, 并且该形

式护岸具有良好的耐冲刷性。王淮^[4]结合杨林塘航道生态护岸整治工程, 通过在经济、生态方面将传统护岸与生态护岸进行对比, 得出结论: 无论是在经济成本还是生态成本方面, 生态护岸都优于传统护岸, 并且对生态护岸的经济价值进行研究时, 为了更加突出生态护岸的优势, 需综合考虑其“有形价值”与“无形价值”。本文总结了几种常见的生态护岸形式, 在对其优势进行介绍的同时, 指出其存在的问题, 并对今后的发展方向进行了展望, 以期完善相关生态护岸技术。

1 生态护岸类型及特点

关于生态护岸的分类, 结合多位学者的观点, 大致

座安装完成后, 再进行主墩 0# 块混凝土的施工。临时固结施工完成后方可进行悬臂梁施工。临时支座设置在桥墩上。每个临时支座在墩顶与箱梁内埋入 $\Phi 32$ 钢筋, 钢筋 3 根为一组, 钢筋之间的间距 10cm, 增大钢筋与混凝土之间的接触面积, 增大钢筋的粘结力。临时支座的材料采用 C50 混凝土, 临时固结的临时支座与墩顶、0 号块箱梁的混凝土接触面采用油毡进行隔离。

连续梁悬臂施工过程中要安排专人经常巡视、检查临时固结系统, 保证大桥临时固结的结构稳定, 无破坏。在施工过程要采取措施确保悬臂两端保持受力平衡。悬臂梁浇筑完成后, 需要将临时固结支撑拆除。拆除临时固结支撑时, 要编制专项施工方案, 严格按照方案执行, 确保工程安全, 结构稳定。

5 结论

变截面连续梁墩大桥的 0# 块临时固结是主梁挂篮

悬臂浇筑的关键工序。临时固结方案设计时需要将永久支座的影响考虑在内, 采用弹性三支点模型更加符合工程实际情况。陆水河特大桥临时固结的成功实施, 可以为类似桥梁项目临时固结设计时提供参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 樊城源. 连续梁悬臂施工临时固结设计悬臂浇筑连续梁墩梁临时固结及计算分析研究 [J]. 湖南城市学院学报: 自然科学版, 2018(2):17-19.
- [2] 孟庆斌等. 悬臂浇筑连续梁墩梁临时固结及计算分析 [J]. 研究铁道工程学报. 2021(1):72-74.
- [3] 邓松. 塔梁固结区现浇临时支撑结构拆除分析 [J]. 中国水运. 2022(5):137-139.
- [4] 刘兆丰. 斜拉桥墩塔梁固结点局部应力分析 [J]. 中国水运 2012,12(6): 194-195+198.

将其结构形式分为：自然原型、自然型、多自然型、纯植物措施护岸、植物与工程措施相结合护岸以及生态措施型护岸等多种类型。本文将根据护岸结构是否受人影响，将其分为自然生态型护岸与人工生态型护岸。

2 人工生态型护岸类型

本文主要介绍几种常见的人工生态型护岸。

2.1 石笼护岸

格宾网护岸技术最早于 20 世纪 90 年代进入我国。该技术多采用格宾网结合石料铺设于河岸，在诸多工程中都得到了实践与应用，并在累积了一定经验后发现，植物根系能够很好地与格宾网结合，从而提高结构的整体性。在随后的实践中，人们开始利用经过防锈处理的铁丝编织铁丝笼，并将中小石材装填于铁丝笼中，形成石笼，利用该技术的护岸称为石笼护岸，又称格宾石笼护岸、净水石笼护岸^[5]。陈中正^[6]对格宾石笼生态护岸的结构选型及质量控制措施进行了相关研究；徐恒^[7]将格宾石笼与重力式混凝土挡墙相结合，研究其在咯普斯浪河防洪堤工程中的应用情况；

石笼护岸优点：①石笼内填充的石料可以就地取材，节约运输时间与成本；②植物根系与石笼的铁丝相结合，从而有效地提高了结构的整体性与生态性；③石笼内所填石料具有较大的孔隙，这些孔隙的存在有助于空气与水分的交换，为水生动植物提供较好的生存环境。

石笼护岸局限性：①虽然石笼内所需石料可以就地取材，但在护岸长度较长时需要大量石料，可能需要较远处运输至工程区域，且笼内块石在填充时需要大型设备；②石笼编织工艺较为复杂，同时编织石笼的钢丝材料、镀层的性质将对石笼耐久性产生较大影响，在制作时需要结合工程具体情况进行石笼编织材料的耐久性试验；③护岸的局部破坏会导致石笼内石材掉落，影响结构稳定性。

2.2 生态混凝土护岸

生态混凝土护岸技术又称植生混凝土技术，于上世纪 90 年代由日本提出，该技术在保留混凝土牢固性的同时，采用特殊工艺配合特殊添加剂，如促水材料、表层土、缓释肥料等，制造出环境友好，并与生态相容的多孔混凝土。由于混凝土内多孔的存在，使得植物根系

能够穿过混凝土内空隙，并与生态混凝土较好地结合，从而起到固土、防冲刷的作用。王越^[8]在浙江内陆河流上进行生态混凝土护岸实验，发现该护岸技术可以营造出多种水流条件，为河道生物提供较好的生存环境；全洪珠^[9]研究生态混凝土对植物生长的影响，研究表明，生态混凝土的多孔特性为植物扎根提供了良好的空间，有利于植物的生长。

生态混凝土护岸优点：①生态混凝土内的多孔结构可以使植物根系穿过空隙并牢牢扎根于地表土，不仅可以提高护岸生态友好性，还可以提高生态混凝土结构的稳定性；②多孔结构的存在加强了河道与岸坡之间的水体交换作用，从而对河道水质起到净化作用；③生态混凝土可以有效减少降雨净流量，并且在减少噪音^[10]、热岛效应^[11]方面也有一定优势。

生态混凝土护岸局限性：①生态混凝土本身强度并不高，并不能用作承重结构，因此限制了其在很多工程中的使用；②生态混凝土内部及表面骨料不如素混凝土平整，受力较为分散，在出现裂缝后不能保持结构稳定性；③在植物还未生长成熟并扎根于地表土时，由于水流与波浪的影响，可能会造成岸坡水土流失以及混凝土内部空隙土体的减少；④碱性环境不适合大部分植物生长，然而水泥的水化反应呈碱性，因此要对生态混凝土采取降碱技术。

2.3 连锁式生态护岸

连锁式生态护岸由多块尺寸相同的预制空心混凝土块组成，每个连锁块通过连锁式设计，与其周围连锁块相互连接，从而减少连锁块横向移动，提高结构整体性。在连锁块体铺设完成后，其中间开口不仅可以种植植被，还可以种植小型灌木等植物，从而起到防止水土流失以及护坡的作用。杨帅^[12]研究在太子河流域中，连锁式生态护岸的应用情况，结果表明，连锁块的应用使岸坡具有良好的稳定性，降低了施工费用并缩短了工期。杨芳丽等^[13]介绍了在长江中游多个河段内，多种生态护岸技术的应用情况，其中连锁块式生态护岸技术在保证岸坡稳定的基础上，促进了植物的茂密生长，优化了岸坡的景观。

连锁式生态护岸优点：①各个连锁块之间通过块体设计互相锁住，使得结构具有较好的整体性，并且能够

适应地形变化,可用于斜坡式、转角较多等情况护岸;
②连锁式混凝土块施工不需要大型施工设备,且施工较为便捷,块体价格适中,后期维护成本较低^[14];③可以根据块体中间开口大小种植一些小型灌木,不仅可以起到抵抗水流的冲刷、加强水气交换、以及防止水土流失的作用,还可以增加护岸的美观性。

连锁式生态护岸局限性:①在岸坡植物还未生长成熟时,植物根系并未与土壤得到较好地结合,此时水流的冲刷容易造成块体开口处以及块体下土体的流失,从而降低结构整体稳定性;②连锁块生态护岸较好的整体性主要体现在横向上,局部区域地形较大的岸坡塌陷可能会使部分块体脱落。

3 结论与展望

通过总结与分析现有国内外学者研究成果与国内相关生态护岸工程实施成效,对未来生态护岸技术发展提出以下几点建议:

(1)在使用生态混凝土护坡技术时需特别注意混凝土的降碱问题,否则会导致植物无法正常生长,在今后的研究中心中应多尝试使用新型酸碱适中的材料。另外,在完成降碱处理后,还需对混凝土的强度,以及混凝土在冷热交替和冻融交替后的强度进行相关实验验证,确保结构强度安全合理。

(2)一般的连锁式生态护岸结构整体性主要体现在横向上,但垂向整体性并不是很好,故当局部水土流失较为严重时,可能会出现连锁块体脱落现象,在今后的工程实践中,植物未生长成熟之前,应定期观察连锁块脱落情况,当有脱落现象出现后应当及时补充填土并重新播种,防止块体脱落范围增大。

(3)在使用各种生态护岸技术的同时,岸坡种植植物种类的选择需要结合所在水位区间,例如在正常蓄水位附近可以种植灌木类植物,在正常蓄水位与防洪高水位之间可以种植草本植物护坡,而在低水位附近则需要采用抛石护底。在不同水位区间种植不同类型的植物,不仅可以提高护坡抗水土流失能力,还可以提高坡岸景观性。

参考文献:

- [1] 河道治理中心(同本). 周怀东,杜霞,李怡庭,张祥伟(译). 多自然型河流建设的施工方法及要点[M]. 北京:中国水利水电出版社,2003
- [2] 河道治理中心(同本). 苏利英(译),胡洪营(校). 滨水地区水设施规划与设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [3] Dale Miller. 美国的生物护岸工程[J]. 水利水电快报,2000,21(24):8-10.
- [4] 王淮. 生态航道的建设研究与应用[D]. 苏州科技大学,2016.
- [5] 何旭升,逢勇,鲁一晖等. 净水型护岸技术的探讨[J]. 水利学报,2008(06):659-666.
- [6] 陈正中. 格宾生态护岸结构形式选择及质量控制措施研究[J]. 水利技术监督,2019(06):219-222.
- [7] 徐恒. 重力式砼挡墙+格宾石笼在喀普斯浪河防洪堤工程中的应用[J]. 陕西水利,2019(12):115-117+120.
- [8] 王越. 河道不同生态护岸型式的适用性研究[D]. 长江科学院,2012.
- [9] 全洪珠. 多孔生态混凝土与植物共生性能试验研究[J]. 硅酸盐通报,2015,34(07):1985-1988.
- [10] Martina Reif and Ji ř í Zach. Possibilities of Using Recycled Concrete and Silica Binders for Development of Sound Absorbing Concrete[J]. Materials Science Forum,2016,4309:120-125.
- [11] 王俊岭,王雪明,冯萃敏等. 植生混凝土的研究进展[J]. 硅酸盐通报,2015,34(07):1915-1920.
- [12] 杨帅,张庆林. 连锁式生态护坡砖在太子河流域辽阳市段河道护岸中的应用[J]. 山西水利科技,2021(03):5-8.
- [13] 杨芳丽,耿嘉良,付中敏等. 长江中游航道整治中生态技术应用探讨[J]. 人民长江,2012,43(24):68-71.
- [14] 席伟. 东北地区生态护岸型式探讨[J]. 科技创新导报,2014,11(35):115+118.