

不破坏已建堤防硬质护坡完整性的生态护坡及其施工方法

高建华¹ 秦树林² 顾吕³

1. 响水县黄圩水站, 中国·江苏 盐城 224614
2. 响水县六套水站, 中国·江苏 盐城 224600
3. 亨泰水利工程集团有限公司, 中国·江苏 盐城 224700

摘要: 1998 年长江大洪水后, 国家投入大量资金加固长江干堤以增强堤防抵御洪水冲刷、渗透等能力, 经 20 多年运行, 加固后长江干堤成功经历了 2010、2016、2020 年等历史大洪水考验, 保护了人民生命和财产安全。经现场调查, 为抵御长时间水流冲刷以保护土质堤防安全, 建设单位在堤防迎水坡面上采取了现浇 10cm 厚 C20 混凝土板 (或铺筑 10cm 厚预制六方形 C20 混凝土实心块) 11 等硬质护坡的防护措施, 同时为提高硬质护坡整体稳定性及防渗性能, 现浇混凝土护坡分缝处采用沥青进行填缝, 预制六方形 C20 混凝土块采用 M10 水泥砂浆填充混凝土块之间的间隙; 硬质护坡可保护护坡下的复合土工膜 (或土工布) 和土质堤身不被水流破坏, 是保护堤防结构安全的重要组成部分。

关键词: 护坡完整性; 生态护坡; 施工方法

Ecological Slope Protection and Its Construction Method that Don't Damage the Integrity of the Hard Slope Protection of the Existing Embankment

Jianhua Gao¹ Guolin Qin² Lv Gu³

1. Huangwei Water Station in Xiangshui County, Yancheng, Jiangsu, 224614, China
2. Liutao Water Station in Xiangshui County, Yancheng, Jiangsu, 224600, China
3. Hengtai Water Conservancy Engineering Group Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224700, China

Abstract: After the 1998 Yangtze River flood, the government invested a large amount of funds to reinforce the Yangtze River embankment to enhance its ability to resist flood erosion, infiltration, and other factors. After more than 20 years of operation, the reinforced Yangtze River embankment successfully withstood the test of historical floods such as 2010, 2016, and 2020, protecting people's lives and property safety. According to on-site investigation, in order to resist long-term water flow erosion and protect the safety of soil embankments, the construction unit has taken protective measures such as pouring 10cm thick C20 concrete slabs (or laying 10cm thick prefabricated hexagonal C20 concrete solid blocks) 11 hard slope protection on the upstream slope of the embankment. At the same time, to improve the overall stability and anti-seepage performance of the hard slope protection, asphalt is used to fill the joints of the cast-in-place concrete slope protection, and M10 cement mortar is used to fill the gaps between the prefabricated hexagonal C20 concrete blocks; Hard slope protection can protect the composite geomembrane (or geotextile) and soil embankment under the slope protection from water flow damage, and is an important component of protecting the safety of embankment structures.

Keywords: slope protection integrity; ecological slope protection; construction method

1 引言

通过长期运行实践, 受水流冲刷、水流携带的枯木树叶及腐殖质破坏, 混凝土硬质护坡结构普遍出现风化、蜂窝麻面、结构破损等问题, 坡面颜色由白灰色逐渐变化为黑色、黑灰色, 硬护坡结构耐久性逐渐降低, 硬护坡坡面也呈现大范围不规则形状、不规则分布的黑色斑块, 既对堤防整体安全不利, 也破坏了堤滩整体的自然绿色景观, 特别是位于城区段堤防, 不规则分布的黑色斑块状, 像是贴在了长江岸线绿色廊道上一块块补丁, 破坏了沿江城区风景美感; 同时,

硬护坡也阻断了水体与近岸陆地土壤之间的联系, 使得坡面上植物不能生长, 水生动物也失去了栖息空间, 堤防原有的生态功能遭到破坏; 因此, 为巩固已建堤防结构、增强堤防防汛能力, 修复堤防边坡的生态功能, 保护长江绿色生态廊道, 对已建堤防硬质护坡进行生态修复是必要的。

根据现有常规的技术措施, 直接拆除表面黑化或结构破坏的硬护坡后再重新铺设新护坡, 此种方案存在以下问题: ①根据堤防加固竣工图纸, 长江干堤堤身为多年填筑而成, 堤身 111 填土主要为粉质壤土, 堤身高约 6~8m, 迎水面坡

面长 19~25m, 硬护坡下常设有“砂石垫层 66+ 斜面复合土工膜 55”或“砂石垫层 66+ 土工布 55 (150~200g/m²)”, 在堤顶、堤脚采用浆砌石 222 对土工膜(布) 55 进行压顶和固脚, 不论采用人工或机械拆除硬护坡, 施工中必然会破坏护坡混凝土下的砂石垫层、土工膜(布)及土质堤身等, 不仅施工效率低、费时费力, 还给堤防安全造成重大隐患; ②即使投入大量时间及人力、物力将硬护坡拆除下来, 由于风化后的硬护坡结构强度低, 不能二次利用, 只能先堆在江滩上后续再转运至垃圾填埋场, 增加生产建设成本和现场协调工作量, 不利于保护当地生态环境, 经测算拆除 1km 堤防硬质护坡会形成约 2860m³ (松方) 的建筑垃圾; ③大面积拆除已建硬护坡再更换新护坡, 施工中会对堤防防渗体系形成安全隐患。

根据对矿山修复、公路岩石边坡、水电站岩石边坡生态修复等项目现场调研成果, 中国对岩石边坡生态复绿采用“客土喷播植生植物护坡”“植被混凝土护坡”和“生态袋护坡”等修复方案。

“客土喷播植生植物护坡”“植被混凝土护坡”等两种方案其原理均为通过锚钉(或短锚杆)将镀锌网固定在边坡上, 形成可容纳并固着植物基质的空间, 再通过专用喷播机将植物生境基材及植物种子、肥料喷播到岩石边坡表面, 待植物出芽生长后形成植物表层、底网、植物根系、锚钉共同组成的防护体系。植物生境基材是一种由种植土、木制纤维、粘合剂、保水剂等加水搅拌均匀后形成的有机混合物; 而植被混凝土则是由种植土、水泥、植物生境基材、特制改良剂、植物种子和水等按照一定比例混合而成的有机物质; 整个结构厚度约 10cm。此类方案优点是可以机械化操作、施工效率高、快速建立植被, 生态亲和性较好; 其缺点及不足是: ①长期被水浸泡后结构稳定性较差、抗水流冲刷能力较差; ②植物喷播、岩石生态复绿效果受人为因素影响很大; ③整个护坡层厚度较薄(10cm 厚)、加之有钢丝网和锚钉, 不便于堤防管理人员在边坡上行走, 不利于汛期开展堤防巡查工作; ④经市场调查, 10cm 厚植被混凝土方案造价较高(10cm 厚植被混凝土造价在 160~190 元/m²); ⑤此两种方案常用于不会出现长时间被水浸泡的岩石边坡生态复绿(如公路边坡), 在长期需要挡水的石质边坡上尚无应用案例。

“生态袋护坡”修复方案原理为将种植土、植物种子、肥料、保水剂等拌和后装入生态袋内并封口, 袋与袋之间通过联接扣由下往上逐级堆放, 相互连接组成一个牢固的柔性护坡系统; 对于坡度较陡的边坡还可浇筑混凝土格构, 以便于稳定生态袋。此方案优点是: 生态袋具有保水、保土作用, 体积小、便于施工; 其缺点及不足是: ①现场难以精准控制每个生态袋装土重量及摆放形状, 结构整体性相对较差; ②袋与袋之间主要是靠联接扣联接, 结构整体稳定来源于自身重力和联接扣, 在长时间水流浸泡及冲刷下, 结构稳定性

较差; ③生态袋是由无纺布加工而成, 施工过程中易遭破坏, 后期运行管理期间袋体被损害后修复难度较大; ④此种方案适合无需过水的岩石边坡、流速较缓或水位变幅较小河段边坡等生态修复。

综上, 在不破坏已建堤防硬质护坡完整性的前提下, “直接拆除现有护坡后新铺护坡”“客土喷播植生植物护坡”“植被混凝土护坡”“生态袋护坡”等方案均无法兼顾保护已建堤防防渗体系、护坡结构耐久稳定、抗水流冲刷、生态特性、施工便利、便于堤防管理部门日常巡查等, 不适合用于长江干堤硬护坡生态修复; 为巩固已建堤防结构安全, 生态修复堤防硬质护坡, 保护长江绿色生态廊道, 为此亟需研发一种不破坏已建堤防硬质护坡完整性的生态护坡及其施工方法。

2 技术方案

针对现有技术中存在的不足, 提供一种不破坏已建堤防硬质护坡完整性、生态修复已建硬护坡, 并巩固堤防结构安全的生态护坡及其施工方法。

①提供一种不破坏已建堤防硬质护坡完整性的生态护坡, 包括形成于已建堤防上表面的已建混凝土硬质护坡、形成于已建堤防坡脚处的已建堤脚浆砌石, 已建混凝土硬质护坡上浇筑形成有混凝土格构, 混凝土格构内部形成有多个用于摊铺营养土的容纳空间, 混凝土格构和营养土上均铺筑有连锁式生态砖, 连锁式生态砖的孔洞内设有复绿植草和/或复绿植草的草种, 已建堤脚浆砌石顶部沿水流方向布置有混凝土脚槽。

优选的是, 混凝土格构包括顺水流方向布置的多个混凝土格构纵梁和垂直水流方向布置的多个混凝土格构横梁, 混凝土格构纵梁和混凝土格构横梁之间交叉形成具有多个容纳空间的网格状结构。

优选的是, 混凝土格构纵梁内埋设有连通相邻容纳空间的排水管, 混凝土脚槽内埋设有连通容纳空间和外滩的排水管。

优选的是, 营养土包括垂直坡面方向由下至上依次摊铺的下层营养土和上层营养土, 上层营养土内混合有复绿植草的草种。

进一步优选的是, 上层营养土上外包有土工布。

②还提供一种不破坏已建堤防硬质护坡完整性的生态护坡的施工方法, 施工方法包括以下步骤:

S1: 清理已建混凝土硬质护坡。

S2: 在已建堤脚浆砌石顶部浇筑混凝土至设计高程, 形成混凝土脚槽。

S3: 在已清理的已建混凝土硬质护坡上浇筑混凝土形成网格状混凝土格构。

S4: 待混凝土格构达到设计强度后, 在混凝土格构形成的容纳空间内摊铺营养土。

S5: 从堤脚往堤顶顺水流方向逐层铺筑连锁式生态砖。

S6. 在联锁式生态砖的孔洞内种植复绿植草或填充混合复绿植草草种的营养土。

优选的是，步骤 S2 中，在浇筑混凝土脚槽之前，需先检查已建堤脚浆砌石的结构完成性，对已被破坏的已建堤脚浆砌石按照不小于原结构尺寸、不低于原材料强度进行修复。

进一步优选的是，步骤 S2 中，在浇筑混凝土脚槽之前，需在已建堤脚浆砌石顶部立模板，然后预埋排水管并固定，最后浇筑混凝土形成混凝土脚槽。

优选的是，步骤 S3 中，首先在已建混凝土硬质护坡上设计混凝土格构纵梁和混凝土格构横梁的浇筑位置，然后在设计浇筑位置处立模板，同时将排水管预埋于混凝土格构纵梁的设计浇筑位置，最后在模板上浇筑混凝土形成网格状混凝土格构。

优选的是，步骤 S4 中，在混凝土格构形成的框架四边摊铺土工布，在土工布上填筑预制好的下层营养土并压实，将混合草种的上层营养土摊铺在下层营养土上并拍实，洒水加速沉降，待沉降稳定后再将土工布外包，顺水流方向，上层土工布盖下层土工布，上下层搭接长度不小于 1m。

进一步优选的是，营养土可利用岸滩整治开挖形成的弃土或从附近土料场取土进行现场制造，现场制作营养土，需至少去除弃土中石块、树枝、垃圾、尖锐物，再将土块破碎后至少添加木屑、草木灰、有机肥料、营养液、保水剂，经现场机械拌和后取土样试验 pH 值，添加草木灰或硫酸铝使得土样 pH 值在 6.5~7.5。

进一步优选的是，复绿植草的草种按照高羊茅、狗牙根和黑麦草的播种比例为 7 : 2 : 1 进行混合，其在上层营养土内的播种密度为 90~120kg/hm²。

进一步优选的是，上层营养土的摊铺厚度需预留 3~5cm 沉降量。

3 附图说明

生态护坡的剖面结构示意图见图 1，混凝土格构的平面布置示意图见图 2，铺筑联锁式生态砖后平面布置示意图见图 3。

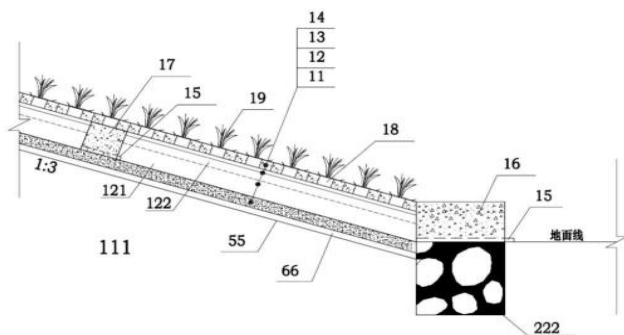


图 1 生态护坡的剖面结构示意图

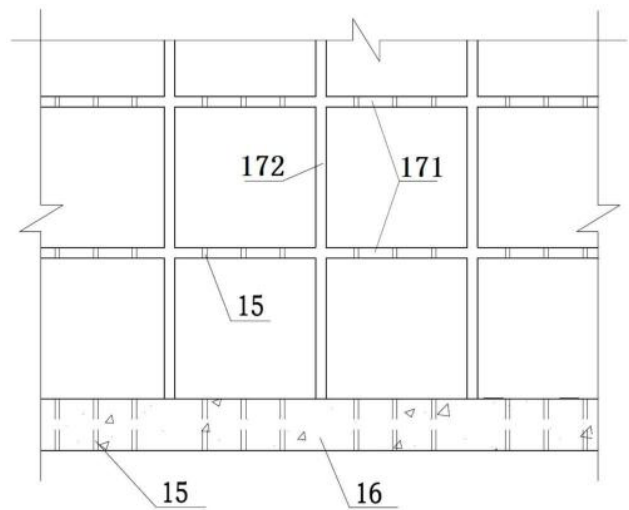


图 2 混凝土结构的平面布置示意图

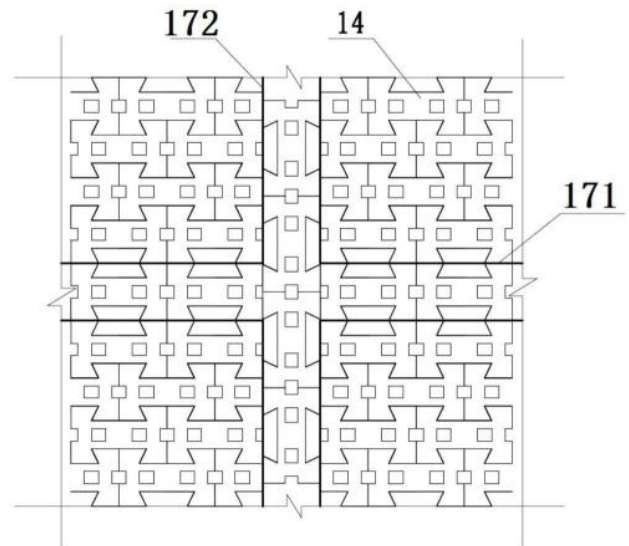


图 3 铺筑联锁式生态砖后平面布置示意图

图 1 至图 3 中，111—已建堤防；222—已建堤脚浆砌石；11—混凝土硬质护坡；12—营养土；121—下层营养土；122—上层营养土；13—土工布；14—联锁式生态砖；15—排水管；16—混凝土脚槽；17—混凝土格构；171—混凝土格构纵梁；172—混凝土格构横梁；18—孔洞；19—复绿植草。

4 有益效果

①与传统技术相比，可用于已建堤防硬质护坡的生态复绿，既不破坏已建堤防结构完整性，避免降低堤防防渗能力的风险，还可以构建环境友好的生态护坡，提升堤防抗冲刷能力，巩固堤防安全，符合长江大保护的要求。

②提出的生态护坡结构，无须拆除现有堤防硬质护坡，不会形成大量的建筑垃圾给环境带来不利影响。

③结合堤防临水侧斜坡坡面结构特征、草本地被生存

所需的土层厚度等因素,采用混凝土格构将坡面进行分块,然后在其中填筑上下两层营养土,待营养土沉降稳定后包裹土工布、铺筑连锁式生态砖,实现了在坡面硬质混凝土上为植物生长提供所需生境、确保了在斜坡坡面填筑薄层营养土的施工质量,还增强了生态护坡结构稳定性及抗冲刷能力。

④营养土可直接利用岸滩整治后形成的弃土进行制造,既可减少弃土转运和渣场占地,还可以节约工程投资,实现环境友好和资源节约利用。

⑤提出的复绿草种、土工布均为常见材料,成本低且已经成功运用在岸线治理项目中、复绿效果良好,具有良好的适用性及经济性。

⑥施工工法工艺成熟、工效高、工期短,对施工场地要求低,对工人的技术水平要求低,施工质量可得到有效控

制,而且施工期间也不影响堤防正常运行管理。

⑦复绿草种发芽后根系可以固土防止营养土流失,还可以吸收水中的氮、磷元素,促进草种生长形成草坪,这不仅可以减缓水流对生态砖的腐蚀和冲刷,延长生态砖的使用寿命,还可以为陆生生物、水生生物提供能量和物质交换的场所和通道,并且可为城市增添一道绿色的条带,既能保护生态环境,又能增强沿江居民的幸福感和获得感。

参考文献:

- [1] 李志华,孙兆地,马鑫,等.徐州市奎河硬质护岸生态化改造方案研究[J].人民长江,2020(S1):5.
- [2] 尤娜,李鹏.生态水利设计理念在河道规划管理中的应用[J].水利规划与设计,2019(3):2.
- [3] 莫显勇,金波,李石稳.植被混凝土生态护坡技术在岩质边坡中的应用[J].山西建筑,2010,36(15):2.