

水利防洪工程中格宾石笼施工技术探究

贾述祥

中交二公局华西建设有限公司

DOI:10.32629/hwr.v9i12.6726

[摘要] 为了提高水利防洪工程的防护效果,根据永定河泛区防洪工程的实际情况,对格宾石笼的施工技术进行了探讨。本文从工程背景和施工环境出发,确定格宾石笼网片、钢丝、PVC薄膜和填充石料的技术需求,对模块化施工设备的结构设计和应用优势进行了分析,对测量放样、土方开挖、拼装绑扎、填石等核心施工技术进行了优化。通过建立“三检制”的质量控制体系,聚焦关键过程指标,制定风险防控和应急预案,达到施工质量和安全的双重保证。

[关键词] 水利防洪工程; 格宾石笼; 施工技术

中图分类号: S27 文献标识码: A

Research on Gabion Construction Technology in Water Conservancy Flood Control Projects

Shuxiang Jia

China Communications Second Highway Bureau West China Construction Co., LTD

[Abstract] In order to enhance the protective effect of water conservancy flood control projects, based on the actual situation of the flood control project in the Yongding River floodplain, the construction technology of gabion cages is discussed. Starting from the engineering background and construction environment, this paper determines the technical requirements for gabion mesh, steel wire, PVC film and filling stone materials, analyzes the structural design and application advantages of modular construction equipment, and optimizes core construction technologies such as measurement and layout, earthwork excavation, assembly and binding, and stone filling. By establishing a "three-inspection system" quality control system, focusing on key process indicators, and formulating risk prevention and control as well as emergency response plans, a dual guarantee of construction quality and safety can be achieved.

[Key words] Water conservancy flood control project; Gabion stone cage; Construction technology

水利防洪工程是防洪减灾的重要防线,格宾石笼因其结构灵活、抗冲能力强、生态环保等优点,被广泛用于堤防和边坡加固。2023年海河流域洪涝灾害凸显了防洪减灾的紧迫性,作为重点工程的永定河防洪工程,格宾石笼护坡技术已被广泛应用。目前石笼结构易变形,施工效率低,质量控制困难,影响了其应用效果。

1 项目背景

1.1 项目由来与建设目标

项目源于2023年台风“杜苏芮”在海河流域引发严重洪涝灾害,作为防洪关键节点的永定河泛区防护能力提升刻不容缓。建设目标聚焦于强化“缓洪、沉沙、削峰”功能,通过堤防加高加固、主槽扩挖、格宾石笼防护等措施,确保京山铁路和天津城区的防洪安全,保护沿线13.5万人的生命财产和23.26万亩耕地的安全,建立长效的防洪减灾体系。

1.2 项目概况与施工环境

项目位于河北省廊坊市永定河泛区,包括15.5km的右堤加高加固、3.1km的南围埝新筑、8.5km的主槽扩挖和6座桥梁的改建工程,总投资2.60亿元,工期19个月。施工场地为永定河冲积平原,地形平缓、水系发达、地下水丰富,属温带季风气候区,导致夏季多雨、春秋多风沙。该线路穿越13个村庄和多条主干道,部分路段紧邻水塘和农作物区,大型机械施工受到限制,施工技术适应性和环保性要求较高。

1.3 格宾石笼工程应用场景与工程量

格宾石笼工程总工程量为164041m³,核心应用于右堤迎水侧边坡防护,主河槽扩挖段边坡防冲,南围埝新筑河堤坡面防护,以及6座桥梁桥位处的防护加固。这些区域均为水流冲刷强烈、堤防稳定性要求高的关键部位,格宾石笼因其柔性结构和透水性等特性,可实现防冲固坡和生态防护的双功能,是保证工程防洪安全的核心措施。

2 格宾石笼施工材料技术要求

2.1 网片及钢丝材料性能指标

格宾石笼用钢丝采用镀锌-5%铝-镁合金镀层并涂覆墨绿色环保无机涂层保护膜的钢丝, 镀层中铝含量 $\geq 4.2\%$ 、镁含量 $\geq 0.3\%$, 镀锌层单位面积重量 $\geq 245\text{g}/\text{m}^2$; 钢丝抗拉强度标准 $\geq 350\text{MPa}$, 断后伸长率(原始标距) $\geq 10\%$, 禁用PVC、PE、PA6、PET等塑料或其他镀层钢丝。

2.2 PVC护膜技术标准

PVC护膜密度 $1.30\sim 1.35\text{g}/\text{cm}^3$ 、50-60的邵氏D硬度、脆化温度 $\leq -9^\circ\text{C}$ 、抗拉强度 $>20.6\text{MPa}$, 断裂伸长率 $>180\%$, 弹性模量 $>18.6\text{MPa}$ 。涂层表面应平整无划痕、开裂、色泽不均匀等缺陷, 经3000小时盐雾和紫外线照射, 使其密度偏差 $\leq 6\%$, 邵氏硬度偏差 $\leq 25\%$, 拉伸强度偏差 $\leq 25\%$, 耐磨损性偏差 $\leq 10\%$, 涂层后须保证钢丝的防腐蚀性能和结构完整性。

2.3 填充石料质量要求

填充石料选用块石、卵石或弃石石料, 要求质地坚硬新鲜, 无风化痕迹, 抗压强度不低于 50MPa , 容重不低于 $24\text{kN}/\text{m}^3$, 软化系数 ≥ 0.75 。通中值粒径介于 $1.5D\sim 2.0D$ (D 为网孔尺寸, 单位: mm), 非外表面填料超粒径比例 $\leq 15\%$, 填充后空隙率 $<30\%$ 、总重量 $15\text{kN}/\text{m}^3\sim 20\text{kN}/\text{m}^3$ 。对石料进行力学指标的复核, 在施工过程中严格控制石料的粒度、密度和空隙率。

3 格宾石笼模块化施工装置专利技术应用

3.1 专利装置核心结构设计

在顶部设置有石笼支承调整结构, 该结构由定位座、调节导杆、定位框和横支板组成, 定位座固定在一侧支承板的顶面上, 该调整导杆与另一侧支承板的定位架滑动配合, 通过螺纹座和螺纹杆的啮合传动, 实现两个撑杆间距的精确调整。在支承板的内侧, 嵌有一个延伸支撑结构, 包括导向座、光杆、延长支撑板, 搭配齿条安装座、伸缩齿条、中心传动轴、齿轮及第二手盘, 齿轮与伸缩齿条啮合, 转动二手盘, 就能控制延长支架的伸缩。整体结构模块化设计, 同时兼顾支架的稳定性和可调节性, 根据不同大小的石笼进行施工^[1]。

3.2 装置工作原理与操作流程

装置以支撑调整结构和延伸支撑结构协同作用来实现对石笼结构的稳定支撑和适应性调整^[2]。操作时, 先把设备推动到施工区域, 转动第一摇杆带动螺纹杆转动, 通过螺纹传动, 使两个石笼支撑板沿着调节导杆滑动, 根据石笼的宽度来调整间距, 使其比石笼的尺寸稍大一些, 然后把设备准确地定位在石笼的两边, 逆时针转动第一摇杆, 让支承板的内壁紧贴着石笼的两边, 这样就完成了支撑和固定。如果石笼的长度超过托板覆盖的范围, 则转动第二摇臂, 带动中央传动轴和齿轮一起旋转, 齿轮带动伸缩齿条沿着齿条安装座滑动, 将延伸支架推出, 直到完全盖住石笼长度为止。在填石过程中, 设备不断地提供横向支撑, 充填完毕后逆向作业, 将结构物收回, 并将装置移至下一施工点^[3]。

3.3 专利装置在项目中的应用优势

该装置有效地解决了传统施工方法中, 石笼在充填过程中

由于侧壁应力集中而引起变形的难题; 通过支撑板和延伸板的整体支撑, 确保石笼结构完整性和安装平整度, 满足本研究对护坡平整度的严格要求^[4]。适应性强, $5\text{m}\times 1\text{m}$ 标准石笼与非标尺寸石笼均可通过调整结构适配, 无需为不同规格石笼配备专用设备; 对施工的依赖性低, 无需大型起重机械即可完成石笼定位与充填作业, 尤其适配本项目沿线村庄密集、大型机械作业受限的施工区域。提高施工效率, 设备移动方便, 支撑调整操作简便, 降低石笼的定位和校正时间, 帮助项目按时完成。

3.4 装置与传统施工方式对比分析

传统的石笼施工没有专门的支撑, 变形率高达 $10\%\sim 15\%$, 适应性差, 依赖大型吊装机械, 单组施工耗时 90min , 平均每天只完成6-8组。本项目申请的石笼施工协作支撑装置, 可将结构变形率控制在 3% 以内, 适配各类规格石笼的施工需求; 该装置无需大型机械设备辅助, 仅需2~3名作业人员即可操作, 单组石笼施工耗时约40分钟, 单日可完成15~20组施工任务, 有效提升了格宾石笼施工的效率与质量水平。具体对比如表1。

表1 具体对比

对比维度	专利装置施工	传统施工方式
石笼变形控制	支撑板全程侧向支撑, 有效分散应力, 变形率低于 3% , 完全满足规范要求	无专用支撑设备, 石料填充时易出现侧壁鼓凸, 变形率可达 $10\%\sim 15\%$
适配性	可灵活调节支撑宽度与长度, 适配标准及非标准尺寸石笼, 适配率 100%	需针对不同尺寸石笼制定专项方案, 专用设备适配性单一, 适配成本高
机械依赖度	无需大型吊装机械, 仅需2-3人即可操作, 设备投入成本低	依赖大型起重机吊装定位, 机械租赁费用高, 且受施工场地空间限制
施工效率	单组石笼定位与填充耗时约40分钟, 日均可完成15-20组施工	单组石笼定位与填充耗时约90分钟, 日均仅能完成6-8组施工

4 格宾石笼主要施工工艺流程与优化

4.1 施工测量放样技术

对基线点、中桩和水准点进行复核, 保证控制点的精度, 然后按设计图放出石笼的边线、坡脚线和高程控制点, 直线段每 10m 设一个控制点, 曲线段加密到每 5m 一个。基础平面允许误差不超过 30mm , 坡面不平整不超过 40mm , 高程偏差不超过 30mm ; 格宾石笼网箱规格一般为 $5\text{m}\times 1\text{m}$, 坡脚和顶部可根据现场施工尺寸和避免形成贯通缝的要求进行适当调整。在放样完成后, 用挂线法标出施工范围, 设置明显的定位桩和高程标志, 先由测量队与质检部共同检查, 再由班组长自检、现场工程师复检、质量工程师终检, 方能进行下一道工序, 保证放样数据正确无误后, 才能进行下一道工序, 为以后的基坑开挖和石笼铺设提供精确的依据^[5]。

4.2 基础开挖与清理技术

根据工程地质(第四系冲积层、洪积层)分层开挖, 每层开挖厚度控制在 $30\text{cm}\sim 50\text{cm}$ 之间, 采用挖掘机开挖结合人工修整的方法, 保证边坡坡度满足设计要求(主河槽边坡坡比 $1:4$)。在施工

过程中对基坑的稳定进行实时监测, 遇有软弱土层或含沙土层时, 及时进行换填或支护。开挖至设计高程后, 清除基坑内松散物、植物根系和杂物, 用平整机整平, 然后用压路机进行压实, 保证基础密实度达到标准, 没有出现冰层、软弱层、冰冻等现象, 平整度偏差在允许范围之内, 为铺设石笼奠定坚实的基础。格宾石笼不仅适用于主河槽扩挖段的边坡防护, 还可以在右堤迎水边坡和南围新筑河堤边坡的施工中使用, 还可以采用平整机进行坡面修整, 以适应各施工段的作业要求。

4.3 格宾石笼组装与绑扎规范

石笼组装前应检查网片尺寸与质量, 不能有断丝、破损和腐蚀。在组装时, 要将边网、端网及隔板弄直, 确保折缝位置正确, 间隔网与网身成90度相交后才能绑扎。捆绑使用与网丝材料相同的材料, 每根捆扎用双股钢丝缠绕在一起, 间隔网和网身的四个交叉点上各绑一根, 交接处每隔200—250mm绑一根; 笼群之间连接时, 相邻笼组上下四个角各一条, 上、下框线或折线每200—250mm绑一条, 网缝连接面每平方米2条。在拼装过程中, 用钢丝绳来调整石笼的平直度, 用6m以上的木杆或铁条沿箱边固定, 保证箱边线的平直和平滑。组装完成后对石笼进行尺寸检查, 允许的长度、宽度和高度误差不超过 $\pm 5\%$ 。

4.4 石料填充施工要点

石方充填严格遵循“投料均匀, 分层压实, 避免损坏”的原则。填土前要重新检查石料质量, 剔除风化、破损和超粒径石料。投料时, 同一层的多个箱笼, 不能一次投料到单箱箱中, 每层投料厚度不能超过300mm, 投料后用小石子压实, 调整箱形。外侧填石需人工或机械砌筑平整, 保证石料相互重叠, 表面平整美观。不要用机械抛投, 也不要从坡上滚石, 以免损坏网笼和石笼结构。为保证后续压实后, 压实后达到设计标高要求, 需要比结构高出30—50mm。

5 格宾石笼施工质量控制与安全保障

根据CECS353-2013和SL634-2012标准对格宾石笼施工质量进行控制, 主要控制指标为网目尺寸偏差 $\pm 5\%$, 网目偏差 $D \pm 5\%$, $X \pm 10\%$, 石料填充空隙率不超过30%, 基层压实度 $\geq 90\%$ 。关键过程实施“三检制”, 即原材料进场时需核查型号测试报告和盐雾测试数据, 装配阶段主要控制绑扎间距和连接强度, 浇筑阶段严

格控制石料的粒度和投料方式, 浇筑阶段强化分层夯实和坡面平整度监测。针对常见的网片腐蚀, 石笼变形, 石料风化等问题, 提前采取材料保护、支撑加固和粒度筛选等预防措施, 发现问题及时整改、销号。在安全方面, 对永定河主槽施工区的临水作业、右堤鱼塘周边施工、机械作业和高处作业风险因素进行专项辨识; 永定河主槽临水作业人员须穿专业救生装备, 系好安全绳, 右堤鱼塘周边作业须设防落水防护围栏和紧急救生点, 机械作业划出硬隔离的安全作业区, 设专职指挥, 高处作业按规范搭设满铺式防护平台并设置临边防护栏杆。

6 结论

本文以永定河洪泛区防洪工程为背景, 对格宾石笼在水利防洪工程中的应用进行了系统的探讨。通过本研究的研究, 验证模块化施工设备对石笼变形的控制、适应性和施工效率的显著优势。通过对测量放样、土方开挖、拼装绑扎、填石等核心技术的优化, 形成适应复杂环境的施工技术。通过建立“三检制”的质量控制体系和风险防控机制, 使施工质量和安全得到了有效地保证, 主要指标达到规范要求。

[参考文献]

- [1]张任杰. 浅析防洪工程中格宾石笼施工技术的质量控制[J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(07): 259-261.
- [2]刘珂宏. 永登县大沙沟防洪治理工程中的河道防洪治理技术研究[J]. 当代农机, 2025, (04): 88-89.
- [3]施鹏皓. 水利防洪工程中格宾石笼的施工技术[J]. 新农村, 2024, (21): 52-54.
- [4]许发文, 卢科洁, 韩晓丽, 等. 移动组合式格宾石笼成型装置的研制与应用[C]//水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心, 《中国防汛抗旱》杂志社, 中国水利学会减灾专业委员会, 第十四届防汛抗旱信息化论坛论文集, 孟州黄河河务局, 2024: 82-86.
- [5]江冬建. 农田防洪工程格宾石笼护坡的应用分析[J]. 黑龙江水利科技, 2023, 51(06): 148-150+188.

作者简介:

贾述祥(1996--), 男, 汉族, 甘肃省古浪县人, 本科, 助理, 研究方向: 水利工程, 隧道工程, 土木工程。获得发明专利1项。