

水利工程建设中的浆砌石护坡施工技术研究

郭誉

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI:10.32629/hwr.v10i8.7107

[摘要] 为提升水利工程边坡稳定性与工程耐久性,本文采用文献梳理、现场工艺调研与工程实例验证相结合的方法,系统梳理浆砌石护坡的工作原理、工程特性与适用场景,细化施工准备、测量放线、砂浆拌合、石料砌筑、接缝施工及后期养护全流程技术要点。研究表明,标准化、精细化的施工流程可显著提升护坡抗冲刷能力与整体稳定性。实践证实,规范落实浆砌石护坡施工技术、优化工艺参数,能够有效保障水利边坡防护质量,降低工程运维成本,可为中小型河道、渠道、水库等水利工程护坡施工提供可靠的技术参考与实践借鉴。

[关键词] 水利工程; 浆砌石护坡; 施工工艺; 质量管控; 边坡防护

中图分类号: TV 文献标识码: A

Study on construction technology of slurry masonry slope protection in water conservancy project construction

Yu Guo

China 11th Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau Co., Ltd.

[Abstract] In order to improve the slope stability and durability of water conservancy projects, this paper systematically combs the working principle, engineering characteristics and applicable scenarios of masonry slope protection by combining literature review, on-site process investigation and engineering example verification, and details the technical points of the whole process of construction preparation, measuring and setting out, mortar mixing, stone masonry, joint construction and later maintenance. The research shows that the standardized and refined construction process can significantly improve the anti-scouring ability and overall stability of slope protection. Practice has proved that standardizing and implementing the construction technology of masonry slope protection and optimizing the process parameters can effectively guarantee the protection quality of water conservancy slope and reduce the operation and maintenance cost of the project, which can provide reliable technical reference and practical reference for slope protection construction of small and medium-sized rivers, channels and reservoirs.

[Key words] water conservancy project; Masonry slope protection; Construction technology; Quality control; Slope protection

引言

边坡工程日常使用期间长期受水流冲刷、雨水侵蚀、温度交替变化及地基沉降等多方面因素的影响,极易出现滑坡、坍塌、水土流失等病害,直接威胁水利工程结构安全与运行寿命。浆砌石护坡凭借就地取材、造价经济、结构稳定性强、抗冲刷性能优异、施工灵活度高等突出优势,被广泛应用于各类中小型水利边坡防护工程,是当前水利工程最主流的护坡形式之一。但实际施工过程中,受施工工艺不规范、原材料管控松散、现场精细化施工不足、养护不到位等因素影响,多数工程存在护坡开裂、砌体空鼓、勾缝脱落等质量问题,大幅降低护坡防护效果与

使用寿命。基于此,本文结合水利工程施工规范与现场实操经验,系统研究浆砌石护坡标准化施工技术要点,助力提升水利护坡工程施工质量与工程耐久性。

1 浆砌石护坡概述

1.1 工作原理与防护作用

浆砌石护坡属于一种刚性防护结构,其主要以天然石料为骨架、水泥砂浆为粘结填充材料,通过分层错缝砌筑而成。这一护坡模式的防护原理是通过硬质砌体覆盖岩土边坡表层,隔绝水流、雨水与土体的直接接触,阻断水体渗透与冲刷路径,约束边坡土体位移变形。该护坡结构在水利工程运行过程中可有效

表 1 砌筑工艺参数分析表

工艺参数项目	规范标准值	施工控制值	允许偏差
分层砌筑厚度	300-400mm	350mm	± 20mm
上下层搭接长度	≥100mm	120mm	+20mm
水平灰缝厚度	20-30mm	25mm	± 5mm
竖缝宽度	20-30mm	25mm	± 5mm
坡面平整度	≤20mm/2m	≤15mm/2m	—

表 2 传统施工工艺与本次施工工艺对比分析表

评价指标	传统施工工艺	本次施工工艺	优化效果
坡面平整度偏差	25-35mm/2m	≤15mm/2m	精度大幅提升
灰缝空鼓率	8.2%	1.1%	缺陷大幅减少
单元工程优良率	72.3%	94.5%	质量显著提升
初期病害发生率	6.8%	0.9%	稳定性显著增强

抵御常态水流冲刷与汛期强水流冲击，避免边坡土体被水流剥离、掏空，同时能够分散边坡土体压力，抑制土体滑移、沉降与开裂^[1]。此外，完整的浆砌石砌体结构具备良好的防渗性能，可减少地下水渗透引发的边坡失稳问题，切实维护边坡岩土结构稳定，防范滑坡、坍塌等安全隐患，保障水利工程整体运行安全。

1.2 工程优势与适用范围

与传统各类护坡形式相比较而言，浆砌石护坡具备显著的工程优势。一是经济性突出，可就地开采天然石料，大幅降低材料运输与采购成本，施工设备简单、工序便捷，工程造价更低；二是结构性能稳定，砌体整体强度高、抗冲击性与抗冲刷能力强，适配复杂水文与地形工况；三是施工灵活性高，可根据边坡坡度、地形起伏灵活调整砌筑工艺，无需大型机械化设备，适配小型施工现场；四是耐久性良好，合规施工的浆砌石护坡抗老化、抗腐蚀性能优异，后期运维成本低。其适用范围广泛，主要应用于坡度缓于1:1的土质、风化岩质边坡，适配中小型河道堤防、农田灌溉渠道、小型水库坝体、蓄水池、水闸周边边坡等水利工程防护场景，不适用于高陡边坡、强冲击性河道主槽及软土地基边坡^[2]。

2 水利工程浆砌石护坡施工技术要点

2.1 施工前期准备工作

做好各项前期准备工作，可以保障后续各项施工作业有序推进，具体需落实现场勘察、材料检验、设备调试、基底处理等全流程工作。首先，仔细勘察现场环境，精准掌握边坡地形、地质土质、水文条件、边坡坡度等核心参数，结合工程设计图纸与《水利水电工程砌石施工规范》编制专项施工方案，明确施工工序、技术参数、质量标准及安全防护措施，完成技术交底与岗前培训。其次，严格把控原材料质量，选用强度符合要求的硬质石料，石料最小厚度不小于15cm，表面无淤泥、杂质；且提前完成砂浆配合比试验，确定最优施工配比。同时，调试砂浆搅拌机、测量仪、振捣器等施工设备，确保设备运行稳定、测量精准。最后，彻底清除边坡杂草、浮土、淤泥、松散土体，分层夯实基底土层，修整边坡设计坡度，平整施工基面，为后续砌筑施工奠定良好基础。

2.2 测量放线

精准测量放线能够有效保障护坡砌筑尺寸的精准性与坡度的合规性，要求施工人员全程遵循精准测量、分层把控的施工原则。施工前，工作人员依据工程设计图纸与现场基准控制点，采用全站仪、水准仪开展精准测量，定位护坡砌筑边界、坡顶、坡脚及边坡高程控制线，每隔5-8m设置一处控制桩，清晰标注砌筑

厚度、边坡坡度、砌筑高度等核心参数^[3]。起伏地形需加密控制点,避免坡面尺寸偏差。放线完成后,挂设纵向、横向施工控制线,形成标准化砌筑网格,严格控制边坡坡度、砌体厚度与表面平整度,确保整体坡面顺直统一。施工过程中,一定要实行分段分层复核制度,每砌筑一层及时复核高程与坡度,及时修正尺寸偏差,杜绝出现坡面倾斜、厚薄不均、边线偏移等问题。同时,做好测量数据记录与复核工作,保障放线数据真实精准,为标准化砌筑施工提供精准的尺寸依据,从源头规避坡面平整度不足的质量问题。

2.3 砂浆拌合与输送

水泥砂浆拌合质量与护坡最终砌筑强度及稳定性息息相关,必须引起高度重视。首先,开始施工前,工作人员应通过试验确定最科学合理的重量配合比,严禁随意调整水泥、砂、水的用量,常用护坡砂浆强度等级为M7.5、M10,适配不同水流冲刷工况。其次,采用机械强制拌合方式,单次拌合时间控制在2-3分钟,确保砂浆色泽均匀、无结块、和易性良好,杜绝干料、稀料不合格砂浆^[4]。

除此之外,根据施工现场温度调整砂浆含水率,高温天气适当补水,低温天气严控用水量,避免砂浆初凝过快、强度不足。砂浆遵循“随拌随用”原则,常温下拌合完成后需2小时内使用完毕,超时初凝砂浆坚决废弃,不得二次加水使用。输送过程采用专用料斗、手推车转运,平稳输送避免砂浆离析、分层,严禁远距离颠簸运输。并且,拌和全程安排专人监督,定时抽检砂浆稠度与配比精度,做好施工记录,保障砂浆粘结性能、密实度完全满足砌筑施工标准。

2.4 石料砌筑

水利工程浆砌石护坡施工过程中,石料砌筑是最为关键的一道工序,通常遵循“自下而上、分层卧砌、错缝搭接、坐浆饱满、内外搭砌”的施工原则,严禁采用外侧立石、中间填心的违规砌筑工艺。

砌筑前,施工人员需提前洒水湿润石料,清除表面浮尘与杂质,提升砂浆粘结效果。施工期间采用坐浆法砌筑,基底铺设3-5cm厚基准砂浆,分层砌筑厚度控制在30-40cm,上下层石料错缝搭接,搭接长度不小于10cm,杜绝通缝、瞎缝、空洞等缺陷。此外,灰缝厚度均匀控制在20-30mm,竖缝采用挤浆、灌浆结合方式填充密实,随砌随振捣,确保灰缝无空隙、粘结牢固。外露坡面选用规整石料,保证坡面平整顺直,砌筑过程实时对照控制线校正坡度与平整度。为规范施工参数、统一质量标准,具体砌筑工艺参数如表1所示。

还需注意的是,每砌筑好一层,施工人员应及时自检、校正,清理多余砂浆,确保砌体咬合紧密、结构稳固,杜绝松动、空鼓问题,保障护坡整体受力均匀、稳定性达标。

2.5 勾缝与沉降缝施工

护坡砌筑完成后,必要的勾缝与沉降缝施工可以进一步提升其防渗性与结构适应性,避免后期使用期间发生开裂与渗水病害。

一般而言,勾缝是在砌体砌筑完成24小时后开展,优先采用凹缝工艺,提前清理缝内松散砂浆、杂物,洒水湿润缝隙。勾缝砂浆强度高于砌筑砂浆,配比精准、拌合均匀,填充过程压实抹平,确保缝面饱满、平整光滑,无裂缝、无脱落、无空鼓,缝宽均匀一致,成型后及时清理坡面多余砂浆。沉降缝与伸缩缝的常规间距为10-15m,缝宽20-30mm,缝隙竖直顺直、上下贯通,无歪斜、无堵塞。缝隙内部填充沥青麻絮、泡沫板等柔性防渗材料,分层填充、压实密封,保障缝隙具备良好的变形适配性,可有效抵消地基不均匀沉降、温度变形产生的结构应力,避免护坡出现结构性开裂,全面提升护坡防渗性能与结构整体性^[5]。

2.6 后期养护

科学有效的养护能够最大限度延长护坡整体使用寿命,这就需要制定标准化、常态化养护方案。如,护坡砌筑、勾缝施工完成后,待砂浆初凝结束(一般24小时后)立即开展保湿养护,常规养护周期不少于14天。养护期间采用土工布、草帘全覆盖洒水保湿方式,保持砌体表面持续湿润,严禁坡面暴晒、风干、冻害,杜绝早期受力、踩踏、碰撞等行为,避免砂浆强度受损、砌体松动。与此同时,根据季节气候调整养护策略,夏季高温天气增加洒水频次,避免水分快速蒸发引发表面开裂;冬季低温天气做好保温防护,杜绝冻胀破坏,气温低于5℃时停止洒水养护,采取覆盖保温措施^[6]。养护期间安排专人常态化巡查,及时补湿、排查表面细微裂缝、空鼓等初期缺陷,发现问题及时修补处理。养护期满后,逐步撤除防护覆盖层,完成坡面清理、自检,确保护坡砂浆强度达标、结构完整,各项指标符合工程验收标准。

3 工程实例分析

3.1 工程概况

某县域中小型河道总长3.2km,本次护坡施工段长度1.2km,边坡设计坡度1:1.5,护坡设计厚度30cm,采用M10水泥砂浆浆砌片石护坡工艺。工程区域土质为粉质黏土,汛期水流冲刷强度较大,原有土质边坡水土流失、坍塌问题突出,严重影响河道行洪安全与周边环境。本工程核心施工内容为边坡修整、基底夯实、浆砌石砌筑、勾缝防渗、后期养护,施工工期45天,工程质量要求达到水利工程单元工程合格标准,优良率不低于85%。

3.2 施工技术方案应用

本工程采用精细化施工技术方案,落实全流程标准化管控。施工前期,勘察现场地形与水文环境,编制切实可行的专项施工方案,开展全员技术交底;严格筛选石料、水泥、砂等原材料,进场全部抽样检测,确定最优M10砂浆配合比;彻底清理边坡浮土、杂物,分层夯实基底,精准修整边坡坡度。测量放线环节加密控制点,全程分层复核高程与坡度,保障砌筑尺寸精准。砂浆施工严格控制拌合时间、配比精度,随拌随用、规范输送,杜绝砂浆失效离析。石料砌筑采用标准化坐浆法,严格把控分层厚度、错缝搭接长度、灰缝尺寸,全程对照工艺参数标准施工,杜绝通缝、空洞等质量缺陷。勾缝采用凹缝工艺,压实饱满、平整

规整;按12m间距规范设置沉降缝,填充柔性防渗材料,保障结构变形适配性。后期落实14天常态化保湿养护,夏季定时洒水覆盖,全程排查修复初期病害,全面保障施工质量。

3.3 施工效果对比分析

从施工效果来看,本次工程整体施工质量良好,施工缺陷、病害发生率很低,各项指标优于传统施工工艺,具体效果对比数据如表2所示。

从表2当中的数据可知,该工程护坡结构整体稳固、坡面规整、防渗性良好,无开裂、空鼓、脱落等质量问题,完全满足设计及规范要求,有效提升了河道边坡抗冲刷能力,保障了河道行洪安全。

4 结束语

综上所述,浆砌石护坡技术的科学运用能够全面保障水利工程边坡施工效果,提升工程质量、稳定性与使用寿命。本文系统梳理了浆砌石护坡的防护原理、工程优势及适用场景,细化施工准备、测量放线、砂浆拌合、石料砌筑、接缝施工、后期养护全流程核心技术要点,结合工程实例验证了精细化施工方案的应用效果。本次研究可为同类水利护坡工程施工提供实操参

考,未来可结合智能化、绿色化施工理念,进一步优化浆砌石护坡施工技术,适配复杂水利工程工况需求。

【参考文献】

- [1]付嘉莹.水利工程河道生态护坡施工技术[J].石河子科技,2025,(6):67-68.
- [2]郭邦贵.水利工程中堤防护岸工程施工技术研究[J].科技资讯,2025,23(20):220-222.
- [3]郭祥才.浆砌石护坡工程现场施工质量监督策略研究[J].居业,2025,(8):192-194.
- [4]缪秋香,吴兴北.水利工程河道治理的护岸防护施工措施[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(18):211-213.
- [5]张恒.水利工程河道治理护岸护坡关键施工技术[J].工程建设与设计,2024,(24):118-120.
- [6]李希博.河道治理中浆砌石护坡施工技术与质量控制要点[J].工程建设与设计,2023,(14):127-129.

作者简介:

郭誉(1985--),男,汉族,河南郑州人,本科,工作单位:中国水利水电第十一工程局有限公司,当前职称:工程师水利工程。