

小型山塘水库除险加固中的生态护坡技术选择与效果评估

陈淑婷 朱 赫

青田县水利局 浙江 丽水 323900

摘要: 小型山塘水库在防洪灌溉中作用关键,但护坡易受自然与人为因素破坏,除险加固需求迫切。本文聚焦生态护坡技术,分析小型山塘水库护坡工程特点、破坏机理及核心需求,探讨技术选择的影响因素、流程与典型组合方案,构建涵盖工程稳定性、生态功能、经济效益的效果评估体系,提出技术改进、管理优化及政策推广建议。研究为小型山塘水库除险加固中生态护坡技术的科学应用提供支撑,助力实现工程安全与生态保护协同发展。

关键词: 小型山塘水库; 除险加固; 生态护坡

引言: 小型山塘水库广泛分布于山区丘陵地带,是保障农业生产、防洪减灾的重要水利设施。然而,多数水库建成年代久远,护坡结构老化失修,加之水文气象条件复杂,护坡破坏问题突出,严重威胁水库运行安全。传统硬质护坡虽能短期加固,但存在生态阻隔等弊端。随着生态保护理念深入人心,生态护坡技术成为除险加固的优选方向。本文针对小型山塘水库除险加固需求,系统研究生态护坡技术选择与效果评估,旨在为提升水库安全稳定、修复水生态环境提供理论与实践参考。

1 小型山塘水库护坡特点与需求分析

1.1 工程特点

小型山塘水库多分布于山区丘陵地带,流域面积小、汇流时间短,汛期水位涨落剧烈,对护坡结构冲击较大。工程规模较小,建设资金相对有限,原有护坡多为浆砌石、干砌石等传统硬质结构,整体性较差且抗冲刷能力不足。地形条件复杂,坡比差异较大,部分区域存在岩土体松散、易滑坡等问题。同时,这类水库多承担灌溉、防洪、养殖等综合功能,护坡工程需兼顾工程稳定性与农业生产、生态保护的协调发展^[1]。与大型水库相比,小型山塘水库数量多、分布散,后期管护难度大,护坡结构易受人为破坏和自然侵蚀影响,出现裂缝、坍塌等病害的概率较高,对护坡技术的适应性和经济性要求更为严格。

1.2 护坡破坏机理

小型山塘水库护坡破坏主要源于水力侵蚀、岩土体性质变化及结构自身缺陷三大核心因素。水力侵蚀是最主要的破坏诱因,汛期高速水流的冲刷作用会直接剥蚀护坡表面,形成冲沟、掏空等损伤,水位反复涨落还会导致护坡基底土壤软化、渗透变形,降低结构承载能力。岩土体自身性质劣化加剧破坏进程,长期干湿交替使岩土体颗粒间粘结力下降,风化作用进一步导致岩土体松散破碎,引发边坡失稳。传统硬质护坡结构存在固有缺

陷,如浆砌石护坡的伸缩缝易失效,导致雨水渗入基底引发不均匀沉降;干砌石护坡的石块易松动脱落,无法形成有效防护。

1.3 生态护坡核心需求

小型山塘水库生态护坡的核心需求是实现工程稳定性、生态兼容性与经济合理性的统一。首先,工程稳定性是基础需求,需抵御水流冲刷、边坡滑移等风险,保障护坡结构在各种水文气象条件下的安全可靠,避免因护坡破坏引发水库渗漏、溃坝等安全事故。其次,生态兼容性需求日益凸显,传统硬质护坡阻断了水陆生态连通,破坏了水生生物栖息地,生态护坡需恢复边坡的生态功能,构建水陆过渡带,为动植物提供生存环境,改善水体水质,提升区域生态系统的完整性和稳定性。最后,经济合理性需求不可忽视,需结合小型山塘水库的资金状况,选择成本可控、施工简便、后期管护成本低的护坡技术。

2 小型山塘水库生态护坡技术选择方法

2.1 技术选择的影响因素分析

小型山塘水库生态护坡技术选择需综合考量自然环境、工程条件、生态目标及经济成本四大类影响因素。自然环境因素包括气候条件、水文特征、岩土体性质等,如多雨地区需重点考虑抗冲刷能力,寒冷地区需兼顾抗冻融性能,岩土体松散区域需强化边坡稳定措施。工程条件因素涵盖水库规模、坡比、水位变幅、现有护坡状况等,高水位变幅区域需选择适应性强的柔性护坡技术,陡峭边坡需优先保障结构稳定性。生态目标因素需结合区域生态保护要求,明确生物多样性保护、水质改善、生态连通性恢复等具体目标,匹配对应的生态护坡类型。经济成本因素需统筹前期建设成本、后期管护成本,结合当地资金保障能力,选择性价比高的护坡技术及组合方案。

2.2 技术选择流程

小型山塘水库生态护坡技术选择遵循“现状调研—目标设定—方案筛选—优化确定”的核心流程。首先,开展现状调研工作,全面勘察水库地形地貌、岩土体性质、水文气象条件、现有护坡病害情况,同步调查区域生态环境现状、生物物种分布及周边生产生活需求,形成基础调研数据^[2]。其次,基于调研结果设定核心目标,明确工程稳定性、生态修复、经济成本等方面的具体指标,划定约束条件。随后,进行方案筛选,结合影响因素,初步选取符合条件的生态护坡技术及组合形式,构建多个备选方案。接着,对备选方案进行综合评估,从技术可行性、生态兼容性、经济合理性、施工便捷性等维度进行量化分析,剔除不合格方案。最后,结合专家论证意见和当地实际情况,对优选方案进行细节优化,确定最终的生态护坡技术方案,并制定配套的施工及管护计划。

2.3 典型技术组合方案

2.3.1 高水位区:格宾石笼+植物复合护坡

高水位区受水流冲击强烈、水位变幅大,采用格宾石笼+植物复合护坡方案可实现结构稳定与生态修复的协同。格宾石笼由高强度镀锌钢丝编织而成,内部填充块石,具有良好的柔性和抗冲刷能力,能适应水位涨落带来的变形,有效抵御高速水流的冲击,防止坡脚掏空和边坡滑移。在格宾石笼铺设完成后,在笼体间隙及顶部种植耐水湿、根系发达的草本植物(如菖蒲、芦苇)和灌木(如杞柳、紫穗槐),植物根系可穿透笼体深入坡体,与格宾石笼形成立体防护体系,增强边坡整体性。该组合方案兼具硬质结构的稳定性和植物的生态功能,能有效减少水流对边坡的侵蚀,同时构建水陆过渡带,为水生生物提供栖息环境,改善区域生态环境。施工过程简便,无需大型机械设备,后期管护成本低,适用于小型山塘水库高水位区的护坡工程。

2.3.2 低水位区:三维植被网+草本植物护坡

低水位区水流冲击相对平缓,以雨水冲刷和土壤侵蚀为主要风险,采用三维植被网+草本植物护坡方案可实现生态修复与土壤保持的双重目标。三维植被网由高分子材料经特殊工艺制成,具有较高的抗拉强度和柔韧性,铺设于边坡表面后,可有效固定表层土壤,减少雨水冲刷导致的水土流失,同时为植物生长提供稳定的环境。选择狗牙根、百喜草、结缕草等耐贫瘠、生长迅速、根系发达的草本植物进行播种,植物根系与三维植被网紧密交织,形成致密的植被覆盖层,进一步增强边坡的抗侵蚀能力。该方案生态兼容性强,能快速恢复边坡植被覆盖,改善区域生态景观,提升土壤保水保肥能力,助

力周边灌溉农业的发展。施工成本低、操作简便,后期只需定期进行植被养护和补植,适用于小型山塘水库低水位区及正常蓄水位以下的缓坡区域。

2.3.3 特殊区域:生态混凝土+灌木护坡

特殊区域(如坡比陡峭、岩土体稳定性差、受水流顶冲的边坡地段)需兼顾结构高强度和生态修复需求,采用生态混凝土+灌木护坡方案最为适宜。生态混凝土采用多孔结构设计,保留了传统混凝土的高强度特性,能有效抵御水流冲击和边坡滑移,同时其内部的孔隙结构为植物生长和微生物栖息提供了空间,解决了传统混凝土护坡的生态阻隔问题。在生态混凝土浇筑完成后,在孔隙中填充营养土,种植紫穗槐、胡枝子、沙棘等耐旱、耐贫瘠、根系发达的灌木,灌木根系可深入岩土体,形成锚固作用,进一步增强边坡稳定性。该组合方案兼具工程稳定性和生态功能性,能适应特殊区域的恶劣环境条件,有效防止边坡坍塌和水土流失,同时改善区域生态环境,提升生物多样性。施工过程需严格控制生态混凝土的孔隙率和强度,后期需加强灌木的养护管理,确保植被存活。

3 生态护坡效果评估体系构建

3.1 评估指标选取

小型山塘水库生态护坡效果评估指标选取遵循科学性、系统性、可操作性和针对性原则,构建涵盖工程稳定性、生态功能、经济效益三大维度的指标体系。工程稳定性维度核心指标包括边坡位移量、护坡结构完整性、抗冲刷能力、渗流量等,其中边坡位移量需控制在允许范围内,护坡结构无裂缝、坍塌等病害,抗冲刷能力需满足汛期最大水流冲击要求,渗流量需符合水库运行安全标准^[3]。生态功能维度指标包括植被覆盖度、生物多样性指数、水体水质改善程度、土壤保水能力等,植被覆盖度应不低于80%,生物多样性指数需较修复前显著提升,COD、氨氮等水质指标需达到相应水环境质量标准,土壤保水能力较修复前提高30%以上。经济效益维度指标包括前期建设成本、后期管护成本、经济效益产出(如灌溉效益、养殖效益)等,需评估方案的成本效益比,确保工程经济可行。

3.2 评估方法

小型山塘水库生态护坡效果评估采用定性与定量相结合、现场监测与实验室分析相补充的综合评估方法。首先,开展现场监测工作,设置监测点位,对边坡位移、渗流量、植被覆盖度等指标进行长期动态监测,采用全站仪、渗压计、无人机遥感等设备获取精准数据,确保监测结果的客观性和准确性。其次,进行实验室分析,

采集边坡土壤样品、水体样品,检测土壤理化性质、水质指标等,通过数据对比分析评估生态护坡对土壤和水体的改善效果。定性评估主要针对生物多样性、生态景观、社会满意度等难以量化的指标,采用实地勘察、问卷调查、专家打分等方式进行,结合周边居民和专家的意见形成定性评估结果。最后,构建综合评估模型,采用层次分析法确定各指标权重,结合定量监测数据和定性评估结果,计算综合评估得分,根据得分划分优秀、良好、合格、不合格四个等级,全面、客观地评价生态护坡工程的实施效果。

4 生态护坡技术优化建议

4.1 技术改进方向

小型山塘水库生态护坡技术改进应聚焦提升适应性、增强生态功能、降低成本三大核心方向。在材料改进方面,研发低成本、高性能的生态材料,如新型生态混凝土、可降解三维植被网等,提升材料的抗冻融、抗腐蚀性能,同时降低生产成本。在结构优化方面,针对不同地形和水文条件,优化护坡结构设计,如改进格宾石笼的编织工艺,增强笼体与坡体的贴合度;优化生态混凝土的孔隙结构,提升植物生长适应性。在技术融合方面,结合物联网、大数据等信息技术,研发智能监测与预警系统,实时监测护坡结构稳定性和生态指标变化,实现精准管护;融合微生物技术,在护坡材料中添加功能性微生物菌剂,提升土壤肥力和水质净化能力。另外,加强本土植物品种的筛选与培育,推广乡土植物在生态护坡中的应用,提升植被存活率和生态系统的稳定性。

4.2 管理策略优化

小型山塘水库生态护坡管理策略优化需构建“前期规划—施工监管—后期管护”全流程管理体系。前期规划阶段,需结合水库实际情况制定科学合理的护坡方案,开展详细的现场勘察,避免方案脱离实际;建立方案评审机制,邀请专家对方案的技术可行性、生态兼容性进行论证。施工监管阶段,加强施工过程的质量控制,明确施工技术标准和质量验收指标,对材料进场、施工工序进行严格把关,确保施工质量符合要求;建立施工台账,记录施工过程中的关键数据,便于后期追溯^[4]。后期管护阶段,建立常态化管护机制,明确管护责任主体,

定期开展边坡巡查、植被养护、设备维护等工作;制定应急处置预案,针对暴雨、洪水等极端天气引发的护坡病害,及时采取修复措施;加强宣传教育,提高周边居民的生态保护意识,避免人为破坏护坡工程。

4.3 政策与推广建议

推动小型山塘水库生态护坡技术的推广应用,需完善政策支持体系,强化技术服务,营造良好的推广环境。政策层面,出台专项扶持政策,设立生态护坡专项补贴资金,降低地方政府和农户的资金压力;建立健全生态护坡技术标准和规范,明确工程设计、施工、验收、管护等环节的技术要求,规范市场秩序。技术推广层面,构建“科研单位—政府部门—施工企业”协同推广机制,加强科研成果转化,将成熟的生态护坡技术编制成通俗易懂的技术手册和操作视频,开展针对性的技术培训,提升基层技术人员和施工人员的专业能力;建立示范工程,选择典型区域建设生态护坡示范项目,展示技术应用效果,发挥示范引领作用。加强跨区域交流合作,推广先进地区的成功经验,鼓励社会资本参与生态护坡工程建设,形成多元化的投入机制,推动生态护坡技术在小型山塘水库中的广泛应用。

结束语

小型山塘水库除险加固中生态护坡技术的应用,是兼顾工程安全与生态保护的重要举措。本文提出的技术选择方法、效果评估体系及优化建议,为实践应用提供了有效指引。未来需持续推动技术创新与成果转化,强化全流程管理与政策保障。通过科学选用生态护坡技术,可有效提升水库抗风险能力,修复水生态系统,实现水利设施可持续发展,为乡村振兴与生态安全提供坚实支撑。

参考文献

- [1]郑于浩.城市小型水库除险加固工程关键施工技术[J].陶瓷,2025(11):138-140.
- [2]陈金凤.小型水库除险加固技术及其应用[J].科技创新与生产力,2023,44(7):114-116,121.
- [3]李宜青.水库除险加固工程关键工序质量控制研究与实践[J].珠江水运,2025(13):54-56.
- [4]陈俊州.试析小型水库除险加固处理技术[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2022(10):1807-1808.