

绿色施工理念在中小型水库除险加固工程中的实践探索

李金钟

红河锦瑞建筑工程有限公司 云南 红河 661100

摘要：随着生态文明建设战略的深入推进，绿色发展理念已全面融入基础设施建设全过程。中小型水库作为我国农村水利体系的重要组成部分，在保障农业灌溉、防洪安全、生态补水等方面发挥着不可替代的作用。然而，大量中小型水库因年久失修、设计标准偏低等原因存在安全隐患，亟需开展除险加固工程。传统施工模式往往忽视资源消耗与生态环境影响，难以满足新时代高质量发展要求。本文以绿色施工理念为核心，系统分析其在中小型水库除险加固工程中的适用性与必要性，从节能降耗、生态保护、资源循环利用、智能管控等多个维度，探讨绿色施工技术路径与管理策略，并提出政策建议与未来发展方向。研究表明，将绿色施工理念深度融入中小型水库除险加固全过程，不仅可显著降低环境扰动、节约建设成本，还能提升工程综合效益与可持续性，为推动水利行业绿色转型提供实践支撑。

关键词：绿色施工；中小型水库；除险加固；生态保护；资源循环；智能建造

引言

由于历史原因，部分中小型水库建设年代久远、设计标准低、施工质量参差不齐，加之长期运行维护不足，普遍存在坝体渗漏、结构老化、泄洪能力不足等安全隐患。与此同时，国家“双碳”目标和生态文明建设对基础设施建设提出了更高要求。《“十四五”水安全保障规划》明确提出，要“推进水利工程绿色化、智能化、标准化建设”。在此背景下，如何在保障工程安全与功能的前提下，最大限度减少施工对生态环境的负面影响，实现资源高效利用与低碳排放，成为中小型水库除险加固工程面临的新课题。绿色施工是指在工程建设过程中，通过科学管理和技术创新，在保证质量、安全等基本要求的前提下，最大限度地节约资源（节能、节地、节水、节材）、保护环境和减少污染，实现“四节一环保”（节能、节地、节水、节材和环境保护）的施工活动。其核心在于全生命周期视角下的可持续发展，强调源头控制、过程优化与末端治理相结合。相较于大型水利枢纽工程，中小型水库除险加固项目具有投资规模小、工期短、施工面分散、技术门槛相对较低等特点，但也正因如此，往往缺乏系统的绿色施工规划与监管，容易造成资源浪费与生态破坏。因此，探索适用于中小型工程的绿色施工模式具有重要的现实意义。

1 中小型水库除险加固工程的特点与绿色施工需求

1.1 工程特点

中小型水库除险加固工程通常规模较小，单个项目投资多在数百万元至数千万元之间，但分布极为广泛，遍及全国各地的乡村与山区，这使得施工组织协调难度

显著增加。同时，受汛期限制，有效施工窗口期往往集中在每年的枯水季节，工期普遍较短，一般为6至18个月，时间压力较大。在技术层面，由于病险成因多样，如坝体渗漏、裂缝扩展、边坡失稳或溢洪道泄流能力不足等，所采取的加固措施也呈现出高度差异化特征，包括高压灌浆、混凝土防渗墙、坝顶加高、溢洪道拓宽改造等多种工艺组合^[1]。此外，这类工程多位于生态敏感区域或饮用水源保护区，周边植被覆盖良好、水体功能重要，施工活动极易引发水土流失、水质浑浊甚至生物栖息地破坏等问题。更为关键的是，基层水利管理单位普遍存在专业技术力量薄弱、绿色施工意识不强、监管手段落后等现实困境，导致绿色理念难以有效落地。

1.2 绿色施工的必要性

面对上述特点，推行绿色施工不仅是响应国家战略的必然要求，更是提升工程综合效益的内在需要。首先，绿色施工是落实“绿水青山就是金山银山”理念的具体体现，有助于推动水利行业从传统粗放型向绿色低碳型转变。其次，在生态敏感区实施工程，若不采取有效环保措施，施工扰动可能造成不可逆的生态退化，甚至引发次生灾害，绿色施工能有效降低此类风险。再者，通过优化材料使用、提升设备效率、推广循环利用等手段，可在保障工程质量的同时显著降低资源消耗与建设成本，实现经济效益与环境效益的双赢。此外，绿色施工注重控制扬尘、噪声和污水排放，能够有效减少对周边居民生活的干扰，增强群众对水利项目的理解与支持。最后，积累一批可复制、可推广的中小型水库绿色施工实践经验，将为完善行业技术标准、推动全国范

围内的绿色水利建设提供重要支撑。

2 绿色施工在中小型水库除险加固中的关键技术路径

2.1 节能与低碳施工技术

在中小型水库除险加固中,节能与低碳施工的核心在于减少化石能源依赖、优化施工流程并提升设备能效。针对偏远地区电网覆盖不足的问题,可因地制宜推广太阳能、风能等清洁能源应用。例如,在施工营地设置光伏+储能系统,为照明、办公设备乃至小型电动机机械供电,不仅降低了柴油发电机的使用频率,还显著减少了碳排放与运行噪声。同时,优先选用符合国四及以上排放标准的工程机械,并逐步引入电动或混合动力设备,如电动混凝土搅拌车、电动挖掘机等,这些设备在降低尾气排放的同时,也改善了施工现场的空气质量与作业环境。在施工工艺方面,应避免大开挖、高扰动的传统做法,转而采用高压旋喷桩、可控灌浆、定向钻铺膜等低影响技术。某省在一处小型水库防渗处理中,采用定向钻引导HDPE防渗膜铺设工艺,不仅避免了大规模开挖对坝体结构的扰动,还比传统混凝土防渗墙节省水泥用量40%以上,工期缩短近四分之一,充分体现了工艺创新对节能降碳的积极作用。

2.2 节水与水资源保护

中小型水库本身即是重要的水资源载体,施工期间对水体的保护尤为关键。为此,必须建立完善的施工用水管理体系。一方面,应设置沉淀池、隔油池等简易但有效的污水处理设施,对混凝土养护废水、车辆冲洗水等进行初步处理后回用于洒水降尘或道路清洗,实现施工废水的循环利用,回用率可达70%以上,大幅减少新鲜水取用量^[2]。另一方面,需严格实施雨污分流措施,在施工区周边布设临时排水沟与集水井,确保雨水自然排入周边沟渠,而含泥沙或油污的施工污水则被截留处理,防止其直接排入库区或下游河道。特别是在饮用水源保护区内的项目,更应执行“零排放”管理标准。此外,围堰作为临时挡水结构,其选型也应体现绿色理念。传统土石围堰需大量取土,易造成周边地貌破坏,而采用可拆卸钢围堰或由土工袋填充本地材料构筑的柔性围堰,不仅施工便捷、止水效果好,且拆除后材料可重复利用,极大减少了对原生环境的干扰。

2.3 节材与资源循环利用

材料消耗是施工阶段资源占用的主要部分,节材与资源循环利用是绿色施工的重要抓手。首先,应坚持“就地取材、就近供应”原则,优先采购当地砂石、块石等天然建材,既可降低运输能耗与成本,又能减少长距离运输带来的碳足迹。同时,积极推广机制砂替代天

然河砂,缓解河道采砂对水生态的破坏。其次,对工程拆除过程中产生的旧混凝土、浆砌石等建筑垃圾,不应简单填埋或外运,而应通过现场破碎、筛分等处理,转化为再生骨料,用于临时道路基层、路基回填或护坡垫层等非结构部位。某县在一座小(1)型水库加固中,将拆除的旧护坡石料全部破碎再利用,不仅实现了建筑垃圾100%就地消纳,还节约外购材料费用15万元,经济效益与环境效益显著。此外,推广模块化设计与预制构件也是节材的有效途径。例如,采用工厂预制的混凝土面板、装配式溢洪道闸墩等,可减少现场湿作业量,提高施工精度,降低材料损耗率,并缩短工期,从而间接减少资源消耗。

2.4 生态保护与修复

中小型水库多位于山丘区或林区,生态系统较为脆弱,施工活动极易打破原有生态平衡。因此,生态保护必须贯穿施工全过程。在施工前期,应通过无人机航测、遥感影像等手段精确划定施工红线,利用BIM技术进行三维模拟,优化施工平面布置,最大限度压缩作业面,避免超范围开挖对周边植被和地形的破坏。对于施工区内无法避让的原生树木或珍稀植物,应采取围挡、挂牌等保护措施,尽量保留其生存空间。施工结束后,应及时开展生态修复工作,重点对裸露边坡、临时占地等区域进行植被恢复。在植物选择上,应优先采用适应性强、根系发达的乡土物种,如紫穗槐、狗牙根、胡枝子等,构建稳定、自维持的植被群落,而非追求短期景观效果的外来草种^[3]。此外,还需关注水生生态系统保护。在鱼类繁殖或洄游季节,应合理安排施工计划,避开关键水域作业;必要时可设置临时鱼道、人工鱼巢,或联合科研机构开展增殖放流,以补偿施工造成的生态损失,确保水生生物多样性不受显著影响。

2.5 智慧化绿色施工管理

随着信息技术的发展,智慧化手段为绿色施工提供了强有力的管理支撑。通过构建BIM(建筑信息模型)与GIS(地理信息系统)集成平台,可将工程设计、进度计划、资源调配、环境监测等多维数据融合,实现施工全过程的可视化、动态化管理。管理人员可通过平台实时掌握各工序的资源消耗与环境影响,及时调整施工方案以优化绿色绩效。同时,在施工现场布设扬尘、噪声、水质等物联网传感器,可实现环境参数的自动采集与实时上传,一旦指标超标,系统自动预警并推送处置建议,大幅提升环境监管的响应速度与精准度。此外,应建立科学的绿色施工评价体系。虽然现行《绿色施工评价标准》(GB/T50640)主要面向房建工程,但可结合

中小型水库特点，制定针对性的量化指标，如单位库容碳排放量、施工废水回用率、建筑垃圾资源化率、植被恢复面积比例等，并在工程实施的不同阶段开展评估，形成“计划—实施—检查—改进”的闭环管理机制，确保绿色施工措施真正落地见效。

3 面临的挑战与对策建议

3.1 主要挑战

尽管绿色施工理念日益受到重视，但在中小型水库除险加固工程中仍面临多重挑战。首先是思想认识不到位，部分基层水利部门和施工单位仍将绿色施工视为“额外负担”或“形象工程”，存在重进度、轻环保的惯性思维。其次是标准体系不健全，现行绿色施工相关标准多针对房屋建筑或大型交通、能源项目，缺乏专门适用于中小型水利工程的技术导则与评价指标，导致实践缺乏依据^[4]。再次是资金约束明显，绿色技术如清洁能源设备、智能监测系统等初期投入较高，而中小型项目预算本就紧张，难以承担额外成本。最后是技术支撑能力薄弱，基层普遍缺乏具备绿色施工规划、咨询与监理能力的专业人才，导致先进理念难以转化为有效行动。

3.2 对策建议

为破解上述难题，需从制度、资金、技术、人才等多方面协同发力。在顶层设计上，应将绿色施工要求强制纳入中小型水库除险加固项目的立项审批、初步设计审查和竣工验收等关键环节，确保绿色理念从源头嵌入。同时，由水利部牵头制定《中小型水利绿色施工技术导则》，明确最低环保要求、推荐技术清单及评价方法，为基层提供操作指南。在激励机制方面，建议设立中央或省级绿色施工专项补助资金，对采用先进绿色技术且成效显著的项目给予5%至10%的投资奖励；并将绿色施工表现纳入水利建设市场主体信用评价体系，与招投标资格挂钩，形成正向引导。在技术推广上，应推动省级水利科研院所开展“绿色施工下乡”技术服务，组

织专家团队深入一线指导；同时开发适用于中小工程的绿色施工工具包，包含简易监测设备、材料循环利用手册、低扰动工艺图集等，降低技术应用门槛。最后，要加强能力建设，定期对基层水利干部、施工项目经理、监理工程师等开展绿色施工专题培训，并鼓励高校与地方共建绿色水利实训基地，培养既懂水利又通环保的复合型人才。

4 结语

中小型水库虽单体规模有限，但数量庞大、分布广泛，其除险加固工程的绿色化水平直接关系到国家水安全、生态安全与乡村振兴战略的实施成效。本文研究表明，绿色施工理念完全适用于中小型水库除险加固工程，并可通过节能降碳、节水保水、节材循环、生态保护与智慧管理等多维度路径实现有效落地。绿色施工并非成本负担，而是通过资源节约、风险规避与社区和谐带来的综合效益提升器。展望未来，随着数字孪生、人工智能、低碳胶凝材料等新技术的不断成熟，绿色施工将朝着更精细化、智能化、系统化的方向发展。建议水利行业加快构建“标准引领—技术支撑—政策激励—人才保障”四位一体的绿色施工推进体系，推动中小型水库除险加固工程从“安全达标”向“绿色优质”全面跃升，为建设人水和谐、生态宜居的美丽中国贡献坚实的水利力量。

参考文献

- [1]白阳.水库除险加固工程坝体加固设计方案研究[J].东北水利水电,2025,43(11):53-56+72.
- [2]黎章杰.兰里水库大坝除险加固措施分析[J].陕西水利,2025,(11):167-169+181.
- [3]方肖晨,李瑞青,周树朋.山东省小型水库除险加固监督检查问题及对策[J].山东水利,2025,(10):40-42.
- [4]何聪.水库除险加固工程施工管理关键要点与质量监督策略研究[J].水上安全,2025,(20):139-141.