绿色施工理念在中小型水库除险加固工程中的实践探索

王振梅
新疆兵团水利水电工程集团有限公司　新疆　乌鲁木齐　830000

摘　要：中小型水库除险加固工程数量多、分布广，施工活动邻近水体、作业面狭窄、工序分散，对库区水土环境与水生生态的扰动具有反复性和累积性。本文以绿色施工理念为切入点，结合该类工程的施工特点与环境扰动特征，从施工策划前移、土石方就近平衡、弃渣分级资源化、扬尘噪声与施工废水过程控制、水生态保护与临时占地修复、管理机制保障等维度，系统探讨绿色施工理念的实践路径。研究认为，绿色施工落地的关键在于将环境目标嵌入施工策划前端并量化纳入进度与资源配置，以土石方就近平衡减少运输扰动，以弃渣分级利用降低弃置压力，以分区分时施工缩短水体扰动时间，以临时占地复绿实现生态补偿，并通过组织责任与过程监控保障措施执行。本文提出以"策划—减量—循环—修复—管理"为主线的实践框架及关键要点，为同类工程绿色施工的组织与实践提供参考。

关键词：绿色施工；中小型水库；除险加固；土石方平衡；弃渣资源化

引言

中小型水库承担着防洪、灌溉、供水等基础功能，量大面广，多建于二十世纪中后期，经长期运行普遍存在坝体渗漏、护坡破损、溢洪道老化等问题，除险加固任务持续存在。此类工程虽单体规模不大，但施工点分散、邻近水体、作业面狭窄，施工过程中的土石方开挖、弃渣堆放、机械作业与临时设施布置对库区水土环境和水生生态造成扰动。传统施工组织往往以进度和造价为核心，环境措施多为末端补救，效果有限。绿色施工理念强调在保证质量安全的前提下，通过策划前移、资源减量、循环利用和生态修复，降低施工活动的环境负荷。近年来，绿色施工在大型水利工程中已有较多探索，但针对中小型水库除险加固这一特定工程类型的研究仍显不足。本文结合该类工程的施工特点，讨论绿色施工理念的实践路径与关键环节，提出可操作的实践框架。

1　中小型水库除险加固工程的施工特点与环境扰动特征

1.1 施工特点

中小型水库除险加固工程具有三方面显著特点。其一，作业面狭窄且紧邻水体。坝体、溢洪道、放水设施等加固部位多位于库岸或坝顶，施工场地受限，临时道路和堆料场布置困难，机械回转空间不足，大型设备难以展开，施工组织对场地条件的依赖度高。其二，工序分散、工期集中。除险加固通常需在枯水期完成主要水下或临水作业，工期压力大，多工序交叉频繁，土石方开挖、混凝土浇筑、护坡砌筑、防渗处理等工序往往在同一时段并行，环境措施须与工序节奏同步安排[1]。其三，土石方量相对集中但单体方量不大。坝体培厚、护坡翻修、溢洪道整治等产生大量开挖料与弃渣，单个工程弃渣量有限但处置不当易造成水土流失，且分散的弃渣点增加了监管难度。

1.2 环境扰动特征

施工活动的环境扰动主要表现为四类：一是土石方开挖与弃渣堆放引发的水土流失，弃渣进入库区会抬高库底、影响有效库容，裸露面在降雨作用下易形成面蚀与沟蚀；二是扬尘与机械尾气对库区空气质量和周边居民的影响，开挖、装卸和运输环节是扬尘的主要来源；三是机械噪声与振动对水生生物和周边声环境的干扰，高噪声作业在狭窄库岸传播距离远、影响范围大；四是临水作业扰动底泥、施工废水与混凝土养护水进入水体，造成悬浮物和碱度升高，影响水质与水生生物栖息环境。此外，临时占地和植被清除会削弱库岸缓冲带的水土保持功能，施工结束后若恢复不及时，裸露面可能长期存在。这些扰动具有点多、面广、持续时间短但反复发生的特点，决定了绿色施工措施不能孤立设置，而须与施工组织深度结合、与工序节点精准匹配。

2　绿色施工的策划前移与目标嵌入

2.1 施工策划阶段的环境目标设定

绿色施工落地的首要环节是将环境目标嵌入施工策划前端。在施工组织设计编制阶段，应结合工程所在库区的环境敏感点，系统识别水体、岸滨带、居民点、水生生物繁殖区等保护对象，明确水土流失控制、弃渣利用率、施工废水回用率、扬尘与噪声控制等量化目标，并将其纳入施工总进度与资源配置计划，使环境目标与工期、人力、机械安排同步平衡。策划阶段还应完成弃渣场选址比选、临时道路走向优化和施工分区划定，从源头上减少后续环

境补救成本。目标设定应遵循可测量、可考核的原则，避免笼统表述，为过程监控提供依据。

2.2 施工分区与分时安排

针对临水作业的环境敏感性，应按"远离水体—临近水体—水下作业"的顺序划分施工分区，优先安排远离水体的坝坡整修和料场整理，将临水与水下作业集中在枯水期低水位时段，缩短水体扰动时间窗口[2]。分时安排上，将高噪声作业避开鱼类繁殖期和周边居民休息时段，将混凝土浇筑与养护集中安排以减少废水分散排放点，将弃渣外运与道路清扫洒水错峰安排以降低扬尘叠加。分区与分时安排应形成施工组织图，明确各阶段的环境控制重点，使措施随工序推进而动态调整。

3 土石方平衡与弃渣资源化实践

3.1 土石方就近平衡

土石方平衡是中小型水库除险加固工程减量化的核心环节。实践中应依据设计断面与开挖料性质，优先将符合要求的开挖料用于坝体培厚、护坡垫层和临时道路路基，实现挖填就近平衡，减少外购料和弃渣外运。对开挖料应进行分级判定，按可利用、改良后可用和不可用三类分别处置：可利用料直接回填利用；改良后可用料经级配调整或含水率控制后使用，如对含泥量偏高的砂砾料进行掺配或晾晒处理，使其满足垫层料压实度与渗透系数要求；不可用料进入弃渣处置环节，避免"一刀切"弃置造成资源浪费[3]。就近平衡不仅降低运输扬尘和能耗，也减少弃渣场占地与水土流失风险，同时缩短运输车辆对库区道路和周边居民的干扰时间。平衡方案应在施工前完成土方调配图编制，明确各开挖段的料源去向与运距，并按压实度、渗透系数等指标对回填料进行检验，确保利用料满足设计要求。

3.2 弃渣分级利用与规范堆存

对不可直接利用的弃渣，应探索分级利用途径：石质弃渣经破碎筛分后，可按粒径分档用于临时道路垫层或护坡抛石，破碎设备宜选用移动式破碎机以减少二次转运；细粒弃渣可用于弃渣场覆土绿化或临时占地复绿覆土。确实需弃置的渣料应进入规范设置的弃渣场，落实拦挡、排水和覆土绿化措施，坚持"先拦后弃"原则，拦挡设施应在弃渣前完成施工。弃渣场选址应避开库区汇水集中区和行洪通道，堆存过程分层压实、分层覆土，每层压实厚度宜控制在合理范围，减少降雨冲刷和风蚀起尘；渣场周边应设置截水沟与沉沙池，排水口设置消能设施，防止冲刷下游。弃渣场使用结束后应及时完成坡面整理、排水沟完善和植被恢复，坡面整理应结合稳定坡比控制，形成与周边景观协调的稳定坡面。

4 扬尘、噪声与施工废水的过程控制

4.1 扬尘与噪声控制

扬尘控制应以"湿法作业+覆盖+限速"为主线：开挖、装卸环节配合洒水降尘，临时堆土和裸露面采取覆盖或临时绿化，施工道路定期清扫洒水并限制车速，运输车辆出场前进行轮胎清洗。对干燥少雨时段应加密洒水频次，对长期裸露面宜采取临时植草或喷洒抑尘剂；土方装卸落差较大时应降低装卸高度，减少起尘。噪声控制应从机械选型和作业安排入手，优先选用低噪声设备，高噪声机械设置临时隔声屏障，并严格执行分时作业安排；对靠近居民点的作业段，可在屏障布置和作业方向上进一步优化，屏障宜靠近声源设置并采用吸声材料，减少噪声传播与反射。

4.2 施工废水与养护水处理

临水作业产生的含泥废水应经沉淀池处理后方可排放，沉淀池宜采用多级串联并定期清淤，保证沉淀效果稳定；沉淀池出水口可设置过滤设施进一步降低悬浮物。混凝土养护水应集中收集回用于洒水降尘或场地清洗，减少碱性废水直接入库；对养护水量较大的作业段，可设置临时集水设施统一回用，必要时投加中和剂调节pH值后回用。施工营地生活污水应设置临时收集设施，避免直排。对涉水作业段，可采用围堰或防污屏隔离作业区，防污屏应下缘配重、上缘浮体固定，形成连续封闭屏障，缩短悬浮物扩散范围；围堰拆除应安排在低水位时段，减少扰动再悬浮。废水处理设施的运行情况应纳入日常巡查记录，确保处理效果与施工强度匹配。

5 水生态保护与临时占地的生态修复

5.1 水生态保护措施

临水施工应控制作业带宽度，减少底泥扰动面积，机械行走路线应固定，避免反复碾压岸滨带。枯水期作业结束后及时清理临时围堰和阻水设施，恢复水体连通，清理过程应避免渣料散落入库。对库区水生植被和岸滨带，施工中应划定保护范围并设置明显标识，避免机械碾压和材料堆放占压。施工结束后对受扰动岸段进行岸坡整理和植被恢复，优先选用乡土物种，构建乔灌草结合的岸滨缓冲带，提升库岸的水土保持与生态缓冲功能；岸坡整理应结合坡面排水与护脚措施，防止复绿初期冲刷。对鱼类等水生生物，应结合分时安排避开繁殖高峰期，减少施工振动与噪声的叠加影响。

5.2 临时占地的复绿与修复

临时道路、堆料场和营地等临时占地，使用结束后应及时清除硬化层、松土整平并复绿。复绿应与弃渣场覆土绿化统筹安排，共享表土资源和苗木来源，形成"占

用—恢复—提升"的闭环[4]。表土应在占地初期剥离堆存并加以保护，堆存高度与覆盖措施应有利于保存种子库与有机质，用于后期复绿覆土，提高植被恢复成活率。对坡度较大的临时占地区域，应结合排水沟和护坡措施防止复绿前的土壤侵蚀；对复绿初期植被覆盖度低的区域，可采取临时覆盖或增设截排水措施，待植被稳定后逐步撤除。复绿后应跟踪成活率与覆盖度，对缺苗断垄区域及时补植。

6 管理机制与保障措施

6.1 绿色施工的组织与责任落实

绿色施工措施的执行依赖组织保障。应将绿色施工要求纳入施工合同和岗位职责，明确施工单位、监理单位和建设单位的环境责任边界，设置专人负责环境措施巡查与记录，做到措施有人管、问题有人抓。监理环节应将弃渣处置、废水处理、扬尘控制和临时占地恢复纳入日常检查清单，形成过程留痕，检查结果与工序验收挂钩。建设单位应统筹协调设计、施工与监理的环境目标衔接，避免设计意图在施工环节走样。

6.2 过程监控与动态调整

应结合施工进度建立环境措施动态调整机制：在临水作业集中期加强水质和悬浮物观察，在弃渣集中产生期加强弃渣场拦挡与排水检查，在雨季加强裸露面和临时堆土的覆盖检查，在复绿期加强成活率与覆盖度跟踪。过程监控可借助便携式浊度仪、噪声计等简易手段开展现场快速检测，提高问题发现效率。对发现的问题及时整改并回溯策划环节，查找目标设定或措施配置的不足，形成"策划—执行—检查—改进"的闭环管理。过程监控记录应作为工程资料归档，为后续同类工程提供经验积累。

7 实践框架与关键要点

综合上述分析，中小型水库除险加固工程绿色施工的实践框架可概括为"策划—减量—循环—修复—管理"五环节：策划阶段完成环境目标嵌入、敏感点识别与分区安排；减量环节以土石方就近平衡、作业带控制和临时设施集约布置减少扰动；循环环节以弃渣破碎分级利用、养护水回用和表土剥离保护提高资源效率；修复环节以弃渣场绿化、临时占地复绿和岸滨带恢复补偿生态功能；管理环节以责任落实、检查清单和过程监控保障措施执行。关键要点在于：环境目标须在策划阶段量化并纳入进度与资源配置，避免目标与施工"两张皮"；临水作业须与枯水期低水位时段精准匹配，压缩水体扰动时间窗口；弃渣处置须坚持"先拦后弃"和分级利用，拦挡与截排水设施先行；回填料须按压实度、渗透系数等指标检验合格后方可使用；复绿须与施工结束节点紧密衔接，表土剥离与堆存保护同步开展；过程监控须形成留痕与闭环，使措施随工序动态调整。

结语

中小型水库除险加固工程虽单体规模有限，但施工点分散、临水作业多，环境扰动具有反复性和累积性。绿色施工理念的实践不能停留在末端措施堆叠，而应将环境目标嵌入施工策划前端，以土石方就近平衡和弃渣分级利用实现减量与循环，以分区分时作业降低水体与生态扰动，以临时占地复绿和弃渣场修复实现生态补偿，并通过组织责任与过程监控保障执行。本文提出的“策划—减量—循环—修复—管理”框架，可为同类工程绿色施工的组织与实践提供参考。后续研究可结合不同类型水库的施工条件，进一步细化各环节的量化指标与操作标准。

参考文献

[1]王建华,李志强.水利工程绿色施工评价指标体系构建与应用[J].水利水电技术,2021,52(6):118-125.

[2]张明远,陈晓东.水库除险加固工程施工期水土流失防治措施研究[J].中国农村水利水电,2022(3):156-160.

[3]刘文博,赵丽娟.绿色施工理念在水利工程施工管理中的应用探讨[J].人民黄河,2020,42(S2):87-89.

[4]孙志刚,周海燕.中小型水库除险加固工程弃渣资源化利用途径分析[J].水利建设与管理,2023,43(4):62-66.