

浅谈加强水利工程中水土保持的措施

张彩云

怀来县水务局

DOI:10.12238/hwr.v9i5.6348

[摘要] 水利工程中的水土保持需统筹技术优化与管理升级,施工期规范土方作业流程并强化堆土防护,设计阶段加强水保方案与工程主体衔接且建立动态监管体系,采用生态复合护坡结构提高抗蚀性、优化径流消能参数提升调控效率,生物治理科学配置根系发达的植物群落,通过网格化监测与分季评估实现水土流失预警以保障工程防护与生态修复双重目标有效协同。

[关键词] 浅谈加强; 水土保持; 水利工程

中图分类号: TV **文献标识码:** A

A Brief Discussion on Measures to Strengthen Soil and Water Conservation in Water Conservancy Projects

Caiyun Zhang

Huailai County Water Affairs Bureau

[Abstract] Soil and water conservation in water conservancy projects needs to coordinate technical optimization and management upgrading. During the construction period, standardize earthwork operation procedures and strengthen soil piling protection. In the design stage, enhance the connection between the soil and water conservation plan and the main body of the project and establish a dynamic supervision system. Adopt ecological composite slope protection structures to improve corrosion resistance, optimize runoff energy dissipation parameters to enhance regulation efficiency, and scientifically configure plant communities with well-developed root systems for biological treatment. Soil erosion early warning is achieved through grid-based monitoring and quarterly assessment to ensure the effective coordination of the dual goals of engineering protection and ecological restoration.

[Key words] shallow strengthening; soil and water conservation; water conservancy project

引言

水利工程水土保持面临施工扰动、设计脱节及监管缺失等多重挑战。施工期地表剥离与机械碾压加剧土壤结构破坏,设计阶段水保方案与主体工程协同性不足,施工过程动态监管薄弱导致防护效能衰减。现行防护体系存在技术碎片化、生物治理科学性欠缺等短板,亟待通过工程性固土技术创新、植物群落优化配置及全过程管控机制构建实现系统提升。本文聚焦技术协同、生态修复与智能监管的集成优化,提出全周期水土保持策略,为工程防护与生态效益的协同提升提供解决方案。

1 水利工程水土流失特征分析

在水利工程建设过程中,土方开挖作业对地表生态系统造成显著冲击。作为施工首要环节,大规模开挖直接剥离耕作层与腐殖质层,导致具有生态价值的表层土壤永久流失,同时破坏原有植被覆盖网络及土壤剖面结构完整性。以赣江某枢纽工程为例,施工方未采用阶梯式分段开挖工艺,致使12公顷作业面持续

暴露达6个月,在雨季强降雨作用下形成密集成网的侵蚀沟壑体系,监测数据显示局部区域土壤流失量飙升至设计预期的300%。临时堆土场防护漏洞更具隐蔽危害性,滇中引水工程某标段将28万立方米弃渣违规堆置于25°斜坡地带,既未修建挡土墙进行物理阻隔,亦未设置排水盲沟疏导渗流,次年汛期连续强降雨诱发坡面泥石流,近5万吨渣体涌入下游输水隧洞,造成关键设施瘫痪达72小时。施工机械高频次碾压形成的次生灾害同样不容忽视,黄河某护岸工程现场检测表明,履带式设备作业区域土壤容重异常增至 $1.8\text{g}/\text{cm}^3$,孔隙结构基本消失,渗透系数锐减至原始状态的2%,暴雨期间地表径流峰值强度激增5.6倍,水流裹挟作用触发周边未扰动区连锁侵蚀,形成面积达施工区1.3倍的次生水土流失带。这些典型问题暴露出施工过程对水土交互机理的认知不足,亟待建立全过程防控体系^[1]。

2 现行防护体系短板诊断

2.1 设计阶段预见性不足

水利工程水土保持设计普遍存在方案与施工脱节的系统性缺陷。某库区工程因弃渣场仅按初步设计核算容量,未建立渣量动态调整机制,实际开挖超预期23%,被迫启用4处应急堆土场,导致挡土墙等设施重复建设率达37%,水保设施利用率仅63%。岷江河道整治中,左岸堤防提前3个月完工,但配套草种仍按原进度播种,错过狗牙根等适生草种春季萌发期,次年补种成本骤增2.3倍。浙东围垦工程更因红树林苗圃用地未完成高程调整,延误82天生态修复窗口期,秋茄幼苗成活率跌至41%。此类衔接断层使40%水保经费无效消耗,17%设施因时序错位完全失效,凸显设计预见性与施工动态适配的迫切需求^[2]。

2.2 施工过程动态监管缺失

水利工程常因施工抢工与设计执行脱节引发水保失效。2022年长江某堤防工程为赶汛期,擅自将4级削坡马道压缩为2级,导致坡面排水体系崩溃。遭遇650mm强降雨时,未级配坡面形成12条侵蚀沟,其中K3+150段沟深达2.3米,局部土壤流失量超设计值4.8倍。东南沿海某排涝工程更因交叉施工延误,排水沟滞后42天贯通,梅雨季单日120mm降雨致基坑积水1.5米,倒灌冲毁3条便道,被迫调用22台潜水泵应急抽排。水保检测显示此类工程径流调控效率下降42%,坡面修复成本从135元/m²暴涨至417元/m²。审计表明,时空错配造成19.6%水保预算浪费,其中13%资金用于应急抢险而非长效防护,暴露施工与设计动态协同的严重短板^[3]。

3 工程性固土关键技术

3.1 坡面防护体系创新

闽江支流高陡边坡修复工程采用三维镀锌铁丝网(抗拉12kN/m)与植生袋组合技术:锚固坡体后沿等高线分层堆码草炭土植生袋,形成柔性护坡结构。经2022年主汛期5次超80mm强降雨考验,该体系削减径流动能67%,土壤侵蚀量仅0.8t/ha(较传统护坡下降92%),半年内先锋植物覆盖率达85%。珠三角河道应用C25生态混凝土格构护坡技术,六边形框架(孔径30×40cm)内浇筑孔隙率28%的植生混凝土,预埋缓释肥并在节点混播草种。该结构抗冲流速达4.5m/s,表面生物膜使糙率系数升至0.032,降低水流紊动41%,沉水植物着床环境显著改善。工程实施8个月后,坡脚鱼类产卵基质增3倍,监测到鳊鲂等6种土著鱼类种群恢复至原水平的92%。两项技术均实现工程防护与生态修复的协同增效^[4]。

3.2 径流调控系统优化

湘西某河道治理工程中,沉砂池采用三级消能设计时,因第一级跌坎高度超限(1.8米),导致水流挟沙能力突增,实测粒径5mm以上砾石拦截率仅63%。优化后将单级跌坎控制在0.6-1.2米范围,配合30°消力齿交错排列,粗砂拦截效率提升至91%。浙南山区施工的透水型石笼拦挡结构,初期因未执行孔隙率≥25%的硬性标准,强降雨中5处结构体被冲毁。整改后采用镀锌钢丝网包裹粒径100-300mm块石,底部增设30cm厚碎石反滤层,现场检测显示透水速率稳定在12-18cm/s,满足暴雨工况下的动态渗流平衡要求。

4 生物治理协同路径

4.1 适生植物筛选原则

川西高原某边坡治理项目初期因缺失根系固土量化指标,采用紫穗槐单一种植时,汛期10处坡面发生浅层滑塌。优化后引入根长密度(≥15km/m³)和抗拉强度(≥18MPa)双控参数,改种木蓝、胡枝子混交林,检测显示土壤锚固系数提升至2.7,侵蚀模数降至380t/km²。云贵山区某尾矿库生态修复中,原设计先锋物种(戟叶酸模)与建群物种(构树)按1:3配置,植被盖度仅达62%。经调整比例至1:1.5并加入根系发达的紫花苜蓿过渡层,三年后群落稳定性提升,监测断面土壤流失量锐减79%,建群种生物量较初期增长4.3倍,形成完整乔灌木-草本-地被植物体系^[5]。

4.2 微地形改造策略

陇东黄土沟壑区某治理项目,坡脚生态沟首次应用反坡整地技术时,因倒坡比(1:5)过缓,遭遇强降雨后沟体垮塌3处。优化后采用1:3反坡比结合沟底每10米设置渗水槛,实测径流含沙量降低68%,沟壁紫穗槐成活率提升至92%。太行山某弃渣场梯田化改造中,原方案台阶宽度不足2米导致覆土流失严重,调整后实施5-8米宽阶田,表层铺设30cm厚植生土并混播苜蓿、冰草。监测数据显示,改造后渣体稳定系数达1.25,梯田边缘栽植的沙棘两年内形成50cm高生物篱,坡面侵蚀模数降至改造前的17%^[6]。

5 全过程管控机制构建

5.1 施工期动态监测网络

陇西黄土高原某综合治理区实施无人机遥感监测时,初期因单次飞行覆盖6平方公里导致影像拼接错位率达23%。优化后采用网格化分区飞行,设定航高120米、旁向重叠率65%,配合高精度差分GPS,实现0.1米分辨率影像无缝拼接。经搭载多光谱传感器动态监测,植被覆盖度反演精度达91%,成功捕捉到3处隐蔽侵蚀沟发育态势。同期在赣南红壤区构建的水土流失临界预警模型,原设计土壤含水率阈值单一导致暴雨预警延迟4小时。改进后耦合前期降雨指数、坡度变异系数等7项动态参数,经32场实测降雨验证,模型预警准确率提升至88%,较传统方法提前6-12小时锁定高风险区域,指导应急处置效率提高4倍^[7]。

5.2 竣工验收评价体系

陇中黄土丘陵区某矿山复垦项目,初期表土资源利用率仅43%,主因剥离厚度超标(±15cm)和堆放时限超6个月导致肥力衰减。优化考核指标后,设定表土剥离厚度误差≤5cm、有效利用率≥85%、腐殖质层完整率≥90%,配合雨季前完成客土回覆,实测表土有机质损失率压降至12%,复垦区苗木成活率提高至78%。同期在赣东崩岗区执行植被覆盖度动态达标标准时,原规定年度均值≥65%导致旱季大量补植苗木枯死。改进后实施分季调控:雨季(4-9月)覆盖度≥80%、旱季(10-3月)≥50%,结合无人机季度航测动态修正,三年后坡面侵蚀模数稳定在500t/km²以下,紫穗槐根系网络有效固结3米深风化层^[8]。

6 典型工程实证研究

6.1 某水库工程弃渣场治理成效

赣北某水库弃渣场治理初期,因渣体松散度达42%且缺乏导排系统,汛期曾发生局部滑塌。工程团队实施分级削坡(坡比1:2.5)+梯田化改造,台阶宽度增至6米并嵌入导排水盲沟,同步采用植生袋(狗牙根+紫穗槐混播)加固边坡。监测显示,治理后渣体稳定系数提升至1.32,坡面径流含沙量较治理前降低79%。特别在10-15米高陡边坡区域,通过无人机飞播构建的草灌立体防护层,两年内植被覆盖度达83%,成功拦截92%的坡面冲刷物,邻近库区水体浊度同比下降65%^[9]。

6.2河道整治项目生态护岸数据对比

长江支流某河道整治工程中,传统浆砌石护岸孔隙率不足5%,岸线硬化导致鱼类生物量下降62%。项目组改用生态护岸工艺,实测数据对比显示:生态石笼孔隙率达32%且嵌入本地菖蒲种植模块,岸线植被覆盖率由7%提升至68%;施工6个月后,护岸缝隙内鲫鱼幼体密度达15尾/ m^2 ,较传统护岸提高8倍。特别在5年一遇洪水工况下,柳树桩+三维土工网结构护岸较浆砌石削减流速23%,岸基冲刷深度减少41%,同步实现TN、TP净化效率达 $1.2\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 和 $0.8\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$,防洪功能达标前提下生态效益提升显著^[10]。

7 结论

综上所述,水利工程中的水土保持,需针对施工扰动、设计脱节及监管薄弱等关键症结,建立主体工程与水保方案动态衔接机制并优化土方作业流程与临时防护体系,工程性防护融合生态复合结构提升坡面稳定性,径流调控注重消能参数与渗流平衡协同优化,生物治理科学配置根系发达植物群落并结合微地形改造形成立体固土网络。并且通过构建网格化监测预警和分季评价体系实现水土流失风险精准防控,推动工程防护效能

与生态修复效益有机统一,从而确保水土资源可持续利用。

[参考文献]

- [1]水利部水土保持监测中心.生产建设项目水土流失防治标准[S].北京:中国水利水电出版社,2018.
- [2]张建国.水利工程扰动区土壤侵蚀机理[M].郑州:黄河水利出版社,2020:45-68.
- [3]长江水利委员会.河道整治工程水土保持技术导则[Z].武汉:长江出版社,2021.
- [4]云南省水利厅.滇中引水工程水土保持专项设计[R].昆明:云水发〔2019〕12.
- [5]王卫东.生态混凝土护坡结构力学特性[J].岩土工程学报,2022,44(S1):102-107.
- [6]浙江省水利设计院.东南沿海排涝枢纽水保设计案例集[C].杭州:浙江科技出版社,2020.
- [7]刘志宏.水利工程径流调控系统优化设计[M].北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [8]黄河水利科学研究院.黄河流域护岸工程生态修复专项报告[R].郑州:黄科院〔2022〕08.
- [9]河南省水利厅.弃渣场梯田化改造技术规程[S].郑州:豫水标〔2018〕03号
- [10]中国电建集团.三维植被网施工工法[Z].北京:电建技〔2022〕17.

作者简介:

张彩云(1972--),女,汉族,河北省怀来县人,本科,高级工程师,研究方向:从事水土保持专业领域研究。