

加强水利工程水土保持的措施研究

薛亚画

内蒙古自治区黄河三盛公水利枢纽管理中心 内蒙古 巴彦淖尔 015000

摘要: 本文剖析水利工程水土流失成因, 涵盖自然与工程因素。提出水土保持技术措施体系, 包括工程防护、生物修复与生态防护、临时防护与施工管理措施。给出水土保持管理策略, 涉及前期规划、施工过程管控、后期维护。并探讨技术创新方向, 如新材料应用、生态与工程协同、数字化管理, 以推动水利工程水土保持工作发展。

关键词: 水利工程; 水土流失; 水土保持措施; 技术创新; 生态修复

引言: 水利工程在防洪、灌溉、发电等方面作用重大, 但建设运行易引发水土流失, 威胁工程安全与生态环境。水土流失成因复杂, 自然因素如地形地貌、降水特征、植被状况, 工程因素如施工扰动、地形改变、排水系统不完善等, 均会导致土壤侵蚀。加强水土保持迫在眉睫, 需采取综合措施, 实现水利工程与生态环境的协调发展。

1 水利工程水土流失成因分析

1.1 自然因素

地形地貌对水土流失影响深远。在山地与丘陵区域, 地势起伏显著, 陡坡处岩土体受重力拉扯, 稳定性大幅降低。坡面土体易沿斜坡下滑、坍塌, 大量土壤随之流失。不同土质抗侵蚀能力不同, 疏松砂质土颗粒间结合力弱, 雨水滴落或径流经过时, 极易被分离、搬运; 而黏性土壤虽抗蚀性稍强, 但在持续冲刷下, 也会逐渐流失。降水特征是水土流失的重要驱动力。降水集中且暴雨频发时, 大量雨水倾泻而下, 远超土壤吸纳能力, 迅速形成地表径流。强劲的径流裹挟砂石不断冲刷坡面, 切割出深浅不一的沟壑, 加速土壤侵蚀。高强度降雨还会击碎土壤团粒, 使土壤结构崩解, 进一步降低其抗冲刷能力。植被状况与土壤抗蚀性息息相关。茂密植被通过多层防护减少水土流失, 枝叶削弱雨滴冲击力, 枯枝落叶层减缓径流速度, 根系牢牢抓住土壤。当植被覆盖率低时, 土壤直接暴露在风雨侵蚀下, 失去缓冲屏障。缺乏植被根系的滋养与固定, 土壤有机质减少、结构变松散, 抗蚀能力显著下降, 水土流失愈发严重。

1.2 工程因素

水利工程施工活动严重扰动地表。施工机械频繁碾压土地, 大面积开挖破坏原生植被, 切断植物根系, 使土壤失去天然固定装置。挖掘与填筑过程中, 原有的土壤结构被彻底打乱, 原本紧实的土体变得松散破碎, 孔隙增大, 雨水更易渗透、冲刷, 导致土壤抗侵蚀能力急

剧下降。土方作业对地形的改变加剧侵蚀风险^[1]。开挖形成的高陡边坡和裸露土面, 在缺乏防护时, 遇到降雨极易发生滑坡、坍塌。填筑形成的填方区域若压实度不足, 土体松散, 也成为水土流失隐患。地形变化还改变了水流路径, 使局部区域水流汇聚加速, 径流冲刷力倍增, 携带走更多土壤颗粒。排水系统不完善直接引发水力侵蚀。若排水系统设计不合理或施工质量不佳, 无法及时疏导地表径流, 水流便会在低洼处积聚。积水区域水位不断上升, 一旦溢出, 将形成强大的冲刷流, 侵蚀周边土壤。长期积水还会使土壤处于饱和状态, 抗剪强度大幅降低, 增加滑坡、泥石流等地质灾害发生概率, 进一步加剧水土流失。

2 水利工程水土保持技术措施体系

2.1 工程防护措施

在坡面防护方面, 边坡分级开挖与削坡减载技术通过合理划分边坡层级, 降低坡体高度与坡度, 减少重力对土体的影响, 从而增强边坡稳定性。挡土墙、护坡桩等刚性支护结构, 利用自身强度抵御土体下滑力, 为边坡提供坚实支撑。柔性防护网与三维植被网则结合力学防护与生态修复, 柔性网拦截坡面落石, 三维植被网为植物生长提供空间, 促进植被扎根固土, 兼具防护与绿化功能。排水系统优化着重于科学布局与功能强化。截水沟、排水沟依地形走势设置, 通过合理规划走向与尺寸, 有效拦截并疏导地表径流, 避免水流集中冲刷坡面。急流槽与消能池配套使用, 在水流流速较快的区域, 急流槽引导水流, 消能池削弱水流冲击力, 降低对下游土体的侵蚀。地下排水盲管与透土层组成的系统, 能及时排除地下水, 防止因地下水位过高导致土体软化失稳。防冲刷与固土技术采用多种材料与结构。混凝土预制块、生态护坡砖等硬质防护, 通过规则铺设形成防护层, 抵御水流直接冲刷。抛石、沉排等抗冲刷结构, 利用石料堆积或排体铺设, 稳固河床与岸坡。土工格

栅、土工布等加筋固土材料,通过增强土体整体性,提升土壤抗剪强度,防止土体滑移与坍塌。可在硬质防护结构表面预留孔洞,为后续植被生长创造条件,实现工程防护与生态修复的融合。

2.2 生物修复与生态防护措施

植被恢复与重建以筛选适宜植物为基础。耐水湿、抗冲刷、固土能力强的草种与灌木,如狗牙根、紫穗槐,被优先选用。构建植被群落分层配置体系,上层高大乔木减弱风速,中层灌木拦截雨水,下层草本植物覆盖地表,形成立体防护。同时建设植被种子库,储备多样化种子资源,并应用快速育苗技术,缩短植被恢复周期^[2]。在干旱地区,可采用保水剂与种子混合播种的方式,提高植物成活率;在盐碱地,选择耐盐植物品种,并结合土壤改良措施,改善植被生长环境。生态工程措施融合生态与防护功能。人工湿地通过植物根系吸附、微生物分解,净化水体的同时,稳定周边土壤。生态浮岛漂浮于水面,植物根系深入水中,既净化水质,又减缓水流对岸边冲刷。生态袋、生态毯等新型植被基材,为植物生长创造条件,促进植被快速覆盖。生态护岸与自然缓冲带采用柔性材料与自然形态设计,模拟天然河岸,增强岸坡稳定性与生态性。例如,采用木桩与活枝条结合的方式构建生态护岸,随着枝条生长,进一步加固岸坡并提升生态多样性。

2.3 临时防护与施工管理措施

施工期临时防护注重时效性与实用性。临时排水沟、沉沙池在施工初期快速搭建,及时疏导施工产生的地表径流,沉淀泥沙。覆盖物如防尘网、稻草帘,覆盖裸露地面,减少风力侵蚀与雨水冲刷。临时植被覆盖与生物毯铺设,快速形成植被防护层,抑制水土流失。针对冬季施工,可使用防寒布覆盖,既起到防风固土作用,又能保护临时植被免受冻害。施工管理优化贯穿工程全程,通过合理规划,减少施工活动对水土环境的负面影响。采用分区施工方式,完成一区及时修复一区裸露面,减少土壤暴露时间。规划施工机械与车辆作业路径,避免随意碾压土地造成植被破坏与土壤压实。施工材料堆放场地设置排水设施与围挡,防止材料流失污染环境、加剧水土流失。对于粉状材料,如水泥、石灰,采用封闭式储存容器,避免扬尘与雨水冲刷导致材料流失;对于砂石料堆放区,设置沉淀池,对冲洗废水进行处理后再排放。

3 水利工程水土保持管理策略

3.1 前期规划与预防设计

水土保持方案深度融入工程总体设计,是从源头控

制水土流失的关键。在项目规划阶段,充分依据地形地貌、土壤特性及植被覆盖情况,编制系统性水土保持方案,将工程防护、生物修复等措施与水利工程主体结构设计紧密结合,确保防护设施与工程建设同步推进。水土流失风险评估为措施实施提供方向。通过剖析项目区域降水特征、地质条件,结合工程施工特性,划分高、中、低风险区域。针对高风险区域,优先采用多级挡土墙、边坡加固等强防护措施;低风险区域则以植被恢复等柔性手段为主,实现资源合理配置,提升水土保持效率。多专业协同设计构建整合型工作模式。水工专业聚焦水利设施功能设计,生态专业依据区域生态筛选适配植物构建防护植被,地质专业提供岩土力学分析保障边坡稳定。各专业协同配合,优化设计方案,促使工程建设与水土保持目标达成一致。

3.2 施工过程动态管控

水土保持措施实施进度与质量监督贯穿施工全程。建立进度跟踪机制,对照水土保持方案,定期检查临时排水沟、沉沙池等设施建设进度。采用现场巡查、影像记录等方式,监督防护工程施工质量,确保混凝土预制块铺设平整、植被种植符合标准,避免因施工不当削弱防护效果。施工扰动区水土流失实时监测与预警依靠技术手段实现^[3]。布设传感器监测地表位移、土壤含水量等数据,通过无线传输将信息汇聚至监控平台。一旦监测数据触发阈值,系统自动预警,提示施工人员采取补救措施,如加固边坡、增设覆盖物,防止水土流失扩大。应急预案制定与突发水土流失事件响应保障施工安全。结合风险评估结果,制定针对性应急预案,明确应急处置流程与责任分工。遇到强降雨等极端天气引发水土流失时,迅速启动预案,组织人员抢修损坏的防护设施,疏导积水,降低灾害损失。

3.3 后期维护与长效管理

植被养护与病虫害防治保障生态防护效果。定期修剪、施肥,促进植物生长,提高植被覆盖率与固土能力。建立病虫害监测体系,发现病虫害及时采取生物防治、物理防治措施,避免化学药剂污染土壤与水体,维持生态系统平衡。排水系统定期清淤与功能修复确保排水畅通。安排专人清理截水沟、排水沟内的淤泥、杂物,修复破损的急流槽、消能池,保障排水设施正常运行。对地下排水盲管进行疏通检测,防止管道堵塞影响地下水排泄,避免因积水导致土体失稳。水土保持设施长期监测与适应性调整依据实际情况优化管理。利用无人机巡查、卫星遥感等技术,监测防护工程与植被覆盖变化。根据监测结果,对损坏的挡土墙、老化的植被进

行修复与更换,针对环境变化调整水土保持措施,确保设施长期有效发挥作用。

4 水利工程水土保持技术创新方向

4.1 新材料与新技术应用

可降解生态护坡材料研发为水土保持提供新路径。传统护坡材料多为混凝土、石料等,虽具备较强防护能力,但缺乏生态友好性。新型可降解材料以天然纤维、生物高分子聚合物为基材,经特殊工艺制成。这些材料在初期可有效抵御水流冲刷,保障边坡稳定,随着时间推移,逐渐分解融入土壤,为植物生长提供养分,实现防护功能与生态修复的自然过渡。智能监测传感器与水土流失预警系统提升监测精度与响应速度。各类传感器如土壤湿度传感器、位移传感器被广泛应用于水土保持监测。土壤湿度传感器实时感知土壤含水量变化,位移传感器则监测边坡土体位移情况。采集的数据通过物联网技术传输至云端平台,利用算法模型分析数据趋势,一旦发现异常,系统立即发出预警,使管理人员能及时采取措施,降低水土流失风险。3D打印技术在水土保持结构中的应用突破传统制造局限。该技术依据设计模型,通过逐层堆积材料成型,可快速制造复杂形状的水土保持构件。在制作小型排水槽、护坡模具时,3D打印能精准控制构件尺寸与结构,提高施工效率。利用废弃材料作为打印原料,实现资源再利用,降低制造成本与环境影响。

4.2 生态修复与工程防护协同

生态护岸与硬质工程结构的复合设计融合两者优势。硬质工程结构如混凝土挡墙、石笼网提供稳固支撑,保障岸坡安全。在此基础上,结合生态护岸技术,在挡墙表面预留种植孔,植入水生植物;石笼网内填充土壤并种植根系发达的草本植物。植物生长后,根系加固土体,枝叶减缓水流速度,既增强防护功能,又恢复河岸生态系统^[4]。生物-工程复合防护体系优化构建综合防护网络。工程措施先对高风险区域进行快速防护,如修建挡土墙稳定边坡,铺设土工格栅加固土体。随后引

入生物措施,种植固土能力强的植被。植物根系与工程材料相互作用,工程结构为植物生长提供稳定环境,植物根系则进一步增强土体抗侵蚀能力,形成长期有效的防护体系。

4.3 数字化与信息化管理

水土保持GIS空间分析与动态模拟实现可视化管理。GIS技术整合地形、土壤、植被等多源数据,构建空间信息模型。通过模型分析不同区域水土流失风险等级,模拟降雨、施工等因素对水土保持的影响。管理人员可直观查看水土保持措施实施效果,优化方案布局,合理分配资源。无人机巡查与遥感监测技术集成提升监测效率。无人机搭载高清摄像头与多光谱传感器,可快速获取大范围区域影像数据,对水土保持设施进行精细化巡查,及时发现破损、老化等问题。遥感监测技术则从宏观层面掌握区域植被覆盖变化、地形演变情况。两种技术结合,形成“宏观-微观”一体化监测体系,为水土保持管理提供全面、准确的数据支持。

结束语

水利工程水土保持是保障工程效益与生态安全的关键。通过深入分析水土流失成因,构建全面的技术措施体系,实施科学的管理策略,并探索技术创新方向,能有效减少水土流失,提升水利工程的水土保持能力。未来,需持续推进相关研究与实践,不断优化水土保持工作,为水利工程可持续发展筑牢根基。

参考文献

- [1]王丽娟,赵明辉.水利工程水土保持措施体系构建与实施效果研究[J].水土保持应用技术,2023(03):1-5.
- [2]陈志强,李晓燕.水利工程水土保持措施设计要点及实施成效分析[J].水利规划与设计,2021(08):58-62+90.
- [3]王潇潇,王然.水利工程建设中水土保持生态修复技术的应用研究[J].水上安全,2024,(22):91-93.
- [4]陈娟.水利工程施工中的水土流失与水土保持措施分析[J].水上安全,2024,(09):97-99.