

土地整治中水土流失防治措施设计研究

刘志双

云南省有色地质局勘测设计院 云南 昆明 650000

摘 要：土地整治工程易扰动地表、破坏植被，加剧区域水土流失，现有防治措施存在同质化、生态性不足、衔接不畅等问题。本文结合水土保持、生态修复等多学科理论，剖析土地整治水土流失的成因与特征，针对性优化工程、生态、临时综合防治措施，构建全链条防控体系。依托丘陵地区实证案例验证方案成效，有效降低土壤侵蚀模数、提升生态与耕地质量，为同类工程水保设计提供参考。

关键词：土地整治；水土流失；防治措施设计

引言：土地整治是盘活低效土地、提升产能、优化乡村格局的民生工程，但土方开挖等作业打破水土平衡，引发侵蚀、地力衰退与沟渠淤积。当前防治设计精细化不足、区域适配性弱，“同质化”突出：截排水沟断面不分平原丘陵，植物措施忽视乡土种，工程与临时措施存在“先建后补”，导致数周至数月防护空窗。为此，本文优化分层分类防治方案，强化区域差异化设计与工序协同，实现土地整治开发与水土生态保护的协同推进。

1 土地整治水土流失相关理论与现状分析

1.1 核心概念与理论基础

（1）核心概念：土地整治是对低效、损毁、未利用土地的工程治理与再利用，含土地平整、农田水利及生态防护。水土流失是土壤在水力、风力、重力等作用下被剥蚀搬运的过程。水土保持措施为工程、植物及临时防护手段。生态型防治设计兼顾水土保持与生态系统服务提升。（2）水土流失原理：水力侵蚀包括雨滴溅蚀、细沟及沟道侵蚀，强度受降雨、地形与土壤可蚀性控制；风力侵蚀在干旱区突出，地表裸露加剧风蚀；重力侵蚀见于挖填边坡，受土体力学性质与含水量主导，三类侵蚀常交互叠加。

1.2 土地整治工程水土流失成因与特征

（1）人为扰动成因：土方开挖、填筑与表土剥离破坏地表植被与结皮层，土壤团聚体稳定性下降、抗蚀性降低，松散堆积物为侵蚀提供物源，机械碾压增大径流系数。（2）工程建设成因：沟渠开挖改变径流路径，增大汇水集中度；道路填筑形成不透水界面，加剧路肩冲刷；边坡施工形成高陡裸露面，填方边坡结构松散，打乱原有径流格局。（3）水土流失核心特征：整治期侵蚀

模数为背景值 5~10 倍，呈斑块状分布；运营期强度回落但局部仍持续，危害包括表土丧失、地力下降、沟渠淤积与生态退化^[1]。

1.3 土地整治水土流失防治现状与问题

（1）现有防治措施应用现状：工程防护包括截排水沟、挡土墙、护坡砌体等；植物防护以撒播草籽、种植灌木为主；临时防护涵盖苫盖、临时挡护与沉沙池，施工期应用逐步普及。（2）措施设计存在的问题：同质化严重，缺乏区域针对性；场地适配性不足，多套用规范经验值；生态性薄弱，硬化措施偏多、生态措施不足；临时与永久防护衔接不畅，存在空窗期。（3）管控与设计短板：设计标准笼统，精细化不足；施工缺乏专项监理，工序随意缩减；后期运维缺位，植被成活率低、排水设施淤堵，防治效果难达预期。

2 土地整治水土流失防治措施优化设计

2.1 防治措施设计原则与标准

（1）设计基本原则：遵循因地制宜原则，依据项目区地形地貌与气候特征选取适宜措施；坚持生态优先，优先采用生态型措施减少对自然系统的干扰；实施综合治理，工程、植物与临时措施协同配置；兼顾经济高效，在满足防治目标前提下控制工程造价；强化长效运维，确保措施全生命周期功能稳定。（2）设计依据标准：严格依据《水土保持综合治理技术规范》（GB/T16453）系列标准，明确各类型措施的技术参数与施工要求；参照《土地整治工程设计规范》（TD/T1013）确定工程等级与设计标准；结合《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433）^[2]，规范临时防护与永久措施衔接设计。（3）差异化设计思路：平原区侧重农田防护林网与沟渠生态护坡设计，控制面源

径流；丘陵区强化梯田工程与坡面截排水系统，分级拦蓄径流；山地区注重边坡稳定与沟道治理，防控重力侵蚀。施工期侧重临时苫盖与临时排水，运营期强化植被恢复与设施维护，实施分层分类精准设计。

2.2 工程型水土流失防治措施设计

(1) 坡面防护：梯田护坡采用干砌石或生态砌块，坡比 1:1.5~1:2.0，田坎高度 $\leq 3\text{m}$ 。田面宽度依坡度定： $5^\circ\sim 10^\circ$ 坡面为 20~30m， $10^\circ\sim 15^\circ$ 为 15~20m。削坡开级每级高 8~10m 设马道（宽 2~3m），内侧设截水沟并植草。截水沟梯形断面，底宽 0.4~0.6m、深 0.5~0.8m，排水沟纵坡 $\geq 3\text{‰}$ ，衔接自然沟道以减冲刷。(2) 沟道与蓄排设施：田间沟渠按 10 年一遇 24h 暴雨设计，生态复合断面底宽 0.3~0.8m，沟壁植草或铺生态砖增强入渗。蓄水池按单次暴雨径流量计算，单池 50~200 m^3 ，池壁防渗，配套两级沉淀沉沙池，清淤周期 ≤ 6 个月。排水盲沟间距 30~50m，深 0.8~1.2m，碎石填充外包土工布，以降低地下水位。(3) 边坡加固：填方边坡 $< 4\text{m}$ 采用植物固坡；4~8m 边坡采用格构护坡（间距 2m $\times$ 2m）并灌草种植； $> 8\text{m}$ 或土质差时设重力式挡土墙，墙高 $\leq 3\text{m}$ ，基底逆坡 1:10，墙身设泄水孔（孔距 2~3m，孔径 50mm），墙背设反滤层。基坑边坡采用喷播植生混凝土护面，厚度 $\geq 8\text{cm}$ ，兼顾防护与植被恢复。

2.3 生态型水土流失防治措施设计

(1) 植被防护措施设计：优先筛选狗牙根、百喜草、紫花苜蓿等乡土草本及胡枝子、紫穗槐等灌木物种，确保生态适应性与成活率。坡面植草采用混播方式，禾豆比例 7:3，播种量 80~100 kg/hm^2 ；沟渠护坡选用耐湿草本如香蒲、鸢尾，种植密度不低于 40 株/ m^2 ；田间林网选用速生杨或水杉与灌木带状配置，主林带间距不超过 50m，副林带间距 100~150m，形成网格化防护体系。(2) 生态修复措施设计：近自然沟渠采用蜿蜒曲折的平面形态，沟底铺设砾石并种植水生植物，恢复生态自净功能。生态缓冲带沿沟渠两侧布设，宽度不小于 5m，配置乔灌草复合结构。地表土层修复时，回填剥离表土厚度不低于 30cm，配合施用有机肥 15 t/hm^2 与土壤改良剂，快速重建土壤团聚体结构，使土壤有机质含量恢复至背景值的 80% 以上，提升保水固土能力。(3) 耕作防护措施设计：等高耕作沿等高线进行，犁耕深度 25~30cm，有效减缓坡面径流流速。带状种植采用高秆作物与矮秆作物间作，增加地表覆盖度和粗糙度，降低径流冲刷能量。制定轮作休耕计划，每 3 年轮作一次豆科作物，休耕期种植绿肥翻压还田，持续改善土壤结构，从源头减轻农田水土流失^[3]。

2.4 临时与综合防治措施设计

(1) 施工期临时防护设计：表土剥离后集中堆存于指定区域，表面覆盖防尘网并播撒速生草籽，堆高不超过 3m，坡度控制在 1:1.5 以内。临时排水沟沿施工区边界布置，梯形断面底宽 0.3m、深 0.4m，每 50m 设置一座临时沉沙池，尺寸为 1.5m $\times$ 1.0m $\times$ 0.8m。裸露地表采用碎石压盖或喷洒固土剂，形成临时结皮层。临时堆土区设置编织袋挡护，挡护高度不小于 1m，袋体错缝搭接，防止坡面滑塌和水蚀。(2) 综合防治体系构建：构建“源头防控、过程拦截、末端治理”一体化防治体系。源头以表土资源保护和植被覆盖增渗减少侵蚀动力，对施工区进行分区围蔽；过程通过截排水沟、沉沙池逐级拦截径流泥沙，实现径流有序排导；末端以蓄水池、生态缓冲带和沉淀塘消纳剩余径流，形成径流零排放的闭合系统，实现全链条防控^[4]。(3) 措施衔接优化：施工前期即完成临时排水系统与苫盖布设，主体工程完工后 30 日内完成永久工程措施衔接。工程措施竣工后立即实施植被种植，确保裸露面暴露时间不超过 15 天。制定措施衔接节点清单，明确各工序时间窗口与责任人，建立专项验收制度，每个衔接节点经检查合格后方可进入下一工序，杜绝防护盲区，保障整体防治效能。

3 案例应用与效果分析

3.1 案例项目概况

(1) 项目区位与自然条件：选取某丘陵区土地整治项目作为案例，项目区属低山丘陵地貌，海拔 120~280m，坡度为 $5^\circ\sim 25^\circ$ 。气候属暖温带半湿润季风气候，年均降水量 650mm，集中在 6—9 月。土壤以褐土为主，土层厚度 40~80cm，有机质含量偏低，原生植被覆盖度约 35%，以荒草和稀疏灌丛为主。(2) 土地整治工程内容：项目总规模约 320 hm^2 ，主要工程包括：土地平整土方量约 45 万 m^3 ，表土剥离面积约 210 hm^2 ；新建灌排沟渠 18.6km，蓄水池 6 座；修筑田间道路 12.4km；规划农田防护林网 7.2km。(3) 项目水土流失现状：项目区原有侵蚀强度以轻度为主，局部坡耕地达到中度，平均侵蚀模数约 2800 $\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ，主要侵蚀类型为水力侵蚀，以坡面细沟侵蚀为主，存在部分沟蚀和重力侵蚀风险。

3.2 防治措施方案落地应用

(1) 措施布局优化：依据地形分级布设措施，坡度 $5^\circ\sim 10^\circ$ 区域以等高耕作和植草护坡为主； $10^\circ\sim 20^\circ$ 区域布设梯田与截排水沟组合防护；大于 20° 区域采取削坡开级与挡土墙加固。沿沟渠两侧设置生态缓冲带，施工区外围布设临时排水沟与沉沙池，形成分区防控、逐

级拦截的布局。(2) 关键参数确定: 截水沟梯形断面底宽 0.5m、深 0.6m, 纵坡 4%; 排水沟底宽 0.4m、深 0.5m; 梯田田面宽度依坡度取 15~25m, 田坎高 2.0~2.5m; 蓄水池单池容量 80m³; 沉沙池两级沉淀, 尺寸 2.0m×1.2m×1.0m; 挡土墙高 2.5m, 基底逆坡 1:10。植被采用狗牙根与紫穗槐混播, 草种用量 90kg/hm², 灌木株行距 1.5m×2.0m。(3) 施工流程管控: 先期布设临时排水与苦盖, 随即开展表土剥离与集中堆存保护。土地平整完成后 30 日内完成截排水沟砌筑和边坡防护, 随后跟进植被种植。每项措施完工后组织阶段验收, 临时措施与永久措施衔接时间控制在 20 天以内, 各工序实行专项监理与质量抽检^[5]。

3.3 防治效果综合分析

(1) 生态效果分析: 项目竣工后, 平均侵蚀模数由整治前的 2800t/(km²·a) 降至 680t/(km²·a), 降幅达 75.7%。植被覆盖率由 35% 提升至 68%, 土壤有机质含量提高约 22%, 土壤容重降低, 抗蚀性显著增强, 坡面细沟侵蚀基本消除。(2) 工程效益分析: 截排水沟与生态护坡有效保护了田间道路和灌排设施, 沟渠淤积量减少约 65%, 蓄水池蓄水能力稳定。耕地质量等级提升 1~2 级, 防洪排涝标准由不足 5 年一遇提升至 10 年一遇, 农田基础设施完好率保持在 90% 以上。(3) 经济与社会效益分析: 防治措施总投资约 186 万元, 年均减少土壤养分流失折合化肥成本约 6.5 万元, 灌溉保证率提高至 85%, 新增耕地利用效益约 32 万元/年。项目区生态环境明显改善, 为区域生态可持续发展奠定基础。

3.4 现存问题与优化建议

(1) 方案实施现存问题: 个别区域临时苦盖不及时, 造成局部裸露面轻度冲刷; 沟渠护坡植被成活率仅 78%, 低于 90% 目标。原因: 种植期恰逢 6 月中下旬持续 20 天干旱, 临时电力未通致灌溉中断, 幼苗根系发育受阻; 部分坡面覆土不足 15cm, 持水能力差。运维中沉沙池清淤周期不固定, 两处排水沟堵塞致局部积

水。(2) 设计优化与改进建议: 将临时苦盖纳入每日施工流程强制验收; 植被种植调整至 5 月或 9 月, 避开干旱期。提高技术要求, 增施保水剂并覆膜养护, 种植后 7 日无有效降雨即用洒水车补水, 目标成活率提至 90% 以上。增设覆土厚度检查, 确保边坡覆土≥20cm。建立沉沙池每 4 个月清淤制度, 排水沟月度巡检, 明确运维责任主体与资金保障, 确保防治效果持续发挥。

结束语

本文系统探究土地整治水土流失机制, 结合地形差异优化工程、生态及临时措施, 构建“源头防控—过程拦截—末端治理”一体化体系。案例表明, 优化设计可降低侵蚀模数, 提升植被覆盖与耕地质量。针对施工与运维短板提出整改建议。本体系适用于坡度 5°~25°、年降水 500~800mm 的半湿润水力侵蚀区(褐土、黄壤)。坡度>25°或降水>1000mm 时, 需提高截排洪标准并加强锚固; 干旱区优先集雨节水。推广时应依地形、降雨、土壤调整参数, 评估施工期气候风险并制定预案。

参考文献

- [1] 王磊, 李阳, 张恒. 土地整治工程中水土流失分区防控措施优化设计 [J]. 水土保持学报, 2024, 38(4): 189-196.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 国家市场监督管理总局. 生产建设项目水土保持技术标准: GB50433-2018[S]. 北京: 中国计划出版社, 2018.
- [3] 田培, 王哲, 喻海军. 山丘区土地整治后水土流失时空演变特征及防控措施适配性研究 [J]. 水土保持研究, 2023, 30(3): 76-85.
- [4] 张敏, 赵凯, 李晓宇. 耕地土地整治项目水土流失防治工程措施设计及效益评估 [J]. 土壤通报, 2023, 54(2): 312-319.
- [5] 胡振琪, 龙精华. 国土整治生态修复中水土流失防控技术体系构建 [J]. 中国土地科学, 2022, 36(8): 89-97.