

水土保持生态修复在水利工程设计中的应用研究

靳 凯

鄂尔多斯市景正工程设计服务有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘 要：水利工程施工建设，会改变区域原有水文条件与地貌形态，也容易诱发水土侵蚀、植被衰败等各类生态问题。将水土保持生态修复思路融入工程设计环节，能够改善传统工程重建设、轻生态的弊端，通过调整工程结构、匹配生态治理手段，缓解区域水土侵蚀问题，修复受损的水土生态系统，文章结合水利工程常规设计流程，分析生态修复技术的适配方法与应用路径，为水利工程生态化、长效化建设提供基础参考。

关键词：水土保持；生态修复；水利工程；工程设计；生态适配

引言：现代水利工程建设的核心诉求已从单一防洪、供水、灌溉功能，转向工程效益与生态效益协同发展。传统水利工程设计侧重结构稳定性与功能性，对区域水土生态系统的扰动考量不足，导致工程建成后易出现土体裸露、径流冲刷、生态链断裂等问题。水土保持生态修复以维系水土动态平衡、修复原生生态结构为核心，与现代水利工程生态化改造高度契合。基于工程设计全流程融入生态修复思维，是化解工程建设与生态保护矛盾的核心路径。

1 水利工程建设对区域水土生态的扰动特征

水利工程从施工到运行的整个过程，都会对区域原生水土生态格局造成持续扰动，这类扰动具备隐蔽、长期、累积的特点，和普通的短期地表破坏存在明显区别，能够直接改变区域水土输送规律，也会影响区域整体的生态承载能力。工程施工中的场地开挖、土体挪动、地形改造等作业，会彻底损毁地表原有植被覆盖，让表层土体变得松散，土体的抗冲刷性能随之降低，很容易引发水土侵蚀现象；人工构筑物会替代自然地貌的坡度、高差与水系连通结构，让自然状态下的径流疏导、水土涵养功能丧失，降雨产生的地表径流流速更快、冲刷作用更强，进一步加剧表层土体的侵蚀和泥沙流失问题。工程投用后，水域范围、水位落差、水流速度的持续变化，会打破区域原本的水土平衡，诱发岸坡失稳、泥沙分布紊乱、植被退化等一系列生态问题，所以在工程设计阶段提前融入生态调控思路，能够从源头控制工程带来的水土生态扰动^[1]。

2 水土保持生态修复与水利工程设计的适配逻辑

2.1 目标维度的协同适配

水利工程设计的核心任务，是保障整体结构稳定，

发挥水资源调度作用，实现水资源科学分配与水害防范；水土保持生态修复的主要任务，是维持区域水土结构稳定，修整受损的生态环境，恢复水土自身的涵养能力。两类工作的侧重点虽有不同，但整体具备较高的统一性。良好的水土生态条件，是水利工程长期稳定运行的重要前提，水土侵蚀造成的岸坡失稳、泥沙堆积、河道堵塞等问题，都会干扰工程运行状态，缩短工程使用年限。将水土生态保护目标纳入工程设计体系，能够改变单一的建设导向，兼顾工程安全、水资源利用与生态养护，实现工程功能与生态效益的同步提升。

2.2 空间维度的融合适配

水利工程的建设范围，一般包含水域、岸坡以及周边陆域等区域，这类区域也是水土侵蚀频发、生态扰动较为集中的地带。水土保持生态修复的实施范围，和工程建设覆盖范围大致重合，能够为二者的一体化融合设计提供相应的空间条件。传统设计方式会将工程施工建设和生态治理工作分开推进，很容易产生功能冲突、治理空缺、重复施工等各类问题。将生态修复布置、水土调控结构和工程整体布局同步规划，可以让工程设施与生态治理体系相互嵌套、互为补充，通过对坝体周边、岸坡、施工遗留区域开展针对性生态设计，弥补传统设计的生态短板，完成整片区域的水土生态管控工作^[2]。

2.3 时序维度的全程适配

水利工程的水土生态扰动，会贯穿勘察、设计、施工以及后期运维的全部建设阶段，对应的生态治理工作，也需要贴合全过程适配的理念，摆脱以往完工后再治理的补救式模式。勘察阶段可以同步摸排区域水土状态、侵蚀类型以及基础生态条件，能够为生态修复设计提供基础的数据支撑；设计阶段可结合工程建设带来的

扰动程度,搭配适配的水土修复方案;施工阶段同步做好临时水土防护与生态铺垫工作;运维阶段依托现有工程结构搭建长效生态体系,维持水土生态的动态稳定,这种全流程适配方式,能够让生态治理和工程建设同步开展,有效减轻工程对水土生态的扰动影响。

3 水土保持生态修复在水利工程设计中的具体应用路径

3.1 工程场地布局的生态化优化设计

工程场地布局设计,属于水利工程前期设计的关键内容,也是从源头管控水土侵蚀、降低生态扰动的重要手段。传统的场地布局设计,大多优先考虑施工便捷度和工程结构稳定性,会忽略区域原有地形样貌、植被群落以及水土输送路径的完整状态,大范围的场地平整、土方开挖、水系截断作业,都会对原生水土生态体系造成严重破坏。生态化布局设计会遵循最小扰动的基础原则,依托区域原本的地貌特征和水土分布情况,对工程选址、场地分区进行合理优化,尽可能保留自然水土基底。工程选址过程中,可主动避开生态脆弱、侵蚀多发的区域,规避土体松散、稳定性较差的生态地段,从源头降低工程施工带来的生态风险;对于必须占用的建设区域,会摒弃统一平整的施工方式,顺着原有地形高差、坡面走向和水系分布开展分区设计,保留自然坡面、沟谷、滩地等原生结构,借助自然地貌疏导径流、涵养水土。同时,合理缩减施工场地、临时道路及物料堆放区域的占用面积,减少硬化施工与土方开挖范围,提前规划临时施工区域的生态恢复方案,避免裸露场地长期暴露造成持续性水土侵蚀,以此实现工程建设和自然水土生态的协调适配^[3]。

3.2 工程构筑物的水土生态结构改造

坝体、堤防、护岸、渠道等核心水利构筑物,会对区域原有水土输送和分布规律产生较大影响,传统工程普遍采用的硬质硬化结构,虽然可以满足工程整体稳固的建设要求,但会完全阻隔水土互通、植被生长以及生态渗透的通道,也是造成工程片区水土状态变差、生态群落类型单一的主要因素。结合水土保持与生态修复的实际需求,传统硬质构筑物需要开展生态化结构优化改造,让工程结构同时满足安全稳定和区域生态适配的双重要求。河道护岸与堤防的设计工作中,可以替换传统混凝土、浆砌石的全硬化施工方式,改用多孔生态护岸、阶梯式堤防、格宾石笼等复合型结构,这类结构自带土体孔隙和水系连通通道,能够抵抗水流冲刷、固定岸坡土体,有效降低岸坡塌陷和水土流失的发生概率,也可以完成水陆之间水土与养分的双向流通,为灌

草类植被生长提供基础条件,慢慢恢复岸坡自身的水土涵养性能。渠道工程可以取消全断面硬化设计,改用透水衬砌结构和生态梯形断面,在渠道边坡预留植被生长空间,以此减缓水流对渠坡土体的冲刷作用,依靠坡面植被实现固土蓄水,改善渠道周边的水土稳定状态。坝体和库区周边构筑物,可优化岸坡与坝脚的衔接形式,增设透水过渡结构和生态缓冲带,削弱水位季节性波动带来的土体干湿交替损伤,防止土体松散流失,让人工构筑物更好融入自然生态体系,在保障工程安全的基础上,持续优化区域水土结构与生态功能。

3.3 分区适配水土保持生态修复技术体系

水利工程各个建设区域,在水土扰动程度、侵蚀形式和生态基础条件上,都存在比较明显的区别,统一标准化的修复方式很难适配现场情况,所以需要根据不同区域的实际特点,搭配对应的生态修复技术,以此提升水土保持工作的适配性和实际效果。按照工程空间分布特征,可将施工范围划分为岸坡扰动区、库区缓冲区、施工迹地区以及水系连通区四个主要区域,各区域均可匹配对应的差异化修复手段。岸坡扰动区属于水土侵蚀问题的高发区域,坡面土体裸露情况普遍,水流冲刷作用也较为明显,主要修复重点就是加固坡面土体,减弱水流侵蚀作用,恢复坡面植被覆盖;该区域一般结合柔性固土设施与植被种植技术,利用生态格网、土工格栅稳固坡面基底,搭配本土草本与灌木混合种植的方式,依托植物根系的固土涵养性能,搭建长效水土防护体系。库区缓冲区容易受到季节水位变化影响,土体干湿交替频繁,整体稳定性较差,可采用分层植被布置方式,在不同高程搭配适配植被,配合透水拦沙结构,缓解水位波动带来的土体侵蚀问题。施工迹地区土体结构受损严重,整体肥力不足、裸露面积大,需要先平整坡面、改良土质,再种植本土植被,快速覆盖裸露区域。水系连通区可通过打造生态浅滩、缓流区域的方式调整水流状态,减轻水流对河床和岸体的冲刷,维持整体水土生态的动态平衡^[4]。

3.4 配套生态水土防护体系的完善设计

水利工程的水土保持生态修复工作,不只是依靠主体构筑物的生态改造,还需要搭配完善的辅助防护体系,用来弥补主体工程设计中存在的水土防护短板,形成全方位、全覆盖的水土生态防护格局。传统水利工程设计大多将重点放在主体结构的施工建设上,对工程边角位置、新旧区域衔接位置的水土防护关注度不足,很容易出现局部水土侵蚀反复发生的情况,从而降低整体生态修复的实际成效。工程排水系统可以做生态化优

化处理,摒弃传统单一的硬质沟槽结构,改用生态排水沟、透水廊道等新式结构,在排水通道内部增设淤沙、滤水构造,既能保障地表径流有序排出,也可以拦截表层悬浮泥沙,减弱高速水流对沟槽及周边土体的冲刷破坏;结合场地地形布设分散式雨水调蓄设施,能够有效分流地表径流,减轻集中水流的冲刷力度,实现雨水涵养与水土防护的双向增益。工程建设区域和自然生态区域的衔接位置,可设置尺度适宜的生态缓冲带,依靠植被群落与透水隔离结构,阻挡工程生态扰动向外扩散,避免水土侵蚀问题向外蔓延。对于边坡、基坑、边角裸露等薄弱区域,可采用临时防护结合永久修复的组合模式,施工阶段利用柔性覆盖、临时固土手段防控短期水土流失,工程完工后衔接长效生态治理方案,同时微调区域微地形形态,适配自然径流规律,有效规避积水冲刷、局部塌陷等隐患,稳步提升全域水土稳定性能。

3.5 水土生态动态调控与长效运维设计

水土保持生态修复不属于单次完工即可定型的工程内容,而是需要长期维护的生态养护过程,水利工程设计工作,需要兼顾短期的生态治理成效和长期的生态稳定状态,搭建适配工程运行特点的动态调控、长效运维体系,能够有效防止生态修复效果出现衰退现象,减少水土侵蚀问题的反复发生。传统的工程设计思路大多缺少长效生态运维理念,工程正式投用后,配套的生态修复体系很难灵活调整,难以适配水文条件、气候环境、植被群落的自然变化,久而久之就会造成区域水土生态再次失衡。工程设计环节可以融入动态适配理念,结合工程运行后的水位波动、径流变化以及区域气候特点,为生态修复体系预留可调整的空间。植被配置过程中,可选用适配本地水土环境、存活能力和自我更新能力较好的乡土植物,形成可以自主迭代、稳定生长的植被群落,降低后期养护的工作量,保障生态体系自然演化。

水土防护结构可以选用柔性可调的生态构造,替换传统的刚性结构,能够适配长期水文动态变化,持续起到固土蓄水、防控侵蚀的作用。除此之外,整套水土生态运维框架需要在设计阶段提前规划,明确不同场景下的运维重点与调控思路,根据季节变化和工程运行状态处理水土隐患,汛期侧重疏导径流、拦截泥沙、稳固岸坡,枯水期侧重植被养护、土质改良和微地形修整,让生态修复体系适配工程全运行周期,维持区域水土生态的长期稳定,实现水利工程使用功能与生态效益的长效协同发展^[5]。

结束语:水利工程朝着生态化方向升级,是当下行业发展的整体趋势,水土保持生态修复手段,能够有效化解工程建设与生态保护之间的冲突。将生态修复的相关理念和技术,融入工程布局规划、结构改造、分区治理、防护配套以及长效运维等各个设计环节,可以从源头管控工程带来的水土生态扰动,逐步修复工程区域内受损的生态结构。两种体系的深度融合,能够稳定发挥水利工程的基础使用功能,也能搭建良性的水土生态循环模式,为现代水利工程的生态化、可持续建设,提供较为扎实的技术参考。

参考文献

- [1] 陈际旭,董璇.水利工程建设中水土保持绿化灌溉设计[J].水科学与工程技术,2025(2):52-53.
- [2] 辛世昊.水利工程建设中水土保持生态修复技术的应用研究[J].区域治理,2026(8):0112-0114.
- [3] 黄永议.生态修复技术在水土保持工程中的应用研究[J].水上安全,2026(4):25-27.
- [4] 彭璨.水利工程水土保持中的生态护坡设计研究[J].低碳世界,2025,15(2):31-33.
- [5] 杨莉娜,陈建昌.农业水利工程施工中的水土保持技术与实践探讨[J].农家科技,2026(2):129-131.