

现代水利工程设计中的水生态问题

李延云 李延霞 高千富

巴彦淖尔市河套水利水电勘察设计有限公司, 内蒙古巴彦淖尔, 015000;

摘要: 现代水利工程作为区域水资源调控与开发利用的核心基础设施, 集成了防洪排涝、城乡供水、水力发电等多重核心功能。其设计质量的优劣, 不仅直接决定工程自身功能效益的发挥程度, 更与区域水生态系统的结构完整性及动态平衡状态存在紧密关联。当前, 在部分现代水利工程的设计实践中, 普遍存在水生态保护考量不足的突出问题。基于此, 本文围绕现代水利工程设计展开系统探讨, 依次梳理设计过程中存在的核心水生态问题、深入剖析各类问题产生的主要原因、提出水生态友好型设计的具体优化方向。通过系统梳理问题表现、精准剖析问题成因, 最终形成针对性的设计优化策略, 助力现代水利工程在充分发挥防洪、供水等功能效益的同时, 有效保护区域水生态环境, 实现工程效益与生态效益的协同统一。

关键词: 现代水利工程; 工程设计; 水生态问题; 水生态保护; 生态友好型设计; 水体循环; 水生生物栖息地

DOI: 10. 64216/3080-1508. 26. 01. 092

引言

随着社会经济的持续发展, 公众与行业对生态环境的重视程度不断提升, 这一趋势也深刻影响着现代水利工程的设计理念与实践方向。如今, 现代水利工程设计已彻底突破传统“仅聚焦功能效益”的局限, 将水生态保护纳入工程设计的核心考量范畴, 形成“功能与生态并重”的新导向。如今, 伴随全球水资源短缺现象加剧、区域水生生物种类与数量持续减少、水体污染与生态退化问题日益凸显, 现代水利工程设计面临新的挑战与课题。如何在工程设计阶段就主动规避水生态破坏风险, 如何将水生态保护理念深度融入工程布局、结构选型等设计环节, 已成为水利工程领域亟待破解的关键课题, 更是推动现代水利工程从“功能型”向“生态功能协同型”转型的核心方向, 对行业高质量发展具有重要意义。

1 现代水利工程设计中的核心水生态问题

1.1 水体自然循环受阻

水体自然循环是一个动态且连续的过程, 其正常运行高度依赖水流的空间连续性与动态流动性, 任一环节的断裂或干扰, 都可能导致循环过程受阻。在部分现代水利工程的设计中, 由于工程整体布局规划不合理、核心结构设计未契合水体自然属性, 直接打破了区域原有水流的天然路径, 进而引发水体自然循环受阻的问题, 具体表现为两个层面。一方面, 部分水利工程建设与布局, 可能切断河流、湖泊等水体的天然连通性, 如跨

河闸坝、截流工程等, 直接阻碍了水体在上下游、左右岸之间的自然交换与流通。这种连通性的断裂, 会导致部分区域的水体长期处于滞留状态, 无法与外界水体实现有效更新, 进而大幅降低水体的自我净化能力与循环活力, 甚至可能引发局部水体 stagnation (停滞) 现象。另一方面, 部分水利工程的核心结构设计, 未充分调研与遵循区域水流的自然流动规律, 如渠道走向偏离天然径流方向、泵站流量设计未匹配天然来水节奏等, 直接改变了区域内水流的速度与流向。水流速度与流向的异常变化, 会打破区域内水体蒸发、土壤渗透、地表径流之间的平衡关系, 可能导致部分区域因水流汇集过快、排水不畅引发内涝, 部分区域因水流补给不足、渗透过量出现干旱, 进一步打乱水体自然循环的原有节奏, 加剧循环失衡。

1.2 水生生物栖息环境破坏

第一, 水利工程核心结构的建设, 可能直接侵占水生生物的关键栖息区域, 如坝体建设覆盖水生生物的产卵场、渠道开挖破坏水生生物的觅食区等。同时, 工程建设还可能改变区域水体的温度分布, 如水库蓄水导致深层水体温度偏低, 下泄水流温度与天然水体差异过大, 超出水生生物的适宜生存温度范围, 直接影响水生生物的胚胎发育、幼体生长及成体繁殖, 干扰其正常生命周期。第二, 水利工程建设过程中, 可能导致区域内水生植被的覆盖面积大幅减少, 如施工开挖破坏沿岸水生植物群落、水体流速变化导致水生植物难以扎根存活等。

水生植被不仅是水体净化的重要载体,能够吸附污染物、降解有害物质,更能水生生物提供隐蔽场所与食物来源,其覆盖面积的减少,会形成“双重负面影响”——既降低水体自身的净化能力,又导致水生生物失去生存依托,最终引发区域内水生生物种类减少、种群数量下降,破坏水生生态系统的生物多样性。

1.3 区域水质维持能力下降

一方面,前文提及的水体自然循环受阻、水流流动性减弱,会直接影响水体的自净能力。水体自净能力的发挥,依赖水流的流动带动污染物扩散,依赖水体与外界的物质交换实现污染物降解,当水流停滞、循环受阻时,污染物无法快速扩散至更大范围稀释,也难以通过物质交换排出,只能在局部水体中持续积累,导致污染物浓度逐步升高,降解速度远低于积累速度,进而降低水体自净能力,加剧水质恶化。另一方面,部分现代水利工程的设计方案,未同步规划与设置水质净化相关的配套设施,如未建设人工湿地、生态滤池等预处理设施,未在排水口设置水质净化装置等。这一设计短板,会导致工程建设过程中产生的施工废料、泥沙杂质,以及工程运行过程中产生的运维污水、周边区域的面源污染物,极易直接进入水体,且无法得到及时、有效的处理,污染物在水体中持续累积,进一步加剧水质恶化,影响水生生态系统的健康状态,甚至威胁周边居民的饮用水安全。

2 现代水利工程设计中水生态问题产生的主要原因

2.1 设计理念偏向功能优先

在具体设计过程中,设计人员多将工程的防洪标准、供水能力、发电效率等功能参数作为核心设计目标,优先围绕这些目标确定工程布局、结构形式、建设规模等关键内容,确保工程功能效益能够达到设计要求。而对于水生态保护相关的需求,如水体连通性保护、水生生物栖息地预留等,往往仅在工程功能设计方案基本确定后,才进行简单的补充考量,甚至仅通过“象征性措施”满足基本要求,未将其与工程功能设计进行深度融合。这种“先功能、后生态”的设计逻辑,导致水生态保护措施与工程主体设计脱节,无法从设计源头规避水生态破坏风险,只能在问题发生后被动补救,不仅补救效果有限,还可能因补救措施与工程主体冲突,增加工程建设成本,最终仍会引发各类水生态问题。

2.2 水生态设计技术支撑不足

一方面,部分设计单位缺乏对水生态系统动态模拟技术的应用能力,无法通过技术手段,精准模拟工程建设后区域水体循环的变化趋势、水生生物栖息地的演变规律,也无法量化评估工程设计方案对水生态系统的影响程度。这种“无法预判”的状态,导致设计方案缺乏科学依据,只能依赖经验制定,难以针对性规避潜在的水生态风险,易出现“设计合理但生态有害”的矛盾,进而引发生态问题。另一方面,生态型工程结构优化技术的研发与推广存在滞后性,如仿自然河道断面设计技术、低影响开发型闸坝结构技术等,尚未形成成熟且普适的应用体系。设计人员在面对复杂水生态场景时,缺乏可借鉴的技术方案与设计方法,只能沿用传统的工程结构形式,无法通过结构优化减少对水生态的破坏,进一步加剧了水生态问题的产生。

2.3 水生态设计标准规范不完善

完善的标准规范,是保障水生态保护要求在水利工程设计中落地的制度基础,能够为设计人员提供清晰的设计指引、明确的技术参数与严格的考核依据。从规范内容来看,部分与水利工程设计相关的水生态标准规范,对生态保护的要求较为笼统与原则化,如仅提出“应注重保护水生态环境”“需考虑水生生物需求”等定性要求,未明确具体的设计参数与实施细则,如水体连通性的具体指标、水生植被的最小覆盖比例等。这种“笼统化”的要求,导致设计人员在实际操作中缺乏清晰指引,水生态设计易流于形式,无法切实发挥保护作用。从考核机制来看,部分标准规范未将水生态指标与工程功能指标同步纳入设计考核体系,仍以工程功能参数的达标情况作为设计方案验收的核心依据,水生态指标仅作为“参考项”,而非“必选项”。这种考核机制的失衡,导致设计人员在设计过程中,缺乏平衡工程功能与生态保护的动力,往往优先保障功能指标达标,忽视水生态指标的要求,进一步加剧了水生态问题的产生。

3 现代水利工程水生态友好型设计优化方向

3.1 转变设计理念, 兼顾功能与生态

优化现代水利工程设计的核心前提,是彻底打破“功能优先”的单一设计理念,树立“功能与生态协同共生”的新型设计理念,将水生态保护从“后期补充”转变为“源头融入”,确保工程设计的全流程都体现生

态保护诉求。在设计初期,需开展全面的前期调研,不仅调研区域水资源分布、地形地貌等与工程功能相关的要素,更要调研区域水生态系统现状,包括水体循环规律、水生生物种类与栖息习性、水质基线水平等,将这些水生态要素作为设计方案制定的重要依据。同时,需将水生态保护目标与工程功能目标同步纳入设计核心指标体系,如将“保障水体连通性”与“满足防洪标准”并列、将“维持水生生物多样性”与“提升供水能力”并重,避免生态目标让位于功能目标。在具体设计环节,需实现“功能设计与生态设计的同步推进”,如在规划工程布局时,同步规划水流连通路,避免切断天然水体联系;在设计工程结构时,同步预留水生生物栖息空间,避免侵占关键栖息地,确保工程功能实现的同时,不破坏水生态系统的完整性。

3.2 强化技术支撑,提升生态设计科学性

技术支撑是提升现代水利工程水生态设计科学性的核心保障,需通过“技术应用推广”与“技术研发创新”双轮驱动,弥补水生态设计的技术短板,为生态友好型设计提供精准、可靠的科学支撑。一方面,加大成熟水生态设计技术的应用力度,重点推广水生态系统动态模拟技术。在工程设计阶段,通过该技术构建区域水生态系统数字模型,精准模拟不同设计方案下,水体循环的变化、水生生物栖息地的演变、水质的波动趋势,提前预判各类设计方案可能引发的水生态风险,基于模拟结果优化设计参数,如调整坝体下泄流量、优化渠道断面形式,确保设计方案能够最大限度降低对水生态的影响。另一方面,加快生态型工程结构技术的研发与应用,聚焦工程结构与生态保护的适配性创新。例如,研发并推广透水、仿自然的工程材料,替代传统不透水材料,提升水体渗透能力;设计并应用生态鱼道、过鱼设施,保障水生生物的洄游通道畅通;建设人工湿地、生态滤池等配套水质净化设施,实现工程废水与周边面源污染物的预处理,在保障工程功能的同时,实现水生态环境的修复与保护。

3.3 完善标准规范,明确生态设计要求

完善的标准规范是现代水利工程水生态设计落地的制度保障,需通过“细化规范内容”与“优化考核机

制”,为设计人员提供清晰指引,确保水生态保护要求落实到设计的每一个环节。在规范内容细化方面,需针对不同类型的现代水利工程(如水库、渠道、泵站等),制定专项水生态设计标准规范,明确具体的设计参数与实施细则。例如,在水体循环保护方面,明确不同河流类型的最小生态流量指标、水体连通性的具体要求;在水生生物栖息保护方面,明确水生植被的最小覆盖比例、生态鱼道的设计尺寸与水流参数;在水质维持方面,明确水质净化设施的处理能力与建设标准,让设计人员在实际操作中有章可循,避免生态设计流于形式。在考核机制优化方面,需建立“功能指标与生态指标同步考核”的设计验收体系,将水生态指标纳入工程设计方案的核心考核项,与功能指标具有同等权重。例如,将“水体连通性达标率”“水生生物栖息地预留率”“水质净化设施完好率”等指标,与“防洪标准达标率”“供水能力满足率”同步考核,未达到水生态指标要求的设计方案,需重新优化调整,从制度层面强制推动水生态保护要求在设计中落地。

4 结语

现代水利工程设计中的水生态问题,并非孤立存在的技术问题,而是涉及理念、技术、制度多层面的系统性问题,其解决效果直接关系区域水生态平衡的维系,更决定着现代水利工程的可持续性与综合效益。从转变设计理念、强化技术支撑、完善标准规范三个方向推进优化,可实现水利工程功能与水生态保护的协同发展。这种水生态友好型设计模式,不仅能从源头规避水生态破坏风险,修复区域水生态环境,更能推动现代水利工程摆脱“重功能、轻生态”的传统局限,向“高质量、生态化”转型,最终为区域水资源的可持续利用、生态环境的持续改善提供有力保障,助力实现经济社会与生态环境的协调发展。

参考文献

- [1] 李小义. 生态水利工程在水资源保护中的运用与实践分析[J]. 低碳世界 2023, 13(09): 46-48.
- [2] 陈硕, 宋亚平. 生态水利工程设计若干问题的分析与探讨[J]. 企业科技与发展, 2022, (11): 101-103.
- [3] 王志兴. 生态水利工程设计若干问题及处理探析[J]. 农民致富之友, 2018, (23): 78.