

关于生态理念在水利水电设计过程中的应用

闫丁慧

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300221

摘要: 生态理念推动水利水电工程从生态干扰者向生态共建者转型。通过优化坝体设计、适配水资源调度、强化施工防护、动态调控运行及改造生态配套设施,工程在实现防洪发电等功能的同时,有效维护水文节律、保护生物栖息地并增强生态系统韧性。未来需持续融合生态技术,完善全生命周期管理,使水利工程成为促进区域生态健康与可持续发展的核心力量,支撑生态文明长效建设。

关键词: 生态理念; 水利水电设计; 生态修复; 可持续发展

引言

生态文明建设要求水利水电工程突破传统功能限制,融入生态保护目标。传统设计忽视生态系统性,引发河流断流、栖息地退化等问题。现代生态理念以自然规律为基准,通过科学规划与技术革新协调开发与保护。本文从生态整体性、资源可持续利用、生物多样性维护及修复协同四个方面,分析生态理念在工程设计中的应用方法,推动水利工程实现功能与生态效益统一,为人与自然和谐共生提供实践路径。

1 水利水电设计中的概述

水利水电设计融合工程技术与生态科学,统筹水资源利用与生态保护。其核心是通过科学规划和技术创新,协调防洪、供水、发电、灌溉等功能,同时减少对自然环境的干扰。设计需平衡安全、经济与生态可持续性,追求人与自然动态共生。传统设计偏重单一功能,常导致河流断流、栖息地退化;现代理念转向系统思维,注重流域整体保护,通过模拟自然水文节律维持下游生态需水,或采用仿生结构优化建筑形态,降低对生物迁徙的影响。设计过程整合水文学、生态学及地理信息技术,构建精细模型支撑决策。生态理念要求设计者从征服自然转变为适应自然,在满足人类需求的同时维护河流生态完整,体现技术进步与可持续发展认知的深化,是工程高质量发展的必然选择。

2 水利水电设计中的核心理念

2.1 生态整体性理念

生态整体性理念视流域为相互关联的有机生命系统,其中水文过程、地貌形态、生物群落等要素紧密互动。水利工程作为介入因素,其设计须超越工程本身,从维持生态系统健康的高度综合考量,设计者需预见工程引发的系统性生态效应,如大坝建设不仅形成水库,更会改变河流天然水文情势,影响上下游生态。库区水域扩

大可能淹没陆地生态,改变局部气候,引发土壤侵蚀和营养物质迁移;下游区域则可能面临河道演变、湿地萎缩及生物栖息地退化等问题;泥沙淤积不仅关系工程寿命,更影响下游河道地貌特征和滨岸植被。设计过程需开展全面流域生态调查,识别关键生态敏感区域和重要生态过程,水库调度方案须兼顾经济功能与自然水文节律模拟,为下游生态需求提供必要水文条件,工程布局应减少对生态网络连通性的影响,维护野生动物迁徙通道和物种基因交流,此理念倡导以谦逊态度将工程融入自然生态图谱,追求与自然系统协同共生,实现可持续发展^[1]。

2.2 水资源可持续利用理念

水资源可持续利用理念聚焦长期平衡与韧性,将水资源视为维系生命与生态的战略资产,而非单纯经济资源,设计需在生态承载能力范围内进行,确保当代需求不损害后代发展能力。水量管控要求取用水量不超过流域可持续供给限度,生态敏感区域需优先保障河流基本生态流量,以维持水生生物生存和河流自净能力。水质管理需要预防工程引发水体恶化,包括评估库区富营养化风险、设计污水处理回用系统,并考虑对下游水环境的影响,该理念强调水资源多功能性与循环利用,如将水利工程与区域水循环管理结合,探索生态灌溉、梯级利用模式,提升单位水量综合效益。面对气候变化不确定性,设计须具备前瞻性,分析降水蒸发格局变化和极端水文事件对工程安全与功能的影响,通过科学确定参数和防洪标准,增强工程应对未来水文变异的能力。最终目标是构建与自然节律协调、持续为社会与生态提供福祉的水利工程,实现人水和谐共生^[2]。

2.3 生物多样性保护理念

生物多样性保护理念强调通过前瞻性设计最大限度降低工程对物种及生态系统的负面影响,维护生态网络

的不可替代价值。该理念以详尽的生态本底调查为基础,系统掌握工程区域的生态系统类型、珍稀物种分布、迁徙路线及繁殖场所,为选址优化和保护策略提供科学依据。设计优先避让生态核心区,无法避让时采取系统性保护措施:构建水生生物洄游通道破解大坝阻隔,采用分层取水调节下泄水温水质,设置野生动物通道与保护岸线植被以缓解栖息地破碎化。通过人工湿地营造、退化河岸带修复及珍稀物种迁地保护实现生态补偿,维持区域功能平衡。工程区域推行生态化设计,选用本土适生材料建设护坡等设施,融合工程安全与生态栖息需求,将灰色基础设施与绿色生态要素有机结合,在保障功能的同时为本土生物提供生存空间,确保水利工程与自然生态和谐共存,持续守护区域生物多样性。

2.4 生态修复协同理念

生态修复协同理念主张在水利工程设计中主动整合生态改善目标,追求工程功能与生态效益的协同增效。这一理念将水利工程视为促进生态优化的平台,要求修复目标提前融入设计阶段。通过库区消落带植被重建、开挖边坡生态护坡等措施,将生态脆弱区转化为兼具水土保持和生物栖息功能的复合空间;通过优化水下地形、设置人工鱼巢及种植水生植物,主动改善水生生态系统结构;结合生态流量调控与过鱼设施,系统性恢复河流连通性及下游湿地功能。其核心在于转变水利工程角色,从潜在的生态干扰因素转化为生态建设的积极载体,要求设计者以生态智慧统筹基础设施与自然系统的关系,使水利工程在实现传统功能的同时,成为提升区域生态健康度、增强系统韧性的关键支撑,最终达成人与自然和谐共生的可持续发展目标^[3]。

3 生态理念在水利水电设计过程的应用路径

3.1 坝体规划设计中的生态融合

坝体作为水利水电工程核心构筑物,其规划设计阶段的生态考量直接影响整个工程的生态友好程度。在坝址选择过程中,除工程地质和技术经济等传统因素外,需要重点评估建坝对河流生态连续性、重要栖息地和景观完整性等生态要素的影响。优先选择对生态敏感区影响较小的坝址,必要时适当调整坝址位置以避开关键生态区域,坝型选择应考虑不同类型水坝的生态特性,在特定条件下选择生态影响相对较小的坝型,或采用有利于泥沙通过和减少库区淤积的设计方案。坝体结构设计应积极融入生态技术措施,为减缓大坝对水生生物迁徙的阻隔效应,需要科学设计过鱼设施,根据目标鱼类生物学特性选择合适类型的鱼道并确保其有效运行。针对水库水温分层现象,可采用分层取水装置根据下游生态

需求调节下泄水温,减少低温水对水生生态系统的不利影响,对于下泄水流气体过饱和问题,需要通过优化泄洪消能方式降低氮氧含量,保护鱼类生存环境。坝体周边区域的生态化处理同样重要,可采用生态护坡和植被恢复等措施,将坝体与周边景观有机融合,既保障工程安全又维护生态功能。这些生态融合措施的实施能够显著提升坝体工程的生态适应性。

3.2 水资源调配设计中的生态适配

水资源调配设计必须充分考虑生态用水需求,实现水资源经济利用与生态保护的协调统一。生态流量确定是水资源调配设计的核心环节,需要基于河流水文特征、水生生物需求和水质净化要求等多方面因素,科学核定不同时期的生态基流和敏感期的生态脉冲流量;生态流量过程线应尽可能模拟自然水文节律,满足水生生物不同生命周期的需求,维护河流健康生命。在水库调度方案制定中,应突破传统的单一兴利调度模式,建立生态优先的综合性调度体系,调度规则需明确生态用水的优先序和保障机制,在特枯水期要预留足够的生态水量。通过模拟自然水文情势,在关键时期实施生态调度,如在水生生物繁殖期营造适宜的水文条件,在鸟类迁徙期维持湿地适宜水位,在河流输沙期安排排沙调度等,多目标生态调度还应考虑水质改善、河口压咸和地下水补给等多元生态需求,形成兼顾各方利益的水资源优化配置方案,这种生态适配的水资源调配设计能够最大限度地减轻工程对自然水循环的干扰,维护河流生态系统的完整性和稳定性,确保水资源可持续利用^[4]。

3.3 施工期生态保护设计

水利水电工程施工阶段是生态影响最为直接的时期,需要通过精细化的生态保护设计控制施工活动的环境影响范围与程度。施工布置规划应体现生态节约理念,优先利用现有场地,减少临时占地规模,避开生态敏感区域;施工道路选线应避免切割动物迁徙通道,必要时设置动物通行设施,料场和渣场选址要远离水源保护区及重要栖息地等敏感目标,并采取防护措施防止水土流失。施工过程中的生态保护措施需要系统设计,针对水环境保护应建设完善的施工废水处理系统,对生产废水和生活污水进行分类收集和分级处理,实现达标排放或循环利用,对于大气和噪声污染防治,要选择低排放和低噪声的施工设备和工艺,合理安排施工时间,设置隔音屏障等减噪设施。生态敏感区施工可采取围挡作业和控制施工范围等隔离措施,减少对周边生态的干扰,施工期间的生态监测必不可少,应对重点保护对象实施跟踪监测,根据监测结果动态调整保护措施,施工结束后的生

态恢复设计同样重要,要及时对施工迹地进行植被恢复和地形重塑等生态修复,促进区域生态系统的快速重建和功能恢复。

3.4 运行期生态监测与调控设计

水利水电工程进入运行阶段后,需要建立系统的生态监测与调控体系,通过持续跟踪和动态管理确保工程生态效应的可知可控,生态监测网络设计应覆盖工程影响区的重要生态要素,包括水文水质、水生生物和陆生生态等多个方面。监测点位布置要具有代表性,能够反映工程运行的生态影响范围与程度;监测指标选择要突出重点,关注生态敏感因子和关键指示物种的变化趋势,监测频次应根据生态过程的季节性特征合理安排,在重要时期适当加密监测。基于监测数据的生态调控是运行期生态管理的核心,需要建立生态监测与工程调度的联动机制,当监测发现不利生态趋势时及时调整运行方式;比如根据水质监测结果优化下泄流量,根据鱼类繁殖状况调整水位波动幅度,根据湿地生态需求控制水库泄量等。生态调控决策支持系统的建设十分必要,通过集成生态监测数据、水文预报信息和生态响应模型等,为运行调度提供科学依据,在运行期还应建立生态应急预案,针对突发生态事件制定快速响应措施,最大限度减轻生态损害,这种基于监测的适应性管理能够有效提升工程运行的生态友好性,实现工程效益与生态保护的长久协调和可持续发展^[5]。

3.5 生态友好型配套设施设计

水利水电工程的生态效能发挥离不开配套设施的生态化设计,这些设施虽然不直接参与主要工程功能的实现,但对减轻工程生态影响和增强区域生态功能具有重要作用。鱼类保护设施是典型的生态友好型配套设施,除常规的过鱼设施外,还包括鱼类增殖放流站、人工产卵场和幼鱼庇护区等,这些设施需要根据目标鱼类的生物学特性进行专业化设计,形成完整的鱼类保护体系;人工增殖放流站应具备亲本培育、苗种繁殖和标记放流等完整

功能,确保放流效果和种群恢复。栖息地修复与创建设施是另一类重要的生态配套设施,针对工程造成的栖息地损失,可通过构建人工湿地、营造深潭浅滩序列和修复河滨带植被等方式创造替代栖息地,这些设施的设计应模拟自然生态系统的结构与功能,使用生态友好材料,促进生物群落的自然形成和生态网络的完善。生态水文监测设施为生态调度提供数据支撑,包括水文水质自动监测站、生态视频监控系统和生物观测点等;这些设施应采用先进监测技术,实现生态水文要素的实时采集与传输分析,此外生态宣传教育设施也有必要纳入工程设计,通过建设生态展示馆、观鸟屋和生态教育路径等,增强公众的生态保护意识,促进工程与社区的和谐共处和生态文明建设。

结束语:生态理念引领水利水电工程从生态干扰者转型为生态共建者。通过多维度优化设计与管理,实施全流程生态管理,工程在实现功能需求基础上,有效维护水文节律、保护生物栖息、增强系统韧性。持续深化生态技术创新,强化全生命周期生态管控,可推动水利工程成为区域生态健康与可持续发展的重要支撑,为构建人与自然共生格局注入持久动力。

参考文献

- [1]王红彦.关于水利工程中的生态问题与生态水利工程的分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(04):155-157.
- [2]易仲强,赵再兴,纵霄,等.水电水利工程对珍稀濒危植物及古树名木的影响与保护措施探讨[J].环境影响评价,2023,45(01):44-48.
- [3]高凡.环境保护理念下水利工程生态防治措施研究[J].工程建设与设计,2023(19):114-116.
- [4]邹岩.基于生态理念视角下水利水电工程的规划设计探讨[J].山西水土保持科技,2023(1):29-30,46.
- [5]纪风兰.水利水电工程建设在生态环境中的影响分析[J].水电水利,2020(1):57-58.