

# 水库工程生态影响与生态设计对策

周 展

洛阳水利勘测设计有限责任公司 河南 洛阳 471000

**摘 要：**水库工程在水资源调控、区域发展中发挥重要作用，但修建与运营会对水、陆生生态系统及区域环境产生显著负面影响。本文阐述水库工程相关概念与生态系统基础，分析工程对水生、陆生生态系统及区域环境的具体影响，明确生态设计的核心思路与技术框架，提出规划选址、施工、运营及废弃后各关键环节的生态设计对策，为减少水库工程生态扰动、实现工程与生态协同发展提供科学参考，助力水利工程可持续建设。

**关键词：**水库工程；生态影响；生态设计对策

引言：随着水利工程建设不断推进，水库工程的生态影响日益凸显，工程建设与生态保护的矛盾愈发突出。当前，传统“工程优先”模式已难以适应可持续发展需求，如何降低水库工程对生态环境的不利影响，构建科学的生态设计体系成为亟待解决的问题。本文基于水库工程生态影响现状，结合生态设计理论，系统分析工程各环节生态问题，提出针对性设计对策，旨在弥补传统工程设计的生态短板，推动水库工程与生态环境和谐共生。

## 1 水库工程相关概念与生态系统基础

### 1.1 水库工程的分类与核心功能

水库工程是人工调控地表水资源的水利枢纽，按库容分为大、中、小型，按功能分为防洪、供水、灌溉、发电及综合利用型，其中综合利用型为当前主流。其核心功能是水资源调控与利用，防洪保障下游安全，供水支撑城乡生活、工业及农业需求，发电依托水位落差提供清洁能源助力“双碳”，部分水库还兼具航运、养殖等辅助功能，支撑区域经济社会发展。

### 1.2 水库工程影响区生态系统构成

水库工程影响区生态系统为复合型，涵盖水生、陆生两大圈层且组分协同作用。水生生态系统以水体为核心，包含浮游生物、底栖生物、鱼类等生物群落，以及水温、水质等非生物环境，构成完整食物链。陆生生态系统分布于水库周边，包括森林、灌丛等植被，鸟类、兽类等动物，以及土壤、气候等要素。人类活动作为重要干扰因素，与自然组分共同构成完整生态结构，其稳定性影响水库长期可持续运行。

### 1.3 生态设计的内涵与基本原则

水库工程生态设计的核心是打破“工程优先”理念，将生态保护融入工程全生命周期，实现工程功能与生态健康协同发展，减少不利影响，构建人与自然和谐

共生的模式。其基本原则包括：整体性原则，兼顾工程与周边生态、生物多样性及生态服务功能；科学性原则，结合多学科理论采用合理技术方法；可持续性原则，兼顾当前与长远，保障生态自我修复能力；经济性原则，在生态保护前提下优化方案，实现三大效益统一<sup>[1]</sup>。

## 2 水库工程对各类生态环境影响

### 2.1 水库工程对水生生态系统的影响

水库工程的修建与运营，会直接打破水生生态系统的自然平衡，对水体环境、生物群落及栖息地造成持续性负面影响，具体表现为：（1）水体理化性质异常改变。水库蓄水后，水流减缓、滞留时间延长，水体复氧能力下降，底层易形成厌氧环境并滋生硫化氢等有毒物质，导致水质恶化；水温分层明显，表层升温、底层低温稳定，打破原有水温规律，不适配多数水生生物生存；水库拦截上游泥沙使水体透明度升高，但泥沙携带的营养物质沉积库底，易引发富营养化，增加藻类爆发风险。（2）水生生物群落结构失衡。水温、水质及水流的变化，导致浮游生物、底栖生物种类和数量波动，耐污性差的物种消亡、耐污物种过度繁殖，破坏群落多样性；大坝阻断鱼类洄游通道，影响其繁殖、索饵和越冬，加之生存环境改变，鱼类种群结构偏移，部分珍稀鱼类数量锐减；水库泄水、蓄水还会改变下游水文节律，间接影响下游水生生物生存繁衍。（3）水生栖息地破坏与碎片化。水库蓄水直接淹没河流、浅滩、沼泽等水生栖息地，导致面积大幅缩减；水库的分隔作用使连续栖息地碎片化，阻碍水生生物迁移与基因交流，降低栖息地质量，破坏水生生态系统的物质循环与能量流动。

### 2.2 水库工程对陆生生态系统的影响

水库工程对周边陆生生态系统的影响具有直接性和传导性，主要集中在植被、动物和土壤三大核心组分，具体如下：（1）植被与植物多样性受损。水库蓄水直

接淹没库区内林地、灌丛、草地等植被,导致大量植物死亡、覆盖度下降;工程施工、移民安置占用周边土地,进一步破坏植被和植物栖息地;库区周边地下水位变化,部分区域出现沼泽化或干旱化,适宜生长的植物种类减少,外来入侵物种趁机挤压本土植物生存空间。

(2) 陆生动物生存受严重威胁。植被破坏和栖息地丧失,使陆生动物失去食物来源和栖息场所,大量动物被迫迁移,行动能力较弱的个体易死亡;水库形成的地理隔离分割动物活动区域,阻碍其迁移与繁殖,导致种群数量减少、结构单一化;施工噪音、扬尘干扰动物正常栖息繁殖,加剧珍稀物种生存危机,破坏陆生生物群落平衡。(3) 土壤环境质量恶化。水库蓄水后,库区内土壤长期被淹没,透气性变差、微生物活动受抑制,土壤肥力下降且养分易被冲刷流失;工程土方开挖、回填破坏土壤结构,导致土壤压实、水土流失加剧,部分区域出现沙化、盐碱化,降低土壤可持续利用能力,影响周边植被恢复。

### 2.3 水库工程对区域生态环境的综合影响

水库工程的生态影响具有全局性,除直接影响水、陆生生态系统外,还会对区域整体生态环境产生连锁反应,涉及气候、地质、人类生产生活等方面:(1) 区域气候轻微异变。水库蓄水后水体面积扩大,因水体比热容大于陆地,导致区域气温日较差、年较差减小,呈现冬暖夏凉特征;水体蒸发量增加,空气湿度上升,局部降水分布轻微变化,雾日增多、光照减少,间接影响植被生长和农作物种植,改变区域微气候。(2) 水文与地质环境风险提升。大坝拦截上游来水,改变原有河流水文情势,下游径流量减少、汛期推迟,影响下游水资源供给和生态平衡;库区蓄水增加地壳压力,地质条件复杂区域易诱发地震、滑坡、泥石流等地质灾害;周边地下水位上升,引发土壤沼泽化、盐碱化,进一步破坏区域生态。(3) 人类生产生活与生态平衡受间接影响。库区移民搬迁导致土地资源紧张,安置过程中易出现植被破坏、水土流失,加剧生态压力;下游径流量减少,影响沿岸农业灌溉、工业供水和居民生活用水,制约区域生产生活;生态环境的连锁变化打破区域原有平衡,病虫害滋生、生态灾害频发,进一步降低区域生态稳定性<sup>[2]</sup>。

### 3 水库工程生态设计的核心思路与技术框架

#### 3.1 水库工程生态设计的核心思路

水库工程生态设计的核心思路是摒弃传统“工程优先、生态为辅”的理念,以生态保护为前提,实现工程功能与生态健康的协同发展,具体可分为两点:(1) 坚持“生态优先、统筹兼顾”,将生态保护融入工程全

生命周期,在规划、施工、运营各阶段充分考虑生态环境承载力,避免过度开发对水、陆生生态系统造成不可逆影响,兼顾生态效益、经济效益与社会效益的统一。

(2) 立足区域生态特色,遵循生态系统自然规律,注重生态系统的自我修复能力,通过科学设计减少工程对生态环境的干扰,构建适配区域生态现状、可长期稳定运行的水利工程生态模式,实现人与自然和谐共生。

#### 3.2 水库工程生态设计的技术框架

结合工程全生命周期特点,构建“前期规划-施工运营”一体化的生态设计技术框架,明确各阶段核心技术方向,具体如下:(1) 前期规划阶段技术,重点围绕生态选址、方案优化开展,通过生态承载力评价、栖息地现状勘察等技术,避开生态敏感区,优化水库库容、坝型设计,减少对生态栖息地的占用与破坏。(2) 施工与运营阶段技术,施工期聚焦生态防护技术,减少施工扬尘、噪音及水土流失;运营期侧重生态调控技术,包括水温调控、水文情势模拟、生物栖息地修复等,同时建立生态监测技术体系,实时跟踪生态变化,及时优化设计方案<sup>[3]</sup>。

### 4 水库工程关键环节的生态设计对策

#### 4.1 水库规划与选址阶段的生态设计对策

规划与选址是水库工程生态保护的源头,核心是通过科学勘察与优化设计,从根源上减少工程对生态环境的扰动,具体对策如下:(1) 开展全面生态勘察与评价,提前排查选址区域的生态敏感区,包括珍稀动植物栖息地、湿地、自然保护区、地下水补给区等,明确生态保护红线,严禁在核心敏感区规划修建水库,避开生态承载力较低的区域。(2) 优化选址与库容设计,结合区域生态现状,优先选择生态影响范围小、扰动程度低的选址方案,合理控制水库库容,避免过度蓄水导致大面积植被淹没和栖息地破坏;同时优化坝型设计,优先采用对生态扰动小的坝型,减少对河流天然水文情势的改变。(3) 制定生态影响预判与应对预案,在规划阶段预判工程可能对水、陆生生态系统造成的影响,提前制定针对性的规避措施,明确生态保护目标和优先级,将生态设计指标纳入规划方案的核心评价体系,确保规划方案与区域生态系统相适配<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 水库施工阶段的生态保护与设计对策

施工阶段是生态扰动最直接、最集中的环节,重点通过规范施工行为、落实防护措施,减少施工过程中的生态破坏,具体对策如下:(1) 规范施工区域与作业行为,划定明确的施工范围,严禁超出范围施工,避免破坏周边植被和栖息地;优化施工时序,避开动植物繁

殖、迁徙的关键时期,减少施工活动对生物的干扰;合理布置施工临时设施,减少临时用地占用,施工结束后及时清理、恢复原有地貌。(2)落实水土保持与污染防治措施,施工过程中对开挖、回填区域及时采取植被覆盖、护坡固土等措施,防止水土流失;设置沉淀池、过滤设施,处理施工废水,严禁未经处理直接排入河流、水库;对施工扬尘、噪音进行管控,减少对周边生态环境和生物的影响。(3)加强施工期生态监测与管控,建立施工期生态监测体系,实时跟踪植被破坏、水土流失、水质变化等情况,一旦出现生态扰动超标,立即暂停施工并采取整改措施;安排专人负责施工期生态保护管理,规范施工人员行为,严禁破坏珍稀动植物。

#### 4.3 水库运营阶段的生态调控与设计对策

运营阶段的生态设计核心是通过科学调控,缓解工程运营对生态系统的长期不利影响,维持生态系统的稳定性,具体对策如下:(1)优化水文情势调控,结合河流天然水文节律,合理制定蓄水、泄水方案,模拟自然洪峰过程,保障下游河段的基本生态流量,避免下游河道断流或水位大幅波动,满足水生生物生存、繁殖及植被生长的水资源需求;同时调控水库水温分层,减少水温变化对水生生物的影响。(2)加强水体与栖息地保护,定期开展水库水质监测与治理,及时清除库底淤积的污染物,控制水体富营养化,改善水生生态环境;在水库周边及下游河段,修复水生、陆生栖息地,种植本土植被,投放适宜的水生生物,丰富生物多样性;设置鱼类洄游通道,保障鱼类正常洄游繁殖。(3)建立长期生态监测与优化机制,构建完善的生态监测体系,重点监测水质、生物群落、植被覆盖等生态指标,建立生态影响数据库;根据监测结果,及时优化运营调控方案,针对出现的生态问题,采取针对性的修复与调控措施,实现工程运营与生态保护的协同。

#### 4.4 水库废弃后的生态修复设计对策

水库废弃后,需通过系统性生态修复设计,逐步恢复区域生态系统功能,减少工程遗留的生态影响,具体对策如下:(1)开展废弃水库区域现状勘察,全面排查

废弃水库的遗留生态问题,包括坝体破损、土壤污染、植被退化、栖息地破坏等,明确生态修复的范围、目标和重点,制定科学合理的修复方案,结合区域生态现状,确保修复方案贴合实际、具有可操作性。(2)落实针对性修复措施,对废弃坝体进行拆除或加固处理,清理库区内的废弃设施和污染物,改善土壤环境;开展植被恢复工程,种植本土乔灌木、草本植物,逐步恢复区域植被覆盖度,提升土壤保水保土能力;修复水生栖息地,疏通周边河道,改善水文条件,促进水生生物自然恢复。(3)建立修复后长期管护机制,生态修复完成后,设置专门的管护人员,加强对修复区域的日常管护,定期开展生态监测,及时清理外来入侵物种,防治病虫害,避免植被再次退化;建立长效巡查机制,及时处理修复过程中出现的各类问题,确保生态修复效果长期稳定,逐步实现区域生态系统的自我维持与良性循环<sup>[5]</sup>。

结束语:水库工程的生态保护是一项系统性工程,需贯穿工程全生命周期。本文系统梳理了水库工程对各类生态环境的具体影响,构建了生态设计的核心思路与技术框架,提出了各关键环节可落地的生态设计对策。未来可优化生态设计方案,完善生态监测与管护机制,持续提升水库工程生态效益,为水利工程生态化建设提供更具针对性的支撑。

#### 参考文献

- [1]王思凡,徐慧,任玉峰,龙良红,纪道斌,周华冕.水库建设对河道水温及生态环境的影响研究进展[J].三峡生态环境监测,2025,10(1):2-17.
- [2]易子良.探析水利水电工程规划设计对生态环境的影响与应对策略[J].工程建设与设计,2025(8):35-37.
- [3]王慧.官厅水库库滨带生态修复工程设计研究[J].水利水电技术(中英文),2024,55(S01):211-215.
- [4]崔喜博.水库水环境改善及水生态修复示范工程设计分析[J].低碳世界,2025,15(1):10-12.
- [5]段宪楠.太原市南坪头水库改造工程生态修复设计方案探析[J].山西水利,2025(3):31-33.