

基于生态理念的水利工程施工设计

李沛隆 杨洪莉

山东中泽工程集团有限公司 山东 菏泽 274000

摘要：生态理念为水利工程施工设计提供了新方向，其核心是实现工程建设与生态系统的协同共生。基于生态理念的水利工程施工设计，需遵循生态优先、整体性及最小干扰原则，在选址布局、结构设计、工艺材料选用等方面融入生态考量，并通过构建监测评估体系、推动技术创新及强化施工生态管理提供保障。这一设计模式旨在减少工程对生态环境的扰动，维护生态系统平衡，提升水利工程的综合效益与可持续性。

关键词：生态理念；水利工程；施工设计

引言

随着生态环境保护意识的提升，传统水利工程施工设计中过度强调功能实现而忽视生态影响的弊端日益凸显。如何在满足防洪、灌溉等需求的同时，维护生态系统的完整性与稳定性，成为水利工程领域的重要课题。生态理念为解决这一问题提供了思路，其注重人类活动与自然的和谐共生。本文围绕基于生态理念的水利工程施工设计展开探讨，分析相关原则、要点及保障措施，为推动水利工程的生态化转型提供参考。

1 生态理念与水利工程施工设计概述

1.1 生态理念

生态理念是基于对自然生态系统运行规律的深刻认知，强调生物与环境、生物与生物之间的协同共生关系，追求生态系统整体平衡与可持续发展的思想体系。其核心在于摒弃对自然的过度干预和掠夺式开发，转而采用尊重自然、顺应自然的方式，实现人类活动与生态系统的和谐共存。在具体实践中，生态理念要求关注生态系统的整体性和关联性，任何局部的开发行为都需考量对周边生态要素的连锁影响，避免因单一目标的实现而破坏生态链的整体性。生态理念注重资源的循环利用和生态功能的修复与提升，通过模拟自然生态过程，减少人工干预对生态系统自我调节能力的削弱，使生态系统在保持自身韧性的前提下，为人类提供持续的生态服务。这种理念不仅体现在对现有生态环境的保护上，更贯穿于各类工程建设的全周期，引导人类活动在满足自身需求的同时，为生态系统的稳定与演化预留足够空间。

1.2 水利工程施工设计

水利工程施工设计是结合水文、地质、地形等自然条件，对水利设施的建设流程、技术方案、结构形式进行系统性规划的技术活动，其核心目标是在实现防洪、灌溉、供水、发电等功能的基础上，保障工程的安全

性、经济性和耐久性。施工设计需综合考量工程所在地的水文特征，包括水位变化、水流速度、泥沙淤积等因素，以此确定坝体、渠道、水闸等关键结构的尺寸与布局，确保工程能够适应自然水文过程的动态变化。施工设计需对施工工艺进行优化，选择与地质条件相匹配的开挖、浇筑、支护等技术，减少对周边土体和岩体稳定性的扰动，降低工程建设过程中的安全风险。施工设计还需兼顾工程建成后的运行效率，通过合理布置输水管道、排水系统等设施，减少水资源在输送过程中的损耗，提升水利工程的综合效益。

2 基于生态理念的水利工程施工设计原则

2.1 生态优先原则

在水利工程施工设计进程中，生态优先原则占据核心地位。这要求将生态系统的健康与稳定置于首位考量，使工程建设对生态环境的影响降至最低。例如，在工程选址环节，应深入调研区域生态格局，避开珍稀物种栖息地、重要生态廊道等关键生态区域。若工程不得不穿越此类区域，则需精心设计专项生态保护方案，像构建生态缓冲带、实施生态修复工程等，以此减轻工程建设对生态系统的冲击。在工程材料选择方面，优先采用环保、可降解材料，减少化学合成材料的使用，避免对水体和土壤造成污染。施工过程中，严格控制施工范围，防止超范围作业对周边植被和野生动物栖息地的破坏。生态优先原则贯穿水利工程施工设计始终，是实现工程建设与生态环境保护和谐共生的基石，确保在满足人类用水、防洪等需求的同时，维护生态系统的平衡与稳定^[1]。

2.2 整体性原则

水利工程并非孤立存在，而是与周边生态系统紧密相连，构成一个有机整体。整体性原则强调在施工设计时，需全面综合考虑工程与水文、地质、生物等多方面

生态要素的相互关系。从水文角度看，工程建设不能仅仅着眼于满足防洪、灌溉等单一功能，还需关注对区域水资源循环、河流连通性的影响，确保水流能够正常输送，维持上下游及周边地区的水文平衡。在地质层面，要充分评估工程对土壤结构、稳定性的作用，避免引发滑坡、泥石流等地质灾害，保障区域地质环境安全。对于生物要素，要考虑工程建设对动植物群落结构、物种迁徙等方面的影响，预留足够的生态空间，维持生物多样性。例如，设计合理的鱼道、野生动物通道等，使生态系统的物质循环、能量流动能够顺畅进行。只有遵循整体性原则，才能保障水利工程与生态系统相互协调，发挥出最大的综合效益。

2.3 最小干扰原则

最小干扰原则旨在最大程度降低水利工程施工设计对生态系统的扰动。施工过程中，合理安排施工时间和顺序，尽量避开动植物的繁殖期、迁徙期等敏感时段。例如，在河流生态系统中，若施工涉及河道清淤、筑坝等作业，应选择在枯水期进行，减少对水生生物生存环境的干扰。优化施工工艺，采用先进的技术和设备，降低施工过程中的噪声、粉尘、污水排放等污染。如运用环保型的泥浆护壁钻孔技术，减少施工过程中的泥浆泄漏对水体的污染。加强施工管理，规范施工人员行为，杜绝随意破坏植被、捕杀野生动物等行为。最小干扰原则要求在工程建设的每一个环节，都要以生态系统的稳定为出发点，通过精细规划与严格管理，将工程建设对生态环境的干扰控制在生态系统可承受的范围内，促进水利工程与生态环境的可持续发展。

3 基于生态理念的水利工程施工设计要点

3.1 生态化选址与布局

生态化选址与布局需以区域生态系统的自然本底为基础，通过系统性生态调查明确关键生态敏感区的空间分布特征，包括河流的自然弯曲形态、洪泛区的生态功能、沿岸植被的群落结构等，以此作为工程选址的核心约束条件。在具体布局中，应尊重河流的自然水文节律，避免过度改变河道的天然走向与断面形态，确保水流能够维持自然的冲刷与淤积过程，为水生生物提供多样化的栖息环境，如深潭、浅滩、洄水区等。对于坝体、渠道等主要工程结构，需通过三维生态建模模拟其对周边微气候、地下水文及土壤侵蚀的影响，优先选择对生态系统连通性破坏最小的方案，例如采用低坝设计替代高坝，或通过分散式布局减少集中式工程对生态廊道的阻断。结合地形地貌优化施工场地的分布，将临时设施布置在生态敏感性较低的区域，并保留足够宽度的

自然植被带作为生态缓冲，以缓解工程建设对周边生态系统的直接冲击，维持生态系统的自我修复能力。

3.2 生态友好型结构设计

生态友好型结构设计强调工程结构与生态功能的有机融合，通过模仿自然水体形态与生物栖息地特征，实现水利设施的生态服务功能。在坝体设计中，可采用多孔坝体或闸坝结合的形式，确保一定量的生态流量持续下泄，维持下游河道的基本水文过程与水质条件，避免因断流导致水生生物栖息地丧失。渠道设计需摒弃传统的硬化衬砌方式，转而采用生态护岸技术，如利用植被混凝土、格宾石笼等材料构建具有透水性的岸坡结构，既保障岸坡稳定性，又为微生物、小型水生生物提供生存空间，促进水体自净能力的提升。对于水闸、泵站等控制设施，应增设生态过鱼通道，根据区域鱼类的洄游习性设计合理的水流速度与通道尺寸，配合人工产卵场、索饵场的建设，保障鱼类的繁殖与迁徙需求。在水库调度结构设计中，需考虑分层取水技术的应用，通过调控不同深度的出水水温，减少对下游河道水温的剧烈改变，维持水生生物适宜的生存环境，避免因水温骤变影响鱼类繁殖与藻类生长平衡^[2]。

3.3 绿色施工工艺与材料选用

绿色施工工艺与材料选用是降低水利工程建设过程中生态干扰的关键环节，需从施工技术优化与材料特性评估两方面同步推进。在施工工艺上，优先采用模块化预制、装配式施工等先进技术，减少现场浇筑作业的范围与时间，降低施工过程中产生的粉尘、噪声及废水排放，例如通过工厂预制坝体构件再进行现场拼装，可大幅减少对河道水体的污染。对于基坑开挖、土方转运等易引发水土流失的环节，采用新型支护技术与水土保持措施，如使用生态袋护坡、布设临时植被覆盖等，控制土壤侵蚀量，避免泥沙进入水体造成富营养化。在材料选用上，以环境兼容性为核心指标，优先选择本地天然材料或再生环保材料，如利用工业废渣制备的绿色混凝土、可降解的土工合成材料等，减少水泥、钢筋等传统建材的使用量，降低生产过程中的碳排放与资源消耗。严格限制含有重金属、持久性有机污染物的化学外加剂使用，对施工中使用的润滑剂、脱模剂等辅助材料进行生态毒性检测，确保其在自然环境中可快速降解，避免对土壤与水体造成长期污染。

4 基于生态理念的水利工程施工设计的保障措施

4.1 生态监测与评估体系

(1) 构建覆盖工程全周期的生态监测网络，需整合水文、水质、生物多样性等多维度指标，通过布设自动

化监测设备与定期人工采样相结合的方式，实时追踪工程建设对周边生态系统的动态影响，例如对河道水温、溶解氧、底质结构的连续监测，以及对鱼类种群数量、植被覆盖率的周期性调查，确保数据能够精准反映生态系统的状态。②建立生态影响评估模型，将监测数据与工程施工进度、设计参数进行耦合分析，识别施工活动与生态指标变化的关联性，如量化坝体建设对下游河道流量的影响程度，或评估施工噪声对鸟类栖息地选择的干扰范围，以此判断生态系统的扰动是否处于可承受阈值内，为设计方案的动态调整提供科学依据。③引入生态系统服务功能评估框架，从供给服务、调节服务、支持服务等层面，量化工程建设对区域水资源供给、水土保持、气候调节等生态功能的影响，通过对比工程前后的生态服务价值变化，验证生态设计措施的实际成效，确保工程在发挥水利功能的同时，维持生态系统服务的持续性^[3]。

4.2 技术创新与应用

①研发适用于水利工程的生态友好型技术体系，重点突破生态流量调控、水生生物栖息地修复等关键技术，例如基于水文-生态耦合模型的动态流量管理技术，可根据鱼类繁殖周期自动调节坝体下泄流量，确保关键时段的生态需水；结合3D打印技术的生态护岸构件生产，能精准模拟自然河床形态，为底栖生物提供多样化生存空间。②推广智能化施工监测技术，利用无人机遥感、物联网传感等手段实现施工区域生态参数的实时感知，如通过无人机搭载的高光谱相机监测植被胁迫程度，或利用水下传感器阵列追踪施工区域水体污染物扩散路径，通过数据的实时传输与分析，及时预警生态风险并指导施工工艺优化。③探索生态修复与工程功能融合的技术路径，如将人工湿地技术整合到渠道排水系统设计中，利用湿地植物与微生物的协同作用净化施工废水，同时为鸟类提供栖息场所；研发低影响的坝体拆除与重建技术，在保障工程安全的前提下，最大限度保留原有河道的自然地貌与生物群落结构，减少工程迭代对生态系统的二次干扰。

4.3 施工过程中的生态管理

①制定精细化的施工生态管控方案，根据区域生

态敏感时段与空间特征，划定严格的施工活动边界与时段限制，如在鱼类洄游期暂停河道内作业，或在植被生长旺季限制施工场地扩张，通过动态调整施工计划，避免对生态敏感目标的集中干扰，同时对施工人员进行生态保护技能培训，确保其掌握植被移植、野生动物避让等实操方法。②实施全过程的生态损害修复措施，针对施工中植被破坏、土壤扰动等问题，同步开展即时修复：临时占地采用表土剥离与异地保存技术，施工后及时回覆并种乡土植被；局部水体污染用原位生物修复技术，投放功能性微生物制剂加速降解。确保生态系统在工程建设期内即可启动自我修复进程。③建立施工生态成本核算机制，将生态保护措施的投入与生态损害的潜在成本纳入工程管理体系，如量化植被恢复所需的苗木与养护费用，或评估施工噪声对周边渔业生产的间接影响，通过成本效益分析优化生态管理措施，在保障生态保护效果的同时，提高资源投入的精准性与有效性，实现施工过程中生态保护与工程进度的协同推进^[4]。

结语

综上所述，基于生态理念的水利工程施工设计是实现工程建设与生态保护协同发展的关键路径。通过坚守生态优先、整体性和最小干扰原则，在选址布局、结构设计、工艺材料等环节融入生态思维，并依托监测评估、技术创新和施工管理等保障措施，可有效降低工程对生态系统的扰动。这一设计模式不仅能保障水利工程功能的实现，更能维护生态平衡，为水利事业的可持续发展注入持久动力，对推动人与自然和谐共生具有重要意义。

参考文献

- [1]黄刚.基于生态理念的水利工程施工设计[J].中国房地产业,2020(3):243.
- [2]谈爱民.基于生态理念的水利工程施工设计分析[J].城市周刊,2021(45):81-82.
- [3]冯宝森.浅议基于生态理念的水利工程施工设计[J].百科论坛电子杂志,2021(10):1633.
- [4]刘琦.基于生态理念的农田水利工程设计[J].数字农业与智能农机,2022(8):42-44.