# 基于生态友好理念的水利枢纽工程总体布置优化研究

张强喜

新疆兵团水利水电工程集团有限公司　新疆　乌鲁木齐　833100

**摘　要：**本文围绕基于生态友好理念的水利枢纽工程总体布置优化展开深入探讨。首先强调生态友好理念对水利枢纽工程可持续发展的关键意义，剖析传统布置模式在生态方面的诸多弊端。接着从生态流量精准调控、鱼类洄游通道科学设计、水陆生态交错带保护与修复以及景观生态融合等多维度提出具体优化策略，旨在为水利枢纽工程实现生态保护与工程效益的有机统一提供全面、深入且具有可操作性的理论依据与实践参考。

**关键词：**生态友好理念；水利枢纽工程；总体布置优化；生态环境保护；可持续发展

## 1 引言

水利枢纽工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，在防洪、发电、灌溉、供水等方面发挥着不可替代的作用，有力地推动了社会经济的发展。然而，传统水利枢纽工程在规划、设计和建设过程中，往往过度关注工程自身的功能实现和经济效益，对生态环境的考量相对不足。这导致工程建设和运行过程中引发了一系列生态环境问题，如河流生态流量减少、水生生物栖息地破坏、鱼类洄游受阻、水陆生态交错带功能退化等，严重影响了河流生态系统的健康与稳定。

随着全球生态环境问题的日益突出和人们环保意识的不断提高，可持续发展理念逐渐深入人心。生态友好理念强调在水利枢纽工程的全生命周期中，充分考虑生态系统的需求和保护，实现工程建设与生态环境保护的协调共进。总体布置是水利枢纽工程规划设计的核心环节，直接决定了工程的生态影响程度。因此，开展基于生态友好理念的水利枢纽工程总体布置优化研究，对于促进水利行业的可持续发展具有重要的现实意义。

## 2 生态友好理念在水利枢纽工程中的重要性

### 2.1 维护河流生态系统完整性

河流生态系统是一个复杂的动态系统，由水体、生物、底泥等多个要素组成，各要素之间相互依存、相互作用，共同维持着生态系统的平衡和稳定。水利枢纽工程的建设和运行会改变河流的水文情势、水动力条件和生态环境，对河流生态系统的结构和功能产生深远影响。基于生态友好理念的总体布置优化可以最大程度地减少工程建设对河流生态系统的干扰和破坏，保障河流生态系统的完整性和健康运行。

### 2.2 保护生物多样性

河流是众多生物的栖息地和繁殖场所，蕴含着丰富的生物多样性。水生生物在河流生态系统中扮演着重要的角色，它们不仅参与了物质循环和能量流动，还为人类提供了丰富的食物资源和生态服务。传统水利枢纽工程往往会阻断鱼类的洄游通道，破坏水生生物的栖息环境，导致生物多样性下降[1]。通过生态友好的总体布置优化，如设置鱼类洄游通道、保护水生生物栖息地等措施，可以为生物提供适宜的生存环境，促进生物多样性的保护和恢复。

### 2.3 保障水资源可持续利用

水资源是人类生存和发展的重要基础，水利枢纽工程在水资源的调配和管理中发挥着关键作用。生态友好的总体布置优化可以确保水利枢纽工程在满足人类用水需求的同时，保障河流生态系统的基本生态流量，维持水体的自净能力和生态功能，从而实现水资源的可持续利用。

### 2.4 促进社会经济发展与生态环境保护的协调统一

随着社会经济的发展和人们生活水平的提高，人们对生态环境质量的要求也越来越高。生态友好型水利枢纽工程不仅可以提供可靠的水资源保障和防洪安全，还能改善河流生态环境，为人们提供休闲娱乐场所，促进旅游业等相关产业的发展，实现社会经济发展与生态环境保护的良性互动和协调统一。

## 3 传统水利枢纽工程布置存在的问题

### 3.1 生态流量保障机制不完善

传统水利枢纽工程在设计时，往往根据工程的供水、发电等需求确定下泄流量，对河流生态流量的考虑不够充分。缺乏科学的生态流量计算方法和有效的保障机制，导致在干旱季节或工程运行过程中，河流下游生态流量得不到保障，河道断流、湖泊干涸等现象时有发生，严重影响了河流生态系统的健康。

### 3.2 鱼类洄游通道设计不合理

许多水利枢纽工程没有考虑鱼类的洄游需求，未设置鱼类洄游通道或设置的通道不合理。鱼道坡度过大、水流速度过快、休息池设置不足等问题，使得鱼类无法顺利完成洄游繁殖、索饵等生命活动，导致鱼类种群数量减少，河流生态系统的食物链遭到破坏。

### 3.3 水陆生态交错带破坏严重

水利枢纽工程建设过程中，往往会占用大量的土地

资源，破坏原有的水陆生态交错带。水陆生态交错带是陆地生态系统和水生生态系统之间的过渡区域，具有丰富的生物多样性和独特的生态功能，如调节气候、涵养水源、净化水质等。其破坏会导致生态系统服务功能下降，如水土流失加剧、水质恶化、生物入侵加剧等。

3.4 景观生态效果不佳

传统水利枢纽工程在布置时，往往只注重工程的功能性，对景观生态的考虑较少。工程建筑物形式单一，与周边自然环境不协调，缺乏景观美学价值。同时，工程建设过程中对周边植被的破坏和土地的扰动，也影响了区域的景观生态质量。

3.5 缺乏生态监测与评估体系

传统水利枢纽工程在建设和运行过程中，缺乏完善的生态监测与评估体系，无法及时、准确地掌握工程建设对生态环境的影响程度和变化趋势。这使得在工程运行过程中难以及时采取有效的生态保护和修复措施，导致生态环境问题不断积累和恶化。

## 4 基于生态友好理念的水利枢纽工程总体布置优化策略

4.1 生态流量精准调控优化

4.1.1 科学确定生态流量

综合考虑河流生态系统的需求、水资源状况、工程特点和区域生态环境保护目标等因素，采用生态水文学、生态水力学等方法，科学确定水利枢纽工程在不同时段的下泄生态流量。例如，对于具有重要生态功能的河流，可参考国内外相关标准和研究成果，结合本地实际情况确定生态流量；对于受人类活动影响较大的河流，可采用水文模拟和生态模型相结合的方法，预测不同生态流量下河流生态系统的响应，从而确定合理的生态流量。

4.1.2 优化水库调度方案

在水库调度过程中，充分考虑生态流量的需求，合理安排水库的蓄水和放水过程。采用生态调度模式，根据河流生态系统的季节性变化特点，适时增加下泄流量，模拟自然水文情势，为河流生态系统提供适宜的水文条件[2]。例如，在鱼类繁殖期，增加下泄流量以形成适宜的水流刺激，促进鱼类的繁殖；在干旱季节，保障下游生态用水，维持河流的基本生态功能。

4.1.3 建立生态流量监测与预警系统

建立完善的生态流量监测网络，实时监测河流生态流量变化情况。利用先进的水文监测技术和数据分析方法，对生态流量数据进行实时分析和处理，及时发现生态流量异常情况。同时，建立生态流量预警机制，当生态流量低于警戒值时，及时发出预警信号，以便采取相应的措施保障生态流量的下泄。

4.2 鱼类洄游通道科学设计优化

4.2.1 通道类型选择

根据鱼类的生物学特性和水利枢纽工程的具体情况，选择合适的鱼类洄游通道类型。常见的鱼类洄游通道类型包括鱼道、鱼闸、升鱼机等。鱼道适用于洄游鱼类种类较多、流量较小的工程；鱼闸适用于大流量、水位变幅较大的工程；升鱼机适用于高坝工程。例如，对于一些珍稀濒危鱼类的洄游，可采用仿自然鱼道，模拟自然河流的水流条件，提高鱼类的洄游成功率。

4.2.2 通道位置和布局设计

鱼类洄游通道的位置应选择在鱼类洄游路线上的关键节点，如坝址附近、支流汇入口等。通道的布局应与河流的自然流向相一致，减少对鱼类洄游的阻碍。同时，在通道内设置适宜的休息池、诱导设施等，为鱼类提供休息和导向的场所。休息池的间距应根据鱼类的游泳能力和体力恢复情况合理确定，诱导设施可采用声、光、电等手段，引导鱼类顺利通过通道。

4.2.3 通道水力学参数优化

对鱼类洄游通道的水力学参数进行优化设计，确保通道内的水流速度、水深、坡度等参数满足鱼类的洄游需求。通过水力学模型试验和数值模拟等方法，研究不同水力学参数下鱼类的洄游行为和通过能力，从而确定最优的水力学参数[3]。例如，鱼道的水流速度应控制在鱼类能够适应的范围内，一般不超过鱼类的临界游泳速度；鱼道的坡度应尽量平缓，以减少鱼类的体力消耗。

4.3 水陆生态交错带保护与修复优化

4.3.1 减少工程占地

在水利枢纽工程规划和设计过程中，优化工程布局，尽量减少对水陆生态交错带的占用。采用先进的工程技术和管理措施，提高土地利用效率，降低工程建设对生态环境的破坏程度。例如，采用紧凑型布置方式，减少建筑物占地面积；合理规划施工场地，避免对周边生态环境的过度扰动。

4.3.2 生态修复措施

对已经受到破坏的水陆生态交错带，采取生态修复措施进行恢复。种植适合当地生长的湿地植物，恢复植被覆盖，提高生态系统的稳定性和自我修复能力。构建人工湿地，利用湿地的净化功能改善水质，为水生生物提供栖息场所。设置生态护岸，采用天然材料或生态型护岸结构，减少水土流失，保护河岸生态环境。例如，采用植草护岸、石笼护岸等生态护岸形式，既能够保护河岸稳定，又能够为生物提供栖息和繁殖的场所。

4.3.3 生物入侵防控

加强对水陆生态交错带生物入侵的防控，防止外来物种的入侵对本地生态系统造成破坏。建立生物入侵监测预警体系，及时掌握外来物种的入侵情况和扩散趋势。采取物理、化学和生物等综合防控措施，控制外来

物种的传播和蔓延[4]。例如，对于一些危害较大的外来入侵植物，可采用人工清除、化学防治和生物防治相结合的方法进行防控。

4.4 景观生态融合优化

4.4.1 建筑物形式设计

在水利枢纽工程建筑物设计中，充分考虑与周边自然环境的协调性，采用生态型建筑形式和材料。例如，采用仿自然式的堤岸设计，使工程建筑物与自然景观融为一体；选用环保型建筑材料，减少对环境的污染。同时，注重建筑物的色彩搭配和造型设计，使其与周边环境相协调，提高工程的景观美学价值。

4.4.2 景观元素配置

合理配置水利枢纽工程周边的景观元素，如绿化植被、水体景观、休闲设施等。打造具有生态教育、休闲娱乐等功能的景观区域，提高工程的景观生态价值。例如，在工程周边种植多样化的植物，形成层次分明的植被景观；设置亲水平台、观景亭等休闲设施，为人们提供亲近自然、享受生态的场所。

4.4.3 景观文化融合

将当地的历史文化、民俗风情等元素融入到水利枢纽工程的景观设计中，赋予工程独特的文化内涵。通过景观文化的融合，不仅可以提高工程的文化品位和吸引力，还能够促进当地文化的传承和发展。例如，在工程周边设置文化广场、主题雕塑等景观设施，展示当地的历史文化和水利文化。

4.5 生态监测与评估体系建立优化

4.5.1 监测指标体系构建

建立完善的生态监测指标体系，涵盖水文、水质、生物、生态功能等多个方面。根据水利枢纽工程的特点和生态环境保护目标，确定具体的监测指标和监测频率。例如，监测指标可包括生态流量、水质参数、鱼类种群数量、植被覆盖度等。

4.5.2 监测方法与技术应用

采用先进的监测方法和技术，提高生态监测的准确性和时效性。利用遥感、地理信息系统、全球定位系统等技术手段，实现对生态环境的大范围、动态监测。同时，结合传统的现场监测方法，获取详细的生态环境数据。例如，利用卫星遥感技术监测河流水域面积和水质变化情况；利用水下声学设备监测鱼类的分布和活动情况。

4.5.3 评估模型与方法选择

选择合适的评估模型和方法，对水利枢纽工程的生态环境影响进行定量评估。常用的评估方法包括生态足迹法、生态系统服务价值评估法、生态风险评估法等。根据评估目的和数据特点，选择合适的评估模型和方法，为工程的生态保护和修复提供科学依据。例如，采用生态系统服务价值评估法评估水利枢纽工程建设和运行对区域生态系统服务功能的影响，为工程的生态补偿提供参考。

## 结语

本文基于生态友好理念，对水利枢纽工程总体布置优化进行了系统深入的研究。通过分析传统水利枢纽工程布置存在的问题，提出了生态流量精准调控、鱼类洄游通道科学设计、水陆生态交错带保护与修复、景观生态融合以及生态监测与评估体系建立等多方面的优化策略。未来，随着生态友好理念的进一步深入人心和水利技术的不断创新，水利枢纽工程总体布置优化将面临更多的机遇和挑战。一方面，需要进一步加强多学科交叉融合，综合运用生态学、水文学、水力学、景观学、管理学等多学科知识，为水利枢纽工程的生态友好型建设提供更加科学、全面的技术支持。另一方面，应加强国际合作与交流，借鉴国外先进的生态保护理念和技术经验，结合我国实际情况，不断完善水利枢纽工程总体布置优化的理论和方法体系。同时，还需要加强公众参与和宣传教育，提高社会各界对生态友好型水利枢纽工程的认识和支持，共同推动水利行业的可持续发展。

## 参考文献

[1]王童,翁丽珠,陈际旭.新疆某水利枢纽工程水土保持生态景观设计研究[J].水利水电工程设计,2023,42(02):4-6+53.

[2]卢捷,蔡士祥.黄藏寺水利枢纽工程建设中的生态环境保护分析[J].人民黄河,2023,45(S2):3+9.

[3]王煜,彭少明,尚文绣,等.大型水利枢纽工程生态效益评估关键技术[M].中国水利水电出版社:202104.239.

[4]黄海真,王娜,周伟东,等.东庄水利枢纽工程水生态影响分析及对策[J].水利水电快报,2020,41(05):57-60+65.