

施工过程中,应通过多种手段进行实时监控,确保防渗层的施工质量。对于粘土防渗层,可以通过测量其密实度和渗透系数,判断施工层的质量是否符合设计要求。混凝土防渗墙的施工监控主要依靠强度测试和裂缝检测,确保混凝土的强度和抗渗性能达到要求。对于土工膜,施工后需要进行膜的张力测试和接缝密封测试,确保没有渗漏风险。现场还应设置渗流监测装置,通过渗水量的监控及时发现施工中的问题。施工过程中,任何一项数据的异常都应立即进行整改,确保最终防渗效果不受影响。通过全面的监控手段,能够最大限度地减少施工中的质量隐患,确保防渗体系的长效运行。

### 5.3 防渗体系施工中的质量控制措施

土石坝防渗体系施工中的质量控制措施主要包括材料选择、施工工艺、监测体系和验收标准等方面。首先,材料的选择应根据设计要求和当地的实际情况,选择适当的防渗材料,确保其具有足够的抗渗能力和长期稳定性。施工过程中,要严格遵守施工规范,确保防渗层的厚度和密实度符合设计标准。对于高分子膜材料,要特别注意接缝处理,采用合适的热焊接技术,确保接缝不出现漏水现象。监测体系的建设也十分重要,应设置专门的渗流监测点和传感器,对施工过程进行实时监控。最后,施工结束后,应进行严格的验收,验收内容包括渗透性测试、强度测试以及膜的拉伸测试等,确保防渗效果达到设计要求<sup>[1]</sup>。通过这些严格的质量控制措施,可以有效保证防渗体系的长期稳定性与安全性。

## 6 土石坝防渗体系的安全性能分析

### 6.1 防渗体系的安全性评价方法

土石坝防渗体系的安全性评价方法主要通过渗透性测试、结构稳定性分析和长期运行监测等手段来综合评估。渗透性测试是通过测定防渗层的渗透系数来判断其防渗效果是否符合设计要求。渗透系数通常控制在  $10^{-7}$  m/s 以下,确保水流渗透受到有效阻挡。结构稳定性分析则通过计算坝体在不同水位、气候和地质条件下的变形情况,评估防渗层对坝体的支持能力。数值模拟方法广泛应用于这种分析中,通过建立坝体的物理模型并考虑水流和土体的相互作用,预测可能的失稳情况。长期运行监测手段包括设置渗流观测井、地面沉降监测仪等,持续跟踪坝体防渗性能和结构稳定性,提前发现潜在的安全隐患。综合考虑这些评价方法,可以全面判断防渗体系的安全性,为后期的维护和管理提供依据。

### 6.2 防渗体系在不同工况下的稳定性分析

土石坝防渗体系在不同工况下的稳定性受到多种因素的影响,包括水位波动、地下水流动、地质条件变化等。水

位波动是影响防渗体系稳定性的关键因素之一,高水位下水流的渗透压力增加,可能导致防渗层的破坏。通过数值模拟,可以分析不同水位变化对防渗层的影响,预测水流渗透的路径以及坝体变形的情况。地下水流动情况也对防渗层的稳定性产生影响,在渗透水较多的区域,防渗层的渗透性可能会增加,从而降低坝体的整体稳定性。地质条件的变化也是影响稳定性的重要因素,土层的密实度、粘土层的厚度等都会对防渗性能产生不同程度的影响。在这些变化的工况下,通过加强监测和优化设计,可以有效提高防渗体系的稳定性,确保土石坝在不同工况下的安全运行<sup>[4]</sup>。

### 6.3 土石坝防渗体系失效模式及防控措施

土石坝防渗体系的失效模式主要包括渗透水破坏、裂缝扩展和防渗层老化等。渗透水破坏通常发生在防渗层材料出现缺陷或接缝处密封不严时,水流通过渗透层造成坝体结构的破坏。裂缝扩展则可能由于水位变化或土体沉降导致防渗层的结构性破坏,裂缝的扩展会加速渗流水的渗透速度,进一步危及坝体的稳定。防渗层老化主要是由于长时间的水流冲刷、环境因素或材料劣化导致防渗层性能下降。在防控措施方面,应从材料选择、施工工艺和长期监测三个方面入手。采用耐久性较强的材料,定期进行防渗层的检查与修复,及时处理出现的裂缝或缺陷,以保持防渗性能。加强水位波动和渗透水流量的监控,实时调整防渗层的运行状态,能够有效防止失效模式的发生。此外,定期的坝体检查和及时的加固措施对于防止防渗体系的失效具有重要意义。

## 7 结语

土石坝防渗体系的设计与施工对于保障水库的安全运行至关重要。通过对防渗体系结构类型、材料选择、施工技术及其安全性进行深入分析,可以明确不同坝址条件下的最佳防渗方案。在实践中,合理的防渗设计不仅能有效减少渗流,防止坝体失稳,还能提升坝体的整体安全性。防渗体系的长期运行监测与质量控制同样是确保其稳定性与可靠性的关键。未来,随着技术的发展,土石坝防渗体系将在材料创新和智能监控方面不断完善,以应对复杂环境变化的挑战,确保土石坝的长期安全运行。

### 参考文献

- [1] 代青松.基于AutoBank的土石坝渗流稳定计算及复合防渗体系优化研究[J].中国水运,2025,(14):36-37+43.
- [2] 吴建兵,刘婉纯,雷进生,杨宇,周园园.加高扩建土石坝防渗形式及连接体系分析[J].安徽建筑,2024,31(08):119-121.
- [3] 孟源.不良地质条件下的土石坝渗流稳定性分析[J].黑龙江水利科技,2023,51(06):31-33+61.
- [4] 彭昆,马雅丽.基于Midas的不同土石坝防渗体系效果分析[J].水利科技与经济,2020,26(01):43-47.

# Study on Ecological Environmental Impact and Ecological Compensation Mechanism of Water Resources and Hydropower Projects

Saiyi Zhang

Xintang Electric Irrigation Station, Hengnan County, Hengyang, Hunan, 421100, China

## Abstract

The rapid development of hydropower projects has caused significant damage to natural ecosystems. To achieve ecological conservation goals, comprehensive research is needed to examine how hydropower construction impacts regional ecosystems and develop practical approaches for designing and implementing ecological compensation mechanisms. Through meticulous planning and rigorous management measures, negative environmental impacts from hydropower projects can be substantially mitigated. Establishing a robust ecological compensation system will facilitate achieving a balance between economic development and ecological protection. This study provides crucial theoretical foundations and actionable recommendations for promoting environmentally sustainable hydropower development and advancing ecological civilization initiatives.

## Keywords

Water conservancy and hydropower engineering; Ecological and environmental impact; Ecological compensation mechanism

## 水利水电工程生态环境影响及其生态补偿机制研究

张赛贻

衡南县新塘电灌站, 中国·湖南 衡阳 421100

## 摘要

水利水电工程的快速发展给自然环境带来了很大的破坏。针对保护生态的目标, 全面研究水利水电建设如何影响区域内的生态系统, 以及怎样设计并实施生态补偿机制的具体办法。依靠周密的计划和严格的管理措施, 可以明显减少水利水电工程带来的负面环境问题。建立一个完善的生态补偿制度, 能够帮助实现经济发展和保护生态之间的平衡状态。这项研究为推动环保型水电开发和生态文明建设提供了重要的理论依据和实际操作的参考建议。

## 关键词

水利水电工程; 生态环境影响; 生态补偿机制

## 1 引言

水利水电工程是保障国民经济与区域发展的重要基础建设项目, 规模持续扩大、技术不断进步。然而, 工程建设在实现能源高效利用、防洪抗旱、合理分配水资源的同时, 对自然环境的不利影响日益凸显。据统计, 部分工程项目区域自然生态系统的结构与功能发生明显改变, 物种数量和分布范围受损。这促使专家学者及政府部门重视工程建设中的生态保护与环境恢复。过去研究多聚焦于单个工程对当地生态的影响评价, 对构建全面科学的生态保护补偿机制关注不足, 未将经济发展目标与环境承受能力相结合。随着生态文明思想传播及《中华人民共和国生态环境保护法》等法规实

施, 为建立跨部门、跨地区的生态保护补偿制度提供了依据。本文拟从生态保护视角, 分析水利水电工程对当地生态的影响原因, 探讨设计生态保护补偿机制的方法, 以实现经济发展与生态保护和谐共存, 为绿色水电开发及生态文明建设提供参考。

## 2 背景与现实概况

### 2.1 水利水电发展历程与现状

水利水电工程是调节水资源、提供清洁能源的关键基础设施, 对经济社会发展作用重大。回溯历史, 古代以小型灌溉系统和防洪措施开启水资源利用篇章。工业化时代, 能源需求与技术进步推动大型水利工程兴起, 水电站作为环保能源利用方式广泛普及。二十世纪中后期, 各国陆续建成梯级开发的大型水电系统, 为经济增长、能源供应和社会稳定提供关键支撑。当下, 全球能源结构优化与碳排放管控需求

【作者简介】张赛贻(1974—), 男, 中国湖南衡南人, 本科, 工程师, 从事水利水电工程管理研究。

下,水利水电迎来新发展契机,绿色水电成为低碳经济与能源转型的关键依托,新项目不断涌现。然而,其迅猛发展也暴露出对生态系统的负面影响,如河道径流改变、生物栖息地破坏、水质退化等。因此,如何协调水利水电发展与生态保护成为社会关注焦点,探讨可持续解决方案是各国共同目标,对推动绿色水电开发和生态文明建设意义深远。

## 2.2 区域生态状态及面临挑战

在水利水电工程迅猛扩张下,区域生态状况显著改变。一些区域因工程建设,生态功能减弱,如河流生态系统连通性遭破坏、水生生物栖息地缩小、土地被占用,导致生物多样性减少、自然资源承载力下降。工程运行引发水文条件波动,像河流流量分配不均、泥沙淤积增多、水质变差,给区域生态平衡带来压力。局部气候也受水库间接影响,出现微小气候变动。部分工程初期未重视生态因素,生态脆弱区保护措施难落实,出现湿地缩小、植被质量下降等问题。这不仅威胁区域生态稳定,还影响经济长远发展和居民生活,需科学评估环境,完善生态补偿方案,实现生态与工程和谐共存。

## 3 工程运行对生态效应的作用机理

### 3.1 环境效应的主要特征

水利水电工程的运作对于区域生态环境造成了多方面的冲击,环境效应表现出明显的特性。水域生态环境出现显著变动。水利水电工程依靠水流调节改变了常规的水文状况,例如水位起伏、流量分配和水温格局等方面,造成河流生态系统的连贯性变差,干扰了水生生物生存环境的稳固以及物种的丰富程度。因为大坝建造和库区发育,土地利用模式遭到重大调整,某些区域的动植物生存场所遭受淹没或者分割,从而引起区域生态系统效能的下降。水质变异同样是一种突出的现象,工程运作或许引发富营养化现象和水体污染的扩散,危及水生态系统的完好无损。水土流失加剧以及沉积物流动方式的变动,亦进一步干扰区域生态环境的持久性。水利水电工程运作的的环境效应体现出复杂性和普遍性,既涉及自然生态系统的直接作用,也伴随社会经济活动的扩大而产生间接效果。上述特性说明,探究并且妥善管理工程运作的生态作用,为维护区域生态环境的安全成为一项关键任务。

### 3.2 生态响应的内在机制

水利水电工程运作对于生态系统的影响牵涉繁杂的生态反应机制,它的内在机制首要体现于生物链结构和生态功能的变动。工程干扰了天然水文过程,造成流域中水文条件及栖息地分布的明显转变,直截作用于水生生物的生活环境。水体温度和水质的变动对于生态平衡造成干扰,或许引起种群多样性减少以及关键物种的混乱。植被分布和土壤湿度的变动更进一步恶化生态系统的易感性,作用于下游区域的生态服务功能。详尽探讨这些内在联系对于预估工程造成的生态效应及拟定调整措施拥有关键意义。

### 3.3 工程运行与生态系统间的互动

工程运行与生态系统间的互动首要体现于对生态环境的直观和非直接作用。水利水电工程于改造水文条件、阻挡泥沙和作用于下游水资源供给方面,同生态系统构建繁杂的相互关系。水库的建立转变了区域湿地分布,作用了生物多样性。水流调控或许损害鱼类的繁殖通道,引起种群数量下降。工程运行引起的热岛效应和土地利用变化,亦更深入作用了区域生态的稳定性和可持续性,对生态系统功能造成隐性危害。借助合理调节运行方式,可以推动二者关系的均衡和改进。

## 4 生态补偿体系的构架

### 4.1 补偿主体界定与标准制定

确定补偿主体属于生态补偿体系搭建最基本的部分,决定整个系统能不能顺畅运作并且发挥效果。水利工程里面,补偿主体主要包含政府部门、工程建设单位还有得到好处的群体。政府部门属于政策制定者和执行者,必须承担起生态补偿的领导责任,负责协调各种利益相关方一起行动,还要监督补偿资金怎样公平分配并且真正用到需要的地方。工程建设单位因为破坏了生态平衡,所以也能获得开发带来的好处,必须主动承担起补偿责任,拿出钱或者进行生态恢复工程来填补自己造成的生态损害。得到好处的群体因为使用了资源或者接受了相关收益,就应当向补偿系统缴纳相应的费用,这些费用用来帮助维护整个系统的正常运转。

拟定补偿标准需要全面考虑各种因素。根据生态损害大小和具体状况来确定补偿费用,同时结合生态服务价值的评估结果、恢复治理的实际花费以及当地经济的承受能力来进行综合分析。制定出公正合理的标准,能够帮助补偿资金得到充足筹集,同时也能激励各方参与进来,最终达到经济效益和生态效益的协调统一。

### 4.2 机制运行与实施路径

生态补偿机制的运作必须把科学规划和多方合作当作基础,通过制定政策、提供资金以及运用技术这些方式来保证补偿措施能够真正起到作用。一定要搭建一个信息共享的平台,用来完成工程建设可能带来的生态影响数据化监控和评估工作,这样就能准确发现补偿的具体需求和覆盖的范围。同时,还要优化补偿资金的筹集和分配方式,明确规定所有利益相关方各自应该承担的责任和义务,确保补偿资源能够一直得到充足供应。可以尝试引入一些市场化的运作方法,比如通过生态服务交易或者参与碳市场机制等方式,来帮助完成生态修复和自然资源的有效保护。还要加强法律法规的约束作用,确保补偿标准和执行进度都公开透明,提升政策落实的实际效果,最终形成一种能够长期坚持并不断优化的运作模式。

### 4.3 补偿体系的实践模式探讨

探索生态补偿体系的具体实施方法,目的是让生态保护和工程建设能够平衡发展,避免相互冲突。根据每个地方