

水电站绿色能源高效开发利用路径

胡速欣

(温州市电力工程学会, 浙江 温州 325000)

摘要 在全球应对气候变化和能源转型的大背景下, 绿色能源的开发利用成为可持续发展的关键。水电站作为一种成熟的可再生能源发电方式, 在能源结构调整中具有不可替代的地位。水电站的开发利用在其建设和运营过程中面临着诸多挑战, 不仅影响了水电站绿色能源开发的效率, 也对周边环境和社会发展产生了一定的制约。探索水电站绿色能源高效开发利用的路径, 对于实现能源可持续发展、环境保护以及区域协调发展具有重要意义。本文对水电站绿色能源高效开发利用路径进行探讨, 以供相关从业人员参考。

关键词 水电站; 绿色能源; 高效开发利用

中图分类号: TV7

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.01.024

0 引言

水电站是利用水能资源进行发电的重要设施, 具有清洁、可再生、无污染等优点, 是能源结构优化的重要选择。随着水电站的快速发展也暴露出了一系列问题, 如何平衡水电站开发与生态保护的关系, 实现水电站绿色能源的高效开发利用, 成为当前亟待解决的问题。

1 水电站绿色能源高效开发利用路径的意义

1.1 有利于应对能源与环境的挑战

从能源供应角度来看, 高效开发利用水电站能够增加清洁能源在能源结构中的占比。传统化石能源储量有限且在开采、使用过程中产生大量温室气体和污染物, 水电则避免了这些问题^[1]。我国西南地区水能资源丰富, 积极开发当地水电站可以有效缓解东部地区的电力紧张状况, 减少对煤炭发电的依赖, 提高能源供应的稳定性和安全性。从环境保护方面来说, 水电站绿色能源的高效开发利用有助于改善环境质量。与传统能源相比, 水电在运行过程中几乎不产生二氧化碳等温室气体排放, 通过合理规划和运营水电站, 可以调节河流流量, 在枯水期保证一定的生态用水, 维持河流生态系统的稳定, 减少因水资源不合理利用引发的生态退化, 对生物多样性保护也有着积极意义。

1.2 有利于促进区域可持续发展

在经济发展方面, 水电站的建设和运营带动了上下游众多产业的发展。在建设期间大量的物资采购和劳动力需求刺激了当地经济的增长; 在运营阶段不仅持续提供电力这种重要的能源产品, 还能通过电力销售增加地方财政收入。从社会发展的角度来看, 水电

站的开发可以改善当地的基础设施条件。为了保障水电站的建设和运营, 周边地区的交通、通信、供水等基础设施往往会得到相应的完善。通过合理的移民安置规划, 可以将移民安置与区域发展相结合, 为移民提供新的发展机会, 提高当地居民的生活水平和质量, 促进区域社会的和谐稳定发展。

2 水电站绿色能源开发利用中存在的问题

2.1 生态影响问题

在河流生态系统方面, 大坝的建设阻断了河流的连续性, 这对鱼类的洄游产生了严重阻碍。许多鱼类依赖季节性的洄游来繁殖和觅食; 改变了河流的水动力条件, 影响了河床的冲刷和淤积模式。原来的深潭和浅滩结构被破坏, 这对依赖这些特殊生境的水生生物、底栖生物等造成生存危机^[2]; 水库蓄水会淹没大片的陆地, 包括森林、湿地等生态系统。这些地区是许多野生动植物的栖息地, 栖息地的丧失直接威胁到物种的生存, 珍稀植物因淹没而灭绝。

2.2 技术局限问题

在水能转换效率方面, 现有的技术仍有提升空间, 老旧水电站的水轮机等设备, 由于设计和制造技术当时的局限性, 在将水能转化为电能的过程中存在能量损失; 水电站设备的老化问题严重, 许多早期建设的水电站, 其设备经过多年运行面临着磨损、腐蚀等问题, 大坝的混凝土结构随着时间推移出现裂缝, 而发电机组的关键部件也逐渐老化, 这不仅影响发电效率, 还存在安全隐患。在应对极端情况的技术能力不足时, 在洪水期如何确保水电站既能有效泄洪, 又能保证发电设备的安全稳定运行是一个难题。

2.3 社会经济矛盾问题

建设水电站需要淹没大片土地，这就导致大量居民需要搬迁。在移民安置过程中存在着补偿标准不合理的状况，一些地方由于对移民的土地、房屋等资产评估不公正，使得移民获得的补偿难以维持他们原有的生活水平。很多移民安置点的就业机会匮乏，教育、医疗等公共服务设施不完善，导致移民的生活质量难以得到保障。水电站的建设和运营虽然能够带动区域经济发展，但在利益分配上存在偏向于投资方或少数企业的状况。周边的居民和地方政府无法充分享受到水电站带来的经济利益，水电税收分配不合理，周边社区没有得到足够的扶持来发展相关产业。

2.4 管理与规划问题

整体规划缺乏统筹性，不同地区的水电站建设缺乏统一的、长远的规划，各个项目之间缺乏有效的协调。水电开发与其他产业发展规划的衔接也不紧密，水电开发本应与当地的农业、工业和旅游业等相互促进，但实际中存在脱节现象，没有形成协同发展的良好格局。管理体制存在漏洞，在水电站的建设和运营管理过程中，涉及多个部门，部门之间的职责划分不明确，容易出现管理上的重叠和空白。在项目审批环节由于部门之间沟通不畅，导致审批流程繁琐、效率低下，影响项目的建设进度。

2.5 环境风险问题

水电站的建设会引发地质灾害风险，大坝的修建改变了河流的自然水流状态和地质结构，在一定程度上增加山体滑坡、泥石流等地质灾害的发生概率^[3]。水库蓄水导致库区周边土壤盐渍化和沼泽化，长期的蓄水使得地下水位上升，土壤中的盐分被带到地表，造成盐渍化现象，影响周边植被生长和农业生产。水电站运行过程中会对水生生物造成影响，大坝阻隔了鱼类的洄游通道，影响鱼类的繁殖和生存。水电站在遭遇极端天气或自然灾害时面临溃坝风险，一旦发生溃坝将对下游地区造成巨大的生命和财产损失，带来严重的环境灾难。

3 水电站绿色能源高效开发利用的有效路径

3.1 优化水电站选址与考虑生态因素

在河流规划阶段，对流域的综合考量是水电站可持续发展的基石。水能资源分布决定了水电站的潜在发电能力，全面评估有助于找到最具开发价值的区域。地形地貌影响着工程建设难度和成本，如高山峡谷地区虽水能丰富但施工难度大，需权衡利弊。生态环境特点则是保护的关键，尤其要避免在鱼类洄游通道关

键节点和珍稀动植物栖息地选址。长江流域某些江段是多种珍稀鱼类的洄游必经之路，若在此建设水电站且无有效保护措施，将严重破坏鱼类种群结构。一些山区的特殊植物群落因淹没而消失。选址时要进行详细的生态调查，分析不同地段的生态敏感性，利用地理信息系统等技术手段，对各种因素进行叠加分析，从而精准定位对生态影响最小且水能资源丰富地段，确保水电站建设与生态保护协调发展。

3.2 统筹流域内水电站布局规划

统筹规划流域内水电站布局对于整体水能资源高效利用至关重要，上下游的水量和落差是布局的关键要素。水量充沛且落差大的区域适合建设大型水电站，而在水量相对较小或落差较小的区域则可布局小型水电站。如果布局不合理，上游过度开发导致下游水量不足，影响下游电站的发电效率。若上游大量截流用于发电，下游电站面临无水可发的困境。不同规模电站的合理搭配也能提高整体效益。大型电站承担主要发电任务，小型电站可在丰水期补充发电或调节局部区域用电需求^[4]。通过建立流域水资源和水能模型，模拟不同布局方案下的水资源利用情况，综合考虑发电、防洪、灌溉等多种需求，优化水电站的空间布局，避免因各自为政的开发造成水资源浪费和上下游之间的利益冲突。

3.3 运用新型高效水轮机技术

新型高效水轮机技术是提高水电站发电效率的核心措施之一，传统水轮机在水流条件变化时出现效率降低的情况，而新型水轮机技术能有效克服这一缺陷。新型的混流式水轮机采用了优化的叶片设计，使得在不同流量和水头条件下都能保持较高的效率。这种水轮机的叶片形状和角度经过精密计算，能够更好地适应水流的动力学特性。在低水头工况下，传统水轮机只能达到 60% ~ 70% 的效率，而新型水轮机能够将效率提升到 80% 以上。一些新型水轮机还采用了先进的材料和制造工艺，减轻了自身重量，减少了摩擦损失，进一步提高了水能转换效率。

3.4 安装智能监测与控制系统

水流量的实时监测能够准确把握河流的来水情况，这是优化发电决策的基础。通过在进水口和不同河段安装高精度的流量传感器，可以精确获取水流数据。水位监测同样关键，水库水位和下游水位的变化直接影响发电水头。智能系统能够根据水位变化及时调整水轮机的运行参数。对于设备运行状态的监测涵盖了水轮机、发电机、变压器等关键设备^[5]。通过在水轮机上安装振动传感器、温度传感器等，可以实时掌握

设备的健康状况。一旦发现异常振动或温度升高，系统能够迅速发出警报并提示故障的原因。这种精确调控功能有助于提高发电效率。根据实时水流量和水位数据，智能系统可以精确计算出最优的导叶开度，使水轮机在最佳工况下运行。

3.5 建设鱼类洄游通道

鱼道是一种常见的洄游通道，其设计需要充分考虑鱼类的洄游习性。不同种类的鱼洄游能力和习性差异很大，如鲑鱼具有较强的跳跃能力，鱼道的落差和流速设置就要适应这种特点。在一些大型水电站，升鱼机也是有效的解决方案。升鱼机通过机械装置将鱼从下游提升到上游，能够适应较高的水位差。集运鱼系统则结合了多种技术手段，先将鱼聚集起来，再通过合适的运输方式将它们送到上游。在葛洲坝水电站，建设了多种形式的鱼道和集运鱼设施，为长江中的鱼类洄游提供了一定的保障。在设计鱼道时，要进行详细的鱼类生物学研究，包括鱼类的洄游季节、洄游规模等^[6]。还需要对鱼道的运行效果进行长期监测和评估，根据实际情况不断调整和优化，确保鱼类能够顺利通过鱼道完成洄游繁殖过程，保护河流中的鱼类多样性，维护水生生态系统的平衡。

3.6 水库周边生态修复工程

水库建设往往会淹没大面积的湿地和森林，这些生态系统的破坏会引发一系列生态问题。湿地的消失会减少鸟类栖息地和水生生物的繁殖场所，森林的淹没会破坏动植物的生存环境并导致水土流失加剧。通过植树造林可以重新构建植被覆盖，选择适合当地土壤和气候条件的本土树种进行种植。这不仅能固定土壤，减少坡面径流和土壤侵蚀，还能为野生动物提供栖息地和食物来源。在山区水库周边种植松树、柏树等耐旱、耐瘠薄的树种。湿地再造工程则需要精心规划，依据原湿地的水文特征，恢复湿地的水域面积、水深、水流速度等要素。可以挖掘浅水区、营造河汊和小岛，种植芦苇、菖蒲等水生植物，吸引鸟类、鱼类和两栖类动物栖息繁衍。

3.7 建立科学的水库调度方案

发电需求是水库调度的重要考量因素，要根据电网负荷的峰谷变化，合理安排发电时间和发电功率。然而，不能仅着眼于发电，防洪也是不可忽视的任务。在洪水期，水库要预留足够的库容来容纳洪水，通过科学的泄洪操作，避免下游发生洪水灾害。根据气象预报和流域内的降水情况提前调整水库水位，确保在洪水来临时有足够的泄洪能力。灌溉需求同样重要，特别是在农业灌溉用水高峰期，要合理调配水库中的

水资源，保障周边农田的灌溉用水。生态用水在水库调度中也占据重要地位，在枯水期必须保证有足够的生态基流。这有助于维持河流的生态功能，保障鱼类生存、河床冲刷和河岸带植被生长等。根据河流的生态需水量标准，在枯水季节维持一定的下泄流量。

3.8 加强水库水质监测与管理

在水库不同位置、不同深度设置监测点，定期采集水样，监测指标包括水温、酸碱度、溶解氧、氮磷含量等。通过连续、全面的监测，及时掌握水质变化趋势。在控制周边污染源排放方面，对水库周边的工业企业进行严格监管，要求其达标排放废水。对农业面源污染也要加以控制，推广生态农业，减少化肥和农药的使用量，在水库集水区鼓励农民采用有机肥料和生物防治病虫害的方法。定期对水库进行清淤也是改善水质的有效措施，随着时间的推移，水库底部会积累大量淤泥，其中包含的有机物分解会消耗大量溶解氧，释放出氮磷等营养物质，从而导致水体富营养化。定期清淤可以清除这些淤泥，减少营养物质的释放，改善水库水质，确保水库水质符合相应的标准，满足发电、灌溉、饮用等多种需求。

4 结束语

水电站绿色能源的高效开发利用是一个涉及多方面因素的复杂系统工程。通过优化选址与规划、采用先进技术设备、强化生态保护措施、科学的水库管理等路径，可以解决开发利用过程中的社会经济矛盾、完善管理与规划体系，也是实现高效开发的重要保障。在未来的发展中，应持续关注这些方面的改进与创新，不断探索新的技术和管理模式，以确保水电站在绿色能源体系中发挥出更大的作用，实现能源、环境和社会的和谐发展。这不仅有助于应对全球气候变化挑战，也能为地区的可持续发展提供坚实的能源基础和生态保障。

参考文献:

- [1] 刘雁南.绿色能源开发与高质量发展建议探讨[J].西部财会,2022(10):78-80.
- [2] 李浩权.关于水电站运行管理节能措施分析及运用效果研究[J].电子元器件与信息技术,2022,06(06):196-199.
- [3] 麦河弟.关于水电站的经济运行有效实施方法的探讨[J].中国集体经济,2021(16):73-74.
- [4] 万雅男.小水电站运行管理中节能降耗策略研究[J].山西水利,2020,36(03):43-44,51.
- [5] 杨彦铖.新时期水电站运行管理节能措施分析[J].中小企业管理与科技:下旬刊,2019(10):12-13.
- [6] 孔虎泰.打造发供一体新模式创建绿色小水电站[J].小水电,2019(04):29-30,33.