2025 年第 4 卷第 4 期
https://jer.oajrc.org/

山区小型水电站生态流量泄放设施设计与运行效果

王从发[1]，刘 辉[2]

[1]织金县鸡场苗族彝族乡农业农村综合服务中心 贵州毕节
[2]浙江中财管道科技股份有限公司 浙江绍兴

【摘要】山区小型水电站是地方经济发展的重要助力，但其生态流量泄放情况直接影响流域生态安全。围绕生态流量泄放设施设计与运行效果展开研究，详细阐述设施设计需考量的流域水文、生态需求等关键要素，深入分析实际运行中对河道生态环境的改善作用。通过探讨优化策略与实践总结，揭示科学设计与有效运行对维持河道生态功能、保障生物多样性的重要意义，为山区小型水电站生态流量管理提供参考。

【关键词】山区小型水电站；生态流量；泄放设施；设计；运行效果

【收稿日期】2025 年 3 月 5 日 【出刊日期】2025 年 4 月 6 日 【DOI】10.12208/j.jer.20250174

Design and operation effect of ecological flow discharge facilities for small hydropower stations in mountainous areas

Congfa Wang[1], Hui Liu[2]

[1]Agricultural and Rural Comprehensive Service Center of Jichang Miao and Yi Ethnic Township, Zhijin County Bijie Guizhou
[2]Zhejiang Zhongcai Pipeline Technology Co., Ltd Shaoxing Zhejiang

【**Abstract**】Small hydropower stations in mountainous areas are a significant boost to local economic development, but their ecological flow release directly impacts the ecological security of river basins. This study focuses on the design and operational effectiveness of ecological flow release facilities, detailing key factors such as basin hydrology and ecological needs that must be considered in facility design. It also delves into the actual improvement of river ecosystems during operation. By exploring optimization strategies and practical summaries, it highlights the importance of scientific design and effective operation in maintaining river ecological functions and protecting biodiversity, providing a reference for the ecological flow management of small hydropower stations in mountainous areas.

【**Keywords**】Small hydropower station in mountainous area; Ecological flow; Discharge facility; Design; Operation effect

引言

近年来，山区小型水电站建设规模不断扩大，在推动区域经济发展的也给流域生态环境带来诸多挑战。部分水电站因生态流量泄放设施设计缺陷、运行管理不当，导致河道断流、生物栖息地破坏等问题频发。深入探究山区小型水电站生态流量泄放设施设计要点，准确评估运行效果，对实现水电开发与生态保护的协调发展，守护流域生态平衡具有迫切的现实意义。

1 设计关键要素

生态流量泄放设施设计的首要任务是精准确定生态流量值。这一数值的确定并非简单随意，而是需要综合运用水文学、生态学等多学科方法。首先，需全面收集流域历史水文数据，涵盖多年来的流量、水位、降水等信息，这些数据是了解流域水文变化规律的基础[1]。深入考察河道形态，包括河道的宽窄、坡度、弯曲程度等，因为不同的河道形态对水流的分布与流动速度有着重要影响。生物群落特征也不容忽视，不同的水生生物对生存环境的流量要求各异。通过 Tennant 法、Q90 法等科学手段，对这些数据进行细致分析与计算，从而得出符合生态需求的流量数值。

设施结构形式的选择直接关系到泄放效果。明渠结构具有诸多优势，其建设成本相对较低，施工工艺相

作者简介：王从发（1992-）男，贵州织金，助理工程师，本科，研究方向为水利水电工程；刘辉（1987-）男，江西吉安，研究方向为水利水电工程山区小型水电站生态流量泄放设施设计与运行效果。

对简单，这使得在预算有限的情况下能够较好地实施。而且，明渠的开放性便于工作人员日常观察水流情况，及时发现问题。这种结构适合地形平缓、地质稳定的区域，因为在这样的条件下，明渠不易出现坍塌等安全问题[2]。管道结构则有着独特的特点，其密封性好，能够有效减少水量损耗，在水资源较为珍贵的地区或者对泄放精度要求高的场景中尤为适用。例如在地形复杂、需要穿越山体等区域，管道结构能够更好地适应环境。

泄放设施的位置布局影响着整体运行效能。从安全角度考虑，要避开易发生地质灾害的区域，如泥石流频发地段、地震断裂带等，同时也要远离水流冲刷剧烈的区域，防止设施被水流破坏。设施需靠近监测站点与水电站控制系统，这样能够实时获取流量数据，水电站控制系统可根据这些数据迅速做出反应，实现精准调控。当监测到流量异常时，控制系统能及时调整闸阀开度，保证生态流量稳定。合理的布局还应考虑与周边水利设施的协同。若周边有灌溉渠道等水利设施，泄放设施的布局要避免与之相互干扰，确保生态流量稳定、有序泄放，维持整个区域水利系统的平衡。

2 运行效果分析

稳定的生态流量泄放显著改善了河道水文条件。在某小型水电站实施生态流量泄放后，河道的变化十分明显。在枯水期，以往因水量不足导致的水位下降问题得到缓解，河道枯水期水位平均提升 0.3 米，这看似不大的提升，却对河道生态有着关键作用。水位的上升使得河道的过水断面增大，流速也能保持在 0.2 - 0.5 米 / 秒的适宜区间。这样的流速既不会过慢导致水体停滞，也不会过快对水生生物造成冲击[3]。有效避免了河道断流与水体萎缩现象，为河道生态系统的稳定运行提供了保障。稳定的水流为水生生物创造了良好的栖息环境，水流带动了水中营养物质的循环，促进了浮游生物的生长，而浮游生物是鱼类等水生动物的重要食物来源，丰富的食物进一步促进了水生动物的繁衍。

生态流量的持续补给对生物多样性保护成效显著。监测数据是最有力的证明，某山区河流在实施生态流量泄放一年后，生态系统呈现出勃勃生机。鱼类种群数量增加了 20%，原本因生态环境变化而消失的鳑鲏、麦穗鱼等小型鱼类重新出现在河道中[4]。这不仅是鱼类数量的增长，更是生态系统自我修复的体现。河道内底栖生物种类也有所增多，大型底栖无脊椎动物的生物量增长了 15%。底栖生物在河道生态系统中扮演着重要角色，它们参与物质循环、改善底质环境等。生物群落结构更加丰富稳定，意味着生态系统的稳定性增强，其自我修复能力也得到进一步提升，能够更好地应对外界环境的变化。

从水体质量改善来看，生态流量的泄放增强了水体的流动性。以往因水流缓慢导致污染物积聚的问题得到解决，水体的流动性促进了污染物的稀释与扩散。研究表明，某水电站下游河道的溶解氧含量平均提高了 1.2 毫克 / 升，充足的溶解氧为水生生物的呼吸提供了保障。氨氮、化学需氧量等污染物浓度明显下降，水体自净能力提升约 30%。水体自净能力的增强使得河道能够自然降解更多的污染物，有效改善了河道水质。这不仅对水生生物有益，更为周边居民提供了更优质的水环境，保障了居民的用水安全与生活质量。

3 优化策略

完善的设施维护管理体系是保障生态流量稳定泄放的基础。建立定期巡检制度至关重要，每月对泄放设施的结构完整性、设备运行状态进行检查。对于明渠，要及时清理其内的淤泥、杂物，因为这些堆积物会影响水流速度与流量，甚至可能导致明渠堵塞。检查管道是否存在渗漏问题，一旦发现渗漏，会造成水资源浪费且影响泄放效果[5]。闸阀的灵活性也需重点关注，若闸阀出现卡顿，将无法准确调控流量。除了定期巡检，还需制定应急预案。针对暴雨、洪水等极端天气，提前做好设施防护措施，如加固明渠堤岸、检查管道连接处的牢固性等。根据历史数据与实时监测，提前制定流量调控方案，确保设施在突发情况下仍能正常运行，保障生态流量的稳定泄放。

借助先进的监测技术可实现生态流量的精准管控。引入物联网传感器，能够实时采集河道流量、水位、水质等参数。这些传感器分布在河道关键位置，将采集到的数据通过网络迅速传输至管理平台。卫星遥感技术则可从宏观角度对流域生态状况进行监测，为整体管理提供更全面的信息[6]。在管理平台上，利用大数据分析与人工智能算法，对海量数据进行处理与分析，自动生成流量调控方案。当监测到鱼类繁殖期时，系统通过分析历史数据与当前环境参数，自动识别这一特殊时期，进而增加生态流量，满足生物特殊时期的生态需求，实现动态、精准的流量管理，提升生态流量调控的科学性与效率。

强化部门协作与管理机制创新是提升生态流量管理效率的关键。水利、环保、林业等部门应建立联合监管机制，打破部门之间的数据壁垒，实现监测数据共享。水利部门掌握着水文数据，环保部门对水质情况较为了解，林业部门熟悉流域内的生态植被状况，通过数据

共享，能够从多维度对生态流量进行评估与管理。协同制定生态流量管理政策，确保政策的全面性与可行性。探索市场化手段，如建立生态补偿机制，对严格执行生态流量泄放的水电站给予一定经济补偿。这一机制能够激励企业主动履行生态保护责任，从经济层面推动生态流量管理工作，形成多方参与、共同治理的良好局面，提升生态流量管理的整体效率与效果。

4 实践总结

在当今生态优先的发展理念下，山区小型水电站生态流量泄放设施的设计与运行，对流域生态环境保护和经济可持续发展有着极为关键的意义。科学合理的设计是一切的基础，其涵盖了多个重要环节。确定生态流量值需综合考量流域内的多种因素，例如河流的天然径流特性、水生生物的需水要求以及周边生态系统的用水需求等，只有精准确定这一数值，才能为后续的设计与运行提供科学依据[7]。在选择设施结构形式时，要结合山区地形地貌复杂、水流条件多变的特点，常见的如溢流堰、底孔等形式各有优劣，需权衡利弊后做出恰当选择。

有效的运行管理则是保障设施持续稳定发挥作用的关键所在。运行管理的良好落实能够切实改善河道水文条件，稳定的生态流量泄放使得河道水位保持在适宜范围，避免了因水位大幅波动对水生生物栖息环境的破坏。这对保护生物多样性意义非凡，为鱼类等水生生物提供了适宜的生存繁衍空间，维持了生态系统的食物链稳定[8]。充足的生态流量有助于提升水体质量，增强水体的自净能力，减少污染物在河道内的积累。而优化策略的实施则如同为设施运行注入了新的活力。通过完善维护管理体系，明确各部门职责，制定详细的维护计划和标准，确保设施始终处于良好运行状态。借助先进监测技术，如实时流量监测设备、水质传感器等，能够及时掌握设施运行情况和生态流量的各项指标，为精准调控提供数据支持。

展望未来，随着生态保护理念的不断深化以及技术的持续进步，生态流量泄放领域有着广阔的发展前景。应进一步加大生态流量泄放技术研究力度，将人工智能、大数据等前沿技术深度融入设施设计与运行中。利用人工智能算法对生态流量需求进行更精准的预测和分析，依据不同时段、不同工况自动调整泄放策略。大数据技术则可整合海量的监测数据，挖掘其中的规律，为设施的优化升级提供有力依据。通过这些技术的应用，推动生态流量泄放设施向智能化、高效化方向大步迈进，更好地实现水电开发与生态保护的和谐共生，为构建更加美好的生态环境贡献源源不断的力量，让山区的河流在水电开发的依旧保持生机盎然的生态活力。

5 结语

山区小型水电站生态流量泄放设施设计与运行，关乎流域生态与经济发展。科学设计设施、精准确定流量，能有效改善河道水文，保护生物多样性，提升水体质量。运行中通过维护管理、技术监测、部门协作等优化策略，保障泄放稳定。未来，伴随生态理念深入与技术创新，应深化研究，推动生态流量泄放设施智能化升级，实现水电开发与生态保护的深度融合，促进流域可持续发展。

参考文献

[1] 张颖,涂智勇.河北省小水电站生态流量监管平台的分析及思考[J].小水电,2025,(02):11-14.

[2] 常白雪,邓旭,王朋,等.山区梯级小水电生态流量核定方法探讨[J].小水电,2025,(02):28-30+38.

[3] 金娇娇,任潇雨.金兰二级水电站生态智能化改造[J].小水电,2025,(02):60-62.

[4] 欧阳俊.小水电站生态流量泄放改造设计分析——以樟树市部分小水电站为例[J].小水电,2025,(02):63-65.

[5] 吴永波,姜宝元.某水电站生态流量泄放方案研究[J].水电站设计,2025,41(01):56-59.

[6] 邢述春,陈其富,朱江龙,等.小水电生态流量监测设施雷击故障分析与防范措施浅谈[J].四川水利,2025,46(01):106-108+164.

[7] 朱奕蒙.黑龙江省小水电站生态流量监督管理工作研究[J].水利科技与经济,2025,31(01):130-132.

[8] 余晶,章蕾.小水电生态调度运行方案编制思路与要点[J].人民黄河,2024,46(S2):157-159.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/