

水利水电工程生态基流保障技术与应用研究

廖贵华

江西硕越建筑工程有限公司，江西 瑞金 542500

摘要：本文聚焦水利水电工程生态基流保障问题，深入剖析其重要性及当前面临的挑战。从工程规划、运行管理、生态影响等多维度出发，详细探讨生态基流保障技术，涵盖流量计算、监测调控、生态修复等方面。结合实际工程案例，阐述技术的应用效果与存在问题。旨在为提升水利水电工程生态基流保障水平提供理论支撑与实践参考，促进水利工程与生态环境的协调发展。随后，文章系统梳理了当前生态基流保障面临的现状问题，如计算方法不精确、监测手段落后、调控措施不足等。针对这些问题，本文深入研究了生态基流保障的关键技术，不仅介绍了各项技术的原理与方法，还分析了其在实际应用中的可行性与效果。通过对比不同技术方案的优缺点，为水利水电工程的生态基流保障提供了科学依据。

关键词：水利水电工程；生态基流；保障技术；应用研究

水利水电工程在防洪、发电、灌溉、供水等方面发挥着不可替代的作用，有力推动了社会经济的发展。然而，工程建设与运行过程中对河流生态系统的干扰也日益凸显，其中生态基流保障问题尤为关键。生态基流是维持河流基本生态功能和生态系统健康所需的最小流量，其不足会导致河流水质恶化、水生生物栖息地破坏、生物多样性减少等一系列生态问题。因此，研究水利水电工程生态基流保障技术与应用，对于实现水利工程综合效益与生态环境保护的双赢，具有重大的现实意义和紧迫性。

一、水利水电工程生态基流保障的重要性及现状问题

（一）生态基流保障对河流生态系统的重要性

生态基流是河流生态系统的“生命之血”，对维持河流的生态平衡起着关键作用。它是水生生物生存的基础，为鱼类、浮游生物等提供了适宜的栖息环境，保障了生物的繁殖、生长和迁徙。适宜的生态基流能够促进水体自净，加速污染物的稀释和降解，维持良好的水质。同时，生态基流对河流形态的稳定也至关重要，

它能够防止河床过度冲刷或淤积，保持河流的蜿蜒性和自然形态，有利于湿地、滩涂等生态系统的发育。此外，生态基流还影响着河流周边的植被生长和土壤湿度，进而维持着整个流域的生态功能^[1]。

（二）当前水利水电工程对生态基流的影响

水利水电工程建设和运行改变了河流的自然水文情势，对生态基流产生了显著影响。在工程建设阶段，筑坝拦河、河道整治等活动会直接破坏河流的连续性，阻断水生生物的洄游通道，影响生物的繁殖和生存。在运行阶段，水库的蓄水和放水调度往往以满足人类用水需求为主，忽视了河流生态系统的需水要求，导致下游河道径流量减少，生态基流得不到有效保障^[2]。特别是在枯水期，为了保障发电、灌溉等用水，常常过度截留河水，使得下游河道出现断流或流量过小的现象，严重威胁河流生态系统的健康^[3]。

（三）生态基流保障面临的现状问题

目前，生态基流保障面临着诸多问题。在法律法规方面，虽然国家出台了一系列与水资源

源保护和生态保护相关的法律法规,但针对生态基流保障的具体规定还不够完善,缺乏可操作性细则和标准,导致在实际工作中难以有效执行。在管理体制上,涉及生态基流保障的部门众多,如水利、环保、农业等,各部门之间缺乏有效的协调机制,存在职责不清、管理交叉等问题,影响了生态基流保障工作的开展。在技术层面,生态基流计算方法还不够科学准确,难以准确确定不同河流、不同河段的生态基流需求。同时,生态基流监测和调控技术相对滞后,无法实时、准确地掌握生态基流的动态变化,难以实现有效的调控^[4]。

二、水利水电工程生态基流保障的关键技术

(一) 生态基流计算技术

生态基流计算是保障生态基流的基础。常用的计算方法包括水文学法、水力学法、栖息地模拟法等。水文学法基于历史水文资料,通过分析河流的天然径流过程,确定维持河流基本生态功能所需的最小流量^[5]。该方法简单易行,但未充分考虑河流生态系统的实际需求。水力学法通过研究河流的水力学特性,如流速、水深、河宽等,确定满足水生生物生存和河流形态稳定的水流条件,进而计算生态基流。该方法能够更直接地反映河流生态与水力学要素的关系,但对数据要求较高。栖息地模拟法则是通过建立水生生物栖息地模型,模拟不同流量条件下生物栖息地的适宜性,以确定保障生物生存和繁殖的生态基流。该方法能够综合考虑生物的生态需求,但模型建立和参数确定较为复杂。在实际应用中,应根据河流的特点和研究目的,综合运用多种方法,以提高生态基流计算的准确性^[6]。

(二) 生态基流监测技术

准确的监测是掌握生态基流动态变化的关键。目前,生态基流监测技术主要包括水位监测、流量监测和水质监测等。水位监测通过

在河流关键断面设置水位计,实时获取水位数据,反映河流的水位变化情况。流量监测则采用流速仪、声学多普勒流速剖面仪等设备,测量河流的流速和断面面积,进而计算流量。水质监测通过对水体的溶解氧、化学需氧量、氨氮等指标进行监测,评估水体的污染程度和生态健康状况。此外,随着遥感技术和地理信息系统的发展,卫星遥感、无人机监测等手段也逐渐应用于生态基流监测中,能够实现对大范围河流生态系统的快速、动态监测。通过建立完善的生态基流监测网络,实现对水位、流量、水质等参数的实时、连续监测,为生态基流调控提供数据支持。

(三) 生态基流调控技术

生态基流调控是保障生态基流的重要手段。在水库调度方面,通过优化水库的蓄水和放水规则,在满足人类用水需求的同时,预留一定的生态用水空间。例如,在枯水期适当减少发电和灌溉用水,增加下泄流量,保障下游河道的生态基流。在闸坝调度上,根据生态基流需求,合理控制闸坝的开启和关闭,调节河道的流量和水位。此外,还可以通过建设生态流量泄放设施,如生态放水孔、导流明渠等,确保在各种工况下都能满足生态基流的下泄要求。同时,利用智能控制系统,实现对水库、闸坝等水利工程的远程监控和自动化调度,提高生态基流调控的及时性和准确性。

(四) 生态修复与补偿技术

对于因水利水电工程建设和运行而受损的河流生态系统,需要采取生态修复与补偿技术进行恢复。在河道生态修复方面,通过实施河床生态修复工程,如投放人工鱼礁、建设生态护岸等,改善水生生物的栖息环境。植被恢复也是重要措施之一,在河道两岸种植适宜的水生植物和陆生植物,增加植被覆盖率,提高生态系统的稳定性和自净能力。在鱼类增殖放流方面,根据河流的鱼类资源状况,定期向河

流中投放适宜的鱼苗，补充鱼类种群数量，促进鱼类资源的恢复。此外，还可以通过建立生态补偿机制，对因工程建设而受到损失的生态环境和当地居民进行补偿，激励各方积极参与生态保护和修复工作。

三、水利水电工程生态基流保障技术的应用案例及效果评估

（一）某大型水库工程生态基流保障技术应用案例

某大型水库工程在建设初期，生态基流保障未被纳入重点考量范畴，致使下游河道在枯水期频繁出现断流状况。原本潺潺流淌的河水干涸见底，河床裸露，大量水生生物失去了赖以生存的水环境。原本栖息于此的鱼类，因水流中断无法正常洄游产卵，许多水生植物也因缺水而枯萎死亡，水生生物栖息地遭受了毁灭性破坏，生物多样性急剧下降，曾经生机勃勃的河流生态系统变得死气沉沉。

为扭转这一不利局面，该工程积极采取了一系列生态基流保障技术措施。在生态基流计算环节，充分认识到单一方法的局限性，综合运用水文学法、水力学法和栖息地模拟法。水文学法基于长期的历史水文资料，分析河流天然径流规律，确定维持河流基本生态功能的最小流量；水力学法通过研究河流不同河段的水力学特性，如流速、水深等，明确保障水生生物生存和河流形态稳定的水流条件；栖息地模拟法则模拟不同流量条件下生物栖息地的适宜性，从而精准确定不同季节、不同河段的生态基流需求。

（二）应用效果评估

经过一段时间的运行，该水库工程生态基流保障技术取得了令人瞩目的应用效果。在生态流量方面，下游河道的生态基流得到了切实有效的保障。曾经频繁断流的河道如今在枯水期也有稳定的流水，断流现象基本消除，河流的连续性得以恢复。

在水质方面，生态基流的增加带来了显著改善。随着水流量的增大，水体的自净能力显著增强。水体中的溶解氧含量升高，为水生生物的呼吸提供了充足的氧气；化学需氧量和氨氮等污染物浓度降低，减少了水体污染，水质变得更加清澈。

在水生生物方面，鱼类资源呈现出逐渐恢复的良好态势。随着生态环境的改善，原本因断流和水质恶化而消失的鱼类重新出现在河流中，一些珍稀鱼类也得以重现。水生植物的生长更加茂盛，为水生生物提供了丰富的食物来源和栖息场所，生物多样性不断增加。

在河流形态方面，河床的冲刷和淤积得到了有效控制。稳定的生态基流使得河流的水流动力保持相对稳定，避免了河床因水流过大而过度冲刷或因水流过小而过度淤积的情况发生。河流的蜿蜒性和自然形态得到了一定程度的恢复，原本笔直单调的河道变得曲折有致，湿地和滩涂等生态系统也得到了发展。

（三）应用中存在的问题与改进方向

尽管该工程生态基流保障技术取得了一定成效，但在应用过程中仍暴露出一些问题。在生态基流计算方面，由于河流生态系统的复杂性和不确定性，计算结果仍存在一定的误差。河流生态系统受到多种因素的影响，如气候变化、人类活动干扰等，这些因素使得河流的生态需求难以精确预测，导致生态基流计算结果与实际情况存在一定的偏差。

在监测方面，部分监测设备的精度和稳定性有待提高。一些监测设备在长期运行过程中可能会出现老化、损坏等问题，导致监测数据不准确或出现缺失。同时，监测数据的分析和处理能力还需要加强，目前对于大量的监测数据，缺乏有效的分析方法和手段，难以从中挖掘出有价值的信息，无法为生态基流调控提供及时、准确的决策依据。

在调控方面，生态基流调控与人类用水需求之间的矛盾仍然存在。在干旱季节或用水高

峰期,为了满足农业灌溉、城市供水等人类用水需求,水库的放水量可能会增加,从而影响生态基流的下泄。此外,不同部门之间在用水协调上存在困难,缺乏有效的沟通机制和统一的调度方案,导致生态基流调控难以达到理想效果。

针对这些问题,未来的改进方向包括加强生态基流计算方法的研究。通过深入研究河流生态系统的运行机制,结合现代信息技术和数学模型,开发更加科学、准确的生态基流计算方法,提高计算的精度和可靠性。升级监测设备,采用更加先进、稳定的监测技术和设备,确保监测数据的准确性和完整性。

(四) 另一中型水电工程生态基流保障技术应用及成效

另一中型水电工程在建设过程中充分认识到生态基流保障的重要性,积极应用相关技术。在工程规划阶段,就将生态基流保障纳入设计内容,通过实地调研和模型模拟,确定了合理的生态基流下泄标准。在运行管理中,采用智能化的生态基流监测与调控系统,能够根据实时监测数据自动调整水库下泄流量,确保生态基流的稳定。同时,开展了大规模的生态修复工程,在库区和下游河道种植了大量的水生植物和陆生植物,建设了生态浮岛和人工湿

地,为水生生物提供了丰富的栖息地。

该工程生态基流保障技术的应用取得了良好的成效。生态系统的稳定性得到了显著提升,水生生物的种类和数量明显增加,河流的自净能力增强,水质达到了较高的标准。周边生态环境得到了改善,吸引了众多鸟类和其他野生动物栖息,形成了良好的生态景观。此外,该工程还通过生态旅游等方式,实现了生态效益与经济效益的双赢,为其他水利水电工程提供了可借鉴的经验。

结束语

水利水电工程生态基流保障是保障河流生态系统健康、实现水利工程可持续发展的关键环节。通过本文对生态基流保障技术的研究和应用案例分析,我们可以看到,科学合理的生态基流计算、准确有效的监测、灵活精准的调控以及积极的生态修复与补偿等技术在保障生态基流方面发挥了重要作用。然而,目前生态基流保障工作仍面临诸多挑战,需要进一步加强法律法规建设,完善管理体制,加大技术研发和应用推广力度。未来,应持续探索创新生态基流保障技术,加强多学科交叉融合,提高生态基流保障的科学性和有效性,实现水利水电工程与生态环境的和谐共生,为经济社会的可持续发展提供坚实的生态支撑。

参考文献

- [1] 刘兆孝. 推进长江流域已建水利水电工程生态流量保障与管理的思考[J]. 中国水利, 2024, (21): 37-42.
- [2] 徐健清. 基于生态流量保障的水利水电工程运行管理研究[J]. 河南水利与南水北调, 2024, 53(09): 39-40.
- [3] 元秀红. 水库调度运行中的生态流量保障技术研究[J]. 水上安全, 2024, (13): 83-85.
- [4] 周圆. 已建水利水电工程生态流量核定与保障探讨[J]. 内蒙古水利, 2024, (07): 55-56.
- [5] 马乐军, 张行南, 陈凯麒, 陈昂. 水利水电工程最小下泄生态基流量计算方法辨析[J]. 环境影响评价, 2017, 39(6): 1-5
- [6] 胡跃华. 以多种水文学法研究某河流生态基流[J]. 水利科学与寒区工程, 2023, 6(3): 93-96