

新时代水利规划中生态流量保障的量化方法与实施策略

邱晓东 叶笑 黄天

江苏省水利勘测设计研究院有限公司 江苏 南京 210029

摘要: 本文深入剖析生态流量保障的量化方法,涵盖水文学法、水力学法、栖息地模拟法等多种类型,全面分析各方法的优缺点及适用场景。同时,从政策法规制定、监测体系建设等多个维度提出生态流量保障的实施策略,旨在为新时代水利规划中的生态流量保障工作提供具有科学性与可操作性的依据,推动水利事业与生态环境协同共进。

关键词: 新时代;水利规划;生态流量保障;量化方法;实施策略

1 引言

河流生态系统对维持生物多样性和生态平衡至关重要。然而,受水利工程建设和水资源过度开发影响,许多河流出现断流、生物减少、自净能力下降等问题,威胁生态安全。新时代水利规划强调人与自然和谐共生,将生态流量保障作为核心内容。科学量化生态流量并制定有效实施策略,是实现水资源利用与生态保护协调发展的关键,具有重要现实意义。

2 水利规划中生态流量保障的量化方法及运用要点

2.1 水文学法

2.1.1 Tennant法

该方法以多年平均流量的百分比作为确定生态流量的依据,将河流生态状况划分为最佳、非常好、好、中等、差、极差等多个等级,每个等级对应特定的流量百分比范围。首先收集目标河流多年(一般建议至少10年)的逐日流量数据,计算多年平均流量。然后根据河流生态保护目标,确定对应的生态状况等级。例如,若目标是将河流生态状况维持在较好水平,可参考“好”这一等级对应的流量百分比范围。以一般河流为例,若多年平均流量为 $100\text{m}^3/\text{s}$,选择“好”等级对应的30%~50%范围,则生态流量大致为 $30\sim 50\text{m}^3/\text{s}$ 。该方法虽简便直观,但过度依赖多年平均流量,未充分考虑河流季节变化和生态需求差异。

2.1.2 7Q10法

此方法选取连续7天最低平均流量作为设计流量,以确保河道在90%的保证率下不断流,主要聚焦于保障河流的最小流量需求。收集目标河流足够长度的逐日流量数据,按时间顺序排序。从排序后的数据中,依次选取连续7天的流量,计算其平均值,找出所有连续7天平均流量中的最小值,该值即为7Q10法确定的生态流量^[1]。例如,通过对某河流多年逐日流量数据进行分析,最终确定7Q10流量为 $5\text{m}^3/\text{s}$,则该流量可作为保障河道不断流的

生态流量下限。7Q10法虽能有效避免河道断流,但确定的生态流量可能偏低,无法充分满足水生生物的生态需求。

2.1.3 流量历时曲线法

该方法通过分析河流的流量历时曲线,确定不同频率下的流量值作为生态流量。流量历时曲线直观反映了河流流量在一定时期内的变化情况,不同频率对应着不同的流量出现概率。首先收集目标河流较长时间(建议至少20年)的逐日流量数据,绘制流量历时曲线。根据河流的生态保护目标,选择合适的频率来确定生态流量。例如,若要保护特定水生生物的繁殖,需了解该生物繁殖期对应的流量频率。假设某种鱼类在每年的5—6月繁殖,且该时期内流量对繁殖成功率影响较大,通过分析这段时间内的流量历时曲线,若确定该时期内流量小于 $15\text{m}^3/\text{s}$ 的概率为10%,则可将 $15\text{m}^3/\text{s}$ 作为保障鱼类繁殖的生态流量。流量历时曲线法需要较长时间且准确完整的水文观测数据。若数据存在缺失或误差,可能导致确定的生态流量不准确。

2.2 水力学法

2.2.1 湿周法

该方法基于河流湿周(河道水面与河床接触的周长)与水生生物栖息地质量之间的关系来确定生态流量,认为当湿周达到一定值时,河流的生态功能可得到有效保障。首先对目标河流进行详细的实地调查,在不同流量条件下测量湿周值。例如,在河流上选取多个具有代表性的断面,使用专业的测量工具测量每个断面在不同流量下的湿周。然后,以流量为横坐标,湿周为纵坐标,建立湿周与流量的关系曲线。通过分析曲线,确定使湿周达到特定值(如最大湿周的90%)对应的流量作为生态流量。假设通过测量和分析,确定当湿周达到最大湿周的90%时,对应的流量为 $8\text{m}^3/\text{s}$,则该流量即为生态流量。湿周与生态功能之间的关系较为复杂,不同河流的临界湿周值可能存在差异,需结合实际情况确定。

2.2.2 R2-CROSS法

该方法综合考虑河流的流速、水深、溶氧等水力学和水质参数来确定生态流量，通过建立水生生物适宜栖息地的水力学和水质指标标准，确定满足这些标准的流量范围。首先研究目标水生生物的生态习性，确定其对流速、水深、溶氧等参数的适宜范围。例如，通过查阅相关文献或进行实地调查，确定某种鱼类适宜在流速为0.2~1.0m/s、水深为1~3m、溶氧量大于5mg/L的环境中生存。然后，在目标河流设置多个监测点，进行实地监测，获取不同流量下河流的水力学和水质参数^[2]。同时，利用水力学模型模拟不同流量下的水力学参数分布情况。通过对比实地监测数据和模型模拟结果，找出满足水生生物适宜栖息地标准的流量范围，该范围即为生态流量。R2-CROSS法需要大量的现场监测数据和复杂的模型计算，实施难度较大。

2.3 栖息地模拟法（PHABSIM模型）

PHABSIM模型将河流划分为多个河段，对每个河段的水力学参数（如流速、水深、底质等）和水生生物的生态需求进行分析，通过计算不同流量下的栖息地适宜性指数，确定使栖息地适宜性达到最大或满足特定保护目标的流量作为生态流量。首先收集目标河流的水力学数据，包括各河段的流速、水深、底质类型等信息，可通过实地测量或查阅相关资料获取。同时，收集目标水生生物的生态学数据，如其繁殖、觅食、栖息等行为对水力学参数的要求。然后，将收集到的数据输入PHABSIM模型，利用模型计算不同流量下各河段的栖息地适宜性指数。栖息地适宜性指数综合考虑了流速、水深、底质等因素对水生生物生存和繁殖的影响，其值越高，表示该河段在该流量下对水生生物的适宜性越好。通过分析计算结果，确定使栖息地适宜性达到最大或满足特定保护目标（如保护某种珍稀水生生物的繁殖地）的流量作为生态流量。

3 生态流量保障的实施策略

3.1 完善政策法规体系

3.1.1 制定生态流量保障法律法规

政府应制定专门的生态流量保障法律法规，明确生态流量保障的目标、原则、责任和义务，为生态流量保障工作提供坚实的法律依据。法律法规应详细规定水利工程建设和运行过程中必须满足的生态流量要求，包括水库的调度规则、水电站的发电计划等方面都要充分考虑生态流量。例如，对于新建的水利工程，在项目可行性研究阶段就必须明确生态流量保障方案，并将其作为项目审批的重要依据。对于违反生态流量保障规定的行

为，要制定严厉的处罚措施，如高额罚款、责令停产整顿等，以起到威慑作用。同时，法律法规还应明确各部门的职责和权限，避免出现职责不清、相互推诿的现象。

3.1.2 完善水资源管理制度

将生态流量保障纳入水资源管理制度体系，建立生态流量保障目标责任制和考核评价机制。明确各部门在水资源管理和生态流量保障中的职责，水利部门负责水利工程的调度和运行管理，环保部门负责监测河流生态环境质量，农业部门负责农业用水管理中的生态流量保障等。加强对水资源开发利用活动的监管，建立健全水资源论证、取水许可、用水计量等制度。在取水许可审批中，要严格审查取水项目对生态流量的影响，确保取水后仍能满足生态流量要求。定期对各部门和单位的生态流量保障工作进行考核评价，将考核结果与干部的政绩挂钩，对工作成绩突出的单位和个人进行表彰和奖励，对工作不力的进行问责。

3.1.3 出台相关政策激励措施

政府可以出台一系列相关政策激励措施，鼓励企业和个人参与生态流量保障工作。例如，对采用生态友好型水利工程建设和运行模式的企业给予财政补贴、税收优惠等支持。对于建设生态流量泄放设施、采用节水技术和设备的企业，可以按照一定比例给予财政补贴，降低企业的建设和运营成本。

在税收方面，对符合生态流量保障要求的企业，可以减免部分税费，提高企业的经济效益和社会效益。对在生态流量保障工作中表现突出的单位和个人进行表彰和奖励，如授予荣誉称号、颁发奖金等，激发社会各界参与生态流量保障工作的积极性和主动性。

3.2 加强监测体系建设

3.2.1 建立生态流量监测网络

在重要河流和关键河段建立生态流量监测站点，形成覆盖全面的生态流量监测网络。监测站点应配备先进的监测设备，如流量计、水位计、水质分析仪等，并安排专业的技术人员进行管理和维护，确保监测数据的准确性和及时性。监测站点要合理布局，根据河流的流域面积、水系分布、生态功能等因素，确定监测站点的数量和位置^[3]。例如，在河流的源头、干流、支流交汇处、重要生态功能区等位置设置监测站点。同时，建立生态流量监测数据共享平台，实现监测数据的实时传输和共享。不同部门和单位可以通过该平台获取所需的监测数据，为生态流量保障工作提供数据支持。

3.2.2 开展生态流量评估与预警

定期对河流的生态流量状况进行评估，分析生态流

量保障目标的实现情况和存在的问题。评估内容可以包括实际流量与生态流量目标的对比、生态流量变化趋势、对河流生态系统的影响等方面。建立生态流量预警机制,根据监测数据和评估结果,设定不同的预警级别。当河流的实际流量低于生态流量保障目标时,及时发布预警信息,明确预警级别和可能产生的影响。同时,制定相应的调控措施,如调整水库的调度计划、限制部分用水户的取水量等,确保生态流量得到有效保障。

3.2.3 加强监测技术研发与应用

加大对生态流量监测技术的研发投入,推广应用先进的监测设备和技术手段。例如,利用遥感技术可以实现对河流生态流量的大范围、快速监测。通过卫星或飞机搭载的传感器,获取河流的水面面积、水深等信息,结合水力学模型计算生态流量。无人机技术可以用于对一些地形复杂、人员难以到达的河段进行监测。无人机可以搭载高清摄像头和监测设备,获取河流的实时图像和数据。利用大数据、人工智能等技术对监测数据进行分析和处理,提高生态流量评估和预警的准确性。例如,通过大数据分析可以挖掘生态流量与河流生态环境质量之间的内在关系,为生态流量保障提供更科学的依据。

3.3 优化水利工程建设与运行管理

3.3.1 在水利工程建设中充分考虑生态流量需求

在水利工程的规划、设计和建设阶段,应充分考虑生态流量保障需求,优化工程布局和设计方案。例如,合理确定水库的调度规则,根据河流的生态功能和水生生物需求,制定科学合理的水库蓄水和放水计划。在鱼类繁殖季节,适当增加水库的下泄流量,保证下游河流有足够的水量满足鱼类的洄游和产卵需求。设置生态流量泄放设施,如生态放水洞、生态机组等,确保在满足防洪、灌溉、发电等用水需求的同时,能够保障下游河流的生态流量^[4]。生态放水洞的设计要考虑流量的稳定性和可控性,避免出现流量突变对河流生态系统造成冲击。

3.3.2 加强水利工程运行管理

建立健全水利工程运行管理制度,加强对水库、水电站等水利工程的运行调度管理。制定科学合理的生态流量调度方案,明确不同季节、不同时期的生态流量泄放要求。

例如,在枯水期,要优先保障生态流量,合理安排农业、工业等用水。加强对水利工程运行情况的监督检

查,建立定期巡查制度,检查生态流量泄放设施的运行情况、水库的调度记录等。对未按照调度方案泄放生态流量的水利工程,要及时进行整改,确保生态流量保障措施得到有效落实。

3.3.3 推进生态水利工程建设

积极推进生态水利工程建设,采用生态友好型的工程建设技术和材料,减少水利工程对河流生态系统的干扰和破坏。例如,建设生态护岸,采用天然石材、木材、植物等材料,营造接近自然的河岸环境。生态护岸不仅可以防止河岸坍塌,还能水生生物提供栖息和繁殖场所,促进河流生态系统的恢复和发展。建设人工湿地,利用湿地中的植物和微生物净化水质,同时为鸟类、鱼类等生物提供栖息地。通过生态水利工程建设,改善河流的生态环境,提高河流的自净能力和生态服务功能。

结语

新时代水利规划中生态流量保障是系统工程,需结合多种量化方法确定目标,并采取有效策略确保实施。完善政策法规、加强监测体系、优化工程建设管理至关重要。未来,科技进步将提升遥感和人工智能在生态流量监测中的应用,实现精准调控并减少对生态系统的干扰。国际合作有助于借鉴成功经验,共同研究和应用新技术,推动全球水资源保护与生态环境改善。通过持续创新与合作,可以更好地应对不同地区的挑战,促进水利工程与生态环境和谐共生。

参考文献

- [1]水利部关于全面开展河湖和已建水利水电工程生态流量确定与保障工作的意见[J].中华人民共和国水利部公报,2024,(04):34-37.
- [2]赵蓉,史晓新,朱党生,等.水利水电工程生态流量理论与计算方法研究进展[J].水利规划与设计,2024,(10):55-60.
- [3]王晓红,张建永,廖文根,等.绿色水利水电工程规划建设中的生态流量保障措施研究[J].环境保护,2018,46(Z1):60-64.
- [4]陈宗怡,黄国新,吴倩.水利工程生态流量的水文学方法分析与确定——以章水油罗口水库为例[J].人民珠江,2025,46(04):47-54.