

建立健全小水电站生态流量 全过程监管体系探讨

徐成波, 陈华堂

(中国灌溉排水发展中心, 100054, 北京)

摘要:小水电是国际公认的清洁可再生能源, 目前我国已建成农村小水电站4.1万多座, 长期以来在保障农村生产生活用电、保护森林资源、保障应急供电、促进区域经济发展、助力实现“双碳”目标等方面发挥了积极作用。部分地区由于小水电建设、开发、监管不规范, 水电站挡水建筑物生态流量泄放不达标, 对河流生态环境产生不利影响。强化小水电站生态流量监管, 推进落实小水电站生态流量泄放, 对于改善河流生态环境具有重要的作用。分析了小水电站生态流量监管现状, 梳理了小水电站在生态流量泄放环节中存在的不足, 主要包括:生态流量计算核定和泄放设计需进一步规范, 生态流量监测监控需规范和加强, 生态流量监督考核机制亟待健全等。以问题为导向, 提出了加强对小水电站生态流量监管的政策指引和技术指导, 规范小水电站生态流量计算和泄放设计, 完善小水电站生态流量实时监测系统, 建立小水电站生态流量考核激励长效机制等方面的对策建议, 为今后更加有效地开展小水电站生态流量监管提供参考。

关键词:小水电; 生态流量; 全过程监管; 监督考核机制

Discussion on establishing and perfecting the whole-process supervision system for ecological flow in small hydropower stations//XU Chengbo, CHEN Huatang

Abstract: Small hydropower is an internationally recognized clean and renewable energy source. Currently, China has built over 41,000 rural small hydropower stations. These stations have long played a positive role in ensuring electricity supply for rural production and daily life, protecting forest resources, securing emergency power supply, promoting regional economic development, and contributing to the achievement of the carbon peaking and carbon neutrality goals. In some regions, due to irregularities in the construction, development, and supervision of small hydropower stations, water-retaining structures have led to non-compliance in ecological flow releases, adversely affecting river ecosystems. Strengthening the supervision of ecological flow in small hydropower stations and promoting the implementation of ecological flow releases are crucial for improving river ecological environments. This paper analyzes the current status of ecological flow supervision in small hydropower stations and identifies deficiencies in ecological flow release, including the need for further standardization in ecological flow calculation and release design, the necessity to enhance ecological flow monitoring and supervision, and the urgent requirement to establish a comprehensive supervision and evaluation mechanism. Problem-oriented strategies are proposed, such as enhancing policy and technical guidance for ecological flow supervision, standardizing ecological flow calculation and release design, perfecting real-time monitoring systems, and establishing a long-term incentive mechanism for

收稿日期:2025-04-21

作者简介:徐成波, 正高级工程师, 主要从事农村水电、机电灌排等方面工作。

performance evaluation, to provide references for more effective ecological flow supervision in small hydropower stations.

Keywords: small hydropower; ecological flow; whole-process supervision; supervision and performance evaluation mechanism

中图分类号: TV742+X143 文献标识码: B 文章编号: 1000-1123(2025)11-0059-06

DOI: 10.3969/i.issn.1000-1123.2025.11.008

目前我国已建成农村小水电站4.1万多座,累计装机容量8100多万kW,年发电量2300多亿kW·h,约占全国水电发电量的19%。小水电是国际公认的清洁可再生能源,多年来在保障农村生产生活用电、保护森林资源、保障应急供电、促进区域经济发展、助力实现“双碳”目标等方面发挥了积极作用。但由于过去人们生态保护意识不强,部分地区小水电过度开发,水电站挡水建筑物造成下游河流减脱水,对河流生态环境产生不利影响。为建设健康河湖,纠正部分地区小水电开发中存在的生态环境问题,我国自2018年开始先后开展了长江经济带、黄河流域及其他地区小水电清理整改工作。生态流量泄放不达标是部分小水电站造成生态环境问题的主要原因,生态流量监管既是小水电清理整改的关键举措,也是保障河流生态健康的常态化和长期性工作。

一、小水电站生态流量监管主要举措及现状

小水电站生态流量是指满足水电工程(厂房及挡水建筑物)下游河段保护目标生态需水基本要求的流量及过程。小水电站生态流量监管包括生态流量计算和核定、泄放设施建设、泄放调度、泄放过程监测及监督考核等一系列措施。

1. 加强顶层设计,建立小水电站生态流量监管制度和监管平台

2019年水利部会同生态环境部印发了《关于加强长江经济带小水电站生态流量监管的通知》,从国家层面启动对小水电站生态流量的监管,文件对小水电站生态流量计算和核定、生态流量泄放设施建设、生态流量实时监测、生态流量泄放调度、生态流量监管平台建设、生态流量监管责任等提出了要求。同年水利部印发了《小水电站生态流量监管平台技术指导意见》,对生态流量监测设施设备、数据传输、监管平台系统设计等提出技术要求。

目前全国有生态流量泄放要求的3.2万座小水电站已基本按要求核定生态流量并完成生态流量泄放

设施和监测设施建设,对小水电站生态流量的监管也已覆盖全国所有有生态流量泄放要求的小水电站。26个有生态流量泄放监管任务的省份中已有25个建成省级小水电站生态流量监管平台,全国小水电站的平台接入率达99%以上,其中自动报送数据的电站3万余座,约占总数的94%,能实时上传生态流量数据、动态视频或静态图像等信息,充分运用数字化、信息化手段实现常态化在线监管;23个省级小水电站生态流量监管平台已实现从部级层面对小水电站生态流量的实时在线监管。

2. 强化小水电站生态流量监督考核,推进生态流量落实

目前各省(自治区、直辖市)均将小水电站生态流量泄放情况纳入地方河湖长制或最严格水资源管理制度考核内容。全国小水电站生态流量监管工作已纳入国家最严格水资源管理制度考核内容。有生态流量泄放要求的省份均以部门联合文件、省级管理办法等形式出台了小水电站生态流量监管文件,并建立了常态化监督考核机制,逐步建立生态流量保障长效机制。

各地积极探索,部分地区制定政策激励小水电站业主落实生态流量。例如,广东省出台了国内首个反映生态保护补偿的差异化电价政策,将小水电上网电价与生态流量泄放情况挂钩,采取奖惩结合的激励措施,对于生态流量泄放达标率在90%以上的小水电站,其上网电价在原基础上提高0.015元/(kW·h);对于生态流量泄放达标率不足80%的小水电站,其上网电价在原基础上降低0.015元/(kW·h)。福建省宁德市针对生态流量监测设备故障率高、偏远电站网络信号弱等问题,推行小水电站生态流量监测物业化管理,建立集数据管理、差异化考核、设备维护等于一体的第三方服务模式。

3. 开展小水电站生态流量在线随机抽查,不断强化小水电站生态流量监管

为督促各地强化小水电站生态流量监管,充分发

挥小水电站生态流量监管平台作用,水利部于2023年开始组织开展常态化小水电站生态流量在线随机抽查。随机抽查主要聚焦两个方面:生态流量是否按规定足额泄放;生态流量泄放监测数据是否完整,是否按要求存储和报送,如生态流量泄放图片、视频、数据等(见表1)。

抽查显示,随着小水电站生态流量监管措施不断强化,小水电站生态流量达标率和数据完整率均逐步提升。

二、小水电站生态流量监管中存在的主要问题

近年小水电站生态流量监管取得了明显成效,对保障河流生态流量、恢复河流连通性、复苏河流生态环境发挥了重要作用。但由于工作开展时间较短,还处在不断摸索和经验积累过程中,在不同环节还存在一些亟待改进的问题。

1.生态流量计算核定和泄放设计需进一步规范

(1)小水电站生态流量计算核定结合河流特性不够

①生态流量计算较为粗略,没有充分考虑河流或河段的生态敏感性,甚至存在将小水电站生态流量混同于生态基流的情况。②对河流不同时段生态流量需求差异没有加以区分,如汛期与非汛期、冰冻期与非冰冻期、季节性河流有水期与无水期等。③生态流量表示形式单一,没有根据河流特性采用瞬时流量、水位或水量等不同表示形式。

(2)生态流量泄放设施设计建设不够科学合理

由于大部分小水电站建设时未考虑设置专门的生态流量泄放设施,大多是在原有工程基础上增设或改建。受制于工程条件,且又缺乏相应的设计标准,部分小水电站生态流量泄放设施设计建设不合理,影响原有工程的稳定性、安全性,部分生态流量泄放设施易受泥沙杂物淤积影响或受水库水位制约而不能确保生态流量正常足额泄放。

(3)生态流量泄放调度不规范

部分地区虽然出台了小水电站生态流量调度相关

制度,但在实际操作中没有很好执行。对于兼具防洪、供水、灌溉等综合性功能的小水电站需要优先满足其他用水需求时,或遇到特殊情况需要改变生态流量泄放方案时,没有及时履行申请或报备手续并上传到监管平台,部分小水电站特殊情况报备持续时间过长。

2.生态流量监测监控需规范和加强

(1)生态流量现场监测不规范

①生态流量监测位置不合理。部分小水电站仅在生态流量泄放口安装监测设施,而未将大坝泄水建筑物泄水量、发电尾水量(针对坝后式或河床式电站)纳入监测,导致生态流量监测值远小于实际泄放量。②监测设施设备选型或安装不规范。由于受安装条件限制和成本制约,生态流量计量设施设备型式、安装位置等没有严格执行相关标准,计量精度不满足要求。③视频监视效果差。一些视频监视设备安装位置不合理,分辨率低,难以辨识生态流量泄放情况;有的视频监视设备缺乏夜视功能,夜间难以辨识生态流量泄放情况。

(2)监测数据管理水平难以满足实时监测需求

①生态流量数据采集、存储与传输等没有严格按照相关标准执行,各地对数据采集和上传频次规定不统一。②数据传输不连续或滞后。很多小水电站位于偏僻山区,有的通信网络没有及时升级造成数据传输不畅;南方地区阴雨天气较多、日照不足,太阳能蓄电池储能不足,影响数据采集和传输。③有的小水电站没有在现地存储监测数据,如果由于通信问题数据不能传输到监管平台则难以恢复丢失的数据。④一些小水电站由于通信问题不能自动上传数据,其人工上传不及时。

(3)生态流量监管平台功能需进一步完善

部分地区生态流量监管平台软件功能不够完善,如缺少生态流量不达标报警和短信通知功能,缺少统计分析和查询功能,水电站基本信息(生态流量泄放方式、泄放设施是否有节制等)不完整。

表1 小水电站生态流量在线随机抽查情况

抽查轮次	抽查省份(个)	抽查电站数(座)	生态流量达标率(%)	数据完整率(%)
2023年上半年	13	1137	73.4	68.5
2023年下半年	23	1581	77.2	80.4
2024年上半年	23	3487	89.4	92.3
2024年下半年	23	3501	97	96.5

3. 生态流量监督考核机制亟待健全

(1) 生态流量监督考核标准不统一

生态流量考核方式和考核指标缺乏统一标准,各地差异较大。对于生态流量泄放值的考核,有的省份考核日均流量,有的省份考核每小时上传的流量数据,还有些地区考核方式和考核标准不明确。对于生态流量数据完整性(或泄放连续性)的考核,各地的规定也不尽相同。

(2) 生态流量监管经费保障机制尚未建立

目前小水电站生态流量泄放设施和监测设施已基本建成,由于缺少专项经费保障,大部分地区生态流量监测设施运行维护及所需费用由小水电站业主承担。一些业主认为生态流量监测是主管部门的责任,疏于生态流量监测设施运行维护,影响生态流量监测的可持续性。

(3) 生态流量泄放补偿激励机制尚未普遍建立

由于下泄生态流量会造成水电站发电效益降低,大部分农村小水电站都是私营或民营性质,对下泄生态流量的意义理解不到位,长期足额下泄面临不少挑战。

三、对建立健全小水电站生态流量全过程监管体系的建议

建立健全小水电站生态流量全过程监管体系,既是巩固小水电清理整改成果的需要,更是持续保障河流生态健康的重要举措。为进一步规范和加强小水电站生态流量监管,构建合规有效的监管体系,提出以下建议。

1. 完善顶层设计,加强对小水电站生态流量监管的政策指引和技术指导

(1) 出台生态流量全过程监管指导意见

在《关于加强长江经济带小水电站生态流量监管的通知》等政策文件基础上,出台生态流量全过程监管指导意见,进一步明确小水电站生态流量监管相关部门责任分工,明确生态流量计算和核定、泄放设施建设、泄放调度、泄放监测和监督考核等全过程监管要求,并提出建立生态流量泄放激励机制和经费保障机制,为生态流量监测设施运行维护和生态流量泄放激励提供可持续的经费保障。

(2) 研究制定小水电站生态流量监管技术标准

小水电站生态流量监管技术标准应明确小水电站生态流量计算、泄放设施设计及施工、泄放调度、实时监测系统设计施工及运行维护、监管平台设计及运行等技术要求。

2. 规范小水电站生态流量计算和泄放设计

(1) 规范小水电站生态流量计算

目前大部分小水电站生态流量是在《水利水电工程生态流量计算与泄放设计规范》(SL/T 820—2023)颁布之前,根据其他相关标准计算与核定的,而且很多小水电站只是简单地将河流多年平均径流的10%作为生态流量,对河流特性、生态敏感性等因素考虑不够。生态流量应因地制宜地以流量、水量或水位表征,并体现不同时期的流量过程,需要按照新的标准对其重新计算,如差别较大则需重新核定并相应变更泄放设施或泄放调度方案。

(2) 逐站制定生态流量泄放调度方案

当前大部分小水电站仅核定了生态流量而未制定生态流量泄放调度方案,暂停泄放生态流量的申请、报备制度不完善。小水电站应参照《水库生态流量泄放规程》(SL/T 819—2023)逐站编制生态流量泄放调度方案。生态流量调度应服从流域水资源统一调度和防洪抗旱总体安排,在优先满足城乡居民生活用水前提下,统筹协调生态流量泄放与防洪、供水、灌溉、发电、航运等的关系。生态流量调度应根据河流来水条件,合理选择流量、水量或水位,明确分时段泄放目标、流量过程、调度频次、持续时间等。生态流量泄放调度方案中应明确免于泄放生态流量的特殊情况及申请、报备程序。

(3) 科学设计生态流量泄放设施

大部分小水电站以中小型水库、水坝为水源,原有工程很少有专门的生态流量泄放设施,生态流量泄放设施需要在原有工程基础上增设或改建。生态流量泄放设施设计应参照《水利水电工程生态流量计算与泄放设计规范》(SL/T 820—2023),并符合水利工程设计相关规范。生态流量泄放设施应结合主体工程特点,从工程布置、施工条件、运行管理、工程投资及保障效果等方面综合分析确定。生态流量泄放设施应优先考虑利用主体工程泄水、引水等建筑物,增设生态流量泄放专用设施应保证主体工程安全,因地制宜采用泄流孔(洞)、泄流管、泄流槽、泄流阀、泄流闸、虹吸管、生态机组等生态流量泄放设施。必须明确生态流量泄放设施是否有节制,对于有节制的必须开展流量监测。

3. 完善小水电站生态流量实时监测系统并保障其可持续运行

(1) 合理确定小水电站生态流量监测点位置

参照《水利水电工程生态流量计算与泄放设计规

范》(SL/T 820—2023)、《水库生态流量泄放规程》(SL/T 819—2023)等标准,根据小水电站引水方式合理布置小水电站生态流量遥测站点位置,科学反映生态流量泄放值和泄放效果。将生态流量泄放设施泄水量、大坝泄水建筑物泄水量、发电尾水量(针对坝后式或河床式电站)纳入监测并叠加计算,准确反映河道生态流量。

(2) 科学选择生态流量监测方式,提高监测精度

流量、水位、流速、水量、闸位等计量设施的选型、安装、换算等应遵循相关技术标准,确保计量精度符合要求。对于受客观条件所限不安装流量监测设施只安装视频监控设备的小水电站,必须将生态流量泄放设施设计成无节制的。

(3) 完善生态流量监测通信网络和监管平台

根据《水电工程生态流量实时监测系统技术规范》(NB/T 10385—2020)等技术标准完善小水电站生态流量监测通信网络。生态流量数据通信组网方式、通信信道技术指标、电源设计、遥测站设备配置、中心站软硬件配置等应遵循相关技术标准,根据小水电站地处偏远的特点选择合适的通信方式和通信电源,及时升级通信网络,确保遥测站与中心站通信畅通,实现数据采集、存储、传输、处理等基本功能。推进小水电站生态流量智能化监管平台建设,规范设置生态流量数据采集和上传频次、存储要求等,实现生态流量实时监测、异常预警和远程监管。生态流量监控平台软件系统应具备查询、统计、报警、报备管理等功能。对于图像或视频监控可开发应用智能识别技术,自动判断是否正常泄放生态流量,提高监管效率和准确性。

(4) 保障生态流量监测设施运行维护经费

生态流量监测是一项长期工作,大部分地区生态流量监测设施(遥测站)运行维护由小水电站业主负责,由于小水电遥测站布置在野外,又缺少必要的防护设施,设施设备受自然和人为等因素损坏较为频繁,实时视频传输通信费用较高,给小水电站业主带来较大的经济负担,建议各地安排专项经费用于生态流量监测设施运行维护。

4. 建立小水电站生态流量考核激励长效机制

(1) 细化小水电站生态流量监督考核机制

部分地区已出台小水电站生态流量监管政策文件,不同程度地对生态流量监测和监督考核作出了规定。建议各地进一步明确生态流量考核指标、考核方

式、考核程序、考核频次、考核结果应用等。

(2) 探索小水电站生态流量泄放激励机制

在分析小水电站生态流量泄放对发电效益影响的基础上,研究出台反映生态保护成本的差异化电价政策或其他奖惩制度。例如将小水电上网电价与生态流量泄放考核情况挂钩,采用奖惩结合的办法激励小水电站业主泄放生态流量,对生态流量泄放较好的小水电站业主补偿因生态流量泄放而减少的发电收入,对生态流量泄放不达标的加大处罚力度,从而建立生态流量保障长效机制。

四、结 语

小水电是国际公认的清洁能源,在改善民生、应急供电、促进区域经济发展、助力实现“双碳”目标等方面发挥着重要作用。近年,小水电因河流生态问题受到争议,甚至个别地区出现了“一退了之”“一拆了之”现象,造成新的生态问题、安全问题和社会问题。河流生态流量保障可以通过强化小水电站生态流量全过程监管和建立长效监管机制来实现,以较低的社会成本和经济成本保障河流生态健康,同时维护小水电站的正当权益。

参考文献:

- [1] 徐锦才.基于水利新质生产力的小水电绿色发展[J].中国水利,2024(8):11-13.
- [2] 邓旭.山区小水电生态流量与发电结合策略的研究与实现[J].小水电,2024(4):43-45+85.
- [3] 章蕾,谢佳琳,陈攀辉.某省小水电生态流量泄放评估分析与探讨[J].长江技术经济,2024,8(4):44-50.
- [4] 李有富.整改类小水电生态流量泄放措施研究[J].水利技术监督,2023(7):68-71.
- [5] 申庆成,游蛛虹,陈庆.水量计量在水电站生态流量下泄监管中的应用[J].四川水利,2023,44(4):55-58.
- [6] 孙晓颖.小水电站生态流量监测系统探析[J].东北水利水电,2023,41(4):30-31.
- [7] 朱超,嵇海祥,周安辉,等.绿色小水电生态流量自动监测系统研究与应用[J].陕西水利,2022(11):115-117.
- [8] 刘树锋,陈记臣,关帅.基于改进FDC法的小水电生态流量计算与生态调度研究[J].长江科学院院报,2020,37(8):29-34.
- [9] 金华频,吴振宇.图像识别技术在小水电生态流量监管中的应用[J].小水电,2020(6):71-74.

- [10] 马跃先,李忠义,邓旭.小水电生态流量利用效率提升策略和实施方案探讨[J].小水电,2022(5):1-3.
- [11] 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.
- [12] 王志华,何艳虎,刘树锋,等.小水电下泄生态流量计算方法研究进展[J].小水电,2024(1):1-5.
- [13] 谢悦,赵天兴.四川省水电站生态流量监管现状及探讨[J].四川水利,2024,45(1):108-111.
- [14] 曹毛如.小水电最低生态流量泄放策略分析研究[J].地下水,2021,43(6):310-313.
- [15] 王敏.我国小水电生态流量的监管问题研究[J].华北电力大学学报(社会科学版),2019(1):18-25.
- [16] 张丽,陈婕汝,万东辉,等.小水电影响下的南方山区河流适宜生态流量[J].水电能源科学,2023,41(4):65-68+64.
- [17] 崔豪文.赤水市小水电生态整改探索与实践[J].小水电,2024(3):1-2+40.
- [18] 周丽娜,王初夏,肖妮,等.基于水库不同调节性能分析生态流量泄放对其发电效益的影响[J].小水电,2024(6):30-34.
- [19] 高春娥.白云电站生态流量泄放措施设计探讨[J].湖南水利水电,2024(3):15-17+41.
- [20] 杨志潮,刘智,蔡嘉伟.广东省小水电生态流量监管平台的设计与实现[J].水利信息化,2023(4):88-92.
- [21] 徐立尉,李强伟.小水电站生态流量泄放检查率定方法研究及实践[J].小水电,2024(6):35-39+49.
- [22] 高晨烨,吴位表,吴瀚.基于灰色关联度的小水电生态电价核定研究——以丽水市为例[J].浙江水利科技,2022,50(4):9-13.
- [23] 王永成,付民,张子元,等.基于多元回归分析法的小水电生态泄放流量的计算与核验[J].河北水利,2024(7):29-31.
- [24] 余进忠.小水电站生态流量泄放设施改造初探[J].小水电,2022(6):6-11+16.
- [25] 唐樱菲.蓝山县整改类小水电站生态流量泄放措施设计的研究[J].湖南水利水电,2020(6):68-71.
- [26] 马彪.小水电生态泄流改造及案例分析[J].水利水电工程设计,2023,42(1):16-18+39.
- [27] 孙娇,郑城,王晓飞.浙江省小水电站生态流量监督管理的探索与实践[J].小水电,2023(4):1-5.
- [28] 干超,肖妮,赵鑫.小水电站生态流量泄放情况评价研究[J].小水电,2022(6):12-16.

责任编辑 刘磊宁

(上接第50页)量LSTM神经网络模型在地下水位预测中的应用[J].人民黄河,2022,44(8):69-75.

- [11] ADHIKARY K S, RAHMAN M, GUPTA D A. A stochastic modelling technique for predicting groundwater table fluctuations with Time Series Analysis[J]. International Journal of Applied Science and Engineering Research, 2012, 1(2):238-249.
- [12] MIRZAVAND M, GHAZAVI R. A Stochastic Modelling Technique for Groundwater Level Forecasting in an Arid Environment Using Time Series Methods[J]. Water Resources Management, 2015, 29(4):1315-1328.
- [13] 罗杰文,邓英尔.某平原区地下水位动态变化的ARIMA模型预测研究[J].地下水,2020,42(2):43-45.
- [14] 王宇,卢文喜,卞建民,等.三种地下水位动态预测模型在吉林西部的应用与对比[J].吉林大学学报(地球科学版),2015,45(3):886-891.
- [15] 李文超,胡天然,魏永霞.BP-ANN模型在地下水动态预测中的应用研究[J].东北农业大学学报,2009,40(9):44-47.
- [16] 张斌,刘俊民.基于BP神经网络的地下水动态预测[J].水土保持研究,2012,19(5):235-237.
- [17] FAN Y, HU L, WANG H, et al. Machine Learning Methods for Improved Understanding of a Pumping Test in Heterogeneous Aquifers[J]. Water, 2020, 12(5):1342-1342.
- [18] 郭敏丽,刘天航,毕二平,等.3种机器学习模型在地下水位动态模拟中的效果比较[J].环境工程学报,2024,18(5):1406-1414.
- [19] 田辽西,覃华清.基于多变量LSTM神经网络的地下水位预测方法研究[J].干旱区资源与环境,2024,38(9):138-146.

责任编辑 刘磊宁