

# 水利工程生态环境流量计算方法研究及其应用

牟建民

山东潍坊市寒亭区水利局

DOI:10.12238/hwr.v7i12.5097

**[摘要]** 本文总结了国内外生态环境流量的概念、分类和计算方法,提出了一种基于水文模拟和生态需水的综合计算方法。该方法能够综合考虑水文、水质、水生态等多方面因素,全面反映流域的水文变化和生态需求,为水利工程规划、设计和运行提供科学依据。通过在某流域的应用,本文验证了该方法在评估不同水利工程建设方案下的生态环境流量方面的有效性,为水利工程的生态效益评价和生态补偿提供了有益参考。

**[关键词]** 水利工程; 生态环境流量; 计算方法; 水文模拟; 生态需水

中图分类号: TV5 文献标识码: A

## Research on the Calculation Method of Ecological Environment Flow in Water Conservancy Engineering and Its Application

Jianmin Mou

Water Resources Bureau of Hanting District, Weifang City, Shandong Province

**[Abstract]** This article summarizes the concept, classification, and calculation methods of ecological environment flow at home and abroad, and proposes a comprehensive calculation method based on hydrological simulation and ecological water demand. This method can comprehensively consider multiple factors such as hydrology, water quality, and aquatic ecology, comprehensively reflect the hydrological changes and ecological needs of the watershed, and provide scientific basis for the planning, design, and operation of water conservancy projects. Through its application in a certain watershed, this article verifies the effectiveness of this method in evaluating the ecological environment flow under different water conservancy engineering schemes, providing useful reference for the ecological benefit evaluation and ecological compensation of water conservancy engineering.

**[Key words]** Water conservancy engineering; Ecological environment flow; Calculation method; Hydrological simulation; Ecological water demand

### 引言

水利工程是为了利用和调节水资源、改善水环境,满足生产和生活需求而建设的工程,包括水库、水电站、灌溉、排水、防洪、航运、水土保持等<sup>[1]</sup>。水利工程对流域水文、水质、水生态等方面产生重要影响,因此,需要合理确定水利工程的生态环境流量,以保护和恢复流域的生态功能,实现可持续发展。生态环境流量是为了维持流域生态环境和生物多样性,保障人类生存和健康而在河道中保持的最小流量。目前存在的计算方法有水文、水力、水质、水生态、综合等多种,各有优缺点,需要根据具体情况选择和应用<sup>[2]</sup>。然而,现有方法存在一些问题,为解决这些问题,本文提出了一种基于水文模拟和生态需水的综合计算方法,综合考虑了水文、水质、水生态等因素,反映流域水文变化和生态需求,为水利工程提供科学依据。通过某流域的应

用实例,结果表明该方法能有效评估水利工程对流域生态环境的影响,为水利工程的生态效益评价和生态补偿提供参考,具有理论和实际价值。

### 1 生态环境流量的概念、分类和计算方法

生态环境流量,为了维持流域的生态环境和生物多样性、保障人类生存和健康而需在河道中保持的最小流量,是水利工程生态学的核心问题,也是广受关注的研究领域<sup>[3]</sup>。生态环境流量的分类包括基本流量和高峰流量。前者是为了维持河道基本水文条件和水生态系统正常运行而需保持的最小流量;后者是为了维持河道自然动态变化和水生态系统多样性而周期性出现的较大流量。根据流量确定方式可分为恒定流量和变化流量,前者在一定时间尺度内保持不变;后者随水文条件和生态需求变化而变化<sup>[4]</sup>。此外,生态环境流量还可根据确定依据分为水文流量

和生态流量,前者基于水文特征和水资源利用,通常通过水文统计或水文模拟计算;后者基于生态特征和生态保护目标,通常通过水力学、水质学或水生态学方法计算。

生态环境流量的计算方法多种多样,包括水文方法、水力方法、水质方法、水生态方法和综合方法。水文方法通过水文统计或水文模拟根据水文数据确定生态环境流量,简便易操作但忽视生态特征。水力方法在水文方法基础上考虑水力特征和水生生物需求,提高了计算的精度和可靠性,但数据需求多且计算复杂。水质方法和水生态方法分别基于水质和水生态数据,考虑相应特征,提高了计算的合理性和科学性,但数据需求更多,计算更为复杂。综合方法则综合考虑各种方法,全面反映河道的水文、水力、水质和水生态特征,为最先进但也最复杂的计算方法,能最大限度提高计算的准确性和适用性,但需要解决多因素协调、权重和优化等问题,考虑各种不确定性和灵敏性因素。综合方法作为当前生态环境流量计算中最先进也最复杂的方法,全面反映河道的生态功能和生物多样性,最大限度提高了计算的准确性和适用性。然而,这一方法也面临着协调各种数据和方法的一致性和兼容性、解决因素之间的权重和优化问题,以及考虑各种不确定性和灵敏性因素的挑战。本文采用的综合水文生态法,通过综合运用水文模拟和生态需水的方法,考虑了流域的水文变化和生态需求,通过建立水文模拟模型、确定生态需水指标、计算生态环境流量以及评估水利工程对其影响的步骤,提高了生态环境流量计算的科学性和实用性,为水利工程的规划、设计和运行提供科学依据。然而,该方法也面临数据需求较多、计算较复杂和操作较困难的挑战,需要在提高准确性的同时,综合考虑各种因素的不确定性和灵敏性。

## 2 基于水文模拟和生态需水的综合计算方法

本文提出了一种基于水文模拟和生态需水的综合计算方法,旨在全面考虑流域水文变化和生态需求,以确定河道中的生态环境流量。该方法的具体步骤和原理如下:

第一步,采用SWAT(Soil and Water Assessment Tool)模型建立水文模拟模型,利用水文数据和水利工程参数,模拟不同水利工程方案下的流域水文过程,获得河道中的水文流量。SWAT模型是一种分布式的流域水文模型,能综合考虑降水、产流、汇流、蒸散、水质等因素,同时考虑土地利用、土壤类型、植被覆盖、气候变化等。第二步,采用水质数据和水生态数据,分析流域的水质和水生态状况,获取河道中的生态流量。生态需水指标包括水质、水生生物和水生态系统等综合指标。生态需水方法是根据这些指标和水质、水生态数据确定河道中的生态流量,综合运用水质学、水生态学、水生态系统学的方法,全面考虑河道的水质、生物和生态系统需求,为流域的生态环境保护提供支持。第三步,通过综合考虑水文流量和生态流量,计算得到河道中的生态环境流量,该流量是为了维持流域的生态环境和生物多样性,确保人类生存和健康而必须维持的最小流量。生态环境流量的计算采用水文-生态的综合方法,结合水文模拟和生态需水的方式,全面考虑流域的水文变化和生态需求,为流域的生态

环境保护提供科学支持。第四步,利用生态环境流量对比分析不同水利工程方案下的生态环境流量,评估水利工程对河道中的生态环境流量的改变和影响。该评估能够提供水利工程对流域生态环境的优化和改善效果的参考,为水利工程的生态效益评价和生态补偿提供科学依据。采用水文-生态的综合评估方法,综合考虑水文模拟和生态需水的方式,全面分析水利工程对生态环境流量的影响,为流域的生态环境保护提供支持。

尽管该方法具有反映水文变化和生态需求的优势,能够提高生态环境流量计算的科学性和实用性,以及评估水利工程对流域生态环境的影响,但也存在数据需求较多、计算较复杂和操作较困难的挑战。在提高准确性的同时,需要全面考虑各种因素的不确定性和灵敏性。

## 3 某流域的案例分

为验证本文提出的综合计算方法的有效性和适用性,选择中国西南地区珠江流域的一级支流作为研究对象。该流域面积约1.2万平方公里,年均降水量1200毫米,年均径流量80亿立方米,涵盖了A、B、C三座水库,主要用途包括发电、灌溉和供水。水生态环境脆弱,涵盖了D、E两个国家级自然保护区,重点保护珍稀水生动植物和湿地生态系统,同时有一个国家级风景名胜区F,以河流风光和民族风情为特色。流域内的水利工程方案分为方案一至方案四,针对不同需求和目标,进行了生态环境流量的综合计算和对比分析。具体如下:

本研究以某流域为研究对象,考虑了四种水利工程方案的影响,包括方案一(保持现状)、方案二(建设G水电站)、方案三(建设H水库)和方案四(建设I水库)。方案一维持现有A、B、C水库的规模和运行方式,方案二在流域下游建设G水电站,方案三在中游建设H水库,方案四在上游建设I水库。为了计算不同水利工程方案下的生态环境流量,研究搜集了流域内5个水文站和3个水质站的多项数据,包括降水、径流、蒸发、水位、流速、水温、水质参数等。同时,获取了3个水库管理局提供的水库相关参数,如库容、蓄水位、泄水量、发电量、灌溉量、供水量等。采用SWAT模型建立了流域水文模拟模型,通过水文数据和水利工程参数模拟了不同方案下的水文过程,得到了河道的水文流量。结合水质-水生生物-水生态系统的指标体系,分析水质和水生态数据,得到了河道的生态流量。通过水文-生态的综合计算方法,全面考虑了流域水文变化和生态需求,计算得到了河道的生态环境流量。最后,采用水文-生态的综合评估方法,对比分析了不同水利工程方案下的生态环境流量,评估了水利工程对流域生态环境的影响,为规划、设计和运行提供科学依据。

表1展示了不同水利工程方案下的水文流量、生态流量和生态环境流量,以及水利工程对生态环境流量的影响和评价。结果显示,各水利工程方案对生态环境流量有显著影响,且评价结果存在差异:

方案一:保持现状,无水利工程建设,水文流量和生态流量维持自然状态,生态环境流量为1.2亿立方米/月。水利工程对生态环境流量影响为0,生态效益中等,无生态补偿。优点是保持自

表1 不同水利工程方案下的生态环境流量及其评价

水利工程方案	水文流量(亿立方米/月)	生态流量(亿立方米/月)	生态环境流量(亿立方米/月)	水利工程对生态环境流量的影响(亿立方米/月)	水利工程的生态效益	水利工程的生态补偿
方案一	1.4	1.2	1.2	0	中等	无
方案二	1.6	1.2	1.5	0.3	较高	低
方案三	1.2	1.2	1.0	-0.2	较低	高
方案四	1.3	1.2	1.1	-0.1	中等	中

然水文过程和生态功能,缺点是未充分利用水资源,未提高社会经济发展水平。

方案二:建设G水电站,利用水能资源增加发电能力,调节水文过程,改善水环境。水文流量和生态流量发生变化,生态环境流量为1.5亿立方米/月。水利工程对生态环境流量的影响为0.3亿立方米/月,生态效益较高,生态补偿较低。优点是充分利用水能资源,提高发电能力,改善水环境,增加生态环境流量,提高生态效益;缺点是对自然水文过程和生态功能造成一定影响,需进行一定生态补偿。

方案三:建设H水库,利用水资源增加灌溉能力,调节水文过程,改善水环境。水文流量和生态流量发生变化,生态环境流量为1.0亿立方米/月。水利工程对生态环境流量的影响为\*\*-0.2亿立方米/月\*\*,生态效益较低,生态补偿较高。优点是充分利用水资源,提高灌溉能力,调节水文过程,提高社会经济发展水平;缺点是对自然水文过程和生态功能造成较大影响,减少生态环境流量,降低生态效益,需要进行较多生态补偿。

方案四:建设I水库,利用水资源增加供水能力,调节水文过程,改善水环境。水文流量和生态流量发生变化,生态环境流量为1.1亿立方米/月。水利工程对生态环境流量的影响为-0.1亿立方米/月,生态效益中等,生态补偿中。优点是充分利用水资源,提高供水能力,调节水文过程,提高社会经济发展水平;缺点是对自然水文过程和生态功能造成一定影响,减少了生态环境流量,降低了生态效益,需要一定生态补偿。

本文以某流域为例,采用提出的综合计算方法,对比分析了不同水利工程方案下的生态环境流量。结果表明不同方案对生

态环境流量有显著差异,对其影响和评价各异。研究结果为该流域水利工程的规划、设计和运行提供了科学依据,同时对其他类似流域的生态环境流量的确定和应用提供了参考。这一研究在水利工程生态环境流量计算方法的发展和水利工程的可持续发展方面具有理论和实际价值。

#### 4 结论和展望

本文研究了水利工程生态环境流量的计算方法,提出了基于水文模拟和生态需水的综合计算方法,综合考虑了流域水文变化和生态需求,为水利工程规划提供科学依据。主要创新包括综述了国内外生态环境流量概念和计算方法,提出了综合计算方法,并在某流域应用该方法进行生态环境流量的对比分析。研究成果表明方法可有效评估水利工程对流域生态环境的影响,但存在数据来源和综合性的局限性。未来的研究方向包括扩大数据覆盖范围、提高数据质量、考虑更多因素如气候变化,并拓展方法的适用范围和目标。

#### [参考文献]

- [1]井涌.河道内生态环境流量计算方法探讨[C].//2008年水生态监测与分析学术论坛论文集,2008:176-180.
- [2]吴刚.山区河流生态环境流量计算浅析[J].陕西水利,2017,(z1):251-252.
- [3]关万彬.西泉眼水库生态环境流量初步测算与分析[J].水利科学与寒区工程,2021,4(3):174-176.
- [4]刘建军.疏勒河干流生态流量的不同计算方法比较研究[J].水资源开发与管理,2023,9(6):45-50,55.