

# Research on the Impact of River Ecological Flow on Ecological Environment and Development

Yanlong Qin

Yinan County Water Conservancy Bureau, Linyi, Shandong, 276300, China

## Abstract

The construction of water conservancy projects such as reservoirs, dams, and channels has changed the hydrological conditions and riverbed geomorphological evolution of rivers, resulting in a weakening of their ecological functions and a reduction in biodiversity. The ecological flow of rivers has gradually become a hot research topic in the field of water resources. The paper provides a review of research in related fields, summarizes the development and changes of theoretical research on river ecological flow in the past 30 years, and summarizes the development stages and main characteristics of river ecological flow research internationally. In the current changing environment, ecological flow research pays more attention to the integrity of the ecosystem, the mechanism of models, and the applicability in ecological scheduling practices. Climate change, spatial heterogeneity, and ecological social interaction have gradually become the forefront and hot topics in river ecological flow research.

## Keywords

rivers; ecological flows; concepts; calculation methods; research directions

## 河流生态流量对生态环境影响以及发展研究

秦彦龙

沂南县水利局, 中国·山东 临沂 276300

## 摘要

水库、闸坝、渠道等水利工程的修建,改变了河流的水文情势和河床地貌演变规律,造成了河流的生态功能减弱和生物多样性减少,河流生态流量逐渐成为水资源领域研究的热点。论文对相关领域的研究进行综述,整理了近30年来河流生态流量理论方面研究的发展变迁,总结了国际上河流生态流量研究的发展阶段及其主要特征。在当前变化环境下,生态流量研究更加关注生态系统整体性,模型机理性及生态调度实践中的可应用性,而气候变化、空间异质性和生态-社会交互作用逐渐成为河流生态流量研究的前沿和热点问题。

## 关键词

河流;生态流量;概念;计算方法;研究方向

## 1 引言

随着对水资源的开发利用力度不断加大,在改造自然、利用自然的过程中,人类通过水利工程得到了大量经济效益。但与此同时,修建水利工程也不可避免地影响到了自然环境,原本的生态系统遭到破坏,河流失去原本的生态能力,像是非洲在修建尼罗河 Aswan 大坝的过程中,由于改变了下游的径流方向,导致原本的河道干涸,原本的生态环境失去了稳定性,生物多样性不断减少,自然条件变得更加恶劣。因此,如果想要做到可持续发展,健康绿色地利用水资源,就有必要去研究河流生态流量。

## 2 生态流量的概念

### 2.1 其他国家生态流量概念

其他国家的研究起步较早,相关研究的方向主要集中在河流流量与水生生物的关系上。从20世纪90年代开始,其他国家学者对生态环境流量的研究就已经拥有了较为丰富的内容,并开始从对生物需水的研究转向河道外生态蓄水,比如各种与河流生态有关的湖泊、湿地等生态环境中河流生态流量产生的影响。不过相关的研究体系还未成熟,主要目的还是优化水资源配置,而忽略了打造稳定的河流生态系统。

### 2.2 中国生态流量概念

中国对河流生态流量的研究,是从整体的生态系统稳定和生物需水量平衡的出发点开始的。一些学者在研究塔里木盆地生态系统中水资源和绿地之间的关系时,首次提出了生态环境用水的观念,并开始引导研究朝着生态系统的整体水

【作者简介】秦彦龙(1987-),男,中国山东临沂人,硕士,工程师,从事河湖长制、水利服务业发展等研究。

资源配置和流动方向研究。有些学者认为,研究河流生态流量时,应当在工程学的框架下展开分析,把生物群落为了保持稳定性所需的用水量视作生态环境需水量,二者的意义基本一致,计算他们的方法也可以采用同一种。有些学者则认为,在研究河流生态流量时,分析河流生态环境需水,应该分别从两个方面考虑,分别研究自然生态系统中,各种生物为了维持自身生存所需的水资源平衡,以及人类社会活动的蓄水量和水资源环境<sup>[1]</sup>。在对不同的生态系统进行研究分析的过程中,相关领域的学者基本是以生态系统的环境水流量需求为研究的前提,以生物用水量为标准,将生态环境流量和周边生态系统的稳定作为研究方向,逐渐扩大研究领域。

### 3 生态流量传统计算方法

#### 3.1 水文学方法

水文学方法根据简单的水文指标,结合历史河流水文数据来评定河道生态流量,这种方法又被叫做标准设定法。只需要通过简单的数据计算,就能快速得出河道流量的基本评价,不需要现场进行测定,操作比较便捷迅速。但同时这种方法缺陷也很大,无法反映河流及周边生态系统根据季节和地理条件变化所发生的转变,水温、水质、栖息物种等因素带来的改变没有一个直观的测定标准,水文学方法的具体使用方式有 Texas 法、7Q10 法、NGPRP 法和 Tennant 法等。

#### 3.2 水力学方法

水力学方法将河道的水力参数、几何参数和河道的流量变化情况结合起来进行测定分析。常见的方法就是湿周法和 R2-cross 法,湿周法通过计算出维持浅滩的最小生态蓄水量,以施州和流量关系曲线的转折点所对应的数值为标准,得到河道的水力情况<sup>[2]</sup>。R2-cross 法所使用的测定标准是满足栖息地生态所需的水力学指标,测定水深和河宽流速等数据来计算河流的季节性用水量。

#### 3.3 生态环境模拟法

生态环境模拟法通过用数值模拟出研究的生物栖息地的面积和流量之间的关系,建立起相应的数据模型,来分析生物生态环境的状况以及相应的特征。这种方法在计算河流生态流量时,能够通过模拟估算,分析出生态环境中各种生物的用水量,同时结合水文和水力学的指标,来计算出流量的使用和响应情况<sup>[3]</sup>。IFIM 法和 PHABSIM 模型都使用生态环境模拟法,这种方法比较灵活且适用条件较为广泛。

## 4 研究方法与技术

### 4.1 数据采集与处理

数据收集和处理是研究河流生态流量的基本方面。主要采用两种方法:野外观测和实验,以及水文模型和数值模拟。野外观察和实验涉及从河流及其周围环境直接收集数据。研究人员对水流量、水质参数以及物种丰度和生物多样性等生态指标进行现场测量。该方法提供的实时数据准确反映了河流生态系统的动态性质。例如,科学家可以部署流量

计、水质传感器和栖息地评估工具等仪器来收集相关信息。此外,实地实验,如流量操纵研究或栖息地恢复项目,有助于研究人员了解河流生态系统对流态变化的响应。水文模型和数值模拟为研究河流生态流量提供了一种互补的方法。这些模型基于数学方程式和经验数据模拟河流系统内的水流行为。通过输入降水量、蒸发量、土地利用和地形等信息,研究人员可以预测不同情景下的河流流动模式。数值模拟可以探索各种流量管理策略及其对生态系统的潜在影响。

### 4.2 生态流量评价指标

生态流量评价指标在评估河流生态系统的健康和功能方面起着至关重要的作用。通常使用两大类指标:基于生物学的指标和生态指标在流量评估中的应用。

基于生物学的评价指标侧重于水生生物对流动条件的响应。这些指标提供了对河流物种的生态要求及其对流量变化的敏感性的见解。常见的生物指标包括:一是物种组成和丰度。鱼类、大型无脊椎动物和水生植物等水生生物的存在和丰度的变化可以表明不同物种的流动条件是否适合。例如,某些鱼类可能需要特定的流速来产卵或维持栖息地。二是生境质量。生物指标通常评估水生生物的生境适宜性。这包括基质组成、水深和流速等因素,这些因素会影响水生物种不同生命阶段的适宜栖息地的可用性。三是繁殖成功率。繁殖成功的衡量标准,如产卵成功率或招募率,提供了关于物种在当前流动条件下维持种群能力的宝贵信息。四是生物完整性指数。这些指数根据指示物种的存在和状况评估水生群落的整体健康和多样性。生物完整性指数整合了多种生物指标,以提供对生态系统健康的全面评估。

生态指标在流量评估中被广泛使用,以评估流量变化对生态的影响。这些指标有助于量化与流态变化相关的生态效益或风险。生态指标在流量评估中的主要应用包括:一是环境流量评估:生态指标用于确定维持健康的河流生态系统所需的流量需求。通过将生物数据与水文建模相结合,研究人员可以确定支持水生物种和栖息地生态需求的流动状态。二是影响评估。生态指标用于评估水流变化(如大坝建设或取水)对河流生态系统的潜在影响。通过量化流量改变前后生物指标的变化,研究人员可以评估人类活动的生态后果。三是适应性管理。生态指标在适应性管理战略中起着至关重要的作用,旨在优化流量管理实践以尽量减少生态影响。通过监测生物对水流变化随时间变化的反应,管理人员可以调整水流状态,以更好地满足河流生态系统的生态需求。

### 4.3 综合研究方法

跨学科整合涉及跨多个科学学科的合作,以解决与河流生态系统和生态流动相关的复杂研究问题。通过结合水文学、生态学、生物学、地质学和社会科学等领域的专业知识,研究人员可以更全面地了解塑造河流动力学的过程及其生态后果。跨学科团队汇集了不同的观点和方法,以解决多方面的问题,如流量变化对水生生物多样性、生态系统服务

和人类福祉的影响。例如,水文学家提供水流建模和数据分析方面的专业知识,而生态学家则提供对水生生物对水流状态响应的见解。地质学家可以提供有关河流系统的地质历史和地貌特征的信息,而社会科学家则探索水资源管理和利益相关者参与的人文层面。通过跨学科合作,研究人员可以开发研究河流生态系统的整体方法,结合自然科学和社会科学的观点。这种综合方法增强了研究结果的相关性和适用性,促进了水资源管理和保护方面的知情决策。

生态水文学和生态学的结合代表了一种专门的方法,它侧重于河流生态系统中水动力学与生态过程之间的相互作用。生态水文学研究水文过程,如水流状态、沉积物输送和水质,如何影响生态模式和过程。通过将生态学原理与水文理解相结合,研究人员可以开发模型和框架,明确考虑流量变化的生态影响。例如,生态水文模型模拟了水流、栖息地可用性和物种分布之间的反馈,从而可以更准确地预测生态系统对流量变化的响应。这种综合方法有助于确定支持河流生态系统生态需求的流动状态,如维持生境连通性、促进养分循环和维持生物多样性。通过弥合水文和生态学之间的差距,研究人员可以制定更有效的策略来管理水资源和保护河流生态系统,以应对环境变化。

## 5 研究前沿与未来方向

### 5.1 气候变化影响

在以往的研究过程中,测定一条河道的生态流量,所使用的水文和水利数据往往都是历史数据。这样一来无论是研究生态条件和各种水文水力学条件之间的关系,还是测定河流的自然情况,都是在假想的水文条件稳定的情况下进行的。但是自然环境在如今全球性的气候变迁中并不能时刻保持稳定,再加上人为活动频繁,对自然条件的影响较多,各种突发的环境变化都会带来研究数据的误差。因此考虑到水文条件经常要进行实时更新,加上未来的变化趋势基本上未知,在实际的河流生态流量考察和管理的工作中,原本的研究方法就不再适用,需要将数据放在更长尺度的范围中加以研究分析。

首先根据环境条件的变化,建立起一个整体的研究模型,探讨水文条件的变化和影响因素。将河流生态系统与各种水文电话联系到一起,比如将年内水文变化整理成一条曲线,将改变量作为指标之一,调查以年为尺度的水文周期变化趋势,分析生物链的变化关系,将生态环境的敏感性和脆弱性考虑进去,在原有的河流生态流量需求的基础上,重新审视时间变化对河流水文情况和生物多样性带来的改变,建立起更强的弹性研究机制。

### 5.2 生态管理的空间异质性

当前大部分河流生态流量研究都是围绕某一个特定的

区域展开的,这样的研究成果虽然对某个地区或某个河流的水文治理起到了应有的贡献,但是都没能涉及固定的生态调度规则,对整体的河流生态环境研究未能形成一个适用性广泛的理论体系。由于各种气候条件和地理因素都不同,处于不同流域和气候带的河流生态研究很难融汇到一起,不同条件下侧重的影响因素也不同,无法以相同的测定方法来分析河流生态流量。但现在更加提倡在全球范围内,解决人类共同面对的资源 and 生态环境问题。因此水文领域的研究,也开始从某个点的特定情况推向整体层面。水文条件和河流生态环境之间的关系表现出了极强的空间异质性,需要面向全球生态流量管理体系,研究更大的空间尺度下,全面性的生态影响机理。

### 5.3 生态环境与人类社会的交互影响

随着人们对水资源的利用能力增强,各种开发活动让河流生态系统增添了许多影响因素。目前的生态流量管理工作中,常见的思路就是通过保持完整性来限制自然流量的变化,再加上以某些物种或生态环境而特定设计的下泄流量模式。然而这些基本的河流生态流量测定和管理的方法,在人为干预下难以有效地展开,只能在自然河流状态下取得良好成果,因此如果想要维持河流生态环境的同时,做到有效利用水资源,让正常的饮水取水以及发电航运等工作展开,就是未来需要面对和解决的问题。河流生态系统受环境因素的制约,同时也受人类活动的影响。目前的研究大多数探讨水文—生态—水力学—水质相互间的关系和影响,人类活动作为相当重要的因素却鲜有人提。在未来人类的社会活动和生态环境之间的交互将会成为常态,双方之间有着长期的动态影响关系,因此研究要加入相关因素的考虑,并确定好协同机制,以社会和生态的综合水文治理作为主要研究方向。

## 6 结语

要研究河流生态流量,就要综合考虑各方面影响因素,研究生态环境和人类社会之间的交互关系。未来要将理论研究进入实践阶段,把水文水利指标和人类需求综合进行分析,研究河流生态流量的各种影响因素会产生怎样的影响,并且集合日渐发展的生态流量理论,提出未来维持高效水资源利用和生态环境保护体系的方式。

### 参考文献

- [1] 刘悦忆,朱金峰,赵建世.河流生态流量研究发展历程与前沿[J].水力发电学报,2018,35(12):23-33.
- [2] 王隼,肖昌虎,黄站峰.河流生态流量研究进展[J].江西水利科技,2019,44(3):230-233.
- [3] 刘双阳.浅谈河流生态流量确定与保障[J].水文水资源,2020,9(9):11-12.