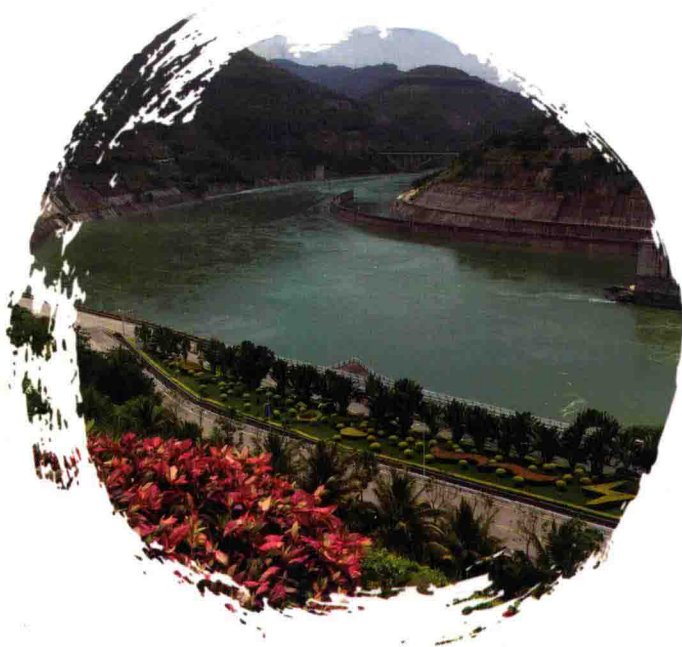


# 建设项目 环境影响评价 坝下最小下泄流量技术 研究与实践

环境保护部环境工程评估中心 编  
水电环境研究院

Research and Practice of Minimum Discharge Volume for  
Assessments on Environmental Impacts of Construction Projects



中国环境出版社

建设项目  
环境影响评价  
坝下最小下泄流量技术研究与实践

环境保护部环境工程评估中心 编  
水电环境研究院

中国环境出版社·北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

建设项目环境影响评价坝下最小下泄流量技术研究与实践/环境保护部环境工程评估中心, 水电环境研究院编. —北京: 中国环境出版社, 2017.10

ISBN 978-7-5111-3318-2

I. ①建… II. ①环…②水… III. ①水利水电工程—最小流量—研究 IV. ①P333

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 219609 号

出版人 王新程  
责任编辑 李兰兰 殷玉婷  
责任校对 尹芳  
封面设计 宋瑞



更多信息, 请关注  
中国环境出版社  
第一分社

---

出版发行 中国环境出版社  
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)  
网 址: <http://www.cesp.com.cn>  
电子邮箱: [bjgl@cesp.com.cn](mailto:bjgl@cesp.com.cn)  
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)  
010-67112735 (第一分社)  
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂  
经 销 各地新华书店  
版 次 2017 年 10 月第 1 版  
印 次 2017 年 10 月第 1 次印刷  
开 本 787×1092 1/16  
印 张 13.25  
字 数 290 千字  
定 价 45.00 元



---

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

# 《建设项目环境影响评价 坝下最小下泄流量技术研究与实践》

## 编委会

主 编	谭民强	陈凯麒	任洪岩	孙志禹		
副主编	曹晓红	祁昌军	陈永柏			
编 委	王海燕	温静雅	赵修江	陈 敏	葛德祥	
	黄 茹	王鹏远	陈 昂	李 敏	步青云	
	曹 娜	吴玲玲	李 倩	李 佳	王临清	
	安广楠	赵微微	莫 华	徐海红	吴家玉	

# 前 言

随着“十三五”改革的深化落实，生态文明建设的战略地位不断提升，水利水电建设项目开发过程中的生态保护问题也日益受到关注。为深化落实水电开发生态环境保护措施，切实做好水电开发环境保护工作，2014年5月，环境保护部与国家能源局联合下发的《关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知》（环发〔2014〕65号），提出要合理确定生态流量，认真落实生态流量泄放措施。

生态流量，是维持河流形态和基本生态功能的保障。我国在借鉴国外发达国家生态流量管控技术方法的基础上，经过多年研究和管理实践，已逐步建立了适应我国河流现状的生态流量技术方法，并在水利水电开发生态保护实践中取得一定成效，但仍存在着一些技术约束和管理难点。

在此背景下，环境保护部环境工程评估中心于2016年10月举办了“第五届水利水电生态保护研讨会——坝下最小下泄流量技术研究与实践”。会议围绕生态流量政策法规、理论方法、监测管理、实践应用四个方面进行了交流讨论。编者从会议成果中遴选出21篇论文汇编成册，形成《建设项目环境影响评价坝下最小下泄流量技术研究与实践》一书，期望能够总结当前我国水利水电工程下泄生态流量的研究进展及存在的难题，分享技术方法和管理经验，从而进一步促进水利水电行业的交流。同时，本书也能为从事生态流量相关工作的科研单位和研究人员提供借鉴，对生态流量相关措施落实工作具有一定的参考价值。

由于时间和编者水平有限，本书仍存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2017年9月

# 目 录

## 一、下泄生态流量理论与方法

---

我国水电工程生态流量环评管理中的问题及 建议 .....	陈凯麒 曹晓红 孙志禹 祁昌军 陈 昂	3
水利水电工程最小下泄生态基流量计算方法 研究 .....	张行南 马乐军 陈凯麒 陈 昂	8
湿周法计算最小生态需水实例分析与探讨 .....	吉小盼 蒋 红 杨玫贤	18
我国筑坝河流(河段)的分类 .....	冯顺新	30
锦屏大河湾鱼类产卵保护的生态流量过程下限 研究 .....	李 洋 陈凯麒 彭文启 吴佳鹏	37
抽水蓄能电站生态流量相关问题研究 .....	金 奔 张志广 潘 莉	49
MIKE11 在河流环境需水量计算中的应用 .....	颜剑波 李 璜 张德见 李 翔	58
浅析鄱阳湖枯水期不同水位与湿地生态响应关系 .....	李红清	67

## 二、下泄生态流量监测与管理

---

关于水电工程生态流量实时监测技术发展的思考 .....	陈国柱 杨 杰 赵再兴	77
-----------------------------	-------------	----

基于二维码技术的环境流量管理系统构建及 应用 .....	黄 伟 刘晓波 彭文启 朱自强 马 巍	83
江西省峡江水利枢纽工程生态流量及监控措施 .....	俞士敏 丁 玲 卓元午 成必新	94
一种水利水电工程下泄生态流量在线自动监测系统 设计 ——以乌江沙沱水电站为例 .....	夏 豪 欧祖宏 陈 凡	100
长江上游重要支流生态流量监督管理现状 调查 .....	李志军 李迎喜 杨梦斐 林国俊 毕 雪	108
珠江河口压咸最小流量与保障措施 .....	刘 斌 黄宇铭 邓伟铸	116

### 三、下泄生态流量实践与应用

---

雅砻江流域水电开发环境保护理念与实践 .....	吴世勇 王红梅	129
滇中引水工程对金沙江虎跳石景观影响研究 .....	汪青辽 侯永平 张 荣 马 巍	138
基于生态流量调控的岷江下游航电梯级协同造峰 调度 研究 .....	陈栋为 陈 凡 赵再兴 夏 豪	145
两种常用生态流量研究方法对比——以瓦斯河 为例 .....	王宣入 李 雪 何月萍	154
石羊河尾间青土湖生态补水模式探讨 ....	吴佳鹏 李 洋 刘来胜 吴雷祥 霍炜洁	167
Ecological Flow Determination Method for High Inflow Rivers with Significant Seasonality for Operation of Projects Where the Powerhouse is not Located at the Toe of the Dam/Intake Belo Monte HPP and São Luiz Do Tapajos HPP Cases.....	Gabriel S C Rocha Humberto J Teixeira Lineu Asbahr	176
澜沧江中下游梯级电站发电与生态需水耦合 优化研究 .....	郭有安 周 毅	195

## 一、下泄生态流量理论与方法





# 我国水电工程生态流量环评管理中的问题及建议

陈凯麒<sup>1,3</sup> 曹晓红<sup>1,3</sup> 孙志禹<sup>2,3</sup> 祁昌军<sup>1,3</sup> 陈 昂<sup>2,3</sup>

(1. 环境保护部环境工程评估中心, 北京 100012; 2. 中国长江三峡集团公司, 北京 100012;  
3. 水电环境研究院, 北京 100012)

**摘 要:** 通过梳理国家近十几年来审批的水电工程环境影响评价报告书及批复文件, 总结了我国生态流量管理的现状, 以 2006 年《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南(试行)》实施为时间节点, 回顾分析了该指南实施前后水电工程下泄生态流量的差异和落实情况, 分析了下泄生态流量计算方法、工程生态流量泄放方式、生态流量保障措施和监测措施差异。重点分析了当前我国生态流量落实与管理中存在的问题, 并相应提出了对策建议。

**关键词:** 水电工程; 生态流量; 环评管理; 问题与建议

## 1 引言

生态流量是维持河流形态和基本生态功能的保障, 我国在借鉴国外发达国家生态流量管控技术方法的基础上, 经过多年研究和管理实践, 逐步建立了适应我国河流现状的生态流量技术方法, 在水利水电开发的生态环境保护中取得了一定成效。通过近期开展的“水利水电工程生态基流指标体系及红线约束区划研究”课题并梳理 2001—2015 年环境保护部审批的 96 个水电工程环评报告和实践情况, 总结了生态流量环评管理的现状、问题及建议。

## 2 我国生态流量管理的现状

### 2.1 生态流量的概念内涵

引水式、混合式水电站引水发电、堤坝式电站调峰运行、引调水和供水等水利工程河道外用水等均将导致下游河道减(脱)水,这一变化将对水生生态、生产和生活用水、河道景观、地下水及河道外陆生生态等产生一系列不利影响。为减缓这些不利影响,水利水电工程需要下泄一定的生态流量,以维持河流生态系统功能。生态流量相关的概念有环境流、生态需水、生态基流、敏感生态需水等,其核心都是为维持河流基本生态系统服务功能所需的流量。对于水利水电工程,应重点关注坝下减(脱)水河段的生态流量及水文过程,坝下生态流量除流量外,还包括上述各类河道内外需水的综合水文包络过程线的内涵。

### 2.2 生态流量的管理规定

2005年之前,我国未形成统一的生态流量管理规定。2005年之后,以《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南(试行)》(环评函〔2006〕4号)(以下简称《指南》)和《关于加强水电建设环境保护工作的通知》(环发〔2005〕13号)等文件为指导,形成了以坝址控制断面多年平均流量的10%作为生态流量审批的约束红线。随后,环境保护部陆续发布了《关于进一步加强水电建设环境保护工作的通知》(环办〔2012〕4号)和《关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知》(环发〔2014〕65号)等文件,对生态流量管理要求、泄放量值和保障措施等进一步强化。

### 2.3 生态流量的落实情况

计算方法:《指南》实施前,绝大多数工程都没有考虑泄放生态流量,生态流量计算随意性较大,缺乏“红线”“底线”概念;《指南》实施后,计算方法以参照《指南》为主,生态流量一般不低于坝址断面多年平均流量的10%,同时考虑坝下生态目标,生态流量下泄量值明显增加。

流量过程:《指南》实施前,生态流量下泄量值单一、固定,不符合下游河道水文过程涨落的自然规律;《指南》实施后,建立了以生态调度加生态流量过程为主的生态流量管理模式,已统计的96个工程中有17%考虑了年内不同时期的生态流量。例如,两河口、硬梁包水电站在鱼类产卵、繁殖季节均考虑了洪峰流量的要求;绰斯甲水电站提出鱼类产卵期制造洪水过程的要求,对峰值流量给出约束值;苏洼龙、卡拉、叶巴滩、玛尔挡水电站要求在鱼类产卵期制造不参与日调峰的天然洪水过程或按照上游来流量下泄,保持坝下

河段天然径流过程。

保障措施:《指南》实施前,大部分工程未设置生态流量泄放保障措施;《指南》实施后,97%的工程设置了生态流量泄放保障措施。随着管理要求逐渐提高,保障措施不断完善。

### 3 我国生态流量管理的问题

#### 3.1 生态流量时空差异考虑不足

目前,管理实践过程中,以河道控制断面多年平均流量的10%(当多年平均流量大于 $80\text{ m}^3/\text{s}$ 时按5%取用)作为环评审查的红线约束指标。但在实际工作中,建设单位和环评单位往往简单地以坝址断面多年平均流量的10%这个固定值作为下泄的生态流量,虽然方便易操作,但未充分考虑下游河道的实际生态需求和时空差异性。我国南方地区一般雨量丰沛,河流流量较大,北方地区河流流量相对较小,而西北地区、青藏地区多为季节性河流,流量年内分配呈现显著的“汛期多、非汛期少”特点,不同区域、流域水文过程和河道生态需求存在较大差异。

#### 3.2 生态流量技术体系有待完善

随着水电开发程度提高与待开发区域生态环境脆弱,按照《指南》确定的生态流量阈值已不能满足当前需求,仍采用坝址多年平均流量10%作为约束红线判定依据,缺乏对下游生态系统特征用水、特殊时期用水的考虑。从宏观战略管理层面,尤其是在水利水电建设项目环评阶段,如何规范确定下泄生态流量计算仍是未解决的难题。

#### 3.3 流域内保护措施存在不均衡

从时间上看,2005年以后的项目环保措施要求得到加强,落实也相对较好,2005年以前建设的项目保护措施要求较弱,尤其是20世纪八九十年代建设的葛洲坝、岷江早期电站等项目,基本没有相关要求,这些历史欠账已经成为长江流域生态环境保护的短板。从行业看,建设单位多为企业的水电行业,措施落实情况相对较好,而建设单位多为相关政府部门的水利、交通运输等行业,受制于部门环保理念、财政资金等,措施落实就相对较差。从项目规模上看,大型项目措施要求完善、落实较好,小型项目措施要求较少、落实较差。

### 3.4 环保措施落实与监管不到位

从目前掌握的情况看,环保措施在建设期和运营期的监管十分薄弱,全过程监管体系尚未建立。这就导致很多建设单位在建设期不按照环评要求进行设计和施工,在通过环保竣工验收后,运行期擅自关停环保措施或弱化日常运营管理的现象普遍。大量项目由地方环保部门审批,河流分割管理导致难以形成整体保护体系,地方各级环保部门受限于地方政府,往往难以把控其所审批项目的环保要求,建设项目事中、事后环境管理没有形成有效抓手。

## 4 建议

### 4.1 明确生态流量内涵外延,完善生态流量管理指南

借鉴国外生态流量管理经验,在我国已有政策法规基础上,明确生态流量内涵、外延及管理保护目标,识别统一的管理共性指标与区域特性指标,形成水利水电工程生态流量指标体系,建立生态流量管理指标数据库与决策支持系统,完善生态流量泄放评估过程;完善我国生态流量管理指南,健全工程建设前后生态流量红线约束标准,建立基于坝下河道生态系统敏感目标的工程运行期生态流量适应性管理措施,从政策法规层面规范生态流量管理。

### 4.2 提高生态流量约束红线,优化生态流量泄放过程

环境保护部环境工程评估中心水电环境研究院“水利水电工程生态基流指标体系及红线约束区划研究”课题成果显示,应以过程约束替代阈值约束的方式确定生态流量,并且有条件将现行的生态流量红线取值从多年平均流量的10%提升到坝址多年平均流量的15%。建议在水生生物丰富河段及鱼类重要产卵繁殖期,下泄生态流量原则上不得低于坝址处多年平均径流量的30%,当天然来流量小于坝址处多年平均流量的30%时,下泄生态流量按坝址处天然来流泄放。北方河流应分为汛期和非汛期两个水期分别进行计算,根据下游生态目标需求,明确下泄生态流量过程线,强调河流不同时期多样的生态需求。北方,当上游来水小于多年平均流量的15%时,按“来多少放多少”要求;南方,当河道最小流量大于多年平均流量的15%时,按最小流量要求。

### 4.3 落实生态流量保障措施,实施分区分类差异管理

根据我国不同行政区域、流域的生态环境特点及水库工程特征,考虑坝下河段重要保

护目标、水库工程类型、水库调节性能等多项指标，建立面向生态流量适应性管理的水库工程分类名录，结合水资源分区、水环境功能区划、生态功能区划等成果，绘制分区分类差异化的生态流量约束红线。考虑水利工程与水电工程差异性，引水式、堤坝式与混合式电站的差异性，区别调水工程与常规水电站生态流量的差异性。考虑年内丰水期、平水期、枯水期的水文过程差异，将生态流量过程线纳入水库调度规程，提出生态调节库容要求。

#### 4.4 建立生态流量适应性管理机制，加强全过程管理

尽快建立水库生态调度准则和生态补偿措施，完善河流生态系统监测与水库生态调度实践，通过不断开展水利水电工程及流域环境影响后评价优化调整生态流量。督促各级环境保护部门加强水利水电类项目全过程管理，加大对违法项目的查处力度。建议制订生态类项目运营期环境监管制度和监督技术指南，强化运营期监督管理，将监测数据纳入企业生产报表监管系统。加强此类项目环境影响后评价工作，不断优化相关措施。建立奖惩机制，通过经济、区域限批等多种手段，激发建设单位强化措施落实和效果发挥的积极性。

# 水利水电工程最小下泄生态基流量计算方法研究

张行南<sup>1,2</sup> 马乐军<sup>1,2</sup> 陈凯麒<sup>3</sup> 陈 昂<sup>3</sup>

(1. 河海大学, 南京 210098; 2. 南京河海科技有限公司, 南京 210098;

3. 水电环境研究院, 北京 100012)

**摘 要:** 水利水电工程对下游河道的生态环境影响较大, 适宜的生态基流计算方法为快速估算工程下泄生态基流提供有效的途径。本文梳理了河道生态基流的概念, 提出了水利水电工程最小下泄生态基流的含义。运用生态基流空间插值方法结合水文学方法, 分析了生态基流计算方法的适用性, 确立了水利水电工程最小下泄生态基流的计算方案。对汉江流域进行实证分析, 提出干流宜采用 Tennant 法、最小流量法, 支流推荐采用 Tennant 法计算, 由此计算出了干支流控制断面的最小下泄生态基流量, 基本处于多年平均流量的 15%~20%。

**关键词:** 汉江; 水利水电工程; 河道生态基流方案; 空间插值法; 水文学法

天然河流的水文情势是河流生态多样性的基础, 水利工程建设改变了河流的天然水文情势, 常造成工程下游河道减脱水现象, 引起了水环境质量恶化、生物多样性锐减等一系列的河流生态环境问题<sup>[1-3]</sup>。多年来众多学者对“水利工程对水文情势及相应的河流生境的影响”展开了研究, Poff 等<sup>[4]</sup>研究了美国 186 条建坝河流的水文变化, 发现由于大坝的干扰, 坝下河流水文情势同一化趋势严重, 对鱼类多样性影响很大。杨涛<sup>[5]</sup>、Chen<sup>[6]</sup>、杜河清<sup>[7]</sup>等分析了东江上游水库对下游水文情势的影响, 探讨了由水库导致的最显著的水文变异因子, 得出了径流年内分配趋于均化的结论。Poff 等<sup>[8]</sup>探讨了水文情势对鱼类群落组织的影响机理。Sagaw 等<sup>[9]</sup>认为水文情势的改变使鱼类优势种群发生了改变。Kennard 等<sup>[10]</sup>借助人工神经网络, 分析了水文情势对鱼类种类结构的影响。Yang 等<sup>[11]</sup>探讨了水文情势与鱼类多样性及种类丰度之间的关系, 分析了各水文指标对鱼类群落的不同影响, 初步确定了对鱼类群落影响显著的水文指标。为减轻水利水电工程对下游生态环境的影响, 发挥径流过程对河流生态系统的作用, 保持河流生态系统的多样性, 必须在水利水电工程建设

及运行期间,保持下泄一定的生态流量(过程),以避免下游河道生态系统遭受不可逆的破坏,该生态流量即为水利水电工程最小下泄生态基流(以下简称“最小生态基流”)。

如何估算最小生态基流,为生态基流确定提供支持是本领域研究的重点之一。水文“经验法则”是较常用的方法,一般取多年平均径流量的百分之比作为生态基流<sup>[12-14]</sup>。在此基础上,我国针对水利水电工程,取多年平均径流量的10%作为最小基流<sup>[15]</sup>。这一计算方法在过去的几十年内,对实际工作起到很好的指导作用。然而,在不同气候区、不同大小和类型河流上,以及同一河流不同河段上,所确定的最小基流存在显著的不协调现象,甚至出现了明显的矛盾。因此,研究如何根据实际水文、气候条件,考虑河道生态需水的空间变异性,在不同流域、干支流不同断面等采用不同的计算方法,具有十分重要的理论意义和实用价值。

本文对河道内生态基流计算方法的特点和适用性进行了分析,以4种水文学方法为基础,结合沿河空间插值法,确定不同断面相应的计算方案。以汉江流域为例,对最小下泄生态基流计算方法展开了实证研究。本文的研究成果可为水利水电工程最小下泄生态基流量的确定提供了参考依据。

## 1 河道生态基流计算方法

河道生态基流估算自20世纪40年代开始,至今大致可分为水文学法、水力学法、栖息地法和整体分析法四大类<sup>[16-19]</sup>。水文学法是利用简单的水文指标设定流量的传统的基流计算方法,Tennant法<sup>[20]</sup>、90%保证率法<sup>[21]</sup>、7Q10法<sup>[22]</sup>、基本流量法<sup>[19]</sup>等是比较具有代表性的方法。水力学方法<sup>[23]</sup>大多以曼宁公式为计算基础,一般通过建立流量与水力学要素之间的关系确定生态基流。栖息地法<sup>[25]</sup>以保护物种栖息地环境要素、水力学条件和流量条件为基础,通过建立三者关系确定生态基流,与水文学法和水力学法不同之处表现为对流量季节性变化和适当洪水规模的要求。整体法是国外研究热点和发展方向,主要因为国外不仅关注保证工程下泄生态基流,更为关注实现多种河流生态系统服务功能应确定的环境流量及过程。南非的BBM<sup>[24]</sup>(Building Block Methodology)法是考虑较为全面的一种整体法。

国内外虽然形成多种河道生态基流计算方法,但各种方法本身存在一定的不足<sup>[25]</sup>。根据不同方法分类,各类方法主要的优缺点见表1。



表1 河道生态基流计算方法优缺点

类别	优点	缺点	推荐使用条件
水文学法	计算简单,容易操作,对数据要求一般不高	过于简化了河流的实际情况,没有直接考虑生物参数及其相互影响	不能完全反映出河流生态需水的实际情况,只能在优先度不高的河段使用,或作为其他方法的一种粗略检验
水力学法	数据容易通过调查获得,不需详细的物种—生境关系数据,可为其他方法提供水力学依据,与其他方法结合使用	用一个河道断面水力参数代表整条河流,易产生较大误差	计算结果无法反映河流的季节变化,通常不能用于确定季节性河流的流量
栖息地法	结合生物与流量资料获得目标物种的推荐流量,充分考虑了目标鱼类的栖息地参数	定量化的生物信息较难获得,需要研究水文系列的特定水力条件及相关鱼类栖息地参数	计算结果仅能反映目标物种的流量需求,对于敏感目标较多的河流生态系统适用性较差
整体法	全面评估整个河流生态系统的需水状况,从保护单一物种或单项生态目标向维护生态完整性方向前进	许多整体法都假设自然水文情势是最佳水流条件,限制了在水库河段的应用	过多地依赖多学科的专家知识,需要大量生物数据,同时对水质和泥沙问题考虑不足,不太适用于我国河流现状

## 2 水利水电工程最小下泄生态基流

水利水电工程的兴建,需要下泄一定的生态基流以保护下游河道的生态系统稳定。选择适宜的计算方法估算水利水电工程下泄生态基流量是当下研究的难点。通过对生态基流四大类方法的梳理,结合水利水电生态基流计算的特点,本文认为水文学方法以河道内控制断面历史流量为基础,计算简单,易于操作。为简单快速的计算最小基流,本文采用水文学方法: Tennant法、90%保证率法、月基本流量法及最小流量法,通过对历史流量的分析,计算控制站点的最小生态基流。

上述方法构建了快速估算水利水电生态基流的计算方法体系,但存在两个问题:

(1) 方法种类较多,当不同方法的计算结果差异较大的处理机制。不同的计算方法,计算的原理及机制不一样,往往造成结果差异较大。根据《河湖生态需水评估导则(试行)》(SL/Z 479—2010)的要求,采用多计算方法的外包线作为最终的生态基流值。此种处理方法能够最大限度地保护河道内生态系统,也存在着生态基流估算过大,造成河道内流量不能满足的情况。本文在分析不同方法合理性的基础上,选择最小的计算结果,确立最小下泄生态基流量的“红线”。

(2) 当河道内控制断面资料缺乏,满足不了计算方法所需的最小序列长度的解决方法。