

# 堵河生态需水计算及保障研究

黄拥军<sup>1</sup> 鲍喜蕊<sup>2</sup>

- (1. 丹江口市水利水电工程建筑勘测设计院, 湖北 丹江口 442700;  
2. 湖北浩川水利水电工程有限公司, 湖北 十堰 442000)

**【摘要】** 堵河生态环境状态逐渐恶化,亟需研究确定生态需水并采取合理措施予以保障。本文在对照分析4种生态需水计算方法的基础上,考虑实际条件后,选择应用广泛的蒙大拿方法计算堵河的生态需水。计算结果表明,堵河干流的生态流量应为 $16.4\text{m}^3/\text{s}$ ,霍河水库需要向下游河道保证的生态流量为 $0.75\text{m}^3/\text{s}$ 。此外,研究确定了堵河上水利工程的调控规则,用以保障堵河生态需水流量的实现。本研究对于堵河流域水资源保护与可持续利用、南水北调中线工程水源地保护以及竹山县积极构建生态园林城市,都具有重要意义。

**【关键词】** 堵河;生态需水;生态需水计算方法;保障

中图分类号: TV214

文献标志码: A

文章编号: 2096-0131(2017)04-0027-04

## Research on ecological water demand calculation and security in Duhe River

HUANG Yongjun<sup>1</sup>, BAO Xirui<sup>2</sup>

- (1. *Danjiangkou Water Conservancy and Hydropower Engineering Construction Survey Design Institute, Danjiangkou 442700, China;*  
2. *Hubei Haochuan Water Conservancy and Hydropower Engineering Co., Ltd., Shiyan 442000, China*)

**Abstract:** Ecological environment state is deteriorated gradually in Duhe River. Ecological water demand should be studied and determined, and reasonable measures should be adopted for safeguarding. In the paper, widely-applied Montana method is selected for calculating ecological water demand of Duhe River after consideration of actual condition on the basis of controlling and analyzing four methods of calculating ecological water demand. Calculation results show that ecological flow should be  $16.4\text{m}^3/\text{s}$  in main stream of Duhe River. The guaranteed ecological flow of Huohe Reservoir to downstream rivers should be  $0.75\text{m}^3/\text{s}$ . In addition, the regulation rules of water conservancy projects on Duhe River should be studied and confirmed, thereby realizing ecological water demand flow of Duhe River. The study has important significance to water resources protection and sustainable utilization of Duhe River, water source protection of south-to-north water transfer midline project and active construction of ecological garden city in Zhushan County.

**Keywords:** Duhe River; ecological water demand; calculation method of ecological water demand; security

### 1 引言

水资源极其重要但又十分脆弱<sup>[1]</sup>。中国水资源总量居世界第六位,但时空分布不均,而且人均水资源占

有量仅为世界人均水资源量的25%。总体而言,中国水资源严重短缺,由此带来了一系列问题——严重制约我国经济社会的可持续发展,以及环境生态不断恶化<sup>[2]</sup>。面对生态问题日益严重的趋势,研究流域(区

域)生态需水显得尤为紧迫和重要,目的是为水资源的科学合理配置提供决策依据,最终实现水资源综合效益的最大化<sup>[3]</sup>。

我国许多学者在国外研究的基础上,对流域(区域)生态需水的理论与计算进行了深入研究。郑红星等<sup>[4]</sup>指出,生态需水一般是指为维护生态环境系统稳定、维持水体特定功能,并逐步改善生态环境所需的流量或水量。徐志侠等<sup>[5]</sup>在对比国内外计算河流生态需水量的方法的基础之上,阐述了各种方法的优缺点和使用条件。孙涛等<sup>[6]</sup>面对河口生态需水计算的需求,总结了目前研究取得的成果和存在的问题,探讨了未来研究应该突破的关键技术。此外,多位研究人员使用不同方法计算了不同流域(区域)的生态需水,比如,魏彦昌等<sup>[7]</sup>根据海河流域不同生态系统类型的特征,探讨了各生态系统类型生态需水的计算方法,并选择合适的方法核算了生态需水量;刘新华等<sup>[8]</sup>在分析了塔里木河下游河道的特点及考虑实际条件后,选用水力学法计算了河道的最小生态需水量;还有诸多应用实例,限于篇幅,在此不一一详述。

堵河是汉江最大的支流,是南水北调中线工程核心水源区——丹江口水库的重要入库河流之一,对丹江口水库的水量和水质有着极其重要的影响,而且堵河干流是竹山县最重要的水源,与竹山县居民的生产生活息息相关,其生态环境的状况受到公众和政府的密切关注<sup>[9]</sup>。由于人口增长和经济社会发展等诸多因素,堵河的生态环境状态总体呈恶化趋势,亟需采取合理措施进行生态保护<sup>[10]</sup>。然而对于堵河的生态需水尚未有相关研究,本文的目标即是确定堵河的生态需水量,并且研究采取措施使得堵河生态用水需求得到保障。

## 2 研究区域

### 2.1 堵河流域概况

堵河流域位于鄂西北汉江南岸,处于东经108°36′~110°44′和北纬31°24′~32°47′之间,地跨陕西、湖北两省,属于汉江的支流,河流全长大约354km,总落差超过500m,流域面积大约12500km<sup>2</sup>。堵河由西、南两

条(支)源流在两河口汇合后向北流经竹山县城、房县姚坪和郧县叶大、十堰市区黄龙水库后注于汉江,再经汉江汇入丹江口水库。堵河流域地理位置见图1。



图1 堵河流域地理位置

### 2.2 竹山县概况

竹山县位于湖北省十堰市,总面积约3588km<sup>2</sup>,总人口约44万,全县的所有河流都属于堵河水系。堵河可以说是竹山县的母亲河,为竹山县的发展提供了源源不断的水资源,竹山县的社会经济发展全部依赖于堵河。在堵河流域上,先后建设了松树岭水电站、潘口水电站和小漩水电站等梯级水电站,并陆续投入发电,给竹山县经济和社会可持续发展带来了极大动力,但与此同时,也改变了河流的天然流态,给堵河生态环境和竹山县城景观变化带来了一定负面影响。堵河水利工程分布见图2。



图2 堵河水利工程分布

### 2.3 堵河生态系统现状

堵河干流规划建设五级水库,龙背湾水库、松树岭水库、潘口水库和小漩水库四座水库在竹山县境内,其中小漩水库位于堵河干流城关镇内河段;黄龙滩水库在堵河下游。霍河在城关镇霍河口汇入堵河,为了开发利用清洁能源,霍河现已建成两座水电站——霍河二级水电站和霍河三级水电站。霍河二级水电站的尾水会直接流至霍河三级水电站,经过水电站发电之后下泄。但在枯水期,由于来水较少,导致两级水电站之间出现干涸的河段大约长 4.5km。

因此,堵河干流被人为建设的多级水利工程逐级拦蓄后,天然的水文情势已经被极大地改变。尤其是在枯水期,包括竹山县城内河段的多段河道经常出现断流现象,严重破坏了堵河干流的生态系统,也严重破

坏了竹山县城的整体市容市貌。鉴于此,竹山县政府与老百姓面临一项迫在眉睫的重要任务,就是对堵河生态需水加以研究并精准控制。

### 3 生态需水计算方法

经过国内外学者多年研究,河流生态环境需水量计算的常用方法可总结为 4 种<sup>[11]</sup>——水文学法、水力学法、栖息地评价法和整体分析法,这 4 种方法的描述、代表模型、优点、缺点以及适用范围见表 1。由于我国大部分河流监督管理还不完善,缺乏长期且有效的生物监测资料,导致栖息地评价法和整体分析法在我国应用十分困难;但是记录保存的水文资料一般较为完整,所以水文学方法在我国应用最多。

表 1 生态需水计算方法<sup>[11]</sup>

计算方法	方法描述	代表模型	优点	缺点	适用范围
水文学法	以历史流量数据为基础,以某种确定的百分比为生态需水推荐值	Tennant 法、Texas 法、7Q10 法、NGPRP 法、基本流量法、MCM 法等	①简单快速; ②需要数据最少	①缺乏生物学基础;②未考虑河道形态;③未考虑流量季节变化的影响;④生态需水流量常以最小值表示;⑤需长系列历史流量数据	战略性宏观管理的大河流
水力学法	利用河道的水力学参数确定河道推荐流量	R2CROSS 法、生态水力学法、湿周法等	数据可简单测量,容易获取	①缺乏生物学基础;②需大量野外工作;③未考虑流量季节、丰枯变化的影响;④生态流量常以最小值表示;⑤不能给出流量变化范围	河床稳定、河宽较小的中小型河流
栖息地评价法	以指示生物不同生长阶段对应的流量需求为推荐值	IFIM 法、PHABSIM 法、CASIMIR 法、PCHARC 法、生态学评价法等	较为可信	①未考虑整个生态系统;②需要资料多,耗时长,成本高;③野外工作量大	优先度较高的地区,或中小栖息地
整体分析法	研究流量与河床形态、水生生物及河岸带关系,从系统整体推荐流量	BBM 法等	考虑生态系统的完整性	①应用较为困难,需多领域专家及公众参与;②计算过程极其复杂	目前在南非得到广泛应用,在其他地区应用时需做大量修改

### 4 堵河生态需水计算

由于资料收集等原因,通过详细对比分析 4 种生态需水计算方法的特点后,采用国内外应用最为广泛的蒙大拿法(Tennant 法)进行研究。蒙大拿法(Tennant 法)是为了满足河流水生生物、河流景观及娱乐设施对流量的基本需求,将预先研究确定的科学合理的

多年平均流量的百分比作为生态流量,生态流量计算见式(1)。河内流量与水生生物、河流景观及娱乐设施的关系见表 2。此法认为,为了保障绝大多数水生生物在短时间生存所必定需要的瞬时最低流量,无论在何种条件下,河流流量都应至少维持在多年平均流量的 5%~10%。

$$Q_e = \alpha \bar{Q} \quad (1)$$



式中  $Q_e$ ——生态流量；  
 $\alpha$ ——百分比；  
 $\bar{Q}$ ——多年平均流量。

表2 河内流量与水生生物、河流景观及娱乐设施的关系

栖息地等 定性描述	推荐的流量标准(占年平均流量百分比/%)	
	一般用水期(10月至 次年3月)	鱼类产卵育幼期 (4—9月)
最大	200	200
最佳流量	60~100	60~100
极好	40	60
非常好	30	50
好	20	40
开始退化的	10	30
差或最小	10	10
极差	<10	<10

堵河是一条大型河流,根据多年观测经验,当河流流量占多年平均流量的5%~10%时,仍有一定的水深、河宽和流速,可以使河流的鱼类洄游、生存以及城市景区旅游、市容景观的一般需求得到满足,因此可确定多年平均流量的10%为堵河的生态需水流量。

每年4—9月,堵河基本处于汛期,河道内流量较大,河道的生态需水仅靠各级水利工程下放的流量即可基本满足。根据搜集的竹山水文站的长系列实测资料,发现在天然状况下,堵河干流的多年平均流量为 $164\text{m}^3/\text{s}$ ,因此,按照前述方法,即可确定堵河干流的生态流量为 $16.4\text{m}^3/\text{s}$ 。而环境保护部门测算及批准小漩水电站工程要生态流量为 $16.7\text{m}^3/\text{s}$ ,与上述计算结果非常接近,证明选择的计算方法是合适的,而且计算结果是合理的。

此外,霍河水库入库流量多年平均值为 $7.48\text{m}^3/\text{s}$ ,按照前述方法,即可确定霍河水库需要向下游河道保证的生态流量为 $0.75\text{m}^3/\text{s}$ ,就能基本维持霍河二级电站下游河流的生态结构与功能。

### 5 堵河生态需水保障

针对上述堵河生态需水的结果,主要有3段河道的生态需水需要水利工程的调控来保障。经过翔实的

调研分析,认为需要采取的保障措施如下:

a. 第一段河道:小漩水库至潘口水库坝址。小漩水库作为潘口水库的反调节水库,两库会联合调度运行。为了保证小漩水库至潘口水库坝址的区间河段有足够水量,两库联合调度规则为:小漩水库与潘口电站联合运行调峰的时间为13h,小漩水库在其余11h应释放生态流量。

b. 第二段河道:城关壅水坝至小漩水库坝址。为了保证城关壅水坝至小漩水库坝址处的河流生态需水,在小漩水电站仅保证下泄生态流量甚至无水下泄时,堵河干流城关壅水坝(正常蓄水位为248.5m)应该使得水位壅高。此外,这个措施还能够为堵河城区河段营造稳定的景观水面,改善市容环境。

c. 第三段河道:城关壅水坝至对峙河口。城关壅水坝至对峙河口河段位于黄龙滩水库库尾。根据多年调度运行的实际经验发现,黄龙滩水库水位经常位于正常蓄水位(247m)以下,尤其在枯水期,会造成此河段水量不足,严重时甚至会断流。因此,为了保证壅水坝至对峙河口河段的生态系统正常运行,就需要上游控制性水利枢纽下泄生态流量。

### 6 结 论

堵河是南水北调中线工程水源区——丹江口水库的重要入库河流之一,是竹山县居民生产生活的重要水源,其生态环境受到公众和政府的密切关注。为了实现堵河水资源的合理配置与可持续利用,以及流域(区域)生态与环境的保护,需要确定堵河流域的生态需水量,并采取合理措施予以保障。

本文在对比分析4种生态需水计算方法的基础上,基于实际条件,选择国内外应用广泛的蒙大拿方法来计算堵河的生态需水,并根据计算结果确定了堵河干流的生态流量为 $16.4\text{m}^3/\text{s}$ ,霍河水库需要向下游河道保证的生态流量为 $0.75\text{m}^3/\text{s}$ 。此外,根据多年调度运行的情况,确定了堵河水利工程的调控规则,用以保障堵河生态需水流量的实现。本研究对于堵河流域水资源保护与可持续利用、南水北调中线工程水源地保护以及竹山县积极构建生态园林城市,都具有重要意义。◆ (下转第41页)

## 5 节水措施

中部城市在生活用水、三产的节水方面,主要是通过加强节水宣传、实行计划用水、推选使用节水器具等措施达到节水目的。

**a. 大力开展节水宣传活动,增强全民节水意识。**充分发挥电台、电视台、报纸等新闻媒介的作用,播映、刊登节水宣传口号和专题;及时传达国家、省、市关于节水工作的方针、政策,宣传节水先进典型;组织用水单位设置节水宣传站,展示节水宣传板,悬挂张贴节水宣传标语、印刷节水宣传画等,提高全民的节水意识。

**b. 实行计划用水。**实行计划用水管理是节水的核心内容之一。目前各城市均对用水量较大的工业企业、机关事业单位和商业文化设施的用水实行计划管理,对用水单位核定计划用水量,超计划用水实行累进加价的收费方法,促进节约用水、合理用水。如辽阳市将月用水量在  $100\text{m}^3$  以上的单位纳入计划管理,并根据用水计划按季对用水单位用水计划执行情况进行考核,对超计划用水单位按有关规定实行累进加价收费。

**c. 推广节水器具。**节水器具在生活用水、三产节水方面起着重要作用,推广应用节水型卫生洁具、设备

是实现节约用水的重要手段和途径。辽宁省建设厅支持开发研制和应用节水型器具和设备,有利地推动了中部城市节水器具的推广应用。

**d. 建设中水管道设施。**在生活用水中有一部分用水如冲洗厕所、清洁、绿化、洗车等用水可以用低质非饮用水替代,如果这部分用水以处理后的污水替代,可以节约清水资源。沈阳市已经在进行单体建筑中水管道设施的铺设和运用,取得了很好的节水效果。◆

### 参考文献

- [1] 于健,孙振东,左建军. 鞍山市城市水源地现状及保护对策研究[J]. 黑龙江水利科技,2013(6).
- [2] 张雷,王杰. 云南高原盆地城市水源地保护研究[J]. 中国水土保持,2014(7).
- [3] 王瑜. 城市饮用水水源地现状及水源保护对策研究[J]. 黑龙江科学,2014(8).
- [4] 刘超. 蚌埠市城市供水水源地现状分析及对策[J]. 治淮,2011(4).
- [5] 王伟,崔花瑞,申先顺. 安阳市城市饮用水水源地现状及保护措施[J]. 治淮,2013(1).
- [6] 孙涛,徐静,刘方方,等. 河口生态需水研究进展[J]. 水科学进展,2010,21(2):282-288.
- [7] 魏彦昌,苗鸿,欧阳志云,等. 海河流域生态需水核算[J]. 生态学报,2004,24(10):2100-2107.
- [8] 刘新华,徐海量,凌红波,等. 塔里木河下游生态需水估算[J]. 中国沙漠,2013,33(4):1198-1205.
- [9] 陈方鑫. 堵河流域水源涵养林有效 LAI 的时空变化及其持水效应的研究[D]. 武汉:华中农业大学,2013.
- [10] 顾胜,李思悦,张全发. 汉江堵河流域地表水质时空变化特征[J]. 长江流域资源与环境,2009,183(1):41-46.
- [11] 高凡,黄强,畅建霞. 我国生态需水研究现状、面临挑战与未来展望[J]. 长江流域资源与环境,2011,20(6):755-760.

(上接第30页)

### 参考文献

- [1] World Water Assessment Programme. The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water Under Uncertainty and Risk[R]. UNESCO,2012.
- [2] 宋先松,石培基,金蓉. 中国水资源空间分布不均引发的供需矛盾分析[J]. 干旱区研究,2005,22(2):162-166.
- [3] 严登华,王浩,王芳,等. 我国生态需水研究体系及关键研究命题初探[J]. 水利学报,2007,38(3):267-273.
- [4] 郑红星,刘昌明,丰华丽. 生态需水的理论内涵探讨[J]. 水科学进展,2004,15(5):626-633.
- [5] 徐志侠,陈敏建,董增川. 河流生态需水计算方法评述[J]. 河海大学学报(自然科学版),2004,32(1):6-9.