河道生态需水及水库的生态调度方式研究进展

史艳华,邹　鹰,丰华丽

(南京水利科学研究院水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,江苏 南京　210029)

摘要:总结国内外河流生态需水量计算方法,指出不同方法有其不同特点、使用条件和存在问题,在实际应用中需根据已有资料条件和研究目的,选用适当的计算方法。分析水库生态调度要注意的问题,对如何评价调度效果进行了说明,然后综合考虑社会、经济和生态要求,提出了考虑下游生活、生态和生产条件的水库生态调度应遵循的基本原则。

关键词:生态需水量;河道;水库;水量调度

中图分类号:TV213.4　　文献标识码:A　　文章编号:1004-6933(2007)S2-0004-03

由于传统的水库建设忽视了生态环境问题,导致下游河道生态条件恶化,引发许多不良后果。如河流生物多样性下降,河流生态系统退化等。为了尽可能地减少水库对河流生态系统和自然水环境的影响,有效的措施之一就是对水库进行生态调度,即更多地考虑维护河流流态的自然状态,改进水库调度方式,以便尽可能补偿或缓解水库对下游河流生态和环境的负面影响。水库生态调度研究主要涉及两个方面的问题:①河道生态需水量的计算;②生态调度模型的研究。

1　河流需水量的计算方法

河流生态环境需水量是指为改善河道生态环境质量或维护其不至于进一步下降时河流生态系统所需要的一定水质要求下的最小水量,研究范围包括河道及连通的湖泊、湿地、洪泛区等水体。从需水量的功能上可以分为 3 类:①保持河流系统生物多样性,维持水生生物栖息地生态平衡所需的最小水量;②维持河流基本形态的造床流量;③使河流系统保持稀释自净能力及维持河流水沙平衡所需的最小流量。

1.1　维持河流生态环境的需水量

a. 水文学方法。水文学方法是以实测流量为基础来确定河道生态环境需水量,主要有 Tennant 法[1]、枯水频率法(7Q10)[2]、可变域法[3]。Tennant 法以平均流量的百分数为基础,计算满足鱼类等水生生物所必须的流量。枯水频率法采用 90% 保证率最枯连续 7 天的平均水量作为需水要求。可变域法是利用流量大小、发生时间、频率、持续历时和变化率 5 个水文特征值,对河流流态进行描述,该法需要利用长系列实测流量资料来推导这些水文特征值。

b. 生态环境模拟法。典型的生境模拟法主要有生境偏好法和水文—生物分析法,这类方法是从河流流量与生物群落关系入手,判断生物群落对河流流量的依赖以及流量变化对生物种群的影响。生境模拟法是根据指示物种所需的水力条件确定河流流量,目的是为水生生物提供一个适宜的自然生境。因为生境方法可定量化,并且是基于生物原则的,所以目前被认为是最可信的评价方法。另外还有河流流量增量法等。

c. 综合法。综合法代表了目前河流生态需水方法研究的前沿,该方法主要是从河流生态环境整体出发,通过综合研究河流的流量、泥沙输移、河床形态与河岸带群落之间的关系来确定各种河流环境需水流量,这些需水流量能够满足生物多样性保护、生态环境维持、泥沙冲淤、污染控制和景观维护等整体生态功能。目前综合法主要包括南非学者提出的积木法[4]和澳大利亚学者提出的综合环境流量计算方法[5],这些方法的主要特点之一就是依靠多学科的专家来确定合适的生态径流过程。

d. 生态水力学法。生态水力学法[6]是通过水生生物适应的水力生境确定合适的流量,该法假设水深、流速、湿周、水面宽、过水断面面积、水面面积、

基金项目:国家自然科学基金项目(50509017)

作者简介:史艳华(1981—),女,河南焦作人,硕士研究生,主要从事水文水资源及生态水利研究。E-mail:yhshi@nhri.cn

水温是对物种数量和分布造成影响的主要水力生境参数,急流、缓流、浅滩、深潭是对物种变化造成影响的主要水力形态。生态水力学法由3部分组成,河道水生生境描述、河道水力学模拟、河道生态流量确定。

1.2 维持河流基本形态的需水量

广义湿周法是目前应用较为广泛的一种河流生态需水量计算方法,该法假设河流的整体性与湿周的长度有关。依据湿周和流量的变化关系,以曼宁公式为基础来确定河流流量,然后确定湿周随流量增加所表现出的增长变化点,这个增长变化点代表了最佳流量,而低于这个最佳流量生境就会急剧恶化,因此可以根据这个增长变化点来确定维持河流基本形态的流量。

1.3 维持河流基本功能的需水量

环境功能设定法[7]主要是针对满足河流某一项生态环境功能而言,目前研究较多的包括污染物稀释净化需水量和输沙需水量。稀释净化需水量是基于假定计算出某一个断面环境需水之后,其下游同一功能的河道流量一般总能满足河道环境功能流量的思想,而建立起来的一种段首控制法。输沙需水量是指河道输送泥沙以便维持河道断面稳定,实现冲刷与淤积的动态平衡所需的河流流量。

1.4 各种方法特点及适用条件

河流需水量的计算方法在参数选择、应用范围、侧重点等方面都有一定的区别。

水文学方法简单易行,但因受气候、人为污染、流量资料等因素的影响并不能完全反映出河流生态需水的实际情况。可变域法较之传统水文学方法有所改进,但该方法需要有长系列水文资料为基础。生境模拟法理论依据充分,但需要大量生态资料,且仅适用于大中型河流确定河道内的水生生物生态需水量。综合法更加强调河流生态系统的整体性,更符合当前河流综合管理的要求,但时间长,资源消耗大。生态水力学法适合季节性大中型河流开发过程中确定河道内的水生生物生态需水量,但该方法目前尚处探索阶段,有待进一步完善。

广义湿周法集中于保持河流的基本形态,适用于宽浅矩形管道和抛物线型河道,但不适用于三角形河道,也不能用于确定季节性河流的流量。

环境功能设定法计算方法简单,但只能满足某一项环境指标的要求,不能全面满足河流生态系统健康发展的需求。

2 水库的生态调度

当前,我国的大多数河流上都修建了水库,这种情况间接或直接地造成了下游生态环境的恶化,水库的调蓄必然改变河流的天然水文情势,天然水文情势正是河流生态系统得以健康持续的驱动力,而且目前我国水库调度和设计中都没有考虑河流生态需水的要求,国外许多地方都对水库的生态调度进行了很多探索试验,而我国尚处于起步阶段。

2.1 生态调度评价因子

因为天然状态下河道径流的时空分布与生态系统是和谐的,河道内生态系统早已适应了河流的这种天然的丰枯变化,所以越接近自然状态的水库下泄流量,越有利于维持下游河流的生态系统健康,水库生态调度的核心应该是尽量维持河流的自然水文特征。描述河流流态,主要用流量大小、发生时间、频率、持续历时和变化率5个水文特征值。依据水文过程及特征的生态学效应,对影响生态的主要水文特征,考察控制段面调度后径流与天然径流的变化情况,以变化最小者对应的控泄约束方式作为最优的控泄方式。

同时调度时必须考虑泥沙调控问题,水库可按“蓄清排浑”调整泄流方式以及控制下泄流量等方式,保证河道有适当的造床流量。

为使下游水环境保持良好状况,特殊时期特殊河段水库调度必须肩负着控制蓝藻和‘水华’暴发、控制河口咸潮入侵的责任,以达到减少或消除对水库下游生态环境不利影响的目的。

2.2 生态调度时机

为了尽量维持河流的自然水文特征,生态调度的2种典型目标是:①保证枯水流量;②营造接近自然态的水文情势(洪水过程)。前者在汛期与非汛期都是应该保证的,后者应该在防洪和维持河流生态系统健康之间寻求一个平衡点。

对于中小洪水,由于防洪风险基本上处于可控状态,具备为下游河滩和河岸湿地提供洪水资源,改善其生态环境的条件。因此,在中小洪水期间,在确保防洪安全的前提下,从控制下泄流量的角度,可以尽可能延长下游平滩流量过程,为河滩地补水;从为河岸湿地补水的角度,可以将洪泛湿地的生态环境用水需求作为中小洪水期间的一个供水目标,在汛限水位以上合理调控洪水,尽量满足其用水需求。

对于大洪水,通常在洪峰来临之前,由于其防洪任务非常重要,只有在作好各项准备措施,提高预报精度,确保防洪安全的前提下,可以适当地让洪水漫滩,补充洪泛平原水分,为洪泛湿地鱼类和其他生物的生存提供良好生境,为那些利用洪水期变动的水位进行繁殖的鸟兽提供适当的繁殖基地。

2.3 生态调度模型

一般地,水库生态需水只是水库综合利用中的

众多目标之一，在保证防洪安全和基本生活生产用水需求的前提下，对天然来水进行调节是尽可能提高综合利用效益的一种控制运用水库技术，是兼顾河流生态系统需求的水库调度方法。按照生态问题的重要性，可以采取2种方法：①作为多目标问题来考虑，生态目标是其中的一个目标；②作为模型约束条件来考虑，此约束即是水库下游河流的生态需水。考虑河道生态需水的水库调度方式，要求水库泄流不低于下游河道生态需水流量，改变了在枯水期某些时段水库的低流量下泄造成下游河段脱水的局面，对河道生态起到了一定的保护作用。

3 小 结

我国已建水库有很多，它们不仅带来了巨大的社会效益和经济效益，同时对改善干旱与半干旱地区的生态环境也起到了重要作用，但由于忽视了水库对生态环境的负面影响，以至于使许多水库在运行过程中对生态产生不良后果。由于水库生态调度是一个多目标决策问题，其涉及因素很多，既包括社会、经济、生态等大系统，也包括水生生物、人群平等、农业生产等各个层面的子系统，对有关水库生态调度的理论和实践研究我国尚处于初步探讨阶段。

参考文献：

[1] TENNANT D L. Instream flow regiments for fish, wildlife, recreation and related environmental resources[J]. Fisheries, 1976, 1(4): 6-10.

[2] STALNAKER C B. The use of habitat structure preferenda for establishing flow regimes necessary for maintenance of fish habitat[M]. Plenum Press: New York and London, 1979: 321-337.

[3] RICHTER B D, BAUMGARTNER J V, POWELL J, et al. A method for assessing hydrological alteration within ecosystems [J]. Conservation Biology, 1996, 10(4): 1163-1174.

[4] KING J, LOUW D. Instream flow assessments for regulated rivers in South Africa using the building block methodology [J]. Aquatic Ecosystem Health and Management, 1998, 1: 109-124.

[5] ARTHINGTON A H. Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: review of holistic methodologies [M]. Canberra, Australia: Land and Water Resources Research and Development Corporation, 1998.

[6] 李嘉，王玉蓉，李克锋，等. 计算河段最小生态需水的生态水力学法[J]. 水利学报，2006，37(10)：1169-1174.

[7] 宋进喜，李怀恩. 渭河生态环境需水量研究[M]. 北京：中国水利水电出版社，2004：22-23.

(收稿日期：2007-06-01 编辑：舒 建)

(上接第3页)

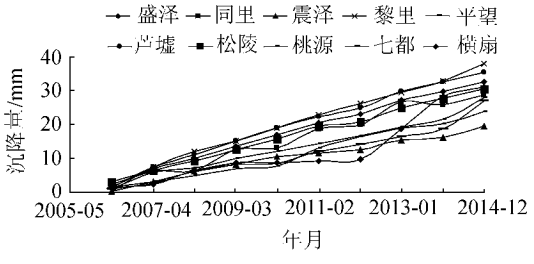

图8 研究区地面沉降预测曲线

5 结 语

a. 综合分析研究区的水文地质条件和含水层土体沉降变化特征，并以实测资料作为依据，证明了三维地下水开采-地面沉降耦合地质概念模型在模拟此类型地区地下水开采问题上具有较高的可信度。

b. 利用识别好的地下水开采-地面沉降耦合模型对未来10年内地下水水位和地面沉降变化进行预报，由预测结果可知，在此开采量作用下，不会引起灾害性地面沉降的发生。

参考文献：

[1] 沈国俊，卢立志. 长江三角洲地区地下水开采资源评价[J]. 江苏地质，1987(1)：51-54.

[2] 张蔚榛. 地下水的合理开发利用在南水北调中的作用[J]. 南水北调与水利科技，2003(4)：1-7.

[3] 贾晓青，任启伟，陈植华. 苏州-无锡-常州地区浅层地下水系统可采资源量评价[J]. 地质科技情报，2006(6)：87-90.

[4] 张永勤，缪启龙，彭补拙. 长江三角洲地区水资源供需平衡的估算模型研究[J]. 水文，2002(2)：6-9.

[5] 董增川. 对长江三角洲地区城市化进程水问题及对策思考[J]. 江河治理，2004(1)：14-15.

[6] HSIEH P A. Documentation of a computer program to simulate horizontal-flow barrers using the US geological survey modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model [R]. Washington: US Geological Survey Open-File Report, 1993: 92-477.

[7] MCDONALD M G. A method of converting no-flow cells to variable-head cells for the US geological survey modular finite-differecne groundwater flow model[R]. Washington: US Geological Survey Open-File Report, 1992: 91-536.

[8] BURBEY T J, HELM D C. Modeling three dimensional deformation in response to pumping of unconsolidated aquifers[J]. Environmental and Engineering Geoscience, 1999(2): 199-212.

[9] WEN Hsing-chiang, WOLFGANG K. 3D groundwater modeling with PMWIN-A simulation system for modeling groundwa-ter flow and pollution[M]. USA: Springer, 2001: 120-132.

[10] 骆祖江，李郎，姚天强，等. 松散承亚含水层地区深基坑降水三维渗流与地面沉降耦合模型[J]. 岩土工程学报，2006(11)：1947-1951.

(收稿日期：2007-10-30 编辑：高渭文)