

无锡市城市防洪大包围生态水位探析

陈娟, 尤征懿, 朱前维, 朱 骊, 秦建国

(江苏省水文水资源勘测局无锡分局, 江苏 无锡 214023)

摘要:为科学合理确定生态水位保障目标,切实加强河湖生态水位保障管理,加快解决水生态损害问题,不断改善河湖生态环境,在分析无锡市城市防洪大包围生态系统功能的基础上,利用水文学法(近10年最枯月平均水位法)、水力学法(湿周法)、生物栖息地法(PHABSIM模型法)3种方法,对其生态水位进行分析和计算。通过合理性分析,认为选取2.94 m作为城市防洪大包围生态水位符合无锡市实际情况。

关键词:防洪大包围;生态水位;计算方法

中图分类号:TV125

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2023)02-0005-0004

Analysis on ecological water level of urban flood control systems around Wuxi City

CHEN Juan, YOU Zhengyi, ZHU Qianwei, ZHU Li, QIN Jianguo

(Wuxi Branch of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Wuxi 214023, China)

Abstract: In order to scientifically and reasonably determine the ecological water level guarantee target, effectively strengthen the ecological water level guarantee management of rivers and lakes, and accelerate the solution of water ecological damage problems and continuously improve the ecological environment of rivers and lakes, based on the analysis of the function of urban flood control encirclement ecosystem in Wuxi City, the ecological water level is analyzed and calculated using three methods: hydrological method (the average water level method of the driest month in the last 10 years), hydraulics method (wet perimeter method), and biological habitat method (PHABSIM model method). Based on the rationality analysis, it is reasonable to take 2.94m as the ecological water level of urban flood control encirclement, which is in line with the actual situation of Wuxi City.

Key words: urban flood control encirclement; ecological water level; computing method

生态流量(水位)是指为了维系河流、湖泊等水生态系统的结构和功能,需要保留在河湖内符合水质要求的流量(水位),它是维系江河湖泊生态系统的基本要素,是控制水资源开发强度的重要指标和统筹“三生”用水的重要基础^[1-5]。近年来,无锡市城区平原河网有规模地实施了城区河流水系的

整治改造,河流湖滨加强了景观建设,恢复了部分水生生物,河道上建造闸、坝、站等水利工程在水资源利用方面发挥着引流灌溉、防洪排涝等功能^[6-7]。随着河流水环境的逐步改善,积极开展平原河网地区河湖生态流量(水位)的研究工作,有利于保护和恢复该地区河流生态系统,为河流综合治理提供

收稿日期:2022-11-02

作者简介:陈娟(1976—),女,高级工程师,本科,主要从事水文水资源分析研究工作。E-mail: 785898742@qq.com

技术支持^[8-9]。

1 无锡市城市防洪大包围概况

无锡市城市防洪大包围又称无锡市运东大包围,工程于2004年5月开工,至2007年10月基本完成。防洪大包围位于无锡市中心城区,范围西至锡澄运河,南沿京杭运河,东以白屈港控制线为界,北至锡北运河,主要保护运河以东的中心城区,保护受益面积144 km²。大包围外围防线68.5 km,包括32 km 堤防、11座口门建筑物、8个水利枢纽工程和27台套大型水泵,主要通过大包围8大水利枢纽将水排入围外河道,排涝流量415 m³/s,每km²排涝模数均值达到2.88 m³/s。防洪标准达到200年一遇,城市排涝标准达到20年一遇。

无锡市城市防洪大包围由众多二级圩区组成,主要包括北塘联圩、西漳大联圩、东亭大联圩等。二级圩之间的主要河道有古运河、伯渎港、九里河、北兴塘-转水河、严埭港等,这5条河道相互连通,主要承担圩内的排涝和调水任务。

大包围内水资源开发利用情况,控制圈内年蓄水总量约为6 765万m³。水量来源除降水产生的地表径流汇入外,主要依靠通过江南运河、白屈港、锡澄运河等圈外河流引调太湖水或长江水来补充水量。无锡市城市防洪大包围调水流量、次数、数量为集中调水时调水流量控制在30~50 m³/s,维持调水时为15~20 m³/s,全年调水8~11个月。根据资料统计,大包围多年年均调排水量约为2.40亿m³。无锡市城市防洪大包围内水资源开发利用主要功能为排涝、引水和景观等。

2 控制断面的确定

无锡市城市防洪大包围内的古运河、伯渎港、九里河、北兴塘-转水河、严埭港等河道无水利工程控制,相互连通,主要河道水位差不大,水面比降很小,水流缓慢。综合考虑南门水位站的站点位置、基本情况、资料情况等因素,选择南门水位站作为无锡市城市防洪大包围生态水位控制断面。

3 生态水位的确定

3.1 水文学法

水文学法是基于天然流量(水位)数据计算,默认生物已经适应天然水文节律,即参照天然水文状况界定生物最适宜的流量(水位)的一种方法,包括

蒙大拿法、排频法、平均水位法等。由于无锡市城市防洪大包围2007年建成投运,南门水位站2008年以后的数据可代表大包围内水位,至2020年系列时长为13年,系列偏短不适用频率曲线法,故本次水文学法计算采用近10年最枯月平均水位法。

采用南门水位站2010—2020年共11年的逐月平均水位数据计算生态水位。南门站月平均最低水位范围是2.94~3.41 m,其中最大值为2019年7月水位,其次为2018年2月和12月的3.39 m,最小值为2014年1月。从历年统计资料来看,最小月均值水位大多发生在非汛期,近年来为改善大包围内水环境,加大了调水力度至非汛期水位有所抬高。南门水位站最低月平均水位为2014年1月,应选取该水位作为无锡市城市防洪大包围的生态水位,即2.94 m。

3.2 水力学法

水力学法主要有湿周法和R2-CROSS法。R2-CROSS法更适合自然流态河道,因此本次水力学法计算采用湿周法。湿周法是水力学法中最常用的方法,将湿周作为水生生物栖息地指标,通过控制断面的水力学数据,建立湿周与流量(水位)的关系曲线,寻找“突变点”。“突变点”以上,水位的变化基本不影响湿周;“突变点”以下,水位变小将减少湿周,破坏生物栖息地。该“突变点”对应的水位,即为生态水位。

3.2.1 确定控制断面

控制断面结合栖息地法采样断面进行选择,5条主要河道各选择1个断面作为控制断面。古运河选择槐古大桥断面,伯渎港选择锡兴路桥断面,九里河选择团结大桥断面,北兴塘-转水河选择友谊路桥断面,严埭港选择严埭港桥断面。

3.2.2 水力要素及断面图

确定水力要素主要是要对控制断面进行施测,采用无人船搭载南方测绘SDE-18S自动测深仪进行大断面的施测,测绘水位为3.75 m。

3.2.3 绘制关系线寻找突变点

根据所测大断面成果,计算各水位条件下的湿周,绘制湿周-水位关系线。以槐古大桥控制断面为例,当水位2.70 m时,湿周为40.45 m,由于古运河两岸为直立式石驳岸,水位再增加时,湿周与水位呈线性关系,因此2.70 m为槐古大桥控制断面的突变点。槐古大桥断面湿周-水位关系曲线如图1。

计算其余河道控制断面的湿周-水位关系,成果如表1。

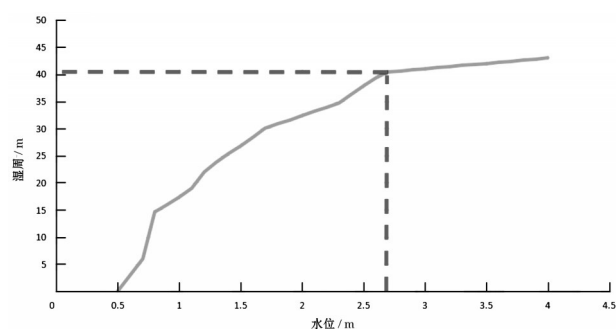


图1 槐古大桥断面湿周-水位关系曲线

表1 湿周法计算5条主要河道控制断面生态水位

序号	河道名称	断面名称	突变点 湿周/m	突变点 水位/m
1	古运河	槐古大桥	40.45	2.70
2	伯渎港	锡兴路桥	71.05	2.70
3	九里河	团结大桥	54.60	2.60
4	北兴塘-转水河	友谊路桥	46.50	2.60
5	严埭港	严埭港桥	64.75	2.70

选取最大值作为无锡市城市防洪大包围的生态水位,根据上述分析可得,水力学法(湿周法)计算的生态水位结果为2.70 m。

3.3 生物栖息地法

生物栖息地法是基于河道内流量增加法原理,根据生物对生境的选择,并将该选择定量化,进而计算生态基流(水位)的方法。本次生物栖息地法计算主要包括5个方面内容,分别为确定控制断面,水生生物多样性调查,生态系统目标物种的分析确定,利用PHABSIM模型建立目标物种适应度与流量的关系,根据生物适应度与流量的关系结合控制断面水位流量关系曲线确定生态水位。生物栖息地法应选取水生生态系统薄弱区域,利用薄弱区域求得的生态水位更能满足其他整条河流的水生态系统的需要,因此本次断面选取古运河(槐古大桥)、严埭港(严埭港桥)、北兴塘(友谊路桥)、九里河(团结大桥)、伯渎港(锡兴路桥)等河段的控制断面。

无锡市城市防洪大包围内骨干河段的生物多样性调查采样工作,主要针对5条主要河道的控制断面的浮游植物、浮游动物、底栖动物和鱼类开展。通过对目标物种评分,采用熵权法计算指标权重,得到各种水生物评分的加权平均值,即目标指数,指数范围为1~4分,目标指数越高的水生物,次

序越靠前。本次生物栖息地法最终选择食物链顶层的鱼类及食物链较高层的底栖生物作为目标物种。计算无锡市城市防洪大包围内主要河道控制断面生态水位的目标物种时,除了对具有生态系统特色和代表性的关键物种进行识别外,还要从生态系统的营养级和食物链考虑,对食物链顶层的优势物种进行确定。通过目标物种确定体系计算出具有生态系统特色和代表性的目标物种,鱼类为鲫鱼,底栖动物为白虾。同时,通过调查经验确定法,考虑到物种的生活史、习性等因素,最终确定鱼类目标物种为鲫鱼,底栖动物的目标物种为螺蛳。

通过4类指标与断面边界情况,建立PHABSIM模型计算生态水位和水生物生境的关系,由于5条主要河道控制断面高程不同,以断面边坡平台高程最高的槐古大桥断面作为计算对象。鲫鱼适宜生境对应生态水位为2.8~3.4 m,螺蛳适宜生境对应生态水位为2.75~3.3 m。生物栖息地法以上述2种目标物种的生态水位最大值为最终结果,这2种目标物种生态水位最大值为3.30 m。

3.4 确定生态水位

无锡市城市防洪大包围内主要河道的生态水位计算应用了3种方法。其中,水文学法基于无锡市城市防洪大包围建成投运后的实测水位数据,数据每年进行资料整编,精确可靠,数据系列包含了完整的丰平枯周期,比较客观地对应了无锡市城市防洪大包围内河道的水位在近年来水利工程科学调度后的变化情况,近10年最枯月平均水位法对于无锡市城市防洪大包围适用性较强。

水力学方法和生物栖息地法基于无锡市城市防洪大包围内主要河道现状情况进行分析和计算,两者的结果也存在一定差异性。湿周法认为只要确定出典型控制断面的生态水位即代表整条河道的生态水位,而无锡市城市防洪大包围内河道众多,控制断面不尽相同,断面宽度为20~150 m。湿周法关注的是水生生态系统物理层面的用水满足度,论述的是水位需要达到河岸的润湿要求,这样的生态水位是对水生生态系统空间性的较为粗放的估算。生物栖息地法虽然计算方法从水生生态系统本身的客观需求出发,但无锡市城市防洪大包围内河道非自然状态河道,水位流量均受八大枢纽调度影响。

通过上述计算,无锡市城市防洪大包围5条主要河道生态水位采用水文学法(近10年最枯月平均

水位法)计算结果为2.94 m,采用水力学法(湿周法)计算结果为2.70 m,采用生物栖息地法(PHABSIM模型法)计算结果为3.30 m。因此经过综合考虑,最终确定以水文学法的计算结果2.94 m作为无锡市城市防洪大包围内主要河道的生态水位值,对应控制断面为南门水位站。

4 生态水位保障措施

为确保无锡市城市防洪大包围达到生态水位保障目标,在发布生态水位预警时,应适当加大仙蠡桥枢纽地涵、九里河东枢纽和严埭港枢纽等水利工程的引调流量。根据应急调度方案,严格执行水量调度计划,加强取用水管控。遇枯水期或枯水年份,根据区域水雨情及工情,综合考虑区域内河道生态水位(流量)保障要求,通过水量统一调度,努力保障无锡市城市防洪大包围生态水位达标。每季度编制生态水位月报,统计南门水位站日均水位和月最低水位,为确保生态水位达到考核目标提供技术依据。

5 结 语

结合平原河网地区水系特征及无锡南门站历史资料,运用水文学法(近10年最枯月平均水位法)、水力学法(湿周法)、生物栖息地法(PHABSIM模型法),计算无锡市城市防洪大包围河道生态水

位,分析确定无锡市城市防洪大包围生态水位为2.94 m。研究多种河流生态流量(水位)计算规则,对一般具有相对完善的系列水位资料的平原河网区河流生态水位的确定具有一定的参考意义。

参考文献:

- [1] 李原园,廖文根,赵钟楠,等.新时期河湖生态流量确定与保障工作的若干思考[J].中国水利,2019(17):13-16.
- [2] 李原园,廖文根,赵钟楠,等.新时期强化河湖生态流量管控的总体思路与对策措施[J].中国水利,2020(15):12-14.
- [3] 王鹏,华祖林,褚克坚,等.高度城镇化地区河网水系生态调控方案[J].水资源保护,2022,38(1):205-212.
- [4] 张海滨,尹鑫,李伟.我国河湖生态流量保障对策体系研究[J].水利经济,2019,37(4):13-16.
- [5] 华祖林,董越洋,褚克坚.高度人工化城市河流生态水位和生态流量计算方法[J].水资源保护,2021,37(1):140-144.
- [6] 葛金金.闸控河流的水文生态响应关系及应用研究[D].北京:中国水利水电科学研究院,2019.
- [7] 左其亭,梁士奎.基于水文情势分析的闸控河流生态需水调控模型研究[J].水力发电学报,2016,35(12):70-76.
- [8] 刘国平,雷瑶,陈燕,等.昆山经济技术开发区包桥圩最低生态水位探讨[J].水利科技,2021(4):19-22.
- [9] 江善虎,刘亚婷,任立良,等.变化环境下渭河流域生态水文情势演变归因研究[J].水资源保护,2022,38(6):9-14, 70.