

城市水利工程对京杭大运河无锡段水位影响分析

朱 骊¹, 乐 峰², 张建平³, 贾小网¹, 秦建国¹

(1.江苏省水文水资源勘测局无锡分局,江苏 无锡 214000;2.江苏省水文水资源勘测局,江苏 南京 210029;
3.浙江省水利水电勘测设计院,浙江 杭州 310002)

摘 要:根据京杭大运河无锡段历年河流水位与降水量的关联,结合城市水利工程,分析了京杭大运河无锡段水位变化规律。重点研究了 2003 年前后水位变化的形成机制,推求出水利工程和气候条件下水位的变化特点,总结了城市水利工程对京杭大运河流向产生的影响。为本地区研究城市水利工程影响下河流水位变化情况及防汛应用提供了数据支持。
关键词:城市;水利工程;水位;降水量;流向
中图分类号:P333 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0852(2014)04-0092-05

无锡市位于北纬 31°07'~32°00',东经 119°31'~120°36',地处江苏省东南部,长江三角洲腹地,北接长江,南濒太湖,西连常州,东邻苏州。境内河网密布,京杭大运河穿城而过。无锡从 2003 年开始建设城市防洪运东大包围圈,至 2007 年基本建成。在太湖湖畔,分别于 2004 年和 2009 年建成梅梁湖泵站和大渲河泵站。2007 年,太湖蓝藻爆发,引发无锡市供水危机。为了保护梅梁湖水源安全,无锡市开始常年实施梅梁湖、大渲河泵站调水工程。这些工程调度水量最后都汇入京杭大运河,对京杭大运河的自然流态和局部水位有明显影响。城市水利工程实施后,京杭大运河无锡段的水位变化规律及流向发生明显变化。因此研究城市水利工程调度引起水位变化情况是十分必要的,也是值得探讨的技术问题。

1 代表站点及资料序列

京杭大运河无锡段,北起常州与无锡交界的五牧,南到无锡与苏州交界的望亭,全长 41km。水位代表站选择位于京杭大运河上、有较长的资料系列,且在区域分布上具有较好代表性的站。洛社站、无锡站均为国家级水文站点,具有较高的测验精度。选用洛社和无锡两个重要水文站,能够很好地控制京杭大运河无锡段水位变化过程。洛社镇地处京杭大运河无锡段上游,位于无锡市东北部,与常州相接,洛社水文站同时兼有流量

测验任务。无锡站位于京杭大运河无锡段中部,地处无锡城区,受水利工程影响明显。

所选用的基础资料分别是有历史资料以来无锡站 1951~2011 年的水位资料,洛社站 1977~2011 年的水位和流量资料。通过对无锡、洛社的系列水位资料分析,总结近年来城市防洪工程对水位影响规律;通过对洛社站流量资料分析,研究工程影响下流向与天然流态的不同。各站点地理位置及选取资料系列见表 1。

表1 水文站点详细信息
Table1 Information of the hydrological stations

站点	东经	北纬	地点	资料范围
洛社	120°11'24"	31°38'55"	无锡惠山区洛社镇	1977-05-01~2011-12-31
无锡	120°17'18"	31°33'24"	无锡城区	1951-01-01~2011-12-31

2 城市水利工程分布及影响分析

无锡位于长江下游干流区、江南水网中心。市内河道众多,史上多发洪水。通过总结教训,人们认识到无锡治水必须改善水利条件,提高排水能力。于 2003 年开始逐渐在无锡城区京杭大运河东侧修建城市防洪运东大包围圈。城市防洪运东大包围圈主要包括八大水利枢纽、32km 堤防和 11 座口门建筑物,建成后受益面积达 136km²。八大水利枢纽建筑物为江尖水利

收稿日期:2013-10-07
作者简介:朱骊(1981-),女,浙江衢州人,工程师,主要从事地表水数据研究工作。E-mail:19675727@qq.com

枢纽工程、仙蠡桥水利枢纽工程、利民桥水利枢纽工程、伯渎港水利枢纽工程、九里河水利枢纽工程、北兴塘水利枢纽工程、严埭港水利枢纽工程和寺头港节制闸工程。无锡市八大水利枢纽工程于 2007 年 10 月基本建成。运东片(京杭大运河以东)控制圈中心城区 136km² 范围内防洪标准达到 200 年一遇;城市排涝标准达到 20 年一遇。通过城市防洪工程的合理调度,可引太湖水或长江水进入城区,有效改善城区河道水环境,最后排入京杭大运河。在汛期为满足主城区防汛需求,江尖水利枢纽与利民桥水利枢纽泵站将包围圈内水量向大运河抽排。

梅梁湖调水泵站枢纽工程位于无锡市区西南部,东侧为五里湖(又称蠡湖),西侧紧靠犊山水利枢纽以及梅梁湖(太湖一部分)。梅梁湖泵站是以区域调水为主的综合性水利工程,其作用主要是改善梅梁湖、五里湖水环境,兼顾改善无锡城区及其周围围网水质。大渲河泵站位于无锡市滨湖区河埕街道大渲河,梁湖大桥西侧。

2007 年,太湖蓝藻爆发以来,太湖污染进入决策者视野,国家下了大力气治理太湖污染。为改善太湖、梅梁湖水质、加快水体流动、加速水体交换,提高水体

自净能力,2007 年后,梅梁湖泵站、大渲河泵站常年调水,梅梁湖泵站、大渲河泵站工程通过调梅梁湖水进入五里湖或无锡城区河网,最后通过梁溪河进入京杭大运河。

由图 1 可见,对京杭大运河产生影响的调水路径主要有两条:①城市防洪大包围调水,即以长江水为水源,其路径为长江-望虞河泵站-望虞河-九里河或伯渎港-从控制圈东侧进入控制圈-京杭大运河。②梅梁湖线路,即以太湖湖体为水源,其路径为太湖湖体-梅梁湖-梅梁湖泵站、大渲河泵站-梁溪河-京杭大运河。无论是以改善主城区水质及防汛为目的的城市防洪运东大包围圈调水,还是以保护水源地安全为目的的梅梁湖泵站、大渲河泵站调水,两处水量最终都汇入京杭大运河,抬高了京杭大运河局部水位。

3 水位变化分析及成因影响

3.1 河道断面影响分析

河槽中某处垂直于流向的断面为河道横断面。它的下界为河底,上界为水面线,两侧为河槽边坡。河道断面过窄有时会引起壅水,水位抬高,产生局部逆流。研究河道断面是分析京杭大运河无锡段水位流量变



图 1 无锡城市水利工程分布图
Fig.1 The position of the water structures in Wuxi city

化的先决条件之一。本文选择洛社站 2002 年和 2010 年河道断面为例,分析城市水利工程建成前后的河道断面变化情况。

由图 2 可见,2002 年与 2010 年洛社站河道断面大致相近,并无明显大变化。以洛社站多年平均水位 3.26m 为基准,分别计算出 2002 年和 2010 年的过水断面面积为 181m^2 、 193m^2 ,两者差值在 7%以内,断面并无剧烈变化,不足以引起壅水,抬高局部水位。在无锡城市水利工程建成前后,河道断面影响并非引起京杭大运河无锡段水位流量变化的主要原因。

3.2 年平均水位-降水量关系分析

从理想状态来讲,水位变化规律必然与降水量变化存在密切联系,水位高低与降水量大小成正比。在现代水利工程影响下,大运河无锡段水位与降水量之间的关系变化,上下游水位差改变,是本章节探讨的主题。现统计 1956 年以来无锡地区年平均面雨量系列资料,结合洛社、无锡两站有历史资料以来的水位数据,绘制降水量与年平均水位过程线图(见图 3),研究各站年平均水位和降水量的关系,结合相关资料进行趋势分析。由于城市防洪运东大包围圈于 2003 年开始实施,因此以 2003 年为界,分析城市水利工程对水位的影响。

2003 年以前,年平均水位过程线变化趋势与降水量过程线保持一致,年平均水位总体上与降水量多寡成正比,1978~1991 年降水量趋势总体增加 $1\,031.6\text{mm}$,两站水位抬高 0.71m ,1991~1997 年降水量趋势总体减少 752.1mm ,两站水位相应下降 0.36m 。但 2003 年之后,降水量水位变化趋势呈现明显差异性。2003~2011 年期间年平均面雨量为 $1\,122.1\text{mm}$,低于多年平均降

水量 1% ,可视为基本持平于年平均面雨量。同期两站多年平均水位为 3.43m ,则高于两站多年平均水位 0.23m ,这期间水位线呈现明显上升趋势。2010 年年降水量为 $1\,085.5\text{mm}$,远低于历史最大降水量 $1\,639.4\text{mm}$,甚至低于无锡年平均面雨量。2010 年两站水位却上升至历史最高年平均水位,无锡站 3.59m 、洛社站 3.66m 。此现象表明,目前大运河无锡段水位受水利工程影响甚至大于降水量影响。

洛社站位于无锡站上游 16km 处,多年来洛社站水位一般高于下游无锡水位。在城市水利工程影响下,两站水位差逐年减小。洛社、无锡历史多年平均水位分别为 3.26m 、 3.13m ,水位差为 0.13m 。2003 年以来洛社、无锡多年平均水位分别为 3.44m 、 3.41m ,水位差为 0.03m 。洛社与无锡年平均水位线 2003 年以后较 2003 年前更为接近,无锡与洛社站水位差减小了 0.10m 。

通过对比 2003 年前后,各站年平均水位-降水量过程线趋势变化及无锡、洛社站水位差的比较,说明京杭大运河无锡段水位变化规律的改变除了降水量影响外,城市水利工程影响越来越显著。

3.3 特征值分析

特征值分析是对水文变化的定量值研究。年最高水位和年最低水位基本都由每年极端天气引起,这两者的研究对于防汛抗旱、灾害天气应对具有重要意义。

京杭大运河无锡段年最高水位线五年滑动线至 1965 年后总体呈上升趋势(见图 4)。历史上洛社站年最高水位 5.01m ,出现在 1991 年 7 月 3 日;无锡站历史最高水位 4.88m ,出现在 1991 年 7 月 2 日,如表 2 所示。其成因与降水量相关,1991 年为无锡地区面降

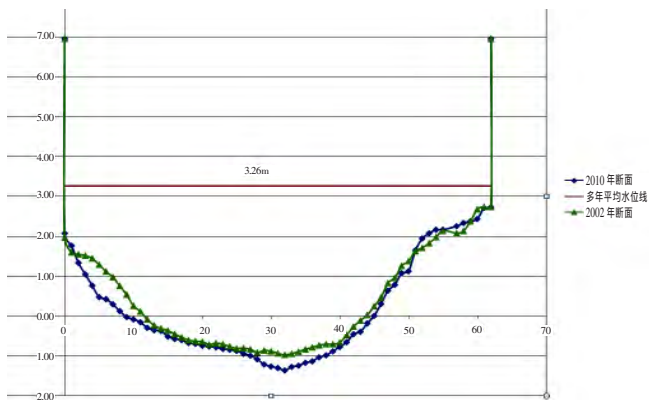


图 2 洛社站 2002 年与 2010 年断面比较图

Fig.2 Comparison of the sections at the Luoshe station between 2002 and 2010

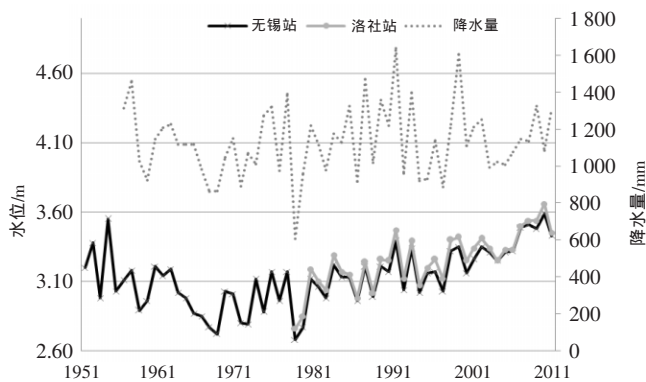


图 3 代表站降水量与年平均水位过程线

Fig.3 The mean annual stage precipitation and hydrographs of the representative stations

水量最大的一年,1991 年 7 月 2~3 日区域内大范围普降暴雨,引起京杭大运河无锡段水位攀升至历史最高值。最高水位五年滑动趋势线显示,2003 年后,城市防洪运东大包围圈开建以来,两站年最高水位平均值为 4.40m,高于两站多年平均最高水位 0.29m。京杭大运河无锡段年最低水位线至 1965 年后呈现猛烈上升趋势(见图 5)。历史上洛社站年最低水位 2.34m,出现在 1979 年 1 月 31 日;无锡站历史最低水位 2.24m,出现在 1956 年 2 月 28 日,全部出现在 20 世纪 80 年代以前,如表 2 所示。80 年代之后,由于区域内水利工程发挥作用,当内河水位过低旱情严重时,可启动沿江、沿湖各闸引水调济,使内河水位保持在适宜水位而不致过低。2003 年城市防洪运东大包围圈及梅梁湖、大渲河开建以来,调水引流成为常态,京杭大运河无锡段年最低水位猛涨,2003 年后两站年最低水位平均值为 2.99m,高于两站多年平均最低水位 0.28m。

京杭大运河无锡段年最高、最低水位线在 1965 年前,随着降水量减少而下降,1965 年后至今一直保持抬升态势,尤其在 2003 年后,在城市水利工程影响下,年最高、最低水位均处于相对高位运行。

表2 代表站特征值统计表
Table2 The characteristic values of the representative stations

序号	河名	站名	资料系列	最高 水位 /m	出现时间	最低 水位 /m	出现时间
1	大运河	洛社	1977~2010	5.01	1991 年 7 月 3 日	2.34	1979 年 1 月 31 日
2	大运河	无锡	1951~2010	4.88	1991 年 7 月 2 日	2.24	1956 年 2 月 28 日

注:基面为吴淞基面

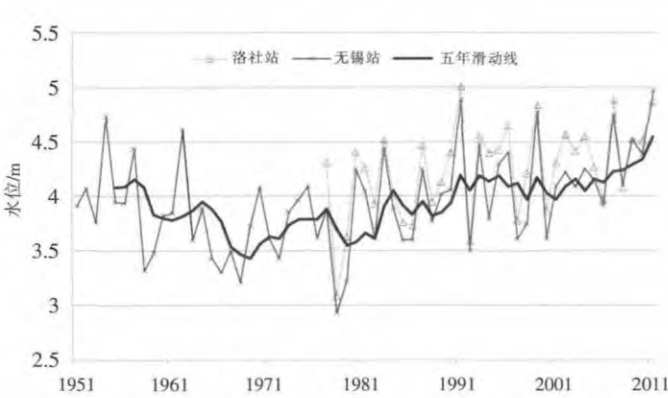


图4 代表站逐年最高水位过程线

Fig.4 The annual highest stage hydrograph of the representative stations

4 工程调度对大运河无锡段流向影响分析

对京杭大运河无锡段水位流量产生影响的来水主要有两股。一股为城市防洪运东大包围圈来水,城市防洪运东大包围圈控制了无锡运河东片主城区 136km² 范围水量进出,涵盖了无锡市南长、北塘、新区和惠山等 4 个区。当包围圈内水质过差、或水位过高时,各水利枢纽开始调水。2007 年城市防洪运东大包围圈全面建成后,平均每年调水在 3×10⁸m³ 以上,这些水量通过江尖和仙蠡桥等水利枢纽排入大运河。另一股为梅梁湖、大渲河泵站来水,为改善梅梁湖水质,梅梁湖、大渲河泵站常年进行调水,2008 年至今,平均每年合计调水 8.40×10⁸m³,所调水量通过梁溪河,最后进入京杭大运河。两股来水同时汇入主城区以仙蠡桥附近的短短 10km 京杭大运河内,短时间内抬高了京杭大运河无锡段水位,并引起上游洛社站流量逆流。

洛社站位于无锡市惠山区洛社镇,与常州市相接,地处京杭大运河无锡段上游,常年流向为东南方向。2003 年无锡城市防洪运东大包围圈开建,2007 年全面建成。由于洛社站位于无锡段上游,离无锡城市防洪工程较远,因此在 2007 年城市防洪工程全面建成运行后,对洛社站影响较为明显,本章节选取 2007 年为临界点,分析前后流向变化。2007 年以后,洛社站开始频现逆流,逆流天数不断增加,至 2011 年,洛社站逆流天数增加至 120d,见图 6。全年有 1/3 的天数出现逆流。主要原因是 2007 年随着城市防洪大包围工程全面建成,城市调水引流逐

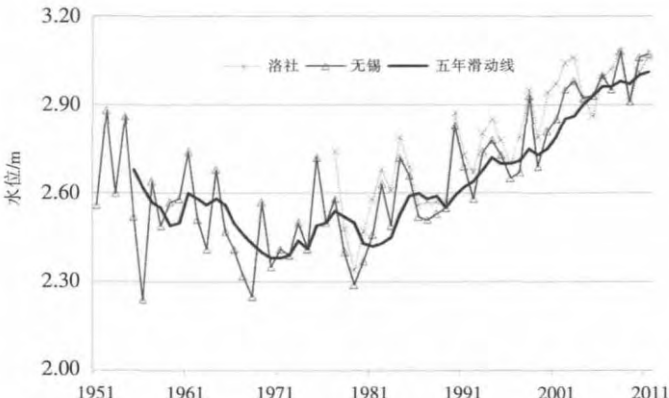


图5 代表站逐年最低水位过程线

Fig.5 The annual lowest stage hydrograph of the representative stations

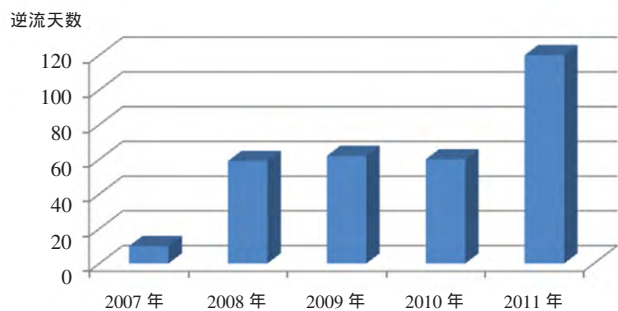


图6 洛社站 2007~2011 年逆流天数统计图

Fig.6 The statistics of the countercurrent days at the Luoshe station from 2007 to 2011

渐变得常态化。以无锡城区为中心,水位长历时保持高位,引起局部雍水现象。无锡站水位有时接近甚至高于上游洛社站水位,原本东南方向的自然流向受扰,在无锡站水位高于洛社站水位时,京杭大运河流向改变为西北方向,洛社镇流量出现逆流,2011年2月12日10时逆流甚至上溯到常州横林大桥断面。

5 结论

通过对水利工程分布、年降水量变化、水位特征值及大运河洛社站流向变化等几个方面的研究分析,可以得出京杭大运河无锡段受水利工程影响水流变化规律如下:

(1)2003年前后,京杭大运河无锡段河道断面并无大变化,河道断面影响并非引起该段水位流量变化

的主要原因。

(2)2003年以前,年平均水位变化总体随降水量多寡而改变,但2003年之后,年平均水位变化受城市水利工程影响较大。多年来上游洛社站水位一般高于下游无锡水位。在城市水利工程影响下,2003年后无锡、洛社两站水位差逐年减小。通过对比2003年前后水位雨量变化,说明京杭大运河无锡段水位变化规律除了降水量影响外,城市水利工程影响越来越显著。

(3)京杭大运河无锡段年最高、最低水位变化在1965年前,随着降水量减少而下降,1965年后至今一直保持抬升态势。2003年城市水利工程开建以来,调水引流成为常态,年最高最低水位均处于相对高位运行。

(4)大运河洛社站流向年际变化规律为,2007年前,常年自然流向为东南方向;2007年水利工程全部建成,城区常年调水,上游洛社站逆流天数频增,至2011年,全年的三分之一天数显逆流。

参考文献:

- [1] 卢伯生,季永东,徐道清,等. 无锡市水利志[M]. 无锡:中国水利水电出版社,2006,223-236. (LU Bosheng, JI Yongdong, XU Daoqing, et al. Wuxi City Water Conservancy Annals [M]. Wuxi: China WaterPower Press, 2006,223-236. (in Chinese))
- [2] 戈礼宾,盛龙寿,贾小网,等. 近年来澄锡虞区监测资料收集及分析[R]. 2011. (GE Libin, SHENG Longshou, JIA Xiaowang, et al. Monitoring data collection and analysis in recent years of Wuxi area [R]. 2011. (in Chinese))

Influence of Urban Water Structures on Water Level in Wuxi Reach of Beijing-Hangzhou Grand Canal

ZHU Li¹, LE Feng², ZHANG Jianping³, JIA Xiaowang¹, Qin Jianguo¹

(1. Wuxi Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Wuxi 214000, China; 2. Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210029, China; 3. Zhejiang Design Institute of Water Conservancy & Hydro-Electric Power, Hangzhou 310002, China)

Abstract: According to the correlation between the annual water level and precipitation in the Wuxi Reach of the Beijing-Hangzhou Grand Canal and the condition of the urban water structures, the law of the water level change in the reach was analyzed in this paper. The mechanism the water level changes before and after 2003 was studied, so as to get the water level change characteristics under the condition of the water structures and climate, and summarize the effect of the urban water structures on the flow direction.

Key words: city; water structure; water level; precipitation; current direction