

文章编号:1001-4179(2015)17-0007-03

大洲湖水面保持工程闸孔规模设计研究

吴凤燕,张祖莲,何娟

(湖北省水利水电科学研究院,湖北 武汉 430070)

摘要:咸宁市大洲湖为一河道型湖泊,水位涨落会导致湖面面积大幅变化,难以发挥湖泊景观及生态效益,为此,有关部门决定兴建水闸调节大洲湖水文过程。通过建立河网水动力模型,模拟了大洲湖水闸兴建前后的湖泊水文调蓄过程。以横沟河建闸方案闸孔孔数的优选为例,详细论述了如何利用河网水动力模型模拟的长系列闸上闸下水位和闸泄流量系列来分析不同闸孔孔数和规模对防洪的影响。模拟结果表明,9孔方案对防洪影响最小,为最佳规模。

关键词:水动力模型;闸孔规模;大洲湖;咸宁;湖北

中图法分类号:TV66

文献标志码:A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.17.002

大洲湖(又名横沟河湿地公园)位于湖北咸宁市主要河流横沟河和淦河交汇处,咸宁市城区北部,是城市形象的展示名片。凭借良好的自然景观和优越的区位优势,大洲湖必将成为咸宁城市发展新的发力点。然而,大洲湖目前为河道型湖泊,蓄水量和蓄水时间难以得到保障,为发挥大洲湖生态环境效益,兴建蓄水闸建设横沟河湿地公园势在必行。因大洲湖与淦河、横沟河及下游斧头湖防洪调度密切相关,为达到湿地公园水面保持效果,同时协调与淦河、横沟河及下游斧头湖防洪调度矛盾,减少其对防洪造成的不利影响,需对拦蓄水闸工程的规模进行合理论证。鉴于水动力数值模拟方法在平原河网区的水资源利用、防洪调度和水环境规划中应用取得了较好的效果^[1-4],本文拟将其推广应用至平原河网区的水利工程规模精选中。

1 水系概况

斧头湖属于金水流域的主要蓄滞洪湖泊之一^[5],淦河为斧头湖的主要入湖河流,而横沟河为淦河下游咸宁北境的一级支流(图1)。淦河系长江中游南岸支流金水上游的干流,发源于大幕山南麓通山县万家乡门楼村,主干由南向北流经咸安区桂花、马桥等乡镇,连咸宁市城区后沿向阳湖垸北缘于龚家澍注入斧头湖,出斧头湖汇入金水经金水闸(站)或余码头闸(站)

入长江。淦河流域面积828 km²。上游有白泉河、柏墩河、鸣水泉河、黄水河等4条较大支流;中游有大屋肖河、杨下河、龙潭河、浮山河、洞口河等5条较大支流;下游有横沟河。淦河干支流上建有南川、四门楼、鸣水泉等9座水库和黄四洞、鸣水泉等8座水电站,沿河还兴建了46座排灌泵站。淦河上游咸安区设有十好桥水文站,控制流域面积605 km²。横沟河是淦河的一级支流,发源于贺胜桥镇万秀村闵家湾,在向阳湖镇的原种场入淦河,河长26 km,流域面积159 km²。

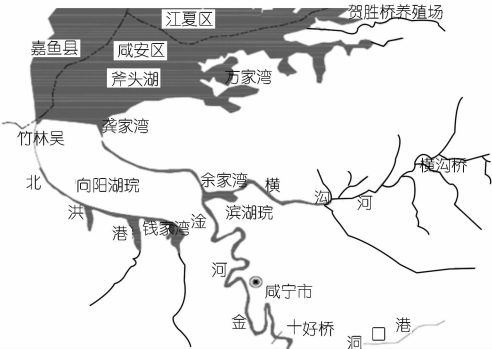


图1 研究区流域水系

2 河网概化

根据淦河流域实际情况,结合工程分析需要,将淦河桩号3+859至24+860(十好桥水文站)和横沟河

收稿日期:2015-02-12

作者简介:吴凤燕,女,高级工程师,博士,主要从事流域规划、水文科学研究等工作。E-mail:12801787@qq.com

桩号 0 + 000 至 16 + 000 (横沟镇) 纳入河网计算范围; 由于横沟河桩号 0 + 000 至 9 + 400 为规划大洲湖即湿地公园淹没范围, 因此河网概化时将该段河道处理成湿地湖泊, 因天然情况下, 洪水期大洲湖淹没范围与规划基本一致, 因此现状河网也可将该河段概化为湖泊。现状淦河流域河网概化见图 2, 结合工程勘探初拟的闸址分别位于横沟河桩号 0 + 010 处或在淦河横沟河交汇下游 10 + 500 处, 横沟河和淦河建闸概化亦见图 2。

3 河网水动力模型

3.1 河道基本方程——圣维南方程组^[2-3]

水流连续方程

$$B \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial s} = q \quad (1)$$

动量守恒方程

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial s} + [gA - B(\frac{Q}{A})^2] \frac{\partial z}{\partial s} = (\frac{Q}{A})^2 \frac{\partial A}{\partial s} \Big|_z - gA \frac{Q}{K^2} \quad (2)$$

3.2 汉点衔接方程

流量衔接方程

$$\sum_i Q_i = \frac{\partial V}{\partial t} \quad (3)$$

动力衔接方程

$$z_i + \frac{u_i^2}{2g} + \zeta_i \frac{u_i^2}{2g} = z_j + \frac{u_j^2}{2g} + \zeta_j \frac{u_j^2}{2g} = E \quad (4)$$

上述方程各项的物理意义参见文献[3]。

3.3 边界条件方程

(1) 内边界条件。指堰、闸、涵洞等圣维南方程已经不再适用的水头突变处的衔接方程, 本文指规划水闸。根据《水闸设计规范》(SL265 - 2001), 对平底闸

根据闸的上下游水位, 分以下两种情况进行计算。

当为堰流自由泄流时, 泄流量计算公式为

$$Q = \sigma \varepsilon m B_0 \sqrt{2g} H_0^{\frac{3}{2}} \quad (5)$$

式中, B_0 为闸孔总净宽, m; H_0 为计入行近流速水头的堰上水深, m; m 为堰流流量系数, 为 0.385; ε 为侧收缩系数; σ 为堰流淹没系数。

当堰流淹没度较高 ($h_s/H_0 \geq 0.9$) 时, 计算公式为

$$Q = \mu_0 h_s B_0 \sqrt{2g(H_0 - h_s)} \quad (6)$$

式中, μ_0 为淹没堰流综合流量系数。

(2) 外边界条件。① 淦河桩号 24 + 860 处上边界条件为十好桥流量, 由十好桥水文站流量推求。② 横沟河桩号 16 + 000 处上边界条件处理成流量已知边界, 其流量成果由暴雨过程推求。③ 淦河桩号 3 + 859 处下边界条件处理成水位已知边界。由于淦河下游受斧头湖顶托, 故取斧头湖保证水位 (吴淞 24.06 m) 作为桩号 3 + 859 处已知水位。④ 水文入流条件。根据河网其他支流分布情况, 将横沟河桩号 0 + 000 至 9 + 400 之间汇流面积处理成集中入流边界; 将横沟河桩号 9 + 500 至 16 + 000 之间区间来水, 淦河桩号 11 + 757 至 24 + 860 及下段 3 + 859 至 11 + 757 之间区间来水分别处理成旁侧入流边界。⑤ 洪水遭遇组合和频率。由于淦河与横沟河洪水遭遇时间无分析资料, 计算方案中考虑两条河流洪峰完全遭遇, 或按 2 h 为间隔, 横沟河提前或落后与淦河不同时段遭遇, 以闸上最高水位确定防洪最不利的遭遇组合。湿地公园及横沟河防洪标准为 30 a 一遇, 但淦河防洪标准为 50 a 一遇。由于横沟河闸在开启泄洪的过程中可能遭遇淦河水位过高, 闸门来不及关闭, 存在淦河洪水反向流入横沟河的可能, 因此, 从防洪安全考虑, 按全流域发生 50 a 一遇洪水进行计算。选取 1999 年作为典型年, 洪水历时 3 d。

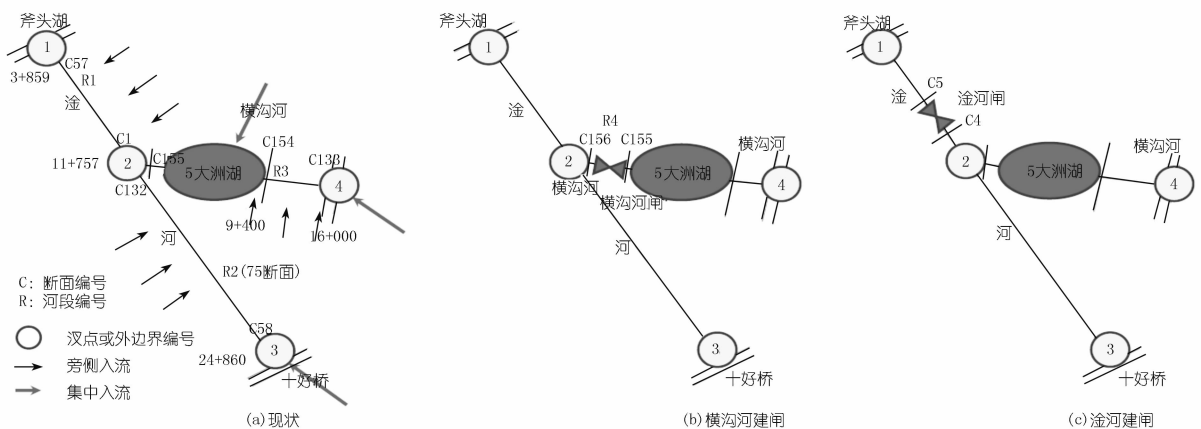


图 2 淦河流域河网概化

采用三级联解方法^[4-6]对河网方程组进行求解,其中河道基本方程采用 Preissman 四点隐式格式进行差分。考虑到水闸泄流工况复杂多变,且本身水文入流过程为 1 h,因此将河网水动力学计算时间步长取为 15 min。

4 规模论证

为了满足《咸宁市横沟河湿地公园控制性详细规划》中湿地水面面积要求,拟在横沟河河口建闸或在横沟河入淦河河口下游的淦河上建闸拦蓄洪水或径流,并长期保持一定水位使之形成水面。为尽可能减小对横沟河及淦河防洪排涝的影响,需通过正常蓄水位、不同闸孔规模比选确定正常蓄水位和闸孔规模。考虑湿地公园 8.4 km² 水面、游船吃水深度、水生植物生长、水景观、蓄水保证率和防洪淹没范围等对水位的综合需求,拟定正常蓄水位为 23.5 m,在此基础上拟定不同的闸底高程、单孔净宽和孔数,以对防洪的影响最小为目标,优选工程规模。最终推荐的方案为横沟河建闸方案,且闸底、单孔净宽和孔数对防洪影响不独立,尤其闸底对防洪的影响相较孔数不敏感,而单孔净宽涉及工程建设其他方面。本文以横沟河建闸方案作为算例,在闸底高程 18.5 m,单孔净宽 6 m 的基础上,比较孔数为 3,6,9,12 等 4 个方案(表 1)。

表 1 横沟河建闸闸孔规模比较成果

闸孔数/孔	最高水位及对应泄流量			最大流量(正向)及相应水位			十好桥水位/m	横沟河库尾以上各断面水位/m	
	闸上/m	闸下/m	流量/(m ³ ·s ⁻¹)	闸上/m	闸下/m	流量/(m ³ ·s ⁻¹)		桩号 12+000	桩号 14+200
3	24.82	24.52	259.8	24.26	23.67	354.2	28.76	25.12	25.89
6	24.78	24.67	331.2	24.27	24.05	436.7	28.76	25.12	25.88
9	24.77	24.69	265.6	24.30	24.21	466.8	28.75	25.10	25.88
12	24.78	24.65	306.3	24.23	24.16	544.3	28.75	25.08	25.87

由表 1 可知,闸孔孔数从 3 孔增加到 12 孔,对闸上最高水位、最大流量对应水位、上游的洪水位等没有较大影响,尤其是从 6 孔增加到 12 孔,影响更小。为确定合理的孔数,通过绘制不同孔数泄流量及闸上水位模拟变化过程(图 3,4)进一步分析孔数对泄流过程的影响。

由图 3 可知,孔数从 3 增加到 12,最大泄流量逐渐增大,其中,3 孔到 6 孔的变幅最大,6 孔和 9 孔较接近,12 孔甚至出现一个大拐点;而大流量持续时间、洪峰流量出现时间等与孔数正好成反比,3,6,9,12 孔流量超过 100 m³/s 的持续时间分别为 22,18,16,15 h。

由图 4 可知,4 种闸孔规模泄流量和闸上水位上涨过程基本无差别,但退水过程差别较大,尤其是 3 孔与其他 3 种规模相差较大,9 孔和 12 孔较为接近,3 孔

规模闸上水位退到正常蓄水位的时间明显较长,3,6,9,12 孔闸上水位超过 26.0 m 的时间分别为 18,15,14,14 h;当 6,9,12 孔排至正常蓄水位时,3 孔的闸上水位还高出正常蓄水位 0.35 m,还需 6 h 以后才能排至正常蓄水位。

综上,3 孔方案因规模偏小,对横沟河防洪造成一定的压力,而 12 孔方案却因规模偏大,不能充分发挥作用,其效果与 9 孔方案基本无差别。由表 1 可知,对于 6,9 孔两种方案,9 孔方案闸上最高水位较小;由图 4 可知,9 孔方案水位回落速度较快,回落过程甚至优于 12 孔方案,而 6 孔方案回落过程略有滞后。分析结果表明:介于 6 孔和 12 孔中间的 9 孔方案为拐点规模,过之则易造成浪费,反之则因回落时间增加而加重防洪压力。综合考虑经济和防洪影响等因素,推荐闸孔孔数为 9 孔。

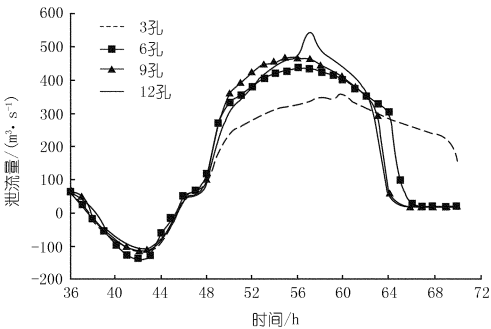


图 3 不同孔数模拟泄流量对比

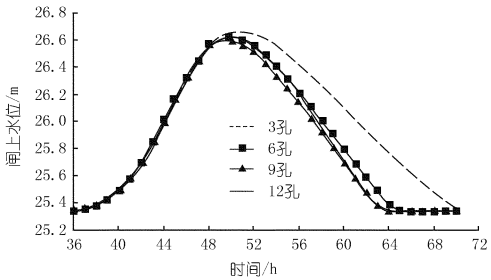


图 4 不同孔数模拟闸上水位对比

5 结语

本文通过建立大洲湖水面保持水闸工程兴建前后的河网水动力模型,模拟了水闸兴建前后的大洲湖调蓄过程,并以横沟河建闸方案闸孔孔数的优选为例,详细论述了利用河网水动力模型模拟的长系列闸上闸下水位和闸泄流量分析不同闸孔孔数对防洪的影响,确定了防洪影响较小的最佳孔数。河网水动力模型在工程可研、初设等阶段规模精选中的成功应用使论证结果更具说服力。

时,航道条件趋于恶化。

(3) 为改善和畅洲右汊通航条件,采取工程措施适当加大右汊分流比、增强右汊水流动力条件、稳定并提高右汊现有河槽容积是十分必要的。

参考文献:

[1] 夏细禾,余文畴.长江中下游分汊河道稳定性与治理方略的探讨[J].人民长江,1999,(9):21-22.

[2] 张增发,李启顺,丁贤荣.GIS支持下长江镇扬河段河床演变分析[J].人民长江,2001,(9):39-40.

[3] 张志坚.对长江镇扬河段治理的构想[J].江苏水利,2004,(8):10-12.

[4] 余文畴,卢金友.长江河道演变与治理[M].北京:中国水利水电出版社.2005.

[5] 林木松,卢金友,张岱峰,等.长江镇扬河段和畅洲汊道演变和治理工程[J].长江科学院院报,2006,(5):10-13.

[6] 张细兵,卢金友,林木松.和畅洲汊道演变与左汉口门控制工程效果分析[J].人民长江,2009,40(20):1-6.

[7] 南京水利科学研究院.长江南京以下12.5米深水航道二期工程(南京至南通河段)河床演变分析研究[R].南京:南京水利科学研究院.2013.

[8] 杨芳丽,付中敏,朱立俊,等.和畅洲汊道近期演变及航道整治方案设想[J].泥沙研究,2012,(4):63-68.

(编辑:李慧)

Study on relationship of diversion ratio, channel capacity and waterway condition of Hechangzhou waterway

YANG Fangli

(Changjiang Waterway Planning, Design and Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract: To strengthen the understanding of evolution laws at Hechangzhou branch channel in lower Yangtze River, the channel fluvial regime variation and the main problems of waterway are discussed from the perspective of the relationship between diversion ratio, the channel capacity and waterway condition on the basis of massive measuring data. The results show that if the diversion ratio of the right branch is less than 30% and the channel capacity below 0 elevation is less than 80 million m³, the waterway condition deteriorates. The thought of channel regime control and the waterway regulation are studied. The engineering measures are suggested such as increasing the diversion ratio of the right branch, improving the flow dynamic condition of the right branch, stabilizing and increasing the channel volume of the right branch.

Key words: diversion ratio; channel volume; waterway condition; regulation idea

(上接第9页)

参考文献:

[1] 彭静,何少苓,廖文根,等.珠江三角洲大系统洪水模拟分析及防洪对策探讨[J].水利学报,2003,34(11):78-84.

[2] 胡四一,施勇,王银堂,等.长江中下游河湖洪水演进的数值模拟[J].水科学进展,2002,13(3):278-286.

[3] 欧剑,马进荣,张行南,等.大通至长江口整体水动力模型[M].河海大学学报:自然科学版,2009,37(3):258-262.

[4] 白玉川,万春艳,黄本胜,等.河网非恒定流数值模拟的研究进展[J].水利学报,2000,(12):43-47.

[5] 李义天.河网非恒定流隐式方程组的汉点分组解法[J].水利学报,1997,(3):49-57.

[6] 张二俊,张东生,李挺.河网非恒定流三级联合算法[J].华东水利学院学报,1982,(1):1-13.

(编辑:常汉生)

Study on scale of sluice outlet of water – level maintaining works for Dazhou Lake

WU Fengyan, ZHANG Zulian, HE Juan

(Hubei Water Resources Research Institute, Wuhan 430072, China)

Abstract: Dazhou Lake in Xianning City, Hubei Province is a river – like one and the water level fluctuation results in the variation of the lake surface, so the landscape and ecological benefits can not be fully played. Therefore, the related departments decided to construct a sluice dam to control the lake water level. By the established river network hydraulic model, the hydrological process of the lake before and after the construction of the sluice was simulated. Taking the outlets number optimization of sluice built on Henggou River as a case, the influence of sluice outlets number and scale on flood control is analyzed by considering the long – term water level and discharge provided by the established river network hydraulic model. The results show that scheme of 9 sluice outlets is optimal, and its influence on flood control is the smallest.

Key words: hydrodynamic model; sluice outlet scale; Dazhou Lake; Xianning; Hubei Province