

武汉市汤逊湖水系南湖汇水区排水系统优化设计

李敏¹, 陈翠珍¹, 蒋佳鑫¹, 张小潭²

(1. 武汉市水务科学研究院, 湖北 武汉 430014; 2. 广州市市政工程设计研究总院, 广东 广州 510000)

摘要: 通过水力模型对湖泊调蓄型水系进行非恒定流的模拟计算, 相比传统的水文计算方式, 综合考虑了跨渠构筑物、湖泊倒灌、淹没情况等多方面因素, 可以更为真实地评估水系的外排能力。以武汉市汤逊湖水系为例, 基于模型手段, 对淹没风险进行识别和应急, 对主要卡口的识别使蓄排能力进行有效匹配, 从而为排水设施的优化和改造提供设计思路。

关键词: 南湖; 调蓄; 河道排水; 优化改造

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)08-0077-05

Optimal Design for Drainage System of Nanhu Catchment in Wuhan Tangxunhu

LI Min¹, CHEN Cui-zhen¹, JIANG Jia-xin¹, ZHANG Xiao-tan²

(1. Wuhan Water Science Research Institute, Wuhan 430014, China; 2. Guangzhou Municipal Engineering Design and Research Institute, Guangzhou 510000, China)

Abstract: The hydraulic model was used to simulate the unsteady flow in the water storage lake. Compared with the traditional hydrological calculation method, the hydraulic model consisted of the factors such as cross drainage structures, lakes flow backward, submerged condition etc. Thus, it could evaluate the actual drainage capability. In case of Tangxunhu system, the flood risk and main bayonet could be identified with this hydraulic model. Therefore, the capacity of storage could match drainage situation. The design experience could be used to instruct optimizing the drainage design of storage river system.

Key words: Nanhu; ability of storage; river drainage; optimization upgrading

2016年6月以来,受超强厄尔尼诺影响,武汉市遭遇1998年以来最为严峻的洪涝灾害。从6月30日持续至7月6日的强降雨,最大降雨量为582.5 mm,为武汉市有气象记录以来周降雨量最高值,超过1998年(538.5 mm)。该轮降雨期间,大雨、暴雨和特大暴雨接踵而至,短时雨量大,长江出现历史第五高水位,城市水系内多个湖泊水位创历史新高,尤其以汤逊湖水系内的南湖、汤逊湖区域灾情严重。由于湖泊外排通道的限制,城市湖泊调蓄型水系外排能力的提升得到关注,汛前扩卡、汛中应急抽排以及汛后的全面整治都围绕湖泊加大外泄能力展开,如何正确评估城市排湖河道的排水能力,如何科学

进行湖泊水位调控、河道规模的核算值得进一步关注。笔者以武汉市汤逊湖水系中南湖汇水区的南湖、排水通道南湖连通渠以及规划在建的江南泵站为例,阐述湖泊调蓄型水系的排水方案优化思路。

1 水系概况和渍涝情况

1.1 汤逊湖水系及南湖汇水区现状

汤逊湖水系流域范围为458 km²,区内调蓄湖泊有汤逊湖、南湖、野芷湖等湖泊,并有巡司河、青菱河连接各湖泊和长江。在青菱河长江口建有汤逊湖泵站(现有规模为112 m³/d)和陈家山闸,巡司河长江口建有解放闸,在青菱湖出口、黄家湖出口、青菱河与巡司河接口处分别有节制闸控制。非汛期雨、

污水由陈家山闸和解放闸自排出江;汛期雨水入湖调蓄,并由汤逊湖泵站抽排出江。

南湖汇水范围为 40.16 km²,雨水通过管道和箱涵收集至南湖调蓄,南湖连通渠是南湖唯一出水通道,出水口设有节制闸。南湖调蓄后的雨水经南湖连通渠、巡司河、青菱河最终排入长江(见图 1)。



图 1 汤逊湖水系

Fig. 1 Tangxunhu river system

1.2 区域渍涝情况

本次降雨,全市湖泊水位普遍上涨 1.5~2 m,部分湖泊超历史最高水位,汤逊湖、南湖地区湖泊尤为突出。按照调度预案,为降低湖泊水位,在自排基础上,汛前即开机。4 月份,南湖最低水位为 18.95 m。进入汛期后,受 4 月 5 日、6 月 1 日、6 月 19 日降雨影响,湖泊水位上涨,为了应对下阶段的超强降雨,采取超常规措施以防汛令的方式,拆除拦鱼栅、施工围堰、临港房屋等阻水构筑物,并扩挖港渠,提高湖泊出流能力,湖泊水位降至 19.19 m,由于外排严重不足,6 月 30 日—7 月 6 日的强降雨使湖泊水位跳涨 2.09 m(见图 2),已经超过湖泊周边道路高程,漫溢出湖,直接进入了周边低洼社区,产生了较为严重的渍涝灾害。具体水位变化过程见图 2。

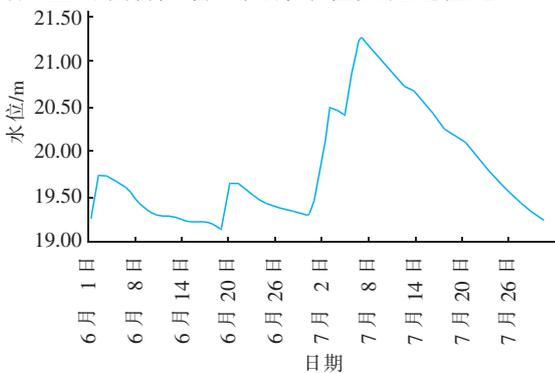


图 2 南湖 2016 年 6 月—7 月水位变化过程线

Fig. 2 Water level curve of Nanhu from Jun. to Jul. in 2016

2 南湖汇水片的渍涝成因

2.1 持续超强降雨大大超过了排水设施承受能力

本次降雨一周总量为历史最大,且两场暴雨间隔短,前场降雨已将湖泊、管渠的调蓄空间完全利用,后场又是特大暴雨,在没有可用调蓄空间情况下只能在地面蓄积,在建成区形成大面积的渍水区域。

2.2 排水骨干系统及外排能力不足

与汤逊湖水系南湖排涝密切相关的江南泵站、南湖出江通道和夹套河三大工程刚刚动工。南湖唯一的排出口南湖连通渠仍处于在建状态,且下游巡司河、青菱河均未纳入整治,较长的流程加之排能力严重不足,南湖、汤逊湖水位消退缓慢,导致周边低洼区域渍水时间较长。

2.3 蓄排失衡,湖泊超负荷调蓄

汤逊湖区域 458 km² 汇水面积 6 月 30 日—2016 年 7 月 7 日产水量约 2.3×10^8 m³,区域出口汤逊湖泵站外排能力为 112.5 m³/s,一日外排水量仅 972×10^4 m³,该区域产流雨量需约 24 d 才能排完,7 月 6 日最大日产水量超过 $9\,000 \times 10^4$ m³,约需 9 d 排完。持续降雨的叠加,导致湖泊水位跳涨、漫溢,周边渍水难以消退。

2.4 城市统筹建设问题

城市空间的拓展导致农村地区逐渐转变为城镇地区,但其排水模式并未实现根本转变,以汤逊湖系统的汤逊湖泵站为例,其泵站服务水平为农排的可淹没标准即 20 年一遇三日降雨五日排完,而其流域北部地区转化为城市建设区后,难以适应城市排涝需求,成为系统短板和薄弱环节。此外城市区域内在排水防涝上依赖排水工程较多、关注用地竖向不足,南湖周边区域的社区建设有较多区域高程在 20.0 m 以下,这些区域的超标准洪水的风险极大。

3 传统湖泊调蓄及排放规模规划设计

3.1 传统规划设计方法

① 调蓄湖泊的水位规划

从城市规划的角度,湖泊水位控制主要考虑景观生态、调蓄及城市地块建设,考虑城市管网的出流状况,湖泊最高控制水位按照城市建设地块的不利点高程下调 1~1.5 m,湖泊雨前的起调水位(也叫湖泊规划正常控制水位)按照区域核算的一定标准下的调蓄容积换算成调蓄深度予以确定,一般湖泊调蓄水深约 0.5~1 m,南湖区域的规划常水位和规划最高控制水位分别为 18.65、19.65 m^[1]。

② 湖泊外排河道的规模核算

按照武汉市排水防涝系统规划设计的相关标准,湖泊出口主要满足在 48 h 内将湖泊最高控制水位降至最低控制水位,南湖区域按照 50 年一遇约 303 mm 降雨排放,同时考虑区域污水处理厂尾水通道的预留以及河道自汇水区域的雨水汇入,南湖出口南湖连通渠的规模按照 60 ~ 76 m³/s 建设。

河道的断面按照明渠均匀流设计,在南湖规划最高控制水位 19.65 m 和下游巡司河设计水位 18.58 m 的水力坡降下,进行河道底坡控制和设计水位控制^[2]。

3.2 传统核算方式的主要问题

① 湖泊水位调控和实际汇水区现状的矛盾

考虑湖泊景观、调蓄、生态、养殖(部分湖泊仍留存该功能)等多重功能,湖泊常水位的控制较为复杂,武汉市目前较多湖泊现状水位均高于规划常水位。从调蓄规模核算调蓄水深的角度控制常水位,目前主要引起的矛盾一是部分湖泊养殖功能的削弱对区域造成一定的经济损失;二是目前湖泊常年的淤积,规划常水位加以控制后,湖泊水深较浅,2015 年湖泊水下地形测量资料显示,南湖汤逊湖按照规划常水位控制,水位约 1.5 ~ 2 m,墨水湖 1.5 m,青菱湖黄家湖等小湖则不足 1 m,这样的状况对区域的生态景观会产生一定的影响。湖泊规划高水位的控制需得力于整个水系的设施健全,排除流量和时间得到保障,受设施完备程度的影响,目前较多区域湖泊难以按照最高控制水位调控(见图 3)。



图 3 汤逊湖水系管网汇流区水系

Fig. 3 Catchment of Tangxunhu river system

② 综合考虑上下游及整个汇水水系的关系

传统设计思路将河道作为独立对象用明渠均匀流的方法进行规模和尺寸核算,但实际运行中,受上游湖泊高水位、下游连接河道快速汇流水位逼高的影响,河道的水力坡降减小,流量也会随之衰减。以

南湖连通渠为例,汛前虽紧急按照规划断面扩卡疏挖,但依然难以达到规划控制的 60 ~ 76 m³/s,汛期实测排湖流量约为 10 ~ 15 m³/s。基于模型手段核算该水系内南湖连通渠在 50 年一遇一日降雨情况下的流量过程线(见图 4)发现,规划下游泵站(江南泵站)和河道(巡司河、夹套河等)均拓宽的情况下出流流量峰值为 59 m³/s,比现状 22.82 m³/s 有较大提升。但是雨量大时有倒灌现象,且随水位下降出流流量也随之下落,南湖水位为 18.65 m 时,现状稳定出流约 9 m³/s,规划设施建成后约有 35 m³/s。区域发生倒灌以及流量削减主要是由于下游巡司河的水位控制也较难按照传统核算的水位运行。

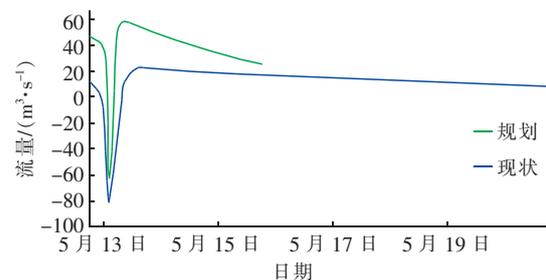


图 4 南湖连通渠南湖 outlet 处现状及规划下的流量过程线

Fig. 4 Outflow curve of the Nanhu connecting channel under current situation and planning

③ 跨渠构筑物对排水的影响较难评估

此外,城市港渠上的过街构筑物(桥涵)等对排水的影响也是明渠均匀流核算方式较难评估的。如南湖连通渠出口箱涵为 $2B \times H = 5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$,通过明渠均匀流核算其过流能力为 62 m³/s,模型计算其峰值过流能力为 27 m³/s,此刻的上游南湖水位为 20 m,河道末端为 19.4 m,产生了一定的水头差(见图 5),出流呈壅水状态。

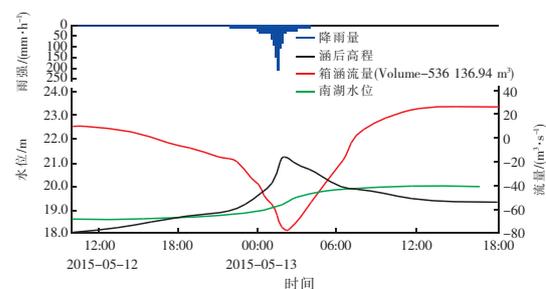


图 5 南湖连通渠出口箱涵流量及上下游水位对比

Fig. 5 The outflow-level of Nanhu connecting channel

4 区域排水设施的优化和改造设计思路

从本次武汉强降雨的灾害情况看,汉口管网汇

湖区由于来水即来即走,应对持续降雨有较大优势,武昌南湖汇水区单一的标准较低的出口对于湖泊库容的有效腾空产生了严重的阻碍,排湖时间较长,对区域应对下一场降雨能力较弱,所以大型湖泊调蓄型水系的排水功能发挥主要依赖于区域蓄排能力的有效匹配,峰值调蓄、峰后即排。

4.1 规划设施在建期内湖泊水位的协调与调控

规划设施完善条件下,对区域常水位、高水位有较好的调控余地,但是水系完善的过渡期间,应合理地进行水位调控,包括工程及非工程协调手段,一是进行局部的疏挖和清淤,特别是较小的调蓄湖泊;二是进行季节性调控预案的出台,考虑汛前一定周期内的湖泊水位下调,用预案的形式规定在 4 月中旬前将湖泊的水位下调至汛前水位,汛前水位可参考湖泊规划常水位或适当降低;三是进行大型湖泊子湖连通物的协调拆除,确保排水通道畅通,本次降雨期间大小南湖、武汉东湖等子湖就出现过应急拆除拦鱼栅的情况。

4.2 多排水通道的建设

区域规划在现有的汤逊湖泵站外排基础上,增加江南泵站(150 m³/s)^[1],基于模型评估的手段(50 年一遇 24 h 降雨,303 mm),江南泵站及区域通道建设后,将极大加快南湖水位下泄时间,并一定程度上控制南湖水位和下游巡司河水位的上涨,从而对区域河道流量的充分使用起到了较大的作用。

现状工况下需要 7 天降至起排水位为 18.65 m;最高水位为 19.633 m,规划工况下只需 2 天降至起排水位 18.65 m;最高水位为 19.39 m(见图 6)。

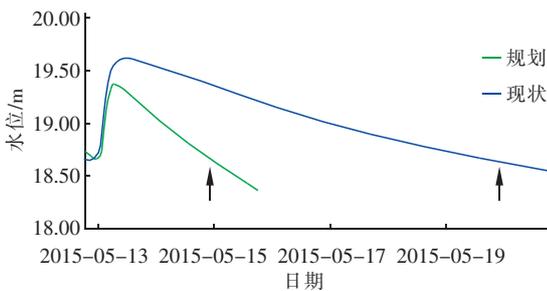


图 6 南湖现状及规划状态下的水位过程线

Fig. 6 Water level curve of Nanhu under current situation and planning

现状工况下,南湖连通渠出口巡司河处水位峰值为 21.188 m,现状地势低洼处已漫滩,规划工况下该处水位峰值为 20.185 m,比现状水位低 1 m(见

图 7)。二通道等工程措施的实施可以显著降低巡司河段、南湖连通渠的水位,改善与南湖连通渠相连管渠的排水情况。

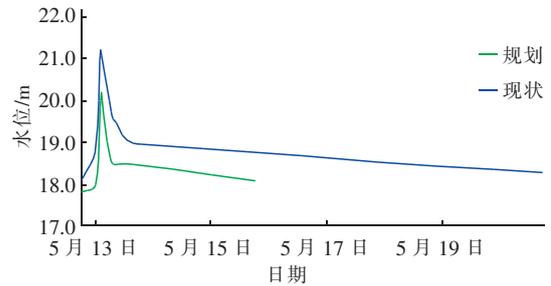


图 7 南湖连通渠出口(巡司河连通处)现状及规划状态下的水位过程线

Fig. 7 Water level curve of Nanhu connecting channel outflow under current situation and planning

4.3 合理科学的风险区域识别及应急

河湖水网型水系的湖泊水位调控以及通道的建设只是确保区域畅排的手段,对于河湖的上游管网汇水区受管网收集标准的限制,仍需进行科学的风险识别和应急抽排。通过二维模型对南湖汇水区现状、规划设施建成后应对 50 年一遇一日降雨的情况进行了模拟(见图 8),巡司河汇水区域的渍水缓解较为明显,但南湖上游管网汇流区域在峰值雨量情况下仍然会有渍水情况,需要进行应急节点抢排。

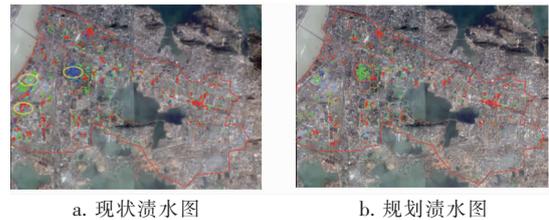


图 8 南湖汇水区现状和规划渍水图(50 年一遇)

Fig. 8 Waterlogging map of Nanhu catchment under current situation and planning

5 结论和建议

5.1 结论

① 城市排湖河道的排水能力传统采用明渠均匀流进行计算,而结合模型采用明渠非均匀流计算可以细化到跨渠构筑物对排水的影响和综合考虑河道上下游及整个汇水水系的影响。

② 以武汉汤逊湖水系为例,对于湖泊调蓄型水系的排水需依赖于区域蓄排能力的有效匹配,规划设施在建期内应采用工程及非工程手段协调与控制湖泊水位。

③ 大型湖库调蓄型水系应考虑多排水通道的建设,并合理科学地进行风险区域识别及应急。

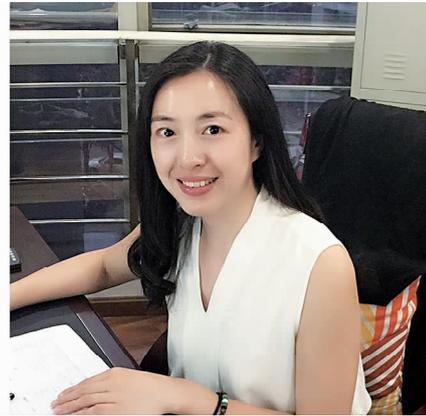
5.2 建议

① 对大型河湖调蓄型水系,由于其汇流时间较长,应研究水系长历时(三日或者五日及以上)高重现期的排涝标准。

② 城市湖泊调蓄型水系应着重研究河湖水位控制要求,对管网汇流区的定量影响,并评估超标准内涝的风险。

参考文献:

- [1] 武汉市规划研究院. 武汉市中心城区排水防涝专项规划[R]. 武汉:武汉市规划研究院,2016.
- [2] 武汉市规划研究院. 南湖连通港修建性规划、南湖连通港相关设计报告[R]. 武汉:武汉市规划研究院,2016.



作者简介:李敏(1980 -), 女, 湖北汉川人, 硕士, 高级工程师, 主要从事城市供水、排水、生态保护等规划设计科研工作。

E-mail:61750935@qq.com

收稿日期:2016-11-17

(上接第 76 页)

辅助设备较少,运行管理简单,是较为适宜的污泥脱水方式。

参考文献:

- [1] 罗固源,韦玮,许晓毅,等. 小城镇水厂污泥处置及资源化方向分析[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2005,28(9):79-82.
- [2] 王南威. 给水厂的污水及污泥处理设计研究[D]. 重庆:重庆大学,2004.
- [3] 聂梅生. 水工业工程设计手册:水资源及给水处理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [4] 刘流,李军. 城镇自来水厂污泥和污水处理厂污泥联合处理处置[J]. 净水技术,2015,34(S1):20-22.
- [5] 刘辉,张玉先. 自来水厂的污泥处置与综合利用[J]. 给水排水,2001,27(11):15-18.
- [6] 迟玉霞. 净水厂污泥处理设计探讨[J]. 公用科技,1997,13(3):27-30.
- [7] 薛红梅. 污泥离心脱水机的运行经验[J]. 中国给水排水,2009,25(6):90-92.

- [8] 陈有军,梁再辉,王玥. 北方某自来水厂生产废水的水质特性研究[J]. 中国给水排水,2007,23(11):90-93.



作者简介:高伟楠(1989 -), 男, 内蒙古锡林浩特人, 硕士, 工程师, 主要从事给排水工程设计及水环境恢复研究等工作。

E-mail:494780017@qq.com

收稿日期:2016-11-16