

无锡市太湖新城环太湖口门 入湖调度站浅析

李灿灿¹, 周春飞², 周子江³

(1. 江苏省太湖水利规划设计研究院有限公司, 江苏 苏州 215128; 2. 江苏省防汛防旱指挥部办公室, 江苏 南京 210029; 3. 江苏省水文水资源勘测局苏州分局, 江苏 苏州 215000)

摘要: 太湖新城防洪控制圈形成后, 在严格控制运河水不入太湖的调度下, 入湖控制站不宜继续采用无锡站。通过对太湖新城地形、高程及水系特征的分析, 结合水文站网规划和水利计算分析成果, 选择长广溪和碧水河交界的庙桥港站作为太湖新城的水位控制站。

关键词: 太湖新城; 水位控制; 无锡站; 庙桥港站

中图分类号: TV[123] **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2016) 06-0035-06

Preliminary Analysis on the choice of water dispatching station of Taihu new city in Wuxi

LI Cancan¹, ZHOU Chunfei², ZHOU Zijiang³

(1. Jiangsu Taihu Planning and Design Institute of Water Resources Co., Ltd. Suzhou 215128, Jiangsu;
2. Flood Control and Drought Relief Headquarter Office of Jiangsu Province, Nanjing 210029, Jiangsu;
3. Suzhou Hydrology and Water Resource Investigation Bureau of Jiangsu Province, Suzhou 215000, Jiangsu)

Abstract: Wuxi Station is not suitable as a water dispatching station in the condition of Canal water does not flow into Taihu, after the formation of Taihu new city flood control circle. Through the analysis of terrain, elevation and drainage characteristics of Taihu new city, combined with hydrological station network planning and hydraulic calculation results, Miaoqiaogang station is chosen as the water dispatching station which is at the junction of Changguangxi and Bishui River.

Key words: Taihu new city; water level control; Wuxi Station; Miaoqiaogang station

1 概述

2007年无锡供水危机发生后, 为确保太湖供水安全, 无锡环湖建筑物通常处于关闸状态。入太湖控制后, 改变了无锡市及武澄锡虞区原有防洪治理格局, 防洪保安外部环境面临新问题。根据无锡市独特的地理位置, 无锡市以往防洪治理格局为洪涝水通过北排长江, 东排望虞河, 相机入太湖, 确保无锡市基本不受淹。若环湖口门处于严格关闸状态, 洪水北排长江距离较长, 排江水

量有限, 东排也因望虞河西岸实施控制后排望虞河水量受到影响, 为解决无锡市洪水出路, 仅靠梳理区域水系增加调蓄量远远达不到规划标准。入太湖作为无锡市一直以来的洪水出路是不可替代的, 但为了保护太湖水环境, 必须寻求合理的入湖控制条件, 分析和确定合理的入湖调度站是拟定入湖调度方案的前提条件。目前, 流域、区域规划中均以无锡站作为环湖口门的入湖控制站, 太湖新城防洪控制圈形成后, 无锡站仅代表运河水位, 已不适合作为片区内部入湖控制站, 需在太湖

收稿日期: 2016-04-20

作者简介: 李灿灿(1987-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事水文水资源方面的工作。

新城内寻求水位调度站。

2 现状及存在问题

2.1 现状

无锡市太湖新城位于无锡市南部,北起曹王泾,南至太湖,西临梅梁湖景区,东至京杭运河^[1],总面积 150 km²。境内曹王泾(入五里湖)、长广溪、壬子港、小溪港(蠡河)以及大溪港、新开港等为区域、城市的主要入湖通道(详见表 1)。为阻挡太湖洪水,防止太湖洪水倒灌无锡市区和澄锡地区,沿太湖建有环湖控制线(环湖大堤和口门控制工程),根据《武澄锡虞区防洪规划》,武澄锡环湖控制线上主要控制建筑物(含太湖新城环湖所有口门)的运用条件为:环湖建筑物一般在无锡水位 3.0 ~ 4.2 m 时关闸控制,当无锡水位超过 4.2 m 时可向太湖排水,无锡水位 3.0 m 以下时可引水。2007 年无锡供水危机发生后,为确保太湖供水安全,环湖建筑物通常处于严格关闸状态。

表 1 无锡太湖新城地区主要入湖河道工程现状情况表

主要入湖河道	口门名称	规模
梁溪河	犊山枢纽	节制闸20 m
曹王泾	曹王泾闸	节制闸24 m
横大江(横港)	吴塘门套闸	套闸6 m
黄泥田港	黄泥田港闸	节制闸5 m
新港河	新港闸	节制闸5 m
长广溪(西大河)	庙港闸	节制闸5 m
壬子港	壬子港闸	节制闸6 m
杨干港	杨干港闸	节制闸5 m
张桥港	张桥港闸	节制闸20 m
蠡河(小溪港)	小溪港闸	节制闸6 m
大溪港	大溪港闸	节制闸20 m
六步港	六步港套闸	套闸6 m
高墩港	高墩港	节制闸5 m
新开港	新开港	节制闸5 m
三河港	三河港闸	节制闸4 m
四河港	四河港闸	节制闸4 m

2.2 存在问题

无锡市城区及周边地区分布的水文(水位)站网较多,主要有洛社、无锡、青阳、白茆山、百渎口、陈墅、北国、望亭(运)和甘露(望)等。从一轮治太实施以来,入湖控制站均采用无锡站。目前,入湖控制调度站仅采用无锡站是不合理的,主要有两方面因素:一是无锡站所在河道为京杭大运河,运河沿线的水情发生很大变化,京杭大运河苏南段水位受城市大包围排涝上涨较快,尤其是无锡站所在位置的运河段处于中间,承泄上游常州大包围来水并且又受下游苏州城市大包围排水顶托难以排入下游,同时无锡城市大包围直接排入大运河的枢纽有江尖枢纽、仙蠡桥枢纽和利民桥枢纽,总流量 195 m³/s。若无锡市环太湖口门入湖控制仍以无锡站作为控制站,将大幅度增加无锡入太湖水量及无锡入湖频率,难以确保太湖水环境不受影响。二是区域防洪治理格局和无锡防洪治理格局都提出无锡南排太湖是解决防洪压力的重要手段,但同时应保护太湖水环境,严格控制污水排向太湖,因此在太湖新城洪水入太湖期间,严格控制运河水不入太湖。在这种控制下,入湖控制站若继续采用无锡站是不合理的,应在太湖新城寻求合理的水位站作为调度控制站。

3 水位控制站研究

无锡环太湖口门入湖控制历史上都是以无锡站作为调度控制站,现因区域工情、水情发生变化及调度方案改变等因素,应在太湖新城选择合理的水位控制站。

3.1 水文站分析

太湖新城片区内地势较高,除西部山丘外,长广溪以东平原区低于 4.8 m 的区域面积仅占 20.6%,主要分布在陆旺港、庙桥港以南、大溪港沿岸和望虞河北侧,地势低洼处主要集中在太湖新城南部沿湖地区。现状水系中南北向河道有长广溪—横大江、庙桥港—壬子港、蠡河等,东西向干河道则有板桥港、南大港、杨木桥河、大溪港等^[2]。现状太湖新城境内尚没有水文站点,根据《太湖新城城市水文站网及水文巡测基地建设项目可研报告》(简称《可研报告》)水文站网规划,拟在太湖新城内增设水文和水质监测站,规划的水文站网见表 2。根据《可研报告》中的规划水文站分布情况,地势低洼处的水位站有庙桥港站、尚贤河

南站、壬子港站、蠡河南站，其测站水位能及时反映区域防汛要求。

根据《江苏省太湖地区区域及城市防洪设计暴雨专题报告》分析成果，无锡市 1991 年主雨期

表 2 太湖新城基础站网建设内容一览表

序号	站名	位置	建设内容			
			水量	水位	雨量	水质
1	板桥港监测站	板桥港节制闸	√	√	√	
2	蠡河南监测站	小溪港套闸	√	√	√	
3	陆区桥河监测站	孟巷河闸站	√	√	√	√
4	亲水河监测站	新开巷闸站	√	√	√	
5	壬子港监测站	贡护堤闸管理所	√	√	√	√
6	庙桥港监测站	万达旅游中心	√	√	√	
7	尚贤河北监测站	立信路		√	√	
8	尚贤河南监测站	张桥藻水分离站	√	√	√	
9	蠡河北监测站	周新东路秋水桥边		√	√	
10	尚贤河中监测站	尚贤河湿地公园		√	√	
11	大溪港监测站	大溪港闸站	√	√	√	√
12	水文气象观测场	巡测基地内			√	
13	巡测基地	太湖新城高凯路以南、运河西路以西、华家桥河以北	水情信息中心、水生态监测室、办公用房及其附属设施			

3.2 水文站水位过程分析

根据水位代表站应位于湖、荡及骨干河道，且水位站水位变幅小这一原则，应分析水位站的水位变化情况。因太湖新城目前无水位站实测水位资料，本次水位分析采用河网水动力学模型计算的水位成果。分析在现状工况下，无锡遇 200 年一遇、100 年一遇、50 年一遇和 20 年一遇设计暴雨时，太湖新城各站水位变化情况。

3.2.1 设计暴雨计算

降雨总量大、强度高、雨型恶劣，在现有的流域工程条件下，最不利于无锡市城市防洪，降雨特性较为接近设计暴雨条件，因此选择 1991 年为无锡市降雨设计典型年，设计时段为 7 天，暴雨起讫时间为 6 月 30 日~ 7 月 6 日。

采用同频率法进行典型年缩放计算出无锡市 200 年一遇、100 年一遇、50 年一遇和 20 年一遇设计时段最大 7 日内暴雨过程见表 3。

3.2.2 水利计算方法

表 3 无锡市 1991 年型不同标准下 7 日设计暴雨过程

(单位: mm)

日期	实况	20年一遇	50年一遇	100年一遇	200年一遇
6月30日	52.0	39.4	46.4	51.2	55.9
7月1日	164.8	149.1	177.3	200.0	222.7
7月2日	36.1	27.3	32.2	35.6	38.8
7月3日	50.2	37.0	42.3	46.1	49.8
7月4日	12.9	9.5	10.9	11.9	12.8
7月5日	10.4	7.7	8.8	9.5	10.3
7月6日	14.0	10.3	11.8	12.9	13.9
合计	340.4	280.4	329.8	367.2	404.2

本次水利计算成果主要利用河海大学开发的太湖流域降雨径流模型和河网水文水动力学模型模拟水流运动^[3], 以此研究和分析无锡在遭遇不同标准下的设计暴雨时太湖新城各水位站水位变化情况。

(1) 降雨径流模型

降雨径流模型分为产流与汇流两部分: 一是产流模型。根据不同下垫面, 分别计算水面、水田、旱地和城镇道路 4 类产水。水面产流为日降雨量与蒸发量差; 水田产流则根据作物生长期的需水过程及水稻田适宜水深上、下限, 耐淹水深等因素, 逐日推求水田产流; 旱地产流采用三层蒸发模型的三水源新安江蓄满产流模型; 城镇道路产流分为透水层、具有填注的不透水层和不具填注的不透水层 3 种下垫面, 采用不同的公式推求产流过程。二是汇流模型。平原区的汇流计算, 目前尚无成熟的理论和计算方法, 在计算中假定日净雨按 40%、40%、20% 过程分配, 分 3 天汇入河网。对于平原圩区还需考虑排涝模数的限制。

(2) 河网水动力模型

河网水流模型的主要任务是根据降雨径流模型提供的成果及废水负荷模型所提供的面和点的

废水排放量, 河网水质模型模拟成果(耦合计算), 再加上流域内引、排水工程的作用, 模拟河网中的水流运动, 计算各断面的水位、流量。模型包括湖荡等零维模型和河网一维模型。

其中河网一维非恒定流动基本方程组为圣维南方程组:

$$\begin{cases} B\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t}(\frac{\alpha Q}{A}) + gA\frac{\partial Z}{\partial x} + gA\frac{|Q|Q}{K^2} = qV_x \end{cases}$$

式中: q 为旁侧入流; Q 、 A 、 B 、 Z 分别为河道断面流量、过水面积、河宽和水位; V_x 为旁侧入流流速在水流方向上的分量, 一般可近似为零; K 为流量模数, 反映河道的实际过流能力。

模型采用四点线性隐式格式进行离散求解。

3.2.3 计算成果分析

对河网水动力学模型计算出的不同标准雨型无锡市太湖新城各水位站水位成果进行分析, 分析方法包括: 一是各站日均最高水位分析法, 二是水位变幅法, 三是水位相关关系法^[4]。

(1) 日均最高水位分析法

太湖新城各站水位变化计算成果见表 4, 根

表 4 现状工况各站日均最高水位成果表

(单位: m)

初拟水位代表站	《可研报告》规划站	代表站节点号	代表站	现状工况水利计算成果			
				200年一遇	100年一遇	50年一遇	20年一遇
尚贤河北	尚贤河北	1111	尚贤河北	4.82	4.75	4.52	4.39
蠡河北	蠡河北	1032	蠡河北	4.75	4.68	4.44	4.34
蠡河中		1092	梁溪河片	4.72	4.67	4.41	4.34
		142	漕王泾	4.71	4.67	4.40	4.34
		143	蠡河中	4.71	4.67	4.41	4.32
庙桥港站		862	五里湖	4.68	4.67	4.39	4.34
		144	蠡河南	4.66	4.66	4.39	4.32
		1423	尚贤河中	4.67	4.66	4.39	4.34
		1426	尚贤河南	4.67	4.66	4.39	4.33
		1427	壬子港	4.67	4.66	4.39	4.33
		1457	长广溪北	4.67	4.66	4.39	4.34
		1116	长广溪中	4.67	4.66	4.39	4.34
		145	长广溪南	4.66	4.66	4.39	4.34
		882	大溪港	4.66	4.66	4.39	4.31
		1368	梁溪河	4.68	4.66	4.39	4.35

据表中各站水位变化规律计算成果，对于太湖新城片区，尚贤河北站、蠡河北站、蠡河中立站和庙桥港站 4 个站可以全面代表太湖新城水位，这 4 个站分别代表太湖新城东北、东南、西北和西南部区域水位。相应可研报告确定的水位站中，庙桥港站和板桥港站在不同雨型下计算的成果基本一致，因此可以选 1 个站作为代表站，结合其地理位置及地形特征选择庙桥港站作为太湖新城西南部的代表站。

(2) 水位变幅分析法

根据以上初步拟定的成果，对尚贤河北站、蠡河北站、蠡河中立站和庙桥港站进一步分析，列出水位变幅统计成果如表 5。由表中成果得知，庙桥港站的水位变幅相对于尚贤河北站、蠡河北站、蠡河的水位变幅为最小。

(3) 水位相关关系法

调度控制站的拟定还需通过分析水位站水位过程的相关关系，分析在现状工况下，无锡遇 200 年一遇、100 年一遇、50 年一遇和 20 年一遇设计暴雨时，无锡站日均最高水位与太湖新城各站日均最高水位相关关系。现状水利计算成果表如表 6。

根据各站相关关系可知，无锡站与尚贤河北站、蠡河北站、蠡河中立站相关系数 R^2 达 0.99 以上，无锡站与庙桥港站相关系数 R^2 为 0.96，相关性较好，尚贤河北站与蠡河北站、蠡河中立站相关系数 R^2 达 0.99 以上，尚贤河北站与庙桥港站相关系数 R^2 为 0.97。此外，在同一雨型下分析无锡站与各站相关关系以及尚贤河北站与其他三站的相关关系有着同样的规律，相关系数 R^2 都是 0.95 以上。因此，无锡环太湖口门调度站初步拟定为尚贤河北站或

表 5 现状工况各站水位变幅成果表 (单位: m)

初拟代表站	《可研报告》规划站	代表站节点号	代表站	水位变幅			
				200年一遇	100年一遇	50年一遇	20年一遇
庙桥港站	尚贤河北	1111	尚贤河北	0.62	0.57	0.42	0.36
	蠡河北	1032	蠡河北	0.54	0.51	0.36	0.31
		1092	梁溪河片	0.54	0.50	0.35	0.31
		142	漕王泾	0.52	0.48	0.34	0.30
		143	蠡河中	0.59	0.55	0.39	0.33
		862	五里湖	0.57	0.54	0.38	0.33
		144	蠡河南	0.51	0.49	0.32	0.29
	尚贤河中	1423	尚贤河中	0.52	0.49	0.34	0.30
		1426	尚贤河南	0.50	0.48	0.32	0.29
		1427	壬子港	0.51	0.48	0.33	0.29
		1457	长广溪北	0.52	0.48	0.34	0.30
	庙桥港站	1116	长广溪中	0.51	0.48	0.33	0.29
		145	长广溪南	0.47	0.46	0.30	0.27
		882	大溪港	0.50	0.48	0.32	0.29

表 6 现状工况下不同标准设计暴雨日均最高水位成果表

(单位: mm)

类别	无锡	尚贤河北	蠡河北	蠡河中	庙桥港
200年一遇	4.880	4.820	4.747	4.710	4.670
100年一遇	4.800	4.750	4.683	4.670	4.660
50年一遇	4.570	4.520	4.444	4.410	4.390
20年一遇	4.440	4.390	4.335	4.320	4.340

庙桥港站。

3.3 控制站拟定

为了协调无锡市防洪安全与太湖水环境矛盾,在太湖新城洪水入太湖期间,严格控制运河水不入太湖。在这种控制下,入湖控制站若继续采用无锡站是不合理的,应在太湖新城寻求合理的水位站作为调度控制站。通过对太湖新城地形高程及水系特征分析,结合《可研报告》规划的水位站和水利计算分析成果,初步拟定太湖新城的水位代表站有 4 个,为尚贤河北站、蠡河北站、蠡河中站及庙桥港站,通过水利计算成果分析,初拟调度控制站为尚贤河北站或庙桥港站,再结合测站水位能及时反映区域防汛要求,拟定太湖新城水位控制站为长广溪和碧水河交界的庙桥港站。

4 结语

无锡太湖新城环太湖口门入湖调度控制站的合理选定对制定入湖调度方案尤为重要。目前,入湖控制调度站统一采用的是无锡站,通过对无锡站所在河道的特征、地势情况以及现状区域和无锡防洪治理格局的分析,提出无锡站不宜作为入

湖调度站是有根据的,应在太湖新城内寻求合理的调度站。

太湖新城片区内水文站资料很有限,尤其是缺乏水文站实测水位资料,在这种情况下,采用太湖流域河网水动力学模型进行建模,得到不同标准在同一种工况下太湖新城内各水文站的水位过程成果,通过对水文站水位变幅比较分析,对无锡站与太湖新城内各水文站相关性分析和太湖新城内各水位站之间相关性分析,再结合各水文站所在位置的地势特征,得出长广溪和碧水河交界的庙桥港站作为调度站最合理。

参考文献:

[1] 无锡市人民政府. 无锡市城市总体规划(2001 年~ 2020 年).2009.

[2] 无锡市水利局,江苏省水文水资源勘测局无锡分局.引江济太武澄锡虞区区域调水实验[R].2014.

[3] 程文辉,王船海,朱琰.太湖流域模型[M].南京:河海大学出版社,2006.

[4] 陆桂华,等.水文站网规划与优化[M].郑州:黄河水利出版社,2001.

(责任编辑:徐丽娜)