

南京市哪吒河排涝方案研究

张颖¹, 赵燕霞², 顾冬²

(1.南京市江宁区水务局, 江苏 南京 210000; 2.南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210000)

摘要:以南京市江宁区哪吒河为研究对象,调查其来水与排水情况,分析过程中将河道概化为小水库,按现状工况计算河道流量和调蓄水深,按规划工况计算河道流量和河口泵站规模,最后提出排涝建议方案。

关键词:哪吒河;调蓄;排涝方案

中图分类号:TV8

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2022)01-0137-04

0 引言

哪吒河属秦淮河水系,原为直通溧水河的一级支流,是南京市江宁区禄口街道和秣陵街道的界河。上世纪八十年代初期,因水系整治需要,于河口打坝,从而使哪吒河变为内河。2005年,河道上游的空港工业园开发建设,改变了流域下垫面条件,增加了河道两岸受淹风险,尤以2007年内涝最为严重,两岸共计5500亩农田受淹。2011年,为解决河道两岸农田受淹问题,于河口新建排涝泵站,泵站设计流量 $6.4\text{ m}^3/\text{s}$ 。

近年来,由于禄口集镇和空港新城的开发建设,城市面积不断扩大,排水工况日益复杂,排涝要求也不断提高,加上极端天气频发,区域的排涝形势十分严峻。2016年汛期,秦淮河流域普降大雨,天禄大道(跨哪吒河市政道路)及哪吒河右堤多处漫堤,淹及堤后鱼塘;2020年6月15日,江宁区短期强降雨,哪吒河水位骤升,在高水位持续浸泡下,河道迎水坡多处大面积坍塌。

2016年,南京市规划局江宁分局主持编制了《禄口新城市政专项规划》,对禄口新城 60.35 km^2 区域的竖向、水系、排水、管线等分别进行规划,并融入了海绵城市规划理念,在水安全、水生态、水环境和水资源等方面确定海绵城市建设指标体系,通过生态护岸、植被缓冲带、海绵道路、海绵绿地等相关措施,实现社会水循环和自然水循环相互贯通。

本文以哪吒河为研究对象,通过分析其来水与排水情况,按现状工况和规划工况分别研究水文特

性,计算河道流量和河口泵站排涝规模,在此基础上提出河道和泵站的调度运行方案。

1 研究范围

哪吒河位于禄口新城规划区东南侧,上游与如意湖(调蓄景观湖)两条通湖河道连通,下游通过河口泵站进入溧水河,泵站规模为 $6.4\text{ m}^3/\text{s}$ 。河道总长 3.5 km ,左岸为南京市江宁区秣陵街道,右岸位于南京市江宁区禄口街道。

哪吒河上游主排禄口空港新城来水,该区域地面高程 $7.1\sim 30.2\text{ m}$,起伏很大,整体地势呈中间高两侧低、南高北低的形态。哪吒河位于区域东北角,附近地面高程 9.5 m 左右,根据《禄口新城市政专项规划》属于低排区,但因空港新城排水系统尚未完全建成,现状存在高低水混排的情况,因此哪吒河目前尚承担高水低排任务。

据此,本研究分别按现状工况和规划工况确定河道汇水范围。

1.1 现状工况汇水范围

现状工况为哪吒河上游如意湖已建成,但辅湖及通湖河道均未开工,排水仍然是高低水混排。此时河道汇水面积 7.63 km^2 ,分为山丘区 3.36 km^2 (高低水混排区)、农业圩区 3.58 km^2 (低排区)和附近居民小区 0.69 km^2 (低排区)。

1.2 规划工况汇水范围

规划工况为哪吒河上游如意湖及通湖河道均已建成,场地高程满足设计要求,管网均建设完工,整体达到《禄口新城市政专项规划》要求,如意湖通湖河道设置控制闸门,汛期主要通过楚风河闸、旱河闸排洪,洪水不进入哪吒河。此时哪吒河河道汇水面积

收稿日期:2021-09-08

作者简介:张颖(1989—),男,硕士,工程师,科长,从事水利工程相关工作。

6.8 km²,分为山丘区 2.53 km²,农业圩区 3.58 km² 和附近居民小区 0.69 km²,均为低排区。

2 排涝标准

哪吒河上游为城镇圩区,排涝标准为 20 a 一遇降雨内河水位不超排涝控制水位;下游为农业圩区,排涝标准为 20 a 一遇涝水雨后 24 h 排出;管道设计降雨重现区取 3 a。

3 设计暴雨

3.1 设计面暴雨

因区域乏实测洪水资料,参照常规,设计暴雨采用《江苏省暴雨洪水图集》法计算,查得各历时暴雨点面折算系数 K,据此得各历时各重现期设计面暴雨见表 1。

表 1 设计点暴雨及面暴雨计算表

雨量	重现期 /a	历时 /h		
		24	6	1
设计点雨量 /mm	20	233.2	153.3	88.8
	50	288.2	188.3	106.7
点面折系数	K	0.975	0.970	0.946
设计面雨量 /mm	20	227.4	148.7	84.0
	50	281.0	182.7	101.0

3.2 设计净雨

采用图集法雨型,采用同频率法放大对典型雨型进行放大。将典型暴雨按最大 24 h、6 h、1 h 雨量采用同频率法缩放至 20 a 一遇设计暴雨。设计净雨按设计暴雨每小时扣损 1 mm 计算成果见表 2。

表 2 设计净雨过程

时段	毛雨过程 /mm	净雨过程 /mm	时段	毛雨过程 /mm	净雨过程 /mm
1	5.5	4.5	9	7.1	6.1
2	5.5	4.5	10	10.4	9.4
3	6.3	5.3	11	10.4	9.4
4	6.3	5.3	12	10.4	9.4
5	6.3	5.3	13	20.7	19.7
6	6.3	5.3	14	84.0	83.0
7	7.1	6.1	15	12.9	11.9
8	7.1	6.1	16	7.1	6.1

4 哪吒河排水计算

4.1 现状工况

(1)山丘区设计洪水计算

现状工况下,哪吒河上游排水面积 3.36 km²,均为山丘区,干流比降 5.679‰。

根据《江苏省暴雨洪水图集》(1984),区域汇水面积为 3.36 km²,流量系数 $F_c=F/(3.6\Delta t)$,得到

$F_c=0.93$ 。各时段总径流量 $I_i=R_i\times F_c$,计算结果见表 3。

表 3 研究区 20 a 一遇时段总径流量 I_i

时段	净雨 /mm	$I_i/(m^3\cdot s^{-1})$	时段	净雨 /mm	$I_i/(m^3\cdot s^{-1})$
1	4.5	4.2	10	9.4	8.8
2	4.5	4.2	11	9.4	8.8
3	5.3	4.9	12	9.4	8.8
4	5.3	4.9	13	19.7	18.4
5	5.3	4.9	14	83.0	77.4
6	5.3	4.9	15	11.9	11.1
7	6.1	5.7	16	6.1	5.7
8	6.1	5.7	17	6.1	5.7
9	6.1	5.7	18	6.1	5.7

汇水区为山丘区,采用《江苏省暴雨洪水图集》(1984)中的瞬时单位线法推求洪水过程线。计算区

位于苏南山丘区, $m_2=1/3$, m_1 通过以下公式求得:

当 $P>5\%$ 时, $m_1=4.3(F/J)^{0.28}$;

当 $P\leq 5\%$ 时, $m_1=3.2(F/J)^{0.28}$ 。

干流比降为 5.679‰,当 $P=5\%$ 时, $m_1=1.45$ 。查 m_1 和 $\Delta t=1$ h 的单位线关系表,线性插值得该区 1 h 单位线,乘以时段总径流量,并错开相加,得到设计洪水过程线见表 4。

表 4 研究区 20 a 一遇设计洪水过程

时段 Δt	洪水过程线 $I/(m^3\cdot s^{-1})$	时段 Δt	洪水过程线 $I/(m^3\cdot s^{-1})$
0	0.00	14	20.34
1	0.39	15	48.04
3	3.85	16	29.64
5	4.81	17	12.98
7	4.97	19	5.49
9	5.62	22	0.13
11	7.63	25	0.00
13	9.66	27	0.00

根据哪吒河上游山丘区 20 a 一遇入流过程,得到洪峰流量 48.04 m³/s。

(2)农业圩区排涝

农业圩区地势低洼,暴雨径流难以自排,往往需要排涝泵站辅助排涝^[1],合理设置排涝动力、确定排涝模数,对提高排涝效率,降低涝灾经济损失而言意义重大^[2]。

哪吒河下游左岸为秣陵联圩,根据《江宁区秣陵街道水利工程建设规划(报批稿)》,排涝流量为 2.69 m³/s。

哪吒河下游右岸为禄口联圩,根据《南京市江宁区禄口街道水利工程建设规划报告(修订稿)》,排涝流量为 1.94 m³/s。

(3)居民小区排涝

哪吒河下游右岸局部为奥斯博恩庄园居民小

区,现状通过泵站排涝,排涝规模为 3.0 m³/s。

(4)河道总排水流量

通过以上数据累计,哪吒河山丘区、农业圩区、居民小区总排水洪峰流量为 55.67 m³/s。

(5)河道控制水位计算

河口泵站现状排涝能力为 6.4 m³/s,哪吒河河道长 3.75 km,宽 85 m,将其概化为小水库,采用水库调洪演算推算最大调蓄水深^[3-4]。哪吒河河道调蓄水位—库容—出流关系见表 5。

表 5 哪吒河调蓄水位—库容、水位—出流能力关系

水位 /m	库容 / 万 m³	水位 /m	出流能力 / 万 m³
6	192	6.5	0
7	224	7.5	6.4
8	256	8	6.4
9	288	9	6.4
10	320	10	6.4

哪吒河调洪演算过程详见表 6。

表 6 哪吒河调洪演算过程(20 a 一遇)

时段 /h	入流过程 / (m³·s ⁻¹)	出流过程 / (m³·s ⁻¹)	水位 /m	库容 / 万 m³
1	0.0	0.0	7.50	240.00
5	10.6	6.4	7.52	240.76
10	13.3	6.4	7.87	251.75
15	28.0	6.4	8.44	270.07
20	13.1	6.4	9.76	312.23
21	2.6	6.4	9.77	312.76
22	0.7	6.4	9.72	311.04
25	0.0	6.4	9.51	304.32
30	0.0	6.4	9.15	292.80

在河口泵站 6.4 m³/s、起调水位 7.5 m(河道常水位)条件下,哪吒河最高水位为 9.77 m,调蓄水深为 2.27 m。此时跨河道路天禄大道受淹(路面高程 9.5 m),与实际相符。

4.2 规划工况

(1)管网排水能力

哪吒河上游汇水区域内降雨产流先汇入雨水管网,通过管网排入哪吒河。涝水排入哪吒河上游的过程受雨水管网的排水能力约束,因此需要复核雨水管网排水能力。

根据《室外排水设计规范》(GB 50014—2014)规定,特大城市非中心城区,雨水管渠设计重现期为 2~3 a;中心城区的重要地区,雨水管渠设计重现期为 5~10 a。本次雨水管渠设计重现期取 3 a。

径流系数选取依据《室外排水设计规范》(GB 50014—2014)规定,综合排水区用地性质,综合考虑

定为 0.5。

(2)排涝计算

a. 内河入流过程

基于圩区排涝标准条件的设计暴雨过程计算产流得到净雨过程,以管道排水能力为上限,排入内河河道。当净雨过程流量小于管道排水能力时按净雨过程流量入内河,否则以管道排水能力入内河。

以管道 3 a 一遇排水能力(取 $\alpha=0.5, t=60\text{ min}, h=27.60\text{ mm/h}$)为控制,推求内河入流过程,结果见表 7。

表 7 内河入流过程

时段 /h	净雨过程 /mm	出流过程 / (m³·s ⁻¹)	时段 /h	净雨过程 /mm	出流过程 / (m³·s ⁻¹)
1	4.5	4.5	13	19.7	19.7
5	5.3	5.3	14	83.0	27.6
7	6.1	6.1	15	11.9	27.6
9	6.1	6.1	16	6.1	27.6
11	9.4	9.4	18	6.1	6.1

b. 排涝规模计算

根据常规内河调蓄经验,拟定哪吒河调蓄水深 1.0 m,即最高控制水位 8.5 m 条件下,哪吒河调洪演算过程详见表 8。

表 8 规划工况下哪吒河调洪演算过程(调蓄水深 1.0 m)

时段 /h	入流过程 / (m³·s ⁻¹)	出流过程 / (m³·s ⁻¹)	水位 /m	库容 / 万 m³
1	0.0	0.0	7.50	240.0
5	12.2	12.2	7.50	240.0
10	10.0	10.0	7.50	240.0
15	17.8	17.8	7.50	240.0
18	37.2	28.2	7.55	241.62
20	52.2	28.2	8.01	256.21
22	45.7	28.2	8.51	272.32
23	11.5	28.2	8.51	272.46
25	0.0	28.2	7.94	254.23

此时计算得河道外排出流量 28.2 m³/s,现状河口泵站排涝流量 6.4 m³/s,为保证排涝片区排涝,需另新建排涝规模为 21.8 m³/s 的外排泵站,该结果与《禄口新城市政专项规划》拟新建 20.0 m³/s 规模的泵站基本吻合。

5 结论与排涝建议方案

5.1 结论

(1)现状工况下,哪吒河承担上游高、低水外排任务,排涝压力大,现有河口泵站规模不足,调蓄水深达 2.27 m,当在常水位 7.5 m 时起调的条件下,河道高水位达 9.77 m,此时河道两岸及跨河市政道路

(天禄大道实测标高 9.5 m)均有受淹风险。

(2)规划工况下,哪吒河上游来水通过管网汇入,排涝压力减小,按常规设定调蓄水深 1.0 m 时,需新建 21.8 m³/s 规模的外排泵站,该结论与《禄口新城市政专项规划》基本吻合。

5.2 排涝建议方案

现状工况下,为避免河道两岸及相关市政道路受淹,汛前河口泵站需提前开机,预降哪吒河水位,控制汛限水位不高于 7.23 m,此时最高水位 9.5 m,有条件时可将哪吒河水位降低至 6.6 m 以满足超高要求,考虑到水位波动骤升骤降对河道岸坡的影响,建议相关部门对河道坡面进行必要的防护。

规划工况下仅需做好常规防汛调度,使河道汛

限水位保持在 7.5 m(常水位)时即可保证河道最高水位不超 8.5 m。

因近期暂无河口泵站扩建计划,现状泵站仍需维持现有 6.4 m³/s 运行,此时需加强汛期调度运行以避免发生严重洪涝灾害,远期建议泵站扩建至 28.2 m³/s 后,能大幅降低相关部门防汛压力。

参考文献:

- [1] 郑在洲,何成达.城市水务管理[M].北京:中国水利水电出版社,2003.
- [2] 崔韩,刘俊,高成.圩区排涝模数计算方法研究[J].水利学报,2007(增刊):464.
- [3] 朱岳明,刘立军.从排涝角度论平原河网地区水域调蓄能力的重要性[J].浙江水利科技,2005(5):26-27.
- [4] 高成,刘俊,崔韩,等.城镇圩区排涝模数计算方法及其与河道调蓄库容关系研究[J].灾害学,2008,23(3):7-9.

(上接第 107 页)

了文化的传承。该项目准确把握了“重在保护,要在治理”的战略要求^[4],建成后大幅提升南宁城市功能品质和生态宜居城市形象,产生了巨大的社会效益、生态效益和经济效益,是“幸福河”成功实践。其成果可作为类似流域水环境综项目借鉴和参考。

参考文献:

- [1] 王平,邝建强.“幸福河”内涵与实践路径思考[J].水利规划与设计,2020(4):4-7.
- [2] 左其亨,郝明辉,姜龙,张志卓等.幸福河评价体系及其应用水科学进展,2021.1.
- [3] 谷树忠,关于建设幸福河湖的若干思考[J].中国水利,2020(6):13-16.
- [4] 纪平,让每条河流都成为造福人民的幸福河[J].中国水利,2019(20).
- [5] 吕彩霞,韦凤年.深挖节水潜力,共筑幸福江河:访中国工程院院士

王浩[J].中国水利,2020(6):1-4.

- [6] 鄂竟平.坚持节水优先 建设幸福河湖 人民日报,2020.321
- [7] 鄂竟平.工程补短板,行业强监管,奋力开创新时代水利事业新局面:在 2019 年全国水利工作会议上的讲话(摘要)[J].中国水利,2019.70(2):11-21.
- [8] 许晓林,陈星,向龙等.基于健康河流理念的苏白圩水系规划研究中国农村水利水电 2015(4):55-59
- [9] 朱法君.以“美丽河湖”打造浙江治水升级版[J].中国水利,2019.10:14-15
- [10] 孟海南.杭州西湖区“美丽河湖”建设的实践与思考 浙江水利水电学院学报[J].2019(4):40-41.
- [11] 邓铭江 全视角多维度全过程把控水利发展定位,推进节水优先建设幸福河湖 访中国工程院院士邓铭江[J].中国水利,2020(6):7-10.