

洪潮遭遇组合对泵站规模的影响

吴文惠 黄显

广州市水务规划勘测设计研究院有限公司

摘要: 泵站规模的论证依据, 通常采用内河设计标准下的设计洪水与外江多年平均或5年一遇潮汐峰峰遭遇作为最不利工况的计算结果, 但实际过程中该工况发生的概率极低, 以此工况下确定的泵站规模与实际脱节。为合理论证温涌流域内水南支涌泵站的规模, 以该泵站的雨洪调蓄计算为例, 同时根据附近雨量、潮位站点的监测数据对洪潮遭遇组合进行了分析, 计算了不同遭遇组合情况下泵站的规模。结果表明通常采用的最不利工况下的泵站规模较大, 应警惕小强度降雨遭遇极端高潮位的水文组合对洪涝安全的影响, 该工况下的泵站规模更加符合实际且较为经济合理, 可根据工程实际情况和投资、用地等因素综合确定规模。

关键词: 泵站; 工程规模; 洪潮遭遇; 防洪排涝

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.11.061

一、概况

温涌为东江一级支流, 自北向南汇入东江北干流, 河口(石沥口闸)以上集雨面积为44.55km², 主河道长度为14.55km, 河道平均坡降为2‰, 30年一遇洪峰流量481m³/s。流域内有5座小(2)型水库, 包括牧场坑水库、灿禾田水库、陈家林水库、白鹤争虾水库和白头岗水库。温涌水系复杂, 上游由西向东分别为细陂河、埔安河、凤凰水, 3条支流于沙村附近汇合为水南涌; 而后向南分为左右两汉河, 左汉为温涌, 右汉为水南支涌-金紫涌(增城境内称水南支涌, 黄埔境内称金紫涌); 除此之外还有唯佳河、沙路口涌和夏埔旧涌。下游出口为水南支涌水闸、温涌水闸, 排涝以自排为主, 强排为辅。流域内主要保护对象为沙村地铁站、小区和道路等, 小区包括翡翠绿洲、凤凰城、海仑堡等, 道路包括107国道、新塘大道、广园快速路、广深铁路等。

二、防洪排涝方案

2020年5月22日, 增城区内三防测站测得最大6小时降雨315mm, 降雨强度超过百年一遇, 温涌流域受淹面积约1.31km², 受淹深度约0.8~3m, 受淹时长约2~4个小时, 流域内两个大型小区凤凰城、翡翠绿洲遭受严重的洪涝灾害。为贯彻落实习近平总书记生态文明思想, 积极践行山水林田湖草系统治理理念, 高水平、高质量推进粤港澳大湾区防灾减灾基础设施建设, 增城区于2020年后半年, 按30年一遇24h暴雨不成灾排涝标准启动了温涌流域的防洪排涝综合整治工作^[1]。

按照“以流域为体系, 排涝分区为单元, 蓄排结合, 系统治理”的思路, 算清算细水账, 加强源头治理, 统筹洪涝综合治理, 蓄排疏多举措系统治理。结合区域现状水系、既有水利工程设施分布, 按照“上蓄、中疏、下排”的工程布局, 主要工程内容包括水库挖潜改造、调蓄区和湿地建设、打通河道过流瓶颈、河道拓宽清淤、闸站建设等。根据该工程防洪排涝方案, 拟在

水南支涌水闸、温涌水闸处设泵站, 其中温涌泵站建设已开工, 规模已定, 设计流量80m³/s, 本文在其他工程内容已定的基础上, 分析不同洪潮遭遇组合对泵站工程规模的影响。

三、洪潮遭遇组合分析

流域内没有水文站, 无实测的水位、流量资料, 邻近有大盛潮位站及三防的永和河雨量站和南岗河口水位站。本次分析采用三防的永和河雨量站(2006.01.01~2021.12.31)和南岗河口水位站(2008.01.01~2021.12.31)资料。将两站数据作为一个样本序列进行分析, 统计其年最大值进行频率计算, 经验频率计算结果等统计如下:

表1 永和河年最大24h雨量对应南岗河口潮位

年份	最大24h降雨 (mm)	降雨频率 (%)	发生时间	对应潮位 (m)	潮位频率 (%)
2006	147	63	2006/5/27	/	/
2007	146	64	2007/4/17	/	/
2008	159.5	52	2008/6/16	1.43	99.3
2009	135.5	73	2009/3/28	0.67	>99.99
2010	246	8.7	2010/5/17	1.27	>99.99
2011	152.5	58	2011/10/14	1.3	>99.99
2012	91.5	99	2012/8/12	0.55	>99.99
2013	110.5	92	2013/9/3	0.96	>99.99
2014	180.5	36	2014/8/8	-0.1	>99.99
2015	139	70	2015/5/4	0.46	>99.99
2016	149.5	60	2016/8/26	0.88	>99.99
2017	202.5	23	2017/5/7	2.29	40
2018	235.5	11	2018/6/8	2.58	19
2019	166.5	46	2019/4/26	1.03	>99.99
2020	294.5	2.5	2020/5/22	2.46	26
2021	119.5	89	2021/6/1	1.49	97

表2 南岗河口年最高潮位对应永和河雨量

年份	年最高潮位 (m)	潮位频率 (%)	发生时间	对应24h降雨 (mm)	降雨频率 (%)
2008	2.25	44	2008/9/24	29	>99.99
2009	2.14	55	2009/9/15	32	>99.99
2010	2.28	41	2010/10/19	0.5	>99.99
2011	1.63	96	2011/9/29	19	>99.99
2012	1.94	75	2012/7/24	36.5	>99.99
2013	1.94	75	2013/8/20	37.5	>99.99
2014	1.76	89	2014/6/14	26.5	>99.99
2015	2.47	25	2015/9/22	29.5	>99.99

年份	年最高潮位 (m)	潮位频率 (%)	发生时间	对应24h降雨 (mm)	降雨频率 (%)
2016	2.49	24	2016/5/17	57	>99.99
2017	1.95	74	2017/8/24	32	>99.99
2018	3.07	0.8	2018/9/16	54.5	>99.99
2019	2.31	38	2019/8/1	37.5	>99.99
2020	2.49	24	2020/8/19	33.5	>99.99
2021	2.45	26	2021/2/9	36.5	>99.99

表3 永和河年最大24h雨量理论排频成果表

均值	Cv	Cs/Cv	频率p (%) / (m)					
			0.5	1	2	5	10	20
170	0.3	3.5	351	327	302	267	239	209

表4 南岗河口年最高潮位理论排频成果表

均值	Cv	Cs/Cv	频率p (%) / (m)					
			0.5	1	2	5	10	20
2.23	0.18	3.5	3.97	3.34	3.18	2.95	2.76	2.55

由表可知，2018年6月8日发生了接近10年一遇降雨遭遇超5年一遇潮位，2022年5月22日发生了接近40年一遇降雨遭遇不足5年一遇潮位，除此之外，永和河站年最大24h降雨发生时遭遇潮位大多数较低，南岗河口年最高潮位发生时普遍遭遇降雨频率较低，不足1年一遇。16年系列中年最大24小时降雨只有1年降雨重现期超10年一遇，降雨频率均值约为53%，14年序列中年最高潮位值重现期约为125年一遇，潮位频率均值约为49%；相较之下，年最高潮位的重现期均高于年最大24小时降雨。综上，高强度降雨遭遇外江高潮位的概率极低，应警惕高潮位期间遭遇小雨的组合工况。

泵站规模的论证依据中，洪潮遭遇组合通常采用内河设计标准下的设计洪水与外江多年平均或5年一遇潮汐峰峰遭遇^[2-3]，本文结合临近站点的实测数据进行统计分析成果，本着偏工程不利的原则，采用的洪潮遭遇组合工况如下：

- 工况1：30年一遇洪水遭遇外江5年一遇潮位
- 工况2：5年一遇洪水遭遇外江100年一遇潮位
- 工况3：2018年6月8日实际遭遇
- 工况4：2022年5月22日实际遭遇

四、高程分析及管控水位的确定

温涌流域上游最高点高程为210.73m，由北至南到翡翠绿洲和凤凰城小区时，地面高程陡降至14~27m，流域中游广园路和铁路沿线的高程约在6~7.5m之间，至新塘大道沿线高程约在3~3.8m之间，向南直至汇入东江北干区域高程与新塘大道沿线基本一致，无明显高程变化。新塘大道南北两岸的南安村、水南涌和新墩村等城中村，是流域的“锅底”区域，是流域的内涝高风险点。

通过流域高程分析，广园路附近及其以北区域属于比降较大的山区，调蓄空间和过流瓶颈是保证行洪排涝安全的关键问题；新塘大道附近及其以南区域比降低，

高程无明显变化，属于平原河网感潮型河段，保证该区域的行洪排涝安全是泵站建设主要出发点，泵站建设后的效果若能保证水南涌附近的排涝安全，即可确定泵站的规模。

按照洪涝风险等级划分标准，积水超过0.3m属于内涝低风险区，现状水南涌两岸皆为市政道路难以扩宽重建，通过高程分析，泵站规模按照水南涌中游水位在2.7m左右，若周边区域排水顺畅，配合局部低点二级泵站的建设和，基本可保证该片不成灾，若超过该水位，将引起大面积的涝灾损失。

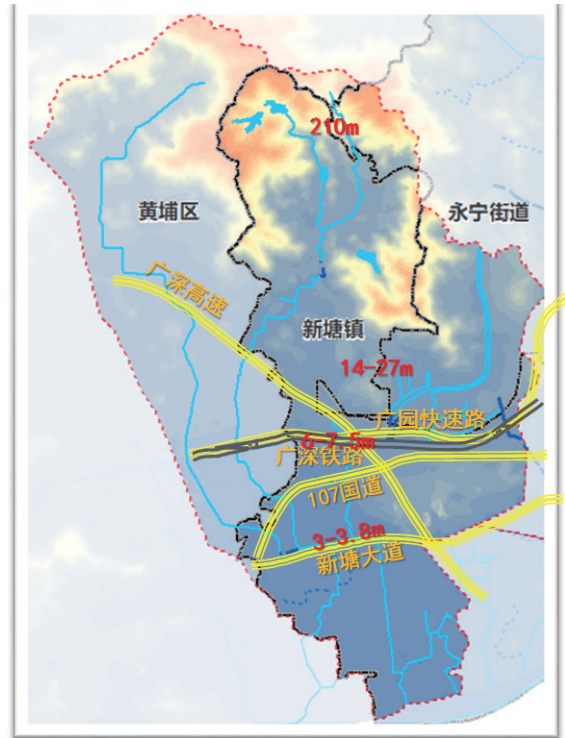


图1 流域高程分布示意图

五、雨洪调蓄计算

(一) 河网水动力数学模型

采用DHI公司Mike11一维数学模型软件进行计算，Mike11的计算基于垂向积分的物质和动量守恒方程，即一维非恒定流Saint-Venant方程组：

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\partial A}{\partial t} \tag{1}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha \frac{Q^2}{A})}{\partial x} + g \cdot A \cdot \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 A \cdot R} = 0 \tag{2}$$

式中：x——距离坐标 (m)；t——时间坐标 (s)；A——过水断面面积 (m²)；Q——流量 (m³/s)；C——谢才系数；R——水力半径 (m)；g——重力加速度 (m/s²)。

(二) 模型概化及边界条件

模型模拟范围包括温涌流域内主要的6条河涌、温涌闸泵、水南支涌闸泵，计算范围内整个模型是一体的，各条河流之间存在水力联系，计算过程中洪水按照

归槽处理^[4]。模型中按照河涌测量资料概化河道，将闸泵作为流量点处理，水闸过流按照堰流或孔流公式计算对应水位过闸流量，糙率参考同类工程研究成果^[5]取0.03。

细陂河：仅概化增城区范围内河道，流域洪水过程线由上游点源汇入；

埔安河：概化调蓄区下游至河口段河道，上游4小水库调洪演算后出库洪水，加上陈家林调蓄区区间设计洪水，调蓄计算后的洪水过程线由上游点源汇入；下游区间洪水过程均匀汇入。

凤凰水：概化调蓄区下游至河口段河道，凤凰水东支流、凤凰水西支流、陈家林支流河口处分别将新建调蓄区后的洪水过程点源汇入；下游区间洪水过程均匀汇入。

水南涌：全段河道概化，上游三条支流在此处洪水过程叠加，不再另加洪水过程。

水南支涌：全段河道概化，分水南支涌、金紫涌两段均匀汇入各自区间洪水过程。

温涌：全段河道概化，区间洪水过程均匀汇入。

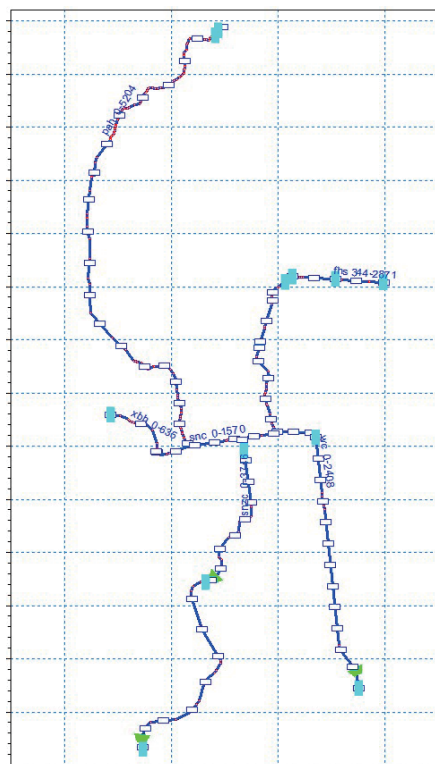


图2 温涌流域模型概化图

(三) 泵闸调度原则

(1) 区域预报发生暴雨6~12h之前，通过闸泵联调预排，将流域水系水位降至-1m，腾出涌容调蓄洪水。内涌水位高于-1m且高于外江水位时，开启所有水闸自排。内涌水位高于-1m且低于外江水位时，关闸开启泵站强排，内涌水位降至-1m时关泵。

(2) 暴雨期间，随着内涌水位不断升高，泵站逐步增加开启台数直至机组全开强排涝水。内涌水位高于外江水位时，水闸全开排涝，期间泵站一直运行。内涌水位低于外江水位时，水闸关闭，泵站持续强排，内涌水位降至常水位1m时，闸泵恢复正常调度。

(四) 计算结果

基于以上分析，模型计算结果如表5：

由表5可知，通常采用的最不利工况1下泵站规模为300m³/s，比内涌小洪水遭遇较高潮位的工况2、3下泵站规模大200、160m³/s，工况4下发生了超标强降雨，比工况1下的泵站规模大10m³/s。4种工况下的泵站规模均可保证水南涌中游控制水位满足排涝要求。

六、结语

根据雨洪调蓄计算结果，通常采用的内河设计标准下的设计洪水与外江多年平均或5年一遇潮汐峰峰遭遇工况下的泵站规模较大，工程投资较高，应警惕小强度降雨遭遇极端高潮位的水文组合对洪涝安全的影响，该工况下的泵站规模更加符合实际且较为经济合理，可根据工程实际情况和投资、用地等因素综合确定规模。可为温涌流域整治工程规模及周边河涌整治提供依据，对类似区域防洪排涝综合整治有一定的借鉴和指导意义。

参考文献

[1] 黄显, 薛卓华, 等. 增城区凤凰城-翡翠绿洲片区防洪排涝综合整治工程初步设计报告[R]. 广州, 广州市水务规划勘测设计研究院, 2021.

[2] 严钰. 洪潮遭遇中的错峰分析[J]. 城市道桥与防洪, 2019(07): 157-160.

[3] 王斌. 强台风“天兔”发生过程榕江北河洪潮遭遇分析与探讨[J]. 广东水利水电, 2013(12): 28-33.

[4] 范立柱, 刘晓鹏. 广州市海珠湖工程雨洪调蓄计算[J]. 人民珠江, 2013, 34(05): 20-22.

[5] 于永强, 沙晓军, 刘俊, 周宏, 班超. MIKE11模型的参数全局敏感性分析[J]. 中国农村水利水电, 2016(06): 64-67+76.

作者简介：吴文惠（1992-11），女，硕士研究生，水文水资源专业，从事水务规划、设计相关工作。

表5 各工况下泵站规模及最高调蓄水位表

工况	遭遇组合	降雨频率 (%)	潮位频率 (%)	水南涌中游调蓄水位 (m)	泵站规模 (m ³ /s)
工况1	30年一遇洪水遭遇外江5年一遇潮位	3.3	20	2.69	300
工况2	5年一遇洪水遭遇外江100年一遇潮位	20	1	2.68	100
工况3	2018年6月8日实际遭遇	11	19	2.69	140
工况4	2022年5月22日实际遭遇	2.5	26	2.7	310