

福清市新厝镇沿海小型流域水利工程防洪响应机制研究

陈华辉

福清市新厝镇人民政府水利工作站, 福建 福州 350311

[摘要]新厝镇为沿海地区,属于亚热带海洋性气候,台风强降水引起的洪灾比较严重,所以本研究主要针对新厝镇水利工程(溪头亭水库、后坑底水库、新厝海堤)开展暴雨洪水下的水利工程协同响应规律的研究,通过对多学科以及不同部门长期的数据采集和汇集分析,得出新厝镇水利工程在暴雨洪水等极端水文条件下协同调度的工程措施与优化方案,并在此基础上提出暴雨应急响应措施。

[关键词]防洪工程;水利工程;协同调控;防洪减灾

DOI: 10.33142/hst.v8i9.17699

中图分类号: TV512

文献标识码: A

Research on Flood Control Response Mechanism of Coastal Small Watershed Water Conservancy Projects in Fuqing City Xincuo Town

CHEN Huahui

Water Conservancy Workstation of Fuqing City Xincuo Town People's Government, Fuzhou, Fujian, 350311, China

Abstract: Xincuo Town is a coastal area with a subtropical marine climate, and the flood caused by typhoon heavy rainfall is relatively serious. Therefore, this study mainly focuses on the research on the cooperative response law of water conservancy projects under rainstorm and flood in Xincuo Town (Xitouting Reservoir, Houkengdi Reservoir, Xincuo Seawall). Through long-term data collection, collection and analysis of multidisciplinary and different departments, the engineering measures and optimization scheme for the coordinated operation of Xincuo Town water conservancy projects under extreme hydrological conditions such as rainstorm and flood are obtained, and on this basis, emergency response measures for rainstorm are proposed.

Keywords: flood control engineering; water conservancy engineering; collaborative regulation; flood prevention and disaster reduction

引言

随着全球气候变化以及极端气候事件频发,防洪压力日益增大,基层单位作为防洪体系的基础环节,承担着关键的防洪任务^[1]。小型流域因集水面积小、河道短、坡度大等特征,暴雨时产流迅速,汇流迅猛,且潮汐顶托作用加剧,容易导致内涝和山洪等灾害。福建省地处亚热带海洋性季风气候区,受西太平洋副热带高压控制和西风带东亚大槽、西南低涡(低压)倒槽、锋面低槽等天气系统控制和影响,为我国东南部主要暴雨区和台风区,沿着武夷山脉和戴云山脉东侧形成多个雨季暴雨和台风暴雨中心。4~6月为福建雨季,雨日多,雨强大;7~9月为福建台风季,每年影响或登陆的台风有6~8个^[2]。

1 新厝镇水利工程现状

1.1 水库工程

新厝镇辖区内有三个水库,分别为溪头亭水库与后坑底水库,主要负责整个新厝镇区防洪及灌溉。溪头亭水库为小(1)型水库,建于1986年建成并投入运行,在蒜岭村位置建设了水库。溪头亭水库集雨面积约6.8km²,总库容为289万m³,汛限水位51.09m对应的库容为280万m³,以农业灌溉为主用,肩负着为东楼、棉亭等四个村子共2560亩农田提供灌溉水源的重任,在蓄洪防涝方面也起到了重要作用。新厝镇根据不同的洪水规模采用分级

响应办法:正常情况下保持常规运行方式;当库水位超汛限水位后,通过溢洪道进行排洪;当水库库水位达到校核水位以上,启动保坝措施。在2025年防洪调度方案中提出:汛期(4月1日~10月15日)要严格执行汛限水位,根据不同水位分级别调度,确保水库安全,充分发挥水库作用。

后坑底水库属小(2)型水库,建于1957年,并于2023年完成除险加固工程。位于江兜村境内,总库容为14.07万m³,汛限水位43.95m,对应库容7.51万m³。承担了江兜村266亩耕地灌溉功能,对农业生产影响较大。该水库汛期按照溪头亭水库相同的运行方式,即严格按照汛限水位泄洪,在遭遇超标准洪水时应立即启动应急预案,做好泄洪工作,减小洪水风险,避免下游人员生命财产及农田等重要基础设施受损。

1.2 海堤工程

新厝海堤是保卫新厝镇沿海地区的一道重要堤防,为三级海堤,全长8.69km,早期建成的部分堤段建于上世纪60年代。由于建设年代久远,受日久天长的冲刷和抵御台风、风暴潮侵袭的影响,加之对海堤防洪潮位的提升要求及不断对其的高度、宽度提升改造,以致其结构强度和防护功能均已不同程度减弱。

从堤身结构来看,堤身多采用土石混合结构,堤顶宽度较窄,部分堤段仅能满足小型车辆通行需求,难以适应

紧急抢险时大型设备的通行要求。堤身填筑材料在长期海水浸泡、冲刷作用下,出现了土体流失、堤身裂缝等问题,降低了堤身的整体稳定性。堤身护坡多为干砌石或浆砌石结构,部分护坡石块松动、脱落,在强潮和波浪冲击下,堤身土体直接暴露,加剧了堤身的损毁风险。

新厝海堤配套有 15 座共 17 孔排洪闸,其中有部分是上世纪建造的,受当时技术水平限制,排洪闸闸体结构开始老化,闸墩、闸墙出现了不同程度开裂、剥落等问题,比如离桥尾小学不远处有一处水闸,该水闸处的闸墩裂缝宽度达到 1cm,裂缝长度近 5m,导致闸墩承载力减弱;闸门及启闭设备年久失修,严重锈蚀、变形,闸门漏水严重,启闭困难,导致部分水闸的启闭时间远远超过了标准工况,在暴雨强度非常大的情况下不能在短时间内把水位降低到正常工况下水平。

从防潮能力上看,新厝海堤原有设计防潮标准为 10 年一遇,但由于全球气候变化导致极端天气事件频发、海平面上升加快,现时的海堤防潮能力已经不能满足区域的发展需求。有相关资料测算显示:未来 20~30 年,兴化湾将升高 10~20cm,这会进一步加大风暴潮对海堤的冲击力度。历史上台风袭击时,如 2018 年台风“山竹”的外围影响过程中,有一段时间海堤局部堤段曾发生堤身漫溢情况,致使堤后农田淹没,水深达到 0.5~1m,受灾面积 200 亩左右,反映出海堤防潮标准偏低的问题。

尽管新厝海堤目前在一定程度上抵御着风暴潮、保障着沿岸居民生命财产安全和农业生产,但堤身结构、排涝设施、防潮标准及防护设施等方面存在的问题,使其在面对日益频发的极端天气时,防洪防潮能力脆弱,亟待通过提级加固、设施更新改造等措施提升其整体防护水平。

2 新厝镇水利工程暴雨分析

2.1 溪头亭水库与后坑底水库暴雨水文分析

2.1.1 溪头亭水库暴雨水文分析

溪头亭水库位于福清市新厝镇蒜岭村,集水面积 6.8km²,总库容 289 万 m³;新厝镇属典型的亚热带海洋性季风气候,雨量充沛,阳光充足,年平均降雨量 1400~1700mm,年平均日照 1500~1700 小时,年平均气温 19~20℃。^[3]其中汛期(4 月 1 日~10 月 15 日)降雨量占全年降水量的 70%~80%。在遭遇高强度降水事件时,溪头亭水库的入库流量会出现很大的幅度增长。以该水库集水面积的大小为例,短时间内产生的约 1mm 降雨量所对应的径流量达到 6.8 万 m³左右,而以 90mm 降雨计算则产生大约 612 万 m³的径流流量;但是考虑到水库周围由于各种原因可能带来的影响因素,具体入库径流量将会存在一定的差异,此次设计参数下的入库径流量预估为 367.2~428.4 万 m³;结合近似历史洪水相关径流情况统计结果可知,如出现大小约为 100mm 左右的降水强度时,则附近某小型流域的洪水可能会在 1~2d 之内达到洪峰水位。溪头亭水库由于本次暴雨发生,预计 6~12h 后水库将出现入库流量快速上涨的情况;

预计 12~24h 后可能发生入库洪峰,在此期间内水库的水位也随之迅速上涨。该水库的汛限水位是 51.12m(库容为 280 万 m³),若汛前库水位距汛限水位较近,且有 90mm 量级左右降雨,可以导致库水位上涨 1~2m,这样很容易达到甚至超过校核洪水位,应及时通过溢洪道进行泄洪。

溪头亭水库工程于 1978 年 1 月动工兴建,1986 年 2 月竣工,水库运行至今已有多,由于该水库携带泥沙量不大,水库内未形成大范围淤积,所以 2018 年安全评价时水库~库容曲线复核采用原实测资料。本次计算予以沿用,水位~库容关系见下表及下图。

表 1 水位~库容关系表

水位 (m)		库容 (万 m ³)	水位 (m)		库容 (万 m ³)
黄海高程	85 高程		黄海高程	85 高程	
19.30	19.27	0.00	50.12	50.09	259.00
28.62	28.59	7.00	50.62	50.59	269.00
47.62	47.59	205.00	51.12	51.09	280.00
48.12	48.09	216.00	51.62	51.59	290.00
48.62	48.59	225.00	52.12	52.09	303.00
49.12	49.09	236.00	52.62	52.59	315.00
49.62	49.59	247.00	53.63	53.60	341.00

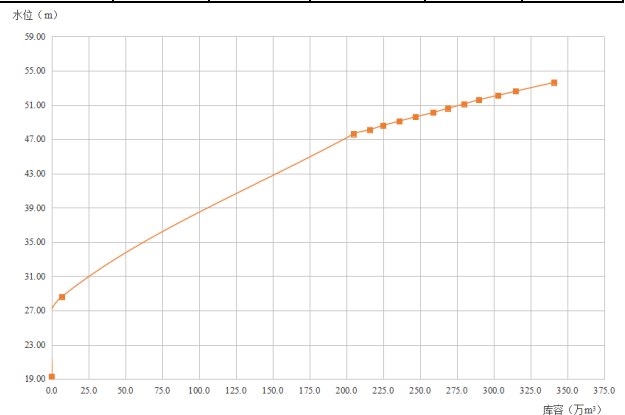


图 1 水位~库容关系图

溢洪道位于大坝的左端,为实用堰,堰顶高程 47.62m(47.59m),闸身总宽度 17m,分 3 孔,每孔净宽 5m,两个中墩各厚 1m,采用宽×高为 5.4×3.5m 的钢筋砼平板闸门,安装 3 台启门力各为 10 吨的手、电两用螺杆启闭机。经计算,溢洪道水位与下泄流量关系如下表及下图所示。

表 2 溢洪道水位与泄洪流量关系表

水位 (m)		下泄流量 (m ³ /s)	水位 (m)		下泄流量 (m ³ /s)
黄海高程	85 高程		黄海高程	85 高程	
48.12	48.09	0.00	50.62	50.59	104.37
48.62	48.59	9.76	51.12	51.09	135.65
49.12	49.09	27.30	51.62	51.59	168.99
49.62	49.59	49.60	52.12	52.09	204.09
50.12	50.09	75.52	52.62	52.59	240.69

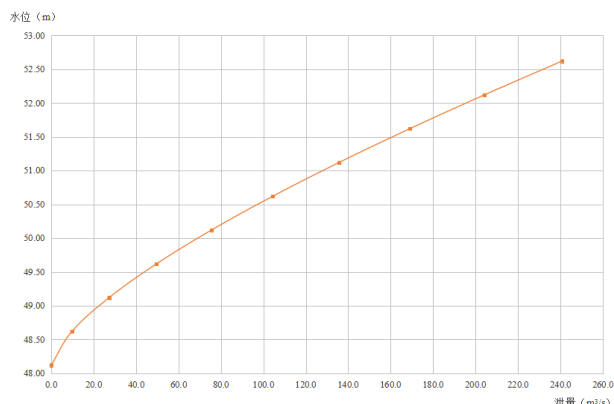


图2 溢洪道水位与泄流量关系曲线图

输水涵洞位于大坝左岸,断面为直墙半圆拱型,宽、高均为2m,拱径2m,长175m。经计算,输水涵洞水位与下泄流量关系如下表及下图所示。

表3 输水涵洞水位与下泄流量关系曲线表

水位 (m)		放水流量 (m³/s)	水位 (m)		放水流量 (m³/s)
黄海高程	85 高程		黄海高程	85 高程	
28.62	28.59	0.000	44.00	43.97	1.687
30.00	29.97	0.505	46.00	45.97	1.794
32.00	31.97	0.791	48.00	47.97	1.894
34.00	33.97	0.998	50.00	49.97	1.989
36.00	35.97	1.169	51.00	50.97	2.035
38.00	37.97	1.318	51.12	51.09	2.041
40.00	39.97	1.451	51.50	51.47	2.058
42.00	41.97	1.574	52.00	51.97	2.080

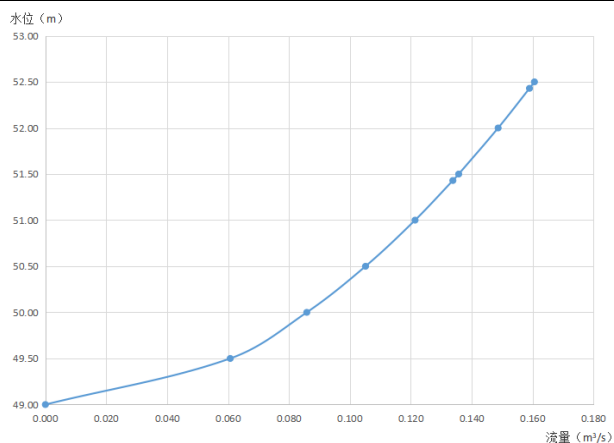


图3 输水涵洞水位与下泄流量关系曲线图

2.1.2 后坑底水库暴雨水文分析

后坑底水库坐落于江兜村,总体库容量达14.07万m³,而集水面积仅有0.73km²。因为缺乏水库泄洪时的相关数据,所以无法具体掌握其情况,但是从该水库集水面积上来看,在较短的时间内产生每毫米降雨能产生约0.73万m³径流;如果经历50mm降雨的话,则有0.73×0.73=36.5(m³)的径流,考虑下垫面因素,这个水量大概只有18.3~25.6万

m³左右,因水库库容较小,调蓄洪水的能力也较为弱化,于是遇到暴雨之后很快就会出现入库量快速增大现象,大概3~6h之内就会上涨到高水位线附近,然后是6~12h就能达到最高水位。正常水位下的时候遇到一次50mm左右的降雨就能让库水位上涨1~2m,因此就会很轻易地接近、超过43.95m的汛限水位,导致自身易漫顶。

后坑底水库工程于1956年1月动工,1957年12月竣工蓄水,水库控制上游流域面积0.733km²,水库建成后至今,未重新进行过库容勘测,考虑到上游植被较好,2019年除险加固初设时的水位~库容关系仍按原设计资料,本次计算予以沿用,水位~库容关系见下表及下图。

表4 水位~库容关系表

水位 (m)	库容 (万 m³)	水位 (m)	库容 (万 m³)
39.00	1.50	45.00	10.01
40.00	1.90	46.00	12.75
41.00	2.70	47.00	15.81
42.00	4.00	48.00	19.21
43.00	5.58	49.00	23.01
44.00	7.61	50.00	27.27

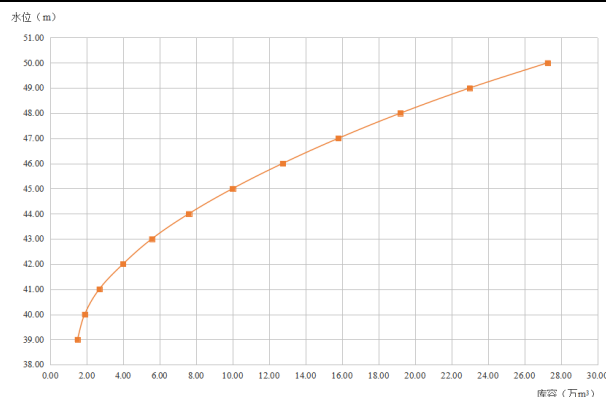


图4 水位~库容关系图

溢洪道位于大坝右侧,堰顶高程为43.95m,净宽6.00m。溢洪道底板及两侧采用浆砌石护砌,控制段长度42.50m,宽6.00m,末端与砌石桥涵相接,桥涵底宽2.00m,涵底高程43.80~43.95m,桥涵顶为钢筋砼桥面,厚0.40m,长7.50m,宽5.00m,顶高程为49.50m;桥涵后与泄槽段相接,长83.90m,底宽4.00~5.10m,末端底高程为36.54m。经计算,溢洪道水位与下泄流量关系如下表及下图所示。

表5 溢洪道水位与泄洪流量关系表

水位 (m)	放水流量 (m³/s)	水位 (m)	放水流量 (m³/s)
43.95	0.00	45.66	15.77
44.17	1.33	45.92	19.06
44.52	3.67	46.15	22.38
44.84	6.43	46.38	25.75
45.13	9.42	46.60	29.13
45.40	12.55	47.28	40.55

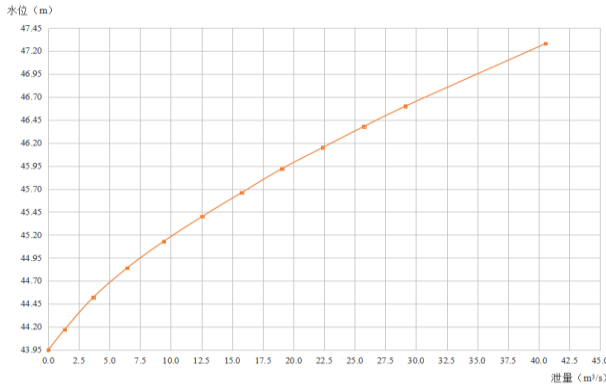


图5 溢洪道水位与泄流量关系曲线图

放水高涵管位于大坝左侧靠近坝肩位置，为直径 $\phi 300\text{mm}$ 的钢管，进口底高程 42.00m ，出口底高程为 40.40m ，涵管进口处采用斜拉闸门控制，进水口直径为 $\phi 300\text{mm}$ 。放水低涵管位于大坝左侧靠近中间位置，为直径 $\phi 300\text{mm}$ 的钢管，进口底高程 39.00m ，出口底高程为 36.40m ，出口引入东方红渠道，进水口直径为 $\phi 300\text{mm}$ 。经计算，输水涵洞水位与下泄流量关系如下表及下图所示。

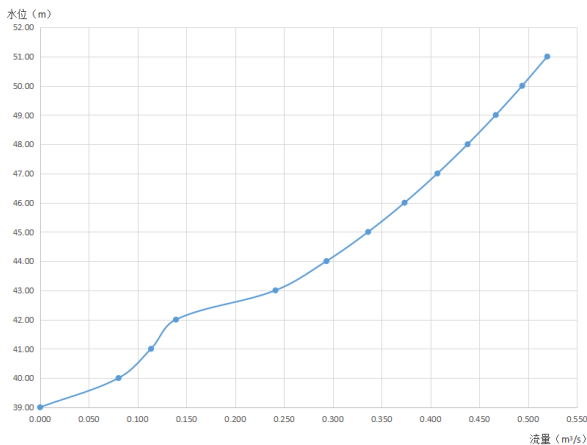


图6 输水涵洞水位与下泄流量关系曲线图

表6 输水涵洞水位与下泄流量关系曲线表

水位 (m)	放水流量 (m³/s)	水位 (m)	放水流量 (m³/s)
39.00	0.000	46.00	0.373
40.00	0.080	47.00	0.407
41.00	0.114	48.00	0.438
42.00	0.139	49.00	0.467
43.00	0.241	50.00	0.494
44.00	0.293	51.00	0.520
45.00	0.336		

2.2 新厝镇海堤暴雨水文分析

由多年来的防汛抗台经验可以看出，新厝海堤重点部位是在新厝海堤桥尾至峰头之间。海堤位于萩芦河流域，萩芦溪为莆田市第二大河流，发源于仙游县游洋镇兴山村馨角山的西北坡。萩芦流域面积 628km^2 ，主河道长

60km ，河道平均坡降 4.6‰ 。流域上游为山区，中下游丘陵起伏，多年平均降雨量 1500mm ，从西北部山区向东南沿海逐渐递减。地表水质较好，有害物质含量没有超过地面水卫生标准，适宜工农业用水，稍经处理可作饮用水。该流域地处沿海台风暴雨袭击区，每年 $6\sim 9$ 月常有台风暴雨出现^[4]。海堤下游位于萩芦溪入海口左岸，堤线长 4 公里，目前主要承担桥尾村和峰头村两村的防洪保安任务，保护面积 2.8 万人和耕地 580 亩，周边有国道 228 、沈海高速公路两条重要基础设施。涵江平均海拔高度只有 13 米左右，存在发生城市内涝的风险。尤其是今年夏天台风“杜苏芮”时新县雨量站 24h 降雨量达到 756mm ，已打破福建历史记录，极大可能形成洪潮顶托情况发生，使内涝更加严重。如果在 10 年一遇短历时暴雨（即 24h 降雨量约为 259mm ，按白沙雨量站频率计算）来临时，此时海堤内海堤保护范围的地表径流系数大约在 $0.65\sim 0.7$ ，海堤保护范围内大约有 12 万 m^3/h 的径流产生。由于排涝设施能力所限，仅有 60% 径流量可经涵闸排除，有 4.8 万 m^3 水留在堤后形成渍水，导致部分农田渍水深度达 $0.3\sim 0.5\text{m}$ ，积涝面积 160 亩；村落低洼地区最大渍水深度 $0.2\sim 0.4\text{m}$ ，消退时间在 $24\sim 36\text{h}$ ；堤后 50 亩农田因为涵管排水不足，造成 $0.2\sim 0.3\text{m}$ 的浅层积水，影响农作物生长。现状防浪墙高程为 $1.2\sim 1.5\text{m}$ ，低于 20 年一遇暴雨+风暴潮组合下设计值，易出现越浪问题，台风“正面袭击”，越浪水量将大于堤后排水能力；现有 3 座主要水闸均为 80 年代建设，其中峰头水闸主梁裂缝并可见钢筋外露、闸门漏水率 15% ，暴雨下排涝能力降低 30% ；桥尾小学水闸和桥尾公园水闸均为条石结构水闸，启闭机为手动，不能及时做出反应，防汛难以及时展开；海堤沿途无设专用水文站，仅靠临近的福清气象站，在暴雨时水位、流量观测存在滞后性，预警响应时间小于 2h ，无法提前及时进行预泄、砂包加筑等工作。

3 新厝镇水利工程暴雨响应机制与优化措施

3.1 溪头亭水库暴雨响应措施

3.1.1 暴雨即时响应策略

在汛期（ 4 月 1 日- 10 月 15 日），依据气象预警机制，当暴雨预报降雨量 $\geq 50\text{mm}$ 时，提前 48h 开启输水涵洞进行预泄，将库水位降至 47.59m ，腾空 75 万 m^3 防洪库容。预泄后可使 50mm 暴雨下的库水位涨幅从 1.2m 压缩至 0.8m ，避免快速超汛限。

当入库流量小于汛限水位下出水涵洞的最大泄量时，控制闸阀开度，使入库流量等于出库流量，保持水库汛限水位不变，当水库入库流量大于出水涵洞的泄流能力时，泄水建筑物的运行方式为堰流，水库开始调洪蓄水。直至水库的库水位达到汛限水位为止，关闸，完成本次洪水调节。^[5]

若暴雨导致库水位快速上涨或出现堤身裂缝、溢洪道闸门卡阻等险情，立即启动保坝预案：关闭输水涵洞减少

出库流量,组织抢险队伍对裂缝段采用沙袋堆筑防渗,对闸门故障段启用备用手动启闭装置;若遭遇超标准暴雨,优先保障坝体安全,通过广播、微信群组通知下游村庄转移至高地。

3.1.2 长期优化建设方向

针对水库运行超 30 年的现状,对溢洪道闸门进行除锈与自动化改造,更换老化密封件,确保暴雨时闸门启闭响应时间 $\leq 5\text{min}$;对输水涵洞进口段进行清淤,恢复设计过流能力,避免暴雨时因涵洞堵塞导致库水位异常上涨。

3.2 后坑底水库暴雨响应措施

3.2.1 暴雨即时响应策略

后坑底水库集水面积仅 0.73km^2 、总库容 14.07万 m^3 ,调蓄能力有限,主要服务江兜村 266 亩农田灌溉,因水库集水面积小、暴雨水位显著上升,需与江兜村建立应急响应机制:假设发生洪水时,三种不同的调度方式:(1)输水洞开启 0.3m , (2)输水洞开启高度 0.5m , (3)输水洞开 0.7m ^[6],分别对应库水位每小时上涨 0.2m 、 0.3m 、 0.5m 。

3.2.2 长期优化建设方向

后坑底水库汇流范围与江兜村坡面汇流重叠,长期需将其纳入东方红水库的联动调度体系,通过修建 1.2km 连接渠,暴雨时可将部分洪水引入东方红水库左干渠新厝段调蓄,缓解自身调蓄压力,同时避免江兜村农田内涝。

3.3 新厝海堤暴雨响应措施

3.3.1 暴雨即时响应策略

暴雨期间按“内涝优先排出”原则调度 15 座 17 孔排洪闸:当堤后区域 1 小时降雨量 $\geq 30\text{mm}$ 时,观察潮水位,当堤外水位低于内涝水位时,全开水闸全力排涝;当堤外水位高于内涝水位时,关闭水闸,仅通过内陆侧涵管排涝,防止海水倒灌。

3.3.2 长期优化建设方向

按 20 年一遇防潮标准提级:堤路结合海堤,按允许部分越浪设计时,在保证海堤自身安全及对堤后越浪水量

排泄畅通的前提下,不计防浪墙的土堤顶高程应高出设计高潮(水)位 0.5m ^[7]对桥尾至峰头段堤身采用差异化改造,桥尾小学段建复合式挡墙、江滨公园段建重力式挡墙、峰头段建生态护坡,增强暴雨冲刷抵抗力;同时改造 3 座老化水闸,更换为 C30 砼预制闸门与电动启闭机,将闸门启闭时间缩短至 5min 。

4 结论

针对新厝镇溪头亭水库、后坑底水库、海堤等流域防洪减灾的重要硬件设施,其承担的功能定位、工程规模不同,因此可构建“即时应急调度-长期工程补强”的暴雨响应机制,确保三个防汛减灾设施协调联动,以应对流域降水高峰,最大程度保证流域内人的生命安全和农作物生产。

[参考文献]

- [1]成淑娟,卫正巍.第十四届防汛抗旱信息化论坛论文集[C].福建:中国防汛抗旱,2024.
- [2]郑小平.福建省基层防汛防台风工作策略[J].水利科技,2023(3):69-71.
- [3]李新妹,关辉,陈防等.基于 GIS 的福州市金钻凤梨气候适宜性精细区划[J].海峡科学,2022(12):23-57.
- [4]林志健.浅析荻芦溪水资源监测管理系统设计[J].水利科技,2013(1):68-70.
- [5]于梅艳,朱菲.山区小型水库输水洞调洪算法与调度方案研究[J].吉林水利,2019(11):60-62.
- [6]王甜甜,闫长城,夏峻.山区小型水库洪水调度分析研究[J].内蒙古水利,2020(6):49-50.
- [7]陈平.南沙区某堤防工程设计方案分析[J].水利技术监督,2024(9):292-295.

作者简介:陈华辉(2000.12—),毕业院校:黑龙江大学水利电力学院,所学专业:水文与水资源工程,当前就职单位:福清市新厝镇人民政府,职务:新厝镇水利站负责人,职称级别:水利助理工程师(专技十二)。