

基于数字孪生技术的 插板式智能防洪设施应用

孙超君¹, 赵庆华², 王翘楚², 张希文¹

(1. 江苏省水利科教中心, 江苏 南京 210029; 2. 江苏省秦淮河水利工程管理处, 江苏 南京 210022)

摘要: 结合实际情况, 提出“快拼式防洪挡板+水位报警装置+智能移动应用”的插板式智能防洪设施, 将数字孪生技术与城市临时防洪设施有机结合起来, 搭建防洪预警管理平台, 建立多种预警提示渠道。通过设置水位报警装置来探测水位的高度, 在超过警戒水位高度时实时传递信息给工作人员并打开警示灯, 工作人员可以立即到达现场插入防洪挡板并解除警报, 进一步提高了工作效率。

关键词: 插板式; 防洪挡板; 数字孪生

中图分类号: TV698.2

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2024)05-0045-0004

Application of insert board type intelligent flood control facilities based on the digital twin technology

SUN Chaojun¹, ZHAO Qinghua², WANG Qiaochu², ZHANG Xiwen¹

(1. Jiangsu Water Conservancy Science and Education Center, Nanjing 210029, China;

2. Management Division of Qinhuai River Hydraulic Engineering of Jiangsu Province, Nanjing 210022, China)

Abstract: Based on the actual situation, an insert board type intelligent flood control facility with “quick assembly flood control baffle + water level alarm device + intelligent mobile application” is proposed, which combines digital twin technology with urban temporary flood control facilities organically, builds a flood warning management platform, and establishes various early warning channels. By setting up the water level alarm device to detect the height of the water level and transmitting real-time information to the staff when the warning water level is exceeded, and controlling the warning light to turn on, the staff can immediately arrive at the site to insert flood control barriers and lift the alarm, further improving work efficiency.

Key words: insert board type; flood control baffle; digital twin

1 概述

目前, 针对城市临时性防汛问题, 相关研究基于可以广泛应用的移动防洪设施, 开展了有益的探索与实践。如哈尔滨主城区设置活动钢闸门防洪墙, 防洪墙由下部实体墙和上部钢闸板两部分组

成^[1], 但闸板质量较大, 汛期根据需要必须由专业人员配合设备进行安装; 余姚市三江六岸沿岸安装组合式金属防洪挡板^[2], 在确保日常市区居民亲水需求的同时, 当洪水来临之际, 可以快速有效安装防洪挡板从而防御洪水。本文结合实际工程, 提出将数字孪生技术的移动应用终端应用于城市临时性

收稿日期: 2023-08-16

作者简介: 孙超君(1988—), 女, 高级工程师, 硕士, 主要从事水利工程管理工作。E-mail: 490963339@qq.com

防洪设施中,为类似工程提供参考。

2 工程概况

秦淮河是长江下游的一条支流,秦淮河流域属于北亚热带湿润季风气候区,四季分明。多年平均降水量1 059.8 mm,从北向南依次递减,每年5月进入汛期,持续至9月底,季风特征明显。秦淮新河水利枢纽由1座大型节制闸和1座大型抽水站组成,采用闸、站结合的布置形式,与武定门水利枢纽共同担负着流域内的南京和镇江两市内江宁区、溧水区、句容市及南京郊区的防洪、排涝、灌溉、航运、水环境改善、水生态保障等任务^[3]。

2020年,受全省强降水、天文大潮和上游洪水等多重影响,秦淮新河闸上下游水位均创新高。管理所大院围墙上有一道门,虽采用沙袋堆叠防洪的方式阻挡雨水漫入,但该方式在操作中费时、费力,且效果不明显,大水仍通过此门漫入到管理所院内,影响部分设备安全运行。因此,为更好地应对极端天气的突发状况,保证人员、工程运行安全,在围墙增设临时性防洪设施是必要的。

3 系统设计

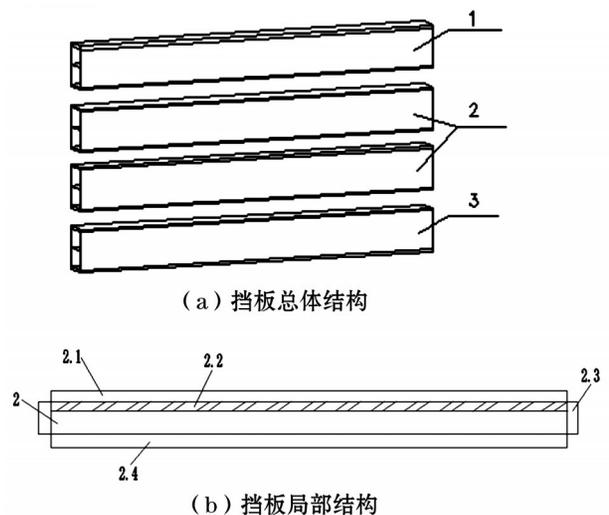
在城市突然发生内涝时,工作人员第一时间赶到现场并采取简单易于实施的有效措施,才能尽可能减少经济损失,确保工程安全。针对以往移动式防洪插板技术缺乏方便快捷的可操作性,缺乏智能应用终端等不足,项目结合现场实际情况,基于数字孪生技术,提出“快拼式防洪挡板+水位报警装置+智能移动应用”的插板式智能防洪设施。

3.1 机械部分结构设计

3.1.1 快拼式防洪挡板

防洪挡板的形式主要有横板式、竖板式、整板式,材质主要有铝合金、钢材等。考虑强度、外观、造价、安装便利等因素,本项目防洪挡板选用铝合金6061T6,厚度为4.0 cm,每块挡板长度为4.4 m,高度0.2 m,重量较轻,发生险情时不需要借助机械设备,由2名工作人员即可搬运安装。防洪挡板结构示意图见图1。

每块防洪挡板顶部和底部均设有顶部防水密封条,底部两端设有端部防水密封条。通过在挡板上设置防水密封条,确保每个防洪挡板叠加后相互之间的接缝处不会有水进入,且防洪挡板在水位达到外壁时会形成一侧水压使得防洪挡板之间形成挤压,确保拼接固定后防洪挡板的位置不会发生位



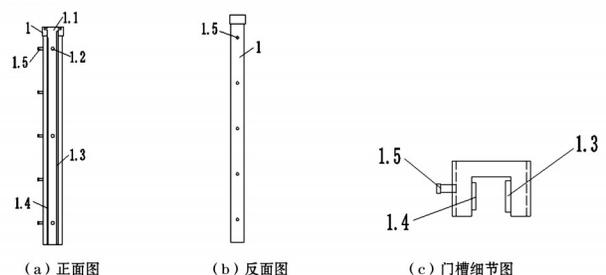
1-上部防洪挡板;2-中部防洪挡板;3-底部防洪挡板;2.1-顶部防水密封条;2.2-反光条;2.3-端部防水密封条;2.4-底部防水密封条

图1 防洪挡板结构示意图

移。在挡板两端设置端部防水密封条,防止水进入防洪挡板与侧边门槽的连接处,从而防止水进入后导致位移,起到更好的稳定效果。另外,为方便工作人员检查,在防洪挡板外壁上设置反光条,这样不仅方便工作人员在暴雨中确定防洪挡板的位置,起到安全警示的作用,而且可使工作人员在阴雨天或者晚上能够更方便地确定防洪挡板的高度,从而预估水位高度。

3.1.2 门槽部分结构

两边围墙安装门槽,暴雨来临时将防洪挡板插入门槽,门槽内部设置有滑动槽,滑动槽两侧内壁上一侧设置有侧向隔板,另一侧设置有橡胶止水条(图2)。通过在侧边门槽内部设置滑动槽,可以更好地将防洪挡板固定在两个侧边门槽之间,达到较好的固定效果。同时,在滑动槽两侧内壁设置侧向隔板和橡胶止水条,使得防洪挡板不仅能够很好地



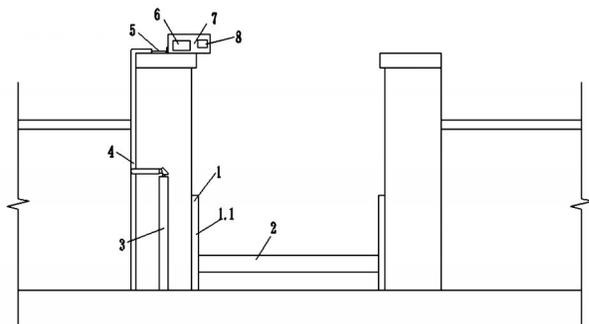
1-门槽;1.1-滑动槽;1.2-固定件;1.3-橡胶止水条;1.4-侧向隔板;1.5-定位装置

图2 门槽结构示意图

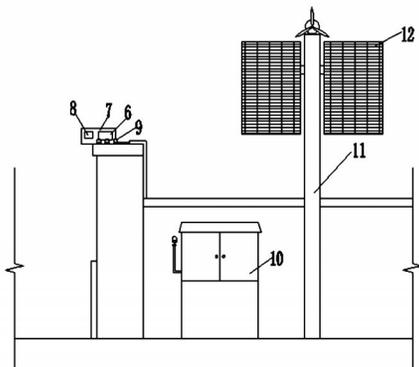
卡设在两侧边门槽之间,而且能够防止水在放置防洪挡板时以及放置防洪挡板后进入滑动槽内。水位一旦到达防洪挡板外表面高度时,水体所带来的一侧水压能够更好地将防洪挡板固定在滑动槽内,防止防洪挡板产生位移。

3.1.3 水位报警装置

水位报警装置由浮球、激光测距传感器、信号采集器、警示灯、风光互补装置和控制箱组成,水位报警装置结构示意图见图3。风光互补装置上设置有太阳能板,能够吸收太阳能,将太阳能转化为电能,通过设置风光互补装置和控制箱,充分利用风能和太阳能转换成电能存储在控制箱中,以备后续或者实时使用。浮球、激光测距传感器和信号采集器通过电缆连接,电缆外部设置保护管,防止电缆在恶劣天气遭到破坏,延长电缆的使用寿命。信号采集器和激光测距传感器外部设置有顶部壳体,避免信号采集器和激光测距传感器受到恶劣天气的影响,从而进一步保证其正常运行并延长使用寿命。此外,警示灯不仅可以发光还可以旋转并发声,从而引起值班人员的注意。



(a) 总体图



(b) 局部图

- 1. 侧边门槽; 1.1 滑动槽; 2. 防洪挡板; 3. 浮球; 4. 保护管;
- 5. 电缆; 6. 信号采集器; 7. 顶部壳体; 8. 激光测距传感器;
- 9. 警示灯; 10. 控制箱; 11. 风光互补装置; 12. 太阳能板

图3 水位报警装置结构

3.2 智能移动应用终端设计

在“水利工程补短板、水利行业强监管”和“数字化转型”的双重背景下,水利工程管理向智慧化管理稳步推进^[4]。数字孪生技术是指基于采集对接的各种生产数据,结合实际场景的数据联动和全方位的业务协同,在数字空间内针对物理空间场景中的人、机、物、工况、环境等要素,进行全生命周期的描述与建模。在数字空间内完成“孪生镜像”,实现物理空间资源配置和运行的按需响应、快速迭代和动态优化,从而反映现实物理世界运行过程的数字映射系统。随着数字孪生技术在智慧城市、智慧交通等领域的深度应用,逐步发展成为行业统管全局、实时思考和分析决策的超级大脑,大幅度提高工程全过程智慧化管理水平^[5]。

发生城市内涝时,时间就是效率,工作人员应第一时间赶到现场并采取有效措施才能尽可能减少经济损失,确保工程安全。为实现这一目标,基于有线和无线网络同互联网的有效结合,建立手机智能移动应用终端,把预警处置等信息通过微信应用小程序及时传输至工作人员,提醒工作人员第一时间安装防洪插板,并实时传送给相关部门,节约了险情发生时请示沟通、交流信息的时间,大大提高了工作效率。

3.2.1 总体构架

基于数字孪生技术的预警管理总体构架(图4)主要包含3个层级,依次为基础数据接入层、数字孪生平台层和人机交互应用层。每个层级的结构都建立于前面各个层级的基础之上,且每一层级的功能实现都是对前面各个层级的丰富与拓展。

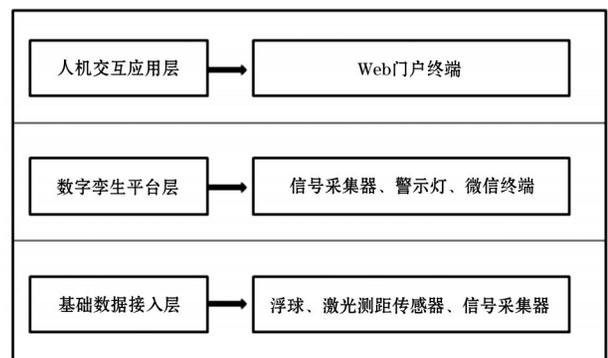


图4 预警管理总体构架

(1)基础数据来源。数据是智慧水利管理的基础,有了数据上层应用和智慧分析才有可靠的支撑。利用浮球、激光测距传感器和信号采集器收集

防洪设施处水位信号,并进行数字化处理,形成基础数据。当激光测距传感器检测到水位达到浮球所在位置时,将报警信号传输给信号采集器。

(2)物联传感设备。信号采集器将收到的报警信号进行处理并实时传输到移动应用终端,移动应用终端包括但不限于手机、电脑等。面向管理人员开发微信应用程序,通过实时监测、消息推送、预警处置等,具有水位报警、警报处置、应急移动采集等功能,提醒工作人员安装防洪插板。同时,打开控制箱中警示灯的开关,警示灯闪烁报警,实现信息采集与查询管理。

(3)人机交互应用。工作人员在电子终端收到信息后,拿取合适数量的防洪挡板放置好。激光测距传感器检测到防洪挡板的位置超过当前水位时,将报警解除信号传输给物联传感设备,信号采集器将报警解除信号传输到应用程序,通过消息推送告知相关人员警报解除。消息推送的同时,关闭控制箱中警示灯的开关,警示灯熄灭。移动应用终端设计见图5。

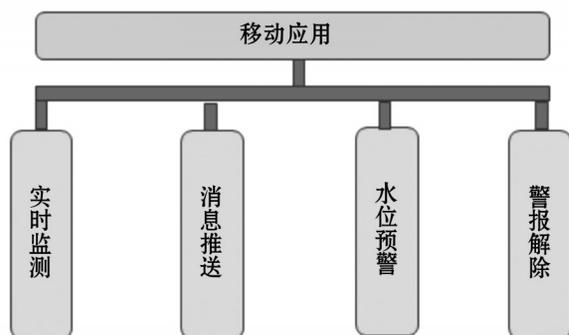


图5 移动应用终端设计

3.2.2 智能移动应用终端

本项目结合实际需求,设置4个浮球并均匀设置在电缆上,可对不同水位的高度进行探测,并将浮球设置在不锈钢圆管内,对浮球起到保护作用,保证浮球的正常使用,延长其使用寿命。浮球安装

位置从下到上分别为:低于围墙底部1~2 cm,高于围墙底部18~19 cm,高于围墙底部38~39 cm,高于围墙底部58~59 cm。在水位漫过每个浮球时都会产生1次警报,警报通过激光测距传感器,将水位目前所在高度以及需要放置几块防洪挡板信息,均通过信号采集器将数据信号采集处理并最终传输到电脑或者手机等能够接收信号的智能移动应用设备端口。工作人员收到信息提醒后,根据水位的高度不同,携带合适数量的防洪挡板进行放置,从而起到快速处理水位涨高的作用。

4 结 语

本文提出的“快拼式防洪挡板+水位报警装置+智能移动应用”的插板式智能防洪设施,将数字孪生技术与城市临时防洪设施有机结合起来,搭建防洪预警管理平台。通过设置水位报警装置探测水位的高度,并在超过警戒水位高度时实时传递信息给工作人员并同时控制警示灯打开,工作人员可以立即到达现场插入防洪挡板并解除警报,实现智能防洪的效果,进一步提高了工作效率,解决了原始装置需要人工关注且信息延后的问题。该设施施工简单、使用可靠、故障率低、经济实用,可为城市重点部位临时性防洪提供借鉴和参考。

参考文献:

- [1] 汪若晨,毕秀霞.组合式金属防洪挡板在浙江余姚临时型防汛中的应用情况分析[J].中国水能及电气化,2019(5):65-69.
- [2] 张德彬,黄伟祥.插板式防洪设施在城市防洪工程中的实践[J].中国市政工程,2018(4):35-37.
- [3] 孙超君,张宜亮,赵庆华.安全生产标准化的推广和应用实践[J].中国水利,2021(2):53-55.
- [4] 邓院林,陈敏,王伟.基于数字孪生的大坝施工智慧管理平台[J].人民长江,2021(12):302-304,311.
- [5] 饶小康,马瑞,张力,等.基于GIS+BIM+IoT数字孪生的堤防工程安全管理平台研究[J].中国农村水利水电,2021(1):1-7.