

地下工程系列化新型智能防淹装备应用研究*

刘俊 武志松 车轮飞 蔡崇庆 李国栋 胡浩明 刘起 於泽

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 430063, 武汉)

摘要 [目的] 目前地下工程淹水事件频发, 易造成严重的经济损失和人员伤亡等影响。遇淹水时通常主要采用人工封堵的方式, 例如临时用沙包堆积或者人工加装防水板, 存在需工作人员长期值守、使用不便捷、响应不及时等问题。针对地下工程地面出入口、地下连接通道等不同场景, 研究响应迅速、安全可靠的防水倒灌措施, 提高地下工程整体的防水能力是十分必要的。[方法] 基于液位报警控制技术, 提出地下工程系列智能防淹装备, 主要包括全断面智能防淹门、智能垂落式防淹门、智能上翻式防淹挡板等, 可使地下工程形成一个完整的防淹体系, 全面保障地下工程不被洪涝水淹。[结果及结论] 该系列装备已在洛阳、厦门等城市的地铁项目中应用, 结合作者单位的设计项目进展情况可预见, 系列智能防淹装备将在更多的地下工程项目中推广, 为城市的安全发展保驾护航。

关键词 地下工程; 智能防淹; 装备

中图分类号 U231.96

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2025.01.050

Application of New Intelligent Anti-flood Equipment Series in Underground Engineering

LIU Jun, WU Zhisong, CHE Lunfei, CAI Chongqing, LI Guodong, HU Haoming, LIU Qi, YU Ze

(China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., 430063, Wuhan, China)

Abstract [Objective] Currently, frequent underground engineering flooding accidents tend to cause serious economic losses and casualties. In case of flooding, manual sealing methods such as temporarily stacking sandbags or manual installation of waterproof baffles are usually used, with problems such as a longer time duty for staff, inconvenient use and delayed response, etc. Therefore, it is necessary to study safe, reliable and responsive waterproof and back-flow preventing measures for different scenarios such as underground engineering entrances and exits, underground connecting passages, in order to improve the overall waterproof capacity of underground engineering. [Method] Based on liquid level alarm control tech-

nology, a series of intelligent anti-flood equipment for underground engineering are proposed, mainly including full-section intelligent anti-flood door, intelligent drop type anti-flood door, intelligent uplifting anti-flood baffle, to establish a comprehensive protection system of underground engineering against flooding and waterlogging. [Result & Conclusion] The above-mentioned series of equipment are adopted in the metro projects of cities like Luoyang and Xiamen. Based on the progress of the current design projects in hand, it is foreseeable that the series of equipment will be promoted in more underground engineering projects, providing a safeguard for the safe development of cities.

Key words underground engineering; intelligent anti-flood; equipment

近年来,我国许多城市频遭暴雨内涝困扰,尤其是城市低洼地区和建筑地下室更是重灾区。虽然对暴雨已能提前预报、提前准备,但仍然年年“看海”。郑州“7·20”特大暴雨事件更是给全国地铁的应急管理敲响了警钟。

2013年我国的相关城市规划出台了《加强建设项目排水防涝能力规划指引》,对地下停车场、地下车库、人防工事、地铁的建设制定明确的施工标准,其入口应高于周边市政道路人行道30~50 cm以上。目前,地下工程出入口广泛采用的防水倒灌措施是在出入口处设置一定高度的台阶和缓坡,遇淹水时主要采用人工封堵的方式,临时用沙包堆积或者人工加装防水板。遇到突发暴雨或者夜间暴雨未及时封堵的情况下,只能临时停运并紧急排水。然而,这些措施存在需工作人员长期值守、使用不便捷、响应不及时等问题。

目前,液位报警控制技术^[1]已广泛应用在各个领域^[2-4]中,通过液位传感器进行水位的报警和检查,同时控制水泵等设备的启停。参考相关控制方法,本文提出地下工程系列智能防淹装备,可使地

* 国家重点研发计划项目(2019YFC0605105)

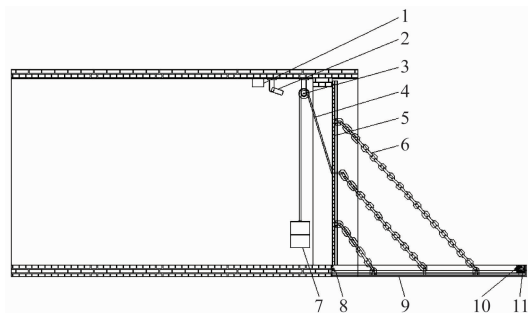
下工程形成一个完整的防淹体系,全面保障地下工程不被洪涝水淹。

1 新型智能防淹装备

1.1 全断面智能防淹门

1.1.1 地埋式全断面智能防淹门

地埋式全断面智能防淹门(见图1)主要包括防淹门主体、锁紧装置、力传递连接件、控制器、液位传感器,以及配重单元等^[5]。防淹门主体主要包括底板装置、板弹簧装置和防滑门体等。板弹簧装置一端与底板装置固定连接,另一端与防滑门体固定连接。锁紧装置、液位传感器固定设于底座上,并与控制器通信连接。



注:1—信号接收器;2—监控设备;3—定滑轮;4—钢丝绳;5—防滑门体;6—力传递连接件;7—配重块;8—板弹簧装置;9—底板装置;10—锁紧装置;11—弧形压板。

图1 地埋式全断面智能防淹门

Fig.1 Buried full section intelligent anti-flood door

地埋式全断面智能防淹门工作原理如下:正常状态下,防滑门体水平放置于底板装置内,且防滑门体的上表面与地面平齐,不影响通行。遇到洪水时,水从底板装置的导流口流入,此时液位传感器将监测到的水位信息上传给控制器;当水位超过设定值时,控制器下达指令给锁紧装置的锁芯驱动电机,使锁紧装置解锁,从而防滑门体从水平状态运动到竖直状态,在竖直状态下防滑门体与通道的墙体完全贴合,保证了防淹门的密封性。竖直的防滑门体承受水头压力并通过力传递连接件传递至地面,提高了装置抵抗洪水水头的能力。此外,除了通过控制器解锁,还可以通过人工手动解锁或通过防滑门体的浮力、板弹簧的弹力以及配重块的重力来解锁,提高了装置的实用性。

1.1.2 吊顶式全断面智能防淹门

吊顶式全断面智能防淹门(见图2)主要包括防淹门主体、压紧机构、锁定机构、液位监控系统、卷

扬机构、密封件等。防淹门主体包括门框、防淹门板、重型铰链、加固横撑。重型铰链固定在通道结构梁上,并与防淹门板铰接,将防淹门板悬在梁下。液位监控系统包括液位传感器、线缆和控制箱,液位传感器设置在防淹门两侧,该液位传感器与控制箱通信连接。控制箱安装在防淹门附近,用于接收防淹门处水位信息,并控制智能防淹装置的开闭。

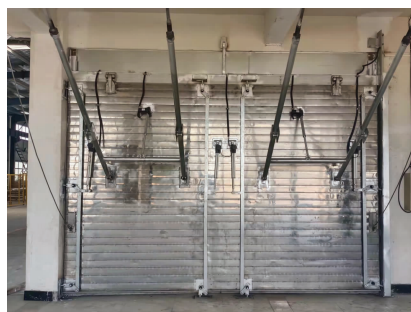


图2 吊顶式全断面智能防淹门

Fig.2 Ceiling type full section intelligent anti-flood door

吊顶式全断面智能防淹门工作原理如下:地面水位低于报警水位时,为日常通行模式,防淹门收起在顶部楼板下。当地面水位接近或高于报警水位时,转为防水倒灌模式,此时液位传感器将液位信号传输至控制箱,并发出报警信号,控制器通过判断发出关闭指令,锁头自动内缩,卷扬机自动松开钢丝绳,防淹门在自身重力作用下绕重型铰链转动,向下逐渐关闭;当防淹门关闭到竖直状态后,通过压紧机构将防淹门板与门框密封件压紧,各锁头锁紧,实现关闭。当水位降至报警水位以下安全范围后,淹水状态解除,控制器发出解锁指令,所有锁头自动解锁,压紧机构松开,卷扬机收起钢丝绳,实现防淹门收起。

1.2 智能垂落式防淹门

智能垂落式防淹门(见图3)主要包括水位传感器、可伸缩曲臂机构、驱动装置、滑道、防淹挡板、卷筒,以及牵引绳等^[6-7]。滑道设置在出入口两侧的墙壁上,防淹挡板挡水时放置在滑道内。水位传感器设置在出入口靠近建筑外部的墙壁上,且与可伸缩曲臂机构及驱动装置电连接,同时驱动装置与防淹挡板相连。

智能垂落式防淹门工作原理如下:当设置在出入口靠近建筑外墙上的水位传感器监测到水位低于报警水位时,为日常通行工作模式。当水位传感器监测到水位接近或高于报警水位时,转为防水倒



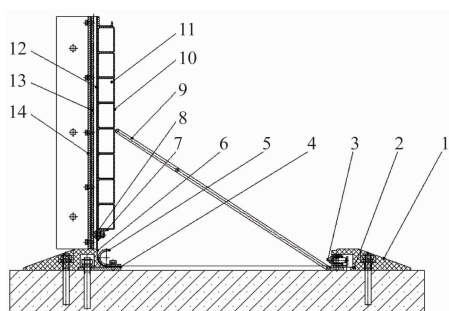
图3 智能垂落式防淹门

Fig. 3 Intelligent vertical flood gate

灌模式,驱动装置带动防淹挡板下降至出入口地面处;同时可伸缩曲臂机构的动作端旋下,使可伸缩曲臂机构对防淹挡板施加向下斜推力,进而使防淹挡板与出入口地面紧密贴合,达到防水密封效果。

1.3 智能上翻式防淹挡板

智能上翻式防淹挡板(见图4)主要包括底座、锁紧机构、弧形压板、板弹簧机构、挡水板、可折叠柔性橡胶板,以及拉杆等^[8]。



注:1—橡胶斜块;2—底座;3—锁紧装置;4—横向密封胶条1;5—弧形压板;6—板弹簧;7—横向密封胶条2;8—横向密封胶条3;9—拉杆;10—挡水板;11—封头;12—端部密封胶管;13—密封管压板;14—密封胶管支架。

图4 智能上翻式防淹挡板

Fig. 4 Intelligent uplifting anti-flood baffle

智能上翻式防淹挡板工作原理如下:当无淹水状态时,锁紧机构的锁舌与锁钩配合将挡水板锁止,此时挡水板的上表面与橡胶斜块上表面或者地面平齐,不影响正常通行。当底座淹水时,水提供挡水板向上的浮力,由于挡水板一端为固定端,另一端在浮力和板弹簧的回位扭力作用下克服自身重力以及锁紧机构的锁紧力,挡水板自动解锁;随着水位的上涨,挡水板淹水一侧的水压进一步增大,水压推动挡水板以弧形压板与板弹簧机构的支

撑轴为转轴继续向上翻转,可折叠柔性橡胶使得水无法从挡水板横向两侧透过;当挡水板向上翻转呈竖直状态时,限位柱限制挡水板的进一步翻转,此时,挡水板将水挡于出入口外,实现挡水功能。随着水位的下落,挡水板的水压减小,挡水板在自身重力作用下逐渐向下翻转,当水位完全退去后,挡水板重力克服锁紧机构的锁紧力和板弹簧的扭力,挡水板回位,不影响正常通行。

2 智能防淹措施

2.1 地下工程出入口

地下工程出地面的有盖出入口,如地铁、地下空间的出入口和安全疏散口等,可以设置智能垂落式防淹门(见图5),以防止地面水位过高涌入地下工程。智能垂落式防淹门可与管理卷帘并行安装,标准宽度通常为5.0 m、6.0 m、6.5 m,适用宽度9.0 m以内,挡水高度0.6~1.2 m,水位感应会自动闸落,失电可手动关闭,灾后可手动、电动复位,可远程监控报警。平时暗装在门楣装修箱内,不影响建筑外观。



图5 地铁出入口应用智能垂落式防淹门

Fig. 5 Application of intelligent drop type anti-flood door at metro entrance and exit

地铁出入口、地下空间安全疏散口、车库出入口、下沉广场地面出入口等场所,可设置智能上翻式防淹挡板(见图6),当遇到洪水时自动上翻防止地面水位过高涌入地下工程。智能上翻式防淹挡板适配宽度为20 m以内,挡水高度0.6 m~1.2 m,水位感应自动上翻,失电可手动上翻,灾后手动复位,远程监控报警。人行出入口嵌地安装,与地面平齐,车行出入口以减速带形式安装。

2.2 地下连接通道

地下工程通道,如地铁与物业的地下连接通道,枢纽与下沉广场的连通口,地下工程出入口等,可采用全断面智能防淹门,隔断地下工程与相邻空间以避免洪水涌入。全断面智能防淹门,承受水压

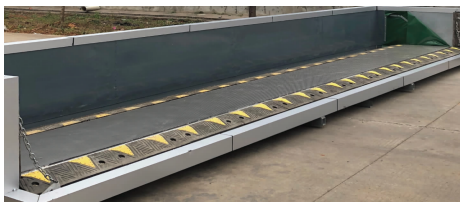


图6 地铁出入口应用智能上翻式防淹挡板

Fig. 6 Application of intelligent uplifting anti-flood baffle at metro entrance and exit

可达 10 m 水头,水位感应自动关闭,失电可采取备用电源关闭,灾后电动复位,可远程监控报警,平时不占用建筑空间。

2.3 下沉广场及路面匝道口

下沉广场外沿一周采用物理性挡水措施,如矮墙+玻璃栏板。在楼梯扶梯口部,下部设一道截水沟,上部外侧设智能上翻式防淹挡板,外设一道截水沟。楼梯扶梯口部,下沉广场内设排水设施。

路面匝道可采用智能上翻式防淹挡板,装在匝道口处,宽度根据实际尺寸定制,设计挡水高度 600 mm,安装后整体与地面平齐,车辆正常通行。

2.4 风亭

地下工程的敞口低矮风亭可采用智能防淹门防淹,自动关闭阻挡洪水涌入。智能防淹门采用平开门式安装在风井内壁,根据风亭尺寸定制生产。平时占用较少空间,不影响通风,水位感应自动关闭,失电可手动关闭,灾后手动复位,可远程监控。

3 项目应用

洛阳轨道交通 2 号线是洛阳市境内第二条开通运营的地铁线路。截至 2021 年 12 月,洛阳轨道交通 2 号线一期工程全长 18.216 km,共设 15 座车站,全部为地下线。该地铁是国内首条大规模采用智能防淹装置的地铁线路,全线共有 33 个出入口设置了智能垂落式防淹门。

厦门地铁 3 号线进行智能垂落式防淹门的试点应用。该试点工程位于厦门地铁 3 号线火炬园站的 5 号出入口,该出入口为地铁站与物业开发的连接通道,该通道外接大型的露天下沉广场。

4 结语

1) 本文提出的地下工程系列智能防淹装备,包括全断面智能防淹门、智能垂落式防淹门、智能上翻式防淹挡板等,可使地下工程形成一个完整的防淹体系,全面保障地下工程不被洪涝水淹。基于已应用项目的示范引领作用,同时结合作者单位的设

计项目进展情况可预见,系列智能防淹装备将在更多的地下工程项目中推广,为城市的安全发展保驾护航。

2) 从地下工程出入口、地下连接通道、下沉广场、路面匝道口、风亭等处,梳理了地下工程不同场所可采用的智能防淹措施,以提高地下工程整体的防水能力,可供同行参考。

参考文献

- [1] 郑立斌,唐海辉. 基于 PLC 的液位控制系统设计[J]. 现代机械, 2022(1): 91.
ZHENG Libin, TANG Haihui. Design of liquid level control system based on PLC[J]. Modern Machinery, 2022(1): 91.
- [2] 李一良. 锅炉汽包液位控制及联锁保护[J]. 工程建设与设计, 2022(10): 101.
LI Yiliang. Boiler drum level control and interlock protection[J]. Construction & Design for Engineering, 2022(10): 101.
- [3] 李达哲,李慧玲,申海. 水箱液位控制系统研究及设计[J]. 信息工程, 2021(11): 61.
LI Dazhe, LI Huiling, SHEN Hai. Research and design of water tank level control system[J]. China CIO News, 2021(11): 61.
- [4] 张辉. 一种排水泵房内液位控制系统研究及应用[J]. 设备管理与维修, 2021(21): 124.
ZHANG Hui. Research and application of a liquid level control system in drainage pump house[J]. Plant Maintenance Engineering, 2021(21): 124.
- [5] 李国栋,车轮飞,刘俊,等. 一种全断面智能防淹门: 202111465561.5[P]. 2022-04-12.
LI Guodong, CHE Lunfei, LIU Jun, et al. A full section intelligent flood gate: 202111465561.5[P]. 2022-04-12.
- [6] 车轮飞,蔡崇庆,刘俊,等. 一种自动升降式防淹系统: 201721506041.3[P]. 2018-05-25.
CHE Lunfei, CAI Chongqing, LIU Jun, et al. An automatic lifting flood prevention system: 201721506041.3[P]. 2018-05-25.
- [7] 车轮飞,蔡崇庆,刘俊,等. 一种自动升降式防淹系统及方法: 201711115124.4[P]. 2018-03-02.
CHE Lunfei, CAI Chongqing, LIU Jun, et al. An automatic lifting flood prevention system and method: 201711115124.4[P]. 2018-03-02.
- [8] 李国栋,车轮飞,赵锦荣,等. 一种无动力翻转式防淹挡板装置: 202111292135.6[P]. 2022-02-22.
LI Guodong, CHE Lunfei, ZHAO Jinrong, et al. A non power overturning type flood guard device: 202111292135.6[P]. 2022-02-22.

· 收稿日期:2022-09-11 修回日期:2022-10-13 出版日期:2025-01-10
Received:2022-09-11 Revised:2022-10-13 Published:2025-01-10
· 通信作者:刘俊,正高级工程师,xqliujun@163.com
· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license