

# 地铁工程防淹体系构建与创新设备应用\*

武志松 刘俊 车轮飞

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 430063, 武汉)

**摘要** [目的]近年来,由于极端暴雨天气引发城市内涝,导致地铁工程遭受水淹灾害的案例屡见不鲜,由此带来严重的经济损失和人员伤亡。研究科学合理的防水倒灌措施,构建系统有效的防淹体系是十分必要的。然而,目前国内外对地下空间的研究主要集中在对内涝灾害的预测以及风险评估,尚未形成系统完备的防淹体系。此外,地铁工程广泛采用的防水倒灌措施,如在出入口处设置一定高度的台阶和反坡或配备可插入的防淹挡板和沙袋,存在需人员长期值守、使用不便捷、响应不及时等问题。[方法]通过调研,以“防为主,排为辅”为原则,从地铁车站、区间隧道、车辆基地、联动机制、防灾预案以及设计标准提升等方面,总结出一套较为完备的地铁工程防淹体系。[结果及结论]针对现有防水倒灌措施的不足,提出一种智能防淹装备,能够实现出入管理、现场手动控制、现场自动防淹、远程控制、应急手动控制以及安全辅助等功能,可以用于地铁新建车站、既有车站改造、地下车库、地下商场等场景,以保证人员的生命和财产安全。

**关键词** 地铁工程;防淹体系;防淹门;智能防淹装备

**中图分类号** U231.96

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2024.08.047

## Flood Prevention System Construction and Innovative Equipment Application in Metro Engineering

WU Zhisong, LIU Jun, CHE Lunfei

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

**Abstract** [Objective] In recent years, extreme rainfall weather frequently causes urban flooding, leading to many cases of metro engineering project water disasters, significant economic losses and personnel casualties. It is essential to develop scientifically sound anti-backflow measures and construct an effective flood prevention system. However, current research on underground spaces both in China and worldwide primarily focuses on forecasting and risk assessment of flooding disasters, failing to form a comprehensive flood prevention system. Moreover, commonly used anti-backflow measures in

metro engineering, such as setting steps and reverse-slopes at metro entrance or equipping with removable flood prevention barriers and sandbags, have drawbacks including the need for long-term personnel monitoring, inconvenient use, and delayed response. [Method] Through investigation, adhering to the principle of 'prevention as the mainstay and drainage as the supplement', a comprehensive flood prevention system for metro engineering is summarized, covering aspects of metro stations, interval tunnels, vehicle depots, coordination mechanisms, disaster prevention plans, and design standard improvements. [Result & Conclusion] Addressing the shortcomings of existing anti-backflow measures, an intelligent flood prevention equipment is proposed. This equipment can manage access, provide on-site manual control, on-site automatic flood prevention, remote control, emergency manual control, and safety assistance. It can be applied to new metro stations, existing station renovations, underground garages, underground shopping malls, ensuring the safety of personnel and property.

**Key words** metro project; flood prevention system; flood gate; intelligent flood prevention equipment

近年来,由于极端暴雨天气引发城市内涝,导致地铁工程遭受水淹灾害的案例屡见不鲜<sup>[1-2]</sup>。2021年7月,由于受到连续暴雨的影响,郑州地铁进水导致全线网停运,造成巨大的损失。因此在地铁工程中,研究科学合理的防水倒灌措施、构建系统有效的防淹体系是十分必要的。

为避免地下建筑内涝灾害的发生,国内外学者做了很多研究。在防涝设计方面,国家已出台多部相关规范<sup>[3-4]</sup>,对地铁工程地下建筑与地上连通部分应采取的防淹措施作出明确的要求。文献[5]通过模拟分析了在不同降雨重现期下地铁站各出站口处的水深,结果表明,地铁站可以承受的最大暴雨重现期是40年一遇的降雨。文献[6]利用城市洪水试验模型,分析研究了有无地下空间对地表淹没过程的影响,结果表明,当有地下空间时入侵水

\*国家重点研发计划项目(2019YFC0605105)

量可达 50%。文献[7]构建了地铁防涝风险评价体系,利用该体系对某地铁线路进行风险评价,结果表明地铁防涝情况良好,但仍具有一定的防涝风险。总的来说,国内外对地下空间的研究主要集中在对内涝灾害的预测以及风险评估,尚未形成系统完备的防淹体系。

目前,地铁广泛采用在出入口处设置一定高度的台阶和反坡或配备可插入防淹挡板和沙袋等防水倒灌措施。然而,出入口台阶和反坡的高度有限,一般为 45 cm 左右,遇到汛期或偶见的极端暴雨天气,加之局部排水不畅时,地面积水高度有可能超过台阶。而采用插入式的防淹挡板,则存在需人员长期值守、使用不便捷、响应不及时等问题,若遇极端暴雨天气或压力管爆裂时,可能还来不及装上防淹挡板就已被淹。针对现有做法的不足,本文提出一种经济实用、能有效防水倒灌的智能防淹装备,并从地铁车站、区间隧道、车辆基地等方面梳理构建地铁工程的防淹体系,以保证乘客的人身安全。

## 1 地铁工程防淹体系

### 1.1 基本原则

防淹设计应强调“防为主,排为辅”的原则。同时防洪、防涝是一套完整的体系,地铁的防淹应结合城市的排水系统和防汛、防涝系统。结合城市河流、防洪渠等城市防汛排洪路径,从宏观上顶层梳理城市易涝点,进一步排查地铁沿线防汛风险点,并研究加强加固措施。

### 1.2 地铁车站

地铁车站不同部位应采取的防淹措施见表 1。

表 1 地铁车站不同部位应采取的防淹措施

Tab.1 Flood prevention measures to be taken at different locations of metro stations

序号	部位	应采用的防淹措施
1	新建站或分期在建换乘站基坑	在基坑周边设置挡墙
2	地铁与物业区域连接通道	设全断面防淹门
3	车站出入口	采用智能防淹装置
4	地铁出户管线孔洞	采用新型封堵方案
5	地铁无盖出入口及低风亭	增高出入口挡墙,提高风亭设防标准
6	车站连接下沉广场	加高加固周边挡水墙

### 1.3 地铁区间

地铁区间不同位置处应采取的防淹措施见

表 2。

表 2 地铁区间不同位置处应采取的防淹措施

Tab.2 Flood prevention measures for different locations in metro interval

序号	所处位置	防淹措施
1	洞口	增加挡墙;在盾构工作井与区间交界处,设置坠落式防淹闸门
2	无区间水位报警处	采用区间废水泵站高位报警水位信号
3	疏散平台不连续处	设置区间水位标高线并标识水灾疏散方向

### 1.4 车辆基地

车辆基地不同位置处应采取的防淹措施见表 3。

表 3 车辆基地不同位置处应采取的防淹措施

Tab.3 Flood prevention measures for different locations of vehicle base

序号	所处位置	防淹措施
1	车辆段、停车场场址周边	设置城市防洪措施
2	车辆段停车场内有沟渠穿越处	定期疏通、加固挡水墙
3	出入段线周边	在其周围设置挡水墙
4	出入段线与车站正线路基交界处	设隔水措施

### 1.5 其他方面

对于无人值守区域,应在 U 型槽、区间风井、安全出口等位置增设摄像机。而地铁车站站台层板下夹层区域水泵控制箱,应抬高安装高度或设于站台层。对于灾后无适用排水装备的车站,应及时采购适用的排水泵以及备品、备件。

### 1.6 联动机制

地铁运营管理部门、气象部门以及防洪管理部门应联防联控,形成联动机制,以保证灾害发生时第一时间采取应急防控措施。应加强对非常灾害的预测预报,及时做好关闭防淹门或者人防门的各项措施,包括暂时中断地铁运营、疏散地铁乘客及有关人员等。

### 1.7 防灾预案

防灾指挥中心及车站控制室实行全天不间断值班,加强巡视以保证及时发现和处理灾情。同时应建立救援办公室,当灾害发生时可协助防灾指挥中心以及其他部门组织抢险救灾,并应及时向政府有关部门通报灾情,寻求专业部门的帮助。

### 1.8 设计标准提升

排水装备按照 50 年一遇暴雨强度计算,100 年

一遇暴雨强度复核。应加强新建工程与运营线路隔离措施,要求新建工程接入前,在运营车站侧墙洞口处设置混凝土挡墙,新建结构与既有结构完全封闭后,方可拆除挡墙。洞口雨水泵房、区间及车站主废水泵房应建立视频监控与报警系统,同时应提高出入口、安全出口、低风亭的防淹设防标高。

## 2 防淹技术分析

为了预防雨水侵入,地铁出入口一般会设置3~4步台阶,从而使出入口高出周边一定高度,形成防淹的第一道安全防线。当出入口积水漫过路缘石,达到出入口台阶最底部时,管理人员应在出入口、垂直电梯、消防疏散通道等部位提前铺设好防洪挡板。当积水将要漫过防洪挡板,顺着台阶流向站厅时或出入口顶棚漏水严重,直接顺着台阶往下流时,管理人员应在出入口通道的排水沟后方铺设好防洪沙袋,同时开启扶梯下方集水井潜水泵,及时将积水引入城市排水管网。当出入口通道积水严重,出入口潜水泵无法及时排水时,管理人员应将便携式排污泵连接好足够长的水带,接通电源,将积水排出车站。如此形成4道防护。

在日本、欧洲、北美等地铁系统中,出入口防淹措施主要分为可移动型和固定型两类。可移动型防淹措施包括沙袋、水袋、挡水板、片式伸缩门、可移动挡水墙等,主要应对较小的水量,漏水可能性较大;固定型防淹措施,如固定挡水板、挡水墙、防水门等,其中防水门可封闭地下空间,用于阻挡较大水量,但仍有漏水的可能。

## 3 智能防淹装备

目前,地铁出入口采取的防淹措施具备一定的防汛能力,但需要大量的人员在现场值守,尤其是出入口较多的地铁站,同时还存在操作复杂、响应迟缓等问题。为此,本文提出了一种智能防淹装备。

### 3.1 主要功能

智能防淹装备将地铁常规出入口的管理卷帘门与防淹挡板进行功能性结合,门框前后两侧设置双轨道,管理卷帘安装在轨道、防淹挡板安装在后轨道,两者可在并列双轨道内由电机驱动各自独立升降,可实现出入管理、现场手动控制、现场自动防淹、远程控制、应急手动控制以及安全辅助等功能,详见图1和图2。



图1 智能防淹装备

Fig. 1 Intelligent flood prevention equipment

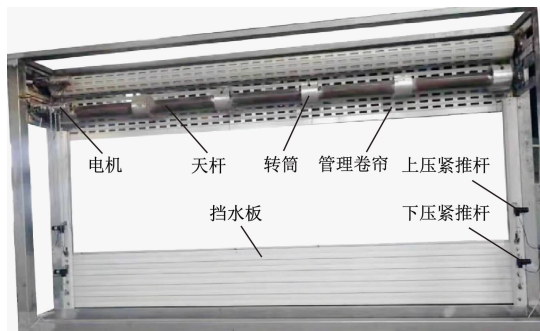


图2 智能防淹装备结构示意图

Fig. 2 Diagram of intelligent flood prevention equipment structure

#### 3.1.1 出入管理功能

正常工况下,防淹挡板收卷于顶部的卷闸箱内,欧式卷帘起到常规的出入管理功能,控制出入口的开启和关闭。遇到极端天气时,通过自动或现场手动方式将防淹挡板放下。淹水危险解除后,通过就地控制柜开关按钮,将防淹挡板收卷。

#### 3.1.2 现场手动控制

当有淹水危险或危险解除时,操作人员可通过就地控制柜的按钮实现防淹挡板的开、关操作,按钮为点动式操作。

当出现水淹且现场供电出现故障时,可手拉电机上的链条,放下防淹挡板,然后手动锁紧防淹挡板的螺钉,此时类似普通的插入式防淹挡板。

#### 3.1.3 现场自动防淹

智能防淹装备控制系统采用可编程逻辑控制器+触摸屏,配套设置静压式液位传感器。当检测到现场水位超过设定的报警水位时,控制系统发出指令,放下防淹挡板,实现自动防淹。

#### 3.1.4 远程控制

控制系统可接入BAS(环境与设备监控系统),传感器将现场实时水位通过485总线发送给车控室,运营人员根据实际情况远程发送开、关门信号。

#### 3.1.5 安全辅助功能

智能防淹装备配有语音提示功能,当现场或远



程关门时,会发出“正在关门、请避让”提示音;当水位超出报警水位时,会发出“涉水危险,请注意安全”提示音。

在智能防淹装备附近安装一套摄像头,车控室运营人员可通过该摄像头确认水位情况,以作出正确判断。同时智能防淹装备设置了机械抱闸机构,防淹挡板下降速度过快时会自动抱闸降速。

### 3.2 性能与技术参数

1) 设备主要参数:单片挡水板设计宽度按实际洞口尺寸设计,高度取 150 mm,根据不同地域防汛要求,可叠加挡水板数量,实现不同挡水高度。挡水板材质为硬铝,经计算满足强度要求。按挡水板面积选择电机。

2) 设备密封性:整体密封性能以漏水量衡量,其可通过试验进行测量,对于 6 000 mm 宽的智能防淹装备,实际漏水量实测值 23 L/min,能满足 CJ/T 453—2014《地铁隧道防淹门》的有关规定。

3) 装备对比:传统手动防淹插板与智能防淹装备的对比见表 4。

表 4 传统手动防淹插板与智能防淹装备的对比

Tab. 4 Comparison between conventional manual flood prevention baffle and intelligent flood prevention equipment

项目	传统手动防淹插板	智能防淹装备
主要结构	铝合金挡板	升降电机、卷筒组件、双轨道门框、防淹挡板、卷帘、密封胶条、纵向压紧机构、横向压紧机构等
工作模式	人工操作	通过液位传感器和联锁控制系统控制电机运行,通过电机分别驱动防淹挡板和卷帘的升降,可实现通行、防淹及关闭等工况
工作特点	专人值守、多人协作	可作为普通卷帘门,还能实现自动防淹;可实现自动化远程控制,运行稳定可靠,操作方便,无须耗费人力;防淹挡板和卷帘合二为一,功能独立

## 4 结语

1) 从地铁车站、区间隧道、车辆基地等方面梳理构建地铁工程的防淹体系,并提出了相应的解决措施。按照防淹危险性从大到小依次为在建地铁工地、与物业连接通道、洞口、出入口、孔洞、风亭、下沉广场、车辆基地等。

2) 研制了一种适用于地铁站出入口的智能防淹装备,并可拓展应用于既有站改造、地下车库、地下商场等场景。该装备具有预警和无人值守等显

著功能,目前已在洛阳、厦门等地铁项目中应用。

3) 后续可针对性地开发连接物业通道的全断面防淹门、孔洞封堵、风亭防淹等系列化新装备。

## 参考文献

- [1] 章希. 台北地铁淹水的教训[J]. 城市公用事业, 2002(3): 9. ZHANG Xi. Lessons learnt from floods in Taipei's subway[J]. Public Utilities, 2002(3): 9.
- [2] 娄厦, 刘曙光, 钟桂辉, 等. 上海地下交通设施防洪调查[J]. 地下空间与工程学报, 2010, 6(3): 611. LOU Sha, LIU Shuguang, ZHONG Guihui, et al. Investigation on flood control of traffic facilities in underground spaces in Shanghai[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2010, 6(3): 611.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 地铁设计规范: GB 50157—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014: 60-70. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for design of metro: GB 50157—2013[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014: 60-70.
- [4] 北京市规划委员会, 北京市质量技术监督局. 城市轨道交通工程设计规范: DB 11/995—2013[A]. 北京: 北京市规划委员会, 2013: 38-54. Beijing Municipal Planning Commission, Beijing Municipal Bureau of Quality and Technical Supervision. Design specification for urban rail transit engineering: DB 11/995—2013[A]. Beijing: Beijing Municipal Planning Commission, 2013: 38-54.
- [5] 方正, 刘非, 肖雪莲, 等. 基于城市综合流域排水模型的地铁站防洪模拟研究[J]. 武汉大学学报(工学版), 2016, 49(1): 60. FANG Zheng, LIU Fei, XIAO Xuelian, et al. Analysis of inundation of metro station based on integrated catchment management model[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2016, 49(1): 60.
- [6] ISHIGAKI T, KEIICHI T, KAZUYA I. Hydraulic model tests of inundation in urban area with underground space[C]// International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR). Proceedings of the 30th IAHR World Congress. Thessaloniki: IAHR, 2003: 487.
- [7] 杜发兴, 吴厚发, 张书华. 基于复合权重集对模型的地铁涝风险评价[J]. 水电能源科学, 2018, 36(6): 56. DU Faxing, WU Houfa, ZHANG Shuhua. Application of compound weight set pair model in risk assessment of subway flood control[J]. Water Resources and Power, 2018, 36(6): 56.

· 收稿日期: 2022-03-31 修回日期: 2022-07-16 出版日期: 2024-08-10  
Received: 2022-03-31 Revised: 2022-07-16 Published: 2024-08-10  
· 通信作者: 武志松, 工程师, zhisongw@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