

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.10.032

地铁车站出入口防淹措施分析

李 幸^{1,2},李 虎^{2,3},姚晨晨³,周志宇³

(1.山东轨道交通研究院有限公司,山东 济南 250014; 2.济南轨道交通集团有限公司,山东 济南 250014;
3.山东轨道交通勘察设计院有限公司,山东 济南 250014)

摘 要:为解决地铁车站因极端天气暴雨出现水淹问题,对规划、设计、施工、运营阶段出入口防淹措施进行系统性研究,通过规划考虑选址、设计多道防线、施工临时措施到位形成基本防淹措施体系,达到在运营阶段事前有防淹能力、事中有减淹能力、事后有恢复能力的防淹效果。将“海绵城市”设计理念引入到“海绵城市地铁”车站出入口综合防淹体系中,采取植草沟、透水铺装、下凹式绿地等措施,一定程度上减少地面径流和降低内涝风险,降低车站出入口对城市生态环境的影响。

关键词:地铁;车站出入口;防淹措施;多道防线

中图分类号: U231.4 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2023)10-0125-04

0 引 言

截至 2021 年 9 月 30 日,交通运输部发布国内 48 个城市开通运营城市轨道交通线路 249 条,运营里程 8 063 km,对保障城市正常运行发挥了重要作用。随着运营线路数量增多、地域跨度覆盖更广、站位选址各不相同、车站型式复杂多变,在极端天气带来的暴雨、积水、洪水情况下,出现过地铁内涝水淹的现象,造成社会负面影响和经济损失,严重时威胁到乘客及从业人员的生命安全^[1]。

研究人员^[2-6]提出了地下车站在面临暴雨不利扰动会显现出自身所具有的暴雨内涝脆弱性,采用数值模拟水侵过程,研究出入口水淹情况下的安全疏散及对策。傅萃清^[7]解决设于江心洲上的橘子洲地铁站出入口防淹的关键技术问题,牛斌^[8]分析了行洪区地铁车站出入口的防淹问题。目前,针对地铁车站出入口防淹措施尚缺乏系统性研究与分析,亟需从规划、设计、施工、运营阶段进行系统的研究分析,以有效解决车站因极端天气暴雨出现水淹的问题。

1 车站出入口水淹原因

近十年国内城市地铁车站出现过水淹的不完全统计表,见表 1。从表中可以得出,引起车站出入口水淹的原因主要是因夏季极端天气带来的暴雨引

起,在建设和运营阶段均有出现水淹情况。

表 1 近十年国内城市地铁车站水淹统计

时间	城市	地铁线路 / 车站	水淹原因
2011-06-24	北京	地铁 4 号线大兴线陶然亭站	暴雨
2012-07-29	上海	地铁 8 号线周家渡站(在装修阶段,未开通)	站外水管爆裂
2015-07-23	武汉	地铁 4 号线	暴雨
2016-06-03	南宁	地铁 1 号线(东段)百花岭站、佛子岭站(在建过程中)	暴雨
2016-06-04	东莞	地铁 2 号线东莞火车站 B 出入口	大雨积水
2016-08-10	昆明	地铁 4 号线大树营站(在建过程中)	暴雨
2016-09-29	福州	地铁 1 号线斗门站、树兜站	台风带来的暴雨
2017-06-13	深圳	地铁 1 号线车公庙站	台风带来的暴雨、站外水管爆裂
2018-06-28	成都	地铁 1 号线广福站	大雨积水
2019-06-21	武汉	地铁 11 号线光谷七路站通道	暴雨
2021-07-20	郑州	地铁 2 号线、5 号线	特大暴雨
2021-07-30	广州	地铁 21 号线神舟路站(在建过程中)	暴雨

2 规划设计阶段防淹措施

在城市轨道交通线网规划阶段,宜充分做好城市防洪或防涝的调研与分析,并编写防洪涝专篇,尤其是线路穿越河流、湖泊等水域,需提出针对性的指导意见。在可行性研究阶段,应对地铁新建线路进行防洪或防涝总体评估工作,对穿越河流、湖泊等水域的区间,对换乘站、大型枢纽站等重点车站,对行洪区的

收稿日期: 2022-12-21
基金项目: 山东省交通运输科技计划项目(2022B08)
作者简介: 李幸(1986—),女,本科,工程师,从事城市轨道交通运营管理与研究工作。

车站及区间,对处于低洼地带的车辆基地,均考虑进行防洪或防涝专题初步研究。在设计阶段,应进行防洪或防涝专项评估,根据区域水文气象、径流量、暴雨洪水特性分析、现状排水管网排水能力、场地周边积水、水文水力计算等相关资料,开展地铁新建线路防洪或防涝详细专项研究并编制专项评估报告。

2.1 参考依据

目前地铁车站出入口的防淹设计,主要依据《地铁设计规范》(GB 50157—2013)^[9](以下简称“规范”)、《室外排水设计标准》(GB 50014—2021),参考《防洪标准》(GB 50201—2014)、《城市防洪规划规范》(GB 51079—2016)、《城市防洪工程设计规范》(GB/T 50805—2012)。

2.2 设计标准

地铁车站出入口的防淹设计标准,采用100 a一遇防洪或防涝设防标准,防淹设计高程应高于所在区域100 a一遇内涝水位高程,位于具有行洪功能的河道范围内,相应的防淹设计标准应不低于河道规划设计的防洪标准。

2.3 设计措施

地铁出入口作为地下车站与外部环境连通的重要结构,是地下车站防淹设计中的重要防线,采取防淹设计措施需是重中之重。

(1) 规划设计考虑选址

出入口的选址定位主要考虑车站的站址条件、周边规划标高和现状地坪标高综合分析,宜设置在地势较高区域,并满足规范要求。

(2) 设计采用有盖型式

出入口出地面的型式主要有三种,即敞口式、半封闭式和全封闭式,宜尽量采用有盖设计。若采用敞口形式时,充分论证专门设计,应设两台排水泵,平时应一台工作,必要时两台同时工作,每台排水泵的排水能力应大于最大小时排水量的1/2,雨水泵站、排水沟及排水管渠的最大排水量按照当地50 a一遇的暴雨强度计算。

(3) 设计多道防淹防线

目前比较常见出入口防淹的第一道防线,一般采用三级踏步平台高出周边地面0.45 m,主要考虑满足“规范”第9.5.4条中“地下车站出入口的地面标高,应高出室外地面0.3~0.45 m”。而对于“规范”中“并应满足当地防淹要求,当无法满足时,应设防淹闸槽,槽高可根据当地最高积水水位确定”的相关规定,一般通过第二道防线防淹挡板或防淹门来实现。

关于出入口防淹的设防高度,暂定义为平台的高度与防淹挡板或防淹门的高度之和,“规范”中没有给出明确定义,在第28.7.1条中规定“出入口口部的防淹措施应满足当地防洪排涝要求”,执行规范要求时,可根据当地降水和工程实际情况,福州地区标准为1 m,广州地区标准为1.05 m,沈阳地区标准为1.2 m。出地面结构侧墙及尾部挡墙高度设计时,建议不宜小于1~1.2 m。出入口采用防淹挡板或防淹门的高度不宜小于0.6 m,机械化防淹挡板的单个挡板重量不宜超过20 kg,方便人工搬运,目前常见的济南地铁车站出入口防淹挡板,见图1,采用新型自动化电动防淹门,在满足性能稳定、安全可靠等要求的同时,应为轨道交通行业质检机构认证合格的地铁专用产品,目前已有济南地铁车站出入口安装电动防淹门^[10],见图2。防淹挡板的插槽单独设置在防盗卷帘的槽道内侧,不应与防盗卷帘槽道共用。在两道防淹防线下,一个出入口渗漏水的进水量建议控制值小于5 L/min,超出控制值后,及时通过出入口横截沟汇水和集水坑泵房抽排水作为第三道防淹防线。水淹严重情况应急下,启用作为特殊紧急情况下第四道防淹防线——人防门,可有效阻挡大量水涌入车站内部。



图1 济南地铁王府庄站出入口防淹挡板



图2 济南地铁北园站出入口电动防淹门

(4) 人防门兼顾防淹功能

出入口人防段装修在考虑人防门的开启高度,同时宜设为易拆卸形式,在水淹严重应急条件下,满足疏散基本要求时,可手动关闭人防门阻挡大量水涌入。

(5)引入“海绵城市”设计理念

出入口的周边环境景观设计,引入“海绵城市”设计理念,可采用植草沟、透水铺装、下凹式绿地等措施,设计成为具有一定吸水渗水能力的“海绵城市地铁”车站出入口,在一定程度上减少地面径流,降低内涝风险,同时减少对城市生态环境的影响。

(6)临时封堵预留接口。对于出入口与风道、换乘通道、站厅接口、物业(含上盖物业)车站连接处预留接口采用墙体封堵进行临时封堵。对于出入口与外部联通的预埋穿管应加强防水措施,废弃掉的穿管应进行永久封堵。

3 施工阶段防淹措施

车站出入口的土建施工工期一般小于 1 a,在土建施工阶段对附属出入口等基坑周边设置钢筋混凝土挡墙和排水沟,挡墙高度宜不小于 0.5 m,排水沟尺寸宜不小于 0.3×0.4 m,基本能够满足施工周边场地的排水要求。针对位于低洼地带区域且处于夏季施工期间,应加强防淹物资储备,做好防淹防汛应急预案,确保施工阶段防淹措施切实到位。

在尚未完成土建结构施工且施工周期持续较长的情况下,出入口与车站站厅连接处设置临时钢筋混凝土挡墙,作为施工期间防淹措施,挡墙高度不宜小于 1 m,厚度不宜小于 $0.3 \text{ m}^{[8]}$ 。

在装修施工阶段且处于夏季期间,出入口与车站站厅连接处设置临时防淹挡板,高度不宜小于 0.6 m,作为装修施工期间防淹措施,以提高防淹能力。

4 运营阶段防淹措施

4.1 监控预警

在摄像头观察范围内,于出入口附近的明显区域做好防汛水位预警和警戒水位标记线,出现大雨和暴雨情况,可以通过摄像头观察到水位高度情况,如图 3。有条件情况下,可以将端口数据接入城市安全风险综合监测预警平台,以实现常态化监测监控与预测预警分析。

4.2 应急预案

目前从国家到各地方省市均已发布相应的城市轨道交通运营突发事件应急预案,根据应急预案和行业规范,结合地区经验,制定科学合理、切实可行的运营阶段防淹应急预案,其中防洪抢险现场处置方案包括车站和出入口基本概况、防汛物资按规范要求放置到位、防汛联动机制、预案启动、人员撤离



图 3 济南地铁奥体中心站 B1 出入口水位标记线等详细内容。

定期进行防淹应急知识培训,组织防淹知识科普活动(如图 4),适时按需开展防淹应急演练,提高防淹抢险能力与效率,定期现场人工巡检防汛抢险物资,比如防淹挡板、防汛沙袋(如图 5)、防洪滑垫、吸水膨胀袋。定期远程实时检查监测设备设施运行状态,开展出入口的泵房、水泵及其控制箱检修和保养工作。



图 4 防淹挡板科普展板



图 5 防汛沙袋

4.3 联动机制

进一步完善防淹防汛应急联动机制,及时获取防洪风险评估所需的全面资料,建立相应的科学模型进行预测分析,为防洪风险评估提供支持,并加强联合救援,与气象部门加强信息共享,及时获取地区的实时降雨信息,及时预判相应区域内的地铁车站防洪分析,及早研究判断态势、启动预案。

4.4 停运机制

深入分析研究并制定极端天气状况下车站线路停运标准,根据出现极端天气的影响程度大小,采取局部出入口关闭、个别车站关闭越站、部分区段停运、单条线路停运、整个线网停运等不同程度的停运措施,并完善明确相应启动停运机制。广州地铁制定了出入口关闭、车站关闭、区段停运、线路停运、线网

停运五种不同停运机制^[1],并明确相应的启动条件,在出入口标准二级水位警戒线、一级水位警戒线、关站线,见表2。

表2 广州地铁防洪防汛停运措施及相应启动条件

编号	关闭或停运	启动条件
出入口	关闭	出入口从上往下第二级台阶下沿定为二级水位警戒线,到达二级水位警戒线车站需要搬运设置防洪挡板和摆放防洪沙袋。出入口最高级台阶下沿定为一级水位警戒线,到达该警戒线车站需要关闭该出入口。
2	车站关闭	关站线设置为防洪挡板最高处往下30 cm处,本车站关闭。
3	区段停运	当隧道轨行区积水超过轨面时或车站外部积水通过车站流入隧道,受影响区段停运。
4	线路停运	当一条线因发生隧道轨行区积水导致不相邻的两个区段停运时,本条线路停运。
5	线网停运	因为水淹导致线网至少五条地铁线路停运时,决策线网停运。

5 结 语

(1)新建或在建地铁车站出入口防淹设计,应因地制宜地综合统筹考虑安全、适用、经济等块面,制定符合本地区的防淹技术标准。开展在运营地铁车站出入口的防淹能力综合评价与分析,防淹能力不足及时采取补充措施,消除可能存在的内涝风险。对已出现内涝的地铁线路,应尽早制定并实施防淹改造方案,以防内涝再次发生。

(2)地铁车站出入口防淹设计引入“海绵城市”设计理念,建设具有一定吸水渗水能力的“海绵城市地铁”,在一定程度上减少地面径流,降低内涝风险,最大限度地降低对城市生态环境的影响。

(3)地铁车站出入口智能化防淹设计,实现信息化动态监控预警与联动机制,建立一套信息化应急物资管理与高效调配体系,形成事前有防淹能力、事

中有救灾减灾能力、事后有快速恢复能力的综合防淹体系,有助于构建地铁防淹的“智慧大脑”。

(4)地铁车站出入口防淹是地铁安全运营的需要,也是城市地下空间的防灾措施之一。在城市基础设施建设与更新改造过程中,应提高地铁沿线综合市政管网的排水能力,降低内涝风险,制定科学合理、切实可行的地铁防淹应急预案,适时开展防淹应急演练,提高防淹抢险能力与效率,落实防淹应急保障措施。

(5)地铁车站出入口防淹措施是一项系统性的工作,需规划、设计、建设、运营各阶段的人员共同合作才能做好,同时还有许多创新性的工作需要进一步深入研究。

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):9-10,46.
[2] 张丽佳.上海市地下轨道交通暴雨内涝脆弱性研究[D].上海:华东师范大学,2010.
[3] 莫伟丽.地铁车站水侵过程数值模拟及避灾对策研究[D].杭州:浙江大学,2010.
[4] 张炜.地铁车站在极端强降水事件时安全疏散的研究[D].兰州:兰州交通大学,2014.
[5] 朱海燕.北京市地铁站暴雨内涝脆弱性评估研究[D].北京:首都经济贸易大学,2018.
[6] 姚远.郑州市地下轨道交通沿线建筑物暴雨内涝脆弱性评估[D].郑州:华北水利水电大学,2019.
[7] 傅萃清.橘子洲地铁站规划设计的几个关键技术问题[J].城市轨道交通研究,2018,21(6):62-65,70.
[8] 牛斌,王琦,郭婷.行洪区地铁车站设计及安全措施研究[J].隧道建设(中英文),2019,39(4):661-668.
[9] GB 50157—2013,地铁设计规范[S].
[10] 李虎,张康,刘浩,等.地铁出入口防淹门设计[J].机械,2021,48(7):66-72.
[11] 李天研.广州地铁设关站水位线详解五种停运启动条件[N].广州日报,2021-08-09(A13版).

(上接第124页)

为例对河道保护的初步研究,还有许多相关问题需要进一步深入探讨,希望本文起到抛砖引玉的作用,有更多学者参与到河道保护规划的研究中来。

参考文献:

[1] 江苏省委办公厅、政府办公厅.关于在全省全面推行河长制的实施意见[A].苏办发〔2017〕18号.2017-03-02.
[2] 江苏省水利厅.关于开展全省河湖保护规划编制的通知[A].苏水河湖〔2019〕10号.2019-08-07.

[3] 南京市水务局.关于开展南京市河湖保护规划工作的通知[A].宁水办河湖〔2019〕70号.2019-09-09.
[4] 游振州,果利娟,尹桂平,等.南京市六合区黄木桥河河道保护规划[R].南京市水利规划设计院股份有限公司,2021.
[5] 王超,杨红卫,李荣,等.南京市六合区黄木桥河流域水利综合规划[R].南京市水利规划设计院股份有限公司,2013.
[6] 南京市水务局.2019年南京市水资源公报[N].南京日报,2020-03.
[7] 水利部办公厅.关于印发河湖岸线保护与利用规划编制指南(试行)的通知[A].办河湖函〔2019〕394号.2019-03-01.