

Research on Flood Prevention Safety Risk Assessment and Solutions during the Operation Period of Subway Vehicle Base

Qiuju Ma

Nanjing Metro Operation Limited Liability Company, Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract

In the context of global warming and the accelerated urbanization process, extreme rainfall events are increasing, and urban waterlogging occurs frequently. As a key place for subway operation, the flood prevention work of subway vehicle bases is of great significance. This article takes a flood-prone vehicle base of Nanjing Metro as the research object. By analyzing its flood prevention characteristics, the flood prevention safety risks are identified and evaluated from four dimensions: external floods, precipitation, the surrounding social environment, and self-prevention capabilities. The method of simulating heavy rainfall of different standards is used to draw the internal water accumulation map of the base, and then targeted flood prevention measures are developed. The research results provide a scientific basis and practical guidance for ensuring the safe operation of subway vehicle bases, and also offer a reference example for the flood prevention work of other subway vehicle bases.

Keywords

subway vehicle base; operation period; flood prevention; risk assessment; countermeasures

地铁车辆基地防汛风险评估及应对措施研究

马秋菊

南京地铁运营有限责任公司, 中国·江苏 南京 210000

摘要

在全球气候变暖与城市化进程加速的背景下, 极端降雨天气增多, 城市内涝频发, 地铁车辆基地作为地铁运营的关键场所, 其防汛工作至关重要。本文以南京地铁某易涝车辆基地为研究对象, 通过对其防汛特点的剖析, 从外部洪涝、降水、周边社会环境以及自身防范能力4个维度辨识评估防汛安全风险。运用模拟不同标准强降雨的方法, 分析基地内部积水情况, 进而制定出针对性的防汛应对措施。研究结果为保障地铁车辆基地安全运营提供了科学依据和实践指导, 同时也为其他地铁车辆基地的防汛工作提供了参考范例。

关键词

地铁车辆基地; 运营期; 防汛; 风险评估; 应对措施

1 引言

随着气候变暖与城市化发展, 极端降雨增多、城市内涝频发。地铁车站及线路多位于地下, 极易受到水淹及淹水倒灌的威胁。部分早期建设的地铁, 由于洪涝灾害设防标准较低, 在当前不断恶化的孕灾条件下, 面临的内涝灾害风险日益加剧^[1]。交通运输部相应出台《城市轨道交通运营安全风险分级管控和隐患排查治理管理办法》^[2], 规范风险管理。现有地铁防汛风险辨识及防涝措施研究多聚焦地铁车站, 针对地铁车辆基地的研究相对较少^[3-5]。本文结合南京地铁某车辆基地实例, 系统分析其运营期防汛风险与应对措施, 旨

在为地铁防汛工作提供实践与理论结合的参考。

2 地铁车辆基地防汛安全风险辨识评估

2.1 地铁车辆基地防汛特点分析

地铁车辆基地是集车辆停放、检修、日常维修以及综合维修中心、物资总库、培训中心和相关生活设施等为一体的综合性生产单位^[6]。一般具有以下特点: 单体建筑物多且功能各异, 占地面积较大, 多数在 20-30 公顷; 通常设置在线路两端, 地理位置偏远, 远离城市核心区, 周边居民密度低; 以地面车辆基地形式为主, 与地下车站连接的隧道, 其洞口多设置在基地内。上述特点导致车辆基地防汛存在诸多难点: 防汛风险来源广泛, 基地面积大, 部分临山或有河道穿过, 周边路政施工等易影响排水, 内外部风险交织; 汛情事件后果严重, 基地内停放大量车辆和设备, 一旦受损, 经

【作者简介】马秋菊(1991-), 女, 硕士, 工程师, 从事地铁运营防汛消防等应急管理研究。

济损失巨大,且隧道洞口若进水,将直接影响地铁正常运行;防汛管理难度大,虽有统一属地管理单位,但内部涉及多专业区域,责任划分接口多,同级单位间协调联动困难。

2.2 地铁车辆基地防汛风险辨识

从以下4个方面分析:

(1)外部洪涝:若泵站排涝能力不足、河道规模不够、河道淤塞或泵站损坏,就会导致排涝不畅,水位升高。强降雨和长江潮位顶托会使河道水位急剧上升,若再叠加排水不畅等因素,极易造成地铁车辆基地积淹水甚至倒灌轨行区。

(2)降水:南京地区暴雨、短时强降雨和强对流天气多集中在梅雨期和台风季。南京站历史最大1日降雨量266.6 mm(2017年6月10日),与郑州“7·20”极端暴雨相比,虽降雨强度相对较小,但气候不确定性增加,未来可能面临更严峻考验。

(3)周边社会环境:新投入使用的车辆基地排水能力未经汛情检验,应对大规模灾害和极端天气的能力未知。部分车辆基地存在新线接口、周边有路政施工,这些往往是防汛薄弱点。

(4)自身防范能力:存在责任落实不到位、防汛安全风险辨识不全面、不准确、部分防汛隐患排查不彻底,治理不及时;部分车辆基地内部排水、挡水能力欠缺等问题。

3 地铁车辆基地防汛工作措施

地铁车辆基地防汛工作以“预防为主”,贯穿全年,主要分为汛前准备、汛中保障及应对、汛后总结与整改三个阶段。

3.1 汛前准备阶段

汛前准备阶段旨在筑牢防汛双重预防屏障,以确定性工作应对防汛形势的不确定性。

(1)明确责任划分:结合职能职责,明确各单位、专业和岗位的防汛安全责任,实现上下联动;依据线网防汛点位,由属地责任牵头,组织相关单位落实点位防汛安全责任,完成属地联动,形成条块结合的防汛安全责任网络。

(2)摸清风险底数:开展线网防汛风险辨识,对车辆基地、隧道洞口逐一评估并确定风险等级,制定分级管控措施。

(3)人机环管防控:“物防”方面,维护检测防汛物资设备;“技防”方面,校准气象预警平台、监测设备;“人防”方面,宣贯方案、组建应急队伍、开展演练并建立外部联动;完善年度防汛方案、管理制度及应急预案。

(4)建立大数据库:对防汛相关数据进行分类分级清单管理,包括防汛安全风险、人员、物资设备、点位高程、应急预案、特殊设备位置、内外联动等各类清单,以及车站防汛备战图,确保数据准确、全面,便于管理和调用。

3.2 汛中保障及应对阶段

在推进防汛双重预防机制落实的基础上,重点做好监测预警、检查巡查、防水堵水、疏水排水、应急响应、培训演练、内外协同、极端灾害防范等八方面工作。

(1)聚焦监测预警,做好汛情感知:依托气象预警平台、风速仪、雨量计,实时掌握雨情、风量。在隧道洞口部署防汛监控报警系统,实现水位实时监测、即时报警。完善预警“叫应”机制,确保信息传达与响应形成闭环。

(2)聚焦检查巡查,做好险情排查:常态化开展巡查和隐患排查,融合专业与属地排查、雨前雨中雨后排查、实地与技术排查。明确各级检查重点,每月至少开展一次汛期安全检查,每周至少检查一次防汛应急物资,确保物资设备可用。

(3)聚焦防水堵水,做好淹水防范:各专业对设备管线穿墙孔、新线建改遗留孔进行封堵,复查易渗漏水点。督促存在防汛风险的外部单位落实防水措施,合理使用承压式防汛挡板、沙袋。

(4)聚焦疏水排水,做好积水疏排:汛前疏通排水管道、沟、渠等设施,开展排水效果试验。全线网配备大功率防汛排水车、移动排水设备和水泵,确保排水系统稳定运行。

(5)聚焦响应值守,做好应急保障:依据防汛应急预案,及时启动预警与应急响应,落实各层级值班值守和设备保障。对不满足安全运营条件的,严格执行“五级停运”要求,提前布置应急物资。

(6)聚焦培训演练,做好抢险消险:定期组织全员学习防汛预案和方案,将防汛设施操作纳入培训,提升应急抢险队员实操能力。开展综合性演练,强化专业间协同配合与应急处置能力。

(7)聚焦内外协同,做好联防联控:属地单位建立协调管理机制,在预案修订、汛情处置等环节做好组织协调,相关单位协同配合。发生突发事件,及时联系外部单位协助,联合开展演练,共享信息。

(8)聚焦极端灾害,做好疏散救援:以行业典型案例开展风险警示教育,普及极端暴雨防范知识。树立极限思维,预判风险,制定应急预案,遇极端情况果断执行“五级停运标准”,优先保障人员安全。

3.3 汛后总结与整改阶段

(1)做好防汛防台工作总结:全面分析汛情、灾情,总结全年防汛防台工作经验教训,统计各类汛情事件,如车站出入口被淹、渗漏水、积水、设备进水故障等情况。

(2)组织开展汛后安全检查:按照查全、查细、查实的原则,结合汛期险情开展汛后检查,梳理问题,分析原因,制定对策措施,并做好检查总结和资料整理。

(3)落实隐患整改和补充物资储备:统计防汛物资损耗和设施设备损失情况,对防汛物资进行维护保养和补充,落实隐患整改措施。

4 地铁车辆基地防汛风险评估与应对案例

4.1 南京地铁某车辆基地A概况

南京地铁某车辆基地A总占地面积约12余公顷,场区地势北高南低,隧道洞口位于地势最高处,雨水泵房位于地势最低处。受内外部施工影响,基地场地实际高差不大,标

高在 20.5-21.5 m，场坪标高低于围墙外侧道路，形似盆地。原排水设计方案有两路排水，但其中一路因围墙外排水明沟权属、管养问题易堵塞，未能实现原设计排水能力。

4.2 南京地铁某车辆基地 A 防汛风险辨识评估

对该车辆基地 A 的防汛安全风险从内外两方面进行分析，外部风险包括外洪、内涝、山洪，内部风险主要是点位排水。

(1) 外洪：基地所在片区主要外河为长江、秦淮新河、板桥河。相关河段的设计水位表明，基地场坪标高远高于各外河 100 年一遇设计水位，且距离外河较远，遭遇 100 年一遇洪水时，受外洪危险可能性一般。

(2) 内涝：该基地处于自排区，无需泵站抽排，不受内涝影响。

(3) 山洪：基地位于柿子树沟汇水范围内的北部汇水区域上游，地势较高，上游来水较少，遭遇 100 年一遇山洪时影响较小。

(4) 点位排水：基地场坪标高低于围墙外侧道路，周边高地雨水可能流入。基地内部雨水通过管网汇集到雨水泵房后外排，现有外排路径为接入市政管网和排至路边排水沟。雨水泵站设计标准为 4 年一遇，设计排水能力 2.155 m³/s。

通过模拟不同标准强降雨（50 年一遇、100 年一遇、汤山“7·17”暴雨、郑州“7·20”极端暴雨），在雨水泵站满负荷全天运行且下游排水通道畅通的工况下，基地内部积水情况，分析洞口受影响程度。结果显示，遭遇不同降雨时，基地积水情况各异，郑州“7·20”极端暴雨时基地基本全部淹水，积水进入联络线洞口，影响严重。

表 1 设计极端暴雨 单位：mm

降雨标准	1h 降雨量 (mm)	6h 降雨量 (mm)	24h 降雨量 (mm)
50 年一遇	96.8	178.5	283.8
100 年一遇	108.4	203.7	325.6
汤山 7·17 暴雨	73.0	202.5	224.5
郑州 7·20 极端暴雨	201.9	382.4	645.6

综合评估，该基地受外部风险影响较小，受内部风险影响大，作为新开通运营点位，防汛能力有待检验，2024 年风险等级为重大风险。

4.3 南京地铁某车辆基地 A 防汛应对措施

基于对车辆基地 A 的防汛安全风险辨识评估结果，在做好基本防汛工作的基础上，制定了以下针对性措施：

(1) 清淤排水与值守：对车辆基地内所有排水沟、排水井进行清淤，并做排水试验，确保排水畅通。汛期安排排水专业人员 24 小时驻守，密切关注雨水泵房情况。

(2) 配备挡水板：在基地出入口配备承压式可组合挡水板，该挡水板具有安装灵活、操作简单、拼接方便、坚固耐磨、承重效果好等优点。

(3) 优化应急预案：公司层面牵头编制《某车辆基地 A 防汛、水淹倒灌处置专项应急预案》，明确应急指挥部及职责、

响应分级原则、不同层级响应措施、不同部位水淹倒灌的应急处置措施、装备物资保障和内外应急力量联系方式等。

(4) 驻点备勤：收到气象部门暴雨橙色及以上预警信息后，基地启动防汛 II 级及以上响应，南京地铁运营应急抢险中心队员驾驶防汛抢险车、携带装备至基地布防，随时巡查水淹情况，保持备勤状态。防汛抢险救援车采用五十铃轻型卡车底盘，动力强、移动快，每台车配置大功率柴油发电机和潜水泵，单台排水车每小时排水量为 400-600 m³，扬程为 10-35 m。

(5) 定制防水挡板：公司联合设计院、防洪挡板生产厂家对隧道洞口进行现场踏勘，在不影响管线的前提下，设计并实施适合出入段线洞口加装防洪挡板的方案，完成墙垛砌筑养护，示例见图 1。



图 1 隧道洞口处定制安装防洪挡板

5 结语

地铁车辆基地大多相似，本文从地铁运营单位防汛工作实际出发，总结地铁车辆基地外洪、内涝、山洪、点位排水等 4 个方面防汛安全风险，分汛前、汛中、汛后三个时间段建立地铁车辆基地防汛工作体系，列举具体工作内容，期望可对地铁同仁提供参考。同时，专家经验法和安全检查表法在理论研究中往往是被认为不够科学合理的方法，但是在企业工作实践中，反而是这两种方法更常见，希望以后能有更科学、量化的方法能够降低操作难度，真正投入实践。

参考文献

- [1] 高强.天津市中心城区地铁站暴雨内涝灾害风险评估[D].天津师范大学,2022.DOI:10.27363/d.cnki.gtsfu.2022.000050.
- [2] 交通运输部.城市轨道交通运营安全风险分级管控和隐患排查治理管理办法 [EB/OL].[2024-11-09].[2025-03-26].https://www.gov.cn/gongbao/2024/issue_11746/202412/content_6991645.html
- [3] 何理,石杰红,徐登宇等.城市轨道交通工程防淹能力评估方法研究[J].地下空间与工程学报,2024,20(1):329-336.
- [4] 焦柳丹;李东荣;张羽;霍小森.暴雨灾害下城市轨道交通车站韧性关键影响因素研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2023,42(05):109-115.
- [5] 郑建春.地铁车辆基地出入段线内涝灾害数据采集与模拟分析——以北京易涝地铁车辆基地为例[J].安全,2022,43(7):0-10. DOI:10.19737/j.cnki.issn1002-3631.2022.07.001.
- [6] JT/T 1218.2-2018,城市轨道交通运营设备维修与更新技术规范第2部分：车辆[S].