

地铁防淹门系统的安全设计

毛宇丰

(广州地铁设计研究院有限公司, 510010, 广州//教授级高级工程师)

摘要 简述了地铁线路穿越江河湖泊时防水淹风险评估等级,系统地阐明了防淹门的设置原则、工艺技术要求,以及与相关专业系统的接口和功能要求。结论可为地铁防淹门的设计提供参考。

关键词 地铁;防淹门系统;设置原则;工艺技术

中图分类号 U453.6; U231

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.03.039

Safety Design of Subway Waterproof Door

MAO Yufeng

Abstract The risk assessment grade of rail transit waterproofing when crossing rivers and lakes is briefly elaborated, the setting principles of waterproof door, the technical requirements and the interface requirements with related professional systems are systematically expounded. The conclusion could provide other waterproof door systems for reference.

Key words subway; waterproof door system; setting principle; process technology

Author's address Guangzhou Metro Design & Research Institute Co., Ltd., 510010, Guangzhou, China

近年来一些城市地铁被淹,究其原因通常是由于防淹设施或措施未发挥相应的作用,主要表现为以下几个方面:一是对灾害的气象预测出现较大的偏差,灾害超出设计措施的应对能力;二是对灾害的重视程度不够,设计和建设的措施不到位;三是设计和建设均有防淹设施,但由于装修时对其进行了封闭,导致关键时刻不能发挥作用;四是地铁运营应急管理预案和培训配套措施不到位,导致灾害发生时不能及时地进行应对。

防淹门是地铁穿越江河湖泊时防水灾的重要组成部分,主要是用来防范由于地铁的地下区间结构损坏而导致的外渗漏型水灾。防淹门的设置技术已非常成熟,但防淹门的具体设置情况及其风险评估一直是防淹门设置的重点和难点。本文根据实践经验,将防淹门与各相关专业的要求相互串

接,总结归纳出地铁防淹门设计安全风险评估等级、防淹门设置原则和工艺技术要求,以及防淹门与相关专业系统的接口和功能要求,以为地铁防淹门的设计提供参考。

1 地铁水灾安全防范和防淹门设置原则

1.1 地铁水灾风险有害因素

地铁线路穿越江河湖泊时,应对建设期和运营期的风险因素进行综合评判或评估,以确定是否采取防护措施或设置防护设施。具体应考虑以下因素。

1.1.1 建设期应考虑的风险因素

建设期应考虑的风险因素为:①地铁线路穿越的江河湖泊是否通航,是否会发生意外的沉船和抛锚;②河道的水流速度、宽度和深度;③河道是否经常改动,以及河床是否经常变动;④常年水位、最高水位和最低水位;⑤两端车站最低轨面标高是否低于河面最高水位标高;⑥上下游是否有水闸,以及是否满足应急处置的要求等。

同时还应考虑工程风险和地质灾害风险。其中,工程风险应结合穿越江河湖泊处的施工工法(盾构法、暗挖法、明挖法或其它工法)、隧道顶部距离河道底部的厚度,以及区间泵房及联络通道距离河道的距离等因素进行确定。地质灾害风险应根据穿越河道处的地质情况,是否存在断裂带、断裂带距离河道的距离及地震强度和频度等进行确定。此外,建设期还应考虑爆破、沉船和抛锚及其它人为风险因素等。

1.1.2 运营期应考虑的风险因素

运营期除应考虑上述风险因素外,还应考虑河道的水流速度、宽度和深度是否会超出设计值,过往船只是否存在随意停航的情况,以及混凝土结构的耐久性等。

1.2 地铁防水灾(淹)的原则

地铁线路穿越江河湖泊时,可能发生的水灾影

响范围必须得到控制,且灾害损失必须是是可以预见并可以承受的。水灾范围可通过自然条件的限定进行控制,如水源的水量有限不足以导致大范围的水淹灾害发生,或车站轨面的高程高于水面的情况下,可通过自然条件的限定进行控制。当自然条件无法限定时,应通过地铁以外的外部设施(如节制水闸)或通过地铁的内部设施(如防淹门或人防门)进行控制。

1.3 地铁水灾风险等级划分

地铁线路穿越江河湖泊时,应依据上述防护原则和以下水灾风险等级(存在一定风险、存在较大风险、存在很大风险共3级)采取防护措施或设置防护设施。

1.3.1 建设期和运营期存在一定风险

当地铁建设期和运营期存在一定风险,最大风险是仅淹掉一个区间。但外部可对风险进行控制,因此,只具有下列风险因素时,可不采取风险防护措施。

(1) 地铁线路穿越不通航(客轮、游轮、货轮)的河道(小河、涌、水塘、鱼塘或湖)时,不存在沉船、抛锚或其它人为风险因素,不易出现突发风险。

(2) 地铁线路穿越水域的隧道两端地铁车站内的最低轨面标高,高于此水域的常年最高水位,防护与不设防护损失基本一致。

综合上述因素,地铁建设期和运营期存在一定风险时,若发生隧道局部破裂,外部可采用人工堵截、止水围堰或抛沙袋等方式进行防水控制,带来的损失基本不大。

1.3.2 建设期和运营期存在较大风险

当地铁建设期和运营期存在较大风险,外部虽可对其加以控制,但存在一定的难度。建设期存在风险但损失不大;运营期风险可采用人防门替代防淹门进行控制,可能发生的最大风险为淹掉一站一区间;也可根据需要在地铁线路穿越水域隧道两端地铁车站内设人防门,最大风险为仅允许淹掉一个区间。具有上述风险因素时,宜采用人防门替代防淹门来控制风险。

地铁设计中,应考虑设计防淹门或人防门。当风险不太大时,可采用人防门控制水灾风险。人防门与防淹门的造价相差不是太大,且两者的主要区别在于人防门与信号系统无接口、无动力驱动和控制装置,工程易于实施,维护使用亦较为简单。人防门的设置原则一般为一站一区间设置一道人防

门,也可根据需要进行加密设置;在考虑具有防淹功能要求时,人防门应与工程同期实施。

1.3.3 建设期和运营期具有很大风险

当地铁建设期和运营期具有很大风险,且外部措施无法控制,内部亦不能及时采取措施控制水灾范围而导致损失无法判断时,必须设置防淹门控制风险。在线路穿越水域隧道两端地铁车站内设防淹门,最大风险为仅允许淹掉一个区间。具有下列风险因素时,必须设置防淹门控制风险:①地铁线路穿越通航(客轮、游轮、货轮)的河道(江、河、大湖),且线路位于主航道上;②存在沉船和抛锚及其它人为风险因素;③线路穿越水域隧道两端地铁车站内的最低轨面标高低于此水域的常年最高水位。

1.4 地铁水灾安全防范的原则

地铁安全防范的原则中,涉及生命安全的必须考虑设置防护装置。涉及财产安全的保护和防护,一般均采用以小博大的原则:被保护的对象一旦出现意外,其直接损失和间接损失之和接近安全防护投入时,一般建议可不考虑以上安全设施;当被保护的对象一旦出现意外,其直接损失和间接损失之和接近安全防护投入的10倍时,宜考虑以上安全设施;当被保护的对象一旦出现意外,其直接损失和间接损失之和接近安全防护投入的10~100倍时,应考虑以上安全设施;当被保护的对象一旦出现意外,其直接损失和间接损失之和接近安全防护投入的1000倍时,必须考虑以上安全设施。

1.5 地铁防淹风险评估的门槛

对于地铁线路穿越水域水量的界定,建议对蓄水量超过 $100\,000\text{ m}^3$ 以上的水域进行研究和安全性评估,并考虑是否采取防护措施;对于低于 $100\,000\text{ m}^3$ 以下的水域,建议简化评估程序。

2 防淹门工艺技术要求

(1) 防淹门宜设置在进出水域两端适当位置或隧道的两端与车站的结合部;如防淹门设置在区间,应具备运营人员便捷到达的条件;防淹门不宜设置在线路曲线上以及道岔区段内。为确保地铁安全可靠行车,在正常状态下,防淹门应处于安全固定的全开状态。

(2) 结合现场的具体情况,可选择下落闸门式(平面滑动式)防淹门,亦可选择平开型(人字形门或横拉式门)防淹门、人防门兼防淹门(防淹防护密闭隔断门)或其它形式的防淹门。防淹门可兼作人

防门,人防门亦可兼作防淹门,其功能定位宜以危险程度、安全性及性能指标中的高要求为主,同时兼顾低要求。

(3) 防淹门的机械和结构应满足 100 a 使用寿命要求,门体、监控系统和驱动设备应满足 30 a 使用寿命要求;启闭设备主要采用液压启闭机和双钩电动葫芦两种,亦可根据不同应用场景选用不同类型的闸门启闭设备。液压启闭机应配置后备电源,以保证系统正常运行时间不得小于 1 h,在 1 h 内应能进行 2 次开、关闸门操作。

(4) 防淹门应满足最大静压和 3 m 高水压的冲击,止水面应设在背水一侧,借助水压、门体及其上的密封材料来提高密封效果。

(5) 防淹门监控系统应具备中央、车站、就地三级监视和车站、就地二级控制功能,中央级监视和车站级监视功能应由综合监控系统实现。

(6) 防淹门的监控和驱动系统设备应安装在距防淹门较近的安全区域,同时应设置专用机房,并确保通道的畅通,同时不应影响其它系统正常运行。

(7) 防淹门系统设计及操作使用应按照技防和人防双重安全防范进行设计,并配合设置物理安全防范,以便确保安全。同时运营期应配套编制安全管理、安全操作和安全监督规程,并对员工进行培训和考核。

(8) 防淹门、系统设备及专用机房应按有人巡视和无人值班的运行模式进行设计,并按照安全、可靠、先进、经济、实用的原则进行系统配置。

(9) 防淹门专用机房内应设专用电话,必要时可与控制中心调度和车站值班员通话。作为物理安全防范措施,控制中心中央控制室和车站控制室应对防淹门、系统设备和专用机房进行监视,防淹门、系统和专用机房内应设闭路电视监视摄像头,专用机房门应设门禁和摄像头,并与闭路电视监视系统实现联动,有人进入时应有音响警示及图像弹出,必要时车站控制室也应设闭路电视监视摄像头,防止人为误操作。

(10) 从控制命令发出到防淹门完全关闭的时间应不大于 1.5 min。当隧道内水头不大于 3 m 时,防淹门(闸门式)应能在 1.5 min 内关闭到位。

(11) 控制中心中央控制室、车站控制室和防淹门专用机房的防淹门监控系统应具有防淹门水位预警和报警,以及防淹门状态信息的声光提示功

能,同时亦应具有自动、远程手动及就地操作等控制功能。

(12) 防淹门监控系统应独立设置,但不宜单独组建全线监控系统。中央级和车站级功能应集成到具有全线功能的综合监控系统(ISCS)中实现,且应首选集成到 ISCS 来实现中央、车站、就地三级监控功能。

(13) 车站控制室 IBP(综合后备操作盘)上应具备除允许关闭防淹门以外的所有操作功能,并应做好控制按钮的安全防护,以防误动和操作;允许关闭防淹门的命令应通过控制中心综合监控发出,从而实现异地安全操作。

(14) 防淹门系统应具有水位自动探测功能。水位传感器(或探测器)应设置在区间最低处。每扇门的水位信息采用三取二的安全性信号采集方式自动进行确认,以降低误报和误动作,从而实现三级水位和上升速率的预警和报警。

(15) 区间水位报警包括一级水位预报警、危险水位报警及水位上涨超速报警。当区间隧道出现漏水危险并发出报警信息时,防淹门系统应自动向信号系统发出关闭防淹门请求,此时由信号系统自动确认区间隧道列车出清,并发出允许关门指令,经控制中心中央控制室调度人工确认后,向车站控制室值班员发出允许关门指令,并由车站控制室值班员控制防淹门关闭。

(16) 当信号系统出现故障,无法发出允许关门指令时,应通过其它相关系统(ISCS)实现异地远程手动操作以确保安全。车站控制室向控制中心中央控制室发出关闭防淹门请求,控制中心中央控制室调度人工确认区间隧道列车已出清,并通过综合监控中央级系统发出允许关门的控制信号,或通过电话向车站控制室值班员发出关门指令,并由车站控制室值班员控制防淹门关闭。

3 防淹门相关专业系统接口和功能要求

当控制中心中央控制室和车站控制室均无法发出关门控制指令时,控制中心中央控制室的调度应授权车站的工作人员就地进行防淹门关闭操作,控制中心中央控制室调度和车站控制室值班员应通过视频监控系统进行远程监督来关闭防淹门。防淹门相关专业系统接口和功能要求如下:

(1) 区间隧道安全侧排水泵的设置能力,宜与防淹门或人防门的泄漏量相匹配。

(2) 牵引供电接触网(刚性、柔性或三轨)的设计,应满足防淹门无障碍关闭和断电的要求,连续设置的接触网应具有远程控制切断的功能。

(3) 防淹门应在轨道上进行空间及钢轨的预留,并应在轨道上进行门槽的固定及预埋设计,同时轨道专业应配合防淹门门体与防淹门处轨道轨枕间隙的设计及其与轨道相结合的止水封的安装及接口配合。

(4) 对穿越防淹门两侧结构的管线孔洞,应做好预留和封堵。针对远期更新改造、升级和发展整体预留的孔洞数量,应不低于已使用数量的 30% ~ 50%。预留孔洞宜采用法兰封堵。

(5) 防淹门的电源应满足安全性和可靠性的要求,防淹门监控系统应采用 UPS(不间断电源)进行供电,且 UPS 后备时间应不低于 1 h。

(6) 防淹门与信号系统之间必须实现正确的联锁关系,以确保旅客和列车的安全;防淹门应为信号系统提供防淹门状态信息以及请求关闭信息,信号系统为防淹门系统提供允许关闭信息,接口方式宜采用开关量无源接点。

(7) 信号系统提供给防淹门允许关闭信息,且接口分界点宜布置在防淹门控制室接口端子盘上;防淹门给信号系统提供防淹门完全关闭状态信息和防淹门请求关闭信息,接口分界点宜布置在信号设备室分线架上。

(8) 为保证安全行车,防淹门的全开状态信息必须发送至信号系统,以便在防淹门失去全开状态

时,信号系统可以进行列车的控制,使列车停在安全区域。

(9) 防淹门门体、专用机房(动力驱动机房和控制系统机房)及与防淹门相关的系统机房应当满足密闭性和防淹没设计要求。防淹门专用机房可以将动力驱动机房和控制系统机房进行合设,也可以对其进行分设;与防淹门相关的系统机房是给防淹门供电的机房和信号系统及通信系统的机房,应当设置在防淹门的保护侧,并满足密闭性和防淹(没)设计的要求。

4 结语

地铁防淹门设计涉及的各种可变因素较多,各种因素的组合又可派生出新的评估条件。因此,设计时需要慎重收集各种相关数据和材料,以便进行综合科学的风险评判,以确保地铁设施的安全可靠和乘客的生命安全。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,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,2013.
- [2] 孙增田. 广州地铁 2 号线防淹门系统的设计分析[J]. 都市轨道交通,2004,17(增刊):73.
- [3] 卢昌仪. 地铁防淹门系统的设计[J]. 都市轨道交通,2005,18(4):116.

(收稿日期:2018-06-08)

(上接第 141 页)

区的地质条件及经济要求,具有工作面大、效率高、工序少和施工安全等显著优点,具有较强的经济适用性。因此,在重庆地区层状岩地层超大断面暗挖地铁车站施工中,建议采用双层叠合初支拱盖法施工。

参考文献

- [1] 朱泽兵,刘新荣,张永兴. 大跨超浅埋轻轨车站隧道开挖方法研究[J]. 岩石力学与工程学报,2005,24(2):290.
- [2] 陈林杰,梁波,王国喜. 浅埋暗挖超大断面地铁车站隧道开挖方法研究[J]. 地下空间与工程学报,2013(4):928.
- [3] 丁春林,王君,王高彦,等. 浅埋大断面公路隧道开挖施工工法

比选[J]. 现代隧道技术,2014,51(增刊1):6.

- [4] 贾贵宝. 拱盖法在地铁车站施工中的应用[J]. 合作经济与科技,2011(12):126.
- [5] 吴学锋. 土岩复合地层拱盖法施工三维有限元数值模拟[J]. 城市轨道交通研究,2012,15(8):135.
- [6] 李磊. 深埋大断面隧道有限元二维应力分析[J]. 科技信息,2012,33:357.
- [7] 华福才,雷刚,郑广亮. 硬岩地区大跨度矿山法地铁隧道的沉降分析研究[C]//中国土木工程学会. 中国土木工程学会第十五届年会暨隧道及地下工程分会第十七届年会论文集. 昆明:中国土木工程学会隧道及地下工程分会,2012:7.
- [8] 张顶立,王梦恕,高军,等. 复杂围岩条件下大跨隧道修建技术研究[J]. 岩石力学与工程学报,2003,22(2):290.

(收稿日期:2017-05-10)