

# 中低速磁浮交通高架桥梁多功能疏散平台优化设计

邱冰<sup>1</sup> 邓昆<sup>1</sup> 梁潇<sup>2</sup> 陈峰<sup>2</sup> 戴旺<sup>1</sup>

(1. 湖南省交通规划勘察设计院有限公司, 410008, 长沙;

2. 湖南磁浮技术研究中心有限公司, 410208, 长沙//第一作者, 高级工程师)

**摘要** 针对中低速磁浮车辆需要“抱轨”运行、轨道梁上逃生通道设置困难等问题,详细介绍了长沙磁浮快线高架桥梁多功能疏散平台设计方案。从缩短线间距、降低工程造价等方面,提出了基于疏散平台设置于轨道梁之间、轨面以下的优化方案,以及疏散平台布置于U型主梁上翼缘的优化方案,并对三种设计方案进行了综合比选分析。研究表明:多功能疏散平台优化方案检修工作面大、结构工程量少、美观性好、工程造价低,具有良好的经济适用性。

**关键词** 中低速磁浮交通; 高架桥梁; 疏散平台

**中图分类号** U298.2; U237; U448.28

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2020.09.009

## Optimum Design of Multifunctional Evacuation Platform for Medium and Low Speed Maglev Transportation Viaduct

QIU Bing, DENG Kun, LIANG Xiao, CHEN Feng, DAI Wang

**Abstract** In view of the “holding track” running and the difficult setting of escape passage on the track beam problems for medium and low speed maglev vehicle, the design scheme of multifunctional evacuation platform for Changsha Maglev Express Line viaduct is introduced in detail. From aspects of shortening the distance between lines and reducing the engineering cost, the improved schemes of evacuation platform being set between the track beams, below the track surface, and at the upper flange of the U-shaped main beam are proposed, then comprehensively compared and analyzed. The research shows that the improved schemes of multifunctional evacuation platform have obvious advantages in large overhaul face, less structural engineering, good aesthetics, low cost and good economic applicability.

**Key words** medium and low speed maglev; viaduct; evacuation platform

**First-author's address** Hunan Provincial Communications Planning, Survey & Design Institute Co., Ltd., 410008, Changsha, China

随着我国城市轨道交通建设的快速发展,磁浮作为一种新型交通方式,符合绿色交通、可持续发展的宗旨,与两型社会发展相契合,具有运行平稳、舒适、噪声低、选线灵活、造价省等优点,其优越性正逐步为大众所接受。疏散平台作为城市轨道交通的突发事件主要逃生通道,对确保乘客疏散和抢险人员快速进入现场起到至关重要的作用。

文献[1]通过城市轨道交通区间疏散模式研究,综合了既有疏散模式的优点,提出了地铁区间疏散模式的改进方案,即联合疏散模式。该方案提出设置疏散平台,将平台作为疏散通道和乘客从车厢至道床的台阶,乘客通过道床和疏散平台同时进行疏散。文献[2]基于铁路隧道救援通道走行板与客车车厢地板面高差较大,通道边缘距离车体间隙较大等问题,建议对现行的建筑限界进行局部修订,以改善救援通道的设计条件。文献[3]通过上海轨道交通10号线列车追尾碰撞事故的深入思考,提出了地铁应急救援通道建设的若干建议。文献[5]针对检修(救援)通道的使用环境及重庆山城的地形特点,论述了重庆轨道交通3号线一期工程检修(救援)通道制作安装工程的优化设计与施工,提出了合理的吊装施工方案。

综上所述,国内外救援通道、疏散平台、防灾救援研究主要集中于长大隧道、地铁区间等方面,对于轨道交通高架桥梁救援通道及疏散平台研究鲜有文献涉及。磁浮高架桥梁作为磁浮交通的重要组成部分,占线路比重大,救援疏散困难,故其疏散平台设施的建设显得尤为重要。为了增强磁浮交通的运营安全性,探索一种经济适用的集人群疏散、检修通道、管线敷设、部分设备安装等功能于一体的多功能疏散平台,具有较高的工程价值与实用价值。本文依托长沙磁浮快线工程,针对磁浮轨道交通多功能疏散平台,进行了优化设计研究,以期对相应工程提供借鉴经验。

## 1 工程概况

长沙磁浮快线位于长沙市东部,连接高铁南站与黄花机场。线路途经长沙市雨花区和长沙县黄兴镇、榔梨镇、干杉镇,全长 18.54 km,其中高架线路(含车站)总长 17.636 km,低置线路总长 0.904 km。全线设磁浮高铁站、磁浮榔梨站、磁浮机场站三个车站和车辆综合维修基地一处。长沙磁浮快线为我国首条自主设计、自主施工、自主制造、自主管理的具备完全知识产权的磁浮轨道交通线路。

## 2 桥梁多功能疏散平台研究

桥梁多功能疏散平台大致可分为侧向平台疏散和轨行区疏散两种方式。高架区间的疏散平台除在区间端头由步梯下至桥面外,一般为贯通设置。通常情况下,区间双线桥梁疏散平台设置在两线之间,单线桥梁疏散平台则单侧设置。疏散平台面板可采用预制钢筋混凝土平台板、水泥基复合板或酚醛树脂复合板,平台面板下设置钢筋混凝土或钢结构立柱作为支撑。

### 2.1 疏散平台选型研究

根据磁浮桥梁的特点和运营模式,结合现状技术研究,长沙磁浮快线采取两线之间贯通设置疏散平台,疏散平台集人群疏散、检修通道、管线敷设、部分设备安装等功能于一体,采用全钢结构、标准化构件拼装,满足方便疏散、安装容易等要求,实现预留管线接口功能。

### 2.2 疏散平台原设计方案

为满足前述功能需要,疏散平台设置为双层结构,上层为疏散通道,下层为检修通道,检修通道两侧布置通信、信号设备及强、弱电缆。疏散平台结构由步板、主梁、立柱、柱脚锚栓、栏杆组成。多功能疏散平台立面布置图如图 1 所示。

多功能疏散平台原方案的主要构件设计如下:

1) 步板采用 WB325 钢格栅板,负载扁钢中心间距 60 mm,横杆间距 50 mm,钢格栅板加盖网格钢板。

2) 主梁采用 I 25a 工字钢,分段运至现场后通过连接板连接,设计连接位置在柱脚左右侧 250 mm 处,主梁通过螺栓与柱头垫板连接。

3) 次梁采用 2L75×8 角钢,通过横隔板与主梁连接。

4) 立柱采用 216a 槽钢,设三道缀板。立柱与

柱头垫板焊接,通过 U 型螺栓与横梁(分离式简支梁、连续梁)、柱脚基础(整体式连续梁)连接。

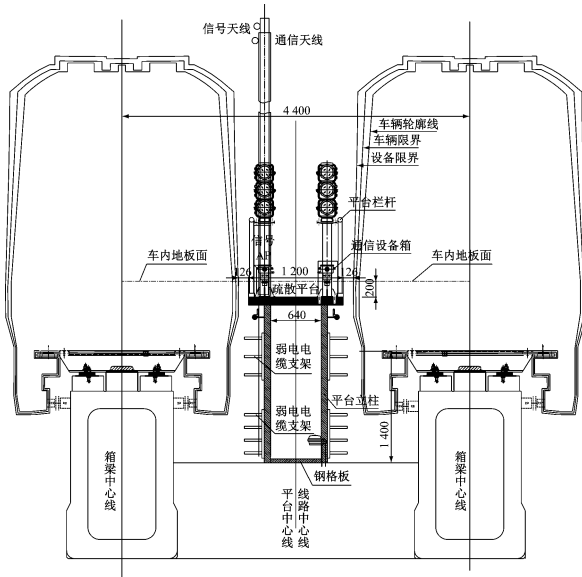


图 1 多功能疏散平台立面布置图

5) 栏杆和扶手采用  $\phi 60 \times 3$  圆钢,立柱底端通过垫板、螺栓与悬板连接。

6) 主梁结构采用 Q235 钢,M16、M12 采用 B 级、8.8 级螺栓,M6 采用 C 级、4.8 级螺栓。

长沙磁浮工程疏散平台施工照片如图 2 和图 3 所示。



图 2 长沙磁浮工程疏散平台施工照片

## 3 桥梁多功能疏散平台优化方案

桥梁多功能疏散平台优化方案主要从建筑限界、线间距及工程经济性等方面考虑,提出了两个优化方案,并针对三个方案进行了综合比选。

### 3.1 优化方案一

长沙磁浮工程能疏散平台设置在线路中间,线间距较大,轨道梁下部空间无法充分利用。优化方案一基于缩短线间距,减少结构工程量,降低工程



图3 长沙磁浮工程疏散平台现场图

造价为出发点,将多功能疏散平台设置于高架区间轨道梁之间,采用轨面下方方案,将原线间距4.4 m缩小为3.8 m,具备检修平台、电缆桥架和疏散乘客功能。其示意图如图4所示。

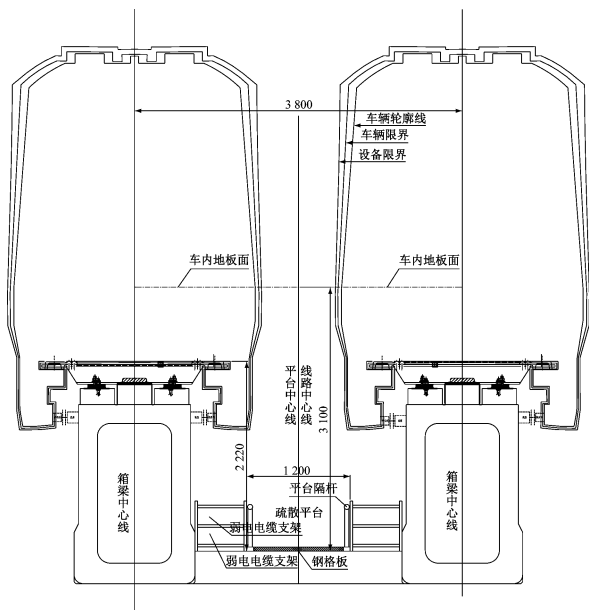


图4 优化方案一疏散平台示意图

标准段的疏散平台主体结构由3根工字钢梁并排组合而成,在钢梁上敷设普通钢格板作为行走面。疏散平台表面低于轨道梁220 mm,低于车内地板面3100 mm。在紧急情况下,列车上采用充气式救生滑梯,将乘客疏散至平台,乘客从平台向车站端走行疏散。强、弱电均布置于两侧,便于检修维护。疏散平台与电缆之间设置平台隔板,起安全防护作用。

主要构件设计如下:工字梁规格为550 mm × 250 mm,端部简支于横梁上;支座采用直径150 mm的球冠橡胶支座,可有效抵消纵坡的不利影响;预

埋件采用不锈钢材质,以杜绝该部分发生腐蚀,同时对橡胶支座起到保护作用;钢梁上设置挡块,与预埋件的挡块配合,防止疏散平台发生窜动。

### 3.2 优化方案二

长沙磁浮工程轨道梁结构截面尺寸由于受到车辆限界的限制常常只能采用小型箱梁结构。尽管这种结构梁部体量较小,但是由于梁体截面较弱,跨度不宜太大,因此,下部工程量会在一定程度上增加,桥墩尺寸为2.8 m × 2 m。由于梁体需要曲梁曲做,并常常要扭转,梁体预制及安装时需一一对应,且内模无法取出,施工工艺复杂,模板成本高。轨道梁架设精度对供电轨、轨道安装影响大,架设控制要求高。此外,由于磁浮车辆运行时需要“抱梁”,轨道梁上逃生通道设置比较困难,梁上操作空间小,轨道结构以及供电轨安装难度大,尤其在高墩地段更为困难。轨道梁梁面无设置声屏障条件,亦无法设置电缆槽,通信、信号电缆暴露在梁体外部,桥梁景观效果较差。轨道梁外侧供电轨临空,供电轨的安装、检查、维修困难,且临空面供电轨无任何防护措施,安全隐患大。

故优化方案二从梁结构形式出发,采用U型梁结构,线间距4.4 m,将疏散平台布置在主梁上翼缘;上翼缘布设走行板形成疏散通道,可兼做检修通道。U型梁下部空间可布设通信信号、电力电缆等管线。疏散通道顶面低于车厢地板约0.2 m,宽度为1.2 m,两侧设栏杆。为方便乘客疏散,栏杆每隔50 cm交错设置空挡,空挡顶端设置可打开吊链。其余设备如信号机、维修箱、灯具、声屏障等可设置在U型梁两侧。其示意图如图5所示。

该方案所采用的U型梁结构是一种下承式桥梁结构,是在城市轨道交通系统中一种较有竞争能力的梁型。其主要纵向承力通过两侧腹板传递,中间底板作为横向联系结构,结构高度较低,能降低有净空要求的特殊地段的控制梁高;U型断面两侧腹板能起到类似声屏障的作用,在一定程度上减少车辆噪声对周围环境的影响;U型梁两侧主梁可防止脱轨车辆倾覆下落,给行车安全提供了可靠的保证。U型梁体量小,施工方法灵活,既可梁上运架施工,又可通过地面道路运输、汽车吊架设施工。梁体两片分开设置,线间距变化时,U梁可随线路调整位置,对线路的变化适应能力强。相对于箱梁结构,U型梁截面刚度高,桥墩尺寸可优化至2.0 m × 1.8 m,有利于减少下部结构工程量,工程经济性较好。

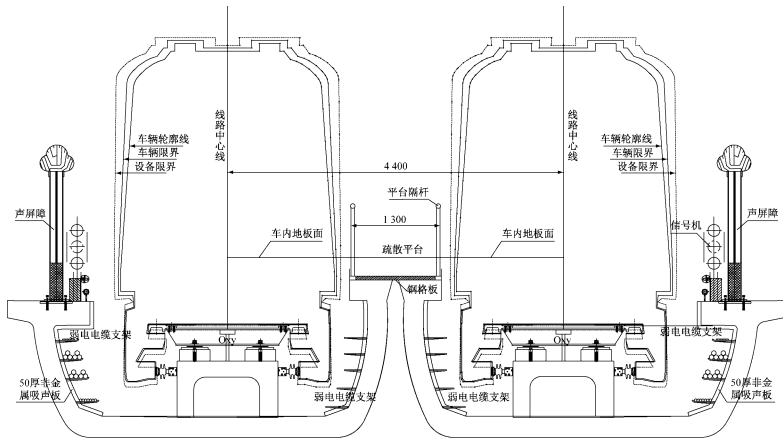


图5 优化方案二疏散平台示意图

3.3 方案比较分析

方案进行对比分析,其结果如表 1 所示。

从便利性、经济性、适用性等方面对上述三种

表 1 多功能疏散平台三种方案对比表

项目	长沙磁浮工程方案	优化方案一	优化方案二
主要特点	多功能疏散平台于两线之间贯通设置,采用全钢结构,上层为疏散通道,下层为管线敷设,线间距受限	多功能疏散平台设置于轨道梁之间,位于轨面以下,采用紧急滑梯进行疏散,利用箱梁壁设置电缆支架及电缆槽,线间距可调	多功能疏散平台布置在主梁上翼缘,利用 U 梁断面空间布设通信、信号、电缆等管线,具备良好的声屏障安装条件,线间距受限
疏散便捷性	好	较差	好
检修便利性	差	较好	好
结构工程量	大	小	小
管线敷设难度	中	较小	小
设备安装难度	较大	大	小
施工难度	大	较小	小
美观性	差	中	好
工程用地	较多	较少	少
工程造价	高	低	中

1) 疏散便捷性。长沙磁浮工程方案和优化方案二由于疏散平台底面标高仅低于车辆地板 0.2 m,乘客可由列车直接走行至疏散平台,便捷性好。优化方案一需借助紧急充气式救生滑梯,疏散至逃生通道,较之便捷性差。

2) 检修便利性。长沙磁浮由于采用上下分层式多功能疏散平台,检修人员需钻入下部狭窄空间进行电缆及供电轨检修,作业面小,检修效率低,且轨道梁外侧供电轨无法通过疏散平台进行检修,因此,其检修便利性差。优化方案二利用 U 梁自身封闭空间形成检修作业面,且全方位兼顾到各种电线、电缆及通信设备,检修便利性好,难度低。同时,将电缆及相应设备布置于梁内,可充分提高其耐久性和美观性。

3) 结构工程量。长沙磁浮多功能疏散平台采用两层全钢结构,需设置纵梁、横梁且线间距较大,无论是疏散平台本身还是高架结构,工程量均较大。优化方案一缩短了线间距,充分利用梁壁布设电缆支架等结构,将疏散平台直接敷设于横梁上,大大较少了结构工程量。优化方案二疏散平台直接利用 U 型梁上翼缘,可方便设置逃生通道,其结构工程量较前两种方案最小。

4) 管线敷设难度。三种方案由于采用多功能疏散平台设计,管线敷设均结合疏散平台进行实施,大大减少了敷设难度。优化方案二采用 U 型断面内敷设,施工作业面大,且梁外侧供电轨可转为断面内敷设,其难度最小。

5) 设备安装难度。优化方案一中疏散平台置

于轨面以下,由于高差原因,通信设备和信号设施布设困难。长沙磁浮线外侧声屏障设施布设难度大,供电轨受流器安装需借助外部设备。优化方案二具备良好的声屏障安装条件,设备设置条件最优。

6) 施工难度。结合上述条件可知,优化方案二施工难度最小,长沙磁浮方案施工难度最大。

7) 美观性。优化方案二将所有电缆及轨道结构设置于U型梁内,美观性最佳。

8) 工程用地。上述方案均采用单柱式桥墩,占地面积小,由于中低速磁浮交通对桥墩刚度要求高,小型箱梁结构截面刚度小,为满足刚度要求,桥墩所需截面尺寸较大,下部工程量会在一定程度上增加。优化方案二U型梁截面刚度高,桥墩尺寸可优化至2.0 m×1.8 m,可有效减少工程用地范围。

9) 工程造价。优化方案一由于有效缩短线间距,结构工程量小,造价最低。优化方案二采用U型梁结构,多功能疏散平台梁形利用率高,且U型梁截面刚度高,其较之箱梁结构无论从疏散平台工程量考虑,还是从整体工程量考虑,结构工程量均可适当减小,工程用地范围减少,故工程造价也较长沙磁浮方案低。

综上所述,优化方案二将多功能疏散布置于主梁上翼缘,利用U型梁断面空间布设通信、信号、电缆等设备设施,各方面性能在三种方案上都较优,具备良好的经济适用性。缺点是U梁方案对曲线线路线间距存在影响,在小曲线半径地段需要线路适当拉开线间距,截面外形不规则,较之箱梁结构模板加工难度加大,施工工艺较复杂。

综合考虑景观、工程经济性、施工安装及检查维护的要求,在景观要求高的城市中心区及旅游风景区优先采用U型梁结构疏散平台设计方案。

## 4 结语

长沙磁浮快线多功能疏散平台有效解决了中低速磁浮交通高架桥梁乘客紧急情况下救援疏散问题,并兼具检修通道、管线敷设、部分设备安装等功能于一体。实践证明,这是解决中低速磁浮高架桥梁防灾救援的有效手段,但其检修便利性、设备安装、施工便捷性和美观性都有进一步优化空间。本文通过总结长沙磁浮快线多功能疏散平台设计经验,提出了将多功能疏散平台设置于轨道梁之间的优化方案一,以及布置于U型主梁上翼缘的优化

方案二。研究表明:磁浮高架桥梁采用U型梁方案多功能疏散平台布置于主梁上翼缘,充分利用U型梁断面空间布设通信、信号、电缆等管线方案,具有检修工作面大、结构工程量少、美观性好、工程造价省等优点,能较好适用磁浮交通综合疏散要求,具有较强的经济适应性。综合考虑景观、工程经济性、施工安装及检查维护的要求,建议在后续中低速磁浮交通工程设计中,除小半径的曲线、大跨度的连续梁及运架施工受隧道工期影响较大的局部地段采用箱梁结构,布置箱梁走行多功能疏散平台外,在景观要求高的中心城区及旅游风景区优先选用U型梁结构多功能疏散平台设计方案。

## 参考文献

- [1] 余惠林. 基于联合疏散模式的疏散平台设计与轨旁设备布置的研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2008.
- [2] 马志富. 对完善铁路隧道救援通道功能有关的技术标准修改建议[J]. 铁道标准设计, 2015(3): 93.
- [3] 朱志祥, 倪浩. 浅谈地铁应急救援通道建设: 上海地铁事故启示[J]. 中国应急救援, 2011(6): 27.
- [4] 李茂鹏. 高速铁路长大桥梁在突发事件中人员逃生模式、逃生效率及抗震能力研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2011.
- [5] 周维. 重庆轨道交通3号线检修(救援)通道深化设计与施工[C]//中国土木工程学会城市轨道交通技术推广委员会. 2010城市轨道交通关键技术论坛论文集. 北京: 中国土木工程学会, 2010: 2.
- [6] 周晓明, 刘万明. 长沙中低速磁浮工程建设中的重要举措[J]. 城市轨道交通研究, 2016(5): 1.
- [7] 肖飞. 中低速磁浮交通的技术经济性分析[J]. 铁道工程学报, 2017(3): 99.
- [8] 杨铭. 长沙南至机场中低速磁悬浮工程限界研究[J]. 铁道标准设计, 2017(3): 19.
- [9] 李艳, 叶新, 徐银光, 等. 中低速磁浮交通系统疏散平台疏散能力研究[J]. 铁道工程学报, 2018(8): 81.
- [10] 王浩, 洪玲, 徐瑞华. 突发事件下地铁车站人员疏散引导分析[J]. 城市轨道交通研究, 2012(1): 70.
- [11] 于晨昀. 张呼客运专线桥隧密集段防灾救援疏散设计研究[J]. 铁道标准设计, 2012(增刊1): 42.
- [12] 庾志章. 影响安全疏散若干因素的思考[J]. 广西民族大学学报(自然科学版), 2007(增刊1): 77.
- [13] 何江斌, 陈国升. 跨座式单轨交通高架线路疏散救援系统的建设[J]. 现代工业经济和信息化, 2017, 7(8): 54.
- [14] 马全军. 谈城市高架路桥设计中的消防救援问题[J]. 武警学院学报, 2010, 26(8): 53.
- [15] 何江斌, 陈国升. 跨座式单轨交通高架线路疏散救援系统的建设[J]. 现代工业经济和信息化, 2017, 7(8): 56.

(收稿日期: 2017-12-12)