

雄安新区地下综合交通枢纽轨道交通 预留工程设计要点^{*}

李和勇¹ 邢家勇² 毛 维¹

(1. 中国铁路设计集团有限公司城交事业部, 300142, 天津;

2. 中国铁路设计集团有限公司总包事业部, 300308, 天津)

摘 要 [目的] 针对雄安新区大型地下综合交通枢纽建设时序不一的问题, 为减少二次建设影响并降低后期难度、风险与投资, 需对雄安新区地下综合交通枢纽建设中预留的轨道交通工程的设计要点进行深入研究。[方法] 介绍了雄安新区雄安城际站、小里站及金融岛站等枢纽的基本概况, 分析了地下综合交通枢纽预留轨道交通工程的必要性, 总结了枢纽预留轨道交通工程的设计理念, 提炼了枢纽轨道交通预留工程的设计要点。[结果及结论] 枢纽轨道交通预留工程的设计要点为: 以规划条件为基础, 确定系统制式及车辆编组; 以整体最优为思路, 确定合理的线路站位及站型; 以站城融合为策略, 统筹城市功能与交通功能; 以一体化设计为理念, 完善枢纽布局方案; 以集约适度为原则, 研究枢纽分期实施; 以精细落地为目标, 统筹预留预埋措施。

关键词 雄安新区; 地下综合交通枢纽; 轨道交通预留工程

中图分类号 U291.7⁺3

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2025.01.015

Key Design Points of the Reserved Rail Transit Project in Xiong'an New Area Underground Integrated Transportation Hub

LI Heyong¹, XING Jiayong², MAO Wei¹

(1. Urban Rail System Division, China Railway Design Corporation, 300142, Tianjin, China; 2. General Contracting Division, China Railway Design Corporation, 300308, Tianjin, China)

Abstract [Objective] In view of the inconsistency in the construction schedule of the large underground integrated transportation hub in Xiong'an New Area, it is necessary to conduct in-depth research on the key design points of the reserved rail transit projects in the construction of above-mentioned transportation hub, in order to reduce the impact of secondary construction and lower the difficulties, risks and investments in later stages. [Method] The basic profiles of hubs such as

Xiong'an Intercity Station, Xiaoli Station and Financial Island Station in Xiong'an New Area are introduced. The necessity of reserving rail transit projects in underground integrated transportation hub is analyzed. The design concepts for the above projects are summarized, and their key design points are extracted. [Result & Conclusion] Key design points for the reserved rail transit project in the transportation hub are as follows: The system types and vehicle formations shall be determined based on the planning conditions; Reasonable station locations and station types shall be decided with the idea of overall optimization; Station and city integration shall be used as a strategy to coordinate urban and traffic functions; The layout plan of the hub shall be improved with the concept of integrated design; Following the principle of intensive and appropriate development, the phased construction of the hub shall be studied; The reserved and pre-embedded measures shall be coordinated for detailed implementation.

Key words Xiong'an New Area; underground integrated transportation hub; reserved rail transit project

随着铁路大规模建设, 复杂的大型地下综合交通枢纽工程逐渐兴起, 由此带来的建设时序不统一问题尤为明显。为减少因二次建设造成的对环境、交通、景观等的影响, 降低后期工程建设的难度、风险及投资, 需结合城市、交通枢纽的建设对轨道交通部分工程进行预留。

目前对轨道交通预留工程的研究主要集中在两个方面: 一方面是针对外部条件变化、适应性不匹配等而进行的工程改造方案研究^[1]; 另一方面是通过具体案例分析预留工程的设计原则及思路^[2-3]。而针对枢纽工程特点, 全过程分析轨道交通预留工程设计要点的研究较少, 本文以结合雄安新区建设的 3 个枢纽工程为例, 通过同类归纳、特点

^{*} 中国国家铁路集团有限公司重大课题(K2021G025); 中国铁路设计集团有限公司课题(2021CJ0109)

提炼等方法,全面阐释了轨道交通预留工程的必要性和设计理念,从规划到细部设计分层次总结了轨道交通预留工程的设计要点。本研究可为同类枢纽工程提供工程经验与技术指导。

1 雄安新区地下综合交通枢纽概况

雄忻高速铁路沿雄安东西轴线中央绿带地下敷设。雄安城际站、小里站、金融岛站是该铁路东西轴线上的 3 座重要交通枢纽。雄安新区内的高速铁路、城市轨道交通、地下空间、道路及管廊等市政工程采用同步设计并一体化实施。

1.1 雄安城际站枢纽概况

雄安城际站枢纽位于雄安新区起步区的启动区核心区域。该枢纽集合了高铁车站、雄安地铁 M1 线(以下简称“M1 线”)及雄安地铁 M2 线(以下简称“M2 线”)车站、市政配套设施、地面光廊、商业中心及广场景观等多种功能。枢纽片区轨道交通有 M1 线、M2 线、雄安地铁 R1 线(以下简称“R1 线”),该枢纽工程研究范围为 M1 线、M2 线双岛平行四线换乘车站。雄安城际站枢纽总平面图如图 1 所示。

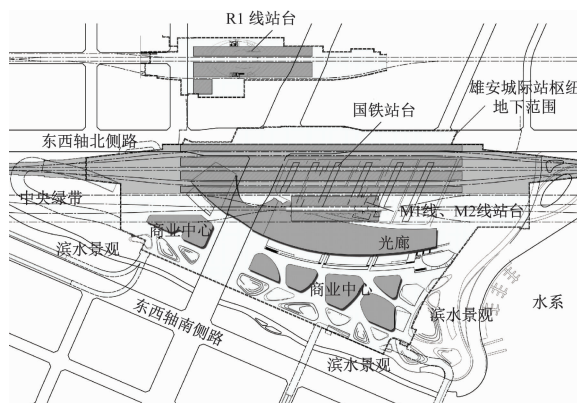


图 1 雄安城际站枢纽总平面图

Fig. 1 General layout plan of Xiong'an Intercity Station Hub

1.2 小里站枢纽概况

小里站枢纽总平面图如图 2 所示。小里站枢纽布置在起步区第一组团南北两侧干路之间,该枢纽与城市组团中心耦合布局,集合高铁车站、M1 线和雄安地铁 M3 线(以下简称“M3 线”)车站、配套停车场、慢行交通、商业等多种功能。该枢纽的轨道交通工程包括 M1 线、M3 线车站,两线为十字换乘,其中 M3 线小里站为侧式站台,上跨 M1 线小里站岛式站台。

1.3 金融岛站枢纽概况

金融岛站枢纽如图 3 所示。金融岛站枢纽位于

启动区金融岛片区,上跨雄忻高速铁路区间,为 R1 线、M1 线、M2 线、M5 线四线换乘站。该枢纽工程研究范围包括 M1 线、M2 线及雄安地铁 M5 线(以下简称“M5 线”)车站。M1 线和 M2 线金融岛站为双岛四线,位于中央绿带及道路下方;M5 线金融岛站为侧式站台,采用南北向布置,与 R1 线、M1 线及 M2 线垂直相交。

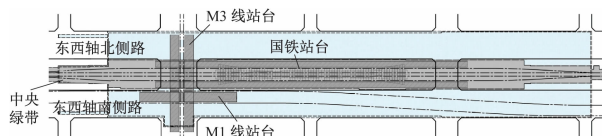


图 2 小里站枢纽总平面图

Fig. 2 General layout plan of Xiaoli Station Hub

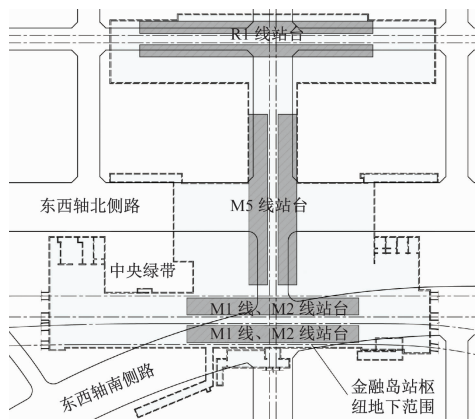


图 3 金融岛站枢纽总平面图

Fig. 3 General layout plan of Financial Island Station Hub

2 地下综合交通枢纽预留轨道交通工程的必要性

2.1 结合雄安新区建设的轨道交通预留工程

雄安新区东西轴线集合了高铁、城市轨道交通、地下空间、综合管廊、市政配套设施等多种功能,该区域内规划了多条城市轨道交通线路,上述 3 座地下综合交通枢纽内的轨道交通工程如未预留,后期再实施可能会导致土建实施困难、管线二次迁改、道路修复等情况发生。因此,立足高起点规划、高标准建设,地下综合交通枢纽预留轨道交通工程是很有必要的。

2.2 铁路保护区内的轨道交通预留工程

雄忻高速铁路在雄安城际站、小里站均设置站点,金融岛站与高铁区间关系密切。3 座地下综合交通枢纽的大部分轨道交通工程均位于铁路安全保护区内,需结合铁路工程建设做好预留。参照中华人民共和国国务院令第 639 号《铁路安全管理条例》及 CJJ/T 202—2013《城市轨道交通结构安全保

护技术规程》的相关规定,轨道交通线路左右线两侧各 50 m 范围为铁路安全保护区。小里站铁路安全保护区总宽度为 117.6 m,考虑到东西轴道路红线间距为 125 m,故该枢纽近期土建实施范围按道路红线进行控制。小里站枢纽近期土建实施范围如图 4 所示。

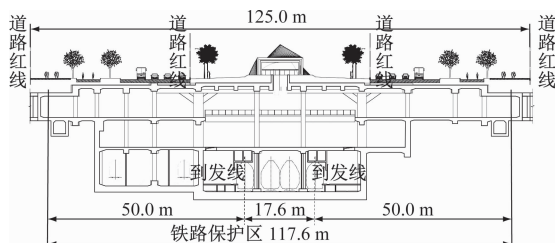


图 4 小里站枢纽近期土建实施范围

Fig. 4 Civil work scope at Xiaoli Station Hub in the near term

3 地下综合交通枢纽轨道交通预留工程设计理念

3.1 满足上位规划的要求——立足规划,支撑规划

轨道交通预留工程应符合上位规划中关于客流水平、系统制式、车辆选型及列车编组等相关要求,同时应结合片区、交通、市政等规划成果,开展枢纽的平面及竖向设计,做到与规划紧密结合。针对远期与周边地块结合建设或连接的部分枢纽功能,需与当地规划部门进行协调,并依据实际情况将结合条件纳入地块规划要求中。

3.2 确定合理线路站位方案——方案比选,整体最优

地下综合交通枢纽是由铁路、城市轨道交通等多条线路汇集而成,不同的线路存在竖向交叉的情况,需对比服务水平、换乘便捷性及工程实施难度等,确定合理的线路站位及站型。同时应对枢纽工程两端的车站和区间进行深入研究,确保后续线路与预留工程合理衔接。

3.3 处理好城市功能和枢纽的关系——统筹功能,站城融合

地下综合交通枢纽建设与周边城市发展相互联动,需根据枢纽定位,统筹城市、交通功能,合理组织平面及竖向布局。非城市中心区的枢纽,需重点考虑交通换乘及慢行过街功能;城市中心区的枢纽,需重点考虑站城融合及商业等城市功能。

3.4 一体化设计的原则——多位一体,综合枢纽

地下综合交通枢纽涵盖铁路、城市轨道交通、出租车、公共汽车、慢行交通等多种交通功能,由于

建设时序不同,部分功能被规划为城市轨道交通预留工程,因此,应从功能、空间、流线及结构一体化的角度进行全面研究,从而保证枢纽方案功能全面、空间统一、换乘高效、结构合理。

3.5 预留工程的适度性——集约适度,分期实施

通常情况下枢纽规模是一般车站的数倍,因此轨道交通预留工程应注意适度性,在包容性和经济性中寻找平衡点,从而制定具备弹性发展和成本可控的预留方案;同时考虑分期实施,控制近期投资,缩短建设工期,为未来发展预留弹性。

3.6 统筹考虑预留措施——合理预留,细化预埋

枢纽中的轨道交通预留工程设计时,需注意如下方面:做好其与周边地块、两侧区间、市政管线等的衔接措施;同时应在端头井、盾构井、开洞、高差处考虑防护、封堵及加固措施;还应细化设备专业的需求,明确设备孔洞、系统型式、安装及运输路径等,并采取相应预埋措施。

4 地下综合交通枢纽轨道交通预留工程设计要点

4.1 以规划条件为基础,确定系统制式及车辆编组

系统制式、车辆选型及列车编组直接影响到枢纽轨道交通预留工程的建设规模。通过分析《河北雄安新区城市轨道交通线网规划》,明确轨道交通列车选择 6 辆编组 A 型车。从远期客流规模看,地铁 B 型车也满足需求,但考虑到远期客流量的增长需求,以及各线间车辆维修资源的共享,建议雄安新区普线统一采用地铁 A 型车。基于 2035 年高峰断面客流量和弹性发展,3 座地下综合交通枢纽的轨道交通预留工程按照 6 辆编组 A 型车进行预留。

4.2 以整体最优为思路,确定合理的线路站位及站型

4.2.1 雄安城际站及金融岛站枢纽周边线路站位方案

根据枢纽轨道交通线路图(见图 5),M1 线雄安城际站设置于南侧道路下方,M2 线在雄安城际站、金融岛站范围与 M1 线并行。通过分析 M2 线与 M1 线在雄安城际站同台同向换乘+过轨运营,在金融岛站依据客流及工程实施难度,比选研究换乘方案。

金融岛站为 R1 线、M1 线、M2 线、M5 线四线换乘站。其中 M1 线、M2 线在金融岛站的接入方式决定车站不同的换乘形式和规模。经研究,M1 线、M2 线在金融岛站可设计成双岛四线(同向同台)、

双岛四线(反向同台)、双岛平铺和单岛叠落(反向同台)四种站型。金融岛站枢纽 M1 线、M2 线方案对比见表 1。由表 1 可见:方案三(双岛平铺)虽然两线换乘稍差,但四线整体换乘功能较好,同时具有对周边影响小,实施难度小,造价低等优势,推荐采用方案三(双岛平铺)。经进一步比选四线车站采用“工字型”布局,M5 线车站为两层侧式站,R1

线车站为三层站。

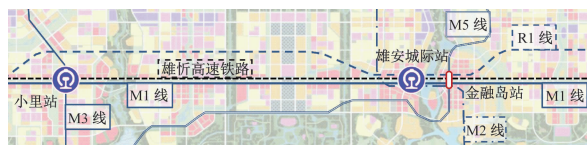


图 5 枢纽轨道交通线路图

Fig. 5 Rail transit route map of the hub

表 1 金融岛站枢纽 M1 线、M2 线方案对比

Tab. 1 Comparison of the metro Line 1 and Line 2 schemes for Financial Island Station Hub

方案名称	站型示意	服务水平	站位及站型	对周边影响	工程实施
方案一: 双岛四线 (同向同台)		埋深浅,乘客进出站便捷;M1 线、M2 线可实现同向同台换乘,但与雄安城际站功能重复	M1 线左线的站台边距离 M5 线站台中心约 140 m,难以形成节点换乘,且站厅换乘距离远;车站采用双层岛式站台,可与 M5 线形成脱开的 L 型或 T 型关系	M1 线、M2 线车站与规划地下环路冲突,需调整地下环路路由	埋深较浅,实施难度小,造价较低;M2 线间距较小,后期实施难度大
方案二: 双岛四线 (反向同台)		埋深浅,乘客进出站便捷;M1 线、M2 线可实现反向同台换乘,发挥了双向换乘方向互补的作用	M1 线左线的站台边距离 M5 线站台中心约 140 m,难以形成节点换乘,且站厅换乘距离远;车站采用双层岛式站台,可与 M5 线形成脱开的 L 型或 T 型关系	M1 线、M2 线车站与规划地下环路冲突,需调整地下环路路由	埋深较浅,实施难度小,造价较低;M2 线相互叠落,后期实施难度大
方案三: 双岛平铺		埋深浅,乘客进出站便捷;M1 线、M2 线不能实现同台换乘,两线之间均需通过站厅换乘,换乘功能稍差	M1 线、M2 线车站中心与 M5 线车站垂直正交;两线均采用双层岛式站台,站厅贯通一体	区间下穿环路;车站东段侵入地块 5 m, M2 线区间斜穿 3 个地块	埋深较浅,实施难度小,造价较低;M1 线区间上跨 M2 线区间左右线
方案四: 单岛叠落 (反向同台)		下层站台埋深大,提升高度大;M1 线、M2 线可实现反向同台换乘,发挥了两站换乘方向互补的作用	M1 线、M2 线车站中心线与 M5 线车站垂直正交;M1 线、M2 线共用站厅,两线各自叠落,共用两层站台,形成三层叠落岛式车站	区间下穿环路	M1 线区间隧道需上跨 M2 线区间左右线,且自身叠落;车站埋深较深,实施难度及造价增加

4.2.2 小里站枢纽周边线路站位方案

根据枢纽轨道交通线路图(见图 5),M1 线小里站设置于南侧道路下方,M3 线小里站垂直于 M1 线和雄忻高速铁路。通过分析 M1 线为岛式车站与高铁车站并行设置,M3 线存在上跨、下穿雄忻高速铁路两种形式,应对小里站 M3 线三站两区间方案进行比选研究。

M3 线小里站有 3 种设置方案,分别为下穿雄忻高速铁路地下四层岛式车站、上跨雄忻高速铁路地下一层侧式车站、上跨雄忻高速铁路地下两层侧式车站。小里站枢纽 M3 线方案对比见表 2。由表 2 可见:方案一换乘较为便捷,但存在埋深大、造价

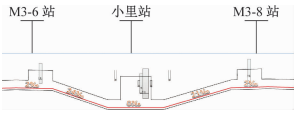
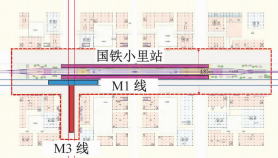
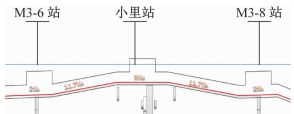
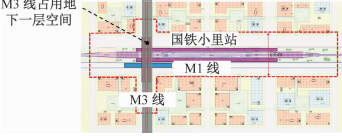
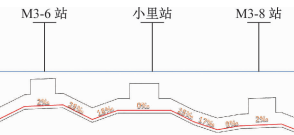
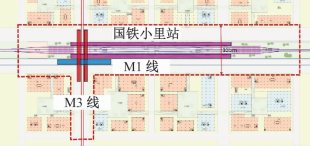
高等缺点;方案二与规划条件不符;从经济性及使用便捷性角度考虑,方案三可作为推荐方案。

4.3 以站城融合为策略,统筹城市功能与交通功能

雄安城际站和小里站主要站房均位于地下,一般设置国铁站厅层、站台层两层结构,两侧设置轨道交通、配套停车场等功能。考虑核心区区位、站城融合策略,在车站枢纽植入城市慢行交通、商业空间、文化展示等多种城市功能,将雄安城际站国铁站厅层整合为交通换乘层,其上设置城市慢行交通,城市与交通功能分层设置,布局清晰,空间丰富。雄安城际站横剖面图如图 6 所示。

表 2 小里站枢纽 M3 线方案对比

Tab. 2 Comparison of metro Line 3 schemes for Xiaoli Station Hub

方案名称	车站站型	线路剖面	总图布置	服务水平	对周边影响
方案一	地下四层岛式车站			换乘便捷,使用功能较好,但进出站提升高度较大	埋深较大,对道路管线、地下空间开发等影响较小,与规划契合度较高
方案二	地下一层侧式车站			乘客需下行两层与国铁、M1 线换乘,换乘不便	埋深较浅,影响道路下方管线敷设及地下空间开发,与规划匹配性差
方案三	地下二层侧式车站			右侧站台可直接换乘至国铁站厅,左侧站台换乘稍有不便	区间坡度设置满足节能坡的需求,满足规划要求

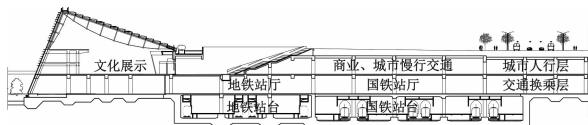


图 6 雄安城际站横剖面图

Fig. 6 Cross-sectional view of Xiong'an Intercity Station

4.4 以一体化设计为理念,完善枢纽布局方案

4.4.1 功能一体化

基于“功能复合、立体换乘”原则,将高铁、城市轨道交通、停车场、城市慢行交通、商业等多种功能融合,综合考虑其相互联系与影响,确保预留工程合理。如城际站枢纽地下二层为交通换乘层,考虑了高铁进出站厅、城市轨道交通站厅、网约车、出租车、城市航站楼等换乘关系,实现各功能一体化。

4.4.2 空间一体化

实现枢纽空间一体化开发,需处理好地下慢行交通与地下空间的衔接,地面附属与周边建筑的结合,地面景观与中央绿带的融合等。比如金融岛枢纽在设计过程中,考虑了枢纽与周边地块、中央绿带、地面道路的空间关系,实现枢纽内外部的多维度空间一体化,确保枢纽片区整体空间效果统一。

4.4.3 流线一体化

枢纽在梳理好功能与空间的基础上,需以客流数据为前提,统筹各种换乘关系,确定枢纽内的交通设施布局。如雄安城际站使用 Legion Space-works 软件进行客流模拟分析,对交通设施的布局 and 数量进行优化,确保枢纽各功能区换乘便捷、高效,满足远期客流的需求并预留一定的弹性空间。

4.4.4 结构一体化

铁路保护区内土建工程需同步实施,从经济合理、一体化的角度考虑,尽量采用结构共构形式。比如小里站枢纽的国铁、城市轨道交通、综合管廊等多种空间均采用侧墙或中板共构形式,采用结构一体化建模,并对整体模型进行模拟计算,确保预留工程结构合理、投资较小、衔接顺畅,是预留工程设计中首选的设计思路。

4.5 以集约适度为原则,研究枢纽分期实施

枢纽轨道交通预留工程应控制成本,尽量减少近期投资和实施内容,缩短工期,控制风险。3 个枢纽均采用分期实施策略,近期仅实施必要的土建工程。雄安城际站由于国铁站房、市政配套设施近期要开通运营,除城市轨道交通区域外需同步实施装修及砌筑工程。

4.6 以精细落地为目标,统筹预留预埋措施

枢纽轨道交通预留工程应做好预留预埋的精细化设计,减少远期改造工程。首先,需为远期区间接入车站预留条件,保证全线贯通。如小里站枢纽预留盾构井(近期封堵盾构井,并加固盾构井端头),以及盾构过站及掉头的条件;雄安城际站 M2 线远期下穿国铁底板的位置采用桩基础和底板加厚的预留措施。其次,需对周边地块及远期地面附属的接口进行预留。最后,需明确车站所采用的设备系统类型,对设备基础、孔洞、管线接口、人防门等进行预留,同时考虑防护、封堵、防淹措施,以及近期检修路径等。

5 结语

雄安城际站、小里站及金融岛站枢纽功能多样,流线复杂,站城融合度高,其轨道交通预留工程的研究遵循以下步骤:从城市、枢纽的角度入手,以上位规划为前提,实现系统制式与车辆编组同客流水平相匹配;对多种轨道交通线路站位及站型方案进行对比,确定最优方案;处理好城市与交通功能的关系;采用一体化理念设计枢纽的平面及竖向布局;研究枢纽分期实施,确定轨道交通预留工程的规模;细化轨道交通预留工程的预留措施,实现多专业需求的落地。

基于实际的枢纽工程项目,本文深入解析并详细阐述了轨道交通预留工程的设计关键环节,涵盖了从系统制式与车辆编组的确定,到线路走向、站点位置及站型规划的选择;从城市功能与交通需求的综合分析,到枢纽综合布局的一体化设计;从对轨道交通预留工程近期实施规模的合理控制,到预留预埋措施的细致规划与实施等内容。

参考文献

[1] 宣海富. 青岛西站综合交通枢纽中地铁6号线青岛西站站预

留工程列车折返方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(8): 84.

XUAN Haifu. Research on turn-back scheme of reserved engineering train at metro line 6 qingdao railway station in the comprehensive transportation hub[J]. Urban Mass Transit, 2022, 25(8): 84.

[2] 王琦, 牛斌. 石家庄正定新区地铁1号线二期市政预留工程设计[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(10): 17.

WANG Qi, NIU Bin. Design of metro line 1 phase II municipal reserved project in Zhengding new district of Shijiazhuang City[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(10): 17.

[3] 徐东. 城市轨道交通地下预留车站工程综合设计分析[J]. 市政技术, 2018, 36(4): 98.

XU Dong. Integrated design for reserved subway station of urban rail transit[J]. Municipal Engineering Technology, 2018, 36(4): 98.

· 收稿日期:2023-11-20 修回日期:2024-01-20 出版日期:2025-01-10

Received:2023-11-20 Revised:2024-01-20 Published:2025-01-10

· 通信作者:李和勇,工程师,490760922@qq.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

(上接第85页)

[3] 房建, 韦智敏, 郑稳稳, 等. 城市高架轨道交通引发的箱梁振动特性分析[J]. 铁道学报, 2022, 44(4): 136.

FANG Jian, WEI Zhimin, ZHENG Wenwen, et al. Study on vibration characteristics of elevated box girders induced by track irregularities[J]. Journal of the China Railway Society, 2022, 44(4): 136.

[4] 黄瑞堂. 城市轨道交通不同减振轨道结构振动测试与分析[J]. 噪声与振动控制, 2023, 43(3): 232.

HUANG Ruitang. Vibration test and analysis of different damping track structures in urban rail transit[J]. Noise and Vibration Control, 2023, 43(3): 232.

[5] 雷晓燕, 张新亚, 罗锐. 高架轨道桥梁结构振动与噪声预测方法及控制研究进展[J]. 铁道学报, 2020, 42(12): 150.

LEI Xiaoyan, ZHANG Xinya, LUO Kun. Research progress on prediction methods and control of vibration and noise of elevated track bridge structure[J]. Journal of the China Railway Society, 2020, 42(12): 150.

[6] 刘林芽, 宋立忠, 秦佳良, 等. 轨道交通桥梁结构噪声研究综述[J]. 交通运输工程学报, 2021, 21(3): 1.

LIU Linya, SONG Lizhong, QIN Jialiang, et al. Review on structure-borne noise of rail transit bridges[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2021, 21(3): 1.

[7] 宋立忠, 冯青松, 孙坤, 等. 城市轨道交通高架钢轨波磨地段振动噪声试验[J]. 交通运输工程学报, 2021, 21(3): 159.

SONG Lizhong, FENG Qingsong, SUN Kun, et al. Test on vibra-

tion noise of rail corrugation section on urban rail transit viaduct[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2021, 21(3): 159.

[8] 刘锦辉, 刘鹏辉, 杨宜谦, 等. 高架线减振轨道减振降噪效果测试与分析[J]. 振动与冲击, 2022, 41(15): 83.

LIU Jinhui, LIU Penghui, YANG Yiqian, et al. Tests and analysis for vibration and noise reduction effect of track on metro viaduct[J]. Journal of Vibration and Shock, 2022, 41(15): 83.

[9] 王朝亮, 吴晓龙, 张良涛, 等. 市域轨道交通高架列车车外噪声源识别试验[J]. 噪声与振动控制, 2023, 43(2): 185.

WANG Chaoliang, WU Xiaolong, ZHANG Liangtao, et al. Exterior noise source identification test of trains on suburban elevated rail transit bridges[J]. Noise and Vibration Control, 2023, 43(2): 185.

[10] 中华人民共和国环境保护部. 声环境质量标准: GB 3096—2008[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.

Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. Environmental quality standards for noise: GB 3096—2008[S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2008.

· 收稿日期:2024-06-17 修回日期:2024-08-22 出版日期:2025-01-10

Received:2024-06-17 Revised:2024-08-22 Published:2025-01-10

· 通信作者:卢生安,高级工程师,81721563@qq.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