

悬挂式单轨道岔选型及工艺布置研究^{*}

游鹏辉

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 430063, 武汉//工程师)

摘要 目的:道岔是悬挂式单轨交通的关键设备之一,为降低道岔选型和工艺布置的难度,使不同工程场景应用最优的道岔方案,需要研究悬挂式单轨道岔的类型及布置工艺。方法:在总结国内外多条悬挂式单轨线路中道岔类型应用现状的基础上,阐述了平移换梁型道岔、梯子型芯轨转辙道岔、倒T形芯轨转辙道岔及关节型道岔的转辙原理、组成结构及主要特点;对比各类型道岔的主要性能及指标,并结合车站出入线、单渡线、故障停车线、段场出入线及段场停车线等不同工程场景对道岔的需求,考虑不同悬挂式单轨道岔的转辙时间、平顺性、占地面积、成熟度及投资等对不同场景的影响,提出了适用于车站出入线、单渡线、故障停车线、段场出入线及段场停放线的最优道岔类型及工艺布置。结果及结论:车站出入线应优先采用倒T形芯轨转辙型道岔;单渡线应优先采用倒T形芯轨转辙型道岔;故障停车线应优先采用倒T形芯轨转辙型道岔+平移换梁型道岔的组合方式;段场出入线应优先采用倒T形芯轨转辙型道岔;段场停放线现阶段应优先采用平移换梁型道岔,待关节型道岔产品成熟后,再优先采用关节型道岔。

关键词 悬挂式单轨;道岔选型;工艺布置

中图分类号 U213.6:U232

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.08.037

Selection and Process Layout Study of Suspension Monorail Turnout

YOU Penghui

Abstract Objective: Turnout is one of the key components in suspension monorail transit system. To reduce the difficulty in turnout type selection and process layout, and to ensure optimal turnout solutions for different engineering scenarios, it is necessary to study the above issues. Method: Based on a comprehensive review of turnout type application status in multiple suspension monorail lines in China and abroad, the principles, structural compositions, and main characteristics of translation beam turnout, ladder-type core rail turnout, inverted T-shaped core rail turnout, and articulated turnout are expounded. The main performance and indicators of each turnout type are com-

pared. Considering the requirements for turnouts in different engineering scenarios such as station entry/exit lines, single crossover lines, emergency parking lines, depot entry/exit lines, and depot parking lines, factors such as turnout transition time, smoothness, site area, maturity, and investment for different suspension monorail turnout types are taken into account. Consequently, the optimal turnout type and process layout for the above lines are proposed. Result & Conclusion: For station entry/exit lines, the inverted T-shaped core rail turnout should be preferentially adopted; and the same turnout for single crossover lines; for emergency parking lines, a combination of inverted T-shaped core rail turnout and translation beam turnout; for depot entry/exist lines, the inverted T-shaped core rail turnout; for depot parking lines, the translation beam turnouts at initial stage, and the articulated turnout once the products mature.

Key words suspension monorail; turnout type selection; process layout

Author's address China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., 430063, Wuhan, China

悬挂式单轨交通因其建设周期短、占地面积小、不破坏城市景观,而广受中小城市及旅游城市的青睐^[1-2]。

道岔作为悬挂式单轨交通的关键设备之一,其类型和工艺布置直接影响项目建设方案、线路运行效率,甚至行车安全。因此,有必要对悬挂式单轨道岔的选型和工艺布置进行研究。

1 悬挂式单轨道岔的类型及结构

根据结构的不同,悬挂式单轨道岔主要分为平移换梁型道岔、梯子型芯轨转辙道岔及倒T形芯轨转辙道岔^[2-3]。国内外悬挂式单轨项目中主要采用的道岔类型如表1所示。

^{*} 国家重点研发计划项目(2018YFB2100900)

表 1 悬挂式单轨项目采用的道岔类型

Tab.1 Turnout types used in suspension monorail projects	
项目名称	道岔类型
德国伍伯塔尔市线	平移换梁型道岔
德国多特蒙德大学线	梯子型芯轨转辙道岔
德国杜塞尔多夫机场线	梯子型芯轨转辙道岔
日本湘南江之岛线	倒 T 形芯轨转辙道岔
日本千叶县线	倒 T 形芯轨转辙道岔
中唐空铁集团有限公司试验线	平移换梁型道岔
中车青岛四方机车车辆股份有限公司试验线	倒 T 形芯轨转辙道岔
北京中建空列集团有限公司开封试验线	倒 T 形芯轨转辙道岔
中铁科工集团有限公司江夏试验线	倒 T 形芯轨转辙道岔
中车长江运输设备集团有限公司 山东空轨集疏运系统	倒 T 形芯轨转辙道岔
羿鹏轨道交通开发(上海)有限公司 空铁示范线	梯子型芯轨转辙道岔
武汉光谷空轨旅游线	倒 T 形芯轨转辙道岔

不同类型的悬挂式单轨道岔,具有不同的结构及特点,适用的工况场景也会不同。

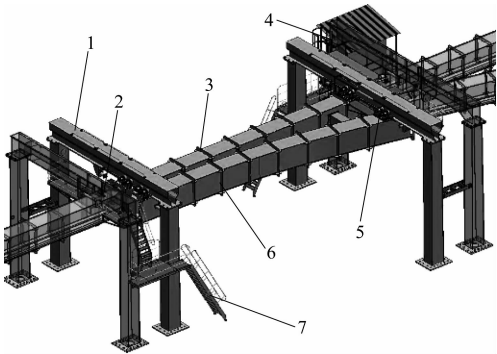
1.1 平移换梁型道岔

德国伍伯塔尔市线平移换梁型道岔将直线和曲线道岔梁设置在门式框架上,通过移动门式框架实现道岔梁的切换,进而改变单轨列车的运行方向。该道岔结构较复杂,移动结构的质量较大,因此对动力系统要求较高,转辙速度较低,投资较高^[2-4]。该道岔仅适用于轮轨关系为浪琴型的悬挂式单轨交通,而不适用应用最广的 SAFEGE 型悬挂式单轨交通^[5]。

我国中铁宝桥集团有限公司研发了一种适用于 SAFEGE 型悬挂式单轨交通的平移换梁型道岔(单开),并在成都中唐空铁试验线中进行了应用^[6]。该平移换梁型道岔结构如图 1 所示^[7]。本文以该型道岔为例对平移换梁型道岔进行研究。

该平移换梁型道岔通过齿轮齿条传动的方式平行移动直线道岔梁或曲线道岔梁,使之与两端线路轨道梁对接贯通,实现列车的换线行驶。

- 该型道岔的主要特点为^[3]:
- 1) 转辙运动单一,结构简单,成本较低,直线和曲线道岔梁可预制,平顺性高。
 - 2) 道岔梁整体平移对转辙动力系统要求较高,转辙时间长。



注:1—门式横梁;2—锁定机构;3—直线道岔梁;4—电气控制柜;5—驱动及走行装置;6—曲线道岔梁;7—人梯及检修平台。

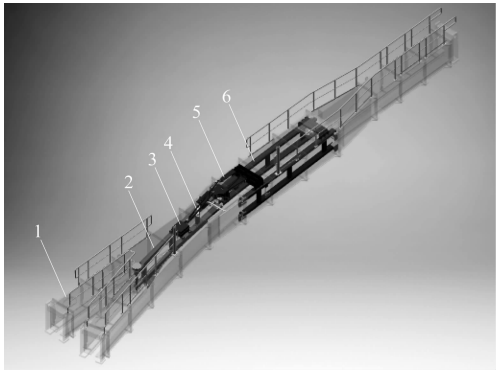
图 1 平移换梁型道岔结构简图

Fig.1 Turnout structure diagram of translation beam turnout

3) 多个单独的道岔梁,整体体积庞大,占用较大空间,安装及运输困难。

1.2 梯子型芯轨转辙道岔

梯子型芯轨转辙道岔主要结构如图 2 所示。在驱动装置、传动杆及传动器的作用下,长尖轨绕轴转动,短尖轨进行复合摆动,长尖轨与短尖轨不同侧对接贯通,从而实现列车换向切换^[8]。



注:1—道岔梁;2—长尖轨;3—驱动装置;4—传动杆;5—传动器;6—短尖轨。

图 2 梯子型芯轨转辙道岔结构示意图

Fig.2 Structure diagram of ladder-type core rail turnout

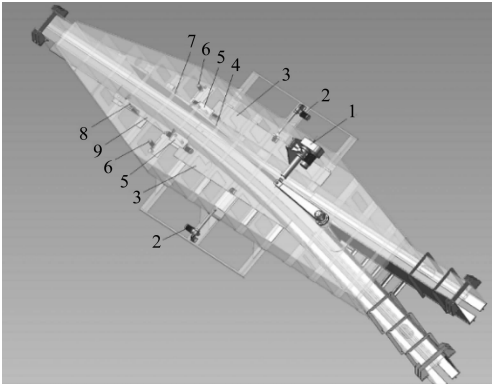
该型道岔的长尖轨两侧处无走行面,会产生走行不连续,即当列车走行到道岔长尖轨区域时,一侧走行轮会处于悬空,此时列车在该侧仅能通过导向轮的支承来获得稳定平衡^[2-3]。

该型道岔的主要特点为:

- 1) 转辙运动复杂,对控制系统要求较高。
- 2) 长尖轨与短尖轨同时动作对接,转辙时间短,但平顺性较差。
- 3) 结构紧凑,道岔整体尺寸较小,安装与运输方便。

1.3 倒 T 形芯轨转辙道岔

倒 T 形芯轨转辙道岔三维结构如图 3 所示。道岔核心部件转辙芯轨采用两段式设计,由转动轨和随动导向尖轨组成;补偿板、修正板配合其使用。



注:1—转动轨驱动机构;2—补偿板驱动机构;3—补偿板;4—转动轨;5—销式闭锁装置;6—修正板驱动机构;7—随动导向尖轨;8—爪式闭锁装置;9—修正板。

图 3 倒 T 形芯轨转辙道岔三维结构

Fig. 3 Three-dimensional structure of inverted T-shaped core rail turnout

该型道岔的转辙原理与梯子型芯轨转辙道岔基本相同,但结构存在较大差异。其转动轨采用倒 T 形结构,底板为走行面,立板为导向面;补偿板在转动轨转辙时对走行面缺口进行补充,修正板配合补偿板与转动轨底板修整梁开口线形状,二者为列车走行轮提供了连续、平顺的走行面^[2-4]。

该型道岔的主要特点为:

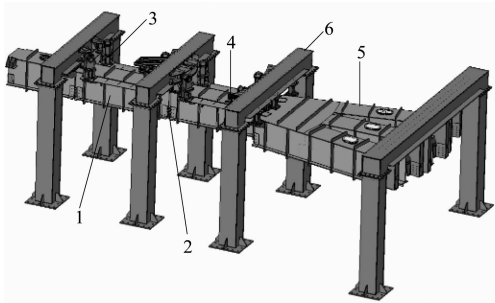
- 1) 道岔结构复杂,对控制系统要求高。
- 2) 转动轨、补偿板及修正板相互协同,使道岔平顺性和安全性更高。
- 3) 由于只有一段转动轨,因此该道岔比梯子型芯轨转辙道岔更短。但由于补偿板驱动机构、修正

板驱动机构侧置,该道岔比梯子型芯轨转辙道岔更宽。

1.4 关节型道岔

借鉴成熟的跨坐式单轨交通关节型道岔,中国铁建重工集团股份有限公司研发了一种适用于悬挂式单轨交通的多关节型道岔,并制造了样机。目前该型道岔还未在工程项目中得到应用。

关节型道岔结构如图 4 所示^[9]。该道岔通过驱动多个道岔梁关节进行曲线拟合,能实现与多个方向轨道梁的对接贯通。



注:1—关节道岔梁;2—指形接手;3—驱动装置;4—锁定装置;5—多开轨道梁;6—门式梁。

图 4 关节型道岔三维结构

Fig. 4 Three-dimensional structure of articulated turnout

该型道岔的主要特点为:

- 1) 可实现一对多转辙切换,占地面积更小,工程投资更少。
- 2) 多段折线拟合,平顺性差。
- 3) 产品不成熟,控制系统更加复杂,转辙时间长。

1.5 各类型道岔对比

各类型道岔的主要特征对比如表 2 所示。

表 2 各类型道岔主要特征对比

Tab. 2 Comparison of main characteristics of various turnout types

道岔类型	结构	转辙运动	转辙时间/s	占用空间	平顺性	安全性	设备成本	成熟度
平移换梁型道岔	简单	简单	25	大	高	高	较高	高
梯子型芯轨转辙道岔	较复杂	较复杂	5	小	较差	差	一般	高
倒 T 形芯轨转辙道岔	复杂	复杂	15	较小	高	高	较高	高
关节型道岔	较复杂	复杂	25	小	差	高	高	低

2 工程需求分析

悬挂式单轨道岔主要设置在正线的车站出入线、渡线、故障停车线、折返线,以及车辆段与停车场(以下简称“段场”)的出入线、停车线等工程场景

中,不同场景对道岔的需求不同。由于道岔在渡线和折返线的应用功能类似,故本文不单独分析折返线的工程需求。

2.1 正线

为增加列车运行及调度的灵活性,正线为单线

的车站会设置出入线及道岔,正线为双线的车站可能会设置单渡线及道岔。为应对突发事件,在条件允许时还会在正线设置停车线用于故障列车的应急暂停。正线车站出入线、单渡线及故障停车线的道岔设置情况如图 5 所示。

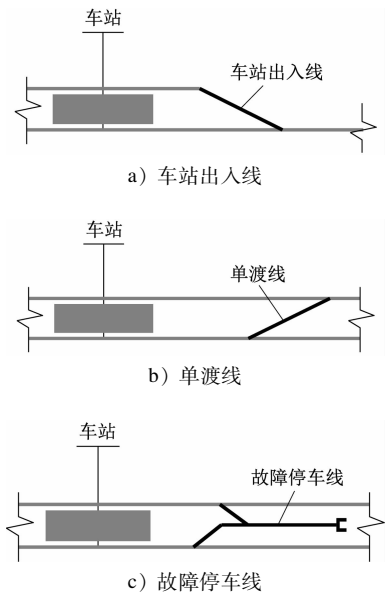


图 5 正线车站的道岔设置示意图

Fig. 5 Diagram of main line station turnout setting

2.2 段场线路

段场出入线一般由车站经道岔引出,之后根据功能需求由道岔分叉成停车线、检修线、换轮线、洗车线、调车线、试车线、临修线及工程车库线等段场停放线。以某车辆段为例,其段场出入线及停放线的道岔设置如图 6—图 7 所示。

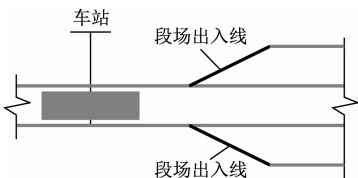


图 6 段场出入线的道岔设置示意图

Fig. 6 Diagram of depot access line and turnout setting

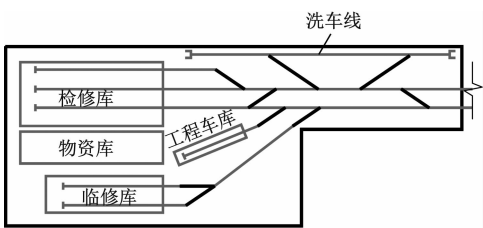


图 7 段场停放线的道岔设置示意图

Fig. 7 Diagram of depot parking line and turnout setting

3 道岔选型及工艺布置

3.1 车站出入线

车站出入线道岔的转辙时间关系列车的通行能力,直接影响线路的运营时间及营收效益。道岔的平顺性,直接影响列车行驶安全和乘客乘坐的舒适性。

芯轨转辙型道岔和平移换梁型道岔产品均已成熟且有工程应用,其中平移换梁型道岔所需空间较大,不利于车站布置;梯子型芯轨转辙型道岔走行面不连续,需配合特定的列车转向架才能使用,平顺性较差;倒 T 形芯轨转辙型道岔更加平顺、安全,转辙时间较短。由此可见,现阶段建议车站出入线优先采用倒 T 形芯轨转辙型道岔。车站出入线的倒 T 形芯轨转辙型道岔工艺布置如图 8 所示。

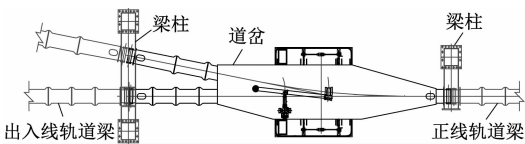


图 8 车站出入线的倒 T 形芯轨转辙型道岔工艺布置图

Fig. 8 Process layout diagram of inverted T-shaped core rail turnout for station access line

3.2 正线单渡线

正线的单渡线主要用于线路间联络以及行车折返。道岔的尺寸,特别是宽度参数,与线间距相关,直接影响工程的占地面积及建设投资。单渡线同车站出入线一样,对道岔转辙时间及平顺性有较高的需求。

相较平移换梁型道岔,倒 T 形芯轨转辙型道岔占地面积更小,转辙时间更短,平顺性更好。因此,现阶段建议正线单渡线优先采用倒 T 形芯轨转辙型道岔。正线单渡线的倒 T 形芯轨转辙型道岔工艺布置如图 9 所示。

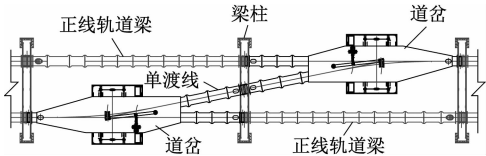


图 9 正线单渡线的倒 T 形芯轨转辙型道岔工艺布置图

Fig. 9 Process layout diagram of inverted T-shaped core rail turnout for main line single crossover

3.3 故障停车线

故障停车线的使用频率较低,对转辙时间、平

顺性均要求不高,因此其道岔选择仅需考虑占地面积因素。现阶段建议故障停车线优先采用倒 T 形芯轨转辙型道岔 + 平移换梁型道岔的组合方式。故障停车线的组合道岔工艺布置如图 10 所示。

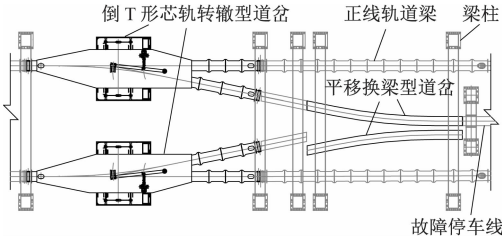


图 10 故障停车线的组合道岔工艺布置图

Fig. 10 Process layout diagram of emergency parking line combination turnout

3.4 段场出入线

段场出入线主要用于空载列车或工程车进出段场,使用频率高,对转辙时间要求高,但对平顺性要求不高,因此其道岔选择仅需考虑占地面积因素。现阶段建议段场出入线优先采用倒 T 形芯轨转辙型道岔。段场出入线的倒 T 形芯轨转辙型道岔工艺布置如图 11 所示。

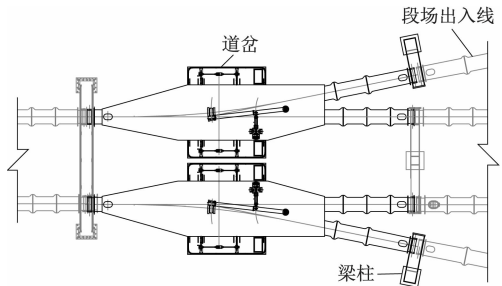


图 11 段场出入线的倒 T 形芯轨转辙型道岔工艺布置图

Fig. 11 Process layout diagram of inverted T-shaped core rail turnout for depot access line

3.5 段场停放线

段场中停放线数量众多,使用频率较高,对道岔的转辙时间及平顺性要求不高,但十分重视道岔对段场整体布置、用地面积、土地利用率、调车停放效率及工程投资等方面的影响。采用不同类型道岔和工艺布置时,段场方案会有较大差别。以某车辆段为例,分别采用倒 T 形芯轨转辙型道岔、平移换梁型道岔及关节型道岔,进行段场工艺布置。不同道岔方案的段场线路工艺布置如图 12 所示。

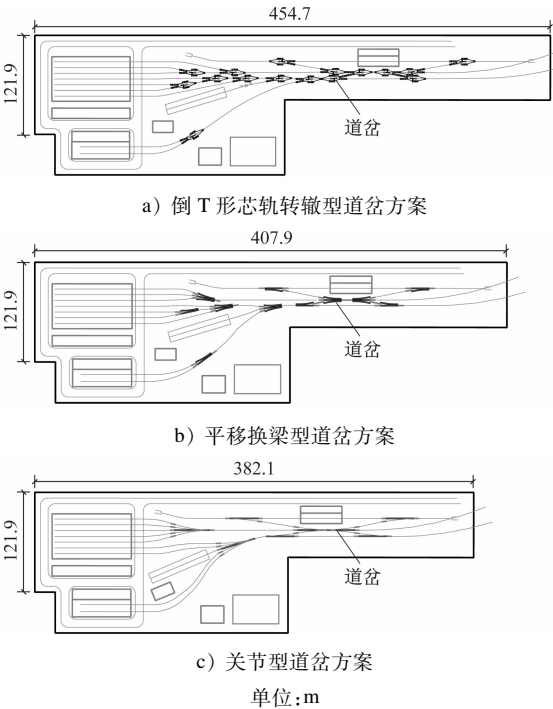


图 12 不同道岔方案的段场线路工艺布置图

Fig. 12 Process layout diagram of depot lines in different turnout schemes

三种方案的主要技术指标如表 3 所示。

表 3 三种道岔方案的主要技术指标

Tab.3 Main technical indexes of three turnout schemes

道岔方案	道岔数量/组	设备投资/万元	长度/m	占地面积/m ²	用地投资/万元	土地利用率	工程投资
倒 T 形芯轨转辙道岔方案	16	7 840	454.7	39 439.2	29 098.2	低	高
平移换梁型道岔方案	11	5 390	407.9	36 797.2	27 149.0	较低	较高
关节型道岔方案	8	6 000	382.1	35 356.9	26 086.3	高	低

由表 3 可知,与倒 T 形芯轨转辙型道岔方案相比:平移换梁型道岔方案的道岔数量减少 31.3%,车辆段横向长度减少 10.3%,占地面积减少 6.7%;关节型道岔方案道岔数量减少 50.0%,车辆段横向长度减少 16.0%,占地面积减少 10.4%。

考虑产品成熟度分析后建议,段场停放线优先

采用平移换梁型道岔,待悬挂式单轨关节型道岔产品成熟后再优先采用关节型道岔。

4 结语

通过分析不同悬挂式单轨道岔类型及结构的特点,结合工程需求,最终提出适用于不同场景的

最优道岔类型及工艺布置建议。

随着悬挂式单轨交通的推广,本文可作为后续项目中道岔选型及工艺布置的参考。

参考文献

[1] 鄢红英,姜梅,李艳. 悬挂式单轨于中等城市轨道交通制式适应性研究[J]. 交通世界(上旬刊), 2017(10):160.
YAN Hongying, JIANG Mei, LI Yan. Study on adaptability of suspended monorail to rail transit system in medium-sized cities [J]. Transpo World, 2017(10):160.

[2] 代丰,李忠继,林红松,等. 悬挂式单轨道岔结构设计研究[J]. 铁道标准设计, 2021, 65(6):17.
DAI Feng, LI Zhongji, LIN Hongsong, et al. Research on design of suspended monorail turnout structure[J]. Railway Standard Design, 2021, 65(6):17.

[3] 林红松,李忠继. 悬挂式单轨道岔结构选型与系统设计[J]. 铁道工程学报, 2020, 37(4):54.
LIN Hongsong, LI Zhongji. Type selection and system design of turnout of suspended monorail[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2020, 37(4):54.

[4] 余锋. 悬挂式单轨道岔新型岔芯结构设计与研究[J]. 智能城市, 2021, 7(23):165.
YU Feng. Design and research on new type bifurcation structure of suspended monorail turnout [J]. Intelligent City, 2021, 7

(23):165.

[5] 朱鹏飞. 悬挂式单轨交通的发展现状与应用展望[J]. 现代城市轨道交通, 2020(4):96.
ZHU Pengfei. Development status and application prospect of suspended monorail[J]. Modern Urban Transit, 2020(4):96.

[6] 胡步毛,潘妍,鲁昭,等. 我国首条悬挂式单轨试验线建设实践[J]. 都市快轨交通, 2019, 32(1):38.
HU Bumao, PAN Yan, LU Zhao, et al. Construction practice of the first suspension monorail test line in China[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2019, 32(1):38.

[7] 张坤,李龙. 新型悬挂式单轨平移型道岔系统设计[J]. 设备管理与维修, 2022(1):147.
ZHANG Kun, LI Long. Design of new suspension monorail translation turnout system[J]. Plant Maintenance Engineering, 2022(1):147.

[8] 王双,张颖晖,王朋,等. 新型悬挂式单轨交通道岔系统结构设计与研究[J]. 设备管理与维修, 2018(23):121.
WANG Shuang, ZHANG Yinghui, WANG Peng, et al. Structural design and research of new suspension monorail turnout system [J]. Plant Maintenance Engineering, 2018(23):121.

[9] 王红霞. 跨坐式五开关节型单轨道岔研制[J]. 现代城市轨道交通, 2005(4):8.
WANG Hongxia. Development of five-slip joint type switch for straddle monorail[J]. Modern Urban Transit, 2005(4):8.

(收稿日期:2022-10-23)

(上接第 194 页)

设计整体优化,释放智慧能量,营造人文环境,造福社会大众。

参考文献

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 无障碍设计规范: GB 50763—2012[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2012.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Codes for accessibility design: GB 50763—2012[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012.

[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑与市政工程无障碍通用规范: GB 55019—2021[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2022.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. General codes for accessibility of building and municipal engineering projects: GB 55019—2021[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2022.

[3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市公共厕所设计标准: CJJ 14—2016[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2016.

Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standard for design of urban public toilets: CJJ 14—2016 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016.

[4] 上海市住房和城乡建设管理委员会. 城市轨道交通设计规范 DG/TJ 08-109—2017[S]. 上海:同济大学出版社, 2017.
Shanghai Municipal Commission of Housing and Urban-Rural Development. Urban rail transit design standard: DG/TJ 08-109—2017[S]. Shanghai: Tongji University Press, 2017.

[5] 杨雪松. 无障碍设计在地铁车站的应用[J]. 建设科技, 2016(10):91.
YANG Xuesong. Application of accessibility design in metro stations[J]. Construction Technology, 2016(10):91.

[6] 许磊. 城市轨道交通车站建筑的人性化设计研究[J]. 工程建设与设计, 2016(17):39.
XU Lei. Humanized design research of urban rail transit station architecture [J]. Engineering Construction and Design, 2016(17):39.

(收稿日期:2021-03-02)