

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2024.05.007

特殊环境下地铁线路设计 组合方案研究及应用

任碧能

(广州地铁设计研究院股份有限公司, 广州 510010)

摘要: 针对常规地铁线路设计方法在建(构)筑物密集地段无法解决拆迁量大、施工难度大、风险大、代价大等问题, 创新一种特殊交叉渡线加曲线岛式错位站台组合的线路设计方法, 不仅能满足建筑、结构、信号、轨道、行车、线路等相关专业的设计需求, 而且能使得地铁线路可以灵活地绕避站点周边密集在建(构)筑物。研究结果表明: 该创新线路设计方法可以实现减少拆迁、加大施工净距、缩减明挖规模、降低施工难度和风险、节省工程投资等目标, 为地铁站点周边建(构)筑物密集、拆迁和施工困难的地段提供技术指导。通过实际的工程案例验证, 表明该创新线路设计方法能产生很好的经济、技术和社会效益。

关键词: 地铁; 线路设计; 特殊交叉渡线; 曲线岛式错位站台; 数字化; BIM

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2024)05-0045-05

Research and Application of Subway Line Design Combination Scheme in Special Environment

REN Bineng

(Guangzhou Metro Design and Research Institute Co., Ltd., Guangzhou 510010)

Abstract: The conventional subway line design method cannot address the issues of a large amount of demolition, complex construction, high risk, and high cost in the densely built areas under construction. This article innovates a line design method that combines a special scissors crossover with a curved island-type misaligned platform, which not only meets the design needs of related disciplines such as architecture, structure, signal, track, train operation, and line but also allows subway lines to avoid dense buildings around the station flexibly. The results indicate that this innovative route design method can reduce demolition, increase construction clearance, reduce open excavation scale, reduce construction difficulty and risk, and reduce engineering investments. It provides technical guidance for areas with dense buildings, as well as demolition and construction difficulties around subway stations. The application to practical engineering cases demonstrates that this innovative line design method can yield economic, technical, and social benefits.

Keywords: subway; design of lines; special scissor crossover; curved island offset platform; digitization; building information modeling (BIM)

0 引言

在地铁规划、设计、建设、运营的全生命周期中,

线路设计起到了指挥官和龙头的作用。规划阶段, 好的线路设计更有利于规划落地; 设计阶段, 好的线路设计可以优化功能、节省投资; 建设阶段, 好的线

收稿日期: 2024-03-26 修回日期: 2024-05-12

作者简介: 任碧能, 男, 硕士, 高级工程师, 从事城市轨道交通工程前期研究、线路设计、BIM 研究及数字化设计, 526159801@qq.com

基金项目: 国家重点研发计划资助(2022YFC3005204)

引用格式: 任碧能. 特殊环境下地铁线路设计组合方案研究及应用[J]. 都市轨道交通, 2024, 37(5): 45-49.

REN Bineng. Research and application of subway line design combination scheme in special environment[J]. Urban rapid rail transit, 2024, 37(5): 45-49.

路设计可以起到绕避建(构)筑物、加大施工净距、避免拆迁、降低施工难度和风险、节省投资等作用;运营阶段,好的线路设计可以节省运营能耗、提高运行舒适度、降低磨损、减少维护等作用。由此可见,线路设计从始至终都发挥着至关重要的作用^[1]。

在常规的线路设计中,地铁站台一般是直线的矩形的岛式站台,交叉渡线一般是直线的X形的交叉渡线,带交叉渡线的站台一般是直线的矩形岛式站台加上直线的交叉渡线,如图1所示。该常规的线路设计,一般需要很长一段的直线距离,不能很好地适应建(构)筑物或地形的变化,在建(构)筑物密集或地形高差大的地段,无法绕避建(构)筑物或快速适应地形高差变化,出现拆迁量大、土石方量大、与建(构)筑物施工安全净距小等问题,增加了施工难度、风险、工期以及投资。

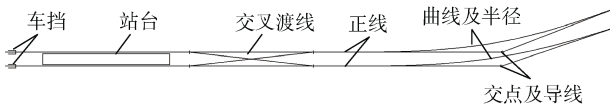


图1 常规带交叉渡线岛式站台地铁线路设计示意
Figure 1 Design diagram of conventional island platform subway line with crossover

针对常规地铁设计方法对特殊环境条件的适应性不足,本文创新一种特殊交叉渡线加曲线岛式错位站台组合的线路设计方法^[2],能够很灵活地避开密集建(构)筑物或地形高差变化,减少拆迁,增加施工安全净距,降低施工难度和风险,缩短明挖规模,节省工程投资,并应用到实际工程中,解决了工程难题,创造了很好的社会、经济效益。

1 设计方法

1.1 特殊交叉渡线设计

在正线站台端部设置特殊交叉渡线,根据相关轨道交通设计规范和技术标准^[3-5],交叉渡线的线间距需满足道岔、限界设置要求,例如采用5 m线间距,道岔

型号根据正线设计速度要求选取,例如选取12号道岔。

出站台一侧的交叉渡线采用直岔方向接正线,为一段直线,无需限速,与列车出站加速相匹配;进站台一侧的交叉渡线采用侧岔方向接正线,为一段折线,列车通过侧岔需限速,与列车进站减速相匹配,正线曲线距离道岔端部需有一段直线段,直线段长度需满足相关轨道交通设计规范和技术标准^[3-5]的要求。

1.1.1 优点

该特殊交叉渡线的设计具有如下优点:①确保道岔型号标准不降低,满足轨道专业设计需求,满足运营速度及舒适度需求,例如12号道岔对比9号道岔,侧岔偏移角度更小,侧岔通过速度分别为50、35 km/h,采用12号道岔侧向过岔的速度及舒适度会优于采用9号道岔;②特殊交叉渡线出站一侧为直线段,不限速,匹配列车出站加速;进站一侧为折线段,需要限速,匹配列车进站减速,未降低行车运行需求;③实现了线路快速灵活拐弯,可以很好避开周边密集建(构)筑物,加大与建(构)筑物的施工净距,降低施工风险和难度;④缩小了特殊交叉渡线段的明挖宽度,节省了工程造价;⑤实现了明挖到盾构的快速渐变,缩减了明挖规模,节省了工程费用。

1.1.2 缺点

该特殊交叉渡线的设计存在如下缺点:进站通过交叉渡线侧向过岔,过岔速度和舒适度降低,但是由于采用的是12号道岔,侧岔通过速度为50 km/h,速度较高,不利影响可以忽略。如图2中间段所示。

1.2 曲线岛式错位站台设计

在特殊交叉渡线靠近站台一侧,根据车站周边密集建(构)筑物情况,将站台设置为曲线岛式错位站台,实现对周边密集建(构)筑物的绕避,同时考虑满足建筑对车站内部布置、出入口、风亭等设计要求,例如错位站台端部的宽度、错位的长度以及楼扶梯布置位置等设计需满足乘客上下站方便、出入流线通畅等要求。

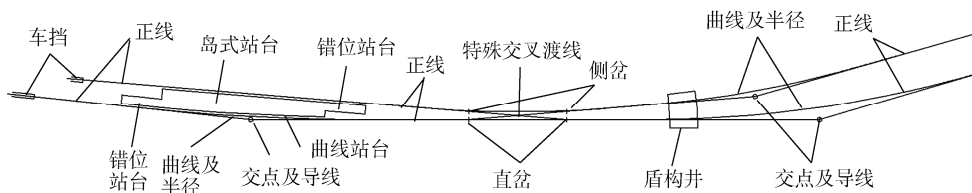


图2 特殊交叉渡线加曲线岛式错位站台组合的线路设计示意
Figure 2 Design diagram of a special cross-over line with a curved island-type staggered platform combination

站台两侧分别设置正线，站台靠近特殊交叉渡线的一端，正线与特殊交叉渡线连接。若该站为起终点站，站台另一端考虑设置车挡，车挡到站台端部的距离，需满足信号设计安全距离要求；若该站为中间站，则站台另一端考虑接区间正线。

正线距离站台边缘距离，需满足相关轨道交通设计规范和技术标准^[3-5]的要求，例如取值 1.6 m。曲线岛式错位站台和旁边正线的半径相对应并匹配，半径取值需满足相关轨道交通设计规范和技术标准^[3-5]的要求，例如曲线站台半径取值不小于 1 500 m，以便于满足曲线站台司机瞭望视线安全要求以及站台门安装要求。

1.2.1 优点

该曲线岛式错位站台设计具有如下优点：①可以很好地绕避站台周边密集的建筑(构)筑物，避免拆迁，加大施工净距，降低施工难度和代价；②满足了建筑专业，对站台宽度、长度、建筑布置、风亭和出入口设置等设计要求；③满足信号专业对停车安全线长度的设计需求，例如不小于 60 m；④避免了拆迁和征地，增加了施工安全净距，满足了结构专业对施工安全的设计需求。

1.2.2 缺点

该曲线岛式错位站台设计存在如下缺点：①曲线站台对司机瞭望视线安全及站台门安装不利，但通过相关轨道交通设计规范和技术标准^[3-5]对曲线站台半径取值的限制，例如要求不低于 1 500 m，可以满足司机瞭望视线及站台门安装需求；②错位站台端部不利于乘客上下车疏导，但通过提前规划优化设计方案，加宽错位站台端部宽度，可以满足乘客上下站方便、出入流线通畅等要求。如图 2 左侧所示。

1.3 明挖转盾构快速过渡设计

特殊交叉渡线远离站台的一端，正线分别与交叉渡线两侧相接，由于交叉渡线一侧为侧岔接正线，一侧为直岔接正线，直岔与侧岔的夹角，实现了正线之

间线间距的快速变大，在线间距约为 $1.5D$ (D 为盾构直径)的位置，可以设置盾构井，作为明挖和盾构的分界点，例如当盾构直径为 8.3 m 时， $1.5D$ 线间距为 12.45 m。

另外还可以在正线上设置交点，通过移动交点位置、调整导线转角方向、加大或减少交点半径等方法 and 措施，尽快实现正线线间距的快速变大。

1.3.1 优点

该设计具备如下优点：①快速实现了正线线间距的渐变，缩短了明挖长度，节省了工程投资；②绕避了建(构)筑物，快速地转换了施工工法，降低了施工难度和代价。

1.3.2 缺点

该设计存在如下缺点：快速渐变及明挖转盾构工法转变，使得设计和施工过程复杂，对精度要求较高，但可以通过对设计及施工严格要求把控确保精度和质量。如图 2 右侧所示。

2 方法应用

以福州市 F1 市域快线起点站为例，该线设计速度为 140 km/h，采用市域 A 型车 6 编组，该站点位于城市火车站附近，周边建(构)筑物密集，控制点众多，设计、施工都较复杂。

2.1 线路设计方法比选

常规线路设计方法^[6]，采用直线站台和常规交叉渡线，组成了很长的一段直线，北侧需要上跨已运营地铁 1 号线区间，距离周边密集建(构)筑物过近，南侧需要托换斗门高架桥桩，如图 3 所示。

本创新线路设计方法^[7]，采用特殊交叉渡线加曲线岛式错位站台组合的线路设计方法，组成了一段曲线，灵活地绕避了周边密集的建筑(构)筑物，如图 4 所示。

将上述 2 种线路设计方法，应用到福州市 F1 市域快线福州火车站车站到塔头站车站(不含)区段，总工程费用比选如表 1 所示，技术、社会效益分析如表 2 所示。

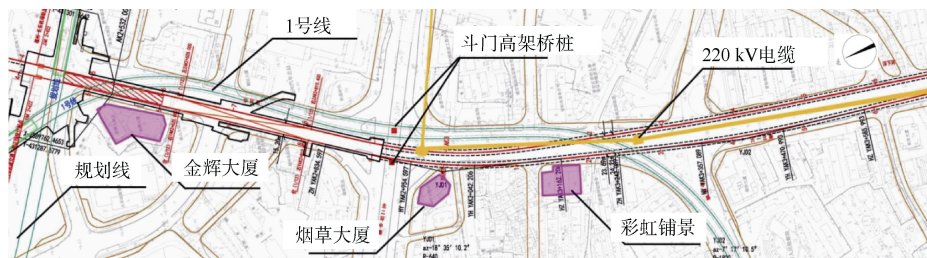


图 3 常规地铁线路设计方法应用示意

Figure 3 Application diagram of conventional subway line design methods

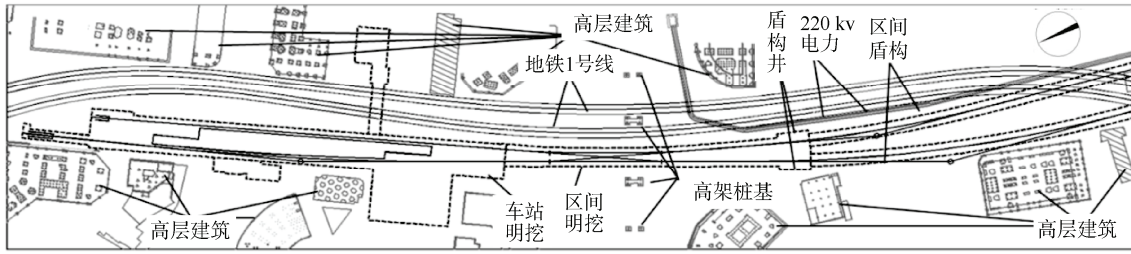


图4 本创新线路设计方法在实际工程应用示意

Figure 4 Illustrated application of this innovative route design method in practical engineering

表1 总工程费用比选

Table 1 Analysis chart of economic benefits for scheme comparison

比选项	施工方法	常规线路设计方法			本创新线路设计方法		
		长度/m	面积/m ²	工程费用/万元	长度/m	面积/m ²	工程费用/万元
福州火车站车站	明挖	480.8	24 525	55 917	383.5	20 107	45 844
福州火车站—塔头站区间	明挖	—			190	—	10 311.90
	盾构	2 396.7	—	56 945.59	2 194	—	52 116.79
总工程费用/亿元		11.286			10.827(节省约 0.459 亿元)		

表2 技术、社会效益分析

Table 2 Analysis chart of technological and social benefits for scheme comparison

比选项	常规线路设计方法	本创新线路设计方法
施工难度	非常大, 车站站台上跨已运营地铁1号线区间, 南侧区间需对市政高架桥梁桩基托换	较小, 平面避让了已运营地铁1号线, 南侧区间避让了市政高架桥梁桩基
施工风险	非常大, 车站西侧距离高层房屋建筑太近, 东侧距离已运营地铁1号线区间太近, 北侧上跨已运营地铁1号线区间	较小, 西侧与高层建筑净距加大, 东侧与已运营地铁1号线区间净距加大, 北侧避让地铁1号线区间
乘客乘坐便捷性	不方便, 站台位于地下一层, 站厅位于地下二层; 乘客需要先到达地下二层站厅层, 再出地面或者进入地下一层站台	较方便, 站厅位于地下一层, 站台位于地下二层
对相关专业影响	①对建筑专业: 站厅层和站台层倒置, 乘客流线及站内建筑布置复杂, 乘客乘坐不便捷; ②对结构专业: 上跨已运营1号线施工, 距离周边建构物太近, 施工难度和施工风险高; ③轨道、线路、行车专业: 受周边建构物和相关轨道交通设计规范要求限制, 正线只能采用9号道岔, 低于正线采用12号道岔的标准要求; 线路折返需限速35 km/h通过; 行车不能满足相关规范每小时不低于24对数折返的要求; ④信号专业: 受建构物限制, 安全线长度只有30 m, 不满足信号设计需求	①通过错位站台, 实现了建筑站台和站厅的顺置, 并依据相关设计规范满足乘客流线疏导通畅和司机站台视线瞭望要求; ②避免了上跨已运营地铁1号线, 加大与周边建构物的施工净距, 降低施工风险和难度; ③实现采用12号道岔, 线路更顺直, 舒适度更好, 满足行车专业每小时不低于24对数折返的要求; ④安全线长度可以做到60 m, 满足信号设计需求
结论建议	不推荐	经济、技术、社会效益均更优, 推荐

从表1、表2方案比选可知, 本创新线路设计方法对比常规线路设计方法, 在经济效益上, 总工程费用可以节省约0.459亿元; 在技术、社会效益上, 施工难度和施工风险更小、乘客乘坐便捷性和舒适度更优, 更能满足相关专业的设计需求, 因此推荐本创新线路设计方法。

2.2 本创新线路设计方法设计特点

本文介绍的特殊交叉渡线加曲线岛式错位站台组合的创新线路设计方法, 满足了相关专业的功能设计需求, 具有如下特点: ①通过错位曲线站台的设置,

满足了建筑专业的站台布置、出入口和风亭的设计需求, 西侧站台尽量往北靠近地铁1号线, 减少换乘距离, 方便乘客换乘; ②交叉渡线可以采用12号道岔, 不需降低道岔型号, 满足了轨道专业的设计需求, 线路更顺直, 确保了列车的通过速度和舒适度; ③通过错位站台的设置, 满足了信号专业对安全距离最小净距要求的设置; ④实现了绕避建(构)筑物、加大施工安全净距、优化工法等措施, 降低了施工难度和施工风险; ⑤通过特殊交叉渡线的设置, 满足了列车进站减速, 出站加速的行车设计需求, 满足了行车专业对

折返对数不小于 24 对/h 的设计需求;⑥本创新线路设计,线型较顺直,运营舒适度比采用 9 号道岔更优。

2.3 本创新线路设计方法运用效果

本创新线路设计方案有如下运用效果:①采用了错位站台,使得北侧车站西侧平面避开了已运营的地铁 1 号线;②采用了曲线站台,使得西侧车站加大了与西边密集房屋建筑的施工安全净距;③采用特殊交叉渡线,实现了绕避了市政高架桥梁桩基,加大了与东侧地铁 1 号线已运营区间、220 kV 高压电力地下管线等构筑物的施工安全净距,同时实现了正线线间距的快速渐变,缩减了区间明挖规模,更快地从明挖渐变为盾构工法,通过盾构工法,可以更安全的施工上跨已运营的地铁 1 号线区间结构,从而实现绕避周边密集的建设(构)筑物,避免了拆迁,降低了施工风险和工程投资。

另外,结合目前行业 BIM 设计和数字化发展的趋势,研究运用 BIM 及数字化技术,进行线路三维快速建模设计,可以更形象地展现地铁线路与周边建设(构)筑物的空间关系,更直观地介绍地铁线路设计方案,如图 5 所示。

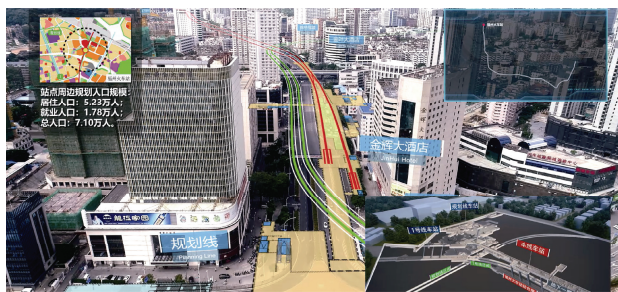


图 5 BIM 及数字化线路设计示意

Figure 5 BIM and digital circuit design diagram

3 结论与建议

通过对常规带交叉渡线的线路设计方法介绍和分析,本文提出了一种创新的地铁线路设计方法,即特殊交叉渡线加曲线岛式错位站台组合的线路设计方法,并通过实际的工程案例应用表明,该线路设计方法,可以绕避站点周边密集的建设(构)筑物,加大与建设(构)筑物的施工安全净距,降低施工难度和风险,缩短明挖规模,节省工程投资,同时可以满足各个相关专业的设计需求和功能要求,能产生较好的社会、经济效益。该创新线路设计方法特别适用于站点周边建设(构)筑物密集、拆迁和施工特别困难的地段。

基于本创新线路设计方法,需满足相关轨道交通设计规范和技术监督的要求,应用线路设计数字化平面设计软件^[8],进行数字化线路平面设计和纵断面设计,不断地优化线路设计方案,实现绕避站点周边密集建设(构)筑物、加大施工安全净距、尽快缩短明挖长度,是确保本创新线路设计方法落地和线路设计方案效果更优的关键。

参考文献

- [1] 彭金水. 线路专业在地铁设计中的总体作业[J]. 甘肃科技, 2023, 2(39): 39-45.
Peng jinshui. The overall role of the line profession in subway design[J]. Gansu science and technology, 2023, 2(39): 39-45.
- [2] 任碧能. 一种带交叉渡线的地铁车站岛式站台结构及施工方法[P]. ZL202010426758.7, 2024-04-09.
- [3] 市域快速轨道交通设计规范: T/CCES 2—2017[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
Code for design of metropolitan rapid transit system: T/CCES 2—2017[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2017.
- [4] 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, 2014.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for design of metro: GB 50157—2013[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.
- [5] 住房和城乡建设部. 地铁限界标准: CJJ/T 96—2018[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standard of Metro gauges: CJJ/T 96—2018[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2018.
- [6] 广州地铁设计研究院股份有限公司. 福州-长乐机场轨道交通工程总体设计报告[R]. 广州, 2017.
- [7] 广州地铁设计研究院股份有限公司. 福州至长乐机场城际铁路(F1 线)工程可行性研究报告(修编稿)[R]. 广州, 2019.
- [8] 任碧能. 地铁线路数字化设计系统研究[J]. 铁道勘察, 2017, 43(6): 81-83.
REN Bineng. Study on digitizing design system of metro line[J]. Railway investigation and surveying, 2017, 43(6): 81-83.

(编辑: 傅依萱)