

郑州市郊铁路运营方案研究

朱颖任磊苏智慧

(郑州地铁集团有限公司,450015,郑州//第一作者,工程师)

摘要 结合市郊铁路项目背景及功能定位,同时借鉴国内外市郊铁路设计经验,从出行通达性、换乘便利性、技术方案可行性及功能转换的灵活性等角度分析,推荐郑州市郊铁路与2号线贯通运营。通过对线路功能定位、线路条件、平均站间距及运行能耗等因素分析,为发挥其快速联络通道作用,推荐列车最高运行速度为100 km/h,并与2号线80 km/h列车混跑运行。从乘客出行需求、出行时间目标值、线路条件及系统通过能力等因素分析,为满足沿线通勤客流及空港客流的多样化的出行需求,提供差异化的出行服务,推荐采用快慢车行车组织模式。

关键词 郑州;市郊铁路;贯通运营;行车组织

中图分类号 U293.4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.04.010

Research on the Operation Scheme of Suburban Railway in Zhengzhou City

ZHU Ying, REN Lei, SU Zhihui

Abstract Base on the background and functions of suburban railway project, as well as the design experiences of suburban railway in China and foreign countries, and through analyzing the traffic accessibility, transfer convenience, feasibility of technical scheme and the flexible conversion of functions, the line through operation of the suburban railway and metro Line 2 in Zhengzhou City is recommended. Then, factors like the circuit functions, line conditions, average station space and energy consumption are analyzed, the maximum train speed of 100 km/h is recommended in order to perform the rapid contact channel functions, and implement the mixed operation with Line 2 that runs at the speed of 80 km/h. According to the analysis of passenger travel demands, travel time target, line conditions and system capacities, a differentiated service travel mode is provided to meet the commuter traffic and airport passenger diversification travel demands along the line, and the organization mode of express and slow train is recommended.

Key words Zhengzhou City; suburban railway; joint operation; organization of train operation

Author's address Zhengzhou Metro Group Co., Ltd, 450015, Zhengzhou, China

1 项目背景

2013年3月国务院正式批复了《郑州航空港经济综合实验区发展规划(2013—2025年)》。根据该规划,郑州航空港经济综合实验区(以下简为“郑州航空港区”)是郑(州)汴(开封)一体化区域的核心组成部分,包括郑州航空港、综合保税区和周边产业园区。郑州航空港区位于郑州中心城区的东南角,距中心城区直线距离约30 km,其规划面积为415 km²,规划人口为260万人。这是我国首个上升为国家战略的航空港经济发展先行区。

随着航空港区的获批,郑州市的城市空间结构将由原来的单中心(中心城区)向双中心(中心城区和航空港区)发展。城市空间结构的优化调整,拉大了城市发展的框架。两个城市中心之间会产生大量的交通需求,而原轨道交通线网规划将不能满足航空港区的发展需求,为此郑州将修建一条市郊铁路。

市郊铁路北起南四环站(该站与郑州地铁2号线(以下简为“2号线”)一期工程的终点站——南四环站共设一处),经龙湖镇、华南城及航空港北部片区后,进入郑州市新郑机场,并止于规划的郑州南站。市郊铁路线路全长约41.10 km。其中,高架线长约16.00 km,地下线长约23.86 km,过渡段长约1.27 km;共设车站18座,平均站间距为2.27 km。全线设车辆段及停车场各1座。线路分两期建设:一期工程为南四环站至机场站,长约31.70 km,设车站14座,已于2016年底通车运营;二期工程为机场站至郑州南站站,长约9.40 km,设车站4座,计划于2019年底通车运营。

作为中长距离的交通出行方式,市郊铁路快速、便捷、安全、高效,具备明显优势。国内外大量新城建设的成功经验证明,在优化城市空间布局、促进土地开发利用、引导城市发展等方面,市郊铁路有重要的推动作用。

市郊铁路在线路特征、功能定位、客流分布特点及行车组织方等方面与其他轨道交通方式相比有特殊性。结合市郊铁路的工程特点及客流需求特征,研究合理的行车组织方案,对充分发挥市郊铁路路的运输能力,提高其效益,具有十分重要的意义。

2 线路衔接及最高运行速度

2.1 与 2 号线衔接方式

由上述分析,郑州市郊铁路的主要功能是加强中心城与航空港区的联系,支持中心城人口、产业向航空港地区疏解,实现郑州城市空间发展战略的调整。因此市郊铁路与 2 号线的衔接需满足如下要求:①需满足航空港区及沿线组团至中心城区的通达性要求;②与市区线网其他线路换乘应具备便利性;③能促进航空港区经济发展需求;④技术方案具备可行性;⑤线路功能定位转换还应有灵活性。

为缓解单站点衔接的换乘压力,提高乘客出行的便捷性,建议将衔接站设置为双岛四线式车站(见图 1),可以同时满足两线贯通或独立运营的条件。在项目运营初期,为加强中心城区与沿线组团的直达联系、提高服务水平和客流吸引力,建议市郊铁路与 2 号线贯通运营。在项目运营的近、远期,考虑线路延伸及客流增长情况,两线在南四环站可适时选择拆分及独立运营^[4-5]。

由于市郊铁路需与 2 号线一期工程贯通运营,故车辆制式应与 2 号线保持一致,即采用 B 型车 6 辆编组,其定员为 1 460 人。

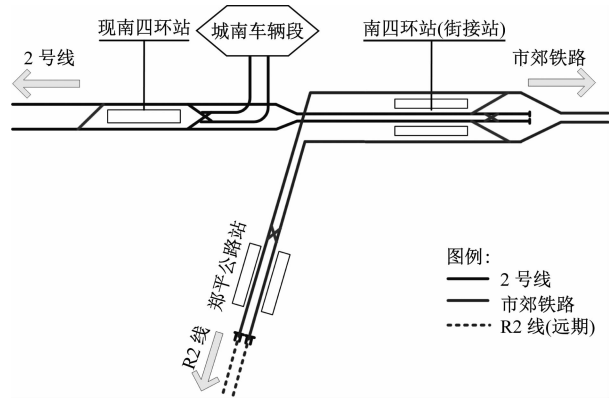


图 1 市郊铁路与 2 号线衔接方案示意图

2.2 列车最高运行速度

综合考虑市郊铁路的功能定位、线路工程条件(站间距、曲线半径)及运行能耗等因素,为提高列车运行速度,缩短运行时间,增强对道路公交的竞

争力,提高运营经济效益,真正发挥其快速联络通道作用,建议市郊铁路列车最高运行速度为 100 km/h。

2 号线列车最高运行速度为 80 km/h。在市郊铁路与 2 号线贯通运营期间,当市郊铁路的列车进入 2 号线运行范围内(天山路站—南四环站)时,列车最高运行速度降低至 80 km/h。而 2 号线列车在南四环站折返,不进入市郊铁路的运行范围内。

根据郑州市轨道交通线网修编方案,市郊铁路会继续向西北方向延伸,进而形成 1 条的独立线路——9 号线,并与多条城市轨道交通线路换乘。市郊铁路延伸后,为避免其对 2 号线客流形成冲击,应适时与 2 号线拆分运营。9 号线与 2 号线的线路关系见图 2。

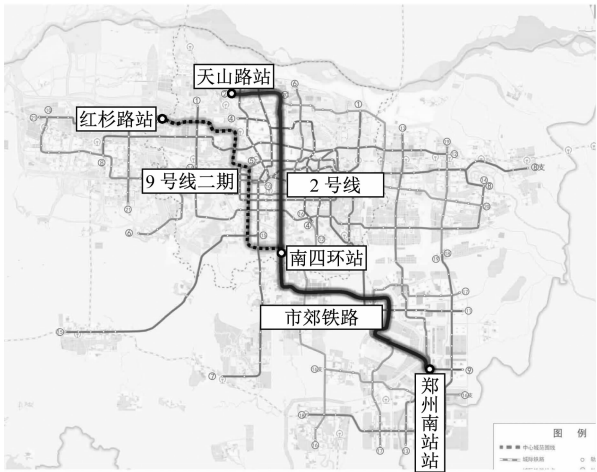


图 2 9 号线与 2 号线线路关系示意图

3 行车组织模式

3.1 行车组织模式分类

城市轨道交通的运营模式有两种:一种是站站停的普通地铁运营模式,另一种是快车与站站停列车(也称“慢车”)组合的快慢车组合模式。后种模式在市郊铁路及普通铁路中广泛采用。快慢车组合模式中的快车主要满足沿线组团或机场的长运距乘客的快速出行需求,其快车通过甩站或越行过站实现快速运行。相比传统的站站停模式,快慢车组合模式在提高旅行速度、加快车底周转速度、提高乘客出行效率等方面具有较大优势,在国内外已有应用^[6-12]。

3.2 行车组织模式选择

行车组织模式选择需综合考虑乘客出行需求、出行时间目标值、线路工程条件及系统通过能力等

因素。

为满足沿线通勤、通学及机场客流的多样化出行需求,提供差异化的出行服务,提高服务水平,建议市郊铁路采用快慢车组合的行车组织模式。

3.3 快慢车组合行车组织方案

3.3.1 快车运行区段

市郊铁路在主城区段(天山路站—南四环站)与2号线共线,其车站客流集散量较大,故不适宜开行快车。市郊铁路在郊区范围内(南四环站—郑州南站)断面客流量小,且车站客流集散量不均衡,适宜组织快车运行。

3.3.2 快车停靠方案

快车在南四环站—郑州南站站区段范围内仅停靠客流集散量较大的车站(华南城西站、华南城东站、郑港三街站、机场站、机场东站及会展站),其余车站全部越行(见图3)。

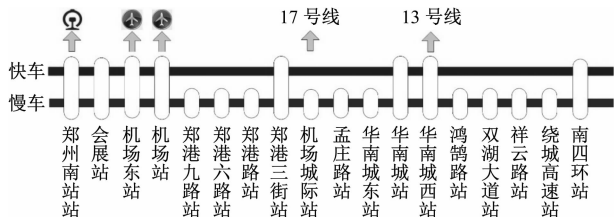


图3 快慢车停靠方案示意图

3.3.3 避让站设置

结合线路工程条件,通过对列车全日运行图铺画分析,根据快车停站方案及发车间隔,确定祥云路站及孟庄路站为慢车避让站,以满足快车运行需求。祥云路站和孟庄路站均为高架侧式车站,建议其车站配线采用双岛正线内侧式方案(见图4)。

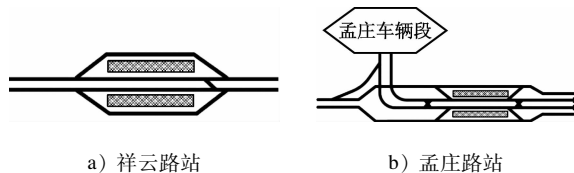


图4 避让站配线示意图

3.3.4 快慢车开行方案

(1) 在项目运营初期,高峰时段,大交路快慢车按1:2开行,其中快车开行2对/h,慢车开行4对/h。平峰时段,大交路快慢车最高开行比例为1:1(见图5a))。

(2) 在项目运营近期,高峰时段,大交路快慢车按1:3开行,其中快车开行3对/h,慢车开行9对/h。平峰时段,大交路快慢车最高开行比例为1:1

(见图5b))。

(3) 在项目运营远期,高峰时段通过能力已达到30对/h,系统能力无富余,无法开行快车。在平峰时段可组织快慢车,且快慢车最高开行比例为1:1(见图5c))。

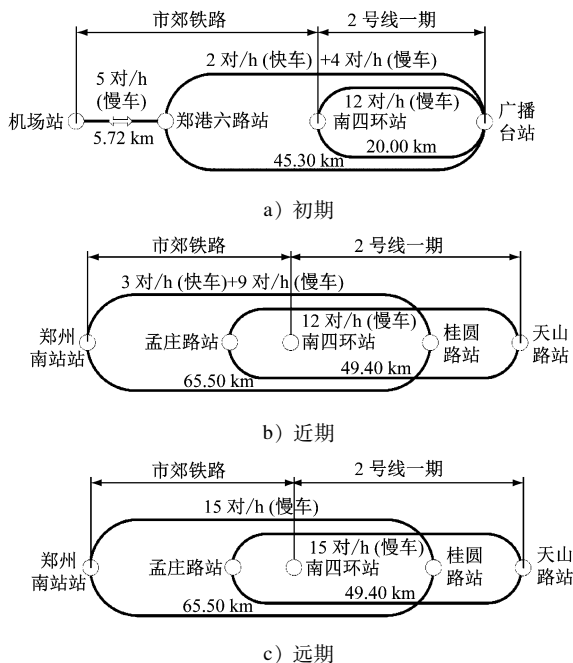


图5 快慢车运行交路图

3.4 快慢车组合的行车组织方案评价

虽然客流预测存在一定的不确定性,但通过铺画运行图仍可有效分析各种快慢车开行比例的适用性。快慢车开行比例为1:1~1:4,对始发站发车间隔的调整可以让快车在祥云路站和孟庄路站越行慢车,故避让站方案适用性较好。

在项目运营初期,高峰时段,南四环站—机场站开行列车10对/h,行车间隔为6 min。由于行车间隔较大,故开行1列快车会影响1列慢车。慢车在避让站的避让时间应控制为3~5 min。在项目运营近、远期,随着南四环站—郑州南站站开行密度增加,列车开行对数增至15对/h以上,且行车间隔缩小至4 min以内。此时,开行1列快车会影响2列慢车。慢车在避让站的避让时间应控制为3~5 min。

本线路设置2座避让站,工程投资规模增加约1.6亿元,紫荆山站—机场站区间的快车运行时间为45 min,比普通车运行时间节省了10 min。

(下转第47页)

根据动力响应曲线,以及支座刚度和跨度同平稳性的关系曲线,可选择合适的支座刚度,并避免将跨度设置为危险跨度。

4 结论

(1) 在动力学仿真中,当 $L > 30$ m 时,轨道梁的垂向位移响应迅速增大,驱动轮的垂向力达到极大值;当 $L > 35$ m 后,驱动轮垂向力又迅速增大。支座垂向刚度约为 300 MN 时,车辆的振动情况最为不利,驱动轮的垂向力达到极大值;当支座垂向刚度为 100 MN/m 和 800 MN/m 时,驱动轮垂向力达到极小值。

(2) $L = 30$ m 时,车辆的横向 a_f 及 W_z 达到极大值,垂向 W_z 随 L 的增大而增大。当 $L = 30$ m 时,轨道梁抗弯性能大幅度减弱。因此在实际工程中应该避免将跨度设置在 30 m 左右。

(3) 支座横向刚度基本对车体垂向和横向平稳性无影响。当横向刚度系数小于 0.6 时,对车体横向平稳性影响较大。支座垂向刚度对单轨车辆垂向平稳性影响较大。如垂向刚度系数低于 0.8,则车辆垂向平稳性较差,如垂向刚度系数高于 0.8,车辆垂向平稳性趋于稳定。

参考文献

- [1] 赵甲荥. 胶轮轨道列车-桥梁系统空间振动响应研究[D]. 广

(上接第 41 页)

4 结语

结合市郊铁路项目背景及功能定位,借鉴国内外市郊铁路设计及运营经验,论述了市郊铁路行车组织关键性问题,包括与 2 号线的衔接方式、列车最高运行速度、行车组织模式,以及线路的互联互通等问题,为其它市郊铁路设计提供借鉴。

参考文献

- [1] 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: 中国计划出版社, 2014.
[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市轨道交通技术规范: GB 50490—2009[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
[3] 中铁二院工程集团有限责任公司. 郑州市轨道交通 2 号线一期工程初步设计[R]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2013.

州: 华南理工大学, 2011.

- [2] 刘羽宇. 跨坐式单轨交通车辆与轨道梁的动力相互作用研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2011.
[3] 刘国. 跨坐式单轨交通车桥系统振动影响因素及乘坐舒适性研究[D]. 长沙: 中南大学, 2014.
[4] 郭林. 跨坐式轻轨 PC 梁承拉柱面支座受力性能分析[D]. 成都: 西南交通大学, 2013.
[5] 马继兵, 蒲黔辉, 夏招广. 跨坐式单轨交通系统车辆的乘坐舒适性性能测试与分析[J]. 都市快轨交通, 2006, 19(6): 46.
[6] DIANA G, CHELI F. Dynamic interaction of railway systems with large bridge[J]. Vehicle System Dynamics, 1992, 18(2): 100.
[7] YAU J D, YANG Y B, KUO S R. Impact response of high speed rail bridges and riding comfort of rail cars[J]. Engineering Structure, 2000, 21(1): 836.
[8] 王浩. 重庆轻轨应急轨道梁结构分析与研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2008.
[9] 中华人民共和国铁道部. 铁路桥梁检定规范: 铁运函[2004] 120 号[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.
[10] 任尊松. 车辆动力学基础[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.
[11] CHANG Hun Lee, CHUL Woo Kim, et al. Dynamic response analysis of monorail bridges under moving trains and riding comfort of trains[J]. Engineering Structures, 2005, 27(14): 1999.

(收稿日期: 2017-09-29)

- [4] 北京城建设计发展集团有限公司. 郑州市城郊铁路工程可行性研究报告[R]. 北京: 北京城建设计发展集团有限公司, 2014.
[5] 北京城建设计发展集团有限公司. 郑州市城市轨道交通 9 号线二期工程总体设计[R]. 北京: 北京城建设计发展集团有限公司, 2017.
[6] 朱文明. 上海轨道交通 9 号线运营组织研究[J]. 城市轨道交通研究, 2012(9): 97.
[7] 郑翔. 佛山轨道交通线路及运营组织拆解方案研究[J]. 现代城市轨道交通, 2014(3): 76.
[8] 单宁. 上海轨道交通 2 号线运营组织探讨[J]. 地下工程与隧道, 2005(3): 1.
[9] 孙海燕. 广州地铁 14 号线快慢车运营组织研究[J]. 科技传播, 2016(7): 206.
[10] 温旭丽. 大城市市郊轨道交通运营组织模式研究[J]. 现代城市研究, 2012(4): 72.

(收稿日期: 2018-02-22)