

北京大兴国际机场线 4/8 辆不同编组列车混合运行的信号方案

王道敏^{1,2} 李晓刚^{1,2} 吕文龙^{1,2} 杨艳艳³

(1. 北京市轨道交通建设管理有限公司, 100068, 北京;

2. 城市轨道交通全自动运行系统与实时监控北京市重点实验室, 100068, 北京;

3. 北京全路通信信号研究设计院集团有限公司, 100070, 北京//第一作者, 高级工程师)

摘要 针对北京大兴国际机场线不同编组列车混合运行的需求,从列车编组调整后的运营需求、列车编组变化对信号专业的影响等方面进行分析,提出正线及段场内不同编组列车的停车方案和洗车方案、信号系统与相关系统之间接口内容的变化,以及不同编组列车对应的信号系统采用的列车控制策略等方案。

关键词 北京大兴国际机场线; 信号系统; 列车编组

中图分类号 U292.4; U231.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.12.037

Mixed Operation Signal Scheme of Different Formation of 4/8 Vehicles on Beijing Daxing International Airport Express

WANG Daomin, LI Xiaogang, LYU Wenlong, YANG Yanyan

Abstract According to the requirements for mixed running of different train groups on Beijing Daxing International Airport express, the operation requirements after train formation adjustment and the influence of train group changes on signal system are analyzed. A series of schemes are proposed, including the parking plan of different train groups on main line and section yard, the car washing plan of different train groups, the changes of interface content between signal system and related systems, the train control strategy analysis of signal system corresponding to different train groups.

Key words Beijing Daxing International Airport Express; signal system; train formation

First-author's address Beijing MTR Construction Administration Corporation, 100068, Beijing, China

北京大兴国际机场线(以下简为“大兴机场线”)是一条联系主城与大兴机场、服务于北京大兴机场航空客流的专用线路。大兴机场线预定目标

为半小时内由大兴机场到达中心城区金融街,这样可为大兴机场航空旅客提供快速、直达、舒适的公共交通服务。

大兴机场线的服务质量关系到大兴机场陆侧集疏运系统的效率,其中轨道交通线路的行车间隔是关键。为了更好地服务航空旅客,大兴机场线在实施过程中科学地调整了运营方案,加密了列车运行间隔。同时为适应调整后的运营方案,对信号系统方案也做了相应调整。

1 研究背景

1.1 大兴机场线原运营方案

大兴机场线工程正线土建工程全长 41.4 km,共设 3 座正线车站。初期原配属车辆为 10 列 8 辆编组列车,列车采用 7 辆+1 辆编组形式,其中 7 辆为乘客车厢,1 辆为行李车厢。大兴机场线初期列车运行交路为大兴机场站与草桥站之间的单一交路,如图 1 所示。由图 1 可知,初期运营高峰行车密度为 5 对/h,行车间隔为 12 min。



图 1 原方案下大兴机场线初期列车运行交路示意图

1.2 大兴机场线运营需求及列车编组方案调整

考虑到大兴机场线客流量相比传统城区轨道交通线路较小,单纯按照断面客流数据进行运力设计,会导致全线的行车间隔较大,且对于大兴机场线而言,运营初期的行车间隔尚未达到北京市机场线的服务标准。

为了进一步提升运能、效率及服务品质,缩短

大兴机场线运营初期的行车间隔,使其不低于北京已运营的机场线水平。考虑到车辆已经招标,在不改变既有车辆数量的前提下,将 2 列 8 辆编组列车改造拆解为 4 列 4 辆编组列车,增加了总配属列车数量,其中 4 辆编组列车所有车厢均为普通客室。大兴机场线的 4 辆编组列车不考虑重联运行,采用 4 辆、8 辆编组列车混合运行模式。

通过上述列车编组形式及运营方案的调整,可以在满足客流需求的基础上,从多样化编组角度缩短行车间隔,提高全线的服务水平。

列车编组调整后,列车初期运营行车间隔可以达到 6 min 40 s。方案调整后的初期列车运行交路如图 2 所示。

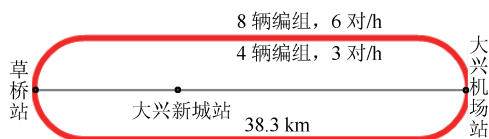


图 2 调整后大兴机场线初期列车运行交路示意图

因列车编组形式调整,运营需求调整如下:

1) 由于大兴机场线的 8 辆编组列车有行李车厢、商务车厢和普通客室车厢,其中行李车厢和商务车厢都集中在一端,而 4 辆编组列车无行李车厢和商务车厢,只有普通客室车厢。因此 4 辆编组列车采用在站台轨居中停放的方式。

2) 在大兴机场线磁各庄车辆段停车列检库(单列位库)库线长度不变的前提下,需要满足每列位停放 1 列 8 辆编组列车或 1 列 4 辆编组列车的要求。

3) 在大兴机场线路基段停车场停车列检库(双列位库)库线长度不变的前提下,需要满足第 1 列位停放 1 列 8 辆编组列车或 1 列 4 辆编组列车、第 2 列位停放 1 列 8 辆编组列车或 2 列 4 辆编组列车的要求。

2 4/8 辆不同编组列车混合运行信号方案

2.1 列车编组变化对信号专业的影响

针对调整后的大兴机场线车辆编组形式和运营方案,将 2 列 8 辆编组列车改造拆分为 4 列 4 辆编组列车,其对信号系统的影响主要有:

1) 因列车数量增加 2 列,信号系统需要增加 2 列列车的信号车载设备。

2) 需根据不同地点的不同运营需求,确定不同

编组列车的停车方案,以及据此调整信号系统轨旁设备布置方案(含计轴、应答器、停车位置等)。

3) 信号站台设备布置需适应 4 辆编组列车和 8 辆编组列车的使用。

4) 信号系统与站台门的接口发生变化,需要区分 4 辆编组列车和 8 辆编组列车的站台门开门命令及对位隔离信息。

5) ATS(列车自动监控)系统与站台广播系统、乘客信息系统的接口发生变化,需要向站台广播系统和乘客信息系统提供不同编组的信息。

6) 信号系统的列车控制策略、信号 ATS 系统界面显示及 ATS 相关功能应考虑 4 辆编组列车和 8 辆编组列车的差异。

7) 4 辆编组列车和 8 辆编组列车对应不同的洗车方式和洗车流程。

2.2 混合运行信号方案

2.2.1 正线车站不同编组列车停车方案及设备配置方案

由于 4 辆编组列车采用在站台轨居中停放的方式,既有 8 辆编组列车也采用站台轨居中停放的方式,两种编组列车的头尾位置均不相同,因此需要调整站台轨轨行区范围内的地面应答器布置,同时需要调整站台公共区紧急关闭按钮等设备的布置。

2.2.1.1 地面应答器布置方案

大兴机场线工程的站台精确停车应答器按照头尾冗余方案布置,双向站台的地面应答器应考虑两个方向头尾定位的需要进行布置。增加 4 辆编组列车后,需根据单向站台和双向站台精确停车的需要,增加 4 辆编组列车用站台精确停车应答器。

2.2.1.2 站台公共区信号按钮设备布置方案

原 8 辆编组列车运行时,站台公共区的紧急关闭按钮及站台门控箱按照要求布置于每侧站台的车头、车尾和中央。在增加 4 辆编组列车后,4 辆编组列车采用居中停放的原则,为了兼顾 4 辆和 8 辆编组列车的站台相关运营操作,需要调整原位于站台中央和车尾的紧急关闭按钮、站台门控箱位置以满足 4 辆和 8 辆编组列车运营的使用要求,原位于车头位置的紧急关闭按钮和站台门控箱位置不做调整。

由于大兴机场线列车的司机室采用一体化环绕设计方案,取消了司机室门,因此将原设置于站台非公共区司机室门正对位置的无人自动折返按钮调整至发车端站台公共区端头,兼为 4 辆和 8 辆编组列车使用。

2.2.1.3 发车计时器方案

既有 8 辆编组列车的发车计时器布置于每侧站台发车端非公共区处,其可纳入通信专业的站端设备整合架,同时整合架上还整合有通信时钟、公务电话、专用电话、CCTV(闭路电视)站台监视器等。该整合架只能服务于 8 辆编组列车。

4 辆编组列车在站台停车后司机室正对的位置为站台公共区,发车计时器可采用的设置方案为:在司机室侧窗正对公共区处采用落地紧贴站台门玻璃设置、站台门轨行区侧站台门内嵌方式安装、轨行区侧壁安装、发车计时器信息上车等方案。经分析,前 3 种方案因无法安装牢固、无法满足显示要求、轨行区内粉尘较大及轨行区内隧道冲洗作业等问题不予采纳,最后推荐采用发车计时器信息上车的方案,即在信号车载 HMI(人机接口界面)上显示列车在站台停车的倒计时信息。

2.2.1.4 折返轨应答器布置及停车方案

正线上的所有折返轨长度均按照 8 辆编组列车设计,考虑到折返效率,4 辆和 8 辆编组列车进折返线的停车点均按照列车尾部对齐靠近折出的道岔防护信号机设计,相应增加 4 辆编组列车的停车点及地面应答器。

考虑到大兴机场线大兴机场站和草桥站均为端站,其站后折返线均兼作停车线,具备休眠唤醒功能,因此按照 4 辆编组列车进折返线停车位置相应设置头部休眠唤醒应答器。

2.2.2 磁各庄车辆段停车列检库内停车方案

磁各庄车辆段停车列检库为单列位库,库内有 20 列位,停车条件满足初期运营和近期运营阶段全线配属列车的停放要求。在目前库线长度条件下,可以满足磁各庄车辆段停车列检库内每列位停放 1 列 8 辆编组列车或 1 列 4 辆编组列车的运营要求。两种编组的列车在库内的停放布置如图 3 所示。

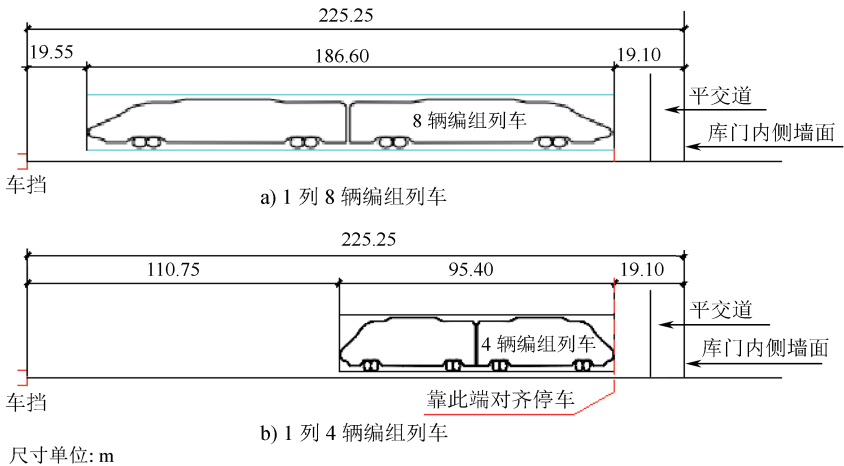


图 3 磁各庄车辆段停车列检库内列车停放布置示意图

采用图 3 所示的停车方案,需要在每个停车股道上为 4 辆编组列车的入库头端增加休眠唤醒应答器、精确停车应答器及停车位置标。

2.2.3 路基段停车场停车列检库内停车方案

路基段停车场停车列检库为双列位库,共 5 股道,正常情况下能停放 10 列列车。由于路基段停车场是在磁各庄车辆段不能按期开通时使用的停车用地。在目前库线长度不加长的条件下,为了解决 12 列列车的停放需求,尽可能满足列车的停车位置不出现列车之间碰撞及列车与车挡之间碰撞的风险,因此,采用 1 个股道的第 1 列位停放 1 列 8 辆编组列车或 1 列 4 辆编组列车、第 2 列位停放 1 列 8 辆编组列车或 2 列 4 辆编组列车的停

车方案。

采用上述停车方案,对于第 2 列位停放 2 列 4 辆编组列车时,由于受到库线长度的限制,存在 4 辆编组列车降级后不能原地自动升级的问题。考虑到路基段停车场为临时使用,且这种停放方式可以满足路基段停车场初期 12 列列车的停放要求,因此采用该方式进行设计。两种编组列车在库内的停放布置如图 4 所示。

采用该停车方案,需要在每个停车列位上为 4 辆编组列车增加不能与 8 辆编组列车复用的休眠唤醒应答器、精确停车应答器及停车位置标。同时,在第 2 列位的两列 4 辆编组列车之间设置计轴磁头进行区段分隔,并增加并置的虚拟信号机。

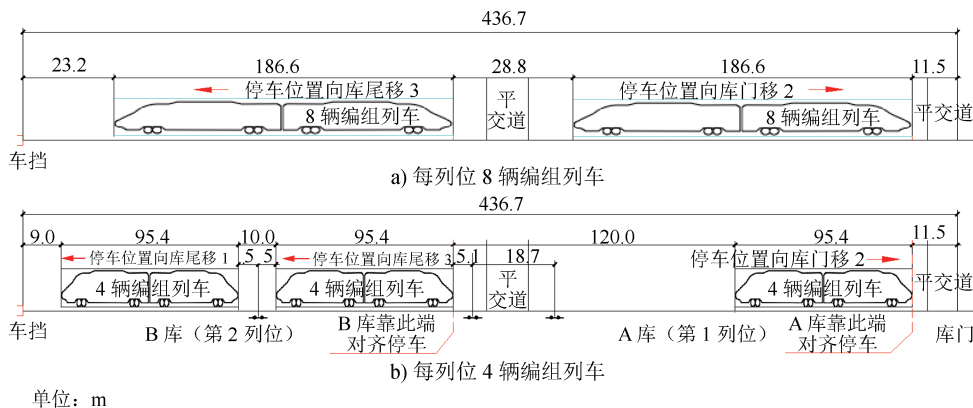


图 4 路基段停车场停车列检库内列车停放布置示意图

2.2.4 不同编组列车的洗车方案和洗车流程

大兴机场线在磁各庄车辆段设洗车库一处,洗车库位于车辆段自动控制区内,且与信号系统具备联动实现自动洗车功能。

大兴机场线采用交流 25 kV 牵引供电制式,为保证安全,洗车库内设置断电区。8 辆编组列车的 2 台受电弓间距大于断电区长度,8 辆编组列车洗车前需要升后弓降前弓,在洗车库中间的换弓点处需要降后弓升前弓。

8 辆编组列车改造拆分为 4 辆编组后,4 辆编组列车的 2 台受电弓间距约 40 m,小于洗车库内接触网断电区域长度(65.6 m),造成如下问题:

1) 4 辆编组列车无法实现自动洗车,需通过其他非弓网受电牵引方式实现洗车作业时的列车牵引。

2) 4 辆编组列车无法采用全自动驾驶模式实现洗车功能。列车需在洗车线降级后,采用其他牵引方式洗车。

综上所述,为了实现 4 辆编组列车的自动洗车功能,推荐 4 辆编组列车采用蓄电池牵引洗车的方案。

4 辆编组列车的洗车流程为:列车采用全自动驾驶模式运行至洗车库前,信号系统向车辆发出洗车工况指令,车辆控制列车恒速运行至库内的前端洗位停稳停准后,信号系统向车辆发出前端洗位置有效指令,车辆降后弓进入蓄电池牵引模式。在前端洗完成后,经信号车载设备与车辆之间的信息交互,完成车身清洗后在后端洗位置停稳停准后,信号系统向车辆发出后端洗位置有效指令,车辆升前弓退出蓄电池牵引模式。在后端洗完成后,车辆控制列车恒速运行至洗车折返轨后退出洗车工况,结

束洗车作业。

由于列车洗车具有一定周期,且考虑到 4 辆编组的列车只有 4 列,可以实现 4 辆编组列车的全自动洗车。虽采用蓄电池洗车对蓄电池寿命有一定影响,但整个洗车过程中只有前后端洗位置之间采用蓄电池牵引洗车,用时较短,运营公司可以接受。

2.2.5 信号系统与站台门系统的接口

由于增加 4 辆编组列车后,列车到站停车后需要信号系统向站台门系统发送不同编组列车对应的开门指令,站台门执行相应编组列车对应的站台门开门动作。站台门关门指令不需区分编组种类,信号系统发送关门指令后由站台门执行本侧所有站台门关门的命令。

对于对位隔离信息,也需增加车辆编组信息,以执行站台门与列车车门之间的对位隔离操作。

2.2.6 信号 ATS 系统与站台广播系统、乘客信息系统的接口

因列车编组变化,ATS 系统与站台广播系统和乘客信息系统的接口发生变化,ATS 系统需要为站台广播系统和乘客信息系统提供不同编组列车的信息,站台广播系统和乘客信息系统按照不同编组列车信息进行对应的站台广播和列车信息的显示。

2.2.7 不同编组列车对应的信号系统采用的列车控制策略

对于 4 辆和 8 辆不同编组的列车,信号系统采用的安全控制策略是相同的。针对不同编组列车,需要将列车长度、系统紧急制动最小减速度、列车旋转质量系数等基本参数提取出来,进行不同编组列车的参数配置,并且按照安全制动模型,计算适用于不同编组列车的紧急制动曲线。

同时对于 4 辆和 8 辆不同编组的列车,采用的

闭环反馈控制策略亦是相同的。针对不同编组列车,需要将车辆加/减速性能、车辆载重等特性参数提取出来,按照ATO闭环反馈控制模型,根据前方不同的停车点信息,计算适用于不同列车编组的推荐速度曲线,并在AM模式下向车辆输出牵引/制动控制命令,使得列车以贴近推荐速度曲线的实际速度行驶,从而实现列车的高效、节能和舒适运行。

除此之外,方案中ATS的相关功能为:在ATS显示界面进行不同编组列车的显示区分;派班计划需要根据4辆编组及8辆编组列车匹配不同的车次,以便于进行区分;针对停车列检库库线的4辆编组及8辆编组列车停放要求,设定回库及出库限制等。

3 结语

结合大兴机场线工程不同编组列车在车车站

台停车、段场停车列检库内停车及自动洗车等不同的运营需求,信号系统通过调整轨旁设备布置、增加与相关专业的接口内容、对不同编组列车进行列车控制策略分析、ATS界面显示和ATS相关功能调整等措施,可以实现大兴机场线工程4辆和8辆编组列车混合运行、列车运行间隔加密及运能提升的目标。

参考文献

[1] 曹妍.列车不同编组运行下的信号系统实施方案[J].铁道通信信号,2017(11):74.

[2] 陈斌,李英.宁波市轨道交通2号线不同编组列车混合运营方案研究[J].城市轨道交通研究,2011(1):48.

[3] 王亚丽.不同编组列车混合运行解决方案[J].上海铁道科技,2014(4):109.

(收稿日期:2019-07-05)

(上接第151页)

参考文献

[1] 张强.城轨车辆横向失稳影响因素及其控制研究[D].兰州:兰州交通大学,2017.

[2] 李伟.地铁钢轨波磨成因及其对车辆/轨道行为的影响[D].成都:西南交通大学,2015.

[3] 郭晓.地铁e型弹条扣件系统疲劳损伤机理研究[D].北京:北京交通大学,2016.

[4] 卢春房.中国高速铁路动态验收[M].北京:中国铁道出版社,2014.

[5] 王峰.高速铁路联调联试管理与技术[M].北京:中国铁道出版社,2013.

[6] 中华人民共和国铁道部.高速铁路工程动态验收技术规范:TB 10761—2013[S].北京:中国铁道出版社,2013.

[7] 黎国清.轨道质量指数及其在高铁动态验收中的应用[J].铁道工程学报,2016(11):41.

[8] 交通运输部.城市轨道交通初期运营前安全评估技术规范第1部分:地铁和轻轨(交办运[2019]17号)[Z].北京:交通运输部,2019.

[9] 芦睿泉,练松良.轨道复合不平顺对提速列车运行影响的研究[J].铁道科学与工程学报,2005(5):17.

[10] 房建,雷晓燕,练松良,等.曲线轨道不平顺对车辆动力响应影响仿真研究[J].铁道工程学报,2011(5):45.

[11] 中国国家标准化管理委员会.铁道车辆动力学性能评定和试验鉴定规范:GB 5599—1985[S].北京:中国标准出版社,1986.

[12] 中国国家标准化管理委员会.铁路轨道工程施工质量验收标准:TB 10413—2018[S].北京:中国铁道出版社,2019.

(收稿日期:2019-06-18)

长三角一体化发展规划纲要发布

近日,中共中央、国务院印发的《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》(以下简称《纲要》)指出,长江三角洲地区是我国经济发展最活跃、开放程度最高、创新能力最强的区域之一,在国家现代化建设大局和全方位开放格局中具有举足轻重的战略地位。推动长三角一体化发展,增强长三角地区创新能力和竞争能力,提高经济集聚度、区域连接性和政策协同效率,对引领全国高质量发展、建设现代化经济体系意义重大。《纲要》明确,长三角规划范围将包括上海市、江苏省、浙江省、安徽省全域(面积35.8万km²)。其中,以上海市、江苏省南京、无锡、常州、苏州、南通、扬州、镇江、盐城、泰州,浙江省杭州、宁波、温州、湖州、嘉兴、绍兴、金华、舟山、台州,安徽省合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州、宣城27个城市为中心区(面积22.5万km²),辐射带动长三角地区高质量发展。《纲要》提出,到2025年,长三角一体化发展取得实质性进展。跨界区域、城市乡村等区域板块一体化发展达到较高水平,在科创产业、基础设施、生态环境、公共服务等领域基本实现一体化发展,全面建立一体化发展的体制机制。到2035年,长三角一体化发展达到较高水平,现代化经济体系基本建成,成为最具影响力和带动力的强劲活跃增长极。

(摘自2019年12月2日《中国日报》网)