

基于运控分区与供电分区划分的高速磁浮项目站场设计

邓志翔

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 430063, 武汉//高级工程师)

摘要 在传统轨道交通典型站场设计的基础上,分析了高速磁浮列车的行车特点和高速磁浮项目各专业的关联性。原则上高速磁浮项目在每个供电分区内只能有 1 列磁浮列车运行。对于配线较多、运营方式较为复杂的车站而言,站场的配线布局及站内分区的划分方式,都是根据运营需求确定的。以典型的“双侧四线”型车站为例,基于高速磁浮项目的运营需求,结合磁浮系统的运控及供电系统的基本架构,详细阐述了站场布局同运控分区及供电系统之间的基本关系,并明确了合理可行的设计方案。

关键词 高速磁浮线;站场设计;运控分区;供电分区

中图分类号 U237+.4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.11.025

Design of High-speed Electromagnetic Station and Yard Based on Operation Control and Power Supply Zone Division

DENG Zhixiang

Abstract On the basis of conventional rail transit typical station and yard design, the operation features of high-speed electromagnetic train and the project's correlation with each profession are analyzed. By principle, only one electromagnetic train is allowed for operation in each power supply division. For the stations with more auxiliary lines and more complex operation modes, the layout of stations are closely related to the operation requirements. Based on the analysis of typical “two-side four-line” station and the operation requirements of high-speed electromagnetic station, considering the essential structure of electromagnetic system operation control and power supply system, the basic relationship between station layout, operation control division and power supply system is expounded, and a reasonable and feasible design scheme is explicated.

Key words high-speed electromagnetic line; design of station and yard; operation control division; power supply division

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

力研发高速磁浮系统^[1]。2019 年,中共中央、国务院发布了《交通强国建设纲要》,提出要“强化前沿关键科技研发。合理统筹安排时速 600 km 级高速磁悬浮系统、时速 400 km 级高速轮轨(含可变轨距)客运列车系统、低真空管(隧)道高速列车等技术储备研发”。这意味着我国磁浮交通的关键技术的研究及配套工程的建设,正式拉开序幕。

相比传统轨道交通,高速磁浮交通系统的集成度和自动化程度更高^[2],相关专业之间的耦合度更大。其站场设计不仅要满足运营需求,还要考虑高速磁浮交通的系统特点,综合考虑运营管理、供电系统、运控系统 & 工程造价等各方面的影响和需求,通过合理布局,才能使高速磁浮项目的站场设计更加科学合理。

1 传统轨道交通的站场设计

1.1 传统轨道交通站场设计特点

在传统轨道交通中,列车的运行主要同线路站场专业、牵引供电和信号系统(在高速磁浮工程中称为“运控系统”)密切相关。线路站场专业的设计主要考虑线站位布局及满足运营需求的配线方案^[3],为列车的运行确定走行范围和走行条件;牵引供电专业主要考虑供电能力是否满足列车运营能力的要求,为电力机车提供了动力来源;信号专业主要考虑列车运行的安全和效率,为列车安全可靠运行提供保障。因此,传统轨道交通车站站型及配线设计方式,与牵引供电、信号专业之间并没有强相关的联系,基本可以独立设计、单独完成。

1.2 传统轨道交通典型站场设计

传统钢轮钢轨线路包括铁路及普通轮轨式城市轨道交通等,其车站站场设计,主要满足车站的客运服务功能需求。为实现车站的正常接发车、折返作业等功能,在车站范围内一般会设置以下配线:

1) 到发线:可实现快车的正线越行、慢车到发

现阶段,日本和美国等科技发达的国家均在大

线停靠功能。

- 2) 动车走行线及出入段线:供车辆进出动车运用所(或车辆基地)、存车场及维修工区的线路。
- 3) 折返线:供列车折返,开行始发车的线路。
- 4) 安全线:保证列车行车安全的线路。
- 5) 联络线:满足折角客流需求的线路,可用于实现列车的跨线运营。

按铁路的左向行车方式,典型的有配线车站形式如下:

1) 设置到发线的车站。其配线如图 1 所示。在快慢车组合运营线路,为满足快车越行,在大站快车不停靠的车站设置到发线,以供慢车临时避让使用。若在到发线上设置安全线,则可以一定程度缩短咽喉区长度,减少工程量。

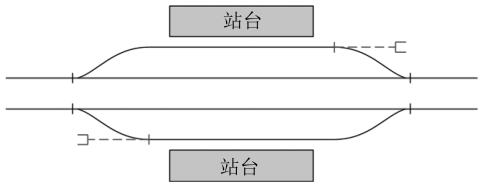


图 1 设置到发线的车站

2) 折返站及有渡线车站。其配线如图 2 所示。折返线可供列车改变运行方向,还可临时停放列车。列车折返形式一般分为站前折返、站后折返或混合折返。折返线设计应满足线路运营能力和折返能力的需求。车站渡线一般仅包括单渡线或者交叉渡线,可以起到临时交路折返的作用。

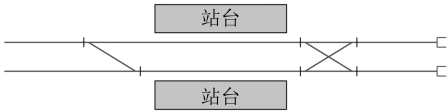


图 2 设置折返线的车站

3) 设置存车线的车站。其配线如图 3 所示。存车线的功能为:均衡全线收发车时间;临时停放备用车;在快慢车组合运行线路,为满足快车越行,存车线可供慢车临时避让使用(同到发线功能);在非正常情况下,可让故障列车临时停放退出运营。有的存车线布局还可以实现特殊场景下的临时折返功能。

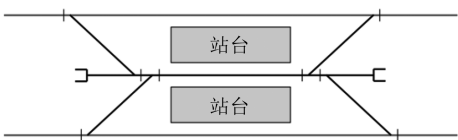


图 3 设置存车线的车站

4) 设置出入段线的接轨站。其配线如图 4 所示。车辆基地出入线是车辆基地与运营正线之间的连接线,一般采用双线双方向设计原则。

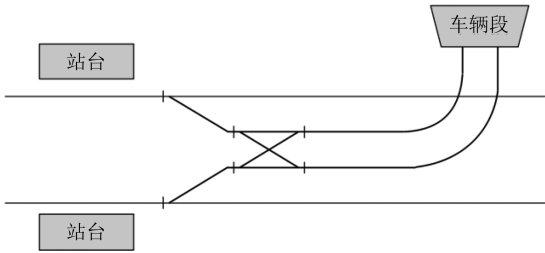


图 4 设置出入段线的接轨站

除上述典型车站以外,还存在联络线接轨站、综合配线站,均是通过道岔与配线的合理组合来实现相应的运营功能。

2 高速磁浮交通的站场设计

2.1 高速磁浮列车的行车特点

高速磁浮列车的基本运动采用了直线电机控制原理,即将磁浮列车视为“转子”,将轨道视为“长定子”。当列车浮起来后,通过“转子”和“长定子”之间的磁力作用,使磁浮列车沿着轨道方向运行^[1]。

列车的运行控制,主要是车辆、牵引供电和运控专业共同控制完成,如图 5 所示。

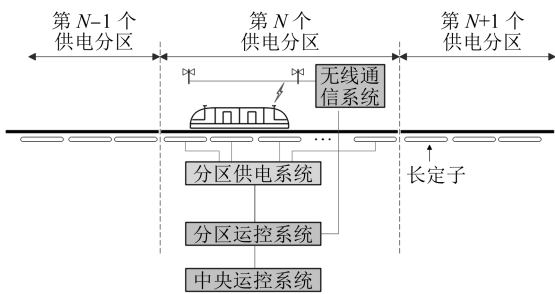


图 5 高速磁浮运控系统基本架构图

按供电分区对整个线路进行分区。每个分区的最长供电控制距离约为 35~50 km。原则上,每个分区内包含 1 个供电分区和 1 个运控分区;而理论上,1 个运控分区控制器可实现对多个供电分区的控制管理。每个分区内,有且只能有 1 列磁浮列车运行(但可允许有其他列车停靠在本分区内的存车线、到发线或折返线上)。

其基本控制流程为:首先,中央运控系统 will 将行车指令下达到列车所处分区所对应的分区运控系

统;然后,分区运控系统获取的列车位置信息和速度控制信息发送给分区供电系统;随后,分区供电系统根据获取到的运控指令信息来控制列车所处分区内所对应的长定子上的磁场强度及变化频率,进而控制列车牵引或制动^[4];最后,磁浮列车车载运控系统获取列车当前的速度信息和精确位置信息^[5],通过无线通信系统下传给分区运控系统。

本文以上海磁浮列车示范运营线为例进行分析。该线全长约 30 km,仅设置 2 站 1 区间,其整体运营模式简单,列车可单一交路跑圈运行或单线双向拉风箱式运行,行车间隔较大。全线共设置 5 个分区。为满足运行需求,正线被划分为 4 个分区,两端车站分别被划为 1 个独立的分区,如图 6 所示。

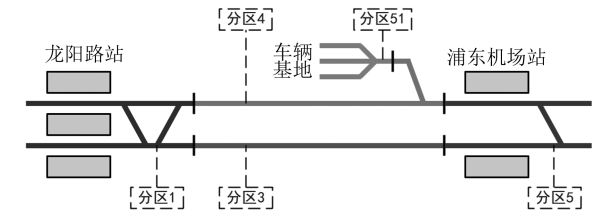


图 6 上海磁浮列车示范运营线的分区划分示意图

以目前的分区配置方式,列车采用拉风箱式运行方式时的行车间隔为 15 min,采用循环跑圈运行方式时的最小行车间隔仅为 10 min。考虑到“每个分区内只能有 1 列磁浮列车运行”,原则上,在同一时间,龙阳路站和浦东机场站范围内只能有 1 个行车作业,无法办理并行作业,既无法同时办理上行站台的接车作业和下行站台的发车作业;也无法同时办理接发车作业与折返作业。为解决这一问题,上海磁浮列车示范运营线在浦东机场站另设了 1 套牵引控制的中功率模块,在特定条件下可以实现平行进路同时接发车作业。

由此可见,将整个车站划分为单一分区的方式一般适用于运营方式简单、行车能力要求不高的线路及工程。该划分方式若应用到长大干线上,将大大限制线路的通行能力。因此,为满足车站范围内的并行作业需求、提高线路的运营能力,在车站站场配线设计时,必须充分考虑行车能力、分区划分及运控逻辑等多方面因素。

2.2 高速磁浮项目各专业的关联性分析

相比传统轨道交通而言,高速磁浮项目的线路及站场设计所需要考虑的问题更多。首先,应根据客流预测结果,检算出的列车编制长度,以及行车间隔要求,并合理规划每个车站的功能定位;其次,

车站的规模和配线设计要满足车站的功能需求,并结合切实的运营需求,合理划分供电分区;根据站型和供电分区数量,确定运控分区控制器与供电分区的对应控制关系,让运控和供电分区的设备数量保持在合理的范围内;最后,依据总体投资规划,在满足运营需求的基础上,进一步优化车站配线及分区划分方案与整体投资之间的关系。各专业间的关联性如图 7 所示。

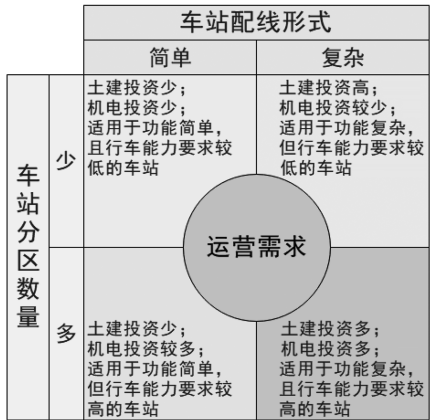


图 7 车站配线、分区与运营需求的关系

2.3 高速磁浮站场形式与分区划分的关系

要以高速磁浮线作为轨道交通运输的长大干线,车站布局和配线就必须满足各种运营需求。以铁路中常见的“双侧四线”站型为例,若要实现上下行列车正常运行互不干扰,则车站至少要划分为 2 个分区,如图 8 所示。

在实现图 8 所示的行车作业时,由于进路①的转线作业,跨越了分区 2 和分区 1,故其会影响进路②的正常发车作业。由此可见,传统轨道交通项目车站范围内的众多并行作业,在高速磁浮项目中都无法简单地实现。

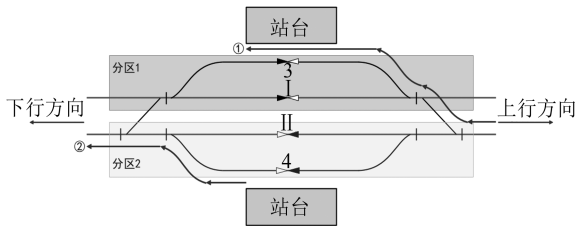


图 8 “双侧四线”车站的双分区划分及行车作业示意图

在不考虑建设成本和运营维护成本的情况下,若要完全实现“双侧四线”车站内行车作业的灵活调度,则需要将车站范围划分为 8 个分区,如图 9 所示。

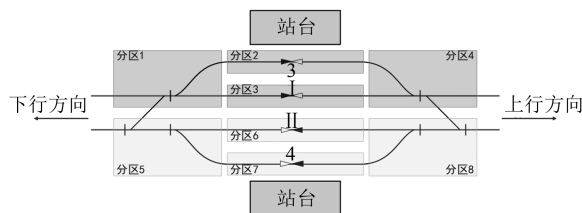


图9 “双侧四线”车站的多分区划分方式

将车站范围划分为8个分区后,大部分行车作业可通过分区之间的组合来实现,且基本不影响其他并行作业。例如,3道上的列车可以通过分区2和分区4开往上行方向;与此同时,I道上的列车可以用过分区3、分区1和分区5开往下行方向,从而实现站内的并发作业。

2.4 站场设计的其他考虑因素

如果车站的功能定位更加重要,运营调度功能更加丰富,那么车站的配线将更为复杂。相应的,车站到发线、存车线及渡线的数量均会增加。此时若要实现高密度行车、全站场的多任务并行调度,则车站范围内的分区数量必须设置得更多。这意味着分区运控设备、分区供电设备,以及轨旁控制电缆的数量都需要进一步增加,相应的建设投资成本和后期运维成本将大幅上升。

仍以图9所示站型为例进行分析。在特定的工程中,先要分析设置到发线的必要性,还要分析到发线与正线之间、到发线与到发线之间的并发作业,并根据行车检算出来的行车密度来判断各线之间的接发车作业是否必须同时进行。这些内容在传统轨道交通项目设计之初均是侧重于包容性设计原则,即是在设计原则和规范文件的指导下,在投资允许的情况下尽可能提供更加灵活的运营调

度方式。然而,与其他轨道交通方式相比,高速磁浮项目的运营需求存在较大差异。因此,应该在工程设计之初深入研究并明确上述问题。如果站内确实不存在某些并发作业形式,那么可以合并相应的分区,从而减少不必要的投资和运维成本。

由此可见,如何平衡运营需求与工程投资(含站场功能、站场规模、分区数量等)的关系,获得性价比更高的设计方案,将成为高速磁浮工程前期研究和设计的重点之一。

3 结语

高速磁浮交通车站的功能定位和站场配线形式,必须与运营需求相结合,并要充分考虑高速磁浮线路的运营特点。运控分区和牵引分区的划分,必须也要从运营需求为出发点,并结合站场布局,进行整体方案设计。只有从全局把握,统筹考虑,让各系统之间的设计理念互动起来,与运营需求高度匹配,才能合理地开展站场、运控和牵引供电专业的相关设计。

参考文献

- [1] 吴祥明. 磁浮列车[M]. 上海:上海科学技术出版社,2003.
- [2] 李京文. 高速磁浮交通系统在长大干线的适用性研究[M]. 北京:知识产权出版社,2014.
- [3] 张沛艳. 高速铁路站场设计几个问题的探讨[J]. 铁道工程学报,2008(10): 83.
- [4] 张前锋. 高速磁浮交通牵引控制系统原理分析及研究[J]. 设备管理与维修,2019(9): 126.
- [5] 钦臻文. 磁浮列车定位信号传输和列车初始状态定位过程[J]. 城市轨道交通研究,2015(5): 56.

(收稿日期:2020-02-21)

(上接第117页)

- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市轨道交通衔接车辆通用技术条件:GB/T 23431—2009[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [3] 汪克强. 电力机车司机室电加热器的设计选型[J]. 电力机车与城市车辆,2008,(9): 9.
- [4] 葛党朝,李小平. 城市轨道交通车辆空调系统[J]. 电力机车与城市车辆,2013,(9): 143.

- [5] 法国标准化协会. 铁道车辆用强制通风套管式电加热器:NFF13-835—1989[S]. 巴黎:法国铁道标准化办公室,1989.
- [6] 中华人民共和国国家铁路局. 铁道客车及动车组电取暖器:TB/T 2704—2016[S]. 北京:中国铁道出版社,2016.
- [7] 方宗升,李绪全. 强迫对流电加热在青藏铁路客车中的应用研究[J]. 山东制冷空调,2009(2): 126.

(收稿日期:2019-01-08)