

地铁车辆段发车能力研究

马龙

(昆明地铁运营有限公司, 云南 昆明 650000)

摘要: 车辆段出段能力的主控制因素是段内发车能力, 车辆段内发车能力的研究不仅能提升该车辆段的出段能力, 而且对提升地铁的运营效率和降低运营成本具有重要意义, 也可供其他地铁车辆段设计借鉴和参考。国内一些特大城市部分早期开通运营的城市轨道交通线路客流增长迅猛, 客流需求远超原设计的线路运输能力, 提高其运输能力、缓解运营压力已迫在眉睫。以某地铁2号线为例, 提出增加列车开行密度、压缩行车间隔的扩能方案; 并对控制列车运输能力的折返能力、场段规模、供电容量、区间风井的设置等主要因素进行了系统研究。

关键词: 地铁轨道交通; 车辆段; 咽喉区通过能力; 出段效率

0 引言

随着我国科技的发展, 人们生活水平的提高, 现阶段, 人们的出行方式也变得越来越多样。地铁出行方式作为人们日常出行的工具之一, 具有准时、高效、速度快的特点, 被人们广泛认可, 部分早期开通运营的城市轨道交通线路客流增长迅猛, 客流需求远超原设计的线路运输能力, 运营部门压力日益凸显。北京、上海、广州等城市的部分轨道交通线路在高峰期不得不采取限流措施来缓解运营组织压力, 确保运营安全。这给市民出行带来不便, 且客室拥挤严重, 乘车体验较差。因此, 如何提高城市轨道交通既有线路车辆段发车能力、缓解运营压力的工作已迫在眉睫。通过提升行车密度来提升能力是目前通常采取的措施, 并取得了良好的社会和经济效益。

1 发车能力控制和出段能力分析

例如, 上海轨道交通1号线通过大交路运输的方式在满足客运需求的同时合理运用运能, 提高行车效率; 北京地铁提升了繁忙线路的行车密度, 部分线路将行车间隔压缩到了105s (约34对/h); 广州地铁3号线组织跨线运输, 增加空车投放, 提升行车密度^[1-3]。目前, 某地铁日均客流量已达250万人次, 2号线日均客流量突破了90万人次。为缓解客流拥堵、更好地服务旅客, 本文以某地铁2号线为例, 分析行车密度影响因素, 进而确定某地铁2号线最终的系统规模 (即高峰小时最大开行密度), 以满足客流增长的需求。

1.1 发车能力控制因素分析

车辆段出段能力主要受控于早高峰发车能力, 而早高峰发车能力需与正线的行车间隔相匹配。车辆段出段能力是由库前至转换轨前即列车转换模式完成 (段内区段) 和转换后进入正线运营 (出段区段) 两个过程控制。在两个过程中, 段内区段为发车能力的主控因素, 主要是由于段内区段咽喉区的长度较长, 同时咽喉区道岔密集, 列车运行速度受道岔限速控制,

1.2 出段能力分析

以某地地铁2号线为例, 早高峰断面位于上行的鱼洞一校场口方向, 因此白车辆段上行方向的出段能力是发车能力的控制因素。地铁信号系统采用TD环路固定闭塞系统制式, 正线列车采用ATP监督下人工驾驶模式, 车辆段内采用限速 ($\leq 15\text{km/h}$) 人工驾驶模式。车辆段出入段路径和咽喉区线路如图1所示。咽喉区长度达704 m, 现状段内运行速度为9 km/h, L3~L19停车线均通过出段线发车。根据现场实测数据, 现状段内区段用时6 min 22 s, 出段区段总用时134 s。因此, 白居寺车辆段出段能力 (发车间隔) 为6 min 22 s。当车辆段位于线

路中部时, 在高峰时期车辆段向正线加车提高运输能力, 主要受正线行车间隔和出入段线能力两个因素的影响。单轨系统最小行车间隔为 2.5 min, 而现状出入线能力为6 min 22 s, 不能满足远期行车密度2.5 min的加车需求, 加车效率低。

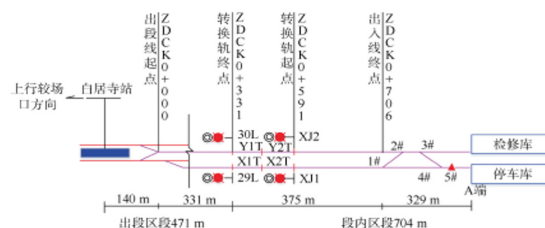


图1 出入段路径

1.3 折返能力

是制约行车密度的关键环节, 折返时间长短直接影响到整个线路的行车间隔和运营效率, 并最终体现在列车的追踪间隔上。从列车整个折返过程的时间顺序上分析, 折返过程包含上行站台接车作业、进出折返线作业、下行站台发车作业3个阶段。折返能力主要取决于折返线配线布置形式、列车进站时间、列车在车站停车上下客时间、列车进入折返线时间、信号系统转换确认时间以及相邻两列列车之间的作业关系等。

1.4 场段规模

是影响停车及检修能力的主要因素。行车密度的提高会使得线路中开行的列车数量上升, 相应地对场段规模也会提出更高的要求, 因此需进行场段规模检算。

1.5 供电容量

在同一个供电区段内, 牵引供电系统双机组双边供电, 能够驱动的电车组是有限的, 因此, 如果提高行车密度, 还需要对供电容量进行检算。

1.6 区间风井设置

在长大区间内, 最不利情况下发生火灾造成严重影响事故虽然是小概率事件, 但一旦发生, 造成的危害和影响极大, 因此在扩能时需要对相关风井设置进行检算。目前, 在实际工程中通常判断是否设置中间风井的原则为: 判断区间隧道端头活塞风井间的纯运行时间 t 与行车间隔的关系。若 $t >$ 行车间隔, 则需考虑设置中间风井; 若 $t <$ 行车间隔, 则可不设置中间风井。其中, 行车间隔为系统远期高峰小时行车间隔, 一般为120s。对于该原则, 笔者并不认可。本文暂按区间隧道两端站中心至站中心间的纯运行时间与行车间隔的关系进行判断^[1]。

2 提高段内发车能力的方案

通过以上分析可知, 提高地铁车辆段出段效率的关键是

提高段内发车能力,即咽喉区的通过能力。为此,针对提高咽喉区的通过能力,提出两种解决思路:第一种是对现状咽喉区的线路布置进行优化,使出段线和入段线具备同时发车的平行进路,做到出入线发车互不影响;第二种是为了减少对运营的影响,不改变既有咽喉区线路,而是在出段路径上加设调车信号机,缩短发车排队间隔^[2]。

2 优化站场线路

跨座式单轨车辆基地采用的是关节可绕型道岔,该道岔主要由机械、驱动和控制装置三大部分组成。与钢轮钢轨道岔的最大区别是道岔的机械装置由道岔梁、梁间连接装置组成,每节道岔梁长5.5m。在控制装置接收信号连锁送来的道岔转辙命令后,道岔梁自动完成道岔转辙,以及绕曲面的弯曲转辙到位并锁定,其余方向就出现导轨梁悬空状况。由于单轨道岔的特殊性,轨道梁转辙时间较长,因此信号办理进路的总时间相对较长;还有当道岔转辙至某个方位时,其他方位不能有任何作业^[3]。

2.2 分段办理进路

在段内区段咽喉区终点与转换轨起点间增加一个D26信号机,出入段路径如图2所示。将库A端至30L长进路分两段办理,提高列车出段效率,达到和正线行车间隔相匹配的效果,第一列车与第二列车的追踪间隔为4 min 50 s (290 s),第二列车与第三列车的追踪间隔为5 min 7 s (307 s),第三列车与第四列车的追踪间隔为5 min 2 s (302 s),第四列车与第五列车的追踪间隔为4 min 25 s (265 s),平均追踪间隔为4 min 51 s (291 s)。出入线发车能力可与远期正线的最小行车间隔2.5 min相匹配,基本能满足正线加车的需求。需要说明的是,此方案关键在于改造期间对现状运营无影响,并且投资较少。

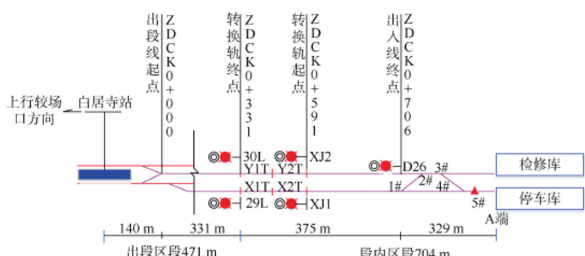


图2 增加 D26 信号机后的出入段路径

3 发车扩能方案检算

扩能受限与乘客舒适度的矛盾:通过扩大列车编组或增加列车定员可有效提升线路运输能力。目前,地铁列车采用6节编组(B型车)承担运输任务,扩大列车的编组可实现运输能力的提升,但是既有线路的土建结构改造困难,此种方案基本不可实现;而增加列车定员方案会引起服务水平的降低,高满载率情况下乘客乘车及候车的舒适度将大大降低。列车折返作业过程:正常情况下,上行到达列车进站I道停车;在I道办理完下客作业后,由ATO自动驾驶进入Ⅲ道折返,再进入车站Ⅱ道办理上客作业;转换车号为下行列车并发车。相邻两列车之间重要控制点为:①当前车尾部出清A点后,后续列车进行进站停车作业;②当前车尾部出清B点后,可以开始办理后续列车进入折返线Ⅲ道的进路;③当前车出清站台区域C点后,后续折返线上的列车进行进站停车作业^[4]。

3.1 场段规模检算

检修规模:当行车密度为35对/h时,定修规模超出了0.12

列位,周月检规模富余0.25列位。目前某地铁运营部门正在实行均衡修,部分定修任务(如拆卸空调滤网等)由周月检的列位承担,因此超出的定修列位可由周月检列位补充;2号线二期行车密度由30对/h增加至35对/h后,增加了0.02个大架修列位。当行车密度为30对/h时,2号线的大架修列位富余0.5列位,可满足行车密度增加至35对/h的停车规模需求。根据上述分析,建议行车密度不超过35对/h。

3.2 供电容量检算

行车密度为33对/h时的供电容量:接触网(目前的刚性悬挂方式和线材选择,汇流排+1根接触线+1根架空地线“Π”型汇流排+CTAH150+JT120)、两座主变电站行政中心主变和会展中心主变容量均可满足要求,整流机组容量仅能满足行车密度为33对/h的需求,故当行车密度为33对/h时,对供电容量无影响。行车密度为35对/h时的供电容量:接触网和两座主变电站行政中心主变和会展中心主变容量均能够满足要求,整流机组容量仅能满足行车密度33对/h的供电需求,不能满足行车密度为35对/h的供电需求,因此需对2号线二期工程的牵引变电所进行增容,对2号线一期工程的供电无影响^[5]。

3.3 区间风井设置

检算本文暂按设置中间风井进行检算。行车密度为33对/h时的区间风井设置:当行车密度为33对/h时,两列车之间行车间隔约为109s。根据行车计算结果,暂认为可以通过调整站端风井位置满足相关规范要求,因此该区间无须设置中间风井。

4 结语

通过对折返站的折返能力、车辆段及停车场的停车列检能力、供电容量、区间风井的设置这四大控制列车开行密度的主要因素进行研究,建议地铁2号线行车密度按33对/h考虑。在客室站席定员采用6人/m²条件下,运输能力可达4.82万人次/h,比原设计4.38万人次/h提高约10%,具有一定的抗风险能力。此处要说明的是,运输能力可达4.82万人次/h仅仅是基于行车密度为33对/h的一个理论计算结果,而当行车密度超过30对/h后,实际列车定员是否仍然能够保持满载需要通过进一步调查分析后才能判断。(2)在既有有线区间增设中间风井的前提是不能影响既有有线正常运营,且必须确保既有有线运营安全,因此实施难度较大。针对既有有线改造增设区间风井,目前国内尚无实际应用案例。但并未在既有有线增设区间风井根据相关环控专家的建议,可采取特殊应急处理措施(例如前车火灾时,后车后退),来避免因提高行车密度而在既有有线增设区间风井的情况。若此种模式被业内接受,则将大大降低既有有线运能提升改造成本及难度。

参考文献

- [1] 刘圣伦. 地铁车辆检修与维护保养技术探讨[J]. IT 经理世界, 2020, 23(8):148.
- [2] 陈东. 地铁车辆段发车能力研究[J]. 智能城市, 2021, 7(1):3-5.
- [3] 朱超. 地铁车辆段发车能力分析研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2016 (24):1716.1893.
- [4] 阳拓. 地铁车辆段接触网停电时发车组织方法研究[J]. 城市建设理论(电子版), 2015, 5(34):4232.
- [5] 俞耀栋. 城市轨道交通车辆段列车出入段能力分析探讨[J]. 百科论坛电子杂志, 2021(5):1672.