

广州地铁2号线列车电制动管理优化设计

黎 澍

(广州地铁集团有限公司运营一中心, 510330, 广州//工程师)

摘 要 介绍了广州地铁2号线电制动管理方式。对列车的电制动管理进行了优化设计,对比分析了BCU(制动控制单元)电制动管理试验和VCM(车辆中央控制模块)电制动管理试验,发现采用VCM电制动管理后,减少了列车闸瓦磨耗,节约了经济成本。

关键词 地铁列车;电制动;制动控制单元;车辆中央控制模块;闸瓦磨耗

中图分类号 U270.352

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.07.046

Optimization of Electric Braking Management for Metro Train on Guangzhou Metro Line 2

LI Shu

Abstract With an introduction of the train electric braking management on Guangzhou metro Line 2, an optimization scheme is proposed. The management tests of BCU (brake control unit) and VCM (vehicle central control module) electric braking are comparatively analyzed, it is found that after the adoption of VCM electric braking management, the wear of train brake shoes is reduced and the economic cost is saved.

Key words metro train; electric brake; BCU; VCM; brake shoe wear

Author's address Operation Center 1 of Guangzhou Metro Group Co., Ltd., 510330, Guangzhou, China

目前,地铁列车的机械制动基本采用闸瓦制动,但闸瓦制动摩擦产生的热量会导致温度急剧升高,严重时容易造成闸瓦熔化或者踏面灼伤。同时,频繁和过量使用摩擦制动,将使闸瓦更换频繁,加大车辆维修工作量和增加经济成本。为了减少列车闸瓦磨耗,一般列车会采用电制动。而广州地铁2号线列车因电制动指令传输延时导致电制动响应缓慢,进而列车在制动过程中经常会有气制动补充,最终导致列车闸瓦磨耗增加。因而,列车电制动管理的优化对节约列车运营成本起着十分重要的作用。

本文主要介绍如何优化广州地铁2号线列车电制动管理,以提高列车电制动的响应速度,以及减少闸瓦因气制动的补充而导致的磨耗。

1 列车电制动的工作原理

列车电气制动分为再生制动和电阻制动。再生制动是在制动时把车辆的动能转化电能馈送电网或储存起来。列车在进行电制动时,电动机的工作方式从原来的受电转动转变为轮对带动电动机转动而发电,此时电动机等效于发电机,把车辆的动能转成电能储存起来或透过电网馈送出去,再生循环使用。再生制动产生的能量不断地增加,把电网的电压抬高,当超出一定范围时,为了保证设备的正常使用,就必须要进行强制降压,因此就出现了利用电阻来消耗过多的能量。

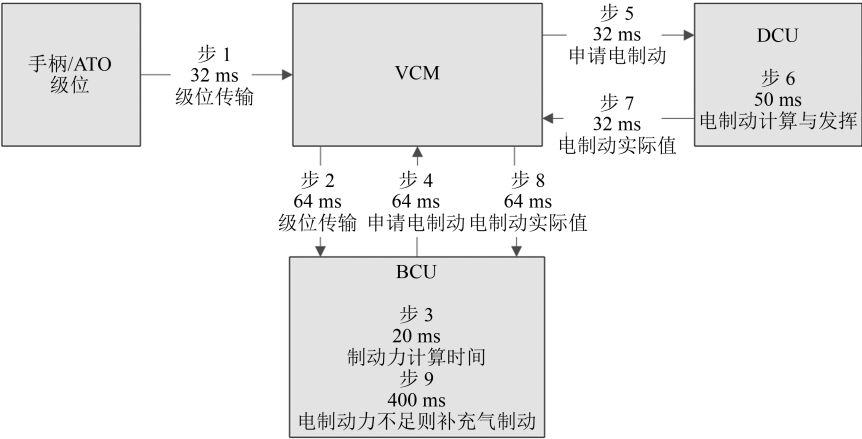
再生制动与电阻制动间的转换由电机逆变器控制,能保证它们连续交替使用、转换平滑,且变化率不能为人所感受到。当列车高速运行时,动车采用再生制动,将列车动能转换成电能;当再生电能无法再回收时,再生制动能够平滑地过渡到电阻制动。

2 广州地铁2号线电制动管理方式

目前,广州地铁2号线列车采用制动控制单元(BCU)管理电制动的方式。当列车施加电制动时,先将制动级位传输给车辆中央控制模块(VCM),再由VCM传输给BCU,并通过BCU计算所需制动力大小。BCU完成电制动力所需值计算后,则会向VCM请求施加电制动,再通过VCM传输电制动请求命令给牵引系统的驱动控制装置(DCU)。DCU完成电制动发挥并将电制动实际施加值反馈VCM,再由VCM将电制动实际施加值传输给BCU。若列车电制动力响应过慢,则BCU会进行补充气制动。

广州地铁2号线列车采用BCU管理电制动的方式时,列车电制动力的计算传输均会有一定的网络延迟。列车BCU电制动管理流程如图1所示。

列车电制动力的具体延时时间为： $t_{\text{电制动延时}} = t_{\text{步1, 级位传输}} + t_{\text{步2, 级位传输}} + t_{\text{步3, 制动力计算延时}} + t_{\text{步4, 申请电制动}} + t_{\text{步5, 申请电制动}} + t_{\text{步6, 电制动发挥延时}} = 32\text{ ms} + 64\text{ ms} + 20\text{ ms} + 64\text{ ms} + 32\text{ ms} + 50\text{ ms} = 262\text{ ms}$ 。



注：ATO 表示列车自动运行

图 1 列车 BCU 电制动管理流程图

3 电制动管理优化设计

为减少电制动的响应时间,避免 BCU 进行气制动补充。现将列车改为 VCM 电制动管理,进而能够更快更好地响应电制动力的实时变化。列车改为 VCM 电制动管理后,可由 VCM 直接对列车所需的制动力进行计算并向DCU申请电制动,这

样可节约中间的网络传输时间。列车 VCM 电制动管理流程如图 2 所示。优化后列车电制动管理的电制动力的具体延时时间为： $t_{\text{电制动总延时}} = t_{\text{级位传输}} + t_{\text{制动力计算延时}} + t_{\text{申请电制动}} + t_{\text{电制动发挥延时}} = 32\text{ ms} + 10\text{ ms} + 32\text{ ms} + 50\text{ ms} = 124\text{ ms}$ 。

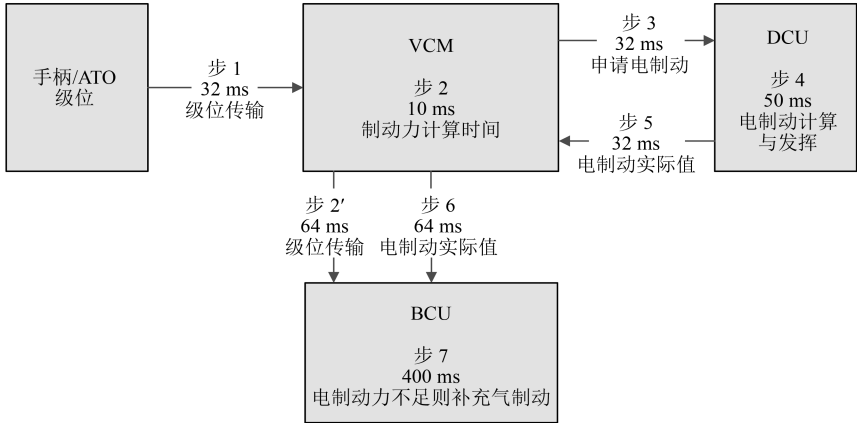


图 2 列车 VCM 电制动管理流程图

4 两种电制动管理试验对比

通过列车的正线运行试验,监控列车在高速运行时的气制动补充情况,观察 VCM 和 BCU 两种电制动管理方式的表现情况。

4.1 BCU 电制动管理试验

列车在 80 km/h 和 100%电空混制动情况下进行恒定制动力测试。通过试验发现,BCU 电制动管理时,气制动无论在制动初期还是在制动全过程中

均有参与(见图 3)。
4.2 VCM 电制动管理试验

列车在 80 km/h 和 100%电空混制动情况下进行恒定制动力测试。通过试验发现,列车在制动过程中未施加气制动。仅在列车速度为 12 km/h 时施加预压力及保持制动压力(见图 4),同时在列车速度为 6 km/h 开始进行电空转换。图 4 为正常的电空制动转换阶段。

(下转第 213 页)

作为地铁运营最基础的保障设施,停车规模及功能是设计的重要工作内容。在确保土地资源利益最大化的前提下,需仔细分析工程可实施性,并经投资估算对比,最终选定合理方案^[12]。在如今城市土地资源日益稀缺的情况下,结合既有运营设施条件分析可知,地块既有利用情况、远期规划、预留设施条件与减少对现状的影响成为车辆基地改造的制约性因素^[13]。工程设计人员需要对此进行充分了解、分析和比选,以期方案的最优化^[14]。

参考文献

- [1] 负虎.城市轨道交通车辆选型及车辆段设计中值得注意的几个问题[J].铁道标准设计,2004(1): 93.
- [2] 张也萌.上海轨道交通3、4号线车辆基地扩建方案研究[J].铁道标准设计,2014(12): 133.
- [3] 魏强.上海轨道交通川杨河车辆基地工艺设计[J].铁道标准设计,2014(5): 132.
- [4] 杨听映.深圳地铁竹子林车辆段改扩建工程工艺设计及探讨[J].铁道标准设计,2014(4): 105.
- [5] 刘增民.渭河车辆段工艺设计特点分析及优化[J].铁道标准设计,2015(4): 129.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.地铁设计规范:GB 50157—2013[S].

北京:中国建筑工业出版社,2013.

- [7] 相颖慧.轨道交通车辆段(场)选址分析[J].地下工程与隧道,2015(2): 49.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部.城市轨道交通工程建设标准:建标 104—2008[S].北京:中国计划出版社,2008.
- [9] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.工业企业总平面设计规范:GB 50187—2012[S].北京:中国计划出版社,2012.
- [10] 马晓彤.天津地铁1号线车辆段、停车场工艺设计[J].铁道标准设计,2009(7): 114.
- [11] 李利军.沈阳地铁10号线车辆段工艺设计优化及创新[J].铁道标准设计,2014(1): 128.
- [12] 王曰凡.城市轨道交通网络化建设中的车辆资源共享[J].机车电传动,2007(5): 1.
- [13] 于涛.城市轨道交通车辆段与综合基地资源共享的规划研究[D].成都:西南交通大学,2008.
- [14] 姜汉生,朱捷.浅谈城市轨道交通车辆段、停车场资源共享[J].铁道标准设计,2003(9): 64.
- [15] 王瑞震.天津轨道线网车辆基地资源共享方案研究[J].铁道工程学报,2006(7): 81.
- [16] 徐成永,陆楠,白雪梅.深圳地铁2号线车辆段选址及接轨方案[J].都市快轨交通,2008(10): 67.
- [17] 张鹏,腾一陆,兰淑桂.地铁车辆段多线共址平面布置方案分析[J].铁道工程学报,2010(2): 73.

(收稿日期:2018-09-21)

(上接第208页)

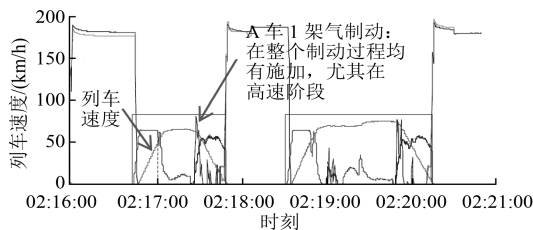


图3 列车BCU电制动管理试验

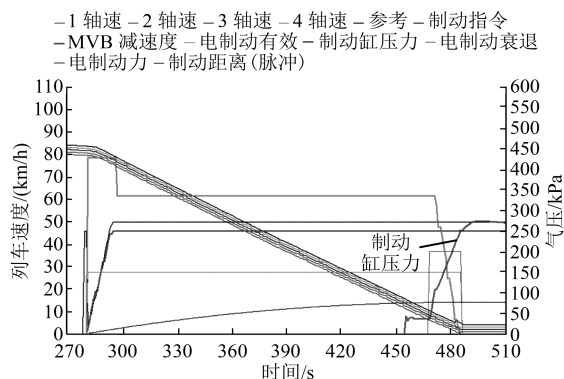


图4 列车VCM电制动管理试验数据

4.3 电制动管理优化后的闸瓦磨耗

通过对比VCM和BCU的电制动管理方式的试

验,BCU电制动管理过程中全程均有气制动的参与,因而导致闸瓦磨耗增加。VCM电制动管理可减少电制动的响应时间,避免列车在制动过程中进行气制动补充。广州地铁2号线列车改为VCM电制动管理后,列车整车的闸瓦磨耗降低了0.023 mm/(万km)。

5 结语

本文通过对比广州地铁2号线列车的VCM和BCU电制动管理的传输延时和试验情况,对电制动的管理重新进行了优化。广州地铁2号线改为VCM电制动管理方式后,大大地缩短了列车电制动响应时间,减少了闸瓦磨耗。

参考文献

- [1] 王宏宇,崔焱.地铁车辆制动系统中电制动与空气制动技术探析[J].机械化工,2018(33): 153.
- [2] 段继超.地铁车辆制动控制系统设计[D].成都:西南交通大学,2012.
- [3] 陈君.地铁列车空电联合制动控制技术研究[D].大连:大连交通大学,2006.
- [4] 李云峰,卿云,李长青.北京地铁8号线二期工程地铁车辆电空配合制动验证[J].机车电传动,2017(4): 77.

(收稿日期:2018-11-19)