

城市
轨道
车辆紧急制动优先采用电制动
在直线电机车辆上的应用

郑沃奇

(广州地下铁道总公司 运营事业总部, 广东 广州 510310)



摘 要：针对直线电机线路坡度大以及直线电机车辆电制动不受粘着限制的特点，广州地铁的直线电机车辆应用了紧急制动优先使用电制动的方案。介绍了该方案的设计、试验情况，认为在紧急制动时优先采用电制动，能有效降低车辆在雨天的紧急制动距离，保证行车的安全。

关键词：直线电机车辆；紧急制动；粘着；原理；广州地铁

中图分类号：U260.35；TM359.4 **文献标识码：**A **文章编号：**1000-128X(2012)03-0065-03

作者简介：郑沃奇（1979-），男，现从事地铁车辆的调试、维修、技术管理等工作。

ED Brake Priority of Emergence Brake and Its Application to LIM Vehicle

ZHENG Wo-qi

(Operation Business Division, Guangzhou Metro Corporation, Guangzhou, Guangdong 510310, China)

Abstract: According to the abrupt slope of LIM line and the ED brake of LIM vehicle not depending on adhesion, ED brake priority of emergence brake was applied to Guangzhou LIM vehicle. The design and test of the scheme were introduced, which could reduce the vehicle brake distance effectively of rainy condition and ensure operation safety.

Key words: LIM vehicle; emergence brake; adhesion; principle; Guangzhou metro

0 引言

传统车辆的紧急制动为纯空气制动，而纯空气制动受限于轮轨粘着。一般情况下，纯空气的紧急制动需要的粘着系数为0.15。若大气中的酸性物质和粉尘较多，在雨天时，会极大地降低轮轨间的粘着。在广州地铁线路上进行雨天模拟测试，测试到的恶劣情况粘着系数甚至只有0.07。广州地铁的4、5、6号线由于应用了直线电机技术，线路的坡度较大，且都有高架的露天段线路，若雨天在这些区段的下坡路段实施车辆紧急制动，其紧急制动距离必定会相应较长。为解决此问题，广州地铁进行了专题研究，认为可充分利用直线电机车辆的电制动有不受粘着限制的特点，在紧急制动时优先采用电制动，能有效缩短车辆在雨天的紧急制动距离，保证行车的安全。

本文以广州地铁4号线直线电机车辆紧急制动改造为例，介绍了紧急制动优先采用电制动的实现方案，并简要介绍了其试验情况。

1 优化设计方案

紧急制动是保证列车安全的重要功能，而电制动受到多种因素的限制，如网压、VVVF是否正常工作等。为保证列车行车安全，对紧急制动进行优化的前提是改进的方案必须实现列车在电制动失效情况下，自动转换为纯空气的紧急制动。

1.1 原方案

原广州地铁4号线车辆紧急制动方案为纯空气制动，其电路的逻辑图见图1。在原方案中，紧急制动的

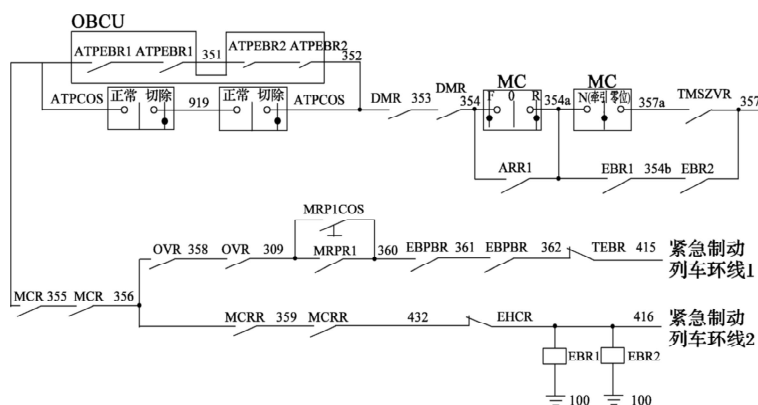


图1 原方案紧急制动电路图

收稿日期：2011-07-12；收修修改稿日期：2012-02-15

触发条件为：①触发司机室中的警惕装置（图1的DMR继电器）；②脱钩；③紧急制动电气列车线环路中断或失电；④DC 110 V控制电源失电；⑤ATC 系统发出紧急制动指令（图1的ATPEBR继电器）；⑥列车速度超过95 km/h（图1的OVR）；⑦总风缸压力低于0.45 MPa（图1的MRPR1继电器）；⑧运行中司控器方向手柄换向（图1的MC）；⑨按下司机室控制台上的蘑菇头按钮（图1的EBPBR继电器）。

1.2 新方案

广州地铁4号线车辆快速制动的减速度率（ 1.3 m/s^2 ）与紧急制动的减速度率相同，但快速制动采用的是电空混合制动。若施加紧急制动时，先触发快速制动，但在快速制动的电制动无效时，自动转为纯空气的紧急制动，则可实现紧急制动优先使用电制动的目标。

1) 原理说明

①检测电制动是否有效。在每一组VVVF（1个逆变器箱有2组VVVF）与G阀之间的“电制动有效”指令上驱动继电器EDR1和EDR2，当某一组VVVF电制动有效时，EDR1和EDR2线圈得电，反之线圈失电，见图2。

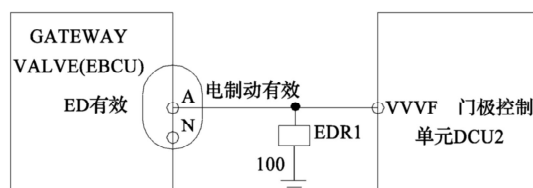


图2 检测电制动有效电路图

②实现原理。当除按下司机室控制台上的蘑菇头按钮（EBPB1或EBPB2）或者失去主控之外的触发条件导致紧急制动环路416线失电时，将施加纯空气的紧急制动，见图1。但是由于紧急制动继电器EBR1和EBR2线圈失电，使VVVF的快速指令410线得电，这将施加电空混合的快速制动（快速制动得电施加），见图3。

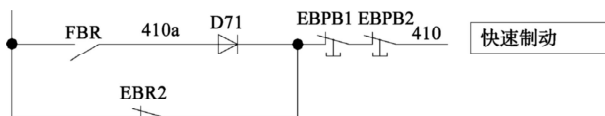


图3 紧急制动优先使用电制动电路图

此时如果VVVF的电制动有效，则EDR1和EDR2继电器线圈得电，410线通过EDR1和EDR2常开触点以及二极管D100使紧急制动环路416线得电，由于紧急制动是得电缓解，故纯空气紧急制动撤消，列车自动施加快速制动（含电制动的紧急制动）；如果当某一单元的某一组VVVF电制动失效时，则EDR1或EDR2继电器线圈失电，此时EDR1或EDR2常开触点断开，则该单元内的416线（纯空气的紧急制动指令线）将失电，该单元立即自动切换为纯空气的紧急制动，而电制动正常的另外一个车辆单元则继续执行快速制动（含电制动的紧急制动），见图4。

③特殊情况。考虑到电制动还受到电网等因素影响，为确保车辆的绝对安全，在任何情况下司机拍击

蘑菇头按钮（EBPB1或EBPB2）时，都将同时切断紧急制动指令线416和快速制动指令线410，使紧急制动指令线416和快速指令线410断电，从而列车产生纯空气的紧急制动。

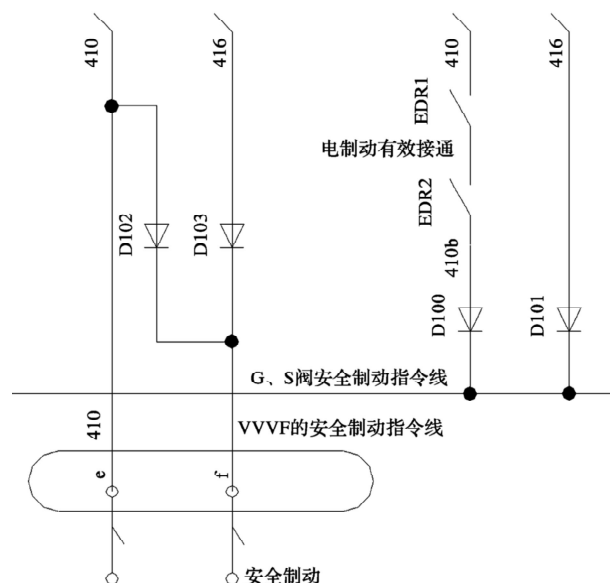


图4 电制动失效时自动切换为纯空气紧急制动原理图

2) 方案特点

①充分利用直线电机电制动不受轮轨粘着、不受雨雪天气影响的特点，实现了优先使用电制动功能。

②对司机操作无影响，电制动失效的单元自动切换为纯空气的紧急制动，无需人工干预。

表1 故障风险分析表

序号	故障点	电路状态	故障对车辆制动的的影响	可采取的应急措施	备注
1	牵引过程中，紧急制动环路416有电缓解，突然B车D102短路故障，列车VVVF具有正常的电制动能力，AB单元的A车主控	410和416线同时有电	牵引状态下，列车突然施加电空混合制动，TMS显示屏报“牵引与制动命令同时有效”故障对话框	列车无法牵引动车，需要救援	需重点关注，多串联1个二极管，提高可靠性
2	B车D103短路故障，紧急制动环路416断路，AB单元的A车主控，列车VVVF具有正常的电制动能力	410和416线电路振荡	列车的纯空气紧急制动和电空混合的紧急制动不断轮流施加和缓解	按蘑菇按钮施加纯空气紧急制动	需要试验，重点关注，多串联1个二极管，提高可靠性
3	B车D101短路故障，紧急制动环路416断路，AB单元的A车主控，列车VVVF具有正常的电制动能力	410和416线电路振荡	列车的纯空气紧急制动和电空混合的紧急制动不断轮流施加和缓解	按蘑菇按钮施加纯空气紧急制动	需要试验，重点关注，多串联1个二极管，提高可靠性

③ 当某单元车辆的电制动失效时，该单元车辆将自动转为纯空气制动；而另一单元仍会采用电制动优先的控制方式，最大可能地利用了电制动。

④ 保留了2个蘑菇头按钮施加纯空气制动的功能，任何情况下，为车辆提供最后的安全保障。

3) 方案风险评估

通过电路分析，该优化方案在部件故障（如新增加的二极管短路、短路故障等）的情况下，能够实现由电制动自动转为纯空气制动，列车是可以实现故障导向安全的，但需重点关注如表1所示的3个故障问题。

2 紧急制动优化方案现场试验

为验证紧急制动优先使用电制动的可靠性，选取

1列车进行了改造，并进行了多次的线路试验。限于文章篇幅，下面简要介绍其中的2次试验的情况。

① 司控器在牵引位置，列车超速至95 km/h后触发紧急制动（参见图5）。

测试结果表明列车的制动速度曲线比较平稳，没有出现明显冲击，在电制动加入的情况下，制动缸的压力大部分时间低于0.09 MPa，而纯空气的紧急制动的制动缸压力大约为0.26 MPa，这表明加入了电制动的紧急制动能大大降低雨天列车打滑的概率，从而保证列车的安全。

② 模拟表1（故障风险分析表）中的第2项：目标速度 $V=85$ km/h时，司控器在惰行位置，B车D103短路故障，施加紧急制动（参见图6）。

测试结果表明，EBR继电器发出振荡的声音，但车辆实际的制动力不振荡，列车的紧急制动速度曲线平稳，没有发生故障风险分析表中纯空气紧急制动和电空混合的紧急制动不断轮流施加和缓解的情况，即在该故障情况下，列车的紧急制动还是安全可靠的。

3 结语

经过对大量的试验数据进行分析，表明：

① 紧急制动优先使用电制动的方案是可行的。

② 在某辆车的电制动失效时，故障车辆所在的单元车将自动转换为纯空气紧急制动。

③ 符合故障导向安全的原则。

广州地铁4号线直线电机所有车辆已于2010年11月完成紧急制动优先使用电制动的改造。截至目前，改造后车辆的运行情况良好。广州地铁5号线增购车辆和6号线车辆也采用了紧急制动优先采用电制动的方案。该方案的实施将为地铁直线电机车辆的进一步深入研究提供有益的经验。

参考文献：

- [1] 广州市地下铁道总公司车辆中心. 大中运量直线电机车辆运用与检修[M]. 广州：广州市地下铁道总公司车辆中心，2008.
- [2] 孙睿. 粘着在城轨交通系统中的应用[J]. 机电产品开发与创新，2010(5).
- [3] 孙新海，卜华娜. 提速客车制动技术(4)[J]. 铁道机车车辆，2001(4).

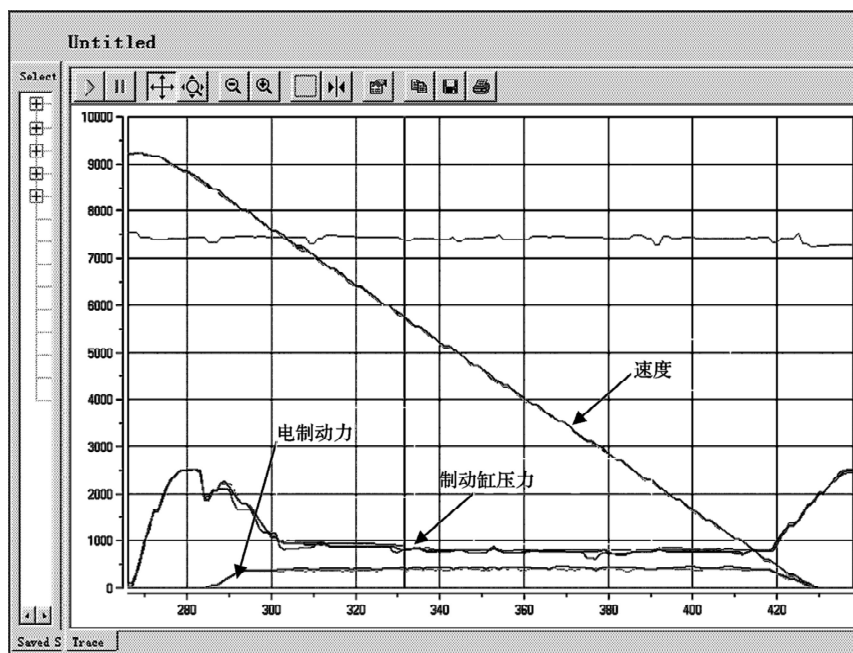


图5 优先使用了电制动的紧急制动

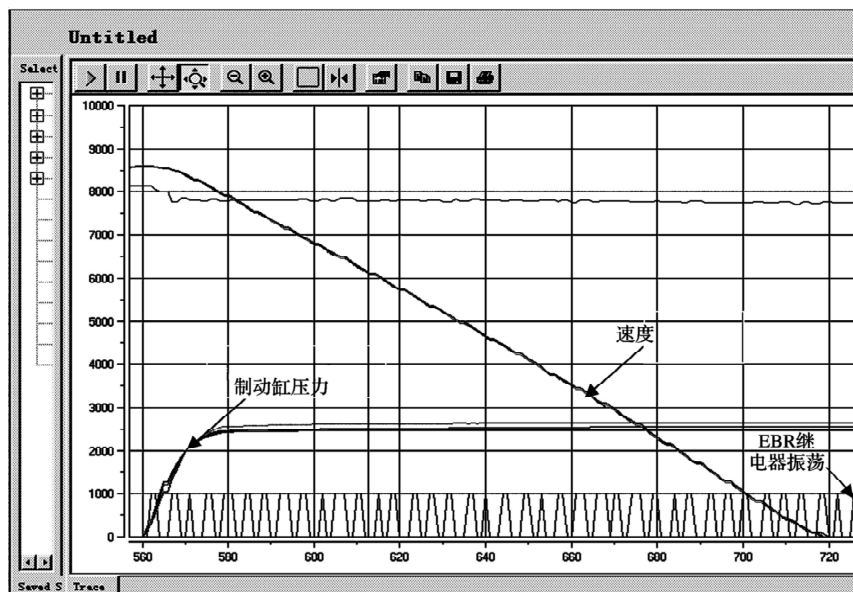


图6 B车D103短路情况下的紧急制动