

南京地铁 1 号线增购车辆 清洁制动方案的应用

张小军

(南京地铁运营有限责任公司, 江苏 南京 210012)

摘要: 针对南京地铁 1 号线既有车辆在例行检修中发现紧急制动距离存在超标现象, 提出在增购车辆项目中引入清洁制动概念, 即在高速时施加纯空气制动, 达到清洁摩擦副效果, 以保证列车紧急制动距离达标。介绍了清洁制动的基本控制逻辑, 阐述清洁制动的开始、过程控制、结束等阶段的具体实施方案, 经过 1 年多的应用表明紧急制动距离超标这一现象得到有效抑制。

关键词: 清洁制动; 电制动; 紧急制动距离; 南京地铁 1 号线

中图分类号: U231; U260.351

文献标识码: A

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2016.06.026

Application of Conditioning Brake Program in the Added Vehicle Project of Nanjing Metro Line 1

ZHANG Xiaojun

(Nanjing Metro Operation Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210012, China)

Abstract: Aim at the problem of vehicle emergency brake distance out of limits in the regular maintenance of Nanjing metro line 1 vehicles, a conditioning brake concept of applying just air brake to clean the brake shoes on the train with high speed was introduced in the added vehicle buying project, which ensured the emergency brake distance in the limits. The basic logic and realization of conditioning brake starting, continuing and ending was expounded. The application for over one year validated the proposed scheme.

Keywords: conditioning brake; electric brake; emergency brake distance; Nanjing metro line 1

1 问题的提出

南京地铁 1 号线既有车辆使用 6 节编组 A 型车, 最高运营速度 80 km/h, 采用电空混合制动, 电传动系统采用阿尔斯通牵引变流器, 空气制动系统采用克诺尔 EP2002 制动系统, 气制动执行机构为踏面制动单元。

南京地铁 1 号线车辆 80 km/h 紧急制动距离要求为 170~190 m, 标准范围偏向严格, 对空气制动系统误差精度要求较高。在经过一段时间的运营后, 发现车辆

紧急制动距离存在一定程度的超标现象, 而且调整踏面制动有关软件参数后, 仍然得不到有效根治。

2 紧急制动现象分析

紧急制动是不可逆的纯空气制动, 是行车安全的最后一道屏障。只有司机拍下紧急制动按钮、列车脱钩、主风缸欠压等导致制动环路断开的故障情况下才实施。紧急制动距离超标是安全运营的一个隐患。为了解决这一问题, 有关各方联合调查, 做了大量的试验。在一次试验中发现, 经过反复几次高速紧急制动后, 测得的紧急制动数据逐渐满足了标准要求。图 1 是根据

南京地铁 1 号线某一既有车辆在紧急制动距离测试中得到的试验数据。

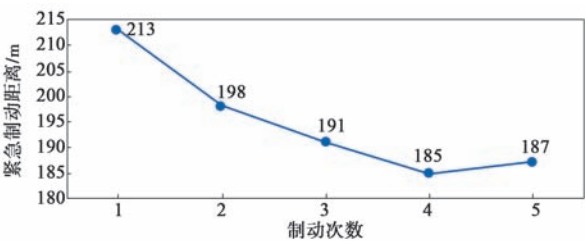


图 1 紧急制动距离与制动次数关系图

由图 1 可见，前 2 次紧急制动距离存在明显的超标现象，但第 3 次之后便趋于稳定在正常范围内。

随着电传动技术的发展，现在电制动已经可以满足在 AW2 负载下整列车的制动力需求，空气制动仅用于补充电制动的不足，一般只在电制动开始淡出时（速度低于 6 km/h）才开始介入，直至停车，这使得空气制动系统的制动闸瓦长期很少与车轮踏面摩擦，低速区间的摩擦又不足以达到清洁摩擦副效果，从而影响到闸瓦表面的状态（见 2）。闸瓦摩擦面状况劣化导致摩擦系数减小，最终使得闸瓦摩擦力下降，当施加紧急制动时，导致紧急制动距离延长，超出正常误差范围。

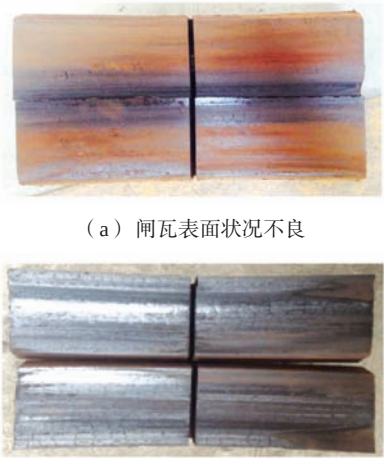


图 2 闸瓦表面对比图片

实际上，制动性能的发挥不仅取决于制动装置是否工作正常，还取决于摩擦副的实际表面状态^[1]。当闸瓦表面得到有效清洁，制动距离便会恢复至规定值内，如图 1 所示。

虽然在试验中发现经过数次紧急制动，也即纯空气制动，制动闸瓦表面状况经过强制摩擦得到改善，车辆紧急制动距离达到标准要求，但经过一段时间的运营之后，闸瓦表面又逐渐劣化而造成紧急制动距离又出现了超标。为彻底解决该问题，在 1 号线增购车辆采购项目中，提出了清洁制动的方案概念，即在高速情况下设置一定条件禁止电制动的施加，强制施加纯空气制动，以达到清洁摩擦副，保持制动闸瓦表面良好接触摩擦状况，确保车辆紧急制动距离满足要求的目。

3 清洁制动具体控制方案

3.1 控制策略

清洁制动的施加要靠空气制动系统和电制动系统

的密切配合，而管理这两大系统正是 TCMS 系统（列车控制和管理系统）^[2]的功能要求。清洁制动的开始和结束条件都应由 TCMS 综合判断后发布，而电制动的禁止指令由空气制动系统发布。南京地铁 1 号线某一站间运行速度曲线图见图 3，清洁制动控制流程图见图 4。下文结合这图 3、图 4 对清洁制动开始、过程控制和结束进行详细的介绍。

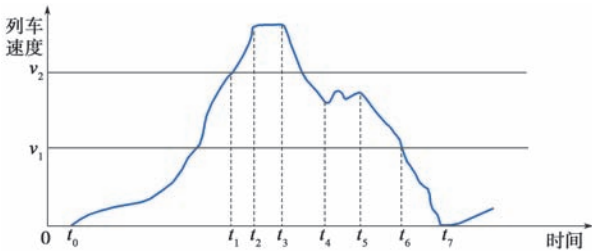


图 3 南京地铁 1 号线某一站间运行速度曲线图

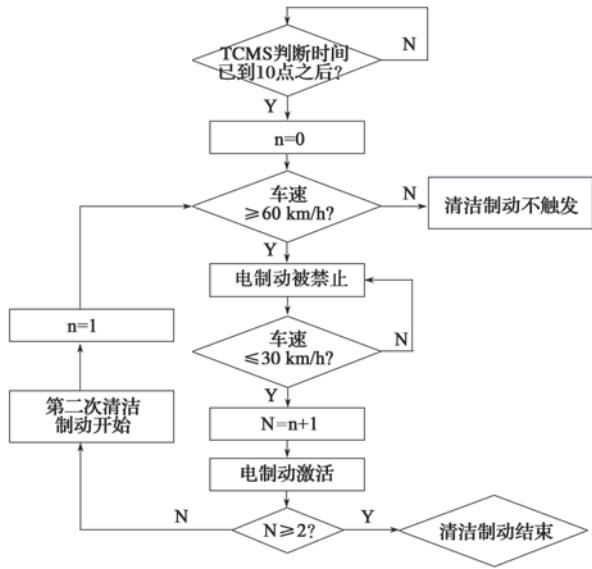


图 4 清洁制动控制流程图

3.2 开始控制

如何选择合适的速度区间和时间区段进行清洁制动，是首先需要考虑的 2 个问题。选取原则有 2 个：一是要高速才能确保清洁摩擦副目的；二是要开始时间避开客流高峰期。

一般来讲，列车从上一站开始运行至下一站结束这个完整过程大致如图 3 所示，其中包括：列车启动（ t_0 ）、加速（ $t_0 \sim t_2$ ）、惰行（ $t_2 \sim t_3$ ）、减速（ $t_3 \sim t_7$ ，其中 $t_4 \sim t_5$ 为中间调速阶段）、停车（ t_7 ）等阶段， v_1 取 30 km/h， v_2 取 60 km/h。根据上面提及原则，可以看出 $t_3 \sim t_6$ 阶段满足高速条件而且有制动需求，是施加清洁制动最佳的速度区间。

对清洁制动的开始时间的选择，应避开早高峰运营时间段，从上午 10 点之后开始比较妥当。另外，供应商克诺尔建议每天至少进行 2 次清洁制动才能达到清洁制动的效果。如图 4 所示，TCMS 首先判断当前的时间是否在上午 10 点之后，满足则认为时间条件满足；然后，TCMS 判断当日已经实施清洁制动的次数

是否已达 2 次,若已满足 2 次,则当日不再施加,若不满 2 次,则进行第 3 步——TCMS 判断列车运行速度是否大于设定的临界值。为了达到清洁摩擦副的效果,临界值应尽量高,这里设定为 60 km/h。若满足上述条件后,当有制动需求后,清洁制动便可开始。

3.3 过程控制

在清洁制动开始实施后,TCMS 发出结束清洁制动指令之前的这个过程中,空气制动发出的禁止电制动指令始终保持有效,电制动始终被禁止,列车仅施加纯空气制动的清洁制动。图 3 中 $t_5 \sim t_6$ 这个阶段即是清洁制动实际施加过程,在此阶段,列车不一定一直处于制动状态,还要看实际是否有制动需求。

3.4 结束控制

在清洁制动作用下,列车速度降至 30 km/h,便达到清洁制动开始退出的临界值。选择 30 km/h 这一速度临界值退出清洁制动主要考虑了 2 个方面因素:一是低速时清洁制动的清洁效果不明显;二是考虑 ATO 模式下,车辆对标的准确性,若一直保持纯空气制动直至停车,给对标带来很大的困难。

如图 4 所示,TCMS 系统便会判断列车速度是否下降到 30 km/h,满足则向空气制动系统发出退出请求。空气制动系统不再发布电制动禁止指令,TCMS 将先前发出 ED-disable 指令复位,空气制动逐渐淡出,电制动力开始增大,并尽量保持两者斜率一致,完成空电转换直至恢复至正常状态,以保证列车平稳减速^[3]。清洁制动结束过程示意图见图 5。此时 TCMS 系统便会在施加次数上加 1,并记录在 FDL 中,同时还将记录相应环境变量(列车速度,系统时间,清洁制动使能等信号),用于离线维护分析。若当日清洁制动次数已达到 2 次,则当日清洁制动工作结束,TCMS 不再发布清洁制动开始请求。

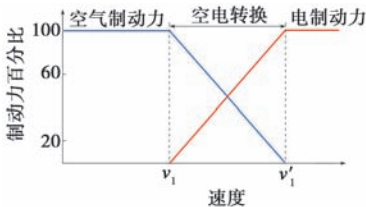


图 5 清洁制动结束过程示意图

3.5 软件设置和 DDU 显示

为维护方便,在 TCMS 维护软件中增加清洁制动维护功能。维护功能主要包括 2 个方面:一是“清洁制动使能”变量的开关;二是清洁制动开始时间的设置。维护软件中清洁制动的功能界面见图 6。



图 6 清洁制动的功能界面

当维护软件连接至 VCU(车辆控制单元)后,便会获取 VCU 当前“清洁制动使能”状态,如使能已激活,则维护软件按钮显示“取消”;如使能未激活,则维护软件按钮显示“激活”。点击按钮后会弹出对话框要求维护人员确认操作,只有维护人员确认后,清洁制动“激活”或“取消”指令才会发送给 VCU。指令将被记录,下次列车上电后保持为列车断电前的状态。

系统第 1 次上电时,默认状态为“取消清洁制动”,如需要使用此功能,可通过上述方法进行设置。

如果 VCU 接收到“清洁制动取消”信号,则发送给制动系统的“清洁制动请求”信号始终为 FALSE,即不允许进行清洁制动。

TCMS 在 DDU 维护界面增加“清洁制动使能”状态图标,当图标为绿色,则表示清洁制动使能激活;当图标显示为红色,则表示清洁制动功能取消,如图 7 所示。

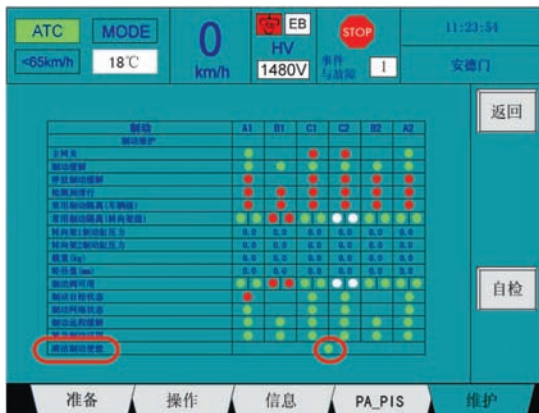


图 7 DDU 维护界面

另外,清洁制动的开始时间是可调的,默认为上午 10 点,也可根据实际需要进行调节。

4 结语

南京地铁 1 号线 13 列增购车辆投入运营已近 1 年时间,在日常检修工作中,并没有再次发现紧急制动距离超标这一现象。由此可见,清洁制动是有效的,达到了清洁摩擦副使紧急制动距离达标的这一预期。当然,新车投入运营时间还较短,长期的效果还有待进一步验证。

参考文献:

- [1] Suzhou KB. Conditioning brake description from KB [R]. Suzhou: Suzhou KB, 2014.
- [2] 胡亚军. 地铁列车清洁制动控制方案探讨 [J]. 现代城市轨道交通, 2015(5): 12.
- [3] 王冬雷. 地铁车辆电空混合制动平滑过渡问题分析及改进建议 [J]. 电力机车与城轨车辆, 2010(3): 51.



作者简介：张小军（1973-），男，硕士，工程师，现从事地铁车辆维修管理工作。