

Analysis of Braking Anti-slip Control of Jinan Metro Line 3

Yongqiang Zhao

Jinan Rail Transit Group No.1 Operation Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250300, China

Abstract

The braking system is the key subsystem of urban rail transit train, the reliability and stability of the system is the basis of guaranteeing the safe operation of the train. Anti-slip control is one of the braking control functions, which can ensure that the wheel/rail adhesion coefficient becomes small when the train is braking, so as to avoid the abrasion caused by braking slip to the wheel. Slip control includes traction system slip control and brake system slip control, the two complement each other, closely related, indispensable.

Keywords

anti-slip control; traction system; air brake; brake control unit

济南地铁3号线制动防滑控制浅析

赵永强

济南轨道交通集团第一运营有限公司, 中国·山东 济南 250300

摘要

制动系统是城市轨道交通列车的关键子系统, 其系统的可靠稳定是保障列车安全运行的基础。防滑控制是制动控制功能中的一项, 它可以保障列车在制动工况下, 遭遇轮轨黏着系数变小时, 避免制动打滑对车轮造成擦伤。防滑控制包括牵引系统防滑控制和制动系统防滑控制, 两者相辅相成、密切联系, 缺一不可。

关键词

防滑控制; 牵引系统; 空气制动; 制动控制单元

1 引言

制动防滑控制系统又叫车轮防滑保护系统, 制动滑行控制一般分为空气制动滑行和电制动滑行两种控制方式, 这两种控制方式相互配合, 完成制动滑行的调整^[1]。通常情况下, 电制动防滑控制的灵敏度要高于空气制动^[2]。济南地铁3号线车辆防滑控制系统满足 UIC 541—05《制动机—制动机部件制造规程—车轮防滑装置》要求, 并具有滑行检测、滑行控制、轮径校验、故障导向安全控制等功能。在正常情况下, 防滑控制基于车轴进行控制, 当列车速度大于某个设定值, 在常用制动、快速制动和紧急制动时激活; 当总风压力值低于某个设定值或制动储风缸压力低于紧急制动压力或车速小于某个设定值时, 防滑功能进入关闭状态。

防滑控制采用轴控, 即每条车轴轴端安装有制动速度传感器, 通过该传感器实时采集车辆速度, 以此判断具体哪条车轴发生了滑行。在每个制动控制单元内均设有防滑阀, 每个防滑阀对应一条车轴地防滑控制。

在发生空气制动滑行时, 防滑阀动作, 将制动缸内的

气压排出, 释放制动压力, 使车轮的滑行恢复为滚动, 运行恢复后, 制动系统将再次对制动缸充气, 恢复制动力。上述动作视制动工况进行一次或多次的重复, 直至制动状态恢复正常。

2 牵引系统防滑策略

针对济南3号线运营工况, 牵引系统采用蠕化率、加减速速度等相结合的防滑控制方法。在防止黏着破坏的前提下, 实时辨识轮轨黏着特性, 及时对电机转矩进行调节。充分发挥电制动力, 优化轮轨黏着控制, 保证列车正常安全运行。

牵引系统触发防滑有两个条件: 一是减速度大于某限值 A; 二是轴减速度某限值 B 且蠕化速度差 (轴速与参考速度差, V_t 为列车参考速度) 大于 $c \times V_t + d$ (c 、 d 为某一系数值, km/h)。当触发二者任一个条件时, 均会进行防滑动作, 降低电制动力。当轴减速度小于某限值 E 且蠕化速度差小于 $f \times V_t + h$ (f 、 h 为某一系数值, km/h) 时, 逐渐上升制动力。

在轨面湿滑等低黏着工况下, 牵引系统检测到滑行后持续做防滑动作, 且在防滑过程中给制动系统发送防滑标志位, 3s 后空气制动出于安全考虑切除电制动。

【作者简介】赵永强 (1985—), 男, 中国山东潍坊人, 硕士, 高级工程师, 从事轨道交通车辆检修研究。

3 制动系统防滑策略

3.1 空气制动防滑系统组成

空气制动防滑系统主要由速度传感器、防滑控制部件（集成在制动控制单元中）组成。

防滑控制微机控制板集成在制动控制模块中，通过调整制动缸压力的方式实现空气防滑控制。防滑速度传感器的检测精度为 0.5km/h。控制装置根据 CAN 网段内各轴的速度信号计算列车速度，并按减速度准则和速度差准则，分别对各个轴进行防滑控制。

3.2 电控混合防滑控制

制动系统具有空电混合制动防滑控制功能，空气制动控制单元和牵引控制单元均有车轮滑行保护控制功能。电制动具有灵敏度高、粘着恢复快等优点。因此，在空电混合制动时，一般电制动防滑控制先动作。当电制动因滑行保护使实际电制动力降低时，同时向制动控制单元发送电制动滑行保护动作信号，使空气制动暂时不要因实际电制动力下降而在动车轴上补充空气，从而有利于动轴的粘着恢复，防止因补充空气制动使滑行加重。当空气制动防滑系统检测到滑行时，空气制动系统也进行防滑控制，同时将防滑信息发送给电制动系统。

在严重滑行时，如果电制动系统不能有效地进行防滑控制，使得电制动连续降低超过一定时间后，则制动系统将切除电制动而投入空气制动，由空气制动实施防滑控制，以保证制动距离和防止轮对擦伤。

在空电混合制动时，拖车轴上没有电制动，所以当拖车轴有空气制动时，仍可以正常的空气制动方式进行防滑控制。

3.3 空气制动防滑控制

空气制动防滑系统用于防止制动力过大造成的轮对制动抱死和轮对踏面擦伤。当由于制动力过大使轮对由滚动到出现滑动状态时，防滑系统能够检测出这种滑行并能减小滑行轮对上的制动力，以减小出现滑行轮对上的滑动程度，从而防止轮对抱死和轮对踏面擦伤。

3.4 空气制动滑行检测方法

3.4.1 减速度准则防滑控制

如果车辆任何一条轴的相应减速度信号超出预定基准值时，制动控制单元则减小滑行轴上的空气制动力。如果该滑行轴由于轮轨间粘着的恢复而加速并超出预定值时，则恢复粘着的滑行轴上施加空气制动力。在排风及充风的中间过程，可实施保压控制。

3.4.2 速度差准则防滑控制

如果某轴的速度与基准速度间的速度差超过预定的基准值，制动控制单元则减小滑行轴上的空气制动力。当粘着恢复到足够大，则恢复粘着的滑行轴上施加空气制动力。

当一个速度传感器出现故障时，该轴的防滑阀会利用本转向架的另一个速度传感器进行防滑控制，这在一定程度上减小了故障轴的制动抱死概率。

4 结语

牵引、制动系统根据车辆运行工况，进行防滑控制，属于正常现象。在滑行控制过程中整车牵引力、制动力会降低，但不会丧失，不会影响车辆运行的安全。同时，在整个防滑过程中检测防滑状态，保证在单个轴防滑过程中不能持续超过 4s，即车辆每个轴在单次防滑控制时制动力丧失时间不会超过 4s，所以保证车辆安全。

一般情况下，车辆在正线运行时触发防滑，极有可能是由于轨道不满足粘着要求所致，常见情形有轨面湿滑、油液污染轮轨等。由于黏着不满足要求，牵引及制动系统触发防滑动作，是车辆的一种保护措施，但车轮踏面在触发防滑时出现严重擦伤，则应引起检修人员重视，须对车辆防滑控制逻辑进行分析，排查程序逻辑是否存在问题。

参考文献

- [1] 崔虎山,陈磊,刘中华,等.地铁车辆制动防滑控制故障分析[J].城市轨道交通研究,2019,22(4):3.
- [2] 张龙平,石喆文,李国庆,等.城轨列车混合制动防滑控制技术研究[J].铁道车辆,2017,55(9):2.