

# 基于欧洲标准的城市轨道交通车辆制动系统动态型式试验

张士宇

(中车长春轨道客车股份有限公司,130062,长春//工程师)

**摘要** 介绍了基于欧洲标准的城市轨道交通车辆制动系统的动态型式试验内容,对制动系统动态型式试验内容进行了分析。参考城市轨道交通 BS EN 13452-2:2003 及 BS EN 15595:2009 等标准提出了车辆整车制动系统动态型式试验的评价标准及所需要进行的相关试验。

**关键词** 城市轨道交通;车辆;制动系统;动态型式试验;欧洲标准

**中图分类号** U270.1<sup>+</sup>4; U260.13<sup>+</sup>8

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2020.03.001

## Dynamic Type Test of Urban Rail Transit Vehicle Brake System Based on European Norm

ZHANG Shiyu

**Abstract** With an introduction of the dynamic type test of urban rail transit vehicle brake system based on European Norm, the test content of brake system is studied. Referring to the standards of BS EN 13452-2:2003 and BS EN 15595:2009 of urban rail transit, the evaluation criteria and relevant tests required for the dynamic type test are proposed.

**Key words** urban rail transit; vehicle; brake system; dynamic type test; European Norm

**Author's address** CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

制动系统作为城市轨道交通车辆的核心系统,保证车辆制动系统的安全稳定至关重要<sup>[1]</sup>。随着国外市场的开拓,为满足客户的要求,城市轨道交通车辆的试验要求也需要根据相应标准进行细化。在标准 BS EN 50215:2009<sup>[2]</sup>中,仅对制动系统相关试验内容进行了描述,但对于具体试验内容及评判标准没有提及。在标准 BS EN 13452-1:2003<sup>[3]</sup>中,针对地铁、轻轨、有轨电车等车辆明确了制动系统功能及参数要求。标准 BS EN 13452-2:2003<sup>[4]</sup>对整车级制动系统型式和例行试验作了要求,但该标准并没有对防滑系统试验给出明确试验要求。现

有标准如 BS EN 15595:2009<sup>[5]</sup>仅对铁路车辆提出了相应的防滑系统要求,对城市铁路车辆防滑系统也没有明确要求。本文综合 BS EN 13452-2:2003 及 BS EN 15595:2009 等标准提出了城市轨道交通车辆整车制动系统动态性能的验证内容。

## 1 城市轨道交通车辆制动系统动态型式试验内容

动态试验的目的是检测车辆性能是否满足合同要求。BS EN 13452-1:2003 中对制动系统设计性能提出了相应设计要求。此外根据合同或业主要求还需要进行故障工况及低黏着工况等试验测试。对于试验次数、试验条件都需要明确,以便于试验的执行和操作。

### 1.1 不同制动方式下的制动距离及减速度测试

#### 1.1.1 紧急制动试验

该试验应在规定的载荷和速度组合下进行。如有多种制动施加方式,应测试各种组合下的试验结果。

1) 速度要求。在不同载荷下至少进行的试验次数应满足如下其中一种要求:①在3个不同速度级下进行,每个速度级3次,共9次试验,3个速度级要均匀分布在整个速度范围内;②9次不同的速度级试验均匀分布在整个速度范围内。

2) 载荷要求。包括至少两种工况:①空载(AW0)。②正常载荷(AW2),其中,轻轨车辆为4人/m<sup>2</sup>,其他城市轨道车辆为6人/m<sup>2</sup>。

#### 1.1.2 安全制动试验

安全制动试验测试不同载荷及速度下的安全制动距离是否满足要求。如果合同或业主没有特殊要求,载荷应至少满足:AW0或正常载荷(4人/m<sup>2</sup>)中的一种。试验速度参考紧急制动测试要求,在3个不同速度级下进行,每个速度级试验3次,共

9 次试验。

1.1.3 常用制动试验

常用制动试验测试不同载荷及速度下常用制动距离是否满足要求。如果常用制动包含电制动及空气制动的系统,需要分别测试。电空制动转换过程中,不能有明显的冲击,瞬时减速度不能超过规定值的±10%。试验需要在不同载荷和速度下进行测试。试验速度如果没有特殊要求,应该按照最大速度的 1/3、2/3 和 3/3 进行。如果合同或业主没有特殊要求,载荷至少包括两种工况:①AW0。②正常载荷(AW2),其中,轻轨车辆为 4 人/m<sup>2</sup>,其他城市轨道交通车辆为 6 人/m<sup>2</sup>。

另外,动态试验过程中需要考虑记录速度、减速度、停车距离、制动指令等数据,以及轴速、制动缸压力、温度、网压及接口信号等参考量。

制动距离测试需要在平直干燥轨道上进行,如果试验线有一定坡道,可以在线路的两个方向以相同速度试验,须保证线路坡度小于 5‰。测试速度与目标速度偏差不超过±3 km/h。对于制动距离的测试评判标准应参考合同及设计文件要求。

实际测试过程中,如果合同中没有对以上几种制动距离和减速度的测试提出明确要求,对于试验速度建议按照不同速度级分别测试,载荷按照标准和合同执行。低速测试内容仅供参考,重点考核合同中要求的高速时车辆的减速度和制动距离。

1.2 保持制动和停放制动试验

保持制动和停放制动试验主要是考核在规定的坡道上、规定的载荷下车辆能否停在坡道上,载荷要求一般是超载情况(AW3),即最大载荷。BS EN 13452-1:2003 针对不同车辆给出了相应的坡道要求,但实际试验过程中,现场条件可能与标准要求不一致,建议应按照线路现有最大坡道或合同要求进行验证。

1.3 其他降级模式试验

1.3.1 制动热容量试验

常用制动试验过程中也考虑制动部件的热容量试验,主要是考核制动闸瓦及制动盘的温度变化情况是否满足设计要求,具体要求如速度、路线、载荷情况需要根据合同及业主要求进行确定。

1.3.2 防滑试验

对于轨道黏着降低情况下的试验也是有必要进行验证的。例如:在紧急制动和常用制动过程中进行防滑试验。如果包含撒沙系统,需要分别验证

撒沙系统工作和不工作情况下的试验工况。对于防滑系统试验,BS EN13452-2:2003 仅给出了参考 UIC-541 降低轨道黏着程度的方法,具体如何进行试验没有给出具体参考内容。

欧洲标准 BS EN 15595:2009 的应用范围是针对车辆防滑系统的试验要求,该标准中也提到该试验不适合直接应用到有轨电车、轻轨、地铁(钢轮及橡胶轮胎)。但可以作为其它车型或其他类型的制动系统的试验参考。针对地铁车辆防滑系统试验,目前没有相应标准明确如何进行测试及评判,本文结合 BS EN 15595:2009 整理了可供地铁车辆参考的防滑试验内容。车辆防滑试验内容要求如表 1 所示。

表 1 城市轨道交通车辆防滑试验内容要求

试验步骤	起始速度	轨道状态
1	如果最大速度小于 120 km/h,则选择 60 km、80 km/h 等速度级进行参考试验;如果最大速度大于 120 km/h,则按 120 km/h 进行试验	干轨
2	最大速度	干轨
3	如果最大速度小于 120 km/h,则选择 60 km、80 km/h 等速度级进行参考试验;如果最大速度大于 120 km/h,则按 120 km/h 进行试验	湿轨
4	最大速度	湿轨

1) 环境温度要求:进行整车防滑试验时建议在温和天气下进行,环境温度最好为 5~25 ℃,下雪天不适宜进行该试验,试验过程中检测到的轨道温度应力 5~35 ℃。

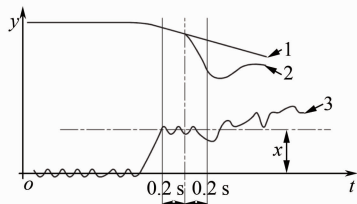
2) 载荷要求:AW0。

3) 线路要求:平直轨道,最大坡度小于 5‰。

4) 对于同时具备电制动和空气制动的轨道车辆,需要考虑以下几种工况:电制动与空气制动混合工况、仅空气制动工作工况、施加制动力后电制动失效工况。如有特殊试验需要同时验证的,需要保证各个系统及防滑系统工作正常。对于带踏面清扫和撒沙功能的系统,应分别验证各个工况下的防滑效果。

5) 试验车辆状态及轨道条件要求:在进行防滑系统试验时,如果有与轨道黏着无关的其他制动系统,应将该系统隔离。为了降低轨道黏着程度,可以利用水和清洁剂溶液进行调制混合溶液。混合液的浓度控制在 15% 以下。在试验开始阶段应保证溶液的最小浓度可以使轨道黏着系数降低到 0.06~0.08 之间。最小浓度的溶液可利用 1:100 的

比例添加洗洁精和水进行配制。喷洒装置建议安装在第一个轮对前,液体流出速度在  $0.12 \sim 0.19 \text{ L/min}$  之间,水管直径在  $8 \text{ mm}$  左右,喷水段距轨面及轮对的最大距离为  $70 \text{ mm}$ ,水管与轨道垂直方向固定在第一个轮对前段。首先在干轨条件下测试不同速度时的减速距离;然后洒水,确认试验线路黏着条件满足要求后,继续在湿轨条件下测试减速距离。试验过程中需要确认轨道黏着条件是否满足条件,如果黏着不满足条件则试验无效,需要重新进行试验。轨道黏着的判别方法如图 1 所示。



注:  $t$  代表时间;  $y$  代表速度和减速度;  $x$  代表第一个开始滑行的轮对前后 0.2 s 内车辆减速度的算术平均值; 1 代表车辆速度; 2 代表第一个开始滑行的轮对的速度; 3 代表车辆减速度

图 1 轨道黏着条件确认曲线

当前黏着系数的计算公式为:

$$T_a = x/g$$

式中：

 $T_a$ ——黏着系数；

$g$ ——重力加速度。

6) 试验过程记录量: 试验过程中需记录车速、各个轴的轴速、制动缸压力、开始制动信号、停车距离、停车时间、主风缸风压、坡道信息、开始制动速度、轨道温度及其他信号指令(磁轨制动/电制动/撒沙系统/输入及输出信号)等内容。

## 2 制动系统动态型式试验评价标准

### 2.1 不同制动方式下的制动距离及减速度评判标准

不同制动方式下的制动距离、加速度及冲击、电空配合应满足合同要求,同时如果合同中没有明确要求,建议参考标准 BS EN 13452-1:2003 中规定的针对不同制动方式的要求。

## 2.2 保持制动和停放制动试验

标准中对保持制动和停放制动的要求如表 2~3 所示。对于保持制动,标准中建议保持时间为 1 h,但实际试验过程中对于保持制动的保持时间可根据实际情况确认。另外对于保持制动和停放制动

过程的坡道要求以合同要求为准。

表 2 城市轨道交通车辆保持制动要求

项目	坡度要求
橡胶轮胎地铁车辆	8%或线路最大坡度
钢轮地铁车辆	4%或线路最大坡度
轻轨车辆	8%或线路最大坡度
区域和市郊列车	4%或线路最大坡度

表3 城市轨道交通车辆停放制动要求

项目	坡度要求
橡胶轮胎地铁车辆	8%或线路最大坡度
钢轮地铁车辆	4%或线路最大坡度
轻轨车辆	4%或线路最大坡度
区域和市郊列车	4%或线路最大坡度

### 2.3 其他降级模式试验评判标准

### 2.3.1 制动热容量试验评判标准

制动热容量试验主要是评判闸瓦或制动盘是否满足设计要求,该试验的评判标准为相应的设计文件。

### 2.3.2 防滑试验评判标准

对于防滑试验的评判标准,首先应满足合同要求,其次参考标准 BS EN 15595:2009。防滑要求如下:

1) 对于车轮抱死情况的要求:车速大于 30 km/h 时,不能有车轮抱死现象出现;当车速小于 30 km/h 时,车轮抱死时间不能超过 0.4 s。

2) 滑行限制要求:试验速度在 120 km/h 以下, 滑行时速度下降不能超过 30 km/h; 速度在 120~160 km/h 之间, 滑行时速度下降不能低于瞬时速度的 25% 且时间不超过 3 s。

3) 停车距离要求:湿轨条件下的停车距离至少不能超过干轨条件下距离的 125%。

防滑效率在标准中没有明确规定,但在部分项目合同中有相应的试验要求,具体执行建议按照合同要求进行评价。

实际项目执行过程中,针对防滑系统的评价标准要综合考虑合同及供应商的设计情况。对于城市轨道交通车辆主要考核当车辆检测到滑行或空转时,防滑系统功能是否正常动作,所以对于其评判标准建议以合同中的要求为主。

### 3 结语

本文基于欧洲标准梳理了城市轨道交通车辆  
(下转第7页)

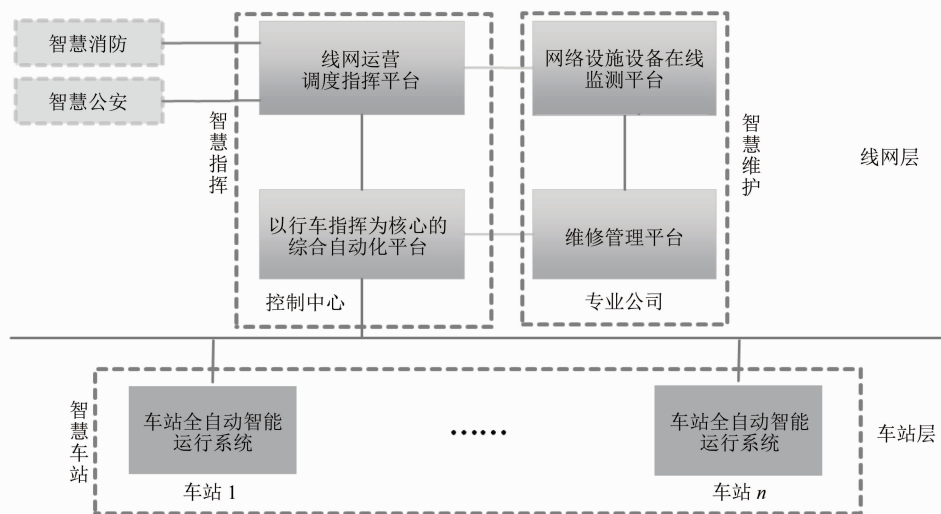


图3 智慧地铁总体架构示意图

## 5 结语

本文在梳理上海轨道交通车站管理业务现状、分析车站智能化需求的基础上,提出城市轨道交通智慧车站的架构设计方案,并就此形成对智慧地铁的架构建议。该架构设计可使城市轨道交通管理体系与城市管理体系相适应和匹配,最大化地发挥城市轨道交通的建设优势。

(上接第3页)

制动系统动态型式试验的主要内容和相应评判标准。通过研究标准 BS EN13452 及 BS EN 15595:2009,分析了制动动态试验内容,明确了试验速度等级、载荷情况及线路条件要求等内容。对于防滑系统的试验内容,目前标准中对城市轨道交通车辆没有明确要求,本文提出在试验过程中加入初始条件的判别,这样可以在明确车辆状态的情况下进行试验。实际项目执行过程中,因不同项目车辆设计参数要求不同,不能简单按照标准执行,需要综合考虑合同要求及标准规定,结合实际情况,在大纲编制阶段明确制动系统试验方法及试验标准。本文主要为国内及海外市场城市轨道交通车辆的制动系统动态试验内容提供参考。

## 参考文献

- [1] 上海市人民政府.上海市推进智慧城市建设“十三五”规划[Z/OL]. (2016-09-19) [2018-03-28]. <http://www.shanghai.gov.cn/nw2/nw2314/nw2319/nw2404/nw41165/nw41166/u26aw50224.html>.
- [2] 中华人民共和国国务院.国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)[Z/OL]. (2006-02-09) [2018-03-28]. [http://www.gov.cn/jrzq/2006-02/09/content\\_183787.html](http://www.gov.cn/jrzq/2006-02/09/content_183787.html).

(收稿日期:2018-05-21)

## 参考文献

- [1] 朱明亮,段洪亮,欧阳瑞璟.城市轨道交通车辆牵引与制动系统接口的优化[J].城市轨道交通研究,2017(2):109.
- [2] BSI. Railway applications-rollingstock-testing of rolling stock on completion of construction and before entry into service;BS EN 50215:2009[S].London,U.K.:BSI,2010:1-62.
- [3] BSI. Railway applications-braking-mass transit brake systems-part 1: Performance requirements; BS EN 13452-1:2003[S].London,U.K.:BSI,2003:1-34.
- [4] BSI. Railway applications-braking-mass transit brake systems-part 2: Methods of test; BS EN 13452-2:2003[S].London,U.K.:BSI,2003:1-17.
- [5] BSI. Railway applications-braking-wheel slide protection; BS EN 15595:2009[S].London,U.K.:BSI,2009:1-68.

(收稿日期:2018-05-25)

《城市轨道交通研究》欢迎投稿

投稿网址:tougao.umat1998.com