

# 中国城市轨道交通协会团体标准

T/CAMET XXXXX—201X

## 中低速磁浮交通列车制动系统技术条件

Technical conditions of braking system for medium-low speed maglev train

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国城市轨道交通协会 发布



目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 使用条件 ..... 4

5 技术要求 ..... 4

6 制动装置要求 ..... 5

7 试验 ..... 6

8 标识 ..... 9

9 质量保证 ..... 9

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中车唐山机车车辆有限公司提出。

本标准由中国城市轨道交通协会归口。

本标准起草单位：中车唐山机车车辆有限公司、中车株洲电力机车有限公司、北京磁浮交通发展有限公司、国防科技大学、中车青岛四方车辆研究所有限公司、株洲中车时代电气股份有限公司、中国铁路设计集团有限公司、中铁一局集团有限公司。

本标准主要起草人：刘中华、杜慧杰、王永刚、毛莉、曾春军、李江锁、龙志强、李杰、李培署、滕一陞、肖健、刘政、窦峰山、闫大伟、刘曰锋、刘宇、张瑞玲、张益晨、孙晨、刘玲芝、刘豫湘、任小玲、张丽、胡波、张兴旺、李化明、唐亮、徐少亭、高明、张默志、梅光宇。

# 中低速磁浮交通列车制动系统技术条件

## 1 范围

本标准规定了中低速磁浮交通列车制动系统（以下简称制动系统）的术语和定义、使用条件、技术要求、制动装置要求、试验、标识及质量保证等内容。

本标准适用于线路采用F型导轨的中低速磁浮交通列车制动系统的设计、制造、试验与验收。

本标准适用于运营速度为120km/h及以下的中低速磁浮交通列车制动系统。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db 交变湿热（12h+12h循环）

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码) (GB/T 4208—2017, IEC 60529: 2013, IDT)

GB/T 4549.3 铁道车辆词汇 第3部分：制动装置

GB/T 50157 地铁设计规范

GB/T 14039 液压传动油液 固体颗粒污染等级代号

GB/T 21563 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验

GB/T 24338.4 轨道交通 电磁兼容 第3-2部分：机车车辆设备 (GB/T 24338.4—2009, IEC 62236-3-2: 2003, MOD)

GB/T 25119 轨道车辆 机车车辆电子装置

CJJ/T 262 中低速磁浮交通设计规范

CJ/T 375 中低速磁浮交通车辆通用技术条件

CJ/T 413 中低速磁浮交通轨排通用技术条件

ISO 3744 声学—利用声压确定噪声源声功率级—用反射平面上方在本质上是自由场的工程方法

ISO 8573-1 压缩空气-第1部分：污染物和纯度等级

EN 13452-1 铁路设施-制动 公共运输制动系统 第1部分：性能要求

## 3 术语和定义

GB/T 4549.3界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

常用制动 service brake application

调节列车运行速度或使列车在预定地点停车的制动。

[GB/T 4549.3, 定义2.7 ]

### 3.2

**快速制动 fast brake**

使列车迅速减速的一种制动方式，其制动方式与常用制动控制方式相同。

### 3.3

**保持制动 holding brake**

列车自动或人工施加的一种防止在一定时间内发生溜逸的制动方式。

### 3.4

**紧急制动 emergency brake application**

使列车迅速减速并达到在最短距离内紧急停车的制动。

[GB/T 4549.3, 定义2.8 ]

### 3.5

**电制动 electro-dynamic brake (ED brake) 引用国标**

牵引电机在列车制动时作为发电机使用，将列车动能转化为电能的制动方式。

当电能被反馈至电阻器时，称为电阻制动；

当电能被反馈至供电电网时，称为再生制动。

### 3.6

**电空制动 electro-pneumatic brake (EP brake)**

电控空气制动方式。

[EN 13452-1, 定义3.3.2.2 ]

### 3.7

**电空混合制动 blending brake of EP brake and ED brake**

电制动和空气制动相互配合以达到要求的减速度水平的制动方式。

### 3.8

**电液制动 electro-hydraulic brake (EH brake)**

电控液压制动方式。

### 3.9

**电液混合制动 blending brake of EH brake and ED brake**

电制动和电液制动相互配合以达到要求的减速度水平的制动方式。

### 3.10

**瞬时减速度** instantaneous deceleration

制动期间列车速度对时间的一阶导数的绝对值。

[EN 13452-1: 2003, 定义3.7.1]

### 3.11

**响应时间** response time

从制动指令发出到达到目标制动缸压力的90%的时间。

响应时间为延迟时间与建立时间之和。

[EN 13452-1: 2003, 定义3.6.3]

### 3.12

**平均减速度** average deceleration

从列车制动指令发出直至停车，整个过程制动初速的平方与2倍的制动距离之比。

### 3.13

**制动距离** stopping distance

从列车制动指令发出开始，直至停车所经过的距离。

### 3.14

**冲动限制** jerk limit

制动过程中对制动减速度的变化率进行控制，以满足旅客舒适度的要求。

### 3.15

**空车载重** vehicle empty load (AW0)

车辆在装备完整且无乘客的重量，称为空车载重，称为AW0。

### 3.16

**定员载重** vehicle normal load (AW2)

车辆在客室座席满员、站席乘客达到每平米6人时的车辆重量，称为定员载重，简称AW2。

### 3.17

**超员载重** vehicle over load (AW3)

车辆在客室座席满员，站席乘客达到每平米9人时的重量，称为超员载重，简称AW3。

注1：以上按每位乘客的平均质量为60kg考虑。如有例外，由用户特别说明。

注2：站席乘客所占用的面积为有效空余地板面积。有效空余地板面积是指地板总面积减去座椅垂向投影面积和投影面积前250mm内高度不低于1800mm的面积。

[ GB/T 50157，表4.1.5注 ]

## 4 使用条件

制动系统使用环境条件应满足CJ/T 375的要求，具体如下：

- a) 正常工作海拔不超过1200m；
- b) 环境温度在-25℃～+40℃之间；
- c) 最湿月月平均最大相对湿度不大于90%(该月月平均最低温度为25℃)；
- d) 应能承受风、沙、雨、雪的侵袭及车辆清洗时清洗剂的作用；
- e) 因各城市所处地区不同而存在气候条件的差异，用户与制造商可在合同中另外规定使用环境条件。

## 5 一般规定

### 5.1 一般要求

5.1.1 制动系统应按照“故障导向安全”的原则进行设计。

5.1.2 制动系统采用电-空或电-液混合制动模式，应充分发挥电制动作用，只有当电制动力不足时才使用空气制动或液压制动。

5.1.3 制动系统应采用微机控制的直通式空气制动或液压制动系统。

5.1.4 基础制动装置应采用液压制动方式。

5.1.5 制动系统应具备电制动和空气（或液压）制动方式。空气（或液压）制动应具备相对独立的制动能力，在牵引供电中断或电制动出现故障的情况下，空气（或液压）制动，应能保证列车安全停车。

5.1.6 制动系统具有常用制动、保持制动、快速制动、紧急制动的功能。

5.1.7 紧急制动采用纯空气（或液压）制动。

5.1.8 常用制动、快速制动、紧急制动（空气）应具有根据车辆载荷自动调节制动力大小的功能，车辆载荷信号来自空气弹簧压力。

5.1.9 制动系统具有保证运行安全的列车减速或停车能力，应满足列车在规定条件下制动距离的要求。

5.1.10 制动系统总风压力正常工作压力范围宜在 850KPa～1000KPa，最高工作压力不大于 1000KPa。

5.1.11 液压制动系统正常工作压力范围宜在 10MPa～12MPa，最高工作压力不大于 12MPa。

5.1.12 液压油清洁度等级不低于 GB/T 14039 标准中的 22/15 级才可以注入油箱。

5.1.13 制动系统应保证与车辆之间接口、功能的匹配，并避免相互干扰。

5.1.14 制动系统应采用模块化设计，并具有互换性。

5.1.15 每辆车至少应配置一套制动控制装置，任何车辆的制动控制装置故障不应导致其他制动控制装置的制动功能。

5.1.16 列车总风管（缸）空气压力应设有压力开关。

5.1.17 制动控制系统应具有网络总线接口。

5.1.18 电制动和空气（或液压）制动均可由车载ATO控制或人工操纵司控器控制且ATP可发出超速制动指令使列车施加最大常用制动或紧急制动。

5.1.19 每辆车客室内应设有制动强迫缓解装置，用于本车制动的强迫缓解或隔离。



- 5.1.20 制动系统应具有诊断和故障记录功能。
- 5.1.21 制动系统管路优先采用不锈钢材质、阀类部件的阀体及盖类零件应优先采用铝合金材质。
- 5.1.22 车体外部安装制动设备，应满足防护等级 GB/T 4208 中 IP55 的要求。
- 5.1.23 制动系统技术条件，应符合 CJ/T 375 标准中的规定。

## 5.2 性能要求

### 5.2.1 常用制动

#### 5.2.1.1 平均减速度

在AW0~AW3载荷情况下，在平直干燥轨道上，列车从最高运行速度到停车，常用制动平均减速度不低于 $1.1\text{m/s}^2$ 。

5.2.1.2 常用制动的制动缸压力应采用闭环控制，空气制动压力偏差不超过 $\pm 0.01\text{MPa}$ ，液压制动压力偏差不超过 $\pm 0.2\text{MPa}$ 。

5.2.1.3 列车正常运行时，制动系统根据司机制动指令手柄、列控车载设备等给出的制动指令进行制动的施加和缓解。

5.2.1.4 电制动和空气（或液压）制动的转换应平稳。

### 5.2.2 快速制动

快速制动控制方式和常用制动相同。在平直干燥轨道上，列车从最高运行速度到停车，平均减速度不低于 $1.3\text{m/s}^2$ 。

### 5.2.3 紧急制动

5.2.3.1 紧急制动响应时间不大于 $1.7\text{s}$ 。

5.2.3.2 AW3 载荷情况下，在干燥平直轨道上，列车从最高运行速度到停车，紧急制动平均减速度不低于 $1.3\text{m/s}^2$ 。

5.2.3.3 紧急制动应不受电子制动控制单元的影响，实际输出的空气制动缸压力偏差不超过 $\pm 0.02\text{MPa}$ ，液压制动压力偏差不超过 $\pm 0.4\text{MPa}$ 。

5.2.3.4 紧急制动通过独立的安全环路实施，紧急制动安全环路应采用失电控制的制动形式。

### 5.2.4 保持制动

具有保持制动功能的磁浮列车，保持制动应具有随车辆载重变化自动调整制动力功能，保持制动应满足在线路最大坡度、最大载荷的情况下，列车不会发生溜逸。

### 5.2.5 冲动限制

制动系统的冲动限制应满足旅客舒适性的要求。常用制动纵向冲击率应不大于 $0.75\text{m/s}^3$ ；紧急制动不受此限制。

5.2.6 制动系统的气密性应满足，正常工作压力下，总风管路系统的压力值在 $5\text{min}$ 内下降不应超过 $10\text{KPa}$ ；制动系统在缓解状态下，系统的压力值在 $5\text{min}$ 内下降不应超过 $15\text{KPa}$ ；制动系统在紧急制动状态下，系统的压力值在 $5\text{min}$ 内下降不应超过 $20\text{KPa}$ 。

5.2.7 储风缸的容积应满足在AW3载重状态下，风源系统停止工作压后，且储风缸处于最小正常工作压力时，应能保证列车施加3次紧急制动的用风量。

5.2.8 液压系统的密封性应满足，在系统最大工作压力作用下保压 $5\text{min}$ ，不得出现泄漏。

5.2.9 液压制动系统应配备蓄能器，蓄能器容积应满足液压制动控制单元中电机停止后，列车施加至少3次紧急制动的要求。

## 6 制动装置要求

## 6.1 风源系统

- 6.1.1 风源系统包括空气压缩机、干燥器、安全阀等部件。
- 6.1.2 风源系统应可靠地向列车用风系统提供清洁干燥的压缩空气，空压机组最终出口空气的质量应不低于 ISO 8573-1 中的 3-3-3 等级或满足用户的特殊环境要求。
- 6.1.3 干燥器的能力，应与系统排量相匹配。
- 6.1.4 列车的空压机组经列车总风管相连通，供风能力应满足编组列车各种工况的用风需求。
- 6.1.5 当列车有一台空压机组故障时，另一台空压机组应能保证列车正常运营。
- 6.1.6 风源装置的噪声应按照 ISO 3744 的要求，在试验台上，距离风源装置 1 米处声压级噪声值 $\leq 75\text{dB}$ 。
- 6.1.7 风源系统供风能力从总风压力为零充风到最高工作压力的充风时间 $\leq 15\text{min}$ 。

## 6.2 制动控制装置

- 6.2.1 制动控制装置宜采用集成设计，易于部件或模块更换。
- 6.2.2 电子制动控制装置应符合 GB/T 25119 规定的技术要求。

## 6.3 增压缸

- 6.3.1 增压缸的容量应满足制动夹钳用油量要求。

## 6.4 蓄能器

- 6.4.1 液压制动系统应配置有蓄能器，蓄能器宜采用隔膜式。

## 6.5 制动夹钳

- 6.5.1 制动夹钳装置应包括制动夹钳、闸片、制动拉杆等部件。
- 6.5.2 制动夹钳动作应灵活、无卡滞。
- 6.5.3 闸片摩擦系数应考虑线路 F 型导轨防腐涂装的要求，应参考 CJ/T 413 标准中的规定。
- 6.5.4 制动夹钳的线路通过性能，应参考 CJJ/T 262 标准中 7.4.4 的规定。
- 6.5.5 制动夹钳的绝缘性能，应参考 CJJ/T 262 标准中 7.1.4 的规定。
- 6.5.6 制动夹钳应能适应车辆在起浮和降落过程的垂向位移变化。
- 6.5.7 闸片应满足列车各种运营工况的要求，闸片温升应不超过材料许用温度。
- 6.5.8 闸片作用时不应产生有毒、有害的物质。
- 6.5.9 制动夹钳单元定型时应进行常用制动  $1 \times 10^6$  次疲劳试验。

## 7 试验

### 7.1 试验分类

#### 7.1.1 试验分类介绍

试验分为以下三类：

- a) 型式试验；
- b) 例行试验；
- c) 研究试验。

制动系统和部件均应进行上述的相关类别的试验（见 7.3 试验项目）。制动系统部件试验是指制动系统制造商交付制动产品前完成的试验，制动系统试验是指制动系统装车后进行的整车系统试验。

进行型式试验和例行试验时，制动系统和部件应功能正常，性能不应超出其极限规定。

7.2 型式试验

型式试验应在符合设计和制造要求的一套系统及产品上进行。

在下列情况之一时，应进行制动部件型式试验：

- a) 新设计制造的制动部件；
- b) 批量生产的制动部件实施重大技术改造，其性能、结构、材料等有较大改变的；
- c) 制造厂改变时的制动部件；

在下列情况之一时应进行整车制动系统型式试验：

- a) 新型制动系统；
- b) 制动系统应用于新型车辆；
- c) 批量生产的制动系统发生重大变化。

7.2.1 例行试验

例行试验用于验证部件和系统性能与型式试验结果的一致性，应对所有的制动系统和部件进行例行试验。

7.2.2 研究试验

研究试验是可选的特殊试验，目的是获得额外的信息。

研究试验应确定具体的操作方法及试验项目，试验结果可作为今后制动部件和系统改进、优化和运用的参考。

7.3 试验项目

7.3.1 制动系统部件的试验项目

制动系统装车前，制动系统部件的型式和例行试验项目包括但不限于此，试验项目见表1。

表1 部件的型式试验和例行试验项目

序号	试验项目	型式试验	例行试验	对应条款
1	外观检查	√	√	7.3.1.1
2	性能试验	√	√	7.3.1.2
3	低温试验	√	/	7.3.1.3
4	高温试验*	√	/	7.3.1.4
5	交变湿热试验*	√	/	7.3.1.5
6	振动、冲击试验*	√	/	7.3.1.6
7	电磁兼容试验*	√	/	7.3.1.7
8	绝缘耐压试验*	√	√	7.3.1.8
9	防护等级试验*	√	/	7.3.1.9
10	盐雾试验*	—	/	7.3.1.10
11	低温存放试验	—	/	7.3.1.11
<p>注1：标有“√”号的为强制性试验；</p> <p>注2：标有“—”号的取决于用户与制造商之间的合同要求；</p> <p>注3：除了与温度有关的试验项目，其余试验项目，环境温度规定为25℃±10℃；</p> <p>注4：标有“/”号的不做要求；</p> <p>注5：标有“*”号的适用性见条款说明。</p>				

7.3.1.1 外观检查

外观检查的目的在于确保部件或装置结构满足外观的要求。

外观检查也用于在型式试验后检查装置是否损坏。

7.3.1.2 性能试验

试验应在环境温度下进行。该项试验是对制动部件或装置特性进行一系列测量，以证明其性能符合该部件或装置的功能和性能要求。

7.3.1.3 低温试验

该试验应按照GB/T 2423.1的试验方法进行。部件或装置应在试验技术条件中规定验收标准。

7.3.1.4 高温试验

有高温试验要求的部件或装置进行该项试验。

该试验应按照GB/T 2423.2的试验方法进行。部件或装置应在试验技术条件中规定验收标准。

7.3.1.5 交变湿热试验

有交变湿热试验要求的部件或装置进行该项试验。

该试验应按照GB/T 2423.4的试验方法进行。部件或装置应在试验技术条件中规定验收标准。

7.3.1.6 振动、冲击试验

具有框架箱体等结构的部件或装置进行该项试验。

该试验应按照GB/T 21563的试验方法进行。部件或装置应在试验技术条件中规定验收标准。

7.3.1.7 电磁兼容试验

具有电子控制功能的部件或装置进行该项试验。

该试验应符合GB/T 24338.4的要求。部件或装置应在试验技术条件中规定验收标准。

7.3.1.8 绝缘耐压试验

具有电气电子控制功能的部件或装置进行该项试验。

该试验应符合GB/T 25119绝缘耐压试验要求。部件或装置应在试验技术条件中规定验收标准。

7.3.1.9 防护等级试验

安装在车外具有密封结构要求的部件或装置进行该项试验。

该试验应符合GB/T 4208的要求。部件或装置应在试验技术条件中规定验收标准。

7.3.1.10 盐雾试验

根据当地的气候环境特点，在合同中有盐雾试验要求的部件或装置进行该项试验。

该试验应符合GB/T 2423.17的要求。部件或装置应在试验技术条件中规定验收标准。

7.3.1.11 低温存放试验

部件或装置所处的温度低于其最低工作温度，则应进行低温存放试验。

该试验应符合GB/T 2423.1的要求。部件或装置技术条件中规定验收标准。

7.3.2 制动系统的试验项目

制动系统装车后，制动系统的型式试验和例行试验项目，试验项目见表2。

表2 整车的型式试验和例行试验项目

序号	试验项目	型式试验			例行试验			技术要求
		AW0	AW2	AW3	AW0	AW2	AW3	
1	风源试验	√	/	/	√	/	√	6.1.5; 6.1.7
2	密封性试验	√	/	/	√	/	/	5.2.7
3	制动静态性能试验	√	-	√	√	/	/	5.1.6
4	制动动态性能试验	√	-	√	√	/	/	5.1.8; 5.1.9 5.2.1~5.2.10;
5	制动热容量试验	/	/	√	/	/	/	6.5.7

6	供油性能试验	√	/	/	√	/	/	5.2.10
<b>注 1:</b> 标有“√”号的为强制性试验; <b>注 2:</b> 标有“—”号取决于用户与制造商之间的合同要求; <b>注 3:</b> 标有“/”号不作要求。								

7.4 试验验收

- 7.4.1 制动系统和部件应按照有关标准进行试验，试验通过后方可进行系统和部件验收。
- 7.4.2 制动系统部件的型式试验应由具有检验资质的第三方检验机构完成并出具书面报告。
- 7.4.3 车辆交付前，应提交用户满足试验要求的制动系统和部件的例行试验和型式试验报告；对首次装车应用的制动系统，需按运营条件经过不少于一年并超过 5 万公里的运行考核，运行考核期间制动系统不应发生由于设计不合理或工艺不良而引起的失效，并由用户出具运营考核评估报告。
- 7.4.4 研究试验的结果不作为考核及验收的依据。

8 标识

制动系统部件的相关信息应标注在设备的明显位置上，其标注方法应符合相关标准的规定，并保证在使用期内字迹清晰。

制动系统制造商应提供完整的标志资料，标志内容不应少于以下规定：

- a) 产品名称和型号；
- b) 出厂编号；
- c) 出厂年月；
- d) 制造商名。

9 质量保证

制动系统产品的质量保证期为交货后24个月。在用户遵守使用维护说明书的情况下，质量保修期内确属设计或制造不良而出现故障影响运行或损坏时，制动系统制造商应及时无偿地负责修理或更换零部件，安装调试，恢复运行。

对因设计或工艺缺陷而需进行整改的项目，应在完成整改之日起，对相关部件重新建立质量保证使用期限。