



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 44853—2024

## 城市轨道交通车辆 电空制动系统

Urban rail transit vehicles—Electro-pneumatic brake system

2024-10-26 发布

2025-05-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 使用环境条件 ..... 4

5 技术要求 ..... 4

6 试验方法 ..... 7

7 检验规则 ..... 13

8 标志、包装、运输和贮存 ..... 14

参考文献 ..... 15





## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国住房和城乡建设部提出。

本文件由全国城市轨道交通标准化技术委员会（SAC/TC 290）归口。

本文件起草单位：中车青岛四方车辆研究所有限公司、中国中车股份有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车长春轨道客车股份有限公司、中车株洲电力机车有限公司、中车制动系统有限公司、北京纵横机电科技有限公司、同济大学、西南交通大学、北京市地铁运营有限公司、广州地铁集团有限公司、深圳地铁建设集团有限公司、成都轨道交通集团有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司机车车辆研究所、中铁检验认证（青岛）车辆检验站有限公司、克诺尔车辆设备（苏州）有限公司。

本文件主要起草人：李培署、冯勇、朱建春、王育权、闫磊、石喆文、安震、王林美、王正、王晓东、孟繁辉、任得鹏、杨俊、樊贵新、田春、王俊勇、李莉、龙静、梁锦发、陈英、杨欣、孙峰、赵建飞。





# 城市轨道交通车辆 电空制动系统

## 1 范围

本文件规定了城市轨道交通车辆电空制动系统的使用环境条件、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于地铁、市域快速轨道车辆用电空制动系统。



## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 4208—2017 外壳防护等级 (IP 代码)

GB/T 21562.2—2015 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例 第2部分：安全性的应用指南

ISO 2151 声学 压缩机和真空泵的噪声试验规程 工程法（2级）[Acoustics—Noise test code for compressors and vacuum pumps—Engineering method (Grade 2)]

ISO 3744 声学 声压法测定噪声源的声功率级和声能级 反射面上近似自由场的工程法 (Acoustics—Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure—Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane)

ISO 8573-1:2010 压缩空气 第1部分：污染物和清洁度等级 (Compressed air—Part 1: Contaminants and purity classes)

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**空气制动** **pneumatic brake; air brake**

通过压缩空气控制，并以压缩空气作为产生闸瓦或闸片压力的原动力的制动方式。

### 3.2

**电空制动系统** **electro-pneumatic brake system; EP brake system**

电气控制的空气制动系统。

注：分为车控制动系统和架控制动系统。

### 3.3

**常用制动** **service brake**

调节列车运行速度或使列车在预定地点停车的制动。

[来源：GB/T 4549.3—2004，2.7]

3.4

**紧急制动 emergency brake**

使列车迅速减速并在最短距离内紧急停车的制动。

[来源：GB/T 4549.3—2004，2.8，有修改]

3.5

**快速制动 fast brake**

与常用制动采用相同控制方式、使列车迅速减速的制动。

3.6

**停放制动 parking brake**

在规定坡道和载荷的条件下保持列车长期处于停止状态的制动。

3.7

**保持制动 holding brake**

列车停车后和牵引启动的一定时间内防止列车溜逸所施加的空气制动。

3.8

**电制动 electro-dynamic brake; ED brake**

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。

注：包括电阻制动和再生制动。

3.9

**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实现制动作用的制动。

3.10

**空车载荷 vehicle empty load**

AW0

车辆在装备完整且无乘客时的质量。

3.11

**超员载荷 vehicle overload**

AW3

车辆在超员状态时的质量。

3.12

**延迟时间 delay time**

从制动指令发出开始至列车达到规定减速度的10%所需要的时间。

3.13

**建立时间 build-up time**

从延迟时间结束开始至达到规定减速度的90%所需要的时间。

3.14

**响应时间 response time**

从制动指令发出开始至列车达到规定减速度的90%所需要的时间。

注：响应时间为延迟时间与建立时间之和。

3.15

**制动距离 stopping distance**

从制动指令发出开始直至停车列车所经过的距离。

3.16

**瞬时减速度 instantaneous deceleration**

制动期间速度对时间的一阶导数的绝对值。



## 3.17

**平均减速度 average deceleration**

从制动指令发出直至列车速度为零的整个过程中，列车制动初速度的平方与 2 倍的制动距离之比。

$$a = \frac{(v_0/3.6)^2}{2S}$$

式中：

$a$  —— 平均减速度，单位为米每二次方秒（ $\text{m/s}^2$ ）；

$v_0$  —— 制动初速度，单位为千米每小时（ $\text{km/h}$ ）；

$S$  —— 制动距离，单位为米（ $\text{m}$ ）。

## 3.18

**等效减速度 equivalent deceleration**

用于计算制动距离的理论恒定减速度。

$$a_e = \frac{(v_0/3.6)^2}{2(S - v_0 t_e/3.6)}$$

式中：

$a_e$  —— 等效减速度，单位为米每二次方秒（ $\text{m/s}^2$ ）；

$v_0$  —— 制动初速度，单位为千米每小时（ $\text{km/h}$ ）；

$S$  —— 制动距离，单位为米（ $\text{m}$ ）；

$t_e$  —— 等效响应时间，单位为秒（ $\text{s}$ ）。

## 3.19

**等效响应时间 equivalent response time**

用于计算制动距离的理论响应时间。

$$t_e = t_{10} + \frac{t_{90} - t_{10}}{2}$$

式中：

$t_e$  —— 等效响应时间，单位为秒（ $\text{s}$ ）；

$t_{10}$  —— 延迟时间，单位为秒（ $\text{s}$ ）；

$t_{90}$  —— 响应时间，单位为秒（ $\text{s}$ ）。

## 3.20

**纵向冲击率 brake longitudinal jerk**

制动力变化过程中瞬时减速度对时间的变化率。

## 3.21

**低黏着 low adhesion**

轮轨黏着系数为 0.05～0.08 的轮轨表面状态。

## 3.22

**极低黏着 very low adhesion**

轮轨黏着系数为 0.03～0.05 的轮轨表面状态。

## 3.23

**轮周速度 circumferential speed**

车轮的转动角速度与车轮半径的乘积。

## 3.24

**滑行速度 absolute wheel slide**

实际列车速度与轮周速度的差值。

## 4 使用环境条件

- 4.1 海拔不宜超过 1 400 m。
- 4.2 使用环境温度宜为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，可在不低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下存放。
- 4.3 最湿月月平均最大相对湿度不宜大于 95%（该月月平均最低温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）。
- 4.4 应能承受风、沙、雨、雪的侵袭及车辆清洗时清洗剂的作用。

## 5 技术要求

### 5.1 通则

5.1.1 单节车辆采用动力转向架和非动力转向架混合配置或者牵引系统采用架控方式进行牵引控制的列车宜采用架控制动系统。

注：架控制动系统是指以一台转向架为单元进行空气制动力控制的系统。

5.1.2 电空制动系统应按一列车或一个列车单元进行系统设计，应与车辆及相关系统之间的接口、功能匹配，且不应相互干扰。整个系统设计应具有完整性并符合故障导向安全原则。

5.1.3 电空制动系统的紧急制动安全性应按 GB/T 21562.2—2015 中 SIL4 等级进行设计，常用制动和防滑控制功能的安全性应按 GB/T 21562.2—2015 中 SIL2 等级进行设计。

5.1.4 电空制动系统应采用模块化设计，零部件宜集中布置，并应具有互换性，主要部件之间应留有维护空间。

5.1.5 电空制动系统管路及其配套的管接头等部件宜采用不锈钢材质，储风缸应进行防锈、防腐、清洁处理。

5.1.6 电空制动系统采用的材料不应产生或含有对人体有毒有害的物质，且应采用高阻燃性或难燃材料。

5.1.7 车体外部安装的制动设备，即电气连接器防护等级至少应满足 GB/T 4208—2017 中 IP65 的要求；风源系统电机防护等级应满足 GB/T 4208—2017 中 IP54 的要求；速度传感器本体防护等级应满足 GB/T 4208—2017 中 IP68 的要求，其连接器应满足 GB/T 4208—2017 中 IP67 的要求；其他部件防护等级至少应满足 GB/T 4208—2017 中 IP55 的要求。

5.1.8 电空制动系统应设有与列车总线通信的多功能车辆总线（MVB）或以太网等网络接口。

5.1.9 电空制动系统应采用微机控制，应能连续调节和控制制动力。

5.1.10 电空制动系统应具有使运行的列车减速或停车的能力，应满足列车在规定条件下的制动减速度和制动距离要求。

5.1.11 电空制动系统应具有保持静止列车不溜逸的能力。

5.1.12 电空制动系统应能与牵引系统的电制动相互配合实现电空混合制动。

5.1.13 电空制动系统应能有效利用车轮与轨道之间的黏着条件。

5.1.14 电空制动系统应根据司机控制器、列车控制与管理系统等发出的指令对列车进行阶段或一次性的制动与缓解控制。

5.1.15 电空制动系统正常工作压力宜为 800 kPa~950 kPa 或 750 kPa~900 kPa，最高工作压力不应大于 1 000 kPa。

5.1.16 当电空制动系统总风管（缸）空气压力降低于某一压力值时，列车应自动采取导向安全的措施保障列车运行安全。

5.1.17 电空制动系统应根据线路条件及运营需求设置撒砂等增黏装置。

5.1.18 电空制动系统采用的橡胶密封件应满足不少于 6 年的使用要求。

5.1.19 电空制动系统应满足不少于 6 年进行拆解检修的使用要求。

## 5.2 主要部件要求

5.2.1 电空制动系统应由制动控制装置、基础制动装置、风源系统及辅助装置或辅助部件等组成。

5.2.2 风源系统应配置 2 套或 2 套以上独立的电动空气压缩机组，空气压缩机组的运行管理应满足列车中所有空气压缩机组工作时间均衡的要求。当 1 套空气压缩机组故障时，其余的空气压缩机组性能应满足列车的用风要求。

5.2.3 风源系统应为全列车制动系统、空气弹簧等使用压缩空气的装置提供清洁干燥的压缩空气。压缩空气在送入储风缸前应将其中的颗粒物、水、油去除。风源系统最终出口空气的质量不应低于 ISO 8573-1:2010 中 [3:3:3] 的要求。

5.2.4 风源系统的噪声应满足 ISO 2151 或 ISO 3744 的要求，试验时距离风源系统 1 m 处声压级噪声值不应大于 78 dB (A)。

5.2.5 在列车正常运行过程中，除无油空气压缩机组外，风源系统空气压缩机组工作率不宜低于 30%。

5.2.6 每辆车应至少配置 1 套制动控制装置，任何 1 套制动控制装置故障不应影响其他制动控制装置的正常功能。

5.2.7 基础制动装置应采用踏面制动或盘形制动形式。

5.2.8 踏面单元制动器、盘形制动夹钳单元应分别具有自动调整闸瓦与车轮踏面、闸片与制动盘之间间隙的功能，并应具备手动调整功能。

5.2.9 具有停放制动功能的踏面单元制动器和制动夹钳单元应具备手动缓解停放制动的功能。

## 5.3 功能要求

5.3.1 电空制动系统应具有常用制动、紧急制动、停放制动功能，可设有快速制动、保持制动等功能。

5.3.2 除停放制动力外，电空制动系统应根据车辆载荷变化自动调整制动力的大小，且车辆等效减速度从空车到超员应保持一致。

5.3.3 电空制动系统应具有防滑控制功能。当进行防滑控制时，应能对滑行轴的制动力进行控制，并应能充分利用黏着。当进行电空混合制动时，应优先发挥电制动防滑控制的能力。

5.3.4 常用制动和快速制动应具有冲动限制功能，紧急制动和防滑控制时不应受冲动限制。

5.3.5 紧急制动应由紧急制动环路直接控制，应采用失电制动的控制方式，紧急制动施加后在列车停止前不应缓解。

5.3.6 停放制动力应通过机械方式产生并传递，应能通过充风或手动操纵的方式进行缓解。电空制动系统应具有防止停放制动力和空气制动力叠加起作用的功能。

5.3.7 保持制动应使列车在正线、出入线、试车线停车后和牵引启动的一定时间内不溜逸。

5.3.8 电空制动系统应具有隔离单辆车或单台转向架空气制动的功能。

5.3.9 电空制动系统应具有制动不缓解检测、制动力不足检测等功能。

5.3.10 当列车由机车回送时，电空制动系统应通过回送装置或系统设置的回送功能实现列车的制动施加和缓解。

5.3.11 电空制动系统应具有实时监测、数据存储、故障诊断等功能，可实现故障分析、故障预测及健康评估等功能。

## 5.4 性能要求

5.4.1 电空制动系统的气密性满足下列要求：

- a) 在列车各风缸、气路和塞门处于正常工作状态、总风处于最高正常工作压力、所有供风装置不工作、紧急制动状态下，5 min 总风压力下降不应大于 20 kPa；
- b) 在紧急制动状态下，当切除制动储风缸供风风源时，3 min 制动储风缸压力下降不应大于 10 kPa。

5.4.2 风源系统供风能力符合下列规定：

- a) 对于不超过6辆车编组的列车，总风压力从零充至最高工作压力的充风时间不宜超过20 min；
- b) 对于超过6辆车编组的列车，充风时间不宜超过25 min。

5.4.3 风源系统的空气压缩机组启动、停机时的总风压力值，总风安全阀的开启、关闭压力值，风源系统的空气压缩机组启动顺序，应满足设计要求。

5.4.4 常用制动和快速制动压力应采用闭环控制，实际输出的制动缸压力与对应载荷条件下电空制动系统计算的目标值偏差应为 $\pm 15$  kPa。

5.4.5 紧急制动不应受常用制动控制部分的影响，实际输出的制动缸压力与设定值偏差应为 $\pm 20$  kPa。

5.4.6 地铁车辆的紧急制动响应时间不应超过 1.6 s，市域快速轨道车辆的紧急制动响应时间不应超过 1.8 s。

5.4.7 保持制动时实际输出的制动缸压力与对应载荷条件下电空制动系统计算的目标值偏差应为 $\pm 15$  kPa。

5.4.8 在超员载荷状态下，当风源系统停止工作且总风缸处于最小正常工作压力时，储风缸的储风量应满足列车实施至少 3 次紧急制动的用风量要求。

5.4.9 通过操纵设在司机室的停放制动控制按钮或开关，应能实现停放制动的施加与缓解。停放制动施加后，通过操纵踏面单元制动器或制动夹钳单元的手动缓解装置，应能缓解相应踏面单元制动器或制动夹钳单元的停放制动作用。

5.4.10 停放制动应能使 AW3 状态的列车安全停放在正线最大坡道上不溜逸，并应满足空车载荷状态下列车安全停放在出入线最大坡道上不溜逸的要求。

5.4.11 常用制动和快速制动应采用电制动与空气制动实时协调配合的电空混合制动，应优先并充分发挥电制动能力；如果电制动能力不能满足制动力需求，则应由空气制动自动补足。电制动和空气制动配合时应稳定并能平稳转换。

5.4.12 在 AW0 及 AW3 状态下，在平直干燥轨道上，列车从最高运行速度到停车，制动减速度满足下列要求。

- a) 对于最高运行速度不大于120 km/h的列车：
  - 1) 最大常用制动平均减速度不应低于 $1.0 \text{ m/s}^2$ ；
  - 2) 快速制动等效减速度不应低于 $1.2 \text{ m/s}^2$ ；
  - 3) 紧急制动平均减速度不应低于 $1.2 \text{ m/s}^2$ 。
- b) 对于最高运行速度大于120 km/h且不大于200 km/h的列车：
  - 1) 最大常用制动平均减速度不应低于 $0.8 \text{ m/s}^2$ ；
  - 2) 快速制动等效减速度不应低于 $1.0 \text{ m/s}^2$ ；
  - 3) 紧急制动平均减速度不应低于 $1.0 \text{ m/s}^2$ 。

5.4.13 列车常用制动和快速制动时的纵向冲击率不应大于  $0.75 \text{ m/s}^3$ ，特殊要求下不应大于  $1.0 \text{ m/s}^3$ 。

5.4.14 电空制动系统防滑性能满足下列要求。

- a) 低黏着状态下符合下列规定。
  - 1) 当列车速度大于120 km/h时，不应出现持续3 s以上滑移率大于25%的情况；当列车速度为  $>80 \text{ km/h} \sim 120 \text{ km/h}$  时，滑行速度大于30 km/h以上的持续滑行时间不应大于3 s；当列车速度为  $>30 \text{ km/h} \sim 80 \text{ km/h}$  时，滑行速度大于20 km/h以上的持续滑行时间不应大于3 s。  
**注：**滑移率是指滑行速度与实际列车速度的比率。
  - 2) 当列车速度为  $5 \text{ km/h} \sim 30 \text{ km/h}$  时，车轮抱死的持续时间不应大于0.4 s；当列车速度大于30 km/h时，所有车轮均不应抱死。
  - 3) 在规定试验条件下，当列车车轴数量不超过7轴时，列车紧急制动距离不应大于相应速度等级下干燥轨面紧急制动距离的1.3倍；当列车车轴数量为8轴~15轴时，列车紧急制动距离不应大于相应速度等级下干燥轨面紧急制动距离的1.25倍；当列车车轴数量大于或等于

16轴时，列车紧急制动距离不应大于相应速度等级下干燥轨面紧急制动距离的1.2倍。

4) 在所有速度下车轮均不应出现影响车辆运行的踏面擦伤。

b) 极低黏着状态下符合下列规定：

1) 当列车速度大于5 km/h时，轮对抱死的时间每次不应大于0.4 s；

2) 各轴轮周速度同时低于列车速度50%的滑行时间不应大于0.4 s。

**5.4.15** 在所有动车电制动停止工作的情况下，电空制动系统应满足 AW3 状态下车辆按基础制动热容量允许的速度在运行线路上完成一个往返运行的要求。对于采用合成闸瓦或闸片的基础制动装置，车轮踏面或闸瓦、制动盘或闸片的表面温度不应超过 350 ℃；对于采用粉末冶金闸片的基础制动装置，制动盘或闸片表面温度不应超过 550 ℃。电空制动系统及所有空气驱动的部件设计应能满足规定运行条件下的列车正常制动性能要求。

**5.4.16** 在 AW3 状态下，列车在纯空气制动工况下以最高运行速度连续施加 2 次紧急制动时，对于采用合成闸瓦或闸片的基础制动装置，车轮踏面或闸瓦、制动盘或闸片的表面温度不宜超过 400 ℃；对于采用粉末冶金闸片的基础制动装置，制动盘或闸片表面温度不宜超过 700 ℃。

## 6 试验方法

### 6.1 静置试验

#### 6.1.1 通用要求

试验前，应完成电空制动系统在列车上的安装和调试工作、完成车辆载荷参数和制动性能参数等的调整，电空制动系统各零部件均应处于正常状态。

#### 6.1.2 试验项目

静置试验项目应包括：

- a) 气密性试验；
- b) 风源系统试验；
- c) 制动静态性能试验；
- d) 停放制动试验。

#### 6.1.3 气密性试验

##### 6.1.3.1 通用要求

试验前列车应停放在平直线路路上，并应做好列车防溜措施，常排风装置（若有）应处于隔离状态。

##### 6.1.3.2 试验内容

试验时，列车各风缸、气路和塞门应处于正常工作状态。施加紧急制动，待总风充至最高正常工作压力后，停止所有供风装置工作，5 min 后再进行测试，测试 5 min 总风压力的下降值；在紧急制动状态下，切除制动储风缸供风风源，测试 3 min 制动储风缸压力的下降值。



#### 6.1.4 风源系统试验

##### 6.1.4.1 通用要求

试验前列车应停放在平直线路上，并应做好列车防溜措施；被试风源系统应连续运转 20 min 以上，干燥器工作状态应正常。

##### 6.1.4.2 试验内容

###### 6.1.4.2.1 供风能力试验

停止所有空气压缩机组工作，排尽除升弓风缸外列车压力容器内的压缩空气。启动所有空气压缩机组，测试总风压力从零充至最高正常工作压力的时间。

###### 6.1.4.2.2 总风压力设定值试验

所有空气压缩机组处于正常工作状态，使总风压力缓慢下降，测试各空气压缩机组启动时的总风压力值；空气压缩机组工作后，测试各空气压缩机组停机时的总风压力值。

###### 6.1.4.2.3 总风安全阀动作压力值试验

采取相应措施使空气压缩机组不受停机压力控制而持续工作，记录总风安全阀处的总风压力，测试总风安全阀的开启压力值和关闭压力值。

###### 6.1.4.2.4 风源系统启动顺序试验

总风压力在正常工作压力范围内且风源系统的空气压缩机组处于停机状态，使总风压力持续下降，测试各空气压缩机组的启动顺序。

#### 6.1.5 制动静态性能试验

##### 6.1.5.1 通用要求

6.1.5.1.1 试验前，列车应停放在平直线路上，并应做好列车防溜措施；应选取完整编组列车中的 2 辆车进行试验，其中至少应有 1 辆带动力转向架的车辆，测试参数至少应包括制动缸压力、空气弹簧压力、制动指令信号以及制动缸压力上升时间。制动缸压力测点应处于防滑控制阀的下游气路，制动缸压力上升时间应测试从制动指令发出到达到目标制动缸压力的 90% 的时间，该时间与制动响应时间相当。

6.1.5.1.2 每次试验前电空制动系统应处于正常工作压力状态。

6.1.5.1.3 在进行型式检验时，试验次数不应少于 3 次，每次试验结果均应满足性能要求。

##### 6.1.5.2 试验内容

###### 6.1.5.2.1 常用制动试验

施加常用制动，应测试并记录制动缸压力值。当列车制动力采用有级或有挡控制时，应包含从最小至最大的所有常用制动级位；当列车制动力采用无级控制时，应只测试最大常用制动。在进行型式检验时，可根据需要测试并记录常用制动响应时间。

#### 6.1.5.2.2 快速制动试验

施加快速制动，应测试并记录制动缸压力值。在进行型式检验时，还应测试并记录快速制动响应时间。

#### 6.1.5.2.3 紧急制动试验

施加紧急制动，应测试并记录制动缸压力值。在进行型式检验时，还应测试并记录紧急制动响应时间。

#### 6.1.5.2.4 制动控制装置失电后紧急制动试验

断开任意一套制动控制装置电源，使该制动控制装置失电，进行紧急制动施加试验，检查列车紧急制动功能，应测试并记录制动缸压力值。

#### 6.1.5.2.5 保持制动试验

施加保持制动，应测试并记录保持制动的制动缸压力值。

#### 6.1.5.2.6 储风缸的储风量试验

采取措施隔离保持制动功能（若有）和总风欠压压力开关，停止风源系统工作，通过操纵总风缸排水塞门使总风缸处于最小正常工作压力，然后实施3次紧急制动和缓解操作，测试此过程中的储风缸和制动缸压力。

### 6.1.6 停放制动试验

#### 6.1.6.1 通用要求



6.1.6.1.1 列车停放制动施加与缓解试验、停放制动手动缓解试验应在平直线路上进行。

6.1.6.1.2 停放制动能力测试应在规定的坡道上进行。当列车为AW3状态时，应将列车停放于正线的最大坡道上进行试验；如果出入线的坡度大于正线最大坡度，应将AW0状态的列车停放于出入线的最大坡道上进行试验；当线路实际最大坡道不满足规定的技术要求时，应在实际最大坡道上进行停放制动能力测试；当不具备坡道试验条件时，可对列车坡道停放制动能力进行换算评估。

6.1.6.1.3 如无特殊规定，试验时风速不应大于5 m/s。

#### 6.1.6.2 试验内容

##### 6.1.6.2.1 停放制动施加与缓解试验

列车应停放在平直线路上，并应做好防溜措施，通过操纵司机室停放制动施加与缓解按钮或开关，检查停放制动施加和缓解功能。

##### 6.1.6.2.2 停放制动手动缓解试验

列车应停放在平直线路上，并应做好防溜措施，施加停放制动后，隔离并缓解空气制动，操纵踏面单元制动器或制动夹钳单元的手动缓解装置，检查停放制动缓解功能。

##### 6.1.6.2.3 停放制动能力测试

在规定载荷条件下，列车停放在要求的坡道上，缓解空气制动仅施加停放制动，10 min后观察列车是否发生溜逸。

## 6.1.6.2.4 停放制动能力换算评估

停放制动能力换算评估采用下列方法。

- a) 方法一：应至少选取列车中一辆停放制动功能完好的车辆进行试验。测试参数至少应包括选定被试车辆的停放制动缸空气压力、停放制动夹钳单元的闸片或踏面单元制动器的闸瓦推力。试验时应使用装有测力装置的闸片或闸瓦，换下原有的制动闸片或闸瓦，测试停放制动施加时作用在制动盘或车轮踏面上的闸片或闸瓦推力。通过测得的单车闸片或闸瓦推力，按各停放制动夹钳单元的闸片或踏面单元制动器的闸瓦推力相同的原则，计算停放制动施加状态下整列车的安全停放坡度是否满足5.4.10的要求。停放坡度的计算符合下列规定。

- 1) 对于采用盘形制动时的停放坡度应按公式（1）计算：

$$i = \frac{K(2r/D)\varphi}{Mg} \times 1\,000 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $i$  —— 停放坡度的千分数；  
 $K$  —— 列车停放制动夹钳单元推力总和，单位为千牛（kN）；  
 $r$  —— 盘形制动盘平均摩擦半径，单位为米（m）；  
 $D$  —— 新轮状态的轮径，单位为米（m）；  
 $\varphi$  —— 静摩擦系数；  
 $M$  —— 列车AW3状态下总质量/列车AW0状态下总质量，单位为吨（t）；  
 $g$  —— 重力加速度，取9.81，单位为米每二次方秒（m/s<sup>2</sup>）。

- 2) 对于采用踏面制动时的停放坡度应按公式（2）计算：

$$i = \frac{K'\varphi}{Mg} \times 1\,000 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $K'$  —— 列车停放单元制动器推力总和，单位为千牛（kN）。

- b) 方法二：列车应停放在平直线路上，施加停放制动后缓解所有空气制动，由机车牵引列车，机车应施加按公式（3）计算的牵引力，观察列车是否发生移动。列车在规定的最大坡度的坡道上安全停放所需的制动力应按公式（3）计算：

$$F = \frac{Mgi_{\max}}{1\,000} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $F$  —— 安全停放所需要的制动力，单位为千牛（kN）；  
 $i_{\max}$  —— 最大停放坡度的千分数。

## 6.2 运行试验

## 6.2.1 通用要求

试验前应完成电空制动系统静置试验。

## 6.2.2 试验项目

运行试验项目应包括：

- a) 制动动态性能试验；  
b) 防滑性能试验；  
c) 制动热容量试验。



### 6.2.3 制动动态性能试验

#### 6.2.3.1 通用要求

制动动态性能试验符合下列规定。

- a) 型式检验宜在平直线路上进行，且应在黏着状态良好的干燥轨面条件下进行试验，风速应不大于5 m/s；出厂检验应在自然的实际状态下进行，且该状态应在试验结果中说明。试验时网压应满足列车牵引和电制动的要求。
- b) 型式检验应在列车最高运行速度下进行，在列车最高运行速度下至少应选取两个速度级进行试验。出厂检验因试验线路条件限制无法达到列车最高运行速度时，则应在试验线路允许的最高速度下进行试验。
- c) 制动盘或车轮踏面应平整光滑，无明显犁沟；制动闸片或闸瓦厚度应在规定范围内，闸片或闸瓦应经过适当磨合，且在进行型式检验时接触面积不应小于80%；每次试验前制动盘或车轮踏面、闸片或闸瓦温度不应超过60℃。
- d) 型式检验项目至少应包括常用空气制动试验、常用电空混合制动试验、紧急制动试验、纵向冲击率测试，若被试列车具有快速制动功能，还应进行快速空气制动试验、快速电空混合制动试验；出厂检验应进行最大常用制动和紧急制动试验。每项试验至少应进行3次。
- e) 型式检验测试参数至少应包括制动初速度、列车瞬时速度、瞬时减速度、制动距离、制动时间、被试车辆的制动缸压力、空气弹簧压力、制动指令信号及电制动参数、纵向冲击率等。出厂检验测试参数至少应包括制动初速度、被试车辆的制动缸压力等。
- f) 如果制动距离测试不能在平直线路上进行，则所选线路的最大坡度应不超过4‰；实际制动初速度与目标初速度的偏差值应为±3 km/h。如果实际线路坡度或实际制动初速度与要求线路坡度或目标初速度有任何不符，测得的制动距离应按公式（4）修正。

$$S_1 = \frac{v_1 t_e}{3.6} + \left( S' - \frac{v t_e}{3.6} \right) \times \frac{3.933(1+R_0)v_1^2}{[3.933(1+R_0)v^2] \pm i'(S' - vt_e/3.6)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- $S_1$  —— 修正后的制动距离，单位为米（m）；
- $v_1$  —— 目标制动初速度，单位为千米每小时（km/h）；
- $t_e$  —— 等效响应时间，单位为秒（s）；
- $S'$  —— 实测的制动距离，单位为米（m）；
- $v$  —— 实际制动初速度，单位为千米每小时（km/h）；
- $R_0$  —— 转动惯量系数，如果技术条件没有规定 $R_0$ 的数值，可使用0.08；
- $i'$  —— 试验地点坡度的千分数，“+”用于下坡，“-”用于上坡。

#### 6.2.3.2 试验内容

6.2.3.2.1 列车按规定速度惰行进入试验区段后，按检验项目规定的制动方式实施制动直至列车停车，制动过程中应连续记录各测试参数，检验常用制动和快速制动时电制动与空气制动协调配合功能，检验常用制动、快速制动、紧急制动减速度值。

6.2.3.2.2 在常用制动和快速制动过程中，进行纵向冲击率测试，检测目标减速度建立时间内列车瞬时减速度的变化率。

## 6.2.4 防滑性能试验

### 6.2.4.1 通用要求

防滑性能试验满足下列要求：

- a) 在进行防滑试验前，被试列车应已完成干燥轨面条件下的制动动态性能试验，并应满足电空制动系统设计要求；
- b) 应采用AW0状态的列车在最大坡度不超过4‰的平直线路上进行试验；
- c) 若被试列车装有非黏着制动装置或撒砂装置，试验时应停用；
- d) 若防滑装置为首次装车试验，试验环境温度宜为5℃～25℃，不应在下雨、下雪的情况下进行试验；
- e) 应按最高运行速度进行试验，试验工况至少应包括紧急制动、最大常用空气制动、最大常用电空混合制动，每种工况应试验3次；
- f) 测试参数应至少包括制动初速度、列车瞬时速度、制动瞬时减速度、车轮圆周速度、制动缸压力、制动时间、制动距离。

### 6.2.4.2 试验内容

6.2.4.2.1 在被试列车前进方向第一辆车上安装喷洒装置，其中第1根轴的每个车轮位置相对于轨道面纵向中心线处各安装一个喷嘴，喷嘴与车轮和轨道间的距离均不应大于10 cm。

6.2.4.2.2 试验过程中采用向轨面喷洒可降解的环保减摩液的办法降低黏着，形成低黏着状态，试验时以一定压力将减摩液由喷嘴喷洒至轨面上。减摩液的浓度可根据黏着需要兑水稀释，第一辆车在第一条滑行轮对初始滑行前后各0.2 s内的车辆平均减速度应控制在 $0.5\text{ m/s}^2 \sim 0.8\text{ m/s}^2$ 。

6.2.4.2.3 在紧急制动工况下，应对被试列车喷洒装置后的6根轴进行滑行程度计算；当列车少于6根轴时，应按全部轴进行计算。从滑行开始时至车辆速度降至40 km/h的时间间隔内，当制动初速度不大于120 km/h时，滑行程度计算轴中至少有一半轴的轮周速度低于车辆速度90%的时间之和与该间隔时间之比不小于35%；当制动初速度大于120 km/h时，不应小于20%。

6.2.4.2.4 当被试列车加速到预定的试验速度后，开始向轨面喷洒减摩液。当喷有减摩液的湿轨面长度大于列车长度后，对被试列车实施制动直至停车，在制动过程中应继续向轨面喷洒减摩液，并采集、记录相关参数数据。

6.2.4.2.5 在紧急制动工况下进行防滑性能试验时，应检测紧急制动距离。

6.2.4.2.6 当被试列车在运用过程中存在极低黏着轨面上行驶的情况时，可进行极低黏着防滑试验；试验时，试验线路应具备安全停车距离，且按下列方法进行。

- a) 试验时，在以列车减速至试验速度时所在位置作为起始点的轨道上涂抹可降解的环保减摩液，涂抹的轨道长度应至少为被试列车长加30 m，也可采用在轨面上贴纤维纸胶带并喷洒清水的方法，第一辆车在第一条滑行轮对初始滑行前后各0.2 s内的车辆平均减速度应控制在 $0.3\text{ m/s}^2 \sim 0.5\text{ m/s}^2$ 。
- b) 被试列车从静止加速到预定的试验速度后，在制动施加点处施加紧急制动直至停车，在制动过程中应采集并记录相关参数数据。对于最高运行速度大于100 km/h的列车，其预定的试验速度应为100 km/h。

## 6.2.5 制动热容量试验



### 6.2.5.1 通用要求

试验应在列车AW3状态下进行。测试参数应至少包括列车速度、被试车辆的制动缸压力、空气弹

簧压力、车轮踏面及闸瓦或制动盘及闸片表面温度、制动指令信号等。

6.2.5.2 试验内容

6.2.5.2.1 试验前切除列车电制动，列车按基础制动热容量允许的速度在运营线路上运行一个往返，测试车轮踏面或闸瓦、制动盘或闸片表面温度。

6.2.5.2.2 列车在最高运行速度下连续施加 2 次紧急制动，测试车轮踏面或闸瓦、制动盘或闸片表面温度。该项试验可在地面试验台上进行，必要时应按规定的技术要求在平直线路上进行试验。

7 检验规则

7.1 制动系统检验应在电空制动系统装车后进行，分为型式检验和出厂检验。

7.2 有下列情况之一，应进行型式检验：

- a) 新型制动系统定型或首次生产时；
- b) 制动系统的结构、材料、软件等发生改变有可能影响制动系统的性能以及行车安全时，需对受影响的检验项目进行试验。

7.3 型式检验项目应按表 1 执行。型式检验过程中电空制动系统不应更换软件和调整相关参数，若型式检验过程中有必须更换软件或调整相关参数的情况时，应提交相关书面文件，说明变更或调整内容及其对制动系统的影响，经确认后，与变更或调整内容相关的型式检验项目应重新进行。

7.4 每套电空制动系统装车后应进行出厂检验，出厂检验项目应按表 1 执行。



表 1 检验项目

序号	检验项目		试验方法 对应条款	技术要求 对应条款	型式检验		出厂检验	
					AW0	AW3	AW0	AW3
1	气密性		6.1.3.2	5.4.1	√	—	√	—
2	风源系统	供风能力	6.1.4.2.1	5.4.2	√	—	√	—
3		总风压力设定值	6.1.4.2.2	5.4.3	√	—	√	—
4		总风安全阀动作值	6.1.4.2.3	5.4.3	√	—	√	—
5		风源系统启动顺序	6.1.4.2.4	5.4.3	√	—	√	—
6	制动静态性能	常用制动	6.1.5.2.1	5.4.4	√	√	√	—
7		快速制动	6.1.5.2.2	5.4.4	√	√	√	—
8		紧急制动	6.1.5.2.3	5.4.5 5.4.6	√	√	√	—
9		制动控制装置失电后 紧急制动	6.1.5.2.4	5.4.5	√	—	√	—
10		保持制动	6.1.5.2.5	5.4.7	√	√	√	—
11		储风缸的储风量	6.1.5.2.6	5.4.8	—	√	—	—
12	停放制动	停放制动施加与缓解	6.1.6.2.1	5.4.9	√	—	√	—
13		停放制动手动缓解	6.1.6.2.2	5.4.9	√	—	√	—
14		停放制动能力	6.1.6.2.3	5.4.10	√	√	—	—
15		停放制动能力换算评估	6.1.6.2.4	5.4.10	√	√	—	—

表 1 检验项目（续）

序号	检验项目		试验方法 对应条款	技术要求 对应条款	型式检验		出厂检验	
					AW0	AW3	AW0	AW3
16	制动动态性能	常用制动、快速制动、 紧急制动	6.2.3.2.1	5.4.11 5.4.12	√	√	√	—
17		纵向冲击率	6.2.3.2.2	5.4.13	√	√	—	—
18	防滑性能		6.2.4.2	5.4.14	√	—	—	—
19	制动热容量		6.2.5.2.1	5.4.15	—	√	—	—
20			6.2.5.2.2	5.4.16	—	√	—	—
注：“√”表示必做该项检验，“—”表示不做该项检验。								

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

电空制动系统部件应有标志，标志应清晰、易读、不易磨损、具有可追溯性，且至少应包含下列内容：

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

8.2 包装

电空制动系统部件应有包装，包装箱上应标有部件名称、型号、供应商等内容。箱内应采取防止挤压和互相碰撞的措施，且应有检验合格证，内容应包括：

- a) 制造商名称或代号；
- b) 产品名称及数量；
- c) 产品编号；
- d) 检验员印章。

8.3 运输和贮存

电空制动系统部件在运输和贮存中应保持清洁并进行防护，不应受到阳光暴晒和雨淋，装卸时不应摔扔，防止破损和变形。



参 考 文 献

- [1] GB/T 4549.3—2004 铁道车辆词汇 第3部分：制动装置
- 





