

团体标准

T/CAMETXXXXX—XXXX

有轨电车 制动系统用磁轨制动器 技术规范

Tramway system—Brake system of magnetic track brake
Technical specification

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

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 2

5 技术要求 2

6 试验方法 3

7 检验规则 8

8 标志、包装、运输和贮存 9

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。

本文件由中国城市轨道交通协会低运能系统分会提出。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：江西华伍制动器股份有限公司、华伍轨道交通装备（上海）有限责任公司、中车制动系统有限公司、南昌轨道交通集团有限公司、长春市轨道交通集团有限公司、中车长春轨道客车股份有限公司、长春中车轨道车辆有限公司、中车唐山机车车辆有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车株洲电力机车有限公司。

本文件主要起草人：刘挺、裴玉春、江现昌、邹庆春、徐成章、阿栎德、李毅、杨弘、邹耀平、曾智聪、张旦旦、刘佳楠、刘德学、孙博、周春梅、丁富昌、姜东、谢春杰、罗铁军、王晓东、梁德龙、周博、周晓、陈林、任得鹏。

有轨电车 制动系统用磁轨制动器 技术规范

1 范围

本文件规定了有轨电车制动系统用电磁型磁轨制动器的使用环境、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于运营速度在 70km/h 及以下有轨电车使用的磁轨制动器（以下简称“磁轨制动器”）的设计、试验和运用。其他城市轨道交通车辆用磁轨制动器可参考执行。

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 1184 形状和位置公差 未注公差值
- GB/T 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
- GB/T2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T2423.17 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾
- GB/T 2585 铁路用热轧钢轨
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP 代码)
- GB/T 6109.1 漆包圆绕组线 第1部分：一般规定
- GB/T 7095.1 漆包铜扁绕组线 第1部分：一般规定
- GB/T11021 电气绝缘 耐热性和表示方法
- GB/T 11352 一般工程用铸造碳钢件
- GB/T21413.1—2018 轨道交通 机车车辆电气设备 第1部分：一般使用条件和通用规则
- GB/T21563 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 25119 轨道交通 机车车辆电子装置
- GB/T37400.4 重型机械通用技术条件 第4部分：铸铁件
- TB/T 1759 铁道客车配线布线规则
- TB/T 2879.5 铁路机车车辆 涂料及涂装 第5部分：客车和牵引动力车的防护和涂装技术条件
- YB/T 4653 城市有轨电车用槽型钢轨

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

磁轨制动器 magnetic track brake

T/CAMET XXXX.XX-XXXXX

悬挂于钢轨上方，在制动时吸附在钢轨上产生摩擦力的装置。

3.3

励磁绕组 excitation winding

产生磁场的绕组。

3.4

铰接式磁轨制动器 articulated magnetic track brake

极靴磨损组件为可浮动的磁轨制动器。

4 使用条件

磁轨制动器在下列使用条件下应能正常工作：

- a) 海拔高度不超过 1400m；
- b) 环境温度在 $-25^{\circ}\text{C}\sim+45^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 最湿月月平均最大相对湿度不大于 95%(该月月平均最低温度为 25°C)；
- d) 承受风、沙、雨、雪的侵蚀及车辆清洗时清洗剂的作用；
- e) 当使用条件超出上述范围时，由供需双方协商确定。

5 技术要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 磁轨制动器重量应满足图样要求，偏差不应超过图样规定值的 $\pm 3\%$ 。
- 5.1.2 磁轨制动器励磁绕组的电阻值应满足图样要求，其允许误差为 $\pm 5\%$ 。
- 5.1.3 磁轨制动器应在 0.7~1.25 倍额定励磁电压范围内正常工作。
- 5.1.4 磁轨制动器在额定电压及额定气隙下，吸力值应满足图样要求，70%额定电压下的吸力值不应低于额定吸力的 80%。
- 5.1.5 磁轨制动器在额定电压及额定气隙下，从初始状态到吸附至轨道上时间不应大于 0.7s，特殊情况下可由供需双方协商确定。
- 5.1.6 磁轨制动器的磁通量应满足图样要求。
- 5.1.7 磁轨制动器在密封线圈的钢板焊接或二次加工后应进行气密性检查，焊接或加工部位不应泄露。
- 5.1.8 磁轨制动器的极靴磨损组件允许磨耗应满足图样要求。
- 5.1.9 磁轨制动器极靴与钢轨面的额定工作间隙宜为 6mm~9mm，特殊情况下由供需双方协商确定。
- 5.1.10 磁轨制动器在连续工作制下，励磁绕组的温升极限不应超过 GB/T 21413.1—2018 中的要求。
- 5.1.11 磁轨制动器的悬挂高度可调，调节范围应满足图样要求。
- 5.1.12 磁轨制动器可正常制动和缓解，吸合、分离的动作应正常无卡滞。
- 5.1.13 磁轨制动器定型时应进行不少于 3×10^4 次的疲劳试验。

5.2 材料要求

- 5.2.1 电磁铁本体等导磁材料，宜选用高导磁率的电工用纯铁或含碳量小于 0.22%的优质碳素钢等软磁材料。
- 5.2.2 励磁绕组用漆包线应满足 GB/T 7095.1 或 GB/T 6109.1 的要求。
- 5.2.3 励磁绕组用电气绝缘材料的耐热等级不应低于 GB/T 11021 中规定的 F 级。

- 5.2.4 磁轨制动器用非金属材料的防火等级应满足图样要求。
- 5.2.5 磁轨制动器用铸造碳钢件的化学成分和力学性能应满足 GB/T 11352 中的要求。
- 5.2.6 磁轨制动器用隔磁填料应选用铝或其他非导磁性耐磨材料制造。

5.3 外观和质量要求

- 5.3.1 磁轨制动器尺寸及接口应满足图样要求，机械加工零件未注尺寸公差极限偏差应符合 GB/T 1804 中 m 级的规定，未注形状和位置公差应符合 GB/T 1184 中 H 级的规定。
- 5.3.2 磁轨制动器零部件表面应无缺陷、机械损坏和变形。
- 5.3.3 磁轨制动器零部件焊接焊缝质量等级和检验等级应满足图样的要求。
- 5.3.4 磁轨制动器零部件表面进行涂装处理，应满足 TB/T 2879.5 中涂装技术条件要求，裸露在空气中的无涂装部件应使用不锈钢或表面经过涂层工艺处理的其他金属材料。
- 5.3.5 磁轨制动器铸造零件的表面质量应符合 GB/T 37400.4 的规定。
- 5.3.6 磁轨制动器标牌数据应与产品实际情况相符，数据正确，字迹清晰。

5.4 性能要求

- 5.4.1 磁轨制动器在环境温度下耐压试验应满足 GB/T 25119 的要求，绝缘电阻不应小于 $30M\Omega$ 。
- 5.4.2 磁轨制动器应能在低温条件下正常工作。
- 5.4.3 磁轨制动器应能在高温条件下正常工作。
- 5.4.4 磁轨制动器应能在冲击振动条件下正常工作，试验量级由供需双方协商确定。
- 5.4.5 磁轨制动器防护等级不应低于 GB/T 4208 中规定的 IP67 级，防护等级试验结束后应进行绝缘和耐压检测。
- 5.4.6 磁轨制动器产生的射频骚扰不应超出 GB/T 24338.4 规定的值，特殊情况下由供需双方协商确定。
- 5.4.7 磁轨制动器盐雾试验应满足 GB/T 2423.17 的要求，试验后基体和涂层应无起泡、剥落、锈蚀现象。
- 5.4.8 磁轨制动器配套铁轨应满足 GB/T 2585 和 YB/T 4653 的要求。
- 5.4.9 磁轨制动器用接地保护和接线端子应符合 TB/T 1759 的规定。

6 试验方法

6.1 外观和接口尺寸检测

采用目测和量具检测的方法对磁轨制动器进行外观检查。

6.2 重量检测

采用直接称重法对磁轨制动器进行称重检测。

6.3 电阻测量试验

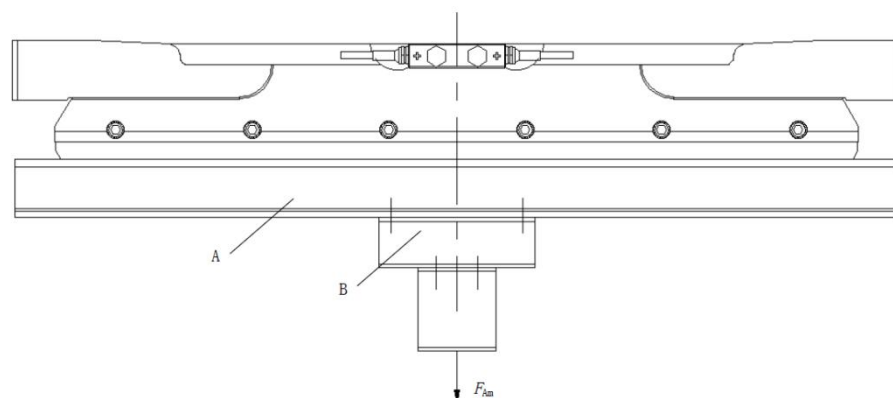
在环境温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下对磁轨制动器励磁绕组进行电阻测量。

6.4 电磁吸力检测试验

6.4.1 整体式磁轨制动器吸力检测试验

6.4.1.1 通用电磁吸力测量

通用电磁吸力测量示意图见图 1，通过外部作用力下拉模拟轨道测量磁轨制动器的电磁吸力。



标引序号说明：

A ——模拟轨道；

B ——拉力传感器；

F_{Am} ——外部下拉力。

图 1 通用电磁吸力测量示意图

测试完成后按公式（1）计算：

$$F_{Hm} = (F_{Am,1} + F_{Am,2} + F_{Am,3}) / 3 \dots\dots\dots (1)$$

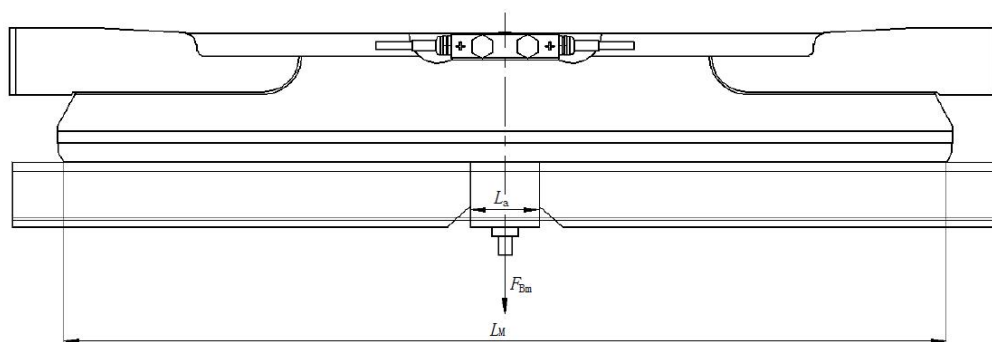
式中：

F_{Hm} ——磁轨制动器的平均电磁吸力，单位为千牛（kN）；

$F_{Am,1}$ 、 $F_{Am,2}$ 、 $F_{Am,3}$ ——分别为第 1、2、3 次测试，测量的外部下拉力，单位为千牛（kN）。

6.4.1.2 等效电磁吸力测量

等效电磁吸力测量示意图见图 2，通过测力块等效测量磁轨制动器的电磁吸力。



标引序号说明：

L_a ——测力块长度；

L_M ——极靴与轨道接触长度；

F_{Bm} ——测力块的撕开力。

图 2 等效电磁吸力测量示意图

测试完成后按公式(2)计算：

$$F_{Hm} = \frac{L_M}{3L_a} (F_{Bm,1} + F_{Bm,2} + F_{Bm,3}) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

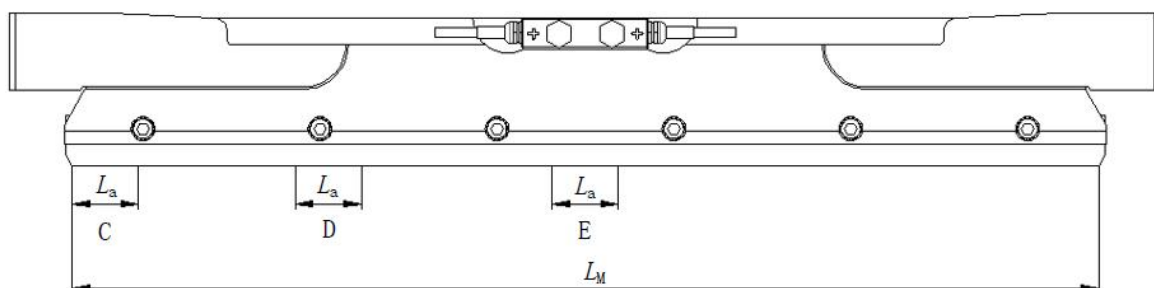
L_a ——测试块长度, 单位为毫米 (mm);

L_M ——极靴与轨道接触长度, 单位为毫米 (mm);

$F_{Bm,1}$ 、 $F_{Bm,2}$ 、 $F_{Bm,3}$ ——分别为第 1、2、3 次测试, 测量的测力块撕开力, 单位为千牛 (kN)。

6.4.1.3 等效分段电磁吸力测量

等效分段电磁吸力测量示意图见图 3, 依次在磁轨制动器极靴的端部、1/4 位置、中间位置进行分段测量, 测量每段的电磁吸力。



标引序号说明:

“C”、“D”、“E” ——测量的 3 个位置。

图 3 等效分段电磁吸力测量示意图

测试完成后按公式(3)计算:

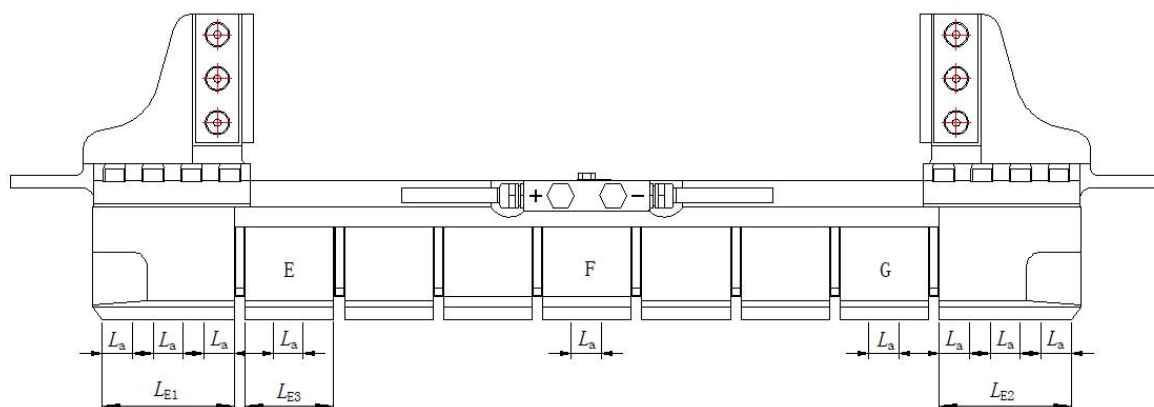
$$F_{Hm} = \frac{L_M}{3L_a} (F_{Bm,c} + F_{Bm,d} + F_{Bm,e}) \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$F_{Bm,c}$ 、 $F_{Bm,d}$ 、 $F_{Bm,e}$ ——在图 3 中 “C”、“D”、“E” 位置测量得到的最大吸力值, 单位为千牛 (kN)。

6.4.2 铰接式磁轨制动器电磁吸力检测试验

铰接式磁轨制动器电磁吸力测量示意图见图 4, 依次测量磁轨制动器两端极靴、中间极靴的电磁吸力。其中对于两端极靴分别进行左、中、右 3 次测试。对于中间极靴分别在第一节、中间节、最后一节的中间位置进行测试。



T/CAMET XXXX.XX-XXXXX

标引序号说明:

L_{E1} ——左端部极靴底面的长度;

L_{E2} ——右端部极靴底面的长度;

L_{E3} ——中间极靴底面的长度;

“E”、“F”、“G” ——中间段 3 个测量部位。

图 4 铰接式磁轨制动器电磁吸力测量示意图

测试完成后按公式(4)~(7)计算:

左端部: 测试完成后按列公式(4)计算:

$$F_{HL} = (F_{HL,1} + F_{HL,m} + F_{HL,r}) \frac{L_{E1}}{3L_a} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

F_{HL} ——左侧端部平均电磁吸力, 单位为千牛(kN);

L_{E1} ——左侧端部极靴底面的长度, 单位为毫米(mm);

$F_{HL,1}$ 、 $F_{HL,m}$ 、 $F_{HL,r}$ ——在左端部极靴 L_{E1} 底部左中右位置测得的电磁吸力值, 单位为千牛(kN);

右端部: 测试完成后按列公式(5)计算:

$$F_{HR} = (F_{HR,1} + F_{HR,m} + F_{HR,r}) \frac{L_{E2}}{3L_a} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

F_{HR} ——右侧端部平均电磁吸力, 单位为千牛(kN);

L_{E2} ——右侧端部极靴底面的长度, 单位为毫米(mm);

$F_{HR,1}$ 、 $F_{HR,m}$ 、 $F_{HR,r}$ ——在右端部极靴 L_{E2} 底部左中右位置测得的磁吸力值, 单位为千牛(kN);

中部: 测试完成后按公式(6)计算:

$$F_{HM} = (F_{HM,e} + F_{HM,f} + F_{HM,g}) \frac{L_{E3}}{3L_a} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

F_{HM} ——中间单个极靴的电磁吸力大小的平均值, 单位为千牛(kN);

$F_{HM,e}$ 、 $F_{HM,f}$ 、 $F_{HM,g}$ ——在中间极靴“E”、“F”、“G”底部中间位置测得的最大电磁吸力值, 单位为千牛(kN);

磁轨平均吸力按公式(7)计算:

$$F_H = F_{HL} + F_{HR} + F_{HM} \times N \dots\dots\dots (7)$$

式中:

F_H ——铰接式磁轨制动器的平均电磁吸力, 单位为千牛(kN);

N ——中间段的数量。

6.5 磁通量检测试验

用专用的磁通量测试仪器对磁轨制动器的磁通量进行测量。

6.6 响应时间检测试验

对于磁轨制动器, 使其工作于额定电压及额定气隙, 测试磁轨制动器从初始状态到吸附至模拟轨道

上的时间。

注：吸附至模拟轨道上的判断依据为励磁电流达到 90%额定值。

6.7 气密性检测试验

将被测磁轨制动器接线盒接通气源，水平放置完全沉入水箱中，在 800kPa 的测试气压下，持续时间 60s。

6.8 温升试验

按 GB/T 21413.1—2018 中 10.3.2 规定的方法进行温升试验，励磁绕组线圈的温度通过间接温度测量法进行测量。

6.9 功能试验

将被测磁轨制动器安装在试验台上，在额定工作电压下，通电 20s，断电 2min，连续施加 3 次磁轨制动施加、缓解信号。

6.10 疲劳试验

将磁轨制动器悬挂于一段模拟轨道上方，对磁轨制动器进行电循环通断测试。试验时，磁轨制动器与模拟轨道吸合后，沿模拟轨道方向施加外力使其与模拟轨道产生相对位移，试验后按 6.4 规定的方法进行电磁吸力检测试验，并对关键焊缝进行探伤。

6.11 绝缘和耐压检测试验

6.11.1 绝缘电阻测量试验

磁轨制动器电磁绕组线圈进、出接线端与壳体之间施加 DC 500V 电压，测试绝缘电阻。

注：本试验在耐压试验前后均进行。

6.11.2 耐压试验

磁轨制动器电磁绕组线圈进、出接线端与壳体之间介电试验按 GB/T 25119 中耐压试验规定的方法进行检测，型式试验测试时间 60s，例行试验测试时间 1s。

6.12 低温试验

按 GB/T 2423.1 规定的方法进行低温试验。

试验温度 $-25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 或 $-40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，持续时间大于等于 16h，放置终了，按 6.9 进行功能试验；恢复至室温后，再次按 6.4 进行电磁吸力检测试验。

6.13 高温试验

按 GB/T 2423.2 规定的方法进行高温试验。

试验温度 $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，持续时间大于等于 16h，放置终了，按 6.9 进行功能试验；恢复至室温后，再次按 6.4 进行电磁吸力检测试验。

6.14 冲击和振动试验

按 GB/T 21563 规定的方法进行冲击和振动试验。

试验前后，按 6.1 和 6.9 规定的方法进行外观检测和功能试验。

6.15 防护等级试验

按 GB/T4208 规定的方法进行防护等级试验。

6.16 电磁兼容试验

按 GB/T 24338.4 规定的方法进行电磁兼容试验射频骚扰试验。

6.17 盐雾试验

按 GB/T 2423.17 规定的方法进行盐雾试验，试验周期大于等于 48h。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为型式检验和例行检验。进行型式检验和例行检验时，磁轨制动器应功能正常，性能符合其极限规定，检验项目应按表1执行。

表1 检验项目

序号	检验项目	检验分类		技术要求 对应条款	试验方法 对应条款
		例行检验	型式检验		
1	外观和接口尺寸检测	√	√	5.3	6.1
2	重量检测	√	√	5.1.1	6.2
3	电阻测量试验	√	√	5.1.2	6.3
4	电磁吸力检测试验	√	√	5.1.4	6.4
5	磁通量检测试验 ^a	—	—	5.1.6	6.5
6	响应时间检测试验	√	√	5.1.5	6.6
7	气密性检测试验	√	—	5.1.7	6.7
8	温升试验	—	√	5.1.10	6.8
9	功能试验	√	√	5.1.11	6.9
10	疲劳试验	—	○	5.1.13	6.10
11	绝缘和耐压检测试验	√	√	5.4.1	6.17
12	低温试验	—	√	5.4.2	6.11
13	高温试验	—	√	5.4.3	6.12
14	冲击和振动试验	—	√	5.4.4	6.13
15	防护等级试验	—	√	5.4.5	6.14
16	电磁兼容试验	—	○	5.4.6	6.15
17	盐雾试验	—	○	5.4.7	6.16
注1：“√”表示检验项；“—”表示不检验项；“○”表示需要供需双方协商。					
注2：以上试验时，除低温试验、高温试验、盐雾试验项目外，环境温度规定为25℃±10℃。					
^a 表示研究性试验。					

7.2 型式检验

在下列情况之一时应进行磁轨制动器型式检验：

- 新产品定型时；
- 定型的产品生产满五年时；

- c) 结构、材料、工艺有重大技术改进而可能影响功能和操作方法时；
- d) 停产 3 年以上恢复生产时；
- e) 焊接、生产制造地点改变时；
- f) 出厂检验结果与上次型式检验结果发生不允许的偏差时。

磁轨制动器的型式检验应按照表 1 进行。

7.3 例行试验

所有产品均应进行例行检验，检验应按照表1进行，合格后方可出厂。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

- 8.1.1 磁轨制动器铭牌上应标有型号、额定电压、吸力、制造厂名或代号、出厂序列号、出厂日期标志。
- 8.1.2 外包装应标注产品名称、重量、生产日期的标志。
- 8.1.3 外包装应标注防潮、防震等储运图示警示标志。

8.2 包装、运输和贮存

- 8.2.1 磁轨制动器应进行防护包装。其包装应能保护其所有部分，防止其损坏、变形、污染和腐蚀，在搬运和装卸过程中不应产生碰撞。
- 8.2.2 磁轨制动器应贮存于干燥、清洁场所，不应露天存放。
- 8.2.3 磁轨制动器在贮存和运输中不应被曝晒和雨淋，不应与酸、碱、油等物质接触，并距热源 1m 以上。

参考文献

- [1] CJ/T 417-2022 低地板有轨电车车辆通用技术条件
 - [2] T/CAMET 07007-2021 有轨电车电液制动系统技术规范
 - [3] BS EN 13452-1:2003 Railway applications—Fire protection on railway vehicles—Part 1: General
 - [4] BS EN 16207: 2024 Railway applications—Braking—Functional and performance criteria of Magnetic Track Brake systems for use in railway rolling stock
-