

团体标准

T/CAMET XXXXX—XXXX

有轨电车 制动系统用液压制动夹钳单元 技术规范

Tramway system—Brake system of hydraulic brake caliper unit—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 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 使用条件 4

5 技术要求 4

6 试验方法 6

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：中车青岛四方车辆研究所有限公司、中车制动系统有限公司、华伍轨道交通装备（上海）有限责任公司、长春市轨道交通集团有限公司、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、中车唐山机车车辆有限公司、中车大连机车车辆有限公司、中车南京浦镇车辆有限公司、福建南平武夷山有轨电车有限公司、中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司、北京京城地铁有限公司、中车株洲电力机车有限公司、同济大学。

本文件主要起草人：刘帅、杨磊、张敬斌、王帅、商国通、牛玉国、刘德学、李杰、冷旦、张旦旦、左安国、宋文林、杨洋、南海峰、付子通、蒋红果、栗龙强、鲍春光、刘小刚、高晓波、左建勇。

有轨电车 制动系统用液压制动夹钳单元 技术规范

1 范围

本文件规定了有轨电车制动系统用液压制动夹钳单元的使用条件、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于有轨电车车辆中采用盘形制动形式的液压制动夹钳单元（以下简称“液压制动夹钳单元”）的设计、制造和检验，其它城市轨道交通车辆液压制动夹钳单元可参照执行。

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 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 4549.3—2004 铁道车辆词汇 第3部分：制动装置

GB/T 21563 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验

3 术语和定义

GB/T 4549.3—2004界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

液压制动夹钳单元 hydraulic brake caliper unit

盘形制动中用于将液压油压力或储能弹簧力转化为闸片正压力的部件，一般由支持架、夹钳本体、液压缸和间隙调整器四部分组成。

注：液压制动夹钳单元按功能分为主动式液压制动夹钳单元和被动式液压制动夹钳单元。

3.2

主动式液压制动夹钳单元 active hydraulic brake caliper unit

将液压油压力转化为闸片正压力的部件，液压缸加压进行制动，液压缸泄压实现缓解。

3.3

被动式液压制动夹钳单元 passive hydraulic brake caliper unit

将储能弹簧力转化为闸片正压力的部件，液压缸加压抵消储能弹簧弹力进行缓解，液压缸泄压储能弹簧动作施加制动。

3.4

液压缸 hydraulic cylinder

将液压能转化为机械能，提供动力或抵消弹簧力，进行直线往复运动的液压执行元件。

3.5

最高压力 maximum pressure

可能出现的对元件或系统的性能或寿命没有严重影响的短时极限压力。

[来源：GB/T 17446—2024，3.1.5.46]

3.6

最高工作压力 maximum working pressure

在稳态工况下，系统或子系统工作的最高压力。

[来源：GB/T 17446—2024，3.1.5.45]

3.7

完全缓解压力 completely release pressure

对于被动式液压制动夹钳单元，缓解状态时当缓解间隙达到稳定值所对应的工作压力。

4 使用条件

液压制动夹钳单元的使用条件如下：

- a) 正常工作海拔：不应超过3100 m；
- b) 一般环境温度：-25℃～+50℃；特殊使用环境：-40℃～+50℃；
- c) 最湿月月平均最大相对湿度不应大于95%（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，可在合同中另外规定使用环境条件。

5 技术要求

- 5.1 液压制动夹钳单元应按本文件和经规定程序批准的产品图样和技术条件进行制造。
- 5.2 液压制动夹钳单元外观应满足以下要求：
 - a) 尺寸满足接口图样要求；
 - b) 无结构缺陷、机械损坏和变形；
 - c) 标识完整、清晰。
- 5.3 液压制动夹钳单元中支持架、夹钳本体、液压缸等关键铸造零件应进行探伤，铸造缺陷不应超出图样和技术条件规定的要求。
- 5.4 液压制动夹钳单元的重量应符合图样和技术条件要求。
- 5.5 液压制动夹钳单元各螺纹紧固件的拧紧力矩应控制在图样和技术条件规定的范围内，并涂打防松标记。
- 5.6 液压制动夹钳单元动作应灵活、无卡滞，其灵敏度应符合以下要求：
 - a) 对于主动式液压制动夹钳单元，闸片初始动作时的液压压力不大于0.7 MPa，泄压后应缓解；低温环境下，液压制动夹钳单元液压压力不大于1 MPa，泄压后应缓解。
 - b) 对于被动式液压制动夹钳单元，闸片初始动作时的液压压力不小于图样规定的缓解压力，泄压后应制动。
- 5.7 液压制动夹钳单元应具备超负荷能力，以防止意外情况下由于制动力的突然增加而损坏。
- 5.8 液压制动夹钳单元的工作压力应符合以下要求：
 - a) 主动式液压制动夹钳单元最高工作压力不超过16 MPa或闸片最大正压力（单侧）不超过50 kN；
 - b) 被动式液压制动夹钳单元最高工作压力不超过16 MPa。
- 5.9 液压制动夹钳单元的密封性能应满足表1的要求。

表1 液压制动夹钳单元密封性能要求

液压缸 类型	常/高温密封性能要求		低温密封性能要求	
	压力 MPa	漏泄量 MPa/min	压力 MPa	漏泄量 MPa/min

主动式液压制动夹钳单元	1±0.2	≤0.1	1±0.2	≤0.2
	不低于图样要求的最高工作压力或 液压制动夹钳单元最大输出力所对应的压力	≤0.2	不低于图样要求的最高工作压力或 液压制动夹钳单元最大输出力所对应的压力	≤0.3
被动式液压制动夹钳单元	1±0.2	≤0.1	1±0.2	≤0.2
	不低于图样要求的最小完全缓解压力	≤0.2	不低于图样要求的最小完全缓解压力	≤0.3
注1：对于有多个油腔的制动夹钳单元，测量所有油腔的密封性。				
注2：特殊情况下，对试验压力、保压时间、泄漏量有不同要求的，由合同双方协商。				

- 5.10 液压制动夹钳单元应具有间隙调整功能，能够补偿由于闸片及制动盘磨耗而产生的间隙变化量。其中被动式液压制动夹钳单元完全缓解时应具有缓解间隙，对于自动间隙调整功能的被动式液压制动夹钳单元间隙值应在 0.8 mm～3 mm 之间，对于手动间隙调整的被动式液压制动夹钳单元间隙值不宜超过 8 mm。
- 5.11 具备自动间隙调整功能的被动式液压制动夹钳单元的一次调整量应符合设计图样和技术条件要求。
- 5.12 液压制动夹钳单元的最大调整量应符合设计图样和技术条件要求。
- 5.13 液压制动夹钳单元应具有手动复位功能，以便于现场更换闸片，且夹钳的设计宜保证闸片的安装及更换方便。
- 5.14 液压制动夹钳单元的制动输出力应符合设计图样和技术条件要求。
- 5.15 冲击和振动的要求应满足 GB/T 21563 中 2 类要求的规定，模拟长寿命加速度比例系数取 7.83，特殊情况下由合同双方协商确定。
- 5.16 被动式液压制动夹钳单元应具有机械缓解装置，缓解扭矩不应大于 260 Nm，对于手拉缓解的制动夹钳单元，手缓解拉力应为 150 N～300 N。
- 5.17 液压制动夹钳单元应有疲劳耐久能力，且定型时应进行疲劳试验。疲劳试验前后，液压制动夹钳单元各项性能应满足要求。
- 5.18 主动式液压制动夹钳单元静态传动效率在最高工作压力下不应低于 83%。

液压制动夹钳单元静态传动效率应按公式（1）计算：

$$\eta = \frac{K'}{K} \cdots \cdots \cdots (1)$$

式中：

η ——静态传动效率；

K' ——实测闸片压力，单位为千牛（kN）；

K ——计算闸片压力，单位为千牛（kN）。

其中 K 应按公式（2）计算：

$$K = P \times A \times \gamma \cdots \cdots \cdots (2)$$

式中：

P ——液压缸压力，即为最高工作压力，单位为兆帕（MPa）；

A ——活塞作用有效面积，单位为平方米（m²）；

γ ——制动倍率。

- 5.19 液压制动夹钳单元防水防尘性能应满足 GB/T 4208 中 IP66S 等级要求。
- 5.20 液压制动夹钳单元宜制定系统保证计划, 规范管理及监控液压制动夹钳单元在其服务范围内的整体系统安全性、可靠性、可用性及可维护性 (RAMS) 要求, 确保能有效地在设计、开发、生产、测试和初步运营阶段中落实相关设计目标。

6 试验方法

6.1 外观检查

采用目测和量具检测的方法进行外观检查。

6.2 强度试验

在确保闸片夹紧试验工装的条件下进行以下强度试验: 液压制动夹钳单元向液压缸施加 1.5 倍的最高工作压力作为试验的最高压力 (最高压力不超过 16 MPa), 保压 2 min, 卸载检查液压制动夹钳单元外观, 观察是否有损坏、永久变形, 渗油等现象。

6.3 灵敏度试验

对于主动式液压制动夹钳单元, 缓慢增加液压缸压力, 闸片初始动作时, 记录此时液压制动夹钳单元的液压压力值。

对于被动式液压制动夹钳单元, 反复制动缓解直到夹钳出力变为稳定, 增压至完全缓解, 缓慢降低液压缸压力, 当闸片初始动作时, 记录此时液压制动夹钳单元的液压压力值。

6.4 密封性试验

液压制动夹钳单元密封性试验按表2进行并测量漏泄量。

表2 液压制动夹钳单元密封性试验

液压缸类型	压力 MPa	试验要求
主动式液压制动夹钳单元	1±0.2	压力稳定后, 保压1 min
	不低于图样要求的最高工作压力或 液压制动夹钳单元最大出力所对应的压力	压力稳定后, 保压1 min
被动式液压制动夹钳单元	1±0.2	压力稳定后, 保压1 min
	不低于图样要求的最小完全缓解压力	压力稳定后, 保压1 min
注1: 对于有多个油腔的制动夹钳单元, 测量所有油腔的密封性。		
注2: 特殊情况下, 对试验压力、保压时间、泄漏量有不同要求的, 由合同双方协商。		

6.5 一次调整量试验

对于被动式液压制动夹钳单元, 如图1所示, 在制动状态下调整两闸片间距大于最大调整量状态下的两闸片间距值L3, 夹钳增压至完全缓解, 泄压后测量两闸片间距L1; 再次增压至完全缓解, 卸压后测量两闸片间距L2。L1与L2的差值, 即为一次调整量。对于一次调整量小 (单次调整量小于1 mm) 的制动夹钳单元可动作若干次后测量取平均值。

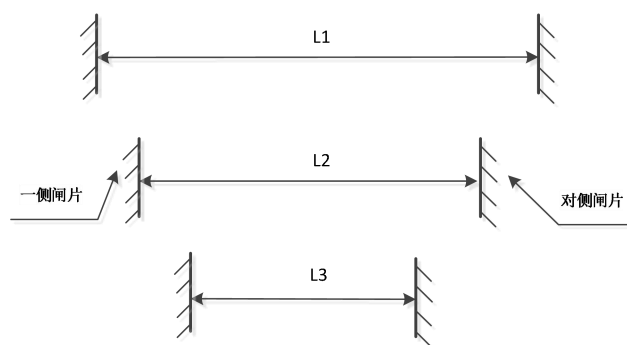


图1 一次调整量试验闸片位置示意图

6.6 最大调整量试验

对于主动式液压制动夹钳单元，将两闸片间距调整到最大间距位置，增压到工作压力夹紧等效制动盘，检查液压制动夹钳单元是否可稳定的夹紧等效制动盘。

对于被动式液压制动夹钳单元，将两闸片间距调整到最大间距位置，反复制动缓解，直到夹钳夹紧等效制动盘，检查液压制动夹钳单元是否可稳定的夹紧等效制动盘。

注：等效制动盘厚度=图样规定的未磨损制动盘厚度-图样规定的最大调整量

6.7 缓解间隙试验

对于被动式液压制动夹钳单元，调整两闸片与测试工装的初始间距大于规定缓解间隙最大值，反复制动缓解，直到闸片间隙变为稳定，确保液压制动夹钳单元未达到最大调整能力条件下测量该间隙值（双侧间隙之和），即为缓解间隙值。

6.8 输出力试验

对于主动式液压制动夹钳单元，向液压缸充入图样要求工作压力的液压油，记录此时夹钳闸片的正压力。

对于被动式液压制动夹钳单元，调整两闸片的初始闸片间隙大于规定的闸片间隙最大值，反复制动缓解，直到闸片的正压力变为稳定，泄压记录此时夹钳闸片的正压力。

6.9 手动复位试验

液压制动夹钳单元进行手动复位操作，观察液压制动夹钳单元的闸片间隙是否能顺利调至最大状态。

6.10 手动机械缓解试验

对于被动式液压制动夹钳单元，反复制动缓解，将夹钳调整到最大输出力，泄压制动，手动操作缓解装置，直到液压制动夹钳单元输出力为零，记录机械缓解过程中的最大扭矩或最大拉力。

6.11 称重试验

采用称重工具对液压制动夹钳单元进行称重。

6.12 静态传动效率试验

对于主动式液压制动夹钳单元，向液压缸充入最高工作压力的液压油，测量制动夹钳单元“实测闸片压力”，并计算与“计算闸片压力”的比值。

6.13 低温试验

将液压制动夹钳单元连同试验用液压油一起置于 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下,保持48 h,在同样温度环境下进行如下测试:

- a) 密封性试验:液压制动夹钳单元低温密封性试验按表2进行。
- b) 灵敏度试验:按6.3的进行试验。
- c) 夹钳动作试验:反复向夹钳内充入图样规定的工作压力的液压油,观察液压制动夹钳单元是否能正常制动和缓解。
- d) 手动机械缓解试验:对于带有机机械缓解功能的夹钳,按6.10的进行试验。

6.14 高温试验

将液压制动夹钳单元连同试验用液压油一起置于 $50\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下,保持24 h,在同样温度环境下进行如下测试:

- a) 密封性试验:液压制动夹钳单元低温密封性试验按表2进行。
- b) 灵敏度试验:按6.3的进行试验。
- c) 夹钳动作试验:反复向夹钳内充入图样规定的工作压力的液压油,观察液压制动夹钳单元是否能正常制动和缓解。
- d) 手动机械缓解试验:对于带有机机械缓解功能的夹钳,按6.10的进行试验。

6.15 冲击和振动试验

冲击和振动试验按GB/T 21563中的2类要求进行。

冲击和振动试验前后,按照6.1~6.10、6.12进行试验,观察性能是否满足要求。

6.16 疲劳试验

对于主动式液压制动夹钳单元,向液压缸充入图样工作压力,然后泄压缓解,累计进行不少于 1.2×10^6 次的制动、缓解疲劳试验。

对于被动式液压制动夹钳单元,向液压缸常用油路口充入图样规定的完全缓解压力,然后泄压制动,累计进行不少于 1.2×10^6 次的制动、缓解疲劳试验,然后同样完成辅助油路口的制动、缓解疲劳试验,累计进行不少于 1×10^5 次,此外还需累计进行不少于 1×10^3 次手动机械缓解试验。

疲劳试验前后,按照6.1~6.10、6.12进行试验,观察性能是否满足要求。

6.17 防护等级试验

按GB/T 4208进行防尘防水性能试验。

7 检验规则

7.1 型式检验

7.1.1 在下列情况下应进行型式检验:

- a) 新产品定型时;
- b) 产品结构、材料、生产工艺有重大改变时;
- c) 停产3年后再生产时;
- d) 已定型产品转场生产时;

e) 连续生产5年时。

7.1.2 液压制动夹钳单元型式检验应按照表4进行。

表4 液压制动夹钳单元检验项目

序号	检验项目	型式检验	例行检验	技术要求 对应条款	试验方法 对应条款
1	外观检查	√	√	5.2	6.1
2	强度试验	√	—	5.7	6.2
3	灵敏度试验	√	√	5.6	6.3
4	密封性试验	√	√	5.9	6.4
5	一次调整量试验	√	√	5.11	6.5
6	最大调整量试验	√	√	5.12	6.6
7	缓解间隙试验	√	√	5.10	6.7
8	输出力试验	√	√	5.14	6.8
9	手动复位试验	√	√	5.13	6.9
10	手动机械缓解试验	√	√	5.16	6.10
11	称重试验	√	—	5.4	6.11
12	静态传动效率试验	√	—	5.18	6.12
13	低温试验	√	—	4	6.13
14	高温试验	√	—	4	6.14
15	冲击和振动试验	√	—	5.15	6.15
16	疲劳试验	√ ^a	—	5.17	6.16
17	防护等级试验	√	—	5.19	6.17
注：“√”表示要进行检验的项目；“—”表示不做检验的项目。					
^a 仅定型时需进行疲劳试验。					

7.2 例行检验

液压制动夹钳单元例行检验应按照表4进行。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 液压制动夹钳单元铭牌上应至少标有型号、制造厂名或代号、出厂序列号、出厂日期等永久标志。

8.2 液压制动夹钳单元包装箱上应至少标有名称、制造厂名、出厂日期等标志。

8.3 液压制动夹钳单元应有检验合格证，内容应包括：

- 制造单位名称或代号；
- 产品名称、数量、编号；
- 产品批次；
- 生产日期；

e) 检查人员印章。

8.4 液压制动夹钳单元应贮存于干燥、清洁场所，不应露天存放。产品合格后应封堵油路口。

8.5 液压制动夹钳单元贮存时间从生产之日起，若超过 1 年应重新进行状态确认；超过 2 年应进行返修，重新进行例行试验、交验。

8.6 液压制动夹钳单元应有防护包装，搬运和装卸过程中不应碰撞。

8.7 液压制动夹钳单元在贮存和运输中不应阳光曝晒和雨淋，与酸、碱、油等物质接触，并距热源 1m 以上。
