

团 体 标 准

T/CAAMTB XXXX—XXXX

乘用车固定式制动钳总成性能要求及试验方法

Performance requirements and test methods for fixed brake caliper assembly of passenger car

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2023-09-04）

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

中国汽车工业协会 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 性能要求 | 2 |
| 5 试验相关要求 | 4 |
| 6 试验方法 | 5 |
| 附 录 A （规范性） 试验惯量确定方法..... | 11 |
| 附 录 B （规范性） 不均匀磨损试验记录表..... | 12 |

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。

本文件由中国汽车工业协会制动系统分会提出。

本文件由中国汽车工业协会归口。

本文件起草单位：……

本文件主要起草人：……

本文件为首次发布。

乘用车固定式制动钳总成性能要求及试验方法

1 范围

本文件规定了乘用车固定式制动钳总成（以下简称“定钳总成”）的术语和定义、性能要求及试验方法。

本文件适用于GB/T 15089规定的M₁类和N₁类车辆行车制动器用液压定钳总成。其它类型的液压定钳总成可参照执行。

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 5620 道路车辆 汽车和挂车 制动名词术语及其定义
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 15089 机动车辆及挂车分类
- QC/T 316 汽车行车制动器疲劳强度台架试验方法
- QC/T 556 汽车制动器温度测量方法及热电偶安装要求
- QC/T 592—2013 液压制动钳总成性能要求及台架试验方法
- QC/T 1167 乘用车行车制动器噪声台架试验方法
- SAE J2522 制动性能台架试验国际规范（Dynamometer Global Brake Effectiveness）
- T/CAAMTB 84 彩色喷涂制动钳漆层性能要求及试验方法

3 术语和定义

GB/T 5620和QC/T 592—2013界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

固定式制动钳总成 **fixed brake caliper assembly**

内外侧钳体固定，在制动促动力作用下通过设置在内外侧钳体内对置的加压机构同时推动制动衬块总成夹紧制动盘，在制动促动力卸除后在回位机构作用下实现加压机构同时回退的制动部件。参见图1。根据加工方式不同，分为一体式定钳和分体式定钳；根据油路设置不同，又分为内油路定钳和外油路定钳，参见图2。

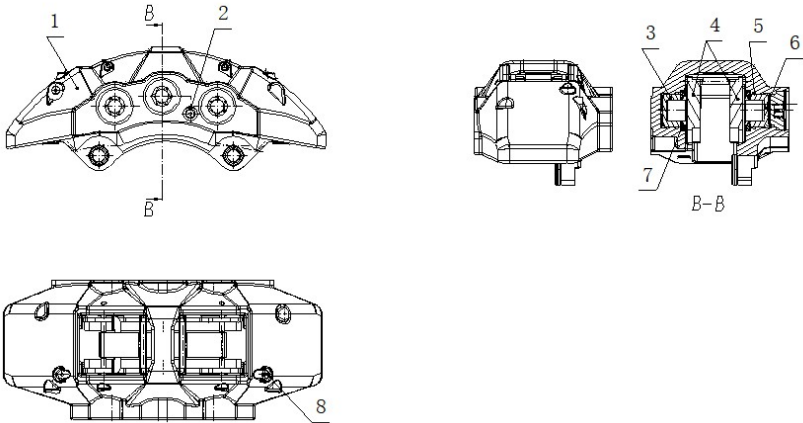
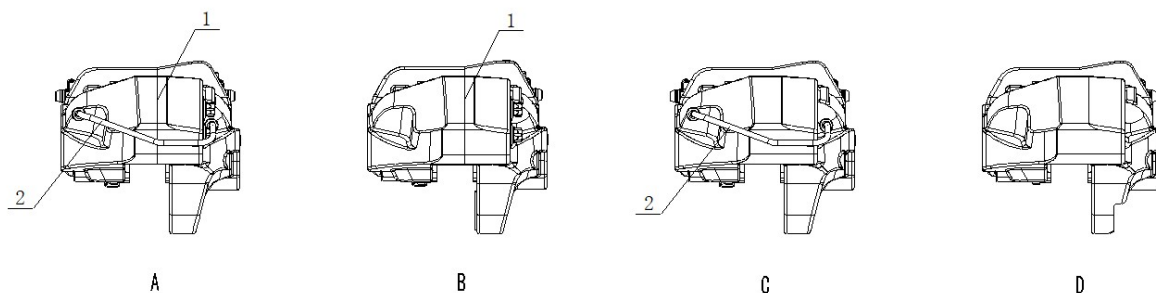


图1 固定式制动钳总成示意

说明:

- 1——钳体;
- 2——进油孔;
- 3、6——活塞;
- 4——衬块总成;
- 5——密封圈;
- 7——活塞防尘罩;
- 8——放气螺钉孔。

图1 固定式制动钳总成示意(续)



说明:

- 1——分体面;
- 2——外油道;
- A——外油道分体式定钳;
- B——内油道分体式定钳;
- C——外油道一体式定钳;
- D——内油道一体式定钳。

图2 固定式制动钳总成分类

4 性能要求

4.1 静置密封性

按6.1进行试验,样件应无液体泄漏。

4.2 真空密封性

按QC/T 592—2013中5.1.1条的规定进行试验,样件的压力升高值不应大于200 Pa。

4.3 低压密封性

按6.2条进行试验,样件的压力降不应大于2 kPa。

4.4 高压密封性

按6.3进行试验,样件的压力降不应大于0.2 MPa。

4.5 放气螺钉密封性

按6.4进行试验,样件不得出现龟裂和损坏,制动钳及放气螺钉处应无液体泄漏。

4.6 油管连接螺纹密封性

按QC/T 592—2013中5.1.5条的规定进行试验,但1.3倍最大拧紧力矩更改为2倍最大拧紧力矩。样件不得出现龟裂和损坏,制动钳及油管连接处应无液体泄漏。

4.7 所需液量

按6.5进行试验, 样件安装圆形金属制动衬块和全新制动衬块总成在0.5 MPa、5.0 MPa、10.0 MPa和16.0 MPa的所需液量应满足产品技术文件要求。

4.8 拖滞扭矩

按QC/T 592—2013中5.3条的规定进行试验, 样件拖滞扭矩在制动盘第1圈转动过程中的最大值不应大于2.5 N·m, 在第10圈转动过程中的最大值不应大于1.5 N·m。

4.9 钳体刚性

按6.6进行试验, 钳体在10.0 MPa压力下沿液压缸轴线方向的单侧变形量不应大于0.3 mm, 双侧总变形量不应大于0.4 mm, 或满足产品技术文件要求。

4.10 活塞回退阻力

按6.7进行试验, 每一个活塞的回退阻力应在80 N~400 N范围内, 或满足产品技术文件要求。

4.11 活塞启动压力

按6.8进行试验, 每一个活塞的启动压力不应大于120 kPa, 或满足产品技术文件要求。

4.12 工作耐久性

4.12.1 按 QC/T 592—2013 中 5.10.2 条的规定进行试验后, 在活塞、密封圈及缸孔内壁上允许有无损害功能的磨损, 样件不应有影响使用功能的损坏。

4.12.2 试验后的各项性能指标应满足以下要求:

- a) 低压密封性应满足 4.3 的规定;
- b) 高压密封性应满足 4.4 的规定;
- c) 其拖滞扭矩在制动盘第 1 圈转动过程中的最大值不应大于 5 N·m, 在第 10 圈转动过程中的最大值不应大于 3 N·m。

4.13 高温高压耐久性

4.13.1 按 6.9 进行试验后, 各零件不应产生影响使用功能的变形或损坏。

4.13.2 试验后的低压密封性和高压密封性应分别符合 4.3 和 4.4 的规定。

4.14 振动耐久性

按QC/T 592—2013中5.10.3条的规定进行试验后, 样件不应有破坏、龟裂、零件脱落及剪断等影响使用功能方面的损坏, 螺纹类零件的拧紧扭矩下降值不应大于产品技术文件规定扭矩下限值的20%; 在整个试验过程中不应有泄漏。

4.15 防水性能

按QC/T 592—2013中5.11条的规定进行试验后, 样件缸体内部及活塞防尘罩内部不应有水浸入。

4.16 扭转疲劳强度

按QC/T 316的规定进行试验, 试验次数为35万次。试验完成后, 样件不应产生影响使用功能的变形或损坏, 在整个试验过程中不应有液压泄漏。

4.17 安装螺孔强度

按6.10进行试验后, 样件两个安装螺孔破坏或螺套转动时的力矩均不应低于产品技术文件规定的最大紧固力矩的3倍。

4.18 制动性能

按SAE J2522的规定进行试验, 样件的制动性能应满足产品技术文件要求。

4.19 动态拖滞性能

按6.11进行试验后，样件在400 r/min和800 r/min转速下的动态拖滞性能应满足表1要求或满足产品技术文件要求。

表1 动态拖滞性能要求

| 试验压力 MPa | 拖滞扭矩 N•m |
|-------------|-------------|
| 2.5 | ≤1.0 |
| 5.0 | ≤1.2 |
| 10.0 | ≤2.0 |

4.20 制动噪声

按QC/T 1167的规定进行试验，样件的制动噪声应满足产品技术文件要求。

4.21 不均匀磨损试验

按6.12进行试验后，样件的制动衬块沿圆周方向的周向不均匀磨损量不应大于1.0 mm，沿直径方向的径向不均匀磨损量不应大于0.5 mm；样件的内、外制动衬块的平均磨损量差值不应大于2.5 mm。

4.22 耐腐蚀性

按QC/T 592—2013中5.12条的规定进行试验和评价。

4.23 漆层性能

制动钳壳体漆层的耐化学试剂性能应满足T/CAAMTB 84的要求。

5 试验相关要求

5.1 试验设备要求

5.1.1 制动钳综合性能试验台

用于替代制动盘和衬块总成的测量夹紧力的模拟工装，其刚性不应低于实车制动盘、衬块总成。模拟工装不应影响活塞与衬块总成之间的正常接触。试验夹具应保证制动钳安装面与制动盘的平行度不应大于0.10 mm。

5.1.2 制动器惯性试验台

制动器惯性试验台应为单工位惯性式制动器试验台，试验台应装备用于连续记录主轴转速、制动力矩、制动管路压力、一次制动期间所完成的转动圈数、制动时间和制动盘温度的装置，单个采集通道的数据采样频率不应低于50 Hz。试验台的制动管路压力供给系统应满足各种制动工况对制动管路压力的要求，并保持稳定。制动管路压力升、降速率应为25 MPa/s±5 MPa/s。测量制动盘、制动衬块温度的装置和热电偶应满足QC/T 556的相关规定。

5.1.3 测量仪器

用于测量压力、力、位移的仪器或仪表的精度等级不应低于0.5级。

5.2 样件要求

- 5.2.1 样件应为按经规定程序批准的技术文件制造的产品。
- 5.2.2 样件的外表面应清洁，无锈蚀、毛刺、裂纹和其它缺陷。
- 5.2.3 试验顺序和试验项目组合宜按表2进行，每组样件数量宜为3件。

5.3 试验条件

- 5.3.1 除非另有规定，试验环境温度应为18℃～28℃。

5.3.2 制动液容器的液面距制动钳放气孔的高度应为 $600\text{ mm} \pm 50\text{ mm}$ 或与实车状态下的高度相当。

5.3.3 试验前，全新样件需注入制动液并在室温下放置不少于 24 h。

表2 试验顺序和试验项目组合

| 试验 顺序 | 试验项目名称 | 样件分组及要进行的试验项目 | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | 1 [#] | 2 [#] | 3 [#] | 4 [#] | 5 [#] | 6 [#] | 7 [#] | 8 [#] | 9 [#] | 10 [#] | 11 [#] | 12 [#] |
| 1 | 静置密封性 | * ^a | — ^b | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2 | 真空密封性 | * ^a | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 3 | 低压密封性 | * | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 4 | 高压密封性 | * | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5 | 放气螺钉密封性 | * | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 6 | 油管连接螺纹密封性 | * | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 7 | 所需液量 | * | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 8 | 拖滞扭矩 | * | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 9 | 钳体刚性 | * | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10 | 活塞回退阻力 | * | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 11 | 活塞启动压力 | * | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12 | 工作耐久性 | * | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 13 | 高温高压耐久性 | — | * | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 14 | 振动耐久性 | — | — | * | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15 | 防水性能 | — | — | — | * | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 16 | 扭转疲劳强度 | — | — | — | — | * | — | — | — | — | — | — | — |
| 17 | 安装螺孔强度 | — | — | — | — | — | * | — | — | — | — | — | — |
| 18 | 制动性能 | — | — | — | — | — | — | * | — | — | — | — | — |
| 19 | 动态拖滞性能 | — | — | — | — | — | — | — | * | — | — | — | — |
| 20 | 制动噪声 | — | — | — | — | — | — | — | — | * | — | — | — |
| 21 | 不均匀磨损试验 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | * | — | — |
| 22 | 耐腐蚀性 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | * | — |
| 23 | 涂层性能 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | * |
| ^a “*” 表示要进行的试验。 | | | | | | | | | | | | | |
| ^b “—” 表示不进行的试验。 | | | | | | | | | | | | | |

6 试验方法

6.1 静置密封性

6.1.1 将定钳总成按实车安装状态固定到支撑板上，将液压制动软管连接制动钳进液口，并按产品技术文件规定的最小扭矩进行紧固。

6.1.2 对系统进行排气后，按产品技术文件规定的最小扭矩紧固放气螺钉，然后去除活塞防尘罩。

6.1.3 调整制动液油壶液位高度，使样件内部形成 $10\text{ kPa} \pm 2\text{ kPa}$ 的压力。

6.1.4 静置 24 小时后，检查样件液体泄漏情况。

6.2 低压密封性

6.2.1 将定钳总成按实车安装状态固定到支撑板上，然后将压力源加压管路连接到制动钳进液口，制动盘可用模拟制动盘。

6.2.2 从样件进液口加压，当压力达到 $150\text{ kPa} \pm 10\text{ kPa}$ 时，截断压力源。

6.2.3 稳压 5 s，记录此后 30 s 内压力下降值，然后释放定钳总成中的压力。

6.3 高压密封性

- 6.3.1 将定钳总成按实车安装状态固定到支撑板上，然后将液压源加压管路连接到制动钳进液口，彻底排净系统内空气，制动盘可用模拟制动盘。
- 6.3.2 从样件进液口加压，当压力达到 $20\text{ MPa} \pm 0.5\text{ MPa}$ 时，截断压力源。
- 6.3.3 稳压 5 s，记录此后 30 s 内压力下降值，然后释放定钳总成中的液压。

6.4 放气螺钉密封性

- 6.4.1 将放气螺钉的螺纹部位涂上制动液或防锈油后，安装到制动钳上，以产品技术文件规定的最小拧紧扭矩拧紧放气螺钉，然后从制动钳进油口施加液压至 $35\text{ MPa} \pm 0.5\text{ MPa}$ ，保压 5 s 后卸压至零。
- 6.4.2 松开放气螺钉，以产品技术文件规定的 1.3 倍最大拧紧力矩拧紧放气螺钉，然后从制动钳进油口施加液压至 $35\text{ MPa} \pm 0.5\text{ MPa}$ ，保压 5 s 后卸压至零，如此反复 3 次。
- 6.4.3 松开放气螺钉，按产品技术文件规定的最小拧紧力矩拧紧放气螺钉，然后从制动钳进液口施加 $35\text{ MPa} \pm 0.5\text{ MPa}$ 的液压，保压 5 s 后卸压至零。
- 6.4.4 每步操作完成后，检查样件是否龟裂和损坏，制动钳及放气螺钉处是否有制动液泄漏。

6.5 所需液量

- 6.5.1 将定钳总成按实车安装状态固定到支撑板上，制动盘可用模拟制动盘，宜采用真空加注方式将系统抽至真空度为 $-99.8\text{ kPa} \pm 2\text{ kPa}$ ，然后充入制动液。
- 6.5.2 给样件施加 1.0 MPa 的压力，使样件活塞在密封件上滑动至少 3 mm。
- 6.5.3 打开放气阀，手动将活塞退回，然后锁紧放气阀。
- 6.5.4 重复 6.5.2、6.5.3 步骤 3 次。
- 6.5.5 使用新制动衬块总成，在制动衬块和制动盘之间各放置一个厚度为 0.6 mm 的垫片。加压至 16.0 MPa，保持 2 s 后卸压至零，并重复 3 次。
- 6.5.6 去掉 0.6 mm 的垫片。
- 6.5.7 给样件施加 1.0 MPa 的压力，保持 2 s 后卸压至零，重复 10 次后静置 60 s。
- 6.5.8 以 $2\text{ MPa} \pm 0.5\text{ MPa/s}$ 的加压速率加压至 16.0 MPa 或产品技术文件规定的压力，同时记录所需液量 V 随输入压力 P 的变化曲线（简称“ P - V 曲线”，下同）。
- 6.5.9 将样件的衬块总成更换为圆形金属制动衬块（形状如图 3 所示），用于模拟新件状态的制动衬块厚度。重复 6.5.5~6.5.8，测量圆形金属制动衬块（不带垫片）状态下的 P - V 曲线。

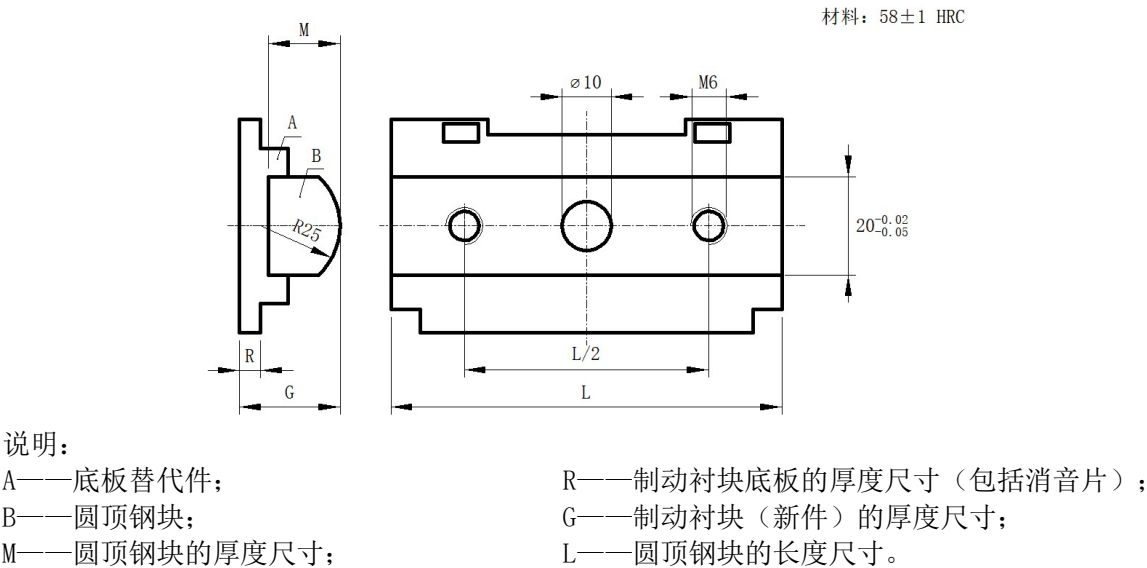


图3 圆顶钢块尺寸示意图

6.6 钳体刚性

6.6.1 将定钳总成固定于安装架上，然后将液压源加压管路连接到样件进液口，彻底排净系统内的空气。

6.6.2 钳体变形量测量点应选择在平坦部位，避开铸件表面的凹凸不平处，减少测量误差。测量点原则上应位于活塞轴线上，如果活塞轴线上不能测量时，可选在其它有代表性的位置上。也可参照图4选取钳体刚性较为薄弱的中心位置。

6.6.3 安装位移测量装置。

6.6.4 对制动钳施加液压至 10.0 MPa 或产品技术文件规定的压力，保压 5 s 后卸压。如此反复进行 5 次，将位移传感器数值清零。

6.6.5 对制动钳缓慢加压至 10.0 MPa 或产品技术文件规定的压力，记录钳体两侧在活塞轴线上的变形量随压力的变化曲线。

6.6.6 分别测量钳体在 10.0 MPa 压力下沿液压缸轴线方向内外两侧的单侧变形量，并计算两侧钳体最大位移量绝对值之和，即为钳体在活塞轴线方向的总变形量。

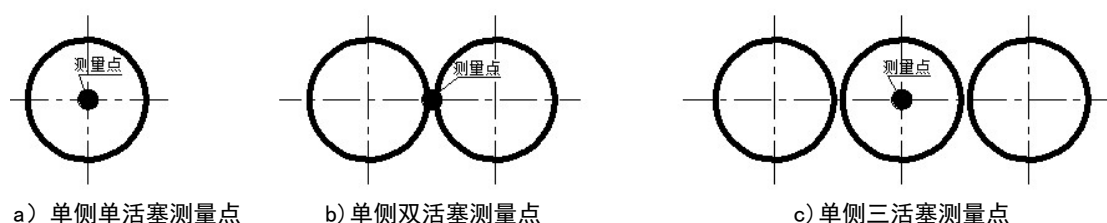
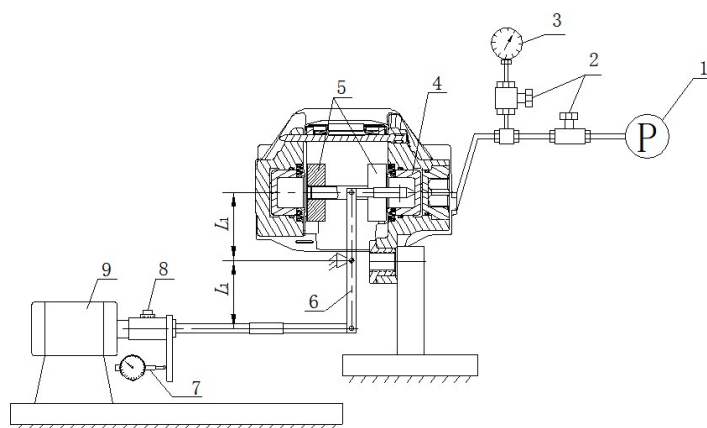


图4 钳体刚性变形量测量点示意

6.7 活塞回退阻力

6.7.1 将定钳总成去除衬块总成后按图5安装到试验台上，将气压或液压源加压管路连接到制动钳进液口。

6.7.2 选取一个被测活塞并在其中心位置安装好传感器探头，对其它不测量的活塞进行限位。



说明：

1——压力源；

2——截止阀；

3——压力传感器；

4——被测活塞；

5——非被测活塞限位装置；

6——转换机构；

7——位移传感器；

8——力传感器；

9——推拉装置。

图5 活塞滑动阻力和启动压力试验装置示意图

6.7.3 对样件施加压力使被测活塞缓慢推出 2 mm~3 mm，卸压后通过推拉装置将活塞推到原位，以此

作为一次操作，重复 5 次。

6.7.4 对样件施加压力使被测活塞缓慢推出 2 mm~3 mm，卸压后通过推拉装置的推杆以不大于 0.5 mm/s 的速度匀速将活塞回推 1 mm，同时记录此过程中的最大力，即该被测活塞的回退阻力。

6.7.5 重复步骤 6.7.2~6.7.4，逐个完成所有活塞的回退阻力测量。

6.8 活塞启动压力

6.8.1 完成 6.7 试验后，通过推拉装置将活塞推回原始位置。

6.8.2 通过气压或液压源对样件缓慢加压，推动被测活塞向外移动 1 mm，记录活塞刚开始移动时的输入压力，即该被测活塞的启动压力。

6.8.3 按上述步骤逐个完成所有活塞的启动压力测量。

6.9 高温高压耐久性

6.9.1 将安装新制动衬块的定钳总成按实车安装状态安装到试验台上，然后将液压源加压管路连接到制动钳进液口，排净系统中的空气。

6.9.2 在 $120\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下，以 $13.5\text{ MPa}\pm 0.5\text{ MPa}$ 的制动液压和 $0.278\text{ Hz}\pm 0.028\text{ Hz}$ 制动频率，连续进行 5×10^4 次制动。

6.9.3 将新制动衬块更换成全磨损状态的制动衬块，再进行 5×10^4 次制动。

6.9.4 试验结束后，按 6.2 和 6.3 分别进行低压密封性和高压密封性，检查并记录定钳总成各零件是否有影响使用功能的变形和损坏。

6.10 安装螺孔强度

6.10.1 将定钳总成按实车安装状态安装到试验台上。

6.10.2 选取其中一个制动钳固定螺栓并对其施加力矩，直到该安装螺孔破坏或者安装螺纹套同螺栓一起转动，记录此时的力矩。

6.10.3 选取另外一个安装螺孔，重复 6.10.2。

6.11 动态拖滞性能

6.11.1 试验惯量按附录 A 规定，制动器温度测量方法及热电偶安装要求按 QC/T 556 规定，试验过程中的冷却风速为 11 m/s，冷却空气的温度为室温。

6.11.2 磨合试验。制动初始车速 65 km/h，制动末速度小于等于 1 km/h，制动初始温度 $120\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，制动减速度 3.5 m/s^2 ，制动次数 200 次。

6.11.3 调整制动盘端面跳动量，使其在距制动盘外缘 $10\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ 处的工作面所测的端面跳动量不应大于 0.05 mm。

6.11.4 将定钳总成的活塞完全退回，退回两侧的制动衬块，使制动盘与制动衬块不得接触。

6.11.5 将扭矩传感器数值置零至 $0\pm 0.05\text{ N}\cdot\text{m}$ 。

6.11.6 对样件预施加 $0.3\text{ MPa}\pm 0.1\text{ MPa}$ 的液压，同时记录压力、所需液量随时间的变化曲线。

6.11.7 再次对样件预施加 $0.5\text{ MPa}\pm 0.1\text{ MPa}$ 的液压，以使制动衬块紧贴制动盘，同时记录压力、所需液量随时间的变化曲线。

6.11.8 对样件施加 $0.5\text{ MPa}\pm 0.1\text{ MPa}$ 的液压，保持时间 $10\text{ s}\pm 2\text{ s}$ 后卸压至零。

6.11.9 使制动盘以 $100\text{ r/min}\pm 10\text{ r/min}$ 旋转 $120\text{ s}\pm 1\text{ s}$ ，同时测量并记录制动盘转动过程中的扭矩，并计算去除前后 10 s 后的中间 100 s 的平均扭矩值。

6.11.10 重复 6.11.8 至 6.11.9 步骤 6 次，但施加液压 $0.5\text{ MPa}\pm 0.1\text{ MPa}$ 依次变更为 $1.0\text{ MPa}\pm 0.1\text{ MPa}$ 、 $1.8\text{ MPa}\pm 0.1\text{ MPa}$ 、 $2.5\text{ MPa}\pm 0.1\text{ MPa}$ 、 $5.0\text{ MPa}\pm 0.1\text{ MPa}$ 、 $7.0\text{ MPa}\pm 0.1\text{ MPa}$ 和 $10.0\text{ MPa}\pm 0.1\text{ MPa}$ 。

6.11.11 以 6.11.4~6.11.10 为一个循环，重复该循环 3 次。

6.11.12 重复 6.11.4 至 6.11.11，但制动盘转速 $100\text{ r/min}\pm 10\text{ r/min}$ 变更为 $400\text{ r/min}\pm 10\text{ r/min}$ 。

6.11.13 重复 6.11.4 至 6.11.11，但制动盘转速 $100\text{ r/min}\pm 10\text{ r/min}$ 变更为 $800\text{ r/min}\pm 10\text{ r/min}$ 。

6.11.14 动态拖滞性能试验步骤及顺序可见表 3。

6.12 不均匀磨损试验

6.12.1 试验惯量、温度测量及冷却风速等试验相关要求同 6.11.1。

6.12.2 按 6.11.2 进行磨合试验。

表3 动态拖滞性能试验步骤及顺序

| 条款编号 | 动作名称 | 转速 r/min | 液压 MPa | 动作说明 |
|---------|------------------|-------------|-----------|-----------------------------------|
| 6.11.3 | 制动盘端跳调整 | 0 | 0 | 在距制动盘外缘10 mm处测得的制动盘端跳不应大于0.05 mm。 |
| 6.11.4 | 完全退回制动钳活塞和制动衬块 | 0 | 0 | 制动盘与制动衬块不得接触 |
| 6.11.5 | 扭矩传感器数值置零 | 0 | 0 | 扭矩传感器置零至0.00 N·m± 0.05 N·m |
| 6.11.6 | 第一次预加液压 | 0 | 0.3 ± 0.1 | 预加压，记录所需液量和压力曲线。 |
| 6.11.7 | 第二次预加液压 | 0 | 0.5± 0.1 | 预加压使盘片接触，记录所需液量和压力曲线。 |
| 6.11.8 | 施加液压 | 0 | 0.5± 0.1 | 保持10 s± 2 s |
| 6.11.9 | 测量动态拖滞扭矩 | 100 | 0 | 记录 120 s± 1 s，采样频率不低于50 Hz |
| 6.11.10 | 施加液压 | 0 | 1.0± 0.1 | 保持10 s± 2 s |
| 6.11.10 | 测量动态拖滞扭矩 | 100 | 0 | 记录 120 s± 1 s，采样频率不低于50 Hz |
| 6.11.10 | 施加液压 | 0 | 1.8± 0.1 | 保持10 s± 2 s |
| 6.11.10 | 测量动态拖滞扭矩 | 100 | 0 | 记录 120 s± 1 s，采样频率不低于50 Hz |
| 6.11.10 | 施加液压 | 0 | 2.5± 0.1 | 保持10 s± 2 s |
| 6.11.10 | 测量动态拖滞扭矩 | 100 | 0 | 记录 120 s± 1 s，采样频率不低于50 Hz |
| 6.11.10 | 施加液压 | 0 | 5.0± 0.1 | 保持10 s± 2 s |
| 6.11.10 | 测量动态拖滞扭矩 | 100 | 0 | 记录 120 s± 1 s，采样频率不低于50 Hz |
| 6.11.10 | 施加液压 | 0 | 7.0± 0.1 | 保持10 s± 2 s |
| 6.11.10 | 测量动态拖滞扭矩 | 100 | 0 | 记录 120 s± 1 s，采样频率不低于50 Hz |
| 6.11.10 | 施加液压 | 0 | 10.0± 0.1 | 保持10 s± 2 s |
| 6.11.10 | 测量动态拖滞扭矩 | 100 | 0 | 记录 120 s± 1 s，采样频率不低于50 Hz |
| 6.11.11 | 重复6.11.4~6.11.10 | 按相应条款要求 | 按相应条款要求 | 重复该循环3次。 |
| 6.11.12 | 重复6.11.4~6.11.11 | 按相应条款要求 | 按相应条款要求 | 转速100 r/min变更为400 r/min。 |
| 6.11.13 | 重复6.11.4~6.11.11 | 按相应条款要求 | 按相应条款要求 | 转速100 r/min变更为800 r/min。 |

6.12.3 使用分辨率为 0.001 mm、测量精度为 0.01 mm 的螺旋千分尺按图 6 测量制动衬块的厚度，用精度不低于 0.1 g 的天平测量制动衬块的质量，并按附录 B 规定表格记录。

6.12.4 按表 4 的规定不均匀磨损试验条件，以 A、B、C 作为一个试验循环，并重复该循环 8 次。

6.12.5 每完成 2 个循环后，检查制动衬块的磨损情况，重复步骤 6.11.3，并按（1）式计算周向不均匀磨损量，按（2）式计算径向不均匀磨损量。

$$\delta_c = \{\delta_{5, 8}, \delta_{1, 4}\} = \{\delta_5 - \delta_8, \delta_1 - \delta_4\} \quad \dots\dots\dots (1)$$

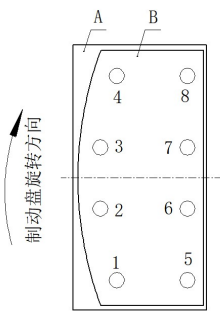
$$\delta_r = \{\delta_{1, 5}, \delta_{2, 6}, \delta_{3, 7}, \delta_{4, 8}\} = \{\delta_1 - \delta_5, \delta_2 - \delta_6, \delta_3 - \delta_7, \delta_4 - \delta_8\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

δ_c ——周向不均匀磨损量，mm；

δ_r ——径向不均匀磨损量，mm；

$\delta_{i,j}$ ——制动衬块厚度测量点位置*i*和*j*的厚度磨损量偏差，mm；
 δ_i ——制动衬块厚度测量点位置*i*的制动衬块厚度磨损量，mm。



说明：
A——制动底板；
B——制动衬片；
1～8——测量点。

图6 制动衬块厚度测量点位置示意图

表4 不均匀磨损试验条件

| 试验顺序 | 制动初速度 km/h | 制动终速度 km/h | 制动衬块制动初温 ℃ | 冷却风速 m/s | 制动减速度 m/s ² | 制动次数 次 |
|------|---------------|---------------|---------------|-------------|---------------------------|-----------|
| A | 100 | ≤1 | 120 | 11 | 1.5 | 300 |
| B | | | | | 2.0 | 200 |
| C | | | | | 3.0 | 100 |

附 录 A (规范性) 试验惯量确定方法

A.1 前制动器试验惯量计算方法

前制动器的试验惯量按(A.1)进行计算:

$$I_q = \frac{G_a(b+0.8 \times h_g) \times r^2}{2L} \dots\dots\dots(A.1)$$

式中:

I_q ——前制动器转动惯量计算值, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$;
 G_a ——车辆满载总质量, kg ;
 b ——重心至后轴距离, m ;
 h_g ——车辆满载时重心高度, m ;
 r ——车轮滚动半径, m ;
 L ——车辆轴距, m 。

A.2 后制动器试验惯量计算方法

后制动器的试验惯量按(A.2)进行计算:

$$I_h = \frac{G_a(a-0.8 \times h_g) \times r^2}{2L} \dots\dots\dots(A.2)$$

式中:

I_h ——后制动器转动惯量计算值, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$;
 G_a ——车辆满载总质量, kg ;
 a ——重心至前轴距离, m ;
 h_g ——车辆满载时重心高度, m ;
 r ——车轮滚动半径, m ;
 L ——车辆轴距, m 。

附 录 B
(规范性)
不均匀磨损试验记录表

B.1 不均匀磨损试验记录表

不均匀磨损试验数据按表B.1进行记录。

表B.1 不均匀磨损试验记录表

| | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|--|---|-------|---|-----|---|---|---|----|
| 检验项目：不均匀磨损试验 | | | | 样品编号： | | | | | | |
| 1、磨损质量检验结果 | | | | 单位：g | | | | | | |
| 制动衬块编号 | | 试验前 | | 试验后 | | 磨损量 | | | | |
| 内片 | | | | | | | | | | |
| 外片 | | | | | | | | | | |
| 2、磨损厚度检验结果 | | | | 单位：mm | | | | | | |
| 衬块 编号 | 项目 | 测量点 | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 平均 |
| 内片 | 试验前 | | | | | | | | | |
| | 试验后 | | | | | | | | | |
| | 磨损量 δ_i | | | | | | | | | |
| | 周向不均匀磨损量 δ_c | $\delta_{1, 4} = \rule{1cm}{0.4pt}, \delta_{5, 8} = \rule{1cm}{0.4pt}$ | | | | | | | | |
| | 径向不均匀磨损量 δ_r | $\delta_{1, 5} = \rule{1cm}{0.4pt}, \delta_{2, 6} = \rule{1cm}{0.4pt}, \delta_{3, 7} = \rule{1cm}{0.4pt}, \delta_{4, 8} = \rule{1cm}{0.4pt}$ | | | | | | | | |
| 外片 | 试验前 | | | | | | | | | |
| | 试验后 | | | | | | | | | |
| | 磨损量 δ_i | | | | | | | | | |
| | 周向不均匀磨损量 δ_c | $\delta_{1, 4} = \rule{1cm}{0.4pt}, \delta_{5, 8} = \rule{1cm}{0.4pt}$ | | | | | | | | |
| | 径向不均匀磨损量 δ_r | $\delta_{1, 5} = \rule{1cm}{0.4pt}, \delta_{2, 6} = \rule{1cm}{0.4pt}, \delta_{3, 7} = \rule{1cm}{0.4pt}, \delta_{4, 8} = \rule{1cm}{0.4pt}$ | | | | | | | | |
| <div><div><div>制动盘旋转方向</div><div><div>A</div><div>B</div><div><div><div>4</div><div>8</div><div>3</div><div>7</div><div>2</div><div>6</div><div>1</div><div>5</div></div></div></div></div></div> <div><div>说明：A——制动底板； B——制动衬片； 1~6——测量点。</div><div>图B.1 测量点示意图</div></div> | | | | | | | | | | |
