

ICS 43.040.40

CCS Q 69



团体标准

T/CSTM 00335—2022

制动盘热裂纹测定方法

Determination method of brake rotor thermal cracking for vehicles

2022-09-01 发布

2022-12-01 实施

中关村材料试验技术联盟

发布

前 言

本文件参照 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。

本文件由中国材料与试验团体标准委员会建筑材料领域委员会（CSTM/FC03）提出。

本文件由中国材料与试验团体标准委员会建筑材料领域委员会非金属矿产品及制品技术委员会（CSTM/FC03/TC12）归口。

制动盘热裂纹测定方法

重要提示——使用本标准的人员应有正规实验室工作的实践经验。本文件并未指出所有可能的安全问题。使用者有责任采取适当的安全和健康措施，并保证符合国家有关法规规定的条件。

范围

本文件规定了制动盘热裂纹的制动盘参数、试验循环、试验设备、试验条件和试样准备、试验惯量、试验步骤、试验报告。

本文件适用于总体车重不超过 4540 kg 的道路乘用车和轻型卡车用的制动盘。

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

术语和定义

GB/T 5620界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

盘式制动器表观摩擦系数 *apparent friction for disc brakes*

制动过程中衬片与制动盘间的摩擦力与衬片表面法向力的比值，盘式制动器表观摩擦系数按公式(1)计算：

$$\mu = \frac{10^5 \times T}{2 \times (p - p_{Threshold}) \times A_p \times r_{eff}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

μ ——盘式制动器名义摩擦系数。

T ——输出力矩，单位为牛米（N·m）。

p ——制动压力，单位为千帕（kPa）。

$p_{Threshold}$ ——开始制动扭矩所需的最小压力，单位为千帕（kPa），除非请求者另有说明，行车驻车制动器使用100 kPa，中央驻车制动器使用300 kPa。

A_p ——作用在盘式制动器卡钳一侧用的总活塞面积，单位为平方毫米（mm²）。

r_{eff} ——活塞的中心线到制动盘的旋转轴线的径向距离，单位为毫米（mm），除非委托方提供其他尺寸。

减速度控制制动方式 *deceleration-controlled brake application*

惯性台架控制实时调节制动压力，以保持由试验程序中规定的瞬时减速度计算出的恒定输出扭矩。

压力控制制动方式 pressure-controlled brake application

惯量台架控制算法，其独立于扭矩输出，保持对制动器的恒定输入压力。

车辆总重量 gross vehicle weight rating; GVWR

制造商明示的最大车重。

制动盘初始温度 initial brake temperature; IBT

开始制动时的制动盘温度。

轮胎动态滚动半径 tire dynamic rolling radius

汽车行驶时用来计算距离的等价车轮半径，其计算的圆周长度等于车轮行驶中的滚动距离，根据公式（2）以及轮胎制造商提供的特定轮胎尺寸，将得出的等效轮胎半径作为轮胎的每英里转数。利用轮胎动态滚动半径和给定的线性速度计算试验机的转速。

$$RR = \frac{1609344}{2 \times \pi \times RPM} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

RR ——轮胎动态滚动半径，单位为毫米（mm）。

RPM ——轮胎行驶1英里的旋转次数，通常显示在制造商网站的轮胎尺寸上，单位为每英里（mile⁻¹）。

1609344 ——换算单位产生的系数。

压力极限 pressure limit

制动盘运转过程中允许的最大压力。

最高车速 maximum vehicle speed

V_{max}

从静止状态以最大速度加速在3.2 km水平良好的路面上可获得的最高速度。

鹅颈型制动盘 gooseneck rotor

在整体式制动盘设计中，从内侧制动表面到连接到轮毂/轴承单元的转子的圆柱形（或锥形）部分过渡时的铸造或加工槽。

制动盘参数

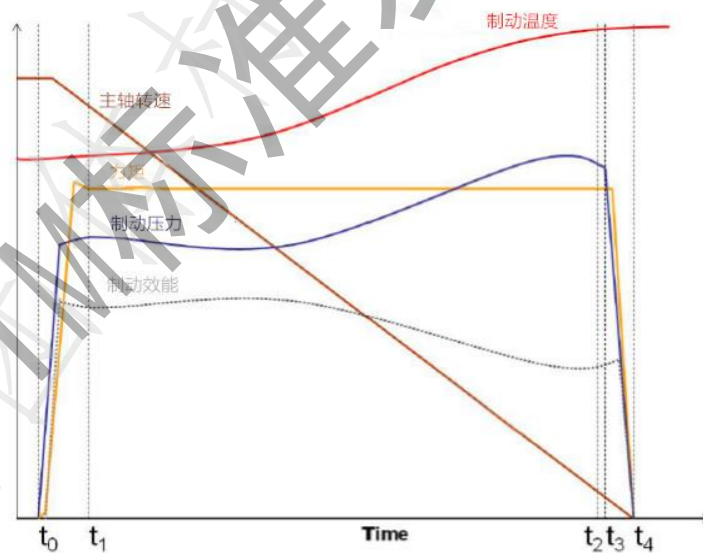
记录和描述制动盘的参数如下：

- 制动盘质量；
- 筋的数量和结构（直筋，斜筋，曲线筋，多个斜筋，梯形筋或支柱）；
- 十字孔或槽；
- 表面处理或涂层；
- 距离外径 10 mm 处测制动盘厚度变化；
- 在两个摩擦表面上每 90° 测量一次厚度变化（仅用于通风盘）；
- 距离外表面外径 10 mm 处安装横向跳动装置；
- 在两个无涂层制动盘摩擦表面上每 90° 测量一次摩擦表面光洁度 Ra；
- 在两个摩擦表面上每 90° 测量摩擦表面的硬度；
- 基本材料描述；
- 制动盘设计/类型（通风、倒置、实心）。

试验循环

动态制动过程

动态制动过程记录曲线见图1。



动态制动过程记录曲线

t_0 时间

制动开始时间。压力从此时间点开始增加。

t_1 时间

达到目标水平的时间。此时，制动器达到用于转矩控制或压力控制的目标水平。在时间点 t_1 ，开始分别按时间、按距离计算平均值。

t_2 时间

结束计算平均值的时间。在时间点 t_2 ，惯性台架试验数据采集系统停止按时间、按距离计算平均值。时间 t_2 是制动稳定部分的结束。 t_2 的定义是当某个时间点的速度比释放速度(t_3)高 0.5 km/h，则这个时间点为 t_2 。

t_3 时间

释放速度时的时间。在 t_3 时间，惯性台架伺服控制器释放制动。

t_4 时间

制动压力和扭矩完全消失的时间。压力和扭矩低于最小阈值。惯性台架制动结束。

试验设备

可实现减速和压力控制的单头制动惯性试验机。

试验期间，出于安全考虑，试验机应具有安全保护装置以避免碎屑和破碎部件飞出。

自动数据采集系统能够以 100 Hz 的最低采样率记录以下数据：

- 制动等效线速度 (km/h)；
- 制动输入压力 (kPa)；
- 制动输出力矩 ($\text{N} \cdot \text{m}$)。

自动数据采集系统能够以 50 Hz 的最低采样率记录制动盘的温度。

试验条件和试样准备

对于制动盘，装配之后连接到测力轴上，距离外径 10 mm 处测端面跳动应不超过 50 μm 。

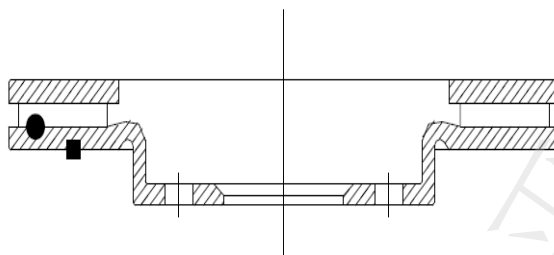
每次试验时，使用新的制动盘和盘式制动器衬片。

额外的衬块，这将取决于各个制动平台的要求。

在整个试验程序期间，冷却空气需要按照 9.3 和 9.4 中的要求保持。

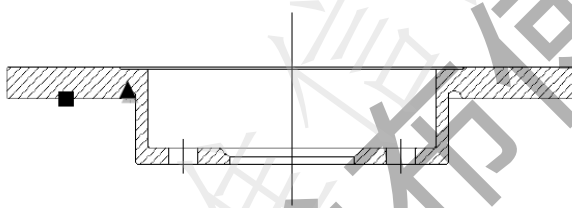
应使用原厂或原装配件供应商摩擦材料。如果原厂摩擦材料不可用，则应与买方达成一致。包括在实际测试中可以包括使用有固定编码的摩擦材料。

对于带有通风槽的制动盘，在散热片之间的外侧制动器衬片上使用贴片式热电偶（图 2 中的黑点）。另一种方法是在外侧刹车片表面有效半径之内（图 2 上的黑色方块）使用接触式热电偶。



带通风口制动盘的热电偶位置

对于实心制动盘，在释放槽中使用焊接热电偶（图3中的黑色三角形）。替代方法是在制动盘外侧制动面上使用接触式热电偶（图3中的黑色方块）。



固态制动盘热电偶位置

1 试验惯量

试验惯量的分配比例见表1和表2。

惯量分配比例—具有固定制动比例的制动系统

车辆类型	车轴制动力的百分比分配（X和Y值）							
	固定比例							
	a < 0.65 g				a > 0.65 g			
	满载		空载		满载		空载	
前X	后Y	前X	后Y	前X	后Y	前X	后Y	
乘用车 (前轮驱动)	78	28	78	28	80	25	80	25
乘用车 (后轮驱动)	78	28	78	28	75	30	75	30
小型货车和叉车	78	28	78	28	75	30	75	30
皮卡	68	38	63	45	80	25	80	25
越野车 (后轮驱动)	73	33	73	33	75	30	75	30

惯量分配比例—具有电子制动分配的制动系统

车轴制动力的百分比分配 (X和Y值)								
车辆类型	电子制动分配比例							
	a < 0.65 g				a > 0.65 g			
	满载		空载		满载		空载	
	前X	后Y	前X	后Y	前X	后Y	前X	后Y
乘用车 (前轮驱动)	70	35	70	35	70	35	80	25
乘用车 (后轮驱动)	68	38	68	38	68	38	75	30
小型货车和叉车	70	35	70	35	70	35	80	30
皮卡	55	50	60	45	60	45	80	25
越野车 (后轮驱动)	65	40	65	40	65	40	75	30

试验步骤

制动过程中采用 0.5 km/h 的释放速度。

压力升高速率为 20000 kPa/s。

冷却风速为 50 km/h, 在进入的冷却空气正前方距制动盘外径约 200 mm 处测得。除非委托方另有规定, 将冷却空气对着卡钳的相反侧。

监测制动盘最终的温度。在制动盘最终的温度稳定后, 铸铁或钢制制动盘达到典型的 (500~600) °C 的温度。制动盘温度高于此范围可能导致过早失效或损坏其他制动部件。

控制冷却空气温度至 (25 ± 10) °C。

控制减速度在设定值的 ± 10 % 以内。

循环时间是指从第一次制动开始到第二次制动开始的时间。

如果制动器未实现减速目标, 请执行以下步骤:

- 只要新的压力不超过制动器最大工作压力, 可以将最大制动压力提高到 14000 kPa 以上;
- 继续按原样进行测试, 如果减速目标无法实现, 将相关说明添加至最终测试报告中;
- 将摩擦材料改为不同类型或配方。在摩擦材料发生变化的情况下, 需要使用与委托方一致的新制动盘进行新的试验。

除非委托方另有说明, 否则出现以下条件之一时, 请更换相同配方的摩擦材料。更换摩擦材料时, 请按表 1 的步骤 1 进行 50 次磨合:

- 在最薄的位置, 可用厚度的最小值为 3 mm 或更小;
- 摩擦材料表现出结构性损坏 (例如: 工作面积减少 10 %);
- 摩擦材料从钢背上脱落;
- 背板产生永久性和显著性的挠曲;
- 摩擦材料厚度方向产生裂纹。

在每次检查制动盘时, 记录最长裂纹长度, 验证摩擦片寿命 (最小厚度), 进行目视检查并记录, 裂纹分类和结构失效标准参见附录 A。

试验程序见表 3, 试验结果记录在表 4。

制动盘热裂纹测试程序

步骤	描述	制动速度 km/h	制动控制 (初始温度, 循环时间)	减速度 (m/s ²)	每次循环制动次数	循环次数
1	磨合	80	IBT 100℃	3	200	1
2	制动盘裂纹测试	160	第一次 IBT 100℃, 然后 70s	5	2	25
3	检查记录	记录在表 4				
4	制动盘裂纹测试 (26-50)	160	第一次 IBT 100℃, 然后 70s	5	2	25
5	检查记录	记录在表 4				
6	制动盘裂纹测试 (51-70)	160	第一次 IBT 100℃, 然后 70s	5	2	20
7	检查记录	记录在表 4				
8	制动盘裂纹测试 (71-80)	160	第一次 IBT 100℃, 然后 70s	5	2	10
9	检查记录	记录在表 4				
10	制动盘裂纹测试 (81-90)	160	第一次 IBT 100℃, 然后 70s	5	2	10
11	检查记录	记录在表 4				
12	制动盘裂纹测试 (91-100)	160	第一次 IBT 100℃, 然后 70s	5	2	10
13	检查记录	记录在表 4				
14	制动盘裂纹测试 (101-110)	160	第一次 IBT 100℃, 然后 70s	5	2	10
15	检查记录	记录在表 4				
16	制动盘裂纹测试 (111-120)	160	第一次 IBT 100℃, 然后 70s	5	2	10
17	检查记录	记录在表 4				
18	制动盘裂纹测试 (121-130)	160	第一次 IBT 100℃, 然后 70s	5	2	10
19	检查记录	记录在表 4				
20	制动盘裂纹测试 (131-140)	160	第一次 IBT 100℃, 然后 70s	5	2	10
21	检查记录	记录在表 4				
22	制动盘裂纹测试 (141-150)	160	第一次 IBT 100℃, 然后 70s	5	2	10
23	检查记录	记录在表 4				

试验过程记录表

步骤	循环	替换的盘式片（是/否）	裂纹/失效分类（A1, A2, A3, A）	裂纹类型	最长裂纹的长度/mm	评价
3	1-25后					
5	26-50后					
7	51-70后					
9	71-80后					
11	81-90后					
13	91-100后					
15	101-110后					
17	111-120后					
19	121-130后					
21	131-140后					
23	141-150后					

试验报告

应记录以下信息：

- 车辆信息和试验参数；
- 制动盘尺寸；
- 物理性能；
- 7.6、7.7 中热电偶位置；
- 9.3、9.4 中的冷却空气；
- 材料编号（如果可用，参考原厂）；
- 使用过的刹车片及其边缘码；
- 表 2 中的裂纹起始，扩展和衬块替换；
- 数字照片显示了每个（参见附录 B）中制动盘的总体状况，制动表面，裂纹和失效模式。

列表数据应记录以下信息：

- a) 制动应用的表格部分应包括以下：
 - 1) 前 10 次磨合制动；
 - 2) 每第 5 次磨合制动（在第 15 次和第 185 次制动之间）；
 - 3) 最后 10 次磨合；
 - 4) 在整个测试过程中每个制动器裂纹形成情况。
- b) 对每个制动测试应包括以下数据：
 - 1) 制动速率；
 - 2) 释放速率；
 - 3) 循环时间；
 - 4) 平均制动效率，减速度和制动压力情况；
 - 5) t_1 到 t_2 之间最大和最小的减速度（力矩）；
 - 6) t_1 到 t_2 之间最大和最小压力；

- 7) t_0 时刻制动盘的初始温度, t_4 时刻制动盘的末端温度;
- 8) 冷却空气的平均速度;
- 9) 冷却空气的平均温度。

全 国 工 业 标 准 发 布 使 用 网 站

附录 A
(资料性)
裂纹失效的类型

A.1 表面裂纹

裂纹是可见的，但未穿过制动板，并且不显示一致的径向图案。该评级将被确定为 A.1，见图 A.1。



图 A.1 表面裂纹

A.2 表面制动裂纹

长度小于制动盘表面三分之二的开口裂纹，未达到内径或外径。该评级将被确定为 A.2，见图 A.2。



图 A.2 早期裂纹

A.3 贯通裂纹

A.3 评级如下，见图 A.3。

- 开放的裂纹延伸至制动表面三分之二；
- 裂纹是开放的，并达到制动表面的外径或内径。



图 A.3 贯穿裂纹

A.4 结构性损坏

摩擦表面外部区域的各种类型的结构损坏或裂纹，见图 A.4。

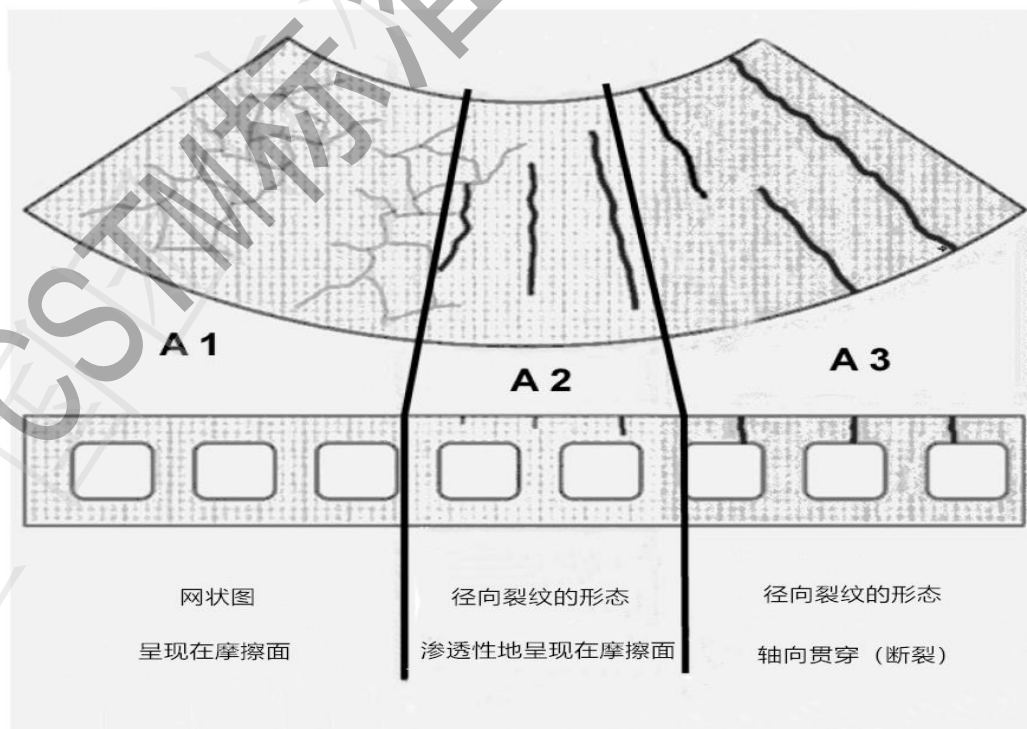


图 A.4 裂纹描述

附录 B
(资料性)
试验报告照片

推荐性测试照片的范例：

- 整个制动盘外侧面的照片，见图 B. 1；
- 整个制动盘内侧面的照片，见图 B. 2；
- 制动盘严重热裂纹区域，见图 B. 3；
- 制动盘侧面严重热裂纹区域，见图 B. 4。



图 B. 1 制动盘外表面

图 B. 2 制动盘内表面



图 B. 3 制动盘严重裂纹区域

图 B. 4 制动盘侧面严重裂纹区域

附录C
(资料性)
起草单位和主要起草人

本文件起草单位：中国国检测试控股集团咸阳有限公司、咸阳非金属矿研究设计院有限公司、河北星月制动元件有限公司、青岛华瑞汽车零部件股份有限公司、山东省梁山神力汽车配件有限公司、珠海格莱利摩擦材料股份有限公司。

本文件主要起草人：王怡超、齐文婷、贾彦霞、尹承峰、赵守洁、冯敬友、王孟、王嘉毅、赵荣。

全 国 标 准 发 布 使 用

参 考 文 献

- [1] SAE J2928-2012 Brake Rotor Thermal Cracking Procedure for Vehicles Below 4540 kg GVWR