

# 团 体 标 准

T/CAAMTB xx—20xx

## 汽车材料黏滑运动测试方法及评价要求 Automotive Material Stick-slip Motion Testing Method and Evaluation Requirements

20xx-xx-xx 发布

20xx-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 技术要求.....	3
5 试验方法.....	4
6 性能要求.....	8
7 安全.....	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这些专利的责任。

本文件由中国汽车工业协会汽车材料分会提出并归口。

本文件起草单位：中国汽车工程研究院股份有限公司。

本标准主要参与单位：吉利汽车研究院（宁波）有限公司、比亚迪汽车工业有限公司、上汽通用五菱汽车股份有限公司、奇瑞汽车股份有限公司、广州汽车集团股份有限公司、东风汽车公司技术中心、重庆长安汽车股份有限公司、上海汽车集团股份有限公司乘用车技术中心。

本文件主要起草人：龚小平、卫星、伍立军、。

本文件为首次发布。

# 汽车材料黏滑运动测试方法及评价要求

## 1 范围

本文件规定了汽车上常用的材料之间的由于相对运动产生的黏滑运动，其测试方法及评价要求。本文件适用于汽车常用材料，包括金属材料、橡胶、玻璃、织布材料和其他高分子非金属材料。

## 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/T17754-1999 摩擦学术语

GB/T 3947-1996 声学名词术语

GB/T 10006-2021 塑料薄膜和薄片摩擦系数测定方法

VDA 230-206-2021 Examination of the stick-slip behaviour of material pairs

## 3 术语和定义

GB/T17754-1999、GB/T3947-1996、GB/T1006-2021和VDA 230-206-2021中界定的及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 摩擦副 Rubbing pairs

接触表面作相对运动的两个物体组成的系统。

[来源：GB/T 17754-1999，4.1]

### 3.2

#### 摩擦力 Frictional force

克服摩擦需要的力。

[来源：GB/T 1006-2021，3.2]

### 3.3

#### 静摩擦 Static friction

滑动开始瞬间，需要克服的“临界”摩擦。

[来源：GB/T 1006-2021，3.1.1]

### 3.4

**动摩擦 Dynamic friction**

给定速度滑动过程中存在的摩擦。

[来源: GB/T 1006-2021, 3.1.2]

3.5

**黏滑 Stick-slip**

摩擦副在滑动时,其摩擦力和相对速度循环波动的现象,它通常与摩擦系统的弹性和滑动开始或滑动速度增加时摩擦系数减少引起的张弛振动有关。

[来源: GB/T 17754-1999, 4.61]

3.6

**摩擦噪声 Friction noise**

摩擦副相互作用时,摩擦振动引起的噪声。

[来源: GB/T 17754-1999, 4.67]

3.7

**风险系数 Risk priority number (RPN)**

是黏滑运动测试的结果。它是在1-10的范围内描述在一定条件下两个相互接触的材料之间相对运动时发生黏滑现象的趋势。

[来源: VDA 230-206-2021, 3.2]

3.8

**传声器 Microphone**

把声压信号转换为电信号的装置,也称之为传声器。

3.9

**声校准器 Acoustic Calibrator**

一种能产生规定声压级和规定频率的正弦声压,用于检查,校正传声器灵敏度的装置。

3.10

**声压级 Sound Level**

声压的平方与基准声压的平方之比,取以10为底的对数的10倍,用分贝(dB)表示:

$$L_p = 10 \times \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$L_p$ —声压级

$p$ —待测声压

$p_0$ —基准值,  $p_0=20 \mu Pa$

3.11

### A计权声压级 A-weighting Sound Level

用声级计或与此等效的测量仪器，经过A计权网络测出的噪声级称为A计权声压级，用LA表示。单位为分贝，单位符号dB，本标准明确以A特性计权用dB(A)表示。

## 3.12

### 背景噪音 Background Noise

在发生、检测、测量或记录的系统中来自被测声源之外的所有其他声源的噪音。背景噪音包括空气声、结构传导的噪音、仪器的电噪音等。

[来源：GB/T 3947-1996, 2.16]

## 4 技术要求

### 4.1 试验条件要求

#### 4.1.1 试验准备

该试验的准备包括试验样件的准备和试验设备的准备工作。

#### 4.1.2 试验样件准备

##### 4.1.2.1 样件制作

对于硬质材料，使用材料冲压机冲取标准尺寸的材料，在压力机的作用下，冲头下降并与材料接触，通过模具刃口的压力使材料产生分离。每组样件制取两套，用于对比试验。分别制作尺寸为30mm×30mm，150mm×60mm的样件。对于密封条类的泡管状材料，使用剪刀或者砂轮机将密封条裁剪成长度为75mm的小段，再准备尺寸为75mm×60mm的漆板或玻璃。

##### 4.1.2.2 样件倒角

首先，确保材料平整，无油污或杂质，以保证倒角过程的顺利进行，根据设计要求调整倒角器的角度，确保倒角的角度符合要求。其次，将材料固定在工作台或夹具上，确保材料在倒角过程中不会移动，使用手动倒角器，沿着材料边缘手动推动倒角器，使倒角器的刀片与材料接触并形成倒角，如果使用电动倒角器，打开电源，将倒角器的刀片对准材料边缘，沿着边缘移动倒角器，电动倒角器会自动完成倒角。最后，倒角完成后，检查倒角的尺寸和角度是否符合设计要求，同时检查倒角表面是否光滑，无明显的毛刺或缺陷，如果倒角后有毛刺，可以使用锉刀或砂纸进行清理，确保倒角边缘光滑以防对试验过程造成影响。

##### 4.1.2.3 样件清洗

使用超声清洗机对材料进行清洗，去除材料表面的油污、灰尘，避免材料表面油污、灰尘对测试结果造成干扰，材料清洗过程具体操作步骤如下：

首先，在开始清洗前，检查超声清洗机是否处于良好的工作状态，包括电源、加热器（如果需要）、定时器等。将需要清洗的材料放入超声清洗机的清洗篮或清洗架中，确保材料不会相互重叠或堵塞，以便蒸馏水和超声波能均匀作用于材料表面。向超声清洗机中加入适量的蒸馏水，确保材料被完全浸没。其次，启动超声清洗机，超声波将在蒸馏水中产生微小的气泡，这些气泡在破裂时产生强烈的冲击波，帮助去除材料表面的污垢和油脂。最后，清洗时间到达后，关闭超声清洗机，取出清洗篮或清洗架，并将清洗后的材料晾干或使用干燥设备进行干燥，以防止水渍或锈蚀。

如材料表面涂有涂层，则禁止对样件进行清洗，以免涂层脱落造成的测试结果与实际情况不符，建议采取蒸馏水冲洗的方法使附于表面的灰尘脱离即可。

#### 4.1.3 试验设备准备

试验设备主要包含三部分，由机械系统、电气系统和环境箱系统三部分组成。

##### 4.1.3.1 机械系统

机械系统主要实现整个设备的固定，支撑及样件装夹等；主要包括安装框架，工装夹具，框架及执行器的安装基座，执行器推杆等组成部分。在试验开始之前需拍摄测试装置的照片，包括样品、夹具和测试设备，显示声音测量点的位置。记录所有用于记录测试数据的仪器和设备的设置状态(范围和设置)。

##### 4.1.3.2 电气系统

电气系统主要实现系统运动和相关数据的采集，主要包括激振器、伺服电缸及配套的控制部分，位移传感器，力传感器，加速度传感器及相应的采集卡等部分。在进行试验前需确认相关数据采集仪器在标定值使用期限内。

##### 4.1.3.3 环境箱系统

环境箱系统主要包含可以提供不同的温湿度条件，模拟各种环境工况，同时为测试提供一个低背景噪音的环境，降低外界噪声对测试的干扰。在进行试验前需确认环境箱的所有功能正常运行，蒸馏水容器中的水位是否充足，是否有泄露位置，一旦确认不满足试验要求需立即停止试验，确保问题解决后再重新开始试验。

## 5 试验方法

### 5.1 试验条件

#### 5.1.1 温度偏差

本文件规定试验方法中的温度偏差为 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

#### 5.1.2 试验电压

本文件规定试验电压为220V。

#### 5.1.3 样件的安装

装置试验时可参照实车安装方式或平置安装在试验台架上。

#### 5.1.4 背景噪音

保证在外部环境噪音低于75dBA时，按照规定的随机振动谱(如下表2)激励输入，记录至少10秒的环境噪声测试箱内背景噪音，要求声压级小于25dB(A)，或N10 响度小于1.5sone。

#### 5.1.5 检测仪器设备要求

##### 5.1.5.1 噪声测量的精度等级不低于1 dB(A)。

- 5.1.5.2 温度测量范围为 $-40\sim+80^{\circ}\text{C}$ ，精度控制 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，升温时间 $23^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$ 小于1小时，降温时间 $23^{\circ}\text{C}\sim-40^{\circ}\text{C}$ 小于2小时。
- 5.1.5.3 湿度调节范围为 $50\%\sim 90\%\text{R.H}$ ，精度控制 $\pm 2\%$ 。
- 5.1.5.4 传声器声压级范围 $14\text{ dB}\sim 135\text{ dB}$ ，频率响应范围 $3.15\text{ kHz}\sim 20\text{ kHz}$ 。
- 5.1.5.5 力传感器测量范围 $1\sim 80\text{N}$ ，非线性度为小于 $0.1\% \text{ R.O}$ 。
- 5.1.5.6 位移传感器输出位移，可调位移范围 $1\sim 20\text{mm}$ ，灵敏度标准应在 $0.1\ \mu\text{m}/\text{V}$ 以上，在 $0\sim 1.2\text{ mm}$ 间的线性误差 $\leq \pm 0.25\% \text{ FS}$ 。
- 5.1.5.7 加速度传感器测试范围 $0\sim 25\text{g}$  ( $1\text{g}=9.8\text{m}/\text{s}^2$ )，敏感度 $1\pm 2\% \text{ pC}/\text{ms}^2$ ，采样频率大于 $1\text{kHz}$ 。
- 5.1.5.8 振动系统必须采用闭环控制的振动系统，且要求频率范围 $1\sim 200\text{Hz}$ ，幅值范围 $1\sim 10\text{mm}$ 。

## 5.2 试验方法

### 5.2.1 黏滑风险系数测试

#### 5.2.1.1 试验准备

把裁剪好的材料安装在上部支架上（采用3M胶带或胶水粘贴），其次，将与之匹配的材料装夹在水平安装支架上，水平安装的样件为平整样件，采用胶带或螺栓固定的方式固定。并在软件中设置激励系统的初始水平运动速度和法向压力值。

#### 5.2.1.2 试验过程

T型夹具下端夹持材料使用双面胶粘在球铰结构端面，进行黏滑测试的对手材料需固定在水平安装支架上，样件装夹状态如下图1所示。其测试过程是A样件在垂直方向可以运动，B样件在水平方向可以运动；A样件在步进电机的驱动下上下运动实现样件的压紧；材料对压紧后，B样件在伺服电缸或激励器的驱动下载水平方向运动，在设置好的参数下实现材料对相对运动的黏滑测试，如图2所示。

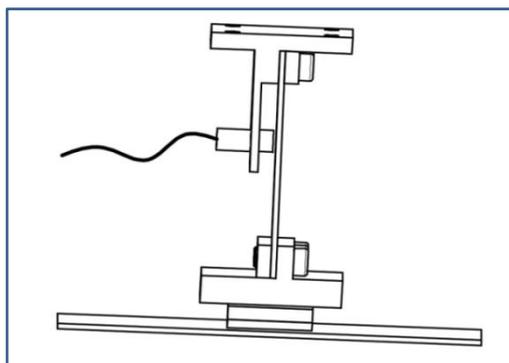


图1. 样件装夹状态

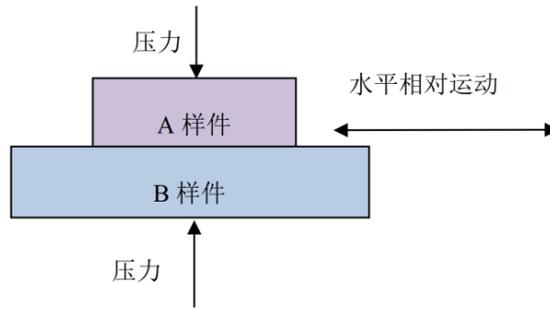


图2. 样件测试示意图

在试验过程中依次按照10N、20N、30N、40N的正压力（或根据试验需求规定），以1mm/s和4mm/s的速度（或根据试验需求规定）分别对材料进行黏滑运动的测试。针对每一类材料对在同样的工况需3测量次，且在材料对相对运动时，通过设备力传感器、加速度传感器和传声器等采集计算结果所需信号。

### 5.2.1.3 数据处理

根据测试结果获取的材料在相对运动时的相关参数，并按照软件程序设定的计算方法得到最终可以表征黏滑运动趋势的风险系数，即RPN (Risk Priority Number) 值，RPN在1~3范围内，表示材料匹配，异响风险低；RPN为4~5，表示材料有一定的异响风险；RPN为6~10，表示材料不匹配，异响风险高。测试结果如下表1中列出：

表 1. 材料黏滑风险系数值

材料对编号	速度 (mm/s)	正压力 (N)	RPN 值					
			I 组材料			II 组材料		
			第一次测试	第二次测试	第三次测试	第一次测试	第二次测试	第三次测试
1#-1#	1	10						
		20						
		30						
		40						
		...						
	4	10						
		20						
		30						
		40						
		...						

## 5.2.2 材料摩擦噪声测试

### 5.2.2.1 试验准备

可以使用湿纸巾对材料表面进行擦拭，去除材料表面的油污、灰尘，避免材料表面油污、灰尘对测试结果造成干扰，擦拭之后再继续进行自然干燥处理。在自然干燥环境下放置12个小时后再进行实验。使用双面胶将密封条样件粘在夹具表面，同时将漆板板固定在载物台上，同时将传声器固定在距样件中心150mm处，样件装夹状态如下图3所示。



图3 密封条装夹状态

在进行任何测量之前，需采用94 dB幅值1 kHz的正弦波进行标定，标定时长不少于10秒。在进行试验前需对测试箱内的背景噪音进行测量，请将传声器调整到距离测试样品中心150mm的测试位置处，在测试期间应保持距离不变，需在测试样品无负载的情况下测试背景噪声，并且必须在测试报告中记录该值。在接触测试样品之前，启动激振系统，并按照规定随机振动谱（如下表2）记录至少10秒的环境噪声。这项操作必须在每次测试之前进行。

#### 5.2.2.2 试验过程

把裁剪好的长度为100mm的不同断面的密封条安装在上部支架上（采用3M胶带或胶水粘贴），其次，把摩擦匹配材料装夹在水平安装支架上，水平安装的样件为平整样件，采用胶带或螺栓固定的方式固定。密封条设计状态规定的反力作为试验中的正压力，在规定的随机振动谱（如下表2所示）的激励下对相互接触的材料对进行噪声水平的测试，噪声的采样频率设置为44.1kHz。

表2. 随机振动谱

频率 (Hz)	加速度 ( (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz )
8	0.4664
11	1.4087
24	0.2039
40	0.0529
56	0.0201
72	0.0106
88	0.0058
100	0.0038
m/s <sup>2</sup> RMS	3.530

#### 5.2.2.3 数据处理

使用HEAD Artemis或具有相同功能的相关软件系统进行声压级或响度计算。应使用以下参数对噪声结果进行分析：

滤波设置：采用串联滤波器，滤波器类型为高通滤波器，滤波类型为Butterworth，滤波阶次为4<sup>th</sup> order，频率为300Hz。

分析设置：采用声压级vs. 时间或响度vs. 时间，声场类型为自由场，计权方式为A计权，单位为dB或sone，如需针对响度值进行统计处理，则选择90%或N10。测试结果如表3中所示：

表3. 噪声测试值

材料对编号	速度 (mm/s)	正压力 (N)	声压值 (单位: dB A)					
			I 组材料			II 组材料		
			第一次测试	第二次测试	第三次测试	第一次测试	第二次测试	第三次测试
1#-1#	1	10						
		20						
		30						
		40						
		...						
	4	10						
		20						
		30						
		40						
		...						

### 5.2.3 最大加速度值测试

#### 5.2.3.1 试验准备

可以使用湿纸巾对材料表面进行擦拭，去除材料表面的油污、灰尘，避免材料表面油污、灰尘对测试结果造成干扰，擦拭之后再行自然干燥处理。在自然干燥环境下放置12个小时后再进行实验。

使用双面胶将密封条样件粘在夹具表面，同时将漆板板固定在载物台上，样件装夹状态如下图5所示。如需进行不同温度和湿度的测试，对需要进行高低温试验的样件进行-30℃~+80℃的温度下至少3小时的浸泡，然后再进行测试试验。

#### 5.2.3.2 试验过程

把裁剪好的长度为100mm的不同断面的密封条安装在上部支架上（采用3M胶带或胶水粘贴），其次，把摩擦匹配材料装夹在水平安装支架上，水平安装的样件为平整样件，采用胶带或螺栓固定的方式固定。密封条设计状态规定的反力作为试验中的正压力，在规定的随机振动谱（如下表2所示）的激励下对相互接触的材料对进行最大加速度水平的测试。

#### 5.2.3.3 数据处理

在该试验工况下，记录匹配材料对之间在相对运动过程中的最大加速度（由测试控制软件显示）。

## 6 性能要求

## 6.1 材料黏滑风险系数 RPN

硬饰材料的黏滑风险系数的判断标准参考表4:

表4. PRN风险系数判断标准及解释

RPN	判定标准	标准解释
1	低	材料副黏滑趋势为低风险,不会由于黏滑效应而产生可听见的干扰噪音。
2		
3		
4	中	材料副黏滑趋势已达到阈值,粘滑效应无法消除,可能会产生可听见的噪音。
5		
6	高	材料副黏滑效应非常明显,在相对运动过程中一定会听到噪音。
7		
8		
9		
10		

## 6.2 噪声测试水平要求

针对软饰(如皮革类、密封条、织布类等)材料副在不同压力和相对运动速度,以及不同温湿度条件下测试的噪声水平要求均小于30dB(A)。

## 6.3 最大加速度值要求

对软饰材料副(如皮革类、织布类等)和硬饰材料副在不同压力和相对运动速度,以及不同温湿度条件下测试材料匹配对在发生黏滑运动过程中的最大加速度值,小于等于0.29g为无异响风险,大于0.29g小于0.99g为部分存在风险,大于等于1.0g为存在异响风险。

## 7 安全

本标准可能涉及设备操作和材料危险,本标准并未完全能够预防使用过程中所有的安全问题。使用本标准的用户有责任在使用前制定适当的安全和健康措施,并确定相关法规限制的适用性。