



中国汽车工程学会标准

T/CSAE ×× - 2017

紧固件摩擦系数试验方法

**Determination of Coefficients of Friction
for mechanical fasteners**

在提交反馈意见时，请将您知道的该标准所涉必要专利信息连同支持性文件一并附上。

××××-××-×× 发布

××××-××-×× 实施

中国汽车工程学会 发布

由中国汽车工程学会发布的本标准，旨在提升产品研发、制造等的水平。标准的采用完全自愿，其对于任何特定用途的可用性和适用性，包括可能的其他风险，由采用者自行负责。

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 代号与含义.....	1
5 试验原理.....	2
6 一般要求.....	3
6.1 设备要求.....	3
6.2 待测零件要求.....	3
6.3 试验垫片.....	3
6.4 试验对手件.....	3
6.4.1 测螺栓摩擦系数使用的螺母.....	4
6.4.2 测螺母摩擦系数使用的螺栓.....	4
7 试验程序.....	4
7.1 试验要求.....	4
7.2 试验过程.....	5
7.3 试验数量.....	5
8 试验报告.....	5

前 言

本规范由中国汽车工程学会汽车防腐蚀老化分会提出。

本规范由中国汽车工程学会批准。

本规范由中国汽车工程学会归口。

本规范起草单位：上海汽车集团股份有限公司乘用车公司、泛亚汽车技术中心有限公司、神龙汽车有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、上汽大众汽车有限公司、一汽-大众汽车有限公司、浙江吉利汽车研究院有限公司、北京宝沃汽车有限公司、奇瑞汽车股份有限公司、北京汽车研究总院有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、北京汽车股份有限公司、上汽通用五菱汽车股份有限公司、一汽轿车股份有限公司、菲亚特克莱斯勒亚太投资有限公司、福特汽车工程研究（南京）有限公司、东风商用车有限公司、南通申海工业科技有限公司、浙江捷能汽车零部件有限公司、麦德美乐思科技（苏州）有限公司、美加力新能源科技（海安）有限公司、宁波敏达机电有限公司、上海安福隆涂覆工业有限公司、恩欧富涂料商贸（上海）有限公司、上海孜孜科技有限公司、上海热策电子科技有限公司

本规范主要起草人：李大维、叶又、曹鑫、鲁萍、季洋海、白振、汤东胜、贾晓芳、石小岗、冯雪桥、杜承斌、沈健、孔小兵、金朝华、梁任锦、田刚、陈新、张智荣、王锡一、刘俊旺、周小喜、朱建辉、丁培良、卢海波、崔焕全、黄雄昌、徐瑜、徐大忠

本规范于2017年XX月首次发布。

紧固件摩擦系数试验方法

1 范围

本技术规范规定了碳钢和合金钢米制螺纹紧固件摩擦系数测试试验条件、方法和数据统计要求。

本技术规范只适用于碳钢和合金钢米制螺纹紧固件，螺纹规格范围为M4-M39的螺栓和螺母。紧固件机械性能分别满足GB/T 3098.1、GB/T 3098.2中紧固件等级的要求。

除非客户另有要求，本试验应在室温下进行。

2 规范性引用文件

下列标准对于本文件的应用是必不可少的。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改（不包括勘误内容）或修订版均不适用于本规范，但鼓励根据本规范达成协议的各方研究使用这些文件最新版本的可能性。下列标准对于本文件的应用是必不可少的。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改（不包括勘误内容）或修订版均不适用于本规范，但鼓励根据本规范达成协议的各方研究使用这些文件最新版本的可能性。

GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱

GB/T 3098.2 紧固件机械性能 螺母

3 术语和定义

下列术语与定义适用于本标准。

拧紧扭矩：指拧紧螺栓或螺母时所用的扭矩。

轴向力：指拧紧螺栓或螺母时，作用在其上的拉伸力。

螺纹摩擦系数：指螺栓或螺母内外螺纹相互接触部分的摩擦系数。

端面摩擦系数：指被旋转部分（螺栓或螺母头部）和垫片或被紧固的物体接触面之间的摩擦系数。

总摩擦系数：理论上假设螺纹摩擦系数和螺栓或螺母支撑面摩擦系数相等时，按公式1计算所得的摩擦系数。

螺纹扭矩：拧紧过程中，通过啮合螺纹作用于螺纹部分的扭矩。

端面扭矩：拧紧过程中，通过端面作用于被连接件之间的扭矩。

4 代号与含义

标准使用的代号和含义或名称，见表1。

表 1 代号与含义

符号	含义或名称	单位
d	螺栓公称直径	mm
D	螺母公称直径	mm
d ₂	螺纹中径	mm
d _h	垫片或支撑板的孔径	mm
D _b	螺母或螺栓头下支撑面摩擦直径	mm
D ₀	支撑面外径 d _{min} 或 d _{kmin} (见产品标准)	mm
F	轴向力	N
P	螺距	mm
T	拧紧扭矩	N.m
T _b	端面摩擦扭矩	N.m
T _{th}	螺纹扭矩	N.m
μ _b	端面摩擦系数	
μ _{th}	螺纹摩擦系数	
μ _{tot}	总摩擦系数	

5 试验原理

使用专用设备将螺栓或螺母以规定的速度拧紧到标准要求的扭矩或轴向力值，得到拧紧扭矩、螺纹或头部扭矩和轴向力的数值，在假设螺纹摩擦系数和螺栓或螺母支撑面摩擦系数相等时通过公式1计算出螺栓或螺母的总摩擦系数。

$$\mu_{tot} = \frac{\frac{T}{F} - \frac{P}{2\pi}}{0.577d_2 + 0.5D_b} \dots\dots\dots \text{公式1}$$

螺纹摩擦系数由公式 2 计算得出：

$$\mu_{th} = \frac{\frac{T_{th}}{F} - \frac{p}{2\pi}}{0.577 \times d_2} \dots\dots\dots \text{公式2}$$

头部摩擦系数由公式3计算得出：

$$\mu_b = \frac{2T_b}{D_b F} \dots\dots\dots \text{公式3}$$

注：由于不同的设备头部摩擦扭矩和螺纹扭矩测量策略不同，两者可以通过公式 4 进行计算得到：

$$T = T_b + T_{th} \dots\dots\dots \text{公式 4}$$

其中 D_b 取值可以依据公式 5 获得；

$$D_b = \frac{D_0 + d_h}{2} \dots\dots\dots \text{公式 5}$$

非标准的 D_0 需经客户协商确认取值方法。

6 一般要求

有文件化的先期质量策划程序。对每个零部件进行可行性研究和内部批准。零部件批准过程被客户认可后，没有客户批准不得擅自改动流程。流程的变更必须取得客户的同意，并记录在案。

6.1 设备一般要求

试验机要求能够以一定速度自动扭紧螺母或螺栓头部，传感器精度要求 $\pm 2\%$ ，除非有其它的特殊要求。角度的测量精度要求无论什么数据必须达到显示值的 $\pm 2^\circ$ 或 $\pm 2\%$ 。测量结果能以电子方式记录。

6.2 待测试零件要求

待测试螺栓一般情况下长度需确保至少 $3d$ （拧紧时螺纹应露出至少 2 颗牙纹），如螺栓长度不满足时需和客户协商确认试验方案。

待测零件状态和供货状态一致。一般表面处理后24H后测试摩擦系数。特殊情况以客户要求执行。

6.3 试验垫片

试验垫片硬度范围：50HRC~60HRC；

表面粗糙度： $Ra=0.5\pm 0.3$ ；

表 2 列举了汽车行业常用的垫片通孔尺寸，通孔应无倒角、无沉孔；

平面度：0.04mm；

垫片使用前去除油脂，同一个孔一次试验中只能使用一次。

如试验垫片重复使用，需确保垫片表面无油脂且满足粗糙度和平面度的要求。

垫片其余尺寸请结合试验设备自行制定，但其直径应大于待测试螺栓或螺母的头部法兰面尺寸或螺栓、螺母垫片组合件垫圈的外径尺寸。垫片使用前去除油脂，同一个孔一次试验中只能使用一次。

6.4 试验对手件

试验对手件的性能等级应和待测试零件的性能等级相当或高于待测试零件的性能等级。螺栓的性能等级参考 GB/T 3098.1，螺母的性能等级参考 GB/T 3098.2。

6.4.1 测螺栓摩擦系数使用的螺母

螺母规格和公差应和待测螺栓的规格和等级相当，螺母公差镀后 6H。

螺母高度 $\geq 0.8D$ ，其余尺寸需满足检测设备夹具的要求。

螺母表面状态需满足以下两种：

- a)、表面无任何处理，试验前应去油脂；
- b)、螺母表面镀锌并钝化，镀层厚度不大于 $8\mu\text{m}$ 。

表 2 垫片通孔尺寸要求

螺栓或螺母规格	通孔尺寸 (mm)	
	最小尺寸	最大尺寸
M4	4.30	4.42
M5	5.30	5.42
M6	6.40	6.55
M7	7.40	7.55
M8	8.40	8.55
M10	10.50	10.65
M11	11.50	11.68
M12	13.00	13.18
M14	15.00	15.18
M16	17.00	17.18
M18	19.00	19.21
M20	21.00	21.21

6.4.2 测螺母摩擦系数使用的螺栓

螺栓规格和公差应和待测螺母的规格和等级相当。螺栓公差镀前 6g，镀后 6h。

螺栓长度最小要满足拧紧螺母后能伸出螺母 2-3 牙，其余尺寸需满足检测设备夹具的要求。

螺栓表面状态需满足以下两种：

- 1)、表面无任何处理，试验前应去油脂；
- 2)、螺栓表面镀锌并钝化，镀层厚度不大于 $8\mu\text{m}$ 。

7 试验程序

7.1 试验要求

试验一般在 $10^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 室温下进行，摩擦系数试验应选择在较小的温度变化范围内进行。摩擦系数检测仪器传感器应根据扭矩传感器和轴向力传感器有效工作范围选择合适的工作传感器。

7.2 试验过程

以不高于 200rpm 转速拧紧至待测零件保证载荷的 30%，然后停顿 2 秒，再以 30rpm 转速拧紧到待测零件保证载荷的 75%，作为摩擦系数计算值。

测量螺栓摩擦系数时，需拧紧螺栓，反之拧紧螺母。每次试验对手零件只能使用一次。

7.3 试验数量

出于统计学意义，每次试验需至少 10 个样本，摩擦系数数值合格与否判定按客户要求的范围进行。

8 试验报告

试验报告包含内容：

- 1)、紧固件基本信息：规格等级、表面保护类型，螺纹公差；试验拧紧速度；
- 2)、对手件信息：规格等级、表面保护类型、螺纹公差；
- 3)、 D_b 数据，传感器规格；
- 4)、实验室温度；
- 5)、试验曲线：角度-扭矩曲线、轴向力-总摩擦系数曲线、扭矩-轴向力曲线；
- 6)、试验数据统计值：平均值、方差、平均值 $\pm 3\sigma$ ；
- 7)、客户要求的其他信息。