

团 体 标 准

T/CSAE00—2021

汽车用自攻螺钉在热塑性塑料上 拧紧扭矩性能试验方法

Torque Performance Test Methods of Automobile Self-tapping Thread Joint
in Thermoplastics Materials

（征求意见稿）

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。

2021-00-00 发布

2021-00-00 实施

中国汽车工程学会 发布

目录

前 言.....	1
1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	2
4 试验原理.....	2
5 试验要求.....	3
6 试验方法与推荐拧紧扭矩.....	4
7 试验报告.....	6
附录.....	7
附录 A 塑料用自攻螺钉推荐设计.....	7
附录 B 塑料光孔的结构.....	8
附录 C 不同材料的塑料光孔推荐设计.....	9
附录 D 拧紧转速对贴合扭矩和屈服扭矩的影响.....	10

前 言

本标准按照GB/T1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

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。

本标准由中国汽车工程学会汽车防腐蚀老化分会提出并归口。

本标准起草单位：长安福特汽车有限公司、北京宝沃汽车有限公司、上海奥达科股份有限公司、科思创聚合物（中国）有限公司、毅结特紧固系统（太仓）有限公司、点山科技有限公司、观致汽车有限公司、福特汽车工程研究（南京）有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、北京汽车集团越野车有限公司、吉利吉智新能源汽车科技有限公司、一汽股份天津技术中心、泛亚汽车技术中心、江铃汽车股份有限公司、上海汽车集团乘用车公司、上海蔚来汽车有限公司、宁波长华长盛汽车零部件部有限公司、上海华测智科材料技术有限公司、温州尖端标准件有限公司、吉利汽车研究院有限公司、北京车和家信息技术有限公司、东风汽车集团有限公司技术中心。

本标准主要起草人：王熠昕、桂强、朱长顺、唐勇、杨军成、潘文文、王辉、王建权、张中军、易超云、鲁萍、黄平、黄金成、贾晓芳、栾俭新、沈燕辉、冯雪桥、王会影、贾丙强、戴德胜、张大平、施天寅、徐志鹏、舒晓丽、沈大光、于红等。

汽车用自攻螺钉在热塑性塑料上拧紧扭矩性能试验方法

1 范围

本标准规定了汽车用自攻螺钉在热塑性塑料拧紧扭矩性能试验方法，通过试验原理、试验要求数据收集、数据统计及评价的方法推荐拧紧扭矩从而保证连接副紧固的可靠性。

本标准仅适用于热塑性塑料光孔的结构。用自攻螺钉将被连接零件紧固到塑料光孔上，连接时通过自攻螺钉在塑料光孔中形成螺纹而实现被连接零件的紧固。

2 规范性引用文件

下列标准对于本标准的应用是必不可少的。凡是标注日期的引用标准，仅仅所标注日期版本适用于本标准。凡是不标注日期的引用标准，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 3099.1 螺栓、螺钉、螺母及附件名词术语

GB/T 2918 塑料试样状态调节和试验的标准环境

QC/T 713 塑料（尼龙）用自攻螺钉螺纹

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

贴合扭矩 T_s ：自攻螺钉攻入过程中，自攻螺钉支撑面和被连接件贴合时，使自攻螺钉弹性拉伸开始时的扭矩。

屈服扭矩 T_f ：连接副各组件完全贴合后，使连接副组件发生塑性变形时的扭矩。

推荐拧紧扭矩 T_t ：自攻螺钉紧固被连接件攻入塑料光孔中，使连接副产生夹紧力且连接副不发生塑性变形时推荐的扭矩。

贴合扭矩均值 T_{sA} ：在一组试验中，对贴合扭矩结果进行算术平均计算的结果。

$$T_{sA} = (T_{s1} + T_{s2} + \dots + T_{sn}) / n$$

贴合扭矩上限 $T_{sA+3\sigma}$ ：在一组试验中， σ_{Ts} 为标准方差，贴合扭矩算术平均值的正 3σ 。

贴合扭矩下限 $T_{sA-3\sigma}$ ：在一组试验中， σ_{Ts} 为标准方差，贴合扭矩算术平均值的负 3σ 。

屈服扭矩均值 T_{fA} ：在一组试验中，对屈服扭矩结果进行算术平均计算的结果。

$$T_{fA} = (T_{f1} + T_{f2} + \dots + T_{fn}) / n$$

屈服扭矩上限 $T_{fA+3\sigma}$ ：在一组试验中， σ_{Tf} 为标准方差，屈服扭矩算术平均值的正 3σ 。

屈服扭矩下限 $T_{fA-3\sigma}$ ：在一组试验中， σ_{Tf} 为标准方差，屈服扭矩算术平均值的负 3σ 。

样本数 n ：在一组试验中，有效样本个数。

状态调节：为使样品或试样达到温度和湿度的平衡状态所进行的一种操作方式。

4 试验原理

使用外接扭矩传感器的拧紧工具,用自攻螺钉紧固连接零件攻入热塑性塑料光孔中,直至塑料光孔滑丝。如果出现自攻螺钉断裂、塑料光孔塌陷、被连接件压溃,需要反馈给设计源头进行连接副优化设计。采集拧紧过程中扭矩和角度曲线上的贴合扭矩 T_s 和屈服扭矩 T_f ,并在一定样本量的条件下进行统计分析,输出 T_{sA} 、 T_{fA} 、 $T_{sA+3\sigma}$ 、 $T_{fA-3\sigma}$ 。

5 试验要求

5.1 状态调节及环境要求

按照GB/T 2918中规定选用适当条件对热塑性塑料光孔进行状态调节,有特殊要求时,需双方协商适当的条件。

试验应确保与塑料光孔状态调节相同的环境下进行,除非另有规定,例如在高温或低温下试验。

5.2 设备要求

试验设备包含带扭矩传感器的拧紧工具及其控制系统,用于设置拧紧程序、采集拧紧过程的数据、生成“扭矩-角度”的拧紧曲线,示例见图1。

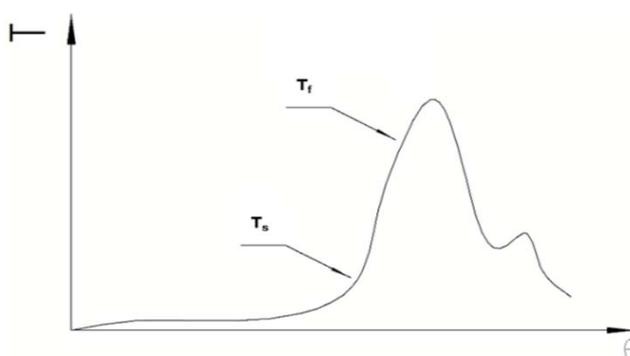


图1 拧紧曲线

5.2.1 拧紧工具性能参数要求

自攻螺钉的公称直径在3mm到6mm时,拧紧工具参数必须满足以下要求:

扭矩传感器范围:0.5Nm~10Nm;

拧紧工具精度:<3%;

测量角度误差:±2°;

转速控制范围:30rpm~1000rpm,并可编程调节。

当试验自攻螺钉的规格超出上述范围时,应更换合适的拧紧工具和更大量程的扭矩传感器。

5.3 工作台及夹具要求

工作台用于固定被测部件,使部件在X、Y两方向上自由移动,且可以在任意处锁紧固定。固定部件时应避免塑料孔发生目视可见的变形。工作台与夹具的示例见图2。

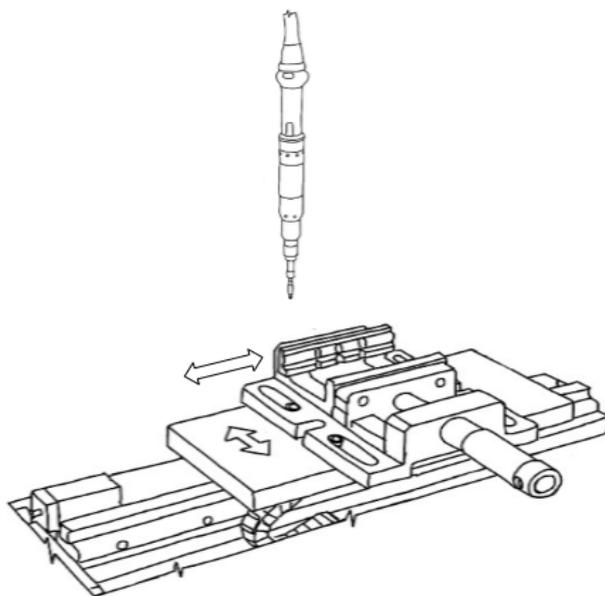


图2 工作台及夹具

6 试验方法及推荐拧紧扭矩

6.1 试验过程

1) 试验前对每个自攻螺钉和塑料光孔进行编号,对自攻螺钉和塑料孔的尺寸进行检测并记录。自攻螺钉尺寸可参考附录A,塑料光孔结构和尺寸可参考附录B和附录C。

2) 将现场装配的实际产品作为被连接件,按实际装配顺序叠放在一起,紧固在工作台夹具上并锁紧,应确保拧紧工具轴线与被夹件表面目视垂直无偏斜。

3) 试验拧紧工具转速范围30rpm~1000rpm,以恒定转速拧紧自攻螺钉,直到塑料光孔滑丝。拧紧转速对贴合扭矩 T_s 和屈服扭矩 T_f 的影响见附录D,请结合工厂实际装备水平选择拧紧转速。

4) 记录每组试验的贴合扭矩 T_s 、屈服扭矩 T_f 。

5) 按数据统计方法计算出 T_{sA} 、 T_{fA} 、 $T_{sA+3\sigma}$ 、 $T_{fA-3\sigma}$ 。

6.2 试验样本量

每组试验有效样本量不少于12个,当试验中自攻螺钉发生断裂、塑料光孔塌陷、被连接件压溃,则该单个试验数据无效。

6.3 标准差分析法

当 $T_{sA+3\sigma} < T_{fA-3\sigma}$ 时,说明该组试验数据稳定可靠。 $T_{sA+3\sigma}$ 与 $T_{fA-3\sigma}$ 两者之差反应了当前试验条件下塑料光孔所能承受的扭矩性能。差值越大,拧紧扭矩受外界影响因素越小。可按数据统计方法计算推荐拧紧扭矩 T_t 。

推荐拧紧扭矩 T_t 的取值由以下公式:

$$T_t = T_{sA} + K * (T_{fA-3\sigma} - T_{sA+3\sigma}) \quad (2)$$

($K=0.4\sim 0.6$,与塑料孔的本身强度有关,强度越大, K 值越大。可根据需要自行调整)

以上推荐拧紧扭矩仅仅是测试连接副本本身的性能。指导工厂现场装配扭矩还需要结合各工厂制定的扭矩控制规范。建议各工厂扭矩控制规范上限不能超过试验推荐拧紧扭矩。

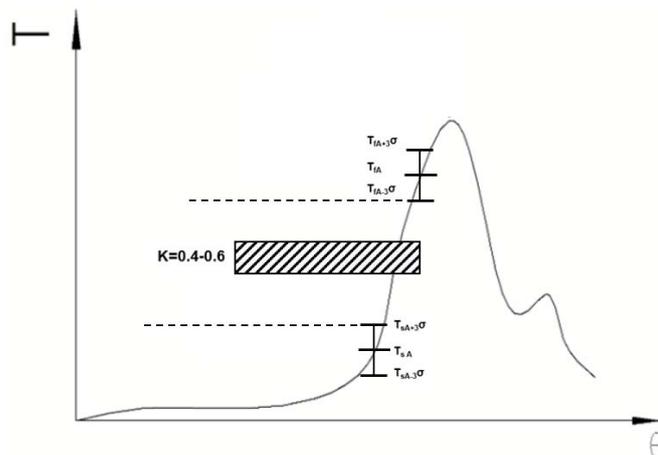


图3 统计特征值示意图

6.4 案例解析

表1为某一组测试紧固过程中采集到的贴合扭矩 T_s 和屈服扭矩 T_f

样本编号	T_s (Nm)	T_f (Nm)
1	1.00	4.05
2	1.06	4.16
3	1.12	4.08
4	0.97	4.07
5	0.97	3.98
6	1.12	4.06
7	0.99	4.25
8	1.11	4.12
9	0.98	4.18
10	1.07	4.15
11	1.03	4.05
12	1.06	4.57
T_{sA} / T_{fA}	1.04	4.14
标准差 σ	0.06	0.15
$T_{sA+3\sigma}$	1.22	
$T_{fA-3\sigma}$		3.69

表1 扭矩数据

标准差分析法

根据表1得： $T_{sA}=1.04\text{Nm}$ 、 $T_{fA-3\sigma}=3.69\text{ Nm}$ 、 $T_{sA+3\sigma}=1.22\text{Nm}$ ；
 满足条件 $T_{sA+3\sigma}<T_{fA-3\sigma}$ ；
 选取 $K=0.5$ ；
 $T_t=T_{sA}+K*(T_{fA-3\sigma}-T_{sA+3\sigma})$
 $T_t=1.04+0.5*(3.69-1.22)=2.28\text{ Nm}$
 根据工厂实际扭矩控制规范，推荐推荐扭矩为 $1.9\pm 0.3\text{Nm}$

表2 章节6.3的推荐拧紧扭矩计算方法示例

7 试验报告

拧紧试验的报告，应注明试验条件以及如下输出结果的详细信息：

- a) 自攻螺钉零件号、批次号和规格；
- b) 塑料件零件号、塑料光孔材料牌号和尺寸（含外直径、内孔径及啮合深度）；
- c) 被夹持零件材料牌号和尺寸（厚度、孔径）；。
- d) 螺钉表面涂层/镀层；
- e) 试验温度和湿度；
- f) 拧紧转速；
- g) 失效形式（螺钉断裂/塑料光孔滑丝）；
- h) 试验曲线：扭矩与角度曲线；
- i) 试验数据： T_{sA} 、 T_{fA} 、 $T_{sA+3\sigma}$ 、 $T_{fA-3\sigma}$ ；
- j) 推荐拧紧扭矩： T_t 。

附录 A

塑料用自攻螺钉推荐设计

自攻螺钉，见图 4、表 3。

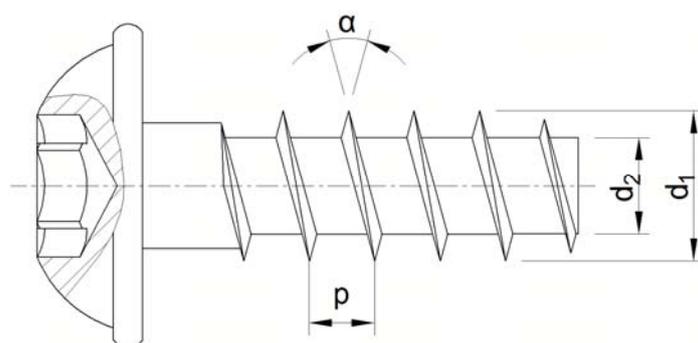


图 4 塑料用自攻螺钉

螺纹规格 d	3mm	4mm	5mm	6mm
牙型角 α	30°	30°	30°	30°
螺距 P	1.35	1.80	2.24	2.70
螺纹大径 d_1	3.18 _{-0.18}	4.18 _{-0.18}	5.18 _{-0.18}	6.22 _{-0.22}
螺纹底径 d_2	2.1 _{-0.60}	2.71 _{-0.60}	3.38 _{-0.75}	3.94 _{-0.75}

表 3 塑料用自攻螺钉推荐设计

附录 B

塑料光孔的结构

基于图4及表3自攻螺钉条件下，建议塑料光孔采用的结构见图5，在实际应用中，也允许与建议的结构有所差异。

理由如下：

- 材料的加工条件
 - 注塑模具的设计
 - 浇口痕迹的距离
 - 注塑时熔融塑料结合形成的流动纹理
 - 局部纹理，例如：填充剂和添加剂
 - 相同名称的材料往往构成不完全一样。例如：关于新料和再生料的比例。
- 因此，无论如何应对样件进行与拧紧圈数有关的试验。

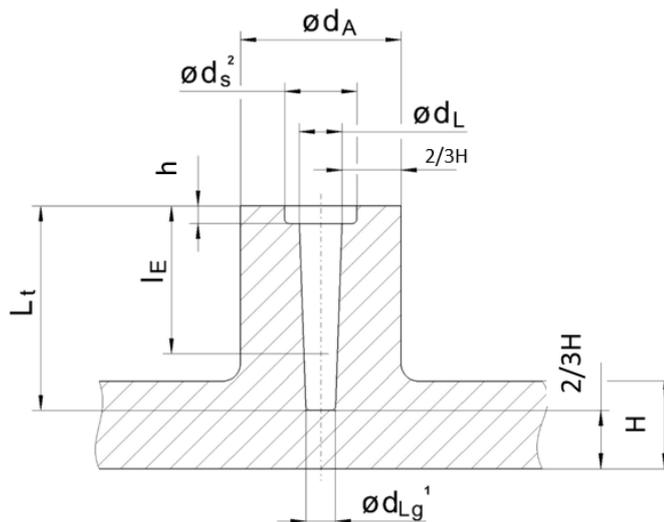


图5 塑料光孔尺寸要求

注1：沉头孔非常重要，因为他保证了周边应力的均匀分布，并也有利于螺钉的导入和定心，因此无需在螺钉末端做锥形导向。

注2：旋入深度 L_E 由螺钉有效螺纹的长度减去沉头孔深度和被连接材料的厚度 H 得出。

注3： d_i 为螺纹大径

1. $d_{Lg}=0.98 \times d_i$
2. $d_s=1.1 \times d_i$
3. $h_{min}=0.3 \times d_i$; $h_{max}=0.5 \times d_i$

附录 C

不同材料的塑料光孔推荐设计

塑料材质	定位孔直径(d_L)	塑料柱外径(d_A)	旋入深度(l_E)
ABS	$0,80 \times d_1$	$2,00 \times d_1$	$2,00 \times d_1$
ABS/PC blend	$0,80 \times d_1$	$2,00 \times d_1$	$2,00 \times d_1$
ASA	$0,78 \times d_1$	$2,00 \times d_1$	$2,00 \times d_1$
PA46	$0,73 \times d_1$	$1,85 \times d_1$	$1,80 \times d_1$
PA46-GF30	$0,78 \times d_1$	$1,85 \times d_1$	$1,80 \times d_1$
PA6	$0,75 \times d_1$	$1,85 \times d_1$	$1,70 \times d_1$
PA6-GF30	$0,80 \times d_1$	$2,00 \times d_1$	$1,90 \times d_1$
PA66	$0,75 \times d_1$	$1,85 \times d_1$	$1,70 \times d_1$
PA66-GF30	$0,82 \times d_1$	$2,00 \times d_1$	$1,80 \times d_1$
PBT	$0,75 \times d_1$	$1,85 \times d_1$	$1,70 \times d_1$
PBT-GF30	$0,80 \times d_1$	$1,80 \times d_1$	$1,70 \times d_1$
PC	$0,85 \times d_1$	$2,50 \times d_1$	$2,20 \times d_1$
PC-GF30	$0,85 \times d_1$	$2,20 \times d_1$	$2,00 \times d_1$
PVC (soft)	$0,70 \times d_1$	$2,00 \times d_1$	$2,00 \times d_1$
PVC (hard)	$0,75 \times d_1$	$1,80 \times d_1$	$1,80 \times d_1$
PET	$0,75 \times d_1$	$1,85 \times d_1$	$1,70 \times d_1$
PET-GF30	$0,80 \times d_1$	$1,80 \times d_1$	$1,70 \times d_1$
PMMA	$0,85 \times d_1$	$2,00 \times d_1$	$2,00 \times d_1$
POM	$0,70 \times d_1$	$1,95 \times d_1$	$2,00 \times d_1$
POM-GF30	$0,75 \times d_1$	$1,95 \times d_1$	$2,00 \times d_1$
PP	$0,70 \times d_1$	$2,00 \times d_1$	$2,00 \times d_1$
PP-TV20	$0,72 \times d_1$	$2,00 \times d_1$	$2,00 \times d_1$
PPO	$0,85 \times d_1$	$2,50 \times d_1$	$2,20 \times d_1$
PS	$0,80 \times d_1$	$2,00 \times d_1$	$2,00 \times d_1$
PVC (hard)	$0,80 \times d_1$	$2,00 \times d_1$	$2,00 \times d_1$
SAN	$0,77 \times d_1$	$2,00 \times d_1$	$1,90 \times d_1$

注: d_1 为螺纹大径

表 4 不同材料的塑料光孔推荐设计

附录 D

拧紧转速对贴合扭矩和屈服扭矩的影响

图 6 的试验数据来自以下测试条件：

自攻螺栓：4mm

塑料材质：ABS

塑料光孔尺寸： $d_t=3.2\text{mm}$ 、 $L_t=8\text{mm}$

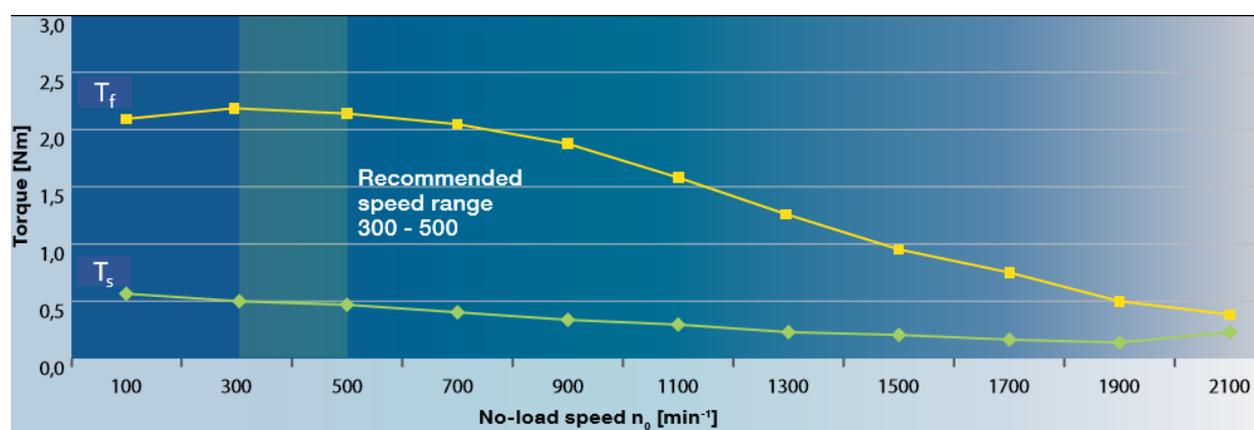


图6 拧紧转速对贴合扭矩和屈服扭矩的影响