ICS 21.060.01
J 13

中华人民共和国国家标准

GB/T 16823.3—2010/ISO 16047:2005
代替 GB/T 16823.3—1997

紧固件　扭矩-夹紧力试验

Fasteners—Torque/clamp force testing

(ISO 16047:2005,IDT)

2011-01-10 发布　　2011-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会　发布

前　言

GB/T 16823 的本部分(以下简称本部分)是“螺纹紧固件扭-拉关系”系列标准之一,该系统包括:

——GB/T 16823.1—1997　螺纹紧固件应力截面积和承载面积;

——GB/T 16823.2—1997　螺纹紧固件紧固通则;

——GB/T 16823.3—2010　紧固件　扭矩-夹紧力试验。

本部分是 GB/T 16823 的第 3 部分。

本部分等同采用 ISO 16047:2005《紧固件　扭矩-夹紧力试验》(英文版),主要编辑性修改如下:

——在引用文件中,用我国标准代替国际标准(第 2 章)。

本部分代替 GB/T 16823.3—1997《螺纹紧固件拧紧试验方法》。

本部分与 GB/T 16823.3—1997 相比主要变化如下:

——修改标准名称;

——规定适用于由碳钢和合金钢制造的、螺纹规格为 M3～M39 的紧固件(第 1 章);

——紧固件的机械性能应分别符合 GB/T 3098.1、GB/T 3098.2 或 GB/T 3098.4 的规定(第 1 章);

——规定了试验应在室温下进行,而标准的试验条件为 10 ℃～35 ℃(第 1 章);

——调整引用标准(第 2 章);

——增加了术语与定义、代号及其含义(第 3 章、第 4 章);

——增加了总摩擦系数(见 10.2);

——增加了极限紧固扭矩(见 10.8);

——取消旧标准图 3“紧固转角与紧固轴力、紧固扭矩曲线图”,并规定:有多种方法确定屈服夹紧力(屈服紧固扭矩),具体使用方法由合同双方协议(见 10.5、10.6);

——规定极限夹紧力应在试验过程中,当夹紧力达到最大时读出(见 10.7);

——调整了各种摩擦系数的确定方法和计算公式(第 10 章)。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国紧固件标准化技术委员会(SAC/TC 85)归口。

本部分负责起草单位:中机生产力促进中心。

本部分参加起草单位:机械工业通用零部件产品质量监督检测中心、宁波九龙紧固件制造有限公司、北京科瑞思测控科技有限公司、浙江泽恩标准件有限公司、上海申光高强度螺栓有限公司。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 16823.3—1997。

紧固件 扭矩-夹紧力试验

1 范围

GB/T 16823 的本部分规定了螺纹紧固件和相关零件进行扭矩-夹紧力试验的条件。

本部分主要适用于由碳钢和合金钢制造的、螺纹规格为 M3～M39 的螺栓、螺钉、螺柱和螺母。其机械性能应分别符合 GB/T 3098.1、GB/T 3098.2 或 GB/T 3098.4。本部分也适用于符合 ISO 68-1 规定的其他内、外螺纹紧固件连接副。

本部分不适用于紧定螺钉及类似的不受拉力的螺纹紧固件，也不适用于有锁紧性能，自攻或自挤成型的螺纹紧固件。

除非另有协议，试验在室温下进行。而标准的试验条件为 10 ℃～35 ℃。

本部分规定的方法可以确定螺纹紧固件与相关零件的紧固特性。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 16823 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB/T 70.1 内六角圆柱头螺钉(GB/T 70.1—2008，ISO 4762:2004，MOD)

GB/T 96.1 大垫圈 A 级(GB/T 96.1—2002，eqv ISO 7093-1:2000)

GB/T 192 普通螺纹 基本牙型(GB/T 192—2003，ISO 68-1:1998，MOD)

GB/T 228 金属材料 室温拉伸试验方法(GB/T 228—2002，eqv ISO 6892:1998)

GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱(GB/T 3098.1—2010，ISO 898-1:1999，IDT)

GB/T 3098.2 紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹(GB/T 3098.2—2000，idt ISO 898-2:1992)

GB/T 3098.4 紧固件机械性能 螺母 细牙螺纹(GB/T 3098.4—2000，idt ISO 898-6:1994)

GB/T 3103.3 紧固件公差 平垫圈(GB/T 3103.3—2000，idt ISO 4759-3:2000)

GB/T 5267.1 紧固件 电镀层(GB/T 5267.1—2002，ISO 4092:1999，IDT)

GB/T 5267.2 紧固件 非电解锌片涂层(GB/T 5267.2—2002，ISO 10683:2000，IDT)

GB/T 5277 紧固件 螺栓和螺钉通孔(GB/T 5277—1985，eqv ISO 273:1979)

GB/T 5782 六角头螺栓(GB/T 5782—2000，eqv ISO 4014:1999)

GB/T 5783 六角头螺栓 全螺纹(GB/T 5783—2000，eqv ISO 4017:1999)

GB/T 5785 六角头螺栓 细牙(GB/T 5785—2000，eqv ISO 8765:1999)

GB/T 6170 1 型六角螺母(GB/T 6170—2000，eqv ISO 4032:1999)

GB/T 6171 1 型六角螺母 细牙(GB/T 6171—2000，eqv ISO 8673:1999)

GB/T 6175 2 型六角螺母(GB/T 6175—2000，eqv ISO 4033:1999)

GB/T 6176 2 型六角螺母 细牙(GB/T 6176—2000，eqv ISO 8674:1999)

GB/T 16674.1 六角法兰面螺栓 小系列(GB/T 16674.1—2004，ISO 15071:1999，MOD)

GB/T 16674.2 六角法兰面螺栓 细牙 小系列(GB/T 16674.2—2004，ISO 15072:1999，MOD)

3 术语与定义

下列术语与定义适用于本部分。

3.1

夹紧力 clamp force

F

拧紧过程中，作用在螺栓杆部的拉力或被连接零件之间的压力。

3.2

屈服夹紧力 yield clamp force

F_y

拧紧时，在复合应力状态下，螺杆或啮合螺纹达到屈服时的夹紧力。

3.3

极限夹紧力 *ultimate clamp force*

F_u

在复合应力状态下，螺杆断裂前可能产生的最大夹紧力。

3.4

紧固扭矩 tightening torque

扳紧扭矩 wrenching torque

施加扭矩 applied torque

T

拧紧时，施加于螺母或螺栓头部的扭矩。

3.5

屈服紧固扭矩 yield tightening torque

T_y

达到屈服夹紧力的紧固扭矩。

3.6

螺纹扭矩 thread torque

T_{th}

拧紧过程中，通过啮合螺纹作用于螺栓杆部的扭矩。

3.7

支承面摩擦扭矩 brering surface friction torque

T_b

拧紧过程中，通过支承面作用于被连接件之间的扭矩。

3.8

极限紧固扭矩 ultimate tightening torque

T_u

达到极限夹紧力的紧固扭矩。

4 代号与含义

使用的代号及其含义或名称，见表1。

表1

代号	代号含义或名称
d	螺纹公称直径 nominal thread diameter
d_2	螺纹中径 basic pitch diameter of thread
d_4	试验夹具的孔径 diameter of hole of test fixture

表 1（续）

代号	代号含义或名称
D_h	螺栓通过的垫圈或支承零件的孔径（公称值） clearance hole diameter of washer or bearing part (nominal value)
D_b	螺母或螺栓头下支承面的摩擦直径（理论的或实测的） diameter of bearing surface under nut or bolt head for friction(theoretical or measured)
D_o	支承面外径 d_w min 或 d_k min（见产品标准） outer diameter of bearing surface, d_w min or d_k min (see product standards)
D_p	支承垫片的直径 diameter of plain area of bearing plate
F	夹紧力 clamp force
F_p	保证载荷（按 GB/T 3098.1、GB/T 3098.2 或 GB/T 3098.4） proof load according to ISO 898-1, ISO 898-2 or ISO 898-6, whichever is relevant
F_u	极限夹紧力 ultimate clamp force
F_y	屈服夹紧力 yield clamp force
H	试验垫片或试验垫圈的厚度 thickness of test-bearing plate or test washer
K	扭矩系数 torque coefficient, $K=T/Fd$
L_c	夹紧长度 clamp length
L_t	支承面之间完整螺纹的长度 length of complete thread between bearing surfaces
P	螺距 pitch of the thread
T	紧固扭矩 tightening torque
T_b	支承面摩擦扭矩 bearing surface friction torque
T_{th}	螺纹扭矩 thread torque
T_u	极限紧固扭矩 ultimate tightening torque
T_y	屈服紧固扭矩 yield tightening torque
θ	转角角度 rotation angle
μ_b	螺母或螺栓支承面摩擦系数 coefficient of friction between bearing surfaces under nut or bolt head
μ_{th}	螺纹摩擦系数 coefficient of friction between threads
μ_{tot}	总摩擦系数 coefficient of total friction

5 试验原理

5.1 通则

紧固扭矩平稳地作用于螺栓-螺母连接副或者螺钉-螺母连接副以产生夹紧力，测量和（或）确定一个或更多紧固特性。这些特性包括摩擦系数、总摩擦系数、螺纹摩擦系数、支承面摩擦系数、屈服夹紧力、屈服紧固扭矩、转角和极限夹紧力。在弹性变形的范围内，扭矩与夹紧力理论上呈线性关系。

注：对螺柱只能测定螺纹摩擦系数。

有两种不同目的的试验：

a） 在标准条件下，紧固件的紧固特性试验（见第 8 章），即使用 7.2.2 和 7.2.3 规定的试验垫板或试验垫圈（HH 型或 HL 型），以及 7.3 和 7.4 规定的试验螺母和试验螺栓。

b） 在特殊情况下，紧固件的紧固特性试验见第 9 章。

拟测定的紧固特性与参数/项目间的关系见表 2。

用不同方法描述不同表面状态和润滑状态下，螺栓连接副的扭矩-夹紧力关系，见5.2～5.4。

表2

可测的紧固特性	被测参数/项目					条款序号
	夹紧力 F	紧固扭矩 T	螺纹扭矩 T_{th}	支承面摩擦扭矩 T_b	转角 θ	
扭矩系数	○	○	—	—	—	10.1
总摩擦系数	○	○	—	—	—	10.2
螺纹摩擦系数	○	—	○	—	—	10.3
支承面摩擦系数	○	—	—	○	—	10.4
屈服夹紧力	○	—	—	—	○	10.5
屈服紧固扭矩	○	○	—	—	○	10.6
极限夹紧力	○	—	—	—	—	10.7
极限紧固扭矩	○	○	—	—	—	10.8

5.2 摩擦系数的确定

在最普通的摩擦条件下，如不考虑紧固件的形状和尺寸，则可用于测定各种摩擦系数(见10.2～10.4)。摩擦系数是一个无量纲数据，由可测量的物理特性计算得出，它取决于所连结的表面类型和几何形状。所需的测量方法是相当昂贵的，因为必须有一个测量夹紧力的传感器和至少两个不同扭矩的传感器，并且需要测得所有相关的几何尺寸(d_2，P，D_b)。为确定摩擦系数，在相同摩擦条件下，对所有规格范围内的紧固件可用扭矩-夹紧力计算。

5.3 扭矩系数 K(K-指数)的确定

扭矩系数 K 的测量方法是比较简单的，可由公式 $K=T/(Fd)$ 计算得出(见10.1)。在这种情况下，仅与 d 有关。这表示 K-指数仅由一个尺寸限定。为确定 K，需要测出夹紧力 F 和拧紧扭矩 T。

在相同摩擦条件、相同尺寸 d 和相同几何面积的紧固件上，K-指数可以用于扭矩-夹紧力的计算。

5.4 比值 T/F 的确定

最简单也是最高级的方法是测量出纯理论的扭矩和夹紧力的关系。T/F 的比值仅用于非常特殊的连接研究。这时，不需要知道紧固件的尺寸和形状。

6 设备

6.1 试验机

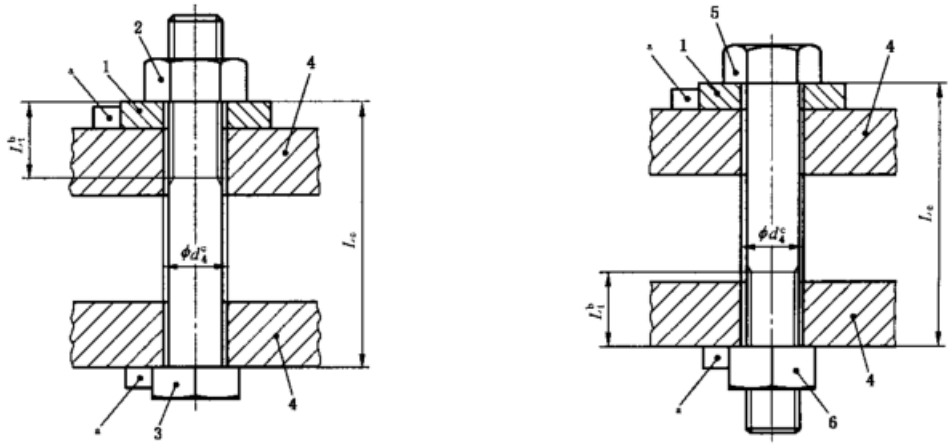
试验机应能自动地或者通过手动旋转螺母或螺栓(钉)头施加紧固扭矩，并装有能够测量表2所列项目的装置，除非另有规定，测量相对误差应在2%范围内。角度测量允许误差为2°或测量值的2%(取二者中的较大值)。仲裁时，应使用能定速旋转的可控机动工具拧紧，试验结果用电子仪器记录。

试验机的刚度，包括载荷传感器和夹具的刚度，都很重要，在整个试验过程中不能变化。

6.2 试验夹具

试验夹具应能承受紧固轴力和支承面摩擦扭矩的复合载荷，而不应产生永久变形和位移。图1给出试验夹具的基本要求。

试验螺柱时，夹具和试验件的安装类似图1a)所示。但只能检测拧入螺母端，试验前，螺柱拧入基体端不应转动。



a) 螺母试件　　b) 螺栓试件

1——试验垫片，试验垫圈或者专用垫圈；

2——螺母试件；

3——试验螺栓(或试验螺钉)；

4——试验装置(夹紧元件)；

5——螺栓(或螺钉)试件；

6——试验螺母。

[a] 应采用适当的方法固定试验垫片或试验垫圈和螺栓头部或螺母以防止转动，并应对中。

[b] 在达到屈服夹紧力或极限夹紧力的情况下，L_1 至少为 1 d。

[c] d_h 符合 GB/T 5277 精装配系列的规定。

图 1　夹具和试件装夹

7　检测零件

7.1　通则

检测零件应与零件试件相匹配。

在标准条件下，对螺栓、螺钉或螺母进行检测，应使用规定的试验零件(试验垫圈、试验垫片、试验螺母、试验螺栓、试验螺钉)，见图 1。试验零件应按 7.2～7.4 的规定。

试验前应清除试验件上的所有油脂、油和其他污物。应使用超声波法，以及符合健康及安全要求的溶液去除油污。如有争议，去油污的方法由合同双方协议确定。

7.2　试验垫片或试验垫圈

7.2.1　类型

试验垫片或试验垫圈有高硬度(淬硬的，HH 型)或低硬度(HL 型)两种。除非需方在订货时有其他要求，供应商应按经验选择试验垫片或试验垫圈及其表面状态。

7.2.2　HH 型试验垫片或试验垫圈

硬度：50 HRC～60 HRC。

表面粗糙度：Ra 0.5±0.3。

通孔：孔径(d_h)按 GB/T 5277 中等装配系列、无倒角、无沉孔。

厚度：试验垫片或试验垫圈的最小厚度 h 应符合 GB/T 96.1 的规定。

同一零件的厚度差(Δh)见表 3，同一零件厚度差的定义见 GB/T 3103.3。

平面度：按 GB/T 3103.3 中 A 级的规定。

表面状态：a)　表面无镀覆层、无油污；

b)　按 A1J(GB/T 5267.1 电镀锌、1 μm、光亮-无色)，并去油脂。

零件应无毛刺。

试验垫片或试验垫圈的基本尺寸见图 2。

7.2.3 HL 型试验垫片或试验垫圈

硬度:200 HV～300 HV。

表面粗糙度:厚度小于或等于 3 mm 时,粗糙度为 Ra1.6 μm;厚度大于 3 mm～6 mm 时,为 Ra3.2 μm(按 GB/T 96.1)。

通孔:孔径(d_h)按 GB/T 5277 中等装配系列、无倒角、无沉孔。

厚度:试验垫片或试验垫圈的最小厚度 h 应符合 GB/T 96.1 的规定。

同一零件的厚度差(Δh)见表 3,同一零件厚度差的定义见 GB/T 3103.3。

表 3

单位为毫米

d	3～5	6～10	12～20	22～33	36
Δh	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3

平面度:按 GB/T 3103.3 中 A 级的规定。

表面状态:a) 表面无镀覆,并去油脂;

b) 按 A1J(GB/T 5267.1 电镀锌、1 μm、光亮-无色),并去油脂。

零件应无毛刺。

试验垫片或试验垫圈的基本尺寸见图 2。

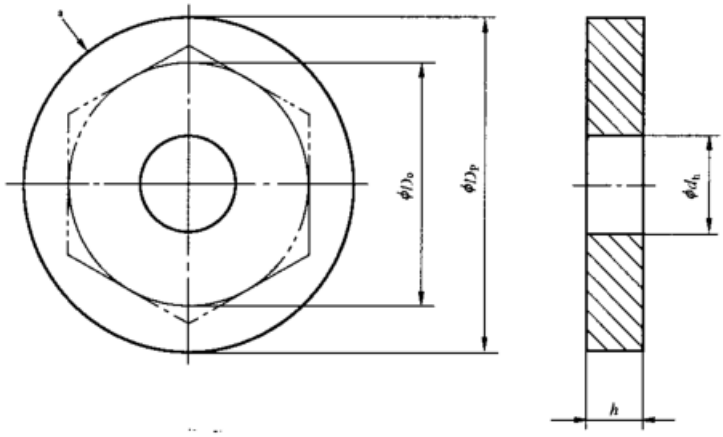


图 2 试验垫片或试验垫圈(HH 型和 HL 型)

不规定试验垫片或试验垫圈的外形,但其直径 D_p 应大于螺栓试件(或螺母试件,或螺钉试件的垫圈面)支承面或螺钉和垫圈组合件试件的垫圈的外径 D_o。

7.3 检测螺栓、螺钉或螺柱用的试验螺母

检测性能等级等于或低于 10.9 级的螺栓、螺钉和螺柱时,所用的试验螺母应符合 GB/T 6170 或 GB/T 6171 规定的 10 级;检测 12.9 级的螺栓、螺钉和螺柱时,所用的试验螺母应符合 GB/T 6175 或 GB/T 6176 规定的 12 级。

表面状态:a) 表面无镀覆,并去油脂;

b) 按 A1J(GB/T 5267.1 电镀锌、1 μm、光亮-无色),并去油脂。

检测短螺钉或者螺柱的拧入螺母端时,可用一个带内螺纹孔的垫块代替试验螺母;螺纹的旋合长度不小于 0.8d。

7.4 检测螺母用的试验螺栓或试验螺钉

检测螺母时，所用的试验螺栓或试验螺钉应符合 GB/T 5782、GB/T 5783、GB/T 70.1、GB/T 5785、GB/T 16674.1 或 GB/T 16674.2 的规定，性能等级与螺母试件相当，但不应低于 8.8 级。螺纹应滚压成形。

表面状态：a) 表面无镀覆，并去油脂；

b) 按 A1J(GB/T 5267.1 电镀锌、1 μm、光亮-无色)，并去油脂。

当螺母试件与试验垫片或试验垫圈贴合时，试验螺栓或试验螺钉应伸出 2～7 倍螺距的长度(由螺母试件的型式确定)。拧紧螺母试件时，夹层内应至少有两个完整螺纹。试验螺栓末端应是平整的并倒角。螺纹部分应无影响紧固扭矩的毛刺和污物。

8 标准条件下的试验

标准条件下，应使用 6.1 和 6.2 规定的试验机和试验夹具，试验零件应按 7 章的规定。

仲裁时，零件试件不能在镀覆后 24 h 内试验。试验的试件温度应与室温一致。

除非另有规定，试验零件(试验螺栓、试验螺钉、试验螺母、试验垫片和试验垫圈)只能使用一次。当试验中，计划重复使用试验垫圈时，每一个试验垫圈的历次使用情况都应有清楚的记录。

试验螺栓(或试验螺钉)的头部或者试验螺母应固定在试验夹具的一侧，而试验垫片或试验垫圈则应固定在夹具的另一侧。试件应装在夹具中，当施加紧固扭矩时，螺母或螺栓(螺钉)头应能自由转动(见图 1)。

试验条件应详细记录(见第 11 章)，并在固定的条件下进行试验。除非另有规定，则对 M3～M16 的拧紧速度为 10 r/min～40 r/min；对大于 M16～M39 的拧紧速度为 5 r/min～15 r/min。旋转速度应均匀。

9 特殊情况下的试验

特殊情况下，应使用 6.1 和 6.2 规定的试验机和试验夹具。但试验螺栓、试验螺钉或试验螺柱、试验螺母、试验垫片或试验垫圈，以及拧紧速度，均应符合合同双方认可的特殊要求。

若试验零件与 7.2～7.4 规定的不同，则应在试验报告中详细记录。

当试验螺钉和垫圈组合件或螺母和垫圈组合件时，合同双方应协商全部试验条件。例如，在试验过程中是否固定垫圈。

10 结果评估

10.1 扭矩系数 K 的确定

根据紧固扭矩与夹紧力的关系使用下列公式确定扭矩系数：

$$K=\frac{T}{Fd}$$

除非另有规定，则夹紧力应为试验零件或零件试件保证载荷的 75%($0.75F_p$)，并取两者中的较小值。

10.2 总摩擦系数 μ_{tot} 的确定

对于紧固扭矩 T，下列公式建立在 Kellermann 和 Klein 公式的基础上：

$$T=F\times\left[\frac{1}{2}\times\frac{P+1{,}154\times\pi\times\mu_{th}\times d_2}{\pi-1{,}154\times\mu_{th}\times\frac{P}{d_2}}+\mu_b\times\frac{D_o+d_h}{4}\right]$$

总摩擦系数 μ_{tot} 根据紧固扭矩与夹紧力的比值，用近似公式计算确定：

$$\mu_{tot}=\frac{\frac{T}{F}-\frac{P}{2\pi}}{0{,}577d_2+0{,}5D_h}$$

式中：

$$D_b = \frac{D_o + d_h}{2}$$

注：近似公式引起的误差约1%～2%，可以忽略不计。

如果使用 D_b 的实测值，应由合同双方协议。

总摩擦系数只用于比较不同摩擦条件下的螺栓连接副。总摩擦系数的计算公式是假设螺纹摩擦系数与支承面摩擦系数相等。

除非另有规定，则夹紧力应为试验零件或零件试件保证载荷的75%($0.75F_p$)，并取两者中的较小值。

10.3 螺纹摩擦系数 μ_{th} 的确定

螺纹摩擦系数应根据螺纹扭矩与夹紧力的关系，用下列近似公式计算确定：

$$\mu_{th} = \frac{\frac{T_{th}}{F} - \frac{P}{2\pi}}{0{,}577 d_2}$$

除非另有规定，则夹紧力应为试验零件或零件试件保证载荷的75%($0.75F_p$)，并取两者中的较小值。

注：螺纹扭矩可以通过实测紧固扭矩和支承面摩擦扭矩计算得到：

$$T_{th} = T - T_b$$

10.4 支承面摩擦系数 μ_b 的确定

支承面摩擦系数应根据支承面摩擦扭矩与夹紧力的关系，用下列近似公式计算确定：

$$\mu_b = \frac{T_b}{0{,}5 D_b F}$$

式中：

$$D_b = \frac{D_o + d_h}{2}$$

对于环形支承接触面，如果使用 D_b 的实测值，应由合同双方协议。

除非另有规定，则夹紧力应为试验零件或零件试件保证载荷的75%($0.75F_p$)，并取两者中的较小值。

注：支承面摩擦扭矩可由紧固扭矩和螺纹扭矩计算得出，公式如下：

$$T_b = T - T_{th}$$

10.5 屈服夹紧力 F_y 的确定

屈服夹紧力应由夹紧力与转角或其他等效的关系来确定。有多种方法确定屈服夹紧力，具体使用方法由合同双方协议。

10.6 屈服紧固扭矩 T_y 的确定

屈服紧固扭矩应在达到屈服夹紧力时读取。有多种方法确定屈服紧固扭矩，具体使用方法由合同双方协议。

10.7 极限夹紧力 F_u 的确定

极限夹紧力应在试验过程中，当夹紧力达到最大时读出。试验理应进行到螺纹紧固件失效，但如果很容易断裂，则应在达到最大夹紧力后立即停止试验，否则断裂的紧固件不容易从夹具上拆卸下来。

10.8 极限紧固扭矩 T_u 的确定

极限紧固扭矩应由紧固扭矩-夹紧力的关系或者其他相当的关系来确定，当达到极限夹紧力时可读取极限紧固扭矩的数值。试验理应进行到螺纹紧固件失效，但如果很容易断裂，则应在达到最大紧固扭矩后立即停止试验，否则断裂的紧固件不容易从夹具上拆卸下来。

11 试验报告

11.1 通则

报告中应详细记录紧固特性、试验条件。试验报告应包括以下信息，与本部分不同之处应明确指出。

11.2 紧固件试件的描述

11.2.1 螺栓、螺钉和螺柱

强制信息：

a) 标准紧固件标记；

b) D_b 计算值；

c) 非标准紧固件的型式、性能等级、螺纹规格和长度；

d) 表面镀覆层；

e) 润滑；

f) 螺纹加工方法。

如有要求可提供的信息：

a) 实际机械性能(拉伸强度或硬度)；

b) 表面粗糙度；

c) 紧固件的制造方法；

d) 其他信息。

11.2.2 螺母

强制信息：

a) 标准紧固件的标记；

b) D_b 计算值；

c) 非标准紧固件的型式、性能等级和螺纹规格；

d) 表面镀覆层；

e) 润滑；

f) 螺纹加工方法。

如有要求可提供的信息：

a) 实际硬度；

b) 表面粗糙度；

c) 紧固件的制造方法；

d) 其他信息。

11.2.3 垫圈

必要信息：

a) 标准紧固件的标记；

b) 非标准垫圈的尺寸与公差；

c) 表面状态；

d) 实际硬度。

如有要求可提供的信息：

a) 表面粗糙度；

b) 制造方法；

c) 其他信息。

11.3 试验零件的描述

11.3.1 试验螺栓或试验螺钉

下列任选其一：

——符合 7.4 的试验螺栓或螺钉中的一种，或

——特殊条件下的试验时，符合 11.2.1 的一种。

11.3.2 试验螺母

下列任选其一：

——符合 7.3 的试验螺母的一种，或

——特殊条件下的试验时，符合 11.2.2 的一种。

11.3.3 试验支承件

下列任选其一：

——符合 7.2 的试验支承零件的一种，或

——特殊条件下的试验时，符合 11.2.3 的一种。

11.4 试验机

应给出以下信息：

a) 量程；

b) 测量设备的类型及其量程；

c) 驱动速度；

d) 驱动方式(手动或机动)。

11.5 试验夹具

应给出以下信息：

a) 夹层长度 L_c；

b) 两支承面之间的完整螺纹长度；

c) 驱动件(螺栓或螺母)。

11.6 环境条件

应给出以下信息：

a) 温度；

b) 空气湿度。

11.7 特殊条件

按合同双方协议的内容。

11.8 试验结果

11.8.1 实测值

应给出以下信息：

a) 样本数量；

b) 若未按 10.2 或 10.4 计算出，则应给出 D_b 值；

c) 特定紧固轴力下对应的扭矩，或者特定扭矩下对应的紧固轴力；

d) 转角角度(如有要求时)。

11.8.2 已确定的数值(要求其中的一个)

应给出以下信息：

a) 扭矩系数 K；

b) 扭矩-夹紧力的关系 T/F 或者 F/T；

c) 总摩擦系数 μ_{tot}；

d) 螺纹摩擦系数 μ_{th}；

e) 支承面摩擦系数 μ_b。

11.8.3 其他结果

应给出以下信息：

a) 合同双方协议的结果；

b) 观测到的其他信息。

参 考 文 献

[1] KELLERMANN, R. and KLEIN, H-C. Investigations on the influence of friction on the clamp force and the tightening torque of bolted joints. R. Konstruktion, 2, 1955. Springer-Verlag. Berlin/Göttingen/Heidelberg

克莱曼·R 和克林·H-C,《螺纹连接副中摩擦力对夹紧力和紧固扭矩的影响的研究》.