

拧紧工艺介绍及设计



art 拧紧 固

拧紧工艺介绍及设计计算

简介

高强度螺栓连接的可靠性本质上取决于预紧力的范围。

当不恰当的拧紧工艺所导致的预紧力过高或过低时，前期大量的设计计算和制造方法将会失效。

过高的预紧力直接导致螺栓超过其使用极限。

过低的预紧力间接导致连接件的失效。例如由于较低的预紧力引起的螺栓松动或断裂，从而导致整个连接件的失效。

拧紧时离散性小的预紧力有如下优点：

- 有效避免螺栓超过其使用极限。
- 有效避免螺栓的松动。

因此，拧紧过程尤其重要

拧紧工艺介绍及设计计算

在拧紧螺栓或螺母时，对应的将会产生拧紧扭矩和夹紧力。同时，这个总的拧紧扭矩可以分解为螺纹扭矩和支承面或螺母表面的摩擦扭矩。

在弹性变形区和恒定摩擦条件下，紧固扭矩 T 和夹紧力 F 之间存在线性关系。扭矩由以下部分组成：

- 有效或螺纹螺距扭矩 (Effective or thread pitch torque) T_{slope} (T_{sl})
- 螺纹摩擦扭矩 $T_{\text{thread-friction}}$ ($T_{\text{th-fr}}$)
- 支承面的摩擦扭矩 T_{bearing} (T_{b})

只有有效扭矩给螺纹连接提供夹紧力，这个夹紧力是通过螺距的楔形作用产生的。

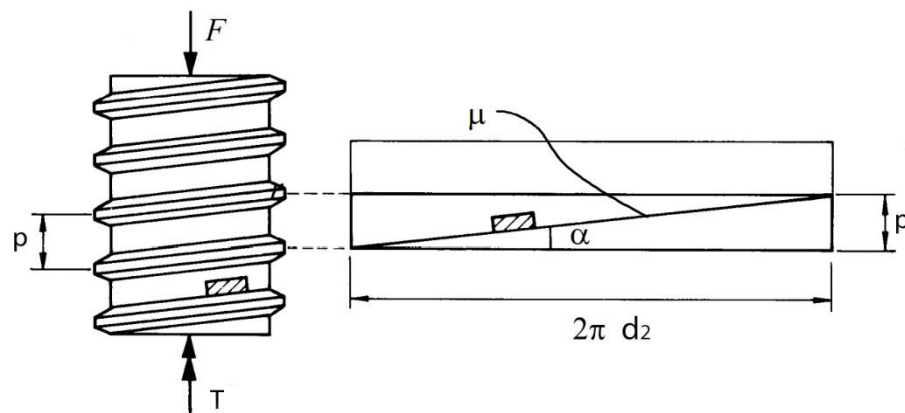


图. 1 : 螺纹楔形作用

拧紧工艺介绍及设计计算

在拧紧过程中产生的装配扭大部分用于克服螺栓头下和螺母面（支撑面摩擦扭矩 T_b ）和螺栓与螺母侧面之间的摩擦（螺纹摩擦扭矩 T_{th-fr} ），因此不能用于产生夹紧力。

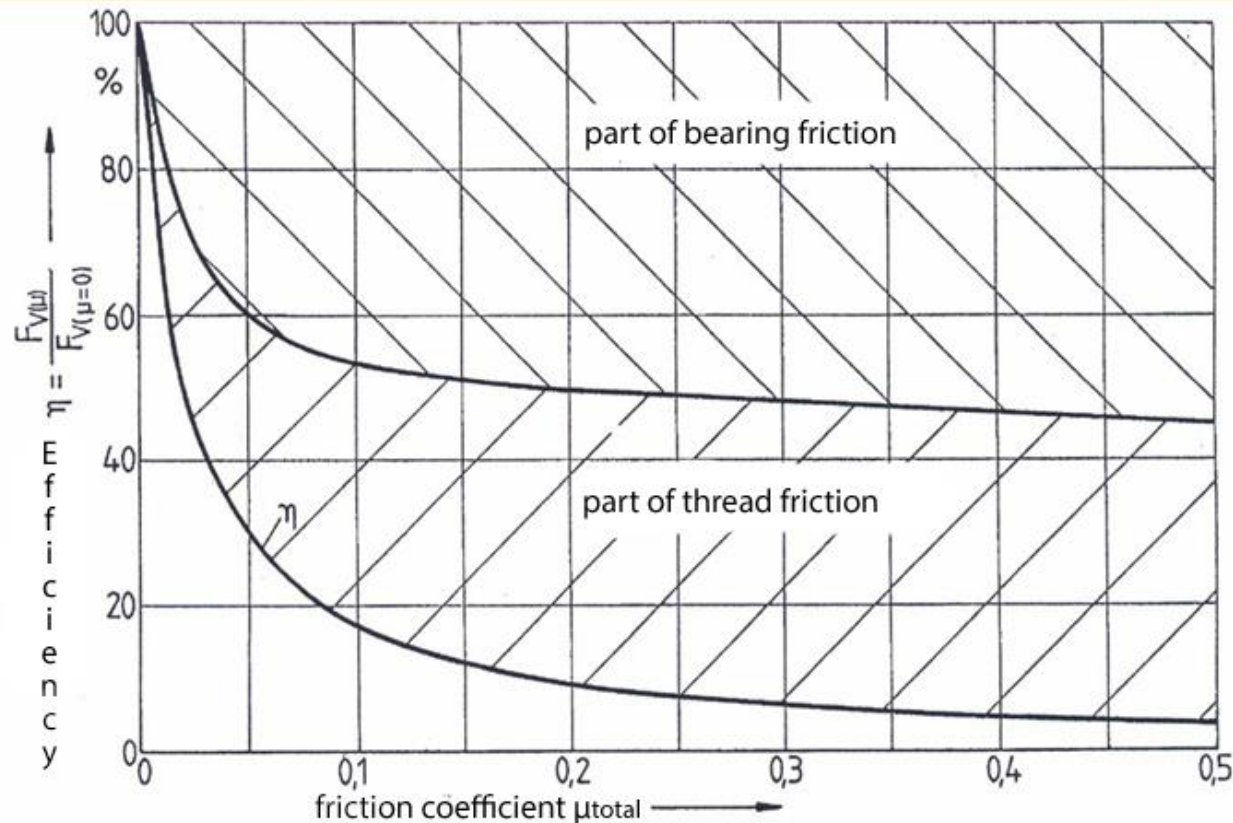


图2：M10螺栓在不同的摩擦系数条件下达到的预紧力

拧紧扭矩的数学公式表述如下：

$$T = T_{slope} + T_{thread-friction} + T_{bearing}$$

螺纹扭矩 T_{th} 由螺距扭矩 T_{slope} 和螺纹摩擦扭矩 $T_{thread-friction}$ 形成。

拧紧扭矩也可简化为以下公式：

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

$\mu = 0.08 - 0.16$ 范围内的摩擦系数（高强度润滑螺纹连接中常见的公共范围）消耗了紧固扭矩的约80-90%。

手工拧紧

采用相同的工具拧小螺栓时 ($< M8$) 会产生较大的扭矩，拧大螺栓时 ($> M12$) 会产生较小的扭矩。



图 3：开口扳手



图 4：内六角扳手



图5：科隆大教堂塔楼上螺栓的拧紧

当用叉形或环形扳手工装配螺纹连接时，夹紧力受到工人主观感受的影响。所获得初始夹紧力的大小取决于安装者的经验和身体状况以及使用扳手的长度。对不同直径和强度等级螺栓紧固的研究发现，在大多数情况下，即使是可靠的人，在用手拧紧时也会错误地施加预紧力。

拧紧工艺介绍及设计计算



如果让人工施加扭矩/力，则可根据DIN 838用扳手安装强度等级为10.9，尺寸为 $\leq M10$ 的螺钉。

按DIN 911标准使用艾伦（Allen wrench)扳手，可以拧紧M6螺钉到所需的夹紧力。

图6：所获得的紧固扭矩以及螺栓预紧力显示了相当大的差异。因此较大尺寸的螺钉- 即使使用额外的力臂 - 也不可能可靠的装配。

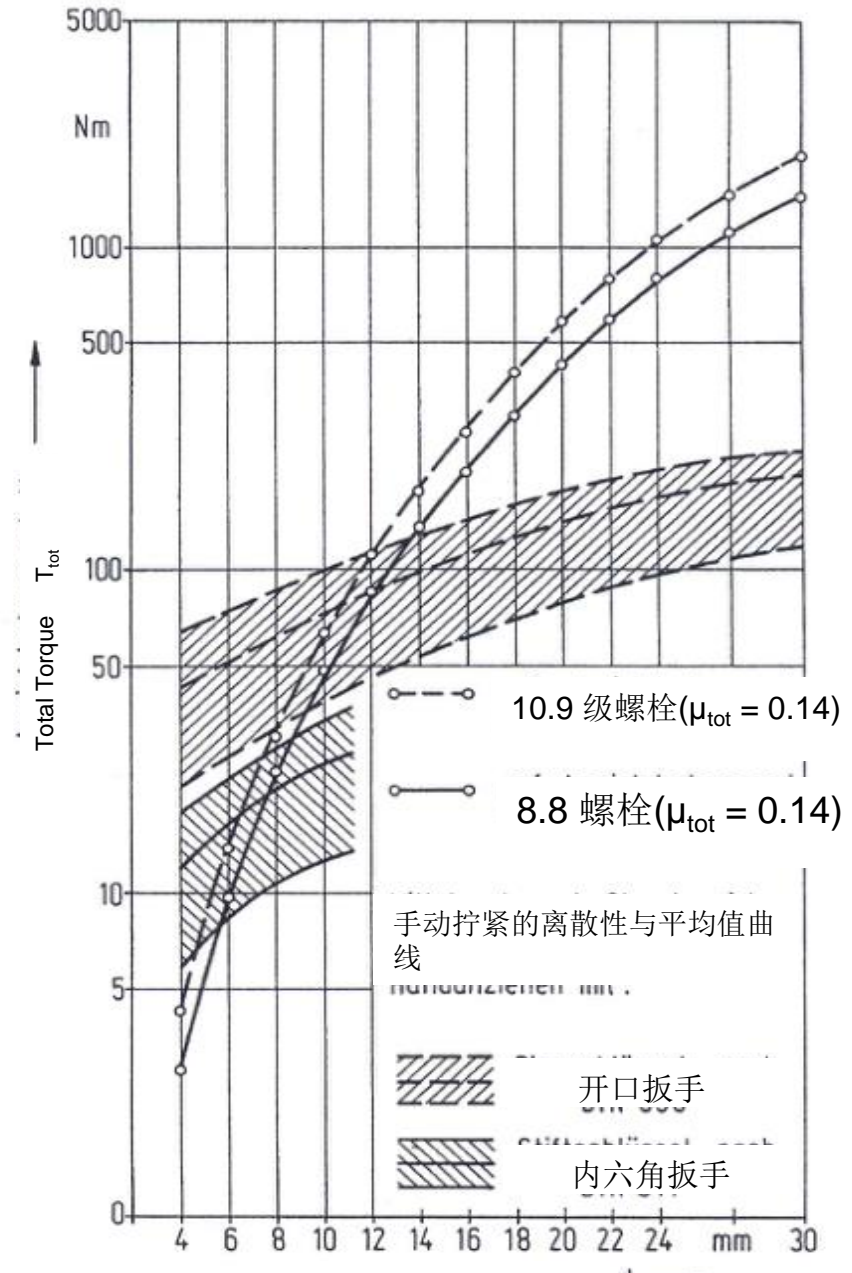


Fig. 6 : 手动拧紧的离散性

夹紧力测量不确定度来源于以下原因：

- 螺栓的外形尺寸(直径，长度)
- 螺栓材料刚度系数（弹性模量）的差异性
- 测量误差

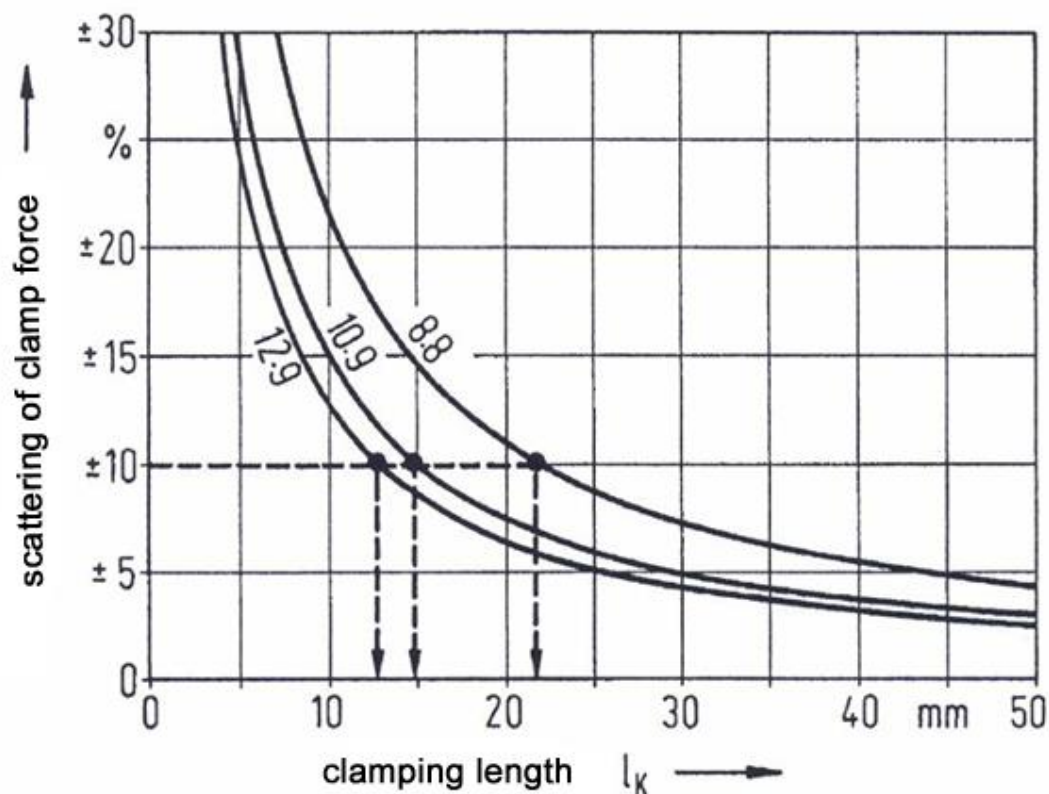
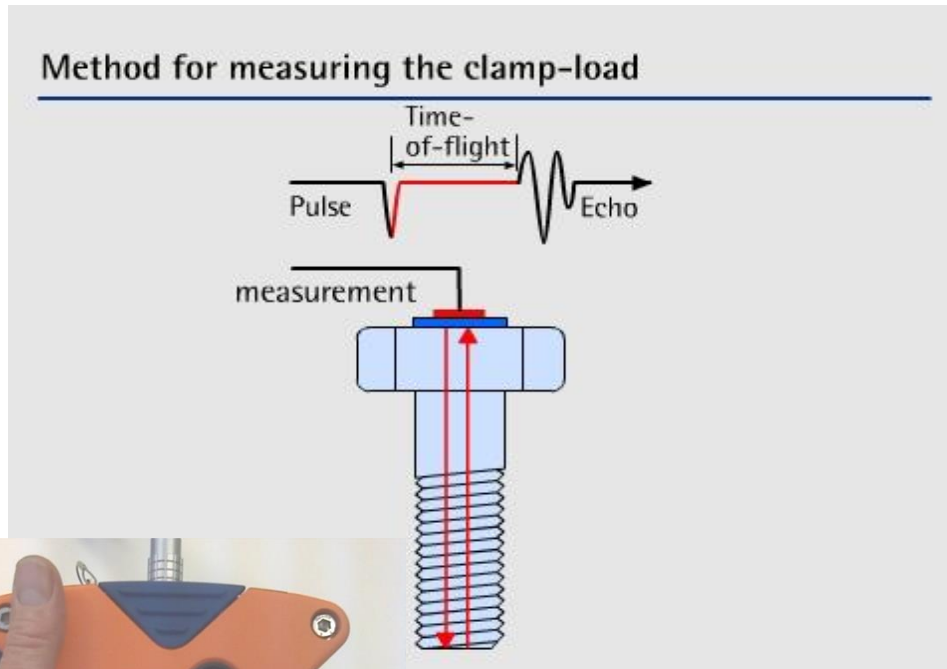


图12：采用伸长量拧紧法的预紧力离散性分布情况

例如：长度为10 mm，强度为 1000 N/mm²的钢螺栓采用伸长法拧紧要求的弹性伸长量仅约0.05 mm，测量误差仅 0.01 mm就将导致预紧力 20%的偏差。

拧紧工艺介绍及设计计算

用超声波来测量预紧力



测量飞行时间 => 伸长
 准备螺栓
 接触传感器
 测量零长（基准）
 校准飞行时间 \leftrightarrow 夹紧力

图 14 :用超声波测量预紧力



图 15 :螺栓上带有传感器



图 16 信号拾取器

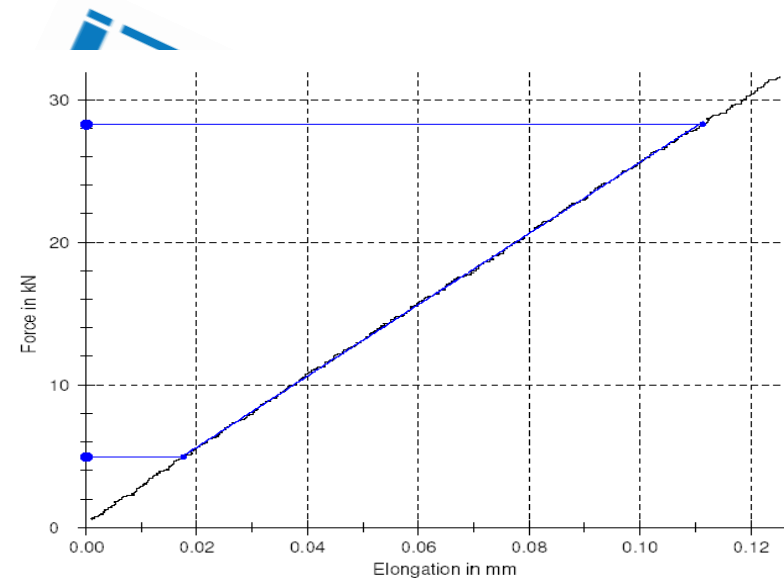


图 17 :螺栓刚度系数

拧紧工艺介绍及设计计算

伸长量测量的优势

伸长量测量的劣势

Advantage of elongation measurement	Disadvantage of elongation measurement
Relative high accuracy	Only possible with through-hole joints (dial gauge accessibility) (圆形规)
相对高精度	Measuring point must be easily accessible 测量点易于获得
	Require accurate measuring instruments 需要精密的测量设备
	Influence of dimensional tolerances (length and diameter of the bolt): therefore preliminary tests necessary 尺寸偏差的影响 (螺栓长度和直径)
	Effect of the modulus of the bolt material 螺栓材质的弹性模量影响, 故需预测试
	Relative high cost of mounting 相对高的安装成本
	Uncertainty with short screws 短螺栓的不确定性
	Limited on the linear deformation area of bolts 螺栓线性变形区的限制

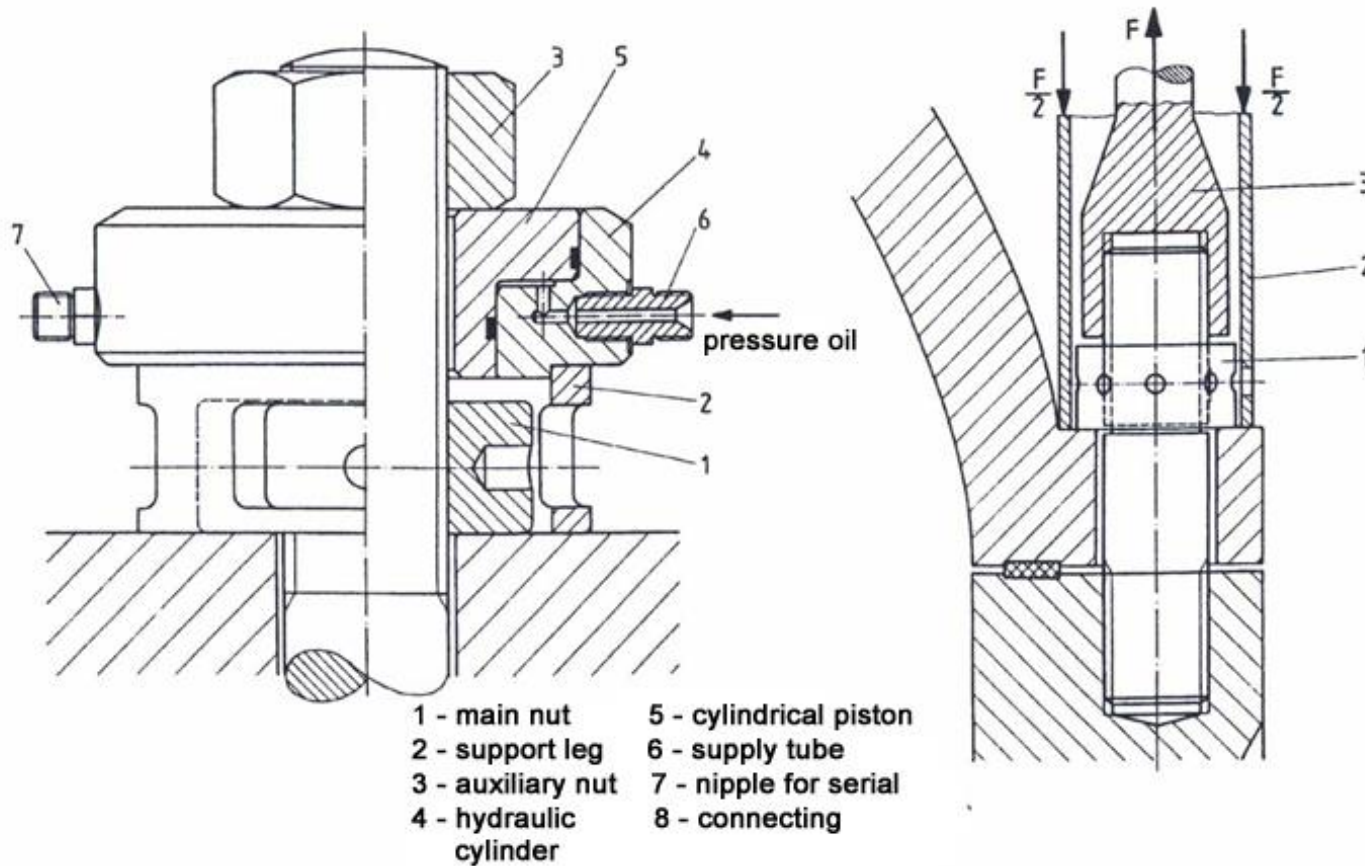
表 3 : 伸长量法拧紧的优点和缺点

拧紧工艺介绍及设计计算

拉伸法安装螺栓

基于与通过测量螺栓延伸部分控制过程相同的原理。

主要应用于大螺栓尺寸，例如大型发动机，锅炉结构或涡轮机组装。



七想
紫

图 19 液压螺栓拉伸器

拧紧工艺介绍及设计计算

当达到液压的拉力时，螺母将被转动（例如通过手动转动）直到它被拧入在支撑面上。下一步，液压缸中的油压将降至零。结果是螺母必须保持住拉力，该拉力应接近目标夹紧力。由于被夹紧件弹性和塑性变形，螺母和螺母法兰中加载位置改变会导致夹紧力减小。

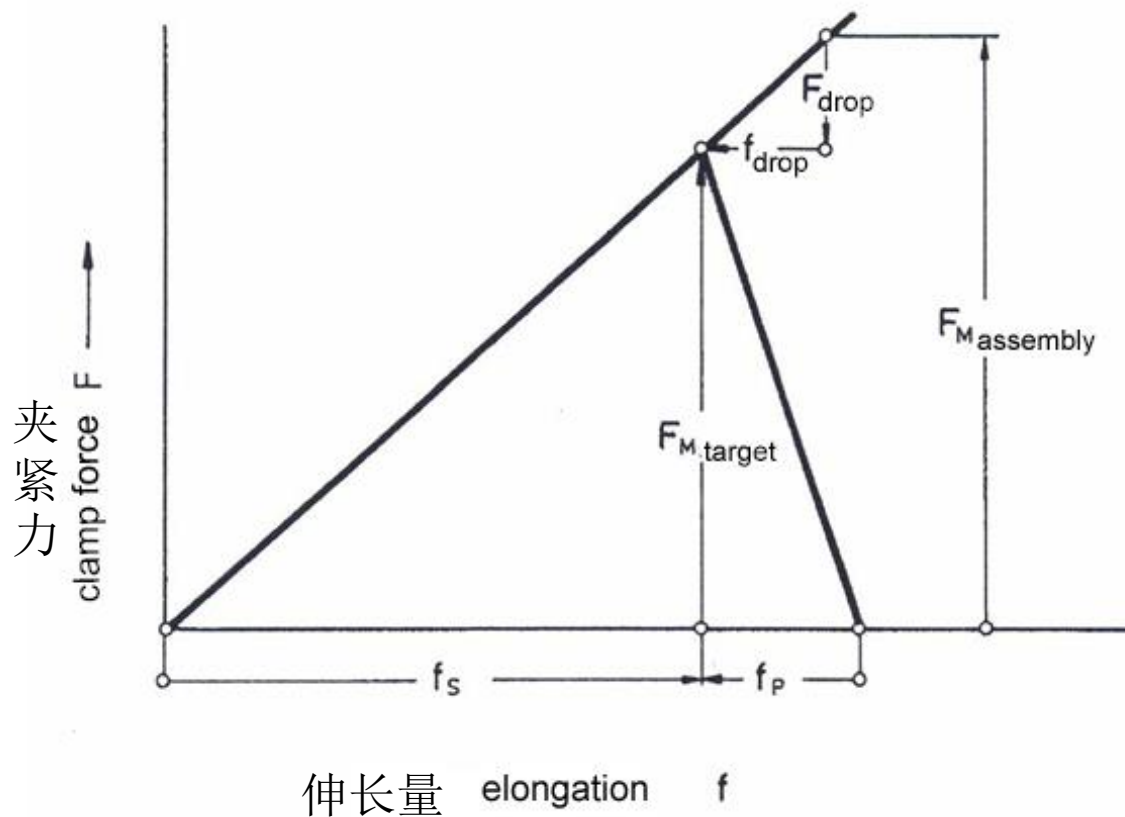


图 21：液压载荷连接示意图

Zmart 慧 紧 想 固

拧紧工艺介绍及设计计算

当液压拉伸器卸载后，夹紧力相对于液压力会有一定程度的损失

因此，液压力必须要对这个损失的夹紧力有一定的补偿，液压力要比实际所需的预紧力大一些，以用于补偿损失的夹紧力。

- 当螺栓仅有较短的夹紧长度时，与液压力相比，最终夹紧力的损失可能相当大。
——夹紧力的损失可高达**50%**。
- 故，施加的液压力必须补偿夹紧力的损失。因此液压力必须将此部分损失考虑进去。
- 为了补偿接触界面的松弛，将执行二次液压夹紧过程。
- 该方法还用于补偿由相邻螺栓装配而损失的夹紧力。
- 螺栓的液压紧固具有以下优点：即使是大尺寸，多个螺栓也可以同时拧紧。
- 若分几组拧紧，则必须考虑组中损失的夹紧力——需要对不同组施加不同的液压/力以最终达到所有组相等的夹紧力。

拧紧工艺介绍及设计计算

螺栓的液压紧固具有以下优点：
多个螺栓 - 即使是大尺寸 - 也可以同时拧紧。
如果在几组中拧紧，则有必要考虑这组中的夹紧力损失。
这意味着需要在不同的组中施加不同的液压/力以最终达到所有组都具有相等的夹紧力。

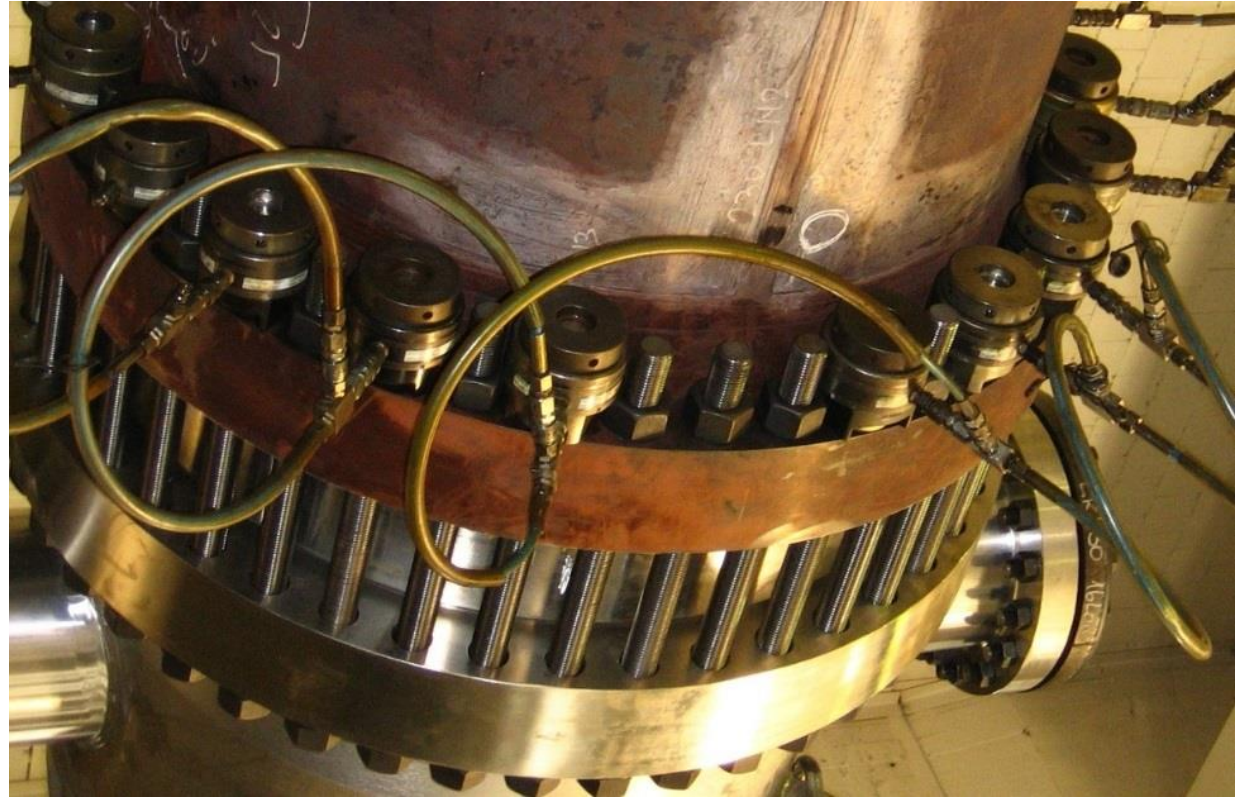


图 22：多个液压拉伸器同时工作示意图

扭矩法拧紧

出于成本控制和效率的考虑，扭矩法拧紧被广泛应用到螺纹连接件的装配中。该方法是将扭矩作为监控目标，该目标扭矩可在拧紧过程中可被以下仪器测量：

- 定值扳手
 - 手动装配 (结果取决于操作工)
- 示值扳手
 - 手动装配 (通过表盘或数值显示)
- 扭矩传感器 (外接)
 - 通过串接一个便携的测量仪器
- 扭矩传感器 (内置)
 - 内置在拧紧工具中，并可通过仪器显示相关数值
- 扭矩角度传感器 (内置)
 - 内置在拧紧工具中，除可测量扭矩外，还可测量角度

对于ISO 米制带有60度螺旋角度的螺纹，可依据以下公式计算出扭矩与预紧力之间的关系：

$$T = F \cdot \left\{ 0.159 \cdot p + \mu_{th} \cdot 0.577 \cdot d_2 + \mu_b \frac{D_b}{2} \right\}$$

拧紧工艺介绍及设计计算

拧紧扭矩与预紧力之间的关系曲线可用以下图形表示

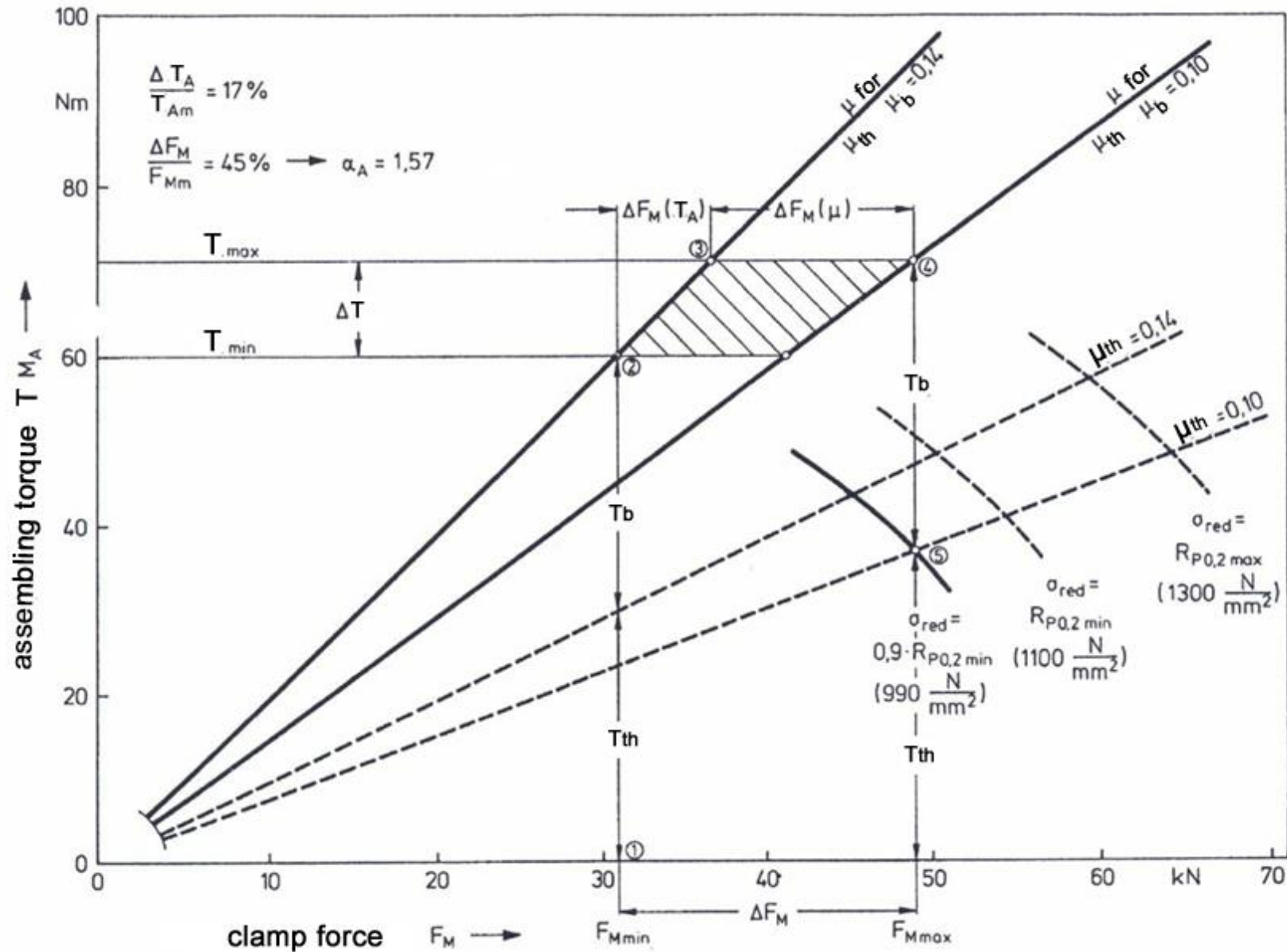


图23 :采用扭矩控制的预紧力离散度 (M10-12.9)



拧紧工艺介绍及设计计算

图 24 可以发现摩擦系数对预紧力的影响

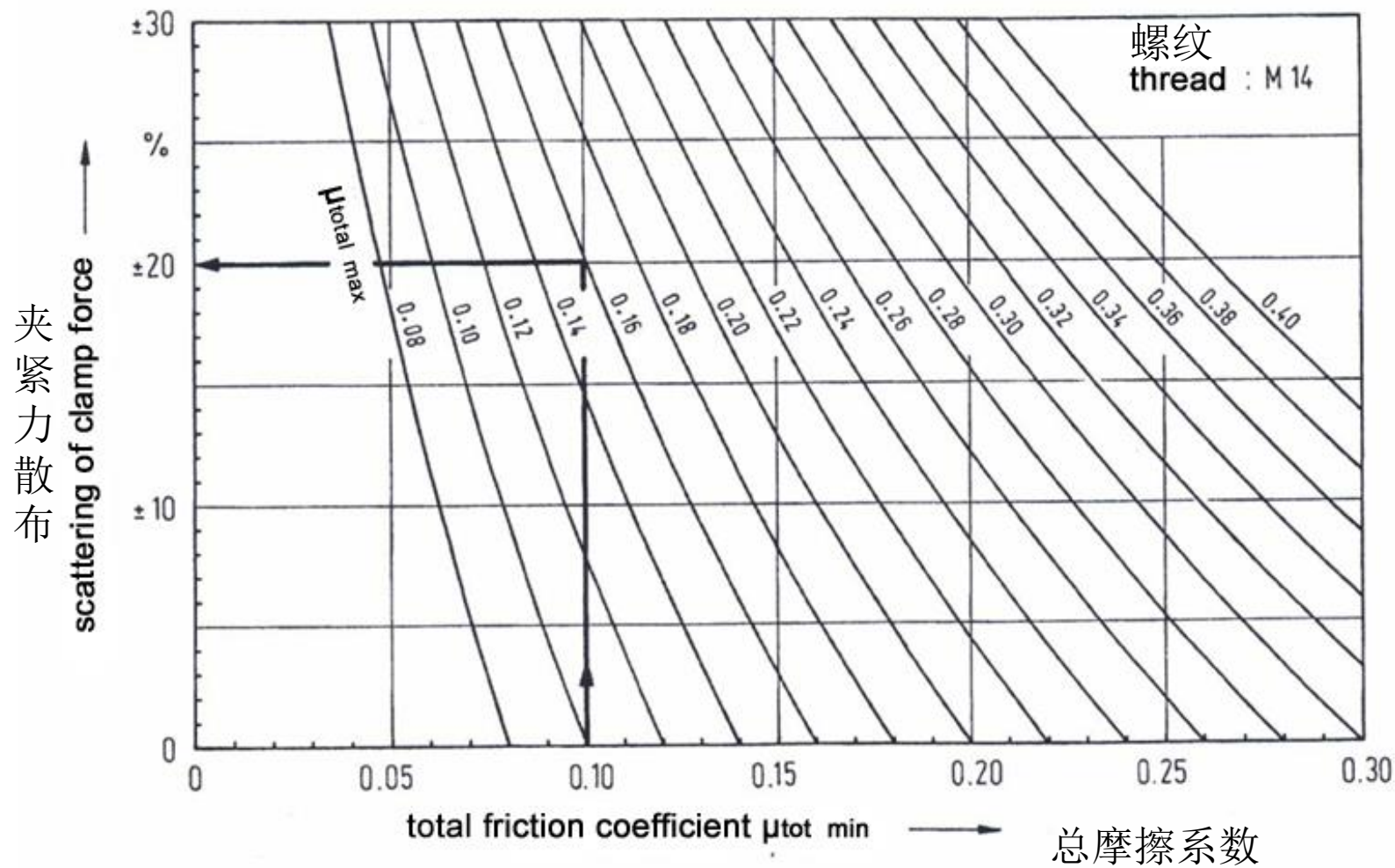


图24：摩擦系数对预紧力分布的影响

拧紧工艺介绍及设计计算

	过程 Procedure	调整 Adjustment	部分误差 Part Error	总误差 Error Sum +/- %	拧紧因子 α_A Tightening Factor α_A
扭矩扳手和旋转工具，直接测量	Torque wrench and rotary tool with direct torque measurement	By target torque and estimated friction coefficients	(1) (3) (2)	23 to 28	1.6 to 1.8
旋转工具，动态扭矩测量	Rotary tool with dynamic torque measurement	目标扭矩及预计的摩擦系数	(1) (7) (3) (2)	23 to 28	1.6 to 1.8
扭矩扳手	Torque wrench 目标扭矩 - 以螺栓原始连接伸长量确定	By target torque - determine at original joint by elongation measurement at the bolt	(5) (6) (3) (2)	17 to 23	1.4 to 1.6
旋转工具	Rotary tool 通过标定的原始螺栓伸长量测定	By elongation measuring at calibrated bolts at original bolt directly	(5) (8) (3) (2)	17 to 23	1.4 to 1.6
	通过复验扭矩，从目标拧紧扭矩获得（预估摩擦系数和附加）	By further torque, got from target assembling torque (estimated friction coefficients and estimated addition)	(1) (10) (4) (9) (3) (2)	26 to 43	1.7 to 2.5

图 5：采用不同的方法进行扭矩控制的误差分析—总误差等于各部分误差的累积

部分误差 Part Error	
(1)	Estimate of friction coefficient
(2)	Scattering of friction coefficients in a lot of bolts or parts
(3)	Scattering of torque depending from torque wrench or tool
(4)	Scattering of torque depending from the torque wrench which is used for the further torque
(5)	Error while elongation measurement at the bolt, bad accuracy when determine the mean value
(6)	Error while experimental determination of target torque
(7)	Error while adjustment of target torque at the tool
(8)	Error while setting of elongation measurement
(9)	Error while setting of further torque
(10)	Error at estimation of addition to nominal target torque for the further torque

- (1) 预估摩擦系数
- (2) 大量螺栓或部件的摩擦系数散差
- (3) 依赖于扭矩扳手或工具的扭矩散差
- (4) 依赖于用于复验扭矩的扭矩扳手的扭矩散差
- (5) 螺栓延伸量的误差，在确定均值时的低精度
- (6) 目标扭矩试验确定的误差
- (7) 工具上目标扭矩调整的偏差
- (8) 设定伸长量的误差
- (9) 设定复验扭矩的误差
- (10) 预估标称复验目标扭矩额外值的误差

拧紧工艺介绍及设计计算

	优势	劣势	
	Advantage	Disadvantage	
该工艺可应用于所有螺纹连接	Method applicable in almost all practical threaded joints	Big scattering of clamp force mostly (error in estimation of friction coefficient, scattering of friction coefficient, uncertainty of tools)	夹紧力存在较大的散差 (摩擦系数预计的误差, 摩擦系数的散差, 工具的不确定度)
扭矩值易于测量	Torque value easy to measure	Overdimensioning of the bolts	螺栓尺寸超差
即使在拧紧后, 也可控制扭矩值	Controlling of torque value also possible even after the tightening		
实现困难度相对较小	Relative less effort for realizing		

表 6 : 扭矩控制拧紧的优点和缺点

拧紧工艺介绍及设计计算

屈服点控制拧紧

在达到扭矩T和旋转角之间的螺栓屈服强度之后，不再存在线性相关性（图26）。

在拧紧过程中，扭矩 - 角度曲线的差商（梯度）由读数进行计算，读数从装配工具提供的扭矩 - 角度曲线中获得。

由于拉伸和扭转应力的组合，在达到螺栓屈服点后，该梯度急剧下降。在（0.25 - 0.5）时，拧紧将停止。

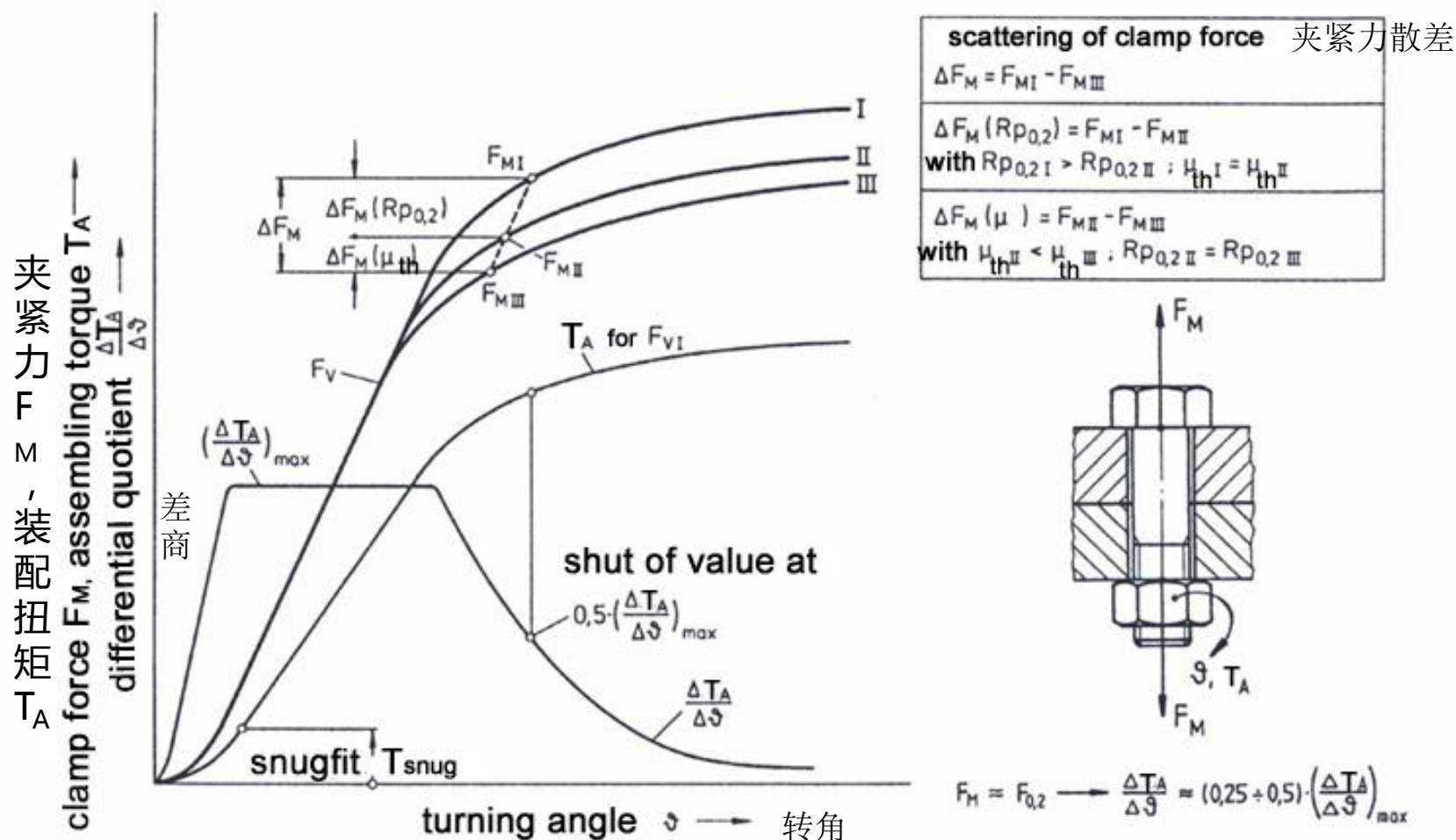


图 26：屈服点控制拧紧

拧紧工艺介绍及设计计算

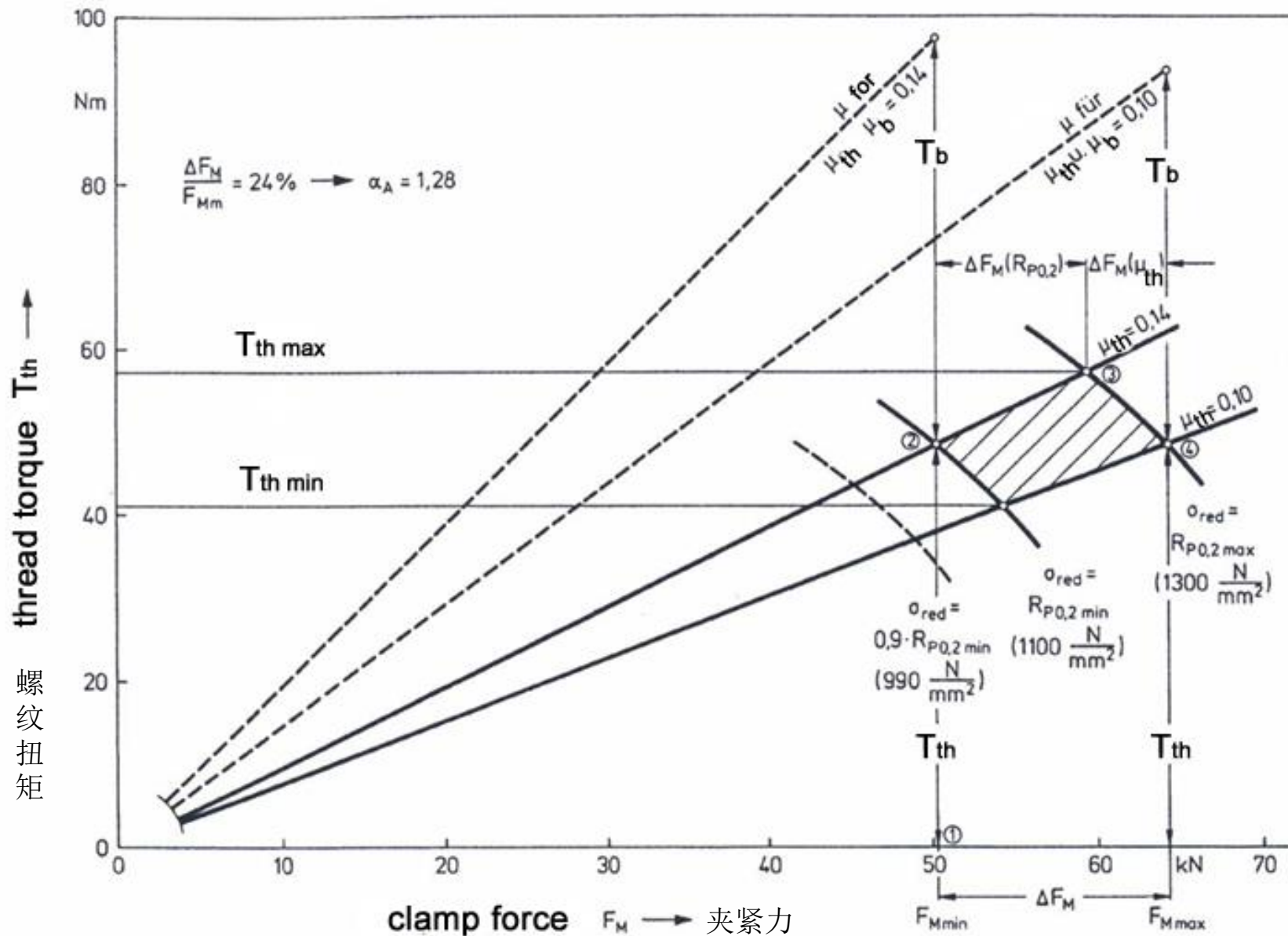


图28说明了螺栓设计计算最小预紧力要求的结果：

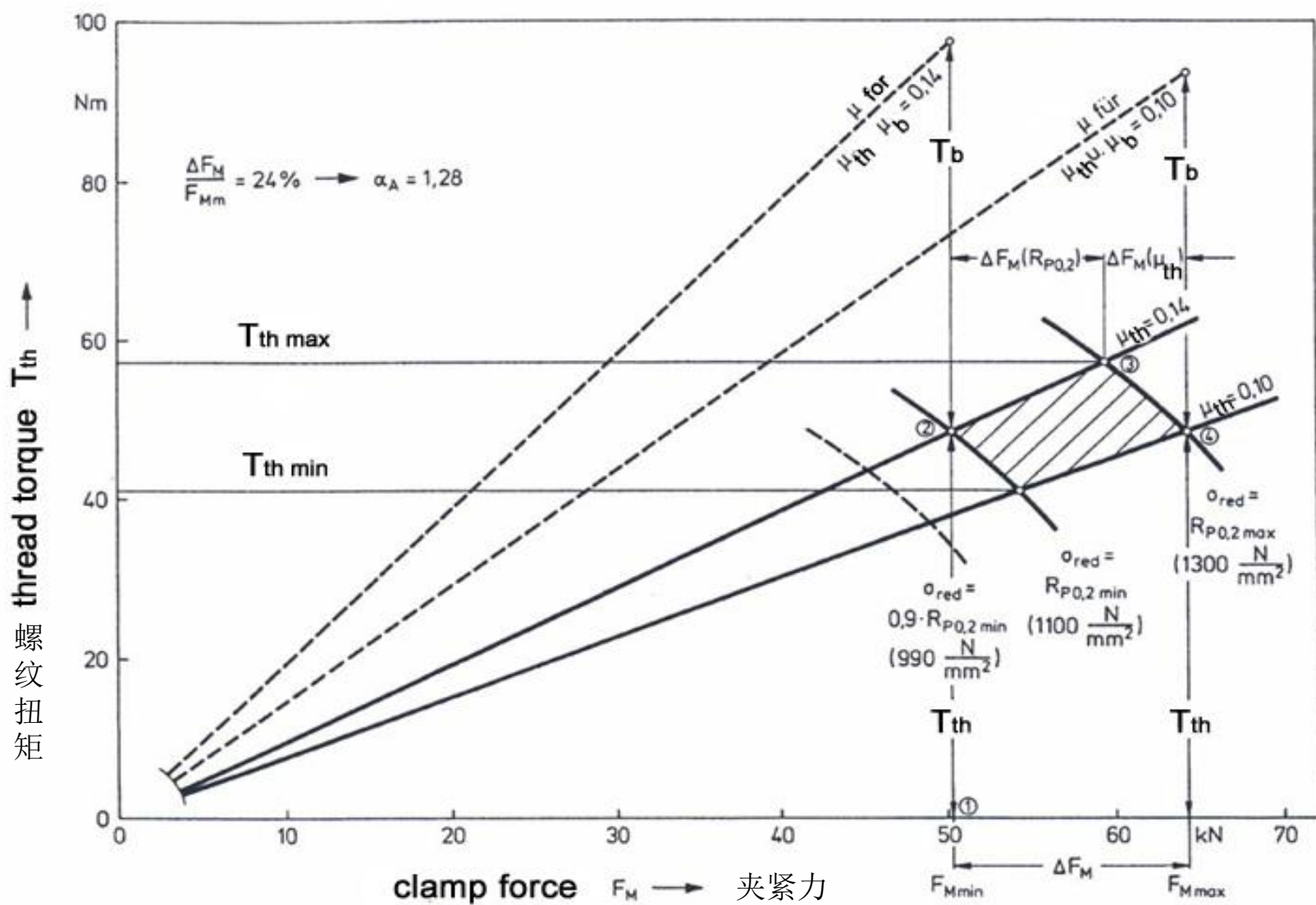
(1) 为了螺栓连接的安全功能，需要最小的夹紧力。

(2) 该值考虑螺纹中估计的最大摩擦系数 ($\mu_{th} = 0.14$) 和螺栓屈服强度的标准化最小值 - $R_{p0.2\ min} = 1100\ N/mm^2$



图 28：屈服点控制预紧力的散差 (M10 - 12.9)

拧紧工艺介绍及设计计算



(3) 由于允许螺栓机械性能存在散差，夹紧力 F 可比 F_{min} 高 ΔF ($R_{p0,2}$)。

(4) 若螺纹摩擦系数散差区域间为： $\mu_{th \text{ min}} = 0.10$ 和 $\mu_{th \text{ max}} = 0.14$ ，则可达到上限 $R_{p0,2 \text{ max}} = 1.300 \text{ N/mm}^2$ ，最小螺纹摩擦系数 ($\mu_{th} = 0.1$) 时可能获得最大夹紧力 F_{max} 。



图 29：屈服点控制预紧力的散差 (M10-12.9)

拧紧工艺介绍及设计计算

采用屈服点控制，对于螺栓预紧力起决定作用的是屈服强度 $\sigma_{\text{red}} \approx R_{p0.2}$

因此，相对于扭矩控制来说，采用屈服点控制，可以不用考虑拧紧因子对拧紧精度的影响：

$$\alpha_A = \frac{F_{\text{max}}}{F_{\text{min}}}$$

同时，在计算螺栓的最小预紧力 F_{min} 时，也不用考虑拧紧因子。

屈服点拧紧有以下优点：

拧紧工艺介绍及设计计算

- 该工艺可能获得最大的夹紧力——可100%利用螺栓的性能
- 屈服点拧紧工艺下，摩擦系数的分散对夹紧力的影响没有采用扭矩法拧紧工艺大
- 在拧紧中，不会产生对螺栓的过拧紧现象，因当达到螺栓屈服点时，拧紧过程会自动停止
- 支承面摩擦系数 μ_b 对预紧力完全无影响。相比扭矩法，支承面摩擦系数的变化不会成为影响拧紧质量的一个令人烦恼的因素
- 只有螺栓的屈服点 $\Delta R_{p0.2}$ 散差和螺纹摩擦系数 $\Delta \mu_{th}$ 散差会影响螺栓夹紧力的散差
- 拧紧过程与螺栓的刚度和被连接件的刚度（弹性回弹比）没有太大的关系（见图 32）。
- 通常而言，已经被拧到屈服的螺栓再次使用也没有风险，因为螺栓的塑性变形伸长只有0.2- 0.3%。以 M8x45 12.9 级和 8.8级螺栓为例，当它被拧至 0.3 % 塑性变形时，仍然可被再拧28次（12.9级）和55次（8.8级）而不会发生断裂。
- 即使是短螺栓也可以使用该方法进行拧紧。

拧紧工艺介绍及设计计算

角度法拧紧

在角度法拧紧中，夹紧力通过间接延伸测量来确定。

螺栓和被夹紧件的总长度变化可以在近似描述如下：

$$f_S + f_P = \frac{\vartheta \cdot P}{360^\circ}$$

ϑ - 转角

f - 伸长量/压缩量

p - 螺距

拧紧工艺介绍及设计计算

通过选择过螺栓屈服点的角度，可以达到该方法的最佳利用率。
由于几乎水平的变形曲线，角度误差对夹紧力的散差无重大影响。
故保证了夹紧力的良好再现性。

在可靠性方面，应采用对原始连接进行试验来确定拧紧角度。

在角度法拧紧过程中，夹紧力的散差主要来自以下因素：

- 螺栓屈服强度 $R_{p0.2}$ 的散差
- 材料的硬度
- 螺纹摩擦系数 μ_{th} 的散差 – 与屈服点控制相同，该因素影响较大

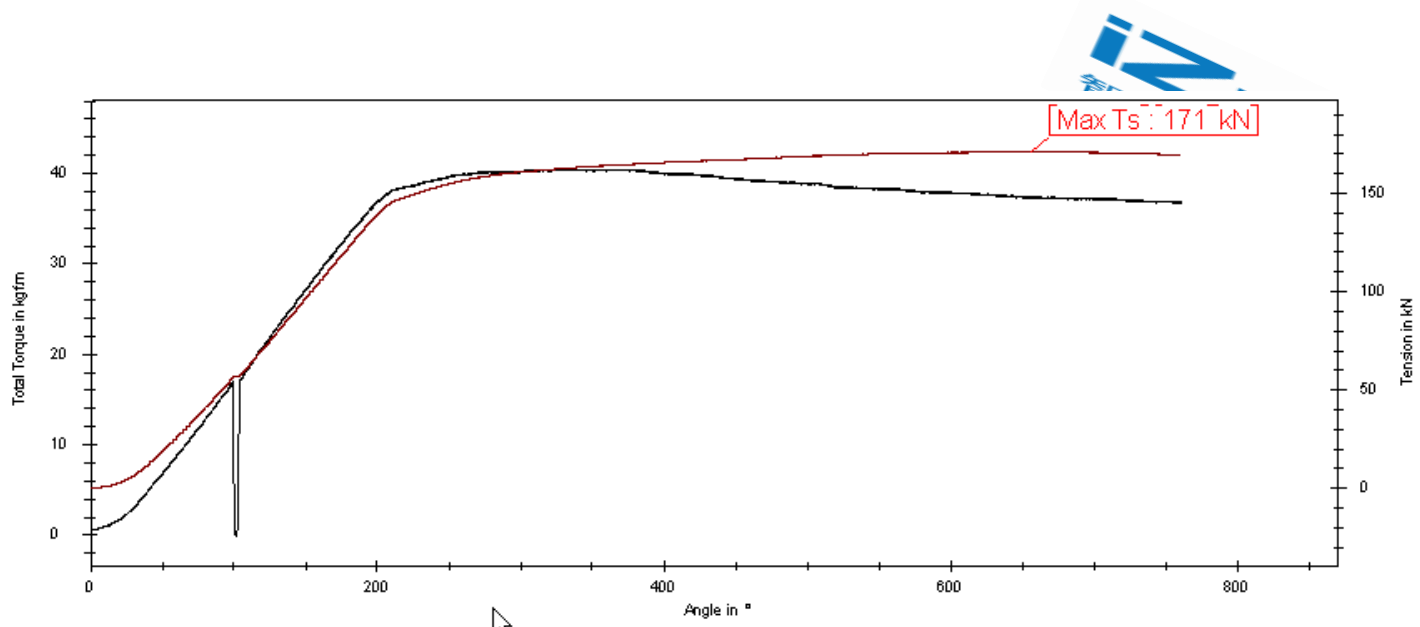


图 37：角度法拧紧 – 扭矩与夹紧力曲线

拧紧工艺介绍及设计计算

下面的拧紧曲线显示螺纹摩擦系数、支承面摩擦系数和螺栓强度对扭矩法和角度法拧紧的影响

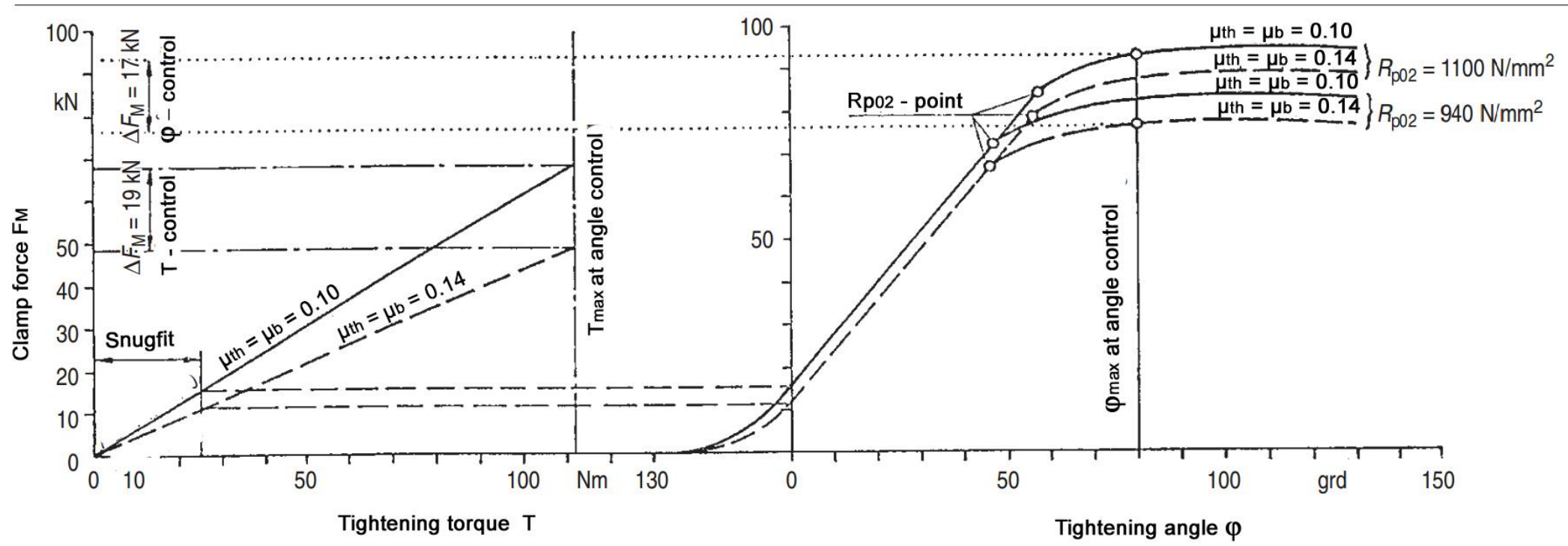


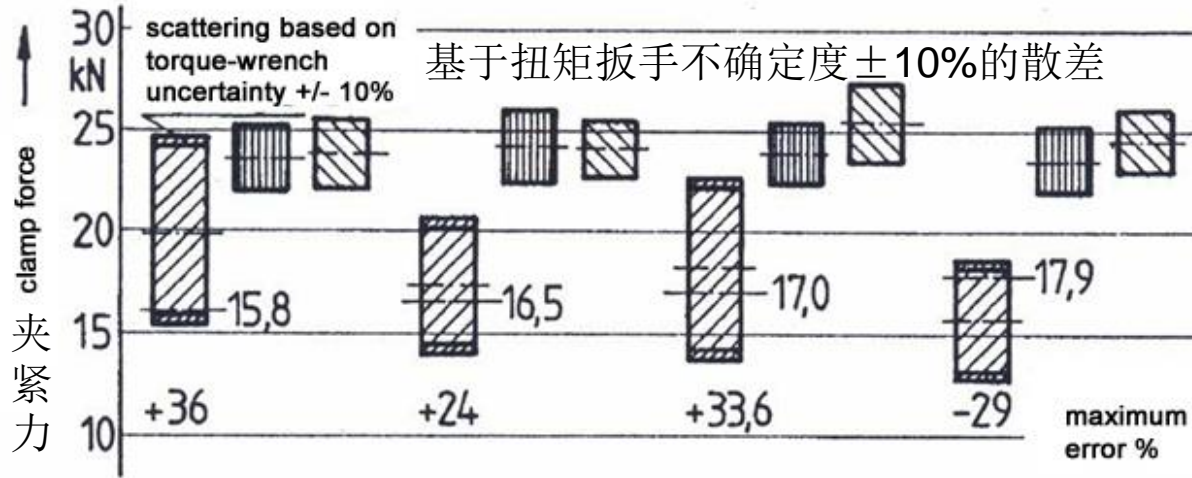
图 38：M 12 x 1.5 x 70 - 10.9 扭矩法(左图)与角度法(右图)的比较

拧紧工艺介绍及设计计算

均值散差统计评价

statistic evaluation of scattering round the mean value +/- %

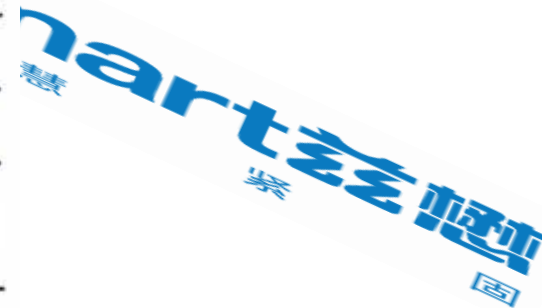
1			2			3			4		
24,3	6,7	7,1	19,8	8,0	6,6	25,4	6,6	8,0	19,8	7,3	6,7



sample	样本	1	2	3	4
bolt head	螺栓头	oiled	light oiled	strong oiled	MoS ₂
thread	螺纹	oil removed	oiled	strong oiled	MoS ₂
clamped surface	夹紧面	blanc	blanc	phosphated 磷化	phosphated 磷化
tensile strength	抗拉强度 N/mm ²	600-700	400-500	600-700	600-700

torque controlled 扭矩法
 yield controlled 屈服点法
 angle controlled 角度法

图39: 在不同表面, 采用扭矩法、角度法和屈服点法, 预紧力的分布情况



拧紧工艺介绍及设计计算

- 在设计时，必须要保证螺栓有足够的变形长度 (要求 $l/d > 2$)
- 螺栓屈服点相对于屈服点拧紧来说，它只是一个定义，我们并不能看到这种现象
- 为了确保安全，拧紧必须是在均匀塑性变形区域来进行

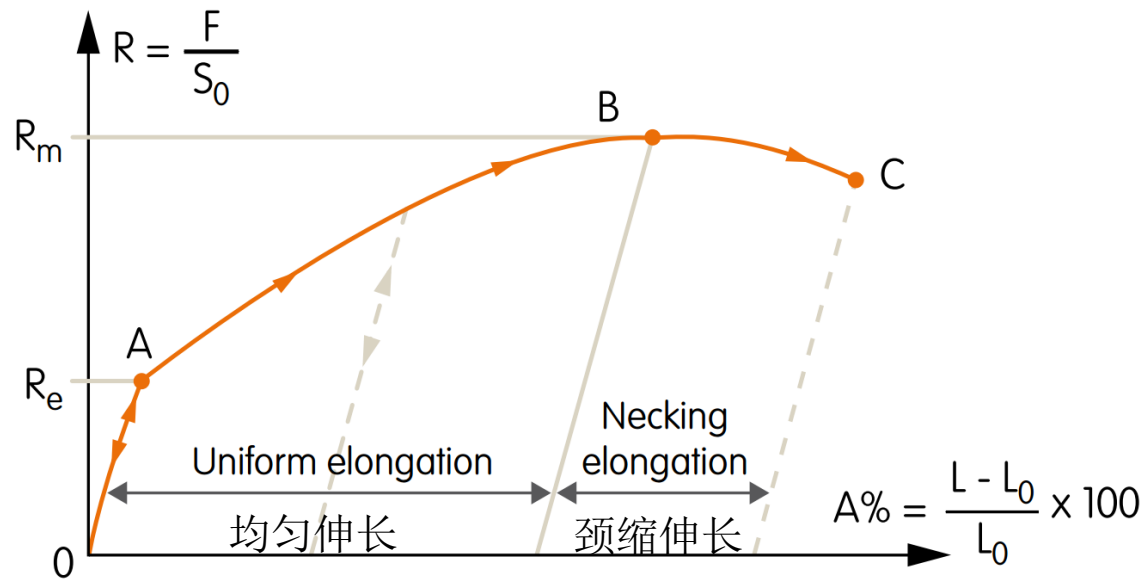


图 40：角度法— 必须考虑螺栓的无效塑性变形的范围

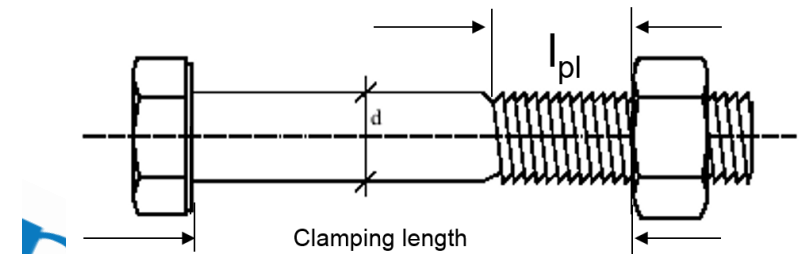
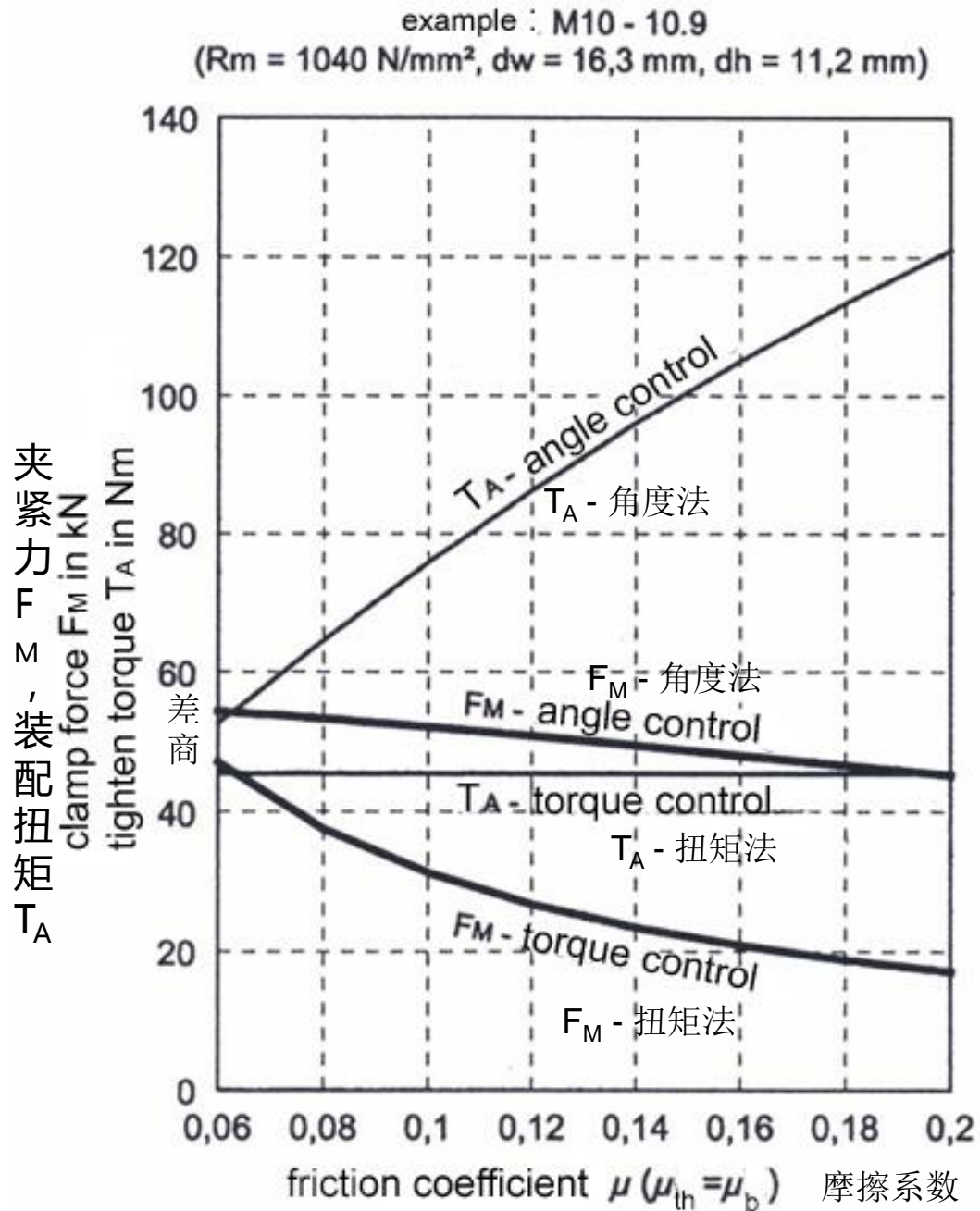


图 41：角度法拧紧— 必须考虑有足够的变形长度

拧紧工艺介绍及设计计算



角度法拧紧与扭矩法拧紧相比的优势——夹紧力大小与摩擦系数的相关性。

Zmart 慧

图. 42 : 扭矩法和角度法拧紧的对比 (螺栓M10-10.9)

拧紧工艺介绍及设计计算

允许根据均匀伸长区域来确定拧紧角度

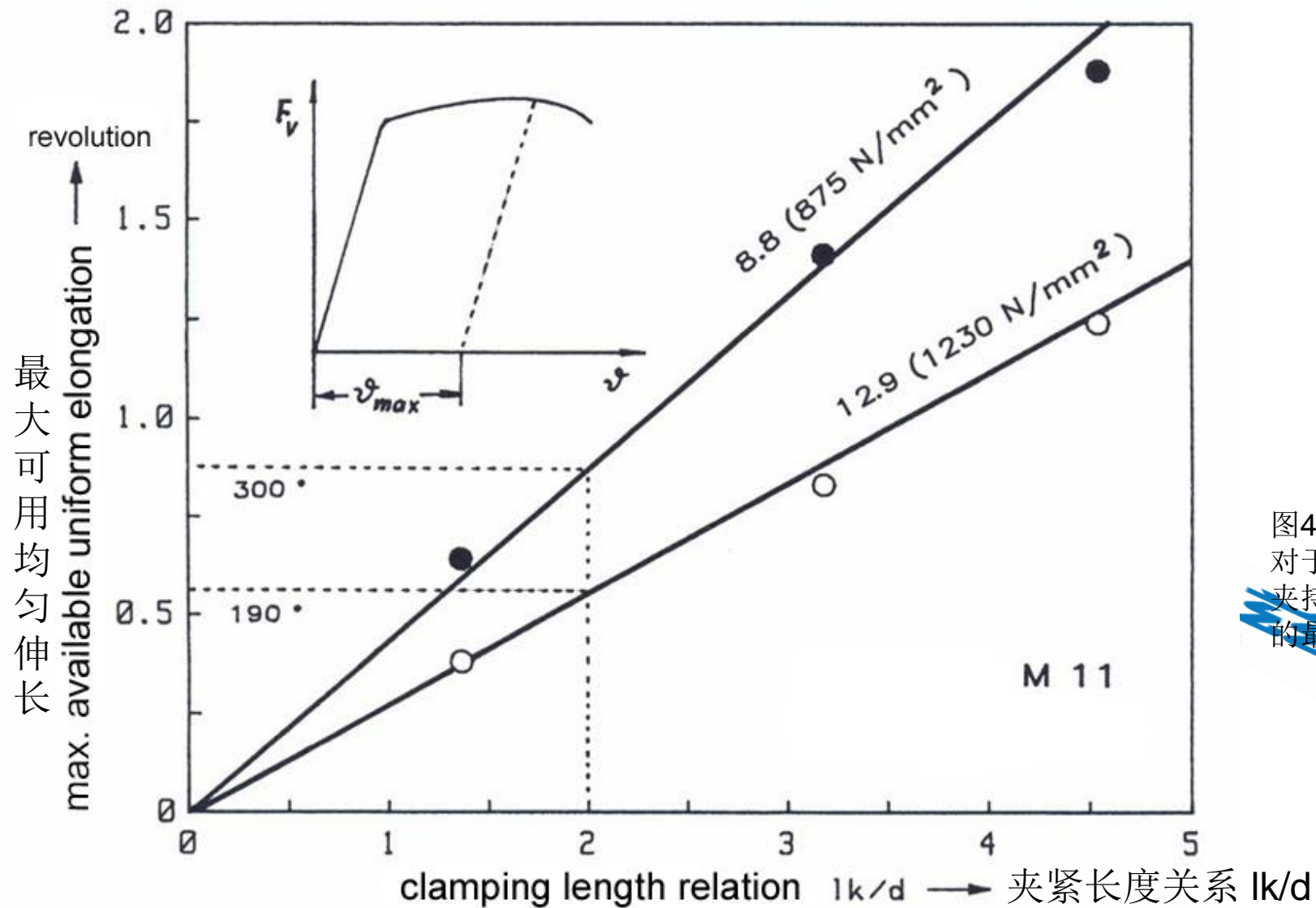


图43：
对于8.8级和12.9级螺栓，依据
夹持长度与直径比 l_k/d ，所允许
的最大塑性变形量

VDI 2230适用范围和目的

为什么要精确计算拧紧扭矩?

螺纹紧固件在工业领域的应用已超过100年

在工业领域，所有的设备都有降低成本，轻量化的要求，这就要求减小螺栓的尺寸，为确保螺栓的可靠连接质量，就必须对螺纹紧固件的扭矩进行精确计算和优化。

标准

VDI 2230 (高强度螺纹连接系统化设计计算) 至今已有40年，该标准不仅在德国工业领域作为设计工程师在设计拧紧力矩时的指导纲要所使用，在全球该标准也是作为广大设计工程师在设计拧紧扭矩时的指导手册。该标准的最新版本。

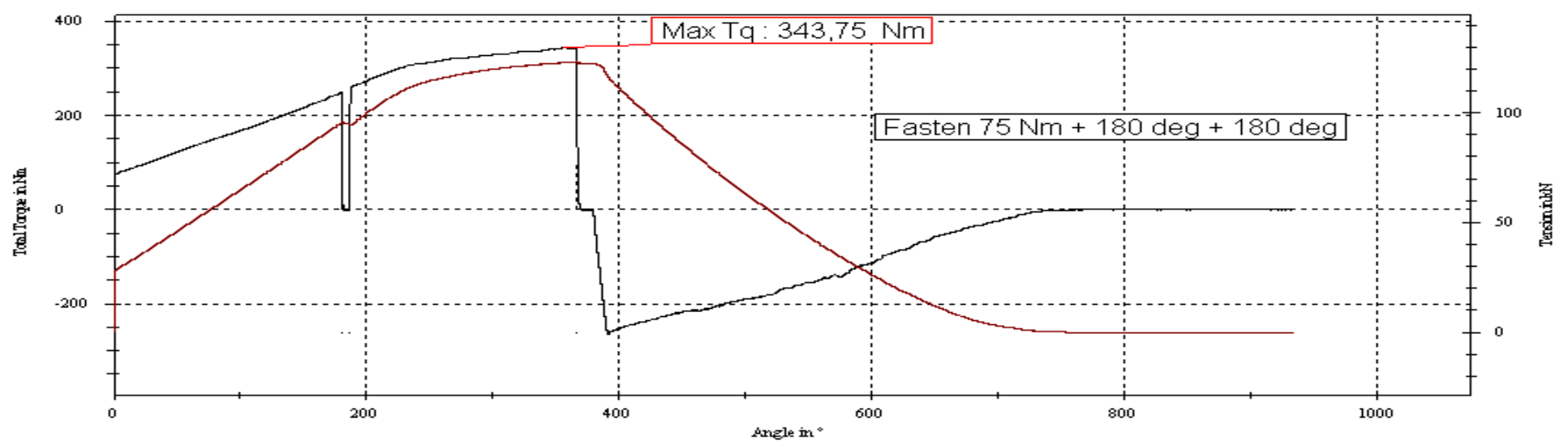
拧紧工艺介绍及设计计算

				ISO 16047规定的 的保证载荷	DIN ISO 898-1 规定的保证载荷	屈服点处夹紧力
▼	▼	▼	▼	Proofload acc. ISO 16047	Proof Load acc. DIN EN ISO 898-1	Clamp Force at Yield Point
M 12 x 1,75	10.9	%-Proof Load 0,75	6	52,48 kN	70 kN	79,2 kN
●	●	●	●			
Pitch Standard Thread						
▼	▼					
μ_{th}	μ_b					
0,12	0,12					
●	●					
		Tightening Torque T		Thread Torque T _{th}		INFO to Db
		103 Nm		54 Nm		
		拧紧扭矩		螺纹扭矩		
D _{Km} =	15,50 mm					
A _s =	84,3 mm ²					
Note:						
Picklist	Input					
●	▲					

图49：螺栓载荷和拧紧扭矩的计算示例

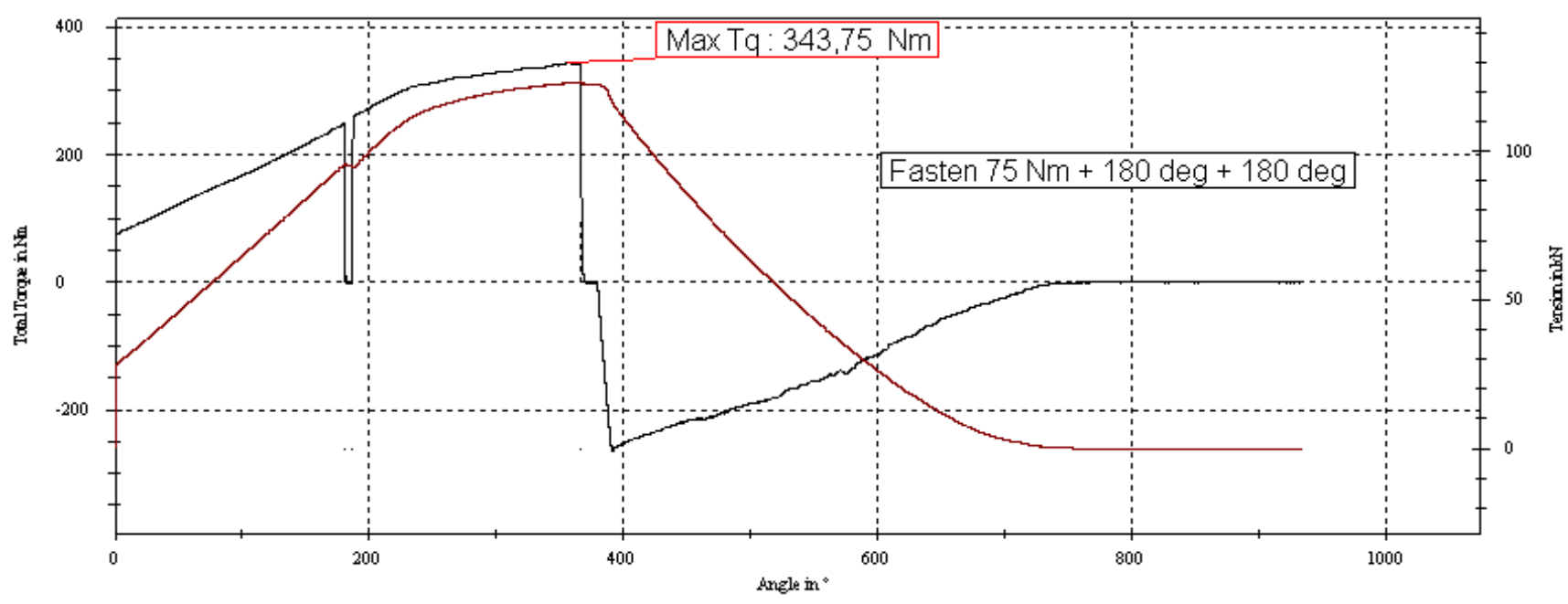


角度控制拧紧法



角度控制拧紧工艺概念

什么是角度控制拧紧法呢？这是一种拧紧机切断值为一个转角的装配紧固件的拧紧工艺。以下是一个拧紧螺栓的测试程序，通过一个转角值来控制。



为什么要采用“角度控制拧紧法”呢？

- 越来越多紧凑的设计和高功率密度要求螺栓连接的高利用率。
- 在这种情况下，为了达到螺纹连接的高利用率，建议拧紧螺栓到屈服点之后，我们也称角度控制拧紧工艺为“过弹性拧紧法”。

螺栓的参数

抓住使用螺钉或螺纹连接的限制：

- 用于入厂复验质量控制。
- 在样件开发中，在螺纹连接中用于捕获所有影响参数的记录。

对于具有均匀螺纹（公制/英制）的螺栓的材料测试，可以使用经典的拉伸测试。直至断裂时的纯扭转载荷用于木料和塑料用螺钉。

对具有所使用材料包括涂层和润滑影响的螺栓连接设计，需要记录除力或扭矩更多的参数。

关键参数有：

总扭矩

夹紧力：装配质量关键影响因素，须限定在精确范围内

螺纹扭矩

支撑面扭矩（头部扭矩）

转角

螺栓伸长量

支撑面中径

通过记录拧紧过程中的这些值来获得紧固连接的完整信息。



拧紧工艺介绍及设计计算

拉伸试验

分别对8.8级和12.9级强度的M12螺栓进行拉伸试验，不断对其增加载荷直至失效。其中，失效是指应力达到最大值（ R_m ）然后降低最后在断裂处降低至0。屈服点对应的应力也被测量且以 $R_{p0,2}$ 表示。下表显示了应力、 R_m 和 $R_{p0,2}$ 。

Schraube	Nr	S0 mm ²	Fp0.2 kN	Fmax kN	Rp0.2 N/ mm ²	Rm N/ mm ²
M12 8.8 Φ9mm	1	63.76	51.0	56.5	800	886
	2	63.62	51.5	57.5	809	904
	3	63.76	51.6	57.3	809	897
	Mittelwert		51.4	57.1	806	896
M12 12.9 Φ9mm	1	63.05	69.7	81.5	1105	1293
	2	63.48	75.1	82.3	1183	1306
	3	63.62	75.4	82.3	1186	1293
	4	63.76	74.3	80.2	1166	1257
	Mittelwert		73.6	81.3	1160	1288

S_0 : 螺杆的横截面积

$F_{p0,2}$: 屈服点的应力

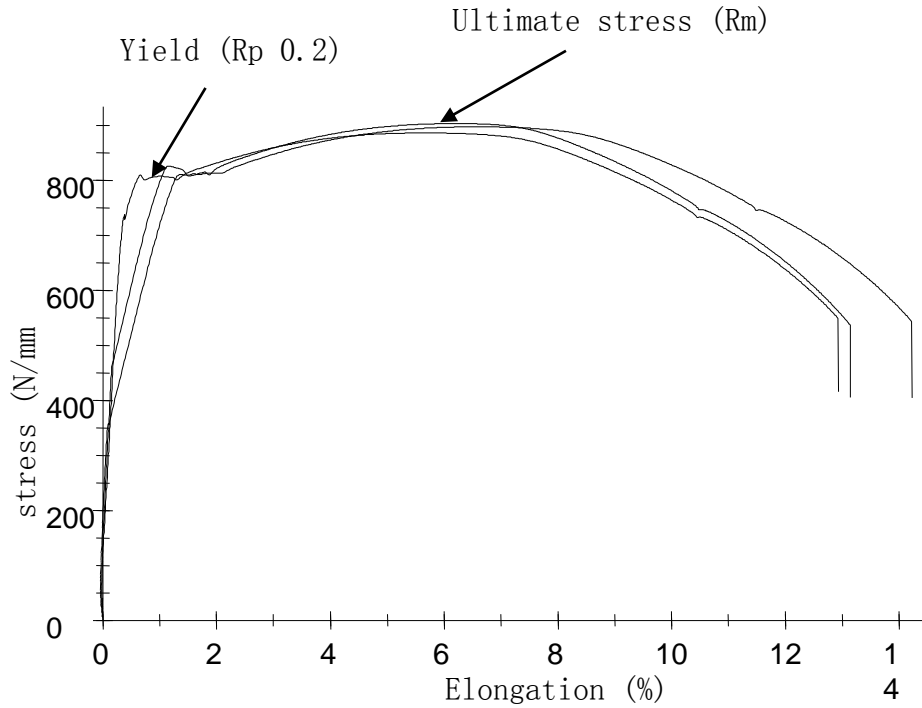
F_{max} : 拉伸试验中的最大拉力

$R_{p0,2}$: 0.2%屈服点时的应力

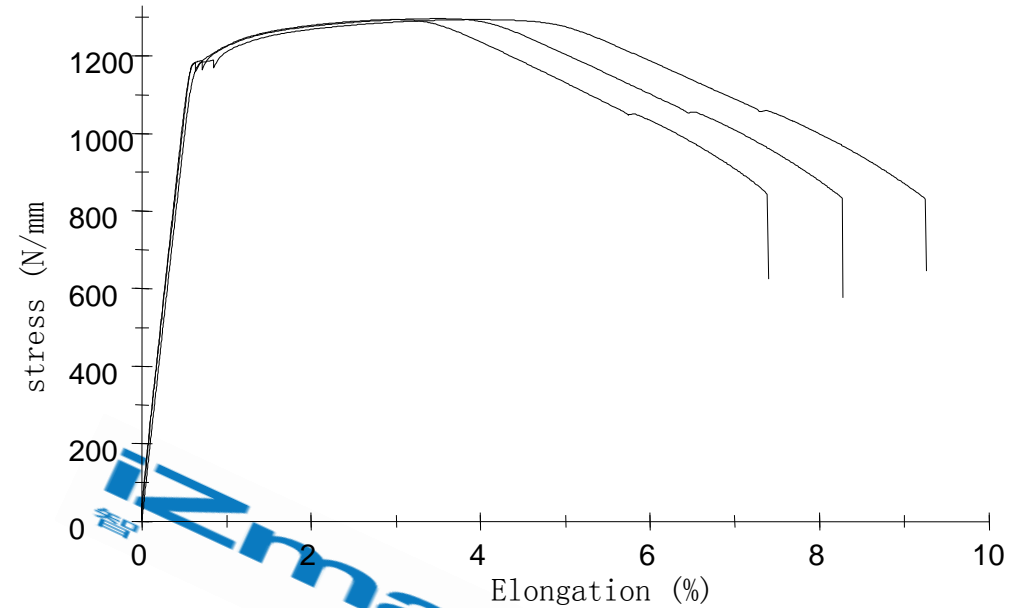
R_m : 拉伸测试时的最大抗拉强度

表格：M12螺栓屈服及最大应力和应变

拉伸实验



8.8级强度下M12螺栓应力-伸长量图



12.9级强度下M12螺栓应力-伸长量图

螺栓不同强度等级的表现:

屈服点应力随着强度等级的升高而提升, 而伸长量则随之降低, 螺栓脆性越强。

冯·米塞斯（“von Mises”）的复合应力

螺杆承受轴向力（夹紧力） F 和螺纹扭矩产生的扭力 T_{th}
结果是轴向压强 σ 和扭转力产生的压强 τ

$$\sigma = F / A_o = F / (\pi / 4 * D_t^2) \quad (D_t = \text{螺栓腰部直径} = 9 \text{ mm})$$

$$\tau = T_{th} / W_{to} = T_{th} / (\pi / 16 * D_t^3)$$

这种组合（等价）的应力就是弹性材料的“冯.米塞斯”，“冯.米塞斯”在拉伸载荷下可以和材料的屈服点进行转换，具体的计算式如下：

$$\sigma_{vM} = \sqrt{(\sigma^2 + 3 * \tau^2)}$$

拧紧工艺介绍及设计计算

拧紧实例

M6的螺栓, 200rpm的拧紧轴, 2步拧紧:

1.200rpm, 2Nm,

2.停顿1s,

3.20rpm 6Nm,

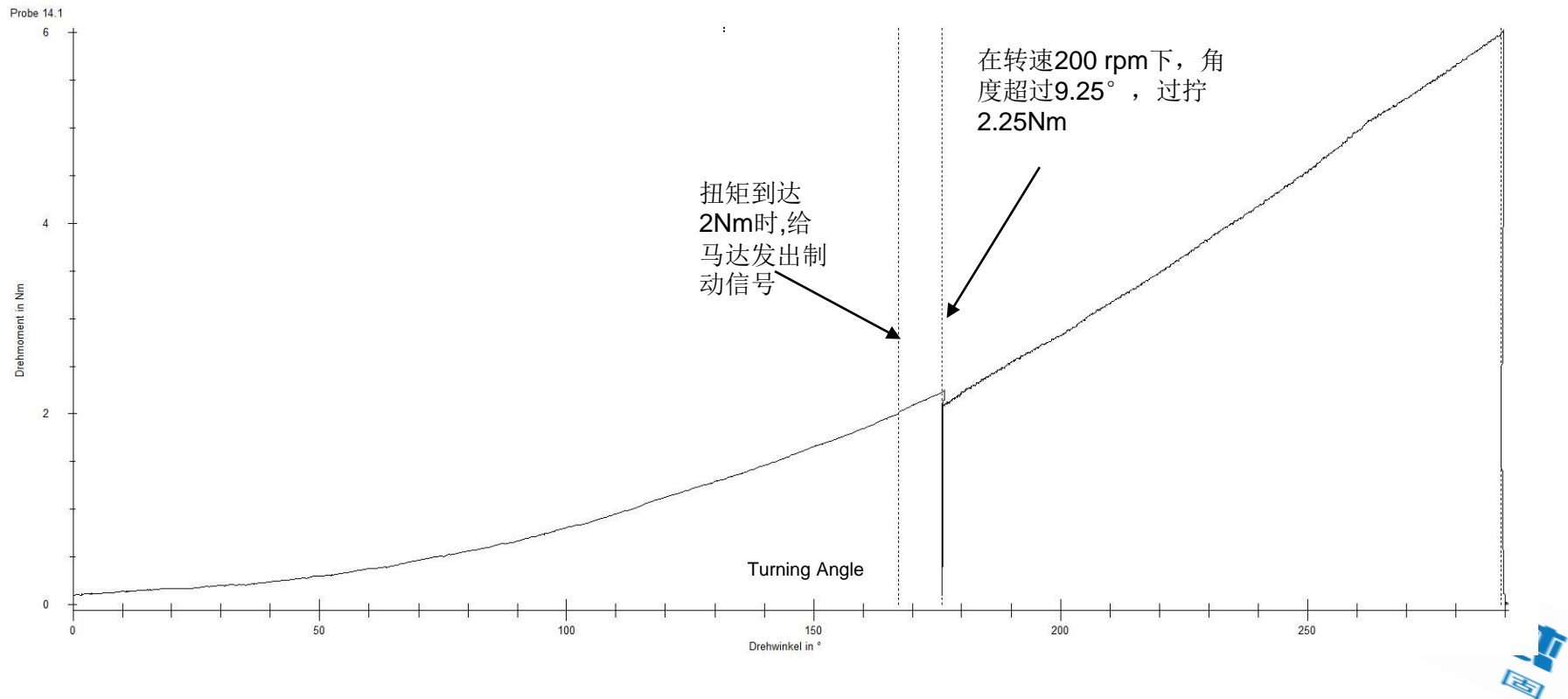


图 9 : 200 Nm – 转速200 rpm 拧紧至2 Nm / 转速20 rpm拧紧至6 Nm

结果:

第一步过拧0.25 Nm ---可接受范围内.

第二步过拧0.02Nm

拧紧工艺介绍及设计计算

速度独立的驱动马达

该驱动装置可以在任意转速下通过切断离合器，在到达目标扭矩后立即停止。

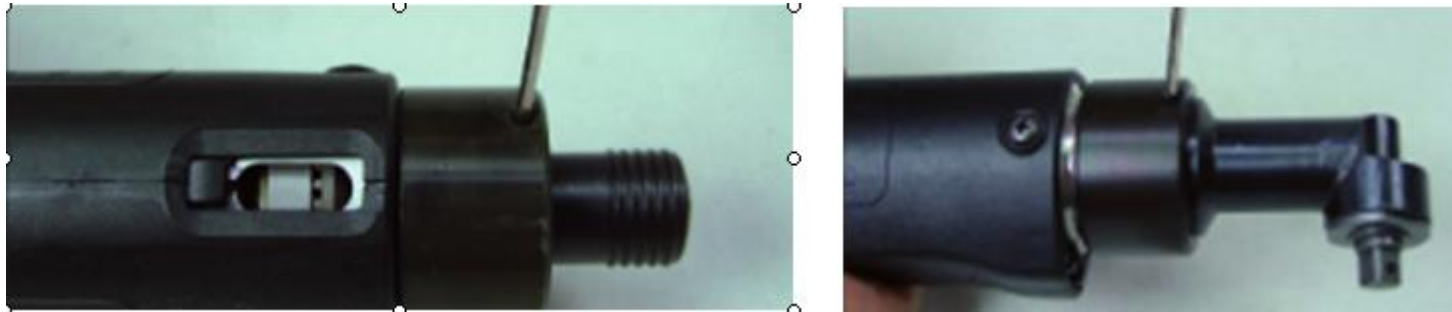


Foto - Motor with adjustable cut-off clutch (left side foto), complete angle-hand-tool (right side foto)

iZmart
智慧 紧固



拧紧工艺介绍及设计计算

为什么不在高精度伺服拧紧机上应用此技术？以避免在高转速下过拧。

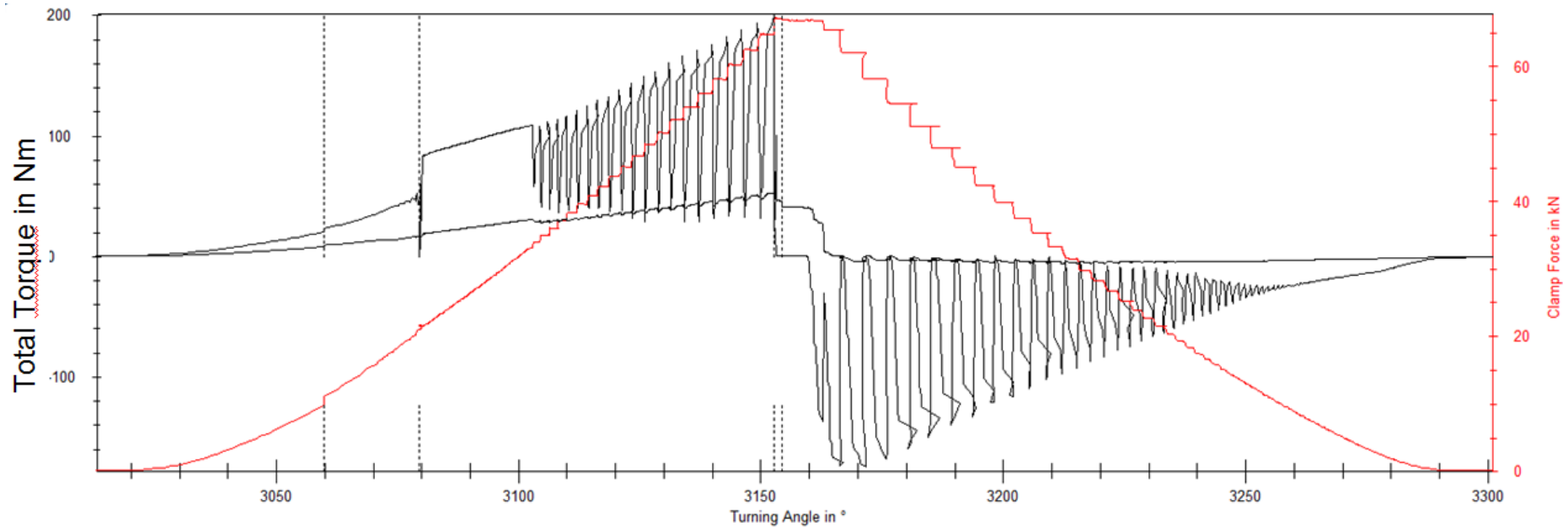
答案是“磨损”和“调整”。

这种机械关闭离合器会通过磨损改变其设置，必须保持并且再次调整会很耗时。

伺服拧紧机构在二次拧紧的过程中仅仅是增加了一些拧紧时间，但可以或者拧紧装置具有更长的使用寿命

iZmart 智慧拧紧 固

粘滑效应的基础和影响因素



什么是粘滑效应?

通常正常使用工具拧紧时, 扭矩持续增加, 直到到达预定扭矩、角度或者屈服点。
在某一拧紧过程中会出现扭矩有规律性的跳动, 此现象称为粘滑效应

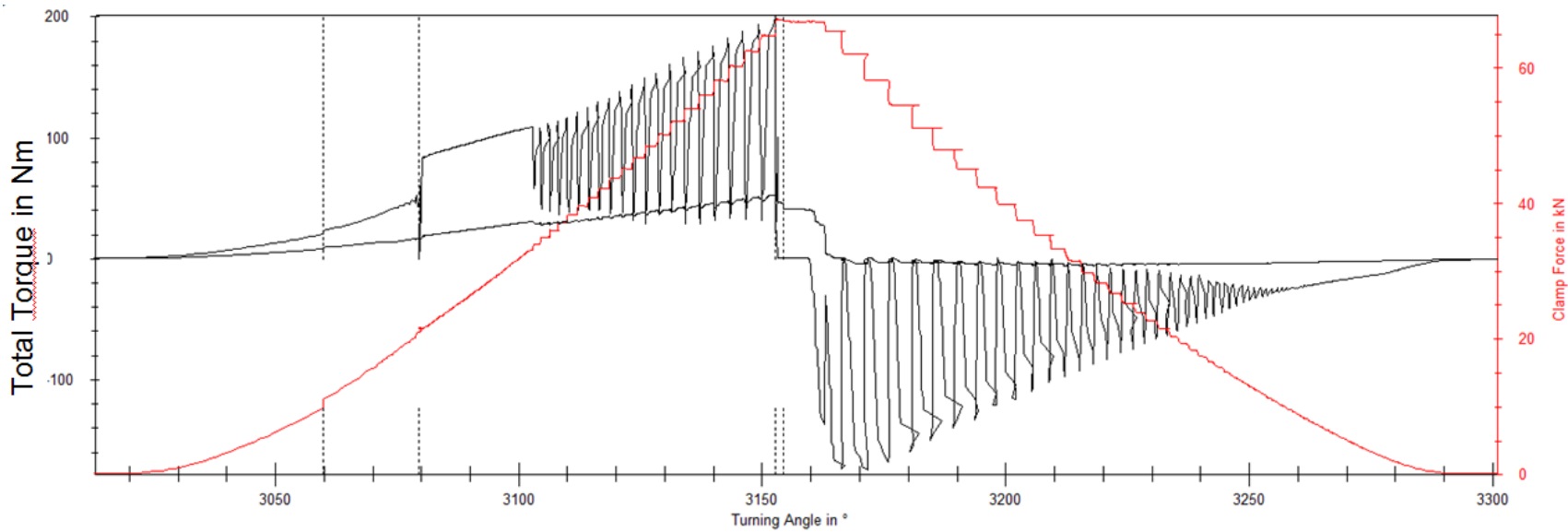


图1 .粘滑效应-拧紧和
拧松过程

拧紧工艺介绍及设计计算

只有当电机驱动轴在扭转过程中发生了弹性变形，粘滑效应才会发生

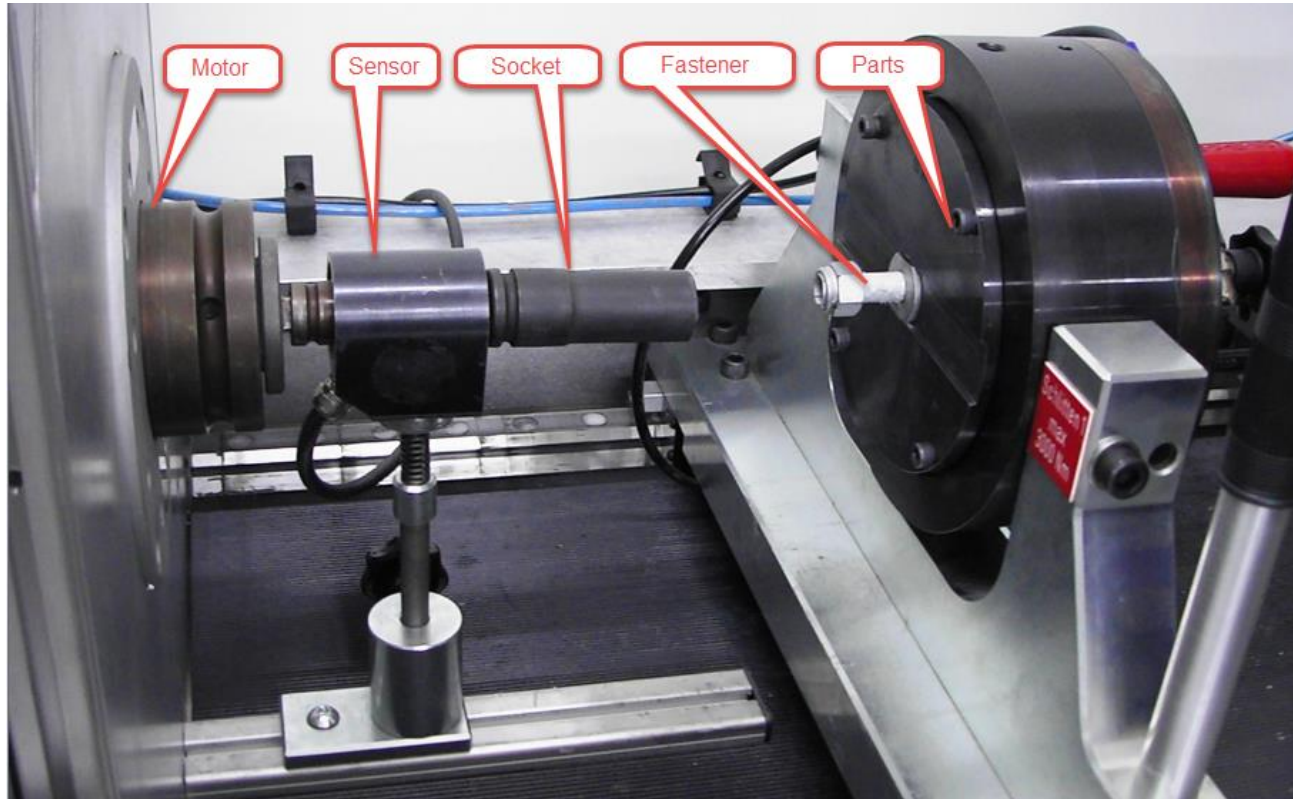


图1. Analyse摩擦系数试验机组成部分：

- 驱动电机
- 扭矩/角度传感器
- 转接头
- 螺栓和螺母
- 辅助部件

其它导致粘滑效应产生的因素有：驱动方寸头与套筒的间隙，或者在套筒和驱动方寸头间使用了延长杆；此外，还有拧紧的转速也会导致粘滑效应的因素之一，但是转速这一问题，可以通过调高或者调低，即可消除粘滑效应



关注微信公众号，了解更多紧固课程信息！