

	DIN 25201-2	DIN
ICS 21.060.10	替代说明参见下文	
铁路车辆及其组件的设计准则 螺栓连接—— 第 2 部分：设计——机械制造应用 替代说明 与 DIN 25201-1:2004-06、DIN 25201-3:2004-06、DIN 25201-4:2004-06、DIN 25201-5:2005-06、DIN 25201-6:2005-06 和 DIN 25201-7:2004-06 一起替代 DIN 25201:1986-11、DIN 25202:1992-04 和 DIN 25203:1992-04。 共 26 页 德国标准化研究所（DIN）中的“铁路车辆标准化委员会（FSF）”		

目录

前言.....	3
1 适用范围.....	3
2 规范性引用文件.....	4
3 符号.....	5
4 关于螺栓连接的概述.....	6
4.1 连接的功能.....	6
4.2 连接的原理.....	7
4.3 安装预紧力 F_M	7
5 结构参数.....	7
5.1 需连接的零部件的尺寸、形状和位置公差.....	7
5.2 紧固长度.....	7
5.3 螺栓连接的柔性.....	8
6 选择紧固元件.....	8
6.1 概述.....	8
6.2 安装工具施加作用力.....	8
6.3 螺纹.....	9
6.4 螺栓的材料.....	9
6.5 螺栓头.....	9
6.6 螺母.....	9
6.7 垫圈.....	9
6.8 表面涂层.....	9
7 螺栓连接的配置及参数的选择.....	10
7.1 概述.....	10
7.2 影响配置的数据.....	10
7.2.1 概述.....	10
7.2.2 旋进深度.....	11
7.2.3 摩擦系数.....	11
7.2.4 拧紧等级（拧紧系数 α_A ）.....	13
7.3 在技术文件中进行记录.....	15
7.4 确定尺寸.....	15
7.4.1 预先确定尺寸.....	15
7.4.2 计算.....	15
7.4.3 用拧紧扭矩 M_A 进行安装.....	15
附录 A(规范性附录) 预先确定螺纹额定直径的尺寸.....	16
附录 B(资料性附录) 在技术文件中进行记录的实例.....	22
附录 C(资料性附录) 安装预紧力及拧紧扭矩的近似值.....	24
参考文献.....	26

前言

本标准由“铁路车辆标准化委员会(FSF)”下属的“连接件工作委员会”(NA 087 05-01 AA)制定。

DIN 25201 “铁路车辆及其组件的设计准则”由以下七部分组成:

- 第1部分:螺栓连接的分类;
- 第2部分:设计——机械制造应用;
- 第3部分:设计——电气应用;
- 第4部分:螺栓连接的安全;
- 第5部分:防腐蚀保护;
- 第6部分:连接尺寸;
- 第7部分:安装。

修改

与 DIN 25201:1986-11、DIN 25202:1992-04、DIN 25203:1992-04 相比,本标准做了下列修改:

- a) 把上述标准综合在一起;
- b) 在编辑方面进行彻底的修订;
- c) 新添加了“电气应用”。

以前的版本

DIN 25201:1986-11

DIN 25202:1992-04

DIN 25203:1992-04

1 适用范围

本标准适用于铁路车辆范围中符合 DIN EN ISO 898-1 及 DIN EN 20898-2 规定的钢制螺栓及螺母的螺栓连接(件)。本标准在限定材料的条件下,也可应用于符合 DIN EN ISO 3506-1 及 DIN EN ISO 3506-2 规定的 A2 及 A4 钢种制造的螺栓及螺母的连接(件)。本标准在基本选择螺栓连接时有助于设计师,并使其更熟悉分类,概念更加清楚。本标准原则上不免除验证结果的实验研究和数值算法(FEM——有限元法,BEM——边界元法),这特别符合重要连接件时的情况。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列规范性文件。对于注日期的规范性文件引用文件，只有指定的版本才适用于本标准。对于不注日期的规范性文件引用文件，应参照使用该规范性文件文件的最新版本（包括修改单）。

DIN 13-28 ISO 米制螺纹——螺纹直径 1 mm~250 mm 的标准螺纹和细牙螺纹、牙底剖面，抗强应力剖面 and 螺旋角

DIN 18800-1 钢结构——测量和设计

DIN 25200 铁路车辆用螺栓和螺母——一览表

DIN 25201-1 铁路车辆及其组件的设计准则——螺栓连接——第 1 部分：螺栓连接的分

类

DIN 25201-4 铁路车辆及其组件的设计准则——螺栓连接——第 4 部分：螺栓连接的安全

DIN 25201-5 铁路车辆及其组件的设计准则——螺栓连接——第 5 部分：防腐蚀保护

DIN 25201-6:2005-06 铁路车辆及其组件的设计准则——螺栓连接——第 6 部分：连接尺寸

DIN 34800 配有带小法兰的外六角传动部件的螺栓及螺钉

DIN 34801 配有带大法兰的外六角传动部件的螺栓及螺钉

DIN EN 1665 带法兰的六角螺栓，重型系列

DIN EN 20273 机械连接件；螺栓用贯通孔

DIN EN 20898-2 连接件的力学性能——第 2 部分：有规定的试验力的螺母；标准螺纹

DIN EN ISO 898-1 由碳素钢和合金钢制成的连接件的力学性能——第 1 部分：螺栓、螺钉和螺柱

DIN EN ISO 2320 带锁紧件的钢制六角锁紧螺母——力学性能和工作性能

DIN EN ISO 3506-1 不锈钢制连接件的力学性能——第 1 部分：螺栓、螺钉和螺柱

DIN EN ISO 3506-2 不锈钢制连接件的力学性能——第 2 部分：螺母

DIN EN ISO 4014 六角头螺钉——产品等级 A 和 B 级

DIN EN ISO 4017 全螺纹六角头螺钉——产品等级 A 和 B 级

DIN EN ISO 4762 内六角圆柱头螺栓

DIN ISO 261 通用 ISO 米制螺纹——一般示意图

DIN ISO 965-1 通用 ISO 米制螺纹——公差——第 1 部分：原则和基本数据

VDI 2230 第 1 部分:2003-02 高强度螺栓连接的系统计算——圆柱形旋入式连接（注：VDI 为德国工程师协会标准）

3 符号

A_N	公称横截面面积
A_S	DIN 13-28 规定的螺栓螺纹的应力面积
d	螺栓直径=螺纹外径（公称直径）
D_a	螺母支承平面的内径（螺母内径）
d_a	螺栓头支承平面的内径
d_h	被紧固件的孔径
d_{ha}	被紧固件靠螺栓头侧支承平面的内径（倒角内径）
D_{ki}	头部支承平面的内径
D_{km}	螺栓头和螺母贴合面上产生摩擦力矩的有效直径
d_w	螺栓头支承平面的外径（支承外径）
d_2	螺栓螺纹的中径
f_Z	贴紧是产生的位移量和塑性变形
F_Z	拧紧过程中由于变形产生的预紧力降低
F_M	安装预紧力
F_{mGM}	螺母及内螺纹的初始预紧力
F_{mGS}	螺栓螺纹的初始预紧力
$F_{M \max}$	每只螺栓设计规定的最大安装预紧力，以至于即使拧紧方法不够精确或者拧紧过程中产生变形，也能达到并保持连接中要求的夹紧力
$F_{\max(Kopf)}$	螺栓头上的最大作用力
$F_{M \min}$	在 $F_{M \max}$ 情况下时由于拧紧方法不精确及达到最大摩擦而产生的最小安装预紧力 平均安装预紧力
F_{Mm}	可加载的螺栓螺纹的断裂作用力
F_{mS}	表 C.1 规定的安装预紧力
$F_{M \text{ Tab}}$	紧固长度
L_K	有效螺母高度及有效旋进深度（外螺纹及内螺纹啮合部分）
m_{eff}	安装时使用 F_M 预紧螺栓时的拧紧扭矩
M_A	减去分散值 ΔM_M 的拧紧扭矩
$M_{A \text{ red}}$	接合力矩
M_F	标明的安装扭矩的分散值
ΔM_M	螺栓螺纹的螺距
P	粗糙度
R_a	抗拉强度
R_m	粗糙度
R_z	拧紧系数
α_A	在同心紧固及同心载荷时被紧固件的弹性变形
δ_p	螺栓的柔度
δ_S	被连接件的柔度
μ_G	螺纹中的摩擦系数
μ_{ges}	表示螺栓连接的总摩擦特性的对比摩擦系数
μ_K	螺栓头支承面中的摩擦系数
μ_T	分界面中的摩擦系数
ν	拧紧时屈服点应力的利用率（受损害的横截面全塑性的极限值）
τ_{BM}	螺母的抗剪强度（近似值大约为 $0.6 R_m$ ）
Φ_K	在经过螺栓和螺母贴合平面上，同心紧固及同心载荷时的作用力比例

4 关于螺栓连接的概述

4.1 连接的功能

本标准规定的螺栓连接具有下列功能：把零部件互相连接起来，防止出现滑动或互相脱开，但是必须可以拆卸。

传递静态或动态作用力必须符合下面图 1 中列出的规定。

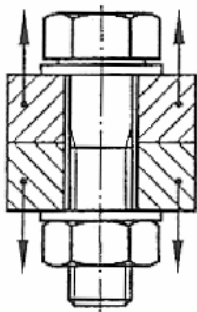
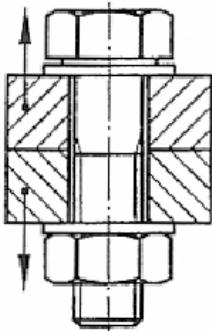
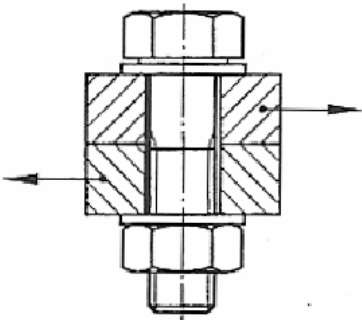
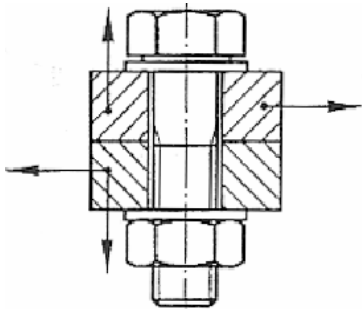
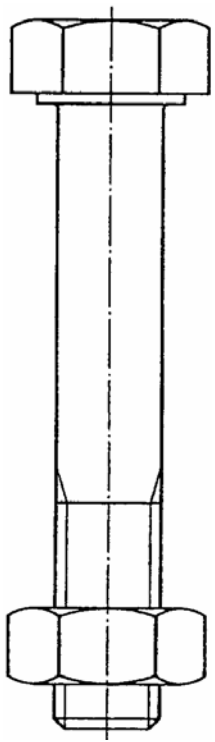
从外部作用于螺栓连接的作用力	由此产生单个紧固元件的负荷种类
	纯粹的拉伸应力 (同心的轴向作用力)
	拉伸应力及弯曲应力 (偏心的轴向作用力)
	剪切应力及弯曲应力 (横向作用力)
	合成的负荷 (拉伸作用力、弯曲作用力及横向作用力)

图 1 作用于螺栓连接的作用力及负荷

4.2 连接的原理

螺栓连接的强度应该是最薄弱的元件的强度，除特殊情况外，这个元件应该是螺栓。

	螺栓的组成部分	承载能力	失效的原因
	螺栓头	$F_{\max(\text{Kopf})}$	螺栓头剪断
			螺栓头/杆过渡区域中断裂
	杆	$A_N R_m$	在无切口的杆的范围中断裂
	可加载螺纹	F_{mS}	螺纹尾扣中断裂
			可加载螺纹部分中断裂
	啮合中的螺纹	F_{mGM} F_{mGS}	第 1 个承载螺纹线中断裂
			啮合中的螺栓和/或螺母螺纹脱开

设计原则: $F_{mS} < F_{\max(\text{Kopf})}$ 、 $A_N R_m$ 、 F_{mGM} 、 F_{mGS}

图 2 根据螺栓连接失效的可能性得出的设计原理（以长杆螺栓为例）

4.3 安装预紧力 F_M

安装预紧力是保证能够持久传递静态或动态作用力的数据（值）。

5 结构参数

5.1 需连接的零部件的尺寸、形状和位置公差

连接尺寸的值及公差在 DIN 25201-6:2005-06，第 3 章及第 4 章中规定。

5.2 紧固长度

根据零部件的厚度确定紧固长度及螺栓的长度（参见图 3）。为了螺栓的杆中的弹性延伸保持足够大的值，需努力达到下列比值：

$$L_K/d \geq 3 \sim 5$$

式中：

L_K 紧固长度（单位：mm）；

d 螺栓直径（单位：mm）。

为了满足这个条件，在规定了厚度时可能必须另外使用轴套或缩小螺栓直径，在后一种情况时，可以导致增加螺栓数量或使用较高强度的螺栓。

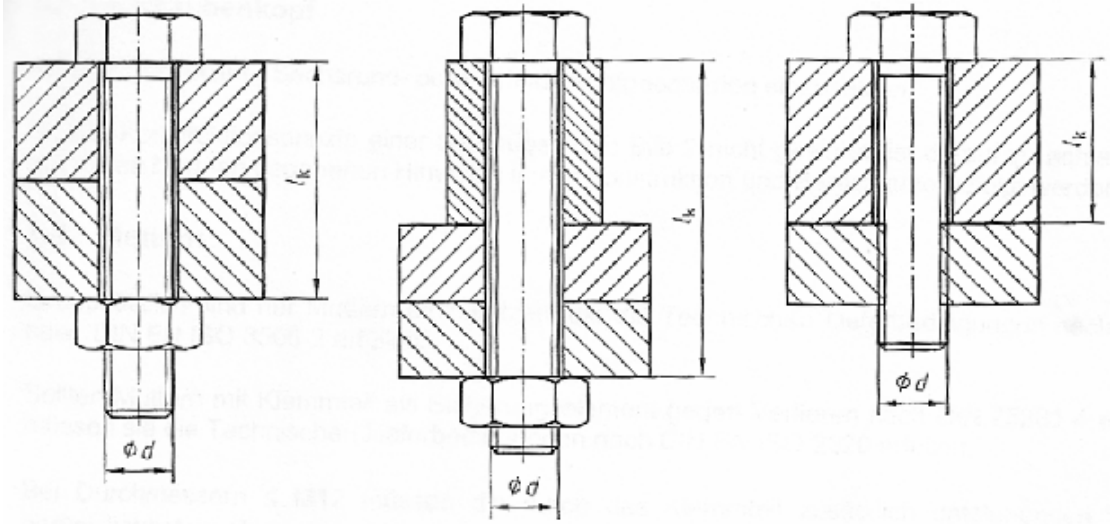


图 3 紧固长度 L_K

5.3 螺栓连接的柔度

螺栓的柔度（刚度的倒数） δ_s 应尽量大些，被紧固的零部件的柔度 δ_p 应尽量小些。需努力达到尽可能小的作用力比值 Φ_K ，用下列公式表达：

$$\Phi_K = \delta_p / (\delta_s + \delta_p)$$

从而降低螺栓中的偏转力及由于变形产生的预紧力下降。

6 选择紧固元件

6.1 概述

原则上应使用 DIN 25200 及 DIN 25201-4 规定的连接件，设计时把垫圈限制在必需的最小数量。螺栓及螺母必须属于同样的强度等级，或由同样的材料制成。

6.2 安装工具施加作用力

原则上应使用用于内外六角螺栓及配有带法兰的内外六角传动部件的螺栓及螺钉的安装工具。

6.3 螺纹

采用米制 ISO 螺纹，DIN ISO 261 规定的系列 1 标准螺纹。

6.4 螺栓的材料

原则上只使用满足 DIN EN ISO 898-1 或 DIN EN ISO 3506-1 规定的交货技术条件的螺栓。

6.5 螺栓头

应使用六角头、圆头或配有带法兰的内外六角传动部件的螺栓及螺钉。

如果图 2 规定的螺栓设计原则不能做到，则在设计及计算中必须注意遵守当时有关标准中的规定。

6.6 螺母

原则上只使用满足 DIN EN 20898-2 或 DIN EN ISO 3506-2 规定的交货技术条件的螺母。

如果螺母带有 DIN 25201-4 规定的防松（松脱）的保险元件的锁紧件时，则该螺母必须满足 DIN EN ISO 2320 规定的交货技术条件。

在直径 $\leq M12$ 时，必须考虑使用锁紧件另外产生扭矩。

6.7 垫圈

应使用 DIN 25200 及 DIN 25201-4 规定的垫圈，弹簧垫圈及楔形垫圈组。

6.8 表面涂层

表面涂层影响连接件功能的可靠性及其寿命，选择涂层时应考虑下列因素：

——防腐性能

不仅需要注意电化学的电压等级，还需考虑一切有关材料及涂层的实际腐蚀性能（参见 DIN 25201-5）。

——在抗拉强度 $\geq 1000 \text{ N/mm}^2$ 时及在渗碳淬火及回火的零件时，应选择不会发生氢脆的涂层。

——摩擦

涂层影响安装时达到的预紧力，应选择具有确定的狭窄摩擦系数范围的涂层（7.2.3 规定的值）。

7 螺栓连接的配置及参数的选择

7.1 概述

对于具有动态和/或静态负荷的螺栓连接的功能而言，必须存在一定的预紧力。必要的预紧力通过使用具有足够高强度的螺栓及螺母来达到，在规定的螺栓拧紧等级的条件下使用算出的或规定的控制值及检验值来进行拧紧。

按照 DIN 25201-1 规定的风险等级，在配置螺栓连接时必须满足表 1 规定的最低要求。

表 1 最低要求

	风险等级			
	H（高）	M ^a （中等）		G ^a （低）
安全理念	在工作产生负荷时必须 有防止故障的冗余装置 ^b	在工作产生负荷时可以规定防止故障的冗余装置 ^c		不需要防止故障的冗余装置
螺栓连接的证明	紧固场合 2 和 3	紧固场合 2 和 3	紧固场合 1	可以根据经验值进行配置
	需要按照公认的技术规则进行计算或进行试验，例如按照 VDI 2230 第 1 部分规定的原则进行计算		试验（或计算）	
提供证明文件	必需	建议	必需	不需要
在技术文件（图纸）中进行说明 ^c	风险等级、安装扭矩或旋转角/安装扭矩或预紧力或长度更改、拧紧等级、润滑剂及分离剂、安装说明			没有需要进行说明的规定
^a 确定风险等级中没有把握时，应按照较高的风险等级进行。				
^b 防故障的冗余技术： • 螺栓数量必须大于计算值； • 另外的承载途径，在螺栓连接失效时起防护作用（例如保险绳索、保险装置）。 在不能采取冗余技术的场合，在工作使用中必须缩短检查的间隔时间。				
^c 标记实例见附录 B。				

7.2 影响配置的数据

7.2.1 概述

建议按照 VDI 2230 第 1 部分的规定进行螺栓连接的计算。如果需配置的螺栓连接具有特殊性，则在计算时应相应地考虑该特殊性，实例如下：

- 不同的螺栓头形状（有时安装预紧力较小）；
- 允许的表面压力降低，例如在铸铝合金及铝的塑性合金时不超过 $0.6 R_{p0.2} \sim 0.8 R_{p0.2}$ ；

- 为表面涂层设定的值（根据试验、经验值或根据估算）；
- 被紧固的零部件与计算模型不相同（例如在长孔、大孔、凸出及凹入的分界面）；
- 超过 DIN 25201-6:2005-06 第 3 章和第 4 章规定的值；

7.2.2 旋进深度

在螺孔中使用螺栓时，只有利用图 4 规定的最小旋进深度，按照 VDI 2230 第 1 部分的规定算出的拧紧扭矩才适用。

在图 4 中，可以按照图示估算螺栓连接必需的旋进深度（不包含埋头及倒角）。

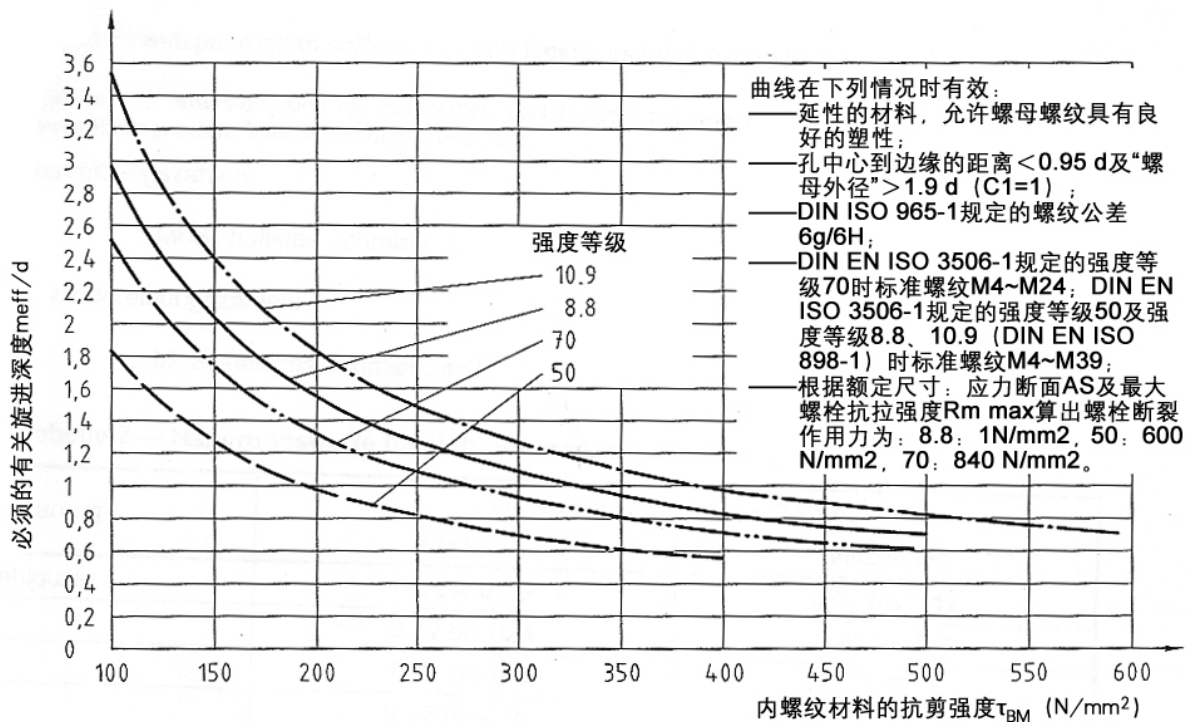


图 4 必要的有关旋进深度 m_{eff}/d 的标准值

7.2.3 摩擦系数

摩擦性能（参见表 2）与表面状态有关（参见 5.2）。防腐、润滑状态和制造工艺（切削加工或非切削加工）都具有不同的影响。

螺栓头及螺栓螺纹的摩擦系数应在下列摩擦系数的范围之中（在使用胶粘剂时不适用）：

在使用单个摩擦系数时：

螺栓头摩擦系数： $0.08 \leq \mu_K \leq 0.16$

螺纹摩擦系数： $0.08 \leq \mu_G \leq 0.16$

d) 在使用总摩擦系数时: $0.09 \leq \mu_{\text{ges}} \leq 0.14$

总摩擦系数 μ_{ges} 的计算公式为:

$$\mu_{\text{ges}} = \frac{\frac{M_A}{F_M} - 0.16 \cdot P}{0.58 \cdot d_2 + \frac{D_{km}}{2}}$$

式中: $D_{km} = (d_w + D_{ki})/2$

$D_{ki} = \max(D_a, d_{ha}, d_h, d_a)$

全部(每批)螺栓及使用的配合件均应在该摩擦系数范围之内。

为了达到该摩擦系数¹⁾, 必须使用合适的润滑剂润滑螺栓及螺母, 或使用已经涂过润滑剂的螺栓及螺母。

螺栓头摩擦系数的近似值为:

$\mu_k = 0.08$: 含有 MoS₂ 的润滑剂

螺纹摩擦系数的近似值为:

$\mu_G = 0.08$: 含有 MoS₂ 的润滑剂

表 2 分界面中附着摩擦的近似值

材料的组合 ^a	下列状态下的附着摩擦系数 μ_T	
	干摩擦	润滑
钢-钢/铸钢	0.1~0.23	0.07~0.12
钢-GG(灰铸铁)	0.12~0.24	0.06~0.1
GG(灰铸铁) - GG(灰铸铁)	0.15~0.3	0.2
青铜-钢	0.12~0.28	0.18
GG(灰铸铁) - 青铜	0.28	0.15~0.2
钢-铜合金	0.07	
钢-铝合金	0.1~0.28	0.05~0.18
铝-铝	0.21	
^a 根据 VDI 2230 第 1 部分:2003-02 表 A6 的规定。		

在具有相应的证明(试验或 DIN 18800-1 规定的证明时), 可以使用较大的摩擦系数 μ_T 。

¹⁾ 参见 VDA 235-101。

7.2.4 拧紧等级（拧紧系数 α_A ）

安装预紧力受到许多因素的影响，其中：

- 互相做相对运动的表面中的摩擦情况；
- 连接件的强度；
- 螺栓连接的几何形状；
- 拧紧方法及拧紧工具。

摩擦系数估算时的误差、在一批螺栓及需使用螺栓拧紧的零部件中存在的摩擦系数的分散值、不同精度的拧紧方法及仪表误差，导致安装预紧力产生程度不同的数值分散。因此，必须加大螺栓连接的等级，采用拧紧系数 α_A 表示。计算中使用的系数 α_A 同时确定应使用的拧紧等级。

从表 3 可以看到各影响数据的关系。

表 3 拧紧等级、拧紧系数 α_A 的标准值及所使用的工具发出的安装扭矩的数值分散

拧紧等级	给出的安装扭矩 M_M 的数值分散 ΔM_M^a	拧紧系数 $\alpha_A = F_{Mmax}/F_{Mmin}$	数值分散 $\Delta F_M/(2 \cdot F_{Mm}) = (\alpha_A - 1)/(\alpha_A + 1)$	拧紧方法	调整方法	说明		
A	b	1.05~1.2	$\pm 2\% \sim \pm 10\%$	使用超声波拧紧(控制伸长)	声音传播时间	-需要标定值; -在 $L_K/d < 2$ 时, 需注意累进增大的误差; -在直接的机械连接时误差较小, 间接连接时误差较大。		
		1.1~1.5	$\pm 5\% \sim \pm 20\%$	用机械方法进行伸长测量	通过伸长测量调整	-精确地测得螺栓的轴向弹性柔性很重要, 数值分散主要取决于测量方法的准确性; -在 $L_K/d < 2$ 时, 需注意累进增大的误差。		
		1.2~1.4	$\pm 9\% \sim \pm 17\%$	拧紧时控制屈服点, 电动或手动	规定相对的扭矩-旋转角系数	预紧力数值分散主要取决于所使用的一批螺栓中的屈服点的数值分散, 此处根据 F_{Mmin} 确定螺栓的尺寸, 所以在这种拧紧方法时取消根据 F_{Mmax} (含有拧紧系数 α_A) 配置螺栓。		
		1.2~1.4	$\pm 9\% \sim \pm 17\%$	拧紧时控制旋转角, 电动或手动	按照试验确定临界扭矩及旋转角 (等级)			
B	b	1.2~1.6	$\pm 9\% \sim \pm 23\%$	液压拧紧	通过长度及压力测量进行调整	较低的值用于长螺栓($L_K/d > 5$); 较高的值用于短螺栓($L_K/d \leq 2$);		
		$\pm 5\% \sim \pm 10\%$	1.4~1.6	$\pm 17\% \sim \pm 23\%$	使用扭矩扳手拧紧, 控制扭矩, 可以发出信号的扳手或带有动态扭矩测量的旋转扳手	根据试验在原始紧固件上确定拧紧扭矩额定值, 例如通过螺栓的伸长测量	较低的值: 需要进行大量的调整及检验试验 (例如 20 次); 需要所发出的安装扭矩较小的数值分散 (例如 $\pm 5\%$)	较低的值用于: -较小的旋转角, 即较刚性的连接; -较软的相接部位; -相接部位: 没有腐蚀的倾向, 例如磷酸处理或充分润滑;
			1.6~2.0 (使用 7.2.3 中的摩擦系数)	$\pm 23\% \sim \pm 33\%$	使用扭矩扳手拧紧, 控制扭矩, 可以发出信号的扳手或带有动态扭矩测量的旋转扳手	通过估算摩擦系数确定拧紧扭矩额定值 (表面情况及润滑情况)	较低的值用于: 可进行测量的扭矩扳手在均匀地拧紧时以及精密的旋转扳手; 较高的值用于: 可发出信号的扭矩扳手或横向弯曲的扭矩扳手	较高的值用于: --较大的旋转角, 即较柔性的连接及细螺纹; -相接部位硬度较高, 与粗糙的表面连接
注: 迄今为止的 DIN 25202:1992-04 规定的螺栓拧紧等级 C 及 D, 已不再允许使用。								
来源: ERRI S 1071/RP 1 和 VDI 2230 第 1 部分。								
^a 所发出的安装扭矩的数值分散 (百分比) 表示; 所发出的安装扭矩与额定扭矩之间的差值。								
^b 使用该方法时, 安装扭矩没有数值分散的数值。								

7.3 在技术文件中进行记录

参见表 1 和附录 B。

7.4 确定尺寸

7.4.1 预先确定尺寸

最小螺纹直径主要根据作用于螺栓连接上的横向及纵向作用力确定。为了预先确定螺栓连接的尺寸，下面在附录 A 中列出了三张图表（曲线图）。根据图 A.2~A.4，在作用于螺栓连接上的横向及纵向负荷为已知值时，按照强度等级可以估算出必需的螺纹额定直径。

7.4.2 计算

根据按照 7.4.1 的规定预先确定的尺寸，在风险等级 H 的紧固场合 2 及 3 及风险等级 M 的紧固场合 1、2 和 3 的螺栓连接时，必须按照 VDI 2230 第 1 部分的规定或采用 FEM（有限元法）、BEM（边界元法）或同等价值的试验或研究进行计算（参见 DIN 25201-1）。

7.4.3 用拧紧扭矩 M_A 进行安装

在技术资料中记录时，额定拧紧扭矩 M_A 必须减去表 3 规定的、与规定的拧紧方法（拧紧等级）相符的发出的安装扭矩数值分散值 ΔM_M 。

$$M_{A\text{red}} = \left(1 - \frac{|\Delta M_M|}{X}\right) \cdot M_A$$

式中：

M_A 拧紧扭矩（Nm）；

ΔM_M 安装扭矩的分散值（Nm）；

$M_{A\text{red}}$ 相减后的拧紧扭矩（Nm）；

X 缩减系数=100%。

附录 A

(规范性附录)

预先确定螺纹额定直径的尺寸

图 1 是使用表 A.1 规定的值，为图 A.2~A.4 中选择位移量 f_z 的实例。

如果遵守图中的参数，在作用于螺栓连接上的横向及纵向作用力为已知值时，可以使用图 A.2、A.3 和 A.4 预先确定螺纹的额定直径。图 A.5 中是选择螺栓及确定安装预紧力利用率的实例。

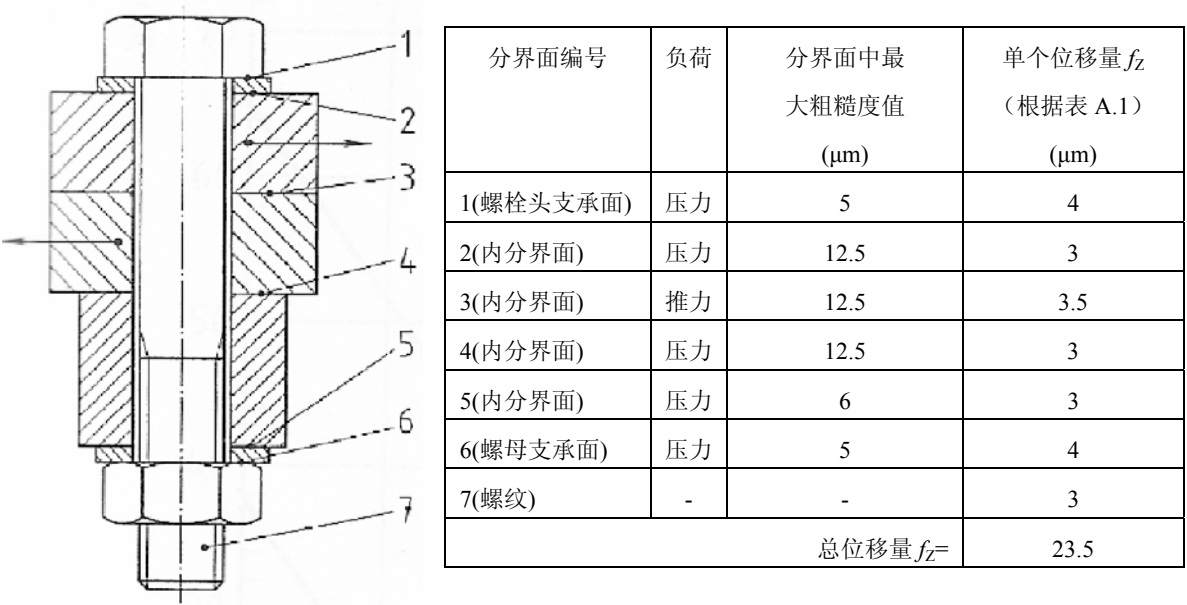
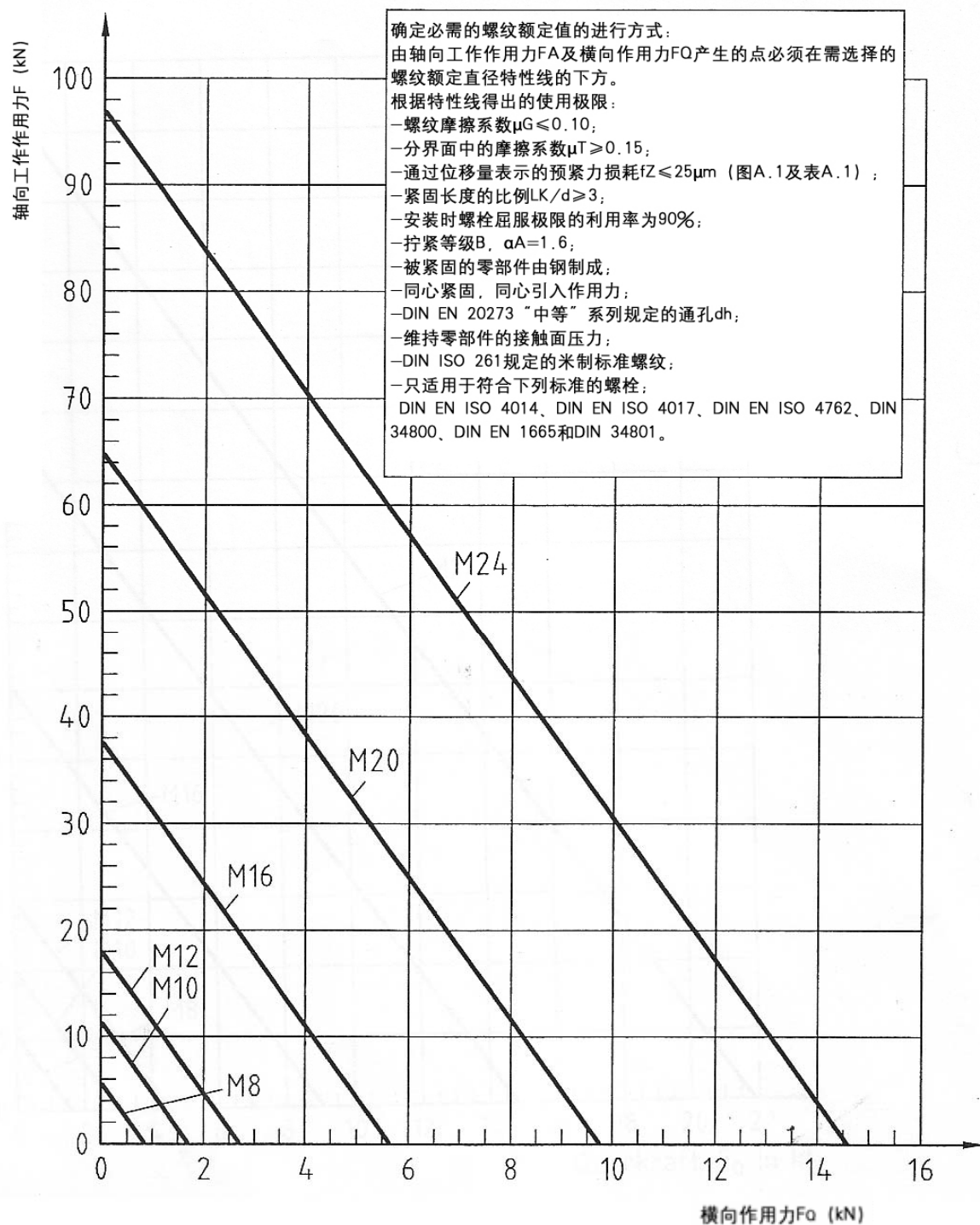


图 A.1 使用表 A.1 规定的值，为图 A.2~A.4 中选择位移量 f_z 的实例

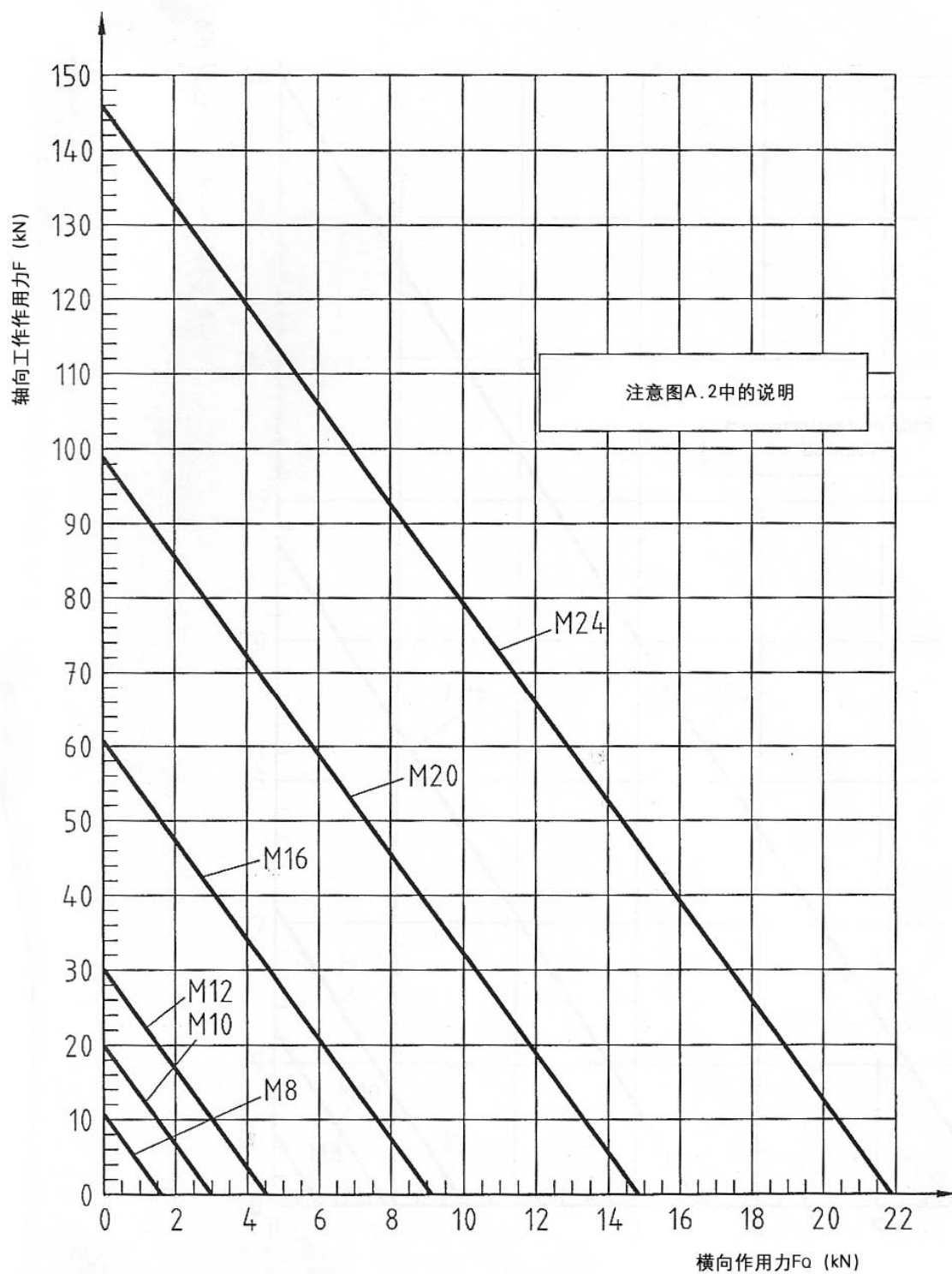
表 A.1 VDI 2230 第 1 部分规定的钢制螺栓、螺母及紧凑地紧固的零部件时位移量的标准值（平滑的表面、保持接触面压力）

粗糙度 R_z (μm)	粗糙度 R_a (μm)	负荷	单个位移量的标准值 f_z (μm)		
			在螺纹中 ^a	每个螺栓头或 螺母支承面	每个内部的分 界面
<10	<0.6	拉力/压力	3	2.5	1.5
		推力	3	3	2
10~<40	0.6~<4	拉力/压力	3	3	2
		推力	3	4.5	2.5
40~<160	4~<22	拉力/压力	3	4	3
		推力	3	6.5	3.5

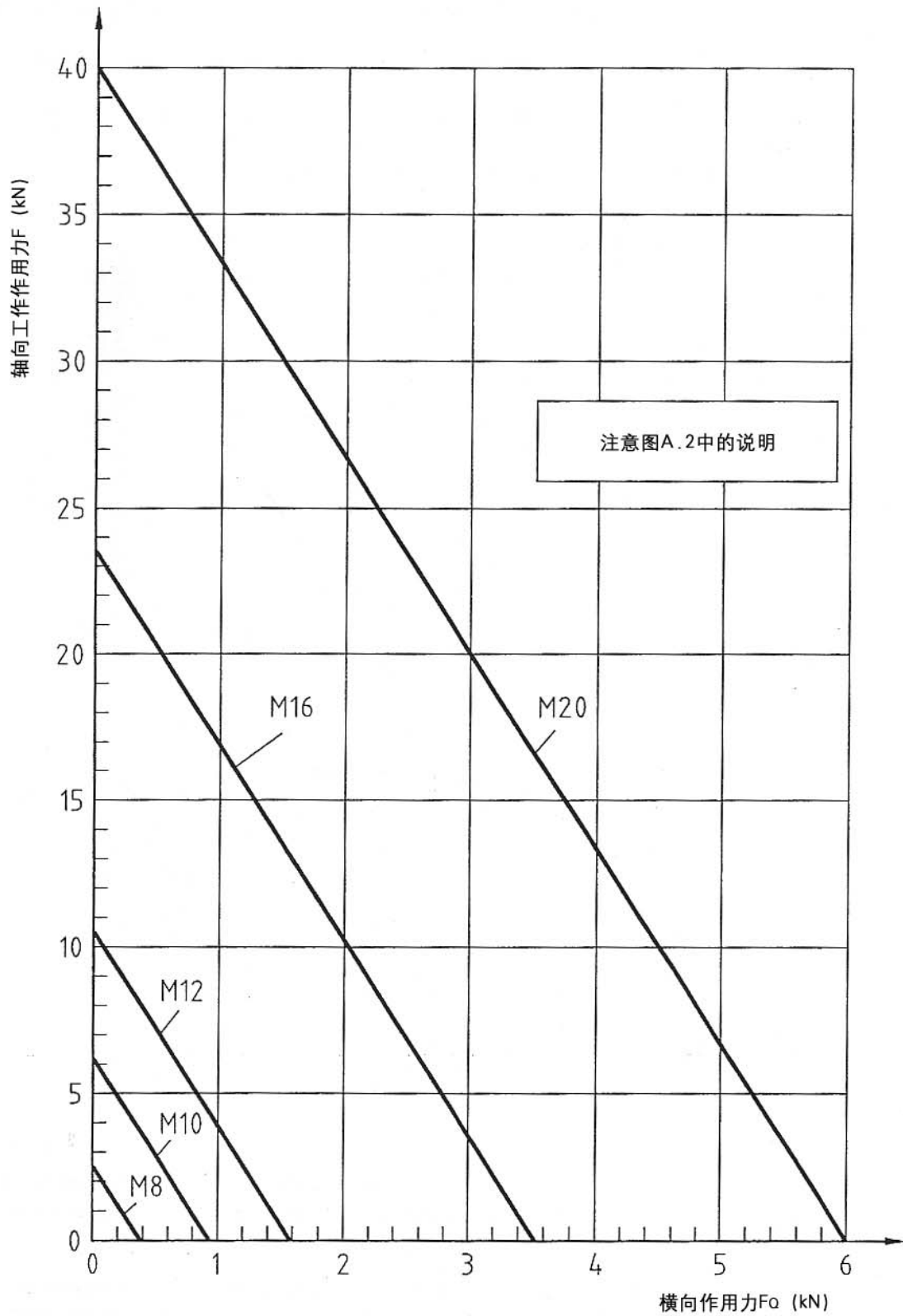
^a 旋入连接的螺纹位移量的近似值：5 μm （铝为 10 μm ）。



图A.2 强度等级8.8时用计算的方法预先确定螺纹额定直径



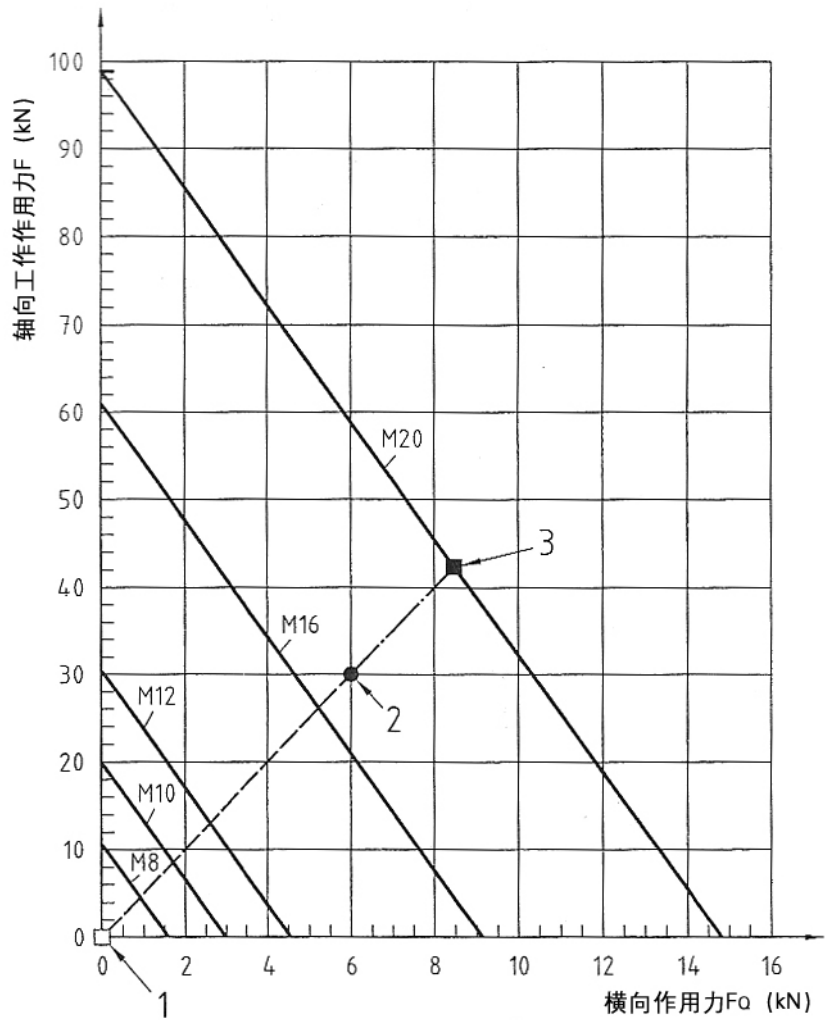
图A.3 强度等级10.9时，用计算的方法预先确定螺纹额定直径



图A.4 用计算的方法预先确定螺栓A2-70及A4-70的螺纹额定直径

实例：近似地得出螺栓连接安装预紧力的利用率。

螺栓连接必须传递存在的下列外部作用力：
作用于螺栓连接的纵向作用力： $F_A=30\text{ kN}$
作用于螺栓连接的横向作用力： $F_Q=6\text{ kN}$
必须按照图 A.3 中的条件预先确定螺栓连接的尺寸。



- 图中：
- 1 起始点“0”；
 - 2 作用于螺栓连接的外部负荷“A”点；
 - 3 螺栓连接 M20 10.9 的安装预紧力的承载能力“B”点。

图 A.5 选出的螺栓额定尺寸 M20 的现有负荷“A”及承载能力“B”
(根据图 A.3 的曲线图：强度等级 10.9 时用计算的方法预先确定螺纹额定直径)

使用额定尺寸为 M20 的螺栓 (强度等级 10.9 (M10-10.9)) 的螺栓连接的承载能力与“B”点相符, 即线段“OB”; 现有的外部负荷与“A”点相符, 即线段“OA”。

根据螺栓 M20-10.9 的安装预紧力确定的承载能力的利用率 (百分比) 与线段“OA”和“OB”的比值相符。

$$\text{安装预紧力的利用率} = \frac{\text{线段OA}}{\text{线段OB}} [100\%]$$

附录 B
(资料性附录)
在技术文件中进行记录的实例

实例 1

按照风险等级 H 时拧紧等级 A 进行拧紧，拧紧时控制屈服点：
使用控制屈服点方法拧紧 DIN 25201-2-A；
风险等级 H；
对螺纹及螺栓头支承进行了润滑；
分界面保持清洁，并且无油脂。

实例 2

按照风险等级 H 时拧紧等级 A 采取控制旋转角的方法拧紧，首先应施加接合力矩 $M_F=15\text{Nm}^{2)}$ ，然后是拧紧旋转角 $\alpha=30^\circ$ ：
采用控制旋转角的方法拧紧 DIN 25201-2-A；
风险等级 H；
15 Nm — 30 度 —
对螺纹及螺栓头支承进行了润滑；
分界面保持清洁，并且无油脂。

实例 3

按照风险等级 M 时拧紧等级 B 采取控制扭矩的方法拧紧，例如工具在螺母（支承直径）上施加作用力时拧紧扭矩 $M_A=23\text{ Nm}$ ，对螺纹及螺母支承进行了润滑，分界面可以用润滑剂湿润：
DIN 25201-2-B；
风险等级 M；
 $M_A=23\text{ Nm}$ ——螺母侧，对螺纹及螺母进行了润滑。

²⁾ 在 VDI 2230 第 1 部分中，规定接合扭矩为全部分界面产生完全接触时的力矩；在超过极限力矩之后（ $\geq M_F$ ）才把旋转角算在里面。

实例 4

表 B.1 是一个在技术文件中记录的实例。

表 B. 1 在图纸标题的上方以表格的形式进行记录

位置	风险等级	拧紧等级	拧紧扭矩 M_A (Nm)	润滑	安装说明
18、58	M	B	64	螺纹及螺栓头支承以及位置 45	分界面保持清洁、并且无油脂
24	H	B	176	螺纹及螺母支承以及位置 45	拧紧扭矩是螺栓头上的传动； 分界面保持清洁、并且无油脂

附录 C

(资料性附录)

安装预紧力及拧紧扭矩的近似值

安装预紧力见表 C.1，相减后的拧紧扭矩见表 C.2。

表 C.1 具有 DIN ISO 261 规定的米制标准螺纹及 DIN EN ISO 4014 及 DIN ISO 4017³⁾ 规定的六角螺栓头尺寸以及 DIN EN 20273 规定的“中等”孔的螺栓的安装预紧力 $F_{M\ Tab}$ 及拧紧扭矩 M

螺 纹	强度 等级 ^a	安装预紧力 $F_{M\ Tab}$ (kN), $\mu_G=$						拧紧扭矩 M_s^b (Nm), $\mu_K=$					
		0.08	0.1	0.12	0.14	0.16	0.20	0.08	0.1	0.12	0.14	0.16	0.20
M4	8.8	4.6	4.5	4.4	4.3	4.2	3.9	2.3	2.6	3.0	3.3	3.6	4.1
	10.9	6.8	6.7	6.5	6.3	6.1	5.7	3.3	3.9	4.6	4.8	5.3	6.0
	A2-70	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	1.6	1.8	2.1	2.3	2.5	2.9
	A4-80	4.4	4.3	4.1	4.0	3.9	3.7	2.1	2.5	2.8	3.1	3.4	3.8
M5	8.8	7.6	7.4	7.2	7.0	6.8	6.4	4.4	5.2	5.9	6.5	7.1	8.1
	10.9	11.1	10.8	10.6	10.3	10.0	9.4	6.5	7.6	8.6	9.5	10.4	11.9
	A2-70	5.3	5.2	5.1	4.9	4.8	4.5	3.1	3.6	4.1	4.6	5.0	5.7
	A4-80	7.1	6.9	6.8	6.6	6.4	6.0	4.1	4.8	5.5	6.1	6.6	7.6
M6	8.8	10.7	10.4	10.2	9.9	9.6	9.0	7.7	9.0	10.1	11.3	12.3	14.1
	10.9	15.7	15.3	14.9	14.5	14.1	13.2	11.3	13.2	14.9	16.5	18.0	20.7
	A2-70	7.5	7.3	7.2	7.0	6.8	6.4	5.4	6.3	7.1	7.9	8.6	9.9
	A4-80	10.0	9.8	9.5	9.3	9.0	8.5	7.2	8.4	9.5	10.5	11.5	13.2
M8	8.8	19.5	19.1	18.6	18.1	17.6	16.5	18.5	21.6	24.6	27.3	29.8	34.3
	10.9	28.7	28.0	27.3	26.6	25.8	24.4	27.2	31.8	36.1	40.1	43.8	50.3
	A2-70	13.7	13.4	13.1	12.7	12.4	11.7	13.0	15.2	17.3	19.2	21.0	24.1
	A4-80	18.3	17.9	17.5	17.0	16.5	15.6	17.3	20.3	23.0	25.6	28.0	32.1
M10	8.8	31.0	30.3	29.6	28.8	27.9	26.3	36	43	48	54	59	68
	10.9	45.6	44.5	43.4	42.2	41.0	38.6	53	63	71	79	87	100
	A2-70	21.8	21.3	20.8	20.3	19.7	18.6	26	30	34	38	41	48
	A4-80	29.1	28.5	27.8	27.0	26.3	24.8	34	40	45	51	55	64
M12	8.8	45.2	44.1	43.0	41.9	40.7	38.3	63	73	84	93	102	117
	10.9	66.3	64.8	63.2	61.5	59.8	56.3	92	108	123	137	149	172
	A2-70	31.8	31.1	30.3	29.5	28.7	27.1	44	52	59	65	72	82
	A4-80	42.4	41.4	40.4	39.4	38.3	36.1	59	69	78	87	95	110
M16	8.8	84.7	82.9	80.9	78.8	76.6	72.2	153	180	206	230	252	291
	10.9	124.4	121.7	118.8	115.7	112.6	106.1	224	264	302	338	370	428
	A2-70	59.7	58.4	57.1	55.6	54.1	51.1	108	127	145	162	178	206
	A4-80	79.6	77.9	76.1	74.1	72.2	68.1	143	169	193	216	237	274
M20	8.8	136	134	130	127	123	116	308	363	415	464	509	588
	10.9	194	190	186	181	176	166	438	517	592	661	725	838
	A2-70	93	91	89	87	84	80	210	248	284	317	347	402
M24	8.8	196	192	188	183	178	168	529	625	714	798	875	1011
	10.9	280	274	267	260	253	239	754	890	1017	1136	1246	1440
	A2-50	63	61	60	58	57	54	169	199	228	254	279	322
M30	8.8	313	307	300	292	284	268	1053	1246	1428	1597	1754	2035
	10.9	446	437	427	416	405	382	1500	1775	2033	2274	2498	2893
	A2-50	100	98	96	93	91	86	336	397	455	509	559	647
M36	8.8	458	448	438	427	415	392	1825	2164	2482	2778	3054	3541
	10.9	652	638	623	608	591	558	2600	3082	3535	3957	4349	5043
	A2-50	146	143	139	136	132	125	582	689	790	885	972	1128
^a 按照 DIN EN ISO 898-1 及 DIN EN ISO 3506-1 规定的强度等级。													
^b 用 $\mu_G=\mu_K$ 进行计算。													

³⁾ 也适用于 DIN 34800 规定的配有带小法兰的外六角传动部件的螺栓 (M4~M20) 及 DIN EN ISO 4762 规定的内六角螺栓。

表 C.2 拧紧等级 B 时具有 DIN ISO 261 规定的米制标准螺纹及 DIN EN ISO 4014 及 DIN ISO 4017⁴⁾ 规定的六角螺栓头尺寸的相减后的拧紧扭矩 $M_{A, red}$ (7%工具数值分散)

螺纹	强度等级 ^a	相减后的拧紧扭矩 $M_{A, red}$ (Nm), $\mu_K =$					
		0.08	0.1	0.12	0.14	0.16	0.20
M4	8.8	2.1	2.4	2.8	3.1	3.3	3.8
	10.9	3.1	3.6	4.3	4.5	4.9	5.6
	A2-70	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.7
	A4-80	2.0	2.3	2.6	2.9	3.1	3.6
M5	8.8	4.1	4.8	5.5	6.0	6.6	7.6
	10.9	6.0	7.0	8.0	8.9	9.7	11.1
	A2-70	2.9	3.4	3.8	4.2	4.6	5.3
	A4-80	3.9	4.5	5.1	5.7	6.2	7.1
M6	8.8	7.1	8.4	9.4	10.5	11.4	13.1
	10.9	10.5	12.3	13.8	15.4	16.8	19.2
	A2-70	5.0	5.8	6.6	7.4	8.0	9.2
	A4-80	6.7	7.8	8.8	9.8	10.7	12.3
M8	8.8	17.2	20.1	22.8	25.4	27.7	31.9
	10.9	25.3	29.5	33.6	37.3	40.7	46.8
	A2-70	12.1	14.1	16.1	17.8	19.5	22.4
	A4-80	16.1	18.9	21.4	23.8	26.0	29.9
M10	8.8	34	40	45	50	55	63
	10.9	50	58	66	74	81	93
	A2-70	24	28	32	35	39	44
	A4-80	32	37	42	47	51	59
M12	8.8	58	68	78	87	95	109
	10.9	86	100	114	127	139	160
	A2-70	41	48	55	61	67	77
	A4-80	55	64	73	81	89	102
M16	8.8	142	167	192	214	234	271
	10.9	208	246	281	315	344	398
	A2-70	100	118	135	151	165	191
	A4-80	133	157	180	201	220	255
M20	8.8	287	338	386	432	474	547
	10.9	407	481	551	615	674	779
	A2-70	195	231	264	294	323	374
M24	8.8	492	581	664	742	814	940
	10.9	701	828	946	1056	1159	1339
	A2-50	157	185	212	236	259	300
M30	8.8	979	1159	1328	1485	1631	1892
	10.9	1395	1651	1891	2115	2323	2690
	A2-50	312	369	423	473	520	602
M36	8.8	1697	2013	2308	2584	2840	3293
	10.9	2418	2866	3288	3680	4045	4690
	A2-50	541	641	735	823	904	1049
^a 按照 DIN EN ISO 898-1 及 DIN EN ISO 3506-1 规定的强度等级。							
^b 用 $\mu_G = \mu_K$ 进行计算。							

⁴⁾ 也适用于 DIN 34800 规定的配有带小法兰的外六角传动部件的螺栓 (M4~M20) 及 DIN EN ISO 4762 规定的内六角螺栓。

参考文献

ERRI S 1071/RP 1 螺栓连接，概述和关于可靠性的建议

VDA 235-101 具有螺纹的机械连接件的润滑