

# 【技术参数】螺栓适用的紧固轴力/紧固扭矩

## ■用螺栓连接时的紧固轴力和疲劳极限

- 用扭矩法计算紧固螺栓时的紧固轴力时，其弹性范围计算在扭矩法中以规定耐力的70%为上限
- 重复载荷引起的螺栓疲劳强度不能超过容许值
- 螺栓及螺母的座面不能陷入被紧固物面
- 紧固时不能损坏被紧固物体

螺栓的紧固方法有扭矩法，扭矩勾配法，旋转角法，拉伸测试法等。由于扭矩法比较简便因此应用广泛。

## ■紧固轴力和紧固扭矩的计算

紧固轴力Ff的关系如(1)式所示。

$$Ff = 0.7 \times \sigma_y \times A_s \dots (1)$$

紧固扭矩T<sub>IA</sub>可由(2)式中求出。

$$T_{IA} = 0.35k(1 + 1/Q) \sigma_y \cdot A_s \cdot d \dots (2)$$

k: 扭矩系数

d: 螺栓的公称直径[cm]

Q: 紧固系数

σ<sub>y</sub>: 耐力(强度分类为12.9时112kgf/mm<sup>2</sup>)

A<sub>s</sub>: 螺栓的有效截面积[mm<sup>2</sup>]

## ■计算例

求将软钢和软钢用内六角螺栓M6(强度分类12.9)在有润滑油的状态下紧固时的紧固扭矩和轴力。

紧固扭矩根据(2)式

$$T_{IA} = 0.35 \cdot 0.17(1 + 1/1.4)112 \cdot 20.1 \cdot 0.6 = 138[\text{kgf} \cdot \text{cm}]$$

轴力Ff根据(1)式

$$Ff = 0.7 \times \sigma_y \times A_s = 0.7 \times 112 \times 20.1 = 1576[\text{kgf}]$$

## ■螺栓的表面处理和被紧固物体以及内螺纹材质的组合中得出的扭矩系数

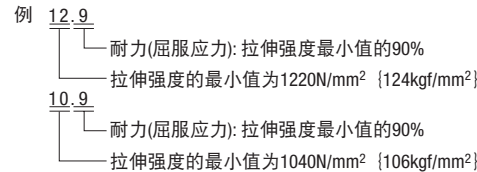
螺栓表面处理	扭矩系数 k	组合被紧固物体的材质—内螺纹材质 (a) (b)
钢螺栓 黑色氧化膜 油润滑	0.145	SCM—FC FC—FC SUS—FC
	0.155	S10C—FC SCM—S10C SCM—SCM FC—S10C FC—SCM
	0.165	SCM—SUS FC—SUS AL—FC SUS—S10C SUS—SCM SUS—SUS
	0.175	S10C—S10C S10C—SCM S10C—SUS AL—S10C AL—SCM
	0.185	SCM—AL FC—AL AL—SUS
钢螺栓 黑色氧化膜 无润滑	0.195	S10C—AL SUS—AL
	0.215	AL—AL
	0.25	S10C—FC SCM—FC FC—FC
	0.35	S10C—SCM SCM—SCM FC—S10C FC—SCM AL—FC
	0.45	S10C—S10C SCM—S10C AL—S10C AL—SCM
0.55	SCM—AL FC—AL AL—AL	

S10C: 非调质软钢 SCM: 调质钢(35HRC) FC: 铸铁(FC200) AL: 铝合金 SUS: 不锈钢(SUS304)

## ■紧固系数Q的标准值

紧固系数 Q	紧固方法	表面状态		润滑状态
		螺栓	螺母	
1.25	扳手	锰磷酸盐		油润滑或MoS <sub>2</sub> 脂
1.4	扳手 定扭矩扳手	无处理或磷酸盐	无处理或磷酸盐	
1.6	套筒扳手			无润滑
1.8	扳手 定扭矩扳手	无处理或磷酸盐	无处理	

强度分类的表示方法



## ■初期紧固力和紧固扭矩

螺纹公称直径	有效截面积 A <sub>s</sub> [mm <sup>2</sup> ]	强度分类								
		12.9			10.9			8.8		
		屈服载荷 [kgf]	初期紧固力 [kgf]	紧固扭矩 [kgf·cm]	屈服载荷 [kgf]	初期紧固力 [kgf]	紧固扭矩 [kgf·cm]	屈服载荷 [kgf]	初期紧固力 [kgf]	紧固扭矩 [kgf·cm]
M 3×0.5	5.03	563	394	17	482	338	15	328	230	10
M 4×0.7	8.78	983	688	40	842	589	34	573	401	23
M 5×0.8	14.2	1590	1113	81	1362	953	69	927	649	47
M 6×1	20.1	2251	1576	138	1928	1349	118	1313	919	80
M 8×1.25	36.6	4099	2869	334	3510	2457	286	2390	1673	195
M10×1.5	58	6496	4547	663	5562	3894	567	3787	2651	386
M12×1.75	84.3	9442	6609	1160	8084	5659	990	5505	3853	674
M14×2	115	12880	9016	1840	11029	7720	1580	7510	5257	1070
M16×2	157	17584	12039	2870	15056	10539	2460	10252	7176	1670
M18×2.5	192	21504	15053	3950	18413	12889	3380	12922	9045	2370
M20×2.5	245	27440	19208	5600	23496	16447	4790	16489	11542	3360
M22×2.5	303	33936	23755	7620	29058	20340	6520	20392	14274	4580
M24×3	353	39536	27675	9680	33853	23697	8290	23757	16630	5820

(注) · 紧固条件: 使用扳手(表面油润滑) 扭矩系数k=0.17 扭矩系数Q=1.4  
· 扭矩系数根据使用条件改变, 本表仅供参考。  
· 本表选自株式会社极东制作所的产品目录。

# 【技术参数】螺栓·螺塞·定位销的强度

## ■螺栓的强度

1) 螺栓受到拉伸载荷时

$$Pt = \sigma_t \times A_s \dots (1)$$

$$= \pi d^2 \sigma_t / 4 \dots (2)$$

Pt: 轴方向的拉伸载荷[kgf]  
σ<sub>b</sub>: 螺栓的屈服应力[kgf/mm<sup>2</sup>]  
σ<sub>t</sub>: 螺栓的容许应力[kgf/mm<sup>2</sup>]  
(σ<sub>t</sub> = σ<sub>b</sub>/安全系数α)  
A<sub>s</sub>: 螺栓的有效截面积[mm<sup>2</sup>]  
A<sub>s</sub> = π d<sup>2</sup>/4  
d: 螺栓的有效直径(螺纹内径)[mm]

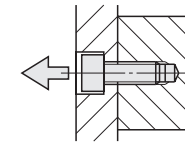
(例) 计算一根内六角螺栓在反复受到P=200kgf拉伸载荷时(脉动载荷)的合适尺寸(此内六角螺栓的材质为: SCM435、HRC 38~43、强度级别为12.9)

根据式(1):

$$A_s = Pt / \sigma_t = 200 / 22.4 = 8.9[\text{mm}^2]$$

∴ 可以从右表中选出大于这个值的、有效截面积为14.2[mm<sup>2</sup>]的M5螺栓。

另外, 考虑到疲劳强度, 从表的强度级别12.9一栏中选择容许载荷值为213kgf的M6螺栓。



2) 如限位螺栓一样受到拉伸的冲击载荷时, 从疲劳强度中选择。(同样受到200kgf的载荷, 此限位螺栓材质为: SCM435、33~38HRC, 强度级别为10.9。)

如右表所示, 强度级别为10.9, 容许载荷在200kg以上时为318[kgf]的M8螺栓, 所以可选择具有M8螺纹、轴径为10mm的MSB10螺栓。另外, 在受到剪切载荷时请同时使用定位销。

## ■螺塞的强度

计算MSW30螺塞受到冲击载荷时的容许载荷P。

(MSW30材质为: S45C、HRC 34~43、拉伸强度σ<sub>b</sub>为65kgf/mm<sup>2</sup>)

假设MSW螺纹内径部分受到剪切力时出现破坏, 容许载荷P = τ<sub>t</sub> × A

$$= 3.9 \times 107.4 = 4190[\text{kgf}]$$

(判断丝锥是否能承受容许剪切应力时)如果丝锥为软质材料时, 可通过螺孔的螺纹内径来计算容许剪切应力。

剪切面积A = 螺纹内径d<sub>1</sub> × π × L (螺纹内径d<sub>1</sub> ≈ M - P)

$$A = (M - P) \pi L = (30 - 1.5) \pi \times 12 = 1074[\text{mm}^2]$$

屈服应力 ≈ 0.9 × 拉伸强度 σ<sub>b</sub> = 0.9 × 65 = 58.2

剪切应力 ≈ 0.8 × 屈服应力 = 46.6

容许剪切应力 τ<sub>t</sub> = 剪切应力 / 安全系数12 = 46.6 / 12 = 3.9[kgf/mm<sup>2</sup>]

## ■定位销的强度

计算1根定位销受到800kgf的反复(脉动负载)剪切载荷时的合适尺寸。

(定位销材质为: SUJ2 硬度为: HRC 58~)

$$P = A \times \tau$$

$$= \pi D^2 \tau / 4$$

$$D = \sqrt{(4P) / (\pi \tau)}$$

$$= \sqrt{(4 \times 800) / (3.14 \times 19.2)} \approx 7.3$$

∴ 如果是MS的定位销, 可选择D8以上的尺寸。

另外, 如果把定位销统一成较大尺寸的话, 可以减少工具及库存的数量。

SUJ2的屈服应力承受值 σ<sub>b</sub> = 120[kgf/mm<sup>2</sup>]  
容许剪切强度 τ = σ<sub>b</sub> × 0.8 / 安全系数 α = 120 × 0.8 / 5 = 19.2[kgf/mm<sup>2</sup>]

## ■以拉伸强度为基准的unwin安全系数α

材料	静载荷	反复载荷		冲击载荷
		脉动载荷	交变载荷	
钢	3	5	8	12
铸铁	4	6	10	15
铜、软金属	5	5	9	15

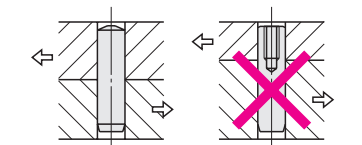
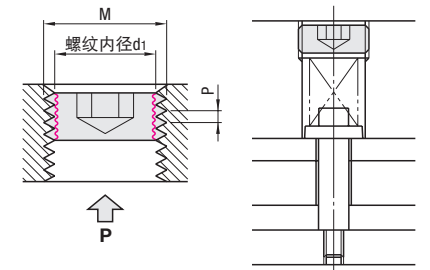
容许应力 = 基准强度 / 安全系数 α  
基准强度: 韧性材料表现为屈服应力  
刚性材料表现为破坏应力

强度级别为12.9的屈服应力 σ<sub>b</sub> = 112[kgf/mm<sup>2</sup>]  
容许应力 σ<sub>t</sub> = σ<sub>b</sub> / 安全系数(选择上表中的安全系数5) = 112 / 5 = 22.4[kgf/mm<sup>2</sup>]

## ■螺栓的疲劳强度(螺纹部分: 疲劳强度200万次)

螺纹的公称直径	有效截面积 A <sub>s</sub> [mm <sup>2</sup> ]	强度分类			
		12.9		10.9	
		强度级别*	容许载荷 [kgf]	疲劳强度*	容许载荷 [kgf]
M 4	8.78	13.1	114	9.1	79
M 5	14.2	11.3	160	7.8	111
M 6	20.1	10.6	213	7.4	149
M 8	36.6	8.9	326	8.7	318
M10	58	7.4	429	7.3	423
M12	84.3	6.7	565	6.5	548
M14	115	6.1	702	6	690
M16	157	5.8	911	5.7	895
M20	245	5.2	1274	5.1	1250
M24	353	4.7	1659	4.7	1659

带\*号的疲劳强度值是从《小螺钉类、螺栓以及螺帽用公制螺钉的疲劳极限推定值》(山本)中挑选出来, 并加以修改而得到的数值。



请不要采用增加螺纹部分载荷的使用方法。

此页所写的计算方法只是强度计算法的一例。在实际运用中, 还需要考虑孔间的螺距精度、孔的垂直度、表面粗糙度、真圆度、板的材质、平行度、有无淬火、注塑成形机的精度、产品的生产数量及工具的磨损度等方面的因素。因此所计算的强度值只作为大致的标准仅供参考。(并非绝对安全值)