

如何应用参考值

预载荷和拧紧力矩

以下步骤既不代替VDI 2230中定义的计算也不符合目前技术的现状。然而，它可以让我们近似估计一个在安装中不使螺栓断裂的扭力值。其主要原因在于实际摩擦力要比所预料的低。

第一步：摩擦系数 $\mu_K = \mu_G$

如果螺纹部分和头部承载面部分的摩擦条件不明确（例如：在最初装配、维护和维修时），必须在 F.049 页表格中尽可能选择最低的摩擦系数 $\mu_K = \mu_G$ 。

例如：

紧固件表面处理为镀锌摩擦系数 $\mu_K = \mu_G = 0,14 - 0,24$ ，最低摩擦系数 $\mu_K = \mu_G = 0,14$

第二步：最低拧紧力矩 $M_{A \max}$

允许的最大拧紧力矩，即90%的屈服强度可以在 F.053 页表格中找到。使用这些值的前提是：假设在安装时使用工具误差不得超过5%的精密的扭矩扳手或精密的电动拧紧机。

例如：

六角头螺栓 ISO 4017 M12，性能等级8.8，镀锌。
在 F.054 页表格中螺纹规格栏查找到M12，在摩擦系数列找到 $\mu_K = \mu_G = 0,14$ ，然后在表格右边部分（在《最大拧紧力矩，性能等级8.8》下）就可以找到最大拧紧力矩 $M_{A \max} = 93 \text{ Nm}$

第三步：最大预载荷 $F_{M \max}$

由最大安装扭力 $M_{A \max}$ 所产生的最大预载荷 $F_{M \max}$ 在同一表格中找到。

例如：

在表格左半部分“性能等级8.8”列及“M12/0,14”行，所产生的最大安装预载荷 $F_{M \max} = 41,9 \text{ kN}$

第四步：最小预载荷 $F_{M \min}$

最小预载荷可以由最大预载荷除以拧紧系数 α_A 计算得出——见 F.051 页表格。

例如：

对于使用现代扭矩扳手安装，使用一致力矩连续拧紧，估算摩擦系数，则必须使用拧紧系数 $\alpha_A = 1,6$ 至 $2,0$ （见 F.051 页中表格）。对于使用可发出信号类型的扭矩扳手，就像在案例中使用的那种，拧紧系数 α_A 为 $0,2$ 比较合适。

我们拿一个短螺钉M12x40来举例。它只需要一个较小的扭转角，也就是相对刚度大的连接，所有可以使用较低的拧紧系数。

假定拧紧系数 $\alpha_A = 1,8$

最小期望的预载荷：

$$F_{M \min} = F_{M \max} / \alpha_A = 41,9 \text{ kN} / 1,8$$

$$F_{M \min} = 23,3 \text{ kN}$$

第五步：再次检查数值

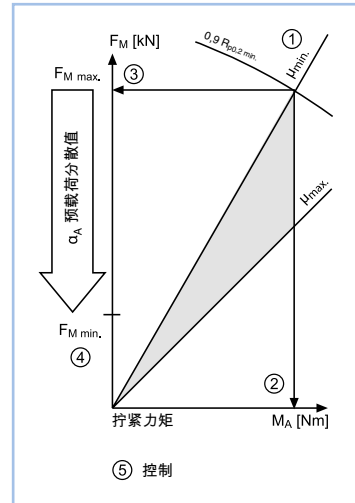
使用符合VDI 2230中计算的检查成为常态且为了设计安全而被推荐。

- 最小预载荷 $F_{M \min}$ 是否适合特定的应用？
- 承载面的表面压力是否符合被紧固部件的强度要求？
- 施加工作作用力时剩余夹紧力有多高？
- 螺栓连接是否在不超过疲劳极限下使用？

如果使用比表格中扭力值小的最大拧紧扭矩 $M_{A \max}$ ，那么所产生最大预载荷 F_M 也会随之较小。如第四步所述，最小可能的预载荷 $F_{M \min}$ 将会受到影响。用户（工程师）应该校核相关参数以确保螺栓连接有充足的夹紧力。

使扭矩变化的可能因素：

- 摩擦力比预期的低，可能导致螺栓在安装中断裂
- 拧紧工具的精度没有预期中的高，同样会导致螺栓在安装或应用中早期断裂
- 被锁紧件出乎意料的变形（螺栓头部陷入被锁紧件材料中）
- 安装人员相关知识不够



适用于米制粗牙螺纹的近似值 VDI 2230

扭力值基于VDI 2230, 版本 2015版 年版: 表格列出了六角头螺钉和内六角螺钉的最大许用拧紧力矩及其所产生的最大预载荷。扭力值/预载荷也适用于其它类型的外螺纹紧固件，只要头部强度和承载面是等同的。数值是基于90％螺栓的屈服强度。螺栓和螺钉的安装通孔参照ISO 273-中等精度。

F053 页和 F054 页指导表格
由于更高的利用螺栓强度的潜能，指导值比早期版本VDI 2230, 1986版要高一些。在安装中可以获得更高的预载荷。需要对螺栓连接进行计算！VDI 2230, 2015版。

所列值为最大值，不包含安全系数。且假设使用者有足够的紧固件知识，能相应的解释所用数据。

拧紧力矩, F053 页和 F054 表格
利用 $M_A = F_M \cdot X$, 拧紧力矩可以由其它预载荷计算得出（假设摩擦系数和螺纹规格不变）。

螺纹规格	摩擦系数 μ _k =μ _g	最大预载荷 F _{M max} [N]							最大拧紧力矩 M _{A max} [Ncm]							X 下 图 乘 数
		性能等级，基于 ISO 898/1							性能等级，基于 ISO 898/1							
		3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	
M1,6	0,10	176	235	294	470	627	882	1058	4,2	5,7	7,1	11,3	15,1	21,2	25,5	0,024
	0,12	171	228	285	455	607	854	1025	4,7	6,3	7,9	12,6	16,9	23,7	28,5	0,028
	0,14	165	220	275	441	588	826	992	5,2	6,9	8,7	13,9	18,5	26	31,2	0,032
M2	0,10	292	390	487	779	1039	1461	1754	9	11,9	14,9	23,8	31,7	44,5	53,5	0,031
	0,12	283	378	472	756	1008	1417	1701	10	13,3	16,7	26,7	35,6	50	60	0,035
	0,14	274	366	457	732	976	1373	1647	11	14,7	18,4	29,4	39,2	55	66	0,040
M2,5	0,10	485	647	809	1294	1725	2426	2911	18	24	30	49	65	91	109	0,037
	0,12	471	628	785	1257	1676	2356	2828	21	27	34	55	73	103	123	0,044
	0,14	457	609	762	1219	1625	2285	2742	23	30	38	60	81	113	136	0,050
M3	0,10	726	968	1210	1936	2582	3631	4357	32	42	53	84	112	158	190	0,044
	0,12	706	941	1177	1883	2510	3530	4236	36	48	60	95	127	179	214	0,051
	0,14	685	914	1142	1827	2436	3426	4111	40	53	66	105	141	198	237	0,058

螺纹规格	摩擦系数 $\mu_k = \mu_g$	最大预载荷 $F_{M\max}$ [kN]							最大拧紧力矩 $M_{A\max}$ [Nm]							X 下 图 乘 数
		性能等级，基于 ISO 898/1							性能等级，基于 ISO 898/1							
		3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	
M4	0,08	1,3	1,74	2,17	3,48	4,6	6,8	8,0	0,63	0,84	1,05	1,68	2,3	3,3	3,9	0,50
	0,10	1,26	1,68	2,10	3,36	4,5	6,7	7,8	0,73	0,97	1,21	1,94	2,6	3,9	4,5	0,58
	0,12	1,22	1,63	2,04	3,26	4,4	6,5	7,6	0,82	1,09	1,37	2,19	3,0	4,6	5,1	0,67
	0,14	1,19	1,58	1,98	3,17	4,3	6,3	7,4	0,91	1,21	1,51	2,42	3,3	4,8	5,6	0,76
M5	0,08	2,12	2,83	3,54	5,67	7,6	11,1	13,0	1,2	1,65	2,06	3,3	4,4	6,5	7,6	0,58
	0,10	2,06	2,74	3,43	5,48	7,4	10,8	12,7	1,4	1,9	2,4	3,8	5,2	7,6	8,9	0,70
	0,12	2,00	2,67	3,33	5,33	7,2	10,6	12,4	1,6	2,2	2,7	4,3	5,9	8,6	10,0	0,81
	0,14	1,94	2,59	3,23	5,18	7,0	10,3	12,0	1,8	2,4	3,0	4,8	6,5	9,5	11,2	0,93
M6	0,08	3,00	4,01	5,01	8,02	10,7	15,7	18,4	2,1	2,8	3,6	5,7	7,7	11,3	13,2	0,72
	0,10	2,90	3,87	4,84	7,74	10,4	15,3	17,9	2,5	3,3	4,1	6,6	9,0	13,2	15,4	0,86
	0,12	2,82	3,76	4,71	7,53	10,2	14,9	17,5	2,8	3,7	4,7	7,5	10,1	14,9	17,4	0,99
	0,14	2,74	3,65	4,57	7,31	9,9	14,5	17,0	3,1	4,1	5,2	8,3	11,3	16,5	19,3	1,14
M8	0,08	5,4	7,3	9,1	14,6	19,5	28,7	33,6	5,2	6,9	8,6	13,8	18,5	27,2	31,8	0,95
	0,10	5,3	7,1	8,8	14,2	19,1	28,0	32,8	6,0	8,0	10,0	16,1	21,6	31,8	37,2	1,13
	0,12	5,15	6,9	8,6	13,8	18,6	27,3	32,0	6,8	9,1	11,3	18,2	24,6	36,1	42,2	1,32
	0,14	5,0	6,7	8,3	13,4	18,1	26,6	31,1	7,5	10,1	12,6	20,1	27,3	40,1	46,9	1,51

预载荷和拧紧扭矩

螺栓规格	摩擦系数 μ _k =μ _g	最大预载荷 F _{M max} [kN]							最大拧紧力矩 M _{A max} [Nm]								× 1/4 英寸
		性能等级，基于 ISO 898/1							性能等级，基于 ISO 898/1								
		3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9		
M10	0,08	8,7	11,6	14,5	23,2	31,0	45,6	53,3	10,2	13,6	17,0	27,2	36	53	62	1,16	
	0,10	8,4	11,3	14,1	22,5	30,3	44,5	52,1	12	16,1	20,1	32,3	43	63	73	1,42	
	0,12	8,2	11,0	13,7	21,9	29,6	43,4	50,8	13,7	18,3	22,9	36,5	48	71	83	1,65	
	0,14	8,0	10,7	13,3	21,3	28,8	42,2	49,4	15,2	20,3	25,3	40,6	54	79	93	1,89	
M12	0,08	12,7	16,9	21,1	33,8	45,2	66,3	77,6	17	23	29	47	63	92	108	1,39	
	0,10	12,3	16,4	20,5	32,8	44,1	64,8	75,9	20	27	34	55	73	108	126	1,65	
	0,12	12,0	16,0	20,0	32,0	43,0	63,2	74,0	23	31	39	62	84	123	144	1,94	
	0,14	11,6	15,5	19,4	31,1	41,9	61,5	72,0	26	34	43	69	93	137	160	2,22	
M14	0,08	17,4	23,2	29,0	46,4	62,0	91,0	106,5	28	37	46	74	100	146	171	1,60	
	0,10	16,9	22,5	28,2	45,1	60,6	88,9	104,1	33	44	55	88	117	172	201	1,94	
	0,12	16,5	21,9	27,4	43,9	59,1	86,7	101,5	37	50	62	100	133	195	229	2,26	
	0,14	16,0	21,3	26,7	42,7	57,5	84,4	98,9	41	55	69	111	148	218	255	2,58	
M16	0,08	23,8	31,7	39,7	63,5	84,7	124,4	145,5	42	57	71	114	153	224	262	1,80	
	0,10	23,2	30,9	38,6	61,8	82,9	121,7	142,4	50	67	84	134	180	264	309	2,17	
	0,12	22,6	30,1	37,6	60,2	80,9	118,8	139,0	57	76	96	153	206	302	354	2,54	
	0,14	22,0	29,3	36,6	58,6	78,8	115,7	135,4	64	85	107	171	230	338	395	2,92	
M18	0,08	29,1	38,8	48,5	77,6	107	152	178	60	80	100	160	220	314	367	2,06	
	0,10	28,2	37,7	47,1	75,3	104	149	174	70	93	117	187	259	369	432	2,48	
	0,12	27,5	36,7	45,8	73,4	102	145	170	80	106	133	212	295	421	492	2,90	
	0,14	26,7	35,7	44,6	71,3	99	141	165	89	118	148	236	329	469	549	3,32	
M20	0,08	37,2	49,6	62,0	99,2	136	194	227	83	111	139	223	308	438	513	2,26	
	0,10	36,2	48,3	60,3	96,5	134	190	223	98	131	164	262	363	517	605	2,71	
	0,12	35,3	47,0	58,8	94,1	130	186	217	112	150	187	300	415	592	692	3,18	
	0,14	34,3	45,8	57,2	91,6	127	181	212	125	167	209	334	464	661	773	3,65	
M22	0,08	46,3	61,7	77,2	123,5	170	242	283	113	151	189	303	417	595	696	2,46	
	0,10	45,1	60,1	75,2	120,3	166	237	277	132	176	220	353	495	704	824	2,95	
	0,12	44,0	58,7	73,4	117,4	162	231	271	151	202	252	403	567	807	945	3,46	
	0,14	42,9	57,1	71,4	114,3	158	225	264	172	225	284	454	634	904	1057	3,97	
M24	0,08	53,6	71,4	89,3	142,9	196	280	327	144	192	240	385	529	754	882	2,70	
	0,10	52,1	69,5	86,9	139,0	192	274	320	170	222	280	450	625	890	1041	3,25	
	0,12	50,8	67,7	84,7	135,5	188	267	313	193	257	322	515	714	1017	1190	3,80	
	0,14	49,4	65,9	82,4	131,8	183	260	305	215	287	359	574	798	1136	1329	4,36	
M27	0,08	70,2	93,6	117,0	187,2	257	367	429	210	280	351	561	772	1100	1287	3,00	
	0,10	68,4	91,2	114,0	182,4	252	359	420	248	331	414	662	915	1304	1526	3,63	
	0,12	66,7	89,0	111,2	178,0	246	351	410	284	379	474	759	1050	1496	1750	4,26	
	0,14	65,0	86,7	108,3	173,3	240	342	400	318	424	530	848	1176	1674	1959	4,89	
M30	0,08	85,5	114,0	142,5	228,0	313	446	522	287	383	478	766	1053	1500	1755	3,36	
	0,10	83,2	111,0	138,7	222,0	307	437	511	338	450	563	901	1246	1775	2077	4,06	
	0,12	81,2	108,3	135,3	216,5	300	427	499	386	515	644	1031	1428	2033	2380	4,76	
	0,14	79,0	105,3	131,7	210,8	292	416	487	431	575	719	1151	1597	2274	2662	5,46	
M33	0,08	106,1	141,5	176,9	283,1	389	554	649	385	514	643	1029	1415	2015	2358	3,64	
	0,10	103,5	138,0	172,5	276,0	381	543	635	456	608	760	1216	1679	2392	2799	4,41	
	0,12	101,0	134,7	168,4	269,4	373	531	621	523	697	871	1395	1928	2747	3214	5,17	
	0,14	98,4	131,2	164,0	262,5	363	517	605	585	780	975	1560	2161	3078	3601	5,95	
M36	0,08	124,8	166,4	208,0	332,8	458	652	763	497	663	829	1327	1825	2600	3042	3,99	
	0,10	121,6	162,1	202,7	324,3	448	638	747	587	783	979	1566	2164	3082	3607	4,83	
	0,12	118,7	158,2	197,8	316,4	438	623	729	672	897	1121	1793	2482	3535	4136	5,67	
	0,14	115,6	154,1	192,6	308,1	427	608	711	752	1002	1253	2005	2778	3957	4631	6,51	
M39	0,08	149,5	199,4	249,2	398,8	548	781	914	640	854	1067	1708	2348	3345	3914	4,28	
	0,10	145,9	194,5	243,1	389,0	537	765	895	758	1011	1264	2022	2791	3975	4652	5,20	
	0,12	142,4	189,9	237,4	379,8	525	748	875	870	1160	1450	2321	3208	4569	5346	6,11	
	0,14	138,8	185,0	231,3	370,0	512	729	853	974	1299	1624	2598	3597	5123	5994	7,02	

适用于米制细牙螺纹的近似值 VDI 2230

具体基于VDI 2230, 2015版，性能等级为8.8至12.9级
无头螺钉的预应力和拧紧力矩，基于螺栓的90 %屈服强度。

表格中的数值不包含任何安全因子，且假设使用者熟悉设计准则

螺纹规格	摩擦系数 $\mu_k = \mu_G$	最大预应力 $F_{M \max}$ [kN]			最大拧紧力矩 $M_{A \max}$ [Nm]		
		性能等级，基于 ISO 898/1			性能等级，基于 ISO 898/1		
		8.8	10.9	12.9	8.8	10.9	12.9
M8x1	0,08	21,2	31,1	36,4	19,3	28,4	33,2
	0,10	20,7	30,4	35,6	22,8	33,5	39,2
	0,12	20,2	29,7	34,7	26,1	38,3	44,9
	0,14	19,7	28,9	33,9	29,2	42,8	50,1
M10x1,25	0,08	33,1	48,6	56,8	38	55	65
	0,10	32,4	47,5	55,6	44	65	76
	0,12	31,6	46,4	54,3	51	75	87
	0,14	30,8	45,2	52,9	57	83	98
M12x1,25	0,08	50,1	73,6	86,2	66	97	114
	0,10	49,1	72,1	84,4	79	116	135
	0,12	48,0	70,5	82,5	90	133	155
	0,14	46,8	68,7	80,4	101	149	174
M14x1,5	0,08	67,8	99,5	116,5	104	153	179
	0,10	66,4	97,5	114,1	124	182	213
	0,12	64,8	95,2	111,4	142	209	244
	0,14	63,2	92,9	108,7	159	234	274
M16x1,5	0,08	91,4	134,2	157,1	159	233	273
	0,10	89,6	131,6	154,0	189	278	325
	0,12	87,6	128,7	150,6	218	320	374
	0,14	85,5	125,5	146,9	244	359	420
M18x1,5	0,08	122	174	204	237	337	394
	0,10	120	171	200	283	403	472
	0,12	117	167	196	327	465	544
	0,14	115	163	191	368	523	613
M20x1,5	0,08	154	219	257	327	466	545
	0,10	151	215	252	392	558	653
	0,12	148	211	246	454	646	756
	0,14	144	206	241	511	728	852
M22x1,5	0,08	189	269	315	440	627	734
	0,10	186	264	309	529	754	882
	0,12	182	259	303	613	873	1022
	0,14	178	253	296	692	985	1153
M24x2	0,08	217	310	362	557	793	928
	0,10	213	304	355	666	949	1110
	0,12	209	297	348	769	1095	1282
	0,14	204	290	339	865	1232	1442

关于摩擦系数 μ 的说明，请参考 F.049 页

细杆螺栓

21CrMoV57 钢制螺栓（DIN 2510 L 表格 3）
装配中安装预载荷和拧紧力矩的代表值，基于70 %最小屈服点强度。

粗牙螺纹	M12		M16		M20		M24	
螺杆直径-Ø	8,5	8,5	12	12	15	15	18	18
$\mu_k = \mu_G$	0,10	0,12	0,10	0,12	0,10	0,12	0,10	0,12
F_M [N]	21 600	21 600	43 500	43 500	67 800	67 800	97 800	97 800
M_A [Nm]	38	44	98	115	190	220	320	370

塑料螺钉拧紧力矩/尼龙 6.6 和 聚酰胺6.6-GF50

依照DIN 34810: 2018-04

在温度为20°C条件下生产，储存于常规气候（相关大气湿度参照 DIN 50014）直到水分达到稳定的尼龙6.6 (PA6.6 + PA6.6-GF50) 螺钉的最佳拧紧力矩代表值。

为了不超过表中规定的拧紧扭矩，建议驱动工具的最大速度为每分钟150 转

塑料螺钉拧紧力矩/PA6.6						
螺纹规格	M3	M4	M5	M6	M8	M10
M _A [Nm]	0,1	0,25	0,5	0,8	1,8	3,5

塑料螺钉拧紧力矩/PA6.6-GF50			
螺纹规格	M5	M6	M8
M _A [Nm]	0,75	1,75	4,0

黄铜螺钉(CU2)的拧紧扭矩 (代表性数值)

螺纹规格	M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8	M10
M _A [Nm]	0,13	0,27	0,48	0,8	1,1	2,2	3,7	9,1	18,3

奥氏体不锈钢 A1/A2/A4 的近似值

性能等级为50/70/80带光杆螺栓的夹紧力/拧紧力矩（标准公制螺纹），基于90%的螺栓屈服强度。

表格中的数值不包含任何安全因子，且假设使用者熟悉设计准则

螺纹规格	$\mu_K = \mu_G$	最大预载荷 F _{M max} [kN] 性能等级			最大拧紧力矩 M _{A max} [Nm] 性能等级		
		50	70	80	50	70	80
M1,6	0,1	0,21	0,45	0,6	0,05	0,11	0,15
	0,2	0,18	0,39	0,5	0,08	0,17	0,22
	0,3	0,15	0,33	0,44	0,09	0,2	0,27
M2	0,1	0,35	0,74	1	0,11	0,23	0,30
	0,2	0,3	0,64	0,85	0,16	0,35	0,46
	0,3	0,25	0,55	0,7	0,2	0,43	0,57
M2,5	0,1	0,58	1,23	1,64	0,22	0,46	0,62
	0,2	0,5	1,06	1,42	0,34	0,72	0,97
	0,3	0,42	0,9	1,21	0,42	0,89	1,19
M3	0,1	0,86	1,84	2,5	0,37	0,8	1,1
	0,2	0,75	1,6	2,12	0,59	1,26	1,7
	0,3	0,64	1,36	1,81	0,73	1,56	2,1
M4	0,1	1,5	3,2	4,2	0,86	1,85	2,4
	0,2	1,3	2,76	3,6	1,35	2,9	3,8
	0,3	1,1	2,35	3,1	1,66	3,6	4,7
M5	0,1	2,4	5,2	6,9	1,6	3,6	4,8
	0,2	2,1	4,51	6	2,6	5,7	7,6
	0,3	1,8	3,85	5,1	3,3	7	9,4
M6	0,1	3,4	7,3	9,7	2,9	6,3	8,4
	0,2	3	6,4	8,4	4,6	10	13,2
	0,3	2,5	5,5	7,2	5,7	12,2	16,3
M8	0,1	6,2	13,4	17,9	7,1	15,2	20,3
	0,2	5,4	11,6	15,5	11,2	24,1	32,1
	0,3	4,6	9,9	13,3	13,9	30	40
M10	0,1	9,9	21,3	28,4	14	30	39
	0,2	8,6	18,5	24,7	22,2	47,7	63
	0,3	7,4	15,8	21,1	27,6	59,3	79
M12	0,1	14,4	31	41,4	24	51	68
	0,2	12,6	27	36	38	82	109
	0,3	10,7	23	30,8	47	102	136
M14	0,1	19,8	42,6	56,8	38	82	109
	0,2	17,3	37	49,5	61	131	175
	0,3	14,8	31,7	42,3	76	163	217
M16	0,1	27,2	58	77,7	58	126	168
	0,2	23,7	51	67,9	95	204	272
	0,3	20,3	43,5	58,2	119	255	340

螺纹规格	$\mu_K = \mu_G$	最大预载荷 F _{M max} [kN] 性能等级			最大拧紧力矩 M _{A max} [Nm] 性能等级		
		50	70	80	50	70	80
M18	0,1	33,2	71	94	82	176	235
	0,2	28,9	62	82	131	282	376
	0,3	24,7	53	70	164	352	469
M20	0,1	42,5	91	121	115	247	330
	0,2	37,1	79,6	106	187	401	534
	0,3	31,8	68	90	234	501	669
M22	0,1	52,9	113	151	157	337	450
	0,2	46,3	99,3	132	257	551	735
	0,3	39,7	85,2	114	323	692	923
M24	0,1	61,2	131	175	198	426	568
	0,2	53,5	115	153	322	690	920
	0,3	45,8	98	131	403	863	1151
M27	0,1	80,2	—	—	292	—	—
	0,2	70,3	—	—	478	—	—
	0,3	60,3	—	—	601	—	—
M30	0,1	97,6	—	—	397	—	—
	0,2	85,5	—	—	648	—	—
	0,3	73,3	—	—	831	—	—
M33	0,1	121	—	—	536	—	—
	0,2	106	—	—	880	—	—
	0,3	91	—	—	1108	—	—
M36	0,1	143	—	—	690	—	—
	0,2	125	—	—	1130	—	—
	0,3	107	—	—	1420	—	—
M39	0,1	171	—	—	890	—	—
	0,2	150	—	—	1467	—	—
	0,3	129	—	—	1848	—	—

采用这些材料制造的紧固件在装配中有腐蚀的倾向。可以通过以下措施降低腐蚀的风险：使螺纹表面保持光滑（滚压螺纹）、清洁，降低拧紧机的旋转次数或连续拧紧不间断（不推荐使用冲击型拧紧机）

关于摩擦系数μ的说明，请参考 F.049 页

在紧固件技术安全中要求正确的说明润滑状态

首先，摩擦系数受到工件材料的组合、应用表面以及它们润滑条件的影响。在安装中，摩擦系数知识和《扭力-预紧力》是安全的先决条件。

在安装多种材料组合连接一段时间后，螺纹或接触表面的腐蚀会破坏材料的平衡，高的安装温度和湿度会加强咬合而使安装操作变得更糟。

为了安全装配，推荐抗摩擦涂层

润滑干膜涂层是受物理载荷的紧固件及其组件（螺钉、螺母、垫圈）的一个解决方案。这种涂层是一种非电镀的薄膜，具有完全的润滑性能并附带防腐作用。

这种所谓的抗摩擦涂层摸起来是一种干燥的固体润滑剂，而参照其构造，与传统的工业油漆类似。

例如，CresaCoat® 是一种经济的解决方案，可保证稳定一致的摩擦系数，并有助于进一步简化装配过程。

内驱动型和薄头形紧固件

降低的最大拧紧扭力值 M _A [Nm]										
标准	ISO 7379	DIN 6912	DIN 7984	Bossard	Bossard	ISO 14580	ISO 14583	~ISO 14583	ISO 7380-1	~ISO 7380-1
螺钉类型										
钢	012.9 BN 1359	08.8 BN 15 BN 20737	08.8 BN 16 BN 17	010.9 BN 1206 BN 20697 BN 20698	08.8 BN 9524	08.8 BN 4850	08.8 BN 20005	08.8 BN 20228 BN 84405	010.9 BN 19 BN 13255 BN 30102	08.8 BN 6404
M2	-	-	-	0,22	0,19	0,25	0,25	-	0,27	0,25
M2,5	-	-	-	0,45	0,4	0,5	0,5	-	0,6	0,5
M3	-	1	0,9	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,95	0,9
M3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M4	-	2,3	2,1	1,95	1,6	2	2	2	2,3	2
M5	5,2	4,6	4	3,8	3,2	4	4	4	4,6	4
M6	9	8,1	7,2	6,6	5,4	7,2	7,2	7,2	8	7,2
M8	21,6	19,4	17,3	16	13	17	17	-	19	17,3
M10	43	38,7	34,4	32	23	34	34	-	38	34,5
M12	73	65	58	-	-	-	-	-	65	58
M14	-	105	-	-	-	-	-	-	-	-
M16	180	162	144	-	-	-	-	-	-	-
M20	363	330	290	-	-	-	-	-	-	-
M22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M24	-	560	500	-	-	-	-	-	-	-
不锈钢		A2/A4 BN 33001 BN 1350	A2 BN 2844		A2 BN 20146	A2 BN 15857	A2/A4 BN 5687 BN 20038		A2/A4 BN 1593 BN 6971 BN 8699	
M2	-	-	-	-	0,14	0,19	0,19	-	0,19	-
M2,5	-	-	-	-	0,28	0,37	0,37	-	0,37	-
M3	-	-	0,6	-	0,5	0,64	0,64	-	0,64	-
M3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M4	-	1,5	1,3	-	1,1	1,5	1,5	-	1,5	-
M5	-	2,9	2,6	-	2,2	3	3	-	3	-
M6	-	5	4,5	-	3,8	5	5	-	5	-
M8	-	12	10	-	9,1	12	12	-	12	-
M10	-	24	21	-	18	24	24	-	24	-
M12	-	40	36	-	-	-	-	-	40	-
M14	-	65	-	-	-	-	-	-	-	-
M16	-	100	90	-	-	-	-	-	-	-
M20	-	200	180	-	-	-	-	-	-	-
M22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M24	-	340	310	-	-	-	-	-	-	-

降低的负载强度见 F.058 页

！ 检查边界条件！

这些螺钉不适合于传递高作用力。只有在降低拧紧扭力情况下才能承受内部或外部的冲击载荷。

！降低承载能力
根据ISO 898-1，由于不同类型的螺钉受其头部几何形状和/或驱动类型的影响，其承载能力会降低，也就是说需要考虑降低安装扭矩。
根据内凹槽选择的拧紧力矩不可能总是可靠的——特殊情况下，锥形刀头可能会有帮助。

降低的最大拧紧扭力值 M _A [Nm]											
标准	Bossard ~ISO7380-2	Bossard ~ISO7380-2	ecosyn®-fix	ecosyn®-fix	SN 213307	ISO 14583	DIN 7991 ISO 10642	DIN 7991 ISO 10642	ISO 14581	ecosyn®-fix	DIN/ISO
螺钉 类型											 DIN 913/ISO 4026 DIN 34827 FL  DIN 914/ISO 4027  DIN 915/ISO 4028  DIN 916/ISO 4029 DIN 34827 CP
钢	08.8 BN 20367	010.9 BN 11252 30104	4.8 BN 5128	4.8 BN 4825	4.8 BN 380 381	4.8 BN 30503	08.8 BN 30105 2100	010.9 BN 20 21 1422 2101 2102 2103	08.8 BN 4851	4.8 BN 5950	45 H ¹⁾ 多个BN号
M2,5	–	–	0,4	0,3	0,3	–	0,5	0,55	0,5	–	–
M3	1	1	0,7	0,5	0,5	0,7	0,9	0,95	0,9	0,5	0,5
M4	2,5	2,5	1,6	1,2	1,2	1,6	2	2,3	2	1,2	1,5
M5	5	5	3,2	2,4	2,4	3,2	4	4,6	4	2,4	3
M6	8	8	5,4	4	4	5,4	7,2	7,9	7,2	4,1	5
M8	20	20	–	–	–	–	17	19	17	10	12
M10	40	40	–	–	–	–	35	38	35	20	24
M12	66	66	–	–	–	–	58	65	58	34	40
M14	–	–	–	–	–	–	93	100	93	–	60
M16	–	–	–	–	–	–	144	158	144	–	100
M18	–	–	–	–	–	–	–	220	205	–	120
M20	–	–	–	–	–	–	–	310	290	–	180
M22	–	–	–	–	–	–	–	420	400	–	210
M24	–	–	–	–	–	–	–	530	500	–	310
不锈钢	A2 BN 2058		A2 BN 10649	BN 5952	BN 2845		A2/A4 BN 616 4719 2104 2105	BN 3803 20039	A2 BN 5951	A2/A4 多个BN号	
M2,5	–	–	0,5	0,4	0,4	–	–	0,23	0,23	–	–
M3	0,64	–	0,8	0,8	0,8	–	–	0,4	0,4	0,8	0,2
M4	1,5	–	1,8	1,6	1,6	–	–	0,9	0,9	1,8	0,7
M5	3,0	–	3,6	3,2	3,2	–	–	1,8	1,8	3,6	1,5
M6	5,0	–	6,3	6	6	–	–	3,1	3,1	6,3	2,5
M8	12,0	–	–	–	–	–	–	7,6	7,6	15,2	6
M10	–	–	–	–	–	–	–	15	15	30	12
M12	–	–	–	–	–	–	–	25	25	51	20
M14	–	–	–	–	–	–	–	40	40	–	30
M16	–	–	–	–	–	–	–	63	63	–	50
M18	–	–	–	–	–	–	–	85	85	–	90
M20	–	–	–	–	–	–	–	120	120	–	105
M22	–	–	–	–	–	–	–	160	160	–	150
M24	–	–	–	–	–	–	–	200	200	–	–

¹⁾ 根据ISO 898第五部分的性能等级和机械性能，无头螺钉不能应用于承受拉力载荷。

法兰面螺钉和法兰面螺母

VERBUS RIPP®螺钉和螺母及INBUS RIPP®螺钉的拧紧力矩M_A [Nm]和所产生的预载荷F_M [kN]，基于90%的规定非比例伸长应力R_{p0.2}

带肋法兰面	与法兰面接触元件的材料	摩擦系数 ~μ _{tot}	拧紧扭矩 M _A [Nm]						
			M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
名称	钢 R _m ≥ 800 N/mm²	0,13 至 0,16	10	18	37	80	120	215	310
性能等级									
VERBUS RIPP® BN 2797, BN 9727 螺钉—性能等级 100 	钢 R _m < 800 N/mm²	0,12 至 0,18	11	19	42	85	130	230	330
	灰铸铁 R _m ~150 至 450 N/mm²	0,125 至 0,16	9	16	35	75	115	200	300
	铝合金，非加热攻丝	0,14 至 0,2	16	28	65	120	190	320	450
	铝合金，加热攻丝	0,13 至 0,18	14	25	55	100	160	275	400
	~预紧力 F _M [kN] ¹⁾								
BN 2798, BN 14527 螺钉—性能等级 10 	钢 R _m ≥ 800 N/mm²	0,13 至 0,16	11	20	42	85	140		
	钢 R _m < 800 N/mm²	0,12 至 0,18	13	24	45	90	150		
	灰铸铁 R _m ~150 至 450 N/mm²	0,125 至 0,16	10	19	39	80	120		
	~预紧力 F _M [kN] ¹⁾								
			9	12,6	23,2	37	54		
INBUS RIPP® BN 3873 螺钉—性能等级 100 	钢 R _m ≥ 800 N/mm²	0,13 至 0,16	11	20	42	85	140		
	钢 R _m < 800 N/mm²	0,12 至 0,18	13	24	45	90	150		
	灰铸铁 R _m ~150 至 450 N/mm²	0,125 至 0,16	10	19	39	80	120		
	~预紧力 F _M [kN] ¹⁾								
			9	12,6	23,2	37	54		

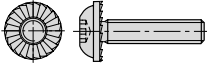
VERBUS TENSILOCK®螺钉和螺母的拧紧力矩M_A [Nm]和所产生的预载荷F_M [kN]，基于90%的规定非比例伸长应力R_{p0.2}

仅外边缘带齿法兰面	与法兰面接触元件的材料	摩擦系数 ~μ _{tot}	拧紧扭矩 M _A [Nm]						
			M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
名称	钢 R _m ~500 bis 900 N/mm²	0,14 至 0,18	9,5	16,5	40	79	137	218	338
性能等级									
VERBUS TENSILOCK® BN 73 螺钉—性能等级 90 	灰铸铁 R _m ~150 至 450 N/mm²	0,12 至 0,18	7,6	13,2	31,8	63	108	172	264
	铝合金，非加热攻丝	0,16 至 0,24	10,5	18,2	44	87	150	240	372
	~预紧力 F _M [kN] ¹⁾								
			6,35	9	16,5	26,6	38,3	52,5	73
BN 190, BN 30312, BN 20230, BN 80014 螺钉—性能等级 8 	钢 R _m ~500 至 900 N/mm²	0,12 至 0,18	6,5	11,3	27,3	54	93	148	230
	灰铸铁 R _m ~150 至 450 N/mm²	0,12 至 0,16	5,9	10,1	24,6	48	84	133	206
	铝合金，非加热攻丝	0,14 至 0,2	7,8	13,6	32,7	65	112	178	276
	~预紧力 F _M [kN] ¹⁾								
			7	9,9	18,1	28,8	41,9	57,5	78,8
六角锯齿法兰面螺钉 BN 20170, BN 20226, BN 80007 螺钉—性能等级 8.8 	钢 R _m ~500 至 900 N/mm²	0,12 至 0,18	6,5	11,3	27,3	54	93	148	230
	灰铸铁 R _m ~150 至 450 N/mm²	0,12 至 0,16	5,9	10,1	24,6	48	84	133	206
	铝合金，非加热攻丝	0,14 至 0,2	7,8	13,6	32,7	65	112	178	276
	~预紧力 F _M [kN] ¹⁾								
			7	9,9	18,1	28,8	41,9	57,5	78,8

¹⁾ 不经处理的紧固件和配合拉伸强度 ≤ 800 N/mm² 钢制部件的参考值

! 装配
所达到的预载荷推荐数值应该经过现场试验校核。

ecosyn®-grip螺钉的拧紧力矩 M_A [Nm]和所产生的预载荷 F_M [kN]，基于90%的规定非比例伸长应力 $R_{p0.2}$

锯齿法兰面	与法兰面接触元件的材料	摩擦系数 $\sim\mu_{tot}$	拧紧扭矩 M_A [Nm]			
			M5	M6	M8	M10
名称	钢	0,15 至 0,20	8,5	15	29	67
性能等级	$R_m \sim 500$ to 900 N/mm ²					
ecosyn®-grip BN 219 螺钉—性能等级 8.8 	灰铸铁	0,11 至 0,25	10	17	21	47
	$R_m \sim 150$ to 450 N/mm ²					
	铝合金，非热处理	0,22 至 0,40	17	29	36	87
	铝合金，热处理	0,19 至 0,35	14	25	33	76
			~预紧力 F_M [kN] ¹⁾			
			7	9,9	18,1	28,8

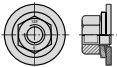
¹⁾ 不经处理的紧固件和配合拉伸强度 ≤ 800 N/mm²钢制部件的参考值

! 装配

所达到的预载荷推荐数值应该经过现场试验校核。

ecosyn®-SEF拧紧扭矩

ecosyn®-SEF螺母的拧紧力矩 M_A [Nm]和可实现的装配后预紧力 F_M [kN]，伸长率极限 $R_{p0.2}$ 的利用率为90%

螺母描述	螺钉材料	摩擦系数 $\sim\mu_{tot}$	拧紧扭矩 M_A [Nm]					
			M4	M5	M6	M8	M10	M12
性能等级	碳钢 8.8级	0,14 至 0,24	3,3	6,5	11,3	27,3	54	93
ecosyn®-SEF BN 33855 (L型) 螺钉—性能等级 8 			~装配后预紧力 F_M [kN] ¹⁾					
			4,3	7	9,9	18,1	28,8	41,9
ecosyn®-SEF BN 33966 (M型) 螺钉—性能等级 8 								

¹⁾ 表面不经处理的紧固件。可实现的装配预紧力 F_M [kN]的参考值

! 装配

所达到的预载荷推荐数值应该经过现场试验校核。

NORD-LOCK® 双层楔形锁紧垫圈拧紧力矩参考值

❗ 推荐的拧紧力矩是基于实验测试获得的，应该对每个特别应用进行检查 在使用之前。在某些应用条件下可以获得更小的摩擦系数。

扭矩参考值，依据 ISO 16047 标准，基于 Molykote® 1000 石墨润滑油脂，用于 NORD-LOCK® 双层楔形锁紧垫圈非镀锌片涂层，配合 8.8, 10.9 和 12.9 以及奥氏体不锈钢螺栓

NORD-LOCK® 双层楔形锁紧垫圈							
强度等级	润滑剂类型	摩擦系数					
	螺纹间和头部下表面	μ螺纹 最小	μ螺纹 最大	μ头部 最小	μ头部 最大	μ总 最小	μ总 最大
8.8	Molykote® 1000	0,10	–	0,13	–	0,12	0,20
10.9	Molykote® 1000	0,10	–	0,11	–	0,11	0,18
12.9	Molykote® 1000	0,10	–	0,10	–	0,11	0,17
A2-70, A4-70 A2-80, A4-80	Molykote® 1000	0,10	–	0,08	–	0,10	0,16

NORD-LOCK® 双层楔形锁紧垫圈													
强度等级	部件材质	润滑剂类型	摩擦系数 μ总	M5x0,8	M6x1	M8x1,25	M10x1,5	M12x1,75	M16x2	M20x2,5	M24x3	M27x3	M30x3,5
8.8	钢 Rm < 800 N/mm²	Molykote® 1000	0,12 至 0,20	拧紧扭矩 M _{A max} [Nm]									
				5,9	10,1	24,6	48	84	206	415	714	1050	1420
				最大预紧力 F _M [kN]									
				7,2	10,2	18,6	29,6	43	81	130	188	246	300
10.9	钢 Rm ≥ 800 N/mm²	Molykote® 1000	0,11 至 0,18	拧紧扭矩 M _{A max} [Nm]									
				8,1	14	33,9	66,8	115	283	554	953	1400	1900
				最大预紧力 F _M [kN]									
				10,7	15,2	27,7	44	64,1	120	188	270	355	432
12.9	钢 Rm ≥ 800 N/mm²	Molykote® 1000	0,11 至 0,17	拧紧扭矩 M _{A max} [Nm]									
				9,4	16,4	39,7	78,2	134,9	331	648	1120	1640	2230
				最大预紧力 F _M [kN]									
				12,5	17,7	32,4	51,5	75	141	220	317	416	506
A2-70 A4-70	奥氏体钢 100 – 200 HV	Molykote® 1000	0,10 至 0,16	拧紧扭矩 M _{A max} [Nm]									
				3,6	6,3	15,2	29,9	51,6	126	247	425	623	848
				最大预紧力 F _M [kN]									
				5,2	7,3	13,4	21,3	31,1	58,3	91,1	131	172	209
A2-80 A4-80	奥氏体钢 200 – 300 HV	Molykote® 1000	0,10 至 0,16	拧紧扭矩 M _{A max} [Nm]									
				4,8	8,4	20,2	39,9	68,7	169	330	567	831	1131
				最大预紧力 F _M [kN]									
				6,9	9,8	17,9	28,5	41,4	77,7	121	175	229	279

安装预紧力和拧紧扭矩基于以下条件：

- 六角头螺栓符合 ISO 4014 或 ISO 4017 标准
- 圆柱头螺栓符合 ISO 4762 标准
- 通孔符合 ISO 273-m 标准
- $v = 0.9$ ——适用于具有符合 ISO 68 或 ISO 724 标准公制标准螺纹的螺栓

所施加扭矩的分布可能因所选拧紧方式而各不相同。在确定所施加扭矩时，应考虑到这一点。

给出的数值为参考值，适用于材质的初始状态、指定用途，以及在有润滑状态下使用时。

根据机械和动态载荷的类型，表面状况会随温度、压力和安装速度而变化，并且可能影响部件的摩擦特性。

免责声明

本指南中所涉及的扭矩值经过测试实验室验证，属于配置示例。本指南应作为扭矩计算之辅助手段，因此也应仅限于此用途。任何参照本指南的计算在使用前必须检查和测试。Nord-Lock International AB 洛帝牢集团以及我各子公司对基于本指南计算的工作和设计概不承担任何责任。

使用 MOLYKOTE® 1000 润滑螺栓的 ISO 16047 标准摩擦值基于首次拧紧及 VDI 2230 基准，而且前提是内螺纹表面适用于螺栓表面。对于所有其他表面组合，应检查摩擦系数。

在一些特殊应用中，预紧的部件具有高硬度和低表面粗糙度。此类情况下，在拧紧预紧部件期间可能发生滑动，而且摩擦系数（ μ 头部）可能降低。

本文档内容不得被解释为认可或推荐侵犯 NORD-LOCK® 洛帝牢，www.nord-lock.com 的专利权或商标权。

NORD-LOCK® 扭矩计算器 Torquelator

这款“在线计算器”可计算由洛帝牢防松垫圈紧固的螺栓接头的预紧力及相应扭矩。在两种不同的计算方法之间进行选择，即 Kellermann & Klein 或 VDI 2230，选择螺栓尺寸（公制和英制）、强度等级及润滑剂，从而获得扭矩指南。



高强度结构螺栓 (HV系列)

根据生效后的305/2011建筑法规，对于特定建筑产品，必须对CE标识进行全新性能说明。此规定（BauPVO）取代现有建筑产品指令（89/106/EWG指令）。对承重钢制部件设计与制造商资格进行规定的DIN 18800-7标识由EN 1090取代。EN 1090对作为建筑产品销售的钢结构的适销性要求做出规定。

对于钢结构或金属结构，EN 15048与EN 14399-ff统一标准对紧固件的单独要求进行规定。

应当明确强调，只有紧固件在建筑中得到永久使用，并对建筑的基本要求起到决定性影响时，CE标志才具有强制性。

具有具体建筑技术要求的紧固件在相应规格的问询/订购时就必须提供证明，符合统一标准或性能说明。

获得产品标准批准的螺栓与螺母的强度等级、表面处理状态与所有必要的选择可能性必须得以规定。

作为欧洲标准的欧洲代码对建筑与其他工程建设的设计进行规定。对于钢结构的测量适用EN 1993标准。

对于螺栓连接类别适用EN 1993-1-8标准

剪式连接			拉伸连接		
类别 A	剪式/通孔轴承链接	符合标准的预加压并非强制要求	类别 D	未进行预加压	符合标准的预加压并非强制要求
类别 B	可用性极限状态下的摩擦连接	必须进行预加压	类别 E	已预加压	必须进行预加压
类别 C	承载性极限状态下的摩擦连接	必须进行预加压			

依照EN 14399用于金属建筑结构中高强度螺栓连接组件的总合

螺栓连接设施类型		HR系列				HV系列		HRC系列	
一般要求		EN 14399-1							
预加压适应性		EN 14399-2以及，如有需要，其他在产品标准中规定的测试							
螺钉 和 螺母		EN 14399-3		EN 14399-7		EN 14399-4	EN 14399-8	EN 14399-10	
中 大 大 大	螺钉	HR8.8	HR10.9	HR8.8	HR10.9	HV10.9	HVP10.9	HRC10.9	
	螺母	HR8 或 HR10	HR10	HR8 或 HR10	HR10	HV10		HR10	HRD10
垫圈		EN 14399-5 ¹⁾ 或 EN 14399-6		EN 14399-5 ¹⁾ 或 EN 14399-6		EN 14399-6		EN 14399-6	EN 14399-5 ¹⁾ 或 EN 14399-6
标识符号		H 或 HR ²⁾		H 或 HR ²⁾		H 或 HV ²⁾		H 或 HR ²⁾	H 或 HR ²⁾ 或 HD ³⁾

¹⁾ 根据EN 14399-5规定，垫圈仅可在螺母下方使用。

²⁾ 根据制造商选择。

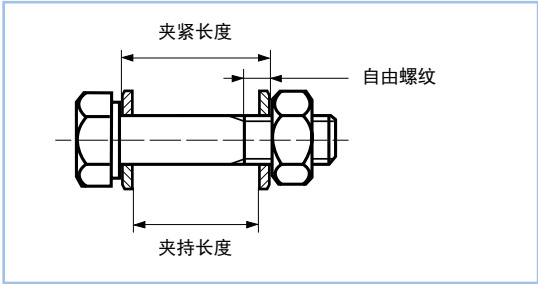
³⁾ 根据EN 14399-5标准，强制性标志仅适用于具有加大外径的垫圈。

标准关系 DIN/EN

标准	内容	尺寸	强度	取代为
DIN 6914	高强度螺栓	M12–M36	10.9	EN 14399-4
DIN 6915	高强度螺母	M12–M36	10	EN 14399-4
DIN 6916	高强度圆形垫圈	13–37	300–370 HV	EN 14399-6
DIN 6917	方形垫片，楔形（用于I型材）	13–37	295–350 HV	保留
DIN 6918	方形垫片，楔形（用于U型材）	13–37	295–350 HV	保留
DIN 7999	高强度紧密配合螺栓	M12–M30	10.9	EN 14399-8

夹紧长度

在 EN 14399-4中, 夹紧长度是指螺栓头部与螺母支撑面之间的测量值, 夹持长度是指垫圈接触面之间的距离。应考虑确保足够的螺纹间隙。
在预夹紧螺栓中, 根据EN 14399-3, EN 14399-7和 EN14399-10, 螺母接触面与螺栓杆部无螺纹部分之间必须有四个完整螺纹。



拧紧工艺

非预夹紧螺栓连接
由非合金、合金以及奥氏体不锈钢材构成的非计划性预加压螺栓连接设施必须符合EN 15048-1 标准。
符合EN 14399-1 标准的设施也可用于非预夹紧螺栓连接。

预夹紧螺栓连接
高强度预夹紧螺栓连接包括HR、HV与HRC系统。它们必须符合EN 14399-1 以及相应欧洲标准的要求。
除非有其他规定，不锈钢螺栓不允许用于预夹紧应用。如果加以应用，这些螺栓被视为特殊紧固件。

除非有其他规定，最小预压力的额定值采用 $F_{p,C}$ ：
 $F_{p,C} = 0.7 \times f_{ub} \times A_s$, f_{ub} 代表螺栓材料的额定强度， A_s 代表螺栓的应力横截面。

K级别拧紧方法

拧紧方法	预紧力	K级别
扭矩方法	$F_{p,C}$	K2
组合式预紧方法	$F_{p,C}$	K1 (或 K2)
改进的预紧方法	F_{p,C^*}	K1

所提供的HV组合被定义为所谓的K级别，这显示了组合现有摩擦系数状态的间接数据。例如K1 级别显示了螺母作为组合关键元素的润滑状态，以可靠的实现最小预应力。因此，原则上必须在螺母侧拧紧。
包装上必须说明K级别，如有需要，还需指明符合EN 1993-1-8/NA 对于 $F_{p,C}$ 规定的改进预加压方法的拧紧扭矩。一个生产商任意生产批号HV设施的所有元素均可任意相互组合，并单独包装供货。相应的拧紧扭矩与预应力在EN 1993-1-8/NA中有所规定。

依据EN 14399-4/EN 14399-6 K级K1(参考EN 14399-1)的用于10.9级HV系列螺栓连接的预紧力和拧紧扭矩

现行标准	拧紧方法	特点
EN 1090-2	扭矩方法	在欧洲(德国除外)必须通过K2检验方可批准
EN 1090-2	扭矩+旋转角度组合式拧紧方法	仅适用于K1或K2
DIN EN 1993-1-8/NA	改进的扭矩方法和改进的组合式预拧紧方法	如果螺栓没有拧紧到最大预应力

扭矩方法

必须使用拧紧机进行螺栓拧紧，并提供合适的工作区域。可以使用手动或自动机械扳手。

规定的用于强度等级10.9的带有预拧紧扭矩与预加力矩的组合式预加压方法 (EN 1090)
在对10.9级(EN 1090-2 K级K1)HV系列使用组合是预紧方法，以达到最小预紧力 $F_{p,C}$ 时，将在第一个步骤中根据表格数值施加预拧紧扭矩。

需要的预紧力和拧紧扭矩(EN 1090)

EN 1090-2		螺栓直径，mm							
		12	16	20	22	24	27	30	36
标准预应力 $F_{p,C}$	[kN]	59	110	172	212	247	321	393	572
参考扭矩 (K级别K1) $M_{t,1}$	[Nm]	92	229	447	606	771	1127	1533	2677
预拧紧扭矩 = 0,75 $M_{t,1}$	[Nm]	67	165	322	439	557	815	1107	1935

性能等级10.9的螺栓组合采用复合预紧法所需的旋转角度(EN 1090)

所连接部分（包括所有垫片和垫圈）的总公称厚度“t” d = 螺栓直径	在第二个拧紧步骤中应用的普遍角度
< 2 d	60°
2 d ≤ t < 6 d	90°
6 d ≤ t ≤ 10 d	120°

注意事项：如果螺栓头或螺母下的表面（考虑在可能情况下使用的楔形垫片）不垂直于螺栓轴，则必须通过实验来确定所需预加力矩。

改进的扭矩方法(DIN EN 1993-1-8/NA)

改进性扭矩方法的拧紧过程通常包括两个拧紧步骤。规定最大为0,75倍改进性参考扭矩的预拧紧扭矩将施加于一个连接中的所有螺栓，然后再开始第二个拧紧步骤。借助表格中的改进性参考扭矩，将在第二个步骤中达到标准预应力 $F_{p,C}$ 。

改进的组合式预紧方法(DIN EN 1993-1-8/NA)

在使用改进性组合式预应力方法以施加标准预应力 $F_{p,C}$ 时，将借助扭矩方法施加预拧紧扭矩。在此首个步骤中，必须对一个连接中的所有螺栓完整执行，然后再根据继续旋转角度规定开始第二个拧紧步骤。

需要的预紧力和拧紧扭矩(DIN EN 1993-1-8/NA)

DIN EN 1993-1-8/NA	螺栓直径, mm							
	12	16	20	22	24	27	30	36
改进的预紧 $F_{p,C}$ [kN]	50	100	160	190	220	290	350	510
改进的参考扭矩(K级K1) M_A [Nm]	100	250	450	650	800	1250	1650	2800
预拧紧扭矩, 适用于扭矩+转角组合式拧紧方式 [Nm]	75	190	340	490	600	940	1240	2100

性能等级10.9的螺栓组合采用复合预紧法所需的旋转角度(DIN EN 1993-1-8/NA)

所连接部分（包括所有垫片和垫圈）的总公称厚度«t» d = 螺栓直径	在第二个拧紧步骤中应用的普遍角度
< 2 d	45°
2 d ≤ t < 6 d	60°
6 d ≤ t ≤ 10 d	90°

注意事项：如果螺栓头或螺母下的表面（考虑在可能情况下使用的楔形垫片）不垂直于螺栓轴，则必须通过实验来确定所需预加力矩。