

ICS 21.060.10

CCS J 13

团 体 标 准

T/CI 057-2022

钢结构用高强度螺栓连接副

High strength bolting assemblies for steel structures

2022-09-14 发布

2022-09-14 实施

中国国际科技促进会 发布

目 次

目 次	I
前 言	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 技术要求.....	2
5 试验方法.....	10
6 检验规则.....	13
7 标志、包装、运输和贮存.....	15
附录 A （资料性）螺栓螺纹长度以及螺栓、螺母和垫圈的质量	16
附录 B （规范性附录）耐候钢技术条件	19

中国团体标准

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第 1 部分：标准文件的结构和起草规则》给出的规定进行起草。

本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由杭州嘉翔高强螺栓股份有限公司提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件主起草单位：杭州嘉翔高强螺栓股份有限公司、杭州嘉合标准件有限公司、杭州嘉联喷涂有限公司、杭州鼎铭尚实业有限公司、杭州合大铸造有限公司、杭州毕博标准化技术有限公司。

本文件主要起草人：姚国松、王国峰、吴胜义、常振涛、吴利锋、王栋、孔佳佳。

本文件由杭州嘉翔高强螺栓股份有限公司制定、并负责解释。

钢结构用高强度螺栓连接副

1 范围

本文件规定了螺纹规格为M 12~M 36的大六角头高强度螺栓连接副和扭剪型高强度螺栓连接副的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和储存。

本文件适用于工业与民用建筑、锅炉钢结构、塔桅钢结构、起重机械及其他钢结构用摩擦型连接的高强度螺栓连接副。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 90.1 紧固件 验收检查
- GB/T 90.2 紧固件 标志与包装
- GB/T 90.3 紧固件 质量保证体系
- GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸
- GB/T 197 普通螺纹 公差
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 230.1 金属材料洛氏硬度试验 第1部分:试验方法 (A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T标尺)
- GB/T 1231 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件
- GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 3098.2 紧固件机械性能 螺母
- GB/T 3103.1 紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺母
- GB/T 3103.3 紧固件公差 平垫圈
- GB/T 3632 钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副
- GB/T 4171 耐候结构钢
- GB/T 4340.1 金属维氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 5267.2 紧固件 非电解锌片涂层
- GB/T 5267.3 紧固件 热浸镀锌层
- GB/T 5779.1 紧固件表面缺陷 螺栓、螺钉和螺柱 一般要求
- GB/T 5779.2 紧固件表面缺陷 螺母
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 16823.3 紧固件 扭矩-夹紧力试验
- GB/T 22028 热镀锌螺纹 在内螺纹上容纳镀锌层
- JB/T 9151.1 紧固件测试方法 尺寸与几何精度
- ASTM F3125 经热处理最小抗拉强度为120ksi (830MPa) 和150ksi (1040MPa) 的钢结构螺栓
- ASTM G101 评估低合金钢耐大气腐蚀指导方法

3 术语与定义

GB/T 90.1、GB/T 90.3、GB/T 3098.1、GB/T 3098.2、GB/T 5267.2、GB/T 5267.3、GB/T 5779.1、GB/T 5779.2 界定的术语和定义适用于本文件。

4 技术要求

4.1 连接副的型式、尺寸

4.1.1 螺栓型式、尺寸

大六角头螺栓型式、尺寸应符合图 1、表 1 的规定，扭剪型螺栓型式、尺寸应符合图 2、表 2 的规定。

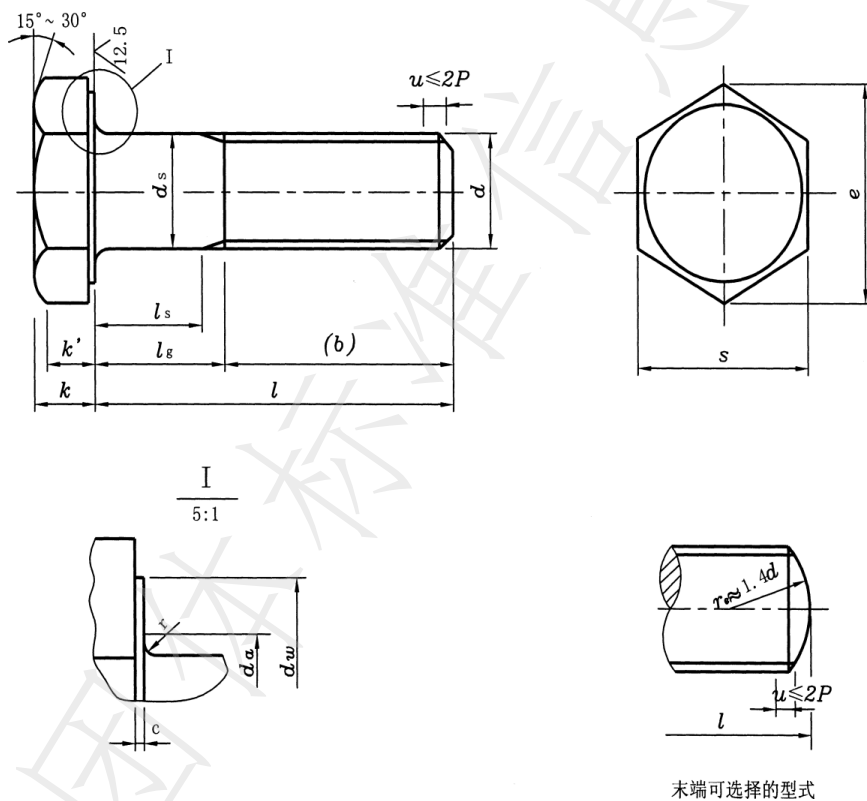


图 1 大六角头螺栓

表 1 大六角头螺栓尺寸

单位为：mm

螺纹规格 d	M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36
P	1.75	2	2.5	2.5	3	3	3.5	4
c	max	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	min	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

表(续)

单位为: mm

螺纹规格 d		M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36											
d_s	max	15.23	19.23	24.32	26.32	28.32	32.84	35.84	42.40											
d_e	max	12.43	16.43	20.52	22.52	24.52	27.84	30.84	37.00											
	min	11.57	15.57	19.48	21.48	23.48	26.16	29.16	35.00											
d_w	min	19.2	24.9	31.4	33.3	38.0	42.8	46.5	55.9											
e	min	22.78	29.56	37.29	39.55	45.20	50.85	55.37	66.44											
k	公称	7.5	10	12.5	14	15	17	18.7	22.5											
	max	7.95	10.75	13.40	14.90	15.90	17.90	19.75	23.55											
	min	7.05	9.25	11.60	13.10	14.10	16.10	17.65	21.45											
k'	min	4.9	6.5	8.1	9.2	9.9	11.3	12.4	15.0											
r	min	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0											
s	max	21	27	34	36	41	46	50	60											
	min	20.16	26.16	33	35	40	45	49	58.8											
l		无螺纹杆部长度 l_s 和夹紧长度 l_g																		
公称	min	max	l_s min	l_g max	l_s min	l_g max	l_s min	l_g max	l_s min	l_g max	l_s min	l_g max	l_s min	l_g max	l_s min	l_g max	l_s min	l_g max	l_s min	l_g max
35	33.75	36.25	4.8	10																
40	38.75	41.25	9.8	15																
45	43.75	46.25	9.8	15	9	15														
50	48.75	51.25	14.8	20	14	20	7.5	15												
55	53.5	56.5	19.8	25	14	20	12.5	20	7.5	15										
60	58.5	61.5	24.8	30	19	25	17.5	25	12.5	20	6	15								
65	63.5	66.5	29.8	35	24	30	17.5	25	17.5	25	11	20	6	15						
70	68.5	71.5	34.8	40	29	35	22.5	30	17.5	25	16	25	11	20	4.5	15				
75	73.5	76.5	39.8	45	34	40	27.5	35	22.5	30	16	25	16	25	9.5	20				
80	78.5	81.5			39	45	32.5	40	27.5	35	21	30	16	25	14.5	25	8	20		
85	83.25	86.75			44	50	37.5	45	32.5	40	26	35	21	30	14.5	25	13	25		
90	88.25	91.75			49	55	42.5	50	37.5	45	31	40	26	35	19.5	30	18	30		
95	93.25	96.75			54	60	47.5	55	42.5	50	36	45	31	40	24.5	35	18	30		
100	98.25	101.75			59	65	52.5	60	47.5	55	41	50	36	45	29.5	40	23	35		

表 (续)

单位为: mm

公称	min	max	I_s		I_g		I_s		I_g		I_s		I_g		I_s		I_g	
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
110	108.25	111.75			69	75	62.5	70	57.5	65	51	60	46	55	39.5	50	33	45
120	118.25	121.75			79	85	72.5	80	67.5	75	61	70	56	65	49.5	60	43	55
130	128	132			89	95	82.5	90	77.5	85	71	80	66	75	59.5	70	53	65
140	138	142					92.5	100	87.5	95	81	90	76	85	69.5	80	63	75
150	148	152					102.5	110	97.5	105	91	100	86	95	79.5	90	73	85
160	156	164					112.5	120	107.5	115	101	110	96	105	89.5	100	83	95
170	166	174							117.5	125	111	120	106	115	99.5	110	93	105
180	176	184							127.5	135	121	130	116	125	109.5	120	103	115
190	185.4	194.6							137.5	145	131	140	126	135	119.5	130	113	125
200	195.4	204.6							147.5	155	141	150	136	145	129.5	140	123	135
220	215.4	224.6							167.5	175	161	170	156	165	149.5	160	143	155
240	235.4	244.6									181	190	179	185	169.5	180	163	175
260	254.8	265.2											196	205	189.5	200	183	195

注1: 括号内的规格为第二选择系列。
注2: $l_{g \max} = l_{\text{公称}} - b_{\text{参考}}$; $l_{s \min} = l_{g \max} - 3P$ 。
注3: 尺寸公差适用于热浸镀锌涂镀前尺寸。

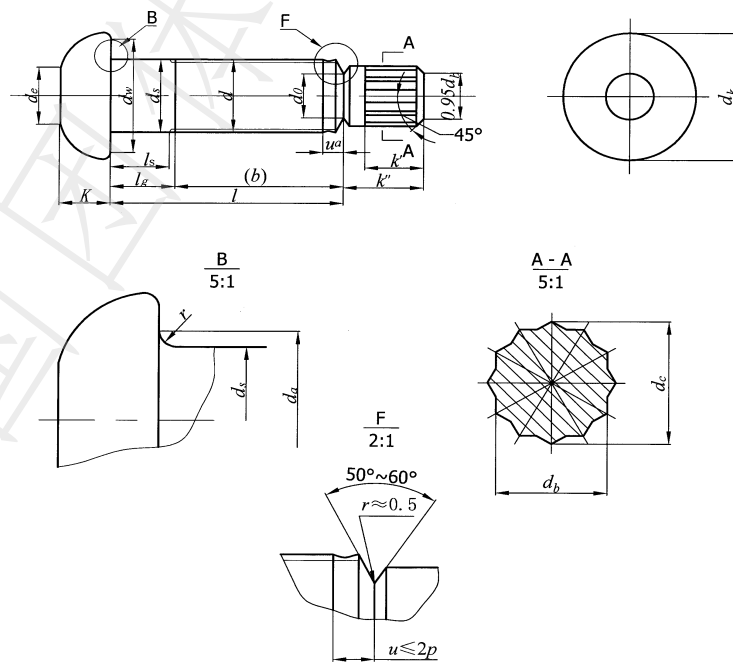


图2 扭剪型螺栓

表2 扭剪型螺栓尺寸

单位为：mm

螺纹规格 d		M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36
P		1.75	2	2.5	2.5	3	3	3.5	4
k'	min	11	12	14	15	16	17	18	25
k''	max	16	17	19	21	23	24	25	33
d_s	max	15.20	18.83	24.4	26.4	28.4	32.84	35.84	42.40
d_s	max	12.43	16.43	20.52	22.52	24.52	27.84	30.84	37.00
	min	11.57	15.57	19.48	21.48	23.48	26.16	29.16	35.00
d_s	min	20.9	27.9	34.5	38.5	41.5	42.8	46.5	58.5
d_k	max	22	30	37	41	44	50	55	67
k	公称	8	10	13	14	15	17	19	22.5
	max	8.80	10.75	13.90	14.90	15.90	17.90	20.05	23.55
	min	7.20	9.25	12.10	13.10	14.10	16.10	17.95	21.45
r	min	1.2	1.2	1.2	1.2	1.6	2.0	2.0	2.0
d_b	公称	7.7	11.1	13.9	15.4	16.7	19.0	21.1	25.4
	max	8.0	11.3	14.1	15.6	16.9	19.3	21.4	25.7
	min	7.4	11.0	13.8	15.3	16.6	18.7	20.8	25.1
d_b	\approx	6.9	10.9	13.6	15.1	16.4	18.6	20.6	25.6
d_c	\approx	8.4	12.8	16.1	17.8	19.3	21.9	24.4	29.4
d_e	\approx	10	13	17	18	20	22	24	30
注1：括号内的规格为第二选择系列。 注2：无螺纹杆部长度 l_s 和夹紧长度 l_k 见表2。 注3：尺寸公差适用于热浸镀锌涂镀前尺寸。									

4.1.2 螺母型式、尺寸

大六角螺母型式、尺寸应符合图 3、表 3 的规定。

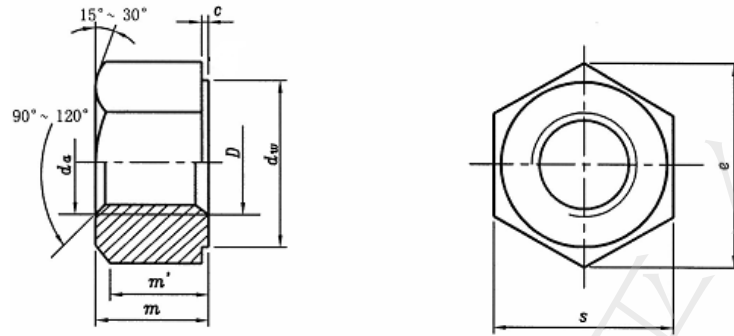


图3 大六角螺母

表3 大六角螺母尺寸

单位为：mm

螺纹规格 D	M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36	
P	1.75	2	2.5	2.5	3	3	3.5	4	
d_a	max	13	17.3	21.6	23.8	25.9	29.1	32.4	38.9
	min	12	16	20	22	24	27	30	36
d_w	min	19.2	24.9	31.4	33.3	38.0	42.8	46.5	55.9
e	min	22.78	29.56	37.29	39.55	45.20	50.85	55.37	66.44
m	max	12.3	17.1	20.7	23.6	24.2	27.6	30.7	36.6
	min	11.87	16.4	19.4	22.3	22.9	26.3	29.1	35.0
m'	min	8.3	11.5	13.6	15.6	16.0	18.4	20.4	20.4
c	max	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	min	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
s	max	21	27	34	36	41	46	50	60
	min	20.16	26.16	33	35	40	45	49	58.8
支承面对 螺纹轴线的 垂直度公差	0.29	0.38	0.47	0.50	0.57	0.64	0.70	0.87	
注1：括号内的规格为第二选择系列。									
注2：尺寸公差适用于热浸镀锌涂镀前尺寸。									

4.1.3 垫圈型式、尺寸

垫圈型式、尺寸应符合图4、表4的规定。

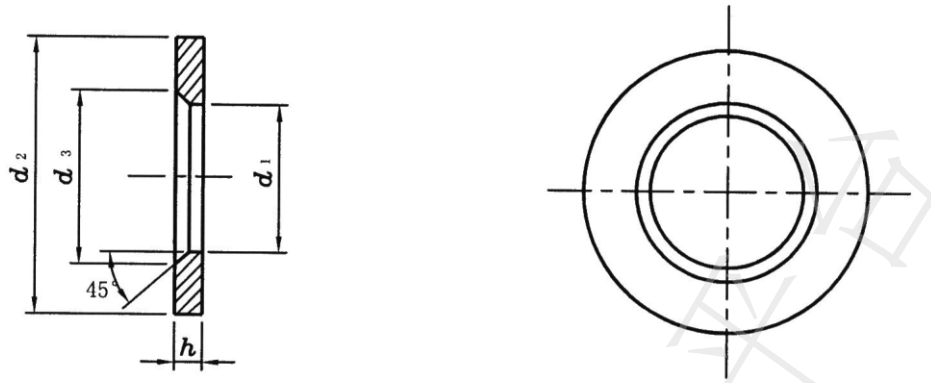


图4 垫圈

表4 垫圈尺寸

单位为：mm

规格（螺纹大径）		12	16	20	(22)	24	(27)	30	36
d	min	13	17	21	23	25	28	31	37
	max	13.43	17.43	21.52	23.52	25.52	28.52	31.62	37.62
d	min	23.7	31.4	38.4	40.4	45.4	50.1	54.1	64.1
	max	25	33	40	42	47	52	56	66
h	公称	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0
	min	2.5	3.5	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5.5
	max	3.8	4.8	4.8	5.8	5.8	5.8	5.8	6.8
d	min	15.23	19.23	24.32	26.32	28.32	32.84	35.84	41.84
	max	16.03	20.03	25.12	27.12	29.12	33.64	36.64	42.64
注1：括号内的规格为第二选择系列。									
注2：尺寸公差适用于热浸镀锌涂镀前尺寸。									

4.1.4 普通螺纹

螺纹的基本尺寸按GB/T 196粗牙普通螺纹的规定，螺栓螺纹公差带按GB/T 197的6g，螺母螺纹公差带按GB/T 197的6H，非电解锌片涂层螺纹按GB/T 5267.2的规定。

4.1.5 热浸镀锌螺纹

涂镀前螺栓螺纹公差带按GB/T 197的6g，螺母螺纹公差带按GB/T 22028的6AZ，涂镀后热浸镀锌螺纹按GB/T 5267.3的规定。

4.1.6 其他尺寸及形位公差

螺栓、螺母、垫圈的其他尺寸及形位公差应符合GB/T 3103.1、GB/T 3103.3有关C级产品的规定。

4.2 机械性能

4.2.1 螺栓机械性能

4.2.1.1 试件机械性能

制造厂应将制造螺栓的材料取样，经与螺栓制造中相同的热处理工艺处理后，制成试件进行拉伸试验，其结果应符合表5的规定，当螺栓的材料直径 ≥ 16 mm时，应增加低温冲击试验，其结果应符合表5的规定。

表5 试件机械性能

性能等级	抗拉强度 R/MPa	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$	断后伸长率 $A/\%$	断面收缩率 $Z/\%$	吸收能量 K/J
		/MPa	不小于		
10.9S、10.9SW	1 060~1 200	960	10	48	27

4.2.1.2 实物机械性能

4.2.1.2.1 进行螺栓实物楔负载试验时，拉力载荷应在表6规定的范围内，且断裂应发生在螺纹部分或螺纹与螺杆交接处。

表6 栓楔负载

螺纹规格 d			M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36
公称应力截面积 A_s/mm^2			84.3	157	245	303	353	459	561	817
性能等级	10.9S	拉力	89 400	166 000	260 000	321 000	374 000	487 000	595 000	866 000
	10.9SW	载荷 /N	~	~	~	~	~	~	~	~
			101 200	188 000	294 000	364 000	424 000	551 000	673 000	980 000

4.2.1.2.2 进行螺栓实物硬度试验时，硬度应在表7规定的范围内，当螺栓 $1/d \leq 3$ 时，如不能做楔负载试验，允许做拉力载荷试验或芯部硬度试验，拉力载荷应符合表6的规定，芯部硬度应符合表7的规定。

表7 螺栓硬度

性能等级	维氏硬度 HV30		洛氏硬度 HRC	
	min	max	min	max
10.9S、10.9SW	323	360	34	38

4.2.1.3 最高表面硬度

螺栓是否增碳按 GB/T 3098.1 的有关规定，表面硬度不应超出 390 HV0.3。

4.2.1.4 脱碳层

螺栓的脱碳层按 GB/T 3098.1 的有关规定。

4.2.2 螺母机械性能

4.2.2.1 保证载荷

螺母的保证载荷应符合表 8 的规定。

表8 螺母保证载荷

螺纹规格 <i>D</i>		M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36
10H、 10HW	保证载 荷/N	89 400	166 000	260 000	321 000	374 000	487 000	595 000	866 000

4.2.2.2 硬度

螺母硬度应符合表 9 的规定。

表9 螺母硬度

性能等级	维氏硬度 HV30		洛氏硬度 HRC	
	min	max	min	max
10H、10HW	25 HRC	31 HRC	253 HV30	296 HV30

4.2.2.3 垫圈的硬度

垫圈的硬度为 342 HV30~427 HV30 (36 HRC~44 HRC)。

4.3 连接副功能特性

4.3.1 连接副的使用配合

大六角头螺栓连接副由一个螺栓、一个螺母和二个垫圈（螺栓、螺母支承面下使用）组成，扭剪型螺栓连接副由一个螺栓、一个螺母和一个垫圈（仅在螺母支承面下使用）组成，连接副的使用配合按表 10 的规定。

表10 连接副的使用配合

适用规格	螺栓	螺母	垫圈
	性能等级标记		
M12~M36	10.9S	10H	
	10.9SW	10HW	W

4.3.2 连接副的扭矩系数

大六角头高强度螺栓连接副应按保证扭矩系数供货，同批连接副的扭矩系数平均值为 0.120~0.150，扭矩系数标准偏差应小于或等于 0.010。

4.3.3 连接副的紧固轴力

4.3.3.1 扭剪型高强度螺栓连接副应按保证紧固轴力供货，同批连接副的紧固轴力应符合表 11 的规定。

表11 连接副的紧固轴力

螺纹规格		M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36
每批紧固轴力的平均值	公称	59	110	170	210	245	319	390	570
	min	54	102	158	192	228	295	360	590
	max	64	120	185	228	267	345	420	520
标准偏差 $\sigma \leq$		5.0	9.5	15.0	18.4	21.8	28.0	34.5	50.0

4.3.3.2 当 l 小于表 12 中规定数值时, 可不进行紧固轴力试验。

表12 允许长度

单位为: mm

螺纹规格	M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36
l	45	50	55	60	65	70	75	85

4.4 表面缺陷

4.4.1 螺栓、螺母的表面缺陷分别按 GB/T 5779.1、GB/T 579.2 的规定。

4.4.2 垫圈不应有裂缝、毛刺、浮锈和影响使用的凹痕、划伤。

4.5 表面处理

4.5.1 螺栓、螺母、垫圈均应进行保证连接副扭矩系数或紧固轴力和防锈(耐候钢除外)的表面处理, 表面处理工艺由制造厂选择, 电镀不适合本文件。

4.5.2 非电解锌片涂层以及耐盐雾要求按 GB/T 5267.2 的规定。

4.5.3 热浸镀锌层以及耐盐雾要求按 GB/T 5267.3 的规定, 扭剪型高强度螺栓连接副不适合热浸镀锌处理。

4.5.4 耐候钢材料为本色处理, 耐腐蚀要求见附录 B。

5 试验方法

5.1 尺寸和几何公差检测方法

螺栓长度、螺母高度、螺纹、头部厚度、杆部直径、扳拧高度、对边和对角宽度等各项尺寸和几何公差检测应按 JB/T 9151.1 的规定。

5.2 机械性能试验方法

5.2.1 螺栓试验方法

5.2.1.1 试件的拉伸试验和冲击试验

拉伸试件和冲击试件应在同一根棒材上截取, 并经同一热处理工艺处理, 试验应在室温($10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$)下进行, 但冲击试验应在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下进行。

5.2.1.1.1 拉伸试验

原材料经热处理后, 按 GB/T 228 的规定制成拉伸试件, 加工试件时, 其直径减小量不应超过原材料直径的 25% (约为截面积的 44%), 并以此确定试件直径, 试验方法按 GB/T 228 规定。

5.2.1.1.2 冲击试验

原材料经热处理后，按 GB/T 229 图 1 标准夏比 V 型缺口冲击试件的规定制成试件，进行低温 -20°C 冲击试验，试验方法应符合 GB/T 3098.1 的规定。

5.2.1.2 实物的楔负载和硬度试验

5.2.1.2.1 楔负载试验

螺栓头下置 10° 楔垫(见图 5)，在拉力试验机上将螺栓拧在带有内螺纹的专用夹具上(至少六扣)，然后进行拉力试验， 10° 楔垫的型式、尺寸及硬度按 GB/T 3098.1 规定。

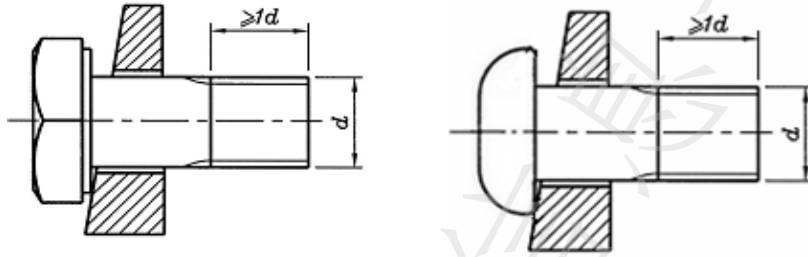


图 5 楔负载实验

5.2.1.2.2 硬度试验

常规试验，去除表面涂层，并对试件适当处理后，在头部平面、末端或无螺纹杆部测定硬度。如有争议，试验应在距螺杆末端等于螺纹直径 d 的截面上进行，对该截面距离中心的二分之一螺纹半径处，任测四点，取后三点平均值，试验方法按 GB/T 230.1 或 GB/T 4340.1 的规定，以维氏硬度 (HV30) 试验为仲裁。

5.2.1.3 最高表面硬度试验

最高表面硬度(增碳)试验按 GB/T 3098.1 的规定。

5.2.1.4 脱碳试验

脱碳层试验按 GB/T 3098.1 的规定。

5.2.2 螺母试验方法

5.2.2.1 保证载荷试验

5.2.2.1.1 将螺母拧入螺纹芯棒(见图 6)，试验时夹头的移动速度不应超过 $3\text{mm}/\text{min}$ ，对螺母施加表 9 规定的保证载荷，持续 15s ，螺母不应脱扣或断裂，当去除载荷后，应可用手将螺母旋出，或者借助扳手松开螺母(但不应超过半扣)后用手旋出，在试验中，如螺纹芯棒损坏，则试验作废。

5.2.2.1.2 螺纹芯棒的硬度应 $\geq 45\text{HRC}$ ，其螺纹公差带为 $5\text{h}6\text{g}$ ，但大径应控制在 6g 公差带靠近下限的四分之一的范围内。

5.2.2.2 硬度试验

试验在螺母支承面上进行，任测四点，取后三点平均值，试验方法按 GB/T 230.1 或 GB/T 4340.1 的规定，验收时，如有争议，以螺母支承面上的维氏硬度 (HV30) 试验为仲裁。

5.2.3 垫圈硬度试验

在垫圈的表面上任测四点，取后三点平均值，试验方法按 GB/T 230.1 或 GB/T 4340.1 的规定，验收时，如有争议，以维氏硬度（HV30）试验为仲裁。

5.3 连接副扭矩系数或紧固轴力试验

5.3.1 试验应在室温（10℃～35℃）下进行，连接副扭矩系数或紧固轴力的仲裁试验应在 20℃±2℃的环境下进行。

5.3.2 连接副的扭矩系数或紧固轴力试验在轴力计上进行，每一连接副只能试验一次，不得重复使用，扭矩系数计算公式如下：

$$K = \frac{T}{P \cdot d}$$

式中：

K ——扭矩系数；

T ——施拧扭矩（峰值），N·m；

P ——螺栓预拉力（峰值），kN；

d ——螺栓的螺纹公称直径，mm。

5.3.3 施拧扭矩 T 是施加于螺母上的扭矩，其误差不得大于测试扭矩值的 2%，使用的扭矩扳手准确度级别应不低于 2 级。

5.3.4 螺栓预拉力 P 用轴力计测定，其误差不得大于测定螺栓预拉力的 2%，轴力计的最小示值应在 1kN 以下。

5.3.5 进行连接副扭矩系数试验时，螺栓预拉力值 P 应控制在表 13 所规定的范围内，超出该范围者，所测得之扭矩系数无效。

表13 螺栓预拉力

单位：kN

螺纹规格		M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36
10.9S、	max	66	121	187	231	275	352	429	621
10.9SW	min	54	99	153	189	225	288	351	515

5.3.6 连接副紧固轴力用轴力计测定，其示值相对误差的绝对值不得大于测试轴力值的 2%，轴力计的最小示值应在 1kN 以下。

5.3.7 连接副的紧固轴力值以螺栓梅花头被拧断时轴力计所记录的峰值为测定值。

5.3.8 组装连接副时，螺母下的垫圈有倒角的一侧应朝向螺母支承面，试验时，垫圈不得发生转动，否则试验无效。除非另有规定，一般拧紧速度为 5r/min～15r/min，旋转速度应均匀。

5.3.9 进行连接副扭矩系数或紧固轴力试验时，应同时记录环境温度，试验所用的机具、仪表及连接副均应放置在该环境内至少 2 小时以上，其他试验要求按 GB/T 1231、GB/T 3632 和 GB/T 16823.3 的规定。

5.4 表面缺陷检查

表面缺陷检查按 GB/T 5779.1、GB/T 5779.2 的规定。

5.5 表面处理检查

5.5.1 螺栓、螺母、垫圈均应进行连接副扭矩系数或紧固轴力试验，试验应按 5.3 要求。

- 5.5.2 非电解锌片涂层以及耐盐雾试验要求按 GB/T 5267.2 和 GB/T 10125 的规定。
- 5.5.3 热浸镀锌层以及耐盐雾试验要求按 GB/T 5267.3 和 GB/T 10125 的规定。
- 5.5.4 耐候钢材料耐腐蚀试验要求按 GB/T 4171 的规定。

6 检验规则

6.1 总则

- 6.1.1 产品检验分为出厂检验和型式检验。
- 6.1.2 每批产品出厂前，制造商均应经检验合格，并附有产品质量合格证方能出厂。
- 6.1.3 型式试验应在下列情况之一时进行：
- 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
 - 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
 - 正常生产时，每年最少从同材料、同工艺产品中抽取一个批次产品进行试验；
 - 产品长期停产 1 年后，恢复生产时；
 - 出厂检验结果与上次型式试验有较大差异时。

6.2 检验批的组成

- 6.2.1 同一性能等级、材料、炉号、螺纹规格、长度（当螺栓长度 $\leq 100\text{mm}$ 时，长度相差 $\leq 15\text{mm}$ ；螺栓长度 $> 100\text{mm}$ 时，长度相差 $\leq 20\text{mm}$ ，可视为同一长度）、机械加工、热处理工艺、表面处理工艺的螺栓为同批。
- 6.2.2 同一性能等级、材料、炉号、螺纹规格、机械加工、热处理工艺、表面处理工艺的螺母为同批。
- 6.2.3 同一性能等级、材料、炉号、规格、机械加工、热处理工艺、表面处理工艺的垫圈为同批。
- 6.2.4 分别由同批螺栓、螺母、垫圈组成的连接副为同批连接副，连接副最大批量为 3 000 套。

6.3 检验项目及抽样方案

- 6.3.1 产品出厂检验的检验项目及抽样方案按表 14 规定执行。

表14 检验项目及抽样方案

序号	检验项目	标准条款	出厂检验的抽样方案	备注
1	尺寸特性	4.1 5.1	AQL=1.0 $n_1=32$ $A_{c_1}=1$ $R_{e_1}=2$	螺栓、螺母和垫圈
2	螺纹公差	4.1 5.1	AQL=1.0 $n_1=32$ $A_{c_1}=1$ $R_{e_1}=2$	螺栓、螺母
3	试件拉力	4.2.1.1 5.2.1.1.1	AQL=1.5 $n_1=3$ $A_{c_1}=0$ $R_{e_1}=1$	螺栓
4	试件冲击	4.2.1.1 5.2.1.1.2	3 个平均值符合要求	螺栓
5	楔负载	4.2.1.2 5.2.1.2.1	AQL=0.65 $n_1=8$ $A_{c_1}=0$ $R_{e_1}=1$	螺栓

表 (续)

序号	检验项目	标准条款	出厂检验的抽样方案	备注
6	硬度	4.2.1.2 5.2.1.2.2	AQL=0.65 n ₁ =8 Ac ₁ =0 Re ₁ =1	螺栓
7	最高表面硬度	4.2.1.3 5.2.1.3	AQL=1.5 n ₁ =3 Ac ₁ =0 Re ₁ =1	螺栓
8	脱碳层	4.2.1.4 5.2.1.4	AQL=1.5 n ₁ =3 Ac ₁ =0 Re ₁ =1	螺栓
9	保证载荷	4.2.2.1 5.2.2.1	AQL=0.65 n ₁ =8 Ac ₁ =0 Re ₁ =1	螺母
10	硬度	4.2.2.2 5.2.2.2	AQL=0.65 n ₁ =8 Ac ₁ =0 Re ₁ =1	螺母
11	硬度	4.2.3 5.2.3	AQL=0.65 n ₁ =8 Ac ₁ =0 Re ₁ =1	垫圈
12	连接副功能特性	4.3.2 4.3.3 5.3	试验 8 套, 符合要求	螺栓、螺母和垫圈
13	表面缺陷	4.4 5.4	AQL=1.5 n ₁ =3 Ac ₁ =0 Re ₁ =1	螺栓、螺母和垫圈
14	表面处理	4.5 5.5	AQL=1.5 n ₁ =3 Ac ₁ =0 Re ₁ =1	螺栓、螺母和垫圈

6.3.2 产品型式试验的检验项目及抽样方案按表 15 规定执行。

表15 型式试验的检验项目及抽样方案

序号	检验项目	标准条款	出厂检验的抽样方案	备注
1	试件拉力	4.2.1.1 5.2.1.1.1	试验 3 件, 均应符合, 否则不合格	螺栓
2	试件冲击	4.2.1.1 5.2.1.1.2	3 个平均值符合要求	螺栓
3	楔负载	4.2.1.2 5.2.1.2.1	试验 8 件, 均应符合, 否则不合格	螺栓
4	硬度	4.2.1.2 5.2.1.2.2	试验 8 件, 均应符合, 否则不合格	螺栓
5	最高表面硬度	4.2.1.3 5.2.1.3	试验 1 件, 均应符合, 否则不合格	螺栓
6	脱碳层	4.2.1.4 5.2.1.4	试验 1 件, 均应符合, 否则不合格	螺栓
7	保证载荷	4.2.2.1 5.2.2.1	试验 8 件, 均应符合, 否则不合格	螺母
8	硬度	4.2.2.2 5.2.2.2	试验 8 件, 均应符合, 否则不合格	螺母
9	硬度	4.2.3 5.2.3	试验 8 件, 均应符合, 否则不合格	垫圈

表 (续)

序号	检验项目	标准条款	出厂检验的抽样方案	备注
10	连接副功能特性	4.3.2	试验 8 套, 符合要求	螺栓、螺母和垫圈
		4.3.3		
		5.3		
11	表面处理	4.5	试验 1 件, 均应符合, 否则不合格	螺栓、螺母和垫圈
		5.5		

6.4 判定规则

6.4.1 出厂检验项目及抽样方案按表 14 执行, 如果所有项目均检验合格或加样试验后均检验合格, 则判定该批产品出厂检验合格, 否则, 判该批产品不合格。

6.4.2 型式试验的判定按表 15 执行。

6.4.3 出厂检验不合格批的处置应按 GB/T 90.1、GB/T 90.3 规定执行。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 螺栓应在头部顶面制出性能等级和制造厂凸型标志(见图 7), 字母 S 表示钢结构用高强度大六角头螺栓, XX 为制造厂标志。

7.2 螺母应在顶面上制出性能等级和制造厂标志(见图 7), 字母 H 表示钢结构用高强度大六角螺母, XX 为制造厂标志。

7.3 耐候钢制造的产品, 用字母 W 表示, 并在螺栓、螺母和垫圈产品上另外增加标志 W。

7.4 制造厂应以批为单位提供产品质量检验报告书, 内容如下:

- a) 批号、规格和数量;
- b) 性能等级;
- c) 材料、炉号、化学成分;
- d) 试件拉力试验和冲击试验数据;
- e) 实物机械性能试验数据;
- f) 连接副扭矩系数或紧固轴力测试值、平均值、标准偏差和测试环境温度;
- g) 制造商名称及出厂日期。

7.5 包装箱应牢固、防潮。箱内应按连接副的组合包装, 不同批号的连接副不得混装, 每箱质量不得超过 40 kg, 包装箱内分装方法由制造厂选择。

7.6 包装箱外应有制造厂、产品名称、标准号、批号、规格、数量、毛重等明显标记。

7.7 产品在运输过程中, 应防止遭受剧烈碰撞和摔跌, 避免雨雪直接淋袭及化学品侵袭。

7.8 产品宜在清洁通风良好的库房内, 周围空气应无腐蚀性气体存在。

7.9 存储场地应平整, 产品不得倾斜堆放, 堆码不得过高, 防止压伤或倒塌损坏, 产品在运输过程中, 包装箱应按规定朝向安置, 不得倾倒或改变方向, 不得野蛮装卸。

附录 A

(资料性)

螺栓螺纹长度以及螺栓、螺母和垫圈的质量

A.1 大六角螺栓螺纹长度以及质量

大六角螺栓螺纹长度以及质量见表A.1。

表A.1 大六角螺栓螺纹长度以及质量

单位为: mm

I	螺纹规格 d								螺纹规格 d														
	M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36	M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36							
公称尺寸	螺纹长度 (b)								每 1000 件大六角螺栓的理论质量 (kg)														
35	25								49.4														
40									54.2														
45	30	30							57.8	113.0													
50									62.5	121.3	207.3												
55		35	40																				
60																	67.3	127.9	220.3	269.3			
65																	72.1	136.2	233.3	284.9	357.2		
70		45																					
75																	76.8	144.5	243.6	300.5	375.7	503.2	
80	50																						
85																81.6	152.8	256.5	313.2	394.2	527.1	658.2	
90	55																						
95																86.3	161.2	269.5	328.9	409.1	551.0	687.5	
100	60																						
110																	169.5	282.5	344.5	428.6	570.2	716.8	1119.7
120	35																						
130																	177.8	295.5	360.1	446.1	594.1	740.3	1158.6
140	40																						
150																	186.4	308.5	375.8	464.7	617.9	769.6	1197.2
160	45																						
170																	194.4	321.4	391.4	483.2	641.8	799.0	1236.1
180	50																						
190																	202.8	334.4	407.0	501.7	665.7	828.3	1275.0
200	55																						
210																	219.4	360.4	438.3	538.8	713.5	886.9	1352.9
220	60																						
230																	236.1	386.3	469.6	575.9	761.3	945.6	1430.8
240	65																						
250																	252.7	412.3	500.8	612.9	809.1	1004.2	1508.3
260	70																						
270																		438.3	532.1	650.0	856.9	1062.8	1586.7
280	75																						
290																		464.2	563.4	687.1	904.7	1121.5	1664.5
300	80																						
310																		490.2	594.6	724.2	952.4	1180.1	1742.6
320	85																						
330																			625.9	761.2	1000.2	1238.7	1820.3
340	90																						
350																			657.2	798.3	1048.0	1297.4	1898.5
360	95																						
370																			688.4	835.4	1095.8	1356.0	1976.1
380	100																						
390																			719.7	872.4	1143.6	1414.7	2054.8
400	105																						
410																			782.2	946.6	1239.2	1531.9	2210.2
420	110																						
430																				1020.	1334.7	1649.2	2366.3
440	115																						
450																					1430.3	1766.5	2522.0

A.2 扭剪型螺栓螺纹长度以及质量

扭剪型螺栓螺纹长度以及质量见表A. 2，螺母和垫圈的理论质量见表A. 3。

表A. 2 扭剪型螺栓螺纹长度以及质量

单位为：mm

<i>l</i>	螺纹规格 <i>d</i>								螺纹规格 <i>d</i>							
	M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36	M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36
公称尺寸	螺纹长度 (b)								每 1000 件扭剪型螺栓的理论质量 (kg)							
35	25								48.9							
40																
45	30	30							58.7	114.1						
50									62.4	121.5	206.3					
55	30	35	40						66.9	128.1	218.0	276.1				
60									71.3	135.6	229.7	290.3	349.9			
65	30	35	40		45				75.7	143.1	240.0	304.6	366.6	490.6		
70									80.2	150.5	251.7	317.2	383.3	511.7	651.1	
75	30	35	40		45				84.6	158.0	263.4	331.5	398.7	532.8	677.3	
80									165.5	275.1	345.7	415.2	552.0	703.5	1032.5	
85	35	40							173.0	286.8	359.9	432.0	573.1	727.0	1066.9	
90									180.4	298.5	374.1	449.5	594.2	753.2	1101.2	
95	35	40							187.9	310.2	388.3	466.7	615.3	779.4	1135.6	
100									195.4	321.9	402.6	483.3	636.4	805.6	1169.3	
110	35	40							210.3	345.3	431.0	517.8	678.6	858.0	1237.4	
120									225.3	368.7	459.5	551.6	720.8	910.4	1305.1	
130	35	40		45					240.2	392.0	487.9	585.2	763.0	962.9	1373.7	
140									415.4	516.4	619.1	805.2	1015.3	1441.6		
150	35	40			45				438.8	544.8	653.7	847.4	1067.7	1509.8		
160									462.2	573.2	687.4	889.5	1120.1	1577.3		
170	35	40			45				601.7	721.6	931.7	1172.6	1645.9			
180									630.1	755.9	973.9	1225.0	1713.6			
190	35	40			45				658.6	789.7	1016.1	1277.4	1781.4			
200									687.0	823.6	1058.3	1329.8	1849.5			
220	35	40			45				743.9	891.2	1142.6	1434.7	1985.0			
240									959.4	1226.8	1539.6	2121.1				
260	35	40			45								1310.2	1644.5	2257.0	

A. 3 螺母和垫圈的理论质量

螺母和垫圈的理论质量见表 A. 3。

表A.3 螺母和垫圈的理论质量

单位: kg

每1000 件理论 质量	螺母螺纹规格 <i>D</i>								垫圈规格							
	M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36	12	16	20	(22)	24	(27)	30	36
	27.7	61.5	118.8	146.6	202.7	288.5	374.0	614	10.5	23.4	33.6	43.3	55.8	66.5	75.4	100.3

附录 B
(规范性附录)
耐候钢技术条件

B.1 耐候钢化学成分

耐候钢的化学成分应符合表B.1的规定。

表B.1 耐候钢化学成分

化学成分	C	Mn	Si	P	S	Cr	Cu	Ni	Mo
范围 %	0.30~ 0.53	≥0.60	0.10~ 0.35	≤ 0.035	≤ 0.040	≥0.45	0.20~ 0.60	≥0.20	≥0.10
注：连接副材料按ASTM F3125 3型，Ni和Mo为二选一。									

B.2 试样机械性能

采用直径为 25mm 的试样毛坯，经热处理后的机械性能应符合表 B.2 的规定。

表B.2 试样机械性能

试样热处理制度	抗拉强度	规定塑性延伸强度	断后伸长率	断面收缩率	吸收能力
	R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	A %	Z %	Kv /J
	不小于				
淬火 870℃水冷 回火 550℃水冷	960	860	18	62	110

B.3 耐腐蚀性能

B.3.1 耐候钢高强度螺栓用钢的耐大气腐蚀系数必须符合 $I \geq 6.5$ ，参考ASTM G101评估低合金钢抗大气腐蚀的方法指导。

B.3.2 $I = 26.01 (\%Cu) + 3.88 (\%Ni) + 1.20 (\%Cr) + 1.49 (\%Si) + 17.28 (\%P) - 7.29 (\%Cu) (\%Ni) - 9.10 (\%Ni) (\%P) - 33.39 (\%Cu) 2$ 。

B.3.3 其余技术条件按GB/T 4171的规定。