

UDC

DBJ

湖南省工程建设地方标准

DBJ XX/X XXX-201X

P

备案号 XXXXXX-201X

钢结构端板攻丝高强度螺栓连接 技术规程

Technical Specification for Tapping High-Strength Bolt Connection
of Steel Structure End Plate

(征求意见稿)

201X-XX-XX 发布 201X-XX-XX 实施

湖南省住房和城乡建设厅发布

前言

根据《湖南省住房和城乡建设厅关于印发 2016 年科学技术项目计划的通知》（湘建科函[2016]324 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准、国外先进标准和国内有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.连接设计；5.连接节点设计；6.制作与安装；7.施工质量验收。

本规程由湖南省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位负责具体内容的解释。规程执行过程中如有意见和建议请寄送主编单位远大可建科技有限公司（地址：湖南省岳阳市湘阴县可建城认证政策部，邮编：410600）。

本规程主编单位：远大可建科技有限公司 湖南大学

本规程参编单位：湖南省建筑材料研究设计院有限公司 清华大学
中南大学

主要起草人员：

主要审查人员：

目录

1 总则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	3
3 基本规定.....	5
3.1 一般规定.....	5
3.2 材料与设计指标.....	6
4 连接设计.....	8
4.1 抗拉设计.....	8
4.2 抗剪设计.....	9
4.3 同时抗拉与抗剪设计.....	10
4.4 构造要求.....	11
5 连接接头设计.....	13
5.1 一般规定.....	13
5.2 柱端板连接接头.....	14
5.3 梁与柱连接接头.....	16
5.4 梁与梁连接接头.....	18
5.5 斜支撑与梁连接接头.....	21
6 制作与安装.....	23
6.1 连接构件的制作.....	23
6.2 连接接头检验要求.....	23
6.3 储运与保管.....	25
6.4 安装.....	25
7 施工质量验收.....	29
7.1 一般规定.....	29
7.2 检验批的划分.....	29
7.3 紧固质量验收.....	30

7.4 验收资料.....	31
本规程用词说明.....	32
引用标准名录.....	33

1 总则

1.0.1 为在钢结构端板攻丝高强度螺栓连接的设计、施工及质量验收中做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑钢结构工程中端板攻丝高强度螺栓连接的设计、施工与质量验收。

1.0.3 端板攻丝高强度螺栓连接的设计、施工与质量验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 高强度大六角头螺栓连接副 heavy-hex high strength bolt assembly

由一个高强度大六角头螺栓，一个高强度大六角螺母和两个高强度平垫圈组成一副的连接紧固件。

2.1.2 端板攻丝 endplate tapping

连接端板的螺栓孔内攻丝取代高强度大六角头螺栓连接副中高强度大六角螺母的作用。

2.1.3 摩擦面 faying surface

端板攻丝高强度螺栓连接板层之间的接触面。

2.1.4 预拉力(紧固轴力) pre-tension

通过紧固端板攻丝高强度螺栓连接副而在螺栓杆轴方向产生的，且符合连接设计所要求的拉力。

2.1.5 摩擦型连接 friction-type joint

依靠高强度螺栓的紧固，在被连接件间产生摩擦阻力以传递剪力而将构件、部件或板件连成整体的连接方式。

2.1.6 承压型连接 bearing-type joint

依靠螺杆抗剪和螺杆与孔壁承压以传递剪力而将构件、部件或板件连成整体的连接方式。

2.1.7 杠杆力(撬力)作用 prying action

在受拉连接接头中，由于拉力荷载与螺栓轴心线偏离引起连接件变形和连接接头中的杠杆作用，从而在连接件边缘产生的附加压力。

2.1.8 抗滑移系数 mean slip coefficient

端板攻丝高强度螺栓连接摩擦面滑移时，滑动外力与连接中法向压力(等同于螺栓预拉力)的比值。

2.1.9 扭矩系数 torque-pretension coefficient

端板攻丝高强度螺栓连接中，施加于螺母上的紧固扭矩与其在螺栓导入的轴向预拉力(紧固轴力)之间的比例系数。

2.1.10 栓焊并用连接 connection of sharing on a shear load by bolts and welds

考虑摩擦型端板攻丝高强度螺栓连接和贴角焊缝同时承担同一剪力进行设计的连接接头形式。

2.1.11 栓焊混用连接 joint with combined bolts and welds

在梁、柱、支撑构件的拼接及相互间的连接节点中，翼缘采用熔透焊缝连接，腹板采用摩擦型端板攻丝高强度螺栓连接的连接接头形式。

2.1.12 扭矩法 calibrated wrench method

通过控制施工扭矩值对端板攻丝高强度螺栓连接副进行紧固的方法。

2.1.13 转角法 turn-of-nut method

通过控制螺栓与螺母相对转角值对端板攻丝高强度螺栓连接副进行紧固的方法。

2.2 符号

2.2.1 作用及作用效应

F ——集中荷载；

M ——弯矩；

N ——轴心力；

P ——高强度螺栓的预拉力；

Q ——杠杆力(撬力)；

V ——剪力。

2.2.2 计算指标

f ——钢材的抗拉、拉压和抗弯强度设计值；

f_t^b ——高强度螺栓的抗拉强度设计值；

f_v ——钢材的抗剪强度设计值；

f_v^b ——高强度螺栓的抗剪强度设计值；

N_c^b ——单个高强度螺栓的承压承载力设计值；

N_t^b ——单个高强度螺栓的受拉承载力设计值；

N_{tv}^b ——单个高强度螺栓攻丝螺纹受剪承载力设计值

N_v^b ——单个高强度螺栓的受剪承载力设计值；

σ ——正应力；

τ ——剪应力。

2.2.3 几何参数

A ——毛截面面积；

A_{eff} ——高强度螺栓螺纹处的有效截面面积；

A_s ——端板攻丝螺纹剪切面积；

A_f ——一个翼缘毛截面面积；

A_n ——净截面面积；

A_w ——腹板毛截面面积；

a ——间距；

d ——直径；

d_0 ——孔径；
 e ——偏心距；
 h ——截面高度；
 h_f ——角焊缝的焊脚尺寸；
 I ——毛截面惯性矩；
 l ——长度；
 S ——毛截面面积矩。

2.2.4 计算系数及其他

k ——扭矩系数；
 n ——高强度螺栓的数目；
 n_i ——所计算截面上高强度螺栓的数目；
 n_v ——螺栓的剪切面数目；
 n_f ——高强度螺栓传力摩擦面数目；
 μ ——端板攻丝高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数；
 N_v ——单个高强度螺栓所承受的剪力；
 N_t ——单个高强度螺栓所承受的拉力；
 P_c ——高强度螺栓施工预拉力；
 T_c ——施工终拧扭矩；
 T_{ch} ——检查扭矩。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 端板攻丝高强度螺栓连接设计采用概率论为基础的极限状态设计方法，用分项系数设计表达式进行计算。除疲劳计算外，端板攻丝高强度螺栓连接应按下列极限状态准则进行设计：

- 1 承载能力极限状态应符合下列规定：
 - 1)抗剪摩擦型连接的连接件之间产生相对滑移；
 - 2)抗剪承压型连接的螺栓或连接件达到剪切强度或承压强度；
 - 3)沿螺栓杆轴方向受拉连接的螺栓或连接件达到抗拉强度；
 - 4)需要抗震验算的连接其螺栓或连接件达到极限承载力。
- 2 正常使用极限状态应符合下列规定：
 - 1)抗剪承压型连接的连接件之间应产生相对滑移；
 - 2)沿螺栓杆轴方向受拉连接的连接件之间应产生相对分离。

3.1.2 端板攻丝高强度螺栓连接设计，宜符合连接强度不低于构件的原则。在钢结构设计文件中，应注明所用端板攻丝高强度螺栓连接副的性能等级、规格、连接类型及摩擦型连接摩擦面抗滑移系数值等要求。

3.1.3 承压型端板攻丝高强度螺栓连接不得用于直接承受动力荷载重复作用且需要进行疲劳计算的构件连接，以及连接变形对结构承载力和刚度等影响敏感的构件连接。

承压型端板攻丝高强度螺栓连接不宜用于冷弯薄壁型钢构件连接。

3.1.4 端板攻丝高强度螺栓连接长期受辐射热(环境温度)达 150℃ 以上，或短时间受火焰作用时，应采取隔热降温措施予以保护。当构件采用防火涂料进行防火保护时，其端板攻丝高强度螺栓连接处的涂料厚度不应小于相邻构件的涂料厚度。

当端板攻丝高强度螺栓连接的环境温度为 100℃～150℃时，其承载力应降低 10%。

3.1.5 直接承受动力荷载重复作用的端板攻丝高强度螺栓连接，当应力变化的循环次数等于或大于 5×10^4 次时，应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 中的有关规定进行疲劳验算，疲劳验算应符合下列原则：

- 1 抗剪摩擦型连接可不进行疲劳验算，但其连接处开孔主体金属应进行疲劳验算；
- 2 沿螺栓轴向抗拉为主的端板攻丝高强度螺栓连接在动力荷载重复作用下，当荷载和杠杆力引起螺栓轴向拉力超过螺栓受拉承载力 30%时，应对螺栓拉应力和攻丝螺纹剪应力进行疲劳验算；
- 3 对于进行疲劳验算的受拉连接，应考虑杠杆力作用的影响；宜采取加大连接板厚度等加强连接刚度的措施，使计算所得的撬力不超过荷载外拉力值的 30%；

4 栓焊并用连接应按全部剪力由焊缝承担的原则，对焊缝进行疲劳验算。

3.1.6 当结构有抗震设防要求时，端板攻丝高强度螺栓连接应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 等相关标准进行极限承载力验算和抗震构造设计。

3.1.7 在同一连接接头中，端板攻丝高强度螺栓连接不应与普通螺栓连接混用。承压型端板攻丝高强度螺栓连接不应与焊接连接并用。

3.2 材料与设计指标

3.2.1 高强度大六角头螺栓(性能等级 8.8s 和 10.9s)连接副的材质、性能等应分别符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230 以及《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 1231 的规定。

3.2.2 承压型连接的强度设计值应按表 3.2.2 采用。

表 3.2.2 承压型端板攻丝高强度螺栓连接的强度设计值(N/mm²)

螺栓的性能等级、构件钢材的牌号和连接类型			抗拉强度	抗剪强度	承压强度
承压型连接	端板攻丝高强度螺栓连接副	8.8s	400	250	-
		10.9s	500	310	-
	连接处构件	Q235	-	-	470
		Q345	-	-	590
		Q390	-	-	615
		Q420	-	-	655
	端板攻丝螺纹	Q345	-	180	-
		Q390	-	205	-
		Q420	-	220	-

3.2.3 端板攻丝高强度螺栓连接摩擦面抗滑移系数 μ 的取值应符合表 3.2.3-1 和表 3.2.3-2 中的规定。

表 3.2.3-1 钢材摩擦面的抗滑移系数 μ

连接处构件接触面的处理方法		构件的钢号			
		Q235	Q345	Q390	Q420
普通钢结构	喷砂（丸）	0.45	0.50		0.50
	喷砂（丸）后生赤锈	0.45	0.50		0.50
	钢丝刷清除浮锈活未经处理的干净轧制表面	0.30	0.35		0.40
冷弯薄壁型钢结构	喷砂（丸）	0.40	0.45	-	-
	热轧钢材轧制表面清除浮锈	0.30	0.35	-	-
	冷轧钢材轧制表面清除浮锈	0.25	-	-	-

注：1 钢丝刷除锈方向应与受力方向垂直；

2 当连接构件采用不同钢号时， μ 应按相应的较低值取值；

3 采用其他方法处理时，其处理工艺及抗滑移系数值均应经试验确定。

表 3.2.3-2 涂层摩擦面的抗滑移系数 μ

涂层类型	钢材表面处理要求	涂层厚度 (μm)	抗滑移系数
无机富锌漆	Sa2	60~80	0.40
锌加底漆 (ZINGA)			0.45
防滑防锈硅酸锌漆		80~120	0.45
聚氨酯富锌底漆或醇酸铁红底漆	Sa2 及以上	60~80	0.15

注：1 当设计要求使用其他涂层(热喷铝、镀锌等)时，其钢材表面处理要求、涂层厚度以及抗滑移系数均应经试验确定；

2 当连接板材为 Q235 钢时，对于无机富锌漆涂层抗滑移系数 μ 值取 0.35；

3 防滑防锈硅酸锌漆、锌加底漆(ZINGA)不应采用手工涂刷的施工方法。

3.2.4 每一个高强度螺栓的预拉力设计取值应按表 3.2.4 采用。

表 3.2.4 一个高强度螺栓的预拉力 $P(\text{kN})$

螺栓的性能等级	螺栓规格						
	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
8.8S	45	80	125	150	175	230	280
10.9S	55	100	155	190	225	290	355

3.2.5 端板攻丝高强度螺栓连接的极限承载力取值应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 有关规定。

4 连接设计

4.1 抗拉设计

4.1.1 摩擦型连接在螺栓杆轴方向受拉时，每个高强度螺栓的受拉承载力设计值应按下式计算：

$$N_t^b = 0.7P \quad (4.1.1)$$

式中：

N_t^b —— 单个高强度螺栓的受拉承载力设计值(kN)；

P —— 一个高强度螺栓的预拉力(kN)，按本规程表 3.2.4 采用。

4.1.2 承压型连接在螺栓杆轴方向受拉力时，每个高强度螺栓的受拉承载力设计值应按下列公式计算，并取螺栓受拉承载力设计值和丝孔螺纹受剪承载力设计值两者中的较小者：

螺栓受拉承载力设计值：

$$N_t^b = A_{eff} f_t^b \quad (4.2.3)$$

丝孔螺纹受剪承载力设计值：

$$N_{tv}^b = \lambda A_s f_v \quad (4.1.2)$$

式中：

A_{eff} —— 高强度螺栓螺纹处的有效截面面积 (mm^2)，按表 4.2.选取；

表 4.1.2 螺栓在螺纹处的有效截面面积 A_{eff} (mm^2)

螺栓规格	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
A_{eff}	84.3	157	245	303	353	459	561

f_t^b —— 高强度螺栓的抗拉强度设计值(N/mm^2)；

λ —— 丝孔螺纹有效系数，标准攻丝取 0.7；

A_s —— 端板攻丝螺纹剪切面积 (mm^2)， $A_s = \pi d t$ ，其中 d 为螺栓公称直径， t 为攻丝端板厚度；

f_v —— 端板攻丝螺纹抗剪强度设计值(N/mm^2)。

4.2 抗剪设计

4.2.1 摩擦型连接中，每个高强度螺栓的受剪承载力设计值应按下列公式计算：

$$N_v^b = k_1 k_2 n_f \mu P \quad (4.2.1)$$

式中：

k_1 —— 折减系数，对冷弯薄壁型钢结构（板厚 $t \leq 6\text{mm}$ ）取 0.7；其他情况取 0.8；

k_2 —— 非攻丝连接板孔型系数，标准孔取 1.0；大圆孔取 0.85；荷载与槽孔长方向垂直时取 0.7；荷载与槽孔长方向平行时取 0.6；

n_f —— 传力摩擦面数目；

μ —— 摩擦面的抗滑移系数，按本规程表 3.2.3-1 和 3.2.3-2 采用；

P —— 每个高强度螺栓的预拉力(kN)，按本规程表 3.2.4 采用；

N_v^b —— 单个高强度螺栓连接的受剪承载力设计值(kN)。

4.2.2 承压型连接中，每个高强度螺栓的抗剪承载力设计值应按下列公式计算，并取受剪和承压承载力设计值中的较小者。

受剪承载力设计值：

$$N_v^b = n_v \frac{\pi d^2}{4} f_v^b \quad (4.2.2-1)$$

承压承载力设计值：

$$N_c^b = d \sum t \cdot f_c^b \quad (4.2.2-2)$$

式中：

n_v —— 螺栓受剪面数目；

螺栓公称直径（mm）；在式（4.2.2-1）中，当剪切面在螺纹处

d —— 时，应按螺纹处的有效截面面积 A_{eff} 计算受剪承载力设计值；

$\sum t$ —— 在不同受力方向中一个受力方向承压构件总厚度的较小值（mm）。

4.2.3 在构件节点或拼接接头的一端，当螺栓沿受力方向连接长度 l_1 大于 $15d_0$ 时，螺栓承载力设计值应乘以折减系数 $\left(1.1 - \frac{l_1}{150d_0}\right)$ 。当 l_1 大于 $60d_0$ 时，折减系数为 0.7， d_0 为相应的标准孔孔径。

4.2.4 轴心受力构件在端板攻丝高强度螺栓连接处的强度应按下列公式计算：

$$\sigma = \frac{N'}{A_n} \leq f \quad (4.2.4-1)$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq f \quad (4.2.4-2)$$

式中：

A —— 计算截面处构件毛截面面积（ mm^2 ）；

A_n —— 计算截面处构件净截面面积（ mm^2 ）；

f —— 钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值（ N/mm^2 ）；

N —— 轴心拉力或轴心压力（ kN ）；

N' —— 折算轴力（ kN ）， $N' = \left(1 - 0.5 \frac{n_1}{n}\right) N$ ；

n —— 在节点或拼接处，构件一端连接的高强度螺栓数；

n_1 —— 计算截面（最外列螺栓处）上高强度螺栓数。

4.2.5 抗剪承压型连接正常使用极限状态下的设计计算应按照本规程第 3.1 节有关规定进行。

4.3 同时抗拉与抗剪设计

4.3.1 摩擦型端板攻丝高强度螺栓同时承受剪力和螺栓杆轴方向的外拉力时，其承载力应按下列式计算：

$$\frac{N_v}{N_v^b} + \frac{N_t}{N_t^b} \leq 1 \quad (4.3.1)$$

式中：

N_v —— 某个高强度螺栓所承受的剪力（ kN ）；

N_t —— 某个高强度螺栓所承受的拉力（ kN ）。

4.3.2 承压型连接的构造、选材、表面除锈处理以及施加预拉力等要求与摩擦型连接相同。

4.3.3 同时承受剪力和杆轴方向拉力的承压型连接的高强度螺栓，应分别符合下列公式要求：

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^b}\right)^2} \leq 1 \quad (4.3.3-1)$$

$$N_v \leq N_c^b / 1.2 \quad (4.3.3-2)$$

4.4 构造要求

4.4.1 每一杆件在端板攻丝高强度螺栓连接节点及拼接接头的一端，其连接的高强度螺栓数量不应少于 2 个。

4.4.2 当型钢构件的拼接采用高强度螺栓时，其拼接件宜采用钢板；当连接处型钢斜面斜度大于 1/20 时，应在斜面上采用斜垫板。

4.4.3 端板攻丝高强度螺栓连接的构造应符合下列规定：

1 非攻丝连接板高强度螺栓孔径应按表 4.4.3-1 匹配，承压型连接螺栓孔径不应大于螺栓公称直径 2mm。

2 攻丝端板厚度需满足 3.2.4 高强度螺栓预紧力要求，材质不得低于 Q345。

表 4.4.3-1 端板攻丝高强度螺栓连接的孔径匹配 (mm)

螺栓公称直径				M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
孔型	标准圆孔	直径		13.5	17.5	22	24	26	30	33
	大圆孔	直径		16	20	24	28	30	35	38
	槽孔	长度	短向	13.5	17.5	22	24	26	30	33
			长向	22	30	37	40	45	50	55

3 当盖板按大圆孔、槽孔制孔时，应增大垫圈厚度或采用孔径与标准垫圈相同的连续型垫板，垫圈或连续垫板厚度应符合下列规定：

1) M24 及以下规格的端板攻丝高强度螺栓连接副，垫圈或连续垫板厚度不宜小于 8mm；

2) M24 以上规格的端板攻丝高强度螺栓连接副，垫圈或连续垫板厚度不宜小于 10mm；

3) 冷弯薄壁型钢结构的垫圈或连续垫板厚度不宜小于连接板（芯板）厚度。

4 高强度螺栓孔距和边距的容许间距应按表 4.4.3-2 的规定采用。

表 4.4.3-2 高强度螺栓孔径和边距的容许间距

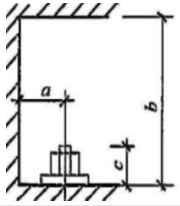
名称	位置和方向			最大容许间距 (两者较小值)	最小容许间距
中心间距	外排（垂直内力方向或顺内力方向）			$8d_0$ 或 $12t$	$3d_0$
	中间排	垂直内力方向		$16d_0$ 或 $24t$	
		顺内力方向	构件受压力	$12d_0$ 或 $18t$	
			构件受拉力	$16d_0$ 或 $24t$	
	沿对角线方向			--	
中心至构件 边缘距离	顺力方向			$4d_0$ 或 $8t$	$2d_0$
	切割边或自动手工气割边				$1.5d_0$
	轧制边、自动气割边或锯割边				

注：1. d_0 为端板攻丝高强度螺栓连接板的孔径，对槽孔为短向尺寸； t 为外层较薄板件的厚度；

2. 钢板边缘与刚性构件（如角钢、槽钢等）相连的高强度螺栓的最大间距，可按中间排的数值采用。

4.4.4 设计布置螺栓时，应考虑工地专用施工工具的可操作空间要求。常用扳手可操作空间尺寸宜符合表 4.4.4 的要求。

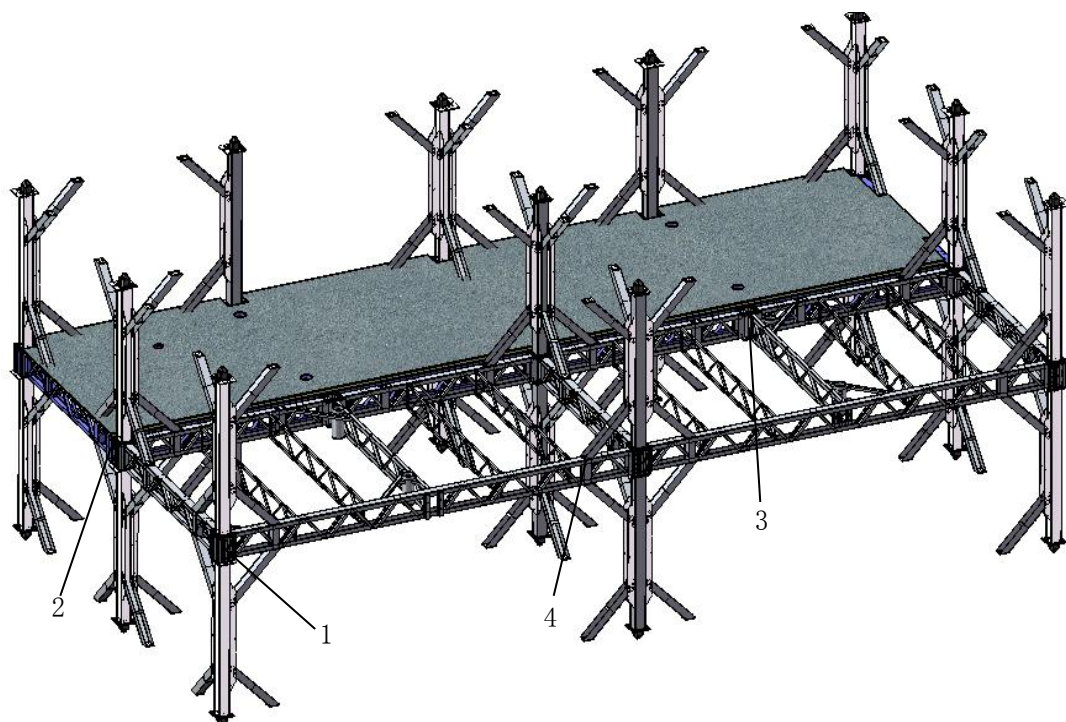
表 4.4.4 施工扳手可操作空间尺寸

扳手种类		参考尺寸 (mm)		示意图
		a	b	
手动定扭矩扳手		$1.5d_0$ 且不小于 45	$140+c$	
大六角电动扳手	M24 及以下	50	$450+c$	
	M24 以上	60	$500+c$	

5 连接接头设计

5.1 一般规定

5.1.1 端板攻丝高强度螺栓连接接头主要包括：柱端板连接接头、梁柱连接接头、梁与梁连接接头、斜支撑与梁连接接头，连接接头示意图见图 5.1.1。



1—柱端板攻丝连接接头；2—梁柱节点攻丝连接接头；3—梁梁节点攻丝连接接头；
4—斜支撑与梁攻丝连接接头

图 5.1.1 装配式斜支撑节点钢框架结构连接接头示意图

5.1.2 连接接头抗震验算时，抗震的承载力设计值应除以承载力抗震调整系数 γ_{RE} ，强度计算时取 0.75，稳定计算时取 0.80。

5.1.3 焊缝的坡口形式和尺寸，应按现行国家标准《手工电弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸》GB 985 和《埋弧焊焊缝坡口基本形式和尺寸》GB 986 的规定采用，或选用其他适用的规定。

5.1.4 高强度摩擦型螺栓孔径比螺栓公称直径不宜大于 2mm，当大于 2mm 时，应采取可靠的补强措施，或符合相关国家规范标准。

5.1.5 攻丝端板厚度应满足表 5.1.5 的要求，材质不应低于 Q345B。

表 5.1.5 攻丝端板厚度限值

螺栓规格型号	螺栓攻丝最小板厚(mm)
M20	20
M24	20
M30	24

5.2 柱端板连接接头

5.2.1 柱端板连接接头的承载力设计值宜大于相连构件的承载力设计值，满足公式(5.2.1-1)和公式(5.2.1-2)的要求，极限承载力满足公式(5.2.1-3)的要求。

$$M_R^j > M_R^c \quad (5.2.1-1)$$

$$V_R^j > V_R^c \quad (5.2.1-2)$$

式中：

M_R^j, M_R^c —— 分别为节点、柱的抗弯承载力；

V_R^j, V_R^c —— 分别为节点、柱的抗剪承载力。

$$M_{u,sp}^j \geq \eta_j M_{pc} \quad (5.2.1-3)$$

$$M_{pc} = W_{pc} (f_{yc} - N / A_c) \quad (5.2.1-4)$$

式中：

M_{pc} —— 考虑轴力影响时柱的塑性受弯承载力；

N —— 立柱轴力；

$M_{u,sp}^j$ —— 连接的极限受弯承载力；

η_j —— 连接系数，可按规范表 5.2.1 采用；

表 5.2.1 钢结构抗震设计的连接系数

母材牌号	柱法兰连接	支撑连接	柱与桁架之间连接	桁架与桁架之间连接
Q235	1.40	1.30	1.45	1.45
Q345	1.30	1.25	1.35	1.35
Q345GJ	1.25	1.20	1.30	1.30

注：1 屈服强度高于 Q345 的钢材，按 Q345 的规定采用；

2 屈服强度高于 Q345GJ 的 GJ 钢材，按 Q345GJ 的规定采用。

5.2.2 当柱端板连接接头达不到 5.2.1 条的等强要求时，连接接头的承载力设计值应大于相连构件的最大内力设计值，应满足公式(5.2.2-1)的要求。其构造可按图 5.2.2-1、5.2.2-2，且应满足《钢结构设计规范》GB 50017 的构造要求，计算简图可按图 5.2.2-3。法兰与立柱连接采用双面坡口焊接，焊缝质量等级应为一级。

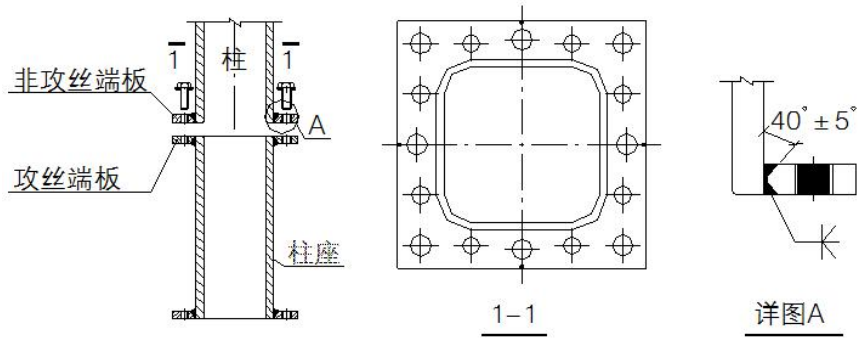


图 5.2.2-1 柱端板连接接头构造图

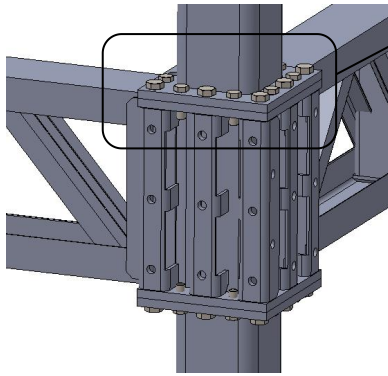


图 5.2.2-2 柱端板连接接头三维图

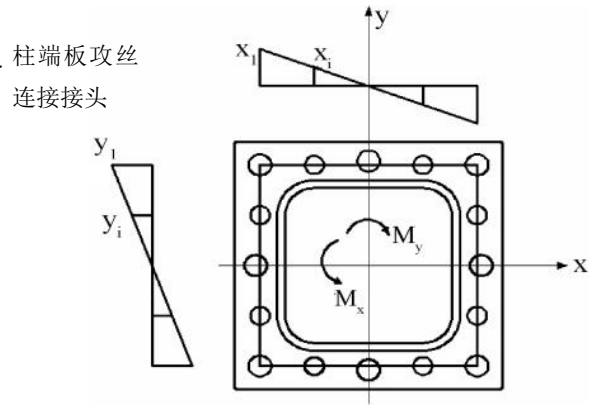


图 5.2.2-3 柱端板连接接头计算简图

$$\left(\frac{N}{\sum N_t^b} + \frac{\sqrt{V_x^2 + V_y^2}}{\sum N_v^b} + \frac{M_x}{M_{tx}^b} + \frac{M_y}{M_{ty}^b} \right) \gamma_{RE} \leq 1 \quad (5.2.2-1)$$

单个高强螺栓的抗拉承载力设计值 N_t^b 为:

$$N_t^b = 0.7P \quad (5.2.2-2)$$

单个高强螺栓的抗剪承载力设计值 N_v^b 为:

$$N_v^b = k_1 k_2 n_f \mu P \quad (5.2.2-3)$$

螺栓群绕 x 轴的受弯承载力设计值:

$$M_{tx}^b = N_t^b \sum_{i=1}^n y_{xi}^2 / y_{x1} \quad (5.2.2-4)$$

螺栓群绕 y 轴的受弯承载力设计值:

$$M_{ty}^b = N_t^b \sum_{i=1}^n y_{yi}^2 / y_{y1} \quad (5.2.2-5)$$

式中:

N —— 立柱在永久荷载、活荷载、风荷载、地震作用等作用下组合最大轴力设计值，压力取负号，拉力取正号；

M_x 、 M_y —— 立柱在永久荷载、活荷载、风荷载、地震作用等作用下绕 x 、 y 轴方向最大组合弯矩设计值；

V_x 、 V_y —— 立柱在永久荷载、活荷载、风荷载、地震作用等作用下 x 、 y 轴方向最大组合剪力设计值；

n —— 螺栓总个数；

y_i —— 螺栓到中性轴的距离。

P —— 一个高强螺栓的预拉力，按本规范第 3 章查取。

5.2.3 当柱端板连接接头达不到 5.2.1 条的等强要求时，在罕遇地震作用下，连接的极限承载力应满足公式（5.2.3-1）和（5.2.3-2）的要求。

$$\eta_j \left(\frac{N_{pdz}}{\sum N_t^b} + \frac{\sqrt{V_{pdzx}^2 + V_{pdzy}^2}}{\sum N_v^b} + \frac{M_{pdzx}}{M_{tx}^b} + \frac{M_{pdzy}}{M_{ty}^b} \right) \leq 1 \quad (5.2.3-1)$$

$$\eta_j \sqrt{\left(\frac{\sqrt{V_{pdzx}^2 + V_{pdzy}^2}}{\sum N_{vu}^b} \right)^2 + \left(\frac{N_{pdz}}{\sum N_{tu}^b} + \frac{M_{pdzx}}{M_{mux}^b} + \frac{M_{pdzy}}{M_{muy}^b} \right)^2} \leq 1 \quad (5.2.3-2)$$

单个螺栓栓杆的抗剪极限承载力 N_{vu}^b 为：

$$N_{vu}^b = A_{\text{eff}} f_v^b \quad (5.2.3-3)$$

单个螺栓的抗拉极限承载力 N_{tu}^b 为：

$$N_{tu}^b = A_{\text{eff}} f_t^b \quad \text{与} \quad N_{tv}^b = \lambda A_s f_v \quad \text{的较小者} \quad (5.2.3-4)$$

螺栓群绕 x 轴的受弯极限承载力：

$$M_{mux}^b = N_{tu}^b \sum_{i=1}^n y_{xi}^2 / y_{x1} \quad (5.2.3-5)$$

螺栓群绕 y 轴的受弯极限承载力：

$$M_{muy}^b = N_{tu}^b \sum_{i=1}^n y_{yi}^2 / y_{y1} \quad (5.2.3-6)$$

式中：

N_{pdz} 、 M_{pdz} 、 V_{pdz} —— 罕遇地震下梁的轴力值、最大弯矩值、剪力值。

5.3 梁与柱连接接头

5.3.1 梁与柱座的连接接头可进行等强设计，即连接的承载力设计值，不应小于相连构件的承载力设计值。连接的极限承载力大于构件的塑性承载力设计值与钢结构抗震设计的连接系数 η_l 的乘积应满足公式（5.3.1-1，5.3.1-2）的要求。

$$M_u^j \geq \eta_l M_p \quad (5.3.1-1)$$

$$V_u^j \geq 1.2(2M_p / l_n) + V_{Gb} \quad (5.3.1-2)$$

式中：

M_p —— 梁的塑性受弯承载力；

V_{Gb} —— 梁在重力荷载代表值下按照简支梁计算的梁端剪力设计值；

η_j —— 连接系数，可按规范表 5.2.1 采用；

M_u^j, V_u^j —— 分别为连接的极限受弯、受剪承载力。

5.3.2 梁与柱座的连接接头不能满足 5.3.1 条规定时，可按照 5.3.2 条和 5.3.3 条进行设计。梁与柱座的连接接头的承载力设计值，应大于相连构件在永久荷载、活荷载、风荷载和地震作用下构件组合最大内力设计值。其梁与柱座的连接接头构造图可按图 5.3.2-1，连接接头的计算简图可按图 5.3.2-2。应满足公式(5.3.2-1)的要求。

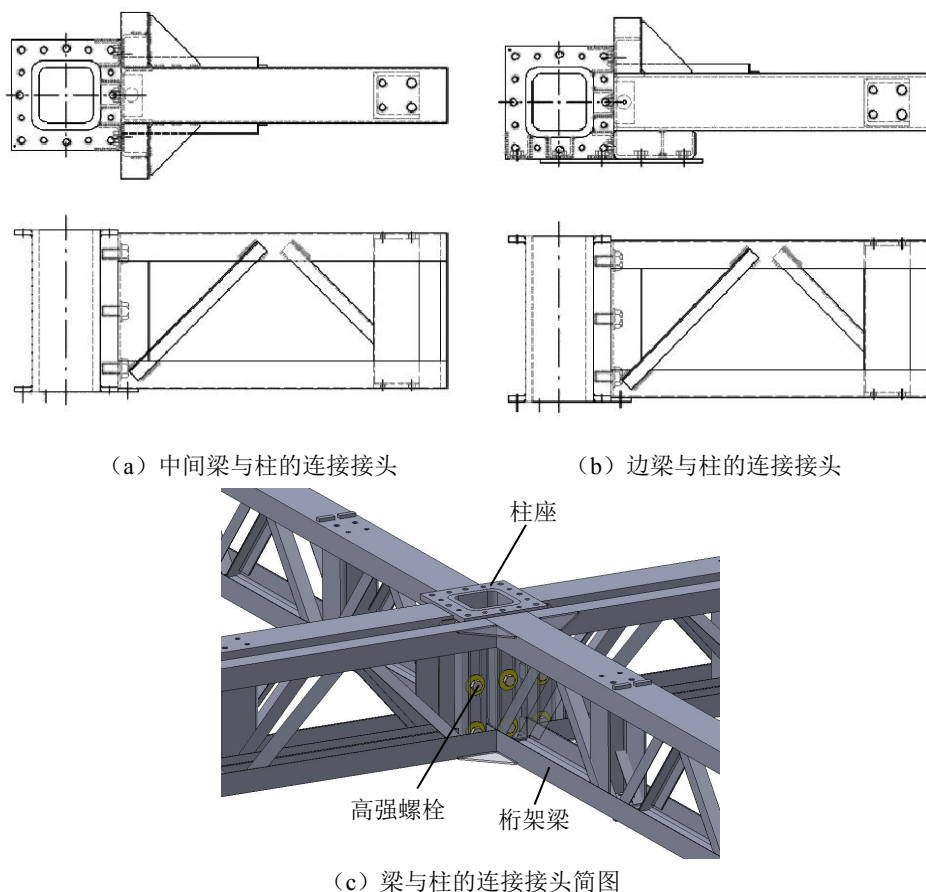


图 5.3.2-1 梁与柱座连接接头构造图

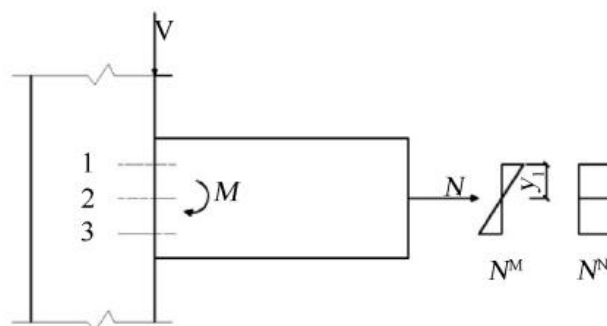


图 5.3.2-2 梁与柱座连接接头计算简图

$$\left(\frac{N_{v1}}{N_v^b} + \frac{N_{t1}}{N_t^b} \right) / \gamma_{RE} \leq 1 \quad (5.3.2-1)$$

螺栓承受的最大剪力设计值 N_{vl} 为:

$$N_{vl} = \frac{V}{n} \quad (5.3.2-2)$$

螺栓承受的最大拉力设计值 N_{tl} 为:

$$N_{tl} = N_{\max} = \frac{N}{n} + \frac{My_1}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (5.3.2-3)$$

单个高强螺栓的抗拉承载力设计值 N_t^b 为:

$$N_t^b = 0.7P \quad (5.3.2-4)$$

单个高强螺栓的抗剪承载力设计值 N_v^b 为:

$$N_v^b = k_1 k_2 n_f \mu P \quad (5.3.2-5)$$

式中:

N 、 M 、 V —— 梁柱节点在永久荷载、活荷载、风荷载、地震作用等作用下组合最大轴力、弯矩和剪力设计值;

5.3.3 梁与柱座连接接头的极限承载力验算无法满足《建筑抗震设计规范》GB 50011 要求时,可采用设防烈度下结构整体罕遇地震节点内力,进行节点的极限承载力验算,可采用静力弹塑性分析和动力弹塑性时程分析结果,连接的极限承载力大于构件的弹塑性分析最大内力与钢结构抗震设计的连接系数 η_j 的乘积。应满足公式(5.3.3-1)或公式(5.3.3-2)的要求,同时满足公式(5.3.3-5)的要求。为了简化计算也可以将罕遇地震弹性分析得到的接头内力代替罕遇地震弹塑性分析得到的接头内力。

$$\eta_j \left(\frac{N_{vl}^{dz}}{N_v^b} + \frac{N_{tl}^{dz}}{N_t^b} \right) \leq 1 \quad (5.3.3-1)$$

$$\eta_j \sqrt{\left(\frac{N_{vl}^{dz}}{N_{vu}^b} \right)^2 + \left(\frac{N_{tl}^{dz}}{N_{tu}^b} \right)^2} \leq 1 \quad (5.3.3-2)$$

罕遇地震下最大受力螺栓承受的最大剪力值 N_{vl}^{dz} 为:

$$N_{vl}^{dz} = \frac{V_{pdz}}{N} \quad (5.3.3-3)$$

罕遇地震下最大受力螺栓承受的最大拉力值 N_{tl}^{dz} 为:

$$N_{tl}^{dz} = N_{\max} = \frac{V_{pdz}}{N} + \frac{M_{pdz} y_1}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (5.3.3-4)$$

单个螺栓的孔壁局部承压极限承载力 N_{cu}^b 为:

$$N_{vl}^{dz} < N_{cu}^b = d \sum t f_c^b / 1.2 \quad (5.3.3-5)$$

单个螺栓栓杆的抗剪极限承载力 N_{vu}^b 为:

$$N_{vu}^b = A_{\text{eff}} f_v^b \quad (5.3.3-6)$$

单个螺栓的抗拉极限承载力 N_{tu}^b 为:

$$N_{tu}^b = A_{\text{eff}} f_t^b \text{ 与 } N_{tv}^b = \lambda A_s f_v \text{ 的较小者} \quad (5.3.3-7)$$

式中:

N_{pdz} 、 M_{pdz} 、 V_{pdz} —— 罕遇地震下梁的轴力值、最大弯矩值、剪力值。

5.4 梁与梁连接接头

5.4.1 梁与梁连接接头可进行等强设计,即连接的承载力设计值,不应小于相连构件的承载力设计值。连接的极限承载力大于构件的塑性承载力设计值与钢结构抗震设计的连接系数 η_j 的乘积应满足公式(5.4.1-1, 5.4.1-2)的要求。

$$M_u^j \geq \eta_j M_p \quad (5.4.1-1)$$

$$V_u^j \geq 1.2(2M_p / l_n) + V_{Gb} \quad (5.4.1-2)$$

式中:

M_p —— 梁的塑性受弯承载力;

V_{Gb} —— 梁在重力荷载代表值下按照简支梁计算的梁端剪力设计值;

η_j —— 连接系数,可按规范表 5.2.1 采用;

M_u^j, V_u^j —— 分别为连接的极限受弯、受剪承载力。

5.4.2 梁与梁连接接头不能满足 5.4.1 条规定时,可按照 5.4.2 条和 5.4.3 条进行设计。梁与梁的连接接头的承载力设计值,应大于相连构件在永久荷载、活荷载、风荷载和地震作用下构件组合最大内力设计值。其梁梁节点构造图可按图 5.4.2-1,连接接头的计算简图可按图 5.4.2-2。应满足公式(5.4.2-1)的要求。

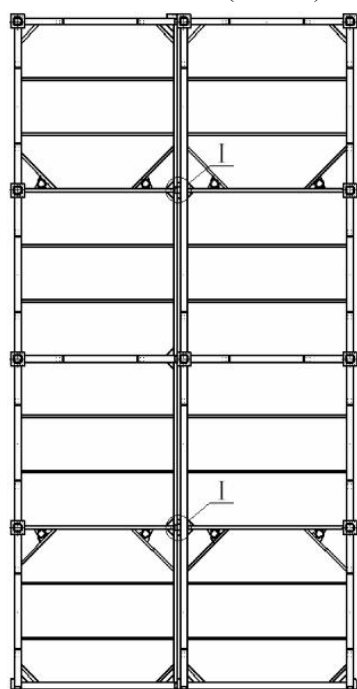


图5.4.2-1梁与梁连接接头示意图

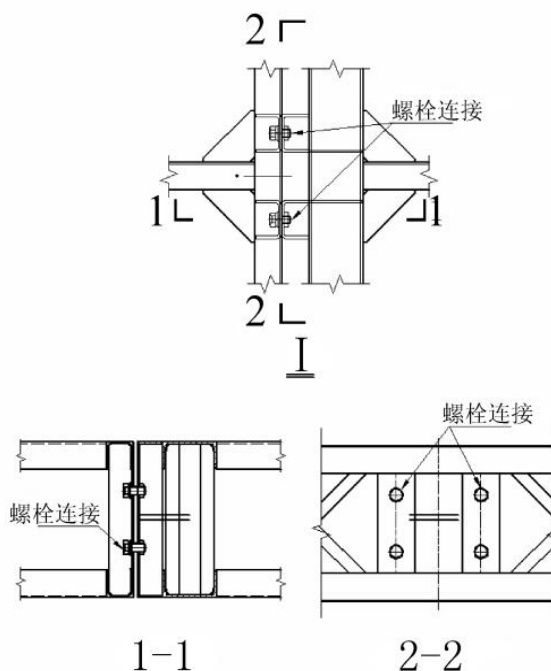


图5.4.2-2梁与梁连接接头构造图

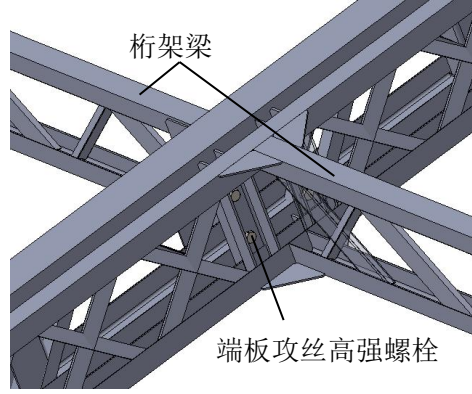


图5.4.2-3梁与梁连接接头三维构造图

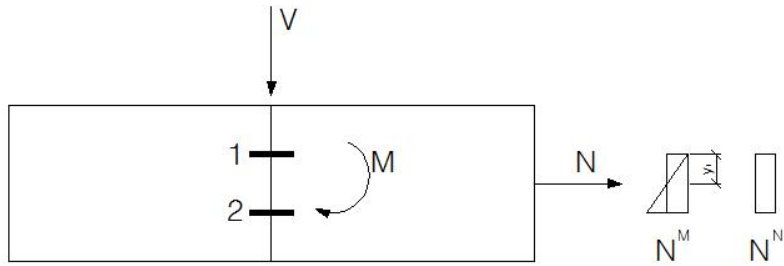


图5.4.2-3梁与梁连接接头计算简图

$$\left(\frac{N_{v1}}{N_v^b} + \frac{N_{t1}}{N_t^b} \right) / \gamma_{RE} \leq 1 \quad (5.4.2-1)$$

螺栓承受的最大剪力设计值 N_{v1} 为:

$$N_{v1} = \frac{V}{n} \quad (5.4.2-2)$$

螺栓承受的最大拉力设计值 N_{t1} 为:

$$N_{t1} = N_{\max} = \frac{N}{n} + \frac{My_1}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (5.4.2-3)$$

单个高强螺栓的抗拉承载力设计值 N_t^b 为:

$$N_t^b = 0.7P \quad (5.4.2-4)$$

单个高强螺栓的抗剪承载力设计值 N_v^b 为:

$$N_v^b = k_1 k_2 n_f \mu P \quad (5.4.2-5)$$

式中:

N 、 M 、 V —— 梁梁节点在永久荷载、活荷载、风荷载、地震作用等作用下组合最大轴力、弯矩和剪力设计值;

5.4.3 梁梁节点连接接头的极限承载力验算无法满足《建筑抗震设计规范》GB 50011 要求时,可采用设防烈度下结构整体罕遇地震节点内力,进行节点的极限承载力验算,可采用静力弹塑性分析和动力弹塑性时程分析结果,连接的极限承载力大于构件的弹塑性分析最大内力与钢结构抗震设计的连接系数 η_l 的乘积。应满足公式(5.4.3-1)或公式(5.4.3-2)的要求,同时

满足公式(5.4.3-5)的要求。为了简化计算也可以将罕遇地震弹性分析得到的接头内力代替罕遇地震弹塑性分析得到的接头内力。

$$\eta_j \left(\frac{N_{v1}^{dz}}{N_v^b} + \frac{N_{t1}^{dz}}{N_t^b} \right) \leq 1 \quad (5.4.3-1)$$

$$\eta_j \sqrt{\left(\frac{N_{v1}^{dz}}{N_{vu}^b} \right)^2 + \left(\frac{N_{t1}^{dz}}{N_{tu}^b} \right)^2} \leq 1 \quad (5.4.3-2)$$

罕遇地震下最大受力螺栓承受的最大剪力值 N_{v1}^{dz} 为:

$$N_{v1}^{dz} = \frac{V_{pdz}}{N} \quad (5.4.3-3)$$

罕遇地震下最大受力螺栓承受的最大拉力值 N_{t1}^{dz} 为:

$$N_{t1}^{dz} = N_{\max} = \frac{V_{pdz}}{N} + \frac{M_{pdz} y_1}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (5.4.3-4)$$

单个螺栓的孔壁局部承压极限承载力 N_{cu}^b 为:

$$N_{v1}^{dz} < N_{cu}^b = d \sum t f_c^b / 1.2 \quad (5.4.3-5)$$

单个螺栓栓杆的抗剪极限承载力 N_{vu}^b 为:

$$N_{vu}^b = A_{\text{eff}} f_v^b \quad (5.4.3-6)$$

单个螺栓的抗拉极限承载力 N_{tu}^b 为:

$$N_{tu}^b = A_{\text{eff}} f_t^b \text{ 与 } N_{tv}^b = \lambda A_s f_v \text{ 的较小者} \quad (5.4.3-7)$$

式中:

N_{pdz} 、 M_{pdz} 、 V_{pdz} —— 罕遇地震下梁的轴力值、最大弯矩值、剪力值。

5.5 斜支撑与梁连接接头

5.5.1 斜支撑与梁连接接头为摩擦型端板攻丝高强度螺栓连接。其构造图可按图 5.5.1-1，计算简图可按图 5.5.1-2。应满足公式 (5.4.2-1) 的要求。

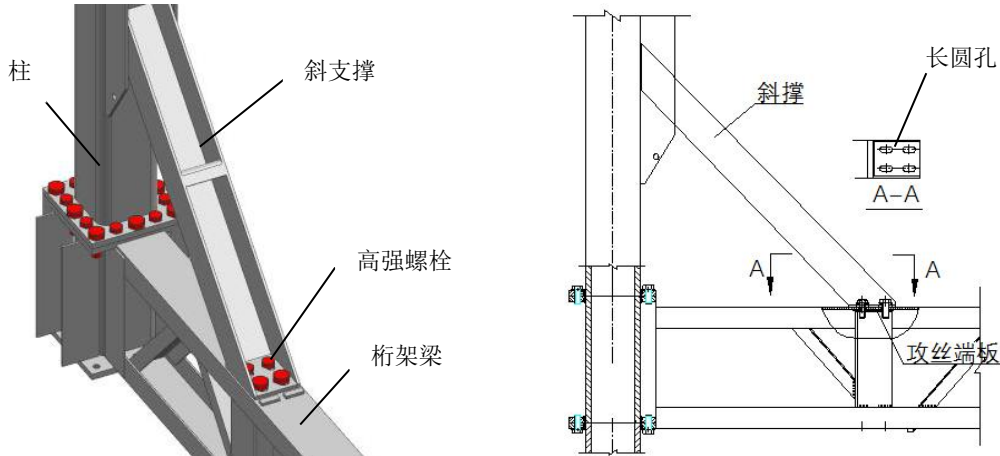


图 5.5.1-1 斜支撑与梁连接节点构造图

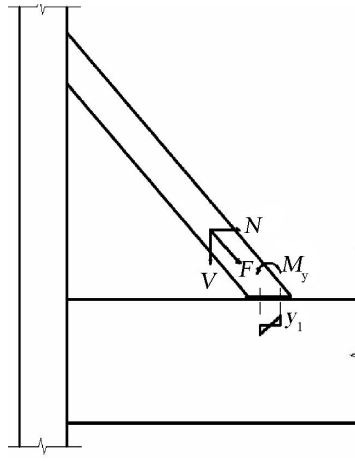


图 5.5.1-2 斜支撑与梁连接节点计算简图

5.5.2 斜支撑与梁连接接头的极限状态承载力计算无法满足《建筑抗震设计规范》GB 50011 要求时，可采用设防烈度下结构整体罕遇地震接头内力，进行接头的极限承载力验算，可采用静力弹塑性分析和动力弹塑性时程分析。应满足公式（5.4.3-1）或（5.4.3-2）的要求，同时满足公式（5.4.3-5）的要求。斜支撑接头计算公式中螺栓连接 η_f 取 1.0。

6 制作与安装

6.1 连接构件的制作

6.1.1 端板攻丝高强度螺栓连接接头使用的攻丝板板厚应满足设计要求，材质不应低于 Q345B。

6.1.2 端板攻丝前底孔应检验合格，并进行孔口倒角，攻丝螺孔首件应经螺纹规检验合格，螺孔与端面的垂直度、螺孔小径尺寸精度均匀符合要求。

6.1.3 端板攻丝螺纹的基本尺寸按《普通螺纹基本尺寸》GB/T 196 的规定，螺孔螺纹公差带按《普通螺纹公差》GB/T 197 中 6H 的规定。

6.1.4 端板攻丝的螺纹牙侧表面粗糙度的最大参数值应为 12.5 μm 。

6.1.5 完成后的攻丝端板表面不允许有裂缝、毛刺、浮锈和影响使用的凹痕、划伤。

6.1.6 每件攻丝端板的螺孔数不宜少于 2 个，螺栓距离应符合表 4.4.3-2 的要求。

6.1.7 端板攻丝高强度螺栓连接接头采用摩擦型高强度螺栓连接时，接头处的结合面应密贴，当设计图样对该结合面的处理要求未作规定时，按以下规定进行处理：对高强度螺栓结合面进行喷砂或抛丸处理，清除表面上铁锈、油污等杂质，达到 Sa2.5 级标准，粗糙度 50~75 μm ，其摩擦系数不得低于 0.40。图纸有规定时，按图纸规定执行。

6.1.8 经处理后的高强度螺栓连接处摩擦面，应采取保护措施，防止沾染脏物和油污。严禁在 高强度螺栓连接处摩擦面上作任何标记。在厂内存放、运输过程中和安装现场保管中要特别防止连接表面的污染。不许随意使用砂轮机打磨连接表面。

6.2 连接接头检验要求

6.2.1 外观尺寸要求

6.2.1.1 高强度螺栓外观和尺寸分别应符合标准《紧固件表面缺陷螺栓、螺钉和螺柱一般要求》GB 5779.1 和《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228 的要求。

6.2.1.2 攻丝板螺纹基本尺寸应符合标准《普通螺纹基本尺寸》GB/T 196 的规定。

6.2.1.3 攻丝板高强度螺栓连接处的钢板表面处理方法及除锈等级应符合设计要求。连接处钢板表面应平整、无焊接飞溅、无毛刺、无油污。

6.2.1.4 垫圈基本尺寸应符合标准《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230 的要求。

6.2.1.5 垫圈不允许有裂缝、毛刺、浮锈和影响使用的凹痕、划伤。

6.2.2 连接接头检验批的划分要求

6.2.2.1 端板攻丝高强度螺栓连接分项工程检验批划分应按照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定执行。

6.2.2.2 高强度螺栓进场验收检验批划分宜遵循下列原则：

- 1 与高强度螺栓连接分项工程检验批划分一致；
- 2 高强度螺栓进场验收宜以不超过 2 个出厂检验批为 1 个进场验收检验批，且不超过 6000 套；
- 3 同一材料(性能等级)、炉号、螺纹(直径)规格、长度(当螺栓长度 $\leq 100\text{mm}$ 时，长度相差 $\leq 15\text{mm}$ ；当螺栓长度 $> 100\text{mm}$ 时，长度相差 $\leq 20\text{mm}$ ，可视为同一长度)、机械加工、热处理工艺及表面处理工艺的螺栓、攻丝板、垫圈为同批。分别由同批螺栓、攻丝板及垫圈组成的连接副为同批连接副。

6.2.2.3 摩擦面抗滑移系数检验批划分宜遵循下列原则：

- 1 与高强度螺栓连接分项工程检验批划分一致；
- 2 以分部工程每 2000t 为一检验批，不足 2000t 者视为一批进行检验；
- 3 同一检验批中，选用两种及两种以上表面处理工艺时，每种均需进行检验。

6.2.3 抗滑移系数检验

6.2.3.1 抗滑移系数检验应以钢结构制作检验批为单位，由制作厂和安装单位分别进行，每一检验批三组；单项工程的构件摩擦面选用两种及两种以上表面处理工艺时，则每种表面处理工艺均需检验。

6.2.3.2 抗滑移系数检验用的试件由制作厂加工，试件与所代表的构件应为同一材质、同一摩擦面处理工艺、同批制作，抗滑移系数检验用的螺母由制作厂加工，螺母与攻丝板件应为同一材质、同一摩擦面处理工艺、同批制作，并使用同一性能等级的高强度螺栓连接副，并在相同条件下同批发运。

6.2.3.3 抗滑移系数试件宜采用图 6.2.3.3 所示形式（试件钢板厚度 $2t_2 \geq t_1$ ）；试件的设计应考虑摩擦面在滑移之前，试件钢板的净截面仍处于弹性状态。

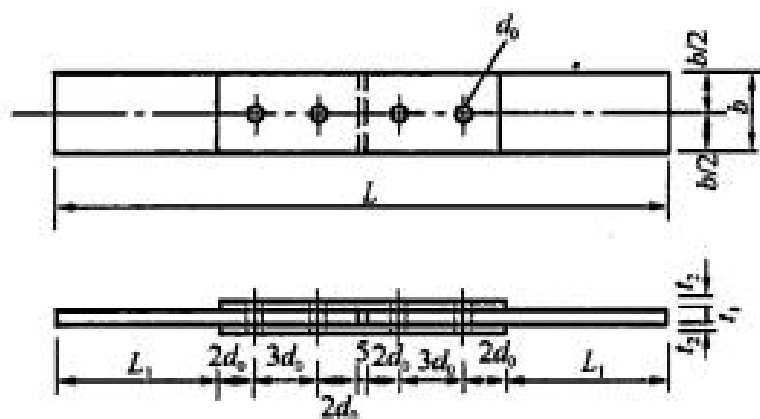


图 6.2.3.3 抗滑移系数试件示意图

6.2.3.4 抗滑移系数应在拉力试验机上进行并测出其滑移荷载；试验时，试件的轴线与试验机夹具中心严格对中。

6.2.3.5 抗滑移系数 μ 应按公式（6.2.3.5）计算，计算结果应精确到小数点后 2 位。

$$\mu = \frac{N}{n_f \cdot \sum P_t} \quad (6.2.3.5)$$

式中：

N——滑移载荷。

n_f ——传力摩擦面数目， $n_f=2$ 。

P_t ——高强度螺栓预拉力实测值（误差 $\leq 2\%$ ），试验时控制在 0.95~1.05P 范围内。

$\sum P_t$ ——与试件滑动荷载一侧对应的高强度螺栓预拉力之和。

6.2.3.6 抗滑移系数检验的最小值必须大于或等于设计值。当不符合上述规定时，构件摩擦面应重新处理。处理后的构件摩擦面按本节规定重新检验，直到合格为止。

6.3 储运与保管

6.3.1 大六角头高强度螺栓连接由一个螺栓、一个攻丝端板和一个垫圈组成。

6.3.2 高强度螺栓应按批配套进场，并附有出厂质量证明书。高强度螺栓应在同批内配套使用。

6.3.3 高强度螺栓在运输、保管过程中，应轻装、轻卸，防止损伤螺纹。

6.3.4 高强度螺栓应按包装箱上注明的批号、规格分类保管；室内存放，堆放应有防止生锈、潮湿及沾染脏物等措施。高强度螺栓连接在安装使用前严禁随意开箱。

6.3.5 高强度螺栓的保管时间不应超过6个月。当保管时间超过6个月后使用时，必须按要求重新进行扭矩系数或紧固轴力试验，检验合格后，方可使用。

6.4 安装

6.4.1 高强度螺栓长度L应保证在终拧后，螺栓外露丝扣为2~3扣。其长度应按下式计算：

$$L=L_1+\Delta L \quad (6.4.1)$$

式中：

L_1 ——连接板层总厚度（mm）；

ΔL ——附加长度（mm）， $\Delta L=m+n \cdot s+3p$ ；

m ——端板公称厚度（mm）；

n ——垫圈个数；

s ——高强度垫圈公称厚度（mm）；

p ——螺纹的螺距（mm）。

当高强度螺栓公称直径确定之后， ΔL 可按表6.4.1取值。但采用大圆孔或槽孔时，高强度垫圈公称厚度（s）应按实际厚度取值。根据式6.4.1计算出的螺栓长度按修约间隔5mm进行修约，修约后的长度为螺栓公称长度。

表 6.4.1 高强度螺栓附加长度 ΔL (mm)

螺栓公称直径	M20	M22	M24	M27	M30
端板厚度	20.0	20.0	20.0	24.0	24.0
高强度垫圈公称厚度	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00
螺纹的螺距	2.50	2.50	3.00	3.00	3.50
大六角头高强度螺栓附加长度	35.5	39.5	43.0	46.0	50.5

6.4.2 高强度螺栓连接处摩擦面如采用喷砂（丸）后生赤锈处理方法时，安装前应以细钢丝刷除去摩擦面上的浮锈。

6.4.3 对因板厚公差、制造偏差或安装偏差等产生的接触面间隙，应按表6.4.3规定进行处理。

表 6.4.3 接触面间隙处理

项目	示意图	处理方法
1		$\Delta < 1.0\text{mm}$ 时不予处理
2		$\Delta = (1.0 \sim 3.0)\text{mm}$ 时将厚度一侧磨成1: 10缓坡，使间隙小于1.0mm
3		$\Delta > 3.0\text{mm}$ 时加垫板，垫板厚度不小于3mm,最多不超过3层，垫板材质和摩擦面处理方法应与构件相同

6.4.4 高强度螺栓连接安装时，在每个节点上应穿入的临时螺栓和冲钉数量，由安装时可能承担的荷载计算确定，并应符合下列规定：

- 1 不得小于节点螺栓总数的 1/3；
- 2 不得少于 2 个临时螺栓；
- 3 冲钉穿入数量不宜多于临时螺栓数量的 30%。

6.4.5 在安装过程中，不得使用螺纹损伤及沾染脏物的高强度螺栓，不得用高强螺栓兼作临时螺栓。

6.4.6 工地安装时，应按当天高强度螺栓需要使用的数量领取。当天安装剩余的必须妥善保管，不得乱扔、乱放。

6.4.7 高强度螺栓的安装应在结构构件中心位置调整后进行，其穿入方向应以施工方便为准，并力求一致。高强度螺栓连接装时，螺母带圆台面的一侧应朝向垫圈有倒角的一侧。对于大六角头高强度螺栓连接副组装时，螺栓头下垫圈有倒角的一侧应朝向螺栓头。

6.4.8 安装高强度螺栓时，严禁强行穿入。当不能自由穿入时，该孔应用铰刀进行修整，修整后孔的最大直径不应大于1.2倍螺栓直径，且修孔数量不应超过该节点螺栓数量的25%。修孔前应将四周螺栓全部拧紧，使板迭密贴后再进行铰孔。严禁气割扩孔。

6.4.9 按标准孔型设计的孔，修整后孔的最大直径超过1.2倍螺栓直径或修孔数量超过该节点螺栓数量的25%时，应经设计单位同意。扩孔后的孔型尺寸应作记录，并提交设计单位，按大圆孔、槽孔等扩大孔型进行折减后复核计算。

6.4.10 安装高强度螺栓时，构件的摩擦面应保持干燥，不得在雨中作业。

6.4.11 大六角头高强度螺栓施工所用的扭矩扳手，班前必须校正，其扭矩相对误差应为±5%，合格后方准使用。校正用的扭矩扳手，其扭矩相对误差应为±3%。

6.4.12 大六角头高强度螺栓的施工终拧扭矩可由公式6.4.12计算确定：

$$T_c=kP_c d \tag{6.4.12}$$

式中：d——高强度螺栓公称直径(mm)；

k——高强度螺栓的扭矩系数平均值，该值由6.2.1条测得；

P_c——高强度螺栓施工预拉力(kN)，按表6.4.12取值；

T_c——施工终拧扭矩（N·m）。

表 6.4.12 大六角头高强度螺栓施工预拉力（kN）

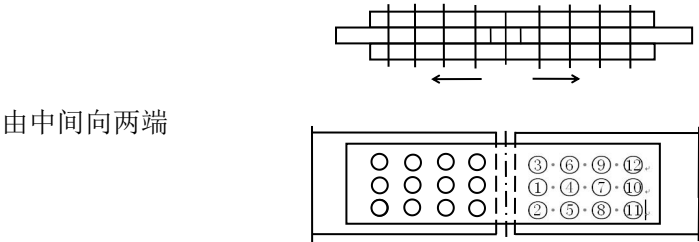
螺栓性能等级	螺栓公称直径						
	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
8.8S	50	90	140	165	195	255	310
10.9S	60	110	170	210	250	320	390

6.4.13 高强度大六角头螺栓连接的拧紧应分为初拧、终拧。对于大型节点应分为初拧、复拧、终拧。初拧扭矩和复拧扭矩为终拧扭矩的50%左右。初拧或复拧后的高强度螺栓应用颜色在螺母上标记，按6.4.12条规定的终拧扭矩值进行终拧。终拧后的高强度螺栓应用另一种颜色在螺母上标记。高强度大六角头螺栓的初拧、复拧、终拧宜在一天内完成。

6.4.14 高强度螺栓在初拧、复拧和终拧时，连接处的螺栓应按一定顺序施拧，确定施拧顺序的原则为由螺栓群中央顺序向外拧紧，和从接头刚度大的部位向约束小的方向拧紧（图6.4.14）。

几种常见接头螺栓施拧顺序应符合下列规定：

- 1 一般接头应从接头中心顺序向两端进行（图 a）；
- 2 箱形接头应按 A、C、B、D 的顺序进行（图 b）；
- 3 工字梁接头栓群应按①～⑥顺序进行（图 c）；
- 4 工字形柱对接螺栓紧固顺序为先翼缘后腹板；
- 5 两个或多个接头螺栓群的拧紧顺序应先主要构件接头，后次要构件接头。



(a) 一般接头

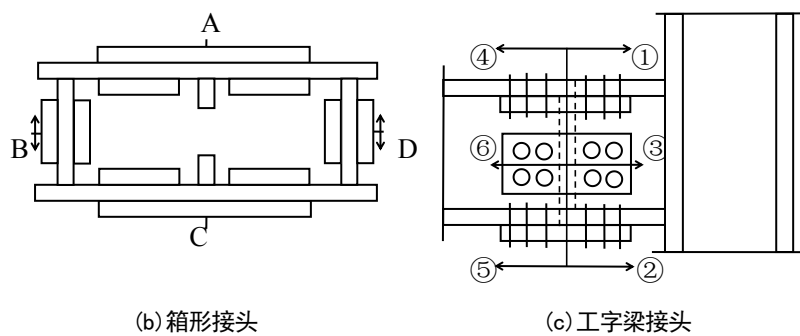


图 6.4.14 常见螺栓连接接头施拧顺序

6.4.15 对于露天使用或接触腐蚀性气体的钢结构，在高强度螺栓拧紧检查验收合格后，连接处板缝应及时用腻子封闭。

6.4.16 经检查合格后的高强度螺栓连接处，防腐、防火应按设计要求涂装。

7 施工质量验收

7.1 一般规定

7.1.1 端板攻丝高强度螺栓连接分项工程验收应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和本规程的相关规定执行。

7.1.2 端板攻丝高强度螺栓连接分项工程检验批合格质量标准应符合下列规定：

1 主控项目必须符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 中合格质量标准的要求；

2 一般项目其检验结果应有 80% 及以上的检查点（值）符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 中合格质量标准的要求，且允许偏差项目中最大超偏差值不应超过其允许偏差限值的 1.2 倍；

3 质量检查记录、质量证明文件等资料应完整。

7.1.3 当端板攻丝高强度螺栓连接分项工程施工质量不符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和本规程的要求时，应按下列规定进行处理：

1 返工或更换端板攻丝高强度螺栓连接的检验批，应重新进行验收；

2 经有资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予验收；

3 经有资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求，但经原设计单位核算认可能够满足结构安全的检验批，可予以验收；

4 经返修或加固处理的检验批，如满足安全使用要求，可按处理技术方案和协商文件进行验收。

7.2 检验批的划分

7.2.1 端板攻丝高强度螺栓连接分项工程检验批宜与钢结构安装阶段分项工程检验批相对应，其划分宜遵循下列原则：

- 1 单层结构按变形缝划分；
- 2 多层及高层结构按楼层或施工段划分；
- 3 复杂结构按独立刚度单元划分。

7.2.2 端板攻丝高强度螺栓连接的端板进场验收检验批划分宜遵循下列原则：

- 1 与端板攻丝高强度螺栓连接分项工程检验批划分一致；
- 2 按端板攻丝高强度螺栓连接生产出厂检验批批号，宜以不超过 2 批为 1 个进场验收检验批，且不超过 100 套；
- 3 同一材料（性能等级）、炉号、螺纹（直径）规格、长度（当螺栓长度 $\leq 100\text{mm}$ 时，

长度相差 $\leq 15\text{mm}$ ；当螺栓长度 $> 100\text{mm}$ 时，长度相差 $\leq 20\text{mm}$ ，可视为同一长度）、机械加工、热处理工艺及表面处理工艺的螺栓、端板、垫圈为同批，分别由同批螺栓、端板及垫圈组成的连接为同批端板攻丝高强度螺栓连接。

7.2.3 摩擦面抗滑移系数验收检验批划分宜遵循下列原则：

- 1 与端板攻丝高强度螺栓连接分项工程检验批划分一致；
- 2 以分部工程每 100t 为一检验批；不足 100t 者视为一批进行检验；
- 3 同一检验批中，选用两种及两种以上表面处理工艺时，每种表面处理工艺均需进行检验。

7.3 紧固质量验收

7.3.1 端板攻丝高强度螺栓连接的扭矩检验方法分扭矩法和转角法，质量验收时检验法应与施工法相同。

7.3.2 端板攻丝高强度螺栓连接质量验收的主控项目：

1 端板攻丝高强度螺栓连接扭矩检验含初拧、复拧、终拧扭矩的现场无损检验。检验所用的扭矩扳手其扭矩精度误差应不大于 3%；

2 端板攻丝高强度螺栓连接终拧完成 1 小时后、24 小时内应进行终拧扭矩检查，检查结果应符合本规程 7.3.3 条的规定。

检查数量：按节点数抽查 15%，且不应少于 10 个；每个被抽查节点按螺栓数抽查 15%，且不应少于 2 个。

检查方法：见本规程 7.3.3 条。

7.3.3 端板攻丝高强度螺栓连接扭矩检验方法。

1 扭矩法检验方法：

1) 在螺尾端头和端板相对位置划线,将螺杆（螺尾）退回 60° 左右,用扭矩扳手测定拧回至原来位置时的扭矩值。该扭矩值与施工扭矩值的偏差在 10%以内为合格；

2) 端板攻丝高强度螺栓连接初拧扭矩值可取 0.5 倍终拧扭矩值。

2 转角法检验方法：

1) 检查初拧后在端板与相对位置所画的终拧起始线和终止线所夹的角度是否达到规定值；

2) 在螺尾端头和端板相对位置画线,然后全部卸松螺杆,在按规定的初拧扭矩和终拧角度重新拧紧螺杆（螺尾）,观察与原画线是否重合。终拧转角偏差在 10° 以内为合格；

3) 终拧转角与螺杆的直径、长度等因素有关,应由试验确定。

7.3.4 端板攻丝高强度螺栓连接质量验收的一般项目：

1 端板攻丝高强度螺栓连接的施拧顺序和初拧、复拧扭矩应符合设计要求和国家现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的规定。

检查数量：全数检查资料。

检查方法：检查扭矩扳手标定记录和螺栓施工记录。

2 端板攻丝高强度螺栓连接终拧后，螺栓丝扣外露应为 2~3 扣，其中允许有 10%的螺栓丝扣外露 1 扣或 4 扣。

检查数量：按节点数抽查 15%，且不应少于 10 个。

检查方法：观察检查。

7.4 验收资料

7.4.1 端板攻丝高强度螺栓连接分项工程验收资料应包括下列内容：

- 1 检验批质量验收记录；
- 2 现场见证抽样复验报告；
- 3 摩擦面抗滑移系数见证试验报告；
- 4 初拧扭矩、终拧扭矩、终拧转角、扭矩扳手检查记录和施工记录等；
- 5 质量合格证明文件；
- 6 不合格质量处理记录；
- 7 其他相关资料。

本规程用词说明

- 1 为了便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”；
反面词采用“严禁”。
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”；
反面词采用“不应”或“不得”。
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”；
反面词采用“不宜”。
 - 4) 表示有选择余地，在一定条件下可以这样做的：
正面词采用“可”；
反面词采用“不可”。
- 2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应遵守（符合）... ..规定（要求）”或“应按... ..执行”。

引用标准名录

- 1 《普通螺纹基本尺寸》 GB/T 196
- 2 《普通螺纹公差》 GB/T 197
- 3 《手工电弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸》 GB 985
- 4 《埋弧焊焊缝坡口基本形式和尺寸》 GB 986
- 5 《钢结构用高强度大六角头螺栓》 GB/T 1228
- 6 《钢结构用高强度垫圈》 GB/T 1230
- 7 《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 1231
- 8 《紧固件表面缺陷螺栓、螺钉和螺柱一般要求》 GB 5779.1
- 9 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 10 《钢结构设计规范》 GB 50017
- 11 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 12 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 82