

UDC

中国土木工程学会标准

P

T/CCES XX-20XX

# 单边螺栓节点技术规程

Technical specification for blind bolted connections

(征求意见稿)

2020-XX-XX 发布

2020-XX-XX 实施

中国土木工程学会 发布

中国土木工程学会标准

# 单边螺栓节点技术规程

Technical specification for blind bolted connections

**T/CCES XX-20XX**

批准单位：中国土木工程学会

施行日期：202 年 月 日

202X 北 京

# 前 言

本规程是根据中国土木工程学会学术与标准工作委员会《关于发布〈2020 年中国土木工程学会标准立项计划〉的通知》（学标委[2020]31 号）的要求，由同济大学牵头编制完成。

在本规程编制过程中，编制组广泛调查研究和总结了单边高强度螺栓的试验与工程实践结果，参考了国内外有关标准，并在广泛征求意见基础上，对具体内容进行了反复讨论、协调和修改，最后经审查定稿。

本规程的主要技术内容是：总则，术语和符号，基本规定，单边高强度螺栓连接设计，单边高强度螺栓连接接头设计，施工与验收以及有关的附录。

请注意本规程的某些内容可能涉及专利。本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国土木工程学会标准与出版工作委员会负责管理，由同济大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有修改意见或建议，请寄送同济大学（地址：上海市杨浦区四平路 1239 号同济大学建筑工程系；邮政编码：200092；电子邮箱：weiwang@tongji.edu.cn）。

本 规 程 主 编 单 位： 同 济 大 学

本 规 程 参 编 单 位：

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

签 发：

# 目 次

1	总 则 .....	1
2	术语和符号 .....	2
2.1	术 语 .....	2
2.2	符 号 .....	2
2.3	参考标准 .....	4
3	基本规定 .....	5
3.1	一般规定 .....	5
3.2	材料与设计指标 .....	5
4	单边高强度螺栓连接设计 .....	7
4.1	单边高强度螺栓摩擦型连接计算 .....	7
4.2	单边高强度螺栓承压型连接计算 .....	8
4.3	单边高强度螺栓连接构造要求 .....	9
5	单边高强度螺栓连接接头设计 .....	11
5.1	拼接接头 .....	11
5.2	受拉连接接头 .....	11
5.3	外伸式端板连接接头 .....	12
6	施工与验收 .....	22
6.1	一般规定 .....	22
6.2	制作 .....	22
6.3	安装 .....	23
6.4	验收 .....	25
	附录 A 单边高强度螺栓外伸式端板刚性连接临界跨度表 .....	26
	本规程用词说明 .....	45

# Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms and Symbols .....	2
2.1	Terms .....	2
2.2	Symbols .....	2
2.3	Reference Standard.....	4
3	Basic Requirements .....	5
3.1	General Requirements .....	5
3.2	Materials and Design Indices .....	5
4	Design of Connections .....	7
4.1	Slip Critical Connections.....	7
4.2	Bearing Type Connections.....	8
4.3	Connection Details .....	9
5	Design of Joints .....	11
5.1	Splice Joints.....	11
5.2	T-type Tension Joints .....	11
5.3	Extended End-Plate Joints.....	12
6	Construction and Acceptance .....	22
6.1	General Requirements .....	22
6.2	Fabrication .....	22
6.3	Installation .....	23
6.4	Quality acceptance.....	25
	Appendix A Critical Span of Beam for Rigid Connections with Extended Endplate .	26
	Explanation for wording in the specification .....	45

# 1 总 则

**1.0.1** 为适应钢结构工程中封闭截面单边螺栓连接应用需求，在钢结构单边高强度螺栓连接的设计、施工及验收中做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于钢结构工程中单边高强度螺栓连接的设计、施工与验收。

**1.0.3** 单边高强度螺栓连接的设计、施工与验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的要求。

**1.0.4** 本规程需要与单边高强度螺栓产品标准《钢结构用单边高强度螺栓连接副技术条件》结合使用。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 单边高强度螺栓 high strength blind bolt

采用特殊的安装工艺，或对传统高强度螺栓的构造进行改进，可以在一边采用扳手或其他安装工具进行固定和拧紧的高强度螺栓，用于钢管等封闭截面构件与其它构件的连接。

#### 2.1.2 单边高强度螺栓连接副 high strength blind bolt assembly

由一个扭剪型高强度圆头螺栓，一个高强度大六角螺母，一个高强度平垫圈、一个分体式高强度垫圈和一个套筒组成一副的连接紧固件。

#### 2.1.3 铰接连接 hinge connection

在外力作用下，连接的梁与柱轴线夹角能接近自由转动，能传递轴力、剪力而几乎不能传递弯矩的构件相互连接方式。

#### 2.1.4 半刚性连接 semi-rigid connection

在外力作用下，连接的梁与柱轴线夹角的改变量介于铰接连接和刚性连接之间，能传递轴力、剪力和部分弯矩且容许有一定转动变形的构件相互连接方式。

#### 2.1.5 刚性连接 rigid connection

在外力作用下，连接对转动的约束能使梁与柱轴线夹角基本保持不变，能传递轴力、剪力，又能传递几乎全部弯矩的构件相互连接方式。

#### 2.1.6 外伸式端板连接 extended end-plate connection

柱壁与钢梁采用高强螺栓和外伸端板连接，其中部分高强螺栓位于钢梁的上下翼缘之间，部分高强螺栓位于钢梁的上下翼缘之外。

### 2.2 符号

#### 2.2.1 几何参数

$A_{eff}$  —— 单边高强度螺栓螺纹处的有效截面积；

$a$  —— 间距；

- $b_{bf}$  —— 钢梁翼缘宽度；  
 $b_c$  —— 钢管翼缘方向截面宽度；  
 $b_{ep}$  —— 端板宽度；  
 $b_{c0}$  —— 钢管翼缘方向的管内混凝土截面宽度；  
 $d$  —— 螺杆直径；  
 $d_c$  —— 钢管腹板方向截面宽度；  
 $d_0$  —— 单边高强度螺栓连接板的孔径；  
 $h_b$  —— 钢梁截面高度；  
 $h_0$  —— 端板外伸高度；  
 $h_{c0}$  —— 钢管腹板方向的管内混凝土截面高度；  
 $K_{j,ini}$  —— 连接的初始刚度；  
 $t_{bf}$  —— 钢梁翼缘厚度；  
 $t_c$  —— 钢管厚度；  
 $t_e$  —— 端板厚度；  
 $t_j$  —— 内隔板厚度。

### 2.2.2 材料性能及计算指标

- $f$  —— 钢管柱壁的抗拉强度设计值；  
 $f_c^b$  —— 单边高强度螺栓的承压强度设计值；  
 $f_t^b$  —— 单边高强度螺栓的抗拉强度设计值；  
 $f_v^b$  —— 单边高强度螺栓的抗剪强度设计值；  
 $f_j$  —— 内隔板钢材抗拉强度设计值；  
 $N_c^b$  —— 单个单边高强度螺栓的承压承载力设计值；  
 $N_t^b$  —— 单个单边高强度螺栓的抗拉承载力设计值；  
 $N_v^b$  —— 单个单边高强度螺栓的抗剪承载力设计值。

### 2.2.3 作用及作用效应

- $M$  —— 弯矩；  
 $N$  —— 轴力；  
 $P$  —— 单边高强度螺栓预拉力设计值；  
 $Q$  —— 撬力；

$V$  —— 剪力。

#### 2.2.4 计算系数及其它

$E$  —— 钢材弹性模量；

$k_2$  —— 孔型系数；

$n_f$  —— 传力摩擦面数目；

$n_v$  —— 受剪面数目；

$\mu$  —— 摩擦面的抗滑移系数；

$\nu$  —— 泊松比；

$\beta_v$  —— 剪力放大系数；

$\gamma_0$  —— 结构重要性系数；

$\gamma_{RE}$  —— 承载力抗震调整系数；

## 2.3 参考标准

- 1 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 2 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 3 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 4 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》 GB/T 3632
- 5 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 82
- 6 《建筑结构可靠性设计统一标准》 GB 50068
- 7 《矩形钢管混凝土结构技术规程》 CECS 159
- 8 《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》 GB 51022
- 9 《建筑结构用冷弯矩形钢管》 JG/T 178

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

- 3.1.1** 单边高强度螺栓连接设计，宜符合连接强度不低于构件强度的原则。
- 3.1.2** 在设计文件中，应注明所用单边高强度螺栓连接副的性能等级、规格、连接类型、摩擦型连接摩擦面抗滑移系数值及摩擦面处理方式等要求。
- 3.1.3** 当结构有抗震设防要求时，单边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。
- 3.1.4** 不得采用单边高强度螺栓承压型连接与焊接共用的连接。采用单边高强度螺栓摩擦型连接与焊接并用的连接，其计算与构造宜符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 第 5.5 节的规定。
- 3.1.5** 单边高强度螺栓连接除符合本规程的规定外，尚应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

### 3.2 材料与设计指标

- 3.2.1** 单边高强度螺栓的性能等级为 10.9 级，单边高强度螺栓连接副的材质、性能等应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 以及《钢结构用单边高强度螺栓连接副技术条件》的规定。
- 3.2.2** 单边高强度螺栓连接摩擦面抗滑移系数的取值应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。
- 3.2.3** 单边高强度螺栓的预拉力设计值应按表 3.2.3 采用。

表 3.2.3 单边高强度螺栓的预拉力设计值  $P$  (kN)

螺栓的性能等级	螺栓公称直径			
	M16	M20	M24	M30
10.9s	100	155	225	355

**3.2.4** 单边高强度螺栓连接的承载力计算规则应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 有关规定。

## 4 单边高强度螺栓连接设计

### 4.1 单边高强度螺栓摩擦型连接计算

4.1.1 在受剪连接中，每个单边高强度螺栓的承载力设计值应按下列式计算：

$$N_v^b = k_1 k_2 n_f \mu P \quad (4.1.1)$$

式中：  $N_v^b$  ——单个单边高强度螺栓的抗剪承载力设计值（kN）；

$k_1$  ——系数，对冷弯薄壁型钢结构（板厚  $t \leq 6\text{mm}$ ）取 0.8；其他情况取 0.9；

$k_2$  ——大圆孔的孔型系数，对于 M20 和 M24 螺栓，取 0.9，对于其他规格螺栓取 0.85；

$n_f$  ——传力摩擦面数目；

$\mu$  ——摩擦面的抗滑移系数；

$P$  ——一个高强度螺栓的预拉力设计值（kN），按本规程表 3.2.3 采用。

4.1.2 在螺栓杆轴方向受拉的连接中，每个单边高强度螺栓的承载力设计值应按下列式计算：

$$N_t^b = 0.8P \quad (4.1.2)$$

式中：  $N_t^b$  ——单个单边高强度螺栓的抗拉承载力设计值（kN）。

4.1.3 当单边高强度螺栓摩擦型连接同时承受摩擦面间的剪力和螺栓杆轴方向的外拉力时，承载力应符合下列式要求：

$$\frac{N_v}{N_v^b} + \frac{N_t}{N_t^b} \leq 1 \quad (4.1.3)$$

式中：  $N_v$  ——某个单边高强度螺栓所承受的剪力（kN）；

$N_t$  ——某个单边高强度螺栓所承受的拉力（kN）。

4.1.4 除符合上述规定外，单边高强度螺栓摩擦型连接计算尚应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 有关高强度螺栓摩擦型连接的规定。

## 4.2 单边高强度螺栓承压型连接计算

4.2.1 承压型连接的单边高强度螺栓预拉力  $P$  的施拧工艺和设计值取值应与摩擦型连接单边高强度螺栓相同。

4.2.2 在受剪连接中，每个单边高强度螺栓的承载力设计值应取受剪和承压承载力设计值中的较小者。受剪和承压承载力设计值应分别按式(4.2.2-1)和式(4.2.2-2)计算。

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：

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

式中： $n_v$ ——受剪面数目；

$d$ ——螺杆直径（mm）；在式（4.2.2-1）中，当计算剪切面在螺纹处时，应按螺纹处的有效截直径  $d_e$  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）；

$f_v^b$ 、 $f_c^b$ ——螺栓的抗剪和承压强度设计值（N/mm<sup>2</sup>）。

4.2.3 在螺栓杆轴方向受拉的连接中，每个单边高强度螺栓的承载力设计值应按下式计算：

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

式中： $A_{eff}$ ——单边高强度螺栓螺纹处的有效截面积（mm<sup>2</sup>），按表 4.2.3 选取；

$f_t^b$ ——螺栓的抗拉强度设计值（N/mm<sup>2</sup>）。

表 4.2.3 单边高强度螺栓在螺纹处的有效截面积  $A_{eff}$ （mm<sup>2</sup>）

螺栓公称直径	M16	M20	M24	M30
$A_{eff}$	157	245	353	561

4.2.4 同时承受剪力和杆轴方向拉力的单边高强度螺栓承压型连接，其承载力应分别符合下列公式的要求：

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^b}\right)^2} \leq 1 \quad (4.2.4-1)$$

$$N_v \leq N_c^b / 1.2 \quad (4.2.4-2)$$

式中： $N_v$ 、 $N_t$ ——分别为某个单边螺栓所承受的剪力和拉力（N）；

$N_v^b$ 、 $N_t^b$ 、 $N_c^b$ ——单个单边高强度螺栓的抗剪、抗拉和承压承载力设计值（N）。

4.2.5 除符合上述规定外，单边高强度螺栓承压型连接计算尚应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 有关高强度螺栓承压型连接的规定。

### 4.3 单边高强度螺栓连接构造要求

4.3.1 单边高强度螺栓连接的构造应符合下列规定：

- 1 单边高强度螺栓应采用大圆孔，孔径应按表 4.3.1-1 匹配。
- 2 单边高强度螺栓孔距和边距的容许间距应按表 4.3.1-2 的规定采用。

表 4.3.1-1 单边高强度螺栓连接的孔径匹配（mm）

参数	螺栓公称直径			
	M16	M20	M24	M30
螺栓头直径	22	28	36	42
大圆孔直径	23.5	29.5	37.5	43.5

表 4.3.1-2 单边高强度螺栓孔距和边距

名称	位置和方向		最大容许间距 (取两者的较小值)	最小容许间距	
中心 间 距	外排(垂直内力方向或顺内力方向)		5.3d <sub>0</sub> 或 12t	2.23d <sub>0</sub>	
	中间排	垂直内力方向	10.6d <sub>0</sub> 或 24t		
		顺内力方向	构件受压力		8d <sub>0</sub> 或 18t
			构件受拉力		10.6d <sub>0</sub> 或 24t

	沿对角线方向		—	
中心至 构件边 缘距离	顺内力方向		2.6d <sub>0</sub> 或 8t	1.63d <sub>0</sub>
	垂直内 力方向	剪切边或手工气割边		1.67d <sub>0</sub>
		轧制边、自动气割或锯割边		

注：1  $d_0$ 为单边高强度螺栓连接板的孔径（表 4.3.1-1）； $t$ 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。

**4.3.2** 单边高强度螺栓连接设计时应考虑施工时钢管等封闭截面的构件内部净空间和工地专用施工工具的可操作空间要求。内部净空间和扭剪型电动扳手可操作空间尺寸宜分别符合表 4.3.2-1 和表 4.3.2-2 的要求。

表 4.3.2-1 单边高强度螺栓连接施工的钢管构件内部最小净空间（mm）

螺栓公称直径		M16	M20	M24	M30
内部最小净空间	单侧安装	Z	Z	Z	Z
	对侧安装	Z+34	Z+43	Z+50	Z+60

注：Z为单边螺栓总长度。

表 4.3.2-2 扭剪型电动扳手可操作空间尺寸（mm）

参考尺寸	$a$	$b$	示意图
扭剪型电动扳手	50	400+c	

**4.3.3** 除符合上述规定外，单边高强度螺栓连接构造尚应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 有关高强度螺栓连接构造要求的规定。

## 5 单边高强度螺栓连接接头设计

### 5.1 拼接接头

**5.1.1** 单边高强度螺栓全螺栓拼接接头适用于矩形钢管或箱形截面构件的现场拼接，其连接形式应采用摩擦型连接。拼接接头宜按等强原则设计，也可根据使用要求按接头处最大内力设计。当构件按地震组合内力进行设计计算并控制截面选择时，尚应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 进行接头极限承载力的验算。

**5.1.2** 矩形钢管或箱形截面构件螺栓拼接接头的计算原则、螺栓计算以及部分构造应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的相关规定，但应根据构件的不同受力工况，区分翼缘和腹板，其中翼缘承受弯矩，腹板承受剪力和按刚度分配到腹板上的弯矩（图 5.1.2）。

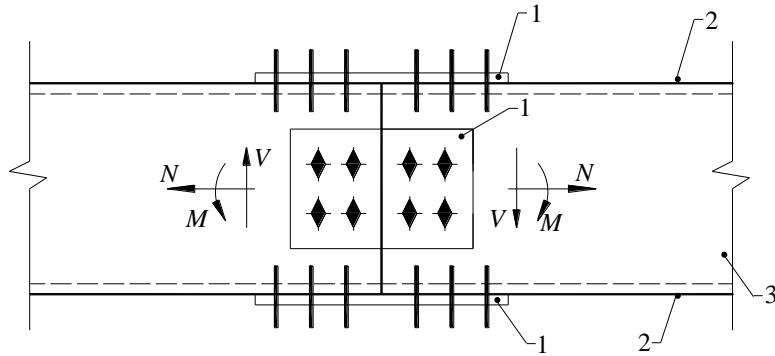


图 5.1.2 单边螺栓拼接接头

1—连接板；2—翼缘；3—腹板

### 5.2 受拉连接接头

**5.2.1** 沿螺栓杆轴方向受拉连接接头（图 5.2.1），由 T 形受拉件与单边高强度螺栓连接承受并传递拉力，适用于吊挂 T 形件连接接头。

**5.2.2** T 形件受拉连接接头的构造应符合下列规定：

- 1 T 形受拉件的翼缘厚度不宜小于 16mm，且不宜小于连接螺栓的直径；

2 单边高强度螺栓应紧凑布置，其间距除应符合本规程第 4.3.1 条规定外，尚应满足  $e_1 \leq 1.25e_2$  的要求；

3 T 形受拉件宜选用热轧剖分 T 型钢。

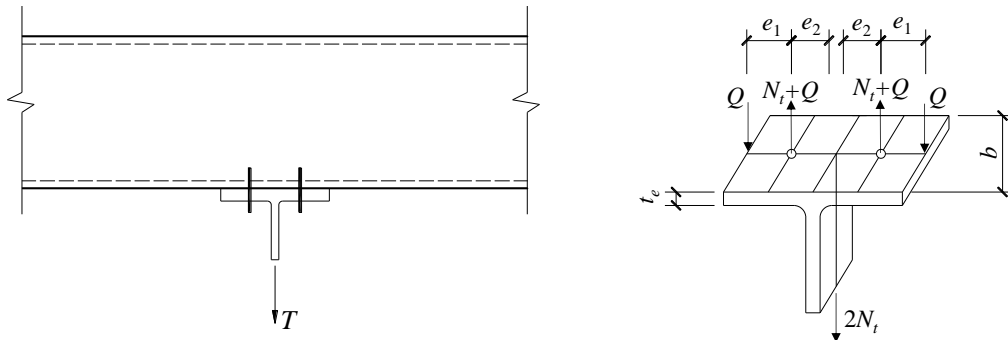


图 5.2.1 T 形受拉件连接接头

**5.2.3** 计算不考虑撬力作用时，T 形件受拉连接接头的 T 形件翼缘板厚度与单个受拉单边高强度螺栓的受拉承载力应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 中第 5.2.3 条的规定。

**5.2.4** 计算考虑撬力作用时，T 形件受拉连接接头的 T 形件翼缘板厚度、撬力与单个受拉单边高强度螺栓的受拉承载力应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 中第 5.2.4 条的规定。

### 5.3 外伸式端板连接接头

**5.3.1** 单边高强度螺栓外伸式端板连接为梁端头焊以外伸端板，再与冷成型钢管或箱形截面构件通过单边高强度螺栓摩擦型连接形成（图 5.3.1）。连接可同时承受轴力、弯矩与剪力，适用于采用封闭截面构件的钢结构框架（刚架）梁柱连接。

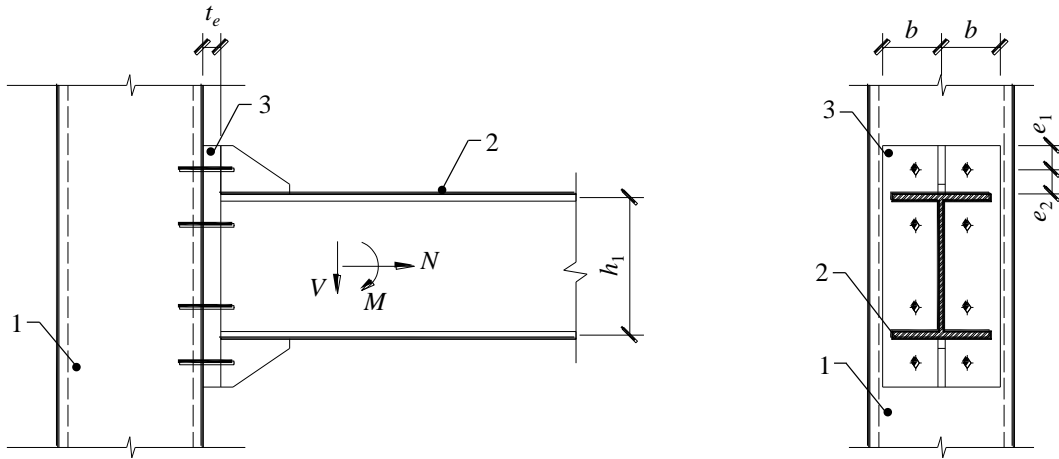


图 5.3.1 单边螺栓外伸式端板连接

1—矩形钢管柱；2—H 形钢梁；3—端板

**5.3.2** 单边高强度螺栓外伸式端板连接应采用刚性连接，并应进行在弯矩、剪力和轴力作用下的强度验算：

- 1 采用梁端的最不利荷载组合进行承载力验算；
- 2 进行螺栓群承载力验算时，宜假定螺栓群绕梁下翼缘中心转动；
- 3 当端板宽度  $b_{ep}$  与梁翼缘宽度  $b_{bf}$  不满足以下要求时（单位：mm），需在梁上、下翼缘两侧焊接加劲板，使其与端板齐宽，加劲肋长度取其自身宽度的 2 倍，厚度不小于梁翼缘的厚度。

$$b_{ep} - b_{bf} \leq 25 \quad (5.3.2)$$

**5.3.3** 单边高强度螺栓外伸式端板连接可采用在柱内设置内隔板、加厚柱壁、钢管内灌注混凝土等方式限制管壁变形和提高连接刚度。其中，内隔板中心线一般应与梁翼缘中心线齐平；加厚柱壁的范围宜取端板端部向上、下各延伸一倍的端板外伸段长度（图 5.3.3）；当采用灌注混凝土方式时，混凝土应柱内通长灌注。

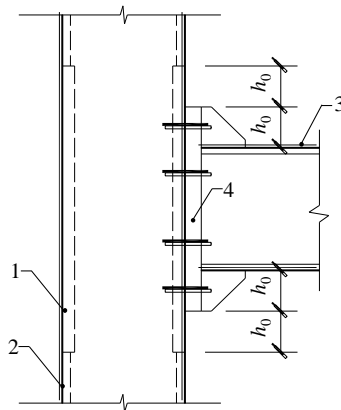


图 5.3.3 加厚柱壁段示意图

1—厚柱壁段；2—薄柱壁段；3—H 形钢梁；4—端板

**5.3.4** 单边高强度螺栓外伸式端板连接的刚度可按下列规定进行判定：

1 当满足下式时，连接为刚接：

$$K_{j,ini} \geq k_b EI_b / L_b \quad (5.3.4-1)$$

式中： $K_{j,ini}$ ——连接的初始刚度（kN·m/rad），可按 5.3.6 条的规定计算；

$E$ ——钢材弹性模量（N/mm<sup>2</sup>）；

$k_b$ ——当框架含有支撑体系且支撑体系至少提供 80% 的抗侧刚度时，

$k_b=8$ ；当框架不满足前者要求，但每层的  $K_b/K_c \geq 0.1$  时， $k_b=25$ ；

$K_b$ ——同一层各梁的  $I_b/L_b$  的平均值（mm<sup>3</sup>）；

$K_c$ ——同一层各柱的  $I_c/L_c$  的平均值（mm<sup>3</sup>）；

$I_b$ ——梁截面惯性矩（mm<sup>4</sup>）；

$I_c$ ——柱截面惯性矩（mm<sup>4</sup>）；

$L_b$ ——柱中心线之间的梁跨度（mm）；

$L_c$ ——层高（mm）。

2 当满足下式时，连接为铰接：

$$K_{j,ini} \leq 0.5EI_b / L_b \quad (5.3.4-2)$$

3 当连接的初始刚度介于上述两者之间，或每层的  $K_b/K_c < 0.1$  时，连接为半刚接。

**5.3.5** 单边高强度螺栓外伸式端板连接采用四排 8 螺栓布置（图 5.3.1）时，当柱中心线之间的梁跨度不小于根据相邻梁、柱截面按附录 A 查表确定的临界跨度时，连接可作为刚接。

**5.3.6** 单边高强度螺栓外伸式端板连接的初始刚度  $K_{j,ini}$  按下列公式计算：

1 当柱两侧梁端作用大小相等、方向相反的弯矩时，

$$K_{j,ini} = \frac{Ez^2}{\frac{1}{k_{cf,c}} + \frac{1}{k_{eq}}} \quad (5.3.6-1)$$

2 当柱两侧梁端作用的弯矩不满足第 1 款所述情形或仅单侧布置有梁时，

$$K_{j,ini} = \frac{Ez^2}{\frac{1}{k_{c,pz}} + \frac{1}{k_{cf,c}} + \frac{1}{k_{eq}}} \quad (5.3.6-2)$$

$$k_{c,pz} = \frac{0.38A_{VC}}{z} \quad (5.3.6-3)$$

$$k_{cf,c} = \frac{1}{\frac{48b_{c1}^4(1-\nu^2)}{\pi^5 t_c^3 b_{ep} t_{bf}} \sin \frac{\pi b_{ep}}{2b_{c1}} - \frac{b_{c1}^3 k_r (-1+\nu^2)^2}{t_c^3 [4.7Et_c^3 - 10.5b_{c1}k_r(-1+\nu^2)]} \cos \frac{w\pi}{2b_{c1}}} \quad (5.3.6-4)$$

$$k_{eq} = \frac{k_{eff} \sum_r h_r}{z_{eq}} \quad (5.3.6-5)$$

$$k_{eff} = \frac{1}{\frac{1}{k_{cw,t}} + \frac{1}{k_{ep,t}} + \frac{1}{k_{cf,t}} + \frac{1}{k_{bolt}}} \quad (5.3.6-6)$$

$$z_{eq} = \frac{\sum_r h_r^2}{\sum_r h_r} \quad (5.3.6-7)$$

$$k_{cw,t} = \frac{0.7b_{eff,cw,t} t_c}{d_{c1}} \quad (5.3.6-8)$$

$$k_{ep,t} = \frac{0.9l_{eff} t_e^3}{e_2^3} \quad (5.3.6-9)$$

$$k_{cf,t} = \frac{t_c^3}{b_{c1}^2 \cos \frac{w\pi}{2b_{c1}}} \cdot \frac{11.5b_{c1}k_r + 5.7Et_c^3}{2.024b_{c1}k_r S - b_{c1}k_r + Est_c^3} \quad (5.3.6-10)$$

$$k_{bolt} = \frac{1.6A_{bolt}}{L_{bolt}} \quad (5.3.6-11)$$

$$k_r = \frac{4EI}{d_c} \cdot \frac{1.5b_c + d_c}{2b_c + d_c} \quad (5.3.6-12)$$

$$S = 0.143\left(\frac{w}{b_{c1}}\right)^2 - 0.306\frac{w}{b_{c1}} + 1.076 \quad (5.3.6-13)$$

式中： $z$ ——力臂长度（mm），可近似取梁上、下翼缘中心之间的距离；

$k_{c,pz}$ ——节点域受剪刚度系数（mm）；

$k_{cf,c}$ ——柱翼缘受压刚度系数 (mm);  
 $k_{eq}$ ——各受拉组件组合后的等效受拉刚度系数 (mm);  
 $k_{cw,t}$ ——柱腹板受拉刚度系数 (mm);  
 $k_{ep,t}$ ——端板受拉刚度系数 (mm);  
 $k_{cf,t}$ ——柱翼缘受拉刚度系数 (mm);  
 $k_{bolt}$ ——螺栓受拉刚度系数 (mm);  
 $A_{vc}$ ——柱受剪区截面面积 ( $\text{mm}^2$ ), 取柱横截面面积的一半;  
 $b_{c1}$ ——柱腹板中心线之间的距离 (mm), 即  $b_{c1}=b_c-t_c$ ,  $b_c$  是与柱翼缘平行的矩形钢管截面宽度,  $t_c$  为钢管厚度 (图 5.3.6);  
 $b_{ep}$ ——端板宽度 (mm), 且  $b_{ep} < b_{c1}$ ;  
 $t_{bf}$ ——梁翼缘厚度 (mm);  
 $w$ ——两个相邻螺栓孔中心的横向距离 (mm) (图 5.3.6);  
 $h_r$ ——受拉区第  $r$  排螺栓到梁下翼缘中心的距离 (mm),  $r$  为 1,2,3...;  
 $z_{eq}$ ——等效力臂长度 (mm);  
 $b_{eff,cw,t}$ ——柱腹板受拉的有效宽度 (mm), 即  $4m_1+1.25e$ ,  $m_1$  为螺栓中心至钢管柱翼缘板平直段边缘的距离, 即  $m_1=b_c/2-e-R$  (图 5.3.6),  $e$  为螺栓中心至钢管柱翼缘板中心的横向距离, 即  $e=w/2$  (图 5.3.6), 对于冷成型矩形钢管截面  $R$  为弯角外径, 对于焊接箱形截面  $R$  为壁厚  $t_c$ ;  
 $d_c$ ——与柱腹板平行的矩形钢管截面高度 (图 5.3.6);  
 $l_{eff}$ ——端板有效长度 (mm), 取  $4e_2+1.25e_1$ ,  $e_3+2e_2+0.625e_1$ ,  $0.5w+2e_2+0.625e_1$ ,  $0.5b_{ep}$  四者的最小值;  $e_1$  为顺内力方向螺栓中心至端板边缘距离,  $e_2$  为顺内力方向螺栓中心至梁翼缘表面的距离,  $e_3$  为垂直内力方向螺栓中心至端板边缘距离 (图 5.3.6);  
 $t_e$ ——端板厚度 (mm, 图 5.3.1);  
 $A_{bolt}$ ——单边螺栓螺纹处的有效截面积 ( $\text{mm}^2$ ), 按表 4.2.3 选取;  
 $L_{bolt}$ ——单边螺栓螺杆的有效纵向长度 (mm), 包括被连接板件的厚度( $t_e$ 、 $t_c$ )、普通垫片的厚度( $t_w$ )、分体式垫片的厚度( $t_{sp}$ )、螺栓头厚度( $t_{head}$ )与螺母厚度( $t_{nut}$ )之和的一半, 即  $L_{bolt}=(t_e+t_c+t_w+t_{sp}+(t_{head}+t_{nut}))/2$ ;

$\nu$ ——泊松比；

$I_x$ ——空心钢管柱绕  $x$  轴的截面惯性矩 ( $\text{mm}^4$ ) (图 5.3.6)。

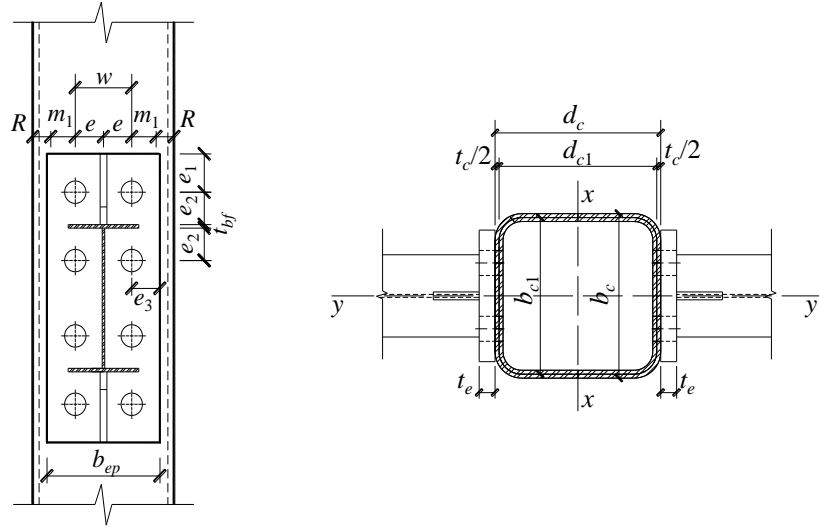


图 5.3.6 螺栓端板连接布置图

**5.3.7** 当单边高强度螺栓外伸式端板连接采用刚性连接, 柱内灌注混凝土且对应于梁翼缘的柱腹板部位设置内隔板时, 节点域的受剪承载力应按下列规定计算:

$$\beta V \leq \frac{1}{\gamma} V_u^j \quad (5.3.7-1)$$

$$V_u^j = \frac{2N_y h_{c0} + 4M_{uw} + 4M_{uj} + 0.5N_{cv} h_{c0}}{h_b} \quad (5.3.7-2)$$

$$N_y = \min\left(\frac{a h_b f_w}{\sqrt{3}}, \frac{t_c h_b f}{\sqrt{3}}\right) \quad (5.3.7-3)$$

$$M_{uw} = \frac{h_b^2 t_c [1 - \cos(\sqrt{3} h_{c0} / h_b)] f}{6} \quad (5.3.7-4)$$

$$M_{uj} = \frac{1}{4} b_{c0} t_j^2 f_j \quad (5.3.7-5)$$

$$N_{cv} = \frac{2b_{c0} h_{c0} f_c}{4 + \left(\frac{h_{c0}}{h_b}\right)^2} \quad (5.3.7-6)$$

$$V = \frac{2M_c - V_b h_{c0}}{h_b} \quad (5.3.7-7)$$

式中:  $V$ ——节点域承受的剪力设计值 (kN);

$\beta_v$ ——剪力放大系数，取 1.3；

$V_u^j$ ——节点域抗剪承载力设计值 (kN)；

$\gamma$ ——系数，无地震作用组合时， $\gamma = \gamma_0$ ， $\gamma_0$  为结构重要性系数，按现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 的规定选取；有地震作用组合时， $\gamma = \gamma_{RE}$ ， $\gamma_{RE}$  为承载力抗震调整系数，此处取 0.85。

$M_c$ ——节点上、下柱弯矩设计值的平均值 (kN·m)，弯矩对节点顺时针作用时为正；

$V_b$ ——节点左、右梁端剪力设计值的平均值 (kN)，剪力对节点中心逆时针作用时为正；

$t_c$ 、 $t_j$ ——钢柱管壁、内隔板厚度 (mm)；

$f_w$ 、 $f$ 、 $f_j$ ——焊缝、钢柱管壁、内隔板钢材的抗拉强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$b_{c0}$ 、 $h_{c0}$ ——分别为钢管翼缘与腹板方向的管内混凝土截面宽度 (mm)；

$h_b$ ——钢梁截面的高度 (mm)；

$a_c$ ——钢管角部的有效焊缝厚度 (mm)。

若钢管柱内仅灌注混凝土，未在对应于梁翼缘的柱腹板部位设置内隔板时，节点抗剪承载力限值按以下公式计算：

$$V_u^j = \frac{2N_y h_{c0} + 4M_{uv} + 0.5N_{cv} h_{c0}}{h_b} \quad (5.3.7-8)$$

若钢管柱内仅在对应于梁翼缘的柱腹板部位设置内隔板，未灌注混凝土时，节点域应符合现行《钢结构设计标准》GB 50017 中第 12.3.3 条的有关规定。

**5.3.8** 外伸式端板连接的端板厚度  $t_e$  应根据以下公式验算：

1 当外伸端板未设置加劲肋时：

$$t_e \geq \sqrt{\frac{3n e_2 N_{t1}}{b_{ep} f_{ep}}} \quad (5.3.8-1)$$

2 当外伸端板设置加劲肋时：

$$t_e \geq \sqrt{\frac{3ne_2e_w N_{t1}}{[b_{ep}e_w + 2e_2(e_2 + e_w)]f_{ep}}} \quad (5.3.8-2)$$

式中： $n$ ——螺栓的列数；

$N_{t1}$ ——一个单边螺栓的受拉承载力设计值（kN）；

$e_2$ ——螺栓中心至梁翼缘板表面的距离（mm），见图 5.3.6；

$e_w$ ——加劲肋一侧，单列螺栓中心或多列螺栓中心总间距的中点至梁腹板表面的距离（mm）；

$f_{ep}$ ——端板的抗拉强度设计值（N/mm<sup>2</sup>）。

**5.3.9** 工字梁腹板厚度  $t_{bw}$  应按下式进行验算：

$$\frac{N_{t2}}{t_{bw}e_w} \leq f_{bw} \quad (5.3.9)$$

式中： $N_{t2}$ ——梁翼缘第二排一个螺栓的轴向拉力设计值（kN）；

$f_{bw}$ ——梁腹板的抗拉强度设计值（N/mm<sup>2</sup>）。

**5.3.10** 当单边高强度螺栓外伸式端板连接采用刚性连接，钢管柱壁的受弯极限承载力  $M_{cf,pl}$  应大于梁的受弯塑性承载力  $M_{b,pl}$ ，即

$$M_{cf,pl} > M_{b,pl} \quad (5.3.10-1)$$

钢管柱壁的受弯极限承载力  $M_{cf,pl}$  应按下列规定计算：

1 当钢管柱内未灌注混凝土且未设内隔板时，计算公式如下：

$$M_{cf,pl} = F_{bf,t}(h+u/2) \quad (5.3.10-2)$$

$$F_{bf,t} = \frac{M_L}{m}(2 \cdot \sqrt{8m(b_{c1} + 2w + 4m)} + 4u) \quad (5.3.10-3)$$

式中： $F_{bf,t}$ ——梁受拉翼缘传递至管壁的拉力（kN）；

$h$ ——受拉区双排螺栓中心至端板下部边缘的距离（mm）；

$w$ 、 $u$ ——垂直内力方向和顺内力方向的螺栓孔中心距（mm）；

$M_L$ ——柱壁单位长度的抗弯承载力（kN·m/m）， $M_L=0.25ft_c^2$ ；

$m$ ——长度值（mm）， $m=(b_{c1}-w)/2$ 。

2 当钢管柱内灌注混凝土但未设置内隔板时，钢管柱壁的受弯极限承载力仍按式(5.3.10-2)进行计算。

3 当钢管柱内未灌注混凝土但对应于梁翼缘的柱腹板部位设置内隔板时，钢管柱壁承载力按下式计算：

$$M_{cf,pl} = F_{bf,t} h_{b1} \quad (5.3.10-4)$$

$$F_{bf,t} = 8M_L \sqrt{\frac{3(b_{c1} + w + 2m)}{m}} \quad (5.3.10-5)$$

式中： $h_{b1}$ ——梁上、下翼缘中心线之间的距离（mm）。

4 当钢管柱内灌注混凝土且对应于梁翼缘的柱腹板部位设置内隔板时，按式（5.3.10-4）计算管壁承载力。

**5.3.11** 为防止钢管管壁发生剪切破坏，应满足以下要求：

$$\frac{N_{t1}}{t_c(2e_w + e_2)} \leq f_v \quad (5.3.11-1)$$

$$\frac{N_{t1} + N_{t2}}{t_c(2e_w + 2e_2)} \leq f_v \quad (5.3.11-2)$$

式中： $f_v$ ——钢管管壁抗剪强度设计值（N/mm<sup>2</sup>）。

**5.3.12** 当单边高强度螺栓外伸式端板连接采用四排 16 螺栓布置（图 5.3.12）时，可简化为四排 8 螺栓布置（图 5.3.6-1），并分别按 5.3.6 条和 5.3.10 条的公式计算连接初始刚度和柱壁承载力，但式中的螺栓端板布置几何参数  $e$ 、 $w$ 、 $m_1$ 、 $e_1$ 、 $e_2$  按下列公式确定。

$$e = a_1 + a_2 / 2 \quad (5.3.12-1)$$

$$w = 2a_1 + a_2 \quad (5.3.12-2)$$

$$m_1 = a_3 + a_2 / 2 \quad (5.3.12-3)$$

$$e_1 = a_4 \quad (5.3.12-4)$$

$$e_2 = a_5 \quad (5.3.12-5)$$

式中： $a_1$ ——螺孔中心到端板中心线之间的距离（mm）；

$a_2$ ——螺孔中心之间的距离（mm）；

$a_3$ ——垂直内力方向螺孔中心到端板边缘之间的距离（mm）；

$a_4$ ——顺内力方向螺孔中心到端板边缘之间的距离（mm）；

$a_5$ ——螺孔中心到钢梁翼缘表面之间的距离（mm）。

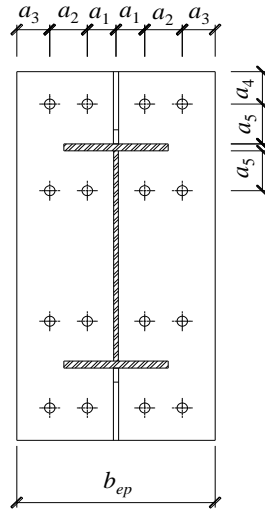


图 5.3.12 单排四螺栓端板布置图

**5.3.13** 单边高强度螺栓外伸式端板连接的构造应符合下列规定：

- 1 端板连接应采用摩擦型单边高强度螺栓连接；
- 2 端板厚度  $t_e$  不宜小于 16mm，且不宜小于连接螺栓的直径；
- 3 连接螺栓至板件边缘的距离在满足螺栓施拧条件下应采用最小间距紧凑布置；端板螺栓竖向最大间距不应大于 400mm；螺栓布置与间距除应符合本规程第 4.3.1 条规定外，尚应满足  $e_1 \leq 1.25e_2$  的要求；
- 4 端板外伸部位宜设加劲肋；
- 5 梁端翼缘板与端板的焊接应采用全熔透焊缝，腹板厚度大于等于 16mm 时采用全熔透焊缝。

## 6 施工与验收

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 单边高强度螺栓连接副应按批配套进场，并附有出厂质量保证书。单边高强度螺栓连接副应在同批内配套使用。

**6.1.2** 单边高强度螺栓连接副在运输、保管过程中，应轻装、轻卸，防止损伤螺纹。

**6.1.3** 单边高强度螺栓连接副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。单边高强度螺栓连接副在安装使用前严禁随意开箱。

**6.1.4** 单边高强度螺栓连接副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紧固轴力试验，检验合格后，方可使用。

**6.1.5** 单边高强度螺栓连接副应进行紧固轴力、螺栓楔负载、螺母保证载荷检验，检验方法和结果应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 和现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的有关规定。

**6.1.6** 连接摩擦面的抗滑移系数应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 附录 B 和现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 中第 6.3.3 条的规定进行检验。

**6.1.7** 单边高强度螺栓终拧检查，以目测尾部梅花头拧断为合格。

### 6.2 制作

**6.2.1** 采用单边高强度螺栓连接的冷成型矩形钢管构件的制作应参照现行行业标准《建筑结构用冷弯矩形钢管》JG/T 178 的有关规定，箱型截面构件的制作应参照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

**6.2.2** 单边高强度螺栓连接构件制孔允许偏差应符合表 6.2.2 的规定；栓孔孔距允许偏差应分别符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 中第 6.2.2 条的规定。

表 6.2.2 单边高强度螺栓连接构件制孔允许偏差 (mm)

螺栓公称直径	M16	M20	M24	M30
大圆孔直径	23.5	29.5	37.5	43.5
允许偏差	+0.43	+0.52	+0.52	+0.84
	0	0	0	0
圆度	1.00	1.50		

**6.2.3** 采用单边高强度螺栓连接的主要构件和直接承受动力荷载重复作用且需要进行疲劳计算的构件,其连接高强度螺栓孔应采用钻孔成型。次要构件连接且板厚小于或等于 12mm 时可采用冲孔成型,孔边应无飞边、毛刺。

**6.2.4** 采用单边高强度螺栓连接标准圆孔连接处板迭上所有螺栓孔,均应采用量规检查,并应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 中第 6.2.4 条和第 6.2.5 条的规定。

**6.2.5** 单边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。经处理后的单边高强度螺栓摩擦型连接的摩擦面抗滑移系数应符合设计要求。

**6.2.6** 经处理后的单边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。严禁在单边高强度螺栓连接处摩擦面上作标记。

## 6.3 安装

**6.3.1** 单边高强度螺栓长度  $l$  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:

$$l = l' + \Delta l \quad (6.3.1)$$

式中:  $l'$  ——连接板层总厚度 (mm);

$\Delta l$  ——附加长度 (mm),  $\Delta l = s_1 + s_2 + s_3 + 3p$ ;

$s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$  ——分别为高强度螺母公称厚度 (mm), 高强度垫圈公称厚度 (mm), 分体垫片公称厚度 (mm), 见表 6.3.1;

$p$  ——螺纹的螺距 (mm)。

根据式 6.3.1 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 6.3.1 单边高强度螺栓附加长度  $\Delta l$  (mm)

螺栓公称直径	M16	M20	M24	M30
高强度螺母公称厚度 $s_1$	16.0	20.0	24.0	30.0
高强度垫圈公称厚度 $s_2$	4.00	4.00	5.00	5.00
分体垫片公称厚度 $s_3$	6.0	9.0	9.0	11.0
螺纹的螺距 $p$	2.00	2.50	3.00	3.50
单边螺栓附加长度	32.0	40.5	47.0	56.5

**6.3.2** 单边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。

**6.3.3** 在安装过程中, 不得使用螺纹损伤及沾染脏物的单边高强度螺栓连接副, 不得用单边高强度螺栓兼作临时螺栓。

**6.3.4** 安装单边高强度螺栓时, 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与原设计孔径之差不应大于 2mm, 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。

**6.3.5** 安装单边高强度螺栓时, 构件的摩擦面应保持干燥, 不得在雨中作业。

**6.3.6** 单边高强度螺栓的拧紧应分为初拧、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值按表 6.3.6 选用。初拧或复拧后的单边高强度螺栓应用颜色在螺母上标记, 用专用扳手进行终拧, 直至拧掉螺栓尾部梅花头。单边高强度螺栓的初拧、复拧、终拧宜在一天内完成。

表 6.3.6 单边高强度螺栓初拧(复拧)扭矩值 (N·m)

螺栓公称直径	M16	M20	M24	M30
初拧扭矩	115	220	390	760

**6.3.7** 单边高强度螺栓在初拧、复拧和终拧时, 连接处的螺栓应按一定顺序施拧, 并应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 中第 6.4.17 条的规定。

**6.3.8** 对于露天使用或接触腐蚀性气体的钢结构，在单边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。

**6.3.9** 经检查合格后的单边高强度螺栓连接处，防腐、防火应按设计要求涂装。

## 6.4 验收

**6.4.1** 单边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 的规定执行。

**6.4.2** 单边高强度螺栓连接分项工程检验批的划分和验收资料应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 中的有关规定。

**6.4.3** 单边高强度螺栓连接分项工程检验批合格质量标准应参照现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 中第 7.1.2 条的规定。

**6.4.4** 当单边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 和现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 中的要求时，应按下列规定进行处理：

- 1 返工或更换单边高强度螺栓连接副的检验批，应重新进行验收；
- 2 经有资质的检测单位鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收；
- 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，可按技术处理方案和协商文件进行验收。

## 附录 A 单边高强度螺栓外伸式端板刚性连接临界跨度表

表 A.0.1 有支撑框架且未设置内隔板的梁柱刚性连接临界跨度 (m)

梁截面↓柱截面→	200×4	200×5	200×6	200×8	200×10	220×5	220×6	220×8	220×10	220×12	250×5	250×6	250×8	250×10	250×12	280×5	280×6	280×8	280×10	280×12
100×50×3×3	4.0	1.7	0.8	0.5	0.4	2.3	1.1	0.8	0.6	0.5	3.2	1.6	1.1	0.9	0.8	4.4	2.3	1.6	1.4	1.2
100×50×3.2×4.5	5.4	2.3	1.1	0.7	0.6	3.1	1.5	1.0	0.8	0.7	4.4	2.2	1.5	1.3	1.1	5.9	3.0	2.2	1.8	1.6
100×100×6×8	16.3	7.1	3.4	1.8	1.3	9.3	4.6	2.7	2.0	1.7	13.2	6.7	4.2	3.3	2.9	17.9	9.2	6.1	4.9	4.4
120×120×3.2×4.5	14.8	6.4	3.1	1.5	0.9	8.5	4.2	2.2	1.5	1.2	12.0	6.1	3.6	2.6	2.2	16.2	8.4	5.2	4.0	3.5
120×120×4.5×6	19.3	8.4	4.0	1.9	1.2	11.0	5.5	2.9	2.0	1.5	15.7	8.0	4.6	3.4	2.8	21.2	10.9	6.8	5.2	4.5
150×75×3×3	9.5	4.1	2.0	1.1	0.8	5.4	2.7	1.6	1.2	0.9	7.7	3.9	2.5	1.8	1.5	10.4	5.4	3.5	2.7	2.3
150×75×3.2×4.5	13.0	5.6	2.7	1.5	1.1	7.4	3.7	2.2	1.6	1.3	10.5	5.3	3.3	2.5	2.1	14.2	7.3	4.8	3.7	3.1
150×75×4.5×6	17.0	7.4	3.6	2.0	1.4	9.7	4.8	2.8	2.1	1.7	13.8	7.0	4.4	3.3	2.7	18.6	9.6	6.3	4.8	4.1
150×100×3.2×4.5	16.5	7.2	3.5	1.8	1.1	9.4	4.7	2.6	1.8	1.4	13.4	6.8	4.0	2.9	2.4	18.1	9.3	5.8	4.4	3.7
150×100×4.5×6	21.7	9.4	4.5	2.3	1.5	12.4	6.1	3.4	2.3	1.8	17.6	8.9	5.3	3.9	3.1	23.7	12.3	7.6	5.8	4.8
150×150×4.5×6	31.1	13.5	6.5	2.6	1.2	17.7	8.8	4.0	2.3	1.4	25.2	12.8	6.6	4.4	3.2	34.0	17.6	9.9	7.0	5.6
150×150×6×8	40.2	17.5	8.4	3.4	1.6	23.0	11.4	5.2	3.0	1.8	32.7	16.6	8.6	5.7	4.2	44.0	22.8	12.8	9.0	7.2
200×100×3×3	16.6	7.2	3.5	1.7	1.0	9.5	4.7	2.5	1.6	1.2	13.4	6.8	3.9	2.7	2.0	18.1	9.3	5.6	4.0	3.1
200×100×3.2×4.5	22.7	9.9	4.8	2.3	1.4	13.0	6.4	3.4	2.2	1.6	18.4	9.3	5.3	3.7	2.8	24.8	12.8	7.7	5.5	4.3
200×100×4.5×6	30.1	13.0	6.3	3.1	1.9	17.2	8.5	4.5	2.9	2.1	24.4	12.4	7.0	4.8	3.7	32.8	17.0	10.1	7.2	5.7
200×100×6×8	39.1	17.0	8.2	4.0	2.5	22.3	11.0	5.8	3.8	2.7	31.7	16.1	9.1	6.3	4.8	42.7	22.1	13.2	9.4	7.4
200×125×3.2×4.5	27.4	11.9	5.7	2.5	1.3	15.6	7.7	3.7	2.3	1.5	22.2	11.3	6.0	4.0	2.9	29.9	15.5	8.8	6.1	4.7
200×125×4.5×6	36.2	15.7	7.6	3.3	1.8	20.7	10.2	4.9	3.0	2.0	29.3	14.9	7.9	5.2	3.9	39.5	20.4	11.6	8.1	6.2
200×125×6×8	47.2	20.5	9.9	4.3	2.3	26.9	13.3	6.4	3.9	2.6	38.3	19.4	10.3	6.8	5.0	51.5	26.6	15.1	10.5	8.1
200×150×3.2×4.5	32.1	13.9	6.7	2.6	1.1	18.3	9.0	4.0	2.1	1.2	26.0	13.2	6.6	4.1	2.8	35.0	18.1	9.8	6.5	4.9
200×150×4.5×6	42.4	18.4	8.9	3.4	1.5	24.2	11.9	5.2	2.8	1.5	34.3	17.4	8.7	5.4	3.7	46.3	23.9	12.9	8.6	6.4
200×150×6×8	55.3	24.0	11.6	4.4	1.9	31.5	15.6	6.8	3.7	2.0	44.8	22.7	11.3	7.0	4.8	60.4	31.2	16.8	11.2	8.4
250×100×3×3	21.0	9.1	4.4	2.1	1.2	11.9	5.9	3.0	1.9	1.3	17.0	8.6	4.7	3.1	2.3	22.8	11.8	6.8	4.7	3.5
250×100×3.2×4.5	28.4	12.3	5.9	2.8	1.6	16.2	8.0	4.1	2.6	1.8	23.0	11.7	6.4	4.3	3.1	31.0	16.0	9.3	6.4	4.7
250×125×3.2×4.5	34.0	14.8	7.1	3.0	1.5	19.4	9.6	4.5	2.6	1.6	27.5	14.0	7.5	4.6	3.2	37.1	19.2	10.5	7.0	5.2
250×125×4.5×6	45.2	19.6	9.4	4.0	2.1	25.7	12.7	5.9	3.4	2.1	36.6	18.5	9.6	6.1	4.2	49.2	25.4	14.0	9.3	6.8

250×125×4.5×8	56.4	24.5	11.8	5.0	2.6	32.2	15.9	7.4	4.3	2.7	45.7	23.2	12.0	7.6	5.3	61.5	31.8	17.5	11.7	8.6
250×125×6×8	59.1	25.6	12.4	5.2	2.7	33.7	16.6	7.8	4.5	2.8	47.8	24.3	12.5	7.9	5.5	64.4	33.3	18.3	12.2	9.0
250×150×3.2×4.5	39.6	17.2	8.3	3.0	1.3	22.6	11.1	4.7	2.4	1.3	32.0	16.2	7.8	4.7	3.0	43.2	22.3	11.6	7.5	5.3
250×150×4.5×6	52.5	22.8	11.0	4.0	1.7	29.9	14.8	6.3	3.2	1.7	42.5	21.6	10.4	6.2	4.0	57.3	29.6	15.4	9.9	7.0
250×150×4.5×8	66.1	28.7	13.8	5.1	2.1	37.7	18.6	7.9	4.1	2.1	53.5	27.2	13.1	7.8	5.1	72.1	37.3	19.4	12.5	8.8
250×150×6×8	68.8	29.8	14.4	5.3	2.2	39.2	19.4	8.2	4.2	2.2	55.7	28.2	13.6	8.1	5.3	75.0	38.8	20.2	13.0	9.2
300×150×3.2×4.5	46.3	20.1	9.7	3.5	1.4	26.4	13.0	5.4	2.7	1.3	37.5	19.0	8.9	5.1	3.2	50.5	26.1	13.3	8.2	5.6
300×150×4.5×6	61.7	26.8	12.9	4.6	1.9	35.1	17.4	7.1	3.6	1.8	49.9	25.3	11.9	6.9	4.3	67.2	34.7	17.6	11.0	7.5
300×150×4.5×8	77.3	33.5	16.2	5.8	2.3	44.1	21.7	9.0	4.5	2.2	62.5	31.7	14.9	8.6	5.4	84.2	43.5	22.1	13.7	9.4
300×150×6×8	81.0	35.1	16.9	6.1	2.4	46.2	22.8	9.4	4.7	2.3	65.5	33.2	15.6	9.0	5.6	88.2	45.6	23.2	14.4	9.8
320×150×5×8	82.8	35.9	17.3	6.1	2.4	47.2	23.3	9.5	4.7	2.3	67.0	34.0	15.8	9.0	5.5	90.2	46.6	23.5	14.4	9.7
350×175×4.5×6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	64.1	32.5	13.8	7.1	3.8	86.3	44.6	20.9	12.0	7.5
350×175×6×8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	84.1	42.6	18.1	9.3	5.0	113.2	58.5	27.4	15.7	9.8
400×200×6×8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	62.7	35.7	14.6	7.3	4.2	85.1	48.5	19.9	10.0	5.8
400×150×8×13	77.9	38.8	21.9	8.9	4.5	52.1	29.5	12.0	6.0	3.5	75.1	42.7	17.4	8.7	5.0	101.9	58.0	23.8	11.9	6.8
400×200×8×13	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	95.3	54.2	22.1	11.1	6.3	129.3	73.6	30.2	15.1	8.6
450×200×8×12	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	98.1	55.7	22.8	11.4	6.5	133.0	75.7	31.1	15.5	8.9

注：梁为H形截面，柱为矩形钢管截面，“/”表示梁柱截面尺寸不搭配（由于柱角部存在圆弧段，因此钢管柱边长宜比梁翼缘宽度大50mm以上），下同。

续表 A.0.1

梁截面↓柱截面→	300×6	300×8	300×10	300×12	350×6	350×8	350×10	350×12	400×8	400×10	400×12	400×14	450×8	450×10	450×12	450×14	500×8	500×10	500×12	500×14	500×16
100×50×3×3	2.7	2.0	1.7	1.5	4.1	3.0	2.6	2.4	4.3	3.7	3.5	2.0	5.8	5.1	4.8	2.8	7.6	6.6	6.2	3.7	2.3
100×50×3.2×4.5	3.7	2.7	2.2	2.0	5.5	4.1	3.5	3.2	5.8	5.0	4.7	2.7	7.9	6.9	6.4	3.7	10.2	8.9	8.4	4.9	3.1
100×100×6×8	11.1	7.5	6.1	5.5	16.7	11.7	9.8	9.1	16.9	14.4	13.4	7.7	22.9	19.8	18.6	10.8	29.9	26.0	24.5	14.4	9.0
120×120×3.2×4.5	10.1	6.4	5.0	4.5	15.1	10.1	8.2	7.4	14.7	12.1	11.1	6.4	20.0	16.7	15.5	9.0	26.1	22.1	20.6	12.1	7.6
120×120×4.5×6	13.2	8.4	6.6	5.8	19.7	13.2	10.7	9.7	19.1	15.8	14.5	8.3	26.1	21.8	20.2	11.7	34.0	28.7	26.8	15.7	9.8
150×75×3×3	6.5	4.3	3.3	2.8	9.7	6.6	5.3	4.6	9.5	7.6	6.7	3.8	12.8	10.4	9.2	5.3	16.7	13.7	12.1	7.1	4.4
150×75×3.2×4.5	8.8	5.9	4.6	3.9	13.2	9.1	7.2	6.2	13.0	10.4	9.1	5.2	17.5	14.2	12.5	7.3	22.8	18.6	16.4	9.7	6.0
150×75×4.5×6	11.6	7.7	6.0	5.1	17.3	11.9	9.4	8.1	17.0	13.7	11.9	6.9	23.0	18.7	16.4	9.6	29.9	24.4	21.6	12.7	7.9
150×100×3.2×4.5	11.3	7.2	5.5	4.7	16.8	11.2	8.8	7.7	16.1	12.9	11.3	6.5	21.9	17.7	15.7	9.1	28.6	23.3	20.7	12.2	7.6
150×100×4.5×6	14.8	9.4	7.2	6.1	22.1	14.7	11.6	10.0	21.2	16.9	14.8	8.5	28.8	23.2	20.5	12.0	37.5	30.5	27.1	15.9	10.0
150×150×4.5×6	21.2	12.4	9.0	7.4	31.6	19.8	15.1	13.0	28.8	22.5	19.8	11.3	39.4	31.4	27.9	16.2	51.7	41.7	37.4	21.9	13.7

150×150×6×8	27.4	16.0	11.6	9.6	41.0	25.6	19.5	16.8	37.3	29.2	25.6	14.6	51.1	40.7	36.2	21.0	67.1	54.1	48.4	28.3	17.7
200×100×3×3	11.3	6.9	5.0	4.0	16.8	10.8	8.0	6.5	15.5	11.7	9.6	5.5	21.0	16.1	13.3	7.8	27.4	21.1	17.6	10.3	6.5
200×100×3.2×4.5	15.5	9.5	6.9	5.5	23.1	14.8	11.0	8.9	21.2	16.1	13.2	7.6	28.8	22.1	18.3	10.6	37.6	29.0	24.1	14.2	8.9
200×100×4.5×6	20.4	12.5	9.1	7.2	30.5	19.5	14.5	11.8	28.1	21.3	17.5	10.0	38.1	29.2	24.2	14.1	49.7	38.4	31.9	18.8	11.7
200×100×6×8	26.6	16.3	11.8	9.4	39.7	25.4	18.9	15.4	36.5	27.7	22.7	13.1	49.6	38.0	31.5	18.3	64.7	50.0	41.6	24.4	15.3
200×125×3.2×4.5	18.6	10.9	7.7	6.1	27.8	17.2	12.7	10.3	24.9	18.7	15.4	8.8	34.0	25.9	21.5	12.5	44.5	34.2	28.6	16.8	10.5
200×125×4.5×6	24.6	14.4	10.2	8.1	36.8	22.8	16.7	13.6	33.0	24.7	20.4	11.7	44.9	34.2	28.5	16.5	58.8	45.2	37.8	22.2	13.8
200×125×6×8	32.1	18.8	13.4	10.5	47.9	29.7	21.8	17.7	43.0	32.3	26.6	15.2	58.6	44.6	37.1	21.6	76.6	58.9	49.3	28.9	18.0
200×150×3.2×4.5	21.8	12.2	8.4	6.5	32.6	19.5	14.1	11.3	28.4	21.1	17.4	9.9	38.9	29.4	24.5	14.2	51.1	39.0	32.8	19.2	12.0
200×150×4.5×6	28.8	16.1	11.1	8.6	43.0	25.8	18.6	15.0	37.5	27.9	22.9	13.1	51.4	38.9	32.4	18.8	67.5	51.6	43.3	25.4	15.8
200×150×6×8	37.6	21.1	14.5	11.2	56.1	33.6	24.3	19.6	49.0	36.4	29.9	17.1	67.1	50.7	42.2	24.5	88.0	67.3	56.5	33.1	20.6
250×100×3×3	14.2	8.4	5.9	4.4	21.2	13.2	9.4	7.3	18.9	13.8	10.7	6.2	25.7	18.9	14.9	8.7	33.5	24.8	19.6	11.5	7.2
250×100×3.2×4.5	19.3	11.4	8.0	6.0	28.8	17.9	12.8	9.9	25.7	18.7	14.6	8.4	34.8	25.6	20.2	11.7	45.4	33.7	26.7	15.7	9.8
250×125×3.2×4.5	23.1	13.1	8.9	6.7	34.5	20.7	14.6	11.3	29.9	21.6	16.9	9.7	40.8	29.8	23.6	13.7	53.3	39.4	31.3	18.4	11.5
250×125×4.5×6	30.7	17.4	11.9	8.9	45.8	27.5	19.4	15.0	39.7	28.6	22.4	12.9	54.2	39.6	31.3	18.2	70.8	52.3	41.6	24.4	15.2
250×125×4.5×8	38.3	21.8	14.8	11.1	57.2	34.3	24.2	18.7	49.6	35.8	28.1	16.1	67.7	49.5	39.2	22.8	88.5	65.4	52.0	30.5	19.1
250×125×6×8	40.1	22.8	15.5	11.6	59.9	35.9	25.4	19.6	52.0	37.5	29.4	16.8	70.9	51.9	41.0	23.8	92.7	68.5	54.5	32.0	20.0
250×150×3.2×4.5	26.9	14.6	9.6	7.0	40.1	23.2	16.1	12.3	33.9	24.1	18.9	10.8	46.4	33.7	26.7	15.5	60.9	44.7	35.7	20.9	13.0
250×150×4.5×6	35.7	19.3	12.8	9.3	53.2	30.9	21.4	16.4	44.9	32.0	25.1	14.3	61.6	44.7	35.4	20.5	80.8	59.3	47.3	27.7	17.3
250×150×4.5×8	44.9	24.3	16.1	11.8	67.1	38.9	27.0	20.6	56.6	40.4	31.6	18.0	77.6	56.3	44.6	25.8	101.8	74.8	59.7	35.0	21.8
250×150×6×8	46.7	25.3	16.7	12.3	69.7	40.4	28.0	21.5	58.6	42.0	32.9	18.7	80.7	58.6	46.4	26.9	105.9	77.8	62.0	36.4	22.6
300×150×3.2×4.5	31.4	16.6	10.6	7.5	46.9	26.5	17.8	13.1	38.6	26.7	20.1	11.5	52.9	37.2	28.4	16.4	69.4	49.4	37.9	22.2	13.8
300×150×4.5×6	41.8	22.1	14.2	10.0	62.4	35.3	23.7	17.5	51.4	35.5	26.8	15.3	70.4	49.6	37.8	21.9	92.4	65.8	50.5	29.6	18.4
300×150×4.5×8	52.4	27.7	17.7	12.5	78.3	44.2	29.7	21.9	64.4	44.6	33.6	19.1	88.3	62.1	47.4	27.4	115.8	82.5	63.4	37.1	23.1
300×150×6×8	54.9	29.0	18.6	13.1	82.0	46.4	31.2	23.0	67.5	46.7	35.2	20.1	92.5	65.1	49.6	28.8	121.4	86.5	66.4	38.9	24.2
320×150×5×8	56.1	29.4	18.6	13.0	83.8	47.0	31.3	22.7	68.4	46.8	34.8	19.9	93.7	65.3	49.2	28.5	123.0	86.7	65.7	38.5	24.0
350×175×4.5×6	53.7	26.4	15.9	10.5	80.1	42.8	27.5	19.3	62.8	41.8	30.4	17.2	86.5	58.8	43.5	25.1	113.9	78.6	58.6	34.3	21.3
350×175×6×8	70.5	34.6	20.9	13.8	105.1	56.2	36.1	25.3	82.4	54.8	39.9	22.6	113.5	77.1	57.1	32.9	149.4	103.1	76.9	45.0	27.9
400×200×6×8	58.0	23.9	12.0	6.9	85.3	35.2	17.7	10.1	48.6	24.5	14.0	8.8	64.0	32.3	18.5	11.6	81.5	41.2	23.6	14.7	9.8
400×150×8×13	69.4	28.5	14.3	8.2	102.0	42.1	21.1	12.1	58.1	29.2	16.7	10.4	76.6	38.6	22.0	13.8	97.5	49.2	28.1	17.5	11.7
400×200×8×13	88.1	36.2	18.1	10.3	129.5	53.4	26.8	15.3	73.7	37.1	21.2	13.2	97.2	49.0	28.0	17.4	123.7	62.4	35.7	22.3	14.8
450×200×8×12	90.6	37.2	18.7	10.6	133.2	54.9	27.6	15.7	75.8	38.2	21.8	13.6	100.0	50.4	28.8	17.9	127.2	64.2	36.7	22.9	15.2

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/878071070071006133>