



T/CECSxxx-2023

中国工程建设标准化协会标准

钢结构螺纹锚固单边螺栓连接技术规程

**Technical specification for thread-fixed one-side bolted
connection in steel structure**

（征求意见稿）

（提交反馈意见时，请将有关专利连同支持性文件一并附上）

XXX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

钢结构螺纹锚固单边螺栓连接技术规程

Technical specification for thread-fixed one-side bolted
connection in steel structure

T/CECSxxx-2023

主编单位：山东大学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2023 年 X 月 X 日

XXX 出版社

中国 北京

前 言

本规程编制组根据 xxxxxxxx 要求，经过广泛调查研究，认真总结工程实践经验，参考有关国际标准和国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、计算与构造、连接节点设计、施工、验收。

本规程由 xxxxxxxx 负责管理，山东大学负责具体技术内容的解释。在执行过程中如发现需要修改和补充之处，请将意见和建议寄山东大学《钢结构螺纹锚固单边螺栓连接技术规程》编委办公室（地址：济南市历下区经十路 17922 号水利楼 322 室，邮编 250061，联系电话：0531-88392529，电子邮箱：pjwang@sdu.edu.cn），以供修订时参考。

本规程编制单位和主要起草人：

主 编 单 位： 山东大学

参 编 单 位：

主要起草人：

主要审查人：

目次

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	9
3.1	一般规定.....	9
3.2	材料与设计指标.....	10
4	计算与构造	12
4.1	摩擦型连接.....	12
4.2	承压型连接.....	14
4.3	连接构造.....	15
5	连接节点设计	21
5.1	一般规定.....	21
5.2	梁柱端板连接计算.....	22
5.3	拼接接头计算.....	34
6	施 工	39

6.1	连接构件的制作.....	39
6.2	储运和保管.....	40
6.3	安装.....	41
7	验 收.....	44
7.1	一般规定.....	44
7.2	单边螺栓.....	45
7.3	内螺纹螺栓孔.....	46
7.4	单边螺栓连接.....	47
7.5	贴板焊缝.....	48
附录 A	屈服线有效长度.....	50
A.1	单排螺栓连接.....	50
A.2	多排螺栓连接.....	53
本规程用词说明		56
引用标准名录		57
附：条文说明		58

CONTENTS

前 言.....2

1 总 则.....1

2 术语和符号.....2

2.1 术 语.....2

2.2 符 号.....4

3 基 本 规 定.....10

3.1 一 般 规 定.....10

3.2 材料与设计指标.....11

4 计算与构造.....15

4.1 摩擦型连接.....15

4.2 承压型连接.....18

4.3 连 接 构 造.....20

5 连接节点设计.....29

5.1 一 般 规 定.....29

5.2 梁柱端板连接计算.....30

5.3 拼接接头计算.....44

6 施 工.....50

6.1 连接构件的制作.....50

6.2 储运和保管.....56

6.3 安 装.....57

7 验 收.....61

7.1 一 般 规 定.....61

7.2 单 边 螺 栓.....62

7.3 内螺纹螺栓孔.....63

7.4 单边螺栓连接.....65

7.5 贴 板 焊 缝.....66

附录 A 屈服线有效长度.....68

A.1 单排螺栓连接.....68

A.2 多排螺栓连接.....71

本标准用词说明.....74

引用标准名录.....75

1 总 则

1.0.1 为在钢结构螺纹锚固单边螺栓连接的设计、施工及质量验收中，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 本规程适用于承受静力荷载或间接承受动力荷载的建筑钢结构螺纹锚固单边螺栓连接的设计、施工与质量验收。

1.0.3 钢结构螺纹锚固单边螺栓连接的设计、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

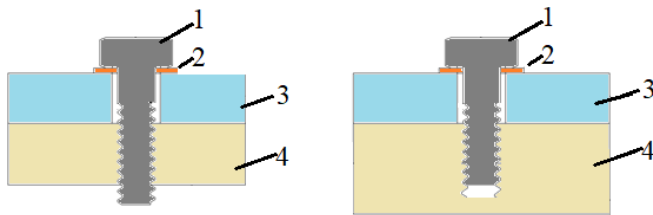
2.1 术 语

2.1.1 螺纹锚固单边螺栓 thread-fixed one-side bolt

通过内螺纹螺栓孔锚固的高强度螺栓，以下简称单边螺栓。

【条文说明】

本规程中所述螺纹锚固单边螺栓连接，是指利用螺栓孔内的螺纹取代螺母，锚固螺杆的螺栓连接。带有螺纹的螺栓孔，包括通孔和盲孔两种形式（图1）。



(a) 带有螺纹的通孔 (b) 带有螺纹的盲孔

图1 螺纹锚固单边螺栓连接示意

1—单边螺栓；2—高强度垫圈；3—光圆孔连接板；4—螺纹孔连接板

2.1.2 内螺纹螺栓孔 screwed bolt hole

螺栓孔壁上具有内螺纹的螺栓孔。

2.1.3 单边螺栓连接副 one-side bolt assembly

由一个单边螺栓和一个高强度垫圈组成的一副连接紧固件。

【条文说明】

与高强度螺栓连接副不同，单边螺栓连接副不包含高强度螺母。

2.1.4 贴板 lining plate

设置在带有内螺纹螺栓孔连接板内侧的加强板件。

【条文说明】

为提高开设有内螺纹螺栓孔连接板的刚度或者增加螺纹锚固长度，在连接板内侧设置的加强板件，如图2所示。

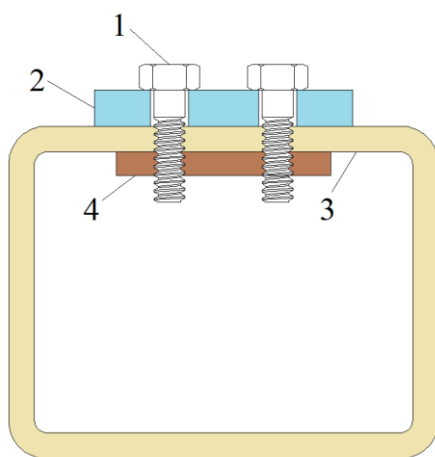


图2 贴板示意图

1—单边螺栓；2—光圆孔连接板；3—螺纹孔连接板；4—贴板

2.1.5 摩擦型连接 friction-type connection

依靠单边螺栓的紧固，在被连接件间产生摩擦阻力以传递剪力的连接

方式。

2.1.6 承压型连接 bearing-type connection

依靠螺杆抗剪和螺杆与孔壁承压以传递剪力的连接方式。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应设计值

F ——集中荷载；

F_T ——T 形连接承载力设计值；

F_{T1} ——T 形连接螺栓杆拉断破坏模式承载力设计值；

F_{T2} ——T 形连接端板屈服破坏模式承载力设计值；

F_{T3} ——T 形连接端板屈服伴随螺栓杆拉断破坏模式承载力设计值；

F_{T4} ——T 形连接螺纹破坏模式承载力设计值；

F_{T5} ——T 形连接端板屈服伴随螺纹破坏模式承载力设计值；

F_{T6} ——T 形连接柱壁板屈服破坏模式承载力设计值；

F_T^i ——通过 T 形连接计算得到的第 i 排螺栓的拉力；

F_t ——单个单边螺栓极限抗拉承载力；

F_s ——螺栓孔单圈螺纹承载力设计值；

F_{s1} ——螺栓孔单圈螺纹抗剪承载力设计值；

F_{s2} ——螺栓孔单圈螺纹抗弯承载力设计值；

$F_{T, B}$ ——带加强措施的 T 形连接承载力设计值；

$F_{T, B1}$ ——带加强措施的 T 形连接螺栓杆拉断破坏模式承载力设计值；

$F_{T, B2}$ ——带加强措施的 T 形连接端板屈服破坏模式承载力设计值；

$F_{T, B3}$ ——带加强措施的 T 形连接螺栓杆拉断伴随端板屈服破坏模式承载力设计值；

$F_{T, B4}$ ——带加强措施的 T 形连接螺纹破坏模式承载力设计值；

$F_{T, B5}$ ——带加强措施的 T 形连接螺纹破坏伴随端板屈服破坏模式承载力设计值；

$F_{T, B6}$ ——带加强措施的 T 形连接柱壁板屈服破坏模式承载力设计值；

$F_{T, B}^i$ ——通过带加强措施的 T 形连接计算得到的第 i 排螺栓的拉力；

M ——弯矩；

M_1 ——拼接截面处作用的最大弯矩；

N ——轴力；

N' ——折算轴力；

N_1 ——拼接截面处作用的最大弯矩相应的轴力；

N_f ——拼接处需由螺栓传递的翼缘轴向力；

P ——单边螺栓预拉力设计值；

V ——剪力。

2.2.2 计算指标

f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

f_v ——钢材的抗剪强度设计值；

f_u ——钢材的抗拉强度最小值；

f_c^b ——螺栓孔的承压强度设计值；

f_t^b ——单边螺栓的抗拉强度设计值；

f_u^b ——单边螺栓的抗拉极限强度设计值；

f_v^b ——单边螺栓的抗剪强度设计值；

N_c^b ——单个单边螺栓的承压承载力设计值；

N_t^b ——单个单边螺栓的受拉承载力设计值；

N_v^b ——单个单边螺栓的受剪承载力设计值。

2.2.3 几何参数

A ——毛截面面积；

A_{eff} ——单边螺栓螺纹处有效截面面积；

A_f ——翼缘的毛截面面积；

A_n ——净截面面积；

A_{nf} ——一个翼缘的净截面面积；

A_v ——螺栓孔单圈螺纹抗剪面积；

A_w ——闭口腹板截面构件面积；

b_s ——螺纹宽度；

d ——单边螺栓直径；

d_0 ——螺栓孔径；

d_{eff} ——螺栓在螺纹处的有效直径；

D ——螺纹外径；

e ——T 形连接螺栓孔中心至端板边缘距离；

e_1 ——T 形连接螺栓孔中心至柱壁板边缘距离；

h_1 ——拼接截面处，闭口截面构件翼缘中心间距离；

h_s ——螺纹根部高度；

h^i ——第 i 排螺栓中心至钢梁压翼缘中心的距离；

l ——长度；

l_1 ——受力方向连接长度；

$l_{eff,2}$ ——T 形连接端板屈服破坏模式屈服线有效长度；

$l_{eff,3}$ ——T 形连接端板屈服伴随螺栓杆拉断破坏模式屈服线有效长度；

$l_{\text{eff},5}$ ——T 形连接端板屈服伴随螺纹破坏模式屈服线有效长度；

$l_{\text{eff},6}$ ——T 形连接柱壁板屈服破坏模式屈服线有效长度；

l_t ——螺纹锚固长度；

m ——T 形连接螺栓孔至塑性铰的距离；

t ——板件厚度；

t_{bp} ——贴板厚度；

t_c ——柱壁板厚度；

t_t ——端板厚度；

W_{tr} ——螺纹根部有效塑性截面模量；

x_i ——所计算螺栓至螺栓群中心的横标距；

y_i ——所计算螺栓至螺栓群中心的纵标距。

2.2.4 计算系数及其他

k ——螺栓孔型系数；

K ——单边螺栓扭矩系数；

n ——单边螺栓数目；

n_1 ——所计算截面上单边螺栓的数目；

n_t ——单边螺栓的传力摩擦面数目；

n_v ——单边螺栓的剪切面数目；

n_w ——拼接缝一侧腹板螺栓的总数；

N_t ——单个单边螺栓所承受的拉力；

N_v ——单个单边螺栓所承受的剪力；

P_c ——单边螺栓施工预拉力；

T ——施拧扭矩；

T_c ——施工终拧扭矩；

μ ——单边螺栓连接摩擦面的抗滑移系数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 单边螺栓连接设计除疲劳计算外,采用以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。

3.1.2 单边螺栓连接按承载能力极限状态设计时,应选用荷载效应的基本组合或偶然组合。对于抗震设计时,应考虑作用的地震组合。按正常使用极限状态设计或进行疲劳计算时,应选用荷载效应的标准组合。

【条文说明】

荷载效应的组合原则是根据《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定,并结合了钢结构的特点。对荷载效应的偶然组合,《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068 只作了原则性的规定,具体的设计表达式及各种系数应符合专门规范的有关规定。对于正常使用极限状态,钢结构一般只考虑荷载效应的标准组合,当有可靠依据和实践经验时,亦可考虑荷载效应的频遇组合。

3.1.3 单边螺栓连接设计,宜符合连接强度不低于被连接构件强度的原则。

3.1.4 在同一连接部位中,单边螺栓连接不应与普通螺栓连接混用;单边螺栓承压型连接不应与焊接连接并用;在改、扩建工程中作为加固补强措施,承受同一作用力的单边螺栓摩擦型连接可与焊接连接并用,其计算与构造应符合行业标准《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 高温环境下，单边螺栓连接应符合下列规定：

- 1 长期受辐射热（环境温度）达 150℃ 以上，或短时间受火焰作用时，应采取加耐热隔热涂层、热辐射屏蔽等隔热防护措施予以保护；
- 2 单边螺栓连接处的耐热隔热涂层厚度不应小于被连接构件涂层厚度。

3.1.6 单边螺栓承压型连接不应用于直接承受动力荷载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。

【条文说明】

因承压型连接允许接头滑移，并有较大变形，故对承受动力荷载的结构以及接头变形会引起结构内力和结构刚度有较大变化的敏感构件，不应采用承压型连接。

3.1.7 单边螺栓连接的设计文件应符合下列要求：

- 1 应注明所采用的标准、钢材牌号（或钢号）、连接材料的型号和设计所需的附加保证项目。
- 2 应注明螺栓防松构造要求、端面刨平顶紧部位、防护要求及措施和对施工的要求。
- 3 对单边螺栓连接，应注明预拉力设计值；采用摩擦型连接时尚应注明摩擦面的处理措施和抗滑移系数值。

3.2 材料与设计指标

3.2.1 单边螺栓应采用等级 8.8s 和 10.9s 的高强度螺栓，其材质、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。

【条文说明】

当设计采用性能等级 8.8s 和 10.9s 进口大六角头螺栓连接副时，其材质、性能等应符合相应产品标准的规定。设计计算参数的取值应有可靠依据。

3.2.2 单边螺栓承压型连接的强度设计值应按表 3.2.2 采用。

表 3.2.2 单边螺栓承压型连接的强度设计值（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 f_t^b	抗剪强 度 f_v^b	承压强 度 f_c^b
承压型 连接	单边螺栓	8.8s	400	250	—
		10.9s	500	310	—
	连接处 构件	Q235	—	—	470
		Q355、Q345GJ	—	—	590
		Q390	—	—	615
		Q420	—	—	655
		Q460	—	—	695

【条文说明】

当设计采用其他钢号的连接材料时，承压强度取值应有可靠依据。

3.2.3 单边螺栓连接摩擦面抗滑移系数 μ 的取值应符合表 3.2.3 的规定。

表 3.2.3 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	Q355、Q345GJ	Q390	Q420	Q460
喷砂（丸）	0.40	0.40		0.40	

喷硬质石英砂或铸钢棱角砂	0.45	0.45	0.45
钢丝刷清除浮锈或未经处理的干净轧制表面	0.30	0.35	—

- 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，处理工艺及抗滑移系数均应经试验确定。

【条文说明】

螺栓连接摩擦面抗滑移系数可按表 3.2.3 规定值取值，也可按摩擦面的实际情况取值。当摩擦承载力不起控制因素时，设计可以适当降低摩擦面抗滑移系数。设计应考虑施工单位在设备及技术条件上的差异，慎重确定摩擦面抗滑移系数，以保证连接的安全度。

喷砂应优先使用石英砂；其次为铸钢砂；普通的河砂能够起到除锈的目的，但对提高摩擦面抗滑移系数效果不理想。

喷丸（或称抛丸）是钢材表面处理常用的方法，其除锈的效果较好，但对满足高摩擦面抗滑移系数的要求有一定的难度。对于不同抗滑移系数要求的摩擦面处理，所使用的磨料（主要是钢丸）成分要求不同。例如，在钢丸中加入部分钢丝切丸或破碎钢丸，以及增加磨料循环使用次数等措施都能改善摩擦面处理效果。这些工艺措施需要加工厂家多年经验积累和总结。

对于小型工程、加固改造工程以及现场处理，可以采用手工砂轮打磨的处理方法，此时砂轮打磨的方向应与受力方向垂直，打磨的范围不应小于 4 倍螺栓直径。手工砂轮打磨处理的摩擦面抗滑移系数离散相对较大，需要试验确定。

试验结果表明，摩擦面处理后生成赤锈的表面，其摩擦面抗滑移系数会有所提高，但安装前应除去浮锈。

3.2.4 单个单边螺栓的预拉力设计值应按表 3.2.4 采用。

表 3.2.4 单个单边螺栓的预拉力设计值 P (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

【条文说明】

螺栓预拉力设计值 P 只与螺栓性能等级有关。当采用进口大六角头螺栓时，预拉力设计值 P 取值应有可靠依据。

4 计算与构造

4.1 摩擦型连接

4.1.1 摩擦型连接中，每个单边螺栓的受剪承载力设计值应按下式计算：

$$N_v^b = 0.9k n_f \mu P \quad (4.1.1)$$

式中： N_v^b ——单个单边螺栓的受剪承载力设计值（N）；

k ——孔型系数，标准孔取 1.0，大圆孔取 0.85，当为槽孔且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，按第 3.2.3 条采用；

P ——单个单边螺栓的预拉力设计值（N），按第 3.2.4 条采用。

【条文说明】

本条所列螺栓受剪承载力计算公式与现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 规定的公式相同。

4.1.2 在螺栓杆轴方向受拉的连接中，单个单边螺栓的受拉承载力设计值应按下式计算：

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

式中： N_t^b ——单个单边螺栓的受拉承载力设计值（N）。

【条文说明】

本条所列螺栓受剪承载力计算公式与现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 规定的公式相同。

4.1.3 单边螺栓连接同时承受剪力和螺栓杆轴方向的外拉力时,连接的承载力应按下式计算:

$$\frac{N_v}{N_v^b} + \frac{N_t}{N_t^b} \leq 1.0 \quad (4.1.3)$$

式中: N_v ——单个单边螺栓所承受的剪力 (N);

N_t ——单个单边螺栓所承受的拉力 (N)。

【条文说明】

考虑到单边螺栓没有明显的屈服点,因此预拉力设计值 P 值以螺栓的抗拉强度为准,再考虑必要的系数,用螺栓的有效截面经计算确定。拧紧螺栓时,除使螺栓产生拉应力外,还产生剪应力。在正常施工条件下,即钢构件内螺纹涂黄油润滑剂的条件下,或在供货状态原润滑剂未干的情况下拧紧螺栓时,试验表明可考虑对应力的影响系数为 1.2。考虑螺栓材质的不均匀性,引进折减系数 0.9。施工时为了补偿螺栓施工预拉力的松弛,一般超张拉 5%~10%,为此采用一个超张拉系数 0.9。由于以螺栓的抗拉强度为准,为安全起见再引入一个附加安全系数 0.9。这样螺栓预拉力设计值应由下式计算:

$$P = \frac{0.9 \times 0.9 \times 0.9}{1.2} f_u A_{\text{eff}} \quad (1)$$

4.1.4 轴心受力构件在单边螺栓摩擦型连接处的强度应按下列公式计算:

$$\sigma = \frac{N'}{A_n} \leq 0.7 f_u \quad (4.1.4-1)$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq f \quad (4.1.4-2)$$

式中：A——计算截面处构件毛截面面积（mm²）；

A_n——计算截面处构件净截面面积（mm²）；

f_u——钢材的抗拉强度最小值（N/mm²）；

f——钢材的抗拉、拉压和抗弯强度设计值（N/mm²）；

N——轴心拉力或轴心压力（N）；

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

n——在节点或拼接处，构件一端连接的螺栓数；

n₁——计算截面（最外列螺栓处）上的螺栓数。

4.1.5 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15 d_0 时，螺栓承载力设计值应乘以折减系数 $\left(1.1 - \frac{l_1}{150 d_0}\right)$ 。当 l_1 大于60 d_0 时，折减系数为0.7， d_0 为相应的光圆孔孔径。

【条文说明】

当构件的节点处或拼接接头的一端，螺栓的连接长度过大时，螺栓的受力很不均匀，端部的螺栓受力最大，往往首先破坏，并将依次向内逐个破坏。因此规定当 >15 时，应将承载力设计值乘以折减系数。

4.2 承压型连接

4.2.1 单边螺栓承压型连接接触面应清除油污及浮锈等，保持接触面清洁。

4.2.2 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。

4.2.3 承压型连接承受螺栓杆轴方向的拉力时，每个螺栓的受拉承载力设计值应按下式计算：

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

式中： A_{eff} ——螺栓在螺纹处的有效截面面积（ mm^2 ），按表 4.2.3 取用。

表 4.2.3 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

【条文说明】

按照现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定，公式 4.2.3 是按承载力极限状态设计时螺栓达到其受拉极限承载力。

4.2.4 在受剪承压型连接中，每个单边螺栓的受剪承载力设计值应按式（4.2.4-1）和式（4.2.4-2）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：

$$N_v^b = n_v A_{\text{eff}} f_v^b \quad (4.2.4-1)$$

承压承载力设计值：

$$N_c^b = d_{\text{eff}} \sum t f_c^b \quad (4.2.4-2)$$

式中： n_v ——螺栓受剪面数目；

d_{eff} ——螺栓在螺纹处的有效直径（mm）；

$\sum t$ ——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）。

N_c^b ——单个单边螺栓的承压承载力设计值（N）；

4.2.5 同时承受剪力和杆轴方向拉力的承压型连接的单边螺栓，应符合下列公式要求：

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^b}\right)^2} \leq 1.0 \quad (4.2.5-1)$$

$$N_v \leq \frac{N_c^b}{1.2} \quad (4.2.5-2)$$

4.2.6 轴心受力构件在单边螺栓承压型连接处的强度应按下式计算：

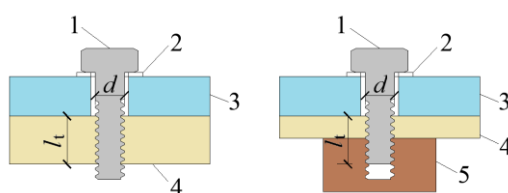
$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq 0.7 f_u \quad (4.2.6)$$

4.2.7 在构件的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按本规程第 4.1.5 条规定乘以折减系数。

4.2.8 承压型抗剪连接正常使用极限状态下的设计计算应符合不滑移的设计要求。

4.3 连接构造

4.3.1 在单边螺栓连接中，螺纹锚固长度 l_t （图 4.3.1）不应小于表 4.3.1 所列值，采用贴板时不应小于表 4.3.1 所列值的 1.1 倍，且螺栓旋入贴板内的长度不少于 3 扣。



(a) 无加强措施 (b) 贴板加强

图 4.3.1 螺纹锚固长度示意

1—单边螺栓；2—高强度垫圈；3—光圆孔连接板；4—内螺纹孔连接板；5—贴板

表 4.3.1 螺纹锚固长度 l_t 最小值

螺栓的性能等级	钢材牌号				
	Q235	Q355、Q345GJ	Q390	Q420	Q460
8.8s	$1.5d$	$1.0d$	$0.9d$	$0.9d$	$0.8d$
10.9s	$1.9d$	$1.3d$	$1.2d$	$1.1d$	$0.9d$

【条文说明】

为了防止节点在工作状态下板件上螺栓孔内螺纹先于螺栓拉断，对板件内最小螺纹锚固长度做出规定。最小螺纹锚固长度的计算方法如下：

$$l_t = \frac{0.25 \times f_u^b}{f_y} d \quad (2)$$

为便于设计和施工，表 4.3.1 对公式 (2) 的计算结果进位取整。此外，考虑到贴板与连接板并不是整体，贴板与连接板中螺纹的共同工作性能有削弱，对表 4.3.1 中所列值扩大 1.1 倍，且贴板内的螺纹锚固长度不少于 3 扣。

表 4.3.1 和公式 (2) 来源于理论分析和试验探究，关于螺纹锚固长度的详细研究成果可参考以下文献：

[1] Liu M, Zhu XL, Wang PJ, Wulan TY, Hu SQ. Tension strength and design method for thread-fixed one-side bolted T-stub. *Engineering Structures* 2017; 150:918-33.

[2] Zhu XL, Wang PJ, Liu M, Wulan TY, Hu SQ. Behaviors of one-side bolted T-stub through thread holes under tension strengthened with backing plate. *Journal of Constructional Steel Research* 2017; 134:53-65.

[3] Wulan TY, Wang PJ, Li Y, You Y, Tang FN. Numerical investigation on strength and failure modes of thread-fixed one-side bolted T-stubs under tension. *Engineering Structures* 2018; 169:15-36.

[4] Wang PJ, Wulan TY, Liu M, Qu HY, You Y. Shear behavior of lap connection using one-side bolts. *Engineering Structures* 2019; 186(1): 64-85.

[5] Zhang Y, Wang PJ, Liu M, Liu YJ, Zhang BX, Zhou SZ, Chen JX. Numerical studies on yield line patterns of thread-fixed one-side bolted endplate connection to square hollow section column under tension. *Journal of Constructional Steel Research* 2020; 173:106262.

[6] Zhang Y, Liu M, Ma QJ, Liu ZH, Wang PJ, Ma CW, Sun LL. Yield line patterns of T-stubs connected by thread-fixed one-side bolts under tension. *Journal of Constructional Steel Research* 2020; 166:105932.

[7] Wulan TY, Ma QJ, Liu ZH, Liu M, Song J, Cai JF, Wang PJ. Experimental study on T-stubs connected by thread-fixed one-side bolts under cyclic load. *Journal of Constructional Steel Research* 2020; 169:106050.

[8] Wang PJ, Sun LL, Zhang BX, Yang XX, Liu FZ, Han ZL. Experimental studies on T-stub to hollow section column connection bolted by T-head square-neck one-side bolts under tension. *Journal of Constructional Steel Research* 2021; 178:106493.

[9] Zhang BX, Yuan HT, Xia CX, Liu XY, Liu M, Liu FZ, Wang PJ. Seismic behavior of thread-fixed one-side bolted endplate connection of steel beam to hollow square column. *Journal of Building Engineering* 2021; 43:102557.

[10] You Y, Liu M, Liu YJ, Wang PJ, Zhou SZ, Chen JX. Experimental studies on thread-fixed one-side bolted T-stubs in tension at elevated temperatures. *Journal of Constructional Steel Research* 2020; 171:106139.

[11] Wang PJ, You Y, Liu M, Zhang BX, Zhou SZ, Chen JX. Behavior of thread-fixed one-side bolted T-stubs with backing plates at ambient and elevated temperatures. *Journal of Constructional Steel Research* 2020; 170:106093.

4.3.2 设有内螺纹孔的连接板厚度不宜小于 6 mm。

4.3.3 单边螺栓连接中贴板上螺栓孔孔距和边距应按表 4.3.3 执行。

表 4.3.3 单边螺栓连接中贴板上螺栓孔孔距和边距的容许值

名称	位置和方向		最大容许间距	最小容许
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	
		构件受压	12d ₀ 或 18t	

		顺内力方向	构件受拉	16d ₀ 或 24t	
	沿对角线方向			—	
中心至	顺内力方向			4d ₀ 或 8t	2d ₀
构件边	垂直内 力方向	剪切边或手工切割边			1.5d ₀
缘距离		轧制边、自动气割或锯割边			

注：1 d_0 为单边螺栓连接光圆孔的孔径，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（如热轧角钢、槽钢等）相连的单边螺栓的最大间距，可按中间排的数值采用。

4.3.4 当螺纹锚固长度不足时，可按下列规定采取加强措施：

1 采用贴板[图 4.3.4-1（a）]加强时，贴板高度不应小于端板高度，贴板宽度不应小于端板宽度，且厚度不应小于 6mm；

2 在闭口截面外部设置套管[图 4.3.4-1（c）]，内部设置套管[图 4.3.4-1（b）]、H 形钢构件[图 4.3.4-1（d）]或十字形钢构件[图 4.3.4-1（e）]等加劲构件时，加劲构件高度不应小于端板高度，加劲构件翼缘宽度不应小于端板宽度，且厚度不应小于 6mm；

3 贴板或加劲构件与闭口截面构件之间宜通过塞焊缝连接，且符合下列规定：

1) 制作螺纹孔前，贴板或加劲构件与闭口截面构件之间采用塞焊缝固定[图 4.3.4-2（a），图 4.3.4-2（b），图 4.3.4-2（c），图 4.3.4-2（d）]。塞焊孔直径不应小于闭口截面构件内螺孔直径。塞焊孔应避开螺栓孔，塞焊孔中心间距不应大于 $12d_0$ 或 $18t$ ，且数量不少于 3 个[图 4.3.4-2（e）]。焊缝质量等级不应低于三级，焊后表面打磨平整。

2) 闭口截面构件单侧与钢梁连接时，无钢梁侧，贴板或加劲构件与闭口截面构件之间采用塞焊缝连接[图 4.3.4-3（a），图 4.3.4-3（b），图

4.3.4-3 (c) , 图 4.3.4-3 (d) , 图 4.3.4-3 (e)]。塞焊孔直径不应小于闭口截面构件内螺孔直径。塞焊孔应与对侧螺栓孔布置相同[图 4.3.4-3 (f)]。焊缝质量等级不应低于二级，焊后表面打磨平整。

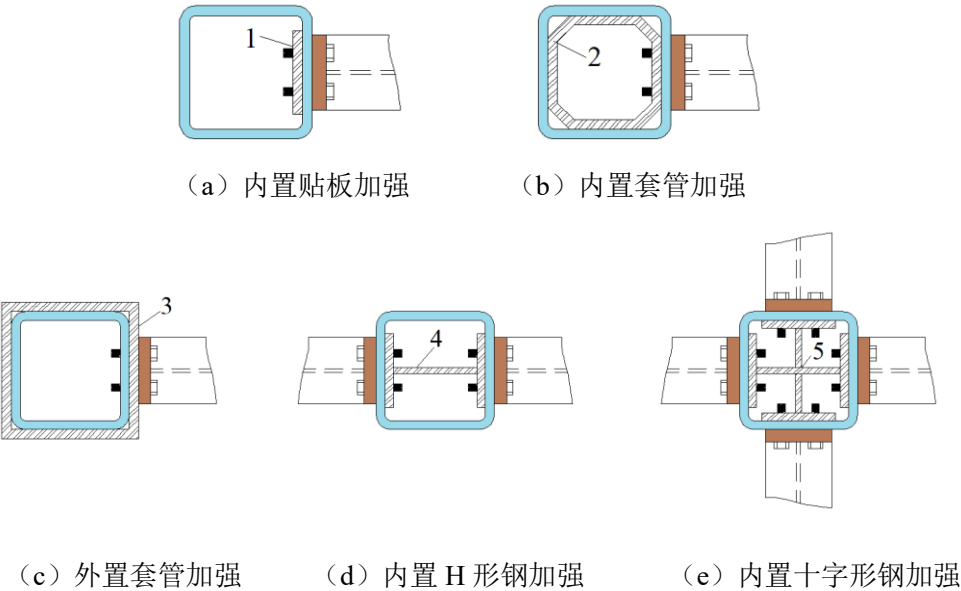
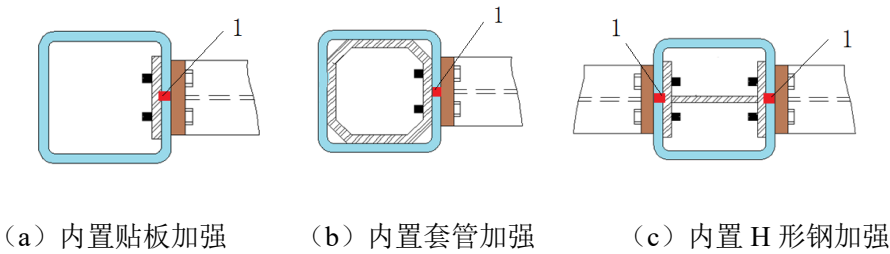
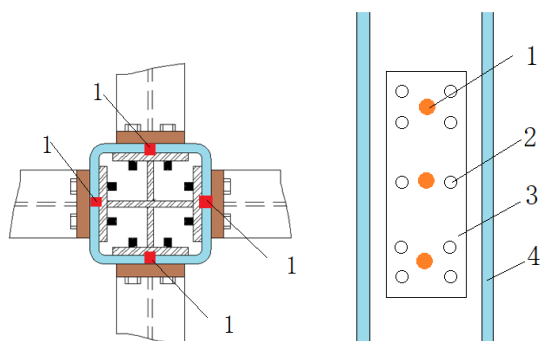


图 4.3.4-1 节点加强方式

1—内置贴板；2—内置套管；3—外置套管；4—内置 H 形钢；5—内置十字形钢

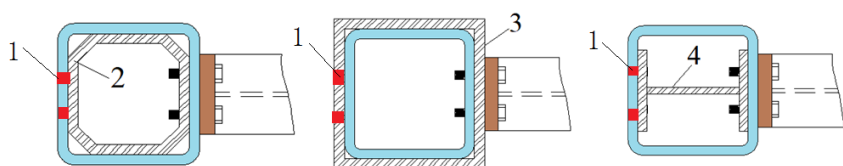




(d) 内置十字形钢加强 (e) 塞焊缝立面图

图 4.3.4-2 加强构件与闭口截面构件之间塞焊缝

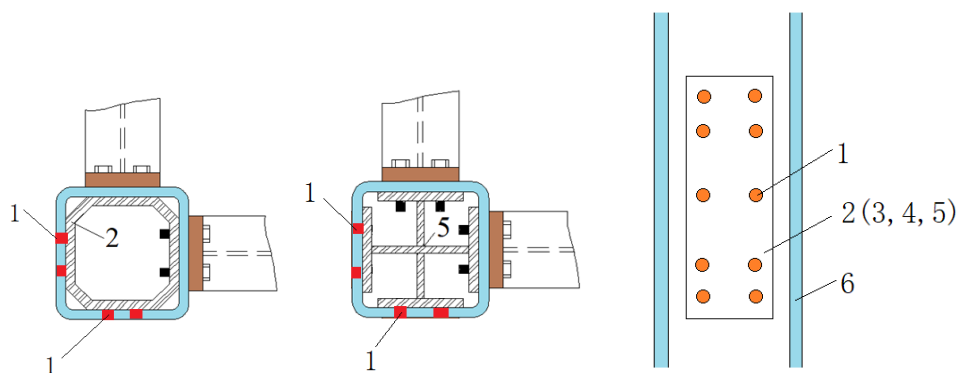
1—塞焊缝；2—螺栓孔；3—内置贴板或内部加强构件；4—闭口截面构件



(a) 外置套管加强

(b) 内置 H 形钢加强

(c) 内置十字形钢加强



(d) 内置套管加强

(e) 内置十字形钢加强

(f) 塞焊缝立面图

图 4.3.4-3 加强构件与闭口截面构件无钢梁侧塞焊缝

1—塞焊缝；2—内置套管；3—外置套管；4—内置 H 形钢；5—内置十字形钢；6—闭口截面构件

【条文说明】

端板连接节点和拼接节点一般都需要进行加强，在单边螺栓连接节点中，加强部件不仅对节点进行了加强，也对螺纹锚固长度进行了加长，进一步保证了螺纹的承载力。

4.3.5 每一杆件在单边螺栓连接节点及拼接接头的一端，其连接的螺栓数量不应少于 2 个。

【条文说明】

单边螺栓扭矩系数和摩擦面抗滑移系数都是统计数据，再加上施工的不确定性以及螺栓延迟断裂问题，单独一个螺栓连接的不安全隐患概率要高，一旦出现螺栓断裂，会造成结构的破坏。

4.3.6 当连接处型钢斜面斜度大于 $1/20$ 时，应采用斜垫圈。

【条文说明】

单边螺栓连接斜面型钢示意如图 3 所示。

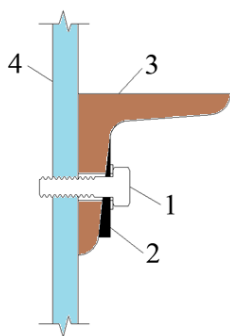


图3 单边螺栓连接斜面型钢示意图

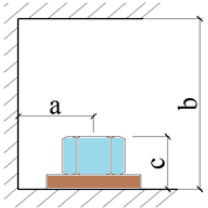
1—单边螺栓；2—斜垫圈；3—斜面型钢；4—内螺纹孔连接板

4.3.7 单边螺栓连接中，光圆孔的孔型、孔径应按现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 执行。

4.3.8 内螺纹螺栓孔应满足现行国家标准《普通螺纹基本尺寸》GB/T 196 的要求。

4.3.9 设计布置螺栓时，应满足现场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 4.3.9 的要求。

表 4.3.9 施工扳手可操作空间尺寸（mm）

扳手种类		参考尺寸		示意图
		<i>a</i>	<i>b</i>	
手动定扭矩扳手		1.5 <i>d</i> ₀ 且不小于 45	140+ <i>c</i>	
大六角	M24 及以下	45	400+ <i>c</i>	
电动扳手	M24 以上	55	450+ <i>c</i>	

【条文说明】

单边螺栓的施拧操作空间，与大六角头高强螺栓相同。设计人员在布置螺栓时应考虑施工扳手操作空间要求，避免螺栓净空过小，造成施工困难或仅能采用手工套筒，影响施工质量与效率。表 4.3.9 仅为常用扳手的数据，供设计参考，设计可根据施工单位的专用扳手尺寸来调整。

4.3.10 在下列情况的连接中，螺栓的数目应予增加：

- 1 构件借助板或其他中间板与另一构件连接的螺栓数目，应按计算增加 10%；

2 当采用搭接或拼接板的单面连接传递轴心力，因偏心引起连接部位发生弯曲时，螺栓数目应按计算增加 10%；

3 在构件的端部连接中，当利用短角钢连接型钢（角钢或槽钢）的外伸肢以缩短连接长度时，在短角钢两肢中的一肢上，所用的螺栓数目应按计算增加 50%。

4.3.11 单边螺栓的防松宜采用机械防松或永久防松，也可采用摩擦防松等措施。

【条文说明】

单边螺栓常用的防松方法有三种：机械防松、永久防松和摩擦防松。机械防松和摩擦防松称为可拆卸防松，而永久防松称为不可拆卸防松。永久防松措施有螺栓头点焊和螺纹粘合；采用永久防松措施的螺栓在拆卸时大多要破坏螺纹，无法重复使用。摩擦防松措施有弹簧垫片防松。机械防松措施有开口销、止动垫片及串钢丝绳等。机械防松措施效果可靠，重要连接节点应推荐使用机械防松措施。

5 连接节点设计

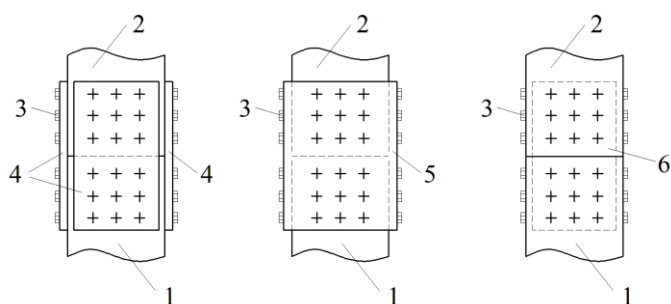
5.1 一般规定

5.1.1 当单边螺栓用于梁柱端板连接时，可采用平齐式、外伸式或加劲外伸式。

5.1.2 梁柱端板连接中，柱壁板不应先于梁端节点破坏。

5.1.3 端板连接接头螺栓宜成对布置，螺栓竖向最大间距不应大于 400 mm。

5.1.4 当单边螺栓用于闭口截面构件拼接时，可采用拼接板、外置套管或内置套管连接（图 5.1.4）。



（a）拼接板连接 （b）外置套管连接 （c）内置套管连接

图 5.1.4 闭口截面构件拼接节点

1—闭口截面构件 1；2—闭口截面构件 2；3—单边螺栓；4—拼接板；5—外置套管；6—内置套管

5.1.5 当被连接板件为曲面时，端板、贴板、拼接板和内外套管应与被连接板同曲率。

5.2 梁柱端板连接计算

5.2.1 单边螺栓端板连接梁柱节点受拉区可采用 T 形连接计算模型进行设计计算（图 5.2.1）。

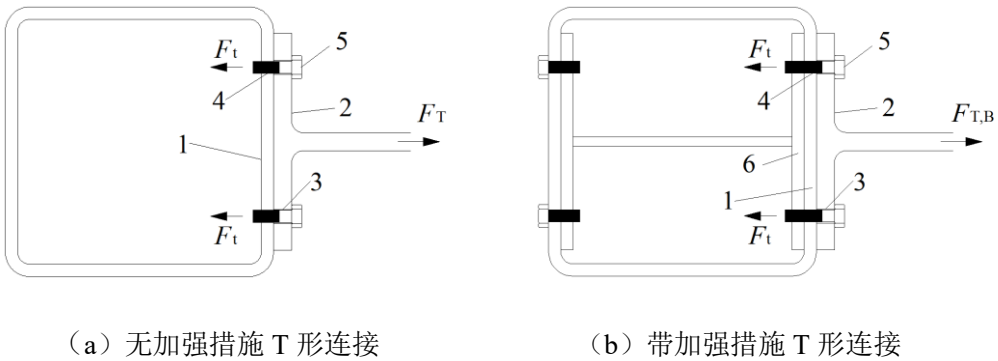
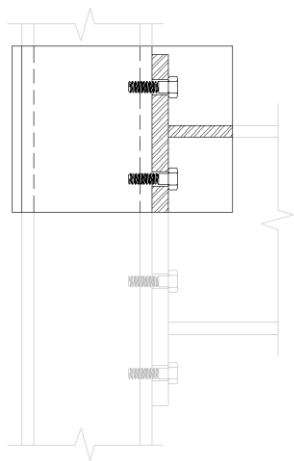


图 5.2.1 T 形连接

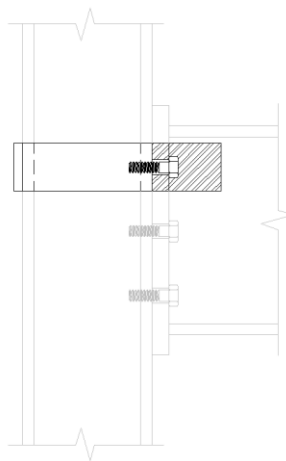
1—柱壁板；2—端板；3—光滑螺栓安装孔；4—内螺纹孔；5—单边螺栓；6—贴板

【条文说明】

欧洲规范 *Eurocode 3-1-8* 给出了图 5.2.1 所示的 T 形连接计算模型，用来计算梁柱螺栓端板连接节点受拉区的承载力。T 形连接与端板连接节点的关系如图 4 所示。



(a) 外伸端板连接简化



(b) 平齐端板连接简化

图4 T形连接简化

5.2.2 T形连接的设计承载力应取螺栓杆拉断、端板屈服、端板屈服伴随螺栓杆拉断、螺纹破坏、端板屈服伴随螺纹破坏和柱壁板屈服六种破坏模式下的最小承载力设计值。

1 破坏模式为螺栓杆拉断时（图 5.2.2-1），T形连接的承载力设计值按下式计算：

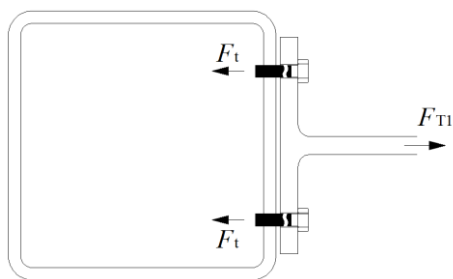


图 5.2.2-1 T形连接螺栓杆拉断

$$F_{T1} = \sum_{i=1}^n N_t^b \quad (5.2.2-1)$$

式中： F_{T1} ——T 形连接在螺栓杆拉断破坏模式下的承载力设计值（N）；

n ——T 形连接螺栓数。

2 破坏模式为端板屈服时（图 5.2.2-2），T 形连接的承载力设计值按下式计算：

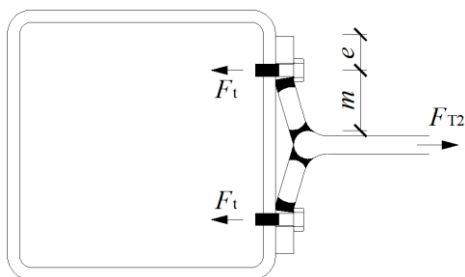


图 5.2.2-2 T 形连接端板屈服

$$F_{T2} = \frac{4M_{pl2}}{m} \quad (5.2.2-2)$$

$$M_{pl2} = 0.25 \sum l_{eff,2} t_f^2 f \quad (5.2.2-3)$$

式中： F_{T2} ——T 形连接在端板屈服破坏模式下的承载力设计值（N）；

m ——端板上螺栓孔中心至塑性铰的距离（mm）；

$l_{eff,2}$ ——在端板屈服破坏模式下，端板上屈服线长度（mm），见附录 A；

t_f ——端板厚度（mm）；

f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值（N/mm²）。

3 破坏模式为端板屈服伴随螺栓杆拉断时（图 5.2.2-3），T 形连接的

承载力设计值按下式计算：

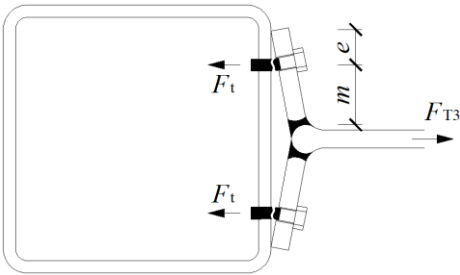


图 5.2.2-3 T 形连接端板屈服伴随螺栓杆拉断

$$F_{T3} = \frac{2M_{p3} + e\sum N_t^b}{m + e} \tag{5.2.2-4}$$

$$M_{p3} = 0.25\sum l_{eff,3}t_f^2 f \tag{5.2.2-5}$$

式中： F_{T3} ——T 形连接在端板屈服伴随螺栓杆拉断破坏模式下的承载力设计值（N）；

e ——端板上螺栓边距（mm）；

$l_{eff,3}$ ——在端板屈服伴随螺栓杆拉断破坏模式下，端板上屈服线长度（mm），见附录 A。

4 破坏模式为螺纹破坏时（图 5.2.2-4），T 形连接的承载力设计值按下式计算：

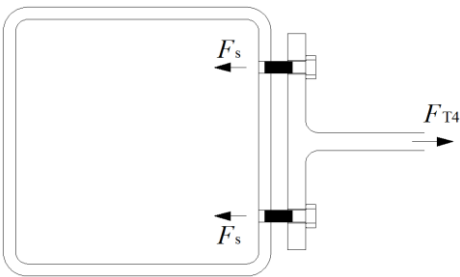


图 5.2.2-4 T 形连接螺纹破坏

$$F_{T4} = \sum_{i=1}^n F_s \quad (5.2.2-6)$$

$$F_s = \min(F_{s1}, F_{s2}) \quad (5.2.2-7)$$

式中： F_{T4} ——T 形连接在螺纹破坏模式下的承载力设计值（N）；

F_s ——螺栓孔单圈螺纹承载力设计值（N）；

F_{s1} ——螺栓孔单圈螺纹的抗剪承载力设计值（N）；

F_{s2} ——螺栓孔单圈螺纹的抗弯承载力设计值（N）。

螺纹计算简图见图 5.2.2-5。

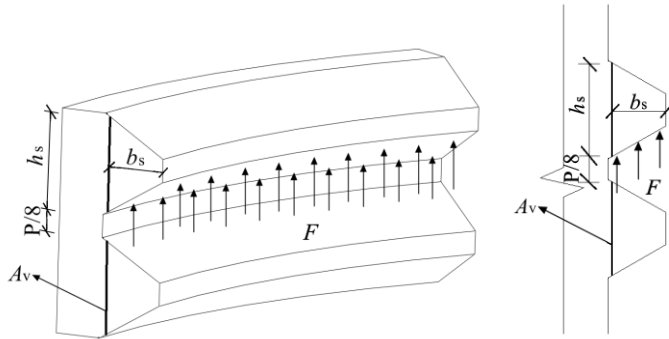


图 5.2.2-5 螺纹受力简图

$$F_{s1} = A_v f_v \quad (5.2.2-8)$$

$$F_{s2} = \frac{2W_{Tf}f}{b_s} \quad (5.2.2-9)$$

$$A_v = \pi d h_s \quad (5.2.2-10)$$

$$W_{Tr} = \frac{\pi d h_s^2}{4} \quad (5.2.2-11)$$

式中： A_v ——螺栓孔单圈螺纹的抗剪面积（ mm^2 ）；

f_v ——钢材的抗剪强度设计值（ N/mm^2 ）；

W_{Tr} ——螺栓孔螺纹有效塑性截面模量（ mm^3 ）；

b_s ——螺栓孔螺纹有效宽度（ mm ），按表 5.2.2 取用；

h_s ——螺栓孔螺纹有效高度（ mm ），按表 5.2.2 取用。

表 5.2.2 常用单边螺栓螺纹几何参数 b_s 、 h_s （ mm ）

螺栓规格	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
螺距	1.75	2.00	2.50	2.50	3.00	3.00	3.50
b_s	0.95	1.10	1.35	1.35	1.60	1.60	1.90
h_s	1.30	1.50	1.85	1.85	2.25	2.25	2.60

5 破坏模式为端板屈服伴随螺纹破坏时（图 5.2.2-6），T 形连接的承载力设计值按下式计算：

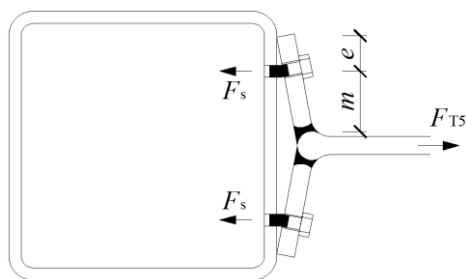


图 5.2.2-6 T 形连接端板屈服伴随螺纹破坏

$$F_{T5} = \frac{2M_{pl5} + e \sum_{i=1}^n F_s}{m + e} \quad (5.2.2-12)$$

$$M_{pl5} = 0.25 \sum l_{eff,5} t_f^2 f \quad (5.2.2-13)$$

式中： F_{T5} ——T 形连接在端板屈服伴随螺纹破坏模式下的承载力设计值（N）；

$l_{eff,5}$ ——在端板屈服伴随螺纹破坏模式下，端板上屈服线长度（mm），见附录 A。

6 破坏模式为柱壁板屈服时（图 5.2.2-7），T 形连接的承载力设计值按下式计算：

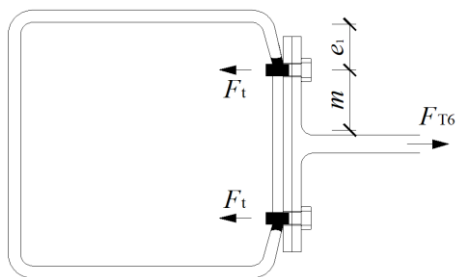


图 5.2.2-7 T 形连接柱壁板屈服

$$F_{T6} = \frac{2M_{pl6}}{e_1} \quad (5.2.2-14)$$

$$M_{pl6} = 0.25 \sum l_{eff,6} t_c^2 f \quad (5.2.2-15)$$

式中： F_{T6} ——T 形连接在柱壁屈服破坏模式下的承载力设计值（N）；

e_1 ——柱壁边缘至塑性铰的距离（mm）；

$l_{eff,6}$ ——在柱壁屈服破坏模式下，柱壁上屈服线长度（mm），见附录 A；

t_c ——柱壁厚度（mm）。

【条文说明】

端板屈服破坏模式是指 T 形连接发生端板屈服，出现了 4 个塑性铰，而螺纹和螺栓没有出现破坏的现象。由于连接节点中没有螺母，单边螺栓 T 形连接在发生端板屈服的破坏模式时，其塑性铰（屈服线）出现的位置与螺纹孔相切；而传统带有螺母的螺栓 T 形连接，其塑性铰（屈服线）出现的位置与螺母外周相切。端板受弯应采取屈服线理论计算，端板屈服线有效长度应按照附录 A 规定计算。

端板屈服伴随螺栓杆拉断的破坏模式发生时，端板在产生屈服线的同时出现螺栓被拉断的情况。与单纯的 T 形连接发生螺栓杆拉断破坏相比，此时的 T 形连接承载力增加了端板屈服对承载力的贡献。

螺纹破坏模式是单边螺栓 T 形连接特有的破坏模式。此类破坏模式往往在柱壁板较薄的情况下发生，而且此类破坏发生突然，在设计中应避免。T 形连接螺纹破坏模式是以柱壁板内螺纹的抗弯承载力和抗剪承载力进行控制的，承载力设计值取二者较小值。

最薄弱的部位将会最早发生破坏，因此取六种破坏模式下 T 形连接的设计承载力最小值作为连接的设计承载力。虽然 T 形连接共有 6 种破坏模式，但是设计人员应以端板屈服为控制模式。

5.2.3 带加强措施的 T 形连接[图 5.2.1(b)]的设计承载力应取螺栓杆拉断、端板屈服、端板屈服伴随螺栓杆拉断、螺纹破坏、端板屈服伴随螺纹破坏和柱壁板屈服六种破坏模式下的最小承载力设计值。

1 破坏模式为螺栓杆拉断时（图 5.2.3-1），带加强措施的 T 形连接的承载力设计值按下式计算：

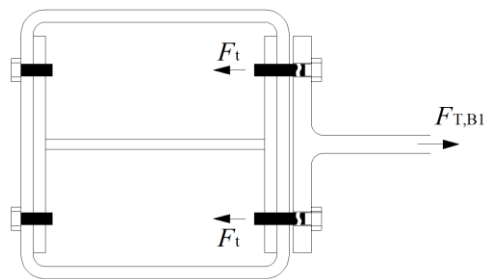


图 5.2.3-1 带加强措施的 T 形连接螺栓杆拉断

$$F_{T,B1} = F_{T1} \quad (5.2.3-1)$$

式中： $F_{T, B1}$ ——带加强措施的 T 形连接在螺栓杆拉断破坏模式下的承载力设计值（N）。

2 破坏模式为端板屈服时（图 5.2.3-2），带加强措施的 T 形连接的承载力设计值按下式计算：

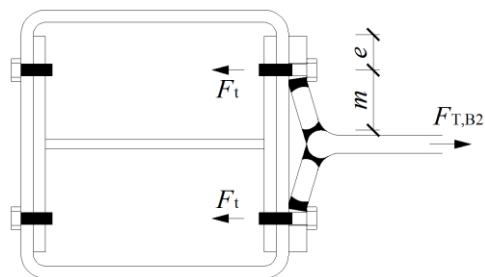


图 5.2.3-2 带加强措施的 T 形连接端板屈服

$$F_{T,B2} = F_{T2} \quad (5.2.3-2)$$

3 破坏模式为端板屈服伴随螺栓杆拉断时（图 5.2.3-3），带加强措施的 T 形连接的承载力设计值按下式计算：

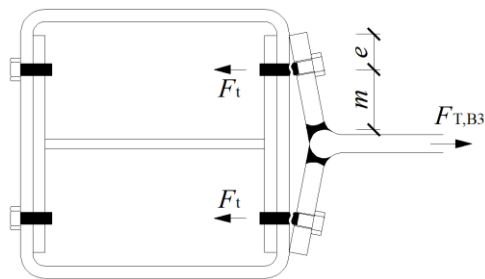


图 5.2.3-3 带加强措施的 T 形连接端板屈服伴随螺栓杆拉断

$$F_{T,B3} = F_{T3} \quad (5.2.3-3)$$

式中： $F_{T, B3}$ ——带加强措施的 T 形连接在端板屈服伴随螺栓杆拉断破坏模式下的承载力设计值（N）。

4 破坏模式为螺纹破坏时（图 5.2.3-4），带加强措施的 T 形连接的承载力设计值按下式计算：

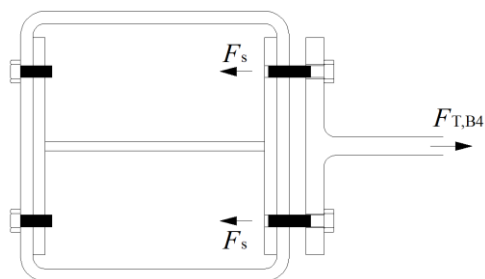


图 5.2.3-4 带加强措施的 T 形连接螺纹破坏

$$F_{T, B4} = \sum_{i=1}^n F_s \quad (5.2.3-4)$$

式中： $F_{T, B4}$ ——带加强措施的 T 形连接在螺纹破坏模式下的承载力设计值（N）；

F_s ——螺栓孔单圈螺纹承载力设计值（N），按照第 5.2.2 条第 4

款计算。

5 破坏模式为端板屈服伴随螺纹破坏时（图 5.2.3-5），带加强措施的 T 形连接的承载力设计值按下式计算：

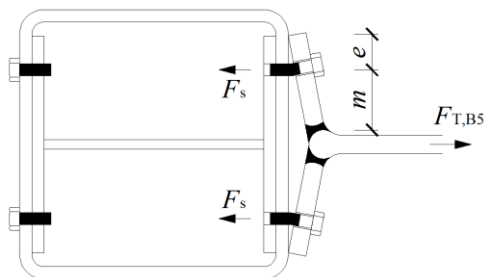


图 5.2.3-5 带加强措施的 T 形连接端板屈服伴随螺纹破坏

$$F_{T,B5} = \frac{2M_{pl5} + e \sum_{i=1}^n F_s}{m + e} \quad (5.2.3-5)$$

式中： $F_{T, B5}$ ——带加强措施的 T 形连接在端板屈服伴随螺纹破坏模式下的承载力设计值（N）；

M_{pl5} ——按照第 5.2.2 条第 5 款计算。

6 破坏模式为柱壁板屈服时（图 5.2.3-6），带加强措施的 T 形连接的承载力设计值按下式计算：

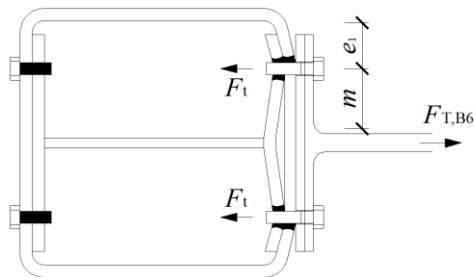


图 5.2.3-6 带加强措施的 T 形连接柱壁板屈服

$$F_{T,B6} = \frac{2M_{pl6} + 2M_{bp}}{e_1} \quad (5.2.3-6)$$

$$M_{bp} = 0.25 \sum l_{eff,6} t_{bp}^2 f \quad (5.2.3-7)$$

式中： $F_{T,B6}$ ——带加强措施的 T 形连接在柱壁屈服破坏模式下的承载力设计值（N）；

M_{pl6} ——按照第 5.2.2 条第 6 款计算。

t_{bp} ——贴板厚度（mm）。

【条文说明】

参照条文说明第 5.2.2 条。

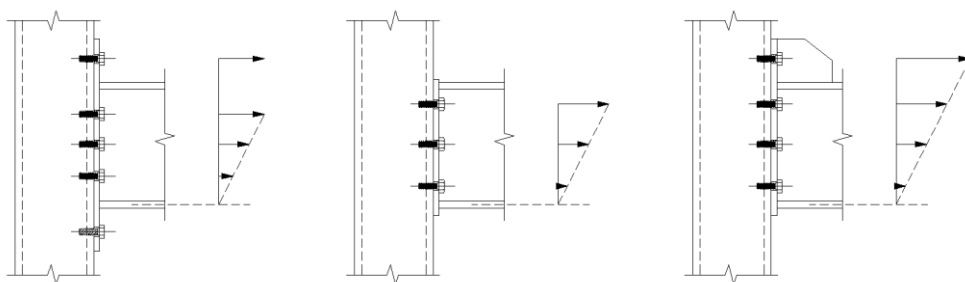
5.2.4 梁柱端板连接节点的计算应符合下列规定：

1 每排螺栓承担拉力按本规程第 5.2.2 条和第 5.2.3 条的 T 形连接和带加强措施的 T 形连接计算，且需满足本条第 2 款和第 3 款的要求；

2 梁柱端板连接节点采用弹塑性变形准则（图 5.2.4-1）计算，即允许端板变形，且螺栓拉力呈三角分布；

1） 对无端板加劲肋节点[图 5.2.4-1（a）、图 5.2.4-1（b）]，各排螺栓拉力取值与其至钢梁压翼缘中心的距离的比值均不能超过拉翼缘下第一排螺栓拉力值与其至钢梁压翼缘中心的距离的比值；

2） 对加劲外伸端板连接节点[图 5.2.4-1（c）]，各排螺栓拉力取值与其至钢梁压翼缘中心的距离的比值均不能超过拉翼缘上排螺栓拉力值与其至钢梁压翼缘中心的距离的比值；



(a) 外伸端板螺栓连接 (b) 平齐端板螺栓连接 (c) 加劲外伸端板螺栓连接

图 5.2.4-1 螺栓拉力三角分布准则

3 各排螺栓拉力与钢梁轴力（轴压力为正）之和不应大于钢梁压翼缘抗压承载力（图 5.2.4-2），即满足式 5.2.4-1，若不满足，应对各排螺栓拉力进行等比例折减，使其满足式 5.2.4-2。

$$N + \sum F_T^i \leq F_{c,R} \quad (5.2.4-1)$$

$$N + \sum F_T^i = F_{c,R} \quad (5.2.4-2)$$

式中： F_T^i ——通过 T 形连接计算得到的第 i 排螺栓的拉力（N），按第 5.2.2 条采用；

$F_{c,R}$ ——钢梁压翼缘抗压承载力设计值（N）， $F_{c,R} = A_{cf} f$ ；

A_{cf} ——压翼缘面积（ mm^2 ）。

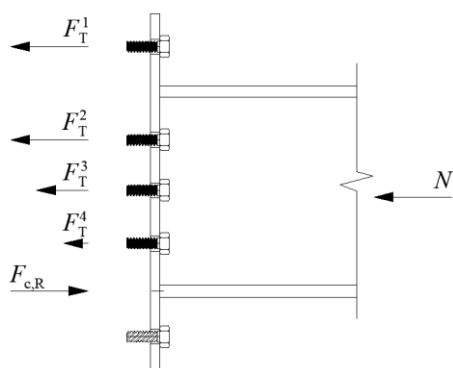


图 5.2.4-2 节点轴力平衡

【条文说明】

要实现一排以上螺栓的全部抗拉强度，离节点旋转中心最远的螺栓排需要具有很好的延性。如果节点并不具有优良的延性，则必须限制螺栓排的拉力，即任意排螺栓拉力取值与其至钢梁压翼缘中心的距离的比值均不能超过拉翼缘上排螺栓拉力值与其至钢梁压翼缘中心的距离的比值。这通常被称为螺栓拉力的“三角形分布”。

5.2.5 梁柱端板连接节点的受弯承载力（图 5.2.5）设计值应按下列式计算：

$$M_R = \sum F_T^i h^i \quad (5.2.5-1)$$

$$M_R = \sum F_{T,B}^i h^i \quad (5.2.5-2)$$

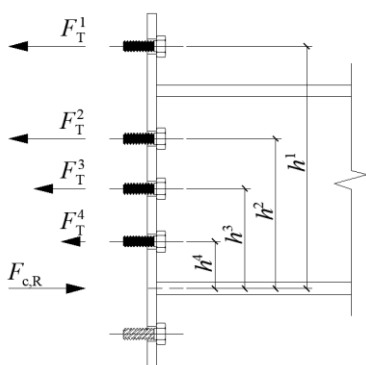


图 5.2.5 梁柱端板连接节点的抗弯承载力计算

式中： M_R ——梁柱端板连接节点的抗弯承载力设计值（ $N \cdot mm$ ）；

$F_{T,B}^i$ ——通过带加强措施的 T 形连接计算得到的第 i 排螺栓的拉力（ N ），按第 5.2.3 条采用；

h^i ——第 i 排螺栓中心至钢梁压翼缘中心的距离（ mm ）。

5.2.6 梁柱端板连接节点的剪力由所有螺栓共同承担，每个螺栓承受的剪力应符合下式要求：

$$N_v = \frac{V}{n} \leq N_v^b \quad (5.2.6)$$

式中： n ——单边螺栓总数。

5.3 拼接接头计算

5.3.1 单边螺栓全栓拼接接头（图 5.1.4）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。

【条文说明】

单边螺栓全栓拼接接头应采用摩擦型连接，以保证连接接头的刚度。当拼接接头设计内力明确且不变号时，可根据使用要求按接头处最大内力设计，其所需接头螺栓数量较少。当构件按地震组合内力进行设计计算并控制截面选择时，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 进行连接螺栓极限承载力的验算。

5.3.2 单边螺栓闭口截面拼接接头（图 5.3.2）的计算应符合下列原则：

- 1 闭口截面翼缘拼接板及拼接缝每侧的单边螺栓，应能承受翼缘净截面面积计算的受拉承载力；
- 2 闭口截面腹板拼接板及拼接缝每侧的单边螺栓，应能承受腹板截面的全部剪力及按刚度分配到拼接板上的弯矩；
- 3 单边螺栓在弯矩作用下的内力分布应符合平面假定；
- 4 按等强原则计算腹板拼接时，应按与腹板净截面承载力等强计算。

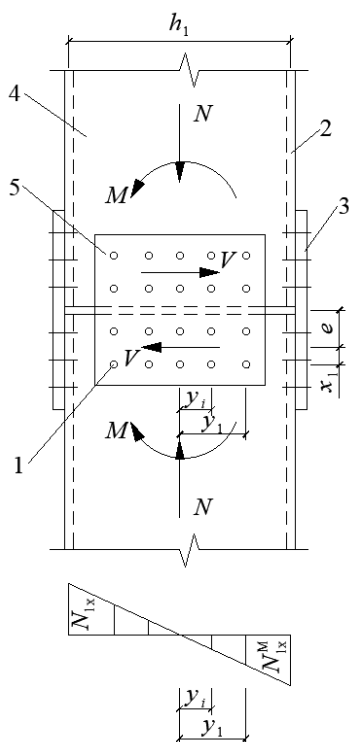


图 5.3.2 闭口截面构件单边螺栓拼接接头

1—角点 1 号螺栓；2—闭口截面构件翼缘；3—翼缘拼接板；4—闭口截面构件腹板；
5—腹板拼接板

【条文说明】

本条适用于闭口截面构件单边螺栓拼接接头，在拼接截面处可有弯矩 M 与剪力偏心弯矩 Ve 、剪力 V 和轴力 N 共同作用，一般情况弯矩 M 为主要内力。

5.3.3 闭口截面单边螺栓拼接接头中的翼缘螺栓计算应符合下列规定：

1 拼接处需由螺栓传递翼缘轴力 N_f 的计算，应符合下列规定：

1) 按等强拼接原则设计时，应按下列公式计算，并取二者中的较小者：

$$N_t = 0.7A_{nf} f_u + 0.5n_1 N_v^b \quad (5.3.3-1)$$

$$N_t = A_t f \quad (5.3.3-2)$$

式中： A_{nf} ——一个翼缘的净截面面积（ mm^2 ）；

n_1 ——拼接处构件一端翼缘最外列螺栓数目；

A_t ——翼缘的毛截面面积（ mm^2 ）。

2) 按最大内力法设计时，可按下式计算取值：

$$N_t = \frac{M_1}{h_1} + N_1 \frac{A_t}{A} \quad (5.3.3-3)$$

式中： M_1 ——拼接截面处作用的最大弯矩（ $\text{N}\cdot\text{mm}$ ）；

h_1 ——拼接截面处，闭口截面构件上下翼缘中心间距离（ mm ）；

N_1 ——拼接截面处作用的最大弯矩相应的轴力（ N ）。

2 闭口截面构件翼缘拼接缝一侧所需的螺栓数量应符合下式要求：

$$n \geq \frac{N_t}{N_v^b} \quad (5.3.3-4)$$

式中： N_t ——拼接处需由螺栓传递的上、下翼缘轴向力（ N ）。

5.3.4 闭口截面单边螺栓拼接接头中的腹板螺栓计算应符合下列规定：

1 闭口截面构件腹板拼接缝一侧的螺栓群角点螺栓 1（图 5.3.2）在腹板弯矩作用与剪力偏心矩作用下所承受的水平剪力 N_{1x}^M 和竖向剪力 N_{1y}^M ，应按下列公式计算：

$$N_{1x}^M = \frac{(MI_{wx}/I_x + Ve)y_1}{\sum (x_i^2 + y_i^2)} \quad (5.3.4-1)$$

$$N_{1y}^M = \frac{(MI_{wx}/I_x + Ve)x_1}{\sum (x_i^2 + y_i^2)} \quad (5.3.4-2)$$

式中： e ——偏心距（mm）；

I_{wx} ——闭口截面构件腹板的惯性矩（mm⁴）。腹板计算高度为腹板高度减去取至翼缘与腹板弧角半径的上下边缘点；

I_x ——闭口截面构件全截面惯性矩（mm⁴）；

M ——拼接面的弯矩（N·mm）；

V ——拼接面的剪力（N）；

N_{1x}^M ——在腹板弯矩作用下，角点螺栓 1 所承受的水平剪力（N）；

N_{1y}^M ——在腹板弯矩作用下，角点螺栓 1 所承受的竖向剪力（N）；

x_i ——所计算螺栓至栓群中心的横标距（mm）；

y_i ——所计算螺栓至栓群中心的纵标距（mm）。

2 闭口截面构件腹板拼接缝一侧的螺栓群角点螺栓 1（图 5.3.2）在腹板轴力作用与剪力作用下所承受的水平剪力 N_{1x}^N 和竖向剪力 N_{1y}^V ，应按下列公式计算：

$$N_{1x}^N = \frac{N}{n_w} \frac{A_w}{A} \quad (5.3.4-3)$$

$$N_{1y}^V = \frac{V}{n_w} \quad (5.3.4-4)$$

式中： A_w ——闭口截面构件腹板截面面积（ mm^2 ）；

N_{1x}^N ——在腹板轴力作用下，角点螺栓 1 所承受的同号水平剪力(N)；

N_{1y}^V ——在剪力作用下每个螺栓所承受的竖向剪力（N）；

n_w ——拼接缝一侧腹板螺栓的总数。

3 在闭口截面拼接面处弯矩 M 与剪力偏心弯矩 Ve 、剪力 V 和轴力 N 作用下，角点螺栓 1 所受的剪力 N_V 应满足下式的要求：

$$N_V = \sqrt{\left(N_{1x}^M + N_{1x}^N\right)^2 + \left(N_{1y}^M + N_{1y}^V\right)^2} \leq N_V^b \quad (5.3.4-5)$$

【条文说明】

本条对腹板拼接螺栓的计算只列出按最大内力计算公式，当腹板拼接按等强原则计算时，应按与腹板净截面承载力等强计算。同时，按弹性计算方法要求，可仅对受力较大的角点螺栓 1（图 5.3.2）处进行验算。一般情况下闭口截面构件与支撑构件的轴力 N 为主要内力，其腹板的拼接螺栓与拼接板宜按与腹板净截面承载力等强原则计算。

5.3.5 闭口截面构件单边螺栓拼接接头的构造应符合下列规定：

- 1 同一类拼接节点中单边螺栓连接副性能等级及规格应相同；
- 2 型钢翼缘或钢管壁斜面斜度大于 1/20 处应加斜垫圈。

6 施 工

6.1 连接构件的制作

6.1.1 单边螺栓连接构件的螺栓孔应符合下列规定：

- 1 光圆孔制孔允许偏差和孔距允许偏差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 的要求；
- 2 内螺纹孔的允许偏差应符合现行国家标准《普通螺纹公差》GB/T 197 中 6H 级精度的要求。

【条文说明】

螺纹是机械零件连接最常见的方法，而螺纹孔加工往往处于整个生产过程的末尾，一旦加工不合格，就会导致部件的报废或者更麻烦的再加工，因此它对工艺过程提出了更高的要求。

6.1.2 单边螺栓连接板底孔攻丝应符合下列规定：

- 1 底孔攻丝加工时，应采用水溶性切削液，当气温低于 0℃时应有防冻措施，不得在不加切削液的情况下攻丝；
- 2 内螺纹应与螺栓的螺纹相匹配，公差带应符合现行国家标准《普通螺纹公差》GB/T 197 中 6H 级精度的要求；
- 3 内螺纹孔检验合格后应尽快旋入橡胶保护塞保护。

【条文说明】

攻丝过程中应注意切削液的使用，防止丝锥磨损严重，影响攻丝精度。

6.1.3 主要构件连接和需要进行疲劳计算的构件，构件连接处的光圆孔应采

用钻孔成型。次要构件连接且板厚不大于 12 mm 的连接，连接处的光圆孔可采用冲孔成型，孔边应无飞边、毛刺。

【条文说明】

当板件较厚时，冲孔工艺会使孔边产生微裂纹和变形，钢板表面的不平整降低钢结构疲劳强度。随着冲孔设备及加工工艺的提高，允许板厚小于或等于 12 mm 时可冲孔成型，但对于需进行疲劳计算的构件连接以及主体结构梁、柱等构件连接不应采用冲孔成型。孔边的毛刺和飞边将影响摩擦面板层密贴。

6.1.4 单边螺栓连接构件底孔加工时，应采用钻孔成型，攻丝加工时应一次成型，孔边应无飞边、毛刺。

【条文说明】

单边螺栓连接中，内螺纹孔的加工质量十分重要，因此底孔加工采用成孔质量更优的钻孔成型。

6.1.5 采用单边螺栓连接钢构件上所有的光圆孔，均应采用光圆孔量规检查，孔的通过率应符合下列规定：

- 1 用比孔的公称直径小 1.0 mm 的光圆孔量规检查，每组至少应通过 85%；
- 2 用比螺栓公称直径大 0.2~0.3 mm 的光圆孔量规检查应全部通过。

【条文说明】

当螺栓直径为 M22 及以下规格时，采用比螺栓直径大 0.2 mm 的光圆孔量规检查；当螺栓直径为 M24~M30 时，采用比螺栓直径大 0.3 mm 的光圆孔量规检查。

6.1.6 采用单边螺栓连接的钢构件，构件上所有内螺纹孔均应采用与螺栓配套的标准螺纹量规检查，并应全部合格。

【条文说明】

一般内螺纹检验通常使用螺纹量规进行检验，底孔使用针式塞规进行检验。

1 使用针式塞规对于底孔直径进行检验，可以提高攻丝后丝孔的质量。底孔直径对攻丝孔有直接影响，底孔尺寸偏大，攻丝后，丝孔容易滑丝、丝纹不足；底孔尺寸偏小，攻丝后，丝孔容易丝紧，导致螺栓拧入困难。所以控制好底孔直径是提高丝孔加工质量的关键。

2 目前最有效、最方便的丝孔检验工具为螺纹量规。使用螺纹量规，可以快速的检验出丝孔是否滑丝、丝紧、漏攻丝等不良状况，螺纹量规两端分别为通端和止端。使用螺纹量规检验丝孔时，通端需完全旋入丝孔内，止端旋入丝孔内不可超过2圈，方可判定该丝孔合格。如不满足以上条件，该丝孔则不合格。对于盲孔，螺纹量规还可以检验其攻丝深度，螺纹量规旋入盲孔内的圈数乘以螺距，即为相应盲孔的攻丝深度。

3 除以上加工、检验所要求的项目外，生产现场还需要注意对于物料的存放及标识，对于已加工、未加工产品需要标识清楚，防止混料，造成产品漏加工。发现异常后需要及时进行追溯，清查库存，杜绝不良品流出。

6.1.7 按第 6.1.5 条和第 6.1.6 条检查时，凡光圆孔量规或螺纹量规不能通过的孔，必须经施工图设计单位同意后，方可扩钻或补焊后重新钻孔或攻丝。

【条文说明】

光圆孔扩钻后的孔径不应超过 1.2 倍螺栓直径，底孔则应按大一规格螺栓直

径扩孔攻丝。补焊时，应用与母材相匹配的焊条补焊，严禁用钢块、钢筋、焊条等填塞。每组孔中经补焊重新钻孔的数量不得超过本组螺栓数量的20%，且重新攻丝应采用原有工艺。处理后的孔应作出记录。

6.1.8 单边螺栓连接构件盲孔加工时，螺栓孔的总深度应比螺栓杆长度大3~5扣。

6.1.9 单边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。经处理后的摩擦型单边螺栓连接的摩擦面抗滑移系数应符合设计要求。

【条文说明】

钢板表面不平整，有焊接飞溅、毛刺等将会使板面不密贴，影响螺栓连接的受力性能，另外，板面上的油污将大幅度降低摩擦面的抗滑移系数，因此表面不得有油污。表面处理方法的不同，直接影响摩擦面的抗滑移系数的取值，设计图中要求的处理方法决定了抗滑移系数的大小，故加工中必须与设计要求一致。

6.1.10 经处理后的单边螺栓连接处摩擦面应采取保护措施，防止沾染脏物和油污。严禁在螺栓连接处摩擦面上作标记。

【条文说明】

单边螺栓连接处钢板表面上，如沾染脏物和油污，将大幅度降低板面的抗滑移系数，影响螺栓连接的承载能力，所以摩擦面上严禁作任何标记，还应加以保护。

6.1.11 单边螺栓连接副应进行扭矩系数和螺栓楔负载试验，试验检验方法

和结果应符合现行国家标准《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。

【条文说明】

螺栓运到工地后，应按规定进行有关性能的复验。合格后方准使用，是使用前把好质量的关键。其中单边螺栓连接副扭矩系数复验是现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 进场验收中的主控项目，应特别重视。

1 螺栓实物最小载荷检验。

目的：测定螺栓实物的抗拉强度是否满足现行国家标准《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB 3098.1 的要求。

检验方法：用专用卡具将螺栓实物置于拉力试验机上进行拉力试验，为避免试件承受横向载荷，试验机的夹具应能自动调正中心，试验时夹头张拉的移动速度不超过 25 mm/min。

螺栓实物和抗拉强度应根据螺栓有效截面积 A_{eff} 计算确定，其取值应按现行国家标准《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB3098.1 的规定取值。

进行试验时，承受拉力载荷的未旋合螺纹长度应为 6 圈以上螺距；当试验拉力达到现行国家标准《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB 3098.1 中规定的最小拉力载荷时不得断裂。当超过最小拉力载荷直至拉断时，断裂应发生在杆部或螺纹部分，而不应发生在螺头与杆部的交接处。

2 单边螺栓连接副的扭矩系数实验

取样要求：

出厂检验按批进行。同一性能等级、材料、炉号、螺纹规格、长度（当螺栓长度 ≤ 100 mm 时、长度相差 ≤ 15 mm，螺栓长度 > 100 mm 时、长度相差

≤20 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。

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。分别由同批螺栓、垫圈组成的连接副为同批连接副。

试验步骤：

1) 连接副的扭矩系数试验是在轴力计上进行，每一连接副只能试验一次，不得重复使用；

2) 施拧扭矩 T 是施加于螺杆上的扭矩，其误差不得大于测试扭矩值的 2%；

3) 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值的 2%，轴力计的示值应在测定轴力值的 1 kN 以下。

数据处理与结果判定：

进行连接副扭矩系数试验时，螺栓预拉力值 P 应控制在规定的范围，超出范围者，所测得的扭矩系数无效。

扭矩系数计算公式如下：

$$K = \frac{T}{PgD} \tag{3}$$

式中： K ——扭矩系数；

T ——施拧扭矩（峰值）（N·mm）；

P ——螺栓预拉力（峰值）（N）；

D ——螺栓的螺纹公称直径（mm）。

6.2 储运和保管

6.2.1 单边螺栓连接副由一个高强螺栓和一个高强度垫圈组成，使用组合应符合表 6.2.1 规定。

表 6.2.1 单边螺栓连接副组合

螺 栓	垫 圈
8.8s	HRC 35~45
10.9s	HRC 35~45

6.2.2 单边螺栓连接副应按批配套进场，并附有出厂质量保证书。单边螺栓连接副应在同批内配套使用。

【条文说明】

单边螺栓连接副的质量是影响螺栓连接安全性的重要因素，必须达到螺栓标准中技术条件的要求，不符合技术条件的产品，不得使用。因此，每一制造批必须由制造厂出具质量保证书。由于高强度螺栓连接副制造厂是按批保证扭矩系数或紧固轴力，所以在使用时应同批内配套使用。

6.2.3 单边螺栓连接副在运输、保管过程中，应轻装、轻卸，防止损伤螺纹。

【条文说明】

螺纹损伤后将会改变螺栓连接副的扭矩系数或紧固轴力，因此在运输、保管过程中应轻装、轻卸，防止损伤螺纹。

6.2.4 单边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。单边螺栓连接副在安装使用前

严禁随意开箱。

【条文说明】

本条规定了螺栓连接副在保管过程中应注意事项，其目的是为了确保螺栓连接副使用时同批；尽可能保持出厂状态，以保证扭矩系数或紧固轴力不发生变化。

6.2.5 单边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 个月使用后，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。

【条文说明】

现行国家标准《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 中规定螺栓的保质期 6 个月。在不破坏出厂状态情况下，对超过 6 个月再次使用的螺栓，需重新进行扭矩系数或轴力复验，合格后方准使用。

6.3 安 装

6.3.1 单边螺栓安装时，应采取必要措施以保证安装精度以及结构和构件的安全。

6.3.2 螺纹锚固单边螺栓长度应保证在终拧后，通孔外露丝扣为 2~3 扣，盲孔剩余丝扣为 3~5 扣。

6.3.3 安装过程中，在拆除吊钩前每个节点上应安装的单边螺栓数量应能承担安装时的荷载，并应符合下列规定：

- 1 拆除吊钩前安装的单边螺栓数量不宜少于螺栓孔总数的 20%；

2 拆除吊钩前安装的单边螺栓数量不得少于 2 个。

【条文说明】

拆除吊钩前安装的单边螺栓是确保安装精度和构件安全的必要措施。

6.3.4 在安装过程中，不得使用螺纹损伤及沾染脏物的单边螺栓连接副。

【条文说明】

螺纹损伤及沾染脏物的单边螺栓连接副其扭矩系数将会大幅度变大，在同样终拧扭矩下达不到螺栓设计预拉力，直接影响连接的安全性。

6.3.5 安装单边螺栓时，严禁强行拧入。当不能自由拧入时，应用螺纹量规进行检验，检验通过后更换单边螺栓连接副重新拧入；若检验不通过，应按第 6.1.7 条处理，且处理后的孔应作出记录。

【条文说明】

强行拧入螺栓，必然损伤螺纹，影响扭矩系数从而达到设计预拉力。

6.3.6 安装单边螺栓时，构件的摩擦面应保持干燥。

6.3.7 单边螺栓施工所用的扭矩扳手，班前必须校正，扭矩扳手的扭矩相对误差应为 $\pm 5\%$ ，合格后方准使用，校正用的扭矩扳手的扭矩相对误差应为 $\pm 3\%$ 。

【条文说明】

单边螺栓，采用扭矩法施工时，影响施工预拉力因素除扭矩系数外，就是拧紧机具及扭矩值，所以规定了施拧用的扭矩扳手和矫正扳手的误差。

6.3.8 单边螺栓连接副的拧紧应分为初拧、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。初拧复拧后的单边螺栓应用颜色在栓杆头上标记，按第 6.3.9 条规定的终拧扭矩值进行终拧。终拧后的单边螺栓应用另一种颜色在栓杆头上标记。单边螺栓连接副的初拧、复拧、终拧宜在一天内完成。

【条文说明】

由于连接处钢板不平整，致使先拧与后拧的螺栓预拉力有很大的差别，为克服这一现象，提高拧紧预拉力的精度，使各螺栓受力均匀，螺栓的拧紧应分为初拧和终拧。当单排（列）螺栓个数超过 15 时，可认为是属于大型接头，需进行复拧。

6.3.9 单边螺栓的施工终拧扭矩可由下式计算确定：

$$T_c = kP_c d \tag{6.3.9}$$

- 式中： T_c ——单边螺栓施工终拧扭矩（N·mm）；
- k ——单边螺栓连接副的扭矩系数平均值；
- P_c ——单边螺栓施工预拉力（N），按表 6.3.9 取值；
- d ——单边螺栓公称直径（mm）。

表 6.3.9 单边螺栓施工预拉力（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

【条文说明】

单边螺栓连接副在拧紧后会产生预拉力损失,为保证连接副在工作阶段达到设计预拉力,为此在施拧时必须考虑预拉力损失值,施工预拉力比设计预拉力增加 10%。

6.3.10 单边螺栓在初拧、复拧和终拧时,连接处螺栓的施拧顺序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 的规定。

6.3.11 对于露天使用或接触腐蚀性气体的钢结构,在单边螺栓拧紧检查验收合格后,连接处板缝应用腻子封闭。

6.3.12 经检查合格后的单边螺栓连接处,防腐、防火应按设计要求涂装。

【条文说明】

单边螺栓连接副在工厂制造时,虽经表面防锈处理,有一定的防锈能力,但远不能满足长期使用的防锈要求,故在单边螺栓连接处,不仅要钢板进行涂漆防锈,对单边螺栓连接副也应按照设计要求进行涂漆防锈、防火。

7 验 收

7.1 一 般 规 定

7.1.1 单边螺栓钢结构连接工程可按相应的钢结构制作或安装工程检验批的划分原则划分为一个或若干个检验批。

7.1.2 单边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标准》GB 50205 和本规程的规定执行。

【条文说明】

单边螺栓连接属于钢结构工程中的分项工程之一,其施工质量的验收按照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 执行,对于超出《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的项目可按本规程的规定进行验收。

7.1.3 单边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标准》GB 50205 中合格质量标准的要求;
- 2 一般项目的检验结果应有 90%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标准》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本项目允许偏差限值的 1.1 倍;
- 3 质量检查记录、质量证明文件等资料应完整并留档保存。

【条文说明】

本节中列出的合格质量标准及不合格项目的处理程序来自于现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和《建筑工程施工质量验收统

一标准》GB 50300。其目的是强调并便于工程使用。

7.1.4 当单边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标准》GB 50205 和本规程的要求时，应按下列规定进行处理：

- 1 返工或更换单边螺栓或钢构件的检验批，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，可按处理技术方案和协商文件进行验收。

【条文说明】

本节中列出的合格质量标准及不合格项目的处理程序来自于现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300。其目的是强调并便于工程使用。

7.1.5 贴板与闭口截面钢构件之间的焊缝应冷却到环境温度后方可进行外观检测，无损检测应在外观检测合格后进行，具体检测时间应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

7.2 单 边 螺 栓

I 主 控 项 目

7.2.1 单边螺栓连接副的品种、规格、性能应符合现行国家标准《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 的规定并满

足设计要求。单边螺栓连接副应随箱带有扭矩系数检验报告，单边螺栓连接副进场时，应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定抽取试件且应分别进行扭矩系数和紧固轴力检验，检验结果应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

检查数量：质量证明文件全数检查，抽样数量按进场批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

7.2.2 单边螺栓连接副应复验其扭矩系数，其检验结果应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

检查数量：按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 执行。

检验方法：见证取样送样，检查复验报告。

II 一般项目

7.2.3 单边螺栓连接副应按包装箱配套供货。包装箱上应标明批号、规格、数量及生产日期。螺栓、垫圈表面不应出现生锈和沾染脏物，螺纹不应损伤。

检查数量：按包装箱数抽查 5%，且不应少于 3 箱。

检验方法：观察检查。

7.3 内螺纹螺栓孔

I 主控项目

7.3.1 连接板内螺纹尺寸应符合现行国家标准《普通螺纹基本尺寸》GB/T 196 的规定，螺纹公差应符合现行国家标准《普通螺纹公差》GB/T 197 中 6H

级精度的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：用标准螺纹量规检查。

II 一般项目

7.3.2 单边螺栓连接构件底孔加工和攻丝加工应满足第 6.1.5 条和第 6.1.6 条规定。

检查数量：按节点数抽查 50%，且不少于 10 个，每个被抽查到的节点，按螺纹孔数抽查 50%，且不少于 10 个。

检验方法：用标准螺纹量规检查。

【条文说明】

7.3.1、7.3.2 单边螺栓连接中，内螺纹孔的加工质量十分重要，因此验收更加严格。

7.3.3 闭口截面钢构件上的内螺纹应与贴板上内螺纹连续。

检查数量：按贴板加强节点数抽查 50%，且不少于 10 个，每个被抽查到的加强节点，按螺纹孔数抽查 50%，且不少于 10 个。

检验方法：用标准螺纹量规检查。

【条文说明】

贴板加强节点的攻丝质量十分关键，攻丝完成后，闭口截面钢构件与贴板之间不应发生相对位移，否则会导致单边螺栓安装困难，若强行安装则会损伤内螺纹孔。

7.4 单边螺栓连接

I 主控项目

7.4.1 钢结构制作和安装单位应分别进行单边螺栓连接摩擦面(含涂层摩擦面)的抗滑移系数试验和复验,现场处理的构件摩擦面应单独进行摩擦面抗滑移系数试验,其结果应满足设计要求。

检查数量:按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 执行。

检验方法:检查摩擦面抗滑移系数试验报告及复验报告。

7.4.2 涂层摩擦面钢材表面处理应达到 $Sa2^{1/2}$,涂层最小厚度应满足设计要求。

检查数量:按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 执行。

检验方法:检查除锈记录和涂层抗滑移系数试验报告。

7.4.3 单边螺栓连接副应在终拧完成 1h 后、48h 内进行终拧质量检查,检查结果应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

检查数量:按节点数抽查 10%,且不少于 10 个,每个被抽查到的节点,按螺栓数抽查 10%,且不少于 2 个。

检验方法:按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 执行。

II 一般项目

7.4.4 单边螺栓连接副的施拧顺序和初拧、终拧扭矩应满足设计要求并符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查扭矩扳手标定记录和螺栓施工记录。

7.4.5 单边螺栓连接摩擦面应保持干燥、整洁，不应有飞边、毛刺、焊接飞溅物、焊疤、氧化铁皮、污垢等，除设计要求外摩擦面不应涂漆。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

7.4.6 单边螺栓应能自由穿入光圆螺栓孔，当不能自由穿入时，应用铰刀修正。修孔数量不应超过该节点螺栓数量的 25%，扩孔后的孔径不应超过 $1.2d$ 。

检查数量：被扩螺栓孔全数检查。

检验方法：观察检查及用卡尺检查。

7.5 贴板焊缝

I 主控项目

7.5.1 闭口截面钢构件与贴板之间的一、二级焊缝应进行内部缺陷的无损检测，一、二级焊缝的质量等级和检测要求应符合表 7.5.1 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查超声波或射线探伤记录。

表 7.5.1 一级、二级焊缝质量等级及无损检测要求

焊缝质量等级		一级	二级
	缺陷评定等级	II	III

内部缺陷超 声波探伤	检验等级	B 级	B 级
	检测比例	100%	20%
内部缺陷射 线探伤	缺陷评定等级	II	III
	检验等级	B 级	B 级
	检测比例	100%	20%

注：二级焊缝检测比例的计数方法应按以下原则确定：工厂制作焊缝按照焊缝长度计算百分比，且探伤长度不小于 200 mm；当焊缝长度小于 200 mm 时，应对整条焊缝探伤；现场安装焊缝应按照同一类型、同一施焊条件的焊缝条数计算百分比，且不应少于 3 条焊缝。

II 一 般 项 目

7.5.2 闭口截面钢构件与贴板之间的焊缝外观质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

检查数量：按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 执行。

检验方法：观察检查或使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查，当有疲劳验算要求时，采用渗透或磁粉探伤检查。

附录 A 屈服线有效长度

A.1 单排螺栓连接

A.1.1 在图 A.1.1 所示的连接下，双螺栓连接无加劲肋端板屈服线有效长度应取表 A.1.1 中各屈服线模式的最小值。

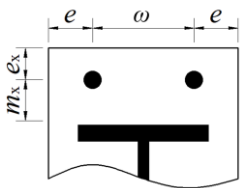


图 A.1.1 双螺栓连接端板示意图

表 A.1.1 双螺栓连接端板产生的屈服线有效长度

圆形屈服模式		非圆形屈服模式	
	圆形屈服 $l_{\text{eff}} = 2\pi m_x$		双线屈服 $l_{\text{eff}} = \frac{b_p}{2}$
	独立端部屈服 $l_{\text{eff}} = \pi m_x + 2e_x$		独立端部屈服 $l_{\text{eff}} = 4m_x + 1.25e_x$
	贯通圆形屈服 $l_{\text{eff}} = \pi m_x + \omega$		角部屈服 $l_{\text{eff}} = 2m_x + 0.625e_x + e$
			贯通端部屈服

			$l_{\text{eff}} = 2m_x$ $+ 0.625e_x + \frac{\omega}{2}$
--	--	--	---

A.1.2 在图 A.1.2 所示的连接下，双螺栓连接有加劲肋的端板屈服线有效长度应取表 A.1.2 中各屈服线模式的最小值。

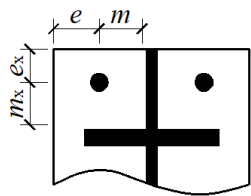


图 A.1.2 双螺栓连接有加劲肋的端板示意图

表 A.1.2 双螺栓连接有加劲肋的端板产生的屈服线有效长度

	圆形屈服 $l_{\text{eff}} = 2\pi m$		角部屈服 $l_{\text{eff}} = \alpha m - (2m + 0.625e) + e_x$
	独立端部屈服 $l_{\text{eff}} = \pi m + 2e_x$		加劲肋的角部屈服 $l_{\text{eff}} = 2m + 0.625e + e_x$
			侧面屈服 $l_{\text{eff}} = 4m + 1.25e$

A.1.3 在图 A.1.3 所示的连接下，双螺栓连接的梁翼缘下端板的屈服线有效长度应取表 A.1.3 中各屈服线模式的最小值。

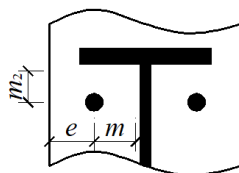


图 A.1.3 双螺栓连接的梁翼缘下端板示意图

表 A.1.3 双螺栓连接的梁翼缘下端板产生的屈服线有效长度

	圆形屈服 $l_{\text{eff}} = 2\pi m$		梁翼缘附近的侧面屈服 $l_{\text{eff}} = \alpha m$
--	-----------------------------------	--	---

A.1.4 在图 A.1.4 所示的连接下，双螺栓连接的加劲板和梁翼缘之间端板的屈服线有效长度应取表 A.1.4 中各屈服线模式的最小值。

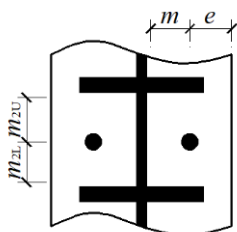


图 A.1.4 双螺栓连接的加劲板和梁翼缘之间的端板示意图

表 A.1.4 双螺栓连接的加劲板和梁翼缘之间的端板产生的屈服线有效长度

	圆形屈服 $l_{\text{eff}} = 2\pi m$		加劲肋和梁翼缘之间的侧面屈服 $l_{\text{eff}} = \alpha m + \alpha m' - (4m + 1.25e)$
--	-----------------------------------	--	--

A.1.5 在图 A.1.5 所示的连接下，双螺栓连接的远离加劲板和翼缘的端板的

屈服线有效长度应取表 A.1.5 中各屈服线模式的最小值。

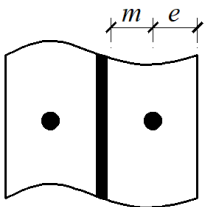


图 A.1.5 双螺栓连接的远离加劲板和翼缘的端板示意图

表 A.1.5 双螺栓连接的远离加劲板和翼缘的端板产生的屈服线有效长度

	圆形屈服 $l_{\text{eff}} = 2\pi m$		侧面屈服 $l_{\text{eff}} = 4m + 1.25e$
--	-----------------------------------	--	---------------------------------------

A.2 多排螺栓连接

A.2.1 在图 A.2.1 所示的连接下，多排螺栓共同作用下顶部螺栓连接处端板的屈服线有效长度应取表 A.2.1 中各屈服线模式的最小值。

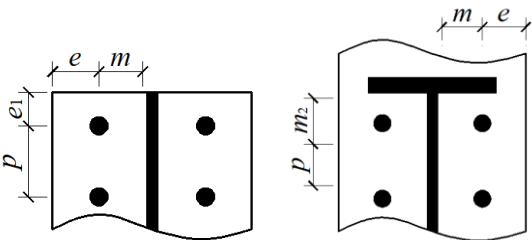
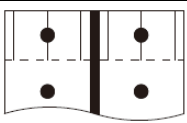
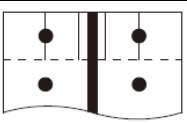
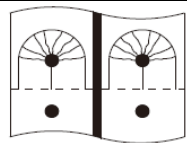
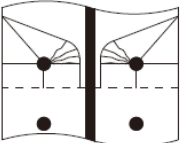
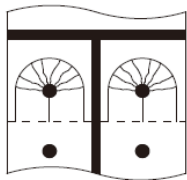
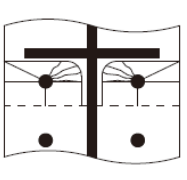


图 A.2.1 顶部螺栓连接处端板示意图

表 A.2.1 顶部螺栓连接处端板产生的屈服线有效长度

圆形屈服模式	非圆形屈服模式
--------	---------

	靠近自由边 $l_{\text{eff}} = 2e_1 + p$		靠近自由边 $l_{\text{eff}} = e_1 + 0.5p$
	远离自由边 $l_{\text{eff}} = \pi m + p$		远离自由边 $l_{\text{eff}} = 2m + 0.625e + 0.5p$
	靠近加劲肋 或梁翼缘 $l_{\text{eff}} = \pi m + p$		靠近加劲肋或 梁翼缘 $l_{\text{eff}} = \alpha m - (2m + 0.625e) + 0.5p$

A.2.2 在图 A.2.2 所示的连接下，多排螺栓共同作用下中间排螺栓连接处端板的屈服线有效长度应取表 A.2.2 中各屈服线模式的最小值。

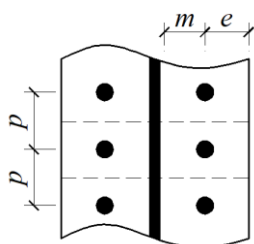
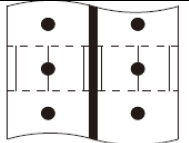
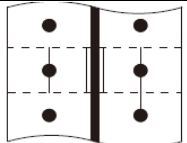


图 A.2.2 中间排螺栓连接处端板示意图

表 A.2.2 中间排螺栓连接处端板产生的屈服线有效长度

	圆形屈服 $l_{\text{eff}} = 2p$		侧面屈服 $l_{\text{eff}} = p$
---	-------------------------------	---	------------------------------

A.2.3 在图 A.2.3 所示的连接下，多排螺栓共同作用下底排螺栓连接处端板的屈服线有效长度应取表 A.2.3 中各屈服线模式的最小值。

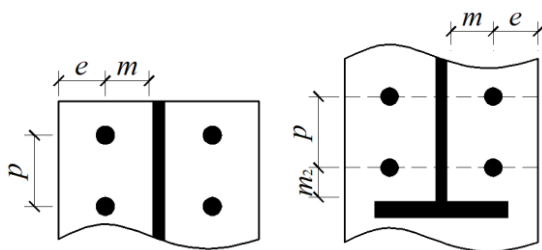


图 A.2.3 底排螺栓连接处端板示意图

表 A.2.3 底排螺栓连接处端板产生的屈服线有效长度

	圆形屈服 $l_{\text{eff}} = \pi m + p$		角部屈服 $l_{\text{eff}} = 2m + 0.625e + 0.5p$
	独立端部屈服 $l_{\text{eff}} = \pi m + p$		远离翼缘或加劲肋的角部屈服 $l_{\text{eff}} = \alpha m - (2m + 0.625e) + 0.5p$

本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，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”或“可”；反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 2 《建筑结构可靠性设计统一标准》 GB50068
- 3 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 4 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205
- 5 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 6 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 7 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 8 《钢结构用高强度大六角头螺栓》 GB/T 1228
- 9 《钢结构用高强度垫圈》 GB/T 1230
- 10 《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
- 11 《普通螺纹基本尺寸》 GB/T 196
- 12 《普通螺纹公差》 GB/T 197
- 13 《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》 GB 3098.1
- 14 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 82