



CECS XX: XX

中国工程建设标准化协会标准

矩形钢管柱端板式连接钢结构

设计规程

(征求意见稿)

20** 北 京

中国工程建设标准化协会标准

矩形钢管柱端板式连接钢结构 设计规程

**Technical standard for rectangle tube column steel
structure with end-plate connection**

CECS XX:XXXX

主编单位：中国建筑标准设计研究院
清华大学

批准单位：中国工程建设标准化协会
施行日期：XXXX 年 X 月 X 日

20** 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发 2016 年第一批工程建设协会标准制定、修订计划的通知》（建标协字[2016]038 号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结国内外工程实践和研究的经验，并参考有关国际标准和国外先进标准，制订了本标准。

本标准主要技术内容是：总则，术语和符号，设计基本规定，作用与验算要求，梁柱节点设计与构造，构件设计与构造，制作与安装。

主编单位：中国建筑标准设计研究院

清华大学

参编单位：鲁帆建设科技有限公司

.....

主要起草人员：

.....

主要审查人员：

中国工程建设标准化协会

XXXX 年 X 月 X 日

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	2
3 设计基本规定	4
3.1 材料.....	4
3.2 基本构件.....	5
3.3 梁柱节点.....	8
3.4 结构布置.....	9
4 作用与验算要求	10
4.1 作用.....	10
4.2 结构验算要求.....	10
5 梁柱节点设计与构造	12
5.1 一般规定.....	12
5.2 受弯承载力.....	12
5.3 初始转动刚度.....	13
5.4 节点的弯矩-转角曲线	15
5.5 构造要求.....	15
6 构件设计与构造	16
6.1 一般规定.....	16
6.2 梁与楼板的设计与构造.....	16
6.3 柱的设计与构造.....	17
6.4 支撑的设计与构造.....	17
7 制作与安装	19
7.1 制作.....	19
7.2 安装.....	20
本标准用词说明	23

引用标准名录	24
附录	22
条文说明	26

1 总则

1.0.1 为适应矩形钢管柱端板式连接钢结构在多高层建筑中的应用,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于高度不超过 40m, 设防烈度不高于 7 度 (0.15g) 的建筑。

1.0.3 矩形钢管柱端板式连接钢结构的设计、制作和安装除应符合本规程外, 尚应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB50017、《建筑抗震设计规范》GB50011、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99、《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 等的要求

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 矩形钢管柱端板式连接 rectangular tube steel column with end-plate connection

在钢结构矩形钢管柱上采用端板、高强螺栓与钢梁进行连接的方式。

2.1.2 铰接连接 hinged connection

不传递弯矩，节点转动不受约束的连接。

2.1.3 刚性连接 rigid connect

既传递剪力、又传递弯矩并且能保持相连杆件之间原有的角度不变连接。

2.1.4 半刚性连接 semi-rigid connection

介于铰接连接和刚性连接之间的连接形式，能承受一定的弯矩，但同时相连杆件间会发生一定的相对转角。

2.1.5 初始转动刚度 initial rotation stiffness

连接节点的转动变形处于弹性阶段时所具有的刚度，由节点域、螺栓伸长变形、端板变形、柱翼缘变形对应的转动刚度共同控制。

2.1.6 弯矩-转角曲线 moment-angle curve

反应节点弯矩转角关系的变形曲线。

2.1.7 连接的受弯承载力 moment resistance of connection

连接所能承受的最大弯矩。由节点域承载力、螺栓抗弯承载力、端板承载力和柱翼缘承载力的最小值确定。

2.2 符号

M_{Joint} ——连接的受弯承载力

M_{pz} ——节点域承载力

M_{bolt} ——螺栓的抗弯承载力

M_{ep} ——端板承载力

M_{cf} ——柱翼缘承载力

K_{φ} ——节点初始转动刚度

K_{pz} ——节点域初始转动刚度

K_{bolt} ——螺栓伸长变形对应的转动刚度

K_{ep} ——端板变形对应的初始转动刚度

K_{cf} ——翼缘变形对应的初始转动刚度

φ ——节点转角

α_r ——考虑屈服弯矩影响的形状系数

α ——梁的线刚度修正系数

η ——支撑与框架的刚度比

K_b ——支撑体系整体侧移刚度

K_f ——框架体系整体侧移刚度

3 设计基本规定

3.1 材料

3.1.1 钢材宜采用 Q235、Q345、Q390、Q420、Q460，其质量应满足现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 和《建筑结构用钢板》GB/T 19879 的规定。

3.1.2 钢材应具有屈服强度、伸长率等力学性能和冷弯试验的合格保证，同时尚应具有碳、硫、磷等化学成分的合格保证。焊接结构所用钢材尚应具有良好的焊接性能，其碳当量或焊接裂纹敏感性指数应符合设计要求或相关标准的规定。

3.1.3 按抗震设计的框架梁、柱等主要抗侧力构件，其钢材性能尚应符合下列要求：

- 1 钢材抗拉性能应有明显的屈服台阶，其断后伸长率不应小于 20%；
- 2 钢材的实测屈强比不应大于 0.85。

3.1.4 钢材的强度设计值和物理性能指标应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

3.1.5 钢结构的焊接材料应符合下列要求：

- 1 手工焊焊条或自动焊焊丝与焊剂的性能应与构件钢材性能相匹配，其熔敷金属的力学性能不应低于母材的性能。当两种强度级别的钢材焊接时，宜采用与强度较低钢材相匹配的焊接材料；
- 2 焊条的材质和性能应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117、《热强钢焊条》GB/T 5118 的有关规定。框架梁、柱节点等重要连接或拼接节点的焊缝宜采用低氢型焊条；
- 3 焊丝的材质和性能应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》GB/T 14957、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110、《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045 及《低合金钢药芯焊丝》GB/T 17493 的有关规定；
- 4 埋弧焊用焊丝和焊剂的材质和性能应符合现行国家标准《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293、《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470 的有关规定。

3.1.6 钢结构连接件应符合下列要求：

- 1 钢结构连接用 4.6 级与 4.8 级普通螺栓(C 级螺栓)及 5.6 级与 8.8 级普通螺栓 (A 级或 B 级螺栓)。其质量应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T3098.1 和《紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺母》GB/T3103.1 的规定; C 级螺栓与 A 级、B 级螺栓的规格和尺寸应分别符合现行国家标准《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780 与《六角头螺栓》GB/T 5782 的规定;
- 2 圆柱头焊(栓)钉连接件的质量应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆头焊钉》GB/T10433 的规定;
- 3 钢结构用大六角高强度螺栓的质量应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230、《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。扭剪型高强度螺栓的质量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 的规定;
- 4 锚栓可采用现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 中规定的 Q235 钢或《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 中规定的 Q345 钢制成;
- 5 螺栓、锚栓的连接强度设计值、高强螺栓的预拉力值以及高强度螺栓连接的钢材摩擦面抗滑移系数应按照现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的有关规定采用。

3.1.7 混凝土材料应符合现行国家标准《混凝土结构技术规范》GB 50010、现行行业标准《轻骨料混凝土结构技术规程》JGJ 12 及《轻骨料混凝土技术规程》JGJ 51 的规定。

3.1.8 钢筋宜采用热轧钢筋 (HPB300、HRB400、HRB500), 其性能应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010、《钢筋混凝土用钢 第二部分: 热轧带肋钢筋》GB 1499.2 及《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》GB 13013 的规定。楼板配筋亦可采用冷轧带肋钢筋, 其性能应符合现行国家标准《冷轧带肋钢筋》GB 13788 及现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ/T 114 的规定。

3.2 基本构件

3.2.1 框架梁宜采用双轴对称焊接 H 型钢和热轧 H 型钢 (图 3.2.1-1)。

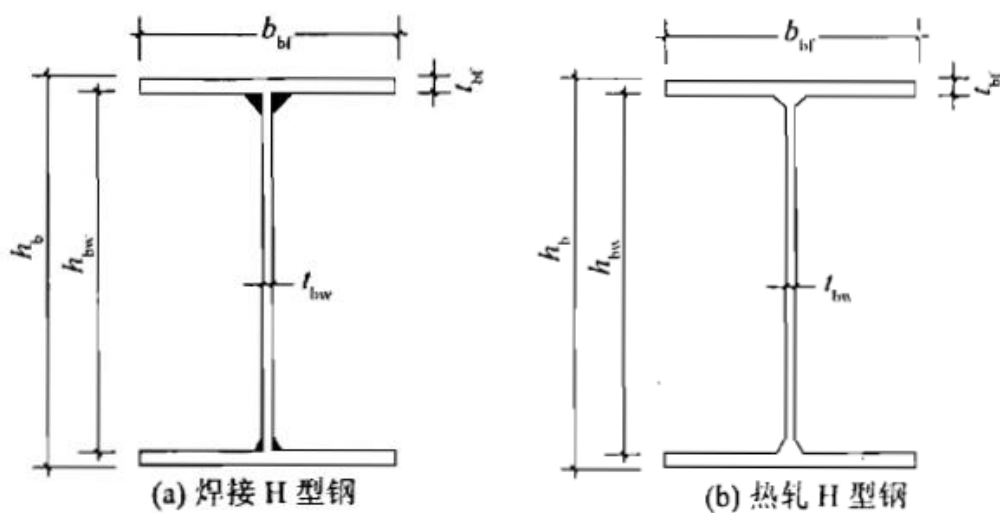
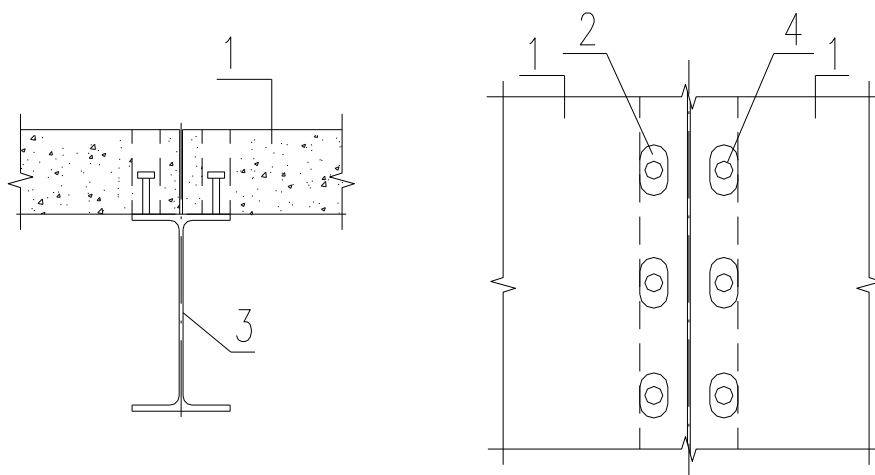
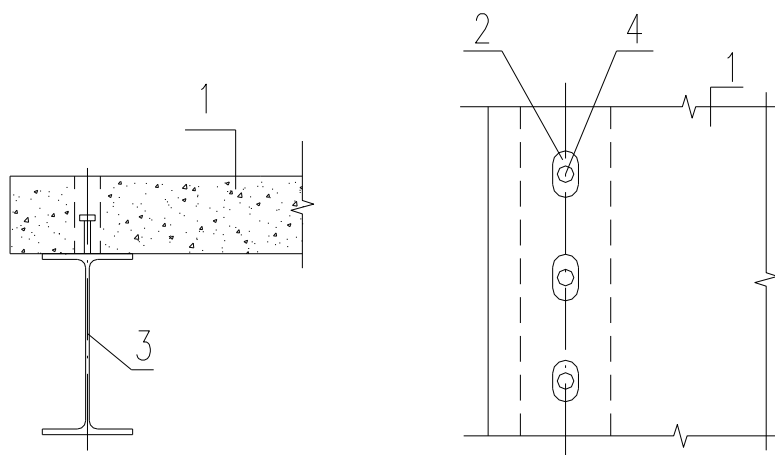


图 3.2.1-1 框架梁的常用形式

3.2.2 宜采用装配式混凝土楼板，楼板应与钢梁有可靠连接，可采用焊接栓钉作连接件（图 3.2.2-1）。采用其他类型装配式楼板时，应确保有可靠的连接措施。当构成完全抗剪连接组合梁时，计算时尚应满足组合梁的相关要求。



(a)中间跨楼板做法示意



(b)边跨楼板做法示意

图 3.2.2-1 装配式混凝土楼板示意

1—装配式混凝土楼板；2—灌浆孔；3—框架梁；4—栓钉

3.2.3 钢梁翼缘的宽厚比应满足下式要求：

$$\frac{b_{bf} - t_{bw}}{2t_{bf}} \leq 11 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

梁腹板的高厚比应满足：

$$\frac{h_{bw}}{t_{bw}} \leq (85 - 120N_b / (Af)) \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad \text{且不大于 } 72 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

3.2.4 柱截面应采用冷弯箱型截面或焊接箱型截面（图 3.2.4-1）。

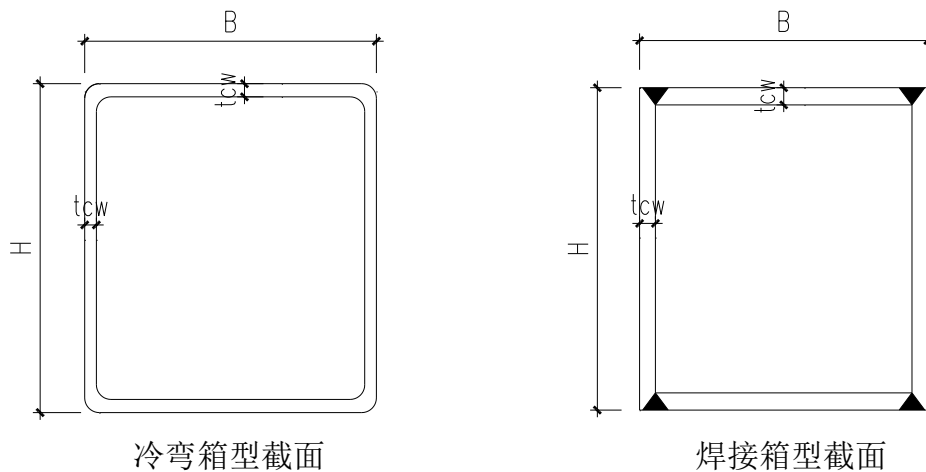


图 3.2.4-1 柱的截面形式

3.2.5 方管柱截面的宽厚比应满足

$$\frac{H - 2t_{cw}}{t_{cw}} \leq 35 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

其中 H —— 截面长边

B —— 截面短边

t_{cw} —— 壁厚

3.2.6 柱的长细比不应大于 $120\sqrt{235/f_y}$ ，计算柱的长细比时，柱长度取所在楼层的高度。

3.2.7 柔性支撑截面宜采用圆钢，应采取可靠方式施加预紧力。

3.3 梁柱节点

3.3.1 框架柱与梁的连接宜采用柱贯通式，并采用端板连接形式。

3.3.2 梁柱端板连接应采用两端外伸式。当采用其他形式端板连接时，应有针对性的节点受力计算方法。

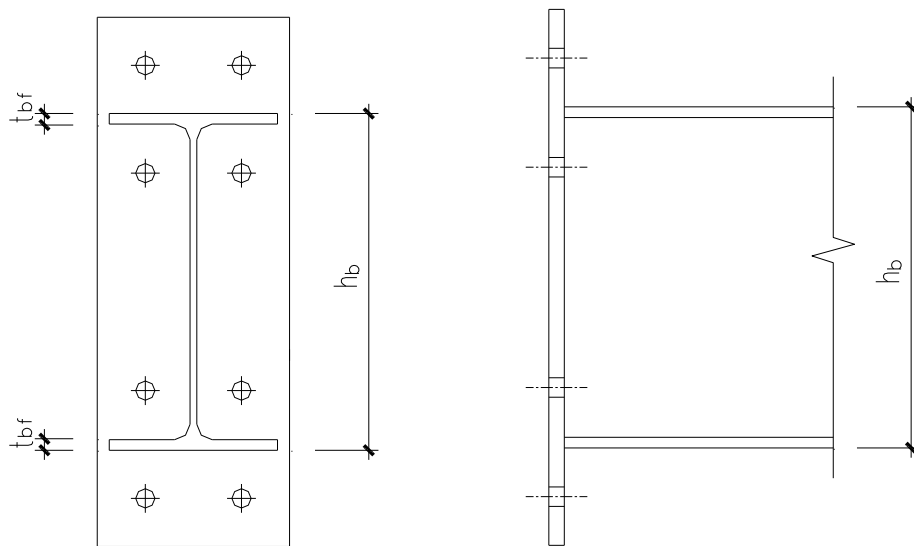


图 3.3.2-1 两端外伸式端板

3.3.3 梁柱端板式连接的受弯承载力 M_{Joint} 应满足下列要求：

$$1.2M_{Joint} \leq M_b$$

$$1.2\sum M_{Joint} \leq \sum W_c(f - N/A_c)$$

$$M_b = \gamma_x W_{nx} f$$

式中： M_b —— 梁受弯承载力；

M_{Joint} —— 节点受弯承载力，按照本规程第五章确定；

W_c —— 汇交于梁柱节点上端或下端柱截面的截面抵抗矩；

A_c —— 汇交于梁柱节点上端或下端柱截面面积；

N —— 按多遇地震作用组合得到的柱轴力；

W_{nx} —— 对 x 轴的净截面模量，截面板件为 S1 级和 S2 级时取全截面；

γ_x —— 对 x 轴的塑性发展系数，S1 级、S2 级和 S3 级时取 1.05；

f —— 钢材强度设计值。

3.4 结构布置

3.4.1 结构平面布置宜均匀对称、简单规则，宜使抗侧力中心与水平荷载合力中心接近重合。

3.4.2 框架部分按计算得到的地震剪力应乘以调整系数，达到不小于结构底部总地震剪力的 25% 和框架部分地震剪力最大值 1.8 倍二者的较小值。

3.4.3 结构竖向布置宜规则，各层的侧向刚度不宜小于相邻上一层的 70%，或不宜小于其上相邻三个楼层侧向刚度平均值的 80%。除顶层外，局部收进的水平向尺寸不宜大于相邻下一层的 25%。

3.4.4 当框架柱的上部与下部的类型和材料不同时，宜设置竖向过渡段。

3.4.5 支撑布置间距不宜大于 3 倍楼盖宽度和 30m。当房屋端部未布置支撑时，第一片支撑与房屋端部的距离，不宜大于 1.5 倍楼盖宽度和 15m。当由于建筑功能要求导致支撑间距较大时，应采取采取措施加强楼盖整体性。

4 作用与验算要求

4.1 作用

4.1.1 竖向荷载标准值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 中有关规定进行计算。

4.1.2 风荷载应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 中的有关规定进行计算。计算风振系数时的结构阻尼比可采用 0.02。

4.1.3 地震作用应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的要求确定。

4.1.4 应考虑非承重墙体对刚度的影响，当非承重墙体为填充空心砖墙时，周期折减系数可取 0.8~0.9，当非承重墙体为填充轻质砌块、轻质墙板、外挂墙板时，周期折减系数可取 0.9~1.0。

4.2 结构验算要求

4.2.1 结构构件、连接及节点应采用下列承载力极限状态设计表达式：

1 持久设计状况、短暂设计状况：

$$\gamma_0 S \leq R$$

2 地震设计状况：

多遇地震

$$S \leq R / \gamma_{RE}$$

设防地震

$$S \leq R_k$$

式中： γ_0 ——结构的重要性系数：对安全等级为一级的结构构件不应小于 1.1，对安全等级为二级的结构构件不应小于 1.0，对安全等级为三级的结构构件不应小于 0.9；

S ——承载力极限状况下作用组合的效应设计值；对持久或短暂设计状

况应按作用的基本组合计算；对地震设计状况应按作用的地震组合计算；

R ——结构构件的承载力设计值；

R_k ——结构构件的承载力标准值；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定取值。

4.2.2 结构的变形验算应符合下列要求：

1 永久和可变荷载标准组合产生的挠度不应大于下列容许值：

主梁 1/400

次梁 1/250

2 可变荷载标准值产生的挠度不应大于下列容许值：

主梁 1/400

次梁 1/300

3 结构的弹性层间位移角应满足：

1) 风荷载标准值作用下的弹性层间位移角不宜大于 1/400；当有可靠措施保障主体结构在风荷载标准值作用下不出现开裂、装修材料不破坏的情况下，可适当放宽要求且不大于 1/300。

2) 多遇地震标准值作用下的弹性层间位移角不宜大于 1/300；当有可靠措施保障主体结构在风荷载标准值作用下不出现开裂、装修材料不破坏的情况下，可适当放宽要求且不大于 1/250。

3) 罕遇地震作用时，最大弹塑性层间位移角不应大于 1/50。

4 梁柱连接转动能力不应小于 0.02rad。

5 梁柱节点设计与构造

5.1 一般规定

5.1.1 结构内力分析时应考虑端板节点的转动刚度。可采用柱侧弹簧的建模方式，考虑节点的弯矩-转角曲线。设计软件如无法考虑节点的弹塑性性能，可将节点的初始转动刚度作为柱侧弹簧的转动刚度进行建模。

5.1.2 与本规程节点构造略有不同的节点，应通过有限元分析确定其承载力、初始转动刚度和弯矩-转角曲线，并宜进行试验验证。

5.1.3 节点的高强螺栓连接应按照摩擦型连接进行设计。

5.1.4 节点的受弯承载力应按照本规程 5.2 节的方法进行验算，受剪承载力按照《钢结构高强度螺栓连接技术规程》（JGJ 82-2011）中的规定进行验算。

5.2 受弯承载力

5.2.1 应分别计算节点域承载力、螺栓承载力、端板承载力以及柱翼缘承载力，取其最小值 M_j 作为连接的受弯承载力。

$$M_{\text{Joint}} = \min \{ M_{\text{pz}}, M_{\text{bolt}}, M_{\text{ep}}, M_{\text{cf}} \}$$

5.2.2 节点域承载力 M_{pz} 应依据《钢结构设计标准》GB 50017，按照箱型截面柱计算。

5.2.3 螺栓抗弯承载力应按照《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 中规定的方法计算。公式如下：

$$M_{\text{bolt}} = n_2 (h_b - t_{\text{bf}}) N_t^b$$
$$N_t^b = 0.8P$$

式中： n_2 —— 受拉翼缘上下两侧的螺栓总数；

h_b —— 梁高；

t_{bf} —— 梁翼缘厚度；

N_t^b —— 单个螺栓受拉承载力设计值；

P —— 单个螺栓的预拉力。

5.2.4 端板承载力 M_{ep} 应按下式计算：

$$M_{\text{ep}} = n (h_b - t_{\text{bf}}) N_{\text{ep}}^b$$

$$N_{ep}^b = \frac{b_{ep} t_{ep}^2 f_y}{4e_f} + \frac{(e_f + e_w) t_{ep}^2 f_y}{2e_w}$$

式中： n —— 受拉翼缘上下两侧的螺栓总数；

h_b —— 梁高；

b_{ep} 、 t_{ep} —— 分别为端板宽度和端板厚度；

N_{ep}^b —— 端板受弯屈服时单个螺栓的拉力；

f_y —— 钢材的设计强度；

e_f 、 e_w —— 分别为螺栓孔中心至梁翼缘和梁腹板（端板加劲肋）表面的距离。

5.2.5 柱翼缘承载力 M_{cf} 应按下式计算：

$$M_{cf} = n(h_b - t_{bf}) N_{cf}^b$$

$$N_{cf}^b = \frac{b_{cf} t_{cf}^2 f_y}{4e_f} + 0.7 \cdot \frac{(e_f + e_w) t_{cf}^2 f_y}{2e_w}$$

式中： N_{cf}^b —— 翼缘受弯屈服时单个螺栓的拉力；

b_{cf} 、 t_{cf} —— 分别为柱节点域之间翼缘宽度和柱翼缘厚度；

e_f 、 e_w —— 分别为螺栓孔中心至内隔板和柱节点域表面的距离。

5.2.6 进行包含水平地震作用工况的节点承载力验算时，应按照《建筑抗震设计规范》GB50017 的规定，考虑相应的承载力抗震调整系数。

5.3 初始转动刚度

5.3.1 节点的初始转动刚度 K_ϕ 应按下式计算：

$$K_\phi = \frac{1}{\frac{1}{k_{pz}} + \frac{1}{k_{bolt}} + \frac{1}{k_{ep}} + \frac{1}{k_{cf}}}$$

式中： k_{pz} —— 节点域的初始转动刚度；

k_{bolt} —— 螺栓伸长变形对应的初始转动刚度；

k_{ep} —— 端板变形对应的初始转动刚度；

k_{cf} —— 柱翼缘变形对应的初始转动刚度。

5.3.2 节点域的初始转动刚度应按下式计算：

$$k_{pz} = \frac{4}{3} G (h_b - 2t_{bf}) (h_c - 2t_{cf}) \cdot 2t_{cw}$$

式中： G —— 钢材的剪切模量；

h_b 、 h_c —— 分别为梁高和柱高；

t_{bf} 、 t_{cf} —— 分别为梁翼缘厚度和柱翼缘厚度；

t_{cw} —— 柱节点域板厚。

5.3.3 螺栓伸长变形对应的初始转动刚度应按下式计算：

$$k_{bolt} = n\pi Ed (\psi^{-0.5} + 0.25) (h_b - t_{bf})^2$$

式中： E —— 螺栓的弹性模量；

d —— 螺栓直径；

ψ —— 端板厚度与螺栓直径之比。

5.3.4 端板变形对应的初始转动刚度应按下式计算：

$$k_{ep} = n(k_1 + k_2)(h_b - t_{bf})^2$$

$$k_1 = \frac{\beta_1}{\frac{e_w^3}{Eb_1 t_{ep}^3} + \frac{\alpha e_w}{Gb_1 t_{ep}}}$$

$$k_2 = \frac{\beta_2}{\frac{e_f^3}{Eb_2 t_{ep}^3} + \frac{\alpha e_f}{Gb_2 t_{ep}}}$$

$$\beta_1 = 1 - \frac{e_f}{2b_1}$$

$$\beta_2 = 1 - \frac{e_w}{2b_2}$$

式中： k_1 —— 螺栓所在轴线与端板加劲肋（或梁腹板）之间端板板段的刚度，考虑了板件的弯曲变形及剪切变形；

k_2 —— 螺栓所在轴线与梁翼缘之间端板板段的刚度，考虑了板件的弯曲变形及剪切变形；

β_1 、 β_2 —— 上述两个板段相互重叠部分的折减系数，当不采用端板加劲肋时分别取 0 和 1；

α —— 计算剪切变形的截面系数，可取 1.2；

b_1 —— 螺栓所在轴线与端板加劲肋（或梁腹板）之间端板板段长度的实际值与 $(e_f + e_w)$ 的较小值；

b_2 —— 螺栓所在轴线与梁翼缘之间端板板段长度的实际值与 $(e_f + e_w)$ 的较小值。

5.3.5 柱翼缘变形对应的初始转动刚度应按下式计算：

$$k_{cf} = n(0.7k_1 + k_2)(h_b - t_{bf})^2$$

式中: k_1 —— 螺栓所在轴线与柱节点域之间柱翼缘板段的刚度, 考虑了板件的弯曲变形及剪切变形;

k_2 —— 螺栓所在轴线与柱内隔板之间柱翼缘板段的刚度, 考虑了板件的弯曲变形及剪切变形;

5.4 节点的弯矩-转角曲线

5.4.1 可用 Ramberg-Osgood 模型来拟合节点的弯矩 M -转角 φ 曲线:

$$\varphi = \frac{M}{K_\varphi} \left[1 + \left(\frac{M}{\alpha_r M_y} \right)^{n-1} \right]$$

式中: M_y —— 按照 5.2 节计算的受弯承载力;

K_φ —— 按照 5.3 节计算节点初始转动刚度;

n —— Ramberg-Osgood 模型通用的形状系数, 本规程的节点可取 8;

α_r —— 考虑屈服弯矩影响的形状系数, 本规程的节点可取 1.85;

5.5 构造要求

5.5.1 宜采用外伸式端板, 且端板外伸部分应设置加劲肋。

5.5.2 矩形钢管中与梁翼缘对应位置应设置内隔板, 厚度和强度均不小于梁翼缘。内隔板四周与矩形钢管焊接, 且焊缝强度应进行验算。

5.5.3 柱翼缘厚度不宜小于梁翼缘, 且端板与柱翼缘厚度宜较为接近, 保证节点有较大的转动刚度和足够的延性。

5.5.4 螺栓应以梁翼缘和梁腹板为对称轴成对布置, 螺栓边距和螺栓端距应满足《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

5.5.5 端板与钢梁之间应采用对接焊缝等强连接。

6 构件设计与构造

6.1 一般规定

6.1.1 依据《钢结构设计标准》GB50017，对梁和柱进行强度和稳定性验算，对柔性支撑进行受拉强度验算，对梁进行挠度验算。

6.1.2 进行包含水平地震作用工况的构件强度和稳定性验算时，应按照《建筑抗震设计规范》GB50017 的规定，考虑相应的承载力抗震调整系数。

6.2 梁与楼板的设计与构造

6.2.1 施工阶段，预制楼板与梁未完成连接时，不应考虑楼板对梁受压翼缘的侧向支撑作用，需验算梁在结构自重及施工活荷载下作用的强度和整体稳定性。

6.2.2 预制楼板与梁完成连接后，能阻止梁受压翼缘的侧向位移时可不计算梁在恒荷载及使用活荷载作用下的整体稳定性，否则应按《钢结构设计标准》GB50017 的相关要求进行计算。

6.2.3 进行梁的强度验算时，不考虑楼板的作用。

6.2.4 梁翼缘和腹板的板件宽厚比应满足《钢结构设计标准》GB50017 对局部稳定的要求。

6.2.5 梁截面宜采用双轴对称截面。

6.2.6 梁与楼板宜采用栓钉剪力连接件进行连接。楼板预制时预留栓钉孔，其孔径需保证灌浆料的密实浇筑，孔距不应大于 200mm。拼装现场楼板吊装到位后焊接栓钉，浇筑灌浆料前应清理孔中的杂物。各区格之间的楼板应预留一定宽度的接缝，保证灌浆料的密实浇筑；接缝处的楼板侧面应凿毛处理，提高楼盖的整体性。

6.2.7 板内配筋应绕过预留的栓钉孔并有可靠的锚固措施，提高楼盖与钢结构之间连接的可靠性。

6.2.8 框架柱附近区域的楼板宜加密配筋，或在楼板与栓钉、楼板与端板加劲肋之间设置软性衬垫，以减轻框架柱附近区域楼板的开裂问题。

6.2.9 楼板应根据实际支承条件，按照《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行承载能力极限状态下的承载力验算和正常使用极限状态下的挠度验算。

6.2.10 栓钉孔和楼板接缝中灌注的灌浆料，强度应大于楼板混凝土的强度。

6.3 柱的设计与构造

6.3.1 框架柱应按照《钢结构设计标准》GB50017 进行截面强度验算、平面内稳定性验算以及平面外稳定性验算。

6.3.2 进行柱的稳定性验算时，稳定系数应按有侧移框架确定。

6.3.3 确定柱的稳定系数时，考虑节点刚度的影响，应对梁的线刚度应进行修正，修正系数 α 应按下式计算：

$$\alpha = (1 + 2\gamma_2) / (1 + 4\gamma_1 + 4\gamma_2 + 12\gamma_1\gamma_2)$$

$$\gamma_1 = EI_b / (l_b K_{\varphi 1})$$

$$\gamma_2 = EI_b / (l_b K_{\varphi 2})$$

式中： EI_b —— 梁的抗弯刚度；

l_b —— 梁跨度（轴线间距）；

$K_{\varphi 1}$ —— 近端节点的初始转动刚度；

$K_{\varphi 2}$ —— 远端节点的初始转动刚度。

6.3.4 柱脚形式可采用外露式柱脚、埋入式柱脚、插入式柱脚或外包式柱脚，承载力验算方法和构造要求可参考《钢结构设计标准》GB50017 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的相关要求。

6.3.5 柱应满足《钢结构设计标准》GB50017 对局部稳定的要求，且不应考虑屈曲后强度。

6.4 支撑的设计与构造

6.4.1 矩形钢管柱端板式连接钢结构可采用交叉布置的柔性支撑来增大结构刚度，提高结构使用舒适度。

6.4.2 带柔性支撑钢框架进行内力分析时，应只考虑单向支撑提供的抗侧刚度和抗侧承载力。

6.4.3 六层及以下的结构，各层柔性支撑宜取同样的截面尺寸。

6.4.4 柔性支撑的材料强度不宜比梁的材料强度高。

6.4.5 可将带柔性支撑钢框架分离框架体系与支撑体系，且框架体系与支撑体系抗侧刚度之和等于支撑框架体系的抗侧刚度。将支撑体系抗侧刚度与框架体系抗侧刚度之比定义为支撑与框架的刚度比。刚度比 η 的定义为：

$$\eta = K_b / K_f$$

$$K_b = V_{Bb} / \Delta_{Tb}$$

$$K_f = V_{Bf} / \Delta_{Tf}$$

式中： K_b —— 支撑体系的整体侧移刚度；

K_f —— 框架体系的整体侧移刚度；

V_{Bb} 、 V_{Bf} —— 分别为支撑体系和框架体系的基底剪力；

Δ_{Tb} 、 Δ_{Tf} —— 分别为支撑体系和框架体系的顶点水平位移；

6.4.6 刚度比 η 应按下式计算：

$$\eta = \frac{E_s}{hK_f \left\{ \frac{(2n+1)}{3A_b \sin \theta \cos^2 \theta} + \frac{(2n+1)\tan^2 \theta}{3A_c} + \frac{\tan^2 \theta}{A_c} \left[\sum_{t=1}^{n-1} (n-t)\Omega_t \right] \right\}}$$

$$\Omega_t = \frac{2n(n+1)(2n-3t+4) + 2t(t-1)(t-2) - 3(n+t)(n-t+1)}{3n(n+1)}$$

式中： E_s —— 钢材的弹性模量；

h —— 结构层高；

n —— 结构层数；

θ —— 支撑与水平面夹角；

A_b 、 A_c —— 分别为支撑和柱的横截面面积；

6.4.7 刚度比 η 的建议值为 2。

6.4.8 带柔性支撑钢框架所需支撑横截面积可由框架体系的整体侧移刚度和刚度比建议值，根据刚度比计算公式直接求得。

6.4.9 为减轻结构往复变形时双向柔性支撑交替屈曲和张紧而相互碰撞产生的声响，柔性支撑在跨中相交位置应设置软性保护套。

6.4.10 柔性支撑可采用下图中的两种节点形式：一种将端板加劲肋与支撑连接板合并，并与支撑采用双面角焊缝相连；另一种在柱表面用四面角焊缝连接一块补强板，将支撑连接板采用双面角焊缝焊在补强板上，支撑再与连接板用双面角焊缝连接。其他形式的柔性支撑节点须经试验验证后使用。

6.4.11 支撑节点的焊缝强度及连接板强度按照《钢结构设计标准》GB50017 进行验算。

6.4.12 考虑动力荷载作用下，柔性支撑突然张紧产生的冲击作用导致支撑超强。节点设计时需对荷载进行调整，调整系数宜取 1.15。

7 制作与安装

7.1 制作

7.1.1 钢结构加工制作工艺和质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

7.1.2 钢构件和装配式楼板深化设计图应根据设计图和其他有关技术文件进行编制，其内容包括设计说明、构件清单、布置图、加工详图、安装节点详图等。当需要修改设计时应取得设计单位同意，并签署设计变更文件。

7.1.3 钢构件宜采用自动化生产线进行加工制作，减少手工作业。

7.1.4 钢构件焊接宜采用自动焊接或半自动焊接，并应按评定合格的工艺进行焊接。焊缝质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

7.1.5 高强度螺栓孔宜采用数控钻床制孔和套模制孔，制孔质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

7.1.6 钢构件除锈宜在室内进行，除锈方法及等级应符合设计要求，当设计无要求时，宜选用喷砂或抛丸除锈方法，除锈等级应不低于 Sa2.5 级。

7.1.7 钢构件防腐涂装应符合下列规定：

- 1 宜在室内进行防腐涂装。
- 2 防腐涂装应按设计文件的规定执行，当设计文件未规定时，应依据建筑不同部位对应环境要求进行防腐涂装系统设计。
- 3 涂装作业应按现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的规定执行。

7.1.8 钢构件出厂前宜进行预拼装，构件预拼装可采用实体预拼装或数字模拟预拼装。

7.1.9 预制楼板的生產应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的规定。

7.1.10 钢梁制作时宜取负公差，最大负公差宜取梁长的 0.05% 和 5mm 的较小值。

7.1.11 焊接 H 型钢的翼缘拼接缝和腹板拼接缝的间距不应小于 200mm。翼缘板拼接长度不应小于 2 倍板宽；腹板拼接宽度不应小于 300mm，长度不应小于 600mm。

7.1.12 梁的工厂拼接宜避开跨中和柱两侧各 500mm。

7.1.13 钢结构所用的钢材、连接材料和涂装材料应具有质量合格证书，并符合设计文件的要求和国家现行有关标准的规定。

7.1.14 钢构件制作前应编制加工工艺文件，制定合理的工艺流程和建立质量保证体系。

7.1.15 结构运送单位的划分，除应考虑结构受力条件外，尚应做到经济合理，便于运输、合理堆放和易于拼装。

7.2 安装

7.2.1 钢结构施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

7.2.2 钢结构现场焊接工艺和质量应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

7.2.3 钢结构紧固件连接工艺和质量应符合国家现行标准《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的规定。

7.2.4 钢结构的现场涂装应符合下列规定：

- 1 构件在运输、存放和安装过程中损坏的涂层以及安装连接部位的涂层应进行现场补漆，并应符合原涂装工艺要求。
- 2 构件表面的涂装系统应相互兼容。
- 3 防火涂料应符合国家现行有关标准的规定。
- 4 现场防腐和防火涂装应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

7.2.5 混凝土预制板的安装应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的规定。

7.2.6 钢结构应根据结构特点选择合理顺序进行安装，并应形成稳固的空间单元，必要时应增加临时支撑或临时措施。

7.2.8 安装前应对钢构件的外形尺寸、螺栓孔直径和位置、连接件位置及角度、栓焊钉、高强度螺栓连接摩擦面加工质量、构件表面的油漆等作全面检查。

7.3.5 安装使用的量具，应与构件制作、验收及土建施工按同一标准进行检验，并应具有相同的精度等级。

7.3.6 钢结构的安装，应划分安装流水区段，确定构件安装顺序，并编制构件按照顺序表。可按照结构形式、安装设备、场地条件等因素确定流水区段的划分方式。

7.2.7 钢结构安装时，应分析日照、焊接等因素可能引起构件的伸缩或弯曲变形，并应采取相应措施。

7.2.8 钢结构工程测量应符合下列规定：

1 钢结构安装前应设置施工控制网；施工测量前，应根据设计图和安装方案，编制测量专项方案。

2 施工阶段的测量应包括平面控制、高程控制和细部测量。

7.2.9 主体结构整体垂直度的允许偏差为 $H/2500+10\text{mm}$ (H 为高度)，但不应大于 50.0mm；整体平面弯曲允许偏差为 $L/1500$ (L 为宽度)，且不应大于 25.0mm。

7.2.10 主框架梁柱采用端板连接时，在一侧梁端可设垫板。垫板平面尺寸可与梁端板尺寸一致，垫板螺栓孔径可取端板孔径加 1.5mm~2.0mm，厚度可做成 3mm，6mm，9mm，12mm 系列，垫板的最大厚度不应大于端板的厚度，也不应大于螺栓直径的 1/2，垫板材质应与梁端板相同。

7.2.11 采用端板的框架柱，其高强螺栓预拉应力应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的要求。

7.2.12 钢结构主体的整体垂直度、整体平面弯曲、总高度的安装允许偏差以及钢构件的安装允许均应符合《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的相关要求。

附录

本标准用词说明

1 为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，在条件许可时首先这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，可采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1、 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 2、 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 3、 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 4、 《建筑结构可靠度设计统一标准》 GB 50068
- 5、 《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153
- 6、 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 7、 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB50300
- 8、 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 9、 《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》 GB51022
- 10、 《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》 GB/T 709
- 11、 《钢结构用高强度大六角头螺栓》 GB/T 1228
- 12、 《钢结构用高强度大六角螺母》 GB/T 1229
- 13、 《钢结构用高强度垫圈》 GB/T 1230
- 14、 《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
- 15、 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 16、 《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》 GB/T 3098.1
- 17、 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》 GB/T 3632
- 18、 《耐候结构钢》 GB/T 4171
- 19、 《热强钢焊条》 GB/T 5118
- 20、 《装配式钢结构建筑技术标准》 GB/T 51232
- 21、 《厚度方向性能钢板》 GB/T 5313
- 22、 《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》 GB/T 8110
- 23、 《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》 GB/T 8923.1
- 24、 《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》 GB/T 9793
- 25、 《热轧H型钢和剖分T型钢》 GB/T 11263
- 26、 《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》 GB/T 12470
- 27、 《熔化焊用钢丝》 GB/T 14957

- 28、 《低合金钢药芯焊丝》 GB/T 17493
- 29、 《建筑结构用钢板》 GB/T 19879
- 30、 《建筑结构设计术语和符号标准》 GB/T 50083
- 31、 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 82
- 32、 《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ 99
- 33、 《端板式半刚性连接钢结构技术规程》 CECS260

条文说明