



CECS XXX: 2019

中国工程建设协会标准

方钢管、T 型钢组合截面异形柱结构技术 规程

Technical Specification for Specially Shape Column Structures with Combined
Section of Square Steel Tube and T-shape Steel

(征求意见稿)

《方钢管-T 型钢组合异形柱结构技术规程》编制组

2019 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2017 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2017]031 号）的要求，规程编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国外先进标准和国内相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本规程。

本规程的主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、结构体系和结构计算、构件设计、节点设计、施工和验收、钢结构防护。

本规程由中国工程建设标准化协会归口管理，由中国建筑标准设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请寄往解释单位（地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 2 号楼 4 层，邮编：100048）。

主编单位：中国建筑标准设计研究院有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

目 次.....	1
1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	2
3 基本规定	6
3.1 一般规定.....	6
3.2 材料.....	6
3.3 构件承载力设计.....	8
3.4 水平位移限值和舒适度要求.....	8
3.5 抗震等级.....	9
4 结构体系和结构计算	10
4.1 一般规定.....	10
4.2 结构体系.....	11
4.3 结构布置.....	12
4.4 结构计算.....	13
5 构件设计	15
5.1 一般规定.....	15
5.2 承载力计算.....	16
5.3 构造要求.....	22
6 节点设计	22
6.1 一般规定.....	22
6.2 梁柱连接.....	24
6.3 柱与柱的连接.....	31
6.4 钢柱脚.....	32
7 施工和验收	41
7.1 一般规定.....	41

7.2 施工和安装.....	41
7.3 验收.....	42
8 钢结构的防护	44
8.1 一般规定.....	44
8.2 防腐蚀.....	44
8.3 防火.....	46
附录 A 截面几何性质计算方法.....	48
A.1 截面惯性矩与截面模量计算.....	48
A.2 截面形心与扇性惯性矩计算.....	52
A.3 截面主扇性坐标计算.....	55
附录 B 双力矩计算.....	59
附录 C 方钢管、T 型钢组合截面梁的整体稳定系数	60
本标准用词说明	61
引用标准名录	62
条文说明	64

1 总则

1.0.1 为了在多高层钢结构建筑中合理应用方钢管、T 型钢组合截面异形柱（简称组合异形柱）结构，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 本规程适用于由组合异形柱结构的设计、制作、施工与验收。抗震设防烈度为 6 度至 9 度抗震设计的组合异形柱结构，其适用的房屋最大高度和结构类型应符合本规程的有关规定。

本规程不适用于建造在危险地段以及发震断裂最小避让距离内的组合异形柱。

1.0.3 组合异形柱结构设计、制作、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规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 方钢管、T 型钢组合截面异形柱 Specially Shaped Column of Combined Section with Square Steel Tube and T-shape Steel

由焊接 T 型钢或轧制 T 型钢与方钢管组合形成的异形截面柱。

2.1.2 方钢管、T 型钢组合异形柱结构 Specially Shaped Column Structures of Combined Section with Square Steel Tube and T-shape Steel

采用方钢管、T 型钢组合截面异形柱的框架结构、框架-支撑结构和框架-延性墙板结构。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应设计值

G ——重力荷载；

M ——弯矩；

V ——剪力；

N ——轴心力；

R ——支座反力；

B ——力矩；

T_y ——U 形加强筋的受拉承载力；

N_{xyz} ——弹性完善杆的弯扭屈曲临界力；

2.2.2 计算指标

E 、 G ——钢材弹性模量和剪变模量；

D ——抗侧刚度；

S_d ——作用组合的效应设计值；

f ——受拉钢筋抗拉强度设计值；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值；

f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度标准值；

f_{ck} ——混凝土抗压强度标准值；

f_{vy} ——钢材的屈服抗剪强度；

f_{yk} ——钢筋的抗拉强度最小值；

f_{yv} ——箍筋的抗拉强度设计值；

f_{yvk} ——箍筋的抗拉强度标准值；

f_{yw} ——梁腹板钢材的屈服强度；

f_{ub} ——梁翼缘钢材抗拉强度最小值；

f_t^a 、 f_v^a ——锚栓钢材的抗拉、抗剪强度设计值；

$\sigma_{\max}$ ——腹板净高边缘的最大压应力；

$\sigma_{\min}$ ——腹板净高另一边缘相应的应力；

EJ_d ——结构一个主轴方向的弹性等效侧向刚度；

ρ_{sh} ——水平箍筋的配箍率；

2.2.3 几何参数

A ——面积；

A_n ——构件的净截面面积；

V_p ——构件节点域区格的有效体积；

h ——楼层层高；

H ——房屋高度；

l ——钢柱底板到柱反弯点的距离；

l_n ——梁的净跨；

l_{st} ——边肋板长度；

l_t ——外包混凝土顶部箍筋到柱底板的距离；

l_{ω} ——扭转屈曲的计算长度；

l_{0x} 、 l_{0y} ——分别为构件对截面主轴 x 和 y 的计算长度；

h_{st} ——边肋板高度；

h_0 ——受拉钢筋合力点至混凝土受压区边缘的距离；

h_B ——钢柱脚埋置深度；

h_b ——梁截面高度；

h_{b1} ——梁翼缘中心间的距离；

h_{ct1} 、 h_{cs1} ——T 型钢、方钢管翼缘中心间的距离；

I_0 、 I_t 、 I_ω ——分别为构件毛截面对剪心的极惯性矩、自由扭转常数和扇性惯性矩；

i_0 ——截面对剪心的极回转半径；

i_x 、 i_y ——分别为构件截面对主轴 x 和 y 的回转半径；

t_{pt} 、 t_{ps} ——T 型钢腹板厚度、方钢管壁板厚度或局部加厚时的节点域厚度；

t_{fb} 、 t_{wb} ——梁翼缘和梁腹板的厚度；

t_s ——边肋板厚度；

t_{cp} ——楔形盖板厚度；

b_1 、 b_2 ——埋入式柱脚上、下部受压区与弯矩作用方向垂直柱身有效宽度；

b_e ——外包层混凝土的截面有效宽度；

b_c ——与弯矩作用方向垂直的柱身尺寸；

y_s ——截面形心至剪心的距离；

ω_h ——截面的主扇性坐标

x_s 、 y_s ——截面剪心的坐标；

S_r ——梁腹板过焊孔高度，高强螺栓连接时为剪力板与梁翼缘间隙的距离；

a ——U 形加强筋合力点到基础上表面或到柱底板下表面的距离；

W_n ——构件的净截面模量；

W_ω ——构件的截面扇形模量；

W_{1x} ——在弯矩作用平面内对受压最大纤维的毛截面模量；

W_{2x} ——对称轴上外伸肢的毛截面模量；

W_x 、 W_y ——对强轴和弱轴的毛截面模量；

2.2.4 计算系数及其他

γ_0 ——结构重要性系数；

γ_{RE} ——构件承载力抗震调整系数；

γ_x 、 γ_y ——截面塑性发展系数；

ϕ_x 、 ϕ_y ——弯矩作用平面内、外轴心受压构件稳定系数；

ϕ_{bx} 、 ϕ_{by} ——考虑弯矩变化和荷载位置影响的受弯构件整体稳定系数；

β_{mx} 、 β_{my} ——等效弯矩系数；

μ_1 、 μ_2 ——节点域左、右侧弯矩作用时，节点域区格的分配系数；

λ ——轴心受压构件长细比；

λ_z ——扭转屈曲换算长细比；

λ_n ——轴心受压构件正则化长细比；

N'_{Ex} ——参数；

η ——截面影响系数；

ψ ——折减系数；

α ——连接系数；

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 组合异形柱结构设计应包括以下内容：

- 1 结构方案设计，包括结构选型、构件布置；
- 2 材料选用及截面选择；
- 3 作用及作用效应分析；
- 4 结构的极限状态验算；
- 5 结构、构件及连接的构造；
- 6 制作、安装、防腐和防火等要求。

3.1.2 组合异形柱的方钢管应选用冷弯方钢管，T 型钢可选用剖分 T 型钢或焊接 T 型钢；冷弯方钢管的选用应符合《建筑结构用冷弯矩形钢管》JG/T 178 的规定，剖分 T 型钢的选用应符合《热轧 H 型钢和剖分 T 型钢》GB/T 11263 的规定。

3.1.3 组合异形柱可与常规截面的钢柱或钢管混凝土柱混合使用。在对于建筑空间影响较大的区域，宜设置组合异形柱；在建筑公共区域、卫生间、厨房等对于建筑使用空间影响不大区域，宜设置普通钢管柱。

3.1.4 组合异形柱结构的安全等级和设计使用年限应符合现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 和《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的规定。

3.1.5 组合异形柱结构应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计：

- 1 承载能力极限状态应包括：构件和连接的强度、结构和构件的稳定性。按承载能力极限状态设计时，应采用荷载效应的基本组合；
- 2 正常使用极限状态应包括：影响结构、构件的正常使用或外观变形等。按正常使用极限状态设计时，应采用荷载效应的标准组合。

3.2 材料

3.2.1 钢材的选用应综合考虑构件的重要性和荷载特征、结构形式和连接方法、应力状态、工作环境以及钢材品种和厚度等因素，合理地选用钢材牌号、质量等级及其性能要求，并应在设计文件中完整地注明对钢材的技术要求。

3.2.2 钢材的牌号和等级应符合下列规定：

1 主要承重构件所用钢材的牌号宜选用 Q345 钢、Q390 钢，一般构件宜选用 Q345 钢，其材质和材料性能应分别符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 或《碳素结构钢》GB/T 700 的规定。当有可靠依据时也可选用更高强度级别的钢材。

2 主要承重构件所用较厚的板材宜选用高性能建筑用 GJ 钢板，其材质和材料性能应符合现行国家标准《建筑结构用钢板》GB/T 19879 的规定。

3 承重构件所用钢材的质量等级不宜低于 B 级；承重构件中厚度不小于 40mm 的受拉板件，当其工作温度低于-20℃时，宜适当提高其所用钢材的质量等级。

3.2.3 承重构件所用钢材应具有屈服强度、抗拉强度、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。

3.2.4 钢框架梁、柱等构件参与抗侧力时，其钢材性能要求尚应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定。

3.2.5 钢结构所用焊接材料的选用应符合下列规定：

1 手工焊焊条或自动焊焊丝和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，宜选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。框架梁柱刚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。

3.2.6 钢结构所用螺栓紧固件材料的选用应符合下列规定：

1 普通螺栓宜采用 4.6 或 4.8 级 C 级螺栓，其性能与尺寸规格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、《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780 和《六角头螺栓》GB/T 5782 的规定。

2 钢结构承重构件的高强度螺栓连接应采用摩擦型连接，其螺栓可选用大六角高强度螺栓或扭剪型高强度螺栓。高强度螺栓的材质、材料性能、级别和规格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螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 和《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 的规定。

3.2.7 混凝土板和钢结构所用圆柱头焊钉（栓钉）连接件的材料应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433 的规定。其屈服强度不应小于 320N/mm²，抗拉强度不应小于 400N/mm²，伸长率不应小于 14%。

3.3 构件承载力设计

3.3.1 高层民用建筑钢结构构件的承载力应按下列公式验算：

$$\text{持久设计状况、短暂设计状况} \quad \gamma_0 S_d = R_d \quad (3.4.1-1)$$

$$\text{地震设计状况} \quad S_d = R_d / \gamma_{RE} \quad (3.4.1-2)$$

式中： γ_0 ——结构重要性系数，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；

S_d ——作用组合的效应设计值；

R_d ——构件承载力设计值；

γ_{RE} ——构件承载力抗震调整系数。结构构件和连接的强度计算时取 0.75；

柱和支撑的稳定计算时取 0.8；当仅计算竖向地震作用时取 1.0。

3.4 水平位移限值和舒适度要求

3.4.1 组合异形柱结构在风荷载或多遇地震标准值作用下，按弹性方法计算的层间弹性位移角不宜大于 1/300；罕遇地震作用下，层间弹塑性位移角不应大于 1/50。

3.4.2 组合异形柱结构的风振舒适度验算及楼盖结构舒适度验算应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定。

3.5 抗震等级

3.5.1 组合异形柱结构的抗震措施应分别符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223 和《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定。

3.5.2 抗震设计时，组合异形柱结构应根据抗震设防分类、烈度和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的计算和构造措施要求。丙类组合异形柱的抗震等级应按表 3.5.2 确定。

表 3.5.2 组合异型柱结构房屋的抗震等级

房屋高度	烈 度			
	6	7	8	9
≤ 50m	四	三	二	一
> 50m	三	二	一	

注：1 高度接近或等于高度分界时，应允许结合房屋不规则程度和场地、地基条件确定抗震等级；

2 一般情况，构件的抗震等级与结构相同；当某个部位各构件的承载力均满足 2 倍地震作用组合下的内力要求时，7~9 度的构件抗震等级应允许按降低一度确定，且不应小于三级。

4 结构体系和结构计算

4.1 一般规定

4.1.1 组合异形柱结构的竖向荷载、风荷载、温度荷载等应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定。

4.1.2 抗震设计的组合异形柱结构，应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的规定确定其抗震设防类别。地震作用应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

4.1.3 组合异形柱结构阻尼比宜符合下列规定：

1 在进行风荷载作用下的内力和变形计算时，阻尼比可取为 0.02~0.03；风振舒适度验算时，阻尼比可取为 0.01~0.015；

2 在多遇地震作用下的弹性分析中，高度不大于 50m 时可取为 0.04；高度大于 50m 且小于 200m 时，可取 0.03；高度不小于 200m 时，宜取 0.02；

3 在罕遇地震作用下的弹塑性分析中，阻尼比可取 0.05；

4 多遇地震作用下框架-偏心支撑结构计算中，当偏心支撑框架部分承担的地震倾覆力矩大于结构总地震倾覆力矩的 50%时，阻尼比可比本条第 2 款相应增加 0.005。

4.1.4 计算结构内力和变形时，可假定楼盖在其自身平面内为无限刚性，设计时应采取相应的措施保证楼盖平面内的整体刚度。当楼盖可能产生较明显的面内变形时（如环形楼面、开大洞口、狭长外伸或局部变窄等楼盖刚度削弱），宜按弹性楼板进行计算。

4.1.5 计算各振型地震影响系数所采用的结构自振周期，应计入非承重填充墙的刚度影响予以折减。当非承重墙体为轻质墙板或外挂墙板时，自振周期的折减系数可取为 0.9~1.0。

4.1.6 组合异形柱结构的整体稳定性应满足下列要求：

1 框架结构应满足下式要求：

$$D_i \geq 5 \sum_{j=i}^n G_j / h_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (4.1.6-1)$$

2 框架—支撑结构、框架—延性墙板结构应满足下式要求：

$$EJ_d \geq 0.7H^2 \sum_{i=1}^n G_i \quad (4.1.6-2)$$

式中： D_i —— 第 i 楼层的抗侧刚度 (kN/mm)；可取该层剪力与层间位移的比值；

h_i —— 第 i 楼层层高 (mm)；

G_i, G_j —— 分别为第 i, j 楼层重力荷载设计值 (kN)，取 1.2 倍的永久荷载标准值与 1.4 倍的楼面可变荷载标准值的组合值；

H —— 房屋高度 (mm)；

EJ_d —— 结构一个主轴方向的弹性等效侧向刚度 (kN mm²)，可按倒三角形分布荷载作用下结构顶点位移相等的原则，将结构的侧向刚度折算为竖向悬臂受弯构件的等效侧向刚度，当延性墙板采用混凝土墙板时，刚度应适当折减。

4.2 结构体系

4.2.1 组合异形柱结构可采用下列结构体系：

1 框架结构；

2 框架-支撑结构：包括框架-中心支撑、框架-偏心支撑和框架-屈曲约束支撑结构；

3 框架-延性墙板结构。

4.2.2 抗震设防烈度为 6 度至 9 度的乙类和丙类组合异形柱结构适用的最大高度宜符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 组合异形柱结构适用的最大高度(m)

结构体系	6 度或 7 度(0.10g)	7 度 (0.15g)	8 度		9 度 (0.40g)
			(0.20g)	(0.30g)	
框架结构	55	45	45	35	25
框架—中心支撑结构	110	100	90	75	60
框架—偏心支撑结构 框架—屈曲约束支撑 结构 框架—延性墙板	120	110	100	90	80

注：1 房屋高度指室外底面到主要屋面板板顶的高度（不包括局部突出屋顶部分）；

2 超过表内高度的房屋，应进行专门研究和论证，采取有效的加强措施；

3 框架柱可以部分或全部采用组合异形截面；

4 当组合异形柱部分承担地震倾覆力矩小于结构总地震倾覆力矩的 25%时，表中数据可增加 10m。

4.2.3 组合异形柱结构的高宽比应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的规定。

4.3 结构布置

4.3.1 组合异形柱结构的建筑设计应根据抗震概念设计的要求明确建筑形体的规则性。不规则的建筑方案应按规定采取加强措施；特别不规则的建筑方案应进行专门研究和论证，采用特别的加强措施；严重不规则的建筑方案不应采用。结构布置的规则性的判断，应按现行行业标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定执行。

4.3.2 在框架-支撑、框架-延性墙板结构体系中，支撑及延性墙板的平面布置宜规则、对称，竖向宜连续布置，避免刚度突变，并延伸至计算嵌固端。

4.3.3 不规则结构应按下列要求进行水平地震作用计算和内力调整，并应对薄弱部位采取有效的抗震构造措施加强：

1 平面不规则而竖向规则的建筑，应采用空间结构计算模型，并应符合下列规定：

1) 扭转不规则时，应计入扭转影响，在规定的水平力及偶然偏心作用下，楼层两端弹性水平位移（或层间位移）的最大值与其平均值的比值不宜大于 1.5，当最大层间位移角远小于规程限值时，可适当放宽。

2) 凹凸不规则或楼板局部不连续时，应采用符合楼板平面内实际刚度变化的计算模型；高烈度或不规则程度较大时，宜计入楼板局部变形的影响。

3) 平面不对称且凹凸不规则或局部不连续时，可根据实际情况分块计算扭转位移比，对扭转较大的部位应采用局部的内力增大。

2 平面规则而竖向不规则的建筑，应采用空间结构计算模型，侧向刚度不规则、竖向抗侧力构件不连续、楼层承载力突变的楼层，其对应于地震作用标准值的剪力应乘以不小于 1.15 的增大系数，应按本规程有关规定进行弹塑性变形分

析，并应符合下列规定：

1) 竖向抗侧力构件不连续时，该构件传递给水平转换构件的地震内力应根据烈度高低和水平转换构件的类型、受力情况、几何尺寸等，乘以 1.25~2.0 增大系数；

2) 侧向刚度不规则时，相邻楼层的侧向刚度比符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定；

3) 楼层承载力突变时，薄弱层抗侧力结构的受剪承载力不应小于相邻上一层的 65%。

3 平面不规则且竖向不规则的建筑，应根据不规则类型的数量和程度，有针对性的采取不低于本条 1、2 款要求的各项抗震措施。特别不规则时，应经专门研究，采取更有效的加强措施或对薄弱部位采用相应的抗震性能化设计方法。抗震性能化设计方法可按现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定执行。

4.4 结构计算

4.4.1 组合异形柱结构分析时，可直接按异形截面进行建模分析；也可采用具有相同抗压刚度和抗弯刚度的截面进行等代建模，模型中可不考虑截面翘曲对抗扭的影响。

4.4.2 结构计算时，应考虑梁偏心对于组合异形柱的不利影响。楼面梁与组合异型柱的偏心宜按实际情况计入结构的整体技术。当结构的整体计算中未考虑上述偏心时，应采用柱、墙端附加弯矩的方法予以近似考虑。

4.4.3 在竖向荷载、风荷载以及多遇地震作用下，组合异形柱结构的内力与变形计算可采用线弹性分析方法。罕遇地震作用下，弹塑性变形可采用弹塑性时程分析法或静力弹塑性分析法计算。

4.4.4 组合异形柱结构的地震作用计算，应符合下列规定：

1 应在结构的两个主轴方向分别计算水平地震作用并进行抗震验算，7 度 (0.15g) 和 8 度时尚应对于主轴成 45° 方向计算水平地震作用并进行抗震验算；

2 扭转不规则的结构，应计入双向水平地震作用下的扭转影响；

3 9 度抗震设计时应计算竖向地震作用。

4.4.5 当采用框架结构时，组合异形柱部分承担地震倾覆力矩不应大于结构总

地震倾覆力矩的 70%，当采用框架-支撑、框架-延性墙板结构时，组合异形柱部分承担地震倾覆力矩不应大于结构总地震倾覆力矩的 50%。

4.4.6 框架-支撑结构、框架-延性墙板结构的框架部分按刚度分配计算得到的地震层剪力应乘以调整系数，达到不小于结构总地震剪力的 25%和框架部分计算最大层剪力 1.8 倍二者的较小值。

4.4.7 与支撑或延性墙板边缘相连接的柱宜采用箱型截面柱或钢管混凝土，若采用组合异形柱结构，则应考虑支撑或延性墙板的轴力使得柱产生的翘曲效应的影响。

4.4.8 水平地震作用下，组合异形柱结构的扭转耦联地震效应应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定，当规则结构不进行扭转耦联计算时，平行于地震方向的两个边榀的组合异形柱地震作用效应的放大系数除符合《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定，短边尚不应小于 1.2，长边尚不应小于 1.1。

5 构件设计

5.1 一般规定

5.1.1 组合异形柱的一般由1个方钢管和若干轧制或焊接T形钢焊接组合而成，板件及型钢间均采用角焊缝连接。其常见的截面形式如图 5.1.1 所示。

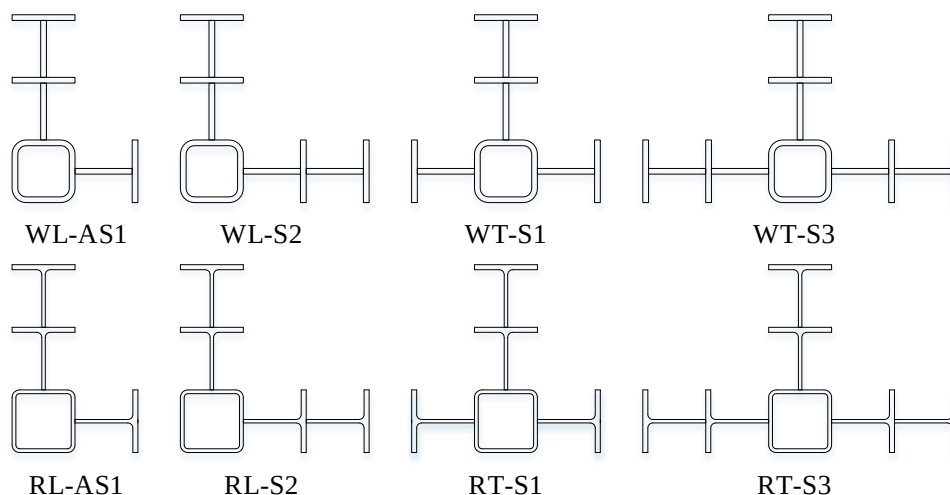


图 5.1.1 方钢管-T 形钢组合截面柱常见截面形式

注：图中截面编号为，“W”和“R”分别代表焊接或轧制截面 T 形钢，“L”和“T”分别表示柱截面形状，“AS”表示柱截面为非对称截面，“S”表示柱截面为对称截面，数字代表含 2 个 T 形钢的长外伸肢的个数。

5.1.2 当采用冷弯方钢管时，组合异形柱的外伸肢与方钢管的拼接焊缝宜避开冷弯方钢管自身的高频焊焊缝。

5.1.3 组合异形柱外伸肢的肢宽不宜超过 200mm，组合异形柱截面高度和宽度均不应超过层高的 $1/4$ ，且组合异形柱方钢管中心到外伸肢最外侧翼缘的距离应小于相应方向上的柱间距的 $1/6$ 。

5.1.4 为避免组合异形柱发生畸变失稳，宜在柱中布置一道横向加劲肋，加劲肋的厚度可取为柱截面最大板件厚度；也可根据实际需求沿着柱的纵向均匀布置奇数道横向加劲肋。

5.1.5 未在柱中布置横向加劲肋的，需要验算组合异形柱的畸变失稳。

5.2 承载力计算

5.2.1 弯矩作用在两个主平面内的压弯构件，其截面强度应按下列规定计算：

$$\frac{N}{A_n} + \frac{M_x}{\gamma_x W_{nx}} + \frac{M_y}{\gamma_y W_{ny}} + \frac{B}{W_\omega} \leq f \quad (5.2.1-1)$$

$$W_\omega = \frac{I_\omega}{\omega_{n, \max}} \quad (5.2.1-2)$$

式中： γ_x 、 γ_y ——与截面模量相应的截面塑性发展系数，取 1.0，有可靠依据时，

可适当放大；

A_n ——构件的净截面面积（ mm^2 ）；

W_n ——构件的净截面模量（ mm^3 ），其值按照本规程附录 A.1 计算；

W_ω ——构件的净截面扇性模量（ mm^4 ）。其中， I_ω 为截面扇性惯性矩，

按本规程附录 A.2 计算。 ω_n 为截面主扇性坐标，其取值按照本规程附录 A.3 计算， $\omega_{n, \max}$ 为截面主扇性坐标的最大值；

B ——与所取弯矩同一截面的双力矩（ $\text{N} \cdot \text{mm}^2$ ），其值按照本规程附录 B 计算。

5.2.2 弯矩作用在对称轴平面内（绕非对称轴）的 T 形截面压弯构件，其稳定性应按下列规定计算：

1 方钢管未连接外伸肢的腹板一侧受拉时，弯矩作用平面内稳定性：

$$\frac{N}{\phi_x A f} + \frac{\beta_{mx} M_x}{\gamma_x W_{1x} f \left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ex}} \right)} \leq 1.0 \quad (5.2.2-1)$$

$$N'_{Ex} = \pi^2 EA / (1.1 \lambda_x^2) \quad (5.2.2-2)$$

式中： N ——所计算构件范围内轴心压力设计值（ N ）；

N'_{Ex} ——参数，按式（5.2.2-2）计算（ mm ）；

ϕ_x ——弯矩作用平面内轴心受压构件稳定系数；

M_x ——所计算构件段范围内的最大弯矩设计值（ $\text{N} \cdot \text{mm}$ ）；

W_{1x} ——在弯矩作用平面内对受压最大纤维的毛截面模量（ mm^3 ）；

β_{mx} ——等效弯矩系数，应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定取值。

2 方钢管未连接外伸肢的腹板一侧受压时，弯矩作用平面内稳定性除按照式（5.2.2-1）验算外，尚应按下式计算：

$$\left| \frac{N}{Af} - \frac{\beta_{mx} M_x}{\gamma_x W_{2x} f \left(1 - 1.25 \frac{N}{N'_{Ex}} \right)} \right| \leq 1.0 \quad (5.2.2-3)$$

式中： W_{2x} ——对称轴上外伸肢的毛截面模量（ mm^3 ）。

3 弯矩作用平面外稳定性：

$$\frac{N}{\phi_y Af} + \eta \frac{M_x}{\phi_{bx} \gamma_x W_{1x} f} \leq 1.0 \quad (5.2.2-4)$$

式中： ϕ_y ——弯矩作用平面外轴心受压构件稳定系数；

ϕ_{bx} ——梁绕 x 轴的整体稳定性系数，按本规程附录 C 确定；

M_x ——所计算构件段范围内的最大弯矩设计值（ $\text{N} \cdot \text{m}$ ）；

η ——截面影响系数，取 $\eta = 1.0$ 。

5.2.3 弯矩作用在非对称轴平面内（绕对称轴）的 T 形截面压弯构件，其稳定性应按下列规定计算：

1 弯矩作用平面内稳定性：

$$\frac{N}{\phi_x Af} + \frac{\beta_{mx} M_x}{\gamma_x W_x f \left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ex}} \right)} + \frac{B}{W_\omega f} \leq 1.0 \quad (5.2.3-1)$$

2 弯矩作用平面外稳定性：

$$\frac{N}{\phi_y Af} + \eta \frac{M_x}{\phi_{bx} \gamma_x W_{1x} f} + \frac{B}{W_\omega f} \leq 1.0 \quad (5.2.3-2)$$

5.2.4 弯矩作用在两个主平面内的 T 形和 L 形截面压弯构件，其稳定性应按下列公式计算：

$$\frac{N}{\phi_x A f} + \frac{\beta_{mx} M_x}{\gamma_x W_x f \left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ex}}\right)} + \eta \frac{M_y}{\phi_{by} \gamma_y W_y f} + \frac{B}{W_\omega f} \leq 1.0 \quad (5.2.4-1)$$

$$\frac{N}{\phi_y A f} + \eta \frac{M_x}{\phi_{bx} \gamma_x W_x f} + \frac{\beta_{my} M_y}{\gamma_y W_y f \left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ey}}\right)} + \frac{B}{W_\omega f} \leq 1.0 \quad (5.2.4-2)$$

式中： ϕ_x 、 ϕ_y ——对强轴 x-x 和弱轴 y-y 的轴心受压构件整体稳定系数，按 5.2.5 条取值；

ϕ_{bx} 、 ϕ_{by} ——考虑弯矩变化和荷载位置影响的受弯构件整体稳定系数， ϕ_{bx}

按照本规程附录 B 确定， ϕ_{by} 可取为 1.0；

M_x 、 M_y ——所计算构件段范围内对强轴和弱轴的最大弯矩设计值
(N·mm)；

W_x 、 W_y ——对强轴和弱轴的毛截面模量 (mm³)；

W_ω ——构件的截面扇性模量 (mm⁴)；

β_{mx} 、 β_{my} ——等效弯矩系数，根据现行《钢结构设计标准》GB 50017 确定。

5.2.5 轴心受压构件的稳定系数应符合下列规定：

当 $\lambda \leq 0.215$ 时：

$$\varphi = 1 - \alpha_1 \lambda_n^2 \quad (5.2.5-1)$$

当 $\lambda > 0.215$ 时：

$$\varphi = \frac{1}{2(\lambda_n)^2} \left[(\alpha_2 + \alpha_3 \lambda_n + \lambda_n^2) - \sqrt{(\alpha_2 + \alpha_3 \lambda_n + \lambda_n^2)^2 - 4\lambda_n^2} \right] \quad (5.2.5-2)$$

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (5.2.5-3)$$

式中， λ_n ——轴心受压构件正则化长细比；

α_1 、 α_2 、 α_3 ——系数，应按照表 5.2.5-1 取值，其中，截面分类应按照表

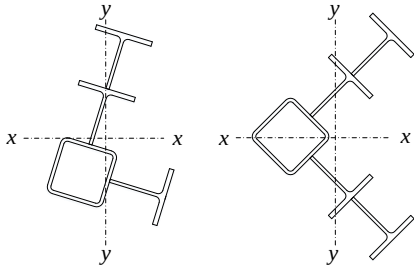
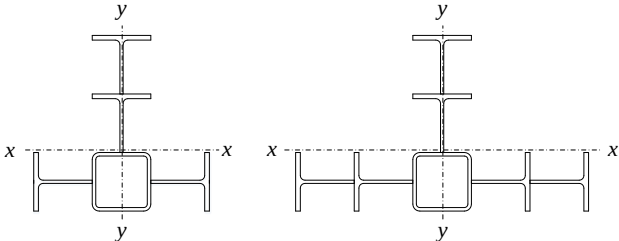
5.2.5-2 选取；

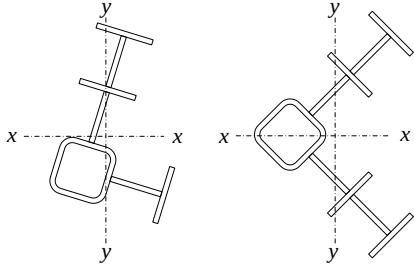
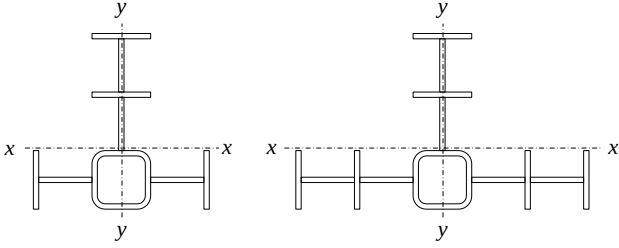
λ ——轴心受压构件长细比，应按照 5.2.6 条计算。

表 5.2.5-1 系数 α_1 、 α_2 、 α_3 取值

截面类别		α_1	α_2	α_3
a 类		0.41	0.986	0.152
b 类		0.65	0.965	0.3
c 类	$\lambda_n^{\text{re}} \leq 1.05$	0.73	0.906	0.595
	$\lambda_n^{\text{re}} > 1.05$		1.216	0.302
d 类	$\lambda_n^{\text{re}} \leq 1.05$	1.35	0.868	0.915
	$\lambda_n^{\text{re}} > 1.05$		1.375	0.432

表 5.2.5-2 轴心受压构件的截面分类

截面形式	对 x 轴	对 y 轴
 外伸肢由轧制 T 型钢组成	c 类	c 类
 外伸肢由轧制 T 型钢组成	b 类	b 类

 外伸肢由焊接 T 形钢组成	c 类	c 类
 外伸肢由焊接 T 形钢组成	b 类	b 类

5.2.6 轴心受压构件的长细比 λ 应根据其失稳模式，由下列公式确定：

1 截面为 T 形截面或等肢 L 形截面（单轴对称截面）构件，计算绕非对称主轴的弯曲屈曲时，长细比应按下式计算确定：

$$\lambda_x = \frac{l_{0x}}{i_x} \quad (5.2.6-1)$$

$$\lambda_y = \frac{l_{0y}}{i_y} \quad (5.2.6-2)$$

式中： l_{0x} 、 l_{0y} ——分别为构件对截面主轴 x 和 y 的计算长度，根据《钢结构设计标准》GB50017-2017 规定采用（mm）；

i_x 、 i_y ——分别为构件截面对主轴 x 和 y 的回转半径。

2 截面为 T 形截面或等肢 L 形截面（单轴对称截面）构件，计算绕对称主轴的弯扭屈曲时，长细比应按下式计算确定：

$$\lambda_{yz} = \left[\frac{(\lambda_y^2 + \lambda_z^2) + \sqrt{(\lambda_y^2 + \lambda_z^2)^2 - 4 \left(1 - \frac{y_s^2}{i_0^2}\right) \lambda_y^2 \lambda_z^2}}{2} \right]^{1/2} \quad (5.2.6-3)$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{I_0}{I_t/25.7 + I_\omega/l_\omega^2}} \quad (5.2.6-4)$$

式中：
 y_s ——截面形心至剪心的距离（mm）；
 i_0 ——截面对剪心的极回转半径（mm），单轴对称截面 $i_0^2 = y_s^2 + i_x^2 + i_y^2$ ；
 λ_z ——扭转屈曲换算长细比，由式（5.2.6-4）确定；
 I_0 、 I_t 、 I_ω ——分别为构件毛截面对剪心的极惯性矩（mm⁴）、自由扭转常数（mm⁴）和扇性惯性矩（mm⁶），对十字形截面可近似取 $I_\omega = 0$ ；
 l_ω ——扭转屈曲的计算长度，两端铰支且端截面可自由翘曲者，取几何长度 l ；当构件端部有楼板对其扭转进行约束时，可取 $0.5l$ 。

3 截面为不等肢 L 形截面（无对称轴且剪心和形心不重合）构件，应采用下列公式计算换算长细比：

$$\lambda_{xyz} = \pi \sqrt{\frac{EA}{N_{xyz}}} \quad (5.2.6-5)$$

$$\begin{aligned} & (N_x - N_{xyz})(N_y - N_{xyz})(N_z - N_{xyz}) \\ & - N_{xyz}^2 (N_x - N_{xyz}) \left(\frac{y_s}{i_0} \right)^2 - N_{xyz}^2 (N_y - N_{xyz}) \left(\frac{x_s}{i_0} \right)^2 = 0 \end{aligned} \quad (5.2.6-6)$$

$$i_0^2 = i_x^2 + i_y^2 + x_s^2 + y_s^2 \quad (5.2.6-7)$$

$$N_x = \frac{\pi^2 EA}{\lambda_x^2} \quad (5.2.6-8)$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EA}{\lambda_y^2} \quad (5.2.6-9)$$

$$N_z = \frac{1}{i_0^2} \left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_t \right) \quad (5.2.6-10)$$

式中：
 N_{xyz} ——弹性完善杆的弯扭屈曲临界力，有式（5.1.6-6）确定（N）；
 i_0 ——截面对剪心的极回转半径（mm）；
 x_s 、 y_s ——截面剪心的坐标（mm）；

N_x 、 N_y 、 N_z ——别为绕 x 轴和 y 轴的弯曲屈曲临界力和扭转屈曲临界力 (N);

E 、 G ——分别为钢材弹性模量和剪变模量 (N/mm²)。

5.3 构造要求

5.3.1 组合异形柱压弯构件要求不出现局部失稳者, 组成异形柱的 T 形钢 (含轧制) 和方钢管的板件宽厚比应满足下列要求:

1 T 形钢腹板:

$$h_0/t_w \leq (45 + 25\alpha_0^{1.66})\varepsilon_k \quad (5.4.2-1)$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

式中: $\sigma_{\max}$ ——腹板净高边缘的最大压应力, 计算时不考虑构件的稳定系数和截面塑性发展系数;

$\sigma_{\min}$ ——腹板净高另一边缘相应的应力, 压应力取正值, 拉应力取负值。

2 T 形钢翼缘:

$$b/t_f \leq 15\varepsilon_k \quad (5.4.2-2)$$

3 方钢管壁板:

$$b/t \leq 45\varepsilon_k \quad (5.4.3-3)$$

5.3.2 轴心受压组合异形柱的长细比不宜大于 $120\sqrt{235/f_y}$, 其中 f_y 为钢材屈服强度。当进行抗震设计时, 其长细比限值根据框架抗震等级而定, 一级不应大于 $60\sqrt{235/f_y}$, 二级不应大于 $70\sqrt{235/f_y}$, 三级不应大于 $80\sqrt{235/f_y}$, 四级不应大于 $100\sqrt{235/f_y}$ 。

6 节点设计

6.1 一般规定

6.1.1 组合异型柱的连接, 非抗震设计时, 应按现行国家标准《钢结构设计规

范》GB50017 的有关规定执行。抗震设计时，连接设计应符合构造措施要求，按弹塑性设计，连接的极限承载力应大于构件的全塑性承载力，并符合《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定。

6.1.2 梁与组合异形柱的刚性连接应符合下列规定：

1 梁与组合异形柱的 T 型钢部分连接时，弯矩由梁翼缘和腹板的连接共同承受，剪力由腹板的连接承受；

2 梁与组合异形柱的方钢管部分连接时，弯矩由梁翼缘和加劲板的连接共同承受，剪力由腹板的连接承受；

3 梁与组合异形柱的连接宜采用翼缘焊接和腹板高强度螺栓连接的形式，也可采用全焊接连接。一、二级时梁与组合异形柱的 T 型钢部分连接宜采用加强型连接或骨式连接。

6.1.3 组合异形截面柱作为侧力结构构件时，其连接系数 α 应符合《建筑抗震设计规范》的有关规定；对于高层建筑，尚应符合《高层民用建筑钢结构技术规程》的有关规定。

6.1.4 梁与组合异形柱刚性连接时，梁翼缘与柱的连接、框架柱的拼接、外露式柱脚的柱身与底板的连接以及重要受拉构件的拼接，均应采用一级全熔透焊缝，其它全熔透焊缝为二级。非熔透的角焊缝和部分熔透的对接与角接组合焊缝的外观质量标准应为二级。现场一级焊缝宜采用气体保护焊。

焊缝的坡口形式和尺寸，宜根据板厚和施工条件，按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 的要求选用。

6.1.5 组合异形柱的梁柱连接、构件拼接和柱脚计算时，构件的受弯承载力应考虑轴力的影响。构件的全塑性受弯承载力 M_p 应按下列规定以 M_{pc} 代替：

$$\text{当 } N / N_y \leq 0.1 \text{ 时,} \quad M_{pc} = M_p \quad (6.1.5-1)$$

$$\text{当 } N / N_y > 0.1 \text{ 时,} \quad M_{pc} = \frac{(N_y - N)M_p}{0.9N_y} \quad (6.1.5-2)$$

式中：N——构件轴力设计值（N）；

N_y ——构件的轴向屈服承载力（N）。

6.1.6 组合异形柱构件的螺栓连接，应采用高强度螺栓摩擦型连接。考虑罕遇地震时连接滑移，螺栓杆与孔壁接触，极限承载力按承压型连接计算。高强度螺

栓连接受拉或受剪时的极限承载力，应符合《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99。

6.1.7 梁梁拼接、梁腹板设孔、中心支撑与框架连接、偏心支撑与框架连接以及延性墙板与框架连接的设计与构造应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ-99 及其他有关标准的规定。

6.1.8 组合异形柱与楼板的连接处，应采取可靠措施保证楼板对异形柱单肢的完全约束作用，使得异形柱不发生扭转。

6.1.9 H 型钢梁与组合异形柱刚接时，宜与有 T 型钢肢的一端相连。

6.2 梁柱连接

6.2.1 节点域的抗剪承载力应验算受力分肢平面内的区格（图 6.2.1-1），各区格应满足下式要求：

$$(\mu_1 M_{b1} + \mu_2 M_{b2}) / V_p \leq (4/3) f_v \quad (6.2.1)$$

式中： M_{b1} 、 M_{b2} ——分别为节点域左、右梁端作用的弯矩设计值（kN·m）；

μ_1 、 μ_2 ——分别为节点域左、右侧弯矩作用时，节点域区格的分配系数（图 6.2.1-2）；

V_p ——节点域区格的有效体积，按本规程第 6.2.2 条的规定计算。

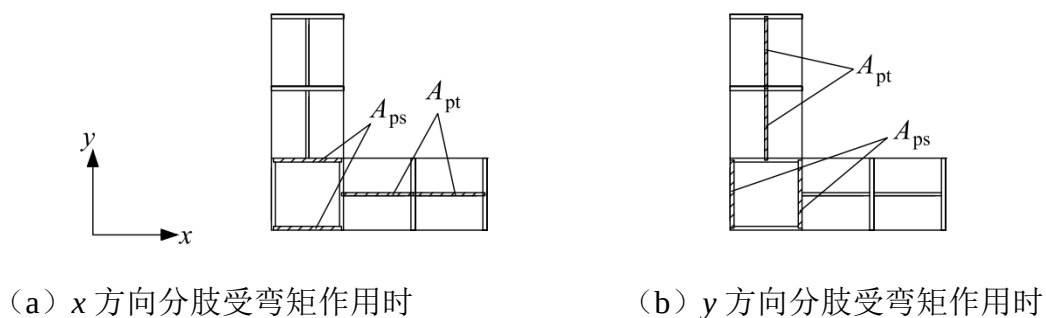


图 6.2.1-1 组合异形柱节点域示意图

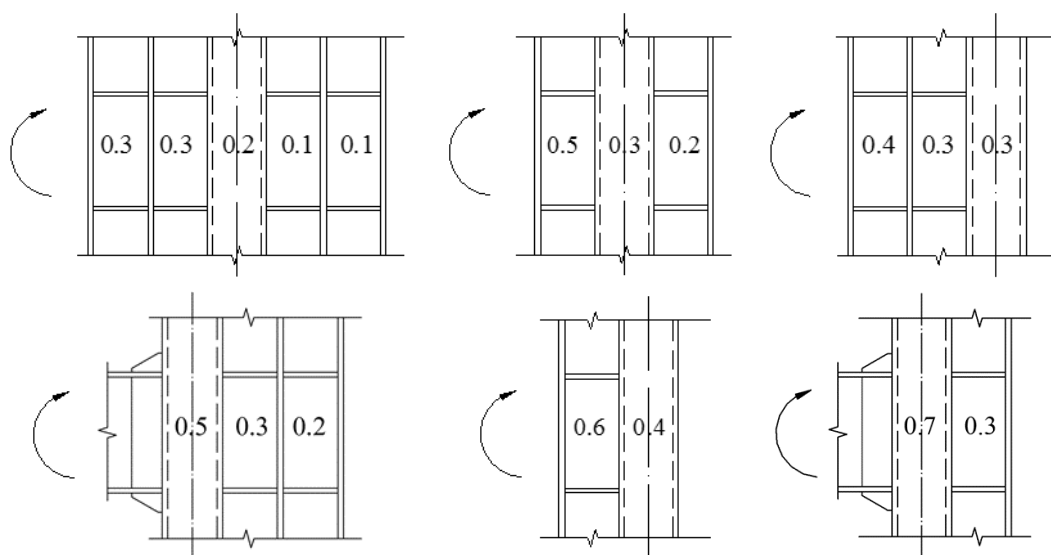


图 6.2.1-2 节点域区格的分配系数

6.2.2 节点域区格的有效体积可按下式确定：

$$\text{T 型钢分肢区格} \quad V_p = h_{b1} h_{ct} t \quad (6.2.2-1)$$

$$\text{冷弯方钢管区格} \quad V_p = 1.8 h_{b1} h_{cs} t \quad (6.2.2-2)$$

式中： h_{b1} ——梁翼缘中心间的距离（mm）；

h_{ct1} 、 h_{cs1} ——分别为 T 型钢、方钢管翼缘中心间的距离（mm）；

t_{pt} 、 t_{ps} ——分别为 T 型钢腹板厚度、方钢管壁板厚度，或局部加厚时的

节点域厚度（mm），若有补强板应计入其中；

6.2.3 组合异形柱与梁连接处，T 型钢分肢在梁上下翼缘的对应位置应设置水平加劲肋，加劲肋与分肢翼缘所包围的节点域区格的稳定性，应满足下式要求：

$$t_{pt} \geq (h_{b1} + h_{ct1}) / 90 \quad (6.2.3-1)$$

加劲肋延长线与方钢管柱翼缘所包围的节点域区格的稳定性，应满足下式要求：

$$t_{ps} \geq (h_{b1} + h_{cs1}) / 90 \quad (6.2.3-2)$$

6.2.4 抗震设计时节点域区格的屈服承载力应满足下式要求，当不满足时应进行补强或局部改用较厚柱腹板。

$$\psi(\mu_1 M_{pb1} + \mu_2 M_{pb2}) / V_p \leq (4/3) f_{vy} \quad (6.2.4)$$

式中： ψ ——折减系数，三、四级时取 0.75，一、二级时取 0.85；

M_{pb1} 、 M_{pb2} ——分别为节点域两侧梁段截面的全塑性受弯承载力 ($N \cdot mm$);

f_{vy} ——钢材的屈服抗剪强度, 取钢材屈服强度的 0.58 倍。

6.2.5 梁与组合异形柱 T 型钢分肢的刚性连接应按下列公式验算:

$$M_u^j \geq \alpha M_p \quad (6.2.5-1)$$

$$V_u^j \geq \alpha (\sum M_p / l_n) + V_{Gb} \quad (6.2.5-2)$$

式中: M_u^j ——梁与柱 T 型钢分肢连接的极限受弯承载力 ($kN \cdot m$);

M_p ——梁的全塑性受弯承载力 ($kN \cdot m$) (加强型连接按未扩大的原截面计算), 考虑轴力影响时, 按本规程第 6.1.x 条的 M_{pc} 计算;

$\sum M_p$ ——梁两端截面的塑性受弯承载力之和 ($kN \cdot m$);

V_u^j ——梁与柱 T 型钢分肢连接的极限受剪承载力 (kN);

V_{Gb} ——梁在重力荷载代表值 (9 度尚应包括竖向地震作用标准值) 作用下, 按简支梁分析的梁端截面剪力设计值 (kN);

l_n ——梁的净跨(m);

α ——连接系数。

6.2.6 抗震设计时, 梁与组合异形柱 T 型钢分肢连接的极限受弯承载力应按下列规定计算 (图 6.2.6):

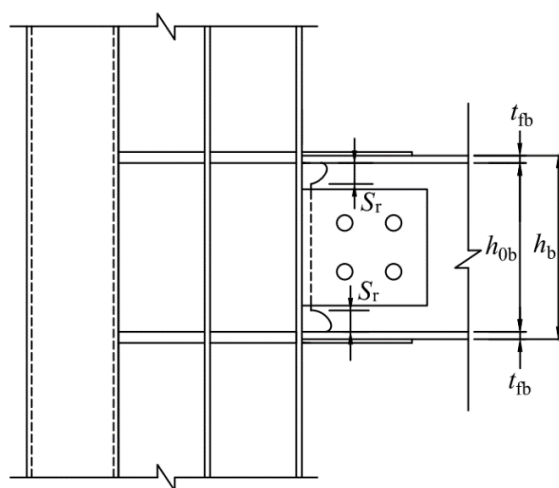


图 6.2.6 梁柱连接

1 梁端连接的极限受弯承载力

$$M_u^j = M_{uf}^j + M_{uw}^j \quad (6.2.6-1)$$

2 梁翼缘连接的极限受弯承载力

$$M_{uf}^j = A_f (h_b - t_{fb}) f_{ub} \quad (6.2.6-2)$$

3 梁腹板连接的极限受弯承载力

$$M_{uw}^j = W_{wpe} \cdot f_{yw} \quad (6.2.6-3)$$

$$W_{wpe} = \frac{1}{4} (h_b - 2t_{fb} - 2S_r)^2 t_{wb} \quad (6.2.6-4)$$

式中： A_f ——梁翼缘与盖板面积之和 (mm^2)；

W_{wpe} ——梁腹板有效截面的塑性截面模量 (mm^3)；

f_{yw} ——梁腹板钢材的屈服强度 (N/mm^2)；

h_b ——梁截面高度 (mm)；

t_{fb} 、 t_{wb} ——分别为梁翼缘和梁腹板的厚度 (mm)；

f_{ub} ——梁翼缘钢材抗拉强度最小值 (N/mm^2)；

S_r ——梁腹板过焊孔高度，高强螺栓连接时为剪力板与梁翼缘间隙的距离 (mm)。

6.2.7 组合异形柱与梁相连时的抗震承载力验算，应符合《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中的相关规定。

6.2.8 梁与组合异形柱的分肢 T 型钢部分的加强型连接，应采用盖板式连接，有可靠依据时也可采用其他连接形式。

$$l_{cp} = (0.5 \sim 0.75) h_b$$

$$b_{cp1} = b_f - 3t_{cp}$$

$$b_{cp2} = b_f + 3t_{cp}$$

式中： t_{cp} ——楔形盖板厚度 (mm)。

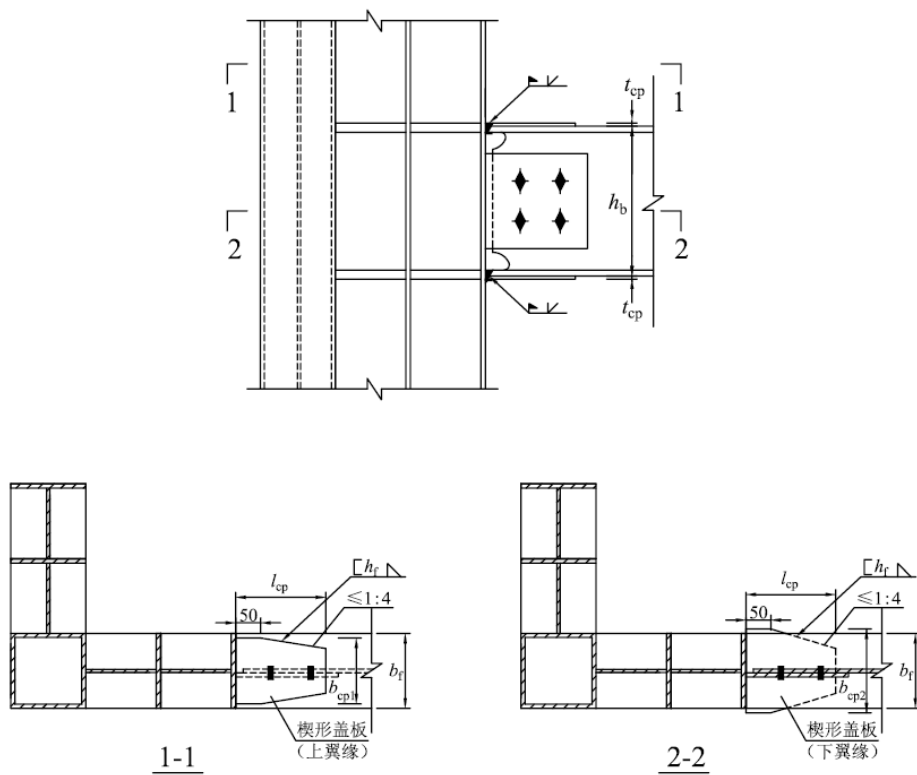


图 6.2.8 梁翼缘盖板式连接

6.2.9 梁与组合异形柱的方钢管刚性连接时,应采用肋板式连接加强(图 6.2.7),边肋板的构造按下列公式确定:

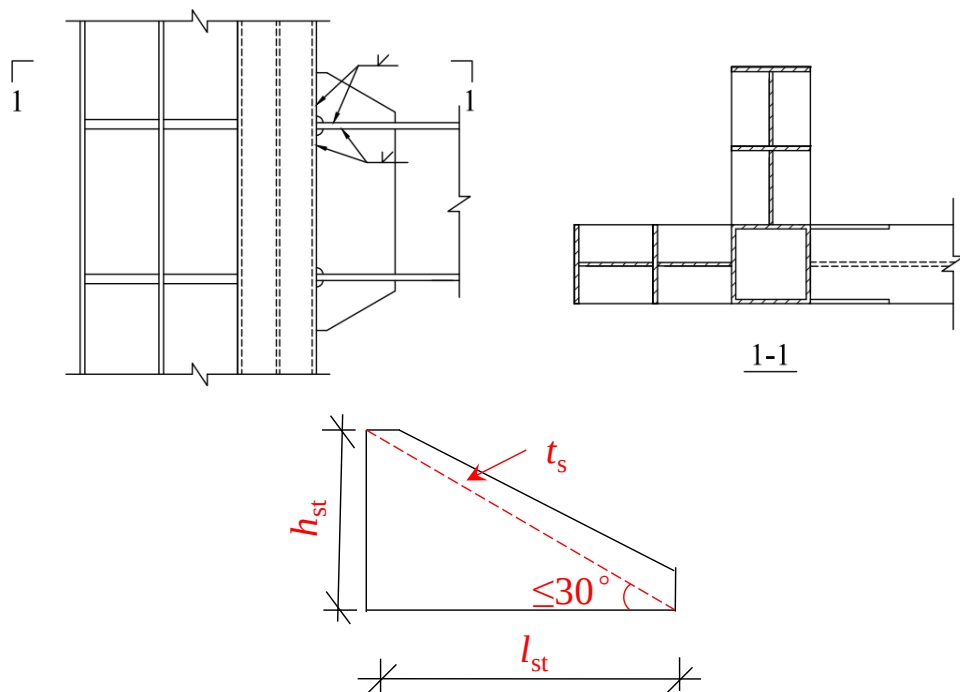


图 6.2.9 梁与方钢管刚性连接的构造形式

$$\frac{h_{st}}{t_s} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (6.2.7-1)$$

$$l_{st} \geq \sqrt{3}h_{st} \quad (6.2.7-2)$$

$$l_{st} = (0.5 \sim 0.75)h_b \quad (6.2.7-3)$$

式中： t_s ——边肋板厚度，不应大于连接的方钢管壁厚；

h_{st} ——边肋板高度；

l_{st} ——边肋板长度。

6.2.10 钢梁与组合异形柱的连接宜采用隔板连接，且应在 T 型钢分肢的梁翼缘对应位置设置水平加劲肋。对抗震设计的结构，水平加劲肋厚度不得小于梁翼缘厚度加 2mm，其钢材强度不得低于梁翼缘的钢材强度，其外侧应与梁翼缘外侧对齐。对非抗震设计的结构，水平加劲肋应能传递梁翼缘的集中力，厚度应由计算确定；当内力较小时，其厚度不得小于梁翼缘厚度的 1/2，并应符合板件宽厚比限值。加劲肋与柱翼缘应采用全熔透焊接（图 6.2.10）。

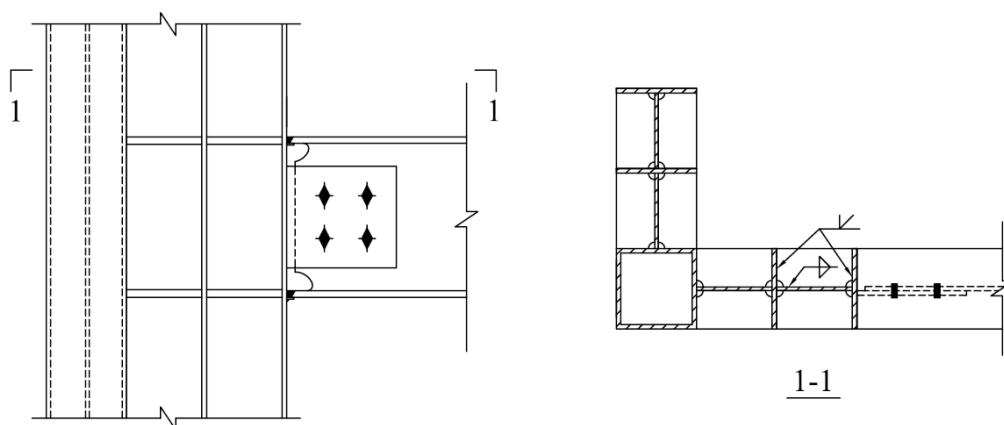


图 6.2.10 柱水平加劲肋的焊接要求

6.2.11 梁腹板与组合异形柱的分肢 T 型钢的连接应符合《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中的相关规定。

6.2.12 当梁与组合异形柱在现场焊接时，梁与柱连接的过焊孔，宜采用《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中的改进型过焊孔，此时梁翼缘与柱的连接焊缝应采用气体保护焊。

梁翼缘与柱翼缘间应采用全熔透坡口焊缝，抗震等级一、二级时，应检验焊缝的 V 形切口冲击韧性，其夏比冲击韧性在 -20℃ 时不低于 27J。

梁腹板（连接板）与柱的连接焊缝，当板厚小于 16mm 时可采用双面角焊缝，焊缝的有效截面高度应符合受力要求，且不得小于 5mm。当腹板厚度等于或大

于 16mm 时应采用 K 形坡口焊缝。设防烈度 7 度 (0.15g) 及以上时, 梁腹板与柱的连接焊缝应采用围焊, 围焊部分的长度应大于 400mm 且连续施焊。

6.2.13 组合异形柱两侧梁不等高时, 每个梁翼缘对应位置均应按本条的要求设置柱的水平加劲肋。加劲肋的间距不应小于 150mm, 且不应小于水平加劲肋的宽度 (图 6.2.12a)。当不能满足此要求时, 应调整梁的端部高度, 可将截面高度较小的梁腹板高度局部加大, 腋部翼缘的坡度不得大于 1:3 (图 6.2.12b)。

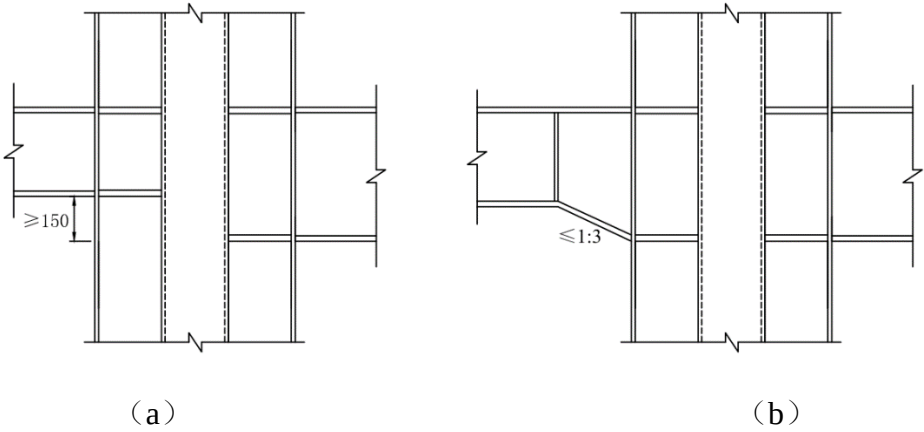
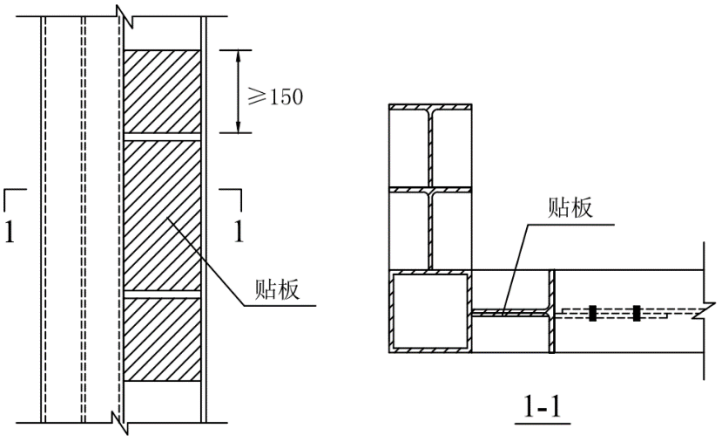
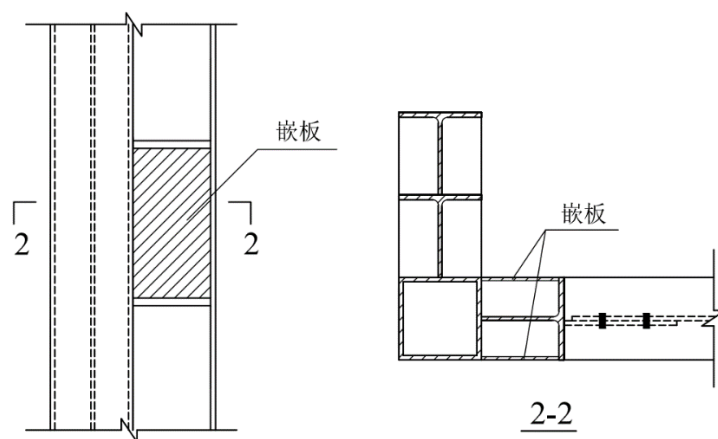


图 6.2.12 柱两侧梁高不等时的水平加劲肋

6.2.14 当节点域厚度不满足本规程第 6.2.1 条~第 6.2.6 条要求时, 对采用焊接 T 型钢的异形柱分肢宜将腹板在节点域局部加厚, 对采用热轧 T 型钢的异形柱分肢可采用贴板补强 (图 6.2.13a) 或嵌板补强 (图 6.2.13b)。腹板加厚以及贴板补强的范围应伸出梁上下翼缘外不小于 150mm, 嵌板补强的范围可在两块加劲板之间。



(a) 贴板补强



(b) 嵌板补强

图 6.2.13 节点域补强方法

6.2.15 梁与组合异形柱铰接时（图 6.2.14），与梁腹板相连的高强度螺栓，除应承受梁端剪力外，尚应承受偏心弯矩的作用，偏心弯矩 M 应按式计算。当采用现浇钢筋混凝土楼板将主梁和次梁连成整体时，可不计算偏心弯矩的影响。

$$M = V \cdot e \quad (6.2.14)$$

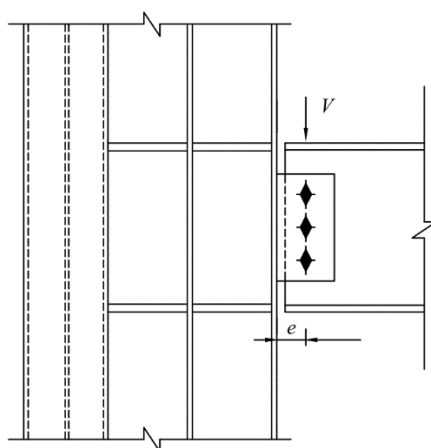


图 6.2.14 梁与组合异形柱的铰接

6.3 柱与柱的连接

6.3.1 柱与柱的连接应符合下列规定：

- 1 组合异形柱与钢骨混凝土柱过度时，不宜不变截面。
- 2 框架柱的拼接处至梁面的距离应为 1.2m~1.3m 或柱净高的一半，取二者的较小值。抗震设计时，框架柱的拼接应采用坡口全熔透焊缝。非抗震设计时，柱拼接也可采用部分熔透焊缝。
- 3 采用部分熔透焊缝进行柱拼接时，应进行承载力验算。当内力较小时，

设计弯矩不得小于柱全塑性弯矩的一半。

6.3.2 在组合异形柱的工地接头处应设置安装耳板，耳板厚度应根据阵风和其它施工荷载确定，并不得小于 10mm。耳板宜不宜少于 3 个。

6.3.3 组合异形柱在工地的接头，方钢管部分及 T 型钢翼缘部分接头宜采用坡口全熔透焊缝，T 型钢腹板可采用高强度螺栓连接（图 6.3.3）。当采用全焊接接头时，方钢管部分及 T 型钢翼缘部分应开 V 形坡口，T 型钢腹板应开 K 形坡口。

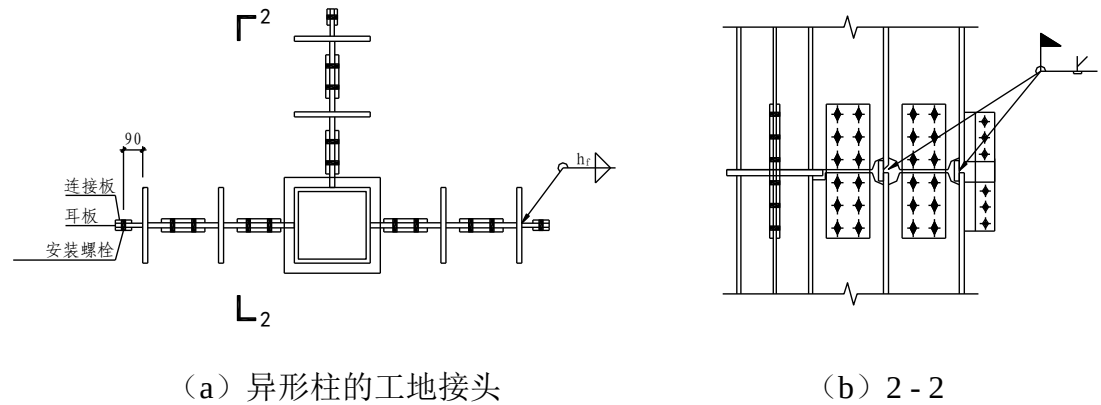


图 6.3.3 组合异形柱的现场连接

6.3.4 当需要改变柱截面积时，宜只改变板件厚度、T 型钢截面的高和宽，不宜改变方钢管的边长。

6.3.5 与上部钢结构相连的钢骨混凝土异形柱，沿其全高应设栓钉，栓钉间距和列距在过渡段内宜采用 150mm，最大不得超过 200mm 了；在过渡段外不应大于 300mm。栓钉布置位置如图 6.3.5 所示。

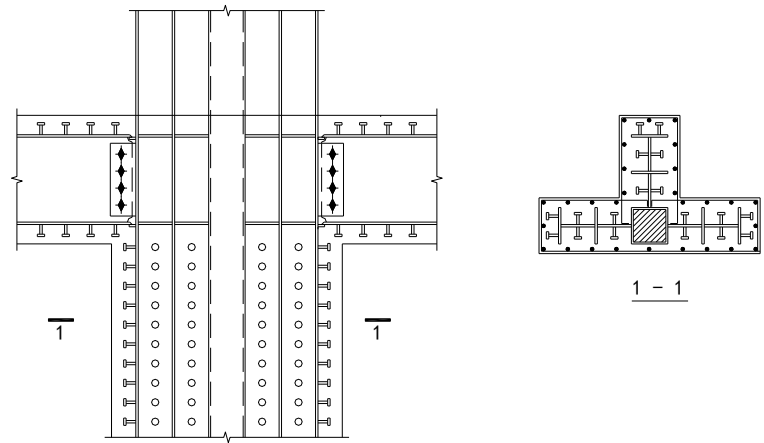


图 6.3.5 上部钢结构相连的钢骨混凝土异形柱

6.4 钢柱脚

6.4.1 组合异形柱柱脚包括外露式柱脚、外包式柱脚和埋入式柱脚三类。各类

柱脚均应进行受压、受弯、受剪承载力计算，其轴力、弯矩、剪力的设计值取钢柱底部的相应设计值。各类柱脚构造应符合《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的规定。

6.4.2 外露式柱脚的设计应符合下列规定：

1 钢柱轴力由底板直接传至混凝土基础，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 验算柱脚底板下混凝土的局部承压，承压面积为底板面积。

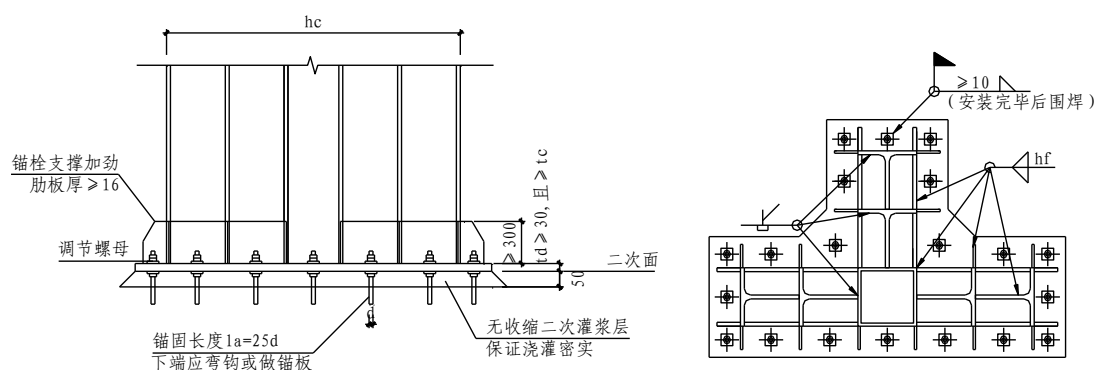


图 6.4.2 外露式柱脚

2 在轴力和弯矩作用下计算所需锚栓面积，应按下式验算：

$$M \leq M_1 \quad (6.4.2-1)$$

式中： M ——柱脚弯矩设计值（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ）；

M_1 ——在轴力与弯矩作用下按钢筋混凝土压弯构件截面设计方法计算的柱脚受弯承载力（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ）。设截面为底板面积，由受拉边的锚栓单独承受拉力，混凝土基础单独承受压力，受压边的锚栓不参加工作，锚栓和混凝土的强度均取设计值。

3 抗震设计时，在柱与柱脚连接处，柱可能出现塑性铰的柱脚极限受弯承载力应大于钢柱的全塑性抗弯承载力，应按下式验算：

$$M_u \geq M_{pc} \quad (6.4.2-2)$$

式中： M_{pc} ——考虑轴力时柱的全塑性受弯承载力（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ），按本规程第 6.1.5 条的规定计算；

M_u ——考虑轴力时柱脚的极限受弯承载力（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ），按本条第 2 款中计算 M_1 的方法计算，但锚栓和混凝土的强度均取标准值。

4 钢柱底部的剪力可由底板与混凝土之间的摩擦力传递，摩擦系数取 0.4；

当剪力大于底板下的摩擦力时，应设置抗剪键，由抗剪键承受全部剪力；也可由锚栓抵抗全部剪力，此时底板上的锚栓孔直径不应大于锚栓直径加 5mm，且锚栓垫片下应设置盖板，盖板与柱底板焊接，并计算焊缝的抗剪强度。当锚栓同时受拉、受剪时，单根锚栓的承载力应按下式计算：

$$\left(\frac{N_t}{N_t^a}\right)^2 + \left(\frac{V_v}{V_v^a}\right)^2 \leq 1 \quad (6.4.2-3)$$

式中： N_t ——单根锚栓承受的拉力设计值（N）；

V_v ——单根锚栓承受的剪力设计值（N）；

N_t^a ——单根锚栓的受拉承载力（N），取 $N_t^a = A_e f_t^a$ ；

V_v^a ——单根锚栓的受剪承载力（N），取 $V_v^a = A_e f_v^a$ ；

A_e ——单根锚栓截面面积（mm²）；

f_t^a ——锚栓钢材的抗拉强度设计值（N/mm²）；

f_v^a ——锚栓钢材的抗剪强度设计值（N/mm²）。

6.4.3 外包式柱脚的设计应符合下列规定：

1 柱脚轴向压力由钢柱底板直接传给基础，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 验算柱脚底板下混凝土的局部承压，承压面积为底板面积。

2 弯矩和剪力由外包层混凝土和钢柱脚共同承担，按外包层的有效面积计算（图 6.4.3-1）。柱脚的受弯承载力应按下式验算：

$$M \leq 0.9A_s f h_0 + M_1 \quad (6.4.3-1)$$

式中： M ——柱脚的弯矩设计值（N mm）；

A_s ——外包层混凝土中受拉侧的钢筋截面面积（mm²）；

f ——受拉钢筋抗拉强度设计值（N/mm²）；

h_0 ——受拉钢筋合力点至混凝土受压区边缘的距离（mm）；

M_1 ——钢柱脚的受弯承载力（N mm），按本规程第 6.4.2 条外露式钢柱脚

M_1 的计算方法计算。

3 在外包混凝土顶部箍筋处，柱可能出现塑性铰的柱脚极限受弯承载力应大于钢柱的全塑性受弯承载力（图 6.4.3-2）。柱脚的极限受弯承载力应按下列公式验算：

$$M_u \geq \alpha M_{pc} \quad (6.4.3-2)$$

$$M_u = \min \{M_{u1}, M_{u2}\} \quad (6.4.3-3)$$

$$M_{u1} = M_{pc} / (1 - l_r / l) \quad (6.4.3-4)$$

$$M_{u2} = 0.9 A_s f_{yk} h_0 + M_{u3} \quad (6.4.3-5)$$

式中： M_u ——柱脚连接的极限受弯承载力（N mm）；

M_{pc} ——考虑轴力时，钢柱截面的全塑性受弯承载力（N mm），按本规程

第 6.1.5 条的规定计算；

M_{u1} ——考虑轴力影响，外包混凝土顶部箍筋处钢柱弯矩达到全塑性受

弯承载力 M_{pc} 时，按比例放大的外包混凝土底部弯矩

（N mm）；

l ——钢柱底板到柱反弯点的距离（mm），可取柱脚所在层层高的 2/3；

l_r ——外包混凝土顶部箍筋到柱底板的距离（mm）；

M_{u2} ——外包钢筋混凝土的抗弯承载力（N mm）与 M_{u3} 之和；

M_{u3} ——钢柱脚的极限受弯承载力（N mm），按本规程第 6.4.1 条外露式钢

柱脚 M_u 的计算方法计算；

α ——连接系数；

——钢筋的抗拉强度最小值（N/mm²）。

4 外包层混凝土截面的受剪承载力应满足下式要求：

$$V \leq b_e h_0 (0.7 f_t + 0.5 f_{yv} \rho_{sh}) \quad (6.4.3-6)$$

抗震设计时尚应满足下列公式要求：

$$V_u \geq M_u / l_r \quad (6.4.3-7)$$

$$V_u = b_e h_0 (0.7 f_{tk} + 0.5 f_{yv} \rho_{sh}) + M_{u3} / l_r \quad (6.4.3-8)$$

式中： V ——柱底截面的剪力设计值（N）；

V_u ——外包式柱脚的极限受剪承载力（N）；

b_e ——外包层混凝土的截面有效宽度(mm)（图 6.4.3-1b）；

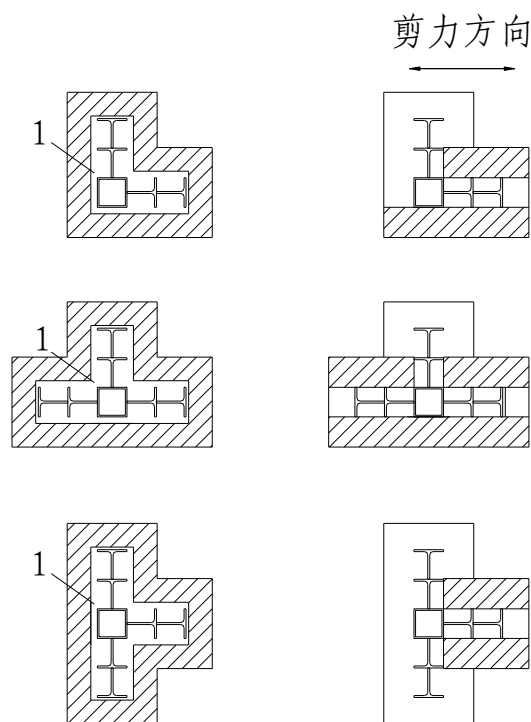
f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度标准值（N/mm²）；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值（N/mm²）；

f_{yv} ——箍筋的抗拉强度设计值（N/mm²）；

f_{yvk} ——箍筋的抗拉强度标准值（N/mm²）；

ρ_{sh} ——水平箍筋的配箍率： $\rho_{sh} = A_{sh} / b_e s$ ，当 $\rho_{sh} > 1.2\%$ 时，取 1.2%； A_{sh} 为配置在同一截面内箍筋的截面面积（mm²）； s 为箍筋的间距（mm）。



(a) 受弯时的有效面积 (b) 受剪时的有效面积

图 6.4.3-1 外包式钢筋混凝土的有效面积（阴影部分）

1——底板

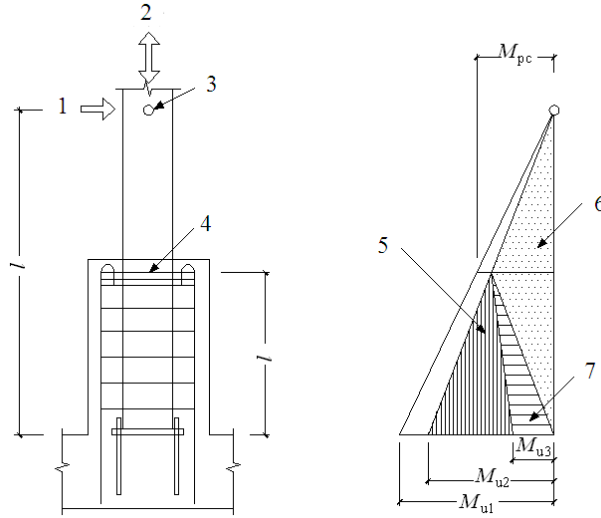


图 6.4.3-2 极限受弯承载力时外包式柱脚的受力状态

1——剪力；2——轴力；3——柱的反弯点；4——最上部箍筋；

5——外包钢筋混凝土的弯矩；6——钢柱的弯矩；7——作为外露式柱脚的弯矩

6.4.4 埋入式柱脚的设计应符合下列规定：

1 柱脚轴向压力由柱脚底板直接传给基础，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 验算柱脚底板下混凝土的局部承压，承压面积为底板面积。

2 柱脚在嵌固端以下层且不可能出现塑性铰时，柱脚应按埋入部分钢柱侧向应力分布（图 6.4.4-2），抗弯承载力应按下列公式验算

$$V = M_y / l \quad (6.4.4-1)$$

$$M_y = \xi_e \cdot \frac{f_{ck}(b_1 + b_2)lh_B^2}{2(3l + 2h_B)} \quad (6.4.4-2)$$

当上部肢尖受压，下部肢背受压时：

$$\xi_e = 1 - \frac{(b_2 / b_1)^{0.29}}{2} \quad (6.4.4-3)$$

当上部肢背受压，下部肢尖受压时：

$$\xi_e = 1 - \frac{(b_1 / b_2)^{0.34}}{2.3} \quad (6.4.4-4)$$

当上 $b_1=b_2$ 时：

$$\xi_e = 0.5 \quad (6.4.4-5)$$

式中： b_1 、 b_2 ——分别为埋入式柱脚上部、下部受压区与弯矩作用方向垂直的柱身有效宽度，不同截面的作用宽度如图 6.4.4-1 所示；

l ——基础顶面到钢柱反弯点的距离（mm），可取柱脚所在层层高的 2/3；

h_B ——钢柱脚埋置深度（mm）；

f_{ck} ——基础混凝土抗压强度标准值（N/mm²）；

3 在基础顶面处柱可能出现塑性铰的柱脚应按埋入部分钢柱侧向应力分布（图 6.4.4-3）验算在轴力和弯矩作用下基础混凝土的侧向抗弯极限承载力。埋入式柱脚的极限受弯承载力不应小于钢柱全塑性抗弯承载力；与极限受弯承载力对应的剪力不应大于钢柱的全塑性抗剪承载力，应按下列公式验算：

$$M_u \geq \alpha M_p \quad (6.4.4-6)$$

$$V_u = M_u / l \leq 0.58 h_w t_w f_y \quad (6.4.4-7)$$

$$M_u = f_{ck} l \left[\sqrt{(b_1 + b_2)[b_1 l^2 + b_2 (h_B + l)^2]} - [(b_1 + b_2)l + b_2 h_B] \right] \quad (6.4.4-8)$$

式中， M_u ——柱脚埋入部分承受的极限受弯承载力（N·mm）；

M_{pc} ——考虑轴力影响时钢柱截面的全塑性受弯承载力（N·mm），按本规程第 6.1.5 条的规定计算；

α ——连接系数。

4 在基础顶面处钢柱可能出现塑性铰的边（角）柱的柱脚埋入混凝土基础部分的上、下部位均需布置 U 形钢筋加强，可按下列公式验算 U 形钢筋数量：

1）当柱脚受到由内向外作用的剪力时（图 6.4.4-4a）：

$$M_u \leq f_{ck} b_2 l \left[\frac{T_y}{f_{ck} d_c} - l - h_B + \sqrt{(l + h_B)^2 - \frac{2T_y(l + a)}{f_{ck} b_2}} \right] \quad (6.4.4-9)$$

2）当柱脚受到由外向内作用的剪力时（图 6.4.4-4b）：

$$M_u \leq -\left(f_{ck} b_c l^2 + T_y l \right) + f_{ck} b_c l \sqrt{l^2 + \frac{2T_y(l + h_B - a)}{f_{ck} b_c}} \quad (6.4.4-10)$$

式中： M_u ——柱脚埋入部分由 U 型加强筋提供的侧向极限受弯承载力（N·mm），

可取 M_{pc} ;

T_y ——U 形加强筋的受拉承载力 (N/mm^2), $T_y = A_l f_{yk}$, A_l 为 U 形加强筋

的截面面积(mm^2)之和, f_{yk} 为 U 形加强筋的强度标准值(N/mm^2);

f_{ck} ——基础混凝土的抗压强度标准值 (N/mm^2);

a ——U 形加强筋合力点到基础上表面或到柱底板下表面的距离 (mm);

l ——基础顶面到钢柱反弯点的高度 (mm), 可取柱脚所在层层高的 2/3;

h_B ——钢柱脚埋置深度 (mm);

b_c ——与弯矩作用方向垂直的柱身尺寸 (mm)。

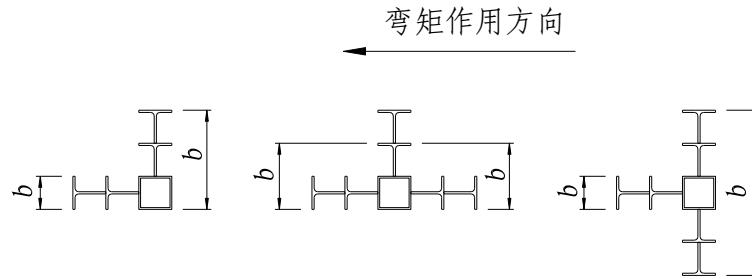


图 6.4.4-1 受压区的柱身有效宽度

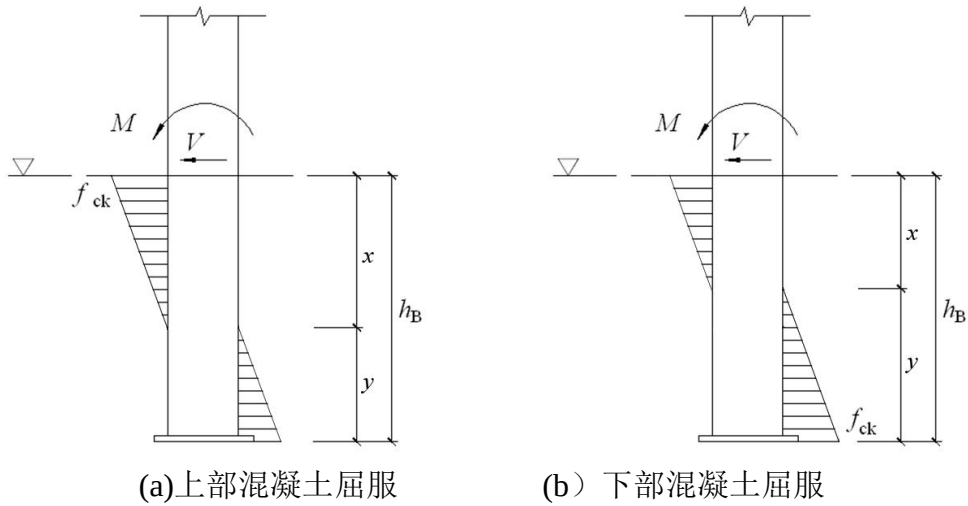


图 6.4.4-2 弹性状态下埋入式柱脚混凝土的侧向应力分布

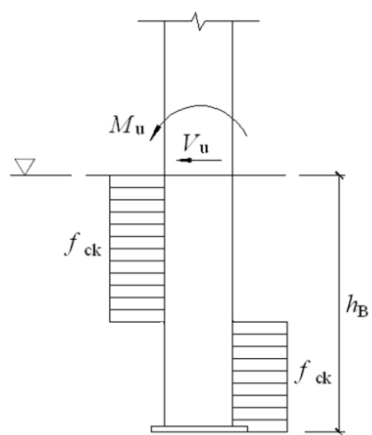
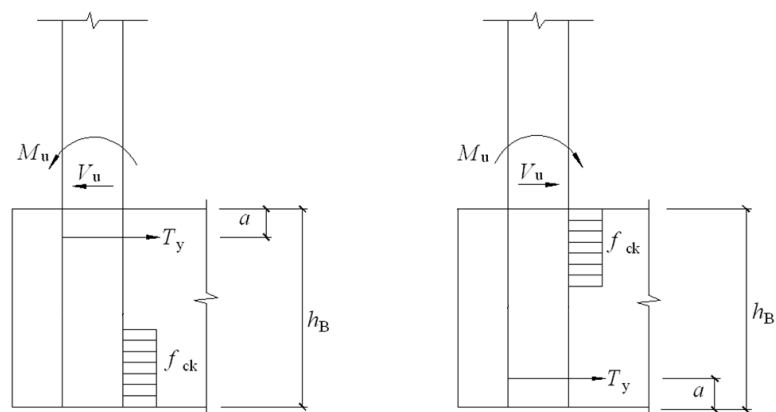


图 6.4.4-3 极限状态下埋入式柱脚混凝土的侧向应力分布



(a) 剪力由内向外作用

(b) 剪力由外向内作用

图 6.4.4-4 埋入式钢柱脚 U 形加强筋计算简图

7 施工和验收

7.1 一般规定

7.1.1 组合异形柱结构构件的加工制作和施工，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

7.1.2 组合异形柱结构构件的加工制作前应根据设计文件和深化设计施工图的要求，制作厂的工装设备，运输及吊装起重设备等条件编制制作工艺文件。

7.1.3 组合异形柱结构的施工应符合环境保护、劳动保护和安全技术方面现行国家有关法规和标准的规定。

7.1.4 组合异形柱结构的施工图设计文件应具有施工图设计审查许可证的机构审查通过。

7.1.5 组合异形柱结构的施工单位应根据已批准的设计施工图进行深化设计，并应经原设计单位确认。当需要修改设计时，仍应取得原设计单位同意，并办理相关设计变更文件。

7.1.6 组合异形柱结构的施工应由具备相应资质的企业承担。其施工质量检测应由具备工程结构检测资质的机构承担。

7.1.7 钢材、焊接材料、高强度螺栓等材料，应具有质量合格证明文件，并应符合设计和现行国家相关标准的要求。根据现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的要求需见证取样、送样的材料尚需进行复验。

7.2 施工和安装

7.2.1 组合异形柱结构构件的制作及安装应符合国家现行标准《钢结构工程施工规范》GB50755、《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 及《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 的有关规定。

7.2.2 组合异形柱结构构件的焊接连接应符合《钢结构焊接规范》GB50661 的相关规定。

7.2.3 组合异形柱结构构件和节点采用的高强螺栓连接应符合《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的相关规定。

7.2.4 在没有可靠依据和经验的情况下，组合异形柱结构构件在安装过程中应进行施工验算，必要时应采取加固措施，满足结构强度和稳定性的要求。

7.2.5 方钢管等构件在安装之前，应将管口包封，防止雨水和异物落入管内。暴露于室外的方钢管、T 型钢等构件应在安装完毕后使杆件彻底密封或在水可能聚集的地方布置排水孔。

7.2.6 设计要求全焊透的一、二级焊缝应采用超声波探伤进行焊缝内部缺陷检验，超声波探伤不能对缺陷作出判断时，应采用射线探伤检验。其内部缺陷分级及探伤应符合现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB/T 3323 的有关规定。

7.2.7 焊工必须经考试合格并取得合格证书，持证焊工必须在其考试合格项目及合格证规定的范围内施焊。

7.3 验收

7.3.1 组合异形柱结构的验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的有关规定，应按钢结构子分部工程进行验收。

7.3.2 组合异形柱结构钢构件制作和安装中的原材料及成品，焊接、焊钉焊接，普通螺栓、扭剪型高强度螺栓、高强度大六角头螺栓连接，涂装等各分项工程的验收应符合：

- 1 各分项工程质量均应符合合格质量标准；
- 2 质量控制资料 and 文件应完整；
- 3 各项检验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。

7.3.3 组合异形柱结构各子分部工程竣工验收时，应提供下列文件和记录：

- 1 钢结构工程竣工图纸及相关设计文件；
- 2 施工现场质量管理检查记录；
- 3 有关安全及功能的检验和见证检测项目检查记录；
- 4 有关观感质量检验项目检查记录；
- 5 分部工程所含各分项工程质量验收记录；
- 6 分项工程所含各检验批质量验收记录；
- 7 强制性条文检验项目检查记录及证明文件。

- 8** 隐蔽工程检验项目检查验收记录；
- 9** 原材料、成品质量合格证明文件、中文标志及性能检测报告；
- 10** 不合格项的处理记录及验收记录；
- 11** 重大质量、技术问题实施方案及验收记录；
- 12** 其他有关文件和记录。

7.3.4 组合异形柱结构质量验收记录应符合下列规定：

- 1** 施工现场质量管理检查记录应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定执行；
- 2** 分项工程验收记录应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定执行；
- 3** 分项工程验收批验收记录应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定执行；
- 4** 分部（子分部）工程验收记录应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定执行。

7.3.5 当使用方钢管混凝土代替方钢管时，尚应符合现行国家标准《钢管混凝土工程施工质量验收规范》的有关规定。

8 钢结构的防护

8.1 一般规定

8.1.1 组合异形柱结构应进行防火与防腐设计。组合异形柱结构防腐设计应按结构构件的重要性、大气环境侵蚀分类和防护层设计使用年限确定合理的防腐涂装设计方案。

8.1.2 组合异形柱结构防护层设计使用年限不应低于 5 年；使用中难以维护的钢构件，防护层设计使用年限不应低于 10 年。

8.1.3 组合异形柱结构设计文件中应注明钢结构定期检查和维护要求。

8.1.4 设计时应应对组合异形柱结构构件的基材种类、表面除锈等级、涂层结构、涂层厚度、涂装方法、使用状况以及预期耐蚀寿命等综合考虑，提出合理的除锈方法和涂装要求。

8.1.5 涂层质量及厚度的检查方法应按现行国家标准《漆膜附着力测定法》GB1720 或《色漆和清漆漆膜的划格试验》GB/T9286 的规定执行，并按构件数的 1%抽查，且不应少于 3 件，每件检测 3 处。

8.1.6 涂装完成后，构件的标志，标记和编号应清晰完整。

8.1.7 涂装工程验收应包括在中间检查和竣工验收中。

8.2 防腐蚀

8.2.1 组合异形柱结构构件必须采取有效的防腐蚀措施，构造上应考虑便于检查、清刷、油漆及避免积水，闭口截面构件沿全长和端部均应焊接封闭。

8.2.2 组合异形柱结构应根据其使用条件和所处环境，按照侵蚀作用分类选择相应的表面处理方法和防腐措施。

8.2.3 组合异形柱结构应根据具体情况选用下列相适应的防腐措施：

1 金属保护层（表面合金化镀锌、镀铝锌等）。

2 防腐涂料：

1) 无侵蚀性或弱侵蚀性条件下，可采用油性漆、酚醛漆或醇酸漆等；

2) 中等侵蚀性条件下，宜采用环氧漆、环氧脂漆、过氧乙烯漆、氯化橡胶漆或氯醋漆等；

3) 防腐涂料的底漆和面漆应相互配套，具有相容性。

3 复合保护:

1) 用镀锌钢板制作的构件, 涂装前应进行除油、磷化、钝化处理 (或除油后涂磷化底漆);

2) 表面合金化镀锌钢板、镀铝锌钢板的表面不宜涂红丹防锈漆, 宜涂 H06—2 锌黄环氧脂底漆或其他专用涂料进行防护。

8.2.4 当采用防腐涂料时, 应按设计要求进行表面处理。除锈方法和除锈等级应符合现行国家标准《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、《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定第 2 部分: 已涂覆过的钢材表面局部清除原有涂层后的处理等级》GB/T 8923.2、《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定第 3 部分: 焊缝、边缘和其他区域的表面缺陷的处理等级》GB/T 8923.3 和《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定第 4 部分: 与高压水喷射处理有关的初始表面状态、处理等级和闪锈等级》GB/T 8923.4 的有关规定。

8.2.5 组合异形柱结构采用化学除锈方法时, 应选用具备除锈、磷化、钝化两个以上功能的处理液, 其质量应符合现行国家标准《多功能钢铁表面处理液通用技术条件》GB/T12612 的规定。

8.2.6 组合异形柱结构采用的涂装材料, 应具有出厂质量证明书, 并应符合设计要求。涂覆方法可采用手刷或机械喷涂。

8.2.7 在设计涂料、涂装遍数、涂层厚度时应符合工程招标要求, 当工程招标或工程承包合同无明确要求时, 应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB50755 的规定。

8.2.8 涂装时的环境温度和相对湿度应符合涂料产品说明书的要求, 当产品说明书无要求时, 环境温度宜在 5~38℃ 之间, 相对湿度不应大于 85%, 结构表面有结露时不得涂装, 涂装后 4 小时内不得搬运, 不得淋雨。

8.2.9 组合异形柱结构构件目测涂装质量应均匀、细致、无明显色差、无流挂、失光、起皱、针孔、气饱、裂纹、脱落、脏物粘附、漏涂等, 必须附着良好。漆膜干透后, 应用干膜测厚仪测出干膜厚度, 不符合厚度的应补涂。

8.2.10 组合异形柱结构构件的防腐处理应符合下列要求:

1 钢材表面处理后宜 4 小时内及时涂刷防腐涂料, 在室内或湿度较低的晴

天不应超过 12 小时。

2 施工图中注明不涂装的部位不得涂装，安装焊缝处应留出两侧各 100mm 暂不涂装。

3 组合异形柱安装就位后，应对在运输、吊装过程中漆膜脱落部位以及安装焊缝两侧未油漆部位补涂油漆，使之不低于相邻部位的防护等级。

4 组合异形柱外包、埋入混凝土的钢结构部位可不作涂装。

5 易淋雨或积水的构件且不易再次油漆维护的部位，应采取措施密封。

8.2.11 防腐工程的施工，应符合国家有关法律法规对环境保护的要求，并采取妥善的安全和环境保护措施。

8.2.12 组合异形柱结构的防腐涂装施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 及《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的规定。

8.2.13 组合异形柱结构在使用期间应对防腐涂料定期进行检查与维护。维护年限可根据结构的使用条件、表面处理方法、涂料品种及漆膜厚度分别按国家现行标准的规定执行。

8.3 防火

8.3.1 组合异形柱结构的防火设计、构件的耐火极限应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定，合理确定房屋的防火类别与防火等级。

8.3.2 应根据组合异形柱结构构件的耐火极限确定防火涂层的形式、性能及厚度等要求。

8.3.3 防火涂料的性能及参数指标应符合现行国家标准《钢结构防火涂料通用技术条件》GB 14907 的规定。

8.3.4 防火涂料的粘接强度、抗压强度应满足设计要求，检查方法应符合现行国家标准《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978 的规定。

8.3.5 组合异形柱结构当喷涂防火涂料施工时，应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 及《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

8.3.6 防火涂料施工前，钢结构构件应按相关规范规定进行除锈，并进行防锈底漆涂装。防火涂料应与底漆相容，并能结合良好。防火涂料涂装基层不应有油污、灰尘、泥沙等污垢。防火涂料目测涂装质量不应有误涂、漏涂，涂层应闭合无脱层、空鼓、明显凹陷、粉化松散和浮浆等外观缺陷，乳突已剔除。

8.3.7 薄涂型防火涂料的涂层厚度应符合有关耐火极限的设计要求。厚涂型防火涂料涂层的厚度，80%及以上面积应符合有关耐火极限的设计要求，且最薄处厚度不应低于设计要求的85%。厚度的测量方法应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的规定执行。

8.3.8 采用板材外包防火构造时，组合异形柱结构构件应进行除锈，并进行底漆和面漆涂装保护；板材外包防火构造的耐火性能，应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的有关规定或通过试验确定。

8.3.9 当采用混凝土外包防火构造时，组合异形柱结构构件应进行除锈，不应涂装防锈漆；其混凝土外包厚度及构造要求应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的有关规定。

8.3.10 对于直接承受振动作用的组合异形柱结构构件，采用防火厚型涂层或外包构造时，应采取构造补强措施。

8.3.11 组合异形柱结构在使用期间应定期对防火涂料或防火板进行检查与维护，维护年限可根据结构的使用条件及涂料或防火板品种等条件确定。

附录A 截面几何性质计算方法

A.1 截面惯性矩与截面模量计算

A.1.1 组合异形柱的截面几何惯性矩与截面模量按照以下方法进行确定：

1 L 形不等肢截面的抗弯惯性矩、形心坐标和抗弯截面模量按照下式计算：

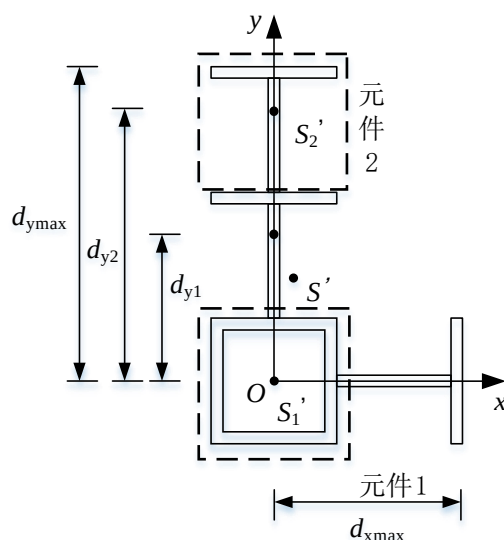


图 A.1.1-1 L 形不等肢截面

$$I_x = I_{x1} + I_{y2} + 2I_{x2} + A_2(d_{y1}^2 + d_{y2}^2) - As_y'^2 \quad (\text{A.1.1-1})$$

$$I_y = I_{y1} + 2I_{y2} + I_{x2} + A_2d_{y1}^2 - As_x'^2 \quad (\text{A.1.1-2})$$

$$s_x' = \frac{A_2d_{y1}}{A_1 + 3A_2}, \quad s_y' = \frac{A_2(d_{y1} + d_{y2})}{A_1 + 3A_2} \quad (\text{A.1.1-3})$$

$$W_x = \frac{I_x}{d_{y\max} - s_y'}, \quad W_y = \frac{I_y}{d_{x\max} - s_x'} \quad (\text{A.1.1-4})$$

2 L 形等肢截面的抗弯惯性矩、形心坐标和抗弯截面模量按照下式计算：

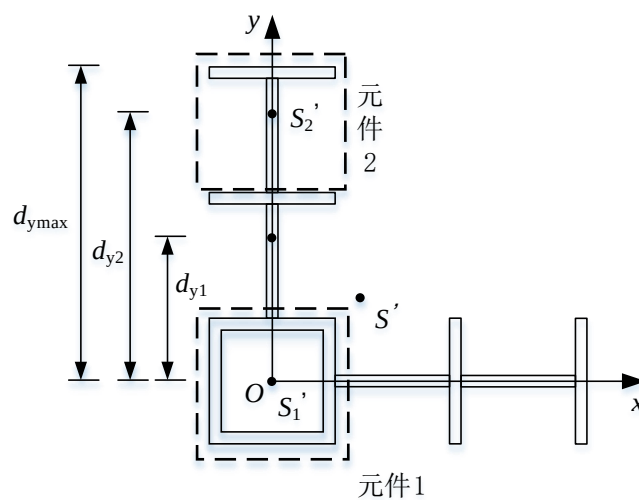


图 A.1.1-2 L 形等肢截面

$$I_x = I_y = I_{x1} + 2I_{y2} + 2I_{x2} + A_2(d_{y1}^2 + d_{y2}^2) - As_y'^2 \quad (\text{A.1.1-5})$$

$$s_x' = s_y' = \frac{A_2(d_{y1} + d_{y2})}{A_1 + 4A_2} \quad (\text{A.1.1-6})$$

$$W_x = W_y = \frac{I_x}{d_{y\max} - s_y'} \quad (\text{A.1.1-7})$$

3 T 形不等肢截面的抗弯惯性矩、形心坐标和抗弯截面模量按照下式计算：

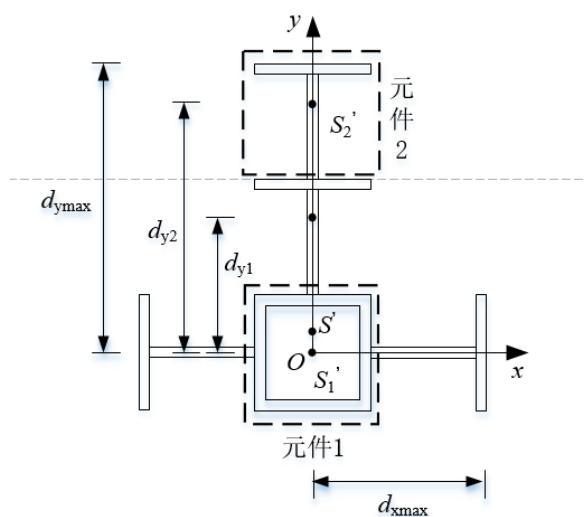


图 A.1.1-3 T 形不等肢截面

$$I_x = I_{x1} + 2I_{y2} + 2I_{x2} + A_2(d_{y1}^2 + d_{y2}^2) - As_y'^2 \quad (\text{A.1.1-8})$$

$$I_y = I_{y1} + 2I_{y2} + 2I_{x2} + 2A_2d_{y1}^2 \quad (\text{A.1.1-9})$$

$$s_x' = 0, \quad s_y' = \frac{A_2(d_{y1} + d_{y2})}{A_1 + 4A_2} \quad (\text{A.1.1-10})$$

$$W_x = \frac{I_x}{d_{y\max} - s_y'}, \quad W_y = \frac{I_y}{d_{x\max}} \quad (\text{A.1.1-11})$$

4 T 形等肢截面的抗弯惯性矩、形心坐标和抗弯截面模量按照下式计算：

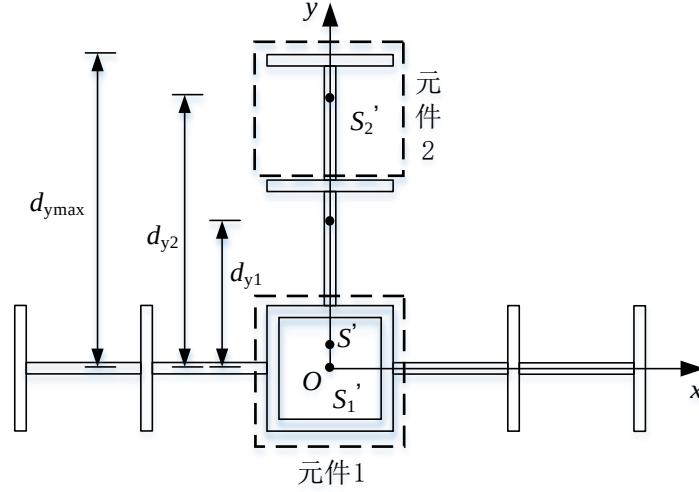


图 A.1.1-4 T 形等肢截面

$$I_x = I_{x1} + 4I_{y2} + 2I_{x2} + A_2(d_{y1}^2 + d_{y2}^2) - As_y'^2 \quad (\text{A.1.1-12})$$

$$I_y = I_{y1} + 2I_{y2} + 4I_{x2} + 2A_2(d_{y1}^2 + d_{y2}^2) \quad (\text{A.1.1-13})$$

$$s_x' = 0, \quad s_y' = \frac{A_2(d_{y1} + d_{y2})}{A_1 + 6A_2} \quad (\text{A.1.1-14})$$

$$W_x = \frac{I_x}{d_{y\max} - s_y'}, \quad W_y = \frac{I_y}{d_{y\max}} \quad (\text{A.1.1-15})$$

式中： I_x 、 I_y ——分别为四种异形柱截面 x 、 y 方向的抗弯惯性矩；

s_x' 、 s_y' ——分别为异形柱截面形心 S' 的横、纵坐标；

W_x 、 W_y ——分别为四种异形柱 x 、 y 方向的抗弯截面模量；

A_1 、 A_2 ——分别为元件 1 和元件 2 的横截面面积；

d_{y1} 、 d_{y2} ——分别为不同元件 2 的形心 S_2' 到坐标原点的距离；

$d_{x\max}$ 、 $d_{y\max}$ ——分别为四种异形柱截面距 x 、 y 坐标轴的距离；

I_{y1} 、 I_{y2} ——分别为元件 1 和元件 2 绕其形心坐标轴 y 轴的惯性矩，详见

A.1.2；

I_{x1} 、 I_{x2} ——分别为元件 1 和元件 2 绕其形心坐标轴 x 轴的惯性矩，详见

A.1.2。

A.1.2 条文 A.1.1 中各种形状的元件的惯性矩按照下列方法计算：

6 元件 E 的抗弯惯性矩按下式计算：

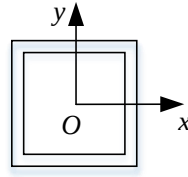


图 A.1.2-1 元件 E 的截面形状

$$I_{xE} = I_{yE} = \frac{b^4 - (b - 2t)^4}{12} \quad (\text{A.1.2-1})$$

式中： b 、 t ——元件 E 的宽度和厚度。

7 元件 F 的抗弯惯性矩和形心位置按下式计算：

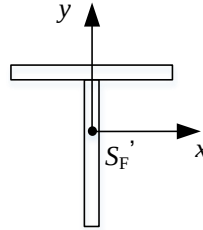


图 A.1.2-2 元件 F 的截面形状

$$I_x = \frac{t_w b_w^3 + b_f t_f^3}{12} + b_f t_f \left(b_w + \frac{t_f}{2} - s_{yF}' \right)^2 + t_w b_w \left(s_{yF}' - \frac{b_w}{2} \right)^2 \quad (\text{A.1.2-2})$$

$$I_y = \frac{b_w t_w^3 + t_f b_f^3}{12} \quad (\text{A.1.2-3})$$

$$s_{yF}' = \frac{\frac{b_w^2 t_w}{2} + t_f b_f \left(b_w + \frac{t_f}{2} \right)}{b_w t_w + t_f b_f} \quad (\text{A.1.2-4})$$

式中： b_w 、 t_w ——元件 F 中腹板的宽度和厚度；

b_f 、 t_f ——元件 F 中翼缘的宽度和厚度；

s_{yF} ——元件 F 形心至腹板自由端的距离。

A.2 截面形心与扇性惯性矩计算

A.2.1 组合异形柱的截面形心与扇性惯性矩按照以下方法进行确定：

1 L 形不等肢截面的扇性惯性矩和剪心坐标按照下式计算：

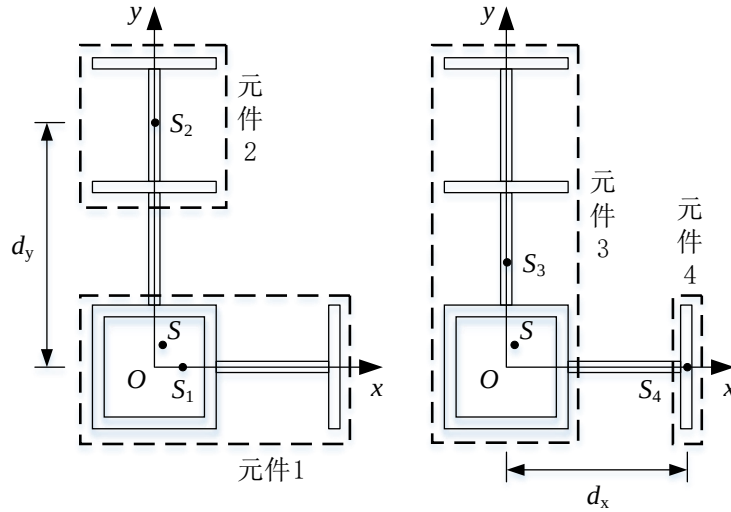


图 A.2.1-1 L 形不等肢截面

$$I_{\omega} = I_{\omega 1} + I_{\omega 2} + \frac{I_{y1}I_{y2}}{I_{y1} + I_{y2}} d_y^2 + \frac{I_{x1}I_{x2}}{I_{x1} + I_{x2}} s_{x1}^2 \quad (\text{A.2.1-1})$$

$$s_x = \frac{I_{x4}}{I_{x3} + I_{x4}} d_x, \quad s_y = \frac{I_{y2}}{I_{y1} + I_{y2}} d_y \quad (\text{A.2.1-2})$$

2 L 形等肢截面的扇性惯性矩按式 (A.2.1-1) 计算，其剪心坐标按照下式计算：

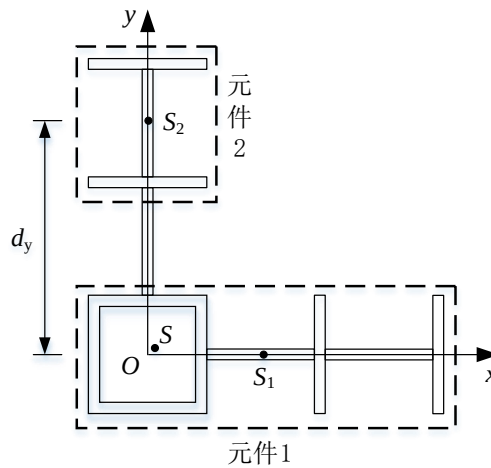


图 A.2.1-2 L 形等肢截面

$$s_x = s_y = \frac{I_{y2}}{I_{y1} + I_{y2}} d_y \quad (\text{A.2.1-3})$$

3 T 形截面的扇性惯性矩和剪心坐标按照下式计算：

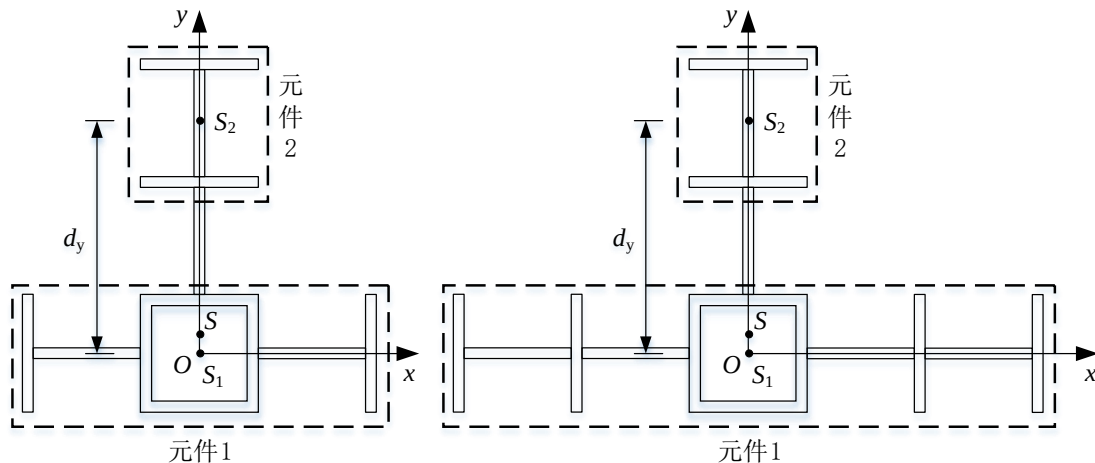


图 A.2.1-3 T 形不等肢截面和 T 形等肢截面

$$I_{\omega} = I_{\omega1} + I_{\omega2} + \frac{I_{y1}I_{y2}}{I_{y1} + I_{y2}} d_y^2 \quad (\text{A.2.1-4})$$

$$s_x = 0, \quad s_y = \frac{I_{y2}}{I_{y1} + I_{y2}} d_y \quad (\text{A.2.1-5})$$

式中： I_{ω} 、 $I_{\omega1}$ 、 $I_{\omega2}$ ——分别为异型截面（包括 L 型不等肢截面、L 型等肢截面、

T 型截面）、元件 1 和元件 2 的扇性惯性矩；

s_x 、 s_y ——异型截面剪心 S 的坐标；

s_{x1} ——元件 1 的剪心 S_1 的坐标；

d_y 、 d_x ——分别为元件 2 的剪心 S_2 到 x 轴的距离和元件 4 的剪心 S_4 到 y 轴的距离；

I_{y1} 、 I_{y2} ——分别为元件 1 和元件 2 绕 y 轴的惯性矩；

I_{x1} 、 I_{x2} ——分别为元件 1 和元件 2 绕 x 轴的惯性矩；

I_{x3} 、 I_{x4} ——分别为元件 3 和元件 4 绕 x 轴的惯性矩。

A.2.2 条文 A.0.1 中各种形状的元件的扇性惯性矩按照下列方法计算：

1 元件 A 的扇性惯性矩和剪心坐标按下式计算：

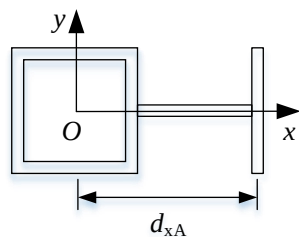


图 A.2.2-1 元件 A 的截面形状

$$I_{\omega A} = \frac{I_{xb} I_{xf}}{I_{xb} + I_{xf}} d_{xA}^2 \quad (\text{A.2.2-1})$$

$$s_x = \frac{I_{xf}}{I_{xb} + I_{xf}} d_{xA}, \quad s_y = 0 \quad (\text{A.2.2-2})$$

式中： $I_{\omega A}$ ——元件 A 的截面扇性惯性矩；

d_{xA} ——方钢管中心到元件 A 的翼缘板中线的距离；

I_{xb} 、 I_{xf} ——分别为方钢管和翼缘板绕 x 轴的惯性矩。

2 元件 B 的扇性惯性矩和剪心坐标按下式计算：

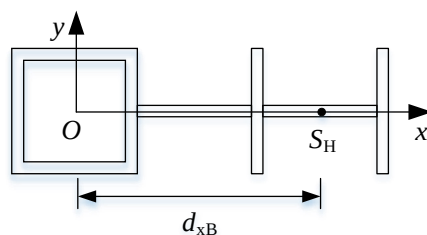


图 A.2.2-2 元件 B 的截面形状

$$I_{\omega B} = I_{\omega H} + \frac{I_{xb} I_{xH}}{I_{xb} + I_{xH}} d_{xB}^2 \quad (\text{A.2.2-3})$$

$$s_x = \frac{I_{xH}}{I_{xb} + I_{xH}} d_{xB}, \quad s_y = 0 \quad (\text{A.2.2-4})$$

式中： $I_{\omega B}$ ——元件 B 的截面扇性惯性矩；

d_{xB} ——方钢管中心到元件 B 最外侧 H 型钢的剪心的距离；

I_{xH} ——元件 B 最外侧的 H 型钢绕 x 轴的惯性矩；

$I_{\omega H}$ ——元件 B 最外侧的 H 型钢的扇性惯性矩，可按式 (A.2.2-7) 计算。

3 元件 C 由元件 A 和一个 T 形钢组成，其扇性惯性矩按下式计算：

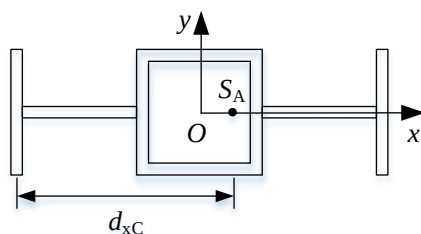


图 A.2.2-3 元件 C 的截面形状

$$I_{\omega C} = I_{\omega A} + \frac{I_{xA} I_{xf}}{I_{xA} + I_{xf}} d_{xC}^2 \quad (\text{A.2.2-5})$$

式中： $I_{\omega C}$ ——元件 C 的截面扇性惯性矩；

d_{xC} ——元件 A 的剪心 S_A 与方钢管左侧翼缘板的剪心之间的距离。

4 元件 D 由元件 B 和两个 T 形钢组成，其扇性惯性矩按下式计算：

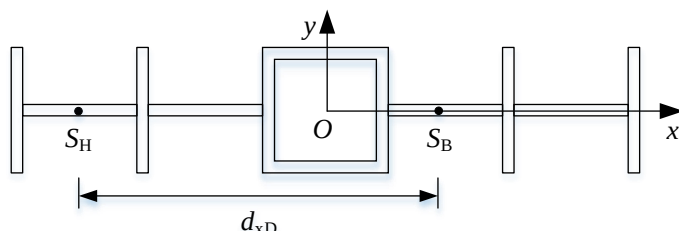


图 A.2.2-4 元件 D 的截面形状

$$I_{\omega D} = I_{\omega B} + I_{\omega H} + \frac{I_{xB} I_{xH}}{I_{xB} + I_{xH}} d_{xD}^2 \quad (\text{A.2.2-6})$$

式中： $I_{\omega D}$ ——元件 C 的截面扇性惯性矩；

d_{xD} ——元件 B 的剪心 S_B 与方钢管左侧 H 形钢的剪心之间的距离。

5 等截面 H 形钢扇性惯性矩按下式计算：

$$I_{\omega H} = \frac{I_{xb}}{2} (h_H - t_{fH})^2 \quad (\text{A.2.2-7})$$

式中： h_H ——H 形钢的高度；

t_{fH} ——H 形钢翼缘厚度。

A.3 截面主扇性坐标计算

A.3.1 组合异形柱的截面剪心坐标可按附录 A.2 计算，则以剪心为极点的主扇性坐标 ω_h 的计算公式见表 A.3.1。表 A.3.1 中的 $\bar{\omega}$ 按公式 (A.3.1-1) ~ (A.3.1-3)

计算。

1 L 形等肢截面：

$$\begin{aligned}\bar{\omega} = & \frac{2B^2t_b s_x + bt_f (2Bs_y - 6Bs_x + 3hs_y - 3hs_x)}{4Bt_b + 4bt_f + 2ht_w} \\ & + \frac{ht_w (Bs_y - 3Bs_x + hs_y - hs_x)}{4Bt_b + 4bt_f + 2ht_w}\end{aligned}\quad (\text{A.3.1-1})$$

2 L 形不等肢截面：

$$\begin{aligned}\bar{\omega} = & \frac{4B^2t_b s_x + 2bt_f (Bs_y - 5Bs_x + hs_y - 3hs_x)}{8Bt_b + 6bt_f + 3ht_w} \\ & + \frac{ht_w (Bs_y - 3Bs_x + hs_y/2 - hs_x)}{8Bt_b + 6bt_f + 3ht_w}\end{aligned}\quad (\text{A.3.1-2})$$

3 T 形截面：

$$\bar{\omega} = 0 \quad (\text{A.3.1-3})$$

式中： B 、 b 、 h ——分别为组合截面中方钢管壁板中线宽度的一半，T 形钢翼缘中线宽度的一半和 T 形钢腹板中线的高度；

t_b 、 t_f 、 t_w ——分别为方钢管壁板厚度，T 形钢翼缘厚度以及 T 形钢腹板厚度。

s_x 、 s_y ——为组合截面的剪心坐标，按本规程附录 A.2 计算。

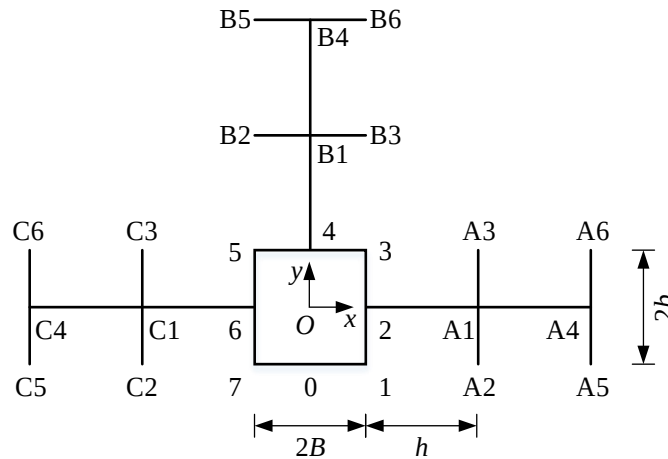


图 A.3.1 组合截面各特征点编号及板件尺寸

表 A.3.1 组合截面各特征点主扇性坐标

截面组成元件	特征点编号	ω_n	L 形等肢截面	L 形不等肢截面	T 形等肢截面	T 形不等肢截面
方钢管	0	$-\bar{\omega}$	含	含	含	含
	1	$Bs_y - \bar{\omega}$				
	2	$B(s_y - s_x) - \bar{\omega}$				
	3	$B(s_y - 2s_x) - \bar{\omega}$				
	4	$-2Bs_x - \bar{\omega}$				
	5	$-B(s_y + 2s_x) - \bar{\omega}$				
	6	$-B(s_y + s_x) - \bar{\omega}$				
	7	$-Bs_y - \bar{\omega}$				
外伸肢 A	A1	$\omega_{n2} + hs_y - \bar{\omega}$	含	含	含	含
	A2	$\omega_{nA1} - b(B + h - s_x) - \bar{\omega}$		不含		不含
	A3	$\omega_{nA1} + b(B + h - s_x) - \bar{\omega}$				
	A4	$\omega_{n2} + 2hs_y - \bar{\omega}$				
	A5	$\omega_{nA4} - b(B + 2h - s_x) - \bar{\omega}$				
	A6	$\omega_{nA4} + b(B + 2h - s_x) - \bar{\omega}$				
外伸肢 B	B1	$\omega_{n4} - hs_x - \bar{\omega}$	含	含	含	含
	B2	$\omega_{nB1} + b(B + h - s_y) - \bar{\omega}$				
	B3	$\omega_{nB1} - b(B + h - s_y) - \bar{\omega}$				
	B4	$\omega_{n4} - 2hs_x - \bar{\omega}$				

	B5	$\omega_{nB4} + b(B + 2h - s_y) - \bar{\omega}$				
	B6	$\omega_{nB4} - b(B + 2h - s_y) - \bar{\omega}$				
外伸 肢 C	C1	$\omega_{n6} - hs_y - \bar{\omega}$	不含	不含	含	含
	C2	$\omega_{nC1} + b(B + h + s_x) - \bar{\omega}$				
	C3	$\omega_{nC1} - b(B + h + s_x) - \bar{\omega}$				不含
	C4	$\omega_{n2} - 2hs_y - \bar{\omega}$				
	C5	$\omega_{nC4} + b(B + 2h + s_x) - \bar{\omega}$				
	C6	$\omega_{nC4} - b(B + 2h + s_x) - \bar{\omega}$				

附录B 双力矩计算

B.0.1 构件所受的扭矩或不过截面剪心的横向荷载引起的双力矩，按照《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018 计算；构件端部所受的集中荷载引起的双力矩按照本节 B.0.2 和 B.0.3 计算。

B.0.2 T 形截面，与组合异形柱的外伸肢 B 及方钢管壁板相连的框架梁传递的剪力不产生双力矩；与外伸肢 A、C 相连的框架梁传递的所引起的双力矩按照公式 (B.0.1-1) 和 (B.0.1-2) 计算。

1 T 形等肢截面：

$$B = V_A \omega_{nA2} + V_C \omega_{nC2} \quad (\text{B.0.1-1})$$

2 T 形不等肢截面：

$$B = V_A \omega_{nA1} + V_C \omega_{nC1} \quad (\text{B.0.1-2})$$

式中： V_A 、 V_C ——分别是与外伸肢 A 和外伸肢 C 的翼缘相连的框架梁传递的梁端剪力，以使柱截面受压为正。

B.0.3 L 形截面，框架梁传递的剪力所引起截面双力矩按公式 (B.0.3-1) 和 (B.0.3-2) 计算。

1 L 形等肢截面：

$$B = V_A \omega_{nA2} + V_B \omega_{nB2} \quad (\text{B.0.3-1})$$

L 形不等肢截面：

2 L 形不等肢截面：

$$B = V_A \omega_{nA1} + V_B \omega_{nB2} \quad (\text{B.0.3-2})$$

式中： V_A 、 V_B ——分别是与外伸肢 A 和外伸肢 B 的翼缘相连的框架梁传递的梁端剪力，以使柱截面受压为正。

B.0.4 框架结构中，上层组合截面柱所受到的双力矩应向下层组合截面柱传递累加。

附录C 方钢管、T 型钢组合截面梁的整体稳定系数

C.0.1 T 形截面受弯构件，其绕非对称轴（x 轴）均匀弯曲时的整体稳定系数 φ_b 应按下式计算：

$$\varphi_b = \frac{\pi^2 EI_y}{l_1^2 W_x f_y} \left[\beta_y + \sqrt{\beta_y^2 + \frac{I_\omega}{I_y} \left(1 + \frac{GI_t l_1^2}{\pi^2 EI_\omega} \right)} \right] \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$\beta_y = \int_A \frac{y(y^2 + x^2)}{2I_y} dA - y_0 \quad (\text{C.0.1-2})$$

式中： β_y ——梁截面的不对称特性值（mm），按照式（C.0.1-2）确定；

l_1 ——梁受弯稳定的计算长度（mm）；

I_y ——梁截面绕 y 轴的惯性矩（mm⁴）；

W_x ——梁截面绕 x 轴的截面模量（mm³）；

I_ω ——梁截面的扇性惯性矩（mm⁶）；

I_t ——梁截面的扭转常数（mm⁴）；

y_0 ——截面形心到剪心的距离（mm）。

C.0.2 L 形截面受弯构件，其绕形心强轴（x 轴）均匀弯曲时的整体稳定系数 φ_b 应也可按照公式（C.0.1-1）计算。

C.0.3 当按照公式（C.0.1-1）计算得到的 φ_b 大于 0.6 时，应用下式计算得到的 φ'_b 代替 φ_b 。

$$\varphi'_b = 1.07 - \frac{0.282}{\varphi_b} \leq 1.0 \quad (\text{C.0.1-3})$$

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、 《钢结构设计规范》 GB 50017
- 4、 《冷弯型钢结构技术规范》 GB 50018
- 5、 《建筑结构可靠度设计统一标准》 GB 50068
- 6、 《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153
- 7、 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 8、 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 9、 《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》 GB/T 709
- 10、 《钢结构用高强度大六角头螺栓》 GB/T 1228
- 11、 《钢结构用高强度大六角螺母》 GB/T 1229
- 12、 《钢结构用高强度垫圈》 GB/T 1230
- 13、 《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
- 14、 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 15、 《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》 GB/T 3098.1
- 16、 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》 GB/T 3632
- 17、 《耐候结构钢》 GB/T 4171
- 18、 《热强钢焊条》 GB/T 5118
- 19、 《厚度方向性能钢板》 GB/T 5313
- 20、 《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》 GB/T 8110
- 21、 《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
- 22、 《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》 GB/T 9793
- 23、 《热轧H型钢和剖分T型钢》 GB/T 11263
- 24、 《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》 GB/T 12470
- 25、 《熔化焊用钢丝》 GB/T 14957

- 26、 《低合金钢药芯焊丝》 GB/T 17493
- 27、 《建筑结构用钢板》 GB/T 19879
- 28、 《建筑结构设计术语和符号标准》 GB/T 50083
- 29、 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 82

中华人民共和国行业标准

方钢管、T 型钢组合截面异形柱技术规程

Technical Specification for Specially Shape Column of Combined Section with
Square Steel Tube and T-shape Steel

条文说明

制订说明

编制组按章、节、条顺序编制了本技术规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

1 总则

1.0.1 本规程根据近年来的工程经验和研究成果，对方钢管、T 型钢组合截面异形柱（简称组合异形柱）结构进行整理总结，使其成为真正的结构标准。本次修订力求组合异形柱结构共性技术问题、设计方法的统一。切实指导设计人员的组合异形柱结构的设计，并为钢结构规范体系的进一步的完善奠定基础。

1.0.2 本规程不适用于建造在危险地段以及发震断裂最小避让距离内的组合异形柱。对有特殊设计要求（如抗震设防要求、防火设计要求等）和在特殊情况下的钢结构（如高耸结构、板壳结构、特殊构筑物以及受高温、高压或强烈侵蚀作用的结构）尚应符合国家现行有关专门规范和标准的规定。另外，本标准与相关的标准规范间有一定的分工和衔接，除应符合本规程外，执行时尚应符合相关标准规范的规定。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.3 组合异形柱结构体系中，钢框架柱截面采用常规的矩形截面与异形柱截面结合使用的形式，即既有常规的矩形截面柱，也有异形截面柱。在对于建筑空间影响较大的区域，宜设置组合异形柱，解决建筑使用空间里露梁露柱的问题。在建筑公共区域、卫生间、厨房等对于建筑使用空间影响不大区域，应尽量多采用矩形截面柱，既可以提高结构整体承载能力，又起到降低成本的作用。

3.4 水平位移限值和舒适度要求

3.4.1 对于多高层钢结构建筑，层间位移角是刚度控制的重要指标。本规程层间位移角限值相比于行业标准《高层民用钢结构技术规程》JGJ 99 更加严格。

3.5 抗震等级

3.5.2 抗震等级的划分，体现了对不同抗震设防烈度、不同结构类型、不同烈度、同一烈度但不同高度的结构延性要求不同。按照抗震设计等能量的概念，由于组合异形柱结构低于普通钢结构的延性，其抗震等级均按提高一级采用。本条按照《建筑抗震设计规范》GB 50011 对于多高层钢结构房屋的要求确定组合异形柱结构体系的抗震等级。

4 结构体系和结构计算

4.1 一般规定

4.1.3 风荷载作用下比设防烈度地震作用下的结构塑性变形小，因此抗风设计时的阻尼比应比抗震设计时小。随风荷载回归期增加，阻尼比取值增大，范围为 0.02~0.03。有填充墙的组合异形柱结构房屋阻尼比可取为 0.02。

4.1.6 当组合异形柱结构满足规定时，结构的重力 $P-\Delta$ 效应不超过 20%，结构稳定具有适宜的安全储备。

4.2 结构体系

4.2.2 《高层民用建筑钢结构技术规程》中规定了非抗震设计和抗震设防烈度为 6 度至 9 度的乙类和丙类高层民用建筑钢结构适用的最大高度。考虑到本次异形柱结构是一种全新的结构体系，构件的抗扭刚度低，结构大震下整体延性有待考验，故将其最高适用高度减小一半；但是当结构体系中组合异形柱部分承担地震倾覆力矩的比例较小时，可认为该结构体系的整体性能和常规高层钢结构接近，因此最大使用高度加以提高。

4.3 结构布置

4.3.1、4.3.2 多高层建筑钢结构的建筑平面及体型应力求简单规则，平面和空间划分合理，外形简洁便于结构布置，减少水平刚度偏心，力求使结构各层的抗侧力中心与水平作用合力中心接近重合，以减小结构受扭转的影响。其动力特性主要取决于个抗侧力构件的平面布置状况，为使各构件受力均匀，并获得最大的抗侧力，支撑及延性墙板的平面布置宜规则、对称，竖向宜连续布置，避免刚度突变，并延伸至计算嵌固端。建筑物的开间、进深及层高等主要尺寸在满足供水、供电、空调、防水等要求前提下，应避免过多变化，以减小构件类型。竖向承重构件应尽量上下对齐，避免交错支承和高位转换。

如图 1 所示，为某地住宅项目的一个户型平面图，采用异形柱钢框架结构进行结构平面布置。异形柱截面采用“L”、“T”型两种。“L”型截面布置在外墙转角处，“T”型截面主要布置在外墙纵横墙交接处，其余位置如电梯间、楼梯间、厨房等次要功能区均采用矩形截面柱，最终总共布置 28 根柱子，其中 14 根异形

柱，14 根普通柱。这样既解决了卧室、客厅等主要功能区露柱的问题，又能降低成本。

钢结构住宅中，为了避免露梁，常将钢梁藏于建筑墙内。钢梁布置时，需与建筑专业配合，精确定位钢梁与墙体的位置关系。有些项目中，为实现可变户型设计，通常设置大开间，故需要根据建筑功能需求，尽量减少次梁的布置。钢梁高度不可过大，以减小对室内净高的影响或避免压窗高。对于有悬挑阳台处，在保证安全的前提下，可不设置悬挑梁，直接采用悬挑板，以方便阳台处保温防水等做法的施工。该项目中，钢梁采用 H 型截面，梁宽根据墙体的宽度确定，钢梁防火板做法与外墙板做法结合，使钢梁藏在墙体内，达到不露梁的目的。

对于多高层钢结构，通常通过设置钢支撑来增强结构的抗侧刚度，以有效抵抗水平作用。支撑的布置主要遵循以下原则：一是尽量将支撑布置在普通钢柱跨之间，尽量避免在异性柱之间布置支撑。二是将尽量将支撑布置在分户墙或山墙的位置。该项目中，钢支撑优先布置在室内分户墙位置，其次布置在外墙位置。对于有异形柱的柱跨，钢支撑采用偏心支撑形式，避免支撑与异形柱直接相连。

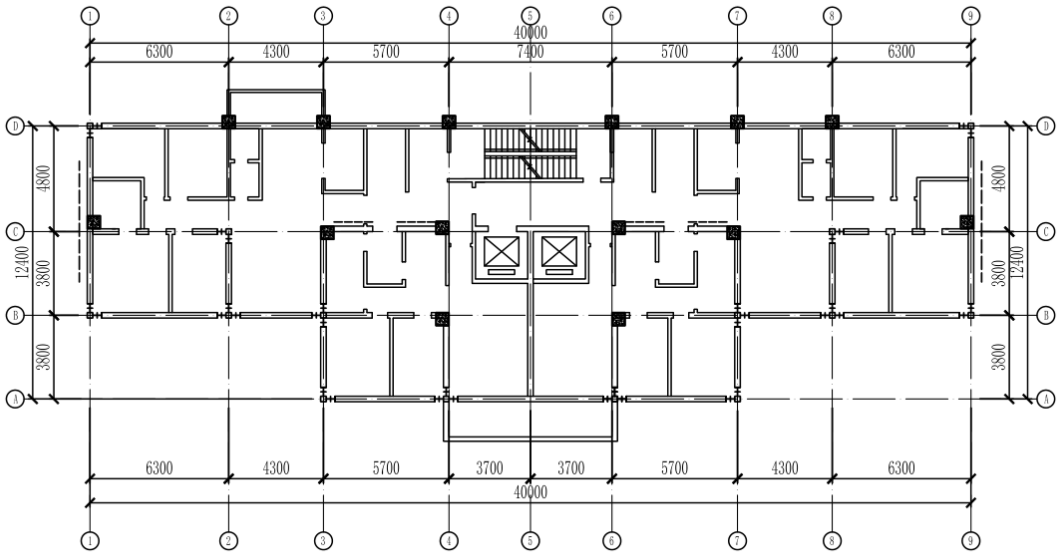


图 1 组合异形柱结构布置示意图

4.4 结构计算

4.4.1 对组合异形柱建模，可以直接将异形柱截面导入模型，按弹性空间杆系模型进行结构分析。对于无法导入自定义截面的结构分析软件，也可以采用刚度等效的办法，采用抗压刚度、抗弯刚度相同的普通截面进行等效。

4.4.6 为了实现多道防线的抗震概念设计，对框架部分的剪力进行调整，以满足“双重抗侧力体系”的要求。

5 构件设计

5.1 一般规定

5.1.1 异型柱的截面形式主要包括“L”、“T”及“十”字形，异型柱的加工、施工等较普通钢柱造价高，钢结构住宅中使用异型柱的主要目的是为了解决室内露柱的问题。“L”型柱主要布置在建筑的角部，“T”型柱主要布置在建筑的边槓，“十”字型柱因其施工复杂，一般不建议使用。

5.1.4 5.1.5 对不设加劲肋的异形柱的特征值屈曲有限元分析表明，在轴心受压条件下，异形柱的第一阶失稳模态都是较长外伸肢的畸变屈曲，同时伴随着整体的弯曲屈曲、扭转屈曲或者弯扭屈曲。为了防止较长外伸肢畸变屈曲的发生，提高异形柱的轴心受压整体稳定性能，采用数值模拟的方法，沿着异形柱的纵向设置若干道横向加劲肋，并研究横向加劲肋对异形柱特征值屈曲荷载的影响。有限元分析表明，当沿着异形柱的纵向设置横向加劲肋后，无论是等肢截面异形柱或不等肢截面异形柱，第一阶模态和第二阶模态对应的特征值屈曲荷载都相差悬殊，第一阶模态的屈曲荷载大约是第二阶模态的屈曲荷载的 1/4。因此，只关注设置横向加劲肋的异形柱的第一阶屈曲模态即可。观察以下图 2、图 3 可以发现，当在柱中设置 1 道横向加劲肋时，异形柱的一阶模态的屈曲应力相对于无加劲肋时有非常大的提高；当沿柱子长度方向均匀布置 2 道横向加劲肋时，异形柱的一阶模态的屈曲应力反而下降；继续增加横向加劲肋的个数，一阶模态的屈曲应力提高并不显著。因此，在柱中设置一道横向加劲肋对提高临界屈曲应力的作用最大。

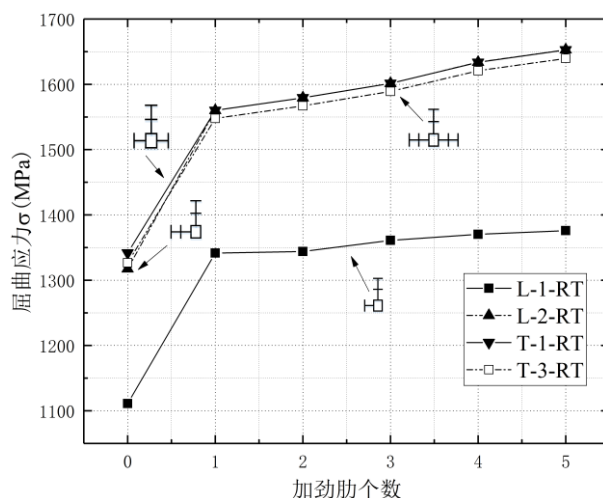


图 2 加劲肋对轧制截面异形柱屈曲应力的影响

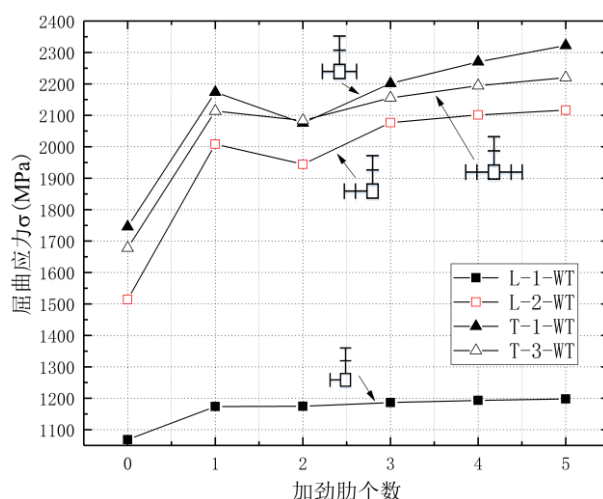


图 3 加劲肋对焊接截面异形柱屈曲应力的影响

5.2 承载力计算

5.2.1 双力矩 B 的产生分为两部分,即分别由梁端弯矩和横向力产生的双力矩。弯曲理论和约束扭转理论中对双力矩的定义为 $B = \int_A \sigma_z \omega_n dA$, 这是截面法向应力的表达形式,若果用截面上力的形式来表达,可以简化为 $B = \sum P_i \omega_{ni} = M_p e_c$, 其中 M_p 为截面法向的一对拉压力 P 产生的力矩。根据力梁柱节点核心区处的力学关系, 梁端的弯矩直接等效为柱端截面的法向的一对拉压力 P , 即 $B = M_{bx} e_{cy} + M_{by} e_{cx}$; , M_{bx} 、 M_{by} 为梁端弯矩分配给柱的弯矩, 当反弯点在柱内时, 根据平衡关系梁端弯矩被直接分配到了柱端, 因此, 可以用柱端弯矩直接进行求解。双力矩的另外一部分是由横向荷载产生的, 一般都是通过横隔板 (楼板), 作用到钢梁上, 继而产生横向荷载。其计算公式可以参见附录。

5.2.3 实际工程中, 梁端传递给 L 形截面柱的弯矩作用平面与其主轴平面均不重合。在计算压弯稳定性时, 需将梁端传递弯矩向两主轴平面分解, 故 L 形截面柱一般均同时承受作用在两个主轴平面内的弯矩, 须按条文 5.2.4 计算其压弯稳定性。

5.3 构造要求

5.3.1 组合异型柱 T 型钢的翼缘、腹板板件宽厚比可以参考《钢结构设计标准》GB 50017 中的 H 型截面压弯构件, 方钢管的距厚比采用箱形截面压弯构件。组合异形柱不考虑屈曲后强度, 为使实腹压弯构件不出现局部失稳, 故应符合压弯构件 S4 级截面要求。

6 节点设计

6.1 一般规定

6.1.4 梁与柱刚性连接的梁端全熔透对接焊缝,属于关键性焊缝,对于通常处于封闭式房屋中温度保持在 10°C 或稍高的结构,其焊缝金属应具有 -20°C 时 27J 的夏比冲击韧性。

6.1.5 考虑到组合异形柱相比于普通框架柱,全塑性受弯承载力较小。因此,本条规定比《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99中的有关规定有所加强。

6.2 梁柱连接

6.2.1 根据目前整理的试验结果和有限元结果,按照高钢规进行整体节点域验算偏于不安全,这是由于一侧梁翼缘传递给节点域的剪力沿柱截面逐渐减小(见图6.2.1-1),靠近梁的区格承担剪力偏多,会导致较早屈服。图6.2.1-2中给出的分配系数取值依据试验结果以及有限元参数分析结果。

6.2.7 对几何主轴与形心主轴不重合的L形截面柱,计算塑性截面模量时,应将弯矩分解到形心主轴方向,计算出弹性中和轴,将该轴平移至轴两侧截面面积相等位置,即为塑性中和轴。

6.2.10 异形柱肋板加强型节点的构造借鉴了美国钢结构设计规范ANSI-AISC 360。

6.3 柱与柱的连接

6.3.1 框架柱拼接处距楼面的高度,考虑了安装时操作方便,也考虑位于弯矩较小处。操作不便将影响焊接质量,不宜设在低于本条第2款规定的位置。柱拼接属于重要焊缝,抗震设计时应采用一级全熔透焊缝。

6.4 钢柱脚

6.4.3 外露式柱脚应用于各种柱脚中,外包式柱脚和埋入式柱脚中钢柱部分与基础的连接,都应按抗弯要求设计。锚栓承载力计算参考了高强度螺栓连接(承压型)同时受拉受剪的承载力计算规定。锚栓抗剪时的孔径不大于锚栓直径加 5mm 左右的要求,是参考国外规定,国内已有工程成功采用。当不能做到时,应

设置抗剪键。

6.4.4 埋入式柱脚在极限状态下的极限抗弯承载力与非极限状态下的抗弯承载力公式推导见下文。

(1) 极限状态

如图，假设

$$x + y = h_B \quad (1)$$

其中 h_B 为埋入式柱脚的埋置深度。

由埋入地基部分的柱脚受力平衡得

$$f_{ck} x b_1 = f_{ck} y b_2 + V_u \quad (2)$$

$$V_u = \frac{M_u}{l} \quad (3)$$

由力矩平衡得

$$M_u = b_2 f_{ck} y \cdot \left(x + \frac{y}{2} \right) - b_1 f_{ck} x \cdot \frac{x}{2} \quad (4)$$

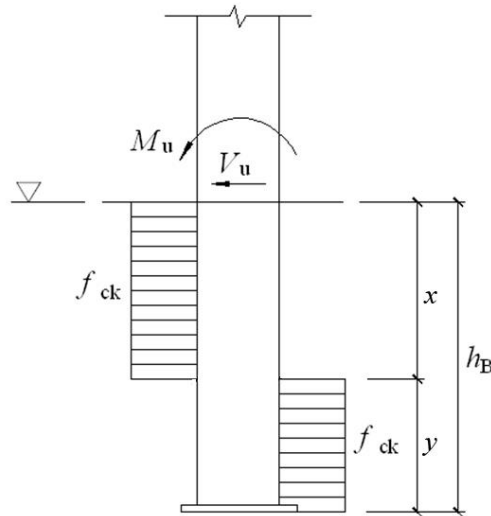
式中

M_u ——柱脚埋入部分承受的极限受弯承载力 (N mm)；

l ——基础顶面到钢柱反弯点的距离 (mm)，可取柱脚所在层层高的 2/3；

b_1, b_2 ——与弯矩作用方向垂直的柱身宽度 (mm)；

f_{ck} ——基础混凝土抗压强度标准值 (N/mm²)；



联立上述(1)~(4)式，解得

$$x = \frac{\sqrt{(b_1 + b_2)[b_1 l^2 + b_2 (h_B + l)^2]}}{b_1 + b_2} - l \quad (5)$$

$$y = h_B + l - \frac{\sqrt{(b_1 + b_2)[b_1 l^2 + b_2 (h_B + l)^2]}}{b_1 + b_2} \quad (6)$$

$$M_u = f_{ck} l \left[\sqrt{(b_1 + b_2)[b_1 l^2 + b_2 (h_B + l)^2]} - [(b_1 + b_2)l + b_2 h_B] \right] \quad (7)$$

如果有

$$b_1 = b_2 = b_c \quad (8)$$

则(7)式化为

$$M_u = f_{ck} b_c l \left[\sqrt{(2l + h_B)^2 + h_B^2} - (2l + h_B) \right] \quad (9)$$

(2) 非极限状态

在非极限状态下，假设

$$x + y = h_B \quad (10)$$

其中 h_B 为埋入式柱脚的埋置深度。

假设埋入柱脚的上端首先发生破坏，由埋入地基部分的柱脚受力平衡得

$$\frac{1}{2} f_{ck} x b_1 = \frac{1}{2} \frac{y}{x} f_{ck} y b_2 + V \quad (11)$$

$$V = \frac{M}{l} \quad (12)$$

由力矩平衡得

$$M = b_2 \frac{1}{2} \frac{y}{x} f_{ck} y \cdot \left(x + \frac{2}{3} y \right) - b_1 \cdot \frac{1}{2} f_{ck} x \cdot \frac{x}{3} \quad (13)$$

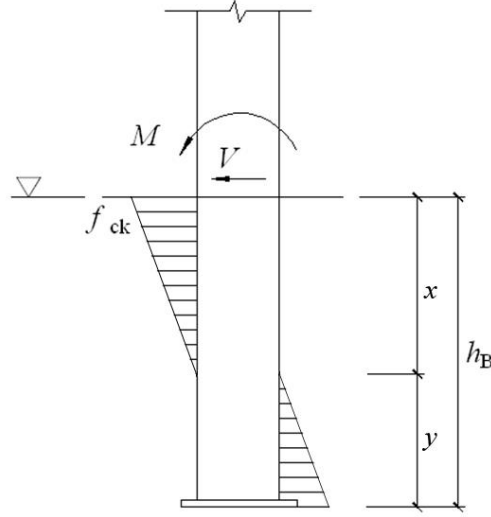
式中

M_u ——柱脚埋入部分承受的极限受弯承载力 (N mm);

l ——基础顶面到钢柱反弯点的距离 (mm)，可取柱脚所在层层高的 2/3;

b_1, b_2 ——与弯矩作用方向垂直的柱身宽度 (mm);

f_{ck} ——基础混凝土抗压强度标准值 (N/mm²);



联立上述(10)~(13)式，得到的是一个非常复杂的解。但是，当 $b_1=b_2=b_c$ 时，得到的公式为：

$$M = \frac{f_{ck} b_c l h_B^2}{2(3l + 2h_B)} \quad (14)$$

解答过程发现当 $b_1 \neq b_2$ 时，解同样包含类似于式(14)的部分，因此假设式(10)~(13)的解为：

$$M = \varphi \cdot \frac{f_{ck} (b_1 + b_2) l h_B^2}{2(3l + 2h_B)} \quad (15)$$

其中 φ 为待定系数，当 $b_1=b_2=b_c$ 时， $\varphi=0.5$ 。

同样，假设埋入柱脚的底端首先发生破坏，由埋入地基部分的柱脚受力平衡得

$$\frac{1}{2} \frac{x}{y} f_{ck} x b_1 = \frac{1}{2} f_{ck} y b_2 + V \quad (16)$$

$$V = \frac{M}{l} \quad (17)$$

由力矩平衡得

$$M = b_2 \frac{1}{2} f_{ck} y \cdot \left(x + \frac{2}{3} y \right) - b_1 \cdot \frac{1}{2} \frac{x}{y} f_{ck} x \cdot \frac{x}{3} \quad (18)$$

其解同样具有式(15)的形式，即

$$M = \varphi \cdot \frac{f_{ck} (b_1 + b_2) l h_B^2}{2(3l + 2h_B)} \quad (15)$$

其中 φ 为待定系数，当 $b_1=b_2=b_c$ 时， $\varphi=0.5$ 。

7 施工和验收

7.2 施工与安装

7.2.4 在没有可靠依据和经验的情况下,组合异形柱结构构件在安装过程中应进行施工验算,以得出的各项参数指导施工。施工过程验算时应考虑塔吊设置及其他施工活荷载、风荷载等。施工荷载按现行国家标准采用。必要时应采取加固措施,满足结构强度和稳定性的要求。

7.2.6 焊缝内部缺陷检验的质检人员应接受过焊接专业的技术培训,并应经岗位培训取得国家专业考核机构颁发的等级证书,并应按证书合格项目及权限从事焊缝检测工作。焊缝的尺寸偏差、外观质量和内部质量,应按现行国家标准的有关规定进行检验。

7.2.7 本条对从事组合异形柱结构构件的焊接技术人员从技术水平和能力方面提出更多的要求。本条所定义的焊接技术人员(焊接工程师)是指钢结构的制作、安装中进行焊接工艺的设计、施工计划和管理的技术人员。焊工必须经考试合格并取得合格证书,持证焊工必须在其考试合格项目及合格证规定的范围内施焊。

7.3 验收

7.3.2 本条文提出的各分项工程的前提,从而明确对主要材料、零件和部件、成品件和标准件等产品的质量进行层层把关的指导思想。质量控制的目标在于通过采取的技术措施和管理措施以确保质量能满足要求。质量控制资料包括:进场材料质量证明文件及对其的抽检、试块的见证送检、隐蔽验收记录、工序交接检记录等。在工程实际中,对于哪些钢材需要复验,不是太明确,各项检验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。组合异形柱结构工程所涉及到的其他材料原则上都要通过进场验收检验。

7.3.3 组合异形柱结构各子分部工程竣工验收时,提供的图纸及相关设计文件、质检记录、分部工程所含的各检验批质量验收记录、质量证明文件等资料应完整。经返修或加固处理的分部工程,虽然改变外形尺寸但仍能满足安全使用要求,可按处理技术方案和协商文件进行验收。通过返修或加固处理仍不能满足安全使用要求的结构分部工程,严禁验收。

7.3.4 组合异形柱结构检验批质量验收记录可按国家现行标准相关规定填写，填写时应具有现场验收检查原始记录。分项工程质量验收记录、分部工程质量验收记录、单位工程质量竣工验收记录、质量控制资料核查记录、安全和功能检验资料核查及主要功能抽查记录、观感质量检查记录应按国家现行标准相关规定填写。

8 钢结构的防护

8.1 一般规定

8.1.1 钢结构的防火、防腐设计是钢结构防护的重要举措。钢结构腐蚀是一个电化学过程,腐蚀速度与环境腐蚀条件、钢材质量、钢结构构造等有关,其所处的环境中水气含量和电解质含量越高,腐蚀速度越快。防腐蚀方案的实施与施工条件有关,因此选择防腐蚀方案的时候应考虑施工条件,避免选择可能会造成施工困难的防腐蚀方案。

8.1.3 组合异形柱结构的定期检查和维护应权衡设计使用年限中一次投入和维护费用的高低,选择合理的防腐蚀设计年限。由于钢结构防腐蚀设计年限通常低于建筑物设计年限,建筑物寿命期内通常需要对钢结构防腐蚀措施进行维修,因此选择防腐蚀方案的时候,应考虑维修条件,维修困难的钢结构应加强防腐蚀方案。同一结构不同部位的钢结构可采用不同的防腐蚀设计年限。

8.1.4 钢材表面的粗糙度对漆膜的附着力、防腐性能和使用寿命有较大的影响。粗糙度大,表面积也将增大,漆膜与钢材表面的附着力相应增强;但是,当粗糙度太大时,如漆膜用量一定时,则会造成漆膜厚度分布不均匀,特别是在波峰处的漆膜厚度往往低于设计要求,引起早期的锈蚀,另外,还常常在较深的波谷凹坑内截留住气泡,将成为漆膜起泡的根源。粗糙度太小,不利于附着力的提高。所以,本条提出合理的选择除锈方法。整个涂装体系的产品尽量来自于同一厂家,以保证涂装质量的可追溯性。

8.2 防腐蚀

8.2.3 本条文列出了具体情况应选用的防腐措施,包括金属保护层、防腐涂料和复合保护。当采用防腐涂料时,应按设计要求进行表面处理。除锈方法和除锈等级应符合现行国家标准。对于金属保护层防腐,表面合金化镀锌、镀铝锌处理时,应采取措施减少热变形的影响。

8.2.8 结构涂装时的环境温度和相对湿度,除应符合涂料产品说明书的要求外,还应符合下列规定:

- 1 当产品说明书对涂装环境温度和相对湿度未作规定时,环境温度宜为 5℃

~38℃,相对湿度不应大于 85%,钢材表面温度应高于露点温度 3℃,且钢材表面温度不应超过 40℃;

2 被施工物体表面不得有凝露;

3 遇雨、雾、雪、强风天气时应停止露天涂装,应避免在强烈阳光照射下施工;

4 涂装后 4h 内应采取保护措施,避免淋雨和沙尘侵袭;

5 风力超过 5 级时,室外不宜喷涂作业。

8.2.13 维护计划通常由工程业主和防腐蚀施工单位、防腐蚀材料供应商在工程建造时制定。投入使用后按照该维护计划进行定期检查,并根据检查结果进行维护,这些工作通常由工程业主邀请防腐蚀施工单位、防腐蚀材料供应商等专业人员进行。何时需要进行大修的标准通常依据 ISO 4628 Paints and varnishes-Evaluation of degradation of coatings-Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance 规定的等级划分,由业主方的专业防腐蚀工程师或其他专业工程师协商确定。一种通行的做法是当检查中发现锈蚀比例高于 1% (ISO 4628-3 Assessment of degree of rusting) 时,有必要进行大修。

8.3 防火

8.3.1 本条文规定了组合异形柱结构的耐火极限应符合现行国家标准。无防火保护的钢结构的耐火时间通常仅为 15 min~20min,故极易在火灾下破坏。因此,为了防止和减小建筑钢结构的火灾危害,必须对钢结构进行科学的抗火设计,合理确定房屋的防火类别与防火等级,保证构件的耐火时间达到规定的设计耐火极限要求,并做到经济合理。

8.3.3 防火保护材料的性能要求具体包括:防火保护材料的等效热传导系数或防火保护层的等效热阻、防火保护层的厚度、防火保护的构造、防火保护材料的使用年限等。

8.3.6 基层表面应无油污、灰尘和泥沙等污垢,且防锈层应完整、底漆无漏刷。构件连接处的缝隙应采用防火涂料或其他防火材料填平。经除锈和底漆涂装处理的钢材表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等。