



T/CECS XXX-202X

中国工程建设标准化协会标准

空心管材钢结构设计选型标准

Design and Selection Standards for Cold-Formed Hollow Section Steel

Structures

(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

2024 年 xx 月

中国工程建设标准化协会标准

空心管材钢结构设计选型标准

Design and Selection Standards for Cold-Formed Hollow Section Steel
Structures

主编单位：中国建筑标准设计研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20xx 年 0x 月 0x 日

<xxx 出版社

202x 年 北 京

前 言

《空心管材钢结构设计选型标准》（以下简称标准）是根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》的要求进行编制，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分为 6 章和 1 个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、材料、框架（支撑）结构体系与选型、空心管材钢构件选型、节点设计、等。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑产业化分会归口管理，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。实施过程中如有意见或建议，请反馈至华大学建筑设计研究院有限公司（地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 2 号楼，邮编：100048，邮箱：XXX）。

本标准起草单位：中国建筑标准设计研究院有限公司

北京科技大学

江苏宝力重工科技有限公司

.....

本标准主要起草人：郁银泉 王 喆 牛永锋 高志强 赵 鹤 李竞远
胡耀

主要审查人员：

目 次

前 言	2
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	4
4 材料	5
4.1 钢材	5
4.2 连接材料	7
5 框架（支撑）结构体系与选型	9
5.1 结构布置的一般要求	9
5.2 框架结构布置原则	9
5.3 框架-支撑结构布置原则	10
6 空心管材钢构件选型	12
6.1 一般规定	12
6.2 构件选型原则	12
6.3 构件选型参数	13
7 节点设计	15
7.1 一般规定	15
7.2 梁柱节点	17
7.3 柱脚节点	19
附录 A 结构体系选型方法	23
附录 B 冷成型方矩管型钢柱选型推荐表	34

用词说明35

引用标准名录.....36

Contents

Foreword	2
1 General Provisions	1
2 Terms and Symbols	2
2.1 Terms	2
2.2 Symbols	2
3 Basic Requirements	4
4 Materials	5
4.1 Steel Materials	5
4.2 Connection Materials	7
5 Frame (Bracing) Structural Systems and Selection	9
5.1 General Requirements for Structural Layout	9
5.2 Layout Principles for Frame Structures	9
5.3 Layout Principles for Frame-Bracing Structures	10
6 Selection of Hollow Tubular Steel Components	12
6.1 General Requirements	12
6.2 Principles for Component Selection	12
6.3 Parameters for Component Selection	13
7 Joint Design	15
7.1 General Requirements	15
7.2 Beam-Column Joints	17
7.3 Column Base Joints	19
Appendix A: Structural System Selection Methods	23
Appendix B: Recommended Tables for Cold-Formed Square/Rectangular Tubular Steel Column	

Selection 34

Explanation of Wording35

List of Quoted Standards36

1 总 则

1.1.1 为规范空心管材在钢框架（支撑）标准化设计领域的规范化应用，做到技术可靠、安全适用、经济合理、确保质量，制定本标准。

1.1.2 本标准适用于抗震设防烈度不大于 8 度（0.3g）的多、高层钢框架（支撑）结构，采用空心管材的结构体系及构件的选型设计及应用。

1.1.3 空心管材钢框架（支撑）结构体系及构件选型设计，除应执行本标准外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 框架-支撑结构 frame-bracing structure

由框架及支撑共同组成抗侧力体系的结构。

2.1.2 双向不同抗侧力体系 Different structural systems in two directions

本标准所指双向不同抗侧力体系是：一个方向采用框架结构，另一个方向采用框架-支撑结构的结构体系。

2.1.3 结构选型 selection of structure system

根据建筑物的使用功能及建筑物的总高度、层高、柱网尺寸等，合理选择结构形式及结构布置的概念指导性技术工作。

2.1.4 构件选型 selection of structural member

根据结构构件的受力特点，在构件库中选择适宜的构件型号。

2.2 符 号

2.2.1 选型参数

K ——结构选型指标参数；

K_1 ——抗震结构指标参数；

K_2 ——抗风结构指标参数；

α_1 ——抗震结构调整系数；

α_2 ——抗风结构调整系数；

A ——抗震性能参数；

B_1 ——抗震设防烈度参数；

B_2 ——考虑体型系数的基本风压取值参数；

C_1 ——抗震结构高度参数；

C_2 ——抗风结构高度参数；

C_{21} ——风压高度影响系数；

C_{22} ——风振高度影响系数；

α_{11} ——抗震结构经验算例调整系数；

α_{12} ——抗震结构风荷载调整系数

α_{21} ——抗风结构经验算例调整系数；

α_{22} ——抗风结构地形调整系数；

A_C ——框架柱估算截面积，框架柱构件选型参数；

F_C ——恒、活荷载作用下框架柱轴压力设计值；

f_C ——框架柱钢材厚度 $\leq 16\text{mm}$ 的抗压强度设计值；

T_C ——钢柱轴压调整系数；

W_B ——框架梁估算抵抗距，框架梁构件选型参数；

M_B ——恒、活荷载作用下考虑两端铰接，框架梁跨中弯矩设计值；

f_B ——框架柱钢材厚度 $\leq 16\text{mm}$ 的抗弯强度设计值；

T_B ——钢梁受弯调整系数。

2.2.2 几何参数

H ——结构高度；

L ——建筑物长度；

B ——建筑物宽度。

2.2.3 其它参数

T_g ——场地特征周期。

3 基本规定

3.1.1 本标准适用于标准化建造的住宅、学校、办公、医院、商业等类型建筑，层高、柱网均应模数化、标准化。层高宜为 3 米~5.4 米之间，柱网尺寸宜为 8~12 米。

3.1.1 条文说明：为推广钢结构型材的标准化应用，需从建筑方案层面着手，从层高、柱网等方面考虑标准化和模数化，再配合结构构件的标准化，才能提高型材应用的经济性，如此才能更广泛的实现钢结构型材的应用规模和生产规模。

3.1.2 设计文件中，应正确、合理地选用结构钢材。对于高层民用钢结构建筑，宜选用建筑结构用钢板为材料，直接成方工艺成型的空心管材；对于要求较低的建筑，可选用低合金高强度结构钢为材料制作的空心管材。

3.1.2 条文说明：我国冷成型方钢管或矩形钢管成型工艺和日本管材的成型工艺基本一致，同样分为“先圆后方”和“直接成方”两种工艺，根据对日本两种工艺的研究，以及进行对比验证试验发现，高建钢的材料性能与日本“SN”系列钢材性能接近。另外研究发现，“直接成方”形成的空心管材，只有弯角区的性能变化较大，平板区的材料力学性能基本与母材一致，因此建议采用“直接成方”工艺成型的空心管材。

3.1.3 建筑物中结构构件的安全等级，宜与整个结构的安全等级相同。

3.1.4 空心管材钢结构应合理选择结构体系，抗侧能力要求较低的建筑，宜采用框架结构体系或部分铰接框架结构；抗侧能力要求较高的建筑，宜采用框架-支撑结构体系。

3.1.5 框架结构，空心管材钢柱宜合理布置，保证结构双向抗侧能力基本相当，同时均有较大的抗扭刚度。

3.1.6 空心管材钢柱与钢梁连接时，宜采用刚接节点，相应的梁柱节点选型应与设计的计算分析设定相符。

3.1.7 框架（支撑）结构体系及其构件、节点设计除满足本标准要求外，还应符合《钢结构设计标准》GB 50017 的相关规定。

3.1.8 基于设防地震正常使用或采用更高性能目标设计的结构，在一侧无法设置支撑时，也可选择双向不同抗侧力体系。

4 材料

4.1 钢材

4.1.1 空心管材用做钢构件时，所用钢材应根据结构重要性、延性要求、焊接性能要求、荷载特征、环境条件及连接方法，同时考虑经济性要求，合理选材。

4.1.2 空心管材用做钢构件时，作为钢柱及钢支撑时，宜采用 Q355、Q420、Q460、Q345GJ 钢；作为钢梁建议采用 Q355 钢。

条文说明 4.1.2：经对比发现，我国“GJ”系列钢材与日本“SN”系列钢材力学性能基本一致，另外根据对日本在抗震方面的构件研究，日本用于高层钢结构建筑的钢材均为“SN”系列钢材，该种钢材可以充分利用材料的特性，在构件计算和节点承载力计算时，因构件缺陷引起的设计提高系数均比普通钢材小，从这个方面考虑，将高建钢应用于抗震建筑是必然趋势，应用高建钢不仅提高了建筑整体的受力性能，也同时从经济性方面节约了钢材用量。

4.1.3 结构用冷成型方矩形钢管的强度设计值应按下表采用：

表 4.1.3 冷弯矩形钢管的强度设计值（N/mm²）

壁厚类别	钢材牌号	抗拉、抗压和抗弯 f	抗剪 f_v	端面承压（磨平顶紧） f_{ce}

4.1.3 条文说明

计算全截面有效的冷成型钢管时（不包括经热处理或热镀锌的钢管），其强度设计值可考虑冷弯效应的提高影响,按 f' 取值, f' 按式 4.1.3-1、4.1.3-2 计算。

壁厚 $t \leq 6\text{mm}$ 钢管：

$$f' = \left[1 + \frac{\eta(12\gamma - 10)t}{l} \sum_{i=1}^n \frac{\theta_i}{2\pi} \right] f \quad \dots\dots (4.1.3-1)$$

式中： η ——成型方式系数,对于冷弯高频焊并圆变方工艺成型的方、矩形管, $\eta=1.7$;

对其他方式成型的方、矩形管, $\eta=1.0$;

γ ——钢材的抗拉强度与屈服强度的比值,对 Q235 钢,可取 $\gamma=1.58$;对 Q345 钢,可取 $\gamma=1.48$;

n ——冷弯钢管截面的棱角数目, $n=4$;

θ_i ——冷成型钢管截面第 i 个棱角所对应的圆周角,以弧度为单位, $\theta_i = \frac{\pi}{2}$;

l ——冷弯钢管截面中心线的展开长度,可取冷弯钢管型钢截面积与其厚度的比值。

壁厚 $t > 6\text{mm}$ 钢管：

$$f' = A_c f_c' + (1 - A_c) f_f' \quad \dots\dots (4.1.3-2)$$

式中：

A_c — 冷成型矩形钢管的弯角总截面积与全截面积之比;

f'_c — 冷成型矩形钢管的弯角部位考虑冷弯效应后的强度设计值;

$$f'_c = (0.55 \times \frac{B_c}{(r/t)^m} + 0.45)f \quad \dots\dots (4.1.3-3)$$

B_c —系数;

$$B_c = 3.69 \gamma - 0.819 \gamma^2 - 1.79 \quad (4.1.3-4)$$

m—系数;

$$m = 0.192 \gamma - 0.068 \quad \dots\dots (4.1.3-5)$$

f'_f — 冷成型矩形钢管的平板部位考虑冷弯效应后的强度设计值 $f'_f = 1.14f$;

r — 冷成型矩形钢管棱角的半径;

t — 冷成型矩形钢管的壁厚。

冷成型矩形钢管由钢板或钢带经冷加工成型, 由于冷作硬化的影响, 成型后的矩形钢管屈服强度比其母材的屈服强度有较大的提高, 对壁厚 $t > 6\text{mm}$ 的冷成型钢管, 其 f' 值的计算与薄壁钢管不同。

4.1.4 空心管材设计用钢材强度应符合现行国家标准《钢结构设计标准》 GB 50017。强度指标根据厚度取值时, 轴心受拉、轴心受压构件按截面中较厚板件的厚度确定。

4.1.5 空心管材在板件厚度不小于 40mm, 且沿板厚方向有撕裂拉力作用时, 该构件应满足 Z 向性能合格要求。

4.2 连接材料

4.2.1 钢材的焊接材料应符合下列规定:

1、手工焊接用焊条应与主体金属力学性能相适应, 且应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》 GB/T 5293 、《热强钢焊条》 GB/T 5118 的规定。

2、自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和焊剂, 应与主体金属力学性能相适应, 且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、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》 GB/ T 8110 的规定。

4.2.2 焊缝质量等级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，焊缝强度设计值应按《钢结构设计标准》 GB 50017-2017 表 4.4.5 的规定采用。

4.2.3 钢构件连接使用的螺栓、锚栓材料应符合下列规定：

1、普通螺栓应符合现行国家标准《六角头螺栓》 GB/ T 5782 和《六角头螺栓-C 级》 GB/ T 5780 的规定。

2、高强度螺栓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头螺母》 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 或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》 GB/ T 3632 的规定。

3、锚栓可采用 Q235 钢、Q355 钢，并应符合现行国家标准《碳素结构钢》 GB/T700、《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591 的规定。

4、螺栓、锚栓连接的强度设计值以及高强度螺栓连接的设计预拉力应满足国家现行标准《钢结构设计标准》 GB 50017-2017 的相关要求。

4.2.4 栓钉材料应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/ T 1 0433 的规定，其力学性能应符合表 4.2.4 规定。

表 4.2.4 栓钉材料及力学性能

材料	极限抗拉强度 (N/mm ²)	屈服强度 (N/mm ²)	伸长率 (%)
ML15、ML15AI	≥400	≥320	≥14

5 框架（支撑）结构体系与选型

5.1 结构布置的一般要求

5.1.1 结构平面宜简单规则，保证传力体系清晰，并减少开间与进深类型的复杂性。

5.1.2 结构各层的抗侧力中心与水平作用合力中心宜尽量重合，同时各层接近在同一竖直线上。

5.1.3 框架-支撑结构，高烈度区，支撑可选择屈曲约束支撑或其他延性墙板。低烈度区，支撑可选择热轧 H 型钢或空心管材，当采用热轧 H 型钢时应防止支撑弱轴方向失稳。

5.1.4 一般情况下，结构不宜设防震缝。当结构特别不规则需设防震缝时，防震缝最小宽度应满足《建筑抗震设计规范》GB50011 中的相关要求。

5.1.5 一般情况下，结构可不设置温度伸缩缝。当建筑平面尺寸大于 90m 时，可考虑设置温度伸缩缝。

5.1.6 框架（支撑）结构体系选型原则与方法详见附录 A。

5.2 框架结构布置原则

5.2.1 框架结构两个相互垂直方向抗侧刚度宜接近。

5.2.2 平面布局应简单、规则、对称，避免不规则形状导致地震时产生过大扭转变形。

5.2.3 钢梁与空心管材连接时，宜采用刚接，如果梁端弯矩过大或无法满足强柱弱梁规定时，也可采用铰接，6、7 度区铰接比率不宜超过 30%，8 度区铰接比率不宜超过 20%。

条文说明：5.2.3 当梁截面由于梁端弯矩过大无法满足强柱弱梁要求（如柱截面过小），可以采用铰接可避免柱先失效，但是由于铰接比例过高会破坏整体耗能机制，故 6、7 度区 $\leq 30\%$ ，8 度区 $\leq 20\%$ ，铰接比例可以根据实际计算进行适当调整。

5.2.4 框架结构的梁柱连接宜为刚接，满足结构承载力和刚度要求的低多层框架结构可局部采用摇摆柱，并应符合下列要求：

- 1 相邻的摇摆柱不应超过 2 根；
- 2 宜采用整体现浇楼板、装配整体式楼板，或采取有效措施保证楼板平面内刚度；
- 3 同一根轴线均为摇摆柱时，需进行楼板平面内强度验算；
- 4 角柱位置不应设置摇摆柱；

5 设有摇摆柱时，摇摆柱的计算长度系数和框架柱的计算长度系数取值应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

【条文说明】5.2.4 低多层框架结构在条件允许的情况下合理使用摇摆柱有助于简化节点构造、提高施工效率。结构平面外围，特别是转角位置等对结构抗扭刚度影响较大的位置不应采用摇摆柱。摇摆柱影响区域的水平荷载需要通过楼板传递给相邻的框架柱，对楼板的完整性，以及平面内刚度和强度有额外的需求。当同一根轴线均为摇摆柱时，框架本身成为可变体系，楼板的可靠传力成为保证结构几何不变的控制因素，需要通过计算保证楼板平面内强度符合要求。

5.3 框架-支撑结构布置原则

5.3.1 支撑在结构平面两个方向的布置宜基本对称，支撑之间楼盖的长宽比不宜大于 3。

5.3.2 支撑宜优先对称布置在外围框架或端部框架处。如图 5.3.2 所示：

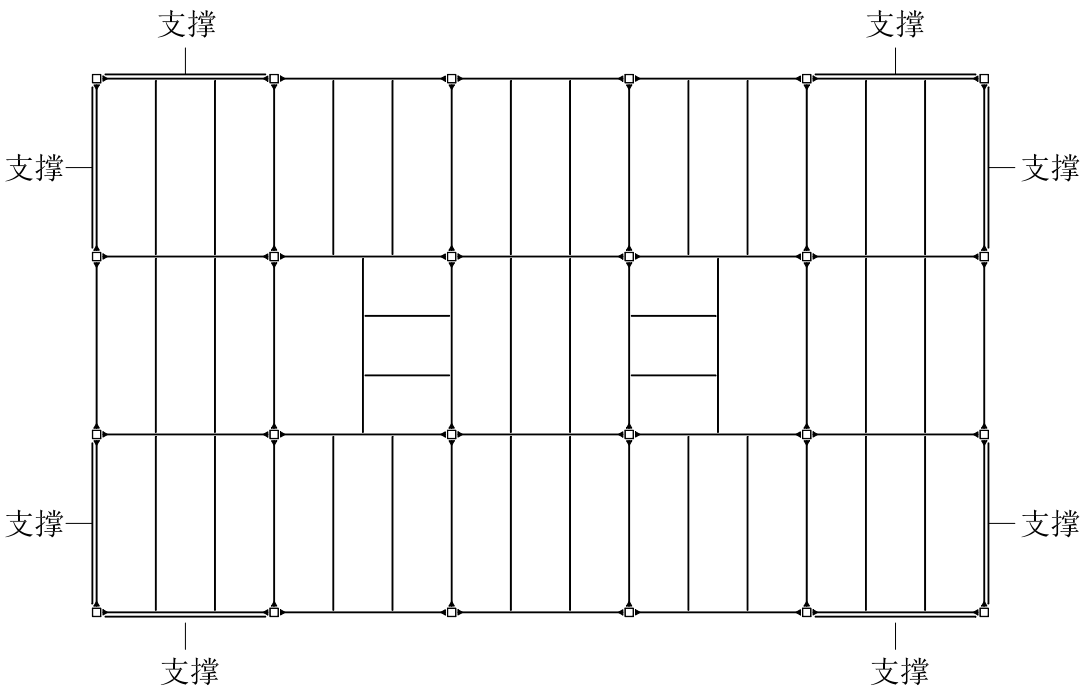
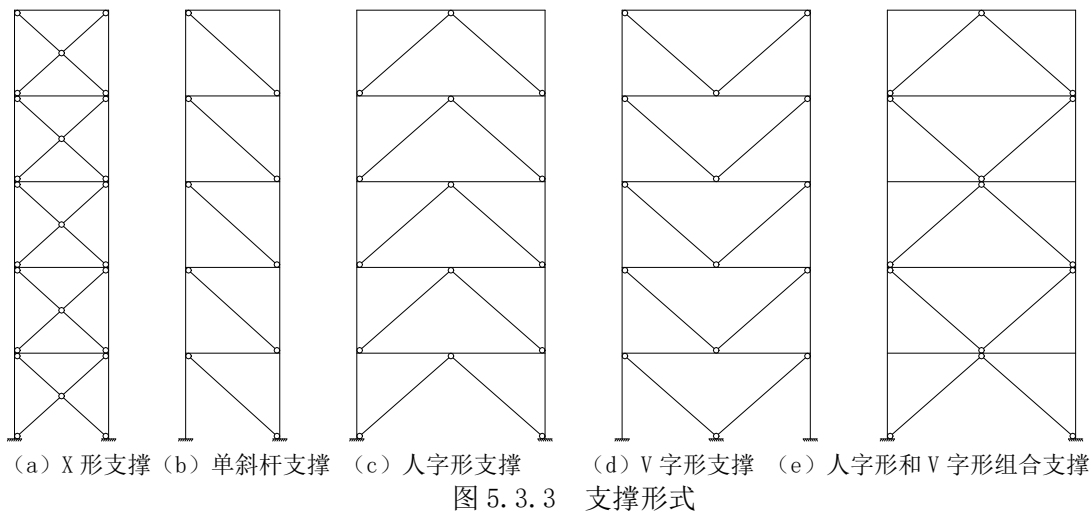


图 5.3.2 框架-支撑体系布置原则示意图

5.3.3 支撑的常见形式为 X 形、人字形、V 字形和单斜杆，如图 5.3.3 所示。一般支撑的角度应控制在 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 之间。



5.3.4 抗震设计的框架-支撑、框架-延性墙板结构中，支撑、延性墙板宜沿建筑高度竖向连续布置，并应延伸至计算嵌固端，除底部楼层和伸臂桁架所在楼层外，支撑的形式和布置沿建筑竖向宜一致。

6 空心管材钢构件选型

6.1 一般规定

6.1.1 空心管材钢构件规格应在《建筑用空心管材》的规格表内选取。

6.1.2 单一工程中梁、柱、支撑等结构构件截面与连接节点，宜统一且标准化，单一结构单元的结构构件种类宜控制在 6~8 种。

6.1.3 框架柱、支撑构件的宽厚比应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的规定，其中宽度比计算时宽度取钢管内圆弧起点之间的距离。

6.1.4 空心管材钢构件的截面选型应根据承载条件和受力状态，选择合适的型号。

6.2 构件选型原则

6.2.1 构件应根据其受力特点，选择适宜截面，居住类建筑框架柱规格宜选用矩形钢管，支撑规格根据建筑功能需求及承载力需求选取方钢管或矩形钢管，钢梁宜选用热轧 H 型钢。

6.2.2 矩形钢管长宽比不宜大于 4

6.2.3 对于低多层房屋，为了降低框架柱截面，可采用异形柱框架体系，异形柱截面如图 6.2.3 所示。

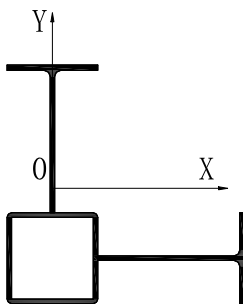


图 6.2.3 异形柱截面示意图

6.2.4 次梁宜两端铰接，单向布置。当有现浇楼板时，宜考虑楼组合作用。

6.2.5 装配式楼板可选择钢筋桁架楼承板、钢筋桁架叠合板等。

6.3 构件选型参数

6.3.1 空心方钢管柱选型参数为框架柱估算截面积 A_c ，其值为：

$$A_c = \frac{F_c}{\alpha_c \beta_c f_c} \quad (6.3.1)$$

式中： A_c ——冷成型方矩管型钢柱估算截面积；

F_c ——恒、活荷载作用下框架柱轴压力设计值；

α_c ——空心方钢管钢柱轴压地震调整系数，抗震设防烈度 8 度时， $\alpha_c=0.55$ ；7 度及 7 度以下时， $\alpha_c=0.60$ ；

β_c ——空心方钢管钢柱轴压风压调整系数，基本风压小于等于 0.40kN/m^2 时， $\beta_c=0.95$ ；基本风压大于 0.40kN/m^2 小于等于 0.60kN/m^2 时， $\beta_c=0.80$ ；基本风压大于 0.60kN/m^2 ， $\beta_c=0.75$ 。

f_c ——框架柱钢材厚度 $\leq 16\text{mm}$ 的抗压强度设计值。

6.3.2 根据 A_c 计算值，按《建筑用空心管材》规格表中构件截面面积，选取合适型号，推荐型号详见表 B.0.1。

6.3.3 框架梁跨高比宜控制在 $1/15 \sim 1/20$ 之间，选型参数为框架梁估算抵抗距 W_B ，其值为：

$$W_B = \frac{0.7M_B}{T_B f} \quad (6.3.3)$$

式中： W_B ——框架梁估算抵抗距；

M_B ——恒、活荷载作用下考虑两端铰接，框架梁跨中弯矩设计值；

T_B 为钢梁受弯调整系数，抗震设防烈度 8 度时， $T_B=0.60$ ；7 度时， $T_B=0.70$ ；6 度时， $T_B=0.80$ ；

f 为框架柱钢材厚度 $\leq 16\text{mm}$ 的抗弯强度设计值。

条文说明：6.3.1~6.3.3 正文中梁、柱构件截面选型时采用的地震作用调整系数，均根据计算案例推导所得，仅作为截面初步选取依据，为非结构专业设计师提供截面选型思路。最终截面选取，仍需通过专业计算，同时考虑风荷载等其他荷载后综合考虑。

6.3.4 框架梁可以根据跨高比估算的梁高及 W_B 计算值，按《建筑用热轧 H 型钢》表中构件的参数，选取合适型号。对于受扭框架梁应按《建筑用空心管材》选取合适型号的空心管材。

6.3.5 次梁不考虑组合作用时，跨高比宜控制在 $1/18 \sim 1/20$ 之间，对于不考虑组合作用的次梁可参照 6.3.3 条和 6.3.4 条选择合适型号，此时 TB 取为 0.70。

6.3.6 支撑构件根据容许长细比进行初步构件选型，当构件钢号为 Q235 时，杆件长细比不超过 120，当构件钢号为 Q355 时，杆件长细比不超过 98。根据计算程序中支撑轴力设计值，再依据《建筑用热轧 H 型钢》或《建筑用空心管材》进行构件选取。

6.3.7 冷成型矩形钢管杆件用于框架柱时不应考虑冷弯效应的强度提高。

条文说明：

7 节点设计

7.1 一般规定

7.1.1 冷成型方矩形钢管节点的设计，应满足强度、刚度、稳定性和抗震等要求，保证力的传递，且便于制作和安装。不考虑地震作用参与组合的多、高层民用建筑钢结构，节点设计应满足杆件内力设计值的要求，但节点连接的承载力应高于杆件截面的承载力。

7.1.2 节点构造应与结构分析所采用的计算模型相符，必须满足在正常使用荷载作用下的变形连续条件和在极限设计荷载作用下的静力平衡条件。设计冷成型方矩形钢管节点时，荷载组合、荷载标准值、荷载分项系数、荷载组合值系数等除应满足本规程规定外，尚应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用，并应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

7.1.3 节点的传力宜直接、清晰，实际受力情况应与计算假定吻合，构造应简化，具有良好的延性，同时要便于施工。

7.1.4 节点设计时宜减少现场焊接。当确实需现场焊接时，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 相应级别的要求。当焊缝用来传递拉力时，宜采用全熔透焊缝，且焊缝应与连接件等强。焊缝应避免交叉，减少应力集中。

7.1.5 钢管柱、框架梁柱以及与钢支撑的连接节点宜采用隔板贯通的构造，隔板厚度不应小于梁翼缘厚度，其质量、性能应符合现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313 的规定，厚度方向的伸长率应不小于 15%。

条文说明：采用隔板贯通节点时，应验算贯通隔板的有效截面是否满足对应框架梁上下翼缘传递内力的需求，在验算贯通隔板有效面积时，应扣除同一截面内的开孔面积。

7.1.6 节点设计应满足承载力极限状态要求，防止节点因强度破坏、局部失稳、变形过大、连接开裂等引起节点失效。

7.1.7 钢框架抗侧力结构构件连接系数应符合《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的相关规定。

7.1.8 对抗震设防的框架柱，除与支撑斜杆相连的柱子、及最下层的柱脚和最上层的柱头外，应符合下式要求：

$$\text{当 } n < 0.5 \text{ 时, } \sum W_{pc} f_{yc} (1 - 3n^2 / 4) \geq \eta \sum W_{pb} f_{yb}, \quad \eta \text{ 取 } 1.5$$

当 $n \geq 0.5$ 时, $\sum W_{pc} f_{yc} (1-n) \geq \eta \sum W_{pb} f_{yb}$, η 取 1.15

式中: $n = \frac{N}{f_{yc} A_c}$, 为柱轴压比;

$\sum W_{pc}$ 、 $\sum W_{pb}$: 分别为交汇于节点的柱与梁的塑形截面模量;

f_{yc} 、 f_{yb} : 分别为柱与梁的钢材屈服强度;

N : 地震组合的柱轴力;

A_c : 框架柱的截面面积;

η : 强柱系数。

7.1.9 除 GJ 钢、C 级及 C 级以上的普通碳素结构钢和低合金高强度结构钢以外, 对底层柱的下端进行截面验算时, 冷成型空心管材框架柱的设计值中由地震荷载计算的内力应乘以表 7.1.9 中的内力调整系数。

7.1.9 柱子内力调整系数

构 件	节点板形式	
	内隔板	外环板或隔板贯通型
冷成型空心管材	1.3	1.4

7.1.10 节点选型可依据《多、高层建筑钢结构节点连接—空心管材构件》进行选择。

7.2 梁柱节点

7.2.1 梁柱刚性节点宜采用隔板贯通节点，该类将内隔板式连接的内隔板贯穿柱截面，并与钢梁的翼缘焊接，梁腹板与焊接在柱上的连接板通过高强螺栓摩擦型连接如图 7.2.1。

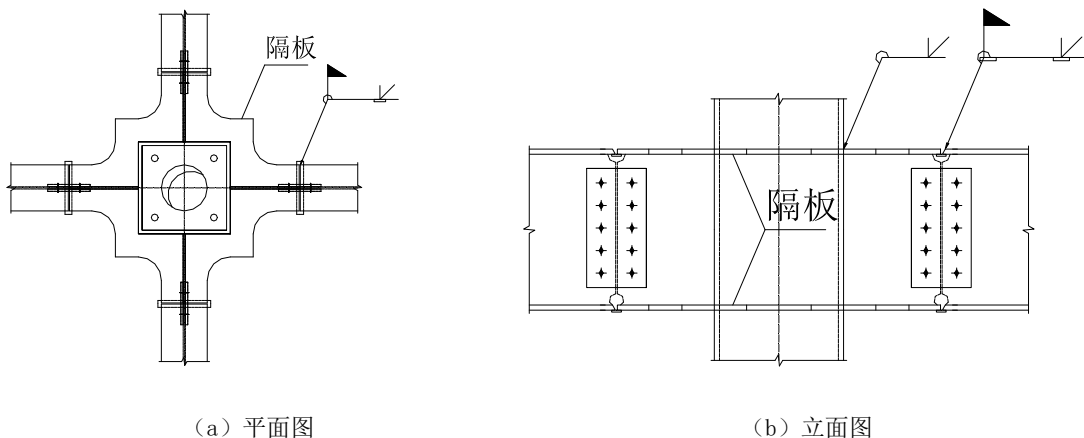


图 7.2.1 隔板贯通节点

7.2.2 梁柱节点形式应做到构造简单、整体性好、传力明确、安全可靠、节约材料和施工方便。节点设计应注意节点的合理构造，使节点有必要的延性，并能保证焊接质量，避免应力集中和过大的约束应力。

7.2.3 贯通隔板厚度应至少比梁翼缘厚度大 2mm，且考虑隔板开洞削弱后，能与梁翼缘等强。

7.2.4 贯通隔板伸出长度 t_c 宜取 25mm~30mm，以便将相邻的焊缝热影响区隔开。

其中 $e=25\text{mm}$, ($t_c<28\text{mm}$)

$e=30\text{mm}$, ($t_c\geq 28\text{mm}$)

7.2.5 梁柱刚接节点也可以采用外环板连接方式，钢梁翼缘与外环板焊接连接；钢梁腹板与柱外预设的连接件采用高强度螺栓摩擦型连接如图 7.2.5 所示。

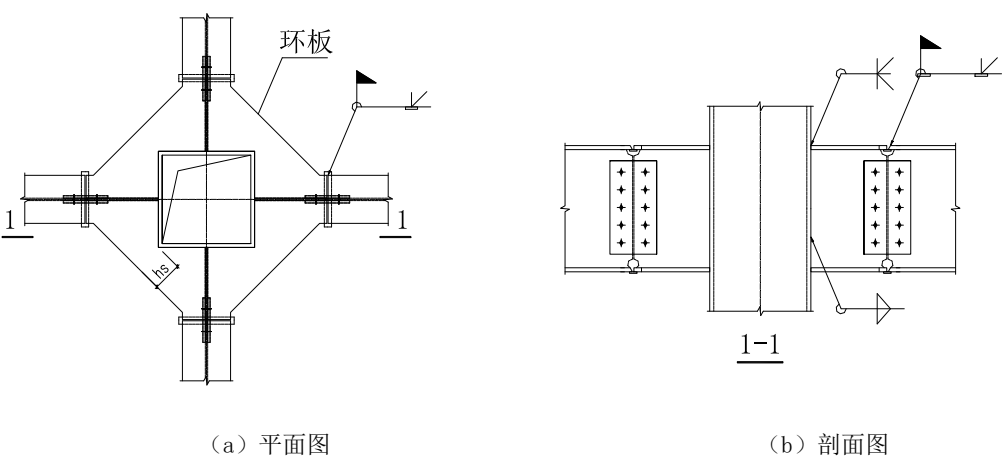


图 7.2.5 加强环板式连接

7.2.6 仅单向有梁刚性连接时可采用外肋板连接构造，将外环板连接的一个方向两侧的水平外环板改为平贴焊于柱壁的切肢如图 7.2.6 所示，钢梁腹板与柱外预设的连接件采用高强度螺栓摩擦型连接。

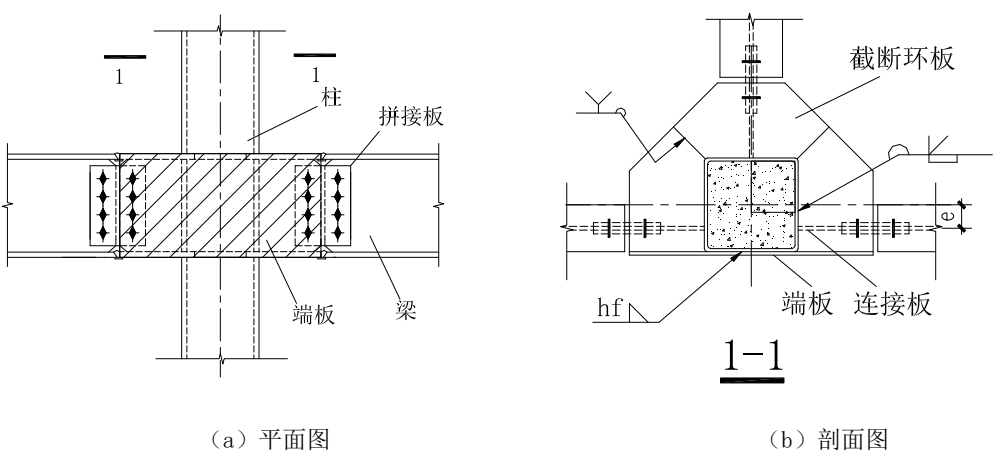


图 7.2.6 外肋板连接

条文说明：7.2.6 该节点构造针对于边柱与框架梁连接，采用外环板时，为避免节点环板对建筑做法或造型有影响才去的构造。

通过有限元及理论分析，给出外贴端竖板连接方式的钢管柱外环肋节点设计表达式：

$$A_b f \geq A_{bf} f \quad (7.2.6-1)$$

同时满足：

$$w_{\text{贴板}} \geq 0.75 w_{\text{钢梁}} \quad (7.2.6-2)$$

其中： A_b 表示端竖板截面总面积； f 表示钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值； A_{bf} 表示钢梁翼缘截面面积； $w_{\text{贴板}}$ 表示贴板竖向抗弯截面模量； $w_{\text{钢梁}}$ 表示与贴板相连框架梁抗弯截面模量较大值。

7.2.7 钢框柱刚接节点可采用无隔板柱壁增厚形式，且应满足强柱弱梁要求，在节点域相关范围内，钢柱壁厚不应小于非节点域柱壁厚的 2 倍。

条文说明： t_j （柱壁厚加厚区的厚度）增大对无隔板节点的力学性能提升影响显著，但在大于 $2t_c$ （ t_c 为柱壁厚非加厚区的壁厚）后， t_j 的增大对其影响较小，同时 t_j 增大可以明显改变节点模型的破坏模式； h_j （柱壁厚加厚区的高度）的增大对无隔板节点的力学性能改变影响较小。当扩翼系数小于 1.3 时， $t_j > 2t_c$ 才能使塑性铰外移至栓焊连接处；扩翼系数为 1.3 时， $t_j \geq 1.5t_c$ 即可实现塑性铰外移，但需同时满足 $h_j > 1.3h_s$ （ h_s 为钢梁高度）；

节点域相关范围，即 h_j （柱壁厚加厚区的高度），不应小于梁高范围上下各增加 300mm。

7.2.8 冷成型矩形钢管柱的内隔板厚度应满足板件的宽厚比限值，且不小于钢梁翼缘的厚度。钢管外环板的挑出宽度 h_s 如图 7.2.5 所示，应满足式 7.2.8 的规定。

$$100\text{mm} \leq h_s \leq 15t_d \sqrt{235/f_y} \quad \dots\dots\dots (7.2.8)$$

式中： t_d ——隔板厚度；

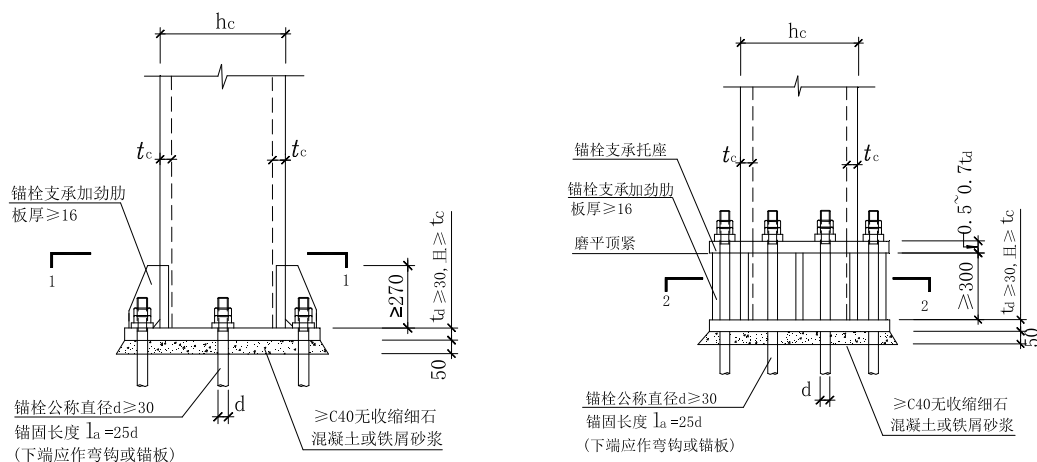
f_y ——环板材料的屈服强度标准值。

7.3 柱脚节点

7.3.1 外露式柱脚如图 7.3.1 所示，应满足下列构造要求：

1、锚栓应有足够的锚固长度，防止柱脚在轴拉力或弯矩作用下将锚栓从基础中拔出；锚栓应采用双重螺帽拧紧或采用其他措施防止松动；

- 2、底板除满足强度要求外，尚应具有足够的面外刚度；
- 3 底板应与基础顶面密切接触；
- 4 柱底剪力可由底板与混凝土间的摩擦传递，摩擦系数可取 0.4。当基础顶面预埋钢板时，柱底板与预埋钢板间应采取剪力传递措施。当剪力大于摩擦力或柱脚受拉时，宜采用抗剪键传递剪力。



(a) 冷成型矩形钢管柱刚性柱脚构造(一)

(b) 冷成型矩形钢管柱刚性柱脚构造(二)

图 7.3.1 外露式柱脚

Technical drawing of a cold-formed rectangular steel pipe column with an external sleeve. The diagram shows a cross-section of the column and its connection to a concrete beam. Key components and labels include:

- 冷成型矩形钢管柱** (Cold-formed rectangular steel pipe column): The main column structure.
- 钢筋混凝土梁** (Reinforced concrete beam): The beam supporting the column.
- 地下室冷成型矩形钢管柱纵筋** (Longitudinal reinforcement of the cold-formed rectangular steel pipe column in the basement): The longitudinal reinforcement bars within the column.
- 外包冷成型矩形钢管柱** (External cold-formed rectangular steel pipe column): The sleeve column surrounding the main column.
- 栓钉** (Stud): The connection between the sleeve and the main column.
- 地下层钢筋混凝土梁顶面** (Top surface of the reinforced concrete beam in the basement): The top surface of the beam.
- 施工用锚栓** (Construction anchor): The anchor bolts used for construction.
- h_c**: The height of the column section shown.

• 21 •

7.3.3 埋入式柱脚底板埋入基础的深度宜为柱截面高度的 2~3 倍。柱脚底板应采用预埋锚栓连接，必要时可在埋入部分的柱身上设置抗剪键传递柱子承受的拉力如图 7.3.3 所示。

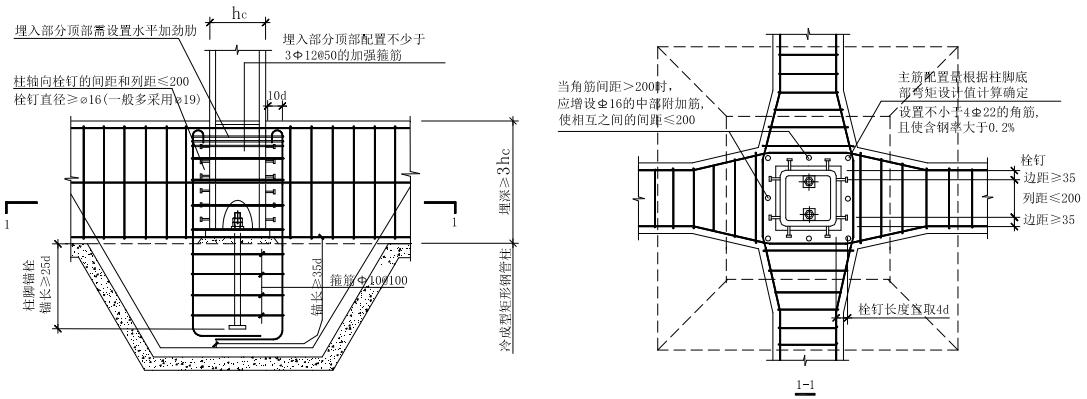


图 7.3.3 埋入式柱脚

附录 A 结构体系选型方法

A.0.1 结构选型指标参数 K ，其取值可按下列式计算：

$$K = \max(K_1, K_2) \quad (\text{A.0.1-1})$$

$$K_1 = \alpha_1 A B_1 C_1 \quad (\text{A.0.1-2})$$

$$K_2 = \alpha_2 B_2 C_2 \quad (\text{A.0.1-3})$$

式中： K ——结构选型指标参数；

K_1 ——地震影响参数；

K_2 ——风荷载影响参数，高度小于 30 米的结构可不计算；

α_1 ——结构抗震调整系数；

α_2 ——结构抗风调整系数；

A ——抗震性能参数；

B_1 ——地震设防烈度参数；

B_2 ——考虑体型系数的基本风压取值参数；

C_1 ——结构抗震高度参数；

C_2 ——结构抗风高度参数；

A.0.2 抗震性能参数 A 取值，对于一般性能目标需求的结构取 1.0，对于高性能目标需求的结构取 2.4。

一般性能目标结构是指按照小震不坏、中震可修、大震不倒进行设计的抗震结构，高性能目标结构是指按照设防地震（中震）可继续使用标准进行设计的结构。

取值说明：结构的侧移限值由结构的性能目标确定，根据《建筑工程抗震管理条例》、《基于保持建筑正常使用功能的抗震技术导则》的要求，位于高烈度设防地区、地震重点监视防御区的新建学校、幼儿园、医院、养老机构、儿童福利机构、应急指挥中心、应急避难场所、广播电视等建筑应当保证发生本区域设防地震时能够满足正常使用要求，在设

防地震作用下钢结构的层间位移角限值如下：

表 A.0.2-1 I 类建筑在设防地震和罕遇地震下的弹塑性层间位移角限值

地震水平	设防地震	罕遇地震
多、高层钢结构	1/250	1/100

表 A.0.2-2 II 类建筑在设防地震和罕遇地震下的弹塑性层间位移角限值

地震水平	设防地震	罕遇地震
多、高层钢结构	1/200	1/80

对于一般民用钢结构建筑，根据《建筑抗震设计规范》的要求，钢结构在多遇地震下的层间位移角限值为 1/250。

需要满足设防地震正常使用要求的建筑为高性能目标建筑，一般民用建筑为一般性能目标建筑。下文中不再赘述。

设防地震正常使用要求的地震作用为中震 F1，一般钢结构多遇地震的地震作用为小震 F2，对同一个结构而言，F1 约为 F2 的三倍。所以对同一结构，高性能目标的刚度需求是一般性能目标的刚度需求的 2.4 倍左右。

$$\frac{D_1}{D_2} = \left(\frac{F_1}{F_2} \cdot \frac{\Delta_1}{\Delta_2} \right) \approx 3 \times 0.8 = 2.4 \quad (\text{A.0.2-1})$$

对一般性能目标结构 A=1，高性能目标 A=2.4。

A.0.3 不同抗震设防烈度对应的水平地震影响系数最大值如表 A.0.3-1 所示，可见水平地震影响系数与设防烈度直接相关。同一结构位于不同设防烈度区，受到的地震作用与水平地震影响系数正相关，以 6 度区，地震加速度 0.05g 为基准，得到抗震设防烈度参数 B_I 的取值，如表 A.0.3-2 所示。

表 A.0.3-1 水平地震影响系数最大值

地震影响	6 度	7 度	8 度	9 度
------	-----	-----	-----	-----

	0.05g	0.10g	0.15g	0.20g	0.30g	0.40g
多遇地震	0.04	0.08	0.12	0.16	0.24	0.32
设防地震	0.12	0.23	0.34	0.45	0.68	0.90
罕遇地震	0.28	0.50	0.72	0.90	1.20	1.40

表 A.0.3-2 B_I 的取值方法

	6 度	7 度		8 度	
	0.05g	0.10g	0.15g	0.20g	0.30g
B_I	1	2	3	4	6

A.0.4 考虑体型系数的基本风压取值参数 B_2 取值研究：

风荷载与地震作用产生的倾覆弯矩匹配：

- 1、假定各榀结构之间互不关联，单独承受荷载作用；
- 2、假定建筑垂直于风荷载作用方向长度为 L ，平行于风荷载作用方向宽度为 B ，结构高度为 H ，楼层数为 n ，每层层高均为 h ，存在 $h \times n = H$ ；每层等效重力荷载 $G_i = L \cdot B \cdot q_i$ ，且假定每层的 q_i 均一致，取值为 12kN/m^2 。
- 3、根据底部剪力法简要计算地震作用，建筑高度不大于 40m ，忽略顶部附加水平地震作用。
- 4、不考虑风压高度变化系数的影响，不考虑风振系数的影响，风荷载体型系数取值为 1.3 ，基本风压为 w_0 。

根据《建筑结构荷载规范》(F.2.1-1)给出的高层钢结构建筑的基本自振周期为

$$T_1 = (0.10 \sim 0.15)n \quad (\text{A.0.4-1})$$

常规的多高层钢结构建筑多应用于学校、医院、公寓等，其层高基本多为 3.0m 至 4.0m ，

求得其平均值为 3.5m，则对于结构的基本自振周期可修正为像关于建筑高度的线性函数：

$$T_1 = (0.1 \sim 0.15)n = (0.1 \sim 0.15) \frac{H}{h} \approx (0.025 \sim 0.045)H \quad (\text{A.0.4-2})$$

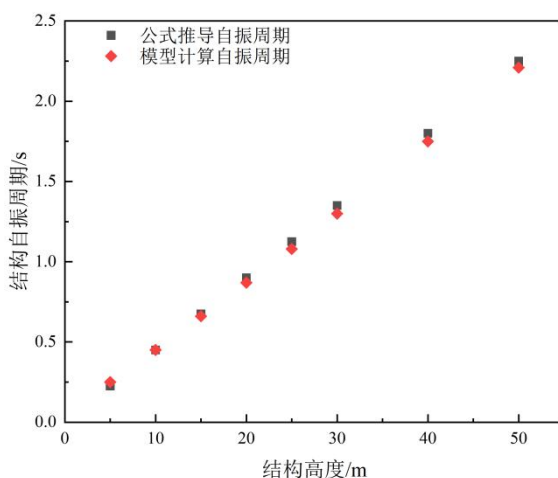


图 A.0.4 公式推导周期与模型计算周期对比图

从图 A.0.4 可以看出在结构高度不超过 50m 时，公式推导得出的结构自振周期与模型计算得出的自振周期比较吻合，此时对于多高层钢结构建筑的自振周期可表示为：

$$T_1 = 0.045H \quad (\text{A.0.4-3})$$

地震作用下倾覆弯矩：

$$M_E = \frac{\sum_{i=1}^n G_i n^2 h_i^2}{\sum_{j=1}^n G_j n h_i} \alpha_1 G_{eq} \quad (\text{A.0.4-4})$$

$$M_E = \frac{(2n+1)}{3} h \alpha_1 G_{eq} \quad (\text{A.0.4-5})$$

$$M_E = \frac{(2n+1)}{3} h \alpha_1 n L B q_i \quad (\text{A.0.4-6})$$

风荷载作用下倾覆弯矩

$$M_w = \frac{1.3w_T L n^2 h^2}{2} \quad (\text{A.0.4-7})$$

设 $h=3.5\text{m}$ ，取衰减指数 η 为 1，代入推导得：

$$\frac{4(2n+1)T_g \alpha_{\max} n L B q_i}{0.045H} = \frac{4.55w_T L n^2}{2} \quad (\text{A.0.4-8})$$

当楼层数 $n \geq 5$ 时，取 $2n+1$ 为 $2n$ ，计算值约差 10%，取 6 度区为基准， $\alpha_{\max}=0.04$ ，则上式简化成：

$$w_T = 3.2T_g \frac{B}{H} \quad (\text{A.0.4-9})$$

与地震作用匹配的基本风压是场地特征周期和建筑长宽比相关的函数。

表 A.0.4 与 $B_1=1(\alpha_{\max}=0.04)$ 时匹配的基本风压值影响系数 w_T 取值

高宽比	1	2	3	4	5
$T_g=0.2$	0.64	0.32	0.21	0.16	0.13
$T_g=0.25$	0.80	0.40	0.27	0.20	0.16
$T_g=0.3$	0.96	0.48	0.32	0.24	0.19
$T_g=0.35$	1.12	0.56	0.37	0.28	0.22
$T_g=0.40$	1.28	0.64	0.43	0.32	0.26
$T_g=0.45$	1.44	0.72	0.48	0.36	0.29
$T_g=0.55$	1.76	0.88	0.59	0.44	0.35
$T_g=0.65$	2.08	1.04	0.69	0.52	0.42
$T_g=0.75$	2.40	1.20	0.80	0.60	0.48

$T_g=0.90$	2.88	1.44	0.96	0.72	0.58
------------	------	------	------	------	------

则考虑体型系数的基本风压取值参数 B_2 则为:

$$B_2 = \frac{w_0}{w_T} \quad (\text{A.0.4-10})$$

A.0.5 结构受到的地震作用采用反应谱的计算方法详见《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) (2016 年版) 第 5.1.5 条相关内容:

结构受到的地震作用与第一阶自振周期直接相关。

当 $0.1 \leq T \leq T_g$ 时, 结构受到的地震作用系数

$$\alpha = \eta_2 \alpha_{\max} \quad (\text{A.0.5-1})$$

钢结构比较柔, 自振周期一般大于场地周期 T_g 。于是

当 $T_g \leq T \leq 5T_g$ 时, 结构受到的地震作用系数

$$\alpha = \left(\frac{T_g}{T} \right)^\gamma \eta_2 \alpha_{\max} \quad (\text{A.0.5-2})$$

两个不同高度的结构 (高度分别为 H_1 、 H_2) 受到的水平地震作用之比为:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \left(\frac{T_2}{T_{g2}} \cdot \frac{T_{g1}}{T_1} \right)^\gamma = \left(\frac{H_2}{T_{g2}} \cdot \frac{T_{g1}}{H_1} \right)^\gamma \quad (\text{A.0.5-3})$$

于是得出了结构抗震高度参数的计算方法:

$$C_1 = 0.4 \left(\frac{T_g}{0.045} \right)^\gamma \cdot H^{0.6} \quad (\text{A.0.5-4})$$

式中: T_g ——场地特征周期;

H ——结构高度。

γ ——衰减指数，对于多高层钢结构，结构阻尼比取 0.04，则衰减指数约为 0.92。

A.0.6 对于多高层钢结构，随着场地类别与建筑高度的变化，基本风压会随其变化，则其计算方法如下所示：

1.结构抗风高度参数 C_2 取值为：

$$C_2 = C_{21} \cdot C_{22} \tag{A.0.6}$$

式中： C_{21} ——风压高度影响系数，具体取值详见表 A.0.5-1；

C_{22} ——风振高度影响系数，具体取值详见表 A.0.5-2；

表 A.0.6-1 C_{21} 取值表

结构高度	30	40	50
场地类别 A 类	1.50	1.60	1.68
场地类别 B 类	1.23	1.33	1.41
场地类别 C 类	0.76	0.84	0.92
场地类别 D 类	0.51	0.54	0.58

注：表中未注明的结构高度，可线性插值。

表 A.0.6-2 C_{22} 取值表

结构高度	30	40	50
场地类别 A 类	1.50	1.48	1.47
场地类别 B 类	1.54	1.51	1.50
场地类别 C 类	1.74	1.69	1.67
场地类别 D 类	2.02	1.94	1.89

注：表中未注明的结构高度，可线性插值。

2.结构抗风高度参数 C_2 取值研究：

结构抗风高度参数 C_2 考虑风压高度变化系数的影响和风振系数的影响。

风压高度变化系数的影响：

根据地面粗糙度类别的不同和建筑高度的不同，取值不同。

表 A.0.6-3 风压高度影响系数取值表

场地类别 A 类		
结构离地面高度	风压高度变化系数	风压高度影响系数
5	1.09	1.09
10	1.28	1.27
15	1.42	1.41
20	1.52	1.51
30	1.67	1.75
40	1.79	1.87
50	1.89	1.90

表 A.0.6-4 风压高度影响系数取值表

场地类别 B 类		
结构离地面高度	风压高度变化系数	风压高度影响系数
5	1	1.00
10	1	1.00
15	1.13	1.12
20	1.23	1.24
30	1.39	1.42
40	1.52	1.60

50	1.62	1.72
----	------	------

表 A.0.6-5 风压高度影响系数取值表

场地类别 C 类		
结构离地面高度	风压高度变化系数	风压高度影响系数
5	0.65	0.65
10	0.65	0.65
15	0.65	0.65
20	0.74	0.82
30	0.88	1.06
40	1	1.23
50	1.1	1.38

表 A.0.6-6 风压高度影响系数取值表

场地类别 D 类		
结构离地面高度	风压高度变化系数	风压高度影响系数
5	0.51	0.51
10	0.51	0.51
15	0.51	0.51
20	0.51	0.51
30	0.51	0.51
40	0.6	0.60
50	0.69	0.69

3.风振系数影响：

假定建筑物宽度均为 40m，基本风压取值为 0.5kN/m2，结构体系为多高层钢结构建筑物，不考虑截面形式对风振系数的影响。

根据《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）第 8.4 节相关公式计算可知

表 A.0.6-7 风振影响系数取值表

场地类别 A 类	
结构离地面高度	风振影响系数
30	1.58
40	1.55
50	1.53

表 A.0.6-8 风振影响系数取值表

场地类别 B 类	
结构离地面高度	风振影响系数
30	1.63
40	1.59
50	1.56

表 A.0.6-9 风振影响系数取值表

场地类别 C 类	
结构离地面高度	风振影响系数

30	1.88
40	1.82
50	1.77

表 A.0.6-10 风振影响系数取值表

场地类别 D 类	
结构离地面高度	风振影响系数
30	2.26
60	2.15
100	2.06

A.0.7 抗震结构调整系数 α_1 取值为:

$$\alpha_1 = \alpha_{11} \cdot \alpha_{12} \quad (\text{A.0.7})$$

式中:

α_{11} ——经验算例调整系数, 取值为 1

α_{12} ——风荷载调整系数, 对风荷载起控制作用的结构取值为 1.1, 不起控制作用的取值为 1.0。

A.0.8 抗风结构调整系数 α_2 取值为:

$$\alpha_2 = \alpha_{21} \cdot \alpha_{22} \quad (\text{A.0.8})$$

式中:

α_{21} ——经验算例调整系数, 取值为 1

α_{22} ——地形调整系数, 取值按照《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2012) 第 8.2.2 条和第 8.2.3 条确定, 非山区或远海海面、海岛时, 取值为 1.0。

A.0.9 当 K 值小于 100 时, 宜采用框架结构;

当 K 值大于 200 时，宜采用框架-支撑结构；

当 $100 \leq K \leq 200$ ，结构体系需对框架结构或框架-支撑结构进行综合比选。

附录 B 冷成型方矩管型钢柱选型推荐表

A_c (cm ²)	冷成型方矩管型钢柱	抗震等级(杆件宽厚比)
≤ 40	□200x200x8x8	均满足一级
40~90	□300x300x8x8	均满足一级
90~150	□350x350x12x12	均满足一级
150~180	□400x400x12x12	均满足一级
180~230	□450x450x14x14	均满足一级
230~350	□500x500x20x20	均满足一级
350~450	□550x550x22x22	均满足一级
450~550	□600x600x25x25	均满足一级
550~620	□650x650x25x25	均满足一级
620~730	□700x700x28x28	均满足一级
730~840	□750x750x30x30	均满足一级
840~940	□800x800x32x32	均满足一级

用词说明

为便于在执行本标准(特征名)条款时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1 表示很严格,非这样做不可的用词:

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用词:

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用词:

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用词,采用“可”。

引用标准名录

《钢结构设计标准》 GB50017-2017

《混凝土结构设计规范》 GB 50010-2010

《建筑抗震设计规范》 GB50011-2010

《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ 99-2015

中国工程建设标准化协会标准

空心管材钢结构设计选型标准

条文说明