

中国工程建设标准化协会标准 CECS

CECS X:201X

分层装配支撑钢框架房屋 技术规程

Technical specification for buildings with floor-by-floor
assembled steel braced frames

征求意见稿

《分层装配支撑钢框架房屋技术规程》编制组

2018 年 11 月

前言

根据中国工程建设标准化协会建协字 [2015]099 号《关于印发 2015 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划的通知》的要求，标准编制组经广泛调研，认真总结实践经验的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：总则、术语和符号、基本规定、建筑设计、结构设计、楼屋盖、墙板与楼梯设计、地基基础、防火与防腐、施工、验收及维护。本规程适用于层数不超过 6 层、以梁贯通式钢框架和支撑组成结构体系、全部或部分采用预制化部件、结构体系分层装配建造的房屋建筑的设计、施工及验收。

本标准由中国工程建设标准化协会钢结构专业委员会归口管理。同济大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请联系我单位。

本标准主编单位：同济大学

本标准参编单位：

本标准主要起草人：

（以下按拼音排序）

目 次

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	(5)
4	建筑设计	(6)
4.1	一般规定	(6)
4.2	平面与空间	(6)
4.3	协同设计	(6)
5	结构设计	(7)
5.1	一般规定	(7)
5.2	结构形式、布置和分析	(8)
5.3	构件设计	(10)
5.4	连接和节点设计	(14)
6	楼屋盖、墙板与楼梯设计	(17)
6.1	一般规定	(17)
6.2	楼盖设计	(17)
6.3	屋盖设计	(19)
6.4	外墙设计	(19)
6.5	内墙设计	(22)
6.6	楼梯设计	(23)
7	地基基础	(25)
7.1	一般规定	(25)
7.2	现浇基础	(25)
7.3	预制基础	(26)
8	防腐与防火	(27)
8.1	一般规定	(27)
8.2	防火	(27)
8.3	防腐	(27)
9	施工、验收及维护	(29)
9.1	一般规定	(29)
9.2	钢结构制作	(29)

9.3 安装..... (30)

9.4 验收..... (32)

9.5 检查与维护..... (36)

本规程用词说明 (37)

引用标准名录..... (37)

附：条文说明 (39)

Contents

1	General Provision	(1)
2	Terms and Symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(2)
3	Basic Requirements.....	(5)
4	Architectural Design	(6)
4.1	General Requirements	(6)
4.2	Plan and Space	(6)
4.3	Coordination Design	(6)
5	Structural Design	(7)
5.1	General Requirements	(7)
5.2	Structural Configuration and Layout	(8)
5.3	Member Design	(10)
5.4	Connection and Joint Design	(14)
6	Floor, Roof, Wall and Stair Design	(17)
6.1	General Requirements	(17)
6.2	Floor Design	(17)
6.3	Roof Design	(19)
6.4	Outer Wall Design	(20)
6.5	Interior Wall Design	(22)
6.6	Stair Design.....	(23)
7	Foundation	(25)
7.1	General Requirements	(25)
7.2	Cast-in-situ Foundation	(25)
7.3	Partial Prefabricated Foundation	(26)
8	Fireproofing and Anticorrosion	(27)
8.1	General Requirements	(27)
8.2	Fireproofing	(27)
8.3	Anticorrosion	(27)
9	Construction and Maintenance.....	(29)
9.1	General Requirements	(29)
9.2	Fabrication	(29)
9.3	Erection	(30)

9.4 Acceptance	(32)
9.5 Inspection and Maintenance	(36)
Wording Explanation.	(37)
List of Quoted Standards	(37)
Attached: Explanation of Standard.....	(39)

1. 总则

1.0.1 为贯彻适用、经济、安全、绿色、美观的建筑方针，提高装配式钢结构环境效益、社会效益和经济效益，在分层装配支撑钢框架房屋的设计、施工、验收及维护中做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于层数不超过6层、结构体系为分层装配支撑钢框架的低多层房屋的设计、施工、验收及维护。

1.0.3 结构体系为分层装配支撑钢框架的低多层房屋的设计、施工、验收及维护，除应符合本规程外，尚应符合现行国家有关标准的规定。

2. 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 分层装配支撑钢框架 Floor-by-floor assembled steel braced frame

以支撑作为主要抗侧力构件，梁贯通、柱分层，梁柱采用全螺栓连接，结构体系分层装配建造的钢结构体系。

2.1.2 柔性支撑 slender bracing

截面型式为扁钢或圆钢，承受拉力的柱间支撑或屋面（楼面）水平支撑。

2.1.3 梁贯通式全螺栓外伸端板连接 beam-through extended end-plate bolted connection

分层柱外伸端板与贯通梁的翼缘采用高强螺栓连接，其中部分高强螺栓分布于钢柱的翼缘外侧。

2.1.4 持久设计工况 persistent design situation

在结构使用过程中一定出现，且持续期很长的设计状况，其持续期一般与结构设计使用年限为同一数量级。

2.1.5 短暂设计工况 transient design situation

在构件制作、运输、安装和使用过程中出现概率较大，而与设计使用年限相比，其持续期很短的设计状况。

2.2 符号

2.2.1 几何参数

A	——	柱毛截面面积；
A_d	——	支撑变形集中段截面面积；
A_{bd} 、 A_{bpres} 、 A_{blink}	——	支撑变形集中段、预紧力施加段、端部连接段各段的计算毛截面面积；
B	——	支撑所在开间的宽度；
H	——	支撑所在开间的高度；
I_b 、 I_c	——	梁、柱截面惯性矩，按构件在框架计算平面内的弯曲方向取值；
L_b 、 L_c	——	梁跨度、柱高度，均取构件轴线交点间长度；
L_{bd} 、 L_{br}	——	支撑变形集中段的长度和支撑总长度；

L_{bd} 、 L_{bpres} 、 L_{blink} —— 支撑变形集中段、预紧力施加段、端部连接段的各段长度；
 W_c —— 框架柱在计算方向的截面模量。

2.2.2 材料性能及计算指标

E —— 钢材弹性模量；
 Δ —— 层间变形；
 $[\frac{\Delta}{H}]_e$ —— 弹性设计时结构的层间位移角容许值；
 $[\frac{\Delta}{H}]_p$ —— 框架结构罕遇地震下的最大层间位移角容许值，取 1/50；
 f —— 柱钢材的强度设计值；
 f_y —— 钢材的名义屈服强度；
 k_b —— 支撑构件轴向刚度；
 k_{bH} —— 一个开间内布置的支撑的抗侧刚度；
 i_b 、 i_c —— 梁、柱的弯曲线刚度。

2.2.3 作用、作用效应及承载力

F_E —— 按设防烈度确定的层地震剪力；
 F_{Ehk} —— 施加于复合外墙板重心处的水平地震作用标准值；
 G_k —— 复合外墙板的重力荷载标准值；
 N —— 作用在柱上的轴向压力标准值，但不计水平力作用下支撑对柱产生的附加轴力，也不计支撑张紧过程对柱引起的施工轴力；
 N_{dp} —— 变形集中段的截面塑性抗拉承载力；
 N_{linkU} —— 支撑各分段间的连接承载力设计值和支撑与框架构件的连接承载力设计值中的最小值；
 N_{linkP} —— 端部连接段的连接板的净截面受拉或撕剪破坏塑性承载力；
 N_{presP} —— 预紧力施加段受拉时的塑性承载力，当该段有若干部件串联而成时，应是所有部件塑性承载力中的最小值；
 S —— 基本组合的效应设计值；
 S_{Eh} —— 水平地震作用组合的效应设计值；

S_{Ev}	——	竖向地震作用组合的效应设计值；
S_{Ehk}	——	水平地震作用标准值的效应；
S_{Evk}	——	竖向地震作用标准值的效应；
S_{Gk}	——	永久荷载标准值的效应；
S_{wk}	——	风荷载标准值的效应。

2.2.4 计算系数及其它

n	——	轴压比；
$\alpha_{\max}$	——	水平地震影响系数最大值；
β_E	——	动力放大系数；
γ_G	——	永久荷载分项系数；
γ_w	——	风荷载分项系数；
γ_{Eh}	——	水平地震作用分项系数；
γ_{Ev}	——	竖向地震作用分项系数；
ψ_w	——	风荷载组合系数；
η_H	——	考虑钢材强化和材料超强的提高系数。

3. 基本规定

3.1.1 分层装配支撑钢框架房屋的设计应满足适用、经济、安全、绿色、美观的要求。

3.1.2 分层装配支撑钢框架房屋用于居住建筑和公共建筑时，宜考虑适老化要求，应进行无障碍设计。

3.1.3 分层装配支撑钢框架房屋应优先采用工厂化生产、装配化施工的构件和部品，采取减少现场焊接、湿作业的技术措施，宜采用全装修方式。

3.1.4 分层装配支撑钢框架房屋的建筑形体应符合现行《建筑抗震设计规范》GB50011 关于平面规则和竖向规则的规定。

3.1.5 分层装配支撑钢框架房屋的最大层数和高度应符合表 3.1.5 的规定，其单层最大高度不宜超过 4m。

表 3.1.5 分层装配支撑钢框架房屋的最大层数和高度

建筑设计控制参数	抗震设防烈度		
	6-7 度	8 度	9 度
层数	6	4	3
高度（m）	24	15	12

4. 建筑设计

4.1 一般规定

4.1.1 分层装配支撑钢框架房屋应在建筑方案设计阶段进行整体策划，统筹建筑设计、构件部品生产、施工建造和运营维护的协同。

4.1.2 分层装配支撑钢框架房屋建筑设计应采用标准化设计方法，选用标准化、系列化参数尺寸的主体构件和内装部品，以少规格、多组合的原则进行设计。

4.1.3 分层装配支撑钢框架房屋建筑设计宜采用建筑结构与内装、设备、管线等系统相分离的方式。

4.2 平面与空间

4.2.1 分层装配支撑钢框架房屋平面与空间设计可在标准化基础上，将建筑单元作为基本模块进行设计，并满足多样化要求。

4.2.2 分层装配支撑钢框架房屋宜将用水空间集中布置，并结合功能和管线要求，合理确定厨房和卫浴的位置。对于全装配房屋，优先采用整体厨房和整体卫浴。

4.2.3 分层装配支撑钢框架房屋户外设备及管线的布置应集中紧凑，可设置在共用空间部位。

4.2.4 分层装配支撑钢框架房屋应结合结构体系特点和建筑布置，设计交叉支撑的设置部位及墙体的厚度。

4.3 协同设计

4.3.1 分层装配支撑钢框架房屋建筑设计应采用协同设计的方法，满足装配式建造全过程整体性和系统性的要求。

4.3.2 分层装配支撑钢框架房屋宜采用建筑信息模型技术，将房屋建筑的各个子系统进行集成化设计和布局，将设计信息与构件部品工厂生产、施工安装和运营维护等环节有效衔接。

5. 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 分层装配支撑钢框架结构宜采用 Q235B 钢或 Q345B 钢，其质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定。当采用其他牌号的钢材时，应符合相应的规定和要求。当对房屋结构有震后功能可恢复性能要求时，柱宜优先采用 Q390 钢、Q420 钢、Q460 钢。

5.1.2 分层装配支撑钢框架结构采用的钢材应具有屈服强度、抗拉强度、断后伸长率和硫、磷含量的合格保证。对焊接承重结构的钢材尚应具有碳当量的合格保证和冷弯试验的合格保证。对需充分发展塑性的支撑变形集中段及有相同塑性变形能力要求的构件，其所用钢材应符合以下规定：

- 1 屈强比不应大于 0.85；
- 2 钢材应有明显的屈服台阶，且伸长率不应小于 20%。

5.1.3 钢材的强度设计值和物理性能指标应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 或《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018 的有关规定采用。

5.1.4 钢结构的焊接材料应符合下列要求：

- 1 手工焊接采用的焊条应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117 的规定，选择的焊条型号应与主体金属力学性能相适应。

- 2 自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和相应的焊剂应与主体金属力学性能相适应，并应符合现行国家有关标准的规定。

- 3 焊缝的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 或《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018 的有关规定采用。

5.1.5 钢结构连接螺栓、锚栓材料应符合下列要求：

- 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、大六角头螺母、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 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。

4 螺栓、锚栓连接的强度设计值、高强度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现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 或《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018 的有关规定采用。

5.1.6 结构按承载能力极限状态和正常使用极限状态设计时，荷载效应组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定，对抗震设防烈度为 6 度及以上地区的结构，尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定。

5.1.7 按正常使用极限状态设计时，楼层相对变形不宜大于层高的 1/250。。

5.1.8 分层装配支撑钢框架房屋结构体系须符合下列规定：

- 1 应具有明确的计算简图和合理的水平地震作用传递途径。
- 2 应具有必要的承载能力，足够大的刚度，良好的变形能力和消耗地震能量的能力。
- 3 应避免因部分结构或构件的破坏而导致整个结构丧失承载能力。
- 4 当采用柔性支撑时，应采用可施加预紧力的高延性柔性支撑。
- 5 对可能出现的薄弱部位，应采取有效的加强措施。

5.2 结构形式、布置和分析

5.2.1 分层装配支撑钢框架结构由钢柱、钢梁、支撑和楼板组成稳定的结构体系（图 5.2.1）。当由楼板和钢梁形成整体性楼盖系统时，楼板应与钢梁进行可靠连接。

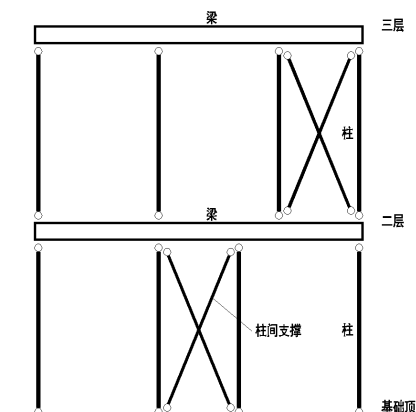


图 5.2.1 分层装配支撑钢框架体系立面示意图

5.2.2 分层装配支撑钢框架结构体系采用柱按层分段、梁贯通的构成方式。梁的上层柱与下层柱可不对齐。正交梁宜采用铰接连接。梁拼接位置应与梁柱节点错开，现场连接节点应采用螺栓连接。

5.2.3 钢柱柱网布置应均匀，避免局部钢梁跨度过大。

5.2.4 同一层中所有与柱连接的钢梁宜采用同一截面高度。不与钢柱连接的次梁可以采用较小高度的截面。

5.2.5 纵横两个方向均应布置柱间支撑。柱间支撑在两个方向应分散布置。柱间支撑上下层可不连续，但在每层宜分散均匀布置。柱间支撑根据所承担的侧向力大小可选用不同的截面积。支撑宜采用柔性支撑，当有可靠依据时，亦可采用刚性支撑。

5.2.6 墙体围护构件应与梁或楼板可靠连接。

5.2.7 分层装配支撑钢框架结构体系结构分析时可假定柱两端与梁的连接、支撑两端与柱的连接均为铰接（图 5.2.1）。

5.2.8 柱的长细比不应超过 120。

5.2.9 分层装配支撑钢框架结构承受竖向荷载作用时计算模型，梁根据节点性质设为简支梁或者连续梁，柱设为两端铰接轴压杆。

5.2.10 分层装配支撑钢框架结构承受侧向荷载作用时，假定所有侧向力均由支撑承担，侧向力根据刚性隔板假定在各柱间支撑间按刚度进行分配。

5.2.11 地震作用可以采用底部剪力法或者振型分解反应谱法进行计算。结构应进行多遇地震作用下的内力和变形验算，并应满足《建筑抗震设计规范》GB50011 的要求。

5.3 构件设计

5.3.1 钢构件进行强度、稳定性、变形或刚度计算时，应根据构件成型方式和所采用的板件宽厚比，分别符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 或《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018 的相关规定，对具有较大宽厚比 H 形截面构件的计算，应符合行业标准《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ209 的相关规定。

5.3.2 钢梁宜选用高频焊接或普通焊接的 H 形截面或热轧 H 型钢。框架梁和柱的线刚度比不宜小于 3，梁、柱的线刚度按下式计算：

$$i_b = \frac{EI_b}{L_b} \quad (5.3.2-1)$$

$$i_c = \frac{EI_c}{L_c} \quad (5.3.2-2)$$

式中：

- i_b 、 i_c —— 梁、柱的线刚度；
 E —— 钢材弹性模量；
 I_b 、 I_c —— 梁、柱截面惯性矩，按构件在框架计算平面内的弯曲方向取值；
 L_b 、 L_c —— 梁跨度、柱高度，均取构件轴线交点间长度。

5.3.3 当梁上无楼板或其他防止侧向失稳的措施时，应对其进行整体稳定性计算，或采取防止扭转的构造措施。

5.3.4 钢柱宜选用方钢管截面。构件设计应符合以下要求：

1 同层柱平均轴压比不宜超过 0.3，轴压比按下式计算：

$$n = \frac{N}{Af_y} \quad (5.3.4-1)$$

式中：

- n —— 轴压比；
 N —— 作用在柱上的轴向压力标准值，但不计水平力作用下支撑对柱产生的附加轴力，也不计支撑张紧过程对柱引起的施工轴力；
 A 、 f_y —— 柱毛截面面积、柱钢材的名义屈服强度。

支撑近旁柱考虑支撑产生的附加轴力后，总轴压比不宜超过 0.6，且应进行单柱轴压下的整体稳定计算。

2 每层柱沿同一方向的弯曲刚度总和不宜大于该层支撑抗侧刚度总和的 20%，按下式计算：

$$\sum \frac{12EI_c}{L_c^3} \leq 0.2 \sum k_{bH} \quad (5.3.4-2)$$

式中：

k_{bH} —— 一个开间内布置的支撑的抗侧刚度，按 5.3.12 条规定计算。

3 每层柱沿同一方向的水平承载力总和不应小于设防烈度下层地震剪力的 25%，按下式计算：

$$\sum \frac{2W_c f_y}{L_c} \geq 0.25 F_E \quad (5.3.4-3)$$

式中：

W_c —— 框架柱在计算方向的截面模量；

f_y —— 框架柱钢材屈服强度，取公称值；

F_E —— 按设防烈度确定的层地震剪力。

4 按计算长度系数为 1.0 计算的柱子长细比不宜小于 $65 \frac{235}{f_y}$ ，不应大于 $120 \sqrt{235/f_y}$ 。

5.3.5 平面框架边柱（图 5.3.5）应按压弯构件进行强度和稳定性计算，其弯矩按两端反向曲率考虑，柱端弯矩值可取所计算的平面框架内位于柱顶标高与柱底标高的连续梁的最大弯矩的 20%。

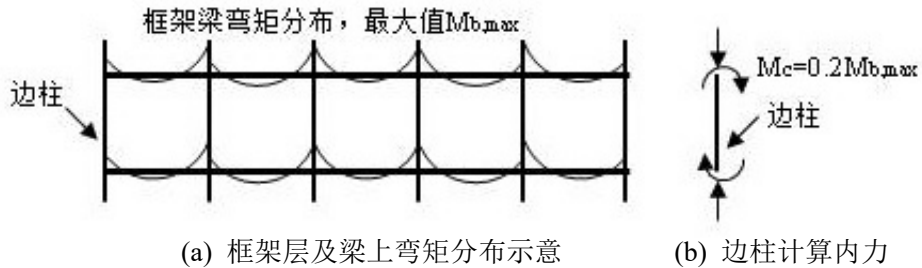


图 5.3.5 框架边柱的计算弯矩

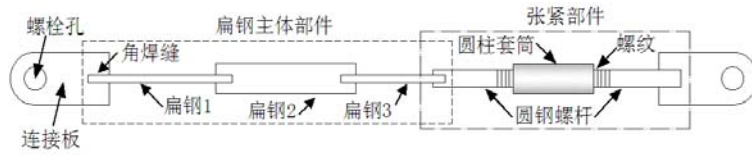
5.3.6 非支撑开间的柱子，计算强度和整体稳定时其内力仅考虑竖向荷载的组合作用；支撑开间的柱子，还应计入支撑对柱产生的附加轴力。

5.3.7 柱子轴压整体稳定计算时，计算长度系数取为 1.0，柱子几何长度可取上下端梁间净距。

5.3.8 支撑应按仅承受拉力的柔性支撑要求进行设计。

1 同一层支撑承载力设计值应大于不同荷载组合下的沿支撑同方向的该层剪力设计值。

2 柔性支撑应由变形集中段、预紧力施加段和端部连接段构成（图 5.3.8）。其中变形集中段宜采用扁钢，其截面如有开孔、开槽、加工螺纹等削弱必需补强至与原截面同等强度或以上，预紧力施加段可采用花篮螺栓、双向拧紧螺纹套筒或其他可以施加预紧力的部件以及与支撑其他分段相连的过渡部件，端部连接段可采用连接板。



本图中扁钢主体部件为变形集中段，张紧部件范围为预紧力施加段，连接板范围为端部连接段

图 5.3.8 柔性支撑组成

5.3.9 支撑开间的宽高比应符合下式要求：

$$\frac{1 + (B/H)^2}{B/H} \leq \frac{E}{f_y} \left[\frac{\Delta}{H} \right]_e \quad (5.3.9)$$

式中：

B 、 H —— 支撑所在开间的宽度和高度（即所在楼层的高度）；

f_y —— 柔性支撑变形集中段的钢材公称屈服强度；

$\left[\frac{\Delta}{H} \right]_e$ —— 弹性设计时结构的层间变形容许值，其中 Δ 为层间变形。

5.3.10 柔性支撑的长细比不应小于 250。计算长细比时，可按变形集中段的截面面积和最小惯性矩确定支撑截面的回转半径。变形集中段的长度应符合下式要求且不宜小于 2m：

$$\frac{L_{bd}}{L_{br}} \geq \frac{E}{15f_y} \left[\frac{\Delta}{H} \right]_p \frac{B/H}{1 + (B/H)^2} \quad (5.3.10)$$

式中：

L_{bd} 、 L_{br} —— 变形集中段的长度和支撑总长度；

$\left[\frac{\Delta}{H} \right]_p$ —— 框架结构罕遇地震下的最大层间变形容许值，取 1/50。

5.3.11 柔性支撑各分段的强度计算，除应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017、《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关要求外，尚应满足以下要求：

$$\eta_H N_{dp} \leq N_{linkU} \quad (5.3.11-1)$$

$$(\eta_H - 0.05) N_{dp} \leq N_{linkP} \quad (5.3.11-2)$$

$$1.05 N_{linkP} \leq N_{presP} \quad (5.3.11-3)$$

式中：

- η_H —— 考虑钢材强化和材料超强的提高系数，按表 5.3.11 取值；
- N_{dp} —— 变形集中段的截面塑性抗拉承载力， $N_{dp} = A_d f_y$ ， A_d 为该段截面面积， f_y 为该段钢材公称屈服强度；
- N_{linkU} —— 支撑各分段间的连接承载力设计值和支撑与框架构件的连接承载力设计值中的最小值；
- N_{linkP} —— 端部连接段的连接板的净截面受拉或撕剪破坏塑性承载力；
- N_{presP} —— 预紧力施加段受拉时的塑性承载力，当该段有若干部件串联而成时，应是所有部件塑性承载力中的最小值。

表 5.3.11 钢结构抗震设计的提高系数 η_H

变形集中段钢材牌号	连接方式	
	焊接连接	螺栓连接
Q235	1.25	1.30
Q345	1.20	1.25

5.3.12 按 5.3.8 条设计的柔性支撑，其构件轴向刚度可按下式计算：

$$k_b = E \left(\frac{L_{bd}}{A_{bd}} + \frac{L_{bpres}}{A_{bpres}} + \frac{L_{blink}}{A_{blink}} \right)^{-1} \quad (5.3.12-1)$$

式中：

- k_b —— 支撑构件轴向刚度；
- L_{bd} 、 L_{bpres} 、 L_{blink} —— 变形集中段、预紧力施加段、端部连接段的各段长度；
- A_{bd} 、 A_{bpres} 、 A_{blink} —— 变形集中段、预紧力施加段、端部连接段各段的计算毛截面面积，当各段中截面有变化时，可取最小毛截面面积

积。

一个开间内布置的支撑的抗侧刚度仅应考虑受拉支撑的刚度，可按下式计算：

$$k_{bH} = k_b \frac{B^2}{B^2 + H^2} \quad (5.3.12-2)$$

5.3.13 屋顶水平构件可采用实腹梁或桁架式屋架。采用实腹梁时，应符合 5.3.1~5.3.3 条规定。采用桁架式屋架时，结构内力分析可采用杆件铰接连接的假定。桁架构件可采用钢管、其他型钢或冷成型钢，其中腹杆构件在不同荷载组合下内力均为拉力时也可采用圆钢或扁钢；构件计算符合现行国家规范《钢结构设计标准》GB50017，《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018 和本章相关各条的规定。

5.4 连接和节点设计

5.4.1 方钢管柱与 H 型钢梁应采用梁贯通式全螺栓外伸端板连接（图 5.4.1）。螺栓连接可采用承压型或摩擦型高强螺栓连接。连接至少应能够承受钢柱边缘屈服弯矩及产生的剪力的复合内力作用。方钢管柱端板应沿 H 型钢梁轴线向两侧外伸，两侧外伸端板处应各对称布置 2 个螺栓，宜使每侧螺栓群中心与 H 型钢梁翼缘的中心重合。与柱相连的 H 型梁腹板处应设置 3 道支承加劲肋，中间为通长加劲肋，两侧加劲肋的高度宜取梁高的 1/4~1/3。柱端板厚度不宜小于 10mm，梁腹板处支承加劲肋厚度不宜小于 4mm。柱与端板的连接应采用全熔透对接焊缝。

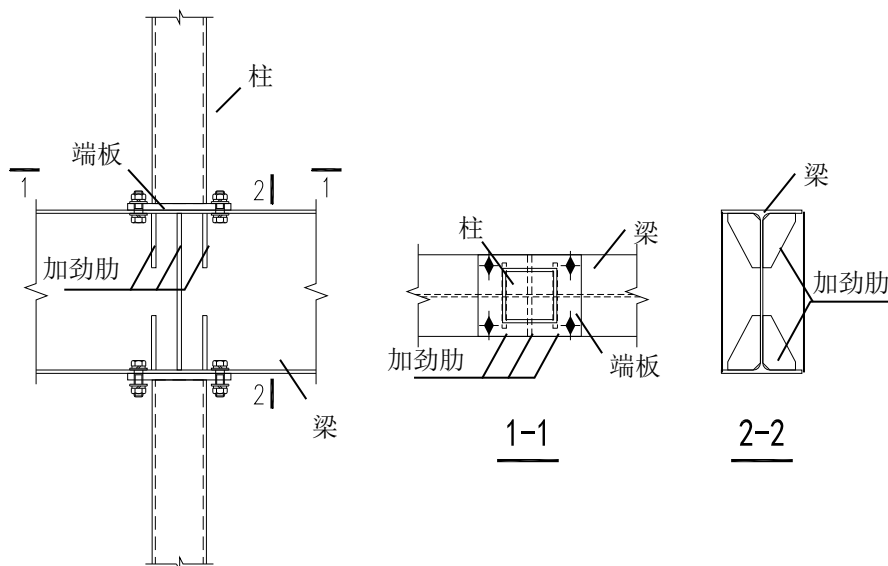


图 5.4.1 梁贯通式全螺栓端板连接

5.4.2 支撑与方钢管柱应采用节点板螺栓连接（图 5.4.2），宜采用摩擦型高强螺栓连接。连接承载力设计值应符合 5.3.11 条的规定。连接板可仅设 1 个连接螺栓。支撑的中心线应与梁

柱中心线交汇于一点，否则节点板和端板连接应考虑由于偏心产生的附加弯矩的影响。

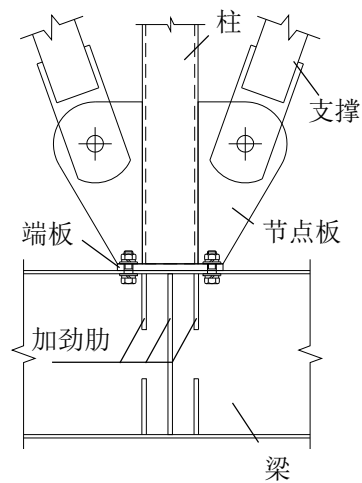


图 5.4.2 支撑与柱的节点板螺栓连接

5.4.3 主梁的拼接可采用平齐式端板螺栓连接（图 5.4.3），应设置在弯矩较小处。螺栓连接可采用承压型或摩擦型高强螺栓连接，端板厚度不宜小于 12mm，应按所受最大内力设计，且该连接抗弯承载力不应小于被连接主梁截面抗弯承载力设计值的 30%。

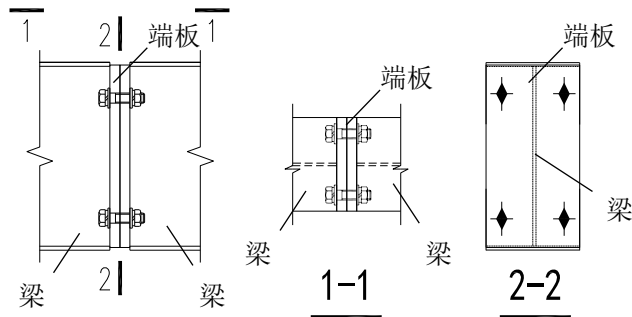


图 5.4.3 主梁的拼接

5.4.4 主梁与次梁的连接可采用剪切板螺栓连接或平齐式端板螺栓连接（图 5.4.4）。螺栓连接可采用承压型或摩擦型高强螺栓连接。

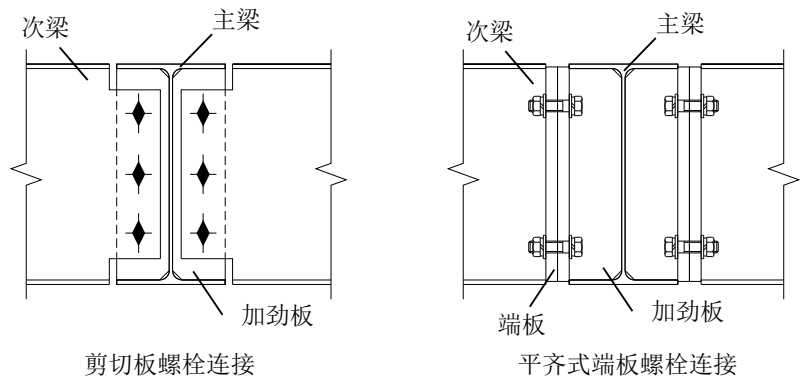


图 5.4.4 主梁与次梁的连接

5.4.5 钢柱脚宜采用预埋锚栓与柱底板连接的柱脚，并应符合下列要求：

- 1 柱脚锚栓的抗弯承载力不应小于设计内力，也不应小于柱截面抗弯承载力设计值的30%。
- 2 柱底板厚度不应小于柱壁厚度的1.5倍，且不小于12mm。
- 3 预埋锚栓直径不宜小于16mm，预埋锚栓的埋入深度不应小于锚栓直径的20倍。
- 4 钢柱脚在室内平面以下部分应采用钢丝网混凝土包裹。
- 5 柱间支撑所在跨的柱脚应设置抗剪键，无柱间支撑的钢柱柱脚可不设置抗剪键。

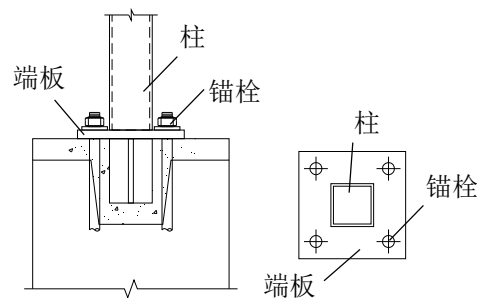


图 5.4.5 柱脚连接

5.4.6 螺栓连接节点应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的规定进行计算和设计，需要进行抗震验算的还应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定。

6. 楼屋盖、墙体与楼梯设计

6.1 一般规定

6.1.1 分层装配支撑钢框架房屋的楼屋盖、墙板与楼梯设计应符合建筑、结构的要求，预制混凝土楼屋盖、墙板与楼梯设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010、《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232 和行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

6.1.2 非承重预制墙板的混凝土强度等级不宜低于 C25。承重的预制墙板、预制楼（屋面）板和预制楼梯的混凝土强度等级不宜低于 C30，且不应低于 C25。预应力混凝土楼板的混凝土强度等级不宜低于 C40，且不应低于 C30。现浇混凝土强度等级不应低于 C25。ALC 楼板抗压强度标准值不应小于 5MPa，干密度 500~550Kg/m³，干收缩率不宜大于 0.8mm/m。

6.1.3 钢筋的选用应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定；预应力筋宜采用预应力螺旋肋钢丝、钢绞线，且强度标准值不宜低于 1570MPa。

6.1.4 预制楼（屋面）板、墙板与楼梯的吊环应采用未经冷加工的 HPB300 级钢筋制作。吊装用内埋式钢螺母、钢套筒或吊杆的材料应符合国家现行相关标准的规定。受力预埋件的锚板及锚筋材料应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定。专用预埋件及连接件应符合国家现行相关标准的规定。

6.1.5 预制楼（屋面）板、墙板与楼梯在翻转、运输、吊运、安装等短暂设计状况下的施工验算，应将楼（屋面）板、墙板与楼梯自重标准值乘以动力系数后作为等效静力荷载标准值。楼（屋面）板、墙板与楼梯运输、吊运时，动力系数可取 1.2-1.5；楼（屋面）板、墙板与楼梯翻转及安装过程中就位、临时固定时，动力系数可取 1.2。

6.2 楼盖设计

6.2.1 分层装配支撑钢框架房屋楼板宜采用预制带肋底板混凝土叠合楼板、预制钢筋桁架混凝土叠合楼板、预制混凝土楼板、预制预应力混凝土空心楼板或蒸压加气混凝土楼板（简称 ALC 楼板）。。

6.2.2 预制混凝土叠合楼板的设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 及《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1、《预制带肋底板混凝土叠合楼板技术规程》JGJ/T 258 的有关规定。

6.2.3 预制楼板的设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010、《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232、《预应力混凝土空心楼板》GB/T14040 和《蒸压加气混凝土板》GB/T 15762 的有关规定。

6.2.4 混凝土叠合楼板与钢梁应有可靠的连接措施。叠合楼板与钢梁之间设置的抗剪连接件应根据实际情况计算确定，并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 和《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232 的有关规定。叠合楼板搁置在钢梁上翼缘的支承长度不应小于 40mm。钢梁上翼缘应浇筑不少于 50mm 宽的混凝土。

6.2.5 叠合楼板中钢筋的混凝土保护层厚度除应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的要求外，尚应满足表 6.2.8 的规定。

表 6.2.5 叠合楼板耐火保护层最小厚度

楼板类型	约束条件	1. 0h		1. 5h	
		板厚 (mm)	耐火保护层 (mm)	板厚 (mm)	耐火保护层 (mm)
预应力叠合楼板	简支	—	22	—	30
	连续	110	15	120	20
非预应力叠合楼板	简支	—	10	—	20
	连续	90	10	90	10
部分预应力叠合楼板	简支	—	15	—	20
	连续	100	15	100	15

注：计算耐火保护层时，应包括抹灰粉刷层在内。

6.2.6 采用预制混凝土楼板、预制预应力混凝土空心楼板时，楼板与钢梁应有可靠的连接措施。预制楼板与钢梁之间设置的抗剪连接件应根据设计要求计算确定，并应设置防坠落措施。两块预制楼板的侧边板缝和端头板缝间宜采用钢连接件进行连接，钢连接件数量与连接构造根据抗震和抗风要求计算确定。预制楼板搁置在钢梁上的支承长度不宜小于 80mm 且不应小于 60mm。

6.2.7 采用 ALC 楼板时，可根据建筑功能要求采用 ALC 楼板或 ALC 楼板加整浇层两种方式。应根据受力情况采用合理的配筋，配筋满足《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ/T17 的相关要求。ALC 楼板厚度不应小于 120mm。当设计荷载大于 5kN/m² 时，ALC 楼板跨度不宜大于 2.4m。楼板与钢梁应采用穿筋压片和勾头螺栓与钢梁可靠连接。ALC 楼板的面内刚度需满足刚性楼板的要求，楼板下接近钢梁上翼缘处应设置楼面水平支撑。ALC 楼板可用于 4 层及以下且抗震设防烈度低于 8 度的建筑，不适用于直接承受较大集中荷载和冲击荷载的楼

面。

6.2.8 采用 ALC 楼板加整浇层时应刷界面剂。

6.3 屋盖设计

6.3.1 屋面板可采用轻钢屋面板、轻质混凝土夹心复合屋面板、预制预应力混凝土空心屋面板、ALC 屋面板。

6.3.2 屋面板采用轻钢屋面板时，可采用薄壁型钢梁或薄壁型钢桁架作为屋面的结构构件，且应具备完整的支撑体系，确保屋面结构稳定。

6.3.3 屋面板采用轻质混凝土夹心复合屋面板、预制预应力混凝土空心屋面板、ALC 屋面板时，屋面板与钢梁应有可靠的连接措施，并应设置防坠落措施。6.3.4 非上人屋面不宜设置女儿墙。如确有必要设置女儿墙，应有可靠的防风或防积雪的构造措施。

6.3.5 屋面板的保温、隔热、隔音、防水、防火与耐久性等应符合现行国家标准的有关规定。

6.4 外墙设计

6.4.1 分层装配支撑钢框架房屋的外墙可采用混凝土夹心复合外墙板、蒸压加气混凝土外墙板、轻钢龙骨复合外墙板及装饰纤维水泥外墙板等。

6.4.2 混凝土夹心复合外墙板宜采用细石普通混凝土或陶粒混凝土，强度等级不应低于 C20；内外叶混凝土板中的钢筋网片宜采用 HRB400、HPB300 级钢筋或冷拔镀锌钢丝；保温心板宜采用模塑聚苯乙烯泡沫板、挤塑板或聚氨酯，厚度应符合国家建筑节能设计标准的规定；拉结内外叶混凝土板可采用 HRB400 或 HPB300 级钢筋连接件、冷拔低碳钢丝连接件、不锈钢连接件和玻璃纤维增强非金属连接件，连接件均应具有规定的承载力、刚度和耐久性能，并应经过试验验证。

6.4.3 混凝土夹心复合外墙板内的预埋件的材料、品种、规格、型号应符合现行国家相关标准的规定和设计要求；预埋件应采取可靠防腐措施。

6.4.4 混凝土夹心复合外墙板在脱模、翻转、吊装用内埋式吊杆及配套吊具，应根据相应的产品标准和设计规定选用。

6.4.5 混凝土夹心复合外墙板应与钢梁采用柔性连接，可采取下托上拉式的连接节点，节点应采取可靠的防腐和防火措施。抗震设计时，罕遇地震作用下墙板与钢梁的连接节点在墙板

平面内应具有不小于 1/50 的层间位移角的变形能力。

6.4.6 混凝土夹心复合外墙板的受力分析可采用线性弹性方法，其计算简图应符合实际受力状态，截面设计应符合以下要求：

- 1 对持久设计状况，应对复合外墙板进行承载力、变形、裂缝控制验算；
- 2 对地震设计状况，应对复合外墙板进行承载力验算。

6.4.7 对混凝土夹心复合外墙板和连接节点进行承载力验算时，其结构重要性系数应不小于 1.0，连接节点的承载力抗震调整系数应取 2.0。支承复合外墙板的节点和结构构件应具有足够的承载力和刚度。

6.4.8 计算混凝土夹心复合外墙板及连接节点的承载力时，荷载组合的效应设计值应符合下列规定：

- 1 持久设计状况：

当风荷载效应起控制作用时：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_w S_{wk} \quad (6.4.8-1)$$

当永久荷载效应起控制作用时：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \psi_w \gamma_w S_{wk} \quad (6.4.8-2)$$

- 2 地震设计状况：

在水平地震作用下：

$$S_{Eh} = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \psi_w \gamma_w S_{wk} \quad (6.4.8-3)$$

在竖向地震作用下：

$$S_{Ev} = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Ev} S_{Evk} \quad (6.4.8-4)$$

式中：

S —基本组合的效应设计值；

S_{Eh} —水平地震作用组合的效应设计值；

S_{Ev} 一竖向地震作用组合的效应设计值;

S_{Gk} 一永久荷载标准值的效应;

S_{wk} 一风荷载标准值的效应;

S_{Ehk} 一水平地震作用标准值的效应;

S_{Evk} 一竖向地震作用标准值的效应;

γ_G 一永久荷载分项系数;

γ_w 一风荷载分项系数, 取 1.4;

γ_{Eh} 一水平地震作用分项系数, 取 1.3;

γ_{Ev} 一竖向地震作用分项系数, 取 1.3;

ψ_w 一风荷载组合系数。在持久设计状况下取 0.6, 地震设计状况下取 0.2。

6.4.9 计算混凝土夹心复合外墙板的面外水平地震作用标准值时, 可采用等效侧力法, 并按下式计算:

$$F_{Ehk} = \beta_E \alpha_{\max} G_k \quad (6.4.9)$$

式中: F_{Ehk} 一施加于复合外墙板重心处的水平地震作用标准值, 当验算墙板与主体结构的连接节点承载力时, 应乘以 2.0 的增大系数;

β_E 一动力放大系数, 可取 5.0;

$\alpha_{\max}$ —水平地震影响系数最大值, 应按表 6.4.9 采用;

G_k 一复合外墙板的重力荷载标准值。

表 6.4.9 水平地震影响系数最大值 $\alpha_{\max}$

抗震设防烈度	6 度	7 度	8 度	9 度
$\alpha_{\max}$	0.04	0.08 (0.12)	0.16 (0.24)	0.32

注: 抗震设防烈度 7、8 度时括号内数值分别用于设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区。

6.4.10 混凝土夹心复合外墙板的竖向地震作用标准值可取水平地震作用标准值的 0.65 倍。

6.4.11 混凝土夹心复合外墙板的高度不宜大于一个层高, 厚度不宜小于 100mm。

6.4.12 混凝土夹心复合外墙板宜采用双层双向配筋, 可施加预应力防止裂缝产生, 增加耐久

性能。

6.4.13 混凝土夹心复合外墙板最外层钢筋的混凝土保护层厚度除有专门要求外,应符合下列规定:

- 1 对石材或面砖饰面,不应小于 15mm;
- 2 对清水混凝土,不应小于 20mm;
- 3 对露骨料装饰面,应从最凹处混凝土表面计起,且不应小于 20mm。

6.4.14 轻钢龙骨复合墙的内部龙骨宜采用冷弯薄壁型钢,其承载力、刚度及构造要求应符合《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 相关规定。经退火、焊接和热镀锌等热处理的冷弯薄壁型钢构件不应采用考虑冷弯效应的强度设计值;墙面龙骨宜竖向布置。

6.4.15 当采用装饰纤维水泥墙板时,应符合《外墙用非承重纤维增强水泥板》JG/T396 中关于规格尺寸、原材料及配比、外观质量、物理性能等规定,并应采用干挂通气施工工法。装饰纤维水泥墙板应在工厂预制成型并完成涂装,且应具有供挂件连接的企口,并采用预制金属连接件进行连接。应采用单向钢龙骨支撑,板材横挂时使用竖龙骨,竖挂时使用横龙骨。墙板的左右接缝处应采用改良型硅酮密封胶连接,并应做密封处理,密封胶应符合《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T14683 相关规定。除打胶外宜采用二次防水构造。

6.4.16 外墙板的接缝应满足保温、隔热、防火、隔声、防水和耐久性的要求,竖缝宜采用平口或槽口构造,水平缝宜采用企口构造。接缝宽度应满足主体结构的层间位移、密封材料的变形能力、施工误差、温差引起变形等要求,且不应小于 15mm。外墙板的接缝及门窗洞口等防水薄弱部位宜采用材料防水和构造防水相结合的措施,

6.5 内墙设计

6.5.1 分层装配支撑钢框架房屋内墙可选用轻质条板、蒸压轻质加气混凝土板、轻钢龙骨墙板和预制整体式内墙板。内墙的隔音、防水、防火、承载力和刚度应符合国家现行相关标准的规定。

6.5.2 内墙材料应符合现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB50325 和《建筑材料放射性核素限量》GB6566 的规定,并应符合室内建筑装饰材料有害物质限量的规定,不得使用国家明令淘汰、禁止或限制使用的材料。

6.5.3 分层装配支撑钢框架房屋在地震时有较大的层间位移,内墙与钢梁或钢柱应采用柔性

连接，连接件应进行刚度与承载力验算，并满足耐久性要求。

6.5.4 内墙的抗冲击性能、单点吊挂力、抗弯破坏荷载、干燥收缩值、面密度、空气声计权隔声量、耐火极限、抗压强度、传热系数、软化系数、含水率等应符合国家现行相关标准的规定。

6.5.5 内墙间的板缝、墙板与钢梁或钢柱之间宜采用柔性材料填充。

6.6 楼梯设计

6.6.1 分层装配支撑钢框架房屋宜采用预制混凝土楼梯、钢楼梯、木楼梯或混合楼梯，并采用工业化、标准化产品。

6.6.2 分层装配支撑钢框架房屋的楼梯形式、尺寸、选型及栏杆、扶手应满足其使用要求，并满足现行国家标准的规定。

6.6.3 预制混凝土楼梯所使用的混凝土、钢筋的各项力学性能指标应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定；钢楼梯的材料性能和设计验算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的规定；木楼梯的材料性能和设计验算应符合现行国家标准《木结构设计规范》GB 50005 和《木质楼梯》GB/T 28994 的规定；混合楼梯的材料性能和设计验算应符合相应的国家标准和规范规定。

6.6.4 预制楼梯受力预埋件的锚筋应采用 HRB400 级钢筋或 HPB300 级钢筋，不应采用冷加工钢筋；吊环应采用未经冷加工的 HPB300 级钢筋制作。

6.6.5 对持久设计状况，应对预制混凝土楼梯进行承载力、变形、裂缝控制验算；对地震设计状况，应对预制楼梯进行承载力验算；对制作、运输和堆放、安装等短暂设计状况下的预制混凝土楼梯，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

6.6.6 用于固定连接件的预埋件与预埋吊件不宜兼用；当兼用时，应同时满足各种设计工况要求。各种预埋件的验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 等有关规定。

6.6.7 当采用预制混凝土板式楼梯时，梯段板厚度不宜小于 120mm，梯段板面、板底均应配置通长的纵向钢筋，最小配筋率应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

6.6.8 预制楼梯与钢梁之间宜采用简支连接，并应符合下列要求：

1 预制混凝土楼梯可一端设置简支铰、一端设置滑动层，其转动及滑动变形能力应满足结构层间位移的要求，且预制楼梯端部在钢梁上的最小搁置长度应符合表 6.6.8 的规定；

2 预制混凝土楼梯设置滑动层的端部应有防止滑落的构造措施。

表 6.6.8 预制楼梯在支承构件上的最小搁置长度

抗震设防烈度	6 度	7 度	8 度	9 度
最小搁置长度（mm）	75	75	100	120

7. 地基基础

7.1 一般规定

7.1.1 地基基础的设计等级应根据具体情况按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 选用。

7.1.2 根据建筑物地基基础设计等级及长期荷载作用下地基变形对上部结构的影响程度，地基基础设计应符合下列规定：

- 1 所有建筑物的地基计算均应满足承载力计算的有关规定；
- 2 除满足现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 规定的情况外，均应按地基变形设计；
- 3 对经常受水平荷载作用的建筑，以及建造在斜坡上或边坡附近的建筑物和构筑物，尚应验算其稳定性。

7.1.3 地基基础设计时，所采用的作用效应与相应的抗力限值应符合下列规定：

- 1 计算地基变形时，传至基础底面上的作用效应应按正常使用极限状态下作用的准永久组合，不应计入风荷载和地震作用；相应的限值应为地基变形允许值；
- 2 在确定基础承台高度、计算基础结构内力、确定配筋和验算材料强度时，上部结构传来的作用效应和相应的基底反力，应按承载能力极限状态下作用的基本组合，采用相应的分项系数；当需要验算基础裂缝宽度时，应按正常使用极限状态下作用的标准组合；
- 3 基础设计安全等级、结构设计使用年限、结构重要性系数应按有关规范的规定采用，但结构重要性系数 γ_0 不应小于 1.0。

7.1.4 地基基础的设计使用年限不应小于建筑结构设计使用年限。

7.2 现浇基础

7.2.1 低层结构现浇基础可采用独立基础或者条形基础等，基础的构造及设计应按照现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 选取。

7.2.2 基础的受弯承载力、受冲切承载力、受剪承载力应按照现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 进行验算。

7.3 预制基础

7.3.1 低层结构预制基础可采用预制独立基础或者预制条形基础。预制基础可采用全干法施工的方式，也可采用局部现浇的方式。

7.3.2 预制基础的结构计算可采用等同现浇基础的设计方法。预制基础的垫层厚度、配筋要求及相关构造要求均可参考现浇基础相关规范。

7.3.3 采用预制独立基础时，应根据柱底反力选用不同规格的预制独立基础。如柱底反力过大，可采用多个预制独立基础联合承担。

7.3.4 预制基础应有合理的钢柱锚固定位调节措施。

7.3.5 预制基础在工厂制作时其连接件定位精度应满足现场连接需求。基础混凝土强度应达到设计强度的 75%后方可出厂。

7.3.6 预制基础应设置满足吊装要求的吊装挂环或类似吊装预埋件。

7.3.7 预制基础的现场开挖尺寸需满足预制基础的安装要求。预制基础垫层宜采用不小于 100mm 厚度的砂石垫层，垫层标高及高差误差均不应超过 5mm。

8. 防腐与防火

8.1 一般规定

8.1.1 分层装配支撑钢框架房屋防火设计，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，做到安全适用、技术先进、经济合理。

8.1.2 分层装配支撑钢框架房屋防腐设计应遵循预防为主和防护结合的原则，保证结构在设计使用年限内的正常使用，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。

8.2 防火

8.2.1 分层装配支撑钢框架房屋应用于居住类建筑时，不超过 3 层按四级耐火等级，4 层～6 层按三级耐火等级。构件的设计耐火极限应根据建筑的耐火等级，符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《建筑钢结构防火技术规范》GB51249 的有关规定。

8.2.2 柱间支撑的设计耐火极限宜与柱相同。屋盖支撑和系杆的设计耐火极限宜与屋顶承重构件相同。转换梁托柱时，本跨梁的耐火极限与柱相同。下列情况下，柱间支撑、屋盖支撑和系杆的设计耐火极限可减少 0.5h：

- 1 室内设有自动喷水灭火系统全保护时；
- 2 构件被不燃烧材料遮蔽，遮蔽层厚度不小于 5cm，且具备防止脱落的构造。

8.2.3 分层装配支撑钢框架房屋的施工图设计文件应注明建筑的耐火等级、构件的设计耐火极限。构件的防火保护措施由深化图设计与施工单位结合安装和采购要求确定，但应经设计单位认可。

8.2.4 分层装配支撑钢框架结构构件的防火材料及防火保护措施的选择应满足：

- 1 不对所保护的钢构件产生锈蚀等有害影响，不与防腐保护等其它涂层发生不良反应；
- 2 施工期间、日常使用期间、受火时及受火后不产生对人体有毒害物质；
- 3 与钢构件结合紧密，当钢构件受正常使用变形，受火后发生允许变形时，防火保护措施应仍能保持原有的保护作用直至设计规定的耐火时间。
- 4 防火可采用结合室内精装修选材及构造的措施。

8.3 防腐

8.3.1 分层装配支撑钢框架房屋钢构件涂装前应清除焊渣、毛刺、飞溅等附着物，清除油脂和其它污物，对边角进行钝化处理。除锈等级不低于《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923、《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的要求。

8.3.2 当大气环境腐蚀性等级为Ⅳ（中腐蚀）、Ⅴ（较强腐蚀）、Ⅵ（强腐蚀）且钢构件无可靠的封闭包覆构造时，重要构件宜考虑采用热浸锌或冷喷铝锌处理，或选用耐候钢制作。

8.3.3 大气环境腐蚀性等级为Ⅰ（无腐蚀）、Ⅱ（弱腐蚀）、Ⅲ（轻腐蚀）时，钢构件应采取足够的防腐措施，并进行定期检查维护。钢构件中可能收集水和灰尘的凹陷部位，以及安装后难以进入检测、维修的区域，应遵循相关规范。

8.3.4 大气环境腐蚀性等级为Ⅰ（无腐蚀）、Ⅱ（弱腐蚀）、Ⅲ（轻腐蚀），且室内湿度常年低于 80%时，防腐涂装要求可适当降低。

8.3.5 焊缝、螺栓、垫圈、节点板等连接构件的耐腐蚀性能，不应低于主体材料。闭口截面的连接焊缝应采用连续施焊。垫圈不应采用弹簧垫圈。螺栓、螺母和垫圈安装后应采用与主体结构相同的防腐蚀措施。

8.3.6 钢柱柱脚宜以混凝土包裹，包裹段顶面高出地面不小于 100mm。如因建筑使用要求不能以混凝土包裹，则埋入混凝土或砂浆内的构件，在埋设界面以下应涂刷环氧富锌底漆，且漆膜厚度不小于 60 μm 。

8.3.7 分层装配支撑钢框架房屋钢结构的防腐涂装系统，应根据介质的腐蚀性等级和防护层使用年限等因素综合确定种类最小厚度。涂装系统可结合金属热喷（浸）涂、油漆涂层，并应满足 8.1.2 相关规范的规定。

8.3.8 长期处于潮湿环境时应避免使用 ALC 楼板，在室外等开放环境中应做好防水防潮处理。在有毒、有腐蚀性化学有害环境中采用 ALC 楼板应进行合理的防护处理。

8.3.9 用于固定 ALC 楼板的五金配件，除埋置于混凝土内的配件外，均应采取可靠的防腐措施。

9. 施工、验收及维护

9.1 一般规定

9.1.1 分层装配支撑钢框架房屋钢构件、装配式楼板、墙板、屋面板制作前应进行图纸深化，深化图应由设计单位审核确认。

9.1.2 应针对分层装配支撑钢框架房屋的具体情况，提出防腐和防火涂装的技术方案。技术方案应至少包括：满足设计要求的油漆配套、施工工艺、现场修补的配套和施工工艺、以及后期维护维修的配套和施工工艺等。应附上对采用的防腐和防火材料性能和注意事项的说明。

9.1.3 结构施工开始前应完成图纸及相关施工工艺文件准备。现场安装前应由施工单位编制安装施工组织设计，充分考虑在结构形成前的各种施工工况和应对措施。图纸、工艺文件及施工组织设计应在施工结束时根据施工实际记录完成修订，形成竣工文件并备案。

9.1.4 结构施工前，施工人员应熟悉施工详图、加工工艺、组装安装顺序、现场场地条件、吊装机械设备性能等、及有关技术文件的要求。现场安装开始前应检查构件的材质、规格、外观、尺寸、数量等均是否符合图纸、设计文件及规范要求，并填写实测记录。

9.1.5 钢结构及各部件运送到现场时，应同时提供完整的质量保证文件。

9.2 钢结构制作

9.2.1 钢构件下料应符合下列要求：

- 1 需要放样的工件应根据批准的施工详图放出足尺节点大样；
- 2 放样和号料应预留收缩量（包括现场焊接收缩量）及切割、铣端等需要的加工余量；
- 3 切割下料可采用机械剪切、气割、锯切、等离子切割和激光切割等方法。厚度小于6mm的小件板宜采用激光切割法以便于控制构件精度。

9.2.2 钢构件号料和切割应符合下列要求：

- 1 主要受力构件和需要弯曲的构件，在号料时应按工艺规定的方向取料，弯曲件的外侧不应有冲样点和伤痕缺陷；
- 2 号料应有利于切割和保证零件质量；
- 3 宽翼缘型钢等的下料，宜采用锯切。

9.2.3 梁的工厂拼接应避开跨中和柱两侧各 500mm。柱的工厂拼接一根柱仅允许一个接头。支撑型材部分不允许拼接，必须采用整根。

9.3 安装

9.3.1 结构安装时应遵循分层装配的原则，即下层结构主体安装校正完成、楼板安装完成并与钢梁形成可靠连接后方可进行上层结构安装。

9.3.2 结构每层主体安装应按柱、支撑、梁顺序安装。需保证结构单元处于稳定状态。如有必要可适当加设临时支撑。柱底锚栓宜设置调节螺母，以便控制钢柱安装精度。

9.3.3 钢柱脚预埋锚栓应精确定位，误差不超过 $\pm 2\text{mm}$ 。在柱底板与基础表面之间应预留 50mm~80mm 的间隙，并应采用灌浆料或细石混凝土填实间隙。钢结构安装前应对基础及预埋锚栓进行复测。如不符合钢结构误差调节要求，需对基础进行整改。

9.3.4 梁柱现场吊装应从下至上分层进行，下层柱位及钢柱垂直度调整完成、梁柱及支撑螺栓终拧后才能进行上部梁柱吊装。钢柱安装垂直精度应为层高的 1/1000 以内，钢柱定位精度应为偏差值不大于 $\pm 2\text{mm}$ 。

9.3.5 柱子安装时必须严格保证柱子的规格型号、安装位置、安装方向与设计图纸一致。

9.3.6 分层装配支撑钢框架房屋的柔性支撑应在施工初期、中期和主体完工时分三次进行张紧，张紧装置应采用套筒螺栓并有可靠的止退措施。应在钢梁安装时对支撑进行初步拧紧。应在本层钢结构安装完毕后进行上层楼板安装，然后进行第二次拧紧。钢结构主体与全部楼板安装完毕后进行第三次拧紧并应保持支撑处于张紧状态，预应力可控制在 50N/mm^2 。应根据套筒螺栓规格采用不同的预拉力，M14、M16、M18、M20、M22、M24、M27、M30 的套筒螺栓预拉力可采用扭矩扳手分别施加扭矩值 17、26、37、51、70、89、130、180N·m 进行控制。在上层构件安装前，应使下层柱间支撑处于张紧状态，并调整已安装层的垂直度及安装精度，以保证上部构件安装精度。

9.3.7 钢梁安装应从有支撑的柱群开始，且应双向同时安装，并尽快形成闭合结构，保证安装时的结构安全，然后以此为依托向外顺序安装。

9.3.8 楼板的安装应能保证与钢梁形成可靠连接，且不应影响上层结构柱和上层墙板连接件的安装。

9.3.9 内嵌式外墙板宜随层安装，外挂式墙板宜在分层结构或者若干层结构安装完成后形成

稳定的结构体系后进行。外墙安装时应对称同步安装。

9.3.10 墙板安装所使用的配件如嵌缝胶、紧固件等，均应采用高品质的产品保证耐久年限，并应符合相关国家标准。

9.3.11 墙板和楼板的安装应注意板、墙、梁三者之间的连接和边界问题，避免出现音桥、防火的局部薄弱点，避免出现钢结构暴露在流动空气中。

9.3.12 风力超过 6 级不允许进行钢结构和外墙板的安装。

9.3.13 吊装应平稳进行，防止构件碰撞造成变形、油漆脱落等。

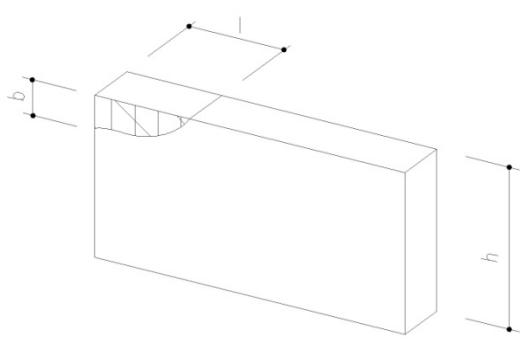
9.3.14 ALC 楼板安装时的接缝处应采用砂浆或细石混凝土填补。

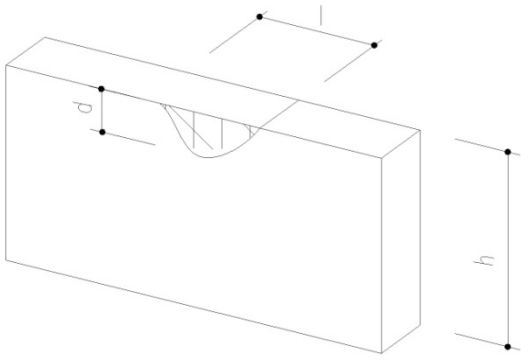
9.3.15 ALC 楼板搁置在钢梁上的搁置长度，应大于楼板跨度的 1/75 且大于 40mm。

9.3.16 ALC 楼板安装及临时搁置时应区分单侧配筋 ALC 楼板的配筋面，配筋一侧应作为受拉侧，搁置时应使 ALC 楼板处于简支受力状态。

9.3.17 ALC 楼板安装或运输过程有轻微破损时，应由专业厂家采用专用材料进行修补，且破损尺寸不应大于下表。

表 9.3.17 ALC 楼板容许破损尺寸

	破损位置	容许尺寸
角部破损容许值		ALC 楼板长度方向破损尺寸 寸 $b \leq 80\text{mm}$ $l \leq 300\text{mm}$ ALC 楼板宽度方向破损尺寸 寸 $b \leq 300\text{mm}$ $l \leq 80\text{mm}$

侧面破损容许值		$d \leq 80\text{mm}$ $l \leq 300\text{mm}$
---------	---	---

9.3.18 ALC 楼板不宜长时间存放于露天环境，运输及存储过程中应防潮防污。

9.4 验收

9.4.1 分层装配支撑钢框架房屋的钢构件制作、安装和验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的要求。墙板及内装修的验收应符合《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB50210 的要求。

9.4.2 分层装配支撑钢框架房屋基础工程、钢结构工程、装配式楼板工程、装配式墙板工程、装配式楼梯应单独划分为分部工程，各分部工程宜划分为制作、运输、安装等分项工程，每个分项工程可包含若干检验批。

9.4.3 钢结构材料的品种、规格、性能等应符合国家现行产品标准和设计要求，并附有质量合格证明文件。投入使用前应由有资质的检测单位完成材料的抽样复验工作并提供合格报告。抽样复验应符合设计要求和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的有关规定。

9.4.4 构件进场时应有专人验收，生产企业应提供产品合格证和质量检验报告。材料进场后，应按不同种类、不同安装次序堆放，并做好防潮、防雨、防晒措施。

9.4.5 分层装配支撑钢框架房屋钢结构梁、柱、板件的加工精度应符合表 9.4.5-1、9.4.5-2 的规定。

表 9.4.5-1 柱加工容许偏差 (mm)

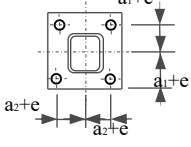
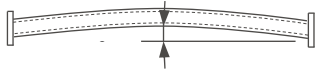
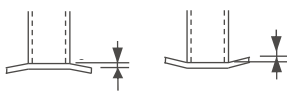
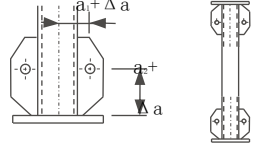
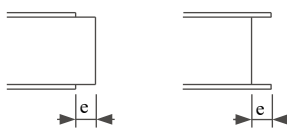
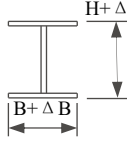
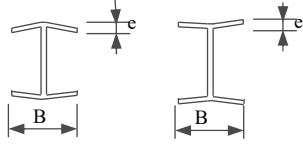
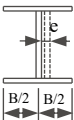
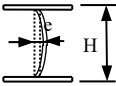
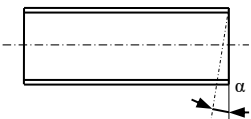
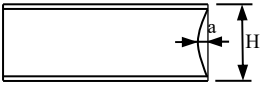
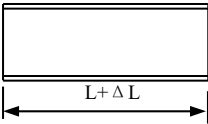
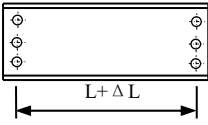
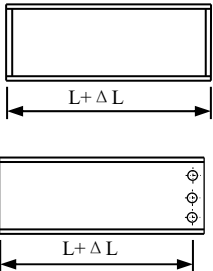
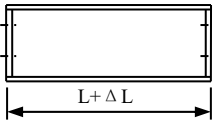
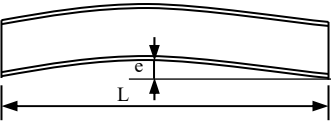
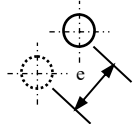
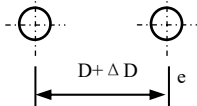
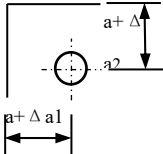
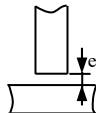
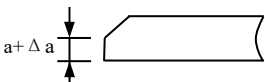
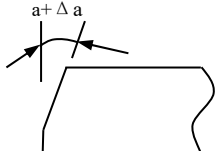
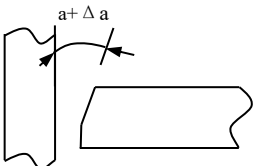
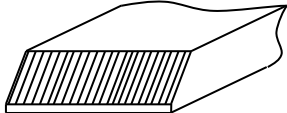
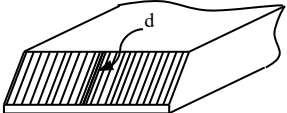
项目	允许偏差	图例	检查方法
柱下料切割长度	$-2 \leq \Delta L \leq 0$		用钢尺检查
柱底板安装位置	$-1 \leq \Delta L \leq 1$		用钢卷尺、金属直尺检查
钢柱弯曲度	$e \leq 1/1500$		硬钢丝或墨线水平仪 金属直尺 (角尺) 钢制卷尺
柱底板、顶部折弯及凹凸	$e \leq 2$		金属直尺 (角尺) 测厚规
连柱小件板的安装位置	$-2 \leq \Delta a \leq 2$		金属直尺 (角尺) 钢制卷尺

表 9.4.5-2 梁、板件加工容许偏差 (mm)

项目	允许偏差	图例	检查方法
组立焊 H 型钢的端部腹板与翼缘平整度 e	$e \leq 2$		用钢尺检查
组立焊 H 型钢截面高度、宽度误差	$\Delta B \leq \pm 1.5$ $\Delta H \leq \pm 1.5$		用钢卷尺、金属直尺检查
H 型钢翼缘平直度	$e \leq B/100$ 且 $e \leq 1$		矩尺 测隙规 金属直尺 夹具

腹板中心的偏离 尺寸	$e \leq 2$		用游标卡尺、金属直尺 测量
腹板弯曲度	$e \leq H/150$ 且 $e \leq 4$		用金属直尺, 测隙规测量
切割面直角度	$\alpha \leq 0.5^\circ$		金属直尺 矩尺 测隙规
切割面的缺口	$a \leq H/200$		金属直尺 角尺 测隙规
切割长度	两端有孔 $-1 \leq \Delta L \leq 1$ 两端有端板 $-2 \leq \Delta L \leq 2$		卷尺
梁孔间距	$-2 \leq \Delta L \leq 2$		卷尺
梁的长度	$-2 \leq \Delta L \leq 2$		钢制卷尺 金属直尺 矩尺
带端板梁长	$-2 \leq \Delta L \leq 2$		钢制卷尺
梁的弯曲程度	$e \leq L/1000$ 且 $e \leq 10$		硬钢丝或墨线 水准仪 金属直尺 卷尺

孔定位尺寸偏差	$e \leq 1$		卷尺 金属直尺
孔间距	$-1 \leq e \leq +1$		卷尺 金属直尺
孔至构件边距	$\Delta a_1 \geq -2$ $\Delta a_2 \geq -2$		卷尺 金属直尺
T型焊缝间隙	$e \leq 2$		测隙规
坡口焊槽口剩余面	$\Delta a \leq 1$		游标卡尺
斜角	$\Delta a \geq -2.5^\circ$		焊接用测规 坡口测规
坡口角度	$\Delta a \geq -2.5^\circ$		焊接用测规 坡口测规
切割面的平整度	粗糙度 $100\mu m$ 以下		对比试验片比较 通常目视即可判断

切割面的槽口深度	$d \leq 0.5$		焊接用侧规 通常目视即可判断
----------	--------------	---	-------------------

9.4.6 分层装配支撑钢框架房屋工程验收时应提交下列资料：

- 1 设计单位审核确认的部品部件深化设计加工图、设计变更文件。
- 2 各种预制部品部件的产品合格证书、产品检测报告、进场验收记录和复试报告。
- 3 分项分部工程验收记录、隐蔽工程验收记录。

9.5 检查与维护

9.5.1 分层装配支撑钢框架房屋建造竣工时应应对钢结构的围护进行全面检查，竣工验收后检查间隔年限可根据围护材料厂家产品性能作相应规定。

9.5.2 钢结构的维护应满足以下要求：

- 1 维护年限可根据围护材料厂家产品性能作相应规定。
- 2 维护措施为对破损涂装或防火涂料进行修补，对易损墙板及构件进行替换等。
- 3 当采用电泳、镀锌等高性能防锈处理维护措施，可延长维护年限或免维护。
- 4 设计、加工制作及安装过程中应预留维护空间，以便于易损件的拆装更换。

9.5.3 外墙板的维护应满足以下要求：

1 预制混凝土外墙板应定期检查外立面防水层的完整性，定期对破损部位进行修补。应采用不宜老化的接缝胶或接缝材料对外墙板进行接缝处理，根据产品使用年限对接缝胶或接缝材料进行维护或更换。

2 当采用复合墙板时，应采用耐老化、耐腐蚀板材。与墙板材相配套的接缝胶及接缝材应具备耐老化腐蚀能力，并定期对相关部件进行维护更换。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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，在一定条件下可这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其它有关标准执行的写法，为“应符合……的规定”或“应按照……执行”。

引用标准名录

《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923

《建筑结构荷载规范》GB 50009

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《建筑抗震设计规范》GB 50011

《钢结构设计标准》GB 50017

《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018

《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068

《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083

《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232

《混凝土强度检验评定标准》GB 50107

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205

《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300

《碳素结构钢》GB/T 700

《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 1228-1231

《焊接术语》GB/T 3375

《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》 GB/T 3632
《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
《非合金钢及细晶粒钢焊条》 GB/T 5117
《六角头螺栓-C 级》 GB/T 5780
《六角头螺栓》 GB/T 5782
《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》 GB/T 8110
《轻型钢结构住宅技术规程》 JGJ 209
《建筑钢结构焊接技术规程》 JGJ 81
《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ 99
《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1
《预应力混凝土空心楼板》 GB/T 14040
《蒸压加气混凝土板》 GB/T 15762
《预制带肋底板混凝土叠合楼板技术规程》 JGJ/T 258
《建筑钢结构焊接技术规程》 JGJ 81
《建筑结构用冷弯矩形钢管》 JG/T 178
《钢管混凝土结构技术规范》 GB50936
《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》 GB51022
《建筑钢结构防火技术规范》 GB51249
《工业建筑防腐蚀设计规范》 GB50046
《蒸压加气混凝土应用技术规程》 JGJ/T 17
《外墙用非承重纤维增强水泥板》 JG/T396
《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》 GB/T14683
《建筑装饰装修工程质量验收规范》 GB50210

分层装配支撑钢框架房屋 技术规程

Technical specification for buildings with floor-by-floor
assembled steel braced frames

条文说明

《分层装配支撑钢框架房屋技术规程》编制组

2018 年 11 月

目 次

1	总则	(41)
2	术语和符号	(42)
3	基本规定	(43)
4	建筑设计	(44)
4.1	一般规定	(44)
4.2	平面与空间	(44)
4.3	设计协同	(44)
5	结构设计	(45)
5.1	一般规定	(45)
5.2	结构形式、布置和分析	(45)
5.3	构件设计	(47)
5.4	连接和节点设计	(50)
6	楼屋盖、墙板与楼梯设计	(53)
6.2	楼盖设计	(53)
6.3	屋盖设计	(55)
6.4	外墙设计	(55)
6.6	楼梯设计	(58)
7	地基基础	(59)
7.1	一般规定	(59)
7.2	现浇基础	(59)
7.3	预制基础	(59)
8	防腐与防火	(60)
8.1	一般规定	(60)
8.2	防火	(60)
8.3	防腐	(61)
9	施工、验收及维护	(63)
9.1	一般规定	(63)
9.3	安装	(63)
9.4	验收	(64)

1. 总则

1.0.2 以分层装配支撑钢框架为结构体系的低多层房屋主要适用于民用建筑，包括居住类建筑如住宅、宿舍、公寓、旅馆、农居，公共服务类建筑如学校、医院、办公用房等。

2. 术语和符号

本规程对分层装配支撑钢框架房屋涉及的一些重要术语和符号做了专门说明。

3. 基本规定

3.1.1 分层装配支撑钢框架房屋应符合国家有关住宅性能技术标准的要求，包括住宅的适用性能、安全性能、耐久性能、环境性能和经济性能。

3.1.2 分层装配支撑钢框架房屋应能为老年人和残疾人提供良好的使用功能空间和条件。当设置电梯间时，结构设计需要采取专门的技术和构造措施，使得电梯间不参与分层装配结构体系的抗侧力机制。

3.1.3 分层装配支撑钢框架房屋可以实现很高的预制化、装配化水平。其结构体系的钢构件可以实现工厂全预制，施工现场全螺栓连接；也可以配置预制叠合楼板或全预制轻型楼板如ALC板，以及预制的内外墙板，从而大幅减少现场湿作业；在经济较为发达的区域建造此类房屋时，还可由建造方负责完成房屋精装修，避免二次装修增加废弃物、造成对结构构件和其防火防腐涂装的损坏。应根据不同的需求和条件，在设计和施工时，考虑结构构件、围护构件、部品、装修等不同方面最大程度地提高预制化和装配化水平。

3.1.4 结构竖向不应出现不规则项，以避免出现薄弱层破坏。对于平面不规则项，结构不应出现凹凸不规则和楼板局部不连续。根据振动台试验结果，结构在发生较大扭转之后，并没有出现显著的破坏现象，因此允许出现扭转不规则，并在分析之中计入扭转影响。根据振动台试验结果，建议在结构的两个平动方向中，至少有一个方向上的支撑需要布置在两侧的边梃。当满足此条件时可采用调整地震作用效应的方法计入扭转影响；不满足此条件时，应计入双向水平地震作用下的扭转影响。

3.1.5 在日本建造的3层及以下的分层装配支撑钢框架房屋，经已发生的大地震实际考验，能够免于倒塌和过大残余变形。计算分析表明，规则布置的分层装配支撑钢框架结构，即使达到8层楼高度，也可以满足不同设防烈度地区的抗震设计要求。根据加拿大规范CSA 16，只拉不压支撑可以应用于Conventional construction这一结构类别之中。规定当 $S_a(0.2)$ （周期为0.2s时的设计谱加速度）不大于0.35g时，结构的高度不做限制；当 $S_a(0.2)$ 大于0.35g时，结构的最大高度限值为15m。我国规范中设防烈度为7度（0.15g）时，对应的 $S_a(0.2)$ 为0.34g；设防烈度为8度（0.2g）时，对应的 $S_a(0.2)$ 为0.45g。基于以上研究，并考虑到目前已有的工程建造经验，以及对这类结构震后可恢复性能的利用，本规程规定在6-7度抗震设防区适用于层数不超过6层、高度不超过24m的房屋，在8度抗震设防区适用于层数不超过4层、高度不超过15m的房屋。在9度抗震设防区适用于层数不超过3层、高度不超过12m的房屋。另规定最大层高不超过4m。

4. 建筑设计

4.1 一般规定

4.1.1 分层装配支撑钢框架房屋建筑设计在方法及内容上与传统建造方式有明显不同，是一种新型的建造方式，因此应进行技术策划工作，主要统筹建筑设计、构件部品生产、施工建造和运营维护各个环节。全装配时，建筑、结构、机电、内装、造价等专业应密切配合，研究主体构件及内装部品整体应用的技术经济性和可建造性。

4.1.2 分层装配支撑钢框架房屋应以少规格多组合的原则进行设计，主体构件和内装部品应选用通用化与系列化的参数尺寸与规格产品，以提高重复使用率、减少构件部品种类，既可经济合理的确保质量，也利于组织生产与施工安装。

4.1.3 在以往工业化建造实践中，特别是居住建筑，通过采用建筑结构体与建筑内装系统相分离的方式，解决了批量化生产中标准化与多样化需求之间的核心问题，既满足了居住需求的适应性，也提高了工程质量和居住品质，实现了节能环保与建筑的长寿命。

4.2 平面与空间

4.2.1 从分层装配支撑钢框架房屋的可建造性出发，平面与空间设计除应满足功能外，以标准化为基础的模块化方法设计，应采用不同层级的通用模块，并确立各层级模块的标准化和系列化的尺寸体系。如住宅的套型模块由若干个不同功能空间及部品模块构成，通过不同层级的模块组合可满足多样性需求。

4.2.3 分层装配支撑钢框架房屋共用管线和公共立管应相对集中、布置紧凑，宜设置在共用空间部位，便于检修。

4.2.4 分层装配支撑钢框架房屋建筑设计应考虑该结构的特点，合理布置或预留交叉支撑的设置部位，应考虑柱截面小的特点，将其隐藏在墙体之中。

4.3 设计协同

4.3.2 分层装配支撑钢框架房屋应结合建筑信息模型技术进行设计协同工作，贯通设计信息与构件部品的生产运输、装配施工和运营维护等各环节，通过信息化技术设计提高工程建设各阶段各专业之间协同配合的效率、质量和管理水平。分层装配支撑钢框架房屋可采用建筑物联网技术，统筹构件部品设计与生产施工和运营维护，对构件部品的建筑全寿命期进行质量追溯。

5. 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 关于分层装配支撑钢框架结构材料是引自现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的规定。推荐宜采用 Q235-B 碳素结构钢以及 Q345-B 低合金高强度结构钢，主要是这两种牌号的钢材具有多年的生产与使用经验，材质稳定，性能可靠，经济指标较好。且 B 级钢材具有常温冲击韧性的合格保证，满足房屋环境的使用温度。当对冲击韧性不作交货保证时，也可以采用 Q345-A。当对房屋结构有震后功能可恢复性能要求时，从延缓和减轻主框架损伤角度出发，宜优先采用高强钢柱，详见 Yueshi Chen, Wei Wang*, Yiyi Chen. (2017). “High strength steel for resilience of beam-through frames.” Structures and Buildings, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 170(SB9), 664-676。

5.1.2 该条是引自现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 和《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定。

5.1.3 对于冷加工成型的钢材，当壁厚不大于 6mm 的材料强度设计值按该现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018 的规定取值，但构件计算公式仍然采用现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的规定。当壁厚大于 6mm 的材料设计强度和构件计算公式都按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的规定执行。

5.1.4 该条是引自现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的规定。

5.1.7 根据现行国家规范《建筑抗震设计规范》GB50011，小震作用下的层间弹性变形计算为正常使用极限状态计算，采用非地震作用时正常使用极限状态的同一变形限值。

5.2 结构形式、布置和分析

5.2.1 柱间支撑一般为柔性支撑；柱子为具有较大弹性变形能力的细长构件，在层间变形达到 1/100 左右时应能保持弹性，1/50 左右时应使柱子截面塑性发展不超过截面高度的 1/4，以使得结构具有震后可恢复性，仅需替换柔性支撑即可重新投入使用。考虑节点半刚性的柱抗侧刚度为 $k_c = k_{c0}(1 + 6i_c/k_j)^{-1}$ ，其中 $k_{c0} = 12EI_c/L_c^3$ ， k_j 为柱端转动约束刚度， i_c 为柱子的线刚度。若按照柱子在层间位移角达到 1/100 时能够保持弹性的原则，估算其计算长度系数为

1.0 时的长细比 λ_c ，则 $\frac{\Delta}{L_c} = \frac{F_c/L_c}{k_c} = \frac{2W_e f_y / L_c^2}{12EI_c/L_c^3(1 + 6i_c/k_j)} = \frac{1}{6} \frac{f_y}{E} \frac{W_e L_c}{I_c} (1 + 6i_c/k_j) = \frac{1}{6} \frac{f_y}{E} \lambda_c \frac{2}{b}$

$$\sqrt{\frac{I_c}{A}} (1 + 6i_c/k_j) \geq \frac{1}{100}, \quad b \text{ 为柱子截面高度, 如柱截面为薄壁方管, 有 } \frac{2}{b} \sqrt{\frac{I_c}{A}} = \frac{2}{b}$$

$$\sqrt{\frac{2b^3t/3}{4bt}} = \frac{2}{\sqrt{6}}, \quad \text{即 } \lambda_c \geq \frac{1}{100} \sqrt{6} \frac{E}{f_y} \frac{1}{1 + 6i_c/k_j} = \frac{6442}{100} \frac{235}{f_y} \frac{1}{1 + 6i_c/k_j}.$$

根据以上推导, 当两端半刚接 $k_j/i_c=8$ 时, 若钢材为 Q345, 长细比下限为 25。当两端刚接, 若钢材为 Q235, 长细比下限可达 65。分层装配支撑钢框架结构体系不同于柱贯通式结构体系, 无需满足强柱弱梁的要求。5.2.5 条对支撑抗侧刚度竖向布置做了规定, 以避免薄弱层的出现。同济大学进行了足尺房屋振动台实验, 表明分层装配支撑钢框架结构具有良好的抗震性能。按 7 度多遇地震弹性设计的结构, 当经历 9 度罕遇地震时, 仅柱梁连接部位发生微小塑性。当结构层间位移角达到 1/30 时, 仍然可以在地震后基本恢复原位。

5.2.2 在梁柱节点处保持梁贯通、柱分层的方式不但构造简单, 且每根柱子长度仅相当于层高 (3-4m), 重量轻, 可不使用起重设备而直接人工安装。采用柱梁构件逐层顺次安装方式, 可在底层梁安装完成, 从而形成施工平台后进行上一层柱的安装, 因而有效减少高空作业, 在提高安全性的同时大大提升了装配效率。这种类似于搭积木的“分层装配”构法业已成为国外许多工业化建筑结构的主要特点之一。此外, 针对“上层有柱, 下层抽柱”等一些建筑平面布置上的特殊要求, 采用这种“梁担柱”的方式容易实现上下层柱的错位布置而加大了平面设计的灵活性。从结构性能看, 与传统的柱贯通式体系相比, 这种梁贯通式体系因具有以下特点而实现了结构安全性与建造效率的平衡: 1) 连续梁效应, 即贯通梁均为连续梁, 与相同截面和跨度的简支梁相比具有抗弯刚度大, 跨中挠曲变形小的特点。2) “扁担”效应, 即与截面尺寸较小的方钢管柱相比, 与之相连且线刚度很大的 H 形钢梁犹如一根扁担协调所连接柱子之间的变形, 起到内力再分配的作用。尤其对支撑两侧的柱子而言, 可通过梁的扁担效应将由支撑传来的附加轴力分配至其他柱, 从而减轻自身的负荷。3) 不追求强柱弱梁, 即由于该结构体系适用对象限定为低多层建筑, 且已控制柱轴压比不超过 0.4, 根据《建筑抗震设计规范》GB 50011 第 8.2.5 条, 可不做强柱弱梁要求。

5.2.3 梁跨度均匀, 可以减少梁的型号, 保证规格化并降低用钢量; 钢柱布置均匀, 钢柱的承载及传至基础的荷载差异小, 使钢柱和基础规格化。

5.2.4 由于柱构件在同一层长度相同, 钢梁应采用同一高度截面。为了减小楼板跨度或支承局部隔墙, 需要设置次梁。

5.2.5 钢结构安装过程中楼板刚度尚未形成时, 结构的稳定性主要由支撑保证; 以及考虑结构抗连续性倒塌的能力, 柱间支撑布置越分散, 结构抗侧刚度平面分布越均匀, 对结构侧向

稳定越有利，尤其是边柱列应尽量布置支撑。另外柱间支撑的布置不宜过于偏置，以避免结构扭转刚度过低。

5.2.6 按非地震作用组合或小震作用的地震作用组合进行结构计算时，分层装配支撑钢框架体系的钢柱仅用于承受竖向力，不承受水平荷载，这样可以提高钢柱截面承载效率，减小截面从而有利于控制墙体厚度。

5.2.7 分层装配支撑钢框架结构体系采用梁贯通的结构形式，柱与梁的端板连接节点转动刚度较小，且采用了柔性支撑，故柱两端节点及支撑节点均可以假定为理想铰接。这种设计理念使得柱截面可以很小，并且可采用全螺栓连接的节点构造方式。柱子仅承受竖向荷载，其轴向力主要与其水平受荷面积相关。所有侧向荷载均由柱间支撑承担，可以假定楼面所有节点位移相同，侧向力在柱间支撑之间的分配可根据其自身刚度来计算。柱与梁的连接节点为扩大式端板连接节点，实际上具有一定的抗弯刚度和抗弯承载力。通过实验验证，该抗弯刚度和抗弯承载力为结构在往复地震作用下提供了可靠的第二道防线，并使得支撑屈服后，结构在地震作用下的变形能够恢复。

5.2.9 分层装配支撑钢框架结构体系设计简单，可以根据荷载分配进行手算。

5.2.10 计算时假定所有侧向力由支撑承担，既可以保证安全，又简化了计算。

5.2.11 经过试验和数值分析的结果验证，结构按照小震弹性的设计思路，可以保证结构在罕遇地震时其侧移指标满足《建筑抗震设计规范》GB50011 的要求。结构阻尼比按照《建筑抗震设计规范》GB50011 之中的规定进行取值，即在多遇地震的作用下取 0.04，罕遇地震作用下取 0.05。由于分层装配支撑钢框架结构体系一般用于低层建筑且实验验证其抗震性能良好，为了简化设计过程，结合实验结果和部分分析成果，规定设计时仅需进行小震弹性验算即可。根据振动台试验的结果，墙板与主体结构采用柔性连接时，对于结构在多遇地震作用下的地震周期影响不大，因此不考虑周期折减。在本规程之中规定梁的线刚度不小于柱子的 3 倍。在此范围之内，继续放大梁的刚度对于结构的抗侧刚度和自振周期影响很小，因此不考虑框架梁的刚度放大系数。

5.3 构件设计

5.3.1 在日本建造的 3 层及以下的分层装配支撑钢框架房屋，经已发生的大地震实际考验，能够免于倒塌和过大残余变形。分层装配支撑钢框架结构的柱、梁、支撑等构件，可以采用热轧型钢（钢管）、冷弯型钢和冷弯薄壁型钢、高频焊接 H 型钢以及焊接组合截面，构件

计算时需根据不同的成型方式以及板件宽厚比,适用不同规范(规程、标准)对板件最小厚度的规定和相应的计算规定。

5.3.2 同层框架梁采取同一截面高度有利于规格化制作和标准化连接,不与钢柱连接的次梁(一般是为了减小楼板跨度或支承局部隔墙而设置)可以采用更小的截面。根据4.2节结构布置和分析规定,分层装配支撑钢框架按柱端与梁铰接连接的假定建立计算模型。当柱端采用端板式螺栓连接时,因柱截面形式选用和梁宽限制等原因,可能使得实际构造是半刚接或接近刚接。在此情况下,当满足梁、柱弯曲线刚度比大于或等于3的要求时,竖向荷载作用下柱端产生的实际弯矩(除端柱外)一般仅为梁端弯矩的5%左右,可以认为与铰接连接的假定所得计算结果相差不大。本条梁、柱弯曲线刚度的比较,针对与同一节点相连的构件而言。

5.3.3 无楼板搁置的梁例如楼梯洞口边梁,当外墙板连接于梁的一侧时,梁受到较大的偏心荷载作用,产生弯矩和扭矩。

5.3.4 当柱两端与梁的连接按铰接假定处理时,绕其截面两主轴方向的长细比如相同则有利于提升构件轴压整体稳定性的材料效率,故推荐优先采用方钢管截面;圆管截面虽也有助于等稳定性,但墙体安装处理上构造复杂。

虽然柱子按两端铰接连接假定进行设计,但在超过设防烈度的地震作用下,支撑发展较大塑性后,柱子将承受逐渐增加的剪力和弯矩作用而成为压弯构件。为保证构件必要的承载能力和变形能力,对于长细比较大的柱子需要控制其轴压比。结构试验表明,轴压比在0.3之下时,柱子可以保持其良好的承载和变形性能;由于试验中施加的是实际轴压比,故在控制轴压比时,采用轴压标准值即可。与支撑相连的柱子在计算强度和稳定性时需要考虑支撑传递的附加轴力,按5.3.5条规定进行计算。

轴压比计算公式中屈服轴力未考虑荷载分项系数,故其设计轴压比其实可达 $0.3 \times 1.3 = 0.39 \approx 0.4$;按照本条第4款如用到最大长细比120,则方管柱按b类曲线,稳定系数为0.432,所以从总控上应不再放大。由于采用了“不宜”的规定,当超过本条规定时,应进行结构整体在大震下的非线性分析以防止结构地震中倒塌。

由于柱端实际构造可能呈现半刚接甚至接近刚接的性质,为使弹性设计中结构所受水平力主要由支撑负担,需按式(5.3.4-2)控制柱构件的抗侧刚度。根据理论推导,柱子两端转动约束连接时,其抗侧刚度为 $k_c = k_{c0}(1 + 6i_c/k_j)^{-1}$,其中 $k_{c0} = 12EI_c/L_c^3$, k_j 为柱端转动约束刚度。而根据试验数据统计,按2~6层高度设计的柱梁节点试件,其刚度 k_j 的取值范围大约是柱弯曲线刚度 i_c 的2~30倍(试验实测数据来源于刘浩晋“全螺栓现场连接梁贯通式节点

性能研究”，同济大学硕士学位论文，2012.03；王慧“贯通式H梁-方管端板连接节点试验研究”，同济大学硕士学位论文，2016.03），则当满足式（5.3.4-2）时，柱群分配到的水平力大约是同层支撑负担水平力的4~16%。考虑到对柱子轴压比的控制，则在结构弹性分析和设计时，按仅承受轴力对柱子进行计算是可以满足要求的。

本条第3款的规定，系考虑柱子作为整个结构的二道防线应保持必要的水平承载力。柱子作为结构抵抗地震作用的二道防线，在支撑失去水平刚度后逐渐承受较大水平力。此时在满足本条第2款公式（5.3.4-2）的情况下，结构周期将提高2倍以上（ $T_{EP} = T_E \sqrt{K_E}$ ； $\sqrt{K_{EP}} \geq \sqrt{5}$ ， T_E 、 T_{EP} 分别为结构弹性周期和支撑失去刚度之后的周期， K_E 、 K_{EP} 分别为结构弹性阶段和支撑失去刚度阶段的第一周期），根据反应谱，取此时结构阻尼为0.05，则在不同的场地特征周期下，地震最大影响系数约为弹性阶段的0.2~0.5倍范围。考虑到支撑受拉屈服后在很大的变形范围内仍然能够保持其屈服承载力，可以继续提供水平抗力，以及地震作用峰值后的地面加速度降低等因素，此处取相当设防烈度（中震）水平的25%（约相当于小震烈度的75%）作为柱子需要保持的承载力。公式（5.3.4-3）没有计入柱上轴力对水平承载力的不利影响，但本条第一款已限制了轴压比，使得轴力对水平承载力的不利影响不超过10%，另外，作为储备，式中也未考虑柱子截面的全塑性发展和材料强化的有利影响。

本条第4款的规定，既考虑框架柱具有较大弹性变形要求，又限制过大长细比影响构件在地震作用下的整体稳定性。考虑柱子在相对侧移达到 1/100 能够保持弹性，按两端刚接估计，则 $\frac{\Delta}{L_c} = \frac{F_c/L_c}{K_c} = \frac{2W_c f_y/L_c^2}{12EI_c/L_c^3} = \frac{1}{6} \frac{f_y}{E} \frac{W_c L_c}{I_c} = \frac{1}{6} \frac{f_y}{E} \lambda_c \frac{2}{b} \sqrt{\frac{I_c}{A}} \geq \frac{1}{100}$ ， b 为柱子截面高度，如柱截面为薄壁方管，有 $\frac{2}{b} \sqrt{\frac{I_c}{A}} = \frac{2}{b} \sqrt{\frac{2b^3 t/3}{4bt}} = \frac{2}{\sqrt{6}}$ ，即 $\lambda_c \geq \frac{1}{100} 3\sqrt{6} \frac{E}{f_y} = \frac{6442}{100} \frac{235}{f_y}$ ，即当柱长细比大于 65 即可满足弯剪条件下 1/100 相对变形时仍为弹性。

5.3.5 根据弹性计算，当梁柱弯曲线刚度比满足4.3.2条规定时，虽然内柱仅产生很小弯矩因而可以在计算中予以忽略，边柱柱端弯矩则为该处梁端弯矩的50%，但该处梁端弯矩在梁长范围内不是最大值；根据多跨框架的弹性计算，边柱柱端弯矩约为梁长范围内最大弯矩值的15~20%。

5.3.7 计算分析中假定支撑能提供足够的侧向刚度。长细比较大的方钢管柱（5.3.4条第4款）通过端板螺栓与刚度很大的框架梁（5.3.2条）连接时，当连接螺栓布置于柱子截面外周时，梁柱连接可以满足刚性连接的要求。在此条件下，分别计算无侧移刚架和有侧移刚架的稳定承载力，并采用现行《钢结构设计标准》的判断方法，可以得出分层装配支撑钢框架能归为

强支撑框架。

5.3.8 柔性支撑是该结构体系最为重要的抗侧力构件，其设计除考虑弹性刚度、屈服承载力外，还需具有优良的延性。本条第1款规定了其设计承载力最低要求，第2款规定了保证其延性的构造要求。当采用花篮螺栓时，考虑目前普遍应用的花篮螺栓具有脆性性质，其强度应不小于支撑变形集中段承载力设计值的1.5倍。

5.3.9 式（5.3.9）系根据弹性设计时框架层间变形容许值引起的变形不超过支撑弹性变形限值的要求推导得出。当层间变形容许值取1/250时，如支撑变形集中段采用Q235钢材，则 $0.318 \leq B/H \leq 3.186$ ，采用Q345钢材，则 $0.537 \leq B/H \leq 1.863$ 。

5.3.10 分析表明，当支撑长细比大于或等于250后，构件受压承载力可以忽略不计，与只拉不压的计算假定基本符合；此外，交叉支撑的滞回曲线特征使得框架构件保持弹性的情况下结构在地震后的残余变形可接近于零。本条规定变形集中段的长度，系考虑该段产生的塑性变形应能使框架层间变形达到1/50；规定其不小于2m，是考虑避免塑性变形过于集中在较小的范围内。

5.3.11 式（5.3.11）的规定用于保证变形集中段充分发展塑性变形之前，端部连接段和预紧力施加段保持为弹性；预紧力施加段一般设置螺纹构造，容易引起应力集中，导致脆性破坏，因此其承载力设计值不应小于端部连接段的承载力设计值。

5.3.12 式（5.3.12-1）为支撑轴向抗拉刚度，采用串联模型，按变形集中段、预紧力施加段和端部连接段等3部分刚度计算；当任一部分再由分段组成时，可将式中某部分的长度与面积之比表达为各分段的长度和面积之比加以求和。式（5.3.12-2）系将支撑轴向刚度转变为水平方向的刚度（抗侧刚度）。

5.4 连接和节点设计

5.4.1 本体系梁柱连接采用梁贯通、柱断开的半刚接连接。梁柱节点以方钢管的弯矩承载力作为节点的承载力，将螺栓视为拉力螺栓群进行设计。梁柱节点处梁腹板加劲肋应能满足传递柱轴向力的要求，且能防止梁腹板的屈曲。同济大学提出了易于实现标准化制造和现场快速全装配施工的连接型式，并进行了大量单调与滞回加载试验，试验结果表明，所有试件均表现出优良的延性、即使在 ± 0.07 的层间位移角内，节点弯矩承载力不降低或降低不明显（下降约10%）。梁贯通式节点的破坏主要表现为梁翼缘面外受拉破坏、柱端板过大塑性变形破坏、梁腹板局部屈曲破坏、方管柱端塑性铰破坏。破坏模式、刚度、承载力都与节点局部构造形式和所受轴压力大小有密切关系。当轴压力较小时易发生梁翼缘面外受拉破坏和柱端

板塑性变形破坏；当轴压力较大且梁腹板仅有一道加劲肋时，易发生梁腹板屈曲破坏；梁腹板采用三道加劲肋可以有效避免梁腹板屈曲破坏。其中两侧的加劲肋为三角板，三角板的高度不宜过低，否则对于腹板的约束过小；加劲肋的高度也不宜过高，否则会对于主梁与连接的施工带来不便。因此建议取梁截面高度的 $1/4-1/3$ 。该梁贯通式节点能够承受一定的弯矩，并不是完全铰接节点。具有一定抗弯承载能力的柱端节点使得柱子能够承受一定的水平剪力，通过合理布置可以实现梁柱框架作为除支撑以外的第二道抗震防线的目标。已有对于分层装配式结构的时程分析表明，结构的层间位移响应随着梁柱节点刚度的提高而降低。因此设计时节点可按铰接计算，节点半刚性作为体系的抗侧力储备。

5.4.2 从方便安装的角度考虑，支撑与方钢管柱的节点板连接宜采用摩擦型高强螺栓连接，以减小所需螺杆的直径。螺栓连接和节点板应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的规定进行计算和设计。对于柔性支撑的连接，一颗螺栓连接类似于销轴连接，已被验证有效且简单，单颗螺栓保证足够强度即可。

5.4.3 主梁的拼接连接节点一般应设在内力较小的位置，同时考虑施工安装的方便，通常是设在距柱梁轴线交点 1.0m 左右的位置处。此处内力很小，局部节点刚度削弱对结构分析影响很小。即使这里用铰来处理分析模型，其所得到的内力也跟实际内力差不多。连接设计可参照国家标准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB51022。综合考虑到构造、实现难度等，确定了该连接抗弯承载力不应小于被连接主梁截面抗弯承载力设计值的 30% 。为了尽量简化构造，不设置水平加劲肋。根据理论分析和有限元计算分析结果，当端板厚度小于 12mm 时，当此平齐式端板连接受到相连主梁截面抗弯承载力设计值的 30% 的弯矩作用时，端部可能发展塑性，因此建议端部厚度不宜小于 12mm 。如能提供充分计算依据，端板厚度可小于 12mm 。

5.4.4 主梁与次梁连接若采用平齐式端板螺栓连接，具有一定的半刚性，对改善楼面振动舒适度有一定作用。设计时可按铰接计算，梁端板及梁侧节点板焊缝均承受剪力。端板连接节点为半刚接节点，但在主梁两侧均有次梁、梁顶有现浇混凝土板的情况下均无需考虑次梁对主梁的扭转效应。仅在主梁单侧连接次梁且楼面采用轻型楼板的情况下，次梁对主梁有一定的扭转影响。然而，一般来说分层装配结构次梁长度不大，端部转动位移角很小，对主梁的扭转不利影响也很小，无需考虑。如果确实扭转位移角很大，则由设计师自行选择节点连接形式，如第一种形式剪切板螺栓连接。

5.4.5 预埋锚栓直径不宜小于 16mm 是为了保证提供一定的抗弯能力，尤其是在安装的时候

需要一定的抗弯能力来保证未形成整体结构之前的稳定。柱间支撑所在跨的柱脚应设置抗剪键，柱脚锚栓需要通过承担倾覆力矩计算确定。关于预埋锚栓的长度与锚栓直径的比值，多本设计手册有不同的表述，最严要求为高层钢结构图集的 25 倍。但根据计算及相关情况，20 倍足以满足要求。

6. 楼屋盖、墙体与楼梯设计

6.2 楼盖设计

6.2.1 应根据建筑物的性质，重要程度、使用功能要求，合理采用楼板做法。除上述楼板外，也可采用现浇混凝土楼板、压型钢板组合楼承板、钢筋桁架楼承板和轻钢龙骨楼板。采用现浇混凝土楼板、钢筋桁架楼承板及压型钢板组合楼承板时，应满足《混凝土结构设计规范》GB50010 及《钢结构设计标准》GB 50017 中的相关要求。采用预制混凝土楼板、预制预应力混凝土空心楼板、ALC 楼板和轻钢龙骨楼板时，应采取有效的构造措施保证楼板与钢梁、楼板与楼板间的可靠连接。ALC 楼板的加气混凝土强度较低，如有较大集中荷载或冲击荷载作用其上，易损坏 ALC 楼板。

6.2.6 楼板与钢梁间采用穿筋压片和勾头螺栓与钢梁可靠连接的目的是防止楼板在承受地震作用时脱离钢梁。

，防止因 ALC 吸水特性影响现浇层凝固

6.2.4 通过实际调研发现，叠合楼板侧面出筋增大了制作、运输与安装难度、降低了生产效率、增加了成本。按单向板设计时就可以仅在叠合楼板两端出筋（也可以是一端出筋、一端不出筋）、侧面不出筋，这样生产与安装效率会大大提高，人工大幅减少，成本相应降低。带肋叠合楼板的 T 型肋内设置构造钢筋可防止吊装、运输、堆放和安装时的混凝土裂缝产生及扩展，工厂生产时顶部设置的预应力钢筋可以施加一定的预应力，控制并调整预制预应力混凝土带肋叠合板的反拱值。

6.2.6 全预制混凝土楼板具有安装快捷、干法连接、现场无污染，便于拆卸等优点，通过预埋在楼板内的钢导槽和专用紧固件就可以实现钢梁与楼板的可靠连接。初步的推出试验结果表明，全预制混凝土楼板与钢梁的 TJ 型连接较为可靠，可以实现震后快速更换和修复，如下图所示。

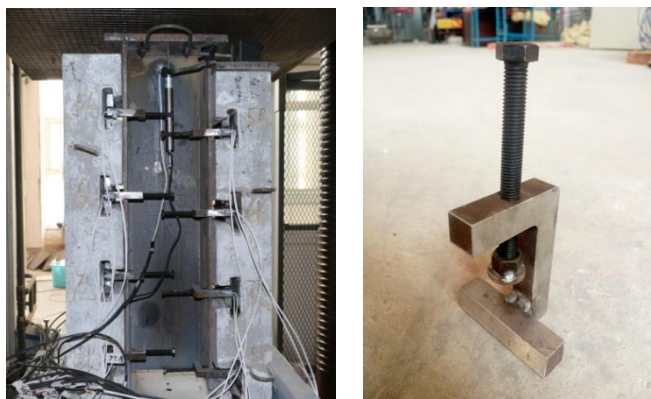
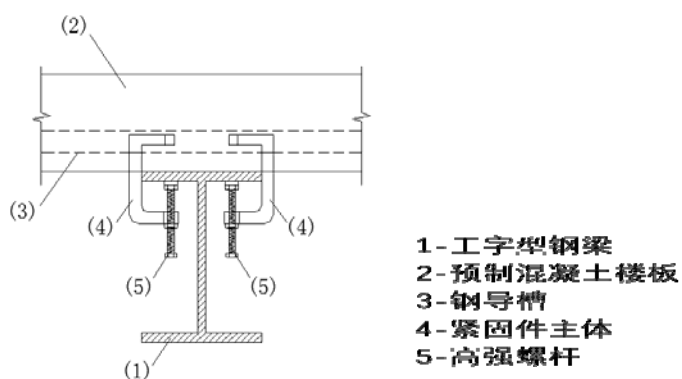


图 6.2.6 推出试验及 TJ 型钢连接件

6.2.7 ALC 楼板具有施工方便、自重轻及现场湿作业少等诸多优点，尤其适用于工业化住宅、不便于商品混凝土到达的偏远地区的房屋建造。日本采用 ALC 楼板的楼层高度一般不作限制，ALC 楼板自重通常只有常规楼层板的一半左右，减少了地震力对建筑物的影响，因此在日本不限定地震烈度区，鉴于国内配套五金件技术成熟度尚不完善，因此仅限用于不高于 3 层且设防地震烈度低于 8 度地区的建筑。ALC 楼板自身强度较低，楼层平面内刚度较现浇板削弱较多，因此应在支撑 ALC 板的钢梁上设置水平支撑。楼板与钢梁间采用穿筋压片和勾头螺栓进行可靠连接，以防止楼板在承受地震荷载时脱离钢梁。构造如下图所示。

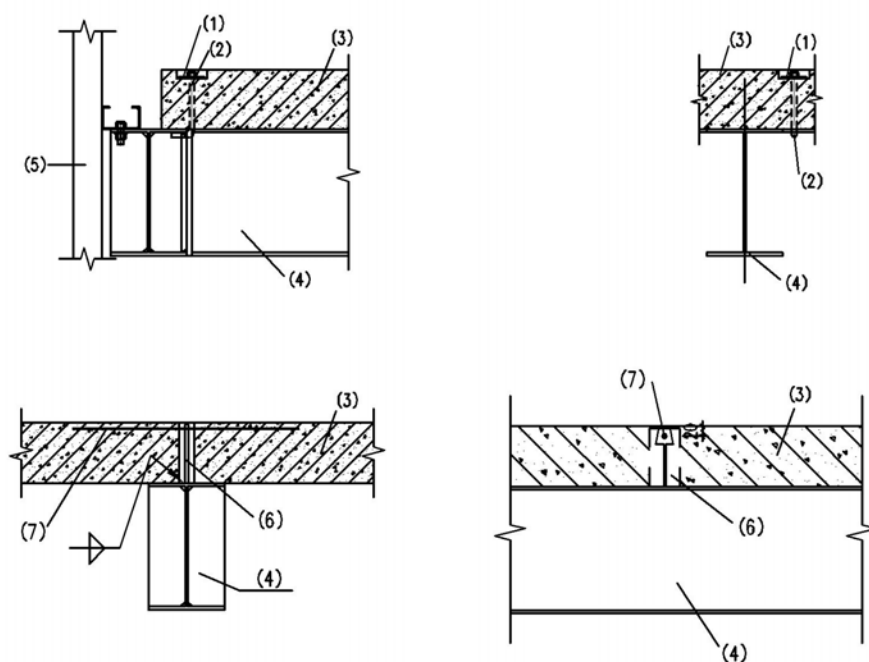


图 6.2.7 ALC 楼板拼缝构造示意图

1—钢扩大垫片； 2—勾头螺栓； 3—ALC 楼板； 4—钢梁；

5—墙体； 6—穿筋压片； 7—接缝钢筋参照日本《建筑工事监理指针》上卷。若要求 ALC 楼板耐火时间大于 2 小时，ALC 楼板厚度不应小于 120mm；若要求 ALC 楼板耐火时间大于 1 小时，ALC 楼板厚度不应小于 100mm。

6.2.8 采用 ALC 楼板加整浇层时刷界面剂的目的是防止因 ALC 吸水特性影响现浇层凝固。

6.3 屋盖设计

6.3.2 采用桁架结构作为屋面主结构构件时，应设置屋面的水平支撑及防止桁架侧翻的桁架间竖向支撑。

6.4 外墙设计

6.4.1 混凝土夹心复合外墙板可采用完全组合、部分组合和非组合的形式，宜优先选用轻质完全组合的复合墙板。蒸压轻质加气混凝土板的设计可参考《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ/T 17 和《蒸压加气混凝土砌块、板材构造》13J104、《蒸压轻质加气混凝土板（NALC）构造详图》的规定。

6.4.2 混凝土夹心复合外墙板中连接内外叶板的金属连接件虽然有一定的冷热桥，但只要不

在室内外墙板表面形成冷凝水，整体节能满足国家相关标准的要求就可以使用。

6.4.4 完全组合的混凝土夹心复合外墙板因为内外叶板协同受力，整体性能好，可以平吊、立吊或斜吊。非组合的混凝土夹心复合外墙板因为内外叶板不能协同受力，只能立吊。部分组合的混凝土夹心复合外墙板需根据其组合程度，选择平吊、立吊或斜吊。

6.4.5 混凝土夹心复合外墙板与钢梁采用柔性连接的目的是满足地震作用和风荷载作用下的承载力和变形要求，下托上拉式的连接节点构造如下图所示。振动台试验结果表明，在 9 度（0.62g）罕遇地震作用下，图示的复合墙板及连接节点均没有出现明显的变形和损伤。

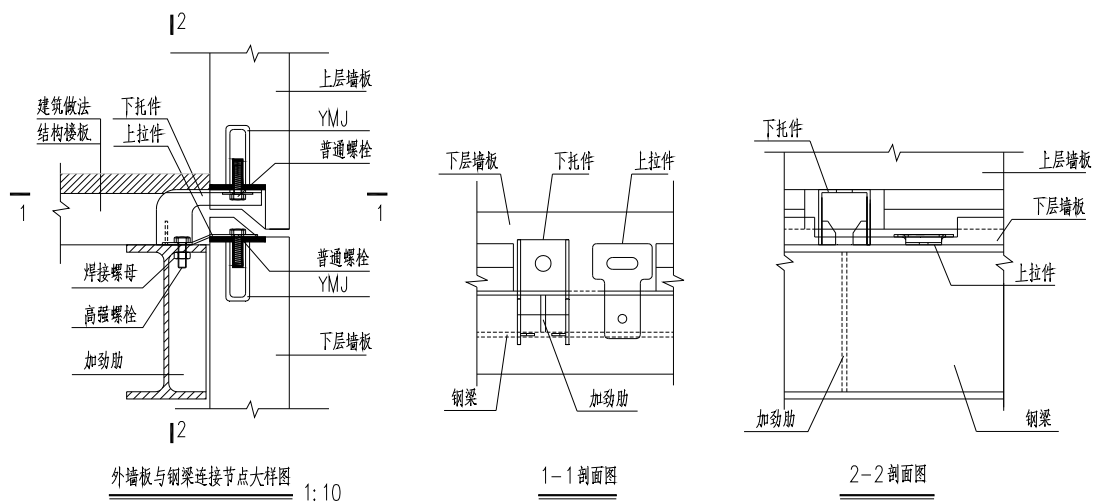


图 6.4.5 复合墙板及连接节点

6.4.14 轻钢龙骨复合墙一般采用冷弯薄壁型钢焊接或者铆接成的墙框作为内部的支撑构件，连接采用焊接或者防腐采用热镀锌时，冷弯效应消失，此时不应采用考虑冷弯效应的强度设计值。轻钢龙骨复合墙墙体采用较轻的水泥纤维板时，也能达到每平米 0.6kN 的自重，相对于传统的压型彩钢板 0.2~0.3kN 每平米的自重对于横向布置的冷弯薄壁型钢竖向荷载过大，如不加规避采用横向布置的开口冷弯薄壁 C 型钢作为内部骨架，如需满足风荷载与自重荷载双向受力要求，则不够经济。因此墙面龙骨推荐采用竖向布置，转化墙体自重为薄壁型钢轴向力，避免轻钢龙骨双向受弯，以优化龙骨受力状态。

6.4.15 装饰纤维水泥墙板作为新型绿色建材的代表，应减少作为墙体材料对人体造成的危害，同时满足四节一环保的要求。采用运输到施工现场直接进行安装的方式，减少施工现场的不确定因素引起的工程质量问题。每隔 450~650mm（按受力计算结果而定）布置一个金属件，将板材的受力通过金属件均匀传给龙骨。龙骨支撑是为了保证水平竖直两个方向上的

受力平衡。

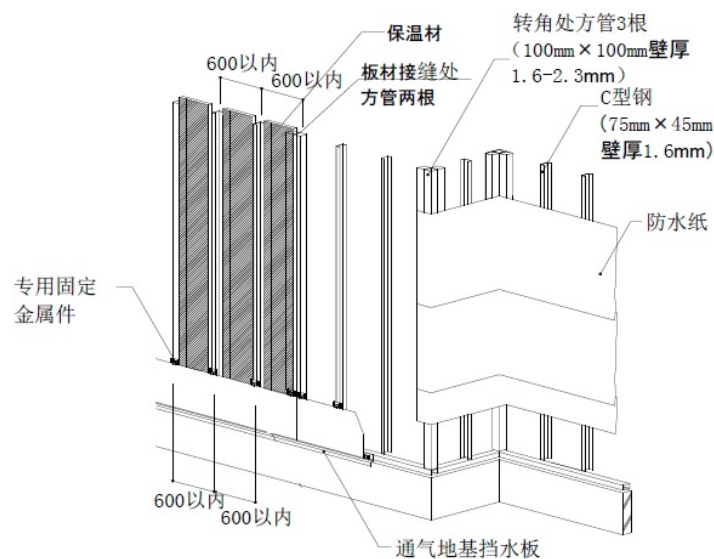


图 6.4.18 安装布置图

采用密封胶连接的主要目的是减轻地震及热胀冷缩等各种情况带来的各种外墙板变形、脱落等问题。采用干挂通气施工方法，在板材与结构之间留有 5mm 以上缝隙，可带走腔体内的湿气，提高防结露性，延长建筑结构的使用寿命，减少由于暴晒、空气湿度大、降水量大给外墙材料带来的各种不利影响。同时既能使施工现场干净整洁，提高能效，避免产生湿贴施工容易出现的板材脱落等问题，又能够提高施工速度，降低综合成本。

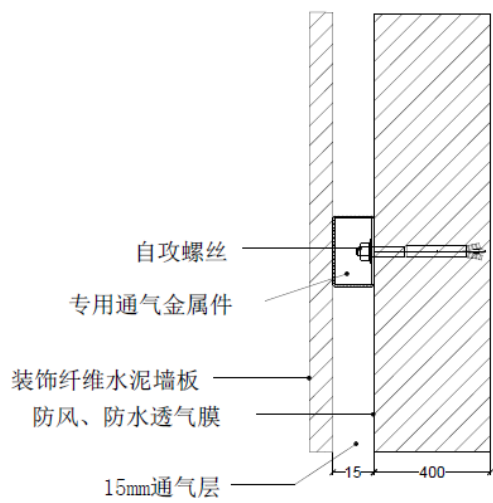


图 6.4.20 通气工法示意图

外墙面正常打胶外，内部龙骨表面应张贴防水透气纸，进行第二道防水。整个结构体系宜采用通气结构，即使雨水渗漏也能从内部的空腔体系中排出。

6.4.16 混凝土夹心复合外墙板的板缝防水极为关键，一般采用材料防水和构造防水相结合的做法，如下图所示。

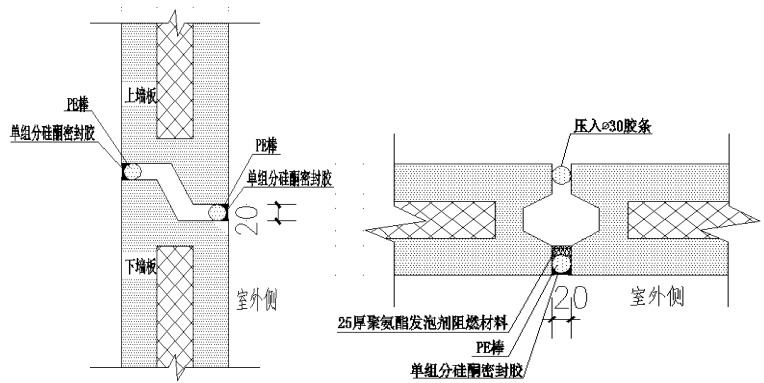


图 6.4.16 水平缝与竖缝的防水构造

6.6 楼梯设计

6.6.1 混合楼梯指梯段两侧的钢梁与混凝土踏步板，或者梯段两侧的混凝土梁与钢踏步板，或者是钢与混凝土组合楼梯，或者是钢木组合楼梯，木混凝土组合楼梯等。

7. 地基基础

7.1 一般规定

7.1.1 建筑地基基础设计等级是按照地基基础设计的复杂性和技术难度确定的，划分时考虑了建筑物的性质、规模、高度和体型；对地基变形的要求；场地和地基条件的复杂程度；以及由于地基问题对建筑物的安全和正常使用可能造成影响的严重程度等因素。

7.1.2 各类建筑物的地基计算均应满足承载力计算的要求；除满足现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 规定的情况外，均应按地基变形设计。

7.1.4 现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 规定，工程设计时应规定结构的设计使用年限，地基基础设计必须满足上部结构设计使用年限的要求。

7.3 预制基础

7.3.1 分层装配支撑钢框架结构一般用于低层结构。由于柱底反力小，基础容易模数化，从而可以采用预制基础。预制基础已被实践证明是一种加快施工进度和降低基础造价的构件。预制基础做法可参考相关专利。

8. 防腐与防火

8.1 一般规定

8.1.1 本条规定了分层装配支撑钢框架房屋防火设计的原则。本规程的规定并不限制新技术、新材料等的应用与发展。但在应用时，必须按国家规定程序经过必要的试验与论证。与本规程有关的国家标准和行业标准主要有：《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068、《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153、《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑设计防火规范》GB 50016、《钢结构设计标准》GB 50017、《建筑钢结构防火技术规范》GB51249、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978、《钢结构防火涂料》GB 14907、《住宅建筑规范》GB50368、《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 等。

8.1.2 结构的设计使用年限应按现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB50068 确定。分层装配支撑钢框架房屋防腐蚀措施主要采取提高结构自身耐久性和采取附加措施。有些措施如涂装，需根据防护层的使用年限，进行多次修复更换才能满足设计使用年限的要求。本规程与现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》GB50212、《工业建筑防腐蚀设计规范》GB50046、《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJT 251、《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923 等配套使用。特殊腐蚀环境，如杂散电流的腐蚀以及酸雨、冻融、海洋环境等自然环境介质的腐蚀，尚应符合国家现行有关标准的规定。

8.2 防火

8.2.1 本条规定依据《住宅建筑规范》GB50368：四级耐火等级的住宅建筑允许建造 3 层，三级耐火等级的住宅建筑允许建造 9 层。并根据《建筑设计防火规范》GB50016，提高对学校及医院建筑的耐火等级要求。

8.2.2 本条规定结合钢结构特点，补充增加了柱间支撑、屋盖支撑、系杆等的规定。考虑到这些构件在自重及竖向荷载下受力不大，且构件尺寸较轻柔，故可降低设计耐火极限。当空心承重钢构件中灌注防冻、防腐并能循环的溶液，且建筑中设有自动喷水灭火系统全保护时，其承重结构可不再采取其它防火保护措施。本条也考虑了转换梁托柱时，转换梁的耐火极限应与柱匹配。

8.2.3 本条规定了在防火设计技术文件中施工图设计、深化设计与施工单位各自承担的工作

与责任。因目前防火保护措施众多、新产品不断涌现、产品性能不断提高，故根据安装便利和采购方便的原则，可选择符合相关职能部门认可的产品，保护构造措施应得到施工图设计单位的认可。

8.3 防腐

8.3.1 据统计，基层表面处理对涂层质量的影响程度接近 50%，故要求重视钢材涂装前的除锈质量。防腐涂层将钢材与氧、水蒸汽隔离，所以，只要防腐涂层不破坏，防腐保护就有效。对钢构件采用可靠的封闭包覆构造，也可以替代防腐涂层。

8.3.2 耐候钢即耐大气腐蚀钢，是在钢中加入少量的合金元素，如铜、铬、镍等，使其在工业大气中形成致密的氧化层，即金属基体的保护层，以提高钢材的耐候性能，同时保持钢材具有良好的焊接性能。耐候钢宜采用可焊接低合金耐候钢，其质量应满足现行国家标准《焊接结构用耐候钢》GB / T 4172 的规定。由于耐候钢的设计指标与常用的碳素结构钢、低合金结构钢不同，应满足相关规范要求。本条大气环境腐蚀性等级分级按《建筑钢结构防腐技术规程》JGJT 251，如果按 EN ISO 9223，相当于 C4、C5、CX。

8.3.3 为保证钢构件的耐久性，防止壁厚太薄的杆件因腐蚀而丧失承载力，《建筑钢结构防腐技术规程》JGJT 251 对钢构件截面的最小厚度作了要求。考虑到在大气环境腐蚀性较低，且能保证钢构件有足够的防腐保护时，钢构件受腐蚀影响较小，则构件壁厚能满足力学性能要求即可。本条大气环境腐蚀性等级分级按《建筑钢结构防腐技术规程》JGJT 251，如果按 EN ISO 9223，相当于 C1、C2、C3。

8.3.4 腐蚀性介质与潮湿的空气是钢材被腐蚀的充分条件，所以在腐蚀性等级与湿度较低的环境下，可适当降低防腐要求。

8.3.5 弹簧垫圈(如防松垫圈、齿状垫圈)容易产生缝隙腐蚀。焊缝的缺陷会使涂层难以覆盖，且焊缝表面常夹有焊渣又不平整，容易吸附腐蚀性介质，同时焊缝处一般均有残余应力存在，断续焊缝容易产生缝隙腐蚀，所以，焊缝常常先于主体材料腐蚀。

8.3.6 本条文规定钢柱以混凝土包裹，与《钢结构设计标准》GB50017 中的要求一致，同时为满足室内装修要求，给出地面以下涂刷环氧富锌底漆的简便处理方法。

8.3.8 ALC 楼板为加气混凝土多孔构件，在潮湿的环境中易吸水吸潮。吸水后的 ALC 楼板容重增加，增加楼层的自重。如在冬季结冰地区，孔隙水的冻胀将会损害 ALC 楼板，影响结构安全。ALC 楼板的特征决定了它自身的吸附性，如与有毒液体或气体接触，有毒

物质将会渗入其中，因此在化学有害环境中不应使用此类板材。

9. 施工、验收及维护

9.1 一般规定

9.1.2 分层装配支撑钢框架房屋的具体情况应包括：设计文件中根据地理位置和使用功能要求提出的防腐防火等级、现场条件和施工方法、材料兼容性、耐久性和维护便利性的要求等。

9.1.3 图纸、工艺文件、及施工组织设计是结构施工的纲领性文件和后期检查维护的重要依据。

9.1.4 结构制作、安装前，应要求分别对施工人员进行技术交底，交底内容包括施工详图、加工工艺、操作规程、安装顺序和方法、临时措施、测量和监控等，以及有关的技术文件。工厂制作和现场安装是两个相对独立的施工阶段，应配合做好阶段性交接。

9.1.5 质量保证文件包括构件编号、加工时间、原材料材质书、材质复检报告、成品合格证、第三方检测报告等，鼓励采用二维码技术。

9.3 安装

9.3.1 结构整层刚度大，结构稳定，单根柱子截面小，不适合分段多层同时安装；由于采用的钢梁翼缘较窄，须由楼板提供整体稳定性，且楼板安装后可为上层结构施工提供安全工作面。

9.3.2 分层装配体系在没有楼板或者水平支撑的情况下，在某些施工过程中局部结构无法形成稳定体系。安装时应先装带支撑钢柱，在纵横向构成基本稳定体系后方可安装其他构件，墙板及屋面围护构件应后装。由于柱子截面小，受风荷载影响小，且柱距较密，单根钢梁需与多根柱子相连，所以可以先安装整层柱子，以提高安装速度；楼板安装视情况确定，如采用内嵌式外墙则宜先安装墙板，后安装楼板；如采用外挂式外墙则宜先安装楼板，后安装墙板。

9.3.4 分层装配式钢结构的结构特点为各层钢梁贯通、钢柱遇梁断开。为了确保施工现场施工安全，在下部结构体系未安装到位的情况下，应严禁进行上部结构施工。

9.3.5 由于柱子截面小，外形相似，柱壁厚不易区分，故应防止安错位置。

9.3.6 柔性支撑在建筑物上部荷载加载完成后，以及经历过大的风荷载后，支撑会有所松动，分多次拧紧可避免支撑在实际使用中处于松弛状态，在实际工程中，张紧装置在风荷载反复作用下，容易产生自退松动，因此应采取有效的防自退松动措施，避免张紧支撑松弛。预张

力可控制在 50N/mm^2 预拉应力状态, 根据套筒螺栓直径采用不同的预拉力, M14、M16、M18、M20、M22、M24、M27、M30 可分别采用 17、26、37、51、70、89、130、180N·m 扭矩, 扭矩值可采用扭矩扳手进行控制。在实际的工程中, 传统花篮螺栓往往在风载或其他类似的能引起振动的荷载作用下, 会自行旋转松弛, 为了避免类似情景出现, 应采用套筒式螺栓作为柱间支撑的张紧装置。支撑在拧紧时会带动钢柱倾斜, 反向支撑或相邻支撑拧紧时会导致已紧固支撑重新松动, 所以第一次拧紧时以手动或较小规格扳手进行, 并连续检测钢柱垂直度, 必须保证所有钢柱双向垂直, 所有支撑张紧度相同, 垂直度用线锤控制, 张紧度采用目测或手感控制, 以支撑无明显水平弯曲为宜; 二次拧紧时必须严密关注已紧固单元松动情况, 可通过测量柱子垂直度和测量支撑中心横向定量位移所需拉力控制。

9.3.7 钢梁重量比柱子大, 安装时会出现头重脚轻现象, 需要利用支撑和闭合梁形成空间稳定结构。

9.3.8 常用楼板有现浇、叠合、整体预制三种, 现浇和叠合楼板在浇筑时应预留上层柱子和连接件的安装位置, 叠合底板和整体预制楼板在安装时应错开上层柱子和连接件位置。

9.3.9 预制内嵌式墙板安装时, 有时需要在内侧吊装, 内嵌式墙板安装在钢梁下方且有临时支撑, 给梁施加的主要为竖向力, 不会造成梁失稳, 安装后还可以给结构提供一定的抗侧支能力, 所以应分层安装; 预制外挂式墙板安装在梁外侧, 会给钢梁施加一定的扭矩, 所以最好在楼板浇筑完成后再安装; 整体结构完成后再安装外墙板更有利于保证外挂式墙板竖缝上下一致。

9.3.15 鉴于 ALC 楼板在国内施工较少、无成熟经验, 此条参照日本《建筑工事监理指针》、《ALC 构造设计基准》。ALC 楼板与钢梁的连结相对于普通混凝土楼板有很大的削弱, 如在结构设计中假定板平面内刚度无限大, 且能阻止钢梁平面外失稳, 则钢梁与 ALC 楼板间应采用穿筋压片、构造压缝筋和勾头螺栓等加以加强连结。在地震荷载作用下, ALC 楼板易被抛离钢梁, 从而使 ALC 楼板脱落。基于以上原因, ALC 楼板与钢梁的可靠连结应为强制要求条文。

9.3.17 此条参照日本《建筑工事监理指针》上卷。

9.4 验收

9.4.1 分层装配支撑钢框架房屋的钢构件制作、安装和验收除支撑外与普通钢结构并无差异, 在制作、安装和验收时应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的要

求进行。支撑的安装详见 9.3.9 条规定。

9.4.2 分层装配支撑钢框架房屋基础、钢构件、楼板、墙板、楼梯等鼓励采用制作工厂化、安装装配化，所以应对部品部件的不同阶段的质量进行过程控制。

9.4.4 对于材料抽样复验，如果设计要求高于现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的有关规定的，应服从设计要求。