



CECS XXX: 202X

中国工程建设标准化协会标准

装配式高层钢-混凝土混合结构技术规程

Technical specification for assembled steel-concrete hybrid structures of tall
building

(征求意见稿)

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2020 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2020]14 号）的要求，规程编制组在广泛调查研究，认真总结实践经验，采纳最新试验成果，参考国内外相关标准，并广泛征求意见基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容包括：1.总则；2.术语和符号；3. 基本规定；4. 材料；5.荷载与地震作用；6.结构计算分析；7.框架结构设计；8.交错桁架结构设计；9.框架-剪力墙结构设计；10.筒体结构设计；11.支撑巨型框架-核心筒结构设计；12.楼盖设计；13.连接与节点设计；14. 结构防护；15.生产运输；16.施工；17.质量验收。

本规程由中国工程建设标准化协会钢结构委员会（CECS/TC 01）管理，由重庆大学建筑规划设计研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送重庆大学建筑规划设计研究总院有限公司（地址：重庆市沙坪坝区沙北街 83 号 / 重庆大学设计创意产业园，邮编 400045），也可发电子邮件给编制组：李江（邮箱：lijiangcqu@cqu.edu.cn）。

本规程主编单位：

重庆大学建筑规划设计研究总院有限公司
中建科技集团有限公司

本规程参编单位：

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	3
3 基本规定	5
3.1 一般规定	5
3.2 房屋适用高度和高宽比	6
3.3 结构平面布置	7
3.4 结构竖向布置	7
3.5 楼盖结构	7
3.6 其他规定	9
4 材料	12
4.1 钢筋与混凝土	12
4.2 钢材和连接材料	12
5 荷载与地震作用	14
5.1 荷载与地震作用取值	14
5.2 荷载组合和地震作用组合的效应	14
6 结构计算分析	15
6.1 一般规定	15
6.2 计算参数及内力调整	16
6.3 罕遇地震作用下变形验算	18
7 框架结构设计	19
7.1 一般规定	19
7.2 钢构件	19
7.3 钢-混凝土组合梁	20
7.4 钢管混凝土柱	20
7.5 钢管约束混凝土柱	21
8 交错桁架结构设计	23
8.1 一般规定	23

8.2 结构分析与计算.....	23
8.3 构件设计与构造.....	24
9 框架-剪力墙结构设计	25
9.1 一般规定	25
9.2 混凝土剪力墙设计及构造	26
9.3 钢板剪力墙设计及构造	26
10 筒体结构设计	29
10.1 一般规定	29
10.2 混凝土筒体	29
11 支撑巨型框架-核心筒结构设计	31
11.1 一般规定	31
11.2 带加强层的支撑巨型框架-核心筒结构.....	32
12 楼盖设计	33
12.1 一般规定	33
12.2 钢筋桁架混凝土叠合板楼盖	34
12.3 预应力混凝土叠合板楼盖	34
12.4 预应力混凝土空心板楼盖	36
12.5 压型钢板楼板楼盖	36
12.6 预应力混凝土双 T 板楼盖	39
12.7 楼盖振动舒适度	42
13 连接与节点设计	44
13.1 一般规定	44
13.2 钢梁-柱框架节点.....	44
13.3 混凝土梁-柱框架节点.....	45
13.4 梁墙的连接	50
13.5 竖向构件间的连接	51
13.6 柱脚.....	52
14 结构防护	56
14.1 防火一般规定	56
14.2 防腐一般规定	56

15 生产运输57

15.1 一般规定57

15.2 钢构件生产57

15.3 混凝土构件生产58

15.4 包装、运输与堆放59

16 施工 61

16.1 一般规定61

16.2 钢结构施工62

16.3 混凝土结构施工63

17 质量验收66

17.1 一般规定66

17.2 钢结构工程质量验收66

17.3 混凝土结构工程质量验收67

本规程用词说明68

引用标准名录69

Contents

1 General Provisions	1
2 Terms and Symbols	2
2.1 Terms	2
2.2 Symbols	3
3 General Requirements	5
3.1 General	5
3.2 Height and Aspect Ratio Limitations	6
3.3 Structural Plan Layout	7
3.4 Structural Vertical Arrangement	7
3.5 Diaphragm System	7
3.6 Special Requirements	9
4 Material	12
4.1 Steel Reinforcement and Concrete	12
4.2 Structural Steel and connections	12
5 Loads and Seismic Action	14
5.1 Values of Loads and Seismic Action	14
5.2 Combinations of Loads and/or Seismic Action	14
6 Structural Analysis	15
6.1 General	15
6.2 Analysis Parameters and Internal Forces	16
6.3 Check of Story Drift under Rare Earthquake	18
7 Design of Frame Structure	19
7.1 General	19
7.2 Steel Components	19
7.3 Steel-Concrete composite beam	20
7.4 Concrete Filled Steel Tubular Columns	20
7.5 Steel Tube Confined Concrete Columns	21
8 Design of staggered truss steel framing system	23
8.1 General	23

8.2 Structural Analysis	23
8.3 Design and Detailings of Components.....	24
9 Design of Frame-Shear Wall Structure	25
9.1 General	25
9.2 Design and Detailing of RC Shear Wall	26
9.3 Design and Detailing of Steel PlateShear Wall.....	26
10 Design of Tube Structure	29
10.1 General	29
10.2 RC Tube	29
11 Design of Braced Mega Frame-Tube Structure	31
11.1 General	31
11.2 Braced Mega Frame-Tube Structure with Strengthened Layers.....	32
12 Design of Diaphragm System	33
12.1 General	33
12.2 Reinforced Truss Concrete Composite Slab	34
12.3 Prestressed Concrete Composite Slab	34
12.4 Prestressed Concrete Hollow Core Slab.....	36
12.5 Profiled Steel Plate Slab.....	36
12.6 Prestressed Concrete Double T Slab	39
12.7 Floor Vibration Serviceability.....	42
13 Design of Connections and Joints.....	44
13.1 General	44
13.2 Frame Joint of Steel Beam-Variou s Type of Columns	44
13.3 Frame Joint of RC Beam-Variou s Type of Columns	45
13.4 Connections for Beams and Walls	50
13.5 Connections for vertical components	51
13.6 Column Footing.....	52
14 Protections of Structures	56
14.1 Fire Resistance	56
14.2 Corrosion Prevention.....	56

15 Manufacture and Transportation.....	57
15.1 General	57
15.2 Manufacture of Steel Components	57
15.3 Manufacture of RC Components.....	58
15.4 Packaging, Transportation and Stacking.....	59
16 Construction.....	61
16.1 General	61
16.2 Construction of Steel Structure	62
16.3 Construction of RC Structure	63
17 Quality Acceptance	66
17.1 General	66
17.2 Steel Structure Project.....	66
17.3 RC Structure Project.....	67
Explanation of wording in this technical specification.....	68
List of quoted standards.....	69

1 总则

1.0.1 为在高层建筑中合理应用装配式钢-混凝土混合结构技术，贯彻执行国家的技术经济政策，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 10 层及 10 层以上或房屋高度大于 28m 的住宅建筑以及房屋高度大于 24m 的其他高层民用建筑装配式钢-混凝土混合结构。非抗震设计和抗震设防烈度为 6 至 9 度抗震设计的装配式高层混合结构，其设计、生产、施工与验收，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装配式高层钢-混凝土混合结构。

1.0.3 装配式高层钢-混凝土混合结构的设计、生产、施工及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 钢-混凝土混合结构 steel-concrete hybrid structure

钢-混凝土混合结构是指由钢构件、混凝土构件、钢与混凝土组合构件中的两种及以上构件组成的整体结构，简称“混合结构”。

2.1.2 钢-混凝土组合构件 composite steel and concrete component

由钢与混凝土组合而成并共同受力的结构构件，包括组合梁、钢管混凝土柱、钢管约束混凝土柱、型钢混凝土柱、钢板混凝土剪力墙、型钢混凝土剪力墙、钢板组合剪力墙等，简称“组合构件”。

2.1.3 混凝土叠合受弯构件 concrete composite flexural component

预制混凝土梁、板顶部在现场后浇混凝土而形成的整体受弯构件，主要包括叠合板、叠合梁等。

2.1.4 框架结构 frame structure

由梁和柱为主要构件组成的承受竖向和水平作用的结构。

2.1.5 剪力墙结构 shear wall structure

由剪力墙组成的承受竖向和水平作用的结构。

2.1.6 框架-剪力墙结构 frame-shear wall structure

由框架和剪力墙共同承担竖向和水平作用的结构。

2.1.7 筒体结构 tube structure

由竖向筒体为主组成的承受竖向和水平作用的结构。

2.1.8 交错桁架结构

由框架柱、横向平面桁架和楼板组成的承受竖向和水平作用的结构；框架柱布置在房屋的外围，无中柱；桁架的高度与楼层高度相同，长度(跨度)与房屋结构宽度相同；桁架两端支承于外围框架柱上，沿高度方向，桁架在相邻框架柱上为上、下层交错布置；楼板一端支承在桁架的上弦，另一端支承在相邻桁架的下弦。横向桁架的平面外结构，可采用框架、框架-支撑、框架-剪力墙等结构。

2.1.9 双重抗侧力体系 dual system

由两种或两种以上受力、变形性能不同的抗侧力结构单元组成并共同承受层间水平剪力的结构体系，包括框架-剪力墙、框架-核心筒等体系，其中框架部分承受的地震层剪力应符合本规程双重抗侧力体系的规定。

2.1.10 单重抗侧力体系 single structure system

主要由一种抗侧力结构单元承担水平地震作用的结构体系。

2.1.11 组合梁 composite beam

由钢和混凝土组合而成并共同受力的梁。

2.1.12 组合柱 composite column

由钢和混凝土组合而成并共同受力的柱。

2.1.13 钢管混凝土柱 concrete-filled circular steel tube column

钢管内浇筑混凝土形成钢管与管内混凝土共同受力的柱。

2.1.14 钢管约束混凝土柱 tubed concrete column

由核心混凝土和不直接承担竖向荷载的外包薄壁钢管组成的组合柱。

2.1.15 型钢混凝土剪力墙 steel concrete composite shear wall

混凝土截面内配置型钢的剪力墙。

2.1.16 钢板剪力墙 steel plate shear wall

承受水平剪力为主的钢板墙体。

2.1.17 钢板组合剪力墙 composite steel plate and concrete shear wall

由两侧外包钢板和中间内填混凝土组合而成并共同工作的钢板剪力墙。

2.2 符号

2.2.1 材料性能

f_c	——	混凝土轴心抗压强度设计值；
f_y 、 f'_y	——	普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值。

2.2.2 作用和作用效应

F_{Ehk}	——	施加于外挂墙板重心处的水平地震作用标准值；
G_k	——	外挂墙板的重力荷载标准值；
N	——	轴向力设计值；
S	——	荷载组合的效应设计值；
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}	——	水平地震作用组合的效应标准值；
S_{Evk}	——	竖向地震作用组合的效应标准值；
S_{Gk}	——	永久荷载效应标准值；
S_{wk}	——	风荷载效应标准值；
V_{jd}	——	持久设计工况下接缝剪力设计值；
V_{jdE}	——	地震设计工况下接缝剪力设计值；
$V_{\mu a}$	——	构件端按实配面积的斜截面受剪承载力设计值；
V_u	——	持久设计工况下接缝受剪承载力设计值；
V_{uE}	——	地震设计工况下接缝受剪承载力设计值；
γ_{Eh}	——	水平地震作用分项系数；
γ_{Ev}	——	竖向地震作用分项系数；
γ_G	——	永久荷载分项系数；
γ_w	——	风荷载分项系数。

2.2.3 几何参数

B	——	建筑平面宽度；
L	——	建筑平面长度。

2.2.4 计算系数及其他

$\alpha_{\max}$	——	水平地震影响系数最大值；
γ_{RE}	——	承载力抗震调整系数；
γ_0	——	结构重要性系数；
Δu	——	楼层层间最大位移；
η_1	——	接缝受剪承载力增大系数；
ψ_w	——	风荷载组合系数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 高层混合结构建筑的抗震设防烈度必须按国家审批、颁发的文件（图件）确定。一般情况下，抗震设防烈度应采用根据中国地震动参数区划图确定的地震基本烈度。

3.1.2 抗震设计的高层混合结构建筑，应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223 的规定确定其抗震设防类别。

注：本规程中的甲类建筑、乙类建筑、丙类建筑分别为现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223 中的特殊设防类、重点设防类、标准设防类的简称。

3.1.3 高层混合结构不应采用严重不规则的结构体系，并应符合下列规定：

- 1 应具有明确的计算简图和合理的传力路径；
- 2 应具有必要的承载能力、刚度和变形能力；
- 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受重力荷载、风荷载和地震作用的能力；
- 4 结构的竖向和水平布置宜使结构具有合理的刚度和承载力分布，避免因刚度和承载力突变或结构扭转效应而形成薄弱部位；
- 5 对可能出现的薄弱部位，应采取有效措施予以加强。

3.1.4 高层混合结构可采用框架、交错桁架、框架-剪力墙、框架-核心筒等结构体系。

3.1.5 高层混合结构通过不同材料组成的结构可存在多种组合：

- 1 下部若干层采用混合结构，上部采用混凝土结构或钢结构；
- 2 下部若干层采用混凝土结构，上部采用钢结构或混合结构；
- 3 结构全高采用钢构件、混凝土构件、组合构件组成的混合结构。

3.1.6 高层建筑混合结构沿高度采用不同类型结构构件时，应设置过渡层，且相邻楼层的侧向刚度变化应符合国家现行有关标准的规定。过渡层的构造要求除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准规定，其构件设计和控制指标应分段按各自对应的结构体系依据本规程相关规定执行。

3.2 房屋适用高度和高宽比

3.2.1 高层混合结构不同结构体系的房屋最大适用高度应满足表 3.2.1 的要求，并应符合下列规定：

1 当结构中的混凝土构件为现浇时，竖向承重构件采用钢管混凝土柱、钢管约束混凝土柱、型钢混凝土柱等形式，剪力墙采用混凝土剪力墙、型钢混凝土剪力墙、钢板组合剪力墙等形式时，房屋的最大适用高度应分别按国家现行标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936、《钢管约束混凝土结构技术标准》JGJ/T 471、《组合结构设计规范》和 JGJ 138、《高层建筑钢-混凝土混合结构设计规程》CECS 230 中的规定采用。

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。

表 3.2.1 混合结构房屋的最大适用高度 (m)

结构类型		抗震设防烈度					
		非抗震 设计	6 度	7 度	8 度		9 度
					0.2g	0.3g	
框架	采用混凝土柱的框架	70	60	50	40	35	-
	采用组合柱的框架	80	70	60	50	40	30
交错桁架		100	100	80	80	60	-
框架- 剪力 墙	钢框架-混凝土剪力墙	160	150	130	110		50
	钢框架-钢板组合剪力墙	170	160	140	120	100	
	钢框架-型钢混凝土剪力墙	180	170	150	120		
	混合框架-钢板组合剪力墙	180	170	150	120		50
	混合框架-混凝土剪力墙	180	170	150	120		50
	混合框架-型钢混凝土剪力墙	200	190	160	130		60
筒体	钢框架-钢板组合核心筒	210	200	160	120		70
	钢框架-混凝土核心筒	210	200	160	120		
	钢框架-型钢混凝土核心筒	230	220	180	130		
	混合框架-钢板组合核心筒	240	220	190	150		70
	混合框架-混凝土核心筒	240	220	190	150		70
	混合框架-型钢混凝土核心筒	260	240	210	160		80
	钢框筒-钢板组合核心筒	280	260	210	160		80
	钢框筒-混凝土核心筒						
	钢框筒-型钢混凝土核心筒						
	混合框筒-钢板组合核心筒	300	280	230	170		90
	混合框筒-混凝土核心筒						
	混合框筒-型钢混凝土核心筒						

注：1 当混合框架中的柱采用钢管混凝土或钢框架采用支撑框架时，高度限值在有可靠依据时可适当放宽；对于沿结构高度采用不同结构体系时，应从严控制。

- 2 房屋高度指室外地面至主要屋面高度，不包括局部突出屋面的水箱、电梯机房、构架等高度；
- 3 混合框架和型钢混凝土剪力墙(核心筒)中的型钢或钢管的延伸高度，不应小于结总高度的 60%；
- 4 平面和竖向均不规则的结构或Ⅳ类场地上的结构，最大适用高度应适当降低；
- 5 表中各结构适用高度不包含剪力墙采用装配式连接的结构，如果采用装配式剪力墙，需要进行专项分析论证；
- 6 当楼板采用预应力空心板或预应力双 T 板，楼板采用干连接，没有现浇叠合层时，房屋最大适用高度应专门论证。

3.2.2 高层混合结构的高宽比不宜超过表 3.2.2 的数值。

表 3.2.2 高层混合结构适用的最大高宽比

结构类型		抗震设防烈度				
		非抗震设计	6 度	7 度	8 度	9 度
框架	组合柱	6	6	5	4	2
	混凝土柱	5	4		3	-
交错桁架		6.5			6	-
框架-剪力墙		7	7	6	5	4
筒体	框架-核心筒	8	7		6	4
	筒中筒	8	8		7	5

3.2.3 框架-核心筒混合结构中，核心筒高宽比不宜大于 12。

3.3 结构平面布置

3.3.1 高层混合结构的平面宜简单、规则、对称，具有足够的抗扭刚度，不应采用严重不规则的平面布置；具体应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

3.3.2 高层混合结构的楼盖应具有良好的刚度和整体性。当楼面有较大开洞或为转换层楼面时，宜采用现浇楼盖，或在楼板平面设支撑。

3.3.3 负载较重的楼面梁不宜支承在核心筒连梁及剪力墙连梁上。

3.4 结构竖向布置

3.4.1 高层混合结构的侧向刚度和承载力沿竖向宜均匀变化、无突变，构件截面宜下大上小，应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

3.4.2 高层混合结构的外围框架柱沿高度宜采用同类结构构件，当采用不同类型结构构件时，应设置过渡层，且单柱的抗弯刚度变化不宜超过 30%。

3.4.3 对于刚度变化较大的楼层，应采取可靠的过渡加强措施。

3.5 楼盖结构

3.5.1 高层混合结构的楼盖体系应具有良好的水平刚度和整体性，使整个抗侧力结构在任意方向水平荷载作用下能协同工作。

3.5.2 抗震设防的高层混合结构的楼盖体系的布置应符合下列规定：

1 楼面可采用压型钢板楼板、现浇混凝土叠合楼板、普通现浇混凝土楼板、预应力叠合板、钢筋桁架叠合板、预应力空心板或预应力双 T 板，也可采用其他轻型楼板；楼板与梁应可靠连接，保证楼盖的整体性；

2 转换层楼盖不宜开大洞口。对于建筑物楼面有较大开洞或为转换楼层时，宜采用现浇混凝土楼板；对楼板大开洞部位宜在计算分析的基础上采取适当的加强措施。

3.5.3 房屋的顶层、结构转换层、大底盘多塔楼结构的底盘顶层、平面复杂或开洞过大的楼层、作为上部结构嵌固部位的地下室楼层宜采用现浇板楼盖。房屋顶层的板厚不宜小于 120 mm；普通地下室顶板厚度不宜小于 160 mm；作为上部结构嵌固部位的地下室楼层的顶楼盖应采用梁板结构，板厚不宜小于 180 mm。

3.5.4 进行结构弹性分析时，可考虑现浇混凝土楼板或叠合楼板与钢梁共同工作，但楼板与钢梁之间应设置可靠连接，并应同时满足承载力和刚度的要求。

3.5.5 钢框架梁上翼缘采用抗剪连接件与组合楼板连接可靠时，可不验算地震作用下整体稳定。

3.5.6 组合梁、组合楼板的最大挠度，应按荷载效应的准永久组合，并考虑荷载长期作用的影响进行计算，其计算值分别不应超过表 3.5.6-1 和表 3.5.6-2 规定的挠度限值。

表 3.5.6-1 组合楼板挠度限制

跨度	挠度限制（以计算跨度 l_0 计算）
$l_0 < 7\text{m}$	$l_0/200$ ($l_0/250$)
$7\text{m} \leq l_0 \leq 9\text{m}$	$l_0/250$ ($l_0/300$)
$l_0 > 9\text{m}$	$l_0/300$ ($l_0/400$)

注： 1 表中 l_0 为构件的计算跨度；悬臂构件的 l_0 按实际悬臂长度的 2 倍取用；
 2 构件制作时预先起拱，且使用上也允许，验算挠度时，可将计算所得挠度减去起拱值；
 3 表中括号内的数值适用于使用上对挠度有较高要求的构件。

表 3.5.6-2 组合梁挠度限制

类型	挠度限制（以计算跨度 l_0 计算）
框架梁	$l_0/300$ ($l_0/400$)
其他梁	$l_0/250$ ($l_0/300$)

注： 1 表中 l_0 为构件的计算跨度；悬臂构件的 l_0 按实际悬臂长度的 2 倍取用；
 2 表中数值为永久荷载和可变荷载组合产生的挠度允许值（如有起拱可减去起拱值）；
 3 表中括号内的数值为可变荷载标准值产生的挠度允许值。

3.6 其他规定

3.6.1 高层混合结构中钢构件、混凝土构件和组合构件的抗震等级应根据烈度、结构类型和房屋高度确定，并应符合相应的计算和构造措施要求。丙类建筑的抗震等级应按表 3.6.1 确定。甲类、乙类建筑的抗震等级可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 确定烈度后按表 3.6.1 确定。

3.6.1 高层混合结构的抗震等级

结构类型			抗震设防烈度										
			6 度			7 度			8 度			9 度	
框架	高度(m)		≤30	>30		≤30	>30		≤30	>30		≤25	
	框架		四	三		三	二		二	一		一	
	大跨度框架		三			二			一			一	
交错桁架	高度(m)		≤50	>50		≤50	>50		≤50	>50		≤50	>50
	框架		—	四		四	三		三	二		二	—
框架-剪力墙	钢框架-剪力墙	高度(m)	≤50	>50	>130	≤50	>50	>120	≤50	>50	>100	≤50	
			≤130	≤120		≤100							
		框架	四			三			二			一	
	剪力墙	四	三	二	三	二	一	二	一	特一	一		
	混合框架-剪力墙	高度(m)	≤60	>60	>130	≤60	>60	>120	≤60	>60	>100	≤60	
			≤130	≤120		≤100							
框架		四	三	二	三	二	一	二	一	特一	一		
剪力墙	四	三	二	三	二	一	二	一	特一	一			
筒体	钢框架-核心筒	高度(m)	≤150		>150	≤130		>130	≤100		>100	≤70	
		框架	四			三			二			一	
		核心筒	二		一	二		一	一		特一	一	
	混合框架-核心筒	高度(m)	≤150		>150	≤130		>130	≤100		>100	≤80	
		框架	三		二	二		一	一		特一	一	
		核心筒	二		一	二		一	一		特一	一	
	筒中筒	高度(m)	≤180		>180	≤150		>150	≤120		>120	≤90	
		外筒	三		二	二		一	一		特一	一	
		内筒	三		二	二		一	一		特一	一	

- 注： 1 当接近或等于高度分界时，可结合房屋不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级；
 2 当框架-核心筒的高度不超过 60m 时，其抗震等级可按框架-剪力墙结构采用；
 3 单重抗侧力体系以双重抗侧力体系为依据，并根据本规范相关具体规定进行调整；
 4 大跨度框架指跨度不小于 18m 的框架。

3.6.2 高层混合结构位移限值应符合下列要求：

- 1 在风荷载及多遇地震作用下，按弹性方法计算的最大层间位移与层高的比值应符合表 3.6.2 的规定。

表 3.6.2 弹性层间位移角限值

结构类型			层间位移角限值
框架结构	钢管混凝土柱、钢管 约束混凝土柱	钢梁	1/300
		混凝土梁	1/450
	混凝土柱、型钢混凝土柱		1/550
交错桁架			1/250
框架-剪力墙结构	混凝土剪力墙		1/800
	非加劲钢板剪力墙、防屈曲钢板剪力墙、开 缝钢板剪力墙		1/250
	钢板-组合剪力墙		1/400
筒体结构	框架-核心筒结构体系		1/800
	筒中筒		1/1000

注： 1 房屋高度 H 不小于 250m 时，层间位移角限值不宜大于 1/500。

2 房屋高度 H 介于 150~250m 时，层间位移角限值可按本条第 1 款和第 2 款的限值线性插入取用。

2 在罕遇地震作用下，高层建筑混合结构的弹塑性层间位移角,对于混合框架结构不应大于 1/50，其余结构不应大于 1/100。

3.6.3 高层混合结构应满足风振舒适度要求。在现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定的 10 年一遇的风荷载标准值作用下，结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度计算值不应超过表 3.6.3 的限值。结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度，可按照国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定计算，也可通过风洞试验结果判定确定，计算时阻尼比宜取 0.01~0.02。

表 3.6.3 结构顶点风振加速度限值 a_{lim}

使用功能	$a_{lim}(m/s^2)$
住宅、公寓	0.15
办公、旅馆	0.25

3.6.4 地震设计状况下，高层混合结构构件的承载力抗震调整系数 γ_{RE} 可分别按表 3.6.4-1 和表 3.6.4-2 采用。混凝土构件的承载力调整系数应满足国家现行标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关规定。当仅考虑竖向地震作用组合时，各类构件的承载力抗震调整系数均应取为 1.0。

表 3.6.4-1 组合构件承载力抗震调整系数 γ_{RE}

正截面承载力计算			斜截面承载力计算
型钢混凝土梁	钢管（钢管约束）混凝土柱及型钢混凝土柱	剪力墙	各类构件及节点
0.75	0.8	0.85	0.85

表 3.6.4-2 钢构件承载力抗震调整系数 γ_{RE}

强度破坏 (梁, 柱, 节点板件, 螺栓, 焊缝)	屈曲稳定 (柱)
0.75	0.8

4 材料

4.1 钢筋与混凝土

4.1.1 混凝土、普通钢筋和预应力钢筋的力学性能指标和耐久性要求等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。钢材的选用应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

4.1.2 预制混凝土构件的混凝土强度等级不宜低于 C30；预制预应力混凝土构件的混凝土强度等级不宜低于 C40，且不应低于 C30。现浇混凝土的强度等级不应低于 C25，组合楼板用的混凝土强度等级不应低于 C20，钢管约束混凝土柱和钢管混凝土柱的混凝土强度等级不应低于 C30。采用 C80 以上高强混凝土时，应有可靠依据。

4.1.3 抗震设计时，钢筋的材料性能指标应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

4.1.4 钢管混凝土柱或钢管约束混凝土柱中可采用海砂混凝土、再生骨料混凝土、自密实混凝土或高抛免振捣混凝土。海砂混凝土、再生骨料混凝土、自密实混凝土和高抛免振捣混凝土的配合比设计、施工、质量检验和验收应符合相应的现行行业标准《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206、《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240、《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 和《高抛免振捣混凝土应用技术规程》JGJ/T 296 的有关规定。

4.1.5 钢筋焊接网应符合现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的有关规定。

4.2 钢材和连接材料

4.2.1 钢管和型钢的钢材选用及材料性能指标应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

4.2.2 钢管约束混凝土柱的圆钢管可采用直缝焊接圆钢管或螺旋焊管，方钢管可采用焊接钢管，也可采用冷成型方钢管；当采用冷成型方钢管时，应符合现行行

业标准《建筑结构用冷弯矩形钢管》JG/T 178 中 I 级产品的有关规定。型钢可采用热轧型钢或焊接型钢。

4.2.3 承重结构的圆钢管可采用焊接圆钢管、热轧无缝钢管，不宜选用输送流体用的螺旋焊管。矩形或多边形钢管可采用焊接钢管。

4.2.4 抗震结构钢材的屈强比不应大于 0.85，应有明显的屈服台阶，伸长率不应小于 20%（50mm 标距试样），并应有良好的可焊性和合格冲击韧性。

4.2.5 处于外露环境，且对耐腐蚀有特殊要求或处于侵蚀性介质环境中的承重结构，宜采用耐候钢，其质量要求应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171 的有关规定。

4.2.6 压型钢板质量应符合现行国家标准《建筑用压型钢板》GB/T 12755 的要求，压型钢板的基板应选用热浸镀锌钢板。镀锌层应符合现行国家标准《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518 的有关规定。

4.2.7 钢结构连接材料型号及标准应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

4.2.8 预制混凝土构件的吊环应采用未经冷拉的 HPB300 级热轧钢筋制作。吊装用内埋式螺母或吊杆的材料应符合国家现行相关标准的规定。

5 荷载与地震作用

5.1 荷载与地震作用取值

5.1.1 高层混合结构的自重荷载、楼（屋）面活荷载及屋面雪荷载等应按现行国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定采用。

5.1.2 高层混合结构的风荷载应按国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定采用。

5.1.3 高层混合结构的地震作用应按国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定采用。

5.2 荷载组合和地震作用组合的效应

5.2.1 高层混合结构的荷载组合和地震作用组合的效应应根据国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定计算和采用。

5.2.2 预制构件在翻转、运输、吊运、安装等短暂设计状况下的施工验算，应将构件自重标准值乘以动力系数后作为等效静力荷载标准值。构件运输、吊运时，动力系数宜取 1.5；构件翻转及安装过程中就位、临时固定时，动力系数可取 1.2。

5.2.3 预制构件进行脱模验算时，等效静力荷载标准值应取构件自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和，且不宜小于构件自重标准值的 1.5 倍。动力系数与脱模吸附力应符合下列规定：

- 1 动力系数不宜小于 1.2；
- 2 脱模吸附力应根据构件和模具的实际状况取用，且不宜小于 1.5kN/m^2 。

6 结构计算分析

6.1 一般规定

6.1.1 除本标准指明外，无地震作用的荷载效应组合应按国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定执行；有地震作用的荷载效应组合应按国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定执行。

6.1.2 高层混合结构在竖向荷载、风荷载和多遇地震作用下的变形和内力可采用弹性方法计算，罕遇地震下可采用弹塑性时程分析法计算。

6.1.3 体型复杂、结构布置复杂的高层混合结构，应采用弹塑性分析方法对结构整体和局部进行验算。

6.1.4 抗震计算时，高层混合结构可采用振形阻尼比法计算阻尼比；多遇地震作用下的阻尼比可取为 0.035；风荷载作用下楼层位移验算和构件设计时，阻尼比可取为 0.02~0.04；罕遇地震作用下的阻尼比可取 0.05；风振舒适度计算时，阻尼比宜取 0.01~0.02。

6.1.5 高层混合结构的钢构件、混凝土构件、组合构件应分别建立各自的计算单元，梁、柱构件可采用杆或梁单元模拟，剪力墙构件可采用薄壁单元、墙板单元、壳单元或平面有限元等模型，支撑构件可采用两端铰接杆单元。

6.1.6 结构在竖向荷载及风荷载、地震作用下的变形和内力计算，楼板应符合下列要求：

1 一般情况下可采用刚性楼板假定，设计时应采取相应的措施保证楼板平面内的整体刚度；

2 当楼板平面凹凸不规则，或局部不连续，或楼盖狭长，或相邻楼层刚度有突变，不能保证楼面的整体刚度时，计算时应采用弹性楼板或局部弹性楼板模型进行补充计算；

3 对转换层、加强层、伸臂桁架楼层、竖向刚度显著突变楼层及其上下楼层，计算时应采用弹性楼板模型进行整体分析；

4 当考虑温度、混凝土收缩效应或地震、风荷载作用下的楼板应力时应采用弹性楼板假定，可用膜单元或壳单元模拟楼板。

6.1.7 高度超过 100m，或不规则的高层混合结构进行弹性分析时，应采用至少两个不同力学模型的结构分析软件进行整体计算。

6.1.8 高度超过 100m 的高层混合结构，宜进行施工过程模拟计算。当部分结构先行施工时，应考虑其独立承受外部荷载的能力且确保其稳定，或视其能力确定允许先行施工的楼层数。

6.1.9 对于高度超过 100m 的框架-核心筒和支撑巨型框架-核心筒混合结构，宜考虑混凝土后期徐变、收缩和不同材料构件压缩变形差的影响，必要时应采取相应措施，以减小内、外结构的竖向变形差。

6.2 计算参数及内力调整

6.2.1 高度大于 100m 的高层混合结构进行结构分析时，当重力荷载引起的楼层附加弯矩大于楼层初始弯矩 10%时，应计入重力二阶效应的影响。

6.2.2 在结构内力与位移计算时，对现浇楼盖和叠合楼盖，均可假定楼盖在其自身平面内为无限刚性。平面规则、连接可靠的有叠合层预应力混凝土空心板楼盖可视为刚性楼盖进行结构整体分析，楼层水平地震剪力宜按抗侧力构件等效刚度的比例分配；平面规则、连接可靠且质量和侧向刚度分布均匀的无叠合层预应力混凝土空心板楼盖，当平面长宽比不大于 3、采用框架结构体系且预应力混凝土空心板纵向接缝处，混凝土（或砂浆）剪应力不大于 0.4 MPa 时，可视为刚性楼盖进行结构整体分析；否则宜根据楼盖平面内变形情况，合理确定楼盖的平面内受力模型后，再进行结构整体分析。无叠合层的预制双 T 板和预应力混凝土空心板，应按半刚性或柔性楼盖考虑。楼面梁的刚度可计入翼缘作用予以增大；混凝土梁的刚度增大系数可根据翼缘情况近似取为 1.3~2.0；钢梁的刚度增大系数可取 1.2~1.5。

6.2.3 进行结构内力和变形分析时，组合构件的刚度可按下列规定计算：

1 组合梁、组合柱截面的轴向刚度 EA 、抗弯刚度 EI 和抗剪刚度 GA 可采用钢管部分的刚度与混凝土部分的刚度之和，即：

$$EA=E_cA_c+E_sA_s \quad (6.2.3-1)$$

$$EI=E_cI_c+E_sI_s \quad (6.2.3-2)$$

$$GA=G_cA_c+G_sA_s \quad (6.2.3-3)$$

式中， EA 、 EI 、 GA ——构件截面轴向刚度、抗弯刚度及抗剪刚度；

E_cA_c 、 E_cI_c 、 G_cA_c ——混凝土部分的截面轴向刚度、抗弯刚度及抗剪刚度；

$E_s A_s$ 、 $E_s I_s$ 、 $G_s A_s$ ——钢管部分的截面轴向刚度、抗弯刚度及抗剪刚度。

2 型钢混凝土剪力墙、钢板混凝土剪力墙、带钢斜撑混凝土剪力墙的截面刚度可按下列原则计算：

(1) 型钢混凝土剪力墙，其截面刚度可近似按相同截面的混凝土剪力墙计算截面刚度，可不计入端部型钢对截面刚度的提高作用；

(2) 有端柱型钢混凝土剪力墙，其截面刚度可按端柱中混凝土截面面积加上型钢按弹性模量比折算的等效混凝土面积计算其抗弯刚度和轴向刚度；墙的剪切刚度可不计入型钢作用；

(3) 钢板混凝土剪力墙，可把钢板按弹性模量折算为等效混凝土面积计算其截面刚度；

(4) 在混凝土剪力墙内布置钢斜撑，可不考虑钢斜撑对其截面刚度的影响。

6.2.4 竖向荷载作用下的混凝土框架梁，可考虑梁两端塑性变形内力重分布对梁端负弯矩乘以调幅系数进行调幅，并应符合下列规定：

1 装配式混凝土框架梁端负弯矩调幅系数可取为 0.7~0.8，现浇框架梁端负弯矩调幅系数可取为 0.8~0.9；

2 框架梁端负弯矩调幅后，梁跨中弯矩应按平衡条件相应增大；

3 应先对竖向荷载作用下框架梁的弯矩进行调幅，再与水平作用产生的框架梁弯矩进行组合；

4 截面设计时，框架梁跨中截面正弯矩设计值不应小于竖向荷载作用下按简支梁计算的跨中弯矩设计值的 50%。

6.2.5 对于不直接承受动力荷载的混合结构，钢梁可采用塑性设计或弯矩调幅设计，且应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的相关规定。

6.2.6 不参与抗侧力计算、仅承受竖向荷载的少量柱，其弯矩设计值可取其轴力设计值乘以结构层间位移值，并按此弯矩计算该构件的剪力设计值。

6.2.7 高层建筑混合结构的梁、柱、墙和节点核心区，在进行截面抗震设计时，应按国家现行有关标准的规定调整构件的组合内力设计值。

6.2.8 抗震设计的剪力墙或核心筒中的连梁刚度可予以折减，折减系数不宜小于 0.5；也可根据连梁弹性刚度计算得到的弯矩，直接降低连梁弯矩，降低系数不宜小于 0.8。上述两种方法不应同时采用。

6.2.9 计算各振型地震影响系数所采用的结构自振周期，应考虑非承重墙体的刚度影响并予以折减。当非承重墙体采用轻质砌块、轻质填充墙板或外挂墙板时，

自振周期折减系数可取 0.9~1.0。对于采用其他非承重墙体时，可根据工程实际情况确定周期折减系数。

6.3 罕遇地震作用下变形验算

6.3.1 高层混合结构在罕遇地震作用下的弹塑性层间位移角宜根据国家现行有关标准的规定计算。

6.3.2 高层混合结构在罕遇地震作用下的弹塑性变形验算，可采用弹塑性时程分析方法或静力弹塑性分析方法。

6.3.3 进行弹塑性时程分析和静力弹塑性分析时，应对结构整体进行分析，并采用合理的计算模型。

6.3.4 罕遇地震作用下的弹塑性时程分析应符合下列规定：

1 应按建筑场地类别和设计地震分组选用不少于 2 组实际地震波和 1 组人工模拟地震波的加速度时程曲线；加速度时程曲线的频谱特征、有效持续时间、地震加速度最大值应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定；时程分析的积分步长不宜大于 0.02s，且不宜大于结构基本周期的 1/10；

2 阻尼比宜采用 0.05；

3 恢复力模型可根据已有资料或试验确定。

6.3.5 弹塑性时程分析或静力弹塑性分析均宜计入结构整体重力二阶效应。

7 框架结构设计

7.1 一般规定

7.1.1 框架柱可采用混凝土柱、型钢混凝土柱、钢管混凝土柱或钢管约束混凝土柱；框架梁可采用混凝土梁、钢梁或组合梁。

7.1.2 框架结构应设计成双向梁柱抗侧力体系。主体结构除个别部位外，不应采用铰接。

7.1.3 抗震设计的框架结构不应采用单跨框架。

7.1.4 框架结构的填充墙及隔墙宜选用轻质墙体，并应采用可靠连接。除本规程有关规定外，混凝土构件设计及构造应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 执行；型钢混凝土构件设计及构造应按现行行业标准《组合结构设计规范》JGJ 138 执行；钢构件的强度和稳定性计算应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 执行；钢管混凝土柱的设计及构造应按现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 执行；钢管约束混凝土柱的设计及构造应按现行行业标准《钢管约束混凝土结构技术标准》JGJ/T 471 执行。

7.1.5 对需要控制变形的构件，应进行变形验算；对舒适性有要求的楼盖结构，应进行竖向振动频率及加速度峰值验算。

7.1.6 设计组合构件时，应采取可靠的措施保证钢与混凝土的共同工作。

7.2 钢构件

7.2.1 钢梁和钢柱的强度和稳定性计算，应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定执行。非抗震设计时，结构效应应考虑重要性系数，或将钢材的强度设计值除以重要性系数。抗震设计时，钢材的强度设计值应除以构件承载力抗震调整系数 γ_{RE} ，取截面塑性发展系数取为 1.0。

7.2.2 框架柱的长细比和框架梁、柱板件的宽厚比，应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 或《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定进行计算，但二者不应混用。

7.2.3 梁柱构件的侧向支承应符合下列要求：

- 1 梁柱构件受压翼缘应根据需要设置侧向支承；
- 2 梁柱构件在出现塑性铰的截面，上下翼缘均应设置侧向支承；

3 相邻两侧向支承点间的构件长细比,应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

7.3 钢-混凝土组合梁

7.3.1 钢-混凝土组合梁应符合现行行业标准《组合结构设计规范》JGJ 138 的有关规定。组合梁的混凝土翼板可采用现浇混凝土板,也可采用混凝土叠合板、预制预应力混凝土空心板、预应力双 T 板、钢筋桁架叠合板或压型钢板混凝土叠合板,并应按国家现行标准的有关规定设计。

7.3.2 组合梁施工时,如钢梁下无临时支承,组合梁的全部自重和施工荷载应由钢梁单独承受,并应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 验算钢梁的强度、变形和稳定性。

7.3.3 组合梁的抗剪连接件宜采用圆柱头焊钉,也可采用槽钢或有可靠依据的其它类型连接件。焊钉和槽钢连接件的设置方式如图 7.3.3 所示。

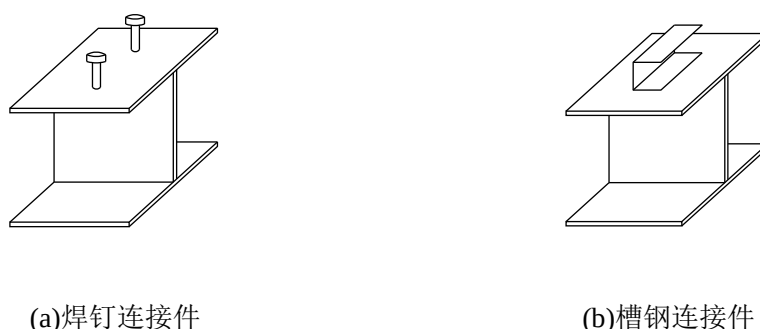


图 7.3.3 连接件的外形及设置方向

7.3.4 组合梁构件设计和构造要求,应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和行业标准《组合结构设计规范》JGJ 138 的规定执行。

7.4 钢管混凝土柱

7.4.1 除本节规定外,钢管混凝土柱应符合现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的有关规定。

7.4.2 圆形钢管混凝土柱尚应符合下列构造要求:

- 1 钢管直径不宜小于 400 mm;
- 2 钢管壁厚不宜小于 8 mm;
- 3 钢管外径与壁厚的比值 D/t 宜在 $(20 \sim 100)\sqrt{235/f_y}$ 之间, f_y 为钢材的屈服强度;

- 4 圆钢管混凝土柱的套箍指标，不应小于 0.5，也不宜大于 2.5；
- 5 柱的长细比不宜大于 80；
- 6 轴向压力偏心率 e_0/r 不宜大于 1.0， e_0 为偏心距， r 为核心混凝土横截面半径；
- 7 钢管混凝土柱与框架梁刚性连接时，柱内或柱外应设置与梁上、下翼缘位置对应的加劲肋；加劲肋设置于柱内时，应留孔以利混凝土浇筑；加劲肋设置于柱外时，应形成加劲环板；
- 8 直径大于 2 m 的圆形钢管混凝土构件应采取有效措施减小钢管内混凝土收缩对构件受力性能的影响。

7.4.3 矩形钢管混凝土柱应符合下列构造要求：

- 1 钢管截面短边尺寸不宜小于 400 mm；
- 2 钢管壁厚不宜小于 8 mm；
- 3 钢管截面的高宽比不宜大于 2，当矩形钢管混凝土柱截面最大边尺寸不小于 800 mm 时，宜采取在柱子内壁上焊接栓钉、纵向加劲肋等构造措施；
- 4 钢管管壁板件的边长与其厚度的比值不应大于 $60\sqrt{235/f_y}$ ；
- 5 柱的长细比不宜大于 80。

7.4.4 矩形钢管混凝土柱的轴压比不宜大于表 7.4.4 的限值：

表 7.4.4 矩形钢管混凝土柱轴压比限值

一级	二级	三级
0.7	0.8	0.9

7.5 钢管约束混凝土柱

7.5.1 除本节规定外，钢管约束混凝土柱应符合现行行业标准《钢管约束混凝土结构技术标准》JGJ/T 471 的有关规定。

7.5.2 钢管约束混凝土柱宜在上、下柱端设置钢管构造缝。钢管构造缝宽度不应小于 10 mm，不宜大于 20 mm；钢管构造缝距相应柱端截面的距离不宜超过 $0.5D$ ， D 为圆钢管截面直径或方钢管截面边长；底层柱的钢管可在基础顶面设置钢管构造缝，其宽度不应小于 10 mm，不宜大于 20 mm。

7.5.3 圆钢管约束混凝土柱的钢管直径不宜小于 300 mm，壁厚不宜小于 3 mm。钢管直径与壁厚之比 D/t 不宜小于 100，且不宜大于 200。

7.5.4 方钢管约束混凝土柱可采用无加劲肋的截面形式或钢管设置斜对拉加劲肋的截面形式。两种截面形式的钢管边长均不宜小于 300 mm，壁厚不宜小于 3 mm。

7.5.5 钢管约束钢筋混凝土和钢管约束型钢混凝土框架柱的轴压比不宜大于表 7.5.5-1 和 7.5.5-2 规定的限值。

表 7.5.5-1 钢管约束钢筋混凝土柱轴压比限值

结 构 体 系	抗 震 等 级			
	一级	二级	三级	四级
框架结构	0.65	0.75	0.85	0.90
框架-剪力墙结构、筒体结构	0.75	0.85	0.90	0.95

注：对Ⅳ类场地地上较高的高层建筑，柱轴压比限值宜适当减小。

表 7.5.5-2 钢管约束型钢混凝土柱轴压比限值

结 构 类 型	抗 震 等 级			
	一级	二级	三级	四级
框架结构	0.65	0.75	0.85	0.90
框架-剪力墙结构	0.70	0.80	0.90	0.95
框架-筒体结构	0.70	0.80	0.90	—

注：对Ⅳ类场地地上较高的高层建筑，柱轴压比限值宜适当减小。

8 交错桁架结构设计

8.1 一般规定

8.1.1 交错桁架结构中，框架柱可采用钢柱（一般指 H 型钢或矩形钢管）或钢管混凝土柱；桁架宜采用钢结构；楼板宜采用预应力混凝土空心板，也可采用预应力混凝土叠合板、压型钢板楼板、钢筋桁架叠合板或钢筋桁架楼承板。

8.1.2 交错桁架结构的平面宜规则、对称，宜采用矩形、由矩形组成的多边形或弧面结构。结构布置宜使抗侧刚度中心与水平合力中心接近。交错桁架结构中桁架的高跨比可取 1:4 ~ 1:7，纵向框架柱间距宜取 6 m~9 m。

8.1.3 设计交错桁架时，荷载标准值、荷载分项系数、荷载组合、荷载组合值系数应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定执行；抗震设防的结构还应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

8.1.4 交错桁架结构的抗震设计，应符合下列规定：

- 1 抗震设防烈度为 6 度时，I~III 类场地上的丙类建筑，可不计算地震作用；
- 2 按 6 度设防位于 IV 类场地上的丙类建筑、按 6 度设防的乙类建筑以及 7 度~8 度设防的建筑，应按本地震的抗震设防烈度计算地震作用；
- 3 按 6 度设防的建筑可不进行罕遇地震作用下的结构计算；
- 4 交错桁架结构的抗震等级，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 对钢框架房屋的规定确定。

8.1.5 交错桁架结构中，桁架的平面外结构，可采用框架、框架-支撑、框架-剪力墙等抗侧力体系，其中剪力墙可为钢板剪力墙、组合剪力墙或混凝土剪力墙等；桁架平面外结构的设计，应符合各抗侧力体系的相关要求。

8.2 结构分析与计算

8.2.1 交错桁架结构采用三维空间模型进行弹性内力和变形分析时，应对楼板平面内刚度进行折减；在分析竖向荷载作用时，不应考虑楼板和桁架弦杆的共同作用；在分析横向水平荷载作用时，宜考虑楼板和桁架弦杆的共同作用，若未考虑共同作用，可假定横向水平荷载引起的桁架弦杆轴力由混凝土楼板承担，而剪力和弯矩由桁架弦杆承担。

8.2.2 一般情况下，应至少在交错桁架结构的两个主轴方向分别计算水平地震作用，各方向的水平地震作用应由该方向的抗侧力构件承担。

8.2.3 计算单向地震作用时应考虑偶然偏心的影响。矩形平面每层质心沿垂直于地震作用方向的附加偏心距 e_i 可按下列公式计算：

$$e_i = \pm 0.05L_i \quad (8.2.3)$$

式中， L_i ——第 i 层垂直于地震作用方向的建筑物长度。

8.2.4 罕遇地震作用下的弹塑性分析，交错桁架结构的阻尼比可取 0.05，风荷载作用下，交错桁架结构的阻尼比可取 0.02。

8.2.5 多遇地震作用下，交错桁架结构的剪重比应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的要求。

8.3 构件设计与构造

8.3.1 桁架构件设计时，弦杆应按下压弯或者拉弯构件计算；桁架内力分析模型中，铰接的腹杆应按轴心受力构件计算，刚接的腹杆应按下压弯或者拉弯构件计算。

8.3.2 非抗震设计中，桁架受压构件的长细比不应大于 150；受力构件的长细比不应大于 350；桁架杆件的板件宽厚比，应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 关于板件局部稳定的规定。抗震设计中，桁架弦杆和斜腹杆的长细比，应根据结构的抗震等级，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 对中心支撑的规定执行。桁架杆件的板件宽厚比，应根据结构的抗震等级，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定执行。

8.3.3 桁架构造应满足现行技术规程《交错桁架钢框架结构技术规程》CECS 323 的相关规定。

8.3.4 交错桁架结构的框架柱应按下压弯构件进行设计。框架柱的承载力计算方法、构造要求及柱脚设计方法应按国家现行相关标准确定。

8.3.5 钢框架柱应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定计算其强度和稳定性；钢管混凝土框架柱应按现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的规定执行。

9 框架-剪力墙结构设计

9.1 一般规定

9.1.1 框架-剪力墙结构中，框架柱可采用混凝土柱、型钢混凝土柱、钢管混凝土柱或钢管约束混凝土柱；框架梁可采用混凝土梁、钢梁或组合梁；剪力墙可采用混凝土剪力墙、型钢混凝土剪力墙、钢板剪力墙或钢板组合剪力墙等。

9.1.2 框架-剪力墙结构可采用下列形式：

- 1 框架与剪力墙（单片墙、联肢墙或较小井筒）分开布置；
- 2 在框架结构的若干跨内嵌入剪力墙（带边框剪力墙）；
- 3 在单片抗侧力结构内连续分别布置框架和剪力墙；
- 4 上述两种或三种形式的混合。

9.1.3 框架-混凝土剪力墙结构应设计成双向抗侧力体系；抗震设计时，结构两主轴方向均应布置剪力墙。

9.1.4 框架-混凝土剪力墙结构可以按照双重抗侧力体系或单重抗侧力体系设计。

9.1.5 当框架-混凝土剪力墙结构按双重抗侧力体系设计时，应按照国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 相关规定进行设计。

9.1.6 框架-混凝土剪力墙结构按单重抗侧力体系设计时，应符合下列要求：

- 1 结构总高度一半以下范围内，弹性分析中，框架部分分配的地震剪力标准值与本层总地震剪力标准值的比值最大值不大于 0.1 时，框架部分分配的地震剪力可不进行调整，而剪力墙应承担 100% 的本层地震剪力。
- 2 结构总高度一半以下范围内，弹性分析中，任一层框架部分分配的地震剪力标准值与本层总地震剪力标准值的比值大于 0.1 且小于 0.2 时，剪力墙部分和框架部分的地震剪力均可不进行调整，而剪力墙的抗震构造措施应按框架-剪力墙结构的抗震等级提高一级后采用，已为特一级的可不再提高。

9.1.7 按振型分解反应谱法计算地震作用时，结构的剪重比应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定。

9.1.8 框架-剪力墙结构中剪力墙的布置应符合下列规定：

- 1 剪力墙宜均匀布置在建筑物的周边附近、楼梯间、电梯间、平面形状变化及恒载较大的部位，剪力墙间距不宜过大；

- 2 平面形状凹凸较大时，宜在凸出部分的端部附近布置剪力墙；
- 3 纵、横剪力墙宜组成 L 形、T 形和 [形等形式；
- 4 单片剪力墙底部承担的水平剪力不应超过结构底部总水平剪力的 30%；
- 5 剪力墙宜贯通建筑物的全高，宜避免刚度突变；剪力墙开洞时，洞口宜上下对齐；
- 6 楼、电梯间等竖井宜尽量与靠近的抗侧力结构结合布置；
- 7 抗震设计时，剪力墙的布置宜使结构各主轴方向的侧向刚度接近。

9.1.9 长矩形平面或平面有一部分较长的建筑中，其剪力墙的布置尚宜符合下列规定：

- 1 横向剪力墙沿长方向的间距宜满足表 9.1.9 的要求，当这些剪力墙之间的楼盖有较大开洞时，剪力墙的间距应适当减小；
- 2 纵向剪力墙不宜集中布置在房屋的两尽端。

表 9.1.9 剪力墙间距 (m)

楼盖形式	非抗震设计 (取较小值)	设防烈度		
		6 度、7 度 (取较小值)	8 度 (取较小值)	9 度 (取较小值)
现浇	5.0B, 60	4.0B, 50	3.0B, 40	2.0B, 30
装配	3.5B, 50	3.0B, 40	2.5B, 30	——

注：表中 B 为剪力墙之间的楼盖宽度，单位为 m。

9.2 混凝土剪力墙设计及构造

9.2.1 框架-剪力墙结构中，混凝土剪力墙的竖向、水平分布钢筋的配筋率，抗震设计时均不应小于 0.25%，非抗震设计时均不应小于 0.20%，并应至少双排布置。各排分布筋之间应设置拉筋，拉筋的直径不应小于 6 mm、间距不应大于 600 mm。

9.2.2 部分框支抗震墙结构的落地抗震墙底部加强部位，竖向和横向分布钢筋配筋率均不应小于 0.30%。

9.3 钢板剪力墙设计及构造

9.3.1 当结构选用钢板剪力墙时，应根据使用条件、建筑功能以及技术经济性能要求确定钢板剪力墙类型。可选用的类型包括非加劲钢板剪力墙、加劲钢板剪力墙、防屈曲钢板剪力墙、钢板组合剪力墙及开缝钢板剪力墙等。

9.3.2 钢板剪力墙平面布置宜规则、对称；竖向宜连续布置，承载力和刚度宜自下而上逐渐减小。同一楼层内同方向抗侧力构件宜采用同类型钢板剪力墙。

9.3.3 钢板剪力墙宜按不承受竖向荷载设计计算，并应采用相应的构造和施工措施来实现计算假定。当钢板剪力墙承受竖向荷载时，应考虑竖向荷载对受剪承载力的影响。

9.3.4 钢板剪力墙的设计应符合下列规定：

- 1 钢板剪力墙的节点，不应先于钢板剪力墙和框架梁柱破坏；
- 2 与钢板剪力墙相连周边框架梁柱腹板厚度不应小于钢板剪力墙厚度；
- 3 钢板剪力墙上开设洞口时应按等效原则予以补强。

9.3.5 非加劲钢板剪力墙、加劲钢板剪力墙、防屈曲钢板剪力墙、钢板组合剪力墙、开缝钢板剪力墙的相关设计应符合现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380 的相关要求。

10 筒体结构设计

10.1 一般规定

10.1.1 筒体结构中，框架柱可采用混凝土柱、型钢混凝土柱、钢管混凝土柱或钢管约束混凝土柱；框架梁可采用混凝土梁、钢梁或组合梁；筒体的墙体可采用混凝土剪力墙、型钢混凝土剪力墙、钢板剪力墙或钢板组合剪力墙等。

10.1.2 本章适用于框架-核心筒和筒中筒结构，其他类型的筒体结构可参照使用。筒体结构各种构件的截面设计和构造措施除应遵守本章规定外，尚应符合本规程有关章节的规定。

10.1.3 筒中筒结构的高度不宜低于 80 m，高宽比不宜小于 3。

10.1.4 抗震设计时，框架-混凝土核心筒结构可以按照双重抗侧力体系或单重抗侧力体系设计。

10.1.5 框架-混凝土核心筒结构按双重抗侧力体系设计时，应按照我国现行规范《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 相关规定进行设计。

10.1.6 框架-混凝土核心筒结构按单重抗侧力体系设计时，应符合下列要求：

1 结构总高度一半以下范围内，弹性分析中，框架部分分配的地震剪力标准值与本层总地震剪力标准值的比值最大值不大于 0.1 时，框架部分分配的地震剪力可不进行调整，而核心筒应承担 100% 的本层地震剪力。

2 结构总高度一半以下范围内，弹性分析中，任一层框架部分分配的地震剪力标准值与本层总地震剪力标准值的比值大于 0.1 且小于 0.2 时，核心筒部分和框架部分的地震剪力均可不进行调整，而核心筒的抗震构造措施应按框架-核心筒结构的抗震等级提高一级后采用，已为特一级的可不再提高。

有加强层时，本条框架部分分配的楼层地震剪力标准值的最大值不应包括加强层及其上、下层的框架剪力。

10.2 混凝土筒体

10.2.1 核心筒或内筒的设计，除应符合本规程规定外，尚应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定。

10.2.2 抗震设计时，钢框架-混凝土核心筒结构的筒体底部加强部位分布钢筋的最小配筋率不宜小于 0.35%，筒体其他部位的分布筋不宜小于 0.30%。

10.2.3 抗震设计时,框架-混凝土核心筒混合结构的筒体底部加强部位约束边缘构件沿墙肢的长度宜取墙肢截面高度的 $1/4$,筒体底部加强部位以上墙体宜设置约束边缘构件。

10.2.4 当连梁抗剪截面不足时,可采取在连梁中设置型钢或钢板等措施。

11 支撑巨型框架-核心筒结构设计

11.1 一般规定

11.1.1 支撑巨型框架-核心筒结构中，框架巨型柱可采用钢管混凝土柱、钢管约束混凝土柱或型钢混凝土柱；框架梁可采用钢梁、混凝土梁或组合梁；核心筒墙体宜采用型钢混凝土剪力墙或钢板组合剪力墙，也可采用混凝土剪力墙或型钢混凝土剪力墙等。

11.1.2 支撑巨型框架-核心筒结构体系适用于结构高度为 300 m 及以上的超高层建筑。

11.1.3 抗震设计的支撑巨型框架-核心筒结构平面布置应避免或减少结构整体扭转效应。

11.1.4 支撑巨型框架-核心筒结构中，支撑于腰桁架上的柱与边梁、楼面梁宜采用刚接；当主要承受竖向荷载时，可设计为重力柱，与楼面梁的连接可采用铰接。

11.1.5 支撑巨型框架-核心筒结构的巨型支撑宜采用屈曲约束支撑。

11.1.6 支撑巨型框架-核心筒结构按弹性方法计算的风荷载和多遇地震标准值作用下的楼层层间最大位移与层高之比 $\Delta u/h$ 不宜大于 1/500，且底部楼层层间最大位移与层高之比 $\Delta u/h$ 不宜大于 1/2000。

11.1.7 罕遇地震作用下，结构薄弱层（部位）弹塑性层间位移角不应超过 1/100。

11.1.8 结构弹塑性计算宜采用动力弹塑性时程分析方法；若采用静力弹塑性分析方法，宜选用考虑结构高阶振型参与影响的静力弹塑性分析方法，且所考虑振型数的质量参与系数不低于总质量的 90%。

11.1.9 时程分析中采用加速度时程曲线的特征应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定；地震动的加速度时程曲线的持续时间不宜小于 50 s，不应小于结构基本自振周期的 5 倍。

11.1.10 在多遇地震作用下的阻尼比宜取 0.035；在设防地震作用下的结构阻尼比宜取 0.04；在罕遇地震作用下的结构阻尼比宜取 0.05；

11.1.11 多遇地震作用下，结构周期折减系数为 0.9；设防地震作用下，结构周期折减系数为 0.95；罕遇地震作用下，结构周期折减系数为 1.0。

11.2 带加强层的支撑巨型框架-核心筒结构

11.2.1 当支撑巨型框架-核心筒结构的侧向刚度不能满足要求时,可利用建筑避难层、设备层空间,设置适宜刚度的水平伸臂构件,形成带加强层的支撑巨型框架-核心筒结构体系。

11.2.2 带加强层的支撑巨型框架-核心筒结构设计应符合下列规定:

- 1 伸臂桁架及腰桁架宜采用钢结构;
- 2 伸臂桁架及腰桁架宜沿竖向从顶层向下均匀布置加强层;
- 3 伸臂桁架平面布置宜位于核心筒转角处,且相对核心筒宜对称布置并贯通核心筒墙体;
- 4 加强层及其相邻层的框架柱、核心筒应加强配筋构造。

11.2.3 抗震设计时,带加强层的支撑巨型框架-核心筒结构应符合下列要求:

- 1 加强层及其相邻层的框架柱、核心筒剪力墙的抗震等级应提高一级采用,已为特一级时,可不再提高;
- 2 加强层及其相邻层的核心筒剪力墙应设置约束边缘构件。

11.2.4 伸臂桁架加强层上下弦杆所在楼层的楼板应采用现浇混凝土楼板,并应采取加强措施;伸臂桁架加强层应考虑楼板平面内变形,楼板厚度应由计算确定且不应小于 180 mm。

12 楼盖设计

12.1 一般规定

12.1.1 高层混合结构的楼盖可采用全预制楼盖、叠合楼盖或现浇楼盖。结构转换层、平面复杂或开洞较大的楼层、作为上部结构嵌固部位的地下室楼层宜采用现浇楼盖，当采用叠合楼盖时应保证楼盖的整体性及传递水平力的能力，不应采用干式连接的预制楼盖。

12.1.2 采用叠合板时，在结构分析中可假定平面规则的楼层在其楼板自身平面内为无限刚性；对平面复杂或开洞较大的楼层面不规则、有较大洞口等情况下，计算中宜采用弹性楼板假定。

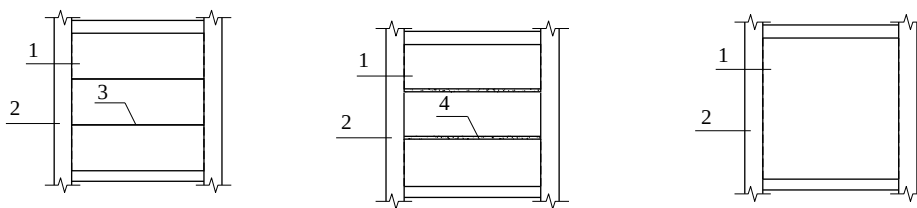
12.1.3 楼板应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行设计，并应符合下列规定：

- 1 非预应力预制板的厚度不应小于 50 mm，预应力桁架预制板的厚度不应小于 40 mm；后浇混凝土叠合层厚度不应小于 60 mm；
- 2 当叠合板的预制板采用空心板时，板端空腔应封堵；
- 3 装配式楼盖适用跨度见表 12.1.3。

表 12.1.3 装配式楼盖适用跨度

楼板类型	钢筋桁架叠合板	预应力混凝土叠合板	预应力混凝土空心板	预应力混凝土双 T 板	压型钢板
适用跨度 (m)	3~6	3~9	8~12	9~24	<3

12.1.4 叠合板的板侧接缝可采用分离式接缝或整体式接缝；同一个计算区格内的四边支承叠合板，可根据预制板接缝构造及长宽比按单向板或双向板设计。当预制板之间采用分离式接缝（图 12.1.4a）时，宜按沿接缝方向的单向板设计；当预制板之间采用整体式接缝（图 12.1.4b）或无接缝（图 12.1.4c）时，可根据板块的长宽比按照单向板或双向板设计。



(a) 单向叠合板 (b) 带接缝的双向叠合板 (c) 无缝双向叠合板

图 12.1.4 叠合板的预制板布置形式示意

1—预制板；2—梁或墙；3—分离式接缝；4—整体式接缝

当采用预应力空心楼盖或双 T 板楼盖时，应按单向板进行设计，当要求楼盖具有更佳的水平刚度和整体性时，应在预制楼板上增设不小于 60 mm 的混凝土现浇层，同时钢筋应锚入墙、梁中。

采用钢底模楼盖时，宜仅在施工阶段考虑钢底模的作用，在使用阶段不考虑钢板的作用；为充分利用桁架钢筋，钢筋桁架叠合板的桁架钢筋宜沿主要受力方向布置。

12.2 钢筋桁架混凝土叠合板楼盖

12.2.1 当采用钢筋桁架混凝土叠合板时，应符合现行标准《钢筋桁架混凝土叠合板应用技术规程》T/CECS 715 的有关规定。

12.2.2 高层混合结构中，楼盖应符合下列规定：

1 结构转换层和作为上部结构嵌固部位的楼层宜采用现浇楼盖；

2 屋面层和平面受力复杂的楼层宜采用现浇楼盖，当采用叠合楼盖时，楼板的后浇混凝土叠合层厚度不应小于 100 mm，且后浇层内应采用双向通长配筋，钢筋直径不宜小于 8 mm，间距不宜大于 200 mm。

12.3 预应力混凝土叠合板楼盖

12.3.1 预应力混凝土叠合楼板，除应根据设计状况进行承载力计算及正常使用极限状态验算外，尚应对施工阶段进行验算。

12.3.2 预应力混凝土叠合板计算应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 相关规定，预制预应力叠合底板混凝土强度不宜低于 C40 且不应低于 C30，叠合层的混凝土强度等级不宜低于 C25。

12.3.3 预应力混凝土叠合板可采用带肋叠合板、钢筋桁架叠合板及平板叠合板等。叠合楼板端部与混凝土梁、剪力墙及钢梁之间应设置可靠的锚固或连接措施（图 12.3.3-1），且应符合下列规定：

- 1 当与现浇混凝土梁、墙或预制混凝土梁、墙搭接时，支承长度 l_1 不应小于 20mm；
- 2 当与钢梁搭接时，支承长度 l_1 不应小于 20mm；
- 3 预应力混凝土底板，可不预留胡子筋，并在底板上方设置端部附加短筋，如图 12.3.3-2 所示。端部附加短筋伸入板内和支座内长度 l_3 不应小于 $15d$ ， d 为端部附加短筋直径。端部附加短筋最小配筋率不宜小于 0.15%，直径不宜小于 6 mm、间距不宜大于 250 mm。

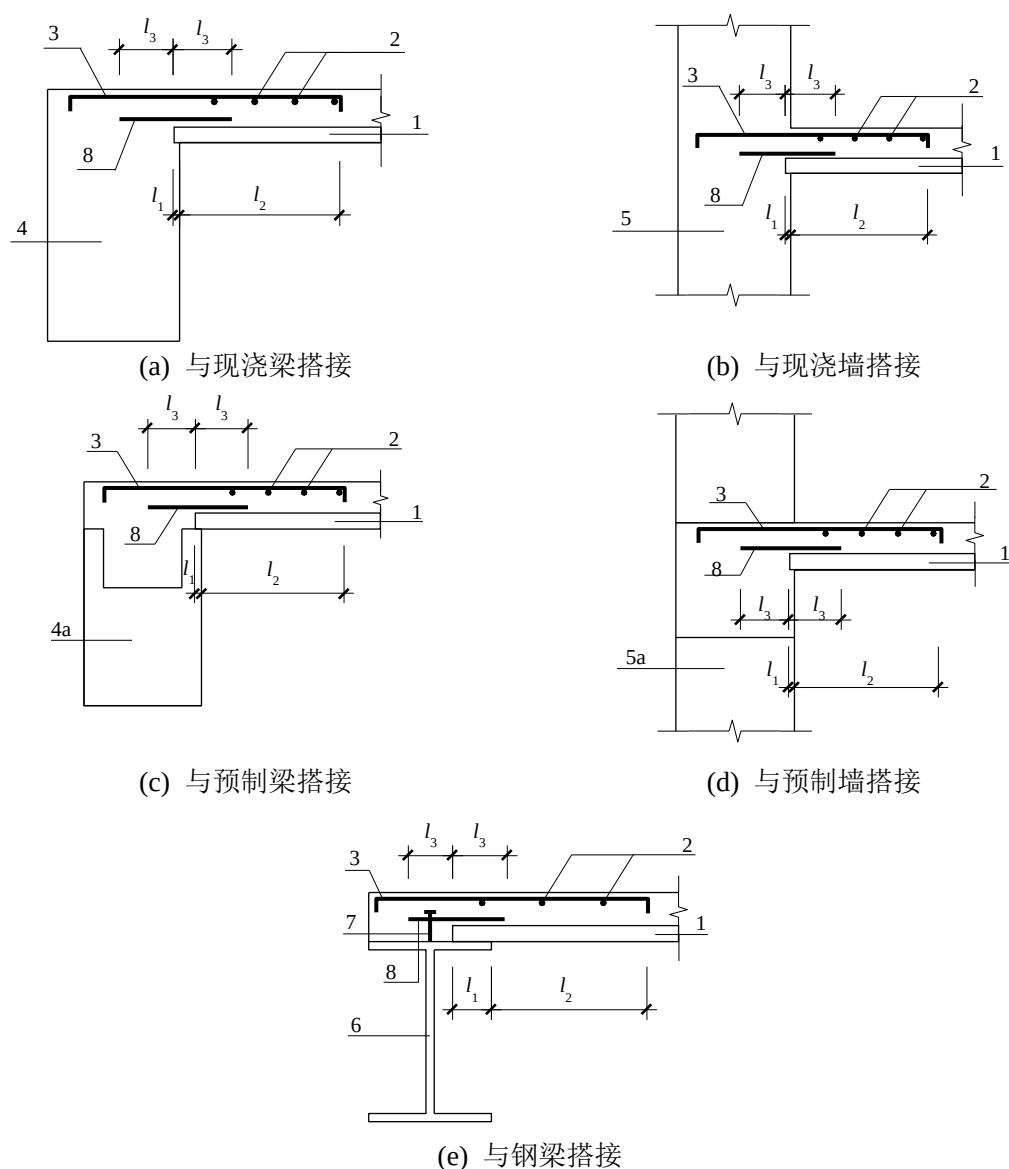


图 12.3.3-1 叠合楼板端部连接构造（一）

- 1—预应力混凝土带肋底板；2—板面分布钢筋；3—支座负筋或板面构造钢筋；
 4—现浇梁；4a—预制梁；5—现浇墙；5a—预制墙；6—钢梁；7—抗剪连接件；
 8—端部附加短筋； l_1 —预应力混凝土带肋底板支承长度； l_2 —板面钢筋伸入板内长度；
 l_3 —端部附加短筋伸入板内和支座内长度

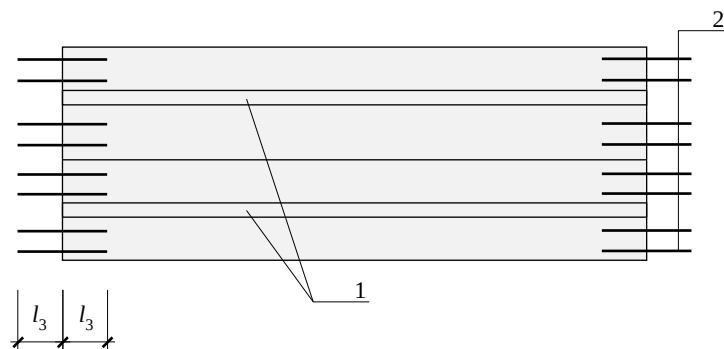


图 12.3.3-2 叠合楼板端部连接构造（二）

1—预应力混凝土带肋底板；2—端部附加短筋； l_3 —端部附加短筋伸入板内和支座内长度

12.4 预应力混凝土空心板楼盖

12.4.1 预应力混凝土空心板适用于抗震设防烈度小于或等于 8 度的地区，其设计应符合现行协会标准《预应力混凝土空心板应用技术规程》CECS XX（发布后补充）的要求。

12.4.2 预应力混凝土空心板应与支承构件进行可靠连接。

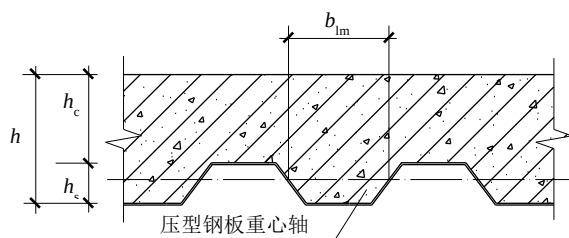
12.4.3 预应力混凝土空心板楼盖应通过计算楼盖水平地震作用并进行连接设计或设置叠合层的方式确保楼盖整体性。

12.5 压型钢板楼板楼盖

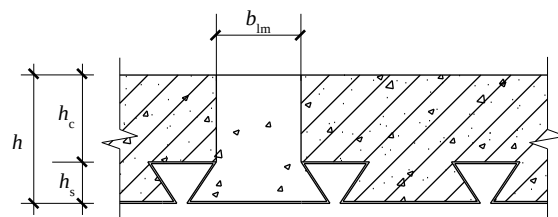
12.5.1 本规范不适用于直接承受动力荷载作用的压型钢板楼板。

12.5.2 压型钢板材料、质量要求及截面特性应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 及《建筑用压型钢板》GB/T 12755 的相关规定。

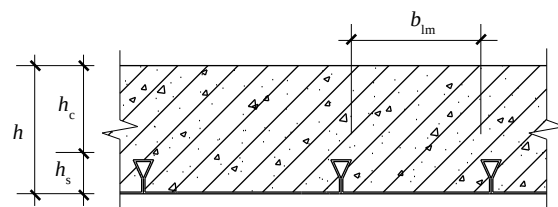
12.5.3 压型钢板浇筑混凝土面，开口型压型钢板凹槽重心轴处宽度（ b_{lm} ）、缩口型和闭口型压型钢板槽口最小浇筑宽度（ b_{lm} ）不应小于 50 mm。当槽内放置栓钉时，压型钢板总高 h_s （包括压痕）不宜大于 80 mm，如图 12.5.3 所示。



(a) 开口型压型钢板



(b) 缩口型压型钢板

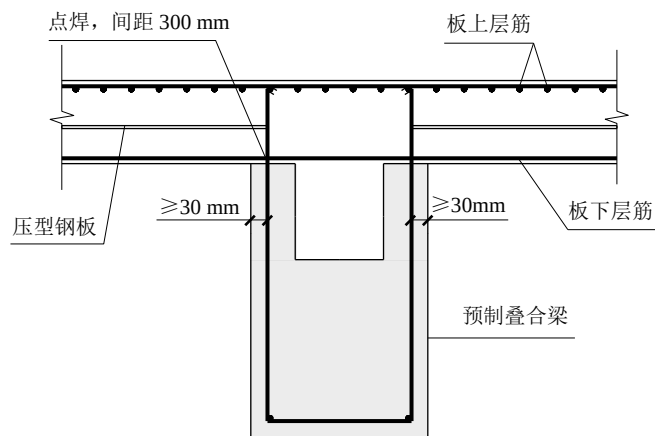


(c) 闭口型压型钢板

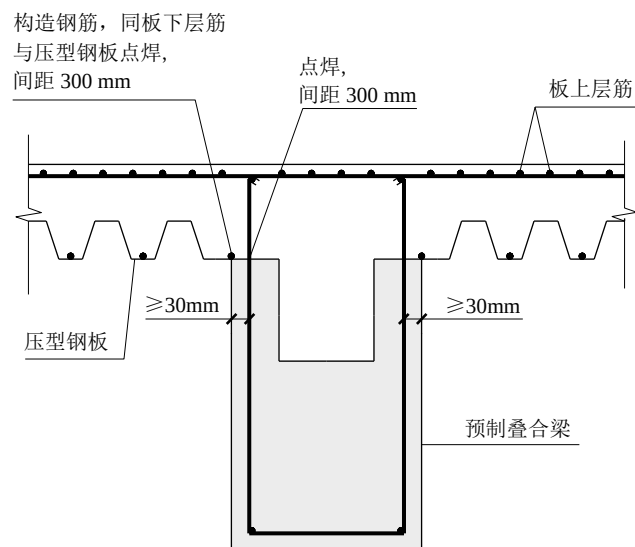
图 12.5.3 组合楼板截面凹槽宽度

12.5.4 压型钢板楼板总厚度 h 不应小于 90 mm，压型钢板肋顶部以上混凝土厚度 h_c 不应小于 50 mm。

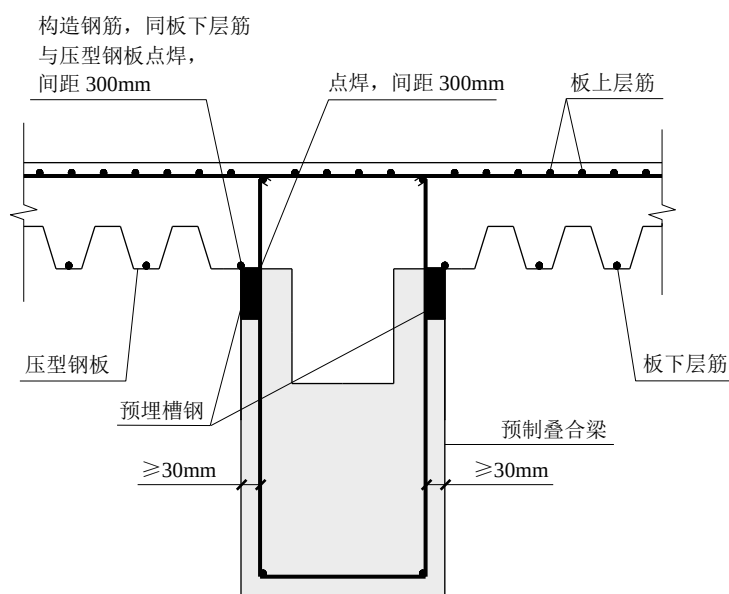
12.5.5 压型钢板与预制叠合梁连接处下部宜设置构造纵筋，如图 12.5.5 所示。一般情况下，压型钢板伸入支座的支撑长度不宜小于 30 mm，当不能满足时，可在预制梁侧预埋槽钢，压型钢板与槽钢宜以 300 mm 间距点焊连接。



(a) 预制梁板端连接节点



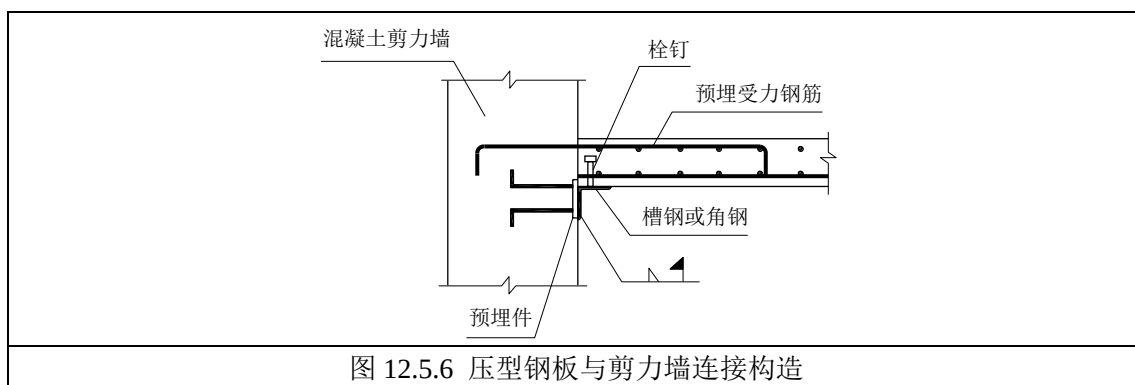
(b) 预制梁板侧连接节点一



(c) 预制梁板侧连接节点二

图 12.5.5 压型钢板连接节点构造

12.5.6 压型钢板楼板支承于剪力墙侧面上，宜在剪力墙预留钢筋，并与组合楼板连接。剪力墙侧面预埋件不应采用膨胀螺栓固定。剪力预留钢筋、预埋件的设置应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的要求。图中的槽钢或角钢尺寸及与预埋件的焊接应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 确定，槽钢或角钢不应小于[80 或 L70×5，焊缝高度不小于 5 mm。



12.6 预应力混凝土双 T 板楼盖

12.6.1 预应力混凝土双 T 板适用于抗震设防烈度小于或等于 8 度的地区，其设计除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

12.6.2 平面规则、连接可靠的有叠合层预应力混凝土双 T 板楼盖可视为刚性楼盖进行结构整体分析。

12.6.3 无叠合层的预应力混凝土双 T 板楼盖宜根据楼盖平面内变形情况，合理确定楼盖类型进行结构整体分析。

12.6.4 预应力混凝土双 T 板应与支承构件进行可靠连接。

12.6.5 预应力混凝土双 T 板楼盖应通过计算楼盖水平地震作用并进行连接设计或设置叠合层的方式确保楼盖整体性。

12.6.6 有叠合层预应力混凝土双 T 板楼盖通过现浇叠合层将水平剪力传递到竖向抗侧力构件时，叠合界面剪切应力不应大于 0.4MPa。

12.6.7 无叠合层预应力混凝土双 T 板楼盖应通过节点连接形成整体，将水平剪力传递到竖向抗侧力构件。

12.6.8 无叠合层预应力混凝土双 T 板楼盖水平传力可按深梁模型考虑，如图 12.6.8 所示。

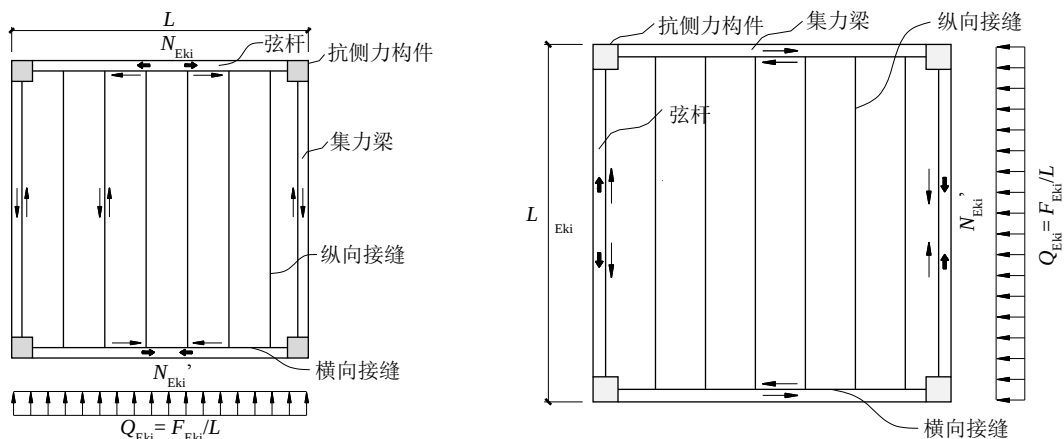


图 12.6.8 无叠合层预应力混凝土双 T 板楼盖深梁模型

L —深梁模型跨度； F_{Eki} — i 层预应力混凝土双 T 板楼盖所受水平地震作用标准值；

N_{Eki} —深梁模型弦杆拉力标准值； N'_{Eki} —深梁模型弦杆压力标准值；

V_{Eki} —深梁模型接缝剪力标准值

12.6.9 水平荷载在板梁连接处产生的剪力直接作用在竖向抗侧力构件上或通过集力梁（图 12.6.8）传递到竖向抗侧力构件上。板梁连接处宜仅考虑连接钢筋或连接钢材的抗剪作用。

12.6.10 预应力混凝土双 T 板纵向接缝间剪力通过连接件传递（如图 12.6.10 所示），连接件与预应力混凝土双 T 板应进行有效锚固。

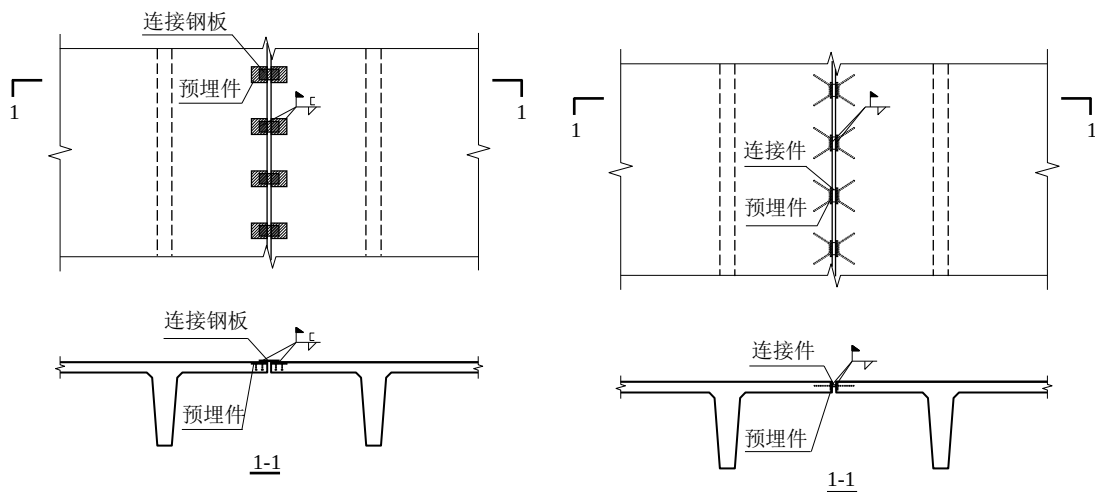


图 12.6.10 纵向接缝连接节点示意图

12.6.11 无叠合层预应力混凝土双 T 板楼盖水平地震作用标准值，可按现行协会标准《预应力混凝土空心板应用技术规程》CECS XXX（发布后补充）规定的计算方法确定。

12.6.12 预应力混凝土双 T 板的板端最小支承长度 α_{0min} 宜满足以下要求：

- 1 当楼板跨度 $L < 18m$ 时， α_{0min} 不宜小于 200 mm；
- 2 当楼板跨度 $18m \leq L \leq 24m$ 时， α_{0min} 不宜小于 250 mm。

12.6.13 预应力混凝土双 T 板板端支承可采用图 12.6.13-1~图 12.6.13-3 所示连接形式。

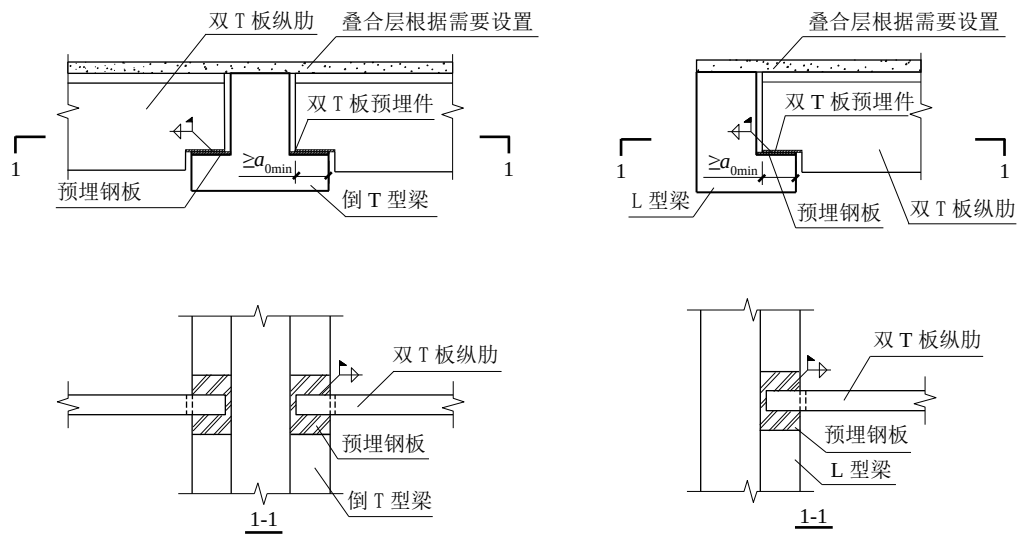


图 12.6.13-1 板端支承连接节点（一）

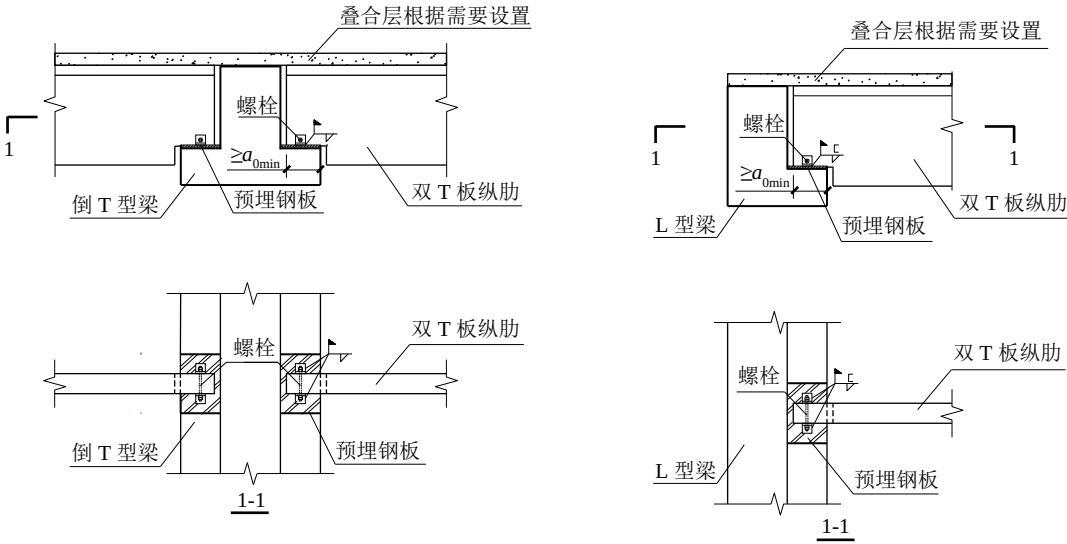


图 12.6.13-2 板端支承连接节点（二）

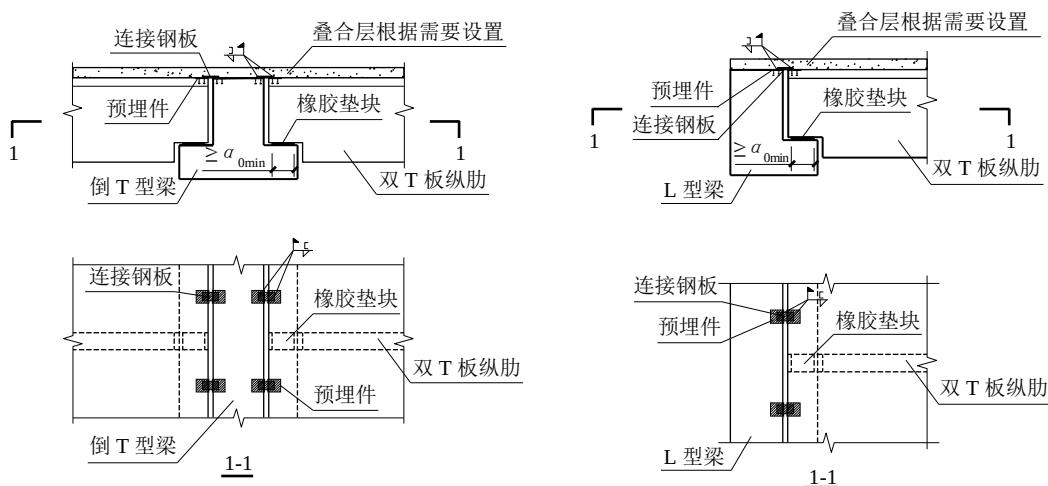


图 12.6.13-3 板端支承连接节点（三）

12.7 楼盖振动舒适度

12.7.1 高层混合结构楼盖的振动舒适度设计、检测和评估除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

12.7.2 高层混合结构楼盖的振动舒适度要求控制楼盖第一阶竖向自振频率及竖向振动均方根加速度峰值。

1 竖向自振频率宜符合下列规定：

$$f_1 \leq [f_1] \quad (12.7.2-1)$$

式中

f_1 —— 第一阶竖向自振频率（Hz）；

$[f_1]$ —— 第一阶竖向自振频率限值（Hz）。

2 竖向振动加速度应符合下列规定：

$$a_{p,rms} \leq [a_{p,rms}] \quad (12.7.2-2)$$

式中

$a_{p,rms}$ —— 竖向振动均方根加速度峰值（ m/s^2 ）；

$[a_{p,rms}]$ —— 竖向振动均方根加速度峰值限值（ m/s^2 ）。

12.7.3 高层混合结构楼盖振动舒适度限值如下：楼盖结构第一阶竖向自振频率不宜低于 3Hz，在人致激励作用下竖向振动均方根加速度峰值不应大于图 12.7.3 的限值。

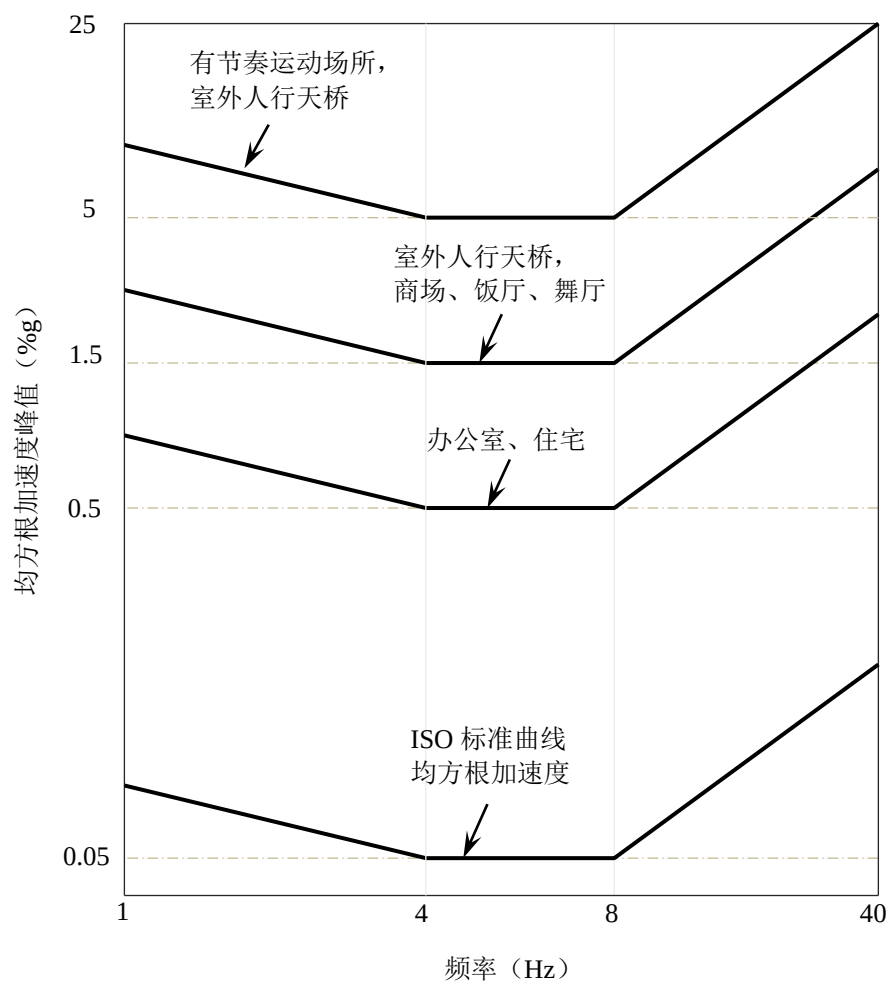


图 12.7.3 楼盖振动舒适度评价曲线

13 连接与节点设计

13.1 一般规定

13.1.1 钢构件间连接的节点的计算，应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定执行。抗震设计时，构件按多遇地震作用下内力组合设计值选择截面；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。

13.1.2 节点设计应构造简单，传力明确，经济合理，施工方便。抗震设计时节点的破坏不应先于被连接的构件的破坏。

13.1.3 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。

13.1.4 各类梁柱连接节点，均应对连接节点核心区进行抗剪验算。

13.1.5 钢柱、钢管混凝土柱外的钢管，在节点及节点区域上下各 600 mm 范围内，翼缘与腹板或箱型壁板间的连接焊缝应采用坡口全熔透焊缝。焊接圆形钢管的焊缝应采用坡口全熔透焊缝。

13.1.6 新型或构造复杂的重要节点应通过有限元分析确定其承载力和刚度，并宜通过试验进行验证。

13.1.7 高层混合结构的构件连接应按本规程的规定设计，本规程未做规定的连接应按国家现行有关标准执行。

13.2 钢梁-柱框架节点

（一）钢梁与钢柱节点

13.2.1 高层混合结构中，钢梁与钢柱的节点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。

（二）钢梁-混凝土柱节点

13.2.2 高层混合结构中，钢梁与混凝土柱的节点应符合现行协会标准《高层建筑钢-混凝土混合结构设计规程》CECS 230 的规定。

（三）钢梁-钢管混凝土柱节点

13.2.3 高层混合结构中，钢梁与钢管混凝土柱的节点应符合现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的规定。

（四）钢梁与钢管约束混凝土柱节点

13.2.4 圆钢管约束钢筋混凝土柱-钢梁框架节点、圆钢管约束型钢混凝土柱-钢梁框架节点可采用环板贯通式节点。其核心区受剪截面和抗震受剪承载力应满足现行国家标准《钢管约束混凝土结构技术标准》JGJ/T 471 的有关规定。

13.2.5 环板贯通式节点中，环板贯通节点区，核心区钢管与节点区外伸钢管分别与环板的上下表面焊接。环板在钢管外的尺寸按现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 执行。节点区外伸钢管伸出梁的高度 h_d 不宜小于 100 mm。节点核心区钢管与节点区外伸钢管厚度不应小于柱钢管厚度。

13.2.6 节点核心区钢管和节点区外伸钢管与环板的连接焊缝可采用熔透焊缝、单面角焊缝或双面角焊缝；采用角焊缝时，钢管两侧的角焊缝有效高度之和不应小于钢管厚度。

13.3 混凝土梁-柱框架节点

（一）现浇混凝土梁-组合柱的连接

13.3.1 混凝土梁与钢管混凝土柱的连接构造应符合现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的相关规定。混凝土梁与钢管约束混凝土柱，圆钢管约束钢筋混凝土柱-混凝土梁框架节点可采用钢管半贯通式节点或钢管环筋式节点，其连接构造应符合现行行业标准《钢管约束混凝土结构技术标准》JGJ/T 471 的相关规定。混凝土梁与型钢混凝土柱的连接构造应符合《组合结构设计规范》JGJ 138 的相关规定。

（二）整体预制混凝土梁-钢管混凝土柱节点

13.3.2 预制混凝土梁与钢管混凝土柱的连接可采用带牛腿内隔板式连接节点（图 13.3.8），其牛腿高度不宜小于 0.7 倍梁高；梁纵筋应与预埋型钢连接件上下翼缘可靠连接。

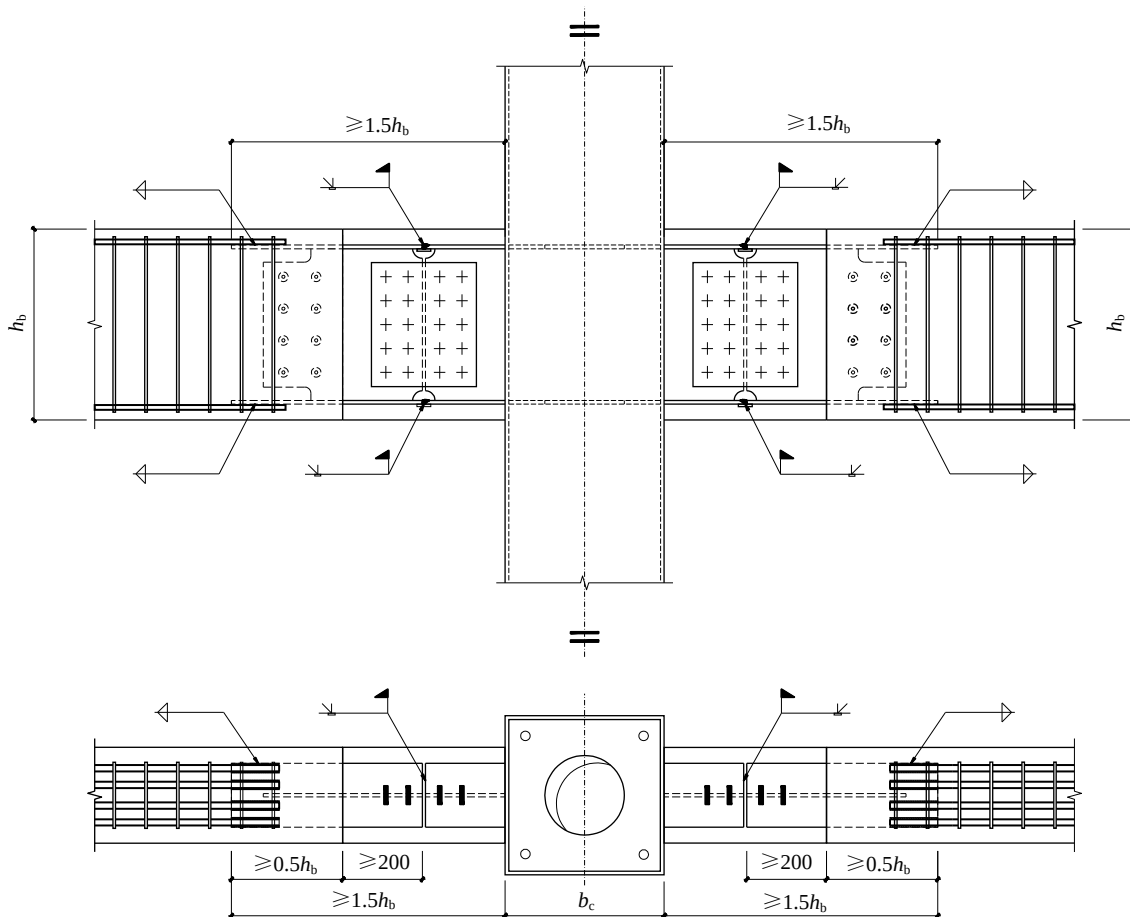


图 13.3.8 预制混凝土梁-钢管混凝土柱带牛腿内隔板式连接节点

13.3.3 梁端应设置箍筋加密区，加密区范围应从预制梁端混凝土界面处为起点并符合箍筋加密区长度的规定；加密区箍筋构造应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

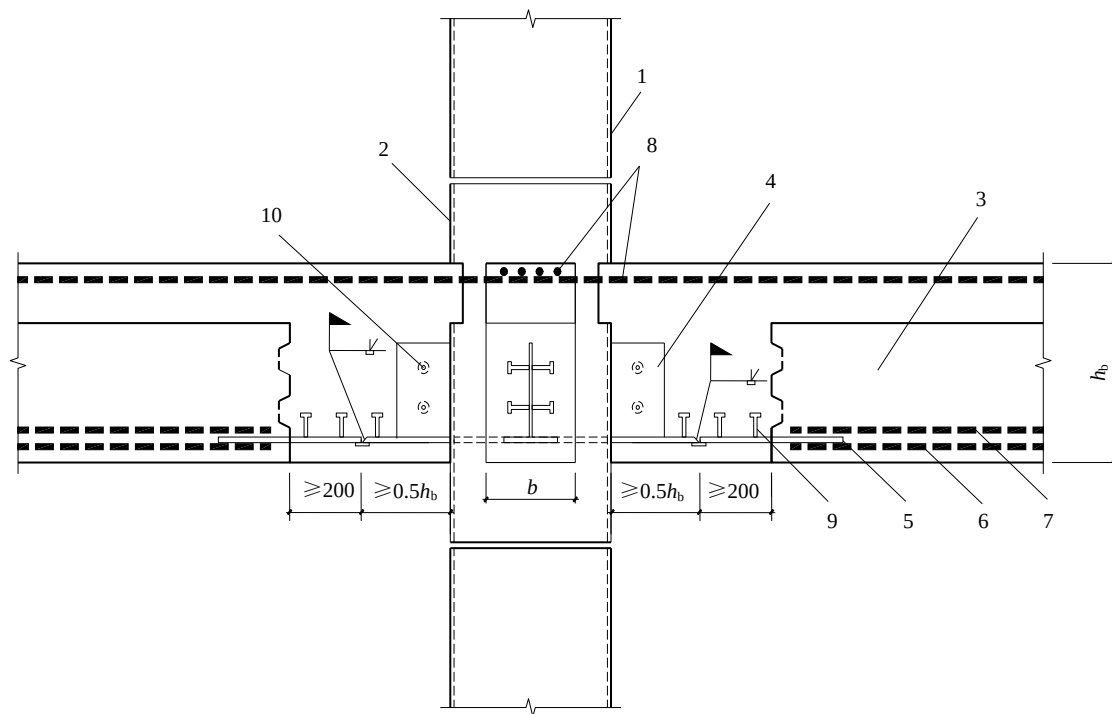
13.3.4 结构计算模型中应考虑型钢连接段对内力计算的影响，梁端抗剪及抗弯均应由牛腿承担；与预埋型钢连接件上下翼缘连接的受力钢筋数量可按连接处实际弯矩设计值进行配置；预制梁底部非伸入支座纵筋的截断位置应满足钢筋锚固要求且到柱边的距离应不小于 $0.1L_n$ (L_n 为梁净跨)。

13.3.5 预制梁端预埋型钢伸入梁内不宜小于 0.5 倍梁高，伸出梁端的长度不宜小于 200 mm；伸入预制梁内型钢腹板两侧应设置栓钉，其数量按照完全抗剪的方式计算确定，间距不宜小于 200 mm。

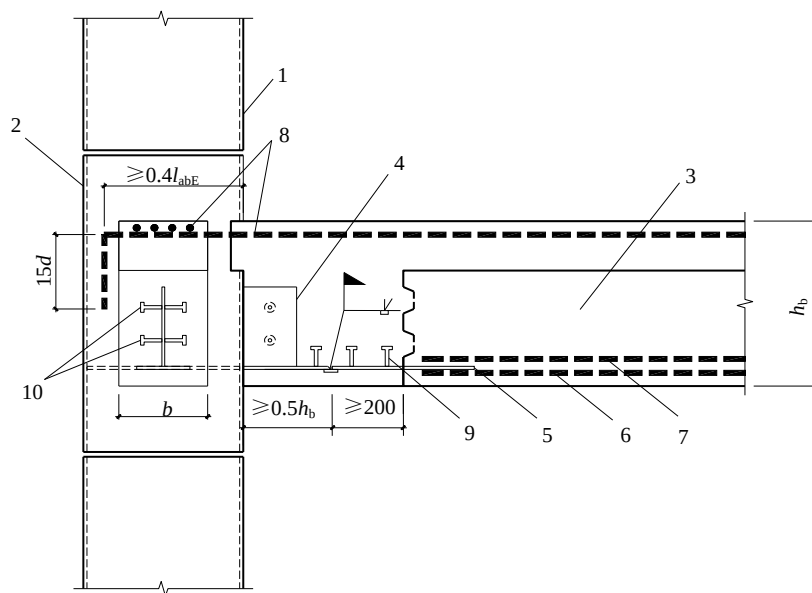
13.3.6 牛腿与预制梁端型钢连接区可用防火装饰板包覆，也可与楼板混凝土同时浇筑形成后浇混凝土区段；采用第二种方式时，预制梁端界面应做粗糙处理，且后浇区段内应配置防裂钢丝网片。

(三) 混凝土叠合梁-钢管约束混凝土柱节点

13.3.7 钢管约束钢筋混凝土柱与预制混凝土叠合梁框架节点可采用钢管全贯通式节点（图 13.3.18-1）或钢管半贯通式节点（图 13.3.18-2）。



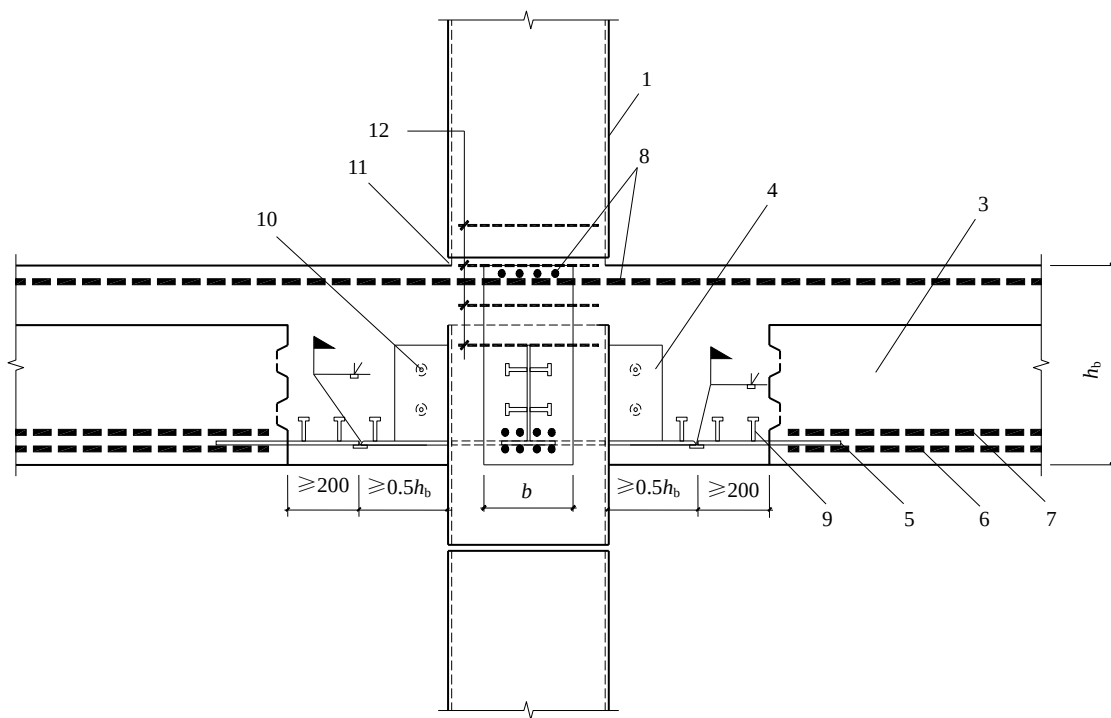
(a) 中节点



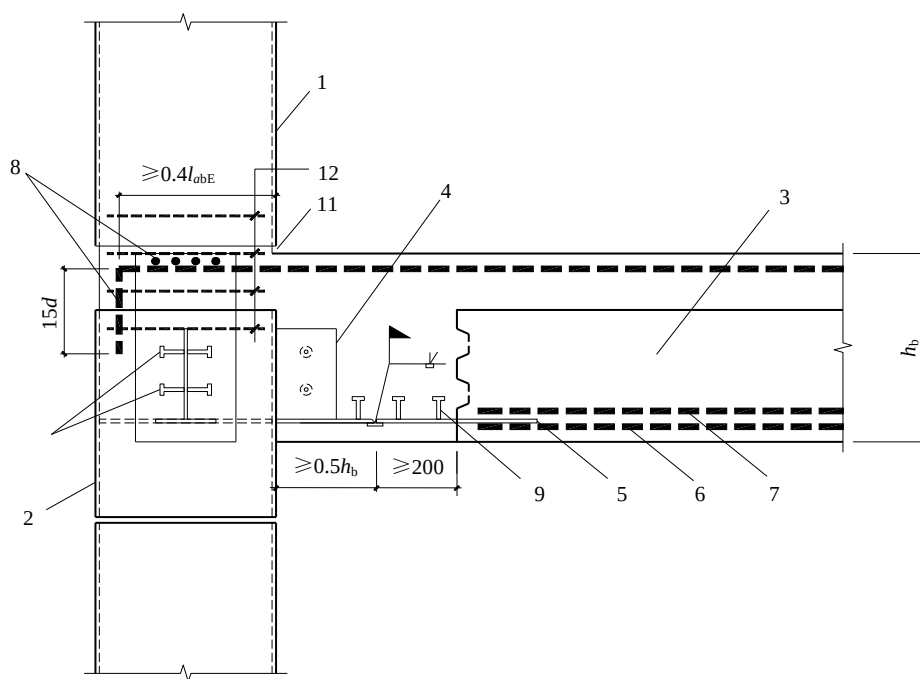
(b) 边节点/角节点

图 13.3.18-1 钢管全贯通式钢管约束混凝土柱-预制混凝土叠合梁框架节点

1—柱钢管；2—全贯通钢管；3—预制梁；4—连接腹板；5—预埋连接钢板；6—梁端底部连接钢筋；7—梁端不伸入支座钢筋；8—梁端上部纵筋；9—构造栓钉；10—腹板抗剪栓钉



(a) 中节点



(b) 边节点/角节点

图 13.3.18-2 钢管半贯通式钢管约束混凝土柱-预制混凝土叠合梁框架节点

1—柱钢管；2—半贯通钢管；3—预制梁；4—连接腹板；5—预埋连接钢板；6—梁端底部连接钢筋；7—梁端不伸入支座钢筋；8—梁端上部纵筋；9—构造栓钉；10—腹板抗剪栓钉；11—钢管与梁顶面预留缝；12—节点核心区钢管断开处附加箍筋

13.3.8 钢管全贯通式节点中，钢管在梁上部纵筋位置处开洞，开洞尺寸及节点区钢管的厚度依据《钢管约束混凝土结构技术标准》 JGJ/T 471 进行设计。

13.3.9 钢管半贯通式节点中，钢管在梁上部纵筋位置截断，截断高度 h_k 取梁高 h_b 的 $(1/4 \sim 1/3)$ 且不宜大于 150 mm。上层钢管底部在节点区梁顶面处断开，断开处预留缝高度不应小于 10 mm，不宜大于 20 mm。

13.3.10 钢管半贯通式节点中，上柱下端箍筋宜加密，加密区的箍筋间距和直径应符合现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3 的构造要求。

13.3.11 钢管约束混凝土柱与预制混凝土叠合梁框架节点梁端连接板连接点到柱边的距离不应小于 $0.5h_b$ (h_b 为叠合梁截面高度)，梁端后浇段的箍筋尚应满足下列要求：

1 箍筋间距不宜大于 75 mm；

2 抗震等级为一、二级时，箍筋直径不应小于 10 mm，抗震等级为三、四级时，箍筋直径不应小于 8 mm。

13.3.12 预制梁端底部连接钢筋为实际计算梁端底部所需的纵筋面积，与梁端预埋钢板进行等强焊接，采用双面角焊缝，焊缝长度不应小于 100 mm，最小焊脚尺寸不应小于 5 mm。预埋钢板与底部连接钢筋抗拉强度等强，其外伸段长度尚应不小于 200 mm。

13.3.13 梁端与钢管约束混凝土柱界面处的界面直剪承载力不应小于梁端设计的斜截面受剪承载力。梁端界面处的直剪承载力：

$$V = f_v h_w t_w \geq V_{cs} \quad (13.3.13)$$

式中： V —— 腹板的受剪承载力；

V_{cs} —— 梁端斜截面承载力设计值，按照《混凝土结构技术规范》 GB50010 进行计算；

f_v —— 腹板的抗剪强度设计值；

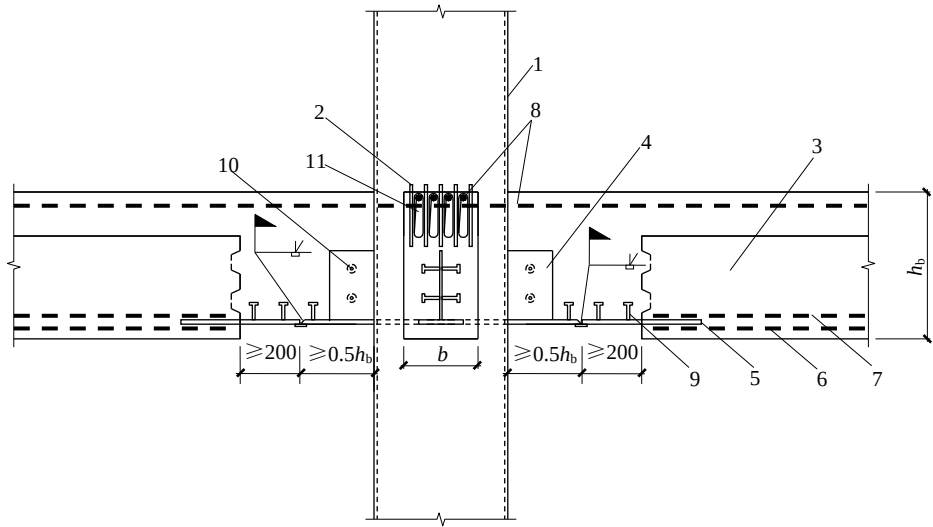
h_w —— 腹板高度；

t_w —— 腹板厚度；

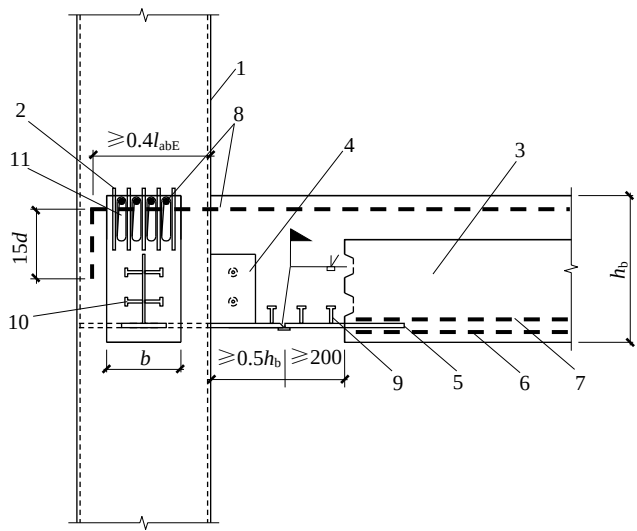
13.3.14 叠合梁端竖向接缝的受剪承载力设计值可按照现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1 进行计算，竖向接缝的受剪承载力设计值应不小于梁端斜截面受剪承载力设计值。

(四) 混凝土叠合梁-钢管混凝土柱节点

13.3.15 钢管混凝土柱与预制混凝土叠合梁框架节点可采用穿筋节点（图 13.3.15）。



(a) 中节点



(b) 边节点/角节点

图 13.3.15 钢管混凝土柱-预制混凝土叠合梁框架节点

1—柱钢管；2—开洞加强板；3—预制梁；4—连接腹板；5—预埋连接钢板；6—梁端底部连接钢筋；7—梁端不伸入支座钢筋；8—梁端上部纵筋；9—构造栓钉；10—腹板抗剪栓钉；11—穿筋竖孔

13.4 梁墙的连接

13.4.1 钢梁垂直于混凝土墙的连接，可采用铰接或刚接。

13.4.2 钢梁宜与混凝土剪力墙铰接。当钢梁为框架梁或受力较大的次梁时，宜采用图 13.5.2a 形式，在混凝土剪力墙内预埋型钢柱，钢梁与钢柱上伸出的牛腿可采用高强螺栓连接。当混凝土剪力墙内无法埋置钢柱时，框架钢梁或受力较大的

次梁可按图 13.5.2b 与剪力墙内的预埋件连接, 锚筋长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。当钢梁为受力较小的次梁时可采用图 13.5.2c 形式, 预埋件上仅设置栓钉。

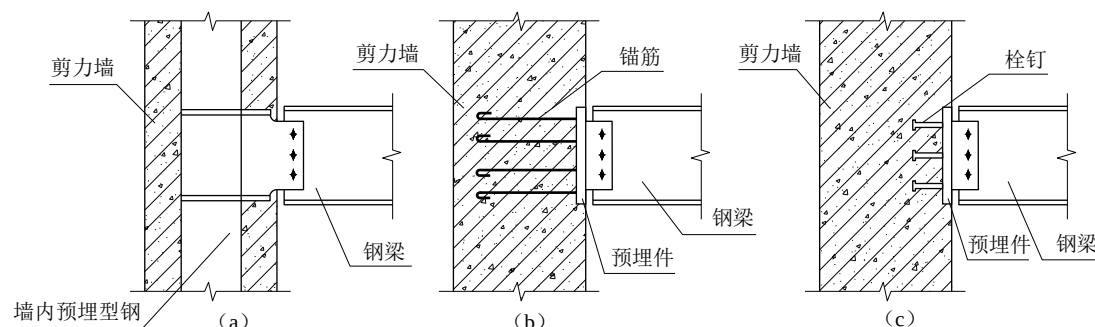


图 13.5.2 钢梁与混凝土墙的铰接连接示意图

13.4.3 钢梁与混凝土墙采用铰接连接方式(见图 13.5.2b、13.5.2c)、且钢梁不承受拉力时, 预埋件应进行单独设计验算。

13.4.4 当型钢混凝土梁或钢梁需要与混凝土剪力墙刚接时, 应在混凝土墙中设置型钢。梁中型钢或钢梁与墙中型钢柱形成刚性连接, 连接方式应符合本章关于钢梁或型钢混凝土梁与型钢混凝土柱的连接要求, 与钢梁或型钢混凝土梁刚接的墙内钢柱宜设置栓钉。型钢混凝土梁中的纵向主筋应锚入墙中, 锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

13.5 竖向构件间的连接

13.5.1 框架柱钢构件间接头位置距框架梁上方距离宜取 1.3 m 和柱净高一半二者中的较小值。上、下柱对接接头宜采用全熔透焊缝, 柱接头上下各 100 mm 范围内, 翼缘与腹板或箱型构件壁板间焊缝应采用全熔透焊缝。

13.5.2 下部型钢混凝土柱与上部钢柱、钢管混凝土柱连接时应设置过渡层。过渡层柱宜按以下方法设计:

1 从设计计算中确定某层柱可由型钢混凝土柱改为钢柱时, 下部型钢混凝土柱应向上延伸一层作为过渡层, 过渡层中的型钢应按上部钢结构设计要求的截面配置, 且向下一层延伸至梁下部不小于 2 倍柱型钢截面高度为止;

2 结构过渡层及过渡层以下一层型钢混凝土柱中的型钢应设置栓钉, 栓钉的水平及竖向间距不宜大于 200 mm; 栓钉至型钢钢板边缘距离宜大于 50 mm, 箍筋沿柱应全高加密;

3 十字形柱与箱形柱相连处,十字形柱腹板宜深入箱形柱内,其伸入长度不宜小于柱型钢截面高度;

4 结构过渡层的层抗弯刚度宜取 $E_c I_c + E_a I_a$, 其中 $E_c I_c$ 为过渡层型钢截面外的混凝土截面抗弯刚度,设计中宜满足过渡层和上、下相邻层刚度相差不超过 30%, 且应满足连接构造要求。

13.5.3 等直径圆钢管或等截面矩形钢管接长,宜采用等强度坡口对接焊缝,钢管内宜设置开孔隔板、衬管或衬板。如果圆钢管有纵向对接焊缝,则上、下钢管的纵向对接焊缝在环向对接连接处应错开。根据构造和运输要求,钢管柱可按多个楼层下料分段制作,分段接头宜设在楼面以上 1.0~1.3 m 处;分段钢管在现场连接时,宜设置内衬套圈或必要的焊缝定位件。

13.6 柱脚

(一) 常用柱脚

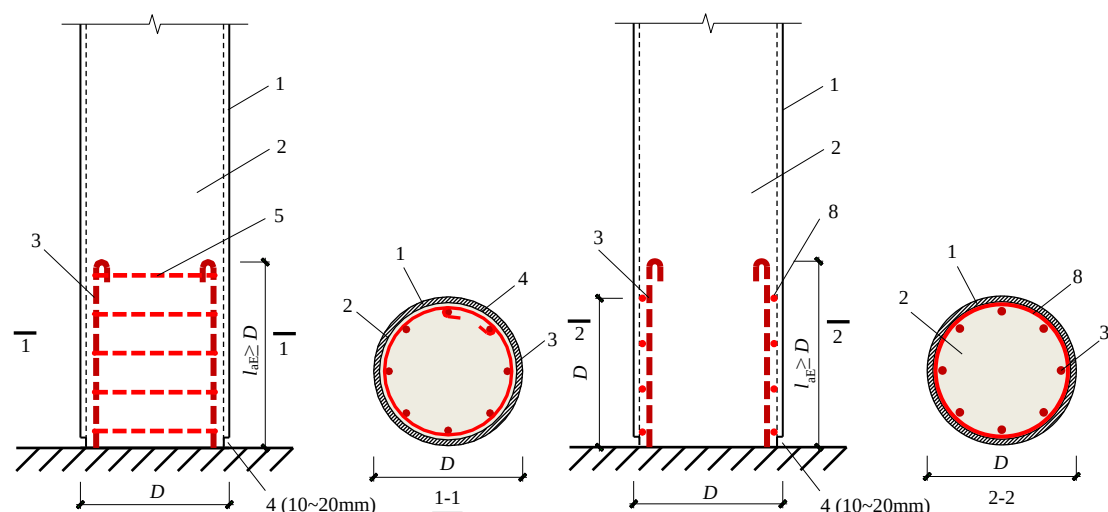
13.6.1 钢框架柱的柱脚可采用埋入式柱脚、插入式柱脚及外包式柱脚,其设计应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的相关规定。

13.6.2 型钢混凝土柱可采用型钢埋入基础底板(承台)的埋入式柱脚或非埋入式柱脚,其设计应满足现行行业标准《组合结构设计规范》JGJ 138 的相关规定。

13.6.3 钢管混凝土柱的柱脚可采用端承式柱脚或埋入式柱脚,其设计应满足现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的相关规定。

(二) 新型柱脚

13.6.4 钢管混凝土柱的柱脚可采用搭接式柱脚(图 13.7.1-1)或外包式柱脚(图 13.7.1-2)。搭接式柱脚的钢管应在基础顶面断开,断开处的钢管留缝高度不应小于 10 mm,不宜大于 20 mm。外包式柱脚置于基础顶面。



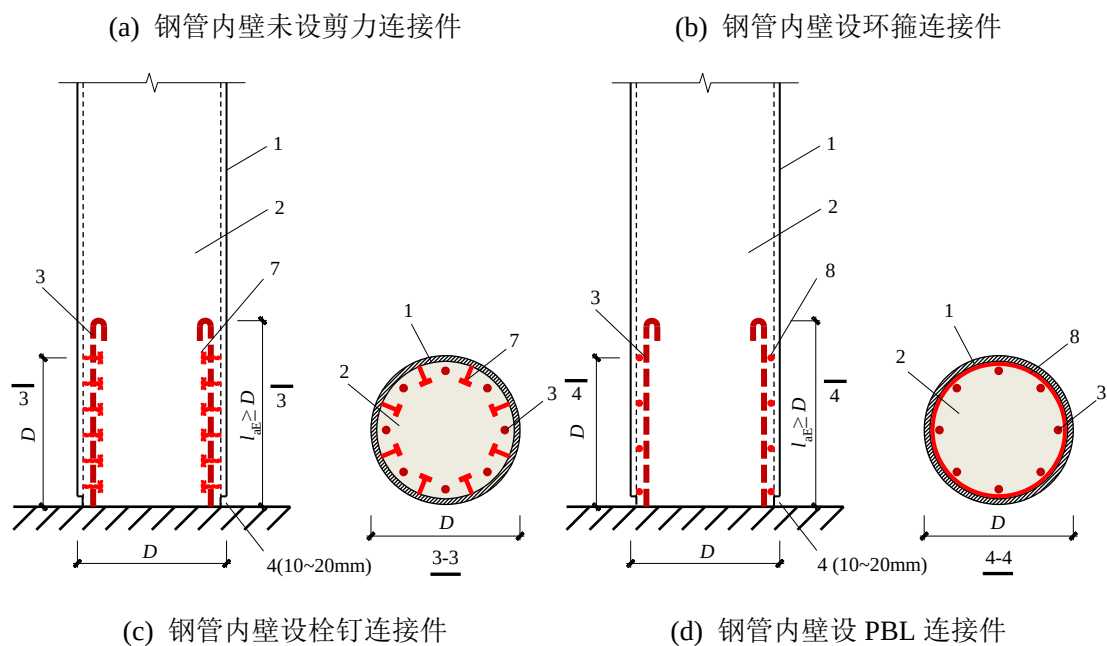


图 13.7.1-1 搭接式柱脚

1—柱钢管；2—柱混凝土；3—柱脚纵筋；4—钢管与基础顶面预留缝；5—柱脚箍筋；6—环箍连接件；
7—栓钉连接件；8—PBL 连接件

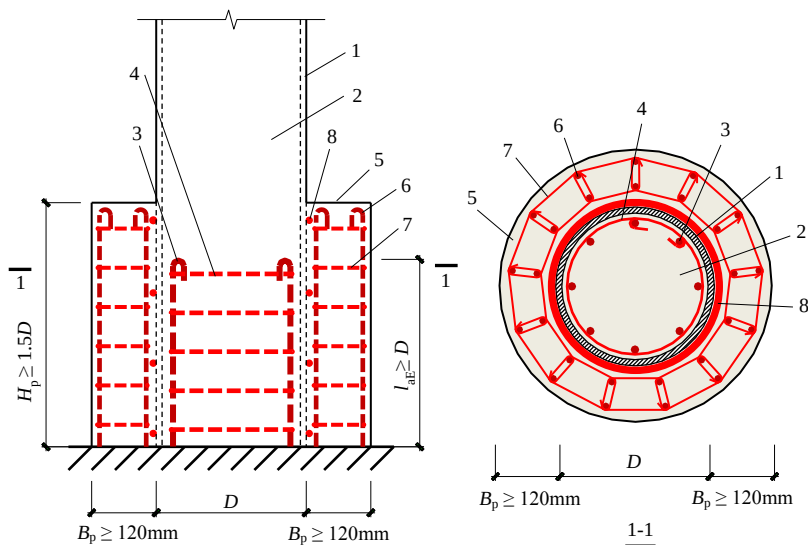


图 13.7.1-2 外包式柱脚

13.6.5 搭接式柱脚钢管径厚比大于 120、混凝土强度大于 C60 或轴压比大于 0.4 时，应综合考虑增强柱脚区域约束作用以及钢管和混凝土界面抗剪，应在不小于 1 倍钢管直径高度范围内设置剪力连接件，连接件宜采用环箍连接件、栓钉连接件或 PBL 连接件。

13.6.6 外包式柱脚应在钢管外壁设置环箍连接件，设置范围为基础顶到外包混凝土层顶。环箍连接件直径不应小于 16 mm，不少于 3 道，一级、二级抗震时环箍间距不宜大于 100 mm，三级、四级抗震时环箍间距不宜大于 150 mm，宜采用连续双面焊缝与钢管焊接。

13.6.7 搭接式柱脚纵筋应满足抗震最小配筋率要求，其伸入基础和钢管混凝土柱中的长度均应满足混凝土结构抗震锚固要求，且不应小于 1 倍钢管直径。基础内纵筋应设置箍筋，节点区域应局部加密，钢管混凝土柱内未设置抗剪连接件时纵筋应设置箍筋，箍筋设置应满足抗震构造要求。

13.6.8 外包混凝土层的高度不应小于 1.5 倍钢管直径，外包混凝土层厚度不应小于 120 mm。当外包混凝土层厚度不超过 180 mm 时，可仅设置外层纵筋和箍筋，且纵筋和箍筋应分别满足最小配筋率和配箍率要求；当外包混凝土层厚度超过 180 mm 时，还应增设内层纵筋和箍筋，其纵筋和箍筋应分别满足最小配筋率和配箍率要求。

13.6.9 外包混凝土层纵筋伸入基础混凝土中的长度应满足抗震锚固要求；外包混凝土层纵筋应伸至外包混凝土层顶部，并应满足抗震锚固要求。外包混凝土层顶部箍筋应局部加密且不应少于三道，间距不应大于 50 mm。

13.6.10 采用搭接式柱脚的钢管混凝土柱，应验算柱底和距离柱底 1 倍钢管直径高度处截面承载力，柱底截面应按《钢管约束混凝土结构技术标准》JGJ/T 471 进行验算，距离柱底 1 倍钢管直径高度处的截面应按《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 进行验算。采用外包式柱脚的钢管混凝土柱，应分别验算柱底和外包混凝土层顶部的截面承载力，柱底截面应按《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行验算，外包层顶部截面应按《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 进行验算。

13.6.11 采用搭接式柱脚的钢管混凝土柱，可按钢管混凝土构件进行计算，但截面抗弯刚度取值应为折减后的钢管混凝土截面抗弯刚度，折减系数 K_L 应按下式计算：

$$K_L = \frac{-2.08 + 2.07 \left[\frac{(EI)_0}{(EI)_D} \right]}{1.42 + 1.12 (L_0/D)} + 1 \quad (13.6.11-1)$$

$$(EI)_0 = K_c E_c I_c + E_b I_b \quad (13.6.11-2)$$

$$(EI)_D = K_c E_c I_c + E_t I_t \quad (13.6.11-3)$$

$$K_c = 0.6 + \frac{2A_t}{A_t + A_c} \quad (13.6.11-4)$$

式中： $(EI)_0$ —— 搭接式柱脚柱底截面抗弯刚度；
 $(EI)_D$ —— 搭接式柱脚距柱底 1 倍钢管直径高度处截面抗弯刚度；
 L_0 —— 柱计算长度；
 K_c —— 修正系数；
 A_t —— 钢管毛截面面积；
 A_c —— 混凝土毛截面面积。

13.6.12 采用外包式柱脚的钢管混凝土柱，可按钢管混凝土构件进行计算，但截面抗弯刚度取值应为折减后的钢管混凝土截面抗弯刚度，折减系数 K_c 应按下列式计算：

$$K_c = \frac{-0.83 + 1.32 \left[(EI)_{0c} / (EI)_{DC} \right]}{0.78 + 1.17 (L_0 / H_r)^{2.11}} + 1.22 \quad (13.6.12-1)$$

$$(EI)_{0c} = K_c E_c I_c + E_b I_b + E_{br} I_{br} \quad (13.6.12-2)$$

$$(EI)_{DC} = K_c E_c I_c + E_t I_t \quad (13.6.12-3)$$

式中： $(EI)_{0c}$ —— 外包式柱脚柱底截面抗弯刚度；
 $(EI)_{DC}$ —— 外包式柱脚外包混凝土层顶部截面抗弯刚度；
 H_r —— 外包混凝土层高度。

14 结构防护

14.1 抗火一般规定

14.1.1 高层钢-混凝土混合结构中的梁、柱和楼板应进行防火设计。结构各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。

14.1.2 钢结构的防火保护，应优先选用防火涂料和防火板。防火涂料工程应在钢结构安装工程施工质量验收合格后进行，应采用符合设计和相应产品标准的防火涂料。防火涂料的施工应符合现行协会标准《钢结构防火涂料应用技术规程》T/CECS 24 和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

14.2 防腐一般规定

14.2.1 钢构件的表面处理、除锈方法、除锈等级的确定、涂料品种的选择、涂层结构和涂层厚度应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 及现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的有关规定。

14.2.2 钢结构构件的防腐蚀设计年限可根据建筑物的重要性及重新涂装的难易程度确定。钢结构防腐蚀设计年限可划分为低（2~5 年）、中（5~15 年）、高（15 年以上）三种情况。对较重要或涂层维护成本较高的工程，可根据实际需要增加涂层厚度及保护措施以延长防腐涂装体系的使用年限。

15 生产运输

15.1 一般规定

15.1.1 预制构件生产企业应有固定的生产车间和自动化生产线设备，应有专门的生产、技术管理团队和产业工人，并应建立技术标准体系及安全、质量、环境管理体系。

15.1.2 预制构件生产过程及管理宜应用信息管理技术，建立质量可追溯的信息化管理系统和编码标识系统。

15.1.3 预制构件生产前，应根据设计要求和生产条件编制生产工艺方案，对构造复杂的预制构件宜进行工艺性试验。

15.1.4 预制构件生产前，应有经批准的预制构件深化设计图或产品设计图，设计深度应满足生产、运输和安装等技术要求。

15.1.5 生产过程质量检验控制应符合下列规定：

1 首批（件）产品加工应进行自检、互检、专检，产品经检验合格形成检验记录，方可进行批量生产；

2 首批（件）产品检验合格后，应对产品生产加工工序特别是重要工序控制进行巡回检验；

3 产品生产加工完成后，应由专业检验人员根据图纸资料、施工单等对生产产品按批次进行检查，做好产品检验记录。并应对检验中发现的不合格产品做好记录，同时应增加抽样检测样本数量或频次；

4 检验人员应严格按照图样及工艺技术要求的外观质量、规格尺寸等进行出厂检验，做好各检记录，签署产品合格证后方可入库，无合格证产品不得入库。

15.1.6 预制构件的运输方式应根据预制构件的特点、工程要求确定。构件出厂时，应有构件重量、重心位置、吊点位置等标志。

15.2 钢构件生产

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

15.2.2 钢构件和装配式楼板深化设计图应根据设计图和其他有关技术文件进行编制，其内容包括设计说明、构件清单、布置图、加工详图、安装节点详图等。

15.2.3 钢构件宜采用自动化生产线进行加工制作，减少手工作业。

15.2.4 钢构件与墙板、内装部品的连接件宜在工厂与钢构件一起加工制作。

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

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

15.2.7 钢构件防腐涂装应符合下列规定：

1 宜在室内进行防腐涂装；

2 防腐涂装应按设计文件的规定执行，当设计文件未规定时，应依据建筑不同部位对应环境要求进行防腐涂装系统设计；

3 涂装作业应按现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的规定执行。

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

15.2.9 必要时，钢构件宜在出厂前进行预拼装，构件预拼装可采用实体预拼装或数字模拟预拼装。

15.3 混凝土构件生产

15.3.1 预制构件的原材料质量、钢筋加工和连接的力学性能、混凝土强度、构件结构性能、装饰材料、保温材料及拉结件的质量等均应根据国家现行有关标准进行检查和检验，并应具有生产操作规程和质量检验记录。

15.3.2 预制构件生产的质量检验应按模具、钢筋、混凝土、预应力、预制构件等检验进行。预制构件的质量评定应根据钢筋、混凝土、预应力、预制构件的试验、检验资料等项目进行。当上述各检验项目的质量均合格时，方可评定为合格产品。

15.3.3 预制预应力构件生产应编制专项方案，并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。

15.4 包装、运输与堆放

15.4.1 预制构件出厂前应进行包装，保障预制构件在运输及堆放过程中不破损、不变形。

15.4.2 对超高、超宽、形状特殊的大型构件的运输和堆放应制定专门的质量安全保证措施。

15.4.3 选用的运输车辆应满足预制构件的尺寸、重量等要求，装卸与运输时应符合下列规定：

- 1 装卸时应采取保证车体平衡的措施；
- 2 应采取防止构件移动、倾倒、变形等的固定措施；
- 3 运输时应采取防止预制构件损坏的措施，对构件边角部或链索接触处宜设置保护衬垫。

15.4.4 预制构件堆放应符合下列规定：

- 1 堆放场地应平整、坚实，并按预制构件的保管技术要求采用相应的防雨、防潮、防暴晒、防污染和排水等措施；
- 2 构件支垫应坚实，垫块在构件下的位置宜与脱模、吊装时的起吊位置一致；
- 3 重叠堆放构件时，每层构件间的垫块应上下对齐，堆垛层数应根据构件、垫块的承载力确定，并应根据需要采取防止堆垛倾覆的措施。

16 施工

16.1 一般规定

16.1.1 钢-混凝土混合结构施工应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936、《组合结构设计规范》JGJ 138、《钢管混凝土结构技术规程》CECS 28 和《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159 等标准的相关规定。

16.1.2 施工中应加强现浇混凝土结构与钢结构（包括型钢混凝土结构的型钢和钢管混凝土结构的钢管等）、预制混凝土结构与钢结构施工的协调与配合，根据结构特点编制施工组织设计和施工方案，确定施工顺序、流水段划分、工艺流程及资源配置。

16.1.3 钢框架（混合框架）-核心筒结构施工中，核心筒应先于框架结构施工，其高差应满足施工过程中核心筒的安全性以及施工工序的穿插要求。

16.1.4 钢框架（混合框架）-核心筒结构施工时，应考虑内外结构的竖向变形差异的影响，并采取相应的措施。

16.1.5 施工单位应根据装配式结构建筑的特点，选择合适的施工方法，制定合理的施工顺序，并应尽量减小现场支模和脚手架用量，提高施工效率。

16.1.6 施工用的设备、机具、工具和计量器具，应满足施工要求，并应在合格检定有效期内。

16.1.7 装配式结构建筑宜采用信息化技术，对安全、质量、技术、施工进度等进行全过程的信息化协同管理。宜采用建筑信息模型（BIM）技术对结构构件、建筑部品和设备管线等进行虚拟建造。

16.1.8 装配式结构建筑应遵守国家环境保护的法规和标准，采取有效措施减少各种粉尘、废弃物、噪声等对周围环境造成的污染和危害；并应采取可靠有效的防火等安全措施。

16.1.9 施工单位应对装配式结构建筑的现场施工人员进行相应专业的培训。

16.1.10 施工单位应对进场的预制构件进行检查，合格后方可使用。

16.2 钢结构施工

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

16.2.2 钢结构施工前应进行施工阶段设计，选用的设计指标应符合设计文件和现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 等的规定。施工阶段结构分析的荷载效应组合和荷载分项系数取值，应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《钢结构工程施工规范》GB 50755 的规定。

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

16.2.4 高层钢结构安装时应计入竖向压缩变形对结构的影响，并应根据结构特点和影响程度采取预调安装标高设置后连接构件等措施。

16.2.5 钢结构施工期间，应对结构变形、环境变化等进行过程监测，监测方法、内容及部位应根据设计或结构特点确定。

16.2.6 钢结构现场焊接工艺和质量应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

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

16.2.8 钢结构现场涂装应符合下列规定：

1 构件在运输、存放和安装过程中损坏的涂层以及安装连接部位的涂层应进行现场补漆，并应符合原涂装工艺要求；

2 构件表面的涂装系统应相互兼容；

3 防火涂料应符合国家现行有关标准的规定；

4 现场防腐和防火涂装应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

16.2.9 钢管内的混凝土浇筑应符合现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 和《钢-混凝土组合结构施工规范》GB 50901 的规定。

16.3 混凝土结构施工

16.3.1 混凝土结构施工应制定专项方案。专项施工方案宜包括工程概况、编制依据、进度计划、施工场地布置、预制构件运输与存放、安装与连接施工、绿色施工、安全管理、质量管理、信息化管理、应急预案等内容。

16.3.2 预制构件、安装用材料及配件等应符合国家现行有关标准及产品应用技术手册的规定，并应按照国家现行相关标准的规定进行进场验收。

16.3.3 施工现场应根据施工平面规划设置运输通道和存放场地，并应符合下列规定：

- 1 现场运输道路和存放场地应坚实平整，并应有排水措施；
- 2 施工现场内道路应按照构件运输车辆的要求合理设置转弯半径及道路坡度；
- 3 预制构件运送到施工现场后应按规格、品种、使用部位和吊装顺序分别设置存放场地，存放场地应设置在吊装设备的有效起重范围内，且应在堆垛之间设置通道；
- 4 构件的存放架应具有足够的抗倾覆性能；
- 5 构件运输和存放对已完成结构、基坑有影响时，应经计算复核。

16.3.4 安装施工前，应进行测量放线，设置构件安装定位标识。测量放线应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的有关规定。

16.3.5 安装施工前，应复核吊装设备的吊装能力。应按现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33 的有关规定，检查复核吊装设备及吊具处于安全操作状态，并核实现场环境、天气、道路状况等满足吊装施工要求。防护系统应按照地上方案进行搭设、验收，并应符合下列规定：

- 1 工具式外防护架应试组装并全面检查，附着在构件上的防护系统应复核其与吊装系统的协调；
- 2 防护架应经计算确定；
- 3 高处作业人员应正确使用安全防护用品，宜采用工具式操作架进行安装作业。

16.3.6 预制构件吊运应符合下列规定：

- 1 应根据预制构件的形状、尺寸、重量和作业半径等要求选择吊具和起重设备，所采用的吊具和起重设备及其操作，应符合国家现行有关标准及产品应用技术手册的规定；

2 吊点数量、位置应经计算确定，应保证吊具连接可靠，应采取保证起重设备的主钩位置、吊具及构件重心在竖直方向上重合的措施；

3 吊索水平夹角不宜小于 60° ，不应小于 45° ；

4 应采用慢起、稳升、缓放的操作方式，吊运过程，应保持稳定，不得偏斜、摇摆和扭转，严禁吊装构件长时间悬停在空中；

5 吊装大型构件、薄壁构件或形状复杂的构件时，应使用分配梁或分配桁架类吊具，并应采取避免构件变形和损伤的临时加固措施。

16.3.7 预制构件吊装就位后，应及时校准并采取临时固定措施。预制构件就位校核与调整应符合下列规定：

1 预制墙板、预制柱等竖向构件安装后，应对安装位置安装标高、垂直度进行校核与调整；

2 叠合构件预制梁等水平构件安装后应对安装位置、安装标高进行校核与调整；

3 水平构件安装后，应对相邻预制构件平整度、高低差拼缝尺寸进行校核与调整；

4 装饰类构件应对装饰面的完整性进行校核与调整；

5 临时固定措施、临时支撑系统应具有足够的强度、刚度和整体稳固性，应按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定进行验算。

16.3.8 预制构件与吊具的分离应在校准定位及临时支撑安装完成后进行。

16.3.9 竖向预制构件安装采用临时支撑时，应符合下列规定：

1 预制构件的临时支撑不宜少于 2 道；

2 对预制柱、墙板构件的上部斜支撑，其支撑点距离板底的距离不宜小于构件高度的 $2/3$ ，且不应小于构件高度的 $1/2$ ；斜支撑应与构件可靠连接；

3 构件安装就位后，可通过临时支撑对构件的位置和垂直度进行微调。

16.3.10 水平预制构件安装采用临时支撑时，应符合下列规定：

1 首层支撑架体的地基应平整坚实，宜采取硬化措施；

2 临时支撑的间距及其与墙、柱、梁边的净距应经设计计算确定，竖向连续支撑层数不宜少于 2 层且上下层支撑宜对准；

3 叠合板预制底板下部支架宜选用定型独立钢支柱，竖向支撑间距应经计算确定。

16.3.11 预制梁或叠合梁安装应符合下列规定：

- 1 安装顺序宜遵循先主梁后次梁、先低后高的原则；
- 2 安装前，应测量并修正临时支撑标高确保与梁底标高一致，并在柱上弹出梁边控制线；安装后根据控制线进行精密调整；
- 3 安装前，应复核柱钢筋与梁钢筋位置、尺寸，对梁钢筋与柱钢筋位置有冲突的，应按经设计单位确认的技术方案调整；
- 4 安装时梁伸入支座的长度与搁置长度应符合设计要求；
- 5 安装就位后应对水平度、安装位置、标高进行检查；
- 6 叠合梁的临时支撑，应在后混凝土强度达到设计要求后方可拆除。

16.3.12 叠合板预制底板安装应符合下列规定：

- 1 预制底板吊装完后应对板底接缝高差进行校核；当叠合板板底接缝高差不满足设计要求时，应将构件重新起吊，通过可调托座进行调节；
- 2 预制底板的接缝宽度应满足设计要求；
- 3 端部的搁置长度应符合设计或国家现行有关标准的规定；
- 4 叠合层混凝土浇筑前，应按设计要求检查结合面的粗糙度及外露钢筋；
- 5 临时支撑应在后浇混凝土强度达到设计要求后方可拆除。

16.3.13 压型钢板楼板和钢筋桁架叠合板的施工应按现行国家标准《钢-混凝土组合结构施工规范》GB 50901 执行。

17 质量验收

17.1 一般规定

17.1.1 高层混合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》GB 50300 及相关标准的规定。当国家现行标准对工程中的验收项目未作具体规定时，应由建设单位组织设计、施工、监理等相关单位制定验收要求。

17.1.2 混凝土结构工程应按混凝土结构子分部工程进行验收，装配式混凝土结构部分应按混凝土结构子分部工程的分项工程验收，混凝土结构子分部中其他分项工程应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

17.2 钢结构工程质量验收

17.2.1 钢结构、混合结构的施工质量要求和验收标准应按现行国家标《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定执行。

17.2.2 钢结构主体工程焊接工程验收应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定，在焊前检验、焊中检验和焊后检验基础上按设计文件和现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定执行。

17.2.3 钢结构主体工程紧固件连接工程应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 规定的质量验收方法和质量验收项目执行，同时尚应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的规定。

17.2.4 钢结构防腐蚀涂装工程应按国家现行标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212、《建筑防腐蚀工程施工质量验收标准》GB/T 50224 和《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的规定进行验收；金属热喷涂防腐和热镀锌防腐工程，应按现行国家标准《热喷涂金属和其他无机覆盖层锌、铝及其合金》GB/T 9793 和《热喷涂 金属零部件表面的预处理》GB/T 11373 等有关规定进行质量验收。

17.2.5 钢结构防火涂料的粘结强度、抗压强度应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定，试验方法应符合现行国家标准《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978.1~GB/T 9978.9 的规定；防火板及其他防火包覆材

料的厚度应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 关于耐火极限的设计要求。

17.2.6 装配式混凝土结构工程的施工质量验收应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的相关规定。

17.2.7 钢结构建筑的楼板及屋面板应按下列标准进行验收：

1 压型钢板楼板和钢筋桁架叠合板应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定进行验收；

2 预制带肋底板混凝土叠合楼板应按现行行业标准《预制带肋底板混凝土叠合楼板技术规程》JGJ/T 258 的规定进行验收；

3 预制预应力空心板叠合楼板应按现行国家标准《预应力混凝土空心板》GB/T 14040 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定进行验收。

4 混凝土叠合楼板应按国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的规定进行验收。

17.3 混凝土结构工程质量验收

17.3.1 混凝土结构工程的施工质量验收应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的相关规定。

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么做的，采用“可”。

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

引用标准名录

- 1 《建筑结构荷载规范》 GB 50009-2012
- 2 《混凝土结构设计规范》(2015 年版) GB 50010-2010
- 3 《建筑抗震设计规范》(2016 年版) GB 50011-2010
- 4 《建筑设计防火规范》(2018 年版) GB 50016-2014
- 5 《钢结构设计标准》 GB 50017-2017
- 6 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》 GB 50018-2002
- 7 《工程测量标准》 GB 50026-2020
- 8 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204-2015
- 9 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205-2020
- 10 《建筑防腐蚀工程施工规范》 GB 50212-2014
- 11 《建筑工程抗震设防分类标准》 GB 50223-2008
- 12 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300-2013
- 13 《钢管混凝土工程施工质量验收规范》 GB 50628-2010
- 14 《钢结构焊接规范》 GB 50661-2011
- 15 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666-2011
- 16 《钢结构工程施工规范》 GB 50755-2012
- 17 《钢-混凝土组合结构施工规范》 GB 50901-2013
- 18 《钢管混凝土结构技术规范》 GB 50936-2014
- 19 《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》 GB/T 2518-2019
- 20 《耐候结构钢》 GB/T 4171-2008
- 21 《热喷涂金属和其他无机覆盖层锌、铝及其合金》 GB/T 9793-2012
- 22 《建筑构件耐火试验方法 第 1 部分:通用要求》 GB/T 9978.1-2008
- 23 《建筑构件耐火试验方法 第 2 部分:耐火试验试件受火作用均匀性的测量指南》 GB/T 9978.2-2019
- 24 《建筑构件耐火试验方法 第 3 部分:试验方法和试验数据应用注释》 GB/T 9978.3-2008
- 25 《建筑构件耐火试验方法 第 4 部分:承重垂直分隔构件的特殊要求》 GB/T 9978.4-2008
- 26 《建筑构件耐火试验方法 第 5 部分:承重水平分隔构件的特殊要求》 GB/T 9978.5-2008
- 27 《建筑构件耐火试验方法 第 6 部分:梁的特殊要求》 GB/T 9978.6-2008

- 28 《建筑构件耐火试验方法 第 7 部分：柱的特殊要求》 GB/T 9978.7-2008
- 29 《建筑构件耐火试验方法 第 8 部分：非承重垂直分隔构件的特殊要求》
GB/T 9978.8-2008
- 30 《建筑构件耐火试验方法 第 9 部分：非承重吊顶构件的特殊要求》
GB/T 9978.9-2008
- 31 《热喷涂 金属零部件表面的预处理》 GB/T 11373-2017
- 32 《建筑用压型钢板》 GB/T 12755-2008
- 33 《预应力混凝土空心板》 GB/T 14040-2007
- 34 《建筑防腐蚀工程施工质量验收标准》 GB/T 50224-2018
- 35 《装配式混凝土建筑技术标准》 GB/T 51231-2016
- 36 《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1-2014
- 37 《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3-2010
- 38 《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ 33-2012
- 39 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 82-2011
- 40 《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ 99-2015
- 41 《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》 JGJ 114-2014
- 42 《组合结构设计规范》 JGJ 138-2016
- 43 《海砂混凝土应用技术规范》 JGJ 206-2010
- 44 《建筑结构用冷弯矩形钢管》 JG/T 178-2005
- 45 《再生骨料应用技术规程》 JGJ/T 240-2011
- 46 《建筑钢结构防腐技术规程》 JGJ/T 251-2011
- 47 《预制带肋底板混凝土叠合楼板技术规程》 JGJ/T 258-2011
- 48 《自密实混凝土应用技术规程》 JGJ/T 283-2012
- 49 《高抛免振捣混凝土应用技术规程》 JGJ/T 296-2013
- 50 《钢板剪力墙技术规程》 JGJ/T 380-2015
- 51 《钢管约束混凝土结构技术标准》 JGJ/T 471-2019
- 52 《钢管混凝土结构技术规程》 CECS 28
- 53 《矩形钢管混凝土结构技术规程》 CECS 159-2004
- 54 《高层建筑钢-混凝土混合结构设计规程》 CECS 230-2008
- 55 《交错桁架钢框架结构技术规程》 CECS 323-2012
- 56 《钢结构防火涂料应用技术规程》 T/CECS 24-2020
- 57 《钢筋桁架混凝土叠合板应用技术规程》 T/CECS 715-2020

中国工程建设标准化协会标准

装配式高层钢-混凝土混合结构技术规程

CECS XXX : 202X

条文说明

编制说明

《装配式高层钢-混凝土混合结构技术规程》(CECS XXX: 202X), 经中国工程建设标准化协会标准 202X 年 XX 月 XX 日以第 XXX 号公告批准发布。

本规程编制过程中, 编制组进行了广泛的调查研究, 进行了大量的试验和理论研究, 认真总结了研究成果和实践经验, 同时参考了国外先进技术法规、技术标准, 通过试验取得了重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定, 《装配式高层钢-混凝土混合结构技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明, 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规程正文同等的法律效力, 仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1 总则	76
2 术语和符号	77
2.1 术语	77
2.2 符号	77
3 基本规定	78
3.1 一般规定	78
3.2 房屋适用高度和高宽比	78
3.3 结构平面布置	78
3.4 结构竖向布置	78
3.5 楼盖结构	79
3.6 其他规定	79
4 材料	80
4.1 钢筋与混凝土	80
4.2 钢材和连接材料	80
5 荷载与地震作用	81
5.1 荷载与地震作用取值	81
5.2 荷载组合和地震作用组合的效应	81
6 结构计算分析	82
6.1 一般规定	82
6.2 计算参数及内力调整	82
6.3 罕遇地震作用下变形验算	83
7 框架结构设计	84
7.1 一般规定	84
7.2 钢构件	84
7.3 钢-混凝土组合梁	84
7.4 钢管混凝土柱	84

7.5 钢管约束混凝土柱	84
8 交错桁架结构设计	85
8.1 一般规定	85
8.2 结构分析与计算	85
8.3 构件设计与构造	85
9 框架-剪力墙结构设计	86
9.1 一般规定	86
9.2 混凝土剪力墙设计及构造	86
9.3 钢板剪力墙设计及构造	86
10 筒体结构设计	87
10.1 一般规定	87
10.2 混凝土筒体	87
11 支撑巨型框架-核心筒结构设计	88
11.1 一般规定	88
11.2 带加强层的支撑巨型框架-核心筒结构	88
12 楼盖设计	89
12.1 一般规定	89
12.2 钢筋桁架混凝土叠合板楼盖	89
12.3 预应力混凝土叠合板楼盖	89
12.4 预应力混凝土空心板楼盖	90
12.5 压型钢板楼板楼盖	90
12.6 预应力混凝土双 T 板楼盖	91
12.7 楼盖振动舒适度	91
13 连接与节点设计	94
13.1 一般规定	94
13.2 钢梁-柱框架节点	94
13.3 混凝土梁-组合柱框架节点	94
13.4 梁墙的连接	95
13.5 竖向构件间的连接	95
13.6 柱脚	95

14 结构防护	96
14.1 抗火一般规定	96
14.2 防腐一般规定	96
15 生产运输	97
15.1 一般规定	97
15.2 钢构件生产	97
15.3 混凝土构件生产	97
15.4 包装、运输与堆放	97
16 施工	98
16.1 一般规定	98
16.2 钢结构施工	98
16.3 混凝土结构施工	98
17 质量验收	99
17.1 一般规定	99
17.2 钢结构工程质量验收	99
17.3 混凝土结构工程质量验收	99

1 总则

1.0.1 为落实“节能、降耗、减排、环保”的基本国策，实现资源、能源的可持续发展，提高我国建筑产业的现代化进程，提高工业化水平，基于国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231-2016 及行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014，借鉴国内外成熟技术及成功经验，制定本规程。

装配式建筑具有工业化水平高、便于冬期施工、减少施工现场湿作业量、减少材料消耗、减少工地扬尘和建筑垃圾等优点，它有利于实现提高建筑质量、提高生产效率、降低成本、实现节能减排和保护环境的目的。装配式建筑在许多国家和地区，如欧洲、新加坡，以及美国、日本、新西兰等处于高烈度地震区的国家都得到了广泛的应用。在我国，近年来，由于节能减排要求的提高，以及劳动力价格的大幅度上涨等因素，预制构件的应用开始呈现迅速上升的趋势。

与上一代的装配式结构相比，新一代的装配式结构采用了许多先进技术。本标准综合反映了国内外近几年来在装配式结构领域的最新科研成果和工程实践经验，提出了非多重抗侧力体系的设计理念及方法，所提出的各项要求与国家现行相关标准协调一致。

本标规程是对装配式结构设计的最低限度要求，设计者可根据具体情况适当提高设计的安全储备。

1.0.2 本规程适用范围参考《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 及《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99-2015 相关规定。

1.0.3 鉴于本规程所涉及内容在很多方面与国家现行有关标准有相同之处，为避免重复，本规定主要对高层钢-混凝土混合结构有关的内容作出规定。

2 术语和符号

2.1 术语

无条文说明。

2.2 符号

无条文说明。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.5 在工程应用中，混合结构可以是沿竖向结构体系的混合，也可以是组成结构体系的抗侧力构件的混合。对于混凝土结构体系中局部构件采用钢与混凝土组合构件，不应视为混合结构，宜按照混凝土结构的相关规定执行，但其组合构件的设计及构造措施应参照相关规程的规定执行。

3.1.6 沿高度改变结构类型通常会带来结构承载力和刚度的突变，为避免出现较大的突变，应设置过渡层使上下层构件的受力平顺传递，一般应设置不少于 2 层的过渡层或采取可靠的过渡加强措施。此类结构可按照对应的结构体系控制其变形指标。

3.2 房屋适用高度和高宽比

3.2.1 本条说明如下：

1 框架结构在水平地震作用下以剪切变形为主，对于沿结构高度采用不同结构体系的混合框架，应该以底部楼层的结构体系进行结构高度控制。如对下部楼层采用混凝土结构，上部楼层采用钢结构或混合结构等组成的高层混合结构建筑，其结构高度应按照混凝土结构的相关规定执行。

2 在框架-剪力墙结构或者筒体结构中，如果剪力墙或者筒体采用装配式连接，目前国内比较少见，应进行专项的论证。

3 钢板组合剪力墙结构最大适用高度取与混凝土剪力墙结构相同的规定，虽然钢板组合剪力墙结构的抗震性能优于混凝土剪力墙，但由于实际应用时短肢剪力墙较多，当短肢剪力墙承担的底部倾覆力矩不小于结构底部总地震倾覆力矩的 30% 时，房屋最大适用高度应适当降低，所以取为与混凝土剪力墙相同的规定。

3.3 结构平面布置

3.3.2 当采用叠合板楼盖时，需要有明确的计算依据。可参考协会标准《预应力混凝土空心板应用技术规程》CECSXXX-202X。

3.4 结构竖向布置

无条文说明。

3.5 楼盖结构

3.5.3 对于重要的、受力复杂的楼板，优先采用现浇楼板，以增强其整体性；当采用叠合楼板时，应有明确计算依据，同时为保证楼板的整体性，需要对叠合层厚度和配筋进行加强，且现浇层板厚不应小于 120 mm。对于采用整体式拼缝的叠合楼板，当接缝处预制板伸出的纵向受力钢筋在后浇混凝土叠合层内有可靠的锚固时，每个方向的配筋率可以计入预制叠合板的配筋。当采用分离式接缝时，对于在拼缝处无法贯通的钢筋，仅计入现浇层钢筋，根据现浇层厚度和施工可行性，现浇层钢筋可以采用单层或者双层布置。

3.6 其他规定

3.6.1 关于交错桁架结构，表 3.6.1 对结构平面内的抗震等级进行了规定，其平面外的抗震等级、适用高度、高宽比等，按平面外的抗侧力体系确定。

4 材料

4.1 钢筋与混凝土

4.1.1 装配式结构中所采用的混凝土、钢筋的各项力学性能指标，以及结构混凝土材料的耐久性能的要求，应分别符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010(2015 版)的相应规定。

参考 JGJ 1-2014 装配式混凝土结构设计规程，对于连接接缝的设计要求，增加了设置抗剪粗糙面的要求，由抗剪粗糙面和抗剪键槽共同形成连接接缝处混凝土的抗剪能力。在受剪承载力计算中，与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015 版)保持一致，采用了混凝土轴心抗拉强度设计值指标。

4.2 钢材和连接材料

无条文说明。

5 荷载与地震作用

5.1 荷载与地震作用取值

无条文说明。

5.2 荷载组合和地震作用组合的效应

5.2.1 对装配式结构进行承载能力极限状态和正常使用极限状态验算时，荷载和地震作用的取值及其组合均应按国家现行相关标准执行。

5.2.2 条文规定与现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666-2011 相同。

5.2.3 预制构件进行脱模时，受到的荷载包括：自重，脱模起吊瞬间的动力效应，脱模时模板与构件表面的吸附力。其中，动力效应采用构件自重标准值乘以动力系数计算；脱模吸附力是作用在构件表面的均布力，与构件表面和模具状况有关，根据经验一般不小于 1.5kN/m^2 。等效静力荷载标准值取构件自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和。

6 结构计算分析

6.1 一般规定

6.1.3 装配式结构进行弹塑性分析时，构件及节点均可能进入塑性状态。受力全过程能够实现等同现浇的湿式连接节点，可按照连续的混凝土结构模拟，忽略接缝的影响。对于其他类型的节点及接缝，应根据试验结果或精细有限元分析结果，总结节点及接缝的特性，如弯矩-转角关系、剪力-滑移关系等，并反映在计算模型中。

6.1.4 抗震计算时，高层混合结构的阻尼比，取决于混凝土构件和钢构件在总变形能中所占比例的大小；可采用振型阻尼比法计算混合结构的阻尼比。振型阻尼比是指针对各阶振型所定义的阻尼比。不同材料的能量耗散机理不同，因此相应构件的阻尼比也不相同，一般钢构件取 0.02，混凝土构件取 0.05。

6.2 计算参数及内力调整

6.2.1 高层建筑结构进行弹性分析时，混凝土结构一般不要求考虑重力二阶效应，钢结构附加弯矩大于初始弯矩的 10% 时，要求计算重力二阶效应。对于混合结构，要视结构的刚度和重力大小确定其二阶效应的影响，本条规定当重力引起的附加弯矩大于初始弯矩 10% 时，应计入重力二阶效应的影响。

6.2.2 对有叠合层预应力混凝土空心板楼盖水平地震作用下结构内力分配进行分析。模型平面长宽比等于 3，采用框架结构，结构质量和侧向刚度分布均匀，考虑板端与支承构件在楼板平面内刚接，未考虑板间灌缝有利作用。结果表明，采用预制楼盖的结构水平地震作用分配与采用现浇楼盖的结构水平地震作用分配相差 5% 以内，可将满足本规程条件的预制楼盖视为刚性楼盖进行结构整体分析。

6.2.4 在竖向荷载作用下，框架梁端负弯矩往往较大，配筋困难，不便于施工和保证施工质量。因此允许考虑塑性变形内力重分布对梁端负弯矩进行适当调幅。混凝土的塑性变形能力有限，调幅的幅度应该加以限制。框架梁端负弯矩减小后，梁跨中弯矩应按平衡条件相应增大。

截面设计时，为保证框架梁跨中截面底钢筋不至于过少，其正弯矩设计值不应小于竖向荷载作用下按简支梁计算的跨中弯矩之半。

6.2.9 非承重外围护墙、内隔墙的刚度对结构的整体刚度、地震力的分布、相邻构件的破坏模式等都有影响，影响大小与围护墙及隔墙的数量、刚度、与主体结构连接的刚度直接相关。

非承重墙的做法有轻质砌块、轻质填充墙板或外挂墙板、等。

填充墙体对主体结构的抗侧刚度影响，主要是由填充墙体自身的刚度和填充墙与主体结构之间的连接方式决定。装配式高层混合结构一般采用的轻质墙体其刚度小，当采用预制外挂墙板时，与主体结构之间一般采用柔性连接，所以对周期影响较小，可统一取 0.9~1.0。非承重墙体为砌块隔墙时，周期折减系数的取值可参照《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定。

6.3 罕遇地震作用下变形验算

6.3.4 采用 3 组加速度时程曲线时，可取每条时程曲线计算所得最大弹塑性层间位移角中的最大值作为罕遇地震时该结构的层间弹塑性位移角；采用 7 组加速度时程曲线时，可取每条时程曲线计算所得最大弹塑性层间位移角之和的平均值作为罕遇地震时该结构的层间弹塑性位移角。地震加速度时程的持续时间不宜小于 20s。

7 框架结构设计

7.1 一般规定

无条文说明。

7.2 钢构件

无条文说明。

7.3 钢-混凝土组合梁

无条文说明。

7.4 钢管混凝土柱

无条文说明。

7.5 钢管约束混凝土柱

无条文说明。

8 交错桁架结构设计

8.1 一般规定

8.1.1 交错桁架结构中，楼板采用预应力混凝土空心板时，空心板垂直于桁架方向布置，跨度大，无次梁，经济性和功能性都很优越。

8.2 结构分析与计算

无条文说明。

8.3 构件设计与构造

无条文说明。

9 框架-剪力墙结构设计

9.1 一般规定

9.1.6 地震作用下建筑结构的抗倒塌能力是基于性能抗震设计核心目标。针对结构的抗倒塌能力，美国应用技术委员会（Applied Technology Council, ATC）开展了“建筑结构抗震性能指标评估”（ATC-63）研究计划，并提出标准化的结构抗倒塌能力评价流程、概率计算方法和验算标准，包括大震可接受倒塌概率、抗倒塌安全储备等重要定量指标。基于上述方法对单重和双重抗侧力体系结构进行倒塌性能对比分析，并以 ATC-63 提出的罕遇地震下结构倒塌概率小于 10% 作为“大震不倒”作为指标进行大震倒塌概率评估。结果表明，依据本规程方法设计的单重框-剪混合结构和依据《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010(2016 版)设计的双重框-剪混合结构均具有较好的抗地震倒塌安全性能，其大震倒塌概率均远小于 0.1%，均远远满足“大震不倒”要求，且安全储备系数相近。

按单重抗侧力体系设计时，宜在结构中建立多道抗震防线。通过设定构件的抗震设防目标，在地震作用过程，使部分构件能够先进入塑性并吸收、耗散地震能量，一旦破坏也易于修复。应优先选用不负担或少负担重力荷载的构件，保证结构损伤后的竖向荷载承担能力。

9.2 混凝土剪力墙设计及构造

无条文说明。

9.3 钢板剪力墙设计及构造

无条文说明。

10 筒体结构设计

10.1 一般规定

10.1.6 地震作用下建筑结构的抗倒塌能力是基于性能抗震设计核心目标。针对结构的抗倒塌能力，美国应用技术委员会（Applied Technology Council, ATC）开展了“建筑结构抗震性能指标评估”（ATC-63）研究计划，并提出标准化的结构抗倒塌能力评价流程、概率计算方法和验算标准，包括大震可接受倒塌概率、抗倒塌安全储备等重要定量指标。基于上述方法对单重和双重抗侧力体系结构进行倒塌性能对比分析，并以 ATC-63 提出的罕遇地震下结构倒塌概率小于 10%作为“大震不倒”作为指标进行大震倒塌概率评估。结果表明，依据本规程方法设计的单重框-筒混合结构和依据《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010(2016 版)设计的双重框-筒混合结构均具有较好的抗地震倒塌安全性能，其大震倒塌概率均远小于 0.5%，均远远满足“大震不倒”要求，且安全储备系数相近。

按单重抗侧力体系设计时，宜在结构中建立多道抗震防线。通过设定构件的抗震设防目标，在地震作用过程，使部分构件能够先进入塑性并吸收、耗散地震能量，一旦破坏也易于修复。应优先选用不负担或少负担重力荷载的构件，保证结构损伤后的竖向荷载承担能力。

10.2 混凝土筒体

无条文说明。

11 支撑巨型框架-核心筒结构设计

11.1 一般规定

无条文说明。

11.2 带加强层的支撑巨型框架-核心筒结构

11.2.2 构建内力计算时，标准层采用弹性楼板假定；腰桁架层，不考虑楼板的刚度贡献，楼板刚度退化为零。

12 楼盖设计

12.1 一般规定

12.1.1 叠合楼盖有多种形式，本节中主要对常规叠合楼盖、预应力叠合楼盖、预应力空心板叠合楼盖，预应力双 T 板叠合楼盖的设计方法及构造要求进行了规定。其他形式的叠合楼盖的设计方法可参考现行相关规程。

结构转换层、平面复杂或开洞较大的楼层、作为上部结构嵌固部位的地下室楼层对整体性及传递水平力的要求较高，为保障结构整体性能，宜采用现浇楼板。若需采用叠合楼盖，应适当增大现浇叠合层厚度，并加强叠合板与支撑结构的连接。

12.1.2 叠合板的预制部分与后浇层结合较好，可视为整体。

12.1.3 叠合板后浇层最小厚度的规定考虑了楼板整体性要求以及管线预埋、面筋铺设、施工误差等因素。预制板最小厚度的规定考虑了脱模、吊装、运输、施工等因素。在采取可靠的构造措施的情况下，如设置桁架钢筋或板肋等，增加了预制板刚度时，可以考虑将其厚度适当减少。使用装配式楼板时，应根据项目特点，及部位采用相应的楼板形式，以实现更好的经济性。

12.1.4 根据叠合板尺寸、预制板尺寸及接缝构造，叠合板可按照单向叠合板或者双向叠合板进行设计。当按照双向板设计时，同一板块内，可采用整块的叠合双向板或者几块预制板通过整体式接缝组合成的叠合双向板；当按照单向板设计时，几块叠合板各自作为单向板进行设计，板侧采用分离式拼缝即可。

12.2 钢筋桁架混凝土叠合板楼盖

12.2.2 平面复杂或开洞较大的情况参见国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010(2016 版)和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 的有关规定。

12.3 预应力混凝土叠合板楼盖

12.3.3 预应力混凝土带肋底板叠合板、钢筋桁架叠合板及平板叠合板等端部均可采用预制底板不出筋，附加短钢筋的构造。

重庆大学周绪红院士、刘界鹏教授团队对预应力混凝土带肋叠合板-梁节点进行了抗剪承载力试验。试验表明,当剪跨比为 0.5 时,无附加短钢筋的预应力混凝土带肋叠合板-梁节点与现浇构件的剪切承载力相差 8%以内;有附加短钢筋的预应力混凝土带肋叠合板-梁节点与现浇构件的剪切承载力相差 7%以内。当剪跨比为 2.0 时,无附加短钢筋的预应力混凝土带肋叠合板-梁节点与现浇构件的剪切承载力相差 3%以内;有附加短钢筋的预应力混凝土带肋叠合板-梁节点与现浇构件的剪切承载力相差 5%以内。有无附加短钢筋对叠合板抗剪性能影响不大。出于安全富裕考虑,本标准规定端部设置附加短筋,按最小配筋率(按楼板全截面计算)配筋且满足 $15d$ 的锚固要求,计算时可以只考虑混凝土的抗剪作用。

对预应力混凝土平板叠合板进行竖向荷载拟静力试验,试验结果表明,平板叠合板整体性良好,预制层与叠合层未出现分层剥离现象,按构造配置的两端附加短筋受力很小,所受应力远小于屈服强度,可忽略其参与受力。

12.4 预应力混凝土空心板楼盖

无条文说明。

12.5 压型钢板楼板楼盖

12.5.4 保证一定的凹槽宽度,使混凝土骨料容易浇入压型钢板槽口内,从而保证混凝土密实。由于目前还未见到总高度大于 80 mm 的压型钢板用于组合楼板,对其性能没有试验数据。如开发出 $h > 80$ mm 的压型钢板时,应有足够的试验数据证明其形成组合楼板后的性能满足本规范各项要求。

本条是从构造上对组合楼板的最小厚度要求;应考虑承载力极限状态和正常使用极限状态以及耐火性能等前提下,按经济合理的原则确定。

12.5.5 压型钢板仅作为模板使用,非组合楼板。在施工阶段压型钢板应该与梁的箍筋点焊,保证施工阶段荷载安全性,必要时压型钢板需布置临时支撑。

12.5.6 对组合楼板支承于剪力墙侧面上,预埋件起到传递剪力的作用,由于膨胀螺栓不能承受振动荷载,因此本规范特别强调预埋件不得用膨胀螺栓固定。一般情况下楼板要传递水平力,因此组合楼板与剪力墙之间要求有拉接钢筋,同时配置拉接钢筋可以有效地控制裂缝宽度。如计算不考虑楼板作用,组合楼板与剪力墙之间可以不设拉接钢筋。

12.6 预应力混凝土双 T 板楼盖

12.6.8 预应力混凝土双 T 板组成的楼盖可等效为沿水平力作用方向、两端简支的深梁，与水平力作用方向垂直的外圈梁作为深梁的拉压弦杆。弦杆内力等于深梁所受水平弯矩除以深梁有效梁高，有效梁高取楼盖沿水平力作用方向长度的 0.8 倍。深梁纵向受力钢筋可配置在弦杆内，且优先配置在板厚范围内，如钢筋过密可配置在梁腹板范围内，应减小此钢筋与楼板竖向偏心。钢筋应沿等效深梁跨度方向通长布置。

弦杆与楼板连接位置相当于翼缘与腹板的连接关系，根据剪应力互等原理，弦杆与楼板连接界面存在剪力，需要采取措施保证界面剪力传递。

12.6.9 楼板受到的水平力需通过合理的连接可靠的传递到竖向抗侧力构件上，可以选择直接传递也可以选择通过集力梁传递。

板梁连接处是楼板水平荷载传递至竖向抗侧力构件的关键位置，宜仅考虑连接钢筋或连接钢材的抗剪作用，板侧键槽抗剪作用作为安全储备。

12.6.11 现行协会标准《预应力混凝土空心板应用技术规程》CECSXXX-202X（发布后补充）规定楼盖水平地震作用标准值方法为通用方法，同样适用于预应力混凝土双 T 板楼盖。

12.7 楼盖振动舒适度

12.7.2 楼盖基频 f_1 可通过模态分析获得，也可按如下公式计算

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \frac{\alpha_1}{b^2} \sqrt{\frac{g}{\bar{q}_0}} \sqrt{\alpha_2 \frac{D_1}{C^4} + \alpha_3 \frac{D_3}{C^2} + \alpha_4 D_2} \quad (1)$$

式中

C — a/b ;

g — 重力加速度，建议取值 9.8m/s^2 ;

$\bar{q}_0$ — 楼盖单位面积上荷载。

系数 α_1 至 α_4 为常数，其主要与边界条件有关，取值参照表 1。表中边界条件命名规则具体如图 1 所示。

表 1 各种边界条件下，系数 α_1 ， α_2 ， α_3 和 α_4 值

边界条件	系数			
	α_1	α_2	α_3	α_4
CCCC	22.79	1	0.667	1
CCCS	15.81	1	1.299	2.078
SCSC	11.39	4	2	0.75
FCFC	8.05	8	0	0
CCSS	π^2	2.56	3.13	2.56
SCSS	13.96	1.281	1.25	0.5
FCFS	1	2.56	0	0
FCFF	20.7	0.0313	0	0
SSSS	19.72	0.25	0.5	0.25
FSFS	13.98	0.5	0	0

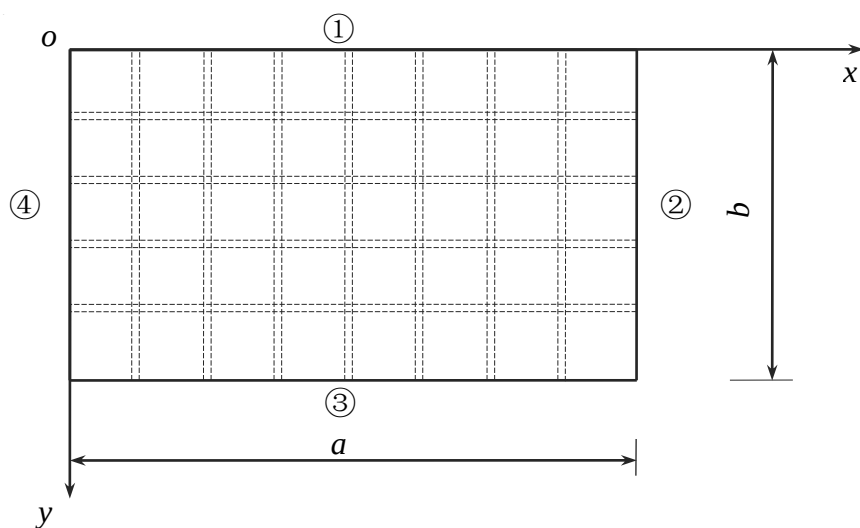


图 1 楼盖边界条件示意图

注：1. “S”表示简支，“C”表示固支，“F”表示自由。

2. 例如，边界条件为 SCSC 的楼盖为①和③边界简支，②和④边界固支。

2 楼盖振动 rms 峰值加速度可按下式计算：

$$a_{p,rms} = \beta a_p \quad (2)$$

式中

β — 系数，一般可取 0.20，但应根据楼盖实际情况及激励荷载类型取值。

峰值加速度可按下式计算：

$$a_p = \begin{cases} \frac{4\alpha_j g G_p}{\bar{q}_0 ab \pi} & \text{跳跃} \\ \frac{\alpha_R g G_p \pi^2}{\bar{q}_0 ab} & \text{跑步} \\ \frac{4\alpha_w \pi^2 g G_p f_w^2}{\bar{q}_0 ab} & \text{行走(非共振情形)} \\ \frac{G_p e^{-0.35 f_1} g}{\xi \bar{q}_0 ab} & \text{行走(共振情形)} \end{cases} \quad (3)$$

$$\alpha_j = \begin{cases} 4341.04 e^{-0.48 f_1} & \text{梁} \\ 17548.53 e^{-0.48 f_1} & \text{板} \end{cases} \quad (4)$$

$$\alpha_R = 257.69 - 83.65 f_1 + 9.58 f_1^2 - 0.37 f_1^3 \quad (5)$$

$$\alpha_w = (0.976 + 0.912 f_1 + 0.263 f_1^2) e^{(0.206 - 0.096 f_1 - 0.058 f_1^2)} \quad (6)$$

式中

f_w — 步行频率，取值范围为 1.8Hz-2.2Hz；

ξ — 楼盖阻尼比，建议取值 0.02；

α_j — 跳跃激励作用下的荷载系数，通过式(3)计算；

α_R — 跑步激励作用下的荷载系数，通过式(4)计算；

α_w — 步行激励作用下的荷载系数，通过式(5)计算；

G_p — 人体体重(N)，建议取值 $70\text{kg} \times g$ 。

12.7.3 参照《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准（JGJ/T441-2019）》楼盖结构第一阶竖向自振频率不宜低于 3Hz。

加速度限值主要参考美国 AISC 及 ISO2631-2 的规定，特别注意，图中的加速度峰值指的是均方根（Root Mean Square）加速度峰值，不是时程曲线的加速度峰值。此外，基于大量现场测试结果，考虑时程曲线中加速度峰值易受到环境因素干扰，本规程峰值加速度评价均采用均方根加速度峰值。

13 连接与节点设计

13.1 一般规定

13.1.6 推荐采用节点区域采用壳单元或实体单元建模；通过主从节点、运动约束方程技术应用于整体模型参与整体计算，以便更好的模拟节点的边界约束条件，更充分的考虑有关计算工况的不同影响。

13.2 钢梁-柱框架节点

无条文说明。

13.3 混凝土梁-柱框架节点

13.3.7 根据重庆大学与重庆恒昇大业建筑科技集团有限公司合作试验表明，钢管全贯通式圆钢管约束混凝土柱-预制混凝土叠合梁框架节点及钢管半贯通式圆钢管约束混凝土柱-预制混凝土叠合梁框架节点抗震性能良好，安全可靠。

钢管全贯通式节点整体性好，但不便于梁叠合层纵筋布置，应用于边节点和角节点时，梁纵筋的弯折段进一步加大了纵筋布置难度；钢管半贯通式节点便于梁叠合层纵筋布置，但增加了无钢管段封模难度，故建议工程应用中，梁宽范围外钢管可保留，用作钢管约束混凝土柱与梁叠合层相交部位模板。

根据施工特点，合理选用钢管全贯通式和钢管半贯通式节点。

13.3.9-13.3.10 钢管截断可为梁叠合层纵筋施工提供极大便利，但同时节点区钢管需要加厚，增加成本。在确定钢管半贯通式节点钢管截断高度时，应综合考虑以上因素。

根据约束模型（图 2），按节点区轴压承载力不小于柱身轴压承载力的原则进行计算，钢管半贯通式节点区钢管厚度 t_j 应满足以下公式：

$$t_j = \left(\frac{2}{k_{cl}} - 1 \right) \frac{t f_{yc}}{k_h f_{yj}}$$

式中： t_j —— 节点区钢管厚度；
 t —— 柱身钢管厚度；
 f_{yc} —— 柱身钢管屈服强度；
 f_{yj} —— 节点区钢管屈服强度；
 k_{cl} —— 截面有效约束系数， $k_{cl} = (1 - h_{to} / 2D)^2$ ；

k_h —— 峰值状态时,节点区钢管平均环向应力与屈服强度比值,

$$k_h = 0.027t_j / (h_{ij} / D)^{0.67} - 0.0031f_{co} + 0.803, \quad h_{ij} \text{ 为节点区}$$

钢管高度, f_{co} 为非约束混凝土的轴心抗压强度;

由上可知,钢管截断高度范围混凝土的约束性能通过钢管区约束性能传递实现,可不考虑箍筋约束贡献。钢管截断高度范围箍筋可按混凝土柱加密区布置。

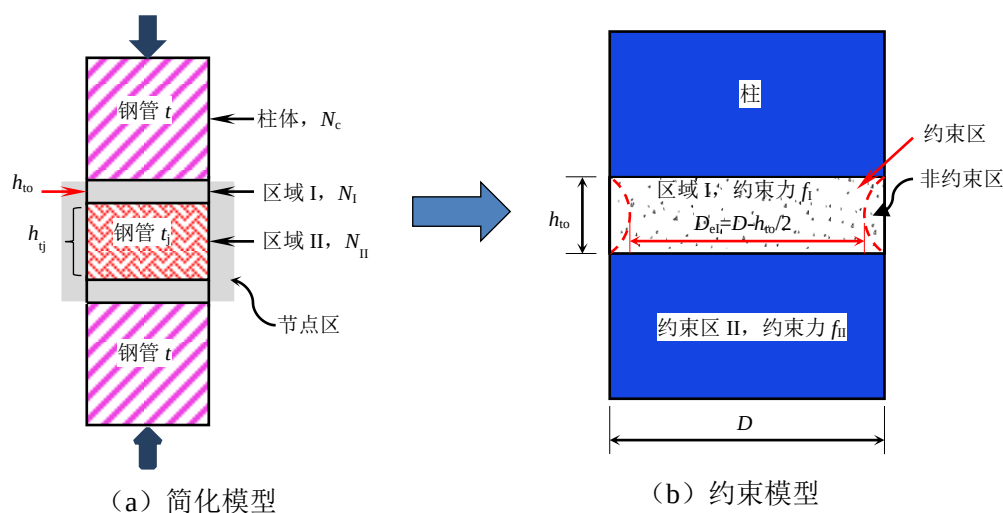


图 2 约束模型示意图

13.3.13 考虑梁端剪力全由腹板传递,忽略节点开洞位置梁柱界面混凝土的直剪作用及与腹板连接下翼缘的板托作用。抗剪连接件应按照现行国家规范《钢结构设计标准》GB50017-2017 进行设计,其抗剪承载力设计值不应低于梁端斜截面抗剪承载力设计值。

13.4 梁墙的连接

无条文说明。

13.5 竖向构件间的连接

无条文说明。

13.6 柱脚

无条文说明。

14 结构防护

14.1 抗火一般规定

无条文说明。

14.2 防腐一般规定

无条文说明。

15 生产运输

15.1 一般规定

无条文说明。

15.2 钢构件生产

无条文说明。

15.3 混凝土构件生产

无条文说明。

15.4 包装、运输与堆放

16 施工

16.1 一般规定

16.1.2 钢-混凝土混合结构具有工序多、流程复杂、协同作业要求高等特点，施工中应强调各专业之间的协调与配合。

16.1.4 钢框架（混合框架）-核心筒结构施工时，考虑内外结构的竖向变形差异，梁与核心筒之间的连接节点施工可采取先铰接连接，待变形稳定后再固结连接的工艺措施。

16.2 钢结构施工

无条文说明。

16.3 混凝土结构施工

无条文说明。

17 质量验收

17.1 一般规定

无条文说明。

17.2 钢结构工程质量验收

无条文说明。

17.3 混凝土结构工程质量验收

无条文说明。