



T/CECS XXX-2024

中国工程建设标准化协会标准

预制混凝土柱-钢梁混合结构技术规程

Technical specification for mixed structure of precast
concrete columns and steel beams

(征求意见稿)

中国建筑工业出版社

中国工程建设标准化协会标准

预制混凝土柱-钢梁混合结构技术规程

Technical specification for mixed structure of precast concrete
columns and steel beams

T/CECS XXX-2024

(征求意见稿)

主编单位：天津大学建筑设计规划研究总院有限公司

汤始建华建材（天津）有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X 年 XX 月 XX 日

中国建筑工业出版社

202X 北 京

前 言

《预制混凝土柱-钢梁混合结构技术规程》（以下简称规程）是根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2023]10 号）的要求进行编制。编制组经深入调查研究，广泛收集资料，认真总结实践经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 11 章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、材料、基本规定、结构计算分析、构件设计、连接设计、防火与防腐蚀设计、制作与运输、安装与施工、工程验收。

本规程某些内容可能涉及 XX 相关专利的使用。涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与专利持有人协商处理。除上述专利外，本规程的某些内容仍可能涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会预应力工程专业委员会归口管理，由天津大学建筑设计规划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，请反馈给天津大学建筑设计规划研究总院有限公司（地址：天津市南开区鞍山西道 192 号 1895 大厦，邮编：300073，邮箱：adtuzsb@126.com）。

主 编 单 位：

参 编 单 位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总 则.....	1
2 术语和符号.....	3
2.1 术语.....	3
2.2 符号.....	4
3 材 料.....	6
3.1 混凝土.....	6
3.2 钢筋及钢材	6
3.3 连接材料.....	7
4 基本规定.....	9
4.1 一般规定	9
4.2 结构布置.....	15
4.3 作用和作用组合.....	16
4.4 构件承载力设计.....	17
4.5 水平位移限值及舒适度要求.....	18
5 结构计算分析.....	20
5.1 一般规定	20
5.2 计算参数.....	22
6 构件设计.....	25
6.1 一般规定	25
6.2 钢梁.....	25
6.3 预制混凝土柱.....	26
6.4 偏心支撑框架.....	31
7 连接设计.....	35
7.1 一般规定	35
7.2 钢梁与预制柱的连接	35
7.3 柱与柱的连接.....	44
7.4 预制柱与基础的连接	47
7.5 钢梁与混凝土墙的连接	49
7.6 支撑与框架梁柱节点的连接.....	53

7.7 偏心支撑框架的构造要求.....	54
8 防火与防腐蚀设计.....	58
9 制作与运输.....	60
9.1 一般规定.....	60
9.2 制作准备.....	61
9.3 构件生产.....	63
9.4 构件检验.....	66
9.5 运输与存放.....	68
10 安装与施工.....	70
10.1 一般规定.....	70
10.2 施工准备.....	71
10.3 构件安装与连接.....	72
11 工程验收.....	75
11.1 一般规定.....	75
11.2 预制构件.....	76
11.3 安装与连接.....	77
11.4 子分部工程.....	80
用词说明.....	81
引用标准名录.....	82

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols	3
2.1	Terms.....	3
2.2	Symbols.....	4
3	Materials.....	6
3.1	Concrete	6
3.2	Reinforcement and Steel.....	6
3.3	Connection Materials	7
4	Basic Requirements.....	9
4.1	General Requirements	9
4.2	Structural Layout.....	15
4.3	Actions and Action Combinations.....	16
4.4	Strength Design of Members	17
4.5	Limitations for Story Drift and Comfort.....	18
5	Structural Analysis	20
5.1	General Requirements	20
5.2	Analysis Parameters	22
6	Design of Structural Members	25
6.1	General Requirements	25
6.2	Steel Beams	25
6.3	Precast Concrete Columns.....	26
6.4	Eccentrically Braced Frame.....	31
7	Connection Design	35
7.1	General Requirements	35
7.2	Connection Between Steel Beam and Precast Concrete Column	35
7.3	The Connection Between the Precast Concrete Column	44
7.4	Connection Between Precast Concrete Column and Foundation	47
7.5	Connection Between Steel Beam and Shear Wall	49
7.6	Connection Between Support and Beam to Column Joints.....	53

7.7	Detailing Requirements for Eccentrically Braced Frame	54
8	Design of Fireproof and Anticorrosion	58
9	Manufacturing and Transportation	60
9.1	General Requirements	60
9.2	Production preparation	61
9.3	Manufacturing.....	63
9.4	Inspection	66
9.5	Transportation and Storage	68
10	Erection and Construction.....	70
10.1	General Requirements	70
10.2	Construction Preparation	71
10.3	Erection and Connection of Precast Components.....	72
11	Construction Quality Acceptance	75
10.1	General Requirements.....	75
10.2	Precast Components.....	76
10.3	Erection and Connection.....	77
10.4	Acceptance of Sub-section Project	80
	Explanation of wording	81
	List of quoted wstandards.....	82

1 总 则

1.0.1 为在建筑工程中合理应用预制混凝土柱-钢梁混合结构，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

[条文说明] 预制混凝土柱-钢梁混合结构将钢和混凝土两种材料组合应用，综合了钢结构和混凝土结构各自优势，充分发挥材料性能，是一种高效经济和低碳的结构形式，具有装配化建造特性，符合建筑产业化发展要求。预制混凝土柱-钢梁混合结构是预制混凝土柱和钢梁共同承担水平和竖向作用形成的混合框架，也可带有偏心支撑、剪力墙、核心筒中任何一种抗侧力构件，形成混合框架结构、混合框架-偏心支撑结构、混合框架-剪力墙结构和混合框架-核心筒结构等四种体系。预制混凝土柱包括普通预制混凝土柱和预制混凝土组合柱，框架梁包括钢梁和钢-混凝土组合梁。预制混凝土组合柱由离心工艺制作的预制混凝土管和芯部后浇混凝土组合而成并共同受力，预制混凝土管可采用离心工艺生产制作，也可采用充气法和抽芯法等方法生产。

该结构技术体系的竖向预制构件采用的普通预制混凝土柱或预制混凝土组合柱，具有标准化和工业化程度高，构件生产成本低、质量易控制等特点。梁柱连接节点采用钢套箍连接技术，钢套箍与预制柱在工厂实现一体化制作，有效保证了梁柱节点的质量；此外，大量试验研究表明，梁柱节点处钢套箍对节点核芯区能够形成有效约束，提高了框架节点核芯区的受力性能，节点设计易实现“强节点、弱构件”的抗震设计理念。预制柱多层连续预制，在现场与钢梁装配连接，即提高了装配效率又保证了连接质量，具有连接质量可靠，制作、运输、安装便捷，结构整体性好等优点。目前国家和行业现行的装配式结构标准中，尚无针对预制混凝土柱-钢梁混合结构的相关规定，实际工程应用中缺少相应标准支撑。因此，在理论分析、试验研究和示范项目总结的基础上编制本规程，为预制混凝土柱-钢梁混合结构技术体系的应用提供依据。

1.0.2 本规程适用于抗震设防烈度为 6 度至 8 度地区、抗震设防类别为重点设防类及以下的民用建筑预制混凝土柱-钢梁混合结构的设计、制作、施工及验收。对于工业建筑，当建筑使用条件和结构类型与民用建筑相似时，可以参照本规程执行。

[条文说明] 本规程编制组进行了大量的预制混凝土柱-钢梁混合结构的受力性能和抗震性能试验。试验结果表明，本规程适用于抗震设防烈度为 6 度至 8 度地区、抗震设防类别为重点设防类及以下的各类民用建筑，其中包括居住建筑和公共建筑。对于工业建筑，当建筑使用条件和结构类型与民用建筑相似时，可以参照本规程执行；当工业建筑处于特殊使用环境，如高温高湿、腐蚀环境、动力荷载等，应根据具体情况进行专门设计。

1.0.3 预制混凝土柱-钢梁混合结构的设计、制作、施工及验收应符合本规程规

定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

[条文说明] 预制混凝土柱-钢梁混合结构的设计、制作、施工及验收需符合国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《钢结构设计标准》GB 50017、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205、《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223、《工程结构通用规范》GB55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB55002、《组合结构通用规范》GB 55004、《钢结构通用规范》GB 55006、《混凝土结构通用规范》GB 55008、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的有关规定，且各项性能指标不能低于国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《混凝土结构设计标准》GB/T50010、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99、《组合结构设计规范》JGJ 138 和《高层建筑钢-混凝土混合结构设计规程》CECS 230 的有关规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 预制混凝土柱 precast concrete column

在工厂或现场预先生产制作的钢筋混凝土柱，包括普通预制混凝土柱和预制混凝土组合柱。

2.1.2 预制混凝土组合柱 precast composite RC column

由离心等工艺制作的预制混凝土管和芯部后浇混凝土组合而成并共同受力柱，简称预制组合柱。

[条文说明] 在预制混凝土组合柱中，预制混凝土管外形多为圆形和方形，内部中空，管壁内配置纵筋和箍筋。预制混凝土管可采用离心工艺生产制作，也可采用充气法和抽芯法等方法生产；在施工阶段，预制混凝土管作为芯部后浇混凝土的模板，同时也可作为施工荷载支撑体系的一部分；施工阶段在管内浇筑混凝土后，通过预制混凝土管对芯部混凝土的约束形成整体协同受力的组合柱，竖向和水平荷载由预制混凝土管和芯部混凝土共同承担。

2.1.3 预制混凝土柱-钢梁混合结构 precast concrete column-steel beam mixed structure

由预制混凝土柱-钢梁混合框架结构，以及结合偏心支撑、剪力墙、核心筒中任意一种抗侧力构件所组成的结构，可分为混合框架结构、混合框架-偏心支撑结构、混合框架-剪力墙结构、混合框架-核心筒结构。

2.1.5 预制混凝土柱-钢梁混合框架结构 mixed frame structure

由预制混凝土柱和钢梁两种材料通过钢套箍式梁柱节点连接形成的承受竖向和水平作用的框架结构，简称混合框架结构。预制混凝土柱包括普通预制混凝土柱和预制组合柱。

2.1.6 混合框架-偏心支撑结构 mixed frame-eccentrically braced structure

由混合框架和偏心支撑所组成的共同承受竖向和水平作用的结构。

2.1.7 混合框架-剪力墙结构 mixed frame-shearwall structure

由混合框架和剪力墙所组成的共同承受竖向和水平作用的结构。

2.1.8 混合框架-核心筒结构 mixed frame-corewall structure

由混合框架和核心筒所组成的共同承受竖向和水平作用的结构。

2.1.9 钢筋套筒灌浆连接 rebar splicing by grout-filled coupling sleeve

在金属套筒中插入单根带肋钢筋并注入灌浆料拌合物，通过拌合物硬化形成整体并实现传力的钢筋对接连接，简称套筒灌浆连接。

2.1.10 钢筋套筒挤压连接 rebar splicing by pressed sleeve

将被连接的两根钢筋分别从金属套筒两端插入、其端面在套筒内有一定间距，通过挤压套筒使其产生永久塑性变形并与钢筋肋啮合而实现钢筋连接的方法，简称套筒挤压连接。

2.1.11 预制柱间连接后浇段 cast-in-place segment connecting precast column

上、下预制柱采用竖向钢筋机械连接时，在竖向钢筋连接范围内施工现场浇筑混凝土的部分，用于将上、下预制柱连接成为整体。

2.1.12 消能梁段 link

混合框架-偏心支撑结构中，两根斜杆端部之间或一根斜杆端部与柱间的梁段。

2.2 符号

2.2.1 材料指标：

E_c ——混凝土弹性模量；

E_s ——钢材弹性模量；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值；

f_a ——钢材抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

f_{av} ——钢材抗剪强度设计值；

f_{ay} ——钢材屈服强度；

f_{au} ——钢材极限抗拉强度最小值；

f_{jt} ——节点核芯区钢套箍抗拉强度设计值；

f_{jv} ——节点核芯区钢套箍抗剪强度设计值；

f_y 、 f'_y ——钢筋抗拉、抗压强度设计值；

f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值。

2.2.2 作用和作用效应：

M ——弯矩设计值；
 N ——轴力设计值；
 V ——剪力设计值；
 V_j ——节点核芯区剪力设计值；
 V_l 、 V_{lc} ——消能梁段不计入轴力影响和计入轴力影响的受剪承载力；
 M_{lp} ——消能梁段的全塑性受弯承载力；
 V_{bj} ——与柱相交的框架梁端剪力设计值；
 V_{sh} ——梁端剪力最大允许值；
 N_{av} ——单个栓钉的受剪承载力设计值。

2.2.3 几何参数：

A ——构件截面面积；
 A_w ——消能梁段腹板截面面积；
 t_f ——型钢翼缘厚度；
 h_w ——型钢腹板高度；
 t_w ——型钢腹板厚度；
 h_b ——钢梁高度；
 b_f ——钢梁翼缘宽度；
 A_j ——节点核芯区混凝土净截面面积；
 A_{br} ——支撑截面面积；
 H_c ——柱的计算高度；
 t_j ——节点核芯区钢套箍厚度；
 h_d ——节点区外伸钢套箍伸出高度。

2.2.4 计算系数及其他：

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数；
 γ_0 ——结构重要性系数；
 η_c ——柱端弯矩增大系数；
 η_{vc} ——柱端剪力增大系数；
 η_{jb} ——强节点系数；
 β_c ——混凝土强度影响系数；
 α_j ——节点位置影响系数；
 η_m ——预埋件弯矩增大系数；
 η_v ——预埋件剪力增大系数；
 γ_a ——栓钉材料抗拉强度最小值与屈服强度之比。

3 材 料

3.1 混凝土

3.1.1 混凝土的各项力学性能指标、耐久性和质量标准等应符合国家现行标准《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《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 的有关规定。

3.1.2 预制构件的混凝土强度等级不应低于 C30，预制预应力构件的混凝土强度等级不应低于 C40。现浇混凝土的强度等级不应低于 C30。

[条文说明] 实现建筑工业化的目的之一是提高建筑产品质量，预制构件在工厂生产，易于进行质量控制，因此对其采用的混凝土最低强度等级的要求高于现浇混凝土。

3.1.3 预制构件的后浇区和叠合层的混凝土强度等级不应低于预制构件混凝土的强度等级。

[条文说明] 预制构件在工地现场的连接质量是保证承重结构整体性的关键，因此，对连接部位的材料强度等级给出了相关规定。

3.2 钢筋及钢材

3.2.1 钢筋的选用及各项力学性能指标应符合国家现行标准《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的有关规定。钢材的选用及各项力学性能指标应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构通用规范》GB 55006 的有关规定。

3.2.2 普通钢筋采用套筒灌浆连接和套筒挤压连接时，钢筋应采用热轧带肋钢筋。

[条文说明] 钢筋套筒灌浆连接接头和套筒挤压连接接头主要适用于现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 中所规定的热轧带肋钢筋。热轧带肋钢筋的肋，可以使钢筋与灌浆料之间产生足够的摩擦力，有效地传递应力，从而形成可靠的连接接头。

3.2.3 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。

[条文说明] 为提高建筑的工业化水平，鼓励在预制构件中采用钢筋焊接网。

3.2.4 预制混凝土柱-钢梁混合结构中，承重结构的钢材宜采用 Q355 钢、Q390

钢、Q420 钢和 Q355GJ 钢。钢材质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 和《建筑结构用钢板》GB/T 19879 的有关规定。当采用其他牌号的钢材时，尚应符合有关标准的规定。

3.2.5 钢材应具有屈服强度、伸长率、抗拉强度和硫、磷含量的合格保证，对于焊接结构尚应具有碳含量的合格保证及冷弯试验的合格保证。高层建筑的承重构件所用钢材还应具有冲击韧性合格保证。

3.2.6 对处于外露环境，且对耐腐蚀有特殊要求的或在腐蚀性气态和固态介质作用下的承重结构，宜采用耐候钢，其质量要求应符合现行国家标准《焊接结构用耐候钢》GB/T 4172 的有关规定。

[条文说明] 耐候钢是通过添加少量合金元素 Cu、P、Cr、Ni 等，使其在金属基体表面形成保护层，以提高耐大气腐蚀性能的钢。耐候结构钢分为高耐候钢和焊接耐候钢两类，高耐候钢具有较好的耐大气腐蚀性能，而焊接耐候钢具有较好的焊接性能。耐候钢的耐大气腐蚀性能为普通钢的 2~8 倍。

3.2.7 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 的有关规定，压型钢板的基板应选用热浸镀锌钢板，不宜选用镀铝锌板。镀锌层应符合现行国家标准《连续热镀锌钢板及钢带》GB/T 2518 的有关规定。

3.2.8 预制构件的吊环应采用未经冷加工的 HPB300 级钢筋或 Q235B 圆钢制作。脱模、翻转、吊装及临时支撑用的专用内埋式螺母或内埋式吊杆及配套吊具的材料应符合国家现行有关标准、应用技术规定及相应产品标准的规定。

[条文说明] 为达到节约材料、方便施工、吊装可靠的目的，并避免外露金属件的锈蚀，预制构件的吊装宜优先采用内埋式螺母、内埋式吊杆或预留吊装孔。以上部件及配套的专用吊具等所用的材料，需符合国家现行有关标准和应用技术规定。

3.3 连接材料

3.3.1 连接用焊接材料及螺栓、锚栓和铆钉等紧固件的材料应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构通用规范》GB 55006、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 和《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的有关规定。

3.3.2 栓钉应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433 的有关规定，其材料及力学性能应符合表 3.3.2 的规定。

表 3.3.2 栓钉材料及力学性能

材料	抗拉强度 (N/mm ²)	屈服强度 (N/mm ²)	伸长率 (%)
ML15、ML15A1	≥400	≥320	≥14

[条文说明] 在预制混凝土柱-钢梁混合结构中,采用作为抗剪连接件的栓钉,应是符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433 规定的合格产品,不得用短钢筋代替栓钉。栓钉的力学性能指标不能低于本规程的有关规定。

3.3.3 钢筋套筒灌浆连接接头采用的套筒应符合现行行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398 的有关规定。

3.3.4 钢筋套筒灌浆连接接头采用的灌浆料应符合现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408 的有关规定,并与钢筋套筒匹配。

3.3.5 纵向钢筋机械连接应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。用于钢筋机械连接的挤压套筒,其原材料应符合现行行业标准《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163 的有关规定。

[条文说明] 本条给出了挤压接头套筒原材料的相关要求,挤压接头套筒原材料的实测力学性能需符合表 1 的规定。

表 1 挤压接头套筒原材料的实测力学性能

项 目	性能指标
屈服强度 (N/mm ²)	205~350
抗拉强度 (N/mm ²)	335~500
断后伸长率 (%)	≥20
硬度 (HRBW)	50~80

3.3.6 预制构件连接用预埋件,应符合国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

3.3.7 钢筋端部锚固板的性能应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的有关规定。

3.3.8 预制构件用座浆材料的强度等级值应大于预制构件的混凝土强度等级值。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 预制混凝土柱-钢梁混合结构的抗震设防类别和抗震设防标准，应符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 的有关规定。

[条文说明] 预制混凝土柱-钢梁混合结构的抗震设防类别及相应的抗震设防标准，需符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 的有关规定。

4.1.2 预制混凝土柱-钢梁混合结构应进行抗震概念设计，建筑方案设计宜选择规则性良好的建筑形体，结构布置宜连续、均匀。结构体系应符合下列要求：

- 1 应具有必要的承载能力、刚度和变形能力；
- 2 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；
- 3 对可能出现的薄弱部位，应采取有效措施予以加强。

[条文说明] 本条强调了预制混凝土柱-钢梁混合结构概念设计原则，宜采用规则的结构，不应采用特别不规则的结构。建筑的规则性定义见国家现行标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的有关规定。

4.1.3 预制混凝土柱-钢梁混合结构的房屋最大适用高度应符合表 4.1.3 的规定；当结构存在平面和竖向均不规则时，房屋最大适用高度宜按表 4.1.3 中数值降低 5m。

表 4.1.3 房屋最大适用高度（m）

结构类型	抗震设防烈度			
	6 度	7 度	8 度（0.20g）	8 度（0.30g）
混合框架结构	50	35	30	25
混合框架-偏心支撑结构	70	60	45	40
混合框架-剪力墙结构	80	70	55	50
混合框架-核心筒结构	90	80	65	60

注：1 房屋高度指室外地面到主要屋面面板板顶的高度，不包括局部突出屋顶的部分及装饰用坡屋顶。

2 混合框架-偏心支撑结构和混合框架-剪力墙结构的最大适用高度尚应满足本规程第 4.1.8 条的要求。

[条文说明]大量节点和整体结构抗震性能试验表明，预制混凝土柱-钢梁混合结构的抗震性能不低于钢筋混凝土结构，但鉴于该体系实践应用范围不够广泛，从安全角度考虑，本规程比现行国家标准《建筑抗震设

计标准》GB/T 50011 规定的更严，对预制混凝土柱-钢梁混合结构的最大适用高度适当降低，待广泛应用总结经验后再调整适用最大高度。对平面和竖向均不规则的结构，根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011，其适用的最大高度适当降低。

4.1.4 预制混凝土柱-钢梁混合结构的最大高宽比宜符合表 4.1.5 的规定。

表 4.1.4 最大高宽比

结构类型	抗震设防烈度	
	6 度、7 度	8 度
混合框架结构	4	3
混合框架-偏心支撑结构	6	5
混合框架-剪力墙结构	6	5
混合框架-核心筒结构	7	6

[条文说明] 混合结构的高宽比是对结构刚度、整体稳定、承载能力和经济合理性的宏观控制；在结构设计满足本规程规定的承载力、稳定、抗倾覆、变形和舒适度等基本要求后，仅从结构安全角度讲高宽比限值不是必须满足的，主要影响结构设计经济性。

4.1.5 预制混凝土柱-钢梁混合结构的抗震设计，应根据抗震设防类别、抗震设防烈度和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的计算和构造措施要求。标准设防类（丙类）建筑的抗震等级应符合表 4.1.5 的规定。

表 4.1.5 预制混凝土柱-钢梁混合结构抗震等级

结构类型		抗震设防烈度						
		6 度		7 度			8 度	
混合框架结构	高度（m）	≤24	>24	≤24	>24		≤24	>24
	框架	四	三	三	二		二	一
	大跨度框架	三		二			一	
混合框架-偏心支撑结构	高度（m）	≤45	>45	≤24	>24 且 ≤45	>45	≤24	>24
	框架	四	三	三	二	一	二	一
	偏心支撑框架	三		二	一		一	
混合框架-剪力墙结构	高度（m）	≤60	>60	≤55	>55		≤40	>40
	框架	四	三	三	二		二	一
	剪力墙	三		二			一	
混合框架-核心筒结构	框架	三		二			一	
	核心筒	二		二			一	

注：1. 表中所示“一、二、三、四级”即“抗震等级为一、二、三、四级”的简称；

2. “偏心支撑框架”指与偏心支撑相连的框架部分；
3. 大跨度框架指跨度不小于 18m 的框架；
4. 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。

4.1.6 建筑场地为Ⅲ、Ⅳ类时，对设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区，宜分别按抗震设防烈度 8 度（0.20g）和比 8 度（0.30g）更高的要求采取抗震构造措施。

4.1.7 重点设防类（乙类）建筑按规定提高一度确定抗震措施时，或Ⅲ、Ⅳ类场地且设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的标准设防类（丙类）建筑按本规程第 4.1.6 条提高一度确定抗震构造措施时，如果房屋高度超过提高一度后对应的房屋最大适用高度，则应采取比对应抗震等级更有效的抗震构造措施。

4.1.8 混合框架-偏心支撑结构和混合框架-剪力墙结构，应根据在规定的水平力作用下，结构底层框架部分承担的地震倾覆力矩与结构总地震倾覆力矩的比例，确定相应的设计方法，并应符合下列规定：

1 当框架部分承担的地震倾覆力矩占结构总地震倾覆力矩的比例不大于 50% 时，按混合框架-偏心支撑结构或混合框架-剪力墙结构进行设计；

2 当框架部分承担的地震倾覆力矩占结构总地震倾覆力矩的比例大于 50% 时，按混合框架-偏心支撑结构或混合框架-剪力墙结构进行设计，其最大适用高度宜按混合框架结构采用，框架部分的抗震等级和轴压比限值应按混合框架结构的规定采用。对混合框架-偏心支撑结构，混合框架部分承担的地震作用，应按混合框架结构和混合框架-偏心支撑结构两种模型计算，并宜取二者的较大值。对混合框架-剪力墙结构，当结构的层间位移角不满足混合框架-剪力墙结构的规定时，应进行结构抗震性能分析和论证。

[条文说明] 混合框架-偏心支撑结构和混合框架-剪力墙结构在规定的水平力作用下，结构底层框架部分承担的地震倾覆力矩与结构总地震倾覆力矩的比值不同，则结构性能有较大的差别。在结构设计时，应据此比值确定该结构相应的适用高度和构造措施，计算模型及分析均按混合框架-偏心支撑结构或混合框架-剪力墙结构进行实际输入和计算分析。

1 当框架部分承担的地震倾覆力矩占结构总地震倾覆力矩的比例不大于 50% 时，混合框架部分和偏心支撑框架部分或剪力墙之间的刚度匹配较为合理，属于典型的混合框架-偏心支撑结构或混合框架-钢筋混凝土剪力墙结构。

2 当框架部分承担的地震倾覆力矩占结构总地震倾覆力矩的比例大于 50% 时，意味着结构中偏心支撑框架或剪力墙的数量偏少，框架承担较大的地震作用，此时框架部分的抗震等级和轴压比按混合框架结构的规定执行，其最大适用高度宜按混合框架结构采用。

当框架部分承担的地震倾覆力矩占结构总地震倾覆力矩的比例大于 80%时,意味着结构中偏心支撑框架的数量极少,属于弱支撑的混合框架-偏心支撑结构,此时,考虑到偏心支撑作为第一道防线的作用较弱,为保证其在地震下的抗震性能,混合框架部分承担的地震作用,应按混合框架结构和混合框架-偏心支撑结构两种模型计算,并宜取二者的较大值,进行包络设计。对采用少墙的混合框架-剪力墙结构,由于其抗震性能较差,不主张采用,以避免剪力墙受力过大,过早破坏。在条文第 2 款规定的情况下,为避免剪力墙过早开裂或破坏,其位移相关控制指标按混合框架-剪力墙结构的规定采用。如果最大层间位移角不能满足混合框架-剪力墙结构的限值要求,应进行结构抗震性能分析论证。

4.1.9 混合框架-偏心支撑结构和混合框架-剪力墙结构中的框架部分按刚度分配计算得到的地震层剪力应乘以调整系数;对混合框架-偏心支撑结构和混合框架-剪力墙结构,应达到不小于结构总地震剪力的 20%和框架部分计算最大层剪力 1.5 倍二者的较小值。各层框架所承担的地震总剪力调整后,应按调整前、后总剪力的比值调整框架柱和与之相连框架梁的剪力及弯矩值,框架柱的轴力可不予调整。

[条文说明] 按照多道防线的概念设计要求,混合框架-偏心支撑结构和混合框架-剪力墙结构中,与偏心支撑相连的框架或剪力墙是第一道防线,在设防地震、罕遇地震下偏心支撑框架或剪力墙先屈服,塑性内力重分布使得框架部分按侧向刚度分配的剪力会比多遇地震下的剪力大,为保证作为第二道防线的框架具有一定的抗侧力能力,需要对框架部分承担的剪力予以适当的调整,以形成双重抗侧力体系。剪力调整系数取值参考现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 和国家现行标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的有关规定。随着建筑形式的多样化,有时框架柱的数量沿竖向会有较大的变化,当框架柱的数量沿竖向有规律分段变化时可分段调整,对框架柱数量沿竖向变化更复杂的情况,设计时应专门研究框架柱剪力的调整方法。

4.1.10 混合框架-核心筒结构的框架部分按侧向刚度分配的楼层地震剪力标准值应符合下列规定:

- 1 框架部分分配的楼层地震剪力标准值的最大值不宜小于结构底部总地震剪力标准值的 10%;
- 2 当框架部分分配的地震剪力标准值的最大值小于结构底部总地震剪力标准值的 10%时,各层框架部分承担的地震剪力标准值应增大到结构底部总地震剪力标准值的 15%;此时,各层核心筒墙体的地震剪力标准值宜乘以增大系数 1.1,但可不大于结构底部总地震剪力标准值,墙体的抗震构造措施应按抗震等级提高

一级后采用。

3 当框架部分分配的地震剪力标准值小于结构底部总地震剪力标准值的 20%，但其最大值不小于结构底部总地震剪力标准值的 10% 时，应按结构底部总地震剪力标准值的 20% 和框架部分楼层地震剪力标准值中最大值的 1.5 倍二者的较小值进行调整。

按本条第 2 款或第 3 款调整架的地震剪力后，框架柱端弯矩及与之相连的框架梁端弯矩、剪力应进行相应调整。

[条文说明] 对混合框架-核心筒结构，如果各层框架承担的地震剪力不小于结构底部总地震剪力的 20%，则框架地震剪力可不进行调整；否则，应按本条的规定调整框架柱及与之相连的框架梁的剪力和弯矩。设计恰当时，混合框架-核心筒结构可以形成外周混合框架与核心筒协同工作的双重抗侧力结构体系。实际工程中，由于外周框架柱的柱距过大、梁高过小，造成其刚度过低、核心筒刚度过高，结构底部剪力主要由核心筒承担。这种情况，在强烈地震作用下，核心筒墙体可能损伤严重，经内力重分布后，外周混合框架会承担较大的地震作用。因此，本条第 1 款对外周混合框架按弹性刚度分配的地震剪力作了基本要求；对本规程规定的房屋最大适用高度范围的混合框架-核心筒结构，经过合理设计，多数情况应该可以达到此要求。一般情况下，房屋高度越高时，越不容易满足本条第 1 款的要求。通常，混合框架-核心筒结构外周混合框架剪力调整的方法与本规程混合框架-剪力墙结构相同，即本条第 3 款的规定。当框架部分分配的地震剪力不满足本条第 1 款的要求，即小于结构底部总地震剪力的 10% 时，意味着核心筒结构的外周混合框架刚度过弱，混合框架总剪力如果仍按第 3 款进行调整，混合框架部分承担的剪力最大值的 1.5 倍可能过小，因此要求按第 2 款执行，即各层混合框架剪力按结构底部总地震剪力的 15% 进行调整，同时要求对核心筒的设计剪力和抗震构造措施予以加强。

4.1.11 高层建筑混合框架-核心筒结构中，核心筒高宽比不宜大于 12。

4.1.12 混合框架-核心筒结构的外框架梁柱连接应采用刚接；楼盖钢梁与周边框架柱宜采用刚接，与核心筒可采用刚接或铰接。

4.1.13 结构各构件之间的连接，应符合下列要求：

- 1 节点核芯区的承载力应大于与其连接构件的承载力；
- 2 预埋件的锚固破坏不应先于连接件破坏；
- 3 预制混凝土柱-钢梁混合结构构件的连接，应能保证结构的整体性。

[条文说明] 本条与现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 保持一致。

4.1.14 预制混凝土柱-钢梁混合结构中各类预制构件及连接构造应按下列原则进

行设计：

1 应结合结构方案和传力路径确定预制构件的布置及连接方式，并在此基础上进行整体结构分析、构件设计及连接设计；

2 预制构件的设计应满足建筑使用功能，符合标准化要求；

3 预制构件的连接接头宜设置在结构受力较小处，且宜便于施工；结构构件之间的连接构造应满足结构传递内力的要求；

4 各类预制构件及其连接构造应按从生产、施工到使用过程中可能产生的不利工况进行验算。

4.1.15 预制混凝土柱-钢梁混合结构中各类预制构件的连接构造，应便于构件安装、装配成整体式结构。对非受力构件的连接也应有可靠的固定措施。

4.1.16 预制混凝土柱-钢梁混合结构中梁柱节点处，预制柱的纵向钢筋应贯穿节点。

4.1.17 非承重预制构件的设计应符合下列要求：

1 非承重预制构件与支承结构之间宜采用柔性连接方式；

2 非承重预制构件与框架采用内镶嵌或焊接连接时，应考虑其对框架侧向刚度的影响；

3 外挂墙板与主体结构的连接构造应能适应主体结构的变形。

4.1.18 预制构件中机电设备预埋管线和线盒、预留孔洞、生产预埋件、安装预埋件等应统筹设置，避免剔凿；防雷接地应采取措施连接竖向预制构件间防雷引线，保证连接效果。

4.1.19 安全等级为一级的高层预制混凝土柱-钢梁混合结构应满足抗连续倒塌概念设计要求。抗连续倒塌设计应满足现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《建筑结构抗倒塌设计标准》T/CECS 392 的有关规定。

4.1.20 当预制混凝土柱-钢梁混合结构超过本规程的适用高度、平面及竖向不规则性等多项控制指标超过现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 有关规定的限值时，可采用结构抗震性能设计方法进行补充分析和论证，保证结构的抗震安全性。

[条文说明] 预制混凝土柱-钢梁混合结构的规则性判定见现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的有关规定。

4.2 结构布置

4.2.1 预制混凝土柱-钢梁混合结构的平面形状宜简单规则，抗侧力构件布置宜对称，结构应具有足够的抗扭刚度，以减少在地震作用下的扭转。对高层建筑预制混凝土柱-钢梁混合结构，结构扭转为主的第一自振周期 T_t 与平动为主的第一自振周期 T_1 之比不应大于 0.90。

4.2.2 预制混凝土柱-钢梁混合结构的平面和立面布置、结构规则性要求、不规则类型判别和不规则结构设计要求，应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定。

[条文说明] 本规程中的预制混凝土柱-钢梁混合结构属于装配式结构，其平面、立面的布置要求要严于现浇混凝土结构，应优先选用规则的建筑；建筑的规则性定义见国家现行标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的有关规定。

4.2.3 预制混凝土柱-钢梁混合结构的楼盖应具有良好的刚度和整体性，并应符合下列规定：

- 1 宜采用压型钢板现浇混凝土楼板、现浇钢筋桁架混凝土楼板或混凝土叠合楼板，楼板与钢梁应可靠连接，保证楼盖的整体性；
- 2 6、7 度时房屋高度不超过 40m 的建筑，可采用装配整体式钢筋混凝土楼板，应将楼板预埋件与钢梁焊接，或采取其他措施保证楼盖的整体性；
- 3 当楼面有较大开口或为转换层楼面时，应采用现浇混凝土楼板，或在楼板平面内设置钢水平支撑；
- 4 跨度大于 6m 的混凝土叠合板，宜采用预应力混凝土预制底板。

[条文说明] 压型钢板现浇钢筋混凝土楼板、钢筋桁架混凝土楼板，整体刚度大，施工方便。这里的压型钢板是泛指各种由钢板制成的楼承板。为加强建筑的抗震整体性，6、7 度地区超过 40m 以及 8 度地区的预制混凝土柱-钢梁混合结构，不应采用全装配式楼板。楼面有较大开口的判定可参照现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 对楼板局部不连续的规定。

4.2.4 楼面梁不宜支承在剪力墙或核心筒的连梁上。

4.2.5 混合框架-偏心支撑结构布置应符合下列要求：

- 1 偏心支撑应在结构的两个主轴方向同时设置；
- 2 偏心支撑宜沿竖向连续布置，并应延伸至计算嵌固端，当受建筑方案影响

在竖向无法连续布置时，宜在邻跨延续布置；

3 偏心支撑宜采用 V 形支撑，也可采用人字形支撑，采用单斜杆形式时，两个方向的斜杆应基本对称布置；

4 偏心支撑在平面内的布置宜基本对称，避免导致扭转效应；偏心支撑之间无大洞口的楼、屋盖的长宽比，应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 对抗震墙间距的要求；楼梯间周边宜布置偏心支撑。

4.2.6 钢梁、组合梁及楼板的变形应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《组合结构通用规范》GB 55004 的有关规定。

4.3 作用和作用组合

4.3.1 预制混凝土柱-钢梁混合结构的作用及作用组合的确定应符合国家现行标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 的有关规定。

[条文说明] 对预制混凝土柱-钢梁混合结构进行承载力极限状态和正常使用极限状态验算时，荷载和地震作用取值及其组合均需按国家现行标准的有关规定执行。

4.3.2 预制混凝土构件在翻转、运输、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；构件运输过程中的动力系数宜取 1.5，构件翻转及安装过程中就位、临时固定的动力系数可取 1.2；当预制柱以柱底为支点翻转时，除柱身外还应对柱底部区域进行承载力、变形和裂缝验算。

[条文说明] 本条规定与国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定相同。

4.3.3 预制混凝土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。动力系数不宜小于 1.2；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 。

[条文说明] 预制构件脱模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 。

4.3.4 叠合受弯构件尚应符合国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010

的有关规定。在叠合层施工阶段验算中，作用在叠合板上的施工荷载标准值按实际情况计算，且不应小于 1.5kN/m²。

4.3.5 预制组合柱的预制混凝土管芯部混凝土浇筑前，应验算施工阶段预制混凝土管的承载力，并应满足稳定性要求。

[条文说明] 预制混凝土组合柱的预制混凝土管在芯部混凝土浇筑前，结构没有完全形成，构件只有预制混凝土管受力，因此，需要验算施工阶段预制混凝土管的承载力和稳定。施工阶段的荷载主要为混凝土的重量和实际可能作用的施工荷载。

4.4 构件承载力设计

4.4.1 预制混凝土柱-钢梁混合结构构件的承载力应按下列公式验算：

1 持久设计状况、短暂设计状况

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \tag{4.4.1-1}$$

式中： γ_0 —— 结构重要性系数，安全等级为一级时不应小于 1.1，安全等级为二级时不应小于 1.0；
 S_d —— 作用组合的效应设计值；
 R_d —— 构件承载力设计值。

2 地震设计状况

$$S_d \leq R_d / \gamma_{RE} \tag{4.4.1-2}$$

式中： γ_{RE} —— 承载力抗震调整系数。
 S_d —— 作用组合的效应设计值；
 R_d —— 构件承载力设计值。

4.4.2 钢筋混凝土和钢构件的承载力抗震调整系数应按表 4.4.2 采用。

表 4.4.2 承载力抗震调整系数

材料	结构构件	受力状态	γ_{RE}
钢	梁，柱，支撑，节点板件，螺栓，焊缝	强度	0.75
	柱，支撑	稳定	0.80
混凝土	梁	受弯	0.75
	轴压比小于 0.15 的柱	偏压	0.75
	轴压比不小于 0.15 的柱	偏压	0.80
	剪力墙	偏压	0.85
		局部承压	1.00
	各类构件	受剪、偏拉	0.85

	节点	受剪	0.85
竖向地震为主的地震组合内力起控制作用时			1.00

4.5 水平位移限值及舒适度要求

4.5.1 在正常使用条件下，预制混凝土柱-钢梁混合结构应具有足够的刚度，避免产生过大的位移而影响结构的承载能力、稳定性和使用要求。

[条文说明] 为保证预制混凝土柱-钢梁混合结构具有必要的刚度，应对其楼层位移加以控制。侧向位移控制实际上是对构件截面大小、刚度大小的一个宏观指标。在正常情况下，限制预制混凝土柱-钢梁混合结构层间位移的主要目的：一是保证主体结构基本处于弹性受力状态；二是保证填充墙板，隔墙和幕墙等非结构构件的完好，避免产生明显损伤。

4.5.2 在风荷载或多遇地震作用下，预制混凝土柱-钢梁混合结构的最大弹性层间位移角不宜大于表 4.5.2 的限值。

表 4.5.2 弹性层间位移角限值

结构类型	混合框架	混合框架-偏心支撑结构		混合框架-剪力墙结构、混合框架-核心筒结构
		$M_d \leq 50\%$	$50\% < M_d < 100\%$	
位移角限值	1/450	1/800	内插确定	1/800

注： M_d 为在规定水平力作用下，底层框架部分承担的地震倾覆力矩占结构总地震倾覆力矩的比例。

[条文说明] 试验研究表明，预制混凝土柱-钢梁混合框架结构的层间位移角不超过 1/400 时，预制混凝土柱基本处于弹性受力状态，预制混凝土柱-钢梁混合框架结构最大弹性层间位移角处于钢框架与钢筋混凝土框架之间。参考《高层建筑钢-混凝土混合结构设计规程》CECS 230 规定混合框架结构在风荷载和多遇地震作用下的最大弹性层间位移角不宜大于 1/400。本规程从严要求，取弹性层间位移角不宜大于 1/450。

对混合框架-偏心支撑结构，参考现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 以及《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定，其弹性层间位移角限值按混合框架和混合框架-偏心支撑结构内插确定，根据底层框架部分承担的地震倾覆力矩占结构总地震倾覆力矩比例的不同，弹性层间位移角限值可参考表 1 确定。

表 1 混合框架-偏心支撑结构弹性层间位移角限值

底层框架部分承担的地震倾覆力矩占结构总地震倾覆力矩的比例 M_d	位移角限值
$\leq 50\%$	1/800
60%	1/692
70%	1/610
80%	1/545

90%	1/493
100%	1/450

4.5.3 在罕遇地震作用下，预制混凝土柱-钢梁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，对于混合框架-偏心支撑结构、混合框架-剪力墙结构以及混合框架-核心筒结构不应大于 1/100。

[条文说明] 试验研究表明，预制混凝土柱-钢梁混合框架结构在层间位移角 1/50 时达到峰值荷载，结构的荷载-位移曲线未进入下降段，当整体结构承载力下降至峰值荷载时的 85%时，整体结构最大弹塑性位移角达到 1/25~1/30，整体具有较好的抗震性能，能够实现“大震不倒”的抗震设计目标。参考《高层建筑钢-混凝土混合结构设计规程》CECS 230 的有关规定，同时结合试验研究成果，偏于安全地确定混合框架结构的弹塑性层间位移角限值取 1/50，混合框架-偏心支撑结构、混合框架-剪力墙结构以及混合框架-核心筒结构的弹塑性层间位移角限值取 1/100。

4.5.4 楼盖结构应满足楼盖竖向振动舒适度要求。楼盖结构的竖向振动频率不宜小于 3Hz，竖向振动加速度峰值不应超过表 4.3.4 的限值。

表 4.3.4 楼盖竖向振动加速度限值

人员活动环境	峰值加速度限值 (m/s^2)	
	竖向自振频率不大于 2Hz	竖向自振频率不小于 4Hz
住宅、办公	0.07	0.05
商场及室内连廊	0.22	0.15

注：楼盖结构竖向自振频率为 2Hz~4Hz 时，峰值加速度限值可按线性插值选取。

[条文说明] 对于预制混凝土柱-钢梁混合结构，一般情况下，楼盖结构竖向频率不宜小于 3Hz，以保证结构具有适宜的舒适度。一般住宅、办公、商业建筑楼盖结构的竖向频率小于 3Hz 时，需验算竖向振动加速度。楼盖结构的振动加速度可参考现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 和《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》JGJ/T 441 的有关规定计算。

5 结构计算分析

5.1 一般规定

5.1.1 在各种设计状况下，预制混凝土柱-钢梁混合结构可采用与现浇混凝土柱-钢梁混合结构相同的设计方法进行结构分析。当同一层内既有预制又有现浇抗侧力构件时，地震设计状况下宜对现浇抗侧力构件在地震作用下的弯矩和剪力乘以不小于 1.1 的增大系数。

[条文说明] 预制混凝土柱-钢梁混合结构中，预制柱之间的接缝处，受力筋采用了安全可靠的连接，且采用了粗糙面、键槽等构造措施，结构的整体性能等同于现浇结构，设计中可采用与现浇结构相同的方法进行计算分析。当同一层内既有预制又有现浇抗侧力构件时，适当放大现浇抗侧力构件在水平地震作用下的剪力和弯矩，不减小预制构件的剪力和弯矩，偏于安全。参照《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定，放大系数不宜小于 1.1。

5.1.2 结构计算应选择合适的计算假定、计算简图、计算方法及计算软件。应确保输入数据的准确性。对计算结果应进行分析，确认其合理、有效后方可作为工程设计的依据。

[条文说明] 在计算机软件广泛应用、种类繁多的情况下，除了要选择使用可靠的计算软件外，还应对软件的计算结果从力学概念和工程经验等方面加以分析判断，对于计算结果出现的不合理情况，需要结构工程师进一步检查模型输入情况，特殊情况下要与软件编制人员共同研究解决问题。

5.1.3 在竖向荷载、风荷载和多遇地震作用下，预制混凝土柱-钢梁混合结构的内力和变形可采用弹性方法计算；罕遇地震作用下，预制混凝土柱-钢梁混合结构的内力和变形可采用弹塑性时程分析法或静力弹塑性分析方法计算，且宜计入结构整体的重力荷载二阶效应。

[条文说明] 按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定，建筑应采用二阶段设计法以实现“小震不坏、中震可修、大震不倒”的三水准目标。与之相应，结构遭遇多遇地震作用时，构件应处于正常使用状态，结构反应分析的方法、截面抗震验算以及层间弹性位移的验算，都是以线弹性理论为基础；而在遭遇罕遇地震作用时，结构有较大的塑性变形，有可能发生应力集中和变形集中，但应控制在规定的范围内，以免倒塌。因此本条规定，结构在进行多遇地震作用下的内力和变形分析时，可假定结构与构件处于弹性工作状态，而在进行罕遇地震作用下的分析时，可采用弹塑性分析方法。通过弹塑性分析，主要验算结构

在罕遇地震作用下的侧向变形是否超过倒塌极限，或是否超过建筑功能要求的变形限值，也是符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 规定的“三水准、两阶段”的设计要求。

5.1.4 预制混凝土柱-钢梁混合结构的内力和变形计算时，可假定楼盖在其自身平面内为无限刚性，设计时应采取相应措施保证楼盖平面内的整体刚度。当楼盖因平面凹凸不规则、或局部不连续、或形状狭长而可能产生较明显的面内变形时，计算时应采用弹性楼板或局部弹性楼板的模型，考虑楼盖面内变形的影响。

[条文说明] 一般情况下，可将楼盖视为水平放置的深梁，具有很大的面内刚度，采用刚性楼板假定可简化计算、提高效率，对结构位移比、周期比等宏观结果进行判断。当采用刚性楼板假定进行结构计算时，设计上应采取必要措施保证楼面的整体刚度：结构平面不宜存在现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 中规定的凹凸不规则、楼板局部不连续等平面不规则情况；宜采用现浇混凝土楼板或有现浇面层的装配整体式楼板；局部削弱的楼面，可采取楼板局部加厚、设置边梁、加大楼板配筋等措施。

当结构存在狭长的外伸段楼面、或局部变窄产生薄弱连接的楼面、或楼面有较大开洞情况，楼板面内刚度有较大的削弱且不均匀，楼板的面内变形会使楼层内抗侧刚度较小的构件的位移和受力加大（相对刚性楼板假定而言），计算时需考虑楼板面内变形的影响。根据楼面结构的实际情况，楼板面内变形可全楼考虑、仅部分楼层考虑或仅部分楼层的部分区域考虑。

5.1.5 预制混凝土柱-钢梁混合结构按空间整体工作计算分析时，梁应考虑弯曲、剪切、扭转变形，必要时考虑轴向变形；柱和支撑一般均应考虑弯曲、剪切、轴向和扭转变形；剪力墙应考虑弯曲、剪切、轴向和扭转变形；消能梁段应考虑剪切变形和弯曲变形。

5.1.6 预制混凝土柱-钢梁混合结构应根据实际情况进行重力荷载、风荷载和地震作用效应分析，并按本规程第 4.5 节的规定进行荷载效应和作用效应计算。

5.1.7 预制混凝土柱-钢梁混合结构内力计算时，当楼面活荷载大于 4kN/m^2 时，应考虑楼面活荷载不利布置引起的结构内力的增大；当整体计算中未考虑楼面活荷载不利布置时，应适当增大楼面梁的计算弯矩。

[条文说明] 本条规定与国家现行标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定相同。

5.1.8 预制混凝土柱-钢梁混合结构宜采用适当的计算模型考虑施工过程对构件受力和变形的影响。当部分构件先行施工时，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。

[条文说明] 设计软件一般是以楼层为单位进行模拟施工计算，而预制混凝土柱-钢梁混合结构施工时，对于

层高较低的结构，预制柱可能多层连续预制和施工；对于设置斜撑的结构，斜撑的施工可能晚于本层主体结构。因此对有跃层预制柱、斜撑等的结构，要按实际施工顺序来考虑施工过程的影响，避免内力失真。对混合框架-核心筒结构，施工时一般可能先施工混凝土核心筒，或先安装预制柱和钢梁，再浇筑混凝土。因此，当部分结构独立进行施工时，应验算其承受外部荷载的能力和稳定问题，通过计算确定其能够独立施工的楼层数，以便调整施工方案；也可以按施工顺序的要求，计算和设计先行施工的独立部分的结构。

5.1.9 高层预制混凝土柱-钢梁混合结构进行风荷载作用效应计算时，正反两个方向的风荷载作用效应宜按两个方向计算的较大值采用；体型复杂的高层建筑应考虑风向角的不利影响，宜增加计算最不利风荷载作用方向，且根据实际情况输入相应方向的计算参数。

[条文说明]复杂结构应考虑多方向风荷载作用，进行风效应对比分析，增加结构抗风安全性。在不同风向角下，复杂结构的基本周期、体型系数、基本风压等计算参数可能差异较大，对风荷载计算结果有较大影响，因此上述参数不宜各方向都取相同。

5.2 计算参数

5.2.1 预制混凝土柱-钢梁混合结构进行整体弹性分析时，当钢筋混凝土楼板与钢梁间有可靠连接，可计入钢筋混凝土楼板对钢梁刚度的增大作用，对仅一侧有楼板的梁刚度增大系数可取 1.2~1.4，对两侧有楼板的梁刚度增大系数可取 1.4~1.8。结构弹塑性计算时，不应考虑楼板对钢梁刚度的增大作用。

[条文说明]钢筋混凝土楼板与钢梁可靠连接时，楼板可作为钢梁的翼缘，与钢梁共同工作。弹性阶段，整体结构计算时应考虑楼板对钢梁刚度的加强作用。当梁的两侧有板、或板厚度与钢梁高度相比较小时，增大系数可取较大值。当楼板参与结构整体计算时不应再考虑梁刚度放大系数。弹塑性计算时，楼板可能开裂，不计入楼板对钢梁刚度的增大作用。

5.2.2 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予以折减。当非承重墙体为填充轻质砌块时，结构的计算自振周期折减系数可按下列规定取值：

- 1 混合框架结构可取 0.6~0.8；
- 2 混合框架-偏心支撑结构、混合框架-剪力墙结构可取 0.7~0.9；
- 3 混合框架-核心筒结构可取 0.8~0.9；

4 填充墙较少或采用柔性连接的填充墙时，周期折减系数可取 0.9~1.0；

5 当采用其他非承重墙体时，可根据工程情况确定周期折减系数。

[条文说明] 结构整体计算分析时，只考虑了主要结构件的刚度，没有考虑非承重结构构件的刚度，使得计算自振周期长于结构实际自振周期。为不使计算地震力偏小，对结构计算自振周期予以折减。当填充墙数量较多、墙体刚度相比主体结构刚度较大时，周期折减系数取较小值。

5.2.3 预制混凝土柱-钢梁混合结构的阻尼比取值宜符合下列规定：

1 多遇地震作用下的结构阻尼比可取 0.04；

2 罕遇地震作用下的结构阻尼比可取 0.05；

3 风荷载作用下楼层位移验算和构件设计时，阻尼比可取 0.03~0.04；

4 风振舒适度验算时，阻尼比可取 0.01~0.02。

[条文说明] 按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定，钢结构的阻尼比可取 0.02~0.04，钢筋混凝土结构的阻尼比可取 0.05，预制混凝土柱-钢梁混合结构的阻尼比介于两者之间，一般取为 0.04。风荷载作用下，结构的塑性变形一般较设防烈度地震作用下小，故抗风设计时的阻尼比比抗震设计小，阻尼比可根据房屋高度和结构类型取 0.03~0.04，结构高度越高阻尼比取值越小。舒适度验算时，阻尼比可根据房屋高度和结构类型取 0.01~0.02。需要准确计算预制混凝土柱-钢梁混合结构的阻尼比时，可采用振型阻尼比法确定。

5.2.4 结构地震作用效应计算时，混合框架-剪力墙结构、混合框架-核心筒结构中的连梁刚度可予以折减，折减系数不宜小于 0.5。结构重力荷载、风荷载作用效应计算时，不宜考虑连梁刚度折减。

[条文说明] 设防烈度低时可少折减一些（6、7 度时可取 0.7），设防烈度高时可多折减一些（8 度时可取 0.5）。折减系数不宜小于 0.5，以保证连梁承受竖向荷载的能力。结构多遇地震作用下变形验算时，连梁刚度可不折减。

5.2.5 预制混凝土柱-钢梁混合结构在地震作用下的重力附加弯矩大于初始弯矩的 10%时，应计入重力二阶效应的影响。

[条文说明] 本条规定与国家现行标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的有关规定相同。

5.2.6 对于竖向不规则的预制混凝土柱-钢梁混合结构，其薄弱层的地震剪力应乘以 1.25 的增大系数。

[条文说明] 本条规定中的结构竖向不规则类型，主要是指现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中规定的侧向刚度不规则、楼层承载力突变。关于薄弱层的地震

剪力增大系数，参照《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关要求，本规程取较大值 1.25。

5.2.7 预制混凝土柱-钢梁混合结构在抗震设计时，梁、柱、墙和梁柱节点核芯区的内力设计值的调整，除应满足本规程规定外，尚应满足国家现行有关标准的有关规定。

6 构件设计

6.1 一般规定

6.1.1 本章规定适用于预制混凝土柱-钢梁混合结构中的钢构件、钢-混凝土组合构件及钢筋混凝土构件，除满足本规程规定外，尚应满足国家现行相关标准的有关规定。

6.1.2 预制混凝土柱-钢梁混合结构中各类构件设计，应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

6.2 钢梁

6.2.1 钢梁的构造、承载力、稳定和抗剪连接件的计算，除满足本规程规定外，尚应满足现行国家规范《钢结构通用规范》GB 55006、《钢结构设计标准》GB 50017 和《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的有关规定。

6.2.2 钢框架梁的上翼缘采用抗剪连接件与楼板可靠连接时，可不验算地震作用下的整体稳定。

6.2.3 钢框架梁与预制混凝土柱刚性连接时，框架梁端部下翼缘的稳定性应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。抗震设计时，框架梁受压翼缘根据需要设置侧向支撑，在出现塑性铰的截面附近，上、下翼缘均宜设置侧向支撑。当梁上翼缘与楼板有可靠连接时，固端梁下翼缘在梁端 0.15 倍梁跨附近宜设置隅撑；梁端下翼缘宽度局部加大，对梁下翼缘侧向约束较大时，视情况可不设置隅撑，但应在侧向未受约束的受压翼缘区段内沿梁长设置间距不大于 2 倍梁高且与梁等宽的横向加劲肋。

[6.2.2、6.2.3 条文说明] 钢梁的整体稳定性一般由刚性隔板或侧向支撑体系来保证，当有压型钢板现浇钢筋混凝土组合楼板、现浇钢筋桁架混凝土楼板或钢筋混凝土楼板在梁的受压翼缘上并与其牢固连接，能阻止受压翼缘的侧向位移时，梁不会丧失整体稳定，不必计算其整体稳定性。框架梁在罕遇地震作用下，在可能出现塑性铰的截面（为梁端和集中力作用处）附近均应设置侧向支撑（隅撑），由于地震作用方向变化，塑性较弯矩的方向也变化，故要求梁的上下翼缘均宜设支撑。如钢梁上翼缘整体稳定性有保证，可仅在

翼缘设支撑，或采取设置加劲肋等措施。

6.2.4 偏心支撑框架中的框架梁，计算时应考虑轴力的影响。

6.2.5 当偏心支撑框架中消能梁段为 H 形截面时，消能梁段两端上、下翼缘宜设置侧向水平支撑，支撑的轴力设计值不得小于消能梁段翼缘轴向承载力的 6%，即 $0.06btf$ 。当无法设置侧向支撑时，消能梁段可采用箱形截面。

[条文说明] 消能梁段两端设置翼缘的侧向水平支撑，是为了承受平面外扭转。现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 要求在消能梁段两端设置侧向水平支撑，但在一些部位，比如支撑左右两侧为电梯井或楼梯间的情况难以满足上述要求。根据 Berman 和 Bruneau 的 2007 年试验报告，对于没有水平支撑的常规箱形截面消能梁不会出现水平扭转屈曲；对于截面高宽比很大的箱形截面消能梁，有可能出现平面外水平扭转屈曲，但其无支撑长度仍远大于宽翼缘 H 形截面消能梁。因此《美国钢结构抗震规范》AISC341-22 仅要求对 H 形截面消能梁两端设置水平支撑，而箱形截面消能梁可不设置水平支撑。

6.2.6 当在多遇地震组合下进行构件承载力计算时，托柱梁地震作用产生的内力应乘以增大系数，增大系数不得小于 1.5。

[条文说明] 托柱梁的地震作用产生的内力应乘以增大系数是考虑地震倾覆力矩对传力不连续部位的增大效应，以保证转换构件的设计安全度并具有良好的抗震性能。

6.3 预制混凝土柱

6.3.1 预制混凝土柱、预制组合柱构件除应满足本规程有关规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011、《混凝土结构通用规范》GB 55008、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 及行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定。

[条文说明] 本规程中预制混凝土柱包括普通预制混凝土柱和预制组合柱。预制混凝土柱除应满足本规程的有关规定外，还应按满足现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011、《混凝土结构通用规范》GB 55008、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 及行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定。

6.3.2 除顶层、轴压比小于 0.15 的柱外，混合框架的梁、柱节点处考虑地震作用组合的柱端弯矩设计值应符合下列要求：

1 一级混合框架结构：

$$\sum M_c = 1.4 \sum M_{bua} \quad (6.3.2-1)$$

2 其他情况：

$$\sum M_c = \eta_c \sum M_b \quad (6.3.2-2)$$

式中： $\sum M_c$ —— 节点上、下柱端截面顺时针或逆时针方向组合弯矩设计值之和；上、下柱端的弯矩设计值，可按弹性分析的弯矩比例进行分配；
 $\sum M_b$ —— 节点左、右梁端截面逆时针或顺时针方向组合弯矩设计值之和；当抗震等级为一级且节点左、右梁端弯矩均为负弯矩时，绝对值较小的弯矩应取零；
 $\sum M_{bua}$ —— 节点左、右梁端逆时针或顺时针方向梁的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩值之和，可根据实际配筋面积（计入钢梁有效翼缘宽度范围内的楼板钢筋）和材料强度标准值并考虑承载力抗震调整系数计算；
 η_c —— 柱端弯矩增大系数；对混合框架结构，二、三、四级分别取 1.6、1.5 和 1.3；对其他结构中的混合框架，一、二、三、四级分别取 1.5、1.4、1.2 和 1.1。

[条文说明] 框架结构的屈服机制深刻影响其抗地震倒塌能力，国内外大量试验研究表明，梁屈服机制有良好的内力重分布性能和耗能能力，极限变形和延性大，而柱屈服机制容易引发结构倒塌，预制混凝土柱-钢梁混合框架应满足“强柱弱梁”抗震设计原则。为确定柱端弯矩增大系数取值，编制组完成了整体结构的低周反复加载试验，考虑了梁为钢梁和钢-混凝土组合梁两种情况，并进行了有限元分析，试验和模拟结果表明，当系数为 1.1 时，梁端塑性发展程度较浅，位移角 1/50 时钢梁仍未屈服，柱受拉塑性损伤较大，结构整体变形以柱弯曲变形为主，破坏模式为柱端破坏；系数为 1.2 时梁端塑性发展较为充分，最终破坏时梁端翼缘屈服，腹板部分屈服，基本实现梁屈服机制；系数从 1.3 增加至 1.4，梁端塑性发展程度加深，柱损伤变形较小，实现了“强柱弱梁”屈服机制。理论上，考虑钢材材料硬化系数 1.1、实际与名义屈服强度之比（超强系数）1.1，楼板钢筋标准值与设计值之比 1.1，以及楼板对钢梁受弯承载力的增大系数 1.2，柱端弯矩增大系数为 $1.1 \times 1.1 \times 1.1 \times 1.2 = 1.597$ 。当楼板通过抗剪连接件与钢梁整体受力，形成钢-混凝土组合梁时，柱端弯矩增大系数不小于 $1.1 \times 1.1 \times 1.1 = 1.331$ ，与美国和日本给出的钢筋混凝土柱-钢梁混合框架强柱弱梁系数限值 1.4 较接近。

6.3.3 一、二、三、四级混合框架结构的底层柱底截面的弯矩设计值，应分别采用考虑地震作用组合的弯矩值与增大系数 1.7、1.6、1.5、1.3 的乘积。底层框架柱纵向钢筋应按上、下端的不利情况配置。

[条文说明] 试验研究表明，混合框架结构的底层柱下端，在强震下不能避免出现塑性铰。为了提高抗震安全度，将混合框架结构底层柱下端弯矩设计值乘以增大系数，以加强底层柱下端的实际受弯承载力，推迟塑性铰的出现。本条文的增大系数只适用于混合框架结构，对其他类型结构中的混合框架，不作此要求。

底层是指无地下室的基础以上或地下室以上的首层。

6.3.4 抗震设计的框架柱端部截面的剪力设计值，一、二、三、四级时应按下列

公式计算：

1 一级混合框架结构：

$$V=1.2(M_{\text{cua}}^t + M_{\text{cua}}^b) / H_n \quad (6.3.4-1)$$

2 其他情况：

$$V=\eta_{\text{vc}}(M_c^t + M_c^b) / H_n \quad (6.3.4-2)$$

式中： M_c^t 、 M_c^b —— 分别为柱上、下端顺时针或逆时针方向截面组合的弯矩设计值，应符合本规程第 6.3.2 条、6.3.3 条的规定；

M_{cua}^t 、 M_{cua}^b —— 分别为柱上、下端顺时针或逆时针方向实配的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩值，可根据实配钢筋面积、材料强度标准值和重力荷载代表值产生的轴向压力设计值并考虑承载力抗震调整系数计算；

H_n —— 柱的净高；

η_{vc} —— 柱端剪力增大系数。对混合框架结构，二、三、四级分别取 1.3、1.2 和 1.1；对其他类型结构的混合框架，一、二级分别取 1.4 和 1.2，三、四级均取 1.1。

[条文说明] 框架柱设计时应满足“强剪弱弯”的要求。在设计中，需要有目的地增大柱子的剪力设计值，以保证在柱端塑性铰达到预期的塑性转动之前，柱端塑性铰区不出现剪切破坏。

6.3.5 框架角柱应按双向偏心受力构件进行正截面承载力设计。一、二、三、四级框架角柱经按本规程第 6.3.2~6.3.4 条调整后的弯矩、剪力设计值应乘以不小于 1.1 的增大系数。

[条文说明] 抗震设计的混合框架，考虑到角柱承受双向地震作用，扭转效应对内力影响较大，且受力复杂，在设计中应予以适当加强，因此对其弯矩设计值、剪力设计值增大 10%。

6.3.6 框架柱的受剪截面限制条件、柱截面的其他承载力验算，应按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 及行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定执行。

[条文说明] 本规程中框架柱的受剪截面限制条件与现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 保持一致。本规程未作规定的柱承载力计算，包括截面受弯承载力、受剪承载力、受扭承载力、剪扭承载力、受压（受拉）承载力、偏心受压（受拉）承载力、压（拉）弯剪扭承载力、局部承压承载力、双向受剪承载力等，均应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 及行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定执行。

6.3.7 框架柱正常使用阶段极限状态设计应按现行国家标准《混凝土结构设计标

准》GB/T 50010 的有关规定执行。

6.3.8 抗震设计时，框架柱轴压比不宜超过表 6.3.8 的规定，对于IV类场地较高的高层建筑，其轴压比应适当减小。

表 6.3.8 柱轴压比限值

结构类型	抗震等级			
	一	二	三	四
混合框架结构	0.65	0.75	0.85	0.90
混合框架-偏心支撑结构、混合框架-剪力墙、混合框架-核心筒	0.75	0.85	0.90	0.95

注：1. 轴压比指柱考虑地震作用组合的轴压力设计值与柱全截面面积和混凝土轴心抗压强度设计值乘积的比值；

2. 表内数值适用于混凝土强度等级不高于 C60 的柱；

3. 表内数值适用于剪跨比大于 2 的柱；剪跨比不大于 2 但不小于 1.5 的柱，其轴压比限值应比表中数值减小 0.05；剪跨比小于 1.5 的柱，其轴压比限值应专门研究并采取特殊构造措施；

4. 当沿柱全高采用井字复合箍，箍筋间距不大于 100mm、肢距不大于 200mm、直径不小于 12mm，或当沿柱全高采用复合螺旋箍，箍筋螺距不大于 100mm、肢距不大于 200mm、直径不小于 12mm，或当沿全高采用连续复合螺旋箍，且螺距不大于 80mm、肢距不大于 200mm、直径不小于 10mm 时，轴压比限值可增加 0.10；

5. 调整后的柱轴压比限值不应大于 1.05。

[条文说明] 抗震设计时，限制框架柱的轴压比主要是为了保证柱的延性要求。本条中，对不同结构体系中的柱提出了不同的轴压比限值。根据国内外的研究成果，当配箍量、箍筋形式满足一定要求时，柱的延性性能有不同程度的提高，因此可对柱的轴压比限值适当放宽。条文所说的“较高的高层建筑”是指，高于 40m 的混合框架结构或高于 60m 的其他结构体系的房屋建筑。

6.3.9 预制柱的纵向钢筋和箍筋配置，除本规程有特殊规定外，应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

6.3.10 预制柱纵向受力钢筋宜采用 HRB400 和 HBR500 级钢筋，直径不宜小于 20mm；纵向受力钢筋的间距不宜大于 200mm 且不应大于 400mm。预制柱纵向受力钢筋可集中于四角配置且宜对称布置。当柱纵向受力钢筋的间距大于 300mm 时，可附加配置直径不小于 14mm 的纵向构造钢筋，纵向构造钢筋在节点区可采用套筒与内隔板或钢梁翼缘连接。

6.3.11 当预制柱中钢筋的混凝土保护层厚度大于 50mm 时，宜对钢筋的混凝土保护层采取有效的构造措施。

(I) 普通预制混凝土柱

6.3.12 预制混凝土柱截面边长不宜小于 400mm，圆形截面柱直径不宜小于

450mm，且不宜小于同方向梁宽的 1.5 倍。

6.3.13 预制混凝土柱的混凝土强度等级不应超过 C60。

6.3.14 预制混凝土柱采用多节柱时，应满足下列要求：

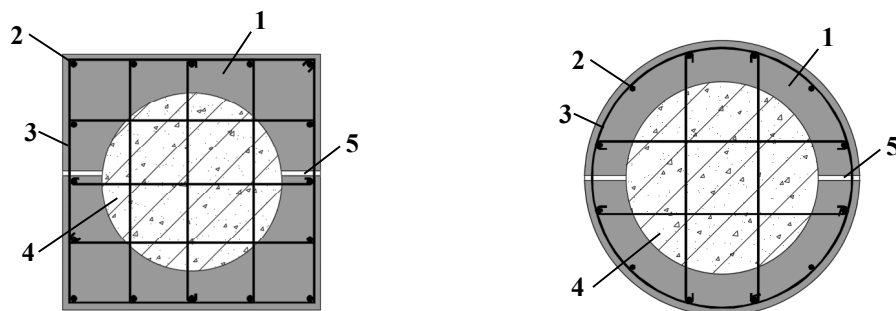
- 1 单个多节柱构件高度不宜超过 15m 或三层，结构高度不超过三层时，多节柱宜作为一个预制单元；
- 2 矩形柱截面宽度或圆柱截面直径不宜小于 500mm；
- 3 多节柱拼接位置宜位于楼层位置。

[条文说明] 由于多节预制混凝土柱为实心截面，其自重和构件尺寸较大，连接节点位于层间位置时拼装和连接难度大，同时临时支撑设置难度较大，因此，多节柱拼接位置位于楼层位置施工更便捷。

(II) 预制组合柱

6.3.15 预制组合柱的构造（图 6.3.15）应符合下列规定：

- 1 预制组合柱宜采用方形截面，截面边长不应小于 500mm；采用圆形截面时，直径不应小于 500mm；
- 2 预制混凝土管为外方内圆截面时，空腔部分直径与柱宽的比值不宜大于 0.75，且管壁最薄处厚度不应小于 100mm；预制混凝土管为圆环形截面时，管壁厚度不应小于 100mm；
- 3 预制混凝土管内壁及端部均宜设置粗糙面，端部粗糙面凹凸深度不应小于 6mm，内壁粗糙面凹凸深度不应小于 4mm，粗糙面的面积不宜小于结合面的 80%；
- 4 预制组合柱箍筋宜采用复合箍筋，且每个方向的箍筋应至少有两肢穿过内部空腔，穿过内部空腔的箍筋直径不宜小于 8mm；
- 5 预制混凝土管底面应设置排气孔，排气孔个数宜为 2 个，且不应少于 1 个，排气孔中心距底面的高度不应小于 150mm，且不应大于 400mm，排气孔直径不宜小于 20mm。



(a) 方形截面

(b) 圆形截面

1—预制混凝土管；2—纵筋；3—箍筋；4—芯部后浇混凝土；5—排气孔

图 6.3.15 预制组合柱构造示意

6.3.16 预制组合柱采用多节柱时，应满足下列要求：

1 单个多节柱构件高度不宜超过 15m 或三层，结构高度不超过三层时，多节柱宜作为一个预制单元；

2 多节柱拼接位置宜位于楼层位置，不宜位于层间位置。

6.3.17 预制组合柱的外部预制混凝土管宜采用充气法、离心法等成熟工艺制作。当采用离心法工艺制作时，应根据设计要求编制离心工艺制作方案，并通过试验确定合理的离心工艺参数，进行样品试制，经检验合格后方可实施。

6.3.18 预制组合柱的混凝土强度等级应符合下列要求：

1 预制混凝土管的混凝土强度等级不宜低于 C35，不应超过 C60；

2 预制混凝土管内后浇混凝土强度等级应与预制混凝土管的混凝土强度等级相同。

6.4 偏心支撑框架

6.4.1 偏心支撑框架中的支撑斜杆，应至少一端与梁连接，并在支撑与梁交点和柱之间或支撑同跨内另一支撑与梁交点之间形成消能段，见图 6.4.1。

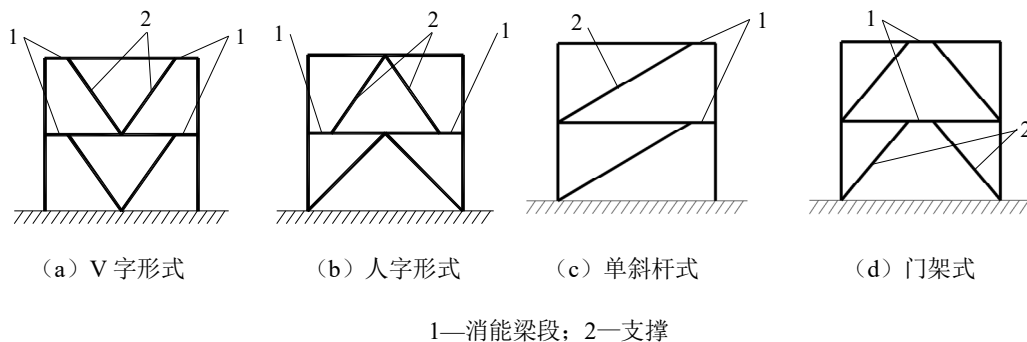


图 6.4.1 偏心支撑框架立面图

[条文说明] 偏心支撑框架的每根支撑，至少应有一端交在梁上，而不是交在梁与柱的交点或相对方向的另一支撑节点上。在支撑与柱之间或支撑与支撑之间的这一段梁，称为消能梁段。偏心支撑框架的设计原则是强柱、强支撑和弱消能梁段，消能梁段是偏心支撑框架的“保险丝”，在大震作用下通过消能梁段的塑性变形耗能，而支撑不屈曲。因此，每根支撑至少一端必须与消能梁段连接。

6.4.2 消能梁段的受剪承载力应符合下列公式的规定：

1 $N \leq 0.15Af_a$ 时

$$V < \phi V_l \quad (6.4.2-1)$$

式中： N —— 消能梁段的轴力设计值 (N)；
 V —— 消能梁段的剪力设计值 (N)；
 A —— 消能梁段的截面面积 (mm^2)；
 f_a —— 消能梁段钢材的抗压强度设计值 (N/mm^2)；
 ϕ —— 系数，可取 0.9；
 V_l —— 消能梁段不计入轴力影响的受剪承载力 (N)，可按本规程第 6.4.3 条的规定计算；有地震作用组合时，应按本规程第 4.4.1 条规定除以 γ_{RE} 。

2 $N > 0.15Af_a$ 时

$$V \leq \phi V_{lc} \quad (6.4.2-2)$$

式中： N —— 消能梁段的轴力设计值 (N)；
 V —— 消能梁段的剪力设计值 (N)；
 A —— 消能梁段的截面面积 (mm^2)；
 f_a —— 消能梁段钢材的抗压强度设计值 (N/mm^2)；
 ϕ —— 系数，可取 0.9；
 V_{lc} —— 消能梁段计入轴力影响的受剪承载力 (N)，可按本规程第 6.4.3 条的规定计算；有地震作用组合时，应按本规程第 4.4.1 条规定除以 γ_{RE} 。

6.4.3 消能梁段的受剪承载力可按下列公式计算：

1 $N \leq 0.15Af_a$ 时

$$\left. \begin{aligned} V_l &= 0.58A_w f_{ay} \text{ 或 } V_l = 2M_{lp}/a, \text{ 取较小值} \\ A_w &= (h_b - 2t_f)t_w \\ M_{lp} &= f_a W_{np} \end{aligned} \right\} \quad (6.4.3-1)$$

式中： N —— 消能梁段的轴力设计值 (N)；
 A —— 消能梁段的截面面积 (mm^2)；
 f_a 、 f_{ay} —— 分别为消能梁段钢材的抗压强度设计值和屈服强度值 (N/mm^2)；
 V_l —— 消能梁段不计入轴力影响的受剪承载力 (N)；
 M_{lp} —— 消能梁段的全塑性受弯承载力 ($\text{N}\cdot\text{mm}$)；
 A_w —— 消能梁段腹板的截面面积 (mm^2)；
 W_{np} —— 消能梁段对其截面水平轴的塑性净截面模量 (mm^3)；
 a 、 h_b 、 t_w 、 t_f —— 分别为消能梁段的净长、截面高度、腹板厚度和翼缘厚度 (mm)。

2 $N > 0.15Af_a$ 时

$$V_{lc} = 0.58 A_w f_{ay} \sqrt{1 - [N / (f_a A)]^2} \quad (6.4.3-2)$$

$$\text{或 } V_{lc} = 2.4 M_{lp} [1 - N / (f_a A)] / a, \text{ 取较小值} \quad (6.4.3-3)$$

式中：
 N —— 消能梁段的轴力设计值 (N)；
 A —— 消能梁段的截面面积 (mm²)；
 f_a 、 f_{ay} —— 分别为消能梁段钢材的抗压强度设计值和屈服强度值 (N/mm²)；
 V_{lc} —— 消能梁段计入轴力影响的受剪承载力 (N)；
 M_{lp} —— 消能梁段的全塑性受弯承载力 (N•mm)；
 A_w —— 消能梁段腹板截面面积 (mm²)；
 a —— 消能梁段的净长 (mm)。

[6.4.2~6.4.3 条文说明] 参考 AISC 于 1997 年颁布的《钢结构房屋抗震规程》，当消能梁段的轴力设计值不超过 $0.15A_f a$ 时，按 AISC 规定，忽略轴力影响，消能梁段的受剪承载力取腹板屈服时的剪力和消能梁段两端形成塑性铰时的剪力两者的较小值。本规程根据我国钢结构设计标准关于钢材拉、压、弯强度设计值与屈服强度的关系，取承载力抗震调整系数为 1.0，计算结果与 AISC 相当。当轴力设计值超过 $0.15A_f a$ 时，则降低梁段的受剪承载力，以保证消能梁段具有稳定的滞回性能。

6.4.4 消能梁段的受弯承载力应符合下列公式的规定：

1 $N \leq 0.15A_f a$ 时

$$\frac{M}{W} + \frac{N}{A} \leq f_a \quad (6.4.4-1)$$

式中：
 N —— 消能梁段的轴力设计值 (N)；
 M —— 消能梁段的弯矩设计值 (N•mm)；
 A —— 消能梁段的截面面积 (mm²)；
 f_a —— 消能梁段钢材的抗压强度设计值 (N/mm²)，有地震作用组合时，应按本规程第 4.4.1 条规定除以 γ_{RE} ；
 W —— 消能梁段的截面模量 (mm³)。

2 $N > 0.15A_f a$ 时

$$\left(\frac{M}{h_b} + \frac{N}{2} \right) \frac{1}{b_f t_f} \leq f_a \quad (6.4.4-2)$$

式中：
 N —— 消能梁段的轴力设计值 (N)；
 M —— 消能梁段的弯矩设计值 (N•mm)；
 A —— 消能梁段的截面面积 (mm²)；
 f_a —— 消能梁段钢材的抗压强度设计值 (N/mm²)，有地震作用组合时，应按本规程第 4.4.1 条规定除以 γ_{RE} ；
 h_b 、 b_f 、 t_f —— 分别为消能梁段的截面高度、翼缘宽度和翼缘厚度 (mm)。

6.4.5 有地震作用组合时，偏心支撑框架中与消能梁段相连构件的内力设计值应

按下列要求调整：

1 支撑斜杆的轴力设计值，应取与支撑斜杆相连接的消能梁段达到受剪承载力时支撑斜杆轴力与增大系数的乘积；其增大系数，一级不应小于 1.4，二级不应小于 1.3，三级不应小于 1.2；

2 位于消能梁段同一跨的框架梁内力设计值，应取消能梁段达到受剪承载力时框架梁内力与增大系数的乘积；其增大系数，一级不应小于 1.3，二级不应小于 1.2，三级不应小于 1.1；

3 框架柱的内力设计值，应取消能梁段达到受剪承载力时框架柱内力与增大系数的乘积；其增大系数，一级不应小于 1.3，二级不应小于 1.2，三级不应小于 1.1。

[条文说明] 偏心支撑框架的设计意图是提供消能梁段，当地震作用足够大时，消能梁段屈服，而支撑不屈曲。因此，根据抗震等级对支撑的轴压力设计值进行调整，保证消能梁段能进入塑性变形而支撑不屈曲。强柱弱梁的设计原则同样适用于偏心支撑框架。考虑到梁钢材的屈服强度可能会提高，为了使塑性铰出现在梁端而不是柱中，可将柱的设计内力适当提高。但本条文的要求并不保证底层柱脚不出现塑性铰，当水平位移足够大时，作为嵌固端的底层柱脚有可能屈服。为了使塑性铰出现在消能梁段而不是同一跨的框架梁，也应该将同一跨的框架梁的设计弯矩适当提高。

6.4.6 偏心支撑斜杆的轴向承载力应符合下式要求：

$$\frac{N_{br}}{\varphi A_{br}} \leq f_a \quad (6.4.6)$$

式中：
 N_{br} —— 支撑的轴力设计值（N）；
 φ —— 由支撑长细比确定的轴心受压构件稳定系数；
 A_{br} —— 支撑截面面积（mm²）；
 f_a —— 钢材的抗拉、抗压强度设计值（N/mm²），有地震作用组合时，应按本规程第 4.4.1 条规定除以 γ_{RE} 。

6.4.7 支撑斜杆与消能梁段连接的承载力不得小于支撑的承载力。若支撑需抵抗弯矩，支撑与梁的连接应按抗压弯连接设计。

7 连接设计

7.1 一般规定

7.1.1 预制混凝土柱-钢梁混合结构构件间的连接设计，除满足本规程规定外，尚应满足国家和行业现行相关标准的有关规定。

7.1.2 连接设计应安全可靠，构造简单，传力明确，整体性好，经济合理，施工方便。抗震设计时连接的破坏不应先于被连接构件的破坏。

7.1.3 钢构件间的连接应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 和《高层建筑钢混凝土混合结构设计规程》CECS 230 的有关规定执行。

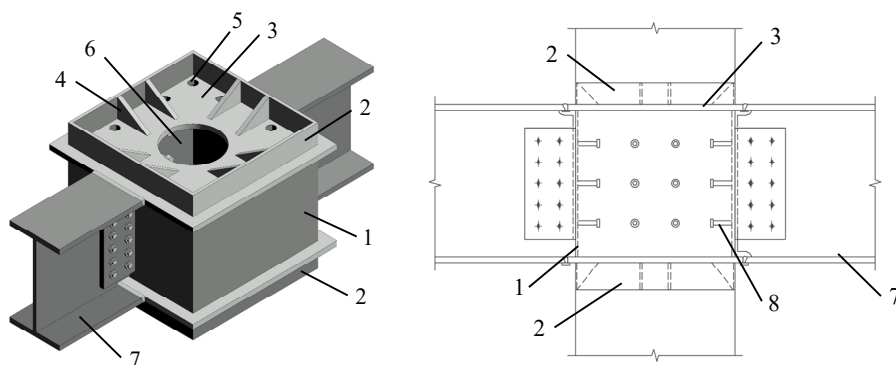
7.1.4 预制混凝土构件接缝处后浇混凝土强度等级不应低于预制构件的混凝土强度等级。

7.2 钢梁与预制柱的连接

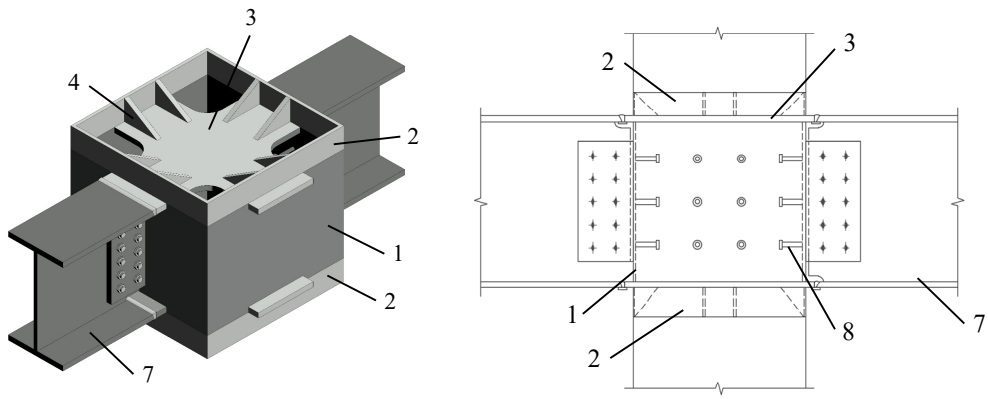
7.2.1 钢梁与预制柱的连接应采用刚性连接方式；抗震设计时应应对框架节点核心区进行抗震验算。钢梁宜居柱中线布置，当钢梁中线与柱中线之间偏心距大于柱宽的 $1/4$ 时，应计入偏心的影响。

[条文说明] 本规程中钢梁与预制柱的连接主要通过预制柱中的钢套箍节点，考虑到梁偏心布置时影响柱纵筋的布置，因此，钢梁宜居柱中线布置。在实际工程中，钢梁与预制柱中心线不重合、产生偏心时，应计入偏心的影响。当位于高烈度地区时，不宜采用梁柱偏心较大的结构。

7.2.2 钢梁与预制柱的刚性连接宜采用柱贯通型节点（图 7.2.2-1 和图 7.2.2-2）。



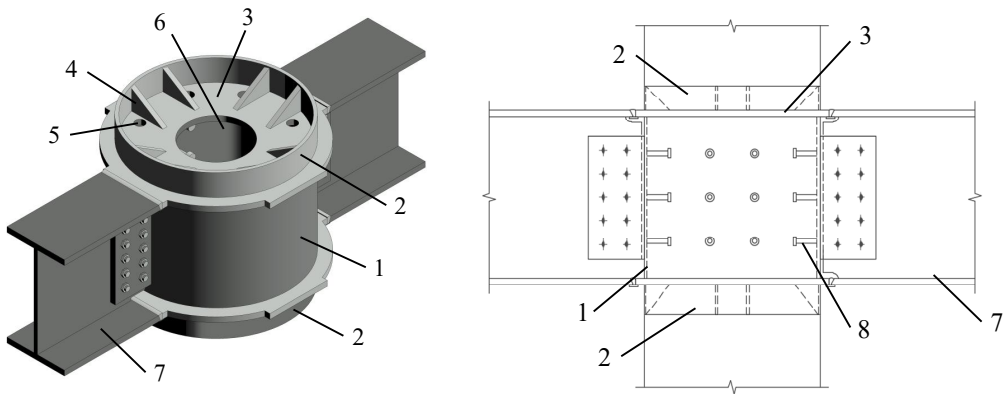
(a) 节点形式 1



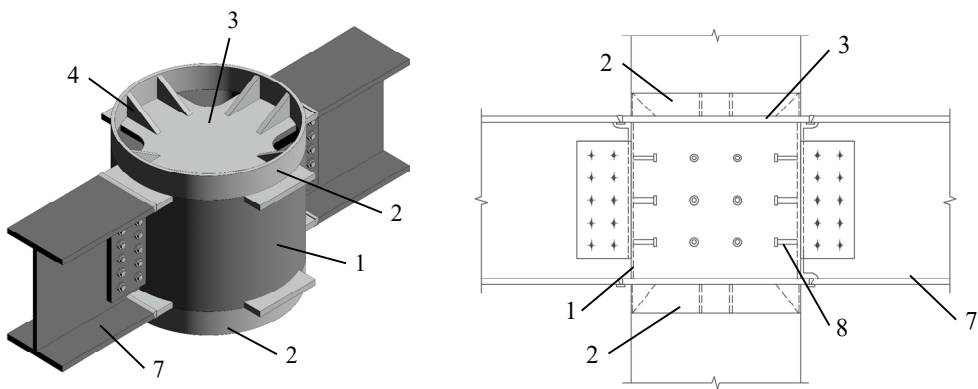
(b) 节点形式 2

1—节点核心区钢套箍；2—节点区外伸钢套箍；3—内隔板；4—加劲肋；5—柱纵筋贯穿孔；
6—透气孔；7—钢梁；8—栓钉

图 7.2.2-1 钢梁与矩形截面预制混凝土柱的连接节点示意



(a) 节点形式 1



(b) 节点形式 2

1—节点核心区钢套箍；2—节点区外伸钢套箍；3—内隔板；4—加劲肋；5—柱纵筋贯穿孔；
6—透气孔；7—钢梁；8—栓钉

图 7.2.2-2 钢梁与圆形截面预制混凝土柱的连接节点示意

7.2.3 框架梁柱节点核芯区的剪力设计值 V_j 应符合下列规定：

1 一、二、三、四级框架应按下列公式计算：

$$V_j = \frac{\eta_{jb} \sum M_b}{h_b - t_f} \left(1 - \frac{h_b - t_f}{H_c - h_b} \right) \quad (7.2.3-1)$$

2 一级框架结构可不按上式调整，但应按下列公式计算：

$$V_j = \frac{1.15 \sum M_{bua}}{h_b - t_f} \left(1 - \frac{h_b - t_f}{H_c - h_b} \right) \quad (7.2.3-2)$$

式中：

- V_j —— 梁柱节点核芯区的剪力设计值 (N)；
- η_{jb} —— 强节点系数，对于框架结构，一级宜取 1.5，二级宜取 1.35，三级宜取 1.2，四级宜取 1.1；对于其他结构中框架，一级宜取 1.35，二级宜取 1.2，三级宜取 1.1，四级宜取 1.05；
- $\sum M_b$ —— 节点左右梁端逆时针或顺时针方向组合弯矩设计值之和 (N·mm)，一级框架节点左右梁端均为负弯矩时，绝对值较小的弯矩应取零；
- $\sum M_{bua}$ —— 节点左右梁端逆时针或顺时针方向梁的正截面抗震受弯承载力最对应的弯矩之和 (N·mm)，可根据实际配筋面积 (计入钢梁有效翼缘宽度范围内的楼板钢筋) 和材料强度标准值确定；
- h_b —— 梁高度 (mm)，节点两侧梁高度不等时可采用平均值；
- t_f —— 钢梁翼缘厚度 (mm)；
- H_c —— 柱的计算高度 (mm)，可采用节点上、下柱反弯点之间的距离。

[条文说明] 试验和理论研究结果表明，梁柱节点核芯区发生剪切破坏时极限层间位移角可达到 1/17~1/15，远大于规范弹塑性位移角限值 1/50 要求，地震作用下，可易实现“强节点”设计原则。当强节点系数不小于 1.2 时，节点核芯区破坏主要集中在梁端截面处，钢套箍未发生屈服，因此参考《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 关于梁柱节点核芯区截面抗震验算的相关规定，偏于安全地给出了不同结构类型中梁柱节点的强节点系数。

7.2.4 框架梁柱节点核芯区的受剪截面应符合下列规定：

1 采用圆形截面预制柱时：

$$V_j \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} 0.30 \beta_c f_c A_j \quad (7.2.4-1)$$

2 采用矩形截面预制柱时：

$$V_j \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} 0.30 \beta_c f_c b_j h_j \quad (7.2.4-2)$$

式中：
 V_j —— 梁柱节点核芯区的剪力设计值 (N)；
 γ_{RE} —— 承载力抗震调整系数，可取 0.85；
 β_c —— 混凝土强度影响系数：当混凝土强度等级不超过 C50 时， β_c 取 1.0，当混凝土等级为 C55 时， β_c 取 0.96，当混凝土等级为 C60 时， β_c 取 0.93；
 f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm²)；
 A_j —— 节点核芯区的混凝土截面面积 (mm²)；
 b_j —— 节点核芯区的截面宽度，可取验算方向的柱截面宽度 b_c (mm)；
 h_j —— 节点核芯区的截面高度，可取验算方向的柱截面高度 h_c (mm)。

7.2.5 框架梁柱节点核芯区的抗震受剪承载力应符合下列规定：

1 采用圆形截面预制柱时，应按下式验算：

$$V_j \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.15 \alpha_j f_c A_j + 0.3 \pi D t_j f_{jt}) \quad (7.2.5-1)$$

2 采用矩形截面预制柱时，应按下式验算：

$$V_j \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.15 \alpha_j f_c b_j h_j + 0.8 h_j t_j f_{jt}) \quad (7.2.5-2)$$

式中：
 V_j —— 梁柱节点核芯区的剪力设计值 (N)；
 γ_{RE} —— 承载力抗震调整系数，可取 0.85；
 α_j —— 节点位置影响系数，中柱节点取 1.0，边柱节点取 0.7，顶层柱角节点取 0.4；
 f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm²)；
 A_j —— 节点核芯区混凝土净截面面积 (mm²)；
 D —— 预制柱直径 (mm)；
 t_j —— 节点核芯区钢套箍厚度 (mm)；
 f_{jt} —— 节点核芯区钢套箍抗拉强度设计值 (N/mm²)；
 b_j —— 节点核芯区的截面宽度，可取验算方向的柱截面宽度 b_c (mm)；
 h_j —— 节点核芯区的截面高度，可取验算方向的柱截面高度 h_c (mm)。

[条文说明] 钢梁与预制混凝土柱的柱贯通型节点核芯区受剪承载力公式，是在编制组抗震试验和理论分析结果的基础上，参考现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定而提出。

抗震试验结果表明，水平地震作用下，节点核芯区剪力主要由节点核芯区钢套箍腹板和节点核芯区混凝土共同承担，节点受剪机理为钢套箍腹板“剪力墙”和混凝土“斜压杆”的综合作用。节点核芯区受剪

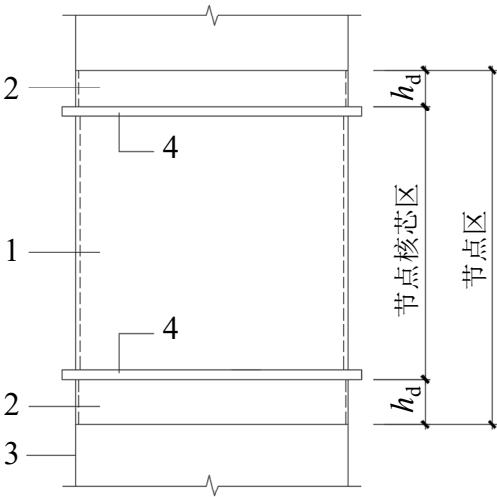
承载力与节点组成成分有关，主要的成分有核芯区混凝土部分、节点核芯区钢套箍部分和型钢部分，基于叠加原理，建立了节点核芯区的受剪承载力计算公式。在节点核芯区受剪承载力公式建立过程中，考虑到钢套箍仅在节点区域设置，因此，偏于保守地忽略轴压力对混凝土“斜压杆”机制的有利作用。

7.2.6 节点钢套箍外表面与柱外表面宜平齐，节点钢套箍厚度应满足表 7.2.6 的要求。节点区外伸钢套箍伸出高度 h_d （图 7.2.6）不应小于 80mm；顶层节点中，上部内隔板可不设置外伸钢套箍。

表 7.2.6 节点钢套箍厚度

抗震等级	一级	二级	三、四级
节点核芯区钢套箍	$\geq L_c/70$ ，且 $\geq 10\text{mm}$	$\geq L_c/110$ ，且 $\geq 10\text{mm}$	$\geq L_c/130$ ，且 $\geq 8\text{mm}$
节点区外伸钢套箍	$\geq L_c/110$ ，且 $\geq 10\text{mm}$	$\geq L_c/130$ ，且 $\geq 8\text{mm}$	$\geq L_c/150$ ，且 $\geq 6\text{mm}$

注： L_c 为柱长边尺寸，圆形柱时为柱直径。



1—节点核芯区钢套箍；2—节点区外伸钢套箍；3—预制柱；4—内隔板

图 7.2.6 节点钢套箍示意图

[条文说明] 编制组完成的试验和理论研究表明，节点区外伸钢套箍伸出高度对节点的初始刚度和承载力影响较小。随着节点区外伸钢套箍伸出高度的增加，节点承载力基本保持不变。但增加节点区外伸钢套箍伸出高度对节点在峰值后阶段的变形性能影响较大；随着节点区外伸钢套箍伸出高度的增加，节点荷载-位移曲线的下降段逐渐变缓，变形能力提高。因此，为使节点具有更好的变形能力，节点区外伸钢套箍伸出高度需保证一定的高度。

7.2.7 节点区外伸钢套箍应设置加劲肋，单侧加劲肋数量不应少于 2 个，厚度不应小于 6mm，间距不宜大于 200mm；加劲肋应分别与内隔板或梁翼缘焊接，且应采用双面角焊缝连接。

7.2.8 框架梁柱节点应符合下列规定：

1 内隔板厚度应至少比钢梁翼缘厚度大 2mm，其钢材强度不得低于梁翼缘的钢材强度；

2 内隔板与钢套箍的连接应采用全熔透焊缝；

3 内隔板伸出钢套箍的长度宜为 10mm~30mm；

4 内隔板与钢梁翼缘的连接应采用全熔透坡口焊，并应设置衬板和引弧板；现场焊接时，梁下翼缘焊接用的衬板在翼缘施焊完毕后，宜将衬板割除再清根补焊；

5 内隔板上应设置混凝土浇筑孔，其孔径不应小于 150mm；

6 预制柱纵筋应贯通节点区内隔板，纵筋接头不应设在节点区及柱端箍筋加密区范围内；内隔板的柱纵筋贯穿孔孔径宜取 $1.2d$ （ d 为柱纵筋直径），最大不应超过 $1.5d$ ；不得在现场采用气割扩孔，避免造成刻槽，产生应力集中；柱纵筋间净距不应小于柱中混凝土骨料最大粒径的 1.5 倍及 50mm。

7.2.9 抗震等级为一级、二级时，框架梁柱节点内隔板与钢梁翼缘的连接宜采用梁翼缘扩翼式或梁翼缘局部加宽式等加强型连接形式，有依据时也可采用其他形式。

1 梁翼缘扩翼式连接（图 7.2.9a），图中尺寸应按下列公式确定：

$$l_a = (0.50 \sim 0.75) b_f \quad (7.2.9-1)$$

$$l_b = (0.30 \sim 0.45) h_b \quad (7.2.9-2)$$

$$b_{wf} = (0.15 \sim 0.25) b_f \quad (7.2.9-3)$$

$$R = \frac{l_b^2 + b_{wf}^2}{2b_{wf}} \quad (7.2.9-4)$$

式中：
 h_b —— 梁高度（mm）；
 b_f —— 梁翼缘宽度（mm）；
 R —— 梁翼缘扩翼半径（mm）。

2 梁翼缘局部加宽式连接（图 7.2.9b），图中尺寸应按下列公式确定：

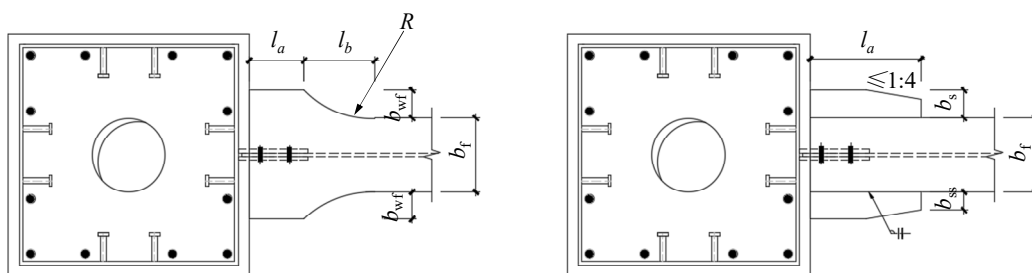
$$l_b = (0.50 \sim 0.75) h_b \quad (7.2.9-5)$$

$$b_s = (1/4 \sim 1/3) b_f \quad (7.2.9-6)$$

$$b_{ss} = 2t_f + 6 \quad (7.2.9-7)$$

$$t_s = t_f \quad (7.2.9-8)$$

式中：
 h_b —— 梁高度 (mm)；
 b_f —— 梁翼缘宽度 (mm)；
 t_f —— 梁翼缘厚度 (mm)；
 t_s —— 局部加宽板厚度 (mm)。



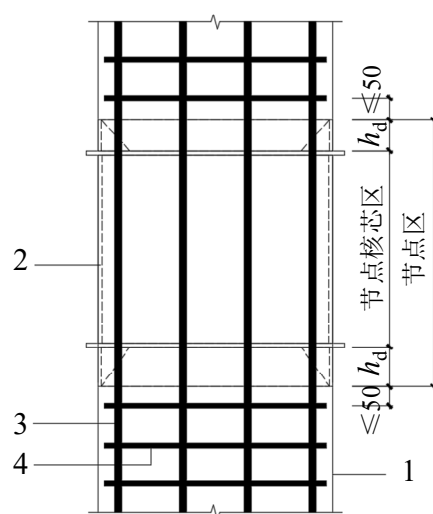
(a) 梁翼缘扩翼式连接

(b) 梁翼缘局部加宽式连接

图 7.2.9 钢梁加强型连接形式

[条文说明] 本条推荐钢梁与预制柱的柱贯通型节点，在抗震等级为一级、二级时，内隔板与钢梁翼缘的连接采用梁翼缘加强型连接形式，包括梁翼缘扩翼式和梁翼缘局部加宽式。试验结果表明，钢梁与预制柱的柱贯通型节点采用梁翼缘加强型连接形式后，节点的滞回曲线饱满，具有较强的耗能能力；相比梁翼缘局部加宽式连接形式，梁翼缘扩翼式连接形式可以更好地缓解变截面处应力集中现象，抗震性能良好。

7.2.10 框架梁柱节点中钢套箍范围内可不配置箍筋，柱端加密区第一道箍筋与钢套箍的距离不宜大于 50mm。



1—预制柱；2—钢套箍；3—柱纵筋；4—柱箍筋

图 7.2.11 节点区箍筋构造示意

7.2.11 框架梁柱节点的梁端剪力应按下式验算：

$$V_{bj} < V_{sh} \quad (7.2.11-1)$$

$$V_{sh} = n_s N_{av} \quad (7.2.11-2)$$

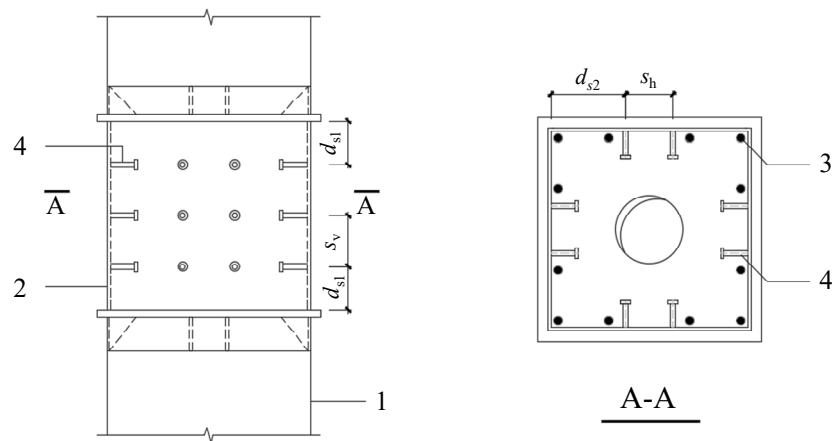
$$N_{av} = 0.43 A_a \sqrt{E_c f_c} \leq 0.7 A_a \gamma_a f_a \quad (7.2.11-3)$$

式中：

- V_{bj} —— 与柱相交的框架梁端剪力设计值 (N)；
- V_{sh} —— 梁端剪力最大允许值 (N)；
- n_s —— 与梁连接一侧钢套箍内侧栓钉的个数；
- N_{av} —— 单个栓钉的抗剪承载力设计值 (N)；
- A_a —— 栓钉截面面积 (mm^2)；
- E_c —— 节点核芯区混凝土的弹性模量 (N/mm^2)；
- f_c —— 混凝土抗压强度设计值 (N/mm^2)；
- f_a —— 栓钉钢材的抗拉强度设计值，需满足现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433 的有关规定 (N/mm^2)；
- γ_a —— 栓钉材料抗拉强度最小值与屈服强度之比。当栓钉材料性能等级为 4.6 级时，取 $f_a=215\text{MPa}$ ， $\gamma_a=1.67$ 。

7.2.12 框架梁柱节点中，节点核芯区钢套箍内部栓钉的设置（图 7.2.12）应符合下列规定：

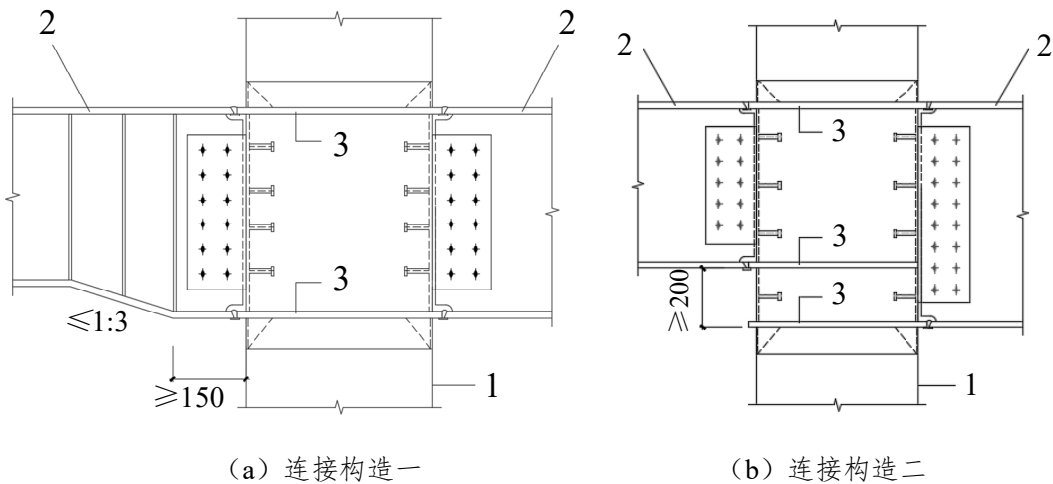
- 1 钢套箍内侧栓钉每侧数量不应少于 4 个，总个数不应少于 16 个，栓钉直径不应小于 16mm；
- 2 栓钉与内隔板表面的距离 d_{s1} 不应小于 50mm，栓钉与钢套箍内表面的距离 d_{s2} 不应小于 80mm；栓钉与柱纵筋间的水平净距离不应小于 30mm；
- 3 栓钉长度不应小于其杆径的 4 倍；
- 4 栓钉的竖向间距 s_v 不应小于杆径的 6 倍，水平间距 s_h 不应小于杆径的 4 倍。



1—预制柱；2—钢套箍；3—柱纵筋；4—栓钉

图 7.2.12 钢套箍内侧栓钉构造示意

7.2.13 当预制柱两侧的梁高不等时，框架梁柱节点可采用图 7.2.13 的连接构造。对连接构造一（图 7.2.13a），腋部翼缘的坡度不应大于 1:3，端部水平段不应小于 150mm，且应满足腹板螺栓安装空间的要求。对连接构造二（图 7.2.13b），节点区内隔板的间距不应小于 200mm。

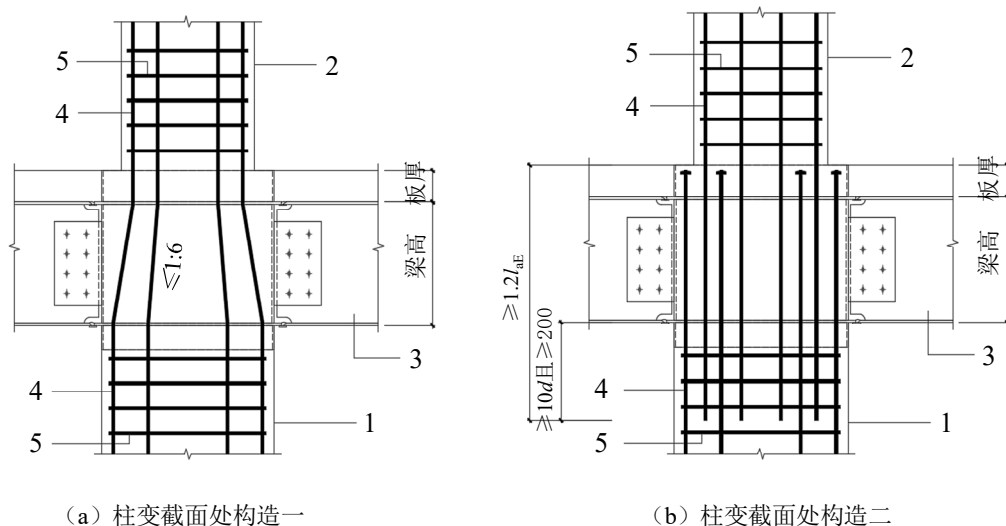


1—预制柱；2—钢梁；3—内隔板

图 7.2.13 预制柱两侧梁高不等时的构造示意

7.2.14 上下层柱截面变化时应符合下列规定：

- 1 上下层柱截面尺寸变化不宜超过 100mm；
- 2 当框架梁柱节点采用节点形式 1 时（图 7.2.2a、图 7.2.3a），柱变截面处构造宜采用图 7.2.14a 的做法；当采用节点形式 2 时（图 7.2.2b、图 7.2.3b），柱变截面处构造可采用图 7.2.14a 和图 7.2.14b 的做法；
- 3 柱变截面处构造一（图 7.2.14a）中，柱纵筋应弯折后贯通节点区，弯折段的斜度不宜大于 1:6。
- 4 柱变截面处构造二（图 7.2.14b）中，下层柱纵筋应伸至楼板内锚固，纵筋端部应设置螺栓锚头；上层柱纵筋自楼板顶往下的锚固长度应大于 $1.2l_{aE}$ ，且自梁底锚入下层柱的长度不应小于 $10d$ 和 200mm；上下层柱纵筋间的净距不应小于 35mm。



1—下层预制柱；2—上层预制柱；3—钢梁；4—柱纵筋；5—箍筋

图 7.2.14 上下层预制柱变截面构造示意

7.3 柱与柱的连接

7.3.1 预制混凝土柱-钢梁混合结构中，柱与柱的连接应满足下列要求：

- 1 柱与柱的连接应采用刚性连接方式；
- 2 柱水平接缝宜设置在受力较小的位置；
- 3 柱与柱的连接宜采用套筒灌浆连接、套筒挤压连接等连接形式；
- 4 预制柱水平接缝处不宜出现拉力。

[条文说明] 预制柱水平结合面的受剪承载力主要由新旧混凝土结合面的粘结力、粗糙面或键槽的抗剪能力、轴压产生的摩擦力、钢筋或连接器抗剪作用等组成，不同的节点连接形式进行水平接缝抗剪承载力计算时应按具体情况考虑。根据预制混凝土柱-钢梁混合结构的特点，同时结合项目实践经验，本规程推荐预制柱之间的连接优先采用套筒灌浆连接，当采用套筒挤压连接时，可参考协会标准《钢筋机械连接装配式混凝土结构技术规程》CECS 444 的有关规定执行。柱与柱的连接也可采用本规程中未包括的形式，但应有充分依据。

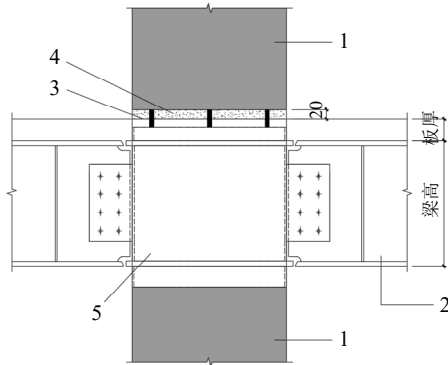
7.3.2 预制柱与下部现浇柱的连接应满足下列要求：

- 1 无地下室时，底层柱连接位置宜位于基础顶面 1.5 倍柱截面高度及以上；当结构在正负零处设置拉梁时，底层柱连接位置可位于拉梁顶；
- 2 有地下室时，底层柱连接位置宜位于地下室顶板处。

7.3.3 预制柱底水平接缝的受剪承载力验算，应按现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1 的有关规定进行。

7.3.4 预制柱采用套筒灌浆连接时，应满足下列要求：

- 1 预制柱柱底接缝宜设置在楼面标高处（图 7.3.4），后浇区混凝土上表面应设置粗糙面，柱底接缝厚度宜为 20mm，并应采用灌浆料填实；
- 2 接头应满足现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 和国家现行有关标准的规定；
- 3 柱纵向受力钢筋直径不宜小于 20mm，宜采用高强钢筋或通过增大钢筋直径减少柱纵筋数量；
- 4 预制柱中钢筋接头处套筒外侧箍筋的混凝土保护层厚度不应小于 20mm；
- 5 套筒之间的净距不应小于 25mm。

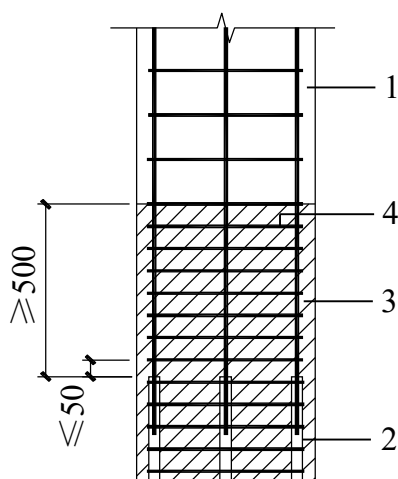


1—预制柱；2—钢梁；3—后浇区混凝土上表面粗糙面；4—接缝灌浆层；5—钢套筒

图 7.3.4 预制柱底接缝构造示意

[条文说明] 采用较大的柱截面及较大直径钢筋，可减少钢筋根数并增大间距，便于柱钢筋连接及节点区钢筋布置。国内外试验研究和工程应用表明，当钢筋根数较多且连接位于同一截面内时，现场拼装施工难度大，也降低了柱连接节点的性能。

7.3.5 预制柱纵向受力钢筋在柱底采用套筒灌浆连接时，柱箍筋加密区长度不应小于纵向受力钢筋连接区域长度与 500mm 之和；套筒上端第一道箍筋距离套筒顶部不应大于 50mm（图 7.3.5）。套筒连接区域，柱箍筋直径不宜小于 8mm。



1—预制柱；2—套筒灌浆连接接头；3—箍筋加密区（阴影区域）；4—加密区箍筋

图 7.3.5 钢筋采用套筒灌浆连接时柱底箍筋加密区域构造示意

[条文说明] 套筒连接区域柱截面刚度及承载力较大，柱的塑性铰区可能上移到套筒连接区域以上，因此至少应将套筒连接区域以上 500mm 高度范围内的柱箍筋加密。

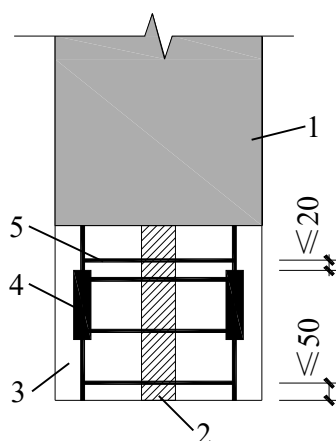
7.3.6 预制柱采用套筒挤压连接时，应满足下列要求：

- 1 套筒挤压连接接头应满足I级接头的性能要求；
- 2 预制柱间应预留后浇段，后浇段的高度应根据套筒挤压连接接头安装工艺确定，应采取措施保证后浇段的混凝土浇筑密实；
- 3 预制柱底宜设置支腿，支腿应能承受不小于 2 倍预制柱自重的重量。
- 4 支腿采用方钢管混凝土时，其截面不宜小于 60mm×60mm，钢管壁厚不宜小于 4mm，埋入预制柱中的长度不宜小于 200mm。

[条文说明] 支腿可作为安装预制柱时的支承，同时形成安装接头的操作空间，其高度应满足安装接头的要求，其承载力应满足支承预制柱自重，且满足动力系数为 2 的要求。支腿采用方钢管混凝土可以避免安装时混凝土开裂或损坏。支腿可单独预制，现场与柱底埋件焊接。设计者也可根据工程实际情况设计支腿。

7.3.7 上、下层相邻预制柱纵向钢筋采用套筒挤压连接时（图 7.3.7），预制柱间连接后浇段的箍筋应满足下列要求：

- 1 套筒上端第一道箍筋距离套筒顶部不应大于 20mm，柱底部第一道箍筋距柱底面不应大于 50mm，箍筋间距不宜大于 75mm；
- 2 抗震等级为一、二级时，箍筋直径不应小于 10mm，抗震等级为三、四级时箍筋直径不应小于 8mm。



1—预制柱；2—支腿；3—柱间连接后浇段；4—挤压套筒；5—箍筋

图 7.3.7 预制柱间连接后浇段箍筋配置示意

7.3.8 采用套筒灌浆连接的预制柱底部应设置键槽且宜设置粗糙面，键槽应均匀布置，键槽深度不宜小于 30mm，键槽端部斜面倾角不宜大于 30°。柱顶应设置粗糙面，粗糙面的面积不宜小于结合面的 80%，预制柱端的粗糙面凹凸深度不应小于 6mm。

7.3.9 采用套筒挤压连接的预制柱与后浇混凝土的结合面应设置粗糙面，可同时采取其他措施增大结合面的粘结强度。粗糙面的面积不宜小于结合面的 80%，粗糙面凹凸深度不应小于 6mm。

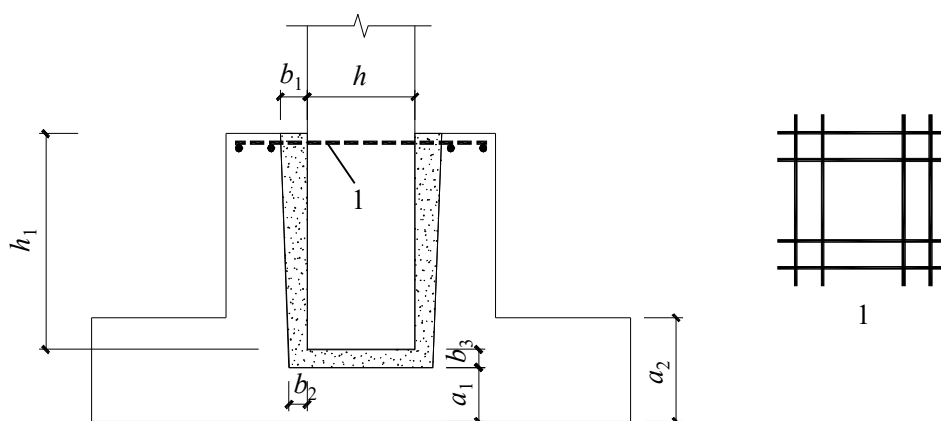
[条文说明] 结合面做成粗糙面可以增大预制构件与后浇混凝土之间的抗滑移能力。其他措施可包括设置键槽或锯齿纹等。

7.4 预制柱与基础的连接

7.4.1 预制柱与基础应采用刚性连接形式，可根据具体情况选用杯口基础连接、套筒灌浆连接、套筒挤压连接等连接形式。

[条文说明] 预制混凝土柱也可采用本规程中未包含的形式，但应有充分依据保证连接做法满足承载力要求。

7.4.2 预制柱与杯口基础的连接（图 7.4.2），应符合下列规定：



注： $a_2 \geq a_1$ ；1—焊接网

图 7.4.2 预制柱与杯口基础的连接示意

1 预制柱的插入深度，可按表 7.4.2-1 选用，且应满足柱纵筋锚固长度的要求及吊装时柱的稳定性要求；

表 7.4.2-1 预制柱插入深度

预制柱长边尺寸 h (mm)	$h < 500$	$500 \leq h < 800$	$800 \leq h < 1000$	$h > 1000$
插入深度 h_1 (mm)	$1.2h \sim 1.5h$	$1.2h$	$1.2h$ 且 ≥ 800	h 且 ≥ 1000

注：柱轴心受压或小偏心受压时，插入深度 h_1 可适当减小，偏心距大于 $2h$ 时，插入深度 h_1 应适当加大。

2 预制柱插入杯口部分的表面应设置粗糙面，粗糙面的凹凸深度不小于 6mm，粗糙面的面积不宜小于结合面的 80%；

3 预制柱底和杯口基础间宜设置钢质垫片，以调整预制柱底部标高；垫片尺寸应满足混凝土局部受压承载力的要求；

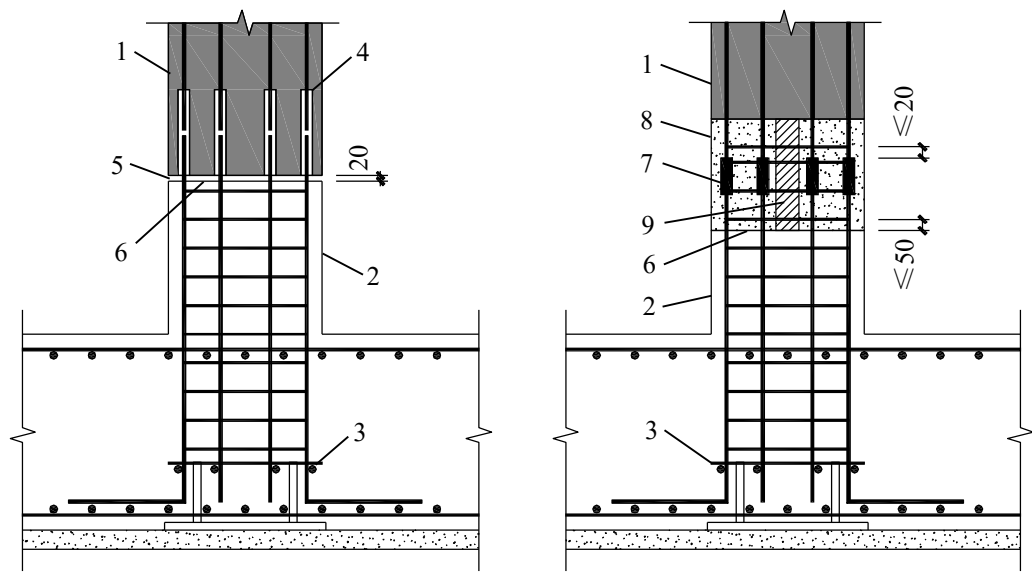
4 预制柱与杯口之间的空隙，应采用比基础混凝土强度等级高一级的细石混凝土或灌浆料充填密实，当达到材料设计强度的 80% 以上时，方可进行上部吊装；预制柱与杯口之间的空隙尺寸 b_1 、 b_2 和 b_3 ，当采用细石混凝土时，其值分别可取 125mm、100mm 和 150mm；当采用灌浆料时，其值分别可取 75mm、50mm 和 50mm。

5 预制柱插入杯口部分的箍筋应加密，预制柱下端箍筋加密区长度应从杯口基础顶面算起；

6 基础的杯底厚度、杯壁厚度及杯壁的配筋要求，应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。杯口内侧表面应设置粗糙面。

7.4.3 预制柱与基础采用套筒灌浆连接（图 7.4.3a）或套筒挤压连接（图 7.4.3b）

时，应符合下列规定：



(a) 套筒灌浆连接做法

(b) 套筒挤压连接做法

1—预制柱；2—现浇柱；3—主筋定位架；4—灌浆套筒；5—接缝灌浆层；

6—柱顶粗糙面；7—挤压套筒；8—后浇段；9—支腿

图 7.4.3 预制柱与基础的连接做法

- 1 应在基础上方设置现浇柱，现浇柱高度不宜小于 1.5 倍预制柱截面高度；
- 2 当结构正负零设置拉梁时，预制柱与现浇柱的连接位置可位于拉梁顶面处；
- 3 基础内的现浇柱插筋下端宜做成直钩，并伸至基础底部钢筋网上，同时应满足锚固长度的要求。施工过程中，应采取设置定位架等措施，保证外露柱插筋的位置、长度和垂直度等满足要求，并应避免钢筋受到污染；

4 基础上方现浇柱顶面应设置粗糙面，其凹凸深度不应小于 6mm，粗糙面的面积不宜小于结合面的 80%；预制柱安装前，应清除现浇柱顶面浮浆、松动石子、软弱混凝土层等；

5 预制柱与基础上方现浇柱的连接做法，应满足本规程第 7.3 节的有关规定。

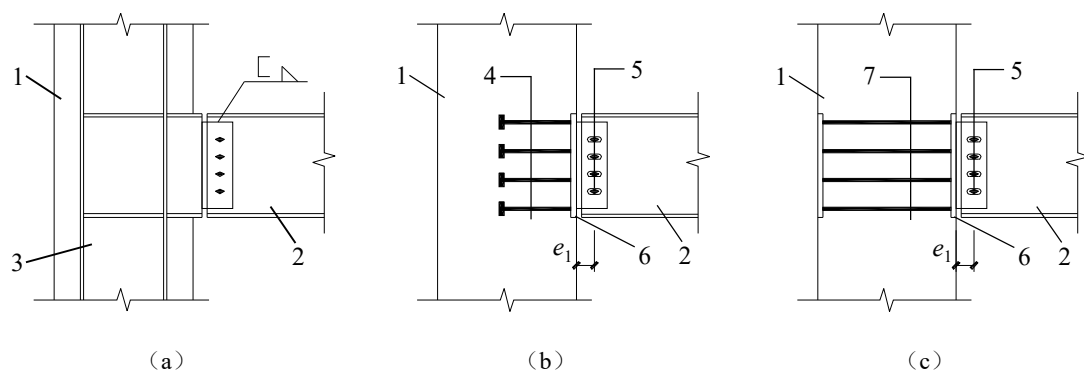
7.5 钢梁与混凝土墙的连接

7.5.1 钢梁与混凝土墙的连接，可采用铰接或刚接。

7.5.2 钢梁与混凝土墙铰接连接时，应符合下列规定：

- 1 当钢梁为框架梁或受力较大的次梁时，宜采用图 7.5.2a 的形式，在混凝土

墙内设置型钢柱，钢柱上伸出的悬臂梁与钢梁腹板之间采用高强螺栓连接，高强螺栓的直径和数量应根据计算确定。墙中型钢柱应根据施工阶段的受力要求确定，宜与钢筋骨架适当固定，且宜通长设置，墙的承载力验算时不应计入型钢柱的作用。



1—混凝土墙；2—钢梁；3—墙内预埋型钢柱；4—栓钉；5—高强螺栓及长圆孔；6—预埋件端板；7—穿筋

图 7.5.2 钢梁与混凝土墙的铰接连接

2 当钢梁为受力较小的次梁时，可采用图 7.5.2b、c 的形式，在混凝土墙内设置预埋件，钢梁腹板与预埋件之间通过连接板采用高强螺栓连接。预埋件应能传递剪力及弯矩作用，其计算和构造应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定，并符合本规程第 7.5.3 条的规定，预埋件端板的厚度不宜小于 20mm。

[条文说明] 由于钢结构与混凝土结构的施工精度差异，为提高钢梁与混凝土墙连接节点的可靠性，保证内力传递，宜在混凝土墙内设置型钢柱，通过外伸悬臂梁段与钢梁连接。对于次要的铰接构件，也可采用预埋件连接。

7.5.3 钢梁与混凝土墙中预埋件连接时，预埋件应符合下列规定：

1 预埋件承受的弯矩和剪力设计值应按下列公式确定：

$$M = \eta_m V_{ss} (e_1 + e_2) \quad (7.5.3-1)$$

$$V = \eta_v V_{ss} \quad (7.5.3-2)$$

$$e_2 = \frac{I_{sb}}{y_{\max} V_{ss}} \sqrt{R_s^2 - \left(\frac{V_{ss}}{n_s} \right)^2} \quad (7.5.3-3)$$

2 预埋件受拉区栓钉或穿筋应符合下列规定：

$$M \leq n_t T_a \left(d_0 - 0.8 \frac{n_t T_a}{B_b f_c} \right) \quad (7.5.3-4)$$

3 预埋件受压区栓钉应符合下列规定：

$$V \leq n_c N_{av} \quad (7.5.3-5)$$

式中：

- M —— 预埋件的弯矩设计值；
- V —— 预埋件的剪力设计值；
- V_{ss} —— 钢梁传来的剪力；
- e_1 —— 螺栓群的实际偏心距，即螺栓群中心到预埋件边缘的水平距离（图 7.5.2b、c）；
- e_2 —— 折算偏心距；
- I_{sb} —— 高强螺栓群的截面面积惯性矩；
- $y_{\max}$ —— 最外边螺栓距高强螺栓群中心的竖直尺寸；
- R_s —— 单个螺栓的实际受剪承载力，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 计算；
- η_m —— 预埋件弯矩增大系数，抗震等级为一级时取 1.3，二级取 1.2，三级取 1.1，四级取 1.0；
- η_v —— 预埋件剪力增大系数，抗震等级为一级时取 1.15，二级取 1.1，三级取 1.05，四级取 1.0；
- T_a —— 单个栓钉或穿筋的抗拉承载力设计值，对于栓钉按本条第 4 款计算；对于穿筋取 $f_y A_s$ ，其中 f_y 为穿筋的抗拉强度设计值， A_s 为单个穿筋的截面面积；
- N_{av} —— 单个栓钉或穿筋的抗剪承载力设计值，栓钉抗剪承载力设计值按本条第 4 款计算；
- d_0 —— 预埋件受拉区栓钉的面积形心至预埋件受压边缘的距离；
- B_b —— 预埋件底板的宽度；
- f_c —— 混凝土墙的混凝土抗压强度设计值；
- n_t —— 预埋件受拉区栓钉或穿筋的数量；
- n_c —— 预埋件受压区栓钉或穿筋的数量。

4 预埋件单个栓钉的抗拉承载力和抗剪承载力设计值应按下列规定确定：

抗拉承载力设计值：

$$T_a = 0.6 f_t A_0 \leq f_a A_a \quad (7.5.3-6)$$

$$A_0 = \pi h_c (h_c + D_s) \quad (7.5.3-7)$$

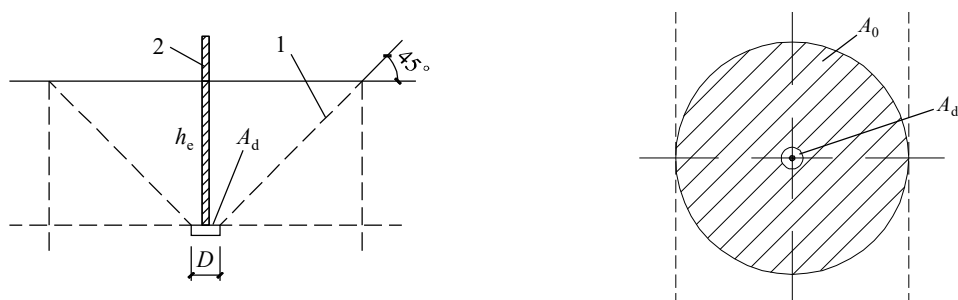
抗剪承载力设计值：

$$N_{av} = 0.43 A_a \sqrt{E_c f_c} \leq 0.7 A_a \gamma_a f_a \quad (7.5.3-6)$$

式中：

- f_t —— 混凝土抗拉强度设计值；
- A_0 —— 栓钉将混凝土拔出成 45° 台椎体破坏时侧表面的投影面积（图 7.5.3）；当为多个栓钉且栓钉之间距离小于 $2h_c$ 时，应扣除投影面积重合部分；
- h_c —— 栓钉埋入混凝土的钉杆深度；
- D_s —— 栓钉钉头直径；

- f_a —— 栓钉钉杆钢材的抗拉强度设计值；
 A_a —— 栓钉钉杆的截面面积；
 γ_a —— 栓钉抗拉强度最小值与屈服强度之比。当栓钉材料性能等级为 4.6 级时，取 $f_a=215\text{MPa}$ ， $\gamma_a=1.67$ ；
 E_c —— 混凝土弹性模量；
 f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值。

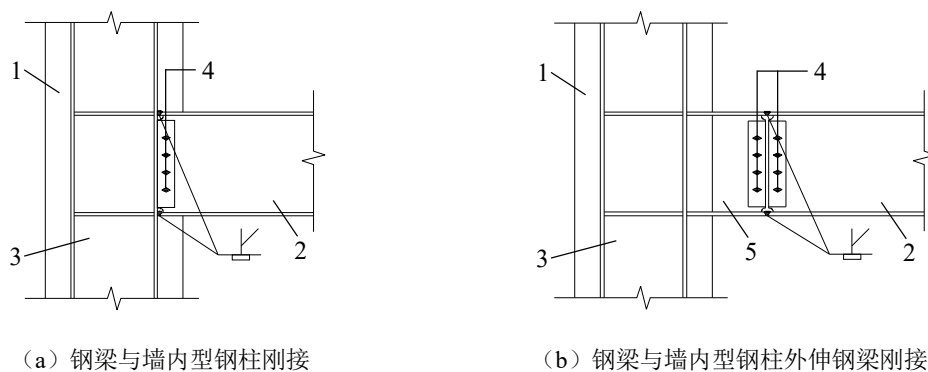


1—锥形破坏面；2—栓钉； A_d —栓钉钉头的截面面积

图 7.5.3 单个栓钉的受拉

[条文说明] 钢梁传给预埋件的剪力即为钢梁支座的剪力，钢梁传给预埋件的弯矩包括两部分，一是梁端剪力形成的偏心弯矩，二是螺栓群的嵌固作用形成的嵌固弯矩。本条参照《高层建筑钢-混凝土混合结构设计规程》CECS 230，给出预埋件的抗弯、抗剪承载力验算方法，以及预埋件栓钉的承载力计算方法。

7.5.4 钢梁与混凝土墙刚性连接时，应在混凝土墙中设置型钢柱，钢梁与墙内型钢柱或外伸钢梁刚性连接（图 7.5.4a、b），连接方式应符合现行国家标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定。型钢柱与混凝土墙的连接构造做法，应符合现行国家标准《组合结构设计规范》JGJ 138 的有关规定。



(a) 钢梁与墙内型钢柱刚接

(b) 钢梁与墙内型钢柱外伸钢梁刚接

1—混凝土墙；2—钢梁；3—墙内预埋型钢柱；4—高强螺栓；5—悬臂梁段

图 7.5.4 钢梁与混凝土墙的刚性连接

[条文说明] 当钢梁与混凝土墙刚接时，墙内型钢柱应与混凝土墙可靠连接，以保证内力传递，其构造做法应满足相关要求。

7.6 支撑与框架梁柱节点的连接

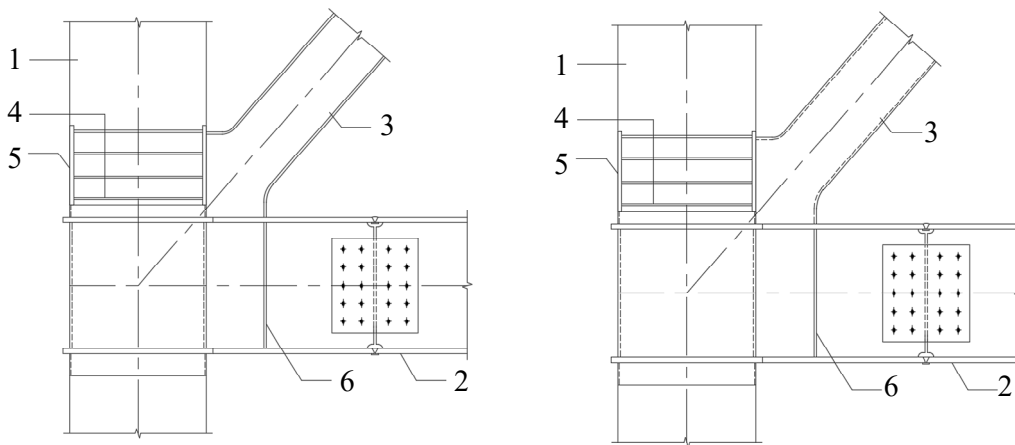
7.6.1 支撑宜采用 H 形截面、箱形截面钢支撑，支撑的重心线应通过梁与柱轴线的交点，当受条件限制有不大于支撑杆件宽度的偏心时，节点设计应计入偏心造成的附加弯矩的影响。

7.6.2 支撑与框架梁柱节点的连接应采用刚性连接（图 7.6.2），并应符合下列规定：

1 支撑与框架梁柱节点间应采用全熔透坡口焊缝连接，在对应于支撑翼缘处应在梁内设置加劲肋，加劲肋应与支撑翼缘等厚，且厚度不宜小于 10mm；

2 H 形截面、箱形截面支撑翼缘端部与框架梁柱节点连接处，宜做成圆弧；

3 与支撑连接的预制混凝土柱内预埋件宜采用对拉锚固方式，预埋件的设计和构造应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。



(a) 支撑为 H 形截面

(b) 支撑为箱形截面

1—预制柱；2—钢梁；3—支撑；4—锚筋；5—锚板；6—加劲肋

图 7.6.2 支撑与框架梁柱节点的连接

7.6.3 支撑与框架的连接及支撑拼接极限承载力应满足：

$$N_{ubr} \geq 1.2Af_y. \quad (7.6.3)$$

式中： N_{ubr} —— 螺栓连接或焊接在支撑轴线方向的极限承载力；
 A —— 支撑毛截面面积；
 f_y —— 支撑钢材屈服强度。

7.7 偏心支撑框架的构造要求

7.7.1 偏心支撑框架消能梁段的钢材屈服强度不应大于 355MPa。消能梁段及与消能梁段同一跨内的非消能梁段,其板件的宽厚比不应大于表 7.7.1 规定的限值。

表 7.7.1 偏心支撑框架梁板件宽厚比限值

板件名称		宽厚比限值
翼缘外伸部分		8
腹板	当 $N/(Af_a) \leq 0.14$ 时	$90[1 - 1.65N/(Af_a)]$
	当 $N/(Af_a) > 0.14$ 时	$33[2.3 - N/(Af_a)]$

注:表列数值适用于 Q235 钢,当材料为其他钢号时应乘以 $\sqrt{235/f_{ay}}$, $N/(Af_a)$ 为梁轴压比。

7.7.2 偏心支撑框架的支撑杆件长细比不应大于 $120\sqrt{235/f_{ay}}$,支撑杆件的板件宽厚比不应超过现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 规定的轴心受压构件在弹性设计时的宽厚比限值。

[7.7.1~7.7.2 条文说明] 本条与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 保持一致。

7.7.3 消能梁段的净长应符合下列规定:

1 当 $N \leq 0.16Af_a$ 时,其净长不宜大于 $1.6M_{lp}/V_l$ 。

2 当 $N > 0.16Af_a$ 时:

1) $\rho(A_w/A) < 0.3$ 时

$$a \leq 1.6M_{lp}/V_l \quad (7.7.3-1)$$

2) $\rho(A_w/A) \geq 0.3$ 时

$$a \leq [1.15 - 0.5\rho(A_w/A)]1.6M_{lp}/V_l \quad (7.7.3-2)$$

$$\rho = N/V \quad (7.7.3-3)$$

式中:

- a —— 消能梁段净长 (mm);
- N —— 轴力设计值 (N);
- V —— 剪力设计值 (N);
- ρ —— 消能梁段轴力设计值与剪力设计值之比;
- M_{lp} —— 消能梁段的全塑性受弯承载力 (N•mm);
- V_l —— 消能梁段不计入轴力影响的受剪承载力 (N);
- A_w —— 消能梁段腹板截面面积 (mm²);
- A —— 消能梁段的截面面积 (mm²);
- f_a —— 钢材的抗拉、抗压强度设计值 (N/mm²),有地震作用组合时,应按本规程第 4.4.1 条规定除以 γ_{RE} 。

[条文说明] 支撑斜杆轴力的水平分量成为消能梁段的轴向力，当此轴向力较大时，除降低此梁段的受剪承载力外，还需减小该梁段的长度，以保证消能梁段具有良好的滞回性能。对消能梁段在轴力较小 ($N \leq 0.164f$) 时的净长，现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 未作特殊要求，而《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 规定“不宜大于 $1.6M_p/V_l$ ”，本规程从严要求。

7.7.4 消能梁段的腹板不得贴焊补强板，也不得开洞。

[条文说明] 由于腹板上贴焊的补强板不能进入弹塑性变形，因此不能采用补强板，腹板上开洞也会影响其弹塑性变形能力。

7.7.5 消能梁段的腹板应按下列规定设置加劲肋（图 7.7.5）：

1 消能梁段与支撑连接处，应在其腹板两侧设置加劲肋，加劲肋的高度应为梁腹板高度，一侧的加劲肋宽度不应小于 $(b_f/2 - t_w)$ ，厚度不应小于 $0.75 t_w$ 和 10mm 的较大值；

2 当消能梁段长度 $a \leq 1.6M_p/V_l$ 时，中间加劲肋间距不应大于 $(30t_w - h/5)$ ；

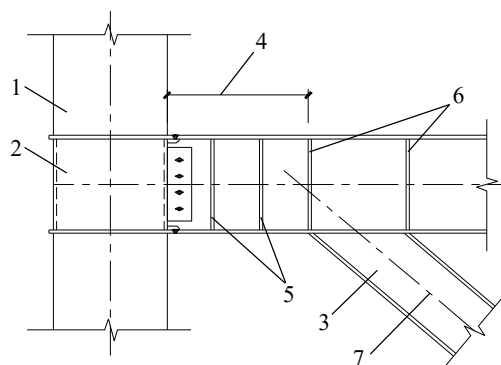
3 当 $2.6M_p/V_l < a \leq 5M_p/V_l$ 时，应在距消能梁段端部 $1.5b_f$ 处设置中间加劲肋，且中间加劲肋间距不应大于 $(52t_w - h/5)$ ；

4 当 $1.6M_p/V_l < a \leq 2.6M_p/V_l$ 时，中间加劲肋的间距可取本条 2、3 两款间的线性插入值；

5 当 $a > 5M_p/V_l$ 时，可不设置中间加劲肋；

6 中间加劲肋应与消能梁段的腹板等高，当消能梁段截面的腹板高度不大于 640mm 时，可设置单侧加劲肋；消能梁段截面腹板高度大于 640mm 时，应在两侧设置加劲肋，一侧加劲肋的宽度不应小于 $(b_f/2 - t_w)$ ，厚度不应小于 t_w 和 10mm 的较大值；

7 加劲肋与消能梁段的腹板和翼缘之间可采用双面角焊缝连接，连接腹板的角焊缝的受拉承载力不应小于 $f_a A_{st}$ ，连接翼缘的角焊缝的受拉承载力不应小于 $f_a A_{st}/4$ ， A_{st} 为加劲肋的横截面面积。



- 1—预制柱；2—钢套箍；3—钢支撑；4—消能梁段长度 a ；5—消能梁段腹板中间加劲肋；
6—消能梁段以外的加劲肋；7—支撑中心线与消能梁段中心线交于消能梁段内

图 7.7.5 消能梁段的腹板加劲肋设置

[条文说明] 为使消能梁段在反复荷载作用下具有良好的滞回性能,需采取合适的构造并加强对腹板的约束,以确保腹板在屈服前具有足够的稳定承载力:

- 1 消能梁段与支撑斜杆连接处,需设置与腹板等高的加劲肋,以传递梁段的剪力并防止梁腹板屈曲。
- 2 消能梁段腹板的中间加劲肋,需按梁段的长度区别对待,较短时为剪切屈服型,加劲肋间距小些;较长时为弯曲屈服型,需在距端部 1.5 倍的翼缘宽度处设置加劲肋;中等长度时需同时满足剪切屈服型和弯曲屈服型要求。消能梁段一般应设计成剪切屈服型。

7.7.6 消能梁段与柱的连接应符合下列规定:

- 1 消能连段与预制柱应采用刚性连接,且应符合本规程 7.2 节的有关规定;
- 2 消能梁段与柱连接的一段采用翼缘加强型连接时,消能梁段的长度可从加强段的端部算起,加强段的端部梁腹板应设置加劲肋,加劲肋应符合本规程第 7.7.5 条第 1 款的要求。

[条文说明] 当消能梁段长度超过本规程第 7.7.3 条规定时,若支撑位置调整困难,可将消能梁段与柱采用翼缘加强型连接,以减小消能梁段的计算长度。

7.7.7 支撑中心线与梁中心线的交点,不得在消能梁段外。支撑与消能梁段连接的承载力不得小于支撑的承载力,当支撑端有弯矩时,支撑与梁连接的承载力应按抗压弯设计。

[条文说明] 偏心支撑的斜杆中心线和梁中心线的交点,一般在消能梁段的端部或内部(即消能梁段长度范围内),此时将产生与消能梁段端部弯矩方向相反的附加弯矩,从而减小消能梁段和支撑斜杆的弯矩,对抗震有利;当交点在消能梁段以外时,将增大支撑和消能梁段的弯矩,对抗震不利。

7.7.8 与消能梁段同一跨框架梁的稳定不满足要求时,梁的上、下翼缘应设置侧

向支撑，侧向支撑的轴力设计值不应小于梁翼缘轴向承载力设计值的 2%，即 $0.02b_ft_f$ 。 f_a 为框架梁钢材的抗拉强度设计值， b_f 、 t_f 分别为框架梁翼缘的宽度和厚度。

[条文说明] 与消能梁段处于同一跨内的框架梁，同样承受轴力、剪力和弯矩，为保证其受压翼缘的稳定，也需要设置翼缘的侧向支撑；侧向支撑可为侧向隔撑或面外次梁。

8 防火与防腐蚀设计

8.0.1 预制混凝土柱-钢梁混合结构中的钢梁、钢支撑和梁柱连接节点等应进行防火设计。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 的有关规定。

[条文说明] 本规程预制混凝土柱-钢梁混合结构中的预制混凝土柱、墙、钢梁、钢支撑以及梁柱连接钢套箍节点等均应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 的有关规定。

8.0.2 钢结构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国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和协会标准《钢结构防火涂料应用技术规程》CECS 24 的有关规定。

8.0.3 连接节点的防火保护层厚度不得小于被连接构件保护层厚度的较大值。

8.0.4 预制混凝土柱-钢梁混合结构中梁柱节点钢套箍的耐火极限不应低于柱的耐火极限要求。钢套箍宜采用非膨胀型防火涂料或有效的耐火隔热措施。

8.0.5 钢构件的表面处理、除锈方法、除锈等级的确定、防腐涂料品种的选择、涂层结构和涂层厚度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标准》GB 50205、行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的有关规定。

8.0.6 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。

8.0.7 涂装前钢材表面应进行除锈处理，处理后的钢材表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等。除锈方法和除锈等级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《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923 的有关规定。

8.0.8 钢构件除以下部位不得涂装外，其余部位均应按设计要求进行涂装：

- 1 构件高强螺栓连接范围的接触面；

- 2 钢套箍、钢管构件封闭区及外包混凝土区；
- 3 现场焊接部位的各方向 100mm 范围；
- 4 与混凝土直接接触的构件表面。

8.0.9 钢构件安装后，对第 8.0.8 条所述部位安装后外露部分，以及运输和施工过程中涂层有损伤的涂装部位进行补涂。

9 制作与运输

9.1 一般规定

9.1.1 预制构件的生产企业应具备保证产品质量要求的生产工艺设施、试验检测条件 and 能力，应建立完善的质量管理体系和可追溯的质量控制制度，并宜建立可追溯的全过程信息化管理系统。

[条文说明] 生产工艺设施和检测条件是预制构件生产的必要条件，建立完善的制度和管理体系是保证生产质量和提高效率的必要手段。信息化管理系统有利于实现预制构件生产全过程质量管理，提高预制构件生产、储存、运输和安装效率。

9.1.2 预制构件生产前，应对技术要求和质量标准进行技术交底，并制定生产方案。生产方案应包括生产工艺、模具方案、生产计划、技术质量控制措施、成品保护、堆放及运输方案等内容。

[条文说明] 预制构件生产前，建设单位需组织设计、生产、施工单位进行技术交底。如预制构件制作详图无法满足制作要求，需进行深化设计和施工验算，完善预制构件制作详图和施工装配详图，避免在构件加工和施工过程中出现错、漏、碰、缺等问题。对预留的孔洞及预埋部件，需在构件加工前进行认真核对，以免现场剔凿、后植，造成损失。

9.1.3 生产企业的检测、试验、计量等设备及仪器仪表均应检定合格，并应在有效期内使用。企业不具备试验能力时，应委托具有相应资质的第三方工程质量检测机构进行试验。

[条文说明] 在预制构件生产质量控制中需要进行有关钢筋混凝土和构件成品等的日常试验和检测，预制构件企业应配备开展日常试验检测工作的试验室。通常生产单位试验室应满足产品生产用原材料必试项目的试验检测要求，其他试验检测项目可委托有资质的检测机构进行。

9.1.4 预制构件生产应建立首件验收制度。必要时在预制构件生产前进行样品试制，经检验合格后方可实施。首件构件应经设计、施工、监理等单位认可后方可批量生产。

[条文说明] 预制构件批量生产前，生产企业需选取代表性构件试生产，并会同设计、生产、总包和监理单位进行验收，发现问题及时调整，验收合格后方可批量生产，避免批量生产构件出现重复质量问题。

9.1.5 预制构件质量评定应根据构件各项原材料、各项钢筋接头、钢结构连接、

混凝土试件、构件实体检测等各项结果及并结合施工质量、工程资料等进行综合评定。

9.1.6 原材料进场时，应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定进行检验，合格后方可使用。

[条文说明] 预制构件和钢构件生产、制作用原材料的检验应符合国家现行相关标准的规定。

9.1.7 预制构件采用钢筋套筒灌浆连接时，应按现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的有关规定对钢筋套筒进行检验。

[条文说明] 预制构件生产前，需按现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的有关规定对钢筋套筒进行检验，检验内容除了外观质量、尺寸偏差、出厂提供的材质报告、接头型式检验报告等，还应按要求制作钢筋套筒灌浆连接接头试件进行验证性试验。

9.1.8 预制构件用钢筋的加工、连接与安装应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

9.1.9 预制构件生产的质量检验应按模具、钢筋、混凝土、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、预制构件的试验、检验资料等项目进行。

9.1.10 钢构件的加工制作应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

9.1.11 预制构件经检查合格后应设置表面标识，预制构件和钢构件出厂时应出具质量证明文件。

9.2 制作准备

9.2.1 模具配置方案应与预制柱的形式、生产计划、生产工艺相适应，并应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定。

9.2.2 预制构件模具除应满足承载力、刚度和整体稳定性规定外，尚应符合下列规定：

- 1 模具构造应与预制构件匹配，且几何尺寸应准确，保证安装牢固、接缝严

密；

- 2 模具应满足预制构件质量、生产工艺、模具组装和拆卸及周转次数的要求；
- 3 模具应满足预制构件的预留孔洞、预埋管线、插筋、预埋件的安装及定位要求；
- 4 模具宜遵循轻量化、标准化、操作便捷化、应用模数化的原则，便于拆装和组合；
- 5 模具应保持清洁，与混凝土接触的表面应做脱模处理。

9.2.3 预制柱采用多节柱时，模具制作时应考虑梁柱节点处钢套箍的安装与固定。

9.2.4 预制构件模具的尺寸允许偏差和检验方法应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定，且预制柱模具的尺寸允许偏差和检验方法应符合表 9.2.4 的规定。

表 9.2.4 预制柱模具尺寸允许偏差和检验方法

项次	检验项目与内容		允许偏差 (mm)	检验方法
1	长度	≤6m	1, -2	用钢尺量平行构件高度方向, 取其中偏差绝对值较大处
		>6m 且 ≤12m	2, -4	
		>12m	3, -5	
2	截面尺寸		2, -4	用钢尺测量两端或中部, 取其中偏差绝对值较大处
3	对角线差		3	用钢直尺量测两个对角线长度, 取其差值的绝对值
4	侧向弯曲		$L^*/1500$ 且 ≤2	拉线, 用钢尺量测侧向弯曲最大处
5	翘曲		$L/1500$	对角拉线测量交点间距离值的两倍
6	底模表面平整度		2	用 2m 靠尺和塞尺量
7	组装缝隙		1	用塞片或塞尺量
8	端模与侧模高低差		1	用钢尺量

注：*L 为模具与混凝土接触面中最长边的尺寸。

9.2.5 模具应选用不影响构件结构性能和装饰工程施工的隔离剂。

9.2.6 钢构件组装前，各零部件应经检查合格，组装的允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

9.2.7 钢筋连接除应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 机械连接接头和套筒灌浆连接接头均应进行工艺检验，试验结果合格后方可进行预制构件生产；

2 机械连接接头应全数检查外观质量；

3 机械连接接头和套筒灌浆连接接头力学性能应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 和《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的有关规定。

9.2.8 钢筋半成品、钢筋网片、钢筋骨架应检查合格后方可进行安装。

9.2.9 钢筋与预埋件均应提供符合国家标准的合格证明，并应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

9.2.10 钢筋与预埋件入模安装固定后，浇筑混凝土前应进行隐蔽工程质量检查。钢筋与预埋件的安装尺寸允许偏差和检验方法应符合表 9.2.10 的规定。

表 9.2.10 钢筋与预埋件允许偏差和检验方法

项次	检验项目与内容		允许偏差 (mm)	检验方法
1	预埋钢板	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		平面高差	±2	钢直尺和塞尺检查
2	预埋管、电线盒、电线管水平和垂直方向的中心线位置偏移、预留孔		2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
3	吊环、吊钉	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		外露长度	0, -5	用尺量测
4	灌浆套筒、连接钢筋	灌浆套筒中心线位置	1	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		连接钢筋中心线位置	1	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		连接钢筋外露长度	+5, 0	用尺量测
5	钢筋保护层		±3	用钢尺量测

9.3 构件生产

9.3.1 预制构件混凝土浇筑前应进行隐蔽工程检查，检查项目应包括下列内容：

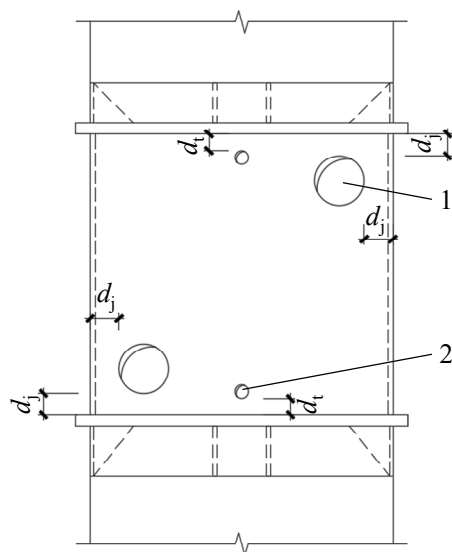
- 1 钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距等；
- 2 纵向受力钢筋的连接方式、接头位置、接头质量、接头面积百分率、搭接长度、锚固方式、锚固长度等；
- 3 箍筋、横向钢筋的弯折角度及平直段长度；
- 4 钢套箍的规格、数量、位置；
- 5 预埋件、吊环、灌浆套筒、挤压套筒、钢筋锚固板、预留孔洞的规格、数量、位置及固定措施；
- 6 预埋管线、线盒的规格、数量、位置及固定措施；
- 7 钢筋的混凝土保护层厚度。

9.3.2 混凝土工作性能指标应根据预制构件产品特点和生产工艺确定，混凝土配合比设计应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定。

9.3.3 混凝土搅拌所采用的强制式搅拌机应有自动计量装置，并具有生产数据逐盘记录和实时查询功能。

9.3.4 预制柱的生产工艺除应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 预制柱宜采用平模浇筑制作；
- 2 预制组合柱的外部预制混凝土管宜采用充气法、离心法等成熟工艺制作；
- 3 应采取有效措施确保预制柱中钢套箍内的混凝土达到密实要求；当采用平模工艺制作预制混凝土柱时，宜在浇筑面的钢套箍上设置浇筑孔和透气孔（图 9.3.4），浇筑孔宜位于节点区对角线的两端，浇筑孔孔径不应小于 100mm 且不宜大于 150mm；洞边距内隔板或钢套箍侧壁的距离 d_j 不应小于浇筑孔孔径的 1/4，不应大于 150mm，浇筑孔的个数不应少于 1 个；透气孔宜位于钢套箍中部，孔径宜为 20mm，且不应大于 35mm，透气孔边距离内隔板的距离 d_t 应大于 25mm，且不应大于 100mm，透气孔的个数不应少于 2 个。节点区混凝土浇筑完成后，应对钢套箍上的浇筑孔进行焊接封固。
- 4 预埋件、连接钢筋、钢套箍的外露部分应采取防止污染的保护措施；
- 5 应按设计要求进行粗糙面处理。



1—浇筑孔; 2—透气孔

图 9.3.4 节点区钢套箍浇筑孔及透气孔示意

9.3.5 混凝土应进行抗压强度检验，并应符合下列规定：

- 1 混凝土检验试件应在浇筑地点取样制作。
- 2 每拌制 100 盘且不超过 100m^3 的同一配合比混凝土，或每工作班拌制不足 100 盘的同一配合比的混凝土为一批。
- 3 每批制作强度检验试块不少于 3 组，随机抽取 1 组进行同条件转标准养护后进行强度检验，其余 2 组可作为同条件试件在预制构件脱模和出厂时控制其混凝土强度；还可根据预制构件吊装、张拉和放张等要求，留置足够数量的同条件混凝土试块进行强度检验。
- 4 蒸汽养护的预制构件，其强度评定混凝土试块应随同构件蒸养后，再转入标准条件养护。构件脱模起吊的混凝土同条件试块，其养护条件应与构件生产中采用的养护条件相同。
- 5 除设计有要求外，预制构件出厂时的混凝土强度不宜低于设计混凝土强度等级值的 75%。

9.3.6 预制构件采用洒水、覆盖等方式进行常温养护时，应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。预制构件采用加热养护时，应通过试验确定加热养护制度；宜在常温下预养护 2h~6h，升温、降温速度不应超过 $20^\circ\text{C}/\text{h}$ ，最高养护温度不宜超过 70°C 。预制构件脱模时的表面温度和环境温度的差值不宜超过 25°C 。

9.3.7 预制构件脱模、起吊应符合下列规定：

1 脱模前，预制柱底部、支腿、连接钢筋等部位应采取避免变形和损伤的临时加固措施；

2 采用充气法、离心法制作外部预制混凝土管时，脱模应进行工艺试验，并进行试脱模；

3 脱模起吊时的混凝土强度应根据计算确定，且不应小于 20MPa。

9.3.8 钢结构零件及部件加工应根据设计和施工详图编制制作工艺。钢构件的切割、焊接、运输、吊装、探伤检验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 的有关规定。

9.3.9 钢构件组装前，各零部件应经检查合格，组装的允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

9.3.10 钢结构的开孔应在钢结构工厂内进行，经质量检验合格后方可使用。

9.3.11 栓钉焊接前，应清除钢构件焊接面的油、锈等杂物；焊接后栓钉高度的允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$ 。

9.3.12 预制柱制作完成并经检验合格后，应对钢套箍等外露钢结构表面进行除锈和涂装，除锈方法和除锈等级应符合设计文件规定，质量要求应符合现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T 8923.1 的有关规定。

9.3.13 钢构件制作完成后，应按照设计文件和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定进行验收。

9.4 构件检验

9.4.1 预制构件脱模后应及时对外观质量进行全数目测检查，对尺寸允许偏差进行抽样实测检查。

9.4.2 预制构件不应有影响结构性能、安装和使用功能的尺寸允许偏差。对超过尺寸允许偏差且影响结构性能和安装、使用功能的部位应经原设计单位认可，制定技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

9.4.3 预制构件尺寸允许偏差应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定，预制柱尺寸允许偏差和检验方法应符合表 9.4.3 的规定。

表 9.4.3 预制柱尺寸允许偏差及检验方法

项次	检查项目与内容			允许偏差 (mm)	检验方法
1	规格尺寸	长度	<12m	±5	用尺量两端及中间部，取其中偏差绝对值较大值
≥12m 且 <15m			±10		
2		宽度		±5	用尺量两端及中间部，取其中偏差绝对值较大值
3	高度		±5	用尺量板四角和四边中部位置共 8 处，取其中偏差绝对值较大值	
4	外形	表面平整度	清水面	2	用 2m 靠尺安放在构件表面上，用楔形塞尺量测靠尺与表面之间的最大缝隙
			非清水面	3	
5	侧向弯曲			L/750 且 ≤20	拉线，用钢尺量最大弯曲处
6	预埋部件	预埋钢板	中心线位置偏移	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，记录其中较大值
			平面高差	0, -5	用尺紧靠在预埋件上，用楔形塞尺量测预埋件平面与混凝土面的最大缝隙
7		预埋螺栓	中心线位置偏移	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，记录其中较大值
			外露长度	+10, -5	用尺量
8		预埋套筒、螺母	中心线位置偏移	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
			平面高差	0, -5	用尺紧靠在预埋件上，用楔形塞尺量测预埋件平面与混凝土面的最大缝隙
9	预留孔	中心线位置偏移		5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		孔尺寸		±5	用尺量测纵横两个方向尺寸，取其较大值
10	预留洞	中心线位置偏移		5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		洞口尺寸、深度		±5	用尺量测纵横两个方向尺寸，取其较大值
11	吊环或吊钉	中心线位置偏移		10	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		与构件表面混凝土高差		0, -10	用尺量
12	键槽	中心线位置偏移		5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值

		长度、宽度、深度	± 5	用尺量
13		钢筋保护层	+5, -3	保护层测定仪量测
14	灌浆套筒及连接钢筋	灌浆套筒中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		连接钢筋中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		连接钢筋外露长度	+10, 0	用尺量
15	预制混凝土管	管壁厚度	± 5	用尺量柱四边管壁最薄处，取其中偏差绝对值较大值

9.4.4 预制构件采用钢筋套筒灌浆连接时，构件生产前的套筒型式检验和接头抗拉强度试验等应符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的有关规定。

9.4.5 预制构件结构性能检验应符合应符合《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 的有关规定。

9.4.6 预制构件检查合格后，应在构件上设置表面标识，标识内容宜包括构件编号、制作日期、合格状态、生产单位等信息。

9.4.7 钢构件出厂前应全数检验，严格按照《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定执行。

9.4.8 钢构件出厂时，应分别提交产品质量证明及下列技术文件。提交的技术文件同时应作为生产单位技术文件的一部分存档备查。

- 1 钢结构加工图纸；
- 2 制作中对问题处理的协议文件；
- 3 所用钢材、焊接材料的质量证明书及必要的实验报告；
- 4 高强度螺栓抗滑移系数的实测报告；
- 5 焊接的无损检验记录；
- 6 发运构件的清单。

9.5 运输与存放

9.5.1 应制定预制构件的运输与存放方案，内容应包括运输时间、次序、存放场地、运输线路、固定要求、存放支垫及成品保护措施等。对于超长构件的运输和

码放应采取专门的质量安全保证措施。

9.5.2 预制柱的运输应符合下列规定：

- 1 宜采用平置的方式运输，并应采取可靠的固定措施以及防止构件产生裂缝的措施；
- 2 应采取有效的防雨措施，避免雨水淋湿引起钢筋腐蚀，可覆膜并加盖防水雨布；
- 3 应对预制柱及其上的建筑附件、预埋件等采取施工保护措施，避免出现破损等污染现象。
- 4 应采取设置柔性垫片等防护措施避免预制柱底部、支腿部位的损坏。
- 5 水平运输时，预制柱构件叠放不宜超过 3 层。

9.5.3 预制柱存放应符合下列规定：

- 1 存放场地应平整、坚实，并应有排水措施；
- 2 存放库区宜实行分区管理和信息化台账管理；
- 3 预埋吊件应朝上，标识宜朝向堆垛间的通道；
- 4 预制柱构件宜平放且用两条垫木支撑；
- 5 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；
- 6 预制柱多层叠放时，每层构件间的垫块应上下对齐，叠放层数不宜超过 3 层，且高度不应超过 2m。

9.5.4 预制柱构件成品保护应符合下列规定：

- 1 宜采取保证吊装前预埋螺栓孔清洁的措施；
- 2 灌浆套筒、预埋孔洞以及预制混凝土管应采取防止堵塞的临时封堵措施；
- 3 露骨料粗糙面冲洗完成后应对灌浆套筒的灌浆孔和出浆孔进行透光检查，并清理灌浆套筒内的杂物；
- 4 冬期生产和存放的预制构件的非贯穿孔洞以及预制混凝土管应采取措施防止雨雪水进入发生冻胀损坏。

10 安装与施工

10.1 一般规定

10.1.1 预制混凝土柱-钢梁混合结构施工前应制定施工组织设计、专项施工方案；施工组织的内容应符合现行国家标准《建筑工程施工组织设计规范》GB/T 50502 的规定；施工方案的内容包括构件安装及节点施工方案、构件安装的质量管理及安全措施等，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《钢结构工程施工规范》GB 50755、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 和《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232 等的有关规定。

[条文说明] 施工单位应准确理解设计意图，掌握有关技术要求和细部构造，根据工程特点和施工规定，制定预制混凝土柱-钢梁混合结构施工专项施工方案。施工方案应结合构件深化设计、构件制作、运输和安装全过程各工况的验算，以及施工吊装与支撑体系的验算等进行策划与制定，充分反映预制混凝土柱-钢梁混凝土结构施工的特点和工艺流程的特殊要求。

10.1.2 进场的预制柱、钢梁、钢支撑及其安装用材料、配件等应符合设计要求和国家现行有关标准的规定，同时应提供出厂合格证、相关质量证明文件及性能检验报告。

10.1.3 吊装用吊具应按国家现行有关标准的规定进行设计、验算和试验检验。吊具应根据预制构件的形状、尺寸及重量等参数进行配置，吊索水平夹角不宜小于 60° ，且不应小于 45° ；对尺寸较大或形状复杂的预制柱和钢构件，宜采用有分配梁或分配桁架的吊具。

[条文说明] 吊具选用按起重吊装工程的技术和安全要求执行。为提高施工效率，可以采用多功能专用吊具，以适应不同类型的构件吊装。施工验算可依据相关技术标准或进行专项设计计算分析。

10.1.4 预制混凝土柱-钢梁混合结构的施工过程中，应采取防止预制柱上的建筑附件、预埋件、预埋吊件等损伤或污染的保护措施。

10.1.5 未经设计允许不得对预制构件进行剔凿、切割、开洞。

10.1.6 冬期施工应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 的有关规定。

10.1.7 预制混凝土柱-钢梁混合结构施工过程中应采取安全措施，并应符合现行

行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33、《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 和《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80 的有关规定。

[条文说明] 应注意构件安装的施工安全要求。为防止预制构件在安装过程中因不合理受力造成损伤、破坏或高空滑落，应严格遵守有关施工安全规定。

10.2 施工准备

10.2.1 应合理规划运输通道和临时堆放场地，并应采取成品堆放保护措施，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 构件运送到施工现场后，应按规格、品种、使用部位、吊装顺序分别设置存放地。存放场地应设置在吊装设备有效起重范围内，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。

10.2.2 预制柱安装施工前，应核对已施工完成结构的混凝土强度、外观质量、尺寸偏差等符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和本规程的有关规定，并应核对预制柱的混凝土强度及预制构件和配件的型号、规格、数量等是否符合设计文件及本规程第 9 章的相关要求。

10.2.3 钢构件安装施工前，应对构件的外形尺寸、螺栓孔直径及位置、连接件位置及角度、焊缝、栓钉焊、高强度螺栓接头抗滑移面加工质量、构件表面的涂层进行检查，在符合设计文件及本规程第 9 章的相关要求后，方能进行安装工作。

[10.2.2~10.2.3 条文说明] 安装单位应在构件制作时就派员到构件制作单位进行检查，发现超出允许偏差的质量问题时，一定要在厂内修理，避免运到现场再修理。

10.2.4 预制构件安装施工前，应进行测量放线、设置构件安装定位标识，应复核构件装配位置、节点连接构造及临时支撑方案等，应检查复核吊装设备及吊具处于安全操作状态，应核实现场环境、天气、道路状况等满足吊装施工要求。

10.2.5 钢筋套筒灌浆前，应在现场模拟构件连接接头的灌浆方式，每种规格钢筋

应制作不少于 3 个套筒灌浆连接接头，进行灌注质量及接头抗拉强度的检验；经检验合格后，方可进行灌浆作业。

10.2.6 预制混凝土柱-钢梁混合结构施工前，宜选择有代表性的单元进行预制构件试安装，并应根据试安装结果及时调整完善施工方案和施工工艺。

[条文说明] 通过施工前的试安装，可以验证设计和施工方案是否存在缺陷，还可以培训人员、调整设备、完善方案，保证结构施工质量。

10.3 构件安装与连接

10.3.1 构件的吊装除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《钢结构工程施工规范》GB 50755 的有关规定外，还应符合下列规定：

- 1 应根据当天的作业内容进行班前技术安全交底；
- 2 构件应按照吊装顺序预先编号，严格按照编号顺序吊装；
- 3 构件吊装过程中，宜设置缆风绳控制构件转动。

10.3.2 构件吊装就位后，应及时校准并采取临时固定措施，并符合下列规定：

- 1 预制柱、钢支撑安装后应对安装位置、安装标高、垂直度进行校核与调整；
- 2 钢梁安装就位对正后，应装入螺栓临时固定，安装完成后应对安装位置、安装标高进行校核与调整；
- 3 安装柱与柱之间的钢梁时，应对柱的垂直度进行监测。除监测这根梁两端柱子的垂直度变化外，尚应监测相邻各柱因梁连接影响而产生的垂直度变化；
- 4 无特殊规定时，钢支撑构件的校正宜在相邻结构校正固定后进行；
- 5 临时固定措施、临时支撑系统应具有足够的强度、刚度和整体稳定性，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；
- 6 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。

[条文说明] 仅对被安装的预制柱本身进行测量校正是不够的，一节预制柱可能会有多层梁，在安装柱和柱之间的主梁时预制柱会变动，产生超过规定的偏差。因此，在安装柱和柱之间的主梁时，还要对预制柱进行测量校正；对有些主梁连系的隔跨甚至隔两跨的预制柱，也要一起监测。只有采取这样的措施，预制柱的安装质量才有保证。

钢支撑构件安装后对结构的刚度影响比较大，故一般要求在相连结构固定后，再进行支撑的校正和固定。

10.3.3 预制柱安装采用临时支撑时，应符合下列规定：

- 1 每根预制柱的临时支撑不宜少于 2 道，且应设置在两个相邻的侧面上，水平投影互相垂直；
- 2 预制柱的上部斜支撑，其支撑点与柱底的距离不宜小于柱高的 $2/3$ ，且不应小于柱高的 $1/2$ ；
- 3 支撑应与预制柱及地面或楼面可靠连接；
- 4 预制柱安装就位后，可通过临时支撑对构件的位置和垂直度进行微调。

[条文说明] 对于预制柱，由于其底部纵向钢筋可以起到水平约束的作用，故一般仅设置上部斜撑。临时斜撑与预制柱一般做成铰接并通过预埋件进行连接。考虑到临时支撑主要承受的是水平荷载，为充分发挥其作用，临时支撑距离柱底的距离不宜过小。支撑与地面或楼面的连接应可靠，不得出现连接松动引起预制柱倾覆等。

10.3.4 预制柱的安装应符合下列规定：

- 1 预制柱的安装顺序应按照设计文件的要求。设计无要求时，宜按照角柱、边柱、中柱顺序进行安装，与现浇部分连接的柱宜先行安装；
- 2 预制柱的就位以轴线和外轮廓线为控制线，对于边柱和角柱，应以外轮廓线控制为准；
- 3 预制柱就位前，应设置柱底调平装置，控制柱安装标高；
- 4 预制柱安装就位后，应在两个方向设置可调节临时固定措施，并应进行垂直度、扭转调整。

10.3.5 预制柱与下层现浇混凝土柱连接处，现浇柱顶部伸出的竖向连接钢筋应采用专用模具进行定位，并应采取可靠的固定措施控制连接钢筋的中心位置和外露长度满足设计要求。

10.3.6 采用钢筋套筒灌浆连接的预制柱就位前，应检查下列内容：

- 1 套筒、预留孔的规格、位置、数量和深度；
- 2 被连接钢筋的规格、数量、位置和长度；
- 3 当套筒内有杂物时应清理干净，当连接钢筋倾斜时应校直，连接钢筋偏离套筒中心线不宜超过 3mm。连接钢筋中心位置存在严重偏差影响预制柱安装时，应会同设计单位制定专项处理方案，严禁随意切割、强行调整定位钢筋。

10.3.7 钢筋套筒灌浆连接接头应按检验批划分要求及时灌浆，灌浆作业应符合现

行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的有关规定及施工方案的要求。

[条文说明] 灌浆作业是预制混凝土柱-钢梁混合结构施工质量控制的关键环节之一。对作业人员应进行培训考核,并持证上岗,同时要求有专职检验人员在灌浆操作全过程监督。

10.3.8 钢筋套筒挤压连接的施工应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定及施工方案的要求。

10.3.9 钢梁与预制柱之间、钢梁与混凝土墙之间、钢支撑与钢梁之间的焊接和螺栓连接的施工应符合国家现行标准《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的有关规定。焊接施工时,应采取相关措施避免损伤已施工完成的结构、预制构件及配件。

10.3.10 预制组合柱中芯部混凝土浇筑之前,应将管内异物积水清除干净。管内混凝土浇筑应在钢构件安装完毕并验收合格后进行。

10.3.11 预制组合柱中芯部混凝土的浇筑工作,应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定。芯部混凝土宜采用自密实混凝土,或采取其他措施保证混凝土密实度。芯部混凝土宜采用导管浇筑法,也可采用立式手工浇筑法。芯部混凝土浇筑施工前应根据设计要求进行混凝土配合比设计和必要的浇筑工艺试验,并在此基础上制定浇筑工艺和各项技术措施。

10.3.12 预制组合柱中芯部混凝土宜连续浇筑。当必须间歇时,间歇时间不得超过混凝土的终凝时间。

10.3.13 构件连接部位后浇混凝土及灌浆料的强度达到设计要求后,方可拆除临时支撑系统。拆模时的混凝土强度应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定和设计要求。

[条文说明] 临时支撑系统拆除时,要检查支撑对象即预制构件经过安装后的连接情况,确认其已与主体结构形成稳定的受力体系后,方可拆除临时支撑系统。

10.3.14 模板工程、钢筋工程、混凝土工程、钢结构工程除应符合本节规定外,尚应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《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、《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 的有关规定。

11 工程验收

11.1 一般规定

11.1.1 预制混凝土柱-钢梁混合结构工程应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定对检验批、分项工程、分部工程、单位工程进行质量验收。其中：预制混凝土柱-钢梁混合结构工程按混凝土子分部工程进行验收，混凝土结构部分按混凝土结构子分部工程进行验收，钢结构部分按钢结构子分部工程进行验收，各项验收质量标准需达到《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定和要求。

11.1.2 混凝土构件的进场质量验收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。

11.1.3 钢构件及焊接、螺栓等连接用材料的进场验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

11.1.4 预制混凝土柱-钢梁混合结构工程的工程验收程序和组织应符合国家现行标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定。

11.1.5 预制混凝土柱-钢梁混合结构验收时，除应按国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定提供文件和记录外，尚应提供下列文件和记录：

- 1 工程设计文件、预制构件制作和安装的深化设计图、钢结构制作和安装的深化设计图；
- 2 预制构件、钢构件、主要材料及配件的质量证明文件、进场验收记录、抽样复检报告；
- 3 预制构件、钢构件安装施工记录；
- 4 钢筋套筒灌浆连接、钢筋套筒挤压连接的施工检验记录；
- 5 后浇混凝土部位的隐蔽工程检查验收文件；
- 6 后浇混凝土、预制混凝土管芯部后浇混凝土、坐浆和灌浆材料强度检测报告；

7 构件安装连接必要的测检报告（如钢结构焊接连接检测报告、钢筋套筒灌浆连接检测报告、钢筋套筒挤压连接检测报告、高强螺栓材料检测报告等）。

8 装配式结构分项工程质量验收文件；

9 装配式工程重大质量问题的处理方案和验收记录；

10 装配式工程的其他文件和记录。

11.1.6 钢结构安装工程的安装允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

11.1.7 对涉及混凝土结构安全的代表性部位宜进行结构实体检验，结构实体检验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。

11.2 预制构件

11.2.1 预制混凝土柱-钢梁混合结构构件进场时，预制构件、钢构件等构件的结构性能检验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、《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 的有关规定。

11.2.2 预制构件进场时应检查质量证明文件。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件或质量验收记录。

11.2.3 进行结构性能检验的预制构件，其检查数量及方法应符合本规程的规定。

检查数量：同类型预制构件不超过 1000 个为一批，每批随机抽取 1 个构件进行结构性能检验。

检验方法：检查结构性能检验报告。

11.2.4 进行实体检验的预制构件，其检查数量及方法应符合本规程的规定。

检查数量：同类型预制构件不超过 1000 个为一个检验批，同类型预制构件不足 1000 个时也应划为一个检验批，每批随机抽取 2%且不应少于 5 个构件进行实体检验。

检验方法：检查实体检验报告。

11.2.5 预制构件吊装预留吊具、预埋件应安装牢固、无松动，预埋件、预留置钢

筋及预留孔洞等的规格、位置和数量应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：量测，检查技术文件。

11.2.6 预制构件的外观质量不应有严重缺陷，且不应有影响结构性能、安装和使用功能的尺寸偏差。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、尺量，检查处理记录。

11.2.7 预制构件粗糙面的外观质量、键槽，预制混凝土管管壁内侧的外观质量和数量应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，量测。

11.2.8 钢梁-预制柱节点处钢套箍连接板的规格、数量和位置应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：尺量检查，观察检查及检查出厂验收记录。

11.2.9 预制柱纵筋锚固板，其接头质量应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ107 的有关规定。

检查数量：全数检查

检验方法：检查锚固板连接的钢筋上丝长度、连接施工记录等。

11.2.10 预制柱钢套箍焊缝质量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标准》GB 50205 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查生产记录及焊缝检测报告。

11.2.11 预制构件宜在构件表面标明项目名称、构件型号、混凝土强度、配筋情况、预埋件情况、生产单位、生产日期、安装方向及质量合格标识等内容。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查技术文件。

11.3 安装与连接

11.3.1 预制构件之间的连接方式应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查预制构件的装配施工记录。

11.3.2 后浇混凝土、预制混凝土管内后浇筑混凝土、预制柱与杯口基础间后浇混凝土的强度应符合设计要求。

检查数量：按批检验。

检验方法：应符合国家现行标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的有关规定。

11.3.3 预制混凝土管内混凝土、预制柱与杯口基础间后浇混凝土应浇筑密实。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查预制混凝土管内混凝土浇筑工艺试验报告和混凝土浇筑施工记录。

11.3.4 钢筋采用套筒灌浆连接时，灌浆应饱满、密实，所有出口均应出浆。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查灌浆施工质量检查记录、有关检验报告。

11.3.5 钢筋套筒灌浆连接用的灌浆料强度应满足设计要求。

检查数量：按批检验，以每层为一检验批；每工作班应制作 1 组且每层不应少于 3 组边长为 40mm×40mm×160mm 的试件，标准养护 28d 后进行抗压强度试验。

检验方法：检查灌浆料强度试验报告及评定记录。

11.3.6 钢筋采用套筒挤压连接时，其接头质量应符合现行行准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

检查数量：按现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定确定。

检验方法：检查钢筋机械连接施工记录及平行加工试件的强度试验报告。

11.3.7 预制柱底接缝坐浆强度应满足设计要求。

检查数量：按批检验，以每层为一检验批；每工作班应制作 1 组且每层不应少于 3 组边长为 70.7mm 的试件，标准养护 28d 后进行抗压强度试验。

检验方法：检查坐浆材料强度试验报告及评定记录。

11.3.8 预制混凝土柱-钢梁混合结构施工后，外观质量不应有严重缺陷，且不应

有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸允许偏差。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、量测，检查处理记录。

11.3.9 预制构件的吊装施工和临时固定措施应符合施工方案的要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

11.3.10 钢结构焊接连接，钢材焊接的焊缝尺寸应满足设计要求，焊缝质量应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

检查数量：全数检查

检验方法：按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的要求进行。

11.3.11 钢结构螺栓连接，螺栓的材质、规格、拧紧力矩应符合设计要求及现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

检查数量：全数检查

检验方法：严格按照设计图纸及吊装方案要求进行施工。螺栓连接使用的材料送检、施工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 的有关规定。

11.3.12 预制混凝土柱-钢梁混合结构尺寸允许偏差应符合设计要求，并应符合表 11.3.12 的规定。

检查数量：按楼层、结构缝或施工段划分检验批。在同一检验批内，对梁、柱，应抽查构件数量的 10%，且不少于 3 件；对墙和板，应按有代表性的自然间抽查 10%，且不少于 3 间；对大空间结构，墙可按相邻轴线间高度 5m 左右划分检查面，板可按纵、横轴线划分检查面，抽查 10%，且均不少于 3 面。

表 11.3.12 预制混凝土柱-钢梁混合结构尺寸允许偏差及检验方法

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
构件中心线对轴线 位置	基础	15	用经纬仪及尺量
	竖向构件（柱、墙）	8	

	水平构件（梁、板）		5	
构件标高	梁、柱、墙、板底面或顶面		±5	用水准仪或拉线、尺量
构件垂直度	柱、墙	<5m	5	用经纬仪或全站仪量测
		≥5m 且<10m	10	
		≥10m	20	
构件倾斜度	梁		5	用垂线、钢尺量测
相邻构件平整度	板端面		5	用靠尺和塞尺量测
	梁、板底面	抹灰	5	
		不抹灰	3	
	柱、墙侧面	外露	5	
		不外露	8	
构件搁置长度	梁、板		±10	用尺量
支座、支垫中心位置	板、梁、柱、墙		10	用尺量
墙板接缝	宽度		±5	用尺量
	中心线位置			

11.4 子分部工程

11.4.1 预制混凝土柱-钢梁混合结构子分部工程质量合格标准应符合下列规定：

- 1 所含分项工程质量验收应合格；
- 2 应有完整的质量控制资料；
- 3 观感质量验收应合格。

11.4.2 预制混凝土柱-钢梁混合结构施工质量不符合要求时，应按国家现行标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定进行处理。

11.4.3 预制混凝土柱-钢梁混合结构子分部工程施工质量验收合格后，所有验收文件应存档备案。

用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的：

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，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用本规程。

《建筑设计防火规范》GB50016

《钢结构设计标准》GB 50017

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204

《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205

《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223

《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300

《钢结构焊接规范》GB 50661

《混凝土结构工程施工规范》GB50666

《工程结构通用规范》GB55001

《建筑与市政工程抗震通用规范》GB55002

《组合结构通用规范》GB 55004

《钢结构通用规范》GB 55006

《混凝土结构通用规范》GB 55008

《碳素结构钢》GB/T 700

《低合金高强度结构钢》GB/T 1591

《连续热镀锌钢板及钢带》GB/T 2518

《焊接结构用耐候钢》GB/T 4172

《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1

《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433

《建筑用压型钢板》GB/T 12755

《建筑结构用钢板》GB/T 19879

《混凝土结构设计标准》GB/T 50010

《建筑抗震设计标准》GB/T 50011

《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107

《建筑工程施工组织设计规范》GB/T 50502

《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231
《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
《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18
《建筑机械使用安全技术规程》JGJ33
《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46
《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ80
《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82
《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99
《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107
《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114
《组合结构设计规范》JGJ 138
《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256
《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104
《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163
《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251
《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398
《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408
《钢结构防火涂料应用技术规程》CECS 24
《高层建筑钢混凝土混合结构设计规程》CECS 230