



T/CECSXXXX-20XX

中国工程建设标准化协会标准

# 装配整体式预应力混凝土框架结构技术规程

Technical specification for monolithic precast prestressed concrete  
frame structure

（征求意见稿）

中国 XXXX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

装配整体式预应力混凝土框架结构技术规程

Technical specification for monolithic precast prestressed concrete  
frame structure

(征求意见稿)

T/CECS XXXX-202X

主编单位：中国建筑技术集团有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年X月X日

中国 XXXX 出版社

202X 北京

## 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2020年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2020〕23号）的要求，标准编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本标准。

本标准共分7章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、材料及预制构件、结构设计、构件制作、施工及验收等。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理，由中国建筑技术集团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，请反馈给解释单位（地址：北京市朝阳区北三环东路30号，邮编：100013，邮箱：xiangrong54@163.com）。

主编单位：中国建筑技术集团有限公司

参编单位：中国建筑科学研究院有限公司

北京工业大学

北京预制建筑工程研究院有限责任公司

北京市建筑工程研究院有限责任公司

三一筑工科技股份有限公司

四川华构建筑科技有限公司

主要起草人：

主要审查人：

# 目 次

<b>1 总 则</b> .....	<b>1</b>
<b>2 术语和符号</b> .....	<b>6</b>
2.1 术语.....	6
2.2 符号.....	6
<b>3 基本规定</b> .....	<b>8</b>
<b>4 材料及预制构件</b> .....	<b>10</b>
4.1 材料.....	10
4.2 预制框架柱.....	12
4.3 预制框架梁.....	13
4.4 预制板.....	15
<b>5 结构设计</b> .....	<b>17</b>
5.1 一般规定.....	17
5.2 结构分析.....	20
5.3 构件设计.....	21
5.4 施工验算.....	26
5.5 连接构造.....	26
<b>6 构件制作</b> .....	<b>34</b>
6.1 一般规定.....	34
6.2 模板、台座.....	34
6.3 钢筋加工、安装.....	35
6.4 预应力筋制作、安装及张拉.....	36
6.5 混凝土浇筑.....	37
6.6 堆放与运输.....	38
<b>7 施工及验收</b> .....	<b>40</b>
7.1 一般规定.....	40
7.2 基础施工.....	40
7.3 预制柱安装.....	41
7.4 预制梁安装.....	42
7.5 楼板安装.....	43
7.6 预应力筋穿束及张拉.....	43
7.7 灌浆及封锚.....	44
7.8 质量验收.....	44
<b>本规程用词说明</b> .....	<b>50</b>
<b>引用标准名录</b> .....	<b>51</b>

# Contents

<b>1 General provisions</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Terms and symbols</b> .....	<b>6</b>
2.1 Terms .....	6
2.2 Symbols .....	6
<b>3 General requirements</b> .....	<b>8</b>
<b>4 Materials and component</b> .....	<b>10</b>
4.1 Materials .....	10
4.2 Precast frame columns .....	12
4.3 Precast frame beams .....	13
4.4 Precast slabs.....	15
<b>5 Structural design</b> .....	<b>17</b>
5.1 General.....	17
5.2 Structural analysis.....	20
5.3 Component design .....	21
5.4 Checking.....	26
5.5 Connection details .....	26
<b>6 Production</b> .....	<b>34</b>
6.1 General.....	34
6.2 Templates,pedestals .....	34
6.3 Processing and installation of steel bars .....	35
6.4 Production,installation and tensioning of prestressing tendons .....	36
6.5 Casting of concrete .....	37
6.6 Storage and transportation .....	38
<b>7 Construction and acceptance</b> .....	<b>40</b>
7.1 General.....	40
7.2 Foundation construction .....	40
7.3 Precast frame columns mounting.....	41
7.4 Precast frame beams mounting .....	42
7.5 Precast slabs mounting .....	43
7.6 Prestressed tendons threading and stretching.....	43
7.7 Grouting and anchorage protection.....	44
7.8 Quality acceptance.....	44
<b>Explanation of wording in this code</b> .....	<b>50</b>
<b>List of quoted standards</b> .....	<b>51</b>



# 1 总 则

**1.0.1** 为促进装配式混凝土结构的发展,规范装配整体式预应力混凝土框架结构体系的工程应用,并做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量,制定本标准。

**【条文说明】**当前,在我国劳动力人口显著下降,建筑业转型升级的背景下,国家大力发展建筑工业化,装配式结构建筑是实现建筑工业化的最终途径,装配整体式预应力混凝土框架结构体系具有施工简便、性能可靠、节材环保等优势,具有巨大的推广应用前景。

本标准所描述装配整体式预应力混凝土框架结构体系特点如下:

该结构体系主体结构由预制预应力混凝土梁、预制钢筋混凝土梁、预制钢筋混凝土柱、预制板和楼面叠合层组成(图1.0.1-1)。

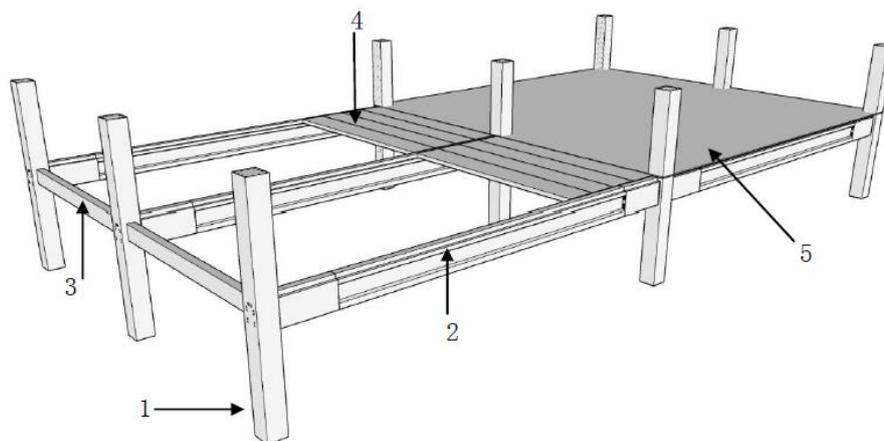
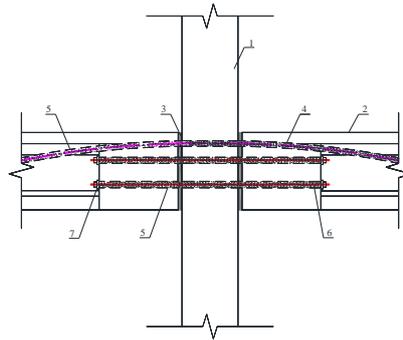


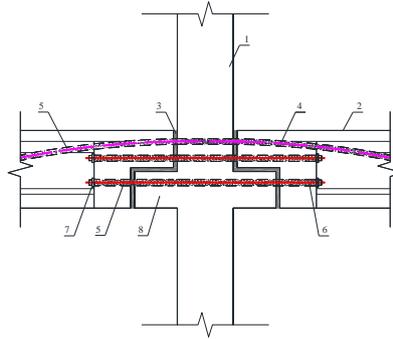
图 1.0.1-1 装配整体式预应力混凝土框架结构

1-预制钢筋混凝土柱; 2-预制预应力混凝土梁; 3-预制钢筋混凝土梁; 4-预制板; 5-楼面叠合层

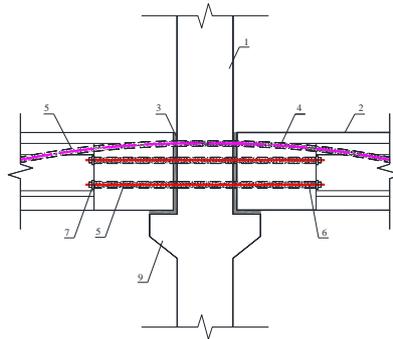
该结构体系主要特点是采用梁、柱构件预应力压接连接(图1.0.1-2),构件生产时预制梁内根据设计预留曲线型预应力钢绞线孔道以及梁端位置的精轧螺纹钢孔道,预制柱节点位置预埋相同孔道与预制梁孔道位置对应。现场装配时按设计及施工顺序吊装预制柱和预制梁,在梁柱节点拼缝处连通预应力孔道后采用快硬型高强无回缩砂浆对梁柱拼缝进行灌缝(拼缝宽度20mm~30mm),待拼缝强度达到设计强度后,在节点孔道内穿入精轧螺纹钢并进行张拉、锚固,随后在曲线孔道内穿入预应力钢绞线并进行张拉、锚固,最后进行所有预应力孔道的灌浆与封锚,实现结构装配,其中曲线型预应力钢绞线可多跨通长穿筋、张拉作业。结构通过梁柱节点区的预应力精轧螺纹钢和穿过节点的通长曲线型预应力钢绞线在梁柱拼缝位置提供的预压力实现梁柱节点的压接连接。穿过节点的后张通长曲线预应力钢绞线还能提供框架梁的承载力,有效提高材料利用率,增大结构跨度。



(a) 无牛腿节点



(b) 暗牛腿节点



(c) 明牛腿节点

图 1.0.1-2 节点连接构造示意图

1-预制柱；2-预制梁；3-拼缝砂浆；4-预应力钢绞线；

5-预埋波纹管；6-精轧螺纹钢；7-锚具；8-暗牛腿；9-明牛腿

预制柱可逐层预制，也可2~3层通长预制生产。预制柱可根据设计选择无牛腿、暗牛腿和明牛腿的构造方案（见图1.0.1-3）。

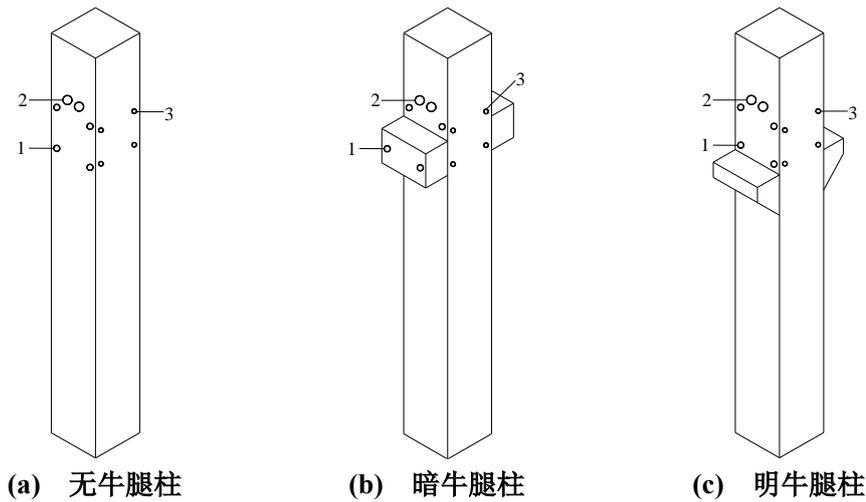


图 1.0.1-3 节段预制柱构造示意图

1-后张精轧螺纹钢孔道（主跨度方向）；2-后张预应力钢绞线孔道（主跨度方向）；  
3-后张精轧螺纹钢孔道（柱距方向）

预制预应力混凝土梁一般采用变腹板厚度截面，端部为矩形截面，跨中为工形截面。预制生产阶段可根据工程需要通过先张法、后张法或二者相结合的方式在预制构件内建立一期预应力。梁端可设计为有缺口或无缺口的构造方案（图 1.0.1-4），与预制柱的构造（图 1.0.1-3）相适应。

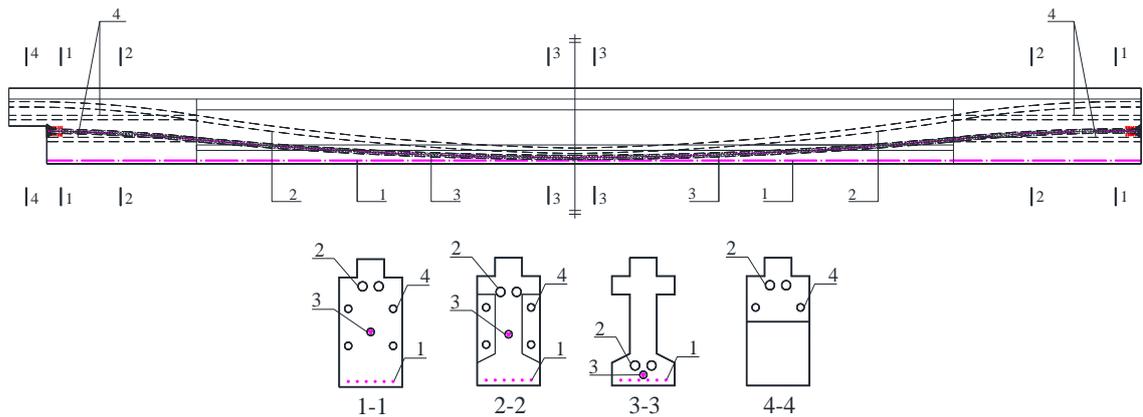


图 1.0.1-4 预制预应力混凝土梁构造示意图

1-一期先张预应力钢绞线；2-二期后张预应力钢绞线孔道；3-一期后张有粘结预应力钢绞线；  
4-二期后张精轧螺纹钢孔道

基础一般采用现浇混凝土基础，也可采用预制混凝土基础。预制柱与基础、预制柱之间可采用套筒灌浆连接或后张有粘结预应力精轧螺纹钢逐层张拉连接（图 1.0.1-5）。

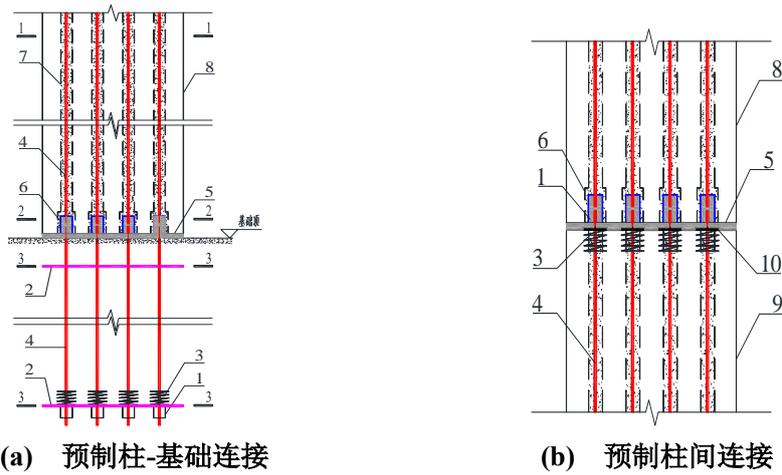


图 1.0.1-5 采用后张有粘结精轧螺纹钢筋竖向构件连接构造示意图

- 1-锚具；2-定位钢板；3-螺旋筋；4-精轧螺纹钢筋；5-坐浆层；6-连接器；  
7-预埋孔道；8-预制上柱；9-预制下柱；10-锚垫板

框架结构柱距方向（非主要承担竖向荷载方向）上，预制梁、柱的拼装可仅采用位于梁截面四个角点位置的通长后张直线有粘结预应力钢绞线进行连接（图 5.5.5(a)），或后张直线有粘结精轧螺纹钢筋连接（图 5.5.5(b)）。楼盖可根据跨度及荷载要求采用预应力空心板或预应力双 T 板，并后浇混凝土叠合层实现。

需要指出的是，现阶段国内很多研究机构及高校开发了多种装配整体式预应力混凝土框架结构体系。但工程实践表明，大多数装配整体式预应力混凝土框架结构存在预制装配率低、现场湿作业量大、周转材料消耗量大、节点区钢筋连接构造复杂、现场劳动强度大等弊端。

本标准规定的装配整体式预应力混凝土框架结构体系采用预应力压接连接装配工艺，现场装配施工简便，可以降低劳动强度，显著提高结构装配率，大量减少模板支架等周转材料消耗，减少建筑垃圾，而且该结构体系充分发挥了预应力混凝土结构的特点，节省钢筋和混凝土材料，提高结构跨度。系统的试验研究结果显示，该技术采用的后张预应力钢绞线和精轧螺纹钢筋辅以高强砂浆的节点连接方式，抗震性能好，满足不同抗震设防烈度区对建筑抗震设计的要求，具有结构体系受力合理、对环境影响小、综合成本低等特点，比传统装配整体式预应力混凝土框架结构具有更高的社会效益，可广泛应用于大型商超、办公、仓储、停车楼等建筑。该标准的编制将有效规范和推动该结构体系的工程应用。

**1.0.2** 本标准适用于抗震设防烈度为 8 度及以下地区的除甲类建筑以外的装配整体式预应力混凝土框架的设计、施工及验收。

**【条文说明】**课题组对提出的装配整体式预应力混凝土框架结构进行了系统的抗震性能试验研究及分析，与现浇预应力混凝土框架结构的结构性能大致相同，考虑到该体系特殊性且实际工程应用验证经验较少，为保证地震作用下的结构安全，对该结构体系的适用范围作出相应规定。

**1.0.3** 装配整体式预应力混凝土框架结构的设计、生产、施工及验收，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**1.0.4** 结构方案的设计与选择应符合节省材料、方便施工、降低能耗和保护环境的要求。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 装配整体式预应力混凝土框架结构 monolithic precast prestressed concrete frame structure

通过后张配置于梁体内并贯穿柱节点区的预应力钢绞线和精轧螺纹钢筋,实现梁柱结合面压接连接而形成的框架结构,简称装配整体式预应力混凝土框架结构。根据梁柱结合面形式分为直缝压接连接、暗牛腿压接连接和明牛腿压接连接。

#### 2.1.2 预应力连接 prestressed connection

装配整体式预应力混凝土框架体系中,通过张拉贯穿梁柱节点的预应力钢绞线和精轧螺纹钢筋在梁柱结合面施加预压力实现的干式连接。

#### 2.1.3 拼缝砂浆 mortar for filling joint

由高强水泥基混合料掺入一定比例纤维拌合而成,用于预制梁、柱节点区拼缝位置的高强无收缩纤维砂浆灌缝。

### 2.2 符号

#### 2.2.1 材料性能

C30——立方体抗压强度标准值为  $30\text{N/mm}^2$  的混凝土强度等级;

$f_t$ ——混凝土轴心抗拉强度设计值;

$f_y$ ——普通钢筋抗拉强度设计值;

$f_{ptk}$ ——预应力钢材抗拉强度标准值。

#### 2.2.2 作用和作用效应

$C$ ——结构构件达到正常使用要求所规定的变形、裂缝宽度和应力等的限值;

$P$ ——预应力作用有关代表值;

$R$ ——结构构件的承载力设计值 (N 或  $\text{N}\cdot\text{mm}$ );

$S$ ——荷载效应组合的设计值 (N 或  $\text{N}\cdot\text{mm}$ );

$V$ ——剪力设计值;

$m$ ——参与组合的永久荷载数;

$n$ ——参与组合的可变荷载数;

$N_{pe}$ ——有效预应力;

$G_{ik}$ ——第  $i$  个永久荷载标准值;

---

$Q_{1k}$ ——第一个可变荷载标准值；  
 $Q_{jk}$ ——第  $j$  个可变荷载标准值；  
 $S_d$ ——正常使用极限状态的荷载效应组合值；  
 $S_{G1k}$ ——按预制构件自重荷载标准值  $G_{1k}$  计算的荷载效应值；  
 $S_{G2k}$ ——按叠合层自重荷载标准值  $G_{2k}$  计算的荷载效应值；  
 $S_{Qk}$ ——按施工活荷载标准值  $Q_k$  计算的荷载效应值；  
 $T_u$ ——梁柱拼缝抗扭承载力 (N)；  
 $W_t'$ ——梁柱接缝的有效截面抗扭塑性抵抗矩 ( $\text{mm}^3$ )。  
 $\gamma_0$ ——结构构件的重要性系数，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》**GB 50010** 的规定选用；  
 $\gamma_G$ ——永久荷载分项系数；  
 $\gamma_P$ ——预应力作用的分项系数；  
 $\gamma_Q$ ——可变荷载分项系数；  
 $\gamma_{Gi}$ ——第  $i$  个永久荷载分项系数；  
 $\gamma_{Qj}$ ——第  $j$  个可变荷载的分项系数；  
 $\gamma_{Q1}$ ——第 1 个可变荷载的分项系数；  
 $\varphi_{cj}$ ——第  $j$  个可变荷载的组合值系数；  
 $\varphi_{qj}$ ——第  $j$  个可变荷载的准永久值系数；  
 $\sigma_n'$ ——梁柱拼缝截面平均压应力 (MPa)；

### 2.2.3 几何参数

$b$ ——截面宽度；  
 $b$ 、 $x$ ——梁柱拼缝截面宽度、受压区高度 (mm)；  
 $e$ ——缺口梁梁端支座反力与吊筋合力点之间的距离 (mm)；  
 $A_e$ ——有效截面面积；  
 $A_v$ ——箍筋截面面积；  
 $A_{t1}$ ——缺口梁凸出部分梁底纵筋的截面面积；  
 $A_{t2}$ ——缺口梁凸出部分腰筋的截面面积。  
 $h_0$ ——截面有效高度；

### 2.2.4 计算系数及其他

$\mu$ ——梁柱压接拼缝等效摩阻系数；  
 $\alpha$ ——动力系数。

### 3 基本规定

**3.0.1** 装配整体式预应力混凝土框架结构在建筑方案设计阶段应充分考虑结构体系特点及建筑功能需求，加强建筑、结构、设备、装修等各专业之间的协同配合。

**【条文说明】**装配整体式预应力混凝土框架结构在建设期间，建设、设计、生产、施工各单位在方案阶段就需要进行协同工作，共同对建筑平面和立面根据标准化原则进行优化，共同进行整体策划。与此同时，建筑、结构、设备、装修等各专业也应密切配合，对预制构件的尺寸和形状、节点构造等提出具体技术要求。此项工作对建筑功能和结构布置的合理性，结构方案的可行性、适用性，以及对工程造价等都会产生较大的影响，是十分重要的。

**3.0.2** 装配整体式预应力混凝土框架结构构件的设计应遵循少规格、多组合；装配连接方案应遵循简单、高效的原则。

**【条文说明】**装配整体式预应力混凝土框架结构的建筑设计，应在满足建筑功能的前提下，实现预制构件基本单元的标准化，以提高定型的标准化建筑构配件的重复使用率；装配整体式预应力混凝土框架结构在构件连接构造方面根据使用条件给出了几种连接构造方案，在具体工程应用中，根据实际情况应在满足建筑功能要求的基础上，尽量采用统一、简单、高效的做法，并且在保证建筑质量的前提下尽可能降低造价。

**3.0.3** 装配整体式预应力混凝土框架结构构件的设计应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《预应力混凝土结构设计规范》JGJ 369、《预应力混凝土结构抗震设计标准》JGJ/T 140 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

**3.0.4** 装配整体式预应力混凝土框架结构的压接连接应采用后张灌浆的有粘结预应力技术；大跨度预制预应力混凝土梁可采用先张法、后张法或二者相结合的方式生产。

**【条文说明】**根据装配整体式预应力混凝土框架结构的构造特点，节点采用后张精轧螺纹钢筋和后张预应力钢绞线的方式实现压接连接，均为后张灌浆有粘结预应力技术。

预制预应力混凝土梁预制阶段可根据施工及使用条件要求进行预制生产，同时预留用于节点连接的精轧螺纹钢筋孔道和通长预应力钢绞线孔道。特殊的，采用二者张拉相结合的方式进行预制梁的生产，即预制生产阶段梁内既布置先张预应力筋也布置后张预应力筋并在预制阶段建立预应力。

**3.0.5** 装配整体式预应力混凝土框架结构的房屋最大适用高度应满足表 3.0.5 的规定；超过表内高度的房屋，应进行专门的研究和论证，并应采取有效的加强措

施。

表 3.0.5 装配整体式预应力混凝土框架结构房屋的最大适用高度 (m)

结构体系	烈度			
	≤6 度	7 度	8 度 (0.2g)	8 度 (0.3g)
框架结构	40	32	24	18

**【条文说明】**装配整体式预应力混凝土框架结构体系的相关研究结果表明其结构性能与现浇结构基本相同,但由于该结构体系应用于高层建筑结果的研究尚不充分,为保证结构安全,规定其适用高度的确定原则上比现行国家标准《预应力混凝土结构抗震设计标准》JGJ/T 140 规定相对严格。当采用局部设剪力墙、支撑或采用隔震技术时,其适用高度可适当提高,但其最大结构高度不宜超过 60m。实际工程中,当结构刚度变化较大或者平面不规则时,应适当降低最大适用高度。

**3.0.6** 装配整体式预应力混凝土框架结构设计时,应根据结构安装步骤,对结构及构件进行施工阶段验算。

**【条文说明】**本标准涉及的装配整体式预应力混凝土框架结构从构件生产、运输、吊装、安装到结构施工完成,构件将处于不同的工况条件。为保证结构构件各施工阶段及最终结构的整体性和安全性,应根据不同施工阶段构件的边界条件及荷载情况,进行施工阶段验算。

**3.0.7** 预制构件深化设计的深度应满足建筑、结构和机电设备等各专业要求,并满足构件制作、运输、安装等各环节的要求。

**【条文说明】**预制构件加工制作阶段,应将各专业、各工种所需的预留孔洞、预埋件等一并完成,避免在施工现场进行剔凿、切割,伤及预制构件,影响质量及观感。一般情况下,装配式结构的施工图完成后,还需要进行预制构件的深化设计,以便于预制构件的加工制作。预制构件的深化设计可以由设计院完成,也可委托有相应设计资质的单位单独完成深化设计详图。

## 4 材料及预制构件

### 4.1 材料

**4.1.1** 混凝土、普通钢筋、预应力筋的选用和各项力学性能指标应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

**4.1.2** 装配整体式预应力混凝土框架结构梁柱节点连接位置的拼缝砂浆，其性能应符合下列规定：

1 采用比构件混凝土设计强度高两个等级的快硬型高强无收缩纤维水泥砂浆，纤维体积率不宜小于 0.1%，灌缝砂浆的 1d、3d 抗压强度分别不应小于设计强度等级值的 50%、75%；

2 灌浆料抗压强度标准试件尺寸和试验方法应符合国家现行标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的有关规定；

3 灌浆料的泌水性、流动性、竖向膨胀率和氯离子含量应符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 高强无收缩纤维水泥砂浆性能指标

项目		性能指标	试验方法标准
泌水性 (%)		0	《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
流动度 (mm)	初始值	≥200	《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448
	30min 保留值	≥150	
竖向膨胀率 (%)	3h	≥0.02	《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448
氯离子含量 (%)		≤0.06	《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077

**【条文说明】**梁柱节点拼缝是装配整体式预应力混凝土框架结构的关键部位，拼缝砂浆的性能优劣和工程质量，对结构整体性能有巨大影响。为保证拼缝施工的简便性，降低施工质量风险，要求拼缝砂浆抗裂好、流动性好且无收缩。需指出的是，现场施工时与构件工厂预制相比，其环境及施工导致材料强度变异性较大，所以要求拼缝材料强度较预制构件提高二级；同时为做到结构的快速高效施工，砂浆应具备早强特性，以尽快进行下一施工工序，缩短工期。

**4.1.3** 节点核心区框架柱的混凝土设计强度等级应不低于与之相接的框架梁混凝土设计强度等级。

**【条文说明】**框架柱节点核心区作为结构的重要节点，为满足结构“强节点弱构件”的设计目标，框架柱节点核心区除按设计保证配筋要求外，核心区混凝土强度等级要求不低于框架梁混凝土强度；当框架柱为预制钢筋混凝土柱，框架梁采用预制预应力混凝土梁时，根据构件混凝土最低强度要求，可能会出现柱构件混

---

凝土强度低于梁构件混凝土强度等级的情况，因此，本条对柱节点核心区混凝土最低强度进行相应规定。

**4.1.4** 预制梁预应力成孔管道可根据生产和制作条件，采用金属波纹管或塑料波纹管，其性能应符合国家现行标准《预应力混凝土用金属波纹管》JG/T 225 和《预应力混凝土桥梁用塑料波纹管》JT/T 529 的有关规定。预制柱间采用竖向后张有粘结预应力精轧螺纹钢连接时，成孔管道宜采用金属波纹管或塑料波纹管，也可采用圆钢管，其性能应符合国家现行标准《结构用无缝钢管》GB/T 8162 的有关规定。

**4.1.5** 孔道灌浆料性能应符合国家现行标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的有关规定。

**【条文说明】**装配整体式预应力混凝土框架结构在满足施工工艺和承载力设计要求的前提下，为方便结构施工，降低施工材料种类，后张有粘结预应力筋的孔道建议采用同种灌浆料，其性能应符合国家现行标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的相关规定。

**4.1.6** 预应力筋用锚具和连接器的性能应符合国家现行标准《预应力混凝土结构抗震设计标准》JGJ/T 140、《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 和《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 的有关规定。

**4.1.7** 装配整体式预应力混凝土框架结构用于停车库、可行车库房等存在动荷载或者有抗震要求的结构时，预应力筋-锚具系统应满足循环次数为 50 次的周期荷载性能要求，经 50 次循环荷载后预应力筋在锚具夹持区域不应发生破断，锚板不碎裂或不产生影响锚固可靠性的残余变形，夹片不应产生裂纹。当锚固的预应力筋为钢绞线或热处理钢筋时，试验应力上限应为预应力筋抗拉强度标准值  $f_{ptk}$  的 80%，下限应为预应力钢材抗拉强度标准值  $f_{ptk}$  的 40%。当锚固的预应力筋为有明显屈服台阶的预应力钢材时，试验应力上限应为预应力钢材抗拉强度标准值的 90%，下限应为预应力钢材抗拉强度标准值的 40%。

**【条文说明】**装配整体式预应力混凝土框架结构可用于低多层商场、库房、停车库建筑，当用于停车库或可行车库房等存在动荷载或者有抗震要求的结构时，对预应力锚具在周期荷载作用下的性能做出规定。

**4.1.8** 预制构件的吊环应采用未经冷加工的 HPB300 级的钢筋制作，吊装用的内埋式螺母或吊杆材料应符合国家现行相关标准的规定。

**4.1.9** 钢筋灌浆套筒连接接头及灌浆料应分别符合国家现行标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398 和《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408 的有关规定。

**4.1.10** 受力预埋件的锚板及锚筋材料应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

## 4.2 预制框架柱

4.2.1 预制钢筋混凝土框架柱应采用矩形截面，截面边长不应小于与之相接的框架梁的截面宽度，且不应小于 600mm；一次成型的预制柱长度不宜大于 14m 和 3 层层高的较小值。

**【条文说明】**根据框架受力特点并考虑施工简便性，一般预制柱设计为矩形截面形式，当结构跨度、荷载较小时，为保证结构刚度及安全，对柱截面最小尺寸进行限制；为满足快速施工需求的同时，考虑道路运输长度限制及构件运输过程中的受力状态，限定预制柱最大预制长度。

4.2.2 预制柱应在梁柱节点相接位置预留横向贯通的后灌浆孔道；主跨度方向应按设计要求布置后张预应力钢绞线孔道和后张精轧螺纹钢孔道，柱距方向按设计要求布置后张精轧螺纹钢或后张预应力钢绞线孔道。预制柱可根据受力需求设计为无牛腿柱（图 4.2.2(a)）、暗牛腿柱（图 4.2.2(b)）和明牛腿柱（图 4.2.2(c)）。

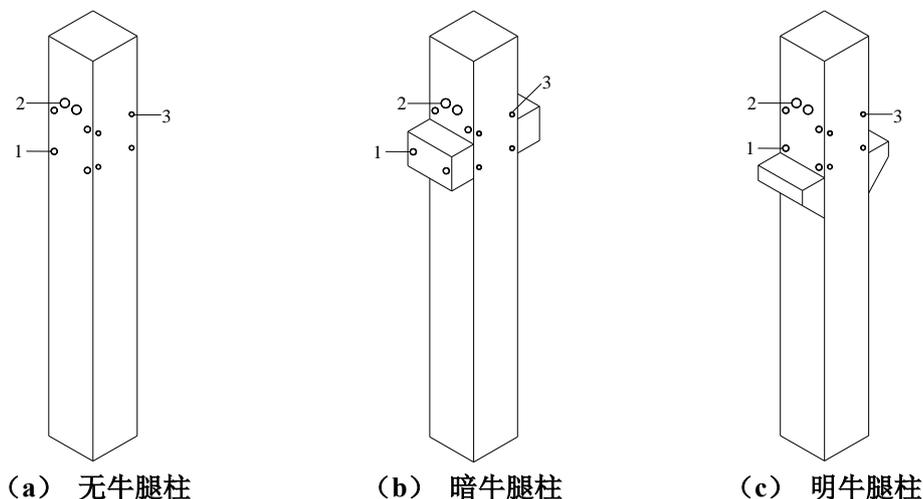


图 4.2.2 预制柱构造图

1-精轧螺纹钢孔道（主跨度方向）；2-预应力钢绞线孔道（主跨度方向）；  
3-预应力钢绞线或精轧螺纹钢孔道（柱距方向）

**【条文说明】**装配整体式预应力混凝土框架结构的楼板一般采用单向叠合板，这就导致主跨度方向（垂直于预制板布置方向）的框架梁承担主要竖向荷载，因此该方向上的框架梁一般设计为预应力混凝土梁，通过预制阶段的后张曲线预应力筋提高该方向上框架梁的抗裂性能和跨度，同时通过装配阶段穿过梁柱节点的后张预应力钢绞线和 4 根精轧螺纹钢的预压作用，提升梁柱节点区的承载力；而柱距方向（平行于预制板布置方向）的框架梁主要提供框架在该方向上的结构刚度，承担的竖向荷载较小，因此该方向上的框架梁可只在节点区后张 4 根用于连接的精轧螺纹钢或通长预应力钢绞线实现梁柱的压接连接，故预制柱在两个方向上的预应力孔道布置位置有所不同。特殊的，当主跨方向上后张预应力钢绞线和后张精轧螺纹钢对梁柱拼缝的预压力产生的摩擦抗剪承载力小于梁柱拼缝的剪力设计值时，预制柱宜采用明牛腿或暗牛腿的构造以满足节点抗剪要求。

4.2.3 预制柱与基础、预制柱与预制梁、上下预制柱间连接位置混凝土的表面应进行粗糙处理，以截面露出骨料为宜，粗糙面面积不宜小于结合面的 80%，预制板的粗糙面凹凸深度不应小于 4mm，预制梁端、预制柱端、拼缝处的粗糙面凹凸深度不应小于 6mm。

**【条文说明】**试验研究表明，虽预加压力是梁柱拼缝位置的摩擦直剪承载力显著提升的决定性因素，但预制构件端面进行粗糙处理对拼缝位置的摩擦抗剪能力可小幅度提升。因此，对拼缝位置预制构件截面的粗糙度做了规定，但对粗糙度不做限制，以截面露出骨料为宜。

4.2.4 当预制柱采用通长后张精轧螺纹钢筋进行竖向连接时，应按设计要求预埋孔道、锚垫板、螺旋筋、灌浆孔、排气孔等，孔道应沿柱截面四周均匀排布。

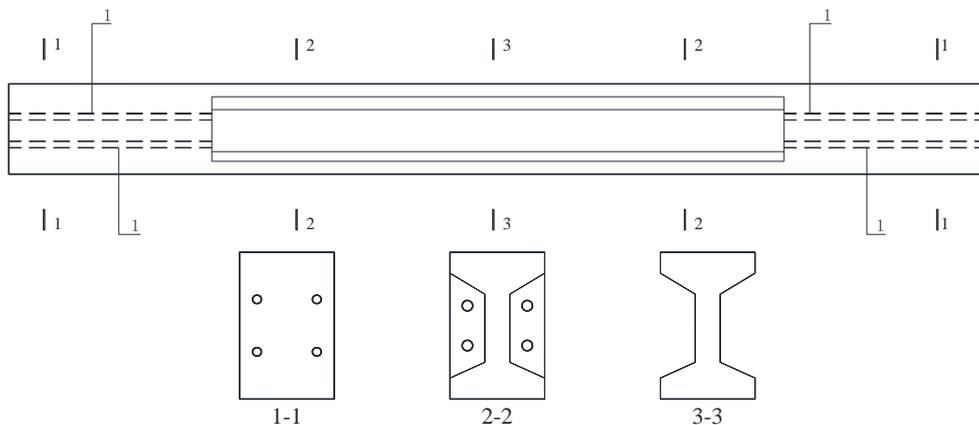
### 4.3 预制框架梁

4.3.1 装配整体式预应力混凝土框架结构的框架梁可根据梁跨度及承受的荷载等条件设计为预制预应力钢筋混凝土梁或预制钢筋混凝土梁。

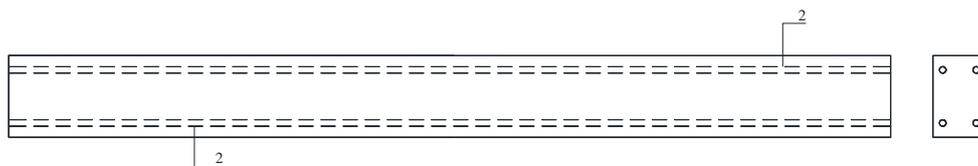
**【条文说明】**主跨度方向的框架梁一般跨度或荷载较大，为满足预制梁在各施工阶段的承载力和抗裂要求，可根据实际情况设计为预制预应力钢筋混凝土梁，即在工厂生产阶段就对预制梁建立部分预应力；柱距方向的框架梁一般跨度或荷载较小，预制梁设计为预制钢筋混凝土梁即可满足各施工阶段受力。需要注意的是，本条规定的预制梁均是针对预制阶段的单个梁构件而言的。

4.3.2 柱距方向的预制钢筋混凝土梁可根据跨度、荷载等条件，设计为以下两种截面形式，以适应结构受力及施工要求：

- 1 变腹板厚度截面梁：端部区段为矩形，跨中区段为工字型的变截面梁（图 4.3.2（a）），适用于梁柱节点采用后张有粘结精轧螺纹钢筋压接方案；
- 2 矩形等截面梁：各位置均为等截面矩形梁，预应力筋为通长直线型布置（图 4.3.2（b）），适用于梁柱节点采用后张有粘结预应力钢绞线压接方案。



(a) 变腹板厚度截面梁

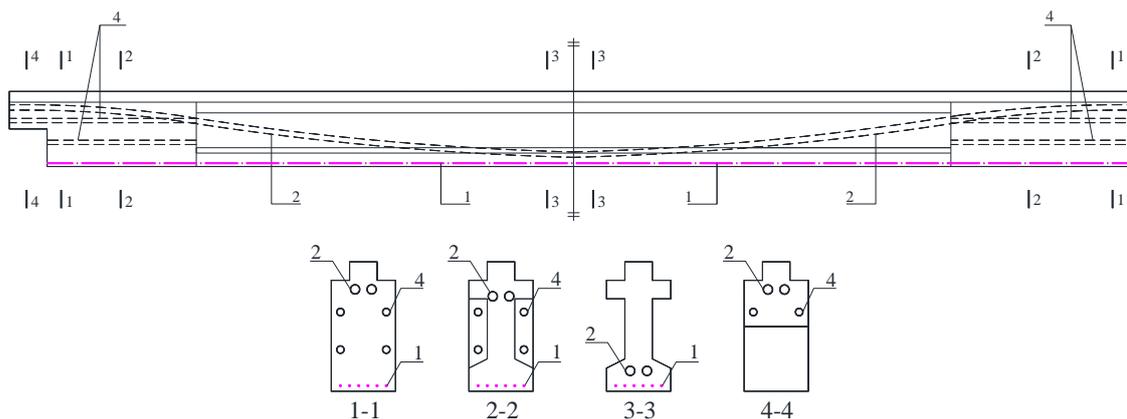


(b) 矩形等截面梁

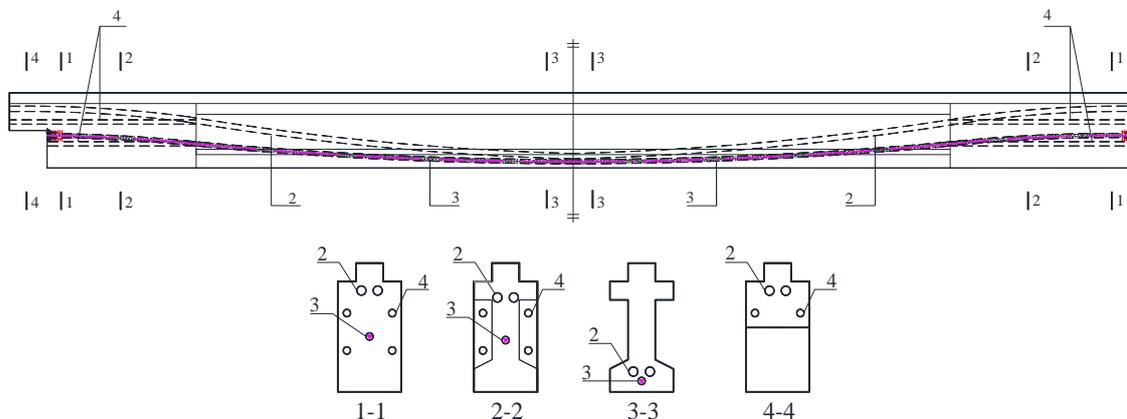
图 4.3.2 预制钢筋混凝土梁

【条文说明】装配整体式预应力混凝土框架在柱距方向上的预制梁因荷载或跨度较小，设计为钢筋混凝土梁时，其梁柱连接构造可根据梁截面尺寸确定。当梁截面较大时，可设计为变腹板厚度梁，梁柱节点宜采用后张4根精轧螺纹钢压接方案，并应满足精轧螺纹钢张拉锚固空间要求；当梁截面尺寸较小，不宜做成变腹板厚度梁时，可采用矩形截面，梁柱节点宜采用多跨通长后张的4孔预应力钢绞线压接方案。

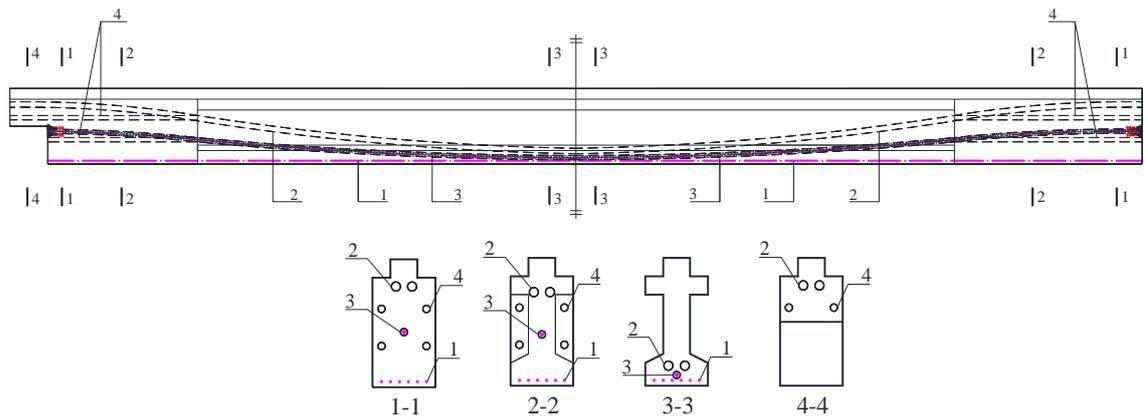
4.3.3 主跨度方向的预制预应力钢筋混凝土梁可根据荷载及跨度条件，采用先张法（图 4.3.3(a)）、后张法（图 4.3.3(b)）或者二者相结合的方式（图 4.3.3(c)）预制生产。预制预应力钢筋混凝土梁宜设计为变腹板厚度截面梁，梁端构造应根据梁柱节点连接方案设计，可选择缺口梁或无缺口梁的构造。



(a) 先张法方式



(b) 后张法方式



(c) 二者相结合方式

图 4.3.3 预制预应力混凝土梁构造示意图

1-一期先张预应力钢绞线；2-二期后张预应力钢绞线孔道；3-一期后张有粘结预应力钢绞线；  
4-二期后张精轧螺纹钢孔道

**【条文说明】**框架结构中，作为承载楼板单向导荷的主跨度方向框架梁，可选用预制预应力钢筋混凝土梁，因一般梁截面较大，故其截面设计为变腹板厚度截面梁，变截面可有利于节点区精轧螺纹钢的张拉和锚固；预制梁采用先张法、后张法或二者相结合的方式进行工厂预制，同时根据设计要求预埋后张通长曲线预应力钢绞线孔道和梁端后张直线精轧螺纹钢孔道，用于装配阶段预应力筋的布置，从而实现梁柱压接连接。

根据节点抗剪能力要求，梁端面形式可选用有缺口或无缺口梁的构造方案，与预制柱的构造特点相协调。

#### 4.3.4 预应力孔道应符合下列要求：

- 1 先张法预应力筋之间的净间距，应符合《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的相关规定；
- 2 精轧螺纹钢孔道与预应力钢绞线孔道间的轴线上净间距不宜小于 50mm，且不宜小于粗骨料粒径的 1.25 倍；孔道至构件边缘的净间距不宜小于 30mm，且满足精轧螺纹钢的局压验算和锚固要求；
- 3 预应力波纹管突出构件端面或侧面的长度不应少于 10mm。

## 4.4 预制板

4.4.1 装配整体式预应力混凝土框架结构预制板应根据荷载、跨度等条件，选用预应力混凝土双 T 板或预应力混凝土空心板。

**【条文说明】**装配整体式预应力混凝土框架结构楼板应结合结构跨度、荷载等设计条件以及预制板的特点（表 4.4.1）选用预应力混凝土双 T 板或预应力混凝土空心板，且预制板的选用应满足设计及各施工阶段受力性能要求。

表 4.4.1 不同预制板适用范围

板类型	适用跨度	导荷方式	适用范围
预应力混凝土双 T 板	9.0m~24.0m	单向	工业厂房、商场等大空间建筑
预应力混凝土空心板	3.0m~18.0m	单向	学校、商场、厂房、仓库等建筑

**4.4.2** 当楼盖采用预应力双 T 板作为叠合板底板时，可根据荷载及跨度条件按国家现行标准图集《预应力混凝土双 T 板(坡板宽度 2.4m、3.0m；平板宽度 2.0m、2.4m、3.0m)》18G 432-1 的有关规定进行选用，其与预制梁的连接构造可按本规程第 5.5.11 条执行。

**4.4.3** 当楼板采用预应力空心板作为叠合板底板时，可根据荷载及跨度条件按国家现行标准图集《SP 预应力空心板》05SG 408 的有关规定进行选用，其与预制梁的连接构造可按本规程第 5.5.10 条的规定执行。

**4.4.4** 预制板上表面混凝土应做粗糙处理，并双向布置叠合层钢筋，保证后浇叠合层与预制低板的整体性。承受较大荷载的叠合楼板，宜在预制底板上设置伸入叠合层的构造钢筋。

**【条文说明】**为保证叠合层混凝土与预制板的有效粘合以及楼板成型后的整体性，预制底板顶面应做粗糙处理，以满足叠合面抗剪要求；当预制板承担荷载较大时，宜设置界面构造钢筋加强其整体性。

## 5 结构设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 装配整体式预应力混凝土框架结构的设计方案应符合下列要求：

- 1 结构的平、立面布置宜规则，各部分的质量和刚度宜均匀、连续；
- 2 竖向抗侧力构件的截面尺寸和材料强度宜自下而上逐渐减小，避免抗侧力结构的侧向刚度突变；
- 3 结构刚度不足时，可结合建筑布局，采取局部增加剪力墙、耗能支撑的措施提高结构刚度或采用隔震技术。

**【条文说明】**合理的建筑形体和布置在抗震设计中非常重要，提倡平、立面简单、规则、对称。和现浇结构相比较而言，装配式结构的平面及竖向布置要求应更严。针对特别不规则的建筑可采取相应措施提高结构刚度及抗震能力。

5.1.2 对持久设计状况、短暂设计状况和地震设计状况，装配整体式预应力混凝土框架结构构件的承载力及各阶段荷载效应组合的设计值可按下列公式确定：

持久设计状况、短暂设计状况：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (5.1.2-1)$$

地震设计状况：

$$S \leq R / \gamma_{RE} \quad (5.1.2-2)$$

式中： $\gamma_0$ ——结构构件的重要性系数，符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；

$S$ ——荷载效应组合的设计值（N 或 N·mm）；

$R$ ——结构构件的承载力设计值（N 或 N·mm）；

$\gamma_{RE}$ ——承载力抗震调整系数，按表 5.1.2 取值。

表 5.1.2 承载力抗震调整系数

构件或拼缝	受力状态	$\gamma_{RE}$
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
抗震墙	偏压	0.85
各类构件	受剪、偏拉	0.85
梁、柱节点拼缝	受剪	0.65

1 预制构件起吊时荷载效应组合的设计值应按下式计算：

$$S = \alpha \gamma_G S_{G1k} \quad (5.1.2-3)$$

式中：  $\alpha$  ——动力系数，可取 1.5；

$\gamma_G$  ——永久荷载分项系数；

$S_{G1k}$  ——按预制构件自重荷载标准值  $G_{1k}$  计算的荷载效应值。

2 预制构件施工阶段荷载效应组合的设计值应按下式计算：

$$S = \gamma_G S_{G1k} + \gamma_G S_{G2k} + \gamma_Q S_{Qk} \quad (5.1.2-4)$$

式中：  $S_{G2k}$  ——按叠合层自重荷载标准值  $G_{2k}$  计算的荷载效应值；

$\gamma_Q$  ——可变荷载分项系数；

$S_{Qk}$  ——按施工活荷载标准值  $Q_k$  计算的荷载效应值。

3 框架结构各构件使用阶段荷载效应组合的设计值应按下式进行计算：

$$S = S \left( \sum_{i \geq 1}^m \gamma_{Gi} G_{ik} + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{1k} + \sum_{j > 1}^n \gamma_{Qj} \varphi_{cj} Q_{jk} \right) \quad (5.1.2-5)$$

式中：  $G_{ik}$  ——第  $i$  个永久荷载标准值；

$P$  ——预应力作用有关代表值；

$Q_{1k}$  ——第一个可变荷载标准值；

$Q_{jk}$  ——第  $j$  个可变荷载标准值；

$\gamma_{Gi}$  ——第  $i$  个永久荷载分项系数；

$\gamma_P$  ——预应力作用的分项系数；

$\gamma_{Q1}$  ——第 1 个可变荷载的分项系数；

$\gamma_{Qj}$  ——第  $j$  个可变荷载的分项系数；

$\varphi_{cj}$  ——第  $j$  个可变荷载的组合值系数；

$m$  ——参与组合的永久荷载数；

$n$  ——参与组合的可变荷载数。

5.1.3 正常使用极限状态下，装配整体式预应力混凝土框架结构的结构构件应分别按荷载的标准组合并考虑长期作用影响，采用下列极限状态表达式：

$$S \leq C \quad (5.1.3-1)$$

式中：  $S$  ——正常使用极限状态的荷载效应组合值；

$C$  ——结构构件达到正常使用要求所规定的变形、裂缝宽度和应力等的限值。

框架结构各构件的荷载标准组合的效应设计值和准永久组合的效应设计值，

应按下列式确定：

1 荷载标准组合的效应设计值：

$$S = S \left( \sum_{i=1}^m G_{ik} + P + Q_{1k} + \sum_{j>1}^n \varphi_{cj} Q_{jk} \right) \quad (5.1.3-2)$$

2 荷载准永久组合的效应设计值：

$$S = S \left( \sum_{i=1}^m G_{ik} + P + \sum_{j>1}^n \varphi_{qj} Q_{jk} \right) \quad (5.1.3-3)$$

式中： $\varphi_{qj}$ ——第  $j$  个可变荷载的准永久值系数。

5.1.4 结构的作用分项系数应按表 5.1.4 取值。

表 5.1.4 基本组合的荷载分项系数

作用分项系数	适用情况	
	当作用效应对承载力不利时	当作用效应对承载力有利时
$\gamma_G$	1.3	$\leq 1.0$
$\gamma_P$	1.3	$\leq 1.0$
$\gamma_Q$	1.5	0

注：对结构的倾覆、滑移或漂浮验算，作用的分项系数应按国家、行业现行的结构设计规范的规定采用。

5.1.5 装配整体式预应力混凝土框架结构可根据烈度、结构类型以及房屋高度按表 5.1.5 确定结构构件的抗震等级。

表 5.1.5 装配整体式预应力混凝土框架结构构件抗震等级

框架结构体系	设防烈度					
	6		7		8	
高度 (m)	$\leq 18$	$> 18$	$\leq 18$	$> 18$	$\leq 18$	$> 18$
框架	四	三	三	二	二	一
大跨度框架	三		二		一	

注：大跨度框架指跨度不小于 18m 的框架。

**【条文说明】**鉴于装配整体式预应力混凝土框架结构体系应用于高层的情况未经工程验证，且针对该结构体系应用于高层结构的抗震性能试验研究尚不充分，为保证结构安全，本条对结构抗震等级的规定在《建筑抗震设计规范》GB 50011 基础上有所提高。

5.1.6 装配整体式预应力混凝土框架结构构件的截面配筋及构造要求应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《预应力混凝土结构设计规范》JGJ 369、《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的相关规定。

5.1.7 装配整体式预应力混凝土框架结构在地震作用下的变形验算，应符合国家现行标准《预应力混凝土结构抗震设计标准》JGJ/T 140 的相关规定。

5.1.8 7 度三级框架节点核心区应按国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定进行验算。一、二级框架节点核心区，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定进行抗震验算。

## 5.2 结构分析

5.2.1 装配整体式预应力混凝土框架结构应按施工阶段和使用阶段结构实际承担的荷载工况，建立适宜的结构计算模型，并确定各阶段的作用效应。

**【条文说明】**装配整体式预应力混凝土框架结构的内力和变形应按施工安装、使用阶段分别计算，使用阶段框架结构计算可取与现浇结构相同的计算模型。

5.2.2 装配整体式预应力混凝土框架结构的施工阶段，预制梁应按简支梁计算，可不考虑地震作用的影响；节点区预应力筋张拉锚固后及使用阶段，应按框架结构计算；框架梁支座截面的抗裂验算应计入穿过梁柱节点的全部预应力筋的影响。

**【条文说明】**装配整体式预应力混凝土框架需按施工阶段确定构件荷载条件和边界条件，吊装阶段框架梁根据支撑条件按简支梁计算；张拉完成贯穿梁柱节点的精轧螺纹钢筋和曲线预应力钢绞线后，结构形成框架，此时应按连续梁进行结构计算。一般情况下，形成框架后框架梁跨中弯矩和抗裂能力由预制构件中的先张直线预应力筋和梁内后张曲线预应力钢绞线共同承担；节点处抗弯及抗裂验算则应计入穿过节点的后张预应力钢绞线和精轧螺纹钢筋的有效预压力。

5.2.3 装配整体式预应力混凝土框架结构使用阶段的承载能力极限状态及正常使用极限状态的整体的作用效应分析可采用弹性分析方法，按照现浇结构相同的模型进行计算。

**【条文说明】**装配整体式预应力混凝土框架结构弹性分析宜采用结构力学或弹性力学分析方法。体形规则的结构，可根据作用的种类和特性，采用适当的简化分析方法。大量试验研究表明，装配整体式预应力混凝土框架结构使用阶段结构性能满足“等同现浇”要求，其使用阶段结构分析可取与现浇结构相同的计算模型，其计算精度满足工程要求。

5.2.4 装配整体式预应力混凝土框架结构使用阶段的内力计算应符合下列规定：

- 1 框架梁的计算跨度应取柱中心到柱中心的距离；
- 2 框架柱的计算长度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定确定；
- 3 框架梁不考虑楼板的翼缘效应。

**【条文说明】**装配整体式预应力框架结构叠合板的后浇叠合层仅在板上浇筑，梁顶基本无后浇叠合层，因此计算时不考虑楼板的翼缘效应。

5.2.5 在结构内力与变形计算时,对叠合楼盖可假定楼盖在其自身平面内为无限刚性。

【条文说明】装配整体式预应力混凝土框架结构楼板一般采用叠合层配筋的叠合楼板,叠合板底板采用相应的构造连接与后浇叠合层混凝土形成有效整体,其在楼盖平面内可按刚性板考虑。

5.2.6 当框架柱连接采用预应力精轧螺纹钢筋的方式时,其计算应符合下列规定:

1 框架柱的受剪和受压承载力,可按普通钢筋混凝土柱计算,但应考虑精轧螺纹钢筋预加轴力的影响;

2 预制柱与基础、预制柱之间拼缝抗剪承载力按本规程第 5.3.2 条的规定执行。

5.2.7 装配阶段,框架梁内后张预应力筋张拉后发生的收缩徐变损失,宜考虑预制构件已建立的预应力及前期发生的收缩徐变的影响。

5.2.8 预应力混凝土结构部分的阻尼比可采用 0.03。结构的等效阻尼比可按钢筋混凝土结构部分和预应力混凝土结构部分在整个结构总变形能所占的比例进行折算。

5.2.9 结构内力和变形计算时,应计入填充墙对结构刚度的影响。当采用轻质墙板填充墙时,可采用周期折减的方法考虑其对结构刚度的影响;对于框架结构,周期折减系数可取 0.7~0.9;对于框架-剪力墙和框架-核心筒结构,周期折减系数可取 0.8~0.9。

5.2.10 在风荷载或多遇地震作用下,框架结构楼层内最大的弹性层间位移应满足下式要求:

$$\Delta u_e \leq [\theta_e] h \quad (5.2.10)$$

式中:  $\Delta u_e$ ——楼层内最大弹性层间位移;

$[\theta_e]$ ——弹性层间位移角限值,取 1/550;

$h$ ——层高。

## 5.3 构件设计

5.3.1 装配整体式预应力混凝土框架结构构件承载力及变形计算应按国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB 50010 的有关规定执行。

5.3.2 装配整体式预应力混凝土框架结构梁、柱采用预应力压接连接时,其受剪承载力应符合下列规定:

持久设计状况、短暂设计状况:

$$V \leq \mu N_{pe} \quad (5.3.2-1)$$

地震设计状况：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (\mu N_{pe}) \quad (5.3.2-2)$$

式中：  $V$ ——梁端拼缝位置剪力设计值(kN)；

$N_{pe}$ ——后张预应力钢绞线和后张精轧螺纹钢在拼缝截面建立的有效预加力之和(kN)；

$\mu$ ——梁柱压接拼缝等效摩阻系数，取 0.4。

**【条文说明】**预制构件结合面的抗剪承载力主要由结合面的黏结力、粗糙面或键槽的抗剪能力、轴压力产生的摩擦力、剪胀作用以及销栓作用组成。结构发生剪切滑移首先要克服的就是结合面化学黏结作用，对装配式预应力构件来说，摩擦力主要与结合面的预加压力和摩擦系数有关。

多国规范给出了节点抗剪承载力的计算公式，这些公式大多考虑了摩擦力的因素，但界面摩擦系数  $\mu$  的取值存在一定差异。我国现行的《整体预应力装配式板柱结构技术规程》CECS52 中抗剪承载力公式为：

$$V_{uE} \leq 0.36\mu N_{tot}$$

式中：  $V_{uE}$ ——竖向荷载产生的剪力基本组合设计值；

$N_{tot}$ ——预应力综合轴力的有效值，以受压为正；

$\mu$ ——混凝土与混凝土之间或混凝土与砂浆之间的摩擦系数，可取 0.7。

深圳市地方规范《预制装配整体式钢筋混凝土结构技术规范》SJG18，规定接触面的受压抗剪承载力设计值为：

$$V_{uE} \leq \mu N$$

其中，摩擦系数  $\mu$  按表 5.3.2 取值。

ACI 中摩擦抗剪承载力公式为：

$$V_{uE} \leq A_{vf} f_y \mu$$

式中：  $A_{vf} f_y$ ——通过张拉贯穿梁柱节点的预应力钢绞线和精轧螺纹钢建立的有效预加力之和；

$\mu$ ——混凝土与混凝土之间或混凝土与砂浆之间的摩擦系数，按表 5.3.2 取值。

日本规范规定梁的接触面压缩应力传递的受剪承载力为：

$$V_{uE} \leq \mu M / j_i$$

式中：  $M$ ——竖向荷载产生的剪力基本组合设计值；

$j_i$ ——预应力综合轴力的有效值，以受压为正；

$\mu$ ——摩擦系数，按表 5.3.2 取值。

表 5.3.2 摩擦系数  $\mu$

界面状态	摩擦系数
混凝土浇筑在已经硬化的混凝土表面，表面未做粗糙处理	0.6
混凝土浇筑在已经硬化的混凝土表面，表面做粗糙处理	1.0
混凝土整体浇筑，没有浇筑接缝	1.4

通过采用预应力压接方式连接的装配整体式预应力混凝土框架结构梁柱节点摩擦直剪的大量试验和数据拟合结果表明：当采用普通现场拌制砂浆时，梁柱拼缝等效摩阻系数最小值为 0.6；当采用成品低收缩高强纤维砂浆时，其等效摩阻系数提高 2~3 倍。考虑到结构设计、施工因素以及足够的安全储备，节点摩擦抗剪承载力计算公式中的等效摩阻系数取 0.4。

5.3.3 任何情况下梁柱节点压接接缝平均预压应力不应小于 2.0MPa。

【条文说明】采用预应力压接连接梁柱拼缝采用摩擦剪原理计算时，截面的预压应力对其抗剪承载力有显著影响。研究表明，装配整体式预应力混凝土框架结构采用预应力压接连接，截面的平均预压应力  $N_{pe} / A_e \geq 2.0 \text{ MPa}$  时，摩擦系数均满足本规程 5.3.2 条的要求。因此对节点截面最小平均压应力做出规定，以保证梁柱结合面的有效预压。其中， $A_e$  为有效截面面积 ( $\text{mm}^2$ )。

5.3.4 装配整体式预应力混凝土框架结构梁柱拼缝采用直缝拼接时，其受扭验算可按下列式计算：

$$T_u = \mu \sigma'_n W_t \quad (5.3.4-1)$$

$$W_t = \frac{b^2}{6} (3x - b) \quad (5.3.4-2)$$

式中：  $T_u$ ——梁柱拼缝抗扭承载力 (N)；

$\mu$ ——梁柱压接拼缝等效摩阻系数，取 0.6；

$\sigma'_n$ ——梁柱拼缝截面平均压应力 (MPa)；

$W_t$ ——梁柱接缝的有效截面抗扭塑性抵抗矩 ( $\text{mm}^3$ )；

$b$ 、 $x$ ——梁柱拼缝截面宽度、受压区高度 (mm)。

【条文说明】试验研究结果显示，接缝在纯扭转作用下对接缝施加压应力可显著提升接缝的开裂扭矩、极限扭矩、延性系数，其受扭承载力、延性与预压应力大小呈正相关关系。在正常设计施工情况下，梁柱拼缝在纯扭作用下，仍然遵循剪切摩擦理论。经试验和算例分析，按本规程设计配筋的拼缝处截面的抗扭承载力一般会大于梁构件的斜截面抗扭承载力，梁的受扭破坏一般会先于接缝发生受扭破坏。

5.3.5 使用阶段装配整体式预应力混凝土框架梁斜截面抗剪、抗扭承载力应考虑预应力的影响。

**5.3.6** 装配整体式预应力混凝土框架结构梁柱节点进行抗震验算时,可不进行梁端截面预应力度验算,但应满足受压区高度要求:一级不应大于 0.25,二、三级不应大于 0.35。

**【条文说明】**相关试验研究表明,对于预应力混凝土框架,当构件预应力度较大时且梁截面受压区高度满足相关规范的要求下,在地震作用下梁端截面仍具有较好的延性。我国现行标准规范采用的是预应力度和受压区高度两项参数双重控制的设计理念,国外标准及国内外研究结果显示,梁截面受压区高度是影响结构延性的控制性因素,在预应力度适当提高的情况下,结构仍可满足抗震延性要求。课题组也对高预应力度混凝土框架结构进行了抗震性能试验,结果显示当梁截面受压区高度满足现行国家标准规定的情况下,预应力度达到 0.9 时结构仍具有较好的抗震延性,这与国外相关研究结论是一致的。装配整体式预应力混凝土框架结构因其体系装配特点,框架梁端预应力度较大,因此为满足结构的抗震延性要求,对框架梁受压区高度做出规定,但适当放宽了对预应力度要求。

**5.3.7** 预制柱节点核心区的设计应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定,且计算时可不考虑核心区后张预应力筋孔道对截面的削弱影响。

**【条文说明】**预制柱节点核心区布有后张预应力筋孔道,由于全部预应力孔道均为后灌浆预应力技术,结构使用阶段预制柱核心区孔道被高强孔道砂浆填充,因此不考虑孔道对截面的削弱影响。

**5.3.8** 预制柱竖向采用精轧螺纹钢筋连接时,孔道可选用预应力混凝土用波纹管或圆钢管,孔道直径应满足精轧螺纹钢筋的穿筋、连接及灌浆要求;每一拼装段预制柱应设置灌浆孔和排气孔,灌浆孔布置在预制柱下部,排气孔布置在预制柱上部;预制柱采用分段张拉锚固方式,每一拼装段预制柱顶应设置锚垫板和锚具。

**5.3.9** 预制梁端部第一支箍筋距预制梁端截面的净距离宜为 20mm~25mm,预制梁端上部及下部纵向钢筋应向梁截面中性轴弯折并有效锚固。

**【条文说明】**预制梁端部箍筋布置对结构抗震延性有较大影响,实际工程中,框架结构装配完成后,预制梁第一支箍筋距离柱边的距离为拼缝砂浆厚度与预制梁端部第一支箍筋距预制梁端面的距离之和。为保证形成框架后梁端第一支箍筋距柱侧面的最小距离要求,对预制梁端部第一支箍筋距梁端截面的距离做出规定。

**5.3.10** 预制梁工厂预制阶段采用后张法预应力技术进行预制生产时,预应力锚具应采用穴模,张拉灌浆后采用高强砂浆进行封锚,封锚砂浆强度应比预制梁混凝土高一个强度等级,并保证封锚砂浆面与梁端面齐平,封锚时应布置构造钢筋网(图 5.3.10)。

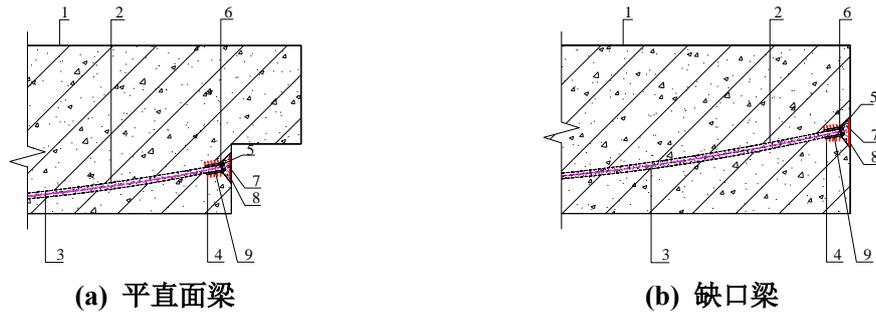


图 5.3.10 后张法预制梁封锚构造

1-预制梁；2-预埋孔道；3-预应力筋；4-螺旋筋；5-锚具；  
6-锚垫板；7-高强砂浆；8-钢板网；9-保护套

【条文说明】当预制梁采用后张法预制生产时，梁端采用穴模并按条文要求构造方式进行封锚后，可保证封锚位置梁端面在结构装配施工时的强度，且端面构造不影响梁柱拼缝的施工。

5.3.11 装配整体式预应力混凝土框架结构预应力钢绞线及精轧螺纹钢的锚固区，应按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定进行锚固区局部受压计算。

5.3.12 对不配抗剪钢筋的叠合板，当符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的叠合面粗糙度构造规定时，其叠合面的抗剪强度应符合下式的规定：

$$\frac{V}{bh_0} \leq 0.4 \quad (5.3.12)$$

式中：V——剪力设计值（N）；

b——截面宽度（mm）；

$h_0$ ——截面有效高度（mm）。

5.3.13 装配整体式预应力混凝土框架结构梁柱节点采用牛腿方式连接时，可不进行梁柱拼缝位置竖向摩擦抗剪承载力计算，但应按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定进行牛腿承载力设计，且构造应满足以下要求：

1 沿牛腿顶部配置的纵向受力钢筋，宜采用 HRB400 级或 HRB500 级热轧带肋钢筋，全部纵向受力钢筋及弯起钢筋宜沿牛腿外边缘向下伸入下柱内 150mm 后截断；

2 牛腿应设置水平箍筋，箍筋直径宜为 6mm~12mm，间距宜为 100mm~150mm；在上部  $2h_0/3$  范围内的箍筋总截面面积不宜小于承受竖向力的受拉钢筋截面面积的 1/2。

3 当采用暗牛腿柱时，暗牛腿宽度宜与梁同宽，暗牛腿截面高度不宜小于梁截面高度的 1/3，长度不宜大于暗牛腿截面高度。

5.3.14 预应力筋的张拉控制应力应按国家现行标准《预应力混凝土结构设计规范》JGJ 369 的有关规定执行。

## 5.4 施工验算

5.4.1 装配整体式预应力混凝土框架结构应根据各施工阶段构件的承载力和刚度要求，确定预制柱、预制梁、预制板的支撑位置和数量。

5.4.2 装配整体式预应力混凝土框架结构施工安装阶段的内力计算应符合下列规定：

- 1 荷载应包括梁板自重及施工安装荷载；
- 2 梁的计算跨度应根据支撑的实际情况确定。

5.4.3 预制构件在翻转、运输、吊装、安装等短暂设计状况下的施工验算，应将构件的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、吊装时，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。

5.4.4 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情况取用，且不宜小于  $1.5\text{kN/m}^2$ 。

5.4.5 叠合板未形成前，应对板在自重、新浇混凝土重量及相应施工荷载下的承载力及变形进行验算；叠合层混凝土达到设计强度后，应对后加恒载及活载下的叠合截面进行验算。

## 5.5 连接构造

5.5.1 预制梁和预制柱的接缝宽度宜为 20mm~30mm，不应大于 40mm，应保证拼缝截面各处厚度一致。

**【条文说明】**根据施工工艺和研究结果表明，预制梁和预制柱之间的拼缝宽度与拼缝位置的受力、梁端转动、预应力孔道的拼接、拼缝的灌浆、构件安装偏差等原因有关，缝宽较小不利于现场施工，缝宽较大时对拼缝受力性能有影响，且拼缝的施工质量是保证其性能的关键，应保证拼缝截面各点厚度一致，即梁端面与柱侧面保持平行。

5.5.2 预制柱与基础、预制柱之间可采用套筒灌浆连接或预应力精轧螺纹钢筋连接；灌浆套筒及预应力精轧螺纹钢筋灌浆材料宜用高强无收缩灌浆料，1d 龄期的强度不宜低于 25MPa，28d 龄期的强度不宜低于 60MPa。

5.5.3 预制柱与基础、竖向预制柱之间采用套筒灌浆连接时，其构造应满足国家现行标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的有关规定。

5.5.4 预制柱与基础、竖向预制柱之间采用后张精轧螺纹钢筋连接时，其构造应

按图 5.5.4-1 和图 5.5.4-2 执行。

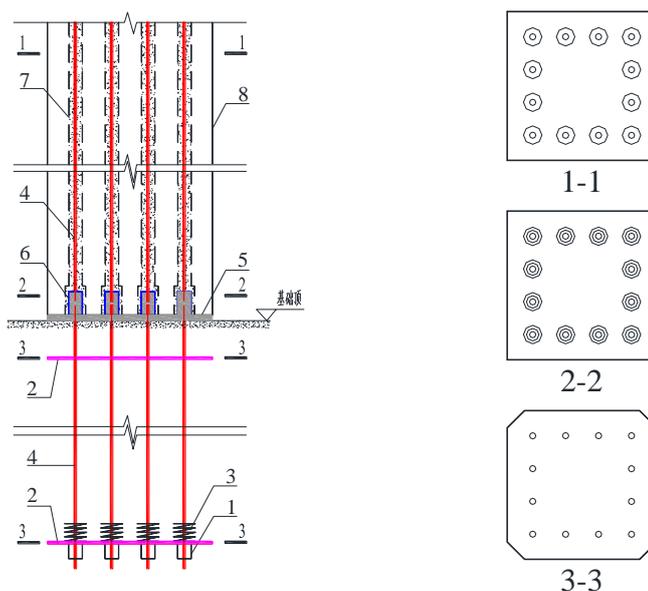


图 5.5.4-1 预制柱与基础连接构造

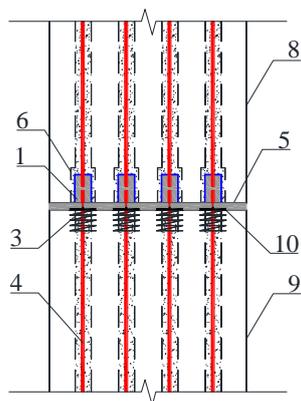


图 5.5.4-2 预制柱间连接构造

1-锚具；2-锚固定位钢板；3-螺旋筋；4-精轧螺纹钢；5-坐浆层；6-连接器；  
7-预埋孔道；8-预制上柱；9-预制下柱；10-锚垫板

**5.5.5** 装配整体式预应力混凝土框架主跨度方向梁柱连接，采用后张预应力压接方式，设计时可根据梁柱节点剪力效应，设计为暗牛腿（图 5.5.5(a)）、明牛腿（图 5.5.5(b)）、无牛腿（图 5.5.5(c)）连接方式。

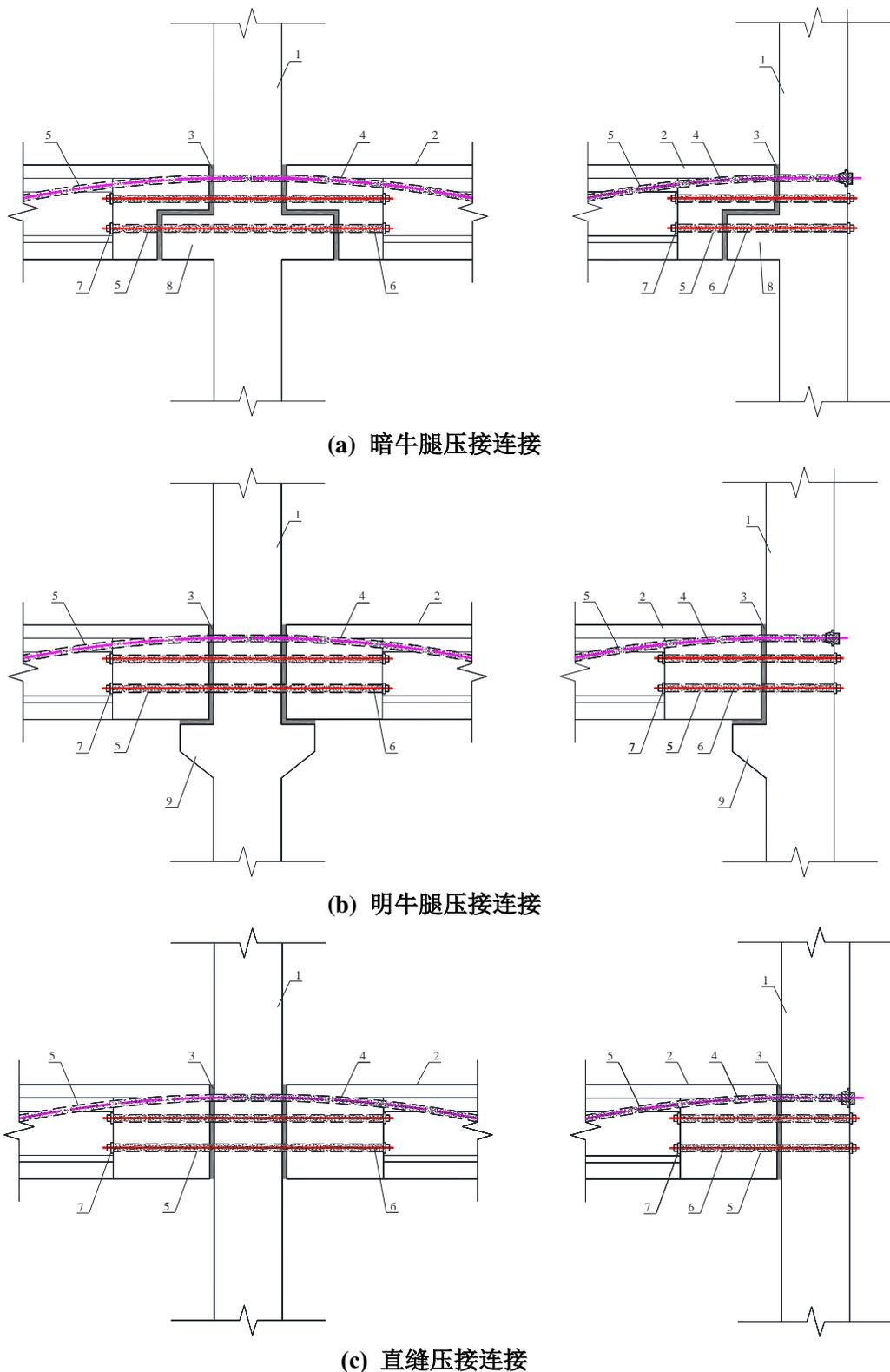


图 5.5.5 预制预应力梁与预制柱的连接构造

1-预制柱；2-预制梁；3-拼缝砂浆；4-钢绞线；

5-预埋波纹管；6-精轧螺纹钢；7-锚具；8-暗牛腿；9-明牛腿

**5.5.6** 装配整体式预应力混凝土框架柱距方向，预制梁与预制柱的连接可通过后张通长预应力钢绞线实现压接连接（图 5.5.6(a)），或采用节点区后张精轧螺纹钢

筋压接连接方式（图 5.5.6(b)）。

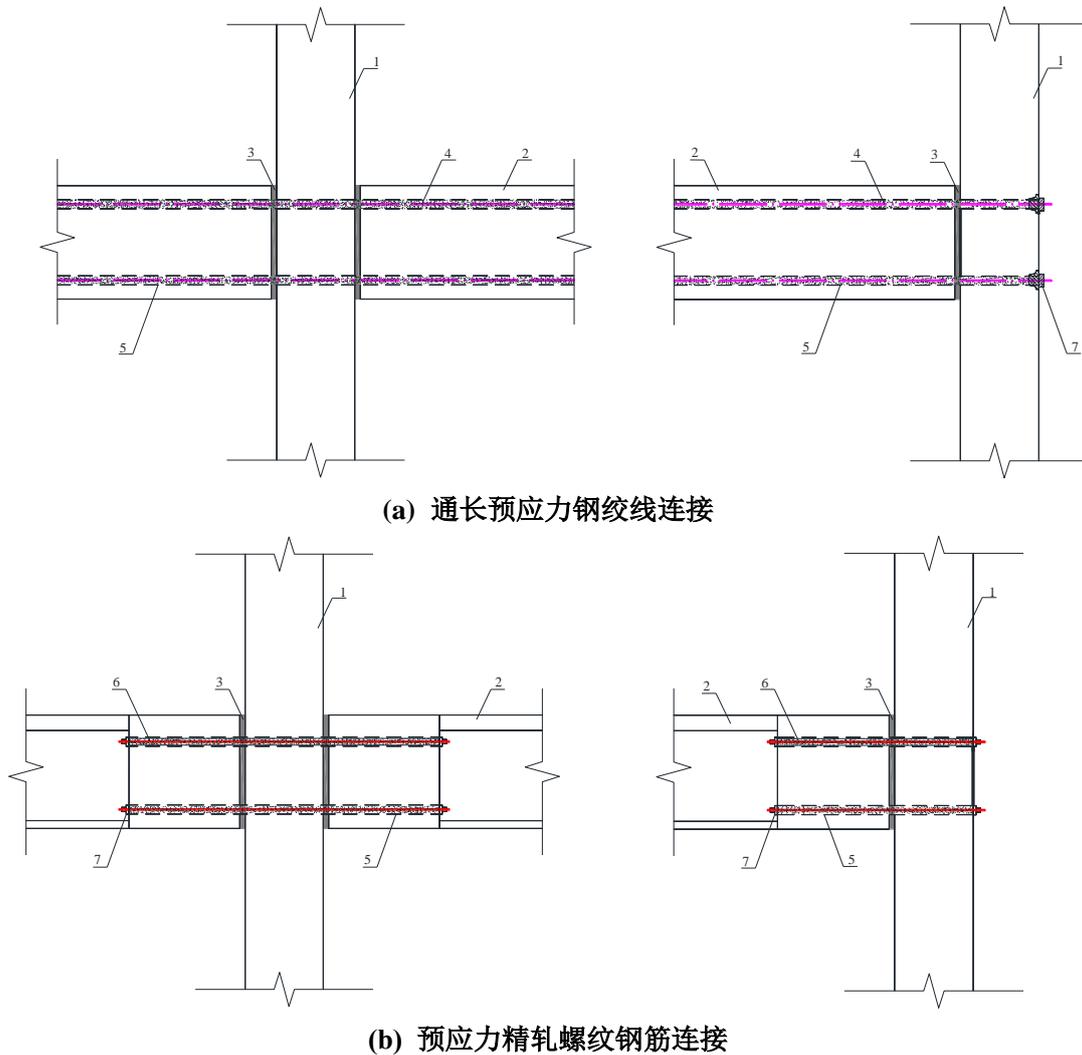


图 5.5.6 预制钢筋混凝土梁与预制柱的连接构造

1-预制柱；2-预制梁；3-拼缝砂浆；4-钢绞线；5-预埋波纹管；6-精轧螺纹钢；7-锚具

**5.5.7** 框架节点处梁柱连接用精轧螺纹钢，当梁为矩形截面时，精轧螺纹钢孔道应布置于梁内最外围箍筋四角处；当梁为变腹板厚度梁时，精轧螺纹钢孔道应在满足钢筋张拉锚固空间的前提下，在腹板高度范围内分别紧贴梁上下翼缘布置，且直径不宜小于 25mm。

**【条文说明】**框架节点拼缝位置的承载力由后张通长预应力钢绞线和精轧螺纹钢共同承担，设计计算时存在仅靠后张通长预应力筋的张拉就能使节点满足抗弯承载力和抗剪承载力的情况，但节点处分散布置并穿过柱核心区的精轧螺纹钢对节点抗震是有必要的，因此规定了精轧螺纹钢的最小直径。

**5.5.8** 节点区梁柱连接采用穿过节点的预应力精轧螺纹钢连接时，精轧螺纹钢在单侧梁内的锚固长度不应小于框架梁计算跨度的  $1/8$  且不小于 1500mm。

**【条文说明】**参数分析表明，精轧螺纹钢在梁内的锚固长度对地震作用下梁端破坏形态有较大的影响。当精轧螺纹钢锚固长度过大时，不利于施工作业；当锚固长度过小时，一方面由于长度较短，精轧螺纹钢张拉后回缩损失较大，另

一方面地震作用下梁端塑性铰出现位置将不发生在梁端,而发生在精轧螺纹钢筋锚固点靠近梁跨中的一侧,因此本条规定精轧螺纹钢筋锚固长度不小于框架梁计算跨度的1/8和1500mm的较大者。

**5.5.9** 梁柱拼缝砂浆厚度大于30mm时,应采用自密实细石混凝土,并在拼缝位置配置钢筋网片或构造箍筋,钢筋网片面积不宜小于梁内箍筋面积。

**【条文说明】**当拼缝宽度较大时,穿过拼缝混凝土的仅有后张预应力钢绞线和后张精轧螺纹钢筋,为保证细石混凝土的抗裂性和整体性,需在拼缝宽度范围内的细石混凝土中设置构造钢筋。

**5.5.10** 当采用暗牛腿连接节点时,预制梁应采用缺口梁(图5.5.10)与预制柱连接,并应符合下列规定:

1 缺口梁端部高度 $h_1$ 不宜小于0.5倍的梁截面高度,挑出部分长度可取缺口梁端部高度或根据设计要求确定;

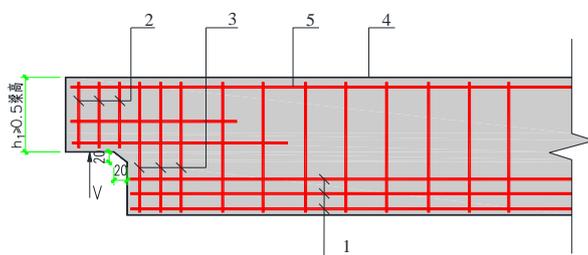


图 5.5.10 缺口梁示意图

1-底部纵筋; 2-缺口部位箍筋; 3-箍筋; 4-预制梁; 5-纵筋

2 缺口梁梁端受剪截面应符合下列式规定:

持久设计、短暂设计状况:

$$V \leq 0.25bh_{t0} \quad (5.5.10-1)$$

地震设计状况:

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}}(0.25bh_{t0}) \quad (5.5.10-2)$$

式中:  $V$  ——缺口梁梁端剪力设计值 (N);

$b$  ——缺口梁截面宽度 (mm);

$h_{t0}$  ——缺口梁端部截面有效高度 (mm);

3 缺口梁凸出部分梁底纵筋的截面面积 ( $A_{t1}$ ) 应符合下列式规定:

$$A_{t1} \leq 1.2 \left( \frac{Ve}{z_1} + H \right) / f_y \quad (5.5.10-3)$$

$$A_{t1} \leq \frac{V^2}{12.55f_y b h_1} + \frac{1.2H}{f_y} \quad (5.5.10-4)$$

式中:  $e$  ——缺口梁梁端支座反力与吊筋合力点之间的距离 (mm)。反力作用

点位置：梁底有预埋钢板可取为预埋钢板中点，无预埋钢板可取为梁端凸出部分的中点；

$z_1$ ——可取 0.85 倍缺口梁端部截面有效高度；

$H$ ——梁底有预埋钢板可取 0.2N，无预埋钢板可取 0.65N，另有计算的除外；

$f_y$ ——钢筋抗拉强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)。

4 缺口梁凸出部分腰筋的截面面积 ( $A_{t2}$ ) 应符合下列规定：

$$A_{t2} \leq V^2 / (25.16f_y b h_1) \quad (5.5.10-5)$$

5 缺口梁凸出部分箍筋的截面面积 ( $A_{v1}$ ) 应符合下列规定：

$$1.2V \leq A_{v1}f_{yv} + A_{t2}f_y + 0.7bh_0f_t \quad (5.5.10-6)$$

$$A_{v1,\min} \geq \frac{1}{2f_{yv}}(1.2V - 0.7bh_0f_t) \quad (5.5.10-7)$$

式中： $f_t$ ——混凝土抗拉强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)。

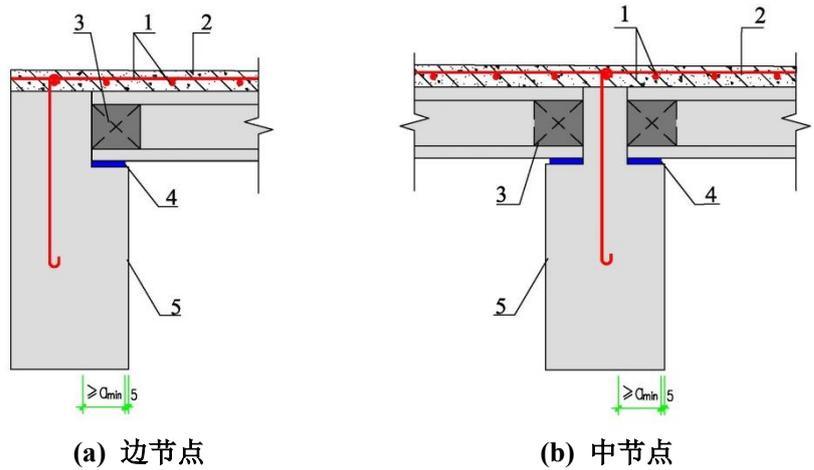
**【条文说明】**施工阶段验算时应注意主梁缺口后截面削弱的影响，另外缺口位置应有足够的箍筋承担集中力。施工过程中应采取有效措施确保主梁与柱连接处稳固、密实。

**5.5.11** 当采用预应力空心板作为叠合楼盖底板时，板与预制梁之间的连接构造可按图 5.5.11 执行，板在梁上的最小支撑长度  $a_{\min}$  应符合表 5.5.10 的规定。板间连接构造根据工程实际需要自行设计。

表 5.5.11 板最小支撑长度取值

板跨度	最小支撑长度 $a_{\min}$
$L \leq 10\text{m}$ 时	55mm
$10\text{m} \leq L \leq 14.4\text{m}$ 时	80mm
$14.4\text{m} < L \leq 18\text{m}$ 时	100mm

注： $L$  为轴线跨度。



**5.5.11 空心板连接**

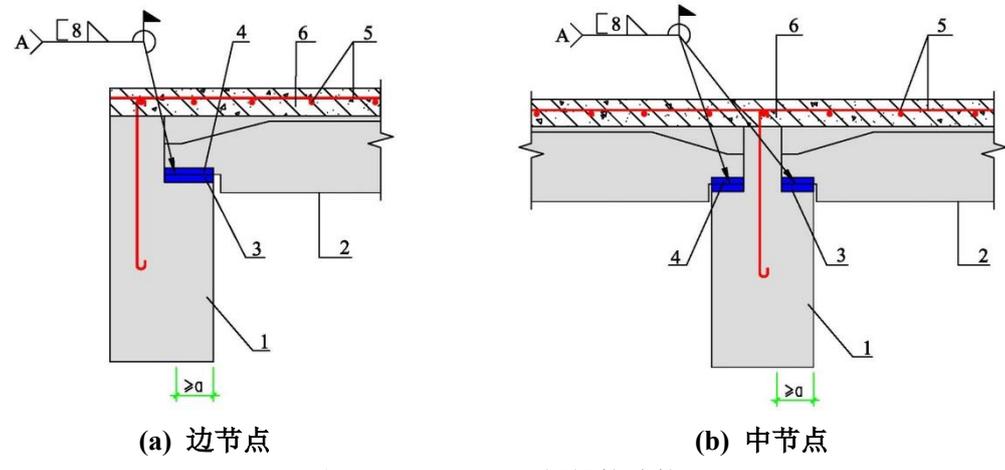
1-叠合层钢筋; 2-后浇叠合层; 3-板孔堵头; 4-水泥砂浆; 5-预制梁

**5.5.12** 当采用预应力双 T 板作为叠合楼盖底板时, 板与预制梁之间的连接可按图 5.5.12-1 和图 5.5.12-2 执行, 板支撑在钢筋混凝土构件上的最小支撑长度  $a$  应符合表 5.5.12 的规定。板间连接构造可按图 5.5.12-3 执行。

**表 5.5.12 板最小支撑长度取值**

板跨度	最小支撑长度 $a$
$L < 18\text{m}$ 时	200mm
$18\text{m} \leq L \leq 24\text{m}$ 时	250mm

注:  $L$  为轴线跨度。



**图 5.5.12-1 双 T 板焊接连接**

1-预制梁; 2-双 T 板; 3-梁顶预埋件; 4-双 T 板预埋件; 5-叠合层钢筋; 6-叠合层

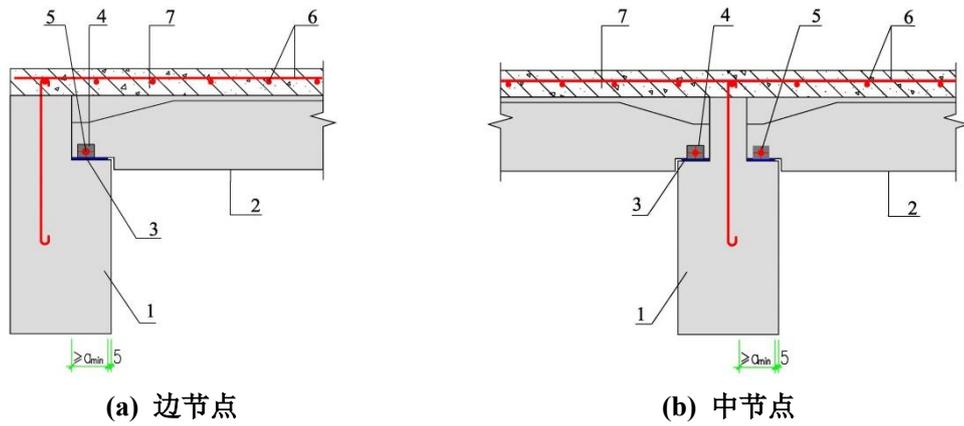


图 5.5.12-2 双 T 板螺栓连接

1-预制梁；2-双 T 板；3-梁顶预埋件；4-角钢；5- $\varnothing 20$  螺栓；6-叠合层钢筋；7-叠合层

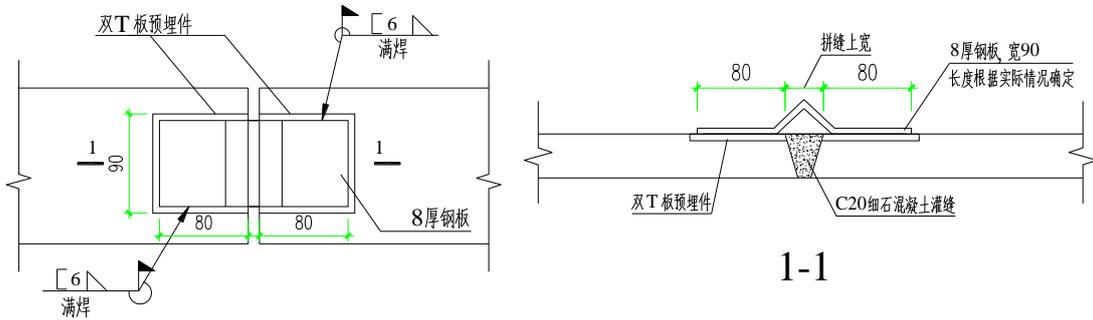


图 5.5.12-3 拼缝构造

**5.5.13** 当采用预应力空心板或预应力双 T 板作为叠合楼盖底板时，叠合层混凝土厚度不宜小于 50mm，且应根据受力及构造要求布置叠合层钢筋。

**【条文说明 5.5.11~5.5.12】** 装配整体式预应力混凝土框架结构为实现快速便捷施工，预制梁与叠合板底板的连接做了大量简化，在参考现行相关标准和图集的基础上，取消梁上叠合层，全部叠合层及钢筋均设置在板上，大大简化施工工序。以该种设计思路为基础，设计计算时框架梁不考虑楼板的翼缘效应。

## 6 构件制作

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 预制构件制作单位应具备相应的生产工艺设施,并应有完善的质量管理体系和必要的试验检测手段。

**6.1.2** 预制构件制作前,应对其技术要求和质量标准进行技术交底,交底文件应各方签字确认并归档。生产前应制定生产方案,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。

**6.1.3** 用于预制构件生产的原材料、构配件和器具进场时,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 的有关规定进行验收,合格后方可使用。

**6.1.4** 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。

**6.1.5** 预制构件应设置用于调运和安装支撑的预埋件,预埋件的设置应满足设计及相关规范要求。

**6.1.6** 生产工艺复杂的预制构件生产前应进行构件试生产,验证生产工艺、构件质量满足设计要求后,方可进行批量生产。

**【条文说明】**装配整体式预应力混凝土框架结构因其结构体系特点,预制梁及预制柱生产时需预留后张预应力钢绞线及后张精轧螺纹钢孔道,尤其梁柱节点区钢筋较密时,柱内预应力筋孔道安装精度、质量对结构性能影响较大。预制构件批量生产前应根据设计文件进行试生产,发现问题后应及时反馈给设计人员进行相应调整,保证最终预制构件的生产质量。

**6.1.7** 钢筋、模板、预应力筋孔道、锚夹具等安装完成后,应做好成品保护工作。

### 6.2 模板、台座

**6.2.1** 模具应具有足够的强度、刚度和整体稳定性,并应能满足预制构件预留孔、插筋、预埋吊件及其他预埋件的定位要求。

**【条文说明】**预制构件预留孔设施、插筋、预埋吊件其他预埋件要可靠地固定在模具上,并避免在浇筑混凝土过程中产生移位。

**6.2.2** 模具设计应满足预制构件质量、生产工艺、组装与拆卸、周转次数等要求。跨度较大的预制构件的模具应根据设计要求预设反拱。

**【条文说明】**预制构件合理的接缝位置以及尺寸和形状的设计十分重要,它对建

筑功能、建筑平立面、结构受力状况、预制构件承载能力、工程造价等都会产生一定的影响。设计时，应同时满足建筑模数协调、建筑物理性能、结构和预制构件的承载能力、便于施工和进行质量控制等多项要求。同时应尽量减少预制构件的种类，保证模板能够多次重复使用，以降低造价。

**6.2.3** 模板几何尺寸应准确，安装应牢固，拼缝应严密。

**【条文说明】**模板制作应保证拼缝严密不漏浆，几何尺寸符合设计要求，特别是模板预留洞口位置应准确，保证梁、柱拼接时，预留洞口可顺利对接。

**6.2.4** 模板、台座应保持清洁，隔离剂应涂刷均匀。

**6.2.5** 台座应具有足够的承载能力、刚度和稳定性，避免因台座的变形、倾覆和滑移而引起预应力的损失，以确保先张法生产构件的质量。

## 6.3 钢筋加工、安装

**6.3.1** 钢筋加工前应将表面清理干净，表面有颗粒状、片状老锈或有损伤的钢筋不得使用。

**6.3.2** 钢筋加工宜在常温状态下进行，加工过程中不应对钢筋进行加热，钢筋应一次弯折到位。

**6.3.3** 钢筋加工的形状、尺寸应符合设计要求，其允许偏差应符合表 6.3.3 的规定。

**表 6.3.3 钢筋加工允许偏差**

项目	允许偏差 (mm)
受力钢筋沿长度方向全长的净尺寸	±5
弯起钢筋的弯折位置	±10
箍筋内净尺寸	±3

**6.3.4** 钢筋安装的允许偏差应符合表 6.3.4 的规定。

**表 6.3.4 钢筋安装的允许偏差**

项目		允许偏差 (mm)	
绑扎钢筋网	长、宽	±10	
	网眼尺寸	±20	
绑扎钢筋骨架	长	±5	
	宽、高	±3	
受力钢筋	间距	±5	
	排距	±3	
	保护层厚度	柱、梁	±5
		板	±3

续表 6.3.4

项目		允许偏差 (mm)
绑扎箍筋、横向钢筋间距		±5
钢筋弯起点位置		±10
预埋件	中心线位置	3
	水平高差	+3, 0

**【条文说明】**在钢筋绑扎过程中不得有变形或松脱现象，安装钢筋骨架时，应保证其在模型中的正确位置，不得倾斜、扭曲，亦不得变更保护层的规定厚度。钢筋骨架经预制、安装就位后，应进行检查，作出记录并妥善保护。

**6.3.5** 预埋件用钢材的性能应符合设计要求。预埋件加工偏差应符合表 6.3.5 的规定。

表 6.3.5 预埋件加工允许偏差

项次	检验项目	允许偏差 (mm)	检验方法
1	预埋件锚板的边长	0, -5	用钢尺量测
2	预埋件锚板的平整度	1	用直尺和塞尺量测
3	锚筋	10, -5	用钢尺量测
		±10	用钢尺量测

## 6.4 预应力筋制作、安装及张拉

**6.4.1** 预应力筋宜采用砂轮锯或切断机切断，不得采用加热、焊接或电弧切割，且施工过程中应避免电火花和电流损伤预应力筋。

**6.4.2** 成孔管道应按设计规定的形状和位置安装，并应符合下列规定：

1 成孔管道应平顺，并与定位钢筋绑扎牢固。定位钢筋直径不宜小于 10mm，间距不宜大于 1.2m，塑料波纹管曲线曲率较大处的定位间距，宜适当缩小；

2 凡制作时需要预先起拱的构件，成孔管道宜随构件同时起拱；

3 除预制构件连接用的成孔管道外，其余预应力筋成孔管道控制点竖向位置允许偏差不应大于±3mm；

4 预制构件连接位置的预应力钢绞线成孔管道，其竖向及水平向的位置偏差不应大于±3mm；

5 预制构件连接位置的精轧螺纹钢筋成孔管道，其竖向及水平向的位置偏差不应大于±2mm。

**【条文说明】**装配整体式预应力混凝土框架结构现场装配时，需进行预制梁、预制柱等构件中预应力孔道的对接与连通，以进行后续预应力工程操作。为保证现场施工时，对应孔道的顺利连接和施工质量，对预制构件中孔道的形状、位置做出较为严格的规定；一般精轧螺纹钢筋孔道直径小于同截面预应力钢绞线孔道直

径, 为保证孔道连接的顺利, 对其位置偏差做出较预应力钢绞线更严格的要求。

**6.4.3** 预留孔道的规格不宜过多, 内径应比预应力束外径及需穿过孔道的连接器外径大 6mm~15mm, 且孔道的截面面积宜为穿入预应力束截面积的 3 倍~4 倍, 且应考虑梁柱接缝处孔道对接偏差的影响。

**6.4.4** 张拉过程中, 应避免预应力筋断裂或滑脱; 当发生断裂或滑脱时, 预应力筋必须予以更换。

**6.4.5** 预应力筋的张拉力应符合设计要求, 张拉时应保证同一构件中各根预应力筋的应力均匀一致。

**【条文说明】**当预应力筋是逐根或逐束张拉时, 应保证各阶段不出现对结构不利的应力状态; 同时宜根据后批张拉预应力筋所产生的结构构件的弹性压缩对先批张拉预应力筋的影响确定张拉力; 当采用应力控制方法张拉时, 应校核预应力筋的伸长值。实际伸长值与设计计算理论伸长值的相对允许偏差为 $\pm 6\%$ 。

**6.4.6** 先张法预制框架梁时, 混凝土强度不应低于设计强度的 75%, 且混凝土龄期不小于 7d, 放松预应力筋。放张后, 预应力筋的切断顺序, 宜从张拉端开始依次切向另一端。

**6.4.7** 预应力筋放张时, 宜缓慢放松锚固装置, 使各根预应力筋同时缓慢放松。

## 6.5 混凝土浇筑

**6.5.1** 混凝土浇筑前应进行隐蔽工程验收, 项目应包括:

- 1 纵向受力钢筋的品种、规格、数量、位置等;
- 2 钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率等;
- 3 灌浆套筒的规格、数量、位置等;
- 4 箍筋、横向钢筋的品种、规格、数量、间距等;
- 5 预埋件的规格、总数量、位置等;
- 6 钢筋的保护层厚度;
- 7 灌浆套筒、吊环、插筋、预留孔洞、预应力筋孔道及锚板的规格、数量、位置等。

**【条文说明】**预制构件混凝土浇筑前除应按照常规混凝土结构验收项目进行隐蔽工程验收外, 还应格外注意预制构件中预应力筋孔道的规格、直径、线型、位置等, 以保证现场装配时相应孔道的连接质量; 同时应对灌浆套筒、吊环、插筋、预留孔洞的规格、数量、位置等进行验收。

**6.5.2** 混凝土生产过程中试块的留置应符合下列规定:

- 1 每拌制 100 盘且不超过  $100\text{m}^3$  的同配合比的混凝土, 取样不得少于 1 次;
- 2 每工作班拌制的同一配合比混凝土不足 100 盘时, 取样不得少于 1 次;
- 3 每条生产线同一配合比混凝土, 取样不得少于 1 次;

4 每次取样应至少留置 1 组标准养护试块,同条件养护试块的留置组数应根据构件生产的实际需要确定。

6.5.3 对大型预制构件应采用分层浇筑方法进行,并用满足国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

【条文说明】混凝土分层厚度的确定应与采用的振捣设备相匹配(表 6.5.3),以免发生因振捣设备原因而产生漏振或欠振情况。

表 6.5.3 混凝土分层振捣的最大厚度

振捣方法	混凝土分层振捣最大厚度
振动棒	振动棒作用部分长度的 1.25 倍
表面振动器	200mm
附着振动器	根据设置方式,通过试验确定

6.5.4 混凝土浇筑完毕后,应及时进行养护,且混凝土养护应符合下列规定:

1 蒸汽养护时,板的升温速度不应超过 25°C/h;梁、柱的升温速度不应超过 20°C/h;

2 恒温养护阶段最高温度不得大于 95°C;

3 混凝土试块强度达到要求时可停止加热,停止加热后,应让构件缓慢降温。

6.5.5 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。

6.5.6 预制柱、预制梁构件结合面位置,制作时应按设计要求进行粗糙处理。设计无具体要求时,宜进行拉毛或凿毛处理,也可采用露骨料粗糙面。

【条文说明】拉毛或凿毛的具体要求应符合设计文件及相关标准的有关规定。露骨料粗糙面的施工工艺主要有两种:在需要露骨料部位的模板表面涂刷适量的缓凝剂;在混凝土初凝或脱模后,采用高压水枪、人工喷水加手刷等措施冲洗掉未凝结的水泥砂浆。露骨料处理的施工效果以露出粗骨料的 1/3~1/2 粒径为宜。当设计要求预制构件表面不需要进行粗糙处理时,可按设计要求执行。

## 6.6 堆放与运输

6.6.1 预制构件运输与堆放时的支承位置应经计算确定。

6.6.2 混凝土构件厂内起吊、运输时,混凝土强度必须符合设计要求;当设计无专门要求时,不应低于混凝土设计强度等级值的 75%,且不应小于 30MPa。

6.6.3 构件堆放应符合下列规定:

1 堆放构件的场地应平整坚实,并应有排水措施,堆放构件时应使构件与地面之间留有一定空隙;

2 构件应根据其刚度及受力情况,选择平放或立放,并应保持其稳定;

3 重叠堆放的构件,吊环应向上,标志应向外;其堆垛高度应根据构件与垫

---

木的承载能力及堆垛的稳定性确定；各层垫木的位置应在一条垂直线上；

4 采用靠放架立放的构件，应对称靠放和吊运，其倾斜角度应保持大于 $80^{\circ}$ ，构件上部宜用木块隔开。

**【条文说明】**当垫木放置位置与脱模、吊装的起吊位置一致时，可不再单独进行使用验算，否则需根据堆放条件进行验算。堆垛的安全、稳定特别重要，在构件生产工厂及施工现场均应特别注意。预应力构件均有一定的反拱，长期堆放时反拱还会随时间增长，堆放时应考虑反拱因素的影响。

#### 6.6.4 构件运输应符合下列规定：

1 构件支承的位置和方法，应根据其受力情况确定，但不得超过构件承载力或引起构件损伤；

2 构件装运时应绑扎牢固，防止移动或倾倒；对构件边部或与链索接触处的混凝土，应采用衬垫加以保护；

3 在运输细长构件时，行车应平稳，并可根据需要对构件采取临时固定措施；

4 构件出厂前，应将杂物清理干净。

6.6.5 应制定预制构件的运输与堆放方案，其内容应包括运输时间、次序、堆放场地、运输线路、固定要求、堆放支垫及成品保护措施等。对于超高、超宽、形状特殊的大型构件的运输和堆放应有专门的质量安全保证措施。

**【条文说明】**预制构件的运输和堆放涉及质量和安全要求，应按工程或产品特点制定运输堆放方案，策划重点控制环节，对于特殊构件还要制定专门质量安全保证措施。构件临时码放场地宜合理布置在吊装机械可覆盖范围内，避免二次搬运。

## 7 施工及验收

### 7.1 一般规定

7.1.1 装配整体式预应力混凝土框架结构施工前应制定施工组织设计、专项施工方案；施工组织设计的内容应符合国家现行标准《建筑工程施工组织设计规范》GB/T 50502 的有关规定；专项施工方案的内容应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。

【条文说明】装配整体式预应力混凝土框架结构根据根据结构特点、工期要求以及工程量、机械设备等现场条件，编制合理的施工工艺流程。一般的施工流程见图7.1.1。

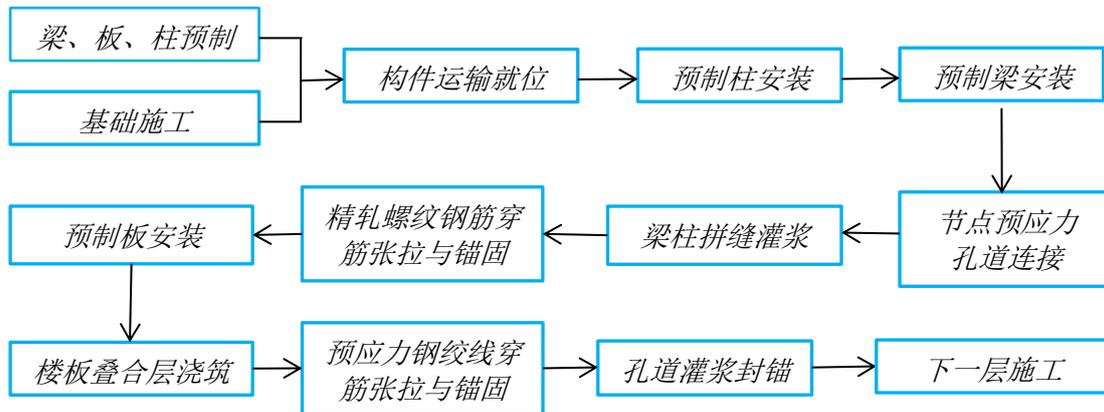


图 7.1.1 框架结构施工流程图

7.1.2 预制构件生产单位应根据设计文件进行深化设计，需经设计单位认可。

7.1.3 吊装用吊具应按国家现行有关标准的规定进行设计、验算或试验检验。

7.1.4 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，进行灌注质量以及接头抗拉强度的检验；经检验合格后方可进行灌浆作业。

### 7.2 基础施工

7.2.1 装配整体式预应力混凝土框架基础的施工应符合国家现行标准《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004 和《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003 的相关规定，并按设计要求预埋用于与预制柱连接的钢筋或部件。

7.2.2 预制柱与基础之间采用后张有粘结精轧螺纹钢筋连接时，应根据设计要求在基础混凝土中埋置精轧螺纹钢筋，并应符合下列规定：

- 1 基础内精轧螺纹钢规格、埋置长度、预留长度应满足设计要求；

- 
- 2 基础内宜布置精轧螺纹钢筋定位及锚固钢板；
  - 3 在混凝土初凝之前，应再次检查精轧螺纹钢筋位置是否准确。
- 7.2.3 预制柱与基础之间采用灌浆套筒连接时，应根据设计要求在基础混凝土埋置连接钢筋，并应符合下列规定：
- 1 基础预埋钢筋规格、长度、位置应满足设计要求；
  - 2 基础内宜布置定位钢筋；
  - 3 在混凝土初凝之前，应再次检查预留孔的位置是否准确。
- 7.2.4 基础混凝土浇筑后，应按设计及构造要求对基础顶面进行粗糙处理。

### 7.3 预制柱安装

7.3.1 预制柱安装就位后，应及时校准并采取支撑措施，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。

**【条文说明】**预制柱校准定位及临时固定措施是装配式结构施工的关键，应在施工方案中明确规定并严格执行。

7.3.2 柱安装时，支撑杆件的规格、长度应经设计确定；构件连接部位灌浆料的强度达到设计要求后，方可拆除临时支撑。

**【条文说明】**应根据设计要求或施工方案设置临时支撑，柱支撑应采用型钢，其斜杆与水平面的交角不宜大于 $55^{\circ}$ 。安装施工前，应复核临时支撑的方案。施工阶段临时支撑的设置应考虑风荷载的影响。

7.3.3 预制柱的安装应符合下列规定：

- 1 构件安装前应清洁结合面；
- 2 构件底部应设置可调整接缝厚度和底部标高的垫块；
- 3 钢筋套筒灌浆连接接头灌浆前，应对接缝周围进行封堵，封堵措施应符合结合面承载力设计要求；
- 4 预制柱底部采用坐浆材料时，其厚度不宜大于 20mm。

7.3.4 预制柱安装采用临时支撑时，应符合下列规定：

- 1 预制柱的临时支撑不宜少于 2 道；
- 2 对预制柱的上部斜支撑，其支撑点距柱底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。
- 4 多层预制柱应根据计算要求两侧对拉的缆风绳，拆除时也应对称拆除。

7.3.5 采用钢筋套筒灌浆连接的构件就位前，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、预留孔内有杂质时，应清理干净；当连接钢筋倾斜时，应进行校直。连接钢筋偏离套筒或空洞中心线不宜超过 5mm。

**7.3.6** 钢筋套筒灌浆连接接头应按检验批划分要求及时灌浆，灌浆作业除应符合国家现行有关标准及施工方案的要求外，并应符合下列规定：

1 灌浆施工时，环境温度不应低于 5℃；当连接部位养护温度低于 10℃时，应采取加热保温措施；

2 灌浆操作全过程应有专职检验人员负责旁站监督并及时形成施工质量检查记录；

3 灌浆拌合物应在制备后 30min 内用完。

**【条文说明】**实际工程中这种连接方式的质量很大程度取决于施工过程控制，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。套筒灌浆连接接头的质量保证措施：1) 采用经验证的钢筋套筒和灌浆料配套产品；2) 施工人员是经培训合格的专业人员，严格按技术要求执行；3) 质量检验人员进行全程施工质量检查，能提供可追溯的全过程灌浆质量检查记录；4) 检验批验收时，如对套筒灌浆连接接头质量有疑问，可委托第三方独立检测机构进行非破损检测。

**7.3.7** 预制柱安装应符合下列规定：

1 宜按照角柱、边柱、中柱顺序进行安装，有支撑或剪力墙时，与支撑或剪力墙连接的柱宜先行吊装；

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 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；

5 采用灌浆套筒连接的预制柱调整就位后，柱脚连接部位宜采用模板封堵。

**7.3.8** 预制柱安装就位后应复核预制柱轴线位置、垂直度，并应做好验收记录。

**7.3.9** 多层预制柱应采用工具化、标准化的工装系统进行翻身、起吊和吊具脱钩作业。

## 7.4 预制梁安装

**7.4.1** 预制梁安装就位应按下列步骤进行：

1 吊装前，应按施工方案复核预制柱轴线位置及垂直度，并应校正柱子的标高；

2 预制梁应放置在牛腿或支架上，并应设置可调整梁端标高的装置；

- 
- 3 框架梁吊装完成后，应对其轴线及标高进行校核。
- 7.4.2 框架梁柱节点位置的梁端施工应符合下列规定：
- 1 预制梁吊装就位并调整标高后进行连接处梁、柱预埋预应力筋孔道的连接；
  - 2 孔道连接验收合格后采用快硬型高强无收缩纤维砂浆对梁柱拼缝进行浇灌；
  - 3 拼缝砂浆达到设计强度后进行后张预应力钢绞线及后张精轧螺纹钢的张拉与锚固，使得框架形成整体。
- 7.4.3 后张预应力钢绞线和后张精轧螺纹钢张拉时，梁柱拼缝砂浆强度应符合设计要求；当设计无具体要求时，不应低于其设计强度等级值的 75%，且不应小于 30MPa。

## 7.5 楼板安装

- 7.5.1 预制板规格、铺板方式应符合设计要求，并应编制吊装方案。
- 7.5.2 预制板吊装时应设吊装扁担，其型号、规格应计算确定。
- 7.5.3 预制板间的连接应按照相关规范及图集的要求确定。
- 7.5.4 楼板叠合层浇筑前应对预制板与预制梁之间、预制板之间的连接构造和叠合层钢筋进行验收，验收合格后方可进行叠合层混凝土浇筑。

## 7.6 预应力筋穿束及张拉

- 7.6.1 预应力筋穿束及张拉过程中，应避免沾污预应力筋。
- 7.6.2 应避免电火花损伤预应力筋，受损伤的预应力筋应予以更换。
- 7.6.3 预应力筋张拉时，应对张拉力、压力表读数、张拉伸长值、锚固回缩值及异常情况处理等作出详细记录。

**【条文说明】**锚固内缩值与实际用锚具夹片的外露量、钢绞线外径和限位槽深度有关，三者应配套量测，配套使用。当设计对张拉端预应力筋的内缩量有具体要求时，应按设计要求执行，以保证预应力筋中实际建立的有效预应力值满足设计要求，确保构件的刚度与承载力等指标满足设计要求。

- 7.6.4 预应力筋张拉锚固后实际建立的预应力值与工程设计规定检验值的相对允许偏差应为 $\pm 5\%$ 。

**【条文说明】**预应力筋张拉后实际建立的预应力值对结构受力性能影响很大，必须予以保证。施工时可用应力测定仪直接测定张拉锚固后预应力筋的应力值，若难以直接测定，也可用见证张拉代替预应力值测定。

- 7.6.5 梁柱节点区精轧螺纹钢张拉作业前应进行张拉工艺试验，精轧螺纹钢

张拉回缩量不应大于 1mm，满足要求后方可按照张拉工艺进行精轧螺纹钢筋的张拉。

**【条文说明】**装配整体式预应力混凝土框架梁柱节点位置，用于连接的精轧螺纹钢筋长度一般不会太长，张拉完成后较大的回缩量将对精轧螺纹钢筋有效预应力的建立产生较大影响，因此需对精轧螺纹钢筋的回缩量进行规定。

**7.6.6** 装配整体式预应力混凝土框架结构节点预应力筋张拉时，应先张拉精轧螺纹钢筋，后张拉预应力钢绞线，且精轧螺纹钢筋应分级对称张拉方式进行。

**7.6.7** 先张法预应力筋张拉锚固后，建立的有效预应力值与设计值的相对允许偏差 $\pm 5\%$ 。

检查数量：每工作班抽查预应力筋总数的 1%，且不应少于 3 根。

检验方法：检查预应力筋应力检测记录。

## 7.7 灌浆及封锚

**7.7.1** 预应力筋张拉完成并经验收合格后，应及时进行孔道灌浆，孔道内灌浆应饱满、密实；灌浆材料的强度、制作、搅拌、试块制作等应按设计及相关规范要求执行。

**7.7.2** 灌浆前，应对设备进行必要的检查，启动前应先用清水洗车，检查各管道接头、盘根和控制阀门的可靠性。

**7.7.3** 灌浆前，对锚具夹片空隙和其它可能漏浆处需采用高标号水泥浆或结构胶等封堵，待封堵料达到一定强度后方可灌浆。

**7.7.4** 对没有采用预埋管成型的孔道，灌浆前宜用水进行冲洗，确保孔道壁充分湿润后灌浆。但必须能够在灌浆前将孔道中的冲洗水排出。

**7.7.5** 采用真空辅助灌浆，应先将张拉端多余钢绞线进行切除，将端部封闭后灌浆，也可采用专用灌浆密封罩。

**7.7.6** 后张预应力筋锚固后的外露部分宜采用机械方法切割。预应力钢绞线及精轧螺纹钢筋的外露长度不宜小于 30mm。

**7.7.7** 锚具封闭保护应符合设计及相关规范的要求。

## 7.8 质量验收

**7.8.1** 装配整体式预应力混凝土框架结构应按混凝土结构的质量验收，除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 和《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003 的有关规定外，尚应符合本节的相关规定。

**7.8.2** 预制构件的进场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 和《混凝土结构通用规范》GB 55008 的有关规定。

**7.8.3** 预制构件用的预应力钢绞线、精轧螺纹钢筋、锚夹具的进场验收应符合国家现行标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

**7.8.4** 装配式构件焊接、螺栓等连接用材料的进场验收应符合国家现行标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

**7.8.5** 装配整体式预应力混凝土框架结构连接部位及叠合构件浇筑混凝土之前，应进行隐蔽工程验收。隐蔽工程验收应包括下列主要内容：

- 1 混凝土粗糙面的质量，键槽的尺寸、数量、位置；
- 2 钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距，箍筋弯钩的弯折角度及平直段长度；
- 3 钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率、搭接长度、锚固方式及锚固长度；
- 4 预埋件、预留管线的规格、数量、位置；
- 5 预留预应力筋孔道的规格、数量、位置。

**7.8.6** 预制构件的尺寸允许偏差及检验方法应符合表 7.8.6 的规定。

检查数量：同一类型的构件，不超过 100 个为 1 批，每批应抽查构件数量的 5%，且不应少于 3 个。

**表 7.8.6 构件尺寸允许偏差及检验方法**

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
长度	楼板、 梁、柱	<12m	±5
		≥12m 且 <18m	±10
		≥18m	±20
宽度、高度	楼板	±5	尺量一端及中部，取其中 偏差绝对值较大处
截面尺寸	梁、柱	±3	尺量
厚度	叠合板	-2, +5	尺量
表面平整度	楼板、梁、柱	5	2m 靠尺和塞尺量测
侧向弯曲	楼板、梁、柱	$L/1000$ 且 ≤10	拉线、直尺量测最大侧向 弯曲处
翘曲	楼板	$L/1000$ 且 ≤10	调平尺在两端量测
对角线差	楼板	10	尺量两个对角线

续表 7.8.6

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
预留孔、洞	中心线位置	5	尺量
	尺寸、深度	±5	
	预埋螺栓中心线位置	2	
	预埋螺栓外露长度	+10, -5	
	预埋套筒、螺母中心线位置	2	
	预埋套筒、螺母与混凝土面平面高差	-5,0	
灌浆套筒及连接钢筋	中心线位置	2	尺量
	钢筋外露长度	0,+10	
键槽	中心线位置	5	尺量
	长度、宽度、深度	±5	

注：1  $L$  为构件长度 (mm)；

2 测量中心线位置偏差时，沿纵、横两个方向测量，并取其中偏差较大值。

**7.8.7** 钢筋采用套筒灌浆连接时，灌浆应饱满、密实，其材料及连接质量应符合国家现行标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的有关规定。

检查数量：进行灌浆饱满性检验时，现浇与预制转换层应抽检预制构件数不少于 5 件且不少于 15 个灌浆套筒；后续施工时，每 5 层抽检不少于 3 个套筒；每个灌浆套筒检查 1 个点。其他检验项目按国家现行标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的有关规定确定。

检验方法：检查质量证明文件、灌浆记录及相关检验报告；灌浆饱满性检验采用钻孔后内窥方式或其他可靠方法。

**7.8.8** 钢筋套筒灌浆连接用的灌浆料强度应满足设计要求，并应符合国家现行标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的有关规定。

检查数量：按批检验，每层为一个检验批；每工作班应制作一组且每层不应少于 3 组 40mm×40mm×160mm 的长方体试件，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。

**7.8.9** 预制构件底部接缝坐浆应密实饱满，坐浆料标准养护试件的抗压强度应满足设计要求。

检查数量：每层为一个检验批。每工作班组同一配合比应留置 1 组且每层不应少于 3 组边长为 40mm×40mm×160mm 的长方体试件。

检验方法：检查施工记录；检查坐浆密实度检验报告及坐浆料强度试验报告。

**7.8.10** 预应力筋张拉后应可靠锚固，不应有滑丝或断丝。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查张拉记录。

**7.8.11** 现场留置的灌浆用水泥浆试件的抗压强度不应低于 30MPa。试件抗压强度检验应符合下列规定：

1 每组应留取 6 个 40mm×40mm×160mm 的试件，并应标准养护 28d；

2 试件抗压强度应取 6 个试件的平均值；当一组试件中抗压强度最大值或最小值与平均值相差超过 20%时，应取中间 4 个试件强度的平均值。

检查数量：每工作班组留置一组。

检验方法：检查试件强度试验报告。

**7.8.12** 预制构件粗糙面的处理方式应符合设计要求。预制构件粗糙面凹凸深度尺寸偏差及检验方法应符合表 7.8.12 的规定，粗糙面的面积不宜小于结合面的 80%。

检查数量：粗糙面处理方式应全数检查。粗糙面凹凸深度，同一类型的构件，不超过 100 个为一批，每批应抽查构件数量的 10%，且不应少于 5 个。粗糙面凹凸深度检验时，在每个抽查构件代表性位置测量 30 个点，取平均值。

检验方法：观察、量测。

**表 7.8.12 预制构件粗糙面凹凸深度尺寸允许偏差及检验方法**

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
冲毛粗糙面	深度	+2,0	深度尺量测
拉毛粗糙面	深度	+2,0	深度尺、钢尺量测
	沟槽平均间距	≤30	
压痕粗糙面	深度	+2,0	深度尺、钢尺量测
	沟槽平均间距	≤3d	

注：d 为压痕直径。

**7.8.13** 构件安装的尺寸允许偏差应符合表 7.8.13 的规定。

检查数量：按楼层或施工段划分检验批。同一检验批内，对梁、柱应抽查构件数量的 10%，且不少于 3 件；对于板应按有代表性的自然间抽查 10%，且不少于 3 间。

表 7.8.13 构件安装的尺寸允许偏差及检查方法

项目		允许偏差(mm)	检查方法	
基础	中心线对轴线位置	5	经纬仪量测	
	标高	0,-5	经纬仪量测	
柱	中心线对定位轴线的位置	5	钢尺量测	
	上下柱接口中心线位置	3	钢尺量测	
	垂直度	≤5m	3	经纬仪量测
		>5m, <10m	5	
≥10m		1/1000 标高且≤10		
梁	中心线对定位轴线的位置	3	钢尺量测	
	梁上表面标高	0, -3	钢尺量测	
板	相邻两板下表面平整	抹灰	5 钢尺 塞尺量测	

**7.8.14** 对涉及混凝土结构安全的有代表性的部位应进行结构实体检验。结构实体检验应包括混凝土强度、钢筋保护层厚度、结构位置与尺寸偏差、钢筋套筒灌浆连接灌浆饱满性以及合同约定的项目，必要时可检验其他项目。

**7.8.15** 结构实体检验应由监理单位组织施工单位实施，并见证实施过程。施工单位应制定结构实体检验专项方案，并经监理单位审核批准后实施。除结构位置与尺寸偏差外的结构实体检验项目，应由具有相应资质的检测机构完成。

**7.8.16** 结构实体混凝土强度应按不同强度等级分别检验，检验方法宜采用同条件养护试件方法；当未取得同条件养护试件强度或同条件养护试件强度不符合要求时，可采用回弹-取芯法进行检验。

**7.8.17** 装配整体式预应力混凝土框架结构验收时，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 设计变更文件、深化设计文件；
- 2 原材料质量证明文件和抽样检验报告；
- 3 预拌混凝土的质量证明文件；
- 4 混凝土、灌浆料的性能检验报告；
- 5 钢筋接头的试验报告；
- 6 预制构件的质量证明文件和安装验收记录；
- 7 预应力筋用锚具、连接器的质量证明文件和抽样检验报告；
- 8 预应力筋安装、张拉的检验记录；
- 9 钢筋套筒灌浆连接及预应力筋孔道灌浆记录；
- 10 隐蔽工程验收记录；

- 
- 11 混凝土工程施工记录；
  - 12 混凝土、灌浆料、坐浆料等试件的试验报告；
  - 12a 预制构件拼缝防水性能检验报告；
  - 12b 钢筋套筒灌浆连接灌浆饱满性检验报告；
  - 13 分项工程验收记录；
  - 14 结构实体检验记录；
  - 15 工程的重大质量问题的处理方案和验收记录；
  - 16 其他必要的文件和记录。

---

## 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，可采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

---

## 引用标准名录

本标准引用下列标准,其中,注日期的,仅对该日期对应的版本使用本标准;不注日期的,其最新版适用于本标准。

- 1 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》 GB/T 14370
- 2 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 3 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 4 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 5 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 6 《水泥基灌浆材料应用技术规范》 GB/T 50448
- 7 《建筑工程施工组织设计规范》 GB/T 50502
- 8 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 9 《建筑地基基础工程施工规范》 GB 51004
- 10 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003
- 11 《SP 预应力空心板》 05SG408
- 12 《预应力混凝土双 T 板 (坡板宽度 2.4m、3.0m; 平板宽度 2.0m、2.4m、3.0m)》 18G432-1
- 13 《预应力混凝土用金属波纹管》 JG/T 225
- 14 《钢筋连接用灌浆套筒》 JG/T 398
- 15 《钢筋连接用套筒灌浆料》 JG/T 408
- 16 《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》 JGJ 85
- 17 《预应力混凝土结构抗震设计标准》 JGJ/T 140
- 18 《预制带肋底板混凝土叠合楼板技术规程》 JGJ/T 258
- 19 《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》 JGJ 355
- 20 《预应力混凝土结构设计规范》 JGJ 369
- 21 《预应力混凝土桥梁用塑料波纹管》 JT/T 529
- 22 《预制装配整体式钢筋混凝土结构技术规范》 SJG 18
- 23 《整体预应力装配式板柱结构技术规程》 CECS 52