

CECS

T/CECS xxx-202x

中国工程建设标准化协会标准

全螺栓连接装配整体式混凝土框架结构

技术规程

(征求意见稿)

Technical specification for monolithic Prefabricated concrete
frame structures with fully bolted connection

中国 xx 出版社

中国工程建设标准化协会标准

全螺栓连接装配整体式混凝土框架结构

技术规程

Technical specification for monolithic Prefabricated concrete
frame structures with fully bolted connections

T/CECS xxx-202x

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

中国石化工程建设公司

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 xx 出版社

202x 北 京

前 言

《全螺栓连接装配整体式混凝土框架结构技术规程》（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。编制组经广泛调查研究，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 9 章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、材料与构件、结构体系与分析、构件设计、节点及连接设计、制作与安装、质量验收。

本规程某些内容可能涉及 xxxxxxxxxxx 相关专利（专利号：xxxxxxxxxx）、xxxxxxxxxx 相关专利（专利号：xxxxxxxxxx）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（单位或人员）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混凝土结构专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释，执行过程中如有意见或建议，请寄送至解释单位（地址：北京市北三环东路 30 号 C 座 19 层，邮编：100013，邮箱：wangzhenxing@cabrtech.com）。

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

中国石化工程建设公司

参编单位：住房和城乡建设部科技与产业化发展中心

山东盛工绿筑科技有限公司

湖南圣堡住宅工业有限公司

内蒙古蒙西建设集团有限公司

中建研科技股份有限公司

宁波市电力设计院有限公司

正方利民（天镇）建筑工业化有限公司

江西恒强达优造科技有限公司

中石化第十建设有限公司

中铁装配式建筑股份有限公司
渝建实业集团股份有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	5
3 基本规定	7
4 材料与构件	9
4.1 材料	9
4.2 预制梁	11
4.3 预制柱	13
5 结构体系与分析	16
5.1 结构体系	16
5.2 结构分析	18
6 构件设计	21
6.1 一般规定	21
6.2 预制梁设计	22
6.3 预制柱设计	28
7 节点及连接设计	32
7.1 一般规定	32
7.2 预制梁与预制柱连接	32
7.3 预制柱连接	37
7.4 楼盖节点	40
8 制作与安装	44
8.1 一般规定	44
8.2 制作与检验	45
8.3 安装与连接	48
9 质量验收	50
9.1 一般规定	50
9.2 预制构件进场验收	51
9.3 安装与连接质量验收	52
用词说明	55
引用标准名录	56

Contents

1 General provisions	1
2 Terms and symbols	2
2.1 Terms	2
2.2 Symbols	5
3 Basic requirements	7
4 Materials and components	9
4.1 Materials	9
4.2 Prefabricated beams	11
4.3 Prefabricated coulms	13
5 Structural system and analysis	16
5.1 Structural system	16
5.2 Structural analysis	18
6 Components design	21
6.1 General requirements	21
6.2 Prefabricated beam design	22
6.3 Prefabricated coulumn design	28
7 Joints and connections designn	32
7.1 General requirements	32
7.2 Prefabricated beam - column connections	32
7.3 Prefabricated column connections	37
7.4 Floor joints	40
8 Fabrication and erection	44
8.1 General requirements	44
8.2 Fabrication and inspection	45
8.3 Erection and connection	48
9 Quality acceptance	50
9.1 General requirements	50
9.2 Prefabricated components site acceptance	51
9.3 Erection and connection quality acceptance	52
Explanation of wording	55
List of quoted standards	56

1 总则

1.0.1 为规范和促进全螺栓连接装配整体式混凝土框架结构的应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、质量可靠，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于抗震设防烈度为 8 度及 8 度以下地区工业与民用建筑的全螺栓连接装配整体式混凝土框架结构的设计、制作、施工及验收。

1.0.3 全螺栓连接装配整体式混凝土框架结构的设计、制作、施工及验收，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

【条文说明】1.0.1~1.0.3

国家推进建筑工业化发展和建筑行业转型升级的重要措施之一是推动建筑结构体系、建筑设计、部品构配件等方面的关键技术研究与应用。

全螺栓连接装配整体式混凝土框架结构是一种新型装配式框架结构体系，通过在梁端或柱端预埋螺栓连接件，采用螺栓实现梁柱、柱柱及柱脚节点的干式连接，其节点受力性能可满足刚性节点要求。与传统的后浇连接装配式混凝土框架结构相比，该体系由于节点采用全螺栓干式连接，可实现预制混凝土梁、柱的免支撑施工，构件安装及连接方便、快捷，同时节点区避免了现场湿作业，有效缩短了施工周期，能够极大地降低各项施工措施费用；与钢框架结构相比，该体系的结构耐久性更好，综合成本有明显优势。总体而言，该体系充分发挥了装配式结构在施工高效、节能减排等方面的优势。

本规程编制的目的是为了规范和促进全螺栓连接装配整体式混凝土框架结构的应用。

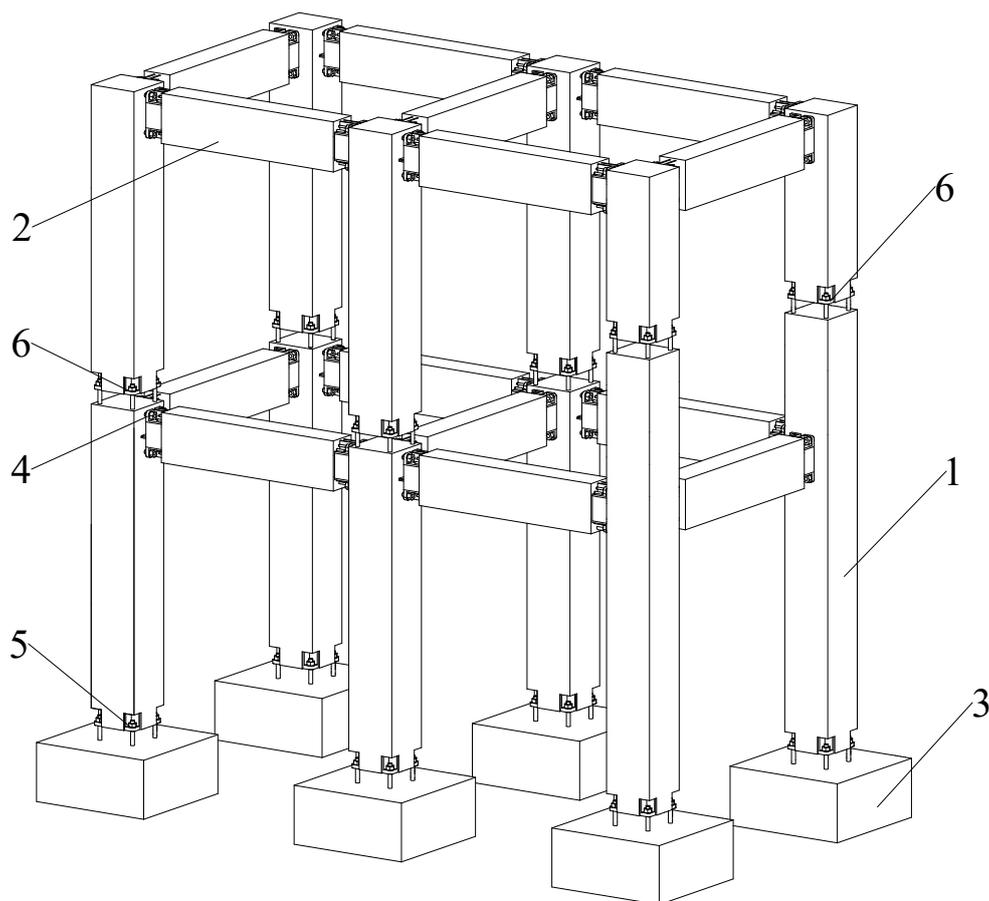
2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 全螺栓连接装配式混凝土框架结构 monolithic prefabricated concrete frame structures with fully bolted connection

在预制混凝土梁端或柱端预埋螺栓连接件，通过螺栓连接件采用螺栓实现梁柱、柱柱及柱脚节点的干式连接，可满足刚性节点的承载力和变形要求，是一种新型装配式框架结构。简称螺栓连接框架结构。

【条文说明】螺栓连接框架结构是通过在预制梁、预制柱端部预埋的螺栓连接件，采用螺栓进行梁柱、柱柱及柱脚连接的一类新型装配式框架结构。螺栓连接完成后采用灌浆料将其操纵孔及外空区域进行灌注，节点属于干式连接。典型螺栓连接框架结构的构造如图 1 所示。



1—预制柱；2—预制梁；3—基础；4—梁端螺栓连接件；

5—柱脚螺栓连接件；6—柱中螺栓连接件

图 1 螺栓连接框架结构构造示意

2.1.2 螺栓连接件 steel connector

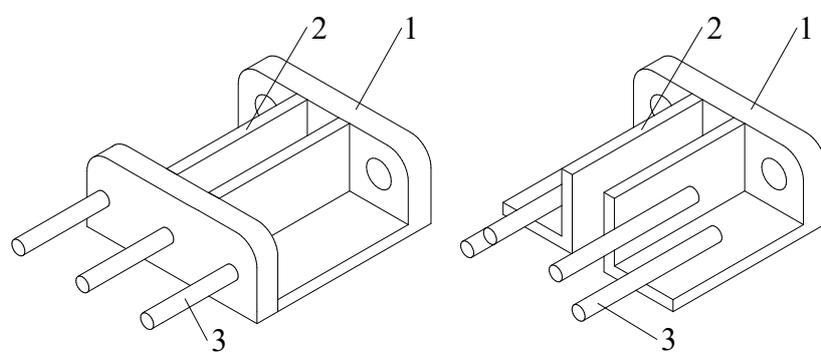
预埋在混凝土梁身或柱身端部并与梁身和柱身进行可靠连接的钢制组件,用于实现预制构件之间的螺栓连接。根据所在部位,分为梁端螺栓连接件、柱端螺栓连接件,柱端螺栓连接件又分为柱脚螺栓连接件和柱中螺栓连接件。

【条文说明】螺栓连接件是采用螺栓将不同预制构件连接形成整体结构的关键组件,需保证其与梁身或柱身的可靠连接。

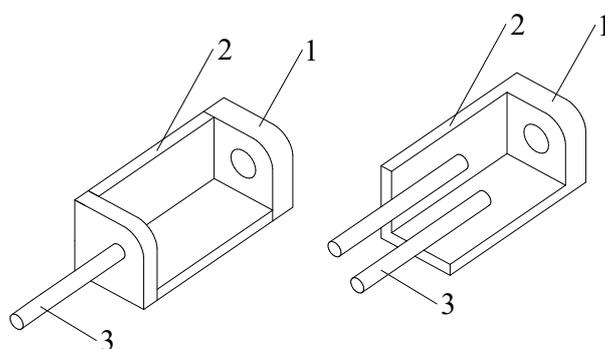
2.1.3 梁端螺栓连接件 steel connector at the end of beam

位于预制梁的端部,由带有螺栓孔的底板和用于连接梁身纵筋的侧板组成,按构造形式可分为整体式和分体式两类。梁端螺栓连接件通过螺栓与柱内套筒组件进行连接,从而实现梁与柱的连接。

【条文说明】梁端螺栓连接件是实现梁与柱连接的关键组件,其底板带有螺栓孔,螺栓可穿过底板与柱连接,其侧板部分预埋于预制梁内并与梁纵筋进行可靠连接。与梁上部纵筋相连接的为梁上端螺栓连接件,与梁下纵筋相连接的为梁下端螺栓连接件。当上端或下端仅设一个螺栓连接件时为整体式,当设两个或两个以上螺栓连接件时为分体式,单个螺栓连接件可与多根梁纵筋相连。典型的梁端螺栓连接件如图 2 所示。



(a) 整体式



(b) 分体式

1—底板; 2—侧板; 3—梁身纵筋

图2 梁端螺栓连接件

2.1.4 柱脚螺栓连接件 steel connector at column base

位于首层预制柱的底部，由带有螺栓孔的底板和用于连接柱身纵筋的侧板组成，按构造形式可分为整体式和分体式两类。柱脚螺栓连接件通过螺栓与基础预埋锚栓进行连接，从而实现柱与基础的连接。

【条文说明】柱脚螺栓连接件是实现柱与基础连接的关键组件，其底板带有螺栓孔，可采用螺栓实现与基础的连接，其侧板部分预埋于预制柱身内并与柱纵筋进行可靠连接。当柱脚仅设一个螺栓连接件时为整体式，当设两个或两个以上螺栓连接件时为分体式。典型柱脚螺栓连接件的构造如图3所示。

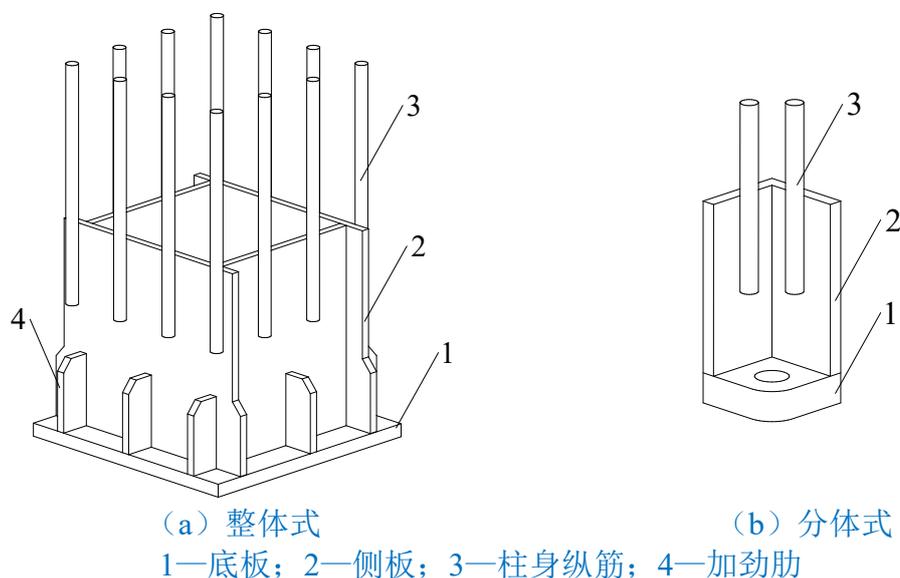


图3 柱脚螺栓连接件

2.1.5 柱中螺栓连接件 steel connector at the middle of beam

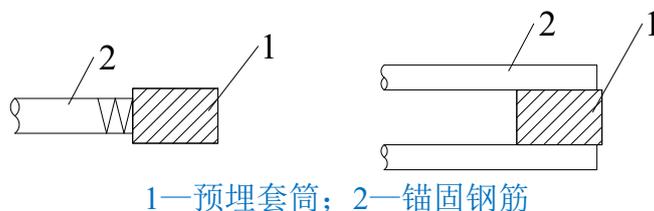
位于预制柱的下端，用于楼层标高位置及以上的柱柱连接，由带有螺栓孔的底板和用于连接柱身纵筋的侧板组成，按构造形式可分为整体式和分体式两类。柱中螺栓连接件通过螺栓与下柱纵筋或预埋在下柱的螺杆进行连接，从而实现柱与柱的连接。

【条文说明】柱中螺栓连接件是实现柱柱连接的关键组件，其底板带有螺栓孔，可采用螺栓实现与下柱的连接，其侧板部分预埋于上柱柱身内并与上柱纵筋进行可靠连接。当柱下端仅设一个螺栓连接件时为整体式，当设两个或两个以上螺栓连接件时为分体式。其构造形式同柱脚螺栓连接件，参见图3。

2.1.6 套筒组件 Sleeve component

位于梁柱节点域的预制柱内，用于连接跟梁端螺栓连接件相连的螺栓杆，由预埋套筒和锚固钢筋组成。

【条文说明】通过螺栓与套筒的机械咬合作用和端面承压作用，套筒组件将预制梁的力传递给预制柱。套筒组件利用预埋套筒与锚固钢筋相连以实现套筒在柱内的锚固，如图 4 所示。



1—预埋套筒；2—锚固钢筋

图 4 套筒组件

2.2 符号

2.2.1 材料性能

f_a 、 f'_a —— 螺栓连接件钢材抗拉、抗压强度设计值；

f_c 、 f_{ck} —— 混凝土轴心抗压强度设计值、标准值；

f_{tk} —— 混凝土轴心抗拉强度标准值；

f_y —— 钢筋的屈服抗拉、抗压强度；

μ —— 摩擦力系数。

2.2.2 作用和作用效应

M —— 弯矩设计值；

M_{uk} —— 正截面受弯承载力；

N —— 轴向力设计值；

V —— 剪力设计值；

V_u —— 受剪承载力设计值；

S_d —— 作用组合的效应设计值；

R_d —— 构件承载力设计值；

σ_{ct} —— 混凝土的法向拉应力。

2.2.3 几何参数

A —— 截面面积；

- b —— 宽度；
- h —— 高度；
- h_0 —— 截面有效高度；
- H_n —— 柱的净高度；
- l —— 长度或跨度；
- a_a 、 a'_a —— 受拉区、受压区合力点至截面受拉边缘的距离；
- x —— 受压区高度。

2.2.4 计算系数及其他

- α_1 —— 受压区混凝土等效矩形应力图压应力系数；
- β_1 —— 受压区混凝土等效矩形应力图受压区高度系数；
- γ_0 —— 结构重要性系数；
- γ_{RE} —— 承载力抗震调整系数；
- η —— 连接系数。

【条文说明】本节参考现行国家标准《工程结构设计通用符号标准》GB/T 50132和有关设计标准，并结合本规程具体情况规定了涉及的符号及其含义。

3 基本规定

3.0.1 在螺栓连接框架结构的建筑设计中，应进行结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统的集成设计，并应加强设计、构件生产、施工安装等各方之间的协同。

【条文说明】系统性和集成性是装配式建筑的基本特征，装配式建筑通过系统集成的方法，实现设计、生产运输、施工安装和使用维护全过程的一体化。

本条强调了螺栓连接框架结构的建筑设计应考虑各系统的集成，并且各单位需要协同配合。此项工作对建筑功能和结构布置的合理性，以及对工程造价都会产生较大的影响，是十分重要的。

3.0.2 建筑设计应按照通用化、模数化、标准化的要求，以少规格、多组合的原则，实现建筑及部品部件的系列化和多样化。

【条文说明】装配式建筑的建筑设计需进行模数协调，以满足建造装配化与部品部件标准化、通用化的要求。少规格、多组合是装配式建筑设计的重要原则，减少部品部件的规格种类及提高部品部件模板的重复使用率，有利于部品部件的生产制造与施工，有利于提高生产速度和工人的劳动效率，从而降低造价。

3.0.3 螺栓连接框架结构的抗震设防分类及设防标准应按现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 的有关规定执行。

3.0.4 螺栓连接框架结构的设计应满足现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《混凝土结构通用规范》GB 55008 和《钢结构通用规范》GB 55006 的有关要求，并应符合下列规定：

- 1 应采取有效措施加强结构的整体性；
- 2 结构构件及其连接节点应受力明确、构造可靠，并应满足安全性、适用性和耐久性要求。

【条文说明】螺栓连接框架结构的设计在满足现行国家标准的基础上，需重视概念设计和预制构件的连接设计。通过采用合理的结构方案和可靠的连接构造措施，加强结构的整体性和冗余度。

有效措施包括但不限于以下几点：（1）通过螺栓连接节点的承载力验算和构造措施要求，保证螺栓连接框架结构性能具有与现浇混凝土结构等同的整体性、

承载力和延性等；（2）通过对预制梁、预制柱构件的合理设计，保证梁柱、柱柱的连接位置不先于构件破坏，满足“强连接弱构件”的抗震性能要求。

3.0.5 外围护系统、设备与管线系统和内装系统的设计应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的相关规定。

【条文说明】在装配式建筑集成设计中，外围护系统需根据建筑物所在地区的气候条件、使用功能等，综合确定其抗风性能、抗震性能、耐撞击性能、防火性能、水密性能、气密性能、隔声性能、热工性能和耐久性能要求。屋面系统尚需满足结构性能要求。

设备和管线系统需方便维修更换，建议与主体结构相分离。其预留预埋需满足结构专业相关要求，不得在安装完成后的预制构件上剔凿沟槽、打孔开洞等。

内装系统建议采用工业化生产的集成化部品，实施装配式装修。其设计与建筑、结构以及设备专业的设计需同步进行。

3.0.6 螺栓连接框架结构预制构件的工厂化生产应建立完善的生产质量管理体系，并应设置产品标识。

3.0.7 螺栓连接框架结构的施工应综合协调建筑、结构、设备和内装等专业，制定相互协同的施工组织方案，并应采用装配式施工。

4 材料与构件

4.1 材料

4.1.1 螺栓连接框架结构中混凝土的力学性能指标和耐久性要求应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 有关规定进行确定。预制构件的混凝土强度等级不应低于 C30，节点和接缝处的灌浆料强度等级不应低于预制构件的混凝土强度等级。

【条文说明】螺栓连接框架结构所采用的混凝土的各项指标需严格控制，具体要求需符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。预制构件混凝土的最低强度等级、节点和接缝处的后浇混凝土强度等级均参照现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定来确定。

4.1.2 螺栓连接框架结构中钢筋的力学性能指标应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 有关规定进行确定。预制构件的受力钢筋宜采用 HRB400、HRB500 钢筋，拉筋、分布筋等宜采用 HRB400、HPB300 钢筋。

【条文说明】螺栓连接框架结构所采用的钢筋的各项指标需严格控制，具体要求需符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。预制构件中配置的受力钢筋尽可能采用强度高、延性和可焊性较好的 HRB400、HRB500 热轧带肋钢筋，拉筋、分布筋等构造钢筋的牌号可以适当降低。

4.1.3 抗震等级为一、二、三级的框架梁、柱的纵向受力钢筋，其抗拉强度实测值与屈服强度实测值之比不应小于 1.25，屈服强度实测值与屈服强度标准值之比不应大于 1.3，且最大拉力下的总伸长率实测值不应小于 9%。

【条文说明】参照《混凝土结构通用规范》GB 55008，对于抗震等级为一、二、三级的框架梁、柱的纵向受力钢筋，需采用牌号带“E”的热轧带肋钢筋。

4.1.4 螺栓连接件的钢材力学性能指标应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。其钢材宜采用 Q355 钢，质量等级不宜低于 B 级，且应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。当采用其他牌号的钢材时，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】螺栓连接件一般由钢板焊接形成，钢板一般采用 Q355B 钢。

4.1.5 梁与柱连接所用螺栓材料应符合下列规定：

1 螺栓或螺杆的性能等级宜选用 8.8 级、10.9 级，机械性能应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 的有关规定；对于螺栓，宜符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228 的有关规定；

2 接缝外侧和内侧垫圈的性能等级应与螺栓或螺杆匹配，机械性能应符合现行国家标准《紧固件机械性能 平垫圈》GB/T 3098.26 的有关规定，且宜符合现行国家标准《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230 的有关规定；

3 接缝内侧螺母的性能等级不应低于 05 级，产品等级宜为 B 级，且宜符合现行国家标准《六角薄螺母》GB/T 6172.1 的有关规定；采用螺杆时，接缝外侧螺母的性能等级应与螺杆匹配，机械性能应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2 的有关规定，且宜符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229 的有关规定；

4 预埋套筒宜采用牌号为 45 号的圆钢、结构用无缝钢管制成，其螺纹规格应与螺栓或螺杆匹配，壁厚等参数应按现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 规定的 I 级接头的要求进行试验验证；当采用直螺纹套筒时，其机械性能、化学成分应符合现行国家标准《优质碳素结构钢》GB/T 699、《结构用无缝钢管》GB/T 8162 的规定。

【条文说明】本条根据相关研究和工程经验，给出了梁柱连接采用的螺栓或螺杆、接缝内外螺母及垫圈、预埋套筒、连接钢筋的形式和性能等级要求。对于预埋套筒，目前尚无通用的产品及标准，需通过试验验证其材料和规格的可靠性。

4.1.6 柱脚连接、柱柱连接所用螺栓材料应符合下列规定：

1 螺母应与预埋锚栓或螺杆的丝头相匹配；

2 接缝外侧螺母的性能等级不应低于 8 级，产品等级宜为 B 级，且宜符合现行国家标准《1 型六角螺母》GB/T 6170 的有关规定；接缝内侧螺母的性能等级不应低于 5 级，产品等级宜为 B 级，且宜符合现行国家标准《六角薄螺母》GB/T 6172.1 的有关规定；

3 接缝外侧和内侧垫圈的性能等级应与螺母匹配，机械性能应符合现行国家标准《紧固件机械性能 平垫圈》GB/T 3098.26 的有关规定。

【条文说明】本条根据相关研究和工程经验，给出了柱脚节点、柱柱的连接采用的预埋锚栓钢筋、接缝内外螺母及垫圈的形式和性能等级要求。

4.1.7 钢筋与螺栓连接件焊接的材料应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》

JGJ 18 的有关规定。

4.1.8 钢筋机械连接用套筒应符合现行行业标准《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163 和现行团体标准《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。接头等级和性能要求应满足现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

【条文说明】预制梁、预制柱中的钢筋连接，以及叠合梁上部纵筋与柱的连接均可能采用钢筋机械连接方式。所采用的钢筋机械连接用套筒的性能需符合现行行业标准《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163 和现行团体标准《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。对于未纳入标准的新型套筒，需满足相关产品标准或认证要求。

4.1.9 接缝灌浆料应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 对二次灌浆的有关规定，且灌浆料的 1d、3d、28d 抗压强度分别不应小于 20MPa、40MPa、60MPa。

【条文说明】本条根据相关研究和工程经验，给出了灌浆料抗压强度的最低要求。灌浆料抗压强度标准试件采用尺寸为 40mm×40mm×160mm 的棱柱体，抗压强度的检验按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 的有关规定执行。

4.2 预制梁

4.2.1 混凝土梁身段的截面宽度不应小于 250mm，截面高宽比不宜大于 4。

【条文说明】预制梁端部需预埋螺栓连接件，并通过螺栓连接件采用螺栓与柱进行连接，考虑到螺栓孔的尺寸、边距及端距以及施工现场螺栓安装操作的便利性等，截面尺寸不宜过小。

4.2.2 梁端螺栓连接件的构造应符合下列规定（图 4.2.2）：

- 1 螺栓连接件截面形心宜与混凝土梁身截面形心重合，螺栓连接件外边缘至二次灌浆层表面的距离应满足保护层最小厚度要求；
- 2 螺栓连接件的底板螺栓孔宜采用大圆孔；
- 3 应设置锚固措施防止螺栓连接件在垂直于梁长方向拔出。

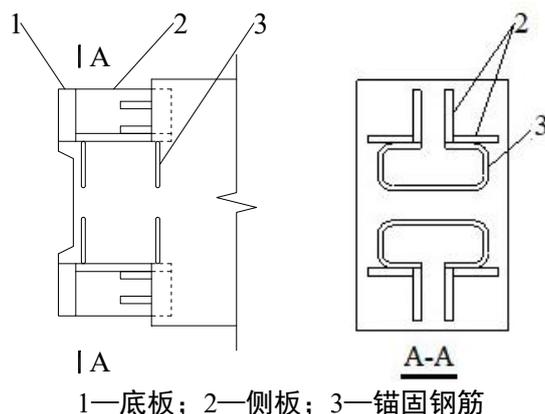


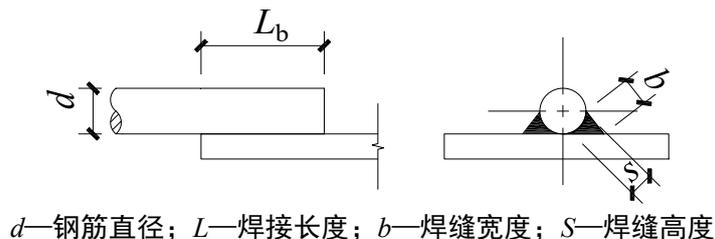
图 4.2.2 梁端螺栓连接件构造

【条文说明】为保证构件的耐久性，螺栓连接件距混凝土或灌浆料边缘需满足保护层要求。纵筋通过螺栓连接件侧板将荷载传递给底板，需保证侧板与底板连接的可靠性，侧板与底板应采用等强焊连接。考虑构件制作、安装及施工的误差，螺栓孔孔径可适当放大，采用大圆孔，配套的螺栓和垫片要求应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的相关规定。平行于梁长方向与纵筋焊接可保证螺栓连接件不在此方向出现拔出现象，垂直于梁长方向也需设置锚固措施防止螺栓连接件拔出，平行于梁宽的侧板位置焊接两道箍筋，将螺栓连接件与混凝土固定。

4.2.3 梁身纵筋配置应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 的有关规定。梁身纵筋一般可直接与梁端螺栓连接件的侧板采用搭接焊连接，当纵筋与侧板无法接触时，可先将纵筋弯折再与侧板搭接焊连接。搭接焊连接应符合下列规定：

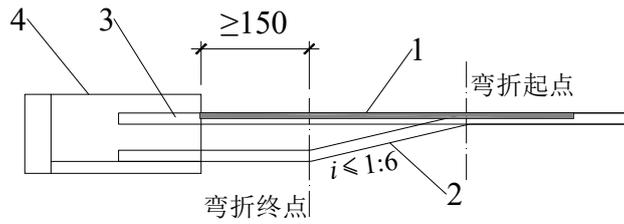
1 应采用双面焊缝，焊接长度 L_b 不应小于 $5d$ ，焊缝高度 S 不应小于 $0.35d$ ，焊缝宽度 b 不应小于 $0.6d$ ， d 为纵向受力钢筋直径（图 4.2.3（a））；

2 纵筋弯折坡度不应大于 1:6，弯折终点距螺栓连接件端部不宜小于 150mm，同时在弯折区域内设置直径不小于 10mm 的构造钢筋（图 4.2.3（b））。



d —钢筋直径； L —焊接长度； b —焊缝宽度； S —焊缝高度

(a) 搭接焊



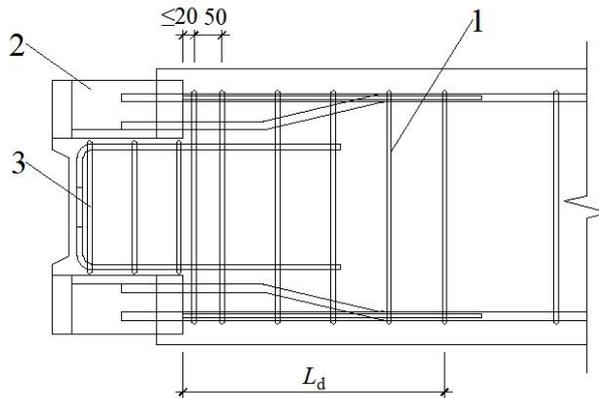
1—构造钢筋；2—弯折纵筋；3—平直纵筋；4—梁端螺栓连接件

(b) 纵筋弯折与构造钢筋布置

图 4.2.3 梁身纵筋与梁端螺栓连接件的侧板搭接焊连接示意

【条文说明】当梁身纵筋的排布和梁端螺栓连接件的侧板焊接位置不同时，需对梁身纵筋进行弯折处理后方可与侧板进行连接，为保证弯折及弯折后的箍筋布置可在此区域设置构造钢筋。

4.2.4 梁身箍筋配置应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。箍筋加密区长度 L_d 应从螺栓连接件埋入混凝土梁身端部开始起算，第 1 道箍筋距螺栓连接件端部不宜超过 20mm，第 2 道箍筋与第 1 道箍筋间距 50mm；在梁端螺栓连接件区域内宜在上、下连接件之间设置箍筋，箍筋间距同箍筋加密区（图 4.2.4）。



1—梁身箍筋；2—梁端螺栓连接件；3—梁端螺栓连接件区域的箍筋

图 4.2.4 预制梁箍筋构造

【条文说明】对于预制梁，梁端螺栓连接件区域的刚度和承载力均大于梁身混凝土截面，因此破坏截面位于螺栓连接件端部以外，箍筋加密区范围从螺栓连接件端部起算。上、下螺栓连接件之间无连接，需设置箍筋以约束此区域内混凝土。

4.3 预制柱

4.3.1 混凝土柱身段的截面高度和宽度不宜小于 350mm，剪跨比不宜小于 2。

【条文说明】考虑柱端螺栓连接件与柱身纵筋的连接及柱端螺栓连接件的受力性能，柱身截面尺寸不宜过小。

4.3.2 柱端螺栓连接件的构造应符合下列规定：

1 螺栓连接件截面形心宜与混凝土柱身截面形心重合；

2 螺栓连接件侧板厚度不宜小于 12mm，且底板和侧板宽厚比均应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定，当超出时应设置补强措施；

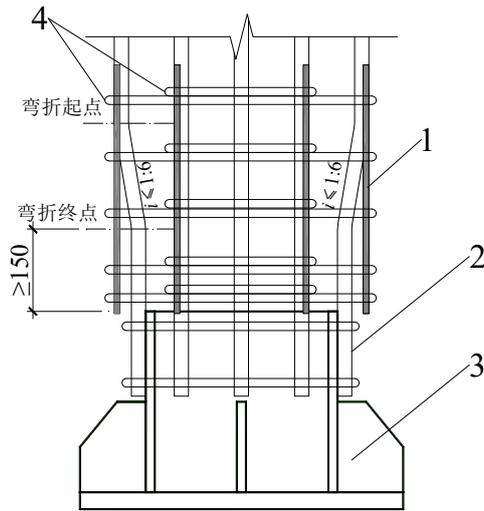
3 螺栓连接件外边缘至混凝土柱身边缘或二次灌浆层表面的距离不宜小于 20mm 且应满足保护层最小厚度的要求。

【条文说明】柱脚螺栓连接件、柱中螺栓连接件的截面尺寸和位置需要与预制柱的位置匹配，为保证传力合理，其截面形心与柱身截面形心宜保持重合。螺栓连接件侧板与柱纵筋需要进行焊接且需要参与此截面的受力，因此其壁厚不宜过小。为保证纵筋与螺栓连接件的充分传力、螺栓连接件侧板的防鼓曲等，螺栓连接件板件的宽厚比需符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定，超出宽厚比限值时可通过设置侧向加劲肋的方式进行补强。

4.3.3 柱身纵筋配置应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 的有关规定。柱身纵筋一般可直接与柱端螺栓连接件的侧板采用搭接焊连接，当纵筋与侧板无法接触时，可先将纵筋弯折再与侧板搭接焊连接。搭接焊连接应符合下列规定：

1 应采用双面焊缝，焊缝构造要求同本规程第 4.2.3 条的相关规定；

2 纵筋弯折坡度不应大于 1:6，弯折终点距螺栓连接件端部不宜小于 150mm，同时在弯折区域内设置直径不小于 10mm 的构造钢筋（图 4.3.3）。

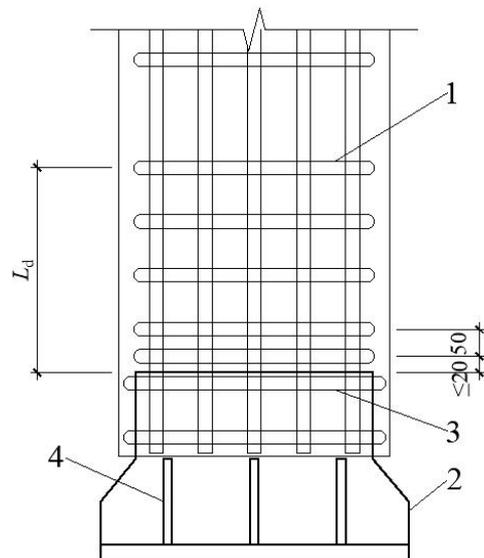


1—构造钢筋；2—弯折纵筋；3—柱端螺栓连接件；4—柱身箍筋

图 4.3.3 柱身纵筋弯折与构造钢筋布置

【条文说明】当柱身纵筋的排布和柱端螺栓连接件的侧板焊接位置不同时，需对柱身纵筋进行弯折处理后方可与侧板进行连接，为保证弯折及弯折后的箍筋布置可在此区域设置构造钢筋。

4.3.4 柱身箍筋配置应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。箍筋加密区 L_d 应从柱端螺栓连接件埋入混凝土柱身内的端部起算，第 1 道箍筋距螺栓连接件端部不宜超过 20mm，第 2 道箍筋与第 1 道箍筋间距 50mm；同时在螺栓连接件的加劲肋上方区域设置箍筋，箍筋间距同箍筋加密区。



1—柱身箍筋；2—柱端螺栓连接件；3—柱端螺栓连接件的加劲肋上方箍筋；4—加劲肋

图 4.3.4 预制柱箍筋构造

5 结构体系与分析

5.1 结构体系

5.1.1 螺栓连接框架结构房屋的最大适用高度应符合表 5.1.1 的规定,对于平面和竖向均不规则的结构,最大适用高度宜适当减低。

表 5.1.1 螺栓连接框架结构房屋的最大适用高度

抗震设防烈度	6 度	7 度	8 度	
			0.20g	0.30g
最大适用高度 (m)	60	50	40	30

注:房屋高度指室外地面到主要屋面板板顶的高度,不包括局部突出屋顶部分。

【条文说明】螺栓连接框架结构作为装配整体式混凝土框架结构中的一类,其最大适用高度可参照现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 对装配整体式框架结构房屋的规定取值。

5.1.2 高层螺栓连接框架结构的高宽比不宜超过表 5.1.2 的规定值。

表 5.1.2 高层螺栓连接框架结构适用的最大高宽比

抗震设防烈度	6 度	7 度	8 度
最大高宽比	4	4	3

【条文说明】高层螺栓连接框架结构的高宽比限值与高层现浇混凝土框架结构相同,本条参考了现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 对钢筋混凝土框架结构的规定。

5.1.3 螺栓连接框架结构的抗震等级和抗震措施应符合下列规定:

1 丙类建筑:应按本地区抗震设防烈度确定其抗震措施,抗震等级应按表 5.1.3 确定;当建筑场地为I类时,除 6 度地区外,可按本地区抗震设防烈度降低一度所对应的抗震等级采取抗震构造措施。

2 乙类建筑:应按本地区抗震设防烈度提高一度后按表 5.1.3 确定抗震等级;抗震设防烈度为 8 度时,抗震等级应提高一级,表中已为一级的,应采取比一级更高的抗震措施;当建筑场地为I类时,可仍按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施。

3 当建筑场地为III、IV类时，对设计基本地震加速度为 0.15g 的地区，宜按表 5.1.3 中 8 度对应的抗震等级采取抗震构造措施；对设计基本地震加速度为 0.30g 的地区，宜按比表 5.1.3 中 8 度对应的抗震等级提高一级采取抗震构造措施，表中已为一级的，应采取比一级更有效的抗震构造措施。

4 乙类建筑按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 的丙类建筑按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。

表 5.1.3 螺栓连接框架结构的抗震等级

抗震设防烈度		6 度		7 度		8 度	
抗震等级	高度 (m)	≤24	>24	≤24	>24	≤24	>24
	跨度小于 18m	四	三	三	二	二	一
	跨度不小于 18m	三		二		一	

注：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。

【条文说明】螺栓连接框架结构的抗震等级与现浇混凝土框架结构相同，本条参考了国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 对钢筋混凝土框架结构的规定。

5.1.4 螺栓连接框架结构的建筑形体及结构布置的规则性应符合现行国家标准《建筑与市政抗震通用规范》GB 55002 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定，高层螺栓连接框架结构尚应符合现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定。

5.1.5 螺栓连接框架结构需要设置防震缝时，防震缝宽度应符合下列规定：

- 1 当高度不超过 15m 时不应小于 100mm；
- 2 当高度超过 15m 时，6 度、7 度、8 度分别每增加高度 5m、4m、3m，宜加宽 20mm。

【条文说明】螺栓连接框架结构的防震缝宽度取值同现浇混凝土框架结构，本条参考了国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 对钢筋混凝土框架结构的规定。

5.1.6 甲、乙类建筑以及高度大于 24m 的丙类建筑，不应采用单跨螺栓连接框架

结构；高度不大于 24m 的丙类建筑不宜采用单跨螺栓连接框架结构。

5.1.7 螺栓连接框架结构的楼盖应具有良好的水平刚度和整体性，可采用预应力混凝土叠合板、预应力混凝土空心板、钢筋桁架楼承板组合楼板、钢筋桁架混凝土叠合板、全预制实心楼板或现浇混凝土板；对有大开洞楼层，可采取提高楼板刚度和承载力的措施或设置钢水平支撑等措施确保水平力的可靠传递。

【条文说明】为实现免支撑或少支撑施工，螺栓连接框架结构的楼板和屋面板优先采用免支撑跨度较大的楼板技术，如预应力混凝土叠合板、钢筋桁架楼承板组合楼板、预应力混凝土空心板等。

5.2 结构分析

5.2.1 螺栓连接框架结构的作用及作用组合应根据现行国家标准《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、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 等确定。

5.2.2 螺栓连接框架结构可按照现浇混凝土框架结构进行结构分析，其内力和变形计算可采用弹性分析方法。

【条文说明】根据试验研究结果，螺栓连接框架结构的节点做法可实现受力性能等同现浇，故可采用与现浇结构相同的方法进行结构分析。在竖向荷载、风荷载以及多遇地震作用下，结构处于弹性状态，其内力和变形计算可采用弹性方法进行。

5.2.3 螺栓连接框架结构整体分析中可假定楼盖在其自身平面内为无限刚性；当楼盖开有较大洞口或其局部会产生明显平面内变形时，在结构分析中应计入楼板面内变形的影响。

5.2.4 进行整体结构弹性内力和变形计算时，对于现浇楼盖和装配整体式楼盖，可计入楼板对预制梁刚度的增大作用，近似考虑时刚度放大系数可根据翼缘情况取 1.3~2.0；对于无现浇面层的装配式楼盖，不宜考虑楼面梁刚度的增大。

【条文说明】 5.2.3~5.2.4

这两条均参考现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关规定。

5.2.5 当非承重墙体采用填充轻质砌块、填充轻质墙板或外挂墙板时，螺栓连接框架结构的自振周期折减系数可取 0.8~1.0；结构计算中不应计入非承重墙体对结构承载力和刚度的有利作用。

【条文说明】本条参考了现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中关于采用轻质砌块或墙板时周期折减系数的规定，并对系数取值范围进行了适当扩大。

5.2.6 当高层建筑螺栓连接框架结构满足下式要求时，弹性计算分析时可不考虑重力二阶效应的不利影响。

$$D_i \geq 20 \sum_{j=1}^n G_j / h_i \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (5.2.6)$$

式中： D_i ——第 i 楼层的弹性等效侧向刚度，可取该层剪力与层间位移的比值；
 G_j ——第 j 楼层重力荷载设计值（N），取 1.3 倍的永久荷载标准值与 1.5 倍的楼面可变荷载标准值的组合值；
 h_i ——第 i 楼层层高（mm）；
 n ——结构计算总层数。

【条文说明】本条参考了现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 对现浇混凝土框架结构的有关规定。当不满足本条规定时，结构弹性计算时应考虑重力二阶效应对水平力作用下结构内力和位移的不利影响。结构的重力二阶效应可采用有限元方法进行计算，也可参照现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3，采用对未考虑重力二阶效应的计算结果乘以增大系数的方法近似考虑。

5.2.7 高层建筑螺栓连接框架结构的整体稳定性应符合下式规定：

$$D_i \geq 10 \sum_{j=1}^n G_j / h_i \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (5.2.7)$$

【条文说明】本条参考了现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 对现浇混凝土框架结构的有关规定。

5.2.8 螺栓连接框架结构在风荷载或多遇地震标准值作用下，按弹性方法计算的层间位移角不宜大于 1/550。

5.2.9 螺栓连接框架结构在罕遇地震作用下的弹塑性层间位移角不应大于 1/50。

【条文说明】 5.2.8~5.2.9

螺栓连接框架结构的整体性能与现浇结构基本一致,这两条参考了国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 对钢筋混凝土框架结构的规定。

6 构件设计

6.1 一般规定

6.1.1 预制梁、预制柱均应按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行设计，并应符合下列规定：

1 对持久设计状况，应对预制梁进行承载力、变形、裂缝控制验算，应对预制柱进行承载力验算；

2 对地震设计状况，应对预制梁、预制柱进行承载力验算；

3 对制作、运输和堆放、安装等短暂设计状况下的预制梁、预制柱验算，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。

【条文说明】螺栓连接框架结构中预制梁、预制柱的两个极限状态的设计规定，与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011 一致。

6.1.2 预制梁、预制柱的承载力验算应符合下列规定：

1 持久设计状况、短暂设计状况时应满足下式要求：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (6.1.2-1)$$

2 地震设计状况时应满足下式要求：

$$S_d \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (6.1.2-2)$$

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，应按现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑与市政抗震通用规范》GB 55002、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 及本规程的有关规定计算；

R_d ——预制梁或预制柱的承载力设计值；

γ_{RE} ——预制梁或预制柱的承载力抗震调整系数，应按表 6.1.2 采用，当仅考虑竖向地震作用组合时应取 1.0。

表 6.1.2 承载力抗震调整系数

构件类别	预制梁			预制柱					螺栓连接件钢板、螺栓、焊缝
	混凝土梁身	梁端螺栓连接件		混凝土柱身			柱端螺栓连接件		
受力状态	受弯	强度	稳定	偏压（轴压比小于0.15）	偏压（轴压比不小于0.15）	受剪、偏拉	强度	稳定	强度
γ_{RE}	0.75	0.75	0.8	0.75	0.8	0.85	0.75	0.8	0.75

【条文说明】预制梁、预制柱及螺栓连接件配件的承载力抗震调整系数参照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定确定。

6.1.3 预制梁、预制柱的纵筋与螺栓连接件侧板焊接范围内可不进行截面承载力验算。

【条文说明】在进行预制梁、预制柱构件设计时，纵筋与螺栓连接件侧板焊接范围内钢筋和钢板共同受力，此范围内截面承载力最高，可不进行承载力验算。考虑到焊接长度与梁柱整体长度相比很小，对梁柱整体线刚度影响较小，为了保证结构设计方法的简便，在进行结构整体计算时此范围可按螺栓连接件范围进行计算。

6.2 预制梁设计

6.2.1 预制梁的正截面受弯承载力应符合下列规定：

1 混凝土梁身的正截面受弯承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；

2 梁端螺栓连接件的正截面受弯承载力应按下列公式计算：

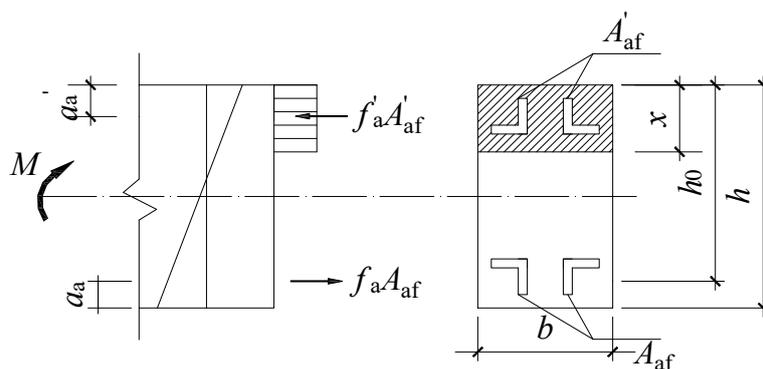


图 6.2.1 梁端螺栓连接件正截面受弯承载力计算

1) 持久、短暂设计状况:

$$M \leq \alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_a' A_{af}' (h_0 - a_a') \quad (6.2.1-1)$$

$$\alpha_1 f_c b x + f_a' A_{af}' - f_a A_{af} = 0 \quad (6.2.1-2)$$

2) 地震设计状况:

$$M \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[\alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_a' A_{af}' (h_0 - a_a') \right] \quad (6.2.1-3)$$

$$\alpha_1 f_c b x + f_a' A_{af}' - f_a A_{af} = 0 \quad (6.2.1-4)$$

$$h_0 = h - a \quad (6.2.1-5)$$

3) 混凝土等效受压区高度应符合下列规定:

$$x \leq \xi_b h_0 \quad (6.2.1-6)$$

$$x \geq 2a_a' \quad (6.2.1-7)$$

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_a}{0.003 E_a}} \quad (6.2.1-8)$$

- 式中:
- M —— 弯矩设计值 (N·mm) ;
 - α_1 —— 受压区混凝土压应力影响系数;
 - f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm²) ;
 - f_a, f_a' —— 螺栓连接件钢材抗拉、抗压强度设计值 (N/mm²) ;
 - A_{af}, A_{af}' —— 螺栓连接件受拉、受压区域的截面面积 (mm²) ;
 - b —— 截面宽度 (mm) ;

- h —— 截面高度 (mm) ;
 h_0 —— 截面有效高度 (mm) ;
 ξ_b —— 相对界限受压区高度 (mm) ;
 E_a —— 钢材弹性模量 (N/mm²) ;
 a_a 、 a'_a —— 受拉区、受压区螺栓连接件合力点至截面受拉边缘的距离 (mm) 。

【条文说明】混凝土梁身的受力和普通钢筋混凝土梁并无不同，所以此部分的正截面受弯承载力计算参照普通钢筋混凝土梁即可。

梁端螺栓连接件由于设置了可靠的锚固措施，与混凝土可以协同工作，按钢-混凝土组合来进行正截面受弯承载力计算。

6.2.2 预制梁端部的正截面受弯承载力应满足下式要求：

$$\frac{M_{bcuk}}{l_{b2}} \leq \eta_b \frac{M_{bsuk}}{l_{b1}} \quad (6.2.2)$$

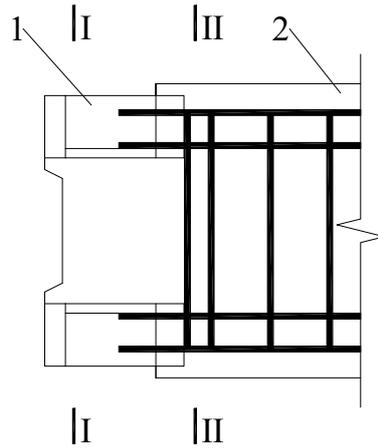
式中： M_{bcuk} —— 按实配钢筋计算的混凝土梁身端部截面（图 6.2.2 中II-II截面）的极限受弯承载力 (N·mm)，计算时不考虑承载力抗震调整系数，材料强度取标准值；

M_{bsuk} —— 螺栓连接件端部截面（图 6.2.2 中I-I截面）的极限受弯承载力 (N·mm)，计算时不考虑承载力抗震调整系数，材料强度取标准值；

l_{b2} —— 预制梁反弯点至混凝土梁身端部截面（图 6.2.2 中II-II截面）的距离 (mm) ；

l_{b1} —— 预制梁反弯点至螺栓连接件底板截面（图 6.2.2 中I-I截面）的距离 (mm) ；

η_b —— 梁端螺栓连接件连接系数，一、二、三、四级可分别取 1.3、1.2、1.1 和 1.1。



1—梁端螺栓连接件；2—混凝土梁身

图 6.2.2 预制梁端部正截面受弯承载力验算截面示意

【条文说明】为了保证梁端塑性铰在混凝土梁身出现，混凝土梁身的截面承载力与实际弯矩比值需要小于螺栓连接件的截面承载力与实际弯矩比值。

6.2.3 预制梁的受剪承载力应符合下列规定：

1 混凝土梁身的斜截面受剪承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；

2 梁端螺栓连接件区域内的箍筋设置如满足本规程第 4.2.4 条规定时，可不进行受剪承载力验算。

【条文说明】在梁端螺栓连接件区域内设置了箍筋，规格及间距与梁身箍筋加密区相同，再考虑螺栓连接件本身的抗剪，可满足梁端螺栓连接件区域内的抗剪要求。

6.2.4 预制梁端部截面组合的剪力设计值应按下列公式计算：

1 一级抗震等级

$$V_b = 1.1 \sum M_{bua} / l_n + V_{Gb} \quad (6.2.4-1)$$

2 二级抗震等级

$$V_b = 1.2 \sum M_b / l_n + V_{Gb} \quad (6.2.4-2)$$

3 三级抗震等级

$$V_b = 1.1 \sum M_b / l_n + V_{Gb} \quad (6.2.4-3)$$

式中： V_b ——预制梁端部截面组合的剪力设计值（N）；

$\sum M_{bua}$ ——左、右梁身端部混凝土截面的反时针或顺时针方向采用实配钢筋计算的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩值之和

(N·mm)，计算时考虑承载力抗震调整系数，材料强度取标准值；

$\sum M_b$ ——左、右梁端截面的反时针或顺时针方向组合的弯矩设计值之和 (N·mm)；

l_n ——预制梁的净跨 (mm)；

V_{Gb} ——预制梁在重力荷载代表值作用下，按简支梁计算的梁端截面剪力设计值 (N)。

【条文说明】为了使预制梁符合“强剪弱弯”规定，对不同抗震等级的预制梁梁端剪力设计值进行调整，调整原则与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 一致。

6.2.5 预制梁的挠度计算可采用结构力学方法，并应符合下列规定：

- 1 应按荷载准永久组合并考虑长期作用的影响进行计算；
- 2 计算时可假定各同号弯矩区段内的刚度相等，混凝土梁身刚度应取用该区段内最大弯矩处的刚度；
- 3 混凝土梁身的短期刚度和考虑长期作用影响的长期刚度应根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定进行计算；
- 4 挠度计算值不应超过表 6.2.5 规定的限值。

表 6.2.5 受弯构件的挠度限值

构件跨度	挠度限值
$l_0 < 7\text{m}$	$l_0 / 200$ ($l_0 / 250$)
$7\text{m} \leq l_0 \leq 9\text{m}$	$l_0 / 250$ ($l_0 / 300$)
$l_0 > 9\text{m}$	$l_0 / 300$ ($l_0 / 400$)

注：1. l_0 为构件的计算跨度。计算悬臂构件的挠度限值时，其计算跨度 l_0 按实际悬臂长度的 2 倍取用；

2. 表中括号内的数值适用于在使用上对挠度有较高要求的构件。

【条文说明】预制梁需要按照钢筋混凝土构件考虑长期作用的影响计算挠度，挠度限值需符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。梁端螺栓连接件长度较小，挠度计算时不考虑此区段刚度变化的影响。

6.2.6 混凝土梁身应根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关

规定，按荷载准永久组合并考虑长期作用影响计算最大裂缝宽度。其中负弯矩区的裂缝宽度计算可不考虑螺栓连接件的影响，但需对螺栓连接接缝处的裂缝宽度进行限制。裂缝控制等级应为三级，最大裂缝宽度不应超过表 6.2.6 规定的限值。

表 6.2.6 预制梁最大裂缝宽度的限值 (mm)

环境类别	最大裂缝宽度限值
一	0.30 (0.40)
二 a	0.2
二 b	
三 a、三 b	

注：1 对处于年平均相对湿度小于 60%地区一类环境下的受弯构件，其最大裂缝宽度限值可采用括号内的数值；

2 表中的最大裂缝宽度限值为用于验算荷载作用引起的最大裂缝宽度。

【条文说明】梁端螺栓连接件区段刚度较大，相应截面由螺栓代替钢筋进行受力，故此区段裂缝宽度计算可不考虑螺栓连接件的影响。但由于该区段为二次浇筑区，存在竖向接缝，所以需限制此区段的裂缝宽度。混凝土梁身裂缝控制等级为三级，裂缝限值按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定确定。

6.2.7 预制梁安装阶段的施工验算，应符合下列规定：

1 在永久荷载标准值作用下的短期最大挠度不应超过挠度限值，挠度限值宜取为计算跨度的 1/400；

2 混凝土梁身正截面边缘的混凝土法向拉应力，应满足下式要求：

$$\sigma_{ct} \leq 1.0f_{tk} \quad (6.2.7)$$

式中： σ_{ct} ——荷载标准组合作用下混凝土梁身正截面边缘的混凝土法向拉应力 (N/mm²)，可按毛截面计算；

f_{tk} ——混凝土立方体抗压强度相应的轴心抗拉强度标准值 (N/mm²)，按现行国家标准《混凝土设计规范》GB 50010 确定。

【条文说明】施工阶段螺栓连接处未进行二次浇灌，预制梁两端为铰接且不设临时支撑。预制梁除承受自重外，当采用无支撑楼板时，还需承受楼板自重以及相应区域内的施工人员、设备产生的活荷载。因此，本条参照现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 对模板构件和预制混凝土构件的规定，对预制

梁施工阶段的变形和抗裂验算进行了规定。

6.3 预制柱设计

6.3.1 预制柱的轴压比不宜超过表 6.3.1 规定的限值；建造于IV类场地且较高的高层建筑，柱轴压比限值应适当减小。

表 6.3.1 预制柱轴压比限值

抗震等级	一	二	三	四
轴压比	0.65	0.75	0.85	0.90

注：1 轴压比指柱组合的轴压力设计值与柱的全截面面积和混凝土轴心抗压强度设计值乘积之比值；

2 表内限值适用于剪跨比大于 2、混凝土强度等级不高于 C60 的柱；剪跨比不大于 2 的柱，轴压比限值应降低 0.05；剪跨比小于 1.5 的柱，轴压比限值应专门研究并采取特殊构造措施；

3 当沿柱采用井字复合箍，箍筋间距不大于 100mm、肢距不大于 200mm、直径不小于 12mm，轴压比限值可增加 0.10；

4 调整后的柱轴压比限值不应大于 1.05。

【条文说明】预制柱轴压比限值按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定确定，预制柱轴压比计算时不考虑螺栓连接件的作用。预制柱剪跨比计算仅考虑混凝土柱身部分。

6.3.2 预制柱的偏心受压、偏心受拉承载力计算应符合下列规定：

1 混凝土柱身的偏心受压、偏心受拉承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；

2 柱端螺栓连接件的偏心受压、偏心受拉承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

【条文说明】混凝土柱身的受力和普通钢筋混凝土柱并无不同，所以此部分的正截面受弯承载力计算参照普通钢筋混凝土柱即可。

柱端螺栓连接件由于设置了可靠的锚固措施，与混凝土可以协同工作，按钢-混凝土组合来进行正截面受弯承载力计算。

6.3.3 考虑地震作用组合的柱端弯矩设计值应符合下列规定：

1 节点上、下柱端弯矩设计值应按下列公式计算：

一级抗震等级

$$\sum M_{cc} = 1.2 \sum M_{bua} \quad (6.3.3-1)$$

二级抗震等级

$$\sum M_{cc} = 1.5 \sum M_b \quad (6.3.3-2)$$

三级抗震等级

$$\sum M_{cc} = 1.3 \sum M_b \quad (6.3.3-3)$$

四级抗震等级

$$\sum M_{cc} = 1.2 \sum M_b \quad (6.3.3-4)$$

式中： $\sum M_{cc}$ ——考虑地震作用组合的节点上、下柱端的弯矩设计值之和；柱端弯矩设计值可按弹性分析分配；

2 底层预制柱下端截面考虑地震作用组合的弯矩设计值，一、二、三、四级应分别乘以增大系数 1.7、1.5、1.3 和 1.2。底层预制柱的纵向钢筋应按上下端的不利情况配置。

3 顶层预制柱和轴压比小于 0.15 的预制柱，其考虑地震作用组合的柱端弯矩设计值可不增大。

6.3.4 预制柱考虑地震作用组合的剪力设计值应按下列公式计算：

一级抗震等级：

$$V_{cc} = 1.2 \frac{(M_{cua}^t + M_{cua}^b)}{H_n} \quad (6.3.4-1)$$

二级抗震等级：

$$V_{cc} = 1.3 \frac{M_{cc}^t + M_{cc}^b}{H_n} \quad (6.3.4-2)$$

三级抗震等级

$$V_{cc} = 1.2 \frac{M_{cc}^t + M_{cc}^b}{H_n} \quad (6.3.4-3)$$

四级抗震等级

$$V_{cc} = 1.1 \frac{M_{cc}^t + M_{cc}^b}{H_n} \quad (6.3.4-4)$$

式中： V_{cc} ——混凝土柱身端部截面考虑地震作用组合的剪力设计值 (N)；

M_{cua}^t 、 M_{cua}^b ——分别为混凝土柱身上、下端顺时针或逆时针方向，按实配钢筋面积和材料强度标准值并考虑承载力抗震调整系数计算的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩值（ $\text{N} \cdot \text{mm}$ ）。计算时轴力取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；

M_{cc}^t 、 M_{cc}^b ——分别为混凝土柱身上、下端顺时针或逆时针方向考虑地震作用组合的弯矩设计值（ $\text{N} \cdot \text{mm}$ ），应符合本规程第 6.3.3 条的规定；

H_n ——柱的净高。

【条文说明】6.3.3-6.3.4

按照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 给出预制柱柱端截面弯矩及剪力设计值的计算规定，以保证框架柱的“强柱弱梁”和“强剪弱弯”。

6.3.5 一、二、三、四级螺栓连接框架结构的角柱，经本规程第 6.3.3 条、第 6.3.4 条规定调整后的组合弯矩设计值、剪力设计值尚应乘以不小于 1.10 的增大系数。

【条文说明】按照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 对框架角柱给出设计规定，提高角柱抗震能力。

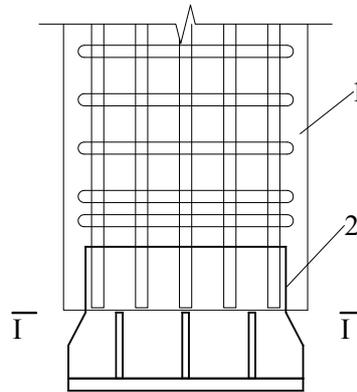
6.3.6 预制柱端部的正截面受弯承载力应满足下式要求：

$$\frac{M_{\text{csuk}}}{l_1} \geq \eta_c \frac{M_{\text{ccuk}}}{l_2} \quad (6.3.6)$$

式中： M_{csuk} —— 螺栓连接件验算截面（图 6.3.6 中 I - I 截面）的极限受弯承载力（ $\text{N} \cdot \text{mm}$ ），按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 中压弯构件截面计算，计算时不考虑承载力抗震调整系数，材料强度取标准值，轴力取考虑地震作用组合的最大轴压力设计值；

M_{ccuk} —— 混凝土柱身验算截面（混凝土柱身弯矩最大截面）按实配钢筋面积计算的的极限受弯承载力（ $\text{N} \cdot \text{mm}$ ），计算时不考虑承载力抗震调整系数，材料强度取标准值，轴力取与计算 M_{csuk} 相同的值；

- l_1 、 l_2 —— 分别为柱反弯点至螺栓连接件验算截面（图 6.3.6 中 I-I 截面）和混凝土柱身验算截面（混凝土柱身弯矩最大截面）的距离（mm）；
- η_c —— 柱端螺栓连接件连接系数，一、二、三、四级可分别取 1.3、1.2、1.1、1.1。



1—混凝土柱身；2—柱端螺栓连接件

图 6.3.6 预制柱端部正截面受弯承载力验算截面示意

【条文说明】预制柱需保证混凝土柱身先于柱端螺栓连接件发生破坏，故螺栓连接件的截面承载力与实际弯矩比值需要高于混凝土柱身的截面承载力与实际弯矩比值，混凝土柱身选取弯矩最大截面，一般位于柱顶或柱底。编制组完成的柱柱连接节点拟静力试验及有限元分析结果表明，抗震等级为二级时 η_c 如取 1.2，可保证预制柱在混凝土柱身截面发生受弯破坏，而螺栓连接件截面并未破坏。

7 节点及连接设计

7.1 一般规定

7.1.1 螺栓连接件底板与侧板的焊接应采用全熔透焊缝，焊缝质量等级一级。

【条文说明】螺栓连接件是将预制构件采用螺栓连接成为整体框架的关键组件，其中底板与螺栓进行连接，侧板与柱身纵筋或梁身纵筋进行连接，需要保证侧板与底板之间实现等强连接。

7.1.2 节点构造应符合结构计算假定，当构件在节点偏心相交时，尚应考虑附加弯矩的影响。

【条文说明】通过合理的节点构造设计，使结构受力与计算简图中的刚接、铰接等假定相一致，节点传力需顺畅，尽量保证相邻构件的轴线共点交汇。

7.1.3 螺栓连接件的防火、防腐处理应分别满足国家现行标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 和《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的相关要求。螺栓连接件的耐火等级不应低于与之相连的混凝土梁身或柱身。

7.1.4 螺栓连接件底板应保证其在持久设计状况、多遇地震设计状况下始终保持弹性。

【条文说明】螺栓连接件底板主要承担拉力或压力作用，在持久设计状况、多遇地震设计状况下需保证底板始终处于弹性，不发生翘曲；在罕遇地震设计状况下可进入弹塑性阶段。

7.2 预制梁与预制柱连接

7.2.1 梁柱连接的设计除应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的要求外，尚应符合下列规定：

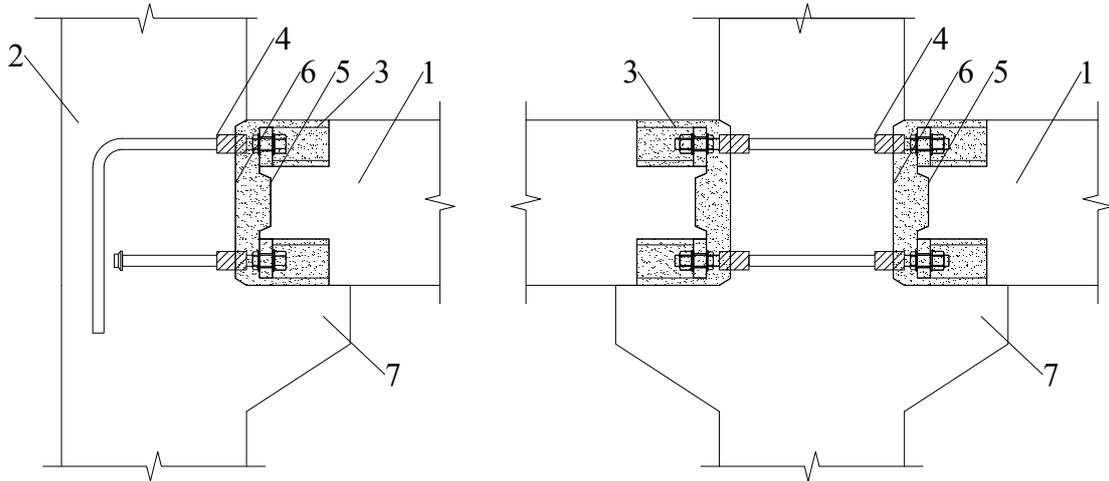
1 采用全预制梁时，可在梁顶和梁底分别设置梁端螺栓连接件与柱内预埋的套筒组件采用螺栓连接（图 7.2.1（a））；

2 采用叠合预制梁时，可在梁底设置梁端螺栓连接件与柱内预埋的套筒组件采用螺栓连接，梁上部纵筋可采用机械连接形式与柱内预埋的锚固钢筋连接，且接头应为I级接头（图 7.2.1（b））；

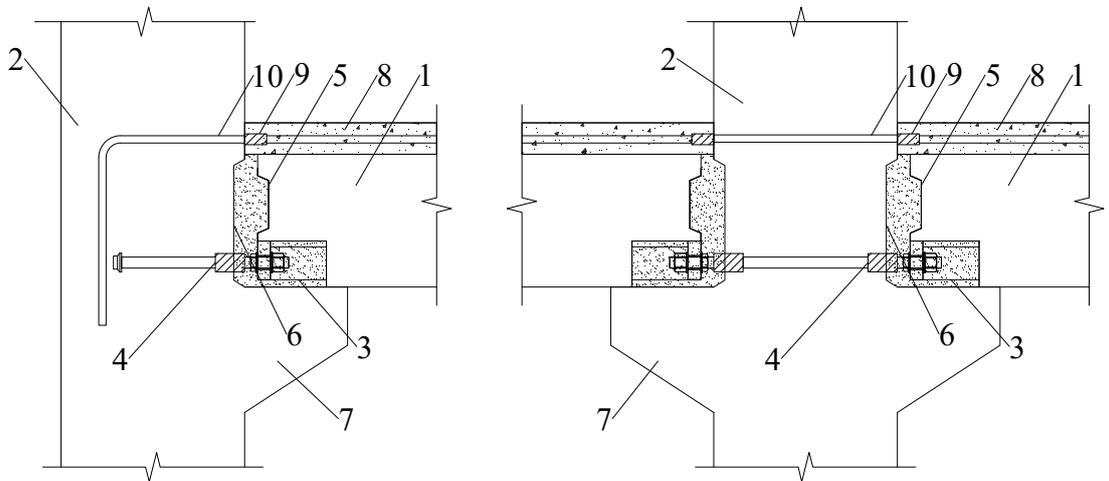
3 梁端与柱侧面的接缝宽度不宜小于 30mm，且应在梁端外侧设置紧固螺母，紧固螺母可采用薄螺母并采用灌浆料填实（图 7.2.1（c））；

4 梁与柱结合面应设置键槽及粗糙面（图 7.2.1（a）、（b））；

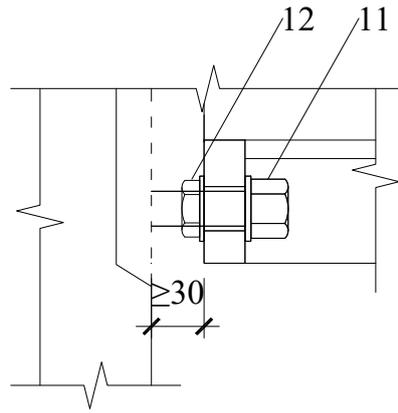
5 可设置牛腿支承预制梁，梁在牛腿上的搁置部位应设置垫块，并应满足梁端转动变形的要求；牛腿宽度不应小于后浇区浇筑宽度与梁宽的较大值。



(a) 全预制混凝土梁端节点



(b) 叠合混凝土梁端节点



(c) 螺栓连接接缝示意

- 1—预制梁；2—预制柱；3—梁端螺栓连接件；4—套筒组件；5—梁端抗剪键槽；
6—柱侧抗剪键槽；7—牛腿；8—后浇层；9—套筒；10—柱内锚固钢筋；
11—螺栓；12—紧固螺母

图 7.2.1 梁柱连接示意

【条文说明】螺栓连接梁柱节点域为混凝土节点域，其节点域构造、承载力及稳定性的验算符合现行国家规范《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

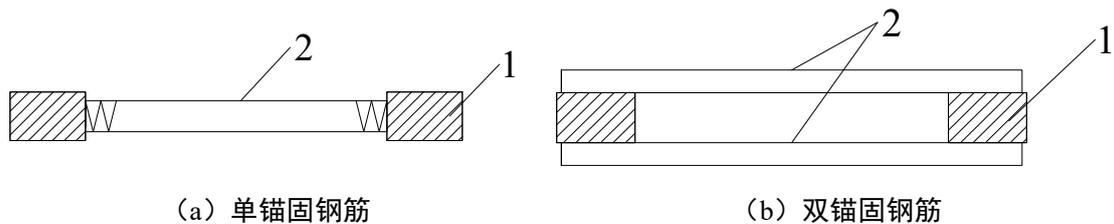
综合考虑螺母厚度、操作空间、安装偏差及二次灌浆密实度等，梁端与柱侧面的接缝宽度不宜小于 30mm。紧固螺母在施工阶段可以起到调平及支撑的作用，同时更容易保证螺栓与螺栓连接件紧贴，可采用薄螺母。当螺栓规格为现行国家标准《六角薄螺母》GB/T 6172.1 的 M12~M30 之间时，薄螺母的厚度大约在 8~15mm。

梁柱结合面设置键槽可以提高接缝的抗剪承载力，设置粗糙面不仅可以提高接缝的抗剪承载力，还可以防止接缝位置过早开裂。

编制组开展了一系列针对梁柱螺栓连接节点的试验研究，结果表明当连接满足本条规定的构造要求时，该连接具有良好的受力性能，可保证预制梁柱之间以及预制梁柱与后浇部分的可靠传力。

7.2.2 柱内预埋套筒组件的构造应符合下列规定（图 7.2.2）：

- 1 套筒应与连接螺栓相配套，其抗拉承载力不应低于螺栓的抗拉承载力；
- 2 套筒组件中的锚固钢筋应在柱内可靠锚固，边节点锚固钢筋可采用弯折锚固或机械锚固的形式，中节点锚固钢筋可贯穿柱截面。根据受力需要，可采用单锚固钢筋或双锚固钢筋，当采用单锚固钢筋时可采用螺杆代替锚固钢筋。锚固钢筋的抗拉承载力不应低于与其连接的梁内纵筋抗拉承载力的 1.1 倍。



1—套筒；2—锚固钢筋

图 7.2.2 套筒组件构造

【条文说明】为保证螺栓的充分受力，预埋套筒不应早于螺栓发生破坏，预埋套筒选用时宜进行拉拔试验来保证螺栓与套筒连接的可靠性。为保证梁柱节点的充分传力，锚固钢筋在柱内的构造及锚固长度需符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的相关规定。当单锚固钢筋直径较大导致锚固长度超出节点范围时建议采用双锚固钢筋，设计人员可自行选用锚固钢筋的形式。梁内纵筋通过螺栓连接件及螺栓将力传递给柱内预埋套筒组件，需保证锚固钢筋不早于梁内纵筋发生破坏，经过综合测算，当锚固钢筋的抗拉承载力不小于与之连接的梁内纵筋抗拉承载力的 1.1 倍时，可满足要求。

7.2.3 梁柱连接接缝截面的受弯承载力应符合下列规定：

1 在持久设计状况及地震设计状况下，可将螺栓作为受拉钢筋，按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算接缝截面的受弯承载力，其中混凝土抗压强度应取预制梁混凝土和接缝灌浆料二者的较小值；

2 在短暂设计状况下，当未灌浆或灌浆料未达到设计强度时，可根据连接螺栓的拉、压力平衡来确定接缝截面的受弯承载力，其中受压螺杆的压应力最大值可按紧固螺母的设计承载力换算取值；

3 单个螺栓连接的受拉承载力设计值可根据试验结果或现有相关产品标准确定。

【条文说明】在正常使用阶段，由于紧固螺母的存在螺栓实际能够承担部分压力，但紧固螺母一般为薄螺母使得螺栓仅能发挥其部分抗压强度。故从设计安全考虑，进行梁柱连接接缝截面受弯承载力计算时不考虑螺栓的受压作用，假定拉力全部由螺栓承担、压力全部由混凝土承担。在施工阶段，未灌浆或灌浆料未达到设计强度时，仅依靠螺栓承担弯矩。

7.2.4 梁柱连接接缝截面的受剪承载力应符合下列规定：

1 持久设计状况下，梁端剪力应由牛腿承担；

2 地震设计状况下，梁端向下的剪力应由牛腿承担，向上的剪力应由接缝抗剪承担，其受剪承载力应按公式（7.2.4）计算：

$$V_{uE} = 0.04f_c A_{c1} + 0.06f_c A_k + 1.65A_{sd} \sqrt{f_c f_y} \quad (7.2.4)$$

式中： A_{c1} —— 叠合梁端截面后浇混凝土叠合层截面面积，当采用全预制梁式时，此项取 0；

f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值，取预制梁混凝土和接缝灌浆料二者的较小值；

f_y —— 垂直穿过接缝截面的钢筋抗拉强度设计值；

A_k —— 各键槽的根部截面面积之和，按后浇键槽根部截面和预制键槽根部截面分别计算，并取二者的较小值；

A_{sd} —— 垂直穿过接缝截面所有钢筋的面积，包括叠合层内纵向钢筋。当仅有螺栓穿过时，此项取 0。

【条文说明】当梁端支承于牛腿时，梁端向下的剪力全部由牛腿承担，按照牛腿类别分别根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010（混凝土牛腿）或《钢结构设计标准》GB 50017（钢牛腿）计算牛腿受剪承载力。

梁端向上的剪力由接缝抗剪承担，参考现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的规定进行计算。考虑到连接螺栓所施加的预应力未达到高强螺栓规定的预应力值，且为方便安装螺栓孔径明显大于螺栓直径，为安全起见不考虑螺栓的销栓抗剪作用。

7.2.5 梁柱连接的极限承载力应满足下列公式要求：

$$M_{bu}^j \geq \eta_{bj} M_{bua} \quad (7.2.5-1)$$

$$V_{bu}^j \geq \eta_{bj} (\sum M_{bua} / l_n) + V_{Gb} \quad (7.2.5-2)$$

式中： M_{bu}^j —— 梁柱连接的极限受弯承载力（N·mm）；

M_{bua} —— 梁身端部混凝土截面采用实配钢筋计算的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩值之和（N·mm），计算时考虑承载力抗震调整系数，材料强度取标准值；

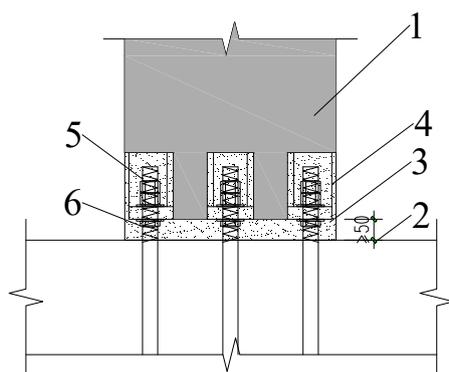
- V_{bu}^j —— 梁柱连接的极限受剪承载力 (N) ;
- V_{Gb} —— 在重力荷载代表值作用下, 按简支梁计算的梁端螺栓连接件截面剪力设计值 (N) ;
- η_{bj} —— 梁柱连接节点增大系数, 一、二、三、四级可分别取 1.3、1.2、1.1、1.1。

【条文说明】本条保证梁柱连接截面不先于预制梁发生破坏, 即保证“强连接弱构件”。

7.3 预制柱连接

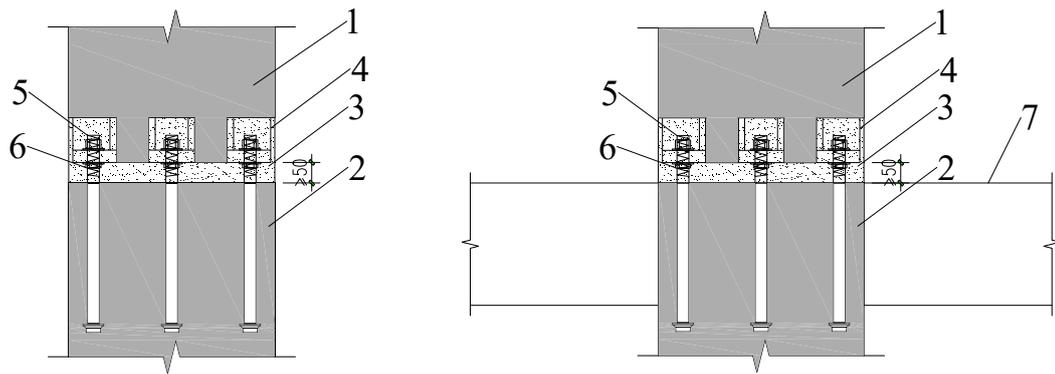
7.3.1 柱与基础、柱与柱之间的连接应符合下列规定 (图 7.3.1-1~7.3.1-2) :

- 1 在首层柱底或上层柱底可设置柱端螺栓连接件, 分别与基础预埋锚栓或下层柱顶外伸钢筋采用螺栓连接, 锚栓或钢筋应进行可靠锚固;
- 2 柱端接缝宽度不宜小于 50mm 且应满足施工安装的要求, 其操作手孔及接缝应采用灌浆料填实;
- 3 柱端螺栓连接件的下部应设置紧固螺母, 紧固螺母可采用薄螺母且应根据预制柱的施工验算进行调整;
- 4 柱柱连接可设在层间位置或楼层标高位置。



1—首层柱; 2—基础; 3—二次灌浆区; 4—柱脚螺栓连接件;
5—预埋锚栓; 6—紧固螺母

图 7.3.1-1 柱与基础连接



(a) 层间位置

(b) 楼层标高位置

1—上柱；2—下柱；3—二次灌浆区；4—柱中螺栓连接件；
5—下层柱顶外伸钢筋（端部车丝）；6—紧固螺母；7—梁

图 7.3.1-2 柱柱连接

【条文说明】锚栓在基础内或外伸钢筋在下柱内的锚固应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。紧固螺母在施工阶段可以起到调平及支撑的作用，在施工阶段未浇筑灌浆料时，连接截面的承载力仅靠螺栓承担，需进行螺栓施工验算以确定螺母规格。

柱与柱的连接根据建筑要求、受力性能、构造形式等可设置在层间位置或楼层标高位置。

根据课题组完成的一系列柱脚螺栓连接节点试验研究，当连接满足本条规定的构造要求时，其节点刚度与承载力均与现浇节点相当，具有良好的抗震性能。

7.3.2 柱与基础、柱与柱之间的连接接缝截面受弯承载力应符合下列规定：

1 在持久设计状况及地震设计状况下，可将基础预埋锚栓或下层柱顶外伸钢筋作为受力钢筋，按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算接缝截面的受弯承载力，其中混凝土抗压强度应取预制柱混凝土和接缝灌浆料二者的较小值；

2 在短暂设计状况下，当未灌浆或灌浆料未达到设计强度时，可根据连接螺栓的拉、压力平衡来确定接缝截面的受弯承载力，其中受压螺杆的压应力最大值可按紧固螺母的设计承载力换算取值；

3 单个螺栓连接的受拉承载力设计值可根据试验结果或现有相关产品标准确定。

【条文说明】在正常使用阶段，进行接缝截面受弯承载力计算时可将基础预埋锚

栓或下层柱顶外伸钢筋作为受力钢筋考虑。在施工阶段，未灌浆或灌浆料未达到设计强度时，仅依靠螺栓承担弯矩。

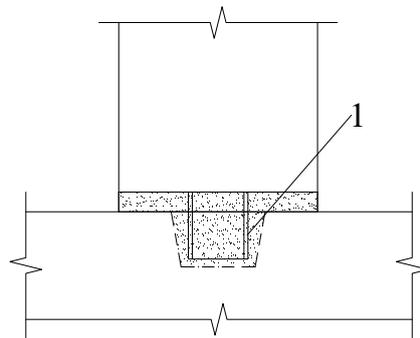
7.3.3 柱端水平接缝的剪力可由接缝间的摩擦力来承担，当摩擦力不足时，可在接缝位置设置钢抗剪键或混凝土键槽（图 7.3.3）。柱端水平接缝的受剪承载力设计值应按下列公式计算：

$$V_{cE} = \mu N + V_{cr} \quad (7.3.3-1)$$

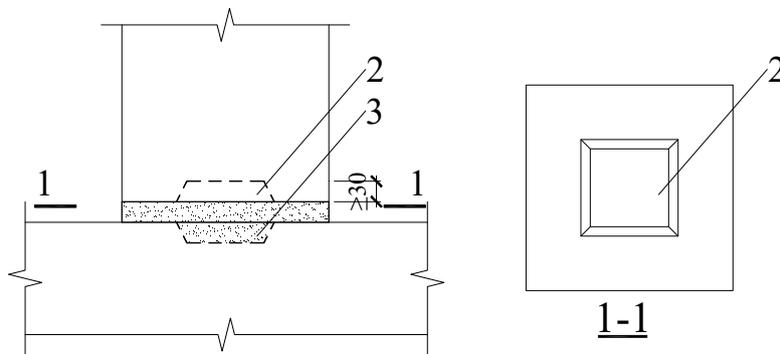
钢抗剪键：
$$V_{cr} = 0.58 f_a A_{wa} \quad (7.3.3-2)$$

混凝土键槽：
$$V_{cr} = 0.06 f_c A_k \quad (7.3.3-3)$$

- 式中：
- N —— 柱轴力设计值（N），压力取正，拉力取 0；
 - V_{cr} —— 钢抗剪键或混凝土键槽的抗剪承载力；
 - μ —— 柱端接缝的摩擦力系数，可取 0.4；
 - A_{wa} —— 钢抗剪键腹板的截面面积；
 - A_k —— 混凝土键槽根部抗剪截面面积。



(a) 钢抗剪键



(b) 混凝土键槽

1—钢抗剪键；2—柱底键槽；3—基础键槽

图 7.3.3 柱端钢抗剪键或混凝土键槽构造

【条文说明】考虑到连接螺栓所施加的预应力未达到高强螺栓规定的预应力值，且为方便安装螺栓孔径明显大于螺栓直径，为安全起见不考虑螺栓的销栓抗剪作用。当接缝间摩擦力不足时，可采用钢抗剪键或混凝土键槽协助抗剪。采用钢抗剪键时，钢抗剪键可由矩形钢管、T形钢、H型钢或钢板焊接而成，与柱端螺栓连接件的底板进行焊接后埋入基础或下层预制柱内。钢抗剪键或混凝土键槽需与接缝一起采用灌浆料填实。

7.3.4 预制柱连接的极限承载力应满足下列公式要求：

$$M_{cu}^j \geq \eta_{cj} M_{cua} \quad (7.3.4-1)$$

$$V_{cu}^j \geq \eta_{cj} \sum M_{cua} / H_n \quad (7.3.4-2)$$

式中： M_{cu}^j —— 预制柱连接的极限受弯承载力（N·mm）；
 M_{cua} —— 按实配钢筋面积和材料强度标准值计算的正截面抗震受弯承载力所对应的柱身最大弯矩值（N·mm）。计算时轴力取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；
 V_{cu}^j —— 预制柱连接的极限受剪承载力（N）；
 η_{cj} —— 预制柱连接节点增大系数，一、二、三、四级可分别取1.3、1.2、1.1、1.1。

【条文说明】为保证预制柱连接的安全，要求连接处的受弯承载力大于预制柱的受弯承载力乘以节点增大系数、连接处的受剪承载力大于预制柱受弯承载力反算得到的受剪承载力乘以节点增大系数，以实现连接节点不先于预制柱发生破坏，即保证“强连接弱构件”。本条规定的预制柱连接节点增大系数参照现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的相关规定及美国规范关于强连接的要求确定。

7.4 楼盖节点

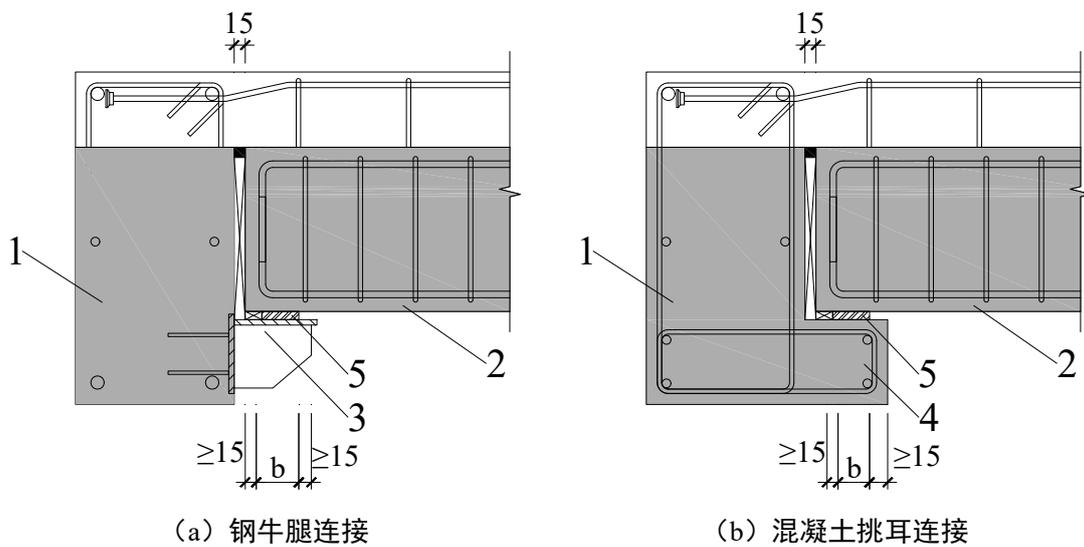
7.4.1 主次梁支座节点宜按铰接设计，可采用钢牛腿、混凝土挑耳或牛担板进行连接，相应的连接构造应符合支座受剪承载力和转动变形能力的要求。

【条文说明】为了螺栓连接框架结构实现少支撑、少模板、少后浇的优势，主次梁支座节点宜按铰接设计。

7.4.2 主次梁支座节点采用钢牛腿或混凝土挑耳连接时，钢牛腿或混凝土挑耳应能承受施工阶段及使用阶段次梁传来的剪力，并应符合下列要求（图 7.4.2）：

1 支垫宽度 b 应满足施工及使用阶段次梁搁置处局部受压承载力的要求，且不应小于 100mm；

2 支垫至次梁、钢牛腿或混凝土挑耳边缘的距离均不应小于 15mm，次梁端部至主梁侧面的距离在满足支座转动变形的要求下可取为 15mm。



(a) 钢牛腿连接

(b) 混凝土挑耳连接

1—主梁；2—次梁；3—钢牛腿；4—混凝土挑耳；5—支垫

图 7.4.2 主次梁支座节点的钢牛腿或混凝土挑耳连接

【条文说明】为保证主次梁支座节点满足承载力要求，需分别按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 或《混凝土结构设计规范》GB 50010 设计钢牛腿或混凝土挑耳。为保证次梁支座的充分变形，次梁端部与主梁侧面之间应预留 15mm 的间隙，后浇混凝土时需在该预留间隙上部进行封堵，防止漏浆。支垫可以采用橡胶垫片或水泥砂浆坐浆。

7.4.3 主次梁支座节点采用牛担板连接时，应符合下列要求（图 7.4.3）：

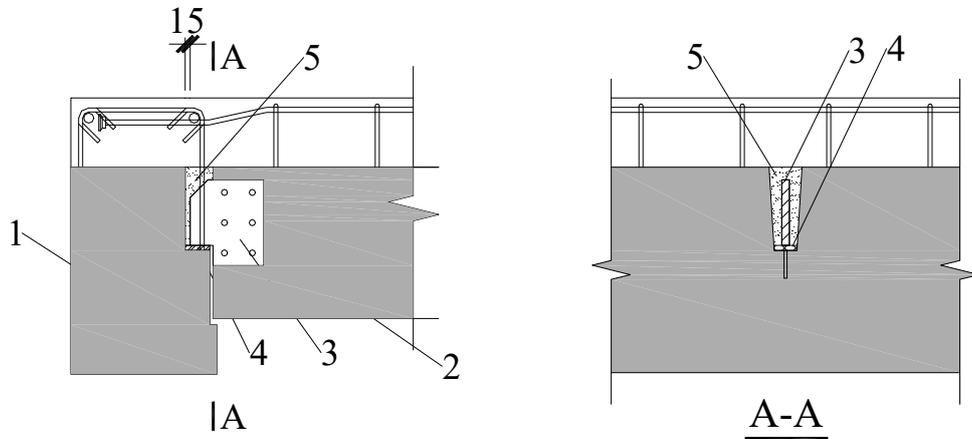
1 牛担板及支撑牛担板的挑耳应能够承受施工及使用阶段的荷载；

2 牛担板端部至主梁侧面的距离在满足支座转动变形的要求下可取为 15mm；

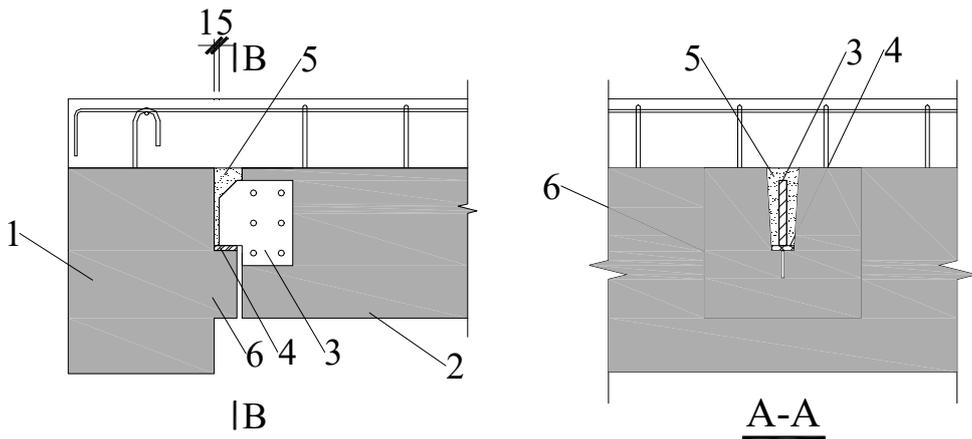
3 牛担板两侧应对称布置抗剪栓钉，牛担板厚度不应小于抗剪栓钉直径的

0.6 倍；

4 当主次梁采用全预制梁时，应在主梁侧面设置支承牛担板的外伸挑耳，次梁底宜与外伸挑耳底平齐。



(a) 叠合梁形式



(b) 全预制梁形式

1—预制主梁；2—预制次梁；3—牛担板；4—垫板；5—无收缩砂浆；6—外伸挑耳

图 7.4.3 主次梁支座节点的牛担板连接

【条文说明】牛担板的承载力计算需要满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《钢结构设计标准》GB 50017 的要求，还需要符合《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的相关规定。

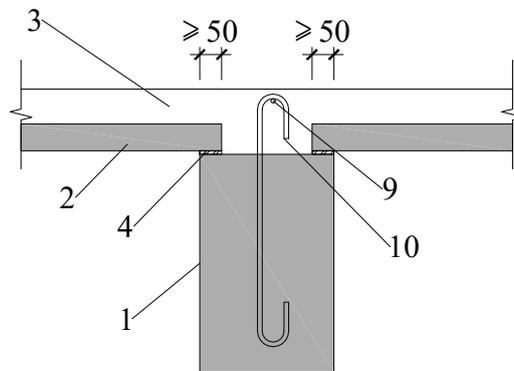
7.4.4 当采用叠合梁时，楼板与梁的支座连接与普通混凝土叠合梁相同，应满足现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的相关规定。

7.4.5 当采用全预制梁时，楼板与梁的支座连接应符合下列规定（图 7.4.5）：

1 楼板的搁置长度不宜小于 50mm；

2 混凝土梁身范围内应在楼板板底设置垫板，梁身顶部应设置连接钢筋，连接钢筋末端应做成 135° 或 180° 弯钩，钢筋直径不应小于 8mm，间距不应大于 300mm；连接钢筋弯钩下方尚应设置直径不小于 12mm 的构造纵筋，构造纵筋应锚入梁端螺栓连接件外露范围上方的混凝土内，锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定；

3 可在安装楼板前对梁端螺栓连接件连接区域进行灌浆，也可先安装楼板后对梁端螺栓连接件连接区域进行灌浆。当先进行灌浆时，梁端螺栓连接件范围内应在楼板板底设置垫板；当后进行灌浆时，楼板板底不设垫板，若楼板遮挡操作手孔，应在楼板上设置灌浆孔，灌浆孔直径不宜小于 30mm，灌浆料灌注至楼板底部。



1—全预制梁；2—叠合板；3—后浇层；4—垫板；9—构造钢筋；10—连接钢筋

图 7.4.5 楼板与全预制梁支座连接

【条文说明】采用全预制梁主要是为了达到板端不设支撑，叠合板需要一定的支承长度。由于混凝土梁身及灌浆面顶部不够平整，为防止后浇混凝土时出现漏浆情况，需在板底设置垫板。混凝土梁身顶部的连接钢筋仅起连接作用，无需进行承载力验算，满足构造要求即可。

由于螺栓连接件区段较小，当后进行灌浆时，楼板可进依靠在混凝土梁身段的支承，当采用单向板时，楼板在混凝土梁身段的支承宽度不小于楼板宽度的 1/2。

8 制作与安装

8.1 一般规定

8.1.1 预制梁、预制柱的制作单位应具备保证质量要求的生产工艺设施，并应有完善的质量管理体系和试验检测手段，宜采用信息化管理手段；制作前，应编制生产方案，生产方案宜包括生产工艺、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。

8.1.2 预制梁、预制柱安装前应编制专项施工方案，专项施工方案宜包括施工场地布置、预制构件运输与存放、安装与连接施工、绿色施工、安全管理、质量管理、应急预案等内容。

8.1.3 预制梁、预制柱的吊运、堆放、运输及安装除应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 对预制构件的规定外，尚应采取防止螺栓连接件损伤或污染的措施。

【条文说明】螺栓连接件是螺栓连接框架结构的关键组成部分，吊运、堆放、运输及安装过程中应采取有效措施对其进行保护，防止其发生变形或受污染。

8.1.4 螺栓连接框架结构施工前应按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和本规程的有关规定进行施工阶段结构分析和验算。预制构件在脱模、翻转、吊运、运输、安装等环节的施工验算，采用的等效静力荷载标准值应符合下列规定：

1 脱模验算时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；其中动力系数不宜小于 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 ；

2 翻转、吊运、运输、安装验算时应取构件自重标准值乘以动力系数，构件吊运、运输时动力系数宜取 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。当有可靠经验时，动力系数可根据实际受力情况和安全要求适当增减。

【条文说明】施工验算是装配式结构设计的重要内容，验算的内容包括临时性结构、预制构件、预埋吊件、临时支撑等。对于螺栓连接框架结构，由于预制柱和预制梁均采用免支撑安装方式，因此需重点对安装状态下的预制柱和预制梁按短

暂设计状况进行受力计算，以确保施工安全和使用要求。

8.1.5 螺栓连接框架结构正常施工前应选择有代表性的单元，进行首件、首段制作安装，并分别进行首件、首段验收，验收合格后，方可进行正常施工。

8.2 制作与检验

8.2.1 预制梁、预制柱用混凝土原材料和钢筋应符合下列规定：

1 混凝土原材料及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；

2 钢筋的加工、连接与安装应符合现行国家标准《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。

8.2.2 螺栓连接件的制作及质量检验应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构工程施工规范》GB 50755 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定，并应符合下列规定：

1 制作采用的钢材、连接材料等应符合设计要求及本规程第 4 章的有关规定，且应按国家现行有关标准的规定进行进厂质量验收；

2 需进行边缘加工的零件，宜采用精密切割；焊接坡口宜采用自动切割、半自动切割、坡口机、刨边机等加工，并应采用样板控制坡口角度和尺寸；

3 组装前应检查零件的材质、规格、外观、尺寸偏差、数量等，检验合格后方可进行组装；

4 焊接前应进行焊接工艺评定，应严格按照工艺文件规定的焊接方法、工艺参数、施焊顺序进行，焊缝质量等级应符合设计要求及现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定。

【条文说明】本条参考现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构工程施工规范》GB 50755 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205，对螺栓连接件的制作及质量检验要求进行了规定，包括原材料、零件加工要求、组装要求、防锈和涂装要求等。

8.2.3 梁端螺栓连接件、柱端螺栓连接件与钢筋的焊接应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 和本规程的有关规定。

8.2.4 预制梁、预制柱的模具应具备保证螺栓连接件位置准确和可靠固定的措施。

【条文说明】为保证预制梁、预制柱的制作精度满足现场安装要求，需采取有效措施保证螺栓连接件与模具可靠固定。

8.2.5 预制梁、预制柱的模具尺寸允许偏差及检验方法应符合表 8.2.5 的规定。

表 8.2.5 预制梁、预制柱的模具尺寸允许偏差及检验方法

项次	检验项目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	长度	≤6m	3, -3	尺量平行构件高度方向，取其中偏差绝对值较大处
		>6m 且 ≤12m	3, -4	
		>12m	3, -5	
2	截面宽度、高度		3, -4	尺量两端或中部，取其中偏差绝对值较大值
3	底模表面平整度		2	2m 靠尺和塞尺量
4	对角线差		3	尺量
5	侧向弯曲		$L^*/1500$ 且 ≤5	拉线，尺量侧向弯曲最大处
6	翘曲		$L/1500$	对角拉线，尺量交点间距离值的 2 倍
7	组装缝隙		1	塞片或塞尺量，取最大处
8	端模与侧模高低差		1	尺量
注：* L 为模具与混凝土接触面中最长边的尺寸。				

【条文说明】预制柱、预制梁构件的模具尺寸偏差参考了现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 对预制构件模具的有关规定。

8.2.6 螺栓连接件底板螺栓孔的孔径及位置尺寸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。

【条文说明】螺栓孔的孔径及位置尺寸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。

8.2.7 预制梁、预制柱在混凝土浇筑前，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、弯折角度及平直段长度等；
- 2 螺栓连接件的规格、数量、位置等；
- 3 钢筋的连接方式、接头位置、接头质量、接头面积百分率、搭接长度等；
- 4 钢筋与螺栓连接件的连接方式、连接质量等；
- 5 钢筋的混凝土保护层厚度；
- 6 预埋件、吊环、插筋的规格、数量、位置等。

【条文说明】螺栓连接框架结构的预制梁、预制柱与传统预制混凝土构件的差别主要在于设置了螺栓连接件，因此隐蔽工程检查中需重点检查螺栓连接件相关的内容。

8.2.8 预制梁、预制柱的质量检验应包括模具、钢筋、螺栓连接件、混凝土、构件成品等检验项目。构件经检验合格后，应在表面设置标识，标识设置宜采用射频识别、二维码等信息化技术。

【条文说明】预制梁、预制柱的质量检验内容在传统预制混凝土构件的基础上，增加了螺栓连接件专项。

8.2.9 预制梁、预制柱的外观质量不宜有一般缺陷，对已出现的一般缺陷，应按技术方案进行处理，并应重新检验。

【条文说明】螺栓连接框架结构预制柱、预制梁构件的外观质量缺陷分类与传统预制混凝土构件相同，可参考现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定，其中对于螺栓连接件与混凝土梁身或柱身的连接部位需从严要求。

8.2.10 预制梁、预制柱的尺寸允许偏差及检验方法应符合表 8.2.10 的规定。

表 8.2.10 预制梁、预制柱的尺寸允许偏差及检验方法

项次	项目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	预制梁长度	<12m	±5	尺量
		≥12m	±10	
2	预制柱长度		±5	尺量
3	螺栓连接件轴线偏移		3	尺量
4	混凝土梁身或柱身	截面宽度、高度	±5	尺量
5		表面平整度	3	靠尺、2m 塞尺量测
6		侧向弯曲	长度的 1/750 且不大于 20	拉线，尺量最大弯曲处

【条文说明】预制梁、预制柱的尺寸允许偏差参考了现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 对梁柱类预制构件的规定，并在此基础上增加了对螺栓连接件相关尺寸的规定。

8.2.11 当工厂模具等制作条件具备时，预制柱可采用多层柱同时制作的工艺，其尺寸偏差应满足安装和连接施工要求。

【条文说明】当工厂模具等制作条件具备时，优先采用多层柱同时制作的工艺，以便于更好地保证预制柱的尺寸偏差满足安装和连接施工要求。

8.2.12 预制梁、预制柱的制作与检验，除应符合本规程外，尚应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231的有关规定。

【条文说明】构件的制作与检验涉及的内容包括原材料及配件、模具、钢筋及预埋件、成型及脱模、构件检验、堆放及运输等。本节主要规定了构件制作与检验的关键内容和螺栓连接框架结构与传统装配式结构有所区别的内容，对于没有规定的内容，需符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231的有关规定。

8.2.13 预制梁、预制柱交付的产品质量证明文件应包括下列内容：

- 1 出厂合格证；
- 2 混凝土强度检验报告；
- 3 螺栓连接件质量证明文件；
- 4 合同要求的其他质量证明文件。

8.3 安装与连接

8.3.1 预制梁、预制柱的安装与连接，除应符合本规程外，尚应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定。

8.3.2 预制梁、预制柱在全面吊装前宜先进行试吊；应按现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33的有关规定，检查复核吊装设备及吊具处于安全操作状态，并核实现场环境、天气、道路状态等满足吊装施工要求。

8.3.3 预制柱的安装与连接应符合下列规定：

- 1 首层柱安装后应进行垂直度、标高和轴线位置校正；校正合格后应固定；
- 2 首节以上的柱定位轴线应从地面控制线直接引上，不得从下层柱的轴线引上；校正柱垂直度时，应合理预留柱与梁端螺栓连接件的间隙；
- 3 上、下层柱连接处应设置调平螺栓，以控制柱安装标高，调整柱垂直度；
- 4 应采取措施保证连接处灌浆密实。

【条文说明】预制柱的安装要求参考了钢结构钢柱的做法，连接施工要求是根据

上、下层柱的连接方式，结合经验确定的。

8.3.4 预制梁的安装与连接应符合下列规定：

1 宜采用两点起吊；当单根构件较长且采用两点起吊不能满足构件强度和变形要求时，宜设置 3~4 个吊点或采用平衡梁吊装，吊点位置应通过计算确定；

2 就位后应对构件顶标高、安装位置、两端高差等进行测量检查，校正完成后应及时进行螺栓连接，并采用螺母进行固定；

3 应采取措施保证连接处灌浆密实。

【条文说明】预制梁的吊装要求与传统预制混凝土构件相同，连接施工要求是根据连接方式，结合经验确定的。

8.3.5 楼板与预制梁、预制柱的连接构造应符合本规程第 7 章和国家现行有关标准的规定。

9 质量验收

9.1 一般规定

9.1.1 螺栓连接框架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 的规定进行子分部工程验收。

9.1.2 螺栓连接框架结构子分部工程可划分为预制梁和预制柱、预制柱柱脚、预制梁和预制柱安装与连接、楼板等 4 个分项工程。

9.1.3 螺栓连接框架结构子分部工程质量验收合格应符合下列规定：

- 1 各分项工程施工质量验收合格；
- 2 质量控制资料应完整；
- 3 有关安全及功能的结构检验和抽样检测结果应符合本规程及国家现行有关标准的规定；
- 4 观感质量验收合格。

【条文说明】本条根据现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定，给出了螺栓连接框架结构子分部工程质量合格标准。

9.1.4 螺栓连接框架结构子分部工程质量验收时，应提供下列文件和记录：

- 1 工程设计文件、深化设计文件；
- 2 预制构件的质量证明文件及进场验收记录；
- 3 主要材料的质量证明文件和抽样检验报告；
- 4 预制构件安装验收记录；
- 5 隐蔽工程验收记录；
- 6 混凝土、灌浆料试件的性能检测报告；
- 7 有关安全及功能的检验和见证检测项目检查记录；
- 8 所含各分项工程质量验收记录；
- 9 有关观感质量检验项目检查记录；
- 10 重大质量问题的处理方案和验收记录；
- 11 其他必要的文件和记录。

【条文说明】本条对螺栓连接框架结构施工质量验收时应提供的文件和记录进行了规定。

9.1.5 螺栓连接框架结构子分部工程施工质量验收合格后，应将所有验收文件存档备案。

9.2 预制构件进场验收

I 主控项目

9.2.1 预制梁和预制柱进场时，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。

【条文说明】本条对预制梁和预制柱的进场验收提出了基本要求，构件进场时需检查质量证明文件或质量验收记录。对预制构件专业企业生产的构件，进场时应检查质量证明文件，质量证明文件包括产品合格证明书、混凝土强度检验报告及构件生产过程的关键验收记录。对总承包单位制作的构件，没有“进场”的验收环节，其材料和制作质量需按本规程和国家现行有关标准的规定进行验收，对构件的验收方式为检查构件制作中的质量验收记录。

9.2.2 螺栓连接件的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：检查焊接记录及焊缝检测报告。

9.2.3 预制梁、预制柱的纵向受力钢筋与螺栓连接件侧板的焊接质量应符合设计要求和现行国家标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量验收记录。

【条文说明 9.2.2、9.2.3】螺栓连接件自身以及预制梁、柱纵向受力钢筋与螺栓连接件的焊接质量对构件和节点的受力性能至关重要，因此在对预制梁和预制柱进行进场验收时，需检查焊缝质量证明文件。

9.2.4 预制梁和预制柱的混凝土外观质量不应有严重缺陷，且不应有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、尺量；检查处理记录。

II 一般项目

9.2.5 预制梁和预制柱的表面应设置标识，标识应包括项目名称、编号、生产日期、生产厂商、出厂检验等基本信息。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

【条文说明】预制构件进场时进行标识验收已经成为工程普遍做法，通过其标识可准确了解预制构件的基本情况，有利于指导施工。

9.2.6 预制梁和预制柱的混凝土外观质量不应有一般缺陷，对出现的一般缺陷应要求构件制作单位按技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查技术处理方案和处理记录。

9.2.7 预制梁和预制柱的尺寸偏差及检验方法应符合表 8.2.10 的规定。

检查数量：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 5%，且不应少于 3 个。

9.3 安装与连接质量验收

I 主控项目

9.3.1 预制梁和预制柱的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。

9.3.2 预制梁与预制柱连接方式、主次梁连接方式应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、检查施工记录和隐蔽工程验收记录。

9.3.3 连接螺栓的材质、规格、紧固质量等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。

检查数量和方法：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。

9.3.4 灌浆料进场时，应对灌浆料拌合物的流动度、泌水率、竖向膨胀率、1d 抗

压强度、3d 抗压强度、28d 抗压强度进行检验，检验结果应符合本规程第 4.1.6 条的规定。

检查数量：同一成分、同一批号的灌浆料，不超过 50t 为一批，每批应按现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的有关规定随机抽取灌浆料制作试件。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

9.3.5 螺栓连接处灌浆料的 28d 强度应符合设计要求。

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 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。

【条文说明】灌浆料的抗压强度应按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 的有关规定进行检验，本条对其检查数量进行了规定。

9.3.6 螺栓连接处应采取措施保证灌浆密实。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查灌浆工艺试验报告和灌浆施工记录。

II 一般项目

9.3.7 预制柱安装的尺寸允许偏差及检验方法应符合表 9.3.7 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，应抽查构件数量的 10%，且不少于 3 件。

表 9.3.7 预制柱安装的尺寸允许偏差及检验方法

项目	允许偏差 (mm)	检验方法	
柱脚底座中心线偏移	3	吊线和钢尺量测	
连接处上下边缘偏移	2		
基准点标高	±5	水准仪	
垂直度	单层柱	高度的 1/1000，且不大于 10	经纬仪或全站仪量测
	柱全高	35	
同层柱顶标高差	5		

9.3.8 预制梁安装的尺寸允许偏差及检验方法应符合表 9.3.8 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，应抽查构件数量的10%，且不少于3件。

表 9.3.8 预制梁安装的尺寸允许偏差及检验方法

项目	允许偏差 (mm)	检验方法
梁中心线偏移	2	钢尺量测
顶面标高	±5	水准仪
两端顶面高差	长度的 1/1000, 且不大于 10	水准仪
主次梁顶面高差	5	尺量
倾斜度	5	经纬仪或吊线、尺量

用词说明

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，在条件允许时首先这样做的：

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，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于本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

- 《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
- 《钢结构通用规范》 GB 55006
- 《混凝土结构通用规范》 GB 55008
- 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 《建筑结构可靠性设计统一标准》 GB 50068
- 《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》 GB 50205
- 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 《水泥基灌浆材料应用技术规范》 GB/T 50448
- 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 《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
- 《建筑钢结构防火技术规范》 GB 51249
- 《优质碳素结构钢》 GB/T 699
- 《钢结构用高强度大六角头螺栓》 GB/T 1228
- 《钢结构用高强度大六角螺母》 GB/T 1229
- 《钢结构用高强度垫圈》 GB/T 1230
- 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》 GB/T 3098.1
- 《紧固件机械性能 螺母》 GB/T 3098.2

《紧固件机械性能 平垫圈》GB/T 3098.26
《1 型六角螺母》GB/T 6170
《六角薄螺母》GB/T 6172.1
《结构用无缝钢管》GB/T 8162
《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》JGJ 33
《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107
《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163
《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251
《钢筋机械连接装配式混凝土结构技术规程》CECS 444