

预制装配式建筑施工技术系列丛书

预制装配式

混凝土结构工程量清单计价

YUZHI ZHUANGPEISHI

HUNNINGTU JIEGOU GONGCHENGLIANG QINGDAN JIJIA

中国建设教育协会 主编
远大住宅工业集团股份有限公司



远大住工

中国建筑工业出版社

预制装配式建筑施工技术系列丛书

预制装配式混凝土结构 工程量清单计价

中国建设教育协会
远大住宅工业集团股份有限公司 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

预制装配式混凝土结构工程量清单计价/中国建设教育协会，
远大住宅工业集团股份有限公司主编. —北京：中国建筑工业出版社，2019.1

(预制装配式建筑施工技术系列丛书)

ISBN 978-7-112-23116-4

I. ①预… II. ①中… ②远… III. ①预制结构-混凝土结构-
建筑工程-工程造价 IV. ①TU756

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 292454 号

本书梳理了长沙远大住宅工业集团二十多年、上千项目历练而来的现场经验技术，总结了适用于现阶段我国装配式建筑施工的相关经验，涵盖了概述、预制装配式建筑工程识图、影响预制装配式工程的相关施工方案、工程量清单计价案例分析、工程成本预算编制方法 5 方面内容。旨在为我国装配式建筑施工技术的发展提供些许有益的参考和借鉴，帮助行业范围内的其他单位更好地了解装配式建筑施工工艺，最终助力预制混凝土装配式建筑产业化与规模化的快速发展。

* * *

责任编辑：李 明 李 杰 杜 川
责任校对：焦 乐

预制装配式建筑施工技术系列丛书
预制装配式混凝土结构工程量清单计价
中国建设教育协会
远大住宅工业集团股份有限公司 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京海淀三里河路 9 号）
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
北京京华铭诚工贸有限公司印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：16¼ 插页：6 字数：430 千字
2019 年 3 月第一版 2019 年 3 月第一次印刷
定价：60.00 元
ISBN 978-7-112-23116-4
(33133)

版权所有 翻印必究
如有印装质量问题，可寄本社退换
(邮政编码 100037)

主编单位：中国建设教育协会

远大住宅工业集团股份有限公司

主 编：谭新明

副 主 编：李 云

编制人员：唐 芬 石东红 杨 权 龙坪峰

张 胜 张志明 李会琴 钱兴军

曹彭娣 彭 彪 潘 芬

前 言

中共中央、国务院在 2016 年 2 月 6 日《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》中明确要求：大力推广装配式建筑，减少建筑垃圾和扬尘污染，缩短建造工期，提升工程质量。要求制定装配式建筑设计、施工和验收规范。完善部品部件标准，实现建筑部品部件工厂化生产。鼓励建筑企业装配式施工，现场装配。建设国家级装配式建筑生产基地。加大政策支持力度，力争用 10 年左右时间，使装配式建筑占新建建筑的比例达到 30%。在这样的背景下，发展装配式建筑成为国务院加强城市规划管理工作的重点，同时又是建筑业调结构、促改革，以及建筑企业转型升级的重要内容。

在装配式建筑的推进发展的过程中，其计价方式也随之发生变化，工程造价是工程建设的核心之一，也是市场运行的重要内容，装配式混凝土结构建筑工程工程造价成为现阶段工程造价管理的重点。

《预制装配式混凝土结构工程量清单计价》参考了装配式混凝土结构的相关标准、以最新规范和定额为依据，以及详细装配式工程图纸讲解，从工程实例出发，为即将从事造价行业及已经从事造价工作的人员提供切实可行的参考依据和仿真模拟。本书将是广大建筑工程施工技术与管理人员必备工具书之一。

本书主要内容适用于预制装配式混凝土结构工程，编写时参考了《建设工程工程量清单计价规范》GB 50500—2013、《房屋建筑与装饰工程工程量计算规范》GB 50854—2013、《装配式建筑工程消耗量定额》TY01—01(01)—2016、湖南省装配式建设工程消耗量标准及相关计价文件。

本书包括五章内容：概述、预制装配式建筑工程识图、影响预制装配式工程的相关施工方案、工程量清单计价案例分析、工程成本预算编制方法。

装配式建筑是国内迅速发展的行业，很多课题正在研究探索中，加上时间仓促和能力有限，本书会存在差错和不足，恳请并感谢读者给予批评指正。

编者

目 录

前言

第1章 概述	1
1.1 预制装配式混凝土建筑的概念及技术特点	1
1.1.1 预制装配式混凝土建筑的概念	1
1.1.2 预制装配式混凝土建筑的技术特点	1
1.2 预制装配式混凝土结构建筑技术体系简介	2
1.2.1 装配整体式剪力墙结构体系	2
1.2.2 框架结构体系	3
1.2.3 框架-剪力墙结构体系	4
1.3 预制装配式混凝土结构技术应用现状	5
1.3.1 结构体系应用现状	5
1.3.2 预制装配式混凝土结构建筑模数的应用	6
1.3.3 连接技术应用现状	7
1.3.4 预制构件生产技术应用现状	7
1.3.5 施工技术	8
1.3.6 预制外墙板接缝、窗洞口防水做法	8
1.3.7 集成技术的应用	9
1.4 预制装配式混凝土结构的标准及标准设计在我国的发展	9
1.5 术语	10
1.6 国家及部分省市发布的有关预制装配式建筑工程造价文件	12
第2章 预制装配式建筑工程识图	14
2.1 建筑识图	14
2.1.1 外墙挂板体系	14
2.1.2 梁下墙挂板体系	20
2.1.3 预制剪力墙套筒灌浆体系	25
2.1.4 小结	30
2.2 结构识图	31
2.2.1 结构平面布置图讲解	31
2.2.2 标准楼梯选用示例图讲解	32
2.2.3 套筒灌浆技术图文讲解	36
2.2.4 构件节点详图	37

2.3	工艺识图	41
2.3.1	预制构件工艺图定义及组成	41
2.3.2	预制构件平面布置图	42
2.3.3	预制构件工艺详图	50
2.4	设备识图	69
2.4.1	水电预埋深化设计	69
2.4.2	图层规定	72
2.4.3	标注规定	73
2.4.4	水电预埋示意	75
2.4.5	节点大样	80
第3章	影响预制装配式工程的相关施工方案	82
3.1	施工平面布置及垂直运输设备选型	82
3.1.1	施工总平面布置	82
3.1.2	垂直运输设备选型	83
3.2	安全防护及操作平台	84
3.2.1	外挂式操作架	84
3.2.2	工具式防护架	92
3.2.3	落地式脚手架	94
3.3	水平构件支撑体系	95
3.3.1	三脚架独立支撑	95
3.3.2	盘扣式支撑	98
3.3.3	键槽式支撑与钢管扣件支撑	101
3.4	模板体系	102
3.4.1	铝合金模板	102
3.4.2	组合大模板	105
3.4.3	木模板	109
第4章	工程量清单计价案例分析	110
4.1	计算要点	110
4.2	与传统建筑相比增减项目内容	116
4.2.1	增加项目内容	116
4.2.2	减少项目内容	131
4.2.3	与传统建筑相比无变化的内容	136
4.2.4	预制装配式建筑与传统建筑工程预算造价对比分析	137
4.3	案例分析	148
4.3.1	编制说明	148
4.3.2	工程图纸	148
4.3.3	工程量计算	159

4.3.4	清单与计价表	168
4.4	案例分析	181
4.4.1	编制说明	181
4.4.2	工程图纸	181
4.4.3	工程量计算	193
4.4.4	清单与计价	201
第5章	工程成本预算编制方法	210
附件	相关文件	240

第 1 章 概述

1.1 预制装配式混凝土建筑的概念及技术特点

1.1.1 预制装配式混凝土建筑的概念

预制装配式混凝土建筑是指由预制混凝土构件通过可靠的连接方式装配而成的混凝土建筑，其结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统的主要部分均采用预制部品部件集成，结构包括装配整体式混凝土结构、全装配混凝土结构等。在建筑工程中，简称预制装配式建筑；在结构工程中，简称预制装配式结构。

全预制装配式建筑是指所有结构构件均由工厂内生产，运至现场进行装配。全预制装配式建筑通常采用柔性连接技术，所谓柔性连接是指连接部位抗弯能力比预制构件低，地震作用下弹塑性变形通常发生在连接处，而梁柱构件本身不会破坏，变形在弹性范围内，因此结构恢复性能好，震后只需对连接部位进行修复即可继续使用，具有较好的经济性。

预制装配整体式建筑是指部分结构构件均由工厂内生产，如：预制外墙、预制内隔墙、预制露台、预制楼板，预制梁、预制楼梯等预制构件运至现场后，与主要竖向承重构件（预制或现浇梁柱、剪力墙等）通过叠合层现浇楼板浇筑成整体的建筑。预制装配整体式结构通常采用强连接节点，由于强连接的预制装配式结构在地震中依靠构件截面的非弹性变形耗能能力，能够达到与现浇混凝土结构相同或相近的抗震能力，具有良好的整体性能，具有足够的强度、刚度和延性，能有效抵抗地震力且具有良好的经济性。

1.1.2 预制装配式混凝土建筑的技术特点

我国现有的建筑技术体系（钢筋混凝土现浇体系）又称湿法作业，即从搭设脚手架、支模、绑扎钢筋到现场浇筑混凝土的作业模式。客观上讲，虽然对城乡建设快速发展贡献很大，但弊端亦十分突出：一是粗放式，钢材、水泥浪费严重；二是用水量过大；三是工地脏、乱、差，往往是城市可吸入颗粒物的重要污染源；四是质量通病严重，开裂渗漏问题突出；五是劳动力成本飙升、招工难、管理难以及质量控制难。这表明传统技术已亟须改进，加上节能减排的要求，必须加快转型，大力发展预制装配式建筑。

预制装配式混凝土结构是我国建筑结构发展的重要方向之一，有利于我国建筑工业化的发展，提高生产效率节约能源，发展绿色环保建筑，并且有利于提高和保证建筑工程质量。与现浇施工方法相比，预制装配式混凝土结构有利于绿色施工，因为预制装配式施工更能符合绿色施工的节地、节能、节材、节水和环境保护等要求，降低对环境的负面影响，包括降低噪声、防止扬尘、减少环境污染、清洁运输、减少场地干扰，节约水、电、

材料等资源和能源，遵循可持续发展的原则。

预制装配式混凝土建筑与现浇钢筋混凝土建筑的区别在于不同的设计、生产、运输和施工方式，由于需现场拼接，所以带来了构件和节点的设计方法、施工方式的变化。两种技术相比较，最大特点是生产方式的转变，主要体现在五化上：建筑设计标准化、部品生产工厂化、现场施工装配化、结构装修一体化和建造过程信息化。其主要优势体现在提升工程建设效率、提升工程建设品质、保障施工安全、提升经济效益以及低碳低能耗、节约资源、实现可持续发展等方面。

另外与传统施工相比，预制装配式混凝土建筑主要施工技术特点如下：

- (1) 装配施工对材料的现场加工少，减少了对环境的污染；
- (2) PC 构件在工厂以机械化数控设备来生产，提高了 PC 构件的精准度，从而保证了预制装配式建筑工程的质量；
- (3) 现场投入重型机械设备，减少大量劳动力，可有效地降低工程的成本；
- (4) PC 预制构件的生产过程中，可以采用一体化生产，提高 PC 构件的精准度，从而保证预制装配式建筑工程的质量品质。例如，外墙保温材料与钢筋混凝土的结合等生产过程采用新工艺能够减少施工工序，提高整体效率以及确保工程质量。
- (5) 现场工人数量将大幅度减少，工人的专业性要求提高。预制装配式建筑施工不需要支模浇筑等一系列的工序，相应的工人数量也将大幅度减少，以同体量的建筑来比较，现代化的预制装配式建筑施工相比传统现浇施工人数减少 50% 左右。当然，预制装配式建筑施工需要的构件吊装和安装工人的专业技术能力较传统施工工人的要求更高，专业的预制装配式建筑工人需要在上岗前进行一系列的理论和实践方面的培训。
- (6) 工程建设效率、工程质量、施工安全保障得到有效提升。大量的构件在工厂生产，减少了传统模式下过长的施工周期，有效地提高了工程建设的效率。
- (7) 资源消耗降低、施工现场更加整洁有序。从传统的现浇施工模式（湿式作业）转变为预制装配式施工模式（干式作业）后，水资源的消耗明显降低，这对我国建筑业的可持续发展意义重大。此外，传统施工现场木模板的使用大量减少，而预制构件工厂使用较多的钢模板能长期循环利用。同时，构件在施工现场的有序堆放和吊装点的合理分布，也会让建筑工地变得更加整洁有序。

1.2 预制装配式混凝土结构建筑技术体系简介

1.2.1 装配整体式剪力墙结构体系

剪力墙结构体系在我国建筑市场中一直占据重要地位，以其在居住建筑中的结构墙和分隔墙兼用，以及无梁、柱外露等特点得到市场的广泛认可。按照主要受力构件的预制及连接方式，国内的装配式剪力墙结构体系可分为：(1) 装配整体式剪力墙结构体系，竖向钢筋连接方式包括套筒灌浆连接、浆锚搭接连接等；(2) 叠合剪力墙结构体系；(3) 多层剪力墙结构体系。

各结构体系中，装配整体式剪力墙结构体系应用较多，适用的房屋高度最大；叠合板

剪力墙目前主要应用于多层建筑或者低烈度地区高度不大的高层建筑以及装配整体式地下室、地下综合管廊等；多层剪力墙结构目前应用较少，但基于其高效、简便的特点，在新型城镇化的推进过程中前景广阔。

此外，还有一种应用较多的剪力墙结构体系，即结构主体采用现浇剪力墙结构，外墙、楼梯、楼板、隔墙等采用预制构件。这种方式在我国南方部分省市应用较多，结构设计方法与现浇结构基本相同，但预制装配化程度较低。

装配整体式剪力墙结构的主要受力构件，如内外墙板、楼板等在工厂生产，并在现场组装而成。预制构件之间通过现浇节点连接在一起，有效地保证了建筑物的整体性和抗震性能。

装配整体式剪力墙结构可大大提高结构尺寸的精度和住宅的整体质量；减少模板和脚手架作业，提高施工安全性；外墙保温材料和结构材料（钢筋混凝土）复合一体化生产，节能保温效果明显，保温系统的耐久性得到极大的提高。

装配整体式剪力墙结构的构件通过标准化生产，土建和装修一体化设计，减少浪费；户型标准化，模数协调，房屋使用面积相对较高，节约土地资源；采用装配式建造，减少现场湿作业；降低施工噪声和粉尘污染，减少建筑垃圾和污水排放。

装配整体式剪力墙结构是装配式混凝土结构的一种，以预制混凝土剪力墙墙板构件和现浇混凝土剪力墙作为竖向承重和水平抗侧力构件，通过整体式连接而成。其中同层预制混凝土剪力墙墙板间以及预制混凝土剪力墙与现浇剪力墙的整体连接一采用现浇段将预制混凝土剪力墙与现浇剪力墙连接成为整体；楼层间的预制混凝土剪力墙的整体连接一通过预制混凝土剪力墙底部结合面灌浆以及顶部水平现浇带和圈梁，将相邻楼层的预制混凝土剪力墙连接成为整体。预制混凝土剪力墙与水平楼盖之间的整体连接一水平现浇带和圈梁。

1.2.2 框架结构体系

装配式混凝土框架结构是近几年发展起来的，主要参照日本的相关技术，包括鹿岛、前田等公司的技术体系，同时结合我国特点进行吸收和再研究而成的结构技术体系。

由于技术和使用习惯等原因，我国装配式框架结构的适用高度较低，适用于低层、多层和高度适中的高层建筑，其最大适用高度低于剪力墙结构或框架—剪力墙结构。装配式框架在我国大陆地区主要应用于厂房、仓库、商场、停车场、办公楼、教学楼、医务楼、商务楼以及居住等建筑，这些结构要求具有开敞的大空间和相对灵活的室内布局，同时对于建筑总高度的要求也相对适中。但总体而言，目前装配式框架结构较少应用于居住建筑。而在日本以及中国台湾等地区，框架结构则大量应用于包括居住建筑在内的高层、超高层民用建筑。

相对于其他装配式混凝土结构体系，装配式混凝土框架结构的主要特点是：连接节点单一、简单，结构构件的连接可靠并容易保证质量，方便采用等同现浇的设计概念。框架结构布置灵活，容易满足不同的建筑功能需求，结合外墙板、内墙板及预制楼板或预制叠合楼板应用，预制率可以达到很高水平，很适合装配式建筑发展。

目前，国内研究和应用的装配式混凝土框架结构根据构建形式及连接形式，可大致分

为以下几种：

(1) 框架柱现浇，梁、板、楼梯等采用预制叠合构件或预制构件，是装配式混凝土框架结构的初级技术体系；

(2) 在上述体系中将框架柱也采用预制构件，节点刚性连接，性能接近于现浇框架结构，即装配整体式框架结构技术体系。根据连接形式，可细分为：

1) 框架梁、柱预制，通过梁柱后浇节点区进行整体连接，是《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1—2014 中纳入的结构体系；

2) 梁柱节点与构件一同预制，在梁、柱构件上设置后浇段连接；

3) 采用现浇或多段预制混凝土柱，预制预应力混凝土叠合梁、板，通过钢筋混凝土后浇部分将梁、板、柱及节点连成整体的框架结构体系；

4) 采用预埋型钢等进行辅助连接的框架体系。通常采用预制框架柱、叠合梁、叠合板或预制楼板，通过梁、柱内预埋型钢螺栓连接或焊接，并结合节点区后浇混凝土，形成整体结构。

(3) 框架梁、柱均为预制，采用后张预应力筋自复位连接，或者采用预埋件和螺栓连接等形式，节点性能介于刚性连接与铰接之间。

装配式混凝土框架结构结合钢支撑或消能减震装置。这种体系可提高结构的抗震性能，增大结构适用高度，扩大适用范围。

各种装配式混凝土框架结构的外围护结构通常采用预制混凝土外挂墙板体系，楼面体系主要采用预制叠合楼板，楼梯为预制楼梯。

1.2.3 框架-剪力墙结构体系

框架-剪力墙结构是由框架和剪力墙共同承受竖向和水平作用的结构，兼有框架结构和剪力墙结构的特点，体系中剪力墙和框架布置灵活，较易实现大空间和较高的适用高度，可以满足不同建筑功能的要求，可广泛应用于居住建筑、商业建筑、办公建筑、工业厂房等，有利于用户个性化室内空间的改造。

当剪力墙在结构中集中布置形成筒体时就成为框架-核心筒结构。主要特点是剪力墙布置在建筑平面核心区域，形成结构刚度和承载力较大的筒体，同时可作为竖向交通核（楼梯、电梯间）及设备管井使用；框架结构布置在交通周边区域形成第二道抗侧力体系。外周框架和核心筒之间形成较大的自由空间，便于实现各种建筑功能的要求，特别适用于办公、酒店、公寓、综合楼等高层和超高层民用建筑。

根据预制构件部位的不同，可分为装配整体式框架-现浇剪力墙结构、装配整体式框架-现浇核心筒结构、装配整体式框架-剪力墙结构 3 种形式。前两者中剪力墙部分均为现浇。

(1) 装配整体式框架-现浇剪力墙结构中，框架结构部分的技术要求详见装配式混凝土框架部分；剪力墙部分为现浇结构，与普通现浇剪力墙结构要求相同。

《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1—2014 规定，在保证框架部分连接可靠的情况下，装配整体式框架-现浇剪力墙结构与现浇框架-剪力墙结构最大适用高度相同。

这种体系的优点是适用高度高，抗震性能好，框架部分的装配化程度较高。主要缺点

是现场同时存在预制装配和现浇两种作业方式，施工组织和管理复杂，效率不高。

(2) 装配整体式框架—现浇核心筒结构中，核心筒具有很大的水平抗侧刚度和承载力，是框架—核心筒结构的主要受力构件，可以分担绝大部分的水平剪力（一般大于80%）和大部分的倾覆弯矩（一般大于50%）。由于核心筒具有空间结构特点，若将核心筒设计为预制装配式结构，会造成预制剪力墙构件生产、运输、安装施工的困难，效率及经济效益不高，因此核心筒一般采用现浇结构形式。核心筒部位的混凝土浇筑量大且集中，可采用滑模施工等较先进的施工工艺，施工效率高。而外框架部分主要承担竖向荷载和部分水平荷载，承受的水平剪力很小，且主要由柱、梁、板等构件组成，适合装配式工法施工，现有的钢框架—现浇混凝土核心筒结构体系就是应用比较成熟的范例。

如果装配式框架部分采用简化的连接方式，如铰接或半刚接等，以核心筒承受全部的侧向地震作用，对装配效率会有大幅提升，但是需要在设计理论上进行创新。

(3) 装配整体式框架—剪力墙结构的研究，国外比如日本进行过类似研究并有大量工程实践，但体系稍有不同，国内基本处于空白状态。目前的框架—剪力墙结构建筑完全依靠传统现浇工法施工，已有相当成熟的装配式框架体系和装配式剪力墙体系，但在框架—剪力墙结构上却显得并不适应。国内目前正在开展相关的研究工作，根据研究成果已在沈阳建筑大学研究生公寓项目、万科研发中心公寓等项目上开展了相关试点应用。

1.3 预制装配式混凝土结构技术应用现状

1.3.1 结构体系应用现状

依据我国国情，目前应用最多的预制装配式混凝土结构体系是装配整体式混凝土剪力墙结构，装配整体式混凝土框架结构也有一定的应用，装配整体式混凝土框架—剪力墙结构有少量应用。

1. 装配整体式混凝土剪力墙结构

装配整体式混凝土剪力墙结构的主要3种做法应用：

(1) 部分或全部预制剪力墙承重体系，通过竖缝节点区后浇混凝土和水平缝节点区后浇混凝土带或圈梁实现结构的整体连接；竖向受力钢筋采用套筒灌浆、浆锚搭接等连接技术进行连接。北方地区外墙板一般采用夹心保温墙板，它由内叶墙板、夹心保温层、外叶墙板三部分组成，内叶墙板和外叶墙板之间通过拉结件联系，可实现外装修、保温、承重一体化。这种做法是《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1—2014中推荐的主要方法，可用于高层剪力墙结构。

(2) 叠合式剪力墙，即将剪力墙从厚度方向划分为三层，内外两层预制，通过桁架钢筋连接，中间现浇混凝土；墙板竖向分布钢筋和水平分布钢筋通过附加钢筋实现间接搭接。该种做法目前纳入安徽省地方标准《叠合板式混凝土剪力墙结构技术规程》DB34/810—2008。

(3) 预制剪力墙外墙模板，即剪力墙外墙由预制的混凝土外墙模板和现浇部分形成，其中预制外墙模板设桁架钢筋与现浇部分连接，可部分参与结构受力。该种做法目前已纳

入上海市工程建设规范《装配整体式混凝土住宅体系设计规程》DG/TJ 08—2071—2010。

2. 装配整体式混凝土框架结构

装配整体式混凝土框架结构体系主要参考了日本和中国台湾的技术，柱竖向受力钢筋采用套筒灌浆技术进行连接，主要做法分为两种：一是节点区域预制（或梁柱节点区域和周边部分构件一并预制）这种做法是将框架结构施工中最为复杂的节点部分在工厂进行预制，避免了节点区各个方向钢筋交叉避让的问题，但要求预制构件的精度较高，且预制构件尺寸比较大，运输比较困难；二是梁、柱各自预制为线性构件，节点区域现浇，这种做法预制构件非常规整，但节点区域钢筋交叉现象比较严重，这也是该种做法需要考虑的最为关键的环节，考虑目前我国构件厂和施工单位的工艺水平，《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1—2014 中推荐了这种做法。

3. 装配整体式混凝土框架—剪力墙结构

目前因为装配整体式混凝土框架—剪力墙结构所做的试验较少，相应的结构体系应用也很少。目前国内正在进行装配整体式混凝土框架—剪力墙结构体系的研究。

以上 3 种主要的结构体系都是基于等同现浇混凝土结构的设计概念，其设计方法与现浇混凝土结构基本相同。

1.3.2 预制装配式混凝土结构建筑模数的应用

长期以来建筑业的粗放式发展，造成标准化设计思维的严重缺失，目前有很多建筑设计人员正在探索利用模数协调原则整合开间、进深尺寸，将功能空间做成模块，从而践行少规格、多组合的设计原则，并且利用少数的基本单元，通过组合形成多样化的建筑平面。通过外墙材料、色彩、纹理的变化，实现建筑立面的多样化。同时将建筑的各种构配件、部分和构造连接技术实行标准化、互换通用，构建建筑通用体系，从而实现建筑的装配式建造方式。

目前国内装配式住宅的建设主要采用的是建筑专用体系，即仅在一个企业内部或者某一个工程项目（如政府公租房）中实现一定程度的标准化，以提高模板重复利用率，降低造价。

如深圳市对保障性住房的标准化、模数化设计进行了研究和实践，构建了 12 个标注户型，（面积 35m^2 、 50m^2 、 65m^2 、 80m^2 ），户型平面采用常用的模数，主要以 3M 为主，并采用净尺寸，减少了厨卫种类。同时根据深圳市特点，建立了 10 个适应性最好的组合平面。

中国香港公屋发展已经 60 年，采用专用体系做法，基本户型有 4 种，建筑实体是根据地形及建设规模用基本户型进行组合。因户型标准化程度高，有利于实现工业化方式建造。中国香港公屋的户型尺寸是多年、多次居住经验的总结，经过调整，不断完善，得出“最优化尺寸”，没有采用模数。

目前随着预制装配式建筑的增多，应对建筑模数统一协调的问题引起重视。只有设计、生产、安装一体化，做到主体结构与建筑部品之间、部品与部品之间的模数协调，才能实现建筑的装配化。

1.3.3 连接技术应用现状

装配式混凝土结构通过构件与构件、构件与后浇混凝土、构件与现浇混凝土等关键部位的连接保证结构的整体受力性能，连接技术的选择是设计中最为关键的环节。目前，由于我国主要采用等同现浇的设计概念，高层建筑基本上采用装配整体式混凝土结构，即预制构件之间，通过可靠的连接方式，与现场后浇混凝土、水泥基灌浆料等形成整体的装配式混凝土结构。竖向受力钢筋的连接方式主要有钢筋套筒灌浆连接、浆锚搭接连接。现浇混凝土结构中的搭接、焊接、机械连接等钢筋连接技术在施工条件允许的情况下也可以采用。

钢筋套筒灌浆连接由金属套筒插入钢筋，并灌注高强、早强、可膨胀的水泥基灌浆料，通过刚度很大的套筒对可微膨胀灌浆料的约束作用，在钢筋表面和套筒内壁间产生正向作用力，钢筋借助该正向力在其粗糙的、带肋的表面产生摩擦力，从而实现受力钢筋之间应力的传递。套筒可以分为全灌浆和半灌浆两种形式。钢筋套筒灌浆连接在欧美、日本等地的应用，已有 40 多年的历史，经历了大地震的考验，编制有成熟的标准，得到普遍的应用。国内已有大量的试验数据支撑，主要用于柱、剪力墙等竖向构件中。《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1—2014 对套筒灌浆连接的设计、施工和验收提出了要求，另外《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408—2013、《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398—2012、《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355—2015 等专项标准，也都为该项连接技术的推广应用提供了技术依据。

钢筋浆锚连接是在预制构件中预留孔洞，受力钢筋分别在孔洞内外通过间接搭接实现钢筋间应力的传递。此项技术的关键在于预留孔洞的成型方式、灌浆的质量以及对搭接钢筋的约束等各个方面。目前主要包括约束浆锚搭接连接和金属波纹管搭接连接两种方式，主要用于剪力墙竖向钢筋之间的连接。

除以上这两种主要的连接技术外，国内也在研发相关的干式连接工法，比如通过型钢进行预制构件之间的连接的技术，用于低多层的各类预埋件连接技术。

1.3.4 预制构件生产技术应用现状

随着装配式混凝土结构的大量应用，各地预制构件生产企业正在逐步增加，其生产技术也得到了广泛应用，相关构件包括预制墙板、梁、柱、叠合板、阳台、空调板、女儿墙，每类构件都包括各种形式。

新型的预制装配式建筑对预制构件的要求相对较高，主要表现为：一是构件尺寸及各类预留预埋定位尺寸精度要求高，二是外观质量要求高，三是集成化程度高，等等。这些都要求生产企业在工厂化生产构件技术方面有更高的水平。

在生产线上有固定台座或定制模具的生产方式，也有机械化、自动化程度较高的流水线生产方式，在生产应用中针对各种构件的特点各有优势。为追求建筑立面效果以及构件美观，清水混凝土预制技术、饰面层反打技术、彩色混凝土等相关技术也得到很好的应用。其他如脱模剂、露骨料缓凝剂等诸多生产技术也在不断发展，并有长足进步。

预制构件生产技术较现场现浇混凝土更加严格，质量也有所提高。虽然《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1—2014 中，对预制构件的制作和质量验收提出了初步的要求，但是随着预制技术的迅速发展和提高，其内容也有待完善和补充。目前许多地方标准，如北京、上海、沈阳、合肥、福建等地均出台了专门的预制构件制作、施工及质量验收标准，为该项工作提供了技术保障。

1.3.5 施工技术

装配式混凝土结构与现浇混凝土结构是两种截然不同的施工方法。由于部分构件在工厂预制，并在现场通过后浇段或钢筋连接技术装配成整体，施工现场的模板工程、混凝土工程、钢筋工程大幅度减少，而预制构件的运输、吊运、安装、支撑等成为施工中的关键。多年以来，现浇混凝土施工已经成为我国建筑业最为主要的生产方式，劳动工人也多为农民工，技术含量低，并缺乏相应的培训。因此目前装配式混凝土结构施工中最大的问题是技术工人的缺乏，施工单位的施工组织计划还未能适应生产方式的较大变化。因此，许多装配式混凝土结构的施工现场仍处于粗放生产的状况，精细程度不足，质量不能得到保障。这一现象必须加以纠正。

国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666—2011、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231—2016 及行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1—2014 都提及了装配式混凝土结构的施工，北京市地方标准《装配式混凝土结构施工及质量验收规程》DB11/T 1030—2013 等也都给出详细的规定。随着装配式混凝土结构施工的进步，此方面的内容还需尽快完善和补充。

施工工序在装配式混凝土结构的施工中非常重要。国内对这方面的要求还不够严格，一是前期的设计或是深化设计未能全面考虑施工操作的流程，二是现场工人对已安装到位为原则的施工方法，还缺乏工序控制的思维。

1.3.6 预制外墙板接缝、窗洞口防水做法

预制外墙板的接缝及门窗洞口是易发生渗漏的部位，是防水的关键部位。目前国内外墙板的接缝防水薄弱部位主要采用结构防水、材料防水和构造防水相结合的做法。

(1) 采用预制夹心保温墙板的剪力墙结构，内叶承重墙板之间竖向缝一般采用结构抗震要求的边缘构件，设置预留钢筋，并后浇混凝土，形成结构防水。同时，外叶墙板及保温层外伸，作为竖向后浇混凝土的外模板，所形成的缝需再进行保温及防水处理，形成构造防水和材料防水。剪力墙水平缝处的防水概念与垂直缝类同，水平缝处设置后浇带或后浇圈梁，并通过套筒灌浆技术实现上下墙体的连接，形成结构防水。外叶墙板上下均做企口构造，对接缝进行保温及防水处理；竖缝及水平缝间，均填塞背衬材料后采用密封胶封堵。在保证施工质量的前提下，目前外墙板的防水效果良好。

(2) 中国香港地区不考虑抗震设防要求，因此高层住宅中一般外围护墙体采用预制非承重构件，与现浇的承重部分通过联系钢筋结合为整体，预制外墙板均无保温，窗在工厂预装，较好地解决了渗水问题。外墙板缝均采用结构防水、墙板下方做有披水构造防水，

不再用防水材料处理。

(3) 台湾润泰集团采用预制框架结构,主要采用预制柱、叠合梁、叠合板、外墙挂板等构件。因为是预制外墙挂板,因此对防水材料变形能力的要求较高,除了主要对3个部位进行防水外(建筑主体防水、板面涂料防水、缝嵌胶条防水)特别采用了关节式防水和导水排水方式,并在预制板周边加设一条韧带加强,有效抵抗变位,通过现场预制构件拼接实现二道防水。导水排水是指连接竖向缝在下方每隔几层做断水处理及设置排水口,防水效果理想。

1.3.7 集成技术的应用

装配式建筑要求技术集成化,对于预制构件来说,其集成的技术越多,后续的施工环节越容易,这也是预制构件发展的一个方向。

目前,预制夹心保温剪力墙外墙板应用中可集成承重、保温和外装修三项技术。

中国香港今年对整体卫生间有深入的研究,目前已发展到第四代。整体卫生间一次安装到位,内墙面瓷砖可在工厂预贴,洁具也可以在工厂预设,但为了减少运输、施工阶段的破损也常在施工完成之后安装。上下水管均布置在墙外。卫生间一侧设置粗糙面与承重墙体现浇在一起,卫生间墙体非常重,其自重荷载由本层承受。

1.4 预制装配式混凝土结构的标准及标准设计在我国的发展

随着国民经济的快速发展、工业化与城镇化进程的加快、劳动力成本的不断增长,我国在预制装配式结构方面的研究与应用逐渐升温,在一些地方政府积极推进和一些企业积极响应之下,对于预制装配式结构工程相关标准规范的研究编制已初显成果。

在预制装配式建筑领域,我国现行的工程建设标准可以按照以下方法分为几类:按照级别,可分为国家标准、行业标准、地方标准和协会标准;按照专业,可分为建筑领域、结构领域、设备领域等;按照用途,可分为评价标准、设计标准、技术标准、施工验收标准、产品标准等。有些标准是专门针对装配式建筑,如《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1—2014,有些标准是有部分内容设计装配式建筑,如《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010。

20世纪70—80年代,特别在改革开放初期,在装配式结构的应用高潮时期,国家标准《预制混凝土构件质量检测评定标准》、行业标准《装配式大板居住建筑设计和施工规程》以及协会标准《钢筋混凝土装配整体式框架节点与连接设计规程》等相继出台。20世纪80年代末至21世纪初,装配式结构在民用建筑中的应用处于低潮阶段。近几年来,随着国民经济的快速发展、工业化与城镇化进程的加快、劳动力成本的不断增长,我国在装配式结构方面的研究与应用逐渐升温,一些地方政府积极推进,一些企业积极响应,开展相关技术的研究和应用,并形成了良好的发展态势。为了满足我国装配式结构工程应用的需求,相关部门和机构组织编制和修订了国家标准《工业化建筑评价标准》GB/T