



装配式建筑工程设计和 施工技术集成与实践

ZHUANGPEISHI JIANZHU GONGCHENG SHEJI HE
SHIGONG JISHU JICHENG YU SHIJIAN

广州市建设科学技术委员会办公室 编

中国建筑工业出版社

装配式建筑工程设计和施工技术 集成与实践

广州市建设科学技术委员会办公室 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

装配式建筑工程设计和施工技术集成与实践/广州市建设科学技术委员会办公室编. —北京:中国工业出版社,2018.10

ISBN 978-7-112-22693-1

I. ①装… II. ①广… III. ①市政工程-建筑施工
IV. ①TU99

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 212614 号

本书对现有国家、行业及地方标准进行全面梳理,以装配式建筑技术要点为主线,汇总串联已有的规范标准,并对主要技术要点进行论述。总结了广州市装配式建筑实践经验,并对具有代表性的装配式建筑案例进行选编,介绍了装配式建筑先行单位的实践经验,共汇总 8 个单位共计 10 余个装配式房建市政项目,涵盖了混凝土结构、钢结构、钢-混凝土结构等类型。其中组合钢板剪力墙结构体系、免模装配一体化钢筋混凝土结构(即 PI 体系结构)体系均为国内书籍中首次收录。

责任编辑:杨 杰

责任设计:李志立

责任校对:张 颖

装配式建筑工程设计和施工技术集成与实践

广州市建设科学技术委员会办公室 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

北京佳捷真科技发展有限公司制版

大厂回族自治县正兴印务有限公司印刷

※

开本:787×1092毫米 1/16 印张:17 字数:420千字

2019年1月第一版 2019年1月第一次印刷

定价:68.00元

ISBN 978-7-112-22693-1

(32802)

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)

《装配式建筑工程设计和施工技术集成与实践》

本书编委会

主 编：王 洋

副主编：胡芝福 何炳泉 苏恒强

编 委：姜素婷 蒋明曦 黄 佳 邓艺帆 刘付钧 徐淦开
雷雄武 汤序霖 刘福光 过 凯 李盛勇 孙峻岭
杨先华 陈春晖 潘永东 黄 昆 陶运喜

本书审定专家

韦 宏 徐其功 唐孟雄 令狐延 杨焰文 赵晓龙
赵力军 黄晓峰 邵 泉 万雄斌 王红福

主编单位：广州市建设科学技术委员会办公室

广州机施建设集团有限公司

广东省建筑设计研究院

参编单位：广州容柏生建筑结构设计事务所

广州市市政工程设计研究总院

上海建工五建集团有限公司

广州瀚阳工程咨询有限公司

广东省建科建筑设计院有限公司

广东草根民墅房屋制造有限公司

广州鸿力复合材料有限公司

前 言

装配式建筑是用预制部品部件在工地装配而成的建筑。发展装配式建筑是建造方式的重大变革,是推进供给侧结构性改革和新型城镇化发展的重要举措,有利于节约资源能源、减少施工污染、提升劳动生产效率和质量安全水平,有利于促进建筑业与信息化、工业化深度融合,培育新产业新动能、推动化解过剩产能。

装配式建筑的在欧美、日本等发达国家,已经有 40 多年的发展历史,已经积累了丰富的规划、设计、施工、运营维护方面的经验,1989 年在国际建筑研究与文献委员会(CIB)第 11 届大会上,各国建筑专家在对各国建筑经验总结的基础之上,将建筑工业化列为当前建筑界研究的主要趋势之一。而我国由于社会经济、认知层次、技术水平和产业政策等方面诸多因素的制约,近年来虽积极探索发展装配式建筑,但建造方式大多仍以现场浇筑为主,装配式建筑比例和规模化程度较低,与发展绿色建筑的有关要求以及先进建造方式相比还有很大差距,仍然处于粗放型的建设方式的阶段。《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》(以下简称《意见》)近日印发,《意见》提出力争用 10 年左右的时间,使装配式建筑占新建建筑的比例达到 30%,并计划在装配式建筑方面加大扶持力度。

装配式建筑将在我国迎来蓬勃发展的机遇期,但目前我国装配式建筑的基础性研究,特别是预制构件连接节点的受力机理研究仍很欠缺。广州市的现有标准规范对装配式结构体系的支撑力度不足,对装配式建筑的发展方向尚未形成一致意见,迫切需要对当前广州市装配式建筑的设计、施工实践进行总结,并对后续的技术线路研究进行探索,以为后续工作提供指导性意见。

本书与现有装配式标准规范、手册及指南相比,考虑华南地区的建筑特色,主要突出了以下几个创新技术点:

1. 提出了新型装配式建筑的设计应以建筑系统集成的方法统筹,涵盖建筑全寿命期的规划设计、生产运输、施工安装、维护更新的全过程。强调了建筑设计和构件设计的协同、内装修和工厂生产的协同、主体施工和内装修施工的协同。

新型装配式建筑的建设过程中,需要建设、设计、生产和施工、运营等单位密切配合、协同工作及全过程参与。

2. 设计流程中,在方案设计阶段之前增加前期技术策划环节,配合预制构件的生产加工增加预制构件加工图设计环节。

3. 新增内装部品的概念及规定,部品部件的设计采用标准化的预制工业化部件,形成具有一定功能的部品系统。

4. 补充了预制构件连接节点大样,并将预制外挂墙板单独成篇。

5. 补充了装配式钢混组合结构的设计指南,并在其中增加免模装配一体化钢筋混凝土

结构（PI 结构体系）的论述。

6. 总结了建筑工业化机电设计与普通建筑机电设计的区别。

7. 对具有代表性的装配式建筑案例进行选编，介绍了装配式建筑先行单位的实践经验，共汇总 8 个单位共计 10 余个装配式房建市政项目，涵盖了混凝土结构、钢结构、钢-混凝土结构等类型。

8. 本书结合广州市的中国南方航空大厦的工程实际，提出了高层建筑核心筒采用组合钢板剪力墙的预制方案，并总结了装配式钢混结构体系的设计、施工方法。

9. 征得广州容联建筑科技有限公司的同意，首次详细介绍了其具有完整知识产权的免模装配一体化钢筋混凝土结构（即 PI 体系结构）体系。

本书对广州市装配式建筑的实践进行总结，以期对广州市装配式建筑的发展贡献力量。其中部分结构体系较为新颖，也期望能将广州地区有关模块化建筑设计、装配式钢混组合结构方面的科研成果向实际的生产实践转化。

目 录

1 总则	1
2 术语与符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	8
3 基本规定	11
3.1 一般规定	11
3.2 材料（主体材料、连接材料、其他材料）	11
3.3 结构非抗震设计规定	12
3.4 结构抗震设计规定	12
4 建筑设计篇	13
4.1 一般规定	13
4.2 建筑设计	13
4.3 内装修设计	21
4.4 模数与模数协调设计	25
4.5 新型装配式建筑的防火设计	26
4.6 新型装配式建筑的防水设计	28
4.7 新型装配式建筑的节能设计	33
4.8 新型装配式建筑的绿色建筑设计	36
4.9 装配式建筑的集成设计	36
5 结构设计篇	38
5.1 混凝土结构	38
5.2 钢结构	72
5.3 钢混组合结构	79
6 建筑机电设计篇	97
6.1 一般规定	97
6.2 给水排水系统及管线设计	98
6.3 通风、空调、供暖设计	102
6.4 电气系统及管线设计	103

7 构件生产	108
7.1 混凝土结构	108
7.2 钢结构	111
7.3 钢混组合结构	113
8 构件安装	120
8.1 混凝土结构	120
8.2 钢结构	124
8.3 钢混组合结构	125
8.4 机电安装	130
9 工程验收	132
9.1 混凝土结构	132
9.2 钢结构	134
9.3 钢混组合结构	135
10 装配式结构 BIM 模型	139
10.1 装配式结构的 BIM 设计流程	139
10.2 装配式结构预制构件 BIM 模型要求	140
10.3 装配式结构 BIM 模型的交付	141
附录 A 门式刚架结构	143
A.1 构件设计	143
A.2 连接设计	144
附录 B 空间网格结构	146
B.1 构件设计	146
B.2 连接设计	147
附录 C 模块化钢结构	150
C.1 一般规定	150
C.2 结构计算	150
C.3 连接设计	151
C.4 地基基础设计	151
装配式建筑案例及策划专辑	152

1 总 则

1.1 为进一步贯彻落实国务院《绿色建筑行动方案》，推动我市装配式建筑工作，推广装配式混凝土结构，实现提高建筑质量、提高生产效率、实现节能减排和保护环境的目，结合我市实际情况，特制定本技术指引。

1.2 本技术指引适用于我市工业与民用建筑及构筑物工程的设计、生产、现场施工及工程质量的验收。

1.3 本技术指引在项目实施过程中，尚应遵循现行国家、行业和地方相关技术标准的有关规定。

2 术语与符号

2.1 术语

对装配式建筑所包含的特有的常用术语进行定义。按《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083 以及其他国家和行业现行相关标准中规定表述。

2.1.1 装配式建筑 prefabricated building

装配式建筑是指用预制部品部件在工地装配而成的建筑。

2.1.2 装配式（钢筋）混凝土建筑 prefabricated concrete building

混凝土建筑的结构系统、外围护系统、内装系统、设备与管线系统的主要部分采用预制构件（部品）集成装配建造的建筑。

2.1.3 免模装配一体化钢筋混凝土结构装配式体系（PI 体系）Precast form work integration system of RC structure

一种工厂制作构件笼模、现场安装、免模浇筑的装配式钢筋混凝土建筑体系，与传统钢筋混凝土现浇结构具有相同的受力性能。

2.1.4 建筑系统集成 integration of building systems

以装配式建造方式为基础，实现建筑结构系统、外围护系统、内装系统、设备与管线系统一体化和策划、设计、生产、施工和运维一体化的集成设计建造方法。

2.1.5 建筑结构系统 building structure system

在装配式建筑中，将部件通过各种可靠的连接方式装配而成，用来承受各种荷载或作用的空间受力体。

2.1.6 建筑内装系统 interior decoration system

建筑内部能够满足建筑使用要求的部分，主要包括楼地面、轻质隔墙、吊顶、内门窗和内装设备管线等。

2.1.7 建筑设备与管线系统 facility and pipeline system

满足建筑各种使用功能的设备和管线的总称，包括给排水设备及管线系统、供暖通风空调设备及管线系统、电气和智能化设备及管线系统等。

2.1.8 建筑外围护系统 enclosure system

围合成建筑室内空间,与室外环境分隔的预制构件和部品部件的组合,包括建筑外墙、屋面、门窗、阳台、空调板和装饰件等。

2.1.9 部件 component

在工厂或现场预先制作完成,构成建筑结构的钢筋混凝土构件或其他构件的统称。

2.1.10 部品 parts

由两个或两个以上的建筑单一产品或复合产品在现场组装而成,构成建筑某一部位的一个功能单元,或能满足该部位一项或者几项功能要求的、非承重建筑结构类别的集成产品的统称。包括屋顶、外墙板、幕墙、门窗、管道井、楼地面、隔墙、卫生间、厨房、阳台、楼梯和储柜等建筑外围护系统、建筑内装系统和建筑设备与管线系统类别的部品。

2.1.11 笼模-Reinforcement cage&Template

钢筋笼与永久模板在工厂连接成一体的待浇筑钢筋混凝土结构部件。

2.1.12 焊接钢网箍筋 Welded steel mesh stirrup

由多根钢筋焊接成的整体网状箍筋。

2.1.13 预拼装 test assembling

为检验构件形状和尺寸是否满足质量要求而预先进行的试拼装。

2.1.14 装配式装修 assembled infill

采用干式工法,将工厂生产的内装系统的部品在现场进行组合安装的装修方式。

2.1.15 模数 module

选定的尺寸单位,作为尺度协调中的增值单位。

2.1.16 模数协调 modular coordination

应用模数实现尺寸协调及安装位置的方法和过程。

2.1.17 公差 tolerance

预制构(部)件和部品部件在制作、放线、安装时的允许偏差的数值。

2.1.18 优先尺寸 preferred size

从模数数列中事先排选出的模数或扩大模数尺寸。

2.1.19 协同设计 design coordination

装配式建筑的建筑结构系统与建筑内装系统之间、各专业设计之间、生产建造过程各

阶段之间的协同设计工作。

2.1.20 集成式厨房 integrated kitchen

主要采用干式工法装配，由楼地面、吊顶、墙面、橱柜、厨房设备及管线等进行系统集成，并满足炊事活动功能基本单元的模块化部品。

2.1.21 集成式卫生间 integrated bathroom

主要采用干式工法装配，由楼地面、墙板、吊顶、洁具设备及管线等系统集成的具有洗浴、洗漱、便溺等功能基本单元的模块化部品。

2.1.22 整体收纳 system cabinets

由工厂生产、现场装配的满足不同功能空间分类储藏基本单元的模块化部品。

2.1.23 标准化接口 standardization joint

包括建筑部品与公共管网系统连接、建筑部品与配管连接、配管与主管网连接、部品之间连接的部位，要求尺寸规格统一、模数协调。

2.1.24 装配式隔墙、吊顶和楼地面 assembled partition wall, ceiling and floor

由工厂生产的具有隔声、防火或防潮等性能且满足空间和功能要求的隔墙、吊顶和楼地面等集成化部品。

2.1.25 管线分离 pipe&wire detached from skeleton

将设备及管线与建筑结构相分离，不在建筑结构中预埋设备及管线。

2.1.26 装配率 assembled ratio

装配式建筑中预制构件、建筑部品的数量（体积或面积）占同类构件或部品总数量（体积或面积）的比率。

2.1.27 预制混凝土构件 precast concrete component

在工厂或现场预先生产制作的混凝土构件，简称预制构件。

2.1.28 装配式混凝土结构 precast concrete structure

由预制混凝土构件或部件通过各种可靠的连接方式装配而成的混凝土结构，简称装配式结构。

2.1.29 装配整体式混凝土结构 monolithic precast concrete structure

由预制混凝土构件通过可靠的连接方式进行连接并与现场后浇混凝土、水泥基灌浆料形成整体的装配式混凝土结构，简称装配整体式结构。

2.1.30 装配整体式混凝土框架结构 monolithic precast concrete frame structure

全部或部分框架梁、柱采用预制构件构建成的装配整体式混凝土结构。简称装配整体式框架结构。

2.1.31 装配整体式混凝土剪力墙结构 monolithic precast concrete shear wall structure

全部或部分剪力墙采用预制墙板构件建成的装配整体式混凝土结构，简称装配整体式剪力墙结构。

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

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

2.1.33 预制外挂墙板 precast concrete facade panel

安装在主体结构上，起维护、装饰作用的非承重预制混凝土外墙板，简称外挂墙板。

2.1.34 预制混凝土夹心保温外墙板 precast concrete sandwich facade panel

内外两层混凝土板采用拉结件可靠连接，中间夹有保温材料的预制外墙板，简称夹心保温外墙板。

2.1.35 混凝土粗糙面 rough surface

采用特殊工具或工艺形成预制构件混凝土凹凸不平或骨料显露的表面，实现预制构件和后浇筑混凝土的可靠结合，简称粗糙面。

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

在预制混凝土构件内预埋的金属套筒中插入钢筋并灌注水泥基灌浆料而实现的钢筋机械连接方式。

2.1.37 钢筋浆锚搭接连接 rebar lapping in grout-filled hole

在预制混凝土构件中预留孔道，在孔道中插入需搭接的钢筋，并灌注水泥基灌浆料而实现的钢筋搭接连接方式。

2.1.38 金属波纹管浆锚搭接连接 rebar lapping in grout-filled hole formed with metal bellow

在预制混凝土剪力墙中预埋金属波纹管形成孔道，在孔道中插入需搭接的钢筋，并灌注水泥基灌浆料而实现的钢筋搭接连接方式。

2.1.39 挤压套筒 squeezing coupler

用于热轧带肋钢筋挤压连接的套筒。

2.1.40 挤压套筒接头 squeezing coupler splice

采用挤压套筒连接钢筋的接头。

2.1.41 接头平行试件 accordant specimen of splice

在现场监理人员全程监督下，采用工程所用检验合格的套筒，以及施工现场的钢筋、连接设备和机具，在施工现场组装的接头试件。

2.1.42 水平锚环灌浆连接 connection between precast panel by post-cast area and horizontal anchor loop

同一楼层预制墙板拼接处设置后浇段，预制墙板侧边甩出钢筋锚环并在后浇段内相互交叠而实现的预制墙板竖缝连接方式。

2.1.43 钢丝绳套灌浆连接 connection between precast panel by post-cast area and cable loop

同一楼层预制墙板拼接处设置后浇段，预制墙板侧边甩出钢丝绳并在后浇段内相互交叠而实现的预制墙板竖缝连接方式。

2.1.44 键槽 shear key

预制构件混凝土表面规则且连续的凹凸构造，可实现预制构件和后浇筑混凝土的共同受力作用。

2.1.45 钢结构体系 steel structure system

钢结构抵抗外部作用的构件组成方式。

2.1.46 钢框架结构 steel frame structure

由钢梁和钢柱为主要构件组成的承受竖向和水平作用的结构。

2.1.47 钢框架——支撑结构 steel braced frame structure

由钢框架和钢支撑或支撑构件共同承受竖向和水平作用的结构。

2.1.48 交错桁架结构 staggered truss framing structure

在建筑物横向的每个轴线上，平面桁架各层设置，而在相邻轴线上交错布置的结构体系。

2.1.49 钢筋桁架楼承板组合楼板 composite slabs with steel bar truss deck

钢筋桁架楼承板上现浇混凝土形成的组合楼板。

2.1.50 压型钢板组合楼板 composite slabs with profiled steel sheet

压型钢板上浇筑混凝土形成的组合楼板。

2.1.51 检验 inspection

对被检验项目的特征、性能进行量测、检查、试验等，并将结果与标准规定的要求进行比较，以确定项目每项性能是否合格的活动。

2.1.52 缺陷 defect

混凝土结构施工质量不符合规定要求的检验项或检验点，按其程度可分为严重缺陷和一般缺陷。

2.1.53 严重缺陷 serious defect

对结构构件的受力性能、耐久性能或安装、使用功能有决定性影响的缺陷。

2.1.54 一般缺陷 common defect

对结构构件的受力性能、耐久性能或安装、使用功能无决定性影响的缺陷。

2.1.55 结构性能检验 inspection of structural performance

针对结构构件的承载力、挠度、裂缝控制性能等各项指标所进行的检验。

2.1.56 验收 acceptance

建筑工程质量在施工单位自行检查合格的基础上，由工程质量验收责任方组织，工程建设相关单位参加，对检验批、分项、分部、单位工程及其隐蔽工程的质量进行抽样检验，对技术文件进行审核，并根据设计文件和相关标准以书面形式对工程质量是否达到合格作出确认。

2.1.57 进场验收 site acceptance

对进入施工现场的材料、构配件、器具及半成品等，按有关标准的要求进行检验，并对其质量达到合格与否做出确认的过程。主要包括外观检查、质量证明文件检查、抽样检验等。

2.1.58 质量证明文件 quality certificate document

随同进场材料、构配件、器具及半成品等一同提供用于证明其质量状况的有效文件。

2.1.59 结构实体检验 entitative insoection of structure

在结构实体上抽取试样，在现场进行检验或送至有相应检测资质的检测机构进行的检验。

2.1.60 检验批 inspection lot

按相同的生产条件或按规定的方式汇总起来供抽样检验用的，由一定数量样本组成的检验体。

2.1.61 主控项目 dominant item

建筑工程中对安全、节能、环境保护和主要使用功能起决定性作用的检验项目。

2.1.62 一般项目 general item

除主控项目以外的检验项目。

2.1.63 分段验收 pre-acceptance

将原有主体分部工程按楼层、变形缝等划分验收段，每段验收应满足构件出厂检验、质量证明文件查验和结构实体检验标准的工程验收。

2.1.64 同层排水 same-floor drain

排水横支管布置在排水层或室外，器具排水管不穿楼层的排水方式。

2.2 符号

与《混凝土结构设计规范》GB 50010 等国家现行标准相同的符号基本沿用，并增加了本规程专用的符号。

2.2.1 材料性能

E_c ——混凝土的弹性模量；

E_s ——钢筋的弹性模量；

C30——立方体抗压强度标准值为 30N/mm^2 的混凝土强度等级；

HRB500——强度级别为 500MPa 的普通热轧带肋钢筋；

HRBF400——强度级别为 400MPa 的细晶粒热轧带肋钢筋；

RRB400——强度级别为 400MPa 的余热处理带肋钢筋；

RPB300——强度级别为 300MPa 的热轧光圆钢筋；

RPB300E——强度级别为 400MPa 且有高抗震性能的普通热轧带肋钢筋；

f_{ck} 、 f_c ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值；

f_{tk} 、 f_t ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值；

f_{yk} 、 f_{pyk} ——普通钢筋、预应力筋屈服强度标准值；

f_{stk} 、 f_{ptk} ——普通钢筋、预应力筋极限强度标准值；

f_y 、 f_y' ——普通钢筋抗拉、抗压强度设计值；

f_{py} 、 f_{py}' ——预应力筋抗拉、抗压强度设计值；

f_{yv} ——横向钢筋的抗拉强度设计值；

δ_{gt} ——钢筋最大力下的总伸长率，也称均匀伸长率。

2.2.2 作用的作用效应

N ——轴向力设计值；

N_k 、 N_q ——按荷载标准组合、准永久组合计算的轴向力值；
 N_{u0} ——构件的截面轴心受压或轴心受拉承载力设计值；
 N_{p0} ——预应力构件混凝土法向预应力等于零时的预加力；
 M ——弯矩设计值；
 M_k 、 M_q ——按荷载标准组合、准永久组合计算的弯矩值；
 M_u ——构件的正截面受弯承载力设计值；
 M_{cr} ——受弯构件的正截面开裂弯矩值；
 T ——扭矩设计值；
 V ——剪力设计值；
 F_l ——局部荷载设计值或集中反力设计值；
 σ_s 、 σ_p ——正截面承载力计算中纵向钢筋、预应力筋的应力；
 σ_{pe} ——预应力筋的有效预应力；
 σ_l 、 σ_l' ——受拉区、受压区预应力筋在相应阶段的预应力损失值；
 τ ——混凝土的剪应力；
 ω_{max} ——按荷载准永久组合或标准组合，并考虑长期作用影响的计算最大裂缝宽度。

2.2.3 几何参数

b ——矩形截面宽度，T形、I形截面的腹板宽度；
 c ——混凝土保护层厚度；
 d ——钢筋的公称直径（简称直径）或圆形截面的直径；
 h ——截面高度；
 H_0 ——截面的有效高度；
 l_{ab} 、 l_a ——纵向受拉钢筋的基本锚固长度、锚固长度；
 l_0 ——计算跨度或计算长度；
 s ——沿构件轴线方向上横向钢筋的间距、螺旋筋的间距或箍筋的间距；
 x ——混凝土受压区的高度；
 A ——构件截面面积；
 A_s 、 A_s' ——受拉区、受压区纵向普通钢筋的截面面积；
 A_p 、 A_p' ——受拉区、受压区纵向预应力筋的截面面积；
 A_l ——混凝土局部受压面积；
 A_{cor} ——箍筋、螺旋筋或钢筋网所围成的混凝土核心截面面积；
 B ——受弯构件的截面刚度；
 I ——截面惯性矩；
 W ——截面受拉边缘的弹性抵抗矩；
 W_t ——截面受扭塑性抵抗矩。

2.2.4 计算系数及其他

α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值；
 γ ——混凝土构件的截面抵抗矩塑性影响系数；