

2PS

装配式混凝土结构工程 施工技术与管理的

陈卫平 主编



下载 PPT 课件等资料
请扫二维码

 中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

ZHUANGPEISHI HUNNINGTU JIEGOU GONGCHENG
SHIGONG JISHU YU GUANLI

装配式混凝土结构工程 施工技术与管埋

主编 陈卫平
参编 李宁宁 黄上峰

内 容 提 要

本书依据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)、《预制预应力混凝土装配整体式框架结构技术规程》(JGJ 224—2010)、《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》(JGJ 355—2015)、《混凝土结构工程施工规范》(GB 50666—2011)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2015)和最新颁布的“建筑产业现代化国家建筑标准设计”要求以及“装配式混凝土构件制作与安装操作规程”“预制混凝土构件质量检验标准”“装配式构件生产技术导则”等地方标准要求编写。全书共分十章,全面介绍了建筑产业现代化基本知识、装配式混凝土结构工程构造与识图、装配式混凝土预制构件生产工艺、装配式混凝土预制构件质量验收、装配式混凝土预制构件生产管理、装配式混凝土结构工程施工技术、装配式混凝土结构工程施工质量验收、装配式混凝土结构工程施工组织管理、装配式混凝土结构工程施工安全管理、装配式混凝土结构工程施工信息化管理等内容。

本书内容上做到了标准、规范、技术最新、最实用,文字通俗易懂,语言生动,并辅以大量直观的图表,可作为从事装配式混凝土建筑结构施工与管理人员的入门读物和培训教材,能满足读者系统地掌握和了解当前我国装配式混凝土结构构件生产和装配式混凝土结构工程施工与管理的现状和发展的需求。

图书在版编目(CIP)数据

装配式混凝土结构工程施工技术与管理/陈卫平主编. —北京:中国电力出版社,2019.1
ISBN 978-7-5198-2213-2

I. ①装… II. ①陈… III. ①装配式混凝土结构—建筑施工—施工管理 IV. ①TU37

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第146368号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址:<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:周娟华 (010-63412601)

责任校对:黄 蓓 常燕昆

装帧设计:张俊霞

责任印制:杨晓东

印 刷:三河市航远印刷有限公司

版 次:2019年1月第1版

印 次:2019年1月北京第1次印刷

开 本:787毫米×1092毫米 16开本

印 张:16

字 数:393千字

定 价:48.00元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

序 言

装配式混凝土结构工程施工是国内外建筑工业化最重要的生产方式之一，也是实现我国建筑产业现代化有效措施之一。《建筑产业现代化发展纲要》明确提出，到2020年，装配式建筑占新建建筑的比例20%以上，到2025年，装配式建筑占新建建筑的比例50%以上。目前现代建筑产业已成为建筑业发展的潮流趋势，但整个产业发展目前还相对滞后，制约建筑产业现代化快速发展的因素除成本因素、技术因素外，产业化人才缺乏也是一个瓶颈。根据调查资料表明，目前从事建筑产业化的人才数量少、整体素质不高，普遍缺乏固定的工厂，施工现场技术工人、技术管理复合型人才更是凤毛麟角。因此，尽快组织开发编写建筑产业化和装配式建筑的图书和教材，对培养具备装配式建筑构件生产、构件装配和相关技术管理的实用技术人员和高素质的现代建筑产业工人刻不容缓。

本书依据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)、《预制预应力混凝土装配整体式框架结构技术规程》(JGJ 224—2010)、《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》(JGJ 355—2015)、《混凝土结构工程施工规范》(GB 50666—2011)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2015)和最新颁布的“建筑产业现代化国家建筑标准设计”要求以及“装配式混凝土构件制作与安装操作规程”“预制混凝土构件质量检验标准”“装配式构件生产技术导则”等地方标准要求编写。全书包括概论、装配式混凝土结构工程构造与识图、装配式混凝土预制构件生产工艺、装配式混凝土预制构件质量验收、装配式混凝土预制构件生产管理、装配式混凝土结构工程施工技术、装配式混凝土结构工程施工质量验收、装配式混凝土结构工程施工组织管理、装配式混凝土结构工程施工安全管理、装配式混凝土结构工程施工信息化管理等内容。内容上做到了标准、规范、技术最新、最实用，文字通俗易懂，语言生动，并辅以大量直观的图表，可作为从事装配式混凝土建筑结构施工与管理人员的入门读物和培训教材。能满足读者系统地掌握和了解当前我国装配式混凝土结构构件生产和装配式混凝土结构工程施工与管理的现状和发展的需求。

本书由中国建筑五局教育培训中心、长沙建筑工程学校组织编写，由陈卫平担任主编，参加编写的人员有黄上峰、李宁宁。在本书编写过程中，得到贵州建设职业技术学院高级工程师徐懿和编者所在单位、中建科技集团有限公司成都公司、贵州省绿筑科建住宅产业化发展有限公司、中民筑友有限公司等有关领导和专家的大力支持，本书编写过程中参考了现行国家及部分地区设计、施工、检验验收和生产标准，引用了有关专业书籍的部分数据和资料。同时还参阅了大量的来自互联网上的关于装配式建筑的一些专家的研究成果和期刊论文。由于参考文献较多，且这些研究成果已公开发表用于学习与研究，就不一一加以标注，在此一并致以由衷的感谢。

由于装配式建筑在我国起步时间还不长，国家标准规范不完整，且各地方标准存在差异，现行国家和地区的有关政策文件、标准不断更新，各地管理措施及安装施工方法不尽相同，许多技术和工艺也在不断地完善和改进，公开的图纸、资料还比较缺乏，加之时间较仓促和编者水平有限，因此本书若存在错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

目 录

序言	
第一章 概论	1
第一节 装配式建筑概述	1
第二节 国内外装配式建筑发展概况	5
第三节 建筑产业现代化的发展前景	9
第二章 装配式混凝土结构工程构造与识图	13
第一节 装配式混凝土结构体系与构造类型	13
第二节 常见装配式混凝土结构节点构造与连接形式	25
第三节 装配式混凝土结构节点构造详图介绍	29
第四节 装配式混凝土建筑工程图识读（剪力墙结构）	31
第三章 装配式混凝土预制构件生产工艺	44
第一节 预制构件生产线的组成	44
第二节 预制构件的制作规程	47
第三节 预制构件的生产流程	56
第四章 装配式混凝土预制构件质量验收	64
第一节 预制构件质量验收基本规定	64
第二节 模具质量验收	66
第三节 钢筋及预埋件质量验收	68
第四节 混凝土质量验收	72
第五节 预制构件质量验收	74
第五章 装配式混凝土预制构件生产管理	80
第一节 预制构件工厂管理概述	80
第二节 装配式混凝土预制构件生产安全管理	84
第三节 信息化技术在 PC 预制构件生产管理中的应用	94
第六章 装配式混凝土结构工程施工技术	99
第一节 装配式混凝土结构工程施工概述	99
第二节 装配式混凝土构件常用连接技术	100
第三节 预制柱、剪力墙安装施工	111
第四节 预制叠合梁安装施工	119
第五节 预制叠合楼板安装施工	124

第六节	预制楼梯安装施工	130
第七节	预制外墙挂板安装施工	134
第八节	预制内隔墙板安装施工	141
第九节	预制阳台、空调板安装施工	146
第十节	预制飘窗安装施工	151
第七章	装配式混凝土结构工程施工质量验收	156
第一节	装配式混凝土结构工程施工验收基本要求	156
第二节	装配式混凝土结构工程施工质量验收相关标准简析	161
第三节	装配式混凝土结构工程施工质量验收	165
第八章	装配式混凝土结构工程施工组织管理	183
第一节	装配式混凝土结构工程施工组织管理概述	183
第二节	施工项目管理机构及劳动力组织管理	184
第三节	材料、预制构件管理	186
第四节	设备管理	195
第五节	施工进度管理	201
第六节	装配式混凝土结构工程施工组织方案编制	203
第九章	装配式混凝土结构工程施工安全管理	212
第一节	安全生产管理概述	212
第二节	装配式构件运输安全管理	216
第三节	装配式构件吊装安全管理	221
第四节	构件临时支撑体系安全管理	226
第五节	高处作业安全管理	231
第十章	装配式混凝土结构工程施工信息化管理	238
第一节	BIM 技术简介	238
第二节	BIM 技术在装配式建筑中的应用	240
第三节	物联网在装配式建筑中的应用	245
参考文献		249

第一章 概 论

第一节 装配式建筑概述

一、建筑产业现代化的基本概念

建筑产业现代化是以建筑业转型升级为目标，以技术创新为先导，以现代化管理为支撑，以信息化为手段，以新型建筑工业化为核心，对建筑的全产业链进行更新、改造和升级，实现传统生产方式向现代工业化生产方式转变，从而全面提升建筑工程的质量、效率和效益。

（一）建筑产业现代化的基本特征

建筑产业现代化基本特征是“标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理、智能化应用”，实现建筑产品节能、环保、全生命周期价值最大化及可持续发展。

（二）建筑产业现代化的内涵和外延

建筑产业现代化的内涵可归纳为以下几个方面。

1. 最终产品绿色化

20世纪80年代人类提出可持续发展理念。党的十五大明确提出中国现代化建设必须实施可持续发展战略。传统建筑业资源消耗大、建筑能耗大、扬尘污染物排放多、固体废弃物利用率低。党的十八大提出了“推进绿色发展、循环发展、低碳发展”和“建设美丽中国”的战略目标，面对来自建筑节能环保方面的更大挑战，国家启动的《绿色建筑行动方案》，在政策层面导向上表明了要大力发展节能、环保、低碳的绿色建筑。

2. 建筑生产工业化

建筑生产工业化是指用现代工业化的大规模生产方式代替传统的手工业生产方式来建造建筑产品。建筑生产工业化能够最大限度地加快建设速度，改善作业环境，提高劳动生产率，降低劳动强度，减少资源消耗，保障工程质量和安全生产，降低污染物排放，以合理的工时及价格来建造适合各种使用要求的建筑。建筑生产工业化主要体现在以下三部分。

一是建筑设计标准化。设计标准化是建筑生产工业化的前提条件，包括建筑设计的标准化、建筑体系的定型化、建筑部品的通用化和系列化。建筑设计标准化就是在设计中按照一定的模数标准规范构件和产品，形成标准化、系列化的部品，减少设计的随意性，并简化施工手段，以便于建筑产品能够进行成批生产。建筑设计标准化是建筑产业化现代化的基础。

二是中间产品工厂化。中间产品工厂化是建筑生产工业化的核心。它是将建筑产品形成过程中需要的中间产品（包括各种构配件等）生产由施工现场转入工厂化制造，以提高建筑物的建设速度、减少污染、保证质量、降低成本。

三是施工作业机械化。机械化既能使目前已形成的钢筋混凝土现浇体系的质量安全和效益得到提升，更是推进建筑生产工业化的前提。它将标准化的设计和定型化的建筑中间投入



产品的生产、运输、安装，运用机械化、自动化生产方式来完成，从而达到减轻工人劳动强度、有效缩短工期的目的。

3. 建造过程精益化

用精益建造的系统方法，控制建筑产品的生成过程。精益建造理论是以生产管理理论为基础，以精益思想原则为指导（包括精益生产、精益管理、精益设计和精益供应等系列思想），在保证质量、最短的工期、消耗最少资源的条件下，对工程项目管理过程进行重新设计，以向用户移交满足使用要求工程为目标的新型建造模式。

4. 全产业链集成化

借助于信息技术手段，用整体综合集成的方法把工程建设的全部过程组织起来，使设计、采购、施工、机械设备和劳动力实现资源配置更加优化组合，采用工程总承包的组织管理模式，在有限的时间内发挥最有效的作用，提高资源的利用效率，创造更大的效用价值。

5. 项目管理国际化

随着经济全球化，工程项目管理必须将国际化与本土化、专业化进行有机融合，将建筑产品生产过程中各个环节通过统一的、科学的组织管理来加以综合协调，以项目利益相关者满意为标志，达到提高投资效益的目的。

6. 管理高管职业化

在西方发达国家，企业的高端管理人员是具有较高社会价值认同度的职业阶层。努力建设一支懂法律、守信用、会管理、善经营、作风硬、技术精的企业高层复合型管理人才队伍，是促进和实现建筑产业现代化的强大动力。

7. 产业工人技能化

随着建筑业科技含量的提高，繁重的体力劳动将逐步减少，复杂的技能型操作工序将大幅度增加，对操作工人的技术能力也提出了更高的要求。因此，实现建筑产业现代化急需强化职业技能培训与考核持证，促进有一定专业技能水平的农民工向高素质的新型产业工人转变。

二、装配式建筑的基本概念

装配式建筑是指用工厂生产的预制构件在现场装配而成的建筑，从结构形式来说，装配式混凝土结构、钢结构、木结构都可以称为装配式建筑，是工业化建筑的重要组成部分。这种建筑的优点是建造速度快，受气候条件制约小，既可节约劳动力又可提高建筑质量，用通俗的话形容，就是像造汽车那样造房子。

（一）装配式建筑的内涵和外延

（1）装配式建筑的内涵包括开发、设计、生产、运输、安装、施工、装修和管理等核心内容。

（2）装配式建筑的外延包括房屋建设中全产业链、全系统、全寿命期的组织和发展进程，即包括投融资、开发、规划设计、生产、运输、施工、管理、运营与更新改造及拆除再利用等生产经营活动。

（二）装配式建筑的主要类型

装配式建筑主要包括装配式混凝土结构、钢结构、木结构及混合结构建筑类型。

（1）装配式混凝土结构的原材料来源丰富，可以广泛适用于工业和民用建筑，用混凝土制成的预制框架、预制剪力墙、预制外墙等结构形式，能够满足多层和高层的住宅、公寓、



办公、学校、医院项目需求，甚至可以与钢结构、木结构形成混合结构，逐渐成为了国内建筑工业化的主流市场发展方向，从全国的装配式建筑发展情况看，新建预制构件厂的增速已经远超过钢结构和木结构。

(2) 钢结构在单层工业厂房、高层及超高层写字楼和酒店中已经普及应用，在国内住宅领域中的发展也很快，只要解决好防火防锈及内外墙板的保温、隔声、防水性能。由于钢结构工厂化生产、装配化施工的固有特性，具有机械化程度高、尺寸精度高、容易装配连接的优点，施工速度快、安装质量好，唯一缺点是造价较高。随着与混凝土结合成“组合结构”及“混合结构”的应用研究，将进一步提高经济性，发展前景更加广阔。

(3) 木结构建筑是利用天然材料制作的装配式建筑，也是历史最悠久的建筑形式之一，但由于木材一般为单向纤维，中国古代就有“横顶千斤竖顶万”的说法，木材纵横向力学性能差异较大，再加上我国近代木材资源不足，制约了木结构的发展。随着现代科技的发展，复合木材技术很好地解决了两向力学同性问题，在一些现代建筑中得到了较好的应用，为装配式木结构建筑打开了很好的思路，只要解决好防火、防潮及防虫蛀问题，再加上加拿大和俄罗斯大量的木材资源不断地国际化，相信在国内的应用发展也会上升到一个新的高度。

用混凝土结构、钢结构、木结构都可以实现装配式建筑，但不同的结构建成的房屋技术性能差异很大，为了满足正常的使用功能，不同的装配式建筑在结构、围护、保温、防水、水电配套等方面有很大的区别，不但“质量、进度、成本”的目标存在差别，而且所适合的市场发展方向也不同。

三、装配式混凝土结构施工的基本概念

装配式混凝土结构施工是国内外建筑工业化最重要的生产方式之一，也是实现我国建筑产业现代化有效措施之一。装配式混凝土结构是由预制混凝土构件或部件通过钢筋、连接件或施加预应力加以连接并现场浇筑混凝土而形成的结构。常见结构体系有预制装配整体式框架结构、预制装配整体式剪力墙结构等。装配式混凝土结构施工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。与传统现浇混凝土结构施工工法相比，装配式混凝土结构有利于绿色施工，因为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，可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。而且，装配式结构可以连续地按顺序完成工程的多个或全部工序，从而减少进场的工程机械种类和数量，消除工序衔接的停闲时间，实现立体交叉作业，减少施工人员，从而提高工效、降低物料消耗、减少环境污染，为绿色施工提供保障。另外，装配式结构在较大程度上减少了建筑垃圾（占城市垃圾总量的30%~40%），如废钢筋、废铁丝、废竹木材、废弃混凝土等。装配式建筑与传统建筑的不同主要体现在建造方式、运营模式、建造理念三个方面。

1. 建造方式不同

装配式混凝土结构建筑是用预制的构件在工地装配而成的建筑，而传统建筑则沿用千年的“秦砖汉瓦”及现浇混凝土结构施工。

2. 运营模式不同

传统的建筑工地将变为建筑工厂的“总装车间”。传统的建筑项目在施工现场组建项目部，主要的人力物力都会集中在建筑工地。但装配式建筑却不同，施工中用到的部件、构



件，如墙体、屋面、阳台、楼梯等基本在工厂中完成，然后运到项目工地进行“总装”，建筑工地上不必有太多的工人和设备。

3. 建造理念不同

装配式建筑实现了从粗放的建筑业向高端制造业转变。摒弃传统粗放落后的建筑生产方式，追求质量、高效、集约，发展绿色建筑。

四、装配式混凝土结构工程施工的特点

装配式混凝土结构工程施工的特点是构件在工厂预制、现场装配而成的建筑（见图 1-1、图 1-2），即按照统一标准定型设计，在工厂内成批生产各种构件，然后运到工地，在现场以机械化的方法装配而成的建筑。简单地说，就是像生产汽车一样，用“拼积木”方式建造房屋。其特点具体体现在以下几个方面。

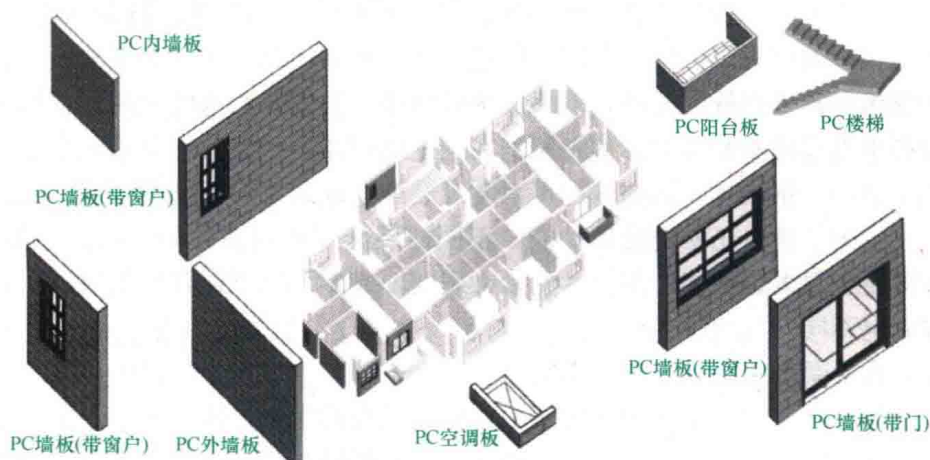


图 1-1 装配式建筑构件示意图

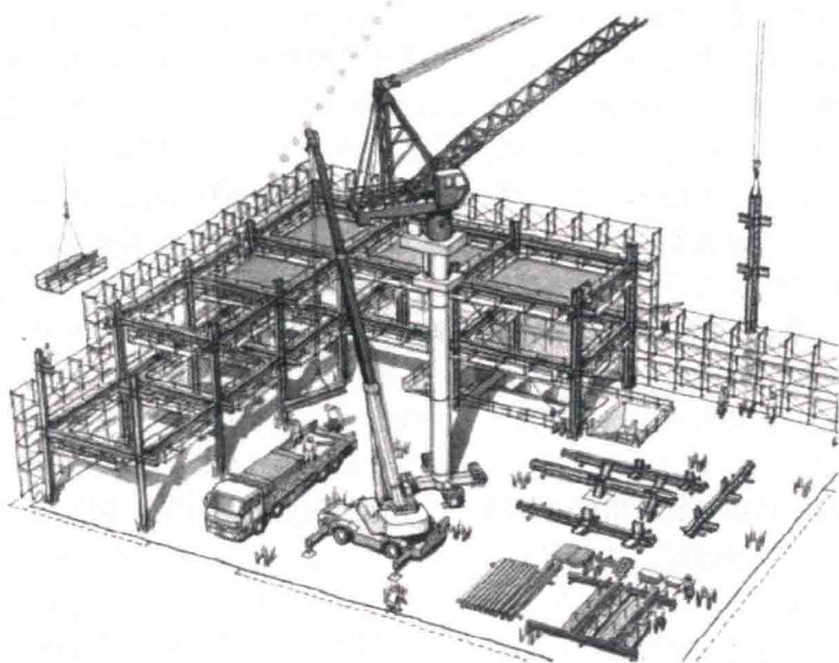


图 1-2 装配式建筑施工现场



(1) 构件产业化流水预制构件工业化程度高、质量好、经济合理；满足标准化、规模化的技术要求；满足节能减排、清洁生产、绿色施工等节能减排的环保要求等。构件成型模具和生产设备一次性投入后可重复使用，耗材少，节约资源和费用。

(2) 预制构件的装配化，使工程施工周期缩短；由于施工现场进行的工作仅仅是将预制厂预制好的构件进行吊装、装配、节点加固，主体结构成型后进行装修、水电施工等工作，工作量远小于现浇施工工法。同步工程效率高，预制施工工法可以做到上下同步施工，当建筑上部结构还在装配构件时，下部结构就可以同时进行装修、水电施工等工作，效率高的甚至可以投入使用。预制工法施工在施工时一般无须安装脚手架和支撑，这不仅使现场卫生整洁，更重要的是省去拆装脚手架和支撑的时间，大大缩短了工期。

(3) 构件现场装配、连接可避免或减轻施工对周边环境的影响；预制装配构件安装工艺的运用，使劳动力资源投入相对减少；机械化程度有明显提高，操作人员劳动强度得到有效缓解；预制构件外装饰工厂化制作，直接浇捣于混凝土中，建筑物外墙无湿作业，不采用外脚手架，不产生落地灰，扬尘得到有效抑制。

(4) 混凝土构件安装时，除了节点连接外，基本不采用湿作业，从而减少了现场混凝土浇捣和“垃圾源”的产生，同时减少了搅拌车、固定泵等操作工具的洗清，大量废水、废浆等污染源得到有效控制。与传统施工方式相比，节水节电均超过 30%；采用预制混凝土构件，使建筑材料在运输、装卸、堆放、控料过程中，减少了各种扬尘污染。

(5) 工厂化预制构件采用吊装装配工艺，无须泵送混凝土，避免了固定泵所产生的施工噪声；模板安装、拼装时，在工艺上避免了铁锤敲击产生的噪声；预制装配施工，基本不需要夜间施工，减少了夜间照明对附近生活环境的影响，降低了光污染，施工也不受季节限制。

第二节 国内外装配式建筑发展概况

一、国外发展概况

世界各国对工业化建筑的展方向各有侧重，发展状况也各不相同。法国是世界上推行建筑工业化最早的国家之一。1891 年，巴黎 Ed. Coigent 公司首次在 Biarritz 的俱乐部建筑中使用装配式混凝土梁。二战结束后，装配式混凝土结构首先在西欧发展起来，然后推广到美国、加拿大、日本等国。发达国家住宅生产的工业化，早期均采用专用体系，虽然加快了住宅建设速度，提高了劳动生产率，但也暴露出工业化住宅缺乏个性的缺点。为此，在专用体系的基础上，各国又先后积极推行了通用体系，以部件为中心组织专业化、社会化大生产。发达国家的装配式混凝土建筑经过几十年甚至上百年的时间，已经发展到了相对成熟、完善的阶段。但各国根据自身实际，选择了不同的道路和方式。

美国重视研究住宅的标准化、系列化、菜单式预制装配，美国住宅建筑市场发育完善，除工厂生产的活动房屋（mobile home）和成套供应的木框架结构的预制构配件外，其他混凝土构件与制品、轻质板材、室内外装修及设备等产品十分丰富。厨房、卫生间、空调和电器等设备近年来逐渐趋向组件化，以提高功效、降低造价，便于非技术工人安装。

美国的装配式建筑起源于 20 世纪 30 年代。20 世纪 70 年代，美国国会通过了《国家工



业化住宅建造及安全法案》(National Manufactured Housing Construction and Safety Act), 美国城市发展部出台了一系列严格的行业规范、标准, 一直沿用到今天。美国城市住宅以“钢结构+预制外墙挂板”的高层结构体系为主, 在小城镇多以轻钢结构、木结构低层住宅体系为主。

法国、德国住宅以预制混凝土体系为主, 钢、木结构体系为辅。多采用构件预制与混凝土现浇相结合的建造方式, 注重保温节能特性。高层主要采用混凝土装配式框架结构体系, 预制装配率达到 80%。

瑞典是世界上住宅装配化应用最广泛的国家, 新建住宅中通用部件占到了 80%。丹麦发展住宅通用体系化的方向是“产品目录设计”, 它是世界上第一个将模数法制化的国家。

日本于 1968 年就提出了装配式住宅的概念。1990 年推出了采用部件化、工业化生产方式, 追求中高层住宅的配件化生产体系。2002 年, 日本发布了《现浇等同型钢筋混凝土预制结构设计指针及解说》。日本普通住宅以“轻钢结构和木结构别墅”为主, 城市住宅以“钢结构或预制混凝土框架+预制外墙挂板”框架体系为主。

日本住宅工业化的发展很大程度上得益于住宅产业集群的发展。住宅产业集群(Housing Industrial Group, HIG)是应住宅工业化发展需要而产生出的新型住宅企业组织形式, 是以专门生产住宅为最终产品, 集住宅投资、产品研究开发、设计、配构件部品制造、施工和售后服务于一体的住宅生产企业, 是一种智力、技术、资金密集型、能够承担全部住宅生产任务的大型企业集团。

新加坡自 20 世纪 90 年代初开始尝试采用预制装配式住宅, 预制化率很高。其中, 新加坡最著名的达士岭组屋, 共 50 层, 总高度为 145m, 整栋建筑的预制装配率达到 94%。

我国香港、台湾地区装配式建筑应用比较普遍, 香港屋宇署制定了完善的预制建筑设计和施工规范, 高层住宅多采用叠合楼板、预制楼梯和预制外墙等方式建造, 厂房类建筑一般采用装配式框架结构或钢结构建造。台湾地区建筑体系与日本较为接近, 装配式结构的节点连接构造和抗震、隔震技术的研究和应用都很成熟, 装配框架梁柱、预制外墙挂板等构件应用较广泛, 预制建筑专业化施工管理水平较高, 装配式建筑质量好、工期短的优势得到了充分体现。

二、国内发展概况

(一) 发展格局

(1) 我国建筑混凝土预制构件行业已有近 60 年的历史。从 1958 年至 1991 年, 北京市共建成装配式大板住宅建筑 386 万 m^2 , 其中高层 (≥ 10 层) 90 万 m^2 , 并建造了 1 栋 16 层试验性塔式大板住宅, 面积为 8535 m^2 。工业厂房也广泛采用装配式结构, 包括梁、柱、预制混凝土桁架、大型屋面板等。

这一时期的装配式混凝土结构住宅主要借鉴苏联和东欧的技术体系, 以装配式大板结构为主。由于设计思路、技术体系、材料工艺及施工质量等多方面存在问题, 导致房屋质量较差, 主要表现在: 房屋户型标准化较高但是使用功能欠佳, 户型简单, 开间小; 接缝处建筑功能差, 保温、隔热、隔声性能差, 存在漏水、结露、保温不好等问题; 内装单一、粗糙, 质量较差。

同时, 装配式结构当时也存在成本偏高、构件运输与城市交通存在矛盾等问题。当现



浇施工技术、商品混凝土得到普及且建筑业开始大量雇用农民工以后，现浇结构由于具有成本较低、无接缝漏水问题、建筑平立面布置灵活等优势，迅速取代了装配式混凝土结构，导致装配式结构在我国的应用比例直线下降。预制构件行业面临市场疲软、产品滞销、竞争加剧等困境，很多构件厂倒闭，装配式混凝土结构方面的研究及应用在我国基本中断。

20世纪90年代后，国家取消福利分房政策，住宅建设从供给驱动转向需求驱动，从而对住宅的品质与质量提出了更高层次的要求，在总结和借鉴国内外经验的基础上，我国重新提出了“建筑工业化”，并指明了发展住宅产业和推进住宅产业化的总体思路，1995年建设部印发了《建筑工业化发展纲要》的通知，次年建设部住宅产业化促进中心成立，出台了《住宅产业现代化试点工作大纲》《关于推进住宅产业现代化提高住宅质量的若干意见》，并批准建立了多个国家级的住宅产业化试点城市、生产型基地及以房地产开发商为龙头的企业联盟。

近10年，由于劳动力的数量下降、成本提高及建筑业“四节一环保”可持续发展要求的提出，装配式混凝土结构作为建筑产业现代化的主要结构形式，又开始迅速发展。同时，结构设计技术、材料技术、施工技术的进步也为装配式混凝土结构的发展提供了条件。在市场和政府的双重推动下，预制装配式混凝土建筑结构的研究和工程实践已成为建筑业发展的新热点，国内众多企业、大专院校、科研院所均开展了比较广泛的研究和工程应用示范。在引入欧美、日本等发达国家的现代化结构技术的基础上，完成了大量的理论研究、结构试验研究、生产装备和工艺研究、施工装备和工艺研究，初步开发了一系列适合我国国情的建筑结构技术体系。为了配合和推广装配式混凝土结构技术的应用，国家和许多地方发布实施了相应的技术标准和政策措施。

(2) 近年来，国内相继开展了一些预制混凝土节点和整体结构的研究工作。在工程应用方面，采用新技术的预制混凝土建筑也逐渐增多，如南京金帝御坊工程采用了预应力预制混凝土装配整体框架结构体系，大连43层的希望大厦采用了预制混凝土叠合楼面。相信随着我国预制混凝土研究和应用工作的开展，不久的将来预制混凝土将会迎来一个快速的发展时期。北京榆构等单位完成了多项公共建筑外墙挂板、预制体育场看台工程。2005年之后，万科集团、远大住工集团等单位在借鉴国外技术及工程经验的基础上，从应用住宅预制外墙板开始，成功开发了具有中国特色的装配式剪力墙住宅结构体系。具体代表作如下。

1) 以万科等为代表的钢筋混凝土预制装配式建筑。这种建筑模式适合于多层、小高层办公、住宅建筑，在传统技术框架和框架-剪力墙结构基础上侧重于外墙板、内墙板、楼板等的部品化，部品化率为40%~50%，并延伸至现场装修一体化，成本进一步压缩，已接近传统技术成本。

2) 以东南网架、中建钢构、杭萧钢构等为代表的钢结构预制装配式建筑。这种建筑模式适合于高层超高层办公、宾馆建筑，部分应用到住宅建筑，在传统技术核心筒的基础上，侧重于钢结构部品部件尽量工厂化，还延伸至现场装修一体化，部品化率为30%~40%，强调集成化率。

3) 以远大工厂化可持续建筑等为代表的全钢结构预制装配式建筑。这种建筑模式适合于高层超高层办公、宾馆、公寓建筑，完全替代传统技术，更加节能(80%)、节钢(10%~



30%)、节混凝土(60%~70%)、节水(90%)，部品化率为80%~90%，部品在工厂内一步制作并装修到位，现场快捷安装，高度标准化、集成化使成本比传统技术压缩1/4~1/3，可以做到每天建1~2层。如远大可建曾用19天时间建成了长沙57层高楼“小天城”，以平均每天3层的建设速度创造高层建筑新的纪录。

(3) 与国外相比，我国装配式混凝土结构的发展有三个主要特点。

1) 由于住宅建设尤其是保障房建设的需求，装配式混凝土结构的应用以剪力墙结构体系为主。近些年来，装配式剪力墙结构体系发展非常迅速，应用量不断攀升，不断涌现出不同形式、不同结构特点的装配式剪力墙结构，如套筒灌浆连接装配整体式剪力墙结构、浆锚搭接连接装配整体式剪力墙结构、预制外挂墙板剪力墙结构、叠合剪力墙结构等。在北京、上海、天津、哈尔滨、沈阳、唐山、合肥、南通、深圳等诸多城市中，均有较大规模的应用。由于高层装配式剪力墙结构在国外应用较少，因此，我国的装配式剪力墙结构技术体系基本是在借鉴装配式大板建筑和国外的一些钢筋连接、节点构造技术基础上自主研发的。

2) 从结构设计的角度来看，主要是借鉴日本“等同现浇”的概念，以装配整体式结构为主，节点和接缝较多且连接构造比较复杂，造成了成本较高和施工效率较低的问题。

3) 目前，发展速度较快，对材料技术和结构技术的基础研究显得不足。而且，现在仍主要处于建设期，其实际使用效果，尤其是材料的耐久性、建筑外墙节点的防水性能和保温性能、结构体系抗震性能，都缺少长时间的检验。

(二) 各地建筑产业现代化发展态势分析

1. 各地区行业发展热度分析

目前，全国31个省、直辖市、自治区全部出台了推进装配式建筑发展相关政策文件，整体发展态势已经形成。2017年1~10月，全国已落实新建装配式建筑项目约1.27亿 m^2 ，超过去年全年总量。各地在推进装配式建筑发展过程中，注重结合本地产业基础和社会经济发展情况，因地制宜地确定发展目标和工作重点，在土地出让、规划、财税、金融等方面制定了相关鼓励措施，创新管理机制，确保装配式建筑平稳、健康发展。

但是，建筑产业现代化行业发展主要还是集中在经济发达的东部沿海地区和中部地区，逐渐在向中西部地区辐射。在东部沿海经济发达地区，工程建设规模大，产业基础较好，具有规模集聚优势，社会效益、经济效益、环境效益正日益凸显。中西部地区由于经济发展缓慢，缺乏规模效应，建筑产业化发展的规模和速度还欠于东部沿海地区和中部地区。

随着经济的发展，能源和环境越趋紧张，发展与环境以是目前面临的严峻挑战，国内建筑企业的转型升级是必然选择；政府以政策为导向，用市场力量推进建筑工业化发展，促进建筑企业转型升级，走集约化、可持续发展道路。

2. 全国PC工厂分布

从区位条件上看，我国东部沿海地区发展较快，已具规模，迄今为止我国全国范围内所建PC工厂已达60余家，主要分布在山东、辽宁、湖南、河北、安徽、江苏、浙江等地。山东省为目前我国PC工厂分布最多的省份，其次为以北京为中心的京津冀地区，以沈阳、大连、长春为中心的东北工业区也是我国建筑产业现代化发展较快的地区。并且，多数为国有大中型企业、大型房产建设集团性企业，建筑产业现代化备受关注和重视。



此外,全国各地在推进建筑产业现代化之路上都在不断地探索实践,各地主管部门通过出台相当的鼓励政策等激励举措,使得无论是在技术研究还是工程实施管理方面,都积累了很多成功经验,为我国未来推进建筑产业现代化提供了很好的借鉴。在企业方面,各地相继涌现产业化先行者,据统计主要分为:房地产开发企业、国有大型建工集团、建筑工程及建材单位、市政机构、大型综合性企业等。通过数据分析,大型综合性企业尤为关注产业化的整体实践,占总体量的 37.1%,其次为房地产开发企业,占比 15.7%,其间各地许多民营企业也积极加入了建筑产业现代化的实践之路。

第三节 建筑产业现代化的发展前景

一、发展目标

建筑产业现代化的发展目标是:以人文、绿色、科技、创新发展为理念,以顶层设计、统筹规划为先导,以科学技术进步为支撑,以部件工厂化生产为途径,以保障质量安全为红线,以现代项目管理为重心,以世界先进水平为目标,广泛运用信息技术、节能环保技术,将建筑产品全过程的融资开发、规划设计、施工生产、管理服务,以及新材料、新设备的更新换代等环节集成完整的一体化产业链系统,依靠高素质的企业管理人才和新型产业工人队伍,通过精益化建造,实现为用户提供舒适、经济、美观、低碳、绿色和满足需求的优质建筑产品。具体指标如下。

(1) 到 2020 年,全国装配式建筑占新建建筑的比例达到 15%以上,其中重点推进地区达到 20%以上,积极推进地区达到 15%以上,鼓励推进地区达到 10%以上。鼓励各地制定更高的发展目标。建立健全装配式建筑政策体系、规划体系、标准体系、技术体系、产品体系和监管体系,形成一批装配式建筑设计、施工、部品部件规模化生产企业和工程总承包企业,形成装配式建筑专业化队伍,全面提升装配式建筑质量、效益和品质,实现装配式建筑全面发展。

(2) 到 2020 年,培育建设 50 个以上装配式建筑示范城市,200 个以上装配式建筑产业基地,500 个以上装配式建筑示范工程,30 个以上装配式建筑科技创新基地,充分发挥示范引领和带动作用。

(3) 按照“一体两翼,两大支撑”的工作思路,即以成熟、可靠、适用的装配式建筑技术标准体系为“一体”,发展 EPC 工程总承包模式和 BIM 信息化技术为“两翼”,创新体制机制管理和促进产业发展为“支撑”,进一步提升装配式建筑品质,平稳、健康推动产业发展,不断增强人民群众的获得感,为住房城乡建设领域绿色发展提供重要支撑。

二、发展规划

国家要求各省(自治区、直辖市)和重点城市住房城乡建设主管部门要抓紧编制完成装配式建筑发展规划,明确发展目标和主要任务,细化阶段性工作安排,提出保障措施。重点做好装配式建筑产业发展规划,合理布局产业基地,实现市场供需基本平衡。具体任务如下。

1. 健全标准体系

(1) 建立完善覆盖设计、生产、施工和使用维护全过程的装配式建筑标准规范体系。支持地方、社会团体和企业编制装配式建筑相关配套标准,促进关键技术和成套技术研究成果



转化为标准规范。编制与装配式建筑相配套的标准图集、工法、手册、指南等。

(2) 强化建筑材料标准、部品部件标准、工程建设标准之间的衔接。建立统一的部品部件产品标准和认证、标识等体系,制定相关评价通则,健全部品部件设计、生产和施工工艺标准。严格执行《建筑模数协调标准》(GB/T 50002—2013)、部品部件公差标准,健全功能空间与部品部件之间的协调标准。

(3) 积极开展《装配式混凝土建筑技术标准》(GB/T 51231—2016)、《装配式钢结构建筑技术标准》(GB/T 51232—2016)、《装配式木结构建筑技术标准》(GB/T 51233—2016)、《装配式建筑评价标准》(GB/T 51129—2017)等的宣传贯彻和培训交流活动。

2. 完善技术体系

(1) 建立装配式建筑技术体系和关键技术、配套部品部件评估机制,梳理先进、成熟、可靠的新技术、新产品、新工艺,定期发布装配式建筑技术和产品公告。

(2) 加大研发力度。研究装配率较高的多高层装配式混凝土建筑的基础理论、技术体系和施工工艺工法,研究高性能混凝土、高强度钢筋和消能减震、预应力技术在装配式建筑中的应用。突破钢结构建筑在围护体系、材料性能、连接工艺等方面的技术瓶颈。推进中国特色现代木结构建筑技术体系及中高层木结构建筑研究。推进“钢—混”“钢—木”“木—混”等装配式组合结构的研发应用。

3. 提高设计能力

(1) 全面提升装配式建筑设计水平。推行装配式建筑一体化集成设计,强化装配式建筑设计对部品部件生产、安装施工、装饰装修等环节的统筹。推进装配式建筑标准化设计,提高标准化部品部件的应用比例。装配式建筑设计深度要达到相关要求。

(2) 提升设计人员装配式建筑设计理论水平和全产业链统筹把握能力,发挥设计人员主导作用,为装配式建筑提供全过程指导。提倡装配式建筑在方案策划阶段进行专家论证和技术咨询,促进各参与主体形成协同合作机制。

(3) 建立适合建筑信息模型(BIM)技术应用的装配式建筑工程管理模式,推进BIM技术在装配式建筑规划、勘察、设计、生产、施工、装修、运行维护全过程的集成应用,实现工程建设项目全生命周期数据共享和信息化管理。

4. 增强产业配套能力

(1) 统筹发展装配式建筑设计、生产、施工及设备制造、运输、装修和运行维护等全产业链,增强产业配套能力。

(2) 建立装配式建筑部品部件库,编制装配式混凝土建筑、钢结构建筑、木结构建筑、装配化装修的标准化部品部件目录,促进部品部件社会化生产。采用植入芯片或标注二维码等方式,实现部品部件生产、安装、维护全过程质量可追溯。建立统一的部品部件标准、认证与标识信息平台,公开发布相关政策、标准、规则程序、认证结果及采信信息。建立部品部件质量验收机制,确保产品质量。

(3) 完善装配式建筑施工工艺和工法,研发与装配式建筑相适应的生产设备、施工设备、机具和配套产品,提高装配施工、安全防护、质量检验、组织管理的能力和水平,提升部品部件的施工质量和整体安全性能。

(4) 培育一批设计、生产、施工一体化的装配式建筑骨干企业,促进建筑企业转型发展。发挥装配式建筑产业技术创新联盟的作用,加强产学研用等各种市场主体的协同创新能