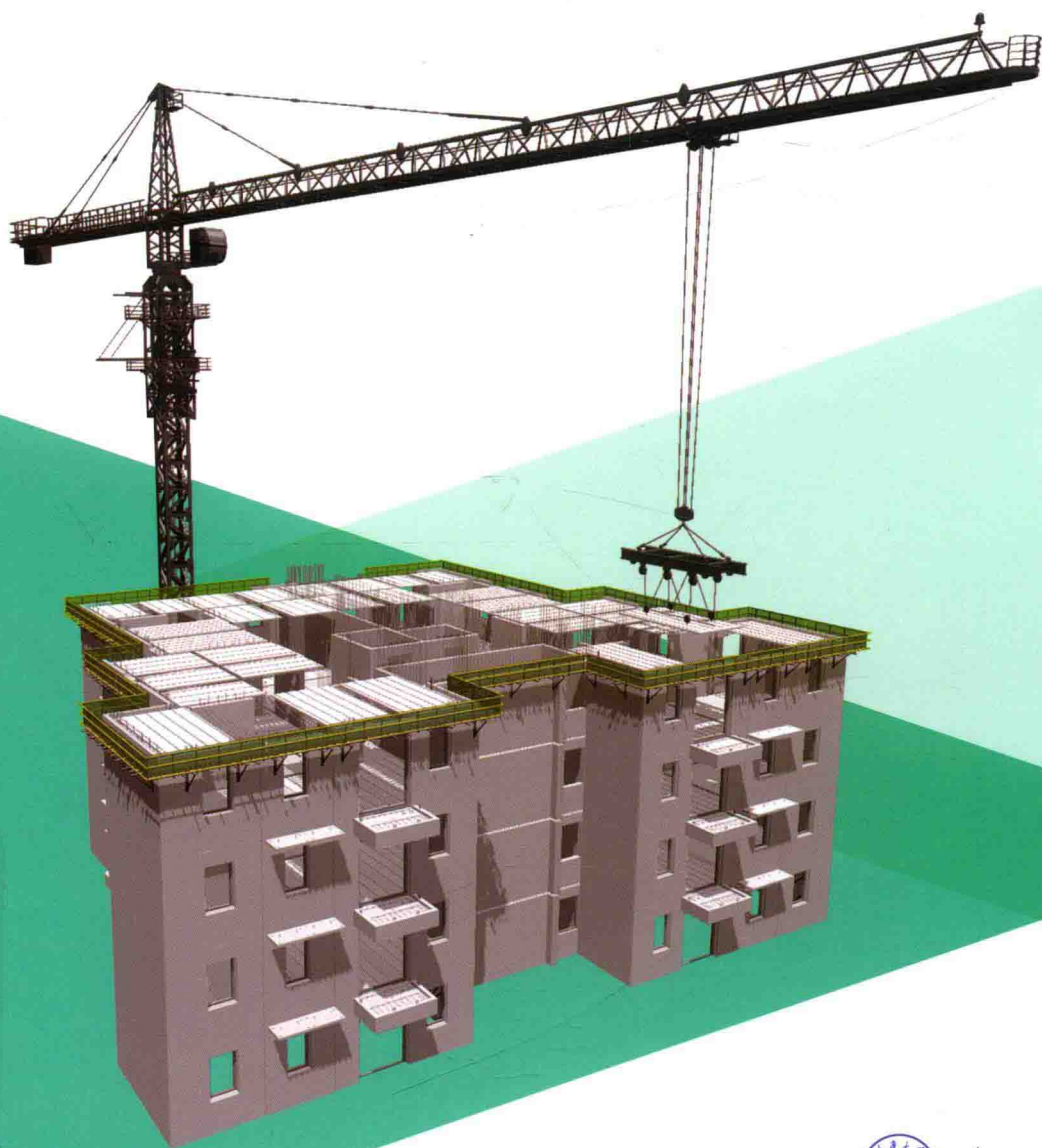


高等教育 装配式建筑系列教材

◎主 编：刘晓晨 王 鑫  
李洪涛 郑卫锋

ZHUANGPEISHI HUNNINGTU JIANZHU GAILUN **装配式  
混凝土建筑概论**



重庆大学出版社

高等教育 装配式建筑系列教材

# 装配式混凝土建筑概论

ZHUANGPEISHI HUNNINGTU JIANZHU GAILUN

主 编

刘晓晨 王 鑫 李洪涛 郑卫锋

副主编

张静晓 李晓文 刘 庆 赵 娜

参 编

刘政延 王志浩 付光辉 刘可定

主 审

王全杰

重庆大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

装配式混凝土建筑概论/刘晓晨等主编. --重庆:重庆大学出版社,2018.8  
高等教育装配式建筑系列教材  
ISBN 978-7-5689-1141-2

I. ①装… II. ①刘… III. ①装配式混凝土结构—高等学校—教材 IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 117572 号

装配式混凝土建筑概论

主 编 刘晓晨 王 鑫 李洪涛 郑卫锋

策划编辑:林青山

责任编辑:林青山 版式设计:林青山

责任校对:关德强 责任印制:张 策

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:[fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

\*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:10.25 字数:232 千

2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5689-1141-2 定价:49.00 元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究

- 主任** 赵 研 黑龙江建筑职业技术学院  
布宁辉 广联达科技股份有限公司
- 委员** 李晓文 北京榆构(集团)有限公司  
唐 妹 西南石油大学  
金国辉 内蒙古科技大学  
梁 华 广西财经学院  
王胜兰 云南工商学院  
杨一兴 天津城市建设管理职业技术学院  
胡一多 昆明工业职业技术学院  
于晓娜 潍坊工程职业学院  
许国武 濮阳职业技术学院  
唐延东 四川工程职业技术学院  
刘晓晖 湖南安全职业技术学院  
冯均州 苏州建设交通高等职业技术学院  
陈欣美 乌鲁木齐职业大学  
刘 颖 长沙建筑工程学校  
齐亚丽 吉林工程职业学院  
刘 钢 湖南交通职业技术学院  
赵冬梅 漯河职业技术学院  
陈宏伟 武汉交通职业学院  
薛 刚 云南经济管理学院  
杨 飞 广联达科技股份有限公司  
张 涛 沈阳硕途城建现代化咨询有限公司  
李大硕 深圳市中视典数字科技有限公司
- 郑 辉 湖南工业大学  
周 舟 南京审计大学  
姜 曦 成都师范学院  
王春林 赤峰学院  
吴美琼 广西水利电力职业技术学院  
张翠红 新疆建设职业技术学院  
刘孟良 长沙建筑工程学校  
杨 敏 成都职业技术学院  
李燕秋 盐城幼儿师范高等专科学校  
徐龙辉 湖南有色金属职业技术学院  
刘 猛 江苏省泰兴中等专业学校  
王海平 山西省城乡建设学校  
吴海燕 云南经贸外事职业学院  
王 铁 吉林电子信息职业技术学院  
袁 琳 中南林业科技大学  
刘如兵 泰州职业技术学院  
弓中伟 石河子职业技术学院  
于佛财 云南经贸外事职业学院  
江科文 重庆工商职业学院  
周晓奉 北京睿格致科技有限公司  
张树坤 展视网(北京)科技有限公司



# 前言

## Preface

城市化进程的历史经验表明,城市化往往需要牺牲生态环境和消耗大量资源来进行城市建设。我国城镇化正处于快速发展期,至2025年全国城镇化率将达到60%以上,城镇化率每提高1%,就要新增城市用水17亿 $\text{m}^3$ ,消耗标准煤6000万吨。按照城市化进程新增住宅和原有改善居住条件需求计算,到2030年,我国住宅需要量将超过目前1倍以上。现有建筑行业发展很大程度上仍依赖高速增长的固定资产投资规模,发展模式粗放,工业化、信息化、标准化水平偏低,管理手段落后,建造资源耗费量大,同时面临劳动力成本上升和劳动力短缺的状况。因此,综合考虑快速城市化的可持续发展问题,改变建筑业的传统生产方式,大力推进建筑产业现代化是城市可持续发展的重要战略,而实现建筑产业现代化的有效途径是新型建筑工业化,发展装配式建筑。

2016年2月6日,《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》及2016年9月27日国务院常务会议审议通过的《关于大力发展装配式建筑的指导意见》中提出,10年内我国新建建筑中,装配式建筑比例将达到30%。由此,我国每年将建造几亿平方米装配式建筑,这个规模和发展速度在世界建筑产业化进程中是前所未有的,我国建筑业面临巨大的转型和产业升级的压力。因此,按期完成既定目标,培养成千上万名技术人才刻不容缓。

基于对我国建筑业经济结构转型升级、供给侧改革和行业发展趋势的认识,为推进建筑产业现代化,适应新型建筑工业化的发展要求,大力推广应用装配式建筑技术,指导高等院校和企业正确掌握装配式建筑技术原理和方法,便于工程技术人员在工程实践中操作和应用,我们组织编写了本书。本书主要由辽宁城市建设职业技术学院、广联达科技股份有限公司、北京榆构有限公司,采用校企合作的模式共同编写、开发完成,由“建筑云课”提供在线微课支持服务,并得到了黑龙江建筑职业技术学院赵研教授的指导。本书的编写以装配式建筑国家和行业最新的规范、规程为依据,结合大量装配式混凝土建筑设计、生产、施工和管理经验,吸收了大量新工艺、新技术、新设备、新方法,层次分明,通俗易懂,便于读者快速了解装配式混凝土建筑的相关知识。

由于编者的水平有限,书中难免有疏漏、不足之处,真诚欢迎广大读者批评指正。

编者

2018年4月

<b>第 1 章 装配式混凝土建筑概述</b> .....	1
1.1 装配式混凝土建筑发展背景 .....	1
1.2 建筑产业现代化与装配式建筑 .....	3
1.3 我国装配式混凝土建筑的发展历程 .....	6
1.4 装配式建筑评价标准 .....	8
<b>第 2 章 装配式混凝土建筑发展现状</b> .....	14
2.1 国际发展现状 .....	14
2.2 我国发展现状 .....	17
<b>第 3 章 装配式混凝土建筑结构体系与部品部件</b> .....	24
3.1 装配整体式混凝土框架结构 .....	24
3.2 装配整体式混凝土剪力墙结构 .....	29
3.3 其他结构体系 .....	32
3.4 部品部件 .....	33
<b>第 4 章 装配式混凝土建筑常用材料与构造</b> .....	36
4.1 混凝土 .....	36
4.2 钢筋和钢材 .....	39
4.3 钢筋连接材料 .....	41
4.4 其他材料 .....	45
4.5 墙体接缝构造 .....	46
<b>第 5 章 装配式混凝土建筑设计技术</b> .....	48
5.1 建筑设计 .....	48
5.2 结构设计 .....	50
5.3 设备及管线设计 .....	54
5.4 内装系统设计 .....	57
5.5 深化设计 .....	60

<b>第6章 装配式混凝土构件生产</b> .....	65
6.1 预制构件厂 .....	65
6.2 预制构件的生产设备与工具 .....	68
6.3 预制构件生产 .....	78
6.4 部品生产 .....	85
6.5 预制构件存储与运输 .....	86
<b>第7章 装配式混凝土建筑施工</b> .....	92
7.1 施工准备 .....	92
7.2 装配式混凝土建筑竖向受力构件现场施工 .....	99
7.3 预制混凝土水平受力构件的现场施工 .....	107
7.4 部品安装 .....	110
7.5 水电安装 .....	111
7.6 成品保护 .....	112
<b>第8章 装配式混凝土建筑质量控制与验收</b> .....	114
8.1 概述 .....	114
8.2 预制构件生产阶段的质量控制与验收 .....	118
8.3 装配式混凝土结构施工质量控制与验收 .....	130
<b>第9章 装配式混凝土建筑安全与文明施工</b> .....	139
9.1 安全生产管理体系 .....	139
9.2 高处作业防护 .....	140
9.3 临时用电安全 .....	143
9.4 起重吊装安全 .....	145
9.5 现场防火 .....	148
9.6 文明施工 .....	149
<b>第10章 装配式混凝土建筑人才培养</b> .....	152
10.1 目前存在的问题 .....	152
10.2 专业建设背景 .....	153
10.3 人才需求 .....	154
10.4 人才培养 .....	155
10.5 建议解决方案 .....	156
<b>附录</b> .....	157
<b>参考文献</b> .....	158



# 第1章 装配式混凝土建筑概述

## 1.1 装配式混凝土建筑发展背景

### 1.1.1 发展的现实需求

建筑业在国民经济中的作用十分突出,是名副其实的支柱产业。在全面建成小康社会、实现中华民族伟大复兴的中国梦过程中,建筑行业责任巨大。我国自改革开放以来,建筑行业蓬勃发展,不仅为人民提供了适用、安全、经济、美观的居住和生产生活环境,提高了人民的生活水平,还改善了城市与乡村的面貌,推进了城市化的进程。

然而,随着我国各个领域都取得了巨大的发展,建筑行业传统的生产施工方式已经遇到了严重的瓶颈,暴露出了诸多严重的问题。这主要体现在以下几个方面。

#### (1) 环境污染严重

我国建筑业传统的施工方式多为粗放式生产,造成了环境严重的污染和破坏,影响了我们的生存质量(图 1.1)。现场土方工程量大,湿作业工作量大,加之文明施工和环境保护的技术措施得不到切实有效的监管和落实,导致建筑业对环境污染严重。



图 1.1 建筑业污染严重

#### (2) 建设效率偏低

传统的施工方式中,绝大多数的施工环节都是在施工现场完成。受施工现场作业环境的影响,施工机械应用效率大打折扣,很多施工环节需要依靠建筑工人手工完成,这严重影响了建设工程的生产效率。

此外,由于施工现场有大量的湿作业内容,而现场湿作业构件需要足够的养护时间,这



必然影响相关工序的进行,进而影响建设效率。

### (3)管理模式落后

目前,我国多数建设项目的勘察、设计、施工以及材料供应工作是由不同的企业负责完成,而各企业之间往往得不到良好、有效的沟通,甚至个别企业只考虑本方企业的利益,而对项目的整体效益漠不关心,从而导致各方的意图得不到很好理解,错误得不到及时纠正,而这些都会为建设项目埋下隐患。

### (4)可预见的用工荒

传统施工方式的建筑工地现场,需要大量的建筑工人从事各工种的手工作业和机械操作。手工作业的建筑工人工作强度高、环境差,且相对其他工作具有一定的危险。这样的工作条件导致这类工作岗位的从业人员流失严重,并且有意愿投身这类工作岗位的人员越来越少,可以预见不久的将来建筑行业将会出现用工荒。

### (5)其他问题

建筑行业传统的施工方式还存在其他一些问题,如工期较长、从业人员素质普遍偏低等,这些都在阻碍建筑行业的进一步发展。

基于以上这些问题,我国的建筑行业急需进行产业升级,转变生产和施工的方式,以迎合新时期、新形势对建筑行业的要求。

## 1.1.2 发展的支持条件

建筑行业的产业升级不能盲目冒进,需要在有利的现实基础的支持下逐步推进。目前建筑行业对产业转型升级的支持条件,主要表现在以下几个方面。

### (1)现阶段建筑的结构性能安全可靠

目前,我国钢筋混凝土结构的建筑主要采用现场浇筑的施工方式。现浇结构施工技术经过数十年的积累和沉淀,在结构的安全性上已经相当成熟。只要严格按照国家和行业要求进行合理的勘察、设计、施工、监理以及材料供应与采购,在合理的使用荷载以及小震状态下,绝大多数建筑物都表现出良好的结构性能。

2008年的汶川特大地震,据民政局统计,共倒塌房屋696万间,但其中城镇房屋占比不到两成。数据和事实表明,凡是20世纪90年代开始执行89版抗震规范后新建和加固的房屋基本上未倒塌,确保大震时人的生命安全,实现了“小震不坏,中震可修,大震不倒”的设计要求。再以成都市为例,其设防烈度7度,而地震实际烈度也是7度,即使成都市发生中震,其房屋也很少出现开裂损坏,尤其是20世纪90年代以后新建和加固的房屋基本上处于“中震可修”,甚至是“中震不坏”的状态。

基于目前建筑行业技术成熟,建造出的房屋安全可靠的现实基础,建筑行业可以在保持良好的产品质量的同时,探索更环保、更高效、更精准、更机械化、更节约的生产方式。

### (2)生产施工能力较高

改革开放以来,尤其是进入21世纪后,我国城市化建设的步伐加快。各个城市政治、经济、文化和体育事业的发展,都需要建筑行业提供良好的基础设施。面对巨大的需求压力,

我国建筑行业表现出了较高的生产和施工能力。这种较高的生产和施工能力,不仅体现在能够完成大规模的生产任务上,还体现在良好的现场吊装能力、运输能力、成品保护能力等。

### (3) 国外大量先进经验可借鉴

我国建筑行业虽蓬勃发展、成绩喜人,但相比世界上的发达国家仍处于相对落后的地位。但正因为一些发达国家在建筑业发展方向的探索上走在了前面,形成了它们的建造体系,我们在建筑行业产业升级上才有了可以学习和借鉴的研究成果。我们通过总结各国建筑业发展的经验和教训,再结合我国国情和建筑行业的能力水平,可以探索出适合我国建筑行业转型发展的道路。

## 1.2 建筑产业现代化与装配式建筑

新时期新形势下,我国建筑行业必须优化产业结构,加快建设速度,改善劳动条件,提高劳动生产率,使建筑业走上集约型、效益型的道路。在研究和吸取了我国近几十年建筑业的发展经验和教训,充分考虑了我国目前的建筑业技术发展状况、地区差异以及劳动力资源供应等情况,国家提出要大力发展建筑产业现代化,全面推进装配式建筑。

### 1.2.1 建筑产业现代化

建筑产业现代化是以绿色发展为理念,以住宅建设为重点,以新型建筑工业化为核心,广泛运用现代科学技术和方法,以工业化、信息化的深度融合对建筑全产业链进行更新、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,从而全面提高建筑工程的效率、效益和质量。

建筑产业现代化是整个建筑产业链的现代化,把建筑工业化向前端的产品开发、下游的建筑材料、建筑能源甚至建筑产品的销售延伸,是整个建筑行业在产业链条内资源的更优化配置。建筑产业现代化不仅强调技术的主导作用,更强调了技术与经济和市场的结合。其基本内涵表现为:

#### (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,2013年国家启动了《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。党的十八届五中全会强调,实现“十三五”时期发展目标,必须牢固树立并切实贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念。

#### (2) 建筑生产工业化

建筑生产工业化是建筑产业化的核心。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。目前,建筑生产工业化主要是指在建



筑产品形成过程中,有大量的建筑构配件可以通过工业化和工厂化的生产方式进行生产,从而最大限度地加快建设速度,改善作业环境,保障工程质量和安全生产,提高劳动生产率,降低劳动强度,减少资源消耗和污染物排放,以合理的成本和工期来建造适合各种使用要求的建筑。

### (3)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。

### (4)管理人员高素质化

新形势下建筑行业的发展要求建筑行业的管理人员必须具备高素质。为了保证建筑工程项目的顺利进行,实现工程建设的既定目标,无论是建设项目的管理人员,还是建筑企业的管理人员,都必须具备懂法守信、技术精湛、吃苦耐劳、懂管理善经营的素质。这样一支高层次、复合型的建筑行业管理人才队伍是促进和实现建筑业发展的强大动力。

### (5)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。

建筑产业现代化对于住房城乡建设领域的可持续发展具有革命性、根本性和全局性的重要意义。建筑产业现代化是生产方式的变革,是传统生产方式向现代工业化生产方式转变的过程;是解决建筑工程质量、安全、效率、效益、节能、环保、低碳等一系列重大问题的根本途径;是解决房屋建造过程中设计、生产、施工、管理之间相互脱节,生产方式落后问题的有效途径;是解决当前建筑业劳动力成本提高、劳动力和技术工人短缺以及提高建筑工人素质的必然选择;是推动我国建筑业以及住房城乡建设领域的转型升级,实现国家新型城镇化发展、节能减排战略的重要举措。

## 1.2.2 装配式建筑

装配式建筑是指结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统的主要部分采用预制部品部件集成的建筑。其中,建筑的结构系统由混凝土部件(预制构件)构成的装配式建筑,称为装配式混凝土建筑。

装配式建筑把传统建造方式中的大量现场作业转移到工厂进行,在工厂加工制作好建筑用部品部件,运输到建筑施工现场,通过可靠的连接方式在现场装配而成。装配式建筑主要包括装配式混凝土建筑、装配式钢结构建筑和装配式木结构建筑。装配式建筑采用标准化设计、工厂化生产、装配化施工、信息化管理、一体化装修和智能化应用,是现代工业化的生产方式。大力发展装配式建筑,是推进建筑业转型发展的重要方式。

装配式建筑的特点主要体现在以下几方面:

### (1) 标准化设计

标准化设计是指在一定时期内,面向通用产品,采用共性条件,制定统一的标准和模式,开展的适用范围比较广的设计,适用于技术上成熟,经济上合理,市场容量充裕的产品设计。装配式建筑标准化设计的核心是建立标准化的部品部件单元。当装配式建筑所有的设计标准、手册、图集建立起来以后,建筑物的设计不再是像现在一样要对宏观到微观的所有细节进行逐一计算、绘图,而是可以像机械设计一样选择标准件,满足功能要求。

装配式建筑采用标准化设计,可以保证设计质量,进而提高工程质量;可以减少重复劳动,加快设计速度;有利于采用和推广新技术;便于实行构配件生产工厂化、装配化和施工机械化,提高劳动生产率,加快建设进度;有利于节约建设材料,降低工程造价,提高经济效益。

### (2) 工厂化生产

工厂化生产是指在人工创造的环境(如工厂)中进行全过程的作业,从而摆脱自然界的制约,是能够综合运用现代高科技、新设备和管理方法而发展起来的一种全面机械化、自动化、技术高度密集型的生产。

工厂化生产是推进装配式建筑的主要环节。建筑行业传统的现场作业施工方式中,受施工条件和环境的影响,机械化程度低,普遍采用的是过度依赖一线工人手工作业的人海战术,效益低下,误差控制往往只能达到公分级,且人工成本高。采用工厂化生产,可以采用机械化手段,运用先进的管理方法,从而提高工程效益,降低成本,并提高工程施工精度。此外,将大量作业内容转移到工厂里,不仅改善了建筑工人的劳动条件,对于实现节能、节地、节水、节材、环境保护的“四节一环保”目标,也具有非常重要的促进作用。

### (3) 装配化施工

装配式施工是通过一定的施工方法及工艺,将预先制作好的部品部件可靠地连接成所需要的建筑结构造形的施工方式。装配式施工可以加快施工进度,提供劳动生产率,减少施工现场作业人员,同时降低模板工程量,减少施工现场的污染排放。装配式施工是绿色施工的重要抓手,也是对可持续发展理念的重要实践和运用,对促进建筑业的转型升级具有非常积极的作用。

### (4) 信息化管理

信息化管理是以信息化带动工业化,实现行业管理现代化的过程。它是指将现代信息技术与先进的管理理念相融合,转变行业的生产方式、经营方式、业务流程、传统管理方式和组织方式,重新整合内外部资源,提高效率和效益。

对于装配式建筑而言,信息技术的广泛应用会集成各种优势并互补,实现标准化和集约化发展。加之信息的开放性,可以调动人们的积极性并促使工程建设各阶段、各专业主体之间信息、资源共享,解决很多不必要的问题,有效地避免各行业、各专业之间不协调问题,加速工期进程,从而有效解决设计与施工脱节、部品与建造技术脱节等中间环节的问题,提高效率。



### (5) 一体化装修

一体化装修是指将装修工作与预制构件的设计、生产、制作、装配施工一体化来完成,也就是实现装饰装修与主体结构的一体化。一体化装修将装修功能条件前置,管线安装、墙面装饰、部品安装一次完成到位,避免重复浪费。事先统一进行建筑构件上的孔洞预留和装修面层固定件的预埋,避免在装修施工阶段对已有建筑构件打凿、穿孔,既保证了结构的安全性,又减少了噪声和建筑垃圾。

### (6) 智能化应用

装配式建筑智能化应用,是指以建筑为平台,兼备建筑设备、办公自动化及通信网络系统,集结构、系统、服务、管理及它们之间的最优化组合,向人们提供一个安全、高效、舒适、便利的建筑环境。建筑的智能化应用目前尚处于初级起步阶段,主要是应用于安全防护系统和通信及控制系统,不过随着科学技术的进步和人们对其功能要求的提高,建筑的智能化应用一定会迎来进一步的发展。

发展装配式建筑是实施推进“创新驱动发展、经济转型升级”的重要举措,也是切实转变城市建设模式,建设资源节约型、环境友好型城市的现实需要。发展装配式建筑是推进新型建筑工业化的一个重要载体和抓手。要实现国家和各地方政府目前既定的建筑节能减排目标,达到更高的节能减排水平,实现全寿命过程的低碳排放综合技术指标,发展装配式建筑产业是一个有效且重要的途径。

## 1.3 我国装配式混凝土建筑的发展历程

### 1) 起步阶段

我国装配式混凝土建筑起源于20世纪50年代。那时新中国刚刚成立,全国处在百废待兴的状态,发展建筑行业,为人民提供和改善居住环境,迫在眉睫。当时,我国著名建筑学家梁思成先生就已经提出了“建筑工业化”的理念,并且这一理念被纳入了新中国第一个“五年计划”中。借鉴苏联和东欧国家的经验,我国建筑行业大力推行标准化、工业化和机械化,发展预制构件和装配式施工的房屋建造方式。1955年,北京第一建筑构件厂在北京东郊百子湾兴建;1959年,我国采用预制装配式混凝土技术建成了高达12层的北京民族饭店(图1.2)。这些事件标志着我国装配式混凝土建筑已经起步。

### 2) 持续发展阶段

20世纪60年代初到80年代初期,我国装配式混凝土建筑进入了持续发展阶段,多种装配式建筑体系得到了快速发展(图1.3)。其原因有以下几点:

- ①当时各类建筑标准不高,形式单一,易于采用标准化方式建造。
- ②当时的房屋建筑抗震性能要求不高。
- ③当时的建筑行业建设总量不大,预制构件厂的供应能力可满足建设要求。
- ④当时我国资源相对匮乏,木模板、支撑体系和建筑用钢筋短缺。
- ⑤计划经济体制下施工企业采用固定用工制,预制装配式施工方式可减少现场劳动力投入。



图 1.2 北京民族饭店



图 1.3 1976 年建成的北京小黄庄 12 层装配式住宅楼

### 3) 低潮阶段

1976 年我国遭受了唐山大地震。地震中预制装配式房屋破坏严重,其结构整体性、抗震性差的缺点暴露明显。加之随着我国经济的发展,建筑业建设规模急剧增加,建筑设计也呈现了个性化、多样化的特点,而当时的装配式生产和施工能力无法满足新形式的要求。我国装配式混凝土建筑在 20 世纪 80 年代遭遇低潮,发展近乎停滞。而随着农民工大量进入城镇,导致劳动力成本降低,加之各类模板、脚手架的普及以及商品混凝土的广泛应用,现浇结构施工技术得到了广泛的应用。

### 4) 新发展阶段

如今,随着改革开放的深化和我国经济快速的发展,针对劳动力出现紧缺的情况,以及在节能环保的时代要求下,建筑行业与其他行业一样都在进行工业化技术改造,预制装配化建筑又开始焕发出新的生机。

2017 年 11 月,住房和城乡建设部认定了 30 个城市和 195 家企业为第一批装配式建筑



示范城市和产业基地。示范城市分布在东、中、西部,装配式建筑发展各具特色;产业基地涉及 27 个省、自治区、直辖市和部分央企,产业类型涵盖设计、生产、施工、装备制造、运行维护等全产业链。在试点示范的引领带动下,装配式建筑已经形成在全国推进的格局(图1.4)。



图 1.4 新发展阶段的装配式建筑

## 1.4 装配式建筑评价标准

装配式建筑的装配化程度由装配率来衡量。装配率是指单体建筑室外地坪以上的主体结构、围护墙和内隔墙、装修和设备管线等采用预制部品部件的综合比例。构成装配率的衡量指标相应包括装配式建筑的主体结构、围护墙和内隔墙、装修与设备管线等部分的装配比例。

### 1) 评价单元的确定

装配式建筑的装配率计算和装配式建筑等级评价应以单体建筑作为计算和评价单元,并应符合下列规定:

- ①单体建筑应按项目规划批准文件的建筑编号确认。
- ②建筑由主楼和裙房组成时,主楼和裙房可按不同的单体建筑进行计算和评价。
- ③单体建筑的层数不大于 3 层,且地上建筑面积不超过  $500 \text{ m}^2$  时,可由多个单体建筑组成建筑组团作为计算和评价单元。

### 2) 评价的分类

为保证装配式建筑评价质量和效果,切实发挥评价工作的指导作用,装配式建筑评价分为预评价和项目评价,并符合下列规定:

- ①设计阶段宜进行预评价,并按设计文件计算装配率。预评价的主要目的是促进装配式建筑设计理念尽早融入项目实施中。如果预评价结果满足控制项要求,评价项目可结

合预评价过程中发现的不足,通过调整和优化设计方案,进一步提高装配化水平;如果预评价结果不满足控制项要求,评价项目应通过调整和修改设计方案使其满足要求。

②项目评价应在项目竣工验收后进行,并按竣工验收资料计算装配率和确定评价等级。评价项目应通过工程竣工验收后再进行项目评价,并以此评价结果作为项目最终评价结果。

### 3) 认定评价标准

装配式建筑应同时满足下列4项要求:

#### (1) 主体结构部分的评价分值不低于20分

主体结构包括柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件以及梁、板、楼梯、阳台、空调板等水平构件。这些构件是建筑物主要的受力构件,对建筑物的结构安全起到决定性的作用。推进主体结构的装配化对于发展装配式建筑有着非常重要的意义。

#### (2) 围护墙和内隔墙部分的评价分值不低于10分

新型建筑墙体的应用对提高建筑质量和品质、改变建造方式等都具有重要意义。积极引导和逐步推广新型建筑墙体也是装配式建筑的重点工作。非砌筑是新型建筑墙体的共同特征之一。将围护墙和内隔墙采用非砌筑类型墙体作为装配式建筑评价的控制项,也是为了推动其更好地发展。非砌筑类型墙体包括采用各种中大型板材、幕墙、木材及复合材料的成品或半成品复合墙体等,满足工厂生产、现场安装、以“干法”施工为主的要求。

外围护墙和内隔墙采用非砌筑墙体的最低应用比例要求达到50%。制定这一规定,一是综合考虑了各种民用建筑的功能需求和装配式建筑工程实践中的成熟经验;二是按照适度提高标准,具体措施切实可行的原则。

#### (3) 采用全装修

全装修是指建筑功能空间的固定面装修和设备设施安装全部完成,达到建筑使用功能和建筑性能的基本要求。

发展建筑全装修是实现建筑标准提升的重要内容之一。不同建筑类型的全装修内容和要求可能是不同的。对于居住、教育、医疗等建筑类型,在设计阶段即可明确建筑功能空间对使用和性能的要求及标准,应在建造阶段实现全装修。对于办公、商业等建筑类型,其建筑的部分功能空间对使用和性能的要求及标准等,需要根据承租方的要求进行确定时,应在建筑公共区域等非承租部分实施全装修,并对实施“二次装修”的方式、范围、内容等做出明确规定;评价时可结合两部分内容进行。

#### (4) 装配率不低于50%

此外,装配式建筑宜采用装配化装修。装配化装修是将工厂生产的部品部件在现场进行组合安装的装修方式,主要包括干式工法楼面地面、集成厨房、集成卫生间、管线分离等。

集成厨房是指地面、吊顶、墙面、橱柜、厨房设备及管线等通过集成设计、工厂生产,在工地主要采用干式工法装配完成的厨房。集成厨房多指居住建筑中的厨房。集成卫生间是指地面、吊顶、墙板和洁具设备及管线等通过集成设计、工厂生产,在工地主要采用干式工法装配完成的卫生间。集成卫生间充分考虑卫生间空间的多样组合或分隔,包括多器具的集成



卫生间产品和仅有洗面、洗浴或便溺等单一功能模块的集成卫生间产品。集成厨房和集成卫生间是装配式建筑装饰装修的重要组成部分,其设计应按照标准化、系列化原则,并符合干式工法施工的要求,在制作和加工阶段全部实现装配化。

#### 4) 装配率计算方法

##### (1) 装配率总分计算

装配率应根据表 1.1 中评价项得分值,按式(1.1)计算:

$$P = (Q_1 + Q_2 + Q_3) / (1 - Q_4) \times 100\% \quad (1.1)$$

式中  $P$ ——装配率;

$Q_1$ ——主体结构指标实际得分值;

$Q_2$ ——围护墙和内隔墙指标实际得分值;

$Q_3$ ——装修与设备管线指标实际得分值;

$Q_4$ ——评价项目中缺少的评价项分值总和。

表 1.1 装配式建筑评分表

评价项		评价要求	评价分值	最低分值
主体结构 (50分)	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件	$35\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	20~30*	20
	梁、板、楼梯、阳台、空调板等构件	$70\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	10~20*	
围护墙和 内隔墙 (20分)	非承重围护墙非砌筑	比例 $\geq 50\%$	5	10
	围护墙与保温、隔热、装饰一体化	$50\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	2~5*	
	内隔墙非砌筑	比例 $\geq 50\%$	5	
	内隔墙与管线、装修一体化	$50\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	2~5*	
装修和设备 管线 (30分)	全装修	—	6	6
	干式工法楼面、地面	比例 $\geq 70\%$	6	—
	集成厨房	$70\% \leq \text{比例} \leq 90\%$	3~6*	
	集成卫生间	$70\% \leq \text{比例} \leq 90\%$	3~6*	
	管线分离	$50\% \leq \text{比例} \leq 70\%$	4~6*	

注:表中带“\*”项的分值采用“内插法”计算,计算结果取小数点后1位。

##### (2) 柱、支撑、承重墙、延性墙板等主体结构竖向构件应用比例计算

柱、支撑、承重墙、延性墙板等主体结构竖向构件主要采用混凝土材料时,预制部品部件的应用比例应按式(1.2)计算:

$$q_{1a} = V_{1a} / V \times 100\% \quad (1.2)$$

式中  $q_{1a}$ ——柱、支撑、承重墙、延性墙板等主体结构竖向构件中预制部品部件的应用比例;

$V_{1a}$ ——柱、支撑、承重墙、延性墙板等主体结构竖向构件中预制部品部件中预制混凝土体积之和;

$V$ ——柱、支撑、承重墙、延性墙板等主体结构竖向构件混凝土总体积。