

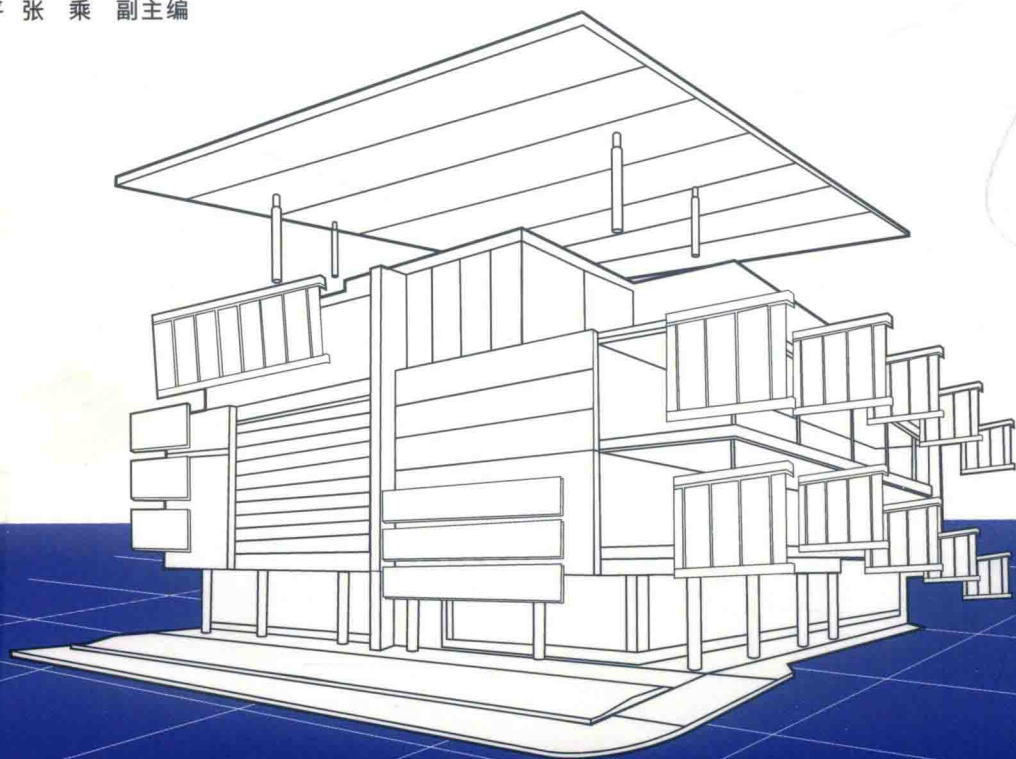
1 2 3

装配式建筑概论

THE CONSPECTUS OF PREFABRICATED
CONSTRUCTION

郑朝灿 吴承卉 主 编

刘国平 张 乘 副主编



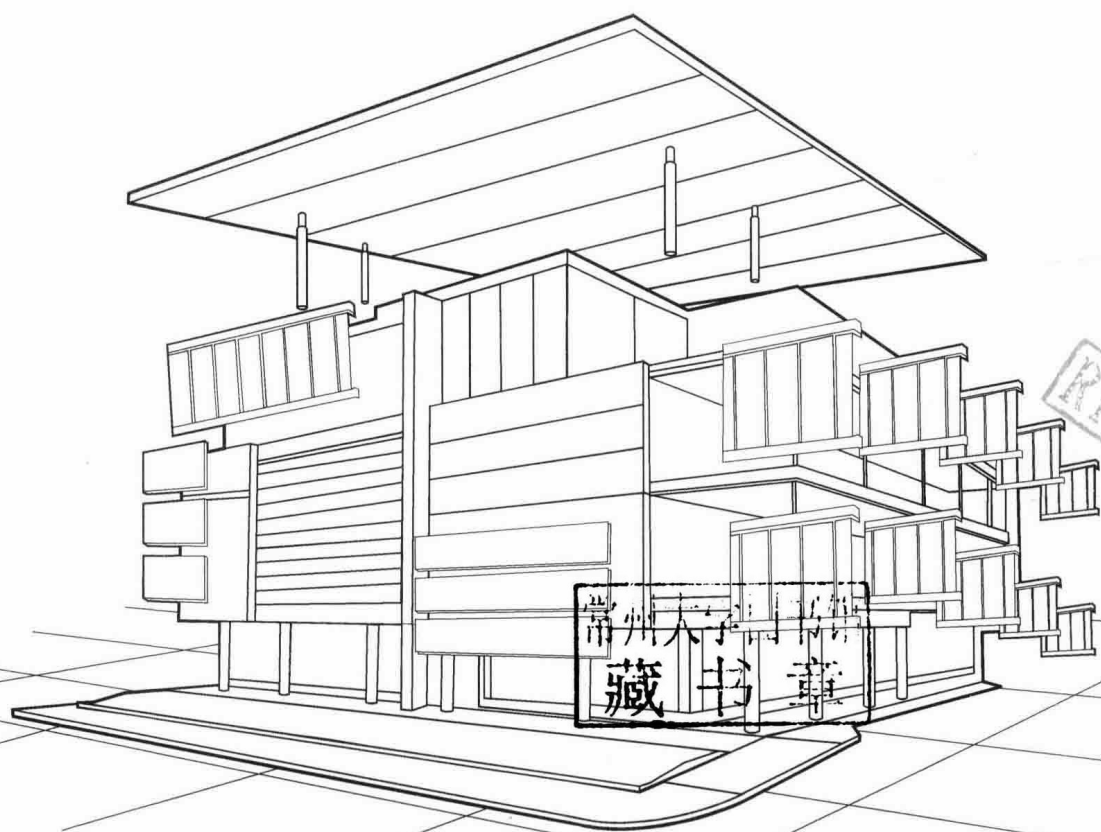
浙江工商大学出版社
ZHEJIANG GONGSHANG UNIVERSITY PRESS

装配式建筑概论

THE CONSPECTUS OF PREFABRICATED
CONSTRUCTION

郑朝灿 吴承卉 主 编

刘国平 张 乘 副主编



浙江工商大学出版社
ZHEJIANG GONGSHANG UNIVERSITY PRESS

杭州

图书在版编目(CIP)数据

装配式建筑概论 / 郑朝灿, 吴承卉主编. —杭州: 浙江工商大学出版社, 2019.9

ISBN 978-7-5178-3294-2

I. ①装… II. ①郑… ②吴… III. ①装配式构件—教材
IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 126544 号

装配式建筑概论

ZHUANGPEISHI JIANZHU GAILUN

郑朝灿 吴承卉 主 编

刘国平 张 乘 副主编

责任编辑 谭娟娟

封面设计 郑晓龙

责任印制 包建辉

出版发行 浙江工商大学出版社

(杭州市教工路 198 号 邮政编码 310012)

(E-mail: zjgsupress@163.com)

(网址: <http://www.zjgsupress.com>)

电话: 0571-89995993, 89991806(传真)

排 版 杭州朝曦图文设计有限公司

印 刷 虎彩印艺股份有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 10.5

字 数 186 千

版 次 2019 年 9 月第 1 版 2019 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5178-3294-2

定 价 35.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江工商大学出版社营销部邮购电话 0571-88904970

内容提要

本教材基于我国装配式建筑发展的背景,详细介绍了我国装配式建筑的内涵、特征及优势,分析了国内外装配式建筑的发展历程和装配式建筑全生命周期管理各环节的知识。全书共分为5章,主要包括绪论、装配式建筑的发展史、装配式建筑的分类、装配式建筑全生命周期管理和装配式建筑案例分析等。

本教材内容涵盖装配式建筑的新技术和新方法,可以让读者对装配式建筑有一个全面系统的认识,其可作为高职院校建筑类相关专业的通用教材,也可作为建筑产业现代化科学研究、工程管理、建筑设计施工、政府等专业人员培训等的参考用书。

总 序

近年来,我国建筑行业蓬勃发展,极大地促进了国民经济的增长。面对土地出让金的大幅增加、从业人员的人工价格不断攀升、人们节能环保意识的逐步提高,建筑行业所面临的竞争压力也将越来越大。为提高核心竞争力,新的行业产业模式——预制装配式建筑业应运而生。

纵观世界建筑业,我国的建筑工业化发展水平和基础较为薄弱,与先进的建筑工业化国家相比,尚处于建筑工业化的初级阶段,以致我国的建筑总量虽早已领先全球,但距离世界建筑强国还有很大的差距。发达国家装配式建筑技术是经历了半个多世纪才发展起来的,也是在技术理论、技术实践和管理经验逐步积累的过程中不断发展的。即使如此,目前大多数国家的装配式建筑的比例也不到30%。

2016年2月,党中央和国务院印发了《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》,提出力争用10年左右时间,使装配式建筑占新建建筑的比例达到30%。在2016年3月召开的全国两会上,李克强总理在《政府工作报告》中进一步强调,要大力发展钢结构和装配式建筑,加快标准化建设,提高建筑技术水平和工程质量。2016年9月30日,为贯彻落实《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》和《政府工作报告》部署,大力发展装配式建筑,国务院办公厅印发了《关于大力发展装配式建筑的指导意见》(国办发〔2016〕71号)。

大力发展装配式建筑受到了党中央、国务院的高度重视,同时也得到了业界的积极响应和广泛参与,装配式建筑浪潮已在全国蓬勃兴起。在国家政策的引导下,今后的10年,我国新建建筑中的装配式建筑比例将达到30%。由此推算,我国每年将建造几亿平方米的装配式建筑,这个规模和发展速度在世界建筑产业化进程中也是前所未有的。我国建筑界将面临巨大压力,同时也迎来了机遇。我们要用10年时间走完其他国家半个多世纪的路,需要学的知识和需要做的工作非常多,尤其对装配式建筑专业技术人员、技术工人和懂行的管理者的需求将非常大。

前 言

为适应建筑新产业模式——预制装配式建筑业发展的需要,培养建筑工程技术专业学生具备装配式建筑技能,联合企业我们结合当前装配式建筑的前沿技术编写本书。

本书内容共分5章,主要包括绪论、装配式建筑的发展史、装配式建筑的分类、装配式建筑全生命周期管理和装配式建筑案例分析。本书参考学时分配表如下:

参考学时分配表

序号	授课内容	学时分配	
		讲 课	实 践
1	绪 论	2	
2	装配式建筑的发展史	4	
3	装配式建筑的分类	8	
4	装配式建筑全生命周期管理	6	2
5	装配式建筑案例分析	2	
合 计		24	

本书由金华职业技术学院建筑工程学院郑朝灿、吴承卉、刘国平,义乌工商职业技术学院建筑工程学院张乘编写,由金华职业技术学院建筑工程学院郑朝灿负责统稿。在教材编写过程中,中天建设集团提供了大量构件生产图文信息,同时得到了浙江省建筑业技术创新协会、浙江省建筑业院校产学研联盟的大力支持,参考了很多公开文献,并引用了一些网络资料,在此一并致以衷心的感谢。

本书涉及的知识面较广,而编写者水平有限,以及囿于时间,因此书中难免有错漏之处,恳求同行批评指正。

编 者

2019年5月12日

目 录

第一章 绪 论	001
第一节 装配式建筑的概念及由来	001
第二节 装配式建筑的特征与优势	004
第三节 装配式建筑发展背景与意义	009
第二章 装配式建筑的发展史	011
第一节 国外装配式建筑发展历程	011
第二节 我国装配式建筑发展历程	037
第三章 装配式建筑的分类	047
第一节 建筑结构体系分类	047
第二节 构件材料分类	052
第三节 结构技术体系分类	057
第四章 装配式建筑的全生命周期管理	063
第一节 前期策划阶段	063
第二节 设计阶段	063
第三节 工厂生产阶段	065
第四节 构件的储放和运输阶段	075
第五节 安装阶段	080
第六节 运营维护阶段	092

第五章 装配式建筑案例分析	094
第一节 预制混凝土案例分析	094
第二节 钢结构案例分析	104
第三节 木结构案例分析	113
第四节 其他案例分析	116
参考文献	121
附 录	123

第一章 绪论

◎学习目标

了解装配式建筑的概念和发展背景,熟悉装配式建筑的特征与优势,了解装配式建筑的积极意义。

随着我国经济社会发展的转型升级,特别是城镇化的加快推进,建筑业在改善人民居住环境、提升生活质量中的地位凸显。但遗憾的是,目前我国传统“粗放”的建造模式仍较普遍。一方面,生态环境被严重破坏,资源能源低效利用;另一方面,建筑安全事故高发,建筑质量亦难以保障。因此,传统的工程建设模式亟待转型。面对党的十八大提出新型工业化、城镇化、信息化良性互动、协同发展的战略任务和挑战,我们必须紧紧抓住这次转型契机,转变对建筑生成的认识,明白建筑可以从工厂中生产(制造)出来,这就是装配式建筑。

第一节 装配式建筑的概念及由来

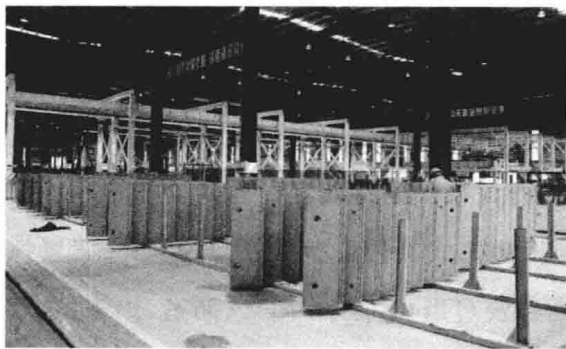
一、装配式建筑的概念

装配式建筑是经设计(建筑、结构、给排水、电气、设备、装饰)后,由工厂对建筑构件进行工业化生产,生产后的建筑构件运送到施工现场进行装配而成的建筑。装配式建筑的概念包含三个主要阶段,即建筑集成化设计阶段、建筑构件集成化生产阶段、工地进行构件组装阶段,如图1.1所示。

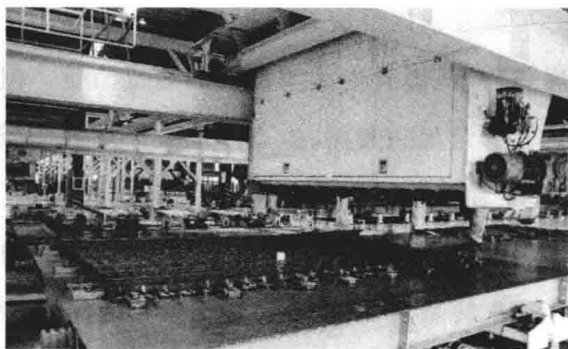


图 1.1 装配式建筑概念图

总体来说,在建筑集成化设计阶段下,装配式建筑可分为两部分:一部分是构件生产;另一部分是构件组装。因此,建筑行业的转型就是建筑构件向工业化方式转型,施工方式向集成化方式转型。装配式建筑的构件生产和构件组装如图 1.2、图 1.3 所示。

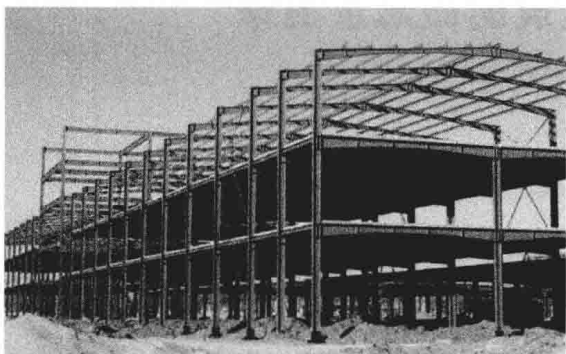


(a) 构件生产

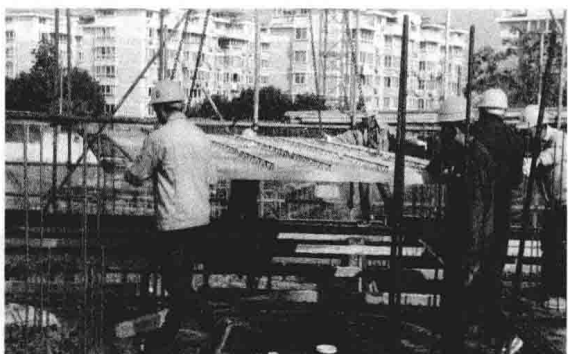


(b) 构件集成化生产

图 1.2 建筑构件生产



(a) 构件现场组装



(b) 钢构件组装

图 1.3 建筑构件组装

(图 1.2、图 1.3 源自 <http://www.nipic.com/detail/huitu/20140517/223806506300.html>)

与传统建筑业的生产方式相比,装配式建筑的工业化生产在设计、施工、装修、验收、工程项目管理等各个方面都具有明显的优越性。

二、装配式建筑的由来

装配式建筑是工业革命和科技革命的产物,是运用现代建筑技术、材料与工艺建造的。西欧是预制装配式建筑的发源地,早在20世纪50年代,为解决第二次世界大战后住房紧张问题,欧洲的许多国家特别是西欧一些国家大力推广装配式建筑,掀起了建筑工业化高潮。世界上第一座现代建筑——1851年伦敦博览会主展览馆“水晶宫”(Crystal Palace,如图1.4所示),就是装配式建筑。“水晶宫”长564米,宽124米,共5跨,以玻璃长度1.2米的两倍为模数,3300根铁柱按15米的间距分布在建筑中,而18000块玻璃填充于铁柱所支撑的铸铁骨架里。几乎所有构件都在工厂里成批生产,现场组装,仅用4个月就完成了展览馆的建造,解决了大空间和工期紧的难题。由于建筑通体透亮,被称为“水晶宫”。

1931年建造的纽约帝国大厦也是装配式建筑,保持世界最高建筑的纪录长达40年。纽约帝国大厦共102层,高达381米,采用装配式工艺,仅用了410天便建造完成,平均4天盖一层楼,这在当时是一件非常了不起的事情。如图1.5所示。

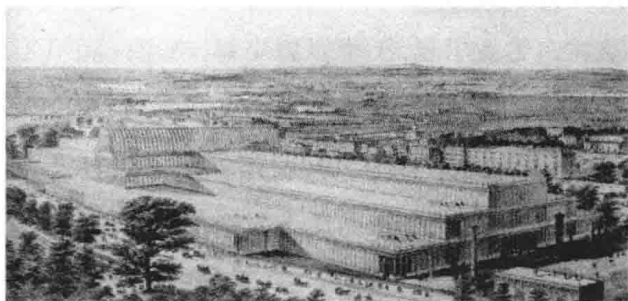


图 1.4 1851年伦敦博览会“水晶宫”



图 1.5 纽约帝国大厦

(图1.4源自http://blog.sina.com.cn/s/blog_4a41501f0100083k.html,图1.5源自<https://www.usitrip.com/news/r3454.html>)

第二节 装配式建筑的特征与优势

一、装配式建筑的特征

(一)系统性和集成性

装配式建筑集中体现了工业产品社会化大生产的理念,具有系统性和集成性,其设计、生产、建造过程是各相关专业的集合,促进了整个产业链中各相关行业整体技术的进步,需要科研、设计、生产、施工等各方面的人力、物力协同推进,才能完成装配式建筑的建造。

(二)设计标准化、组合多样化

标准化设计是指对于通用装配式构件,根据构件共性条件,制定统一的标准和模式,开展适用范围比较广泛的设计。在装配式建筑设计中,采用标准化设计思路,大大减少了构件和部品的规格,减少了重复劳动,加快了设计速度。同时,设计过程中可以兼顾考虑城市历史文脉、发展环境、周边环境与交通人流、用户的习惯和情感等因素,在标准化的设计中,融入了个性化的要求并进行多样组合,丰富了装配式建筑的类型。以住宅为例,可以用标准化的套型模块组合出不同的建筑形态和平面组合,创造出板楼、塔楼、走廊式住宅等众多平面组合类型,为满足规划的多样化要求提供了可能。

(三)生产工厂化

装配式建筑的结构构件都是在工厂生产的,工厂化预制采用了较先进的生产工艺,模具成型、蒸汽养护及工厂机械化程度较高,从而使生产效率大大提高,产品成本大幅降低。同时,由于生产工厂化,材料、工艺容易掌控,使得构件产品质量得到很好的保证。

(四)施工装配化、装修一体化

装配式建筑的施工可以实现多工序同步一体化完成。由于前期土建和装修一体化设计,构件在生产时已事先统一在建筑构件上预留孔洞和装修面层预埋固定部件,避免在装修施工阶段对已有建筑构件打凿、穿孔。构件运至现场之后,按预先设定的施工顺序完成一层结构构件吊装之后,在不停止后续楼层结构构件吊装施工的同时,可以同时进行下层的水电装修施工,逐层递进,且针对每道工序都可以像设备安装那样进行检查精度,使各工序交叉作业方便有序、简单快捷且可保证质量,同时加快了施工进度,缩短了工期。

(五)管理信息化、应用智能化

装配式建筑将建筑生产的工业化进程与信息化紧密结合,是信息化与建筑工业化深

度融合的结果。装配式建筑在设计阶段采用BIM(Building Information Modeling,建筑信息模型)技术,进行立体化设计和模拟,避免设计错误和遗漏;在预制和拼装过程采用ERP(Enterprise Resource Planning,企业资源计划)管理系统,施工中用网络摄影和在线监控;生产中预埋信息芯片,实现建筑的全生命周期信息管理。BIM可以简单地形容为“模型+信息”,模型是信息的载体,信息是模型的核心。同时,BIM又是贯穿规划、设计、施工和运营的建筑全生命期,可供全生命期的所有参与单位基于统一的模型实现协同工作。信息化技术与方法在装配式建筑工业化产业链中的部品生产、建筑设计、施工等各个环节都是不可或缺的。

二、装配式建筑的优势

传统建筑在设计建造过程中存在诸多问题,如设计、生产、施工阶段相互脱节,生产过程连续性差;以单一技术推广应用为主,建筑技术集成化低;以现场手工、湿作业为主,生产机械化程度低,材料浪费多,建筑垃圾量大,环境污染严重;工程以包代管、管施分离,工程建设管理粗放,资源、能源利用率低;工人以劳务市场的农民工为主,他们的技能、素质较低,使工程质量难控制等。

与传统建筑相比,装配式建筑采用的是标准化设计思路,结合生产、施工需求优化设计方案,使设计质量有保证,便于实行构配件生产工厂化、装配化和施工机械化。构件由工厂统一生产,减少现场手工、湿作业带来的建筑垃圾等废弃物;构件运至现场后采用装配化施工,机械化程度高,有利于提高施工质量和效率,缩短施工工期,减少对周边环境的影响;采用信息化技术实施定量和动态管理,全方位控制,效果好,资源、能源浪费少,节约建筑材料,环境影响小,综合效益高。

(一)保护环境,减少污染

在传统建筑工程施工过程中,因采用现场湿作业方式,现场材料、机械多,施工工序多,对人员、机械、物料、能耗的管理难度大,对周围环境而言,产生了噪声污染、泥浆污染、灰尘固体悬浮物污染、光污染和大量固体废弃物等。而装配式建筑的构件在工厂生产,再运到现场吊装。因此现场施工湿作业少,工地物料少,现场整洁性好。同时,由于装配式建筑的主要构件已预制成型,现场灰料少,施工工序简单,大大减少了施工过程中的噪声和烟尘,垃圾、损耗都减少一半以上,且有效降低了施工过程对环境的不利影响,有利于环境保护,减少污染。

（二）装配式建筑品质高

针对预制装配式建筑而言,可在设计、生产、施工过程中对建筑质量进行全方位控制,这有利于提高建筑品质。与传统建筑构件采用现场现浇,多采用木模成型,需要大量支撑的施工方式相比,装配式建筑构件采用工厂预制生产,严格按图施工,钢模浇筑成型,外观整洁,蒸汽养护,使质量更有保证。传统建筑施工现场的工人的素质参差不齐,人员流动频繁,管理方式粗放,施工质量难以得到保证,且很大程度上受限于施工人员的技术水平。而装配式建筑构件在预制工厂生产,是完全按照工厂的管理体制及标准体系来进行构件预制,如原材料提前选择,钢模预先定制,大多数构件一体成型,生产人员较固定,技术水平有保证,生产过程中可对材料配合比、钢筋排布、养护温度、湿度等条件进行严格控制,对构件出厂前的质量检验进行把关,使得构件的质量更容易得到保证。同时,在现场吊装施工之前,还需对构件进行多道检验,装配时可增加柔性连接,提高建筑结构的抗震性。构件生产过程中可配合使用轻质、难燃材料,降低建筑物自重,提高建筑耐火极限和隔声性能。在预制外墙生产过程中,可采用预嵌外饰材方式生产,也可采用预制工艺做成各种形式的面饰,牢固美观可靠,且不掉石材砖块。针对墙板之间的缝隙可采用建双重隔水层,且可分层断水,这样能最大限度地改善墙体开裂、渗漏等质量通病,并提高住宅整体安全等级、防火性、隔音性和耐久性。

（三）装配式建筑形式多样

传统建筑造型一般受限于模板搭设能力,对于造型复杂的建筑,采用传统建筑方式,很难做到。装配式建筑在设计过程中,可根据建筑造型要求,灵活进行结构构件设计和生产,也可与多种结构形式进行装配施工。如与钢结构复合施工,可以采用预制混凝土柱与钢构桁架复合建造,也可以设计制造如悉尼歌剧院式的薄壳结构或板壳结构。由美国建筑师 Richard Meier 设计,于 2003 年建造完成的罗马千禧教堂就是由 346 片预制异型混凝土板组构而成。除此之外,采用预制工艺,还可以建造各种造型复杂的外饰造型板材、清水阳台或者构件,如庙宇式建筑——花莲慈济精舍寮房,就是采用预制工艺建造的装配式建筑。

从实用角度出发,装配式建筑可以根据选定户型进行模数化设计和生产,结构形式灵活多样。这种设计方式大大提高了生产效率,对大规模标准化建设尤为适合。因此,采用装配式建筑可以更快速、高效地满足像传统现浇建筑一样的建筑造型要求和实用需求。

（四）减少施工过程中安全隐患

传统施工过程中模板脚手架多,现场物料、人员、机械多且复杂,高空作业多,安全管理难度大,安全隐患多。而装配式建筑的构件在工厂流水式生产,运输到现场后,由专业

安装队伍严格遵循流程进行装配,现场仅需部分临时支撑,且整洁明了;采用制式安全网施工,且预制施工外围无脚手架,施工流线明确,安全管理相对容易。因此,与传统施工相比,预制装配式建筑大大降低了安全隐患。

(五)施工速度快,现场工期短

装配式建筑比传统方式进度快30%左右。传统建筑施工时,需要架设大量建筑支撑和模板,然后才能进行混凝土浇筑,达到规定养护时间后才能进行后续楼层施工;而装配式建筑的构件由预制工厂提前批量生产,采用钢模,无须支撑,可利用蒸汽养护,缩短了构件生产周期和模板周转时间,尤其是生产形式较复杂的构件时,优势更为明显,省掉了相应的施工流程,大大提高了时间利用率。进入装配式建筑施工现场之后,结构构件可统一吊装施工,且可实现结构体吊装、外墙吊装、机电管线安装、室内装修等多道工序同步施工,这样大大缩短了施工现场的作业时间,从而加快施工进度,缩短现场工期。如大润发台湾内湖二店5万平方米的项目采用装配式建筑方式,总工期只有5个月。

(六)降低人力成本,提高劳动生产效率

传统建筑施工技术集成能力低、生产手段落后,需要投入大量的人力才能完成工程建设。目前,我国逐渐步入老龄化社会,工人整体年龄偏大,新生力量不足,且建筑行业劳动力不足、技术人员缺乏、劳动力成本攀升,导致传统施工方式难以为继。装配式建筑采用预制工厂生产,现场吊装施工,机械化程度高,劳动生产率提高,大量减少了现场施工及管理人员数量,大大降低了人工成本,图1.6为装配式建筑施工现场图。

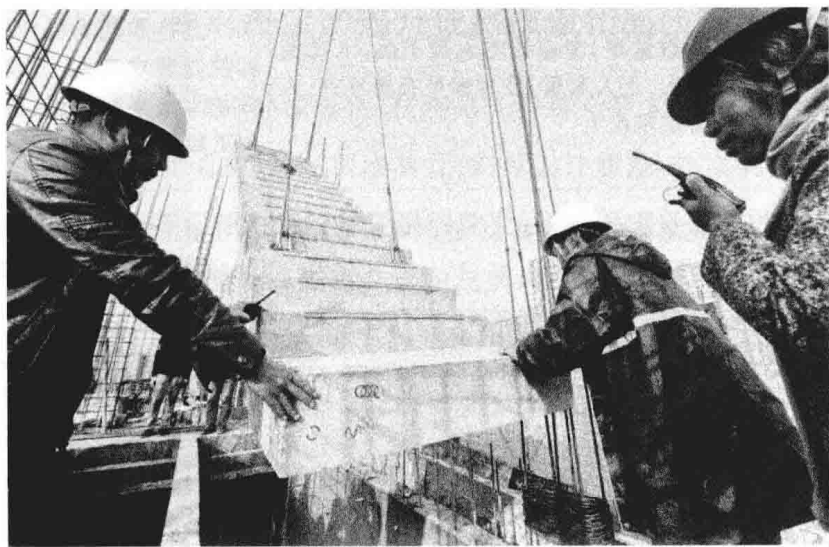


图 1.6 装配式建筑施工现场

(图片源自 http://k.sina.com.cn/article_1069205631_3fbac87f020005k8b.html)

三、装配式建筑与传统建筑生产方式的区别

装配式建筑生产方式与传统建筑生产方式的比较,如表 1.1 所示。

表 1.1 装配式建筑生产方式与传统建筑生产方式的对比

比较项目	传统建筑生产方式	装配式建筑生产方式
建筑工程质量与安全	现场施工限制了工程质量水平,露天作业、高空作业等增大安全事故隐患	工厂生产和机械化安装生产方式的变化,大大提高产品质量水平并减少安全隐患
施工工期	工期长,受自然环境条件及各种因素影响大,各专业可能不能进行交叉施工;主体封顶时仍有大量工作	构件提前发包,现场模板和现浇湿作业少;项目各楼层之间并行施工;构件的保温及装饰工作可在工厂一体集成,现场只需吊装
经济性	人工费、管理费较高,保温材料无法实现与建筑物同寿;建筑能耗较大,材料浪费严重	构件制作造价随模具周转次数增加而降低;现场工人数减少;材料可多次利用;由于构件实现标准化、模数化生产,材料损耗减少;预制工期短,可缩短投资回收期
劳动生产率	现场湿作业,生产效率低且只有发达国家的 20%~25%	住宅构件和部品工厂生产,现场施工机械化程度高,劳动生产效率较高
施工人员	工人数量多,专业技术人员不足,人员流动性大,工人素质,技术水平参差不齐,人员管理难度大	工厂生产和现场机械化安装对工人的技能要求高,人员较固定,施工操作技术水平有保证,机械化程度高,用工数量少,人员管理容易
建筑环境污染	建筑垃圾多,建筑扬尘、建筑噪声和光污染严重	构件由工厂生产,大大减少噪声和扬尘,建筑垃圾回收率提高
建筑品质	受限于现场施工人员的技术水平和管理人员的管理能力	构件由工厂生产,多道检验,严格按图施工生产,生产条件可控,产品质量有保证,工艺先进,建筑品质高
建筑形式多样性	受限于模板架设能力和施工技术水平	工厂预制,钢模可预先定制,构件造型灵活多样,现场进行机械吊装,可多种结构形式组合成型

第三节 装配式建筑发展背景与意义

一、发展装配式建筑是落实国家政策的重要措施

多年以来,各级领导都高度重视装配式建筑的发展,特别是2016年颁布的《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》对装配式建筑发展提出了明确要求。2016年9月14日,国务院总理李克强在国务院常务会议上强调,要按照推进供给侧结构性改革和新型城镇化发展的要求,大力发展钢结构、混凝土等装配式建筑,具有发展节能环保新产业、提高建筑安全水平、推动化解过剩产能等一举多得之效。《国务院办公厅关于大力发展装配式建筑的指导意见》(国办发〔2016〕71号)更是全面系统指定了推进装配式建筑的目标任务和措施。

二、发展装配式建筑是推动行业转型的有效途径

发展装配式建筑主要采取以工厂生产为主的部品制造取代现场建造的方式,工业化生产的部品质量稳定;以装配化取代手工作业,能大幅度减少施工失误和人为的错误,保证施工质量;装配式建造方式可有效提高产品精度,解决系统性质量通病,减少建筑后期维修维护费用,延长建筑使用寿命。

三、发展装配式建筑是全面提升住房质量和品质的必经之路

新型城镇化是以人为核心的城镇化,住房是人民群众最大的民生问题。当前,住宅施工质量的通病一直饱受诟病,如屋顶渗漏、门窗保温性能差、外墙装饰面开裂脱落等。建筑业落后的生产方式直接导致施工过程随意性大,使工程质量无法得到保证。

采用装配式建造方式,能够全面提升住房品质和性能,让人民群众共享科技进步和供给侧改革带来的发展成果,并以此带动居民住房消费,在不断的更新换代中,走向中国住宅梦的发展道路。

本章小结

相对传统的生产方式,装配式建筑具有系统性与集成性,且具备设计标准化、组合多样化、生产工厂化、施工装配化、装修一体化、管理信息化、应用智能化等特点,有利于节