

第1章

装配式建筑概述

【章节导学】

本章内容包括装配式建筑的概念、装配式建筑的国内外发展史及装配式建筑未来发展趋势等。

【教学目标】

1. 能力目标

掌握装配式建筑中各种不同结构类型建筑的基本含义。

2. 知识目标

- (1) 了解国内外装配式建筑的发展史和现状；
- (2) 了解我国装配式建筑当前面临的政策与机遇；
- (3) 了解装配式建筑未来的发展趋势。

3. 素质目标

- (1) 培养学生严格遵守规范和规程，正确选择和使用材料的工作理念；
- (2) 培养严谨、求实的学习态度。

1.1 认识装配式建筑

1.1.1 装配式建筑的概念

装配式建筑是用工厂预制的各类部品、部件在工地装配而成的建筑。《装配式混凝土建筑技术标准》(GB/T 51231—2016)对装配式建筑的定义如下：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。装配式建筑重新定义了建筑的建造方式，希望通过建造方式的转变实现“像造汽车一样造房子”“像搭积木一样建房子”(图 1-1)。

从广义上讲，装配式建筑是指用工业化建造方式建造的建筑。工业化建造方式是指在房屋建造全过程中以标准化设计、工业化生产、装配化施工、一体化装修和信息化管理为主要特征的建造方式。工业化建造方式应具有鲜明的工业化特征，各生产要素包括生产资料、劳动力、生产技术、组织管理、信息资源等，在生产方式上能充分体现专业化、集约化和社会化。



图 1-1 装配式建筑

1.1.2 装配式建筑常用术语

1. 部品

部品是由工厂生产,构成外围护系统、设备与管线系统、内装系统的建筑单一产品或复合产品组装而成的功能单元的统称。建筑部品由建筑材料、单个产品(制品)和零配件等通过设计并按照标准在现场或工厂组装而成,且能满足建筑中该部位规定的功能要求。

建筑部品包括集成卫浴、整体屋面、复合墙体、组合门窗等(表 1-1)。建筑部品主要由主体产品、配套产品、配套技术和专用机械四部分构成。

2. 部件

部件是在工厂或现场预先生产制作完成,构成建筑结构系统的结构构件及其他构件的统称(表 1-1)。

表 1-1 装配式建筑部品、部件

类 别	名 称	
部品	装饰件	
	内装修部品	内隔墙、吊顶、地面、墙面、整体厨房、整体卫浴
	预制墙板	夹芯保温墙板(围护体系用)、双面叠合墙板(围护体系用)、轻质预制条板、预制外墙挂板
		功能性盒子房、装配式给排水设备及管线系统、装配式电气和智能化设备及管线系统
部件 (预制构件)	预制梁、预制柱、全预制剪力墙板、夹芯保温墙板(结构体系用)、双面叠合墙板(结构体系用)、预制楼板、预制楼梯、预制阳台、预制凸窗、预制空调板、预制女儿墙、预制基础	

3. 装配率

装配率一般指建筑中预制构件、建筑部品的数量(或面积)占同类构件或部品总数量(或面积)的比率。

《装配式建筑评价标准》(GB/T 51129—2017)中给出的定义是：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。

1.1.3 装配式建筑的分类

1. 按主体结构材料分类

现代装配式建筑按主体结构材料分为：装配式混凝土建筑、装配式钢结构建筑、装配式木结构建筑和装配式组合结构建筑等。

2. 按建筑高度分类

装配式建筑按建筑高度分为：低层装配式建筑、多层装配式建筑、高层装配式建筑、超高层装配式建筑等。

3. 按结构体系分类

装配式建筑按结构体系分为：框架结构、框架-剪力墙结构、筒体结构、剪力墙结构、无梁板结构、空间薄壁结构、悬索结构、预制钢筋混凝土柱单层厂房结构等。

4. 按预制率分类

装配式建筑按预制率分为：预制率小于5%为局部使用预制构件建筑；预制率5%~20%为低预制率建筑；预制率20%~50%为普通预制率建筑；预制率50%~70%为高预制率建筑；预制率70%以上为超高预制率建筑。

5. 按结构形式和施工方法分类

装配式建筑按结构形式和施工方法分为：砌块建筑、板材建筑、盒式建筑、骨架板材建筑、升板建筑，以及升层建筑等，其中，骨架板材建筑由全预制或部分预制的骨架和板材连接而成。

1.1.4 装配式建筑的特点

装配式建筑集中体现了工业化建造方式，其基本特点主要体现在标准化设计、工厂化生产、装配式施工、信息化管理、一体化装修和智能化应用等6个方面。

1. 标准化设计

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、图集建立后，建筑物的设计不再像传统建造方式一样对建筑设计从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；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,效率低下,误差控制往往只能达到厘米级,且人工成本高。

采用工厂化生产,通过利用机械化手段,运用先进的管理方法,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中,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. 装配式施工

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型的施工方式。

装配式施工可以加快施工进度,提高劳动生产率,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环节,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,以提高效率和效益。

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,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、装配式施工一体化地完成,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,避免重复和浪费。

一体化装修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,又可减少噪声和建筑垃圾。

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,为人们提供一个安全、高效、舒适、便利的建筑环境。装配式建筑智能化应用目前尚处于初级起步阶段,主要应用于安全防护系统和通信及控制系统。

1.2 发展装配式建筑的背景及意义

现在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。

当前我国正处于经济转型发展的关键时期,建筑业更是面临生产方式变革、发展理念更新、生产成果转化的重要任务。装配式建筑是提升建筑业工业化水平的重要机遇和载体,是推进建筑业节能减排的重要切入点,是建筑质量提升的根本保证。

发展装配式建筑能有效降低资源消耗和环境污染,促进建筑业产业结构的优化和升级,推动建筑业发展方式由粗放型向集约型、效益型和科技型转变;同时通过标准化设计、工厂化制造、机械化施工和信息化管理显著提高建筑业的劳动生产率,从而提高建筑的安全和质量。因此,在我国推行装配式建筑具有重要意义。

1.3 装配式建筑的发展史

1.3.1 国外装配式建筑的发展史

人类历史上第一座具有现代意义的建筑就是装配式建筑,是1851年英国万国博览会上,用铸铁和玻璃建造的主展馆水晶宫,长564m,宽124m,其所有铁柱和铁架都在工厂预先制作,到现场进行组装。整个建筑所用的玻璃都是一个尺寸,为124cm×25cm(当时所能生产的最大规格玻璃尺寸),铸铁构件以124cm为模数制作,达到高度的标准化和模数化。

19世纪后半叶,钢铁结构建筑的材质从生铁到熟铁再到钢材,进入快节奏发展期。20世纪后,钢铁结构建筑更是进入高速发展时代。现代装配式钢铁结构技术发源与应用于欧洲,而在美国得以发扬光大。1913年伍尔沃斯大厦拔地而起,高241m,为铆接钢结构,石材外墙(图1-2)。

19世纪50年代—20世纪50年代,现代装配式建筑主要是钢铁结构的建筑,20世纪50年代以后装配式混凝土结构才逐渐发展起来并占据主要地位。

1964年建成的费城社会岭公寓(贝聿铭设计,图1-3)由3座装配式混凝土单体高层建筑组成,被视为装配式建筑高效率、低成本的代表作之一;1973年建成的悉尼歌剧院,其屋项曲面薄壳采用的是装配式叠合板,外围护墙体采用的是装饰一体化外挂墙板,使得富有想象的建筑造型得以实现,成为世界知名建筑(图1-4)。

从 20 世纪 70 年代至今,木结构建筑发展较快,特别是在欧洲、北美洲和日本等发达国家和地区,其研究与应用得到了较为充分的发展。木结构建筑在北美洲占据房屋住宅较大市场,加拿大在木结构住宅产业中推行标准化、工业化,其配套安装技术很成熟。

随着木材这种建筑材料的发展,诸如结构胶合材、层板胶合材、木“工”字形梁和木桁架等新型木结构产品也不断出现。木结构建筑经历着惊人的转变,一系列现代木结构的建筑方法和建筑体系应运而生,并且突破了传统木结构的桎梏,甚至已经形成产业化的发展格局(图 1-5)。



图 1-2 伍尔沃斯大厦



图 1-3 费城社会岭公寓



图 1-4 悉尼歌剧院

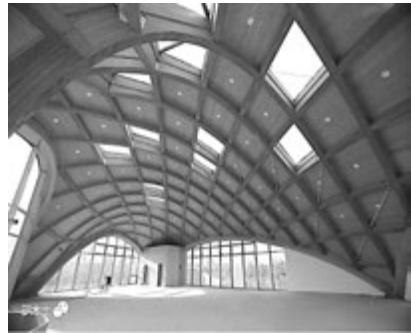


图 1-5 装配式木结构

1. 美国

美国国会在 1976 年通过了《国家工业化住宅建造及安全法案》以及严格的行业规范和标准,从此装配式混凝土结构住宅与装配式钢结构住宅在美国开始广泛流行。21 世纪初,美国的大城市新建住宅的结构类型以装配式混凝土和装配式钢结构为主,用户可通过标准化、系列化、专业化的产品目录订购住宅用构件和部品,通过电气自动化和机械化实现构件生产的商品化和社会化(图 1-6)。

2. 法国

法国预制混凝土结构的使用经历了 130 年的发展。法国是世界上最早推行装配式建筑的国家之一。法国的装配式建筑特点是以预制装配式混凝土结构为主,钢结构、木结构为辅,装配式住宅多采用框架或板柱体系,焊接、螺栓连接等均采用干法作业,结构构件与设



图 1-6 美国的装配式建筑

备、装修工程分开,减少预埋,生产和施工质量高(图 1-7)。



图 1-7 法国的装配式建筑

3. 德国

德国在第二次世界大战后开始推行多层装配式住宅,并于 20 世纪 70 年代广泛流行。从开始采用普通的混凝土叠合板、装配式剪力墙结构到近年的零能耗被动式装配建筑,德国形成了强大的混凝土结构装配式建筑产业链,其新建别墅等建筑基本为全装配式钢结构(图 1-8)。



图 1-8 德国的装配式建筑

4. 新加坡

新加坡自 20 世纪 80 年代以来,为了解决人多地少以及环保节能问题,全国 80% 的住宅采用装配式混凝土结构建造,住宅高度大部分在 15~30 层。通过单元化布局,达到标准化设计、流水线生产、工业化施工的要求,装配率达到 70%。到了 20 世纪 90 年代后期,新加坡进入了全预制阶段,范围包括预制剪力墙、楼板、梁、柱、卫生间、楼梯、垃圾槽等。

从 2001 年 1 月 1 日起,新加坡政府以法规的形式要求所有新的建筑项目执行相关规范,从设计着手,以减少建筑工地现场工人数量,提高施工效率,改进施工方式。采取奖励措施:鼓励施工企业进行改革创新,对于提高生产力所使用的工具采取奖励措施。建立相关规范标准:对于户型设计、模数设计、尺寸设计、标准接头设计等都做出了规定。进行严格的建筑材料管理和质量监管:批准并要求选用合格的建材生产商,对工程中所有材料进行定期检查。发展并鼓励建筑信息模型(building information modeling,BIM)技术的系统使用:各大院校开展了 BIM 技术应用的专业课程,培养在校学生和在职人员的信息化、系统化管理专业技能。如图 1-9 所示为新加坡的装配式建筑。



图 1-9 新加坡的装配式建筑

5. 日本

日本是世界上率先在工厂中生产住宅的国家,早在 1968 年“住宅产业化”一词就在日本出现,住宅产业化是随着住宅生产工业化的发展而出现的。日本是世界上装配式混凝土建筑技术运用最成熟的国家,高层、超高层钢筋混凝土结构建筑很多是装配式建筑。多层建筑较少采用装配式,因为模具周转次数少,装配式造价太高。

日本的装配式混凝土建筑多为框架结构、框-剪结构和筒体结构,预制率较高。日本许多钢结构建筑也用混凝土叠合楼板、预制楼梯和外挂墙板(图 1-10)。

1.3.2 中国装配式建筑的发展史

20 世纪 50 年代,为了发展经济,我国向苏联学习工业厂房的标准化设计和预制建造技术,大量的重工业厂房采用预制装配的方法进行建设,预制混凝土排架结构发展很好,预制



图 1-10 日本的装配式建筑

柱、预制薄腹梁、预应力折线形屋架、鱼腹式吊车梁、预制预应力大型屋面板、预制外墙挂板等被大量采用，房屋预制构件产业上升到一个很高的水平。在钢材和水泥严重短缺的情况下，预制技术为我国的工业发展做出了应有的贡献。

20世纪60年代，随着中、小预应力构件的发展，城乡出现了大批预制件厂。用于民用建筑的空心板、平板、模条、挂瓦板，用于工业建筑的屋面板、II形板、槽形板以及工业与民用建筑均可采用的V形折板等成为这些构件厂的主要产品，预制构件行业开始形成。

20世纪80年代，国家发展重心逐渐从生产向生活过渡，城市住宅的建设需求量不断加大，为了实现快速建设供应，我国借鉴苏联和欧洲预制装配式住宅的经验，开始了装配式混凝土大板房的建设，并迅速在北京、沈阳、太原、兰州等大城市进行推广。特别是北京市，在短短10年内建设了2000多万平方米的装配式大板房，装配式结构在民用建筑领域掀起了一次工业化的高潮。但由于当时基础性的保温、防水材料技术比较差，保温隔热、隔声、防水等性能普遍存在严重缺陷。

20世纪90年代，国家开始实行房改，住宅建设从计划经济时代的政府供给分配方式向市场经济的自由选择方式过渡，住宅建设标准开始多元化，预制构件厂原有的模具难以适应新住宅的户型变化要求，其计划经济的经营特征无法满足市场变化的需求，装配式大板结构迅速被市场淘汰。

进入21世纪，随着全社会资源环境危机意识的加强，以及针对我国特殊的城镇化需求与土地等资源匮乏的现状，2004年，政府提出了发展节能省地型住宅的要求，即对节能、节地、节水、节材、节时做了具体、详细的要求。

随着我国的经济水平和科技实力的不断加强，各行各业的产业化程度不断提高，建筑房地产行业得到长足发展，材料水平和装备水平足以支撑建筑生产方式的变革，我国的住宅产业化进入了一个新的发展时期，再加上受到劳动力人口红利逐渐消失的影响，建筑业的工业化转型迫在眉睫。但由于我国预制建筑行业已经停滞了将近30年，专业人才存在断档、技术沉淀几近消亡，众多企业和社会力量不得不投入大量人力、财力、物力进行建筑工业化研究，从引进技术到自主研发，不断积极进行探索。随着新编制的《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)于2014年10月1日实施，我国装配式建筑产业发展重新起步，掀起又一次装配式建筑发展的高潮(图1-11)。

目前,装配式混凝土剪力墙体系基本成熟并广泛应用于实际工程,其他体系正在研究和推广过程中。如今,全国已有近 60 个装配式混凝土建筑示范城市,200 多个装配式混凝土建筑产业基地,400 多个装配式混凝土建筑示范工程,近 30 个装配式混凝土建筑科技创新基地。



图 1-11 我国的装配式建筑

1.4 未来装配式建筑的发展趋势

受发达国家智能制造和“中国制造 2025”的影响,建筑产业的新理念、新技术不断更新和发展,装配式建筑也将产生新的变革,其主要发展趋势表现在以下几个方面。

1. 向开放体系发展

目前,各国装配式建筑现有的生产重点为标准化构件设计和快速施工,设计缺乏灵活性,没有推广模数化,处于闭锁体系状态。未来应该发展标准化的功能模块,设计上统一模数,让设计者与建造者有更多的装配自由,使生产和施工更加方便。

2. 向结构预制式和内装修系统化集成方向发展

目前,各国装配式建筑普遍采用模块式结构设计,未来应该将内装修部品与主体结构结合在一起设计、生产和安装。

3. 向现浇和预制装配相结合的万能柔性联结体系发展

目前,各国装配式建筑的联结部位采用的主要有湿式体系与干式体系。湿式体系作业会影响结构强度、质量水平,且所用劳动力和工时较多。

干式体系作业如果利用螺栓螺母连接,则抗震性能较差,且防渗性差。未来的联结体系将会向现浇和预制装配相结合的万能柔性联结节点方向发展,按装配作业配套需要,准时精确安排零件的预制生产,减少劳动力,缩短生产周期,减少毛坯和制品的库存量,提高装配构件的利用率。