

美国装配式建筑产业发展态势

在日益紧张的能源与环境形势下,随着建筑工业化的要求,各国建设模式和建筑产业发展方式正在加快转型。世界发达国家都把建筑部件工厂化预制和装配产业化施工,作为建筑产业现代化的重要标志。“装配式建筑产业化是世界性的大潮流和大趋势,同时也是各国改革和发展的迫切要求;而美国在这方面无疑代表了目前世界的最先进的水平。”美国建筑管理局国际联合会(ICBO)副主席凯文·伍尔夫教授认为,“美国已经形成成熟的装配式建筑市场,装配住宅构件及部件的标准化、建筑工业化以及商品化的程度将近 100%。”本文从政策机制、结构装配、信息化应用等内容阐述美国装配式住宅的产业动向与发展趋势。

一、美国装配式建筑的发展历程

“美国早期的装配式建筑外形比较呆板,千篇一律。17 世纪向美洲移民时期所用的木构架拼装房屋,就是一种装配式建筑。到 20 世纪初,美国经历了三次移民高潮后,1920 年美国人口总数首次猛超 1 亿。”美国白宫科技政策办公室 (OSTP) 主任奥普拉·温弗瑞介绍,“人们在拼装房屋设计上做了改进,增加了钢结构房屋的混凝土预制件的多样性,使装配式建筑不仅能够成批建造,而且样式丰富。”

起源于 20 世纪 30 年代的汽车房屋是美国装配式住宅的一大主流,当时主要用来野营,二战期间野营的人减少,这种房车也就作为一个分枝业务而存在,为选择迁移/移动生活的人们提供一个住所,成为一种比较先进的装配式住宅被固定下来。它的每个住宅单元就像是一辆大型的拖车,只要用特殊的汽车把它拉到现场,再由起重机吊装到地板垫块上和预埋好的水道、电源、电话系统相接,就能使用。活动住宅内部有暖气、浴室、厨房、餐厅、卧室等设施。其特点是既能独成一个单元,也能互相连接起来。至此,美国装配式建筑产业化、标准化的雏形出现了。

美国装配式建筑产业化、标准化初期的另一方面动力是采用 Art Deco 建筑风格。1931 年完工的纽约帝国大厦是美国采用 Art Deco 建筑风格的标志性装配式建筑物,它在美国建筑师协会公布的美国人最喜爱的建筑中排名第一位。建于大萧条时期的大厦的建设速度和技术在当时是具有划时代的意义的。所有的建筑构件全部都在宾西法尼亚的工厂里预装配好,然后运到纽约“搭积木”。每周的建设速度是 4 层半,在当时是非常了不起的。完工时 102 层 381 米高的大楼成为纽约最高的大楼,直到 1972 年世贸中心的双塔建成之前帝国大厦一直是全纽约最高的建筑。2001 年 911 事件发生,世贸双塔被毁,帝国大厦又夺回之一头衔。它现在在美国第三高的建筑(第一和第二高的都在芝加哥)。目前每年到帝国大厦 86 楼参观的游客大约有 350 万。在帝国大厦内有 1000 多家公司,2 万多名雇员,是美国继五角大楼之后的第二大单体办公楼。

在民用装配式住宅方面,美国与其他国家的装配住宅产业化发展路径不同,发展初期就注重装配住宅的个性化与多样性,市场也主要集中在远离大城市的郊区,以低层木结构民宅为主体。与其他国家由于受到大城市扩张所带来的住房产业化的急迫发展不同,美国最开始的装配住宅产业化有着自己独特的方向与应用对象。特别是 20 世纪 40 年代后,美国随着战后移民涌入人口大幅增加,二战中军人也出现复员高峰,军队和建筑施工队对简易装配住宅的需求增加,全国出现了严重的住房荒,在这种背景下,联邦政府开始指导使用汽车房屋,并努力提高这种住宅的质量;同时一些装配住宅生产工厂开始生产外观趋近传统装配住宅,底部配有滑轨可以用拖车托运的产业化装配住宅。

在 40 年代末到 50 年代初,美国建筑界对高层建筑的需要与塔式起重机的出现,为了减轻维护墙体重量,开始使用标准化与模块化的装配集成预制建筑材料——幕墙。大面积玻璃幕墙代表作是 1952 年美国 SOM 事务所设计的纽约利华公司办公大厦。幕墙所用不锈钢框架,色彩雅致,尺度适宜,成为了当时宣传集中装配建筑的绝佳实例。

上世纪 60 年代后,随着生活水平的提高,美国人对住宅舒适度的要求也水涨船高。通货膨胀致使房地产领域的资金抽逃,专业工人的短缺进一步促进了建筑构件的机械化生产,这也直接促进了美国装配式建筑进入一个新阶段,其特点就是现浇集成体系和全装配体系,从专项体系向通用体系过渡。轻质高强度的建筑材料如钢、铝、石棉板、石膏、声热绝缘材料、木材料、结构塑料等构成的轻型体系,是当时集成装配体系的先进形式。这一时期,除住宅建设外,支撑小学及大跨度的大楼(7.2 米/8.4 米)在框架结构体系的运用中逐渐成熟。工业厂房以及体育场馆的建设使得预制柱、预应力 I 型桁架、桁条和棚顶得到了应用。由于新的结构体系比混凝土结构更加易于生产、节点制作更多样化、精度更高,从而出现了要求统一集成装配建造体系通用标准与技术规范适用范围的紧迫趋势。



求统一标准与规范的紧迫趋势中,人们不仅对住宅的要求更高了,美国又恰逢第一次能源危机,建筑界开始致力于实施配件化施工和机械化生产;于是,美国国会在 1976 年通过了《国家产业化住宅建造及安全法案》;同年在美国的联邦法案指导下出台了美国装配住宅和城市发展部(HUD)的一系列严格的行业标准。其中 HUD 强制性规范的法规《制造装配住宅和社区土地上》。该阶段美国建筑业致力于发展标准化的功能块、设计上统一模数,这样易于统一又富于变化,降低了建设成本,提高了工厂通用性,增加了施工的可操作性,也给设计更大的自由。

到了 1988 年,美国超过 60%的产业化装配住宅是由 2 个以上的单元在工地用各种方法再结合到一起,大约 75%的这些装配住宅是放置在私人土地上的,已经超过了放在装配住宅社区的数量,许多新的产业化装配住宅社区开始提供永久性混凝土基础上的高质量装配住宅,许多还带有地下室。

1990 年后,美国建筑产业结构在“装配式建造潮流”中进行了调整,兼并和垂直整合加剧,大型装配式住宅公司收购零售公司和金融服务公司,同时本地的金融巨头也进入装配式住宅市场。在 1991 年 PCI 年会上,全球混凝土结构的发展被视为美国乃至全球建筑业发展的新契机。特别是 1997 年《美国统一建筑规范 (UBC-97)》的规范结构在强度、刚度方面具有甚至超过相应的现浇混凝土结构。

2000 年美国通过产业化装配住宅改进法律,明确装配住宅安装的标准和安装企业的责任。在经历了产业调整、兼并及重组之后的美国装配式建筑产业化也开始向多方面多体系发展。2000 年后,正因为政策的推动,美国装配式建筑走上了快速发展的道路,产业化发展进入成熟期,解决的重点是进一步降低装配式建筑的物耗和环境负荷,发展资源循环型可持续绿色装配式建筑与住宅。

近十年在信息时代到来后,数字化语境下的集成装配建筑发展渗透到建造技术的各个层面,诸如“数字化建构”、“模数协调”、“虚拟现实”、“功能仿真”等概念术语在学术界风起云涌。美国建筑界不断深化使用电脑辅助设计建筑,用数控机床建造建筑,借用数字信息定位进行机械化安装建筑。生于新泽西州的美国建筑师彼得·艾森曼作为这个改革的主导者之一,深刻强调:“从第二次世界大战后的 50 年,产生了一种对建筑学体系机构影响的新范式转型,从机械范式转向电子范式。”装配式建造技术也将迎来了信息化进程下信息范式的转变。

二、美国发展装配建筑产业的法律法规

美国是市场化水平最高的国家,在装配式建筑与建筑产业化方面走在国际前列,取得了突出的成就。而推动这一浩大艰巨的产业工程,不仅需要产业界建设设计与工程技术层面的解决方案,更重要的是法律衔接是其标准化管理体制的根本保障。为了促进装配式建筑的发展,美国政府出台了很多法律、法规和一些产业政策。

1、美国装配建筑法律法规的发展

一系列变革,联邦政府在政治、经济方面发生了一系列变迁,联邦政府将装配式活动住宅与汽车房屋解决房屋市场混乱和低收入居民住房问题的主要政策目标。1934 年国会通过了《联邦住宅法》,并建立联邦住房管理局(FHA),由政府担保,说服银行为低收入者住房贷款提供按揭,随后开始建立永久性的联邦补助制度。1935 年美国国会又通过《米勒法案》,规定对政府资助的帝国大厦等大型装配式建筑工程项目与一些装配住宅生产工厂进行付款保证担

保,要求所有参与联邦装配建造工程的承包商都必须及时履行担保合同。

二战后到 50 年代末,由于战争等原因造成住房严重短缺,政府启动了各种优惠政策大力支持住房建设,重点解决供给不足问题。特别是在凯恩斯主义政策引导下,政府对住房市场的干预继续扩大,1949 年杜鲁门政府颁布《1949 年住房法》,内容包括装配式住房建设、贫民窟清理和社区重建等。

20 世纪 60 年代初到 70 年代,公共住房建设的核心地位开始淡化,以租房补贴为代表的新型装配式住宅与建筑援助政策被提出。1961 年肯尼迪政府签署《综合住房法》,增加中低收入家庭的低息贷款和保险以及鼓励私营发展商为低收入家庭建造低价装配式住房等政策。该法案标志美国的住房保障政策由政府建造公共住房转向政府补贴引导私营部门通过市场提供低价住房。1965 年约翰逊政府开始对穷人实行租金补贴,1968 年政府签署《开放住房法案》,确定在 10 年内提供 600 万套政府补助房给低收入家庭购买或租住;市场也主要集中在远离大城市的郊区,以低层木结构装配式民宅为主体。。1970 年美国政府出台了《住房和城市发展法》,鼓励和支持城市装配式住宅适度发展,重点在新社区和内陆城市。1970 年的《职业安全与健康法》是美国的基本法也是联邦法,该法及其重视“雇员”的人身安全,要求装配建设单位必须提供安全的工作和工作场所,明确了业主和总承包商承担的安全责任。在 1970 年-1973 年间,美国住房存量中新增了 170 万套装配式补贴住房。1974 年《住房与社区开发法》的通过,标志着联邦政府直接兴建的装配式公共住房计划暂告一段落,明确补贴鼓励低收入居民和非营利发展商承担新建装配式民用住房和其修复工作,成为政府援助的主要方式。1976 年,美国国会通过了《国家工业化住宅建造及安全法案》,在该法案规范下同年出台了一系列严格的装配行业规范标准,逐渐与美国建筑产业化体系相融合、趋于完善。

20 世纪 80 年代后,美国联邦政府又推出了一系列税务与贷款改革,加快装配式住宅等民用住房的自有化发展。1986 年美国政府实施的《税制改革法案》从根本上改变了装配式住宅等廉租房的商业模式,降低了借贷双方的进入门槛;1989 年国会通过的《住房和城市发展改革法》,促进道德、金融和管理的完整及统一,并逐步对装配建筑实施法制化立法。2000 年美国国会颁布的《装配式住宅改进法案》,就装配式住宅使用过程中的责任界定给出了法律依据。2003 年开始实施每年 2 亿美元的“首付款资助计划”,为主要购买装配式住宅的中低收入家庭提供 1 万美元或房价 6%的首付款资助。这些制度极大地刺激了装配式建筑产业与市场的发展。现在每 16 个美国人中就有 1 个人居住的是装配式住宅,并成为非政府补贴的经济适用房的主要形式。

2、建筑法规体系的相关法律

当然,国家基本法规是由国家制定的,是建筑业应当遵守的母法。在美国的法律体系中,与装配建筑产业相关的法律主要包括:民商法、经济法和行政法等。

与装配建筑产业有关的美国民法有《统一商法法规》、《合同重述法》、《公司法》、《合伙法》、《破产法》及《商业职业法》等。

与装配建筑产业有关的美国经济法有《税法》、《银行法》、《劳动法》、《保险法》、《金融法》、《贸易法》、《联邦财产与行政服务法》、《联邦采购法》、《托拉斯法》、《谢尔曼法》等。

与装配建筑产业有关的美国行政法表现为行政法规,行政规章分为多种形式,一般分为程序规章、实体性规章、解释性规章三类。

除此之外,还有《住宅法》、《统一管理法》、《土地政策管理法》、《联邦测量法》、《赫德法案》、《联邦管道法》、《联邦防火法》、《联邦机械设备法》、《环境保护法》、《职业安全与健康条例》等法律法规来调整装配建筑产业及其相关的活动。

3、各地州县法规的主要内容

美国是联邦制国家,其政府机构设置分联邦、州、县、市四个层面,各州、县、市也具有各自相对独立的建筑立法权限。以马里兰州为例。《马里兰州建筑实施条例》(2006 版)是在基于保护人民生命财产安全、建立可操作的装配建筑规范程序和政策的目的出发,在《国际建筑条例》和《国际住宅条例》基础上,结合本州实际,增加、修改、删除了一些条款。如增加了装配农业建筑、装配观光农业建筑规范;装配式独栋住宅、双拼住宅和联排住宅的详细规定;限制装配式住宅层数,不超过三层等。

同时,《马里兰州建筑物实施条例》也明确指出本州内各县市地方条例可实施特殊要求的条例法规,以体现较强的针对性和可操作性。例如巴尔的摩县是马里兰州下属的 23 县之一,2005 年 1 月 3 日巴尔的摩县议会通过的《巴尔的摩县建筑条例(简称 BCBR)》修改与增加的法规:如 BCBR-101.2 条法规:装配式独立住宅、双拼住宅和联体住宅不允许超过三层。又如 BCBR-115.3 条法规:建筑官员发现装配式建筑物或构筑物出现不安全现象,应书面告知业主,并在规定时间内拆除危险部分。

三、美国装配建筑产业化发展特点与优势

“像造汽车一样地造房子”!而美国的装配式建筑和其他发达国家有很大区别;那么,其定义、理念、特点与优势是什么?

1、美国装配建筑的产业化定义

装配式建筑就是工厂化预制部品构件、在现场精准装配而成的住宅与建筑。关于装配式建筑,美国国家制造者联盟(NAHB)的定义如下:

- ①生产的连续性,是指装配建筑部品与构件的工厂预制生产线的实现;
- ②生产物的标准统一,是指装配建筑标准设计以及生产装配建筑部品与构件统一标准的实现;
- ③技术与工艺,装配建筑的全部生产过程各阶段的工艺的集约与技术的集成;
- ④施工组织与工程管理,从工厂预制到现场施工的全过程具有高度组织化并实行科学管理;
- ⑤替代手工与体力劳动的全程机械力量,是在装配建筑材料的准备、制造、组装与设置的全部工程上发展起来的机械力量;
- ⑥与装配生产活动构成一体的有组织的研究和实验。

关于美国发展中的装配建筑产业,美国国家制造者联盟(NAHB)主席达纳·博诺姆有如下定义:所谓“装配建筑产业”,就是美国建筑界通过现代经营理念和工作周密安排准备为通过的,寻求找到合适的技术进步的施工的最佳条件,在对产业化发展的中,当然包括全程使用机械力量、现场科学管理以及更为先进的装配程序、全程调查、装配实施、产品出厂、调研开发等是必不可少;同时,不论设计人员、技术人员、企业家或业主,对于任何有关人员都要合理地把他必要的装配功能组织起来。美国在这方面无疑代表了目前世界的最先进的水平。

2、装配建筑产业化生产的结构范式

装配建筑结构范式主要包含了适用于产业化生产的生产体系,目的是实现预制构件的工厂批量生产以及施工现场装配式组装,特点是高效快速以及节能。因此,其核心技术及构造方式是关于装配住宅产业化体系是否成熟的关键及核心。

3、美国装配建筑产业链的发展模式

美国装配建筑界的产业链模式,主要是基于各个地区客观存在的区域差异,着眼发挥区域比较优势,借助区域科技优势与市场协调美国各地区间专业化分工和多维性需求的矛盾,以产业合作作为实现装配建筑产业化形式和内容的区域合作载体。

第一链节:研发方面

该链节主体是州专科大学与应用技术大学;专业研究机构;学会与协会研究组织;企业与公司研发部门和实验室。

美国在装配式建筑领域的技术和产品研发方面一直是走在前沿的先进国家,美国有很多大学和应用技术大学都与相关产品和技术研发需求的企业或者企业的研发部门保持着紧密合作的关系,企业根据自身产品和技术革新所需的要求,向大学提出联合或者委托研究,大学在理论和验证性实验方面具备完整的科研体系,能科学的完成相关科研项目目标。而其他专业的独立于大学之外商企研究机构,则在技术与产品革新等方面有着深厚的实用性研究的积累,大大促进了装配建筑产业新技术新产品的开发。

目前美国装配建筑产业技术研发动向有:美国德克萨斯理工大学的大學研究门窗构件性能测试;美国密歇根州立大学的住宅装配建筑物能效设计和建筑技术;美国弗吉尼亚技术学校研发的板式装配设计系统;美国采暖制冷与空调工程师学会(有限)公司研发的低层装配住宅建筑物墙骨架因素的特性描述;美国土木工程研究基金(CERF)研究的绿色装配建筑技术;美国全国建造商协会研究中心(NAHBRC)(有限)公司的全国绿色装配建筑项目的开发;美国德克萨斯州立技术大学和

风科学和工程研究中心研发的未来模块化装配住宅试验;美国佛罗里达大学与西门伯格中心合作开发的可选择装配建筑系统技术;美国维吉尼亚技术学校住宅研究中心研发的住宅建造现场阶段 I、阶段 II 和阶段 III 装配产业化。

第二链节:生产建造方面

在装配式住宅与建筑的生产建造方面,美国的企业大多数是以往主要生产休闲的交通设备,后来拓展业务开始生产装配建筑的部品构件。此类企业的特点有:①由于运输成本的关系,这类企业的地区化特点比较明显;②市场份额向大型的专业化的跨区域经营的装配建筑公司集中;③大型企业在每个区域设立生产点。美国装配建筑界的整个生产建造周期在产业化程度方面十分成熟,不仅缩短了住宅生产周期,也使得装配式住宅与建筑的性能得以保证。

第三链节:运输方面

美国各地装配建筑用料与材料的现场运输一般都外包,而且全部由专业公司承担。但是运输的过程受到高速公路相关条例的严格限制:对运输的时间、日期、每天运送的次数、运载房屋的大小、重量都有严格的限制。同时,在美国各地的市场上,关于装配式住宅与建筑的部品与构件样式齐全,而且轻质板材、装修部品、以及设备组合构件、花色品种繁多,可供用户任意选择。用户可以通过生产,买到所需的产品。这些装配式构件结构性能好,有很大通用性,也易于机械化生产。美国发展装配住宅与建筑材料的特点是基本上消除了现场湿作业,同时具有较为配套的施工机具。特别是厨房、卫生间、空调和电器等设备近年来逐渐趋向组件化,以提高工效、降低造价,便于非技术人员安装。

第四链节:零售方面

在美国各地的市场上,关于装配式住宅与建筑的部品与构件样式齐全,而且轻质板材、装修部品、以及设备组合构件、花色品种繁多,可供用户任意选择。用户可以通过生产,买到所需的产品。这些装配式构件结构性能好,有很大通用性,也易于机械化生产。美国发展装配住宅与建筑材料的特点是基本上消除了现场湿作业,同时具有较为配套的施工机具。特别是厨房、卫生间、空调和电器等设备近年来逐渐趋向组件化,以提高工效、降低造价,便于非技术人员安装。美国在产业化发展装配建筑产品的零售方面,其特点还有:①符合标准产品一般通过专业零售渠道进入市场;②消费者可以选购或个性化定制;③直销模式逐渐显露;④工厂生产的产品有 15%-25%的销售是直接针对建筑商;⑤大建筑商并购生产厂商或建立伙伴关系大量购买住宅部品,通过扩大规模,降低成本;⑥多类型装配式住宅分包商,与多个生产商进行活动住宅、模块住宅、大板住宅等交易的销售业务。

第五链节:金融服务方面

美国是一个典型的以财团投资为主的商业经营型的产业金融服务市场,产业信贷成为产业发展机制和财团投资服务的中心,完善和发达的产业信贷系统,有力地支持了美国许多大中小装配建筑与建材企业拥有自己的发展。目前,美国产业金融服务市场已发展成为市场体系相对独立和完善的、政府调节的、多种信用交织成网络的、世界上规模最大的产业金融服务市场。但在装配建筑产业方面,金融服务的特有与:与其他房地产业产业的“不动产”贷款不同,对于装配建筑与建材企业的贷款方式更类似于汽车贷款的“动产贷款”;此类贷款一般利率较高而且条件苛刻。另一方面,零售商有时扮演信贷经纪人从中间牟利,使消费者不能充分享受信贷住宅的低成本生产的优势。

第六链节:安装方面

在美国,安装被认定是装配式住宅与建筑的最后一道工序。2000 年美国国会颁布的《装配式住宅改进法案》,就装配式住宅使用过程中的多项责任给安装企业及其主管部门界定了相关的法律依据。另一方面,美国的安装机械设备租赁业较发达。据《美国统计摘要》显示,在装配式住宅与建筑界,美国现有 10 多家年租金额达 20 亿美元的设备安装租赁公司。装配建筑机械租赁业的发展提高了机械的利用率,避免了企业资金积压,也推动了装配建筑界的产业化发展。

4、美国发展装配建筑产业化的经验特点

美国建筑业一直沿着工业化产业道路发展,已达到较高水平。美国装配式住宅与建筑产业化发展的中,已经实现设计体系标准化、材料制造工厂化、构件供应配套化、现场建造工业化、材质结构长寿化与综合指标绿色低碳化的程度很高,几乎达到 100%。纵观美国发展装配建筑产业化可借鉴的经验特点有:

(1)设计体系标准化:装配式住宅相对于传统设计区别在于更加需要建立一套相对完整的标准化设计体系。美国装配建筑大多数的标准化设计体系由标准化户型模块及标准化交通核模块共同构成。以统一的建筑模数为基础,形成标准化的建筑模块,促进专业化构件的通用性和互换性。

(2)材料制造工厂化:美国装配产业界把房屋与建筑看成是一个大设备,所有屋架、轻钢龙骨、各种楼板、屋面、门窗及各种室内饰材是这台设备的零部件。这些零部件经过严格的工厂流水线生产可以保证其质量,组装出来的房屋才能达到功能要求。况且,所有建筑在工厂生产过程中,其性能诸如耐火性、抗冻融性、防火防潮、隔声保温等性能指标,都可随时进行标准化控制。