



国际装配式建筑发展经验对北京的借鉴

刘宇 张颖岚 胥彦玲



摄影 常鸣

装配式建筑具有建造速度快、节省人工、便于后期维护、节能环保等优势，一直以来受到国外发达国家的青睐。近年来，为破解建筑业污染、建筑工人紧缺和城镇化进程带来的住房紧张等难题，推进传统建筑行业技术升级，我国自2013年以来亦持续出台相关政策，大力推广装配式建筑发展。

北京作为最早推广装配式建筑的城市之一，政策支持力度处于全国领先水平，2017年9月被列为首批国家装配式建筑示范城市。截至2020年10月，北京新建房屋建筑单体5284项，面积为4245.92万㎡，其中装配式建筑单体1747项（占比33.06%），装配式建筑面积为1534.65万㎡（占比36.14%），走在全国前列。百子湾公租房、环球影城消防站等项目均代表了北京装配式建筑在“十三五”期间的建设成果。

北京装配式建筑的发展一直备受全国关注。北京作为全国政治中心、文化中心、国际交往中心和科技创新中心，研究借鉴国际发达国家装配式建筑的发展经验，对于加快北京装配式建筑的发展，建设国际一流的和谐宜居之都具有重要意义。

国外装配式建筑实践

装配式建筑是指在工厂大量预制加工建筑用构件和部品，运输到施工现场，通过安全可靠的连接方式在现场装配安装而成的建筑^[1]。在标准化设计与信息化管理的前提下，装配式建筑应当具有节能环保、绿色低碳、施工工期短、成本降低、便于维护、使用寿命长等优势。

发达国家的装配式建筑通过上百年的发展，已形成了较为系统的设计、施工方案，层出不穷的各种新材料、新技术可为我国提供宝贵的经验借鉴。

美国

为促进住房产业化发展，美国颁布了许多法律和产业政策，其中最重要的是美国住房和城市发展部(HUD)的技术标准。预制房屋是美国预制建筑市场需求量很大的一个领域，预制房屋类型包括板式、预制式等。大多数预制多户住宅由木结构单元组成，这些单元是从单户住宅、移动住宅和模块化住宅制造商生产的产品演变而来的。美国预制/预应力混凝土协会(PCI)致力于制定、维护和传播预制/预应力混凝土结构的行业标准。所有企业在统一标准参数下，生产

标准化住宅零部件，建造速度快、质量高、性能好，因此美国装配式住宅部品和构件生产的供应链较为完整，但是钢结构装配式建筑实验进行较少，多户型建筑的预制处于起步阶段。

在过去五年中，美国装配式建筑行业稳步增长，2019年实现收入396亿美元，较2016年增长10%，提高生产力和降低成本是采用模块化结构的主要驱动因素。2021年—2026年，美国装配式建筑市场预计将以约4%的复合年增长率增长。

日本

与世界其他地区相比，日本的装配式建筑市场相对成熟和发达，大约15%的新住房建设与预制建筑有关。20世纪50年代，第二次世界大战带来的住房短缺需求推动日本住宅工业化发展，日本政府和企业开始研究以工厂化方式生产低成本、高效率的制造房屋构件，并采用简易混凝土代替木材构建装配式建筑，采用工厂化生产房屋的方法大规模建设房屋，建筑产业化由此开始。20世纪60年代以后，日本住房建造逐步从“单纯追求数量”发展到“数量与质量并重”再到“多方面综合开发”，并在政府的大力支持下实现了快速发展。^[2]

20世纪70年代，日本引进研究荷兰SI住宅体系，将装配式建筑通过S(支撑体)和I(填充体)进行有效分离，形成支撑体

具有高耐久性、高抗震，填充体具有高维护性、灵活特点的日本型SI住宅模式。这种模式在保证住宅安全性的原则基础上，增加了住户的设计自由度与灵活性，是一种资源节约、绿色环保的新型可持续住宅模式。经过多年的发展，日本装配式建筑施工企业已形成一套完整的体系，大规模采用EPC(Engineering Procurement Construction)总承包模式。EPC总承包模式与装配式建筑结合，能大幅度提高建筑企业的成本管理水平，实现由单一粗放的成本管理模式，向全面精细转变。

2019年，装配式建筑行业产生的收入增至约210亿美元，而2016年产生的收入约为179亿美元。2021年—2026年，日本的装配式建筑市场预计将以约6%的复合年增长率增长。

新加坡

自20世纪80年代以来，新加坡将预制建筑的概念引入住宅工程。20世纪90年代初，新加坡的预制房屋具有相当大的规模。全国有12家预制企业，年总产量为1.5亿新元，占建筑业总产量的5%。到20世纪90年代末，保障性住房(又称组屋)建造已进入全构件预制阶段。

新加坡80%的住宅由政府建造，为了以较低的成本为市场快速提供大量的保障性住房，建屋发展局(HDB)开发的组屋项目

均采用预制装配式技术，因此新加坡装配式建筑技术与供应链发展迅速。近几年，新加坡新建组屋的装配率已达到70%以上，部分组屋装配率达到90%以上。

作为一个以华人为主的发达国家，新加坡人的生活与居住习惯与中国人相似。住宅建设同样具有高层建筑多、容积率高的特点。因此，新加坡装配式建筑的发展对我国装配式建筑发展具有很好的借鉴意义。^[3]

英国

英国是最早开始将预制装配式混凝土施工技术运用于建筑的国家。英国政府明确提出，要通过在建筑生产领域的新产品开发、集约化组织、工业化生产实现可持续发展的具体目标；成本降低10%，时间缩短10%，缺陷率降低20%，事故发生率降低20%，劳动生产率提高10%，最终实现产值利润率提高10%^[4]。同时，政府通过推出一系列鼓励政策和措施，大力推行绿色节能建筑，严格要求建筑品质和性能，促进行业向新型建造模式转变。

通过政府部门和行业协会之间的密切合作，改进了英国预制建筑发展的技术体系和标准体系，并促进预制建筑项目的实践。建立专业水平和技能认定体系满足装配式建筑行业的技术要求，促进整个产业链人才队伍的形成。英国政府除了注重开发、设计、生产和施工，同时还支持材料供应和物流等整个产业链的发展。目前，英国的钢结构建筑和预制建筑模块化建筑新建占比达70%以上^[4]。从设计、生产到供应的全套技术和有效的供应链管理使英国预制建筑发展良好。

法国

法国预制建筑多采用预应力混凝土预制框架结构体系，以钢结构工厂预制混凝土结构为主，辅以轻钢结构和木结构。法国装配式建筑大多采用框架或板柱的钢结构体系，焊接和螺栓连接均采用干法。钢结构构件与设备及室内装饰工程分离，减少预埋，生产施工质量高。经过一百三十余年的发展，法国采用预应力混凝土预制框架结构体系的装配式建筑可达到80%，与传统建筑相比，脚手架数量可减少50%，节能可达70%^[5]。

德国

德国预制建筑主要采用构件组装与混凝土结构相结合的体系，耐久性好，具有完善的PC(预制混凝土)产业链。德国是世界上建筑能耗下降最快的国家。近年来，德国政府提出开发能耗几乎为零的被动式建筑。

德国选择现浇预制构件混合施工体系或钢—混凝土结构施工体系以适应目前公共建筑、商业建筑和集体住房项目各自不

同的当地条件和工程特点。他们不追求高比例的装配率，而是通过规划、设计和施工的精细优化过程来寻求项目的个性化、经济性和高效率，平衡建筑的功能性和生态环境综合性能。随着工业化的不断发展，BIM(建筑信息模型)技术的应用和建筑行业工业化水平的不断提高，越来越多的建筑构件在现场预制和安装^[6]。

国外装配式建筑发展经验

1

政府宣传引导营造良好氛围是国外装配式建筑快速发展的重要途径

欧洲、日本、新加坡等装配式建筑发展较早且成熟的国家和地区，均是在政府大力推广“装配式保障性住房”之下得到快速发展的。装配式保障性住房迅速形成产业规模，待技术体系成熟后，带动商品房项目跟进学习经验教训，同时在质量监管中强化政府机构的质量监督责任。日本通过舆论宣传装配式建筑的优势，使人们广泛接受装配式建筑，提高业主购买采用装配式建筑技术商品房的意愿，便于政策落地生根。各级政府配套细化对装配式建筑提供奖励或补助，甚至减免行政审批费用和税收，促进装配式建筑行业的发展^[7]。

2

在完善技术体系和标准体系的基础上实现多样化设计是促进装配式建筑工业化生产的基础

国外政府以市场化、社会化引导装配式建筑的发展为主，标准规范齐全，标准化、系列化和工业化程度高。国外的标准和规范要求装配式建筑在满足通用建筑综合性技术要求的同时，还应满足在生产、安装多样化等方面的要求。例如日本，标准规范齐全，技术成熟，市场规范，设计风格丰富多彩。消费者可以在住宅展示场里选购和订制风格各异的独立式住宅，日本基本上没有出现千楼一面的现象^[8]。法国通过推行“建筑通用体系”，使得预制构件的大规模生产成为可能，降低成本的同时提高了效率，可以设计出多样化的建筑^[1]。

3

社会化分工与集团化发展并推动全产业链发展是先进国家降低装配式建筑成本、实现规模化的关键

在国外成熟的产业链中，工厂生产商的产品有15%—25%的销售是直接针对建筑商的^[1]，关注开发、设计、生产与施工的同时，还注重扶持材料供应和物流等产业链环节的发展。由大集团企业引领行业技术、颁布企业规程和标准，带动产业链上的专业性公司发展，最后形成全产业链共同发展的局面。领军企业通过并购生产商或建立战略合作伙伴关系批量购买住宅组件，通过扩大规模，降低成本^[1]。

4

注重培养技术和管理人才是先进国家促进装配式建筑高标准持续发展的保障

装配式建筑是一项高技术门槛的产业，先进国家十分注重人才和团队的培育，鼓励院校和研究所与设计及施工企业开展校企合作，培养知识和实践技能兼备的技术人才和管理人才。通过设立行业协会等机构，宣传政府关于装配式建筑方面的政策，促进政府与企业、研究机构之间的沟通，引导建立健全装配式建筑行业专业技术水平和技能认定体系^[1]。

国际装配式建筑发展对北京的借鉴与启示

在住房和城乡建设部、市住建委的共同努力下，北京的装配式产业在“十三五”期间高速发展，装配式建筑日趋成熟完善，装配式建筑施工技术不断发展，装配式建筑施工质量管理手段与管理水平不断提升。然而，装配式建筑构件的运输成本、供应链上下游的标准化程度、较高的技术门槛等问题制约了装配式建筑的发展。因而，借鉴国际经验，对当前加快北京装配式建筑的发展提出如下建议：

坚持政府引导，因地制宜发展装配式建筑

北京的装配式建筑在人性化、多样化和低成本等方面仍存在不足。借鉴发达国家在政府的合理引导下按需布局的经验，避免“一刀切”式发展，因地制宜、因时制宜，发展装配式建筑。实现建筑的绿色建造、使用和建筑功能、经济、节能环保等方面的有机统一。装配式建筑行业技术逐渐成熟后，在标准化、工业化和低成本的基础上，实现建筑多样化、安全性和人性化，各级政府可适时取消各种补贴，让市场化的力量继续带动装配式行业的发展。

政府补贴应从建筑的全生命周期来优化装配式建筑产业链，实现装配式建筑的全周期管理和集成化、数字化转型

装配式建筑不是仅在土建阶段采用装配式技术的建筑，而是从建筑前期规划、设计、施工、运行、后期维护、回收等全生命周期来统筹考虑的建筑项目。装配式建筑的土建成本仅占到了整个建筑项目成本20%左右，后期运维成本远高于土建施工。政府的补贴政策应覆盖从设计施工、构件生产到装饰装修等全周期、全产业链环节，而不仅仅是土建环节。

装配式建筑具有显著的系统性特征，通过EPC与BIM相结合的“一体两翼”（“一体”主要指建筑体系完善、成熟和可复制、可推广；“两翼”中，“一翼”是以EPC工程总承包方式承建装配式建筑，另“一翼”是基于BIM技术的一体化设计。）式发展，通过技术进步和管理创新的双轮驱动，消灭装配式建筑中二次设计，建立信息交互平台，实现装配式建筑全过程全产业链信息的数字化集成、信息共享和协同工作，达成全过程全产业链的信息贯通，提高管理效率和效益，促进装配式建筑全产业链的可持续发展^[8]。

持续提升装配式工程的标准化程度，加强政府监管力度

“十三五”期间，装配式建筑在标准化工作中虽然下了很多功夫，制定了很多标准，但在设计、原材料、模具等方面仍存在着标准化程度低的问题。应继续加强政府监管力度，以法规形式强制推行标准化产品体系和设计规范，提高工业化的生产效率。继续强化质量监督机构在质量监督中的责任，严格项目后评价标准，持续改进适合国情的建筑工业化生产方式和建筑结构体系。

政府应加大技术体系研发和人才培养方面的政策力度，推进建筑产业升级

技术门槛高、行业差距大是装配式建筑的特点，很多房企存在技术短板。政府应加大科研投入的支持力度，鼓励行业标杆企业研究不同类型的装配式建筑技术体系，引导其余企业学习标杆，补齐短板，逐步形成适用范围更广的通用技术体系，提高产品标准化，实现规模化、工业化生产，提高效率，降低成本。以政府为主导，制定专项人才培养和引进政策，培养技术知识和实践经验兼备的装配式建筑技术和管理人才。根据装配式建筑行业的技术技能要求，建立专业技术水平认定体系，委托专门机构对人才进行认定，推进全产业链人才队伍建设，促进装配式建筑行业专业技术水平的提高。

参考文献

- [1]潘伟,铁路工程建设中的装配式房屋施工技术,《建材与装饰》,2021-04-29
- [2]夏小鹏,装配式混凝土建筑综合效益分析与研究,郑州大学,2019
- [3]刘美霞,国外发展装配式建筑的实践与经验借鉴,《建设科技》,2016-10-10
- [4]十大国家装配式建筑发展概况,《施工企业管理》,2017-05-01
- [5]李瑞,全球装配式建筑产业发展状况分析,《2018第二十一届中国国际墙体材料技术交流大会》,2018-11-08
- [6]张平,刘国维,张庆阳,德国装配式建筑结构体系,《建筑》,2018-07-05
- [7]岳家弘,刘坚,吴初才,国外装配式建筑发展对我国的启示,《中国房地产业》,2019-05-30
- [8]方丰灵,BIM对装配式建筑的驱动机制研究,中国矿业大学(江苏),2020