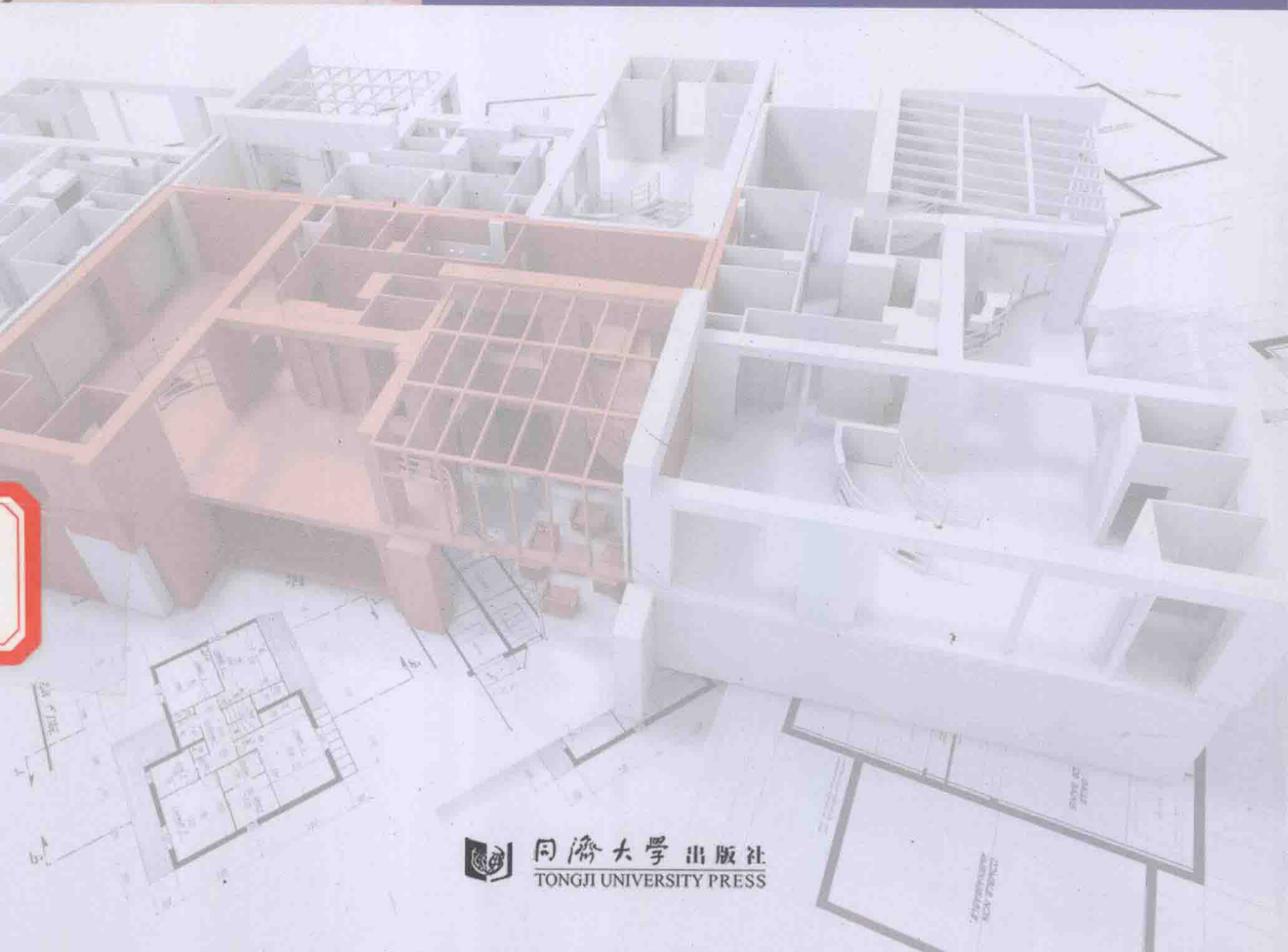




装配式混凝土建筑系列培训教材

装配式混凝土建筑结构设计

上海市城市建设工程学校(上海市园林学校) 组编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

• 装配式混凝土建筑系列培训教材 •

装配式混凝土建筑结构设计

上海市城市建设工程学校(上海市园林学校) 组编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

装配式混凝土建筑是建筑工业化发展的大趋势。本书概述了国外建筑工业化的发展历程与现状,系统介绍了装配式混凝土建筑的设计、装配式混凝土结构设计技术、BIM 技术在装配式混凝土建筑中的应用、装配式混凝土建筑的实例等。

本书可作为国内建筑行业推广应用装配式混凝土建筑的培训教材,也可供工程建设类学校师生及建筑从事人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

装配式混凝土建筑结构设计/上海市城市建设工程学校组编. —上海:同济大学出版社,2016. 12

ISBN 978-7-5608-6699-4

I. ①装… II. ①上… III. ①装配式混凝土结构—建筑设计 IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 304586 号

装配式混凝土建筑结构设计

上海市城市建设工程学校(上海市园林学校) 组编

责任编辑: 张平官

责任校对: 徐春莲

装帧设计: 陈益平

出版发行	同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn (上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)
经 销	全国各地新华书店、建筑书店、网络书店
排版制作	南京新翰博图文制作有限公司
印 刷	同济大学印刷厂
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	15
字 数	374000
版 次	2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5608-6699-4
定 价	45.00 元

版权所有 侵权必究 印装问题 负责调换

装配式混凝土建筑系列培训教材

编委会名单

1. 编委会

主 任 顾金山
副主任 裴 晓 刘千伟
成 员 沈红华 陈 宁 冷玉英 阮 洪 周文波 杨联萍
叶卫东 蔡建兴 徐德明

2. 编审委

龙莉波 刘 强 沈 宏 沈孝庭 李 昕 李 琰 钟伟荣
栗 新 薛伟辰

3. 编写组成员

《装配式混凝土建筑结构设计》

王平山 王 凯 卢 旦 卢家森 朱望伟 朱 海 朱华军 刘 啸
刘 翀 花炳灿 李进军 李 远 李 峰 闵 立 吴剑雯 汤建新
纵 斌 张德明 陈 明 林家祥 林素红 周成功 郑仁光 胡 伟
段创峰 徐旻洋 徐耀东 曹 枫 雷 杰

《装配式混凝土建筑结构施工》

王 静 王爱华 叶可炯 朱永明 冯 凯 李天亮 吴剑雯 陈立生
陈英姿 陈爱民 张德明 张英怡 张 立 张传生 张凯 陈 明
汪一江 陆懿伟 汤建新 林家祥 赵国强 赵 勇 周 良 周 隽
周成功 胡 伟 秦 廉 徐耀东 徐银峰 唐 婧 曹 枫 黄 岚
潘 浩 戴振宇 戴功良 魏信巧

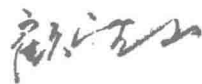
《装配式混凝土建筑结构安装作业》

李玲玉 李媛宓 韩亚明 陈建兰 张 雄 邱 迪 沈浅灏 施永德
席金虎 朱敏涛

序

2013年8月,《上海市人民政府办公厅转发市建设交通委等五部门关于本市进一步推进装配式建筑发展若干意见》(沪府办〔2013〕52号)确立供地环节落实装配式建筑项目机制,上海装配式建筑从试点推进迈入面上推广的规模化快速发展轨道。《中共中央和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《中共上海市委和上海市人民政府关于贯彻中央城市工作会议精神进一步加强本市城市规划建设管理工作的实施意见》都明确要求发展新型建筑方式,大力推广装配式建筑。大力发展预制装配式建筑,走新型建筑工业化的道路,是城市可持续发展的重要战略,已经成为全市建筑业转型发展的重要目标任务。在装配式建筑大力推广之际,上海建筑业转型升级迎来重要机遇期,作为建筑产业现代化的核心——装配式混凝土结构,通过近年来总结我国以往装配式预制大板住宅的经验与教训,引进消化国外先进技术,相关结构体系已基本形成并得到成功应用。国家、行业和地方等有关部门出台了设计、施工和构件制作等技术标准和技术规程,为进一步推进建筑工业化的发展奠定了基础。

目前上海正处于快速推行装配式混凝土建筑的关键时期,随着工程规模的扩大,设计施工的管理、工程技术人员和作业工人能力不能满足市场需求,是推进过程中主要瓶颈之一,将会严重影响装配式混凝土建筑的质量和安全。为满足装配式建筑推进的需要,必须加快相关管理技术人员和作业工人的培训,因此,编写并出版“装配式混凝土建筑系列培训教材”非常必要。希望以本系列教材为基础,全面加强业务能力培训,不断提高本市装配式建筑从业队伍的综合素质,提升装配式建筑的产业链能力,保证工程质量和安全,促进本市装配式建筑的创新、绿色、健康发展。



2016年8月

前言

装配式建筑通过“标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理和智能化应用”，实现全面提升建筑品质、建筑业节能减排和可持续发展的目标。中共中央国务院发布了《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》指出：“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%。”

“十二五”期间上海市以住宅产业化为契机，以保障性住宅为推广平台，以房产开发商的自主应用为补充，装配式建筑得到较快发展。上海地区土地出让的装配式数据从2013年几百万平方米到2016年近千万平方米，展示出装配式建筑呈现出蓬勃发展的趋势。而从事装配式建筑研究、设计、制作安装、管理的人员，远远满足不了本市装配式建筑发展的要求。为了加速培养具有装配式建筑设计经验的技术人才，包括建筑、结构、节能、机电、装修等方面的设计师和设计深化阶段的专门人才；培养装配式建筑工厂制作、现场安装的产业工人及装配式建筑一体化管理的项目经理；和具有建筑工业一体化监督管理经验的监管人才。结合上海地区大力推广装配式混凝土建筑的项目需要，在上海市住建委组织下，华建集团和隧道股份集团共同合作开展了《装配式混凝土建筑结构设计》教材的编制。

本教材以装配式混凝土建筑设计人员的继续教育培养为目标，编写时力求结合目前装配式混凝土建筑发展现状和上海地区相关标准规范。重点针对与现浇混凝土结构设计所不同的预制装配式建筑设计、结构设计和BIM技术应用等多个方面，系统地介绍国内外装配式建筑发展现状和国内不同装配式混凝土建筑的类型、不同技术体系的应用，在此基础上，总结提出国内建筑工业化发展存在的问题和建议。本教材编写时力求内容精练、图文并茂、案例丰富、重点突出、文字叙述通俗易懂。各章均附有内容提要、学习要求、本章小结、复习思考题等模块，以达到学、练同步的目的。

本书可作为从事装配式混凝土建筑设计的专业人员、建筑工程类执业注册人员、政府各级相关建设管理人员等的专业参考丛书和培训教材，也可作为职业学校建筑施工（建筑）专业教材。

本书由上海现代建筑设计(集团)有限公司主编，上海隧道股份工程有限公司、上海

市城市建设工程学校(上海市园林学校)参编,杨联萍、朱望伟、王平山负责整体策划,花炳灿、李进军主审与统稿。

编写人员有李进军(第一章),李远、刘啸、林素红、胡伟(第二章)卢旦、李进军、李峰、朱海、纵斌、郑仁光、周成功(第三章),刘翀、王凯、闵立、徐旻洋、段创峰(第四章),卢家森、朱华军、林家祥、胡伟、雷杰(第五章),李进军(第六章)。

限于时间和业务水平,书中难免存在不足之处,真诚地欢迎广大读者批评指正。

编者

2016年8月

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 国外建筑工业化发展现状	1
1.1.1 国外建筑工业化发展历程	1
1.1.2 国外建筑工业化研究现状	2
1.2 国内建筑工业化发展现状	4
1.2.1 国内建筑工业化发展历史	4
1.2.2 国内建筑工业化的发展现状	6
1.3 不同装配式混凝土建筑的类型介绍	11
第 2 章 装配式混凝土建筑设计	16
2.1 装配式混凝土建筑设计原则	16
2.1.1 适用范围	16
2.1.2 建筑模数协调	17
2.1.3 集成化设计	19
2.2 装配式混凝土建筑设计要点	19
2.2.1 总平面设计	20
2.2.2 平面设计	22
2.2.3 立面设计	25
2.2.4 建筑部品部件设计	35
2.2.5 整体厨房、整体卫生间	41
2.3 装配式混凝土建筑设备及管线设计	43
2.3.1 一般规定	43
2.3.2 给排水系统	44

2.3.3	电气系统	47
2.3.4	暖通系统	49
2.4	装配式混凝土外墙防水技术	49
2.4.1	外墙防水技术概述	49
2.4.2	外墙防水关键技术措施	49
2.4.3	防水密封材料及构造性能要求	56
2.4.4	装配式外墙门窗等节点防水设计	58
2.5	装配式混凝土建筑外墙保温技术	60
2.5.1	外墙保温系统概述	60
2.5.2	外墙保温关键技术措施及节点	60
2.5.3	案例分析	66
第3章	装配式混凝土结构设计技术	71
3.1	概述	71
3.2	基本规定	72
3.3	装配整体式框架结构	73
3.3.1	概念定义	73
3.3.2	预制构件	75
3.3.3	节点连接	78
3.4	装配整体式剪力墙结构	96
3.4.1	概念定义	96
3.4.2	整体预制墙	100
3.4.3	单层叠合墙	109
3.4.4	双层叠合墙	111
3.5	深化设计	118
3.5.1	基本要求	118
3.5.2	构件深化	119
第4章	BIM技术在装配式混凝土建筑中的应用	145
4.1	概述	145
4.1.1	BIM的定义	145
4.1.2	BIM技术与装配式混凝土建筑	146
4.1.3	装配式混凝土建筑相关BIM软件	147

4.1.4 BIM 建筑工业化基础流程与框架	148
4.2 BIM 在装配式混凝土建筑设计阶段中的应用	149
4.2.1 设计策划	149
4.2.2 协同设计	155
4.2.3 构件设计	160
4.3 BIM 在装配式混凝土建筑制造阶段的应用	165
4.3.1 BIM 数据传递	165
4.3.2 应用 BIM 智能生产、发货、运输、堆场	167
4.4 BIM 在装配式混凝土建筑装配阶段的应用	169
4.4.1 BIM 辅助施工组织策划	169
4.4.2 预制构件虚拟装配建造	171
4.4.3 BIM 辅助成本管理	172
4.4.4 BIM 辅助施工质量控制	173
4.5 BIM 在装配式混凝土建筑运维阶段的应用	174
4.5.1 装配式混凝土建筑运维管理	174
4.5.2 BIM 技术与运维管理集成	176
第 5 章 装配式混凝土建筑设计案例	180
5.1 装配整体式框架结构工程案例	180
5.1.1 工程概况	180
5.1.2 结构设计	180
5.1.3 预制构件设计	181
5.1.4 节点连接设计	183
5.2 全预制剪力墙结构工程案例	187
5.2.1 工程概况	187
5.2.2 建筑工业化设计技术应用情况	188
5.2.3 安装施工技术应用情况	197
5.2.4 试验研究	200
5.2.5 PC 设计与生产和施工的关系	201
5.2.6 总结	201
5.3 装配整体式叠合剪力墙结构工程案例	202
5.3.1 项目概述	202
5.3.2 建筑设计	203

5.3.3 结构设计	206
5.3.4 项目现场	214
 第6章 结语	 216
6.1.1 国内建筑工业化发展存在的问题	216
6.1.2 对建筑工业化的有关建议	217
 术语释义	 218
附录 国内各地建筑工业化相关政策	221
参考规范	224
参考文献	226

第1章 绪 论

内容提要

装配式建筑指以标准化设计、工厂化生产的建筑构件,用现场装配的方式建成的住宅和公共建筑,包括预制混凝土结构、钢结构和木结构。装配式建筑技术集成的特征是标准化设计、工厂化制造、装配化施工、一体化装修、信息化管理和智能化应用。和传统建造模式不同,装配式建筑通过工业化制造的加入,实现对传统建筑行业全产业链更新、改造和升级,强调以设计技术为主导,并通过整合建筑设计、构件生产和信息化数据平台等整个产业链来实现建筑全生命周期价值最大化。本章主要介绍了国内外装配式混凝土建筑研究状况和发展现状,以及当前我国发展装配式混凝土建筑的社会背景和目的,最后,简要分析了目前装配式混凝土建筑的主要类型和施工工法。

学习要求

- (1) 了解国外装配式混凝土建筑发展的基本情况。
- (2) 了解当前我国发展装配式混凝土建筑的社会背景。
- (3) 了解我国装配式混凝土建筑发展历史。
- (4) 了解国内装配式混凝土建筑的基本类型。

1.1 国外建筑工业化发展现状

1.1.1 国外建筑工业化发展历程

建筑工业化的潮流首先兴起于 20 世纪 50 年代的欧洲,从 1891 年法国的 Ed. Coigent 公司在 Biarritz 俱乐部建筑中使用预制混凝土梁至今,预制混凝土构件技术已经经历了 120 余年的发展历史。国外较早开展了建筑工业化研究,英国首先创建了 CLASP 轻型钢结构学校体系建筑,丹麦发明了 Larsson Nielsen 住宅体系建筑,法国设计了 Cumus 混凝土大型板材住宅体系与世构体系,加拿大和美国开发了多层轻型木结构、胶合竹木结构和钢木、钢竹混合结构体系,英国发明了模块化钢结构住宅体系等。

本节分别从欧洲、日本和美国等发达地区 and 国家的建筑工业化的发展历程进行简要的概述。

1. 欧洲

欧洲的建筑工业化主要从第二次世界大战后开始发展和应用的,当时由于大战结束后的房屋极度短缺,伴随着全球性战后“婴儿潮”的出现,使得大量的住宅需求成为各国政府面临的难题,同时,由于欧洲的人力成本一直居高不下。为此,欧洲以瑞典为代表的一些国

家采用了工业化方式建造了大量住宅,逐步形成了一批完整的、标准的、系列化的住宅体系,并延续至今。20 世纪 50—70 年代,在欧洲各国住宅需求高峰期,各国都普遍经历了一个住宅工业化建设阶段,并在这个阶段之后对于住宅工业化的历程进行反思。同时,由于住宅建设的高峰期已经过去,各国结合本国实际情况,针对性地明确发展路径。

在瑞典,依托其成熟、完善的产业链和技术优势,拓展全球市场;在法国,放弃政府在技术层面的指导,转而对建筑效率提出目标;法国建筑以混凝土体系为主,钢、木结构体系为辅,多采用框架或者板柱体系,主要采用预应力混凝土装配式框架结构体系。在英国,总结了前期发展缓慢的原因,以技术升级换代为基础,以综合考虑住宅科技研究、环境治理、城市建设发展为目标,以轻钢结构为抓手,进一步推动住宅的工业化发展。在德国,装配式住宅主要采取叠合板混凝土剪力墙结构体系,采用构件装配式与混凝土结构,实现了装配式住宅与节能标准相互之间的充分融合。

2. 日本

从 20 世纪 50 年代中期开始,日本政府开始支持民间企业进行建筑工业化的开发和推广。到 60 年代,政府制定了“住宅建设工业化基本设想”,提出住宅作为一种定型商品,把标准化的预制建筑工业化和开发新住宅区作为住宅工业的两大支柱。建筑工业化开始在公营住宅建设中推广应用。从 60 年代开始,日本将发展部件化作为发展建筑工业化的一个重要组成部分。所谓部件化,就是大力发展除主体结构构件以外的通用部件。1968 年日本提出装配式住宅的概念,采用部件化、工厂化生产方式提高生产效率,通过 SI 的结构和内装分开体系,实现住宅内部结构可变,适应多样化的需求,并在装配式住宅方面形成了统一的模数标准,解决了标准化、大批量生产和多样化需求这三者之间的矛盾。日本建筑工业化体系总体上看,法律法规比较健全,政府职责比较清楚,基本形成了适应日本经济发展,相对完善的住宅产业管理体制与机制。同时,由于设计和生产企业长期以来的技术积累,使得工业化的建筑施工、设计方法成为日本式建筑行业的一个有机组成部分和建筑思想的重要体现。

3. 美国

美国发展住宅建筑工业化的道路与其他国家不同。美国物质技术基础较好,商品经济发达,且未出现过欧洲国家在第二次世界大战后曾经遇到的房荒问题。因此,美国并不强调“建筑工业化”的说法,但美国的建筑业仍然是沿着工业化道路发展的,而且已达到较高水平。美国的建筑工业化是在 1930 年起步的,最初作为房车的一个分支业务而存在,主要是为选择迁移/移动生活方式的人提供一个住所。美国的建筑工业化建设是以极其发达的工业化水平为背景的,美国制造业长期位居世界第一,具有各产业协调发展、劳动生产率高、产业聚集、要素市场发达、国内市场大等特点,这直接影响了住宅建设的方式和水平。美国的住宅用构件和部品的标准化、系列化、专业化、商品化、社会化程度很高,几乎达到 100%。

1.1.2 国外建筑工业化研究现状

欧、美、日本等发达地区和国家经过建筑工业化近 80 年的不断发展,已形成较为成熟的技术体系和标准体系,美国预制与预应力混凝土协会编制了《PCI 设计手册》、《预制混凝土结构抗震设计》等,日本编制了《预制混凝土工程》等,技术实践度较高。20 世纪 90 年代,美日合作开展预制混凝土结构抗震研究项目(PRESSS);2003 年,欧盟也发起预制混凝土抗震

研究项目,为 Eurocode 8 相关内容修订提供依据。日本是较早开展建筑装修一体化设计的国家,20 世纪 70 年代初期即进行了 SI 住宅的试点研究,在一些规程和评价体系中对外围护材料、使用率、模数有着明确的要求。表 1-1 和表 1-2 列出国外从事装配式建筑研究的主要机构和主要文献和标准。

表 1-1 国外从事建筑工业化研究的主要机构

序号	机构名称	相关研究内容	相关研究成果	成果应用情况
1	美国预制与预应力混凝土协会 PCI	鉴别、评估在地震区有发展前景的预制混凝土结构体系,开发预制混凝土结构的分析工具,构建规范修订建议框架;对装配式混凝土结构抗震性能及其连接节点开展重点研究	创建装配式混凝土结构体系及其连接技术,形成相关标准与应用手册	美国,欧洲、亚洲等地区
2	英国政府建设工作组	模块化钢结构住宅研究	形成建造单元模块建筑法 (Volumetric Construction)	伦敦 哈克尼区 (Hackney) 莫瑞街住宅项目
3	法国 PPB 国际公司	预制预应力装配式整体式混凝土结构体系抗震性能,连接节点,预应力度	创建 Scope(世构)体系及设计技术	在 30 多个国家和地区推广应用
4	加拿大国家林产工业创新研究院(FP-Innovations)	多高层正交胶合木结构设计方法研究、多高层混凝土木、钢木混合结构研究	形成正交胶合木剪力墙结构体系、木框架-混凝土核心筒体系、以及钢框架和木框架混合体系及其设计技术,编制《加拿大木结构设计规范》(CSA086)、《木结构设计手册》、《正交胶合木结构技术手册》等	应用于加拿大多种类型木结构工程的建设
5	美国里海大学 (Lehigh University, USA)	研究自复位钢结构体系的节点构造、工作机理与设计方法等	形成自复位钢结构体系及其连接节点设计技术,编制 AISC “Seismic provisions for structural steel buildings”	应用于美国多项工程

表 1-2 国外装配式建筑研究主要文献和标准

序号	名 称	机构	作者
1	《预制/预应力混凝土结构设计手册》(PCI Design Handbook: Precast and Prestressed Concrete)	Precast/Prestressed Concrete Institute	美国 PCI 标准编制委员会
2	《欧洲预制建筑单元技术认定指南》(Guideline for European Technical Approval of Prefabricated Building Units/TAG023)	欧盟质量认证标准委员会	EOTA Working Group 02.02/01
3	Modular Design for High-rise Buildings	University of Surrey, England	RM Lawson, J Richards
4	《预制混凝土工程》(JASS10)	日本建筑学会	标准编制委员会
5	《加拿大木结构设计规范》(CSA086)	Canadian Standard Association	加拿大国家林产工业创新研究院 (FPInnovations)

目前,国外建筑工业化呈现以下趋势:由闭锁体系(closed system)向开放体系(open system)转变,发展标准化的功能块及设计统一模数;由湿体系(wet system)向干体系(dry system)转变,广泛采用现浇和预制装配相结合的体系;从只强调结构装配式向结构装配式和内装系统化、集成化发展;强调信息化管理,研究运用 BIM 信息化技术搭建工业化建筑的全产业链信息交换平台。

1.2 国内建筑工业化发展现状

1.2.1 国内建筑工业化发展历史

早在 20 世纪五六十年代起国内就大力发展预制装配式结构,包括预制楼板、大板结构、盒子结构等现场拼装的建筑形式,因为施工周期快、施工便捷,曾广泛地在各地工业民用建筑中使用。但随着唐山大地震等自然灾害导致的预制结构震害情况,早期的建筑工业化暴露出抗震和使用功能上的不足,逐渐被抗震性能好的现浇混凝土结构替代。21 世纪初,随着建筑行业节能减排的需要,以及欧美、日本和我国台湾地区先进的建筑工业化技术的引入,国内开始重新关注和推动建筑工业化技术的应用。本节对预制装配建筑的发展历史进行资料调研和总结回顾,分析 20 世纪 80 年代装配式混凝土建筑和采用预制空心楼板的砌体建筑普及应用的行业发展特点,以及 20 世纪 90 年代装配式混凝土建筑已逐渐被全现浇混凝土建筑体系取代的历史和技术原因。

1. 国内建筑工业化历程的回顾

从 1994 年的“国家 2000 年城乡小康型住宅科技产业示范工程”开始,我国住宅科研设计领域率先提出了“中国住宅产业化”这一概念,到 1998 年,建设部等部委出台《关于推进住宅产业现代化,提高住宅质量若干意见》,1999 年 8 月,建设部和七部委共同起草了中国住宅产业化纲领性文件。住宅产业化一直是国家所重视的。

20 世纪 90 年代前,我国曾出现过两次建筑工业化高潮。王玲等(2008)对国内住宅工业化历程进行了总结和回顾。第一次是 20 世纪 50 年代,提出了建筑工业化的问题,借鉴前苏联经验,开始在全国建筑业推行标准化、工业化、机械化,发展预制构件和预制装配建筑,在构件工厂化、中小型建筑施工机械、预制装配式工业厂房、砌块建筑等方面取得一定的进展。特别是预制空心板在全国民用住宅中被大量推广应用(图 1-1)。



图 1-1 空心预制板和预制板住宅(来源网络)

第二次是20世纪60—70年代,我国广泛借鉴各国经验,结合我国国情,进一步改进标准化设计方法,提高构配件生产能力,发展新型建筑体系和建材,在施工工艺、建筑能力和建筑速度方面都有了一定程度的提高。从20世纪70年代初到80年代中期,预制混凝土构件经历了大发展时期。到20世纪80年代末,全国已有数万家构件厂。全国预制混凝土年产量达到2500万 m^3 (严薇等,2004)。20世纪80年代初期,建筑业曾经开展了一系列新工艺,如大板体系(图1-2)、升板体系、南斯拉夫体系、预制装配式框架体系(图1-3)等,对建筑工业化发展起到了有益的推进作用。

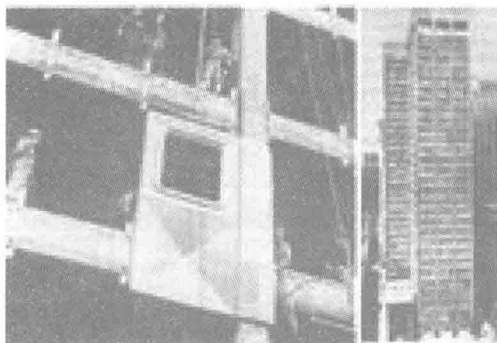


图 1-2 大板体系高层公寓

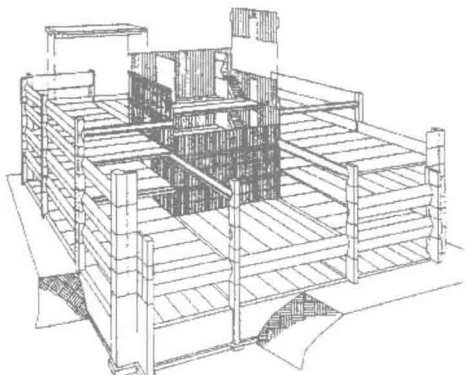


图 1-3 预制框架体系

20世纪90年代以后,我国的建筑工业化之路出现了一定程度的倒退。预制结构整体生产规模持续下降,市场地位降低,大量预制构件厂关门转行,技术水平停滞不前。除了市政、桥梁、地铁建设外,建筑方面只在管桩和预制看台等方面还能看到预制构件的应用。

2. 国内早期建筑工业化发展倒退原因分析

国内20世纪50—90年代两次建筑工业化浪潮对于提高我国建筑工艺水平和推动建筑行业的发展起到了一定的促进作用,但由于技术层面的因素和社会经济转型导致的市场环境双重作用,并没有像许多西方发达国家那样真正实现住宅产业化,装配式混凝土建筑已逐渐被全现浇混凝土建筑体系取代。分析原因主要有以下几个方面。

1) 抗震性能差等技术原因

早期建筑工业化发展中,特别是预制空心楼板未能采取有效抗震措施连接。在地震荷载的作用下,如在唐山大地震等系列震害中(图1-4),传统预制装配式混凝土结构均表现不



图 1-4 唐山大地震房屋破坏照片(1976年7月唐山地震照片集)

佳,造成大量人员伤亡,被认为是不利于抗震的结构形式。特别是最大量倒塌破坏的预制空心板砖混结构住宅,主要是早期的城市住宅和农民自建住宅,大多数未采取抗震构造柱等足够的抗震措施。根据唐山地震的震害总结,现行的抗震规范提出了预制楼板的连接以及砖混结构的构造柱连接等措施,严格按照规范设计施工的砖混预制结构能够满足抗震要求。

另外,对于大板体系和升板体系等早期建筑工业化技术,由于这些新工艺在高度、建筑形式和功能要求等方面有很大的局限性,加之受到当时的经济条件制约,机具设备和运输工具落后,运输道路狭窄,无法满足工艺要求,工业化技术发展受到制约。

2) 建筑结构形式改变原因

20 世纪 90 年代以后,由于我国改革开放政策和城市的快速发展,土地资源日趋紧张,大量的住宅和商业建筑采用了节约土地资源的高层建筑形式。对于高层建筑来说,现浇钢筋混凝土结构形式的整体性好、抗震性能优,可以更好地协调各竖向抗侧力构件共同工作。同时,伴随着国内泵送商品混凝土、爬模、滑模、升板等技术为代表的现浇混凝土技术的迅速发展,现浇钢筋混凝土结构施工技术逐渐成熟,取代了早期的建筑工业化技术,成为主流。

3) 建筑市场的变化原因

20 世纪 90 年代后,随着计划经济向市场经济的转型,国内的建筑市场逐渐发生变革。原有的建筑企业施工队伍构成发生了巨大的变化,原先以国有建筑企业编制内职业建筑工人为主的劳动力逐渐由进城农民工取代;建筑工程项目招投标制度和建筑劳务分包机制使得基层建筑施工队伍和施工人员流动频繁。城市拥有大量的劳动力,采用现浇混凝土施工技术可以利用充足的劳动力,经济性较好。

4) 国家计划经济体制条件

除了上述的一些原因外,更重要的原因是当时计划经济体制下缺乏技术创新的动力,以至于直到 20 世纪 90 年代初,我国的建筑技术都没有实质性提高,建筑工业化水平几乎处于停滞状态。导致到 20 世纪 90 年代装配式混凝土建筑逐渐被全现浇混凝土建筑体系取代。

1.2.2 国内建筑工业化的发展现状

1. 国内建筑工业化发展的社会背景

随着国家经济发展和人民生活水平提高,居民住宅建设快速发展。近年来全国城乡住宅每年竣工面积达到 12 亿~14 亿 m^2 ,全国城乡住宅年投资额超万亿元,约占全社会固定资产投资的 20% 左右。当前国家保障性住房建设成为住房建设的一个重点,2011 年全国共完成保障性住房建设 1 000 万套,国家投入资金 5 000 亿元;2012 年的保障性住房建设目标是 700 万套;2013 年全国城镇保障性安居工程建设任务是基本建成 470 万套、新开工 630 万套;2014 年保障性住房新开工 700 万套;2015 年全国保障性住房覆盖面达到 20% 左右。当前国内建筑主要的建造方式是现场湿作业方式,与发达国家相比存在着较大的差距。现场湿作业方式主要存在的问题有施工周期长、劳动生产率低、工业化水平低、成套技术集成度低、自然能源和社会资源消耗大等。

“十二五”期间,国家“对建筑提出更高的节能目标”成为我国“十二五”节能减排规划中