

Building Practical Technology of Industrialization

建筑工业化实用技术

主 编 钟吉祥
副主编 陆 波



中国建筑工业出版社

建筑工业化实用技术

主 编 钟吉祥

副主编 陆 波

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑工业化实用技术/钟吉祥主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 3

ISBN 978-7-112-20391-8

I. ①建… II. ①钟… III. ①建筑工业化 IV. ①TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 026855 号

建筑工业化实用技术

主 编 钟吉祥

副主编 陆 波

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京佳捷真科技发展有限公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 5½ 字数: 149 千字

2017 年 6 月第一版 2017 年 6 月第一次印刷

定价: 22.00 元

ISBN 978-7-112-20391-8

(29916)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书包括 6 章。分别是：建筑工业化发展概况、建筑工业化项目设计、建筑工业化构件生产技术、建筑工业化项目施工技术、建筑工业化项目施工质量控制、建筑工业化项目安全管理等内容。本书的编写旨在指导工程技术人员进行具体的建筑工程工业化项目的设计、生产、施工。

本书可供从事建筑施工企业、部品生产企业的技术人员、管理人员使用。也可供从事建筑工业化研究、设计人员参考。

责任编辑：胡明安

责任设计：王国羽

责任校对：李欣慰 焦 乐

前 言

近年来,我国城市化进程加速推进,使得住宅等建筑工程项目迫切需要通过实现标准化、工业化和集约化的生产,特别是在未来劳动力成本日益增加的发展趋势下,传统的粗放型施工方式向标准化和装配化发展成为必然。

研究实施装配整体式工业化建筑体系,符合我国目前正在推行实施的建筑产业化政策要求,不但可以提高工程质量和品质,而且还可以最大限度地满足节能、节地、节水、节材和保护环境(“四节一环保”)的绿色建筑设计和施工要求。

BIM技术的应用使工程项目信息充分共享、无损传递,可大幅度提高建筑工程的集成化程度,促成建筑业生产方式的转变,提高投资、设计、施工乃至整个工程生命期的质量和效率,使工程技术人员和管理人员能够对各种建筑信息做出高效、正确的理解和应对,为多方参与的协同工作提供坚实基础,并为各参与方的决策提供可靠依据。

本书的编写旨在指导工程技术人员进行具体的建筑工业化项目的设计、生产、施工。分为:建筑工业化发展概况、建筑工业化项目设计、建筑工业化构件生产技术、建筑工业化项目施工技术、建筑工业化项目施工质量控制、建筑工业化项目安全管理,共6章。

本书由钟吉祥主编、陆波副主编。参加编写的有:龙武勇、刘力、钟婷、胡明德、邹东、胡治华。

本书编写过程中结合了具体建筑工业化工程化建设项目的实践经验,参考了相关书籍、杂志等资料,并得到了中国建筑西南设计研究院有限公司、成都建筑工程集团总公司、成都市第二建筑工程公司、成都建工工业化建筑有限公司、成都市规划设计研究

院等企事业单位的大力支持，在此一并表示感谢。由于作者水平有限，时间仓促，书中不妥甚至错漏之处难免，恳请广大读者批评指正，以便不断修正和更新。

编 者

目 录

第 1 章 建筑工业化发展概况	1
1.1 建筑工业化施工简介	1
1.2 建筑工业化施工的特点	4
1.3 建筑工业化施工的发展现状	5
1.4 建筑工业化的发展前景	6
第 2 章 建筑工业化项目设计	8
2.1 建筑工程装配式施工的设计目标及关键技术 应用	8
2.2 建筑工程装配式施工的设计难点及细节	13
2.3 建筑工业化项目的结构设计	15
2.4 BIM 技术在建筑工业化设计中的应用	18
第 3 章 建筑工业化构件生产技术	20
3.1 建筑工业化的成本分析	20
3.1.1 建筑工业化技术与建筑价格和价值的关系	20
3.1.2 国内 PC 建筑的造价普遍偏高的原因分析	22
3.1.3 建筑工业化技术的创新研究	25
3.1.4 如何正确应用建筑工业化技术手段提升 PC 建筑的 经济性	27
3.1.5 建筑工业化项目的计价	32
3.2 预制叠合板生产及质量控制	43
3.3 预制叠合梁生产及质量控制	46
3.4 预制外墙板生产及质量控制	47

3.5	预制外挂板生产及质量控制	53
3.6	预制楼梯生产及质量控制	54
3.7	预制阳台生产及质量控制	56
3.8	预制飘窗生产及质量控制	58
3.9	PCF 板生产及质量控制	59
3.9.1	工艺流程	59
3.9.2	操作方法	59
3.10	预制构件的试验和检测	61
3.10.1	模具检测	61
3.10.2	钢筋及预埋件检测	63
3.10.3	混凝土检测	67
3.10.4	构件质量检测	68
3.10.5	构件结构性能检测	73
3.11	基于 RFID 的预制构件全寿命周期管理技术	76
第 4 章	建筑工业化项目施工技术	84
4.1	施工方案的初步设计	84
4.2	施工方案的深化设计	85
4.3	BIM 技术在建筑工业化施工中的应用	88
4.4	预制楼梯的施工	95
4.5	预制构件临时支撑	98
4.6	钢筋灌浆套筒连接	100
4.6.1	施工准备	100
4.6.2	灌浆施工工艺	101
4.7	叠合构件施工	105
4.7.1	叠合板施工	105
4.7.2	叠合梁施工	111
4.8	PCF 板施工	112
4.9	外挂板施工	120
4.10	内隔墙板施工	120

4.10.1 施工准备	120
4.10.2 工艺流程及操作要点	121
4.11 塔吊施工方案	125
4.12 施工电梯方案	134
4.13 外挂架施工方案	140
第5章 建筑工业化项目施工质量控制	148
5.1 预制构件的运输、装卸、堆码质量控制	148
5.1.1 预制构件的运输质量控制	148
5.1.2 预制构件的装卸质量控制	149
5.1.3 预制构件的堆码质量控制	150
5.2 预制构件的吊装、定位、校正质量控制	153
5.3 预制构件的节点处理质量控制	154
第6章 建筑工业化项目安全管理	159
6.1 预制构件的运输、装卸、堆码安全管理	159
6.2 预制构件吊装安全管理	160
6.3 预制构件临时支撑安全管理	162
6.4 塔吊和施工电梯的安全管理	162
6.5 外挂架的安全管理	165
参考文献	168

第 1 章 建筑工业化发展概况

1.1 建筑工业化施工简介

新型建筑工业化是以构件预制化生产、装配式施工为生产方式，以设计标准化、构件部品化、施工机械化为特征，能够整合设计、生产、施工等整个产业链，实现建筑产品节能、环保、全生命周期价值最大化的可持续发展的新型建筑生产方式。

第一，新型建筑工业化是以信息化带动的工业化。新型建筑工业化的“新型”主要是新在信息化，体现在信息化与建筑工业化的深度融合。进入新的发展阶段，以信息化带动的工业化在技术上是一种革命性的跨越式发展，从建设行业的未来发展看，信息技术将成为建筑工业化的重要工具和手段。主要表现在 BIM 建筑信息模型（Building Information Modeling）技术在建筑工业化中的应用。BIM 作为新型建筑工业化的数字化建设和运维的基础性技术工具，其强大的信息共享能力、协同工作能力、专业任务能力的作用正在日益显现。BIM 技术的广泛应用使我国工程建设逐步向工业化、标准化和集约化方向发展，促使工程建设各阶段、各专业主体之间在更高层面上充分共享资源，有效地避免各专业、各行业间不协调问题，有效地解决了设计与施工脱节、部品与建造技术脱节的问题，极大地提高了工程建设的精细化、生产效率和工程质量，并充分体现和发挥了新型建筑工业化的特点及优势。针对我国建筑工业化的未来发展，有必要着力推进 BIM 技术与建筑工业化的深度融合与应用，以促进我国住房和城乡建设领域的技术进步和产业升级。

第二，新型建筑工业化是摆脱传统发展模式路径依赖的工业

化。新型建筑工业化是生产方式的深刻变革。长期以来，我国建筑业一直是劳动密集型行业，主要依赖低人力成本和以包代管的生产经营模式。与其他行业以及国外同行业相比，我国手工作业多、工业化程度低、劳动生产率低、工人工作条件差、建筑工程质量和安全问题时有发生、建造过程的能源和资源消耗大、环境污染严重、建筑寿命低。改革开放 30 多年来，我国其他门类工业都发生了根本性变革，现代化水平越来越高。比较而言，建筑业发展缓慢，分散的、低水平的、低效率的传统粗放手工业生产方式仍占据主导地位，传统模式积累的问题和矛盾日益突出。现阶段，城乡建设的传统发展模式与生产方式仍具有较强的路径依赖性，在技术、利益、观念、体制等各方面都顽固地存在着保守性和依赖性。随着我国人口红利的淡出，建筑业的“招工难”、“用工荒”现象已经出现，而且仍在不断地加剧，传统模式已难以为继，必须向新型工业化道路转轨。我们绝不能无视传统建设模式的局限性。要改变我国建筑业现状，促进我国新型建筑工业化和城乡建设发展方式的转变，必须要摆脱传统模式路径的依赖和束缚，努力寻求新型建筑工业化发展路径。

第三，新型建筑工业化是工程建设实现社会化大生产的工业化。新型建筑工业化就是将工程建设纳入社会化大生产范畴，使工程建设从传统粗放的生产方式逐步向社会化大生产方式过渡。而社会化大生产的突出特点就是专业化、协作化和集约化。发展新型建筑工业化符合社会化大生产的要求。因为建筑工业化的最终产品是房屋建筑，属于系统化的产品，其生产、建造过程必须实行协作化，必须由不同专业的生产企业协同完成；同时房屋及其产品的建造、生产必须兼具专业化和标准化，具有一定的精细程度和规模化要求。因此，发展新型建筑工业化才能更好地实现工程建设的专业化、协作化和集约化，这是工程建设实现社会化大生产的重要前提。新型建筑工业化发展是一个系统性、综合性、方向性的问题，不仅有助于促进整个行业的技术进步，而且有助于统一科研、设计、开发、生产、施工等各个方面的认识，

明确目标，协调行动，进而推动整个行业的生产方式社会化。

第四，新型建筑工业化是与城镇化良性互动、同步发展的工业化。当前，我国工业化与城镇化进程加快，工业化率和城镇化率分别达到 40% 和 6.1%，正处于现代化建设的关键时期。在城镇化快速发展过程中，我们不能只看到大规模建设对经济的拉动作用，而忽视城镇化对农民工转型带来的机遇，更不能割裂城镇化和建筑工业化的联系。在建筑工业化与城镇化互动发展的进程中，一方面城镇化快速发展、建设规模不断扩大为建筑工业化大发展提供了良好的物质基础和市场条件；另一方面建筑工业化为城镇化带来了新的产业支撑，通过工厂化生产可有效解决大量的农民工就业问题，并促进农民工向产业工人和技术工人转型。在我国建筑业正面临着生产要素成本上升、劳动力与技术工人严重短缺的现实条件下，农民工向产业工人转型将是未来中国经济新的增长点或动力源。从这个意义上看，只有促进新型建筑工业化的发展，实现建筑工业化与城镇化良性互动，才能更好地实现农村人口向城市聚集，才能保证农民工收入增长、生活稳定、工作条件，从而支撑整个城镇化进程并促进建筑业健康发展。

第五，新型建筑工业化是实现绿色建造的工业化。绿色建造是指在工程建设的全过程中，最大限度地节约资源（节能、节地、节水、节材）、保护环境和减少污染，为人们建造健康、适用的房屋。建筑业是实现绿色建造的主体，是国民经济支柱产业，全社会 50% 以上固定资产投资都要通过建筑业才能形成新的生产能力或使用价值，中国建筑能耗约占国家全部终端能耗的 27.5%，是国家最大的能耗行业。新型建筑工业化是城乡建设实现节能减排和资源节约的有效途径、是实现绿色建造的保证、是解决建筑行业发展模式粗放性问题的必然选择。其主要特征具体体现在：通过标准化设计的优化，减少因设计不合理导致的材料、资源浪费；通过工厂化生产，减少现场手工湿作业带来的建筑垃圾、污水排放、固体废弃物弃置；通过装配化施工，减少噪声排放、现场扬尘、运输遗洒，提高施工质量和效率；通过采用

信息化技术，依靠动态参数，实施定量、动态的施工管理，以最少的资源投入，达到高效、低耗和环保。绿色建造是系统工程、是建筑业整体素质的提升、是现代工业文明的主要标志。建筑工业化的绿色发展必须依靠技术支撑，必须将绿色建造的理念贯穿到工程建设的全过程。

第六，新型建筑工业化是整个行业先进的生产方式。新型建筑工业化的最终产品是房屋建筑。它不仅涉及主体结构，而且涉及围护结构、装饰装修和设施设备。它不仅涉及科研设计，而且也涉及部品及构配件生产、施工建造和开发管理的全过程各个环节。它是整个行业运用现代的科学技术和工业化生产方式全面改造传统的、粗放的生产方式的全过程。在房屋建造全过程的规划设计、部品生产、施工建造、开发管理等环节形成完整的产业链，并逐步实现住宅生产方式的工业化、集约化和社会化。新型建筑工业化是以科技进步为动力，以提高质量、效益和竞争力为核心的工业化。新型建筑工业化之所以成为世界各国发展的大趋势，就是因为工业化可以大大提高劳动生产率、提高房屋建筑的质量和效益，促进社会生产力加快发展，使整个产业链上的资源得到优化并发挥最大化的效益。新型建筑工业化在行业中具有牵一发而动全身的作用，在推进过程中必须要掌握成套的、成熟适用的技术体系，必须要具备完整的、有机的产业链，两者缺一不可。因此，它是推动整个住房和城乡建设领域技术进步和产业转型升级的有效途径。

1.2 建筑工业化施工的特点

建筑工业化施工主要特点是建筑设计标准化、构配件生产工业化、施工装配化和机械化以及组织管理科学化。具体来讲，建筑工业化施工的特点包括以下四个方面：（1）建筑设计的标准化与体系化：建筑设计标准化，是将建筑构建的类型、规格、质量、材料、尺度等规定统一标准。将其中建造量大、使用面积

广、共性多、通用性强的建筑构配件及零部件汇编成建筑设计标准图集。(2) 建筑构配件生产的工业化：将建筑中量多面广，易于标准化设计的建筑构配件，由工厂进行集中批量生产，缩短生产周期。批量生产出来的建筑构配件进入流通领域成为社会化的商品，促进间建筑产品质量的提高，生产成本降低。(3) 建筑施工的装配化和机械化：建筑设计的标准化、构配件生产的工厂化和产品的商品化，使建筑机械设备和专用设备得以充分开发应用。(4) 组织管理科学化：针对建筑业的特点，一是设计与产品生产、产品生产与施工方面的综合协调。二是生产与经营管理方法的科学化，要运用现代科学技术和计算机技术促进建筑工业化的快速发展。

1.3 建筑工业化施工的发展现状

1993 年制定的《中国 21 世纪人居报告》中提到住宅产业，这是建筑工业化在我国最早的体现。1995 年国家启动重大科技产业工程项目：“2000 年小康型城乡住宅科技产业工程”，标志着住宅产业开始收到国家关注。同年，原建设部下发了《建筑工业化发展纲要》，加快了我国建筑工业化发展步伐。1999 年，国家在总结“2000 年小康型城乡住宅科技产业工程”成果的基础上，开始推广康居示范工程，并将其作为住宅产业化的载体和发展方向，自此我国的住宅产业化进入一个快速发展阶段。

2006 年原建设部下发《国家住宅产业化基地试行办法》，目前在全国已先后建立了国家住宅产业化基地，有近 300 多个国家示范工程项目正在实施。2011 年，住建部制定的《建筑业“十二五”发展规划》、2012 年发布的《关于推进我国绿色建筑发展的实施意见》、2013 年发改委和住建部联合下发的《绿色建筑行动方案》等文件中都明确指出要大力发展和推动建筑工业化。

上述表明我国的建筑工业化工作正在积极有效地向前推进。近年来，在三个方面取得了较大发展。

(1) 工业化整体技术水平得到了交大提升。通过大力推进建筑工业化,一方面推动了我国工程建设的技术进步,同时也促进了新技术、新材料、新产品、新材料、新设备在工程建设中的广泛运用。

(2) 建筑工业化尤其是住宅产业化工作的框架基本形成。全国各主要省市都成立了住宅产业化工作机构,并将住宅产业化工作列入日常工作中。近年来,北京、上海、河北、江苏、深圳、沈阳、济南、合肥等省市相继出台了《关于推进住宅产业化的指导意见》以及相应的鼓励政策,有些城市已经在实践中取得了较好成绩,在全国产生了积极影响。

(3) 推荐建筑工业化的市场动力逐步增强。近年来,随着我国经济社会的发展,建筑业生产成本不断提高,劳动力与技术工日渐短缺,这从客观上促使越来越多的开发企业、设计单位、施工企业积极投身到建筑工业化工作中,把推进建筑工业化作为促使企业转型升级、降低成本、提高劳动生产率、实现可持续发展的重要途径。

1.4 建筑工业化的发展前景

由于高能耗和高消耗传统的建造方式给环境带来了巨大压力,不符合我国目前提倡的经济循环发展和可持续发展理念,而作为支柱行业的建筑业更使得建筑工业化的推广迫在眉睫。在未来一段时间内国家的政策将会支持和引导我国的建筑工业化发展,进一步加快促进建筑领域新材料、新技术的应用与发展,推进建筑节能减排工作,建设资源节约型社会。

目前国外的建筑工业化已经相当成熟,建筑工业化体系开始向大规模通用体系转变,建筑工业化更加强调标准化、体系化、专业化,建筑构配件和产品更加注重通用性,住宅模式采用社会化生产和商品化供应的方式,更加强调节能、节水、环保、资源的循环利用等,从而进入建筑工业化可持续发展。从国外发展建

筑工业化的经验来看，要把建筑工业化搞上去，必须抓住以下几个主要环节。

(1) 明确技术政策，全面规划，统一领导。

(2) 发展建材生产，从数量 and 品种上满足房建需要。

(3) 重视施工机械装备，发挥施工机械作用。

(4) 有较完整的预制加工工业体系，为设计和施工提供有利条件。

(5) 发展工业化建筑体系，把标准化提高到新的高度。

(6) 通过多种途径，发展主体工程和配套工程的工业化。

(7) 重视组织管理，保证建筑工业化付诸实现。

(8) 加强科研、情报和教育工作，促进建筑工业化不断创新。

第2章 建筑工业化项目设计

2.1 建筑工程装配式施工的设计目标及关键技术应用

装配式建筑与传统建筑在设计方法上存在着很多不同。

1. 着眼高度不同

传统住宅项目的规划设计仅针对单独项目的需求,包括甲方条件、功能要求及审美需要等,各小区是无关联的分散个体。在装配式住宅设计中,整个小区都隶属于装配式住宅整体的宏大逻辑体系中,甚至这个体系还要影响到所有采用类似建构体系的其他小区,共享设计方法、装配构件、标准模块、标准楼栋等。因此,在装配式建筑设计之初,就需要整体考虑本小区与全部装配式住宅体系的关系及与其他装配式住宅小区的关系。

2. 目标体系差异

传统住宅与装配式住宅预期目标不同主要体现在两个方面。首先,大部分传统住宅设计项目是全新的,从任务书开始设计项目。设计以功能为导向,追求基本功能的满足和空间环境的宜居性。而现有的装配式住宅项目不仅需要着眼功能和宜居,也需要关注设计对工厂化生产和装配式施工的影响。装配式住宅设计关注轴线尺寸统一化与户型标准化,是为了减少外墙构件及楼板构件种类,提高建造效率,实现住宅功能性与经济性的统一。其次,装配式住宅的工业化特征为不同小区之间采用相同构件模块提供了可能,也为构件产品及标准化楼栋的多次利用提供了可能。

3. 涉及阶段区别

传统住宅项目在方案设计阶段一般仅涉及小区规划设计,建