

国家重点研发计划资助项目 (2016YFC0701900 / 2016YFC0701500)

装配式建筑培训系列教材

装配式混凝土建筑设计

Design of Precast Concrete Building

中建科技有限公司

中建装配式建筑设计研究院有限公司 编 著

中国建筑发展有限公司

中国建筑工业出版社

装配式建筑培训系列教材

装配式混凝土建筑设计

中建科技有限公司

中建装配式建筑设计研究院有限公司 编 著

中国建筑发展有限公司

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

装配式混凝土建筑设计/中建科技有限公司, 中建装配式建筑设计研究院有限公司, 中国建筑发展有限公司编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 12

装配式建筑培训系列教材

ISBN 978-7-112-21451-8

I. ①装… II. ①中… ②中… ③中… III. ①装配式混凝土结构-建筑设计-技术培训-教材 IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 267828 号

本书全面、系统地讲解了装配式混凝土建筑各方面设计内容, 具体包括: 装配式建筑设计概论、建筑系统划分及系统集成设计、结构系统设计、机电系统设计、内装系统设计、外围护系统设计、BIM 协同设计平台构建及信息化集成设计、案例分析。

本书适合装配式混凝土建筑各专业设计人员使用, 也适合高等院校相关专业师生、科研院所技术人员参考使用。

责任编辑: 李 阳 李 明 朱首明 周 觅

责任设计: 李志立

责任校对: 焦 乐 王雪竹

装配式建筑培训系列教材

装配式混凝土建筑设计

中 建 科 技 有 限 公 司

中建装配式建筑设计研究院有限公司 编著

中 国 建 筑 发 展 有 限 公 司

*

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

北京建筑工业印刷厂制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16½ 字数: 410 千字

2017 年 12 月第一版 2017 年 12 月第一次印刷

定价: 45.00 元

ISBN 978-7-112-21451-8

(31066)

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)

本书编委会

主 任：叶浩文

副 主 任：叶 明 樊则森

委 员：周 冲 刘治国 李 文 李志武 王云燕

成 员：蒋 杰 徐政宇 李新伟 廖敏清 鲁晓通

邱 勇 欧天祺 张志彬 崔燕辉 钱 骁

张永深 曹 民 蓝 芬 李文伟 陈锡谐

吴晓亮 浦华勇 王 秒 张明皓 尹述伟

吴 江 严 涛 张艾荣 黄轶群

序 言

2016年9月,《国务院办公厅关于大力发展装配式建筑的指导意见》(国办发[2016]71号)中提出要坚持标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理、智能化应用,大力发展装配式混凝土建筑和钢结构建筑,提高技术水平和工程质量,促进建筑产业转型升级。2017年3月,住房和城乡建设部印发了《“十三五”装配式建筑行动方案》(建科[2017]77号),进一步明确了发展装配式建筑的工作目标,强调要形成装配式建筑专业化队伍,全面提升装配式建筑质量、效益和品质,实现装配式建筑全面发展。

在国家大力推广装配式建筑之际,建筑业转型升级迎来了重大机遇,国家及各地政府也都相继出台相关鼓励政策,颁布了相应的国家、行业及地方技术标准。此外,科技部在国家“十三五”重点研发方面,围绕“绿色建筑及建筑工业化”领域科技需求,广泛组织行业人员开展装配式建筑科研课题攻关,从基础理论、顶层设计、产业链整合和技术评估等多方面进行深入研究。装配式混凝土建筑是装配式建筑的主要结构形式,是实现建筑工业化的重要手段和主要抓手。我国通过总结、创新适合我国国情的装配式建筑关键技术体系,引进和消化国外先进技术,不断积累和改进,已基本形成相关结构体系并得到成功应用。目前,我国正处于快速发展并推广装配式建筑的关键时期。随着装配式建筑工程规模的逐渐增大,从事装配式建筑研发、设计、生产、施工和管理等环节的从业人员,无论是数量还是素质均已经无法满足装配式建筑的市场需求。据统计,我国建筑工业化专业技术人才的缺口已近百万人。截至目前,在高等院校的培养教育方面,建筑工业化发展所需后备人才仍是空白。因此,为了较好地加快装配式建筑领域专业人才的培养,中建科技有限公司、中建装配式建筑设计研究院有限公司、中国建筑发展有限公司受中国建筑工业出版社邀请,编写《装配式混凝土建筑设计》和《装配式混凝土建筑施工技术》等培训系列教材。希望通过本培训系列教材,使得传统建筑人才具备从事装配式建筑工程技术研发、设计、生产、施工及工程管理的知识和能力,从而全面提升装配式建筑全产业链整合和实践能力,促进装配式建筑的可持续健康发展。

最后,由于装配式建筑发展迅速,新技术、新产品、新工艺等不断涌现,有一些行业技术标准也未统一,加之我们水平有限,书中难免有不妥和遗漏之处,谨请广大读者批评指正。

叶浩文

2017年7月

前 言

装配式建筑是指用预制的构件在工地装配而成的建筑，通过“标准化设计、工厂化生产、装配式施工、一体化装修、信息化管理”，全面提升建筑品质和建造效率，达到可持续发展的目标。发展装配式建筑是建造方式的重大变革，是推进供给侧结构性改革和新型城镇化发展的重要举措，也是推进建筑业转型的重要方式，有利于节约资源能源、减少施工污染、提升劳动生产效率和质量安全水平，有利于促进建筑业与信息化、工业化深度融合，培育新产业、新动能，推动化解过剩产能，实现社会的可持续发展。

2016年9月27日《国务院办公厅关于大力发展装配式建筑的指导意见》（国办发〔2016〕71号）中提出力争用10年左右的时间，使装配式建筑占新建建筑面积的比例达到30%。该政策的出台将会促进装配式建筑的发展，同时也对装配式建筑技术提出了更高的要求。

现阶段从事装配式建筑研发、设计、生产、施工、管理等的人员，已经无法满足装配式建筑的发展需求。为了加速培养具有装配式建筑技术的相关人才，中建科技有限公司、中建装配式建筑设计研究院有限公司、中国建筑发展有限公司受中国建筑工业出版社邀请，编写了本教材。本教材结合目前装配式混凝土建筑的相关政策现行标准规范，以培训装配式混凝土建筑设计人员为主要目标，重点介绍了建筑系统划分及系统集成设计、结构系统设计、机电系统设计、内装系统设计、外围护系统设计、BIM协同设计平台构建及信息化集成设计，同时进行了相关的案例分析。本教材编写过程中力求内容精炼、图文并茂、重点突出、文字表述通俗易懂，便于相关人员更好地掌握装配式建筑的知识。

目 录

1 绪 论	1
1.1 装配式建筑的“三化论”	1
1.2 装配式建筑的“五化一体论”	3
1.3 装配式建筑的“三个一体化发展论”	5
2 装配式建筑设计概论	7
2.1 装配式建筑的设计阶段及深度要求	7
2.2 装配式建筑设计要点概述	16
2.3 装配式建筑设计的关键问题	18
3 建筑系统划分及系统集成设计	28
3.1 建筑系统划分	28
3.2 建筑系统集成设计	28
3.3 模数与模数协调	40
3.4 模块与模块组合	44
3.5 接口设计	51
4 结构系统设计	53
4.1 结构系统设计概述	53
4.2 结构材料	55
4.3 整体计算分析	56
4.4 预制构件设计	57
4.5 构件节点连接设计	71
4.6 装配整体式框架结构	78
4.7 装配整体式剪力墙结构	85
5 机电系统设计	98
5.1 机电系统设计概述	98
5.2 给水排水设计	100
5.3 供暖、通风、空调及燃气设计	107
5.4 电气及智能化设计	112
6 内装系统设计	120
6.1 内装系统设计概述	120
6.2 内装材料	123
6.3 内装部品	142
7 外围护系统设计	149
7.1 外围护系统设计概述	149

7.2 外围护结构分析与计算 150

7.3 防水及保温节能设计 151

7.4 预制混凝土外挂墙板 153

7.5 蒸压加气混凝土板材类系统 161

7.6 组装骨架外墙系统 173

7.7 幕墙系统 182

7.8 门窗系统 190

7.9 屋面系统 192

8 BIM 协同设计平台构建及信息化集成设计 193

8.1 BIM 简述 193

8.2 BIM 在设计前期阶段的应用 196

8.3 BIM 在方案设计阶段的应用 199

8.4 BIM 在初步设计阶段的应用 205

8.5 BIM 在施工图设计阶段的应用 207

8.6 BIM 在内装设计阶段的应用 210

8.7 BIM 预制构件设计 212

9 案例分析 214

9.1 装配整体式框架剪力墙结构工程案例 214

9.2 装配整体式剪力墙结构工程案例 231

附录 A 名词解释 250

附录 B 引用标准名录 253

参考文献 254

后 记 255

1 绪 论

装配式建筑古已有之，希腊古典柱式中的柱头、柱身及柱础以装配的方式组装在一起。装配式建筑不是舶来品，我国古建筑中的榫卯、斗拱均采用了装配组装的方式，整栋建筑甚至可以不用一颗铆钉和一滴胶水，仅通过榫卯干式连接的方式就可以建造完成。建筑业泰斗梁思成先生在 1962 年即提出了“设计标准化、构件预制工厂化、施工机械化”的“三化论”。从 20 世纪 80 年代末期开始，我国的装配式建筑经历了从一度繁盛到逐步走向衰落的过程。停滞了近 20 年的装配式建筑，终于在 21 世纪迎来了复苏。随着时代的发展和科技的进步，装配式建筑行业在吸收并学习“三化论”的基础上，提出了新的“五化一体”概念，补充增加了“机电内装一体化与管理信息化”。2016 年叶浩文同志在中国建筑学会建筑产业现代化发展委员会成立大会上，代表学会作了《建筑工业化“三个一体化”的发展思维》主题报告，首先提出了“三个一体化”发展论，为行业转型发展，向着工业化、绿色化、信息化系统集成的方向迈进提供了理论支持和实践方法论。

1.1 装配式建筑的“三化论”

1962 年 9 月 9 日梁思成先生在《人民日报》上撰文《从拖泥带水到干净利索》。在此非常有必要以敬仰的心态，重温梁先生的文字，原文如下：

“结合中国条件，逐步实现建筑工业化。”这是党给我们建筑工作者指出的方向。我们是不可能靠手工业生产方式来多快好省地建设社会主义的。

19 世纪中叶以后，在一些技术先进的国家里生产已逐步走上机械化生产的道路。唯独房屋的建造，却还是基本上以手工业生产方式施工。虽然其中有些工作或工种，如土方工程，主要建筑材料的生产、加工和运输，都已逐渐走向机械化；但到了每一栋房屋的设计和建造，却还是像千百年前一样，由设计人员个别设计，由建筑工人用双手将一块块砖、一块块石头，用湿淋淋的灰浆垒砌；把一副副的桁架、梁、柱，就地砍锯刨凿，安装起来。这样设计，这样施工，自然就越来越难以适应不断发展的生产和生活的需要。

第一次世界大战后，欧洲许多城市遭到破坏，亟待恢复、重建，但人力、物力、财力又都缺乏，建筑师、工程师们于是开始探索最经济地建造房屋的途径。这时期他们努力的主要方向在摆脱欧洲古典建筑的传统形式以及繁缛雕饰，以简化设计施工的过程，并且在艺术处理上企图把一些新材料、新结构的特征表现在建筑物的外表上。

第二次的世界大战中，造船工业初次应用了生产汽车的方式制造运输舰只，彻底改变了大型船只个别设计、个别制造的古老传统，大大地提高了造船速度。从这里受到启示，建筑师们就提出了用流水线方式来建造房屋的问题，并且从材料、结构、施工等各个方面探索研究，进行设计。“预制房屋”成了建筑界研究试验的中心问题。一些试验性的小住

宅也试建起来了。

在这整个探索、研究、试验，一直到初步成功，开始大量建造的过程中，建筑师、工程师们得出的结论是：要大量、高速地建造就必须利用机械施工；要机械施工就必须使建造装配化；要建造装配化就必须将构件在工厂预制；要预制就必须使构件的类型、规格尽可能少，并且要规格统一，趋向标准化。因此标准化就成了大规模、高速度建造的前提。

标准化的目的在于便于工厂（或现场）预制，便于用机械装配搭盖，但是又必须便于运输；它必须符合一个国家的工业化水平和人民的生活习惯。此外，既是预制，也就要求尽可能接近完成，装配起来后就无需再加工或者尽可能少加工。总的目的是要求盖房子像孩子玩积木那样，把一块块构件搭在一起，房子就盖起来了。因此，“标准应该怎样制订”就成了近 20 年来建筑师、工程师们不断研究的问题。

标准的制定，除了要从结构、施工的角度考虑外，更基本的是要从适用——即生产和生活的需要的角度考虑。这里面的一个关键就是如何让求得一些最恰当的标准尺寸的问题。

多样化的生产和生活需要不同大小的空间，因而需要不同尺寸的构件。怎样才能使比较少数的若干标准尺寸足以适应层出不穷的适用方面的要求呢？除了构件应按大小分为若干等级外，还有一个极重要的模数问题。所谓“模数”就是一座建筑物本身各部分以及每一主要构件的长、宽、高的尺寸的最大公约数，每一个重要尺寸都是这一模数的倍数。只要在以这模数构成的“格网”之内，一切构件都可以横、直、反、正、上、下、左、右地拼凑成一个方整体，凑成各种不同长、宽、高比的房间，如同摆七巧板那样，以适应不同的需要。模数不但要适应生产和生活的需要，适应材料特征，便于预制和机械化施工，而且应从比例上的艺术效果考虑。我国古来虽有“材”、“分”、“斗口”等模数传统，但由于它们只适于木材的手工业加工和殿堂等简单结构，而且模数等级太多，单位太小，显然是不能适用于现代工业生产。

建筑师们还发现仅仅使构件标准化还不够，又从两方面进一步发展并扩大了标准化的范畴。一方面是利用标准构件组成各种“标准单元”，例如在大量建造的住宅中从一户一室到一户若干室的标准化配合，凑成种种标准单元。一幢住宅就可以由若干个这种或那种标准单元搭布置。另一方面的发展就是把各种房间，特别是体积不太大而内部管线设备比较复杂的房间，如住宅中的厨房、浴室等，在厂内整体全部预制完成，做成一个个“匣子”，运到现场，吊起安放在设计预定的位置上。这样，把许多“匣子”垒叠在一起，一幢房屋就建成了。

从工厂预制和装配施工的角度考虑，首先要解决的是标准化的问题。但从运输和吊装的角度考虑，则构件的最大允许尺寸和重量又是不容忽视的。总的要求是要“大而轻”。因此，在吊车和载重汽车能力有限的条件下，如何减轻构件重量，加大构件尺寸，就成了建筑师、工程师，特别是材料工程师和建筑机械工程师所研究的问题。研究试验的结果：一方面是许多轻质材料，如矿棉、陶粒、泡沫矽酸盐、轻质混凝土等等和一些隔热、隔声材料以及许多新的高强轻材料和结构方法的产生和运用；一方面是各种大型板材（例如一间房的完整的一面墙做成一整块，包括门、窗、管、线、隔热、隔声、油饰、粉刷等，一应俱全，全部加工完毕），大型砌块，乃至上文所提到的整个房间之预制，务求既大且轻。同时，怎样使这些构件、板材等接合，也成了重要的问题。

机械化施工不但影响房屋本身的设计，而且也影响到房屋组群的规划。显然，参差错落，变化多端的排列方式是不便于在轨道上移动的塔式起重机的操作的（虽然目前已经有了无轨塔式起重机，但尚未普遍应用）。在“设计标准化，构件预制工厂化，施工机械化”的前提下圆满地处理建筑物的艺术效果的问题，在“千篇一律”中取得“千变万化”，的确不是一个容易解答的难题，需要作巨大努力。

我国古代哲匠的传统办法虽然可以略资借鉴，但显然是不能解决今天的问题的，但在苏联和其他技术先进的国家已经有了不少相当成功的尝试。“三化”是我们多快好省地进行社会主义基本建设的方向。但“三化”的问题是十分错综复杂，彼此牵挂联系着的，必须由规划、设计、材料、结构、施工、建筑机械等方面人员共同研究解决。几千年来，建筑工程都是将原材料运到工地现场加工，“拖泥带水”地砌砖垒石、抹刷墙面、顶棚和门窗、地板的活路。“三化”正在把建筑施工引上“干燥”的道路。近几年来，我国的建筑工作者已开始做了些重点试验，如北京的民族饭店和民航大楼以及一些试点住宅等。但只能说在主体结构方面做到“三化”，而在最后加工完成的许多工序上还是不得不用手工业方式“拖泥带水”地结束。“三化”还很不彻底；其中许多问题我们还未能很好地解决。目前基本建设的任务比较轻了。

我们应该充分利用这个有利条件，把“三化”作为我们今后一段时间内科学研究的重点中心问题，以期在将来大规模建设中尽可能早日实现建筑工业化。那时候，我们的建筑工作就不要再拖泥带水了。

梁先生在文章中提到了很多关键词，例如“模数”、“网格”、“标准化单元”、“匣子”、“三化”等。虽然时间过去了半个世纪，这些关键词依然是发展装配式建筑经常被提及的概念。就目前而言，有些内容是进步了的，有些还是在原地踏步，还有一些甚至出现了倒退。现阶段我们肩负着历史与行业发展的使命，以“预制梦想、装配未来”为发展理念，提出“五化一体”的产业发展方向，坚持“三个一体化”核心思想，时刻牢记“两提两减”的装配式建筑发展初心。

1.2 装配式建筑的“五化一体论”

2015年11月，中国建筑股份有限公司副总工程师、中建科技集团有限公司董事长叶浩文同志撰写《EPC五化一体是建筑工业化必由之路》，详细阐明了“五化一体”的核心内容与装配式建筑的发展路径，原文如下：

建筑工业化给行业带来了许多思考，我的思考结论就是“做好这件事就要实行EPC五化一体”。建筑工业化是我国推进生态文明、精益建造企业转型升级的一件大事。这几年来政府陆续出台了很多政策，非常积极地推动建筑工业化，很多地方政府也积极响应中央政府，上海和深圳响应力度较大。在政府的大力引导下，部分企业正在积极实践，我们中建就开展了很多尝试，做了很多示范项目，目前很多建筑产业化基地也逐渐开展起来了，可以说建筑工业化进入了一个很好的发展机遇期。

建筑工业化目前面临着诸多的困难、诸多的挑战、诸多的困惑。中建为了做好这个事业，近两年做了很多调研和思考。现在我把我们在调研中的一些思考、困惑、误区跟大家做一个交流。大家都知道做建筑工业化就是要实现绿色发展，要推行设计标准化、生产工

厂化、施工装配化、装修一体化以及过程全部管理信息化，但在实际过程中会碰到很多困惑和挑战，很多地方都是以装配率和预制率来衡量建筑工业化程度，其实这是远远不够的。要搞好建筑工业化，就要技术的创新，要管理的创新，要全产业链的发展。只有一次大的革命创新才能搞好建筑工业化，如果不是大的创新，只是小打小闹的话，建筑工业化的发展是没有前景的。

我们仅仅做主体结构的预制还不够，还要使用全产业链的部品，只有全产业链的协同设计、协同生产、协同装配、共同发展，才能产生巨大的作用。大家应该有这么一个感觉，如果单独做某一件东西，成本肯定会很大，但如果我们把一个东西以生产线方式批量自动生产，这个成本一定会变小；所以要控制住成本，就要标准化、批量生产。我们现在碰到的问题除了前面讲的，在管理上也存在着诸多的问题，比如现在没有推行建筑、结构、机电、装修一体化，无法实现 EPC 工程总承包模式。这个工程总承包模式是工业化能够向前大迈进的一个关键模式，这个管理模式可以极大地推动建筑工业化向前发展，我认为这是唯一模式。

.....

前面谈的是建筑工业化存在的一些阻碍、障碍、问题、误区，要怎么解决这些阻碍、障碍、问题、误区呢？我觉得那就是要采用“EPC 五化一体”模式进行建设（设计标准化、生产工厂化、施工装配化、机电装修一体化、管理信息化），整体协同发展，这才是建筑工业化的必由之路。“EPC 五化一体”的技术优势，就是通过设计能够把模数、模块认真的研究，使其系列化、标准化、模块化，这样就可以不单在一个地方生产，还可以在全国各地生产。这个技术优势非常显著，统筹策划、协同设计、生产加工等环节都可以做到很精密。搞建筑工业化有一个误区，就是有些同志认为，工业化搞的是低端产品，开发商搞的是成品房，自己搞的是精品，工业化产品不适合自己的。实际上不是这样，建筑工业化就是精品制造。我们之前去国外参观时发现重要建筑和关键建筑只有工厂才能够做到精益，比如造汽车，如果手工做一辆汽车，没有多少人敢用，但如果在生产线上做辆汽车，大多数人会更放心，会觉得更好。

实现 EPC 五化一体最为重要的就是要确定工程总承包，总承包主体可以是大的建筑集团，也可以是大的建筑设计集团。无论是大的建筑集团还是大的建筑设计集团，都要能够把全产业链统筹起来，实行总包策划和管理管控。只要我们能够实行这种 EPC 五化一体，就能够做到效益的最大化，品质会更佳，成本会更低，工期会更短，安全性会更高。EPC 五化一体的技术优势非常明显，同时也还有其他方面的众多优势，此处不再详述。

下面再简单说一下中建对建筑工业化的思考和实践。中建以前主要服务于各个开发商和各个设计院，做了很多现场调装、拼装的工作，但是没有系统的、完整地去做这件事，经过诸多的调研，中建专门成立了中建科技集团，要将其打造成中建建筑工业化的产业平台、技术研发平台、投资管控平台，同时协同八大工程局来共同发展。我们聚焦于绿色建筑与节能、新型的建筑材料、新能源等，然后融入建筑工业化里面，通过建筑工业化来带动绿色建筑、建筑节能、新型建筑材料的发展。如果没有将新材料、新工艺融入建筑工业化当中，建筑工业化就仅仅是个框架，建造出的房子舒适度就不会高，性能也不会好，所以要搞好建筑工业化就应该因地制宜地进行多元素融合。

中建科技集团打造产业平台，是一个新技术、新材料应用及产业化发展的平台，我们

的发展理念和思路就是要“设计先导，技术引领；合理布局，系统联动；产业化平台，区域经营；EPC 五化一体”。这个设计先导讲的是我们成立了建筑工业化设计研究院、建筑工业化技术研究中心，要把全产业链都要研究和开发起来，成立若干个分院，对设计、生产加工、建筑材料等进行全面的研究。研究的产品，除了住宅、酒店、办公、医院、学校外，还包括地下综合管廊，从体系上讲除了框架以外，PC、PS、盒子结构都在研究中。

.....

通过中建总公司的合理布局，中建科技集团要和八个工程局进行系统联动，未来要在全国建三四十个预制构件厂。现在我们搭建了一个产业平台，就是要区域发展，实行 EPC 五化一体。我们的理念是不卖构件，要卖就卖产品，实行产业联盟，联合各家公司共同搞好这件事情。

让我们共同携手，把建筑工业化变成一个大战略，联合有志要发展的行业企业共同推进建筑工业化的发展。就说到这里，谢谢大家。

1.3 装配式建筑的“三个一体化发展论”

2016 年 6 月 26 日，在中国建筑学会建筑产业现代化发展委员会成立大会上，叶浩文代表学会作了《建筑工业化“三个一体化”的发展思维》主题报告，首先提出了“三个一体化发展论”（图 1.3-1），为行业转型发展，向着工业化、绿色化、信息化的方向迈进提供了理论支持和实践的方法论。

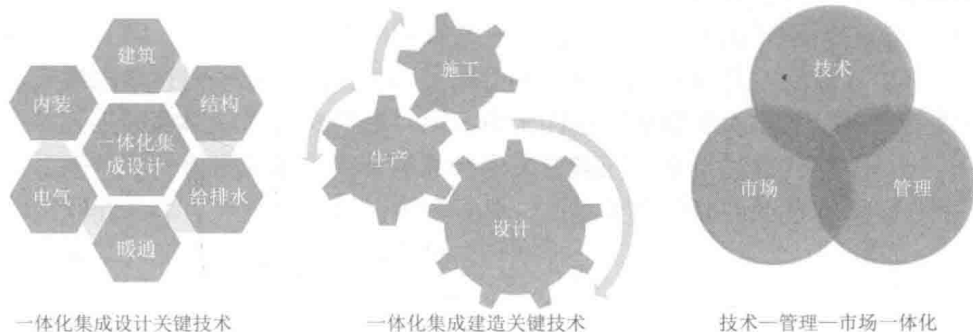


图 1.3-1 三个一体化发展论

“三个一体化发展论”主要针对的是我国现阶段装配式建筑发展过程中存在的几个关键问题：

（1）全过程割裂的问题

突出体现在设计不考虑工厂加工生产和现场装配施工的需要，导致工厂加工效率低、人工浪费，现场既有预制又有现浇，工序工艺复杂，人工减少和材料节省有限，质量和效率的提升不明显。

（2）全专业分割的问题

突出体现在“装配式结构”的研究没有与建筑围护、机电设备和装饰装修结合。目前建成的装配式建筑存在的质量问题，绝大多数是主体结构、建筑围护、机电设备、装饰装修不配套导致的问题。

（3）管理和运行机制不适应技术和市场需求的问题

突出体现在按照传统的施工总承包模式，无法从施工的末端引导前端的技术研发、设计、部品部件采购等环节，需要建立国际通行的工程总承包模式，以管理、技术、市场一体化的责任主体统筹全链条。

“三个一体化发展论”以问题为导向提出了相应的解决方案：

（1）建筑、结构、机电、装修一体化，是系统性装配的要求

要解决建筑、结构、机电管线、装饰装修协同度差以及专业间分割的问题，不仅需要建立标准化的模数模块、统一的接口和规则，还需要建立标准化的协同工作平台，用信息化手段确保各个专业在同一个虚拟模型上统一设计，实现“建筑、结构、机电设备和装饰装修一体化”。

（2）设计、加工、装配一体化，是工业化生产的要求

要解决装配式建筑设计、加工、装配脱节的问题，需要研究不同阶段对建筑系统的要求和系统集成方法，实现“设计、加工、装配一体化”。

（3）技术、管理、市场一体化，是产业化发展的要求

要解决管理和运行机制不适合技术发展和市场需求的问题，需要实现“管理、技术、市场一体化”。

综上所述，“三个一体化发展论”，在技术层面以装配式建筑为最终产品形成建筑、结构、机电、装修一体化技术体系，在管理层面以整体效益最大化为目标形成设计、生产、施工一体化管理体系，在生产运营层面以工程总承包为发展模式形成技术、管理、市场一体化发展战略。

2 装配式建筑设计概论

2.1 装配式建筑的设计阶段及深度要求

装配式建筑的设计阶段包括技术策划及方案设计、初步设计、施工图、预制构件加工图等设计阶段。每个设计阶段除了与常规现浇建筑设计有类似之处外，还有许多独特的设计要点需要特别注意。

2.1.1 技术策划及方案设计

1. 技术策划阶段

装配式建筑应在项目技术策划阶段进行前期方案策划及经济性分析，对规划设计、产品生产和施工建造各个环节统筹安排。建筑、结构、内装、机电、经济、构件生产等环节应密切配合，对方案的装配式技术选型、技术经济可行性和可建造性进行评估。

装配式建筑是一个系统工程，相比传统的建造方式而言，预制构件的约束条件更多、更复杂。为了实现建造速度快、节约劳动力并提高建筑质量的目的，需要尽量减少现场湿作业，将大部分构件在工厂按计划预制并按时运到现场，经过短时间存放进行吊装施工。因此实施方案的经济性与合理性，生产组织和施工组织的计划性，设计、生产、运输、存放、安装等各工序的衔接性和协同性，相比传统的施工方式尤为重要。好的计划能有效控制成本，提高效率，保证质量，充分体现装配式建筑的产业化优势。

技术策划的总体目标是使项目的经济效益、环境效益和社会效益实现综合平衡。技术策划的重点是项目经济性的评估，主要包括：

(1) 建筑方案和结构选型的合理性

项目无论采用什么样的建造方式，首先要满足使用功能的需求；其次取决于建筑方案是否符合标准化设计的要求，是否结合装配式建造的特点和优势进行了高完成度的设计并考虑了易建性和建造效率；最后是结构选型的合理性，结构选型本质上属于建筑方案适用和合理性的重要方面，对建筑的经济性和合理性非常重要。装配式混凝土结构按照结构形式，可分为装配式框架结构、装配式剪力墙结构、装配式框架—剪力墙结构等。目前应用最多的是装配式剪力墙结构，主要用于住宅建筑，其次是框架结构、框架—剪力墙结构，主要应用于公共建筑。

常见的装配式建筑体系主要有五种：

体系一：现浇为主、部分装配为辅。

主体受力结构采用标准模板现浇，将建筑外墙（包括飘窗挂板）、阳台、楼梯等外围护构件和公共楼梯部分作为预制构件，预制率在15%以上，该体系有“内浇外挂”和“内浇外嵌”两种形式。

图 2.1-1 为上海万科城花新园工程项目。该项目位于七宝镇，采用了 PC 技术，外墙、阳台等围护结构以及楼梯采用 PC 工厂预制的方式生产。



图 2.1-1 上海万科城花新园项目

体系二：标准模板现浇+复合构件组合。

主体受力结构采用现浇形式，结构内筒体及承重墙体现浇，非承重内墙、外墙（非承重墙体与叠合梁一同预制）、阳台板、公共楼梯预制，预制率可达 30% 左右。

图 2.1-2 为中国铁建南岸花语城。该项目的建筑外墙、楼板、阳台、空调板、楼梯、轻质内隔墙采用预制构件。

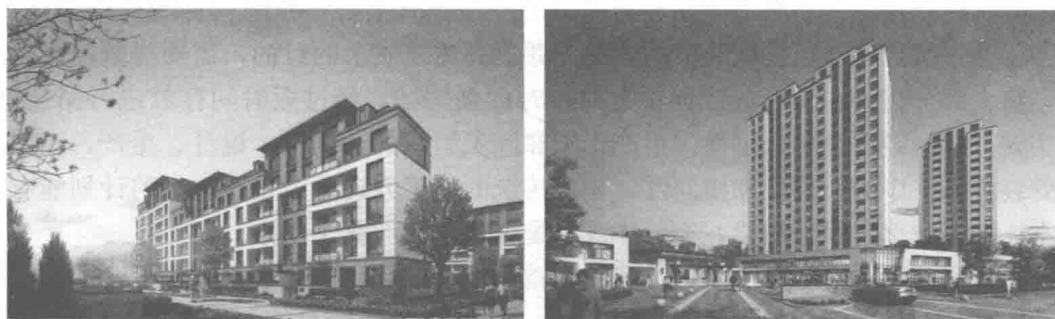


图 2.1-2 中国铁建南岸花语城项目

体系三：装配为主、部分装配为辅。

现浇部分包括核心筒墙体、现浇楼板、叠合板现浇部分、预制构件连接现浇节点。预制部分包括预制外墙板（剪力墙及非承重墙）、预制内墙板（剪力墙及非承重墙）、预制叠合楼板、预制阳台板、预制楼梯板及预制防火隔墙等，预制率在 50% 以上。

图 2.1-3 为深圳裕璟幸福家园保障性住房项目。该项目是深圳市乃至全国首个采用 EPC 总承包模式的住宅产业化试点项目，项目预制率高达 50%，而成本增量仅为 5%，此项目将成为深圳市建筑工业化新技术应用的新标杆。

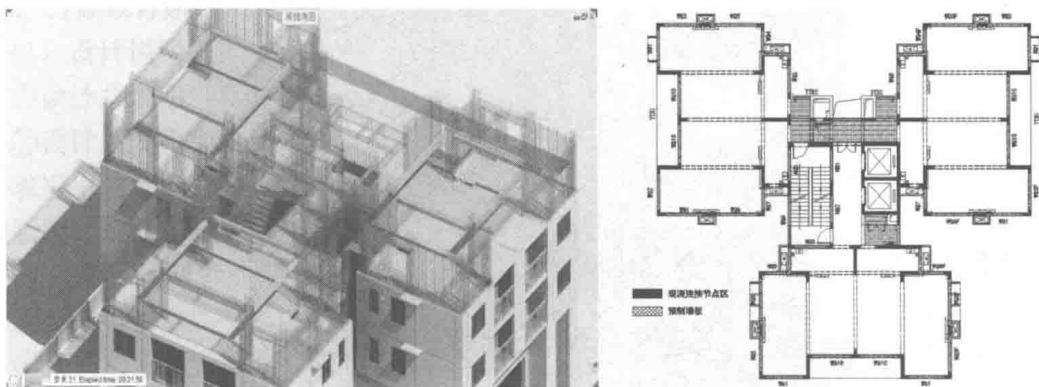


图 2.1-3 深圳裕璟幸福家园保障性住房项目

体系四：预制混凝土框架结构。

混凝土结构全部或部分采用预制柱或叠合梁、叠合板等构件，竖向受力构件之间通过套筒灌浆形式，水平受力构件之间通过套筒灌浆或后浇混凝土形式，节点部位通过后浇或叠合方式形成可靠传力机制，并满足承载力和变形要求的框架结构，预制率在 75% 左右。

图 2.1-4 为沈阳万科春河里项目。该项目采用日本鹿岛框架筒体结构体系，核心筒采用现浇方式，框架梁、框架柱采用预制方式，楼板采用叠合方式，内墙、复合夹芯保温外墙及楼梯均采用预制方式，结构预制部分达到 70% 以上，施工速度快，构件质量控制好。



图 2.1-4 沈阳万科春河里项目

体系五：装配式钢框架结构。

装配式钢结构体系由框架梁和框架柱作为主要受力构件抵抗竖向和水平荷载的钢结构体系。框架梁有 I 形、H 形和箱形梁等种类，框架柱有 H 形、空心圆钢管或方钢管柱、方钢管混凝土柱等种类。外墙、分户墙、楼板均可采用预制构件，整个建筑中预制率高达 90% 以上。

图 2.1-5 为招金置业办公楼，采用的是装配式钢框架结构，该项目建筑面积 13512m²。