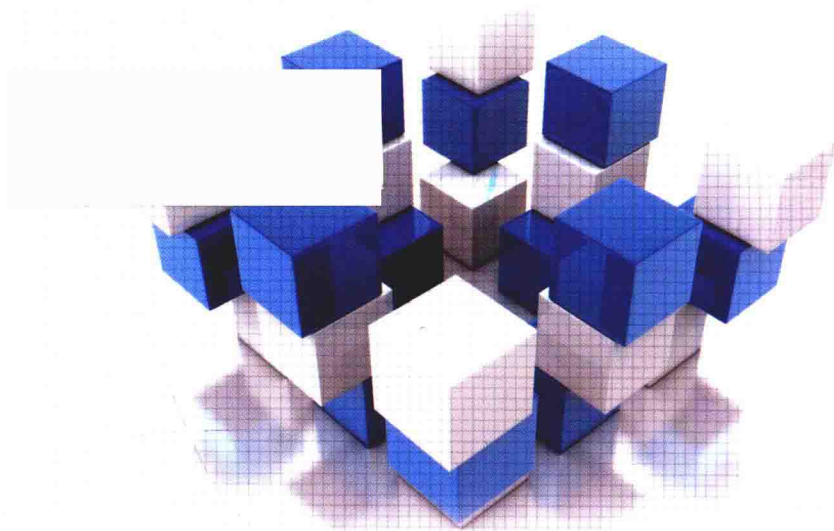


装配式建筑结构 技术 200 问

本书编委会 编



中国建筑工业出版社

200 Questions

装配式建筑结构技术 200 问

本书编委会 编



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

装配式建筑结构技术 200 问/《装配式建筑结构技术 200 问》

编委会编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 12

ISBN 978-7-112-21457-0

I. ①装… II. ①装… III. ①建筑结构-工程施工-问题解
答 IV. ①TU74-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 267860 号

本书根据《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1—2014、《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232—2016、《装配式木结构建筑技术标准》GB/T 51233—2016、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666—2011、《钢结构工程施工规范》GB 50755—2012、《木结构工程施工规范》GB/T 50772—2012、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99—2015、《胶合木结构技术规范》GB/T 50708—2012、《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 等标准编写, 主要介绍了装配式结构的概述、装配式混凝土结构、装配式钢结构和装配式木结构。

本书内容丰富, 通俗易懂, 具有很强的实用性与可操作性。可供从事装配式建筑设计、施工的技术人员、结构工程师以及相关专业师生学习参考。

责任编辑: 张 磊 郭 栋

责任校对: 芦欣甜 李美娜

装配式建筑结构技术 200 问

本书编委会 编

*

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

北京红光制版公司制版

河北鹏润印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16 字数: 395 千字

2018 年 1 月第一版 2018 年 1 月第一次印刷

定价: 40.00 元

ISBN 978-7-112-21457-0

(31134)

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 编 李守巨

参 编 (按姓氏笔画排序)

于 涛 王红微 吕克顺 危 聪

刘秀民 刘艳君 孙石春 孙丽娜

李 瑞 李冬云 李德建 何 影

张 彤 张 敏 张文权 张静晓

张黎黎 高少霞 董 慧

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。这种建筑的优点是建造速度快,受气候条件制约小,节约劳动力并可提高建筑质量。随着现代工业的建筑发展,装配式建筑注重对环境、资源的保护,其施工过程中有效减少了建筑污水、有害气体、粉尘的排放和建筑噪声的污染,降低了建筑施工对周边环境的各种影响,有利于提高建筑的劳动生产率,促进设计、建筑的精细化,提升建筑的整体质量和节能减排,促进了我国建筑业健康可持续发展,符合国家经济发展的需求。基于此,我们组织编写了这本书。

本书根据《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1—2014、《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232—2016、《装配式木结构建筑技术标准》GB/T 51233—2016、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666—2011、《钢结构工程施工规范》GB 50755—2012、《木结构工程施工规范》GB/T 50772—2012、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99—2015、《胶合木结构技术规范》GB/T 50708—2012、《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 等标准编写,主要介绍了装配式结构的概述、装配式混凝土结构、装配式钢结构和装配式木结构。

本书内容丰富,通俗易懂,具有很强的实用性与可操作性。可供从事装配式建筑设计、施工的技术人员、结构工程师以及相关专业师生学习参考。

由于编写时间仓促,编写经验、理论水平有限,难免有疏漏、不足之处,敬请读者批评指正。

目 录

1 概 述

1.1 装配式结构发展历史	1
问 1: 什么是装配式混凝土结构?	1
问 2: 装配式混凝土结构国外发展情况如何?	2
问 3: 装配式混凝土结构国内发展情况如何?	4
问 4: 装配式钢结构国外发展情况如何?	5
问 5: 装配式钢结构国内发展情况如何?	5
问 6: 木结构的发展历程如何?	7
1.2 装配式结构发展现状和存在问题	8
问 7: 装配式建筑发展现状如何?	8
问 8: 装配式建筑管理机制存在哪些问题?	11
问 9: 目前我国装配式结构主要问题有哪些?	12
问 10: 钢结构墙体存在哪些问题?	13
问 11: 钢结构防火存在哪些问题?	14
问 12: 钢结构设计存在哪些问题?	15
问 13: 钢结构构件生产存在哪些问题?	15
问 14: 钢结构施工过程存在哪些问题?	16
问 15: 木结构发展存在哪些问题?	16
1.3 装配式混凝土建筑技术体系	17
问 16: 装配式混凝土建筑主要技术体系有哪些?	17
问 17: 什么是装配式剪力墙结构技术体系? 有哪些特点?	17
问 18: 什么是装配式混凝土框架结构体系? 有哪些特点?	18
问 19: 什么是装配式框架-剪力墙结构体系? 有哪些特点?	19
1.4 常用术语	20
问 20: 通用术语有哪些?	20
问 21: 建筑术语有哪些?	21
问 22: 机电设备术语有哪些?	21
问 23: 混凝土结构术语有哪些?	22
问 24: 钢结构建筑术语有哪些?	23
问 25: 木结构术语有哪些?	25

2 装配式混凝土结构

2.1 装配式混凝土结构设计	29
问 1: 装配式结构设计依据是什么?	29
问 2: 装配式结构设计包括哪些内容?	29
问 3: 设计协同包括哪些内容?	30
问 4: 建筑物最大适用高度如何确定?	30
问 5: 装配式混凝土结构高宽比如何确定?	32
问 6: 装配式建筑平面设计有哪些规定?	33
问 7: 如何进行建筑体系的立面设计?	33
问 8: 架空问题如何解决?	35
问 9: 轻体内墙设计有哪些特点?	35
问 10: 何谓“三明治板”, 其特点有哪些?	35
问 11: 幕墙板如何拆分?	36
问 12: 幕墙如何进行防火构造?	38
问 13: 如何进行窗户和预制混凝土墙板一体化节点构造?	40
问 14: 什么是极限状态设计方法?	40
问 15: 装配式结构抗震有哪些规定?	42
问 16: 实际条件对结构拆分有哪些限制?	44
问 17: 装配式构件如何分类?	44
问 18: 装配式混凝土结构建筑预埋件如何分类?	46
问 19: 装配式楼盖如何进行设计与拆分?	47
问 20: 如何进行叠合楼板的设计与计算?	48
问 21: 框架结构设计有哪些规定?	55
问 22: 如何进行装配式剪力墙结构的设计与拆分?	55
问 23: 装配式墙板设计包括哪些内容?	57
问 24: 外挂墙板如何进行设计计算?	57
问 25: 外挂墙板连接节点设计有哪些要求?	60
问 26: 装配式结构楼梯与支撑件有哪些连接方式?	61
问 27: 装配式构件制图设计包括哪些内容?	61
问 28: 如何进行装配式构件堆放与运输设计?	62
2.2 装配式混凝土结构构件制作	64
问 29: 什么是预制工艺?	64
问 30: 预制场地如何选择?	64
问 31: 预制场地应遵循哪些原则?	65
问 32: 预制构件有哪些生产方式?	66
问 33: 构件生产工艺流程包含哪些内容?	67
问 34: 对混凝土材料有哪些要求?	67
问 35: 如何进行混凝土搅拌?	68

问 36：混凝土拌合物应符合哪些质量要求？ 70

问 37：钢筋加工分哪些方法，注意事项分别是什么？ 70

问 38：钢筋连接方法有哪些？ 72

问 39：如何进行模具拼装？ 74

问 40：如何进行饰面材料的铺贴？ 75

问 41：钢筋骨架如何进行吊运？ 77

问 42：如何进行钢筋骨架入模？ 77

问 43：如何进行混凝土浇筑和振捣？ 77

问 44：混凝土构件养护有哪些方法？ 84

问 45：如何进行构件脱模？ 85

问 46：如何进行产品表面清理？ 85

问 47：墙板起吊有哪些要求？ 87

问 48：构件运输有哪些方法？ 87

问 49：常用的构件运输工具有哪些？ 88

问 50：装卸和运输过程中应注意哪些事项？ 88

问 51：墙板堆放有哪些方法？ 89

问 52：墙板堆放应注意哪些事项？ 89

问 53：吊装、堆放与运输过程中有哪些安全要求？ 90

2.3 装配式混凝土结构施工..... 90

问 54：装配式混凝土施工应具备哪些条件？ 90

问 55：装配式建筑主要施工机械有哪些？ 91

问 56：灌装设备与工具包括哪些？ 91

问 57：现场制备有哪些要求？ 92

问 58：构件进场需进行哪些检验？ 92

问 59：装配式结构施工组织设计包括哪些内容？ 97

问 60：施工技术方案包括哪些内容？ 98

问 61：构件吊装前应做哪些准备工作？ 99

问 62：如何进行构件吊装放线？ 99

问 63：构件吊装作业包括哪些基本工序？ 100

问 64：如何进行预制梁吊装？ 100

问 65：如何进行预制剪力墙板吊装？ 102

问 66：如何进行预制外挂墙板吊装？ 103

问 67：如何进行预制楼梯吊装？ 104

问 68：如何进行装配式混凝土灌浆作业？ 105

问 69：装配式混凝土构件安装缝如何施工？ 106

问 70：如何进行预制构件钢筋连接？ 106

问 71：如何进行构件接缝构造连接？ 111

问 72：如何进行施工质量验收？ 114

问 73：什么是绿色施工？绿色施工原则是什么？ 122

3 装配式钢结构

3.1 装配式钢结构设计	124
问 1: 钢结构设计的一般原则是什么?	124
问 2: 钢结构设计有哪些基本要求?	124
问 3: 设计时, 钢材如何选定?	124
问 4: 钢结构设计如何进行平面布置?	126
问 5: 什么是标准化设计?	127
问 6: 如何进行模块设计?	127
问 7: 立面设计对预制构件有哪些要求?	128
问 8: 钢结构建筑层高应符合哪些要求?	129
问 9: 钢结构建筑热工设计应符合哪些要求?	130
问 10: 楼板分哪些类型? 如何设计?	130
问 11: 如何进行墙体构造设计?	131
问 12: 钢结构防火构造有哪些要求?	132
问 13: 如何进行各阶段设计协同?	137
问 14: 关于结构整体变形有哪些规定?	138
问 15: 钢结构的型式有哪些? 如何布置?	140
问 16: 结构分析法包括哪些内容?	142
问 17: 如何进行构件设计?	144
问 18: 钢结构连接设计包括哪些内容, 如何设计?	157
问 19: 如何进行地震作用分析?	158
3.2 构件制作、运输与储存	159
问 20: 零部件加工包括哪些步骤, 如何进行?	159
问 21: 如何进行零部件与半成品的组装?	164
问 22: 焊接有哪些要求, 如何检测?	166
问 23: 如何进行表面除锈处理?	169
问 24: 如何进行防腐涂装?	170
问 25: 防火涂装措施有哪些?	171
问 26: 装配式构件存放场地应符合哪些条件?	172
问 27: 钢吊车梁如何安装?	172
问 28: 钢屋架(盖)如何安装?	175
问 29: 如何进行预拼装?	177
问 30: 如何进行拼装变形预防?	178
3.3 装配式钢结构施工	178
问 31: 施工现场材料复验应注意哪些方面?	178
问 32: 施工现场的计量器具使用有哪些要求?	179
问 33: 施工阶段设计有哪些要求?	180
问 34: 如何进行施工现场测量?	181

问 35: 如何进行普通紧固件连接?	183
问 36: 焊接接头包括哪些内容?	184
问 37: 如何进行焊接操作?	185
问 38: 高强度螺栓连接应注意哪些事项?	188
问 39: 钢结构吊装安装有哪些要求?	191
问 40: 起重吊具和设备有哪些要求?	191
问 41: 构件安装包括哪些内容?	191
问 42: 如何进行标高控制?	192
问 43: 施工监测包括哪些内容?	192
问 44: 施工中安全措施应有哪些?	193
问 45: 如何保证吊装区安全?	193
问 46: 施工现场应具备哪些消防措施?	193
问 47: 如何进行施工监测?	193
问 48: 施工验收应注意哪些事项?	194

4 装配式木结构

4.1 常用材料及配件	196
问 1: 什么是木结构?	196
问 2: 如何根据不同的结构体系选择结构材?	196
问 3: 木材材质等级如何划分?	196
问 4: 如何进行构件选材?	198
问 5: 关于木材含水率有哪些规定?	198
问 6: 规格材等级如何划分?	198
问 7: 什么是胶合材?	198
问 8: 胶粘剂设计使用条件?	198
问 9: 如何选用连接件?	199
4.2 装配式木结构设计	199
问 10: 气候区域如何划分?	199
问 11: 房屋方位与场地如何选择?	200
问 12: 木结构房屋抗震应符合哪些规定?	200
问 13: 木结构房屋的层数、面积有哪些规定?	202
问 14: 木结构隔声应符合那些要求?	202
问 15: 木结构设计指标及参数有哪些?	204
问 16: 螺栓、钉连接如何设计?	205
问 17: 受压构件如何设计?	208
问 18: 受弯构件如何设计?	209
问 19: 剪力墙有哪些构造要求?	210
问 20: 轻型木桁架如何设计?	210
问 21: 如何进行轻型木结构抗震设计?	212

问 22: 构件和基础连接如何设计?	213
问 23: 如何进行木结构防潮设计?	213
4.3 装配式木结构构件制作	215
问 24: 构件制作如何进行选材?	215
问 25: 胶合木构架应符合哪些产品标识?	217
问 26: 如何进行胶合木构件组坯?	217
问 27: 胶合木构件制作应符合哪些要求?	224
问 28: 如何进行样板制作?	225
问 29: 轻型木结构基础与地梁板有哪些要求?	227
问 30: 墙体制作有何要求?	227
问 31: 木构件应具备哪些防腐措施?	229
问 32: 木结构构件运输应注意哪些事项?	230
问 33: 木结构构件存储应注意哪些事项?	230
问 34: 装配式木结构检查应注意哪些事项?	230
4.4 装配式木结构施工	231
问 35: 木结构施工机具有什么要求?	231
问 36: 如何进行屋盖安装?	231
问 37: 如何进行构件连接施工?	234
问 38: 如何进行构件安装?	234
问 39: 构件拼装允许偏差的限值有哪些?	235
问 40: 如何进行螺栓连接?	235
问 41: 如何进行剪板连接?	237
问 42: 如何进行金属连接件连接?	237
问 43: 如何进行木结构吊装?	238
问 44: 如何进行顶棚安装?	240
问 45: 如何进行隔墙安装?	241
问 46: 木结构施工防火应符合哪些要求?	241
问 47: 木结构施工现场应具备哪些安全措施?	242
参考文献	243

1 概 述

1.1 装配式结构发展历史

问 1：什么是装配式混凝土结构？

装配式混凝土结构来自英文“Precast Concrete Structure”，简称“PC 结构”，是由预制混凝土构件通过可靠的连接方式装配而成的混凝土结构，包括装配整体式混凝土结构、全装配混凝土结构等。在建筑工程中简称装配式建筑，在结构工程中简称装配式结构。

装配式混凝土结构是建筑结构发展的重要方向之一，参照世界城市化进程的历史，城镇化往往需要牺牲生态环境和消耗大量资源来进行城市建设，随着我国城镇化快速提升期的到来，综合考虑可持续发展的新型城镇化、工业化、信息化是政府面临的紧迫问题，是研究者的关注核心，也是企业的社会责任。而当前我国建筑业仍存在着高能耗、高污染、低效率、粗放的传统建造模式，建筑业仍是一个劳动密集型企业，与新型城镇化、工业化、信息化发展要求相差甚远，同时面临着因我国劳动年龄人口负增长造成的劳动力成本上升或劳动力短缺的问题。因此，加快转变传统生产方式，以装配式混凝土结构为核心，大力发展新型建筑工业化，推进建筑产业现代化成为国家可持续发展的必然要求。

“建筑产业现代化”于 2013 年全国政协双周协商会提出，2013 年年底，全国住房城乡建设工作会议明确了促进“建筑产业现代化”的要求。

建筑产业现代化是以绿色发展为理念，以住宅建设为重点，以新型建筑工业化为核心，广泛运用现代科学技术和方法，以工业化、信息化的深度融合对建筑全产业链进行更新、改造和升级，实现传统生产方式向现代工业化生产方式转变，从而全面提高建筑工程的效率、效益和质量。

“新型建筑工业化”是建筑产业现代化的核心，早在 20 世纪 50 年代中期，原建工部借鉴苏联经验，第一次提出实行建筑工业化，70 年代中期，原国家建委提出以“三化一改”（设计标准化、构件工厂化、施工机械化和墙体改革）为重点，发展建筑工业化，同时在北京、上海、常州开展试点并进入大发展时期。80 年代末期，因工程质量问题、唐山地震、计划经济转型等原因停止下来。

新型建筑工业化是生产方式变革，是指传统生产方式向现代工业化生产方式转变的过程，是在房屋建造的全过程中采用标准化设计、工厂化生产、装配化施工和信息化管理为主要特征的工业化生产方式，并形成完整的一体化产业链，从而实现社会化的大生产。所谓“新型”的含义主要体现在信息化与建筑工业化的深度整合，其次是区别以前提倡的建筑工业化。

建筑产业现代化与新型建筑工业化是两个不同的概念，产业化是整个建筑产业链的产

业化,工业化是生产方式的工业化。工业化是产业化的基础和前提,只有工业化达到一定的程度,才能实现产业现代化。产业化高于现代化,建筑工业化的目标是实现建筑产业化。因此,实现建筑产业现代化的有效途径是新型建筑工业化。推动建筑产业现代化必须以新型建筑工业化为核心。

作为新型建筑工业化的核心技术体系,装配式混凝土结构有利于提高生产效率,节约能源,发展绿色环保建筑,并且有利于提高和保证建筑工程质量。与现浇施工工法相比,装配式混凝土结构有利于绿色施工,因为装配式施工更符合绿色施工的节地、节能、节材、节水和环境保护等要求,降低对环境的负面影响,包括降低噪声、防止扬尘、减少环境污染、清洁运输、减少场地干扰、节约水、电、材料等资源和能源,遵循可持续发展的原则。而且,装配式混凝土结构可以连续地按顺序完成工程的多个或全部工序,从而减少进场的工程机械种类和数量,消除工序衔接的停闲时间,实现立体交叉作业,减少施工人员,从而提高工效、降低物料消耗、减少环境污染,为绿色施工提供保障。另外,装配式混凝土结构在较大程度上减少建筑垃圾(约占城市垃圾总量的 30%~40%),如废钢筋、废铁丝、废竹木材、废弃混凝土等。

国内外学者对装配式混凝土结构做了大量的研究工作,并开发了多种装配式混凝土结构体系,主要包括装配式混凝土框架结构、装配式混凝土剪力墙结构、装配式混凝土框剪结构、装配式混凝土预应力框架结构等。

问 2: 装配式混凝土结构国外发展情况如何?

工业化预制技术出现于 19 世纪欧洲,到 20 世纪初被重视,但不管是欧洲、日本或者美国,其快速发展的原因不外乎两个。

第一个原因是工业革命。其带来大批农民向城市集中,导致城市化运动急速发展。在 1866 年的伦敦,曾经有人选择一条街道作过一次调研。在这条街上,住 10~12 个人的房子有 7 间,12~16 个人的房子有 3 间,17~18 个人的房子有 2 间。居住情况极为恶劣。1910 年,在伦敦还出现了一些夜店。所谓夜店,不是现在作为娱乐场所的夜店,而是专门给无家可归的人过夜的一些店铺。它们基本上是人满为患,空间小到躺不下,只能一排一排地坐着,在每一排人的胸前拉一根绳子,大家都趴在绳子上睡觉。

第二个原因是第二次世界大战后城市住宅需求量的剧增。同时战争的破坏,导致住宅存量减少,因为军人大批复员,住宅供需矛盾更加激化。在这种情况下,受工业化影响的一批现代派建筑大师开始考虑以工业化的方式生产住宅。如法国的现代建筑大师勒·柯布西耶便曾经构想房子也能够像汽车底盘一样工业化成批生产。他的著作《走向新建筑》奠定了工业化住宅、居住机器等最前沿建筑理论的基础。日本丰田公司在二战以后从汽车行业涉足房屋制造业的时候,其领导人明确提出“要像造汽车一样造房子”。

第二次世界大战以后,由于遭受了战争的残酷破坏,欧洲 20 世纪五六十年代对住宅需求非常大,为此,他们采用工业化的装配式手法大批量地建造生产住宅,并形成了一批完整的、标准化、系列化的建筑住宅体系延续至今。进入 20 世纪 80 年代以后,住宅产业化发展有所变化,开始转向注重住宅功能和多样化发展。有代表性的国家有美国、法国、丹麦和日本。

美国的结构学家巴克敏斯特·富勒为使住宅构件实现工业化生产,在 20 世纪 20 年代发明了轻质金属房屋;1927 年,他设计出第一代多边形最大限度利用能源住宅;1930 年,

他设计出第二代最大限度利用能源住宅；第二次世界大战期间，他设计出第三代最大限度利用能源住宅；20 世纪六七十年代，他又设计出用张力轻质构件制造的穹顶，并竭力推广这种住宅，希望在“城市中建满这种房子”。此后，美国住宅工业化得以发展，并渗透到国民经济的各个方面，住宅及其产品专业化、商品化、社会化的程度很高，主要表现在：高层钢结构住宅基本实现了干作业，达到了标准化、通用化；独立式木结构住宅、钢结构住宅在工厂里生产，在施工现场组装，基本实现了干作业，达到了标准化、通用化；用于室内外装修的材料和设备、设施种类丰富，用户可以从超市里买到各种建材，非专业的消费者可以按照说明书自己组装房屋。美国住宅工业化程度高，住宅质量很好，发展前景值得期待。

法国是世界上推行建筑工业化最早的国家之一，创立了“第一代建筑工业化”，以全装配大板及工具式模板现浇工艺为标志，建立了众多专用体系。随后又向发展通用构配件制品和设备为特征的“第二代建筑工业化”过渡。为了大力发展通用体系，1978 年法国住房部提出以推广“构造体系”（System Construction），作为向通用建筑体系过渡的一种手段。

DM73 样板住宅（图 1-1）基本单元为 L 形，使用面积为 69.08m^2 ，设备管井位于中央，基本单元可以加上附加模块 A 或 B，并采用石膏板隔墙灵活分隔室内空间，这样可以灵活组成 1~7 室户，不同楼层之间也可以根据业主需求灵活布置。规划总平面中，这些基本单元可以组合成 5~15 层的板式、锯齿式、转角式的建筑，或者 5~21 层的点式建筑，或者低层的联排式住宅。主体结构为工具式大型组合模板现浇。

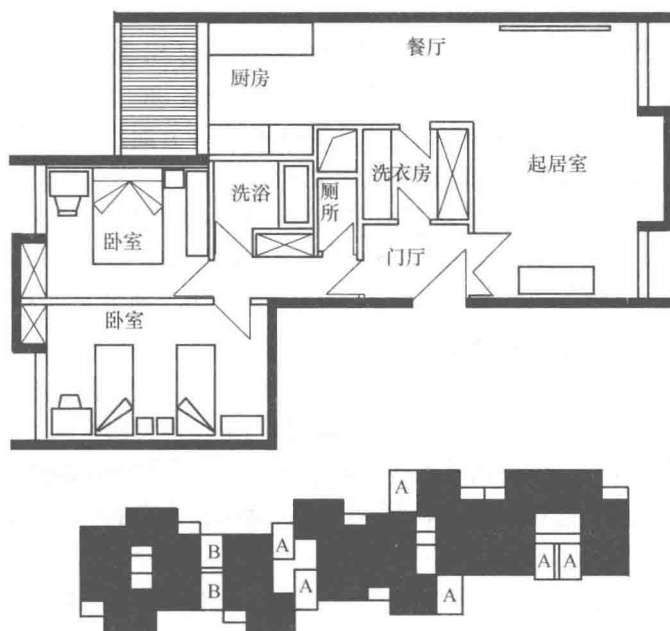


图 1-1 法国的 DM73 样板住宅实例

丹麦也是世界上第一个将模数法制化的国家，现行的国际标准化组织 150 模数协调标准就是以丹麦标准为蓝本改进完成的，它们的模数标准比较健全并且是国家强制执行的。

该标准要求除自己居住的独立式住宅外,所有住宅都必须按模数进行设计。

丹麦通过模数和模数协调实现构件的通用化,制定了 20 多个强制采用的模数标准。正是这些标准,包括尺寸、公差等,保证了不同厂家生产的部品构件相互间的通用性。除此之外,丹麦还通过编写制定“产品目录设计”来发展住宅通用体系化。每个厂家都将自己生产的产品列入该产品目录,再由各个厂家的产品目录汇集成“通用体系产品总目录”。以便设计人员从总目录中任意选用其产品进行住宅设计,使工业化的设计思想能够深入到每一位设计师的意识中。

日本人口密度是中国的 2.48 倍,人均资源和能源的占有量比中国还贫乏,可是通过战后 50 年的迅速发展,日本的住宅建设已跃居世界先进水平的行列,这与日本政府的政策引导和始终坚持住宅工业化的发展方向是密不可分的,他们的经验和教训为目前住宅产生的发展提供了很好的借鉴。

日式建筑以前多为木结构,受二战时期战火的毁坏现象十分严重,针对于此,日本提出了建设“不易燃城市”的城市复兴计划,并借鉴欧洲先进的 PC 技术的经验,积极采用钢筋混凝土结构,使日本的钢筋混凝土结构的建筑体系相继得到开发和普及。经历了“PC 的产业化与规范化的建立(1955~1972 年)”、“PC 体系过渡、完善时期(1973~1982 年)”、“PC 技术新型工业化的开发(1983~1992 年)”、“迎接新挑战,PC 深化发展(1993~今)”等几个阶段。

日本先后开发了以预制板式钢筋混凝土为主导的大板工业化住宅体系 Tilt-up 工法、W-PC 工法、PS 工法、H-PC 工法,以及后期进一步改良的 WR-PC 工法和 R-PC 工法等等,住宅标准化方面先后提出了 SPH(公共住宅标准设计)、NPS(公共住宅新标准设计系列)等,住宅可持续性发展方面扩展了荷兰学者提出的 SI 技术体系,提出了 KSI(机构型 SI 住宅)体系,应用了可变地板、同层排水等技术。20 世纪 80 年代又提出“百年住宅建设系统(CHS)”,住宅向着寿命持久和精细化设计方面进一步发展。

问 3: 装配式混凝土结构国内发展情况如何?

20 世纪 50 年代至 70 年代末,我国学习苏联经验,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,兴起建筑工业化高潮。由于当时实行计划经济体制,我国还没有条件提出产业化的概念,一直称之为“建筑工业化”,而且受制于当时的体制、技术、管理水平,建筑工业化推广范围小,技术水平不高。片面追求主体结构的预制装配化,生产出的建筑产品普遍存在产品单调、灵活性差以及造价偏高等问题,从而造成建筑工业化的综合效益不明显,劳动生产率并未得到大幅度的提高。同时,由于唐山地震中大量预制混凝土结构遭到破坏使人们对预制结构的应用更加保守,另一方面,当时外墙的防水、防渗技术比较落后,业内也停止了对预制技术的研究,预制装配技术不得不被“束之高阁”。

但与此同时,在地震频发的日本和我国台湾地区,采用装配式混凝土结构的住宅建筑甚至表现出了较传统现浇结构更好的抗震性能。目前,日本 PC 建筑最高已达 58 层,193.5m(前田公司 2008 年建成);我国台湾 PC 建筑已达 38 层,133.2m(台湾润泰蓝海住宅,2008 年建成)。在 PC 住宅的抗震问题得到解决的同时,防水、防渗等主要问题也得到了很好解决,而且工业化的生产方式使 PC 住宅在质量方面较现浇结构更具优势,PC 住宅已成为品质住宅的代名词。

进入 20 世纪 90 年代以后,我国进入房地产发展的高潮,这种发展以资金和土地的大量投入为基础,建筑技术仍然停留在原有水平,而此时建筑工业化的研究与发展几乎处于停滞甚至倒退阶段。直到 1995 年以后,为了 2000 年实现小康的需要,我国开始注重住宅的功能和质量,在总结和借鉴国内外经验教训的基础上,重新提出建筑工业化的口号。尤其是住宅建筑工业化仍将是今后发展的方向,并提出了发展住宅产业化和推进住宅产业化的思路,从而使住宅建设步入一个新的发展阶段。

问 4: 装配式钢结构国外发展情况如何?

1. 欧洲发展情况

欧洲钢结构企业大多比较小,多和建筑公司相融合,并成为建筑工程公司的下属子公司。欧洲国家如英、法、德等国钢结构产业化体系相对成熟,钢结构加工精度较高,标准化部品齐全,配套技术和产品较为成熟。欧洲钢结构主要应用领域包括工业单体建筑、商业办公楼、多层公寓、户外停车场等。

2. 美国发展情况

美国大多数钢结构企业已经转型为专业的建筑施工企业,且已经摆脱恶性竞争,走上精品发展路线。多数钢结构工厂规模不大,员工数仅相当于我国中等规模企业。美国钢结构产品质量好,技术含量高,种类齐全。高附加值产品在整个钢结构产量比重大,产业注重节能环保。

钢结构建筑领域主要包括:工业(单体建筑、生产用厂房、仓库及辅助设施等)、商业(商场、旅馆、展览馆、医院、办公大楼等)、社区(私有及公有社区活动中心及建筑如学校、体育馆、图书馆、教堂等)、市政(桥梁、轨道交通)、住宅(多层公寓)等。钢结构施工安装环节机械化水平较高,施工质量管理到位,呈现技术密集型发展。

3. 日本发展情况

日本注重钢结构设计、制作技术的研发,尤其是在桥梁和住宅钢结构方面具有技术特长。钢结构总量比较稳定,1998 年后建筑钢结构用钢量占钢材产量的 30% 左右,总量约为 2000 万 t。选用高强度、高性能钢材,耐火钢结构、耐候钢结构是主要钢结构产品。

耐候钢结构桥梁用钢量保持了高速增长,2002 年后保持在桥梁用钢量的 20% 以上。钢结构主要应用领域包括工业厂房、住宅、大型场馆、桥梁等。阪神大地震之后,日本钢结构设计制作技术有了新的发展,开发应用了钢结构焊接机器人等新型技术。

问 5: 装配式钢结构国内发展情况如何?

一是起步发展阶段。新中国成立后,在苏联经济和技术方面的支持下,我国探索建设了以工业厂房为主的多个钢结构项目。在民用建筑领域,1954 年建成的跨度 57m 的北京体育馆、1959 年建成的跨度 60.9m 的北京人民大会堂万人礼堂是这一时期的代表性钢结构建筑。

二是短暂停滞阶段。20 世纪 60 年代后期至 70 年代,各行业对钢材需求量快速增加,国家提出“建筑业节约钢材”政策要求,钢结构建筑发展进入短暂停滞期。

三是由“节约用钢”向“合理用钢”、“推广应用”转型阶段。20 世纪 80 年代初,国家经济发展进入快车道,钢结构建筑迎来兴旺发展时期。超高层建筑大量采用钢结构体

系，也刺激了钢铁行业产能扩张。20 世纪 80 年代钢结构建筑最高为 208m，90 年代钢结构建筑最高达到 460m。1997 年建设部发布《中国建筑技术政策》（1996～2010 年）明确提出发展建筑钢材、钢结构建筑施工工艺的要求，政策趋向由“节约用钢”转型为“合理用钢”。深圳国贸大厦、上海森茂大厦、北京国贸大厦是这一时期的代表。钢结构建筑进入快速发展时期。

钢结构住宅建设全面启动。20 世纪 80 年代中后期我国开始从意大利、日本引入低层钢结构住宅。1999 年国家经贸委明确将“轻型钢结构住宅建筑通用体系的开发和应用”作为建筑业用钢的突破点。在国家、地方政府推动和政策扶持下，各地积极推进钢结构住宅发展。武汉世纪家园、天津丽苑小区、上海北蔡工程、山东莱钢樱花园小区、北京郭庄子住宅小区、厦门帝景苑住宅群等是这一时期的代表。

四是由“合理推广应用”向“鼓励用钢”转型阶段。进入 21 世纪，我国先后承办了一系列国际性重大体育赛事和经贸交流活动，一批超高层、大跨度场馆相继建成，“轻快好省”的钢结构建筑得到政府和社会各界关注，带动钢结构建筑快速发展。北京奥运体育主场馆、上海世博会等文化、体育场馆，以及深圳平安大厦、上海环球金融中心等一批新的城市地标性钢结构建筑成为新一轮钢结构建筑的代表。这些工程实践，缩小了我国钢结构建造技术与国外先进水平的差距。随着我国成为世界第一产钢大国，钢结构也成为机场航站楼、高铁车站和跨海、跨江大桥首选的结构体系，如首都机场 3 号航站楼、北京、上海等地的高铁车站、杭州湾跨海大桥等。

2013 年，国务院《关于化解产能过剩矛盾的指导性意见》明确提出，在建筑领域优先采用、优先推广钢结构建筑。2016 年，《中共中央、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《国务院关于钢铁行业化解过剩产能实现脱困发展的意见》也都明确提出发展钢结构建筑，我国钢结构建筑将迎来在充足材料供给和较好技术基础上的新发展（表 1-1）。

近三年来国家及部分省市发布的推进钢结构建筑发展政策 表 1-1

发布单位	政策名称和发布时间	主要内容
国家发展和改革委员会、住房和城乡建设部	2013 年 1 月 1 日， 《绿色建筑行动方案》	提出“推广适合工业化生产的预制装配式混凝土、钢结构等建筑体系，加快发展建设工程的预制和装配技术，提高建筑工业化技术集成水平。”
国务院	2013 年 10 月 6 日， 《国务院关于化解产能严重过剩矛盾的指导意见》	指出“推广钢结构在建设领域的应用，提高公共建筑和政府投资建设领域钢结构使用比例，在地震等自然灾害高发地区推广轻钢结构集成房屋等抗震型建筑。”
工业和信息化部、住房城乡建设部	2015 年 8 月 31 日， 《促进绿色建材生产和应用行动方案》	提出“发展钢结构建筑和金属建材。在文化体育、教育医疗、交通枢纽、商业仓储等公共建筑中积极采用钢结构，发展钢结构住宅。工业建筑和基础设施大量采用钢结构。在大跨度工业厂房中全面采用钢结构。推进轻钢结构农房建设。”“推广预拌砂浆，研发推广钢结构等装配式建筑应用的配套墙体材料。”“研究制定建材下乡专项财政补贴和钢结构部品生产企业增值税优惠政策。”
国务院	2015 年 11 月 4 日， 国务院常务会议	提出结合棚改和抗震安居工程等，开展钢结构建筑试点