



装配式建筑技术与管理

郭学明◎丛书主编

李青山◎主 编

黄 营◎副主编

装配式 混凝土建筑

—— 结构与拆分设计200问

Precast Concrete Buildings

— 200 Q&As for Structural Design and Detailed Design



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

装配式混凝土结构建筑实践与管理丛书

装配式混凝土建筑—— 结构与拆分设计 200 问

Precast Concrete Buildings——200 Q&As for Structural Design and
Detailed Design

丛书主编 郭学明
本书主编 李青山
副主编 黄 营
参 编 孙海宾 王炳洪



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书由装配式混凝土建筑结构设计经验丰富的作者团队编著。书中内容涵盖了装配式混凝土结构设计与拆分设计中常见和关键的 200 个问题及其解答,包括装配式建筑结构基本概念、结构设计原理、拆分设计原则、构件设计方法和设计质量管理等,同时,对国家标准和行业标准关于装配式建筑设计的要求进行了细化。书中收录了 500 多幅实例照片和图例,可以让读者更加直观地了解装配式混凝土设计过程与要点。

本书是装配式设计单位及地产开发企业管理与技术人员案头必备的工具书,也是工程管理部门、建设单位、监理企业相关人员的参考书,对于相应专业的高校师生也有很好的借鉴、参考和学习价值。

图书在版编目(CIP)数据

装配式混凝土建筑: 结构设计与拆分设计 200 问/李青山主编. —北京: 机械工业出版社, 2018. 1

(装配式混凝土结构建筑实践与管理丛书)

ISBN 978-7-111-58744-6

I. ①装… II. ①李… III. ①装配式混凝土结构—建筑设计—问题解答
IV. ①TU37-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 314025 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 薛俊高 责任编辑: 薛俊高

封面设计: 马精明 责任校对: 刘时光

责任印制: 张 博

河北鑫兆源印刷有限公司印刷

2018 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 23 印张 · 2 插页 · 608 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-58744-6

定价: 59.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

序

我国将用 10 年左右时间使装配式建筑占新建建筑的比例达到 30%，这将是世界装配式建筑发展史上前所未有的大事，它将呈现出前所未有的速度、前所未有的规模、前所未有的跨度和前所未有的难度。我国建筑行业面临着巨大的转型升级压力。由此，建筑行业管理、设计、制作、施工、监理各环节的管理与技术人员，亟须掌握装配式建筑的基本知识。同时，也需要持续培养大量的相关人才助力装配式建筑行业的发展。

“装配式混凝土结构建筑实践与管理丛书”共分 5 册，广泛、具体、深入、细致地阐述了装配式混凝土建筑从设计、制作、施工、监理到政府和甲方管理内容，利用大量的照片、图例和鲜活的工程案例，结合实际经验与教训（包括日本、美国、欧洲和大洋洲的经验），逐条解读了装配式混凝土建筑国家标准和行业标准。本丛书可作为装配式建筑管理、设计、制作、施工和监理人员的入门读物和工具用书。

我在从事装配式建筑技术引进和运作过程中，强烈意识到装配式建筑管理与技术同样重要，甚至更加重要。所以，本丛书专有一册谈政府、甲方和监理如何管理装配式建筑。因此，在这里我要特别向政府管理者、房地产商管理与技术人员和监理人员推荐此书。

本丛书每册均以解答 200 个具体问题的方式编写，方便读者直奔自己最感兴趣的问题，同时也便于适应互联网时代下读者碎片化阅读的特点。但我们在设置章和问题时，特别注意知识的系统性和逻辑关系，因此，在看似碎片化的信息下，每本书均有清晰完整的知识架构体系。

我认为，装配式建筑并没有多少高深的理论，它的实践性、经验性非常重要。基于我对经验的特别看重，在组织本丛书的作者团队时，把有没有实际经验作为第一要素。感谢机械工业出版社对我的理解与支持，让我组织起了一个未必是大牌、未必有名气、未必会写书但确实有经验的作者队伍。

《政府、甲方、监理管理 200 问》一书的主编赵树屹和副主编张岩是我国第一个被评为装配式建筑示范城市沈阳市政府现代建筑产业主管部门的一线管理人员；副主编胡旭是我国第一个推动装配式建筑发展的房地产企业一线经理，该册参编作者还有万科分公司技术高管、监理企业总监和构件制作企业高管。

《结构与拆分设计 200 问》一书的主编李青山是结构设计出身，从事装配式结构技术引进、研发、设计有 7 年之久，目前是三一重工装配式建筑高级研究员；副主编黄营从事结构设计 15 年之久，专门从事装配式结构设计 5 年，拆分设计过的装配式项目达上百万平方米。另外两位作者也是经验非常丰富的装配式结构研发、设计人员。

《构件工艺设计与制作 200 问》一书的主编李营在水泥预制构件企业从业 15 年，担任过质量主管和厂长，并专门去日本接受过装配式建筑培训，学习归来后担任装配式制作企业预制构件厂厂长、公司副总等。副主编叶汉河是上海城业管桩构件有限公司董事长，其公司多年向日本出口预制构件，也向上海万科等企业提供预制构件。本书其他参编者分别是预制构件企业的总经理、厂长和技术人员。

《施工安装 200 问》一书的主编杜常岭担任装配式建筑企业高管多年，曾去日本、欧洲、东南亚考察学习装配式技术，现为装配式混凝土专业施工企业辽宁精润公司的董事长。副主编王

书奎现在是承担沈阳万科装配式建筑施工的赤峰宏基公司的总经理，另一位副主编李营是《构件工艺设计与制作 200 问》一书的主编，具体指挥过装配式建筑的施工。该书其他作者也有去日本专门接受施工培训、回国后担任装配式项目施工企业的高管，及装配式工程的项目经理。

《建筑设计与集成设计 200 问》一书的主编，我一直想请一位有经验的建筑师担纲。遗憾的是，建筑设计界大都把装配式建筑看成结构设计的分支，仅仅是拆分而已，介入很少，我没有找到合适的建筑师主编。于是，我把主编的重任压给了张晓娜女士。张女士是结构设计出身，近年来从事装配式建筑的研发与设计，做了很多工作，涉足领域较广，包括建筑设计。好在该书较多地介绍了国外特别是日本装配式建筑设计做法，这方面我们收集的资料比较多，是长项。该书的其他作者也都是有实践经验的设计人员，包括 BIM 设计人员。

沈阳兆寰现代建筑构件有限公司董事长张玉波在本丛书的编著过程中作为丛书主编助理负责写作事务的后勤工作和各册书的校订发稿，付出了大量的心血和精力。

在编写这套丛书的过程中，各册书共 20 多位作者建立了一个微信群，有疑难问题在群里讨论，各册书的作者也互相请教。所以，虽然每册书署名的作者只有几位，但做出贡献的作者要多得多，可以说，每册书都是整个丛书创作团队集体智慧的结晶。

我们非常希望献给读者知识性强、信息量大、具体详细、可操作性强并有思想性的作品，作为丛书主编，这是我最大的关注点与控制点。近十年来我在考察很多国外装配式建筑中所获得的资料、拍摄的照片和一些思索也融入了这套书中，以与读者分享。但限于我们的经验和水平有限，离我们的目标还有差距，也会存在差错和不足，在此恳请并感谢读者给予批评指正。

丛书主编 郭学明

前言

FOREWORD

2016年2月,《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》中提出:“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%”。由此,我国每年将建造几亿平方米的装配式建筑,这将是人类建筑史上,特别是装配式建筑史上史无前例的大事件,它将呈现出前所未有的速度、前所未有的规模、前所未有的跨度和前所未有的难度,我国建筑行业面临着巨大的转型升级压力。

装配式建筑发达国家是通过大量的理论研究、技术研发、工程实践和管理经验的逐步积累才发展起来的,大多经历了几十年的时间,才达到30%以上比例。我们要用10年时间走完其他国家半个多世纪的路,需要学的知识和需要做的工作非常多,专业技术人员、技术工人和管理者的需求将非常巨大。

参与本书编写的作者都是近年来从事装配式建筑设计和开发企业结构技术一线人员,有着多年从事装配式建筑结构工作经验。本书编者多数来自于沈阳市。沈阳市从2009年开始推动装配式建筑发展,并完成了从试点城市升级为示范城市的过程,作为地方政府做了很多开创性的工作。截至目前,沈阳市完成的装配式建筑已累计超过1500万 m^2 。作为本书主编,我非常有幸参与其中,并能够做一些具体工作,对日本装配式技术的中国化和中国装配式剪力墙结构技术的发展过程有了解和体会;副主编黄营先生,沈阳兆寰现代建筑构件有限公司总工程师,从事结构设计15年之久,专门从事装配式结构设计5年,拆分设计过的装配式项目建筑面积达上百万平方米;参编者孙海宾先生,三一筑工科技有限公司主任结构工程师,负责结构设计及装配式建筑研发工作,10年以上传统结构设计经验,5年装配式建筑设计及研发经验,主持完成了万科、华润、恒大、龙湖、旭辉等多个装配式项目,参与完成了万达建筑产业化整体发展规划的制定。参编者王炳洪先生,上海联创建筑设计有限公司工业化建筑研究中心总工程师,高级工程师,2000年毕业于哈尔滨工业大学建筑工程专业,从事结构设计17年之久,重点关注超限结构设计研究。2012年起从事装配混凝土结构设计与研究工作,主持并参与完成了200多万 m^2 的装配式建筑结构设计工作。

本书以装配式建筑国家标准、行业标准为基础,系统介绍了装配式建筑的基本知识、装配式建筑结构设计和拆分等技术。本书对在我国装配式建筑发展大浪潮下,“跃跃欲试”或已经开展工作的各地方政府以及投身其中的开发、设计等相关企业的结构技术和管理者具有很实用的参考价值。可作为装配式建筑结构设计技术人员和管理者的工具书。

本书共15章。

第1章主要介绍了装配式建筑的基本概念、等同原理和连接方式等内容。

第2章主要介绍了装配式建筑的设计内容,涵盖装配式建筑设计与传统现浇设计的不同、设计依据、拆分设计的原则和图样内容等。

第3、4章主要分别介绍了装配式建筑设计基本规定、材料和配件。

第5章主要介绍了楼盖设计,包括楼盖设计内容、种类和适用范围等。

第6章主要介绍了框架结构和其他的柱梁结构体系,对框架结构及其他柱梁结构体系类型、设计方法、设计标准和相应的构件设计进行了详细的论述。

第7~9章主要介绍了剪力墙结构、多层墙板结构和其他剪力墙结构的概念、特点、设计方法和构件设计。

第10章主要介绍了外挂墙板类型、设计方法和板缝构造等。

第11~13章主要介绍了非结构构件设计、低层装配式建筑设计和预埋件设计等内容。

第14、15章主要介绍了图样设计和设计质量管理方面的内容。

装配式混凝土结构建筑在国际建筑界也被称为PC (Precast Concrete) 建筑, 预制混凝土构件被称为PC构件, 为表述清晰, 本书较多地用PC建筑指代装配式混凝土结构建筑。

丛书主编郭学明先生不仅指导作者团队搭建本书框架, 还对全书进行了两轮详细审核, 提出了诸多修改意见, 是本册书主要思想的重要来源之一。我是本书第1章、第6章、第10章、第12章和第13章的编写者。作为主编, 做了牵头及协调工作, 并参与了其他章节的核稿工作。副主编黄营编写了第5章、第7章、第8章、第9章、第11章和第14章; 孙海宾先生编写了第2章、第3章和第4章(51~54问); 王炳洪先生编写了第4章(45~50问)和第15章。

除本书编写人员外, 还要感谢以下人员给予本书的大力支持和帮助: 感谢沈阳兆寰现代建筑产业园有限公司董事郭学明先生、总经理许德民先生对我的指导和支持, 使我在沈阳装配式大潮中得到锻炼与成长。感谢梁晓艳女士, 她是石家庄山泰装饰工程有限公司总工程师, 负责装配式建筑设计研发工作, 完成卓达、天山、万达、恒大等多个项目, 完成本书校对和部分表格、图片的编辑工作。感谢沈阳兆寰现代建筑构件有限公司董事长张玉波先生对本书成稿工作的支持。感谢中国建筑东北设计研究院有限公司的李振宇、岳恒先生为本书绘制结构体系三维图。另外感谢李营、叶贤博等诸君对本书的支持; 感谢为本书提供资料的建工华创、三一筑工等装配式建筑企业, 他们提供的资料也极大丰富了本书的内容。

装配式建筑在我国还处于起步阶段, 许多课题还处于研究和探索阶段, 参与本书的编撰者虽然有从事多年的装配式建筑相关工作经验, 但难免在理论和实践方面存在不足之处, 恳请广大读者批评指正。

主编 李青山

目录

CONTENTS

序 前言

第 1 章 装配式混凝土结构基本概念	1
1. 什么是装配式混凝土建筑?	1
2. 什么是等同原理?	2
3. 什么结构体系适于做装配式?	2
4. 装配式混凝土建筑受到哪些条件限制?	12
5. 装配式混凝土建筑有几种结构连接方式? 适用范围如何?	13
6. 什么是钢筋套筒灌浆连接? 有什么优点缺点? 适用范围如何?	17
7. 什么是浆锚搭接? 有什么优点缺点? 适用范围如何?	19
8. 什么是干法连接? 有什么优点缺点? 适用范围如何?	20
9. 什么是后浇混凝土连接? 有什么优点缺点? 适用范围如何?	22
10. 什么是锚环钢筋连接? 什么是钢索连接? 有什么优点缺点? 适用范围如何?	23
11. 什么是柔性连接? 有什么优点缺点? 适用范围如何?	24
12. 装配式混凝土技术发达国家大都采用什么结构体系?	25
13. 剪力墙结构体系搞装配式存在哪些问题和难点?	25
第 2 章 PC 结构设计内容	27
14. 装配式结构与现浇结构在结构设计上有哪些不同?	27
15. PC 结构设计的依据与原则是什么?	27
16. PC 结构设计的主要内容是什么? 方案设计、施工图设计、拆分设计和构件制作图 设计阶段分别有哪些设计内容?	29
17. 什么是预制率? 预制范围与预制率的大致对应关系是什么?	33
18. 为什么方案设计阶段应与 PC 构件制作、安装企业交流? 交流什么?	34
19. 什么是拆分设计? 拆分设计的内容、原则、步骤是什么? 可应用什么设计软件? ...	35
20. 拆分图样应包括哪些内容?	36
21. 装配式建筑有多少种预制构件?	39
22. 结构设计师在设计协同中须做哪些工作?	41
23. PC 结构设计如何接口设计软件? 如何建模? 设计时应注意哪些参数?	46
第 3 章 结构设计基本规定	48
24. 装配式混凝土建筑适用高度是如何规定的?	48
25. 装配式混凝土建筑高宽比是如何规定的?	49
26. 装配式混凝土建筑抗震等级与抗震设计是如何规定的?	50

27. 装配式混凝土建筑平面形状是如何规定的?	53
28. 如何保证 PC 结构的整体性? 哪些部位须现浇, 有什么具体要求?	54
29. PC 结构竖向布置有什么规定?	55
30. PC 构件与连接节点为什么采用极限状态设计方法设计?	56
31. PC 结构作用与作用组计算是如何规定的?	58
32. 如何进行装配式混凝土建筑的结构分析?	58
33. 接缝承载力应如何计算?	60
34. 预制构件连接和预制构件接长连接有哪些规定?	60
35. 如何选择结构连接方式? 须注意什么?	62
36. 纵向钢筋采用套筒灌浆连接有哪些规定? 如何设计?	63
37. 纵向钢筋采用浆锚搭接有哪些规定? 如何设计?	64
38. 哪些部位 PC 构件须用后浇混凝土连接? 钢筋如何连接?	65
39. PC 构件的哪些面须做成粗糙面和键槽?	71
40. PC 构件纵向钢筋在后浇混凝土中如何锚固? 如何确保受力钢筋伸入支座的锚固 长度?	71
41. 连接件、焊缝、螺栓、铆钉等紧固件如何验算?	72
42. 如何进行金属件验算?	72
43. 外露金属如何处理?	72
44. PC 构件保护层设计是如何规定的?	72
第 4 章 结构材料与配件	74
45. PC 结构材料应符合什么规定? 这些规定的要点是什么?	74
46. PC 结构使用哪些专用材料? 使用现浇混凝土常规材料有哪些特别的要求? 如何 合理选用 PC 结构接缝用密封胶材料?	75
47. 如何选用灌浆套筒?	77
48. 如何选用灌浆料?	87
49. 如何选用金属波纹管? 如何选用注浆孔内模?	89
50. 如何选用机械套筒?	92
51. 如何选用夹心墙板拉结件? 如何进行试验验证?	94
52. PC 构件和后浇混凝土强度等级有什么规定?	96
53. PC 建筑钢筋选用有什么规定? 为什么?	98
54. PC 构件用吊环、预埋螺栓螺母、预埋件钢材、钢筋锚固板、预埋件锚筋、焊接 材料、螺栓、铆钉等材料有什么要求?	98
第 5 章 楼盖结构设计	106
55. PC 楼盖设计有哪些内容?	106
56. 装配整体式结构楼盖有什么规定? 哪些部位须现浇?	106
57. PC 楼盖有几种类型? 适用什么范围?	107
58. 什么是叠合板? 叠合板设计有什么内容与要求?	111
59. PC 楼盖选用与拆分应遵循什么原则?	112
60. 如何确定叠合板按双向板还是单向板设计? 如何确定板平面尺寸?	113
61. 如何布置、设计叠合板钢筋和桁架筋? 如何开洞? 如何加强预留洞口?	114

62. 叠合板与支座如何连接?	115
63. 叠合板之间如何连接?	116
64. 未设置桁架筋的叠合板和叠合梁的叠合面抗剪构造如何设置? 如何验算?	118
65. 楼盖主梁与次梁如何连接?	119
66. 如何进行叠合板构造设计? 降低标高采用怎样的构造?	120
67. 预制楼板与钢结构梁如何连接?	121
68. 如何设计预应力叠合楼板?	121
69. 日本常用楼板样式如何?	123
70. 全预制楼板有哪些规定? 适用范围如何?	125
71. PC 楼盖设计存在哪些问题? 它们的解决办法是什么?	126
第 6 章 框架结构及其他柱梁结构设计	127
72. 柱梁结构包括哪些结构体系? 装配式适宜性如何? 包括哪些构件?	127
73. 装配式框架结构的结构设计与现浇混凝土结构设计有什么不同?	134
74. 装配式柱梁体系结构设计有哪些内容?	136
75. 柱梁体系拆分有什么规定、原则、技巧? 哪些部位必须现浇?	136
76. 框架结构 PC 柱纵向钢筋如何连接?	140
77. 为什么装配整体式框架结构 PC 柱水平接缝处不宜出现拉力? 设计中如何实现?	141
78. 什么情况下进行梁柱节点区抗震受剪承载力验算? 如何验算?	141
79. 什么是叠合梁? 如何设计叠合梁?	141
80. 叠合梁端竖向接缝受剪承载力如何计算?	142
81. 型钢混凝土叠合梁竖向接缝受剪承载力如何计算?	145
82. 地震设计状态下, 预制柱底水平缝的受剪承载力如何计算?	145
83. 地震设计状态下, 型钢混凝土预制柱底水平缝的受剪承载力如何计算?	146
84. 叠合梁设计应符合哪些规定? 构造设计有什么要求? 箍筋配置有什么规定?	146
85. 叠合框架梁后浇区构造设计有什么规定? 采用对接连接时须符合什么规定?	148
86. 主梁与次梁连接有什么规定?	149
87. 预制柱设计有什么规定?	150
88. 预制柱纵向钢筋套筒灌浆连接时的构造有什么规定?	151
89. 预制柱纵向钢筋挤压套筒连接时的构造有什么规定?	151
90. 多层框架结构预制柱中间节点有什么构造?	152
91. 多层预制框架预制柱底层与现浇基础如何连接?	153
92. 预制柱与下层现浇结构如何连接?	154
93. 梁、柱纵向钢筋在后浇区如何锚固、连接? 如何避免后浇区钢筋间距过密影响 混凝土浇筑?	154
94. 叠合梁底部水平钢筋在后浇段如何连接?	156
95. 后张预应力叠合梁如何与柱连接?	157
96. 型钢混凝土柱与型钢混凝土叠合梁如何连接?	157
97. 辽宁地方标准关于装配式框架结构有哪些规定?	158
98. 多层框架结构如何设计?	160
99. 预应力 PC 框架结构如何设计?	162
100. 筒体结构装配式建筑的结构设计应遵循什么原则?	164

101. 如何设计全装配式混凝土框架结构?	165
102. 如何设计装配整体式无梁板结构?	166
103. 日本 PC 建筑结构设计做法是什么?	167
104. 什么是板柱结构和型钢混凝土框架结构?	168

第7章 剪力墙结构设计 170

105. 剪力墙结构装配式建筑包括哪些类型? 适宜性如何?	170
106. 装配整体式剪力墙结构与现浇混凝土结构有什么不同?	172
107. 剪力墙 PC 结构设计包含哪些内容?	173
108. 如何进行剪力墙结构拆分设计?	174
109. 同一层现浇和预制剪力墙共存时候, 抗震设计时现浇墙肢内力增大系数是指什么? 如何在设计计算中实现?	179
110. 剪力墙结构布置有什么要求?	180
111. 抗震设计时, 高层建筑短肢剪力墙有什么规定? 电梯井筒有什么规定?	180
112. 剪力墙 PC 构件有哪些类型? 开洞构造是如何规定的? 如何加强?	181
113. 如何设计、计算 PC 剪力墙内、外墙板? 有哪些构造要求? 洞口连梁如何设计?	182
114. 如何设计剪力墙夹心保温板?	183
115. 采用套筒灌浆连接竖向钢筋的剪力墙, 如何加密水平分布钢筋? 如何考虑竖向 钢筋保护层厚度?	185
116. 采用浆锚搭接竖向钢筋的剪力墙, 如何加密水平分布钢筋? 如何考虑竖向钢筋 保护层厚度?	185
117. 端部无边缘构件的预制剪力墙的构造如何规定?	187
118. 什么剪力墙须填充轻质材料? 如何填充?	187
119. 如何设计剪力墙连梁、圈梁、后浇带?	188
120. 预制剪力墙板横向如何连接?	189
121. 预制剪力墙底部接缝有什么规定?	191
122. 上下层剪力墙竖向钢筋连接有什么规定?	191
123. 上下层剪力墙竖向钢筋采用套筒灌浆连接时有什么规定?	191
124. 采用挤压套筒连接竖向钢筋的预制剪力墙, 应符合哪些规定?	192
125. 采用浆锚搭接竖向钢筋的预制剪力墙, 应符合哪些规定?	193
126. 剪力墙水平缝受剪承载力如何计算?	194
127. 楼面梁与预制剪力墙如何连接、拼接?	194
128. 叠合连梁有什么规定? 如何设计?	195
129. 预制叠合连梁与预制剪力墙如何连接、拼接?	195
130. 叠合连梁端部接缝受剪承载力如何计算?	196
131. 预制剪力墙与现浇加强层和顶层楼板如何连接?	196
132. 后浇连梁与预制剪力墙如何连接?	196
133. 预制剪力墙洞口下方如何设计?	197
134. 装配式剪力墙结构设计的难点是什么? 存在哪些问题? 如何解决?	197
135. 装配式剪力墙结构设计有哪些重要经验?	198

第8章 多层墙板结构设计 199

136. 什么是装配式多层墙板结构? 适用范围如何?	199
----------------------------------	-----

137. 多层装配式墙板结构有几种成熟应用的范例?	199
138. 多层装配式墙板结构设计有哪些规定?	200
139. 多层装配式墙板结构如何拆分?	201
140. 多层装配式墙板结构如何进行结构分析?	201
141. 多层墙板结构如何计算预制剪力墙板水平接缝的受剪承载力?	201
142. 多层墙板结构设置后浇混凝土暗柱有什么规定?	202
143. 多层墙板结构预制剪力墙连接竖缝和水平缝有什么规定或做法?	203
144. 高于三层的多层墙板结构有什么规定?	204
145. 不大于三层的多层墙板结构有什么规定?	205
146. 多层墙板结构基础有几种类型? 是否可以预制?	205
147. 预制剪力墙板与连梁、基础连接有什么规定?	205
第9章 其他剪力墙设计简介	206
148. 双面叠合剪力墙结构如何设计?	206
149. 预制圆孔板剪力墙结构如何设计?	209
150. 型钢混凝土剪力墙如何设计?	211
第10章 外挂墙板设计	216
151. 外挂墙板有哪些类型? 结构设计有哪些内容?	216
152. 如何计算作用与作用组合?	219
153. 如何拆分外挂墙板?	223
154. 外挂墙板与主体结构如何连接? 如何布置、设计连接节点? 如何设计预埋件? ...	224
155. 如何进行外挂墙板结构计算? 如何配筋, 有哪些构造要求?	237
156. 如何设计夹心保温构件? 如何布置、埋置拉结件, 进行结构验算?	240
157. 如何进行外叶板结构计算与设计?	242
158. 如何进行装饰一体化墙板设计? 结构设计中须注意什么?	244
159. 如何进行 PC 墙板板缝设计? 如何计算板缝宽度?	246
160. 外挂墙板跨越主体结构变形缝时如何处理?	250
第11章 非主体结构 PC 构件设计	253
161. 非主体结构 PC 构件包括哪些? 设计的基本规定与原则是什么?	253
162. 如何拆分、设计预制双跑楼梯和剪刀楼梯?	255
163. 如何设计楼梯与混凝土支撑构件的连接节点? 与钢结构梁的连接节点?	257
164. 如何拆分、设计预制阳台板、挑檐板、雨篷板、空调板、遮阳板? 有什么要求?	259
165. 如何设计预制女儿墙及其安装节点?	262
166. 如何设计整体飘窗及其安装节点?	263
167. 如何设计混凝土基材料隔墙板及其安装节点?	264
第12章 低层装配式建筑结构设计	268
168. 低层装配式建筑应用范围对结构设计有什么要求?	268
169. 低层装配式建筑须符合哪些规范?	269
170. 低层装配式建筑主要设计内容是什么?	270

171. 低层装配式建筑适合什么结构体系?	271
172. 低层装配式建筑结构设计采用什么计算模型和计算方法?	273
173. 低层装配式建筑适合什么连接方式? 如何设计计算? 构件所受地震力如何计算?	274
174. 低层装配式结构楼盖、屋盖和坡屋顶如何设计、拆分?	277
175. 低层装配式建筑墙体如何拆分、设计? 如何设计轻体墙板?	282
176. 低层装配式建筑宜采用什么基础? PC 构件如何与基础连接?	284
177. 低层装配式建筑有哪些建成的类型?	286
第 13 章 预埋件设计	289
178. PC 构件有多少种类型预埋件? 如何避免预埋件设计漏项?	289
179. 如何计算预埋件的作用与作用组合?	290
180. 如何设计、选用预埋件及其连接件?	292
181. 如何锚固预埋件? 预埋件部位如何进行构造加强?	295
182. 如何避免预埋件造成空间拥挤影响混凝土浇筑?	297
第 14 章 PC 构件制作图设计	299
183. 如何进行 PC 构件制作图设计? 包括哪些内容?	299
184. PC 构件设计有哪些规定?	300
185. 如何进行 PC 楼板吊点、支承点、预埋件设计及其构造设计?	303
186. 如何进行 PC 梁吊点、支承点、预埋件设计及其构造设计?	307
187. 如何进行 PC 柱吊点、支承点、预埋件设计及其构造设计?	309
188. 如何进行 PC 墙板吊点、支承点、预埋件设计及其构造设计?	313
189. 如何进行 PC 楼梯板吊点、支承点、预埋件设计及其构造设计?	318
190. 如何进行夹心保温板吊点、支承点、预埋件设计及其构造设计?	320
191. 如何进行阳台板、挑檐板、雨篷板、空调板、遮阳板等吊点、支承点、预埋件 设计及其构造设计?	320
192. 如何进行敞口构件临时拉杆设计?	321
193. 构件制作图包括哪些细目? 为什么必须实行“一图通”原则?	322
194. 日本 PC 构件制作图什么样?	325
第 15 章 设计质量管理	329
195. PC 结构设计目前存在什么问题? 易出现什么质量问题?	329
196. PC 结构设计、拆分设计和构件设计由谁承担责任?	338
197. PC 结构设计质量管理的要点是什么?	342
198. PC 结构设计如何与其他专业协同? 与制作、施工环节互动?	343
199. 图样审核重点是什么?	346
200. 如何避免 PC 结构设计易出现问题? 出现问题如何处理?	352

第1章 装配式混凝土结构基本概念



1. 什么是装配式混凝土建筑？

(1) 什么是装配式建筑

按常规理解，装配式建筑是指由预制部件通过可靠连接方式建造的建筑。按照这个理解，装配式建筑有两个主要特征：第一个特征是构成建筑的主要构件特别是结构构件是预制的；第二个特征是预制构件的连接方式必须可靠。按照国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》（GB/T 51231—2016）（以下简称《装标》）的定义，装配式建筑是“结构系统、外围护系统、内装系统、设备与管线系统的主要部分采用预制部品部件集成的建筑。”这个定义强调装配式建筑是4个系统（而不仅仅是结构系统）的主要部分采用预制部品、部件集成。

(2) 装配式建筑的分类

1) 按结构材料分类。装配式建筑按结构材料分类，有装配式钢结构建筑、装配式混凝土结构建筑、装配式轻钢结构建筑、装配式木结构建筑和装配式复合材料建筑（钢结构、轻钢结构与混凝土结合的装配式建筑）等。以上几种装配式建筑都是现代建筑。古典装配式建筑按结构材料分类有装配式石材结构建筑和装配式木结构建筑。

2) 按建筑高度分类。装配式建筑按高度分类，有低层装配式建筑、多层装配式建筑、高层装配式建筑和超高层装配式建筑。

3) 按结构体系分类。装配式建筑按结构体系分类，有框架结构、框架-剪力墙结构、筒体结构、剪力墙结构、无梁板结构、空间薄壁结构、悬索结构、预制钢筋混凝土柱单层厂房结构等。

4) 按预制率分类。装配式建筑按预制率分类，有超高预制率（70%以上）、高预制率（50%~70%）、普通预制率（20%~50%）、低预制率（5%~20%）和局部使用预制构件（0%~5%）几种类型。

(3) 什么是装配式混凝土建筑

按照国家标准《装标》的定义，装配式混凝土建筑是指“建筑的结构系统由混凝土部件（预制构件）构成的装配式建筑。”

1) 装配整体式混凝土结构。装配整体式混凝土结构的定义是：“由预制混凝土构件通过可靠的方式进行连接并与现场后浇混凝土、水泥基灌浆料形成整体的装配式混凝土结构。”简言之，装配整体式混凝土结构的连接以“湿连接”为主要连接方式。装配整体式混凝土结构具有较好的整体性和抗震性。目前，大多数多层和全部高层装配式混凝土结构建筑是装配整体式，有抗震要求的低层装配式建筑也多是装配整体式结构。

2) 全装配混凝土结构。全装配混凝土结构是指预制混凝土构件以干法连接（如螺栓连接、焊接等）形成混凝土结构。

国内许多预制钢筋混凝土柱单层厂房就属于全装配混凝土结构。国外一些低层建筑或非抗震地区的多层建筑常采用全装配混凝土结构。

(4) 什么是 PC、PC 结构

PC 是指预制混凝土，是 Precast Concrete 的缩写。PC 结构是装配式混凝土结构的简称，本书为了表述方便也使用此简称。



2. 什么是等同原理？

(1) 等同原理定义

PC 建筑结构设计的基本原理是等同原理。也就是说，通过采用可靠的连接技术和必要的结构与构造措施，使装配整体式混凝土结构与现浇混凝土结构的效能基本等同。

实现等同效能，结构构件的连接方式是最重要最根本的。但并不是仅仅连接方式可靠就高枕无忧了，必须对相关结构和构造做一些加强或调整，应用条件也会比现浇混凝土结构限制得更严。

(2) 装配式建筑设计特点

按着现行装配式建筑行业标准 and 国家标准规定，装配式建筑的设计有以下特点：

- 1) 装配式混凝土建筑的结构模型和计算与现浇结构相同，仅对个别参数微调整。
- 2) 装配式建筑配筋与现浇相同，只是在连接或其他个别部位加强，比如柱子套筒区域钢筋加强。
- 3) 钢筋连接部位不仅在每个构件同一截面内达到 100%，而且每一个楼层的钢筋连接都在同一高度。由此，装配式建筑竖向构件的连接设计要格外仔细，对制作和施工环节的要求要清晰、明确、具体。
- 4) 装配式剪力墙水平缝受剪承载力计算与现浇相同。
- 5) 在混凝土预制与现浇的结合面设置粗糙面、键槽等抗剪构造措施。

(3) 等同原理的落实情况

等同原理不是一个严谨的科学原理，而是一个技术目标。目前，柱梁结构体系大体上实现了这个目标，而剪力墙结构体系还有距离。比如，建筑最大适用高度降低、边缘构件现浇等规定，表明在技术效果上（或者是放心程度上）尚未达到等同。



3. 什么结构体系适于做装配式？

(1) 常用结构体系

一般而言，任何结构体系的钢筋混凝土建筑，框架结构、框架-剪力墙结构、筒体结构、剪力墙结构、部分框支剪力墙结构、无梁板结构等，都可以做装配式。但是，有的结构体系更适宜一些，有的结构体系则勉强一些；有的结构体系技术与经验已经成熟，有的结构体系则正在摸索之中。下面我们分别讨论各种结构体系的装配式适应性。

1) 框架结构。框架结构是由柱、梁为主要构件组成的承受竖向和水平作用的结构。框架结构是空间刚性连接的杆系结构（图 1-1）。目前框架结构的柱网尺寸可做到 12m，可形成较大的无柱空间，平面布置灵活，适合办公、商业、公寓和住宅。在我国，框架结构较多地用于办公楼和商业建筑，住宅用得比较少。日本多层和高层住宅大都是框架结构

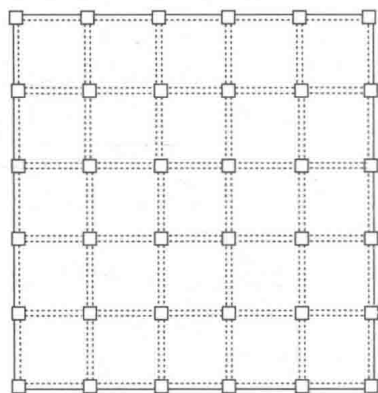


图 1-1 框架结构平面示意图

(日本高 60m 以上建筑算超高层)。笔者与日本设计师交流过,日本住宅为什么喜欢用框架结构和其他柱梁体系结构,而很少用剪力墙结构?日本设计师说主要基于以下考虑:

①他们比较信任柔性抗震,混凝土框架结构建筑经历了地震的考验。日本人把柱梁结构建筑叫作“拉面”结构,“拉面”的日语发音与汉语一样。

②框架结构布置灵活,户内布置可以改变。日本建筑寿命为 65 年、100 年和 100 年以上。高层和超高层建筑的寿命大都是 100 年和 100 年以上。框架结构可以使不同年代不同年龄段的居住者根据自己的需要和偏好方便地进行户内布置改变。关于柱子与梁凸入房屋空间对布置不利问题,从日本的实践看,一方面,目前框架结构很少有 6m 以下的小柱网,大都是大跨度柱网,柱子间距可达 12m。大柱网布置基本削弱了这个不利影响;另一方面,合理的户型设计也会削弱不利影响;还有,日本住宅都是精装修,上有吊顶、下有架空,室内布置比较多的收纳柜,自然而然地遮掩了柱梁凸出问题。

③框架结构管线布置比较方便。框架结构最主要的问题是高度受到限制,按照我国现行规范,现浇混凝土框架结构,无抗震设计最大建筑适用高度为 70m,有抗震设计根据设防烈度高度为 35 ~ 60m。PC 框架结构的适用高度与现浇结构基本一样。只有 8 度 ($0.3g$) 地震设防时高度为 30m,比现浇结构低 5m。国外多层和小高层 PC 建筑大都是框架结构。框架结构的 PC 技术比较成熟。

装配整体式框架结构的结构构件包括柱、梁、叠合梁、柱梁一体构件和叠合楼板等。还有外墙挂板、楼梯、阳台板、挑檐板、遮阳板等。多层和低层框架结构有柱板一体化构件,板边缘是暗柱。

装配整体式框架结构的连接主要采用套筒连接,楼板一般采用叠合楼板或预应力叠合楼板。框架 PC 建筑的外围护结构或采用 PC 外墙挂板,或直接用结构柱、梁与玻璃窗组成围护结构,或用带翼缘的结构柱、带翼缘的梁与玻璃窗组成围护结构;多层建筑外墙和高层建筑凹入式阳台的外墙,也用 ALC 墙板。

④框架结构柱梁属于细长构件,截面形式一般都是规则的矩形,构件的种类少,适合做装配式建筑。

⑤框架结构与剪力墙结构相比,混凝土用量少,主体结构自重轻,预制构件数量和结构连接点都少,做装配式不会增加成本,只会降低成本。

⑥框架结构侧向刚度低,日本高层和超高层建筑多为框架筒体结构,也采用框架-剪力墙结构。没有全剪力墙结构。

2) 框架-剪力墙结构。框架-剪力墙结构是由柱、梁和剪力墙共同承受竖向和水平作用的结构。由于在结构框架中增加了剪力墙,弥补了框架结构侧向刚度不足的缺点;又由于只在局部设置剪力墙,不失框架结构空间布置灵活的优点(图 1-2)。

框架-剪力墙结构的建筑适用高度比框架结构大大提高了。A 级高层无抗震设计时最大适用高度为 150m,有抗震设计根据设防烈度最大适用高度为 80 ~ 130m。PC 框架-剪力墙结构,在框架部分为装配式、剪力墙部分为现浇的情况下,最大适用高度与现浇框-剪结构完全一样(9 度区除外)。框架-剪力墙结构适用于高层和超高层建筑。

装配整体式框架-剪力墙结构,《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)(以下简称《装规》)要求剪力墙部分现浇。日本的框架-剪力墙结构,剪力墙部分也是现浇。

框架-剪力墙结构框架部分的装配整体式与框架结构装配整体式一样,构件类型、连接方式和外围护做法没有区别。

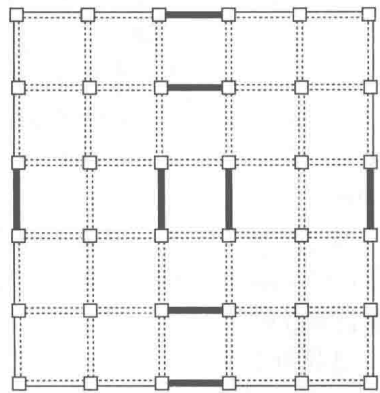


图 1-2 框架-剪力墙结构平面示意图

3) 筒体结构。

①定义。筒体结构是由竖向筒体为主组成的承受竖向和水平作用的建筑结构。筒体结构的筒体分剪力墙围成的薄壁筒和由密柱框架或壁式框架围成的框筒等。

筒体结构还包括框架核心筒结构和筒中筒结构等。框架核心筒结构为由核心筒与外围稀疏框架组成的筒体结构。筒中筒结构是由核心筒与外围框筒组成的筒体结构。筒体结构平面示意如图 1-3 所示。

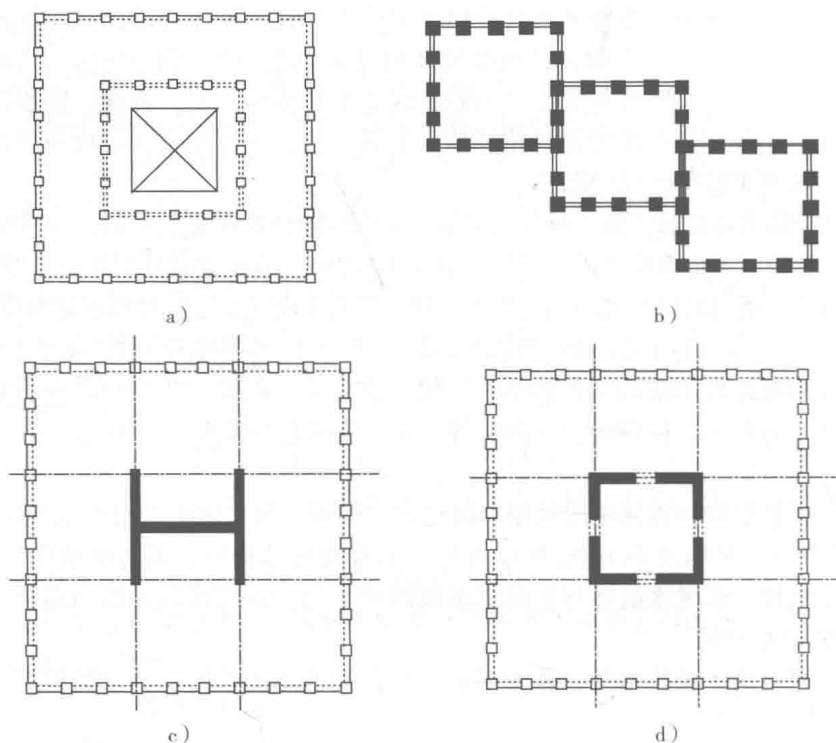


图 1-3 筒体结构平面示意图

a) 筒中筒 b) 连续筒体 c) H 形剪力墙核心筒 d) L 形剪力墙核心筒

筒体结构相当于固定于基础的封闭箱形悬臂构件，具有良好的抗弯抗扭性，比框架结构、框架-剪力墙结构和剪力墙结构具有更高的强度和刚度，可以建更高的建筑。

②规范规定。《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010) (以下简称《高规》) 关于 A 级现浇筒体结构的适用高度规定，框架核心筒结构比框架-剪力墙结构和剪力墙结构高 10 ~ 20m (除 8 度 0.2g 和 9 度外)，筒中筒结构，高出 20 ~ 50m。无抗震要求时，高度可达 200m，有抗震设防要求时为 100 ~ 180m。

《装规》对装配式筒体结构没有规定。

《装标》提出筒体结构也适合做装配式建筑，并且给出了筒体结构的适用高度。抗震设防烈度 6 度、7 度、8 度 (0.2g)、8 度 (0.3g) 情况下最大建筑高度分别是 150m、130m、100m 和 90m。

辽宁省地方标准《装配式混凝土结构设计规程》(DB21/T 2572—2016) (以下简称《辽标》) 中给出了装配整体式“框架-现浇核心筒结构”和“密柱框架筒结构”的最大适用高度：6 度抗震设防时为 150m；7 度抗震设防时为 130m；8 度抗震设防时为 100m。

③国外应用。装配整体式筒体结构在日本应用较多，超高层建筑都是筒体结构，最高达 208m。技术成熟，也经历了地震的考验。表 1-1 给出了几栋日本超高层装配整体式筒体结构建筑的示意图。