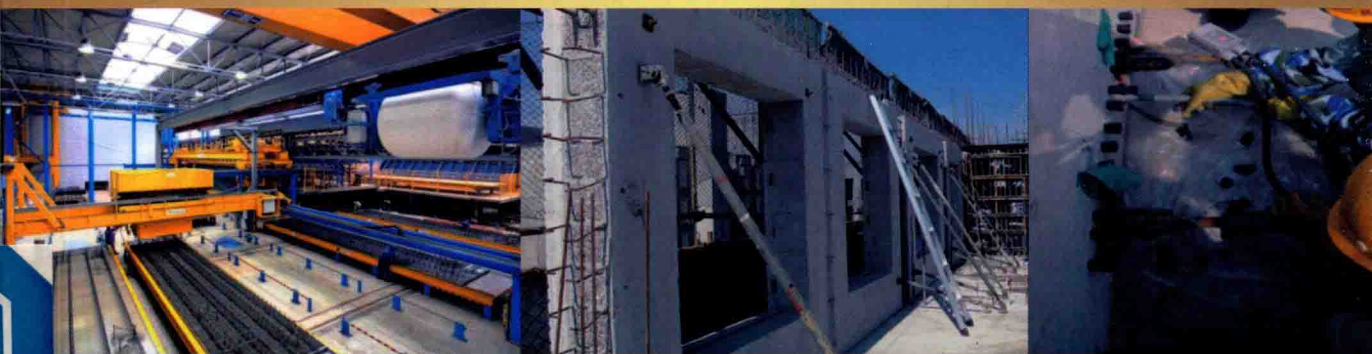


高等院校建筑产业现代化系列规划教材


装配式混凝土建筑 制作与施工

郭学明◎主编



服务建筑产学研
布局建筑装配式
精彩的PPT课件

助推建筑产业化
教材立体新开发
配套习题和解答

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等院校建筑产业现代化系列规划教材

装配式混凝土建筑制作与施工

Manufacture and Construction for Precast Concrete Buildings

主编 郭学明

参编 李 营 杜常岭 叶贤博
许德民 张玉波 张 健
陆 辉 于彦凯



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书为普通高等教育土建学科和管理学科教材。本书由装配式混凝土建筑行业经验丰富且对世界各国先进技术有深入了解的专家团队编著，全面系统地介绍了装配式混凝土建筑基本概念、工厂建设、构件制作、施工安装以及制作施工过程中质量、安全和成本管理的知识与经验，书中400多幅照片和图例多出自装配式建筑技术先进国家和国内实际工程案例。

本书适合土木工程、工程管理、给水排水工程专业使用，也可供装配式建筑行业相关人员学习和参考。

图书在版编目（CIP）数据

装配式混凝土建筑制作与施工/郭学明主编. —北京：机械工业出版社，2018.1

高等院校建筑产业现代化系列规划教材

ISBN 978-7-111-59050-7

I. ①装… II. ①郭… III. ①装配式混凝土结构—建筑工程—工程施工—高等学校—教材 IV. ①TU37

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第018806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3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·24印张·2插页·646千字

标准书号：ISBN 978-7-111-59050-7

定价：55.00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

服务咨询热线：010-88379833

读者购书热线：010-88379649

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

教育服务网：www.cmpedu.com

金书网：www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

前言

FOREWORD

按照中央和国务院的要求，到2026年，我国装配式建筑占新建建筑的比例将达到30%。

装配式建筑并不仅仅是建造工法的改变，也是建筑业基于标准化、集成化、工业化、信息化的全面变革，承载了建筑现代化和实现绿色建筑的重要使命，也是建筑业走向智能化的过渡步骤之一。

装配式建筑大潮的兴起要求每一个建筑业从业者都要进行知识更新，不仅要掌握装配式建筑的知识与技能，还应当形成面向未来的创新意识与能力。如此，建筑学科和管理学科相关专业的大学生更应当与时俱进，了解国内外装配式建筑现状与发展趋势，掌握必备的装配式建筑知识与技能，适应新形势，奠定走向未来的基础。

2017年初，《装配式混凝土结构建筑的设计、制作与施工》（郭学明主编）一书由机械工业出版社出版，受到读者欢迎。不到9个月时间加印两次，并有多所高等院校老师联系出版社，要将此书作为教材。一些教师希望出版社能结合学科与专业设置将该书分成几册，以利于课程安排。

本套教材以《装配式混凝土结构建筑的设计、制作与施工》为基础编写，调整了部分内容，分成三册：《装配式建筑概论》《装配式混凝土建筑构造与设计》和《装配式混凝土建筑制作与施工》。

本书由装配式混凝土建筑行业经验丰富且对世界各国先进技术有深入了解的专家团队编著，包括《装配式混凝土结构建筑的设计、制作与施工》主编郭学明和参编者李营、许德民、张玉波、张健，新增加了杜常岭、叶贤博、于彦凯和陆辉。

本书注重知识的系统性和实用性，既介绍了装配式混凝土建筑制作与施工的系统知识和规范的基本要求，又介绍了国内外先进经验和实际做法，还提出了现存问题与解决办法。表达方式力求用简单的话把复杂的事说清楚。书中近400幅照片和图例有很多出自装配式建筑技术先进国家和国内实际工程案例。

本书共25章。介绍了装配式混凝土建筑的基本概念、材料与配件、制作工艺、工厂设计、构件制作、施工安装、质量管理、安全管理、成本控制、BIM在制作与施工环节的应用等方面的知识与经验。

本书编著过程充分利用微信平台，建立了作者群和专题讨论群，随时进行信息交流和讨论，多数章节两位以上作者执笔、多位作者贡献了智慧。

郭学明为本书主编，除拟定各章提纲、提出要点、审改书稿外，编写了第1章，书中多数章节有其撰写的内容和提供的照片；李营是第3章、第7章、第10章、第23章的主要编写者，是第5章、第9章、第12章、第15章、第16章、第17章、第18章、第19章的主要编写者之一；杜常岭是第16章、第17章、第18章、第19章、第24章的主要编写者之一；叶贤博是第4章的主要编写者，第5章、第9章的主要编写者之一；张玉波是第2章、第22章的主要编写者，参与了第11章、第14章、第21章的编写；许德民是第13章、第24章的主要编写者，第15章的主要编写者之一，参与编写了第20章；张健是第6章、第8章的主要编写者，参与了第3章、第11章、第12章的编写；于彦凯编写了第25章；陆辉参与编写了第14章、第20章、第21

章。张玉波兼任本书主编助理，负责全书校订工作。

感谢装配式建筑施工领域专家吴红兵、王松洲对本书的贡献。

感谢石家庄山泰装饰工程有限公司设计师梁晓艳为本书绘制了样图与图表；沈阳兆寰公司田仙花翻译了有关日语资料；中国建筑东北设计研究院有限公司的李振宇、岳恒为本书绘制了结构体系三维图。

感谢北京思达建茂科技发展有限公司、德国艾巴维/普瑞集团公司、山东天意机械股份有限公司、广东乐而居建筑科技有限公司、上海鼎中新材料有限公司、浙江庄辰机械有限公司、HALFEN（北京）建筑配件销售有限公司、上海蕉城建筑模具有限公司、辽宁精润现代建筑安装工程有限公司、重庆科逸卫浴有限公司为本书提供了图片、资料。

本书编著者希望献出一部知识性强、信息量大、实用性强并有思想性的教材。但限于我们的经验和水平有限，离目标还有较大差距，也存在差错和不足，在此恳请并感谢读者给予批评指正。

编著者

CONTENTS 目录

前言

第1章 装配式混凝土建筑概述	1	4.8 技术方案设计	85
1.1 装配式混凝土概述	1	4.9 劳动力计划	102
1.2 装配式混凝土建筑与结构体系	2	4.10 项目质量管理计划	104
1.3 预制构件	5	4.11 安全管理与文明生产计划	110
1.4 装配式混凝土结构连接方式	7	4.12 套筒灌浆试验及其他试验验证	110
1.5 预制构件制作概述	12	第5章 预制构件模具设计与制作	112
1.6 装配式混凝土建筑施工概述	12	5.1 概述	112
1.7 设计、制作、施工协同概述	12	5.2 模具分类与适用范围	112
第2章 装配式混凝土建筑材料	14	5.3 模具材料	117
2.1 概述	14	5.4 模具设计	121
2.2 连接材料	15	5.5 模具制作	133
2.3 结构主材	25	5.6 模具质量与验收	135
2.4 辅助材料	28	5.7 模具标识、运输与存放	138
第3章 预制构件制作工艺与工厂设计	34	5.8 模具维修与修改	139
3.1 概述	34	第6章 预制构件材料采购、验收与保管	141
3.2 工艺与流程	34	6.1 概述	141
3.3 工厂设计	50	6.2 采购依据与流程	141
3.4 设备配置	55	6.3 材料验收	141
3.5 工厂劳动组织	62	6.4 材料保管	144
3.6 工厂管理系统	66	第7章 预制构件钢筋与预埋件加工	147
3.7 试验室配置	71	7.1 概述	147
第4章 预制构件生产前准备	76	7.2 钢筋加工	147
4.1 概述	76	7.3 钢筋骨架加工	150
4.2 技术交底与图样会审	76	7.4 钢筋与灌浆套筒连接	155
4.3 构件制作生产计划	79	7.5 预埋件加工	156
4.4 模具计划	81	第8章 预制构件混凝土配合比设计	159
4.5 材料、配件与工具计划	81	8.1 概述	159
4.6 设备计划	83	8.2 普通混凝土配合比设计	159
4.7 构件场地分配计划	84		

8.3	高强度混凝土配合比设计	160	11.4	预制构件工厂质量检验程序	225	
8.4	清水混凝土配合比设计	161	11.5	预制构件隐蔽工程验收	227	
8.5	轻骨料混凝土配合比设计	161	11.6	预制构件制作资料与交付	229	
8.6	装饰混凝土配合比设计	161	第12章 预制构件制作安全与文明生产			
第9章 预制构件制作			163	12.1	安全生产要点	232
9.1	概述	163	12.2	文明生产要点	235	
9.2	构件制作工序与要点	163	第13章 预制构件制作成本			
9.3	制作准备	167	13.1	概述	236	
9.4	模具清理、组装	170	13.2	预制构件制作成本构成	236	
9.5	涂刷脱模剂、缓凝剂	172	13.3	预制构件成本计算	237	
9.6	表面装饰层敷设	173	13.4	预制构件价格计算	238	
9.7	钢筋入模	177	13.5	如何降低预制构件制作成本	241	
9.8	门窗框或门窗预埋件安装	179	第14章 集成部品制作			
9.9	套筒、预埋件、留孔内模固定	180	14.1	概述	246	
9.10	构件制作隐蔽工程验收	182	14.2	集成式部品制作原则	246	
9.11	混凝土搅拌与运送	183	14.3	集成式厨房制作	247	
9.12	混凝土浇筑	185	14.4	集成式卫生间制作	249	
9.13	夹芯保温板制作	189	14.5	整体收纳与其他集成部品制作	255	
9.14	构件养护	191	14.6	集成部品包装、运输与资料交付	256	
9.15	构件脱模、翻转	192	第15章 装配式混凝土建筑施工应具备的条件			
9.16	表面检查	193	15.1	概述	258	
9.17	表面处理与修补	193	15.2	人力资源条件	258	
9.18	表面涂料作业	196	15.3	管理与技术条件	259	
9.19	产品保护	196	15.4	设备条件	260	
9.20	预应力构件制作	197	第16章 装配式混凝土工程施工准备			
第10章 预制构件吊运、存放与运输			201	16.1	概述	264
10.1	概述	201	16.2	施工前图样会审与技术交底	264	
10.2	构件厂内吊运	201	16.3	施工组织设计	266	
10.3	构件存放	202	16.4	场地布置	268	
10.4	构件装车与运输	205	16.5	技术、质量、安全、成本方案	269	
10.5	预制构件吊运、存放、运输质量要点	208	16.6	施工组织与劳动力配置	271	
10.6	预制构件吊运、存放、运输安全要点	209	16.7	起重设备的选型与架立	271	
第11章 预制构件质量检验与验收			210	16.8	吊索吊具准备与检验	273
11.1	概述	210	16.9	临时支撑、防护架设计与准备	277	
11.2	预制构件制作常见质量问题及解决办法	210	16.10	施工设备与工具准备	281	
11.3	预制构件质量检验内容	213				

16.11 单元吊装试验	283	第 21 章 内装系统施工	334
第 17 章 工程施工材料采购、检验 与保管	284	21.1 概述	334
17.1 概述	284	21.2 内装系统施工的基本要求	334
17.2 施工材料计划	284	21.3 内隔墙施工	335
17.3 材料采购依据与流程	284	21.4 整体收纳施工	340
17.4 材料验收	285	21.5 其他内装施工	341
17.5 材料保管	287	第 22 章 装配式混凝土工程质量 控制与验收	345
第 18 章 预制构件进场	290	22.1 概述	345
18.1 概述	290	22.2 工程常见质量问题和关键问题	345
18.2 预制构件进场检验	290	22.3 验收依据与划分	348
18.3 预制构件直接吊装	292	22.4 主控项目与一般项目	351
18.4 预制构件工地临时存放	293	22.5 结构实体检验	353
18.5 预制构件工地水平运输	293	22.6 分项工程质量检验	353
第 19 章 装配式混凝土建筑施工	294	22.7 工程验收资料与交付	354
19.1 概述	294	第 23 章 装配式建筑安全与文明 施工	356
19.2 与预制构件连接处现浇混凝土 施工	294	23.1 安全施工要点	356
19.3 安装放线	296	23.2 文明施工要点	361
19.4 预制构件吊装及临时支撑架立	298	第 24 章 装配式混凝土建筑工程 预算与成本控制	363
19.5 灌浆作业	303	24.1 概述	363
19.6 后浇混凝土施工	308	24.2 施工成本与造价构成	363
19.7 临时支撑拆除	316	24.3 施工成本与造价计算	365
19.8 构件安装缝施工	317	24.4 工程预算	366
19.9 现场修补	320	24.5 如何降低施工成本	368
19.10 特殊构件安装	322	第 25 章 BIM 在制作、施工环节 的应用	371
19.11 表面处理	324	25.1 什么是 BIM	371
第 20 章 设备与管线系统施工	325	25.2 BIM 在制作、施工环节能做 什么	371
20.1 概述	325	25.3 制作、施工环节如何运用 BIM	372
20.2 设备与管线系统施工要求	325		
20.3 集成式厨房安装连接	327		
20.4 集成式卫生间安装连接	329		
20.5 其他设备管线安装连接	332		

第1章 装配式混凝土建筑概述

1.1 装配式混凝土概述

1.1.1 什么是装配式建筑

在介绍什么是装配式混凝土建筑之前，我们先了解一下什么是装配式建筑。

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）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四个系统（而不仅仅是结构系统）的主要部分采用预制部品部件集成。

1.1.2 装配式建筑分类

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、装配式木结构建筑、装配式混凝土建筑、装配式轻钢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为：小于5%为局部使用预制构件；5%~20%为低预制率；20%~50%为普通预制率；50%~70%为高预制率；70%以上为超高预制率。

1.1.3 什么是装配式混凝土建筑

按照国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》（GB/T 51231—2016）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”。

1.1.4 装配整体式和全装配式的区别

装配式混凝土建筑根据预制构件连接方式的不同，分为装配整体式混凝土结构和全装配式混凝土结构。

1. 装配整体式混凝土结构

按照行业标准《装配式混凝土结构技术规程》（JGJ 1—2014）和国家标准《装配式混凝土

建筑技术标准》(GB/T 51231—2016)的定义,装配整体式混凝土结构是指“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建筑都是装配整体式,有抗震要求的低层装配式建筑也多是装配整体式结构。

2. 全装配式混凝土结构

全装配式混凝土结构是指预制构件靠干法连接(如螺栓连接、焊接等)形成整体的装配式结构。

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常采用全装配混凝土结构。

1.1.5 什么是PC

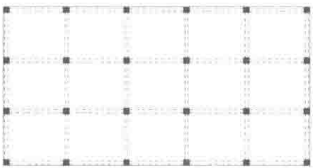
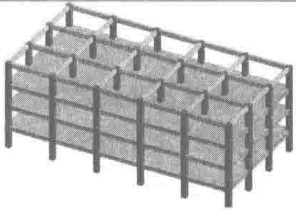
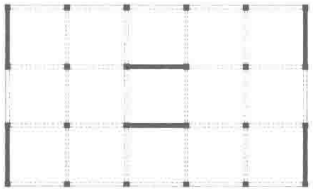
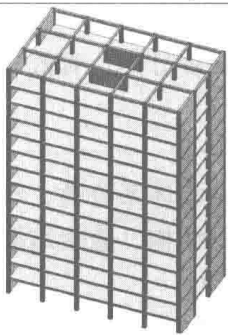

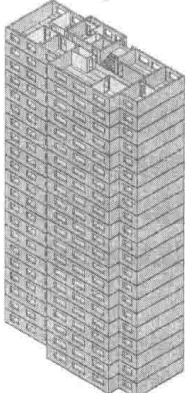
PC是英语Precast Concrete的缩写,是预制混凝土的意思。

国际装配式建筑领域把装配式混凝土建筑简称为PC建筑。把预制混凝土构件简称为PC构件,把制作混凝土构件的工厂简称为PC工厂。

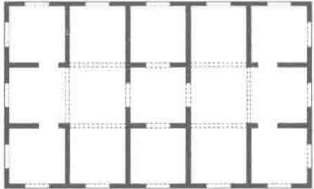
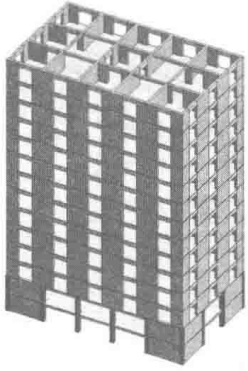
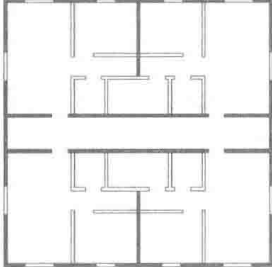
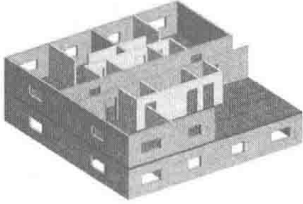
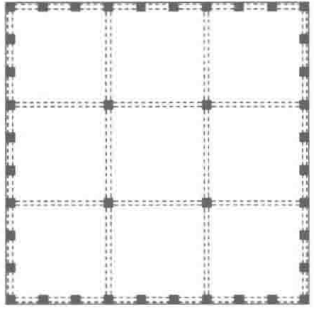
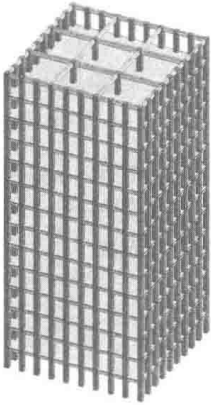
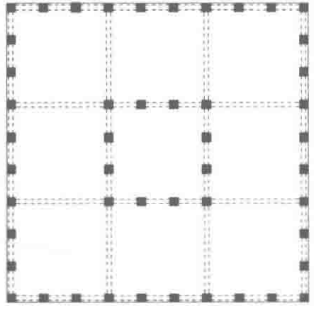
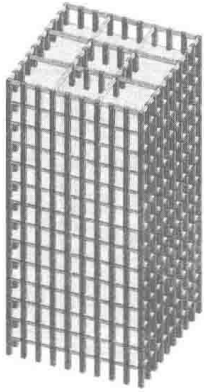
1.2 装配式混凝土建筑与结构体系

进行装配式混凝土建筑的构件制作与施工,应当对装配式混凝土建筑结构体系有大致的了解。装配式混凝土建筑的结构体系见表1.2-1。

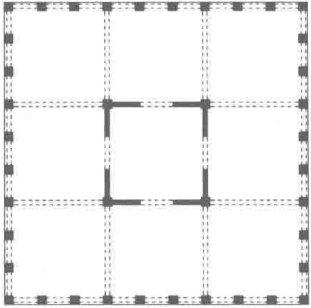
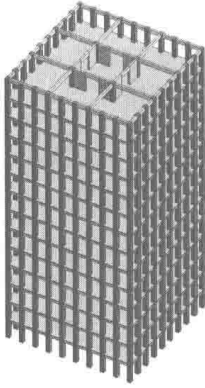
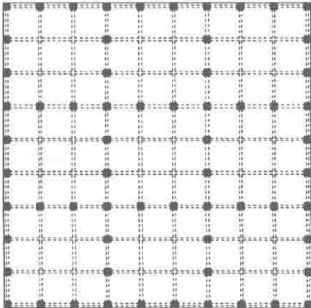
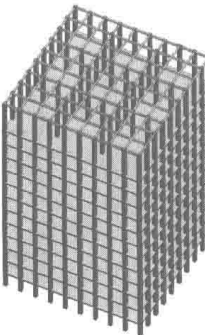
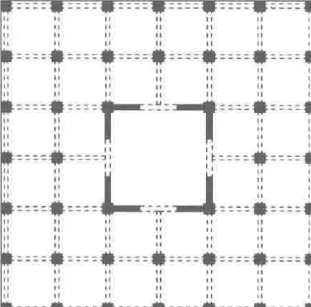
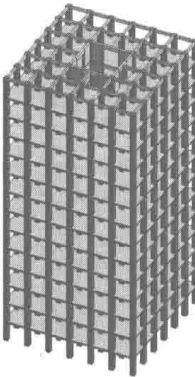
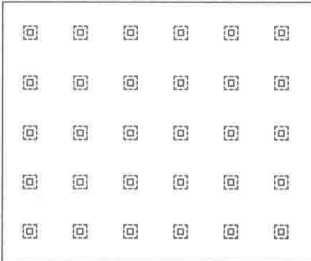
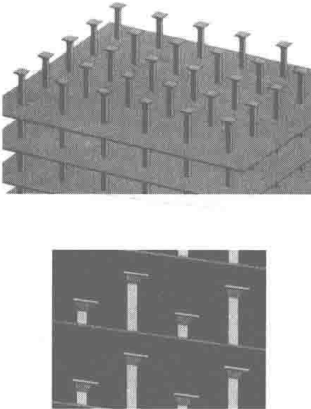
表 1.2-1 装配式混凝土建筑的结构体系

序号	名称	定义	平面示意图	立体示意图	说明
1	框架结构	由柱、梁为主要构件组成的承受竖向和水平作用的结构			适用于多层和小高层装配式建筑,是应用非常广泛的结构
2	框架-剪力墙结构	由柱、梁和剪力墙共同承受竖向和水平作用的结构			适用于高层装配式建筑,其中剪力墙部分一般为现浇。在国外应用较多
3	剪力墙结构	由剪力墙组成的承受竖向和水平作用的结构,剪力墙与楼盖一起组成空间体系			可用于多层和高层装配式建筑,在国内应用较多,国外高层建筑应用较少

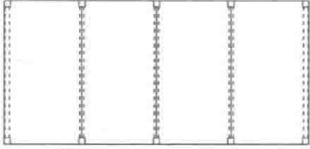
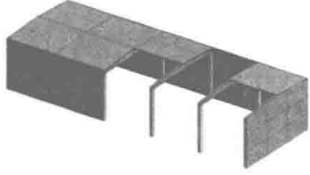
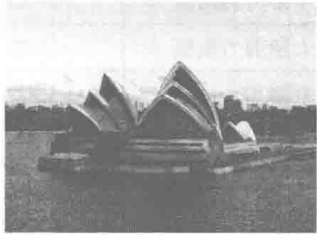
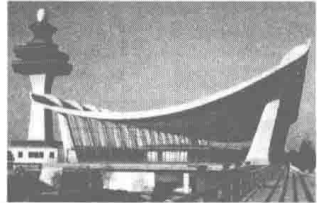
(续)

序号	名称	定义	平面示意图	立体示意图	说明
4	框支剪力墙结构	剪力墙因建筑要求不能落地,直接落在下层框架梁上,再由框架梁将荷载传至框架柱上的结构体系			可用于底部商业(大空间)上部住宅的建筑
5	墙板结构	由墙板和楼板组成承重体系的结构。有剪力墙结构和暗柱暗梁的框架板结构			适用于低层、多层住宅装配式建筑
6	筒体结构(密柱单筒)	由密柱框架形成的空间封闭式筒体			适用于高层和超高层装配式建筑,在国外应用较多
7	筒体结构(密柱双筒)	内外筒均由密柱框筒组成的结构			适用于高层和超高层装配式建筑,在国外应用较多

(续)

序号	名称	定义	平面示意图	立体示意图	说明
8	筒体结构 (密柱+剪力墙核心筒)	外筒为密柱框筒, 内筒为剪力墙组成的结构			适用于高层和超高层装配式建筑, 在国外应用较多
9	筒体结构 (束筒结构)	由若干个筒体并列连接为整体的结构			适用于高层和超高层装配式建筑, 在国外有应用
10	筒体结构 (稀柱+剪力墙核心筒)	外围为稀柱框筒, 内筒为剪力墙组成的结构			适用于高层和超高层装配式建筑, 在国外有应用
11	无梁板结构	是由柱、柱帽和楼板组成的承受竖向与水平作用的结构			适用于商场、停车场、图书馆等大空间装配式建筑

(续)

序号	名称	定义	平面示意图	立体示意图	说明
12	单层厂房结构	是由钢筋混凝土柱、轨道梁、预应力混凝土屋架或钢结构屋架组成承受竖向和水平作用的结构			适用于工业厂房装配式建筑
13	空间薄壁结构	是由曲面薄壳组成的承受竖向与水平作用的结构	—		适用于大型装配式公共建筑
14	悬索结构	是由金属悬索和预制混凝土屋面板组成的屋盖体系	—		适用于大型公共装配式建筑、机场体育场等

1.3 预制构件

预制构件可分为八类，包括楼板、剪力墙板、外挂墙板、框架墙板、梁、柱、复合构件和其他构件等，合计55种，不限于此，详见表1.3-1。构件对应图例参见本书彩页C10。

表 1.3-1 常用预制混凝土构件分类表

类别	编号	名称	应用范围									说明	
			混凝土装配整体式				混凝土全装配式						钢结构
			框架结构	剪力墙结构	框剪结构	筒体结构	框架结构	薄壳结构	悬索结构	单层厂房结构	无梁板结构		
楼板	LB1	实心板	○	○	○	○	○					○	
	LB2	空心板	○	○	○	○	○					○	
	LB3	叠合板	○	○	○	○						○	半预制半现浇
	LB4	预应力空心板	○	○	○	○	○	○			○	○	
	LB5	预应力叠合肋板	○	○	○	○						○	半预制半现浇
	LB6	预应力双T板		○							○		
	LB7	预应力倒槽形板										○	
	LB8	空间薄壁板						○					
	LB9	非线性屋面板						○					
	LB10	后张法预应力组合板					○					○	

(续)

类别	编号	名称	应用范围								说明		
			混凝土装配整体式				混凝土全装配式					钢结构	
			框架结构	剪力墙结构	框剪结构	筒体结构	框架结构	薄壳结构	悬索结构	单层厂房结构			无梁板结构
剪力墙板	J1	剪力墙外墙板		○									
	J2	T形剪力墙板		○									
	J3	L形剪力墙板		○									
	J4	U形剪力墙板		○									
	J5	L形外叶板		○									PCF板
	J6	双面叠合剪力墙板		○									
	J7	预制圆孔墙板		○									
	J8	剪力墙内墙板		○	○								
	J9	窗下轻体墙板	○	○	○	○	○						
	J10	各种剪力墙夹芯保温一体化板		○									
外挂墙板	W1	整间外挂墙板	○	○	○	○	○					○	分有窗、无窗或多窗
	W2	横向外挂墙板	○	○	○	○	○					○	
	W3	竖向外挂墙板	○	○	○	○	○					○	有单层、跨层
	W4	非线性外挂墙板	○	○	○	○	○					○	
	W5	镂空外挂墙板	○	○	○	○	○					○	
框架墙板	K1	暗柱暗梁墙板	○	○	○								所有板可以做成装饰保温一体化墙板
	K2	暗梁墙板		○									
梁	L1	梁	○		○	○	○						
	L2	T形梁	○				○			○			
	L3	凸梁	○				○			○			
	L4	带挑耳梁	○				○			○			
	L5	叠合梁	○	○	○	○							
	L6	带翼缘梁	○				○			○			
	L7	连梁	○	○	○	○							
	L8	叠合莲藕梁	○		○	○							
	L9	U形梁	○		○	○				○			
	L10	工字形屋面梁								○		○	
	L11	连筋式叠合梁	○		○	○							
柱	Z1	方柱	○		○	○	○						
	Z2	L形扁柱	○	○	○	○	○						
	Z3	T形扁柱	○	○	○	○	○						
	Z4	带翼缘柱	○	○	○	○	○						

(续)

类别	编号	名称	应用范围									说明	
			混凝土装配整体式				混凝土全装配式						钢结构
			框架结构	剪力墙结构	框剪结构	筒体结构	框架结构	薄壳结构	悬索结构	单层厂房结构	无梁板结构		
柱	Z5	跨层方柱	○		○	○					○		
	Z6	跨层圆柱									○		
	Z7	带柱帽柱	○								○		
	Z8	带柱头柱	○					○	○				
	Z9	圆柱							○	○			
复合构件	F1	莲藕梁	○		○	○							
	F2	双莲藕梁	○		○	○							
	F3	十字形莲藕梁	○		○	○							
	F4	十字形梁+柱	○		○	○							
	F5	T形柱梁	○		○	○							
	F6	草字头形梁柱一体构件	○		○	○				○			
其他构件	Q1	楼梯板	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	单跑、双跑
	Q2	叠合阳台板	○	○	○	○						○	
	Q3	无梁板柱帽									○		
	Q4	杯形基础								○	○	○	
	Q5	全预制阳台板	○	○	○	○	○					○	
	Q6	空调板	○	○	○	○	○						
	Q7	带围栏阳台板	○	○	○	○	○						
	Q8	整体飘窗		○									
	Q9	遮阳板	○	○	○	○	○						
	Q10	室内曲面护栏板	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Q11	轻质内隔墙板	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Q12	挑檐板	○	○	○	○							
	Q13	女儿墙板	○	○	○	○							
Q13-1	女儿墙压顶板	○	○	○	○								

1.4 装配式混凝土结构连接方式

1.4.1 连接方式概述

连接是装配式混凝土结构最关键的环节，也是最核心的技术。

装配式混凝土结构的连接方式分为两类：湿连接和干连接。

湿连接是混凝土或水泥基浆料与钢筋结合形成的连接，如套筒灌浆、浆锚搭接和后浇混凝土等，适用于装配整体式混凝土结构的连接；干连接主要借助于金属连接，如螺栓连接、焊接等，适用于全

装配式混凝土结构的连接和装配整体式混凝土结构中的外挂墙板等非主体结构构件的连接。

湿连接的核心是钢筋连接，包括套筒灌浆、浆锚搭接、机械套筒连接、注胶套筒连接、绑扎连接、焊接、锚环钢筋连接、钢索钢筋连接、后张法预应力连接等。湿连接还包括预制构件与现浇接触界面的构造处理，如键槽和粗糙面；以及其他方式的辅助连接，如型钢螺栓连接。

干连接用得最多的方式是螺栓连接、焊接和搭接。

为了使读者对装配式混凝土结构连接方式有一个清晰的全面了解，这里给出了装配式混凝土结构连接方式一览，如图 1.4-1 所示。

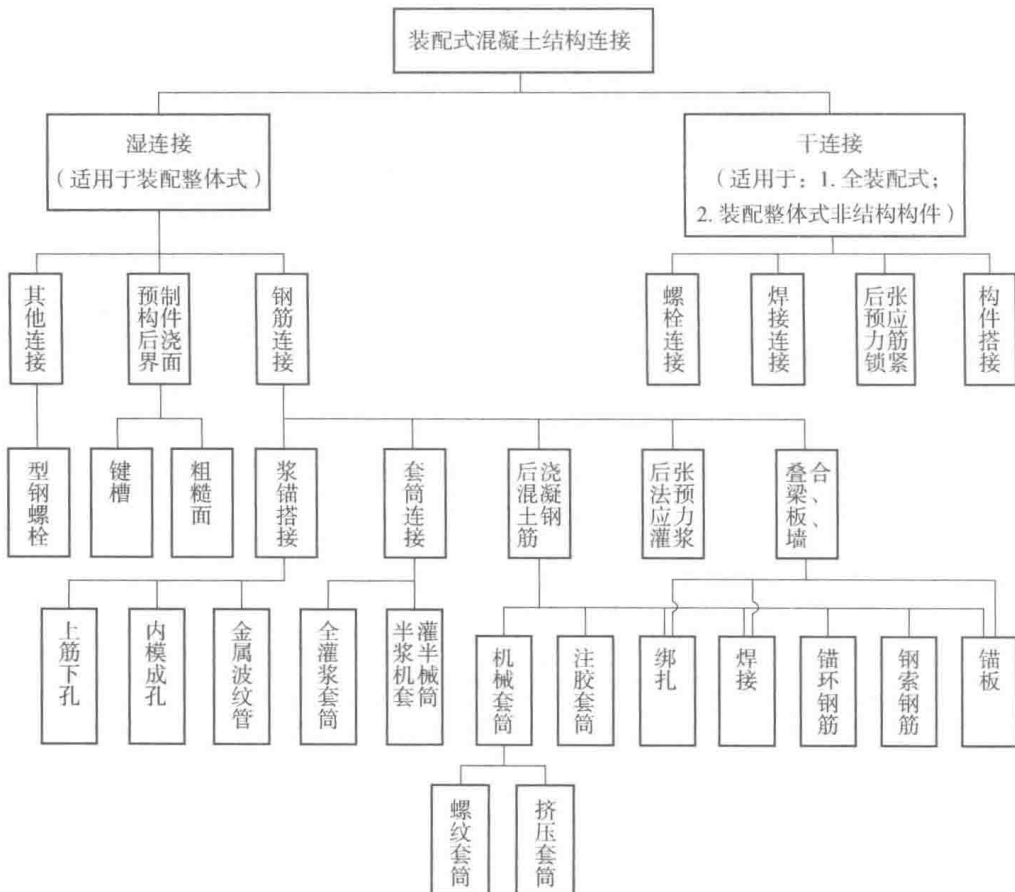


图 1.4-1 装配式混凝土结构连接方式一览

1.4.2 主要连接方式简介

1. 套筒灌浆连接

套筒灌浆连接是装配整体式结构最主要最成熟的连接方式，美国人 1970 年发明，至今已经有 40 多年的历史，得到广泛应用，目前在日本应用最多，用于很多超高层建筑，最高建筑 208m。日本套筒灌浆连接的装配式混凝土建筑经历过多次地震考验。

套筒灌浆连接的工作原理是：将需要连接的带肋钢筋插入金属套筒内“对接”，在套筒内注入高强早强且有微膨胀特性的灌浆料，灌浆料在套筒筒壁与钢筋之间形成较大的正向应力，在带肋钢筋的粗糙表面产生较大的摩擦力，由此得以传递钢筋的轴向力。如图 1.4-2、图 1.4-3 所示。

我们以现场柱子连接为例介绍套筒灌浆的工作原理。

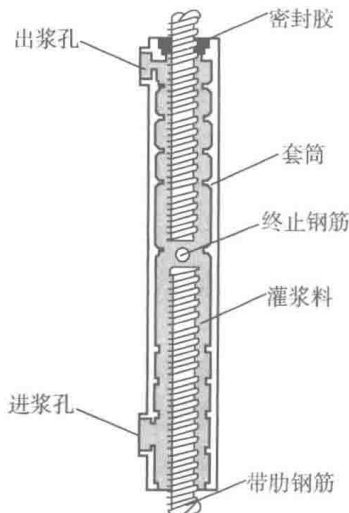


图 1.4-2 套筒灌浆连接原理图

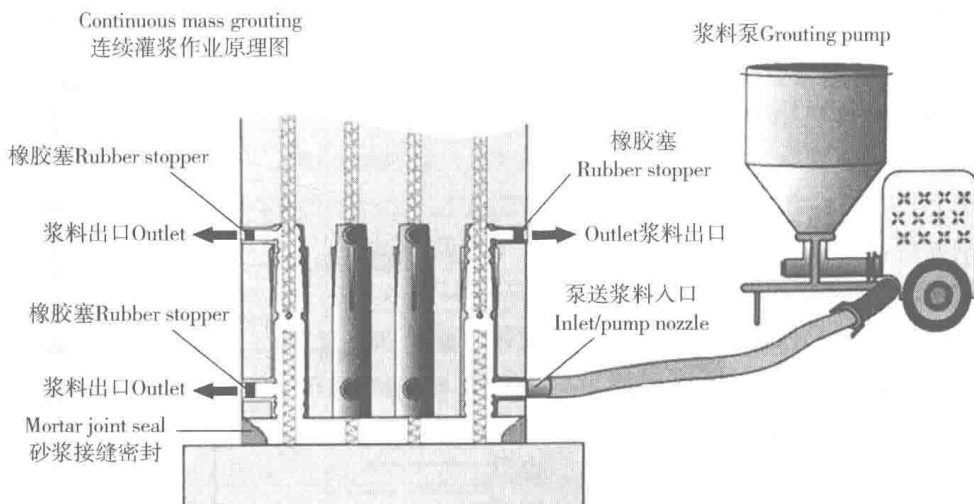


图 1.4-3 连续灌浆作业原理图

下面柱子（现浇和预制都可以）伸出钢筋（图 1.4-4），上面预制柱与下面柱伸出钢筋对应的位置埋置了套筒，预制柱子的钢筋插入到套筒上部一半位置，套筒下部一半空间预留给下面柱子的钢筋插入。预制柱子套筒对准下面柱子伸出钢筋安装，使下面柱子钢筋插入套筒，与预制柱子的钢筋形成对接（图 1.4-5）。然后通过套筒灌浆口注入灌浆料，使套筒内充满灌浆料。

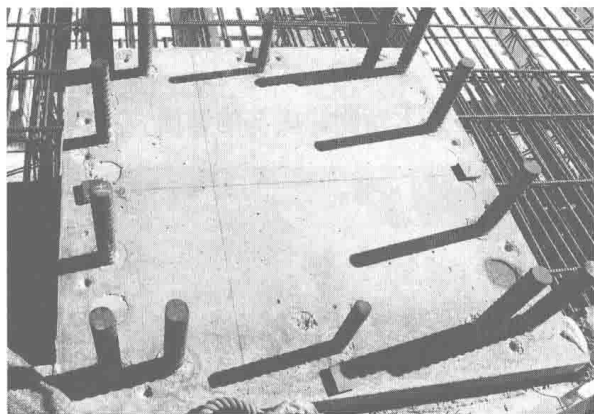


图 1.4-4 下面柱子伸出钢筋

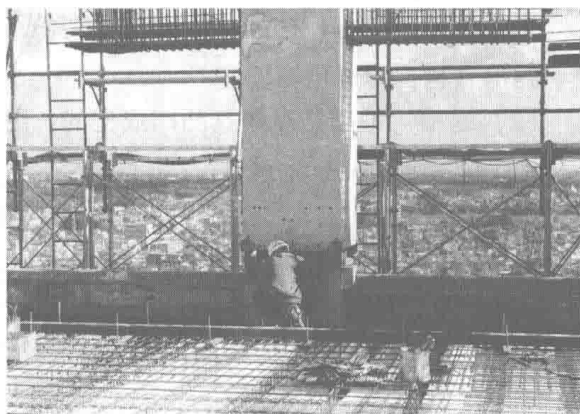


图 1.4-5 上面柱子对应下面柱子钢筋位置是套筒

2. 浆锚搭接

浆锚搭接的工作原理是：将需要连接的带肋钢筋插入预制构件的预留孔道里，预留孔道内壁是螺旋形的。钢筋插入孔道后，在孔道内注入高强早强且有微膨胀特性的灌浆料，锚固住插入钢筋。在孔道旁边，是预埋在构件中的受力钢筋，插入孔道的钢筋与之“搭接”，两根钢筋共同被螺旋筋或箍筋所约束（图 1.4-6）。

浆锚搭接螺旋孔成孔有两种方式，一是埋设金属波纹管成孔，一是用螺旋内模成孔。前者在实际应用中更为可靠一些。

3. 后浇混凝土

后浇混凝土是指预制构件安装后在预制构件连接区或叠合层现场浇筑的混凝土。在装配式建筑中，基础、首层、裙楼、顶层等部位的现浇混凝土，就称为现浇混凝土；连接和叠合部位的现浇混凝土称为“后浇混凝土”。

后浇混凝土是装配整体式混凝土结构非常重要的连接方式。到目前为止，世界上所有的装配整体