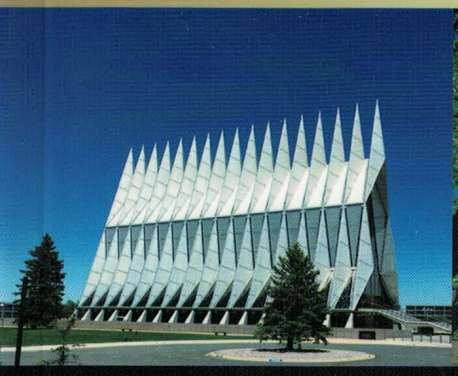
高等院校建筑产业现代化系列规划教材

装配式建筑概论

郭学明◎主编





服务建筑产学研　助推建筑产业化
布局建筑装配式　教材立体新开发
精彩的PPT课件　配套习题和解答

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

需要全本请访问 www.ertongbook.com



图 C01 日本大阪北浜公寓 ——
世界上最高的装配整体混凝土建筑 (208m)

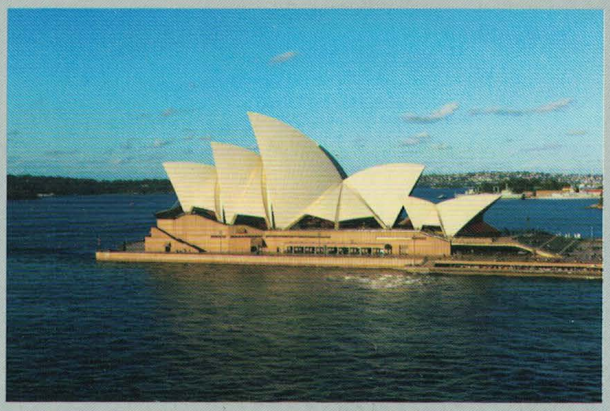


图 C02 悉尼歌剧院 ——
曲面造型的装配式混凝土建筑



图 C03 美国凤凰城图书馆 ——
全装配 (用螺栓连接的) 混凝土建筑



图 C04 沈阳万科春河里 17 号楼 ——
框剪结构高装配率高层住宅 (万科沈阳公司提供)



图 C05 上海浦江保障房
（国内应用范围最广的剪力墙结构住宅）

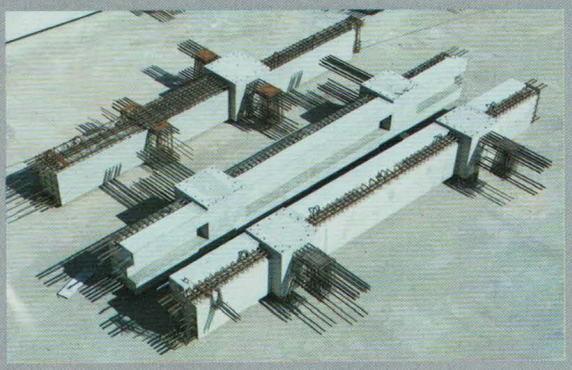


图 C06 双莲藕梁 —— 制作难度较大
的预制混凝土梁柱一体化构件（沈阳兆寰公司提供）

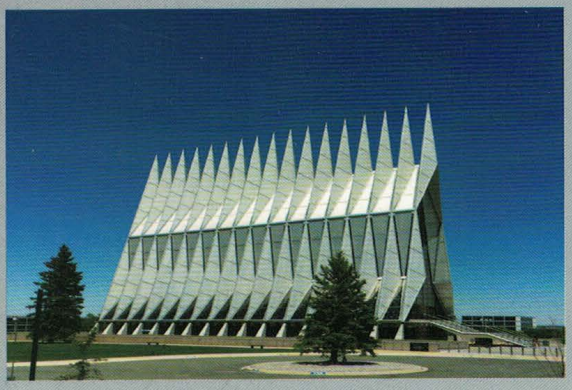


图 C08 美国科罗拉多州空军小教堂 ——
装配式与艺术完美结合的钢铁结构建筑

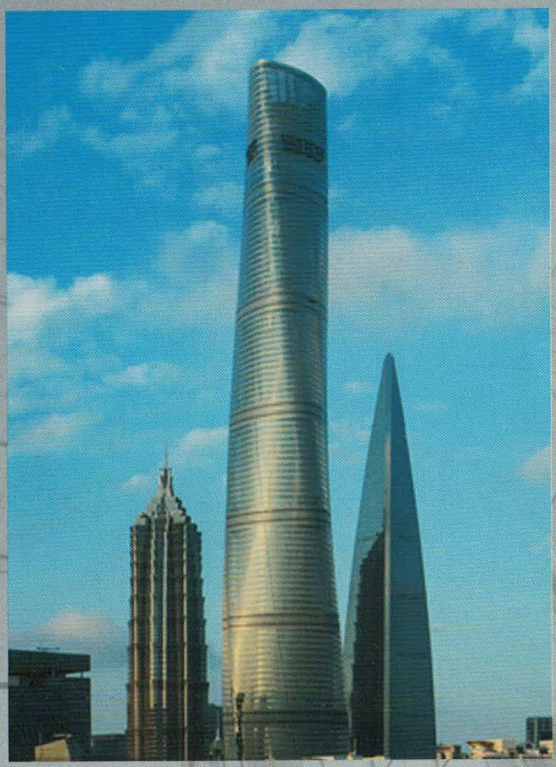


图 C07 上海中心大厦 (632m) —— 国内最高
的巨型钢框架—钢筋混凝土核心筒结构大厦



图 C09 日本积水公司建造的别墅 —— 在流水线上
造出的钢结构 + 轻质水泥墙板装配式建筑



图 C10 日本某钢结构施工工地

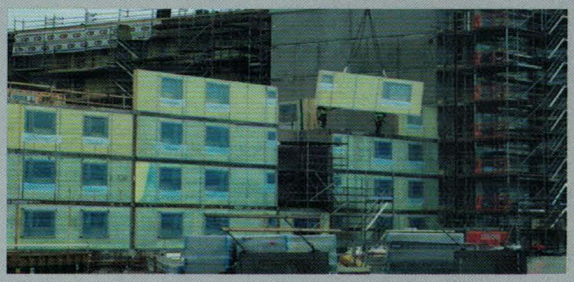


图 C11 装配式木结构整间墙板



图 C12 温哥华 UBC 大学生公寓 —— 世界最高的木结构装配式建筑 (53m)



图 C13 西班牙塞维利亚都市阳伞 —— 世界上最大的木结构装配式建筑



图 C14 集成式卫生间



图 C14 集成式厨房



图 C16 带抽屉式穿鞋凳的整体收纳 —— 精细的集成式设计范例



图 C17 套筒灌浆作业旁站监理 —— 装配式混凝土结构最关键环节的管理

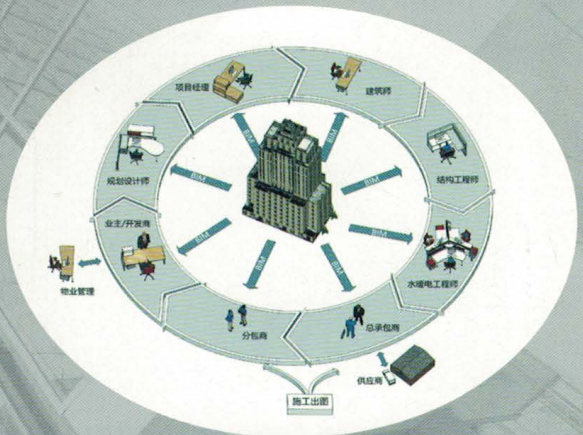


图 C18 BIM 多专业协同（壹仟零壹艺公司提供）

需要全本请访问 www.ertongbook.com

高等院校建筑产业现代化系列规划教材

装配式建筑概论

Introduction to Assembled Buildings

主编　郭学明

参编　王炳洪　张　岩　赵树屹
毛林海　梁　栋　许德民
钟　凡　黄　营

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。本教材由在装配式建筑行业从事技术引进、研发、设计、管理经验丰富且对世界各国先进技术与管理有深入了解的专家团队编著，全面系统地介绍了装配式建筑的基本概念和装配式混凝土结构、钢结构、木结构、组合结构、外围护系统、集成与协同、装配式建筑管理、BIM 与装配式建筑的系统知识与经验，并对未来建筑进行了展望。书中近 400 幅照片和图例多出自装配式建筑技术先进的国家（地区）和国内的优秀案例。

本书适合建筑学、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

装配式建筑概论/郭学明主编 . —北京：机械工业出版社，2018. 3
高等院校建筑产业现代化系列规划教材
ISBN 978-7-111-59227-3

Ⅰ. ①装… Ⅱ. ①郭… Ⅲ. ①装配式构件 – 高等学校 – 教材 Ⅳ. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 035561 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
三河市宏达印刷有限公司印刷
2018 年 3 月第 1 版第 1 次印刷
184mm × 260mm · 15 印张 · 2 插页 · 360 千字
标准书号：ISBN 978-7-111-59227-3
定价：39.00 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，而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和技能，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的现状与发展趋势，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个月时间重印两次，并有多所高等院校老师联系出版社，要求将此书作为教材。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。

本套装配式建筑教材以《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从事技术引进、研发、设计、制作、施工和管理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许德民、黄营，新增加了装配式结构设计专家王炳洪，装配式建筑管理专家张岩、赵树屹，装配式木结构专家毛林海、装配式钢结构专家梁栋和BIM专家钟凡。

本书注重知识的整体性、系统性和实用性，既介绍了装配式建筑的历史沿革、技术与管理的系统知识，又介绍了国内外先进经验和实际案例，提出了现存问题与解决思路，并展望了未来建筑。表达方式力求清晰，即用简单的话把复杂的事说清楚。书中近400幅照片和图例多出自装配式建筑技术先进国家（地区）和国内的优秀案例。

本书共10章。介绍了装配式建筑的基本概念、装配式混凝土建筑、装配式钢结构建筑、装配式木结构建筑、装配式组合结构建筑、装配式建筑围护系统、装配式建筑集成与协同、装配式建筑管理、未来建筑展望、BIM应用等方面的知识、经验与思考。

本书编写过程中充分利用微信平台，建立了作者群和专题讨论群，随时进行信息交流和讨论，有的章节由两位以上作者执笔、多位作者贡献了智慧。

郭学明为本书主编，除制订各章提纲、提出要点、审改定稿外，还是第1章、第2章的主要编写者，第5章、第6章、第7章、第9章的主要编写者之一；王炳洪是第3章、第5章，第6章的主要编写者之一，同时参与编写了第2章；张岩是第8章、第9章的主要编写

者之一；赵树屹是第 8 章的主要编写者之一；毛林海是第 4 章的主要编写者；梁栋是第 3 章的主要编写者之一；许德民是第 7 章的主要编写者之一，同时参与编写了第 2 章；钟凡编写了第 10 章；黄营是第 3 章的主要编写者之一。

感谢本套教材主编助理张玉波，虽然未在本册署名，但负责写作组织、汇总附录以及全书的一些校订工作。

感谢陆辉、尚进、郭苏夷对本书的贡献。

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部分图样与图表；沈阳兆寰现代建筑产业园有限公司田仙花翻译了日文资料；中国建筑东北设计研究院有限公司的李振宇、岳恒为本书绘制结构体系三维图。

感谢日本专家 IMS 公司董事长江东新先生、安井设计会社高凯先生对本书的指导。感谢哈尔滨工业大学郭兰慧教授对钢结构有关内容的指导。

感谢南京倍立达公司、北京宝贵石艺术公司为本书提供的工程实例照片。

本书编写者希望为当前的土木建筑专业师生奉献出一部知识性强、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。

作　者

目录
CONTENTS

前言

第 1 章　绪论 …… 1

1.1　什么是装配式建筑 …… 1
1.2　装配式建筑的历史 …… 2
1.3　装配式建筑的优点 …… 8
1.4　装配式建筑的缺点与局限 …… 10
1.5　装配式建筑的现状 …… 12
1.6　关于装配式建筑的误区 …… 13

第 2 章　装配式混凝土建筑 …… 15

2.1　什么是装配式混凝土建筑 …… 15
2.2　装配式混凝土建筑的历史沿革 …… 15
2.3　装配式混凝土建筑的类型与适宜性 … 17
2.4　装配式混凝土结构连接方式 …… 22
2.5　装配式混凝土建筑设计 …… 28
2.6　装配式混凝土建筑结构设计 …… 33
2.7　预制混凝土构件制作 …… 35
2.8　装配式混凝土建筑施工 …… 43
2.9　质量管理关键点 …… 47
2.10　装配式混凝土建筑技术课题 …… 50

第 3 章　装配式钢结构建筑 …… 51

3.1　什么是装配式钢结构建筑 …… 51
3.2　装配式钢结构建筑的历史 …… 58
3.3　装配式钢结构建筑的类型与适用范围 …… 65
3.4　装配式钢结构建筑设计要点 …… 70
3.5　装配式钢结构建筑结构设计要点 …… 73
3.6　装配式钢结构建筑生产与运输 …… 84
3.7　装配式钢结构建筑施工安装 …… 90
3.8　装配式钢结构建筑质量验收 …… 93
3.9　装配式钢结构建筑使用维护 …… 94
3.10　装配式钢结构建筑的技术课题 …… 95

第 4 章　装配式木结构建筑 …… 97

4.1　什么是装配式木结构建筑 …… 97
4.2　古代木结构建筑简介 …… 98
4.3　装配式木结构建筑类型 …… 103
4.4　装配式木结构材料 …… 106
4.5　木结构建筑设计 …… 108
4.6　木结构结构设计 …… 112
4.7　木结构连接设计简述 …… 119
4.8　木结构构件制作 …… 121
4.9　木结构安装施工与验收 …… 125
4.10　装配式木结构建筑案例 …… 128
4.11　木结构使用与维护要求 …… 131

第 5 章　装配式组合结构建筑 …… 133

5.1　什么是装配式组合结构建筑 …… 133
5.2　装配式组合结构的类型 …… 134
5.3　装配式组合结构的优点与缺点 …… 134
5.4　装配式混凝土结构 + 钢结构 …… 135
5.5　装配式钢结构 + 木结构 …… 141
5.6　装配式混凝土结构 + 木结构 …… 143
5.7　其他装配式组合结构 …… 144

第 6 章　外围护系统 …… 146

6.1　装配式建筑外围护系统综述 …… 146
6.2　外围护系统集成设计内容与要求 … 153
6.3　装配式建筑外墙保温 …… 154
6.4　建筑表皮的艺术表达 …… 157
6.5　装配式建筑外墙主要类型 …… 160

第 7 章　集成、模数化、标准化与协同 …… *168*

7.1　装配式建筑的集成 …… *168*
7.2　装配式建筑模数化设计 …… *173*
7.3　装配式建筑的标准化设计 …… *174*
7.4　装配式建筑的协同设计 …… *175*

第 8 章　装配式建筑管理 …… *179*

8.1　装配式建筑管理的重要性 …… *179*
8.2　政府对装配式建筑的管理 …… *180*
8.3　开发企业对装配式建筑的管理 …… *184*
8.4　监理对装配式建筑的管理 …… *186*
8.5　装配式建筑与工程总承包模式 …… *190*
8.6　设计单位对装配式建筑的管理 …… *191*
8.7　制作企业对装配式建筑的管理 …… *193*
8.8　施工企业对装配式建筑的管理 …… *200*
8.9　装配式混凝土建筑质量管理概述 … *201*

第 9 章　未来的建筑 …… *208*

9.1　从阿科桑底到洞爷湖 …… *208*
9.2　耐久性一万年的混凝土意味着什么 …… *210*
9.3　个性化是建筑永恒的命题 …… *211*
9.4　智能化与建筑 …… *213*
9.5　空中造楼机与 3D 打印建筑 …… *214*
9.6　“盒子”与“乐高” …… *216*
9.7　房车与游轮的启发 …… *217*
9.8　未来的建筑什么样 …… *219*

第 10 章　BIM 与装配式建筑 …… *221*

10.1　BIM 简介 …… *221*
10.2　装配式建筑应用 BIM 的必要性和重要性 …… *222*
10.3　装配式建筑各个环节应用 BIM 的目标 …… *224*
10.4　装配式建筑全链条共享 BIM 的建立 …… *225*

附录　装配式建筑有关国家、行业或地方标准目录 …… *228*

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第 1 章　绪　　论

本章介绍什么是装配式建筑（1.1），装配式建筑历史（1.2），装配式建筑的优点（1.3），装配式建筑的缺点与局限（1.4），装配式建筑现状（1.5），关于装配式建筑的误区（1.6）。

1.1　什么是装配式建筑

1.1.1　装配式建筑的概念、定义及对其理解

1. 常规概念

一般来说，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：

（1）构成建筑的主要构件特别是结构构件是预制的。

（2）预制构件的连接方式是可靠的。

2. 国家标准定义

按照装配式混凝土建筑、装配式钢结构建筑和装配式木结构建筑的国家标准关于装配式建筑的定义，装配式建筑是指“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的。按照国家标准的定义去套，传统装配式建筑在几千年发展史上以及现在世界上绝大多数所谓装配式建筑，都不能算作纯正的装配式建筑。

雅典帕特农神庙是著名的古典装配式建筑，悉尼歌剧院是著名的现代装配式建筑，日本大阪北浜公寓是当代最高的装配式混凝土建筑，但按照国家标准的定义，它们都不能算作装配式建筑。帕特农神庙的结构系统是石材部件装配而成的，但它的外围护系统和内装系统却不是部品部件的集成；悉尼歌剧院的结构系统和外围护系统是预制混凝土部件集成的，但它的内装系统和设备管线系统却不是预制部件集成；北浜公寓的结构系统和外围护系统是预制混凝土部件集成的；但它的内装系统和设备系统的主要部分却不是预制部品集成的。

现在世界上许许多多或者说绝大多数装配式建筑都没有实现 4 个系统主要部分由预制部品部件集成。严格意义上说，国家标准定义了一个目前基本不存在的装配式建筑。

3. 对国家标准定义的理解

但是，国家标准关于装配式建筑的定义又是非常有意义的。既有现实意义，又有长远意义。这个定义基于以下国情：

（1）近年来我国建筑特别是住宅建筑的规模是人类建筑史上前所未有的，如此大的规模特别适于建筑产业全面（而不仅仅是结构部件）实现工业化与现代化。

（2）目前我国还普遍存在建筑标准低，适宜性、舒适度和耐久性差，交付毛坯房，管线埋设在混凝土中，天棚无吊顶、地面不架空，排水不同层等。强调4个系统集成，有助于建筑标准的全面提升。

（3）我国建筑业施工工艺落后，不仅结构施工，包括设备管线系统和内装系统，标准化、工具化程度低，与发达国家比较有较大的差距。

（4）由于建筑标准低和施工工艺落后，材料、能源消耗高，是我国目前节能减排的重要战场。

鉴于以上各点，强调4个系统的集成，不仅是“补课”的需要，更是适应现实、面向未来的需要。通过推广以4个系统集成为主要特征的装配式建筑，可以以此为契机，全面提升建筑现代化水平，提高环境效益、社会效益和经济效益。

1.1.2　装配式建筑的类型

（1）按主体结构材料分类

现代装配式建筑按主体结构材料分类，有装配式混凝土建筑、装配式钢结构建筑、装配式木结构建筑和装配式组合结构建筑。

古典装配式建筑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、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

装配式混凝土建筑按预制率分为：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。

1.2　装配式建筑的历史

1.2.1　装配式建筑的源头

人类是从灵长类动物进化而来的，与所有灵长类动物一样，人类没有建筑本能。人类对建筑的需求和建造建筑物的能力是在进化过程中形成的。

人类从直立到现在大约有六七百万年历史了，考古发现，人类最早的人造居所大约在200万年前，与人类开始用火差不多同时。或许，围绕火塘的生活方式和保护火种不因风吹雨淋熄灭是“建筑”起源的最直接原因。

建筑的源头可以追溯得很远很远。一些比灵长类更早的动物，也就是说早于6000万年前出现的动物，是各种建筑的始祖。有些动物是天生的建筑师，它们不用进建筑系不用掌握结构知识也不用学施工技术，就能建造非常棒的现浇“建筑”、装配式“建筑”和窑洞类“建筑”。

现浇建筑的始祖是蜜蜂、沙漠白蚁和金丝燕

蜜蜂用分泌出来的蜂蜡建造蜂巢。有一种沙漠石蜂用唾液和小沙粒混合成“蜂造混凝

土”建造蜂巢。胡蜂和大黄蜂则用嘴嚼木质纤维，使纤维与唾液黏合，犹如造纸工艺一样，制作纸浆纤维材料建造蜂巢。

澳大利亚有一种沙漠白蚁，用粪便和沙粒混合成“蚁造混凝土”，能建造3m高的蚁巢，相对于体长，这么高的蚁巢相当于人类上千米的摩天大厦，比世界最高建筑——828m高的迪拜哈利法塔还要高。

金丝燕用唾液、湿泥和绒状羽毛建造名贵的燕窝，这些“鸟造混凝土”的原理与钢筋混凝土一样，树枝或羽毛承担拉应力，湿泥和唾液干燥后形成的胶凝体承受压应力。南美洲有一种鸟叫灶鸟，用软泥建造鸟巢的过程就像3D打印一样。

窑洞类建筑的鼻祖是蚯蚓、蛇和鼠类等。

蚯蚓、蛇都有的打洞的本能；一些鼠、獾类动物或在土中掘洞口，或在老树上啃出树洞。北极熊则会利用冰块中的冰洞或修整出冰洞，在洞内栖身。

装配式建筑的鼻祖是红蚂蚁、园丁鸟和乌鸦。

红蚂蚁用松针、小树枝、树皮、树叶、秸秆等建造很大的蚁巢，是带有屋顶的下凹式“建筑”。南美洲有一种园丁鸟，会用树枝盖带庭院的房子。乌鸦在树上用树枝搭建窝巢，大家已经司空见惯了（图1.2-1）。



图1.2-1 用树枝搭设的鸟巢是装配式“建筑”的源头

1.2.2 “前建筑时期”装配式建筑

所以，从某种意义上说，装配式建筑并不是新概念新事物，就连鸟类都会搭建“装配式建筑”。对人类而言，早在采集-狩猎时期，即农业出现前，就有了装配式居所。

人类从开始直立到现在已经有几百万年的历史，而定居的历史，也就是有固定居所的历史，只有1万多年。1万年前农业出现后，人类才从游动的居无定所的生活方式变为定居方式。

农业革命发生前，人类是采集狩猎者。由于一个地域的野生植物和动物无法长期提供充足的食物，采集狩猎者不得不到处游动。吃“光”了一个地方，再迁徙到另一个地方。我们把农业出现以前采集-狩猎者居无定所的时期称作“前建筑时期”。

有人以为“前建筑时期”人类是住在山洞里的，存在一个“洞穴时期”。这是一个以偏概全的认识。人类生活离不开食物和水，而有食物和水的地方未必有洞穴。农业革命发生前，人类已经遍布地球各个角落，大多数地区没有山洞。大自然并没有为人类在地球各地均匀地配置了山洞。流动的采集狩猎者的居所主要是搭设的棚厦或帐篷——最原始的装配式建筑。

图1.2-2是美洲印第安采集狩猎者的帐篷。用木杆和兽皮搭建。西方人来到美洲大陆之前，印第安人处于石器时代，用石头砍伐树木是比较困难的事，所以，采集狩猎者迁徙时，会带着搭设帐篷的树干和兽皮。

图 1.2-3 是印第安采集狩猎者用木杆和草片搭建的房屋。

热带雨林地区的采集狩猎者的居所比较简单，用树枝和芭蕉叶搭建。考古还发现了西伯利亚狩猎者用猛犸象骨搭建的房屋（图 1.2-4）。



图 1.2-2　采集狩猎者搭建的树干兽皮帐篷



图 1.2-3　采集狩猎者搭建的树干草片屋

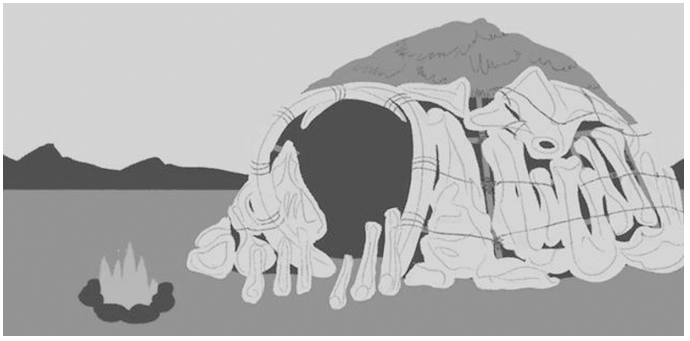


图 1.2-4　猛犸象骨搭建的房屋（大约 16000 年前）

1.2.3　古代装配式建筑

古代装配式建筑是指人类进入农业时代开始定居到 19 世纪现代建筑问世这段时间的装配式建筑。

人类进入农业时代定居了下来后，石头、木材、泥砖和茅草建造的真正的建筑开始出现了。

古代时期人类不仅建造居住的房子，也建造神庙、宫殿、坟墓等大型建筑。

住宅有砖石（早期主要是泥砖）砌筑建筑和木结构建筑，许多木结构住宅是装配式。图 1.2-5 是印第安农耕部落用木材和树皮捆绑的房屋。

庙宇、宫殿大都是装配式建筑，包括石材装配式建筑和木材装配式建筑。如古埃及、古希腊和美洲特奥蒂瓦坎的石头结构柱式建筑，中世纪用石头和彩色玻璃建造的哥特式教堂，中国和日本的木结构庙宇、宫殿等，都是在加工场地把石头构件凿好，或把木头柱、梁、斗拱等构件制作好，再运到现场，以可靠的方式连接安装。古埃及和美索美洲的金字塔其实也

是装配式建造物。

图 1.2-6 ~ 图 1.2-11 为古代装配式建筑的实例。

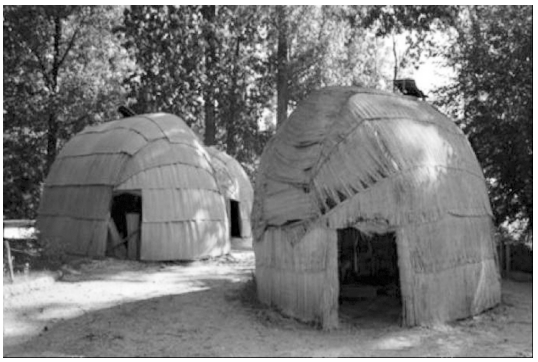


图 1.2-5 印第安农民用木材和树皮捆绑的房屋

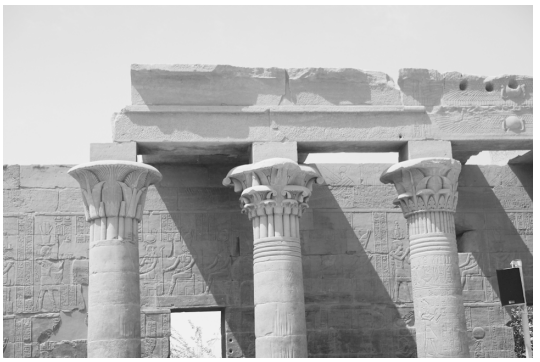


图 1.2-6 古埃及阿斯旺菲莱神庙



图 1.2-7 古埃及阿斯旺采石场
（柱子在采石场凿制好后再运到工地安装）

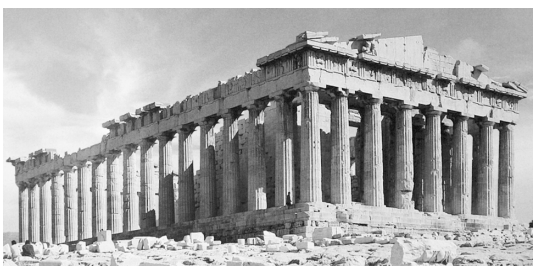


图 1.2-8 古希腊雅典帕特农神庙——
装配式石材柱式建筑

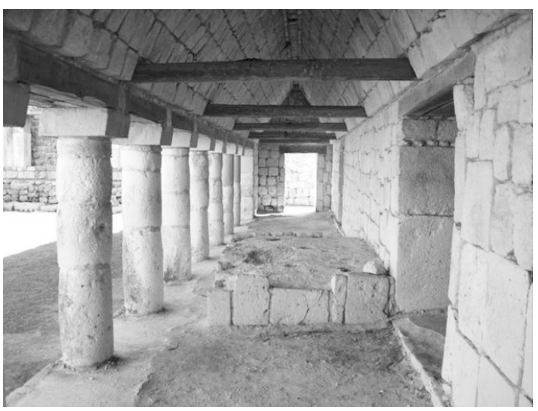


图 1.2-9 美洲古玛雅装配式石材柱式建筑



图 1.2-10 科隆的哥特式大教堂——
石材装配式建筑

1.2.4　现代装配式建筑

现代建筑是工业革命和科技革命的产物，运用现代建筑技术、材料与工艺建造。世界上第一座大型现代建筑——1851 年伦敦博览会主展览馆——水晶宫，就是装配式建筑。



图 1.2-11　五台山唐代庙宇——木结构装配式建筑

1850 年，英国决定在第二年召开世界博览会，以展示英国工业革命的成果。博览会组委会向欧洲著名建筑师征集主展览馆设计方案。各国建筑师提交的方案都是古典建筑，既不能提供博览会所需要的大空间，又不能在博览会开幕前如期建成。万般无奈下，组委会负责人——维多利亚女王的丈夫艾伯特亲王采纳了一个花匠提出的救急方案，把用铸铁和玻璃建造花房的技术用于展览馆建设。在工厂制作好铸铁柱梁，在玻璃工厂按当时最大的规格制作玻璃，然后运到现场装配，几个月就完成了展览馆建设，解决了大空间和工期紧的难题，建筑也非常漂亮，像水晶一样，被誉为“水晶宫”，创造了建筑史上的奇迹。

巴黎埃菲尔铁塔和纽约自由女神像也是装配式建筑，或者称为装配式建造物。

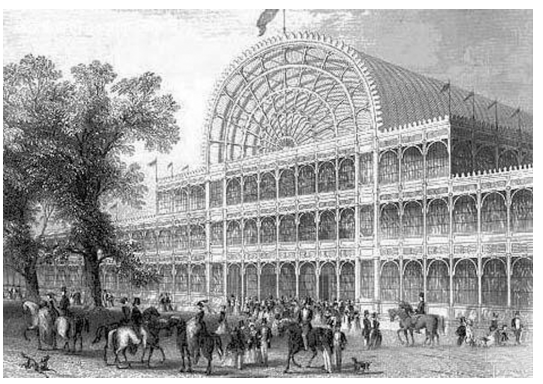


图 1.2-12　人类第一座现代建筑水晶宫是装配式建筑



图 1.2-13　纽约自由女神像是装配式建造物

自由女神像是法国人在美国建国 100 周年时赠送给美国人民的，于 1886 年建成。自由女神像是铸铁结构，铸铜表皮。铸铁结构骨架和铸铜表皮都是在法国制作的，漂洋过海运到美国安装。结构由著名的埃菲尔铁塔的设计者埃菲尔设计。自由女神像是世界上最早的装配式钢结构金属幕墙工程。6 年后，美国著名建筑师——芝加哥学派代表人物沙利文设计了圣路易斯温赖特大厦（图 1.2-14），这是一座铁骨架结构加上石材、玻璃表皮的装配式建筑。这座装配式高层建筑是美国摩天大楼的里程碑。

需要全本请访问 www.ertongbook.com