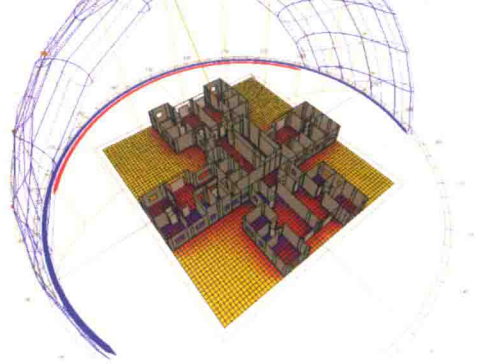




# 装配式混凝土结构高层建筑 BIM设计方法与应用

焦 柯 ◇ 主编

中国建筑工业出版社

# 装配式混凝土结构高层建筑 BIM 设计方法与应用

焦 柯 主编

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

装配式混凝土结构高层建筑 BIM 设计方法与应用/焦柯主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018. 5  
ISBN 978-7-112-21839-4

I. ①装… II. ①焦… III. ①装配式混凝土结构-高层建筑-建筑设计-计算机辅助设计-应用软件 IV. ①TU972-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 032935 号

本书总结了作者近年在装配式建筑设计和 BIM 技术应用方面的实践成果, 全书共 10 章, 包括: 概述、装配式高层建筑 Revit 样板、装配式高层建筑 BIM 建模方法、装配式建筑协同设计、建筑专业设计方法、结构专业设计方法、机电专业设计方法、装修专业设计方法、装配式建筑辅助设计软件、装配式高层保障房设计应用案例, 并在附录给出了平面模块库。全书内容全面、翔实, 具有较强的指导性和可操作性, 可供从事装配式建筑设计的专业人员参考使用, 也可供相关专业院校师生学习参考。

责任编辑: 王砾瑶 范业庶

责任设计: 李志立

责任校对: 姜小莲

## 装配式混凝土结构高层建筑 BIM 设计方法与应用

焦 柯 主编

\*

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

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

大厂回族自治县正兴印务有限公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 23 $\frac{3}{4}$  字数: 587 千字

2018 年 5 月第一版 2018 年 5 月第一次印刷

定价: 66.00 元

ISBN 978-7-112-21839-4

(31681)

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：焦 柯

编 委：赖鸿立 陈剑佳 罗远峰 杨 新 黄高松

蔡凤维 吴桂广 张伟锐 陈少伟 龚仕伟

李俊杰 许爱斌

# 前 言

装配式建筑技术和 BIM 技术是近年来建筑行业各方高度关注的两大热点技术，也是建筑业转型升级的重要标志。装配式建筑是指采用部件部品，在施工现场以可靠连接方式装配而成的建筑，具有设计标准化、生产工厂化、施工装配化、装修一体化、管理信息化等特征。在国家及各省市政策的鼓励下，我国装配式建筑市场的产值和建筑面积近 5 年来呈快速增长趋势。2016 年 7 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》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%”的要求，装配式建筑迎来快速发展的新机遇，将有力推动建筑产业的现代化。

装配式混凝土结构比现浇混凝土结构对构件精度要求更高，设计中不仅要考虑构件内部构造合理，而且要考虑构件之间碰撞干涉等问题，传统平面施工图设计方法面临着巨大的挑战。逐渐成熟的 BIM 技术为装配式建筑精细化的设计要求提供了一条可行的技术路径。BIM 技术具有三维可视化、参数化、标准化、信息化、同步协同等优势，可在三维平台上进行构件建模、碰撞检查、深化设计图纸生成等工作，实现数据的关联互动，避免各类图纸错漏，同时可辅助各参与方之间的协同工作，显著提高设计效率和设计质量。

本书介绍了基于 BIM 技术的装配式混凝土结构高层建筑设计方法。全书分为：概述、装配式高层建筑 Revit 样板、装配式高层建筑 BIM 建模方法、装配式建筑协同设计、建筑专业设计方法、结构专业设计方法、机电专业设计方法、装修专业设计方法、装配式建筑辅助设计软件、装配式高层保障房设计应用案例等章节。

本书总结了作者近年来在装配式建筑设计和 BIM 技术应用方面的实践成果，在设计方法和软件应用层面突出实用性，内容覆盖建筑、结构、机电、装修、BIM 等各个专业，可作为从事装配式建筑设计的专业人员操作指引和技术参考。

本书编写过程中得到了广东省建筑设计研究院罗赤字总工的大力支持，曹志威、区伟江、黄智佳、王康昊、毛建喜、罗东豪、王坤、蔡婉婷、黄元隽、王文波、袁辉、谢泳聪、陈星艺等工程师也参与了部分工作，在此一并致以诚挚的谢意。

限于作者水平，本书论述难免有不妥之处，望读者批评指正。

# 目 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第1章 概述 .....                | 1  |
| 1.1 装配式建筑概述 .....           | 1  |
| 1.1.1 定义及分类 .....           | 1  |
| 1.1.2 国内发展情况 .....          | 1  |
| 1.1.3 美欧日发展情况 .....         | 3  |
| 1.1.4 国家及各省市指导意见及政策 .....   | 6  |
| 1.1.5 装配式建筑相关规范 .....       | 7  |
| 1.2 BIM 设计概述 .....          | 8  |
| 1.2.1 BIM 的概念 .....         | 8  |
| 1.2.2 BIM 的优势 .....         | 9  |
| 1.2.3 BIM 在 PC 建筑中的应用 ..... | 11 |
| 1.3 装配式建筑的三个一体化 .....       | 12 |
| 1.4 装配式 PC 建筑设计要解决的问题 ..... | 13 |
| 第2章 装配式高层建筑 Revit 样板 .....  | 16 |
| 2.1 Revit 样板通用设置 .....      | 16 |
| 2.1.1 基本设置 .....            | 16 |
| 2.1.2 标高轴网设置 .....          | 17 |
| 2.1.3 材质设置 .....            | 18 |
| 2.1.4 图名 .....              | 18 |
| 2.1.5 图框与封面 .....           | 19 |
| 2.2 Revit 样板视图设置 .....      | 20 |
| 2.2.1 视图类型与浏览器组织 .....      | 20 |
| 2.2.2 视图设置 .....            | 20 |
| 2.2.3 线样式、对象样式设置 .....      | 22 |
| 2.2.4 明细表设置 .....           | 24 |
| 2.3 预制构件族与参数 .....          | 25 |
| 2.3.1 基于系统族的预制构件 .....      | 26 |
| 2.3.2 基于常规模型的预制构件 .....     | 26 |
| 2.3.3 基本注释类构件 .....         | 28 |
| 2.3.4 共享参数 .....            | 29 |
| 2.4 装配式建筑 Revit 标准样板 .....  | 30 |

|                                   |                         |           |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------|
| 2.4.1                             | GDADRI 综合样板 .....       | 31        |
| 2.4.2                             | GDADRI 装配式部品样板 .....    | 34        |
| <b>第3章 装配式高层建筑 BIM 建模方法 .....</b> |                         | <b>37</b> |
| <b>3.1</b>                        | <b>构件信息与命名规则 .....</b>  | <b>37</b> |
| 3.1.1                             | 构件信息 .....              | 37        |
| 3.1.2                             | 命名规则 .....              | 37        |
| <b>3.2</b>                        | <b>项目文件的命名 .....</b>    | <b>41</b> |
| <b>3.3</b>                        | <b>三中心文件法 .....</b>     | <b>42</b> |
| 3.3.1                             | 初步设计模型文件 .....          | 43        |
| 3.3.2                             | 施工图设计模型文件 .....         | 43        |
| 3.3.3                             | 构件深化模型文件 .....          | 43        |
| 3.3.4                             | 机电、装修模型文件 .....         | 44        |
| <b>3.4</b>                        | <b>预制构件建模方法 .....</b>   | <b>44</b> |
| 3.4.1                             | 外挂墙板建模 .....            | 44        |
| 3.4.2                             | 结构剪力墙建模 .....           | 45        |
| 3.4.3                             | 结构梁建模 .....             | 46        |
| 3.4.4                             | 叠合楼板建模 .....            | 49        |
| 3.4.5                             | 阳台建模 .....              | 51        |
| 3.4.6                             | 楼梯建模 .....              | 52        |
| 3.4.7                             | 内隔墙建模 .....             | 53        |
| <b>3.5</b>                        | <b>机电装修专业建模方法 .....</b> | <b>54</b> |
| 3.5.1                             | 给水排水专业建模 .....          | 54        |
| 3.5.2                             | 暖通专业建模 .....            | 59        |
| 3.5.3                             | 电气专业建模 .....            | 63        |
| 3.5.4                             | 装修专业建模 .....            | 66        |
| <b>3.6</b>                        | <b>现浇构件建模方法 .....</b>   | <b>70</b> |
| 3.6.1                             | 现浇墙体及钢筋建模 .....         | 70        |
| 3.6.2                             | 现浇板及钢筋建模 .....          | 73        |
| 3.6.3                             | 现浇梁及钢筋建模 .....          | 75        |
| <b>3.7</b>                        | <b>部品库建模方法 .....</b>    | <b>77</b> |
| 3.7.1                             | 构件设计各专业信息集成 .....       | 77        |
| 3.7.2                             | 部品库的制作方法 .....          | 79        |
| 3.7.3                             | 部品库的使用方法 .....          | 82        |
| <b>3.8</b>                        | <b>各专业数据维护管理 .....</b>  | <b>84</b> |
| <b>第4章 装配式建筑协同设计 .....</b>        |                         | <b>86</b> |
| <b>4.1</b>                        | <b>多专业工作流程概述 .....</b>  | <b>86</b> |
| 4.1.1                             | 全流程 BIM .....           | 87        |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 4.1.2 施工图 BIM .....                     | 87  |
| 4.1.3 施工 BIM .....                      | 88  |
| <b>4.2 设计各阶段协同内容与方法</b> .....           | 89  |
| 4.2.1 BIM 模型的文件协同架构 .....               | 89  |
| 4.2.2 模型提资与项目进度控制 .....                 | 90  |
| 4.2.3 方案设计阶段 .....                      | 93  |
| 4.2.4 初步设计阶段 .....                      | 94  |
| 4.2.5 施工图及加工图设计阶段 .....                 | 95  |
| 4.2.6 校审方式 .....                        | 98  |
| 4.2.7 加工及施工阶段 .....                     | 99  |
| 4.2.8 总路线图 .....                        | 100 |
| <b>4.3 装配式与现浇建筑协同设计对比</b> .....         | 101 |
| <b>4.4 装配式建筑协同管理系统 GDAD-PCMIS</b> ..... | 103 |
| 4.4.1 设计与生产、装配阶段信息衔接集成 .....            | 103 |
| 4.4.2 平台实施技术路线 .....                    | 111 |
| 4.4.3 平台开发技术要点 .....                    | 111 |
| 4.4.4 协同流程及平台应用 .....                   | 114 |
| <b>第5章 建筑专业设计方法</b> .....               | 118 |
| <b>5.1 装配式建筑的设计要求</b> .....             | 118 |
| 5.1.1 设计原则 .....                        | 118 |
| 5.1.2 建筑平面 .....                        | 118 |
| 5.1.3 建筑立面/建筑风格 .....                   | 122 |
| 5.1.4 建筑高度和层高 .....                     | 124 |
| <b>5.2 模数协调</b> .....                   | 124 |
| 5.2.1 基本模数 .....                        | 124 |
| 5.2.2 模数协调 .....                        | 125 |
| <b>5.3 立面和平面拆分方法</b> .....              | 125 |
| 5.3.1 拆分原则 .....                        | 125 |
| 5.3.2 各种结构体系的拆分特点 .....                 | 125 |
| <b>5.4 标准化、模块化设计</b> .....              | 127 |
| 5.4.1 标准化设计的原则 .....                    | 127 |
| 5.4.2 模块化设计 .....                       | 128 |
| 5.4.3 标准构件和部件库 .....                    | 129 |
| <b>5.5 节点构造</b> .....                   | 137 |
| 5.5.1 楼地面构造 .....                       | 137 |
| 5.5.2 墙体构造 .....                        | 137 |
| 5.5.3 屋面构造 .....                        | 137 |
| 5.5.4 防火构造 .....                        | 139 |

|            |                             |            |
|------------|-----------------------------|------------|
| 5.5.5      | 防水构造 .....                  | 139        |
| <b>5.6</b> | <b>施工图表达 .....</b>          | <b>140</b> |
| 5.6.1      | 施工图表达注意事项 .....             | 140        |
| 5.6.2      | 建筑施工图示例 .....               | 142        |
| <b>5.7</b> | <b>装配式与现浇高层住宅设计对比 .....</b> | <b>146</b> |
| <b>5.8</b> | <b>装配式高层住宅经济性分析 .....</b>   | <b>147</b> |
| 5.8.1      | 预制率和装配率计算方法 .....           | 147        |
| 5.8.2      | 高层住宅工程计量对比 .....            | 151        |
| 5.8.3      | 高层住宅工程计价对比 .....            | 155        |
| 5.8.4      | 高层住宅工程施工措施对比 .....          | 161        |
| 5.8.5      | 影响装配式建筑造价的主要因素 .....        | 162        |
| 5.8.6      | 装配式建筑不同预制率的造价差异 .....       | 163        |
| <b>第6章</b> | <b>结构专业设计方法 .....</b>       | <b>167</b> |
| <b>6.1</b> | <b>装配式混凝土结构体系 .....</b>     | <b>167</b> |
| 6.1.1      | 装配式混凝土结构体系分类 .....          | 167        |
| 6.1.2      | 装配式结构构件类型 .....             | 168        |
| 6.1.3      | 适用的最大高度及抗震等级 .....          | 170        |
| 6.1.4      | 楼盖形式 .....                  | 170        |
| <b>6.2</b> | <b>装配式结构整体有限元分析 .....</b>   | <b>171</b> |
| 6.2.1      | 计算单元和单元剖分 .....             | 171        |
| 6.2.2      | 计算参数 .....                  | 172        |
| 6.2.3      | 剪力墙结构整体控制指标 .....           | 172        |
| 6.2.4      | 围护结构影响分析 .....              | 173        |
| 6.2.5      | 楼梯影响分析 .....                | 174        |
| 6.2.6      | 温度效应分析 .....                | 174        |
| <b>6.3</b> | <b>装配式结构连接设计 .....</b>      | <b>175</b> |
| 6.3.1      | 节点连接主要形式 .....              | 175        |
| 6.3.2      | 节点构造 .....                  | 176        |
| 6.3.3      | 预制构件接缝计算 .....              | 178        |
| 6.3.4      | 节点可靠性分析 .....               | 178        |
| <b>6.4</b> | <b>结构拆分设计 .....</b>         | <b>188</b> |
| 6.4.1      | 楼板拆分 .....                  | 188        |
| 6.4.2      | 梁拆分 .....                   | 192        |
| 6.4.3      | 剪力墙拆分 .....                 | 193        |
| <b>6.5</b> | <b>结构 PC 构件设计 .....</b>     | <b>194</b> |
| 6.5.1      | PC 剪力墙的设计 .....             | 194        |
| 6.5.2      | PC 框架的设计 .....              | 197        |
| 6.5.3      | PC 楼板的设计 .....              | 200        |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 6.6 非结构 PC 构件设计 .....      | 206 |
| 6.6.1 外挂墙板设计 .....         | 206 |
| 6.6.2 预制外墙板设计 .....        | 209 |
| 6.6.3 楼梯设计 .....           | 210 |
| 6.6.4 阳台设计 .....           | 214 |
| 6.6.5 空调板、挑檐板设计 .....      | 217 |
| 6.6.6 女儿墙设计 .....          | 217 |
| 6.6.7 飘窗设计 .....           | 218 |
| 6.7 装配式与现浇高层住宅设计对比 .....   | 219 |
| 6.7.1 规范对比 .....           | 219 |
| 6.7.2 整体计算指标及构件承载力对比 ..... | 222 |
| 6.7.3 抗剪连梁分析对比 .....       | 224 |
| 6.7.4 抗震性能对比 .....         | 228 |
| 6.8 施工图表达 .....            | 234 |
| 6.8.1 BIM 出施工图的可行性 .....   | 234 |
| 6.8.2 现浇梁施工图 .....         | 235 |
| 6.8.3 预制梁施工图 .....         | 236 |
| 6.8.4 现浇板施工图 .....         | 236 |
| 6.8.5 叠合板施工图 .....         | 236 |
| 6.8.6 剪力墙施工图 .....         | 237 |
| 6.8.7 预制件统计表 .....         | 239 |
| 第7章 机电专业设计方法 .....         | 245 |
| 7.1 机电设计配合内容 .....         | 245 |
| 7.1.1 电气专业 .....           | 245 |
| 7.1.2 给水排水专业 .....         | 247 |
| 7.1.3 空调专业 .....           | 248 |
| 7.2 施工图表达 .....            | 248 |
| 7.2.1 电气专业 .....           | 249 |
| 7.2.2 给水排水专业 .....         | 250 |
| 7.3 装配式与现浇高层住宅机电设计对比 ..... | 251 |
| 第8章 装修专业设计方法 .....         | 253 |
| 8.1 一体化装修的必要性 .....        | 253 |
| 8.2 住宅空间和部品的模块化设计方法 .....  | 254 |
| 8.2.1 标准化与模块化 .....        | 254 |
| 8.2.2 模块化分解与组合 .....       | 255 |
| 8.2.3 二级模数系统和应用原则 .....    | 256 |
| 8.3 标准化部品库设计 .....         | 260 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 8.3.1 整体卫浴卫生间系统 .....               | 260 |
| 8.3.2 集成化厨房系统 .....                 | 261 |
| 8.3.3 集成吊顶系统 .....                  | 262 |
| 8.3.4 集成架空地板系统 .....                | 262 |
| 8.3.5 集成墙面系统 .....                  | 262 |
| 8.4 与其他专业的设计配合 .....                | 263 |
| 8.5 装配式住宅装修综合效益 .....               | 264 |
| 第9章 装配式建筑辅助设计软件 .....               | 265 |
| 9.1 装配式建筑设计常用软件 .....               | 265 |
| 9.2 各专业 BIM 模型常用转换工具 .....          | 266 |
| 9.2.1 建筑、装修专业常用软件与 BIM 软件的转换 .....  | 266 |
| 9.2.2 结构专业常用软件与 BIM 软件的转换 .....     | 270 |
| 9.2.3 造价专业常用软件与 BIM 软件的转换 .....     | 273 |
| 9.3 装配式建筑辅助设计软件 GDAD-RevitFly ..... | 275 |
| 9.3.1 装配式建筑预制率及装配率计算模块 .....        | 275 |
| 9.3.2 装配式结构拆分辅助模块 .....             | 278 |
| 9.3.3 装配式建筑构件深化设计辅助模块 .....         | 282 |
| 9.3.4 梁平法快速成图模块 .....               | 289 |
| 第10章 装配式高层保障房设计应用案例 .....           | 294 |
| 10.1 项目概况 .....                     | 294 |
| 10.1.1 建筑设计要求 .....                 | 295 |
| 10.1.2 设计内容 .....                   | 297 |
| 10.2 设计流程 .....                     | 298 |
| 10.3 BIM 建模与拆分 .....                | 301 |
| 10.3.1 建筑模型 .....                   | 301 |
| 10.3.2 结构模型 .....                   | 302 |
| 10.3.3 机电模型 .....                   | 307 |
| 10.3.4 装修模型 .....                   | 309 |
| 10.4 施工图设计 .....                    | 312 |
| 10.4.1 建筑施工图 .....                  | 312 |
| 10.4.2 结构施工图 .....                  | 317 |
| 10.4.3 机电施工图 .....                  | 327 |
| 10.4.4 装修图 .....                    | 329 |
| 10.5 部品库设计 .....                    | 332 |
| 10.5.1 叠合板部品库 .....                 | 332 |
| 10.5.2 叠合梁部品库 .....                 | 336 |
| 10.5.3 预制外墙部品库 .....                | 339 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 10.5.4 剪力墙部品库.....       | 342 |
| <b>10.6 实体钢筋建模</b> ..... | 344 |
| 10.6.1 楼板钢筋.....         | 344 |
| 10.6.2 现浇剪力墙边缘构件钢筋.....  | 345 |
| 10.6.3 现浇剪力墙身钢筋.....     | 345 |
| 10.6.4 现浇梁钢筋.....        | 346 |
| <b>10.7 碰撞检查</b> .....   | 346 |
| <b>附录 平面模块库</b> .....    | 350 |
| <b>参考文献</b> .....        | 364 |

# 第 1 章 概 述

## 1.1 装配式建筑概述

### 1.1.1 定义及分类

预制装配式建筑即集成房屋是将建筑的部分或全部构件在工厂预制完成，然后运输到施工现场将构件通过可靠的连接方式组装而建成的房屋。在欧美及日本被称做产业化住宅或工业化住宅。

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。

装配式建筑可按如下方法分类：

装配式建筑按结构材料分类，可分为：装配式钢结构建筑、装配式钢筋混凝土建筑、装配式木结构建筑。

装配式建筑按高度分类，可分为：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。

装配式建筑按预制率分类，有高预制率（70%以上）、普通预制率（30%~70%）、低预制率（20%~30%）和局部使用预制构件等。

### 1.1.2 国内发展情况

我国 PC 建筑的发展始于 20 世纪 50 年代，到 80 年代发展至高峰，建筑类型主要为预制钢筋混凝土单层厂房、无梁板结构的仓库以及钢结构工业厂房，一些砖混结构的住宅和办公楼也大量使用预制楼板、预制过梁、预制楼梯等。从建筑类型上看，这个年代的 PC 建筑主要是一些单层工业建筑以及砖混结构的民用建筑，建筑层数普遍不高。由于这些 PC 建筑存在着抗震、漏水、透寒等问题，后来逐渐被发展起来的现浇钢筋混凝土建筑所取代。

21 世纪后，考虑到劳动力成本、节能减排、建筑质量等因素，我国重新开始了装配式建筑发展进程。2007 年，万科“金色里程”项目是万科第一个采用装配式做法的剪力墙结构住宅，单体预制率为 16%，主要预制构件为：叠合外墙板、阳台、凸窗、空调板和楼梯梯段；2008 年，万科“金色城市”项目复制了“金色里程”项目；2012 年，万科“海上传奇”项目成为上海第一个装配整体式剪力墙高层住宅小区，共 22 栋楼，单体预制率为 25%~28%。2013~2015 年间，各地陆续建造了许多装配式住宅建筑项目，部分典型项目见表 1.1-1。

从 2013 年的绿色建筑行动方案开始，国家陆续出台政策推动装配式建筑的发展。到目前，我国装配式建筑市场已有一定规模。根据中投顾问产业研究中心所作《2017~2021

年中国装配式建筑行业深度调研及投资前景预测报告》，2011～2015 年，我国装配式建筑市场产值逐年提高，2015 年产值达到 1287 亿元，如图 1.1-1 所示。

我国典型装配式住宅项目 表 1.1-1

| 时间   | 项目名称        | 地点 | 结构形式         | 预制率 |
|------|-------------|----|--------------|-----|
| 2007 | 万科金色里程      | 南京 | 剪力墙结构        | 16% |
| 2008 | 万科金色城市      | 武汉 | 剪力墙结构        | 28% |
| 2012 | 万科海上传奇二期    | 嘉兴 | 剪力墙结构        | 25% |
| 2013 | 万科北宸之光      | 杭州 | 现浇外挂框架剪力墙结构  | 15% |
| 2013 | 新城公馆四期      | 常州 | 现浇外挂剪力墙结构    | —   |
| 2014 | 万科地杰 A 街坊   | 上海 | 装配整体式剪力墙结构   | —   |
| 2014 | 保利浦东国际医学园   | 上海 | 现浇外挂剪力墙结构    | 15% |
| 2014 | 新城帝景北区      | 常州 | 剪力墙全装配式体系    | —   |
| 2014 | 阳光城浦东医学园    | 上海 | 现浇外挂剪力墙结构    | 15% |
| 2014 | 方兴大宁金茂府     | 上海 | 装配整体式剪力墙结构   | 25% |
| 2014 | 保利平凉 18 街坊  | 上海 | 装配整体式剪力墙结构   | 25% |
| 2014 | 绿地杨浦 96 街坊  | 上海 | 装配整体式框架核心筒结构 | 40% |
| 2014 | 旭辉嘉定汇源路项目   | 上海 | 装配整体式框架结构    | 15% |
| 2015 | 旭辉车墩镇住宅     | 上海 | 装式整体式框架结构    | 15% |
| 2015 | 绿地虹口综合体     | 上海 | 装配整体式框架核心筒结构 | 25% |
| 2015 | 阳光城平凉 17 街坊 | 上海 | 装配整体式剪力墙结构   | 25% |

根据北大方极城市规划设计（海南）有限公司所作《全球装配式建筑市场规模分析》，2011～2016 年，我国已完成的装配式建筑面积逐年快速增长，2016 年完成的装配式建筑面积约为 10000 万 m<sup>2</sup>，统计数据如图 1.1-2 所示。

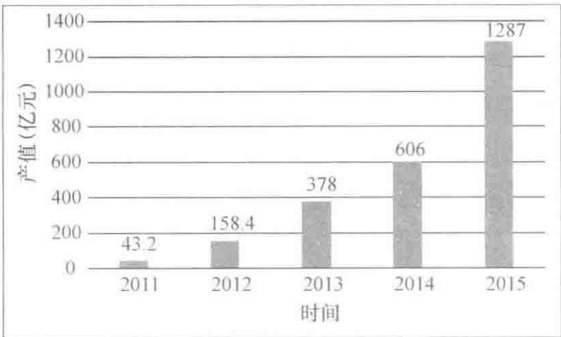


图 1.1-1 2011～2015 年我国装配式建筑市场产值

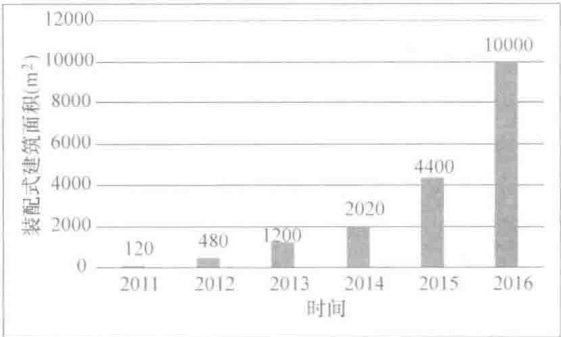


图 1.1-2 2011～2016 年我国已完成装配式建筑面积

- 根据文献 [1] 研究，目前我国的装配式建筑仍存在不少问题，主要体现在：
- (1) 技术体系不完备。目前行业发展热点主要集中在装配式混凝土剪力墙住宅，框架结构及其他房屋类型的装配式结构发展并不均衡，无法支撑整个预制混凝土行业的健康发展。目前国内装配式剪力墙住宅大多采用底部竖向钢筋套筒灌浆或浆锚搭接连接、边缘构件现浇的技术处理，其他技术体系研究尚少，应进一步加强研究。
  - (2) 基础性研究不足。国内装配式剪力墙，钢筋竖向连接、夹心墙板连接件两个核心

应用技术仍不完善。作为主流的装配剪力墙竖向钢筋连接方式,套筒灌浆连接相当长一段时间内作为一种机械连接形式应用,但在接头受力机理与性能指标要求、施工控制、质量验收等方面对三种材料(钢筋、灌浆套筒、灌浆料)共同作用考虑不周全。夹心墙板连接件是保证“三明治”夹心保温墙板内外层共同受力的关键配件。连接件产品设计不仅要考虑单向抗拉力,还要承受夹心墙板在重力、风力、地震力、温度等作用下传来的复杂受力,且长期老化、热胀收缩等性能要求很高,还需进一步加强研究。

(3) 标准规范支撑不够。标准规范在建筑预制装配化发展的初期阶段其重要性已被全行业所认同。但由于建筑预制装配化技术标准缺乏基础性研究与足够的工程实践,使得很多技术标准仍处于空白。

### 1.1.3 美欧日发展情况

#### 1. 美国发展情况

美国在20世纪70年代能源危机期间开始实施配件化施工和机械化生产。美国城市发展部出台了一系列严格的行业标准规范,一直沿用至今,并与后来的美国建筑体系逐步融合。美国城市住宅结构基本上以工厂化、混凝土装配式和钢结构装配式为主,降低了建设成本,提高了工厂通用性,增加了施工的可操作性。总部位于美国的预制与预应力混凝土协会PCI编制的《PCI设计手册》,其中就包括了装配式结构相关的部分。该手册不仅在美国,而且在整个国际上也是具有非常广泛的影响力的。从1971年的第一版开始,PCI手册已经编制到了第7版,该版手册与IBC2006、ACI318-05、ASCE7-05等标准协调。除了PCI手册外,PCI还编制了一系列的技术文件,包括设计方法、施工技术和施工质量控制等方面。

#### 2. 欧洲发展情况

欧洲是预制建筑的发源地,早在17世纪就开始了建筑工业化道路。以法国为例,法国的装配式体系主要为预制混凝土装配式框架结构体系,装配率可达80%,多采用焊接、螺栓连接等干作业法。结构构件与设备、装修工程分开,预埋少,生产和施工质量高。自1980年后形成体系,绝大部分为预制混凝土,基本实现尺寸模数化、构件标准化。

为了消除贸易技术障碍,协调各国的规范,欧洲共同体委员会采取一系列措施来建立一套协调土建工程设计的技术规范,以取代国家规范,从1980~1992年,委员会制作了各类欧洲规范,其中包括预制构件质量控制相关的标准。

法国的预制预应力混凝土装配整体式框架结构体系,其预制构件包含预制混凝土柱、预制预应力混凝土叠合梁、板,属于采用了整浇节点的一次受力叠合框架。该体系的应用只是限定在了抗震等级为三级的结构中。

除了等效现浇节点还有装配式节点,常用的装配式节点有焊接连接点和螺栓连接节点,欧洲实验室进行的预制混凝土框架结构动力试验研究,梁柱节点采用螺栓连接节点,在柱顶预埋螺栓,梁端留孔,螺栓插入梁孔后用螺母固定而成节点,并在部分梁柱间加入橡胶垫。这种节点的特点是转动刚度较弱,但具有很大的变形能力。试验表明这些预制框架结构具有与现浇结构相当的抗震能力,未加橡胶垫的节点会因为梁柱混凝土直接接触出现部分混凝土压碎,加橡胶垫的节点由于橡胶垫的大变形能力,节点在试验后基本保持完好。

在欧洲,98%的建筑都是用预制板,最常用的是蜂窝板、带肋板和带梁支撑楼盖(主

要用于翻新工程)。预制楼板分为两种，全预制楼板和部分预制楼板，全预制楼板在工厂施工，通过安装后，架立在承重构件上，接缝处用细混凝土浇筑或者螺栓连接。部分预制楼板，则部分在工厂加工，部分在现场浇筑。图 1.1-3 为常用蜂窝板类型，图 1.1-4 为 TT 楼板的常用样式。

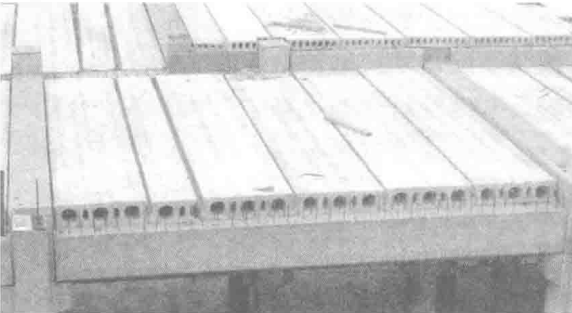


图 1.1-3 预制蜂窝板

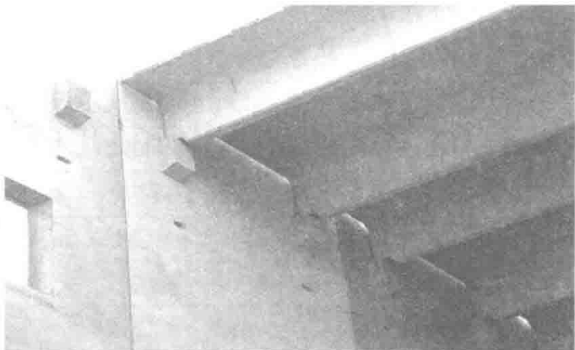


图 1.1-4 TT 楼板

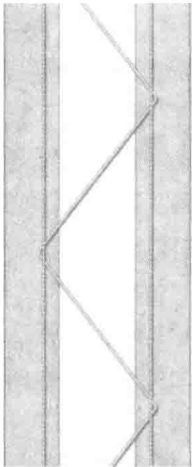


图 1.1-5 三角形  
连接桁架

预制墙方面，在欧洲，有两种主要类型的墙体，按照制作类型，分为全预制墙体和半预制墙体，其中全预制墙体最常见的是夹心保温外墙板，欧洲称之为三明治墙板，它集合围护和保温、防水和防火为一体，它由预制混凝土层、隔热保温层、内外钢筋网、钢筋桁架组成(图 1.1-5)，宽度一般为 800mm，长度一般为 10m。另外一种为半预制墙体，同国内的叠合墙板。

预制墙连接方法有：紧固连接法、墙体竖缝连接环连接法、键槽连接法等。

紧固连接法主要用于预制楼梯、电梯井或其他墙体结构的拉应力区的刚性拼接，如：核心墙和电梯井等；在墙底连接座、锚固螺栓和墙体钢筋的帮助下，荷载由墙体传递到基础或其他承重结构，并通过在锚固螺栓上拧紧螺母和特殊 AL 垫片的方式来实现固定。预制墙连接件如图 1.1-6 所示，锚固件大样如图 1.1-7 所示。



图 1.1-6 预制墙之间的竖向连接



图 1.1-7 锚固件大样

预制梁方面,在装配式结构中常见的梁类型是带翼缘的 L 形和反 T 形。这些梁一般都用预应力混凝土浇筑而成。

常用尺寸规格为:长度 4.8~14.4m;高度 ( $h$ ) 350~380mm;宽度 ( $b$ ) 200~500mm;翼缘宽度 ( $b_1$ ) 100~150mm;翼缘高度 ( $h_1$ ) 150~200mm。

如果相邻板的厚度不同,可以通过改变 T 形板的翼缘高来让楼板平齐,或者并列两个 L 形梁。带跟的梁的上部分可以和柱有同样的宽度,翼缘部突出柱子(图 1.1-8a),或者翼缘部和柱子平齐(图 1.1-8b),建议使用图 1.1-8 (a) 的方法,不但可以避免切割楼板,而且用这种方式板的模数是独立的,它不用根据柱支座而改变。

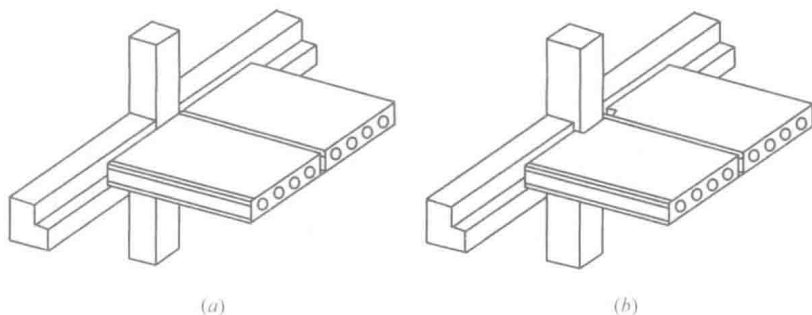


图 1.1-8 蜂窝板和 L 形梁的搭接

梁端连接座用于配套的构件牛腿,方便预应力和非预应力预制梁和柱子的连接。有两种不同型号:矮的类型适用于梁的翼缘高度 $<60\text{mm}$ ,高的型号适用于 $>60\text{mm}$ 。其材料大样如图 1.1-9 所示,梁端构造如图 1.1-10 所示。

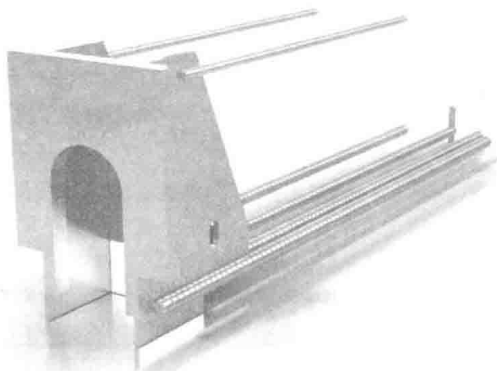


图 1.1-9 材料大样

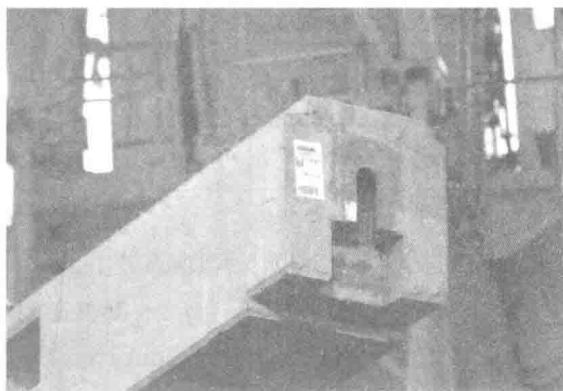


图 1.1-10 梁端构造

模数在装配式建筑中是一个很重要的指标,模数化不可以被认为限制设计自由度,它是一种手段,可以系统地经济化并且简化节点组件和细节。在装配式结构中,常常遇到的模数是 0.6m、0.9m 或者是它们的倍数和组合数据,比如 1.2m、1.5m、1.8m、2.4m 等。

### 3. 日本发展情况

日本 1968 年提出装配式住宅的概念。在 1990 年的时候,他们采用部件化、工厂化生产方式,提高生产效率,住宅内部结构可变,适应多样化的需求。而且日本有一个非常鲜明的特点,从一开始就追求中高层住宅的配件化生产体系。这种生产体系能满足日本的人