

## 知识目标

1. 熟悉装配式混凝土建筑结构基本知识。
2. 熟悉装配式构件的种类及使用特点。
3. 掌握起重设备与吊具的应用。
4. 掌握装配式构件支撑系统的使用要求。
5. 掌握装配式构件的基本连接方式。

## 项目背景材料

改革开放以来,我国建筑业仍是一个劳动密集型、建造方式相对落后的传统产业,尤其在房屋建造的整个生产过程中,高能耗、高污染、低效率、粗放的传统建造模式与当前的新型城镇化、工业化、信息化发展的要求不相适应。装配式建筑规范标准自 2015 年以来密集出台,2015 年年末住房和城乡建设部发布《工业化建筑评价标准》(GB/T 51129—2015),该标准是我国第一部工业化建筑评价标准,对规范我国工业化建筑评价,推进建筑工业化发展,促进传统建造方式向现代工业化建造方式转变,具有重要的引导和规范作用,也是推动建筑产业现代化持续健康发展的重要基础。2016 年 9 月 27 日,国务院办公厅出台《国务院办公厅关于大力发展装配式建筑的指导意见》(国办发〔2016〕71 号),要求以京津冀、长三角、珠三角三大城市群为重点推进地区,常住人口超过 300 万的其他城市为积极推进地区,其余城市为鼓励推进地区,因地制宜发展装配式混凝土结构、钢结构和现代木结构等装配式建筑。2017 年,住房和城乡建设部印发《“十三五”装配式建筑行动方案》(建科〔2017〕77 号),鼓励各地制定更高的发展目标,建立健全装配式建筑政策体系、规划体系、标准体系、技术体系、产品体系和监管体系,形成一批装配式建筑设计、施工、部品部件规模化生产企业和工程总承包企业,形成装配式建筑专业化队伍,全面提升装配式建筑质量、效益和品质,实现装配式建筑全面发展。

## 任务 1.1 认识装配式建筑结构

### 1.1.1 任务描述

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,将预制构件通过可

靠的连接方式组装而成的建筑,称为装配式建筑。装配式混凝土结构是由预制混凝土构件或部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。为满足因抗震而提出的“等同现浇”要求,目前常采用装配整体式混凝土结构,即由预制混凝土构件或部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。装配式混凝土结构承受竖向及水平荷载的基本单元主要为框架和剪力墙,这些基本单元可组成不同的结构体系。

### 1.1.2 任务分解

#### 1. 装配式混凝土建筑技术体系按结构形式有哪些?

---

---

---

---

#### 2. 装配整体式剪力墙结构的连接方式有哪些?

---

---

---

---

#### 3. 现阶段如何对装配式建筑进行评价?

---

---

---

---

#### 4. 如何对装配式建筑评价等级进行划分?

---

---

---

---

### 1.1.3 任务实施

#### 1. 重难点

- (1) 装配整体式结构体系的分类及特点。
- (2) 装配式建筑、装配式建筑的构件系统、装配率、装配式建筑评价。

## 2. 分组安排

具体任务分组安排如表 1-1 所示,教师可根据现场情况进行分组安排。

表 1-1 学习分组表

|    |      |        |  |        |  |
|----|------|--------|--|--------|--|
| 班级 |      | 组号     |  | 指导教师   |  |
| 组长 |      | 学号     |  |        |  |
| 组员 | 任务分工 | 任务准备情况 |  | 任务学习进度 |  |
|    |      |        |  |        |  |
|    |      |        |  |        |  |
|    |      |        |  |        |  |
|    |      |        |  |        |  |
|    |      |        |  |        |  |

## 3. 任务学习内容

### 1) 装配式混凝土建筑技术体系

全装配式混凝土结构主要应用于多层建筑,主要指多层装配式墙—板结构,这种结构的特点是全部墙、板采用预制构件,通过可靠的连接方式进行连接,采用干式工法施工,干式连接暂无成熟的技术规范。

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。在相关标准及规程中,装配式混凝土建筑一般建议应用装配整体式混凝土结构,所以按结构体系类型分为装配整体式剪力墙结构、装配整体式框架结构、装配整体式框架—剪力墙结构。在我国建筑市场中,剪力墙结构体系一直占据重要地位,其在居住建筑中可作为结构墙和分隔墙,因其具有无梁、柱外露等特点而得到市场的广泛认可。近年来,装配整体式剪力墙结构发展非常迅速,应用量不断加大,不同形式、不同结构特点的装配整体式剪力墙结构建筑不断涌现,北京、上海、天津、哈尔滨、沈阳、合肥、深圳等诸多城市中均有大量建筑应用该结构。

由于技术和使用习惯等,我国装配整体式框架结构的应用较少,该结构适用于低层、多层建筑和高度适中的高层建筑,主要应用于厂房、仓库、商场、办公楼、教学楼、医务楼等建筑,这些建筑要求具有开敞的大空间和相对灵活的室内布局。总体而言,目前国内的装配整体式框架结构很少应用于居住建筑。装配整体式框架—剪力墙结构是由框架和剪力墙共同承受竖向和水平作用的结构,兼有框架结构和剪力墙结构的特点,体系中剪力墙和框架的布置灵活,较易实现大空间和较高的适用高度,可广泛应用于居住建筑、商业建筑、办公建筑等。目前,装配整体式框架—剪力墙结构仍处于研究、完善阶段,国内应用不多。

装配整体式剪力墙结构是由全部或部分经整体或叠合预制的混凝土剪力墙构件或部件,通过各种可靠方式进行连接并现场浇筑混凝土共同构成的装配整体式预制混凝土剪力墙结构(图 1-1)。其构件之间采用湿式连接,结构性能和现浇结构基本一致,主要按照现浇结构的设计方法进行设计。装配整体式框架结构按照材料可分为装配整体式混凝土框架结构、装配整体式钢框架结构和装配整体式木框架结构。装配整体式框架结构的主要特点

是:连接节点简单,结构构件的连接可靠并容易得到保证,方便采用等同于现浇的设计概念;框架结构布置灵活,容易满足不同的建筑功能需求;结合外墙板、内墙板及预制楼板或预制叠合楼板应用,装配率可以达到很高水平,适合建筑工业化发展。装配式框架—剪力墙结构根据预制构件部位的不同,可分为装配整体式框架—现浇剪力墙结构、装配整体式框架—现浇核心筒结构、装配整体式框架—剪力墙结构三种形式。其中装配整体式框架—现浇剪力墙结构的施工现场同时存在预制装配和现浇两种作业方式,施工组织和管理复杂,效率不高;装配整体式框架—现浇核心筒结构的施工难度大,施工工艺复杂,需要处理好筒体结构与框架结构的施工交叉影响;装配整体式框架—剪力墙结构处于研究阶段,目前应用数量较少。



图 1-1 装配整体式剪力墙结构

## 2) 《装配式建筑评价标准》简介

《装配式建筑评价标准》(GB/T 51129—2017)自 2018 年 2 月 1 日起实施,该标准的编制是以促进装配式建筑的发展、规范装配式建筑的评价为目标,根据系统性的指标体系进行综合打分,采用装配率来评价装配式建筑的装配化程度。《装配式建筑评价标准》(GB/T 51129—2017)共设置 5 章 28 个条文,其中总则 4 条,术语 5 条,基本规定 4 条,装配率计算 13 条,评级等级划分 2 条。

### (1) 适用范围

《装配式建筑评价标准》(GB/T 51129—2017)适用于评价采用装配方式建造的民用建筑,包括居住建筑和公共建筑。对于一些与民用建筑相似的单层和多层厂房等工业建筑,如精密加工车间、洁净车间等,当符合本标准的评价原则时,可参照执行。

### (2) 装配式建筑的评价指标

《装配式建筑评价标准》(GB/T 51129—2017)规定装配式建筑的评价指标统一为“装配率”,明确了装配率是对单体建筑装配化程度的综合评价结果,装配率具体定义为:单体建筑室外地坪以上的主体结构、围护墙和内隔墙、装修和设备管线等采用预制部品部件的综合比例。依据《装配式建筑评价标准》(GB/T 51129—2017),装配式建筑应同时满足下列要求:

- ① 主体结构部分的评价分值不低于 20 分；
- ② 围护墙和内隔墙部分的评价分值不低于 10 分；
- ③ 采用全装修；
- ④ 装配率不低于 50%。

### (3) 装配率计算

《装配式建筑评价标准》(GB/T 51129—2017)第 3.0.1 条规定,装配率计算和装配式建筑等级评价应以单体建筑作为计算和评价单元,并应符合下列规定:

- ① 单体建筑应按项目规划批准文件的建筑编号确认；
- ② 建筑由主楼和裙房组成时,主楼和裙房可按不同的单体建筑进行计算和评价；
- ③ 单体建筑的层数不大于 3 层,且地上建筑面积不超过 500m<sup>2</sup> 时,可由多个单体建筑组成建筑组团作为计算和评价单元。

装配式建筑评分要求见表 1-2。装配率应根据评价项分值按下式计算:

$$P = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{100 - Q_4} \times 100\%$$

式中  $P$ ——装配率；

$Q_1$ ——主体结构指标实际得分值；

$Q_2$ ——围护墙和内隔墙指标实际得分值；

$Q_3$ ——装修和设备管线指标实际得分值；

$Q_4$ ——评价项目中缺少的评价项分值总和。

表 1-2 装配式建筑评分表

| 评价项目                  |                    | 评价要求                            | 评价分值    | 最低分值 |
|-----------------------|--------------------|---------------------------------|---------|------|
| 主体结构<br>(50 分)        | 柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件 | $35\% \leq \text{比例} \leq 80\%$ | 20~30 * | 20   |
|                       | 梁、板、楼梯、阳台、空调板等构件   | $70\% \leq \text{比例} \leq 80\%$ | 10~20 * |      |
| 围护墙和<br>内隔墙<br>(20 分) | 非承重围护墙非砌筑          | 比例 $\geq 80\%$                  | 5       | 10   |
|                       | 围护墙与保温、隔热、装饰一体化    | $50\% \leq \text{比例} \leq 80\%$ | 2~5 *   |      |
|                       | 内隔墙非砌筑             | 比例 $\geq 50\%$                  | 5       |      |
|                       | 内隔墙与管线、装修一体化       | $50\% \leq \text{比例} \leq 80\%$ | 2~5     |      |
| 装修和<br>设备管线<br>(30 分) | 全装修                | —                               | 6       | 6    |
|                       | 干式工法楼面、地面          | 比例 $\geq 70\%$                  | 6       | —    |
|                       | 集成厨房               | $70\% \leq \text{比例} \leq 90\%$ | 3~6 *   |      |
|                       | 集成卫生间              | $70\% \leq \text{比例} \leq 90\%$ | 3~6 *   |      |
|                       | 管线分离               | $50\% \leq \text{比例} \leq 70\%$ | 4~6 *   |      |

注:表中带“\*”项的值采用内插法计算。

### (4) 装配式建筑等级评价

《装配式建筑评价标准》(GB/T 51129—2017)中规定了装配式建筑的认定评价与等级

评价两种评价方式,对装配式建筑设置了相对合理可行的“准入门槛”,达到最低要求时,才能认定为装配式建筑,再根据分值进行等级评价。

装配式建筑评价一般可以在设计阶段进行预评价,主要是对项目设计方案做出预判与优化,对项目设计采用新技术、新产品和新方法等的评价方法进行论证和确认,为施工图审查、项目统计与管理等提供基础性依据,并按设计文件计算装配率。在设计阶段可以进行预评价,但预评价不是必须执行的程序。

装配式建筑评价主要在项目竣工验收后依据验收资料进行,根据竣工验收资料计算装配率和确定评价等级。主要工作是对项目实际装配率进行复核,进行装配式建筑的认定,根据项目申请,对装配式建筑进行等级评价。

装配式建筑两种评价方式之间存在 10 分的差值,在项目成为装配式建筑与项目具有评价等级之间存有一定空间,为地方政府制定奖励政策提供弹性范围。

装配式建筑评价应在项目竣工验收后进行,并应按竣工验收资料计算装配率和确定评价等级。当评价项目满足《装配式建筑评价标准》(GB/T 51129—2017)所规定的基本要求,且主体结构竖向构件中预制部品部件的应用比例不低于 35%时,可进行装配式建筑等级评价。装配式建筑评价等级划分为 A 级、AA 级、AAA 级,并应符合下列规定:

- ① 装配率为 60%~75%时,评价为 A 级装配式建筑;
- ② 装配率为 76%~90%时,评价为 AA 级装配式建筑;
- ③ 装配率为 91%及以上时,评价为 AAA 级装配式建筑。

### 3) 装配式建筑的优势

为了降低建筑能耗、减少建筑业所带来的环境问题,政府大力提倡资源节约的新型建造方式,装配式建筑正符合了这一要求。装配式建筑具有工业化水平高、便于冬期施工、减少施工现场湿作业量、减少材料消耗、减少工地扬尘和建筑垃圾等优点,有利于实现提高建筑质量和生产效率、降低成本、节能减排和保护环境的目。发展装配式建筑是建筑行业意义深远的重大变革,而技术体系和标准规范是引领这场变革的重要技术支撑。

装配式建筑构件是在工厂预制的,有利于提高施工质量,能最大限度地改善墙体开裂等质量通病,并提高住宅整体安全等级、防火性和耐久性。装配式建筑比传统建筑进度快 30%左右,有利于加快工程进度。装配式建筑与装配式装修技术结合,有利于提高建筑品质,可实现即拆即装、又快又好的建造模式。装配式建筑采用的外挂板为两面混凝土、中间夹 50mm 厚挤塑板,使建筑的保温性能较传统建筑的外墙外保温或外墙内保温性能更好,同时也解决了传统建筑因为做了外保温而带来的外墙面装修脱落现象。装配式建筑由于采用工厂化生产,使得施工现场的建筑垃圾大量减少,因而更环保,也有利于文明施工、安全管理。传统作业现场有大量的工人,现在把大量工地作业移到工厂,现场只需留小部分工人就可以,从而大大减少了现场安全事故发生率,更有利于环境保护、节约资源,现场原始现浇作业极少,健康不扰民。装配式建筑由于叠合板做楼板底模,外挂板作剪力墙的一侧模板,因此节省了大量的模板。装配式建筑由于大量的墙板及预制叠合板都在工厂生产,从而大量减少了现场施工强度,省去了砌筑和抹灰工序,从而缩短了整体工期。

### 4) 装配式建筑的发展

国内的装配式建筑技术经过了一系列的发展阶段,在发展初期阶段(1950—1978 年),

建立了工业化的初步基础,建筑工业化快速发展。相比美国、法国等发达国家,我国装配式建筑行业发展较晚,1956年5月国务院发布了《关于加强和发展建筑工业的决定》,提出要着力提高中国建筑工业的技术、组织和管理水平,逐步实现建筑工业化,以改善我国建筑工业基础差、技术装备落后、管理制度不健全等问题。此政策文件的出台为行业的开端奠定了重要基础,明确了建筑工业化的发展方向,但由于各种因素的制约,此阶段的装配式建筑技术对建筑行业的发展影响有限。

改革开放后,中国装配式建筑逐渐从停滞期进入缓慢发展期(1978—2010年),政府宏观层面上制定的发展战略为行业发展注入新的能量,推动行业技术积累、产品研发以及应用试点等工作的开展。业内出现了大板建筑、砌块建筑等预制构件,但是受限于技术实力,装配而成的建筑存在一定的质量问题,如密封不严、隔声效果不佳等。另外,现浇技术水平的提升吸引农民工进入传统建筑市场,提升了现浇施工方式效率并降低了施工成本,在一定程度上增强了装配式建筑行业的关注度以及推进行业的发展。20世纪90年代后,政府相关主体再次发布一系列政策文件,大力推行住宅产业化,一方面是为了满足该时期大量商品房的建设需求,另一方面旨在提升装配式建筑的技术积累、推动行业应用,并提升行业市场化程度,这一时期,尽管政府主体对于行业发展重视度较高,也通过出台利好政策大力扶持行业发展,但是受限于技术积累较浅、市场化程度尚待提高、产业基础相对薄弱、市场活跃度有限等因素,行业发展相对缓慢。

快速发展期(2011年至今),自“十二五”开始,行业逐步进入快速发展期。预制构件生产技术日益成熟、建筑业环保理念的深入和建筑材料逐渐丰富均为装配式建筑的发展奠定了关键的基础,初步建立装配式施工地方标准,引进与吸收国外技术,在国内进行实践。

#### 1.1.4 任务评价

认识装配式建筑需要了解装配式构件体系和装配率的计算过程,通过对所学习的知识和技能进行评价,有利于培养学生严谨、认真、负责的学习品质和个性特征,同时也可以促使学生进行自我反思,学会对事,对人做出客观、科学的价值判断,并学会自我评价。学习评价表如表1-3所示,本课程的学习评价主要采用个人学习任务完成情况描述、小组学习任务检查和教师评价相结合的方式,综合考虑学生的课堂表现、成果完成过程和学习成果情况等因素进行评分。

表 1-3 学习评价表

| 评价指标 | 个人任务完成情况描述 | 小组检查 | 教师评价 | 分值 | 得分 |
|------|------------|------|------|----|----|
| 课前准备 |            |      |      | 10 |    |
| 学习过程 |            |      |      | 10 |    |
| 学习态度 |            |      |      | 20 |    |
| 学习纪律 |            |      |      | 10 |    |
| 成果完成 |            |      |      | 15 |    |

续表

|      |            |      |      |    |    |
|------|------------|------|------|----|----|
| 评价指标 | 个人任务完成情况描述 | 小组检查 | 教师评价 | 分值 | 得分 |
| 课后拓展 |            |      |      | 10 |    |
| 自评反馈 |            |      |      | 25 |    |
| 汇总得分 |            |      |      |    |    |

## 任务小结

## 任务 1.2 认识预制构件

### 1.2.1 任务描述

2020年8月28日,住房和城乡建设部、教育部、科技部、工业和信息化部等九部门联合印发《关于加快新型建筑工业化发展的若干意见》,该意见提出要优化构件和部品部件生产,推动构件和部件标准化。装配式混凝土结构应用的建筑类型以住宅建筑为主体,并逐步向学校、办公建筑、停车楼、精密车间等建筑类型发展。预制混凝土构件是指在工厂或现场预制的混凝土构件,简称预制构件。在装配式混凝土结构中,常用的预制构件主要包含预制剪力墙、叠合板、叠合梁、预制柱、预制外挂墙板、预制楼梯、预制内隔墙、叠合阳台板、预制女儿墙等。其中叠合板、叠合梁、预制楼梯等构件类型应用范围最广,并逐步向预制柱、预制剪力墙、预制外挂墙板、预制内墙板等功能性部品部件方向发展。随着装配式技术的应用,建筑类型不断扩展,预制构件也会得到更大的发展。

### 1.2.2 任务分解

#### 1. 什么是预制混凝土构件? 常见的预制构件有哪些?

---

---

---

---

#### 2. 叠合楼板的特点有哪些?

---

---

---

---

#### 3. 现阶段预制外挂墙板的应用前景如何?

---

---

---

---

4. 如何对预制构件进行分类？

1.2.3 任务实施

1. 重难点

- (1) 预制构件的类型及特点。
- (2) 预制构件的应用情况。

2. 分组安排

具体任务分组安排如表 1-4 所示,教师可根据现场情况进行分组安排。

表 1-4 学习分组表

|    |      |        |  |        |  |
|----|------|--------|--|--------|--|
| 班级 |      | 组号     |  | 指导教师   |  |
| 组长 |      | 学号     |  |        |  |
| 组员 | 任务分工 | 任务准备情况 |  | 任务学习进度 |  |
|    |      |        |  |        |  |
|    |      |        |  |        |  |
|    |      |        |  |        |  |
|    |      |        |  |        |  |
|    |      |        |  |        |  |

3. 任务学习内容

1) 预制柱

预制柱(图 1-2(a))一般分为实体预制柱和空心预制柱两种。实体预制柱一般在层高位位置预留下钢筋接头,完成定位固定之后,在梁、板交汇的节点位置使钢筋连通,并依靠后浇混凝土整体固定成型。上下层预制柱的竖向钢筋通常采用灌浆套筒进行连接,在预制柱下部预埋钢筋灌浆套筒,通过注入灌浆料,完成上下柱之间的力学传递。

2) 叠合梁

叠合梁(图 1-2(b))是指在预制钢筋混凝土梁上后浇混凝土形成的整体受弯梁。叠合梁一般分两步实现装配和完整度:第一步是在工厂内浇筑完成,通过模具将梁内底筋、箍筋与混凝土浇筑成型,并预留连接节点;第二步是在施工现场浇筑完成,绑扎上部钢筋与叠合板一起浇筑成整体。所以,叠合梁通常与叠合板配合使用,浇筑成整体楼盖。叠合梁采用预制梁作为永久性模板,在上部现浇混凝土与楼板形成整体,它是预制构件和现浇结构的结合,同时兼有两者的优点。