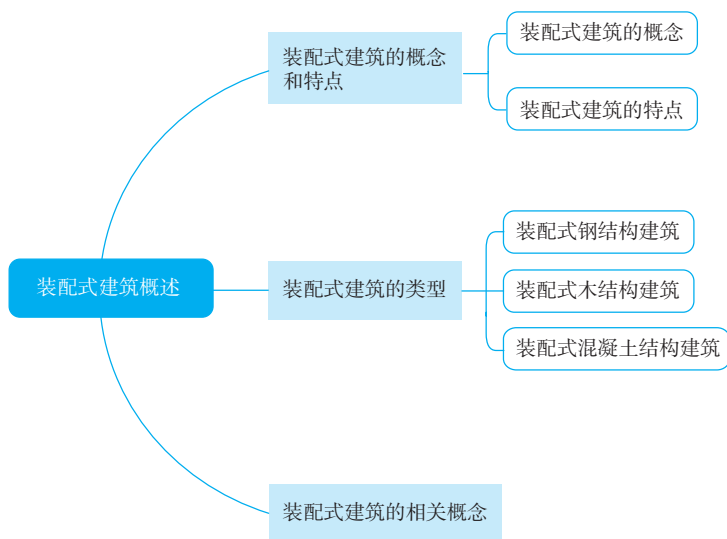


# 教学单元 1 装配式建筑概述

## 知识图谱



微课：装配式建筑概述

## 学习目标

### 知识能力目标

- (1) 理解装配式建筑的概念和特点。
- (2) 了解装配式钢结构建筑与装配式木结构建筑的概念、结构体系和特点。
- (3) 掌握装配式混凝土建筑的概念、结构体系和特点。
- (4) 理解装配式建筑的相关概念。

### 课程思政目标

- (1) 理解装配式建筑对“双碳”的意义。
- (2) 深刻领会绿色发展理念，作为新时代土建类专业大学生和未来建筑行业从业者，要自觉践行绿色低碳的生产方式和生活方式。



什么是  
装配式建筑

## 1.1 装配式建筑的概念和特点

### 1.1.1 装配式建筑的概念

建筑业是我国国民经济的支柱产业。自改革开放以来，我国建筑行业蓬勃发展，不仅为人民提供了适用、安全、经济、美观的居住和生产生活环境，提高了人民的生活水平，还改善了城市与乡村的面貌，推进了城市化的进程。然而，建筑行业传统的建造方式已经暴露出诸多严重的问题：生态环境破坏严重，资源能源低效利用；建筑安全事故高发；生产效率低，建筑质量难以保障。因此，建筑业亟需转型发展。工业化是建筑业重要的发展方向之一。所谓建筑工业化，是指通过现代化的制造、运输、安装和科学管理的生产方式，代替传统建筑业中分散的、低水平的、低效率的手工业生产方式。建筑工业化的主要特征是建筑设计标准化、构配件生产工厂化、施工机械化、组织管理科学化。

装配式建筑是指结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统的主要部分采用预制部品部件集成的建筑。所谓部品，是指由工厂生产，构成外围护系统、设备与管线系统、内装系统的建筑单一产品或复合产品组装而成的功能单元的统称。所谓部件，是指在工厂或现场预先生产制作完成，构成建筑结构系统的结构构件及其他构件的统称。通俗地讲，装配式建筑就是像造汽车那样造房子，用工厂生产的预制部品部件在工地装配而形成建筑。

#### 扩展阅读

##### “双碳”概念

“碳达峰”是指在某一个时点，二氧化碳的排放达到峰值不再增长，之后逐步回落。“碳达峰”是二氧化碳排放量由增转降的历史拐点，标志着碳排放与经济发展实现脱钩，达峰目标包括达峰年份和峰值。

“碳中和”是指企业、团体或个人测算在一定时间内，直接或间接产生的温室气体排放总量，通过植树造林、节能减排等形式，抵消自身产生的二氧化碳排放，实现二氧化碳的“零排放”。简单地说，也就是“排放的碳”与“吸收的碳”相等。

### 1.1.2 装配式建筑的特点

装配式建筑顺应了建筑工业现代化的要求，具有如下特点：一是具有极高的施工效率。相较于传统建造方式，装配式建筑采用模块化

设计和工厂预制的方式，现场施工以吊装为主。将预制装配式构件直接进行吊运以及安装，而不必再在施工现场进行现场施工作业。施工现场类似于一个制造企业的总装车间，通过将每部分的预制构件按照设计方案进行拼装，最终组建成建筑。因此，缩短了现场施工时间，大大提升了施工效率，受气候条件影响小。二是装配式建筑对环境友好且具有节能效果。通过优化设计和工艺流程，装配式建筑可减少材料的浪费和能源消耗，对环境造成的影响非常小。同时，装配式建筑还能更好地实现建筑节能，提高建筑能效。三是装配式建筑具备良好的质量可控性。由于在工厂环境中进行预制和集中生产，装配式建筑可以更好地控制材料质量和施工精度，进而提高了整体建筑的质量水平。研究数据显示，装配化施工可以节约土地 20%、节约材料 20%、节约能源 70%、节约水量 80%。

装配式建造方式与传统建造方式的区别如表 1-1 所示。

表 1-1 装配式建造方式与传统建造方式的区别

建造阶段	传统建造方式	装配式建造方式
设计阶段	设计与生产、施工脱节	一体化、信息化协同设计
施工阶段	现场湿作业、手工操作	装配化、专业化、精细化
装修阶段	毛坯房、二次装修	装修与主体结构同步
验收阶段	分部、分项抽检	全过程质量控制
管理阶段	以农民工劳务分包为主，追求各自效益	工程总承包管理，追求整体效益最大化

## 1.2 装配式建筑的类型

装配式建筑主要可分为装配式钢结构建筑、装配式木结构建筑及装配式混凝土建筑 3 种类型。

### 1.2.1 装配式钢结构建筑

#### 1. 装配式钢结构体系

装配式钢结构建筑是指结构系统由钢部（构）件构成的装配式建筑。

现阶段，我国装配式钢结构体系主要可分为低层轻钢结构体系和小高层轻钢结构体系两类。



装配式  
钢结构体系

## 扩展阅读

## 欧美装配式钢结构建筑

欧洲国家如英国、法国、德国等国钢结构产业化体系相对成熟，钢结构加工精度较高，标准化部品齐全，配套技术和产品较为成熟。欧洲钢结构主要应用领域包括工业单体建筑、商业办公楼、多层公寓、户外停车场等。

欧洲钢结构企业大多比较小，多和建筑公司相融合，并成为建筑工程公司的下属子公司。美国大多数钢结构企业已经转型为专业的建筑施工企业，多数钢结构工厂规模不大，员工人数仅相当于我国中等规模企业的员工人数。

典型的欧美装配式钢结构采用的是轻钢龙骨体系，如图 1-1 所示。该体系的承重墙体、楼盖、屋盖及围护结构均由冷弯薄壁型钢及其组合件组成，通过螺栓及扣件进行连接，一般适用于 3 层以下的独立或联排住宅。



图 1-1 冷弯薄壁轻钢结构

作为“密肋型结构体系”之一，轻钢龙骨住宅主要具有以下优点：

- (1) 自重小，基础费用和运输安装费用较少；
- (2) 各种配件均可工厂化生产，精度高、质量好；
- (3) 房间空间大、布置灵活；
- (4) 具有良好的抗风和抗震性能；
- (5) 施工安装简单、施工速度快、建筑垃圾少、材料易于回收；
- (6) 室内水电管线可暗藏于墙体和楼板结构中，可保证室内空间完整；
- (7) 不需要二次装修。

### 1) 低层轻钢结构体系

(1) 轻钢龙骨承重墙体系。此类住宅以镀锌轻钢龙骨作为承重体系, 板材起围护结构体系和分隔空间作用。外墙板采用经过防火防腐处理的定向结构刨花板 ( oriented strand board, OSB )、PVC 外墙挂板、金邦板等。内墙通常采用双面防火纸面石膏板, 厚度为 9~15mm。厨房、卫生间等潮湿房间采用防水石膏板或埃特板等。该体系较适用于中、低层装配式轻钢结构, 不适用于强震区的高层建筑。

(2) 轻钢框架结构体系。这种体系采用的是型钢梁柱框架结构, 如图 1-2 所示。型钢一般分为热轧或冷轧 H 型钢、方钢或圆钢管。该体系承重楼板采用大跨度预应力空心板, 外围护结构为轻钢龙骨骨架、饰面及保温材料与轻钢龙骨承重墙体系中的外围护材料类似。该体系一般适用于 6 层及以下的多层建筑, 不适用于强震区的高层建筑, 且用于高层建筑经济性相对较差。



图 1-2 型钢梁柱框架结构

### 2) 多层及小高层轻钢结构体系

(1) 钢框架体系。该体系有较大的变形能力, 结构简单, 抗震性能好, 房间布置灵活, 一般用于多层住宅及低抗震设防烈度区的小高层住宅。

(2) 钢框架—支撑体系。该体系属于钢框架和支撑双重抗侧力体系, 支撑可选用中心支撑、偏心支撑和内藏钢板支撑等, 图 1-3 为远大节点斜撑加强型钢框架体系。该体系是高层钢结构中应用比较广泛的结构体系, 适用于高层及超高层住宅。



图 1-3 远大节点斜撑加强型钢框架体系

(3) 钢框架—核心筒体系。该体系由钢框架和钢筋混凝土核心筒组成双重抗侧力体系，在高层住宅中通常将楼梯、电梯间等公共区域设置剪力墙形成核心筒，来承担地震作用等水平荷载，外围钢框架承担竖向力，如图 1-4 所示。这类结构体系是早期钢结构的常用体系。



图 1-4 钢框架—核心筒体系

(4) 钢框架模块—核心筒体系。该体系主体钢框架模块结构、室内精装修全部在工厂完成，现场只需完成模块吊装、连接及外墙装饰。核心筒是模块建筑体系的抗侧力核心，钢框架模块承担竖向荷载。

(5) 钢框架—混凝土剪力墙体系。该体系是由钢框架和钢筋混凝土剪力墙（或钢板剪力墙）组成的双重抗侧力体系。

(6) 钢管束混凝土剪力墙结构体系。该体系是由钢梁和钢管束混凝土剪力墙组成的承受竖向和水平作用的结构体系，如图 1-5 所示。其中钢管束是由若干 U 型钢、矩形钢管、钢板拼装组成的，具有多个竖向空腔的结构单元，钢管束混凝土剪力墙则是由钢管束与内填混凝土形成的组合受力构件。

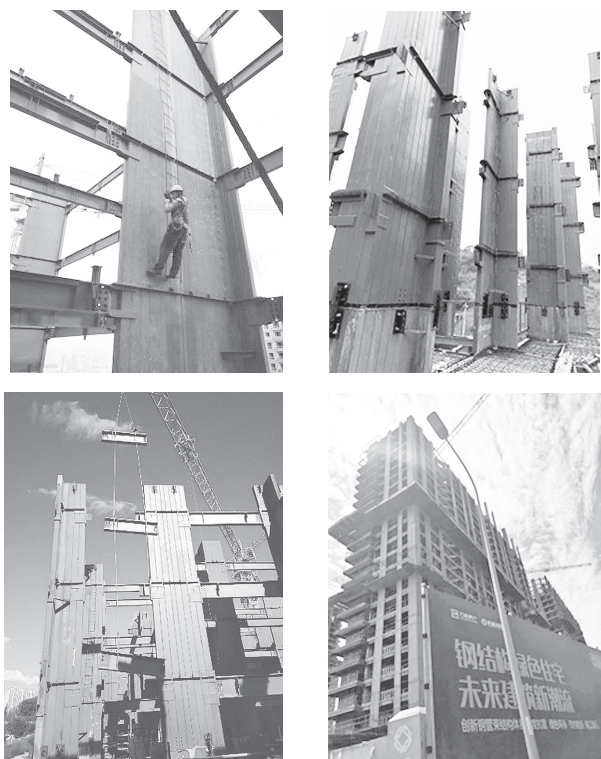


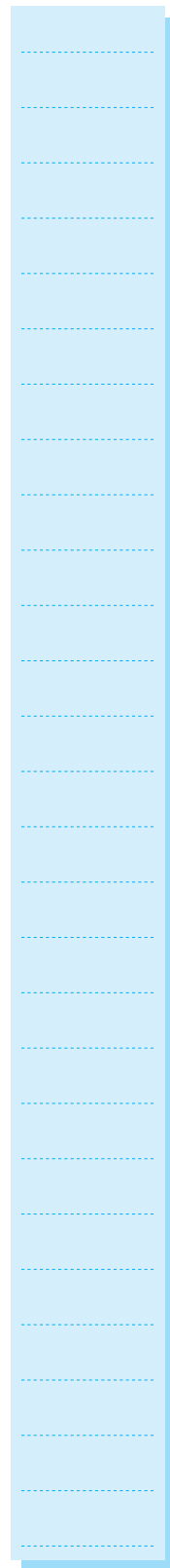
图 1-5 钢管束剪力墙体系

## 2. 装配式钢结构建筑的特点与应用

钢结构是比较符合“绿色建筑”概念的结构形式之一。因为钢结构适合工厂化生产，所以可以将钢结构的设计、生产、施工、安装通过BIM平台实现一体化，变“现场建造”为“工厂制造”，提高住宅的工业化和商品化水平。同时，钢结构自重小，基础造价低，其施工安装便捷，施工周期较短，而且可以实现现场干作业，减少环境污染，材料还可以回收利用，符合国家倡导的环境保护政策。图 1-6 为装配式钢结构建筑。



图 1-6 装配式钢结构建筑



### 1) 装配式钢结构建筑的优点

#### (1) 空间布置灵活、集成化程度高

钢结构开间尺寸较大，墙体多为非承重墙，平面空间布置灵活，可根据需求进行二次分割和布置。此外，经合理设计后，可将室内水电管线、暖通设备及吊顶融合于墙体和楼板中，保证室内空间完整。

#### (2) 自重小、承载力高、抗震性能优越

装配式钢结构的主要承重构件均采用薄壁钢管和轻型热轧型钢，截面受力更加合理，单位质量较小。同时，墙体和楼板均采用轻质材料，在相同荷载作用下，可减轻建筑结构自重 30% 左右。这使得装配式钢结构建筑在地震中承受的地震作用较小，能充分发挥钢材强度高、延性好、塑性变形能力强的特点，提高了结构的安全可靠性。同时，较小的质量可以降低基础造价以及运输、安装等费用。

#### (3) 绿色、环保、节能与可持续发展

与传统混凝土建筑不同，装配式钢结构建筑在生产、建造过程中不会产生大量的废料污染环境，取而代之的是工厂加工和现场装配，在降低能耗的同时，减少了现场工作量与施工噪声。此外，装配式钢结构建筑改建和拆迁容易，材料的回收和再生利用率高，可实现建筑异地再生，是真正意义上的绿色建筑。

#### (4) 建造周期短、产品质量高

由于装配式钢结构建筑具有工厂预制、现场安装的特点，前期设计与现场的生产手段结合紧密，便于各工种之间协调一致，提高整体效率。通过网络使计算机和数控机床连接，保证了高效率 and 精确度。具有代表性的远大集团 30 层约 17000m<sup>2</sup> 的装配式钢结构建筑，仅 15d 就能安装完成。

#### (5) 利于推进建筑工业化

与混凝土结构建筑相比，钢结构建筑更容易实现设计的标准化与系列化、构件配件生产的工厂化、现场施工的装配化、完整建筑产品供应的社会化。所有部（构）件均可采用工业化生产方式，实现技术集成化，提高科技含量和使用功能。

#### (6) 综合经济效益高

钢结构承载力高，构件截面小，节省材料；结构自重小，降低了基础处理的难度和费用；装配式钢结构部件工厂流水线生产，减少了人工费用和模板费用等。

## 2) 装配式钢结构建筑的缺点

### (1) 钢结构防火性能差

钢材是一种很好的热导材料。普通建筑用钢材（如 Q235 或 Q345），在全负荷状态下失去静态平衡稳定性的临界温度为 500℃ 左右，一般在 300~400℃ 时钢材强度就开始迅速下降。一般无任何保护及覆盖物的钢结构耐火极限只有 15min 左右，远远低于《建筑设计防火规范》（GB 50016—2014）（2018 年版）的要求，即柱 3.0h、梁 2.5h 的防火要求。因此，钢结构防火问题已成为钢结构产业化发展的瓶颈问题。

### (2) 钢结构三板体系有待完善

三板体系包括楼面体系、屋面体系和墙体体系，后两者又属于围护体系。钢结构具有较大延性，对板材有特殊要求，尤其是墙体，除美观、轻质、高强、高效、保温、隔热的要求外，最重要的是要与钢结构骨架协调变形。目前常用的外围护结构，如条板、整间板、砌块等，细部节点不能很好地适应结构变形，导致板缝开裂、渗漏等问题，图 1-7 为某钢结构建筑出现问题的实例。



图 1-7 某钢结构建筑墙板、屋面板开裂渗漏

钢结构建筑主要应用于工业建筑和民用建筑。工业建筑主要包括大跨度工业厂房、单层和多层厂房、仓储库房等。民用建筑包括两类，一类是学校、医院、体育、机场等公共建筑；另一类是居住类建筑，即轻钢集成住宅和高层钢结构住宅。

## 扩展阅读

## 我国钢产量发展历史

1896—1948年，全中国累计钢产量为760万t。其中达到最高年产量的1943年，也只有92.3万t，而且绝大部分产量还分布在日本侵占的东北地区。1949年全国钢产量只有15.8万t，居世界第26位。1996年，突破1亿t，达到1.01亿t，并跃居世界第一位。2023年，突破10亿t，为10.19亿t。

## 3. 我国装配式钢结构发展历程

## 1) 起步阶段

中华人民共和国成立后，我国探索建设了以工业厂房为主的多个钢结构项目。在民用建筑领域，1954年建成的跨度57m的北京体育馆、1959年建成的跨度60.9m的北京人民大会堂万人礼堂是这一时期的代表性建筑。

## 2) 短暂停滞

20世纪60年代后期至70年代，各行业对钢材需求量快速增加，国家提出“建筑业节约钢材”政策要求，钢结构建筑发展进入短暂停滞期。

## 3) 转型阶段

20世纪80年代初，国家经济发展进入快车道，钢结构建筑迎来兴旺发展时期。超高层建筑大量采用钢结构体系。80年代钢结构建筑最高为208m，90年代钢结构建筑最高达到460m。1997年，建设部发布《中国建筑技术政策（1996—2010年）》，政策趋向由“节约用钢”转型为“合理用钢”。深圳国贸大厦、上海森茂大厦、北京国贸大厦是这一时期的代表性建筑。钢结构建筑进入快速发展时期。

## 4) 发展阶段

进入21世纪，我国钢铁工业进入稳步发展阶段。随着我国成为世界第一产钢大国，钢结构也成为机场航站楼，高铁车站和跨海、跨江大桥首选的结构体系，如首都机场3号航站楼，北京、上海等地的高铁车站，杭州湾跨海大桥等。

2013年，《国务院关于化解产能严重过剩矛盾的指导意见》（国发〔2013〕41号）明确提出，在建筑领域应优先采用、优先推广钢结构建筑。2016年，《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》和《国务院关于钢铁行业化解过剩产能实现脱困发展的意见》（国发〔2016〕6号）也都明确提出发展钢结构建筑，我国钢结构建筑将迎来在充足材料供给和较好技术基础上的新发展。