

3. 不同类别钢结构建筑具体特点及适用场景

（1）低层轻钢结构建筑。

广泛应用于居住、商业、工业、公共建筑及临时建筑等。

1) 在居住建筑中，**低层别墅、联排住宅及多层公寓采用轻钢框架结构体系**，充分发挥其自重轻（仅为砖混结构的1/4）、抗震性能强（可抵御8度以上地震）和施工周期短（300m²建筑5人仅需30天完工）的特点，同时支持开放式空间布局。

2) 在商业建筑中，轻钢框架结构体系通过可达6m的跨度和灵活柱距设计，满足写字楼、购物中心及酒店对空间布局和快速建造的需求，并可使地基负载最小化。

3) 在工业建筑中，轻钢框架体系支撑大跨度仓库（36~72m）和标准化厂房，结合冷弯薄壁型钢与高效围护材料，可实现快速施工与材料回收。

4) 在学校、医院和体育馆等公共建筑中，利用轻钢框架结构体系的抗震性和空间适应性，可快速建成抗震性能优异的公共设施。

5) 在临时建筑（如工地宿舍、展览馆）和旧房改造中，轻钢框架结构体系可发挥其可拆卸、可搬迁及对原有结构影响小的优势，应用较多。

此外，冷弯薄壁型钢体系以镀锌轻钢龙骨作为承重体系，板材主要发挥围护结构和分隔空间作用。该体系较适用于1~3层的低层装配式轻钢结构住宅。

（2）多层钢结构建筑。

多层钢结构建筑以钢框架体系为主，构件截面小、自重轻，用钢量少，具有经济优势。结构体系灵活，适配个性化改造场景。

可提升空间利用率，减少空间浪费带来的隐性成本损失。

大开间设计便于后期空间拆分与功能调整，适合改造为社区商业配套、老年公寓或办公用房等。

钢框架体系自重仅为混凝土结构的1/3, 且具有优异的延性耗能能力，抗震性能好，适用于抗震设防烈度≤7度、土地成本较低的中小城市住宅建筑，适配刚需住宅开发。

施工环节依托工厂化预制，可大幅缩短现场拼装周期、降低人工费用，同时减少现场水电消耗及场地租赁成本，能够满足保障性住房、临时安置房等快速建造需求。

此外，在使用阶段，轻质围护墙体因具有良好的耐久性，可降低维护费用，且钢材回收价值高，建筑拆除后钢材回收还可产生一定的残值收益。

（3）高层钢结构建筑。

一是抗震性能好。高效的抗侧力体系，钢框架-支撑体系侧向刚度优于普通钢框架，**适配8~15层高层住宅**；钢框架-核心筒体系中，核心筒承担80%以上水平荷载，外围钢框架优化竖向受力，**适配16层及以上超高层住宅**，兼顾结构稳定性与空间利用率；钢框架-剪力墙体系结合钢

板剪力墙强化抗侧刚度，可有效提升结构对水平荷载的抵抗能力，**尤其适用于超高层酒店等对刚度和高度要求较高的公共建筑**。对于高抗震设防烈度区，通过优化抗侧力体系，可满足8度抗震要求，降低灾害损失。

二是易于实现大跨度与大空间。对于**公共建筑**，可凭借大跨度空间性能与造型可塑性，兼顾功能性与地标性；而且大跨度空间便于优化采光通风设计，可大幅提高公共建筑运营阶段自然采光率，降低年能耗，且改造便捷性高。

三是沿海台风频发地区公共建筑采用巨型钢框架-核心筒体系，可提升抗风承载力，减少台风灾害带来的维修损失。四是适配商业地产高周转开发需求。酒店、办公楼等公共建筑采用钢结构快速施工，可提前投入运营，尽早兑现租金收益，缩短投资回收周期。

（4）大跨度钢结构建筑。

大跨度钢结构建筑主要是指采用空间钢结构体系的建筑。常见的大跨度钢结构主要有网架结构、网壳结构、悬索结构、膜结构、张弦梁结构等。

1) 网架结构。

网架结构由多根杆件按三角形、四边形等网格形式通过节点连接，形成空间受力体系，具有高次超静定特性，能有效均匀分配荷载，对非对称荷载和局部荷载的抵抗能力较强。

网架结构具有**材料成本可控，杆件截面小、材料利用率高，人工及机械成本较低，施工周期较短，后期维护便捷，更换杆件成本低，且抗震性能优异等特点，适用于体育馆、影剧院、展览馆、交通枢纽候车厅等公共建筑，尤其适合需要无柱大空间的工业厂房、飞机库及仓库。因其轻质高强的特性，也适用于地基承载力较差的场地或需快速搭建的临时建筑（如大型展会临时展馆）。**

2) 网壳结构。

网壳结构通过曲面杆件形成薄壳形态，兼具杆系结构的延展性和壳体结构的高效承载能力，主要承受薄膜内力（拉力与压力），受力均匀且整体刚度大。

网壳结构具有材料用量节省、造型与成本平衡、维护成本适中等特点，主要用于标志性建筑及大型机场航站楼附属空间。其独特的曲面造型在博物馆、美术馆等异形建筑中具有极强的美学优势，也适用于需覆盖超大空间的工业厂房、大型天文馆等。

3) 悬索结构。

悬索结构以柔性高强钢索为主要承重构件，通过预张力形成稳定的承重曲面，钢索仅承受拉力，无弯曲和压力作用，自重极轻，其支承体系需设置刚性边缘构件（如钢筋混凝土圈梁、钢拱或塔架），以平衡钢索产生的水平拉力和垂直压力，保证整体稳定。

悬索结构具有用钢量极低、支承成本占比高、前后施工成本差异大等特点，适用于超大跨度（100~500m）建筑，也适用于大跨度景观桥梁。因其轻盈通透的特性，也广泛应用于临时建

筑（如抗震救灾帐篷、大型展会临时场馆）和需极致通透效果的观景设施、生态展馆。

4) 膜结构。

膜结构以高强度柔性薄膜为核心受力构件，常用膜材包括聚四氟乙烯（PTFE）膜和聚氯乙烯（PVC）膜，通过预张力与钢索、支柱等支撑体系协同受力，形成轻质透光的空间曲面。

膜结构具有材料成本差异大、能耗经济性突出、施工维护成本可控等特点，多用于标志性建筑、小型公共设施及临时建筑。因其透光特性，可用在体育场馆、商业中庭等空间，以减少白天照明能耗。但需避免在高污染、强腐蚀环境中使用，防止膜材涂层受损加速老化。

5) 张弦梁结构。

张弦梁结构由刚性上弦（钢梁或钢拱）、柔性下弦拉索及中间竖向撑杆组成自平衡受力体系，通过对下弦拉索施加预张力，抵消上弦在荷载作用下产生的弯矩，大幅提升结构抗弯能力，受力性能好。

张弦梁结构具有用钢量节省显著、施工成本较低、综合造价均衡等特点，适用于公共建筑及大跨度工业厂房。在桥梁工程中，也广泛应用于人行桥、城市景观桥及中小跨度公路桥，能兼顾结构稳定性、经济性和建筑美观性，尤其适合对施工周期和场地空间有限制的建筑。

【单选题】依靠柔性薄膜材料受力，透光性好、可降低日间照明能耗的结构是（ ）

- A. 网壳结构
- B. 膜结构
- C. 张弦梁结构
- D. 网架结构

答案：B

解析：膜结构以高强度柔性薄膜为核心受力构件，常用膜材包括聚四氟乙烯（PTFE）膜和聚氯乙烯（PVC）膜，通过预张力与钢索、支柱等支撑体系协同受力，形成轻质透光的空间曲面。膜结构具有材料成本差异大、能耗经济性突出、施工维护成本可控等特点，多用于标志性建筑、小型公共设施及临时建筑。因其透光特性，可用在体育场馆、商业中庭等空间，以减少白天照明能耗。但需避免在高污染、强腐蚀环境中使用，防止膜材涂层受损加速老化。

（三）木结构建筑★★★★

按主要承重构件选用的结构材料不同，木结构建筑可分为**轻型木结构、胶合木结构、方木原木结构等**。

1. 木结构建筑特点

（1）具有全生命周期成本优势。

木结构建筑在节能、维护及改造成本上具有较好经济性。保温性能较混凝土结构大幅提升，可降低采暖与制冷能耗费用；木材防腐处理后使用寿命可达50~200年，长期维护成本较低。

（2）工业化生产与施工效率提升。

现代木结构建筑采用工厂预制、现场装配模式，可缩短工期，且不受气候限制，减少人工与设备闲置成本。预制木构件精度高，现场干作业施工，减少湿作业与返工率。

（3）资源可持续性与材料成本稳定。

木材、竹材作为可再生资源，生长周期短，如木材速生林20~30年成材，竹材3~5年成材，供应链稳定且价格波动小。生产能耗仅为钢材的1/8，且固碳能力突出，每立方米木材可固化1吨二氧化碳，符合碳交易趋势下的长期成本控制需求。此外，木材加工废料少，生态资源占用低，可规避砂子、石头等建材开采的高环境治理成本。

2. 木结构建筑适用场景

轻型木结构采用规格材及木基结构板材或石膏板制作木构架墙体、楼盖和屋盖系统，**适用于3层及以下民用建筑**；胶合木结构以层板胶合木为核心承重构件，**适用于单层或多层建筑**；方木原木结构则主要通过方木或原木制作承重构件，涵盖井干式、梁柱式等多种形式，**适用于单层或多层建筑**。

（四）组合结构建筑★★★★

组合结构建筑是指结构系统及外围护系统由不同材料的预制构件装配而成的建筑。

常见的组合结构有：混凝土+钢结构、混凝土+木结构、钢结构+木结构、砌体结构+木结构等。

1. 组合结构建筑特点

优点：一是可以更好地实现建筑功能；二是可以更好地实现艺术表达；三是可使结构优化；四是可使施工更便利。

不足：一是结构计算复杂，有的装配式组合结构无适宜的受力模型和计算软件；二是不同材料构件的连接设计缺少标准支持；三是制作和施工安装需要更紧密的协同；四是对施工管理要求高。

2. 组合结构建筑适用场景

以“装配式混凝土结构+钢结构”为例，该组合结构在多层及高层建筑、大跨度桥梁、能源设施及基础设施领域应用较广。

一是在多层及高层建筑中，发挥预制构件工厂化生产与现场快速组装的优势，**可满足学校、医院等场景需求**，通过型钢框架与混凝土核心筒协同受力，实现抗震性能提升与施工效率优化。

二是在**大跨度桥梁**工程中，钢梁与混凝土板协同承担荷载，结合超高性能混凝土等高性能材料实现轻量化与抗裂性突破。

三是在能源设施领域，钢混塔架兼具钢结构工业化生产与混凝土稳定性优势，**适用于高轮毂风电项目**。四是在基础设施中，采用双钢板-混凝土组合结构，可满足高防水与承载需求。

（五）铝合金结构建筑★★★

铝合金结构建筑采用铝合金材料生产制作预制柱、预制梁等作为主要受力构件,并通过插接件将各预制构件连接而成。

1. 铝合金结构建筑特点

(1) 具有全生命周期成本优势。

铝合金结构采用标准化集成设计,以数据驱动生产,现场拼装效率较传统手工混凝土现浇建造方式高,可大幅缩短工期,降低人工及设备租赁成本。铝合金密度仅为钢的1/3,其轻量化特性有助于减少地基处理费用,降低基础工程建设成本。铝合金材料回收率高达90%以上,拆除后可快速重置或转售,残值率超过钢材。

(2) 施工与运输综合效益突出。

铝合金构件工厂预制率达95%,现场以螺栓连接为主,减少湿作业,较传统人工现浇方式,建筑垃圾大幅减少。

(3) 维护与运营经济性好。

铝材表面氧化层提供终身免维护防腐性能,后期维护费用比钢结构低得多。保温隔热性能好,可降低建筑能耗。抗震性能好,有助于降低灾害损失风险,修复成本比传统人工现浇混凝土结构低很多。

(4) 资源循环利用。

铝合金回收后再利用,能耗约为原铝生产的5%,全生命周期碳足迹比钢结构低15%~30%。企业可通过“建筑-拆除-重构”模式实现资产循环,节约综合成本。

2. 铝合金结构建筑适用场景

铝合金结构建筑**可适用于体育场馆、仓库、飞机库、展馆、移动博物馆及可移动生产车间等低层建筑。铝合金自重轻且无需大型吊装设备,偏远地区施工成本可控。**

(六) 装配式内装修★★★★

装配式内装修是指采用干式工法,将工厂生产的部品部件和设备管线在现场进行组合安装的装修方式。

1. 装配式内装修特点

与传统湿作业装修相比,装配式内装修具有以下特点。

(1) 标准化集成化设计生产施工。

集成设计和工业化生产方式有效解决了生产施工的尺寸误差和模数接口问题,且实现了装修部品之间的系统集成和规模化。装配式内装修采用标准化设计与施工流程,确保装修质量和效率。所有部品和组件均按照统一的标准进行生产和安装,减少人为因素对装修效果的影响。施工效率显著提升。装修周期缩短,现场作业人员数量大幅减少。

(2) 管线与结构分离。

管线分离的优势主要有：

一是有利于建筑主体结构长寿化,不会因为每十年轮回的装修,对墙体结构剔凿与修复,且装修交付后每年维修频次减少；

二是管线与结构分离,可以降低对于结构拆分与管线预埋的难度,降低结构建造成本；

三是可让设备管线系统与装修成为一个完整的使用功能体系,翻新改造成本更低。

（3）干式工法装配。

优点主要有：

一是彻底规避不必要的技术间歇,缩短装修工期；

二是从源头上杜绝湿作业带来的开裂、脱落、漏水等质量通病；

三是摒弃贴砖、刷漆等传统手艺,替代为技能相对通用化、更易培训的装配工艺,摆脱传统手艺人青黄不接的窘境；

四是有利于翻新维护,使用简单工具即可快速实现维修,重置率高,翻新成本低。

（4）绿色环保节能。

装配式装修易于实现定制化装修,装配式内装修应选用环保材料,通过现场放线测量、采集数据,进行容错分析与归尺处理后,工厂按照每个装修面来生产各种标准与非标部品部件,在提高制造精度与装配效率的同时,实现施工现场不动一刀一锯,避免二次加工,减少了现场施工产生的噪声、粉尘等污染,大幅度减少现场建筑垃圾。

2. 装配式内装修适用场景

装配式内装修是对传统湿作业装修方式的转型升级,可适用于混凝土结构建筑、钢结构建筑、木结构建筑、铝合金结构建筑、组合结构建筑、模块建筑等。

第三节

装配式建筑评价

【本节主要内容】

一、评价单元及内容

二、评价时点与方法

《装配式建筑评价标准》（GB/T51129-2017）采用装配率评价住宅建筑和公共建筑的装配化程度,为不同类型装配式建筑提供了一个统一的评价标准。

一、评价单元及内容

（一）评价单元★★★

装配率计算和装配式建筑等级评价原则上以**单体建筑作为计算和评价单元**。

装配率计算和装配式建筑等级评价单元应符合下列规定。

（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500m²时,可由多个单体建筑组成建筑组团作为计算和评价单元。

(二) 单体建筑装配率计算和评分★★★★★

装配式建筑等级评价主要考虑建筑主体结构、围护墙和内隔墙、装修和设备管线等方面所采用的装配比例,并用装配率予以表示。

装配率计算公式为:

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

式中: P——装配率;

Q₁——主体结构指标实际得分值;

Q₂——围护墙和内隔墙指标实际得分值;

Q₃——装修和设备管线指标实际得分值;

Q₄——评价项目中缺少的评价项分值总和。

式(12-1)中各评价项分值按表12-1装配式建筑评分表计算。

表12-1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 (50分)	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件	35%≤比例≤80%	20~30 [*]	20
	梁、板、楼梯、阳台、空调板等构件	70%≤比例≤80%	10~20 [*]	
围护墙和 内隔墙 (20分)	非承重围护墙非砌筑	比例≥80%	5	10
	围护墙与保温、隔热、装饰一体化	50%≤比例≤80%	2~5 [*]	
	内隔墙非砌筑	比例≥50%	5	
	内隔墙与管线、装修一体化	50%≤比例≤80%	2~5 [*]	
装修和设备 管线 (30分)	全装修	—	6	6
	干式工法楼面、地面	比例≥70%	6	—
	集成厨房	70%≤比例≤90%	3~6 [*]	
	集成卫生间	70%≤比例≤90%	3~6 [*]	

	管线分离	$50\% \leq \text{比例} \leq 70\%$	$4 \sim 6^*$	
--	------	---------------------------------	--------------	--

注：表中带“*”项的分值采用“内插法”计算，计算结果取小数点后1位。

【多选题】装配式建筑等级评价时，主要考虑的评价项目包括（ ）。

- A. 建筑主体结构
- B. 围护墙和内隔墙
- C. 装修和设备管线
- D. 土方工程
- E. 混合结构

答案：ABC

解析：此题考查装配式建筑评价内容。装配式建筑等级评价主要考虑建筑主体结构、围护墙和内隔墙、装修和设备管线等方面所采用的装配比例，并利用装配率予以表示。

二、评价时点与方法

（一）评价时点★★★★

装配式建筑评价分为预评价和项目评价。

（1）**预评价在设计阶段进行**，并应按设计文件计算装配率。如果预评价结果不能满足装配式建筑评价的相关要求，可通过调整或优化设计方案使其满足要求。

（2）**项目评价应在工程竣工验收后进行**，并应按竣工验收资料计算装配率和确定评价等级。项目评价是装配式建筑评价的最终结果。

（二）评价方法★★★★

1. 计算装配率

评价项目装配率应按表12-1及式（12-1）进行计算，计算结果按照四舍五入法取整数。若在计算过程中，评价项目缺少表12-1中对应的某项建筑功能评价项（如公共建筑中没有设置厨房），则该评价项分值计入装配率计算公式（12-1）的 Q_4 中。

表12-1中部分评价项目在评价要求部分只列出比例范围。在实际评价过程中，如果实际计算的评价比例小于比例范围中的最小值，则评价分值取0分；如果实际计算的评价比例大于比例范围中的最大值，则评价分值取比例范围中最大值对应的评价分值。例如：当楼（屋）盖构件中预制部品部件的应用比例小于70%时，该项评价分值为0分；当应用比例大于80%时，该项评价分值为20分。

2. 装配式建筑的入门条件

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. 装配式建筑的等级划分

当评价项目满足入门条件，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。

【例题】根据《装配式建筑评价标准》（GB/T51129—2017），装配式建筑的入门条件之一是围护墙和内隔墙部分的评价分值不低于（ ）分。

- A. 10
- B. 20
- C. 25
- D. 40

答案：A

解析：装配式建筑的入门条件是，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%。

【本章小结】



