

装配式建筑结构的特点及设计要点探讨

黎喜强

上海民航新时代机场设计研究院有限公司广州分公司 广东 广州 510000

摘要：随着建筑行业不断发展，装配式建筑结构作为一种现代化建筑方式逐渐受到人们的重视。其具有高效、节约、可靠、灵活等特点，在满足不同建筑需求同时，也推动建筑行业的转型升级。本文将探讨装配式建筑结构特点及设计要点，旨在为建筑师和设计师提供参考，促进装配式建筑在未来的更广泛应用和发展。

关键词：装配式建筑；结构特点；设计要点

前言：随着城市化进程加快和建筑产业持续发展，传统施工方式已经难以满足人们对建筑品质、效率和可持续性的需求。在该背景下，装配式建筑结构作为一种现代化、工程化建筑形式逐渐成为建筑行业的热门话题。装配式建筑结构不仅可提高施工效率，减少浪费，还可提高建筑结构质量和可靠性，同时也具有灵活多样的设计特点。

1 装配式建筑结构的特点

1.1 提高建筑施工效率

提高施工效率是预制建筑结构关键特点，在严谨的工厂控制条件下，进行预制构件的生产，消除天气条件和其他外部因素对可能延误传统施工方法的负面影响，导致整个施工周期持续时间显著减少。预制件在场外制造，并送到施工现场，准备组装，该简化过程消除现场制造组件的需要，大幅度减少施工时间，与传统建筑方法相比，利用预制结构建筑项目可更快地完成。在现场组装预制件简单性进一步提高施工过程的效率，通过设计无缝组合在一起，施工人员可快速、轻松地组装建筑结构。该方便组装不仅加速施工时间线，而且减少错误和返工可能性，进一步优化效率，在工厂环境中生产预制件，再加上直接现场组装过程，显著提高预制建筑结构施工效率，使得能够更快地完成项目，降低建筑成本，并提高建筑行业的整体生产率。

1.2 减少浪费

减少浪费是预制建筑结构另一显著优势，在工厂环境中对预制件控制生产允许对材料数量进行精确管理，尽量减少制造过程中的浪费，预制建筑结构通过优化材料利用和降低过剩，促进更为可持续且环保的建筑策略，回收预制部件能力增加该施工方法的废物减少效益。预制部件可在未来项目中进行拆卸和再利用，促进循环经济，尽量减少材料的处理，该方法符合可持续建筑做法，并有助于减少建筑活动对环境的影响。除减少

材料浪费，预制建筑结构也有助于整体减少的建筑浪费。简化生产流程和预制件的标准化制造，减少施工现场剩余物和碎片，不仅尽量减少在施工阶段产生废物量，而且还简化废物管理和处理工作，通过关注材料效率、回收机会和减少浪费策略，预制建筑结构提供可持续和环保的建筑解决方案。其做法不仅尽量减少资源消耗和产生浪费量，对环境产生积极影响，并能提升建设项目的整体效率和成本效益。预制建筑结构为可持续建筑实践提供整体方法，同时提高项目成果和减少环境影响^[1]。

1.3 提高建筑结构和可靠性

提高建筑结构和可靠性是预制施工方法关键，在受控工厂设置中精确生产预制零件，允许在整个制造过程中实施严格的质量控制措施，该精密制造最大限度地减少预制部件中误差和差异，确保高质量和一致的建筑材料。通过在工厂生产精密准确预制件，大大降低现场组装过程中的误差，标准化生产工艺确保每个预制构件在运输到施工现场前达到严格的质量标准。此举有效消除众多与传统施工方法相关联的不确定性挑战，从而避免在现场组装过程中因错误而可能引发的返工、项目延误以及对结构完整性的潜在损害，工厂受控环境也使制造商能够遵守严格质量保证协议，在预制构件应用于施工之前，需进行详尽的检测，这一全面质量控制程序旨在确保每个组件都符合必需的性能标准和构造规定，从而提升建筑结构的可靠性。通过工厂生产预制件所获得准确性和一致性，有助于提高建筑结构和可靠性，通过最小化错误、优化施工过程和加强质量控制措施，预制建筑方法提供可靠和耐用建筑解决方案，满足严格行业标准和法规要求。预制结构为各种建筑项目提供高质量、可靠、持久的施工选择^[2]。

1.4 灵活多样的设计

预制部件可定制，以满足特定设计要求，允许建筑师和设计师创造独特和创新建筑结构。调整预制构件形

状、尺寸和配置能力提供一种设计灵活性，预制建筑结构为建筑师和设计师提供探索创造性设计概念自由，并将复杂的建筑元素融入到项目中。通过定制预制件，以适应所需设计美学，建筑结构可进行定制，设计上的灵活性允许有效地利用空间和资源，优化整体建筑布局和功能。预制组件可很容易地适应设计要求或建筑规范变化，从而能够在施工过程中进行快速调整和修改，预制建筑结构多样化设计能力也扩展到将可持续发展和节能的特点纳入建筑设计。可持续材料、绿色建筑技术和节能系统可无缝地集成到预制组件中，促进具有环境意识设计实践，并提高建筑结构的整体可持续性，预制建筑结构提供设计灵活性和多样性使建筑师和设计师能够创造出美观、功能性和可持续的建筑。预制部件可定制特性允许无限的设计可能性，确保每个建筑项目都被定制，以满足利益相关者独特需求和愿景，预制建筑结构提供多功能和适应性强的建筑解决方案，结合创新、创造力和设计效率。

2 装配式建筑结构设计要点

2.1 结构设计

结构在预制建筑中扮演着重要的角色，主要关注点在于确保整个结构的稳定性和承重性能。如图1所示：

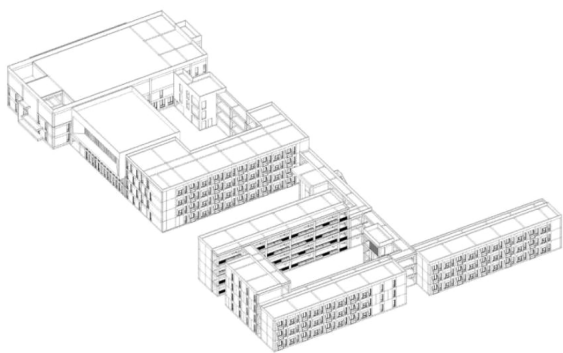


图1 某学校综合体装配式建筑结构设计图

预制建筑的结构设计必须考虑各种因素，以确保结构安全、耐用、有弹性，结构设计主要目标之一是确保建筑在各种荷载和外力作用下稳定性，包括考虑风荷载、地震力和雪荷载等因素，以确保建筑能够承受其力。在结构设计的流程中，遵循国际建筑规范（IBC）或当地法规，风荷载常以每平方英尺的力来估算，如50psf（磅/平方英尺）或2400N/m²（牛顿/平方米）。地震荷载的计算基于结构的抗震设计参数和地表加速度，这通常参照美国ASCE 7标准或欧洲Eurocode 8的规定。地震力可能设定为结构重量的1.5倍作为参考。雪荷载的大小则依据建筑的地理位置和雪载分区，其范围可能在10psf至

30psf之间，甚至更高。梁和柱的尺寸选择会根据选用的建筑材料（如混凝土、钢材或木材）的强度和刚度来确定，以确保结构的性能要求得到满足。例如，混凝土柱的尺寸可能会设定为300mm×300mm，而钢梁的尺寸可能是300mm×150mm。连接件的尺寸和类型将根据预制构件的荷载特性和材料来决定。例如，螺栓的尺寸可能设定为M20，其屈服强度可能达到80,000N/mm²。焊接接头的最小设计强度通常设定为母材的85%。在计算结构构件尺寸时，会使用材料的强度值，如钢材的屈服强度（大约500MPa）和混凝土的立方体抗压强度（大约30MPa）。

设计师还需考虑多种荷载同时作用情况，如风荷载和雪荷载的组合，或静荷载和活荷载的组合，对于可能经历重复荷载结构部分，如桥梁或起重机，可能需预测百万次以上循环，以确保结构在预期寿命内不会因疲劳而失效。通过在预制建筑结构设计中解决其关键的设计考虑，设计师和工程师可创造出安全、高效和耐用，满足要求的稳定性和性能标准的建筑，良好结构设计确保预制建筑结构完整性和安全性，使其适用于各种应用^[3]。

2.2 材料选用

材料选择是预制建筑结构设计过程中的关键方面，选择正确材料是必要的，以确保结构符合所需性能标准，并提供所需耐久性、强度和耐腐蚀性。预制建筑结构在其使用寿命中经常受到各种载荷和力的影响，必须选择具有高强度性能材料支撑其荷载，并确保建筑的结构完整性，结构钢、钢筋混凝土等高强度材料，以提供必要结构支撑和稳定性。

在预制建筑中，材料性能数据为：（1）结构钢：抗拉强度通常在500-700MPa之间，取决于钢的等级。屈服强度通常在355-500MPa之间，重量比约为7850 kg/m³，提供良好的强度与重量比，耐腐蚀性通过镀层或使用耐腐蚀合金提高。（2）钢筋混凝土：抗压强度一般在30-50MPa，但可更高，取决于混凝土等级，抗拉强度通常在1.5-3.0MPa，重量约为2400kg/m³，比钢重但提供良好耐火性，耐久性在适当的保护下，混凝土可抵抗风化和化学侵蚀。（3）镀锌钢：锌层提供保护，防止钢材腐蚀，锌牺牲阳极作用可延长结构寿命，机械性能与未处理钢相当，但具有额外的防腐保护。（4）纤维增强聚合物（FRP）：抗拉强度可高达240MPa或更高，取决于纤维类型和复合材料设计，屈服强度为100-200MPa，重量比通常低于水的密度，约为1800-2200kg/m³，提供轻质材料，耐腐蚀性优异耐化学侵蚀和海洋环境性能。

通过选择符合高强度、良好耐久性、耐腐蚀性要求

材料,设计者和工程师可创造出结构健全、耐用、可靠的预制建筑结构,仔细考虑材料性能和特性是确保预制建筑成功设计和施工的关键。

3 过程控制

预制建筑设计和施工涉及各种复杂的过程,需细致规划、协调和优化,在工厂环境中生产预制件需精确的制造工艺,以确保零部件准确性和质量。过程控制措施,如严格质量控制协议、标准化的生产技术和定期质量保证检查,有助于保持预制件制造的一致性和精度。

预制构件的尺寸误差可能需控制在毫米级别,如 $\pm 2\text{mm}$,以确保安装精确度,在生产线上,可能每批产品或每100个构件就需进行一次质量检查,以确保质量标准得到满足。设定工厂生产构件合格率目标,如98%,并追踪实际结果以确保质量控制有效性,每个施工阶段都应有明确开始和结束时间,如混凝土浇筑时间可能设定为48小时内完成。从预制件生产到现场安装时间和运输损耗应被最小化,例如:目标可能设定为95%的构件能在预定时间内无损到达现场。可设定每10,000工时的事故率目标为零,以确保工作环境的安全,通过使用节能设备和优化生产流程,可能目标是减少10%能源消耗或材料浪费,预制构件可能需通过一系列性能测试,如耐压测试、耐火测试等,以达到或超过行业标准。通过在预制建筑结构的设计和施工中实施有效过程控制措施,项目组可提高效率,确保质量,成功实现项目目标,通过细致过程控制,预制建筑结构可精确、准确地高效地制造、运输和安装。

4 美学设计

预制建筑结构的成功不仅依赖于稳定性和功能性,美学因素同样关键。视觉外观对建筑的整体审美有重大影响,设计时需仔细考虑形状、纹理、图案和细节,以创造独特且引人注目的组件。设计师应探索创新概念、形式和特点,以增强建筑的特征和视觉兴趣,同时保持

与整体建筑风格和设计语言的一致性。预制件设计应与建筑主题、材料和元素相协调,创造视觉上的和谐统一。色彩选择在定义建筑视觉特征和创造特定情绪方面起着重要作用,协调的色彩方案可以增强建筑的审美吸引力,突出设计元素,并在视觉上创造一致性。美学设计为创新表达和装饰提供空间,通过独特的设计细节、雕塑形式、装饰元素和艺术图案,可以增加建筑的视觉丰富性、特征和装饰性,从而提升建筑的审美吸引力,创造视觉焦点,增添整体的美感和优雅。

通过强调预制建筑结构中美学设计考虑,建筑师、设计师和建筑商可创造出视觉上有吸引力、有影响力和和谐建筑组成。在预制建筑结构中,美学元素、创意设计特征和艺术表现的整合,提高整体设计质量,提升建筑的美学价值,创造令人难忘和独特的建筑宣言,预制建筑结构美学设计不仅提高建筑视觉吸引力,而且丰富用户体验,培养一种地点感,促进建筑设计文化艺术意义。

结束语:综上所述,装配式建筑结构在现代建筑中具有重要地位,其特点在于提高建筑施工效率、减少浪费、提高建筑结构和可靠性、以及灵活多样设计。在设计装配式建筑结构时,需注意结构设计、材料选用、过程控制和美学设计等要点,以确保建筑质量和安全性,通过不断探索和创新,装配式建筑结构将有望在未来建筑领域发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]刘晨,陈泓达.装配式结构建筑特点与设计策略[J].工业建筑,2023,53(S01):320-321.
- [2]张佳辰,王伟,路志浩,等.基于装配式建筑钢结构方案设计的全生命周期碳排放研究[J].结构工程师,2024,40(2):69-81.
- [3]甘光范.探讨预制装配式建筑结构设计及施工技术要点[J].地产,2023(11):0215-0217.