

装配式建筑施工技术与应用研究

龚敬聪

佛山市建文建设工程有限公司

摘要：在建筑施工过程当中，装配式建筑施工技术的应用可以使建筑的规范性有所提高。装配式建筑施工技术是一种将复杂的设备组装成精密的构件，以满足不同的建筑需求和应用场景，将构件运输到施工现场并进行组装，从而形成建筑结构。因此，为了提升现如今建筑施工的质量，以及提高建筑资源的利用效率，应对建筑发展的现状进行科学合理的改善，同时运用好装配式建筑施工技术，以此来推动建筑行业未来的可持续发展。

关键词：装配式建筑；施工技术；模块化；住宅建筑

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.15.026

引言

近年来，随着城市化进程的加快和建筑需求的不断增长，传统的施工方式已经难以满足迅速发展的建筑行业对高效、快速、可持续的建筑解决方案的需求。在这种背景下，装配式建筑作为一种创新的建筑施工方式，逐渐受到了广泛关注和应用。装配式建筑是指将建筑构件或模块在工厂中进行制造和预装配，然后在现场进行组装和安装的建筑方法。相对于传统的现场施工方式，装配式建筑具有许多优势，包括工期缩短、质量可控、资源节约、环境友好等。同时，装配式建筑还能够提高施工效率，减少对现场人力资源的依赖，并能够适应快速变化的建筑需求。通过对当前技术发展状况的总结和未来发展方向的展望，旨在为装配式建筑的推广和应用提供参考，促进建筑行业的可持续发展。

一、装配式建筑概述

（一）装配式建筑优势

装配式建筑是一种先进的建筑施工方式，其核心理念是将建筑构件或模块在工厂环境中进行制造和预装配，然后在现场进行组装和安装。与传统的现场施工方式相比，装配式建筑具有明显的优势，它能够缩短施工周期，因为构件在工厂中可以同时制造和预装配，而现场只需要进行简单的组装操作。装配式建筑具有较高的质量可控性，在工厂环境下，可以通过严格的质量控制措施来确保构件的精确度和一致性。此外，装配式建筑还能够实现资源的有效利用，工厂生产过程中可以减少材料浪费，并且可以在现场减少对能源、水和人力资源的需求。装配式建筑也具有良好的环境友好性，通过减少施工现场的扰民和减少建筑废弃物的产生，能够减少对环境的负面影响。

（二）装配式建筑发展历程

装配式建筑是一种以预先制造和组装构件的方式进行施工的建筑方法，最早的装配式建筑可以追溯到古代，例如埃及的金字塔和中国的木构建筑，它们采用了模块化的构造方式。然而，现代装配式建筑的发展可以追溯到20世纪初。在20世纪初，工业化的进步带来了建筑行业的革新，出现了一系列的技术和工艺，为装配式建筑的发展奠定了基础。特别是在第二次世界大战后，由于战争破坏和住房需求的增加，装配式建筑得到了更多的关注和应用。在20世纪后半叶，装配式建筑得到了更广泛的应用和发展。随着工业化程度的提高和材料技术的进步，装配式建筑在各个领域得到了广泛的应用，包括住宅建筑、商业建筑、办公建筑等。同时，各国政府和建筑界对于装配式建筑的研究和推广也逐渐增加。近年来，随着信息技术的快速发展和建筑信息模型（BIM）的应用，装配式建筑的设计和施工过程得到了更高效和精确的控制。

（三）装配式建筑的挑战

装配式建筑需要设计和制造环节的紧密协作，确保构件的精确制造和相互兼容性，这需要建立高效的信息交流和协同平台，以提高设计与制造的一体化程度。装配式建筑构件的运输和现场安装需要考虑物流管理、交通状况和现场施工条件等因素，规划合理的运输路线、确保安全的装卸过程以及培训熟练的施工人员都是保证装配式建筑施工质量和效率的关键。此外，装配式建筑行业的规范和标准需要不断完善，以确保装配式建筑的安全性、耐久性和可持续性。同时，还需要与相关政策和法规相协调，促进装配式建筑在法律框架下的健康发展。此外，传统施工方式已经深入人心，并存在一定的惯性。因此，教育和宣传对于提高公众对装配式建筑的认知和接受度至关重要。同时，培训和提升相关从业人员的技能水平也是推广装配式建筑的重要手段。

二、装配式建筑施工技术分析

（一）设计技术

1. BIM在装配式建筑设计中的应用

装配式建筑设计中广泛应用的BIM（建筑信息模型）技术在优化和提升装配式建筑设计过程中发挥着重要作用。BIM技术通过创建一个综合的数字模型，整合了建筑的几何信息、材料属性、施工流程和进度安排等数据，实现了设计与施工的协同和信息共享。在装配式建筑设计中，BIM技术可以帮助设计团队进行模块化

构件的设计、优化和协调。BIM技术提供了可视化的模型，使设计团队能够更好地理解和评估装配式建筑系统的整体性能。通过BIM模型，设计人员可以对构件之间的相互关系和连接方式进行模拟和分析，确保装配过程的精确性和可行性。此外，BIM模型还可以模拟建筑施工的各个阶段，帮助设计团队预测和解决施工中可能遇到的问题，从而减少现场调整和改动的需求。BIM还技术提供了数据驱动的设计和决策支持。通过BIM模型，设计团队可以快速获取和更新装配式建筑的相关信息，包括材料清单、尺寸规格、构件属性等。这些数据可以用于优化构件设计和选材，提高装配式建筑系统的效率和性能。

2. 结构优化设计技术

通过结构优化设计，可以使装配式建筑的结构在满足强度和稳定性要求的前提下，最大程度地减少材料使用和构件重量，提高结构的整体性能和抗震性能。这可以通过应用现代计算机仿真分析和优化算法来实现。结构优化设计技术主要包括两个方面的工作：拓扑优化和形状优化。拓扑优化通过在初始结构中去除冗余材料，得到最优的结构布局，以实现最佳的结构性能。形状优化则是在给定结构布局的基础上，通过调整构件的形状和尺寸来进一步改善结构的性能。在装配式建筑施工中，结构优化设计技术可以帮助实现轻量化和节能的目标。通过减少结构材料的使用，可以降低施工成本和对资源的消耗，同时减少运输和安装过程中的负荷。此外，结构优化设计还可以提高装配式建筑的抗震性能和整体稳定性，确保建筑的安全可靠。

(二) 制造技术

1. 模块化制造技术

模块化制造技术是装配式建筑施工的关键技术之一，通过在工厂中将建筑构件进行标准化、模块化的制造，从而实现在现场快速组装的目标。如表1所示，通过对模块化制造技术分析，可以看出模块化设计规范和标准化连接件的应用可以实现构件的互换性和通用性，使得模块化建筑能够适应不同的设计需求。生产工艺的精确控制和质量检测能够确保构件的质量和一致性，提高整体施工质量。此外，工厂自动化和工艺优化可以大幅提高制造效率，减少人力成本，从而缩短工期。

2. 数字化制造技术

数字化制造技术是装配式建筑施工中的关键要素之一，通过应用先进的数字化技术，如计算机辅助设计（CAD）、计算机数控加工（CNC）和建筑信息模型（BIM），可以实现建筑构件的精确制造和高效生产。数字化制造技术可以在设计阶段通过BIM技术实现建筑模型的创建和优化。设计师可以使用CAD软件进行建筑

表1 模块化制造技术要素

| 技术要素 | 描述 |
|---------|---------------------------------|
| 设计规范 | 制定模块化设计的规范和标准，包括尺寸、连接方式、材料选用等 |
| 生产工艺 | 运用先进的生产工艺，如计算机数控加工、3D打印等，精确制造构件 |
| 材料选择 | 选择适合模块化制造的材料，如钢结构、混凝土预制构件等 |
| 质量控制 | 严格控制制造过程中的质量，采用质量检测和验收标准来确保构件质量 |
| 标准化连接 | 设计和制造标准化连接件，以便快速、可靠地组装模块 |
| 工厂自动化 | 引入自动化设备和生产线，提高制造效率和生产能力 |
| 工艺优化 | 优化生产工艺流程，减少人工操作环节，提高生产效率 |
| 货架储存与物流 | 设计合理的货架储存系统和物流管理，方便构件的运输和组装 |

构件的三维建模，并与BIM系统进行集成，以实现构件设计和参数化优化。通过BIM技术，可以对构件进行全生命周期管理，从设计、制造到运输和安装的全过程进行数字化控制和协调，提高制造的准确性和一致性。在制造阶段，数字化制造技术可以实现计算机数控加工，将设计好的建筑构件转化为机器可识别的加工代码，并通过数控机床进行自动化加工。相比传统手工加工，数字化制造技术可以大大提高生产效率和制造精度，并减少人为误差。数字化制造技术还能够实现构件生产过程的智能化监控和管理，通过传感器和数据采集系统，可以对生产设备进行实时监测和数据记录，从而实现对制造过程的实时控制和质量管理。同时，通过与物联网技术的结合，可以实现生产数据的远程监控和分析，实时调整生产计划，提高生产效率和资源利用率。

(三) 运输技术

1. 装配式建筑模块运输方案

装配式建筑模块的运输方案是确保模块安全、高效运输的重要环节。在选择运输方案时，需要考虑模块的尺寸、重量、形状以及运输距离等因素。通常采用的运输方式包括道路运输、铁路运输和水路运输。道路运输是最常用的方式，适用于模块较小、距离相对较近的情况。在道路运输中，需要合理规划运输路线，考虑道路条件、交通流量和限高限重等因素，并采取相应的安全措施，如固定和防震措施，以确保模块在运输过程中的稳定性和完整性。铁路运输通常适用于大型模块或远距离运输。铁路具有较高的承载能力和稳定性，能够有效减少运输过程中的振动和损坏风险。同时，铁路运输还能够减少公路交通拥堵和环境污染。水路运输适用于

大型模块或远距离跨海运输。通过水路运输可以利用船舶的承载能力，减少运输成本，并且船舶具有较好的稳定性和抗震性能。然而，水路运输需要考虑港口设施、航线规划以及装卸操作等因素，确保模块安全装载和卸载。

2. 运输过程中安全管理

由于装配式建筑的构件或模块在工厂中进行制造和预装配后需要进行运输，因此必须确保在运输过程中的安全性和稳定性，以防止任何潜在的损坏或事故发生。在装配式建筑模块装载和固定到运输车辆之前，必须进行全面的检查和评估，确保模块的结构完整、连接牢固，并采取适当的保护措施，如加固、防震和防水措施，以减少运输过程中的风险。安全管理需要确保运输过程中的合理路径选择和车辆配置，根据装配式建筑的尺寸、重量和特性，选择适当的运输路线和运输工具，避免道路狭窄、坡度陡峭或其他限制条件可能导致的安全隐患。此外，合理配置运输车辆和使用专业的搬运设备，如起重机、吊车等，以确保安全稳定地进行装载和卸载操作。另外，安全管理还包括对运输过程中的速度和行驶方式的控制。驾驶员应接受专业培训，了解装配式建筑的特殊要求，并遵守交通规则和安全操作标准。控制适当的速度和避免急刹车或急转弯等危险行为，以保持运输过程的稳定性和安全性。

（四）安装技术

1. 模块化建筑的拼装与连接技术

通过合理的拼装与连接技术，可以实现模块之间的精准对接，确保整体结构的稳定性和完整性。首先，拼装技术涉及模块的组合方式和装配过程。采用适当的拼装方式可以确保模块之间的衔接紧密，形成整体的结构。在拼装过程中，要考虑模块之间的准确定位、连接件的选择和搭接方式，以及拼装顺序等因素。同时，合理的拼装工艺和工具的应用可以提高施工效率，减少误差和浪费。其次，连接技术涉及模块之间的连接方式和连接件的选择。常见的连接方式包括螺栓连接、焊接连接、榫卯连接等。选择适当的连接方式需要考虑模块的材料特性、结构要求、承载能力等因素。此外，合理选择连接件，如螺栓、螺母、连接板等，也是确保连接牢固性和稳定性的关键。在拼装与连接技术的应用中，需要充分考虑安全性、可行性和可操作性。工人需要经过专业培训，掌握正确的拼装与连接方法，并遵循相应的操作规范和安全标准。此外，质量检验和监控措施也应当配备，以确保拼装与连接的质量和可靠性。

2. 装配式建筑的现场安装管理

在现场安装过程中，需要严格按照设计图纸和施工方案进行操作，确保各个模块的精确拼装和连接。为了

提高安装效率和质量，需要进行合理的组织和协调，包括人员调度、物料供应、工序安排等方面的管理。第一，合理安排熟练的装配工人和相关技术人员，确保他们具备必要的技能和经验，能够熟练地进行装配作业。同时，要进行充分的培训和指导，提高工人的安全意识和操作技能，减少事故的发生。第二，确保所需的构件和材料按时到达施工现场，避免因物料供应延误而导致的施工进度延迟。同时，对于大型装配式建筑项目，需要建立合理的物料仓储和配送系统，便于现场安装的顺利进行。第三，合理规划装配的先后顺序，确保各个模块在正确的时间、正确的位置进行安装。同时，要进行现场监督和质量检查，及时发现和解决可能出现的问题，保证装配过程的顺利进行。

三、结语

综上所述，通过对装配式建筑的定义、优势和挑战进行分析，装配式建筑作为一种创新的施工方式，在满足建筑需求和推动建筑行业可持续发展方面具有重要意义。本文重点讨论了装配式建筑施工的关键技术，包括设计、制造、运输和安装等方面，装配式建筑能够实现工期缩短、质量可控，并具备良好的经济和环境效益。然而，装配式建筑在实际应用中仍面临一些挑战，如设计与制造的协同性、运输与安装的复杂性以及规范和标准的制定等，仍需要进一步研究和努力解决相关技术和管理方面的问题，以推动装配式建筑的广泛应用和发展。

参考文献

- [1] 葛健崔隽娜杨攀. BIM技术在装配式建筑施工过程中的应用研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022(9): 106-108.
- [2] 任栋科. 装配式建筑施工技术在建筑工程中的实践[J]. 陶瓷, 2023(05): 185-187.
- [3] 孙颖, 肖四鹏, 刘爽. 装配式建筑特殊部位的工式外挂防护体系技术研究与应用[J]. 工程技术研究, 2021, 3(7): 5-9.
- [4] 李超. 预制装配式建筑施工技术的运用研究[J]. 大众标准化, 2022(15): 33-35.
- [5] 彭敬宽, 季文强, 李德飞, 汪升水, 历佳杰. 装配式建筑施工技术难点及应对措施分析[J]. 四川建材, 2023, 49(05): 135-137.
- [6] 赵华龙. BIM技术在装配式建筑施工中的研究与应用[J]. 建筑技术研究, 2021, 4(6): 38-39.
- [7] 侯卫青. 大型商办建筑预制装配式施工技术研究与应用[J]. 建筑施工, 2022, 44(9): 2218-2220.
- [8] 贾文文. 装配式建筑施工技术在建筑工程中的运用[J]. 江苏建材, 2023(02): 99-101.