

装配式结构在石化装置应用的经济性研究

潘晓丹

山东省青岛市黄岛区中石化第十建设有限公司，山东省青岛市，266500；

摘要：在当今快速发展的建筑行业，装配式建筑以其高效、环保、节能等优势逐渐成为新宠。本文旨在探讨装配式建筑技术在石油化工工程中的应用，分析其带来的质量、安全与环保效益，并具体阐述其在工业厂房和管廊建设中的实践。通过对经济性对比分析和影响因素的探讨，本文将为石油化工行业提供一种创新的建筑解决方案，以期实现更高的经济效益和可持续发展。

关键词：装配式建筑；石油化工工程；经济分析；降本增效

DOI：10.69979/3029-2727.25.08.018

引言

随着全球工业化进程的加速，石油化工工程作为工业发展的重要支柱，其建设质量和效率直接影响到整个行业的竞争力。装配式建筑技术以其独特的优势，为石油化工工程提供了一种全新的建设模式^[1]。

1 装配式建筑技术概述

1.1 装配式建筑定义与发展

装配式建筑，亦称为预制建筑或模块化建筑，是一种将建筑物的大部分或全部构件和配件在工厂内生产，运输至施工现场，通过可靠的连接方法在现场安装而成的建筑。与传统的现场建造施工方式相比，装配式建筑具有施工速度快、减少现场作业人员、提高工程质量、绿色环保等显著优势。

随着现代建造科技的进步和工业化水平的提高，装配式建筑技术得到了快速发展。现代装配式建筑不仅在住宅领域得到广泛应用，更在商业、工业和公共基础设施建设中展现出其独特的价值^[2]。通过采用先进的制造工艺和自动化生产线，装配式建筑能够实现构、配件设计标准化、预制生产工厂化、现场施工模块化，从而实现数字化管理、提高生产效率，缩短建造工期，降低建设成本。

同时，装配式建筑的灵活性和定制性也满足了多样化的建筑需求，可以为客户提供更多个性化方案，为装配式建筑设计、预制、施工提供了更多发展空间。

2.2 装配式建筑技术分类

装配式建筑技术经过多年的发展，已经形成了多种分类，以适应不同的建筑需求和施工条件。主要可以分

为三大类：预制混凝土结构（PC）、钢结构预制建筑 and 木结构预制建筑。

预制混凝土结构是通过在工厂中预先制造混凝土构件，如墙体、楼板和柱子等，然后运输到施工现场进行组装^[3]。这种方法因其良好的耐火性和较高的耐久性而广泛应用于住宅和公共建筑中。

钢结构预制建筑则以其轻质、高强度和快速施工的特点，在高层建筑和大跨度结构中占有一席之地。

木结构预制建筑则因其可再生性和良好的热绝缘性能，在低层住宅和小型建筑中受到青睐。

2 装配式建筑在石油化工工程中的优势

2.1 提高工程质量

装配式建筑的构、配件在工厂内加工制作，生产条件好、施工工序严格、自动化程度高可以可视化、信息化控制生产过程，从而确保构件实体质量和外观质量符合设计、标准要求。工厂化预制减少现场施工中可能出现的偏差和缺陷，如钢筋间距偏差较大、混凝土浇筑振捣不均匀等问题，大大提高了建筑的整体质量和耐久性。

工厂化生产环境的稳定性和可控性，使得构件生产过程中的温度、湿度等条件得到有效控制，有利于保证产品质量稳定，这对于石油化工工程中使用的耐腐蚀、耐高温等特殊材料尤为重要^[4]。同时，装配式建筑的标准设计 and 规模化生产，也有助于减少材料浪费，提高资源利用率，确保构、配件质量。

2.2 降低施工作业安全风险

工厂化生产环境的规范化和机械化操作，有效避免

了传统施工中的高空作业、垂直运输等高风险环节，降低施工作业安全风险，减少施工事故的发生。

装配式建筑的预制构件在出厂前都经过严格的质量检验，确保了构件的安全性和可靠性^[5]。在施工现场，由于构件的快速组装特性，缩短了施工周期，减少了工人在恶劣天气或夜间施工的频率，进一步保障了施工人员的安全。

石油化工工程往往涉及易燃易爆等高风险因素，装配式建筑的标准化设计和模块化施工，有助于实现工程的“短工期、高质量、低成本、严交付”新要求，确保工程建造过程连续性和均衡性。同时，装配式建筑的施工过程中，由于减少了现场焊接、切割等作业，降低了火灾和高空坠落的风险。

2.3 建设绿色环保新工地

装配式建筑构、配件在工厂预制，减少了现场施工所需的大量临时设施和材料堆放，从而减少了对施工现场周边环境的干扰和破坏。工厂化生产过程中可以更加精确地控制材料的使用，有效避免了浪费，提高了材料利用率，降低建筑垃圾等有害物质对环境的影响和危害。

在施工现场，装配式建筑的快速组装方式大幅缩短了施工周期，减少了施工机械的使用时间和能源消耗，减少了施工过程中产生的噪音和粉尘，降低了对周围环境的污染。同时，由于施工过程中减少了现场浇筑混凝土等作业，也减少了对水资源的消耗^[6]。更符合绿色环保标准化工地建设。

3 装配式建筑在石油化工工程中的应用

3.1 装配式工业厂房

3.1.1 结构形式多样性

预制混凝土构件能够在工厂内按照严格的质量标准和精确的规格进行生产，这为设计和建造多样化的装配式工业厂房提供了极大的灵活性。无论是需要承受重载的车间，还是需要大跨度空间的仓储，预制混凝土结构都能满足这些需求。预制混凝土结构的多样性还体现在其能够适应不同的地质条件和环境要求。例如，在地震多发区，预制混凝土构件可以通过特殊的连接技术来提高结构的整体抗震性能。在化学腐蚀性环境中，预制混凝土构件可以通过添加特定的防护材料来增强其耐腐蚀性。预制混凝土结构的模块化设计允许快速组装和拆卸，这为工业厂房的扩建或改造提供了便利。在石油

化工行业，生产流程和设备布局可能会随着技术进步和市场需求的变化而进一步优化调整，预制混凝土结构的大跨度和大空间结构能够快速满足工艺和设备布局的调整。

3.1.2 大跨度工业厂房的装配式解决方案

在石油化工工程中，大跨度工业厂房的建设尤其受益于预制混凝土结构的应用。这种结构方式通过工厂化生产，实现了构件的标准化和定制化，确保了构件的质量和一致性。在大跨度工业厂房中，预制混凝土构件可以设计成适应大空间需求的尺寸和形状，如大型屋面板、排架柱和长跨度梁，这些构件能够在工厂中进行优化设计和预应力处理，以满足结构的承载需求。

3.1.3 重载厂房的结构设计

在石油化工工程中，重载厂房的建设对结构设计提出了更高的要求，预制混凝土结构以其卓越的承载能力和耐久性，成为这类厂房的理想选择。比如：预制混凝土排架柱的使用，相比钢柱，提供了更大的刚度并减少了定期维护的需求。预制混凝土结构的预制装配方案允许将厂房分割成多个预制单元，如：柱、梁等，每个单元在工厂中单独生产，然后运输到现场进行快速组装。这种施工方式不仅提高了施工效率，还减少了现场施工风险。在设计重载厂房时，预制混凝土结构的承载能力和稳定性是关键因素。

3.2 装配式工业管廊

3.2.1 装配式工业管廊模块化设计

装配式管廊通过 BIM 建模和优化设计，与施工现场深度融合，将工业管廊构配件在工厂内标准化生产，实现了设计的模块化和生产的批量化。模块化设计和工厂化预制可根据具体的工程需求和现场条件，快速组合和调整管廊结构形式，实现了设计的灵活性和施工的高效率，不仅提高了构件的制造精度和质量，而且还极大地缩短了现场施工周期，减少了施工过程中的不确定性和风险。此外，预制混凝土管廊的连接节点采用先进的连接技术，确保了管廊结构的稳定性和安全性，满足了石油化工工程对高承载能力和抗震性能的要求。

3.2.2 工业管廊装配式柱、梁建造实例

国内某 LNG 接收站工业管廊工程采用的装配式混凝土框架结构，管廊全长 10 公里，基础采用现浇，柱和梁采用工厂化预制。工厂加工的预制混凝土构件在现场通过吊装拼接，极大提高了施工效率，缩短了施工周期，

并且减少了现场施工对环境的影响。预制混凝土支架的设计和生产过程中，需要充分考虑与其他专业如工艺和电气的协同，确保预埋件和预留孔洞的尺寸和位置准确无误，避免后期返工。在结构设计阶段，预制装配式管廊的设计要考虑到生产制作和施工安装的实际需求，减少模具数量，简化构件间连接节点，以便于施工并保证施工质量。

4 经济性对比分析

4.1 传统建筑与装配式建筑成本对比

传统建筑通常采用现场浇筑的方式，需要大量的现场劳动力和时间，这不仅增加了人工成本，还可能导致因天气变化或施工延期带来的额外成本。相比之下，装

配式建筑通过工厂化生产和现场快速组装，显著降低了施工周期，减少了对现场环境的依赖，从而在一定程度上降低了劳动力成本和时间成本。装配式建筑的预制构件在生产过程中可以实现规模化和标准化，这有助于降低材料浪费和提高材料利用率，进一步减少材料成本。同时，由于预制构件的质量控制更为严格，可以减少后期维护和修复的成本。然而，装配式建筑的初始投资成本可能相对较高，特别是在预制构件的生产设备和技术上。但随着技术的成熟和规模化生产，这些成本正在逐渐降低。长期来看，装配式建筑由于其施工速度快、质量可靠、维护成本低等优势，能够带来更快的投资回报和更低的长期运营成本。

装配式工业厂房费用对比表

序号	工程施工部位	施工方式	柱子尺寸 (mm*mm)	高度 (m)	柱混凝土量 (m3)	预算值 (元)	备注
1	风机厂房柱子	现浇	1000*1700	29.5	245.14	3738146.34	8.5 米以下为现浇柱，0.7m 的现浇连接芯柱，连接芯柱以上为预制柱
2		预制	1000*1700	29.5	422.14		
3	风机厂房柱子	现浇	1000*1700	29.5	667.28	3588909.28	

装配式工业管廊费用对比表（以 1302-五、六、七段为例）

序号	名称	单位	工程量	单价 (元)	金额 (元)	备注
一	装配式管廊				10394460.25	
1	基础	立方	1264.38	2728.55	3449926	含筋量 118kg/m3
2	上部管廊预制	立方	818.15	6988.09	5717309.25	含筋量 314kg/m3
3	管廊安装费	立方	818.15	1500.00	1227225	
二	现浇管廊				7897626.71	
1	基础	立方	1165.10	2171.30	2529785.88	含筋量 99.7kg/m3
2	上部管廊	立方	832.82	6445.39	5367840.83	含筋量 303kg/m3

4.2 长期运营成本分析

由于装配式建筑在设计和施工阶段就注重了建筑的耐久性和可维护性，因此其长期维护成本相对较低。预制构件的高质量标准和精确的工厂化生产减少了建筑在使用过程中出现裂缝等问题的风险，从而降低了维修的频率和成本。装配式建筑的模块化和灵活性允许在建筑的生命周期内更容易进行改造和升级，这降低了因建筑功能变化而需要大规模翻新的成本。

4.3 投资回报率评估

装配式建筑由于施工速度快，可以缩短项目的资金

占用周期，从而降低资本成本。这种快速施工的优势使得项目能够更早地投入使用，开始产生收益，加速了资金的回流。装配式建筑的长期运营成本较低，这不仅包括了维护和能源消耗的成本节约，还可能包括因建筑质量高而带来的保险费用降低。这些节省下来的成本可以转化为更高的净运营收入，从而提高投资回报率。装配式建筑的灵活性和可持续性使其在市场上具有更强的竞争力。

5 经济性影响因素分析

5.1 材料成本与供应链管理

装配式建筑依赖于高效、可靠的供应链来确保预制构件的及时生产和交付。供应链管理的优化可以显著降低材料成本,提高整个建筑过程的效率。通过采用批量采购和长期供应合同,可以降低原材料的采购成本有助于减少价格波动的风险,并确保材料供应的稳定性。同时,与供应商建立良好的合作关系,可以提高供应链的灵活性和响应速度,从而在需求变化时快速调整生产计划。材料成本的控制还涉及到材料的合理使用和浪费的减少,在装配式建筑中,由于构件在工厂预制,可以更精确地计算所需材料的数量,从而减少材料浪费。此外,标准化和模块化设计有助于提高材料的利用率。供应链管理还包括物流和库存控制,通过优化物流网络和运输方式,可以降低运输成本并减少在途时间。同时,合理的库存管理可以避免过度库存造成的资金占用和存储成本,同时确保生产过程中材料的及时供应。随着技术的发展,数字化工具和信息系统在供应链管理中的作用日益增强。利用这些工具可以实时监控供应链状态,预测潜在的瓶颈和风险,从而做出及时的调整和优化。

5.2 劳动力成本与技能要求

由于大部分构件在工厂预制,现场施工劳动力需求减少,从而可能降低现场的直接劳动力成本。然而,这也意味着对工厂生产人员的技能要求更高,需要他们具备精准操作机器和高质量完成预制构件的能力。劳动力成本的控制不仅涉及到工人的工资,还包括培训、安全和生产效率等多个方面。为了提高生产效率,减少浪费,预制构件工厂需要投资于员工的专业技能培训,确保他们能够熟练掌握现代化的生产技术。这种投资虽然在短期内增加了成本,但从长远来看,能够通过提高生产效率和降低错误率来实现成本节约。装配式建筑的现场施工过程也需要一定技能的劳动力来完成构件的安装和连接工作,这些工作通常需要专业的技术知识和操作技能。通过提供适当的培训和认证,可以确保施工过程的顺利进行,减少施工延误和返工,从而控制劳动力成本。

5.3 政策支持与市场环境

政府的政策倾向和市场环境的变化直接或间接地作用于装配式建筑的成本、投资回报以及市场接受度。国务院办公厅发布的《关于大力发展装配式建筑的指导意见》中强调,装配式建筑是推进供给侧结构性改革和新型城镇化发展的重要举措,有利于节约资源能源、减少施工污染、提升劳动生产效率和质量安全水平。此外,政策还提出了具体的工作目标,如力争用10年左右的时间,使装配式建筑占新建建筑面积的比例达到30%,并逐步完善法律法规、技术标准和监管体系。这些政策的实施为装配式建筑的发展提供了坚实的政策基础和市场导向。市场环境方面,随着环保意识的提升和劳动力成本的上升,市场对高效、节能、环保的建筑解决方案的需求日益增长。装配式建筑以其施工速度快、能耗低、材料利用率高等特点,满足了市场对现代建筑的需求,从而提高了其市场竞争力。

6 结语

装配式建筑在石油化工工程中的应用展现出显著的经济效益和环境友好性,随着技术创新、政策扶持和市场需求的共同推动,装配式建筑不仅优化了建筑行业的生产方式,也为实现绿色可持续发展做出了积极贡献。

参考文献

- [1] 刘振新. 装配式建筑工程管理影响因素及对策研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (22): 48-50.
- [2] 陈登宇. 装配式建筑的质量控制与管理策略探讨[J]. 全面腐蚀控制, 2024, 38(07): 91-94.
- [3] 陈钟, 朱辉, 连健, 等. 装配式建筑模壳结构柱安装技术研究[J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (14): 155-157.
- [4] 耿慧玲. 装配式建筑设计在工程建设中的应用与研究[J]. 建材发展导向, 2024, 22(14): 40-42.
- [5] 汪学军. 房屋建筑工程中的装配式混凝土结构施工技术研究[J]. 居业, 2024, (05): 14-16.
- [6] 代维东. 混凝土装配式住宅建筑工程施工技术的优势研究[J]. 居舍, 2024, (13): 24-27.