

老旧石油化工装置设备安装改造措施及其经济价值分析

王志宇（陕西化建工程有限责任公司，陕西 杨凌 712100）

摘要：老旧石化装置改造在石油化工行业发展进程中占据着至关重要的地位。随着石化的不断进步，众多老旧石化装置面临着改造升级的需求。这些改造工程旨在提升装置的生产效率、安全性、环保性以及降低运营成本等多项目标。老旧石油化工装置改造通过技术升级、成本控制、能耗降低和生产效率提高等措施，能够带来显著的经济价值，对石油化工企业的可持续发展具有重要意义。本文旨在概括老旧石化装置改造的重要性、改造涉及的主要方面以及带来的多方面效益。

关键词：石油化工；装置设备；安装改造；经济价值

中图分类号：TE68 文献标识码：A 文章编号：1674-5167 (2025) 017-0057-03

Analysis on the measures of installing and reforming old petrochemical equipment and its economic value

Wang Zhiyu (Shaanxi Huajian Engineering Co., LTD., Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract: The transformation of the old petrochemical plant occupies a crucial position in the development process of the petrochemical industry. With the continuous development of the petrochemical industry and the continuous progress of technology, many old petrochemical plants are facing the demand for transformation and upgrading. These retrofits are designed to improve plant productivity, safety, environmental protection and reduce operating costs. The transformation of old petrochemical plants can bring significant economic value through technology upgrading, cost control, energy consumption reduction and production efficiency improvement, which is of great significance to the sustainable development of petrochemical enterprises. This paper aims to summarize the importance, the main aspects involved and the benefits brought by the renovation of the old petrochemical plant.

Key words: petrochemical industry; Installation equipment; Installation and transformation; Economic value

在当今的工业领域，老旧石油化工装置的改造成为了一个备受关注的重要议题。石油化工产业作为现代工业的基石，对全球经济的发展起着至关重要的作用。然而，随着时间的推移，许多早期建设的石油化工装置面临着一系列的问题，这些问题既影响装置的运行效率，也涉及到安全、环保以及经济效益等多方面的考量。

1 老旧石油化工装置设备安装改造的难点分析

1.1 设备老化问题

老旧石油化工装置中的设备往往经历了长时间的运行，设备老化现象十分严重。许多设备的金属部件会出现腐蚀，例如一些管道，在长期接触化工原料的过程中，金属壁会被逐渐侵蚀。根据相关调查，运行超过 20 年的石化装置中，约有 30% 的管道存在不同程度的腐蚀问题。这种腐蚀不仅会降低设备的强度，还可能导致泄漏，引发安全事故。

1.2 技术兼容性挑战

在老旧装置的改造过程中，生产与施工同时进行的作业面临诸多挑战，尤其是狭小空间内的吊装任务。老旧装置最初设计时并未考虑未来技术升级和设备更换的需求，导致内部结构紧凑，通道狭窄。例如，在

更换反应器催化剂或检修大型换热器时，新设备的尺寸和重量往往超出原有空间的设计范围。这不仅增加了吊装难度，还需要对现场进行精确规划以确保操作安全。

1.3 空间布局限制

老旧石油化工装置在建设时是按照当时的生产规模和工艺要求进行布局的。随着企业的发展，生产规模的扩大或者新工艺的引入，原有的空间布局往往难以满足改造需求。例如，在一些老旧厂区，由于土地资源有限，新增的设备难以找到合适的安装位置。

2 老旧石油化工装置设备安装改造措施及其经济价值分析

2.1 能耗降低与经济效益

2.1.1 能耗现状及改进目标

在老旧石油化工装置中，能耗现状面临诸多挑战。以某大型炼油厂为例，其传统的石油化工装置在能源消耗方面呈现出几个显著特点。加热炉的热效率相对较低，平均热效率仅在 80% 左右，这意味着大量的热能被浪费。据统计，每年因加热炉热效率低而损失的能源成本高达数百万美元。在物料输送过程中，由于泵和压缩机的选型和运行方式不够优化，能源消耗也

较为严重。许多泵和压缩机处于低效运行状态，电能浪费现象普遍。

从整个装置来看，单位产品的能耗指标高于行业先进水平。例如，生产每吨成品油的综合能耗比同规模先进炼油厂高出约 10%–15%。这种高能耗状态不仅增加了企业的运营成本，也不符合当前节能减排的大趋势。

基于此，改进目标明确。在短期目标方面，计划在 1–2 年内将加热炉的热效率提升至 85% 以上，通过优化燃烧控制和改进炉体保温等措施来实现。对于泵和压缩机，要对其运行参数进行优化调整，使至少 30% 的泵和压缩机达到高效运行状态，从而降低单位产品的能耗 5% 左右。

从长期目标来看，在 3–5 年内，希望能够采用新的节能技术和工艺优化手段，使整个石油化工装置的单位产品能耗接近或达到行业先进水平，实现整体能耗降低 20%–30% 的目标。这将极大地提升企业的竞争力，同时也为环境保护做出重要贡献。

2.1.2 节能技术应用分析

在老旧石油化工装置的改造中，有多种节能技术可供应用。首先是高效加热炉技术的应用。例如采用新型的燃烧器，这种燃烧器能够使燃料更充分地燃烧，提高燃烧效率。以某炼油厂改造后的加热炉为例，采用新型燃烧器后，热效率从原来的 80% 提升到了 86%，每年可节约燃料成本约 50 万美元。

余热回收技术也是重要的节能手段。在石油化工生产过程中，许多环节会产生大量的余热，如高温工艺气体等。通过安装余热回收装置，将这些余热用于预热原料或者产生蒸汽等。某石化企业在对其装置进行改造时，安装了余热回收系统，利用生产过程中的高温尾气预热原料油，使加热炉的燃料消耗降低了 15% 左右。

另外，变频调速技术在泵和压缩机上的应用效果显著。传统的定速运行的泵和压缩机，在不同工况下无法灵活调整功率。采用变频调速技术后，可以根据实际的流量和压力需求自动调整电机的转速，从而达到节能的目的。

例如，某化工装置中的一台大型泵，在采用变频调速技术之前，电机一直满负荷运行，电能浪费严重。改造后，根据实际工况调整电机转速，电能消耗降低了 30% 左右。

还有优化工艺流程方面的节能技术。通过对整个生产流程进行详细的模拟和分析，找出不必要的能量消耗环节并进行优化。例如，减少不必要的中间物料的冷却和再加热过程，从而降低能量的损失。

2.1.3 经济回报周期测算

对于节能改造项目的经济回报周期测算，需要综合考虑多个因素。首先是节能技术的投资成本。以某老旧石油化工装置的加热炉改造为例，采用新型燃烧器和余热回收装置的总投资为 200 万美元。然后是每年的节能收益。

在改造后，由于加热炉热效率提高和余热回收利用，每年可节约燃料成本 100 万美元。按照这个节能收益计算，经济回报周期 = 投资成本 ÷ 每年节能收益 = $200 \div 100 = 2$ 年。然而，在实际测算中，还需要考虑其他因素的影响。例如，设备的维护成本增加，可能会减少实际的节能收益。假设每年设备维护成本增加 10 万美元，那么实际每年的净节能收益为 $100 - 10 = 90$ 万美元，此时经济回报周期 = $200 \div 90 \approx 2.22$ 年。对于整个石油化工装置的节能改造，不同的节能技术和措施有不同的投资成本和节能收益。如变频调速技术应用于泵和压缩机的投资成本为 50 万美元，每年可节约电能成本 30 万美元，考虑到设备维护成本每年增加 5 万美元，实际每年净收益为 25 万美元，经济回报周期为 $50 \div 25 = 2$ 年。

综合来看，通过准确测算各个节能项目的经济回报周期，可以帮助企业合理规划节能改造项目的投资顺序和规模，优先选择那些经济回报周期短、收益高的项目进行实施，从而实现企业经济效益和节能减排目标的双赢。

2.2 设备更新方案

老旧石油化工装置设备往往存在技术落后、效率低下以及安全隐患等问题。在设备更新方面，需要进行全面的技术评估。例如，对于一些运行超过 20 年的反应釜，其内部的防腐涂层可能已经严重损坏，导致化学反应效率降低并且存在物料泄漏风险。此时，若要进行更新，应优先选择采用新型复合材料制造的反应釜，这种材料具有更好的耐腐蚀性和更高的强度。

在选择新设备时，要考虑与现有工艺流程的兼容性。以某石化企业为例，其在对原油蒸馏装置进行改造时，新的蒸馏塔需要与原有的加热炉、冷却器等设备协同工作。技术团队通过精确的工艺计算，确定了新蒸馏塔的尺寸、操作参数等，确保其能够与上下游设备无缝对接。还要考虑设备的可维护性，新设备应设计有易于拆卸和维修的部件，降低后期维护成本。

2.3 施工技术改进

老旧装置的改造施工面临诸多限制。由于装置周围可能存在其他正在运行的设备和管道，施工空间狭小。针对这一问题，可以采用模块化施工技术。将大型设备或管道系统分解成若干个模块，在工厂内进行

预制组装，然后运输到现场进行整体安装。例如，在某大型石化厂的气体压缩机改造项目中，将压缩机的进出口管道系统设计为多个模块，在车间内完成焊接、探伤等工作，现场安装时只需进行模块间的连接，大大缩短了施工时间，减少了现场动火作业的风险；对于一些难以拆除和安装的设备，可以采用特殊的施工工艺。比如，对于深埋于地下的大型储油罐的更换，传统的挖掘拆除方式不仅耗时而且危险。可以采用液压顶升技术，先将新的储油罐在旁边安装好，然后利用液压装置将旧罐顶起并移出，再将新罐移至预定位置，这种技术可以减少对周边设施的影响，提高施工安全性。

2.4 与原有系统的衔接

在生产装置内进行改造时，需确保与生产同步进行的作业安全高效。例如，在狭小空间内的吊装作业中，新设备安装必须与现有生产流程紧密配合。以某石化厂反应器更换为例，技术人员需精确计算吊装路径，避开运行中的管道和设备，同时确保起重设备的承载能力符合要求。此外，老旧装置的狭小空间吊装还需解决新老结构衔接问题。如在一台密闭容器的更新中，新的模块化组件通过尺寸优化设计，实现了在狭窄通道内的顺利组装。同时，为避免影响生产，技术人员采用临时支撑结构，确保吊装过程中整体装置的稳定性，保障生产与施工并行无干扰。

2.5 环境影响应对

石油化工装置改造过程中可能会产生各种环境影响，如噪声、粉尘、废弃物等。对于噪声污染，可以采用隔音罩、消声器等措施。在某石化企业的设备安装现场，对大型风机等噪声源安装了隔音罩，使周围环境噪声降低了20分贝以上；对于粉尘污染，在切割、打磨等作业时，应配备有效的除尘设备。施工现场产生的废弃物要进行分类处理，可回收利用的材料如金属废料要进行回收，危险废弃物如废弃的油漆桶要按照相关规定进行专门处理，避免对环境造成污染。

2.6 施工阶段成本管理

施工阶段是成本控制的核心阶段。在这个阶段，有效的成本管理措施能够确保预算的严格执行。首先是施工进度的控制。例如在一个石油化工装置的改造工程中，如果施工进度延误，不仅会增加人工成本，还可能导致设备租赁费用的增加。因此，需要制定详细的施工进度计划，并严格按照计划进行施工。通过关键路径法等项目管理工具，确定关键工序和非关键工序，合理安排资源，确保关键工序按时完成；施工质量的控制也与成本管理密切相关。如果施工质量出现问题，可能导致返工，从而增加成本。例如，在管

道焊接过程中，如果焊接质量不合格，需要重新进行焊接，这不仅会浪费焊接材料，还会增加人工成本。所以，在施工过程中要建立严格的质量检验制度，按照相关标准和规范进行施工，确保一次性通过质量验收；另外，施工现场的资源管理也是成本控制的重要方面。这包括对施工人员、施工设备和施工材料的管理。对于施工人员，要根据工程进度合理安排人员数量，避免人员闲置或过度加班。对于施工设备，要做好设备的维护和保养，提高设备的利用率，减少设备故障导致的停机时间。

2.7 材料采购成本降低

材料采购成本在老旧石油化工装置改造项目中占有较大比重，降低材料采购成本是实现成本控制的重要途径。

建立广泛的供应商网络是关键。通过与多家供应商建立联系，可以获取更多的价格信息，从而选择性价比最高的供应商；采用集中采购的方式可以降低成本。集中采购能够获得更大的采购量，从而在谈判中获得更有利的价格和条款；对材料的规格和型号进行优化也能降低成本。在满足工程设计要求的前提下，选择合适的材料规格和型号可以避免不必要的浪费。例如，在管道选材方面，如果设计要求能够通过选择较小规格但同样满足强度和耐腐蚀性要求的管材，就可以降低材料成本。还可以减少因大规格管材带来的运输和安装成本的增加。

3 结束语

在对老旧石油化工装置改造措施及其经济价值进行全面的分析后，可以明确地认识到这一领域的工作对于石油化工行业的可持续发展具有深远意义。

参考文献：

- [1] 唐振华. 老旧石油化工码头“边生产边施工”安全管理重点探讨 [J]. 珠江水运, 2024(3):74-78.
- [2] 罗雨. 基于 SIL 定级的老旧设施中控系统改造 [J]. 石油石化物资采购, 2024(1):46-48.
- [3] 李巧利. 浅谈聚丙烯老旧装置安全风险评估与管控 [J]. 石油石化物资采购, 2023(6):136-138.
- [4] 苑丹丹, 陈嘉怡, 苑旭阳, 等. 老旧装置静设备设计文件合规性排查数据分析模型研究 [J]. 石油化工设备技术, 2024,45(6):48-53.
- [5] 韩长峰. 受限空间下大型石化设备吊装技术 [J]. 石油化工建设, 2024,46(4):67-70.

作者简介：

王志宇（1983-）男，汉族，陕西西安人，大学本科，工程师，研究方向：设备安装。