

炼化企业关键设备国产化的路径探索与效益分析

梅昌利 刘艳斌

中国石油化工股份有限公司沧州分公司

DOI:10.12238/etd.v6i6.16838

[摘要] 随着我国工业化进程的深入和国际贸易环境的变化,高端装备制造业的自主可控已成为国家战略的重要组成部分。在石油化工领域,大量进口关键设备在长期运行中暴露出采购成本高昂、供货周期漫长、技术服务滞后等“卡脖子”问题,严重制约了企业的安全生产和经济效益。本文以中国石化沧州分公司(以下简称“沧州炼化”)实施的“进口机组及分析仪表国产化攻关项目”为典型案例,系统地梳理了其国产化的实施背景、技术路线、组织管理流程,并对其经济效益、安全效益与社会效益进行了量化与质性分析。通过对空压机组、CO分析仪、PH计、总硫分析仪等设备成功替代经验的总结,本文旨在为国内同类炼化企业推进设备国产化工作提供一套可复制、可推广的理论框架与实践路径,对提升我国炼化行业供应链韧性与安全水平具有重要的参考价值。

[关键词] 设备国产化; 进口替代; 炼化设备; 降本增效; 供应链安全; 技术创新

中图分类号: TQ05 **文献标识码:** A

Exploration of the Path and Benefit Analysis for the Domestication of Key Equipment in Petrochemical Enterprises

Changli Mei Yanbin Liu

Sinopec Corp. Cangzhou Branch

[Abstract] With the deepening of China's industrialization and changes in the international trade environment, achieving self-sufficiency and control in the high-end equipment manufacturing industry has become a crucial component of national strategy. In the petrochemical sector, the extensive reliance on imported key equipment has exposed several "bottleneck" issues during long-term operation, including high procurement costs, prolonged delivery cycles, and lagging technical services, which severely constrain corporate production safety and economic benefits. This paper takes the "Localization Initiative for Imported Units and Analytical Instruments" implemented by Sinopec Cangzhou Company (hereinafter referred to as "Cangzhou Refining and Chemical") as a typical case study. It systematically outlines the background, technical approach, and organizational management processes of the localization effort, while providing both quantitative and qualitative analyses of its economic, safety, and social benefits. By summarizing the successful replacement experiences of equipment such as air compressor units, CO analyzers, pH meters, and total sulfur analyzers, this study aims to offer a replicable and scalable theoretical framework and practical pathway for domestic refining and chemical enterprises pursuing equipment localization. The findings hold significant reference value for enhancing the resilience and security of the supply chain in China's refining and chemical industry.

[Key words] equipment localization; import substitution; refining and petrochemical equipment; cost reduction and efficiency improvement; supply chain security; technological innovation

1 前言

石油化工产业是国民经济的支柱产业,其生产连续性强、工艺复杂,对关键设备的可靠性、稳定性和精确性要求极高。在过去一段时期,由于国内装备制造业在高端领域的技术差距,大

量关键机组和在线分析仪表长期依赖进口^[1]。这些进口设备虽在投产初期性能优异,但随着运行年限的增长,其固有的弊端日益凸显:首先,核心配件采购价格畸高,且受制于国外供应商,议价能力弱;其次,采购周期长达数月甚至半年,一旦设备突发

故障,漫长的等待期将迫使装置非计划停工,造成巨大的经济损失;再次,技术服务响应缓慢,外方专家现场服务费用高昂,且技术资料封锁,导致企业维护保养极度被动。

为解决上述痛点,打破国外技术垄断,降低生产运营成本,提升设备管理自主化水平,推进关键设备国产化已成为国内炼化企业的必然选择与战略共识。沧州炼化积极响应中国石化集团公司的号召,以问题为导向,精准施策,开展了卓有成效的国产化攻关实践,为行业树立了典范。

2 项目背景与总体情况

沧州炼化生产系统中共有4台进口空压机组和80余台进口关键分析仪表,是保障各生产装置平稳运行的“神经中枢”和“动力核心”。经过多年高负荷运行,这些设备陆续进入故障高发期。

2.1空压机组问题:空分装置的美国制造的英格索兰空压机出现扩压器严重磨损、叶轮间隙变化等问题,导致压缩机流量和压力下降,喘振区下移,运行效率大幅降低。2023年对4#空压机的拆解检查证实了三级叶轮和扩压器的严重磨损,已威胁到装置的安全稳定运行。

2.2在线分析仪表问题:焦化装置F02加热炉的邦贝克CO-3100分析仪进入故障高发期,配件采购难且贵;催化烟脱装置的梅特勒托利多PH计因介质恶劣,存在寿命短、维护难、成本高的问题;S Zorb装置的进口XOS总硫分析仪不仅价格高昂,其采用的X射线荧光法更存在辐射安全风险,且年维护成本惊人^[2]。

沧州炼化于2023年5月正式立项,组建了以仪表和设备专家为核心的专业团队,启动了覆盖全厂的进口设备国产化攻关项目,旨在通过系统性替代,彻底扭转对进口设备的依赖局面。



图1 空压机三级叶轮、扩压器



图2 焦化装置F02加热炉CO分析仪

3 技术路线与实施策略

国产化并非简单的“以国代进”,而是一项复杂的系统工程。沧州炼化摸索出了一套科学、严谨、高效的实施策略。

3.1深入调研,科学选型。项目组并未盲目选择国产供应商,而是开展了大规模的前期调研,优先选取在中石化系统内(如燕山石化)已有成功应用案例、经过实践检验的成熟国产产品。这极大地降低了技术风险。

3.2由易到难,渐进替代。采取“先辅后主、先易后难”的策略,首先在非关键管线或备用设备上进行试点应用。例如,先对单台空压机的部分配件进行替换,待验证可靠后再全面推广。

3.3技术协同,定制开发。摒弃单纯采购模式,与国内优秀制造商(如北京艾瑞利富、淄博压缩机厂等)建立深度合作。沧州炼化的技术团队向厂家详细阐述现场工况、介质特性和性能要求,共同对产品进行适应性改进和优化设计,确保了国产设备不仅能“用”,而且“好用”、“耐用”。

3.4建立严格的验收与后评估机制。所有国产化设备及配件均经过严格的入厂检验、性能测试和试运行考核。项目组建立了详细的运行档案,持续跟踪其运行参数、故障率和寿命周期,并与进口原品进行对比分析,为后续决策提供数据支撑^[3]。

这一技术路线的核心在于以我为主、联合攻关、质量为先、风险可控,确保了国产化工作稳步推进。

4 应用效果与综合效益分析

国产化项目的成功与否,最终要靠数据和效果说话。沧州炼化的实践带来了显著的综合效益。

4.1直接经济效益显著。通过国产化替代,项目在采购成本上实现了大幅节约:

空压机组:4#空压机叶轮、扩压器节约40余万元;1#、5#空压机31项配件通过招标竞价,节省94.62万元;储运部油气气回收压缩机节省10万元。

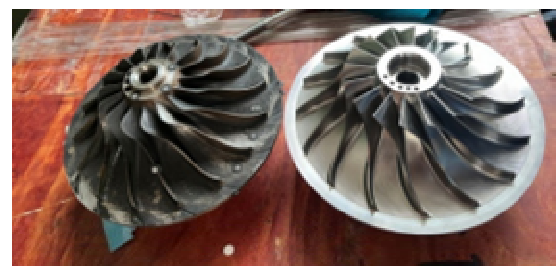


图3 空压机三级叶轮、扩压器进口(左)与国产(右)



图4 空压机典型部件进口和国产价格对比

分析仪表: CO分析仪采购成本从百万元级降至20余万元,降幅达75%以上; PH计采购成本降至进口的1/3, 配件成本降至1/4; 总硫分析仪单套采购成本降低30%(约40万元), 年维护成本降低90%(约15万元)。

该项目累计节约采购和维护成本已超过239万元, 投资回报率极高。

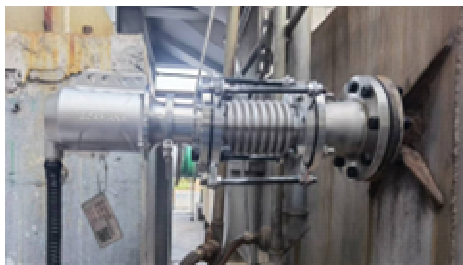


图5 焦化装置F102炉国产CO分析仪



图6 烟脱装置AT16302国产PH分析仪



图7 S Zorb装置国产总硫分析仪

4.2 供应链效率大幅提升。国产化最立竿见影的效果是供应链的优化:

采购周期极大缩短: 空压机配件从3个月缩短至1个月; 油气回收压缩机从6个月缩短至3个月; 分析仪表从1-2个月缩短至1-2周。

技术服务响应及时: 国内厂家服务人员响应时间从1个月缩短至1-3天, 且多为免费服务, 彻底摆脱了对外方技术支持的依赖。

4.3 安全与环保效益凸显。国产化在提升本质安全方面贡献突出。以总硫分析仪为例, 国产设备采用紫外荧光法替代了进口设备的X射线荧光法, 彻底消除了放射性源带来的潜在健康风险和环境保护压力, 为操作人员提供了更安全的工作环境。

4.4 技术自主与管理提升。国产化过程不仅是设备的更换, 更是企业技术能力和管理水平的升华。通过深度参与国产设备的改进与研发, 沧州炼化培养和锻炼了一支精通设备原理、具备解决复杂问题能力的专业技术队伍。同时, 企业获得了完整的技术图纸和资料, 实现了对设备全生命周期的透明化管理, 维护保养的主动性和计划性不断增强。

5 经验总结、推广价值与未来展望

5.1 成功经验总结: 沧州炼化国产化项目的成功得益于以下几点:

领导重视与组织保障: 成立跨部门攻关团队, 专家牵头, 目标明确, 责任到人。科学严谨的实施路径: 前期调研充分, 决策过程科学, 实施步骤稳健。优质的合作伙伴: 精准选择了技术实力强、服务质量优的国内制造商。全过程质量管理: 从选型、验收再到运行评估, 建立了闭环管理体系。

5.2 广泛的推广价值。沧州炼化国产化的设备(如英格索兰空压机、梅特勒PH计、XOS总硫仪等)在国内炼化企业中拥有极高的保有量, 其面临的困境具有普遍性。因此, 其所验证的国产设备型号和技术方案具备极高的行业推广价值。据估算, 仅一个中型炼厂就有超过80套PH计, 若全面推广, 每年节省的备件费和维保费用将极为可观。

5.3 未来展望。虽然国产化取得一些成功, 但国产化之路仍需纵深推进。沧州炼化已规划下一步工作:

拓展国产化范围: 启动对连续重整装置日本大幌风机等更复杂机组的国产化研究。深化技术合作: 与国内顶尖制造商建立战略合作关系, 共同研发下一代高性能、智能化的炼化专用设备。构建知识库与标准: 将成功案例转化为企业内部的技术标准和管理规范, 形成长效机制。

6 结论

中国石化沧州分公司的国产化实践雄辩地证明, 在高端炼化设备领域, 国内制造业已经完全有能力提供质量可靠、技术先进、服务及时的产品和解决方案。推进国产化, 不仅是应对当前进口设备弊端的“止损”之举, 更是提升企业核心竞争力、保障国家产业链供应链安全稳定的“长远”之策。它是一条从“被动依赖”走向“主动创新”的必由之路。沧州炼化的成功经验为整个行业提供了可资借鉴的范本, 其启示在于: 只要信念坚定、方法科学、合作共赢, 中国制造必能在高端炼化装备的舞台上扮演越来越重要的角色, 为中国工业的高质量发展注入强劲动力。

[参考文献]

- [1]李久成. 膨胀压缩机转子总成国产化改造与应用[J]. 海洋工程装备与技术, 2024, 11(04): 36-40.
- [2]鲁卫华. 推动石化行业自动化仪表国产化分析[J]. 化工设计通讯, 2023, 49(06): 18-21+46.
- [3]李文兴. 国产化替代光谱分析仪稳定性测试及分析[J]. 工业计量, 2024, 34(04): 25-30.