

乙烯装置的数字化转型与经济效益提升

张德昌（中国石化海南炼油化工有限公司，海南 洋浦 578101）

摘要：乙烯作为石化工业的核心产品，其生产装置在整个石化产业链中占据着举足轻重的地位。乙烯装置不仅是生产乙烯的关键设施，还为众多下游产业提供了基础原料，涵盖了合成材料、有机化工等多个领域，对国民经济的发展具有深远影响。在全球经济一体化和科技飞速发展的背景下，石化行业面临着日益激烈的市场竞争和不断提升的环保要求。传统的乙烯生产模式在资源利用效率、生产成本控制、产品质量优化等方面逐渐暴露出局限性。为了在新形势下保持竞争优势，实现可持续发展，乙烯装置的数字化转型已成为必然趋势。因此，文章主要就乙烯装置的数字化转型与经济效益提升进行研究。

关键词：乙烯装置；数字化转型；经济效益提升；方法策略

1 数字化转型对乙烯装置经济效益的影响

1.1 降低能耗成本

在乙烯装置的生产过程中，能耗成本占据了总成本的相当大比重，因此降低能耗成本成为了提升经济效益的关键环节。数字技术在这方面发挥着不可替代的重要作用，通过优化能源利用，有效减少了能源浪费现象。在裂解炉的运行管理中，数字技术的应用使得能源利用效率得到了显著提升。通过在裂解炉上安装大量高精度的传感器，能够实时采集炉内的温度、压力、流量等关键参数。这些丰富的数据被传输到先进的控制系统中，借助大数据分析和人工智能算法，系统可以对裂解炉的燃烧过程进行精准调控。根据原料的性质和进料量的变化，自动调整燃料的供应量和空气的配比，确保燃烧过程始终处于最佳状态。这样不仅能够提高乙烯的产量和质量，还能大幅降低燃料的消耗^[1]。

1.2 提高装置运行稳定性

先进控制系统在乙烯装置中的应用，极大地减少了生产过程中的波动，为装置的平稳运行提供了坚实保障。在乙烯生产的核心环节——裂解反应中，先进控制系统通过对反应温度、压力、进料量等关键参数的精准调控，确保反应始终在最佳工况下进行。以某乙烯企业为例，该企业在引入先进控制系统之前，裂解炉的温度控制存在一定的滞后性和偏差，导致反应过程不稳定，乙烯收率波动较大。而在应用先进控制系统后，系统能够根据实时采集的温度数据，通过先进的控制算法，快速调整燃料气的流量和燃烧空气的配比，使裂解炉的温度控制精度得到了显著提高。温度波动范围从原来的 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 缩小至 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，有效减少了因温度波动对反应的不利影响，使得乙烯收率更加

稳定，产品质量也得到了提升。

1.3 快速响应市场需求

乙烯装置借助数字化技术，实现了对市场动态的实时监测与分析，能够迅速洞察市场的细微变化。通过与下游企业建立紧密的信息共享平台，乙烯装置可以实时获取下游产品的需求数据、库存情况以及市场价格波动等信息。当市场对某一特定型号的聚乙烯需求突然增加时，乙烯装置能够第一时间获取这一信息，并根据自身的生产能力和原料供应情况，快速调整生产计划。

在生产调整过程中，数字化技术发挥了巨大的作用。先进的生产管理系统可以根据市场需求的变化，快速计算出最优的生产方案，包括原料的采购量、生产设备的运行参数调整以及产品的生产批次安排等。通过自动化控制系统，能够迅速将这些调整指令传达给各个生产环节的设备，实现生产过程的快速切换。某乙烯企业在应用数字化生产管理系统后，生产计划调整的时间从原来的数小时缩短至几分钟，大大提高了生产响应速度。

1.4 推动产品创新与升级

乙烯装置通过对生产过程中产生的海量数据进行深度挖掘和分析，能够深入了解产品的性能特点、质量缺陷以及客户的使用反馈等信息，从而为产品创新与升级提供了有力的支持。借助大数据分析技术，企业可以对不同批次产品的生产数据、质量检测数据以及客户的使用数据进行关联分析，找出影响产品性能和质量的关键因素。

通过对聚乙烯产品的拉伸强度、断裂伸长率等性能指标与生产过程中的温度、压力、催化剂用量等参数进行数据分析，发现了某些参数的优化组合可以显

著提高产品的性能。基于这些分析结果，企业可以有针对性地进行产品研发和工艺改进，开发出具有更高性能和附加值的新产品。

2 乙烯装置数字化转型面临的挑战

2.1 技术集成难度大

乙烯装置数字化转型涉及多种先进技术的集成应用，然而，不同技术之间的融合并非一帆风顺，面临着诸多难点与技术壁垒。工业互联网平台、数字孪生技术、先进控制系统等技术各自具有独特的架构、数据格式和通信协议，要实现它们之间的无缝对接与协同工作，需要解决一系列复杂的技术问题。工业互联网平台需要与各类设备的传感器进行通信，以获取实时运行数据，但不同厂家生产的传感器可能采用不同的通信协议，这就增加了数据采集的难度。

数字孪生模型需要与实际装置进行实时数据交互，确保模型能够准确反映装置的运行状态，然而，由于实际装置的复杂性和多变性，实现精确的数据同步存在一定的挑战。不同技术的发展阶段和成熟度也不尽相同，这进一步加大了技术集成的难度。一些新兴技术，如人工智能在乙烯装置故障预测中的应用，虽然具有巨大的潜力，但目前仍处于探索和发展阶段，技术的稳定性和可靠性有待进一步提高。在将这些技术集成到乙烯装置的数字化系统中时，需要充分考虑技术的成熟度和兼容性，以避免因技术故障而影响装置的正常运行^[1]。

2.2 人才短缺问题

乙烯装置的数字化转型需要既懂乙烯生产工艺又精通数字化技术的复合型人才，他们能够将数字化技术与乙烯生产的需求相结合，实现技术的有效应用和创新。然而，目前这类复合型人才在市场上极为稀缺。传统的乙烯行业人才培养模式主要侧重于生产工艺和设备操作方面的知识和技能培养，对数字化技术的重视程度相对较低。这导致现有的乙烯行业从业人员在数字化技术方面的知识储备和技能水平不足，难以满足数字化转型的需求。乙烯装置的操作人员可能对传统的仪表控制和设备操作非常熟悉，但对于大数据分析、人工智能算法等数字化技术的理解和应用能力有限。随着数字化技术的快速发展，相关领域的知识和技能不断更新，这也对人才的持续学习和适应能力提出了更高的要求。企业需要不断为员工提供培训和学习机会，帮助他们跟上技术发展的步伐。然而，由于培训资源的有限性和员工工作压力的影响，员工

的数字化技能提升速度往往难以满足企业数字化转型的需求。

2.3 数据安全与隐私保护

随着数字化技术的广泛应用，乙烯装置在生产过程中会产生和收集大量的数据，包括设备运行数据、生产工艺数据、产品质量数据等。这些数据不仅包含企业的核心商业机密，还可能涉及到员工和客户的个人隐私信息。一旦数据泄露，将对企业的生产运营、商业信誉和客户信任造成严重的损害。数据在采集、传输、存储和处理等各个环节都存在安全风险。在数据采集环节，由于传感器等设备可能存在安全漏洞，黑客有可能通过攻击这些设备获取数据。在数据传输过程中，网络通信协议的安全性、网络防火墙的设置等因素都会影响数据的传输安全。如果网络传输被黑客监听或篡改，数据的完整性和准确性将受到威胁。

3 数字化转型在乙烯装置中的应用

3.1 设备监控与维护

数字化转型使得乙烯装置能够实现对关键设备的实时监控，通过安装各种先进的传感器和物联网设备，就能够收集设备运行数据，并进行实时分析，预测设备故障，从而实现预测性维护。这种方式不仅减少了意外停机的时间，还降低了维修成本，提高了设备的使用寿命^[2]。

3.2 过程优化与控制

利用先进的过程控制系统和模型预测控制技术，乙烯装置能够实现生产过程的最优化。通过大数据分析，可以识别生产过程中的瓶颈和低效环节，从而调整操作参数，提高产能和产品质量。除此之外，数字化模拟和仿真技术可以帮助企业在不中断生产的情况下进行工艺改进和试验。

3.3 能源管理与节约

数字化转型使得乙烯装置能够更有效地管理和优化能源使用。通过能源管理系统收集和分析能耗数据，可以识别节能机会，优化能源分配，减少浪费。不仅如此，结合可再生能源以及智能电网技术，企业还能够最大限度减少能源成本，实现绿色生产和经济效益最大化的目的^[3]。

4 乙烯装置的数字化转型与经济效益提升应对策略

4.1 加强技术研发与合作

企业应积极与高校、科研机构展开深度合作，共同攻克乙烯装置数字化转型中的关键技术难题。企业

可与高校联合设立专项科研基金，针对乙烯装置数字化转型中的关键技术难题，如复杂工业环境下的高精度传感器研发、适用于乙烯生产的高效数据处理算法等，开展联合攻关。借助高校和科研机构的科研力量，加快技术创新的步伐，提高企业在数字化领域的技术水平。

积极参与行业内的技术交流活动，分享经验与成果，也是提升企业技术水平的重要途径。企业可以组织技术人员参加国内外的乙烯行业技术研讨会、学术会议等，与同行们交流最新的技术动态和应用经验。企业还可以邀请行业专家到企业进行技术指导和培训，为企业的数字化转型提供技术支持。通过参与这些活动，企业能够及时了解行业内的最新技术进展，学习其他企业的先进经验，不断完善自身的数字化技术体系。

4.2 人才培养与引进

在内部人才培养方面，企业应制定系统的数字化培训计划，为员工提供丰富多样的培训课程和学习机会。针对不同岗位的员工，设计个性化的培训方案，使其能够掌握与工作相关的数字化技能。对于乙烯装置的操作人员，培训内容可以包括自动化控制系统的操作与维护、数据分析软件的基本使用等；对于技术人员，培训重点则可放在数字化技术的原理、应用开发等方面。通过定期的培训和考核，激励员工不断提升自己的数字化技能水平。

企业还可以建立内部学习交流平台，鼓励员工分享数字化技术的应用经验和心得体会，营造良好的学习氛围^[4]。为了吸引外部优秀的数字化专业人才，企业需提供具有竞争力的薪酬待遇和广阔的职业发展空间。企业可以参考市场行情，制定合理的薪酬体系，确保数字化人才的薪资水平具有竞争力。不仅如此，还可以为数字化人才提供良好的工作环境和福利待遇，如舒适的办公设施、完善的员工福利制度等。在职业发展方面，企业要为数字化人才提供明确的职业晋升通道，鼓励他们在数字化领域发挥自己的专业特长，实现个人价值与企业发展的双赢。

4.3 完善数据安全管理体系

建立健全的数据加密机制，对乙烯装置生产过程中产生的特殊数据进行加密处理，以此保障数据的安全性。在数据传输过程中，采用 SSL/TLS 等加密协议，确保数据在网络传输过程中的保密性和完整性。

在数据存储环节，使用 AES 等高级加密算法对数

据进行加密存储，防止数据在存储过程中被非法窃取。企业还可以采用数据加密技术对数据进行分类加密，根据数据的重要性和敏感程度，采用不同强度的加密算法，提高数据加密的效率和安全性。实施严格的访问权限管理，根据员工的工作岗位和职责，为其分配相应的数据访问权限，能够有效防止数据被非法访问和滥用。通过身份认证、授权管理等技术手段，确保只有经过授权的人员才能访问特定的数据^[5]。企业可以采用基于角色的访问控制（RBAC）模型，根据员工的角色和职责，为其分配相应的数据访问权限。只有生产部门的相关人员才能访问生产过程中的实时数据，而财务部门的人员只能访问与财务相关的数据。企业还可以定期对员工的数据访问权限进行审查和更新，确保权限分配的合理性和安全性。

企业还应制定完善的数据备份与恢复策略，定期对重要数据进行备份，并将备份数据存储在安全的位置。当数据遭受意外损失或破坏时，能够迅速恢复数据，保障乙烯装置的正常生产运行。企业可以采用全量备份和增量备份相结合的方式，定期对数据进行备份。将备份数据存储在异地的数据中心，以防止因本地数据中心遭受自然灾害或其他意外事件而导致数据丢失。企业还可以定期进行数据恢复演练，确保在数据丢失的情况下，能够快速、准确地恢复数据，减少数据丢失对企业生产运营的影响。

5 结语

综上所述，本研究旨在深入探讨乙烯装置的数字化转型路径及其对经济效益提升的影响。通过对相关技术的应用分析和实际案例研究，可为乙烯生产企业提供有益的参考和借鉴，推动整个石化行业的数字化升级和可持续发展。

参考文献：

- [1] 匡湘鄂. 埃克森美孚惠州乙烯一期装置进入调试期 [N]. 惠州日报, 2024-12-20(006).
- [2] 黄伟, 曹静, 苏爱成. 煤基百万吨乙烯裂解装置全流程实时优化 [J]. 石油化工自动化, 2024, 60(06):29-32.
- [3] 汤镇华, 刘希武, 李辉, 等. 某炼厂环氧乙烷 / 乙二醇装置中 304 和 304L 的应力腐蚀敏感性研究 [J]. 材料保护, 2024, 57(11):172-177.
- [4] 王明春. 乙烯装置 P91 管道焊接技术 [J]. 安装, 2024(11):47-49.
- [5] 尹勇勇, 贾堃, 张婷, 等. 一种基于乙烯焦油聚合反应的装置及工艺 [J]. 化工管理, 2024(32):159-162.