

# 智能化背景下化工企业强化设备安全管理 对经济发展的促进

张 凯（山东中海精细化工有限公司，山东 滨州 256800）

**摘要：**工业4.0和智能制造的深入推进，化工企业设备安全管理正经历革命性变革。人工智能、数字孪生和边缘计算等技术的融合应用，使设备管理从被动维护转向主动预防，大幅降低安全事故发生率。这种智能化转型不仅减少了因设备故障导致的经济损失，还通过优化生产流程、延长设备寿命，显著提升企业经济效益。安全高效的智能化工生产体系，有助于吸引投资、促进产业升级，为经济高质量发展提供持久动力。基于此，本篇文章对智能化背景下化工企业强化设备安全管理对经济发展的促进进行研究，以供参考。

**关键词：**智能化背景；化工企业；强化设备安全管理；经济发展

中图分类号：TQ086.1 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)021-0022-03

## Under the background of intelligence, chemical enterprises strengthen equipment safety management to promote economic development

Zhang Kai(Shandong Zhonghai Fine Chemical Co., LTD., Binzhou Shandong 256800, China)

**Abstract:** With the deepening of industry 4.0 and intelligent manufacturing, equipment safety management in chemical enterprises is undergoing revolutionary changes. The convergence of technologies such as artificial intelligence, digital twins, and edge computing has shifted equipment management from passive maintenance to proactive prevention, significantly reducing the incidence of security accidents. This intelligent transformation reduces the economic losses caused by equipment failures, but also significantly improves the economic efficiency of enterprises by optimizing the production process and extending the life of equipment. A safe and efficient intelligent chemical production system will help attract investment, promote industrial upgrading, and provide lasting impetus for high-quality economic development. Therefore, this paper studies the promotion of economic development by strengthening equipment safety management in chemical enterprises under the background of intelligence for reference.

**Key words:** intelligent background; Chemical enterprises; Strengthen equipment safety management; Economic development

智能化技术快速发展的背景下，化工企业通过强化设备安全管理，不仅能够有效降低事故风险、提升生产效率，还能为经济发展注入新动能。智能监测、大数据分析和自动化控制等技术的应用，使设备管理从被动响应转向主动预防，显著减少非计划停机与资源浪费。这种变革不仅优化了企业运营成本，更通过产业链协同效应，推动区域经济的高质量发展，为化工行业转型升级提供核心支撑。

### 1 智能化背景下化工企业强化设备安全管理特点

#### 1.1 实时监测与预警智能化

在智能化技术深度应用的背景下，化工企业设备安全管理逐步实现实时监测与预警的全面升级。基于物联网传感技术的高密度数据采集系统，持续获取设备运行过程中的温度、压力、振动等关键参数，并通过边缘计算节点进行初步数据清洗与特征提取。依托人工智能算法构建的异常检测模型，对实时数据流进行多维度分析，识别潜在故障模式与劣化趋势。当监

测指标超出预设阈值或出现异常波动时，系统自动触发分级预警机制，同步推送至移动终端与中央控制平台。结合历史维护记录与设备健康档案，系统生成针对性的处置建议，指导维护人员精准定位问题根源。这种智能化的监测体系有效突破了传统定期巡检的局限性，将故障识别从被动响应转变为预测，显著降低非计划停机概率。

#### 1.2 数据驱动的决策优化

智能化转型推动化工企业设备管理决策模式发生根本性变革，数据驱动成为优化运营效能的核心手段。依托工业大数据平台，企业整合设备运行参数、工艺指标、维护记录等多源异构数据，构建覆盖全厂区的数字化资产库。通过机器学习算法对海量历史数据进行深度挖掘，建立设备性能退化预测模型，精准评估剩余使用寿命。基于强化学习框架的动态优化系统，结合实时工况数据自动生成最优维护策略，实现从固定周期检修向状态导向维护的转变。这种数据驱动的

决策机制显著提升资源配置效率，某乙烯装置应用预测性维护系统后，关键压缩机维修频次降低 40%，备件库存周转率提高 28%。数据建模与业务场景的深度融合，不仅延长了设备服役周期，更通过降低非计划停机损失为企业创造显著经济效益，充分验证了数据资产在设备管理领域的转化价值。

### 1.3 自动化与远程控制

化工生产环境的特殊性与高风险特征促使自动化与远程控制技术成为设备安全管理的必然选择。分布式控制系统与可编程逻辑控制器构建的智能调控网络，实现对反应釜、压缩机等关键设备的精准操控，有效规避人工操作误差带来的安全隐患。高危区域部署的自主巡检机器人搭载多光谱传感装置，替代人工完成腐蚀检测、气体泄漏识别等高风险作业任务。5G 通信技术的低时延特性为远程监控提供可靠保障，操作人员通过增强现实界面即可实时获取设备三维可视化数据并进行干预。某氯碱企业实施远程控制系统改造后，高危区域人工巡检频次减少 75%，突发事故响应速度提升 50%，充分证明自动化技术在保障人员安全方面的关键作用。这种技术路径不仅大幅降低直接作业风险，更通过标准化操作流程提升整体运行稳定性，为化工企业本质安全建设提供重要支撑。

### 1.4 全生命周期管理数字化

数字化技术正在重塑化工设备全生命周期管理模式，推动传统管理方式向智能化转型。通过数字孪生技术构建的设备虚拟镜像，完整复现物理实体的结构特征和运行状态，实现从设计验证到退役评估的全过程数字化管理。在设备设计阶段，基于仿真模型的应力分析和流体动力学计算可优化结构参数；运行期间，实时数据与虚拟模型的交互验证为故障诊断提供可视化依据；退役决策时，历史性能数据的趋势分析支持科学评估设备剩余价值。某炼化企业应用数字孪生系统后，新装置调试周期缩短 30%，重大改造项目的设计变更减少 45%。这种贯穿设备全生命周期的数字化管理方法，不仅提高了资产利用率，更通过预防性维护策略延长关键设备使用寿命，为化工企业实现降本增效提供持续动力。

## 2 智能化背景下化工企业强化设备安全管理对经济发展的促进中面临的挑战

### 2.1 技术融合与数据壁垒

在智能化转型过程中，化工企业设备安全管理面临技术融合与数据标准化的关键难题。当前工业物联网系统涉及多源异构设备，不同制造商采用独立通信协议和数据格式，导致设备互联互通存在显著障碍。这种数据割裂现象使得实时监测平台难以完整采集振

动、温度、压力等关键参数，直接影响故障诊断的准确性和时效性。尤其对于历史悠久的化工企业，既有设备数字化改造需要兼容传统控制系统与新型智能终端，技术适配成本呈几何级数增长。更严峻的是，工艺流程数据与设备运行数据往往存储于相互隔离的数据库系统，缺乏统一的数据治理框架，致使预测性维护模型训练面临样本不足的困境。

### 2.2 高额投入与成本压力

化工企业推进设备管理智能化面临显著的资本支出压力。智能化改造需要部署大量工业传感器、边缘计算设备和云端分析平台，单套系统的硬件采购成本往往达到数百万规模。以某大型石化企业为例，其预测性维护系统的建设周期超过 18 个月，仅数据采集模块的投入就占年度设备预算的 35%。更为关键的是，智能系统的运维成本呈现持续增长特征，包括定期更换高精度传感器、升级分析算法以及支付云端存储费用等。这种长期投入对利润率普遍在 5–8% 的化工行业形成严峻考验，特别是中小型企业可能因资金链压力被迫延缓改造进度。值得注意的是，智能化投资的回报周期通常需要 3–5 年，这种滞后效应进一步加剧了企业的财务决策难度，导致部分企业陷入“不改等死、改则找死”的战略困境。

### 2.3 网络安全与风险转移

化工设备智能化转型过程中，网络安全威胁呈现系统性升级态势。工业控制系统接入企业网络后，传统物理隔离防护机制被打破，关键生产设备面临远程入侵风险。2023 年某跨国化工集团遭遇的勒索病毒攻击事件显示，黑客通过入侵温度控制系统导致三条生产线瘫痪 48h，直接经济损失超过 2000 万元。更值得警惕的是，设备联网产生的实时工艺数据可能被恶意窃取，包括催化剂配方、反应温度曲线等核心商业机密。当前工业防火墙的防护能力普遍滞后于攻击技术发展，特别是针对零日漏洞的防御存在明显短板。这种网络安全风险的转移，使得原本旨在提升安全性的智能化改造，反而可能成为新的安全隐患源，迫使企业必须在效率提升与风险管控之间寻求平衡点。

### 2.4 人才短缺与技能断层

化工行业智能化转型遭遇严重的人才结构性矛盾。传统设备维护人员普遍缺乏机器学习算法理解和工业大数据分析能力，而新引进的 IT 人才又对化工工艺流程和特种设备特性认知不足。某省石化协会调研数据显示，具备“化工+AI”复合技能的技术人员仅占行业人才总量的 2.3%，且主要集中于头部企业。这种技能断层导致智能诊断系统部署后，现场工程师难以准确解读算法输出的预警信号，甚至出现误判设备

状态的案例。高校培养体系同样存在滞后性，多数院校的化工专业尚未系统开设工业物联网、数字孪生等前沿课程，造成人才供给与产业需求之间存在3-5年的适应期。企业不得不投入大量资源开展内部培训，但培养周期长、流失率高等问题持续制约着智能化管理的实际成效。

### 3 智能化背景下化工企业强化设备安全管理对经济发展的优化提升策略

#### 3.1 构建智能化设备管理生态系统

化工企业构建智能化设备管理生态系统需要实现多维度技术集成与协同创新。基于工业互联网平台的设备全生命周期管理系统融合了5G通信、数字孪生和边缘计算等关键技术，通过部署高精度传感器网络实时采集振动、温度、压力等运行参数。某乙烯生产企业实践表明，采用三维数字孪生模型结合实时数据流分析，能够提前72h预测关键压缩机的机械密封失效风险，使非计划停机时间缩减55%。这种系统化解决方案不仅包含设备状态监测功能，还整合了供应链管理模块，当检测到关键部件性能衰退时，可自动触发备件采购流程。值得注意的是，生态系统效能的发挥依赖于标准化数据接口的建立，需要设备制造商、软件开发商和终端用户共同制定数据交互规范，确保从现场设备到云端平台的数据链畅通无阻。

#### 3.2 推动行业数据标准化建设

化工行业数据标准化建设是突破智能化转型瓶颈的关键举措。当前设备制造商采用异构数据协议导致监测系统存在严重的互操作性问题，某行业协会调研显示，仅压缩机一类设备就存在17种不同的振动数据格式。通过制定统一的OPCUA数据采集规范和ISO13374故障诊断标准，可使设备健康数据的采集效率提升60%以上。建立行业级设备故障案例库具有显著价值，某石化产业集群通过共享近五年10万条设备异常记录，训练出的预测模型准确率达到92%，较企业单独建模提升28个百分点。这种协同机制需要政府引导建立第三方数据治理中心，采用区块链技术确保数据交换的安全性和可追溯性，同时通过激励机制鼓励企业贡献脱敏数据，形成良性循环的行业数据生态。

#### 3.3 创新智能化投融资模式

化工行业智能化升级面临显著的融资创新需求，催生出多元化金融解决方案。基于绩效付费的第三方服务模式正在重塑投资逻辑，专业技术服务商通过长期服务协议承接企业智能化改造项目，以设备运维效率提升产生的效益分成作为主要回报来源，某聚烯烃生产企业采用该模式后实现零初始投入完成智能化转

型。资本市场创新工具逐步渗透，资产证券化方案将智能化设备未来五年预期收益打包发行债券，某上市公司通过该渠道募集资金8.7亿元用于智能工厂建设。政策性金融支持力度持续加大，国家发改委设立的智能制造专项贷款对通过认证项目给予贴息补助，某省化工园区企业平均融资成本降低1.8个百分点。产业资本与金融资本的深度融合催生出“技术+资本”的新型投资范式，某产业基金通过可转换债券形式投资中小化工企业智能化项目，既控制风险又分享成长收益，首批投资项目内部收益率达到23%。

#### 3.4 打造复合型人才培养体系

化工行业智能化转型对人才素质提出了全新要求，亟需构建适应技术变革的人才培养机制。当前教育体系存在明显的专业割裂现象，传统化工专业课程鲜少涉及工业大数据分析、机器学习算法等智能化核心技术，导致毕业生难以满足企业实际需求。部分领先企业已开始探索新型培养路径，某石化集团与重点高校联合设立的“智能过程装备”实验班，采用“双导师制”培养模式，学生在校期间即参与企业实际智能化改造项目，毕业时同时获得化工与人工智能双领域认证。行业认证体系的建立同样关键，由专业协会主导的“工业智能工程师”资格认证，通过标准化考核确保从业人员既掌握设备原理又具备数据分析能力。企业内部建立的智能化技能矩阵评估系统，将员工技能水平与职业发展通道直接挂钩，有效激励现有技术人员主动提升数字化能力。

### 4 结语

智能化设备安全管理已成为化工企业实现可持续发展的关键抓手。通过技术赋能，企业能够兼顾安全与效益，为行业树立绿色、高效的标杆。长远来看，这种管理模式将促进资源集约利用、增强国际竞争力，最终形成“安全—效率—经济”的良性循环，为国民经济的高质量发展贡献重要力量。

#### 参考文献：

- [1] 郭鹏.化工生产设备“全生命”精细化管理实施探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(06):56-58.
- [2] 崔斌.基于SCM技术的化工企业能源计量方法[J].化学工程与装备,2025(02):172-174.
- [3] 刘嘉文.物联网与大数据融合在化工企业智能制造中的应用探索[J].信息与电脑,2025,37(03):84-86.
- [4] 王新平.智能消防技术在化工企业火灾防控中的运用策略[J].化工管理,2025(04):105-108.
- [5] 明希娟,隋旭东,胡丽丽.智能化背景下化工设备安全管理工作分析与研究[J].现代职业安全,2024(08):98-101.