

电子信息与算力融合驱动化工行业绿色转型 的路径、挑战与前景

刘欣帅 孙兆军 (泰山信息科技有限公司, 山东 泰安 271000)

摘要: 化工行业作为高能耗、高排放产业, 面临绿色低碳转型压力。电子信息技术与算力资源的融合使用, 为生产环节的能效优化、排放控制与安全管理提供了系统支撑。文章探讨电子信息技术与工业算力融合在推动化工绿色转型中的典型路径与现实挑战, 分析技术赋能背后的产业逻辑与发展前景, 融合路径逐步由设备层嵌入转向系统级重构, 绿色逻辑在算力引导下贯穿工艺流程、运行策略与产业协同, 推动化工行业在能碳约束中探索持续可调、可视与可控的转型模式。

关键词: 电子信息技术; 工业算力; 化工转型; 绿色制造; 挑战与前景

中图分类号: TQ083.4; TP399 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 009-0010-03

Paths, Challenges and Prospects of the Green Transformation of the Chemical Industry Driven by the Integration of Electronic Information and Computing Power

Liu Xinshuai, Sun Zhaojun (Taishan Information Technology Co., Ltd., Tai'an Shandong 271000, China)

Abstract: Emitting much energy and requiring a high consumption of it, the sphere of the chemical industry is under pressure to be turned green and low-carbon. Combined with the use of electronic information technology and computing resources, systematic assistance is given to optimization of energy consumption, control of emissions, and safety management in the manufacturing factors. This paper addresses the main directions and real-life difficulties of the electronic information technology implementation together with industrial computing energy towards the realization of the green change in the chemical industry. It examines the industrial rationale and development opportunities behind technological empowerment, where integration strategies are slowly moving towards system-level reorganization as well as an increase towards device-level embedding. The green logic with the power of computing finds its way in the process flows, operational strategies, and industrial partnership allowing the chemical industry to seek the constantly adaptable, visible, and manageable transformational models within energy and carbon constraint.

Keywords: electronic information technology; Industrial computing power; Chemical transformation; Green manufacturing; Challenges and Prospects

化工行业在产业体系中地位突出, 但长期面临资源浪费、污染物排放与本质安全不足等发展难题, 政策端对“双碳”目标的持续推进与公众对清洁生产的认知增强, 使绿色转型成为行业无法回避的命题。在此背景下, 电子信息与算力资源的协同引入正逐步改变传统化工的运行逻辑, 从单一的硬件替代延伸至流程优化与全周期控制层面。企业构建集数据采集、分析决策与过程执行为一体的智能运行体系, 使能耗、碳排与风险控制的指标响应更为及时精准, 化工产业的绿色发展不再限于末端治理与技术替换, 更在于重塑信息流与能量流之间的协调关系。

1 电子信息与算力融合驱动化工行业绿色转型的路径

1.1 流程再造与能效优化

《中共中央国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》要求传统产业进行绿色低碳改造升级, 大力推动钢铁、有色、石油、化工等行业绿色低碳转型,

推进工艺流程更新升级^[1]。在化工生产体系中, 反应、分离、传热等核心流程之间呈现出高耦合、高频率联动特征, 部分企业可以依托过程建模与算力资源配置, 围绕“边缘识别—模型预测—动态调整”的路径推进流程重构, 在确保产能不减的基础上增强系统能效稳定性。任务启动常见于负荷波动、原料更换或工艺切换节点, 系统借助传感网络同步采集反应物浓度、热焓变化、塔器压差等关键指标, 计算平台则以先前运行数据为基础, 输出各单元负荷分布预测结果并生成调整策略, 最终通过控制系统自动校正执行机构, 形成过程内生调节闭环, 此类融合方式下, 化工过程的热能传递与质量流动不再依赖固定路径运行, 而是以边云协同方式动态评估设备状态与工艺效能, 例如换热器网络的热匹配结构常在负荷变化期出现“热交错”错配问题, 系统平台会依据瞬态响应模型判定局部温差偏移趋势, 将部分冗余热源重定向至末端预热段或低温蒸发器, 提高整体热回收率并缓解换热堵塞风险。

在连续反应流程中，温控系统与物料输送系统结合算力推演预测反应速率曲线，系统预警潜在波动区间并提前修正加料节奏，以抑制瞬态放热导致的能量浪费与反应不均，流程再造还常涉及多装置协同与多环节联动逻辑的建立，尤其在多产物、多通道生产线中，调控系统往往需在不同物料之间构建匹配参数集。算力平台可在数据累积至临界阈值后，自动激活优化算法，对比当下运行状态与能耗曲线偏离程度，动态切换路径权重与原料分配策略，使部分副产装置由被动运行转为调节节点，缓冲前段系统负荷，均衡能源结构，压缩能量浪费区间^[2]。

1.2 安全管控与排放监测智能化

化工生产过程普遍存在热力波动频繁、物质活性强、装置系统高度耦合等特征，企业在构建绿色管控结构时，倾向于借助分布式传感系统搭建本质安全识别网络，并以算力平台作为中枢节点对排放曲线、安全状态和负荷变化进行集中识别与处理。运行过程中，系统常以排放浓度突变、电气异常波动或工艺压力脱稳等信号为触发条件，激活动态识别模块与数据追踪程序，对风险源进行路径建模、边界评估与影响外扩分析，再结合控制单元反馈逻辑生成调节指令，使治理设备联动执行处置动作，达成排放压制与风险封控的同步响应。

在部分连续反应装置中，企业将激光红外与傅里叶红外多段光谱分析技术融入尾气管道与高温反应尾段，实现 SO₂、NO_x 与非甲烷总烃的秒级浓度识别，算力平台依据组分变化曲线拟合高排周期范围，动态联动吸附塔组、除尘器与预冷处理模块进行参数微调，以压缩污染物冲击时间窗；在储运联动环节，部分装置区启用基于声音识别与压力变化模型的泄漏识别系统，通过异常声谱与罐区壁振信息构建泄漏可能点分布图，并联动喷淋、水封与联锁程序进入半闭环状态，从而在人员反应之前达成初级处置闭环。排放监测的数据流与风险控制的响应流在算力平台上逐步耦合成一整套逻辑结构，其中较为常见的做法是构建“场景—指标—策略”三元矩阵，对可能存在的排放越限、设备疲劳、原料失衡等状态进行分类建模，系统依据历史工况数据库中的相似性检索，联动调度系统进行先验策略匹配，在末端执行装置介入之前完成路径筛选与资源配置指令生成^[3]。

1.3 平台集成与全流程数据可视化

在融合算力资源与电子信息系统的架构调整中，不少企业开始以“平台集成”为支点，将工艺控制系统、能源管理模块、环保在线监测终端与设备运维系统等多类子系统整合接入统一调度中枢，构建起以实时数

据流驱动的横向联动与纵向反馈结构，任务启动通常由生产指令下达、负荷结构调整或环境因子变化触发，平台系统首先调取各类现场终端反馈数据，借助边缘节点进行初步分类筛选，再统一上传至云侧控制中心，完成指标聚合、状态判断与策略推演。以此为基础，系统自动匹配装置参数区间、运行状态等级与预警策略模板，在状态与策略形成映射后，将反馈路径分配至各控制环节，执行流程微调、负荷分配或应急联动操作。

在实际应用中，较多企业借助工业可视化平台对运行状态进行多维呈现，部分园区构建起覆盖“能源—安全—环保—设备”四类资源的综合管控图层，将换热器负荷曲线、冷凝器运行频率、反应釜内部压差变化与尾气排放总量等数据以图像化形式集成展示，运维人员可凭借参数偏移轨迹与区域热图进行状态诊断与调节定位，减少因人工识别滞后带来的风险外溢时间。数据可视层并非单一图形界面，而是与策略响应层、模型迭代层共同构建联动机制，使展示结果具备指令生成基础，构建起“感知—判定—干预”三位一体的绿色控制链路。

2 电子信息与算力融合驱动化工行业绿色转型的挑战

2.1 算力基础设施建设滞后

在大型化工企业中，算力平台往往承担数据整合、模型迭代与策略生成等多重任务，运行所依赖的资源基础不仅包含高性能计算节点，还涉及边缘设备布设、传输网络优化与本地存储能力等配套配置，在实践中，不少装置区内部署节奏仍停留在单点控制与独立数据采集层面，边缘处理能力偏弱，算力平台与终端设备之间存在显著时延，致使部分调节逻辑难以即时落地。任务触发节点如原料波动或排放上升时，算力系统往往需要快速回调历史模型进行策略推导，若平台计算响应不达标要求，系统联动机制将出现延滞，可能引发控制指令与装置运行节奏错位。部分园区在进行平台部署时过度依赖单一云端通路，未形成“端—边—云”分层协同结构，使得在高频交互场景下数据处理压力集中，系统抗扰能力减弱，整体稳定性受到影响。

2.2 数据孤岛与模型泛化难题

算力平台的调度逻辑依赖于高质量、结构统一、语义明确的数据输入，然而化工行业内部存在数据标准杂乱、采集规则不一与接口协议分裂等技术障碍，导致平台在开展协同调度与参数训练过程中常遇结构冲突与数据断点；部分企业内部尚未完成 MES、DCS、LIMS 等系统间的数据模型统一，采集频率、命名规范、字段精度等参数差异显著，在数据接入环节

就产生重复映射与识别中断；在模型训练层面，由于不同装置间工艺路径各异、物料体系差别明显，AI模型缺乏普适性基础，不同装置之间存在特征漂移，已有模型常难迁移至其他运行场景。部分单位即便构建出预测模型，也因数据样本偏窄、场景适配不全而难以支撑多批次生产切换下的决策生成，模型泛化能力受限，不同企业在建设初期各自采用闭环平台方案，缺少数据共享中介与标准化语义接口，也削弱了行业横向学习与知识迁移的能力。

2.3 技术落地与人员能力不匹配

融合路径的有效运行不止依托平台技术构建，更需现场操作层具备对数字系统的理解能力与干预意识，在现有人员结构中，现场运维团队多数仍以机械操作与仪表调节为主，缺乏对数据系统响应逻辑与算力平台工作机制的熟悉，造成系统联动逻辑设计与实际使用需求之间存在显著偏差；任务推进过程中，部分操作人员在接收到系统优化建议后仍倾向依赖经验判断执行操作，部分调度流程虽已具备自动指令生成功能，却因手动审核延迟造成控制链路断点，系统自闭环结构被人为中断；在人才配置方面，具有同时掌握工艺运行逻辑与系统优化路径的复合型工程师数量偏少，技术与制度之间的断层使平台运行长期处于“技术在上、执行在下”的脱耦状态，相关企业即便完成系统部署，仍需依托跨层级、多部门协同培养，将算力逻辑嵌入生产习惯、将数字语言转化为操作语言，方能构建出真正具备绿色驱动能力的融合路径。

3 电子信息与算力融合驱动化工行业绿色转型的前景走向

3.1 融合机制由工具嵌入向系统主导演进

伴随融合程度不断加深，系统在化工生产中的角色正从结果处理延伸为路径生成者，调度行为的触发不再依赖人工判断，而是源自平台自主识别偏移节点并组织响应路径。运行中，平台以数据漂移信号为触点，联动历史模型与动态参数组态，在控制层推送微调指令，推动设备运行逐步偏离静态设定，向目标值缓慢逼近。该机制形成后，算力与信息系统不再被动响应，而是转化为流程运行的内嵌逻辑单元，多台设备间形成交叉数据流，平台可基于工况趋势构建局部协同组，完成脱碳负荷均衡、热流错峰调度与物料路径调整。

3.2 平台调度由点位控制向全域策略转型

在电子信息与算力深度融合背景下，控制路径不再以“单点干预”方式展开，而更趋向于全链条闭环，调度节点的触发来自控制系统中多个状态变量组合偏离，平台借助逻辑关联推导模型对干预强度与响应周期进行量化，组织形成包含输入源、能源节点、排放

口与目标参数的四元调度块。算力平台划分调控对象等级，优先匹配负荷响应快、控制余量大的设备单元，以策略分发方式推进分段控制，反馈路径由边缘节点回流，形成“运行—计算—决策—执行”的实用环路，该方式在化工精馏、裂化、废热回收系统中已有实际应用，使能效调度进入结构级控制状态。

3.3 转型路径由单厂改造向产业协同延伸

当前平台能力提升、通信协议逐步对齐后，绿色融合趋势向园区集成、产业链协同方向演进，部分地区化工园区以统一平台将各厂工艺、排放、能源单元统一纳入区域级算力架构，平台依据能碳约束与响应速度构建子域分类调度逻辑，在保证各厂稳定运行的基础上进行跨企业的热负荷与碳边境再分配。该方式下，转型不再依托单企改造效益累积，而是形成基于算力平台协调的分布式绿色协同网络，调控权不集中于行政机构，而交由平台在算法模型中调度各子系统间冗余指标与潜能路径，形成资源可变配、排放可调度、策略可预演的协同结构；任务响应路径不止于园区内部，部分平台还嵌入上游原料与下游产品追踪模块，使融合逻辑延展至全产业链碳路径分析，为区域绿色资源配置构建基础。

4 结语

算力资源与信息系统在化工绿色路径中不再仅为支撑性工具，而正逐步内化为运行逻辑与优化机制的一部分，融合结构的演进使传统装置获得动态响应能力，使策略生成嵌入到运行节奏之中，也使绿色指标具备可反馈、可协同、可迭代的表达通道。化工行业的运行模式将不再依赖人机分工，而向“系统—算法—场景”协同方向拓展，从而为行业带来治理逻辑的深度重塑与运行范式的本质跃迁。

参考文献：

- [1] 杨森, 薛姿杰, 王彧斐, 等. 基于绿氢的化工低碳转型与研究现状 [J]. 化工进展, 2025, 44(06): 3288-3304.
- [2] 王新哲, 石义. 数字经济赋能广西传统产业转型的机制、挑战与优化路径 [J]. 广西职业技术学院学报, 2025, 37(03): 19-26+61.
- [3] 刘东阳, 何福鹏, 邱伟, 等. 低碳智慧化转型: 能源化工领域的未来发展与挑战 [J]. 化工进展, 2025, 44(06): 3305-3323.

作者简介：

刘欣帅 (1976-), 男, 汉族, 山东淄博人, 本科, 研究方向: 电子信息技术、人工智能与化工融合。

孙兆军 (1978-), 男, 汉族, 山东新泰人, 本科, 中级职称, 研究方向: 电子信息技术、人工智能与化工融合。