

双氰胺车间自动化改造要点分析

刘海涛

美吉星供应链管理(黑龙江)有限公司, 黑龙江 大庆 166200

DOI:10.61369/ME.2026020005

摘 要： 双氰胺生产具有工艺复杂、参数耦合性强、安全环保要求严苛等特点，传统人工操作模式已难以适配现代工业对生产效率、产品质量及安全管控的高要求。本文结合双氰胺生产工艺特性，从改造背景与必要性出发，系统分析原料预处理、反应过程、分离提纯及环保处理等关键环节的自动化改造要点，阐述自动化控制系统的架构设计与核心功能，结合实际改造案例验证改造成效，并提出改造实施的保障措施，为双氰胺生产企业开展自动化升级提供实操性参考。

关 键 词： 双氰胺车间；自动化改造；工艺调控；控制系统；安全运维

Analysis of Key Points of Dicyandiamide Workshop Automation Transformation

Liu Haitao

Meijixing Supply Chain Management (Heilongjiang) Co., Ltd. Daqing, Heilongjiang 166200

Abstract： The production of dicyandiamide is characterized by complex processes, strong parameter coupling, and stringent safety and environmental requirements. Traditional manual operation modes can no longer meet the high demands of modern industry for production efficiency, product quality, and safety control. This paper, based on the production characteristics of dicyandiamide, systematically analyzes the key points of automation transformation in critical stages such as raw material pretreatment, reaction process, separation and purification, and environmental treatment, starting from the background and necessity of the transformation. It elaborates on the architecture design and core functions of the automation control system, validates the transformation effectiveness through practical case studies, and proposes safeguard measures for implementation. The findings provide actionable references for dicyandiamide manufacturers to carry out automation upgrades.

Keywords： dicyandiamide workshop; automation retrofit; process control; control system; safety operation and maintenance

引言

双氰胺作为一种重要的精细化工原料，广泛应用于医药、农药、染料、树脂合成及化肥增效剂等领域。近年来，随着下游产业升级对双氰胺产品质量稳定性、纯度及产能提出更高要求，传统双氰胺车间依赖人工监测工艺参数、手动调控设备运行的模式弊端日益凸显：一是人工操作响应滞后，难以应对氨氰化、聚合等关键反应环节的参数波动，导致产品合格率仅维持在85%–90%；二是生产过程中涉及的氨、氰化物等危险化学品，人工巡检易因疏忽引发泄漏、爆炸等安全事故；三是能耗居高不下，人工凭经验调控蒸汽、电力等消耗，单位产品综合能耗较行业先进水平高出15%–20%。在此背景下，开展双氰胺车间自动化改造研究，梳理改造核心要点，不仅能为企业提升生产效益提供技术支撑，更对推动整个双氰胺行业高质量发展具有重要现实意义^[1]。

一、双氰胺车间核心生产环节自动化改造要点

双氰胺生产工艺流程主要包括：原料预处理（尿素熔融、氯化铵溶解）→氨氰化反应→聚合反应→结晶分离→干燥包装→环保处理（废水、废气处理）。各环节工艺特性不同，自动化改造要点需精准匹配其控制需求。

（一）原料预处理环节：精准配料与稳定供给

原料预处理是保障后续反应稳定性的基础，核心需求是实现

尿素与氯化铵的精准配比及熔融、溶解过程的温度稳定。改造要点包括：

自动化配料系统 替代传统人工称重配料，采用“料位传感器+定量给料机+PLC控制器”模式。通过料位传感器实时监测尿素、氯化铵料仓液位，当液位低于设定阈值时，系统自动启动上料泵；定量给料机根据工艺要求的配比（摩尔比1:1.2）精确控制原料输送量，误差控制在 $\pm 0.5\%$ 以内。同时，系统具备配料数据自动记录功能，可追溯每批次配料参数。

熔融与溶解过程温控 尿素熔融需维持温度在130–135℃，传统蒸汽加热依赖人工调节阀门，温度波动较大。改造后，采用夹套式加热装置，通过PT100温度传感器实时采集熔融釜内温度，DCS系统根据温度偏差自动调节蒸汽调节阀开度，实现温度精准控制；氯化铵溶解环节，通过液位传感器监测溶解槽液位，自动启动搅拌电机，同时根据浓度传感器数据自动补充清水，确保溶液浓度稳定在25%–30%^[2]。

（二）反应环节：参数精准调控与反应过程监控

1. 氨氰化反应自动化控制

氨氰化反应在高压反应釜中进行，反应温度170–180℃、压力0.8–1.0MPa，需严格控制反应进度避免副反应。改造要点：一是安装高温高压传感器、压力变送器，实时采集釜内温度、压力数据，传输至DCS系统；二是采用PID调节算法，系统根据温度偏差自动调节夹套蒸汽供应量，根据压力偏差控制安全阀开度，当压力超过1.1MPa时自动泄压并触发报警；三是通过流量传感器监测原料进料速度，实现进料量与反应速度的动态匹配，进料误差控制在±1%。

2. 聚合反应自动化控制

氨氰化反应产物进入聚合釜后，在碱性条件下发生聚合反应，需控制温度80–90℃、pH值8–9。改造要点：一是安装pH传感器、温度传感器，实时监测反应液pH值与温度；二是DCS系统根据pH值数据自动调节氢氧化钠溶液投加量，根据温度数据调节冷却水阀门开度；三是引入反应终点在线监测装置，通过近红外光谱传感器分析反应液成分，当双氰胺含量达到95%以上时，系统自动判定反应终点并切换至下一工序，避免过度反应导致杂质增加。

3. 反应过程可视化监控

在反应釜顶部安装高清工业摄像头，配合红外热成像仪，实时传输釜内反应状态画面至中央控制室；同时，DCS系统实时绘制温度、压力、pH值等参数趋势曲线，操作人员可通过监控界面直观掌握反应进程，异常情况下系统自动弹窗报警并显示故障原因。

（三）分离与干燥环节：高效分离与质量追溯

1. 结晶分离自动化

采用全自动离心机替代传统人工操作离心机，通过液位传感器监测结晶釜内料液液位，当达到设定值时自动启动离心机；离心机运行过程中，振动传感器实时监测设备振动幅度，当振幅超过阈值（≥5mm/s）时自动停机保护；分离完成后，系统自动控制卸料阀开启，将结晶物料输送至干燥机，实现分离过程无人化操作^[3]。

2. 干燥过程自动化控制

干燥采用热风循环干燥机，需控制干燥温度100–110℃、含水率≤0.5%。改造要点：安装湿度传感器、温度传感器，实时采集干燥机内湿度与温度数据；DCS系统根据湿度数据自动调节热风温度与风机转速，当含水率达到要求时，系统自动停止干燥并启动卸料装置；同时，在干燥机出口安装在线粒度分析仪，实时监测产品粒度分布，不合格产品自动回流至重新处理环节。

3. 自动化包装与追溯

采用全自动包装机，通过称重传感器精确控制每袋产品重量（25kg/袋，误差±0.1kg），自动完成封口、贴标；标签采用二维码形式，包含生产批次、原料来源、工艺参数、检测结果等信息，实现产品质量全程可追溯。

（四）环保处理环节：达标排放与智能运维

1. 废水处理自动化

采用“预处理+生化处理+深度处理”工艺，改造要点：一是在预处理阶段，安装COD、氨氮、氰化物在线监测仪，实时采集废水水质数据，DCS系统根据水质数据自动调节絮凝剂、氧化剂投加量；二是在生化处理阶段，通过溶解氧传感器监测曝气池溶解氧浓度，自动调节曝气风机风量，确保微生物活性；三是深度处理阶段，安装水质在线监测装置，达标废水自动排放，不达标废水回流至预处理环节重新处理，同时实现排放数据自动上传至环保部门监控平台。

2. 废气处理自动化

废气经“冷凝回收+活性炭吸附”处理，改造要点：安装气体浓度传感器监测废气中氨、氰化物浓度，当浓度超过设定值时，系统自动加大冷凝回收装置负荷并启动备用活性炭吸附塔；同时，设置废气泄漏监测点，一旦发生泄漏，自动启动引风装置将泄漏气体导入处理系统，避免大气污染。

二、双氰胺车间自动化控制系统架构设计

（一）现场设备层：数据采集与指令执行

现场设备层是自动化系统的“感知与执行终端”，由各类传感器、执行器、智能仪表及现场设备组成。传感器包括温度、压力、液位、流量、pH值、浓度、气体检测等类型，负责实时采集生产过程各类参数；执行器包括调节阀、电磁阀、电机、水泵、风机等，负责执行控制层下发的调控指令；智能仪表包括在线分析仪、称重仪表等，实现关键指标的实时检测。所有现场设备采用标准化接口，确保数据传输的稳定性与兼容性^[4]。

（二）控制层：核心调控与逻辑运算

控制层采用“DCS+PLC”协同控制模式，是系统的“决策核心”。DCS系统负责全局工艺参数的集中监控与协调，实现多变量耦合控制，如反应过程温度、压力、进料量的协同调节；PLC控制器负责单台设备或局部工序的逻辑控制，如原料配料、离心机运行、包装机操作等，响应速度快，控制精度高。两者通过工业以太网实现数据交互，当某一环节出现异常时，控制层自动执行连锁保护逻辑，如反应釜超压时自动切断进料并泄压，确保生产安全。

（三）监控管理层：数据展示与运维管理

监控管理层由中央控制室监控平台、数据服务器、运维管理系统组成。监控平台采用组态软件搭建，实时展示各环节工艺参数、设备运行状态、报警信息等，操作人员通过人机界面实现远程监控与操作；数据服务器负责存储生产过程数据、设备运行数据、质量检测数据等，存储周期不少于1年，为工艺优化提供数据支撑；运维管理系统具备设备故障预警、维护计划制定、备件管

理等功能，通过分析设备运行数据，提前预判设备故障，如根据泵的振动数据判断轴承磨损情况，及时发出维护提醒。

三、改造案例与成效分析

（一）案例概况

某化工企业双氰胺车间建于2015年，年产双氰胺1万吨，改造前采用人工操作模式，存在产品合格率低（88%）、能耗高（单位产品综合能耗1200kgce/t）、安全隐患多（2020–2022年发生3起轻微泄漏事故）等问题。2023年企业投资800万元开展自动化改造，改造内容涵盖原料预处理、反应、分离干燥、环保处理全流程，控制系统采用DCS+PLC架构，配套在线监测设备32台套、智能执行器28台套。

（二）改造成效

1. 生产效率提升

改造后车间生产周期由原来的8小时/批次缩短至6.5小时/批次，年产能提升至1.3万吨，较改造前增长30%；人工岗位由原来的28人减少至12人，劳动生产率提升57%。

2. 产品质量改善

关键工艺参数波动幅度控制在 $\pm 2\%$ 以内，产品合格率由88%提升至98.5%，纯度稳定在99.6%以上，杂质含量 $\leq 0.08\%$ ，高端客户订单占比由30%提升至65%。

3. 能耗与成本降低

单位产品综合能耗降至1020kgce/t，较改造前降低15%，年节约能源成本约120万元；原料损耗率由5%降至2%，年节约原料成本约80万元。

4. 安全环保达标

改造后实现危险工序无人化操作，安全事故发生率降至0；废水处理氨氮浓度 $\leq 5\text{mg/L}$ 、氰化物浓度 $\leq 0.1\text{mg/L}$ ，废气排放浓度远低于《大气污染物综合排放标准》，环保投诉率为0，顺利通过环保部门专项检查。

四、双氰胺车间自动化改造实施的保障措施

（一）技术保障：前期调研与方案优化

改造前需开展全面的工艺调研，梳理各环节工艺瓶颈、设备运行状况及控制需求，避免改造方案与实际生产脱节；选择具备化工行业自动化改造经验的服务商，结合车间生产规模、工艺特性定制改造方案，例如中小规模车间可采用“PLC+简易监控平

台”架构降低成本，大规模车间采用“DCS+智能运维系统”提升管控水平；改造过程中加强技术交底，确保施工单位准确理解工艺要求，关键设备安装后进行单机调试与联动调试，验证控制精度与系统稳定性。

（二）人员保障：技能培训与团队建设

自动化改造后，操作人员需具备设备操作、系统监控、故障排查等技能，企业需建立完善的培训体系：一是开展岗前培训，内容包括自动化系统原理、监控平台操作、应急处置流程等，邀请技术专家现场授课；二是开展岗位练兵，通过模拟故障场景提升操作人员实战能力；三是建立“操作人员+运维工程师”团队，操作人员负责日常监控，运维工程师负责系统维护与优化，确保系统长期稳定运行。

（三）管理保障：制度完善与流程优化

建立健全自动化车间管理制度，包括《自动化设备操作规程》《系统维护保养制度》《数据管理制度》《应急处置预案》等，规范操作与运维行为；优化生产管理流程，将自动化系统采集的数据纳入生产管理体系，通过分析参数趋势优化工艺方案；建立考核机制，将产品合格率、能耗、安全指标与员工绩效挂钩，激发员工积极性。

（四）资金保障：合理规划与多元融资

自动化改造前期投入较大，企业需合理规划资金：一是做好投资预算，涵盖设备采购、施工安装、系统调试、人员培训等费用，避免资金缺口；二是争取政策支持，部分地区对化工企业自动化改造提供补贴或税收优惠，企业可积极申报；三是采用“分期改造”模式，优先改造核心工序（如反应环节、环保处理环节），逐步实现全流程自动化，降低资金压力^[6]。

五、结论

双氰胺车间自动化改造是应对市场竞争、满足安全环保要求、提升生产效益的必然选择。改造需紧扣各生产环节工艺特性，原料预处理环节聚焦精准配料与温控，反应环节核心是参数精准调控与过程监控，分离干燥环节侧重高效分离与质量追溯，环保处理环节重点保障达标排放；同时，构建“现场设备层–控制层–监控管理层”三级自动化控制系统，实现全流程数据集成与智能调控^[6]。实际案例表明，通过科学的改造方案与完善的保障措施，可实现产能提升30%以上、产品合格率提升至98%以上、能耗降低15%以上，显著提升企业核心竞争力。

参考文献

- [1] 中国石油和化学工业联合会. 化工智能制造发展行动计划（2021–2025年）[S]. 北京：化学工业出版社，2021.
- [2] 王建华，李红梅，张伟. 双氰胺生产工艺优化与自动化控制研究[J]. 化工进展，2022，41（5）：2315–2322.
- [3] 刘志强，王丽娜. 化工车间自动化控制系统的设计与应用[J]. 自动化仪表，2021，42（8）：68–72.
- [4] 张晓东，赵亮. 双氰胺废水处理技术及自动化控制实践[J]. 环境工程，2023，41（3）：112–117.
- [5] 陈光明. 化工企业自动化改造的实施策略与成效分析[J]. 化工管理，2022（18）：89–91.
- [6] 国家安全生产监督管理总局. 危险化学品重大危险源监督管理暂行规定[S]. 北京：煤炭工业出版社，2019.