

氨酯生产流程监控系统的设计开发与实现

王苗苗 叶荣臻 陈自刚

浙江闽锋化学有限公司 浙江 丽水 323000

摘要: 本文探讨了聚氨酯生产流程监控系统的设计、开发与实现。该系统基于分层分布式架构,通过数字化通信技术实现生产过程的实时监控与精准控制。系统包括现场设备层、控制层与管理层,具备实时数据采集、处理、显示及故障报警等功能。实际应用显示,该系统有效提升了聚氨酯生产效率,降低了次品率与维修成本,对聚氨酯生产的自动化、智能化管理具有重要意义。

关键词: 氨酯生产流程;监控系统;设计开发;实现

引言: 聚氨酯作为一种性能优异的高分子材料,在多个领域有着广泛应用。然而,其生产过程复杂,关键参数众多,传统监控方式难以满足现代化生产的需求。因此,设计开发一套高效、精准的氨酯生产流程监控系统具有重要意义。本文将从系统架构设计、功能实现及实际应用效果等方面,详细介绍该监控系统的设计开发与实现过程,以期为提高聚氨酯生产效率和产品质量提供技术支持。

1 聚氨酯基本知识及生产工艺

1.1 聚氨酯的基本概念、分类及应用领域

聚氨酯(PU),全称聚氨基甲酸酯,是一种由多异氰酸酯和多元醇反应形成的高分子材料。它具有多样的物理和化学性质,被誉为“第五大塑料”。聚氨酯材料可以根据其结构和用途被分类为多种形态,如塑料、橡胶、泡沫、纤维、涂料、胶粘剂等。聚氨酯因其卓越的性能,被广泛应用于多个领域。在家具行业中,聚氨酯泡沫常用于制造床垫和沙发。在鞋服行业,聚氨酯面料因其耐磨、抗摩擦和防水性能而备受青睐。建筑行业则利用聚氨酯作为保温和防水材料。此外,汽车工业、家电制造以及体育设施等都大量使用聚氨酯材料。

1.2 聚氨酯的生产工艺流程

聚氨酯的生产工艺主要包括原料准备、反应过程和产品后处理三个环节。原料主要包括异氰酸酯(如TDI、MDI)、多元醇(如PO、PTMEG)、助剂(如DMF、MEK)等。反应过程通常在特定温度和压力下进行,通过精确控制原料配比和反应条件,可以得到不同性能和用途的聚氨酯产品。在反应完成后,产品进入后处理环节。这一环节包括冷却、固化、切割、修整等步骤,以确保产品的质量和性能。此外,对于某些特殊用途的聚氨酯产品,如泡沫材料,还需要进行发泡处理。

1.3 聚氨酯生产中的关键参数及影响因素

聚氨酯生产中的关键参数包括原料配比、反应温度、搅拌速度和时间等。原料配比直接影响聚氨酯的化学结构和性能,而反应温度则会影响反应速率和产品质量。搅拌速度和时间则关系到反应的均匀性和产品的一致性。此外,原料的纯度、酸碱值、水分含量以及官能团和分子量等因素也会对聚氨酯的生产过程产生重要影响。因此,在生产过程中需要严格控制这些参数和因素,以确保产品的质量和性能达到预期要求。

2 聚氨酯生产流程监控系统设计

2.1 总体方案设计

2.1.1 确定监控系统架构及功能需求

聚氨酯生产工艺涉及多元醇与异氰酸酯等原料的混合反应,需精确控制温度、压力、流量等参数。基于此,监控系统采用分层分布式架构,包括现场设备层、控制层与管理层。现场设备层负责采集各类工艺参数并执行控制指令,控制层实现数据处理与逻辑控制,管理层提供操作界面、数据存储与分析等功能。系统功能需求涵盖实时监控生产流程、精准控制工艺参数、记录历史数据以及及时报警故障等。

2.1.2 分析现有监控系统优缺点并提出改进方案

现有监控系统多存在数据传输延迟、兼容性差等问题。优点是部分实现了基础参数监控,但缺点也较为明显。例如,模拟信号传输易受干扰,导致数据不准确;不同品牌设备通信协议不统一,造成系统集成困难。改进方案为采用数字化通信技术,如工业以太网,提升数据传输速度与稳定性;制定统一通信标准,确保不同设备间无缝对接,增强系统兼容性与可扩展性^[1]。

2.1.3 选择合适监控设备及技术

为保证系统兼容性与可扩展性,选用智能化传感器采集温度、压力等参数,其具备数字输出接口,方便与控制系统连接。控制器采用可编程逻辑控制器(PLC),

因其可靠性高、编程灵活，能满足复杂控制逻辑需求。通信技术选用工业以太网，高速稳定的数据传输可保障实时监控。同时，预留多种通信接口，便于后期系统升级与新设备接入。

2.2 硬件系统设计

2.2.1 监控系统硬件组成

监控系统硬件主要包括配电电路、电机控制电路、泵阀控制电路等。配电电路负责为整个系统提供稳定电源，通过变压器、断路器等设备实现电压转换与电路保护。电机控制电路控制搅拌电机、输送电机等运行，采用变频器调节电机转速，实现节能与精准控制。泵阀控制电路控制原料输送泵与反应釜阀门开关，确保物料准确输送与反应进程控制^[2]。

2.2.2 硬件部件选型原则及依据

硬件部件选型遵循稳定性与可靠性原则。例如，传感器选用高精度、抗干扰能力强的产品，依据测量范围与精度要求确定型号。PLC 根据 I/O 点数、处理能力 & 通信需求选型，确保满足系统控制规模与复杂程度。电机与泵阀依据功率、流量、压力等工艺参数选型，保证设备运行匹配生产需求。所有硬件均选用知名品牌、质量可靠产品，减少故障发生概率。

2.2.3 设计手 / 自动切换功能

为应对特殊情况，设计手 / 自动切换功能。在控制柜设置切换开关，当自动控制系统出现故障或需要人工干预时，可切换至手动模式。手动操作按钮与自动控制电路相互独立，确保手动操作不受自动系统影响。同时，在手动操作时，系统仍能实时采集数据，便于后续分析与故障排查，保障生产连续性与安全性。

2.3 软件系统设计

2.3.1 监控系统软件架构及开发平台

软件架构采用模块化设计，包括数据采集模块、控制模块、界面显示模块等。开发平台选用 PLC 编程软件与组态王软件。PLC 编程软件用于编写控制逻辑，实现泵阀联动、信号采集与传送等自动化操作。组态王软件构建监控界面，实现实时监控、数据记录与故障报警等功能，其图形化界面开发方便，能直观展示生产流程^[3]。

2.3.2 监控界面布局及功能设计

监控界面布局简洁明了，分为工艺流程区、参数显示区、报警信息区等。工艺流程区以图形化方式展示聚氨酯生产流程，实时显示设备运行状态。参数显示区实时显示温度、压力、流量等关键参数，设置参数上下限，当参数异常时变色提醒。报警信息区及时显示故障报警内容，记录报警时间与类型，便于快速处理故障。

同时，界面提供历史数据查询、报表生成等功能，方便生产管理与数据分析。

2.3.3 编写控制程序

控制程序采用结构化编程方法，实现泵阀联动、信号采集与传送等功能。根据生产工艺要求，编写逻辑控制程序，确保原料按比例输送、反应温度与压力精准控制。通过 PLC 通信模块，实现与传感器、执行器及上位机的数据交互，将采集到的信号实时上传至上位机，同时接收上位机下达的控制指令，实现自动化生产。

3 聚氨酯生产流程监控系统实现

3.1 系统安装与调试

3.1.1 系统安装前的准备工作

在聚氨酯生产流程监控系统安装前，设备安装位置的选择极为关键。以温度传感器为例，根据大量实践经验及对生产数据的分析，将其安装在反应釜内壁距物料 10 - 15 厘米处，能最精准地测量物料实际温度，偏差可控制在极小范围。不同类型传感器安装位置及预期测量效果如下表所示：

传感器类型	推荐安装位置	预期测量精度
温度传感器	反应釜内壁距物料 10 - 15 厘米处	± 0.5℃
压力传感器	距反应釜入口管道 5 - 8 米处	± 0.05MPa
流量传感器	物料输送管道直线段，前后有足够直管段	± 2%

线路布置方面，电力线路与信号线路需严格分开。采用线槽布线时，线槽规格要依据线路数量与线径合理确定。一般而言，线槽内线路填充率不宜超过 60%，这样既能保证良好的散热效果，又便于后续维护。信号线路优先选用双层屏蔽线缆，经实际测试，在强电磁干扰环境下，使用该线缆可将信号衰减率降低至 5% 以内，有力保障数据传输的稳定性与可靠性^[4]。

3.1.2 系统调试的步骤及注意事项

系统调试从硬件调试开始。首先全面检查设备接线的牢固程度，借助扭矩扳手按照标准扭矩值紧固接线端子，确保接线松动率为 0。以温度传感器校准为例，使用高精度恒温槽作为标准信号源，输入不同温度值，细致调整传感器输出使其与标准值相符，校准后的精度可达 ± 0.2℃，校准数据对比如下：

温度标准值 (℃)	校准前传感器 输出值 (℃)	校准后传感器 输出值 (℃)	误差 (校准后)
50	50.8	50.1	± 0.1℃
80	81.2	80.2	± 0.2℃
120	121.5	120.3	± 0.3℃

软件调试重点关注 PLC 与上位机的通信情况。通过 ping 命令测试网络连接，将平均延迟控制在 10ms 以内，

丢包率降为 0，以此保证数据传输的实时性。在整个调试过程中，务必详细记录出现的问题及解决措施。例如，曾在调试时发现电机启动延迟，经排查是控制程序中启动时间参数设置不当，修改参数后问题得以解决，这些记录为后续维护提供了重要依据。

3.2 功能测试与优化

3.2.1 对监控系统的各项功能进行测试

实时数据监测功能测试时，模拟聚氨酯生产过程中的各种工况变化。系统能够在 1 秒内快速更新显示温度、压力等参数，与标准仪器对比，温度测量误差在 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ，压力误差在 $\pm 0.03\text{MPa}$ 。故障报警功能测试中，人为制造常见故障，系统平均报警响应时间为 2 秒，报警准确率高达 99% 以上。数据记录功能测试显示，系统可完整记录生产数据，按照每天产生 100MB 数据计算，其存储容量能够满足连续存储 1 年以上的需求。对 20 名操作人员进行操作便捷性测试，调查结果显示，85% 的操作人员认为界面操作简单易懂，15% 提出了进一步优化的建议。

3.2.2 根据测试结果对系统进行优化

针对实时数据监测存在的延迟问题，通过优化数据传输算法，成功将更新时间缩短至 0.5 秒。对于故障报警出现的误报情况，优化诊断逻辑后，报警准确率提升至 99.8%。依据操作便捷性反馈，对界面布局进行调整，调整后 95% 的操作人员认为操作更加便捷。此外，经过性能优化，系统 CPU 使用率降低了 10%，内存占用减少了 15%，显著提升了系统整体性能与用户体验。

3.3 实际应用效果分析

3.3.1 分析监控系统在聚氨酯生产中的实际应用效果

监控系统投入使用后，对聚氨酯生产效率的提升效果显著。以某聚氨酯生产企业为例，生产周期从原来的平均 8 小时大幅缩短至 6 小时，提升了 25%。设备故障率也从每月 10 次降低至 3 次，降幅达 70%，有效减少了停机时间，极大提高了设备利用率，具体数据对比如下：

指标	应用前	应用后	变化幅度
生产周期（小时）	8	6	25% 提升
设备故障率（每月次数）	10	3	70% 降低

3.3.2 探讨监控系统对聚氨酯产品质量及成本控制的影响

在产品质量方面，监控系统发挥了重要作用，次品率从应用前的 5% 显著降低至 2%，有力提升了产品质量的稳定性。从成本控制角度来看，设备维修成本因故障率降低减少了 60%，原材料浪费因次品率降低减少了 30%，综合生产成本降低了 15%，成本变化情况如下表所示：

成本项目	应用前（每月）	应用后（每月）	变化幅度
设备维修成本	50000 元	20000 元	-60%
原材料浪费成本	30000 元	21000 元	-30%
综合生产成本	200000 元	170000 元	-15%

结束语

聚酯生产流程监控系统的设计与实现不仅提升了生产效率和产品质量，还显著降低了生产成本和设备故障率。通过精确控制工艺参数和实时监控生产流程，该系统为聚氨酯生产带来了智能化和自动化的变革。未来，我们将继续优化系统性能，提高用户体验，同时探索更多应用场景，为聚氨酯行业的发展贡献更多力量。本项目的成功实施，不仅验证了方案的可行性和有效性，也为同类监控系统的设计提供了宝贵的参考经验。

参考文献

[1]张明远,李成刚.聚氨酯生产工艺与自动化控制技术[J].化学工业出版社,2020,(05):56-57.

[2]王建华.工业过程监控系统设计与应用[J].自动化仪表,2021,(03):35-36.

[3]刘伟.基于PLC的化工反应过程控制系统设计[J].化工自动化及仪表,2020,(08):92-93.

[4]张伟.基于PLC的聚氨酯发泡生产线监控系统设计[J].自动化技术与应用,2020,(12):117-118.