

化工实验过程控制技术的研究

王 刚

内蒙古宝丰煤基新材料有限公司宁夏分公司 宁夏 银川 750000

摘 要：化工实验是化工领域创新发展的基石，精准的过程控制技术则是实验成功的关键。本文聚焦化工实验过程控制技术展开研究。首先概述该技术，进而详细阐述精准参数监测与控制、自动化、安全控制、数据管理与分析及过程优化等关键技术。同时，介绍温度、压力、流量传感器在化工实验过程控制中的应用。此外，探讨其智能化与自动化程度提高、多学科融合、绿色化与可持续发展的发展趋势，旨在为化工实验过程控制技术的提升与应用提供理论参考。

关键词：化工实验过程；控制技术；研究

引言：化工实验对于化工产业发展至关重要，其过程控制技术直接影响实验结果的准确性与可靠性。随着化工行业的不断进步，对实验过程控制提出了更高要求。精准的参数控制、高效的自动化操作、可靠的安全保障等成为关键。深入研究化工实验过程控制技术，不仅有助于提升实验效率与质量，还能推动化工产业向智能化、绿色化方向发展。因此，对化工实验过程控制技术进行全面研究具有重要的现实意义。

1 化工实验过程控制技术概述

化工实验过程控制技术旨在确保化工实验按照预定目标精准、高效、安全地进行。它通过对实验过程中的各类参数进行精确监测与调控，实现对化学反应、物质传输等过程的有效管理。在化工实验中，涉及众多复杂的物理和化学变化，温度、压力、流量、浓度等参数相互关联且对实验结果影响重大。化工实验过程控制技术运用多种手段，如自动化仪器设备、先进的传感器技术以及智能控制系统，实时采集这些参数信息，并依据预设的实验条件和目标，自动或手动调整操作变量，使实验过程始终处于稳定且符合要求的状态。该技术的应用，极大地提高了化工实验的可重复性和准确性。以往依靠人工经验和手动操作的实验方式，难以保证每次实验条件的一致性，而过程控制技术能够精确维持参数稳定，降低实验误差。同时，它还增强了实验的安全性，及时发现并处理潜在的安全隐患，避免危险情况发生。总之，化工实验过程控制技术是现代化工实验不可或缺的关键支撑，推动着化工科研和产业的持续发展^[1]。

2 化工实验过程控制的关键技术

2.1 精准参数监测与控制技术

精准参数监测与控制技术无疑是化工实验得以成功开展的核心支撑，其对于保障实验结果的精准度与可信

度起着决定性作用。在化工实验这一复杂体系中，温度、压力、流量、酸碱度（pH）等诸多参数，犹如紧密咬合的齿轮，共同驱动着反应进程，并深刻影响着产物的质量与特性。该技术主要依托各类高精度传感器来实现对关键参数的实时捕捉。以热电偶为例，它能够敏锐感知温度的细微变化，将温度信号精准转换为电信号，传递给控制系统。压力变送器亦是如此，能精确测量压力并转化为便于处理的信号。这些传感器所采集的数据被迅速反馈至控制系统，控制系统随即依据预先设定的标准，运用经典的PID控制算法。这一算法如同一位经验丰富的指挥家，精准地调节诸如调节阀、加热装置等执行机构。在化学合成实验领域，温度控制的重要性不言而喻。比如在药物合成实验中，温度稍有偏差，产物的纯度与收率便会受到显著影响。

2.2 自动化技术

自动化技术宛如一股强劲的动力，为化工实验领域注入了全新活力，使其在效率与质量层面实现了质的飞跃。它巧妙融合自动化仪器、可编程逻辑控制器（PLC）以及功能强大的计算机控制系统，构建起一个高度自动化的实验运行体系。在实验准备阶段，自动化系统展现出卓越的精准性与高效性。它能够依据预先设定的指令，如同训练有素的助手，自动且精准地完成各类试剂的量取工作，杜绝了人工量取可能出现的误差。同时，它还能对实验设备进行快速且准确的参数设置，确保设备以最佳状态投入实验。进入实验过程，自动化系统更是彰显出强大的实时监控与智能调整能力。它犹如一位不知疲倦的守护者，时刻关注着各项实验参数的变化。一旦发现参数偏离预设范围，便会迅速依据内置算法，自动调整操作条件，确保实验始终处于稳定的运行状态。例如在连续流反应实验中，该系统能够精确把控流

体的流速、压力与温度,使得反应条件始终保持稳定,极大地减少了因人工干预不及时而导致的误差。

2.3 安全控制技术

安全控制技术是化工实验安全的有力保障,旨在预防与应对各类安全风险。化工实验常涉及易燃易爆、有毒有害的化学物质,以及高温、高压等危险条件。该技术通过多重手段实现安全防护。首先,在实验设计阶段,进行全面的风险评估,识别潜在危险并制定相应措施。实验过程中,运用安全仪表系统(SIS),实时监测关键参数,如压力、温度、气体浓度等。一旦参数超出安全范围,系统立即启动联锁装置,自动采取紧急停车、切断物料供应、启动通风或灭火设备等措施。此外,安全控制技术还包括对实验人员的安全培训,使其熟悉安全操作规程、应急处理流程以及个人防护装备的使用,最大程度降低安全事故发生的可能性。

2.4 数据管理与分析技术

数据管理与分析技术在化工实验中扮演着数据挖掘与决策支持的关键角色。随着实验的开展,会产生大量关于实验参数、过程数据以及结果数据。该技术通过建立数据采集系统,自动收集各类数据,并存储于数据库中。借助数据管理软件,对数据进行分类、备份与检索,确保数据的完整性与可追溯性。在数据分析方面,运用统计分析方法、机器学习算法等,挖掘数据背后的规律与潜在关系。例如,通过分析不同实验条件下的产物质量数据,可建立预测模型,预测特定条件下的实验结果,为优化实验方案提供依据。数据可视化技术则将复杂数据以直观图表呈现,帮助实验人员快速理解实验趋势,做出科学决策。

2.5 过程优化技术

过程优化技术致力于提升化工实验的整体效能,通过对实验过程的深入剖析与优化,实现资源的高效利用与实验目标的最大化达成。该技术基于实验设计(DOE)方法,合理安排实验组合,系统研究各因素对实验结果的影响。通过对实验数据的回归分析与建模,构建实验过程的数学模型,模拟不同条件下的实验情况。随后,运用优化算法,如遗传算法、粒子群算法等,搜索最优实验条件。在化工分离实验中,可通过优化温度、压力、回流比等参数,提高分离效率,降低能耗。过程优化技术不断探索实验过程的最佳路径,助力化工实验在提高质量、降低成本与减少环境影响等方面取得更好平衡^[2]。

3 传感器技术在化工实验过程控制中的应用

3.1 温度传感器

温度是化工实验中极为关键的参数,显著影响化学反应速率、产物特性等。温度传感器能精确测量并实时反馈实验体系的温度,助力实验人员精准调控反应进程。在众多温度传感器中,热电偶应用广泛。它基于塞贝克效应,两种不同金属导体组成闭合回路,当两端温度不同时,回路中会产生热电动势,通过测量该电动势可得知温度。热电偶响应速度快、测量范围广,适用于高温反应体系,如在合成陶瓷材料的高温烧结实验中,能实时监测上千摄氏度的炉内温度,确保烧结温度精确符合工艺要求,避免因温度偏差导致材料性能缺陷。热电阻传感器则利用金属或半导体材料的电阻随温度变化的特性工作。铂电阻因其精度高、稳定性好,常用于对温度测量精度要求极高的实验,如药物合成实验,精确的温度控制对保证药物纯度和活性至关重要,铂电阻可将温度变化精确反馈至控制系统,实现对反应温度的精准调节。

3.2 压力传感器

压力传感器在化工实验里起着不可或缺的作用,它能够实时监测实验过程中的压力变化,保障实验安全并确保反应按预期进行。在涉及气体参与的反应或高压反应体系中,压力的准确测量尤为关键。应变片式压力传感器是常见类型之一,其工作原理是当压力作用于弹性元件时,弹性元件发生形变,粘贴在其上的应变片电阻值随之改变,通过测量电阻变化可得出压力大小。在高压加氢实验中,该传感器能实时监测反应釜内压力,防止压力过高引发爆炸等安全事故,同时为调整反应条件提供依据,确保加氢反应在合适压力下高效进行。压电式压力传感器则利用某些晶体材料在压力作用下产生电荷的特性来测量压力。它响应频率高,适用于动态压力测量,如在研究流体冲击对材料性能影响的实验中,可快速准确地捕捉瞬间压力变化,为分析材料的耐压性能提供精确数据。

3.3 流量传感器

流量传感器用于测量化工实验中流体的流速和流量,对于精确控制物料投入量、保证反应按比例进行起着关键作用。电磁流量传感器基于电磁感应原理,当导电液体在磁场中流动时,会切割磁力线产生感应电动势,其大小与流速成正比,通过测量电动势可得出流量。在连续化生产模拟实验中,它能精确测量液体原料的流量,确保各原料按设定比例进入反应装置,保证反应的一致性和稳定性,广泛应用于化工合成、污水处理等实验场景。涡街流量传感器则利用流体振荡原理工作,当流体流经漩涡发生体时,会在其下游两侧交替产

生漩涡，漩涡频率与流速成正比，通过检测漩涡频率可得到流量。在气体流量测量方面优势明显，如在催化反应实验中对气体反应物流量的精确测量，有助于研究催化剂在不同气体流量条件下的活性，为优化催化反应工艺提供数据支持^[3]。

4 化工实验过程控制技术的发展趋势

4.1 智能化与自动化程度不断提高

随着科技的飞速发展，化工实验过程控制技术的智能化与自动化程度正持续提升。智能化意味着系统能够依据预设规则和实时数据，自主做出决策并执行相应操作。自动化则是通过先进设备和系统，减少人工干预，实现实验流程的自动运行。在智能化方面，借助人工智能算法，如机器学习、深度学习等，系统可对大量实验数据进行分析，预测实验结果，自动优化实验参数。例如，深度学习模型能够学习不同实验条件与结果之间的复杂关系，为新实验提供最佳参数建议，提高实验成功率。自动化上，从实验设备的启动、物料添加到反应过程监控，都可由自动化系统精准完成。比如全自动化的反应釜系统，能按照预设程序精确控制温度、压力、搅拌速度等参数，减少人为误差，提升实验效率与质量。智能化与自动化程度的提高，不仅降低人力成本，还使实验过程更稳定、更高效，为化工科研的快速发展提供有力支持。

4.2 多学科融合

化工实验过程控制技术正呈现出多学科融合的显著趋势。化工本身就是一个综合性学科，如今与其他学科的交叉融合愈发深入。与计算机科学融合，实现实验过程的数字化模拟与远程监控。通过计算机模拟软件，可在虚拟环境中预演实验过程，提前发现潜在问题并优化方案，减少实际实验次数与成本。借助物联网技术，实验人员能远程实时监控实验设备的运行状态和参数，随时随地进行操作调整。与材料科学结合，研发出高性能、高灵敏度的传感器与执行器，提高实验参数监测与控制的精度。例如新型纳米材料传感器，对特定化学物质的检测灵敏度大幅提升，为化工实验提供更精准的数据。多学科融合为化工实验过程控制技术注入新活力，推动技术创新，拓宽研究领域，催生更多跨学科的研究成果。

4.3 绿色化与可持续发展

在全球对环境保护和可持续发展日益重视的背景下，绿色化与可持续发展成为化工实验过程控制技术的重要发展方向。绿色化要求在实验过程中尽量减少或消除有害物质的使用与产生。例如，超临界流体技术作为绿色溶剂替代传统有机溶剂，在反应后易于分离，且对环境友好。可持续发展则注重资源的高效利用与循环利用。通过优化实验流程，实现能源的梯级利用，降低能耗。同时，对实验产生的废弃物进行回收处理，转化为可再资源的资源。绿色化与可持续发展的趋势，不仅有助于减少化工实验对环境的负面影响，还能推动化工产业向更环保、高效、可持续的方向转型升级，实现经济与环境效益的双赢。

结束语

综上所述，化工实验过程控制技术涵盖精准参数监测、自动化、安全控制、数据管理分析及过程优化等关键技术，对提升实验效率、确保实验安全、提高实验质量意义重大。传感器技术在其中发挥着重要的参数监测作用。随着智能化、多学科融合及绿色可持续发展趋势的推进，该技术将不断革新。未来，需持续探索创新，使化工实验过程控制技术更好地服务于化工产业发展，推动行业迈向更高水平^[4]。

参考文献

综上所述，化工实验过程控制技术涵盖精准参数监测、自动化、安全控制、数据管理分析及过程优化等关键技术，对提升实验效率、确保实验安全、提高实验质量意义重大。传感器技术在其中发挥着重要的参数监测作用。随着智能化、多学科融合及绿色可持续发展趋势的推进，该技术将不断革新。

参考文献

- [1]郝焱森.化工工程中的智能过程控制技术研究[J].2024.124-126
- [2]张志美.化工实验环境控制中的工程技术应用[J].工程地质学,2024.165-168
- [3]唐达.实验室基础设计以及施工过程控制浅析[J].建筑设计及理论,2023.178-188
- [4]靳晓平.化工工程中的过程控制与自动化技术[J].建筑技术科学,2024.198-210