

石油化工安全生产中自动化技术应用及贸易经济效益研究

孙钰杰（龙口市应急保障服务中心，山东 龙口 265700）

摘要：石油化工产业是我国现代社会发展和国民经济建设的重要基础性制造产业。而安全生产关乎各行各业的发展，是提高生产作业的安全性和稳定性的重要保障，减少生产事故和环境污染事件的发生，关乎社会的稳定发展和经济的可持续发展。自动化控制新技术的应用，在保障生命安全和财产安全的同时，更推动了经济增长、加快了城市化发展，使传统产业得到转型升级和协同发展。本文对此进行了简要分析，以供参考。

关键词：石油化工；安全；生产；自动化；贸易；经济

0 引言

化工生产中使用的材料和生产工艺复杂多样，知识密集、技术密集，产业危化品领域广、链条长、安全风险高，多通过各种工艺设备和复杂的管道设施，实现对各种原料进行化学加工和处理，在此过程中会产生易爆、高燃、高毒、高温、高压、高腐蚀等危险因素。应用自动化控制新技术，能实现对产品的更加精细的加工，提升化工生产效率，能持续创新研发，优化原始生产工艺，提高产品精细化率和产品的稳定性，减少生产中的误差和浪费，避免化工安全生产高风险性，保障生产安全。

1 石油化工自动化控制技术的概述

石油化工自动化控制技术即自动化控制技术作用于生产，将自动化设备与传感器技术、控制技术、通信技术集成，对各种工艺参数实施自动检测、自动调节和最优控制，从化工生产中的原材料加工到成品输出，融入自动化控制技术，对化工生产中温度、湿度、压力等各个环节加以自动化控制，有效控温、控流量、控压力，进而提升生产效率，有效控制生产过程，提高生产过程的效率和精度，达到安全生产和自动化的目的，进而降低能耗和人力成本。

2 石油化工安全生产中自动化技术应用

2.1 智能检测技术

化工安全生产中的智能检测技术是一种基于传感器、计算机和人工智能技术的综合性检测方法和手段，应用非常广泛，它对石油工业生产过程中的各种参数进行实时监测和测量，实现化工安全生产中自动化。同传统检测方法不同。它具有非接触、高精度、高效率、低成本的特点，大大提高了工业生产的稳定性和可靠性。

2.1.1 无损探伤技术

随着人工智能、大数据、物联网等技术的快速发

展，化工安全生产中检测系统将更加智能化。例如：通过对无损数据模型、机器学习、深度学习等技术的训练和学习，实现更高效、准确的无损检测，减少检测时间和冗余的原始数据记录。

当下，很多化工企业为保证生产过程的连续性和效率，设备全年操作时间基本超过300天以上，多处理全天候24小时工作状态，设备老化、磨损严重。要想完成设备的全面检测，需要投入大量人力成本和时间成本，检测难度大，检测效果不理想。无损探伤技术应用，在不损害和不影响被测对象性能的前提下，能检测工件表面和近表面的缺陷。检测方法包括渗透检测、磁粉检测、涡流检测（如 γ 射线检测）、荧光检测、染料渗透检测等。

2.1.1.1 渗透测试

渗透式无损探伤检测是采用特殊设计的彩色液滴注入被检工件表面，通过观察颜色变化判断工件是否存在裂纹。该渗透测试不需要使用偶联剂和辅助设备，即可实现非接触式的测量方式。例如：水悬浮式显像剂和干粉显像剂、后乳化型荧光渗透液、亲水性乳化剂和亲油性乳化剂、水洗型荧光渗透液等，它们广泛用于石油化工领域的渗透检测中，适应性强，便捷、稳定、安全，最大限度保障检测结果的准确性和可靠性，降本增效，提高渗透检测技术水平，推动无损检测技术进步，助力我国石油化工行业的自主创新。

2.1.1.2 磁粉检测

磁粉检测多用于汽车制造、轨道交通、石油化工、核电行业等领域，其原理是利用铁磁性颗粒的磁性特性作为示踪剂。利用磁场的特性对不同材料或厚度的金属进行分选。当被测件穿过0.05–1mm厚度的磁化层时，通过电磁感应作用，吸附一层铁颗粒，显示金属工件表面缺陷的位置和形状，以此检测金属表面和近表面缺陷。

此外,高强螺栓在石油化工行业应用时,为满足高强度、承受高应力和长时间服役的工艺要求,要进行磁粉检测,解决石油化工行业中螺纹根部疲劳裂纹检测的技术难题。

2.1.1.3 相控阵超声检测

传统石油管道检测存在一定的辐射风险,无损检测的相控阵超声检测(paut),它能对各种石油管道的有色金属、非金属材料和部件进行缺陷检测。因超声波频率较高,避免管道内外壁之间的声波衰减,减少超声波的发射量和接收时间,通过精确控制超声波的传播方向和相位,能精确地定位石油管道裂纹、褶皱、夹层、不完全穿透和不完全融合等平面缺陷。

2.1.2 阀门在线检测

阀门在线检测技术保障了石油化工安全,在预防故障,提升效率与环保,优化成本方面发挥了重要作用。阀门的任何微小故障或损坏都可能引发连锁反应,导致生产停滞提前发现并处理阀门故障,能避免因突发停机而造成的生产中断,使生产线平稳运行。阀门在线检测技术保障着化工安全,具有预防性维护优势,是装置运行的“心脏瓣膜”,守护着化工装置的安全(例如:石油化工企业),提高经济效益,其重要性不言而喻。

在通过融入大数据分析与预测性维护技术后,阀门检测实现在线高精度、实时性检测,能迅速定制最优维护计划,捕捉阀门运行中的异常信号,预防潜在安全隐患,延长阀门的使用寿命,降低成本。

在预防故障、保障生产连续性、优化成本方面,它强大的安全动力与效率活力,精准控制运维成本,为石油化工企业生产效率与效益筑起了一道坚不可摧的防线。

2.1.3 气体传感器安全监测技术应用

随着新型工业化步伐的加快,一些石油化工企业在生产过程中产生的CO、SO₂、NO₂、H₂S、ETO、HCl、Cl₂、PH₃、HCN、NH₃等有毒有害和易燃易爆气体,安全监测异常重要。气体传感器通过与被测气体发生反应,产生与气体浓度成正比的电信号来工作。因气体传感器响应速度比较快,精度高,重复使用率高,越来越多石油化工企业选择气体传感器来实时监测气体,以保证设备正常运行以及避免安全。

2.2 智能故障诊断技术

2.2.1 引入安全风险智能管控平台

守护安全防线是石油化工企业提高效益、智能化

管理的基础,利用数智技术,搭建管控平台,它有强大的数据采集与整合能力。

2.2.1.1 智能预警

它通过集成视频监控、传感器网络、日志记录等多种数据源,与往复压缩机、机泵、电机等各类设备对接,7×24小时专业化诊断服务,能实现设备故障智能预警和封闭区域监控,提升设备预知性维修管理水平。

例如:它通过多源参数融合报警技术,以及动态仿真模拟、精准捕捉、风险动态演变等技术,实现装置全覆盖监控,迅速识别出异常行为或潜在的安全隐患,预警、诊断早期气阀泄漏、阀片断裂、紧固件松动、活塞组件磨损、填料泄漏等化工各装置常见故障,有效避免了故障劣化与严重事故的发生,为提升生产产能、保证化工生产的连贯性,以及确保化工安全生产、平稳生产、长周期运行均提供保障。

2.2.1.2 自动诊断

预测未来安全风险走向,引入二/三维/AR地理引擎技术,构建地理信息场景。提升安全管理的可视化水平,使重大危险源管理变得简单高效,与GIS平台、通信平台、视频监控平台及智能分析平台的深度融合,从安全基础管理到应急响应的全链条覆盖,构建起双重预防机制,即“源头防控”与“过程管控”并重,大大增强了企业的安全韧性。提前布局防控措施,形成一张严密的风险预警网络。

2.2.2 AI技术助力安全管理系统全面升级

高度自动化的工业生产中,设备的稳定性、兼容性和可靠性至关重要。在“人工智能”(AI)技术的飞速发展下,能与现有的石油工业系统和设备集成,兼容多种数据格式,通过持续学习新的数据使性能不断改进,更好地适应设备的变化和新的故障模式,轻松识别故障类型,自动分析和高效处理复杂故障数据。

3 石油化工安全生产中贸易经济效益研究

全球化市场经济的深入发展下,化工贸易作为全球经济活动的重要组成部分,其经济效益对推动化工安全生产中自动化新技术应用起到了重要作用,其在关键核心技术应用、市场潜在需求、质量效益等方面,带动相关产业的发展,提升了石油化工产业链稳定性和竞争力,特别在近几年贸易经济水平较弱的大环境下,石油化工产业完整的产业链和产业集群正加速形成,化工生产总量和产值居高不下,良性化工贸易经济效益成为各地经济发展的重要动力支撑。

3.1 无损探伤检测市场

无损探伤检测作为一项高度专业化技术，在技术应用方面拥有一定市场潜力，我国是制造业大国，对无损探伤检测技术的需求更为迫切，市场需求呈增长态势。

我国无损探伤检测行业起步较晚，随着国民经济的持续快速增长和我国工业装备的飞速发展，无损探伤检测与紧密相关的化工安全生自动化技术，也有了新的突破，通过研制和创新出渗透测试、磁粉检测、超声检测等新技术，以及化工贸易进出口活动，大大提高了无损探伤检测的准确性和效率，促进了资源的优化配置和产品的有效供给，也带动了原材料供应、物流运输、市场营销等其它产业发展，形成了一个完整的工业体系，为经济发展提供了强大的支撑，进而使产品质量得到提升，各地能够引入更多的优质化工产品，大大降低了生产成本，增加了市场占有率，促进了化工经济增长，良性的化工贸易带来了更多外汇收入，平衡了国际收支，促进国内了生产总值的提升。

良性化工贸易经济效益对于各地经济的发展具有重要的推动作用。近年来，各相关企业投入资金引进检测设备，积极参与无损探伤检测技术创新与开发，电磁、涡流、激光、红外等检测技术已达到较高水平，超声、射线照相、磁粉、渗透等检测领域与国际水平的差距也大幅缩小。据统计，2020年底，全国检验检测机构近4.9万家，营业收入达3570亿元以上，占全球市场份额的20%左右。2022年，我国无损探伤检测行业市场规模达183.94亿元，同比增长0.87%。

3.2 化工传感器

在化工行业中，传感器的应用广泛，它们负责检测和感知各类化学物质的信息，以实现自动化的检测和控制。在行业向规范化和智能化转型的大背景下，化工传感器的重要性日益显著。

3.2.1 产业链分析

化工传感器产业链可从上、中、下游环节进行分析，上游环节。以设计（功能、结构、参数）、原材料（有色金属、塑料、半导体）、生产设备（切割机、焊接机、封装机）的供应为主；中游环节。以加工制造（形成、连接、组装）和封装测试（外壳、接口、标识）为主；下游环节。以终端产品的制造（化工设备、仪表仪器、智能终端）和应用（石油开采、工业自动化）为主。三个环节涵盖了传感器的全领域的化工安全生产风险监测，部署成本大大降低，提高了化工生产效益和经

济效益。

3.2.2 在化工领域，化工传感器具有微型化、数字化、智能化特点和优势

基于先进技术和创新能力，逐步实现了自动检测和自动控制，也正因如此，市场份额不断加大，市场需求增长的趋势也愈加明显。随着GDP的增长、石油工业经济增加值的增长，更带动了化工传感器行业的发展，同时，也加大了其对高精度和高可靠性化工传感器的需求。2019年，我国智能传感器市场规模保持较快增长，2021年突破1000亿元，这增长多源自于石油勘探领域对化工智能传感器需求的大幅增加。为满足市场需求，提升产品的技术含量和质量，扩大生产规模和应用拓展性，预计2023年全年我国化工智能传感器需求规模将达到420亿元，复合年增长率为12.1%。

4 结束语

综上所述，随着化工行业向着更加智能化、高效化的方向发展。自动化控制技术成为化工精细化生产中重要的生产实用技术，实现生产过程的精确控制，优化资源配置，保障了化工生产安全为化工行业带来更高的生产效率和更优的产品质量，进而减少负面安全隐患，在未来石油化工产业生产中，也应结合自动化技术为主导，通过智能检测技术、智能故障诊断技术的应用，促进化工贸易与经济效益良性发展，通过高经济效益助力化工安全生产，进而实现化工生产与化工贸易两者协同发展，共同推进经济持续性发展。

参考文献：

- [1] 龙江.石油化工生产安全节能技术分析[J].中国设备工程,2021(19):62-64.
- [2] 葛宁.对化工安全生产中自动化控制技术应用的几点探讨[J].中国科技投资,2021(19):154-155.
- [3] 苏朝正.化工生产技术管理与化工安全生产之间的关系初探[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(10):24-26.
- [4] 刘锋,汤德忠,田显锋,等.化工生产技术管理与化工安全生产关系研究[J].当代化工研究,2024(04):194-196.
- [5] 唐文东.机械自动化技术在化工安全生产中的应用[J].化工管理,2024(10):71-73.

作者简介：

孙钰杰（1990-），男，汉族，山东龙口人，研究生学历，化工工程师，研究方向：化工安全与管理。