

国内外化工企业气相色谱应用现状及经济效益对比

梁晓榆 (广东华盛家具集团有限公司, 广东 中山 528400)

摘要: 气相色谱作为化工行业高效、灵敏的分析技术, 在产品质量控制、工艺优化及安全监测中发挥关键作用。本文对比了国内外化工企业气相色谱技术应用现状及经济效益的差异, 并探讨了提高国内外化工企业气相色谱应用水平的策略。旨在为国内化工企业进一步优化气相色谱应用、提升经济效益提供参考依据, 助力其在全球化工竞争中增强实力。

关键词: 化工企业; 气相色谱; 应用现状; 经济效益

中图分类号: TQ014

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 025-0045-03

Comparison of Gas Chromatography Application Status and Economic Benefits between Domestic and Foreign Chemical Enterprises

Liang Xiaoyu (Guangdong Huasheng Furniture Group Co., Ltd., Zhongshan Guangdong 528400, China)

Abstract: Gas chromatography, as an efficient and sensitive analytical technique in the chemical industry, plays a key role in product quality control, process optimization, and safety monitoring. This article compares the current application status and economic benefits of gas chromatography technology in domestic and foreign chemical enterprises, and explores strategies to improve the application level of gas chromatography in domestic and foreign chemical enterprises. Intended to provide reference for domestic chemical enterprises to further optimize the application of gas chromatography and improve economic benefits, and to help them enhance their strength in global chemical competition.

Keywords: chemical enterprises; Gas chromatography; Application status; economic benefits

气相色谱作为现代分析化学的核心技术之一, 在化工行业的生产控制、产品质量检测、环境监测及工艺优化等领域发挥着重要作用。随着全球化工向精细化、智能化方向发展, 气相色谱技术的应用水平直接影响企业的生产效率、产品质量及经济效益。本文通过对比分析国内外化工企业在气相色谱技术及经济效益的差异, 不仅有助于国内企业优化技术布局、降低生产成本, 还能为行业政策制定和技术升级提供参考。

1 化工企业气相色谱应用概述

气相色谱基于不同物质在固定相和流动相之间分配系数的差异实现分离, 通过检测器将分离后的组分转化为电信号, 从而实现定向与定量分析^[1]。其具备高灵敏度、高分离效率、分析速度快等特点, 能够快速精准检测出化工产品中微量甚至痕量杂质, 适用于分析易挥发、热稳定性好的化合物, 如烃类、醇类、脂类等。

2 气相色谱技术在化工领域的优势

2.1 高分离与精准分析能力

气相色谱凭借固定相和流动相的分配差异, 对复杂化工混合物展现出卓越的分离效能, 能将烃类、醇类等多种组分精细分离。配合高灵敏度的 FID、TCD 等检测器, 可精准检测化工产品中 ppm 甚至 ppb 级别的痕量杂质, 为化工原料质量把控、产品纯度鉴定提供可靠数据支撑。

2.2 快速高效的分析速度

相较于部分传统分析方法, 气相色谱分析周期短, 单次检测通常在几分钟到几十分钟内即可完成。在化工连续生产过程中, 能够实时快速监测反应进程与中间产物变化, 帮助企业及时调整工艺参数, 显著提升生产效率, 缩短产品研发与质检时间。

2.3 广泛的适用性

气相色谱适用于分析热稳定性好、易挥发的各类化工化合物, 涵盖石油化工中的烷烃和芳烃, 精细化工中的有机溶剂与香料成分, 以及农药和医药中间体等产品。通过更换不同类型的色谱柱和检测器, 还能灵活适配多样化的化工分析场景与检测需求。

3 国内外化工企业气相色谱应用现状分析

3.1 国内化工企业应用案例

①中石化: 加氢技术革新检测效能。中石化上海石油化工研究院针对传统 TCD 检测一氧化碳、二氧化碳灵敏度不足的问题, 引入甲烷转化加氢技术, 将待测气体转化为甲烷后利用 FID 检测, 灵敏度提升至 ppm 甚至 ppb 级^[2]。高活性催化剂可实现 ppm 级至 100% 浓度二氧化碳的完全转化, 该技术广泛应用于乙烯、丙烯生产, 精准把控原料纯度, 从而保障石化产业链稳定。②万华化学: 数智融合升级质检流程。万华化学深度融合气相色谱与数字化系统, 质检中心集成 LIMS、设备管理系统等, 在线分析取代率达

93%，开展 50 余项 QPS 项目。气相色谱仪在原料检测中快速分析成分，数据实时上传 LIMS，经 QPS 预测生产问题并优化工艺，引入无人采样车减少人为干扰，推动质检从传统模式向自动化和智能化转型。③陕西延长中煤榆林能源化工：信息化赋能检测管理。陕西延长中煤榆林能源化工通过 LIMS 和 CDS 系统搭建实验室信息化架构，气相色谱仪与系统深度集成。在煤油气综合利用检测中，气相色谱分析数据自动上传 LIMS 实现电子化管理并支持远程调取，提升数据准确性与操作安全性。在聚烯烃产品质检中为工艺优化提供数据支撑，以此有效提升产品质量。

3.2 国外化工企业应用案例

①安捷伦：石油化工精准分析解决方案。安捷伦气相色谱系统凭借创新色谱柱技术与流路设计，实现复杂烃类混合物中微量组分的精准分离，助力企业优化石化生产工艺，高灵敏度检测器可满足科研与工业检测的极低浓度目标物分析需求。②安捷伦：有机氯农药高效检测方案。安捷伦 Intuvo9000 气相色谱系统依据 CLP 指南，采用双色谱柱配置与 ECD 检测器，30min 或 11min 内均可完成 20 种有机氯农药的高分离度分析，DDT 分解水平符合要求，为环境污染物检测提供稳定高通量方法^[3]。③铂金埃尔默：炼厂气分析一体化方案。铂金埃尔默 Clarus580 气相色谱仪预设超 100 种分析方法，出厂前完成参数确证，安装后可立即投入使用。耐用性设计搭配触摸屏与双通道信号显示，支持与顶空进样器和质谱等灵活联用，适配炼厂气与天然气分析。④加拿大 ASD：氢能领域超痕量检测技术。加拿大 ASD 专注超痕量气相色谱研发检出限极低，曾为北京 2022 冬奥会提供燃料电池用氢在线检测系统，通过精准控制氢气质量，为氢能化工应用提供可靠检测支撑。

3.3 国内外案例对比分析

①技术创新：国内侧重应用优化，国外引领底层突破。国内：中石化虽通过甲烷转化加氢技术提升 CO/CO₂ 检测灵敏度至 ppb 级，但底层技术创新投入不足，多为现有技术的应用优化。国外：安捷伦等企业与仪器厂商深度合作，关键部件技术持续迭代（如 5 代 EPC 控制精度达 0.001psi，微板流控技术实现反吹与切割等复杂分析，推出双塔双柱进样法等跨领域解决方案。

②数智化融合：国内仍处数据管理阶段，国外实现智能决策。国内：万华化学集成 LIMS 系统，在线分析取代率达 93%，但行业整体对 GC 数据的深度挖掘不足，未形成全流程智能决策体系。国外：安捷伦 RTL 软件实现多设备数据同步，部分企业通过智能算

法基于 GC 数据实时调整生产参数。③设置配置与场景拓展：国内侧重基础检测，国外覆盖高端应用。国内：陕西延长中煤实现 GC 数据电子化管理但设备配置单一，新兴领域（如氢能）和复杂样品检测能力不足。国外：铂金埃尔默 Clarus580 预设超 100 种方法，支持顶空进样器与质谱联用，适配炼厂气分析等复杂场景，安捷伦 7890B 等型号覆盖科研到工业全场景。

4 国内外化工企业气相色谱的经济效益分析

4.1 前期设备投入与回报周期

①国内化工企业。国内企业采购气相色谱设备时，部分大型企业如中石化、万华化学会根据自身需求采购国际知名品牌设备，同时也有不少企业选择国产设备以控制成本，如聚光科技、天美仪诚等品牌其设备价格相对较低，单台成本在几万美元到十几万美元不等。但国产设备在性能上与国际顶尖水平存在一定差距，可能在检测精度、稳定性等方面稍逊一筹。在应用初期由于设备性能限制，对生产流程优化以及产品质量提升的推动作用有限，回报周期可能延长至 3-5 年。例如，一些中小型化工企业使用国产气相色谱仪进行产品检测，虽能满足基本质量控制需求，但在应对复杂样品或高精度分析任务时难以充分挖掘设备价值，影响投资回报速度。

②国外化工企业。国外化工巨头如巴斯夫、陶氏化学，在气相色谱设备采购上倾向于高端、定制化产品，以安捷伦、赛默飞世尔等品牌的先进气相色谱仪为主，这类设备价格高昂，单台设备采购成本可达数十万美元甚至更高。但因其卓越的性能如更高的检测精度、更快的分析速度以及对复杂样品的强大分离能力，能在生产流程优化以及产品质量提升方面迅速发挥作用^[4]。在石油化工领域精准的原料与产品分析可帮助企业及时调整生产工艺，减少次品率并提升产品收率，回报周期通常在 2-3 年。例如，在精细化工产品生产中，借助高端气相色谱仪精准控制产品成分，满足高端客户严苛要求，从而提升产品售价并加速投资回报。

4.2 运行维护成本与效益产出

①国内化工企业。国内企业气相色谱仪的运行环境要求相对较低，辅助设备投入较少，但在耗材方面部分依赖进口的关键耗材价格不低，且由于设备稳定性稍差耗材更换频率可能更高，导致综合耗材成本与国外企业相近。同时，国内企业在设备维护技术水平上参差不齐，一些企业缺乏专业维护人员，设备故障维修时间较长，影响正常生产并降低效益产出。例如，在一些化工园区的中小企业，因设备故障停机数日造成生产停滞，损失大量订单收益，抵消了设备前期节

省的采购成本优势。

②国外化工企业。高端气相色谱仪对运行环境要求苛刻,需配备专业的恒温、恒湿设施及不间断电源等辅助设备维护成本较高。日常维护包括定期更换色谱柱、进样隔垫等耗材,以及对仪器进行校准以及清洁等保养工作,每年维护费用约占设备采购成本的10%~15%。不过,凭借设备的高稳定性与高效运行,能有效减少生产过程中的质量事故与停工时间增加生产效益。如在制药行业,稳定的气相色谱检测确保药品质量合规,避免因质量问题导致的召回与巨额罚款,带来的潜在经济效益远超维护成本。

4.3 技术升级投入与长期收益

①国内化工企业。国内企业技术升级投入相对较少,占气相色谱相关总投入的10%~20%,且多集中在现有设备的功能优化,在核心技术创新与前沿技术应用方面滞后。这使得企业在面对新兴市场需求与高端产品竞争时缺乏技术优势,难以开拓高附加值业务。例如,在半导体材料检测等对气相色谱技术要求极高的新兴领域,国内化工企业因技术升级缓慢难以涉足并错失市场机遇,长期收益增长受限,与国外企业差距逐渐拉大。

②国外化工企业。国外化工企业积极投入气相色谱技术升级,与仪器厂商紧密合作,参与新技术研发,每年技术升级投入占气相色谱相关总投入的20%~30%。如安捷伦推出新的气相色谱技术后国外化工企业率先引入,通过技术创新拓展产品应用领域,开发高附加值新产品。在新能源电池电解液分析领域,凭借先进的气相色谱技术精准分析成分,助力企业抢占新兴市场,其长期收益显著,企业市场份额与利润逐年稳步增长。

5 提高国内外化工企业气相色谱应用水平的策略

5.1 加强技术研发与创新

①国内企业策略。建立“产学研”协同机制,联合中科院大连化物所等科研机构攻关色谱柱填料、检测器核心部件国产化技术,突破微板流控、甲烷转化加氢等关键技术的进口依赖^[5]。设立技术创新激励机制,鼓励企业内部研发团队针对石化、煤化工等本土优势领域,开发专用气相色谱分析方法,提升技术转化效率。

②国外企业策略。深化与安捷伦、赛默飞等仪器厂商的战略合作,参与气相色谱核心技术研发,推动电子气路控制(EPC)、全二维色谱等前沿技术的商业化应用^[6]。同时,设立专项研发基金,聚焦高灵敏度检测器和复杂样品前处理技术创新,拓展新能源和半导体等新兴领域的检测方案。

5.2 提升操作人员技能与培训

①构建标准化培训体系。国内企业可依托行业协会制定《气相色谱操作考核标准》,推行“理论+实操”双认证体系,重点强化中小企业操作人员的基础维护能力^[7]。国外企业可联合仪器厂商推出“GC认证工程师”培训项目,覆盖仪器原理、高级方法开发以及故障诊断等模块,定期组织跨国技术交流。②应用智能化培训工具。引入VR虚拟仿真系统,模拟气相色谱仪操作流程与故障场景,提升培训效率。建立企业内部知识库,整合安捷伦《GC方法开发指南》等资料,搭配典型案例视频,实现培训资源数字化共享。

5.3 优化选型设备与配置

①全场景需求匹配。国外企业优先配置安捷伦7890B+微板流控系统,搭配质谱联用技术,满足超痕量杂质检测需求^[8]。国内企业可采用“进口主机+国产前处理模块”组合方案,降低整体成本。推广珀金埃尔默Clarus580等预配置机型,实现炼厂气与聚合物单体等样品的即插即用分析,减少方法开发时间。

②智能化集成方案。部署LIMS与CDS的无缝对接,实现气相色谱数据自动采集、合规性校验,减少人为误差。针对连续生产场景,引入在线气相色谱仪,搭配实时数据看板,动态监控反应进程,优化工艺参数。

6 结语

综上所述,未来,国内化工行业应加快气相色谱技术的智能化升级和国产高端设备研发,通过提升分析精度、降低检测成本、强化数据应用来增强经济效益,同时顺应绿色化工趋势,将气相色谱技术与环保监测、节能减排深度结合,为行业高质量发展提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 张晨. 气相色谱技术在化工分析中的应用探究[J]. 化工管理, 2021(24):81-82.
- [2] 张晨. 气相色谱技术在化工分析中的应用[J]. 化工管理, 2021(23):89-90.
- [3] 鲁其敏. 浅谈化工分析技术的发展和运用[J]. 农家参谋, 2020(12):232.
- [4] 李佩颖. 气相色谱技术在化工分析中的应用进展[J]. 化工管理, 2019(22):51.
- [5] 黄显勇. 气相色谱技术在化工分析中的应用进展[J]. 化工设计通讯, 2019,45(04):91.
- [6] 杨月霞, 王传杰. 气相色谱技术在化工分析行业中的应用研究[J]. 化纤与纺织技术, 2023,52(04):54-56.
- [7] 丛新宇. 气相色谱技术在化工分析行业中的应用研究[J]. 广州化工, 2022,50(13):43-45.
- [8] 侯敏娜, 沙泥亚木·阿不都热依木. 化工气相色谱技术的研究与应用初探[J]. 化工管理, 2017(23):219.