

“双碳”目标下化工检验分析技术创新与市场前景分析

余卫昌（中海油惠州石化有限公司，广东 惠州 516086）

摘要：“双碳”目标的提出促进了化工行业向绿色低碳转型，而作为生产过程管控、碳排放核算和绿色产品认证的核心支撑，化工检验分析技术的创新方向和市场机遇备受瞩目。本文从“双碳”目标对化工检验分析的需求出发，探讨技术创新的三大维度——低碳化分析技术、智能化监测体系、全生命周期核算方法，进而剖析碳排放监测、新能源化工检测、绿色产品认证等领域的市场新机遇，并提出技术推广与产业融合的对策建议，为化工检验分析行业把握转型机遇、助力“双碳”目标实现提供理论与实践参考。

关键词：双碳；化工检验分析；技术创新；市场前景

中图分类号：TQ015.9

文献标识码：A

文章编号：1674-5167（2025）031-0004-03

Technological Innovation and Market Prospects of Chemical Testing and Analysis under the “Dual Carbon” Goals

Yu Weichang (CNOOC Huizhou Petrochemical Co., Ltd., Huizhou Guangdong 516086, China)

Abstract: The proposal of the “Dual Carbon” goals has accelerated the green and low-carbon transformation of the chemical industry. As a core support for production process control, carbon emission accounting, and green product certification, the innovation directions and market opportunities in chemical testing and analysis technologies have attracted significant attention. Starting from the demand for chemical testing and analysis driven by the “Dual Carbon” goals, this paper explores three dimensions of technological innovation—low-carbon analytical technologies, intelligent monitoring systems, and full lifecycle accounting methods. It further analyzes emerging market opportunities in carbon emission monitoring, new energy chemical testing, and green product certification, while proposing strategies for technology promotion and industrial integration. This provides theoretical and practical references for the chemical testing and analysis industry to seize transformational opportunities and contribute to achieving the “Dual Carbon” goals.

Keywords: Dual Carbon; Chemical Testing and Analysis; Technological Innovation; Market Prospects

“碳达峰、碳中和”目标的提出，围绕能源结构优化、工艺升级、产品创新、碳排放管控等全链条变革，使化工行业从高排放模式向绿色低碳模式转型。作为“过程控制的眼睛”和“质量把关的标尺”，化工检验分析技术在此次转型中扮演着关键的角色，不仅要满足传统生产中对能耗和排放的精准监测需求，还要为新能源、生物基材料等绿色产业的质量管控提供可靠的数据支持，还要为碳排放核算、碳足迹认证提供可靠数据，在新能源在这样的背景下，化工检验分析技术的创新方向和市场空间被重新定义，对于促进行业自身升级，助力化工全产业链低碳转型，研究其技术突破点和市场机会意义重大。

1 “双碳”目标对化工检验分析的核心需求

1.1 碳排放数据的精准性需求

企业碳排放核算需要对能耗、工艺排放、废弃物处理等全流程环节进行全面覆盖，这就需要具备多维度精确测定检验分析技术的能力，在烟气监测中，不仅要实现 CO₂、CH₄ 等主要温室气体浓度的精确测定，精度需达到 PPM 甚至 PPB 级，还要同步监测 N₂O、SF₄ 等微量强效温室气体。同时，要实现数据实时在线采集和传输，避免人工造成的滞后和误差，这些精

确的数据将直接用于企业碳配额的申请、使用和清缴管理，也是环保部门对企业减排措施执行效果进行评估和区域减排政策制定、确保碳排放核算结果具有公信力和权威性的重要依据^[1]。

1.2 绿色生产过程的可控性需求

化工生产需通过工艺优化持续降低单位产品能耗与碳排放，检验分析技术在此过程中承担着“过程眼睛”的角色，以合成氨、甲醇等典型高耗能装置为例，其原料转化率、物耗能耗指标以及工艺尾气中排放的 CO₂、H₂S 等污染物与温室气体的浓度，都需要在反应过程中进行实时监测。

通过对这些数据的动态分析，实现对生产过程的精细化管控，如优化反应温度、压力、催化剂用量等，能够及时提供工艺参数调整的数据支持，对于循环经济项目中的废弃物资源化环节，检验分析技术还需要对再生资源的纯度、杂质含量等进行监测，以保证资源循环利用的效率和安全性，促进生产工艺向低碳化、高效化转变。

1.3 低碳产品的认证性需求

市场推广和国际贸易的生物基化学品、可降解材料能源材料等绿色产品，依靠的是低碳属性的权威认

证, 检验分析技术需要对产品进行全生命周期指标考核, 依据国际国内相关标准进行。在碳足迹核算上, 从原料开采、生产加工、运输仓储到产品废弃处置等各个环节, 都需要覆盖碳排放的全链条; 在产品性能上, 要求对新能源材料的降解程度、储能效率和稳定性等方面进行检测; 在环境安全方面, 产品在使用和降解过程中对环境介质的影响, 如土壤、水体等都需要进行评估, 帮助企业提升产品竞争力, 满足绿色贸易壁垒下的市场准入要求, 这些检测结果将作为产品获得绿色认证, 进入国内外绿色市场的关键依据^[2]。

2 “双碳”驱动下化工检验分析技术的创新方向

2.1 降低自身环境负荷

传统化工检验分析依赖有机溶剂、化学试剂、高能耗仪器等, 比如气相色谱仪和原子吸收光谱仪, 这些方法具有高碳属性, 双碳目标推动分析技术向低碳化转型, 用超临界 CO₂、离子液体替代有机溶剂, 减少挥发性有机物排放, 用生物酶试剂替代化学催化剂, 降低试剂制备能耗, 减少污染, 无需化学试剂, 通过物质分子振动的特征光谱实现快速定性定量分析, 适用于在线监测, 如聚合物生产中单体转化率的实时分析, 分析过程能耗降低 60% 以上, 同时, 开发小型化、低功耗仪器, 采用芯片集成技术, 减少仪器体积, 降低能耗, 采用光伏供电的野外监测设备, 适应工业园区、油田等场景的碳排放监测需求。

2.2 提升碳排放与能耗管控效率

“双碳”目标要求对化工生产全过程的碳排放和能耗进行动态控制, 推动检验分析技术升级为“在线化、智能化、集成化”, 将原位传感器安装到锅炉、反应器等关键设备上, 对烟气成分、反应温度等数据进行实时采集, 并通过 5G、IoT 传输到中央控制系统, 实现实时预警碳排放和能耗。通过深度学习模型分析混合气体的红外光谱, 实现多组分同时定量, 解决传统方法中的组分干扰问题, 根据历史数据训练预测提前预测碳排放超标风险, 辅助企业制定减排策略等, 利用机器学习算法处理复杂光谱、色谱数据, 构建一体化监控平台, 将生产数据进行整合, 实现单位产品碳排放自动核算, 为企业碳足迹管理提供“一站式”数据服务, 构建“能耗-排放-产品”关联分析平台。

2.3 支撑绿色产品认证

“双碳”目标下, 产品碳足迹成为市场竞争的核心指标, 通过同位素标记法追踪碳来源, 利用气相色谱-同位素比值质谱精确测定碳同位素丰度, 推动检验分析技术向全生命周期核算延伸, 建立从原料获取-生产-运输、生物基含量和碳减排量量化的碳足迹核算方法。针对可降解塑料、生物基化学品等绿色产

品, 结合高效液相色谱分析和降解中间产物, 开发利用呼吸计量法测定材料在堆肥条件下 CO₂ 释放量、科学评价其环境相容性等标准化降解试验方法, 为解决传统 LCA 核算中数据碎片化、可信度不高的问题, 通过区块链技术整合原料供应商碳排放数据、物流企业运输能耗数据等上下游企业检验数据, 为产品绿色认证提供透明化依据, 构建不可篡改的碳足迹数据库^[3]。

3 化工检验分析技术创新带来的市场前景分析

3.1 市场规模与增长趋势预测

作为近年来化工检验分析领域的核心细分板块, 在线监测市场呈现出不断放量的态势, 在线监测系统部署率明显提高, 得益于环保法规对污染物排放实时监控要求的提高, 也得益于化工企业在生产过程中对能耗、物耗等实时控制的需求增加, 从市场规模来看, 国内化工行业在线监测市场规模 2023 年已超过 100 亿元, 未来 5 年有望保持 15%-20% 的年均增速。

这种增长主要来自两个方面: 一方面, 现有化工企业为满足最新排放标准和碳核算要求, 需要升级改造老旧监控设备; 另一方面, 要形成增量需求, 新建化工项目必须有完善的在线监控系统相配套, 其中, 在线监测设备和系统集成服务中, 碳排放因子、VOCs、温室气体等关键指标占比最高, 成为市场增长的核心驱动力。

便携式检测仪市场的应用场景在化工检验分析领域不断扩大, 这得益于其灵活性和便捷性, 便携式检测仪更适用于中小型企业现场快速检测、应急监测成本监测需求, 而非在线监测系统, 随着技术的进步, 便携式检测仪的精度和稳定性不断提高, 检测参数也从传统的有毒有害气体延伸到碳排放、新能源介质等领域, 目前, 便携式检测仪的精度和稳定性正在不断延伸, 2023 年国内便携式检测仪市场规模约为 30-40 亿元, 预计未来 5 年年均增速将达到 12%-18%。增长动力主要来自于移动执法、政府监管部门对化工企业的检查需求和科研院所的实地调研需求, 特别是快速检测碳排放现场的便携式设备需求在“双碳”目标的驱动下显著增长, 成为这一细分领域的新亮点^[4]。

与“双碳”目标一同崛起的新兴市场碳核算服务市场, 近几年呈现出爆炸式增长, 碳核算服务是化工企业实现碳管理的基础, 涵盖了企业碳排放盘查、碳足迹认证、碳减排方案设计等多个环节, 化工企业碳核算服务需求剧增, 全国碳市场扩容, 地方碳达峰政策落地, 2023 年国内碳核算服务市场规模约为 50-60 亿元, 未来 5 年年均增速有望超过 25%。这一市场的增长既有化工行业的拉动的因素, 也有其他高耗能行业的因素, 还有第三方碳核查机构专业化程度的提高

和服务范围的扩大,都对市场规模的扩大起到了一定的支撑作用。

3.2 市场驱动因素与制约因素分析

政策强力驱动是市场发展的核心优势,国家层面自提出“双碳”目标、环保法规持续趋严、污染物排放限值和化工企业监测要求不断提高等一系列顶层设计文件后,明确要求加强重点领域碳排放监测管理,使企业加大检验监测设备投入,同时,地方出台了化工企业检验分析技术改造补贴奖励的扶持政策,使得市场需求进一步活跃。

此外,分析检验技术应用可以为企业带来显著效益,帮助碳配额的合理规划,避免碳交易的损耗甚至获得额外的收益,也可以避免惩罚,增强环保达标企业的市场竞争力。

技术门槛高是制约市场发展的关键内在劣势,化工检验分析创新技术涉及材料科学、精密仪器制造、软件算法等多学科领域,研发周期长、投入大,对专业人才的需求旺盛,既需要掌握检验分析技术的专业工程师,又需要熟悉碳核算、环保法规的复合型人才,而且目前国内相关专业人才稀缺,技术研发和市场推广受到严重制约,因此,化工检验分析创新技术的研发周期较高的前期投入成本降低了部分中小企业的部署意愿,而资金实力较弱的中小企业在长期节能降本的同时,面临一次性较大的投入压力,而一套完整的在线监控系统或高端检验分析仪器投入金额较高,短期投入回报周期较长,导致部分企业持观望态度,影响市场整体扩张速度。

化工行业转型带来的刚性需求为市场提供了广阔机遇,化工企业作为高能耗、高排放行业,在“双碳”目标下面临巨大转型压力,传统化工企业为满足环保和碳管理要求,需要对现有检验监测设备进行升级改造,形成巨大的市场存量需求。与此同时,新兴化工领域的发展创造了增量需求,生物化工能源化工等领域的崛起带来了新的检验分析场景,而CCUS等新兴领域的商业化推广则更加需要配套的检验分析技术来监控碳捕集、封存安全性等,从而为市场注入了新的增长点^[5]。

3.3 产业链与竞争格局分析

化工检验分析创新技术市场产业链分上游、中游、下游三环节,协同联动促发展。上游有仪器制造商、传感器供应商、软件开发商:前者生产色谱仪等核心硬件,国内中低端有竞争力,中高端待追赶;传感器供应商提供气体、光学等传感器,中低端国产化突破,高端依赖进口;软件开发商提供数据及碳核算软件,软件价值占比提升,国内涌现相关企业。中游含系统

集成商、第三方检测服务机构、环保解决方案提供商:集成商整合软硬件提供定制系统,方案商提供一体化服务,竞争力强。下游应用于化工企业、政府监管机构、科研院所:企业需求刚性,机构推动监测需求,院所需高端仪器。

3.4 投资热点与潜在增长点

化工检验分析创新技术市场在“双碳”目标和产业升级的推动下,呈现出技术含量高、需求大、前景广的多类投资热点和增长点,核心热点是碳排放在线监测系统的整合和服务,碳市场扩张与监管加强推升企业需求,CEMS系统具有高精度监控、数据溯源等功能,且运维服务因设备需要定期维护而成为刚需,未来占比将有所提升,因此更受青睐,重要增长点在于产业互联网和检验数据平台的发展。在化工企业智能化转型中,检验数据价值凸显,相关法规完善后市场规模将扩大,该平台可实现数据采集、分析等,助力生产优化和行业低碳发展,此外,第三方碳足迹认证服务大有可为,碳市场的成熟和企业碳管理意识的增强使其成为必要的需求。

4 结论

“双碳”目标带来的不仅是创新动力的化验分析技术,更是前景无限的绿色检测市场,技术创新方向与市场需求高度契合,从低碳分析技术的自我革新,到智能监控系统的全流程管控,再到全生命周期核算方法的产业链延伸,化工检验分析行业要为实现“双碳”目标提供坚实的技术支撑和市场保障,需要抓住这一机遇,实现自身跨越式发展,最终形成“技术创新—市场拓展—低碳转型”的良性循环。

参考文献:

- [1] 杨思琪,焦娟娟,李晓红. 检验分析技术在石油化工检测中的运用思考[J]. 中国轮胎资源综合利用,2025(07):169-171.
- [2] 冯开心. 石油化工检测中检验分析技术的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量,2024(19):31-33.
- [3] 王欢欢,孙岩,黄福凯. 石油化工分析检验的质量管理与优化[J]. 清洗世界,2024(07):175-177.
- [4] 于国政. 检验分析技术在石油化工检测中的运用探析[J]. 中国石油和化工标准与质量,2023(11):58-60.
- [5] 韩爱春,葛丽君. 化工产品检验检测中的新技术应用及其影响分析[J]. 中国质量监管,2024(04): 178-179.

作者简介:

余卫昌(1987-),男,汉族,广东惠州人,本科,工程师,研究方向:化验分析与检验。