

化工贸易中环保型农药检测技术及成本控制路径

陈美珍 刘曼^[通讯作者] (广西化工研究院有限公司 资产经营部, 广西 南宁 530000)

摘要: 化工贸易中环保型农药检测技术的优化与成本管控是行业绿色转型的重要支撑。环保型农药作为化工贸易的主流品类, 其质量合规性直接关系到贸易准入、食品安全与环境安全。但在实际贸易场景中, 环保型农药检测面临技术适配性不足、检测成本偏高、流程管控不规范等问题, 制约了化工贸易企业的合规效率与经济效益。本文从主流检测技术与成本对比及全流程成本控制路径等方面进行论述, 为化工贸易企业优化检测方案、降低管控成本、提升贸易合规竞争力提供参考和借鉴。

关键词: 化工贸易; 环保型农药; 检测技术; 成本控制; 合规管理

中图分类号: F416.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 008-0028-03

Environmental-friendly pesticide detection technology and cost control approach in chemical trade

Chen Mei zhen, Liu Man^[Corresponding Author]

(Guangxi Research Institute of Chemical Industry Co.,Ltd. Nanning Guangxi 530000, China)

Abstract: The optimization of environmental-friendly pesticide detection technology and cost control in the chemical trade are crucial supports for the green transformation of the industry. Environmental-friendly pesticides, as the mainstream category in chemical trade, their quality compliance directly affects trade access, food safety, and environmental safety. However, in actual trade scenarios, environmental-friendly pesticide detection faces issues such as insufficient technical compatibility, high detection costs, and non-standard process control, which have restricted the compliance efficiency and economic benefits of chemical trade enterprises. This paper discusses aspects such as the comparison of mainstream detection technologies and costs, and the entire process cost control path, providing references and lessons for chemical trade enterprises to optimize detection plans, reduce control costs, and enhance trade compliance competitiveness.

Key words: Chemical trade; Environmentally friendly pesticides; Detection technology; Cost control; Compliance management

近年来, 环保型农药凭借低毒、易降解的核心优势, 在化工贸易中的占比稳步提升, 已然成为驱动行业绿色转型的核心品类。

环保型农药的质量合规性直接决定其跨境贸易准入资格, 更深刻关联食品安全与生态环境可持续发展, 而检测作为质量管控的关键环节, 其技术选型的适配度与成本控制的科学性, 直接影响化工贸易企业的运营效率与合规风险防控成效。

当前, 化工贸易企业在环保型农药检测过程中, 面临检测技术与贸易场景不匹配、检测成本居高不下、流程管控不规范等问题, 部分企业因检测技术选择失误导致清关延误、合规风险加剧, 或因成本管控缺失压缩利润空间, 制约了企业贸易效率与综合竞争力提升。

因此, 对化工贸易中环保型农药检测技术进行优化选型并实施精准成本控制, 不仅可以确保检测工作高效合规开展, 还能降低企业因检测环节问题带来的经济损失, 对降低企业运营成本、提高经济效益、提升企业在绿色贸易市场中的综合竞争力具有重要作用。

1 环保型农药检测技术及成本对比

1.1 环保型农药检测技术

1.1.1 传统色谱检测技术

环保型农药传统色谱检测技术主要依托色谱分离原理, 实现农药成分的精准定量分析, 是目前化工贸易中应用最成熟的检测技术, 常见的包括气相色谱法 (GC)、液相色谱法 (HPLC)。气相色谱法通过载气携带样品组分流经色谱柱, 利用不同组分与固定相、流动相的作用力差异实现分离, 再通过检测器转化为信号定量, 适用于沸点低、挥发性强的环保型农药有效成分含量、残留量检测, 具有分离效率高、检测精度高的优势, 但对高沸点、热稳定性差的农药组分适用性有限, 且检测周期较长。

1.1.2 快速筛查检测技术

环保型农药快速筛查检测技术以快速识别目标组分、缩短检测周期为核心目标, 主要适用于化工贸易清关、仓储抽检等对时效要求较高的场景, 常见的有免疫层析法、拉曼光谱法。免疫层析法基于抗原抗体特异性结合原理, 将农药抗体固定于试纸条上, 样品中目标农药与抗体结合后形成可见信号, 可在 10-

20min 内完成初步筛查, 操作简便、无需复杂设备, 适合现场快速检测, 能有效识别农药残留是否超标, 但仅能实现定性或半定量分析, 精准度有限, 无法满足高精度检测需求。

1.1.3 新型联用检测技术

环保型农药新型联用检测技术结合两种及以上检测技术的优势, 实现精准度与检测效率的双重提升, 是化工贸易高精度检测场景的核心技术, 典型代表为液相色谱-质谱联用法 (LC-MS/MS)、气相色谱-质谱联用法 (GC-MS/MS)。液相色谱-质谱联用法先通过液相色谱完成样品组分分离, 再通过质谱检测器对分离后的组分进行定性定量分析, 兼具液相色谱的高分离能力与质谱的高灵敏度、高特异性, 可同时检测多种环保型农药及其代谢产物, 能有效应对复杂基质样品中的低浓度残留检测, 广泛应用于跨境贸易精准检验, 但技术门槛高、试剂耗材成本昂贵, 对实验室环境与人员专业能力要求极高。

1.1.4 生物传感检测技术

环保型农药生物传感检测技术基于生物识别元件与农药组分的特异性作用, 结合信号转换技术实现检测, 是近年来快速发展的新型检测技术, 常见的有酶生物传感器法、微生物传感器法。酶生物传感器法以酶为生物识别元件, 农药组分与酶发生特异性反应后导致酶活性变化, 通过信号转换器将活性变化转化为可检测信号, 检测速度快、特异性强, 能实现对目标农药的精准识别, 且检测成本相对较低, 适合中小型化工贸易企业使用, 但酶的稳定性较差, 易受检测环境温度、pH 值影响。

1.2 环保型农药检测技术成本对比

本文选取草甘膦水剂作为核心验证对象。草甘膦水剂作为全球用量最大、贸易流通广泛的环保型除草剂, 兼具水溶性、无挥发性等典型物理化学特性, 其贸易检测需同时满足国内 GB/T 20684-2017 标准与欧盟 EC 1107/2009、美国 EPA 等国际法规要求, 检测场景覆盖仓储抽检、跨境清关、出厂复核等全流程, 在检测技术适配性、成本构成复杂性上具有极强的行业代表性, 以 32% 滴酸·草甘膦水剂检测的标准数值见表 1。

表 1 32% 滴酸·草甘膦水剂检测的标准数值

序号	检测项目	标准值
1	草甘膦质量分数, %	30.0±1.5
2	以草甘膦铵盐计, %	33.0±1.65
3	2,4-滴质量分数, %	2.0±0.3
4	以 2,4-滴铵盐计, %	2.2±0.33
5	pH 值范围	4.0~8.5
6	水不溶物质量分数, %	0.5
7	稀释稳定性 (稀释 20 倍)	≦合格

不同检测技术的适配性及基础成本差异显著, 具体对比如下表 2 所示, 为后续成本控制提供技术选型依据。

表 2 草甘膦水剂不同检测技术适配性及基础成本对比表

检测技术类型	核心适配场景	检测精度/回收率	单次检测周期	单位检测成本 (元/样)	贸易合规性	核心优劣势
传统色谱	批量出厂检验、常规复核	精准定量 /85%-105%	6h	96	符合 GB/T、欧盟标准	优势: 应用成熟、结果稳定; 劣势: 成本高、周期长
酶生物传感器法	仓储抽检、跨境清关初筛	半定量 /82%-95%	35min	45	符合初筛要求, 需复核	优势: 高效低成本、操作简便; 劣势: 稳定性受环境影响
LC-MS/MS (新型联用检测技术)	跨境出口精准验证、争议复检	高精度定量 /90%-102%	4h	480	全球贸易通用认可	优势: 抗干扰强、合规性最优; 劣势: 成本极高、技术门槛高
拉曼光谱法	现场快速筛查、应急抽检	定性筛查 /75%-88%	10min	90	仅适用于初筛, 不可单独通关	优势: 无损快速、无需预处理; 劣势: 精度不足、基质干扰大

由表 2 可知, 草甘膦水剂贸易检测的四类主流技术在适配场景、成本、精度及合规性上呈现显著差异化特征, 需结合贸易需求精准选型。从适配性来看, HPLC 作为传统色谱技术, 因应用成熟、结果稳定且符合国内外核心标准, 是批量出厂检验、常规复核的主流选择, 但存在单位检测成本偏高、检测周期较长的劣势; 酶生物传感器法以高效低成本为核心优势, 适配仓储抽检、跨境清关初筛等时效敏感场景, 虽仅能实现半定量检测需后续复核, 且稳定性受环境影响, 但性价比突出; LC-MS/MS 联用技术凭借高精度定量、抗干扰强及全球贸易通用认可的优势, 是跨境出口精准验证、争议复检的核心技术, 但其成本极高、技术门槛高, 仅适用于高要求精准场景; 拉曼光谱法无需样品预处理、可实现 10min 内无损快速筛查, 适配现场应急抽检场景, 成本与 HPLC 接近, 但精度不足、易受基质干扰, 仅能作为初筛手段不可单独用于通关。

2 化工贸易中环保型农药检测技术成本控制路径

2.1 环保型农药检测技术成本构成

以长三角某中型草甘膦水剂贸易企业, 年出口 1.2

表3 草甘膦水剂检测全流程成本构成表

成本类型	具体构成项目	年成本金额 (万元)	占总检测成本比例	成本特性
固定成本	HPLC 设备折旧与年度维护	12.0	27.5%	年度固定支出, 与检测批次关联度低
	实验室场地租赁、检测人员固定薪酬	6.0	13.7%	需匹配检测规模, 弹性空间小
变动成本	专用试剂耗材	11.5	26.3%	与检测样本量正相关, 优化空间大
	样品前处理、运输及封装费	6.4	14.5%	可通过流程优化降低单位成本
	跨境合规复检、标准认证费	4.5	10.2%	受贸易目的地标准差异影响大
	临时人员薪酬、检测误差损耗费	3.4	7.8%	可通过标准化管理减少损耗
合计	43.8	100%	年单位检测成本 91.25 元/样	

万 t, 年检测批次 240 批, 单批 500 样为样本, 拆解检测全流程成本构成, 明确成本管控核心环节, 具体数据见表 3。

2.2 环保型农药检测技术成本路径控制

2.2.1 采购与供应链协同优化

专用试剂耗材占总检测成本比例较高。因此企业要与检测试剂、耗材及设备供应商建立长期稳定的合作关系, 通过签订 3-5 年长期合同争取更有利的采购价格, 同时在合同中明确耗材质量标准与设备售后条款, 实现对检测原材料、设备质量的有效保证, 减少因耗材不合格、设备故障导致的复检及损耗成本。通过采用集中采购与批量采购相结合的方式, 联合行业中小型贸易企业组建采购联盟开展集中采购, 增加谈判筹码。加强对耗材入库前的质量抽检, 严格把控纯度、有效期等核心指标, 有助于减少检测过程中的误差率与废品率, 提高检测效率。

2.2.2 检测全流程运维优化

企业通过实施高质量的检测能耗监测分析, 对环保型农药检测过程中的仪器运行、试剂消耗、水电能耗等数据进行实时统计分析, 找到存在能耗浪费、耗材过量损耗的环节, 及时采取针对性优化措施。一方面, 根据试剂、耗材的市场价格波动情况, 合理规划采购与储备周期, 在价格低位时批量储备稳定性强的耗材, 优化采购调度, 实现变动成本控制的最优化。另一方面, 加强检测耗材库存管理, 精准核算耗材需求量, 提高耗材利用率, 对过期试剂、废弃耗材进行合规回收处理, 减少库存积压与原材料浪费情况, 从而实现对耗材成本的有效控制。

2.2.3 技术迭代与长效管控融合

企业结合环保型农药溶性特性, 联合科研机构研发低成本、高稳定性的检测试剂替代品, 在保证检测回收率 82%-95% 达标的前提下, 进一步降低试剂成本。通过引入数字化检测辅助系统, 实现检测数据自动采集、分析与审核, 减少人工核算误差, 提升检测流程效率。建立成本动态管控机制, 定期开展检测成

本复盘, 对比分析采购、运维、技术优化等环节的成本变化, 通过贸易场景调整管控策略, 及时优化合规检测流程, 避免无效成本增加。

3 结语

化工贸易中环保型农药检测的经济性分析核心围绕技术适配、成本构成、合规风险等维度展开, 其核心目标是在满足国内外检测标准的前提下, 实现检测成本最小化与贸易效率最大化, 因此对检测环节开展经济性分析并制定管控策略具有重要意义。本文以草甘膦水剂为验证对象, 从采购供应链、全流程运维、技术迭代三个维度, 探究适配化工贸易场景的检测成本控制路径, 通过供应商协同、采购优化、运维管控、技术升级的多维度发力, 有效降低固定成本与变动成本, 提升检测合规率与效率。该策略可为化工贸易企业提供实操参考, 助力企业在绿色贸易转型中控制成本、提升竞争力, 为行业长远发展奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 王新苗. 蔬菜病虫害防治中农药合理使用与残留控制技术 [J]. 世界热带农业信息, 2026(01):142-144.
- [2] 吴春先, 何颖, 王毓, 等. 四川省农药产业现状及高质量发展建议 [J]. 农药科学与管理, 2026, 47(01):15-19.
- [3] 李世充, 谭蟒, 佟丽, 等. 食品农药残留检测中高效液相色谱-质谱联用结合技术应用 [J]. 品牌与标准化, 2026(01):203-205.
- [4] 文彩月. 生态需要促进产业绿色高质量发展的理论逻辑与实践路径 [J]. 中国集体经济, 2025(34):30-33.
- [5] 张文, 闫君, 陈婷, 等. 离子色谱法同时测定饮用水中强极性农药草甘膦、草铵膦、烯啶虫胺和调节膦 [J]. 分析实验室, 2021, 40(03):307-311.

作者简介:

陈美珍 (1985.12-), 女, 汉族, 广西桂平人, 本科, 工程师, 研究方向: 质量检测。

通讯作者:

刘曼 (1985.11-), 女, 汉族, 山东德州人, 本科, 中级注册安全工程师, 研究方向: 质量检测。