

化工检验误差导致的质量损失与经济性风险管控

余卫昌 (中海油惠州石化有限公司, 广东 惠州 516086)

摘要: 化工检验作为整个生产过程质量控制的重要环节, 产品质量稳定性与企业经济效益有直接的联系。本文通过分析化工检验误差的类型及成因, 系统梳理误差引发的显性与隐性质量损失, 量化评估其对生产成本、市场声誉及供应链的经济性风险, 并从技术改进、流程优化、管理强化等方面提出风险管控策略。从而为化工企业构建科学的检验误差防控体系提供理论支持, 助力企业平衡质量管控与经济收益, 实现可持续发展。

关键词: 化工检验误差; 质量损失; 经济性风险

中图分类号: TQ016.5 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 033-0067-03

Quality loss caused by chemical inspection error and economic risk control

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

Abstract: As a critical component of quality control throughout production processes, chemical inspection directly impacts product stability and corporate profitability. This study systematically analyzes types and causes of inspection errors, identifies both visible and hidden quality losses, and quantifies their economic risks to production costs, market reputation, and supply chain efficiency. The paper proposes risk management strategies through technological upgrades, process optimization, and enhanced management practices. These findings provide theoretical support for chemical enterprises to establish scientific inspection error prevention systems, enabling them to balance quality control with economic benefits for sustainable development.

Keywords: chemical inspection errors; quality loss; economic risk

化工行业具有复杂的生产流程、多样的原料和产品特性、严苛的质量标准等特点, 作为“质量守门人”的检验环节, 其结果的精确性直接决定着产品是否符合生产要求、安全标准和客户的需求, 但是由于仪器精度、操作规范、环境干扰等因素, 在检验过程中, 很难完全避免误差的产生。微小的检验误差导致“合格误判为不合格”或“不合格误判为合格”, 前者造成资源浪费, 后者引发质量事故, 二者均会转化为显著的质量损失与经济性风险, 化工企业对检验误差的风险认知在近年来随着市场竞争的加剧和监管要求的提高而逐渐加深, 但其影响如何量化, 系统性管控体系如何构建, 仍需深入研究。

1 化工检验误差的类型

1.1 按误差性质分类

①系统误差。因为检验过程中固定且可重复的因素引发, 具有重复性、单向性和可测性特点, 这类误差通常是由于通过针对性的技术手段可以修正的仪器校准偏差、方法理论上的缺陷或环境状况的恒定干扰而产生的, 它的数值大小和方向在多次测量中保持相对稳定, 需要通过校准仪器、改进方法或控制环境等方法来消除。②随机误差。在操作过程中难以控制的偶然因素造成无规律的正态分布特征, 它的误差数值时小, 方向时正时负, 不是单测就能预测出来的, 但它对检验结果的影响可以通过增加平行实验次数和取平均值的方法来减小, 随机误差是通过优化测量条件,

使其波动范围缩小而不能完全消除的检验过程中客观存在的固有误差。③过失误差。由于人为操作失误或违反规则造成的错误非客观错误, 是可以避免的, 这类误差往往偏离正常范围较大, 有可能造成严重的质量误判或安全隐患需通过加强人员管理、规范作业流程等措施严格杜绝。

1.2 按影响范围分类

①局部误差。局部误差对总体质量判断的影响范围有限, 一般只影响个别检查项目或某一具体环节的误差, 如某一批次试剂在不影响其他检验项目结果的情况下, 因纯度不足而出现的单项指标检测偏差, 可通过更换试剂的方式予以解决^[1]。②系统性误差。系统性误差是一种贯穿多个检验环节或覆盖整个检验过程, 风险传导范围广, 可能导致多批次产品质量误判, 例如, 这类误差通常与实验室没有建立统一的仪器校准系统等实验室的整体管理、仪器设备状况或通用检验方法有关, 造成多台设备同时出现偏差, 进而对使用这些设备的所有检验项目造成影响。

2 化工检验误差的成因解析

2.1 人为因素

人为因素主要体现有操作技巧、责任心和疲劳度三方面, 是导致检验误差的核心变量之一, 缺乏操作技能会直接影响检验过程的规范性, 如检验人员对新型分析仪器的操作流程不熟悉, 会在样品采样、参数设置等环节出现偏差, 从而导致检验结果不准确, 如

果缺乏责任心，可能会造成资料记录潦草，样品标注错误，化繁为简的检查步骤等问题，造成误差率上升。另外，长时间连续作业所造成的疲劳度上升，会造成作业过程中偶然性的失误率上升，使人员的注意力和判断力下降，从而造成随机误差的引入。

2.2 设备因素

仪器设备的性能状态直接决定着检验数据的准确度，影响因素包括仪表精度、校准状态和稳定性等，仪器精度不足，会造成无法精确称量微量样品，低精度天平对后续浓度计算造成影响的固有偏差。校准状态是保证仪表准确度的关键，不按规定周期校准方法不规范的仪表，其系统偏差会不断产生，随着使用时间的推移，偏差数值会逐步扩大，色谱仪的基线漂移、光谱仪的光源强度波动等仪器的稳定性也会对测试结果产生影响，从而造成测量数据的起伏，引入随机误差。

2.3 方法因素

检验方法的科学性和适用性是控制误差的重要前提，主要涉及标准操作规程的合理性和检验方法的局限性，如果内容步骤不清晰或与实际检验场景不相符，就会导致人员操作不统一、误差增大，这是标准操作规程的检验操作依据^[2]。

2.4 样品因素

样品质量是检验结果的基础，质量受多种因素影响，取样代表性很重要，保存和制备也影响质量，取样代表性不足会影响检验结果，例如，只取表面样品，不均匀物料会误判组分含量，保存不当会改变样品品质。易挥发样品会损失组分，易氧化样品会发生反应，这些都会使结果偏离实际值，样品制备过程必须规范，如研磨不充分会影响结果，溶解不完全会有误差，稀释比例不准也会出错，这些会引入系统误差，也可能带来随机误差^[3]。

2.5 管理层面

管理层面如果出现漏洞，各因素影响会被放大，使误差控制失效，企业质量体系不完善，缺乏仪器校准计划，缺少人员培训机制、数据审核流程，误差难以及时发现、纠正，未建立仪器校准档案，校准周期混乱，未开展定期培训，操作技能停滞不前，各环节信息脱节，误差发现滞后，使不合格产品流入市场，质量风险影响扩大。

3 检验误差引发的质量损失与经济性风险研究

3.1 质量损失的表现

①显性损失。生产流程中，检验环节很重要，它是质量控制的关键节点，检验误差可能带来两种结果，一是漏检不合格品，这些产品流入市场，后续会引发

召回事件，企业要承担回收成本，还要支付运输费用，销毁产品也要花钱，客户退换货诉求需应对，二是误判合格品，合格品被当作废品，这导致原材料浪费，能源投入白费了，人工工时也浪费。在连续生产企业中，单次检验误差很严重，它会造成生产中断，需要重新调整参数，还要补充原料，这增加时间成本，资源损耗也变大，返工过程需要投入，人力物料都增加，修复后可能仍不合格，这会形成二次损失，成本负担更重，检验误差影响后续生产，不合格原料被使用，半成品进入下环节，这会打破工艺平衡，引发连锁反应。

②隐性损失。市场竞争日益激烈，企业的质量信誉是吸引客户、维持市场份额的核心要素，如果检验误差引发问题，客户信任度会降低，当前销售额受影响，市场形象损害难修复，品牌重塑需要时间，客户关系修复成本高，同时，检验误差导致数据失真，错误数据误导工艺优化，生产参数调整不当，产品质量下降，生产成本增加，技术积累出现偏差，核心竞争力被削弱，竞争劣势逐渐显现，生产成本间接增加，生存压力随之增大^[4]。

3.2 经济性风险的量化评估

①生产成本风险。生产成本风险来自检验误差，风险分为两部分，一是直接成本风险，二是隐性成本风险，直接损失包括产品报废，还有返工修复成本，损失占比通常为5%~15%，占比与工艺复杂度相关，也与产品价值相关，高价值产品报废损失大，单次损失可能达数十万，批量报废损失更严重，隐性成本风险更隐蔽，但影响范围更广，还有能源浪费，辅料消耗也会增加，检验误差使生产不稳定，设备运行状态不理想，磨损速度因此加快，设备寿命缩短，折旧成本提前支出，生产参数调整不正常，能源消耗因此上升，加工出不合格的原料，使催化剂消耗增加，溶剂用量也会增多，隐性成本占比2%~3%，按企业总产值计算，规模化生产基数大，微小占比也成巨款，企业利润受到挤压。

②市场与合规风险。产品质量的稳定性是企业维持客户群体的关键，如果检验误差导致产品质量频繁波动，由于产品质量不可靠，客户会转向竞争对手，从而造成市场占有率的损失，市场占有率的下降，不仅对企业的销量、利润造成直接影响，而且对企业在市场中的议价能力造成了削弱，盈利水平进一步下降，这是一大原因。在竞争激烈的行业中，市场份额的微小损失会引发连锁效应，导致企业市场地位下降，需要投入大量的营销资源和时间，并以高昂的成本重新夺回市场份额。随着质量监管标准在全球范围内日趋

严格, 各国和地区对产品质量的合规要求也在不断提高, 如果检验误差导致不合格产品流入市场, 违反相关行业标准和法规, 企业面临严厉的处罚, 还会引发媒体曝光和公众关注, 进一步加剧企业的信誉损失, 导致市场份额的进一步萎缩, 对企业的生存和发展可能造成致命的打击, 企业将面临严重的风险隐患。

③供应链风险。现代产业链分工日益细化, 上中下游企业之间联系紧密, 上游企业的产品质量直接影响着中游企业的生产流程, 而中游企业的产品质量又决定着下游企业的产品质量。如果上游企业因检验误差提供了不合格的原材料, 中游企业在不知情的情况下投产, 会导致中游企业的产品质量出现异常, 进而影响下游企业的生产进度和产品质量, 根据行业数据统计, 供应链中断成本平均可达单次检验误差事故直接损失的3-5倍, 供应链风险还会破坏企业与供应链合作伙伴之间的信任关系, 导致供应链合作稳定性下降, 增加企业的供应链管理难度和成本, 从而导致企业的供应链管理效率下降^[5]。

4 基于经济性分析的质量风险管控策略

4.1 提高风险识别与评估

建立覆盖经济分析全流程的潜在检验误差类型的系统化识别机制, 是质量风险管控的首要环节, 在运用失效模式和影响分析方法时, 需要明确各类检验误差的具体表现形式, 结合行业规范和企业实际运营数据制定评分确保评分结果的客观性和可比性, 然后通过风险优先级数=严重度×频度×检测度的计算公式, 对风险项目进行精确排序, 对关键风险点RPN值较高的进行优先处理。提升风险评估实用性的核心手段是将经济性分析深度融入失效模式和影响分析评估体系, 在评价“严重度”指标时, 不再局限于定性描述, 而是直接采用第一类错误成本定义的估值作为重要输入参数, 第二类错误成本定义在经济分析中, 为后续管控策略的资源投入决策提供量化依据, 避免仅凭经验判断导致的管控资源错配, 通过将质量风险与具体经济损失挂钩, 使风险评估结果更具直观的经济指导意义。

4.2 加强差异化管控策略

高价值、高风险产品要严格管控, 投资高精度检测设备, 减少人为干预, 推行100%全检模式, 确保质量零缺陷或引入六西格玛管理, 优化流程稳定性, 目标是降低第二类错误, 避免高额索赔, 防范品牌损失, 杜绝连锁经济风险, 大宗、低风险产品要兼顾效率与成本, 采用统计抽样检验。科学设定抽样方案, 在风险可控范围内降低检验量, 基于经济性分析模型优化抽样方案, 结合历史数据与成本参数, 计算不同

抽样比例下的总成本, 总成本包括检验成本与风险损失, 选择总成本最低的方案, 引入在线实时分析技术, 实现连续质量监测, 应用机器视觉系统, 提升外观检测精度与速度。借助大数据与AI, 建立预测性检验模型, 提前发现质量异常, 减少人为误差, 提升检验可靠性, 提高检验效率, 完善标准化作业程序, 明确检验操作规范, 加强检验人员培训, 定期考核专业技能, 建立绩效激励机制, 强化人员质量意识, 确保技术策略落地有效。

4.3 建立持续改进的经济反馈循环

完善质量成本会计体系, 明确核算范围与方法, 持续追踪四大类质量成本, 包括预防、鉴定、内部故障以及外部故障成本, 分析其构成与变化趋势, 形成常态化数据报告, 定期回顾经济性分析模型, 检查其适用性。利用实际数据更新模型, 调整成本参数, 更新风险概率, 确保模型反映实际情况, 重新评估管控策略, 验证其有效性, 动态调整管控措施, 淘汰低效手段, 优化资源投入, 匹配质量风险与经济目标, 提升管控水平, 提高企业经济效益。

5 结论

化工检验误差的管控是系统工程, 需要多维度协同发力, 涉及技术、流程和管理等, 通过量化误差引发的损失, 评估质量风险和经济性风险, 企业可明确管控优先级, 有针对性地采取各项措施, 升级仪器设备, 标准化操作流程, 激励人员积极性, 实现“降本”与“提质”的双重目标, 随着人工智能、大数据技术在检验领域的深度应用, 可构建“实时监测智能预警自动修正”的闭环管控体系, 进一步提升误差防控的精准性与效率, 为化工行业高质量发展提供坚实保障, 促进企业发展。

参考文献:

- [1] 徐营营, 卜伟庭, 张凯. 影响化工产品质量检验的因素分析及对策研究 [J]. 化工管理, 2025(22):12-15.
- [2] 赵丽丽. 化工分析与化工安全的影响分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024(09):13-15.
- [3] 李志浩, 吴莹. 石油化工分析检验质量控制方法 [J]. 化工管理, 2022(08):4-6.
- [4] 王艳. 提高化工分析检测质量的措施 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024(14):62-64.
- [5] 陈冬. 化工分析常见的问题及优化策略 [J]. 化工设计通讯, 2022(08):79-81.

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。