

建材中有害物质化学检测技术的比较与精准性提升策略研究

康嘉宝

创信（广东）检测技术有限公司，广东 佛山 528300

DOI:10.61369/ME.2025120031

摘 要： 建材中常见有害物质如甲醛、VOC和重金属等危害人体健康与环境安全，其检测在精度、灵敏度和时效性上要求严格。当前检测技术有不足，正朝更精准、灵敏、高效发展。介绍了色谱、光谱等检测方法及其适用范围，阐述提升检测精准性的多种策略，强调应依建材与有害物质特性选技术，展望智能化实验室管理系统应用。

关 键 词： 建材有害物质；化学检测技术；精准性提升

Comparison of Chemical Detection Technologies for Hazardous Substances in Building Materials and Research on Accuracy Improvement Strategy

Kang Jiabao

Changxin (Guangdong) Inspection Technology Co., Ltd., Foshan, Guangdong 528300

Abstract： Common harmful substances in building materials, such as formaldehyde, VOC and heavy metals, endanger human health and environmental safety, and their detection requires strict accuracy, sensitivity and timeliness. The current detection technology has shortcomings and is developing towards more accurate, sensitive and efficient. This paper introduces the detection methods such as chromatography and spectrum and their application scope, expounds various strategies to improve the detection accuracy, emphasizes that the technology should be selected according to the characteristics of building materials and hazardous substances, and prospects the application of intelligent laboratory management system.

Keywords： harmful substances in building materials; chemical detection technology; accuracy improvement

引言

随着人们对建材质量与安全关注度的不断提升，建材中有害物质检测的精准性愈发关键。2022年颁布的《绿色建材产品认证及标识管理办法》，旨在推动建材行业绿色发展，对有害物质检测提出了更高要求。建材中常见有害物质众多，检测技术虽有发展但仍存不足。当前需综合考虑检测技术的特点、仪器校准维护、样品预处理等多方面因素，构建精准性提升策略体系。这不仅关乎建材质量安全，更是顺应政策导向，促进建材行业健康发展的必然需求。

一、建材中有害物质概述及检测需求

（一）常见有害物质种类与危害

建材中的常见有害物质包括甲醛、VOC（挥发性有机化合物）和重金属等。甲醛是一种无色有刺激性气味的气体，具有较高的化学活性，易与生物体内的蛋白质发生反应。长期接触甲醛，会刺激呼吸道，引发咳嗽、气喘等症状，更严重的是，它已被明确为致癌物质，可能诱发鼻咽癌、白血病等^[1]。VOC涵盖多种有机化合物，如苯、甲苯等，它们具有较强的挥发性。VOC不仅会导致室内空气质量下降，引发头晕、恶心等不适，还会在光照下与氮氧化物发生反应，形成光化学烟雾，危害环境安全。重

金属如铅、汞、镉等，在建材中以不同化学形态存在。一旦进入人体，会在体内蓄积，损害神经系统、免疫系统和生殖系统，对儿童和孕妇的危害尤为严重，同时也会对土壤、水体等环境造成长期污染。

（二）检测需求与发展现状

建材中有害物质检测在精度、灵敏度和检测时效性方面有着严格要求。精度上，需精确测量有害物质的含量，微小偏差可能导致对建材安全性评估失误，影响其在建筑工程中的应用。灵敏度要求能够精准识别极微量的有害物质，因为即使痕量的某些有害物质，长期接触也可能危害人体健康。检测时效性方面，建材生产和工程建设节奏快，要求检测技术能快速给出结果，满足项

目进度需求^[2]。

从发展现状看，当前部分检测技术虽能满足一定要求，但仍存在不足。一些传统技术在精度和灵敏度上难以达到更高标准，而新兴技术虽在性能上有提升，但可能存在成本高、操作复杂等问题，限制了大规模应用。整体而言，建材中有害物质检测技术正朝着更精准、灵敏且高效的方向发展，以适应建材行业不断提高的质量与安全要求。

二、化学检测技术对比分析

（一）主流检测方法原理比较

在建材有害物质化学检测中，色谱法利用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检测，可有效分离复杂混合物中的成分^[3]。光谱法依据物质对不同波长光的吸收、发射等特性进行检测，例如原子吸收光谱能精准测定建材中特定金属元素含量。质谱法通过将样品离子化，按质荷比分离并检测离子，可提供物质的分子量及结构信息，对痕量有害物质的定性定量分析具有高灵敏度。电化学法则是根据物质在溶液中的电化学性质变化来测定，操作相对简便。这些方法原理不同，色谱法擅长分离复杂成分，光谱法侧重元素检测，质谱法灵敏度高用于痕量分析，电化学法操作便捷，各自的检测限与适用范围也因此存在差异，在建材检测中需依据实际需求合理选择。

（二）典型应用场景精准度测评

在建材中有害物质检测的典型应用场景精准度测评方面，以 VOC 检测案例和重金属含量检测实验为依托建立误差比对矩阵。在 VOC 检测时，不同化学检测技术的精准度差异显著。气相色谱-质谱联用技术凭借其高分离度和灵敏度，对低浓度 VOC 检测误差较小；而一些传统化学比色法在面对复杂建材成分时，易受干扰，精准度下降，误差增大。在重金属含量检测实验中，原子吸收光谱法能准确测定多种重金属元素，但对某些痕量元素检测，电感耦合等离子体质谱技术更为精准，误差更小。通过误差比对矩阵^[4]，可直观呈现不同技术在不同场景下的精准度差异，为实际检测工作中技术的合理选择提供科学依据，有助于提升建材有害物质检测的整体精准度。

三、检测精准性影响因素研究

（一）实验室内部因素分析

1. 仪器校准与维护制度

仪器校准与维护制度对建材中有害物质化学检测精准性至关重要。仪器校准能确保检测设备的各项参数处于准确状态，避免因参数漂移导致测试结果偏差^[5]。若校准不及时或不准确，设备可能给出错误数据，使有害物质含量检测出现误差。例如，分光光度计波长校准不准确，会影响对特定物质吸光度的测定，进而影响最终检测结果。而有效的维护制度可保障仪器长期稳定运行。定期清洁、检查仪器各部件，及时更换老化部件，能防止因仪器故障影响检测精准性。如气相色谱仪的进样口若未及时清洗，残留杂质可能干扰样品分析，使检测结果失准。严格规范的仪器校准与维护制度是提升建材有害物质化学检测精准性的基础保障。

2. 样品预处理标准化

在建材有害物质化学检测中，样品预处理标准化至关重要。不同的制样方法会对检测结果的重现性产生显著影响^[6]。例如，粉碎程度、混合均匀度等预处理环节，若操作不标准，会导致样品成分分布不均，使得每次检测抽取的样本代表性不同，进而影响检测结果的重现性。从粉碎角度看，过粗的粉碎粒度可能使建材中有害物质包裹在大颗粒内部，无法在后续检测中充分反应被准确测定；而过度粉碎可能引入杂质或改变样品化学性质。在混合环节，搅拌速度、时间等因素若未标准化，也难以保证样品均匀性。因此，需研究制定统一、规范的样品预处理流程，明确各步骤参数，如合适的粉碎粒度范围、混合的最佳时间与速度等，以此提升检测精准性，确保检测结果具有良好的重现性。

（二）外部环境干扰因素

1. 温湿度对检测结果的影响

温湿度是影响建材中有害物质化学检测精准性的重要外部环境干扰因素。在化学检测过程中，温度的变化会对化学反应速率产生显著影响。温度升高，分子热运动加剧，可能使反应速度加快，导致检测结果偏高；反之，温度降低，反应速度减缓，结果可能偏低^[7]。湿度同样不可忽视，过高的湿度可能使建材样品受潮，改变其物理化学性质，进而干扰检测结果。例如，对于一些易吸湿的材料，过多的水分可能会溶解部分有害物质，使检测时有害物质的含量测量出现偏差。通过控制变量实验量化环境参数波动与数据偏差的关联性，能够清晰明确温湿度变化与检测数据之间的对应关系，为在实际检测中采取针对性措施稳定温湿度条件，从而提升检测精准性提供有力依据。

2. 交叉污染控制策略

在建材中有害物质化学检测时，交叉污染会严重影响检测精准性。构建合理的实验室功能区划模型对控制交叉污染至关重要，应根据不同检测项目和流程，将实验室细致划分区域，如样品预处理区、检测分析区等，防止不同建材样品间相互干扰^[8]。同时，制定严格的污染防控操作规程，包括规范实验操作流程，实验人员在操作不同样品时需更换手套、清洁仪器设备等，避免因操作不当导致交叉污染。对实验废弃物进行分类处理，防止废弃物中的有害物质扩散至其他样品。通过科学构建实验室功能区划模型与严格执行污染防控操作规程，可有效控制交叉污染，提升建材有害物质化学检测的精准性。

四、精准性提升策略体系构建

（一）检测流程优化方案

1. 全流程质控节点设计

在建材有害物质化学检测全流程中，需精准设计质控节点。采样环节，依据建材特性及相关标准^[9]，合理规划采样位置、数量与频率，确保采集样本能代表整体建材。运输与保存阶段，控制环境条件，防止样本成分变化。检测操作时，规范仪器使用，定期校准，确保数据准确性。数据处理过程，运用合适统计方法剔除异常值。报告输出前，严格审核，不仅检查数据准确性，还确认报告格式、结论表述是否规范清晰。通过对这 26 项关键质控指标在全流程各环节的严格把控，实现建材有害物质化学检测精准性的提升，为建材质量安全提供有力保障。

2. 自动化检测设备集成

在建材中有害物质化学检测精准性提升策略体系构建里，自动化检测设备集成是重要一环。引入先进的自动化检测设备，如高效液相色谱仪、电感耦合等离子体质谱仪等，利用其高灵敏度、高精度的特性，实现对建材中有害物质的准确检测^[10]。将各类自动化检测设备进行科学集成，搭建一体化检测平台，通过优化设备间的数据交互与共享，避免因人工操作转接样本导致的误差。同时，为自动化检测设备配备智能控制系统，实现检测流程的自动控制与监测，依据预设参数及时调整检测条件，确保检测过程稳定且精准，有效提升建材中有害物质化学检测的整体精准度。

（二）实验室管理体系创新

1. 人员能力评估模型

在建材中有害物质化学检测技术精准性提升策略体系构建的实验室管理体系创新里，人员能力评估模型至关重要。基于已建立的包含12项指标的检测人员资质认证体系，进一步细化能力评估。一方面，考量检测人员对各类建材有害物质检测标准及流程的熟悉程度，只有准确掌握标准，操作流程规范，才能保证检测结果精准。另一方面，评估其对先进检测技术与仪器的运用能力，随着技术发展，新型仪器不断涌现，人员需及时掌握新仪器的操作与数据分析技能。同时，还要关注检测人员处理复杂样品及突发问题的能力，通过模拟复杂样本检测及突发状况应对，提升其综合能力，从而保障建材有害物质化学检测技术的精准性。

2. 信息化数据监控平台

构建信息化数据监控平台是提升建材中有害物质化学检测精准性的重要举措。该平台能够实时收集各类检测设备产生的数据，通过先进的数据挖掘与分析技术，及时发现数据中的异常波动与潜在规律。借助智能化算法，对检测流程中的各项参数进行动态监测与优化，保障检测条件的稳定性。同时，平台可实现多部门、多环节的数据共享与交互，促进不同检测人员、不同设备间的数据比对与校准，及时纠正因设备差异、人员操作不同导致的检测偏差。此外，利用可视化技术，将复杂的检测数据以直观图表形式呈现，便于管理人员和检测人员快速掌握检测情况，精准定位问题，进而采取有效措施提升检测精准性。

（三）新型检测技术研发方向

1. 微流控芯片技术应用

微流控芯片技术在建材中有害物质化学检测方面展现出独特优势。该技术能将传统检测流程微型化至芯片上，通过精确操控

微通道内流体，实现样品的高效混合、反应与分析。在建材有害物质检测中，可利用微流控芯片的高集成度，对多种有害物质同时进行检测，极大提升检测通量。其微尺度特性还能减少样品与试剂用量，降低成本且提高检测灵敏度，精准捕获低含量有害物质。例如，对于建材中铅、汞等重金属的检测，微流控芯片技术可通过微电极阵列等技术，实现快速、准确的定量分析。此外，该技术的自动化与便携化潜力，有助于在建材生产现场及使用场景进行实时、原位检测，为提升建材中有害物质化学检测精准性提供有力手段。

2. 原位快速检测装置开发

在建材中有害物质化学检测技术的精准性提升策略体系构建里，原位快速检测装置开发具有重要意义。研发此类装置需注重提升检测速度与准确性。一方面，选用高灵敏度的传感器，能快速捕捉建材中有害物质的特征信号，实现快速检测。另一方面，结合微流控技术，可精准控制样本量与反应进程，提高检测精准度。例如，利用微纳加工技术，将传感器与微流控芯片集成，优化装置的空间结构，减小装置体积，便于现场原位检测。同时，通过算法优化与数据处理技术，对检测信号进行实时分析与校正，进一步提升检测结果的可靠性与精准性，从而满足建材中有害物质高效、精准的原位快速检测需求。

五、结论与展望

综上所述，不同建材有害物质化学检测技术各有其适用边界。如光谱分析技术在元素定性定量检测上优势显著，但对复杂有机化合物检测存在局限；色谱技术虽擅长分离复杂混合物，却对某些无机离子检测效果欠佳。因此，实际应用中需依据建材种类、有害物质特性精准选择检测技术。

展望未来，智能化实验室管理系统的推广应用将极大提升检测效率与精准性。该系统可实现检测流程自动化、数据实时监控与分析，减少人为误差。借助大数据与人工智能算法，还能对检测结果进行深度挖掘与预测，为检测技术的优化提供有力支持。同时，这一系统的广泛应用有望推动建材检测行业标准化、规范化发展，为保障建材质量与人类健康安全奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 朱金桂. A 广电公司精准扶贫效果评价与提升策略研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2023.
- [2] 李树森. DC 航空公司精准营销提升策略研究 [D]. 贵州大学, 2023.
- [3] 杨圣杰. C 公司大客户管理精准提升策略 [D]. 西南财经大学, 2022.
- [4] 张名汾. 空气中有毒物质的荧光检测研究 [D]. 华南农业大学, 2021.
- [5] 薛皓月. 基于液液微萃取技术检测饮品中多种有害物质残留 [D]. 山西农业大学, 2021.
- [6] 潘从民. 食品安全检测中化学检测技术的应用与发展 [J]. 化工管理, 2022(15): 25-27.
- [7] 梁珏. 化学检测技术在水质检测中的应用 [J]. 化纤与纺织技术, 2023, 52(11): 45-47.
- [8] 罗义发, 苏静珍, 吴先辉, 等. 化学检测技术在食品有害物质检测中的应用——评《食品安全风险监测实用技术手册》[J]. 中国无机分析化学, 2024, 14(05): 10002-10002.
- [9] 鱼凡, 唐萍. 室内建材有害物质释放规律及检测技术研究 [J]. 山西化工, 2025, 45(08): 269-271.
- [10] 吴波. 建材有害物质释放对室内空气质量的影响研究 [J]. 四川建材, 2025, 51(07): 18-20+23.