

大气 VOCs 检测的主要技术及应用

张键 葛素雅

江苏正远检验检测有限公司 213032

DOI: 10.12238/ems.v7i2.11678

[摘要] 随着工业化和城市化进程的加速, 大气中的挥发性有机物 (VOCs) 排放量不断增加, 对人类健康和生态环境造成了严重威胁。本文探讨当前大气 VOCs 检测的主要技术, 以及这些技术在实际应用中的优势和局限性。同时展望未来大气 VOCs 检测技术的发展趋势, 为有效控制 VOCs 排放提供科学依据。

[关键词] 大气; VOCs; 检测; 技术; 应用

引言:

挥发性有机物 (VOCs) 是指常温下饱和蒸汽压大于 70Pa、常压下沸点在 260℃ 以下的有机化合物, 或在 20℃ 条件下蒸汽压大于或等于 10Pa 且具有挥发性的全部有机化合物。这些化合物主要来源于工业生产、交通运输、生活排放和农业活动等, 对大气中 VOCs 的有效监测和控制尤为重要^[1]。

一、大气 VOCs 检测的主要技术

(一) 气相色谱法 (GC)

气相色谱法, 作为大气挥发性有机物 (VOCs) 检测领域中的一项核心技术, 凭借其高效、灵敏和重现性好的特点, 成为了科研人员和环境监测机构不可或缺的得力助手。这一技术通过利用不同物质在气相色谱柱上的吸附和解吸能力差异, 实现了对复杂混合物中 VOCs 的有效分离和定量分析。气相色谱柱中 VOCs 分子会根据其物理和化学性质的差异, 以不同的速度通过色谱柱, 与色谱柱中的固定相发生相互作用实现分离。随后, 这些被分离的 VOCs 分子会进入检测器, 通过检测器对其浓度进行定量分析。气相色谱法通常与不同类型的检测器结合使用, 对不同种类 VOCs 的灵敏检测。例如, 氢火焰离子化检测器 (FID) 对烃类化合物具有较高的灵敏度, 而电子捕获检测器 (ECD) 则对含卤素、硫、磷等元素的化合物表现出更好的检测效果。然而, 气相色谱法样品前处理过程相对复杂, 需要耗费一定的时间和精力, 分析时间也相对较长, 这在一定程度上限制了其在大规模环境监测中的应用^[2]。

(二) 气相色谱-质谱联用技术 (GC-MS)

气相色谱-质谱联用技术 (GC-MS) 作为一种高效、精确的化学分析手段, 在大气挥发性有机物 (VOCs) 的监测与研究发挥着至关重要的作用。这一技术巧妙地将气相色谱的分离能力与质谱的鉴定能力相结合, 形成了一套完整的分析系统, 为复杂混合物中 VOCs 的定性和定量分析提供了强有力的支持。在气相色谱柱中不同种类的 VOCs 得以有效分离, 随后质谱仪轰击分离后的 VOCs 分子, 使其裂解成离子碎片, 检测这些离子的质量和数量来推断原始分子的结构和组成。其高昂的仪器成本、复杂的操作流程以及较长的分析周期等因素, 都在一定程度上限制了其广泛应用, 对于某些特定的 VOCs, 如极性化合物或热不稳定化合物, GC-MS 的分离和鉴定效果可能并不理想^[3]。

(三) 在线监测技术

在线监测技术利用先进的传感器或光谱仪等设备, 能够实时、连续地监测大气中的 VOCs 浓度, 为环境保护部门提供了及时、准确的数据支持。与传统的离线监测方法相比, 在线监测能够实时反映大气中 VOCs 的浓度变化, 使得监测结果更加贴近实际情况。同时, 连续监测的特性也使得该技术能够捕捉到 VOCs 浓度的微小波动。在线监测技术也存在一些局

限性, 首先仪器精度受环境因素影响较大。在极端天气条件下, 如高温、高湿、强风等, 仪器的精度可能会受到影响, 导致监测结果出现偏差。其次, 维护成本较高, 在线监测设备需要定期进行校准和维护, 确保其正常运行和准确监测。这些维护成本对于一些经济条件较差的地区或企业来说可能是一笔不小的负担。除了上述主要技术外, 还有一些新兴技术在大气 VOCs 检测中得到了应用。例如, 质子转移反应质谱 (PTR-MS) 技术是一种基于质子转移反应的质谱技术, 具有实时监测、灵敏度高、选择性好等优点。激光光谱技术则利用激光与物质相互作用产生的光谱信息进行分析, 具有非接触式测量、测量范围广等优点, 这些新兴技术在大气 VOCs 检测中展现出广阔的应用前景^[4]。

二、大气 VOCs 检测技术的应用

(一) 环境监测

环境监测作为大气挥发性有机物 (VOCs) 检测的主要应用领域, 对于评估环境污染状况、制定环境保护和治理策略具有重要意义。VOCs 作为一类重要的空气污染物, 对人体健康构成潜在威胁, 可能引发一系列环境问题, 如光化学烟雾、臭氧污染等, 通过科学、准确的 VOCs 检测, 能及时了解大气环境质量。在工业园区周边、交通干道附近等区域, 由于工业排放和交通尾气等因素, 大气中 VOCs 的浓度往往较高。这些区域因此成为环境监测的重点。在这些关键位置设置 VOCs 监测站点, 实时监测大气中 VOCs 的浓度变化, 发现和预警潜在的污染事件。这种监测的方式不仅提高了环境监测的时效性, 还为环境保护部门提供了更为准确、全面的污染数据, 有助于他们及时采取有效的治理措施, 减少环境污染对公众健康的影响。除了实时监测外, 还可以通过定期采样和分析的方式, 对大气中 VOCs 的浓度进行长期监测。这种方式有助于了解大气环境质量的变化趋势, 为制定长期的环境保护和治理策略提供科学依据, 通过对比不同区域、不同时间段的监测数据, 分析出 VOCs 的来源、传输路径及其影响因素, 为制定针对性的治理措施提供有力支持。值得注意的是, 环境监测并非一蹴而就的工作。随着城市化进程的加速和工业化的不断发展, 大气环境污染问题日益复杂和多样化, 需要不断更新和完善环境监测技术和方法, 提高监测的准确性和时效性。同时加强环境监管和执法力度, 推动企业加强环境保护意识, 共同推动大气环境质量的持续改善^[5]。

(二) 工业生产

在石油化工、涂料制造等行业中, VOCs 的排放尤为显著。这些行业在生产过程中会使用大量的有机溶剂和原料, 这些物质在高温、高压或特定反应条件下容易挥发和释放, 形成 VOCs。若未经有效处理直接排放到大气中, 将对环境造成严重的污染。为了有效控制 VOCs 的排放, 需要对工业生产过程

中的 VOCs 进行定性和定量分析。气相色谱-质谱联用技术 (GC-MS) 作为一种高效、准确的分析手段, 在此领域发挥着重要作用。GC-MS 技术能够利用气相色谱的高效分离能力和质谱的定性、定量分析能力, 对工业生产过程中的 VOCs 进行精确检测。通过该技术, 可以清晰地了解生产过程中 VOCs 的种类、浓度及其变化趋势, 从而为优化生产工艺和减少排放提供科学依据。在实际应用中, GC-MS 技术不仅可以帮助识别出主要的 VOCs 排放源, 还可以通过分析不同生产工艺下 VOCs 的排放情况, 找出影响排放浓度的关键因素。例如, 在石油化工行业中, 利用 GC-MS 技术监测不同反应阶段 VOCs 的排放情况, 优化反应条件、减少副产品的生成, 降低 VOCs 的排放浓度。在涂料制造行业中, GC-MS 技术能够检测涂料生产过程中的 VOCs 含量, 从而调整配方、改进生产工艺, 减少有害物质的释放。此外, GC-MS 技术还能与其他监测手段相结合, 如在线监测、便携式检测仪等, 实现对生产过程中 VOCs 的全方位、实时监测, 提高了监测的准确性和时效性, 为环保部门提供有力的监管依据, 推动企业加强环境保护意识, 积极采取措施减少 VOCs 的排放^[6]。

(三) 室内空气质量监测

室内空气质量与人类健康息息相关, 直接关系到居住环境是否安全、舒适。通过科学、准确的 VOCs 检测, 能够有效评估室内空气质量的安全性, 为居民提供一个健康、舒适的居住环境。在新装修的房屋中, VOCs 的浓度往往较高。这是因为装修材料, 如油漆、涂料、胶水等, 在使用过程中会释放出甲醛、苯、甲苯等有害气体。这些气体具有强烈的刺激性气味, 对人体健康具有潜在的危害。长期吸入这些有害气体, 会导致呼吸道疾病、神经系统疾病等健康问题, 在新装修房屋后, 进行室内空气中 VOCs 的浓度监测显得尤为重要。在线监测技术作为一种实时、连续的监测手段, 为室内空气质量监测提供了有力的支持。安装在线监测设备, 实时监测室内空气中 VOCs 的浓度变化, 及时发现并处理潜在的污染问题。在实际应用中, 可以将在线监测设备安装在室内关键位置, 如卧室、客厅、厨房等, 全面监测室内空气中 VOCs 的浓度变化。同时, 结合数据分析软件, 对监测数据进行实时分析、处理和存储, 生成直观的监测报告。这些报告帮助了解室内空气质量的变化趋势, 为居民提供科学的健康建议, 如开窗通风、使用空气净化器等。

(四) 食品安全监测

食品包装材料作为食品与外界环境之间的屏障, 其安全性直接关系到食品的整体质量。然而, 一些包装材料在生产或使用过程中可能会残留有害的 VOCs, 如苯乙烯等。这些物质如果迁移到食品中, 将对人体健康构成潜在威胁。因此对食品包装材料中 VOCs 的浓度进行监测, 是确保食品安全的重要一环。通过定期检测包装材料中 VOCs 的含量, 可以及时发现并处理潜在的安全隐患, 从而保障消费者的健康权益。在食品加工过程中, VOCs 的产生不容忽视。以烤肉为例, 高温烧烤过程中可能会产生多环芳烃等有害的 VOCs。这些物质影响食品的口感和风味, 对人体健康具有潜在的致癌风险。通过监测和分析 VOCs 的排放数据, 可以了解不同加工工艺对 VOCs 产生的影响, 进而调整和优化加工参数, 降低有害物质的生成和排放。此外, VOCs 的检测在食品安全监测中还具有其他方面的应用。例如, 在食品储存和运输过程中, VOCs 的浓度变化可以作为评估食品新鲜度和品质的重要指标。通过监测食品中 VOCs 的组成和浓度变化, 判断食品是否受到污染或变质, 及时采取措施保障食品的质量和安

三、大气VOCs检测技术的发展趋势

(一) 智能化和自动化

随着科技的不断发展, 大气挥发性有机物 (VOCs) 检测技术正经历着从传统向智能化、自动化的深刻转变。这一趋势不仅体现在检测手段的创新上, 更贯穿于整个检测流程的优化与升级之中。智能化技术的引入, 为大气 VOCs 检测带来了前所未有的变革。通过运用人工智能和机器学习算法, 对海量的检测数据进行深度挖掘和分析, 从而揭示出数据背后隐藏的规律和趋势。这种智能化的数据分析能力, 提高检测结果的准确性和可靠性。与此同时, 自动化设备的广泛应用, 极大提升了大气 VOCs 检测的便捷性和效率。传统的样品采集和前处理过程往往繁琐且耗时, 而自动化设备的引入则大大简化了这些步骤。通过自动化的样品采集、预处理和检测分析, 实现快速、准确的 VOCs 检测, 降低了操作难度和成本。

(二) 高灵敏度和高分辨率

随着人们对大气环境质量要求的不断提高, 对大气 VOCs 检测技术的灵敏度和分辨率也提出了更高的要求。未来, 大气 VOCs 检测技术将朝着更高灵敏度和更高分辨率的方向发展。通过优化仪器设计和改进检测方法, 提高对大气中 VOCs 的检测能力。

(三) 多组分同时检测

在大气中, VOCs 的种类繁多且复杂。为了实现同时对多种 VOCs 的同时检测, 需要开发更加高效、准确的检测技术。通过引入多维色谱、质谱联用等技术, 可以实现对大气中多种 VOCs 的同时分离和鉴定, 提高检测效率和准确性。

(四) 远程监测和预警

随着物联网技术的不断发展, 大气 VOCs 检测技术将朝着远程监测和预警的方向发展。远程监测与预警技术的结合, 能够更加全面、准确地掌握大气环境质量状况, 及时发现和应对污染问题, 为构建绿色、健康的生态环境提供有力的技术支撑。

结语:

大气 VOCs 检测技术的发展对于环境保护和人类健康具有重要意义, 随着科技的不断进步和人们环保意识的提高, 大气 VOCs 检测技术将更加智能化、自动化和高效化, 以精确、全面的数据支撑环境保护与管理, 要不断关注新技术的发展动态, 积极探索新技术在大气 VOCs 检测中的应用前景, 为环境保护事业贡献更多的力量。

【参考文献】

- [1]程凯婧, 周变红, 曹磊, 高飞, 陈浩, 焦丽华, 李春燕, 李毅辉. 西安夏秋季大气 VOCs 的来源解析及臭氧生成潜势[J]. 环境科学学报, 1-14.
- [2]胡志军, 郭姚超, 程龙. 电力大数据支持下 VOCs 污染综合防治方法研究[J]. 环境科学与管理, 2024, 49(10): 97-101.
- [3]孙鹏, 李媛媛, 钟声, 徐政, 郁建桥, 韩周洋, 仲加林. 基于工业源成分谱的宿迁市 VOCs 来源解析及污染特征分析[J]. 环境科学, 1-16.
- [4]金旭来, 江华亮, 吴振华. 环境空气中 VOCs 污染的机理分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(17): 147-149.
- [5]徐培建. 大气环境中 VOCs 的监测探讨[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(16): 49-51.
- [6]赵忠俊, 岳寒露, 郭星, 等. 高分辨率质子转移反应飞行时间质谱仪的研制及其在大气 VOCs 定点连续监测中的应用[J/OL]. 质谱学报, 1-11[2024-11-19].