

环境检测中挥发性有机物检测方法分析

黄朦倩 陈冬梅

宁波中科检测技术服务有限公司 浙江 宁波 315000

摘要: 环境检测中挥发性有机物(VOCs)的检测至关重要。本文综述了VOCs的收集方法,包括容器收集法、有动力采样法和固相微萃取法等,并详细分析了主要检测方法,如气相色谱法(GC)、气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)、高效液相色谱法(HPLC)等。文章还强调了检测过程中的误差减小措施和质量控制要求,以确保检测结果的准确性和可靠性。

关键词: 环境检测;挥发性有机物;检测方法

引言: 挥发性有机物(VOCs)作为一类重要的空气污染物,其排放和累积不仅影响大气环境质量,还对人类健康和生态系统造成潜在风险。随着环境保护意识的增强和法规政策的严格,精确、高效地检测环境中的VOCs显得尤为重要。本文综合探讨了当前环境检测领域针对VOCs的先进收集与检测方法,旨在为促进环境保护、保障人民健康提供科学依据和技术支持,同时也为相关领域的研究提供参考。

1 挥发性有机物概述

1.1 定义及分类

挥发性有机物(VOCs)是一类在标准状态下具有较高饱和蒸气压、低沸点、小分子量,且在常温下易于挥发的有机化合物。VOCs并非指某一种特定的污染物,而是对一类具有相似理化性质的有机化合物的统称。按化学结构,VOCs可分为烷烃、烯烃、炔烃、苯系物、醇类、醛类、醚类、酮类、酸类、酯类、卤代烃等类别。VOCs的定义在不同国家和组织间可能存在差异,但总体上,它们都被视为化学性质活泼、具有挥发性的有机物。这些化合物在大气中广泛存在,并可能通过大气光化学反应生成臭氧和二次气溶胶等污染物。

1.2 危害性分析

VOCs对人体健康和环境都有显著的危害。大多数VOCs具有令人不适的特殊气味,并具有毒性、刺激性、致畸性和致癌作用。例如,苯、甲苯及乙酸酯类等化合物对人体健康会造成很大的伤害,长期接触可能导致癌症、神经系统受损等健康问题。此外,VOCs还是大气光化学烟雾和灰霾的重要前体物。它们在大气中可以与氮氧化合物等发生光化学反应,生成臭氧、过氧乙酰硝酸酯等有害化合物,进而引发光化学烟雾,危害人体健康和作物生长。同时,VOCs还能促进PM_{2.5}的形成,加剧大气污染问题^[1]。

1.3 环境中的来源

VOCs的来源非常广泛,主要包括工业排放、交通运输和生活污染等。在工业领域,煤化工、石油化工、燃料涂料制造、溶剂制造与使用等过程中都会产生大量的VOCs。交通运输方面,汽车尾气也是VOCs的重要来源之一。而在日常生活中,燃煤、天然气等燃烧产物、吸烟、采暖和烹调等过程也会释放VOCs。此外,建筑装饰材料、家具、家用电器等也会在使用过程中释放VOCs,对室内空气质量造成影响。

2 环境检测中VOCs的收集方法

2.1 容器收集法

(1) 塑料袋与罐子等容器的优缺点。容器收集法是环境检测中较为传统和常用的方法之一。塑料袋和不锈钢罐子是最常见的两种容器。塑料袋的优点在于轻便、易于携带和价格便宜,因此非常适合现场快速采样。然而,塑料袋的材质往往透气,可能导致VOCs在存储和运输过程中的损失。此外,某些VOCs可能与塑料袋发生化学反应,导致样品污染。因此,使用塑料袋时需要选择适合的材料,并尽量减少存储时间。不锈钢罐子具有较高的密封性和化学稳定性,因此能够减少VOCs的损失和污染。特别是内壁经过硅烷化处理的不锈钢SUMMA罐,其密封性更强,能够长期保存VOCs样品而不发生变质。但不锈钢罐子的成本较高,且操作相对繁琐,需要专门的设备进行抽真空和加压处理。(2) 适用范围。容器收集法适用于各种室内外环境,如工业废气排放监测、室内空气质量检测等。由于操作简便和价格优势,塑料袋更常用于现场快速采样和筛查,而不锈钢罐子则更需要长期保存和精确测量的场景。

2.2 有动力采样法

(1) 工作原理。有动力采样法利用抽气泵将空气样品通过吸收瓶(管)中的吸收介质,使空气样品中的待

测污染物浓缩在吸收介质中。这种方法常用于气态和蒸气态污染物的采集。吸收介质通常是液体和多孔状的固体颗粒物，它们能够捕获和富集空气中的VOCs。通过调整抽气泵的流量和采样时间，可以控制样品的采集量和浓度。（2）优势。有动力采样法的优势在于能够高效地浓缩空气中的VOCs，提高分析的灵敏度和准确性。此外，该方法适用范围广，可以采集不同种类和浓度的VOCs。（3）局限性。然而，有动力采样法也存在一些局限性。首先，操作相对复杂，需要专业的设备和技术支持。其次，吸收介质的种类和性质对采样效率有很大影响，因此需要选择适合的吸收介质并进行预处理。最后，采样过程中可能会受到环境因素如温度、湿度等的干扰，导致样品污染或损失。（4）适用范围。有动力采样法适用于需要对低浓度VOCs进行精确测量的场景，如大气环境监测、污染源排查等。同时，该方法也适用于采集气体样品中的其他污染物，如无机气体、颗粒物等。

2.3 固相微萃取法（SPME）

（1）自动化水平。固相微萃取法是一种高度自动化的VOCs收集方法。它利用涂有固定相的熔融石英纤维进行萃取和富集，操作简便快捷，无需复杂的设备和操作技巧。（2）浓缩处理。在SPME中，VOCs被吸附在萃取头的涂层上，并通过热解吸或溶剂解吸的方式释放出来进行后续分析。这种方法不仅避免了传统萃取方法中的溶剂使用问题，还提高了分析的灵敏度和准确性。同时，由于萃取头的涂层具有选择性，因此可以针对特定的VOCs进行富集和萃取^[2]。（3）收集容量分析。SPME的收集容量取决于萃取头的涂层材料和厚度、萃取时间以及环境中的VOCs浓度。通过选择合适的萃取头和优化萃取条件，可以实现对不同浓度范围VOCs的有效收集和分析。此外，由于SPME具有高度的自动化和集成化水平，因此可以实现在线监测和实时分析。（4）适用范围。固相微萃取法适用于各种气体、液体和固体样品中挥发性或半挥发性物质的分析。在环境监测、食品安全、医药卫生等领域具有广泛的应用前景。特别是在需要快速、准确和高效的分析场景下，SPME显示出独特的优势。

3 环境检测中 VOCs 的主要检测方法

3.1 气相色谱法（GC）

（1）工作原理及流程。气相色谱法是一种基于物质在固定相和流动相间分配系数差异而进行分离的方法。在GC中，待测样品首先被气化，然后通过载气（如氮气、氦气等）带入色谱柱。色谱柱内填充有特定的固定相材料，VOCs在固定相和流动相之间的分配系数不同，

导致它们以不同的速度在色谱柱中移动，从而实现分离。分离后的各组分依次进入检测器，检测器将组分浓度转化为电信号，记录色谱图。常见的GC检测器类型包括：1）火焰离子化检测器（FID）。对碳氢化合物具有高灵敏度，适用于检测各种碳基VOCs。2）电子捕获检测器（ECD）。对卤素化合物具有高选择性和灵敏度，适用于检测含卤素的VOCs。（2）特点及优势。气相色谱法具有高效能、高选择性、高灵敏度、速度快及应用范围广等优点。它能够同时分离和检测多种VOCs，并且对于低浓度的VOCs也有很好的检测效果。此外，GC仪器的操作相对简单，易于维护和保养^[3]。（3）应用实例。GC在VOCs检测中的应用广泛，如室内空气质量监测、工业废气排放检测等。以室内空气监测为例，GC可以准确分离并检测室内空气中的苯、甲苯、乙酸酯类等VOCs，为室内空气质量评估提供可靠数据。同时，GC还可以用于监测工业废气中的VOCs，帮助企业和监管机构了解废气排放情况，制定有效的污染控制措施。

3.2 气相色谱-质谱联用技术（GC-MS）

（1）工作原理及系统组成。GC-MS结合了气相色谱的分离能力和质谱的鉴定能力，是一种强大的VOCs分析方法。GC-MS系统由气相色谱单元、质谱单元、接口及计算机系统组成。待测样品在气相色谱单元中分离后，各组分通过接口进入质谱单元。质谱单元利用电场或磁场将离子按质荷比分离，形成质谱图。计算机系统对质谱图进行分析，实现未知化合物的鉴定和痕量组分的定量分析。（2）定性及定量分析。GC-MS能够提供VOCs的精确结构信息，实现未知化合物的鉴定。同时，通过比对质谱数据库中的碎片信息，可以确认VOCs的种类。在定量分析方面，GC-MS采用内标法、外标法等方法，可以实现痕量组分的精确定量。（3）应用优势。GC-MS具有高灵敏度、高准确性及数据可靠性等优点。它不仅能够分离和检测多种VOCs，还能够提供详细的结构信息，有助于深入了解VOCs的来源和转化过程。此外，GC-MS在复杂样品分析方面表现突出，能够处理含有多种干扰物质的样品^[4]。

3.3 其他检测方法

（1）高效液相色谱法（HPLC）。HPLC主要用于分析液体样品中的VOCs。它利用高压泵将流动相（如甲醇、乙腈等）以恒定速度通过色谱柱，待测组分在色谱柱上与固定相发生作用，实现分离。HPLC具有高分离效能、高灵敏度、高选择性以及分析速度快等优点，特别适用于极性VOCs的分析。然而，HPLC在气体样品分析方面存在局限，需要先将气体样品转化为液体形态。

(2) 荧光分光光度法。荧光分光光度法利用荧光物质在特定波长光激发下发出荧光的特性,进行VOCs的定量分析。该方法具有高灵敏度和快速响应的特点,特别适用于低浓度VOCs的检测。然而,荧光分光光度法的选择性相对较差,容易受到其他荧光物质的干扰。(3) 膜导入质谱法(MIMS)。MIMS利用薄膜将载气与样品进行预分离,然后将样品导入质谱仪进行分析。该方法具有灵敏度高、检测速度快等优点,特别适用于实时在线监测。然而,MIMS的应用范围相对较窄,主要适用于挥发性较强的VOCs分析。

4 环境检测中 VOCs 检测的注意事项

4.1 减小误差的措施

(1) 规范化操作。规范化操作是确保VOCs检测准确性的基石。从采样前的准备工作开始,就需要严格遵守操作规程。这包括使用清洁、无污染的采样容器,并在采样前进行必要的预处理,如干燥、清洗等,以避免任何可能干扰检测结果的物质残留。在采样过程中,操作员应严格按照既定的步骤进行,确保采样的代表性、完整性和准确性。同时,记录采样时间、地点、环境条件等关键信息,以便后续的数据分析和比对。(2) 异常数据处理。在VOCs检测过程中,可能会遇到一些异常数据,如超出正常范围的高值或低值,或者与预期结果显著不符的数据。对于这些异常数据,不能简单地忽视或删除,而应进行深入分析。首先,检查采样和检测过程是否存在问题,如采样容器是否密封不严、检测仪器是否出现故障等。其次,考虑环境因素的影响,如风速、温度、湿度等。如果异常数据无法合理解释或纠正,应重新进行采样和检测,以确保数据的真实性和准确性。

(3) 重复检测。为了验证检测结果的可靠性,进行重复检测是必要的。特别是在对关键区域或敏感区域的VOCs进行检测时,应增加采样点数量和检测频次,以提高数据的可靠性和代表性。重复检测不仅可以减少偶然误差的影响,还可以为数据的后续分析和解释提供更有力的支持。

4.2 检测质量控制

(1) 检测次数。检测次数的选择应基于检测目的、样品特性和环境条件等多种因素综合考虑。一般来说,对于关键区域或存在高度污染风险的区域,应增加检测频次以更准确地反映VOCs的浓度变化和趋势。同时,对于不同类型的VOCs,根据其特性和挥发性,选择合适的检测方法和频率也是至关重要的。(2) 操作流程。操作流程的标准化和规范化对于提高检测准确性至关重要。从采样容器的选择、采样点的设置到检测仪器的使用和校准等各个环节,都应严格按照操作规程进行。此外,定期对检测设备和仪器进行维护和保养,确保其处于良好的工作状态也是至关重要的。(3) 人员培训。检测人员的专业技能和知识储备对于确保检测结果的准确性至关重要。因此,应定期对检测人员进行培训和教育,提高他们的专业素养和操作技能。培训内容应包括检测方法的原理、操作步骤、仪器使用和维护等方面的知识以及相关的法律法规和标准等。

结束语

综上所述,环境检测中挥发性有机物(VOCs)的检测方法多种多样,每种方法都有其独特的优势和局限性。在实际应用中,需要根据具体检测需求、样品特性及环境条件选择合适的检测方法。未来,随着科技的不断进步,VOCs检测技术将更加高效、准确、智能化,为环境保护和人体健康提供更有力的支撑。同时,加强VOCs排放监管和源头控制,也是减少环境污染、保障生态安全的重要途径。

参考文献

- [1]郭玉华.环境检测中挥发性有机物检测方法[J].黑龙江环境通报,2021,(03):20-21.
- [2]常光远.环境检测中挥发性有机物检测方法研究[J].节能与环保,2021,(06):59-60.
- [3]徐文哲朱丽梅范海莉王增远李悦.环境检测中挥发性有机物检测方法的研究[J].化学工程师,2022,(03):28-30.
- [4]卢彦雄,吴晓良,叶玉芬.环境检测中挥发性有机物检测方法[J].生态环境与保护,2022,(09):80-81.