

气相色谱-质谱联用技术在环境有机污染物检测中的应用

黄朦倩 朱叶珍 陈冬梅

宁波中科检测技术服务有限公司 浙江 宁波 315000

摘要: 气相色谱-质谱联用技术 (GC-MS) 在环境有机污染物检测中发挥着重要作用。该技术结合了气相色谱的高分离性能和质谱的高灵敏度检测特点,能有效分离和鉴定各种有机污染物。通过样品预处理,如液-液萃取和固相萃取,提高检测效率和准确性。GC-MS技术广泛应用于水体、空气、土壤中的有机污染物检测,如有机氯农药、半挥发性有机物、挥发性有机物等,为环境监测提供有力支持,推动环境工程的发展与进步。

关键词: 气相色谱-质谱联用技术;环境有机污染物检测;应用

引言: 环境有机污染物检测是评估环境污染状况和保障生态安全的重要环节。气相色谱-质谱联用技术 (GC-MS) 凭借其高分离效能、高灵敏度及强定性能力,在环境有机污染物检测领域展现出独特优势。本文旨在探讨GC-MS技术在环境有机污染物检测中的应用,分析其检测原理、预处理技术及实际案例,以期对环境污染防治与治理提供科学依据和技术支持。

1 GC-MS 技术概述

1.1 GC-MS技术基本原理

GC-MS技术主要由气相色谱部分、质谱部分和接口部分构成。在气相色谱部分,分离系统利用色谱柱内的填料,根据样品中各组分与固定相和流动相间的分配系数差异,将各组分逐一分离出来。载气系统则负责将样品带入色谱柱进行分离,常用的载气包括氮气、氦气等。进样系统用于将样品引入载气流中,温度控制系统则确保整个分离过程的温度稳定。检测和记录系统则将分离出的组分转化为电信号并记录,形成色谱图。质谱部分则由离子源、质量分析器和检测器组成。在离子源中,样品分子被电离成离子,这些离子随后进入质量分析器,根据质荷比的不同进行分离。最后,检测器记录下离子的强度信息,形成质谱图。接口部分则是连接GC与MS的关键,它负责实现两者之间的压力匹配和组分浓缩,确保从GC流出的组分能够顺利进入MS进行进一步分析。

1.2 GC-MS技术特点

GC-MS技术具有高灵敏度、高分辨率和高选择性的特点,这使得它能够准确快速地检测出样品中的微量组分。同时,GC-MS技术还能够同时完成定性和定量分析,为科研人员提供了丰富的信息。此外,它还特别适用于复杂未知物的分析,能够解析出样品中各种组分的化学结构和性质。

1.3 GC-MS技术的局限性

尽管GC-MS技术具有诸多优点,但也存在一定的局限性。例如,它对分析对象有一定的限制,要求样品在300℃以下能够汽化且能离子化。此外,对于异构体的分辨能力也相对有限,有时需要借助其他手段进行辅助分析。然而,这些局限性并不妨碍GC-MS技术在众多领域中的广泛应用和深入研究。

2 环境有机污染物检测预处理技术

2.1 液-液萃取

液-液萃取是一种基于溶质在两种不混溶溶剂中溶解度不同的原理进行分离的方法。在环境有机污染物检测中,液-液萃取常用于从复杂环境样品中提取目标污染物。(1) 原理和操作要点。液-液萃取的原理是利用目标污染物在萃取溶剂中的溶解度大于在原溶剂中的溶解度,从而实现目标污染物的转移和富集。操作要点包括选择合适的萃取溶剂、控制萃取过程的温度和时间,以及确保充分的搅拌和静置时间以实现萃取平衡。(2) 萃取溶剂的选择和优化。萃取溶剂的选择对于萃取效率和萃取质量至关重要。一般来说,萃取溶剂应具有以下特点:与目标污染物有良好的互溶性;与原溶剂不混溶;易于回收和再利用;对环境友好。此外,还可以通过优化萃取溶剂的配比、改变萃取温度和时间等方式来提高萃取效率^[1]。

2.2 固相萃取

固相萃取是一种基于固体吸附剂对目标污染物吸附作用的分离方法。与液-液萃取相比,固相萃取具有操作简便、溶剂消耗少、易于自动化等优点。(1) 原理及操作步骤。固相萃取的原理是利用固体吸附剂表面的活性基团与目标污染物之间的相互作用,将目标污染物从样品溶液中分离出来。操作步骤通常包括活化吸附剂、加入样品溶液、淋洗去除干扰物、洗脱目标污染物和收集洗脱液等步骤。(2) 固相微萃取技术的优势和应用。固

相微萃取 (SPME) 是固相萃取的一种改进技术, 它利用涂布在纤维上的高分子涂层或吸附剂作为固定相, 通过吸附或吸收机理对目标污染物进行萃取和富集。SPME技术具有体积小、操作简便、易于携带和自动化等优点, 特别适用于现场监测和快速分析。此外, SPME技术还可以与气相色谱、液相色谱等联用, 实现目标污染物的定性和定量分析。

2.3 其他预处理技术

除了液-液萃取和固相萃取外, 还有其他一些预处理技术也常用于环境有机污染物检测中。(1) 氮吹浓缩。氮吹浓缩是一种常用的样品浓缩方法, 它利用氮气作为吹扫气体, 通过加热和减压的方式将样品中的溶剂挥发掉, 从而实现目标污染物的富集。氮吹浓缩具有操作简便、浓缩效率高、易于自动化等优点。(2) 衍生化反应。衍生化反应是一种通过化学反应将目标污染物转化为易于检测和分析的衍生物的方法。衍生化反应可以提高目标污染物的稳定性、挥发性或检测灵敏度, 从而有助于后续的分析 and 检测。衍生化反应的选择和优化应根据目标污染物的性质和分析需求来确定。

3 GC-MS 在环境有机污染物检测中的应用

3.1 水体中的有机氯农药检测

(1) 实际案例: 大明湖水体中666/DDT的检测。有机氯农药, 特别是666和DDT, 作为历史上广泛使用的农药, 尽管已被禁用多年, 但由于其环境持久性和生物累积性, 仍在许多水体中检测到。在大明湖水体中, 666/DDT的检测案例充分展示了GC-MS (气相色谱-质谱联用) 技术对于这类持久性有机污染物的准确、高效检测能力。(2) 样品采集与前处理方法。在大明湖的不同水域采集水样, 确保所采水样能够全面反映整个湖区的污染状况。水样采集后, 需进行前处理, 以去除悬浮物、调节pH值, 并使用有机溶剂如二氯甲烷进行萃取, 提取目标化合物666/DDT。通过多次萃取和浓缩步骤, 确保农药残留被有效提取, 为后续检测提供高质量的样品。(3) GC-MS检测条件与结果分析。在GC-MS检测中, 仪器条件的选择对检测结果至关重要。对于666/DDT的检测, 选用了合适的色谱柱 (如VF-5ms或DB-1701石英毛细管柱)、载气 (高纯氮气)、升温程序和质谱条件, 以确保666/DDT与其他化合物的有效分离和准确检测。通过全扫描和选择离子扫描方式, 获得了大明湖水体中666/DDT的色谱图和质谱图, 结合标准物质的保留时间和质谱图进行比对, 确认了666/DDT的存在, 并通过峰面积计算得到了其浓度^[2]。(4) 666/DDT的污染状况与分布规律。根据检测结果, 大明湖水体中666/DDT的浓度在不同

区域存在差异, 这可能与历史使用习惯、排放源及环境因素 (如水流、水温等) 有关。靠近历史排放点或农业区的水域, 666/DDT的浓度往往较高。通过长期监测, 可以深入了解666/DDT在湖水中的污染状况和分布规律, 为制定有效的环境管理和治理策略提供科学依据。

3.2 空气中的有机污染物检测

(1) 常见空气中的有机污染物。空气中的有机污染物包括多种挥发性有机物 (VOCs), 如苯系物、乙酸酯类等, 这些物质主要来源于工业生产、汽车尾气、家庭装修等。它们对人体健康有严重危害, 如引起呼吸道疾病、神经系统损害等。(2) GC-MS检测方法和条件。GC-MS技术同样适用于空气中有机污染物的检测。在检测过程中, 通常采用热脱附 (TD) 技术结合GC-MS进行分析。热脱附技术可以将空气中的VOCs富集在吸附管上, 然后通过加热使VOCs脱附并进入GC-MS系统进行检测。检测条件的选择需要考虑目标化合物的特性和仪器的性能。色谱柱、载气、升温程序和质谱条件等需要根据VOCs的沸点、极性和稳定性等进行优化。例如, 可以使用氢气作为载气, 提高分析速度和灵敏度。(3) 实际案例分析和结果。以检测空气中苯系物为例, 使用TD-GC-MS技术可以实现对苯系物的准确检测。通过在不同地点采集空气样品, 进行热脱附和GC-MS分析, 可以获得空气中苯系物的浓度和种类信息。检测结果可以反映苯系物不同区域的污染状况和分布规律, 为环境评估和治理提供数据支持。

3.3 土壤中的挥发性有机物 (VOCs) 检测

(1) VOCs的危害与检测重要性。挥发性有机物 (VOCs) 在土壤中广泛存在, 部分VOCs如苯、甲苯、二甲苯等具有强烈的毒性, 可通过空气、土壤接触和地下水等途径对人体健康构成威胁, 导致神经系统损伤、肝脏损害等健康问题。因此, 对土壤中VOCs的准确测定至关重要, 有助于评估土壤污染状况, 保障公众健康。(2) 土壤样品前处理与GC-MS检测条件。土壤样品的前处理包括采集、保存、研磨、提取和净化等步骤。采集时需避免交叉污染, 研磨后使用合适的溶剂 (如甲醇、丙酮) 进行提取, 并通过液液萃取、固相萃取或凝胶渗透色谱等方法进行净化, 去除干扰物。GC-MS检测时, 需根据VOCs的物理化学性质, 选择适当的色谱柱、载气流速、升温程序和质谱参数, 以确保VOCs的有效分离、灵敏检测和准确鉴定^[3]。(3) 定性定量分析方法及结果。GC-MS检测中, 利用标准物质的保留时间和质谱图信息, 通过对比分析, 可定性确定土壤中VOCs的种类。同时, 采用峰面积法或峰高法, 结合标准曲线, 可实现

VOCs的定量分析。实际检测中,将获得的土壤样品色谱图和质谱图与标准图谱进行比对,结合定量分析结果,可全面评估土壤中VOCs的污染程度,为土壤污染修复和环境保护提供科学依据。

4 GC-MS 技术在环境监测中的挑战与前景

4.1 现有技术的挑战

(1) 异构体分辨能力不足。GC-MS技术在分离和检测环境样品中的有机污染物时,对于结构相近的异构体,其分辨能力往往有限。这主要是因为异构体在色谱柱上的保留行为相似,导致难以通过色谱分离达到基线分离。此外,在质谱检测中,由于异构体的质量数相近,也可能出现质谱峰重叠的情况,进一步增加了准确分辨的难度。(2) 部分样品的前处理难度大。环境样品往往成分复杂,含有大量干扰物质,且目标污染物的浓度通常较低。因此,在GC-MS分析前,需要对样品进行复杂的前处理,包括提取、净化、浓缩等步骤。然而,对于一些特殊样品,如前处理过程中易挥发的化合物、难以溶解的固体物质等,其前处理难度较大,容易影响分析的准确性和灵敏度。

4.2 技术改进和前沿研究

(1) 新型萃取技术和衍生化方法的开发。为了提高GC-MS技术在环境监测中的灵敏度和选择性,研究人员正在开发新型萃取技术和衍生化方法。例如,固相微萃取(SPME)、超临界流体萃取(SFE)等新型萃取技术,具有操作简便、溶剂消耗少、环境友好等优点,可以更有效地提取和富集环境样品中的目标污染物。此外,衍生化反应可以将难以检测的目标污染物转化为易于检测和分析的衍生物,提高GC-MS的灵敏度和准确性。(2) 先进质谱技术的应用。随着质谱技术的不断发展,高分辨质谱、高分辨率质谱联用技术等先进质谱技术正在逐步应用于GC-MS分析中。这些技术可以提供更高的质量分辨率和更丰富的质谱信息,有助于实现异构体的准确分辨和复杂样品的深度分析。同时,这些技术

还可以提供化合物的精确分子式、结构信息等,为环境监测提供更全面的数据支持。

4.3 GC-MS技术的未来展望

(1) 在环境监测中的更广泛应用。随着环境污染问题的日益严峻和环保意识的不断提高,GC-MS技术将在环境监测中发挥更加广泛的作用。除了传统的水体、空气、土壤等环境介质外,GC-MS技术还将应用于生物样品、沉积物等新型环境介质的监测中,为环境科学研究提供更丰富的数据支持。(2) 与其他分析技术的联用。GC-MS技术将与其他分析技术相结合,形成更加完善和高效的监测体系。例如,LC-MS联用技术可以实现对难挥发性有机物的有效检测;同位素比值质谱技术可以提供化合物的来源和迁移转化信息;串联质谱技术可以提供化合物的详细结构信息等。这些联用技术将进一步提高环境监测的准确性和灵敏度,为环境保护提供更加有力的支持。

结束语

气相色谱-质谱联用技术在环境有机污染物检测中的应用,不仅提高了检测的准确性和灵敏度,还大大拓展了我们对环境中复杂有机污染物的认识。该技术为环境污染的源头追溯、风险评估及治理决策提供了强有力的支持。未来,随着技术的不断创新和完善,GC-MS技术将在环境监测领域发挥更加重要的作用,为保护生态环境和人类健康贡献更大的力量。

参考文献

- [1] 张爱华,李拥军,赵起越.气相色谱-质谱联用在环境污染物分析中的应用进展[J].分析测试学报,2019,(07):87-88.
- [2] 王晓宁,刘敏,李鑫钢.气相色谱-质谱法在环境监测中的应用及进展[J].环境监测管理与技术,2020,(04):41-42.
- [3] 刘刚,王晓宁.气相色谱-质谱联用技术在水环境有机污染监测中的应用[J].环境与发展,2021,(17):149-150.