

# Application of Gas Chromatography-Mass Spectrometry in Soil Testing

Mengdi Fang Maoyuan Chen\* Ruizhi Yang

Kunming Survey and Design Institute Technology Development Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

## Abstract

The effective implementation of soil testing can better clarify the pollution status in soil and the content of different pollutants, providing more information references and data support for soil remediation and environmental protection, ensuring the relevance and appropriateness of subsequent management and protection efforts. The application of gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) technology in soil testing can further enhance the efficiency and quality of soil testing, guaranteeing the reliability, completeness, and authenticity of test results. Based on soil testing requirements, personnel can define the application path from multiple dimensions, including soil sample collection and pretreatment, extraction and purification of target pollutants, optimization of analytical parameters, qualitative and quantitative analysis, result validation, and quality control, thereby improving the quality and effectiveness of the application.

## Keywords

gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); soil testing; application strategies; environmental protection

## 气相色谱质谱技术在土壤检测中的应用研究

方梦迪 陈茂源\* 杨锐芝

昆明勘察院科技开发有限公司, 中国·云南 昆明 650000

## 摘要

土壤检测工作的有效落实可以更好地明确土壤中的污染情况及不同污染元素的含量, 为土壤治理和环境保护提供更多的信息参考和数据支持, 保障后续各项管理及保护工作落实的针对性和适切性。而气相色谱质谱技术在土壤检测中应用则可以更好地提高土壤检测效率和质量, 保障检测结果的可靠性、完整性和真实性。工作人员可根据土壤检测需求从土壤样品采集与预处理、目标污染物提取与净化、分析参数优化、定性定量分析、结果验证和质量控制等多个维度明确其应用路径, 提高应用质量和应用成效。

## 关键词

气相色谱质谱技术; 土壤检测; 应用策略; 环境保护

## 1 引言

经济社会的迅速发展以及人们素质的不断提升使得现阶段人们对于环境保护问题给予的关注和重视变得越来越高。尤其是在工业生产、农业生产过程中很容易会因管控不当导致土壤污染问题, 在这样的背景下落实土壤检测工作则显得十分必要, 这可以为后续污染治理和管理工作的开展提供更多的数据支撑, 气相色谱质谱技术在土壤检测中应用则可以更好地满足土壤检测需求, 获得完整全面的数据信息。

【作者简介】方梦迪(1996-), 女, 中国云南玉溪人, 本科, 从事化学分析研究。

【通讯作者】陈茂源(1991-), 男, 中国云南昆明人, 本科, 工程师, 从事化学分析研究。

## 2 气相色谱质谱技术核心原理

气相色谱质谱技术是由气相色谱分离系统和质谱检测系统共同构成的, 两者可达到优势互补的效果, 满足复杂样品中目标物的高效分离和精准定性、定量分析的实际需求。其中气相色谱系统是将惰性气体作为载体, 通过色谱柱内固定相和流动相间的分配系数差异完成土壤提取液中特定元素的分离, 为质谱系统的检测工作落实提供纯净、单一的组分。而质谱系统则可以将分离后的组分电离为带电离子, 配合质量分析仪利用质荷比完成分离, 并借助检测器对离子信号进行记录生成质谱图。工作人员则可以通过标准质谱库对比来完成定性分析, 在此基础上通过离子强度与浓度的线性关系分析实现定量分析。

气相色谱质谱技术与土壤检测需求的适配性是相对较强的, 在土壤检测中应用具备三大核心优势。首先, 其检测灵敏度相对较高, 在土壤检测中可以有效检测多环芳烃、有

机氯、农药等相应痕量污染物。其次，其分离能力相对较强，在土壤检测的过程中可大幅降低矿物质、腐殖质等相应基质成分的干扰和影响，保障检测结果的准确性和可靠性。最后，该项技术的定性准确性相对较高，可利用标准质谱库匹配区分结构相似的污染物质，有效解决单一检测技术定性模糊的问题。因此气相色谱质谱技术是现阶段土壤检测中的首选技术。气相色谱仪原理如图1所示。

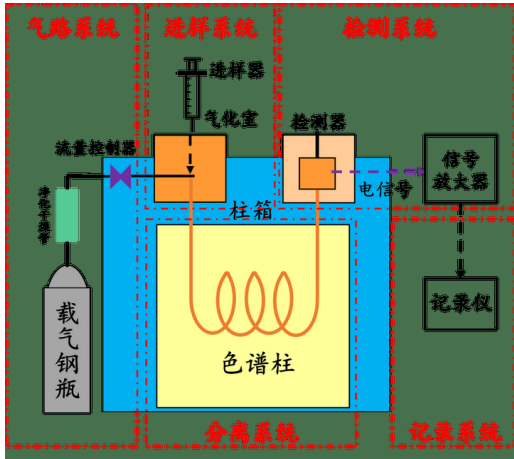


图1 气相色谱仪原理

### 3 气相色谱质谱技术在土壤检测中的应用

#### 3.1 样品采集与预处理

样品采集与预处理是气相色谱质谱技术在土壤检测中应用的基础环节，对于检测结果的准确性、真实性和可靠性会起到至关重要的影响。在该环节相关工作人员需加强技术控制和管理保证样品的代表性，为后续各项工作的开展提供数据参考和信息支撑。

而在采样工作开展的过程中可结合土壤环境监测技术规范采用多点混合采样法，并根据检测需求来调整采样深度，从表层、中层、深层三个维度落实采样工作。一般情况下表层采样深度约为0~20cm，中层为20~60cm，深层则是60~100cm。在采样开展的过程中还应当结合后续土壤检测需求来明确样品采集量，一般情况下每个采样点所采集的样品应超过1kg。在此之后将样品混合，用四分法将其缩分至500g并去除样品当中的石块和植物残体等相应杂质，避免杂质过多影响后续的检测结果。

在预处理工作落实的过程中需紧抓干燥与研磨两大关键点。样品采集以后需自然风干，避免暴晒，在风干至恒重以后借助玛瑙研钵对样品进行研磨，并引入100目尼龙筛进行筛选，研磨后的样品应避光保存，可放置于-4℃的冰箱中避免在存储的过程中出现样品污染或挥发、降解等相应问题<sup>[1]</sup>。

当然样品采集要点需坚持具体问题具体分析的原则，根据土壤的实际情况来明确采样过程中需要注意的问题。例如，若在土壤检测中发现被检测区域土壤中含有挥发性有机

物，并以此作为检测的重心，这时在采样结束以后则需要立即将样品存储于棕色玻璃瓶内并进行密封，在运输的过程中应确保环境温度在4℃，并在24h内落实检测工作，避免污染物质流失导致检测准确性受到影响。

#### 3.2 目标污染物提取与净化

土壤基质构成是相对而言较为复杂的，而在土壤检测当中必须充分考量土壤的基质特点，尤其是在土壤污染检测的过程中更需要充分考量污染物质构成复杂的特性，可通过提取与净化来去除干扰成分，保障检测结果真实、可靠且准确。

在气相色谱质谱技术应用之前的样品预处理中不同类型的污染物其提取与净化策略存在鲜明差异，可以将污染物划分为挥发性有机物、半挥发性有机物、有机氯农药等不同类别，并针对性地选择提取方法和净化方法。在提取工作落实的过程中相关工作人员需根据不同技术的技术特性加强对关键参数的控制。例如在超声波提取的过程中需确保萃取剂能够充分浸润土壤样品，避免出现气泡包裹等相应问题。加速溶剂萃取则需加强对压力和温度的控制，避免出现溶剂挥发的情况。若选择吹扫捕集则需要捕集的过程中加强对吹扫气流的控制避免目标物吸附流失。

而在净化环节则需要着重分析不同干扰物质可能会对检测结果产生的影响，找到相应的解决对策。例如土壤中的腐殖酸、脂酸等相应干扰物会影响后续检测工作的开展，弗罗里硅土则可有效去除极性杂质，凝胶渗透色谱则可完成大分子干扰物质的分离<sup>[2]</sup>。在净化结束以后需进行样品浓缩、定容，然后借助仪器进行分析。

#### 3.3 气相色谱质谱仪器分析及参数优化

仪器分析是气相色谱质谱在土壤检测中应用的核心环节，在该环节想要更好地发挥仪器设备的优势就必须加强参数的控制，保证分离效果和检测的灵敏度。一般情况下在气相色谱质谱检测中的关键参数主要包含柱温、载气、进样口温度、升温程序、离子源、扫描模式等关键点，其通用优化参数如表1所示。该表所示参数适配大多数有机污染物的检测，若无法满足要求，则需要根据污染物的极性、沸点来做出针对性的优化。

表1：参数类别及通用优化参数

参数类别	通用优化参数
色谱柱	HP-5MS 毛细管柱 (30m × 0.25mm × 0.25 μm)
载气	高纯氦气 (纯度 ≥99.999%)，流速 1.0mL/min (恒流模式)
进样口温度	250℃，分流进样 (分流比 10:1)
升温程序	初始 50℃ (保持 2min)，10℃/min 升至 280℃ (保持 10min)
离子源	EI 源，电离能量 70eV，温度 230℃
扫描模式	全扫描 (SCAN, m/z 50-500) 定性；选择离子扫描 (SIM) 定量

在色谱系统参数调节的过程中应做好分离效率和检测

速度的平衡,避免出现组分残留或峰型异常等相应情况。在质谱系统参数优化中 EI 源作为通用离子源,将其电离能量控制在 70 eV 即可满足大多数目标物的电离需求。而在扫描模式调整的过程中则需要结合检测目的实际情况对其进行适当切换, SIM 模式还可以降低干扰离子所带来的影响,更好地保障定量结果的准确性和真实性<sup>[3]</sup>。需注意,在参数优化及设计的过程中可通过空白验证的方式避免杂峰干扰。若污染物检测类型更换,同样需要对检测参数进行调整,验证标准品峰型和响应值,保障检测规范、结果可靠真实。

### 3.4 定性与定量分析

土壤检测的最终目的是为了获得准确的数据信息,为后续各项工作的开展提供信息支撑,因此定性与定量分析是十分重要的一环<sup>[4]</sup>。在定性分析上,可通过质谱库匹配法将样品质谱图和 NIST 标准质谱库进行对比分析,若匹配度超过 80% 且特征离子相对丰度偏差在 10% 以内则可以确定是否存在该类目标物。此外在定性分析的过程中还可根据保留时间进行辅助验证,即分析样品中的目标物保留时间是否和标准品中目标物的保留时间偏差在 0.05min 以内,以此来进一步保障定性结果的准确性、真实性和可靠性。而在定量分析的过程中,一般情况下多选用外标法,即工作人员需要根据标准要求配置 5 个浓度梯度的标准工作液,然后在保障检测流程不变的基础之上绘制标准曲线,分析相关系数,在此之后对样品中的目标物浓度进行计算<sup>[5]</sup>。

### 3.5 结果验证与质量控制

为确保检测结果真实可靠,为后续各项工作的开展提供更多的参考与借鉴,还需通过结果验证和质量控制工作的有效落实,及时发现土壤检测中存在的欠缺和不足并作出更正和优化。而在结果验证和质量控制的过程中核心验证指标主要包含如下几点。首先是空白对照,即在土壤样品检测的过程中需确保每批次土壤样品中都设置两个及以上的全程序空白样品,空白样品中含目标污染物的浓度应低于检测方法的检出限。其次需要做好平行样品的分析,根据所检测土

壤样品的数量合理设置平行样品的数量,一般情况下每 10 个样品就需要设置一个平行样品,平行样品的相对偏差应控制在 15% 以下。再次则需要从加标回收的维度来进行分析,每批次样品中可设置高、中、低浓度的加标样,保障加标回收率在 70%~130% 之间。最后需要通过方法检出限与定量限的分析及时发现问题,可用 3 倍信噪比计算检出限,用 10 倍信噪比计算定量限。通过空白样、平行样、加标回收和方法检出限与定量限的分析判断土壤检测工作是否符合《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》的要求。若不满足要求应及时与相关工作人员进行沟通和交流对问题进行解决和处理<sup>[6]</sup>。

## 4 结语

气相色谱质谱技术在土壤检测中有效应用可获得更加准确、真实且可靠的检测数据,甚至可以有效提高检测效率,降低检测成本,必须引起关注和重视,坚持全过程管理的原则,从土壤样品采集与预处理、目标污染物提取与净化、仪器分析参数优化、定性定量分析和结果验证与质量控制等多个维度来加强技术管理,保障气相色谱质谱技术应用的適切性、规范性和结果的准确性、完整性。

### 参考文献

- [1] 邹德靓,陆佳锋,冯利,等. 气相色谱-质谱联用技术在土壤污染检测中的应用简析 [J]. 腐植酸, 2025, (06): 111-113.
- [2] 潘应拿. 气相色谱-串联质谱技术在农产品质量安全检测中的应用 [J]. 现代农业科技, 2025, (17): 133-136+140.
- [3] 朱丹丹. 气相色谱-质谱联用技术在土壤污染检测中的应用 [J]. 中国资源综合利用, 2025, 43 (03): 63-65.
- [4] 武笑颖,王苹苹,袁雪,等. 气相色谱质谱联用技术在防腐剂检测中的应用分析 [J]. 中国食品, 2024, (12): 67-69.
- [5] 张坚. 关于气相色谱—质谱联用技术在环境检测中的应用探究 [J]. 环境与发展, 2018, 30 (07): 93-94.
- [6] 夏俊,程诚. 气相色谱——质谱联用技术在环境检测中的应用 [J]. 资源节约与环保, 2017, (01): 57+64.