

# 气相色谱—质谱联用技术在环境检测中的应用

杨少栋

(甘肃省中心实验室 甘肃 兰州 730050)

**[摘要]**随着经济的发展,环境污染越来越严重,污染物的种类也越来越多。部分污染物不仅会造成环境的破坏,还具有毒性高,易产生生物富集等特点,会对人体造成非常大的损伤。为了还人们一片净土,让人们健康生活,对环境中的污染物进行检测刻不容缓。为此,科研人员一直在不懈努力,刻苦钻研,以求能找到一种灵敏度高,使用便捷的检测方式。气—质联用技术不仅具有气相色谱的分离分析特点,还具有质谱的高分辨结构鉴定的特点,所以这项使用方便、检测精度高的技术,也成了当前环境检测中应用最广泛的技术。基于此,本文重点分析了气—质联用技术的工作原理、处理方法,以及实际在环境检测中的应用,以期有所贡献。

**[关键词]**气相色谱;质谱;联用技术;环境检测

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.06.1543

气相色谱的优点是可以区分混合物中的不同成分,而缺点就是不能精确地对区分出来的成分进行鉴定。而质谱的优点是具有特别强的鉴定能力,缺点是所需要的样品纯度较高,否则鉴定结果容易失真。在实际应用时,这两技术都存在一定的弊端,不能很好地进行环境检测。为了精确鉴定出污染物中不同成分的含量,研究人员经过不断地尝试,最终将这两种技术取长补短完美融合在了一起,并将其用于环境检测。这种二合一的技术被称作气相色谱—质谱联用技术,简称气—质联用技术。目前,这种技术被广泛应用到了空气检测、土壤以及固体废物检测中,并得到了业内人士的一致好评。

## 一、气相色谱与质谱的工作原理

### (一)气相色谱的工作原理

在同一温度下不同化合物流动相和固定相中的分配系数存在一定的差异,它们在色谱柱中的流出时间也不同,所以气相色谱能够将错杂的混合物进行定性。由于气相色谱是通过气体作为流动相进行分析分离的,所以气相色谱不仅分离速度快,灵敏度也非常高。由于具备这些优势,所以一直以来气相色谱法的应用范围都非常广。气相色谱法有着明显的优势,也存在明显的缺陷,在实际分析分离过程中,一根色柱不能将所有的化合物分离开,尤其是在分离元素相同,结构不同的化合物时,气相色谱法的分离效率十分差。气相色谱中一共含有五个重要的部分,其中色谱柱决定着能否将化合物分离开。而完成分离工作后化合物能否被检测出来则取决于检测系统。所以,对于气相色谱来说分离系统和检测系统就是它最关键的部分。

### (二)质谱的工作原理

质谱法是根据离子的质核比大小对离子进行分离和测定的,它能够准确测定物质的分子量,也可以依照碎片特征分析化合物的结构。质谱仪的工作流程为:当样品进入系统后,就会被离子源分离为带电离子,而带电离子进入质量分析器后,就会在电场以及磁场的作用下产生质核比分离的现象,对分离结果进行检测,再经过数据系统处理就可以得到精确度较高的检测结果。质谱技术和气相色谱技术比,其最鲜明的特征的就是迁建的结构能力极强,所以质谱技术不只可以检测出化合物的分子式和分子结构,还可以检测出化合物的分子量。目前,质谱仪的种类非常多,不同类型的质谱仪在工作原理以及工作范围上都存在一定的区别,但是所有质谱仪都存在对样品要求严格的缺陷。在检测时,质谱仪只能分辨单一样品,无法分离复杂物质。由于质谱分析所需要的样品少,精确度高,所以质谱技术主要被应用于化学、药物、材料科学等领域。

## 二、气—质联用技术的工作原理

气—质联用技术是气相色谱技术和质谱技术相结合的产

物,它的工作流程主要包括气相色谱单元、质谱单元、计算机以及接口。气相色谱部分主要负责样品的提取,质谱单元则主要负责对被检测物进行检测,而接口则负责将气相色谱单元以及质谱单元连接起来,以保证检测流程的完整性。在检测时,为了使检测结果更加准确,质谱单元通常会重复检测,所以得出的数据也比较多,这个时候计算机就会收集这些数据,并自动进行分析,然后得出一个较为精确的结果。此外,计算机控制系统,还可以自动控制仪器,拓宽质谱仪的使用范围。

早期,气—质联用技术不是一个连贯的整体,是分开工作的,所以它们的工作过程是间歇式的。在检测时,首先用冷阱收集色谱柱的柱后流出物,然后由质谱对收集的流出物进行分析。现在人们将色谱仪和质谱仪连接了起来,制成一个整体,这样使用气—质联用技术进行检测时,就不需要再分步骤检测。质谱仪必须在高真空条件下才能工作,而气象质谱的出口需要在含有大量载气的常压下,所以在两者的连接处必须有过渡装置,这样才能解决两者所需外界条件不同的问题。填充柱的连接口处最常用的是三喷雾分离器,用于分子分离。所以气—质联用技术的工作原理就是,当气体在膨胀的超音速射流中时,气体不同其扩散行为也存在一定的区别。当色谱废水通过喷嘴排出后,分子量较低的载气扩散速度非常快,大部分废气由真空泵泵出。而分子质量比较大,扩散速度相对缓慢的气体则会通过离子发生器,获得质量色谱图。质谱仪在这一质量范围内自动进行重复扫描,多次扫描所获得的数据会直接被计算机获取,并进行处理,由此,得出检测结果。

## 三、气—质联用前处理方法

气—质联用前的处理方式主要有四种,分别为液—液萃取法、液相微萃取法、固相萃取法以及顶空处理技术。样品直接影响着检测结果,所以对样品进行检测前处理十分重要。环境样品的种类不仅有气态、液态还有固态和其他形态,不同形态的样品的处理方式都是不同的。如果做不好前期的处理工作,那么后期的检测分析就会变成无用功。所以,在检测前必须为不同的样本挑选合适的处理方式。

### (一)液—液萃取法

我国对环境的检测由来已久,最开始人们常用的方法就是液—液萃取法。这种萃取方法主要用于在水中不容易挥发或者挥发性比较小的有机物提取。其工作原理就是根据样本选择两种互相不融合的溶液,然后按照样本在不同溶液中的溶解度来提取被检测物。这种提取法所需要的器材十分简单,只需要一个分液漏斗就可以完成提取。这种方式虽然分离效率较高,操作也比较简单,可以用于大规模提取,但是液—液萃取法所消耗的溶液较多,耗时也较长,萃取过程很有可能对环境造成更严重的污染。所以,随着萃取技术不断推陈出新,液—液萃

取法已经逐渐被这些更加先进、环保的方式所取代。

#### (二) 液相微萃取法

液-液萃取技术会对环境造成二次污染,所以一直以来人们都在探索可以取代这种技术的提取法。1996年,人们依据液-液萃取技术发明出了液相微萃取法,这两种萃取技术虽然异曲同工,但是液相微萃取法不仅更加环保,而且操作也更加简单,它将采样、萃集以及浓缩合为一体,使得萃取过程更加便捷。由于这项技术萃取效率非常高,富集效果有时都可以达到1000倍以上,所以用这项技术进行萃取,只需要少量的溶液即可。目前液相微萃取法被广泛用于静液态样本的检测物提取中。

#### (三) 固相萃取法

固相萃取法是一种不需要溶剂,也可以直接完成萃取的一项技术,和顶空处理技术相同,这项技术几乎不会产生二次污染,能够保证被提取物的精确性。固相微萃取技术的工作原理就是利用固相吸附剂上目标化合物,其主要包括吸附和解吸附两个流程。在吸附时,待检测物在固定相与样品之间遵循相似相容原理平衡分配,解吸附的过程并不完全相同,它随着后续分离手段而改变,最常用的是热脱附技术。此项技术的最明显的优点就是步骤简单,操作方便、便于携带,而且适用范围较广。所以它不仅被用于环境分析,也被广泛应用到了药物、食品等样品中的有机物提取。

#### (四) 顶空处理技术

无论是固态样品还是液态样品都可能存在一定的挥发性,想要收集挥发出来的物质并进行检测就需要用到顶空处理技术。当气相中待检测物的含量较大时,萃取效果就更好,而进行分析时,所得的结果也就会更准确。这项技术的最大优点就是不会直接接触样本,可以避免产生其他杂质,能够提高检测结果的准确性。顶空处理技术也是有细分的,一般可以分为两种,即静态顶空技术以及动态顶空技术。静态顶空技术所分离组分的沸点在200℃以下,其工作流程是在一定温度下,将样品放于密闭瓶中,当挥发性物质两相分配达到平衡时,取顶部空间气态或者蒸汽相进行分离。而当样品中挥发性成分较多,待检测物的含量又比较少时,就会选择动态顶空技术。动态顶空技术的工作流程则是将样品置于多空高聚物中,并随着样品的挥发连续用惰性气体吹扫样品,以使待检测物质转入搜集器中。

### 四、气-质联用技术在环境检测中的应用

#### (一) 气-质联用技术在大气环境中的应用

工业技术发达的背后,是污染气体越来越多,大气环境污染越来越厉害。空气中的污染物分为很多种,其中最严重的是苯酚、甲酚等含酚的有毒化合物。人体如果长期吸入含酚类化合物的蒸汽,不仅会出现腹泻、厌食等症状,神经系统也会受到损伤,导致身体出现不可逆的伤害。所以,测定空气中酚类化合物的含量十分重要。目前测量的主要方式为使用Tenax采样管,直接吸附空气中的酚类化合物,然后以甲醇对其解析,随后加入萘-D8作为内标,使用气象色谱进行离子检测,内标定量,这样就可以建立起Tenax采样管富集气象色谱-质谱测定空气中分类化合物的方法。这种方法定量准确,基本不会对空气产生影响,检测的灵敏度又比较高,在实际检测时,完全可以满足检测空气中分类化合物的要求。

被广泛用于电气设备绝缘、热交换机以及水利系统的多氯联苯也是一种常见的污染物,它不仅能使细胞产生癌变,还会损伤脑细胞,导致皮肤以及内脏等多种疾病的产生。检测多氯联苯时,可以使用大流量玻璃纤维滤膜采样法采集空气中的总

悬浮颗粒物,然后使用索氏提取器提取其中的PCBs,并用气-质联用基础分析空气中的PCBs含量。

此外,空气中还有石油企业排放出的包含卤代烃和芳香烃的有机污染物,以及其他对人体有害的污染物,准确区分空气中污染物的成分,才能选取有效策略净化空气,让人们生活在健康的空气环境中。

#### (二) 气-质联用技术在水资源环境中的应用

农药已经成了农作物生长的必备之物,虽然农药能够杀虫、促进农作物生长,但是农药的残留成分不仅会污染土壤,还会随着雨水等进入人们的饮水系统,污染水资源环境。人们的生活离不开水,农药进入了水中,就会随着进入人体,危害人体健康,想要解决这一问题,就必须先检测出水中污染物的成分,这样才能及时处理水中的污染物,保障居民的生命安全。为此,朱定姬等人使用搅拌棒吸附萃取物,并利用气-质联用技术检测了水中农药的成分,并得到了较为满意的结果。而肖荣辉等人用富集能力较强的竹炭为固相萃取吸附材料,提取了水中的10多种环芳烃化合物,并利用气-质联用技术进行了定性定量分析,最后证实出该技术可以用于水中多环芳烃的分析测定。此外,国内外多名科学家,在采用气-质联用技术对水资源中的污染物进行检测时,也都取得了较为满意的结果,由此可见,这项技术对于保护水资源环境有着深远的意义。

#### (三) 气-质联用技术在土壤环境中的应用

随着科学技术的发达,为了提高产量,种植出反季的农产品,人们在种植农作物时,不仅会用到农药,还会用到大棚、地膜以及化肥等。这些虽然有利于农作物生长,能够满足人们的口腹之欲,为农民带来更大的收益,但是这些东西不仅极难分解,还会产生对土壤有害的污染物。农作物在生长的过程中,就会慢慢吸收土壤中的有害物质,并借由食物进入人体,危害人们的身体健康。采用气-质联用技术,就能快速测定出土壤中的有害物质,并以此为依据寻求治理土壤的方式,让人们吃到绿色健康的食物。为此,王凌等人采用加速溶剂萃取仪提取了一处养殖场周围的沉积物中的有机磷农药,并利用气-质联用技术进行了检测,得出了土壤中含有敌敌畏、久效磷、对硫磷等7种有机磷农药。

### 五、总结

随着国家对环境污染问题的重视程度越来越深,气-质联用技术也迎来了发展的黄金时期。由于这项技术有着灵敏度高,检测便捷等多种优势,所以无论是在环境检测中,还是在药品、食品等行业的检测中,人们都开始广泛使用这项技术。这项技术有着明显的优势,但是也存在一些不足,想要气-质联用技术在检测中发挥出更大的优势,就必须不断钻研,让它朝着更加快捷、更加敏捷的方向坚定不移地迈步,这样它才能紧随时代发展,为检测做出更大的贡献。

#### 参考文献

- [1] 夏演, 解焕英, 顾建利. 吹扫捕集-气相色谱-质谱联用法测定水中硝基苯的研究讨论[J]. 环境与发展, 2019, 31(08): 92-93.
- [2] 田芳. 环境检测中挥发性有机物检测方法的合理运用[J]. 中国资源综合利用, 2019, 37(12): 126-128.
- [3] 刘晓利, 周均. 气相色谱-质谱联用技术在环境检测中的应用[J]. 生态环境与保护, 2019, 2(12).
- [4] 刘成富, 汤典峰, 朱艳华. 环境检测中挥发性有机物检测方法的合理运用[J]. 山东化工, 2019, 48(11): 217+219.