

# 化验室中气相色谱技术对有机化工产品的定性分析

柳卧虎

连云港嘉澳新能源有限公司 江苏 连云港 222000

**摘要:** 气相色谱技术 (Gas Chromatography, GC) 作为一种高效、灵敏的分析手段, 在有机化工产品的定性分析中发挥着重要作用。本文旨在详细探讨气相色谱技术的基本原理、定性分析方法及其在有机化工产品定性分析中的具体应用, 为相关领域的科研和工业生产提供参考。

**关键词:** 气相色谱技术; 有机化工产品; 定性分析

## 引言

有机化工产品种类繁多, 结构复杂, 其定性分析对于产品质量控制、新产品研发及环境监测等方面具有重要意义。气相色谱技术以其高分离效率、高灵敏度及广泛的应用范围, 成为有机化工产品定性分析的首选方法。本文将从气相色谱技术的基本原理出发, 结合具体的应用, 深入探讨其在有机化工产品定性分析中的应用。

### 1 气相色谱技术的基本原理

气相色谱技术是一种高效、精确的分离与分析方法, 其核心原理在于利用不同物质在固定相和流动相之间的分配系数差异来实现混合物的分离。在这个过程中, 流动相通常采用惰性气体, 如氮气或氦气, 它们负责携带样品通过色谱柱。色谱柱的内壁涂覆有一层固定相, 这层固定相对样品中的各组分具有不同的亲和力。样品在汽化后, 随着载气进入色谱柱, 在柱内, 各组分根据与固定相的相互作用强弱逐一分离。随后, 这些分离后的组分通过检测器进行定量和定性分析, 常用的检测器有火焰离子化检测器 (FID) 用于检测有机物, 热导检测器 (TCD) 适用于广泛范围的化合物, 以及电子捕获检测器 (ECD) 专用于检测含电负性原子的化合物, 如卤素。

### 2 气相色谱定性分析的方法

#### 2.1 保留时间定性法

保留时间定性法是气相色谱中最基础也最常用的定性分析方法之一。其原理是基于不同物质在特定色谱条件下 (如固定相类型、载气流速、柱温等) 具有特定的保留时间。通过比较未知样品中各组分的保留时间与已知标准物质的保留时间, 可以初步判断样品中是否含有特定成分。然而, 保留时间定性法在实际应用中存在一定的局限性。由于载气流速、柱温等色谱条件的微小变化都可能影响物质的保留时间, 因此在实际操作中需要严格控制这些条件, 以提高定性分析的准确性。为了减

小这种影响, 可以采用内标法或外标法进行校正。内标法是在样品中加入一种已知浓度的内标物, 通过比较内标物与待测组分的峰面积或峰高比例来进行定性分析; 外标法则是通过绘制标准曲线, 将未知样品的峰面积或峰高与标准曲线进行比对, 从而确定样品中的成分。

#### 2.2 相对保留值定性法

相对保留值定性法是一种更为稳定的定性分析方法。相对保留值是两种物质在相同色谱条件下的保留值之比, 它仅与固定相的性质有关, 而与色谱柱的长度、流动相的流速等因素无关。因此, 相对保留值定性法在一定程度上克服了保留时间定性法的局限性。在实际操作中, 可以通过计算未知样品中各组分的相对保留值, 并与已知标准品的相对保留值进行比较, 来进行定性分析。如果未知样品中的某个组分的相对保留值与已知标准品的相对保留值相近或一致, 那么可以初步判断该组分与标准品为同一物质<sup>[1]</sup>。相对保留值定性法的优点在于其稳定性好、受色谱条件影响小, 因此在实际应用中具有较高的可靠性。但是, 该方法也要求标准品的相对保留值必须准确已知, 且样品中的各组分必须能够完全分离, 否则可能会影响定性分析的准确性。

#### 2.3 已知物峰高法定性

已知物峰高法定性是一种直观且有效的定性分析方法。其原理是在未知样品中加入一定量的已知纯物质, 然后在同样的色谱条件下进行分析。通过对比加入纯物质前后的色谱图, 可以观察到哪个峰的高度发生了明显变化, 从而判断该峰对应的物质即为加入的已知纯物质。已知物峰高法定性的优点在于它既可以避免载气流速的微小变化对保留时间的影响, 又可以避免色谱图图形复杂时准确测定保留时间的困难。但是, 该方法也要求加入的已知纯物质必须纯净且浓度适中, 否则可能会影响定性分析的准确性。此外, 如果样品中的组分较多且相互干扰严重, 那么该方法可能会受到一定的限制。

#### 2.4 保留指数法

保留指数法是一种更为精确且国际公认的定性分析方法。保留指数是一种与柱温和固定相性质有关,但与色谱条件(如载气流速、柱长等)无关的定性指标。它具有重现性好、标准物统一及温度系数小等优点。在实际操作中,可以通过测定未知样品中各组分的保留指数,并与已知标准品的保留指数进行比较,来进行定性分析。如果未知样品中的某个组分的保留指数与已知标准品的保留指数相近或一致,那么可以判断该组分与标准品为同一物质。保留指数法的优点在于其精确度高、受色谱条件影响小且国际公认度高。但是,该方法也要求标准品的保留指数必须准确已知,且样品中的各组分必须能够完全分离且峰形良好,否则可能会影响定性分析的准确性。

#### 2.5 双柱/多柱定性法

双柱/多柱定性法是一种提高定性分析准确性和可靠性的有效方法。其原理是使用两根或多根不同固定相的色谱柱对样品进行分析,通过比较不同色谱柱上的保留时间、相对保留值或保留指数等信息,来进一步确认样品中的成分。在实际操作中,可以选择具有不同分离特性的固定相来制备色谱柱,如极性、非极性、中等极性等。然后,将未知样品分别在这些色谱柱上进行分析,并比较各组分在不同色谱柱上的保留行为。如果样品在不同色谱柱上均有相同的保留时间、相对保留值或保留指数,那么可以判断该组分的定性可靠性较高。双柱/多柱定性法的优点在于它提供了更多的信息进行定性分析,从而提高了定性的准确性和可靠性<sup>[2]</sup>。但是,该方法也要求色谱柱的制备和选择必须合理且准确,且样品中的各组分必须能够在不同色谱柱上均得到良好的分离和检测,否则可能会影响定性分析的准确性。

### 3 气相色谱技术在有机化工产品定性分析中的具体应用

#### 3.1 石油化工产品分析

石油化工产品是现代社会中不可或缺的能源和化工原料。气相色谱技术在石油化工产品的分析中扮演着至关重要的角色。以天然气为例,天然气是一种复杂的混合气体,其中包含了 $O_2$ 、 $N_2$ 、 $CH_4$ 、 $CO_2$ 、 $C_2H_6$ 、 $C_3H_8$ 等多种组分。为了准确测定这些组分的含量,气相色谱技术成为了首选。在天然气分析中,气相色谱仪通常配备有热导检测器(TCD)等高精度检测器,以及具有高分离度的色谱柱。通过优化色谱条件,如载气流速、柱温程序等,可以实现天然气中各组分的快速、准确分离和检测。这不仅为天然气的质量控制提供了有力支持,

还为天然气的合理利用和环境保护提供了科学依据。此外,在炼油厂气体分析中,气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)的应用更是发挥了举足轻重的作用。炼油厂气体中包含了大量的烃类化合物,这些化合物的种类和含量对于生产工艺的优化和产品质量的控制至关重要。GC-MS联用技术结合了气相色谱的高分离能力和质谱的高灵敏度、高选择性检测特性,可以实现对复杂气体混合物的全面、准确分析。这不仅为炼油厂的生产过程提供了有力的监控手段,还为炼油产品的质量控制和市场竞争提供了有力保障。

#### 3.2 有机溶剂残留分析

在有机化工产品的生产过程中,常常需要使用各种有机溶剂作为反应介质或萃取剂。然而,这些溶剂在产品中的残留量对于产品的质量和安全性具有重要影响。因此,准确测定有机溶剂的残留量成为了有机化工产品分析中的一项重要任务。气相色谱技术在有机溶剂残留分析中展现出了其独特的优势。以药品生产为例,药品中的残留溶剂不仅可能影响药品的疗效和稳定性,还可能对人体健康造成潜在危害。因此,药品生产过程中的有机溶剂残留分析显得尤为重要。顶空气相色谱法是一种常用的有机溶剂残留分析方法。该方法通过加热样品,使残留溶剂挥发并进入气相色谱仪进行分析。通过选择适当的色谱柱和检测器(如火焰离子化检测器FID),可以实现对药品中残留溶剂含量的准确测定。这种方法不仅具有高度的灵敏度和准确性,还具有操作简便、分析速度快等优点<sup>[3]</sup>。除了药品生产外,气相色谱技术在其他有机化工产品的有机溶剂残留分析中也有着广泛的应用。例如,在涂料、塑料、纺织品等产品的生产过程中,都需要对有机溶剂的残留量进行严格控制。气相色谱技术为这些产品的质量控制和市场准入提供了有力的技术支持。

#### 3.3 食品添加剂分析

食品添加剂的过量使用或不当使用可能对人体健康造成潜在危害。因此,对食品添加剂的准确分析成为了食品安全监管中的一项重要任务。气相色谱技术在食品添加剂的分析中发挥着重要作用。以甲醇和杂醇油为例,这两种物质是食品中常见的添加剂或污染物。甲醇具有毒性,过量摄入可能对人体造成严重危害;而杂醇油则可能影响食品的品质和安全性。为了准确测定食品中甲醇和杂醇油的含量,气相色谱技术成为了首选。通过选择适当的色谱柱和检测器(如火焰离子化检测器FID),可以实现对这两种物质的快速、准确分离和检测。这不仅为食品安全监管提供了有力的技术支持,还

为消费者的健康和安全提供了有力保障。除了甲醇和杂醇油外，气相色谱技术还可以用于其他食品添加剂的分析。例如，防腐剂、抗氧化剂、着色剂等都可以通过气相色谱技术进行准确测定。这些分析结果为食品安全监管、产品质量控制和消费者健康保护提供了有力的科学依据。

#### 4 提高定性分析准确性的策略

##### 4.1 样品预处理

样品预处理是提高定性分析准确性的第一步，也是至关重要的一步。对于复杂样品，其中可能含有大量的干扰物质，这些物质会严重影响分析的灵敏度和选择性。因此，需要采用合适的预处理方法来去除这些干扰物质。固相萃取（SPE）是一种常用的样品预处理方法。它利用固体吸附剂对样品中的目标化合物进行选择性吸附，同时去除其他干扰物质。通过选择合适的吸附剂和洗脱剂，可以实现目标化合物的高效富集和纯化，从而提高分析的准确性。凝胶渗透色谱（GPC）也是另一种有效的预分离方法。它根据分子大小对样品中的化合物进行分离，可以去除大分子干扰物质，如蛋白质、多糖等，从而净化样品，提高分析的灵敏度。除了固相萃取和凝胶渗透色谱，还可以根据样品的特性选择其他合适的预处理方法，如液液萃取、衍生化反应等。通过合理的预处理，可以显著减少干扰物质对分析的影响，提高定性分析的准确性。

##### 4.2 色谱条件的优化

色谱条件的优化是提高定性分析准确性的另一个关键因素。色谱柱的选择、载气的流速、温度程序等都会对分离效果产生重要影响。色谱柱是气相色谱分析的核心部件，不同的色谱柱对不同的化合物具有不同的分离能力。因此，需要根据目标化合物的性质选择合适的色谱柱。例如，对于极性化合物，可以选择极性色谱柱；对于非极性化合物，可以选择非极性色谱柱。载气的流速也是影响分离效果的重要因素。流速过快可能导致分

离度降低，流速过慢则可能延长分析时间<sup>[4]</sup>。因此，需要通过实验确定最佳的载气流速，以在保证分离度的同时提高分析效率。温度程序对色谱分离也有显著影响。通过合理设置温度程序，可以改善化合物的分离效果，减少峰拖尾现象。例如，对于沸点较高的化合物，可以采用程序升温的方式，使色谱柱温度逐渐升高，从而提高分离效果。

##### 4.3 质量控制与质量保证

质量控制与质量保证是确保分析结果准确性和可靠性的重要环节。需要定期进行仪器校准，确保仪器的性能和准确性。同时，还需要对标准曲线进行验证，确保标准品的浓度与分析结果之间的线性关系良好。此外，实验室还需要建立完善的质量控制程序，包括样品的接收、处理、分析、数据记录等各个环节。通过严格的质量控制程序，可以确保分析过程的规范性和可追溯性，从而提高分析结果的准确性和可靠性。

#### 结语

气相色谱技术在有机化工产品的定性分析中发挥着重要作用。通过合理的实验设计、色谱条件的优化和其他技术的有效联用，可以显著提高定性分析的准确性和可靠性。随着技术的不断发展，气相色谱技术将在更多领域发挥其独特的分析优势，为科学研究、环境监测、食品安全等领域提供有力的分析手段。

#### 参考文献

- [1] 牟光银, 罗万峰, 张燕, 等. 有机化工标准中的气相色谱分析法研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2019, (24): 207.
- [2] 王慧英, 罗栋. 气相色谱技术在化工分析行业中的应用研究[J]. 石化技术, 2024, 31(11): 157-159.
- [3] 王雅婷, 赵家有. 气相色谱法在化工分析中的技术应用[J]. 低温与特气, 2024, 42(02): 41-43.
- [4] 杨月霞, 王传杰. 气相色谱技术在化工分析行业中的应用研究[J]. 化纤与纺织技术, 2023, 52(04): 54-56.