

禹重科技® ÜZONGLAB

分析仪器 | 实验方案 | 测试咨询 | 计量检定



 GAS

气相色谱-离子迁移谱联用仪 (GC-IMS)

---轻松实现痕量VOCs的实验室、车载、在线监测

一.GC-IMS应用领域

GC-IMS专注痕量杂原子（含硫/氧/卤素等）VOCs的快速分析，主要应用方向为：

水、土、气中VOCs在线监测

环境恶臭/材料异味物质溯源

工业有毒有害物质（TICs）泄漏监测



密闭空间有毒有害物质在线监测

天然气中含硫/无硫（S-Free）物质检测

工业过程VOCs在线监测

GC-IMS适用VOCs监测场所



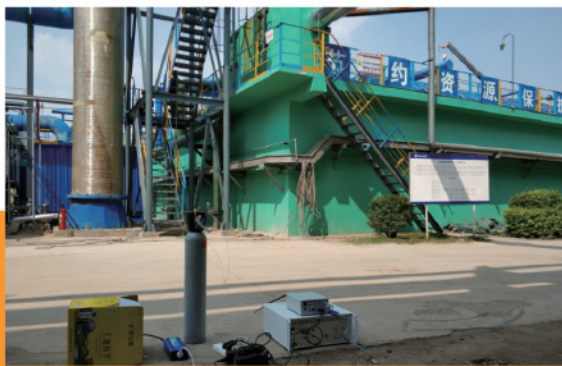
实验室监测



固定点位监测



车载监测



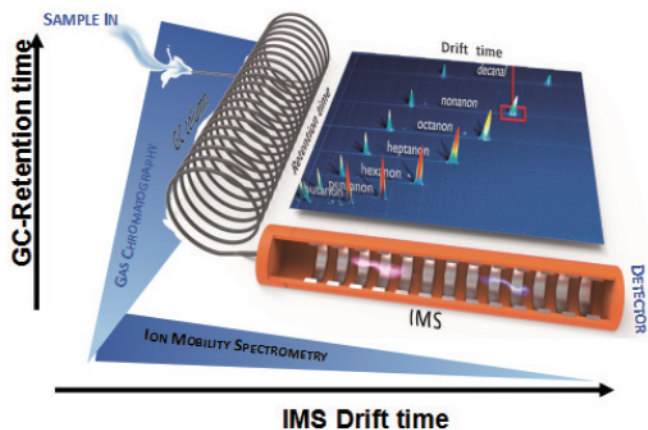
现场监测

二.GC-IMS简介

1.GC-IMS工作原理

离子迁移谱 (IMS) 是基于不同分子离子在电场中迁移速率的差异对物质进行分离表征的技术，独立的离子迁移谱仪具有高灵敏度，检出限低至 ppbv 级别，但分离度较差；而气相色谱 (GC) 具有良好的分离能力，将 GC 和 IMS 联用可充分发挥两者的技术优势，实现样品的二次分离，满足复杂基质尤其是小分子物质的高分离度与低检出限的分析需求。

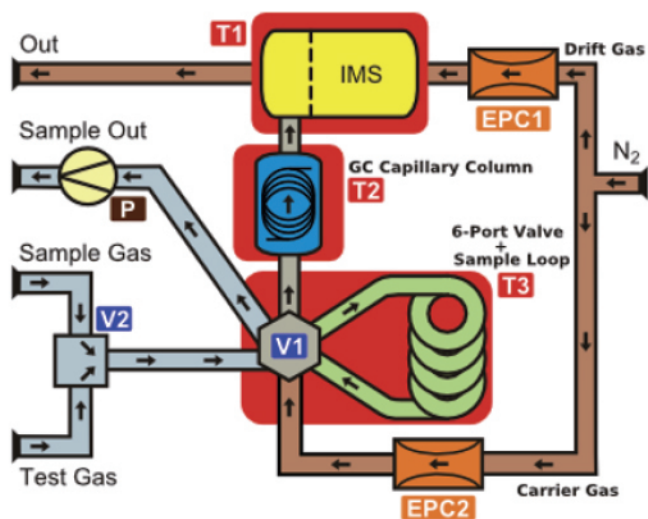
目标化合物首先在气相色谱柱进行预分离，进入电离区发生电离，在电场与逆向漂移气的作用下经离子迁移管二次分离，经软件处理后，给出气相保留时间 (Rt)、离子迁移时间(Dt)和信号峰强度的三维色谱图等丰富的数据信息，从而实现化合物的定性、定量的分析。



GC-IMS工作原理示意图

2.GC-IMS进样方式

仪器内置自动采样装置 (电动六通阀) 和 1 毫升 (可选配其他规格) 定量环，进样方式灵活多变，可“一键式”手动进样，亦可自动进样，以实现在线连续监测的目的；软件可内置待测分析物标准曲线，亦可设置报警阈值，检测后屏幕上实时显示目标物浓度，超出阈值后仪器自动报警。

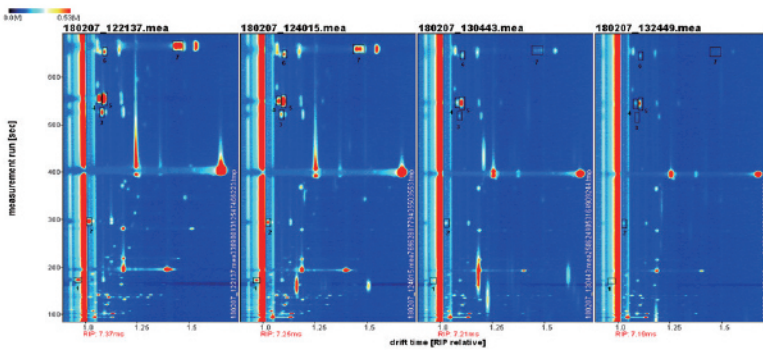


GC-IMS内部结构图

3.可视化的数据图谱

样品经过GC-IMS的2-10min快速分析，给出保留时间、迁移时间和信号峰强度的三维图谱，经过强大软件处理后，将三维图谱降维为二维气相离子迁移谱图。

以某品牌空气净化器净化密闭空间苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯为例，每隔20min自动采样一次检测各物质的浓度，共4次进样，示意图如下：

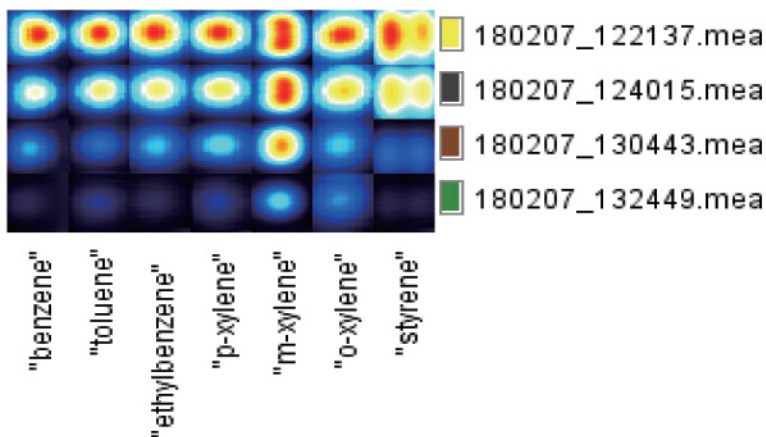


挥发性有机物的气相离子迁移谱二维图

其中：

- 1)图中一个点代表一种挥发物质；点的颜色深浅表示物质含量多少；
- 2)横坐标：离子迁移时间(Dt)，纵坐标：保留时间 (Rt)；

将图中待分析的物质选取出来后形成指纹图谱：



挥发性有机物的气相离子迁移谱指纹图谱

其中：

- 1) 一行：一个样品中选取的挥发性物质，点的颜色表示物质含量的多少；
- 2) 一列：同一种挥发性物质在不同样品中的含量变化；

指纹图谱中下方为挥发性有机物的名称，检测物质的浓度如下表：

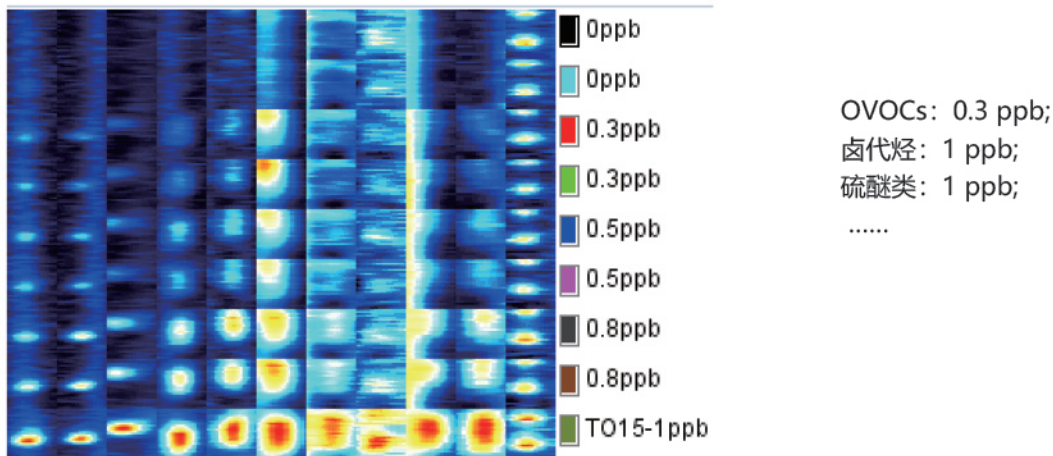
	benzene	toluene	ethylbenzene	p-xylene	m-xylene	o-xylene	styrene
第一次采样	200ppb	126ppb	75ppb	39ppb	12ppb	25ppb	30ppb
第二次采样	61ppb	32ppb	20ppb	12ppb	9ppb	23ppb	12ppb
第三次采样	19ppb	9ppb	< 5ppb	< 5ppb	< 5ppb	< 5ppb	< 5ppb
第四次采样	7ppb	< 5ppb	< 5ppb	< 5ppb	< 5ppb	< 5ppb	< 5ppb

从二维图谱、指纹图谱可以直观看出，经过空气净化器的净化，随着时间的延长，密闭空间中各类挥发性物质的含量逐渐降低，对应的物质含量浓度列表亦可以反应出来。即经过该品牌净化器净化60min后，除苯以外各类物质的浓度降至5ppb以下。

4.GC-IMS仪器特点

• 无需富集浓缩，自动采样，含杂原子物质（O,S,N,Cl,Br）检出限达ppbv级别；富集情况下达到ppt级别；

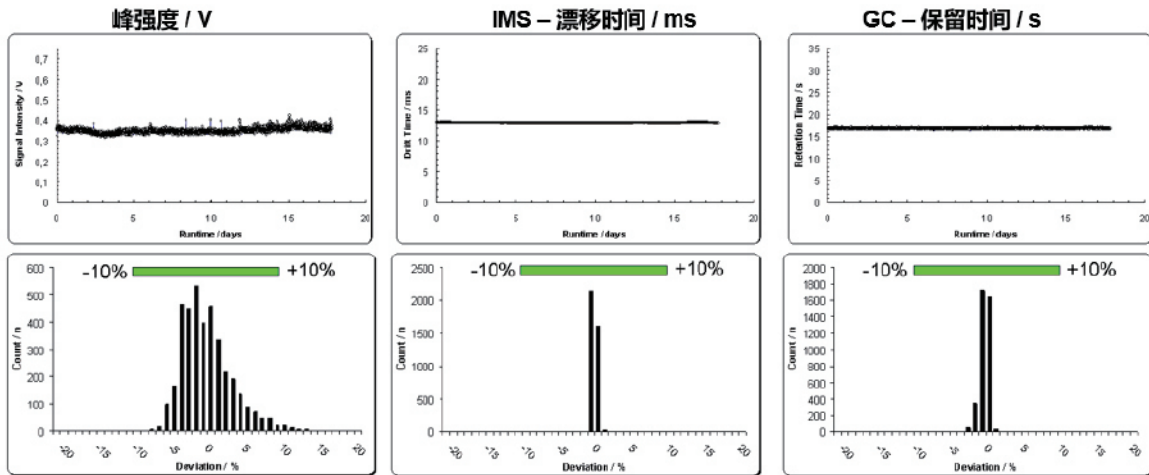
无需富集浓缩条件下，部分物质的检出限如下图所示：



- 无需真空，样品采集到分析可在同一地点完成，减少中间采样环节干扰；
- 正负模式可切换，检测物质范围广，单次样品分析时间2-10min；
- 软件直观可视化，谱图解析省时省力，无专业背景工作人员亦可操作使用；

5.GC-IMS可靠性测试

GC-IMS检测12ppb的己酮，每隔5min进行一次分析，连续检测18天，共检测5138次，其峰强度、IMS漂移时间和GC保留时间的检测结果如下图所示：

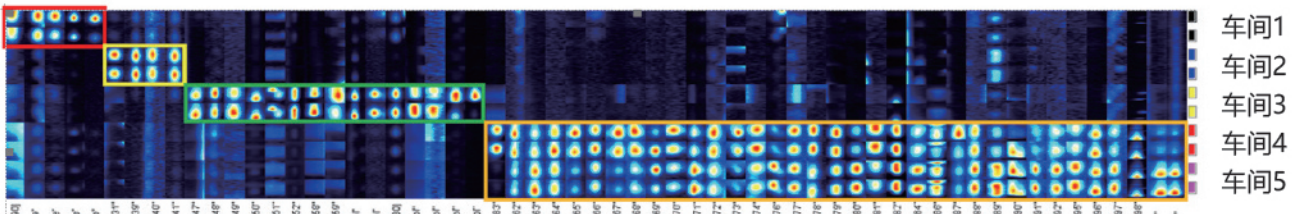


峰强度RSD: 3.62% ; 漂移时间RSD: 0.37% ; 保留时间RSD: 0.60%。

三.GC-IMS应用案例

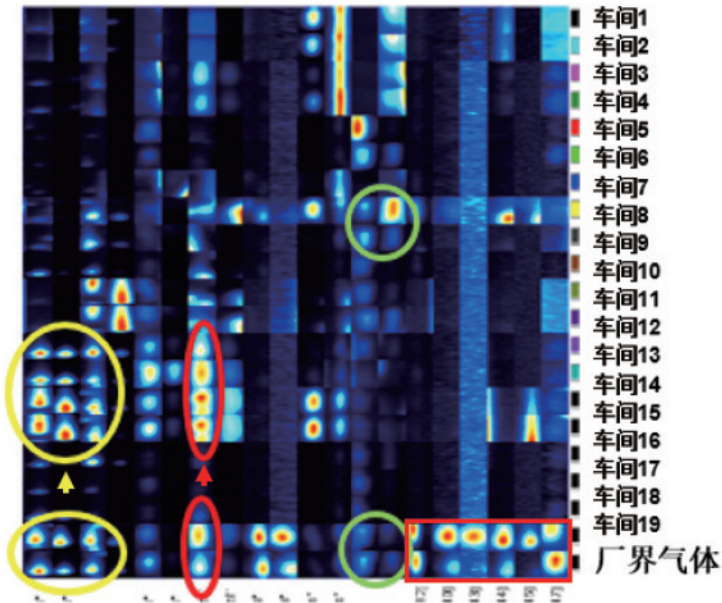
1.制药行业异味溯源

背景: 使用GC-IMS对红霉素发酵工厂、不同车间的废气进行采样分析，定性出先前检测技术 (GC-MS) 未检测到的化合物，具有强烈腐烂味的甲基异茨醇和强烈土腥味的土嗅素，并根据指纹图谱对不同车间特征挥发性成分溯源到排放的企业。



不同车间样品特征挥发性有机物指纹图谱

从图中可以看出每种样品的完整挥发性有机物信息以及样品之间挥发性有机物的差异，车间4和5中挥发性有机物的种类明显多于车间1、2、3；且每个车间都有其特征挥发性成分。



厂界样品和不同车间样品特征挥发性有机物指纹对比

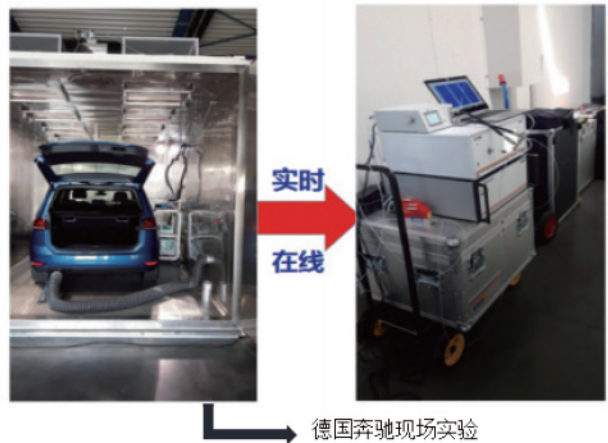
从可视化的指纹图谱对比中很容易找到居民区厂界气体VOCs主要来源于哪个工厂，精确到哪个车间，锁定恶臭异味的来源。还可以监控工艺环节的排放特点及末端处理设施的有效性，为溯源工作提供直观、有效、客观的监管手段。

2.汽车舱内异味检测及溯源分析

背景：针对目前消费者对新车异味及“毒汽车”的投诉问题，采用GC-IMS对不同环境下的汽车舱内空气进行检测，测试三个品牌汽车内部挥发性物质释放情况连续在线监测；三辆汽车车龄V1 < V2 < V3；对比模式为自然放置和辐照处理；



汽车零部件的颗粒物

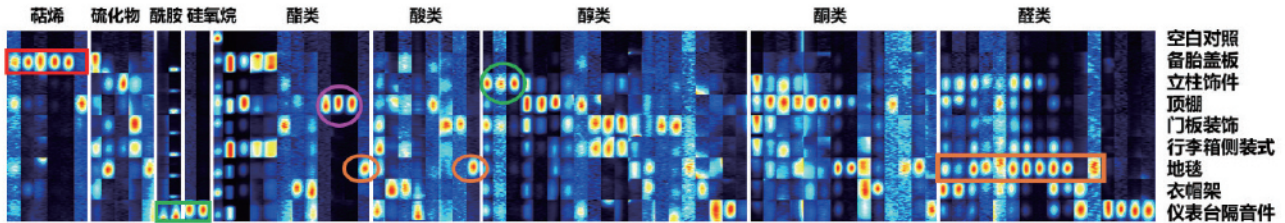


GC-IMS进行汽车舱内VOCs检测现场

实验结果:

- 强光辐照情况下三辆汽车挥发性物质释放量均会增加;
- V1 汽车释放的挥发性物质最多, 其次是V2和V3;

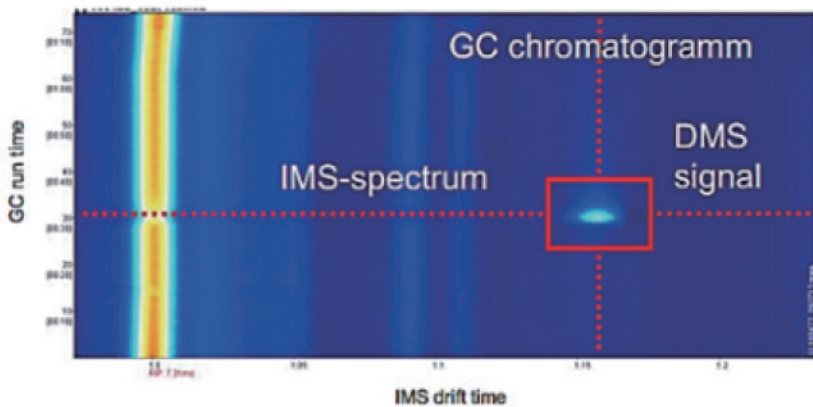
为了确定汽车舱内空气异味物质来源, 采用GC-IMS检测不同的汽车零配件, 使用指纹图谱对异味物质进行溯源, 从源头上控制“毒汽车”事件的发生。



- 八个汽车部件样品均含有不同种类的酯类、酸类、醇类、酮类和醛类化合物;
- 不同部件样品具有自己特征的挥发性成分, 因气备胎盖板中有木制品, 实验检测出很多砜烯类化合物、仪表台隔音件中酰胺类化合物含量最高, 且硅氧烷类化合物是其特有的挥发性成分;
- 根据不同零部件中的特征成分, 对汽车舱内释放的VOCs进行深入研究, 帮助原材料的产品改进;

3.工业有毒有害物质 (TICs) 监测

背景: 硫酸二甲酯(DMS)是一种重要的化工原料, 是常见的危险化学品之一, 如果在生产、储存、运输、使用过程中发生泄漏, 会造成人员伤亡和区域性的污染。需要进行严格监控, 国家标准限量值为 $500\mu\text{g}/\text{m}^3$, GC-IMS可对DMS实时在线监测, 检出限低至 $1.12\mu\text{g}/\text{m}^3$, DMS在进样后30s即可检测到, 整个检测流程仅需2分钟 (包括防止交叉污染的清洁时间)。适用于化工园区或储运过程中的早期预警监测, 将危险控制在泄漏初期。



硫酸二甲酯 (DMS) GC-IMS信号峰 (红框)

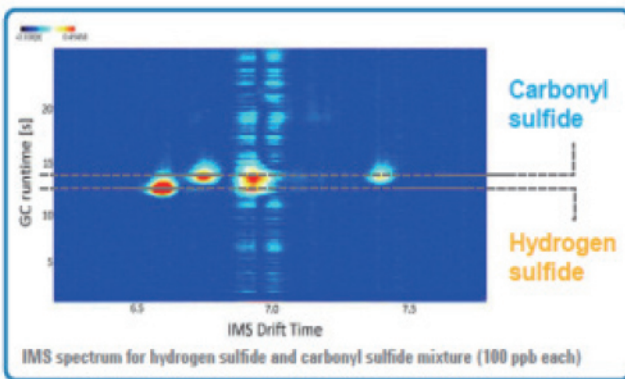
4.天然气中硫化物的检测

背景：含硫化合物的存在容易腐蚀天然气设备，使管道内部发生电化学腐蚀和硫化物腐蚀开裂，造成事故。天然气中含硫化合物主要为H₂S、羰基硫、硫醇、硫醚、噻吩、四氢噻吩及其他硫化物，GB17820-2018《天然气》中只对H₂S (6 mg/m³) 及总硫 (20mg/m³) 的含量有规定，检测需分两部分进行。

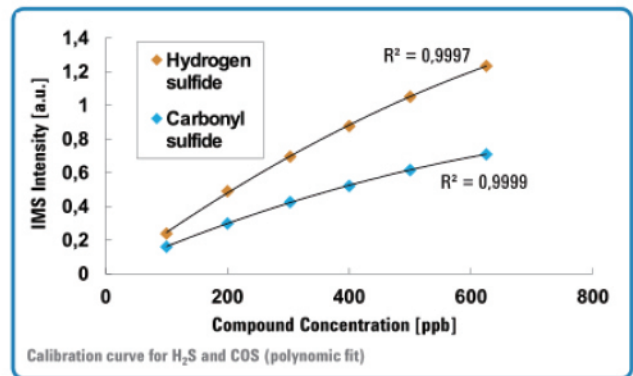
GC-IMS可同时检测天然气中痕量的硫化物，H₂S检出限低至7μg/m³，COS检出限为0.4 mg/m³。只需将待检测物质标准曲线内置到仪器中，检测结果可传输至中控室，实现自动监测。



天然气管道网络中GC-IMS在线监测



GC-IMS检测的硫化氢和羰基硫信号峰



GC-IMS对硫化氢和羰基硫的定量曲线

四.仪器型号

FlavourSpec®气体分析仪



FlavourSpec®气体分析仪

- 进样方式:** 直接顶空进样;
- 样品类型:** 检测液态与固态样品中的痕量挥发性有机物;
- 仪器特点:** 样品无需富集浓缩, 省时省力, 保留原始挥发性有机物信息;
- 应用领域:** 水、淤泥和土壤中的VOCs检测。

GC-IMS痕量气体分析仪



GC-IMS痕量气体分析仪

- 进样方式:** 内置进样泵, 直接吸入气体进样;
- 样品类型:** 检测气体中的痕量挥发性有机物;
- 仪器特点:** 便携性能好, 可实现24小时不间断连续在线监测;
- 应用领域:** 环境VOCs监测、厂界异味物质的溯源、危化品泄漏在线监测。



BreathSpec®呼出气分析仪

进样方式: 外置呼气装置, 内置进样泵, 直接吸入气体进样;
样品类型: 检测人体呼出气中的痕量挥发性有机物;
仪器特点: 便携性能好, 自供载气, 可用于即时检验 (POCT) ;
应用领域: 工作环境与人体健康、职业病防治的相关性研究。

BreathSpec®呼出气分析仪



A-IMS离子迁移谱仪

进样方式: 内置进样泵, 直接吸入气体进样, 分析时间仅需数秒;
样品类型: 检测气体中的痕量简单基质挥发性有机物;
仪器特点: 便携性能好, 可实现24小时不间断连续在线监测;
应用领域: 危化品泄漏在线监测,对单一物质监测最佳。

A-IMS离子迁移谱仪



CGFU循环气体单元

仪器用途：为GC-IMS/A-IMS/BreathSpec®提供载气和漂移气；
配置接口：“即插即用”，方便快捷；
选配原则：野外实验、现场监测时不方便使用氮气钢瓶时配置。

配备CGFU的GC-IMS痕量气体分析仪



氮气发生器

仪器用途：为气相离子迁移谱产品提供载气和漂移气；
配置接口：“即插即用”，方便快捷；
选配原则：野外实验、现场监测时不方便使用氮气钢瓶时配置。

配备MicroTD的GC-IMS+氮气发生器

微型热脱附解析设备 (Micro TD)

配件用途: 物质的检测限可低至ppt级别;

配件优势: 在线富集/解析物质, 与分析同步进行; 减少中间储运带来的误差。

五.公司简介

- G.A.S.公司成立于1997年, 总部位于德国多特蒙德市的高新技术企业;
- 长期致力于离子迁移谱技术的研发和痕量挥发性有机物 (VOCs) 的检测;
- 全球首家创新性的将离子迁移谱 (IMS) 技术与气相色谱 (GC) 技术联用, 从军事安防拓展到民用领域;
- 公司拥有化学、电子、机械及软件等交叉学科领域的杰出工程师, 在IMS应用技术领域具有出色的专业技能与丰富的工作经验;
- 2016年11月济南海能仪器股份有限公司控股G.A.S.公司, 拥有销售、技术支持和售后服务一体化团队, 致力于服务及深耕国内市场。



六.参考文献

- 1.李想, 刘曼丽, 郭庆园, 贾泽宇, 杨晓芳等, 生物制药厂废水中恶臭物质检测技术的研究[A]. **中国环境科学学会学术年会论文集 (2017)**.
- 2.Wolfgang Vautz, Leibniz, Smell the change: On the potential of gas- chromatographic ion mobility spectrometry in ecosystem monitoring[J]. **Ecology and Evolution**. 2018;1-8.
- 3.Xiaofang Yang, Ruyuan Jiao, Xinmeng Zhu et al, Profiling and characterization of odorous volatile compounds from the industrial fermentation of erythromycin.**Environmental Pollution** 255 (2019) 113130.
- 4.Chamila J. Denawaka, Iana. Fowlis, Katherine Stapleton, John R. Dean. Gas chromatography and associated techniques in the analysis of laundry malodou. **H&PC Today - Household and Personal Care Today**, Vol. 9 nr. 4.
- 5.María José Aliaño-González, Marta Ferreiro-González et al. Application of Headspace Gas Chromatography-Ion Mobility Spectrometry for the Determination of Ignitable Liquids from Fire Debris. **Separations** 2018, 5, 41; doi:10.3390/separations5030041.
- 6.Luciano Vera, Eloy Companionia, Andrew Meacham, Hansruedi Gyax. Real Time Monitoring of VOC and Odours Based on GC-IMS at Wastewater Treatment Plants. **Chemical Engineering Transactions**. Vol. 54, 2016.
- 7.孟庆浩 靳荔成 李祺 李智卿, 基于气相色谱与离子迁移谱的车内气味等级评价方法.申请公布号: **CN 111007176 A**.