

复杂体系中微量、痕量组分分析

分析化学：研究并应用确定物质的化学组成、测量各组成的含量、表征物质的化学结构、形态、能态并在时空范畴跟踪其变化的各种分析方法及其相关理论的一门科学。

分析方法的分类

项目	化学分析法 (经典分析法)	仪器分析法 (现代分析法)
物质性质	化学性质	物理、物理化学性质
测量参数	体积、重量	吸光度、电位等
误差	0.1 % ~0.2 %	1 % ~ 2% 或更高
组分含量	1 % ~ 100%	<1% ~ 单分子、单原子
理论基础	化学、物理化学 (溶液四大平衡)	化学、物理、数学、电子学、 生物等
解决问题	定性、定量	定性、定量、结构、形态、 能态、动力学等全面的信息

仪器分析方法类型：

1. **光学分析法**：基于分析物和电磁辐射相互作用产生辐射信号变化。
2. **电分析法**：根据物质在溶液中的电化学性质及其变化规律进行分析的方法。
3. **分离分析法**：指分离与测定一体化的仪器分离分析法。
4. **其他**：质谱法、热分析法、放射化学分析法等



测定方法的选择

需要综合考虑各种指标，选择合理的分析方法；

理想的分析方法：灵敏度高、准确度高、选择性好、操作简便、经济。

选择测定方法应考虑的问题：

1. 测定的具体要求

目的、用户对分析结果的要求
(准确度、精密度)

和对分析费用的承受度
(时间、人力、设备、消耗品)。

2. 待测组分的测量范围

常量、微量、痕量、超痕量、分子水平

3. 待测组分的性质

存在形式、稳定性、毒性等

4. 共存组分的影响

干扰大小、掩蔽、分离等

5. 实验室条件

试剂、仪器精度、纯水规格、实验室环境

6. 文献资料利用

标准方法、研究方法，方法评价指标

分析结果准确度的保证和评价

要保证分析结果的准确度：

一是要采取系列减小误差的措施，对整个分析过程进行质量控制；

二是要采用有效方法对分析结果进行评价，及时发现分析过程中
的问题，确保分析结果的准确性。

分析结果的评价：对分析结果是否可取作出判断；

方法：重复测定，减小偶然误差；

对照试验：与标准物质（方法）；

回收试验：系统误差；

互换仪器：仪器误差；

交换操作者：操作误差。

$$\text{回收率 } RT = \frac{c_{x+s} - c_x}{c_s} \times 100\%$$

常量组分： $R_T > 99.9\%$ ；

痕量组份： R_T 90%~110%之间；

适用法庭判决的检测结果需满足几个条件：

- 有资质的检测方法；

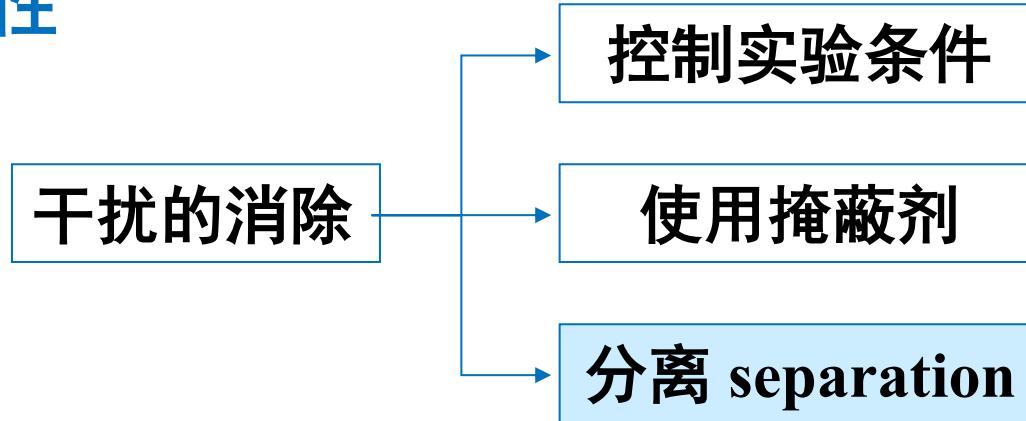
国标：GB/T 5009.146-2008

GB 5009.11-2014

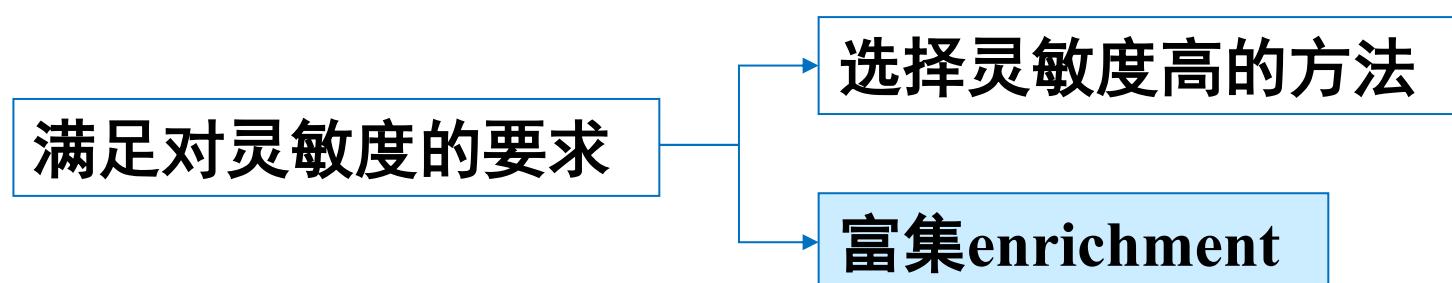
- 有资质的仪器；
- 有资质的实验操作者；
- 合适的环境（温度、湿度等）

分离与富集

1. 实际样品的复杂性



2. 分析方法灵敏度的局限性



复杂体系中微量、痕量物质分析：

1. 金属阳离子：ICP-MS; ICP-OES; AAS; AFS;
2. 非金属阴离子：离子色谱法；
3. 挥发性、半挥发性物质：GC-MS/MS
4. 半挥发、不挥发性物质：HPLC-MS/MS

分析仪器的主要性能指标：

精密度；灵敏度；检出限；线性范围；选择性

定量分析方法：

标准曲线法；标准加入法；内标法；归一化法。

色谱质谱联用技术

实验简介



基本原理



实验仪器、操作、数据处理



注意事项





气相色谱-质谱联用法

Gas Chromatograph -Mass Spectrometer

GC-MS

岛津 GC-MS TQ8040

液相色谱-质谱联用法

Liquid Chromatograph -Mass Spectrometer

LC-MS

安捷伦 LC-MS G6125C



实验简介



基本原理



实验仪器、操作、数据处理

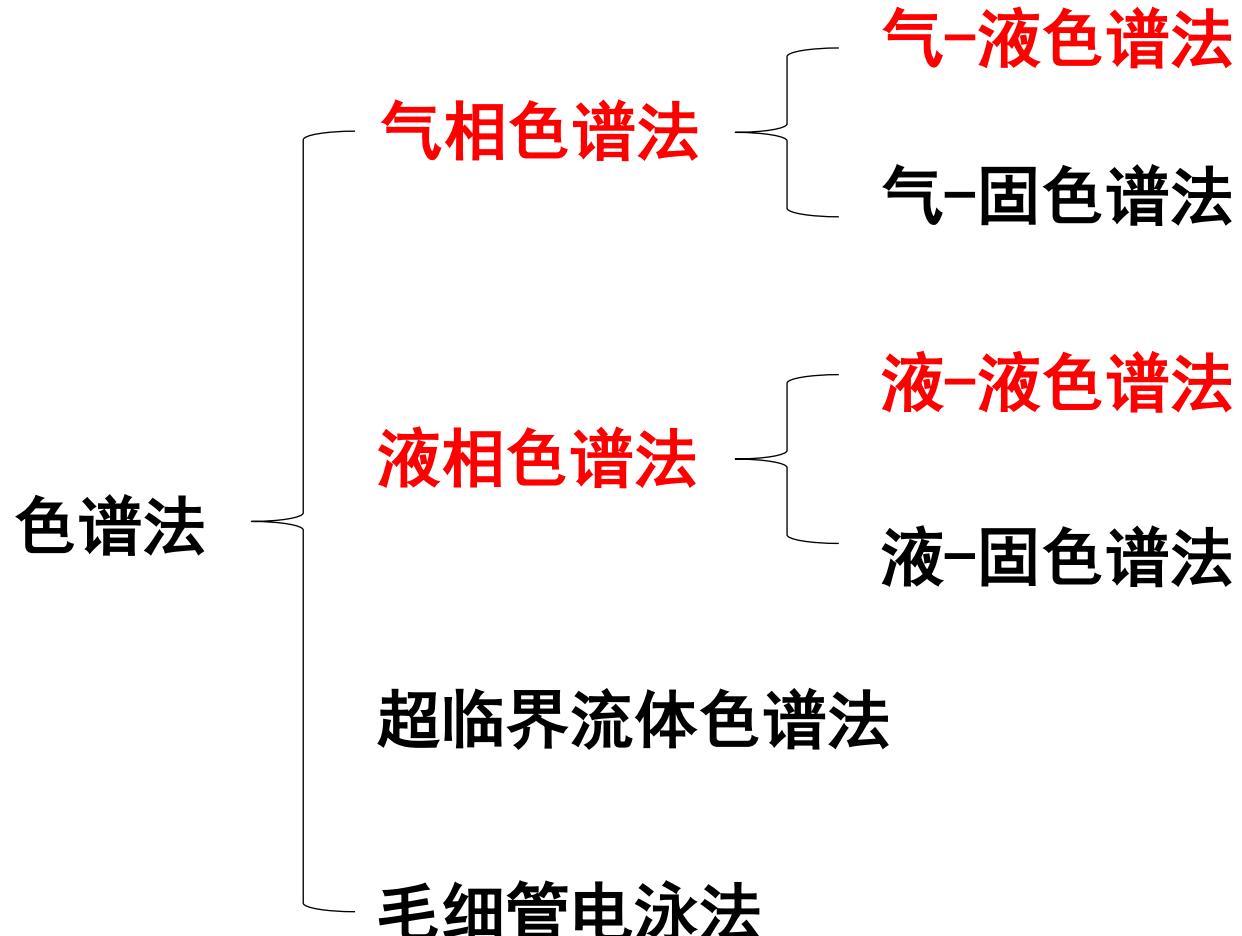


注意事项



- 色谱法是一种**分离**技术，它利用物质在两相中分配系数的微小差异进行分离。当两相作相对移动时，使被测物质在两相之间进行反复多次分配，这样原来微小的分配差异产生的很大的效果，使各组分分离，以达到分离分析的目的。
- 其中的一相固定不动，称为**固定相**。
- 另一相是携带试样混合物流过此固定相的流体（气体或液体），称为**流动相**。

分类：按流动相与固定相聚集态



挥发性、半挥发性

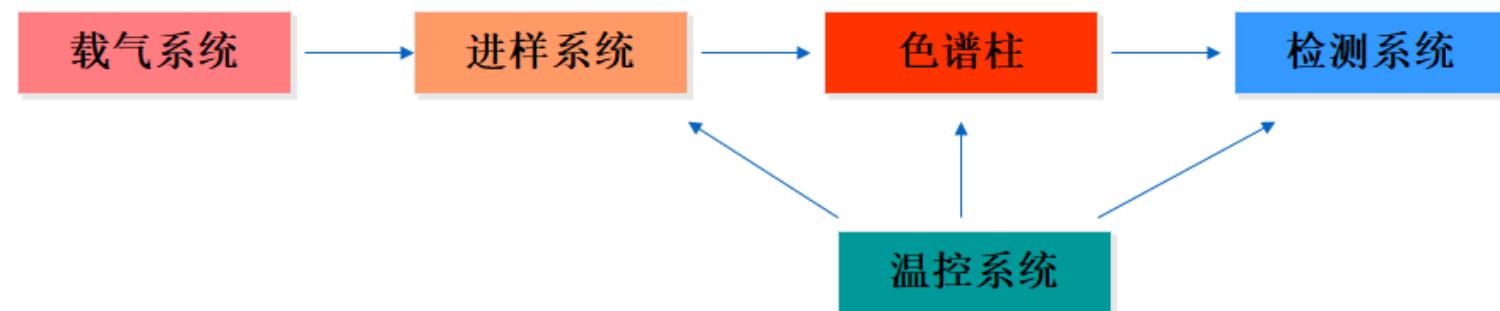
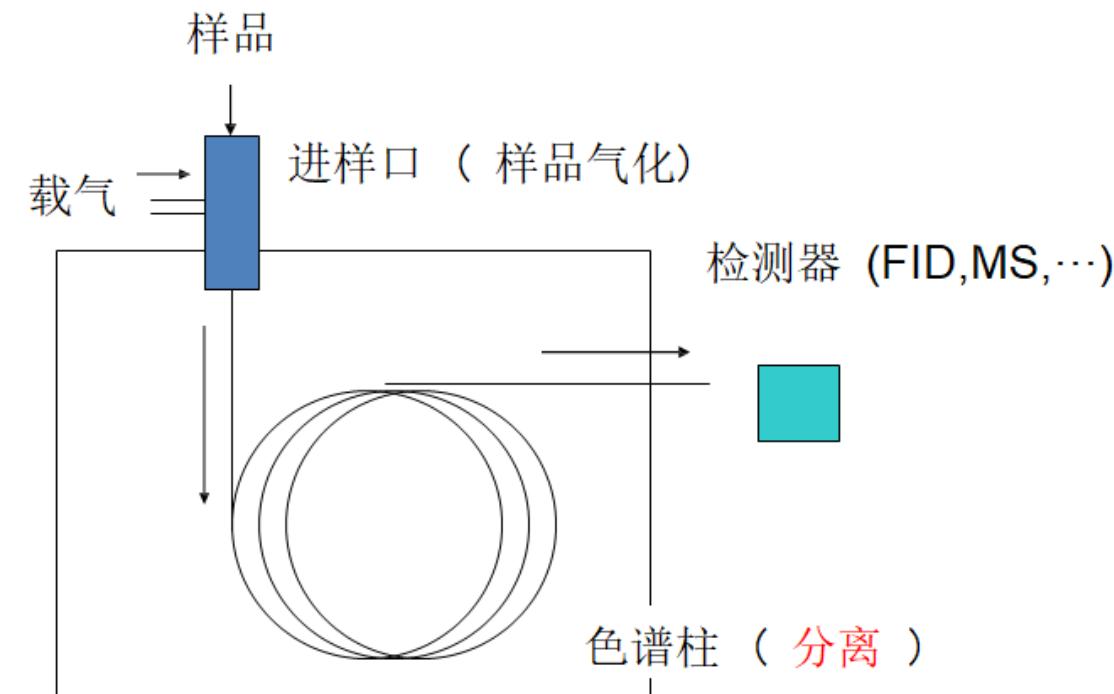
SH-Rxi-5Sil MS, 长30 m,
内径0.25 mm, 膜厚0.25 μm



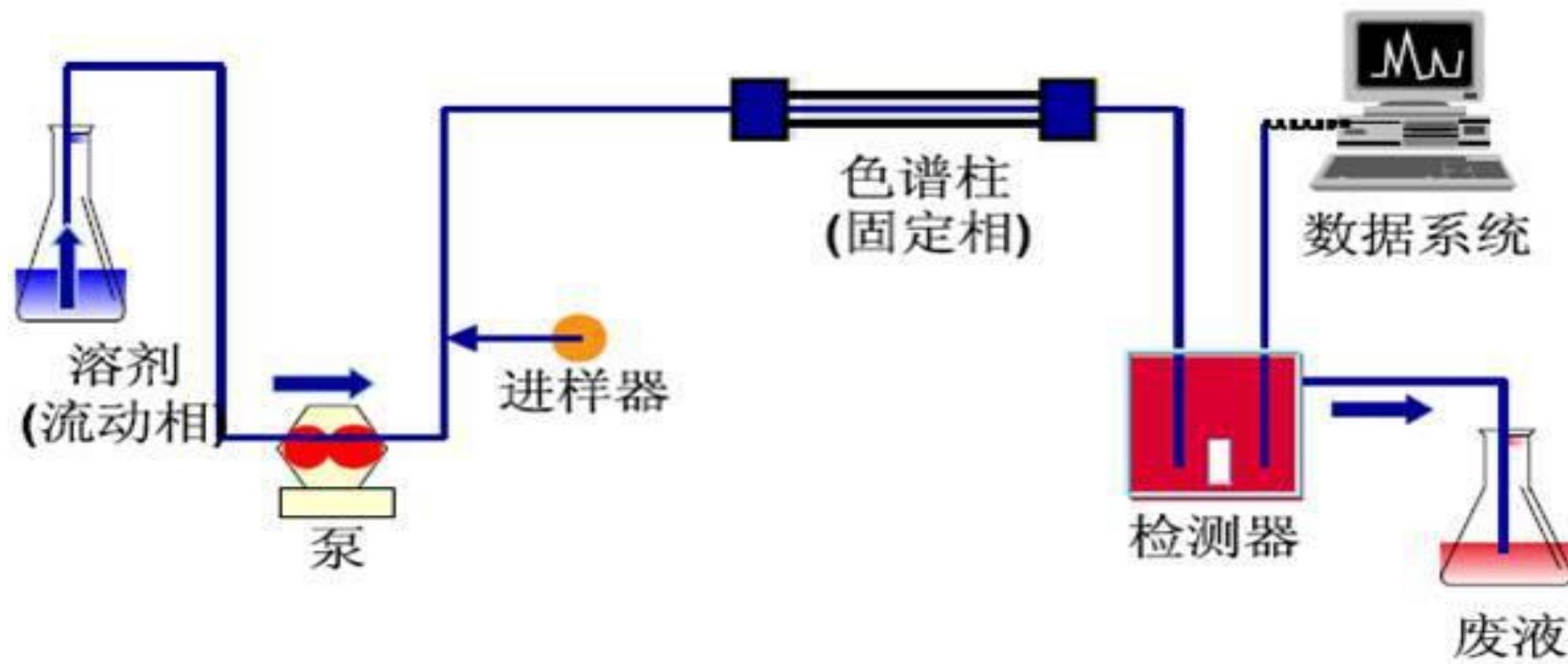
半挥发性、不挥发性

ShimNex CS C₁₈, 长15 cm,
内径4.6 mm, 粒径5 μm

气相色谱仪工作流程图

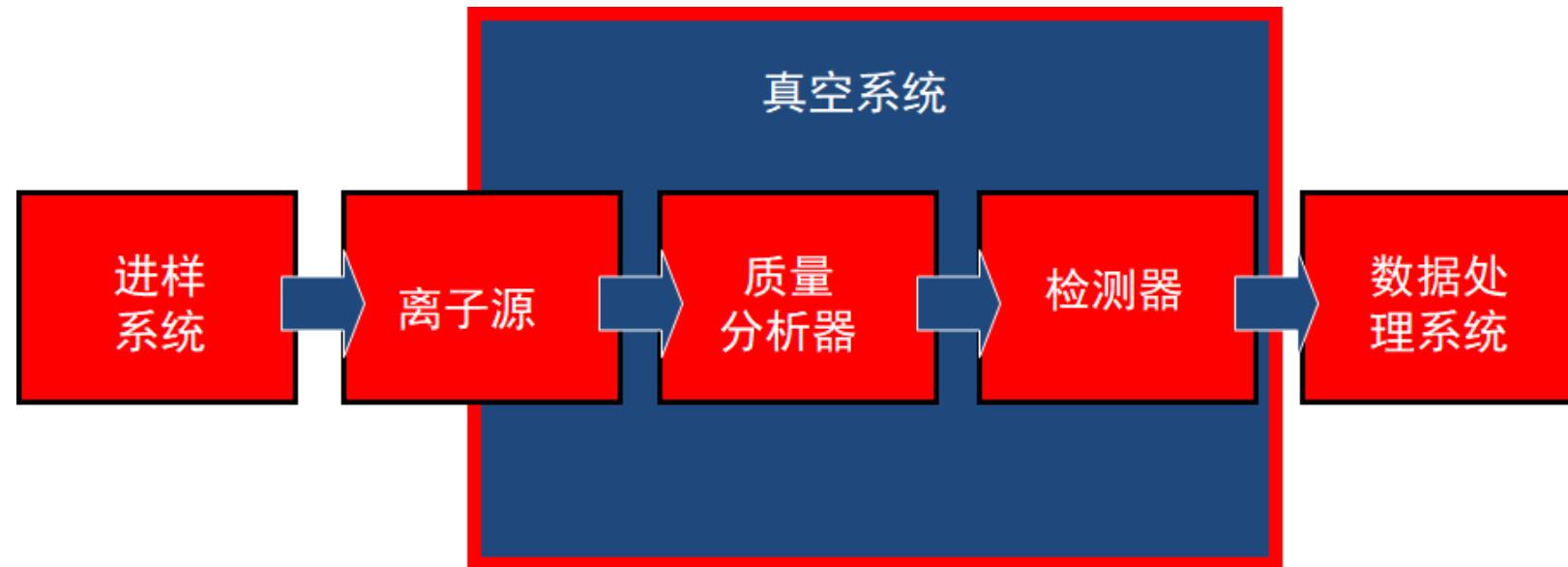


高效液相色谱仪工作流程



外梯度：利用两台高压输液泵，将两种不同极性的溶剂按一定的比例送入梯度混合室，混合后进入色谱柱。

质谱仪工作流程图



- 提供足够的平均自由程
- 提供无碰撞的离子轨道
- 减少离子分子反应
- 减少背景干扰
- 延迟灯丝寿命
- 消除放电
- 增加灵敏度

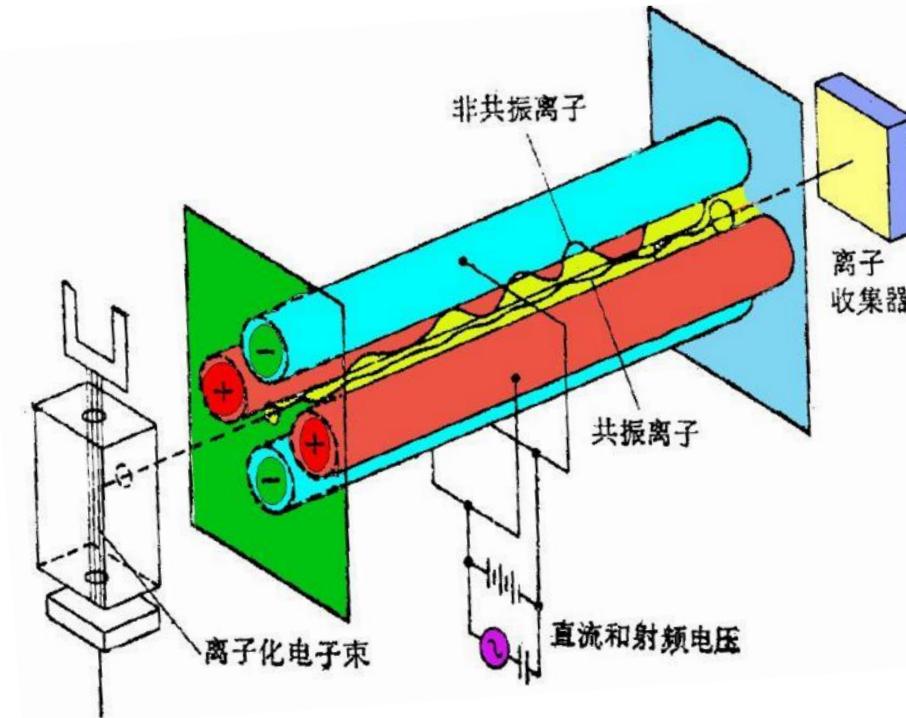
四极杆质量分析器

优点：

- 1) 结构简单、容易操作、价格便宜；
- 2) 仅用电场而不用磁场，无磁滞现象，扫描速度快，适合与色谱联机；
- 3) 操作时的真空度相对较低，特别适合与液相色谱联机。

缺点：

- 1) 分辨率不高 (10^3 - 10^4) ；

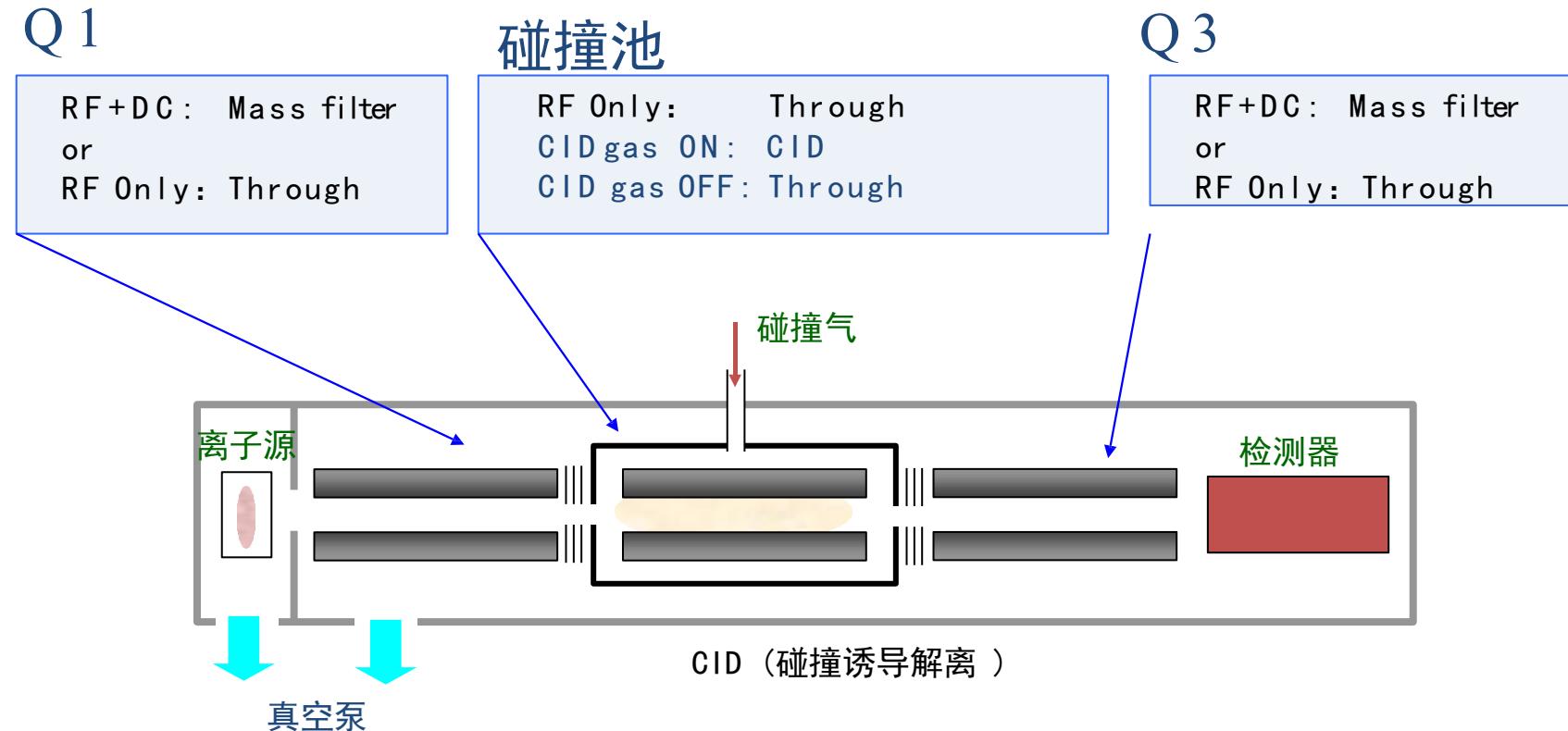


类似“离子筛”

质量分析器

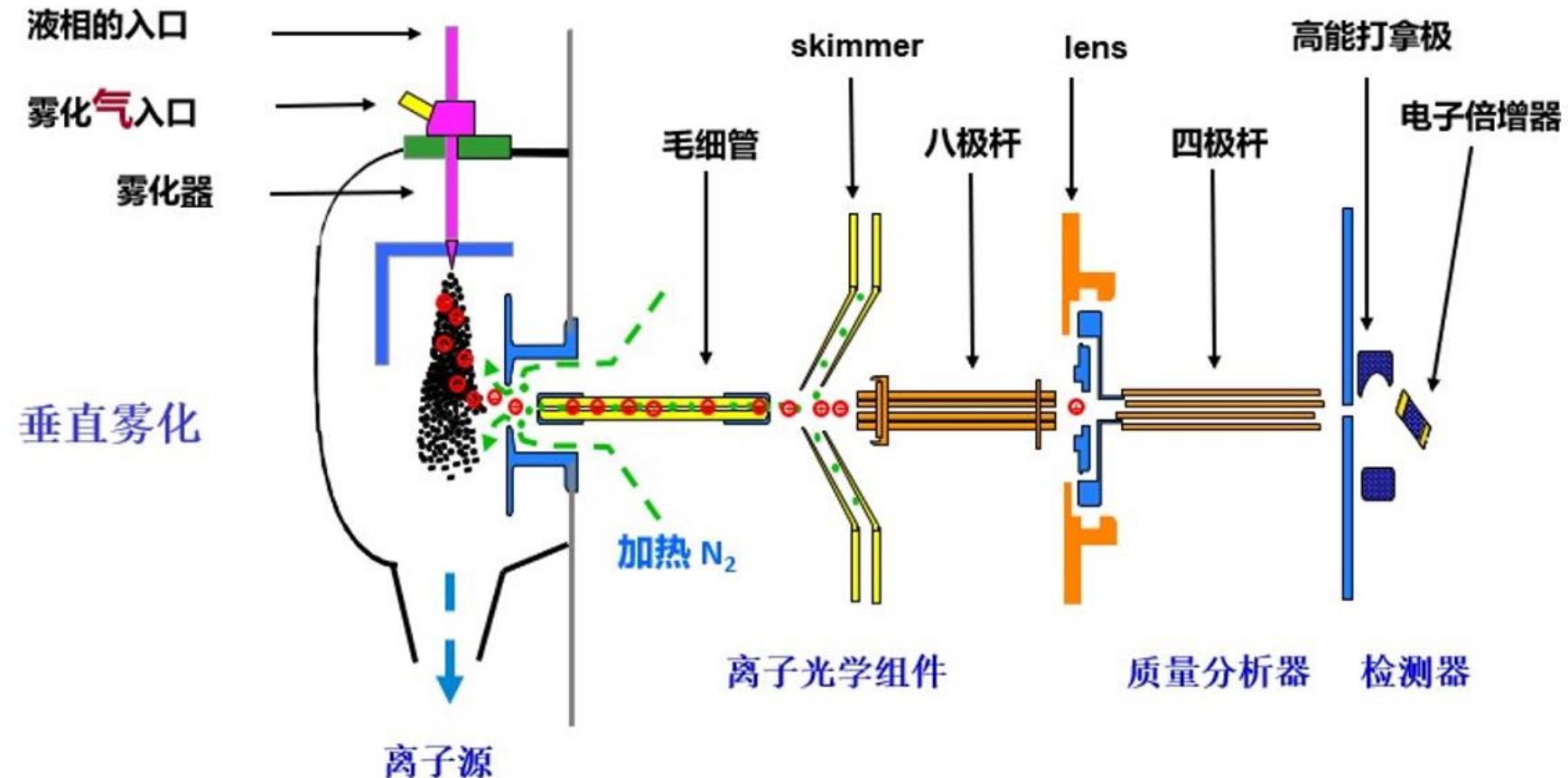
质量分析系统	优点	弱点	应用
1 单四极杆 (SQ)	得到化合物分子量信息， 仪器简单，便宜	功能单一，灵敏度和解析能力有限	合成产物确认，分散染料、阻燃剂等常量化合物定量检测
2 离子阱 (IT)	具备多级质谱功能 ($n=10$)，可以对化合物的结构进行剖析	超低含量化合物定量精度低于串接四极杆	蛋白质、多肽检测、结构剖析、可疑化合物确认
3 三重串联四级杆 (QQQ)	对目标化合物定量精确，最高二级质谱，可排除基质干扰，灵敏度高	复杂，只能得到二级碎片信息	已知目标化合物的定量，如食品安全、环境污染、添加剂等
4 飞行时间质谱 (TOF)	可以得到准确分子量信息， 2ppm 。分辨率较高 ($R = 20,000$)	定量灵敏度不如 QQQ	分子式推断；快速鉴别筛查样品中的可疑成分（中药打假，污染物、毒物鉴定）
5 四极杆-飞行时间质谱 (Q-TOF)	可做二级碎片，得到准确分子量信息， 2ppm 。分辨率， $R = 20,000$	贵，定量灵敏度不如 QQQ	化合物精确分子量检测以及结构分析

GC-MS系统的三重四极杆质谱仪



电子轰击源 EI

LC-MS系统的四极杆质谱仪



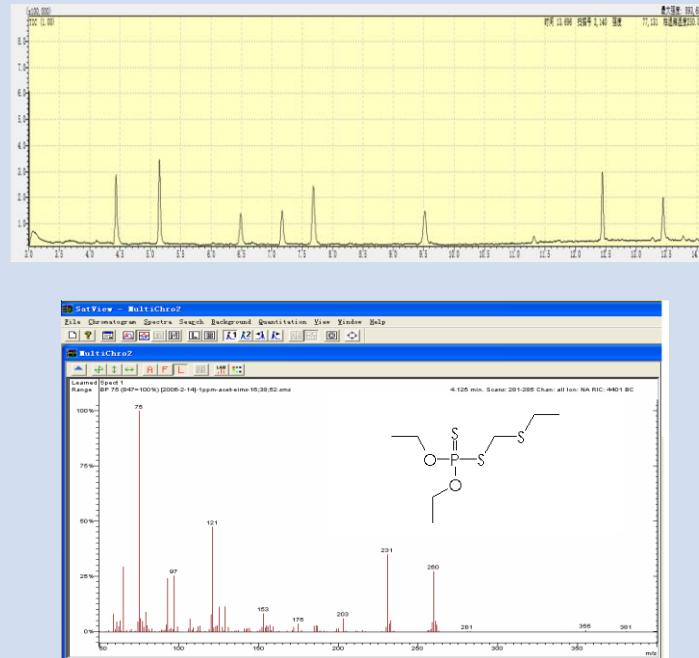
电喷雾离子源ESI

定性、定量分析

中 | 心 | 科 | 学 | 实 | 验

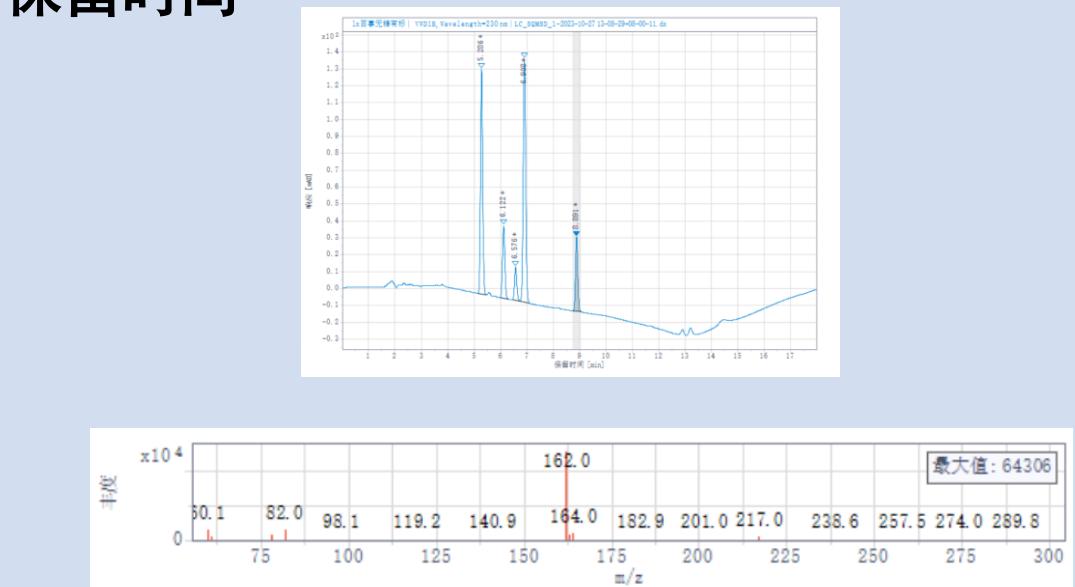
GC-MS

- 双重定性：质谱图、保留时间
- GC-MS/MS：质谱图、保留时间、母离子/子离子



LC-MS

- 双重定性：质谱图、保留时间
- LC-UV-Vis-MS：质谱图、特征吸收波长，保留时间



- 定量：峰面积

- 定量：峰面积



实验简介



基本原理



实验仪器、操作、数据处理



注意事项

GC-MS方法设置：自动进样器AOC-20i

中 心 科 学 实 验



AOC-20i

溶剂冲洗次数(进样前)(R) :

1

溶剂冲洗次数(进样后)(P) :

3

样品冲洗次数(S) :

1

柱塞速度(L) :

高 中 低

粘度补偿时间(V) :

0.2 sec

柱塞进样速度(I) :

高 中 低

进样器进样速度(Y) :

高 低

进样方式(M) :

0: 正常

设置(E)

高级(A)...

GC-MS方法设置：GC

进样器 GC MS

进样口: SPL1 进样加热单元: INJ1

柱箱温度(O) : 120.0 °C

进样口温度(M) : 260.0 °C

进样方式(I) : 不分流

进样时间(S) : 1.00 min

载气: He 初始压力: 500-900

流量控制方式(N) : 线速度

压力(P) : 80.8 kPa

总流量(T) : 14.0 mL/min

柱流量(F) : 1.00 mL/min

线速度(L) : 37.5 cm/sec

吹扫流量(U) : 3.0 mL/min

分流比(R) : 10.0

程序(G) : 柱箱温度

速率	最终温度	保持时间
0	120.0	0.00
1	200.0	0.00
2	208.0	0.00
3	250.0	2.00
4	0.0	0.00

总程序时间: 14.10 min

色谱柱
名称: Rxi-5sil MS 膜厚: 0.25 um
长度: 30.0 m 内径: 0.25 mm

准备就绪检查(D) 0.5 min

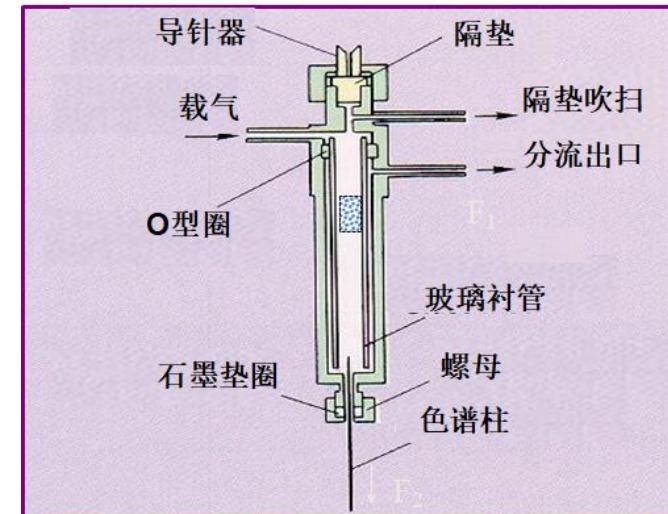
进样口详情(A)...

进样方式:

- ❖ 直接进样
- ❖ 分流进样 (Split)
- ❖ 不分流进样 (Splitless)

流量控制方式:

- ❖ 线速度 (流量恒定)
- ❖ 压力 (柱入口压力恒定)



GC-MS方法设置：MS

GCMS-TQ系列

进样器	GC	MS
-----	----	----

离子源温度(O): °C

接口温度(T): °C

溶剂延迟时间(S): min 检测器电压(D): 相对于调谐结果 绝对值

使用MS程序(U): kV

不使用CID气进行分析(Q3 Scan)(N) 阈值(H):

GC 程序时间: 14.10 min 循环时间(L)...

	组分名称	开始时间 (min)	结束时间 (min)	采集 方式	间隔(sec)	扫描 速度	开始 m/z	结束 m/z	母离子 m/z	碎片离子 m/z
1-1		3.00	14.10	Q3 Scan	0.300	1250	60.00	400.00		

离子源

离子源：将样品微粒电离并提供能量

电子轰击电离 (EI)

化学电离 (CI)

场电离 (FI)

场解析 (FD)

快原子轰击 (FAB)

基质辅助激光解吸电离 (MALDI)

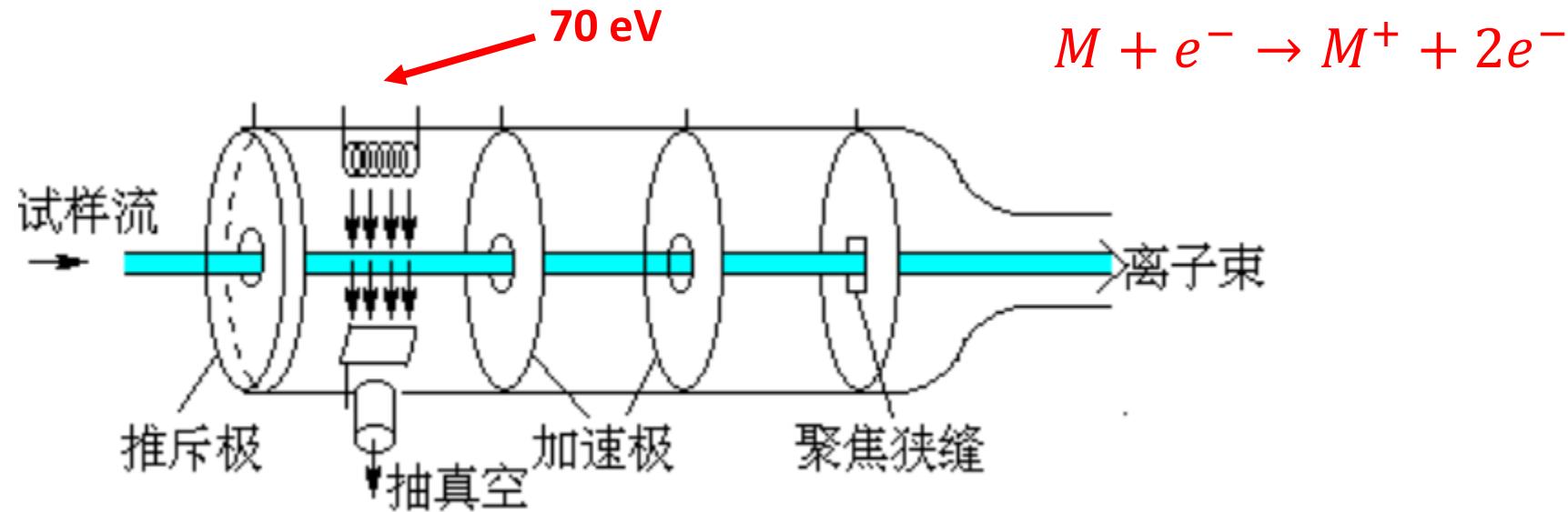
电喷雾电离 (ESI)

大气压化学电离 (APCI)



能量逐渐降低

电子轰击电离源 (EI)



优点: 稳定, 质谱图再现性好; 离子碎片多, 可提供较多的分子结构信息;

缺点: 样品必须易于气化; 当样品分子稳定性不高时, 分子离子峰的强度低,甚至不存在分子离子峰。

GC-MS方法设置：MS

MS

GCMS-TQ系列

离子源温度(O): 230 °C

接口温度(T): 250 °C

溶剂延迟时间(S): 3 min

检测器电压(D): 相对于调谐结果 绝对值

使用MS程序(U): [设置\(E\)...](#)

不使用CID气进行分析(Q3 Scan)(N)

阈值(H): 0

GC 程序时间: 14.10 min

循环时间(L)...

	组分名称	开始时间 (min)	结束时间 (min)	采集 方式	间隔(sec)	扫描 速度	开始 m/z	结束 m/z	母离子 m/z	碎片离子 m/z
1-1		3.00	14.10	Q3 Scan	0.300	1250	60.00	400.00		

GC

柱流量(F) : 1.00 mL/min

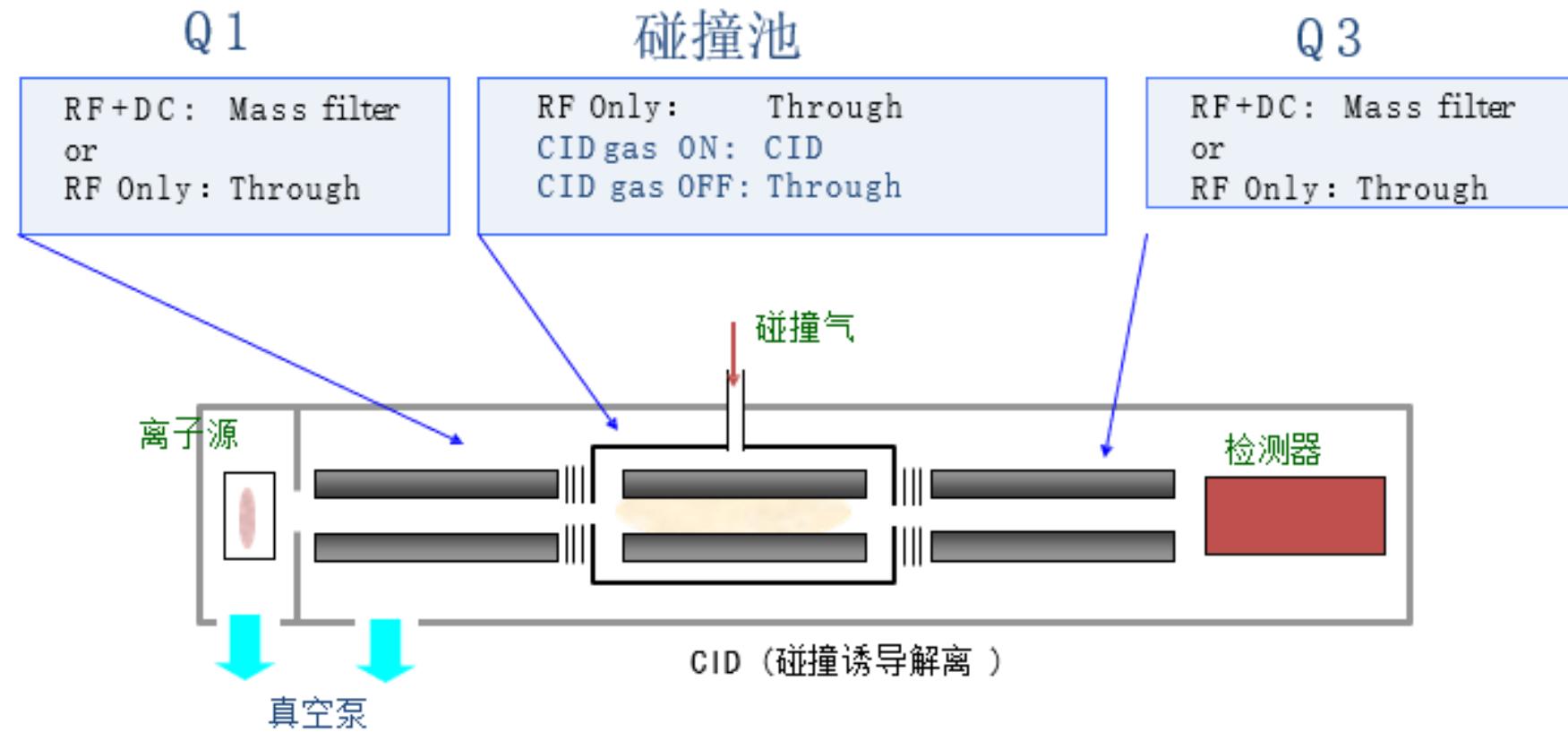
线速度(L) : 37.5 cm/sec

$$30 \text{ m} = 3000 \text{ cm}$$

溶剂出峰时间:

$$t = 3000 / 37.5 = 80 \text{ s}$$

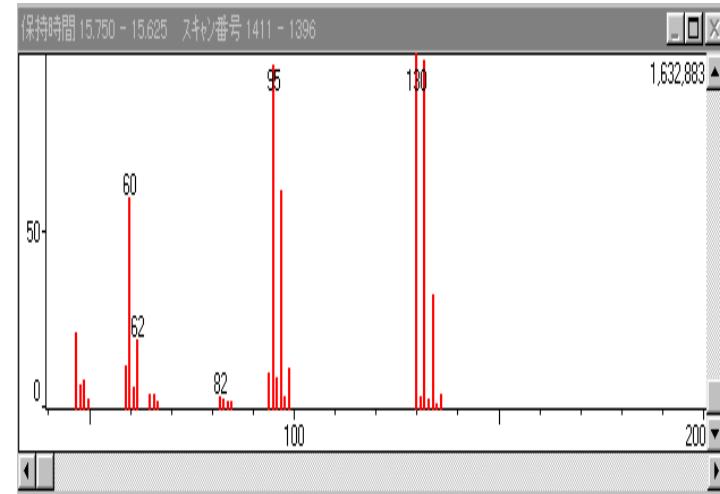
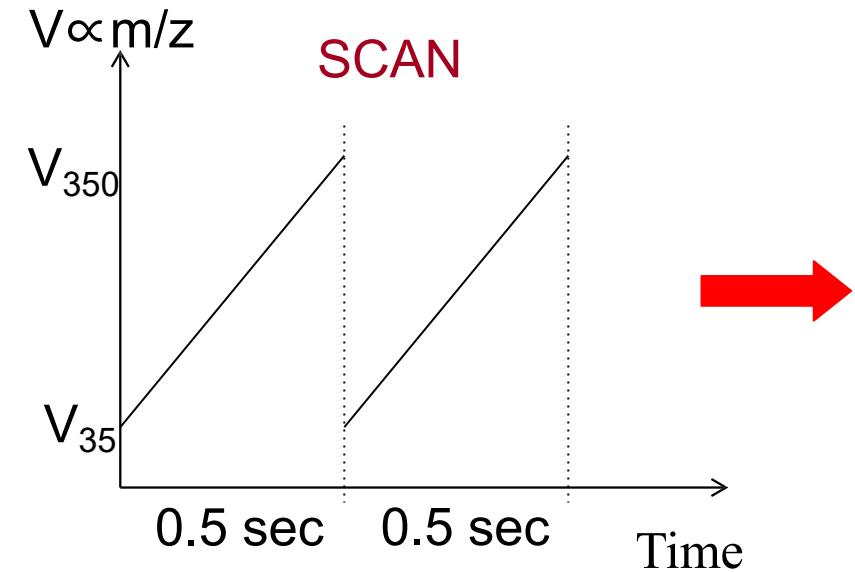
GCMS-TQ8040 三重四极杆质谱仪



数据采集模式

SCAN mode (扫描模式)

- ❖ 当电压扫描时，离子依次进入检测器。测定间隔默认为0.5 sec



质谱图

GC-MS方法设置：MS（全扫描方式，定性用）

进样器 GC MS

GCMS-TQ系列

离子源温度(O): 230 °C

接口温度(T): 250 °C

溶剂延迟时间(S): 3 min 检测器电压(D): 相对于调谐结果 绝对值

使用MS程序(U): [设置\(E\)...](#) 0 kV

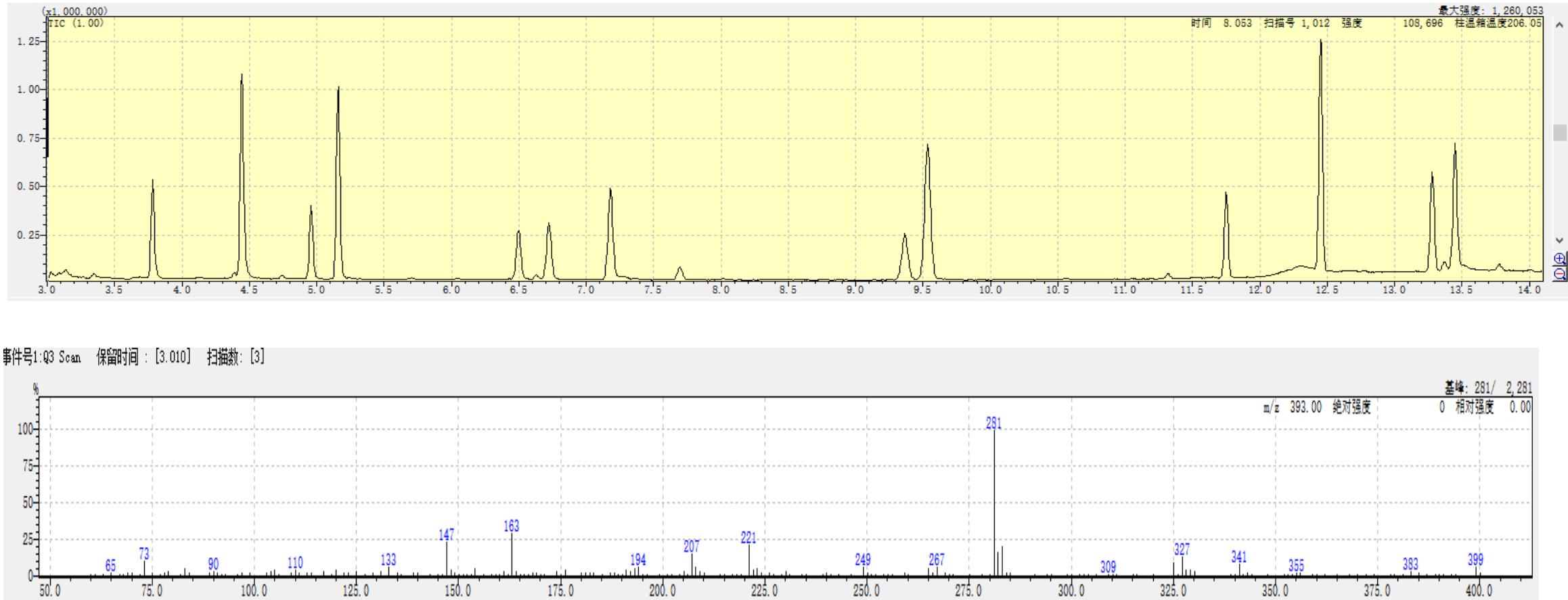
不使用CID气进行分析(Q3 Scan)(N) 阈值(H): 0

GC 程序时间: 14.10 min 循环时间(L)...

	组分名称	开始时间 (min)	结束时间 (min)	采集 方式	间隔(sec)	扫描 速度	开始 m/z	结束 m/z	母离子 m/z	碎片离子 m/z
1-1		3.00	14.10	Q3 Scan	0.300	1250	60.00	400.00		

方法设置好后需要存盘：SCAN

Fullscan 方法检测得到的色谱图及质谱图



通过谱库检索确定每个待测物的保留时间

图谱认识

TIC: Total Ion Chromatogram

MS: Mass Spectrum

MC: Mass Chromatogram

MIC: Mixed Ion Chromatogram

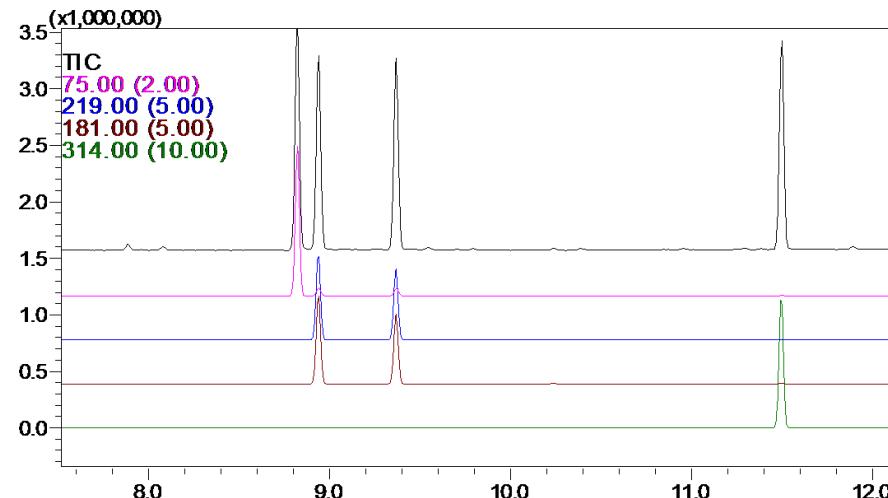
总离子流图

质谱图

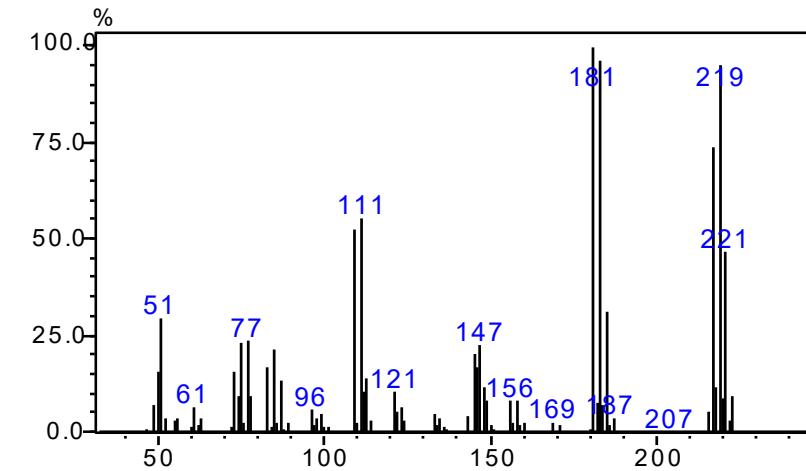
质量色谱图

加和离子流图

(指定质量数范围内的“总”离子流图)



TIC&MC

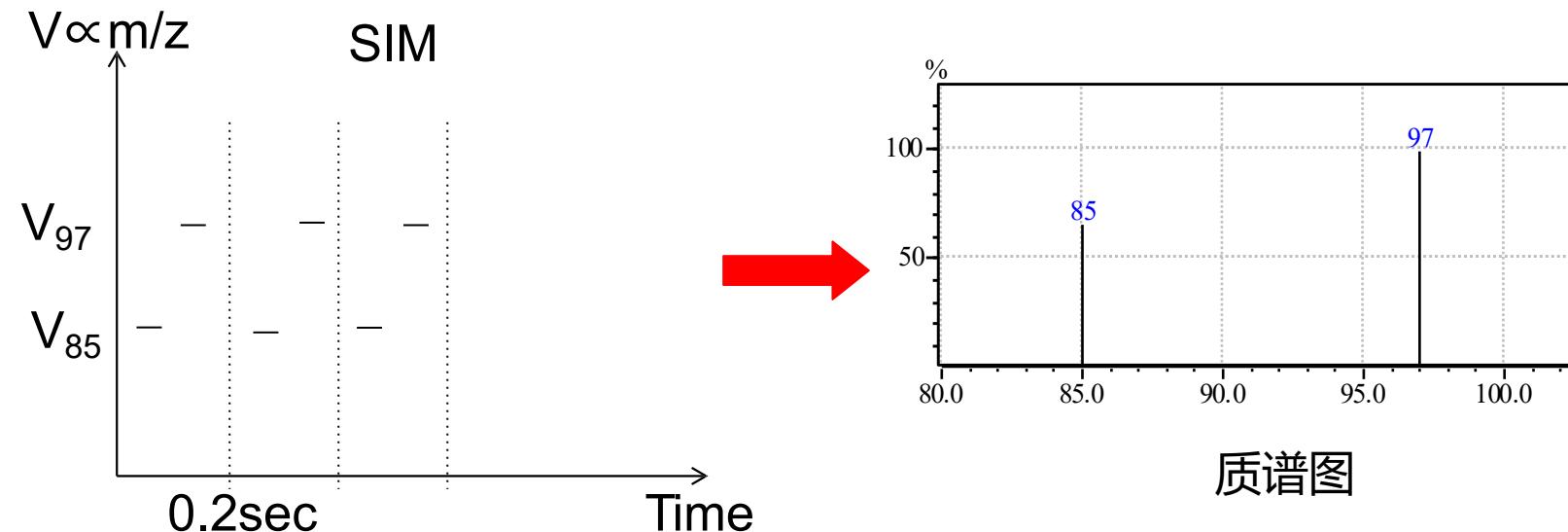


MS (α -六六六)

数据采集模式

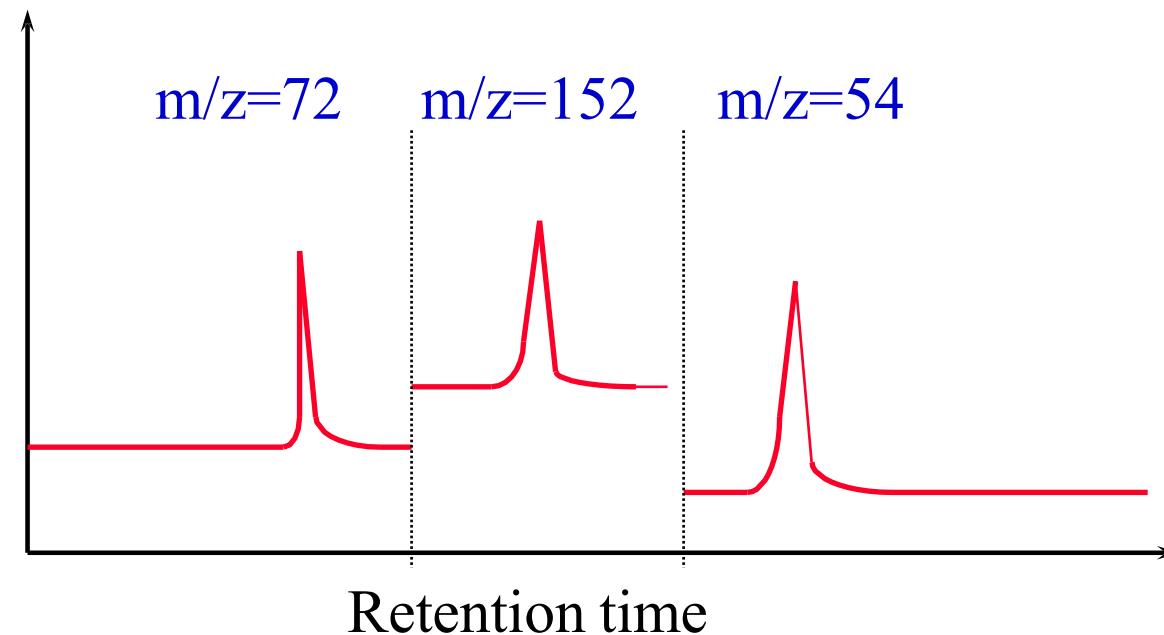
SIM (Selected Ion Monitoring) mode - 选择离子模式

- ❖ SIM主要用于定量分析
- ❖ 只有特定质量数的离子被检测
 - ❖ 根据目标化合物选择合适的检测离子相当重要。
 - ❖ 灵敏度取决于所选择的检测离子。



SIM Mode

灵敏度高于 Scan 方式



GC-MS方法设置：MS（选择多离子检测方式，定量用）

进样器 GC MS

GCMS-TQ系列

离子源温度(O): °C

接口温度(T): °C

溶剂延迟时间(S): min 检测器电压(D): 相对于调谐结果 绝对值

使用MS程序(U): kV

不使用CID气进行分析(Q3 Scan)(N) 阈值(H):

GC 程序时间: 13.10 min 循环时间(L):

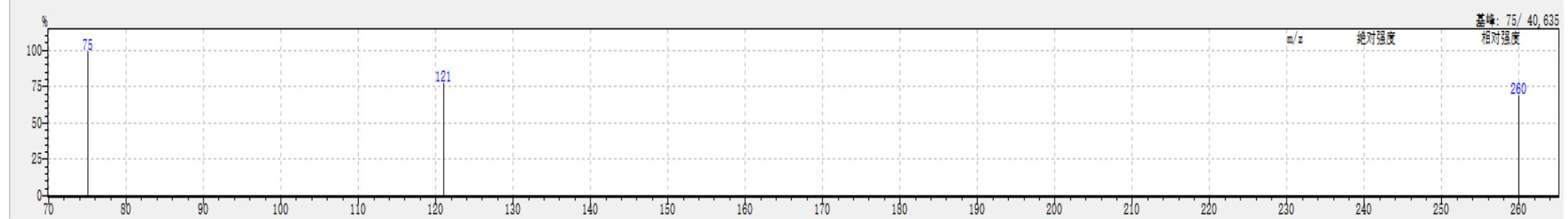
	组分名称	开始时间(min)	结束时间(min)	采集方式	间隔(sec)	扫描速度	开始m/z	结束m/z	母离子m/z	碎片离子m/z	Losses of	CE	通道1m/z	Ch1 CE	通道2m/z	Ch2 CE	通道3m/z	Ch3 CE	通道4m/z	Ch4 CE	通道5m/z	Ch5 CE
1-1		3.00	4.80	Q3 SIM	0.030								75.00	121.00	260.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2-1		4.80	6.00	Q3 SIM	0.030								137.00	179.00	304.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
3-1		6.00	7.00	Q3 SIM	0.030								109.00	125.00	263.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
4-1		7.00	7.50	Q3 SIM	0.030								109.00	125.00	277.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
5-1		7.50	9.00	Q3 SIM	0.030								97.00	197.00	314.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
6-1		9.00	11.00	Q3 SIM	0.030								93.00	121.00	274.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
7-1		11.00	13.00	Q3 SIM	0.030								97.00	231.00	384.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

方法设置好后需要存盘：SIM

SIM方法检测得到的色谱图及质谱图



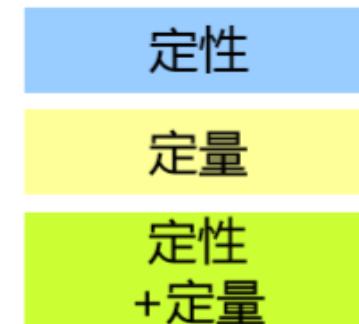
事件号1:Q3 SIM 保留时间 : [3.000] 扫描数: [1]



GC-MS/MS采集模式

在 GC-MS/MS 中, Q1 和 Q3 有不同的采集模式的组合

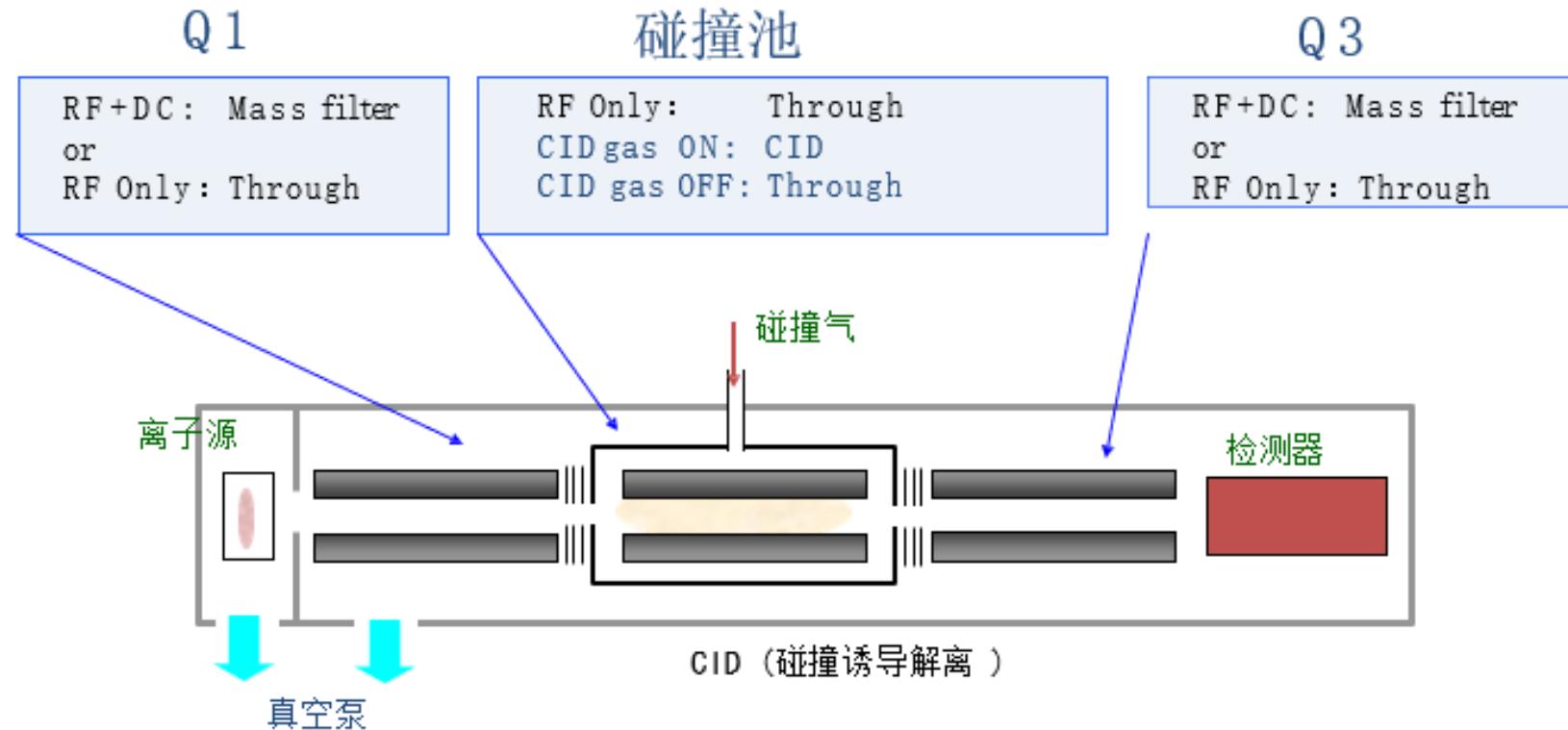
	Q1	Q3	1~100 µg/mL (ppm)
· Q3SCAN	Through	Scan	与单四极气质全扫描模式一致
· Q3SIM	Through	SIM	与单四极气质SIM模式一致
· Product Ion Scan	SIM	Scan	
· Precursor Ion Scan	Scan	SIM	
· MRM	SIM	SIM	
· Neutral Loss Scan	Scan	Scan	
· FASST	同时采集 MRM and Q3SCAN ,既可以得到 MRM定量结果 ,也可以得到Q3Scan定性信息.		



碰撞气开启--- 所有采集模式都可使用.

碰撞气关闭--- 只有 Q3Scan and Q3SIM
可用.

GCMS-TQ8040 三重四极杆质谱仪



GC-MS方法设置：MS（多反应监测模式，定量用）

GCMS-TQ系列

离子源温度(O): 230 °C
 接口温度(T): 250 °C
 溶剂延迟时间(S): 3 min 检测器电压(D): 相对于调谐结果 绝对值
 使用MS程序(U): 0 kV
 不使用CID气进行分析(Q3 Scan)(N) 阈值(H): 0
 GC 程序时间: 15.10 min 循环时间(L)...

	组分名称	开始时间(min)	结束时间(min)	采集方式	间隔(sec)	扫描速度	开始m/z	结束m/z	母离子m/z	碎片离子m/z	Losses of	CE	通道1m/z	Ch1 CE	通道2m/z	Ch2 CE	通道3m/z	Ch3 CE	通道4m/z	Ch4 CE
1-1	甲拌磷砜	3.00	6.20	MRM	0.100								260.00>75.00	10.00	230.90>128.90	25.00	171.00>143.0	8.00	0.00>0.00	0.00
2-1	二嗪磷Diazinone	6.20	7.20	MRM	0.300								152.00>137.1	8.00	137.00>84.10	13.00	137.00>54.10	23.00	0.00>0.00	0.00
3-1	甲基对硫磷Methyl parathion	7.20	8.20	MRM	0.300								263.00>109.1	18.00	125.00>79.00	8.00	109.00>79.10	8.00	0.00>0.00	0.00
4-1	杀螟硫磷Fenitrothion	8.20	8.95	MRM	0.100								277.00>260.0	8.00	277.00>109.00	20.00	0.00>0.00	0.00	0.00>0.00	0.00
5-1	毒死蜱Chlorpyrifos	8.95	10.00	MRM	0.100								97.00>65.00	18.00	197.00>169.00	13.00	97.00>79.00	13.00	0.00>0.00	0.00
6-1	稻丰散Phenthioate	10.00	12.00	MRM	0.300								274.00>121.1	13.00	274.00>125.00	18.00	121.00>77.10	23.00	0.00>0.00	0.00
7-1	乙硫磷Ethion	12.00	15.00	MRM	0.300								231.00>129.0	23.00	153.00>97.00	13.00	231.00>175.0	13.00	0.00>0.00	0.00
		0.00	0.00	MRM	0.000								0.00>0.00	0.00	0.00>0.00	0.00	0.00>0.00	0.00	0.00>0.00	0.00

适用于复杂基底中痕量待测物的定性定量

定量分析

内标法：准确称取一定量试样，加入一定量的选定的标准物（内标物），根据内标物和试样的质量以及色谱图上相应的峰面积（或峰高），计算待测组分的含量。

内标物应是试样中不存在的纯物质，加入的量应接近待测组分的量，其色谱峰也应位于待测组分色谱峰附近。

相对校正因子： $f_{is} = \frac{f_i}{f_s} = \frac{W_i/A_i}{W_s/A_s}$  $W_i = \frac{f_{is} W_s A_i}{A_s}$

待测物： 甲拌磷 二嗪磷 甲基对硫磷 杀螟硫磷 稻丰散 乙硫磷

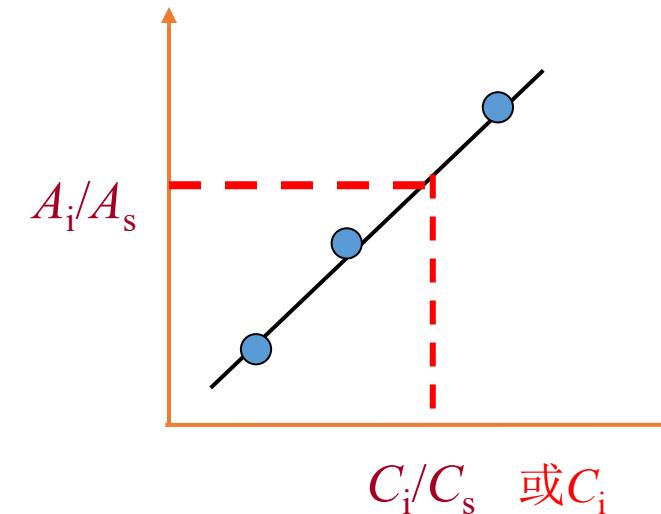
内标物： 毒死蜱

GC-MS定量分析

中 心 科 学 实 验

内标工作曲线法：以分析物与内标物的响应比对分析物与内标物的浓度比作图，可得到一条线性的校正曲线。

	目标待测物 (mg/L)	内标物 (mg/L)
标准溶液1	1	2
标准溶液2	2	2
标准溶液3	4	2
未知溶液	?	2

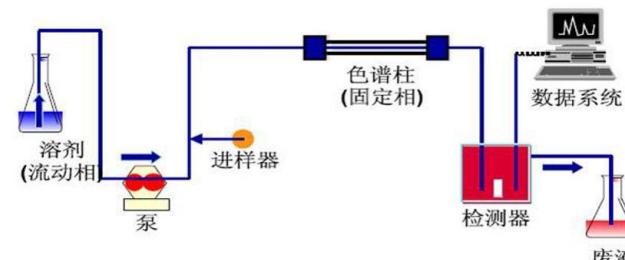


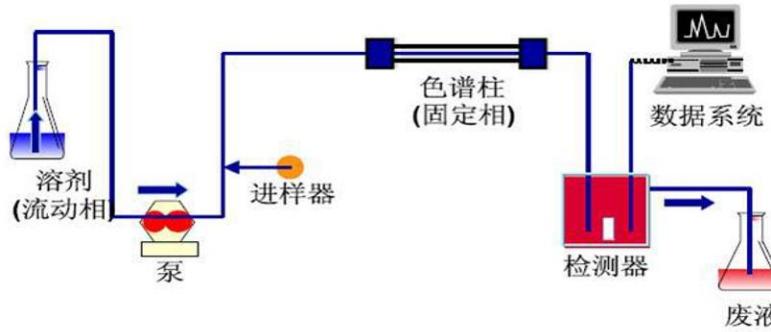
$$f_{is} = \frac{f_i}{f_s} = \frac{W_i/A_i}{W_s/A_s} \rightarrow \frac{A_i}{A_s} = \frac{1}{f_{is}} \cdot \frac{W_i}{W_s}$$

$$\rightarrow \frac{A_i}{A_s} = \frac{1}{f_{is}} \cdot \frac{C_i}{C_s} \rightarrow C_i = \frac{A_i}{A_s} \cdot C_s \cdot f_{is}$$

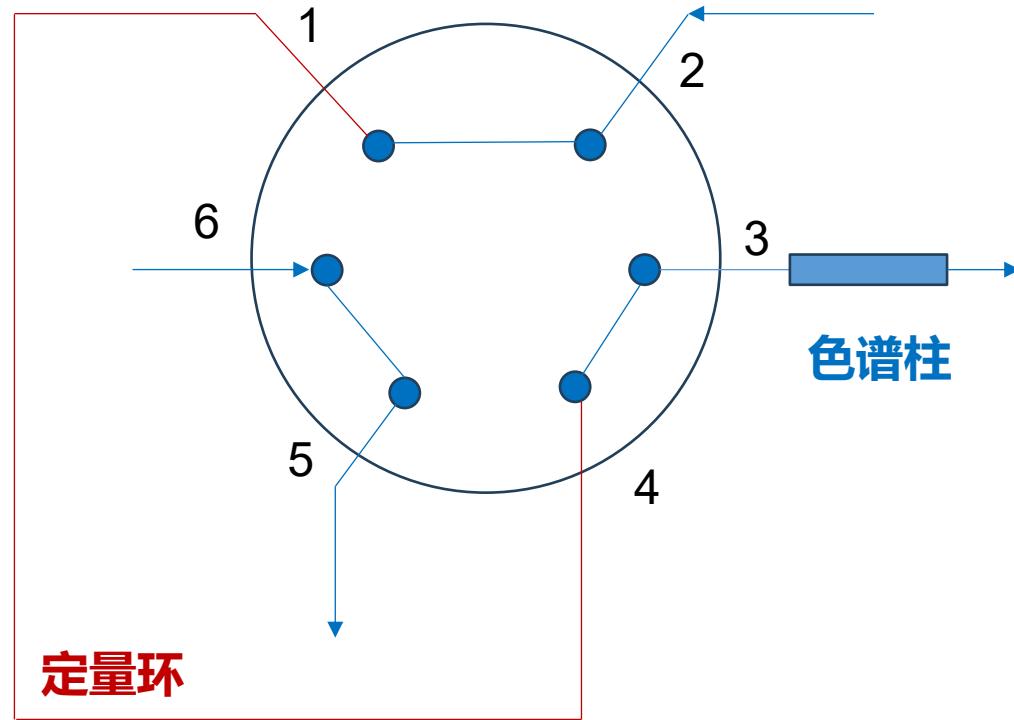
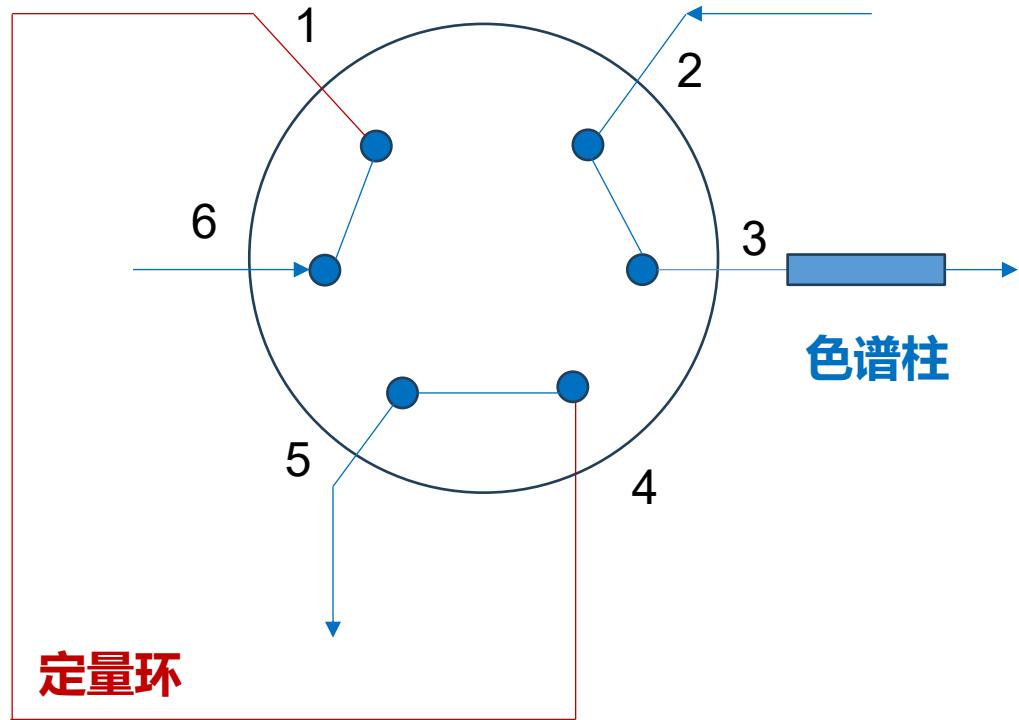
液相色谱的高压泵

	二元泵	四元泵
特性	采用双泵并联高压混合模式，可同时控制两个流动相，在泵后高压混合，混合精度高且不易产生气泡。	采用单泵+比例阀的低压混合模式，通过电磁阀控制最多四个流动相，在泵前常压混合，需配备在线脱气机消除气泡
混合方式	高压混合（泵后）	低压混合（泵前）
混合精度	高（通过流速控制配比）	较低（电磁阀开闭存在延迟）
气泡风险	低	高（需脱气机）
维护成本	较高（双泵结构）	较低（单泵+电磁阀）





六通阀



LC-MS联用

HPLC

高压液相操作

液体进入离子源变为大量气体

质量范围无限制

常常使用无机盐缓冲剂

MS

要求高真空

只允许有限的气体进入离子传输系统

测定质量取决于 m/z 和质谱仪的类型

需采用**挥发性缓冲液**

常用键合相及其应用范围

类型	键合官能团	性质	分离模式	应用范围
烷基 (C ₈ 、C ₁₈)	—(CH ₂) ₇ —CH ₃ —(CH ₂) ₁₇ —CH ₃	非极性	反相、 离子对	中等极性化合物，可溶于水的强极性化合物
苯基 (Phenyl)	—(CH ₂) ₃ —C ₆ H ₅	非极性	反相、 离子对	非极性至中等极性化合物
氨基 (—NH ₂)	—(CH ₂) ₃ —NH ₂	极性	正相、反相、阴离子交换	正相可分离极性化合物，反相可分离碳水化合物，阴离子交换可分离酚、有机酸和核苷酸
氰基 (—CN)	—(CH ₂) ₃ —CN	极性	正相、反相	正相类似于硅胶吸附剂，适用于分离极性化合物，但比比较的保留弱；反相可提供与非极性固定相不同的选择性
二醇基 (Diol)	—(CH ₂) ₃ —O—CH ₂ — CH(OH)—CH ₂ (OH)	弱极性	正相、反相	比硅胶的极性弱，适用于

HPLC流动相常用溶剂的性质

中 | 心 | 科 | 学 | 实 | 验

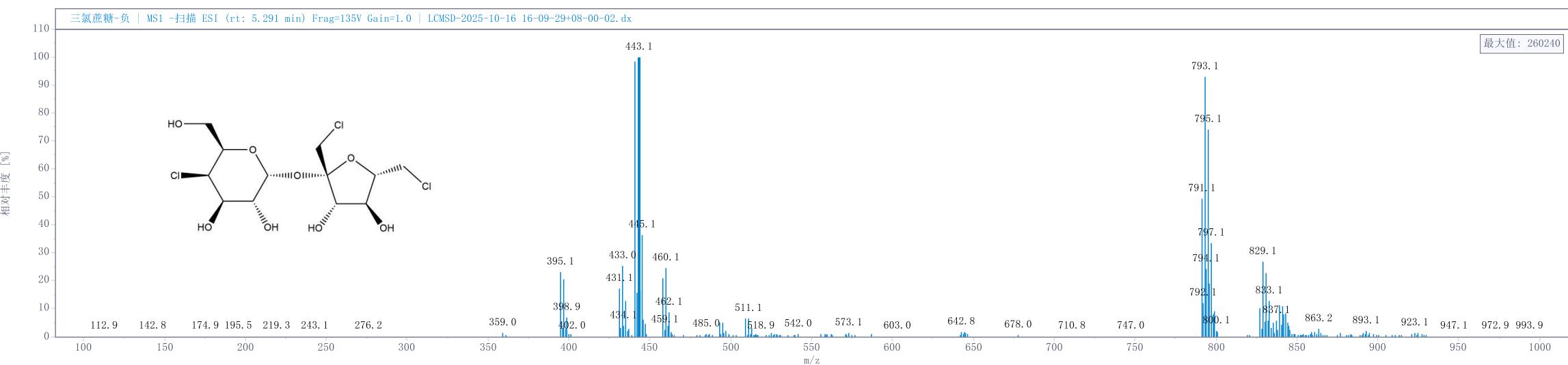
溶剂	沸点/°C	紫外吸收截止波长/nm	极性参数
正己烷	69	190	0.1
环己烷	81	200	-0.2
四氯化碳	77	265	1.6
苯	80	280	2.7
甲苯	110	285	2.4
二氯甲烷	40	233	3.1
异丙醇	82	205	3.9
四氢呋喃	66	212	4.0
乙酸乙酯	77	256	4.4
氯仿	61	245	4.1
二氧六环	101	215	4.8
吡啶	115	305	5.3
丙酮	56	330	5.1
乙醇	78	210	4.3
乙腈	82	190	5.8
二甲亚砜	189	168	7.2
甲醇	65	205	5.1
硝基甲烷	101	380	6.0
甲酰胺	210	210	9.6
水	100	180	10.2

表3 溶剂分类表

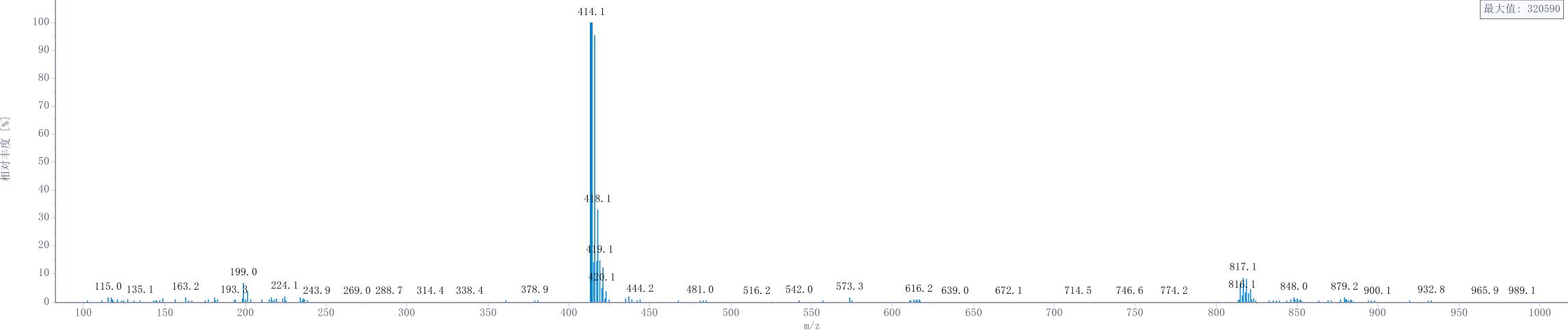
组别	代表性溶剂
I	脂肪族醚、三级烷胺、四甲基胍、六甲基磷酰胺
II	脂肪醇
III	吡啶衍生物、四氢呋喃、乙二醇醚、亚砜、酰胺（除甲酰胺外）
IV	乙二醇、苯甲醇、甲酰胺、乙酸
V	二氯甲烷、二氯乙烷
VI	磷酸三甲苯酯、脂肪族酮和酯、聚酯、二氧六环、乙腈
VII	硝基化合物、芳香醚、芳烃、卤代芳烃
VIII	氟代烷醇、间甲基苯酚、氯仿、水

三氯蔗糖 (ESI, 扫描, 负离子模式)

中 心 科 学 实 验

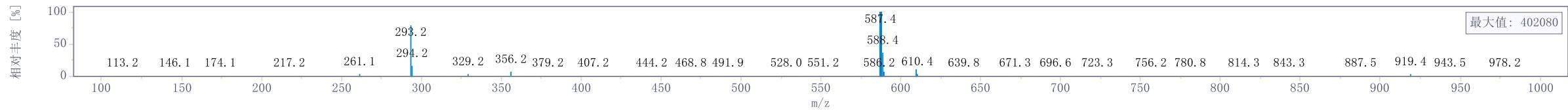


三氯蔗糖 (ESI, 扫描, 正离子模式)



阿斯巴甜 (ESI, 扫描, 负离子模式)

中 心 科 学 实 验



数据处理

GC-MS	LC-MS
定性： 每个待测物质的保留时间，色谱图，质谱图	定性： 每个待测物质的保留时间，色谱图，质谱图
定量： 标准溶液和待测溶液的峰面积	定量： 标准溶液和待测溶液的峰面积
	计算加标回收率

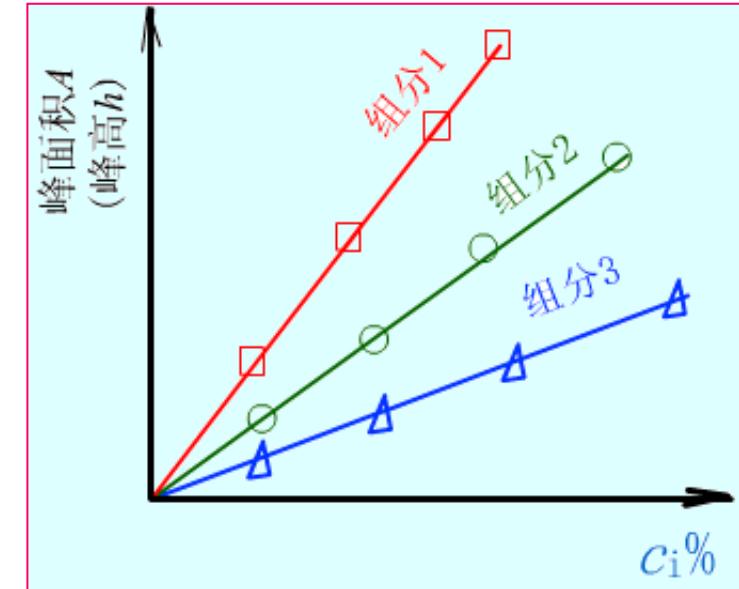
定量分析 (LC-MS)

(1) 外标法

外标法也称为标准曲线法。

特点及要求：

- ♥ 外标法不使用校正因子，准确性较高，
- ♥ 操作条件变化对结果准确性影响较大。
- ♥ 对进样量的准确性控制要求较高，适用于大批量试样的快速分析。





实验简介



基本原理



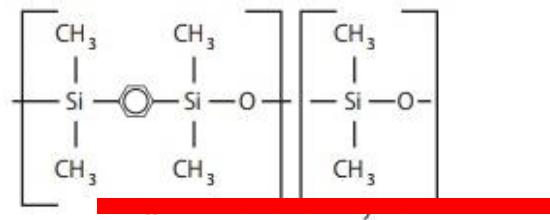
实验仪器、操作、数据处理



注意事项

- 弱极性固定相：键合交联™ 聚亚芳基，1,4-二(二甲基)苯基甲基聚硅氧烷。
- 对活性化合物有非常优良的惰性。
- 通用型色谱柱。非常适合半挥发物、多环芳烃类、氯代烃类、邻苯二甲酸酯类、酚类、胺类、氯化杀虫剂、有机磷杀虫剂药物、溶剂杂质、烃等化合物的GC/MS分析。
- 相似固定相：DB-5ms UI, DB-5ms, VF-5ms, SLB-5ms

■ SH-Rxi™-5Sil MS 结构式



内径	膜厚	温度范围	10 m	20 m	40 m	60 m
0.10mm	0.10µm	-60 to 320/350 °C	227-36309-01	-	-	-
0.15mm	0.15µm	-60 to 320/350 °C	-	227-36030-01	-	-
	2.00µm	-60 to 320/350 °C	-	227-36031-01	-	-
0.18mm	0.10µm	-60 to 320/350 °C	-	-	-	227-36032-01
	0.18µm	-60 to 320/350 °C	-	227-36033-01	227-36033-02	-
	0.36µm	-60 to 320/350 °C	-	227-36034-01	-	-
膜厚		温度范围	-	15 m	30 m	60 m
0.25 mm	0.10 µm	-60 to 320/350 °C	-	227-36035-01	227-36035-02	-
	0.25 µm	-60 to 320/350 °C	-	227-36036-01	221-75954-30	227-36036-02
	0.50 µm	-60 to 320/350 °C	-	227-36037-01	227-36037-02	-
	1.00 µm	-60 to 320/350 °C	-	227-36038-01	221-75956-30	227-36038-02
0.32 mm	0.25 µm	-60 to 320/350 °C	-	227-36039-01	227-36039-02	-
	0.50 µm	-60 to 320/350 °C	-	-	227-36040-01	-
	1.00 µm	-60 to 320/350 °C	-	-	227-36041-01	-
0.53 mm	1.50 µm	-60 to 320/350 °C	-	-	227-36032-02	-