

# GCMS 法测定电子烟烟液中 6 种苯系物的含量

## GCMS-338

**摘要：**本文建立了气相色谱 - 质谱联用仪测定电子烟烟液中 6 种苯系物（苯、甲苯、乙苯、对二甲苯、间二甲苯、邻二甲苯）含量的分析方法。结果表明，在 0.02~0.5 mg/L 的浓度范围内，6 种苯系物的线性相关系数均在 0.9999 以上，线性关系良好。方法检出限为 0.53~2.43  $\mu\text{g/L}$ 。取浓度为 0.02 mg/L 的标准溶液重复进样 7 次，各组分峰面积的相对标准偏差（RSD%）均在 4.37% 以下，精密度良好。空白电子烟烟油样品，进行浓度为 0.67 mg/kg 的加标，回收率为 83.1%~92.8%。本方法操作简单、灵敏度高，可为电子烟烟油中 6 种苯系物的含量测定提供参考。

**关键词：**气相色谱 - 质谱联用仪 电子烟 烟液 苯系物

电子烟是一种新型的向呼吸系统传送烟碱的电池动力装置，宣称“无毒无害可戒烟”销量走俏。电子烟烟液又被称为烟油，大多数是由丙二醇（或甘油）、烟碱和改善口感的各种香精等组成的混合物，烟油气化后可以模拟传统卷烟烟气形态以及实现烟气的部分功能。目前，电子烟在全球范围内迅猛增长，与此同时，电子烟烟油安全性也逐渐得到公众的关注。

苯是工业生产中常用的溶剂，并且作为化工原料，可合成一系列苯的衍生物，如甲苯、乙苯、二甲苯等。苯系物是苯及其衍生物的总称，其特点是来源广、毒

性大、易挥发、难降解，长时间吸入会对人体呼吸道及神经系统有刺激作用，甚至诱发癌症。由于烟碱和香料提取过程都会使用有机溶剂，烟油中存在苯系物超标的风险，因此建立电子烟烟油中苯系物检测方法有着重要的意义。

本文采用气相色谱 - 质谱联用仪测定电子烟烟油中 6 种苯系物（包括苯、甲苯、乙苯、对二甲苯、间二甲苯、邻二甲苯）的含量，方法简单、方便，能够有效地监控电子烟烟油中苯系物的含量。

## 实验部分

### 1.1 仪器

岛津气相色谱 - 质谱联用仪 GCMS-QP2020 NX

### 1.2 分析条件

色谱柱：Rtx-Wax, 30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25  $\mu\text{m}$

柱温程序：40 $^{\circ}\text{C}$  (3 min)<sub>10 $^{\circ}\text{C}$ /min</sub> 130 $^{\circ}\text{C}$  (3 min)<sub>20 $^{\circ}\text{C}$ /min</sub> 200 $^{\circ}\text{C}$  (5 min)

进样口温度：240 $^{\circ}\text{C}$

载气控制方式：恒线速度，36.1 cm/sec

进样方式：分流进样

分流比：20:1

离子源温度：230 $^{\circ}\text{C}$

色谱质谱接口温度：240 $^{\circ}\text{C}$

采集方式：SIM 模式，各化合物信息见表 1

### 1.3 样品前处理

准确称取 0.3 g 电子烟烟液于 15 mL 具塞离心管中，精确至 0.0001 g，加入 1 mL 水并振荡，使样品均匀分散。准确加入 10 mL 萃取溶液（含有 0.5 mg/L 苯-d6 的正戊烷溶液），加盖密封后置于涡旋振荡器中，以

2000 r/min 的速度涡旋振荡提取 30 min，静置后取上层有机相转移至样品瓶中进行仪器分析。

## ■ 结果与讨论

### 2.1 标准品图谱

苯 -d6 和 6 种苯系物标准品谱图及质量色谱图见图 1、2，相关化合物信息见表 1。

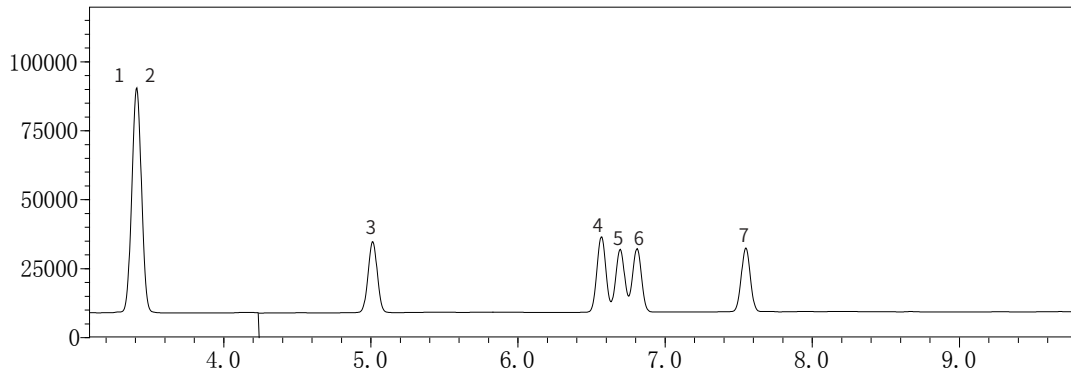
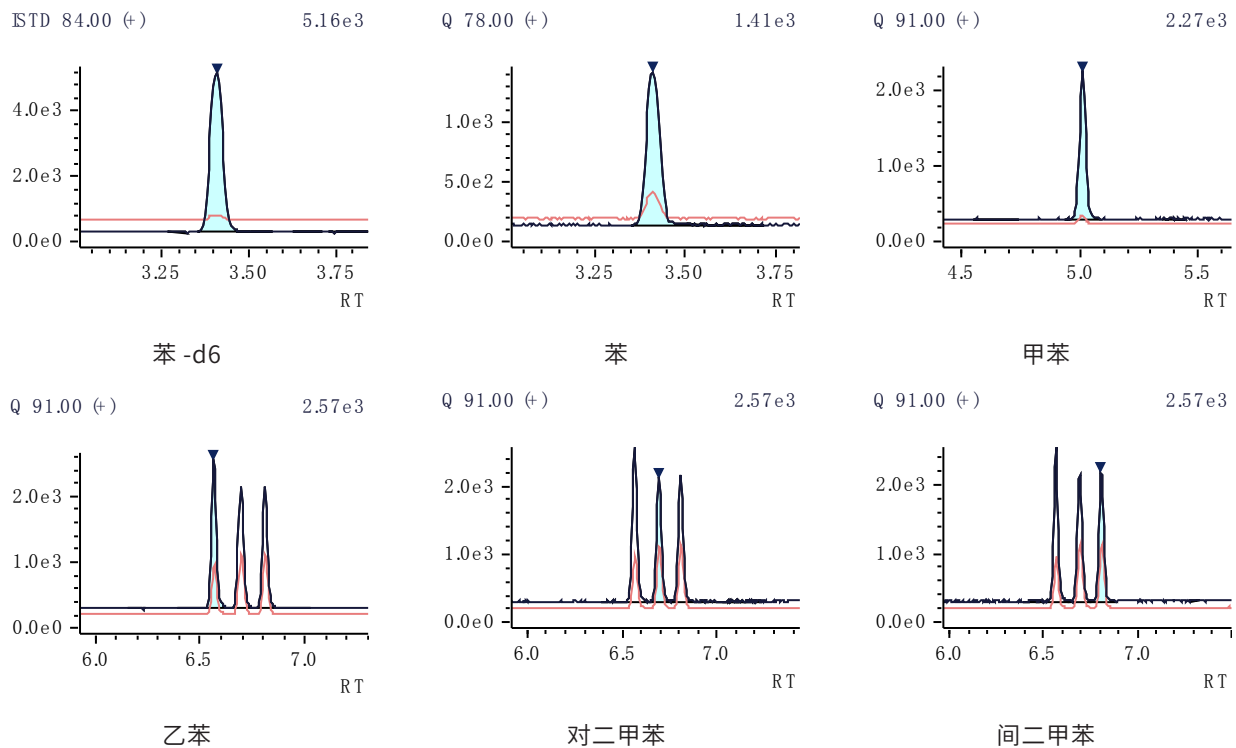


图 1. 苯 -d6 和 6 种苯系物标准品 TIC 图 (0.1 mg/L)



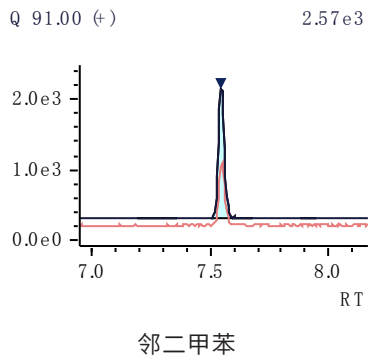


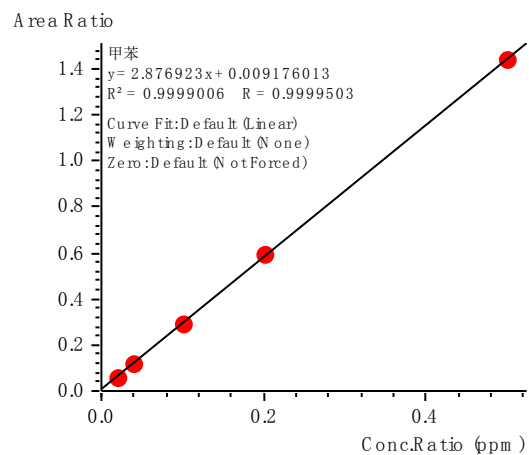
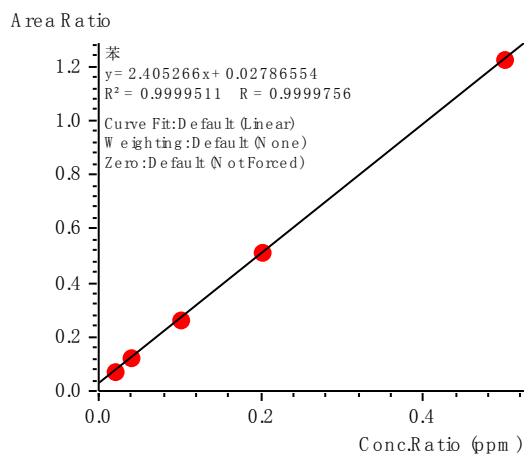
图 2. 苯 -d6 和 6 种苯系物标准品质量色谱图 (0.1 mg/L)

表 1. 苯 -d6 和 6 种苯系物化合物信息

No.	中文名称	英文名称	CAS 号	保留时间 (min)	定量离子 (m/z)	定性离子 (m/z)
1	苯 -d6 (内标)	Benzene-d6	1076-43-3	3.409	84	83
2	苯	Benzene	71-43-2	3.410	78	51
3	甲苯	Toluene	108-88-3	5.013	91	51
4	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	6.566	91	106
5	对二甲苯	p-Xylene	106-42-3	6.693	91	106
6	间二甲苯	m-Xylene	108-38-3	6.807	91	106
7	邻二甲苯	o-Xylene	95-47-6	7.547	91	106

## 2.2 标准曲线及检出限

配制 5 个不同浓度的标准品溶液, 制作校准曲线, 各目标组分浓度分别为 0.02、0.04、0.1、0.2 和 0.5 mg/L, 内标浓度为 0.5 mg/L。以浓度比为横坐标, 峰面积比为纵坐标做标准曲线, 各化合物标准曲线如图 3 所示。根据 0.02 mg/L 标样数据, 以 3 倍信噪比 (峰至峰) 计算各组分方法检出限。线性相关系数和检出限见表 2。



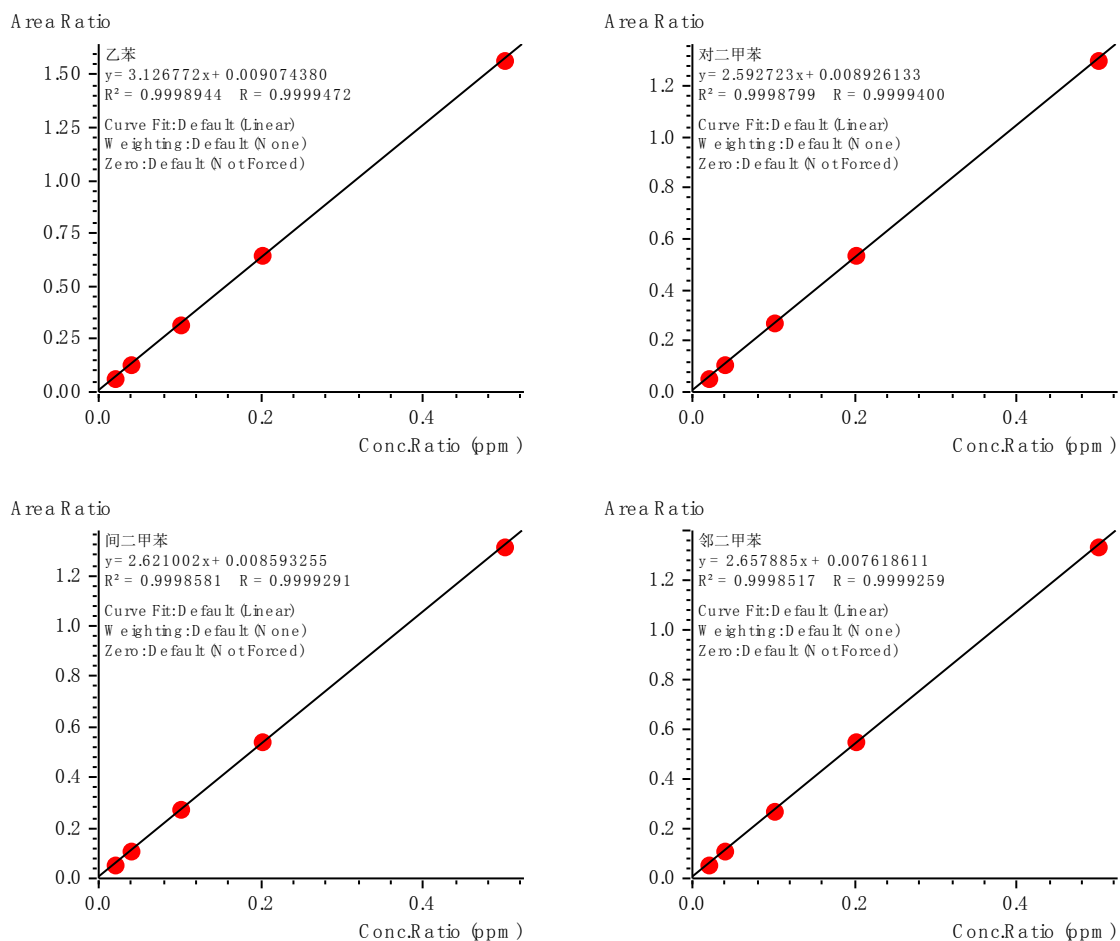


图 3. 6 种苯系物标准曲线

表 2. 6 种苯系物标准曲线信息及检出限

No.	组分名称	标准曲线	相关系数 ( $R^2$ )	检出限 ( $\mu\text{g/L}$ )
1	苯	$Y = 2.405X + 0.02787$	1.0000	2.43
2	甲苯	$Y = 2.877X + 0.009176$	0.9999	0.74
3	乙苯	$Y = 3.127X + 0.009074$	0.9999	0.55
4	对二甲苯	$Y = 2.593X + 0.008926$	0.9999	0.53
5	间二甲苯	$Y = 2.621X + 0.008593$	0.9999	0.65
6	邻二甲苯	$Y = 2.658X + 0.007619$	0.9999	0.67

### 2.3 重复性测试

取浓度为 0.02 mg/L 的标准样品连续 7 次进样，考察仪器的重复性，测定结果见表 3。

表 3. 重复性实验结果 (n=7)

No.	组分名称	峰面积							RSD (%)
		1	2	3	4	5	6	7	
1	苯	2234	2286	2261	2365	2256	2163	2058	4.37
2	甲苯	1939	1895	1921	2018	1924	1984	1885	2.46
3	乙苯	2031	1944	2067	2035	1983	2041	1925	2.68
4	对二甲苯	1705	1623	1707	1695	1640	1737	1602	3.03
5	间二甲苯	1778	1677	1685	1705	1678	1721	1595	3.26
6	邻二甲苯	1686	1662	1782	1705	1698	1793	1689	2.94

#### 2.4 样品加标回收率

平行取 0.3 g 空白电子烟烟油样品 2 份, 添加 6 种苯系物标准样品, 使各目标物浓度均为 0.67 mg/kg, 按照上述前处理步骤处理, 取 1  $\mu$ L 进样, 考察方法的回收率。样品加标测定结果及加标回收率结果见表 4。

表 4. 添加回收结果

No.	组分名称	测试值 1 (mg/kg)	测试值 2 (mg/kg)	平均回收率 (%)
1	苯	0.540	0.574	83.1
2	甲苯	0.595	0.649	92.8
3	乙苯	0.568	0.653	91.2
4	对二甲苯	0.540	0.631	87.4
5	间二甲苯	0.580	0.660	92.5
6	邻二甲苯	0.573	0.650	91.3

#### 2.4 样品测试结果

取某两品牌的电子烟油样品, 按照上述前处理步骤处理, 样品测定结果如下, 其中的一个样品的色谱图见图 4。

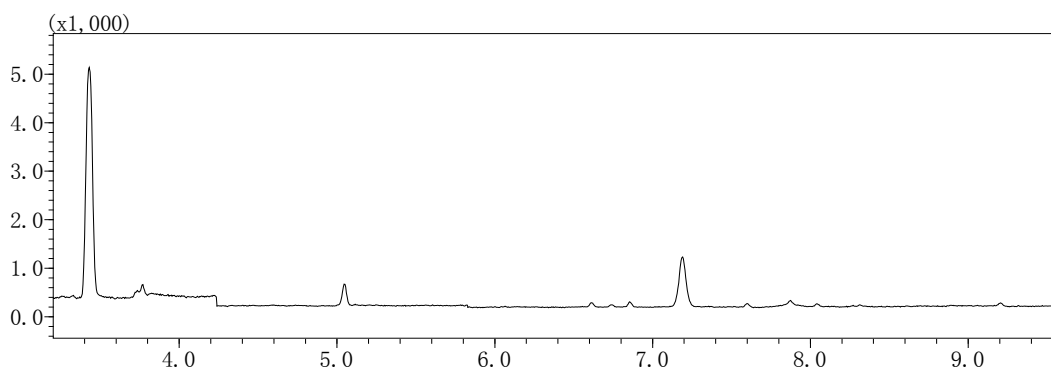


图 4. 某品牌电子烟油样品色谱图

表 5. 样品测定结果

No.	组分名称	电子烟油样品 1 (mg/kg)	电子烟油样品 2 (mg/kg)
1	苯	N.D	N.D
2	甲苯	0.73	0.10
3	乙苯	N.D	N.D
4	对二甲苯	N.D	N.D
5	间二甲苯	N.D	N.D
6	邻二甲苯	N.D	N.D

注：N.D 为未检出

## ■ 结论

本文利用岛津 GCMS-QP2020 NX 气相色谱-质谱联用仪,建立了电子烟烟油中 6 种苯系物(苯、甲苯、乙苯、对二甲苯、间二甲苯、邻二甲苯)含量的分析方法。在 0.02 mg/L~0.5 mg/L 浓度范围内各组分校准曲线线性良好,线性相关系数均在 0.9999 以上。在分流(20:1)进样条件下,方法检出限在 0.53~2.43  $\mu\text{g/L}$ 。取浓度为 0.02 mg/L 标准品溶液连续进样 7 针,峰面积 RSD 均小于 4.37%,精密度良好。空白电子烟烟油样品在加标浓度为 0.67 mg/kg 的加标水平下,回收率为 83.1%~92.8%。本方法简单方便,能够有效地检测电子烟烟油中 6 种苯系物的含量。

岛津应用云

