

# 气相色谱基本原理与技术应用

——中国色谱网在线技术讲座

活动主办方：中国色谱网（[www.sepu.net](http://www.sepu.net)）

活动协办方：兰州中科安泰分析科技有限责任公司（独家赞助商）

主讲人： zkat\_jszc\_01（中科安泰技术工程师）

主讲内容

第一部分 气相色谱法的建立..... P1-8

- 气相色谱法概述..... P1
- 色谱分离条件选择的指标..... P1-2
- 初始操作条件的确定..... P2
- 填充柱的选择要点..... P2-4
- 毛细管柱的选择..... P4-5
- 检测器操作条件的选择..... P6
- 程序升温操作条件的选择..... P6-7

第二部分 气相色谱柱的使用及日常维护的注意事项..... P7

第三部分 气相色谱柱在各个领域应用时的常见问题..... P8-15

- 气相色谱技术在食品安全的应用..... P8-10
- 气相色谱在环境监测领域的应用..... P10-11
- 气相色谱在石油化工领域的应用..... P11-15

## 第一部分 气相色谱法的建立

### 1、气相色谱方法概述

#### 1) 引言

气相色谱法是根据气-固、气-液、气-液-固之间的相平衡，借溶质分配系数的不同而进行分离的方法。

气——固色谱中被分离物随着载气的流动，被测组分在吸附剂表面进行吸附，脱附，再吸附，再脱附……这样反复的过程不同物质在色谱柱中的保留时间不同而达到分离的目的。

气——液色谱中被分离物随着载气的流动，被测组分在固定液中进行溶解，挥发，再溶解，再挥发……的过程，使不同物质在色谱柱中的保留时间不同而达到分离的目的。

#### 2) 气相色谱法的特点

- 混合样品在非极性色谱柱上，组份按沸点顺序流出，在极性色谱柱上，其组份按极性大小流出。
- 增加色谱柱长度可改善分离能力。
- 样品组份在固定相和移动相中易扩散，能迅速达到分配平衡，故可提高移动相的流速以缩短分析时间。
- 检测惰性气体中的样品组分时，可以使用各种高灵敏检测器，所以能做极微量分析和特定组分的高灵敏度的选择性检测。
- 容易与质谱仪或付里叶变换红外光谱仪联用，便于多组分混合物的分离和鉴定。
- 适于分析的物质仅限于在某种形式下为热稳定的挥发性物质。所以从全部化合物来看，适用范围较窄，约为 20%。
- 在缺乏标准品的情况下，定性分析较困难；对于高沸点不能气化和热不稳定的物质不能用气象色谱法分离和测定。

### 2、色谱分离条件选择的指标

#### 1) 载气及其流速的选择

实际工作中，为了缩短分析时间，往往使流速稍高于最佳流速。

#### 2) 柱效能 (N)

为了分离某一物质对，当相对保留值不变（固定液、柱温不变），而 k 值（固定液配比）变化时，k 越小越是靠近非保留峰，则完全分离所需的塔板数越多。但扣除非保留峰后 ( $t_R - t_0$ ) 算出的有效板数 ( $n_{eff}$ ) 却保持不变，则分离情况也可保持不变。

#### 3) 柱温选择的原则：

在使最难分离的组分能尽可能好的分离前提下，尽可能采取较低的柱温，但以保留的时间为宜，峰形不脱尾为度。

#### 4) 选择性 ( $\alpha$ )

所谓选择性就是固定液对于两个相邻组份的相对保留值，也就是某一难分离物质对校正

保留值之比，以  $\alpha$  表示。 $\alpha$  代表固定液对难分离物质对的选择性保留作用，其数值越大，越容易分离。

#### 5) 分离度 (R)

分离度是反映色谱柱对相邻两组分直接分离效果的。而 R 值越大就意味着相邻两组份分离得越好。

$$R = \frac{1}{4} \sqrt{N} \frac{1}{1+k}$$

### 3、初始操作条件的确定

#### 1) 确定初始操作条件

##### • 进样量

要根据样品浓度、色谱柱容量和检测器灵敏度来确定。样品浓度不超过 mg/ml 时填充柱的进样量通常为  $1 \sim 5 \mu\text{L}$ ，而对于毛细管柱，若分流比为 50:1 时，进样量一般不超过  $2 \mu\text{L}$ 。如果这样的进样量不能满足检测灵敏度的要求，可考虑加大进样量，但以不超载为限。

##### • 温度

进样口温度主要由样品的沸点范围决定，还要考虑色谱柱的使用温度。即首先要保证待测样品全部气化，其次要保证气化的样品组分能够全部流出色谱柱，而不会在柱中冷凝。原则上讲，进样口温度高一些有利，一般要接近样品中沸点最高的组分的沸点，但要低于易分解组分的分解温度，常用的条件是  $250 \sim 350^\circ\text{C}$ 。

色谱柱温度的确定主要由样品的复杂程度和汽化温度决定。原则是既要保证待测物的完全分离，又要保证所有组分能流出色谱柱，且分析时间越短越好。

检测器的温度是指检测器加热块温度，检测器温度的设置原则是保证流出色谱柱的组分不会冷凝同时满足检测器灵敏度的要求。大部分检测器的灵敏度受温度影响不大，故检测器温度可参照色谱柱的最高温度设定，而不必精确优化。

##### • 载气流速

载气流速的确定相对容易一些，开始可按照比最佳流速（氮气约为  $20\text{cm/s}$ ，氦气约为  $25\text{cm/s}$ ，氢气约为  $30\text{cm/s}$ ）高 10% 来设定。然后再根据分离情况进行调节。原则是既保证待测物的完全分离，又要保证尽可能短的分析时间。载气流速一般设为  $30\text{ml/min}$ 。空气， $300 \sim 400\text{ml/min}$ ；氢气  $30 \sim 40\text{ml/min}$ ；氮气（尾吹气） $30 \sim 40\text{ml/min}$ 。

### 4、填充柱的选择要点

#### 1) 固定液的选择

##### • 固定液种类的选择

A) 对于非极性样品，应首先考虑选用非极性固定液。组分基本按沸点顺序分离。如果是烃与非烃混合物，则同沸点的极性物质先流出。

B) 对于中等极性样品，应首先选用中等极性固定液。基本上按沸点顺序分离，但对沸

点相同的极性和非极性组分，则诱导力起主要作用，非极性组分先流出。

C) 对于强极性样品，应选用强极性固定液，样品组分主要按极性顺序分离。对于极性和非极性混合物，则非极性组分首先流出，而且固定液极性越强，则非极性组分出峰越快，极性组分保留时间越长。

D) 对于兼有酸性或碱性的极性样品，应选用带有酸性或碱性基团的高分子多孔小球。

E) 对于含有异构体的样品，主要是芳香性异构体样品，可选用特殊保留作用的有机皂土或液晶做固定液。

#### • 固定液配比的选择

固定液配比的选择取决于样品的性质（沸点、极性），固定液、载体的性质以及柱温等一系列因素。

固定液的涂渍量减少时，保留时间缩短。一般而言，即使在低固定液相时色谱柱的理论塔板数也不改变，所以快速分析最好用低固定液相色谱柱。

一般来说，载体的表面积越大，固定液的含量可以越高。反之表面积越小，固定液含量应越低。

### 2) 载体的选择

#### • 载体的选择原则

理想的载体条件：（1）单位体积的填料要有足够的表面积；（2）表面是惰性的；（3）装柱时载体不破碎；（4）有耐热性。

（1）生物类制品、药品等，它们一般属于高沸点、强极性物质，经常采用玻璃微珠担体，也可采用质量好的经酸洗的白色担体。

（2）高沸点的化工产品，如高碳醇、芳香羧酸酯，固定液涂渍量一般低于5%，经常采用白色担体或灰色担体。

（3）强腐蚀性物质，如SO<sub>2</sub>等，可选用特氟隆担体。

（4）含水有机物的分析，要求测定其中水的含量，可采用经硅烷化处理后的担体或高分子多孔小球（GDX）担体。

（5）一般常规的非极性或弱极性物质，如烃类、芳烃、卤代烃的分析，经常以采用红色担体为好。

#### • 载体粒度的选择

载体颗粒减小，柱效将线性增加。但粒度过细会使柱压差过大，使柱子填充不均匀，使柱效和分析速度降低，给操作也带来不便。通常填充柱的载体直径约为柱径的1/20~1/25左右，即当柱子较长时用60~80目（125~250微米），较短时用80~100目。

### 3) 色谱柱的选择

#### • 色谱柱的内径

板高与柱半径平方成正比。填充柱多用直径2~3mm的色谱柱。

#### • 柱长的选择

选用多长的色谱柱，主要依据固定液对难分离物质对的选择性。一般多用1~3米的填充柱。

#### 4) 载气及其流速的选择

##### • 载气的选择

首先要适应所用检测器的特点，其次要考虑载气对柱效和分析速度的影响。

##### • 载气线速的选择

对于难分离物质对，一般选用最佳线速，载气线速与保留时间的倒数成直线关系。

#### 5、毛细管柱的选择

##### 1) 固定液的选择

遵循相似相溶原理，同等条件下首选最小极性的固定相。非极性的固定相的使用寿命大于极性固定相。尽可能避免使用污染特殊检测器的固定相，例如：腈基对于NPD，含氟固定相对于ECD。

##### • 非极性 100%二甲基硅氧烷聚合物

ZKAT-1、AE. SE-30、AE. OV-101、 AE. OV-1、ZKAT-SE-30、

使用范围：碳氢化合物、农药、胺类、脂类、酚类

##### • 弱极性 5%二苯基-95%二甲基硅氧烷聚合物

ZKAT-5、AE. SE-54、

使用范围：碳氢化合物、多核芳烃、脂类、酚类

##### • 中等极性

(1) 6%氰丙基苯基-94%二甲基硅氧烷聚合物 ZKAT-1301、AE. OV-1301、

使用范围：杀虫剂、醇类、氧化剂、溶剂残留

(2) 14%氰丙基苯基-86%二甲基硅氧烷聚合物 ZKAT-1701、AE. OV-1701、使用范围：药

物、硝基苯类、醇类、脂类、除草剂

(3) 35%二苯基-65%二甲基硅氧烷聚合物 AE. OV-35、

使用范围：胺类、杀虫剂、药品

(4) 50%二苯基-50%二甲基硅氧烷聚合物 ZKAT-17、AE. OV-17

使用范围：药物、农药、极性化合物

(5) 50%三氟丙基-50%二甲基硅氧烷聚合物 AE. OV-210

使用范围：醛类、酮类、有机磷、杀虫剂、除草剂

(6) 50%氰丙基苯基-50%二甲基硅氧烷聚合物 ZKAT-225、AE. OV-225

使用范围：醛类、醇类、乙酸酯类、中性甾醇、聚不饱和脂肪酸、生物

(7) 50%氰丙基-50%二甲基硅氧烷聚合物 AE. OV-215

使用范围：顺/反脂肪酸异构体

##### • 强极性

(1) 聚乙二醇 -20M ZKAT-20M、AE. PEG-20M、

使用范围：醇类、酸类、脂类、醛类、香精油、溶剂、甘醇、腈类

(2) 改性聚乙二醇 ZKAT-FFAP、AE. FFAP

使用范围：酸类、醇类、醛类、酮类、腈类、丙烯酸酯类

• 三氧化二铝

ZKAT-PLOT Al2O3 使用范围：低碳烃 C1~C6

2) 色谱柱长度的选择

15m 柱用于快速筛选，简单混合物或分子量极高的化合物。

25--30m 常规柱：分离 10-50 个组份的样品。

50m 常柱：分离多于 50 个组份或包含有难分离物质对的复杂样品。

3) 色谱柱内径的选择

0.53mm：具有类似填充柱的负荷量，总柱效远远超过填充柱。达到同样的分离度时，分析时间显著快于填充柱。可方便的采用柱上进样或直接进样技术，适用于分析不太复杂的样品，是填充柱的代替品。

0.32mm：柱效低于 0.25mm 常规柱，负荷量则比常规柱高约 60%。

0.25mm：最常用的内径规格，柱效高，负荷量低，必须分流进样，适用于复杂多组分样品的分析。

0.20mm：柱效高，负荷量低，流失小，适合高沸点化合物的分析，可与质谱等灵敏检测器联用。

4) 色谱柱膜厚的选择：

0.10-0.20 $\mu$ m（薄液膜）负荷量低，高温下流失小，适合于高沸点化合物的分析，适用于配高灵敏检测器。

0.25-0.33 $\mu$ m（标准液膜）

0.50-5.0 $\mu$ m（厚液膜）：负荷量较高，在高温下流失较大，适宜于分析低沸点样品。

一般说来，薄膜比厚膜洗脱组分快、峰分离好、温度低，这表明它们适用于高沸点化合物、组分密集化合物或热敏化合物。

标准膜厚为 0.25 到 0.5  $\mu$ m，对于流出达 300 $^{\circ}$ C 的大多数样品（包括蜡、甘油三脂、甾族化合物）来说分析很好。对于更高的洗脱温度，可以用 0.1  $\mu$ m 的液膜。厚膜对于低沸点化合物有利，对于流出温度在 100 $^{\circ}$ C~200 $^{\circ}$ C 之间的物质，用 1-1.5  $\mu$ m 的液膜效果较好。超厚膜（3-5  $\mu$ m）用于分析气体、溶剂和可吹扫出来的物质，以增加样品组分与固定相的相互作用。

另一个选择厚膜的原因，是为了用大口径柱时与小口径柱保持相同分离度和保留时间。由于这个原因，大口径柱都只有厚膜。厚膜意味着柱里有更多物质，从而流失更多，温度极限必然随膜厚度增加而下降。

## 6、检测器操作条件的选择

### 1) TCD 操作条件的选择

#### (1) 桥电流

热导池的灵敏度和桥电流的三次方成正比。增加桥电流可以迅速提高灵敏度，但电流过高噪音加大，基线不稳，数据精度降低，而且热丝易氧化、烧坏。

#### (2) 载气

从提高热导池检测器的灵敏度考虑，应选择热导系数大的气体，如  $H_2$  和 He 作载气，就能得到较大的响应。

热丝型检测器池体积较大，一般在 0.5~1mL 之间，为保证足够的柱效和响应速度，流速必须大于池体积 20 倍，即流速要大于 20mL/min。

#### (3) 池体温度（检测器温度）

热导池检测器对温度变化十分敏感，所以要很好地控温，最好控制在  $\pm 0.05^\circ C$  以内。随着检测器温度的升高，灵敏度将降低。

一般说来，检测器的温度要选在略高于柱温，以防止样品冷凝在检测器中。

### 2) FID 操作条件的选择

(1) 氢火焰离子化检测器对  $N_2$ 、Ar、He、 $H_2$ 、 $CO_2$  都不敏感，所以这些气体都可用作载气。但在控制条件下，用  $N_2$  作载气可以获得最佳的性能，即 R 值最大。

#### (2) 空气流速对 R 值的影响

一般情况下， $H_2$ :  $N_2$  流速=1: 1 左右，空气流量应大于氢气流量约 5~10 倍。载气从 20~100mL/min 变化时，对峰面积无影响。

#### (3) 检测室温度对 R 值的影响

一般说来，检测室温度增加，氢火焰离子化检测器的灵敏度和噪音都有增加，但不明显。故一般控制检测室比最高柱温高  $50^\circ C$  即可。但至少要在  $100^\circ C$  以上，以防止水蒸气冷凝。

## 7、程序升温操作条件的选择

### 1) 程序升温操作条件的选择

程序升温操作条件主要包括：升温方式、起始温度、终止温度、加热速度、载气流速、柱长等。

在程序升温色谱中起始温度或初温 ( $T_0$ ) 的选择，主要根据样品中最低沸点组分的沸点，大约选在最低沸点组分的沸点左右。

加热速度的选择要兼顾分离度和分析速度。在较低的加热速度下，分离度增大，但高沸物分析时间太长，且色谱峰变得很宽。在较高的加热速度下，虽然可以缩短分析时间，但柱效及分离度都降低。

由固定液的最高允许温度和高沸点组分的保留温度（实为沸点）所决定。终温常选在高沸物沸点左右，但当固定液上限温度低于高沸物沸点时，终温就由固定液上限温度所决定，

此时就需要在终止温度下继续恒温冲洗出高沸点组分。

## 第二部分 色谱柱的使用及日常维护的注意事项

1、高温下在没有载气通过时，柱的固定液热分解较迅速，所以在柱箱（炉）升温前应该先通上载气，柱箱冷却后才能关闭载气。

2、载气中若夹带灰尘或其它颗粒状物体就会导致柱迅速损坏，因此在载气进入仪器管线前需加净化器。（带填充剂的汽化室玻璃衬管必须注意不能带有微粒或灰尘吹出）

3、载气中的水分通过固定液的液膜吸附在柱管表面上，将取代或破坏固定液液膜，所以，固定液极性越强，越需要采用干燥的载气，例如：象OV-1、SE-30、SE-54、OV-101对载气干燥要求不高，而PEG20M、FFAP和SP1000对载气要求就很高。但在涂布于碳酸钡沉积层上的柱子情况就恰恰相反，涂极性固定液的柱子能经受含水样品的直接进样，而涂非极性固定液的柱反而不能经受含水样品。

4、对于那些能被氧化的固定液（如PEG20M、Caxbowax、FFAP等）对载气除氧也很重要，在N<sub>2</sub>和He中往往含O<sub>2</sub>较高，而H<sub>2</sub>中含O<sub>2</sub>少，所以，ECD-CS、FID-CS常用高纯N<sub>2</sub>作载气，TCD-CS用H<sub>2</sub>作载气，可用105催化剂常温下除O<sub>2</sub>。同时，停机使用时，应将排空端密封住，以防止空气中的O<sub>2</sub>对柱固定液的氧化作用。

5、在大多数情况下，柱的寿命与它的使用温度成反比。采用稍低些的温度上限，可显著提高柱的寿命，程序升温到较高温度所维持的时间短对柱的寿命影响较小。

6、毛细管柱最大特点是高的柱效，但是必须清楚一般所测得的柱效不仅反映了柱的质量，而且还包括进样过程的整个系统的效率的总质量，也就是说，自样品进入系统的一瞬间开始到记录笔绘出色谱峰为止，每一个能影响峰的加宽或分离的因素，如进样器、柱的连接、辅助气引入位置、管路死体积、进样器内衬的毛病等等，都一定会影响柱效。

7、一根好的柱子，由于安装不当，可以造成理论塔板数降低，峰形增宽或拖尾、活性物质的吸附性拖尾或消失、灵敏度降低或组分分离不佳等等。

8、进样器与色谱柱连接方式：

①. 分流进样方式：分流点要求位于载气流速较高的区域。

②. 不分流进样方式：色谱柱最好不伸进进样器内，避免造成气流扫不到的区域，通常直接连接到进样器的末端。

③. 检测器与色谱柱出口端连接：对FID不仅插入深度要超过尾吹和H<sub>2</sub>气的进口，而且应尽可能将柱出口端插到FID的喷嘴下面1mm处为佳，对Micro TCD应插到TCD气体入口处为佳。可以改善轻度拖尾。

### 第三部分 气相色谱柱在各个领域的应用

#### 1、气相色谱技术在食品安全领域的应用

随着社会的进步和人民生活水平的提高，食品安全已成为全球关注的热点问题。农药残留污染是制约食品营养与安全的首要因素之一，建立健全农药残留监测体系是做好农药残留监控的重要保障。

##### 1) ZKAT 农残专用柱在 GB/T5009 标准中的应用

中科安泰公司相继推出 ZKAT-RPA I、ZKAT-RPA II 适用于农药残留分析检测的专用柱，并按照 GB/T 5009 及农业部标准的要求，用中科安泰自产毛细管色谱柱，对标准中涉及到的农药进行检测，开发出适用于 GB/T5009 标准的 ZKAT-5009.1 和 ZKAT-5009.2 专用色谱柱，  
色谱柱：熔融石英毛细管 ZKAT-5009.1 30 m x 0.32 mm x 0.25 um

色谱条件：

柱温：180℃（1 min）TO 250℃ at 3℃/min

汽化温度：250℃

检测温度：280℃

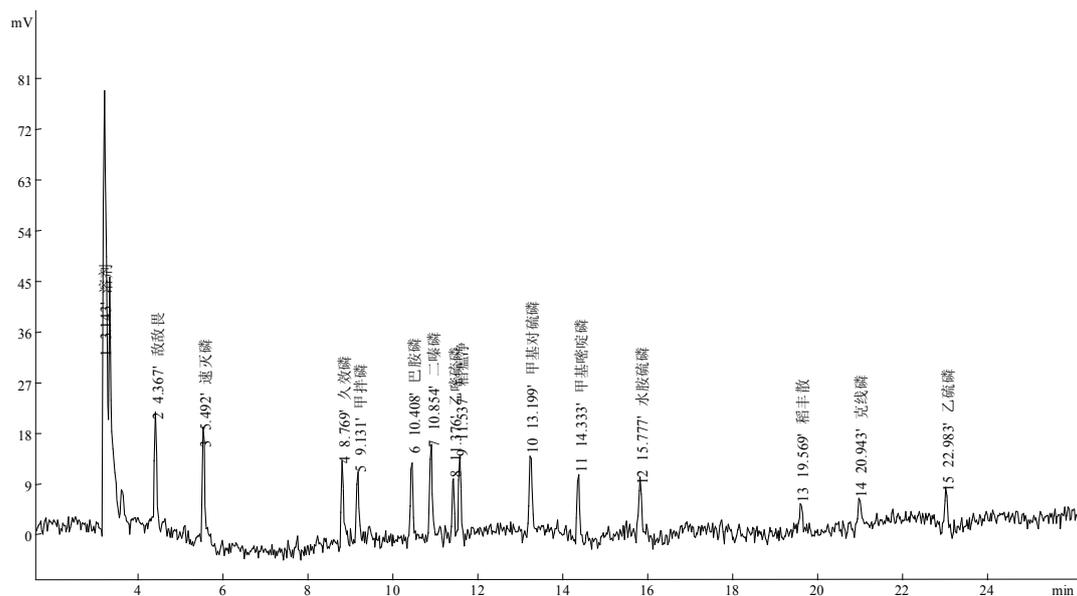
载气：N<sub>2</sub>（流量：40mL/min）

检测器:FPD 分流比：1：40 氮气：40ml/min

空气 1：80 ml/min 空气 2：170 ml/min 氢气：140 ml/min

测试样品：20-50PPM（中科安泰） 进样量：1uL

打开的谱图文件：F:\色谱数据\FPD-0102-001.hw



溶剂	敌敌畏	速灭磷	久效磷	甲拌磷	巴胺磷	二嗪磷
乙嘧硫磷	稻瘟净	甲基对硫磷	甲基嘧啶磷			
水胺硫磷	稻丰散	克线磷	乙硫磷			

## 2) ZKAT 农残专用柱在 GB/T5009 标准中的应用

色谱柱：熔融石英毛细管 ZKAT-5009.2 30 m x 0.32 mm x 0.25 um

色谱条件：

柱温：180℃ (1 min) TO 220℃ at 3℃/min

汽化温度：250 °C

检测温度：280 °C

载气：N2 (流量：40mL/min)

进样方式：分流进样

分流比约：1：40

空气 1：80 ml/min

空气 2：170 ml/min

氢气：140 ml/min

检测器：FPD

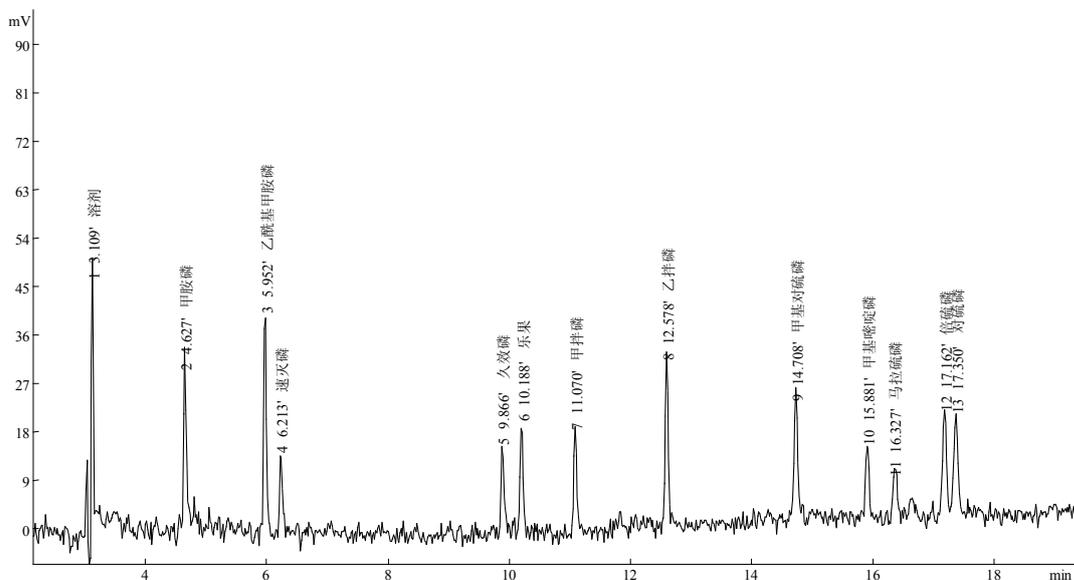
分流比：1：40

氮气：40ml/min

测试样品：20-50PPM (中科安泰)

进样量：1uL

打开的谱图文件：F:\色谱数据\30-0.25-20071107-001.hw



溶剂	甲胺磷	乙酰基甲胺磷	速灭磷	久效磷	乐果	甲拌磷
乙拌磷	甲基对硫磷	甲基嘧啶磷	马拉硫磷	倍硫磷	对硫磷	

## 3) 使用 ZKAT-LZP 930.2 柱分析检测白酒中的组分

我公司研制的 ZKAT-LZP 930.2 专用柱在常规 LZP 930 柱基础上进行了改进，能够很好的分离白酒中的酯（乙酸乙酯、丁酸乙酯、乳酸乙酯、戊酸乙酯、己酸乙酯、庚酸乙酯、辛酸乙酯）和酸（乙酸、丙酸、丁酸、戊酸、己酸、庚酸、辛酸）。

色谱柱：熔融石英毛细管 ZKAT-LZP 930.2 白酒分析专用柱 25 m x 0.32 mm

检测器：FID (氢火焰检测器)

色谱条件：

柱温：50 °C(5min) to 90°C(4min)at 4 °C/min and to 200°C at 4°C/min.

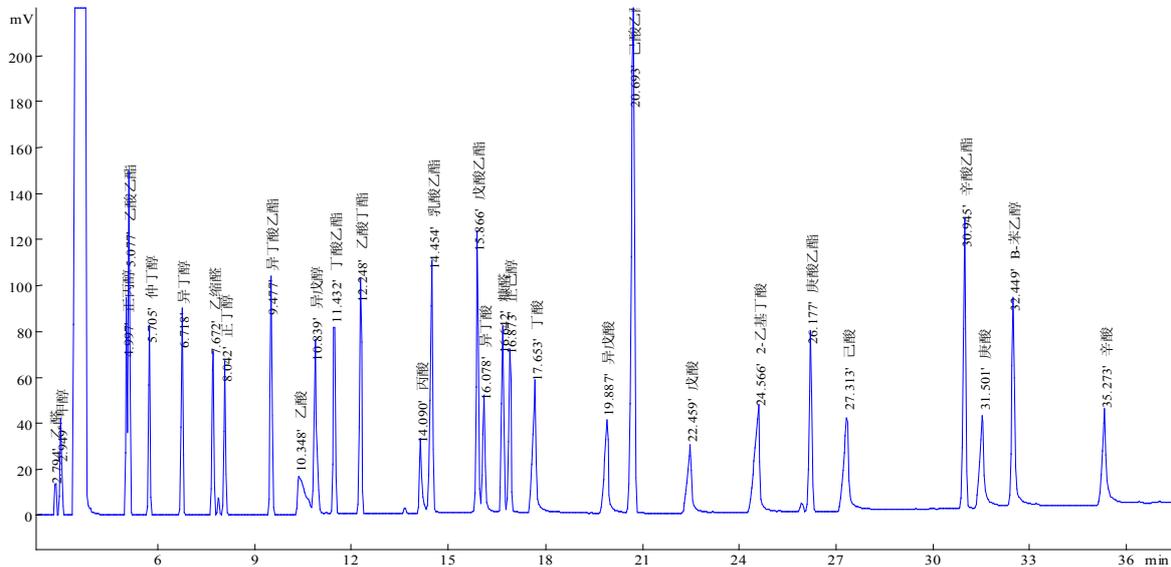
主办：中国色谱网

协办：兰州中科安泰分析科技有限责任公司

活动联系：0571-28178523

汽化温度：230 °C                      检测温度：230 °C  
 载气：N2（流量：50mL/min，柱压：0.06MP）                      尾吹：30mL/min  
 进样方式：分流进样                      分流比约：1：40  
 测试样品：白酒标样-0910                      进样量：0.4uL

打开的谱图文件：D:\色谱数据\色谱数据\白酒-0910-0518-003..hw



乙醛	甲醇	乙醇	正丙醇	乙酸乙酯
仲丁醇	异丁醇	乙缩醛	正丁醇	异丁酸乙酯
乙酸	异戊醇	丁酸乙酯	乙酸丁酯	丙酸
乳酸乙酯	戊酸乙酯	异丁酸	糠醛	正己醇
丁酸	异戊酸	己酸乙酯	戊酸	2-乙基丁酸
庚酸乙酯	己酸	辛酸乙酯	庚酸	B-苯乙醇
辛酸	十二酸			

## 2、气相色谱在环境监测领域的应用

### 1) 使用 ZKAT-VOC 柱分析检测挥发性有机物

ZKAT-VOC 柱适用于挥发性有机物的分析检测，具有较高的分离度，尤其对低含量的挥发性有机物有很高的响应值。

色谱柱：熔融石英毛细管 ZKAT-VOC 分析专用柱 50 m x 0.25 mm x 0.5 μm,

检测器：FID (氢火焰检测器)

色谱条件：

柱温：40 °C (4min) to 150 °C at 3 °C/min and to 200 (10min) at 15 °C/min.

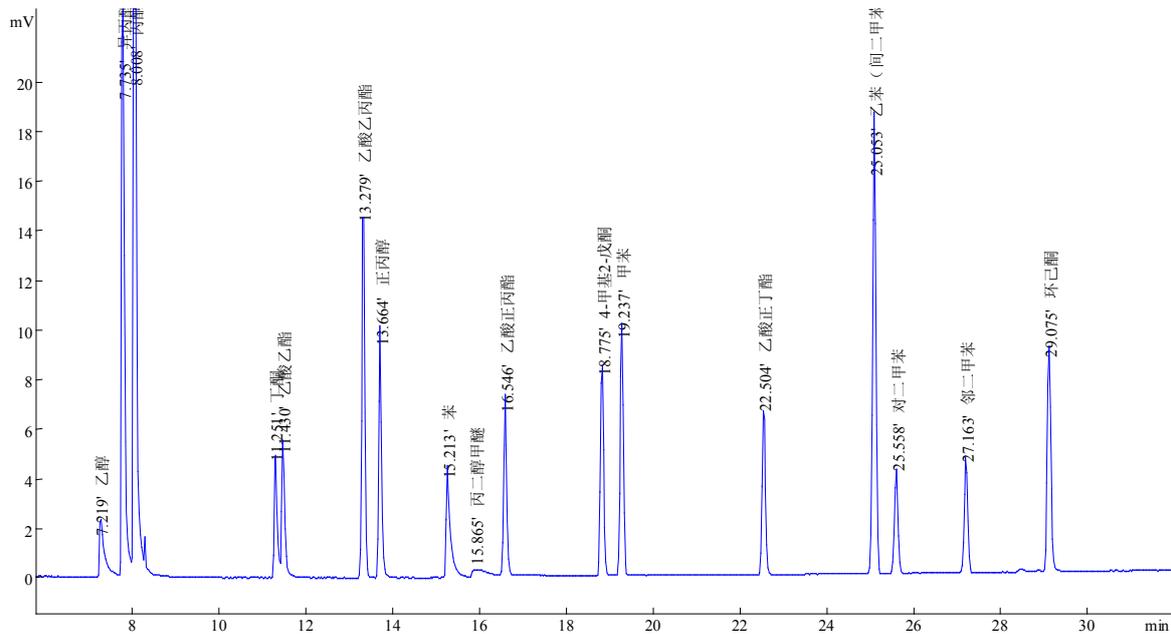
汽化温度：250 °C                      检测温度：280 °C

载气：N2（流量：50mL/min，柱压：0.08MP）                      尾吹：30mL/min

进样方式：分流进样                      分流比约：1：40

测试样品：1mg/ml 标样（中科安泰）                      进样量：2uL

打开的谱图文件：D:\色谱数据\卷烟条-0604-40(4)-150-3-200(10)-15.hw



- |              |         |          |              |          |    |
|--------------|---------|----------|--------------|----------|----|
| 1.乙醇         | 2.异丙醇   | 3.丙酮     | 4.丁酮         | 5.乙酸乙酯   | 6. |
| 乙酸乙丙酯        | 7.正丙醇   | 8.苯      | 9.丙二醇甲醚      | 10.乙酸正丙酯 |    |
| 11.4-甲基-2-戊酮 | 12.甲苯   | 13.乙酸正丁酯 | 14.乙苯 (间二甲苯) |          |    |
| 15.对二甲苯      | 16.邻二甲苯 | 17.环己酮   |              |          |    |

### 3、气相色谱在石油化工领域的应用

#### 1) 使用 ZKAT-PLOT AL2O3 柱分析检测石油裂解气中的低碳烃

ZKAT-PLOT AL2O3 柱对 C1~C4 低碳烃具有较高的分离能力，且具有良好的选择性、柱惰性和较高的柱容量，适用于丙烯、乙烯和丁二烯等低碳烃中杂质组分的分离。

色谱柱：熔融石英毛细管 ZKAT-PLOT AL2O3 50 m x 0.53 mm

检测器：FID (氢火焰离子化检测器)

色谱条件：

柱温：80 °C(5min)to180 °C at 5 °C

汽化温度：200 °C                      检测温度：200 °C

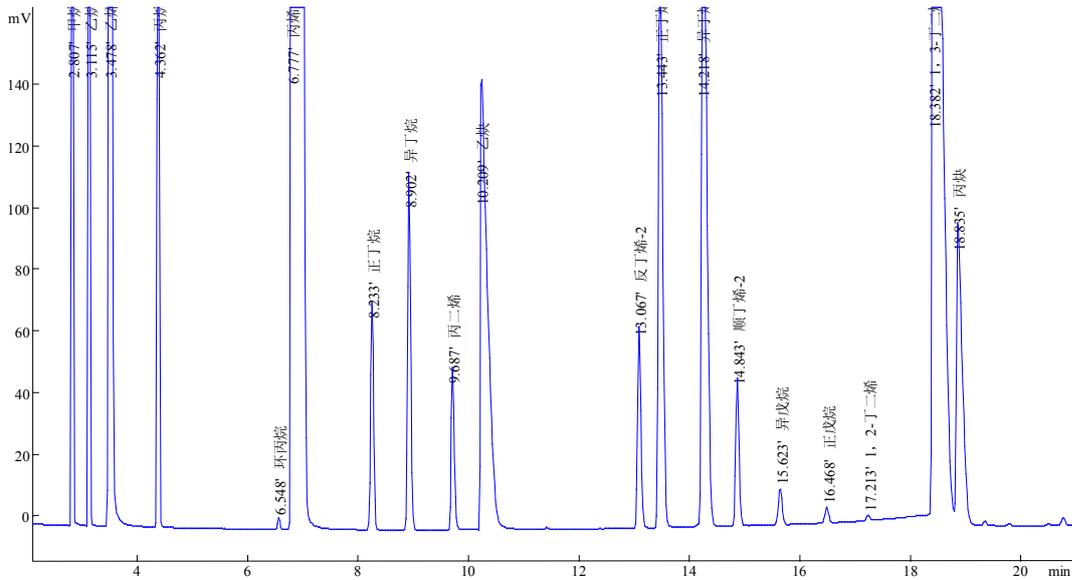
载气：N2 (流量：50mL/min, 柱压：0.04MPa)

尾吹：30mL/min                      分流比约：1：40

进样方式：分流进样                      进样量：1mL

测试样品：裂解气（兰州石化）

打开的谱图文件：D:\色谱数据\氧化铝 -0421-006 (004) -2.hw



- |       |             |             |          |        |      |
|-------|-------------|-------------|----------|--------|------|
| 1.甲烷  | 2.乙烷        | 3.乙烯        | 4.丙烷     | 5.环丙烷  | 6.   |
| 丙烯    | 7. 异丁烷      | 8.正丁烷       | 9. 丙二烯   | 10.乙炔  | 11.  |
| 反丁烯-2 | 12.正丁烯      | 13.异丁烯      | 14.顺丁烯-2 | 15.异戊烷 | 16.正 |
| 戊烷    | 17.1, 2-丁二烯 | 18.1, 3-丁二烯 | 19.丙炔    |        |      |

## 2) 使用 AE.变压器油分析专用柱分析检测变压器油中的烃类物质

我公司研制的变压器油分析专用柱对变压器油裂解气(H<sub>2</sub>、CO、CH<sub>4</sub>、CO<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)有良好的分离效果。

色谱柱：不锈钢填充柱 AE.变压器油分析专用柱 50m x 1/8mm

检测器：TID (热导检测器)

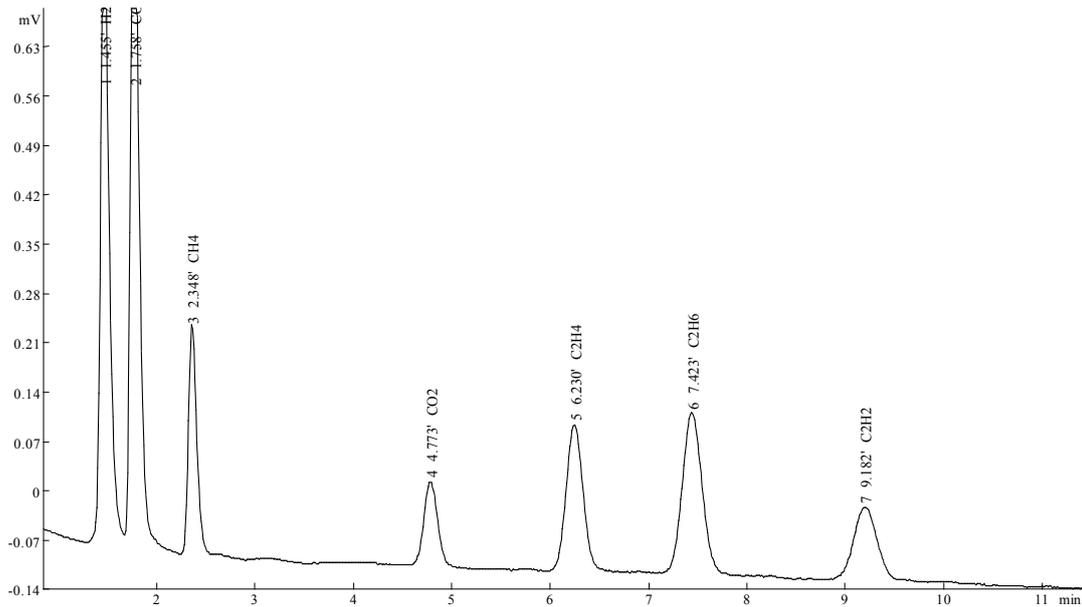
色谱条件：

柱温：75℃

汽化温度：100℃ 检测温度：120℃

载气：N<sub>2</sub> (流量：30mL/min) 桥流：90mA

打开的谱图文件：D:\色谱数据\变压器油.hw



H<sub>2</sub>                      CO                      CH<sub>4</sub>                      CO<sub>2</sub>                      C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>                      C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>                      C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>

### 3) 使用 ZKAT-PLOT Q 柱分析检测 C1-C5 的醇

ZKAT-PLOT Q 柱弥补了常规 PLOT 柱对醇类物质分析拖尾严重的不足。

色谱柱：熔融石英毛细管 ZKAT-PLOT Q 30 m x 0.53 mm x 40.00um

检测器：FID (氢火焰离子化检测器)

色谱条件：

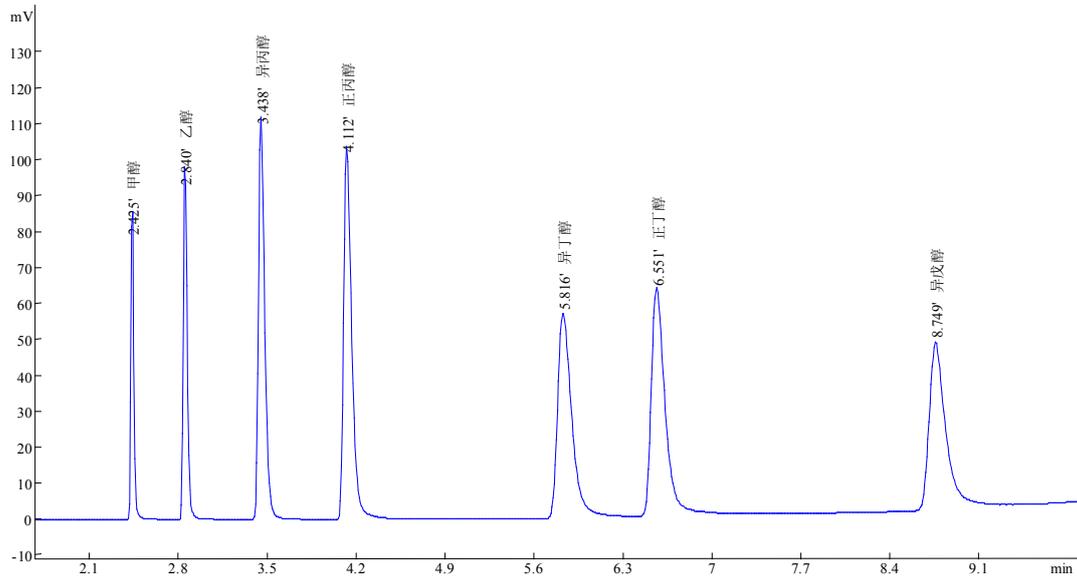
柱温：120°C(3min)to 200°C(5min) at 5°C/min

汽化温度：180 °C                      检测温度：200 °C

载气：N<sub>2</sub> (流量：50mL/min, 柱压：0.04MPA)

尾吹：30mL/min                      分流比约：1：40

进样方式：分流进样                      进样量：1mL



- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| 1、 甲醇  | 2、 乙醇  | 3、 异丙醇 | 4、 正丙醇 |
| 5、 异丁醇 | 6、 正丁醇 | 7、 异戊醇 |        |

#### 4) 使用ZKAT系列专用柱分析检测苯甲酚含量

检测器：FID（氢火焰检测器）

固定液：ZKAT-苯甲酚专用柱

柱长：30m 内径：0.25mm 膜厚：0.5 um

色谱条件：

柱 温：120 °C                      汽化温度：250 °C                      检测温度：260 °C

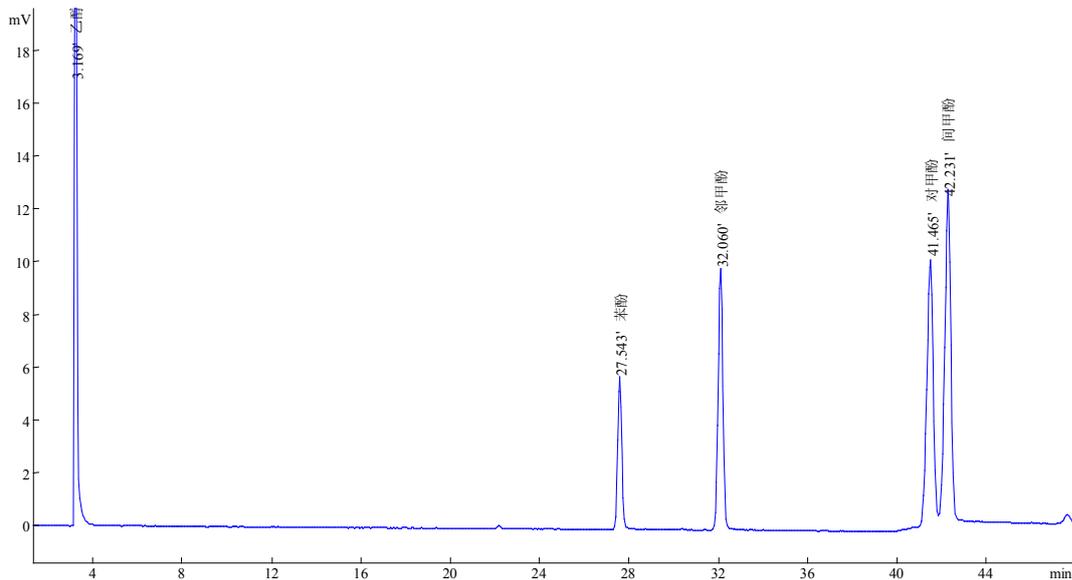
载气：N<sub>2</sub>（流量：50mL/min，柱压：0.06MP）                      分流比约：1：40

尾吹：30mL/min                      进样量：1uL

进样方式：分流

测试样品：苯甲酚

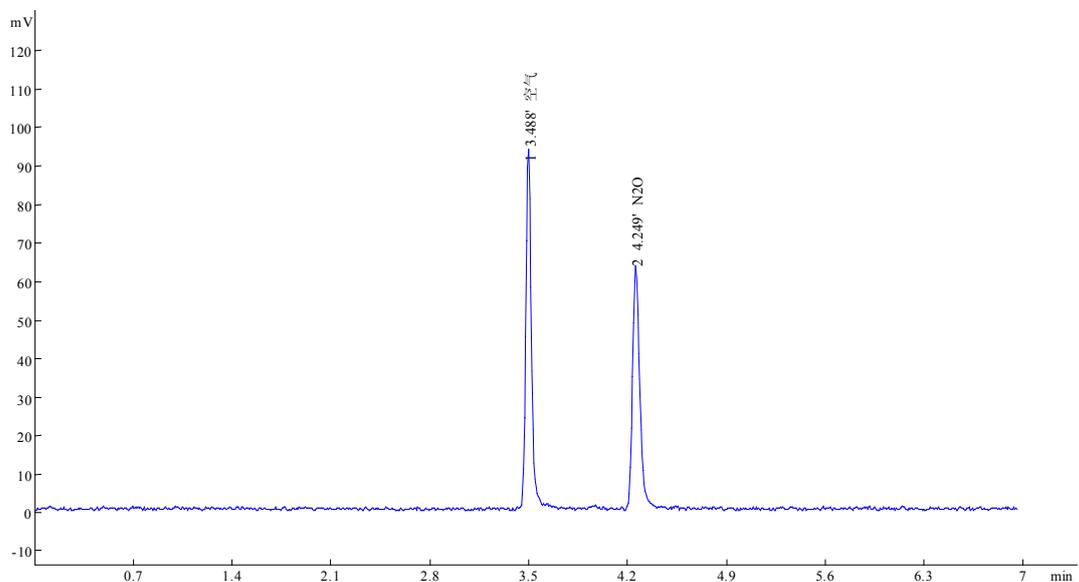
打开的谱图文件：E:\评价报告\甲酚-120-S-0V-225hw.hw



1. 乙醇      2. 苯酚      3. 邻甲酚      4. 对甲酚      5. 间甲酚

### 5) 使用 ZKAT-PLOT C 柱分析检测氧化亚氮

1. 固定液: ZKAT PLOT C
2. 柱长: 25m 内径: 0.53mm
3. 检测器: ECD (电子捕获检测器)
4. 柱温: 80 °C      汽化温度: 180 °C      检测温度: 200 °C
5. 载气: N<sub>2</sub> (柱压: 2.0PSI)      分流比约: 1: 40
6. 尾吹: 30mL/min
7. 样品: 空气+N<sub>2</sub> (标气)      进样量: 100uL
8. 进样方式: 分流



1、空气      2、N<sub>2</sub>O