

# GC × GC-qMS 法定性分析 PM<sub>2.5</sub> 颗粒物中的有机污染物

GCMSMS-020

**摘要：**本文采用全二维气相色谱质谱联用法 (GC × GC-qMS) 对 PM<sub>2.5</sub> 颗粒物的有机污染物进行了定性分析。结果表明，全二维气相色谱能够将一维重叠的烷烃、烯烃和多环芳烃类化合物在二维分离，结合岛津 GCMS-QP2010 Ultra 四极杆气质联用仪的 ASSP 高速扫描技术，能够提供准确的定性分析结果。

**关键词：**全二维气相色谱质谱联用法 PM<sub>2.5</sub> 大气细颗粒物

PM<sub>2.5</sub>，又称大气细颗粒物，是对空气中直径小于或等于 2.5 微米的固体颗粒物的总称。PM<sub>2.5</sub> 颗粒的直径只有头发的 1/10，可被吸入人体后会直接进入肺部，并通过气血交换进入血管。

PM<sub>2.5</sub> 颗粒物具有较强的吸附作用，其中含有多种有毒有害的化学成分，成分复杂，因此，PM<sub>2.5</sub> 颗粒物会对大气环境造成不良影响，并危及人体健康。

全二维气相色谱 (GC × GC)，是将两根色谱柱以串联的方式结合成二维气相色谱，第一根柱分离后的组分，

经调制器聚焦后以脉冲方式进入第二柱中进行分离。与一维 GC 相比，GC × GC 具有分辨率高、峰容量大、灵敏度高、分析速度快、族分离效应和瓦片效应等优点，因而该方法在复杂体系的分析方面具有其它方法无法比拟的优势。

本文采用全二维气相色谱质谱联用法 (GC × GC-qMS) 对 PM<sub>2.5</sub> 颗粒物的有机污染物进行了分析，结果表明，与传统一维 GC 相比，GC × GC-qMS 是分离复杂混合物和分析复杂基体中的目标化合物的有效手段。

## 实验部分

### 1.1 仪器

岛津全二维气质联用仪

GCMS-QP2010 Ultra (GC × GC-qMS)

### 1.2 GCMS 分析条件

GC 条件

色谱柱：

柱 1: Rtx-1 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)

柱 2: BPX-50 (2.5 m × 0.1 mm × 0.1 μm)

柱温程序：60°C (3 min)\_2°C/min\_300°C (15 min)

载气控制方式：恒压 (柱压：200 kPa)

进样口温度：280°C

调制周期：7 sec

进样方式：不分流进样 (1 min)

进样量：1 μL

MS 条件

离子化方式：EI

离子源温度：230°C

色谱 - 质谱接口温度：280°C

采集方式：全扫描 Scan

质量范围：55~365 amu

采样频率：50 Hz

### 1.3 样品制备

样品采集于某市工业区，采样时间为 2012 年 12 月。将采集了 PM<sub>2.5</sub> 颗粒物的石英滤膜置于 100 mL 锥形瓶中，加入 50 mL 提取溶剂 (丙酮 / 正己烷，1:1，体积比)，超声萃取 30 min 后，将萃取溶剂浓缩并氮吹至 100 μL。转移至进样小瓶，上机分析。

## 结果讨论

### 2.1 色谱图

采用 GC×GC-qMS 对 PM<sub>2.5</sub> 提取液进行分析，得到的二维轮廓图如图 1 所示。通过 GC Image 软件对结果进行分析，共有 3799 个峰被检出。

本实验第一维采用 Rtx-1(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)，第二维采用 BPX-50 (2.5 m × 0.1 mm × 0.1 μm) 的柱系统，能够将各组分按照沸点和极性正交分离，分离度大大提高，如图 2。

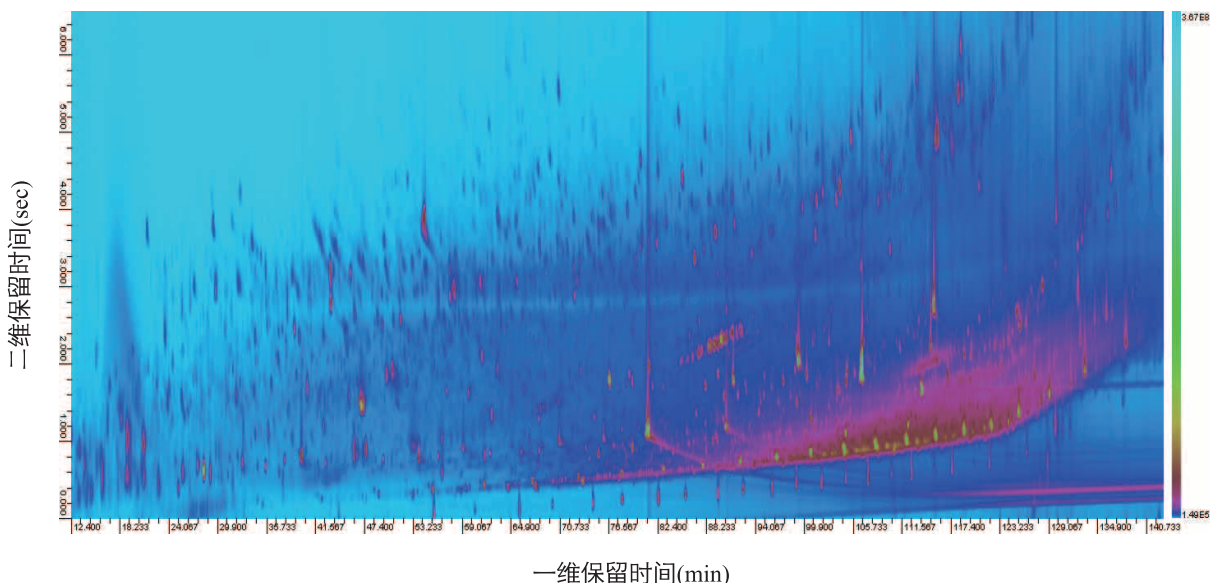


图 1 PM<sub>2.5</sub> 颗粒物的二维轮廓图

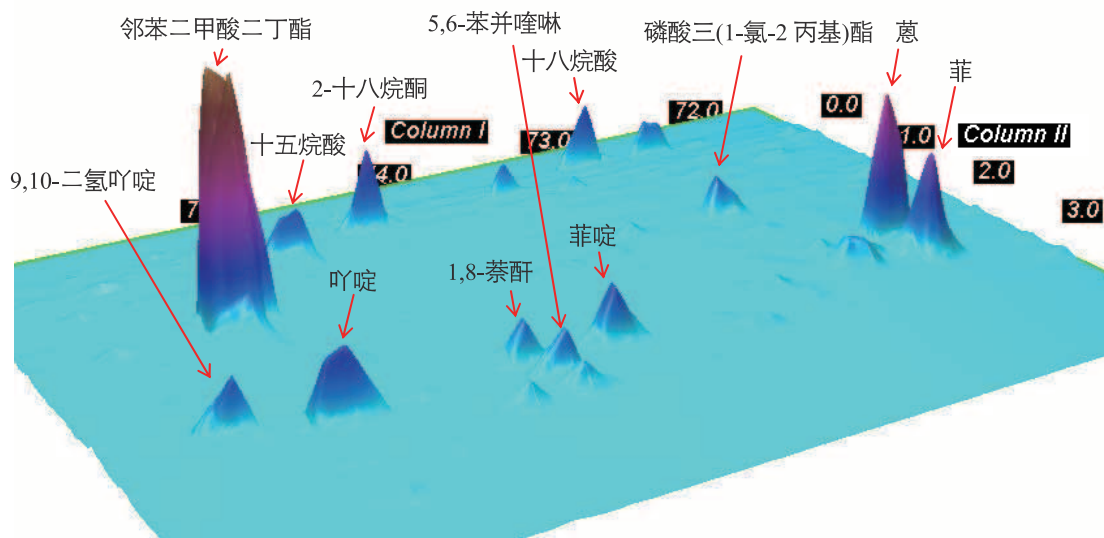


图 2 PM<sub>2.5</sub> 颗粒物的三维色谱图

## 2.2 谱库检索结果

考虑到 PM<sub>2.5</sub> 产生的来源，主要是日常发电、工业生产、汽车尾气排放等过程中经过燃烧而排放的残留物，因此，本实验主要考察 PM<sub>2.5</sub> 颗粒物中的烷烃、烯烃、多环芳烃类化合物。

烷烃和烯烃类化合物的极性较低，在第二维色谱柱上较早流出。多环芳烃类化合物第二维保留时间与其稠环数成正比，在第二根色谱柱上较晚流出，并与烷烃和烯烃类化合物分离。

结合 NIST11 标准质谱库，采用 GC Image 软件显示相应化合物的质量色谱图，各类化合物的分布如图 2~ 图 6 所示。

表 1 GC×GC-qMS 对 PM2.5 样品的分析结果

NO.	类型	定性出的组分数
1	烷烃	375
2	烯烃、环烷烃	210
3	多环芳烃	101
4	氧化多环芳烃	55
5	杂环化合物	41

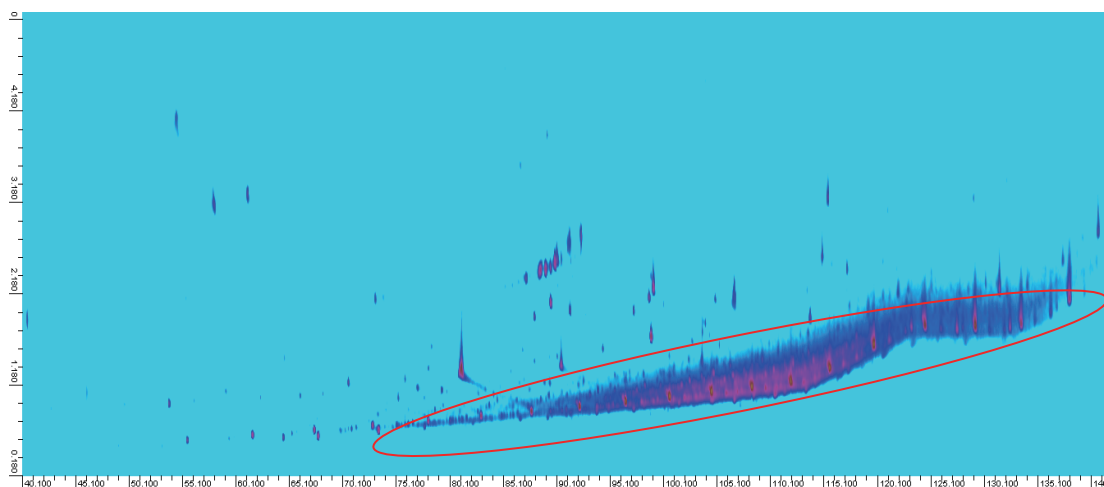


图 3 烷烃、烯烃类化合物的分布

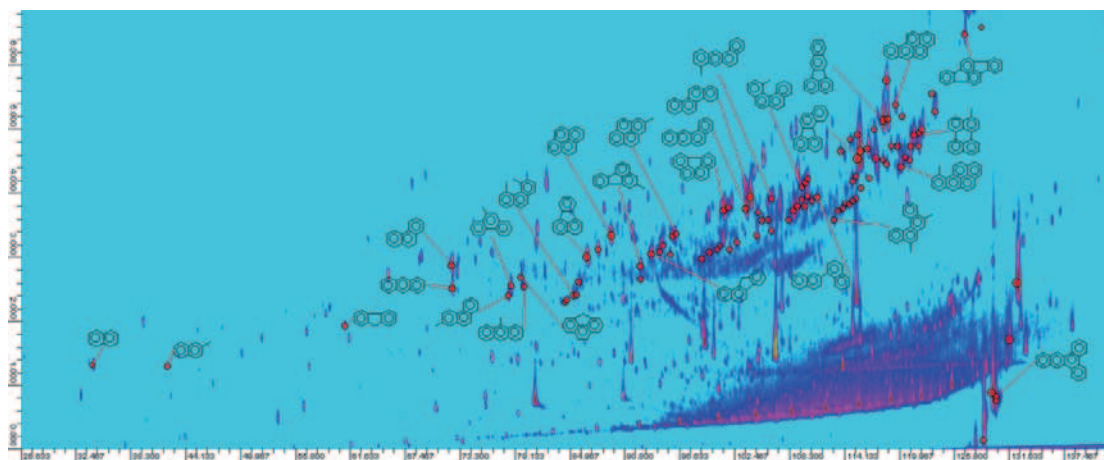


图 4 多环芳烃类化合物的分布（红色 blob 为目标化合物的峰，下同）

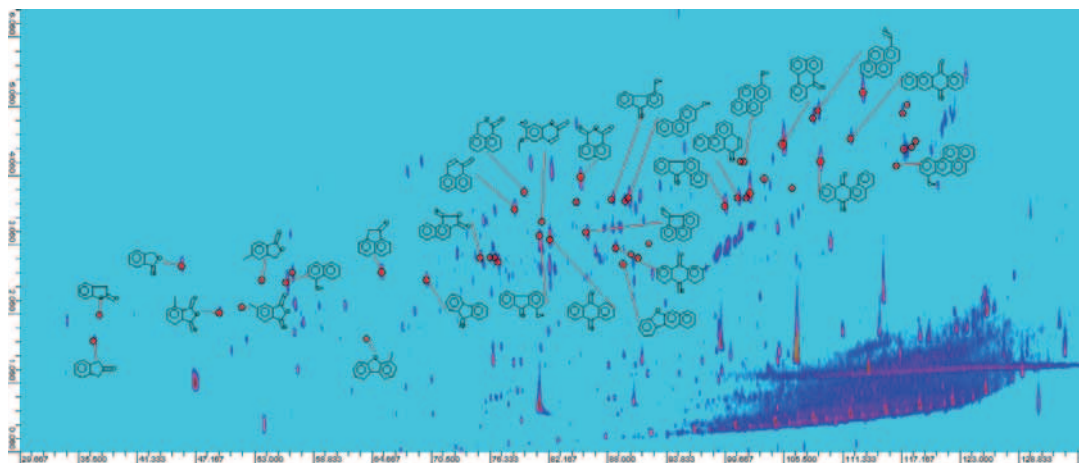


图 5 氧化多环芳烃类化合物的分布

## ■ 结论

PM<sub>2.5</sub> 颗粒物基质复杂，所含有的化合物种类繁多，采用常规的 GCMS 来分析，容易导致色谱峰重叠，部分化合物不能准确定量。而 GC×GC-qMS 具有高灵敏度、高分辨率、高峰容量等特点，在 PM<sub>2.5</sub> 颗粒物成分分析和形成机理的研究上具有很大的优势。