

# 室内空气中 TVOC 的分析测试技术

封跃鹏

(国家环境保护总局标准样品研究所, 北京 100029)

**摘要:** 综述了国内外室内空气中 TVOC 的分析测试技术: 比色管检测法、便携式 TVOC 仪检测法及气相色谱或色质联用分析方法, 介绍了我国 TVOC 标准物质/样品的研制与应用情况。

**关键词:** TVOC; 室内空气; 分析测试技术; 标准物质/样品

中图分类号: X830.2 文献标识码: A 文章编号: 1006-2009(2003)01-0016-03

## Detection and Analysis Technique for TVOC in Indoor Air

FENG Yue peng

(Institute of Reference Materials of SEPA, Beijing 100029, China)

**Abstract:** Detection and analysis technique for TVOC in indoor air was reviewed, such as color comparison tube detection, easy-to-carry TVOC detector and GC or GC/MS analysis. The research and application of TVOC reference materials in China were introduced.

**Key words:** TVOC; Indoor air; Detection and analysis technique; RMs(Reference Materials)

按照世界卫生组织(WHO)的定义, VOCs (Volatile Organic Compounds) 指在室温下饱和蒸气压大于 133.3 Pa、沸点为 50 °C~250 °C、在常温下以蒸发形式存在于空气中的一类有机物。TVOC (Total VOCs) 即挥发性有机化合物总量, 指各个 VOCs 化合物的浓度总和。甲醛不属于 TVOC 的范畴。

### 1 室内空气中 TVOC 的分析测试技术

室内空气中 TVOC 的分析测试技术有很多种, 既有非标准化的快速粗略现场检测法, 又有比较成熟的标准检测方法; 采样技术只有两种: 动力泵采样和自然扩散采样, 目前应用较多的是动力泵采样。

#### 1.1 比色管检测法

比色管检测是一种简单实用的检测技术, 由一个充满显色物质的玻璃管和一个抽气采样泵构成。在检测时, 将玻璃管的两头折断, 通过采样泵将室内空气抽入检测管, 吸入的气体和显色物质反应, 气体浓度与显色长度成比例关系, 从而可以直观地得到气体的大致浓度。该方法的不足之处是数据的代表性差, 目前的检测范围不足以覆盖全部的

TVOC 成分。

#### 1.2 便携式 TVOC 仪检测法

便携式 TVOC 检测仪可以快速地测定待测环境中 TVOC 的大致浓度, 发现超标再采用色谱或色质联用等方法加以确认, 从而达到多快好省的检测目的。

该检测仪具有以下特点: ①检测范围宽, 可以检测绝大多数的 VOCs; ②干扰少, 只对有机化合物产生响应, 大多数无机化合物不产生干扰; ③测量范围宽, 误差小, 速度快; ④能 24 h 连续监测, 并能提供 TVOC 随时间变化的曲线。

#### 1.3 气相色谱或色质联用分析方法

气相色谱或色质联用分析方法可以测定 TVOC 中各组分的种类和浓度, 分析结果准确可靠。缺点是采样和分析过程复杂, 数据代表性较差, 分析时间较长, 测量成本较高。

##### 1.3.1 美国 EPA 方法 IP-1

收稿日期: 2002-10-30

作者简介: 封跃鹏(1964—), 男, 河北唐县人, 高级工程师, 学士, 现从事环境监测、环境标准样品的研制和大中型国外分析仪器的应用及开发等工作。

美国 EPA 方法 IP-1 是美国测定室内 VOCs 的标准分析方法, 包括两种采样方式和两种仪器分析方法, 可检测 54 种化合物。IP-1A 使用抛光不锈钢金属罐直接收集气样, 毛细管气相色谱分析; IP-1B 使用填充 1 g~2 g Tenax 吸附剂的小柱采集气样, 于 275 °C 加热吸附小柱, 用氦气流将被捕集的有机物收集到液氮冷阱中, 然后加热冷阱, 将样品转移到被液氮冷却的毛细管气相色谱柱头, 进行气相色谱/质谱(GC/MS)分析。

### 1.3.2 美国 NIOSH 方法 2549

该方法采用不锈钢多层吸附剂管, 用填有 40 目~60 目的 150 mg Carboxen 1003、115 mg CarboPack B 和 90 mg CarboPack Y 3 种吸附剂的吸附管吸附空气中 C<sub>6</sub>~C<sub>16</sub> 的 VOCs, 采样速率为 0.01 L/min~0.05 L/min, 最大采样体积为 6 L。利用热脱附装置在 50 mL/min 载气作用下使采集到的 VOCs 进入毛细管气相色谱柱(DB-1, 30 m × 0.25 mm × 1.0 μm), 用 GC/MS 定性、定量分析。该方法可定性、定量 40 多种 VOCs。

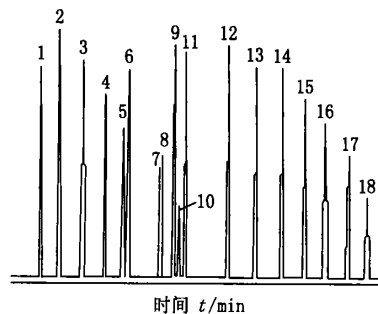
### 1.3.3 GB 50325-2001 中测定 TVOC 的方法

GB 50325-2001《民用建筑工程室内环境污染控制规范》附录 E“室内空气中总挥发性有机化合物(TVOC)的测定”, 是当前我国分析室内 TVOC 的惟一方法。该方法参考了 ISO 16017-1《室内、大气和工作环境空气——采用吸附剂管/热脱附/毛细管气相色谱进行挥发性有机化合物的采样和分析》中第一部分泵采样的原理和方法, 依据我国的国情, 在目前建筑材料和装修材料中最有可能出现的、室内浓度普遍较高的污染物中, 选择了甲醛, 苯, 甲苯, 乙苯, 间、对、邻二甲苯, 苯乙烯, 乙酸丁酯, 十一烷作为应识别的组分, 其他未识别组分以甲苯计。用 Tenax-TA 吸附管以 0.5 L/min 的速度采样 10 L, 经热脱附装置热解析(200 °C, 10 min), 用惰性载气(N<sub>2</sub> 流速为 40 mL/min) 带入气相色谱毛细管色谱柱(二甲基聚硅氧烷, 柱长 50 m, 内径 0.32 mm, 液膜厚度 1 μm~5 μm), 程序升温为 50 °C (10 min), 以 5 °C/min 升至 250 °C, 分流比为 1:1~1:10, FID 鉴定器分析。该方法的检测限为 0.5 μg/m<sup>3</sup> (采样量为 10 L 时), 测量的质量浓度范围为 0.5 μg/m<sup>3</sup>~100 mg/m<sup>3</sup>, 适用于室内、环境、工作场所空气, 以及小型或大型测试舱室内建筑材料释放的 TVOC 测定。

当检测室内 TVOC 时, 使用集中空调的建筑应

在空调正常运转的条件下采样; 采用自然通风的建筑应在门窗关闭 1 h 后采样; 100 m<sup>2</sup> 的住宅应设 3~5 个采样点。

18 组分模拟室内空气的 TVOC 分析色谱图见图 1, 其中每个组分的质量浓度为 1 mg/L~2 mg/L。仪器条件: 毛细柱 SE-30, 50 m × 0.32 mm × 1.0 μm; 解析温度 300 °C; TVOC 吸附/热解析直接进样; FID 检测器; 汽化室温度 250 °C。



1——正己烷; 2——苯; 3——正庚烷; 4——甲苯; 5——乙酸正丁酯; 6——正辛烷; 7——对二甲苯; 8——间二甲苯; 9——苯乙烯; 10——邻二甲苯; 11——正壬烷; 12——正癸烷; 13——正十一烷; 14——正十二烷; 15——正十三烷; 16——正十四烷; 17——正十五烷; 18——正十六烷

图 1 18 组分模拟室内空气色谱峰

## 2 标准物质/样品的研制与应用

为了配合我国室内环境监测工作的开展, 特别是室内空气 TVOC 的分析检测工作, 依据 GB 50325-2001《民用建筑工程室内环境污染控制规范》附录 E“室内空气中总挥发性有机化合物(TVOC)的测定”中要求的化合物种类, 研制出基于甲醇介质的 TVOC 标准物质/样品。该标准物质/样品包括苯, 甲苯, 间、对、邻二甲苯, 苯乙烯, 乙苯, 乙酸丁酯, 正十一烷 9 个组分, 各组分的质量浓度为 1 000 mg/L。

图 2~图 5 是甲醇中 TVOC 标准物质/样品在 4 根不同型号毛细柱上的分析谱图。图 3 在 TVOC 标准物质/样品中加入了正己烷和异丙苯, 图 5 在 TVOC 标准物质/样品中加入了异丙苯。

图 2 的分析条件: SE-30 柱, 50 m × 0.32 mm × 1.0 μm; 程序升温, 50 °C (10 min), 以 5 °C/min 升至 250 °C; 甲醇中 TVOC 各组分的质量浓度为 1 000 mg/L; 进样量 1.0 μL。

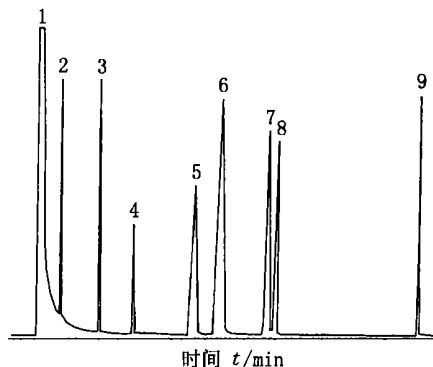
图 3 的分析条件: DB-1 柱, 60 m × 0.25 mm ×

0.5 μm; 程序升温, 50 °C(10 min), 以 5 °C/min 升至 250 °C; TVOC 各组分及正己烷、异丙苯质量浓度为 500 mg/L; 进样量 1.0 μL。

图 4 的分析条件: BP1 柱, 25 m × 0.25 mm × 0.25 μm; 程序升温, 40 °C(10 min), 以 5 °C/min 升至 130 °C; 甲醇中 TVOC 各组分的质量浓度为 1 000 mg/L; 进样量 1.0 μL。

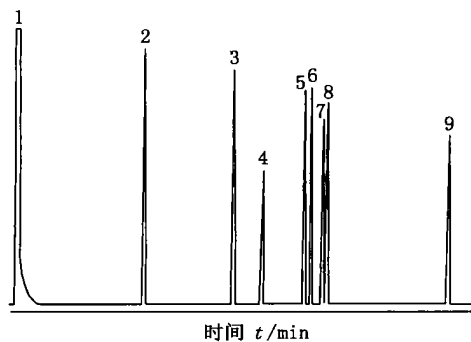
图 5 的分析条件: PEG-20M 柱, 60 m × 0.25 mm × 0.5 μm; 程序升温, 90 °C(13 min), 以 10 °C/min 升至 190 °C(2 min); TVOC 各组分及异丙苯质量浓度为 500 mg/L; 进样量 1.0 μL。

共同的分析条件: 进样口温度为 250 °C; FID 鉴定器温度为 270 °C; 柱流量(N<sub>2</sub>) 0.8 mL/min~1.2 mL/min; 分流比 1:30~1:50; 液体直接进样。



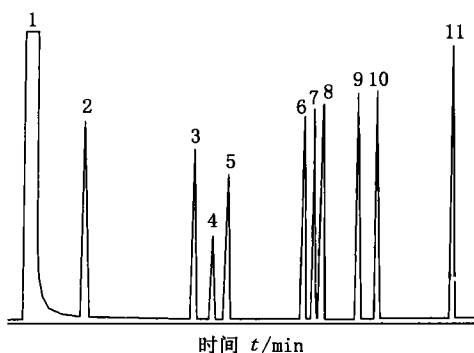
1—甲醇溶剂; 2—苯; 3—甲苯; 4—乙酸正丁酯; 5—乙苯; 6—对二甲苯、间二甲苯; 7—苯乙烯; 8—邻二甲苯; 9—正十一烷

图 4 TVOC 标准物质/样品在 BP1 柱上色谱峰



1—甲醇溶剂; 2—苯; 3—甲苯; 4—乙酸正丁酯; 5—乙苯; 6—对二甲苯、间二甲苯; 7—苯乙烯; 8—邻二甲苯; 9—正十一烷

图 2 TVOC 标准物质/样品在 SE-30 柱上色谱峰



1—甲醇溶剂; 2—苯; 3—甲苯; 4—乙酸正丁酯; 5—正十一烷; 6—乙苯; 7—对二甲苯; 8—间二甲苯; 9—异丙苯; 10—邻二甲苯; 11—苯乙烯

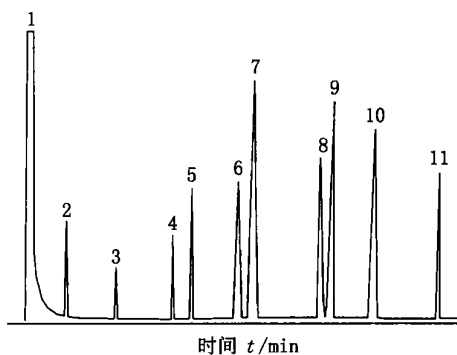
图 5 TVOC 标准物质/样品在 PEG-20M 柱上色谱峰

从分析谱图可以看出, 分析室内 TVOC 至少需要使用 50 m 毛细柱; 要使对、间二甲苯良好分离, 需使用极性毛细柱。

### 3 结论

TVOC 是重要的空气污染物, 主要来源于室内建材、装饰材料、家具等。高浓度的 TVOC 会对人体产生危害, 并导致 SBS 症状。与其他国家相比, 目前我国的室内 TVOC 污染比较严重, 而我国开展室内空气监测工作较晚, 分析监测技术/方法不太完善。通过对 TVOC 分析监测技术和标准物质/样品等相关配套技术的研究, 可以有效地提高我国室内空气质量的分析监测水平。

本栏目责任编辑 姚朝英



1—甲醇溶剂; 2—正己烷; 3—苯; 4—甲苯; 5—乙酸正丁酯; 6—乙苯; 7—对二甲苯、间二甲苯; 8—苯乙烯; 9—邻二甲苯; 10—异丙苯; 11—正十一烷

图 3 TVOC 标准物质/样品在 DB-1 柱上色谱峰