

# 热解析 - 气相色谱法测定室内空气 TVOC 含量

## GC-256

**摘要：** 本文利用岛津 GC-2010 Pro 气相色谱仪结合热解析自动进样器，建立了室内空气 TVOC 含量的检测方法。采用外标法定量，在 50~2000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  浓度范围内建立标准曲线，线性关系良好，各化合物的相关系数  $R \geq 0.999$ 。选择添加质量为 100 ng 混合标准溶液作为对照品，对照品进行 6 次平行测试，测定各化合物峰面积的重复性 RSD% 均小于 5.0%。添加混合标准溶液低中高三个浓度，平均回收率 71.7%~117.8% 之间。该方法操作简单，灵敏度高，可用于室内空气 TVOC 的检测。

**关键词：** 气相色谱法 热解析 室内空气 TVOC

经济急速发展带动人类生活质量的提高，办公、居住环境不断改善，各种新型装饰装修材料，家具大量涌入室内。室内空气污染物主要来自煤燃烧产物、吸烟、采暖和烹调等的烟雾，装饰材料中的胶合剂、涂料等，家具、清洁剂和人体本身的排放等。室内空气污染物主要包括悬浮固体污染物和气体污染物，其中气体污染物主要包括有机气体污染物，即挥发性有机物等。在常温下可以蒸发的形式存在于空气中，它的毒性、刺激性、致癌性和特殊的气味性，会影响皮肤和黏膜，

对人体产生急性损害，而且部分化合物具有基因毒性。因此，对室内空气中挥发性有机物进行检测非常重要。为此，我国住房和城乡建设部和市场监督管理总局联合制定了国家强制标准 GB 50325-2020《民用建筑工程室内环境污染控制标准》，该标准已于 2020 年 8 月 1 日实施。

本文利用岛津 GC-2010 Pro 结合国产热解析进样系统，建立了 Tenax-TA 采样管对室内空气中 16 种 TVOC 样品的检测方法。

## ■ 实验部分

### 1.1 仪器

仪器：GC-2010 Pro 气相色谱仪

进样器：宁波环检 -TD-2010pro 热解析自动进样器

### 1.2 试剂

甲 醇：Merck 甲醇

### 1.3 分析条件

热解析条件：

脱 附 温 度：260°C

脱 附 时 间：10 min

冷 阱 加 热 温 度：280°C

传 输 线 温 度：160°C

冷 阱 脱 附 时 间：8 min

冷 阱 冷 却 温 度：-20°C

阀 温 度：160°C

GC-2010 Pro 条件：

色 谱 柱：ZKAT-TVOC, (50 m×0.32 mm×1.0  $\mu\text{m}$ )

柱 温 程 序：50°C (10 min)\_5°C /min\_250°C (2 min)

FID 温 度：280°C

### 1.4 样品前处理

利用气体采样泵、Tenax-TA 采样管，以 500 mL/min 的抽速，抽取空气 10 L 后，将采样管于上述分析条件下分析。

### 1.5 标准溶液的配制

称取一定量的 16 种 TVOC 混标（正己烷、苯、三氯乙烯、甲苯、辛烯、乙酸丁酯、乙苯、间二甲苯、对二甲苯、邻二甲苯、苯乙烯、壬烷、异辛醇、十一烷、十四烷、十六烷），用甲醇配置成 50、100、200、400、800、1200、2000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的标准使用液备用。

## ■ 结果讨论

### 2.1 标准溶液色谱图

Tenax-TA 管中添加质量为 100 ng 的 16 种 TVOC 混合标准溶液，16 种 TVOC 的色谱图见图 1，相关化合物信息见表 1。

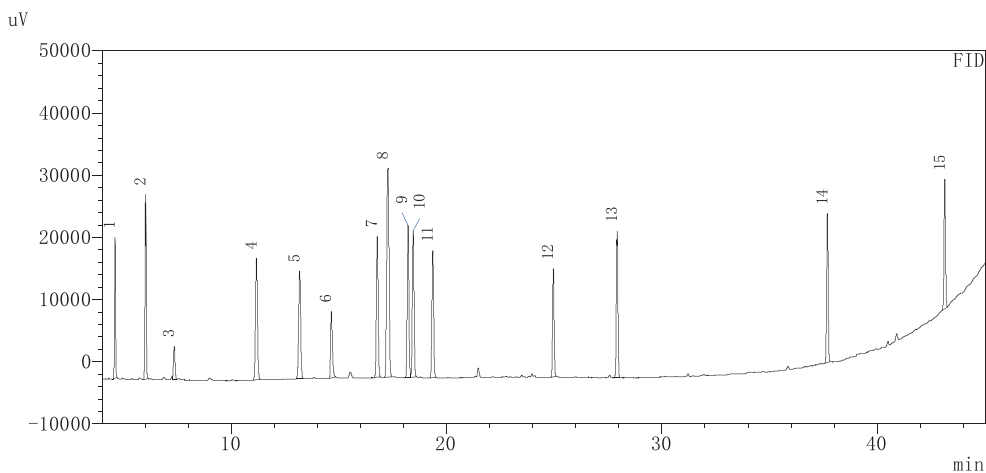


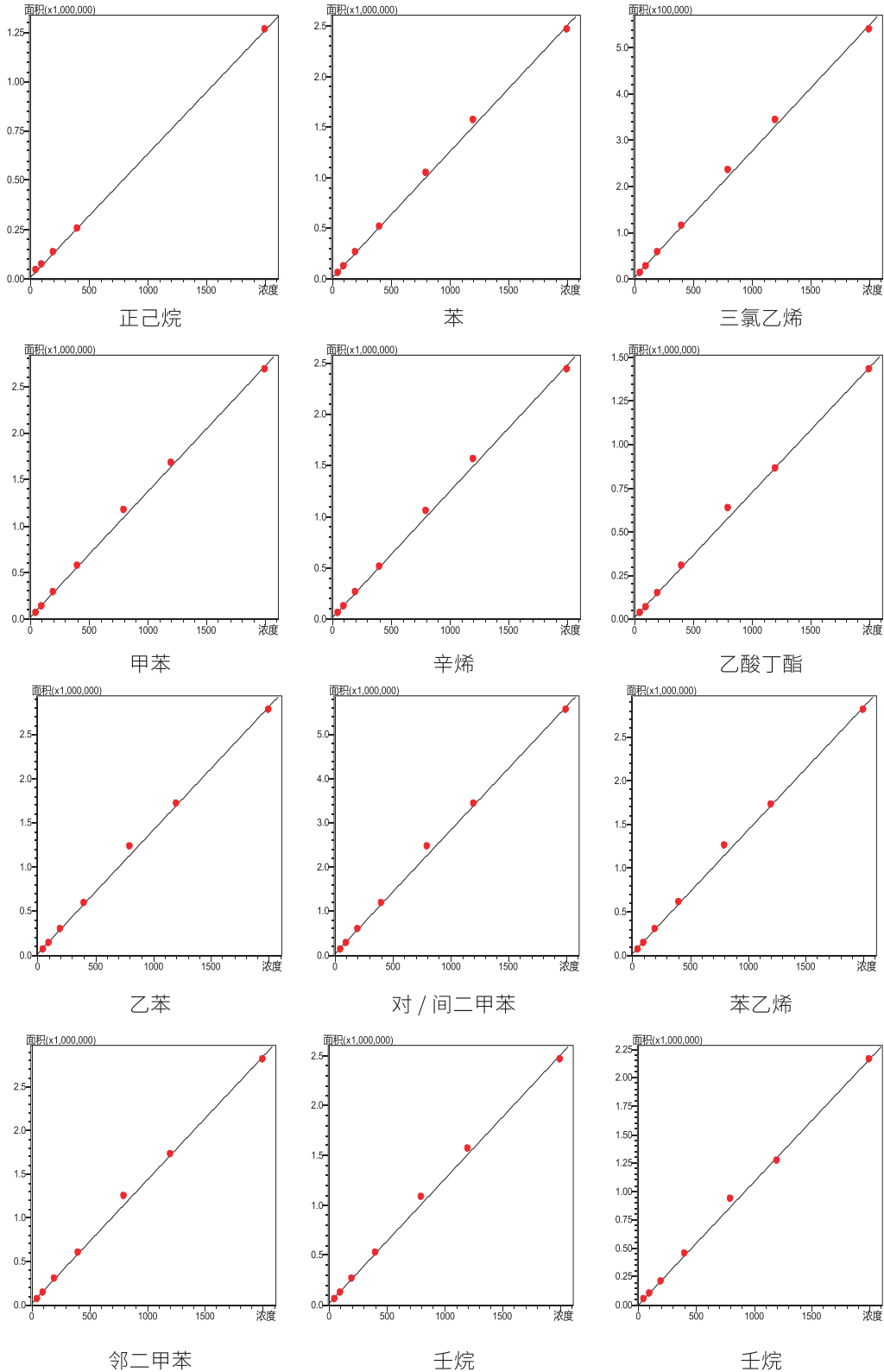
图 1 16 种 TVOC 标准溶液色谱图（添加质量：100 ng）

表 1 16 种 TVOC 化合物信息

No.	化合物	英文名称	CAS 号	保留时间 (min)
1	正己烷	Hexane	110-54-3	4.625
2	苯	Benzene	71-43-2	6.126
3	三氯乙烯	Trichloroethylene	79-01-6	7.484
4	甲苯	Toluene	108-88-3	11.188
5	辛烯	Octene	111-66-0	13.191
6	乙酸丁酯	Butyl acetate	123-86-4	14.712
7	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	16.798
8	对二甲苯	P-xylene	106-42-3	17.292
9	间二甲苯	m-xylene	108-38-3	17.292
10	苯乙烯	Styrene	100-42-5	18.228
11	邻二甲苯	o-xylene	95-47-6	18.467
12	壬烷	Nonane	111-84-2	19.383
13	异辛醇	2-Ethylhexanol	104-76-7	24.997
14	十一烷	n-Hendecane	1120-21-4	27.933
15	正十四烷	Tetradecane	629-59-4	37.703
16	正十六烷	n-Hexadecane	544-76-3	43.166

## 2.2 标准曲线

在 Tenax-TA 管中注入 1  $\mu\text{L}$  上述配置好的各标准溶液，各采样管中组分质量分别为 50、100、200、400、800、1200、2000 ng，于上述 1.3 分析条件下分析。以浓度为横坐标，以物质的响应值为纵坐标，建立标准曲线，如图 2 所示，按采样体积 10 L，以三倍基线噪音作为物质的检出限，十倍基线噪音作为物质的定量限，各物质的相关系数、检出限及定量限见表 2。



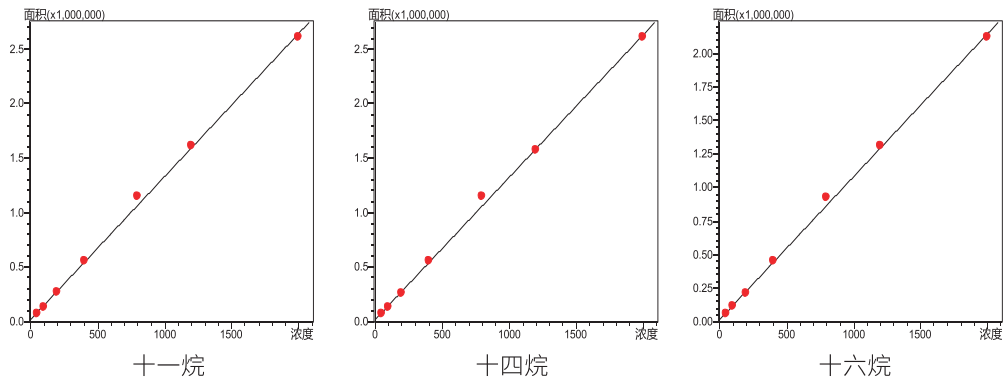


图 2 16 种 TVOC 化合物的标准曲线

表 2 16 种 TVOC 化合物的相关系数、检出限和定量限

No.	化合物	R	检出限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	定量限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	正己烷	0.999	1.27	4.24
2	苯	0.999	0.75	2.49
3	三氯乙烯	0.999	4.04	13.5
4	甲苯	0.999	1.09	3.63
5	辛烯	0.999	1.27	4.23
6	乙酸丁酯	0.999	1.93	6.43
7	乙苯	0.999	0.92	3.04
8	对 / 间二甲苯	0.999	0.62	2.07
9	苯乙烯	0.999	0.84	2.79
10	邻二甲苯	0.999	0.88	2.94
11	壬烷	0.999	1.03	3.44
12	异辛醇	0.999	1.20	3.40
13	十一烷	0.999	0.88	2.94
14	正十四烷	0.999	0.87	2.91
15	正十六烷	0.999	1.09	3.62

### 2.3 重复性结果

注入 1  $\mu\text{L}$  浓度 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  标准溶液于 Tenax-TA 管, 16 种组分质量均为 100 ng, 平行处理 6 根采样管, 分别进样分析, 重复性色谱图见图 3, 峰面积重现性结果见表 3。

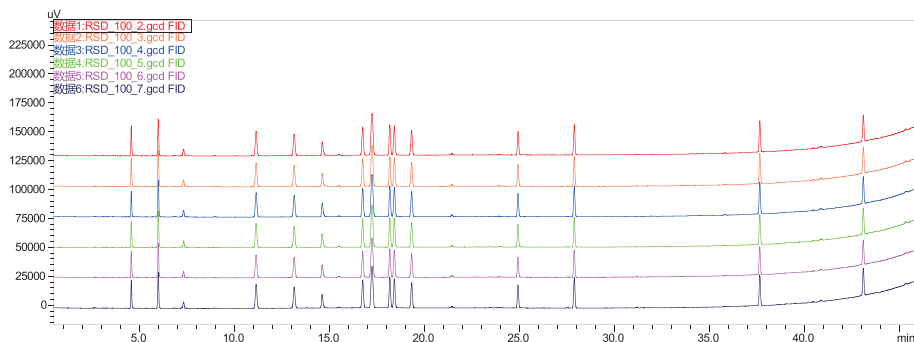


图 3 16 种 TVOC 化合物的重复性色谱图

表 3 峰面积重现性结果

No.	化合物	1	2	3	4	5	6	RSD(%)
1	正己烷	73457	74829	71653	73032	71291	72730	1.76
2	苯	119206	117168	119258	118164	112053	116615	2.29
3	三氯乙烯	27462	27016	27534	27101	25695	26850	2.47
4	甲苯	130525	127904	130684	129068	122376	128572	2.38
5	辛烯	116745	114629	116974	115588	109918	115348	2.25
6	乙酸丁酯	67293	64770	67376	65485	61239	66689	3.54
7	乙苯	135923	132618	136498	134227	126450	134578	2.74
8	对/间二甲苯	270032	264330	271765	266857	251722	267908	2.71
9	苯乙烯	138358	134621	139162	135993	127798	137410	3.05
10	邻二甲苯	137613	133869	138118	135291	127144	136394	2.99
11	壬烷	120270	117596	120556	119077	112942	120273	2.46
12	异辛醇	94612	89996	92366	93003	83330	94498	4.66
13	十一烷	130287	126313	131404	126811	116847	130010	4.21
14	正十四烷	128915	124251	130690	123753	114458	129180	4.77
15	正十六烷	109193	109973	113272	109649	100652	114751	4.48

#### 2.4 样品加标回收结果

以实验室内空气采集的样品为基质样品，分别向 Tenax-TA 管内添加混合标准溶液 1  $\mu\text{L}$ ，添加浓度分别为 75、800 和 1200  $\mu\text{g}/\text{mL}$  三个浓度，各采样管中组分质量分别为 75、800、1200 ng 考察加标回收情况。实验结果表明各组分的加标回收率在 71.7%~117.8% 之间。基质样品色谱图见图 4，加标回收结果见表 4 所示。

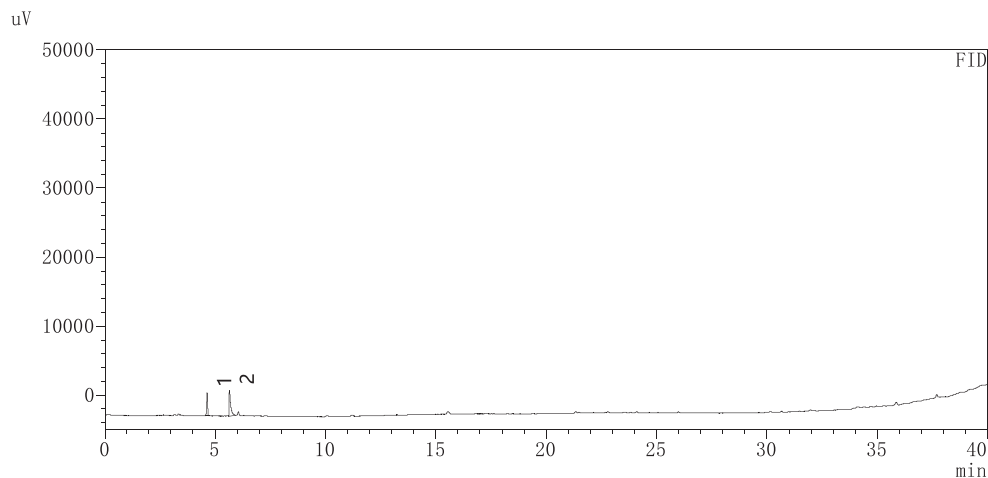


图 4 基质样品色谱图

表 4 实际样品、三个浓度加标回收率结果

No.	化合物	基质样品浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	75 ng 回收率 %	800 ng 回收率 %	1200 ng 回收率 %
1	正己烷	3.64	100.0	99.3	114.2
2	苯	2.69	78.3	89.4	106.4
3	三氯乙烯	N.D	75.8	87.8	104.7
4	甲苯	N.D	75.2	86.7	102.3

5	辛烯	N.D	78.6	88.4	104.8
6	乙酸丁酯	N.D	74.8	84.9	95.2
7	乙苯	N.D	72.7	85.8	98.7
8	对 / 间二甲苯	N.D	73.5	86.1	98.8
9	苯乙烯	N.D	71.7	85.0	96.9
10	邻二甲苯	N.D	73.4	85.3	97.6
11	壬烷	N.D	75.9	87.9	101.2
12	异辛醇	N.D	73.0	79.4	86.1
13	十一烷	N.D	82.2	85.5	92.3
14	正十四烷	N.D	88.8	84.5	88.0
15	正十六烷	N.D	117.8	78.2	87.3

## ■ 结论

本文利用岛津 GC-2010 pro 气相色谱仪结合热解析自动进样器，建立了采用 Tenax TA 采样管检测室内空气中 TVOC 的检测方法。该方法对 16 种 TVOC 测定的相对标准偏差在 5.0% 以下；当采样量为 10 L 时，16 种 TVOC 方法最低检出限在 0.62~4.04  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  之间，定量限为 2.07~13.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  之间，可以满足 GB 50325-2020《民用建筑工程室内环境污染控制标准》中附录 E 中 TVOC 的检测要求。

岛津应用云

