

岛津 GC-FID-MS 法离线监测环境空气中 104 种 VOCs 污染物

GCMS-270

摘要： 本文建立了一种离线监测环境空气中 104 种 VOCs 污染物的方法。本方法全面应对《2018 年重点地区环境空气挥发性有机物监测方案》中的挥发性有机污染物检测，使用 MARKES 公司 UNITY-xr 冷阱热解析仪进样，配合岛津中心切割技术，将 5 种轻烃切至 PLOT 柱进行分离，采用 FID 进行检测，其余 99 种化合物则在 624MS 柱上进行分离，采用 MS 检测器进行检测。一溴一氯甲烷、1,2- 二氟苯、氯苯 -d5 和对溴氟苯 4 种物质作为内标，采用内标法定量。结果显示：所有化合物在 1 ng/mL 的浓度下，峰面积 RSD% 均小于 7.8%，在 1~20 ng/mL 的浓度范围内线性相关系数均大于 0.9960。本方法重现性好，一次能够监测新方案中要求的 104 种化合物，可满足用户离线监测 VOCs 需求。

关键词： GC-FID-MS 离线监测 环境空气 VOCs

挥发性有机物 (VOCs) 是形成臭氧污染的重要前体物。为了摸清生成臭氧的 VOCs 种类，有的放矢地开展臭氧防治工作。2018 年初，环保部印发了《2018 年重点地区环境空气挥发性有机物监测方案》，监测城市包括 4 个直辖市，15 个省会城市及计划单列市，59 个地级城市，监测项目范围包括 57 种 PAMS 臭氧前体物、47 种部分 TO-15 标准中物质以及 13 种醛酮化合物，共计 117 种 VOCs。

本方法采用 MARKES 公司 UNITY-xr 冷阱热解析仪进样系统，结合岛津气质联用仪卓越的性能，采用

中心切割技术，一针进样可以同时实现中国环境监测总站 (招标编号 TC180P3MY) 要求的 104 种 VOCs (包括 57 种 PAMS 臭氧前体物和 47 种 TO-15 标准中物质) 的监测。UNITY-xr 冷阱热解析仪具有良好的聚焦功能，可以实现对 104 种 VOCs 的有效富集。

由于新方案中监测化合物覆盖 C2~C12 等上百种挥发性有机物，在一根色谱柱上很难实现分离，所以本方法采用中心切割法，将乙烷、乙烯、乙炔、丙烷和丙烯切至 PLOT 柱进行分离，其余的 99 种化合物则在 InertCap 624MS 柱上进行分离。

■ 实验部分

1.1 仪器

气相色谱质谱联用仪：GCMS-QP2010 Ultra (配 FID 检测器)

1.2 分析条件

1.2.1 GC-MS 分析条件

色谱柱：InertCap 624MS (60 m×0.32 mm×1.8 μm)；

柱温程序：

40°C (3 min)_8°C /min_50°C (2 min)_8°C /min_150°C _15°C /min_195°C (16.25 min)

载气控制方式：恒压

压力程序：

120 kPa(10 min)_5 kPa/min_160 kPa(20 min)

APC 辅助压力：55 kPa

进样方式：直接

离子源温度：200°C

接口温度：200°C

采集方式 :SCAN

阻尼柱：0.5 m×0.18 mmID

1.2.2 GC-FID 分析条件

色谱柱: TC-BOND Alumina/Na₂SO₄, (25 m×0.32 mm×5 μm)

FID 温度: 250°C

氢气流量: 40 ml/min

空气流量: 400 ml/min

尾吹流量: 25 ml/min

1.2.3 UNITY-xr 冷阱热解析仪分析条件

Pre Sampling:

Sample purge: time 2 min, flow 40 mL/min

Internal standard: inject time 5 min

Kori trap: low -30°C, high 300°C

Sampling:

Flow: 25 mL/min

Post sampling Purge: time 3 min, flow 50 mL/min

Trap setting:

Trap: low -30°C, high 300°C

Trap heating rate: Max

Trap hold: 5 min

Split: 10

Flow path: 200°C

表 1 VOCs 定量定性离子信息

No.	中文名称	英文名	CAS 号	T(m/z)	Ref.1	Ref.2
1	二氟二氯甲烷	Dichlorodifluoromethane	75-71-8	85	87	50
2	二氯四氟乙烷	1,2-Dichlorotetrafluoroethane	76-14-2	85	135	87
3	异丁烷	Isobutane	75-28-5	43	41	42
4	一氯甲烷	Chloromethane	74-87-3	50	52	
5	正丁烯	1-Butene	106-98-9	56	39	
6	正丁烷	n-Butane	106-97-8	43	58	
7	氯乙烯	Vinyl chloride	75-01-4	62	64	63
8	1,3- 丁二烯	1,3-Butadiene	106-99-0	54	39	53
9	反式 -2- 丁烯	trans-Butene	624-64-6	41	56	39
10	顺式 -2- 丁烯	cis-2-Butene	590-18-1	41	56	39
11	一溴甲烷	Bromomethane	74-83-9	94	96	
12	氯乙烷	chlorethane	75-00-3	64	66	
13	异戊烷	Isopentane	78-78-4	43	42	41
14	一氟三氯甲烷	Trichlorofluoromethane	75-69-4	101	103	105
15	1- 戊烯	1-Pentene	109-67-1	42	55	70
16	正戊烷	n-Pentene	109-66-0	43	42	41
17	反式 -2- 戊烯	trans-2-Pentene	646-04-8	55	70	42
18	2- 甲基 -1,3- 丁二烯	Isoprene	78-79-5	67	53	68
19	顺式 -2- 戊烯	cis-2-Pentene	627-20-3	55	42	70
20	1,2,2- 三氟 -1,1,2- 三氯乙烷	1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane	76-13-1	101	151	103
21	1,1- 二氯乙烯	1,1-Dichlorethene	75-35-4	61	96	98
22	2,2- 二甲基丁烷	2,2-Dimethylbutane	75-83-2	43	71	57
23	异丙醇	Isopropyl Alcohol	67-63-0	45	59	

24	二硫化碳	Carbon disulphide	75-15-0	76	77	78
25	二氯甲烷	Methylene chloride	75-09-2	49	84	86
26	2- 甲基戊烷	2-Methylpentane	107-83-5	43	41	42
27	2,3- 二甲基丁烷	2,3-Dimethylbutane	79-29-8	71	39	
28	环戊烷	Cyclopentane	287-92-3	42	55	70
29	甲基叔丁基醚	2-Methoxy-2-methylpropane	1634-04-4	73	45	
30	3- 甲基戊烷	3-Methylpentane	96-14-0	86	71	
31	顺式 -1,2- 二氯乙烯	cis-1,2-Dichloroethene	156-59-2	61	96	98
32	1- 己烯	1-Hexane	592-41-6	41	56	42
33	正己烷	n-Hexane	110-54-3	57	41	43
34	乙酸乙烯酯	Vinyl acetane	108-05-4	43	86	42
35	1,1- 二氯乙烷	1,1-Dichloroethane	75-34-3	63	65	
36	2,4- 二甲基戊烷	2,4-Dimethylpentane	108-08-7	43	57	41
37	甲基环戊烷	Methylcyclopentane	96-37-7	69	56	41
38	乙酸乙酯	Ethyl acetate	141-78-6	70	88	61
39	反式 -1,2- 二氯乙烯	trans-1,2-Dichloroethene	156-60-5	61	96	98
40	四氢呋喃	Tetrahydrofuran	109-99-9	42	71	72
41	三氯甲烷	Trichloromethane	67-66-3	83	85	47
42	2- 甲基己烷	2-Methylhexane	591-76-4	43	85	42
43	1,1,1- 三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	71-55-6	97	99	61
44	2,3- 二甲基戊烷	2,3-Dimethylpentane	565-59-3	57	43	
45	环己烷	Cyclohexane	110-82-7	84	41	
46	3- 甲基己烷	3-Methylhexane	589-34-4	43	71	57
47	四氯化碳	Carbon tetrachloride	56-23-5	117	119	121
48	1,2- 二氯乙烷	1,2-Dichloroethane	107-06-2	62	64	
49	2,2,4- 三甲基戊烷	2,2,4-Trimethylpentane	540-84-1	57	56	41
50	正庚烷	n-Heptane	142-82-5	43	71	57
51	苯	Benzene	71-43-2	78	77	51
52	三氯乙烯	Trichloroethene	79-01-6	130	132	95
53	甲基丙烯酸甲酯	Methyl methacrylate	80-62-6	100	41	69
54	甲基环己烷	Cyclohexylmethane	108-87-2	83	55	98
55	1,2- 二氯丙烷	1,2-Dichloropropane	78-87-5	63	76	41
56	1,4- 二氧六环	1,4-Dioxane	123-91-1	88	58	
57	一溴二氯甲烷	Bromodichloromethane	75-27-4	83	85	47
58	2,3,4- 三甲基戊烷	2,3,4-Trimethylpentane	565-75-3	43	71	70
59	2- 甲基庚烷	2-Methylheptane	592-27-8	57	43	41
60	3- 甲基庚烷	3-Methylheptane	589-81-1	57	43	85
61	顺式 -1,3- 二氯 -1- 丙烯	trans-1,3-Dichloropropene	10061-02-6	75	39	77

62	4- 甲基 -2- 戊酮	2-Pentanone, 4-methyl-	108-10-1	43	58	100
63	甲苯	Toluene	108-88-3	91	92	65
64	正辛烷	n-Octane	111-65-9	43	85	57
65	反式 -1,3- 二氯 -1- 丙烯	cis-1,3-Dichloropropene	10061-01-5	75	39	77
66	1,1,2- 三氯乙烷	1,1,2-Trichloroethane	79-00-5	97	83	61
67	四氯乙烯	Tetrachloroethylene	127-18-4	166	131	94
68	2- 己酮	2-Hexanone	591-78-6	43	100	58
69	二溴一氯甲烷	Dibromochloroethene	124-48-1	129	127	131
70	1,2- 二溴乙烷	Ethylene dibromide	106-93-4	107	109	
71	氯苯	Chlorobenzene	108-90-7	112	77	114
72	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	91	106	51
73	正壬烷	n-Nonane	111-84-2	43	57	41
74	间 / 对二甲苯	m,p-Xylene	106-42-3 108-38-3	91	106	105
75	邻二甲苯	o-Xylene	95-47-6	91	106	105
76	苯乙烯	Styrene	100-42-5	104	78	103
77	三溴甲烷	Bromoform	75-25-4	173	171	175
78	异丙苯	Isopropylbenzene	98-82-8	105	120	77
79	四氯乙烷	Tetrachloroethene	79-34-5	83	85	
80	正丙苯	n-Propylbenzene	103-65-1	91	120	65
81	对乙基甲苯	p-Ethyltoluene	622-96-8	105	120	91
82	癸烷	n-Decane	124-18-5	57	43	41
83	间乙基甲苯	m-Ethyltoluene	620-14-4	105	120	79
84	1,3,5- 三甲苯	1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8	105	120	119
85	邻乙基甲苯	o-Ethyltoluene	611-14-3	105	120	91
86	1,2,4- 三甲苯	1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6	105	120	77
87	间二氯苯	1,3-Dichlorobenzene	541-73-1	146	148	111
88	1,2,3- 三甲苯	1,2,3-Trimethylbenzene	526-73-8	105	120	77
89	对二氯苯	1,4-Dichlorobenzene	106-46-7	146	148.	111
90	氯代甲苯	Benzyl chloride	100-44-7	91	126	128
91	间二乙基苯	m-Diethylbenzene	141-93-5	105	119	134
92	对二乙基苯	p-Diethylbenzene	105-05-5	119	105	134
93	十一烷	n-Undecane	1120-21-4	57	43	71
94	邻二氯苯	1,2-Dichlorobenzene	95-50-1	146	148	111
95	十二烷	n-Dodecane	112-40-3	57	43	71
96	1,2,4- 三氯苯	1,2,4-Trichlorobenzene	120-82-1	180	182	145
97	六氯丁二烯	Hexachloro-1,3-butadiene	87-68-3	225	223	227
98	萘	Naphthalene	91-20-3	128	127	129

1.3 标准气体和内标气体的配置

1.3.1 配置一定浓度的 104 种 VOCs 混合气体置于苏玛罐中待用，1 ug/mL 4 种内标气体（一溴一氯甲烷、1,2-二氟苯、氯苯-d5 和对溴氟苯）放置在标气瓶中待用。

1.3.2 通过控制 UNITY-xr 的采样体积，使进入到系统的 VOCs 浓度分别为 1、2、5、10、15 和 20 ng/mL，4 种内标气体通过定量环进样，定量环体积为 1 mL，以浓度比为横坐标，峰面积比为纵坐标建立校准曲线。



图 1 MARKES UNITY-xr+ 岛津 GC-FID-MS 离线检测系统

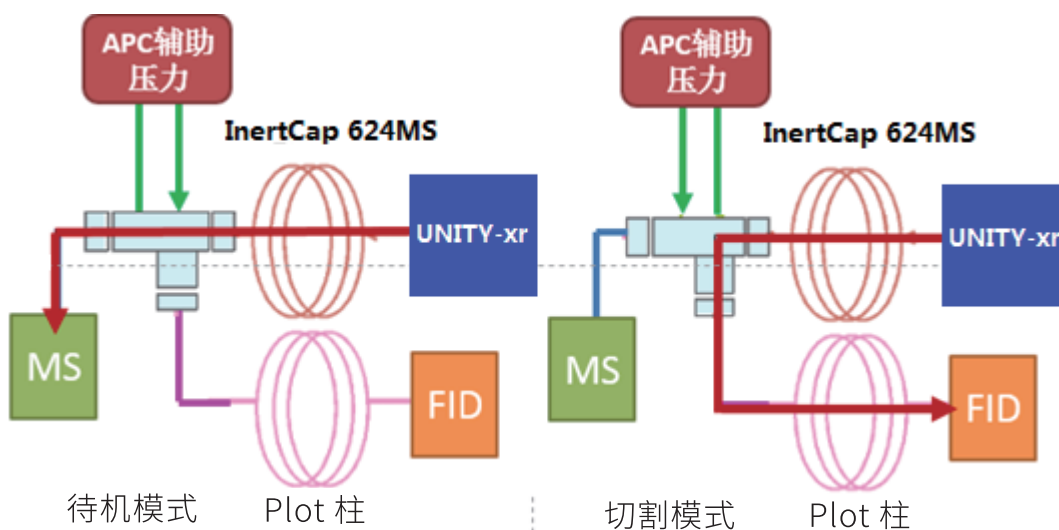


图 2 岛津 GCMS 中心切割流路图

■ 结果与讨论

2.1 分离色谱图

以二氟二氯甲烷作为切割点，将二氟二氯甲烷之前流出的 C2 和 C3 组分切割进入 FID 进行检测，其余组分进入 MS 检测器检测。分离色谱图如下图 3、图 4 所示。

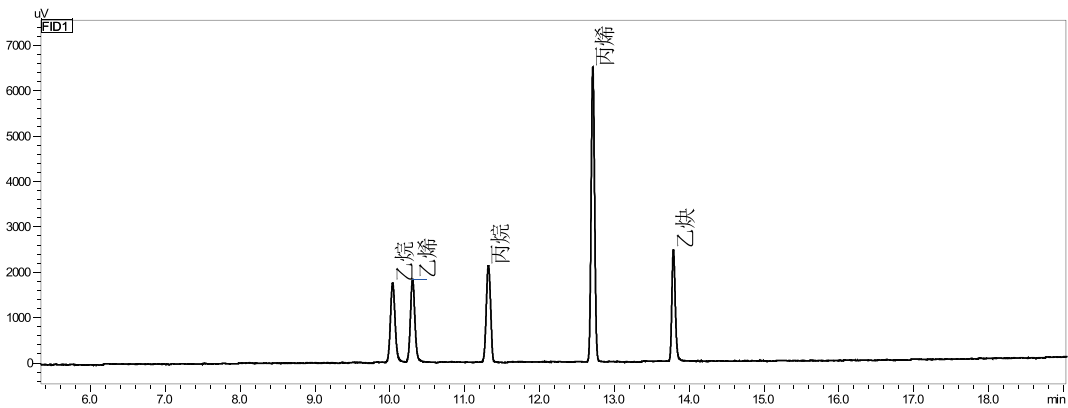


图3 切割后 C2 和 C3 在 PLOT 柱色谱图 (FID 检测)

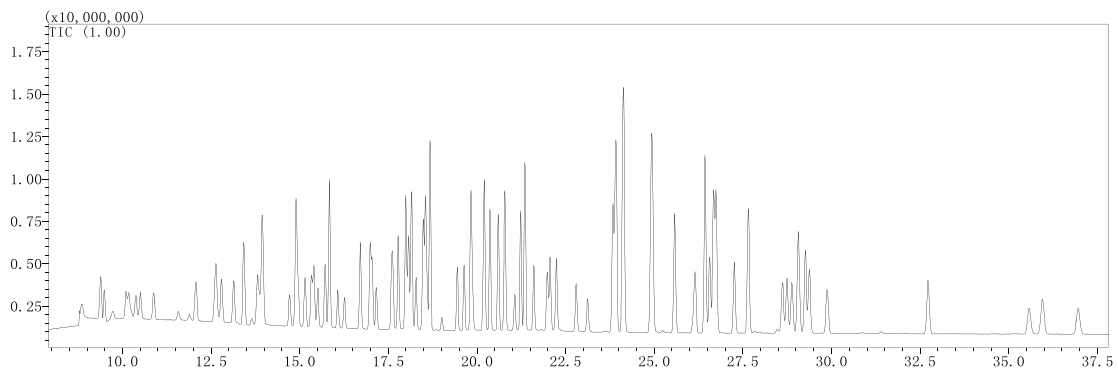


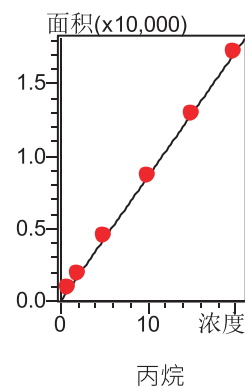
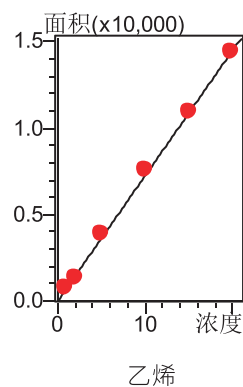
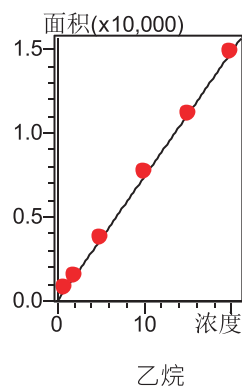
图4 切割后 99 种化合物在 624MS 柱上 TIC 图 (MS 检测)

2.2 标准曲线

1 ng/mL VOCs 标准气体重复进样 6 次，测试色谱峰面积重复性；并以 1、2、5、10、15 和 20 ng/mL 建立内标标准曲线；VOCs 峰面积重复性与相关系数 R 请参见表 2 和表 3，图 5 所示为 PLOT 柱分析化合物校准曲线图，图 6 所示为 1 ng/mL 化合物质量色谱图（篇幅有限，仅列出部分组分）。

表 2 FID 检测组分信息与重复性 (n=6)

No.	中文名称	英文名称	保留时间 (min)	CAS 号	峰面积 RSD%	相关系数 R
1	乙烷	Ethane	10.026	74-84-0	3.53	0.9999
2	乙烯	Ethylene	10.287	74-85-1	3.88	0.9995
3	丙烷	Propane	11.285	74-98-6	5.52	0.9999
4	丙烯	Propene	12.683	115-07-1	2.82	0.9999
5	乙炔	Acetylene	13.764	74-86-2	3.73	0.9987



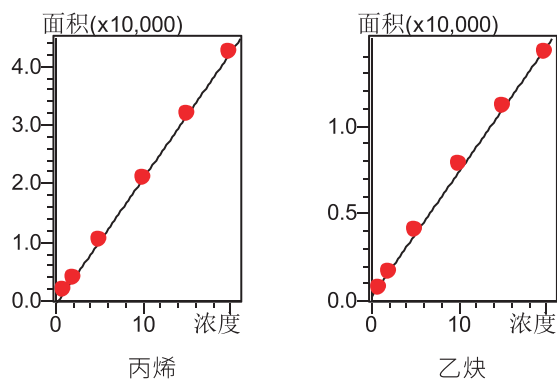


图 5 PLOT 柱分析化合物校准曲线

表 3 MS 检测组分信息与重复性 (n=6)

No.	中文名称	保留时间 (min)	峰面积 RSD%	相关系数 R
1	二氟二氯甲烷	8.847	6.19	0.9985
2	二氯四氟乙烷	9.381	1.83	0.9997
3	异丁烷	9.486	1.21	0.9984
4	一氯甲烷	9.726	6.47	0.9998
5	正丁烯	10.097	5.48	0.9996
6	正丁烷	10.173	2.80	0.9997
7	氯乙烯	10.23	6.10	0.9996
8	1,3- 丁二烯	10.375	4.04	0.9999
9	反式 -2- 丁烯	10.504	1.80	0.9998
10	顺式 -2- 丁烯	10.876	4.70	0.9998
11	一溴甲烷	11.577	7.71	0.9999
12	氯乙烷	11.883	3.85	0.9968
13	异戊烷	12.069	3.63	0.9999
14	一氟三氯甲烷	12.61	2.95	0.9998
15	1- 戊烯	12.646	2.51	0.9998
16	正戊烷	12.792	3.14	0.9998
17	反式 -2- 戊烯	13.135	3.35	0.9999
18	2- 甲基 -1,3- 丁二烯	13.425	3.38	0.9999
19	顺式 -2- 戊烯	13.419	2.47	0.9999
20	1,2,2- 三氟 -1,1,2- 三氯乙烷	13.809	2.90	0.9999
21	1,1- 二氯乙烯	13.951	3.00	0.9999
22	2,2- 二甲基丁烷	13.95	4.95	0.9998
23	异丙醇	13.927	3.90	0.9993
24	二硫化碳	14.713	4.88	0.9998
25	二氯甲烷	14.956	3.65	0.9997
26	2- 甲基戊烷	14.898	2.69	0.9999
27	2,3- 二甲基丁烷	14.898	4.29	0.9999

28	环戊烷	15.15	2.85	0.9998
29	甲基叔丁基醚	15.332	3.68	0.9999
30	3- 甲基戊烷	15.399	6.34	0.9995
31	顺式 -1,2- 二氯乙烯	15.511	2.61	0.9998
32	1- 己烯	15.716	3.71	0.9999
33	正己烷	15.84	3.39	0.9998
34	乙酸乙烯酯	16.074	2.84	0.9999
35	1,1- 二氯乙烷	16.262	3.00	0.9998
36	2,4- 二甲基戊烷	16.711	3.15	0.9999
37	甲基环戊烷	17.043	3.25	0.9999
38	乙酸乙酯	16.988	6.49	0.9998
39	反式 -1,2- 二氯乙烯	17.163	2.81	0.9999
40	四氢呋喃	17.594	5.82	0.9998
41	三氯甲烷	17.625	1.65	0.9998
42	2- 甲基己烷	17.781	1.91	0.9999
43	1,1,1- 三氯乙烷	17.998	2.19	0.9999
44	2,3- 二甲基戊烷	17.991	3.83	0.9998
45	环己烷	18.154	2.01	0.9999
46	3- 甲基己烷	17.992	5.18	0.9998
47	四氯化碳	18.283	2.23	0.9999
48	1,2- 二氯乙烷	18.597	1.62	0.9999
49	2,2,4- 三甲基戊烷	18.486	1.63	0.9999
50	正庚烷	18.679	2.18	0.9999
51	苯	18.55	2.07	0.9999
52	三氯乙烯	19.445	1.53	0.9999
53	甲基丙烯酸甲酯	19.637	6.29	0.9998
54	甲基环己烷	19.825	1.46	0.9999
55	1,2- 二氯丙烷	19.848	2.03	0.9999
56	1,4- 二氧六环	19.889	5.98	0.9999
57	一溴二氯甲烷	20.188	2.09	0.9999
58	2,3,4- 三甲基戊烷	20.216	2.38	0.9999
59	2- 甲基庚烷	20.37	0.75	0.9999
60	3- 甲基庚烷	20.602	2.41	0.9999
61	顺式 -1,3- 二氯 -1- 丙烯	20.796	2.48	0.9999
62	4- 甲基 -2- 戊酮	20.779	1.30	0.9996
63	甲苯	21.354	2.33	0.9999
64	正辛烷	21.234	1.98	0.9999
65	反式 -1,3- 二氯 -1- 丙烯	21.603	2.20	0.9999
66	1,1,2- 三氯乙烷	21.986	2.47	0.9999

67	四氯乙烯	22.242	2.27	0.9999
68	2-己酮	22.064	4.92	0.9999
69	二溴一氯甲烷	22.801	1.73	0.9999
70	1,2-二溴乙烷	23.122	2.12	0.9999
71	氯苯	23.888	1.20	0.9999
72	乙苯	23.926	1.26	0.9997
73	正壬烷	23.834	2.13	0.9999
74	间/对二甲苯	24.132	1.63	0.9965
75	邻二甲苯	24.913	1.48	0.9999
76	苯乙烯	24.953	1.62	0.9999
77	三溴甲烷	25.584	1.05	0.9997
78	异丙苯	25.574	1.14	0.9998
79	四氯乙烷	26.156	1.98	0.9997
80	正丙苯	26.44	1.22	0.9998
81	对乙基甲苯	26.679	2.26	0.9976
82	癸烷	26.432	0.28	0.9999
83	间乙基甲苯	26.739	1.45	0.9969
84	1,3,5-三甲苯	26.566	1.90	0.9998
85	邻乙基甲苯	27.262	1.38	0.9999
86	1,2,4-三甲苯	27.658	1.44	0.9999
87	间二氯苯	28.62	1.57	0.9999
88	1,2,3-三甲苯	28.747	1.54	0.9999
89	对二氯苯	28.886	2.62	0.9999
90	氯代甲苯	29.078	2.08	0.9997
91	间二乙基苯	29.062	2.21	0.9999
92	对二乙基苯	29.378	2.28	0.9999
93	十一烷	29.266	4.80	0.9999
94	邻二氯苯	29.879	2.49	0.9999
95	十二烷	32.727	3.79	0.9995
96	1,2,4-三氯苯	35.579	4.90	0.9998
97	六氯丁二烯	35.951	2.25	0.9999
98	萘	36.961	1.16	0.9999

注：间二甲苯、对二甲苯计作一个峰。

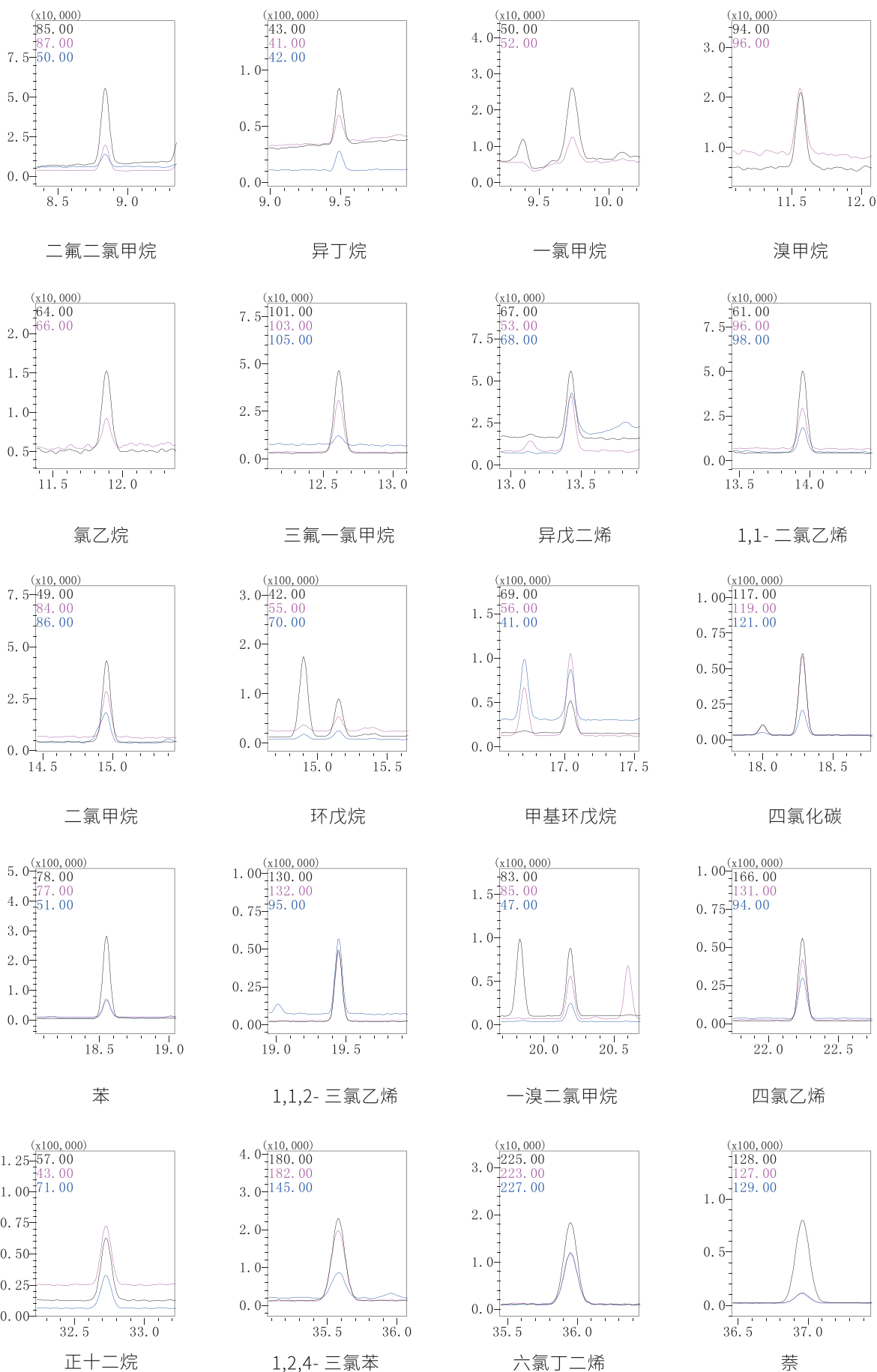


图6 1 ng/mL 标准气体质量色谱图 (部分组分)

2.3 环境监测站点样品测试结果

采用限流阀（见图 7）控制采样流速将空气样品采集到苏玛罐中，通过 MARKES CIA Advantage（见图 1）自动进样装置从苏玛罐抽取 500 mL 空气样品进入 MARKES UNITY-xr+ 岛津 GC-FID-MS 离线检测系统进行测试，环境监测站点空气样品测试结果如表 4 所示。



图 7 采样系统限流阀

表 4 四个空气样品测试结果

化合物名称	样品 1 含量 (ng/mL)	样品 2 含量 (ng/mL)	样品 3 含量 (ng/mL)	样品 4 含量 (ng/mL)
乙烷	2.138	2.350	2.672	5.459
乙烯	0.619	1.675	3.029	3.354
丙烷	2.548	2.091	1.568	3.883
丙烯	0.686	1.041	1.991	1.424
乙炔	2.138	0.827	0.366	0.507
二氟二氯甲烷	0.428	0.661	0.511	0.513
二氯四氟乙烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
异丁烷	1.980	N.D.	N.D.	4.271
一氯甲烷	1.367	1.294	1.141	1.267
正丁烯	N.D.	N.D.	0.589	0.902
正丁烷	4.023	1.063	1.047	5.032
氯乙烯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,3- 丁二烯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
反式 -2- 丁烯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
顺式 -2- 丁烯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
一溴甲烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
氯乙烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
异戊烷	>20	>20	>20	>20

一氟三氯甲烷	1.136	0.569	0.509	0.601
1- 戊烯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
正戊烷	>20	>20	>20	>20
反式 -2- 戊烯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2- 甲基 -1,3- 丁二烯	0.875	N.D.	0.645	N.D.
顺式 -2- 戊烯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,2- 三氟 -1,1,2- 三氯乙烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,1- 二氯乙烯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2,2- 二甲基丁烷	N.D.	1.159	0.611	0.885
异丙醇	15.558	>20	>20	>20
二硫化碳	2.498	0.874	1.97	>20
二氯甲烷	1.191	0.852	0.682	1.37
2- 甲基戊烷	N.D.	6.643	3.12	3.277
2,3- 二甲基丁烷	N.D.	7.237	3.297	3.52
环戊烷	N.D.	3.079	1.731	0.904
甲基叔丁基醚	N.D.	0.818	1.63	0.476
3- 甲基戊烷	N.D.	6.058	2.701	2.108
顺式 -1,2- 二氯乙烯	N.D.	0.199	0.178	N.D.
1- 己烯	0.784	N.D.	N.D.	N.D.
正己烷	2.765	>20	>20	2.884
乙酸乙烯酯	N.D.	2.859	1.434	N.D.
1,1- 二氯乙烷	N.D.	0.205	N.D.	0.227
2,4- 二甲基戊烷	N.D.	N.D.	1.774	N.D.
甲基环戊烷	0.510	2.382	1.905	0.846
乙酸乙酯	2.154	11.146	7.396	2.685
反式 -1,2- 二氯乙烯	0.157	N.D.	N.D.	N.D.
四氢呋喃	0.866	N.D.	N.D.	N.D.
三氯甲烷	0.698	0.771	0.49	0.825
2- 甲基己烷	0.723	1.969	N.D.	N.D.
1,1,1- 三氯乙烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2,3- 二甲基戊烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
环己烷	0.895	7.174	3.943	13.033
3- 甲基己烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
四氯化碳	N.D.	0.532	0.496	N.D.
1,2- 二氯乙烷	N.D.	1.463	1.713	0.937
2,2,4- 三甲基戊烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
正庚烷	N.D.	6.882	N.D.	0.435
苯	1.571	10.767	3.017	1.198
三氯乙烯	N.D.	3.202	1.649	0.96

甲基丙烯酸甲酯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
甲基环己烷	N.D.	0.669	0.505	N.D.
1,2- 二氯丙烷	N.D.	0.7	N.D.	N.D.
1,4- 二氧六环	1.023	1.034	0.994	0.971
一溴二氯甲烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2,3,4- 三甲基戊烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2- 甲基庚烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
3- 甲基庚烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
顺式 -1,3- 二氯 -1- 丙烯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
4- 甲基 -2- 戊酮	0.598	N.D.	N.D.	N.D.
甲苯	3.062	>20	10.984	2.104
正辛烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
反式 -1,3- 二氯 -1- 丙烯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,1,2- 三氯乙烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
四氯乙烯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2- 己酮	0.719	N.D.	0.888	0.932
二溴一氯甲烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2- 二溴乙烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
氯苯	N.D.	N.D.	N.D.	0.29
乙苯	1.019	1.572	0.519	0.578
正壬烷	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
间 / 对二甲苯	1.218	0.429	N.D.	N.D.
邻二甲苯	0.89	N.D.	N.D.	N.D.
苯乙烯	1.403	1.292	0.499	0.502
三溴甲烷	N.D.	N.D.	N.D.	0.5
异丙苯	0.701	N.D.	N.D.	N.D.
四氯乙烷	0.321	N.D.	N.D.	N.D.
正丙苯	0.368	N.D.	N.D.	N.D.
对乙基甲苯	0.552	0.498	0.507	0.494
癸烷	0.856	N.D.	N.D.	N.D.
间乙基甲苯	0.352	N.D.	N.D.	N.D.
1,3,5- 三甲苯	0.498	N.D.	0.409	N.D.
邻乙基甲苯	0.457	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4- 三甲苯	0.604	0.531	0.558	0.553
间二氯苯	0.519	0.506	0.507	0.498
1,2,3- 三甲苯	0.553	0.525	0.529	0.531
对二氯苯	0.668	0.646	0.649	0.656
氯代甲苯	N.D.	N.D.	N.D.	0.788
间二乙基苯	N.D.	0.555	N.D.	N.D.

对二乙基苯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
十一烷	1.080	N.D.	N.D.	N.D.
邻二氯苯	0.551	N.D.	N.D.	0.551
十二烷	1.736	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4-三氯苯	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
六氯丁二烯	N.D.	0.767	N.D.	0.768
萘	N.D.	N.D.	0.948	0.947

注：N.D. 表示未检出；>20 表示超出线性范围

■ 结论

本方法采用岛津 GCMS-QP2010 Ultra 气质联用仪配置 FID 检测器和中心切割单元，结合 MARKES 公司 UNITY-xr 冷阱热解析仪采样系统，一针进样可以同时监测中国环境监测总站要求的 104 种 VOCs 污染物。该方法重复性好，灵敏度高，仪器线性好，可以监测环境空气中 ppb 级的 VOCs 污染物，满足《2018 年重点地区环境空气挥发性有机物监测方案》的要求。

岛津应用云

