

GCMS (SIM) 法结合液氮制冷型大气浓缩仪测定环境空气中 64 种挥发性有机物

GCMS-456

摘要: 本方法参考 HJ759-202X 《环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样 / 气相色谱 - 质谱法》(征求意见稿), 使用岛津 GCMS-QP2020 NX 结合 ENTECH 7200 液氮制冷型大气浓缩仪, 采用 SIM 模式建立了环境空气中 64 种挥发性有机物的测定方法。结果显示: 在 0.10~5.0 nmol/mol 浓度范围内标准曲线线性良好, 相关系数均在 0.998 以上。0.25 nmol/mol 标准使用气连续 6 针测试, 峰面积 RSD% 范围在 3.6~7.8% 之间, 表明方法的精密度优良。加标浓度为 0.25 nmol/mol 时, 各组分的回收率在 71.1~134.6% 之间。本方法操作简单, 定量数据准确可靠, 可用于环境空气中微量挥发性有机物的检测。

关键词: 气相色谱质谱联用仪 大气浓缩仪 环境空气 挥发性有机物

挥发性有机物 (Volatile Organic Compounds, 简称 VOCs) 指熔点低于室温而沸点在 50-260°C 之间、相对分子质量范围约在 16~250 的一类有机化合物。VOCs 种类繁多且成分复杂, 按照化学结构, VOCs 主要由烷烃 (除甲烷外)、烯烃、炔烃、卤代烃、芳香烃以及它们的含氧、氮、硫、卤素的衍生物等化合物组成。VOCs 具有渗透、脂溶、挥发性等特性, 极易经皮肤接触及呼吸系统对人体造成危害。

近年来, 大气 VOCs 污染防治是环境整治的重点课题, 2018 年出台的《打赢蓝天保卫战三年行动计划》, 就已经明确提出需大幅减少主要大气污染物 VOCs 的排放总量。2021 年 10 月发布的《2021-2022

年秋冬季大气污染综合治理攻坚方案》也显示出当前对 VOCs 治理的迫切性。因此, VOCs 是我国目前亟需监测的重要污染物。

大气浓缩仪作为环境空气中 VOCs 常用的前处理方式, 具有富集效率高, 受基体干扰小等优点。大气浓缩仪类型包括液氮制冷型、电子制冷型、吸附剂型、低温与吸附剂混合型。本文参考 HJ759-202X 《环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样 / 气相色谱 - 质谱法》(征求意见稿), 使用岛津 GCMS 结合 ENTECH 7200 液氮制冷型大气浓缩仪, 采用 SIM 模式建立了环境空气中 64 种挥发性有机物的测定方法。

■ 实验部分

1.1 仪器

岛津气相色谱质谱联用仪 GCMS-QP2020 NX
ENTECH 7200 大气浓缩仪

1.2 分析条件

大气浓缩仪条件:

M1 冷阱捕集温度: -40°C
M1 冷阱解析温度: 10°C
M1 冷阱烘烤温度: 130°C
M1 冷阱烘烤时间: 20 min
M2 冷阱捕集温度: -50°C
M2 冷阱解析温度: 220°C
M2 冷阱烘烤温度: 220°C

M2 冷阱烘烤时间: 20 min
M3 冷阱聚焦温度: -180°C
M3 冷阱聚焦时间: 3 min
进样时间: 1 min
内标使用气流速: 60 mL/min
标准使用气流速: 60 mL/min
样品流速: 60 mL/min

GCMS 条件:

色谱柱: SH-Rxi-624Sil MS (60 m × 0.25 mm × 1.4 μm)

升温程序: 35°C (5 min) _5°C /min _150°C (7 min) _20°C /min _220°C (3 min)

进样口温度：200°C

载气控制方式：线速度

线速度：27.9 cm/sec

进样方式：分流

分流比：25:1

离子化方式：EI

离子源温度：230°C

接口温度：250°C

检测器电压：调谐电压 +0.15 kV

采集模式：SIM（各化合物选择离子见表 1）

1.3 标准使用气的配制

使用气体稀释装置，用高纯氮气将挥发性有机物标准气（浓度为 1.0 μmol/mol）稀释到不锈钢采样罐中，获得浓度分别为 0.50 nmol/mol 和 5.0 nmol/mol 的 2 罐标准使用气体。

1.4 内标使用气的配制

使用气体稀释装置，用高纯氮气将内标标准气（浓度为 1.0 μmol/mol）稀释到不锈钢采样罐中，获得浓度为 50.0 nmol/mol 的内标使用气。

■ 样品前处理

使用配套的压力计验收已采样送回实验室的不锈钢采样罐，将不锈钢采样罐安装到自动进样器对应位置，大气浓缩仪抽取 300 mL 空气样品进行浓缩，同时加入 30 mL 内标使用气，按照 1.2 分析条件进行测定。

■ 结果与讨论

3.1 标准溶液色谱图

64 种挥发性有机物和 3 种内标的混合标气色谱图如图 1 所示，各化合物信息详见表 1。

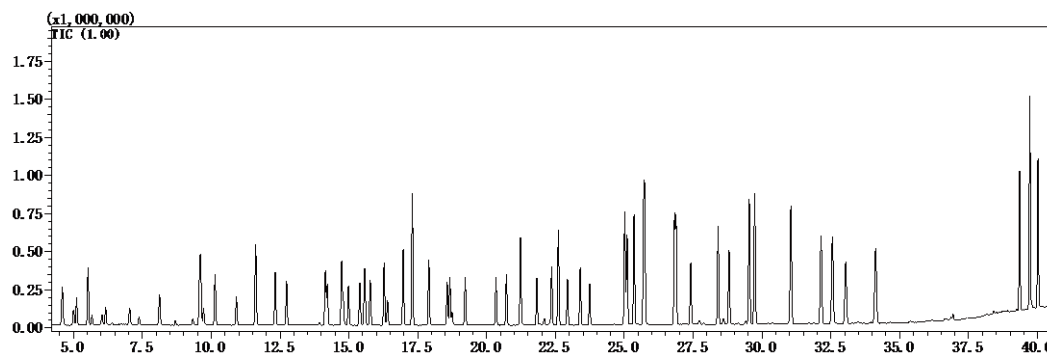


图 1 挥发性有机物色谱图 (2.5 nmol/mol)

表 1 64 种挥发性有机物和 3 种内标化合物信息

No.	化合物名称	英文名称	保留时间 (min)	CAS 号	定量离子 (m/z)	定性离子 (m/z)
1	丙烯	Propene	5.044	115-07-1	41	39,42
2	二氟二氯甲烷	Dichlorodifluoromethane	5.153	75-71-8	85	87,101
3	1,1,2,2- 四氟 -1,2- 二氯乙烷	1,2-Dichlorotetrafluoroethane	5.568	76-14-2	85	87,135,137
4	一氯甲烷	Chloromethane	5.715	74-87-3	50	52
5	氯乙烯	Vinyl chloride	6.081	75-01-4	62	63,64
6	1,3- 丁二烯	1,3-Butadiene	6.213	106-99-0	54	39,53
7	一溴甲烷	Bromomethane	7.080	74-83-9	94	96,93,91
8	氯乙烷	Chlorethyl	7.418	75-00-3	64	49,66
9	一氟三氯甲烷	Trichlorofluoromethane	8.154	75-69-4	101	103,105

10	丙烯醛	Acrolein	9.350	107-02-8	56	38,55
11	1,1- 二氯乙烯	1,1-Dichlorethene	9.595	75-35-4	61	96,98
12	1,2,2- 三氟 -1,1,2- 三氯乙烷	1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane	9.634	76-13-1	101	103,151
13	丙酮	Acetone	9.738	67-64-1	43	58
14	异丙醇	Isopropyl Alcohol	10.152	67-63-0	45	43,59
15	二硫化碳	Carbon disulphide	10.160	75-15-0	76	77,78
16	二氯甲烷	Methylene chloride	10.928	75-09-2	49	84,86
17	甲基叔丁基醚	2-Methoxy-2-methylpropane	11.624	1634-04-4	73	41,57
18	顺 1,2- 二氯乙烯	cis-1,2-Dichloroethene	11.622	156-59-2	96	61,98
19	正己烷	n-Hexane	12.331	110-54-3	57	41,86
20	1,1- 二氯乙烷	1,1-Dichloroethane	12.740	75-34-3	63	65,98
21	乙酸乙烯酯	Vinyl acetate	12.741	108-05-4	43	42,86
22	2- 丁酮	2-Butanone	14.130	78-93-3	72	57
23	反 1,2- 二氯乙烯	trans-1,2-Dichloroethene	14.155	156-60-5	96	98,100
24	乙酸乙酯	Ethyl acetate	14.213	141-78-6	70	88
25	一溴一氯甲烷	Bromochloromethane	14.733	74-97-5	130	128,93
26	四氢呋喃	Tetrahydrofuran	14.786	109-99-9	42	71,72,41
27	三氯甲烷	Trichloromethane	14.979	67-66-3	83	85,47
28	1,1,1- 三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	15.394	71-55-6	97	99,61
29	环己烷	Cyclohexane	15.568	110-82-7	56	69,84
30	四氯化碳	Carbon tetrachloride	15.770	56-23-5	117	119,121
31	苯	Benzene	16.273	71-43-2	78	77,52
32	1,2- 二氯乙烷	1,2-Dichloroethane	16.397	107-06-2	62	64,49
33	正庚烷	n-Heptane	16.960	142-82-5	43	57,71
34	1,4- 二氟苯	1,4-Difluorobenzene	17.292	367-11-3	114	88,63
35	三氯乙烯	Trichloroethene	17.893	79-01-6	130	132,95,60
36	1,2- 二氯丙烷	1,2-Dichloropropane	18.558	78-87-5	63	76,41
37	甲基丙烯酸甲酯	Methyl methacrylate	18.653	80-62-6	100	69,39,41
38	1,4- 环氧六烷	1,4-Dioxane	18.732	123-91-1	88	58,43
39	一溴二氯甲烷	Bromodichloromethane	19.210	75-27-4	83	129,47
40	顺式 -1,3- 二氯丙烯	trans-1,3-Dichloropropene	20.328	10061-01-5	75	39,77
41	4- 甲基 -2- 戊酮	2-Pentanone, 4-methyl-	20.705	108-10-1	43	58,100
42	甲苯	Toluene	21.216	108-88-3	91	92,65
43	反式 -1,3- 二氯丙烯	cis-1,3-Dichloropropene	21.815	10061-02-6	75	39,110
44	1,1,2- 三氯乙烷	1,1,2-Trichloroethane	22.348	79-00-5	97	83,61
45	四氯乙烯	Tetrachloroethylene	22.591	127-18-4	166	131,94
46	2- 己酮	2-Hexanone	22.921	591-78-6	43	58,100
47	二溴一氯甲烷	Dibromochloromethane	23.385	124-48-1	129	127,131
48	1,2- 二溴乙烷	Ethylene dibromide	23.728	106-93-4	107	109
49	氯苯 -d5	Chlorobenzene-d5	25.000	3114-55-4	117	82,119

50	氯苯	Chlorobenzene	25.084	108-90-7	112	77,114
51	乙苯	Ethylbenzene	25.338	100-41-4	91	106
52	间二甲苯 / 对二甲苯	m-Xylene/ p-Xylene	25.707	108-38-3 106-42-3	91	106,105
53	邻二甲苯	o-Xylene	26.808	95-47-6	91	106,105
54	苯乙烯	Styrene	26.861	100-42-5	104	78,103
55	三溴甲烷	Bromoform	27.395	75-25-2	173	171,175
56	1,1,2,2-四氯乙烷	Tetrachloroethene	28.786	79-34-5	83	85,131
57	4-乙基甲苯	p-Ethyltoluene	29.515	622-96-8	105	120,91
58	1,3,5-三甲苯	1,3,5-Trimethylbenzene	29.712	108-67-8	105	120,77
59	1,2,4-三甲苯	1,2,4-Trimethylbenzene	31.028	95-63-6	105	120,77
60	间二氯苯	1,3-Dichlorobenzene	32.119	541-73-1	146	148,111
61	对二氯苯	1,4-Dichlorobenzene	32.530	106-46-7	146	148,111
62	氯代甲苯	Benzyl chloride	33.017	100-44-7	91	126,65
63	邻二氯苯	1,2-Dichlorobenzene	34.098	95-50-1	146	148,111
64	1,2,4-三氯苯	1,2,4-Trichlorobenzene	39.335	120-82-1	180	182,145
65	六氯丁二烯	Hexachloro-1,3-butadiene	39.703	87-68-3	225	190,260,118
66	萘	Naphthalene	40.000	91-20-3	128	127,129

注：一溴一氯甲烷、1,4-二氯苯和氯苯-d5 是内标，间对二甲苯记作一个峰。

3.2 标准曲线

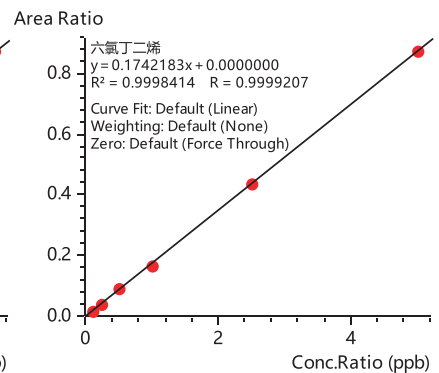
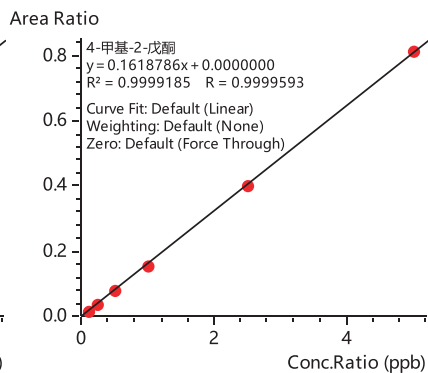
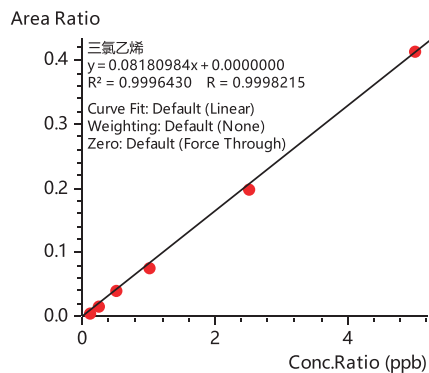
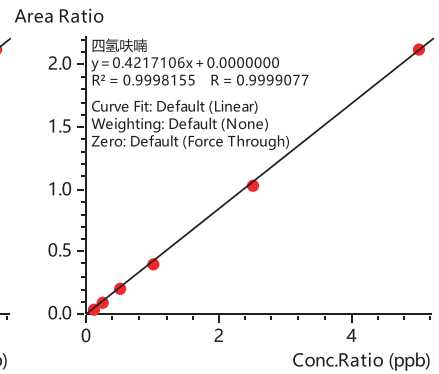
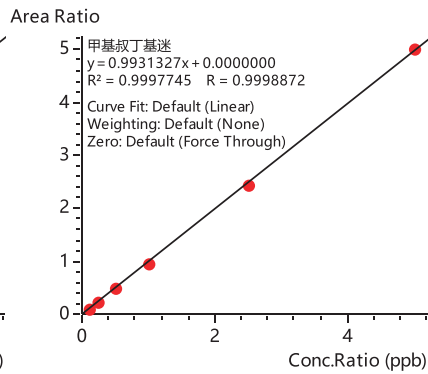
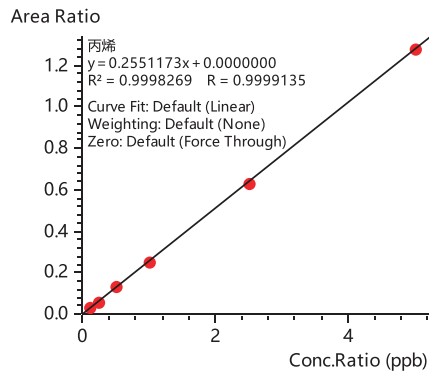
大气浓缩仪分别抽取 60 mL、150 mL、300 mL 浓度为 0.50 nmol/mol 的标准使用气和 60、150 和 300 mL 浓度为 5.0 nmol/mol 标准使用气，同时加入 30 mL 浓度为 50.0 nmol/mol 内标使用气，配制目标物浓度分别为 0.10、0.25、0.50、1.0、2.5 和 5.0 nmol/mol 的 VOCs 标准系列，内标浓度为 5.0 nmol/mol，以浓度比为横坐标，峰面积比为纵坐标建立标准曲线（图 2），表 2 给出了各 VOCs 的标准曲线的线性相关系数。

表 2 VOCs 组分标准曲线信息

No.	化合物名称	相关系数	No.	化合物名称	相关系数
1	丙烯	0.9999	34	1,4-二氯苯	/
2	二氟二氯甲烷	0.9998	35	三氯乙烯	0.9998
3	1,1,2,2-四氟-1,2-二氯乙烷	0.9997	36	1,2-二氯丙烷	0.9999
4	一氯甲烷	0.9998	37	甲基丙烯酸甲酯	0.9997
5	氯乙烯	0.9999	38	1,4-环氧六烷	0.9990
6	1,3-丁二烯	0.9999	39	一溴二氯甲烷	0.9999
7	一溴甲烷	0.9996	40	顺式-1,3-二氯丙烯	0.9998
8	氯乙烷	0.9999	41	4-甲基-2-戊酮	0.9999
9	一氟三氯甲烷	0.9999	42	甲苯	0.9996
10	丙烯醛	0.9990	43	反式-1,3-二氯丙烯	0.9996
11	1,1-二氯乙烯	0.9999	44	1,1,2-三氯乙烷	0.9998
12	1,2,2-三氟-1,1,2-三氯乙烷	0.9998	45	四氯乙烯	0.9996
13	丙酮	0.9996	46	2-己酮	0.9997
14	异丙醇	0.9997	47	二溴一氯甲烷	0.9997

15	二硫化碳	0.9998	48	1,2- 二溴乙烷	0.9996
16	二氯甲烷	0.9992	49	氯苯 -d5	/
17	甲基叔丁基醚	0.9999	50	氯苯	0.9997
18	顺 1,2- 二氯乙烯	0.9996	51	乙苯	0.9998
19	正己烷	0.9999	52	间二甲苯 / 对二甲苯	0.9996
20	1,1- 二氯乙烷	0.9999	53	邻二甲苯	0.9997
21	乙酸乙烯酯	0.9991	54	苯乙烯	0.9991
22	2- 丁酮	0.9997	55	三溴甲烷	0.9996
23	反 1,2- 二氯乙烯	0.9995	56	1,1,2,2- 四氯乙烷	0.9997
24	乙酸乙酯	0.9995	57	4- 乙基甲苯	0.9994
25	一溴一氯甲烷	/	58	1,3,5- 三甲苯	0.9996
26	四氢呋喃	0.9999	59	1,2,4- 三甲苯	0.9995
27	三氯甲烷	0.9999	60	间二氯苯	0.9988
28	1,1,1- 三氯乙烷	0.9999	61	对二氯苯	0.9984
29	环己烷	0.9998	62	氯代甲苯	0.9989
30	四氯化碳	0.9999	63	邻二氯苯	0.9989
31	苯	0.9998	64	1,2,4- 三氯苯	0.9997
32	1,2- 二氯乙烷	0.9999	65	六氯丁二烯	0.9999
33	正庚烷	0.9998	66	萘	0.9987

注：间二甲苯、对二甲苯共流出，结果合并计算。



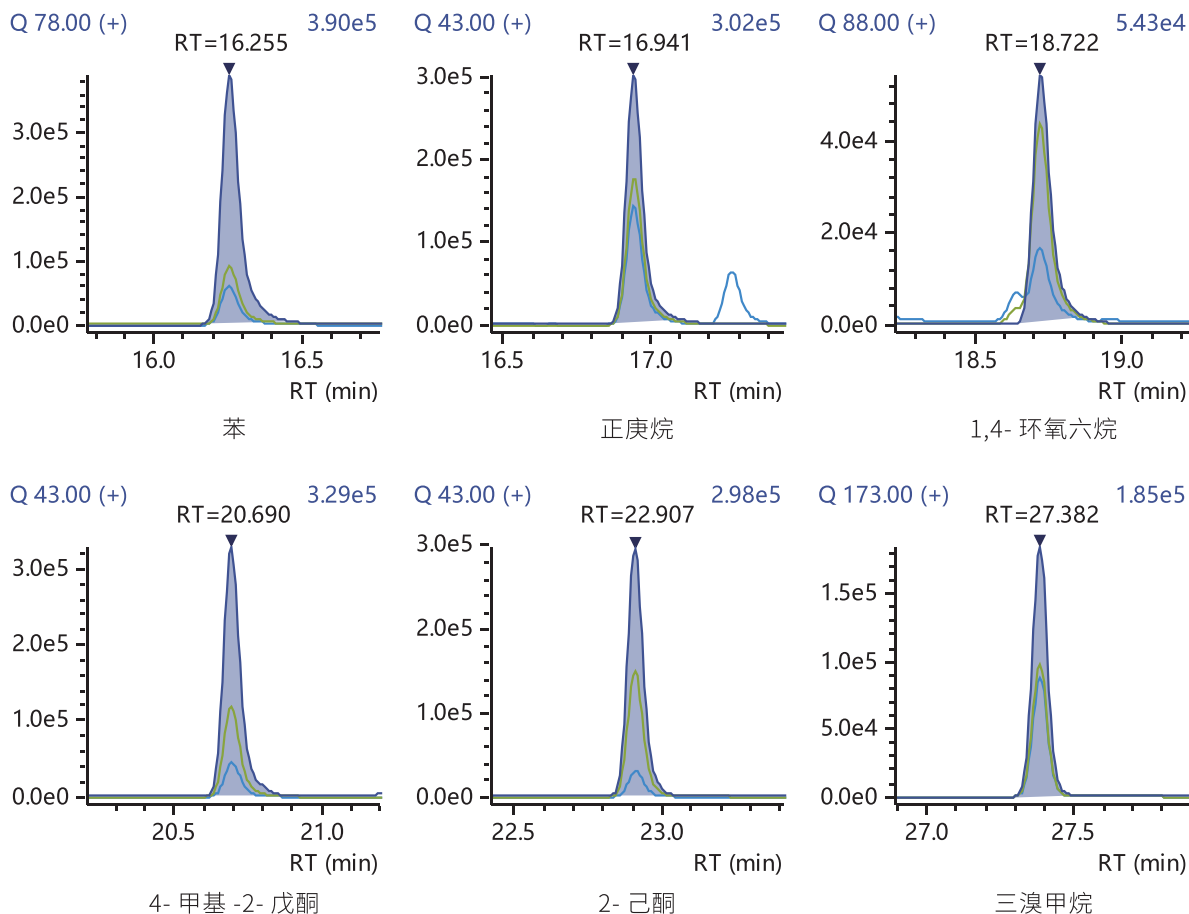


图 2 部分组分标准曲线及质量色谱图 (2.5 nmol/mol)

3.3 重复性和检出限

对浓度为 0.25 nmol/mol 标准使用气重复进行 6 次分析, 得到的峰面积重复性数据如表 3 所示。对最低浓度点 0.10 nmol/mol 标准使用气进行 7 次重复测定, 计算 7 次浓度测定值的标准偏差 (SD), 按公式 $MDL=t_{(n-1, 0.99)} \times SD$ ($n=7, t_{(6, 0.99)}=3.143$) 计算方法检出限, 结果见表 3。

表 3 VOCs 组分重复性 (n=6) 和检出限

No.	化合物名称	RSD(%)	检出限 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	No.	化合物名称	RSD(%)	检出限 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	丙烯	5.8	0.02	34	1,4-二氟苯	/	/
2	二氟二氯甲烷	6.2	0.05	35	三氯乙烯	4.8	0.05
3	1,1,2,2-四氟-1,2-二氯乙烷	5.9	0.19	36	1,2-二氯丙烷	4.9	0.02
4	一氯甲烷	7.1	0.03	37	甲基丙烯酸甲酯	3.6	0.03
5	氯乙烯	4.7	0.03	38	1,4-环氧六烷	5.1	0.04
6	1,3-丁二烯	6.4	0.02	39	一溴二氯甲烷	4.7	0.08
7	一溴甲烷	7.3	0.10	40	顺式-1,3-二氯丙烯	4.4	0.03
8	氯乙烷	6.6	0.04	41	4-甲基-2-戊酮	4.5	0.05
9	一氟三氯甲烷	4.5	0.09	42	甲苯	4.3	0.04
10	丙烯醛	5.6	0.12	43	反式-1,3-二氯丙烯	4.8	0.04
11	1,1-二氯乙烯	5.9	0.04	44	1,1,2-三氯乙烷	4.8	0.03
12	1,2,2-三氟-1,1,2-三氯乙烷	4.8	0.10	45	四氯乙烯	4.6	0.04

13	丙酮	3.7	0.05	46	2-己酮	4.7	0.06
14	异丙醇	6.4	0.05	47	二溴一氯甲烷	4.4	0.16
15	二硫化碳	4.2	0.05	48	1,2-二溴乙烷	5.2	0.04
16	二氯甲烷	4.9	0.03	49	氯苯-d5	/	/
17	甲基叔丁基醚	5.3	0.04	50	氯苯	4.6	0.03
18	顺 1,2-二氯乙烯	5.5	0.05	51	乙苯	4.2	0.03
19	正己烷	4.7	0.03	52	间二甲苯 / 对二甲苯	4.4	0.07
20	1,1-二氯乙烷	5.0	0.05	53	邻二甲苯	4.4	0.03
21	乙酸乙烯酯	7.6	0.04	54	苯乙烯	4.5	0.03
22	2-丁酮	4.2	0.03	55	三溴甲烷	3.9	0.08
23	反 1,2-二氯乙烯	4.3	0.05	56	1,1,2,2-四氯乙烷	4.2	0.06
24	乙酸乙酯	7.8	0.03	57	4-乙基甲苯	4.7	0.04
25	一溴一氯甲烷	/	/	58	1,3,5-三甲苯	4.7	0.04
26	四氢呋喃	5.7	0.05	59	1,2,4-三甲苯	5.0	0.05
27	三氯甲烷	4.4	0.03	60	间二氯苯	5.5	0.04
28	1,1,1-三氯乙烷	5.0	0.07	61	对二氯苯	5.6	0.02
29	环己烷	4.5	0.05	62	氯代甲苯	4.8	0.05
30	四氯化碳	4.5	0.15	63	邻二氯苯	5.1	0.03
31	苯	4.5	0.04	64	1,2,4-三氯苯	5.6	0.16
32	1,2-二氯乙烷	4.7	0.06	65	六氯丁二烯	3.7	0.14
33	正庚烷	4.4	0.06	66	萘	5.8	0.06

3.4 回收率实验

在空白样品中添加 VOCs 混合标气，添加浓度为 0.25 nmol/mol，各 VOCs 加标回收率结果见表 4。

表 4 VOCs 组分样品加标回收率

No.	化合物名称	回收率 (%)	No.	化合物名称	回收率 (%)
1	丙烯	129.8	34	1,4-二氟苯	/
2	二氟二氯甲烷	124.5	35	三氯乙烯	106.5
3	1,1,2,2-四氟-1,2-二氯乙烷	117.6	36	1,2-二氯丙烷	112.2
4	一氯甲烷	113.5	37	甲基丙烯酸甲酯	115.8
5	氯乙烯	120.6	38	1,4-环氧六烷	84.2
6	1,3-丁二烯	128.2	39	一溴二氯甲烷	121.4
7	一溴甲烷	126.5	40	顺式-1,3-二氯丙烯	115.8
8	氯乙烷	107.6	41	4-甲基-2-戊酮	118.7
9	一氟三氯甲烷	124.3	42	甲苯	123.5
10	丙烯醛	124.1	43	反式-1,3-二氯丙烯	112.2
11	1,1-二氯乙烯	121.6	44	1,1,2-三氯乙烷	118.0
12	1,2,2-三氟-1,1,2-三氯乙烷	118.5	45	四氯乙烯	111.9
13	丙酮	129.4	46	2-己酮	121.4
14	异丙醇	119.3	47	二溴一氯甲烷	110.9
15	二硫化碳	125.7	48	1,2-二溴乙烷	110.6

16	二氯甲烷	105.5	49	氯苯-d5	/
17	甲基叔丁基醚	126.7	50	氯苯	117.3
18	顺 1,2- 二氯乙烯	129.0	51	乙苯	125.3
19	正己烷	114.2	52	间二甲苯 / 对二甲苯	119.0
20	1,1- 二氯乙烷	100.3	53	邻二甲苯	119.5
21	乙酸乙烯酯	110.8	54	苯乙烯	103.1
22	2- 丁酮	127.4	55	三溴甲烷	102.9
23	反 1,2- 二氯乙烯	123.8	56	1,1,2,2- 四氯乙烷	115.4
24	乙酸乙酯	107.3	57	4- 乙基甲苯	108.6
25	一溴一氯甲烷	/	58	1,3,5- 三甲苯	101.0
26	四氢呋喃	122.0	59	1,2,4- 三甲苯	104.6
27	三氯甲烷	125.6	60	间二氯苯	97.4
28	1,1,1- 三氯乙烷	128.0	61	对二氯苯	93.5
29	环己烷	134.6	62	氯代甲苯	91.7
30	四氯化碳	121.9	63	邻二氯苯	100.8
31	苯	124.3	64	1,2,4- 三氯苯	71.1
32	1,2- 二氯乙烷	132.4	65	六氯丁二烯	115.5
33	正庚烷	133.3	66	萘	72.2

3.5 样品测试

采集某实验室空气样品，采用以上方法进行 VOCs 化合物的检测，样品的色谱图见图 3，测试结果如表 5 所示。

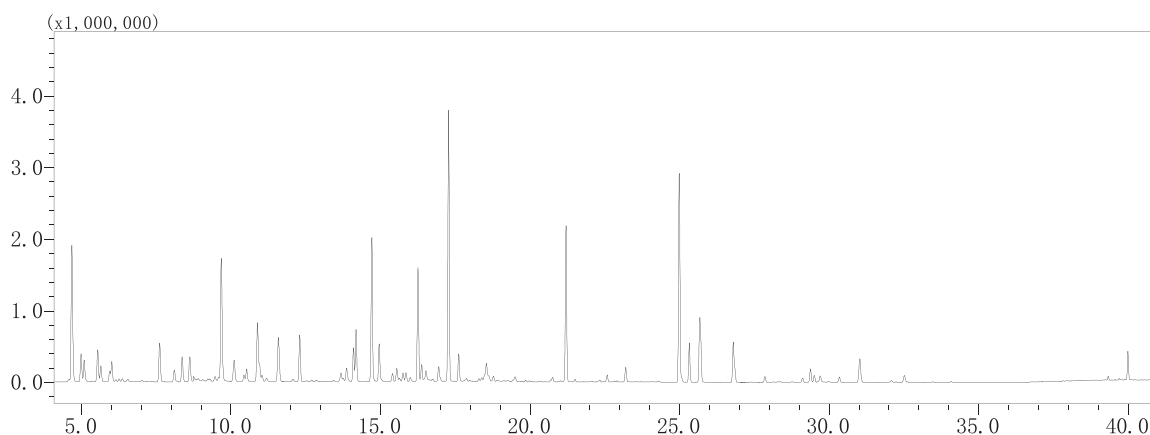


图 3 环境空气样品的 VOCs 色谱图

表 5 环境空气样品中的 VOCs 含量

No.	化合物名称	含量 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	No.	化合物名称	含量 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	丙烯	3.45	34	1,4- 二氟苯	/
2	二氟二氯甲烷	3.28	35	三氯乙烯	N.D.
3	1,1,2,2- 四氟 -1,2- 二氯乙烷	N.D.	36	1,2- 二氯丙烷	1.92
4	一氯甲烷	3.36	37	甲基丙烯酸甲酯	N.D.
5	氯乙烯	N.D.	38	1,4- 环氧六烷	N.D.
6	1,3- 丁二烯	0.25	39	一溴二氯甲烷	N.D.
7	一溴甲烷	N.D.	40	顺式 -1,3- 二氯丙烯	N.D.

8	氯乙烷	N.D.	41	4- 甲基 -2- 戊酮	1.43
9	一氟三氯甲烷	1.43	42	甲苯	8.22
10	丙烯醛	0.88	43	反式 -1,3- 二氯丙烯	N.D.
11	1,1- 二氯乙烯	N.D.	44	1,1,2- 三氯乙烷	N.D.
12	1,2,2- 三氟 -1,1,2- 三氯乙烷	N.D.	45	四氯乙烯	0.86
13	丙酮	17.53	46	2- 己酮	N.D.
14	异丙醇	1.87	47	二溴一氯甲烷	N.D.
15	二硫化碳	1.19	48	1,2- 二溴乙烷	N.D.
16	二氯甲烷	8.16	49	氯苯 -d5	/
17	甲基叔丁基醚	3.03	50	氯苯	N.D.
18	顺 1,2- 二氯乙烯	N.D.	51	乙苯	2.25
19	正己烷	3.29	52	间二甲苯 / 对二甲苯	5.11
20	1,1- 二氯乙烷	N.D.	53	邻二甲苯	2.31
21	乙酸乙烯酯	N.D.	54	苯乙烯	0.86
22	2- 丁酮	4.19	55	三溴甲烷	N.D.
23	反 1,2- 二氯乙烯	N.D.	56	1,1,2,2- 四氯乙烷	N.D.
24	乙酸乙酯	5.44	57	4- 乙基甲苯	N.D.
25	一溴一氯甲烷	/	58	1,3,5- 三甲苯	N.D.
26	四氢呋喃	N.D.	59	1,2,4- 三甲苯	1.77
27	三氯甲烷	5.17	60	间二氯苯	N.D.
28	1,1,1- 三氯乙烷	N.D.	61	对二氯苯	0.74
29	环己烷	0.96	62	氯代甲苯	N.D.
30	四氯化碳	1.28	63	邻二氯苯	N.D.
31	苯	7.23	64	1,2,4- 三氯苯	N.D.
32	1,2- 二氯乙烷	2.91	65	六氯丁二烯	N.D.
33	正庚烷	1.13	66	萘	1.27

注：N.D. 表示未检出。

■ 结论

本方法采用岛津 GCMS-QP2020 NX 气质联用仪结合 ENTECH 7200 液氮制冷型大气浓缩仪，SIM 采集模式分析了环境空气中 64 种挥发性有机物的含量，在 0.10~5.0 nmol/mol 浓度范围内标准曲线线性良好，相关系数均在 0.998 以上。连续 6 针标样测试，峰面积 RSD% 范围在 3.6~7.8% 之间，方法精密度良好。加标浓度为 0.25 nmol/mol 时，各组分的回收率在 71.1~134.6% 之间。该方法操作简单，定量数据准确可靠，可用于环境空气中微量挥发性有机物的检测。

岛津应用云

