

典型化工园区大气中挥发性有机物污染调查

董黎静¹, 孙佳¹, 戴玄吏², 余益军¹, 吉贵祥³, 薛银刚^{1*}

(1. 常州市环境监测中心, 江苏常州 213014; 2. 江苏新锐环境监测有限公司, 江苏连云港 215600; 3. 环境保护部南京环境科学研究所, 江苏南京 210042)

摘要:对常州市某典型化工园区大气中挥发性有机物(VOCs)污染状况进行了调查。结果表明,该化工园区大气中检出挥发性有机物共有58种,组分有芳香烃、饱和烷烃、卤代烃、烯烃、醛酯类化合物及其他类;苯、甲苯、乙苯、二甲苯为主要挥发性有机污染物,质量浓度为1.0~194 μg/m³;均未超出参考标准的限值。背景点位和园区点位大气中主要ρ_总(VOCs)在秋冬季最高,敏感点大气VOCs随季节变化也较为明显;园区T1和T2ρ_总(VOCs)年均值高于敏感点位,背景点位年均值最低;园区点位除了汽车尾气排放之外,溶剂的挥发和生产工艺中污染物的排放也增加了大气中苯系物的浓度,同时也对敏感点位和对照点位的大气质量产生了一定的影响。

关键词:挥发性有机物;化工园区;环境空气;常州

中图分类号:X832

文献标识码:B

文章编号:1674-6732(2016)02-0045-06

Composition and Distribution of VOCs in the Ambient Air of Typical Chemical Industrial Park

DONG Li-jing¹, SUN Jia¹, DAI Xuan-li¹, YU Yi-jun¹, JI Gui-xiang², XUE Yin-gang^{1*}

(1. Changzhou Environmental Monitoring Center, Changzhou, Jiangsu 213014, China; 2. Jiangsu Xinrui Environmental Monitoring Co. Ltd., Lianyungang, Jiangsu 215600, China; 3. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing, Jiangsu 210042, China)

Abstract: This paper reported the composition and distribution of volatile organic compounds (VOCs) in the ambient air of some typical chemical industrial park in Changzhou. The results showed that 58 VOCs were detected in the air of this chemical industrial park, including aromatic hydrocarbons, saturated hydrocarbons, halogenated hydrocarbons, olefins, aldehyde and ester compounds, et al. The main pollutants of VOCs were benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene, the mass concentrations of which were in the range of 1.0-194 μg/m³. None of them were out of the limit values in reference standards. The total mass concentrations of the main VOCs at background and park sites were highest in autumn and winter, and the atmospheric VOCs of sensitive sites changed greatly with the seasonal variation. The annual average total concentrations of the main VOCs in park T1 and T2 were higher than those of sensitive sites, which were the lowest at background site. Besides the vehicle exhaust emission, the solvent volatilization and the pollutant emission in the production process increased the concentration of benzene series in atmosphere, at the same time the atmospheric quality at sensitive and background sites was affected.

Key words: Volatile organic compounds; Chemical industrial park; Ambient air; Changzhou

随着中国工业企业数量的急剧增加和规模的不断扩大,对区域环境空气质量的影响也日益凸显。作为我国重要支柱产业之一的化工行业属污染较严重企业,其中以挥发性有机物(Volatile Organic Compounds, VOCs)污染最为明显。以江苏省为例,在2010年全省12个重点工业行业VOCs排放中,化学原料与化学制品制造相关的化工行业VOCs排放量居首位^[1]。

挥发性有机物是空气中普遍存在且组成复杂的一类有机污染物,其主要成分按照化学结构可以

收稿日期:2015-04-13;修订日期:2015-12-26

基金项目:江苏省环保科研课题基金资助项目(201127);江苏省环境监测科研基金资助项目(1302)

作者简介:董黎静(1980—),女,工程师,博士,研究方向为环境中有机物的检测分析。

* 通讯作者:薛银刚 E-mail:yzxyg@126.com

分为烷烃类、芳香烃类、酯类、醛类等^[2]。由于空气中的 VOCs 是以气态存在并具有特殊气味,易于被皮肤、粘膜吸收,会表现出毒性、刺激性和致癌性,从而对人体健康会产生一定的影响^[3]。国内外对大气中 VOCs 的分析方法主要为现场采样,实验室气相色谱或气相色谱质谱法进行分析测定^[4-9],此外便携式气质也可现场测定环境空气中的 VOCs,相关的研究已有报道^[10]。

现用 Tenax-TA 为填料的热脱附管进行现场采样,并采用热脱附/气相色谱质谱法分析常州市某典型化工园区及周边敏感点挥发性有机物的污染状况及污染源。

1 研究方法

1.1 采样点时间

采样点的布设主要根据主导风向,选择在园区上风向区域,园区内企业污染源周边、园区附近居民生活敏感点处,分为3个不同的功能区,共布设7个采样点位,分别为:T0-T6,见表1。

根据气候特点与污染源的季节性变化,分别于2012年夏季(2012-07-08,2012-08-01,2012-08-15,2012-08-25)采样4次,秋季(2012-09-21,2012-10-20,2012-11-24)采样3次,冬季(2012-12-31,2013-01-18,2013-02-28)采样3次,以及2013年春季(2013-04-02,2013-05-28,2013-06-02)采样3次,共采集13次大气样品。每次采样均在上午进行,在7个采样点同步采集1个样品。

表1 采样点位设置

点位	位置	备注
T0	建滔储运东厂界	上风向对照点
T1	港区大道与龙江二楼路口	兼顾有机以及污水厂无机恶臭污染
T2	金龙路近亚邦化学西门厂界	主要是有机污染,相对重点区域
T3	空气自动站站房	园区下风向,敏感点上风向
T4	新华村内	敏感点
T5	新华村内	敏感点
T6	新华村内	敏感点

1.2 仪器和试剂

智能空气/TSP 综合采样器(崂应 2050D 型,青岛崂山应用技术研究);气相色谱-质谱联用仪(7890/5975C,美国 Aglient 公司);Tenax-TA 热

脱附管老化器(TC2,德国 Gerstel 公司);多功能全自动样品前处理平台(MPS,德国 Gerstel 公司);Tenax-TA 热脱附管(德国 Gerstel 公司);1、5、10 μL 的微量注射器(美国 Aglient 公司)。

定量分析标准物质为美国 Accustandard 公司所生产的 54 种挥发性有机物混合标样($\rho = 0.2 \text{ g/L}$,溶剂为甲醇)。

1.3 样品采集和分析条件

采样之前先将热脱附管进行老化,将热脱附管以正确方向插入 Gerstel 热脱附管老化器,通入氮气流速 100 mL/min ,温度 $280 \text{ }^\circ\text{C}$,保持 30 min ,待冷却至室温,取下热脱附管,立即在两端套上防护帽,妥善保存备用。

采样时将热脱附管按照一定的方向连接在采样器上,采样流量为 0.5 L/min 的速度精确计时 15 min ,采样后立即在两端套上防护帽,妥善保存,送实验室分析,并记录采样时的温度和大气压。

热脱附条件:不分流进样;热脱附管脱附温度 $260 \text{ }^\circ\text{C}$,时间 10 min ;冷阱吸附温度 $-60 \text{ }^\circ\text{C}$,时间 1 min ;冷阱脱附温度 $250 \text{ }^\circ\text{C}$,时间 5 min ;传输线温度 $260 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

气相色谱条件:色谱柱选用长 30 m ,内径 0.25 mm ,厚度 $0.5 \text{ } \mu\text{m}$ 的 HP-INNOWax 毛细管柱;载气为氦气,流速为 1.5 mL/min ;进样口温度为 $230 \text{ }^\circ\text{C}$;传输线温度为 $280 \text{ }^\circ\text{C}$;分流模式,分流比为 $20:1$;GC 柱箱采用 3 级程序升温:柱温 $40 \text{ }^\circ\text{C}$ 停留 2 min 后,以 $5 \text{ }^\circ\text{C/min}$ 升到 $75 \text{ }^\circ\text{C}$,再以 $10 \text{ }^\circ\text{C/min}$ 的速率升到 $200 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

质谱条件:EI,电子轰击源;离子源温度: $230 \text{ }^\circ\text{C}$;离子化能量: 70 eV ;扫描范围: $40 \sim 450 \text{ u}$;扫描速度为 1.79 扫描/秒 。

1.4 样品分析和质量保证

样品的分析经热脱附系统对采样管进行解吸,进入 GC-MS 定性定量分析,定性分析依据全扫描(SCAN)数据,定量分析依据选择离子扫描(SIM)数据。参考美国联邦环保署(USEPA)方法 TO-17 的 QA/QC,在样品定量分析过程中采用外标法定量,严格对每个样品进行方法空白、实验室空白来进行质量控制,以确保整个实验结果的准确性与精密度。结果表明,VOCs 分析的标准曲线的相关性(R^2)为 $0.998 \sim 1.000$,说明目标化合物浓度与色谱峰面积之间具有很好的线性关系。空白实验中挥发性有机物均未检出。

2 结果与讨论

2.1 化工园区 VOCs 的种类和组成特征

根据对该化工园区的对照点、园区污染点及居

民敏感点进行挥发性有机物的监测分析,园区大气中挥发性有机物定性检出的统计情况见表2。

表2 化工园区大气中挥发性有机物检出次数/检出率

%

序号	化合物名称	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	苯	12/92.3	11/86.4	13/100	11/84.6	13/100	12/92.3	12/92.3
2	甲苯	11/84.6	11/86.4	8/61.5	13/100	12/92.3	13/100	13/100
3	乙苯	11/84.6	12/92.3	12/92.3	12/92.3	13/100	12/92.3	11/84.6
4	正丙苯	—	—	—	1/7.69	—	—	—
5	对二甲苯	10/76.9	11/84.6	13/100	10/76.9	12/92.3	11/84.6	8/61.5
6	间二甲苯	4/30.8	4/46.2	4/30.8	6/46.2	3/23.1	4/30.8	3/23.1
7	邻二甲苯	2/15.4	1/7.69	4/30.8	1/7.69	2/15.4	2/15.4	1/7.69
8	对乙基甲苯	—	—	—	—	1/7.69	—	—
9	间乙基甲苯	6/46.2	2/15.4	3/23.1	2/15.4	2/15.4	3/23.1	1/7.69
10	邻乙基甲苯	—	—	—	1/7.69	—	—	—
11	1,3,5-三甲苯	3/23.1	3/23.1	1/7.7	1/7.69	—	2/15.4	1/7.69
12	1,2,3-三甲苯	—	1/7.69	—	—	1/7.69	—	—
13	1,2,4-三甲苯	—	—	1/7.69	—	—	—	—
14	1,2,5-三甲苯	1/7.69	—	—	—	—	—	—
15	苯并环丁烯	—	—	—	1/7.69	2/15.4	—	1/7.69
16	萘	—	1/7.69	—	1/7.69	—	—	—
17	十一烷	—	—	—	1/7.69	—	—	—
18	壬烷	3/23.1	2/15.4	5/38.5	3/23.1	5/38.5	4/30.8	1/7.69
19	辛烷	—	—	1/7.69	—	—	1/7.69	—
20	癸烷	—	—	—	1/7.69	—	3/23.1	—
21	戊烷	—	—	1/7.69	—	1/7.69	—	—
22	正己烷	—	2/15.4	1/7.69	1/7.69	1/7.69	1/7.69	2/15.4
23	2,4-二甲基庚烷	—	1/7.69	—	—	1/7.69	1/7.69	—
24	四氯化碳	1/7.69	1/7.69	2/15.4	3/23.1	2/15.4	3/23.1	3/23.1
25	邻氯甲苯	—	2/15.4	1/7.69	1/7.69	—	—	—
26	对氯甲苯	1/7.69	2/15.4	1/7.69	—	—	—	—
27	1,3-二氯苯	—	—	1/7.69	—	—	—	—
28	氯苯	3/23.1	2/15.4	6/46.2	4/30.8	4/30.8	3/23.1	4/30.8
29	间二氯苯	—	—	1/7.69	2/15.4	—	—	—
30	二硫化碳	—	—	1/7.69	1/7.69	—	2/15.4	—
31	三氯甲烷	2/15.4	2/15.4	1/7.69	4/30.8	1/7.69	1/7.69	—
32	四氯乙烷	—	—	1/7.69	—	—	—	—
33	三氯乙烷	—	—	—	—	—	1/7.69	—
34	二氯乙烷	1/7.69	3/23.1	2/15.4	1/7.69	1/7.69	1/7.69	1/7.69
35	二氯甲烷	1/7.69	1/7.69	—	1/7.69	1/7.69	—	1/7.69
36	氟苯	—	—	1/7.69	—	—	—	—
37	苯乙烯	3/23.1	3/23.1	6/46.2	3/23.1	4/30.8	2/15.4	5/38.5
38	四氯乙烯	—	—	2/15.4	—	—	—	1/7.69
39	三氯乙烯	2/15.4	—	—	—	1/7.69	3/23.1	2/15.4
40	6-甲基-5-庚烯-2-酮	2/15.4	1/7.69	1/7.69	1/7.69	—	—	—
41	4-氯苯丁酮	—	1/7.69	—	—	—	—	—
42	乙酰苯	—	2/15.4	1/7.69	2/15.4	—	—	2/15.4
43	苯甲醛	—	2/15.4	3/23.1	4/30.8	4/30.8	1/7.69	3/23.1
44	辛醛	2/15.4	—	3/23.1	4/30.8	3/23.1	2/15.4	2/15.4
44	乙酸乙酯	3/23.1	3/23.1	4/30.8	4/30.8	5/38.5	7/53.8	4/30.8
46	乙酸丙酯	—	1/7.69	—	2/15.4	1/7.69	—	1/7.69
47	乙酸丁酯	2/15.4	2/15.4	2/15.4	4/30.8	2/15.4	3/23.1	2/15.4
48	乙醛	—	—	3/23.1	2/15.4	2/15.4	—	—

续表

序号	化合物名称	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
49	环戊醇	—	—	1 / 7.69	—	—	—	—
50	丙酮	5 / 38.5	3 / 23.1	6 / 46.2	7 / 58.3	4 / 30.8	6 / 46.2	4 / 30.8
51	丙烯酸正丁酯	—	—	1 / 7.69	—	—	—	—
52	壬醛	2 / 15.4	1 / 7.69	6 / 46.2	2 / 15.4	4 / 30.8	3 / 23.1	1 / 7.69
53	氯乙酸甲酯	—	—	—	4 / 30.8	—	—	—
54	氯乙酸乙酯	—	—	—	2 / 15.4	—	—	—
55	二氯乙酸甲酯	—	—	—	2 / 15.4	—	—	—
56	乙二醇丁醚	—	—	—	1 / 7.69	1 / 7.69	—	—
57	氯乙烯甲酯	—	—	—	1 / 7.69	—	—	—
58	二甲基甲酰胺	—	2 / 15.4	—	—	—	1 / 7.69	—

由表 2 可见,7 个点位 13 次采集的样品定性检出的挥发性有机物共有 58 种,包括 16 种芳香烃;7 种饱和烷烃;13 种卤代烃;3 种烯烃;18 种醛酯类化合物;1 种酰胺类化合物。其中存在检出率 >50% 的挥发性化合物主要为苯、甲苯、乙苯、对二甲苯,均属美国 EPA 规定的优先控制有毒污染物。

T0 共检出了 24 种污染物,污染物组成为芳香烃 > 醛酯类 = 卤代烃 > 烯炔烃 > 烷烃;园区 T1 共检出污染物 31 种,污染物组成为芳香烃 = 醛酯类 > 卤代烃 > 烷烃 > 烯炔烃 > 酰胺类;T2 检出污染物 38 种,其中卤代烃 = 醛酯类 > 芳香烃 > 烷烃 > 烯炔烃;T3 检出 40 种污染物,其组成为醛酯类 > 芳香烃 > 卤代烃 > 烷烃 > 烯炔烃;T4 存在 50 种污染物,污染物组成为芳香烃 > 醛酯类 > 卤代烃 > 烷烃 > 烯炔烃;T5 检出的污染物有 28 种,其组成为芳香烃 > 醛酯类 = 卤代烃 > 烷烃 > 烯炔烃 > 酰胺类;T6 检出 26 种污染物,且芳香烃 > 醛酯类 > 卤代烃 > 烯炔烃 > 烷烃。分析表明,单从污染物的检出数量上看,园区点位 > 敏感点位 > 背景点;从污染物的组成看,化工园区存在的挥发性污染在背景点位和敏感点位检出种类较多的是芳香烃类化合物,而在园区点位醛酯类检出也较多。

2.2 主要 VOCs 的污染水平

各点位污染物的统计结果见表 3。

表 3 各点位苯系物的统计结果^① (n = 13) $\mu\text{g}/\text{m}^3$

项目	点位	标准值 ^②	均数	标准差	最小值	中位数	最大值
苯	T0	2 400 ^[12]	8.06	7.51	—	4.056	24.5
	T1		4.40	3.58	—	2.827	11.5
	T2		27.9	34.9	1.71	14.7	122
	T3		4.87	3.75	—	3.99	10.9
	T4		6.34	5.02	—	6.06	13.6
	T5		12.9	21.1	—	3.14	72.9
	T6		4.62	4.45	—	3.89	15.1

续表

项目	点位	标准值 ^②	均数	标准差	最小值	中位数	最大值	
甲苯	T0	200 ^[13]	10.8	11.3	—	8	38.0	
	苯	T0	2 400 ^[12]	8.06	7.51	—	4.056	24.5
		T1		35.1	44.1	—	18.9	158.7
		T2		15.9	24.4	—	4.93	80.8
		T3		13.6	12.4	1.22	9.50	37.0
		T4		15.0	31.7	—	3.04	118.4
		T5		9.66	9.41	—	8.83	32.2
T6		10.3	16.6	—	4.94	60.9		
乙苯	T0		2.73	5.07	—	—	19.1	
	T1		1.96	3.23	—	—	10.8	
	T2		2.88	5.42	—	—	20	
	T3		3.31	4.82	—	—	15.8	
	T4		3.36	3.84	—	—	9.45	
	T5		1.31	1.68	—	—	5.69	
	T6		9.93	33.5	—	—	121.4	
二甲苯	T0	300 ^[12]	1.68	3.04	—	—	11.5	
	T1		11.8	33.7	—	—	123.2	
	T2		5.72	7.88	—	1.04	23.5	
	T3		2.58	5.62	—	—	20.8	
	T4		2.58	3.91	—	—	12.6	
	T5		0.92	0.83	—	—	2.92	
	T6		15.4	53.6	—	—	193.9	

① 检出限:1.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;② 一次最高允许浓度值。

由表 3 可见,7 个点位所含主要挥发性有机物为 1.0 ~ 194 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。最高检出苯为 122 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,甲苯为 118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,乙苯为 121 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,二甲苯为 194 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

环境空气苯系物中的苯、甲苯、乙苯、二甲苯在各监测位点几乎都有检出,其中甲苯值最高,在 3 个敏感监测点的平均值为 9.66 ~ 15.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。依据文献[12-13],采样点的值均未超标。将该次监测结果与国内外其他地区进行了比较,显示化工园区及周边地区环境空气中苯系物的浓度处于中等水平,见表 4。

2.3 主要 VOCs 随季节变化的特征

将各点位在每个季节各次采样的主要 ρ 总 (VOCs) (苯、甲苯、乙苯、二甲苯浓度之和) 加和后

取均值, 得出采样点位大气中主要 VOCs 随季节变化和年均值, 见图 1。

表 4 国内外不同城市苯系物对比

城市	功能区类型	苯	甲苯	乙苯	二甲苯
土耳其科贾埃利 ^[14]	工业区	2.3	35.5	9.7	49.3
埃及开罗 ^[15]	生活区	87.5	215	42.3	213
法国敦刻尔克 ^[16]	生活区	1.1	3.7	1.9	1.5
	工业区	1.9	10.1	3.2	4.0
法国巴黎 ^[17]	生活区	1.45	11.1	1.5	6.3
中国北京 ^[17]	生活区	13.4	16.1	5.4	14.8
中国香港 ^[18]	工业区	15.1	139.4	24.7	41.3
	商住混合区	15.1	137.2	11.7	33.1
中国郑州 ^[19]	生活区	14.9	15.1	5.5	6.0
中国厦门海沧区 ^[20]	工业区	13.8	119.0	15.7	30.4
	港口仓储区	21.3	184.7	7.0	17.9
	行政区	5.9	74.9	4.2	12.5
	生活区	7.1	96.6	11.8	21.3
	背景区	4.2	33.9	4.9	8.5
中国广州 ^[21]	工业区	2.3	35.5	9.7	49.3
中国南京 ^[22]	工业区	10.6	—	—	—
	商业区	9.3	—	—	—
	居住区	2.0	—	—	—
本研究	工业园区敏感点	4.6 ~ 12.9	9.7 ~ 15.0	1.3 ~ 9.9	0.9 ~ 15.4
	工业园区厂界	4.4 ~ 27.9	13.6 ~ 35.1	1.9 ~ 3.3	2.6 ~ 11.8

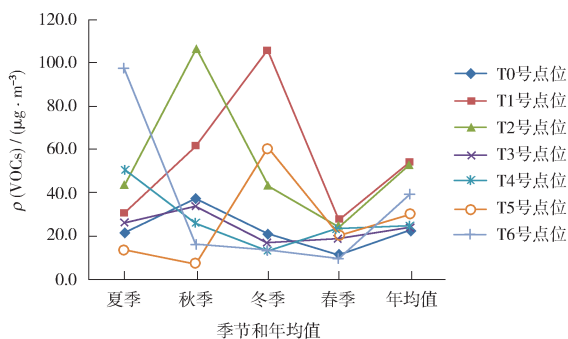


图 1 各采样点大气中主要 VOCs 总质量浓度季节变化和年均值水平

由图 1 可见, 背景点位主要 ρ 总 (VOCs) 年均值最低, T1 和 T2 大气中主要 ρ 总 (VOCs) 年均值水平明显高于其他点位, 且浓度变化幅度较大, 说明 T1 和 T2 是园区污染较重的区域。且这两个点位主要 ρ 总 (VOCs) 在秋冬季最高, 春夏季浓度相对较低, 这可能是由于气象条件引起, 因为秋冬季节逆温天气较多, 不利于苯系物类 VOCs 的扩散, 而春夏季刮风下雨天气有利于苯系物的扩散。背景点位和 T3 主要 ρ 总 (VOCs) 随季节变化不明显, 但这两个点位在秋季的采样浓度最高, 可能同样也受秋

季逆温天气的影响。

3 个敏感点位中, T6 敏感点主要 ρ 总 (VOCs) 的年均值高于其余 2 个敏感点位, 且和 T4 敏感点一样, 大气主要 ρ 总 (VOCs) 随季节变化主要在夏季较为明显, 高温有利于 VOCs 的挥发, 可能是园区内化工生产、运输、贮存中相关的 VOCs 挥发和扩散, 从而对这两个敏感点位的大气产生了影响。T5 敏感点位大气中主要 ρ 总 (VOCs) 在冬季最高, 除了季节变化影响之外, 化工园区的生产排放也可能影响着该点位的主要 ρ (VOCs)。

2.4 大气 VOCs 初步来源分析

苯系物是园区检出浓度较高的挥发性有机物, ρ (位苯) / ρ (甲苯) ≈ 0.5 , 反映出 VOCs 的主要来源是机动车排放; 当比值远 > 0.5 时, 大气中的主要来源是石油化工和工业溶剂^[11]。表 5 是园区各个点位 ρ (位苯) / ρ (甲苯)。

由表 5 可见, 园区内监测的 3 个点位, 其中 T2 受化工生产的影响较大, 是 VOCs 污染较为严重的区域。另外 3 个园区敏感点位的 ρ (位苯) / ρ (甲苯), 除了机动车的排放影响到了大气环境质量之外, 化工区的生产排放对敏感点位也存在了一定的

影响。而作为对照点的 $T0\rho(\text{位苯})/\rho(\text{甲苯})$ 较高,说明化工园区的生产排放也在影响着该点位的

表5 园区各点位 $\rho(\text{位苯})/\rho(\text{甲苯})$ ①

采样时间	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
2012-07-08	0.130	0.125	0.19	0.151	0.102	0.529	0.066
2012-08-01	>0.5	0	>0.5	0	0.435	0.281	0
2012-08-15	0.545	0.332	>0.5	0.334	0.330	0.223	0.333
2012-08-25	2.48	0.016	>0.5	0	>0.5	0	0
2012-09-21	0.091	0.056	1.16	0.249	0.407	1.49	0.230
2012-10-20	0.080	0.121	3.32	0.336	0.529	0.334	0.300
2012-11-24	11.0	0.051	>0.5	0.108	1.35	0.985	>0.5
2012-12-31	5.00	2.19	>0.5	11.2	6.31	1.48	>0.5
2013-01-18	>0.5	1.16	6.26	5.71	2.67	36.9	3.00
2013-02-28	1.28	0.035	3.11	0.342	3.66	1.19	3.16
2013-04-02	1.62	53.4	2.19	1.25	0	0.574	1.26
2013-05-28	0.146	0.1	0.35	0.100	0.244	0.168	0.246
2013-06-02	0.479	0.331	0.36	0.609	0.467	0.467	0.433

①当甲苯未检出时, $\rho(\text{位苯})/\rho(\text{甲苯}) > 0.5$ 。

大气环境质量情况。考虑到天气、机动车燃料类型,园区厂界内排污口分布等诸多影响因素的存在,实际的 VOCs 污染情况可能会更复杂些。

3 结论

(1)该化工园区大气中检出挥发性有机物共有 58 种,组分有芳香烃、饱和烷烃、卤代烃、烯烃、醛酯类化合物及其他类。VOCs 污染物的检出数量为园区点位 > 敏感点位 > 对照点位;

(2)苯、甲苯、乙苯、二甲苯是该化工园区的主要挥发性有机污染物,为 $1.0 \sim 194 \mu\text{g}/\text{m}^3$,均未超过文献[12-13]规定限值。与国内外其他地区相比,化工园区及周边地区环境空气中苯系物值处于中等水平;

(3)季节变化影响着各采样点位大气中主要 VOCs 总浓度的分布,背景点位和园区点位大气中主要 $\rho_{\text{总}}(\text{VOCs})$ 在秋冬季最高,敏感点大气 VOCs 随季节变化也较为明显。从各点位大气中主要 $\rho_{\text{总}}(\text{VOCs})$ 年均值水平看,园区 T1 和 T2 高于敏感点位,背景点位年均值最低;

(4)大气 VOCs 初步来源分析,园区点位除了汽车尾气排放之外,溶剂的挥发和生产工艺中污染物的排放也增加了大气中苯系物的浓度,同时也对敏感点位和对照点位的大气质量产生了一定的影响。

[参考文献]

[1] 赵秋月,夏思佳,李冰,等. 江苏省工业 VOCs 排放现状与管理对策研究[J]. 环境监控与预警,2012,4(5):41-42.

[2] 孙丽娜,刘刚. 环境空气中挥发性有机污染物的研究现状[J]. 环境与健康杂志,2011,28(10):930-932.

[3] 官庆超,牛志广,陈彦熹,等. 环境空气中挥发性有机物的健康风险评价研究进展[J]. 安全与环境学报,2012,12(3):84-87.

[4] 张娟,王永花,孙成. 固相微萃取气相色谱法测定空气样品中的苯系物[J]. 分析科学学报,2010,26(4):379-382.

[5] 沈咏洁,徐建平,夏琴,等. 固体吸附热脱附气相色谱质谱法测定半导体行业废气中的 VOCs[J]. 中国环境监测,2009,25(4):42-45.

[6] 胡冠九,穆肃,张祥志,等. 空气中挥发性有机物污染状况及健康风险评价[J]. 环境监控与预警,2010,2(1):5-7.

[7] 朱丽波,徐能斌,应红梅,等. 宁波市环境空气中 VOCs 污染状况及变化趋势分析[J]. 中国环境监测,2012,28(5):24-28.

[8] 魏恩祺,时庭锐,李利荣,等. 天津市大气中挥发性有机物的组成及分布特点[J]. 中国环境监测,2010,26(4):4-8.

[9] 曹文文,史建武,韩斌,等. 我国北方典型城市大气中 VOCs 的组成及分布特征[J]. 中国环境科学,2012,32(2):200-206.

[10] 徐锋,钱晓曙,孙志刚,等. 绍兴市某工业区大气中挥发性有机物污染状况的研究[J]. 中国环境监测,2011,27(2):45-47.

[11] DUAN J C, TAN J H, YANG L, et al. Concentration, sources and ozone formation potential of volatile organic compounds (VOCs) during ozone episode in Beijing [J]. Atmospheric Research, 2008, 88:25-35.

[12] 中华人民共和国卫生部. 工业企业设计卫生标准: TJ 36-1979[S]. 北京:中国标准出版社,1979.

[13] 国家质量监督检验检疫总局,国家环境保护总局,中华人民共和国卫生部. 室内空气质量标准: GB/T 18883-2002[S]. 北京:中国环境科学出版社,2002.

[14] PEKEY B, YILMAZ H. The use of passive sampling to monitor spatial trends of volatile organic compounds (VOCs) at an indus-