

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第32卷 第12期

Vol.32 No.12

2011

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目 次

序	郝郑平 (3461)
我国工业 VOCs 减排控制与管理对策研究	王海林, 张国宁, 聂磊, 王宇飞, 郝郑平 (3462)
我国 VOC 类有毒空气污染物优先控制对策探讨	陈颖, 李丽娜, 杨常青, 郝郑平, 孙汉坤, 李瑶 (3469)
工业固定源 VOCs 治理技术分析评估	栾志强, 郝郑平, 王喜芹 (3476)
工业挥发性有机物排放控制的有效途径研究	江梅, 张国宁, 魏玉霞, 邹兰, 张明慧 (3487)
台湾地区 VOCs 污染控制法规、政策和标准	栾志强, 王喜芹, 郑雅楠, 刘平 (3491)
国外固定源 VOCs 排放控制法规与标准研究	张国宁, 郝郑平, 江梅, 王海林 (3501)
挥发性有机物税收政策对我国经济的影响分析	刘昌新, 王宇飞, 王海林, 郝郑平, 王铮 (3509)
民用生物质燃烧挥发性有机化合物排放特征	李兴华, 王书肖, 郝吉明 (3515)
北京及周边地区大气羰基化合物的时空分布特征初探	王琴, 邵敏, 魏强, 陈文泰, 陆思华, 赵越 (3522)
北京市 BTEX 的污染现状及变化规律分析	孙杰, 王跃思, 吴方堃 (3531)
上海城区典型污染过程 VOCs 特征及臭氧潜势分析	崔虎雄, 吴迺名, 高松, 段玉森, 王东方, 张懿华, 伏晴艳 (3537)
长沙大气中 VOCs 研究	刘全, 王跃思, 吴方堃, 孙杰 (3543)
佛山灰霾期挥发性有机物的污染特征	马永亮, 谭吉华, 贺克斌, 程远, 杨复沫, 余永昌, 谭赞华, 王洁文 (3549)
深圳市显著排放 VOCs 的园林植物调查与分析	 黄爱葵, 李楠, Alex Guenther, Jim Greenberg, Brad Baker, Michael Graessli, 白建辉 (3555)
北京地区城乡结合部大气挥发性有机物污染及来源分析	周裕敏, 郝郑平, 王海林 (3560)
北京城乡结合部空气中挥发性有机物健康风险评价	周裕敏, 郝郑平, 王海林 (3566)
城市污水处理厂恶臭挥发性羰基化合物的排放特征	周咪, 王伯光, 赵德骏, 张春林, 古颖纲 (3571)
城市污水处理厂挥发性卤代有机物的排放特征及影响因素研究	何洁, 王伯光, 刘舒乐, 赵德骏, 唐小东, 邹宇 (3577)
城市污水处理厂恶臭挥发性有机物的感官定量评价研究	刘舒乐, 王伯光, 何洁, 唐小东, 赵德骏, 郭薇 (3582)
植物释放挥发性有机物 (BVOC) 向二次有机气溶胶 (SOA) 转化机制研究	李莹莹, 李想, 陈建民 (3588)
NO ₃ 自由基与 3 种环醚的大气化学反应动力学研究	盖艳波, 葛茂发, 王炜罡 (3593)
3-甲基-3-丁烯基-1-醇与硫酸/过氧化氢混合溶液的吸收反应研究	王天鹤, 刘泽, 葛茂发, 王炜罡 (3599)
水中挥发性有机物的分析方法综评	许秀艳, 朱擎, 谭丽, 梁宵, 张颖, 滕思江 (3606)
新型动态针捕集阱技术分析大气中低浓度的 VOCs	李想, 陈建民 (3613)
大气中总挥发性有机硫化物检测方法的研究	王艳君, 郑晓玲, 何鹰, 张栋, 王保栋 (3617)
全自动阵列离子迁移谱仪连续监测挥发性有机化合物	 周庆华, 仓怀文, 鞠帮玉, 李林, 杜永斋, 陈创, 侯可勇, 李京华, 王卫国, 李海洋 (3623)
膜进样-单光子电离/化学电离-质谱仪在线检测水中 VOCs	 花磊, 吴庆浩, 侯可勇, 崔华鹏, 陈平, 赵无垠, 谢园园, 李海洋 (3628)
工业园区 TVOC 和恶臭的电子鼻检测技术研究	田秀英, 蔡强, 叶朝霞, 郭威, 卢岩文, 张永明 (3635)
电子鼻检测污染土壤中挥发性氯代烃的适用性研究	卜凡阳, 文晓刚, 万梅, 刘锐, 蔡强, 陈吕军, 张永明 (3641)
工业管道中丙烯酸酯类物质的监测与分析	吴彬, 张红燕, 陆林光 (3647)
硅改性制备疏水性沸石分子筛蜂窝体	王喜芹, 李凯, 魏冰, 栾志强 (3653)
氧化锰八面体分子筛的合成及其对苯催化氧化性能	李东艳, 刘海弟, 陈运法 (3657)
蜂窝状活性炭对 VOCs 的吸-脱附性能研究	韩忠娟, 罗福坤, 李泽清 (3662)
混合气体直接吸附分离回收过程研究	王红玉, 羌宁, 胡瑕 (3667)
生物滴滤降解氯苯废气的实验研究	周卿伟, 朱润晔, 胡俊, 张丽丽, 陈建孟 (3673)
复合吸收技术净化复杂工业有机废气	陈定盛, 岑超平, 唐志雄, 方平, 陈志航 (3680)
烘房 VOCs 废气治理技术路线探析	李泽清, 罗福坤 (3685)
Co ₃ O ₄ 纳米棒的制备及其对气相甲苯的催化氧化	闫清云, 李新勇, 肇启东, 曲振平 (3689)
Si 掺杂 TiO ₂ 纳米管阵列制备、表征及其光催化氧化降解室内典型 VOCs	邹学军, 李新勇, 曲振平, 王疆疆 (3694)
基于现场试验的石油类污染物自然衰减能力研究	贾慧, 武晓峰, 胡黎明, 刘培斌 (3699)
膜分离法处理加油站油气研究	朱玲, 陈家庆, 张宝生, 王建宏 (3704)
机动车加油过程中气液两相流动特性的 CFD 数值模拟	陈家庆, 张男, 王金惠, 朱玲, 尚超 (3710)
《环境科学》第 32 卷 (2011 年) 总目录	(3717)
《环境科学》征稿简则 (3679) 《环境科学》征订启事 (3684) 信息 (3554, 3616, 3622, 3672)	

工业管道中丙烯酸酯类物质的监测与分析

吴彬, 张红燕, 陆林光

(浙江传化股份有限公司, 杭州 311215)

摘要:首次提出了一种运用大气采样同时结合气质联用仪器和霍尼韦尔废气处理系统对工业废气, 尤其是对丙烯酸酯类气体物质进行定性、定量的分析方法. 通过实验, 计算出了该霍尼韦尔废气处理系统对丙烯酸酯类物质蒸气的处理能力约为 $1 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$, 同时还验证了该方法的可行性和有效性.

关键词:工业废气; 丙烯酸酯; 检测与分析方法; 大气采样; 气相色谱质谱联用 (GC-MS)

中图分类号: X831 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2011)12-3647-06

Test and Analysis of Acrylic Acid Ester in Industry Pipelines

WU Bin, ZHANG Hong-yan, LU Lin-guang

(Zhejiang Transfar Co. Ltd., Hangzhou 311215, China)

Abstract: A new quality and quantity analyzing method for waste gas from chemical industry, especially for acrylic acid ester using air-sampling combined with GC/MS and honeywell air purifier system was firstly advanced in this paper. According to the experiments, the maximum disposal capability of the honeywell air purifier system for acrylic acid ester gas was calculated as about $1 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ and the feasibility and validity of the method was also proved by parallel tests.

Key words: industrial waste gas; acrylic acid ester; test and analysis methods; air-sampling; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

大气污染是我国目前最突出的环境问题之一^[1,2], 工业废气是大气污染物的重要来源. 工业废气中最难处理的就是有机废气, 有机废气通过呼吸道和皮肤进入人体后, 能给人的呼吸、血液、肝脏等系统和器官造成暂时性和永久性病变^[3], 因此对这些污染源进行准确监测显然是一项至关重要的工作. 本研究根据环境监测工作实践, 首次运用大气采样同时结合气质联用仪器对工业废气, 尤其是对丙烯酸酯类气体物质进行定性、定量的分析. 实验表明, 该方法能较为准确地反映工业废气污染源环境污染状况而且又简单易行. 目前, 国内外在该领域研究中虽然对污染源监测数据的分析与评价方法较多, 但尚鲜见报道关于我公司主要异味废气——丙烯酸酯的国家标准或者其他检测方法. 该研究不仅有利于准确了解污染物排放状况, 而且对于有效实施主要污染物排放总量控制计划、切实改善环境质量具有重要的作用.

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 主要试剂

本实验所需的试剂均为分析纯, 且均购自西陇化工股份有限公司. 主要试剂有: 二甲苯、丙烯酸丁酯 (BA)、丙烯酸乙酯 (EA)、甲基丙烯酸甲酯

(MMA)、浓硫酸、甲醛、无水硫酸钠、二硫化碳 (用前需纯化).

1.1.2 设备

大气采样仪 CQ-2B (北京市劳动保护科学研究所); 气质联用仪 6890/5975 (美国安捷伦); GC/MS 仪器参数: 气化室温度 250°C ; 载气流量 $0.8 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$; 梯度升温 50°C 保持 1 min, $10^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 到 90°C 保持 2 min, $12^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 到 260°C 保持 5 min. 电子轰击离子源 (EI); 温度 230°C ; 四极杆质量分析器温度 150°C ; 接口温度 280°C ; 电子能量 70 eV; 全扫描范围 m/z 30 ~ 800; 扫描速率 $5.98 \text{ 次} \cdot \text{s}^{-1}$. 椰子壳活性炭管 (北京市劳动保护科学研究所); $10 \mu\text{L}$ 微量注射器 (美国安捷伦); 霍尼韦尔废气处理系统 (美国霍尼韦尔公司, 示意图如图 1, 后面简称霍尼韦尔系统).

1.2 实验方法

1.2.1 采样点

浙江传化股份有限公司桥南分工厂所设的霍尼韦尔系统进出口处的管道, 即图 1 中的采样点 1 和采样点 2.

1.2.2 实验方案

收稿日期: 2011-05-09; 修订日期: 2011-07-27

作者简介: 吴彬 (1981 ~), 男, 工程师, 主要研究方向为化工分析技术, E-mail: wb@etransfar.com

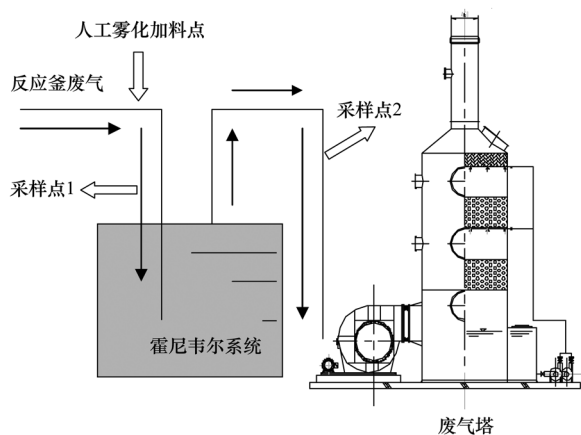


图1 霍尼韦尔系统及实验方案示意

Fig. 1 Scheme of Honeywell Air Purifier System and experiment

首先通过在相应的管路上开口、采集、检测实际生产过程中,经霍尼韦尔系统前后的废气成分和浓度,作出该系统对废气的选择性判断. 然后通过人为制造霍尼韦尔系统最大处理浓度(人工雾化丙烯酸酯)的方法,采集并检测该系统的处理能力. 最后根据本研究建立的测定方法,选择活性炭管为采集管,利用二硫化碳为提取液,对现有废气(苯、甲苯、二甲苯和丙烯酸酯类等)进行定性定量分析.

1.2.3 实验步骤

(1) 二硫化碳的纯化方法^[4,5]

取 1 mL 甲醛于 100 mL 的浓硫酸中,混匀后作为甲醛-浓硫酸萃取液. 取市售的二硫化碳 250 mL 于 500 mL 分液漏斗中,加入 20 mL 的甲醛-浓硫酸萃取液,振荡 5 min 后分层(注意及时放气). 经多次萃取到二硫化碳呈无色后,然后用 H_2O 洗至 CS_2 溶液呈中性(用 pH 试纸测)无水硫酸钠脱水,将溶液倒入试剂瓶中,再加入无水硫酸钠(Na_2SO_4)垫底约 1~2 cm.

(2) 标准曲线的制备

在 10 mL 棕色容量瓶中,先加少许二硫化碳,再用微量注射器分别准确加入 20、50、100、200 和 500 μL 丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯和二甲苯的分析纯混合标样,用二硫化碳定容,配成浓度为 2、5、10、20 和 50 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的标准样品. 用 1 μL 微量注射器进样,用气相色谱质谱联用仪检测.

(3) 霍尼韦尔系统对废气选择性的检测

检测实际生产中的废气:在桥南工厂生产过程中,用大气采样仪(流量 $0.8\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$,吸附系统为活性炭)采集流经霍尼韦尔系统前后管路中的气体,采样时间 40 min 后,利用 GC/MS 用外标法检测

气体成分和浓度.

(4) 霍尼韦尔系统对丙烯酸酯最大处理能力的检测

利用喷雾设备,人工制造丙烯酸酯(BA、EA)的高浓度蒸汽,达到霍尼韦尔系统的最大处理能力,用大气采样仪(流量 $0.8\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$,吸附系统为活性炭)采集(40 min)并检测进口浓度和经处理后的浓度,计算出该系统的最大处理能力.

2 结果与讨论

2.1 检测方法的建立

首先配制几种不同浓度的由丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸丁酯、二甲苯组成的混合标样,并用 GC/MS 进行检测,所得的各标样的峰面积和总浓度的关系以及各标样的质谱图如图 2~9 所示. 可以看出,无论是丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸丁酯还是二甲苯,均可以用 GC/MS 方法检测出来,而且其混合标样的总浓度与各标样的峰面积之间都是成线性增长的关系,由此可以证实此类物质可以用 GC/MS 仪器并用外标法进行检测.

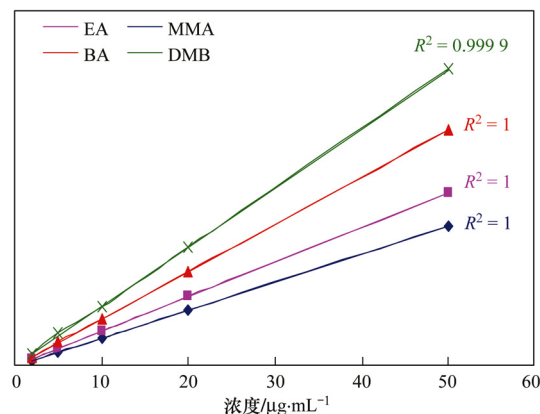


图2 EA、BA、MMA 和 DMB 标样峰面积与所配制的不同混合标样浓度之间的线性关系

Fig. 2 Linearity relationship between peak areas of selected separated standard samples and different mixed standard sample concentrations

2.2 采样时间的选择

本研究将 4 组由 2 根完全相同的活性炭管串联而成的大气取样管(见图 10)插入密闭的、已平衡 24 h 且装有 EA、MMA、BA、DMB 的 2 L 量筒中,分别采样 20、30、45、60 min,顶空采集气体(流量为 $0.8\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$)后,用二硫化碳提取 10 min,通过检测每一组中所串联的活性炭管所吸附的标样浓度来确定活性炭的饱和吸附量,从而确定所需采集的时间,

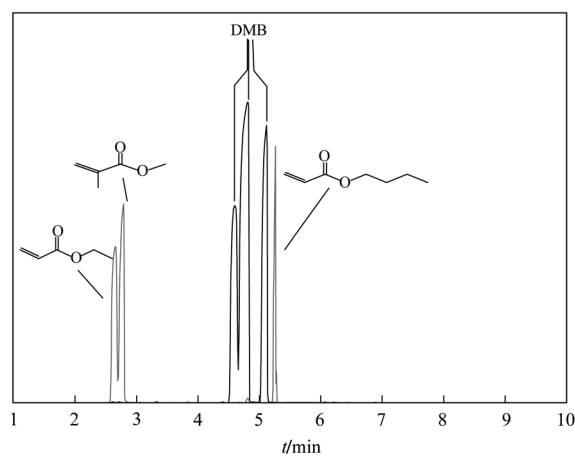


图 3 采集混合标样的总离子流图
Fig. 3 Total ion chromatogram of mixed standard sample

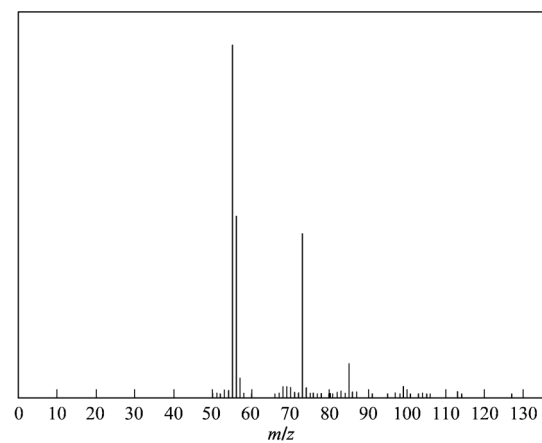


图 6 丙烯酸丁酯质谱图
Fig. 6 Mass spectrum of BA

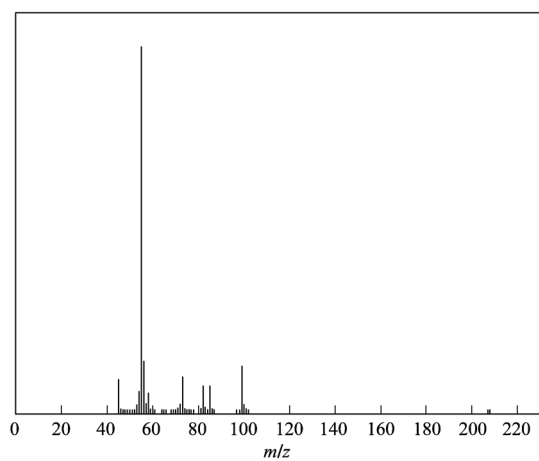


图 4 丙烯酸乙酯质谱图
Fig. 4 Mass spectrum of EA

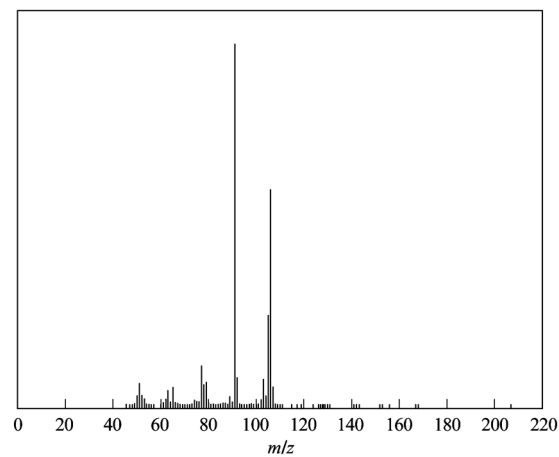


图 7 对二甲苯质谱图
Fig. 7 Mass spectrum of *p*-DMB

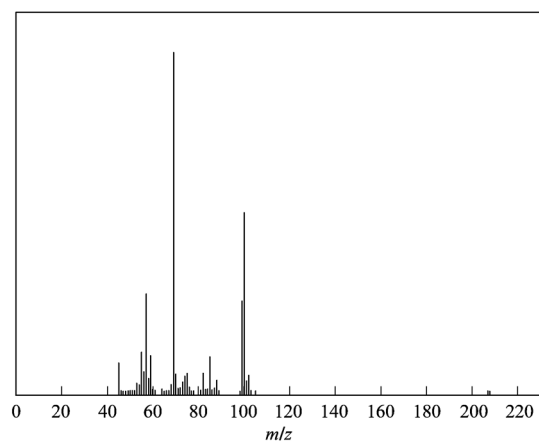


图 5 甲基丙烯酸甲酯质谱图
Fig. 5 Mass spectrum of MMA

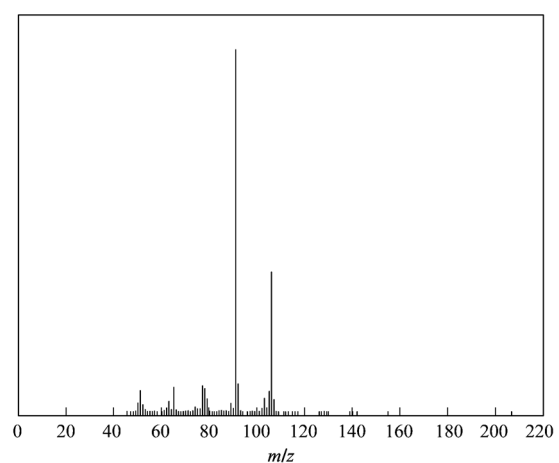


图 8 间二甲苯质谱图
Fig. 8 Mass spectrum of *m*-DMB

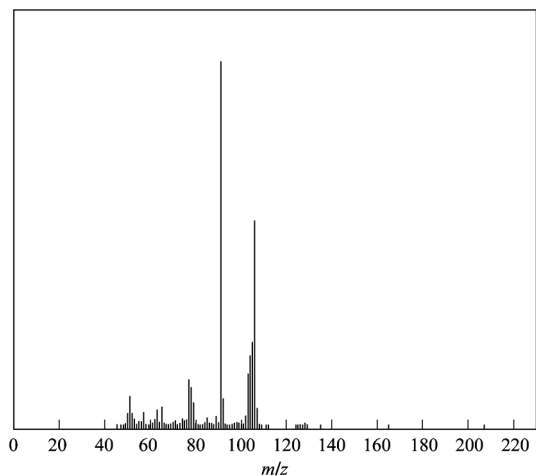


图 9 邻二甲苯质谱图

Fig.9 Mass spectrum of *o*-DMB

所得的数据见表 1. 从中可以看出,当采集时间为 40 min 时,对于 EA、MMA、BA 和 DMB 标样,均能在 2 号活性炭管中检测到,说明此时 1 号活性炭管的吸附量均达到了饱和,由此笔者认为在对由 EA、MMA、BA 和 DMB 组成的被测气体进行采集吸附时,选择采集时间为 40 min 是安全、合适的.

2.3 霍尼韦尔系统对废气的选择性

图 11 和图 12 分别是在采样点 1、采样点 2 在气体流量为 $0.8\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$,吸附系统为活性炭,采集时间为 40 min 的条件下所采集到的废气的 GC/MS 检测总离子流图,表 2 是对所得的总离子流图进行分析后所得的数据,从中的数据可以看出,本实验所研究的反应釜管路中的废气主要由甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯、丙烯酸丁酯和二甲苯这 4

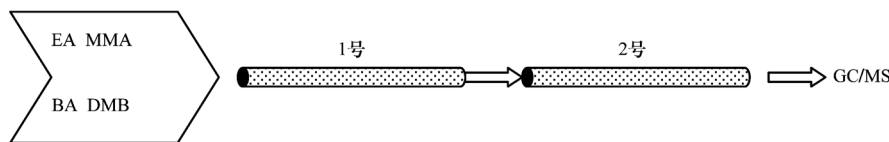


图 10 一组活性炭大气取样管示意

Fig.10 Scheme of an activated carbon atmosphere taking sampling tub

表 1 在采集不同时间段里所测得的每根活性炭管中标样的浓度¹⁾/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

Table 1 Concentrations of the selected standard samples collected at different times in every activated carbon tub/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

吸附时间/ min	编号	EA	MMA	BA	DMB
20	1 号	23 587	34 511	50 009	1 278
	2 号	0	0	0	0
30	1 号	28 008	38 011	54 017	1 985
	2 号	0	2	0	0
40	1 号	32 005	40 081	60 115	2 372
	2 号	12	15	15	12
60	1 号	34 642	43 582	64 219	2 672
	2 号	396	295	322	50

1) 二甲苯浓度是指 3 种二甲苯的同分异构体的总浓度

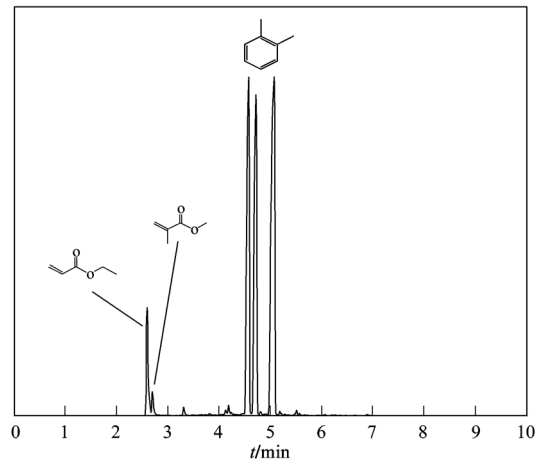


图 11 采样点 1 中气体的总离子流图

Fig.11 Total ion chromatogram of gas in sample 1

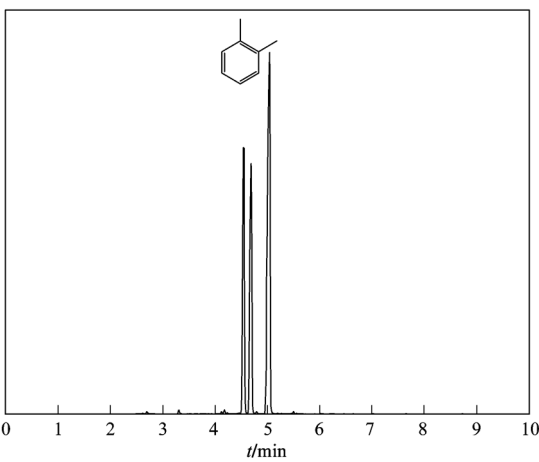


图 12 采样点 2 中气体的总离子流图

Fig.12 Total ion chromatogram of gas in sample 2

表 2 霍尼韦尔系统处理前后所采集到的废气的浓度¹⁾/mg·L⁻¹

Table 2 Concentrations of exhaust gas before and after being disposed by honeywell air purifier system/mg·L⁻¹

采样位置	EA		MMA		BA		DMB	
	活性炭管 吸附浓度	管路中 实际浓度	活性炭管 吸附浓度	管路中 实际浓度	活性炭管 吸附浓度	管路中 实际浓度	活性炭管 吸附浓度	管路中 实际浓度
采样点 1	2 588	0. 08	605	0. 02	0	0	1 587	0. 05
采样点 2	0	0	0	0	0	0	840	0. 03

1) DMB(二甲苯)浓度是指 3 种二甲苯的同分异构体的总浓度;采样点 1、采样点 2 的气体流量均为 0. 8 L·min⁻¹, 吸附系统为活性炭, 采集采样时间为 40 min

种有害物质组成. 从表 2 中的数据还可以看出, 经霍尼韦尔系统处理后, 丙烯酸酯类物质如甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯、丙烯酸丁酯的浓度均减少到了零, 而二甲苯的浓度虽然有所变化, 但是变化幅度较小, 这是由霍尼韦尔系统本身体积稀释所致的. 因此, 可以得出霍尼韦尔系统对废气的处理是有选择性的, 其对丙烯酸酯类物质的处理能力尤为显著.

2.4 霍尼韦尔系统对丙烯酸酯类物质的最大处理能力

表 3 是第 2 次在采样点 1、采样点 2 在气体流量

为 0. 8 L·min⁻¹, 吸附系统为活性炭, 采集时间为 40 min 的条件下所采集到的有关丙烯酸酯类废气后, 用 GC/MS 检测分析得到的各物质的浓度. 由于已知霍尼韦尔系统管路中的实际风速为 6 720 000 L·h⁻¹, 因此可以根据公式:

霍尼韦尔系统处理能力 = (处理前浓度 - 处理后浓度) × 体积

计算出该系统对 EA 的处理能力为: (0. 175 - 0. 014 mg·L⁻¹) × 6 720 000 L·h⁻¹ = 1 081. 9 g·h⁻¹; 该系统对 BA 的处理能力为: (0. 127 - 0. 013 mg·L⁻¹) × 6 720 000 L·h⁻¹ = 766. 1 g·h⁻¹.

表 3 霍尼韦尔系统处理前后所采集到的丙烯酸酯类废气的浓度¹⁾/mg·L⁻¹

Table 3 Concentrations of acrylic acid ester exhaust gas such as before and after being disposed by honeywell air purifier system/mg·L⁻¹

采样位置	EA		MMA		BA	
	活性炭管吸附浓度	管路中实际浓度	活性炭管吸附浓度	管路中实际浓度	活性炭管吸附浓度	管路中实际浓度
采样点 1	2 800	0. 175	0	0	2 037	0. 127
采样点 2	461	0. 014	0	0	416	0. 013

1) 采样点 1 和采样点 2 的气体流量为 0. 8 L·min⁻¹, 吸附系统为活性炭, 采集采样时间为 40 min

2.5 平行性实验

本实验中, 选取 EA 作为标准样品, 顶空采集气体(流量为 0. 8 L·min⁻¹) 40 min, 用二硫化碳提取 10 min, 并对该方法做 6 次平行性实验再计算其相对标准偏差, 所得数据如表 4 所示. 精密度试验结果显示, 其相对标准偏差仅为 1. 37%, 因此可以证实该方法是有效的并切实可行性的.

表 4 平行性实验数据

Table 4 Data of parallel tests

序号	测试结果 /mg·L ⁻¹	平均值 /mg·L ⁻¹	相对标准 偏差/%
1	32 005	32 674	1. 37
2	32 910		
3	33 050		
4	32 219		
5	32 822		
6	33 040		

2.6 方法回收率和检出限

本实验中, 选取 EA 作为标准样品进行回收率

和检出限的测定(表 5).

按气体流动方向接好如下管路: 高纯氮气钢瓶-皂膜流量计-活性炭管-CQ-2B 大气采样仪. 从活性炭管气体入口处注射适量 EA 标液, 开始采集高纯氮, 在采集过程中使用皂膜流量计检测流速, 测试时间为 30 min, 流量为 0. 8 L·min⁻¹, 将管密封, 进行 GC-MS 定性、定量分析.

回收率 = (活性炭管内测得的 EA 浓度 × 100%) / 理论注射 EA 浓度.

表 5 回收率实验数据

Table 5 Data of recovery rate

序号	理论值 /mg·L ⁻¹	测试结果 /mg·L ⁻¹	回收率 /%	平均值 /%
1	20 000	9 501	95. 01	95
2	30 000	18 918	94. 59	
3	50 000	28 542	95. 14	

检出限本研究选取响应为 10 倍基线噪音相对应的浓度, 为 0. 2 mg·L⁻¹.

3 结论

(1) 霍尼韦尔废气处理系统对废气的处理有选择性,其对丙烯酸酯类物质的处理能尤其突出.

(2) 霍尼韦尔废气处理系统对丙烯酸酯类物质蒸汽的处理能力约为 $1 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$.

致谢:感谢浙江传化股份有限公司仪器分析中心和生产管理中心的工作人员在实验过程中的大力协助.

参考文献:

- [1] 赵晓明,董育新,王一函. 大气污染物的综合防治[J]. 承德民族师专学报,2005,**25**(2):61-62.
- [2] 王卓雅,赵跃民,高淑玲. 论中国燃煤污染及其防治[J]. 煤炭技术,2004,**23**(7):4-6.
- [3] 钟正贤,杨秀芬,陈学芬,等. 显齿蛇葡萄叶提取物对苯并芘染毒小鼠血清和肝脏抗氧化酶的影响[J]. 中国中医药科技,2010,**17**(2):125-126.
- [4] 陈江意,傅敏红,翁飞亚. 对二硫化碳提取气相色谱法测定空气中苯的若干建议[J]. 工程质量,2007,**25**(12):52-53.
- [5] GB/T 18883-2002, 室内空气质量标准[S].

CONTENTS

Preface	HAO Zheng-ping(3461)
Study on Control and Management for Industrial Volatile Organic Compounds (VOCs) in China	
.....	WANG Hai-lin, ZHANG Guo-ning, NEI Lei, <i>et al.</i> (3462)
Countermeasures for Priority Control of Toxic VOC Pollution	CHEN Ying, LI Li-na, YANG Chang-qing, <i>et al.</i> (3469)
Evaluation of Treatment Technology of Volatile Organic Compounds for Fixed Industrial Resources	LUAN Zhi-qiang, HAO Zheng-ping, WANG Xi-qin(3476)
Emission Control Way of Volatile Organic Compounds in Industry	JIANG Mei, ZHANG Guo-ning, WEI Yu-xia, <i>et al.</i> (3487)
Regulations and Policies for Control of Volatile Organic Compounds and the Emission Standards in Taiwan	
.....	LUAN Zhi-qiang, WANG Xi-qin, ZHENG Ya-nan, <i>et al.</i> (3491)
Study on Foreign Regulations and Standards of Stationary Sources VOCs Emission Control	ZHANG Guo-ning, HAO Zheng-ping, JIANG Mei, <i>et al.</i> (3501)
VOCs Tax Policy on China's Economy Development	LIU Chang-xin, WANG Yu-fei, WANG Hai-lin, <i>et al.</i> (3509)
Characteristics of Volatile Organic Compounds (VOCs) Emitted from Biofuel Combustion in China	LI Xing-hua, WANG Shu-xiao, HAO Ji-ming(3515)
Spatial and Temporal Variations of Ambient Carbonyl Compounds in Beijing and Its Surrounding Areas	
.....	WANG Qin, SHAO Min, WEI Qiang, <i>et al.</i> (3522)
Analysis on Status Pollution and Variation of BTEX in Beijing	SUN Jie, WANG Yue-si, WU Fang-kun(3531)
Characteristics of Ambient VOCs and Their Role in O ₃ Formation; A Typical Air Pollution Episode in Shanghai Urban Area	
.....	CUI Hu-xiong, WU Ya-ming, GAO Song, <i>et al.</i> (3537)
Observation and Study on Atmospheric VOCs in Changsha City	LIU Quan, WANG Yue-si, WU Fang-kun, <i>et al.</i> (3543)
Characteristics of Volatile Organic Compounds During Haze Episode in Foshan City	
.....	MA Yong-liang, TAN Ji-hua, HE Ke-bin, <i>et al.</i> (3549)
Investigation on Emission Properties of Biogenic VOCs of Landscape Plants in Shenzhen	
.....	HUANG Ai-kui, LI Nan, Alex Guenther, <i>et al.</i> (3555)
Pollution and Source of Atmospheric Volatile Organic Compounds in Urban-rural Juncture Belt Area in Beijing	
.....	ZHOU Yu-min, HAO Zheng-ping, WANG Hai-lin(3560)
Health Risk Assessment of Atmospheric Volatile Organic Compounds in Urban-rural Juncture Belt Area	ZHOU Yu-min, HAO Zheng-ping, WANG Hai-lin(3566)
Source Emission Characteristics of Malodorous Volatile Organic Carbonyls from a Municipal Sewage Treatment Plant	
.....	ZHOU Mi, WANG Bo-guang, ZHAO De-jun, <i>et al.</i> (3571)
Source Emission Characteristics and Impact Factors of Volatile Halogenated Organic Compounds from Wastewater Treatment Plant	
.....	HE Jie, WANG Bo-guang, LIU Shu-le, <i>et al.</i> (3577)
Quantification Assessment of the Relationship Between Chemical and Olfactory Concentrations for Malodorous Volatile Organic Compounds	
.....	LIU Shu-le, WANG Bo-guang, HE Jie, <i>et al.</i> (3582)
Study on Transformation Mechanism of SOA from Biogenic VOC Under UV-B Condition	LI Ying-ying, LI Xiang, CHEN Jian-min(3588)
Kinetic Studies on the Gas-phase Reactions of NO ₃ Radicals with Three Cyclic Ethers	GAO Yan-bo, GE Mao-fa, WANG Wei-gang(3593)
Uptake of 3-methyl-3-buten-1-ol into Aqueous Mixed Solution of Sulfuric Acid and Hydrogen Peroxide	WANG Tian-he, LIU Ze, GE Mao-fa, <i>et al.</i> (3599)
An Overview on Analytical Method of Volatile Organic Compounds in Water	XU Xiu-yan, ZHU Qing, TAN Li, <i>et al.</i> (3606)
Determination of Low Concentration VOCs in Air by a Newly Designed Needle Trap Device	LI Xiang, CHEN Jian-min (3613)
Research on Determination of Total Volatile Organic Sulfur Compounds in the Atmosphere	
.....	WANG Yan-jun, ZHENG Xiao-ling, HE Ying, <i>et al.</i> (3617)
Automatic Continuous Monitoring of Volatile Organic Compounds Using Ion Mobility Spectrometer Array	
.....	ZHOU Qing-hua, CANG Huai-wen, JU Bang-yu, <i>et al.</i> (3623)
Development of a Membrane Inlet-Single Photon Ionization/Chemical Ionization-Mass Spectrometer for Online Analysis of VOCs in Water	
.....	HUA Lei, WU Qing-hao, HOU Ke-yong, <i>et al.</i> (3628)
Detection of TVOC and Odor in Industrial Park Using Electronic Nose	TIAN Xiu-ying, CAI Qiang, YE Zhao-xia, <i>et al.</i> (3635)
Applicability of an Electronic Nose for Detection of Volatile Chlorinated Hydrocarbons in Soil	
.....	BU Fan-yang, WEN Xiao-gang, WAN Mei, <i>et al.</i> (3641)
Test and Analysis of Acrylic Acid Ester in Industry Pipelines	WU Bin, ZHANG Hong-yan, LU Lin-guang(3647)
Preparation of Honeycombed Monolithic Zeolite and Hydrophobic Modification with SiCl ₄	WANG Xi-qin, LI Kai, WEI Bing, <i>et al.</i> (3653)
Synthesis of Manganese Oxide Octahedral Molecular Sieve and Their Application in Catalytic Oxidation of Benzene	LI Dong-yan, LIU Hai-di, CHEN Yun-fa(3657)
Adsorption-Desorption Performance of Honeycomb-Shaped Activated Carbon	HAN Zhong-juan, LUO Fu-kun, LI Ze-qing(3662)
Process of Adsorption and Separating Recovery Solvents from Vapor Mixture Directly	WANG Hong-yu, QIANG Ning, HU Xia(3667)
BTF Performance Treating a Chlorobenzene-Contaminated Gas Stream	ZHOU Qing-wei, ZHU Run-ye, HU Jun, <i>et al.</i> (3673)
Purification of Complicated Industrial Organic Waste Gas by Complex Absorption	CHEN Ding-sheng, CEN Chao-ping, TANG Zhi-xiong, <i>et al.</i> (3680)
Analysis of the Treatment Technology Pathway of VOCs Released from Oven	LI Ze-qing, LUO Fu-kun(3685)
Fabrication of Co ₃ O ₄ Nanorods and Its Catalytic Oxidation of Gaseous Toluene	YAN Qing-yun, LI Xin-yong, ZHAO Qi-dong, <i>et al.</i> (3689)
Preparation, Characterization of Si Doped TiO ₂ Nanotubes and Its Application in Photocatalytic Oxidation of VOCs	
.....	ZOU Xue-jun, LI Xin-yong, QU Zhen-ping, <i>et al.</i> (3694)
Research of the Natural Attenuation Capacity of Oil Pollutants Based on <i>in-situ</i> Experiment	JIA Hui, WU Xiao-feng, HU Li-ming, <i>et al.</i> (3699)
Experimental Research of Oil Vapor Pollution Control for Gas Station with Membrane Separation Technology	
.....	ZHU Ling, CHEN Jia-qing, ZHANG Bao-sheng, <i>et al.</i> (3704)
CFD Numerical Simulation onto the Gas-Liquid Two-Phase Flow Behavior During Vehicle Refueling Process	
.....	CHEN Jia-qing, ZHANG Nan, WANG Jin-hui, <i>et al.</i> (3710)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2011年12月15日 32卷 第12期(卷终)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Founded in 1976)

Vol. 32 No. 12 Dec. 15, 2011

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧 阳 自 远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel: 010-62941102, 010-62849343; Fax: 010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencecp. com	Distributed	by	Science Press Tel: 010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencecp. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 70.00元

国外发行代号: M 205

国内 外 公 开 发 行