

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)	

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

(环境保护部华南环境科学研究所, 广州 510655)

摘要:以低浓度、大风量、含无机物、尘粒和油分等成分的复杂工业有机废气为对象,进行复合吸收净化技术的研究,从吸收机制初步探索,对净化设备、工艺流程及工程应用分别进行了探讨. 分别以 3 种不同的表面活性剂溶液为复合吸收剂,考察其处理含甲苯和醋酸丁酯废气的净化效果,结果表明降低复合吸收剂的表面张力,有利于甲苯和醋酸丁酯的去除率. 针对复杂工业有机废气,开发高效吸收设备,集合了水膜、旋流板和填料 3 种吸收净化装置的优点于一体,具有结构简单、体积小、防堵塞及多级高效吸收传质的优势. 工艺流程以吸收技术为主,整合了加热吹脱、燃烧和厌氧等工艺,最终使废气和吸收尾液达标排放. 该技术已在制造、喷涂等多家企业的工程上应用.

关键词:复杂工业有机废气;吸收机制;工艺流程;吸收设备;表面张力

中图分类号:X701 文献标识码:A 文章编号:0250-3301(2011)12-3680-05

Purification of Complicated Industrial Organic Waste Gas by Complex Absorption

CHEN Ding-sheng, CEN Chao-ping, TANG Zhi-xiong, FANG Ping, CHEN Zhi-hang

(South China Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Guangzhou 510655, China)

Abstract: Complicated industrial organic waste gas with the characteristics of low concentration, high wind volume containing inorganic dust and oil was employed the research object by complex absorption. Complex absorption mechanism, process flow, purification equipment and engineering application were studied. Three different surfactants were prepared for the composite absorbent to purify exhaust gas loaded with toluene and butyl acetate, respectively. Results show that the low surface tension of the composite absorbent can improve the removal efficiency of toluene and butyl acetate. With the advantages of the water film, swirl plate and fill absorption device, efficient absorption equipment was developed for the treatment of complicated industrial organic waste gas. It is with superiorities of simple structure, small size, anti-jam and high mass transfer. Based on absorption technology, waste gas treatment process integrated with heating stripping, burning and anaerobic and other processes, so that emissions of waste gas and absorption solution could meet the discharge standards. The technology has been put into practice, such as manufacturing and spraying enterprises.

Key words: complicated industrial organic waste gas; absorption mechanism; process flow; absorption equipment; surface tension

工业有机废气通常成分复杂,不仅含挥发性有机物(volatile organic compounds, VOCs),如苯系、酯类、烃类及醛酮醇类,同时还含无机物、尘粒、黏性颗粒、油分等^[1,2]. 吸收法是将废气中污染物溶解于吸收剂或与其发生反应而使之净化的方法^[3-5],具有对废气的成分、浓度和风量适应范围广、操作控制简单的特点,特别是在净化含有机、无机、尘粒、油分等复杂工业废气方面具有明显的优势. 针对各种喷涂、电子产品和材料生产行业排放的低浓度、大风量、含无机物、尘粒和油分等复杂工业有机废气,本研究对复合吸收净化技术,包括吸收机制、净化设备、工艺流程设计及其工程应用情况进行介绍.

1 吸收机制初步探索

在水中加入活性物质如表面活性剂制成复合吸收剂,通过传质设备可将有机污染物进行吸收从而

使废气得到净化. 国内外对吸收的研究集中在关注吸收剂的选择和配制,以及污染物在气液相的平衡^[4-9]. Zuideweg 等^[10]认为表面张力对传质吸收的影响显著大于密度、黏度、扩散系数等其他物性. 本研究选取应用广泛、典型的阴离子表面活性剂十二烷基苯磺酸钠(sodium dodecylbenzene sulfonate, SDBS),非离子表面活性剂 Tween 20 (polyethylene glycol sorbitan monolaurate),以及自制的表面活性剂 SCOP,加入水中配成不同浓度的复合吸收剂,分析其表面张力与吸收效果的关系和初步探讨作用机制.

收稿日期:2011-05-09;修订日期:2011-07-15

基金项目:广东省科技计划项目重大专项(2007A032301001); 粤港关键领域重点突破项目(东莞专项)(2007168502); 环境保护部华南环境科学研究所中央级公益性科研院所基本科研业务专项

作者简介:陈定盛(1980~),男,硕士,工程师,主要研究方向为复杂工业有机废气治理技术, E-mail: chendingsheng@scies.org

* 通讯联系人, E-mail: cenchaoping@scies.org

1.1 材料与方法

1.1.1 实验材料

十二烷基苯磺酸钠,分析纯试剂,天津市光复精细化工研究所;Tween 20,化学纯试剂,天津市科密欧化学试剂有限公司;表面活性剂 SCOP;甲苯,醋酸丁酯,分析纯试剂,广州化学试剂厂;实验用水为蒸馏水。

1.1.2 方法与流程

高压干燥空气经解压分成 2 路,分别由气体质量流量计控制流量,一路气体进入装有甲苯/醋酸丁酯液体的气体发生装置,带出有机蒸气;与另一路气体在缓冲瓶中汇合并混合均匀,进入吸收塔与复合吸收剂进行逆向吸收实验。吸收塔高为 650 mm,直径为 30 mm,填料层高度为 400 mm,陶瓷拉西环填料 10 mm × 10 mm。气体发生装置置于水浴恒温槽中,通过调节气体的流量来控制有机物的浓度(约 500 mg/m³)。吸收前后的有机物浓度由六通阀定量,再由安捷伦气相色谱仪 6890N 氢火焰检测器(FID)测定。

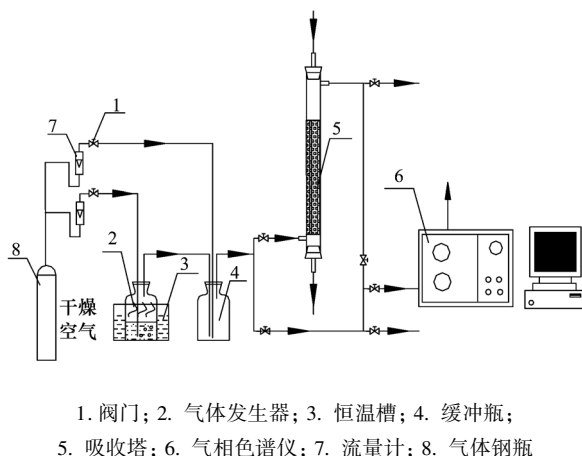


图 1 实验流程示意

Fig. 1 Schematic flow of experiment

(1) 临界胶束浓度 (critical micelle concentration, CMC) 测定

配制浓度为 1、30、140、200、300、400、600 和 1 000 mg/L SCOP 溶液,1、10、100、200、300、400、500、600 和 1 000 mg/L SDBS 溶液,1、10、20、40、60、80、100、200 和 400 mg/L Tween 20 溶液,由 Dataphysics DCAT21 表面/界面张力仪吊片法测定表面张力及临界胶束浓度。

(2) 不同复合吸收剂对甲苯、醋酸丁酯的吸收实验

以浓度为 SCOP(300 mg/L)、SDBS(420 mg/L)

或 Tween 20(80 mg/L) 的溶液为复合吸收剂,水作为对比,分别对含甲苯、醋酸丁酯废气进行吸收实验,测定平均去除率。

(3) 不同浓度的 SCOP 对甲苯、醋酸丁酯的吸收实验

以浓度 1、30、140、300、600、1 000 mg/L 的 SCOP 溶液为复合吸收剂,分别对含甲苯、醋酸丁酯废气进行吸收实验,测定平均去除率。

1.2 结果与讨论

1.2.1 不同复合吸收剂的临界胶束浓度

如图 2 所示,3 种复合吸收剂的表面张力在初期低浓度时都随着浓度增加而快速降低,随后下降速度变缓,直至维持一个比较平稳的数值,表面张力曲线由下降到变缓的转折点对应的表面活性剂浓度就是其临界胶束浓度,也是吸收剂较合适的配制浓度。实验表明临界胶束浓度以 Tween 20(80 mg/L) 为最低,SCOP(300 mg/L) 次之,SDBS(420 mg/L) 最高。SCOP 表面张力降低的幅度最大,其表面活性也最强;而 Tween 20 和 SDBS 表面张力降幅非常接近。

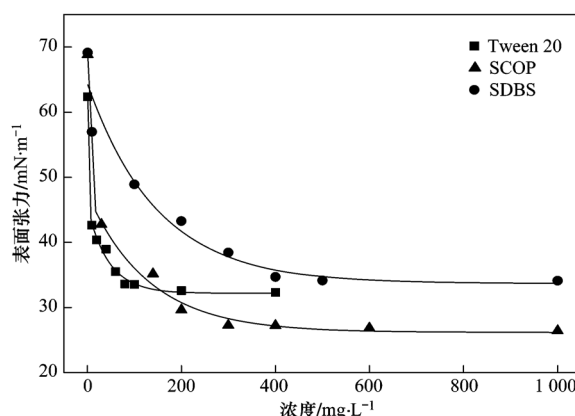


图 2 3 种复合吸收剂的表面张力(25℃)

Fig. 2 Surface tension of three composite adsorbents(25℃)

1.2.2 不同复合吸收剂对甲苯、醋酸丁酯的吸收效果

如表 1 所示,总体上,4 种吸收剂对甲苯和醋酸丁酯的去除效率与表面张力成反比,且甲苯大于醋酸丁酯。以 SCOP 吸收剂的去除效果最佳。Tween 20 和 SDBS 表面张力接近,但去除率相差较大,原因在于分子结构不同,SDBS 是离子表面活性剂,在吸收过程其疏水端容易吸附在吸收剂表面以维持较低表面张力,从而保持较高的去除率,这也为复合吸收剂的筛选提供依据。

1.2.3 SCOP 复合吸收剂对甲苯、醋酸丁酯的吸收

效果

如图 3 所示,随着复合吸收剂中 SCOP 浓度的增加,表面张力迅速下降,对甲苯和醋酸丁酯的去除率快速增加,进一步验证了表面张力与去除率的关系.但当浓度达到 CMC 时,表面张力下降速率缓慢,去除率上升速率也变得缓慢.复合吸收剂浓度的继续增加虽然对去除率的贡献不大,但在实验中发现当浓度超过 CMC 时,由于复合吸收剂表面活性剂缔合形成胶团,从而增大了吸收剂的吸收容量,可以在较长时间内维持对废气中有机污染物的高效吸收.

表 1 复合吸收剂对甲苯、醋酸丁酯的吸收效果
Table 1 Removal effect of toluene and butyl acetate by composite absorbent

复合吸收剂	CMC /mg·L ⁻¹	表面张力 γ /mN·m ⁻¹	平均去除率(6 h)/%	
			甲苯	醋酸丁酯
SCOP	300	27.26	91.26	83.28
SDBS	420	34.35	62.39	57.32
Tween 20	80	33.60	36.56	34.45
水	/	72.06	21.32	19.18

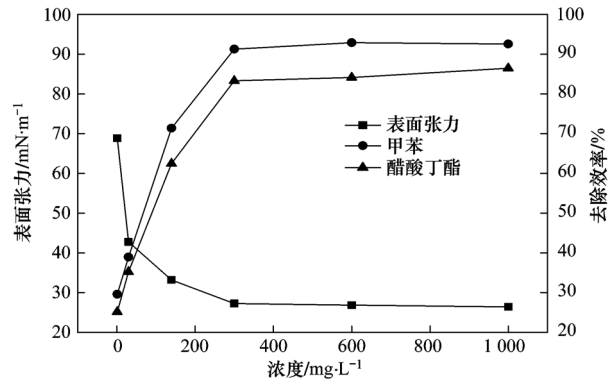


图 3 复合吸收剂 SCOP 对甲苯/醋酸丁酯的去除效率
Fig. 3 Removal efficiency of toluene/ butyl acetate by SCOP

1.2.4 讨论

按热力学观点,缩小液体表面积是使体系能量降低的过程,而在吸收过程中有机污染物由气相进入液相,导致表面积增加,则需要对它做功,功(A)的大小应与新增面积(ΔS)成正比: $-A = \gamma \Delta S$. 对某一特定的污染物的吸收,ΔS 趋于一常数,吸收决定于表面张力 γ. 因此,复合吸收剂的表面张力降低有利于污染物由气相进入液相,提高吸收效率.

2 净化设备

为满足高效去除复杂工业有机废气有机、无机、黏性尘粒等多种形态污染物的要求,研究开发了高效吸收塔^[11]. 高效吸收塔自下而上依次设置了气体

导流板、旋流板、填料层、雾化喷淋器和除雾器,在净化装置的底部设置了切向废气进气管和排液管,顶部设置了排气管,如图 4 所示.

高效吸收塔在运行时,复杂工业有机废气由切向进气管进入吸收净化装置内,在导流板引导下废气沿塔壁向上作螺旋运动,废气中的黏性尘粒在旋转离心力的作用下被甩向塔壁,从旋流板集液区流下的吸收剂在塔壁上形成一层液膜,甩到塔壁上黏性尘粒被液膜黏附而得到净化. 继续向上作螺旋运动的有机废气以很高的气速通过旋流板,将从盲板分配到各叶片上的吸收剂薄膜层喷洒成液滴,液滴随气流运动被离心力甩至塔壁,在塔壁上形成旋转的液环,并受重力作用而沿塔壁流至旋流板集液区;从旋流板出来的黏性尘粒基本得到净化的有机废气再进入填料段,经过填料层与吸收剂充分接触,强化传质吸收使其中的有机和无机污染物被净化;净化后的气体经过除雾器排放. 该净化设备集合了水膜、旋流板和填料 3 种吸收净化装置的优点于一体,具有结构简单、体积小、防堵塞及多级高效吸收传质的优势.

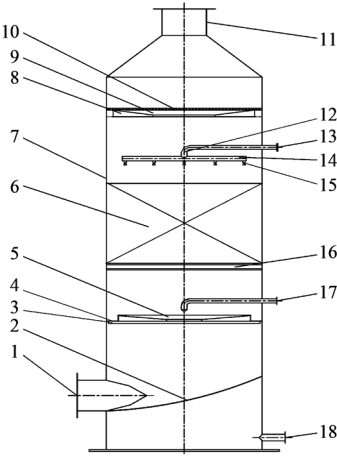


图 4 吸收塔的结构示意
Fig. 4 Schematic diagram of the absorption tower structure

3 工艺流程与工程实例

3.1 工艺流程

喷涂企业一般建有污水处理系统,在工艺设计时可利用现有废水处理系统处理吸收尾液,以降低

投资成本和运行费用. 工艺流程:有机废气在车间通过收集系统收集后由风管引出进入废气净化高效吸收塔,除去颗粒污染物及气态污染物后,进入干式过滤器进行脱水除雾,然后经风机进入排放口达标排放. 复合吸收剂由循环水池经水泵增压后自塔顶喷淋而下,气液两相在塔内完成吸收后,吸收液进入吸

收液循环池循环使用,连续排放饱和吸收尾液. 吸收尾液先经过加热吹脱,废液进入废水处理系统的厌氧池,吹脱气进入水封罐与厌氧池产生的沼气一起燃烧,产生的热能可供给加热吹脱工艺. 厌氧处理后的吸收尾液中有机物含量降低,再进入废水处理后续处理系统,详见图 5.

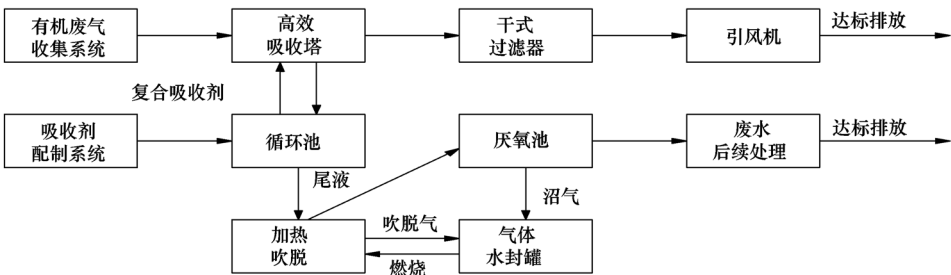


图 5 工艺流程示意

Fig. 5 Outline of process chart

目前该技术已在珠江三角洲地区多家企业应用,如某电子有限公司喷涂车间 20.0 万 m³/h 有机废气、某体育器材有限公司 3.6 万 m³/h 有机废气、某空调公司 3.0 万 m³/h 有机废气和某金属制品有限公司 2.5 万 m³/h 有机废气等多项废气治理工程,连续运行排气环境监测结果均优于国家和地方排放标准.

3.2 工程实例

东莞某金属制品有限公司系一家台商独资企业,主要生产五金螺丝,排放的有机废气约为25 000 m³/h,主要污染物为三苯类有机化合物. 采用本技术处理有机废气,设计风速为 2 m/s 左右,液气比为 1 L/m³ 左右,工程建设完成调试后连续稳定运行,经过东莞市环境保护监测站现场采样监测,各项污染物均能达标,监测数据如表 2 所示.

表 2 废气监测结果

Table 2 Monitoring results of purified exhaust gas

监测点	监测项目及测试结果/mg · m ⁻³		
	苯	甲苯	二甲苯
车间废气进口	47.86	135.43	88.57
车间废气出口	1.67	5.03	3.72
净化率/%	96.51	96.28	95.80
执行标准 ¹⁾	12	40	70
结果评价	达标	达标	达标

1)《大气污染物排放限值》(DB 44/27-2001)第二时段二级排放标准

4 结论

(1)以水和表面活性剂为基础的复合吸收净化技术适合低浓度、大风量、含无机物、尘粒、油分等复

杂有机废气的净化. 表面张力对吸收过程有重要影响,降低复合吸收剂的表面张力,有利于提高污染物的去除率.

(2)集吸收、除尘及除雾功能于一体的高效吸收塔,可同时高效去除颗粒物、多种有机废气污染物及脱水除雾,适合处理复杂工业有机废气.

(3)工艺流程设计充分利用企业原有的废水处理系统,可将吸收尾液处理致达标排放. 此技术在多个废气处理工程上应用,取得了好的效果.

参考文献:

[1] 余宇帆,卢清,郑君瑜,等. 珠江三角洲地区重点 VOC 排放行业的排放清单[J]. 中国环境科学,2011, 31(2):195-201.

[2] 魏巍,王书肖,郝吉明. 中国涂料应用过程挥发性有机物的排放计算及未来发展趋势预测[J]. 环境科学,2009, 30(10):2809-2815.

[3] Heymes F, Manno D P, Charbit F, et al. Hydrodynamics and mass transfer in a packed column: Case of toluene absorption with a viscous absorbent[J]. Chemical Engineering Science, 2006, 61(15): 5094-5106.

[4] Heymes F, Manno D P, Charbit F, et al. A new efficient absorption liquid to treat exhaust air loaded with toluene[J]. Chemical Engineering Journal, 2006, 115(3): 225-231.

[5] Ozturk B, Yilmaz D. Absorptive removal of volatile organic compounds from flue gas streams[J]. Process Safety and Environmental Protection, 2006, 84(B5): 391-398.

[6] Heymes F, Manno D P, Charbit F, et al. Treatment of gas containing hydrophobic VOCs by a hybrid absorption-pervaporation process: The case of toluene[J]. Chemical Engineering Science, 2007, 62(9): 2576-2589.

[7] Sauro P, Renato D, Danilo B, et al. An innovative sustainable

- process for VOCs recovery from spray paint booths[J]. *Energy*, 2005, **30**(8):1377-1386.
- [8] Liu L, Tian S, Ning P. Phase behavior of TXs/toluene/water microemulsion systems for solubilization absorption of toluene [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2010, **22**(2):271-276.
- [9] Yang C, Chen F, Luo S, *et al.* Effects of surfactants and salt on Henry's constant of n-hexane [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2010, **175**(1-3): 187-192.
- [10] Zuiderweg F J, Harmens A. The influence of surface phenomena on the performance of distillation columns [J]. *Chemical Engineering Science*, 1958, **9**(2-3): 89-103.
- [11] 国家环境保护总局华南环境科学研究所. 复杂有机废气吸收净化装置[P]. 中国专利:CN 201140029,2008-10-29.

欢迎订阅 2012 年《环境科学》

《环境科学》创刊于 1976 年,由中国科学院主管,中国科学院生态环境研究中心主办,是我国环境科学学科中最早创刊的学术性期刊。

《环境科学》自创刊以来,始终坚持“防治污染,改善生态,促进发展,造福人民”的宗旨,报道我国环境科学领域内具有创新性高水平,有重要意义的基础研究和应用研究成果,以及反映控制污染,清洁生产和生态环境建设等可持续发展的战略思想、理论和实用技术等。

《环境科学》在国内外公开发行,并在国内外科技界有较大影响,被国内外一些重要检索系统收录,如美国医学索引 MEDLINE;美国化学文摘 CA;俄罗斯文摘杂志 AJ;美国生物学文摘预评 BP;美国医学索引 IM;日本科学技术情报中心数据库 JICST;英国动物学记录 ZR;剑桥科学文摘(CSA);Environmental Sciences;剑桥科学文摘(CSA);Pollution Abstracts;剑桥科学文摘(CAS);Life Sciences Abstracts 等;国内的检索系统有中国科技论文统计与引文数据库(CSTPCD);中文科技期刊数据库(维普);中国期刊全文数据库(CNKI);数字化期刊全文数据库(万方);中国科学引文数据库(CSCD);中国生物学文摘等。

全国各地邮局均可订阅,如有漏订的读者可直接与编辑部联系,办理补订手续。

《环境科学》2012 年为大 16 开本,70 元/册,全年 12 期。

国内统一刊号:CN11-1895/X 国际标准刊号:ISSN 0250-3301

国外发行代号:M 205 国内邮发代号:2-821

编辑部地址:北京市海淀区双清路 18 号(2871 信箱) 邮编:100085

电话:010-62941102;传真:010-62849343;E-mail:hjks@rcees.ac.cn;网址:www.hjks.ac.cn

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

国内外公开发行人