

# 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,吴方莛(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,吴方莛,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)

北京城乡结合地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<sub>3</sub> 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,滕恩江(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<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 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<sub>2</sub> 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

(中国环境科学研究院, 北京 100012)

**摘要:**挥发性有机物(VOCs)由于易挥发性,其控制途径有别于其他大气污染物。通过对 VOCs 排放特点的研究,提出了源头控制、有组织排放控制、无组织排放控制和总量控制四类控制途径,并对每类控制途径的控制方式进行了分析比较。

**关键词:**有机溶剂;挥发性有机物;控制途径;控制方式;标准

中图分类号:X505 文献标识码:A 文章编号:0250-3301(2011)12-3487-04

## Emission Control Way of Volatile Organic Compounds in Industry

JIANG Mei, ZHANG Guo-ning, WEI Yu-xia, ZOU Lan, ZHANG Ming-hui

(Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

**Abstract:** Due to the volatile nature, the way of controlling way of VOCs was different from other atmospheric pollutants. By analyzing the emission characteristics of VOCs, four kinds of control way were proposed, which were the source control, organized emission control, fugitive emission control and the total amount control, and the control modes of each control way were also analyzed and compared.

**Key words:** organic solvents; volatile organic compounds(VOCs); control way; control mode; standard

挥发性有机物(volatile organic compounds, VOCs)是指在 20℃ 条件下蒸气压大于或等于 0.01 kPa,或者特定适用条件下具有相应挥发性的全部有机化合物的统称<sup>[1]</sup>。VOCs 排放主要来源于不完全燃烧、溶剂使用、工业过程、油品挥发和生物作用等。不完全燃烧包括化石燃料的不完全燃烧,涉及道路车辆、非道路机械、电厂等;以及生物质燃料的不完全燃烧,涉及森林火灾、秸秆燃烧等。溶剂使用排放源涉及涂装、印刷、服装干洗、家具制造、橡胶制品制造、电子产品制造等。工业过程排放源涉及炼油、石油化工、化学制药、油漆和涂料制造等。生物作用排放源涉及污水处理厂、填埋场等<sup>[2,3]</sup>。对于 VOCs 排放,美国和欧盟都制定了一系列的控制标准<sup>[4~10]</sup>,相对来说,我国目前有关 VOCs 的控制标准还很不完善,对 VOCs 的控制途径有所研究<sup>[11]</sup>,但不系统。本研究主要目标是通过分析 VOCs 排放特征,阐明 VOCs 的控制途径,并对各控制途径的控制形式和方法进行比较,以期对 VOCs 控制标准的制订提供思路和依据。

### 1 VOCs 排放特点

VOCs 与传统大气污染物的不同点在于其污染产生形式。传统大气污染物如颗粒物、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub> 等,大多由燃烧过程或加热设备产生,经引风设备收集至污染防治装置后排放,所以控制方向以烟道气检

测为主。VOCs 由于具有挥发性,在储存、运送、混合、搅拌、清洗、涂装、干燥及其它处理工序,均可能造成 VOCs 的排放,因此对其控制由传统的排气筒排放控制,扩展到可能排放 VOCs 的所有过程。

VOCs 按排放形式,分为固定管道排放与逸散性排放两大类。

#### 1.1 固定管道排放

污染物经由排气筒(烟囱)的有组织排放。

#### 1.2 逸散性排放

工艺操作中污染物不经排气筒的无组织逸散。在正常操作时,逸散性排放主要来自以下 3 个方面。

##### 1.2.1 设备与管线组件泄漏

生产及输送 VOCs 相关产品时,大多使用密闭的输送管道运送至生产设备、储罐、装载设施或其它工艺过程。长期使用及在空气中酸性物质的腐蚀下,VOCs 极易从设备组件的轴封与配件缝隙处泄漏。

可能造成 VOCs 逸散的设备与管线组件包括泵、压缩机、阀门、法兰、释压阀、开口管线、取样连接装置、搅拌器、工艺排出口等。

设备与管线组件的逸散是连续而缓慢的,泄漏频率高低与流体特性、组件材质、操作条件、维护状

收稿日期:2011-04-11;修订日期:2011-07-08

基金项目:国家科技支撑计划关键技术标准推进工程项目(2006BAK04A04)

作者简介:江梅(1969~),女,副研究员,主要研究方向为大气环境标准,E-mail:jiangmei@craes.org.cn

况等因素有关,其中以气体阀、轻质液阀、轻质液泵的泄漏频率较高.针对上述设备与管线组件,若进行适当检测维修,则可有效降低 VOCs 排放总量.

### 1.2.2 挥发性有机液体储运逸散

#### (1) 挥发性有机液体储罐逸散

按操作压力的不同,储罐分为常压储罐及压力储罐.常压储罐会有经常性的 VOCs 逸散排放.

常压储罐分为固定顶罐、内浮顶罐及外浮顶罐.固定顶罐的 VOCs 逸散排放来自呼吸损失及工作损失.呼吸损失是指由于温度与压力变化而形成的蒸气的逸散;工作损失则是装载操作时蒸气置换,以及液体抽出时吸入罐中的空气超过罐内空间容量所产生的逸散.浮顶罐的 VOCs 逸散排放来自静置储存损失及抽取损失.内浮顶罐的静置储存损失包括板层边

缘密封损失、板层附属配件损失、板层接缝损失.外浮顶罐仅有板层边缘密封损失,无板层接缝损失.

#### (2) 挥发性有机液体装载设施逸散

将挥发性有机液体装入罐车、油罐火车或油轮时,空罐内的挥发性有机物蒸气被装入的液体置换排入大气中所产生的逸散.

### 1.2.3 废水收集、处理和储存设施的逸散

废水中有机物因其在水中的溶解性及挥发性,反复地穿梭于气体与液体之间而产生的逸散.例如在使用洗涤塔污染防治设备时,许多水溶性 VOCs 可能溶于水,但洗涤水被送往污水处理厂时,如果以传统曝气方式处理污水,则原先溶入的 VOCs 会再度蒸发至大气,造成 VOCs 排放.

综上所述,这四类排放源排放特点如表 1 所示.

表 1 VOCs 排放特点

Table 1 Emission characteristics of VOCs

排放形式	大气污染源	排放点	排放特性	
			连续	间歇
有组织排放	工艺尾气	排气管、烟囱	√	√
	设备与管线组件	轴封、配件缝隙	√	
逸散性排放	有机溶剂储运	常压储槽 装载	√	√
		呼吸孔、封气设备缝隙 装载操作漏失		√
	冷却塔、油水分离池、废水处理设施等	冷却水(废水)/大气接触面	√	

## 2 VOCs 控制途径与控制方式

根据 VOCs 的排放特点,VOCs 控制途径分为源头控制、有组织排放控制、无组织排放控制以及总量控制.

### 2.1 源头控制

通过制订产品标准,控制产品中 VOCs 含量,以减少 VOCs 的排放.如欧盟制定了涂料标准<sup>[4]</sup>,这样可以有效减少涂料使用过程中 VOCs 的排放.

除限制产品中 VOCs 的含量,源头控制还可以通过使用替代品和改进工艺来实现,即用不易挥发或不挥发的溶剂替代易挥发的溶剂,如使用水性涂料代替油性涂料、用压缩天然气取代汽油等;对依赖于溶剂挥发的很多涂料、精加工和装饰工艺过程,用其他不依赖溶剂挥发工艺过程取代,如硫化床粉末涂料和紫外平版印刷工艺等.

### 2.2 有组织排放控制

有组织排放即工艺尾气经排气筒的排放,对其可以采用排放浓度、净化效率、排放速率以及集气效率 4 种方式来控制.有组织排放控制措施以末端治理为主.末端控制技术分为两类,一是采用物理方法

将 VOCs 回收,如冷凝、吸附和吸收等,二是通过生化反应将 VOCs 氧化分解为无毒或低毒物质,如焚烧法、生物法等<sup>[12]</sup>.

(1) 排放浓度是最常见的控制方式.排放浓度可以是单个物质的浓度,也可以是 VOCs 总和的浓度.由于溶剂使用时往往不是一种,因此应重视 VOCs 的综合控制指标.

(2) 排放速率是一定高度排气筒在单位时间内的排放量.最高允许排放速率是以环境空气质量标准为控制目标,在大气污染物稀释扩散规律的基础上计算得出的.

(3) 净化效率是指污染治理设备的处理效率,它实质上是对安装污染治理设施的要求.由于净化效率与废气的初始浓度有关系,一般与排放浓度只要满足一项即可.

(4) 有机废气收集效率的高低决定了被捕集处理的废气量,是一个很重要的指标,但评价难度较大.涉及 VOCs 排放的行业一般对车间通风净化都有设计规范的要求,因此可以通过提出管理要求来控制,如要求使用溶剂时操作应在密闭和半密闭气体收集系统内进行,这样既达到控制的目的,又简化

了监管方式、降低了监管成本。

以上 4 种控制方式的单独或组合应用,应根据实际情况确定。

### 2.3 无组织排放控制<sup>[11]</sup>

(1) 根据 VOCs 逸散排放特点,对无组织逸散(设备、管线组件泄漏、储罐及装载设施逸散、废水液面挥发)进行控制。VOCs 逸散排放量约占 VOCs 排放总量的 20%~50%,通过技术管理等措施可以有有效的消减其排放。

设备与管线组件逸散排放控制<sup>[5,6]</sup>:一是对设备进行改良,如采用双轴封式(或无轴封)设备组件,可从根本上防止任何逸散的产生。二是对逸散组件加强筛选检测与维修。

挥发性有机液体储运过程的控制<sup>[7,8]</sup>:一是设备性能要求,如要求浮顶罐密封。二是配套污染控制设施的要求,如要求安装蒸气收集系统,并排至净化处理装置或蒸气平衡系统。

废水挥发的 VOCs 控制是要求加盖密闭并收集气体至有机废气净化装置处理后排放<sup>[9]</sup>。

(2) 对于行业的特征污染物制订厂界浓度(包括臭气强度)限值,以确保对外界环境,特别是敏感目标(居民区、医院、学校)的影响最小。

### 2.4 排放总量控制

总量控制<sup>[10]</sup>有 2 种形式:一种是以单位产品排放的 VOCs 总量为控制要求,如汽车涂装规定单位涂装面积 VOCs 的排放量。一种是设置容许逸散比例标准限值(无组织排放 VOCs 总量不得超过总有机溶剂投入量的百分比限值)。总量控制的原理都是基于物料衡算方法,这对于溶剂这类非反应性的挥发性物质而言,是非常有效的控制方式。图 1 是溶剂使用行业 VOCs 物料平衡图。

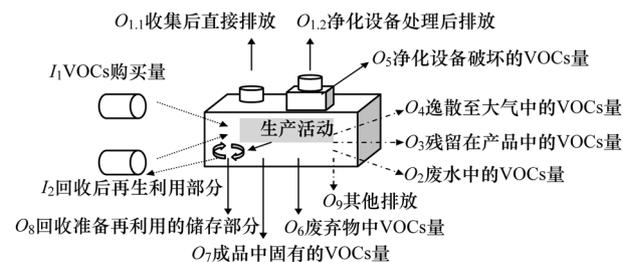


图 1 溶剂使用行业 VOCs 物料平衡

Fig. 1 Materials balanced of VOCs from the use of organic solvents in industries

有组织排放量:  $O_1 = O_{1.1} + O_{1.2}$

逸散性排放量:  $F = I_1 - O_1 - O_5 - O_6 - O_7 - O_8$

或  $F = O_2 + O_3 + O_4 + O_9$

总排放量:  $E = F + O_1$

上述各控制方式的比较如表 2。

表 2 VOCs 排放控制方式比较

Table 2 Comparison of VOCs emission control ways

控制途径	标准形式	控制方式	优缺点
源头控制	产品标准	限定产品中 VOCs 的含量	最佳控制方式,从源头控制了 VOCs,但受制于技术
		排放浓度	监控简单,属于末端控制,但不能防止稀释排放,可规定基准风量(或氧含量)来防止稀释排放
有组织排放控制	排放标准	排放速率	监控简单,有利于降低地面浓度,但不能控制和减少排放量,同时会对生产规模产生限制
		净化效率	有利于对排放浓度高的污染源进行控制和削减,但不利于污染物的源头削减,也增加了监测成本
		收集效率	能确保废气有组织排放,减少无组织排放,但监控难度大
无组织排放控制	排放标准	设备、管线组件泄漏 储罐及装载设施逸散 废水收集、处理和储存设施的逸散	对无组织排放的过程控制,仅通过设备管理和技术管理就能有效减少 VOCs 排放量,而且能回收部分产品
		厂界无组织排放浓度	保护外界环境,特别是敏感目标(居民区、医院、学校),但监控难度大
总量控制	排放标准	单位产品排放量 容许逸散比例	对部分行业来说,如汽车涂装、干洗、制鞋等,控制单位产品排放量更合理有效,但监控难度大,需要进行核算

### 3 结论

VOCs 的控制是一个系统工程。遵循源头、过程和末端控制的原则,对 VOCs 控制采取源头控制、无组织排放的过程控制、有组织排放的末端控制以及

通过控制无组织和有组织排放来实现的总量控制 4 类控制途径。在制订控制标准时,应根据产品和行业特点,决定控制途径和控制方式。控制途径和控制方式可以单独应用,也可以组合应用,以达到最佳控制效果。

## 参考文献:

- [ 1 ] DB 11/501-2007,北京市大气污染物综合排放标准[S].
- [ 2 ] US EPA. National volatile organic compounds emission by source sector in 2005 [EB/OL]. 2011-03-07. <http://www.epa.gov/air/emission/voc.htm>.
- [ 3 ] 刘金凤,赵丽,李焱焱,等.我国人为源挥发性有机物排放清单的建立[J].中国环境科学,2008,28(6):496-500.
- [ 4 ] EU. Directive 2004/42/CE of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain paints and varnishes and vehicle refinishing products and amending Directive. 1999/13/EC [EB/OL]. 2011-03-30. [http://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/paints\\_legis.htm](http://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/paints_legis.htm).
- [ 5 ] U. S. EPA. National Emission Standards for Equipment Leaks—Control Level 1. 40 CFR Part 63 Subpart TT [EB/OL]. 2011-03-28. <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr;sid=6e5fa6cd2036538621072d3a78a6fa4f;rgn=div5;view=text;node=40%3A10.0.1.1.1;idno=40;cc=ecfr#40;10.0.1.1.1.19>.
- [ 6 ] U. S. EPA. National Emission Standards for Equipment Leaks—Control Level 2. 40 CFR Part 63 Subpart UU [EB/OL]. 2011-03-30. <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&sid=494d6b5d6c074812af7b242e6f7ae603&rgn=div6&view=text&node=40;10.0.1.1.1.20&idno=40>.
- [ 7 ] U. S. EPA. National Emission Standards for Storage Vessels (Tanks)—Control Level 1. 40 CFR Part 63 Subpart OO [EB/OL]. 2011-03-28. <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&sid=494d6b5d6c074812af7b242e6f7ae603&rgn=div6&view=text&node=40;10.0.1.1.1.14&idno=40>.
- [ 8 ] U. S. EPA. National Emission Standards for Storage Vessels (Tanks)—Control Level 2. 40 CFR Part 63 Subpart WW [EB/OL]. 2011-03-28. <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr;sid=6e5fa6cd2036538621072d3a78a6fa4f;rgn=div5;view=text;node=40%3A10.0.1.1.1;idno=40;cc=ecfr#40;10.0.1.1.1.22>.
- [ 9 ] U. S. EPA. National Emission Standards for Organic Hazardous Air Pollutants from the Synthetic Organic Chemical Manufacturing Industry for Process Vents, Storage Vessels, Transfer Operations, and Wastewater. 40 CFR Part 63 Subpart G [EB/OL]. 2011-03-28. <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&sid=6e5fa6cd2036538621072d3a78a6fa4f&rgn=div6&view=text&node=40;9.0.1.1.1.7&idno=40>.
- [ 10 ] EU. Council Directive 1999/13/EC of 11 March 1999 on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain activities and installations [EB/OL]. 2011-03-30. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX;31999L0013;EN;NOT>.
- [ 11 ] 李建伟,刘新宇,修光利. VOCs 无组织排放估算方法和控制标准初探[J]. 化学世界, 2010, 51(10):632-634.
- [ 12 ] 李守信,宋剑飞,李立清,等. 挥发性有机化合物处理技术的研究进展[J]. 化工环保, 2008, 28(1):1-7.

## 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 <sub>3</sub> 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 <sub>3</sub> Radicals with Three Cyclic Ethers .....	GAI 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 <sub>4</sub> .....	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 <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 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 <sub>2</sub> 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