

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第36卷 第4期

Vol.36 No.4

2015

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

中美空气质量指数(AQI)对比研究及启示 高庆先,刘俊蓉,李文涛,高文康(1141)

2013年1月北京市PM_{2.5}区域来源解析 李璇,聂滕,齐珺,周震,孙雪松(1148)

2013年1月北京市一次空气重污染成因分析 程念亮,李云婷,张大伟,聂滕,邱启鸿,徐文帅(1154)

上海大气总悬浮颗粒物中金属的可溶性特征 常燕,冯冲,瞿建国,张经(1164)

厦门春季PM₁₀中PAHs成分谱特征及其与气象要素相关性分析 张健,樊曙先,孙玉,张悦,魏锦成(1173)

硫氧同位素示踪南京北郊大气PM_{2.5}中硫酸盐来源 魏英,郭照冰,葛鑫,祝胜男,姜文娟,石磊,陈姝(1182)

结合激光雷达分析2014年春季南京地区一次大气污染过程 包青,贺军亮,查勇,程峰,李倩楠(1187)

春季华东高山背景区域PM_{2.5}和PM_{2.5-10}中水溶性无机离子特征 苏彬彬,张智胜,陶俊,许榕洋,纪贤鑫,刘心东,张若宇(1195)

落叶燃烧排放的颗粒物及有机碳、元素碳的研究 杨伟宗,刘刚,李久海,徐慧,吴丹(1202)

四川省秸秆露天焚烧污染物排放清单及时空分布特征 何敏,王幸锐,韩丽,冯小琼,毛雪(1208)

深圳市船舶排放清单与时空特征研究 杨静,尹佩玲,叶斯琪,王水胜,郑君瑜,区家敏(1217)

超细颗粒通过建筑狭缝的传输特性 孙在,陈秋方,蔡志良,杨文俊,汪晗(1227)

空调病房真菌气溶胶浓度及粒径分布特征 张华玲,冯鹤华,方子梁,王本栋,李丹(1234)

基于氢氧稳定同位素的黄土高原云下二次蒸发效应 靳晓刚,张明军,王圣杰,朱小凡,董蕾,任正果,陈粉丽(1241)

黄河小浪底水库水沙调控对DOC输送的影响 张永领,王明仕,董玉龙(1249)

调水调沙工程长期实施对黄河口近岸沉积物粒度分布与黏土矿物组成特征的影响 王苗苗,孙志高,卢晓宁,王伟,王传远(1256)

春季生物作用对山地岩溶池水地球化学特征的影响 于正良,杨平恒,赵瑞一,李林立,张琳,童小容,罗刚(1263)

降雨期间岩溶城镇区地下水重金属变化特征及来源解析 任坤,杨平恒,江泽利,王尊波,师阳,王凤康,李晓春(1270)

北江和珠江广州河段水体的三卤甲烷风险评价 钟惠舟,韦朝海(1277)

丰水期洪湖水水质空间变异特征及驱动力分析 李昆,王玲,李兆华,王祥荣,陈红兵,吴忠,朱鹏(1285)

三峡库区典型干-支流相互作用过程中的营养盐交换:以梅溪河为例 操满,傅家楠,周子然,邓兵,王雨春,汪福顺(1293)

营养盐输入对太湖水体中磷形态转化及藻类生长的影响 王睿喆,王沛芳,任凌霄,王超,王颖(1301)

一小型藻华池塘浮游植物群落动态及其影响因子研究 杨文,朱津永,张克鑫,万莉,陆开宏(1309)

昌黎生态监控区夏季浮游植物群落年际变化特征分析 梁晓林,杨阳,王玉良,张月明,赵志楠,韩晓庆,张鉴达,高伟明(1317)

河道曝气提升河流水质的WASP模型研究 朱文博,王洪秀,柳翠,张建,梁爽(1326)

γ辐射降解水中的盐酸环丙沙星的研究 祝胜男,郭照冰,赵永富,葛鑫,魏英,陈姝,王静(1332)

电化学氢化物发生法处理含镉废水及对镉的回收 陈京晶,张国平,李海霞,付志平,欧阳小雪,吴琼(1338)

Fe-MCM-41催化臭氧氧化间甲酚废水 孙文静,王亚曼,卫皇墨,王森,李旭宁,李敬美,孙承林,安路阳(1345)

生物阳极及其反转为生物阴极降解氯霉素 孔德勇,梁斌,云慧,王爱杰,任南琪(1352)

308 nm光作用下α-Fe₂O₃表面HNO₃的光解 陆军,孙云东,谢晶晶,赵军,邹家骥,朱承强(1359)

L-组氨酸-赤藓红复合膜修饰电极同时检测对苯二酚、邻苯二酚 何家洪,徐强,丁武泉,李强(1365)

酞基功能型高分子生物载体(PET-AQS)制备及催化生物反硝化特性研究 许晴,侯正浩,田秀蕾,牛春梅,郭延凯,廉静,郭建博(1374)

枯草芽孢杆菌对土臭素和2-甲基异冰片的降解动力学特性 马念念,罗国芝,谭洪新,姚妙兰,王晓用(1379)

嗜咪降解菌筛选及其对焦化废水强化处理 李静,李文英(1385)

Fe³⁺对同步硝化反硝化过程氮元素迁移转化及N₂O释放的影响 李浩,闫玉洁,谢慧君,贾文林,胡振,张建(1392)

内循环半短程亚硝化工艺运行条件与微生物群落研究 赵志瑞,焦海华,崔丙健,黄迪,曹世超,王云,刘上千,马斌,白志辉(1399)

利用处理含4-氯苯酚模拟废水的剩余污泥培养普通小球藻 王璐,陈秀荣,闫龙,何怡萱,施震东(1406)

进水渗滤液总氮和BOD₅/TN对填埋场反应器反硝化和厌氧氨氧化协同脱氮的影响 杨盈盈,陈奕,李明杰,谢冰(1412)

重庆金佛山土壤中PAHs含量的海拔梯度分布及来源解析 师阳,孙玉川,梁作兵,任坤,袁道先(1417)

湖南攸县典型煤矿和工厂区水稻田土壤镉污染特征及污染途径分析 张敏,王美娥,陈卫平,牛俊杰(1425)

沟渠化对三江平原湿地铁元素沉积过程的影响 苏文辉,于晓菲,王国平,栾金花,邹元春(1431)

施用磷酸盐和沸石对土壤镉形态转化的影响 王秀丽,梁成华,马子惠,韩月(1437)

不同条件下皂苷对污染壤土中Cu、Pb的淋洗修复 邓红侠,杨亚莉,李珍,许岩,李荣华,孟昭福,杨亚提(1445)

陕北某化工企业周围污灌区土壤-作物系统重金属积累特征及评价 齐雁冰,楚万林,蒲洁,刘梦云,常庆瑞(1453)

有机无机缓释复合肥对不同土壤微生物群落结构的影响 王菲,袁婷,谷守宽,王正银(1461)

玉米对铅胁迫的响应及体内铅化学形态研究 程海宽,张彪,景鑫鑫,杨素勤,赵鹏,孙晓雪,周志云(1468)

硼钨交互作用对水稻吸收积累镉和硼的影响 向猛,黄益宗,蔡立群,保琼莉,黄永春,王小玲,乔敏,胡莹,金姝兰,李季,王斐(1474)

丛枝菌根真菌对不同含盐量湿地土壤中芦苇生长的影响 郭江源,郭伟,毕娜,付瑞英,赵文静,赵仁鑫,王立新(1481)

滨海区芦苇和香蒲耐盐碱性及除氮磷效果对比研究 陈友媛,孙萍,陈广琳,王宁宁(1489)

不同温度下的土壤微生物呼吸及其与水溶性有机碳和转化酶的关系 吴静,陈书涛,胡正华,张旭(1497)

工业VOCs经济手段和工程技术减排对比性分析 王宇飞,刘昌新,程杰,郝郑平,王铮(1507)

《环境科学》征订启事(1216) 《环境科学》征稿简则(1248) 信息(1163,1194,1248,1424)

工业 VOCs 经济手段和工程技术减排对比性分析

王宇飞^{1,3}, 刘昌新², 程杰³, 郝郑平^{3*}, 王铮²

(1. 清华大学公共管理学院, 北京 100084; 2. 中国科学院科技政策与科技管理研究所, 北京 100080; 3. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

摘要: 挥发性有机物(VOCs)污染已经同二氧化硫、氮氧化物和颗粒物等成为目前我国重点城市群的主要大气污染物。工业领域是挥发性有机物的主要排放部门, 工程技术减排是重要的控制措施之一。“十二五”期间, 我国计划投资 400 亿元建设重点行业挥发性有机物污染治理项目, 年减排量计划为 60.5 万 t·a⁻¹。技术减排被提到了一个新的高度, 表明了国家对工程技术减排的重视。本研究采用宏观经济学可计算的一般均衡模型, 对工程技术减排与经济手段(环境税)进行政策模拟, 进行对比性分析, 探讨了两种减排方法的优劣。研究认为, 当前经济条件下, 相同减排量下, 考虑宏观经济损失, 环境税减排的成本远高于技术减排。结合目前我国实际情况, 为鼓励工程技术减排, 建议政府给予企业约为 7 500 元·t⁻¹ 的财政补贴。

关键词: 挥发性有机物; 工程技术减排; 环境税; 可计算的一般均衡模型; 工业领域

中图分类号: X32 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2015)04-1507-06 DOI: 10.13227/j.hjxx.2015.04.051

Comparison Analysis of Economic and Engineering Control of Industrial VOCs

WANG Yu-fei^{1,3}, LIU Chang-xin², CHENG Jie³, HAO Zheng-ping^{3*}, WANG Zheng²

(1. School of Public Policy and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China; 3. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

Abstract: Volatile organic compounds (VOCs) pollutant has become China's major air pollutant in key urban areas like sulfur dioxide, nitrogen oxides and particulate matter. It is mainly produced from industry sectors, and engineering control is one of the most important reduction measures. During the 12th Five-Year Plan, China decides to invest 40 billion RMB to build pollution control projects in key industry sectors with annual emission reduction of 605 000 t·a⁻¹. It shows that China attaches a great importance to emission reduction by engineering projects and highlights the awareness of engineering reduction technologies. In this paper, a macroeconomic model, namely computable general equilibrium model, (CGE model) was employed to simulate engineering control and economic control (imposing environmental tax). We aim to compare the pros and cons of the two reduction policies. Considering the economic loss of the whole country, the environmental tax has more impacts on the economy system than engineering reduction measures. We suggest that the central government provides 7 500 RMB·t⁻¹ as subsidy for enterprises in industry sectors to encourage engineering reduction.

Key words: VOCs; engineering reduction; environmental tax; CGE model; industry sectors

近代工业的迅速发展, 导致了挥发性有机物(volatile organic compounds, VOCs)的大量排放。该类化合物由于常温下易挥发, 对人体健康和环境安全造成直接危害, 尤其是对光化学烟雾、臭氧、细颗粒物、全球变暖等的贡献, 使得该类物质近年来得到了广泛的关注^[1]。“十二五”期间, 我国计划投资 400 亿元用于重点行业挥发性有机物污染治理项目^[2]。作为重要的 VOCs 排放源之一, 工业领域涉及到越来越多的 VOCs 排放, 行业特点决定了有机物种类的复杂性^[3]。目前我国 VOCs 年排放量已经达到了 2 000 万 t 以上, 近年来有明显的增长趋势^[4]。尽管国家和地方都颁布了相关的政策措施, 但是大多数的污染源尚未得到有效的治理, 同发达国家管理水平还有着很大差距^[5]。迫于环境保护的压力, VOCs 的有效控制以及消除已经提上了议程。

其中, 工程技术角度对挥发性有机物的控制, 作为有效的治理措施, 必定会成为今后监管工作的重点, 值得进一步研究与探索^[6,7]。

1 VOCs 的排放以及主流控制技术

VOCs 主要来自于石油化工、精细化工、交通运输、油漆涂料、包装印刷、医药与农药制造、半导体与电子产品制造、人造板与木质家具制造、皮革、漆包线、制鞋、纺织、造纸、以及黏合剂生产等行业^[3,4]。从国民经济行业角度分析, 其排放比例如

收稿日期: 2014-08-13; 修订日期: 2014-11-18

基金项目: 国家重大研究计划项目(2012CB955804); 中国科学院科技创新交叉与合作团队项目; 环境保护公益性行业科研专项(201309073, 201409016)

作者简介: 王宇飞(1985~), 女, 博士后, 研究方向为环境污染控制政策模拟和低碳城市发展, E-mail: wyf24031@hotmail.com

* 通讯联系人, E-mail: zpinghao@rcees.ac.cn

图 1 所示. 图 1 根据国民经济统计中的 42 个行业部门进行区分,主要包括: S1(农林牧渔业)、S2(煤炭开采和洗选业)、S3(石油和天然气开采业)、S4(金属矿采选业)、S5(非金属矿及其他矿采选业)、S6(食品制造及烟草加工业)、S7(纺织业)、S8(纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业)、S9(木材加工及家具制造业)、S10(造纸印刷及文教体育用品制造业)、S11(石油加工、炼焦及核燃料加工业)、S12(化学工业)、S13(非金属矿物制品业)、S14(金属冶炼及压延加工业)、S15(金属制品业)、S16(通用、专用设备制造业)、S17(交通运输设备制造业)、S18(电气机械及器材制造业)、S19(通信设备、计算机及其他电子设备制造业)、S20(仪器仪表及文化办公用机械制造业)、S21(工艺品及其他制造业)、S22(废品废料)、S23(电力、热力的生产和供应业)、S24(燃气生产和供应业)、S25(水的生产和供应业)、S26(建筑业)、S27(交通运输及仓储

业)、S28(邮政业)、S29(信息传输、计算机服务和软件业)、S30(批发和零售业)、S31(住宿和餐饮业)、S32(金融业)、S33(房地产业)、S34(租赁和商务服务业)、S35(研究与试验发展业)、S36(综合技术服务业)、S37(水利、环境和公共设施管理业)、S38(居民服务和其他服务业)、S39(教育)、S40(卫生、社会保障和社会福利业)、S41(文化、体育和娱乐业)和 S42(公共管理和社会组织). 当前国内已经有研究对 VOCs 排放情况进行了评估,比如清华大学和北京大学以及华南理工大学等研究,这些研究的研究基础、研究范围以及假设情况不尽相同^[8~17]. 考虑研究基础以及和具体实际的结合,在本研究中,针对移动源,主要采用魏巍的研究思路^[9],而非移动源(主要指工业挥发性有机物)主要采用陈颖的研究思路^[8]. 本研究在两者基础上,和国民经济 42 个部门结合以 2007 年为基准年对排放清单进行重新估算.

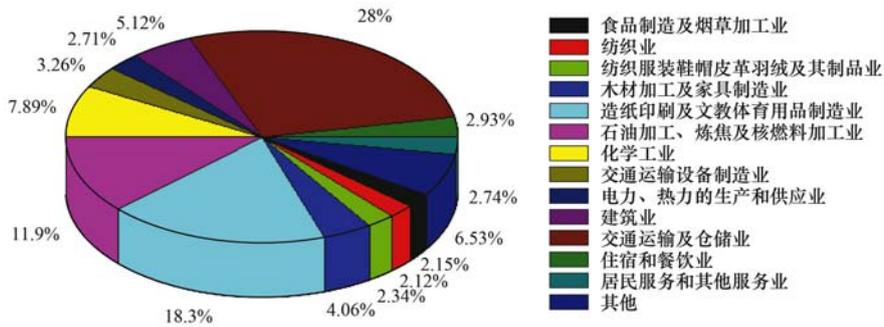


图 1 不同行业 VOCs 排放情况

Fig. 1 VOCs emissions in different sectors

VOCs 的减排需要系统地进行控制,遵循的基本原则包括:源头控制、无组织排放过程控制、有组织排放末端控制以及通过综合考虑有组织和无组织排放的总量控制. 其减排的最佳途径是通过清洁生产减少其使用及挥发. 但现阶段,鉴于当前我国管理水平以及工业生产现状,其控制和治理依然要

以工程技术减排为主^[3,6]. VOCs 的控制包括以改进工艺、更换设备、防止泄漏为主的预防性控制措施. 主流控制技术主要包括催化氧化、吸附-浓缩-催化燃烧、活性炭/碳纤维吸脱附、等离子体分解、生物净化以及热力燃烧等. 其技术特点和应用行业等见表 1. 这些末端治理技术在实际应用中通常根

表 1 VOCs 主流控制技术特点

Table 1 Features of major VOCs control technologies

控制技术	技术特点	应用行业
催化氧化	高效、彻底的处理复杂的废气	工业废气以及工艺尾气处理,应用于石化、喷涂等
活性炭/碳纤维吸脱附	设备简单、操作灵活、去除效率高,后期运行成本高,且可能产生二次污染	活性炭适用高浓度的行业,碳纤维用于溶剂回收领域
生物过滤/滴滤	工艺设备简单,运行费用高,二次污染小,但应用条件苛刻,适用于低浓度	污水或者堆肥等的处理
吸附-浓缩-催化燃烧	安全性好,温度低,但不允许尘粒和雾滴	大风量、低浓度或排放浓度波动大的行业:喷涂、印刷等
等离子体分解	系统动力消耗低,反应装置简单等	低浓度排放行业
热力燃烧	废气中有可燃组分	高浓度排放行业
其它技术	光催化,膜分离等	—

据污染物的排放性质、浓度、以及具体行业进行因地制宜的筛选。依据我们的实际调研和工程实践,当前控制管理中,末端减排比例可以占到 60% ~ 70%,前端源头控制约 20% ~ 30%,过程控制不超过 10%。

2 方法论

本文主要是对文献[18,19]的深入。主要研究目的为依据经济模型 CGE,从宏观角度来分析挥发性有机物的工程技术控制手段的实施对国民经济体系的冲击。对比了工程技术减排与经济减排的差异(主要是税收政策),并给出政策建议。CGE 模型广泛用于环境政策的模拟^[20~22],由于核心模型体系在文献中已经详细的介绍^[5],在此不加以赘述。本研究的不同之处在于对污染物排放总量做了重新估算以及收税部门做了相关的调整。在这里主要包括 S6、S7、S8、S9、S10、S11、S12、S17、S18 和 S27。边际成本曲线的绘制,将技术减排成本考虑到整个宏观经济中,通过罚款机制的原则,将技术减排放入 CGE 模型中,以便直接考察减排技术对于宏观经济的影响。论文中主要考察了对重点工业部门收税和工程技术减排的差异,减排总量设定为 1%。对 10 个重点工业部门增加 10% 的间接税,对这些部门进行技术减排,其部门减排成本的核算考虑了部门适宜的减排技术和市场占有率等。研究中设计的情景参数,主要根据模型和具体实践进行假设。研究的目的是为了对比相同的减排率下宏观经济的损失。税收提高 10% 的时候会对宏观经济造成较大影响,将严重损害社会稳定,再高的税率会影响到国民经济的正常运行,因此不予考虑。而过低的税收比率,减排效果甚微。另外,技术上来分析,由于研究采取的 CGE 模型,是一组非线性方程近似为线性方程后求解所得,只有在冲击量比较小的时候才不至于导致较大的误差。因此权衡考虑经济社会影响以及误差控制,间接税增加比例设定为 10%,而对应的减排量在 1% 左右的水平。本研究中,不考虑技术间减排效率的差异。

3 结果与分析

3.1 减排曲线

根据实际工程经验,研究得到技术减排成本曲线。这组数据主要根据每一种具体技术的成本以及市场占有率,依照减排成本从高到低累加计算。根据平均减排曲线方程,折算而来。减排率在固定区

间内的时候,首先考虑减排成本最小的技术(该曲线仅用于工业领域)。这里需要注意的是横轴坐标表示的是在市场占有率基础上的减排比例(图 2),并不是减排效率。根据市场规律,假设企业优先考虑减排成本最低的技术,或者说减排通常从成本最低的企业或者行业展开。当减排率为 100% 时,市场上的减排技术都得到了最大化的应用。成本一般包括设备与工程投资、设备生命周期、运行费用、人力成本和维修成本等。文中主要包括运行成本以及投资成本。横坐标表示减排率,而纵坐标表示减排成本。

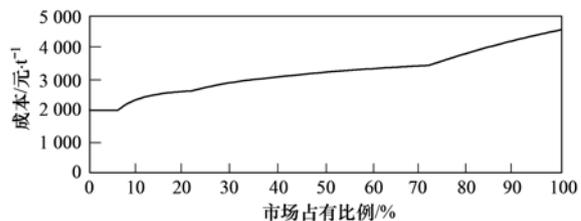


图 2 工程技术减排率曲线

Fig. 2 Marginal cost curve of engineering reduction technologies

减排成本自低到高分别是等离子分解、热力燃烧、吸附-浓缩-催化燃烧、催化氧化、活性炭/碳纤维吸脱附和生物过滤/滴滤。其中成本最低的是等离子体分解技术,约为 2 000 元·t⁻¹,成本最高的是生物过滤/滴滤,成本为 25 000 元·t⁻¹ 左右。就实际减排来讲,减排成本的影响因素多样,如废气风量和浓度等参数。研究中的成本主要来源于具体的工程技术项目实践调研。其中废气浓度是首选考虑的因素,因为不同的治理技术有着其适应的浓度范围。低浓度(体积分数)小于 0.1% 的废气,一般考虑吸附浓缩燃烧、生物过滤/滴滤和等离子技术。而中等浓度(0.1% ~ 1%)之间,考虑活性炭吸附以及催化燃烧以及热力燃烧。至于高浓度,也就是体积分数大于 1%,常采用的是冷凝回收降浓度再处理等^[23]。这些因素都会直接或者间接影响到减排成本的变化。

3.2 对宏观经济和环境的影响

当减排比例为 1% 时,减排量为 26.35 万 t,工程技术减排以及税收减排都会对宏观经济系统造成冲击。这时工程技术带来的经济损失为 31.4 亿元,环境税使得国民经济生产总值减少 2 257.7 亿元,分别占到当年国民经济生产总值的 0.000 5% 和 0.9%,折合每吨减排成本分别为 1.32 万元·t⁻¹ 和 94.9 万元·t⁻¹。当减排比例为 1% 的时候,宏观经济考虑,税收带来的经济损失是工程技术减排的 71.9

倍,因此工程技术减排更应该被鼓励. 随着减排比例的变动,减排的成本也会随之变化,图3是按照行业技术减排成本从小到大依次减排得到的,由边际成本加总除以总的减排量获得(假设各个技术的减排成本恒定,不随减排量的变化而变化). 从图3中可以看出,由于行业间的技术减排成本差异以及行业关联的特点,不同行业减排带来的宏观经济损失效果也不相同. 曲线越陡峭,说明宏观边际减排成本越大. 由于存在着这样的宏观边际减排成本,如果要想实现 VOCs 总量大幅减排,则可以考虑 VOCs 排放权交易的实施.

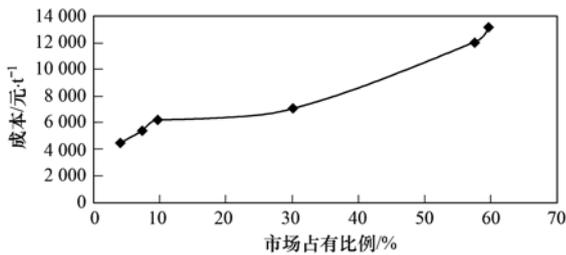


图3 考虑宏观因素的技术减排边际成本曲线

Fig. 3 Marginal cost curve of technologies from macro-economy side

3.3 对分部门经济和环境的影响

本部分考察两种政策对不同行业的冲击,如图4和5. 就工程技术减排来说,行业增加值减少最大的5个部门分别是 S1(农林牧渔业)、S30(批发和零售业)、S6(食品制造及烟草加工业)、S27(交通运输及仓储业)和 S32(金融业),减少4.2亿元、1.9亿元、1.7亿元、1.7亿元和1.6亿元. 挥发性有机物减少最多的5个部门为 S27(交通运输及仓储业)、S10(造纸印刷及文教体育用品制造业)、S11(石油加工、炼焦及核燃料加工业)、S12(化学工业)和 S9(木材加工及家具制造业),分别减少排放856.9 t、689.1 t、370.8 t、267.2 t和122.3 t.

就收税而言,行业增加值减少最多的5个行业

分别是 S1(农林牧渔业)、S6(食品制造及烟草加工业)、S30(批发和零售业)、S33(房地产业)和 S12(化学工业),其行业增加值分别减少了521.7亿元、243.7亿元、203.6亿元、140.8亿元和129.9亿元. 这一政策对挥发性有机物影响最大的5个行业分别是 S27(交通运输及仓储业)、S10(造纸印刷及文教体育用品制造业)、S11(石油加工、炼焦及核燃料加工业)、S12(化学工业)和 S6(食品制造及烟草加工业),减少5.3万 t、3.2万 t、2.6万 t、2.1万 t和1.4万 t挥发性有机物.

研究主要计算相同经济损失下的政策效果,税收和工程技术对经济系统和污染物降低的原理不同. 税收实现 VOCs 减排的原理在于它提升产品价格,导致其需求量下降,进而产出下降,最终导致排放量减少. 工程技术的采用会增加企业成本,增加的成本在行业之间通过产业链传递,最后导致了终端产品的整体价格上升,产出水平下降,从而对宏观经济产生影响. 单纯从减排效果而言,工程技术减排效果好于税收. 而在一定条件下(少量减排),相同的宏观经济损失时,税收的政策好于工程技术减排,而一旦突破了临界情况,工程技术减排会优于税收减排. 对于具体行业而言,当普遍要求采用工程技术措施的时,可以实现显著的污染物削减.

3.4 对其他经济要素的影响

除去经济和环境的影响,减排对社会方面其他方面也会带来一定的影响. 本研究重点考察对就业的影响(如图6). 图中看出工程技术减排影响最大的前5个行业是 S40(卫生、社会保障和社会福利业),S6(食品制造及烟草加工业),S8(纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业),S7(纺织业)和 S42(公共管理和社会组织),分别减少0.017%、0.017%、0.016%、0.015%和0.015%的就业. 环境税对就业影响最大的5个部门分别是 S6(食品制造及烟草

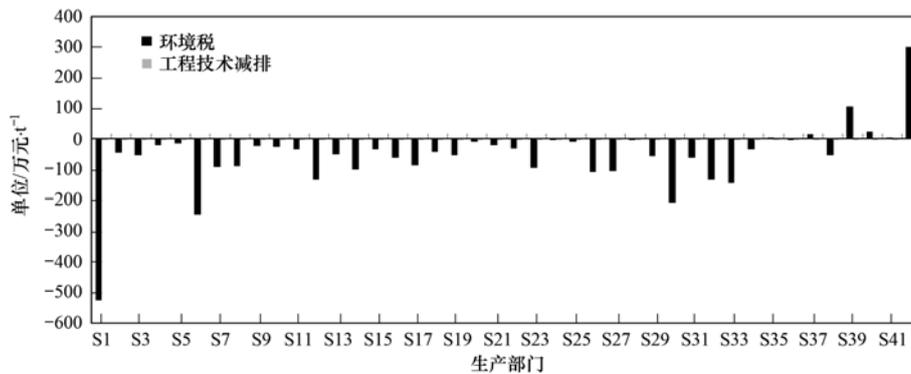


图4 工程技术和税收政策对宏观经济影响

Fig. 4 Economic impacts of engineering reduction measures and environmental tax

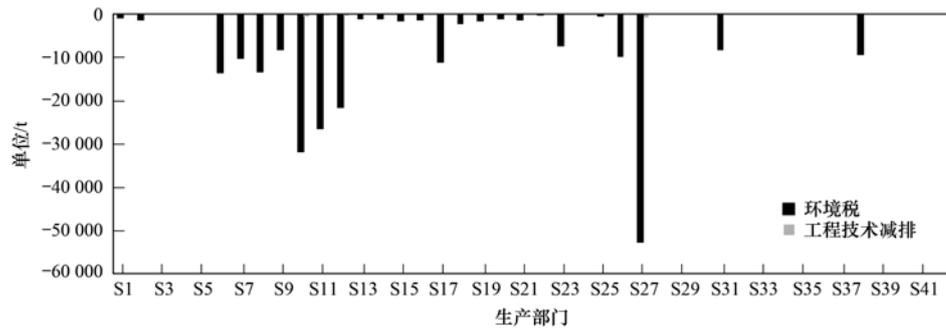


图5 工程技术和税收政策对环境的影响

Fig. 5 Environmental impacts of engineering reduction measures and environmental tax

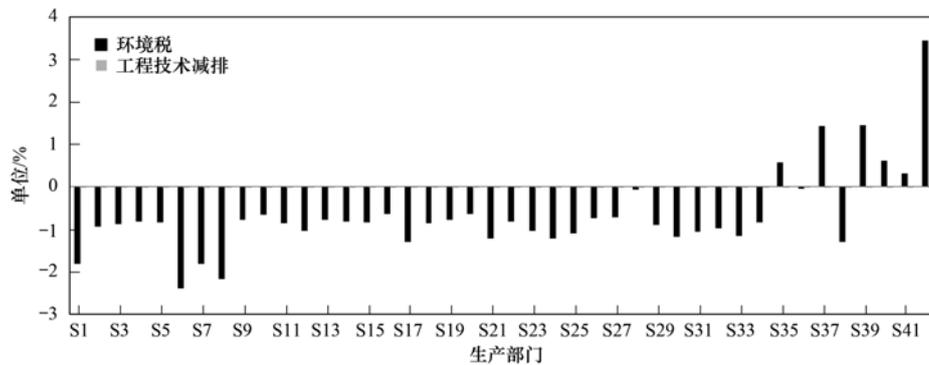


图6 环境税和工程技术减排措施对就业的影响

Fig. 6 Impacts of environmental tax and engineering reduction measures on labors

加工业)、S8(纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业)、S7(纺织业)、S1(农林牧渔业)和S17(交通运输设备制造业),分别减少2.4%、2.1%、1.8%、1.8%和1.3%的就业。

税收对就业产生了积极效果,在S41(文化、体育和娱乐业)、S35(研究与试验发展业)、S40(卫生、社会保障和社会福利业)、S37(水利、环境和公共设施管理业)、S39(教育)和S42(公共管理和社会组织)部门,增加了0.31%、0.57%、0.62%、1.4%、1.5%和3.5%的就业,而工程减排对各个部门就业影响都为负。图4~6中环境税和工程技术减排作用于宏观经济、环境和就业的影响由于差距比较大,因此3幅图中的灰色部分不明显。

另外,从宏观角度来说,两种政策对居民收入和政府收入也带来了不同的影响。工程技术减排居民收入仅减少0.012%,而环境税使得居民收入降低1.6%。工程技术降低0.011%的政府收入,环境税则增加政府3.8%的收入。两种政策对居民的影响都是负值,说明居民需要承担环境治理的成本。对环境税来说,政府的收入明显增加,而工程技术减排需要政府支付一部分的治理成本。

对于不同的减排比例,造成的经济和环境的影响不同。减排比例越大,环境税和工程技术减排的成本会逐渐升高,但是考虑到对经济系统对冲击的承受力,减排比例需要综合考虑各相关方利益后结合经济损失和减排效果具体确定。特别需要说明的是,本文考虑了2007年的排放(2007设定为基准年),这里的主要考虑因素在于当前统计数据的获得性。公开发表的统计年鉴中,目前以2007年投入产出表为主。随着经济的发展,排放量的数据统计稍显保守。因此,有必要根据实际,采用2012年最新的排放情况与2012年投入产出表结合进行重新政策模拟。

为了达到更有效的减排,建议经济手段和工程技术减排结合。目前我国生产过程中很少考虑环境和资源成本,因此要发挥政府作为非盈利机构所应该起的正面作用。考虑到技术发展之间的平衡性,结合减排技术边际成本曲线,建议政府对挥发性有机物采取补贴措施,每吨挥发性有机物减排补贴企业7500元·t⁻¹。这一数值的计算主要是根据不同的技术的实际成本和市场占有率加权后的平均(参照图2)。另一方面可以体现低成本技术的优势,一方

面可以刺激其他的减排技术,尽早降低商业成本. 研究同台湾地区经济减排政策做了对比^[24],无论从减排比例以及减排成本角度,也是有可比性的. 当年减排量为 1.6% 时,收费 20 000 ~ 30 000 台币·t⁻¹,折合人民币大约为 4 600 ~ 6 900 元·t⁻¹ 之间. 毕竟我国处于挥发性有机物减排的初期,政府的鼓励依然是技术发展的重要推动力量之一. 考虑到经济发展同环境保护的平衡,工程技术减排势在必行. 经济影响冲击比较大的部门,可以通过对部门之间进行额外的补贴等其他经济手段平衡.

需要补充说明的是,本研究与文献[18]的结论并不矛盾. 文献[18]中的数据主要是简单考虑了工程减排成本的大小比较. 实际上通过对研究的进一步细化,本文考虑了工程技术对宏观经济的影响,把税收政策同工程技术之间做了同一层次上的对比. 在考虑了政府补贴政策后,减排的效果依然是鼓励技术减排为主. 当然至于更细角度的行业部门减排,需要大量的工程实践经验,获得更完善的一手数据.

4 结 论

(1) 本文通过对比环境税和工程技术对挥发性有机物的控制,发现在同样减排量的情况下,从宏观角度来看,税收减排的影响高于工程技术减排. 减排技术的大规模使用,应该从排放量大、减排成本低的行业最早实行. 根据计算,当单位减排补贴量为 7 500 元·t⁻¹ 时,可以充分发挥技术减排的特点. 而税收对减排的作用也是不能忽视的,可以通过相关的金融和市场政策,平衡生产要素在国民经济体系中的流动. 至于具体税率的大小,则需要在技术组合的基础上进一步的政策分析和模拟.

(2) 挥发性有机物的减排,不可能通过单一的技术措施,也不可能通过单一的政策实现. 需要的是不同政策以及技术的组合,考虑其他行政管理手段比如排污许可、行为管制,以及其他经济手段,如排放权交易、奖励、低息贷款等. 这些政策的共同实施才能达到环境保护的最大化以及经济损失最小化.

参 考 文 献:

- [1] 邵敏,董东. 我国大气挥发性有机物污染与控制[J]. 环境保护 2013, 41(5): 25-28.
- [2] 环境保护部,国家发展和改革委员会,财政部. 重点区域大气污染防治“十二五”规划[EB/OL]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/gwy/201212/t20121205_243271.htm. 2012.
- [3] 王海林,聂磊,李靖,等. 重点行业挥发性有机物排放特征与评估分析[J]. 科学通报, 2012, 57(19): 1739-1746.
- [4] 王海林,张国宁,聂磊,等. 我国工业 VOCs 减排控制与管理对策研究[J]. 环境科学, 2011, 32(12): 3462-3468.
- [5] 王铁宇,李奇锋,吕永龙. 我国 VOCs 的排放特征及控制对策研究[J]. 环境科学, 2013, 34(12): 4756-4763.
- [6] 刘强. 挥发性有机物污染控制技术探讨[J]. 化工管理, 2014, (23): 231
- [7] 陈颖,李丽娜,杨常青,等. 我国 VOC 类有毒空气污染物优先控制对策探讨[J]. 环境科学, 2011, 32(12): 3469-3475.
- [8] 陈颖. 我国工业源 VOCs 行业排放特征及未来趋势研究[D]. 广州:华南理工大学, 2013.
- [9] 魏巍. 中国人为源挥发性有机化合物的排放现状及未来趋势[D]. 北京:清华大学, 2009.
- [10] 刘金凤,赵静,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.
- [11] 赵静. 我国挥发性有机物人为源排放清单的研究[D]. 北京:北京大学, 2004.
- [12] 席劲瑛,武俊良,胡洪营,等. 工业 VOCs 排放源废气排放特征调查与分析[J]. 中国环境科学, 2010, 30(11): 1558-1562.
- [13] Geng F H, Tie X M, Xu J Q, et al. Characterizations of ozone, NOx, and VOCs measured in Shanghai, China[J]. Atmospheric Environment, 2008, 42(29): 6873-6883.
- [14] Liu Y, Shao M, Fu L L, et al. Source profiles of volatile organic compounds (VOCs) measured in China: Part I[J]. Atmospheric Environment, 2008, 42(25): 6247-6260.
- [15] Wei W, Cheng S Y, Li G H, et al. Characteristics of volatile organic compounds (VOCs) emitted from a petroleum refinery in Beijing, China[J]. Atmospheric Environment, 2014, 89: 358-366.
- [16] Wei W, Wang S X, Hao J M, et al. Projection of anthropogenic volatile organic compounds (VOCs) emissions in China for the period 2010-2020 [J]. Atmospheric Environment, 2011, 45(38): 6863-6871.
- [17] Zheng J Y, Yu Y F, Mo Z W, et al. Industrial sector-based volatile organic compound (VOC) source profiles measured in manufacturing facilities in the Pearl River Delta, China [J]. Science of the Total Environment, 2013, 456-457: 127-136.
- [18] 刘昌新,王宇飞,王海林,等. 挥发性有机物税收政策对我国经济的影响分析[J]. 环境科学, 2011, 32(12): 3509-3514.
- [19] 刘昌新,王宇飞,郝郑平,等. 基于动态 CGE 的挥发性有机污染物 VOCs 排放预测和控制研究[J]. 环境科学, 2013, 34(12): 4787-4791.
- [20] 吴兵. 中国经济可计算一般均衡分析决策支持系统的研究与应用[D]. 上海:华东师范大学, 2004.
- [21] 朱永彬,刘晓,王铮. 碳税政策的减排效果及其对我国经济的影响分析[J]. 中国软科学, 2010, (4): 1-9, 87.
- [22] 朱永彬,王铮. 碳关税对我国经济影响评价[J]. 中国软科学, 2010, (12): 36-42, 49.
- [23] 栾志强,郝郑平,王喜芹. 工业固定源 VOCs 治理技术分析评估[J]. 环境科学, 2011, 32(12): 3476-3486.
- [24] 栾志强,王喜芹,郑雅楠,等. 台湾地区 VOCs 污染控制法规、政策和标准[J]. 环境科学, 2011, 32(12): 3491-3500.

CONTENTS

Comparative Analysis and Inspiration of Air Quality Index Between China and America	GAO Qing-xian, LIU Jun-rong, LI Wen-tao, <i>et al.</i>	(1141)
Regional Source Apportionment of PM _{2.5} in Beijing in January 2013	LI Xuan, NIE Teng, QI Jun, <i>et al.</i>	(1148)
Formation Mechanism of a Serious Pollution Event in January 2013 in Beijing	CHENG Nian-liang, LI Yun-ting, ZHANG Da-wei, <i>et al.</i>	(1154)
Soluble of Metals within TSP in Shanghai	CHANG Yan, FENG Chong, QU Jian-guo, <i>et al.</i>	(1164)
Analysis of Component Spectral Characteristics of PM ₁₀ -Bound PAHs and the Influence of Weather Conditions During Spring in Xiamen	ZHANG Jian, FAN Shu-xian, SUN Yu, <i>et al.</i>	(1173)
Tracing Sources of Sulfate Aerosol in Nanjing Northern Suburb Using Sulfur and Oxygen Isotopes	WEI Ying, GUO Zhao-bing, GE Xin, <i>et al.</i>	(1182)
Analysis of an Air Pollution Process Using LiDAR in Nanjing, Spring of 2014	BAO Qing, HE Jun-liang, ZHA Yong, <i>et al.</i>	(1187)
Characteristics of Water-soluble Inorganic Ions in PM _{2.5} and PM _{2.5-10} in Mountain Background Region of East China in Spring	SU Bin-bin, ZHANG Zhi-sheng, TAO Jun, <i>et al.</i>	(1195)
Emission of Particulate Matter, Organic and Elemental Carbon from Burning of Fallen Leaves	YANG Wei-zong, LIU Gang, LI Jiu-hai, <i>et al.</i>	(1202)
Emission Inventory of Crop Residues Field Burning and Its Temporal and Spatial Distribution in Sichuan Province	HE Min, WANG Xing-rui, HAN Li, <i>et al.</i>	(1208)
Marine Emission Inventory and Its Temporal and Spatial Characteristics in the City of Shenzhen	YANG Jing, YIN Pei-ling, YE Si-qi, <i>et al.</i>	(1217)
Characteristic of Ultrafine Particles Transferring Through Building Envelopes	SUN Zai, CHEN Qiu-fang, CAI Zhi-liang, <i>et al.</i>	(1227)
Airborne Fungal Aerosol Concentration and Distribution Characteristics in Air-Conditioned Wards	ZHANG Hua-ling, FENG He-hua, FANG Zi-liang, <i>et al.</i>	(1234)
Effect of Below-cloud Secondary Evaporation in Precipitations over the Loess Plateau Based on the Stable Isotopes of Hydrogen and Oxygen	JIN Xiao-gang, ZHANG Ming-jun, WANG Sheng-jie, <i>et al.</i>	(1241)
Effect of the Runoff-sediment Control of the Xiaolangdi Reservoir on DOC Transport	ZHANG Yong-ling, WANG Ming-shi, DONG Yu-long	(1249)
Effects of Long-term Implementation of the Flow-Sediment Regulation Scheme on Grain and Clay Compositions of Inshore Sediments in the Yellow River Estuary	WANG Miao-miao, SUN Zhi-gao, LU Xiao-ning, <i>et al.</i>	(1256)
Influences of Biological Processes on Geochemical Characteristics: An Example of a Mountain Karst Pool in Spring Season	YU Zheng-liang, YANG Ping-heng, ZHAO Rui-yi, <i>et al.</i>	(1263)
Variation Characteristics and Sources of Heavy Metals in an Urban Karst Groundwater System during Rainfall Event	REN Kun, YANG Ping-heng, JIANG Ze-li, <i>et al.</i>	(1270)
Risk Assessment of Trihalomethane Production Using the Beijiang River and the Pearl River, Guangzhou as Drinking Water Sources	ZHONG Hui-zhou, WEI Chao-hai	(1277)
Spatial Variability Characteristics of Water Quality and Its Driving Forces in Honghu Lake During High Water-level Period	LI Kun, WANG Ling, LI Zhao-hua, <i>et al.</i>	(1285)
Nutrient Exchange Between Meixi River and Yangtze River Due to the Typical Interaction Process of the Three Gorges Reservoir and Its Tributary	CAO Man, FU Jia-nan, ZHOU Zi-ran, <i>et al.</i>	(1293)
Effects of Nutrient Inputs on Changes of Phosphorus Forms and Phytoplankton Growth in Taihu Lake	WANG Rui-zhe, WANG Pei-fang, REN Ling-xiao, <i>et al.</i>	(1301)
Community Dynamics of Phytoplankton and Related Affecting Factors in a Eutrophicated Small Pond	YANG Wen, ZHU Jin-yong, ZHANG Ke-xin, <i>et al.</i>	(1309)
Yearly Changes of Phytoplankton Community in the Ecology-monitoring Area of Changli, Hebei in Summer	LIANG Xiao-lin, YANG Yang, WANG Yu-liang, <i>et al.</i>	(1317)
Improvement of River Water Quality by Aeration: WASP Model Study	ZHU Wen-bo, WANG Hong-xiu, LIU Cui, <i>et al.</i>	(1326)
Radiolytic Decomposition of Ciprofloxacin Hydrochloride in Aqueous Solution Using γ Irradiation	ZHU Sheng-nan, GUO Zhao-bing, ZHAO Yong-fu, <i>et al.</i>	(1332)
Removal of Antimony in Wastewater by Electrochemical Hydride Generation and the Recovery of Antimony	CHEN Jing-jing, ZHANG Guo-ping, LI Hai-xia, <i>et al.</i>	(1338)
Degradation of <i>m</i> -Cresol with Fe-MCM-41 in Catalytic Ozonation	SUN Wen-jing, WANG Ya-min, WEI Huang-zhao, <i>et al.</i>	(1345)
Bioanode and Inversion of Bioanode to Biocathode for the Degradation of Antibiotic Chloramphenicol	KONG De-yong, LIANG Bin, YUN Hui, <i>et al.</i>	(1352)
Photolysis of Gaseous HNO ₃ on the α -Fe ₂ O ₃ Films Under 308 nm UV Light	LU Jun, SUN Yun-dong, XIE Jing-jing, <i>et al.</i>	(1359)
Simultaneous Determination of Hydroquinone and Catechol Based on L-Histidine-Erythrosine Composite Film Modified Glassy Carbon Electrode	HE Jia-hong, XU Qiang, DING Wu-quan, <i>et al.</i>	(1365)
Preparation and Characterization of Quinone Functional Polymer Biocarrier (PET-AQS) for Bionitrification Catalysis	XU Qing, HOU Zheng-hao, TIAN Xiu-lei, <i>et al.</i>	(1374)
Kinetic Characteristics of Degradation of Geosmin and 2-Methylisoborneol by <i>Bacillus subtilis</i>	MA Nian-nian, LUO Guo-zhi, TAN Hong-xin, <i>et al.</i>	(1379)
Screening of a Highly Efficient Quinoline-degrading Strain and Its Enhanced Biotreatment on Coking Waste Water	LI Jing, LI Wen-ying	(1385)
Effect of Ferric Iron on Nitrogen Immigration and Transformation and Nitrous Oxide Emission During Simultaneous Nitrification Denitrification Process	LI Hao, YAN Yu-jie, XIE Hui-jun, <i>et al.</i>	(1392)
Running Condition and Bacterial Community Associated with the Partial Nitritation System	ZHAO Zhi-rui, JIAO Hai-hua, CUI Bing-jian, <i>et al.</i>	(1399)
Using Excess Activated Sludge Treated 4-Chlorophenol Contained Waste Water to Cultivate <i>Chlorella vulgaris</i>	WANG Lu, CHEN Xiu-rong, YAN Long, <i>et al.</i>	(1406)
Effects of Total Nitrogen and BOD ₅ /TN on Anaerobic Ammonium Oxidation-Denitrification Synergistic Interaction of Mature Landfill Leachate in Aged Refuse Bioreactor	YANG Ying-ying, CHEN Yi, LI Ming-jie, <i>et al.</i>	(1412)
Altitudinal Gradient Distribution and Source Analysis of PAHs Content of Topsoil in Jinfo Mountain, Chongqing	SHI Yang, SUN Yu-chuan, LIANG Zuo-bing, <i>et al.</i>	(1417)
Characteristics and Inputs of Cd Contamination in Paddy Soils in Typical Mining and Industrial Areas in Youxian County, Hunan Province	ZHANG Min, WANG Mei-e, CHEN Wei-ping, <i>et al.</i>	(1425)
Effects of Canalization on the Iron Deposition in Sanjiang Plain	SU Wen-hui, YU Xiao-fei, WANG Guo-ping, <i>et al.</i>	(1431)
Effects of Phosphate and Zeolite on the Transformation of Cd Speciation in Soil	WANG Xiu-li, LIANG Cheng-hua, MA Zi-hui, <i>et al.</i>	(1437)
Leaching Remediation of Copper and Lead Contaminated Lou Soil by Saponin Under Different Conditions	DENG Hong-xia, YANG Ya-li, LI Zhen, <i>et al.</i>	(1445)
Accumulation Characteristics and Evaluation of Heavy Metals in Soil-Crop System Affected by Wastewater Irrigation Around a Chemical Factory in Shenmu County	QI Yan-bing, CHU Wan-lin, PU Jie, <i>et al.</i>	(1453)
Effects of Organic and Inorganic Slow-Release Compound Fertilizer on Different Soils Microbial Community Structure	WANG Fei, YUAN Ting, GU Shou-kuan, <i>et al.</i>	(1461)
Response of Maize to Lead Stress and Relevant Chemical Forms of Lead	CHENG Hai-kuan, ZHANG Biao, JING Xin-xin, <i>et al.</i>	(1468)
Effect of Boron-antimony Interaction on the Uptake and Accumulation of Antimony and Boron by Rice Seedling	XIANG Meng, HUANG Yi-zong, CAI Li-qun, <i>et al.</i>	(1474)
Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth of Reeds in Wetland Soils with Different Salt Content	GUO Jiang-yuan, GUO Wei, BI Na, <i>et al.</i>	(1481)
A Contrastive Study on Salt-alkaline Resistance and Removal Efficiency of Nitrogen and Phosphorus by <i>Phragmites australis</i> and <i>Typha angustifolia</i> in Coastal Estuary Area	CHEN You-yuan, SUN Ping, CHEN Guang-lin, <i>et al.</i>	(1489)
Soil Microbial Respiration Under Different Soil Temperature Conditions and Its Relationship to Soil Dissolved Organic Carbon and Invertase	WU Jing, CHEN Shu-tao, HU Zheng-hua, <i>et al.</i>	(1497)
Comparison Analysis of Economic and Engineering Control of Industrial VOCs	WANG Yu-fei, LIU Chang-xin, CHENG Jie, <i>et al.</i>	(1507)

《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)

2015年4月15日 第36卷 第4期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 36 No. 4 Apr. 15, 2015

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. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. 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: 120.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行