

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第11期

Vol.33 No.11

2012

中国科学院生态环境研究中心 主办

科学出版社 出版



目次

京津冀与长三角区域大气 NO ₂ 污染特征	王英, 李令军, 刘阳 (3685)
2008~2011 年夏季京津冀区域背景大气污染变化分析	杨俊益, 辛金元, 吉东生, 朱彬 (3693)
沧州市大气污染特征观测研究	王永宏, 胡波, 王跃思, 刘伟, 张武 (3705)
华北工业城市降水中金属元素污染特征及来源	李月梅, 潘月鹏, 王跃思, 王英锋, 李杏茹 (3712)
广州市交通主干道空气中苯系物的测量	叶丛雷, 谢品华, 秦敏, 凌六一, 郑尼娜, 刘文彬, 黄祖照 (3718)
基于实时交通信息的道路机动车动态排放清单模拟研究	黄成, 刘娟, 陈长虹, 张健, 刘登国, 朱景瑜, 黄伟明, 巢渊 (3725)
柴油轿车燃用煤基 F-T 合成油的排放特性	胡志远, 程亮, 谭丕强, 楼狄明 (3733)
九龙江口滨海湿地生源要素空间分布特征	余小青, 杨军, 刘乐冕, 田原, 余正, 王昌付 (3739)
南四湖水体氮、磷营养盐时空分布特征及营养状态评价	舒凤月, 刘玉配, 赵颖, 吴艳鹏, 李爱华 (3748)
天目湖流域湿地对氮磷输出影响研究	李兆富, 刘红玉, 李恒鹏 (3753)
北京市新建城区不透水地表径流 N、P 输出形态特征研究	李立青, 吕书丛, 朱仁肖, 刘泽权, 单保庆 (3760)
云阳宗海库的分布与来源	张玉玺, 向小平, 张英, 陈玺, 刘景涛, 王金翠, 张媛静, 孙继朝 (3768)
南方某城市地表水体中粪源性污染指示微生物的分布特征研究	孙傅, 沙婧, 刘彦华 (3778)
三峡库区大宁河藻细胞昼夜垂直迁移研究	张永生, 郑丙辉, 姜霞, 郑浩, 钟娜, 陈春宵 (3787)
江淮农村生态型排水系统构建及截污作用研究	单保庆, 李楠, 唐文忠 (3797)
人工湿地植物床-沟壕系统水质净化效果	汪仲琼, 张荣斌, 陈庆华, 魏宏斌, 王为东 (3804)
潜流人工湿地演变对废水中有机物、氮及磷去除的影响	魏泽军, 谢建平, 黄玉明 (3812)
人工湿地处理含盐生活污水的特性研究	高峰, 杨朝晖, 李晨, 金卫红, 邓一兵 (3820)
催化湿式氧化法降解水中的 β -萘酚	刘杰, 于超英, 赵培庆, 陈革新 (3826)
ZVI/EDDS/Air 体系降解水中 2,4-二氯酚的研究	孙倩, 周海燕, 曹梦华, 吴琳娜, 王琳玲, 陈静, 陆晓华 (3833)
微波改性 MWNTs/TiO ₂ 复合材料对 1,2,3-三氯苯的光催化降解研究	施周, 张茜, 张伟, 徐舜开, 张骅 (3840)
腐殖酸对生物炭去除水中 Cr(VI) 的影响机制研究	丁文川, 田秀美, 王定勇, 曾晓岚, 徐茜, 陈健康, 艾小雨 (3847)
臭氧氧化-活性污泥法处理含 PVA 工业废水的试验研究	邢晓琼, 黄程兰, 刘敏, 陈滢 (3854)
复合底物对颗粒化 EBPR 系统除磷特性的影响及优化试验研究	徐少娟, 孙培德, 郑雄柳, 董毅 (3859)
进水比例对水解反应器出水水质的影响研究	梁康强, 熊娅, 戚茂荣, 林秀军, 朱民, 宋英豪 (3868)
厌氧-好氧联合型生物反应器埋地渗滤液水质水量变化规律的研究	韩智勇, 刘丹, 李启彬, 陈馨 (3873)
我国城市污水处理回用调查研究	郭宇杰, 王学超, 周振民 (3881)
快雌醇和壬基酚在土壤中的吸附-解吸特征	姜鲁, 王继华, 李建忠, 辛佳, 李森, 刘翔 (3885)
黄土丘陵区刺槐林深层土壤有机碳矿化特征初探	马昕昕, 许明祥, 杨凯 (3893)
半干旱黄土丘陵区土壤结皮的地表水文效应	卫伟, 温智, 陈利顶, 陈瑾, 吴东平 (3901)
广西大石围巨型漏斗土壤中多环芳烃与环境因素	孔祥胜, 祁士华, 蒋忠诚, 黄保健 (3905)
酸性条件下黄铁矿氧化机制的研究	王楠, 易筱筠, 党志, 刘云 (3916)
淋洗条件下砂土和粉土盐运移过程的监测研究	付腾飞, 贾永刚, 郭磊, 刘晓磊 (3922)
空气注射修复苯污染地下水模拟研究	樊艳玲, 姜林, 张丹, 钟茂生, 贾晓洋 (3927)
不同终点检测 5 种双酚 A 类化合物对 MCF-7 的细胞毒性	张帅帅, 刘堰, 刘树深, 朱祥伟 (3935)
上海世博园后滩湿地桤木类群落特征及其对环境因子的响应	陈立婧, 吴艳芳, 景钰湘, 王聪, 张饮江 (3941)
耐盐石油降解菌的筛选鉴定及其特性研究	吴涛, 谢文军, 依艳丽, 李小彬, 王君, 胡相明 (3949)
高效降酚菌株 <i>Ochrobactrum</i> sp. CH10 生长动力学和苯酚降解特性的研究	陈晓华, 魏刚, 刘思远, 孙江曼, 王芳芳, 李昊源, 刘宇军 (3956)
四溴双酚 A 好氧降解菌的筛选及其降解特性研究	钱艳园, 刘莉莉, 于晓娟, 丁丛, 王志平, 施玉衡, 李晨君 (3962)
长期施用有机和无机肥对黑土 <i>nirS</i> 型反硝化菌种群结构和丰度的影响	尹昌, 范分良, 李兆君, 宋阿琳, 朱平, 彭畅, 梁永超 (3967)
三氯乙烯在不同土壤中的吸附特性及其影响因素研究	何龙, 邱兆富, 吕树光, 逯志昌, 王治立, 隋倩, 林匡飞, 刘勇弟 (3976)
多菌灵在农田土壤中的降解及其影响因素研究	肖文丹, 杨肖娥, 李廷强 (3983)
硫化物对垃圾焚烧污泥焚烧飞灰高温过程中重金属挥发的影响	刘敬勇, 孙永裕 (3990)
关于医疗垃圾飞灰中二噁英在惰性气氛下的低温热脱附研究	纪莎莎, 李晓东, 徐旭, 陈彤 (3999)
第七届环境模拟与污染控制学术研讨会论文	
稻田气溶胶 NH ₃ 和气体 NO _x 排放在线测定研究	龚巍巍, 栾胜基 (4006)
一种可同时检测挥发性氯代烷烃和氯代烯烃的电子鼻的研制	文晓刚, 刘锐, 蔡强, 万梅, 汤灵容, 陈吕军 (4012)
基于被动采样技术的垃圾焚烧厂及周边大气中 PAHs 分布研究	孙少艾, 李洋, 周轶, 王海蛟, 孙英 (4018)
涪江流域农业非点源污染空间分布及污染源识别	丁晓雯, 沈珍瑶 (4025)
人工湿地不同区域基质磷含量的差异分析	曹雪莹, 种云霄, 余光伟, 仲海涛 (4033)
基于 RT-qPCR 选择性检测水中活性病原菌	林怡雯, 李丹, 吴舒旭, 何苗, 杨天 (4040)
消毒副产物生成的温度影响和动力学模型	张小璐, 杨宏伟, 王小仵, 付静, 解跃峰 (4046)
一种厌氧微观定量研究新方法	张仲良, 吴静, 蒋剑凯, 姜洁, 李怀志 (4052)
梧桐树叶作为反硝化碳源的研究	熊剑锋, 徐华, 阎宁, 张永明 (4057)
降解嗜盐菌 AD-3 的筛选、降解特性及加氧酶基因的研究	崔长征, 冯天才, 于亚琦, 董斐, 杨昕梅, 冯耀宇, 刘勇弟, 林汉平 (4062)
《环境科学》征订启事 (3711) 《环境科学》征稿简则 (3767) 信息 (3998, 4039, 4045, 4056) 专辑征稿通知 (4051)	

沧州市大气污染特征观测研究

王永宏^{1,2}, 胡波^{2*}, 王跃思², 刘伟³, 张武¹

(1. 兰州大学大气科学学院, 半干旱气候变化教育部重点实验室, 兰州 730000; 2. 中国科学院大气物理研究所大气边界层物理和大气化学国家重点实验室(LAPC), 北京 100029; 3. 沧州师范学院, 沧州 061000)

摘要: 利用沧州 2009 年 7 月~2011 年 7 月的 NO_x ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$)、 O_3 、 SO_2 以及 PM_{10} 的观测数据, 分析了沧州市大气污染物的日变化、月平均变化、年变化以及季节平均变化特征。结果表明, NO_x 、 PM_{10} 日变化为双峰型, O_3 为单峰。 SO_2 日变化也呈现为双峰型, 但是其变化幅度较平缓。 NO 、 NO_2 、 NO_x 、 SO_2 有较相同的季节变化趋势。 NO 、 NO_2 、 NO_x 、 SO_2 及 PM_{10} 冬季值最大, 分别为 $(30.0 \pm 18.9) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $(50.5 \pm 19.8) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $(80.5 \pm 38.7) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $(62.1 \pm 34.7) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $(201.6 \pm 98.5) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。臭氧夏季浓度最高, 其月均值为 $(88.0 \pm 22.3) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。 NO 、 NO_2 、 NO_x 、 O_3 、 SO_2 及 PM_{10} 年均值分别为 $(18.9 \pm 14.5) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $(37.6 \pm 13.0) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $(56.5 \pm 27.5) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $(49.9 \pm 16.3) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $(31.6 \pm 19.5) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $(156.7 \pm 79.1) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。秋冬季污染物主要为 NO_x ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$)、 SO_2 以及 PM_{10} , 夏季污染物主要为 O_3 。

关键词: 沧州; 大气污染物; NO_x ; O_3 ; SO_2 ; PM_{10}

中图分类号: X51 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)11-3705-07

Characteristics of Atmospheric Pollutants in Cangzhou

WANG Yong-hong^{1,2}, HU Bo², WANG Yue-si², LIU Wei³, ZHANG Wu¹

(1. Key Laboratory for Semi-Arid Climate Change of the Ministry of Education, College of Atmospheric Science, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 2. State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 3. Cangzhou Normal College, Cangzhou 061000, China)

Abstract: The variation characteristics of air pollution in Cangzhou are analyzed base on measurements from July 2009 to July 2011 in Cangzhou Normal College. Measurement data of NO_x ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$), O_3 , SO_2 and PM_{10} was used to analyze diurnal, monthly variation and annual variation characteristics of air pollutants in Cangzhou city. The results indicated that there were two peak values in the diurnal variation of NO_x and PM_{10} , and there was a single peak in the diurnal variation of O_3 . The diurnal variation of SO_2 was similar to those of NO_x and PM_{10} , however, the variation trend was smoother than those of other pollutants. The seasonal variations of NO , NO_2 , NO_x were the same as that of SO_2 , with the maximum values of these pollutants appearing in Winter, and the concentrations of NO , NO_2 , SO_2 and PM_{10} were $(30.0 \pm 18.9) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, $(50.5 \pm 19.8) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, $(80.5 \pm 38.7) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, $(62.1 \pm 34.7) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ and $(201.6 \pm 98.5) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, respectively. The seasonal variation of O_3 was different from those of other pollutants, and the maximum concentration appeared in summer with the value of $(44.9 \pm 11.4) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. The annual mean values of NO , NO_2 , NO_x , O_3 , SO_2 and PM_{10} were $(18.9 \pm 14.5) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, $(37.6 \pm 13.0) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, $(56.5 \pm 27.5) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, $(49.9 \pm 16.3) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, $(31.6 \pm 19.5) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ and $(156.7 \pm 79.1) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, respectively. The dominant pollutants differed in different seasons. NO_x ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$), SO_2 and PM_{10} were the most important pollutants in autumn and winter, while O_3 was the main pollutant in summer.

Key words: Cangzhou; atmospheric pollutants; NO_x ; O_3 ; SO_2 ; PM_{10}

近年来,随着“城市化”速度的加快和全球气候的变化^[1],大气污染的成因与治理已成为研究的热点^[2-4]。气体污染物更是与气候模式计算中的最大不确定因素气溶胶其物理化学性质的形成和变化密切相关^[5]。对我国大气环境污染的研究中,吉东生等^[6]研究了北京大气 SO_2 浓度的变化特征,李颖敏等^[7]研究了 2008 年秋季珠江三角洲污染气象条件及特征。以往的研究主要集中于京津冀、长江三角洲、珠江三角洲等经济发达地区中的大型城市,而对其周边中小型城市大气污染特征的研究鲜见。尤其是在京津冀区域复合污染呈现出高浓度气体污染物和颗粒物相结合^[8],静稳天气条件下区域复合污

染易持续累积,能见度持续下降,严重的区域大气污染不断发生^[9,10]的情况下,对京津冀地区周边进行大气污染的研究和治理非常重要。

沧州地处河北省东南,东临渤海,北靠京津,位于环渤海中心地带,是国务院确定的经济开发区,也是京津通往东部沿海地区的交通要冲,属于暖温带半干旱半湿润的季风气候。利用中国科学院大气物理研究所京津冀大气环境监测网沧州站 2 a 的在线

收稿日期: 2012-01-09; 修订日期: 2012-03-13

基金项目: 北京市科技计划公益应用项目(D09040903670902)

作者简介: 王永宏(1988~),男,硕士研究生,主要研究方向大气物理与大气环境。

* 通讯联系人, E-mail: hb@dq.cern.ac.cn

监测数据,定量给出了沧州大气污染物的基本时空变化状况,分析了沧州市污染物的污染变化特征.

1 材料与方法

1.1 观测站点与数据

沧州大气污染物监测站位于沧州市西郊沧州师范学院内一座平房的房顶上,(东经 116° , 北纬 38°),相对高度 5 m,附近无高大建筑和典型污染源,周围多为农田.

环境数据为 2009-07-01 ~ 2011-07-25 的 NO_x 、 O_3 、 SO_2 、 PM_{10} 数据.

1.2 监测仪器

监测仪器分为气体污染物监测仪器和颗粒物 PM_{10} 质量浓度监测仪器,颗粒物浓度监测仪器的主机和震荡天平与气体污染物监测仪器均放置于 25°C 恒温恒湿观测室内,气体仪器进样管线和颗粒物浓度监测切割头定时更换和清洗.

气体监测仪器均采用美国 Thermo 环境设备公司气体分析仪; NO_x 浓度观测采用 42i 型化学发光法分析仪,其最低检测限: 0.05×10^{-9} ; 零漂: $< 0.025 \times 10^{-9}$ (24 h); 跨漂: $\pm 1\%$ (24 h, 满度值); 精度: 0.4×10^{-9} . O_3 采用 49i 紫外光度法分析仪,其最低检测限: 2×10^{-9} ; 零漂: $< 0.4\%$ (24 h); 跨

漂: $\pm 1\%$ (24 h), $\pm 2\%$ (7 d); 精度: 1×10^{-9} . 按照 US EPA 认证的质量控制标准, SO_2 浓度观测采用 43i 度脉冲荧光分析仪,其最低检测限: 2×10^{-9} ; 零漂: $< 0.025 \times 10^{-9}$ (24 h); 跨漂: $\pm 1\%$ (24 h, 满度值); 精度: 1×10^{-9} . NO_x 和 SO_2 分析仪常规校准均使用美国 Thermo 公司出品的 146i 型动态稀释校准仪,配备 US EPA 认证的标准气体 (Scott-Marrin. inc 生产) 进行校正. O_3 分析仪常规校准使用 TECO 49C PS 校准仪,每年溯源到美国国家标准物质研究所 (USA NIST) 一级标准.

颗粒物监测仪器采用环境颗粒物监测仪 (RP1400a, 美国 R&P 公司), 仪器参数: 采集频率为每 10 min 采 1 个数据; 测量范围 $0 \sim 5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$; 分辨率 $0.1 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$; 精密度 $\pm 1.5 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (1 h 浓度平均值)、 $\pm 0.5 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (24 h 浓度平均值); 准确度 $\pm 0.75\%$; 最低检测限 $0.06 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (1 h 浓度平均值).

2 结果与讨论

2.1 污染物浓度日平均变化

为了了解沧州市大气污染物浓度的变化特征,从而更加有效地改善和治理,统计了沧州市日平均污染物浓度变化规律 (图 1).

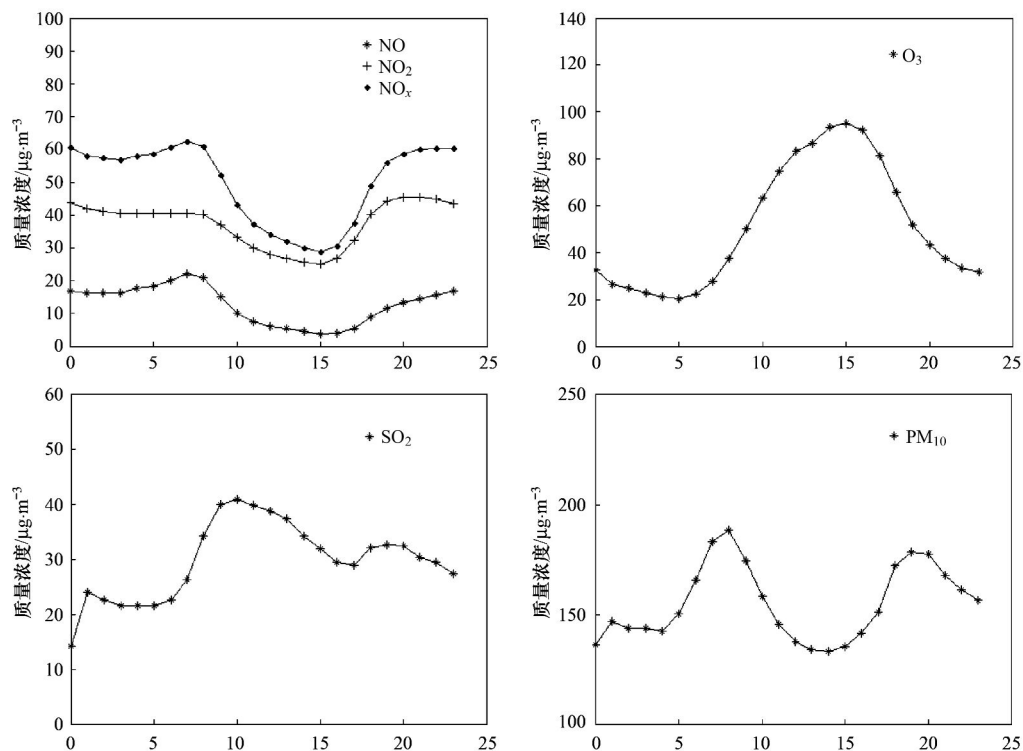


图 1 污染物浓度日变化

Fig. 1 Diurnal cycles of atmospheric pollutants

NO、NO_x 的日变化呈双峰型,最大值均出现于早晨 07:00 左右,其浓度值分别为 22.0 μg·m⁻³ 和 65.3 μg·m⁻³,最小值出现于下午 15:00 左右,浓度值分别为 3.9 μg·m⁻³ 和 35.1 μg·m⁻³. 早高峰值是由于早上上班高峰期车流量大,而 NO、NO_x 主要是汽车尾气排放^[11],加之秋冬季早晨为冬季供暖高峰期,燃烧对氮氧化物的浓度也有影响. 17:00 ~ 20:00 为污染物浓度持续增大区,且高浓度值从晚上 19:00 开始一直到次日早 08:00 左右. 这是由于晚高峰时车流量大、汽车尾气排放多,且太阳落山后,地面迅速冷却降温,大气边界层内行成稳定的逆温层^[12],而逆温层的存在不利于污染物的扩散,该逆温层一般持续到次日日出才逐渐消失. 这是造成夜间污染物浓度偏高的原因. NO₂ 的日变化规律与 NO、NO_x 一致,也呈现为双峰型,但其日变化较为平缓.

对流层臭氧的产生除平流层注入外主要来自光化学反应^[13]. 光化学反应产生 O₃ 的速率与太阳紫外辐射的强度和 NO_x 等物质的浓度密切相关^[14,15]. 沧州市臭氧浓度特征表现为单峰型,早晨日出后随着太阳高度角的增大,光化学反应速率不断增加,臭氧累计浓度不断增大,直到下午 15:00 左右,由于臭氧的区域输送^[16] (上风向向京津冀工业区的污染物输送对沧州地区影响),臭氧浓度值达到最大,为 95.3 μg·m⁻³. 此最大值也与 NO_x 的最小值相对应,说明臭氧生成过程中对 NO_x 的消耗. 之后随着太阳紫外辐射强度的减小,光化学反应速率减小,臭氧浓度逐渐下降,最小值出现于凌晨 05:00 左右,为 20.4 μg·m⁻³.

SO₂ 作为硫酸盐气溶胶和酸雨的前体物,对全球气候和环境有重要影响^[17,18]. SO₂ 的排放主要为化石燃料的燃烧,尤其是沧州这样的典型北方城市,在秋冬采暖季对化石燃料的依赖性更强. 沧州站 SO₂ 浓度变化较为平缓. 秋冬季上午供暖繁忙期的 10:00 左右是 SO₂ 高值区,为 40.8 μg·m⁻³,之后随着辐照度增大,对流活动增强,高低空空气混合加强,逆温层中的 SO₂ 通过对流输送到下垫面,使得浓度不至于有显著下降^[19]. 秋冬季的傍晚又是一天中的供暖繁忙期,这时,大气稳定度增加,混合层下降^[20],逆温层形成,不利于污染物的稀释扩散,造成污染物浓度小幅升高.

PM₁₀ 作为影响空气质量的主要污染物,对人体健康的影响较大. 沧州市 PM₁₀ 日变化为明显双峰

型,上午 08:00 左右出现最大峰值,浓度为 188.2 μg·m⁻³,处于上班高峰期的机动车高扬尘与秋冬季的化石燃料燃烧以及早晨日出前后往往大气边界层稳定不利于污染物排放,共同造成上午峰值. 之后污染物浓度下降,到下午 14:00 浓度最低,为 133.3 μg·m⁻³,此时对流旺盛有利于污染物扩散. 之后随着太阳辐射减弱,地面冷却,混合层降低加之下班、采暖高峰期的到来,污染物浓度又积聚上升,晚上 17:00 达到第二峰值,为 178.2 μg·m⁻³,之后污染物浓度持续降低至次日凌晨 05:00.

2.2 污染物浓度月平均变化

沧州污染物浓度月变化明显(图 2),NO_x (NO_x = NO + NO₂) 具有典型单谷变化特征,春季开始降低,NO 在 6 月、NO₂ 和 NO_x 在 8 月达到谷值,分别为 1.7、20.5 和 24.8 μg·m⁻³. 然后逐渐上升,NO 和 NO_x 在 1 月、NO₂ 在 12 月达到最大值,分别为 34.0、84.4 和 51.6 μg·m⁻³. NO_x 的这种变化主要还是与冬天的供暖、光化学转化以及湿沉降有关^[21].

臭氧的月平均变化为单峰型且较为剧烈,其浓度变化和太阳紫外辐射强度及 VOCs、NO_x 密切相关^[22]. 太阳辐射最强的 6 月为臭氧最大值 98.7 μg·m⁻³,最低值为 12 月的 14.3 μg·m⁻³.

SO₂ 的浓度变化受化石燃料燃烧影响严重,尤其是北方地区冬季的采暖对其浓度有很大的贡献. 沧州市 SO₂ 浓度在冬季的 1 月达到最大为 80.6 μg·m⁻³,造成这一现象的原因除了冬季化石燃料的燃烧排放外还与冬季大气层结稳定,静风频率高而不利于污染物的扩散和消除有关. 秋季的 8 月 SO₂ 浓度达最小为 7.7 μg·m⁻³,这主要是由于 8 月华北地区空气湿度较大,有利于气粒转换的进行造成.

沧州站 PM₁₀ 变化呈双峰型,冬季的 11 月出现最大值为 235.7 μg·m⁻³,第二最大值为春季 4 月 162.6 μg·m⁻³. PM₁₀ 浓度高不光是由于冬季化石燃料燃烧多,边界层热力结构导致污染物垂直输送抑制与对流扩散减缓^[23],而且可能还与最近几年冬季北方干旱^[24] 缺少降水从而湿沉降减小有关. 春季由于天气形势不稳定,华北地区易受西北地区沙尘暴的影响^[25],导致颗粒物富集,浓度升高出现第二峰值. 8 月浓度最低,为 106.5 μg·m⁻³,主要是由于华北地区近年 8 月降水多从而对颗粒物有很好的湿清除作用.

2.3 污染物浓度年平均变化

沧州全年污染物浓度变化幅度较大,表 1 为污

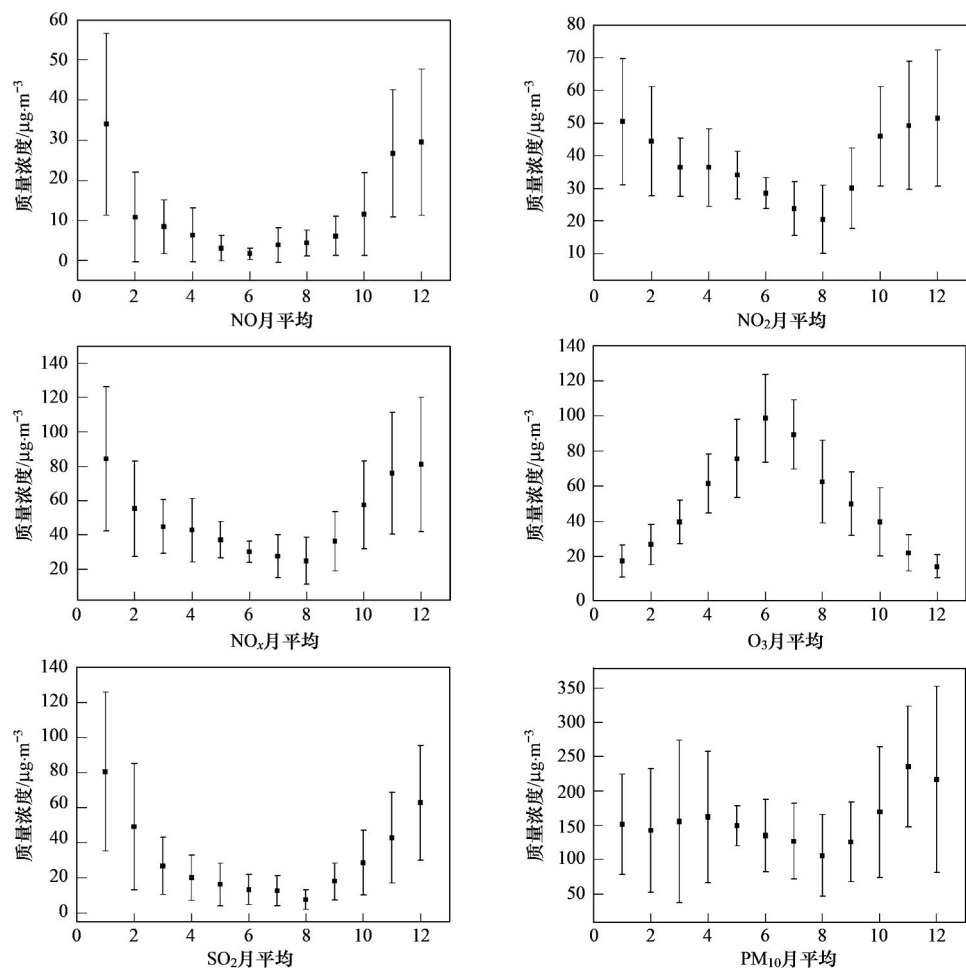


图2 污染物浓度月变化

Fig. 2 Monthly variation of atmospheric pollutants

表1 污染物浓度季节及全年均值统计/ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Table 1 Seasonal statistics of atmospheric pollutants/ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

项目	春季	夏季	秋季	冬季	全年
NO	5.9 ± 5.5	3.3 ± 3.0	14.8 ± 10.4	24.8 ± 17.4	18.9 ± 14.5
NO ₂	35.6 ± 9.3	24.3 ± 7.9	41.8 ± 15.7	48.8 ± 18.9	37.6 ± 13.0
NO _x	41.5 ± 14.8	27.6 ± 10.9	56.6 ± 26.1	73.6 ± 36.3	56.5 ± 27.5
O ₃	59.0 ± 17.1	83.6 ± 22.7	37.2 ± 16.0	19.5 ± 9.1	49.9 ± 16.3
SO ₂	21.0 ± 13.8	11.3 ± 7.5	29.8 ± 18.3	64.2 ± 38.0	31.6 ± 19.5
PM ₁₀	156.0 ± 81.1	122.9 ± 55.8	177.2 ± 80.2	201.6 ± 98.5	156.7 ± 79.1

染物浓度季节平均值和年均值。NO、NO₂、NO_x、O₃和SO₂日平均浓度分别为(18.9 ± 14.5)、(37.6 ± 13.0)、(56.5 ± 27.5)、(49.9 ± 16.3)、(31.6 ± 19.5) $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。PM₁₀年均值为(156.7 ± 79.1) $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,超过国家环境质量一级标准^[26] 4.5%,气体污染物日均值均未超出国家环境质量一级标准。除臭氧外NO_x(NO_x = NO + NO₂)、SO₂、PM₁₀高浓度值区都在春季和冬季。

春季气体污染物平均值均未达到国家环境质量

一级标准,但颗粒物浓度为(156.0 ± 81.1) $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,超出国家环境质量一级标准2.5%。夏季臭氧日平均浓度达(83.6 ± 22.7) $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,颗粒物浓度值最低,值为(122.9 ± 55.8) $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。NO_x(NO_x = NO + NO₂)浓度达到四季最低值(27.6 ± 10.9) $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,其他污染物浓度均未达到或超出国家环境质量标准。秋季污染物浓度也普遍较高。冬季污染物浓度除臭氧外普遍较高,各污染物浓度依次为(24.8 ± 17.4) $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 、(48.8 ± 18.9)

$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 、 $(73.6 \pm 36.3) \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 、 $(19.5 \pm 9.1) \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 、 $(64.2 \pm 38.0) \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 、 $(201.6 \pm 98.5) \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. NO_x 超过国家环境质量一级标准 $30.0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 超标率达 60%. 臭氧浓度达到年季节日均值最低. SO_2 浓度达到 $60.0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 超出国家环境质量一级标准 20%. PM_{10} 浓度超出国家环境质量一级标准 34%.

2.4 污染物浓度不同季节日平均变化

沧州不同季节污染物浓度变化显著, 图 3 为污染物浓度不同季节日平均变化. 臭氧四季日平均变化均表现为单峰型, NO 、 NO_2 、 NO_x 、 SO_2 、 PM_{10} 为双峰. NO 浓度冬季平均值均高出其他 3 个季节, 秋季值也较高, 最大值为早高峰 08:00, 其值为 $47.5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 晚峰值出现于夜晚 23:00, 其浓度为 $39.8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. NO_2 变化与 NO 相比其最大值出现于冬季晚高峰 18:00, 其浓度为 $59.3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 春夏秋三季最高值出现时间不同, 春季出现于夜晚 23:00, 浓度值为 $45.2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; 夏季出现于早晨 06:00, 浓度值为 $29.9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; 秋季出现于 19:00, 浓度值为 $47.4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. NO_x 浓度变化早晚峰值差别不大, 浓度值变化为 (图 3) 冬季浓度最高, 夏季最低. SO_2 冬季污染严重, 夏季浓度值较低, 且表现为明显双峰型, 其浓度值相比其他季节较低. 臭氧变化为典型单峰型, 最大值出现在夏季 16:00, 其浓度为 $145.2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 冬季浓度值普遍较低, 最小值出现于早晨 06:00, 浓度为 $8.2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 臭氧四季最高值的出现时间和最高值呈正相关, 值越大出峰时间越晚 (图 3). PM_{10} 浓度变化呈双峰型变化, 最大值出现于冬季早高峰 08:00 期间, 其浓度为 $228.2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 而另一最大值出现于秋季晚高峰 19:00, 浓度值为 $208.5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 夏季浓度值较低.

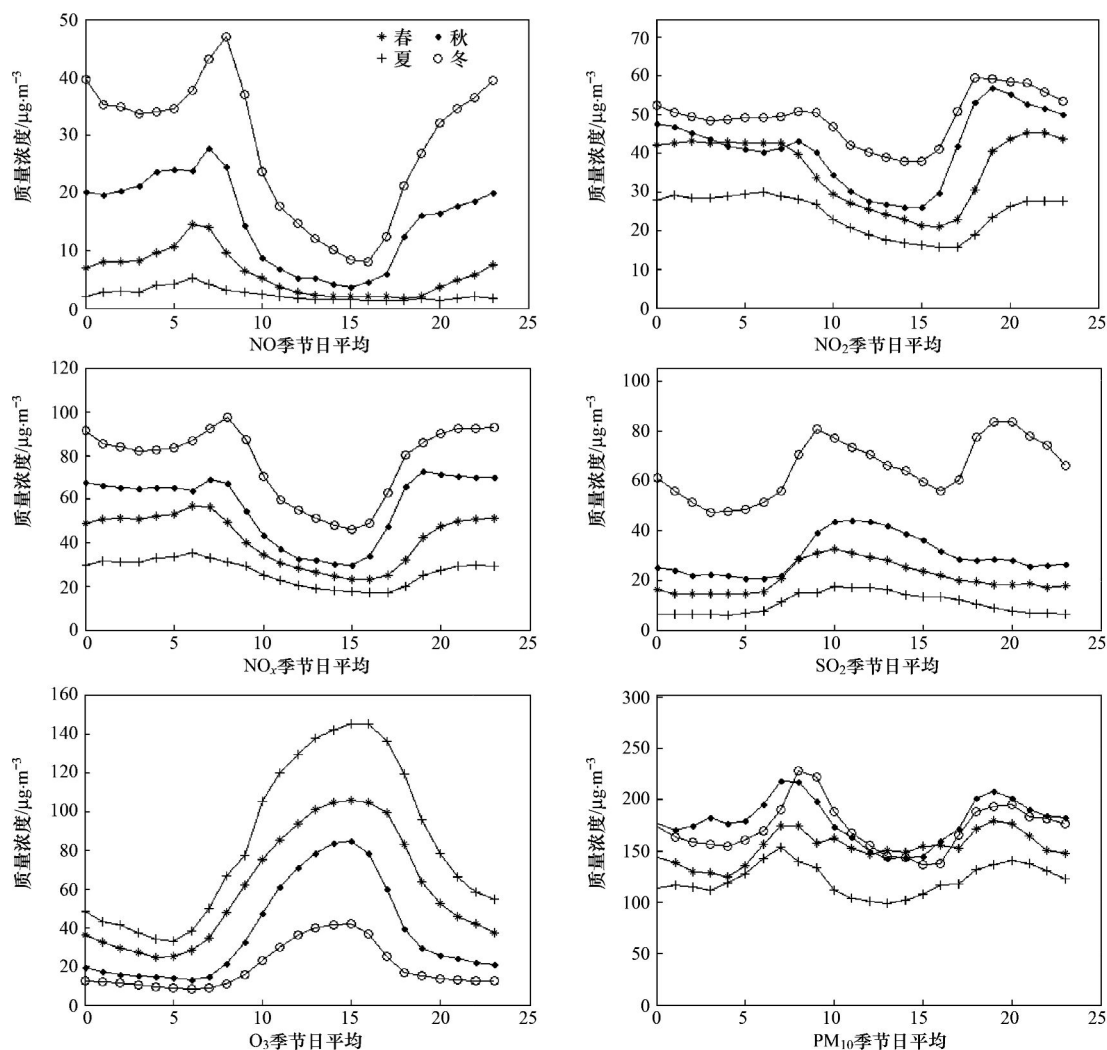


图 3 四季污染物浓度日变化

Fig. 3 Diurnal cycles of atmospheric pollutants in four seasons

3 结论

(1) 沧州污染物浓度年变化幅度较大, 气体污染物平均值均未超出国家环境质量标准, 夏季 NO 、 NO_2 、 NO_x 和 SO_2 浓度达最低, 臭氧最高. 冬季 NO 、 NO_2 、 NO_x 和 SO_2 浓度达最高, 臭氧最低. 颗粒物 (PM_{10}) 是沧州主要污染物, 浓度年平均值达 $(156.7 \pm 79.1) \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 超出国家环境质量一级标准 4.5%. PM_{10} 浓度季节变化为冬春大, 夏秋小.

(2) NO 、 NO_x 为双峰型日变化, 最大值出现于上午 07:00 左右, 分别为 $22.0 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 $65.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$; 最小值出现于下午 15:00 左右, 浓度分别为 $3.9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 $35.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. 臭氧浓度特征表现为单峰型, 日最大值出现于下午 15:00 左右, 为 $95.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$; 最小值出现于凌晨 05:00 左右, 为 $20.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. SO_2 日浓度变化较为平缓, 最大值出现于上午 10:00 左右, 其浓度值为 $40.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. PM_{10} 日变化为明显双峰型, 上午 08:00 出现最大峰值, 浓度为 $188.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$; 最小值出现于下午 14:00, 其浓度值为 $133.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 晚上 17:00 达到第二峰值, 浓度值达到 $178.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

(3) 污染物浓度月变化中 NO 、 NO_2 、 NO_x 、 SO_2 具有典型单谷特征, NO 谷值出现在 6 月, NO_2 、 SO_2 和 NO_x 谷值在 8 月出现, 其浓度值分别为 1.7、20.5、7.7 和 $24.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. 臭氧的月平均变化为单峰型且变化较为剧烈, 6 月最大值 $98.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 最低值为 12 月的 $14.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. PM_{10} 变化呈双峰型, 11 月出现最大值为 $235.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 第二最大值为 4 月 $162.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 8 月浓度最低, 为 $106.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

(4) 沧州主要污染物各季节有所不同, 秋冬季主要为颗粒物 (PM_{10})、氮氧化物, 夏季臭氧浓度较高, 春季臭氧、颗粒物浓度普遍较高.

致谢: 感谢 CERN 大气分中心北京及近周边观测网络运行与维护团队的工作, 十分感谢沧州师范学院老师对仪器的维护.

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2007: the AR4 synthesis report [R]. Geneva, Switzerland: IPCC, 2007.
- [2] Castellanos P, Marufu L T, Doddridge B G, *et al.* Ozone, oxides of nitrogen, and carbon monoxide during pollution events over the eastern United States: an evaluation of emissions and vertical mixing [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2011, **116**: D16307, doi: 10.1029/2010JD014540.
- [3] Tian H Z, Wang Y, Zhao D, *et al.* Formation and causes of NO_x pollution on the east side of the Taihang Mountains in China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2011, **56**(19): 2044-2049.
- [4] Hondula D M, Sitka L, Davis R E, *et al.* A back-trajectory and air mass climatology for the Northern Shenandoah Valley, USA [J]. *International Journal of Climatology*, 2010, **30**(4): 569-581.
- [5] Sato K, Nakao S, Clark C H, *et al.* Secondary organic aerosol formation from the photooxidation of isoprene, 1,3-butadiene, and 2,3-dimethyl-1,3-butadiene under high NO_x conditions [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2011, **11**(14): 7301-7317.
- [6] 吉东生, 王跃思, 孙扬, 等. 北京大气中 SO_2 浓度变化特征 [J]. *气候与环境研究*, 2009, **14**(1): 69-76.
- [7] 李颖敏, 范邵佳, 张人文. 2008 年秋季珠江三角洲污染气象分析 [J]. *中国环境科学*, 2011, **31**(10): 1589-1591.
- [8] 辛金元, 王跃思, 唐贵谦, 等. 2008 年奥运期间北京及周边地区大气污染物消减变化 [J]. *科学通报*, 2010, **55**(15): 1510-1519.
- [9] 宋宇, 唐孝炎, 张远航, 等. 夏季持续高温天气对北京市大气细粒子 ($\text{PM}_{2.5}$) 的影响 [J]. *环境科学*, 2002, **23**(4): 33-36.
- [10] 丁国安, 陈尊裕, 高志球, 等. 北京城区低层大气 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 垂直结构及其动力特征 [J]. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2005, **35**(增刊 I): 31-44.
- [11] 唐孝炎, 张远航, 邵敏. 大气环境化学 [M]. (第二版). 北京: 高等教育出版社, 2006. 58-59.
- [12] 盛裴轩, 毛节泰, 李建国, 等. 大气物理学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2003. 165.
- [13] Kleinman L I. Ozone process insights from field experiments-part II: observation-based analysis for ozone production [J]. *Atmospheric Environment*, 2000, **34**(12-14): 2023-2033.
- [14] 王明星. 大气化学 [M]. (第二版). 北京: 气象出版社, 1999. 360-365.
- [15] 安俊琳, 王跃思, 李昕, 等. 北京地面紫外辐射与空气污染的关系研究 [J]. *环境科学*, 2008, **29**(4): 1053-1058.
- [16] 张远航, 邵可声, 唐孝炎, 等. 中国城市光化学烟雾污染研究 [J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 1998, **34**(2-3): 392-400.
- [17] Berglen T F, Bernsten T K, Isaksen I S A, *et al.* A global model of the coupled sulfur/oxidant chemistry in the troposphere: the sulfur cycle [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2004, **109**: D19310, doi: 10.1029/2003JD003948.
- [18] 吴蓬萍, 韩志伟. 东亚地区硫酸盐气溶胶间接辐射和气候效应的数值模拟研究 [J]. *大气科学*, 2011, **35**(3): 547-559.
- [19] Lin W L, Xu X B, Ge B Z, *et al.* Characteristics of gaseous pollutants at Gucheng, a rural site Southwest of Beijing [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2009, **114**: D00G14, doi: 10.1029/2008JD010339.
- [20] 周瑞, 辛金元, 邢立亭, 等. 唐山工业新区冬季采暖期大气污染物变化特征研究 [J]. *环境科学*, 2010, **32**(7): 1875-1879.
- [21] Meng Z Y, Xu X B, Wang T, *et al.* Ambient sulfur dioxide, nitrogen dioxide, and ammonia at ten background and rural sites

- in China during 2007-2008[J]. *Atmospheric Environment*, 2010, **44**(21-22): 2625-2631.
- [22] Mazzeo N A, Venegas L E, Choren H. Analysis of NO, NO₂, O₃ and NO_x concentrations measured at a green area of Buenos Aires City during wintertime [J]. *Atmospheric Environment*, 2005, **39**(17): 3055-3068.
- [23] 徐祥德, 丁国安, 周丽, 等. 北京城市冬季大气污染动力: 化学过程区域性三维结构特征[J]. *科学通报*, 2003, **48**(5): 496-501.
- [24] Lei Y H, Duan A M. Prolonged dry episodes and drought over China[J]. *International Journal of Climatology*, 2011, **31**(12): 1831-1840.
- [25] 延昊, 王长耀, 牛铮, 等. 东亚沙尘源地、沙尘输送路径的遥感研究[J]. *地理科学进展*, 2002, **21**(1): 90-94.
- [26] 唐孝炎, 张远航, 邵敏. 大气环境化学[M]. (第二版). 北京: 高等教育出版社, 2006. 710-711.

欢迎订阅 2013 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》2013 年为大 16 开本,90 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:hjkk@rcees.ac.cn;网址:www.hjkk.ac.cn

CONTENTS

Characteristics of Atmospheric NO ₂ in the Beijing-Tianjin-Hebei Region and the Yangtze River Delta Analyzed by Satellite and Ground Observations	··· WANG Ying, LI Ling-jun, LIU Yang (3685)
Variation Analysis of Background Atmospheric Pollutants in North China During the Summer of 2008 to 2011	····· YANG Jun-yi, XIN Jin-yuan, JI Dong-sheng, <i>et al.</i> (3693)
Characteristics of Atmospheric Pollutants in Cangzhou	····· WANG Yong-hong, HU Bo, WANG Yue-si, <i>et al.</i> (3705)
Chemical Characteristics and Sources of Trace Metals in Precipitation Collected from a Typical Industrial City in Northern China	····· LI Yue-mei, PAN Yue-peng, WANG Yue-si, <i>et al.</i> (3712)
BTX Monitoring Nearby Main Road Traffic in Guangzhou	····· YE Cong-lei, XIE Pin-hua, QIN Min, <i>et al.</i> (3718)
Dynamic Road Vehicle Emission Inventory Simulation Study Based on Real Time Traffic Information	····· HUANG Cheng, LIU Juan, CHEN Chang-hong, <i>et al.</i> (3725)
Emission Characteristics of a Diesel Car Fueled with Coal Based Fischer-Tropsch (F-T) Diesel and Fossil Diesel Blends	····· HU Zhi-yuan, CHENG Liang, TAN Pi-qiang, <i>et al.</i> (3733)
Spatial Variations of Biogenic Elements in Coastal Wetland Sediments of the Jiulong River Estuary	····· YU Xiao-qing, YANG Jun, LIU Le-mian, <i>et al.</i> (3739)
Spatio-Temporal Distribution of TN and TP in Water and Evaluation of Eutrophic State of Lake Nansi	····· SHU Feng-yue, LIU Yu-pei, ZHAO Ying, <i>et al.</i> (3748)
Impact on Nitrogen and Phosphorous Export of Wetlands in Tianmu Lake Watershed	····· LI Zhao-fu, LIU Hong-yu, LI Heng-peng (3753)
Nitrogen and Phosphorus Composition in Urban Runoff from the New Development Area in Beijing	····· LI Li-qing, LÜ Shu-cong, ZHU Ren-xiao, <i>et al.</i> (3760)
Distribution and Sources of Arsenic in Yangzonghai Lake, China	····· ZHANG Yu-xi, XIANG Xiao-ping, ZHANG Ying, <i>et al.</i> (3768)
Occurrence of Fecal Indicator Bacteria in Urban Surface Water: A Case Study in Southern China	····· SUN Fu, SHA Jing, LIU Yan-hua (3778)
Vertical Migration of Algal Cells in the Daning River Bay of the Three Gorges Reservoir	····· ZHANG Yong-sheng, ZHENG Bing-hui, JIANG Xia, <i>et al.</i> (3787)
Construct of Yangtze-Huai River Rural Areas Ecological Drainage System and Its Retention Effect on Pollutants	····· SHAN Bao-qing, LI Nan, TANG Wen-zhong (3797)
Water Treatment Efficiency of Constructed Wetland Plant-Bed/Ditch Systems	····· WANG Zhong-qiong, ZHANG Rong-bin, CHEN Qing-hua, <i>et al.</i> (3804)
Effect of the Subsurface Constructed Wetland Evolution into Free Surface Flow Constructed Wetland on the Removal of Organic Matter, Nitrogen, and Phosphorus in Wastewater	····· WEI Ze-jun, XIE Jian-ping, HUANG Yu-ming (3812)
Treatment Characteristics of Saline Domestic Wastewater by Constructed Wetland	····· GAO Feng, YANG Zhao-hui, LI Chen, <i>et al.</i> (3820)
Degradation of β -Naphthol by Catalytic Wet Air Oxidation	····· LIU Jie, YU Chao-ying, ZHAO Pei-qing, <i>et al.</i> (3826)
Degradation of 2,4-Dichlorophenol in Aqueous Solution by ZVI/EDDS/Air System	····· SUN Qian, ZHOU Hai-yan, CAO Meng-hua, <i>et al.</i> (3833)
Study on Photocatalytic Degradation of 1,2,3-Trichlorobenzene Using the Microwaved MWNTs/TiO ₂ Composite	····· SHI Zhou, ZHANG Qian, ZHANG Wei, <i>et al.</i> (3840)
Mechanism of Cr(VI) Removal from Aqueous Solution Using Biochar Promoted by Humic Acid	····· DING Wen-chuan, TIAN Xiu-mei, WANG Ding-yong, <i>et al.</i> (3847)
Research on the Treatment of Wastewater Containing PVA by Ozonation-Activated Sludge Process	····· XING Xiao-qiong, HUANG Cheng-lan, LIU Min, <i>et al.</i> (3854)
Effects of Composite Substrates on the Phosphorus Removal in Granule-based EBPR System and Its Optimization Experiment	····· XU Shao-juan, SUN Pei-de, ZHENG Xiong-liu, <i>et al.</i> (3859)
Research of Input Water Ratio's Impact on the Quality of Effluent Water from Hydrolysis Reactor	····· LIANG Kang-qiang, XIONG Ya, QI Mao-rong, <i>et al.</i> (3868)
Evolution of Leachate Quantity and Quality in the Anaerobic-semiaerobic Bioreactor Landfill	····· HAN Zhi-yong, LIU Dan, LI Qi-bin, <i>et al.</i> (3873)
National Survey of Urban Sewage Reuse in China	····· GUO Yu-jie, WANG Xue-chao, ZHOU Zhen-min (3881)
Sorption and Desorption of 17 α -Ethinyl Estradiol and 4- <i>n</i> -Nonylphenol in Soil	····· JIANG Lu, WANG Ji-hua, LI Jian-zhong, <i>et al.</i> (3885)
Soil Organic Carbon Mineralization of Black Locust Forest in the Deep Soil Layer of the Hilly Region of the Loess Plateau, China	····· MA Xin-xin, XU Ming-xiang, YANG Kai (3893)
Effects of Soil Crusts on Surface Hydrology in the Semiarid Loess Hilly Area	····· WEI Wei, WEN Zhi, CHEN Li-ding, <i>et al.</i> (3901)
Environmental Factors on Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils from Dashiwei Karst Giant Doline (Tiankeng) in Guangxi, China	····· KONG Xiang-sheng, QI Shi-hua, JIANG Zhong-cheng, <i>et al.</i> (3905)
Investigation on Mechanism of Pyrite Oxidation in Acidic Solutions	····· WANG Nan, YI Xiao-yun, DANG Zhi, <i>et al.</i> (3916)
Monitoring of Water and Salt Transport in Silt and Sandy Soil During the Leaching Process	····· FU Teng-fei, JIA Yong-gang, GUO Lei, <i>et al.</i> (3922)
Simulation on Remediation of Benzene Contaminated Groundwater by Air Sparging	····· FAN Yan-ling, JIANG Lin, ZHANG Dan, <i>et al.</i> (3927)
Detecting the Cytotoxicities of Five Bisphenol A Analogues to the MCF-7 Human Breast Carcinoma Cell Line Through Different Endpoints	····· ZHANG Shuai-shuai, LIU Yan, LIU Shu-shen, <i>et al.</i> (3935)
Response of Copepod Community Characteristics to Environmental Factors in the Backshore Wetland of Expo Garden, Shanghai	····· CHEN Li-jing, WU Yan-fang, JING Yu-xiang, <i>et al.</i> (3941)
Isolation, Identification and Characterization of Halotolerant Petroleum-degrading Bacteria	····· WU Tao, XIE Wen-jun, YI Yan-li, <i>et al.</i> (3949)
Growth Kinetics and Phenol Degradation of Highly Efficient Phenol-degrading <i>Ochrobactrum</i> sp. CH10	····· CHEN Xiao-hua, WEI Gang, LIU Si-yuan, <i>et al.</i> (3956)
Isolation of Aerobic Degrading Strains for TBBPA and the Properties of Biodegradation	····· QIAN Yan-yuan, LIU Li-li, YU Xiao-juan, <i>et al.</i> (3962)
Influences of Long-term Application of Organic and Inorganic Fertilizers on the Composition and Abundance of <i>nirS</i> -type Denitrifiers in Black Soil	····· YIN Chang, FAN Fen-liang, LI Zhao-jun, <i>et al.</i> (3967)
Characteristics and Influencing Factors of Trichloroethylene Adsorption in Different Soil Types	····· HE Long, QIU Zhao-fu, LÜ Shu-guang, <i>et al.</i> (3976)
Degradation of Carbenazim in Paddy Soil and the Influencing Factors	····· XIAO Wen-dan, YANG Xiao-e, LI Ting-qiang (3983)
Effects of Sulphur Compounds on the Volatile Characteristics of Heavy Metals in Fly Ash from the MSW and Sewage Sludge Co-combustion Plant During the Disposal Process with Higher Temperature	····· LIU Jing-yong, SUN Shui-yu (3990)
Low-temperature Thermal Treatment of Dioxin in Medical Waste Fly Ash Under Inert Atmosphere	····· JI Sha-sha, LI Xiao-dong, XU Xu, <i>et al.</i> (3999)
Hourly Measurement on Aerosol NH ₃ and Gas NO _x Emission in the Rice Field	····· GONG Wei-wei, LUAN Sheng-ji (4006)
Implementation of an Electronic Nose for Rapid Detection of Volatile Chloralkane and Chloroalkene	····· WEN Xiao-gang, LIU Rui, CAI Qiang, <i>et al.</i> (4012)
Pilot Study on PAHs of the Atmosphere Around the Refuse Incineration Plant Based on the Technology of Passive Sampling	····· SUN Shao-ai, LI Yang, ZHOU Yi, <i>et al.</i> (4018)
Spatial Distribution and Pollution Source Identification of Agricultural Non-Point Source Pollution in Fujian Watershed	····· DING Xiao-wen, SHEN Zhen-yao (4025)
Difference of P Content in Different Area Substrate of Constructed Wetland	····· CAO Xue-ying, CHONG Yun-xiao, YU Guang-wei, <i>et al.</i> (4033)
Selective Detection of Viable Pathogenic Bacteria in Water Using Reverse Transcription Quantitative PCR	····· LIN Yi-wen, LI Dan, WU Shu-xu, <i>et al.</i> (4040)
Formation of Disinfection By-products; Temperature Effect and Kinetic Modeling	····· ZHANG Xiao-lu, YANG Hong-wei, WANG Xiao-mao, <i>et al.</i> (4046)
A Novel Quantitative Approach to Study Dynamic Anaerobic Process at Micro Scale	····· ZHANG Zhong-liang, WU Jing, JIANG Jian-kai, <i>et al.</i> (4052)
Leaves of <i>Platanus orientalis</i> as the Carbon Source for Denitrification	····· XIONG Jian-feng, XU Hua, YAN Ning, <i>et al.</i> (4057)
Isolation, Characterization of an Anthracene Degrading Bacterium <i>Martellella</i> sp. AD-3 and Cloning of Dioxygenase Gene	····· CUI Chang-zheng, FENG Tian-cai, YU Ya-qi, <i>et al.</i> (4062)

《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)

2012年11月15日 33卷 第11期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 11 Nov. 15, 2012

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