ISSN 0250-3301 CODEN HCKHDV

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第34卷 第7期

Vol.34 No.7

2013

中国科学院生态环境研究中心 主办

科学出版社 出版

中国期刊方阵 双奖期刊 中华人民共和国新闻出版总署

环境科学
(HUANJING KEXUE)
ENVIRONMENTAL SCIENCE
第 34 卷 第 7 期
2013 年 7 月 15 日

目 次

唐山市大气颗粒物 OC/EC 浓度谱分布观测研究 …… 郭育红,辛金元,王跃思,温天雪,李杏茹,封孝信(2497)
北京东灵山地区主要大气污染物浓度变化特征 …… 于阳春,胡波,王跃思(2505)
奥运前期与奥运期间北京市大气细颗粒物特征比较分析…… 张菊, 欧阳志云, 苗鸿, 王效科, 任玉芬, 宋文质(2512)
华东森林及高山背景区域臭氧变化特征及影响因素 …… 苏彬彬(2519)
北京市居家空气微生物粒径及分布特征研究 …… 方治国,孙平,欧阳志云,刘芃,孙力,王小勇(2526)
民用燃煤源中多环芳烃排放因子实测及其影响因素研究 …… 海婷婷,陈颖军,王艳,田崇国,林田(2533)
醇类汽油车醇醛酮、芳香烃和烯烃类排放的试验研究 …… 张凡,王建海,王小臣,王建昕(2539)
微波解吸-催化燃烧净化甲苯研究 …… 曹晓强,张浩,黄学敏(2546)
生物滴滤池对 BTEX 的去除及相应细菌群落分析 …… 李建军, 廖东奇, 许玫英, 孙国萍(2552)
炼油厂废水处理站挥发性羰基化合物成分谱研究 …… 周博宇,刘旺,王伯光,周咪,黄青,周磊(2560)
春季东、黄海溶解甲烷的分布和海气交换通量 …… 曹兴朋,张桂玲,马啸,张国玲,刘素美(2565)
千岛湖湖泊区水体季节性分层特征研究 …… 董春颖,虞左明,吴志旭,吴春金(2574)
新安江流域土地利用结构对水质的影响 …… 曹芳芳,李雪,王东,赵越,王玉秋(2582)
长江中下游草型湖泊浮游植物群落及其与环境因子的典范对应分析 ……
…… 孟睿,何连生,过龙根,席北斗,李中强,舒俭民,刁晓君,李必才(2588)
河口盐度梯度下溶解态核酸的微生物可利用性 …… 杨青青,李朋辉,黄清辉(2597)
水藻暴发的影响因素定量化研究初步 …… 张卓, 宋志尧, 黄昌春, 俞肇元(2603)
深水型水库藻类功能组时空演替及生境变化的影响 …… 卢金锁,胡亚潘(2611)
结合水体光学分类反演太湖总悬浮物浓度 …… 周晓宇,孙德勇,李云梅,李俊生,龚绍琦(2618)
Subwet 模型在人工湿地设计中的应用 …… 李慧峰,黄津辉,林超(2628)
白洋淀荷茎叶提取液对铜绿微囊藻及四尾栅藻化感效应 …… 何连生,孟繁丽,刁晓君,李一葳,孟睿,席北斗,舒俭民(2637)
苦草(*Vallisneria spiralis*)对城市缓流河道黑臭底泥理化性质的影响 …… 许宽,刘波,王国祥,马久远,曹勋,周锋(2642)
铁屑-微生物协同还原去除水体中Cr(Ⅵ)研究 …… 汤洁,王卓行,徐新华(2650)
铁铜催化剂非均相 Fenton 降解苯酚及机制研究 …… 杨岳主,李玉平,杨道武,段锋,曹宏斌(2658)
不同形态无机氮对水中微量药物安替比林光降解效能影响 …… 赵倩,陈超,封莉,张立秋(2665)
邻苯二甲酸二甲酯的紫外光-H_2O_2降解机制研究 …… 刘青,陈成,陈泓哲,杨绍贵,何欢,孙成(2670)
二胺基改性有序多孔 SBA-15 对溶液中 Cd^{2+} 离子的吸附研究 ……
…… 张萌,杨亚提,秦睿,王力,张增强,李忠宏,李荣华,孟昭福(2677)
酸化蛭石的表面有机修饰及其对疏水性微污染物的吸附 …… 蒋争明,于旭彪,胡芸,任源,李雪辉,韦朝海(2686)
基于废陶瓷的多孔陶瓷研制及其对 Ni^{2+} 的吸附性能 …… 张永利, 王承智, 史册, 尚玲玲, 马瑞, 董婉莉(2694)
树皮支持的厌氧生物法去除地下水中的高氯酸盐 …… 王蕊,刘菲,陈楠,陈鸿汉(2704)
Cr(Ⅵ)污染地下水修复的 PRB 填料实验研究 …… 朱文会,董良飞,王兴润,翟亚丽(2711)
化学沉淀法去除稀土湿法冶炼废水中钙与高浓度氨氮研究 …… 王浩,成官文,宋晓薇,徐子涵,蒙金结,董传强(2718)
镍铁尾矿硫酸浸出动力学研究 …… 陈安安,周少奇,黄鹏飞(2729)
HRT 对A^2O工艺中典型多环麝香迁移转化的影响 …… 刘鹏程,黄满红,陈东辉,陈亮(2735)
发酵液作为 EBPR 碳源的动力学模拟 …… 张超,陈银广(2741)
强化污泥利用水解反应器改善碳源与污泥减量作用研究 …… 熊娅,王强,宋英豪,朱民,林秀军(2748)
污泥胞外聚合物的提取方法及其对污泥脱水性能的影响 …… 周俊,周立祥,黄焕忠(2752)
不同粒径铁铝泥对砷(Ⅲ)的吸附效果 …… 林璐,胥嘉瑞,吴昊,王昌辉,裴元生(2758)
我国畜禽粪便污染的区域差异与发展趋势分析 …… 仇焕广,廖绍攀,井月,栾江(2766)
浙北平原富硒土壤资源区硒来源的定量分离 …… 徐明星,潘卫丰,岑静,马学文(2775)
三江平原土地利用方式变化对土壤锰形态影响 …… 张仲胜,吕宪国,宋晓林(2782)
吉林前郭水田土壤有机碳垂向分布规律和储量研究 …… 汤洁,张雯辉,李昭阳,张楠,胡猛(2788)
关中地区农田土壤有机碳固存速率及影响因素:以陕西武功县为例 …… 张晓伟,许明祥(2793)
三峡库区不同林草措施土壤活性有机碳及抗蚀性研究 …… 黄茹,黄林,何丙辉,周立江,于传,王峰(2800)
土壤自养微生物同化碳向土壤有机碳库输入的定量研究:^{14}C 连续标记法 ……
…… 史然,陈晓娟,吴小红,简燕,袁红朝,葛体达,隋方功,童成立,吴金水(2809)
西南丘陵区保护性耕作下小麦农田土壤呼吸及影响因素分析 ……
…… 张赛,张晓雨,王龙昌,罗海秀,周航飞,马仲炼,张翠微(2815)
丹江口水库迁建区土壤有机氯农药的分布特征及风险评价 …… 李子成, 秦延文, 郑丙辉, 张雷, 赵艳民, 时瑶(2821)
农药企业场地苯系物污染风险及调控对策 …… 庞博,王铁宇,杜立宇,谭冰,朱朝云,吕永龙(2829)
水分管理对硫铁镉在水稻根区变化规律及其在水稻中积累的影响 … 张雪霞,张晓霞,郑煜基,王荣萍,陈能场,卢普相(2837)
硝酸盐对沉积物中有机物氧化减量及微生物群落结构的影响 …… 刘近,邓代永,孙国萍,刘永定,许玫英(2847)
零价铁对脱色希瓦氏菌 S12 偶氮还原的促进作用 …… 周庆,陈杏娟,郭俊,孙国萍,许玫英(2855)
2 株好氧反硝化菌的筛选及其强化贫营养生物膜脱氮效果 …… 全向春,岑艳,钱殷(2862)
反硝化聚磷菌快速富集、培养及其荧光原位杂交技术鉴别 …… 刘立,汤兵,黄绍松,付丰连,张启秦,黎健彬,罗建中(2869)
1 株反硝化除磷菌的鉴定及其反硝化功能基因研究 …… 张倩,王弘宇,桑稳姣,李孟,杨开,马放(2876)
1 株高效 BBP 降解菌的分离与特性研究 …… 陈湖星,杨雪,张凯,钟秋,郭佳,王攀,熊丽,刘德立(2882)
微生物-化学水解联合作用下烟嘧磺隆的降解 …… 张小林,李咏梅,袁志文(2889)
扑草净降解菌的分离、筛选与鉴定及降解特性初步研究 …… 周际海,孙向武,胡锋,李辉信(2894)
固定化 *Lysinibacillus cresolivorans* 的 PVA-SA-PHB-AC 复合载体制备及间甲酚的降解 …… 李婷,任源,韦朝海(2899)
生物破乳菌 *Alcaligenes* sp. S-XJ-1 表面活性物质提取与其破乳特性分析 …… 黄翔峰,张树聪,彭开铭,陆丽君,刘佳(2906)
A^2O工艺活性污泥中可培养丝状细菌的多样性 …… 高莎,金德才,赵志瑞,齐崚,彭霞薇,白志辉(2912)
生活垃圾堆肥渗滤液污染物组成与演化规律研究 …… 李丹,何小松,席北斗, 魏自民,潘红卫,赵国鹏,崔东宇(2918)
专辑征稿通知(2551) 《环境科学》征稿简则(2685) 《环境科学》征订启事(2868) 信息(2875)

北京东灵山地区主要大气污染物浓度变化特征

于阳春,胡波*,王跃思
(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,北京 100029)

摘要: 2009 年 8 月 ~2011 年 6 月在北京东灵山森林站连续观测了 SO_2、NO_x、O_3 和 $PM_{2.5}$的浓度,利用观测数据分析了大气污染物的月变化、季节变化和统计日变化特征,结合气流轨迹探讨了传输对污染物的影响. 结果表明,观测期间 NO、NO_2、NO_x、O_3、SO_2 和 $PM_{2.5}$浓度的平均值分别为(2.0 ± 1.6)、(13.2 ± 7.2)、(15.3 ± 8.2)、(61.0 ± 19.6)、(3.6 ± 3.6)、(35.6 ± 32.0) μg·m^{-3},均低于北京城区的观测值. NO_x 浓度秋季最高,夏季最低,分别为(17.0 ± 8.0) μg·m^{-3}和(13.8 ± 4.1) μg·m^{-3}. O_3 浓度春、夏季高于秋、冬季,最高值出现在 6 月份. SO_2 冬季浓度最高,夏季浓度最低,冬季与夏季的比值约为 2.7. $PM_{2.5}$夏季的浓度要远高于其他 3 个季节,达到 56.4 μg·m^{-3}. NO_x、O_3 和 SO_2 浓度日变化显著,其中 NO_x 日变化为双峰型,O_3 和 SO_2 日变化为单峰型,$PM_{2.5}$日变化幅度较小.

关键词:东灵山; 大气污染; 浓度; 变化特征; 气流轨迹
中图分类号: X511 **文献标识码**: A **文章编号**: 0250-3301(2013)07-2505-07

Changing Characteristics of the Main Air Pollutants of the Dongling Mountain in Beijing

YU Yang-chun, HU Bo, WANG Yue-si
(State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: Concentrations of SO_2, NO_x, O_3 and $PM_{2.5}$ were observed from August 2009 to June 2011 in Beijing forest ecology observation site which locates at the Dongling Mountain of Beijing. Monthly, seasonal variation and statistical diurnal variation charactreistics of air pollutants were analyzed. Besides, the influence of transportation to air pollutants was also disscused combined with the back trajectories of air mass. The average concentrations of NO, NO_2, NO_x, O_3, SO_2 and $PM_{2.5}$ were (2.0 ± 1.6), (13.2 ± 7.2), (15.3 ± 8.2), (61.0 ± 19.6), (3.6 ± 3.6) and (35.6 ± 32.0) μg·m^{-3}, respectively. The concentration of pollutants in Beijing forest ecology observation site was lower than that in rural observation site in Beijing. The highest value of NO_x appeared in autumn while the lowest appeared in summer, and concentrations of NO_x in autumn and summer were (17.0 ± 8.0) μg·m^{-3} and (13.8 ± 4.1) μg·m^{-3}, respectively. Concentrations of O_3 in spring and summer were higher than those in autumn and winter. The highest concentration of O_3 appeared in June. The concentration of SO_2 in winter was the highest, and this concentration was 2.7 times to the lowest concentration in summer. The highest concentration of $PM_{2.5}$ appeared in summer and was 56.4 μg·m^{-3}. There were obvious diurnal variation of NO_x, O_3 and SO_2. There are two peaks of NO_x have been observed, however there are only one peak of O_3 and SO_2 has been observed. There was no obvious diurnal variation of $PM_{2.5}$ to other pollutants.

Key words: Dongling mountain; air pollution; concentration; changing characteristics; back trajectories

随着我国近年来经济的高速发展和城市化进程加快,能源大量消耗导致大气污染物排放量随之大幅增加,大气污染成为我国目前面临的重要环境问题之一[1]. 国内外大量流行病学研究表明,空气污染会引起呼吸系统疾病、心脑血管疾病等的发病率和死亡率的升高[2~5]. NO_x、O_3、SO_2 和 $PM_{2.5}$是影响城市大气环境质量的主要污染物,也是我国最重要的几种大气污染物,与气候、生态和健康等密切相关[6].

京津冀地区作为我国经济发展最快的区域之一,在城市群不断扩张、经济迅速发展的同时,严重的大气污染问题也接踵而来. 研究表明,京津冀地区正在呈现高颗粒物浓度与高臭氧浓度并存的区域性的大气复合污染特征[7~9]. 这种区域性的特征决定了对于大气污染的研究不能仅仅局限于城市中. 对大气本底站和远郊站点的研究能反映一个区域的背景浓度水平,有助于认识区域的污染状况与特征[6]. 对北京周围的本底站和远郊站点的研究主要有白建辉等[10,11]、吴丹等[12]对兴隆本底站的研究,徐晓斌等[6]、刘洁等[13]对上甸子本底站的研究和邵龙义等[14]、郑向东等[15]对十三陵地区的研究,对

收稿日期: 2012-10-17; **修订日期**: 2012-12-04
基金项目: 国家自然科学基金重点项目(41230642, 41021004); 中国科学院战略性先导科技专项(XDA05100100)
作者简介: 于阳春(1987 ~),男,博士研究生,主要研究方向为大气环境.
* 通讯联系人,E-mail:hb@dq.cern.ac.cn

于北京西郊地区的研究还较少. 本研究选择位于北京西郊的东灵山森林站对主要的大气污染物进行了长期的观测,分析了该地区的污染水平和污染特征,探讨了区域传输所带来的影响.

1 材料与方法

1.1 采样点介绍

观测站点建在中国科学院北京森林生态系统定位研究站内(115.43E,39.97N),位于北京市西郊门头沟区东灵山,距北京市区 114 km,海拔 1150m,周围均是山区地形. 东灵山是太行山的一条支脉. 属于典型的暖温带半湿润季风气候区. 森林站覆盖范围内主要包括一些典型的暖温带地区次生落叶阔叶林和人工针叶林.

采样点四季的气象条件见表 1. 夏季的温度、相对湿度和降水量都是全年最高,其次是秋季. 四季的风速都较小,平均风速都小于 2 $m \cdot s^{-1}$,而且静风天出现的频率也较高.

表 1 气象参数

Table 1 Meteorological parameters

季节	温度/℃	相对湿度/%	风速/$m \cdot s^{-1}$	气压/hPa	降水量/mm
春季	4.2	55.7	1.3	876.1	30.5
夏季	17.9	80.9	0.5	874.9	82.0
秋季	5.3	69.2	1.0	881.1	47.1
冬季	-10.0	58.6	1.4	878.6	3.7

1.2 仪器设备

环境气体监测仪器均采用美国 Thermo 环境设备公司的气体分析仪: 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: ±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: ±1%(24 h), ±2%(7 d); 精度:1×10^{-9}. 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: ±1%(24 h,满度值); 精度:1×10^{-9}.

颗粒物监测仪器采用环境颗粒物监测仪(RP1400a, 美国 R&P 公司),质量分辨率 0.1 $\mu g \cdot m^{-3}$; 精密度 ±1.5 $\mu g \cdot m^{-3}$ (1 h 浓度平均值)、±0.5 $\mu g \cdot m^{-3}$ (24 h 浓度平均值); 准确度 ±0.75%; 最低检测限 0.06 $\mu g \cdot m^{-3}$ (1 h 浓度平均值).

所有仪器均放置于25℃恒温观测室内,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. 仪器每月进行一次标定,NO_x 和 SO_2 分析仪使用美国 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 分析仪校准使用 TECO 49C PS 校准仪. 原始数据记录为 5 min 平均值,文中所采用的数据是质控后的小时平均值.

2 结果与讨论

2.1 污染物浓度水平

表 2 中列出了观测期间各种污染物浓度的日均值、小时均值及 2010 年的年均值. NO、NO_2、NO_x、O_3、SO_2 和 $PM_{2.5}$的 3 a 平均值分别为(2.0 ±1.56)、(13.2 ±7.2)、(15.3 ±8.2)、(61.0 ±19.6)、(3.6 ±3.6)、(35.6 ±32.0) $\mu g \cdot m^{-3}$,均低于北京城区的观测值[8]. NO_x 浓度的日均值和小时均值的最大值均出现在冬季,分别为 60.9 $\mu g \cdot m^{-3}$ 和 127.0 $\mu g \cdot m^{-3}$; SO_2 浓度的日均值和小时均值的最大值同样出现在冬季,分别为 35.3 $\mu g \cdot m^{-3}$ 和 143.9 $\mu g \cdot m^{-3}$; O_3 浓度的日均值和小时均值的最大值出现在夏季,分别为 160.0 $\mu g \cdot m^{-3}$ 和 301.9 $\mu g \cdot m^{-3}$; $PM_{2.5}$浓度的日均值最大值出现在秋季,为 185.6 $\mu g \cdot m^{-3}$,而小时均值最大值出现在夏季,为 319.9 $\mu g \cdot m^{-3}$.

在 3 a 的观测期间,2010 年的观测数据最为完整,因此计算各种污染物浓度 2010 年的年均值,NO、NO_2、NO_x、O_3、SO_2 和 $PM_{2.5}$分别为(2.2 ±1.7)、(12.9 ±7.1)、(15.0 ±8.1),(58.9 ±19.6)、(2.7 ±2.6)、(40.3 ±35.2) $\mu g \cdot m^{-3}$. 按照国家最新颁布的环境空气质量标准 GB 3095-2012(2016 年开始实施)[16],各种污染物 2010 年的年均值均在一级浓度限值以下,NO_2、NO_x 和 SO_2 浓度的日均值和小时均值也都达到了一级浓度限值的要求,只有 $PM_{2.5}$和 O_3 的浓度存在超标现象,其中 $PM_{2.5}$日均值超标率为 36.0%,O_3 日最大 8 h 平均值超标率为 21.6%,小时均值超标率 1.6%.

2.2 污染物浓度季节变化和逐月变化

按照气象学上 3 ~ 5 月为春季; 6 ~ 8 月为夏季;

表 2　污染物浓度/μg·m^{-3}

Table 2　Concentration of pollutants/μg·m^{-3}

项目	日均值			小时均值		2010 年年均值
	平均值	最大值	最小值	最大值	最小值	
NO	2.0 ± 1.6	16.2	0.2	86.8	0.0	2.2 ± 1.7
NO_2	13.2 ± 7.2	52.5	1.7	90.1	0.0	12.9 ± 7.1
NO_x	15.3 ± 8.2	60.9	2.3	127.0	0.3	15.0 ± 8.1
O_3	61.0 ± 19.6	160.0	17.6	301.9	0.4	58.9 ± 19.6
SO_2	3.6 ± 3.6	35.3	0.4	143.9	0.0	2.7 ± 2.6
$PM_{2.5}$	35.6 ± 32.0	185.6	1.7	319.9	0.0	40.3 ± 35.2

9 ~ 11 月为秋季；12 月 ~ 次年 2 月为冬季的分法将各种污染四季和全年的浓度值列于表 3 中. NO、NO_2 和 NO_x 浓度季节变化较小，总体表现为秋冬季节高、春夏季低，最高均为秋季，分别为 2.6、14.4、17.0 μg·m^{-3}，NO 浓度最低值在春季，NO_2 和 NO_x 浓度夏季最低. O_3 春季和夏季的浓度要明显高于秋季和冬季，最高的春季达到 70.0 μg·m^{-3}，最低的秋季 49.0 μg·m^{-3}. SO_2 冬季的浓度最高，夏季浓度最低，这主要是由于 SO_2 的来源主要是化石燃料燃烧，中国北方冬季的集中燃煤供暖，会导致 SO_2 等污染物的大量排放，而夏季燃烧源较少而且降水较多使得 SO_2 浓度降低. SO_2 浓度冬季、夏季的比值约为 2.7，要低于北京城区的研究结果[17]，这主要是由于附近排放源较少，因而冬夏季的浓度差异没有那么明显. $PM_{2.5}$ 夏季的浓度要远高于其他 3 个季节，达到 56.4 μg·m^{-3}，这主要是由于夏季光化学反应强烈，高温高湿的条件有利于 SO_2、NO_x 等前体物向硫酸盐、硝酸盐转化生成二次气溶胶[18,19]，这也是夏季 SO_2 和 NO_x 的浓度较低的一个原因. 另外，在森林地区夏季是树木排放挥发性有机物(VOC)速率最高的季节[20]，会有利于二次有机气溶胶的生成，从而导致 $PM_{2.5}$ 浓度升高.

图 1 中绘出了整个观测期间各种污染物浓度的逐月变化. SO_2 的浓度呈现中间低两头高的“U”型分布，两头的高值分别出现在 2009 年的 12 月和 2011 年的 2 月，而中间的 2010 年的 7、8、9 月浓度最低，这与北京城区的观测结果也较为一致[17]. 观测站点的 NO 浓度非常低，与北纬 65°和南纬 65°之间的陆地背景值较为接近[9]，而且长期浓度没有明显的变化，可见周围没有明显的人为排放源，氮氧化物可能主要来自于区域输送. NO_2 和 NO_x 的变化趋势一致，月份变化并无明显的规律性，在 2009 年 12 月和 2010 年的 10 月浓度出现高值. 冬季 O_3 的浓度较低，从 2 月开始呈现逐渐上升的趋势，到 6 月达到全年的最高值，观测的 2 a 中 6 月的浓度值分别为 81.7 μg·m^{-3}和 89.2 μg·m^{-3}，这主要是由于气温的上升和辐射量的增加使得大气光化学反应增强的结果. 另外在森林地区，树木排放的异戊二烯和单萜烯等反应活性很高的挥发性有机物对大气光化学反应会有很重要的影响[21]，而研究表明这类的物质在春、夏季，尤其是 6 月的排放速率最高[22]. O_3 浓度从 7 月开始下降可能是由于随着雨季的到来阴雨天增加影响了臭氧的生成，另外较高/的相对湿度也是导致臭氧浓度下降的原因[23]. $PM_{2.5}$ 在 6、7 月的浓度要明显高于其他月份，这主要是由于夏季大气光化学反应强烈，并且森林排放的挥发性有机物浓度较高所致，其他月份的浓度相差不大. 总体来说，8 月和 9 月是 1 a 中空气质量最好的月份.

表 3　各种污染物四季的浓度值/μg·m^{-3}

Table 3　Seasonal concentration of pollutants/μg·m^{-3}

季节	NO	NO_2	NO_x	O_3	SO_2	$PM_{2.5}$
春季	1.6 ± 0.8	12.4 ± 5.9	14.0 ± 6.4	70.0 ± 14.9	3.2 ± 2.9	35.2 ± 24.3
夏季	1.7 ± 1.1	12.1 ± 4.1	13.8 ± 4.1	68.0 ± 26.5	2.0 ± 1.7	56.4 ± 44.2
秋季	2.6 ± 1.8	14.4 ± 7.1	17.0 ± 8.0	49.0 ± 16.7	3.2 ± 2.7	29.8 ± 29.8
冬季	2.2 ± 2.0	13.8 ± 9.6	16.0 ± 11.2	57.7 ± 13.1	5.4 ± 5.0	27.5 ± 25.2
全年	2.0 ± 1.6	13.2 ± 7.2	15.3 ± 8.2	61.0 ± 19.6	3.6 ± 3.6	35.6 ± 32.0

2.3　污染物浓度的日变化特征

为进一步理解污染物的时间变化规律，计算了一年四季每日不同时刻各污染物的浓度平均值，得到了污染物的统计日变化特征，绘于图 2 中.

不同季节 NO 的日变化差异较大，秋季呈双峰型，而其他 3 个季节则呈单峰型. 一年四季的早上

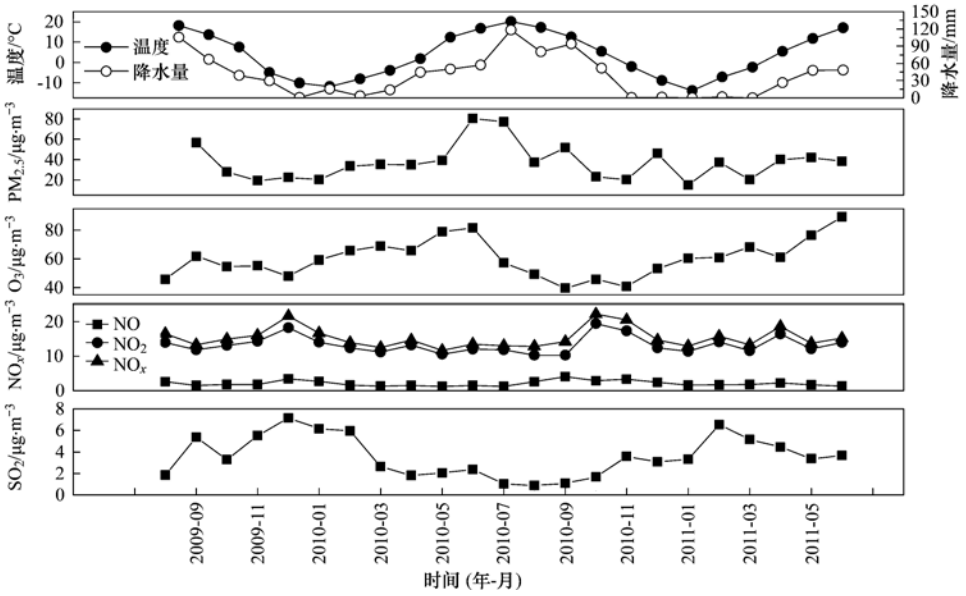


图 1　各种污染物浓度的逐月变化

Fig. 1　Monthly variation of pollutants

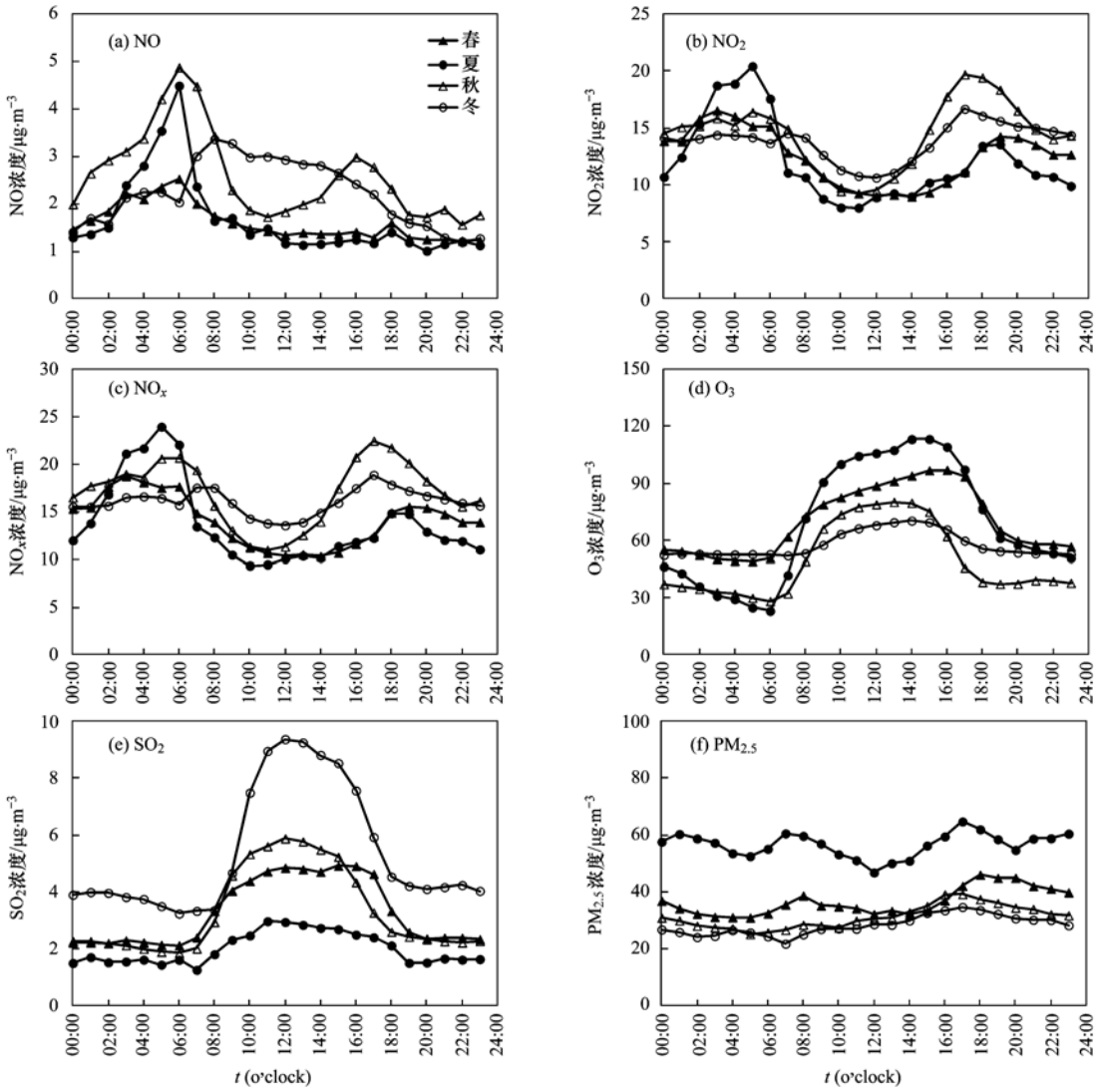


图 2　污染物浓度不同季节的日变化

Fig. 2　Seasonal diurnal variation type of pollutants

灵山的 NO_x 主要以 NO_2 的形态存在，NO 所占比例很小，这与城区 NO 与 NO_2 浓度比例相差很大，这也是大气本底特征的体现，表明本底地区不利于形成大气光化学污染，NO 和 NO_2 能够达到光化学平衡状态[13]. NO_2 和 NO_x 的日变化规律非常相似，大体是双峰型. 午夜到凌晨 NO_x 浓度呈现上升趋势，这可能是由于长距离传输的 NO_x 在夜间积累的结果，日出以后随着太阳辐射的增加 NO_2 光解参与 O_3 生成的光化学反应，使得 NO_x 浓度降低，在正午 12:00 左右达到最低值. 午后随着 NO_2 消耗速率的降低和城市输送的加强，NO_x 浓度又逐渐上升在下午17:00 ~19:00 达到一个峰值. 白天 NO_2 的浓度变化与 O_3 表现出了良好的负相关关系.

O_3 四季的日变化规律基本一致，四季均呈单峰型，从日出后随着太阳辐射的增加和温度升高，O_3 浓度逐渐上升，在下午 15:00 左右达到峰值，此后随着太阳辐射强度的减小，光化学反应减弱，O_3 浓度逐渐减小，在凌晨达到最低值. 夏季的峰值浓度要高于其他季节，达到 113.3 $\mu g \cdot m^{-3}$，而且昼夜变化幅度也最大，可达 90.2 $\mu g \cdot m^{-3}$，冬季最小，只有 18.2 $\mu g \cdot m^{-3}$. 臭氧浓度白天最大值和夜晚最小值的比值可以反映地区的光化学污染程度，比值越大污染越严重[26]. 本研究中，春、夏、秋、冬四季臭氧浓度白天最大值与夜晚最小值的比值分别为 2.0、4.9、2.8 和 1.4，北京城区观测到的该比值的平均值为 18[26]，东灵山地区要远低于城区.

SO_2 的日变化呈单峰型，四季峰型相差不大，但浓度相差较大，冬季浓度远高于其他 3 个季节. SO_2 在夜间及清晨浓度较低，日出后随着混合层高度的抬升，湍流和对流扩散增强以及周围的山谷风等过程的影响将近地面的污染物传输到山上[27]，使得 SO_2 浓度在中午 12:00 出现最大值，冬季最大值为 9.4 $\mu g \cdot m^{-3}$. 夜间由于边界层下沉，观测点(海拔 1 150 m)更长时间处于稳定边界层之上，较少受到低层大气污染物传输的影响，因此浓度通常在凌晨达到最低值，冬季最低值出现在 06:00，为 3.2 $\mu g \cdot m^{-3}$，而夏季最低值出现在 07:00，为 1.3 $\mu g \cdot m^{-3}$.

$PM_{2.5}$ 日变化幅度较小，夏季呈三峰型，分别在凌晨 01:00、上午 07:00 和下午 17:00 出现峰值，早上和下午的峰值可能与周围的人类活动有关，凌晨的峰值有可能是受长距离传输的影响. 春季日变化为双峰型，峰值出现在上午 08:00 和下午 18:00. 秋季和冬季的日变化不明显.

2.4　后推气流轨迹分析

为了更好地了解气流输送对于污染物的影响，利用美国 NOAA 的 HYSPLIT 模型软件对于观测站点一年四季的后推气流轨迹进行了聚类分析，轨迹运行时间设定为 72 h，轨迹终点距地面高度设定为 100 m，结果如图 3.

可以看出冬季的气团均来自偏北和西北方向，其中分别占到 17% 和 29% 的轨迹 4 和 5 的气流主要受蒙古和西伯利亚高压的控制，起源于较清洁的地区且移动高度较高速度较快，不利于污染物的积累. 轨迹 3 移动速度较慢，且经过我国的内蒙古和山西等地，这些区域是我国的重要煤炭和电力生产基地，会带来浓度较高的氮氧化物和 SO_2 等污染物. 轨迹 1 在到达观测站点之前经过了北京城区也会带来较高的污染物.

春季和秋季的气流轨迹聚类结果较为相似，占比重最高的轨迹均是环绕京津冀地，并且运动速度很慢，高度较低，有利于污染物的积累. 但同时来自于北方蒙古国和西伯利亚地区的清洁的气流又会对污染物起到稀释的作用.

夏季最主要的两条轨迹是来自东南方便的轨迹 2 和南方的轨迹 3，分别占到41% 和40%. 轨迹 2 虽然来自于海上，但是经过了天津和北京城区受到了污染；轨迹 3 来自于南方的河北南部和山东北部等污染地区. 这两类气流移动高度较低，速度也较慢，对于观测站点污染物浓度尤其是 O_3 和 $PM_{2.5}$ 的浓度贡献较大. 夏季来自于北方的气流占的比重较小.

3　结论

(1) 东灵山森林地区主要大气污染物 NO、NO_2、NO_x、O_3、SO_2 和 $PM_{2.5}$ 的年均浓度分别为 (2.2 ± 1.7)、(12.9 ± 7.1)、(15.0 ± 8.1)，(58.9 ± 19.6)、(2.7 ± 2.6)、(40.3 ± 35.2) $\mu g \cdot m^{-3}$，均达到国家一级标准，空气质量要好于北京城区. 但 $PM_{2.5}$ 和 O_3 的日均值或小时均值存在超标现象，其中 $PM_{2.5}$ 日均值超标率为 36.0%，O_3 日最大 8 h 平均值超标率为 21.6%，小时均值超标率 1.6%.

(2) 各种污染物均表现出了季节变化的特征. NO、NO_2 和 NO_x 浓度季节变化幅度较小，总体表现为秋、冬季高于春、夏季，秋季浓度最高分别为 2.6、14.4、17.0 $\mu g \cdot m^{-3}$. SO_2 冬季的浓度最高，夏季浓度最低，全年呈现中间低两头高的“U”型分布，冬季和夏季的浓度比值为 2.7. O_3 春季和夏季的浓度明显高于秋季和冬季，2 a 中浓度最高的月份均是

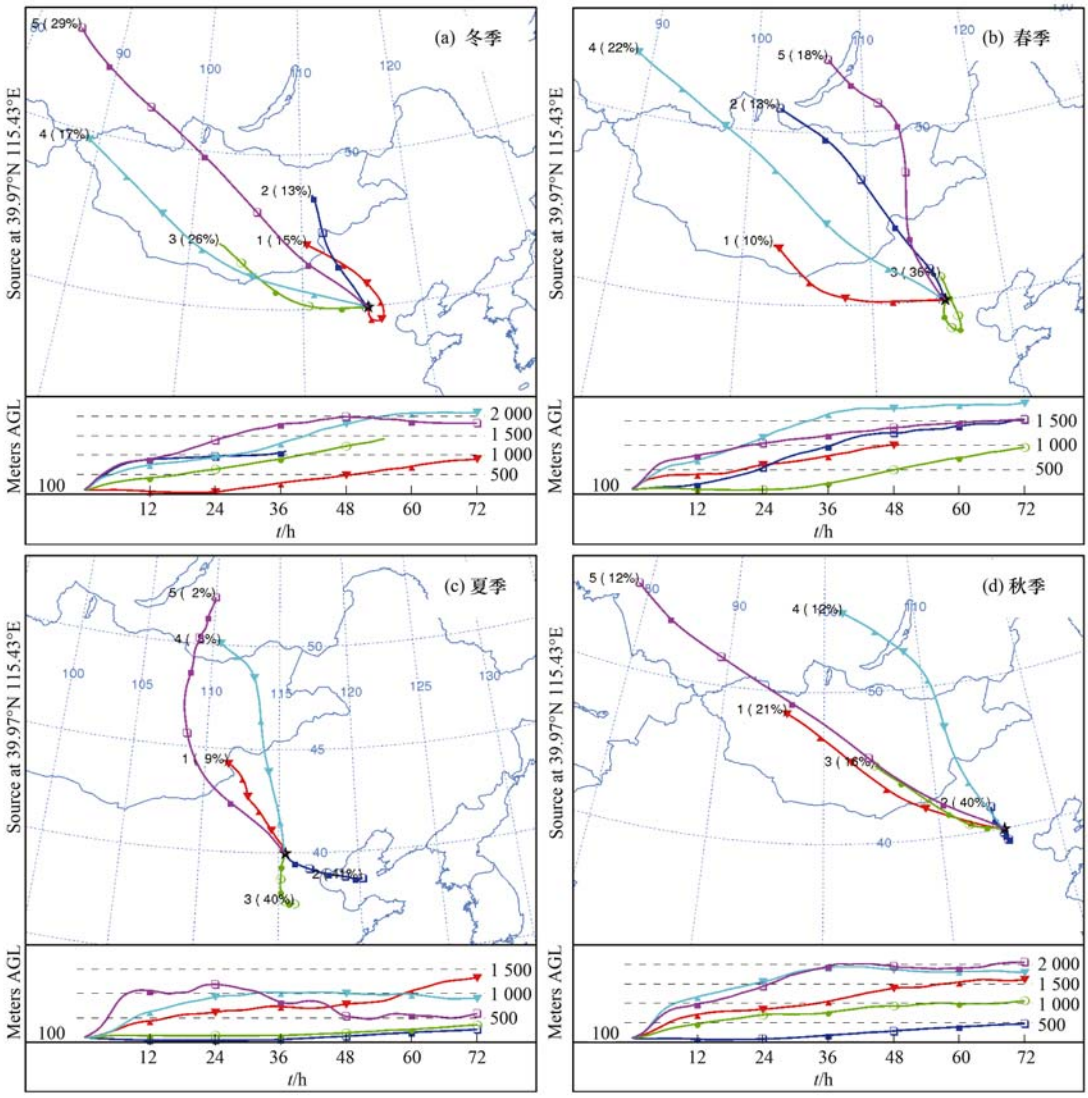


图 3 四季的后推气流轨迹聚类

Fig. 3 Clusters of back trajectories during different seasons

6 月,分别为 81.7 μg·m^{-3}和 89.2 μg·m^{-3}. $PM_{2.5}$夏季的浓度远高于其他 3 个季节,达到 56.4 μg·m^{-3}. 总体来看, 1 a 中空气质量最好的月份是 8 月和 9 月.

(3)NO_x、O_3 和 SO_2 的日变化较为明显,四季的日变化规律基本一致,其中 NO_x 的日变化呈双峰型,在凌晨 04:00 ~ 06:00 和下午 17:00 ~ 19:00 出现峰值; O_3 四季均呈单峰型,春季和夏季的峰值出现在 14:00 ~ 15:00,秋季和冬季的峰值在 12:00 左右,四季的最低值均出现 06:00 左右; SO_2 的分布也呈单峰型,在 12:00 左右出现峰值,冬季的峰值要远高于其他季节. $PM_{2.5}$的日变化幅度较小.

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,感谢中国科学院北京森林生态系统定位研究站的老师对仪器的维护.

参考文献:

[1] Chan C K, Yao X H. Air pollution in mega cities in China[J]. Atmospheric Environment, 2008, **42**(1): 1-42.

[2] Finkelstein M M, Jerrett M, Sears M R. Environmental inequality and circulatory disease mortality gradients[J]. Journal of Epidemiology and Community Health, 2005, **59**(6): 481-487.

[3] Sun Q H, Hong X R, Wold L E. Cardiovascular effects of ambient particulate air pollution exposure[J]. Circulation, 2010, **121**(25): 2755-2765.

[4] Viana M, Querol X, Alastuey A, *et al*. Characterising exposure to PM aerosols for an epidemiological study[J]. Atmospheric Environment, 2008, **42**(7): 1552-1568.

[5] 王艳, 张宜升, 李欣鹏. 济南城区空气污染对呼吸道疾病门诊量的影响[J]. 中国环境科学, 2008, **28**(6): 571-576.

[6] 徐晓斌, 刘希文, 林伟立. 输送对区域本底站痕量气体浓度的影响[J]. 应用气象学报, 2009, **20**(6): 656-664.

[7] 徐祥德，施晓晖，谢立安，等. 城市冬、夏季大气污染气、粒态复合型相关空间特征[J]. 中国科学 D 辑：地球科学，2005，**35**(S1)：53-65.

[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] 唐孝炎，张远航，绍敏. 大气环境化学[M]. 北京：高等教育出版社，2006.

[10] 白建辉，王普才，王庚辰. 北京周边地区主要微量气体的基本特征[J]. 科学技术与工程，2008，**8**(9)：2323-2330.

[11] 白建辉，王庚辰，孟昭阳，等. 华北洁净地区微量气体变化特征的初步研究[J]. 环境科学研究，2006，**19**(6)：16-19.

[12] 吴丹，辛金元，孙扬，等. 2008 年奥运期间华北区域大气污染物本底浓度变化与分析[J]. 环境科学，2010，**31**(5)：1130-1138.

[13] 刘洁，张小玲，谢璞，等. 上甸子区域本底站大气痕量活性气体的变化规律[J]. 环境化学，2007，**26**(5)：693-698.

[14] 邵龙义，时宗波. 北京西北城区与清洁对照点夏季大气 PM_{10} 的微观特征及粒度分布[J]. 环境科学，2003，**24**(5)：11-16.

[15] 郑向东，丁国安，于海青，等. 十三陵“清洁区”秋季 O_3 在地面及近地边界层垂直分布变化的探测研究[J]. 中国科学 D 辑：地球科学，2005，**35**(S1)：45-52.

[16] GB 3095-2012，环境空气质量标准[S].

[17] 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.

[18] Liu S，Hu M，Slanina S，*et al*. Size distribution and source analysis of ionic compositions of aerosols in polluted periods at Xinken in Pearl River Delta (PRD) of China[J]. Atmospheric Environment，2008，**42**(25)：6284-6308.

[19] Koçak M，Mihalopoulos N，Kubilay N. Contributions of natural sources to high PM_{10} and $PM_{2.5}$ events in the eastern Mediterranean[J]. Atmospheric Environment，2007，**41**(18)：3806-3818.

[20] Simon V，Luchetta L，Torres L. Estimating the emission of volatile organic compounds (VOC) from the French forest ecosystem[J]. Atmospheric Environment，2001，**35**(S1)：S115-S126.

[21] Lee B S，Wang J L. Concentration variation of isoprene and its implications for peak ozone concentration[J]. Atmospheric Environment，2006，**40**(28)：5486-5495.

[22] Hakola H，Tarvainen V，Laurila T，*et al*. Seasonal variation of VOC concentrations above a boreal coniferous forest[J]. Atmospheric Environment，2003，**31**(12)：1623-1634.

[23] 徐晓斌，丁国安，李兴生，等. 龙凤山大气近地层 O_3 浓度变化及与其它因素的关系[J]. 气象学报，1998，**56**(5)：421-43323.

[24] Rohrer F，Brüning D，Grobler E S，*et al*. Mixing ratios and photostationary state of NO and NO_2 observed during the POPCORN field campaign at a rural site in Germany[J]. Journal of Atmospheric Chemistry，1998，**31**(1-2)：119-137.

[25] 白建辉，徐永福，陈辉，等. 鼎湖山森林地区臭氧及其前体物的变化特征和分析[J]. 气候与环境研究，2008，**8**(3)：370-380.

[26] 李昕，安俊琳，王跃思，等. 北京气象塔夏季大气臭氧观测研究[J]. 中国环境科学，2003，**23**(4)：353-357.

[27] 薛丽坤. 中国地区低对流层高层大气化学与长距离输送特征研究[D]. 济南：山东大学，2011. 54-58.

HUANJING KEXUE

Environmental Science (monthly)

Vol. 34 No. 7

Jul. 15, 2013

CONTENTS

Observation of Size Distribution of Atmospheric OC/EC in Tangshan, China ····· GUO Yu-hong, XIN Jin-yuan, WANG Yue-si, *et al.* (2497)

Changing Characteristics of the Main Air Pollutants of the Dongling Mountain in Beijing ····· YU Yang-chun, HU Bo, WANG Yue-si (2505)

Characteristic Comparative Study of Particulate Matters in Beijing Before and During the Olympics ····· ZHANG Ju, OUYANG Zhi-yun, MIAO Hong, *et al.* (2512)

Characteristics and Impact Factors of O_3 Concentrations in Mountain Background Region of East China ····· SU Bin-bin (2519)

Studies on the Size Distribution of Airborne Microbes at Home in Beijing ····· FANG Zhi-guo, SUN Ping, OUYANG Zhi-yun, *et al.* (2526)

Emission Factors of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Residential Coal Combustion and Its Influence Factors ····· HAI Ting-ting, CHEN Ying-jun, WANG Yan, *et al.* (2533)

Experimental Research on Alcohols, Aldehydes, Aromatic Hydrocarbons and Olefins Emissions from Alcohols Fuelled Vehicles ··· ZHANG Fan, WANG Jian-hai, WANG Xiao-cheng, *et al.* (2539)

Combination Process of Microwave Desorption-Catalytic Combustion for Toluene Treatment ····· CAO Xiao-qiang, ZHANG Hao, HUANG Xue-min (2546)

Removal of BTEX by a Biotrickling Filter and Analysis of Corresponding Bacterial Communities ····· LI Jian-jun, LIAO Dong-qi, XU Mei-ying, *et al.* (2552)

Source Profile of Volatile Carbonyl Compounds in Wastewater Treatment Plant of an Oil Refinery ····· ZHOU Bo-yu, LIU Wang, WANG Bo-guang, *et al.* (2560)

Distribution and Air-Sea Fluxes of Methane in the Yellow Sea and the East China Sea in the Spring ····· CAO Xing-peng, ZHANG Gui-ling, MA Xiao, *et al.* (2565)

Study on Seasonal Characteristics of Thermal Stratification in Lacustrine Zone of Lake Qiandao ····· DONG Chun-ying, YU Zuo-ming, WU Zhi-xu, *et al.* (2574)

Effects of Land Use Structure on Water Quality in Xin'anjiang River ····· CAO Fang-fang, LI Xue, WANG Dong, *et al.* (2582)

Canonical Correspondence Analysis Between Phytoplankton Community and Environmental Factors in Macrophtic Lakes of the Middle and Lower Reaches of Yangtze River ····· MENG Rui, HE Lian-sheng, GUO Long-gen, *et al.* (2588)

Microbial Bioavailability of Dissolved Nucleic Acids Across the Estuarine Salinity Gradient ····· YANG Qing-qing, LI Peng-hui, HUANG Qing-hui (2597)

Elementary Quantitative Study on Factors of Phytoplankton Bloom ····· ZHANG Zhuo, SONG Zhi-yao, HUANG Chang-chun, *et al.* (2603)

Spatiotemporal Succession of Algae Functional Groups and the Influence of Environment Change in a Deep-water Reservoir ····· LU Jin-suo, HU Ya-pan (2611)

Hyperspectral Remote Sensing of Total Suspended Matter Concentrations in Lake Taihu Based on Water Optical Classification ····· ZHOU Xiao-yu, SUN De-yong, LI Yun-mei, *et al.* (2618)

Application of Subwet Model in the Design of Constructed Wetland ····· LI Hui-feng, HUANG Jin-hui, LIN Chao (2628)

Allelopathic Effect of *Nelumbo nucifera* Stem and Leaf Tissue Extract on the Growth of *Microcystis aeruginosa* and *Scenedesmus quadricanda* ····· HE Lian-sheng, MENG Fan-li, DIAO Xiao-jun, *et al.* (2637)

Influence of *Vallisneria spiralis* on the Physicochemical Properties of Black-odor Sediment in Urban Sluggish River ····· XU Kuan, LIU Bo, WANG Guo-xiang, *et al.* (2642)

Removal of Cr(Ⅵ) by Iron Filings with Microorganisms to Recover Iron Reactivity ····· TANG Jie, WANG Zhuo-xing, XU Xin-hua (2650)

Degradation of Phenol with a Fe/Cu-Catalytic Heterogeneous-Fenton Process ····· YANG Yue-zhu, LI Yu-ping, YANG Dao-wu, *et al.* (2658)

Effect of Different Forms of Inorganic Nitrogen on the Photodegradation of Antipyrine in Water ····· ZHAO Qian, CHEN Chao, FENG Li, *et al.* (2665)

Degradation Mechanisms of Dimethyl Phthalate in the UV-H_2O_2 System ····· LIU Qing, CHEN Cheng, CHEN Hong-zhe, *et al.* (2670)

Adsorption of Cd^{2+} Ions in Aqueous by Diamine-Modified Ordered Mesoporous SBA-15 Particles ····· ZHANG Meng, YANG Ya-ti, QIN Rui, *et al.* (2677)

Surface Organic Modification of Acid Vermiculite and Its Adsorption of Hydrophobic Micro Pollutants in Aqueous Solutions ····· JIANG Zheng-ming, YU Xu-biao, HU Yun, *et al.* (2686)

Preparation of Porous Ceramics Based on Waste Ceramics and Its Ni^{2+} Adsorption Characteristics ····· ZHANG Yong-li, WANG Cheng-zhi, SHI Ce, *et al.* (2694)

Perchlorate Removal from Underground Water by Anaerobic Biological Reduction with Bark ····· WANG Rui, LIU Fei, CHEN Nan, *et al.* (2704)

Experimental Study on the Remediation of Chromium Contaminated Groundwater with PRB Media ····· ZHU Wen-hui, DONG Liang-fei, WANG Xing-run, *et al.* (2711)

Removal of Calcium and High-strength Ammonia Nitrogen from the Wastewater of Rare-earth Elements Hydrometallurgical Process by Chemical Precipitation ····· WANG Hao, CHENG Guan-wen, SONG Xiao-wei, *et al.* (2718)

Leaching Kinetics of Josephinite Tailings with Sulfuric Acid ····· CHEN An-an, ZHOU Shao-qi, HUANG Peng-fei (2729)

Effects of HRT on Fate of Typical Polycyclic Musk by A^2O Process ····· LIU Peng-cheng, HUANG Man-hong, CHEN Dong-hui, *et al.* (2735)

Kinetic Simulation of Enhanced Biological Phosphorus Removal with Fermentation Broth as Carbon Source ····· ZHANG Chao, CHEN Yin-guang (2741)

Effluent Carbon Source Improvement and Sludge Reduction by Hydrolysis Reactor with Enhanced Sludge Utilization ····· XIONG Ya, WANG Qiang, SONG Ying-hao, *et al.* (2748)

Optimization of Extracellular Polymeric Substance Extraction Method and Its Role in the Dewaterability of Sludge ····· ZHOU Jun, ZHOU Li-xiang, WONG Woo-chung (2752)

Effectiveness of Arsenite Adsorption by Ferric and Alum Water Treatment Residuals with Different Grain Sizes ····· LIN Lu, XU Jia-rui, WU Hao, *et al.* (2758)

Regional Differences and Development Tendency of Livestock Manure Pollution in China ····· QIU Huan-guang, LIAO Shao-pan, JING Yue, *et al.* (2766)

Quantitative Partitioning of Soil Selenium in the Selenium-Rich Area of Northern Zhejiang Plain ····· XU Ming-xing, PAN Wei-feng, CENG Jing, *et al.* (2775)

Effects of Land Use on Manganese Distribution and Fractions in Wetland Soil of Sanjiang Plain, Northeast China ····· ZHANG Zhong-sheng, LÜ Xian-guo, SONG Xiao-lin (2782)

Research on Vertical Distribution Pattern and Reserve of Organic Carbon in Paddy Field Soil of Qianguo, Jilin ····· TANG Jie, ZHANG Wen-hui, LI Zhao-yang, *et al.* (2788)

Soil Organic Carbon Sequestration Rate and Its Influencing Factors in Farmland of Guanzhong Plain: A Case Study in Wugong County, Shannxi Province ····· ZHANG Xiao-wei, XU Ming-xiang (2793)

Effects of Biological Regulated Measures on Active Organic Carbon and Erosion-Resistance in the Three Gorges Reservoir Region Soil ····· HUANG Ru, HUANG Lin, HE Bing-hui, *et al.* (2800)

Quantifying Soil Autotrophic Microbes-Assimilated Carbon Input into Soil Organic Carbon Pools Following Continuous ^{14}C Labeling ····· SHI Ran, CHEN Xiao-juan, WU Xiao-hong, *et al.* (2809)

Analysis of Soil Respiration and Influence Factors in Wheat Farmland Under Conservation Tillage in Southwest Hilly Region ····· ZHANG Sai, ZHANG Xiao-yu, WANG Long-chang, *et al.* (2815)

Distribution Characteristics and Risk Evaluation of Organochlorine Pesticides in Soil from Relocation Areas of the Danjiangkou Reservoir ····· LI Zi-cheng, QIN Yan-wen, ZHENG Bing-hui, *et al.* (2821)

Risk Assessment and Countermeasure of BTEX in Pesticide Factory ····· PANG Bo, WANG Tie-yu, DU Li-yu, *et al.* (2829)

Accumulation of S, Fe and Cd in Rhizosphere of Rice and Their Uptake in Rice with Different Water Managements ····· ZHANG Xue-xia, ZHANG Xiao-xia, ZHENG Yu-ji, *et al.* (2837)

Effects of Nitrate on Organic Removal and Microbial Community Structure in the Sediments ····· LIU Jin, DENG Dai-yong, SUN Guo-ping, *et al.* (2847)

Zero-Valent Iron-Enhanced Azoreduction by the *Shewanella decolorationis* S12 ····· ZHOU Qing, CHEN Xing-juan, GUO Jun, *et al.* (2855)

Isolation, Identification of Two Aerobic Denitrifiers and Bioaugmentation for Enhancing Denitrificaition of Biofilm Under Oligotrophic Conditions ····· QUAN Xiang-chun, CEN Yan, QIAN Yin (2862)

Rapid Enrichment and Cultivation of Denitrifying Phosphate-Removal Bacteria and Its Identification by Fluorescence *in situ* Hybridization Technology ····· LIU Li, TANG Bing, HUANG Shao-song, *et al.* (2869)

Identification of a Denitrifying Polyphosphate-accumulating Organism (DPAO) and Study on Its Denitrifying Functional Genes ····· ZHANG Qian, WANG Hong-yu, SANG Wen-jiao, *et al.* (2876)

Isolation and Characterization of a Highly Efficient BBP-degrading Bacterium ····· CHEN Hu-xing, YANG Xue, ZHANG Kai, *et al.* (2882)

Degradation of Nicosulfuron by Combination Effects of Microorganisms and Chemical Hydrolysis ····· ZHANG Xiao-lin, LI Yong-mei, YUAN Zhi-wen (2889)

Isolation, Screening and Identification of Prometryne-Degrading Bacteria and Their Degrading Characteristics ····· ZHOU Ji-hai, SUN Xiang-wu, HU Feng, *et al.* (2894)

Preparation of PVA-SA-PHB-AC Composite Carrier and *m*-Cresol Biodegradation by Immobilized *Lysinibacillus cresolivorans* ····· LI Ting, REN Yuan, WEI Chao-hai (2899)

Extraction of Surface Active Substance and Analysis of Demulsifying Characteristics for the Demulsifying Strain *Alcaligenes* sp. S-XJ-1 ····· HUANG Xiang-feng, ZHANG Shu-cong, PENG Kai-ming, *et al.* (2906)

Diversity of Culturable Filamentous Bacteria in the Activated Sludge from A^2O Wastewater Treatment Process ····· GAO Sha, JIN De-cai, ZHAO Zhi-rui, *et al.* (2912)

Composition and Transformation of Leachates During Municipal Solid Waste Composting ····· LI Dan, HE Xiao-song, XI Bei-dou, *et al.* (2918)

《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）

2013 年 7 月 15 日　34 卷　第 7 期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

（Monthly　Started in 1976）

Vol. 34　No. 7　Jul. 15, 2013

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：90.00 元　　国外发行代号：M 205

国 内 外 公 开 发 行