

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第34卷 第2期

Vol.34 No.2

2013

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

16 届亚运会期间广州城区 PM _{2.5} 化学组分特征及其对霾天气的影响	陶俊, 柴发合, 高健, 曹军骥, 刘随心, 张仁健 (409)
北京地区秋季雾霾天 PM _{2.5} 污染与气溶胶光学特征分析	赵秀娟, 蒲维维, 孟伟, 马志强, 董璠, 何迪 (416)
上海市秋季大气 VOCs 对二次有机气溶胶的生成贡献及来源研究	王倩, 陈长虹, 王红丽, 周敏, 楼晟荣, 乔利平, 黄成, 李莉, 苏雷燕, 牟莹莹, 陈宜然, 陈明华 (424)
杭州市大气超细颗粒物浓度谱季节性特征	谢小芳, 孙在, 付志民, 杨文俊, 林建忠 (434)
保定市大气气溶胶中正构烷烃的污染水平及来源识别	李杏茹, 杜熙强, 王英锋, 王跃思 (441)
春节期间西安城区碳气溶胶污染特征研究	周变红, 张承中, 王格慧 (448)
华东区域高山背景点 PM ₁₀ 和 PM _{2.5} 背景值及污染特征	苏彬彬, 刘心东, 陶俊 (455)
基于电子鼻土壤与地下水污染修复现场 TVOC 和恶臭的评估	田秀英, 蔡强, 刘锐, 张永明 (462)
积融雪控制下土壤大气间汞交换通量特征	张刚, 王宁, 艾建超, 张蕾, 杨净, 刘子琪 (468)
靖海湾重金属污染及铅稳定同位素溯源研究	徐林波, 高勤峰, 董双林, 刘佳, 傅秀娟 (476)
正构烷烃及单体碳同位素记录的石臼湖生态环境演变研究	欧杰, 王延华, 杨浩, 胡建芳, 陈霞, 邹军, 谢云 (484)
干旱区城市昌吉降雪及积雪中 PGEs 含量分布及其影响因素	刘玉燕, 刘浩峰, 张兰 (494)
降尘收集方法对降尘效率的影响	张正偲, 董治宝 (499)
海河流域水生生态功能一级二级分区	孙然好, 汲玉河, 尚林源, 张海萍, 陈利顶 (509)
长江中下游浅水湖泊水下辐照度漫射衰减特征研究	时志强, 张运林, 王明珠, 刘笑茵 (517)
内陆水体叶绿素反演模型普适性及其影响因素研究	黄昌春, 李云梅, 徐良将, 杨浩, 吕恒, 陈霞, 王延华 (525)
溶氧对富集培养的河口湿地表层沉积物氨氧化菌多样性及氨氧化速率的影响	邱昭政, 罗专溪, 赵艳玲, 颜昌宙 (532)
自然条件下盐城海滨湿地土壤水分/盐度空间分异及其与植被关系研究	张华兵, 刘红玉, 李玉凤, 安静, 薛星宇, 侯明行 (540)
淮河流域农业非点源污染空间特征解析及分类控制	周亮, 徐建刚, 孙东琪, 倪天华 (547)
高岚河不同降雨径流类型磷素输出特征	崔玉洁, 刘德富, 宋林旭, 陈玲, 肖尚斌, 向坤, 张涛 (555)
城市雨水径流水质演变过程监测与分析	董雯, 李怀恩, 李家科 (561)
复合人工湿地系统强化处理单元的运行特性与效果	任峰, 陆忆夏, 刘琴, 汤杨杨, 王世和, 高海鹰, 乔红杰, 王为进 (570)
给水管网中耐氯分枝杆菌的灭活特性及机制研究	郑琦, 陈超, 张晓健, 陆品品, 刘源源, 陈雨乔 (576)
1 株溶藻菌的部分生物学特性及溶鱼腥藻作用	李三华, 张奇亚 (583)
水生植物热解生物油对中肋骨藻抗氧化酶活性的影响	姚远, 李锋民, 李媛媛, 单时, 李杰, 王震宇 (589)
TiO ₂ 光催化联合技术降解苯酚机制及动力学	张轶, 黄若男, 王晓敏, 王齐, 丛燕青 (596)
皮革废水有机污染物生物降解特性研究	王勇, 李伟光, 杨力, 宿程远 (604)
链霉菌 FX645 对偶氮染料红 AR30 的降解机制研究	谢练武, 方继前, 郭亚平 (611)
一种负载型生物载体的制备及性能研究	杨基先, 曾红云, 周义, 邱珊, 马放, 王蕾, 肖大伟 (616)
基于污泥资源化利用的蛋白核小球藻 (<i>Chlorella pyrenoidosa</i>) 培养研究	嵇雯雯, 夏会龙, 方治国, 刘惠君 (622)
温和热处理对低有机质污泥厌氧消化性能的影响	陈汉龙, 严媛媛, 何群彪, 戴晓虎, 周琪 (629)
天然和水热合成针铁矿对有机物厌氧分解释放 CH ₄ 的影响	姚敦璠, 陈天虎, 王进, 周飞跃, 岳正波 (635)
蚀刻废液及其回收后生产的铜盐产品中 PCDD/Fs 含量水平及分布特征	青宪, 韩静磊, 温炎桑 (642)
基于特定场地污染概念模型的健康风险评估案例研究	钟茂生, 姜林, 姚珏君, 夏天翔, 朱笑盈, 韩丹, 张丽娜 (647)
区域地下水污染风险评价方法研究	杨彦, 于云江, 王宗庆, 李定龙, 孙宏伟 (653)
地下水有机污染源识别技术体系研究与示范	王晓红, 魏加华, 成志能, 刘培斌, 纪轶群, 张干 (662)
祁连山不同海拔土壤有机碳库及分解特征研究	朱凌宇, 潘剑君, 张威 (668)
黑土有机碳、氮及其活性对长期施肥的响应	骆坤, 胡荣桂, 张文菊, 周宝库, 徐明岗, 张敬业, 夏平 (676)
根茬连续还田对镉污染农田土壤中镉赋存形态和生物有效性的影响	张晶, 于玲玲, 辛木贞, 苏德纯 (685)
长期施肥措施下稻田土壤有机质稳定性研究	罗璐, 周萍, 童成立, 石辉, 吴金水, 黄铁平 (692)
外源 Cr(Ⅲ) 在我国 22 种典型土壤中的老化特征及关键影响因子研究	郑顺安, 郑向群, 李晓辰, 刘书田, 姚秀荣 (698)
某林丹生产企业搬迁遗留场地土壤中六六六的残留特征	潘峰, 王利利, 赵浩, 尤奇中, 刘林 (705)
大型炼锌厂周边土壤及蔬菜的汞污染评价及来源分析	刘芳, 王书肖, 吴清茹, 林海 (712)
天津成人头发指甲中有机氟污染物的残留特征	姚丹, 张鸿, 柴之芳, 沈金灿, 杨波, 王艳萍, 刘国卿 (718)
沉积物中雌激素及壬基酚、辛基酚、双酚 A 的测定	吴唯, 史江红, 陈庆彩, 张晖, 刘晓薇 (724)
动物饲料中砷、铜和锌调查及分析	姚丽贤, 黄连喜, 蒋宗勇, 何兆桓, 周昌敏, 李国良 (732)
氟虫双酰胺在水稻和稻田中的残留动态研究	王点点, 宋宁慧, 吴文铸, 由宗政, 何健, 石利利 (740)
2 株降解菲的植物内生细菌筛选及其降解特性	倪雪, 刘娟, 高彦征, 朱雪竹, 孙凯 (746)
嗜盐拟香味菌 Y6 降解硝基苯的特性研究	厉阗, 钱坤, 肖伟, 王进军, 邓新平 (753)
固定化条件对苯系物细胞传感器检测效果的影响	唐阔, 马安周, 于清, 邓雪梅, 吕迪, 庄国强 (760)
16S rDNA 克隆文库分析高含盐生物脱硫系统细菌多样性	刘卫国, 梁存珍, 杨金生, 王桂萍, 刘苗苗 (767)
氨氮浓度对 CANON 工艺功能微生物丰度和群落结构的影响	刘涛, 李冬, 曾辉平, 畅晓燕, 张杰 (773)
筒青霉 (<i>Penicillium simplicissimum</i>) 对木质纤维素的降解及相关酶活性特征	沈莹, 胡天觉, 曾光明, 黄丹莲, 尹璐, 刘杨, 吴娟娟, 刘晖 (781)
石油污染土壤微生物群落结构与分布特性研究	杨萌青, 李立明, 李川, 李广贺 (789)
土霉素在鸡粪好氧堆肥过程中的降解及其对相关参数的影响	王桂珍, 李兆君, 张树清, 马晓彤, 梁永超 (795)
生活垃圾填埋过程含水率变化研究	李睿, 刘建国, 薛玉伟, 张媛媛, 岳东北, 聂永丰 (804)
动物消化机制用于木质纤维素的厌氧消化	吴昊, 张盼月, 郭建斌, 吴永杰 (810)

干旱区城市昌吉降雪及积雪中 PGEs 含量分布及其影响因素

刘玉燕¹, 刘浩峰², 张兰³

(1. 昌吉学院环境科学研究所, 昌吉 831100; 2. 新疆昌吉州环境监测站, 昌吉 831100; 3. 首都师范大学分析测试中心, 北京 100048)

摘要: 选择干旱区中小城市昌吉市, 对其降雪及积雪中铂族元素(PGEs)含量分布及影响因素进行研究. 运用 ICP-MS 对样品进行分析测定. 结果表明, 降雪中 Rh、Pd、Pt 平均含量分别为 $0.43 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ (未检出 $\sim 2.24 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$)、 $60.07 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($46.66 \sim 84.25 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$) 和 $4.54 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($3.02 \sim 6.38 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$). 不同场次降雪中 PGEs 含量存在差异, 随雪前干燥期天数加长, 降雪中 PGEs 含量趋于增大; 降雪量对 PGEs 含量也有一定影响, 降雪量越小, 雪中 PGEs 含量越高. 积雪中 Rh、Pd、Pt 的平均含量分别为 $6.65 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($2.50 \sim 18.80 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$)、 $83.45 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($46.83 \sim 199.20 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$) 和 $8.17 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($4.27 \sim 13.78 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$). 积雪中 PGEs 含量远高于降雪, 降雪中 PGEs 仅来自于单次降雪对大气 PGEs 的淋洗, 而积雪中 PGEs 不仅来自于多次降雪中 PGEs 的累积, 且由于积雪长时间暴露, 还源源不断接受了大气干沉降带来的 PGEs. 各采样点积雪 PGEs 含量表现出交通区 > 居民文教区 > 公园广场区 > 郊区农田, 随功能区不同, 积雪中 PGEs 输入途径与输入量有显著差异, 这是造成各功能区积雪 PGEs 含量不同且具有一定规律性的主要原因.

关键词: 铂族元素; 干旱区; 中小城市; 降雪; 积雪

中图分类号: X131.1 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2013)02-0494-05

Distribution of PGEs Contents and Its Factors in Snowfall and Snow Cover over the Arid Region in Changji City

LIU Yu-yan¹, LIU Hao-feng², ZHANG Lan³

(1. Institute of Environmental Science, Changji College, Changji 831100, China; 2. Xinjiang Changji Environmental Monitoring Station, Changji 831100, China; 3. Analysis and Test Center, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract: This paper was to select a small-medium sized City, Changji city, over the arid region, study the distribution of platinum group metals(PGEs) contents and influencing factors in snowfall and snow cover. Samples were analysed by ICP-MS. The results revealed that the annual contents of Rh, Pd and Pt in snowfall were on the average value of $0.43 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ranging from not detected to $2.24 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$, $60.07 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ranging from 46.66 to $84.25 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ and $4.54 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ranging from $3.02 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ to $6.38 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ respectively. The difference of PGEs levels was found in different occurrences of snowfall, tended to increase before snowfall due to the longer arid days. PGEs contents maybe influenced by the amount of snowfall, the less snowfall, the higher PGEs contents reflected. The annual levels of Rh, Pd and Pt in snow cover were in the range of $2.50 \sim 18.80 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ (av. $6.65 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$), $46.83 \sim 199.20 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ (av. $83.45 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$), $4.27 \sim 13.78 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ (av. $8.17 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$) respectively. PGEs content in snow cover were far higher than that of snowfall, PGEs in snowfall were only obtained from atmospheric PGEs rinsed by single time of snowfall, while PGEs were not only from the accumulation of PGEs in frequent times of snowfall and the snow cover under the long time exposure, but also continuously accepted the PGEs from atmospheric dry deposition. PGEs content of snow cover in all sampling sites were demonstrated as follows: traffic area > residential-culture-education district > square of park > suburban farmland. the input way of PGEs in snow cover was found a remarkable difference with the amount of input within different function areas, which was the main reason caused that PGEs content of snow cover in each function area varied and had a certain regularity.

Key words: platinum group metals(PGEs); the arid region; small-medium sized cities; snowfall; snow cover

铂族元素(platinum group metals, PGEs)及其化合物是一类高发生率的致敏物, 部分 PGEs 化合物还具有致癌效应^[1~7], 但其常被作为催化剂广泛用于汽车尾气催化转化器(vehicle exhaust catalysts, VECs)装置. 在净化尾气的同时, PGEs 颗粒物又随尾气不断被释放至环境中^[2,7~9]. 中国机动车发展迅猛, 截至 2011 年底, 全国机动车保有量已达 2.25 亿

辆. 干旱区中小城市之一的昌吉市, 同期机动车保有量也已近 13 万辆. 国外已有较多关于 PGEs 的相关研究^[7~10,11~13], 国内也有一些相关报道^[15~20], 但大

收稿日期: 2012-04-10; 修订日期: 2012-06-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(41101497, 41101460); 新疆高校科研计划项目(XJEDU2009I39)

作者简介: 刘玉燕(1971~), 女, 博士, 教授, 主要研究方向为干旱区环境地球化学与污染生态, E-mail: yuyanliu006@sina.com

多集中于对大城市道路灰尘、土壤、植物等多介质 PGEs 累积和迁移的研究,对中小城市及雨、雪中 PGEs 相关研究鲜有报道.本研究主要针对干旱区中等城市昌吉市降雪及积雪中 PGEs 累积及其影响机制进行初步探讨,以期为深入研究 PGEs 城市环境地球化学过程提供参考.

1 材料与方法

1.1 样品采集

选择干旱区中等规模城市昌吉市为研究区.该市地处亚欧大陆中心,是新疆首府乌鲁木齐市卫星

城市,总人口 42 万,为典型的大陆性干旱气候,年降水量仅为 183 ~ 200mm,夏季降水量明显多于冬季,冬季以降雪为主.

降雪采样点设在位于中心城区的昌吉学院北校区,该地虽位于闹市区但较为僻静,人为干扰较少.采样期贯穿整个冬季(2011 年 12 月 ~ 2012 年 2 月),依据降雪特征等因素,共选择较为典型的 6 场次降雪进行采样(表 1).以聚乙烯容器为采样器,降雪前将其用稀硝酸清洗过,保证每次采样工具无污染,采样时将容器固定,待每次降雪结束后,将容器内雪样收回并用聚乙烯袋冷冻保存.共采集 6 个样品.

表 1 各场次降雪特征
Table 1 Snowfall characters of sampling events

降雪日期 (年-月-日)	风速 /km·h ⁻¹	风向	湿度 /%	降雪量 /cm	降雪持续时间 /h	降雪前期干燥天数 /d
2011-12-31	3	西北	94	1.8	3.5	14
2012-01-17	3	东北	88	2.5	1.5	17
2012-01-18	2.5	西北	89	3	4.0	1
2012-02-01	3	西北	91	2.1	6.0	13
2012-02-06	2	东	86	4.2	不详	5
2012-02-07	2	东南	88	2.1	不详	1

按照城市功能区划分进行积雪采样.由于工业外迁,昌吉市区内无工业区;昌吉市商业区内车流均较为密集,与交通密集区几乎重合.故仅按照土地利用现状将昌吉市划分为居民文教区、公园广场区、交通密集区及郊区农田,每类功能区选择 2 个

采样站位,共设 8 个采样站位.于 2012 年 2 月 19 日,在昌吉市累积降雪近 15 场次、最低气温接近 0℃,积雪即将开始融化时,运用多点混合法进行样品采集,共采集 8 个样品(表 2).采样结束后,积雪样品立即用聚乙烯袋冷冻保存.

表 2 积雪采样点基本情况
Table 2 Basic situation of sampling points

经纬度及分区	商业小区 (SYXQ)	昌吉学院 (CJXY)	亚心广场 (YXGC)	人民公园 (RMGY)	红星东路 (HXDL)	乌伊西路 (WYXL)	中山西路 (ZSXL)	世纪大道南段 (SJDD)
东经	87°18'14"	87°17'57"	87°18'30"	87°18'32"	87°18'22"	87°17'35"	87°16'51"	87°17'48"
北纬	44°00'55"	44°00'58"	44°00'51"	44°01'24"	44°00'37"	44°00'39"	44°02'14"	44°00'17"
功能区划分	居民文教区	居民文教区	公园广场区	公园广场区	交通区	交通区	郊区农田	郊区农田

1.2 样品分析

1.2.1 主要仪器和试剂

Agilent ICP-MS 7500Ce 型电感耦合等离子体质谱仪; Milli-Q 纯水系统.内标由 Re 标准储备液配制;调谐溶液由锂、钴、钇、铈、铊混合标准溶液配制(Agilent,Part#5184-3566).

1.2.2 实验方法

将雪样从冰箱冷冻层取出,放置室温自然融化,过 0.45 μm 水系滤膜后直接进样分析.

应用 ICP-MS 测定雪样中的痕量 Pt、Pd、Rh 时,Pt 和 Rh 受到的质谱峰干扰相对较小,而测定痕量 Pd 时存在着明显的质谱峰干扰,即¹⁰⁸Cd、

⁶⁸Zn ⁴⁰Ar、⁹²Mo ¹⁶O、⁹⁰ZrO 等对 Pd 及 ⁶⁵Cu ⁴⁰Ar、³⁶Ar ⁶⁹Ga、⁸⁸Sr ¹⁷O 等对 Pd 产生的干扰,这对痕量 Pd 的准确测定造成一定的困难.因此,为了准确测定雪样中的 Pt、Pd、Rh,采用普通模式测定 Pt、Rh,采用 ORS 技术测定 Pd;测定前对 ICP-MS 分别进行 2 种模式的条件最佳化选择.仪器主要工作参数为:射频功率 1 450 W,冷却气 15.0 L·min⁻¹,辅助气 1.0 L·min⁻¹,载气 1.06 L·min⁻¹.元素测定中所选用的同位素为:¹⁰³Rh、¹⁰⁸Pd、¹⁹⁵Pt.上述实验标准溶液系列均由标准储备液逐级稀释配得,介质为 5% 硝酸;所用试剂均为优级纯,水为超纯水.实验全过程均在空气清洁度为 1 000 级的清洁实验室进行. Rh、Pd、

Pt 的检出限分别为 8.157×10^{-4} 、 7.142×10^{-3} 、 $6.714 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 回收率在 85% 以上, 相对标准偏差低于 2.5%.

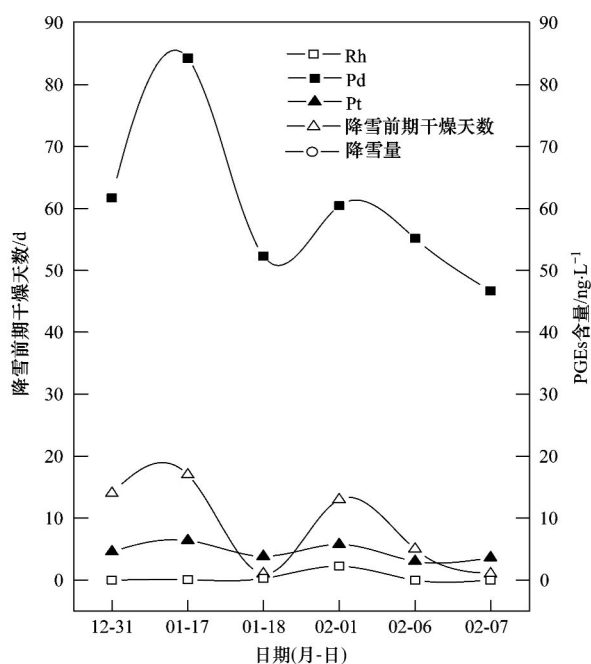
2 结果与讨论

2.1 降雪中 PGEs 含量分布特征及其影响因素

2.1.1 降雪中 PGEs 含量分布

昌吉市降雪中 Rh、Pd、Pt 的平均含量分别为 $0.43 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ (未检出 ~ $2.24 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$)、 $60.07 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($46.66 \sim 84.25 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$)、 $4.54 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($3.02 \sim 6.38 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$). 6 场次降雪中, 2012 年 1 月 17 日降雪中 Pd、Pt 含量最高, 分别达到 $84.25 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $6.38 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$; 2012 年 2 月 1 日降雪中 Rh 含量最高, 达到 $2.24 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$. 2012 年 2 月 7 日降雪中 Pd、Pt 含量最低, 分别为 $46.66 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $3.02 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$; 2011 年 12 月 31 日、2012 年 2 月 6 日、7 日降雪中 Rh 含量较低, 均未检出.

2.1.2 降雪中 PGEs 含量分布的影响因素



对每场次降雪中 PGEs 含量与雪前干燥期天数的关系进行分析, 发现雪前干燥期天数越长, 雪中 PGEs 含量越高, 特别是 Pd、Pt 含量与雪前干燥期天数的这种关系尤为明显 (图 1). 对每场次降雪 PGEs 含量与降雪量关系进行分析, 发现降雪量最大的 2 月 6 日、1 月 18 日, PGEs 含量却较低; 降雪量较小的 2 月 1 日、1 月 17 日, PGEs 含量却较高, 这说明降雪量对 PGEs 含量可能有一定影响, 降雪量越小, 其中 PGEs 含量越高. 降雪中 Rh、Pd、Pt 含量变化规律表现出相似性 (图 1), 3 种元素来源相同, 外界干扰条件相同可能是主要致因.

大气中 PGEs 的去除途径主要依赖干湿沉降, 而湿沉降的作用更大. 干旱区降水稀少, 降水对污染物的去除效果应该较沿海湿润区更明显. 2011 年 12 月 ~ 2012 年 2 月采样期间, 昌吉市车流量稳定, 大气中 PGEs 输入相对稳定, 在此条件下, 前期干燥天数越长, 降雪对 PGEs 的去除效果越明显; 单场次降雪中, 降雪量越小, 其对污染物的去处效率更高.

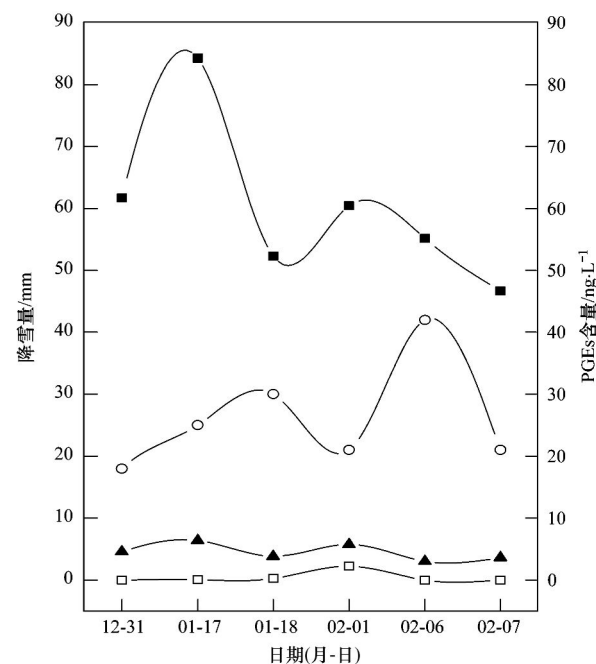


图 1 降雪中 PGEs 含量与雪前干燥期天数、降雪量的关系

Fig. 1 Relationships among PGEs levels, curing period and snowfall

2.2 积雪中 PGEs 含量分布特征及其影响因素

2.2.1 积雪中 PGEs 含量分布

如图 2 所示, 昌吉市积雪中 Rh、Pd、Pt 的平均含量分别为 $6.65 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($2.50 \sim 18.80 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$)、 $83.45 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($46.83 \sim 199.20 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$)、 $8.17 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($4.27 \sim 13.78 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$). 其中, PGEs 最高值出现在乌伊西路的道路环境中, 其 Rh、Pd、Pt 含量分别达到了 18.8、199.2、13.78 $\text{ng} \cdot \text{L}^{-1}$; PGEs 最

低值出现在中山西路以南的农田中, 其 Rh、Pd、Pt 含量分别达到了 2.50、46.83、4.27 $\text{ng} \cdot \text{L}^{-1}$.

2.2.2 积雪中 PGEs 含量分布的影响因素

积雪中 PGEs 含量远高于降雪, 降雪中 PGEs 仅来自于单场次降雪对大气 PGEs 的淋洗, 而积雪中 PGEs 不仅来自于多场次降雪中 PGEs 的累积, 同时, 由于积雪长时间暴露, 还源源不断接受大气干沉降带来的 PGEs. 特别是临近道路的积雪, 还可直接

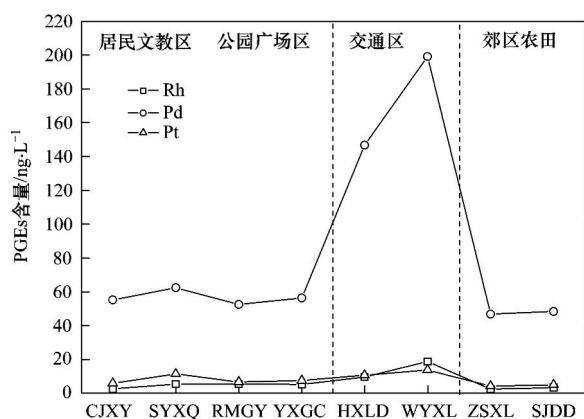


图2 不同功能区 PGEs 含量分布

Fig. 2 Distribution of PGEs in the different functional areas

接受汽车尾气排放等其他途径输入的 PGEs. 上述原因导致积雪中 PGEs 含量远高于降雪.

各采样点积雪 PGEs 含量表现出随功能区变化的规律,即交通区 > 居民文教区 > 公园广场区 > 郊区农田(图2). 通常,自然积雪中 PGEs 主要来自降雪中 PGEs 的累积及大气干沉降带来的 PGEs,但有些功能区会接受外来积雪,常见的外来积雪主要来自道路,动力清扫道路降雪时灰尘也一并被清扫,灰尘中的 PGEs 随之被迁移至积雪中. 交通区采样点均设在道路绿化带内,除了自然积雪,还接受来自道路的外来积雪,另外,临近道路,汽车尾气排放的 PGEs 也直接迁移入积雪. 居民文教区除了自然积雪,也会接受来自区内道路的外来积雪,但居民文教区内车流量小, PGEs 排放量相对交通区小. 公园广场区内基本以自然积雪为主,区内没有车流,但地处闹市区,均被主要干道包围,干道上车流量较大. 郊区农田内只有自然积雪,且远离主干道,邻近的道路车流稀少. 各个采样点因所处功能区不同,积雪中 PGEs 输入途径与输入量有显著差异,相比较而言,交通区 PGEs 输入途径最多、输入量最大;居民文教区 PGEs 输入途径也较多,但区内车流量小,使其 PGEs 输入总量小于交通区;公园广场区 PGEs 输入途径明显减少, PGEs 输入量明显减弱;郊区农田 PGEs 输入途径最少, PGEs 输入量也最少. 上述原因造成了各功能区积雪 PGEs 含量不同且具有一定规律性的特征.

积雪中 Rh、Pd、Pt 含量随功能区变化的规律基本一致(图2),3 种元素来源相同、外界干扰条件相同可能是主要致因. 积雪会在春季来临后迅速消融, PGEs 随之迅速迁移至土壤,在土壤-植物系统中富集. 特别是郊区农田中 PGEs 的累积会使其进入

食物链,从而对人体健康造成潜在危害.

3 结论

(1) 昌吉市降雪中 Rh、Pd、Pt 的平均含量分别为 $0.43 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ (未检出 ~ $2.24 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$)、 $60.07 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($46.66 \sim 84.25 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$)、 $4.54 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($3.02 \sim 6.38 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$). 不同场次降雪中 PGEs 含量存在差异. 随雪前干燥期天数加长,降雪中 PGEs 含量趋于增大;降雪量对 PGEs 含量有一定影响,降雪量越小,雪中 PGEs 含量越高.

(2) 昌吉市积雪中 Rh、Pd、Pt 的平均含量分别为 $6.65 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($2.50 \sim 18.80 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$)、 $83.45 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($46.83 \sim 199.20 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$)、 $8.17 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ($4.27 \sim 13.78 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$). 积雪中 PGEs 含量远高于降雪,降雪中 PGEs 仅来自于单次降雪对大气 PGEs 的淋洗,而积雪中 PGEs 不仅来自于多场次降雪中 PGEs 的累积,且由于积雪长时间暴露,还源源不断接受了大气干沉降带来的 PGEs.

(3) 各采样点积雪 PGEs 含量表现出随功能区变化的规律,即交通区 > 居民文教区 > 公园广场区 > 郊区农田. 各功能区积雪中 PGEs 输入途径与输入量有显著差异,这是造成各功能区积雪 PGEs 含量不同且具有一定规律的主要原因.

致谢:采样工作由昌吉学院化学与应用化学系 2008 级谷涛、袁睿、高一畅、王富香及 2009 级张莎莎等同学协助完成,在此表示感谢!

参考文献:

- [1] Zereini F, Dirksen F, Skerstupp B, *et al.* Sources of anthropogenic platinum-group elements (PGE): automotive catalysts versus PGE-processing industries [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 1998, **5**(4): 223-230.
- [2] Rauch S, Hemond H F, Barbante C, *et al.* Importance of automobile exhaust catalyst emissions for the deposition of platinum, palladium, and rhodium in the Northern Hemisphere [J]. *Environmental Science and Technology*, 2005, **39**(21): 8156-8162.
- [3] Gebel T, Lantzsch H, Pleßow K, *et al.* Genotoxicity of platinum and palladium compounds in human and bacterial cells [J]. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 1997, **389**(2-3): 183-190.
- [4] Munksgaard N C, Lottermoser B G. Mobility and potential bioavailability of traffic-derived trace metals in a 'wet-dry' tropical region, Northern Australia [J]. *Environmental Earth Sciences*, 2010, **60**(7): 1447-1458.
- [5] 刘玉燕,刘敏,程书波. 道路环境 PGEs 多介质累积规律 [J]. *环境科学*, 2009, **30**(10): 3050-3054.
- [6] Essumang D K, Dodoo D K, Adokoh C K. The impact of

- vehicular fallout on the Pra estuary of Ghana (a case study of the impact of platinum group metals (PGMs) on the marine ecosystem) [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2008, **145**(1-3): 283-294.
- [7] Marcheselli M, Sala L, Mauri M. Bioaccumulation of PGEs and other traffic-related metals in populations of the small mammal *Apodemus sylvaticus* [J]. *Chemosphere*, 2010, **80**(11): 1247-1254.
- [8] Sutherland R A, Pearson D G, Ottley C J. Grain size partitioning of platinum-group elements in road-deposited sediments: implications for anthropogenic flux estimates from autocatalysts [J]. *Environmental Pollution*, 2008, **151**(3): 503-515.
- [9] Fumagalli A, Faggion B, Ronchini M, *et al.* Platinum, palladium, and rhodium deposition to the *Prunus laurus cerasus* leaf surface as an indicator of the vehicular traffic pollution in the city of Varese area: an easy and reliable method to detect PGEs released from automobile catalytic converters [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2010, **17**(3): 665-673.
- [10] Mathur R, Balaram V, Satyanarayanan M, *et al.* Anthropogenic platinum, palladium and rhodium concentrations in road dusts from Hyderabad city, India [J]. *Environmental Earth Sciences*, 2011, **62**(5): 1085-1098.
- [11] Charlesworth S, De Miguel E, Ordóñez A. A review of the distribution of particulate trace elements in urban terrestrial environments and its application to considerations of risk [J]. *Environmental Geochemistry and Health*, 2011, **33**(2): 103-123.
- [12] Kalavrouziotis I K, Koukoulakis P H. The Environmental Impact of the platinum group elements (Pt, Pd, Rh) emitted by the automobile catalyst converters [J]. *Water Air and Soil Pollution*, 2009, **196**(1-4): 393-402.
- [13] Bonanno G. Trace element accumulation and distribution in the organs of *Phragmites australis* (common reed) and biomonitoring applications [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2011, **74**(4): 1057-1064.
- [14] Orecchio S, Amorello D. Platinum levels in urban soils from Palermo (Italy); analytical method using voltammetry [J]. *Microchemical Journal*, 2011, **99**(2): 283-288.
- [15] Wang J, Zhu R H, Shi Y Z. Distribution of platinum group elements in road dust in the Beijing metropolitan area, China [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2007, **19**(1): 29-34.
- [16] 朱燕, 高松, 李晓林, 等. 上海市城区道路降尘中铂元素污染分析及评价 [J]. *中国环境科学*, 2009, **29**(10): 1100-1104.
- [17] 李晓林, 毛雪瑛. 大气气溶胶中痕量贵金属元素 Pt 的仪器中子活化分析初步研究 [J]. *核技术*, 2007, **30**(4): 370-372.
- [18] 刘玉燕, 刘敏, 王玉杰. 道路灰尘 PGEs 时间变化特征 [J]. *环境科学*, 2011, **32**(9): 2676-2680.
- [19] 举晓霞, 朱若华. 铂族元素在环境和生物样品中的积累及毒性研究进展 [J]. *化学通报*, 2009, **72**(10): 881-888.
- [20] 刘玉燕, 王玉杰. 干旱区气候条件对道路灰尘及土壤 Pd、Rh 累积的影响 [J]. *中国环境科学*, 2011, **31**(9): 1528-1532.

CONTENTS

Characterization of Chemical Compositions in PM _{2.5} and Its Impact on Hazy Weather During 16 th Asian Games in Guangzhou	TAO Jun, CHAI Fa-he, GAO Jian, <i>et al.</i> (409)
PM _{2.5} Pollution and Aerosol Optical Properties in Fog and Haze Days During Autumn and Winter in Beijing Area	ZHAO Xiu-juan, PU Wei-wei, MENG Wei, <i>et al.</i> (416)
Forming Potential of Secondary Organic Aerosols and Sources Apportionment of VOCs in Autumn of Shanghai, China	WANG Qian, CHEN Chang-hong, WANG Hong-li, <i>et al.</i> (424)
Study on Number Concentration Distribution of Atmospheric Ultrafine Particles in Hangzhou	XIE Xiao-fang, SUN Zai, FU Zhi-min, <i>et al.</i> (434)
Pollution Characteristics and Source Identification of Atmospheric Particulate Matters <i>n</i> -Alkanes in Baoding City	LI Xing-ru, DU Xi-qiang, WANG Ying-feng, <i>et al.</i> (441)
Study on Pollution Characteristics of Carbonaceous Aerosols in Xi'an City During the Spring Festival	ZHOU Bian-hong, ZHANG Cheng-zhong, WANG Ge-hui (448)
Characteristics of PM ₁₀ and PM _{2.5} Concentrations in Mountain Background Region of East China	SU Bin-bin, LIU Xin-dong, TAO Jun (455)
Assessment of TVOC and Odor in the Remediation Site of Contaminated Soil and Groundwater Using Electronic Nose	TIAN Xiu-ying, CAI Qiang, LIU Rui, <i>et al.</i> (462)
Characteristics of Mercury Exchange Flux Between Soil and Atmosphere Under the Snow Retention and Snow Melting Control	ZHANG Gang, WANG Ning, AI Jian-chao, <i>et al.</i> (468)
Study on Heavy Metal Contaminations and the Sources of Pb Pollution in Jinghai Bay Using the Stable Isotope Technique	XU Lin-bo, GAO Qin-feng, DONG Shuang-lin, <i>et al.</i> (476)
Eco-environmental Evolution Inferred from <i>n</i> -Alkanes and $\delta^{13}\text{C}$ Records in the Sediments of Shijiu Lake	OU Jie, WANG Yan-hua, YANG Hao, <i>et al.</i> (484)
Distribution of PGEs Contents and Its Factors in Snowfall and Snow Cover over the Arid Region in Changji City	LIU Yu-yan, LIU Hao-feng, ZHANG Lan (494)
Effect of Dust Deposition Collection Methods on Collection Efficiency	ZHANG Zheng-cai, DONG Zhi-bao (499)
Regionalization of the Freshwater Eco-regions in the Haihe River Basin of China	SUN Ran-hao, JI Yu-he, SHANG Lin-yuan, <i>et al.</i> (509)
Characteristics of Diffuse Attenuation Coefficient of Underwater Irradiance in the Lakes in the Middle and Lower Reaches of Yangtze River	SHI Zhi-qiang, ZHANG Yun-lin, WANG Ming-zhu, <i>et al.</i> (517)
Study on Influencing Factors and Universality of Chlorophyll- <i>a</i> Retrieval Model in Inland Water Body	HUANG Chang-chun, LI Yun-mei, XU Liang-jiao, <i>et al.</i> (525)
Effect of Dissolved Oxygen on Diversity of Ammonia-Oxidizing Microorganisms in Enrichment Culture from Estuarine Wetland Surface Sediments and Ammonia-oxidizing Rate	QIU Zhao-zheng, LUO Zhuan-xi, ZHAO Yan-ling, <i>et al.</i> (532)
Spatial Variation of Soil Moisture/Salinity and the Relationship with Vegetation Under Natural Conditions in Yancheng Coastal Wetland	ZHANG Hua-bing, LIU Hong-yu, LI Yu-feng, <i>et al.</i> (540)
Spatial Heterogeneity and Classified Control of Agricultural Non-Point Source Pollution in Huaihe River Basin	ZHOU Liang, XU Jian-gang, SUN Dong-qi, <i>et al.</i> (547)
Phosphorus Output Characteristics Under Different Rainfall-Runoffs in Gaolan River	CUI Yu-jie, LIU De-fu, SONG Lin-xu, <i>et al.</i> (555)
Monitoring and Analysis on Evolution Process of Rainfall Runoff Water Quality in Urban Area	DONG Wen, LI Huai-en, LI Jia-ke (561)
Characteristics and Contribution of the Strengthening Units of Composite Constructed Wetland for Treating Urban Sewage	REN Feng, LU Yi-xia, LIU Qin, <i>et al.</i> (570)
Inactivation of <i>Mycobacteria mucogenicum</i> in Drinking Water: Chlorine Resistance and Mechanism Analysis	ZHENG Qi, CHEN Chao, ZHANG Xiao-jian, <i>et al.</i> (576)
Partial Biological Characteristics and Algicidal Activity of an Algicidal Bacterium	LI San-hua, ZHANG Qi-ya (583)
Effects of Macrophytes Pyrolysis Bio-oil on <i>Skeletonema costatum</i> Antioxidant Enzyme Activities	YAO Yuan, LI Feng-min, LI Yuan-yuan, <i>et al.</i> (589)
Mechanism and Kinetics of Phenol Degradation by TiO ₂ Photocatalytic Combined Technologies	ZHANG Yi, HUANG Ruo-nan, WANG Xiao-min, <i>et al.</i> (596)
Biodegradation Characteristics of Organic Pollutants Contained in Tannery Wastewater	WANG Yong, LI Wei-guang, YANG Li, <i>et al.</i> (604)
Microbial Degradation Mechanism of Disperse Azo Dye Red 30 by <i>Streptomyces</i> sp. FX645	XIE Lian-wu, FANG Ji-qian, GUO Ya-ping (611)
Study on Preparation and Performance of a Biological Carrier with Tourmaline	YANG Ji-xian, ZENG Hong-yun, ZHOU Yi, <i>et al.</i> (616)
Study on the <i>Chlorella pyrenoidosa</i> Cultivation Technology Based on the Excess Sludge Utilization	JI Wen-wen, XIA Hui-long, FANG Zhi-guo, <i>et al.</i> (622)
Effects of Mild Thermal Pretreatment on Anaerobic Digestibility of Sludge with Low Organic Content	CHEN Han-long, YAN Yuan-yuan, HE Qun-biao, <i>et al.</i> (629)
Effect of Natural and Hydrothermal Synthetic Goethite on the Release of Methane in the Anaerobic Decomposition Process of Organic Matter	YAO Dun-fan, CHEN Tian-hu, WANG Jin, <i>et al.</i> (635)
Concentrations and Distribution Characteristics of PCDD/Fs in Spent Etching Solution and Its Copper Salt Recycling Products	QING Xian, HAN Jing-lei, WEN Yan-shen (642)
Case Study on Health Risk Assessment Based on Site-Specific Conceptual Model	ZHONG Mao-sheng, JIANG Lin, YAO Jue-jun, <i>et al.</i> (647)
Study on the Risk Assessment Method of Regional Groundwater Pollution	YANG Yan, YU Yun-jiang, WANG Zong-qing, <i>et al.</i> (653)
Groundwater Organic Pollution Source Identification Technology System Research and Application	WANG Xiao-hong, WEI Jia-hua, CHENG Zhi-neng, <i>et al.</i> (662)
Study on Soil Organic Carbon Pools and Turnover Characteristics Along an Elevation Gradient in Qilian Mountain	ZHU Ling-yu, PAN Jian-jun, ZHANG Wei (668)
Response of Black Soil Organic Carbon, Nitrogen and Its Availability to Long-term Fertilization	LUO Kun, HU Rong-gui, ZHANG Wen-ju, <i>et al.</i> (676)
Phytoavailability and Chemical Speciation of Cadmium in Different Cd-Contaminated Soils with Crop Root Return	ZHANG Jing, YU Ling-ling, XIN Shu-zhen, <i>et al.</i> (685)
Study on Mechanism of SOM Stabilization of Paddy Soils Under Long-term Fertilizations	LUO Lu, ZHOU Ping, TONG Cheng-li, <i>et al.</i> (692)
Aging Process of Cr(III) in 22 Typical Soils of China and Influence Factors Analysis	ZHENG Shun-an, ZHENG Xiang-qun, LI Xiao-zheng, <i>et al.</i> (698)
Residual Characteristics of HCHs in Soils of a Former Lindane Production Enterprise	PAN Feng, WANG Li-li, ZHAO Hao, <i>et al.</i> (705)
Evaluation and Source Analysis of the Mercury Pollution in Soils and Vegetables Around a Large-scale Zinc Smelting Plant	LIU Fang, WANG Shu-xiao, WU Qing-ru, <i>et al.</i> (712)
Residue of Organic Fluorine Pollutants in Hair and Nails Collected from Tianjin	YAO Dan, ZHANG Hong, CHAI Zhi-fang, <i>et al.</i> (718)
Analysis of Estrogens, Nonylphenol, 4-tert-Octylphenol and Bisphenol A in the Sediments	WU Wei, SHI Jiang-hong, CHEN Qing-cai, <i>et al.</i> (724)
Investigation of As, Cu and Zn Species and Concentrations in Animal Feeds	YAO Li-xian, HUANG Lian-xi, JIANG Zong-yong, <i>et al.</i> (732)
Residue Dynamics of Flubendiamide in Paddy Field	WANG Dian-dian, SONG Ning-hui, WU Wen-zhu, <i>et al.</i> (740)
Isolation of Two Endophytic Phenanthrene-Degrading Strains and Their Degradation Capacity	NI Xue, LIU Juan, GAO Yan-zheng, <i>et al.</i> (746)
Biodegradation of Nitrobenzene by a Halophilic <i>Myroides odoratimimus</i> Strain Y6	LI Tian, QIAN Kun, XIAO Wei, <i>et al.</i> (753)
Effect of Immobilization on Biosensor for Benzene Derivates Detection	TANG Kuo, MA An-zhou, YU Qing, <i>et al.</i> (760)
Investigation of Bacterial Diversity in the Biological Desulfurization Reactor for Treating High Salinity Wastewater by the 16S rDNA Cloning Method	LIU Wei-guo, LIANG Cun-zhen, YANG Jin-sheng, <i>et al.</i> (767)
Assessment of the Effect of Influent NH ₄ ⁺ -N Concentration on the Abundance and Community Structure of Functional Bacteria in CANON Process	LIU Tao, LI Dong, ZENG Hui-ping, <i>et al.</i> (773)
Biodegradation of Lignocellulose by <i>Penicillium simplicissimum</i> and Characters of Lignocellulolytic Enzymes	SHEN Ying, HU Tian-jue, ZENG Guang-ming, <i>et al.</i> (781)
Microbial Community Structure and Distribution Characteristics in Oil Contaminated Soil	YANG Meng-qing, LI Li-ming, LI Chuan, <i>et al.</i> (789)
Degradation of Oxytetracycline in Chicken Feces Aerobic-Composting and Its Effects on Their Related Parameters	WANG Gui-zhen, LI Zhao-jun, ZHANG Shu-qing, <i>et al.</i> (795)
Research of Moisture Content Variation in MSW Landfill	LI Rui, LIU Jian-guo, XUE Yu-wei, <i>et al.</i> (804)
Anaerobic Digestion of Lignocellulosic Biomass with Animal Digestion Mechanisms	WU Hao, ZHANG Pan-yue, GUO Jian-ben, <i>et al.</i> (810)

《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2月15日 34卷 第2期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 34 No. 2 Feb. 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