

# 环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第35卷 第1期

Vol.35 No.1

**2014**

中国科学院生态环境研究中心 主办  
科学出版社 出版



目次

雾霾重污染期间北京居民对高浓度 PM<sub>2.5</sub> 持续暴露的健康风险及其损害价值评估 ..... 谢元博, 陈娟, 李巍 ( 1 )

长白山 PM<sub>2.5</sub> 中水溶性离子季节变化特征研究 ..... 赵亚南, 王跃思, 温天雪, 戴冠华 ( 9 )

青岛大气颗粒物数浓度变化及对能见度的影响 ..... 柯馨姝, 盛立芳, 孔君, 郝泽彤, 屈文军 ( 15 )

重庆市大气二噁英污染水平及季节变化 ..... 张晓岭, 卢益, 朱明吉, 蹇川, 郭志顺, 邓力, 孙静, 张芹, 罗财红 ( 22 )

西南地区再生铝冶炼行业二噁英大气排放 ..... 卢益, 张晓岭, 郭志顺, 蹇川, 朱明吉, 邓力, 孙静, 张芹 ( 30 )

西南地区新型干法水泥生产中的二噁英大气排放 ..... 张晓岭, 卢益, 蹇川, 郭志顺, 朱明吉, 邓力, 孙静, 张芹 ( 35 )

杭州市办公场所室内空气中 PBDEs 的污染现状与特征 ..... 蒋欣慰, 孙鑫, 裴小强, 金漫彤, 李云龙, 沈学优 ( 41 )

模拟不同排放源排放颗粒及多环芳烃的粒径分布研究 ..... 符海欢, 田娜, 商惠斌, 张彬, 叶素芬, 陈晓秋, 吴水平 ( 46 )

川东北地区元素大气沉降通量及其季节变化 ..... 童晓宁, 周厚云, 游镇烽, 汤静, 刘厚均, 黄颖, 贺海波 ( 53 )

重庆市铁山坪 2001 ~ 2010 年酸沉降变化 ..... 余德祥, 马萧萧, 谭炳全, 赵大为, 张冬保, 段雷 ( 60 )

汉江上游金水河流域氮湿沉降 ..... 王金杰, 张克荣, 吴川, 张全发 ( 66 )

麦秸及其烟尘中正构脂肪酸的组成 ..... 刘刚, 李久海, 吴丹, 徐慧 ( 73 )

兰州市室内大气降尘环境磁学特征及其随高度变化研究 ..... 吴铎, 魏海涛, 赵瑞瑞, 张蕊, 刘建宝 ( 79 )

中亚热带针阔混交林土壤-大气界面释汞通量研究 ..... 马明, 王定勇, 申源源, 孙荣国, 黄礼昕 ( 85 )

水稻秸秆生物炭对耕地土壤有机碳及其 CO<sub>2</sub> 释放的影响 ..... 柯跃进, 胡学玉, 易卿, 余忠 ( 93 )

黄海和东海海域溶解铋地球化学分布特征 ..... 吴晓丹, 宋金明, 吴斌, 李学刚 ( 100 )

浑河上游(清原段)水环境中重金属时空分布及污染评价 ..... 马迎群, 时瑶, 秦延文, 郑丙辉, 赵艳民, 张雷 ( 108 )

POCIS 采样技术应用于九龙江流域水环境中雌激素的检测 ..... 张利鹏, 王新红, 李永玉, 吴玉玲, 张祖麟 ( 117 )

降雨条件下岩溶地下水微量元素变化特征及其环境意义 ..... 陈雪彬, 杨平恒, 蓝家程, 莫雪, 师阳 ( 123 )

锡林河流域地表水水化学主离子特征及控制因素 ..... 唐玺雯, 吴锦奎, 薛丽洋, 张明泉, Frauke Barthold, Lutz Breuer, Hans-Georg Frede ( 131 )

子牙河水系河流氮素组成及空间分布特征 ..... 赵钰, 单保庆, 张文强, 王超 ( 143 )

水稻种植对中亚热带红壤丘陵区小流域氮磷养分输出的影响 ..... 宋立芳, 王毅, 吴金水, 李勇, 李裕元, 孟岑, 李航, 张满意 ( 150 )

黄东海表层沉积物中磷的分布特征 ..... 宋国栋, 刘素美, 张国玲 ( 157 )

河流沉积物中有机磷提取剂 (NaOH-EDTA) 提取比例与机制研究 ..... 张文强, 单保庆, 张洪, 唐文忠 ( 163 )

沉积物短期扰动下 BAPP 再生和转化机制 ..... 武晓飞, 李大鹏, 汪明 ( 171 )

三峡库区典型农村型消落带沉积物风险评价与重金属来源解析 ..... 敖亮, 雷波, 王业春, 周谐, 张晟 ( 179 )

太湖东部不同类型湖区疏浚后沉积物重金属污染及潜在生态风险评价 ..... 毛志刚, 谷孝鸿, 陆小明, 曾庆飞, 谷先坤, 李旭光 ( 186 )

滇池沉积物中主要污染物含量时间分异特征研究 ..... 王心宇, 周丰, 伊旋, 郭怀成 ( 194 )

浓度层析荧光光谱局部匹配溢油鉴别技术 ..... 王春艳, 史晓凤, 李文东, 张金亮 ( 202 )

光电 Fenton 技术处理污泥深度脱水液研究 ..... 王现丽, 王世峰, 吴俊峰, 濮文虹, 杨昌柱, 张敬东, 杨家宽 ( 208 )

同步脱氮除磷颗粒污泥硝化反硝化特性试验研究 ..... 刘小英, 林慧, 马兆瑞, 王磊, 刘静伟, 郭超, 姜应和 ( 214 )

垃圾填埋场渗滤液短程生物脱氮的长期稳定性实验研究 ..... 孙洪伟, 郭英, 彭永臻 ( 221 )

油田区土壤石油烃组分残留特性研究 ..... 胡迪, 李川, 董倩倩, 李立明, 李广贺 ( 227 )

水稻光合同化碳在土壤中的矿化和转化动态 ..... 谭立敏, 彭佩钦, 李科林, 李宝珍, 聂三安, 葛体达, 童成立, 吴金水 ( 233 )

土地利用及退耕对喀斯特山区土壤活性有机碳的影响 ..... 廖洪凯, 李娟, 龙健, 张文娟, 刘云飞 ( 240 )

水稻土团聚体 Cu<sup>2+</sup> 吸附过程中铝的溶出及土壤溶液 pH 变化 ..... 许海波, 赵道远, 秦超, 李玉姣, 董长勋 ( 248 )

Cr(VI) 对两种黏土矿物在单一及复合溶液中 Cu(II) 吸附的影响 ..... 刘娟娟, 梁东丽, 吴小龙, 屈广周, 钱勋 ( 254 )

淹水时长对 3 种丛枝菌根 (AM) 真菌侵染 2 种湿地植物的影响 ..... 马雷猛, 王鹏腾, 王曙光 ( 263 )

太湖水质与水生生物健康的关联性初探 ..... 周笑白, 张宁红, 张咏, 牛志春, 刘雷, 于红霞 ( 271 )

3 种典型污染物对水生生物的急性毒性效应及其水质基准比较 ..... 姜东生, 石小荣, 崔益斌, 李梅 ( 279 )

某制药废水对发光细菌急性毒性的评价研究 ..... 杜丽娜, 杨帆, 穆玉峰, 余若祯, 左剑恶, 高俊发, 余忻, 滕丽君, 汤薪瑶 ( 286 )

异丙甲草胺与锌共存对斜生栅藻毒性手性差异影响 ..... 胡晓娜, 张淑娟, 陈彩东, 刘惠君 ( 292 )

Biotic Ligand Model 的简化模型及预测性能评价 ..... 王万宾, 陈莎, 吴敏, 苏德丽, 赵婧 ( 299 )

基于 USEtox 的焦化行业优先污染物筛选排序研究 ..... 郝天, 杜鹏飞, 杜斌, 曾思育 ( 304 )

微囊藻毒素降解菌 *Paucibacter* sp. CH 菌的分离鉴定及其降解特性 ..... 游狄杰, 陈晓国, 向荟圻, 欧阳溱, 杨冰 ( 313 )

硝酸盐抑制油田采出水中硫酸盐还原菌活性研究 ..... 杨德玉, 张颖, 史荣久, 韩斯琴, 李光哲, 李国桥, 赵劲毅 ( 319 )

降解纤维素产甲烷的四菌复合系 ..... 吴俊妹, 马安周, 崔萌萌, 于清, 齐鸿雁, 庄绪亮, 庄国强 ( 327 )

中国陆地生态系统土壤异养呼吸变异的影响因素 ..... 谢薇, 陈书涛, 胡正华 ( 334 )

内蒙古羊草草原根呼吸和土壤微生物呼吸区分的研究 ..... 史晶晶, 耿元波 ( 341 )

南京河流夏季水-气界面 N<sub>2</sub>O 排放通量 ..... 韩洋, 郑有飞, 吴荣军, 尹继福, 孙霞 ( 348 )

杀菌剂对湖泊水体温室气体浓度分析的影响 ..... 肖启涛, 胡正华, James Deng, 肖薇, 刘寿东, 李旭辉 ( 356 )

生物表面活性剂强化剩余污泥微生物燃料电池产电特性研究 ..... 彭海利, 张植平, 李小明, 杨麒, 罗琨, 易欣 ( 365 )

不同硅铝比 Fe-ZSM-5 催化剂对氧化亚氮催化分解性能的研究 ..... 卢仁杰, 张新艳, 郝郑平 ( 371 )

硫酸铵和尿素对废物焚烧过程中多种途径生成氯苯类的抑制作用 ..... 严密, 祁志福, 李晓东, 胡艳军, 陈彤 ( 380 )

县域尺度的京津冀都市圈 CO<sub>2</sub> 排放时空演变特征 ..... 汪浩, 陈操操, 潘涛, 刘春兰, 陈龙, 孙莉 ( 385 )

保水剂性能及其农用安全性评价研究进展 ..... 李希, 刘玉荣, 郑袁明, 贺纪正 ( 394 )

《环境科学》征订启事 (65) 《环境科学》征稿简则 (220) 信息 (226, 270, 298, 364)

# 兰州市室内大气降尘环境磁学特征及其随高度变化研究

吴铎, 魏海涛\*, 赵瑞瑞, 张蕊, 刘建宝

(兰州大学西部环境与气候变化研究院 西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000)

**摘要:** 对兰州大学齐云楼不同高度的室内大气降尘样品进行的系统环境磁学研究表明, 兰州市室内大气降尘中磁性矿物含量较高, 并且以多畴和假单畴的亚铁磁性矿物为主, 降尘中的磁性矿物主要来自大气污染. 兰州市近地表约 24 m 高度内, 室内大气降尘中磁性矿物浓度具有随高度升高而降低、粒径随高度增加而变细的分布特点, 称为低污染源决定的近地面吹扬模式. 距离建筑物顶部约 10 m 范围的建筑物内部, 随着高度的增加, 降尘中磁性矿物浓度增大、粒径变粗, 称为高污染源决定的建筑物阻尼模式. 兰州市室内降尘的磁性矿物浓度可以有效反映大气颗粒污染状况, 研究表明, 兰州市距地表 20 ~ 30 m 的适当高度大气颗粒污染最小. 研究结果可为了解兰州市大气颗粒污染状况以及开展大气污染治理提供科学依据.

**关键词:** 环境磁学; 室内降尘; 颗粒污染; 高度变化; 兰州

中图分类号: X169; X513 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2014)01-0079-06

## Magnetic Properties of Indoor Dustfall at Different Heights in Lanzhou

WU Duo, WEI Hai-tao, ZHAO Rui-rui, ZHANG Rui, LIU Jian-bao

(Key Laboratory of Western China's Environmental System (Ministry of Education), Research School of Arid Environment & Climate Change, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Environmental magnetic measurements were carried out on the samples of indoor dustfall collected from Qiyun building at different heights in Lanzhou University. The results indicate a high concentration of magnetic minerals in indoor dustfall, dominated by pseudo-single domain (PSD) and multiple domain (MD) ferrimagnetic minerals which are mainly from air pollution. The concentration and granulometry of magnetic minerals decrease with the increase of the height within 24 m near surface. We call it near surface blowing model dominated by low pollution sources. Within 10 m near the top of the building, the concentration and granulometry of magnetic mineral show the synchronous change with the increase of height and that is called building damping model dominated by high pollution sources. The concentration of magnetic minerals can reflect particulate matter pollution in Lanzhou. The results show the pollution is relatively slight from 20-30 m and can provide a scientific basis for atmospheric dust management and improvement at the same time.

**Key words:** environmental magnetism; indoor dustfall; particulate pollution; height variation; Lanzhou

伴随着城市化的扩张, 城市环境问题日益突出, 城市颗粒污染物研究已经成为一个环境科学研究的热点和焦点<sup>[1,2]</sup>. 大气降尘是城市颗粒污染物的重要组成部分, 是大气悬浮颗粒和室内降尘的主要来源<sup>[3,4]</sup>, 其中室内的大气粉尘因颗粒较细对人体影响更显著<sup>[5,6]</sup>. 环境磁学作为气候、环境变化研究的良好手段日益受到研究者的重视<sup>[7]</sup>, 并在大气降尘、环境污染研究中得以广泛应用<sup>[8~10]</sup>. 人类的健康与其生存的环境息息相关, 城市作为人口的聚集区和颗粒污染的严重区, 国内外已经开展了许多针对性的研究, 例如城市大气降尘环境磁学特征以及大气有机污染研究等<sup>[11~15]</sup>. Hao 等<sup>[4]</sup>通过环境磁学手段研究指出, 从 2000 ~ 2008 年北京市的电力工业排放对空气的污染有所降低; Shu 等<sup>[13]</sup>研究了上海市空气悬浮颗粒的磁学特征, 发现不同区域悬浮颗粒的磁学特征存在显著差异; Yin 等<sup>[14]</sup>研究了临汾市的大气颗粒污染状况; 李鹏等<sup>[15]</sup>对西安市的

道路灰尘磁学特征进行研究. 针对兰州市大气颗粒污染, Chen 等<sup>[11]</sup>通过环境磁学方法对大气降尘开展了研究, 发现磁化率与采暖期有较好的对应关系; Wang 等<sup>[8]</sup>对兰州市大气颗粒污染在空间上的分布研究发现工业区和交通繁忙区污染严重. 这些研究大都以大气降尘为对象, 通过环境磁学等手段在相对较大的空间尺度上(水平面域)对城市大气颗粒污染做了深入探讨, 尚缺乏对人体影响最大的室内降尘的环境磁学特征及其指示的大气颗粒污染的研究, 尤其缺少大气颗粒污染随高度变化的研究. 本研究选择兰州市代表性高大建筑物不同楼层室内降尘为对象, 开展环境磁学参数分析, 探讨兰州市室内

收稿日期: 2013-03-23; 修订日期: 2013-07-05

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2010CB950202); 中央高构基本科研业务费专项(lzujbky-2013-121, lzujbky-2013-119)

作者简介: 吴铎(1988~), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为湖泊沉积与环境磁学, E-mail: wud\_2008@lzu.edu.cn

\* 通讯联系人, E-mail: htwei@lzu.edu.cn

大气降尘的磁学特征及其指示的颗粒污染随高度的变化,以期全面了解兰州市大气颗粒污染状况以及开展大气污染治理提供科学依据。

## 1 材料与方法

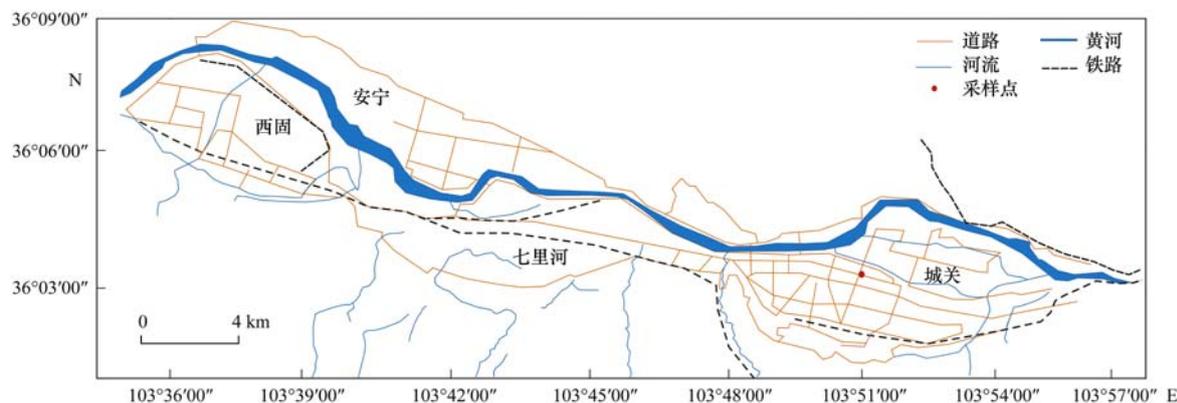
### 1.1 样品采集

兰州市位于河谷盆地之中,黄河自西向东贯穿全市,城区南北两山对峙,南北宽约 2~8 km,东西长约 35 km,构成典型的哑铃状东西两块盆地(图 1)。基于这些条件,兰州市形成了风速小、大气层结稳定、逆温频率高且厚度大的气候特点<sup>[16]</sup>。同时兰州是一个以石油化工、机械制造、金属冶炼和毛纺织业为主的工业城市,加之冬季长而寒冷,空气相对干燥,因此兰州市大气颗粒污染相当严重<sup>[17-19]</sup>,尤其在燃煤量更大的冬半年<sup>[11]</sup>。2012 年 11 月,本研究分别采集了兰州大学齐云楼不同楼层 1~3 个室内窗台上的大气降尘样品用于实验分析,采集时用毛刷将降尘刷入塑料平板上,然后装入自封袋内,共获得 12 个样品,命名如表 1 所示。所有样品颗粒均匀、无杂物,代表了相同时间段内的积累量(见后

文讨论部分)。

### 1.2 实验测量

将采集的样品用塑料薄膜包紧称重后装入磁学样品专用盒(2 cm × 2 cm × 2 cm)并压实。使用 Bartington MS2 磁化率仪(英国生产)测量低频(0.47 kHz)磁化率( $\chi_{LF}$ )和高频(4.7 kHz)磁化率( $\chi_{HF}$ ),每个样品测量 3 次得 3 组数值,计算算数平均值并进一步求得磁化率值,然后计算出百分频率磁化率  $\chi_{fd}\%$  ( $\chi_{fd}\% = [\chi_{LF} - \chi_{HF}] / \chi_{LF} \times 100\%$ )。用型号为 LDA-3A 的交变退磁仪(捷克 Agico)和小旋转磁力仪(Minispin,英国 Molspin Ltd)测量非磁滞剩磁(ARM,交变磁场峰值 100 mT,直流磁场 0.1 mT),并计算非磁滞磁化率( $\chi_{ARM}$ );用型号为 MMPM10 的脉冲强磁仪和小旋转磁力仪测量 1 T 磁场的饱和等温剩磁(SIRM),以及反向 20 mT、40 mT、50 mT、300 mT 磁场下的等温剩磁(IRM),通过线性插值计算出样品剩磁矫顽力。最后计算出比值参数  $S_{-300}\%$  ( $S_{-300}\% = \text{IRM}_{-300\text{mT}} / \text{SIRM} \times 100\%$ )、 $\chi_{ARM} / \chi_{LF}$ 、 $\chi_{ARM} / \text{SIRM}$ 、 $\text{SIRM} / \chi_{LF}$  等。以上磁学参数依照文献<sup>[20~22]</sup>描述的方法测量计算。



根据文献<sup>[8]</sup>修改

图 1 采样位置示意

Fig. 1 Location of indoor dustfall samples

表 1 齐云楼室内大气降尘样品的剩磁矫顽力

Table 1 Coercivity of remanent magnetization of indoor dustfall in Qiyun Building

样号	F1	F2	F3	F4	F6	F8	F10	F12	F14	F16	F18	F19
$\text{IRM}_{-40} \times 10^{-5} / \text{Am}^2$	1 952	3 532	2 261	2 278	1 913	1 401	2 569	3 711	2 619	4 389	3 399	3 781
$\text{IRM}_{-50} \times 10^{-5} / \text{Am}^2$	-1 227	-2 115	-1 671	-2 186	-1 666	-3 142	-907	-2 439	-2 867	-729	-286	-3 765
剩磁矫顽力/mT	46	46	46	45	45	43	47	46	45	49	49	45

## 2 结果与讨论

### 2.1 磁性矿物来源

磁化率的大小与其所含磁性矿物的类型、浓度

和粒径有关,常作为磁性矿物含量的粗略度量,主要反映样品中亚铁磁性矿物的富集程度<sup>[7,21]</sup>。如图 2 所示,齐云楼室内大气降尘的磁化率最小为  $456 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ,最大为  $795 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ,这些较

高的磁化率值指示兰州市大气降尘中磁性矿物浓度较高,这与已有的研究结果一致<sup>[23,24]</sup>. 夏敦胜等<sup>[23]</sup>收集了1997~2005年兰州市季节性大气降尘,研究发现在1 a内兰州市大气降尘 $\chi_{LF}$ 值呈现出明显的季节变化,冬季稳定高值常在 $1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右,而夏季最低值达 $200 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右. 本研究测得的齐云楼室内大气降尘的 $\chi_{LF}$ 值处于冬季最

高值和夏季最低值之间,因此笔者认为它可以作为兰州大气降尘磁学特性的平均反映. 将本研究所获得的结果与黄土高原区土壤<sup>[25]</sup>和兰州市街道尘埃<sup>[8]</sup>的 $\chi_{LF}$ 值进行比较,发现兰州市室内大气降尘的 $\chi_{LF}$ 值远远高于同区域自然土壤的 $\chi_{LF}$ 值,但与兰州市街道尘埃的 $\chi_{LF}$ 值相近. 这说明兰州市室内大气降尘应是由工业生产、交通运输等人类活动引起的.

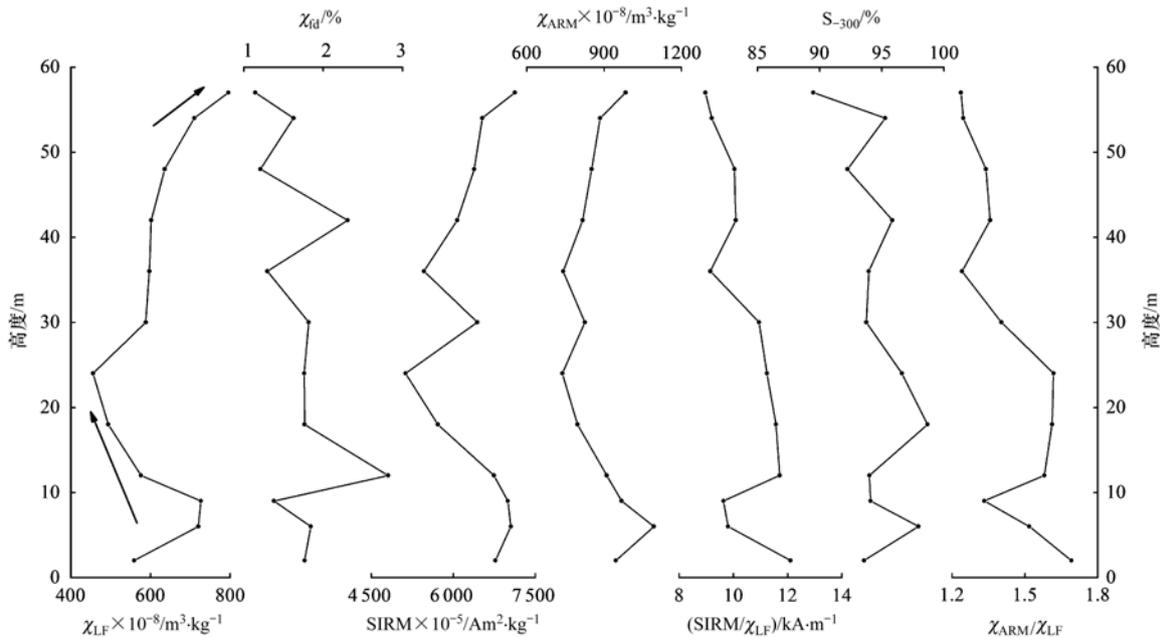


图2 兰州市齐云楼室内大气降尘样品磁学参数

Fig. 2 Magnetic properties of indoor dustfall in Qiyun Building, Lanzhou

## 2.2 磁性矿物种类

$S_{-300}\%$ 主要反映了样品中不完全反铁磁性矿物与亚铁磁性矿物的相对含量,一般而言, $S_{-300}\%$ 小于80表明样品中存在明显的反铁磁性矿物,接近100%说明磁性矿物以亚铁磁性矿物为主<sup>[26,27]</sup>. 图2中齐云楼室内降尘样品的 $S_{-300}\%$ 值均大于80%,平均达95%,指示兰州室内大气降尘磁性矿物以亚铁磁性矿物为主.

比值参数 $SIRM/\chi_{LF}$ 可用于区分磁性矿物的类型,研究表明磁黄铁矿、胶黄铁矿此值多集中在 $100 \text{ kA} \cdot \text{m}^{-1}$ 左右,赤铁矿的值通常大于 $200 \text{ kA} \cdot \text{m}^{-1}$ ,而(钛)磁铁矿的值低于 $30 \text{ kA} \cdot \text{m}^{-1}$ ,多集中于 $10 \text{ kA} \cdot \text{m}^{-1}$ <sup>[28,29]</sup>. 齐云楼室内大气降尘的 $SIRM/\chi_{LF}$ 最大为 $12.1 \text{ kA} \cdot \text{m}^{-1}$ ,最小为 $9.0 \text{ kA} \cdot \text{m}^{-1}$ ,指示样品的磁性矿物以磁铁矿为主. 以往的研究表明赤铁矿的剩磁矫顽力约为700 mT,磁铁矿的剩磁矫顽力在15~33 mT之间<sup>[30]</sup>. 表1显示样品剩磁矫顽力最大为49 mT,最小为42 mT,也说明了样品磁性矿物以

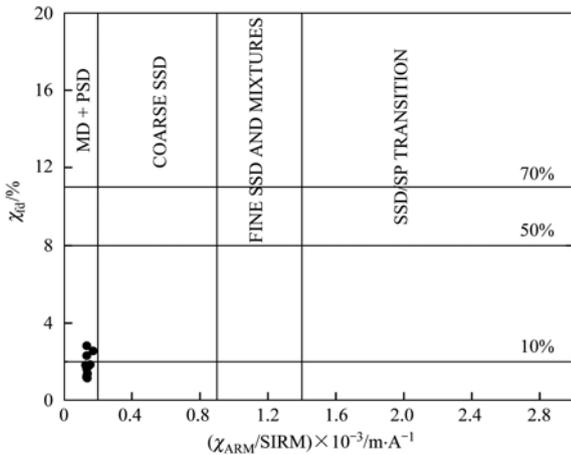
磁铁矿为主. 图2中 $\chi_{LF}$ 、 $SIRM$ 、 $\chi_{ARM}$ 整体上具有相似的变化趋势同样说明了亚铁磁性矿物占主体的结论.

## 2.3 磁性矿物粒径

$\chi_{ARM}$ 和 $SIRM$ 同为剩磁参数,利用 $\chi_{ARM}/SIRM$ 和 $\chi_{id}\%$ 作为参数的散点图可以有效区分磁性矿物的粒度范围<sup>[31]</sup>. 从图3可以看出,齐云楼室内降尘样品落在该图的多畴(MD)和假单畴(PSD)范围,与以往兰州市大气降尘研究结果一致<sup>[23,24]</sup>. 已有研究表明,样品中磁性矿物以磁铁矿为主时, $\chi_{ARM}$ 与 $\chi_{LF}$ 的比值可有效反映样品中磁性矿物的粒度<sup>[9,32]</sup>. 如图4所示,在以 $\chi_{ARM}$ 为纵轴、 $\chi_{LF}$ 为横轴的散点图上,所有样品的值均落在了 $1 \sim 5 \mu\text{m}$ 区域内,进一步说明兰州市室内大气降尘中磁性矿物处于多畴(MD)和假单畴(PSD)的粒度范围<sup>[33]</sup>. 非磁滞剩磁主要反映样品中亚铁磁性矿物的富集程度,对小颗粒(单畴、假单畴)特别敏感,而质量磁化率对大颗粒(多畴、大单畴)相对敏感,故 $\chi_{ARM}/\chi_{LF}$ 可以反映磁

性矿物颗粒粒径,其值大小与磁性矿物颗粒粒径呈反比<sup>[30,33]</sup>.从图2中 $\chi_{ARM}/\chi_{LF}$ 的变化趋势可以看出,24 m 以下其值较高,指示样品磁性矿物粒径较小;24 m 以上其值较低,反映磁性矿物粒径较大.

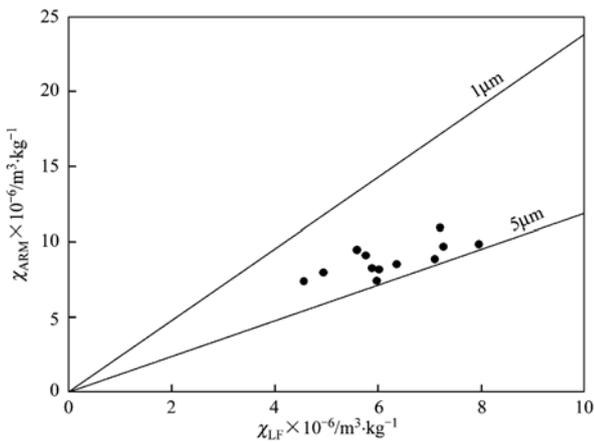
频率磁化率 $\chi_{fd}\%$ 常用来表征磁性矿物中超顺磁(SP)颗粒的含量,因为当变动频率时,只对超顺磁/单畴(SP/SD)临界点附近的颗粒影响最大<sup>[21]</sup>.齐云楼室内大气降尘样品的 $\chi_{fd}\%$ 最小值为1.1,最大值为2.8,平均为1.8, $\chi_{fd}\%$ 整体上较低且波动不大,指示超顺磁颗粒(SP)的磁性矿物含量极少.



根据文献[31]修改

图3 齐云楼室内大气降尘样品的 $\chi_{ARM}/SIRM$ 与 $\chi_{fd}\%$ 散点图

Fig. 3 Scatter diagram of  $\chi_{ARM}/SIRM$  and  $\chi_{fd}\%$  from indoor dustfall in Qiyun Building



根据文献[9,32]修改

图4 齐云楼室内大气降尘样品的 King 图

Fig. 4 King plot of indoor dustfall in Qiyun Building

### 2.4 大气颗粒污染的高度效应

如图2所示,在24 m 以下齐云楼室内大气降尘的 $\chi_{LF}$ 值表现出随高度的增加而波动降低的趋势,指

示室内大气降尘样品中磁性矿物浓度的减小,进而反映大气颗粒污染程度的降低.24 m 以上 $\chi_{LF}$ 值表现出随高度的增加而开始升高并随后在波动中保持相对恒定的均值,并在48~57 m(距楼顶约10 m)范围内 $\chi_{LF}$ 出现高值,同时在这一范围内随高度的增加 $\chi_{LF}$ 值逐渐增大,说明降尘中磁性矿物浓度增加、污染加剧.图2显示2、3楼(6~9 m)室内大气降尘 $\chi_{LF}$ 值显著增大,这是由于2、3楼环境封闭,磁性矿物长期积累造成的.距地表约20~30 m 高度范围内室内大气降尘磁性矿物浓度较低,指示大气颗粒污染程度相对较小.

对齐云楼室内大气降尘样品的进一步实验分析表明, $\chi_{ARM}/\chi_{LF}$ 值指示的磁性矿物粒径随高度发生了变化.同样在24 m 以下, $\chi_{ARM}/\chi_{LF}$ 值随高度的升高而增大,指示磁性矿物粒径变细<sup>[30,33]</sup>.这种近地表一定范围内(齐云楼显示24 m)随高度的增加降尘中磁性矿物浓度减小、粒径变细的现象与近地表气流对地面污染物的吹扬作用有关.已有类似的有关大气粉尘特性高度变化的报道,研究者对北京大气气溶胶随高度变化研究发现,在近地面大气层中,气溶胶质量浓度与大气中的元素总质量浓度随高度增加而减小<sup>[34]</sup>.这种降尘污染的高度效应取决于污染源和风动力两个因素.就磁学指标而言,由于交通运输、工业生产等人类活动,富含磁性矿物的废弃物被排放至自然环境,最终由于接近地面污染源以及污染物自身重力作用下的沉降使得地面成为磁性矿物的富集区<sup>[8,35]</sup>.城市街道污染物扩散模拟研究表明,污染物在气流作用下产生“爬墙效应”<sup>[36]</sup>,即在近地表风力作用下,磁性矿物被吹起,最终导致在近地面范围内随着高度的增加,磁性矿物浓度减小,粒径变细.至此这种污染物分布模式可以总结为低污染源决定的近地面吹扬模式.

在距楼顶约10 m 范围内,室内大气降尘样品的 $\chi_{LF}$ 值较高,并且随着高度的增加, $\chi_{LF}$ 值逐渐增大, $\chi_{ARM}/\chi_{LF}$ 值逐渐减小,指示磁性矿物含量增加、粒径增大,反映大气颗粒污染程度加剧,这是由于距离楼顶约10 m 范围内风速较大且存在高度梯度差异决定的.已有的模拟结果<sup>[37]</sup>表明,在动力学上,城市建筑群对气流形成阻碍作用,产生“树冠”动力效应,造成冠层、冠层内部以及城市对流边界层风速的减小,城市通风能力大幅度的下降,其中冠层内部风速减缓尤为明显.简而言之,城市建筑群具有减缓风速的作用,且在建筑群里离建筑物顶部越远风速越小.研究点位于兰州中心地段(图1),城市建

筑密集,建筑物对空气的阻尼作用使得其顶部风速高,越往低层风速越小. 风速越大,风动力就越强,输送携带颗粒物的能力就越强,因此表现出在距楼顶约 10 m 范围的建筑物内部,大气降尘中磁性矿物浓度和颗粒大小随高度增加而增大.

田裘学等<sup>[12]</sup>对兰州市大气飘尘中有机物含量随高度的变化做了详细的研究,发现兰州市大气飘尘有机物污染严重,而且冬季更加严重,同时在高约 44 ~ 58 m 范围内形成一条相对比较严重的污染带,这与本研所得到的齐云楼室内大气降尘中磁性矿物在 48 ~ 57 m 高度浓度增加的结论大体是相同的,可能指示了兰州市城关区大气污染源集中在这一层位. 安兴琴等<sup>[38]</sup>对兰州市污染物输送的模拟发现城关区以排放高度在 30 m 以下的低架源和排放高度在 30 ~ 100 m 的中架源为主,因此污染物的高空排放构成了兰州市大气颗粒污染的高源. 综上,这种大气颗粒污染物的分布模式称为高污染源决定的建筑物阻尼模式.

### 3 结论

(1)兰州市室内大气降尘的磁性矿物浓度较高,以多畴(MD)和假单畴(PSD)为粒径范围的亚铁磁性矿物为主,工业生产、交通运输等人类活动是其磁性矿物的主要来源.

(2)兰州市室内大气降尘磁性矿物浓度、粒径在空间上分布是不均匀的,表现为低污染源决定的近地面吹扬模式下,近地面一定范围(24 m)内随高度的增加,磁性矿物浓度减小、粒径变细;高污染源决定的建筑物阻尼模式下,距离建筑物顶部约 10 m 范围的建筑物内部,随高度的增加磁性矿物浓度增高、粒径变粗.

(3)兰州市室内大气降尘磁性矿物浓度可以有效地反映大气颗粒污染. 研究发现,兰州市大气颗粒污染在距地表 20 ~ 30 m 的适当高度是最小的.

致谢:感谢王思源、陈瑞灵、陈玉凤、李凯、郭本泓、叶伟林、王海鹏、王华伟同学参与采样和部分实验工作. 感谢陈发虎教授、夏敦胜教授、周爱锋副教授的悉心指导.

#### 参考文献:

- [ 1 ] 郝吉明,程真,王书肖. 我国大气环境污染现状及防治措施研究[J]. 环境保护, 2012, (9): 17-20.
- [ 2 ] Chen R J, Kan H D, Chen B J, *et al.* Association of particulate air pollution with daily mortality: The China air pollution and health effects study[J]. Advance Access Publication, 2012, **175** (11): 1173-1181.
- [ 3 ] Adgate G L, Willis R D, Buckley T J, *et al.* Chemical mass balance source apportionment of lead in house dust [ J ]. Environmental Science and Technology, 1998, **32** (1): 108-114.
- [ 4 ] Hao J M, Wang L T, Shen M J, *et al.* Air quality impacts of power plant emissions in Beijing [ J ]. Environmental Pollution, 2007, **147** (2): 401-408.
- [ 5 ] 胡弘, 李佳. 大气飘尘的环境效应 [ J ]. 环境科学与技术, 2010, **33** (12F): 523-525.
- [ 6 ] Anderson J O, Thundiyil J G, Stolbach A. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health [ J ]. Journal of Medical Toxicology, 2012, **8** (2): 166-175.
- [ 7 ] Oldfield F. Mud and magnetism: records of late Pleistocene and Holocene environmental change recorded by magnetic measurements [ J ]. Journal of Paleolimnology, 2013, **49** (3): 465-480.
- [ 8 ] Wang G, Oldfield F, Xia D S, *et al.* Magnetic properties and correlation with heavy metals in urban street dust: A case study from the city of Lanzhou, China [ J ]. Atmospheric Environment, 2012, **46**: 289-298.
- [ 9 ] 张春霞, 黄宝春, 李震宇, 等. 高速公路附近树叶的磁学性质及其对环境污染的指示意义 [ J ]. 科学通报, 2006, **51** (12): 1459-1468.
- [ 10 ] Mitchell R, Maher B A, Kinnersley R. Rates of particulate pollution deposition onto leaf surfaces: Temporal and inter-species magnetic analyses [ J ]. Environmental Pollution, 2010, **158** (5): 1472-1478.
- [ 11 ] Chen F H, Yang L P, Wang J M, *et al.* Atmospheric particulate pollution of Lanzhou using magnetic measurements [ J ]. Journal of Environmental Sciences, 1999, **11** (3): 373-377.
- [ 12 ] 田裘学, 周伶芝, 吴仁铭. 兰州市不同高度大气飘尘中有机物污染的时空变化规律 [ J ]. 环境科学学报, 1992, **12** (4): 480-488.
- [ 13 ] Shu J, Dearing J A, Morse A P, *et al.* Magnetic properties of daily sampled total suspended particulates in Shanghai [ J ]. Environmental Science and Technology, 2000, **34** (12): 2393-2400.
- [ 14 ] Yin G, Hu S Y, Cao L W, *et al.* Magnetic properties of tree leaves and their significance in atmospheric particle pollution in Linfen City, China [ J ]. Chinese Geographical Science, 2013, **23** (1): 59-72.
- [ 15 ] 李鹏, 强小科, 徐新文, 等. 西安市道路灰尘磁学特征及其对环境的响应 [ J ]. 地球物理学报, 2010, **53** (1): 156-163.
- [ 16 ] 杨德保, 王式功, 黄建国. 兰州市区大气污染与气象条件的关系 [ J ]. 兰州大学学报(自然科学版), 1994, **30** (1): 132-136.
- [ 17 ] 杨丽萍, 陈发虎. 兰州市大气降尘污染物来源研究 [ J ]. 环境科学学报, 2002, **22** (4): 499-502.
- [ 18 ] 孙旭映, 尉元明, 庞朝云, 等. 兰州城区大气污染物分布特征分析 [ J ]. 干旱区资源与环境, 2004, **18** (6): 15-18.
- [ 19 ] 张志斌, 李夏. 兰州市环境污染变化及防治对策 [ J ]. 干旱

- 区资源与环境, 2005, **19**(6): 181-185.
- [20] Liu Q S, Roberts A P, Torrent J, *et al.* What do the HIRM and S-ratio really measure in environmental magnetism? [J]. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 2007, **8**(9): 1-10.
- [21] 刘青松, 邓成龙. 磁化率及其环境意义[J]. *地球物理学报*, 2009, **52**(4): 1041-1048.
- [22] Robinson S G. The late Pleistocene palaeoclimatic record of North Atlantic deep-sea sediments revealed by mineral-magnetic measurements[J]. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 1986, **42**(1-2): 22-47.
- [23] 夏敦胜, 王冠, 马剑英, 等. 兰州市大气降尘环境磁学特征研究[J]. *中国沙漠*, 2007, **27**(5): 859-865.
- [24] 丰华, 刘秀铭, 吕镔, 等. 兰州市大气降尘磁学特征及其环境意义[J]. *地理学报*, 2012, **67**(1): 26-44.
- [25] 夏敦胜, 陈发虎, 马剑英, 等. 黄土高原-阿拉善高原典型断面表土磁学特征研究[J]. *第四纪研究*, 2007, **27**(6): 1001-1008.
- [26] 敖红, 邓成龙. 磁性矿物的磁学鉴别方法回顾[J]. *地球物理学进展*, 2007, **22**(2): 432-442.
- [27] Wang X S, Løvlie R, Su P, *et al.* Magnetic signature of environmental change reflected by Pleistocene lacustrine sediments from the Nihewan Basin, North China [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2008, **260**(3-4): 452-462.
- [28] Peters C, Dekkers M J. Selected room temperature magnetic parameters as a function of mineralogy, concent ration and grain size[J]. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 2003, **28**(16-19): 659-667.
- [29] 孟庆勇, 李安春, 李铁刚, 等. 西菲律宾海沉积物的岩石磁学性质及其古环境意义[J]. *自然科学进展*, 2009, **19**(8): 868-876.
- [30] Thompson R, Oldfield F. *Environmental Magnetism* [M]. London: Allen and Unwin, 1986.
- [31] Dearing J A, Bird P M, Dann R J L, *et al.* Secondary ferrimagnetic minerals in Welsh soils: a comparison of mineral magnetic detection methods and implications for mineral formation [J]. *Geophysical Journal International*, 1997, **130**(3): 727-736.
- [32] King J, Banerjee S K, Marvin J, *et al.* A comparison of different magnetic methods for determining the relative grain size of magnetite in natural materials: Some results from lake sediments [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1982, **59**(2): 404-419.
- [33] 张卫国, 俞立中, 许羽. 环境磁学研究的简介[J]. *地球物理学进展*, 1995, **10**(3): 95-115.
- [34] 王庚辰, 谢骅, 万小伟, 等. 北京地区气溶胶质量浓度及组分随高度的变化[J]. *环境科学研究*, 2004, **17**(1): 37-40.
- [35] 陈秀端, 卢新卫, 杨光. 城市表层土壤磁化率与重金属含量分布的相关性研究[J]. *环境科学*, 2013, **34**(3): 1086-1093.
- [36] 吴志军, 黄震, 谢拯, 等. 城市街道峡谷机动车污染物扩散的模拟研究[J]. *吉林大学学报(工学版)*, 2002, **32**(2): 28-32.
- [37] 刘红年, 苗世光, 蒋维楣, 等. 城市建筑动力学效应对对流边界层影响的敏感性试验[J]. *气象科学*, 2008, **28**(6): 599-605.
- [38] 安兴琴, 左洪超, 吕世华, 等. Models-3 空气质量模式对兰州市污染物输送的模拟[J]. *高原气象*, 2005, **24**(5): 748-756.

## CONTENTS

An Assessment of PM <sub>2.5</sub> Related Health Risks and Impaired Values of Beijing Residents in a Consecutive High-Level Exposure During Heavy Haze Days .....	XIE Yuan-bo, CHEN Juan, LI Wei ( 1 )
Seasonal Variation of Water-Soluble Ions in PM <sub>2.5</sub> at Changbai Mountain .....	ZHAO Ya-nan, WANG Yue-si, WEN Tian-xue, <i>et al.</i> ( 9 )
Variation of Atmospheric Particle Number Concentrations in Qingdao and Its Impact on Visibility .....	KE Xin-shu, SHENG Li-fang, KONG Jun, <i>et al.</i> ( 15 )
Concentrations of PCDD/Fs in the Atmosphere of Chongqing City and Its Seasonal Variation .....	ZHANG Xiao-ling, LU Yi, ZHU Ming-ji, <i>et al.</i> ( 22 )
Atmospheric Emission of PCDD/Fs from Secondary Aluminum Metallurgy Industry in the Southwest Area, China .....	LU Yi, ZHANG Xiao-ling, GUO Zhi-shun, <i>et al.</i> ( 30 )
Atmospheric Emission of PCDD/Fs from Modern Dry Processing Cement Kilns with Preheating in the Southwest Area, China .....	ZHANG Xiao-ling, LU Yi, JIAN Chuan, <i>et al.</i> ( 35 )
Pollution Status and Characteristics of PBDEs in Indoor Air of Hangzhou .....	JIANG Xin-wei, SUN Xin, PEI Xiao-qiang, <i>et al.</i> ( 41 )
Size Distribution of Particle and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Particle Emissions from Simulated Emission Sources .....	FU Hai-huan, TIAN Na, SHANG Hui-bin, <i>et al.</i> ( 46 )
Atmospheric Deposition Fluxes and Seasonal Variations of Elements in Northeast of Sichuan, Central China .....	TONG Xiao-ning, ZHOU Hou-yun, YOU Chen-feng, <i>et al.</i> ( 53 )
Trend in Acid Deposition at Tieshanping, Chongqing During 2001-2010 .....	YU De-xiang, MA Xiao-xiao, TAN Bing-quan, <i>et al.</i> ( 60 )
Wet Deposition of Atmospheric Nitrogen of the Jinshui Watershed in the Upper Hanjiang River .....	WANG Jin-jie, ZHANG Ke-rong, WU Chuan, <i>et al.</i> ( 66 )
Chemical Compositions of <i>n</i> -Alkanoic Acids in Wheat Straw and Its Smoke .....	LIU Gang, LI Jiu-hai, WU Dan, <i>et al.</i> ( 73 )
Magnetic Properties of Indoor Dustfall at Different Heights in Lanzhou .....	WU Duo, WEI Hai-tao, ZHAO Rui-rui, <i>et al.</i> ( 79 )
Mercury Fluxes from Conifer-Broadleaf Forested Field in Central Subtropical Forest Zone .....	MA Ming, WANG Ding-yong, SHEN Yuan-yuan, <i>et al.</i> ( 85 )
Impacts of Rice Straw Biochar on Organic Carbon and CO <sub>2</sub> Release in Arable Soil .....	KE Yue-jin, HU Xue-yu, YI Qing, <i>et al.</i> ( 93 )
Geochemical Distribution of Dissolved Bismuth in the Yellow Sea and East China Sea .....	WU Xiao-dan, SONG Jin-ming, WU Bin, <i>et al.</i> ( 100 )
Temporal-spatial Distribution and Pollution Assessment of Heavy Metals in the Upper Reaches of Hunhe River (Qingyuan Section), Northeast China .....	MA Ying-qun, SHI Yao, QIN Yan-wen, <i>et al.</i> ( 108 )
Determination of Estrogenic Compounds in Water of Jiulong River Using Polar Organic Chemical Integrative Sampler .....	ZHANG Li-peng, WANG Xin-hong, LI Yong-yu, <i>et al.</i> ( 117 )
Variation Characteristics and Environmental Significant of Trace Elements Under Rainfall Condition in Karst Groundwater .....	CHEN Xue-bin, YANG Ping-heng, LAN Jia-cheng, <i>et al.</i> ( 123 )
Major Ion Chemistry of Surface Water in the Xilin River Basin and the Possible Controls .....	TANG Xi-wen, WU Jin-kui, XUE Li-yang, <i>et al.</i> ( 131 )
Forms and Spatial Distribution Characteristics of Nitrogen in Ziya River Basin .....	ZHAO Yu, SHAN Bao-qing, ZHANG Wen-qiang, <i>et al.</i> ( 143 )
Impact of Rice Agriculture on Nitrogen and Phosphorus Exports in Streams in Hilly Red Soil Earth Region of Central Subtropics .....	SONG Li-fang, WANG Yi, WU Jun-shui, <i>et al.</i> ( 150 )
Study on Distribution of Phosphorus in Surface Sediments of the Yellow Sea and the East China Sea .....	SONG Guo-dong, LIU Su-mei, ZHANG Guo-ling ( 157 )
Characterization and Optimization of the NaOH-EDTA Extracts for Solution <sup>31</sup> P-NMR Analysis of Organic Phosphorus in River Sediments .....	ZHANG Wen-qiang, SHAN Bao-qing, ZHANG Hong, <i>et al.</i> ( 163 )
Regeneration and Transformation of BAPP in Suspended Solids Under Short-term Sediment Disturbance .....	WU Xiao-fei, LI Da-peng, WANG Ming ( 171 )
Sediment Risk Assessment and Heavy Metal Source Analysis in Typical Country Water Level Fluctuated Zone (WLFZ) of the Three Gorges .....	AO Liang, LEI Bo, WANG Ye-chun, <i>et al.</i> ( 179 )
Pollution Distribution and Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Sediments from the Different Eastern Dredging Regions of Lake Taihu .....	MAO Zhi-gang, GU Xiao-hong, LU Xiao-ming, <i>et al.</i> ( 186 )
Study on the Stages of Major Sediments in Dianchi Lake .....	WANG Xin-yu, ZHOU Feng, YI Xuan, <i>et al.</i> ( 194 )
Oil Spill Identification Using Partial Surface Fitting Method Based on Concentration-Synchronous-Matrix-Fluorescence Spectra .....	WANG Chun-yan, SHI Xiao-feng, LI Wen-dong, <i>et al.</i> ( 202 )
Treatment of Sludge Liquor Produced in Deep Dehydration by Photoelectro-Fenton Process .....	WANG Xian-li, WANG Shi-feng, WU Jun-feng, <i>et al.</i> ( 208 )
Characteristics of Nitrification and Denitrification for Simultaneous Nitrogen and Phosphorus Removal by Granular Sludge .....	LIU Xiao-ying, LIN Hui, MA Zhao-rui, <i>et al.</i> ( 214 )
Study on Long-Term Stability of Biological Nitrogen Removal via Nitrite from Real Landfill Leachate .....	SUN Hong-wei, GUO Ying, PENG Yong-zhen ( 221 )
Compositions and Residual Properties of Petroleum Hydrocarbon in Contaminated Soil of the Oilfields .....	HU Di, LI Chuan, DONG Qian-qian, <i>et al.</i> ( 227 )
Dynamics of the Mineralization and Transformation of Rice Photosynthesized Carbon in Paddy Soils - a Batch Incubation Experiment .....	TAN Li-min, PENG Pei-qin, LI Ke-lin, <i>et al.</i> ( 233 )
Effects of Land Use and Abandonment on Soil Labile Organic Carbon in the Karst Region of Southwest China .....	LIAO Hong-kai, LI Juan, LONG Jian, <i>et al.</i> ( 240 )
Aluminum Dissolution and Changes of pH in Soil Solution During Sorption of Copper by Aggregates of Paddy Soil .....	XU Hai-bo, ZHAO Dao-yuan, QIN Chao, <i>et al.</i> ( 248 )
Effect of Cr(VI) Anions on the Cu(II) Adsorption Behavior of Two Kinds of Clay Minerals in Single and Binary Solution .....	LIU Juan-juan, LIANG Dong-li, WU Xiao-long, <i>et al.</i> ( 254 )
Effect of Flooding Time Length on Mycorrhizal Colonization of Three AM Fungi in Two Wetland Plants .....	MA Lei-meng, WANG Peng-teng, WANG Shu-guang ( 263 )
Preliminary Study on the Relationship Between the Water Quality and the Aquatic Biological Health Status of Taihu Lake .....	ZHOU Xiao-bai, ZHANG Ning-hong, ZHANG Yong, <i>et al.</i> ( 271 )
Acute Toxicity of Three Typical Pollutants to Aquatic Organisms and Their Water Quality Criteria .....	JIANG Dong-sheng, SHI Xiao-rong, CUI Yi-bin, <i>et al.</i> ( 279 )
Evaluation of the Acute Toxicity of Pharmaceutical Wastewater to Luminescent Bacteria .....	DU Li-na, YANG Fan, MU Yu-feng, <i>et al.</i> ( 286 )
Influence of the Coexistence of Zn <sup>2+</sup> on the Enantioselective Toxicity of Metolachlor to <i>Scenedesmus obliquus</i> .....	HU Xiao-na, ZHANG Shu-xian, CHEN Cai-dong, <i>et al.</i> ( 292 )
Simplification of Biotic Ligand Model and Evaluation of Predicted Results .....	WANG Wan-bin, CHEN Sha, WU Min, <i>et al.</i> ( 299 )
Priority Pollutants Ranking and Screening of Coke Industry based on USEtox Model .....	HAO Tian, DU Peng-fei, DU Bin, <i>et al.</i> ( 304 )
Isolation, Identification and Characterization of a Microcystin-degrading Bacterium <i>Paucibacter</i> sp. Strain CH .....	YOU Di-jie, CHEN Xiao-guo, XIANG Hui-yi, <i>et al.</i> ( 313 )
Inhibition of the Activity of Sulfate-reducing Bacteria in Produced Water from Oil Reservoir by Nitrate .....	YANG De-yu, ZHANG Ying, SHI Rong-jiu, <i>et al.</i> ( 319 )
Bioconversion of Cellulose to Methane by a Consortium Consisting of Four Microbial Strains .....	WU Jun-mei, MA An-zhou, CUI Meng-meng, <i>et al.</i> ( 327 )
Factors Influencing the Variability in Soil Heterotrophic Respiration from Terrestrial Ecosystem in China .....	XIE Wei, CHEN Shu-tao, HU Zheng-hua ( 334 )
Study on the Distinguishing of Root Respiration from Soil Microbial Respiration in a <i>Leymus chinensis</i> Steppe in Inner Mongolia, China .....	SHI Jing-jing, GENG Yuan-bo ( 341 )
Nitrous Oxide Flux at the Water-Air Interface of the Rivers in Nanjing During Summer .....	HAN Yang, ZHENG You-fei, WU Rong-jun, <i>et al.</i> ( 348 )
Effects of Antiseptic on the Analysis of Greenhouse Gases Concentrations in Lake Water .....	XIAO Qi-tao, HU Zheng-hua, James Deng, <i>et al.</i> ( 356 )
Electricity Generation of Surplus Sludge Microbial Fuel Cell Enhanced by Biosurfactant .....	PENG Hai-li, ZHANG Zhi-ping, LI Xiao-ming, <i>et al.</i> ( 365 )
Fe-ZSM-5 Catalysts with Different Silica-Alumina Ratios for N <sub>2</sub> O Catalytic Decomposition .....	LU Ren-jie, ZHANG Xin-yan, HAO Zheng-ping ( 371 )
Inhibition of Chlorobenzene Formation via Various Routes During Waste Incineration by Ammonium Sulfate and Urea .....	YAN Mi, QI Zhi-fu, LI Xiao-dong, <i>et al.</i> ( 380 )
County Scale Characteristics of CO <sub>2</sub> Emission's Spatial-Temporal Evolution in the Beijing-Tianjin-Hebei Metropolitan Region .....	WANG Hao, CHEN Cao-cao, PAN Tao, <i>et al.</i> ( 385 )
Characterization and Soil Environmental Safety Assessment of Super Absorbent Polymers in Agricultural Application .....	LI Xi, LIU Yu-rong, ZHENG Yuan-ming, <i>et al.</i> ( 394 )

# 《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)

2014年1月15日 35卷 第1期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 35 No. 1 Jan. 15, 2014

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