

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第36卷 第5期

Vol.36 No.5

2015

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目 次

深圳大气颗粒物中卤代多环芳烃污染研究	孙建林, 常文静, 陈正侠, 曾辉 (1513)
北京市典型餐饮企业 VOCs 排放特征研究	崔彤, 程婧晨, 何万清, 任培芳, 聂磊, 徐东耀, 潘涛 (1523)
2006~2010 年珠三角地区 SO ₂ 特征分析	李菲, 谭浩波, 邓雪娇, 邓涛, 徐婉筠, 冉靛, 赵春生 (1530)
环境空气 PM _{2.5} 连续监测系统手工采样比对测试	王强, 钟琪, 迟颖, 张杨, 杨凯 (1538)
燃煤电厂可凝结颗粒物的测试与排放	裴冰 (1544)
南海水域不同深度非光合微生物的固碳潜能及其对不同电子供体的响应	方峰, 王磊, 席雪飞, 胡佳俊, 付小花, 陆兵, 徐殿胜 (1550)
基于 GOCI 影像和水体光学分类的内陆湖泊叶绿素 a 浓度遥感估算	冯驰, 金琦, 王艳楠, 赵丽娜, 吕恒, 李云梅 (1557)
贵州清水江流域丰水期水化学特征及离子来源分析	吕婕梅, 安艳玲, 吴起鑫, 罗进, 蒋浩 (1565)
东莞石马河流域水化学特征时空差异及来源辨析	高磊, 陈建耀, 王江, 柯志庭, 朱爱萍, 许凯 (1573)
河南鸡冠洞洞穴水对极端气候的响应及其控制因素研究	刘肖, 杨琰, 彭涛, 赵景耀, 任小凤, 张银环, 聂旭东, 李建仓, 凌新有, 张志钦 (1582)
石漠化治理对岩溶地下水水化学和溶解无机碳稳定同位素的影响	肖时珍, 熊康宁, 蓝家程, 张晖, 杨龙 (1590)
旱季不同土地利用类型下岩溶碳汇效应差异	赵瑞一, 梁作兵, 王尊波, 于正良, 江泽利 (1598)
有机氯农药在岩溶区上覆土壤中的垂直迁移特征及对地下水的影响	孙玉川, 王永启, 梁作兵, 袁道先 (1605)
山东南四湖沉积物中汞的污染现状及迁移研究	曹霏霏, 杨丽原, 庞绪贵, 王炳华, 王云倩 (1615)
摇蚊幼虫扰动下沉积物微环境和微界面对物理扰动强度的响应	史晓丹, 李勇, 李大鹏, 王忍, 邓猛, 黄勇 (1622)
南方红壤区氮湿沉降特征及其对流域氮输出的影响	郝卓, 高扬, 张进忠, 徐亚娟, 于贵瑞 (1630)
不同紫色母岩对景观水体氮磷及有机物去除的影响	黄雪娇, 刘晓晨, 李振轮, 石纹豪, 杨珊 (1639)
荔枝落叶对铜绿微囊藻生长和光合作用的影响	汪小雄, 姜成春, 李锦卫, 汪晓军 (1648)
黄连根茎浸提物对绿藻的毒理作用	陈亚楠, 袁玲 (1655)
饮用水中消毒副产物 1,1-二氯丙酮的形成机制	丁春生, 孟壮, 徐洋洋, 缪佳 (1662)
水中利谷隆氯化降解动力学和消毒副产物生成特性	凌晓, 胡晨燕, 程明, 谷建 (1668)
化学消毒的中和剂对水中内毒素活性检测的影响	张灿, 刘文君, 史云, 安代志, 白森, 徐稳 (1674)
牛粪生物炭对水中氨氮的吸附特性	马锋锋, 赵保卫, 刁静茹, 钟金魁, 李安邦 (1678)
丁二酸改性茶油树木屑吸附铅的研究	张晓峰, 陈迪云, 彭燕, 刘永胜, 熊雪莹 (1686)
SPG 膜表面润湿性对膜污染和化学耐受性的影响	张静, 肖太民, 张晶, 曹丽亚, 杜亚威, 刘春, 张磊 (1694)
TiO ₂ 诱导下左旋氧氟沙星的可见光降解及其机制	郭宏生, 刘亚楠, 乔琪, 魏红, 董呈幸, 薛洁, 李克斌 (1700)
新型高分子絮凝剂对废水中 Cr(VI) 的捕集性能	王刚, 杜凤龄, 常青, 徐敏 (1707)
基于 OUR-HPR 测量在线估计活性污泥合成 PHA 量	曾善文, 王泽宇, 高敬, 刘东, 张代钧, 卢培利 (1713)
分离高浓度污泥产酸发酵液的自生动态膜形成机制	黄帅, 刘宏波, 殷波, 马惠君, 符波, 刘和, 白洁 (1720)
通风强度对市政污泥生物干化中试效果的影响	张喻, 韩融, 陆文静, 王洪涛, 明中远, 王强, 夏伟 (1727)
生物可降解螯合剂谷氨酸 N,N-二乙酸四钠对污泥中重金属萃取效率的研究	吴青, 崔延瑞, 汤晓晓, 杨慧娟, 孙剑辉 (1733)
百乐克 (BIOLAK) 活性污泥宏基因组的生物多样性及功能分析	田美, 刘汉湖, 申欣, 赵方庆, 陈帅, 姚永佳 (1739)
异养硝化-好氧反硝化菌 YL 的脱氮特性	梁贤, 任勇翔, 杨垒, 赵思琪, 夏志红 (1749)
菌株 <i>Arthrobacter</i> sp. CN2 降解对硝基苯酚的特性与动力学	任磊, 史延华, 贾阳, 姚雪松, Ruth Nahurira, 弥春霞, 闫艳春 (1757)
短短芽胞杆菌及其芽胞对苣的降解	刘芷辰, 叶锦韶, 彭辉, 刘则华, 邓庭进, 尹华, 廖丽萍 (1763)
垃圾填埋场抗生素抗性基因初探	李蕾, 徐晶, 赵由才, 宋立岩 (1769)
不同构型人工湿地基质中土著菌的耐药性及整合子丰度调查	麦晓蓓, 陶然, 杨扬, 张敏, 林剑华, 满滢 (1776)
硝酸盐和甲烷对覆土中苯系物厌氧氧化的影响	柳蓉, 龙焰, 王立立, 何婷, 叶锦韶 (1785)
山西高原落叶松人工林土壤呼吸的空间异质性	严俊霞, 李洪建, 李君剑, 武江星 (1793)
施氮对黄土旱塬区春玉米土壤呼吸和温度敏感性的影响	姜继韶, 郭胜利, 王蕊, 刘庆芳, 王志齐, 张彦军, 李娜娜, 李如剑, 吴得峰, 孙棋棋 (1802)
宣威街道尘中重金属的分布特征及其健康风险评估	张文超, 吕森林, 刘丁戎, 刘品威, 米持真一, 王效举, 王青耀 (1810)
宝鸡市街道尘埃磁学特征空间分布及环境意义	张俊辉, 王瑾, 张健, 房妮, 夏敦胜 (1818)
长期施肥下浙江稻田不同颗粒组分有机碳的稳定特征	毛霞丽, 陆扣萍, 孙涛, 张小凯, 何丽芝, 王海龙 (1827)
矿区植被恢复方式对土壤微生物和酶活性的影响	李君剑, 刘峰, 周小梅 (1836)
三江平原典型湿地类型土壤微生物特征与土壤养分的研究	肖烨, 黄志刚, 武海涛, 吕宪国 (1842)
钠盐类型对表面活性剂清洗煤油污染土壤的强化效应	黄昭露, 陈泉源, 周娟, 谢墨函 (1849)
石油污染土壤的生物修复技术及微生物生态效应	杨茜, 吴蔓莉, 聂麦茜, 王婷婷, 张明辉 (1856)
可生物降解螯合剂 GLDA 诱导东南景天修复重金属污染土壤的研究	卫泽斌, 陈晓红, 吴启堂, 谭蒙 (1864)
绿洲土 Pb-Zn 复合胁迫下重金属形态特征和生物有效性	金诚, 赵转军, 南忠仁, 王胜利, 武文飞, 王厚成 (1870)
硫素对水稻根系铁锰胶膜形成及吸收的影响	王丹, 李鑫, 王代长, 饶伟, 杜光辉, 杨军, 化党领 (1877)
臭氧对几种楠木气体交换参数的影响	李苗苗 (1888)
某货车侧翻水污染事件的环境损害评估方法探索	蔡锋, 赵士波, 陈刚才, 鲜思淑, 杨清玲, 周贤杰, 余海 (1902)
《环境科学》征订启事 (1543) 《环境科学》征稿简则 (1756) 信息 (1667, 1726, 1809, 1848)	

环境空气 PM_{2.5} 连续监测系统手工采样比对测试

王强, 钟琪, 迟颖, 张杨, 杨凯*

(中国环境监测总站, 北京 100012)

摘要: 借鉴美国 EPA 关于 PM_{2.5} 连续监测仪器手工采样比对测试的性能指标和检测方法, 结合我国现行的相关技术规范, 选取两种不同原理 4 种型号典型的进口和国产环境空气 PM_{2.5} 连续自动监测系统, 分别在春、夏、秋、冬这 4 个季节开展了 PM_{2.5} 连续自动监测与手工采样测量(重量法)之间的比对测试。研究确定了符合我国环境质量现状和环境监测管理需求的 PM_{2.5} 连续监测系统与手工采样比对测试(调试)的质控措施要求(手工采样测量结果平行性 $\leq 5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 或 5%) 和技术指标要求(线性回归方程斜率 1 ± 0.15 ; 截距 0 ± 10 ; 相关系数 ≥ 0.95) 以及相应的操作方法, 为我国环境空气 PM_{2.5} 连续自动监测系统的现场有效使用和数据质量保证提供了必要的技术手段和质控方法。

关键词: PM_{2.5}; 连续监测; 手工采样; 比对测试; 质量控制

中图分类号: X851 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2015)05-1538-06 DOI: 10.13227/j.hjkk.2015.05.004

Comparison Test Between PM_{2.5} Continuous Monitoring System and Manual Sampling Analysis for PM_{2.5} in Ambient Air

WANG Qiang, ZHONG Qi, CHI Ying, ZHANG Yang, YANG Kai*

(China National Environmental Monitoring Center, Beijing 100012, China)

Abstract: According to the U. S. EPA performance index and detection methods for comparison test of PM_{2.5} continuous monitoring system, in combination of the current related technical specifications in China, 4 types of typical imported and domestic PM_{2.5} continuous monitoring system with two different principles were tested and compared to the manual sampling measurement (gravimetric method) in spring, summer, autumn and winter. This research determined the quality control requirements (parallelism of manual sampling measurement results $\leq 5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ or 5%), the technical index (slope of linearity regression equation 1 ± 0.15 ; intercept 0 ± 10 ; correlation coefficient ≥ 0.95), and corresponding detection methods of reference method comparison test to PM_{2.5} continuous monitoring system, which meets the requirement of current environmental quality status and environmental monitoring and management in China. It also provided technical means and method of quality control for effective use and data quality of PM_{2.5} continuous monitoring system in China.

Key words: PM_{2.5}; continuous monitoring; manual sampling; comparison test; quality control

近年来,我国灰霾天气出现的频次明显增多并呈区域性特征^[1~3]。2013年1月以来,我国京津冀、长三角、珠三角等地区多次发生持续的大范围雾霾,细颗粒物 PM_{2.5} 是导致复合型大气污染问题的核心污染物^[4,5]。PM_{2.5} 除了造成人体感官上的影响,更重要的是其对大气有害污染物有明显的富集作用,尤其是其吸附的有机碳、水溶性离子、重金属元素等化学成分以及各种病毒细菌等对人体健康及生态环境形成了极大的威胁^[6~10]。因此,降低大气 PM_{2.5} 的浓度,改善环境空气质量已经成为各级环境保护部门的主要任务,而实现对 PM_{2.5} 的准确监测和及时预警预报则是当前各级环境监测部门必须完成的首要工作。环境空气 PM_{2.5} 连续自动监测系统是连续自动监测环境空气中 PM_{2.5} 细颗粒物的实时在线监测仪器,是对 PM_{2.5} 进行准确测量、数据发布、质量评价以及了解掌握 PM_{2.5} 变化趋势和预警预报

的重要工具。因此,PM_{2.5} 连续自动监测系统的性能质量、功能特点和长期使用的稳定性决定了其能否满足目前环境监测和管理工作的需求,同时也决定了其测量发布的 PM_{2.5} 监测数据能否真实反映环境质量现状,监测结果能否与公众的实际感受相一致。由于 PM_{2.5} 不像 SO₂ 等气态污染物容易获取标准物质进行相关溯源校准^[11],因此,环境空气 PM_{2.5} 连续自动监测系统安装使用后一般都需要定期与 PM_{2.5} 手工采样测量结果进行比对测试或调试,找到连续自动监测与手工采样测量之间的相关关系;通过比对测试或调试对连续自动监测结果进行有效评价或校准修正,这样才能在一定时间段内确保 PM_{2.5} 连续

收稿日期: 2014-10-31; 修订日期: 2014-12-31

基金项目: 国家重大科学仪器设备开发专项(2012YQ060147)

作者简介: 王强(1977~),男,硕士,正高级工程师,主要研究方向为环境空气和废气连续监测仪器性能检测和相关技术标准, E-mail: wangqiang@cnemc.cn

* 通讯联系人, E-mail: yangkai@cnemc.cn

自动监测系统的监测数据质量,保证自动监测数据科学可靠,才能进一步使用自动监测数据进行环境空气质量的评价和相关来源解析等工作^[12~16].

1 美国现行 PM_{2.5}连续自动监测系统手工采样比对测试要求

美国、欧盟、日本以及国际标准化组织等均

发布过有关环境空气颗粒物(包括 PM₁₀和 PM_{2.5})自动监测仪器和方法的相关标准和规范^[17~19].在文献[17]中规定了环境空气 PM_{2.5}连续自动监测系统与手工采样参比测试比对的技术要求,见表 1.标准中不仅规定了比对测试的技术要求,而且提出相应的检测方法和质控措施要求.

表 1 EPA PART 53 标准中环境空气 PM_{2.5}连续监测系统与手工采样测量比对测试的技术要求

Table 1 Technical indicators for comparing the EPA standard PART 53 recommended PM_{2.5} continuous monitoring system with manual sampling measurement

项目	性能指标要求
比对测试的浓度范围	3~200 μg·m ⁻³
最小检测场地数	4
每个检测场地连续自动监测仪器最小数量	3
每个检测场地手工参比采样器最小数量	3
每个检测场地每个季节最小比对测试样品数量(天数)	23
手工参比采样器每组(天)测试结果的平行性	2 μg·m ⁻³ (SD)或 5%(RSD)
连续自动监测仪器每批次测试结果的平行性	15%(本批次测试全部样品结果的均方根)
比对测试手工参比和自动监测结果线性相关拟合回归曲线	相关曲线斜率 1±0.10 相关曲线截距 0±2(最宽要求) 相关曲线相关系数 ≥0.93(最宽要求)

2 材料与方法

2.1 环境空气 PM_{2.5}连续自动监测系统基本情况

本次比对测试选取了两种不同原理的 4 种型号进口和国产环境空气 PM_{2.5}连续自动监测系统,每种

型号自动监测仪器设备各 3 套,仪器设备基本情况见表 2.

2.2 手工采样测量仪器设备

本次比对测试使用的手工采样测量仪器设备情况见表 3.

表 2 测试环境空气 PM_{2.5}连续自动监测系统基本情况

Table 2 Basic information of instrument used in PM_{2.5} continuous monitoring system in ambient air

序号	仪器编号	分析原理	进气流量/L·min ⁻¹	切割器类型	类型
1	A	β射线吸收法	16.67	旋风式	国产
2	B	β射线吸收法	16.67	旋风式	国产
3	C	β射线吸收法	16.67	旋风式	进口
4	D	振荡天平法	16.67	旋风式	进口

表 3 测试使用的手工采样测量仪器设备基本情况

Table 3 Basic information of instrument used in PM_{2.5} manual sampling in ambient air

序号	仪器设备名称	产地	规格、型号
1	小流量 PM _{2.5} 自动换膜采样器(18 台)	美国	2025i(采样流量 16.67 L·min ⁻¹)
2	流量校准仪	美国	Bios 510
3	温湿度表(校准)	芬兰	HM34
4	空盒气压表	中国	DYM4-1
5	恒温恒湿滤膜自动识别称重系统	德国	AWS-1 电子天平(检定分度值 0.001 mg) 温度控制(20±1)℃ 湿度控制(50±5)%RH

2.3 比对测试实验方法和质控要求

同型号 PM_{2.5}连续自动监测系统 3 台(套),4 个型号共 12 台(套),同型号手工参比方法^[20,21]PM_{2.5}

采样器 18 台,自动监测与参比方法测试同步进行,采样器与自动监测仪安放位置相距 1 m 左右,采样入口位于同一高度.取相同采样时间段内的 3 台同

型号自动监测数据的均值($\overline{C_{ij}}$, $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)和 18 台采样器手工参比方法采样测试数据的均值($\overline{R_j}$, $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)作为一个数据对, i 是仪器的型号序号(i 为 1~4), j 是有效样品的个数(j 为 1~ n , $n\geq 23$), 每个样品的采样时间为 23 h,共测试至少 23 个样品. 按照以下 5 个步骤进行数据比较.

(1)每天各台手工采样器同时采样测试的数据结果为一组,计算每组 18 台采样器 $\text{PM}_{2.5}$ 手工采样测试样品浓度的平均值 $\overline{R_j}$.

(2)分别计算每组各台 $\text{PM}_{2.5}$ 手工采样器参比方法测试结果的平行性(标准偏差或相对标准偏差).

(3)每天同型号各台自动监测仪与手工参比试相同时间段内的数据结果也为一组,计算每组 $\text{PM}_{2.5}$ 自动监测仪测试对应时间段内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的平均值 $\overline{C_{ij}}$.

(4)将每组对应的参比测试数据均值分别与与

型号自动监测数据均值组成一组数据对. 每批次比对实验每个型号自动监测仪器至少取得 23 组有效数据对.

(5)将手工参比测试数据与各型号仪器相应的自动监测数据进行线性拟合回归分析,以连续自动监测仪数据为横轴,参比测试数据为纵轴,分别计算 4 种自动监测仪器本批次比对实验各型号仪器取得回归曲线的斜率(k)、截距(b)和相关系数(r).

3 结果与讨论

3.1 环境空气 $\text{PM}_{2.5}$ 手工采样测量结果的平行性分析

4 个季节 $\text{PM}_{2.5}$ 比对测试 18 台 $\text{PM}_{2.5}$ 手工参比采样仪器手工采样测量共取得数据 119 组. 各季节手工采样测试样品数量、浓度范围、日均值 $\leq 80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 $>80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 样品的平行性以及当季温湿度情况见表 4.

表 4 4 个季节环境空气 $\text{PM}_{2.5}$ 手工采样测量结果的平行性分析

Table 4 Parallelism analysis of $\text{PM}_{2.5}$ data by manual sampling measurement in four seasons

季节	样品组数	浓度范围 / $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	18 台采样器采样测量结果平均值 (日均值) $\leq 80\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 的数据				18 台采样器采样测量结果平均值 (日均值) $> 80\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 的数据				平均温度 范围/ $^{\circ}\text{C}$	平均相对 湿度/%
			组数	各结果的标准偏差/ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$			组数	各结果的相对标准偏差/%				
				最大值	最小值	平均值		最大值	最小值	平均值		
春	28	13.0 ~ 205.8	14	4.9	1.8	3.5	14	4.3	1.9	3.1	6.2 ~ 17.1	52.5
夏	32	20.1 ~ 217.1	22	4.3	1.4	2.5	10	3.5	1.8	2.8	23.0 ~ 31.4	80
秋	28	17.3 ~ 303.2	17	3.7	1.3	2.4	11	4.1	1.1	2.5	8.1 ~ 18.7	60.5
冬	31	22.0 ~ 478.2	6	4.7	1.0	2.6	25	3.6	1.0	2.1	-0.2 ~ -8.1	40

$\text{PM}_{2.5}$ 手工参比采样测量结果是 $\text{PM}_{2.5}$ 连续自动监测系统比对测试和调试的基准,因此其多台采样器采样测量结果的平行性是 $\text{PM}_{2.5}$ 手工比对测试和调试中最重要 的质控指标要求. 结合表 1 标准中的相关质控要求,分析手工参比采样测量数据的平行性结果如下.

①数据日均值 $\leq 80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 的样品共 59 组,各季节每天手工采样测量结果标准偏差的平均值比较见图 1; 从中看出,在各季节较低浓度($\leq 80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)时,手工采样测量结果的平行性(标准偏差)的平均值全部超过表 1 中的要求($\leq 2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$),但全部结果均小于 $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

②数据日均值 $>80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 的样品共 60 组,各季节每天手工采样测量结果相对标准偏差的平均值比较见图 2; 从中看出,在各季节较高浓度($>80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)时,手工采样测量结果的平行性(相对标准偏差)的平均值全部符合表 1 中标准的要求($\leq 5\%$),且呈现出随着平均浓度逐步升高而手工采样平行性更好的趋势.

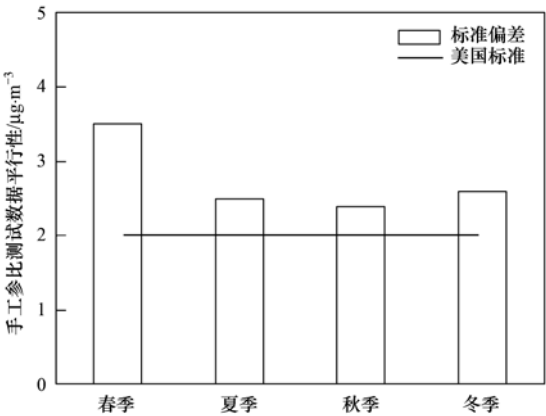


图 1 4 个季节 $\text{PM}_{2.5}$ 手工参比采样器采样测量较低浓度($\leq 80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)数据的平行性

Fig. 1 Parallelism of $\text{PM}_{2.5}$ data of lower concentration ($\leq 80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) by manual sampling measurement in four seasons

3.2 环境空气 $\text{PM}_{2.5}$ 连续自动监测系统手工采样比对测试结果分析

将同时间段手工采样分析测量数据和对应的 4 种型号连续自动监测系统测量数据进行线性回归,

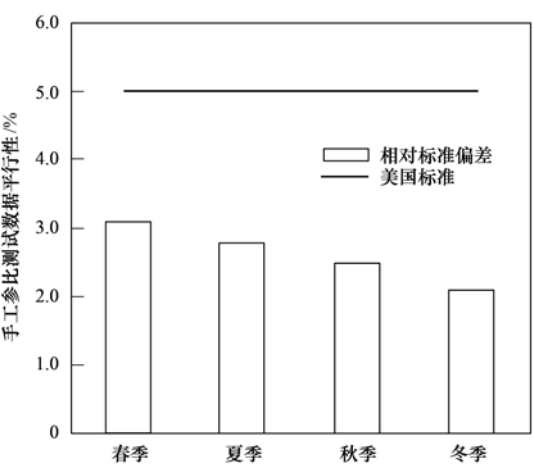


图2 4个季节PM_{2.5}手工参比采样器采样测量较高浓度(>80 µg·m⁻³)数据的平行性

Fig. 2 Parallelism of PM_{2.5} data of higher concentration (>80 µg·m⁻³) by manual sampling measurement in four seasons

得到每个季节PM_{2.5}比对测试的4条线性回归曲线; 4个季节的全部各条回归曲线的斜率*k*、截距*b*和相关系数*r*的数值见表5.

将4个季节4种型号PM_{2.5}连续自动监测系统

的自动监测数据分别与手工参比采样测量数据进行线性回归,所取得回归方程斜率*k*值、截距*b*值以及相关系数*r*的最小值进行比较,结果如图3~5所示. 通过比较分析,可以得到环境空气PM_{2.5}连续自动监测系统“手工采样比对测试”或“比对调试”的技术指标要求.

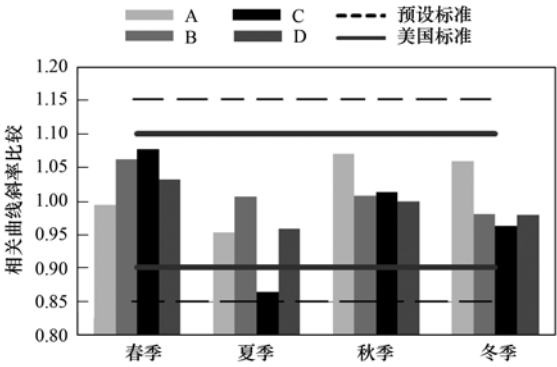


图3 4个季节PM_{2.5}比对测试手工参比与自动监测数据线性回归方程斜率比较

Fig. 3 Slope of linearity regression equation of the comparison test between PM_{2.5} manual sampling measurement and PM_{2.5} continuous monitoring system in four seasons

表5 4种型号PM_{2.5}连续自动监测系统4个季节手工采样比对测试结果分析

Table 5 Analysis of the comparative test results of PM_{2.5} manual sampling measurement and 4 types of PM_{2.5} continuous monitoring systems in four seasons

回归曲线	春季			夏季			秋季			冬季		
	<i>k</i>	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>k</i>	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>k</i>	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>k</i>	<i>b</i>	<i>r</i>
A	0.994	4.171	0.991	0.953	-6.597	0.990	1.070	-8.145	0.996	1.059	2.402	0.996
B	1.062	-3.995	0.988	1.007	-7.627	0.982	1.008	-7.038	0.996	0.980	2.523	0.998
C	1.076	0.480	0.990	0.863	-0.627	0.987	1.014	-6.693	0.988	0.962	1.946	0.987
D	1.031	-2.018	0.990	0.959	-4.229	0.993	0.998	-5.450	0.997	0.979	3.688	0.998

结合表4中的环境温湿度条件,从图3~5中可以看出:①针对斜率*k*,大部分值符合表1中(1±0.1)的技术指标要求;其中夏季不同型号仪器间波动较大.最小值小于0.9,分析原因可能是夏季与春、秋和冬季相比,PM_{2.5}整体浓度相对较低,且夏季比对时环境温度相对较高,湿度相对较大;在高温高湿环境下,存在颗粒的损失(如高温挥发)或吸湿(如盐类潮解)等导致手工采样和自动测量的颗粒浓度变化的情况.使得仪器比对测量或调试时系统误差比较明显;②针对截距*b*,只有3个数据符合表1中(0±2)的技术指标要求,其余各季节全部超出;其中夏季和秋季的最大偏差值接近8.分析原因可能还是由于我国目前PM_{2.5}整体基础浓度较高,浓度波动较大,组成成分复杂,造成比对测量本底随机误差较大.③针对相关系数*r*,全部数据均符合表

1中(>0.93)的技术指标要求,且全部大于0.95.尤其是秋季和冬季,基本能够达到0.99,分析原因可能是因为在秋、冬季,由于燃煤取暖我国环境空气PM_{2.5}浓度普遍较高、跨度较大,且环境相对湿度较低,有利于仪器线性相关拟合,消除或减小误差影响,提高比对测量的相关性.

4 结论

(1)环境空气PM_{2.5}连续监测系统比对测试(调试)中,“手工参比采样测量结果的平行性”指标是其中首要的质控指标要求,是PM_{2.5}比对测试数据有效的前提.4个季节的比对测试结果发现由于我国目前环境空气PM_{2.5}的基础浓度较国外高,浓度波动较大,且各季节温湿度变化较大,PM_{2.5}成分也有差异;因此当浓度较低时(≤80 µg·m⁻³)可适当放宽

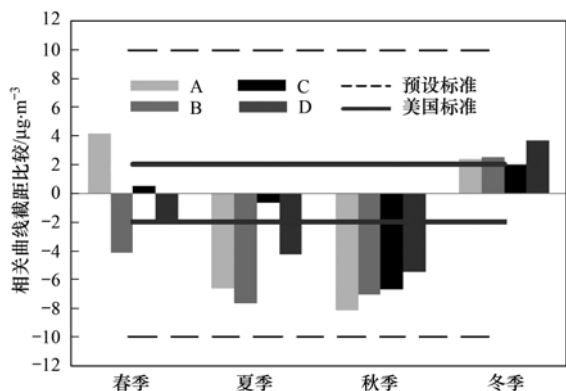


图4 4个季节PM_{2.5}比对测试手工参比与自动监测数据线性回归方程截距比较

Fig. 4 Intercept of linearity regression equation of the comparison test between PM_{2.5} manual sampling measurement and PM_{2.5} continuous monitoring system in four seasons

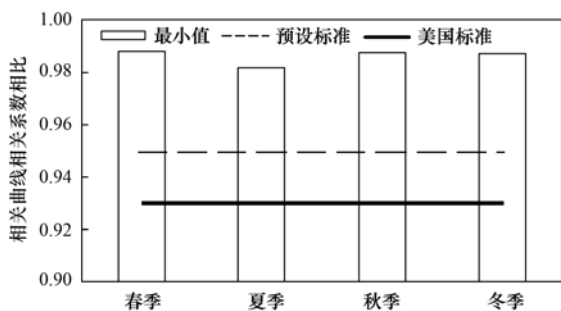


图5 4个季节PM_{2.5}比对测试手工参比与自动监测数据线性回归方程相关系数比较

Fig. 5 Correlation coefficient of linearity regression equation of the comparison test between PM_{2.5} manual sampling measurement and PM_{2.5} continuous monitoring system in four seasons

手工采样测量的平行性要求。PM_{2.5}手工比对测试(调试)质控指标要求为“至少3台以上采样器每组参比采样测量结果的标准偏差 $\leq 5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 或相对标准偏差 $\leq 5\%$ ”。

(2)受不同地域分布和气候特点的影响,现场安装使用的环境空气PM_{2.5}连续监测系统必须与手工采样测量进行有效的比对测试或调试,符合相关校准技术要求后,才能确保其PM_{2.5}连续自动监测数据准确可靠,真实反映当地的PM_{2.5}污染状况。在现有PM_{2.5}连续自动监测系统技术水平和当前我国PM_{2.5}污染状况等实际条件下,不宜直接照搬国外标准,目前“PM_{2.5}手工比对测试(调试)”技术指标要求可初步设置为:PM_{2.5}连续自动监测系统与手工采样测量比对,取得相关校准曲线:斜率 k 为 (1 ± 0.15) ,截距 b 为 (0 ± 10) ,相关系数 r 为 (≥ 0.95) ;

随着PM_{2.5}污染的逐步治理,相关要求可结合我国国情逐步加严。

(3)本次PM_{2.5}连续自动监测系统手工采样比对测试的检测过程和方法借鉴了美国EPA PART 53标准,比对测试研究工作覆盖一年四季典型的不同天气,测试现场PM_{2.5}浓度范围较宽($13.0 \sim 478.2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$),比对测试结果的代表性较强。因此,本次比对测试获得的质控和技术指标完全可以同样应用于对环境空气PM_{2.5}连续自动监测系统仪器的性能质量评价和日常运行管理,以满足环境监测和管理的技术需求。

参考文献:

- [1] 王自发,李杰,王哲,等. 2013年1月我国中东部强霾污染的数值模拟和防控对策[J]. 中国科学(地球科学), 2014, 44(1): 3-14.
- [2] 戴永立,陶俊,林泽健,等. 2006~2009年我国超大城市霾天气特征及影响因子分析[J]. 环境科学, 2013, 34(8): 2925-2932.
- [3] 吴兑,吴晓京,李菲,等. 1951~2005年中国大陆霾的时空变化[J]. 气象学报, 2010, 68(5): 680-688.
- [4] 陶俊,柴发合,高健,等. 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[J]. 环境科学, 2013, 34(2): 409-415.
- [5] 吴兑. 近十年中国灰霾天气研究综述[J]. 环境科学学报, 2012, 32(2): 257-269.
- [6] 谢元博,陈娟,李巍. 雾霾重污染期间北京居民对高浓度PM_{2.5}持续暴露的健康风险及其损害价值评估[J]. 环境科学, 2014, 35(1): 1-8.
- [7] 余学春,贺克斌,马永亮,等. 北京市PM_{2.5}水溶性有机物污染特征[J]. 中国环境科学, 2004, 24(1): 53-57.
- [8] 王媛,黄薇,汪彤,等. 患心血管病老年人夏季PM_{2.5}和CO的暴露特征及评价[J]. 中国环境科学, 2009, 29(9): 1005-1008.
- [9] 孙颖,潘月鹏,李杏茹,等. 京津冀典型城市大气颗粒物化学成分同步观测研究[J]. 环境科学, 2011, 32(9): 2732-2740.
- [10] 程萌田,潘月鹏,王辉,等. 大气PM_{2.5}中水溶性离子在线观测技术的应用研究[J]. 环境科学, 2013, 34(8): 2943-2949.
- [11] 张文阁,高思田,宋小平,等. 细颗粒物PM_{2.5}浓度测量及计量技术[J]. 中国粉体技术, 2013, 19(6): 69-72.
- [12] 王帅,丁俊男,王瑞斌,等. 我国环境空气中颗粒物达标统计要求研究[J]. 环境科学, 2014, 35(2): 401-410.
- [13] 师建中,陈丹青. PM_{2.5}监测数据质量主要影响因素和控制方法探讨[J]. 绿色科技, 2012, (5): 179-181.
- [14] 冯进. PM_{2.5}监测技术的发展及测量数据准确性的保障[J]. 计量与测试技术, 2014, 41(2): 52-55.
- [15] 王强,钟琪,迟颖,等. 环境空气PM₁₀连续监测系统比对测试评价指标研究[J]. 环境污染与防治, 2013, 35(12): 13-18.

- [16] 龙红艳, 邓双, 黄妍, 等. 大气细颗粒物 $\text{PM}_{2.5}$ 的源解析技术 [J]. 能源与环境, 2012, (6): 46-49.
- [17] EPA 40 CFR PART 53, Ambient air monitoring reference and equivalent methods [S].
- [18] JIS B7954-2001, Automatic monitors for suspended particulate matter in ambient air [S].
- [19] ISO 10473: 2000, Ambient air-Measurement of the mass of particulate matter on a filter medium-Beta-ray absorption method [S].
- [20] HJ 618-2011, 环境空气 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 的测定重量法[S].
- [21] HJ 656-2013, 环境空气颗粒物($\text{PM}_{2.5}$)手工监测方法(重量法)技术规范[S].

欢迎订阅 2015 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》2015 年为大 16 开本,120 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:hjcx@rcees.ac.cn;网址:www.hjcx.ac.cn

CONTENTS

Pollution of Halogenated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Atmospheric Particulate Matters of Shenzhen	SUN Jian-lin, CHANG Wen-jing, CHEN Zheng-xia, <i>et al.</i> (1513)
Emission Characteristics of VOCs from Typical Restaurants in Beijing	CUI Tong, CHENG Jing-chen, HE Wan-qing, <i>et al.</i> (1523)
Characteristics Analysis of Sulfur Dioxide in Pearl River Delta from 2006 to 2010	LI Fei, TAN Hao-bo, DENG Xue-jiao, <i>et al.</i> (1530)
Comparison Test Between PM _{2.5} Continuous Monitoring System and Manual Sampling Analysis for PM _{2.5} in Ambient Air	WANG Qiang, ZHONG Qi, CHI Ying, <i>et al.</i> (1538)
Determination and Emission of Condensable Particulate Matter from Coal-fired Power Plants	PEI Bing (1544)
Potential Carbon Fixation Capability of Non-photosynthetic Microbial Community at Different Depth of the South China Sea and Its Response to Different Electron Donors	FANG Feng, WANG Lei, XI Xue-fei, <i>et al.</i> (1550)
Remote Sensing Estimation of Chlorophyll-a Concentration in Inland Lakes Based on GOCI Image and Optical Classification of Water Body	FENG Chi, JIN Qi, WANG Yan-nan, <i>et al.</i> (1557)
Hydrochemical Characteristics and Sources of Qingshuijiang River Basin at Wet Season in Guizhou Province	LÜ Jie-mei, AN Yan-ling, WU Qi-xin, <i>et al.</i> (1565)
Temporal-spatial Variation and Source Identification of Hydro-chemical Characteristics in Shima River Catchment, Dongguan City	GAO Lei, CHEN Jian-yao, WANG Jiang, <i>et al.</i> (1573)
Response and Control Factors of Groundwater to Extreme Weather, Jiguan Cave, Henan Province, China	LIU Xiao, YANG Yan, PENG Tao, <i>et al.</i> (1582)
Impact of Rocky Desertification Treatment on Underground Water Chemistry and Dissolved Inorganic Carbon Isotope in Karst Areas	XIAO Shi-zhen, XIONG Kang-ning, LAN Jia-cheng, <i>et al.</i> (1590)
Difference of Karst Carbon Sink Under Different Land Use and Land Cover Areas in Dry Season	ZHAO Rui-yi, LIANG Zuo-bing, WANG Zun-bo, <i>et al.</i> (1598)
Vertical Migration Characteristics of Organochlorine Pesticides in Overlying Soil in Karst Terranes and Its Impact on Groundwater	SUN Yu-chuan, WANG Yong-qi, LIANG Zuo-bing, <i>et al.</i> (1605)
Pollution Status and Migration of Mercury in the Sediments of Nansi Lake in Shandong Province	CAO Fei-fei, YANG Li-yuan, PANG Xu-gui, <i>et al.</i> (1615)
Response of Sediment Micro Environment and Micro Interface to Physical Disturbance Intensity Under the Disturbance of <i>Chironomus plumosus</i>	SHI Xiao-dan, LI Yong, LI Da-peng, <i>et al.</i> (1622)
Characteristics of Atmospheric Nitrogen Wet Deposition and Associated Impact on N Transport in the Watershed of Red Soil Area in Southern China	HAO Zhuo, GAO Yang, ZHANG Jin-zhong, <i>et al.</i> (1630)
Effect of Different Purple Parent Rock on Removal Rates of Nitrogen, Phosphorus and Organics in Landscape Water	HUANG Xue-jiao, LIU Xiao-chen, LI Zhen-lun, <i>et al.</i> (1639)
Effects of <i>Litchi chinensis</i> Defoliation on Growth and Photosynthesis of <i>Microcystis aeruginosa</i>	WANG Xiao-xiong, JIANG Chen-chun, LI Jin-wei, <i>et al.</i> (1648)
Toxicity of <i>Coptis chinensis</i> Rhizome Extracts to Green Algae	CHEN Ya-nan, YUAN Ling (1655)
Formation Mechanism of the Disinfection By-product 1,1-Dichloroacetone in Drinking Water	DING Chun-sheng, MENG Zhuang, XU Yang-yang, <i>et al.</i> (1662)
Degradation Kinetics and Formation of Disinfection By-products During Linuron Chlorination in Drinking Water	LING Xiao, HU Chen-yan, CHENG Ming, <i>et al.</i> (1668)
Interference for Various Quench Agents of Chemical Disinfectants on Detection of Endotoxin Activities in Water	ZHANG Can, LIU Wen-jun, SHI Yun, <i>et al.</i> (1674)
Ammonium Adsorption Characteristics in Aqueous Solution by Dairy Manure Biochar	MA Feng-feng, ZHAO Bao-wei, DIAO Jing-ru, <i>et al.</i> (1678)
Absorption of Uranium with Tea Oil Tree Sawdust Modified by Succinic Acid	ZHANG Xiao-feng, CHEN Di-yun, PENG Yan, <i>et al.</i> (1686)
Effect of Membrane Wettability on Membrane Fouling and Chemical Durability of SPG Membranes	ZHANG Jing, XIAO Tai-min, ZHANG Jing, <i>et al.</i> (1694)
TiO ₂ -Induced Photodegradation of Levofloxacin by Visible Light and Its Mechanism	GUO Hong-sheng, LIU Ya-nan, QIAO Qi, <i>et al.</i> (1700)
Performance of Novel Macromolecule Flocculant in the Treatment of Wastewater Containing Cr(VI) Ions	WANG Gang, DU Feng-ling, CHANG Qing, <i>et al.</i> (1707)
On-line Estimation for the Amount of Stored PHA in Activated Sludge Based on OUR-HPR Measurements	ZENG Shan-wen, WANG Ze-yu, GAO Jing, <i>et al.</i> (1713)
Formation Mechanism of Self-forming Dynamic Membrane During Separation of High-concentration Sewage Sludge Fermented for Acid Production	HUANG Shuai, LIU Hong-bo, YIN Bo, <i>et al.</i> (1720)
Influence of Air Flux on Municipal Sludge Biodrying in a Pilot Scale Test	ZHANG Yu, HAN Rong, LU Wen-jing, <i>et al.</i> (1727)
Extraction of Heavy Metals from Sludge Using Biodegradable Chelating Agent <i>N,N</i> -bis(carboxymethyl) Glutamic Acid Tetrasodium	WU Qing, CUI Yan-rui, TANG Xiao-xiao, <i>et al.</i> (1733)
Biodiversity and Function Analyses of BIOLAK Activated Sludge Metagenome	TIAN Mei, LIU Han-hu, SHEN Xin, <i>et al.</i> (1739)
Characteristics of Nitrogen Removal by a Heterotrophic Nitrification-Aerobic Denitrification Bacterium YL	LIANG Xian, REN Yong-xiang, YANG Lei, <i>et al.</i> (1749)
Biodegradation Characteristics and Kinetics of <i>p</i> -nitrophenol by Strain <i>Arthrobacter</i> sp. CN2	REN Lei, SHI Yan-hua, JIA Yang, <i>et al.</i> (1757)
Biodegradation of Pyrene by Intact Cells and Spores of <i>Brevibacillus brevis</i>	LIU Zhi-chen, YE Jin-shao, PENG Hui, <i>et al.</i> (1763)
Investigation of Antibiotic Resistance Genes (ARGs) in Landfill	LI Lei, XU Jing, ZHAO You-cai, <i>et al.</i> (1769)
Investigation of Antibiotic Resistance of Indigenous Bacteria and Abundance of Class I Integron in Matrix of Constructed Wetlands of Different Configurations	MAI Xiao-bei, TAO Ran, YANG Yang, <i>et al.</i> (1776)
Effects of Nitrate and CH ₄ on Anaerobic Oxidation of BETX in Landfill Cover Soils	LIU Rong, LONG Yan, WANG Li-li, <i>et al.</i> (1785)
Spatial Heterogeneity of Soil Respiration in a Planted Larch Forest in Shanxi Plateau	YAN Jun-xia, LI Hong-jian, LI Jun-jian, <i>et al.</i> (1793)
Effects of Nitrogen Fertilization on Soil Respiration and Temperature Sensitivity in Spring Maize Field in Semi-Arid Regions on Loess Plateau	JIANG Ji-shao, GUO Sheng-li, WANG Rui, <i>et al.</i> (1802)
Distribution Characteristics of Heavy Metals in the Street Dusts in Xuanwei and Their Health Risk Assessment	ZHANG Wen-chao, LÜ Sen-lin, LIU Ding-yu, <i>et al.</i> (1810)
Spatial Distribution of Magnetic Properties of Street Dust in Baoji City and Its Implications of Environment	ZHANG Jun-hui, WANG Jin, ZHANG Jian, <i>et al.</i> (1818)
Effect of Long-term Fertilizer Application on the Stability of Organic Carbon in Particle Size Fractions of a Paddy Soil in Zhejiang Province, China	MAO Xia-li, LU Kou-ping, SUN Tao, <i>et al.</i> (1827)
Effects of Different Reclaimed Scenarios on Soil Microbe and Enzyme Activities in Mining Areas	LI Jun-jian, LIU Feng, ZHOU Xiao-mei (1836)
Soil Microorganism Characteristics and Soil Nutrients of Different Wetlands in Sanjinag Plain, Northeast China	XIAO Ye, HUANG Zhi-gang, WU Hai-tao, <i>et al.</i> (1842)
Strengthening Effects of Sodium Salts on Washing Kerosene Contaminated Soil with Surfactants	HUANG Zhao-lu, CHEN Quan-yuan, ZHOU Juan, <i>et al.</i> (1849)
Effects and Biological Response on Bioremediation of Petroleum Contaminated Soil	YANG Qian, WU Man-li, NIE Mai-qian, <i>et al.</i> (1856)
Enhanced Phytoremediation of Heavy Metals from Contaminated Soils Using <i>Sedum alfredii</i> Hance with Biodegradable Chelate GLDA	WEI Ze-bin, CHEN Xiao-hong, WU Qi-tang, <i>et al.</i> (1864)
Speciation Characteristics and Bioavailability of Heavy Metals in Oasis Soil Under Pb, Zn Combined Stress	JIN Cheng, ZHAO Zhuan-jun, NAN Zhong-ren, <i>et al.</i> (1870)
Influence of Sulfur on the Formation of Fe-Mn Plaque on Root and Uptake of Cd by Rice (<i>Oryza sativa</i> L.)	WANG Dan, LI Xin, WANG Dai-chang, <i>et al.</i> (1877)
Effects of Ozone on Photosynthesis of Several Plants	LI Miao-miao (1888)
A Method Research on Environmental Damage Assessment of a Truck Rollover Pollution Incident	CAI Feng, ZHAO Shi-bo, CHEN Gang-cai, <i>et al.</i> (1902)

《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 刘 毅 汤鸿霄 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2015年5月15日 第36卷 第5期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 36 No. 5 May 15, 2015

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 120.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行