

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第34卷 第10期

Vol.34 No.10

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

南京地区大气气溶胶 PM _{2.5} 中稳定碳同位素组成研究	吴梦龙, 郭照冰, 刘凤玲, 孙德玲, 卢霞, 姜文娟 (3727)
太原市空气颗粒物中正构烷烃分布特征及来源解析	胡冬梅, 彭林, 白慧玲, 牟玲, 韩峰, 刘效峰, 冀豪栋, 张鹏九 (3733)
交通与气象因子对不同粒径大气颗粒物的影响机制研究	罗娜娜, 赵文吉, 晏星, 官兆宁, 熊秋林 (3741)
公交车燃用生物柴油的颗粒物排放特性	楼狄明, 陈峰, 胡志远, 谭丕强, 胡炜 (3749)
兰州及其周边区域大气降水 δ ¹⁸ O 特征及其水汽来源	陈粉丽, 张明军, 马潜, 李小飞, 王圣杰, 李菲 (3755)
天山乌鲁木齐河源 1 号冰川区气溶胶水溶性离子变化特征及来源分析	岳晓英, 李忠勤, 张明军, 周平, 樊晋 (3764)
O ₃ /H ₂ O ₂ 氧化苯乙烯气体性能及机制	何觉聪, 黄倩茹, 叶杞宏, 罗雨薇, 张再利, 樊青娟, 魏在山 (3772)
马尾松针叶组织稳定硫同位素地球化学特征及来源示踪	关晖, 肖化云, 朱仁果, 郑能建, 瞿玲露 (3777)
江西省表层土壤和苔藓硫含量及硫同位素组成对比研究	李男, 肖化云, 陈永忠, 周丹, 罗笠, 吴代敏 (3782)
辽河流域非点源污染空间特征遥感解析	王雪蕾, 蔡明勇, 钟部卿, 姚延娟, 殷守敬, 吴迪 (3788)
景观带尺度高寒区水文特征时空变化规律研究	杨永刚, 胡晋飞, 肖洪浪, 邹松兵, 尹振良 (3797)
金普湾海域表层沉积物中基质结合态磷化氢的分布特征	游丽丽, 宗海波, 张淑芳, 尹国宇, 李涛, 侯立军 (3804)
崇明东滩湿地干湿交替过程脲酶活性变化初探	韩建刚, 曹雪 (3810)
FDA 水解酶分析法表征近海泥滩微生物活性	刘叶, 邹立, 刘陆, 高冬梅 (3818)
中国东北主要河流沉积物中多溴二苯醚的含量状况及生态风险分析	袁海峰, 成杭新, 赵传冬, 刘应汉, 杨柯, 李括, 彭敏, 刘飞 (3825)
深圳大鹏湾海域表层沉积物和生物体中多环芳烃残留及其风险评价	孙闰霞, 柯常亮, 谷阳光, 卢腾腾, 杜飞雁, 马胜伟, 林钦 (3832)
PMF 和 PCA/MLR 法解析上海市高架道路地表径流中多环芳烃的来源	边璐, 李田, 侯娟 (3840)
三峡库区蓄水初期大宁河重金属食物链放大特征研究	余杨, 王雨春, 周怀东, 高博, 赵高峰 (3847)
小型封闭水体环境因子与叶绿素 a 的时空分布及相关性研究	李飞鹏, 张海平, 陈玲 (3854)
太湖氮、磷自净能力的实验与模型模拟	韩涛, 翟淑华, 胡维平, 张红举, 李钦钦 (3862)
湖泊疏浚方式对内源释放影响的模拟研究	陈超, 钟继承, 范成新, 孔明, 余居华 (3872)
水体/底泥生物基城市河道富营养化水体修复试验研究	周慧华, 宋晓光, 吴革, 谢鑫源 (3879)
底泥调控剂对感潮河涌沉积物中重金属的影响	区凤荏, 孙国萍, 许玫英 (3888)
区域水化学条件对淮南采煤沉陷区水域沉积物磷吸附特征的影响研究	易齐涛, 孙鹏飞, 谢凯, 曲喜杰, 王婷婷 (3894)
4 种人工湿地填料的 f2 噬菌体吸附特性	陈迪, 郑祥, 魏源送, 杨勇 (3904)
稻壳灰对抗生素磺胺的吸附特性研究	纪莹雪, 王凤贺, 张帆, 张艳红, 王国祥, 顾中铸 (3912)
紫外辐射对腐殖酸化学稳定性影响机制研究	王文东, 周礼川, 丁真真, 王洪平, 孙学军 (3921)
基于石墨烯载体的铁基材料制备及除砷性能比较	朝木尔乐格, 冯流, 霍艳霞 (3927)
nTiO ₂ 在水中的分散沉降行为研究	陈金媛, 方金凤, 魏秀珍 (3933)
微生物-铁氧化物交互作用对黄土中砷活化迁移的影响	谢芸芸, 陈天虎, 周跃飞, 谢巧勤 (3940)
两性离子在聚偏氟乙烯 (PVDF) 膜表面接枝改性的研究	周桂花, 肖峰, 肖萍, 王东升, 段晋明, 石健, 臧莉 (3945)
化粪池排口处土壤对典型农户生活污水氮素污染物的消减测算研究	周锋, 王文林, 王国祥, 马久远, 万寅婧, 唐晓燕, 梁斌, 季斌 (3954)
珠江三角洲典型集约化猪场废水污染特征及风险评价	李文英, 彭智平, 于俊红, 黄继川, 徐培智, 杨少海 (3963)
污泥堆肥草坪基质利用对草坪生长及土壤和水环境的影响	金树权, 周金波, 陈若霞, 林斌, 王德耀 (3969)
活性污泥絮体粒径分布与分形维数的影响因素	李振亮, 张代钧, 卢培利, 曾善文, 杨永浩 (3975)
不同恢复方式对硝化颗粒污泥活性的影响	郭秀丽, 高大文, 卢健聪 (3981)
生物陶粒反应器的氨自养反硝化研究	陈丹, 王弘宇, 宋敏, 杨开, 刘晨 (3986)
亚高山草甸土壤呼吸的空间异质性研究	严俊霞, 李君剑, 李洪建, 张义辉 (3992)
SiB3 模式对作物区 CO ₂ 通量的模拟研究	张庚军, 卢立新, 蒋玲梅, 蒋磊, Ian Baker (4000)
缙云山土地利用方式对土壤活性有机质及其碳库管理指数的影响	徐鹏, 江长胜, 郝庆菊, 祝滔 (4009)
典型农业城市街道灰尘重金属特征及其环境风险评价: 以许昌市为例	闫慧, 陈杰, 肖军 (4017)
苏州、无锡和南通道路灰尘中的多溴联苯醚和多氯联苯	史双昕, 董亮, 李玲玲, 张辉, 李斯明, 张天野, 黄业茹 (4024)
废旧汽车拆解区土壤中多环芳烃垂向分布特性	吴彦瑜, 胡小英, 洪鸿加, 彭晓春 (4031)
铬污染土壤的稳定化处理及其长期稳定性研究	王旌, 罗启仕, 张长波, 谈亮, 李旭 (4036)
典型磺胺类抗生素在土柱中的淋溶规律研究	李曼, 陈卫平, 魏福祥, 焦文涛 (4042)
3 种金属氧化物纳米材料在不同土壤中迁移行为研究	方婧, 余博阳 (4050)
多孔介质中 NAPLs 流体毛细管指进形态及分形表征	李慧颖, 杜晓明, 杨宾, 伍斌, 徐竹, 史怡, 房吉敦, 李发生 (4058)
毛竹入侵对常绿阔叶林主要树种的化感作用研究	白尚斌, 周国模, 王懿祥, 梁倩倩, 陈娟, 程艳艳, 沈蕊 (4066)
珠江口典型水产养殖区抗生素抗性基因污染的初步研究	梁惜梅, 袁湘平, 施震 (4073)
江苏盐城地区水产品重金属含量与安全评价	刘洋, 付强, 高军, 徐网谷, 殷波, 曹亚乔, 秦卫华 (4081)
铜胁迫对不同基因型谷子幼苗基因组 DNA 多态性的影响	张义贤, 付亚萍, 肖志华, 张喜文, 李萍 (4090)
利用高通量测序对封存 CO ₂ 泄漏情景下土壤细菌的研究	田地, 马欣, 李玉娥, 查良松, 伍洋, 邹晓霞, 刘爽 (4096)
酸性矿山废水区域废矿石中真核生物多样性分析	李思远, 郝春博, 王丽华, 吕铮, 张丽娜, 刘莹, 冯传平 (4105)
十溴联苯醚降解菌的特性及功能蛋白初步分析	常晶晶, 尹华, 秦华明, 叶锦韶, 彭辉, 宋小飞 (4112)
硒对水稻吸收积累和转运锰、铁、磷和硒的影响	胡堂, 黄益宗, 黄艳超, 刘云霞, 梁建宏 (4119)
外源铁对不同番茄品种生理特性、镉积累及化学形态的影响	刘俊, 周坤, 徐卫红, 陈惠, 张明中, 江玲, 杨芸, 王崇力, 熊治庭 (4126)
电子废物排放持久性有毒污染物的控制政策分析	李力, 吕永龙, 王铁宇 (4132)
《环境科学》征稿简则 (3926) 《环境科学》征订启事 (4057) 信息 (3878, 3953, 3999, 4041)	

公交车燃用生物柴油的颗粒物排放特性

楼狄明, 陈峰*, 胡志远, 谭丕强, 胡炜

(同济大学汽车学院, 上海 201804)

摘要: 采用美国 TSI 公司的 EEPS 颗粒数量及粒径分析仪, 对国 IV 排放柴油公交车燃用纯国 IV 柴油 BD0, 纯餐饮废油制生物柴油 BD100 及国 IV 柴油和生物柴油掺混体积比分别为 5%、10%、20%、50% 的混合燃料(BD5、BD10、BD20、BD50)的颗粒物排放特性进行了试验研究. 结果表明, 颗粒物数量及质量排放随车速加速度的增加均呈逐渐增加趋势, 而随生物柴油掺混比例的增加而降低; 不同车速区间下, 颗粒物数量排放的粒径分布均呈双峰分布; 不同加速度区间下, 颗粒物数量排放的粒径分布由减速时的双峰分布逐渐过渡到加速时的单峰分布; 随生物柴油掺混比例的增加, 聚集态颗粒物数量下降显著, 且峰值向小粒径方向移动, 核态颗粒物数量变化不大, 颗粒物几何平均粒径 D_g 变小.

关键词: 公交车; 运行工况; 生物柴油; 颗粒物排放; 粒径分布

中图分类号: X513 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2013)10-3749-06

Particle Emission Characteristics of Diesel Bus Fueled with Bio-diesel

LOU Di-ming, CHEN Feng, HU Zhi-yuan, TAN Pi-qiang, HU Wei

(School of Automotive Studies, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: With the use of the Engine Exhaust Particle Sizer (EEPS), a study on the characteristics of particle emissions was carried out on a China-IV diesel bus fueled with blends of 5%, 10%, 20%, 50% bio-diesel transformed from restaurant waste oil and China-IV diesel (marked separately by BD5, BD10, BD20, BD50), pure bio-diesel (BD100) and pure diesel (BD0). The results indicated that particulate number (PN) and mass (PM) emissions of bio-diesel blends increased with the increase in bus speed and acceleration; with increasing bio-diesel content, particulate emissions displayed a relevant declining trend. In different speed ranges, the size distribution of particulate number emissions (PNSD) was bimodal; in different acceleration ranges, PNSD showed a gradual transition from bimodal shape to unimodal when bus operation was switched from decelerating to accelerating status. Bio-diesel blends with higher mixture ratios showed significant reduction in PN emissions for accumulated modes, and the particulate number emission peaks moved towards smaller sizes; but little change was obtained in PN emissions for nuclei modes; reduction also occurred in particle geometric diameter (D_g).

Key words: bus; operational condition; bio-diesel; PM emission; particle size distribution

随着环境污染日益严重、能源供应日益紧张, 机动车节能减排问题越来越重要. 与汽油机相比, 柴油机有较好的燃料经济性, 可以很好地节约能源, 但是其颗粒物的排放对人体有很大的危害^[1], 特别是细颗粒物和超细颗粒物, 它们具有很强的病毒携带能力, 而且很容易沿呼吸道进入到人的肺部, 从而诱发多种严重疾病^[2]. 柴油机排气颗粒物主要由固态碳烟 soot、可溶有机组分 SOF 和硫酸盐等构成的复杂混合物. 按粒径大小可分为聚集态颗粒和核态颗粒^[3]. 聚集态颗粒粒径较大, 主要成分为聚集形态的碳烟 soot 及其吸附物质; 核态颗粒物粒径较小, 主要与可溶有机组分 SOF 和硫酸盐等有关, 也包括较小粒径的碳烟颗粒. 作为城市中主要的公共交通工具, 柴油公交车是市区柴油燃烧颗粒物的主要来源之一, 应予以重视.

生物柴油是以油料作物、野生油料植物和工程微藻等水生植物油脂及动物油脂、废弃油脂等为原

料通过酯交换工艺制成的甲酯或乙酯燃料. 与传统的石化柴油相比, 生物柴油具有十六烷值高、芳香烃含量低、挥发性低和燃料分子中含氧原子等特点, 是一种理想的柴油替代燃料^[4]. 国内外学者对重型柴油机燃用生物柴油的颗粒物排放特性进行了大量台架试验研究^[5~21], 但对整车燃用生物柴油实际运行工况颗粒物排放特性的研究报道较少^[22~25].

本研究采用 EEPS 颗粒数量及粒径分析仪, 对国 IV 排放柴油公交车燃用纯柴油 BD0、BD5、BD10、BD20、BD50 和纯生物柴油 BD100 的颗粒物数量排放、质量排放和粒径分布随车速和加速度的变化规律进行了分析.

收稿日期: 2013-01-11; 修订日期: 2013-03-05

基金项目: 上海市科委科技攻关项目(10231201900)

作者简介: 楼狄明(1963~), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为发动机替代燃料与性能优化, E-mail: loudiming@tongji.edu.cn

* 通讯联系人, E-mail: chenfeng_qiche@163.com

1 设备与方法

1.1 试验用车

试验车辆为满足国Ⅳ排放标准的柴油公交车,基本参数如表 1 所示.

1.2 试验燃料

试验所用燃料为纯国Ⅳ柴油 BD0、国Ⅳ柴油和餐饮废油制生物柴油按不同体积比混合的燃料 BD5、BD10、BD20、BD50(生物柴油体积比分别为 5%、10%、20%、50%)、纯生物柴油 BD100. 试验

用燃料理化特性如表 2 所示.

表 1 试验车辆基本参数

Table 1 Basic parameters of the test bus	
项目	参数
车辆型号	SWB6120V4LE
整备质量/kg	11 000
最大载重量/kg	6 500
累计行驶里程/km	50 000
发动机型号	D7E290-EC01
发动机排量/L	7.1
额定功率/kW	213

表 2 试验燃料主要理化指标

Table 2 Physical and chemical parameters of the test fuels						
项目	BD0	BD5	BD10	BD20	BD50	BD100
密度(20℃)/kg·m ⁻³	822.0	824.8	827.4	832.9	849.2	876.3
十六烷值	51.2	51.7	52.1	53.1	55.8	60.4
低热值/MJ·kg ⁻¹	38.0	37.8	37.5	37.0	35.5	32.9
运动黏度(40℃)/mm ² ·s ⁻¹	3.3	3.4	3.5	3.6	3.9	4.4
S 含量/mg·kg ⁻¹	15	19	22	29	51	87
O 质量分数/%	—	0.6	1.2	2.3	5.8	11.6
C 质量分数/%	85.5	85.0	84.6	83.7	80.9	76.3

1.3 试验仪器与方法

试验所用仪器主要包括美国 TSI 公司的 EEPS (Engine Exhaust Particle Sizer) 3090 颗粒数量及粒径分析仪、379020 型旋转盘稀释器、空气流量计和 GPS 等. 公交车排气通过旋转盘稀释器进行一级稀释,稀释温度设定为 80℃,稀释比为 200:1. 一级稀释后的排气与经过滤的清洁空气在采样管内进行二级稀释,稀释比为 2.5:1,最后到达 EEPS 3090 粒径分析仪进行分析.

EEPS 粒径分析仪可快速测取颗粒物数量及粒径分布,测量粒径范围为 5.6 ~ 560 nm,在 0.1 s 内可测取一个完整的颗粒粒径分布图谱,并同步输出 32 个粒径通道的颗粒数量和粒径分布数据. 相比于芬兰 DEKATI 公司的电子低压冲击仪 ELPI,EEPS 具有响应速度快,颗粒物粒径分级精度高等优势. ELPI 加载滤纸级后,颗粒物粒径测试范围为 7 nm ~ 10 μm,分 13 级,数据采集频率为 1 Hz.

2 结果与分析

2.1 试验公交车运行工况分析

图 1 为试验公交车燃用 6 种不同配比生物柴油在实际道路运行的车速-加速度工况点分布. 从中可知,试验工况的车速绝大部分都在 60 km·h⁻¹ 以下,加速度基本上分布在 -2 ~ 1.5 m·s⁻² 范围内.

对车辆的特征工况做如下约定:怠速模式,即车

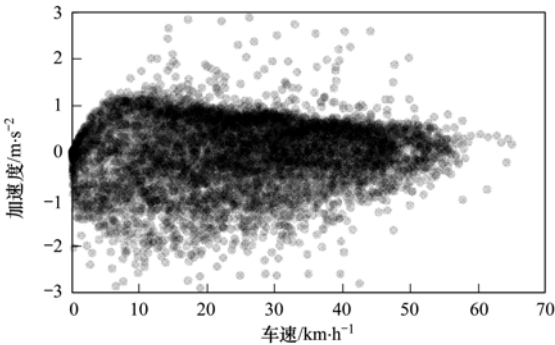


图 1 公交车的车速-加速度工况点分布

Fig. 1 Distribution of velocity-acceleration operating points of the test bus

速为 0 的行驶状态;加速模式,即瞬时加速度大于 0.1 m·s⁻² 的行驶状态;减速模式,即瞬时加速度小于 -0.1 m·s⁻² 的行驶状态;匀速模式,即瞬时加速度绝对值小于或等于 0.1 m·s⁻² 的行驶状态. 另外,除去怠速工况点后,将车速按照 10 km·h⁻¹ 的间隔分成以下区间:低速 0 < v < 20 km·h⁻¹; 中速 20 km·h⁻¹ ≤ v < 40 km·h⁻¹; 高速 v ≥ 40 km·h⁻¹.

2.2 不同车速下颗粒物的排放特性

2.2.1 颗粒物排放与车速的关系

图 2 为试验公交车燃用 6 种不同配比生物柴油时颗粒物数量及质量排放随车速的变化规律.

分析图 2 可知,随着车速的增加,不同配比燃料的颗粒物数量及质量排放均呈现逐渐增加趋势. 车

速小于 $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 时,随车速的增加,颗粒物排放迅速增加,增加幅度较大;大于 $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 后,增加幅度有所下降。这主要是因为车速小于 $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 时,随着车速的增大,供油量增加,空燃比减小,而且燃烧温度不断升高,这给碳烟生成提供了有利条件,增加了聚集态颗粒,同时未燃碳氢的增加使得在排气稀释的过程中冷却成核作用增强,从而导致核态颗粒物的增加。当车速大于 $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 时,缸内温度较高,燃烧状况得到改善,此时聚集态颗粒物减少,从而使得总颗粒物增加放缓。

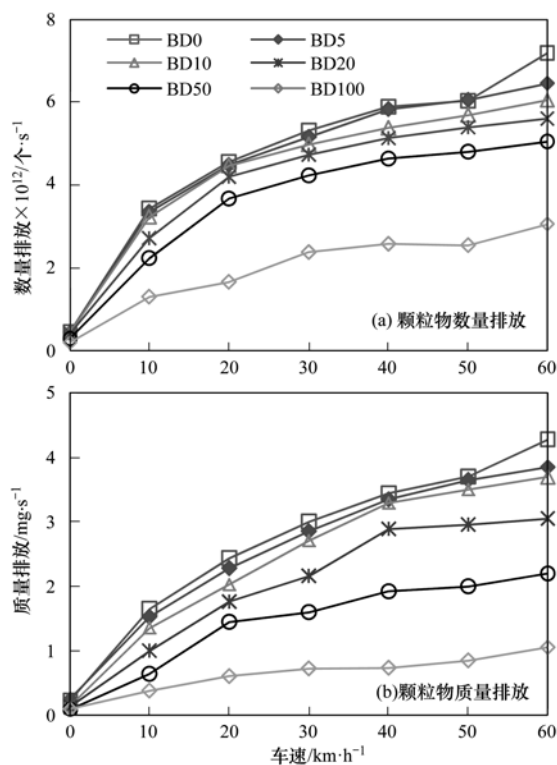


图2 不同车速下颗粒物排放特性

Fig. 2 Particle emission characteristics under different velocities

此外可见,同一车速下,随着生物柴油掺混比例的增加,颗粒物数量及质量排放逐渐减少,而且车速越高,减少的幅度越大。当车速等于 $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 时,相比于 BD0、BD5、BD10、BD20、BD50 和 BD100 的颗粒物数量排放分别减少 10%、16%、22%、29% 和 57% 左右,质量排放分别减少了 10%、13%、29%、49% 和 75% 左右。这主要是因为生物柴油掺混比例的增加使得燃料的含氧量和十六烷值增加,从而使燃烧更完全,碳烟生成受到抑制,聚集态颗粒物数量相对减少,这个促进作用在车速较高,喷油量较多,空燃比较小,的时候更加强烈。

2.2.2 不同车速下颗粒物的粒径分布特性

图3为试验公交车燃用6种不同配比生物柴油

在不同车速下,颗粒物数量排放的粒径分布特性。分析图3可知,在不同车速区间内,颗粒物数量排放的粒径分布均呈双峰分布,一个是 10 nm 左右的核态颗粒物峰值,另一个是 $80 \sim 100 \text{ nm}$ 之间的聚集态颗粒物峰值。怠速工况下,不同配比燃料的数量排放都较低;车速小于 $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 时,聚集态和核态颗粒物数量排放均随车速的增加而增加,聚集态颗粒物增加幅度大于核态颗粒物;当车速大于 $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 后,聚集态颗粒物数量变化不大,BD50 和 BD100 甚至出现明显下降,核态颗粒物数量增加速

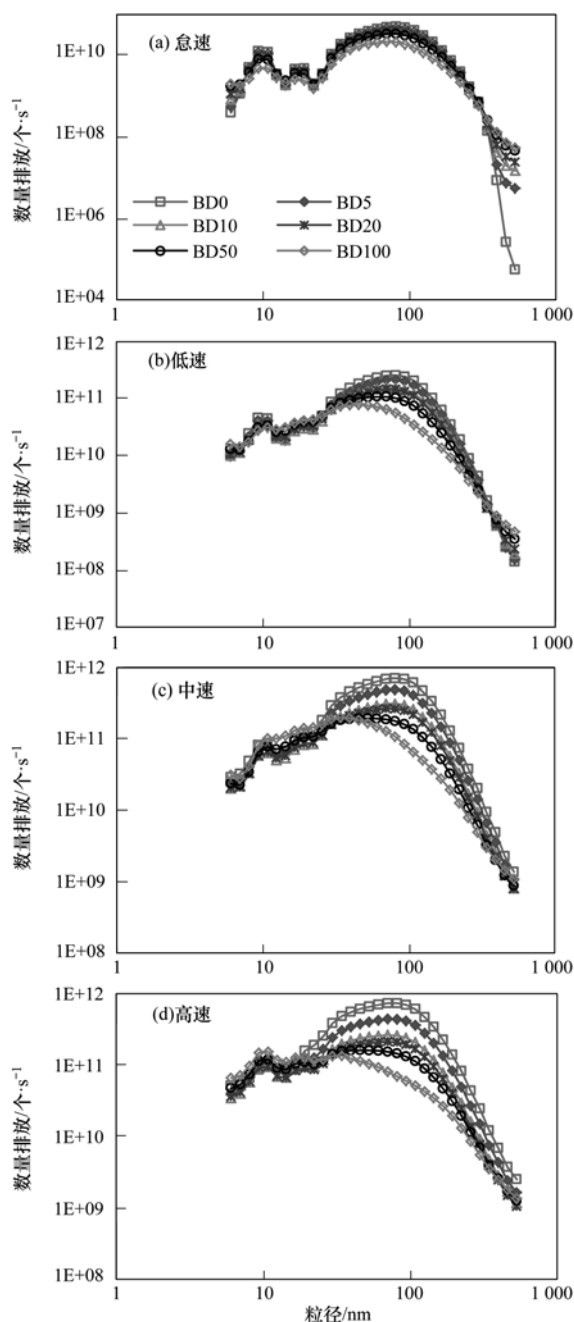


图3 不同车速下颗粒物数量排放粒径分布特性

Fig. 3 Particle size distribution within different velocity ranges

度有所变快。

同时可见,随着生物柴油掺混比例的增加,聚集态颗粒物数量下降明显,而且聚集态颗粒物的峰值向小粒径方向移动。在怠速和低速工况下,不同配比燃料的核态颗粒物数量相差不多,在中、高速工况下,BD100 的核态颗粒物数量都超过了 BD0,而且核态颗粒物数量峰值粒径基本保持在 10 nm 左右不变。这可能是由于生物柴油较高的密度和黏度以及低挥发性影响了燃料雾化混合及燃烧过程,导致缸内未燃碳氢增加,从而使得核态颗粒物数量上升。此外,餐饮废油制生物柴油较高的硫含量也一定程度上增加了核态颗粒物数量。

2.3 不同加速度下颗粒物的排放特性

2.3.1 颗粒物排放与加速度的关系

图 4 为试验公交车燃用 6 种不同配比生物柴油,运行在中速区间时,颗粒物数量及质量排放随加速度的变化规律。

由图 4 分析可知,不同配比燃料的颗粒物数量和质量排放随加速度的增大而逐渐增加。当加速度小于 $-0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ 时,车辆处于制动状态,发动机供油量很少,颗粒物数量及质量排放变化不大,并且都维持在较低水平;当加速度大于等于 $-0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ 小于 0 时,此时车辆减速可能是因为司机调节油门,减少供油量引起,颗粒物数量及质量排放增加幅度开始变大;当加速度大于 0 时,颗粒物排放开始迅

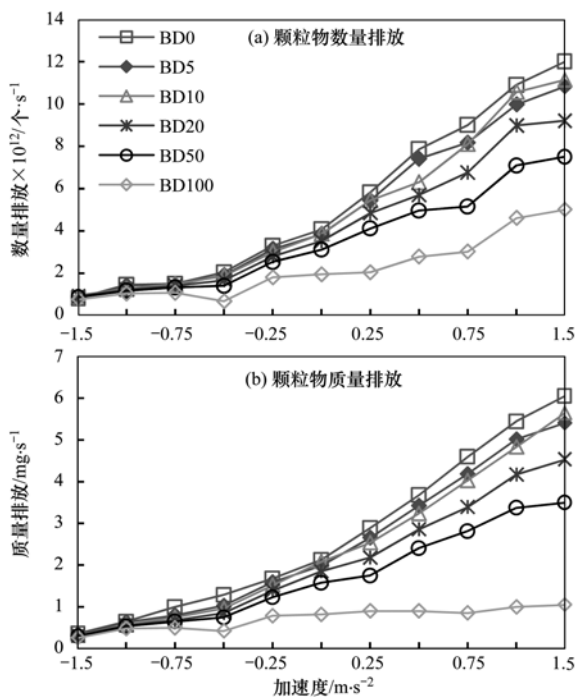


图 4 不同加速度下颗粒物排放特性

Fig. 4 Particle emission characteristics under different accelerations

速增加,此时由于发动机工况发生突变,供油量突然增加,空燃比减小,燃料雾化效果恶化,使颗粒物排放剧增,甚至出现冒黑烟现象。

同时发现,随着生物柴油掺混比的增加,颗粒物数量及质量排放均呈现降低趋势,而且加速度越大,这种降低作用越显著。加速度等于 0 时,纯柴油 BD0 和纯生物柴油 BD100 的颗粒物数量及质量排放分别为 $4.1 \times 10^{12} \text{ 个}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $2.1 \text{ mg}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $1.9 \times 10^{12} \text{ 个}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $0.8 \text{ mg}\cdot\text{s}^{-1}$,分别降低了 52% 和 61% 左右;加速度等于 $1.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ 时,相比于 BD0, BD100 的颗粒物数量及质量排放分别降低了 58% 和 83%。这主要也是因为生物柴油含氧及较高的十六烷值促进了燃烧,前面已作分析,在此不再赘述。

2.3.2 不同加速度下颗粒物的粒径分布特性

图 5 为试验公交车燃用 6 种不同配比生物柴油,运行在中速区间时,不同加速度下颗粒物数量排

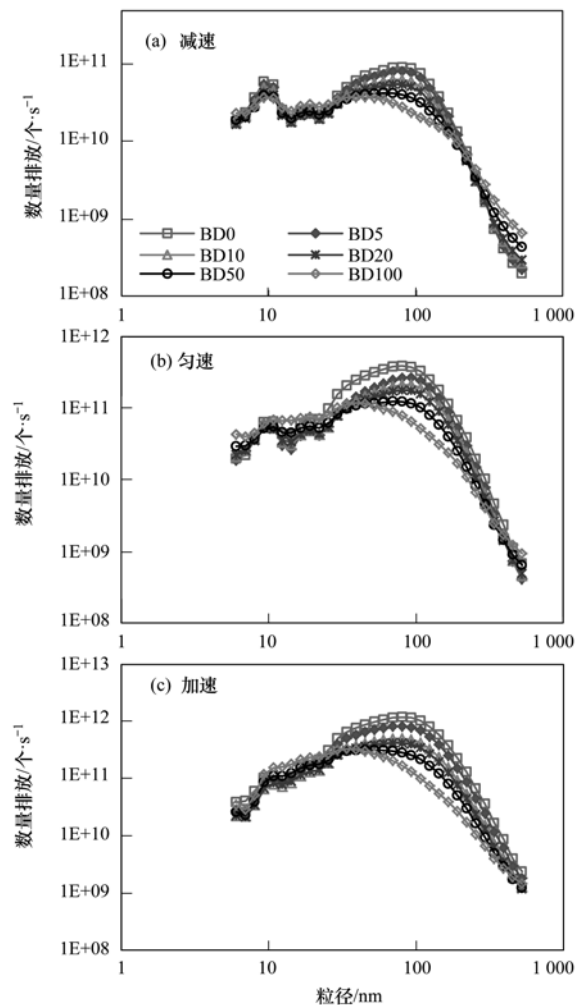


图 5 不同加速度下颗粒物数量排放粒径分布特性

Fig. 5 Particle size distribution within different acceleration ranges

放的粒径分布特性.

分析图 5 可知,随加速度的增加,聚集态颗粒物数量排放快速上升,BD0 的峰值由减速的 0.9×10^{11} 个 $\cdot\text{s}^{-1}$ 增加到加速的 11.8×10^{11} 个 $\cdot\text{s}^{-1}$,核态颗粒物数量排放变化不大,从而导致颗粒物数量排放的粒径分布由减速时的双峰分布逐渐过渡到加速时的单峰分布.这主要是因为,车辆处于减速工况时,发动机大部分时间处于断油状态,各粒径范围的颗粒物数量排放均很低.随着加速度的增加,喷油量增加,燃烧温度升高,空燃比减小,碳烟生成量增加,因此峰值粒径在 100 nm 左右的聚集态颗粒物数量排放迅速升高.

此外,随着生物柴油掺混比例的增加,聚集态颗粒物数量排放降幅显著.在减速工况下,不同配比燃料的核态颗粒物数量相差不多,在匀速和加速工

况下 BD100 的核态颗粒物数量排放都超过了 BD0.

2.4 不同运行工况下颗粒物的几何平均粒径

表 3 为试验公交车燃用 6 种不同配比生物柴油在不同运行工况下的颗粒物几何平均粒径 D_g .

分析表 3 可知,在低,中速区间下,随着加速度的增加,不同配比生物柴油的 D_g 均逐渐增大;高速区间下, D_g 先增加后减小;在同一速度区间下,随着生物柴油掺混比例的增加, D_g 随加速度变化的幅度变小;在低速区间,BD0 的 D_g 从减速时的 35.5 nm 增加到加速时的 62.9 nm,BD100 的 D_g 从 32.5 nm 增加到 39.4 nm;在同一运行工况下,随生物柴油掺混比例的增加, D_g 逐渐变小.这主要是因为生物柴油掺混比例越大,聚集态颗粒物数量排放越少且粒径向小粒径方向移动,核态颗粒物数量变化不大甚至有所增加.

表 3 不同运行工况下颗粒物的几何平均粒径 D_g/nm

Table 3 Particle geometric diameter under different operating conditions

运行工况		BD0	BD5	BD10	BD20	BD50	BD100
低速	减速	35.5	34.7	34.5	34.4	32.5	32.5
	匀速	52.3	51.4	49.7	48.0	43.5	37.4
	加速	62.9	61.9	58.7	56.2	48.9	39.4
中速	减速	43.0	42.2	39.7	39.0	35.5	31.5
	匀速	59.4	58.7	55.3	52.2	43.8	33.7
	加速	55.0	59.1	56.1	53.0	44.0	33.8
高速	减速	43.6	42.3	38.0	36.4	29.9	23.4
	匀速	56.1	54.4	51.2	48.2	40.2	30.6
	加速	55.0	53.0	48.9	45.9	37.4	27.0

3 结论

(1)不同配比燃料的颗粒物数量及质量排放随车速和加速度的增加均呈逐渐增加趋势.

(2)同一车速或加速度下,随着生物柴油掺混比例的增加,颗粒物数量及质量排放均呈现降低趋势,而且车速或加速度越大,降低作用越显著.

(3)不同车速区间下,颗粒物数量排放的粒径分布均呈双峰分布;不同加速度区间下,颗粒物数量排放的粒径分布由减速时的双峰分布逐渐过渡到加速时的单峰分布.

(4)随车速的增加,聚集态颗粒数量物排放逐渐变慢,核态颗粒物数量排放增加逐渐变快;随加速度的增加,聚集态颗粒物数量排放快速上升,核态颗粒物数量排放变化不大.

(5)同一车速或加速度区间下,随着生物柴油掺混比例的增加,聚集态颗粒物数量排放的降幅显著,而且峰值向小粒径方向移动;核态颗粒物变化

不大.生物柴油能够降低颗粒物的几何平均粒径.

参考文献:

[1] Johnson T V. Review of diesel emissions and control[J]. SAE International Journal of Fuels and Lubricants, 2010, 3(1): 16-29.

[2] 秦孔建,高继东,刘双喜,等.公交车用柴油发动机颗粒物排放特性的试验研究[J].汽车工程,2008,30(10): 866-870.

[3] 谭丕强,楼狄明,胡志远.发动机燃用生物柴油的核态颗粒排放[J].工程热物理学报,2010,31(7): 1231-1234.

[4] 李昌珠,蒋丽娟,程树棋.生物柴油——绿色能源[M].北京:化学工业出版社,2005.

[5] Chuepeng S, Xu H M, Tsolakis A, et al. Particulate matter size distribution in the exhaust gas of a modern diesel engine fuelled with a biodiesel blend[J]. Biomass and Bioenergy, 2011, 35(10): 4280-4289.

[6] Murugesan A, Umarani C, Subramanian R, et al. Bio-diesel as an alternative fuel for diesel engines: A review[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009, 13(3): 653-662.

[7] 谭丕强,胡志远,楼狄明.车用发动机燃用生物柴油的颗粒物数量排放[J].汽车安全与节能学报,2010,1(1): 83-88.

- [8] 楼狄明, 石健, 赵杰, 等. 共轨柴油机燃用不同配比生物柴油的性能与排放特性[J]. 内燃机工程, 2009, **30**(6): 21-25.
- [9] Lapuerta M, Armas O, Ballesteros R, *et al.* Diesel emissions from biofuels derived from Spanish potential vegetable oils[J]. Fuel, 2005, **84**(6): 773-780.
- [10] 李国良, 赖春杰, 孙万臣, 等. 生物柴油燃料对柴油机不同负荷工况微粒粒度分布的影响[J]. 热科学与技术, 2011, **10**(3): 264-268.
- [11] 刘双喜, 史永万, 高俊华, 等. 柴油机燃用棉籽生物柴油的排放颗粒物成分[J]. 燃烧科学与技术, 2010, **16**(5): 442-445.
- [12] 楼狄明, 胡炜, 谭丕强, 等. 发动机燃用生物柴油稳态工况颗粒粒径分布[J]. 内燃机工程, 2011, **32**(5): 16-22.
- [13] 丁焰, 葛蕴珊, 王军方, 等. 生物柴油发动机 PM 排放的理化特性研究[J]. 内燃机工程, 2010, **31**(3): 39-43.
- [14] 谭丕强, 阮帅帅, 胡志远, 等. 发动机燃用生物柴油的颗粒可溶有机组分及多环芳烃排放[J]. 机械工程学报, 2012, **48**(8): 115-121.
- [15] 马志豪, 张小玉, 马凡华, 等. 生物柴油/柴油发动机排放颗粒电镜分析[J]. 农业机械学报, 2012, **43**(7): 19-23.
- [16] Giakoumis E G, Rakopoulos C D, Dimaratos A M, *et al.* Exhaust emissions of diesel engines operating under transient conditions with biodiesel fuel blends[J]. Progress in Energy and Combustion Science, 2012, **38**(5): 691-715.
- [17] Gill S S, Tzolakis A, Herreros J M, *et al.* Diesel emissions improvements through the use of biodiesel or oxygenated blending components[J]. Fuel, 2012, **95**(1): 578-586.
- [18] An H, Yang W M, Chou S K, *et al.* Combustion and emissions characteristics of diesel engine fueled by biodiesel at partial load conditions[J]. Applied Energy, 2012, **99**: 363-371.
- [19] Zhang J, He K B, Shi X Y, *et al.* Comparison of particle emissions from an engine operating on biodiesel and petroleum diesel[J]. Fuel, 2011, **90**(6): 2089-2097.
- [20] 马志豪, 张小玉, 王鑫, 等. 基于热重分析法的生物柴油-柴油发动机颗粒排放研究[J]. 农业机械学报, 2011, **42**(9): 26-29.
- [21] 楼狄明, 沈航泉, 胡志远, 等. 基于不同原料生物柴油混合燃料的发动机性能研究[J]. 内燃机工程, 2011, **32**(1): 29-33.
- [22] López J M, Jiménez F, Aparicio F, *et al.* On-road emissions from urban buses with SCR + Urea and EGR + DPF systems using diesel and biodiesel [J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2009, **14**(1): 1-5.
- [23] Armas O, Gómez A, Mata C, *et al.* Particles emitted during the stops of an urban bus fuelled with ethanol-biodiesel-diesel blends [J]. Urban Climate, 2012, **2**: 43-54.
- [24] Kousoulidou M, Ntziachristos L, Fontaras G, *et al.* Impact of biodiesel application at various blending ratios on passenger cars of different fueling technologies[J]. Fuel, 2012, **98**: 88-94.
- [25] 胡志远, 岳晗, 谭丕强, 等. 柴油出租车燃用不同替代燃料的试验研究[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2012, **40**(4): 596-600.

CONTENTS

Stable Carbon Isotopic Composition in PM _{2.5} in Nanjing Region	WU Meng-long, GUO Zhao-bing, LIU Feng-ling, <i>et al.</i> (3727)
Distribution and Source Apportionment of <i>n</i> -Alkanes in Atmospheric Particle in Taiyuan, China	HU Dong-mei, PENG Lin, BAI Hui-ling, <i>et al.</i> (3733)
Study on Influence of Traffic and Meteorological Factors on Inhalable Particle Matters of Different Size	LUO Na-na, ZHAO Wen-ji, YAN Xing, <i>et al.</i> (3741)
Particle Emission Characteristics of Diesel Bus Fueled with Bio-diesel	LOU Di-ming, CHEN Feng, HU Zhi-yuan, <i>et al.</i> (3749)
Characteristics of δ ¹⁸ O in Precipitation and Water Vapor Sources in Lanzhou City and Its Surrounding Area	CHEN Fen-li, ZHANG Ming-jun, MA Qian, <i>et al.</i> (3755)
Characteristics and Sources of Soluble Ions in Aerosols from Glacier No. 1 at the Headwater of Urumqi River, Tianshan Mountains, China	YUE Xiao-ying, LI Zhong-qin, ZHANG Ming-jun, <i>et al.</i> (3764)
Mechanism and Performance of Styrene Oxidation by O ₃ /H ₂ O ₂	HE Jue-cong, HUANG Qian-ru, YE Qi-hong, <i>et al.</i> (3772)
Sulfur Isotopic Signatures in Leaves of <i>Pinus massoniana</i> Lamb. and Source Apportionment	GUAN Hui, XIAO Hua-yun, ZHU Ren-guo, <i>et al.</i> (3777)
Comparisons of Sulfur Contents and Isotopes Between Mosses and Surface Soils in Jiangxi Province	LI Nan, XIAO Hua-yun, CHEN Yong-zhong, <i>et al.</i> (3782)
Research on Spatial Characteristic of Non-point Source Pollution in Liaohe River Basin	WANG Xue-lei, CAI Ming-yong, ZHONG Bu-qing, <i>et al.</i> (3788)
Spatial and Temporal Variations of Hydrological Characteristic on the Landscape Zone Scale in Alpine Cold Region	YANG Yong-gang, HU Jin-fei, XIAO Hong-lang, <i>et al.</i> (3797)
Distribution of Matrix-Bound Phosphine in Surface Sediments of Jinpu Bay	YOU Li-li, ZONG Hai-bo, ZHANG Shu-fang, <i>et al.</i> (3804)
Effects of Drying-Rewetting Alternation on Urease Activity in Chongming East Intertidal Flat; Results of a Simulation Study	HAN Jian-gang, CAO Xue (3810)
Characterization of Microbial Activities in Marine Mudflat Sediment Using FDA Hydrolase Analysis	LIU Ye, ZOU Li, LIU Lu, <i>et al.</i> (3818)
Analysis of Ecological Risk and the Content Situation of Polybrominated Diphenyl Ethers in Sediments from Northeast China River Basin	NIE Hai-feng, CHENG Hang-xin, ZHAO Chuan-dong, <i>et al.</i> (3825)
Residues and Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Surface Sediments and Marine Organisms from Dapeng Bay, Shenzhen	SUN Run-xia, KE Chang-liang, GU Yang-guang, <i>et al.</i> (3832)
Source Apportionment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Using Two Mathematical Models for Runoff of the Shanghai Elevated Inner Highway, China	BIAN Lu, LI Tian, HOU Juan (3840)
Biomagnification of Heavy Metals in the Aquatic Food Chain in Daning River of the Three Gorges Reservoir During Initial Impoundment	YU Yang, WANG Yu-chun, ZHOU Huai-dong, <i>et al.</i> (3847)
Temporal and Spatial Distribution of Environmental Factors and Chlorophyll-a and Their Correlation Analysis in a Small Enclosed Lake	LI Fei-peng, ZHANG Hai-ping, CHEN Ling (3854)
Experiment and Model Simulation of Self-Purification Capacity of Nitrogen and Phosphorus in Lake Taihu	HAN Tao, ZHAI Shu-hua, HU Wei-ping, <i>et al.</i> (3862)
Simulation Research on the Release of Internal Nutrients Affected by Different Dredging Methods in Lake	CHEN Chao, ZHONG Ji-cheng, FAN Cheng-xin, <i>et al.</i> (3872)
Research of Urban Eutrophic Water Repair by Water/Sediment Biological Bases	ZHOU Hui-hua, SONG Xiao-guang, WU Ge, <i>et al.</i> (3879)
Effects of Regulatory Agent on the Heavy Metal Stability in Tidal Sediments	OU Feng-zhuang, SUN Guo-ping, XU Mei-ying (3888)
Impact of Regional Water Chemistry on the Phosphorus Isothermal Adsorption of the Sediments in Three Subsidence Waters of the Huainan Mine Areas	YI Qi-tao, SUN Peng-fei, XIE Kai, <i>et al.</i> (3894)
Adsorption Characteristics of f2 Bacteriophages by Four Substrates in Constructed Wetland	CHEN Di, ZHENG Xiang, WEI Yuan-song, <i>et al.</i> (3904)
Adsorption Characteristics of the Antibiotic Sulfanilamide onto Rice Husk Ash	Ji Ying-xue, WANG Feng-he, ZHANG Fan, <i>et al.</i> (3912)
Study on the Stability Variation Mechanism of Humic Acid Water Solution After Radiated by the UV Light	WANG Wen-dong, ZHOU Li-chuan, DING Zhen-zhen, <i>et al.</i> (3921)
Comparison of As Removal Performance by Graphene/Iron-Based Material	Chaomuerlege, FENG Liu, HUO Yan-xia (3927)
Studies on the Dispersion and Deposition Behavior of Nano-TiO ₂ in Aquatic System	CHEN Jin-yuan, FANG Jin-feng, WEI Xiu-zhen (3933)
Effect of the Interaction of Microorganisms and Iron Oxides on Arsenic Releasing into Groundwater in Chinese Loess	XIE Yun-yun, CHEN Tian-hu, ZHOU Yue-fei, <i>et al.</i> (3940)
Surface Modification of Polyvinylidene Fluoride (PVDF) Membrane by Using the Zwitterionic Substance	ZHOU Gui-hua, XIAO Feng, XIAO Ping, <i>et al.</i> (3945)
Estimate the Abatement Rate of Septic Tank Sewage Outfall Soil on Nitrogen Pollutants of Typical Farmer Household Sewage	ZHOU Feng, WANG Wen-lin, WANG Guo-xiang, <i>et al.</i> (3954)
Wastewater Pollution Characteristics from Typical Intensive Pig Farms in the Pearl River Delta and Its Ecological Risk Assessment	LI Wen-ying, PENG Zhi-ping, YU Jun-hong, <i>et al.</i> (3963)
Effects of Sludge Compost Used as Lawn Medium on Lawn Growth and Soil and Water Environment	JIN Shu-quan, ZHOU Jin-bo, CHEN Ruo-xia, <i>et al.</i> (3969)
Influencing Factors of Floc Size Distribution and Fractal Dimension of Activated Sludge	LI Zhen-liang, ZHANG Dai-jun, LU Pei-li, <i>et al.</i> (3975)
Influence of Different Recovery Methods on the Activity of Nitrification Granular Sludge	GUO Xiu-li, GAO Da-wen, LU Jian-cong (3981)
Study on Hydrogen Autotrophic Denitrification of Bio-ceramic Reactor	CHEN Dan, WANG Hong-yu, SONG Min, <i>et al.</i> (3986)
Studies on Spatial Heterogeneity of Soil Respiration in a Subalpine Meadow	YAN Jun-xia, LI Jun-jian, LI Hong-jian, <i>et al.</i> (3992)
Modeling of CO ₂ Fluxes at Cropland by Using SIB3 Model	ZHANG Geng-jun, LU Li-xin, JIANG Ling-mei, <i>et al.</i> (4000)
Effects of the Different Land Use on Soil Labile Organic Matter and Carbon Management Index in Junyun Mountain	XU Peng, JIANG Chang-sheng, HAO Qing-ju, <i>et al.</i> (4009)
Heavy Metal Content in Street Dust and Environmental Risk Assessment of Agricultural City: A Case Study of Xuchang City	YAN Hui, CHEN Jie, XIAO Jun (4017)
Polybrominated Diphenyl Ethers and Polychlorinated Biphenyls in Road Dust from Suzhou, Wuxi and Nantong	SHI Shuang-xin, DONG Liang, LI Ling-ling, <i>et al.</i> (4024)
Vertical Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Abandoned Vehicles Dismantling Area Soil	WU Yan-yu, HU Xiao-ying, HONG Hong-jia, <i>et al.</i> (4031)
Stabilization and Long-term Effect of Chromium Contaminated Soil	WANG Jing, LUO Qi-shi, ZHANG Chang-bo, <i>et al.</i> (4036)
Leaching Characteristics of Sulfadiazine and Sulfamethoxazole in Soil Column	LI Man, CHEN Wei-ping, WEI Fu-xiang, <i>et al.</i> (4042)
Transport Behaviors of Metal Oxide Nanomaterials in Various Soils	FANG Jing, YU Bo-yang (4050)
Fractal Characteristics of Capillary Finger Flow for NAPLs Infiltrated in Porous Media	LI Hui-ying, DU Xiao-ming, YANG Bin, <i>et al.</i> (4058)
Allelopathic Potential of <i>Phyllostachys edulis</i> on Two Dominant Tree Species of Evergreen Broad-leaved Forest in Its Invasive Process	BAI Shang-bin, ZHOU Guo-mo, WANG Yi-xiang, <i>et al.</i> (4066)
Preliminary Studies on the Occurrence of Antibiotic Resistance Genes in Typical Aquaculture Area of the Pearl River Estuary	LIANG Xi-mei, NIE Xiang-ping, SHI Zhen (4073)
Concentrations and Safety Evaluation of Heavy Metals in Aquatic Products of Yancheng, Jiangsu Province	LIU Yang, FU Qiang, GAO Jun, <i>et al.</i> (4081)
Effects of Cu ²⁺ Stress on DNA Polymorphism of Genome in Foxtail Millet of Different Genotypes	ZHANG Yi-xian, FU Ya-ping, XIAO Zhi-hua, <i>et al.</i> (4090)
Research on Soil Bacteria Under the Impact of Sealed CO ₂ Leakage by High-throughput Sequencing Technology	TIAN Di, MA Xin, LI Yu-e, <i>et al.</i> (4096)
Microeukaryotic Biodiversity in the Waste Ore Samples Surrounding an Acid Mine Drainage Lake	LI Si-yuan, HAO Chun-bo, WANG Li-hua, <i>et al.</i> (4105)
Characteristics and Functional Protein Analysis of an Effective Decabromodiphenyl Ether-Degrading Strain	CHANG Jing-jing, YIN Hua, QIN Hua-ming, <i>et al.</i> (4112)
Effect of Selenium on the Uptake and Translocation of Manganese, Iron, Phosphorus and Selenium in Rice (<i>Oryza sativa</i> L.)	HU Ying, HUANG Yi-zong, HUANG Yan-chao, <i>et al.</i> (4119)
Effect of Exogenous Iron on Accumulation and Chemical Forms of Cadmium, and Physiological Characterization in Different Varieties of Tomato	LIU Jun, ZHOU Kun, XU Wei-hong, <i>et al.</i> (4126)
Analysis of Control Policy for Persistent Toxic Substances from Electronic Wastes in China	LI Li, LÜ Yong-long, WANG Tie-yu (4132)

《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10月15日 34卷 第10期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 34 No. 10 Oct. 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