

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第11期

Vol.33 No.11

2012

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

京津冀与长三角区域大气 NO ₂ 污染特征	王英, 李令军, 刘阳 (3685)
2008~2011 年夏季京津冀区域背景大气污染变化分析	杨俊益, 辛金元, 吉东生, 朱彬 (3693)
沧州市大气污染特征观测研究	王永宏, 胡波, 王跃思, 刘伟, 张武 (3705)
华北工业城市降水中金属元素污染特征及来源	李月梅, 潘月鹏, 王跃思, 王英锋, 李杏茹 (3712)
广州市交通主干道空气中苯系物的测量	叶丛雷, 谢品华, 秦敏, 凌六一, 郑尼娜, 刘文彬, 黄祖照 (3718)
基于实时交通信息的道路机动车动态排放清单模拟研究	黄成, 刘娟, 陈长虹, 张健, 刘登国, 朱景瑜, 黄伟明, 巢渊 (3725)
柴油轿车燃用煤基 F-T 合成油的排放特性	胡志远, 程亮, 谭丕强, 楼狄明 (3733)
九龙江口滨海湿地生源要素空间分布特征	余小青, 杨军, 刘乐冕, 田原, 余正, 王昌付 (3739)
南四湖水体氮、磷营养盐时空分布特征及营养状态评价	舒凤月, 刘玉配, 赵颖, 吴艳鹏, 李爱华 (3748)
天目湖流域湿地对氮磷输出影响研究	李兆富, 刘红玉, 李恒鹏 (3753)
北京市新建城区不透水地表径流 N、P 输出形态特征研究	李立青, 吕书丛, 朱仁肖, 刘泽权, 单保庆 (3760)
云阳宗海库的分布与来源	张玉玺, 向小平, 张英, 陈玺, 刘景涛, 王金翠, 张媛静, 孙继朝 (3768)
南方某城市地表水体中粪源性污染指示微生物的分布特征研究	孙傅, 沙婧, 刘彦华 (3778)
三峡库区大宁河藻细胞昼夜垂直迁移研究	张永生, 郑丙辉, 姜霞, 郑浩, 钟娜, 陈春宵 (3787)
江淮农村生态型排水系统构建及截污作用研究	单保庆, 李楠, 唐文忠 (3797)
人工湿地植物床-沟壕系统水质净化效果	汪仲琼, 张荣斌, 陈庆华, 魏宏斌, 王为东 (3804)
潜流人工湿地演变对废水中有机物、氮及磷去除的影响	魏泽军, 谢建平, 黄玉明 (3812)
人工湿地处理含盐生活污水的特性研究	高峰, 杨朝晖, 李晨, 金卫红, 邓一兵 (3820)
催化湿式氧化法降解水中的 β -萘酚	刘杰, 于超英, 赵培庆, 陈革新 (3826)
ZVI/EDDS/Air 体系降解水中 2,4-二氯酚的研究	孙倩, 周海燕, 曹梦华, 吴琳娜, 王琳玲, 陈静, 陆晓华 (3833)
微波改性 MWNTs/TiO ₂ 复合材料对 1,2,3-三氯苯的光催化降解研究	施周, 张茜, 张伟, 徐舜开, 张骅 (3840)
腐殖酸对生物炭去除水中 Cr(VI) 的影响机制研究	丁文川, 田秀美, 王定勇, 曾晓岚, 徐茜, 陈健康, 艾小雨 (3847)
臭氧氧化-活性污泥法处理含 PVA 工业废水的试验研究	邢晓琼, 黄程兰, 刘敏, 陈滢 (3854)
复合底物对颗粒化 EBPR 系统除磷特性的影响及优化试验研究	徐少娟, 孙培德, 郑雄柳, 董毅 (3859)
进水比例对水解反应器出水水质的影响研究	梁康强, 熊娅, 戚茂荣, 林秀军, 朱民, 宋英豪 (3868)
厌氧-好氧联合型生物反应器填埋场渗滤液水质水量变化规律的研究	韩智勇, 刘丹, 李启彬, 陈馨 (3873)
我国城市污水处理回用调查研究	郭宇杰, 王学超, 周振民 (3881)
快雌醇和壬基酚在土壤中的吸附-解吸特征	姜鲁, 王继华, 李建忠, 辛佳, 李森, 刘翔 (3885)
黄土丘陵区刺槐林深层土壤有机碳矿化特征初探	马昕昕, 许明祥, 杨凯 (3893)
半干旱黄土丘陵区土壤结皮的地表水文效应	卫伟, 温智, 陈利顶, 陈瑾, 吴东平 (3901)
广西大石围巨型漏斗土壤中多环芳烃与环境因素	孔祥胜, 祁士华, 蒋忠诚, 黄保健 (3905)
酸性条件下黄铁矿氧化机制的研究	王楠, 易筱筠, 党志, 刘云 (3916)
淋洗条件下砂土和粉土盐运移过程的监测研究	付腾飞, 贾永刚, 郭磊, 刘晓磊 (3922)
空气注射修复苯污染地下水模拟研究	樊艳玲, 姜林, 张丹, 钟茂生, 贾晓洋 (3927)
不同终点检测 5 种双酚 A 类化合物对 MCF-7 的细胞毒性	张帅帅, 刘堰, 刘树深, 朱祥伟 (3935)
上海世博园后滩湿地桤木类群落特征及其对环境因子的响应	陈立婧, 吴艳芳, 景钰湘, 王聪, 张饮江 (3941)
耐盐石油降解菌的筛选鉴定及其特性研究	吴涛, 谢文军, 依艳丽, 李小彬, 王君, 胡相明 (3949)
高效降酚菌株 <i>Ochrobactrum</i> sp. CH10 生长动力学和苯酚降解特性的研究	陈晓华, 魏刚, 刘思远, 孙江曼, 王芳芳, 李昊源, 刘宇军 (3956)
四溴双酚 A 好氧降解菌的筛选及其降解特性研究	钱艳园, 刘莉莉, 于晓娟, 丁丛, 王志平, 施玉衡, 李晨君 (3962)
长期施用有机和无机肥对黑土 <i>nirS</i> 型反硝化菌种群结构和丰度的影响	尹昌, 范分良, 李兆君, 宋阿琳, 朱平, 彭畅, 梁永超 (3967)
三氯乙烯在不同土壤中的吸附特性及其影响因素研究	何龙, 邱兆富, 吕树光, 逯志昌, 王治立, 隋倩, 林匡飞, 刘勇弟 (3976)
多菌灵在农田土壤中的降解及其影响因素研究	肖文丹, 杨肖娥, 李廷强 (3983)
硫化物对垃圾焚烧污泥焚烧飞灰高温过程中重金属挥发的影响	刘敬勇, 孙永裕 (3990)
关于医疗垃圾飞灰中二噁英在惰性气氛下的低温热脱附研究	纪莎莎, 李晓东, 徐旭, 陈彤 (3999)
第七届环境模拟与污染控制学术研讨会论文	
稻田气溶胶 NH ₃ 和气体 NO _x 排放在线测定研究	龚巍巍, 栾胜基 (4006)
一种可同时检测挥发性氯代烷烃和氯代烯烃的电子鼻的研制	文晓刚, 刘锐, 蔡强, 万梅, 汤灵容, 陈吕军 (4012)
基于被动采样技术的垃圾焚烧厂及周边大气中 PAHs 分布研究	孙少艾, 李洋, 周轶, 王海蛟, 孙英 (4018)
涪江流域农业非点源污染空间分布及污染源识别	丁晓雯, 沈珍瑶 (4025)
人工湿地不同区域基质磷含量的差异分析	曹雪莹, 种云霄, 余光伟, 仲海涛 (4033)
基于 RT-qPCR 选择性检测水中活性病原菌	林怡雯, 李丹, 吴舒旭, 何苗, 杨天 (4040)
消毒副产物生成的温度影响和动力学模型	张小璐, 杨宏伟, 王小仵, 付静, 解跃峰 (4046)
一种厌氧微观定量研究新方法	张仲良, 吴静, 蒋剑凯, 姜洁, 李怀志 (4052)
梧桐树叶作为反硝化碳源的研究	熊剑锋, 徐华, 阎宁, 张永明 (4057)
降解嗜盐菌 AD-3 的筛选、降解特性及加氧酶基因的研究	崔长征, 冯天才, 于亚琦, 董斐, 杨昕梅, 冯耀宇, 刘勇弟, 林汉平 (4062)
《环境科学》征订启事 (3711) 《环境科学》征稿简则 (3767) 信息 (3998, 4039, 4045, 4056) 专辑征稿通知 (4051)	

柴油轿车燃用煤基 F-T 合成油的排放特性

胡志远,程亮,谭丕强,楼狄明

(同济大学汽车学院,上海 201804)

摘要: 依据 GB 18352.3-2005 I 型试验循环,对帕萨特柴油轿车燃用沪四柴油、煤基 F-T 合成油、体积混合比例分别为 10% 和 50% 的煤基 F-T 合成油-沪四柴油混合燃料的 CO、NO_x、HC、PM 和 CO₂ 排放特性进行了试验研究,分析了该车燃用 F-T 合成油尾气污染物排放的环境影响特性。结果表明,GB 18352.3-2005 I 型试验循环中,该车燃用煤基 F-T 合成油-沪四柴油混合燃料城区行驶循环排放的 CO、HC、PM 和 CO₂ 相对较高,城郊行驶循环排放的 NO_x 相对较高;与沪四柴油比较,该柴油轿车燃用煤基 F-T 合成油-沪四柴油混合燃料后,其 CO、NO_x、HC、PM 和 CO₂ 排放均有不同程度的降低,且产生气溶胶、酸化、全球变暖等环境影响的潜力减小。煤基 F-T 合成油是一种较理想的柴油替代/补充燃料。

关键词: 柴油轿车; 煤基 F-T 合成油; 混合燃料; 环境; 排放特性

中图分类号: X51 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)11-3733-06

Emission Characteristics of a Diesel Car Fueled with Coal Based Fischer-Tropsch (F-T) Diesel and Fossil Diesel Blends

HU Zhi-yuan, CHENG Liang, TAN Pi-qiang, LOU Di-ming

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

Abstract: According to the first type test cycle of China national standard GB 18352.3-2005, the CO, NO_x, HC, PM and CO₂ emission characteristics of a PASSAT diesel car fueled with Shanghai local IV diesel, coal based Fischer-Tropsch (F-T) diesel, and the blends of coal based F-T diesel and Shanghai local IV diesel up to 10% and 50% by volume were analyzed respectively. And the environmental impacts such as decreased air quality, health impact, photochemical ozone, global warming, and acidification that could be caused by CO, NO_x, HC, PM and CO₂ emission of the diesel car were also assessed. The results showed that under GB 18352.3-2005 No. 1 test driving cycle, which consisted of four urban driving cycles and one extra urban driving cycle, the CO, HC, PM and CO₂ emissions were released mainly in the urban driving cycles whereas the NO_x emissions occurred mainly in the extra urban driving cycle. Compared with Shanghai local IV diesel, all of the CO, NO_x, HC, PM and CO₂ emissions of the diesel car decreased to different extents when fueled with coal based F-T diesel blends. Moreover, the aerosol generation potential, global warming potential and acidification potential of F-T diesel fueled diesel car were also reduced. To sum up, coal based F-T diesel would be one of the alternative fuels to diesel in China.

Key words: diesel car; coal based fischer-tropsch diesel; mixed fuel; environment; emission characteristics

我国自 1993 年成为石油净进口国,石油对外依存度一路攀升,2011 年,我国进口石油 25 378 万 t,石油对外依存度达 55.2%,成为世界上石油对外依存度最高的国家。同时,我国的汽车年产量连续 9 a 保持两位数增长,2010 年我国汽车产销量均超 1 800 万辆,成为全球最大的汽车生产和消费国。2011 年,我国汽车产销量均超 1 840 万辆。汽车行驶的主要燃料是从石油中提炼出来的汽油和柴油,汽车的普及大大加速了对石油的需求。在庞大的石油消费中,汽车每年消耗汽油、柴油数量分别占其总产量的 78% 和 29%。因此,发展煤基 F-T 合成油等柴油替代燃料,采取措施降低汽车对石油资源的消耗,是实现汽车节能的重要途径之一。

煤基合成油是以煤炭为原料,通过化学加工过程生产油品和石油化工产品的技术,包含煤直接液

化和煤间接液化两种技术路线。煤直接液化是将煤在高温高压条件下,通过催化加氢直接液化合成液态烃类燃料,并脱除硫、氮、氧等。煤直接液化技术具有对煤的种类适应性差,反应及操作条件苛刻,产出燃油的芳烃、硫和氮等杂质含量高,十六烷值低的特点,在发动机上直接燃用较为困难^[1,2]。煤间接液化首先把煤气化,再通过 Fischer-Tropsch 合成工艺(F-T 合成)为烃类燃料。煤基 F-T 合成油具有十六烷值高、H/C 高、低硫和低芳烃等特点,能与化石柴油以任意比例互溶^[3]。研究表明:F-T 合成油可降低柴油机的 CO、NO_x 和 PM 排放^[4~10]。我国的煤炭资源相对丰富,结合我国的能源资源特点,发展

收稿日期: 2012-01-09; 修订日期: 2012-05-05

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)项目(2008AA11A169)

作者简介: 胡志远(1970~),男,博士,副教授,主要研究方向为汽车清洁代用燃料, E-mail: huzhiyuan@tongji.edu.cn

煤基 F-T 合成油可以在一定程度上降低汽车对石油资源的消耗^[11,12]. 目前国内外对煤基 F-T 合成油在发动机台架上的试验研究较多,但在整车上的排放研究还鲜见报道.

本研究对帕萨特柴油轿车燃用沪四柴油、煤基 F-T 合成油、体积混合比例分别为 10% 和 50% 的煤基 F-T 合成油-沪四柴油混合燃料的 CO、NO_x、PM 和 CO₂ 排放特性进行试验分析,系统考察煤基 F-T 合成油对柴油轿车 CO、NO_x、PM 和 CO₂ 排放的改善效果,以及对柴油轿车尾气排放可能导致的气溶胶、光化学烟雾、酸化、全球变暖等环境影响的降低效果.

1 材料与方法

1.1 试验样车

试验样车为帕萨特柴油轿车,发动机为水冷直列四缸两气门、电控泵喷嘴、高压直喷涡轮增压柴油机,并配备废气再循环系统和尾气氧化催化转换器,其主要技术参数如表 1 所示.

表 1 柴油轿车的主要技术参数

Table 1 Technical parameters of the diesel car	
项目	参数
发动机额定功率/kW	96
发动机额定转速/r·min ⁻¹	4 000
发动机最大扭矩/N·m ⁻¹	285
发动机最大扭矩转速/r·min ⁻¹	1 750
发动机排量/L	1.896
压缩比	19:1
长×宽×高(mm×mm×mm)	4 780×1 740×1 470
轴距(半载)/mm	2 803
整备质量/kg	1 435
最小转弯直径/m	11.2
排放	国Ⅲ

1.2 试验燃料、系统及方案

试验燃料为沪四柴油(C0)、煤基 F-T 合成油(C100)、体积混合比例分别为 10%(C10)和 50%(C50)的煤基 F-T 合成油-沪四柴油混合燃料. 试验燃料沪四柴油与纯煤基 F-T 合成油的主要理化指标如表 2 所示.

试验系统包括上海佐竹公司的环境模拟舱、德国 SCHENCK 公司的 48 英寸底盘测功机、日本 HORIBA 公司的 CVS 定容稀释采样系统、MEXA-7000 排放分析仪、主控计算机、司机助等部分. CVS 定容稀释采样系统在规定的条件下,将背景气和稀释样气采集到气袋中,在工况运行结束后进行分析. 颗粒物的测量采用全流稀释气道法,经过两

级采样稀释,然后让采样气体全量通过过滤器以收集排气中的颗粒物. 颗粒物的采集与称重设备分别为 HORIBA 公司的 CHAM 1000 颗粒物测量系统和 SARTORIUS 公司的 M5P 超微量天平. 测试设备的主要技术参数如表 3 所示.

表 2 试验燃油的主要理化指标

Table 2 Physical and chemical parameters of test fuels			
项目	检测方法	沪四柴油	煤基 F-T 合成油
密度(20℃)/kg·m ⁻³	ASTM D4052	822.0	757.0
黏度(20℃)/mm ² ·s ⁻¹	ASTM D445	4.652	2.140
90% 馏出温度/℃	ASTM D86	342.2	257.8
硫含量/mg·kg ⁻¹	ASTM D2622	35	2
十六烷值	ASTM D613	54.7	70
低热值/MJ·kg ⁻¹	ASTM D240	42.48	44.23
芳烃含量(质量分数)/%	EN 12916	23.3	<4
C 含量/%	GB/T 15460	85.50	84.26
H 含量/%	GB/T 15460	13.92	15.24

表 3 排放测试设备的主要技术参数

Table 3 Technical parameters of the test system		
设备	项目	参数
环境舱	温度范围/℃	-10~45
	最高车速/km·h ⁻¹	200
底盘测功机	最大牵引力/N	6 500
	最大轴荷/kg	2 000
排放分析仪	HC	0~5 000×10 ⁻⁶
	CO	0~1 000×10 ⁻⁶
	CO ₂	0~20%
	NO _x	0~1 000×10 ⁻⁶
超微量天平	量程/mg	0~5 000
	分析精度/mg	0.001

试验依据《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国Ⅲ、Ⅳ阶段)》(GB 18352.3-2005) I 型试验循环进行,又称 NEDC 循环(New European Driving Cycle). 整个循环共持续 1 180 s,由试验 1 部(市区行驶循环,urban driving cycle,UDC)和 2 部(市郊行驶循环,extra urban driving cycle,EUDC)组成. 其中 1 部行驶循环包含 4 个相同的 ECE-15 循环单元(欧洲经济委员会[Economic Commission for Europe,(ECE)制定的驾驶循环],称为 ECE I-IV,每个市区循环单元包含怠速、加速、匀速、减速等 15 个工况,平均车速 19 km·h⁻¹,理论行驶距离 1.013 km. 试验 2 部由一个市郊行驶循环组成,称为 EUDC 循环,有效行驶时间 400 s,包含怠速、加速、匀速、减速等 13 个工况,平均车速 62.6 km·h⁻¹,理论行驶距离 6.955 km,最高车速 120 km·h⁻¹. 需要说明的是试验样车配备了氧化催化转化器,排放污染物测试结果并非发动机的初始排放.

2 结果与分析

2.1 柴油轿车燃用煤基 F-T 合成油的污染物排放

2.1.1 CO 排放特性

该车燃用 C0、C10、C50、C100 的 CO 排放特性如图 1 所示。

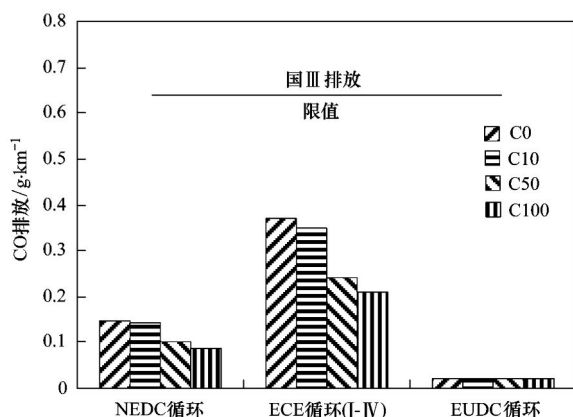


图 1 柴油、煤基 F-T 合成油 0%、10%、50%、100% 混合燃料的 CO 排放特性

Fig. 1 CO emission characteristic of the diesel car fueled with 0%, 10%, 50% and 100% coal-based F-T blends

由图 1 可见,NEDC 循环中 ECE 循环(I ~ IV) 排放的 CO 较高. 随着混合燃料中煤基 F-T 合成油比例的升高,该车 NEDC 循环、ECE 循环(I ~ IV) 排放的 CO 降低,EUDC 循环排放的 CO 略有降低,但变化不大. 这是因为,CO 是碳或烃类燃烧的中间产物和不完全燃烧产物之一,产生的原因包括可燃混合气温度过低、可燃混合气局部缺氧等^[13]. ECE 循环的平均车速较低,且车速变化频繁,发动机工况频繁变化,产生过浓区可能性增加,CO 排放相对较高. 煤基 F-T 合成油的馏出温度较低,蒸发过程进行较快,产生过浓区可能性变小,CO 排放较低^[14]. 同时,煤基 F-T 合成油的芳香烃含量低,十六烷值高,着火性能好,能改善燃烧,CO 排放降低^[15].

2.1.2 NO_x 排放特性

该车燃用 C0、C10、C50、C100 的 NO_x 排放特性如图 2 所示. 可见,NEDC 循环中 EUDC 循环排放的 NO_x 相对较高. 随着混合燃料中煤基 F-T 合成油比例的升高,该车 NEDC 循环、ECE 循环(I ~ IV) 和 EUDC 循环排放的 NO_x 降低. 这是因为,NO_x 生成的主要因素为高温、富氧和高温持续时间^[16]. EUDC 循环的车速较高,发动机负荷较大,缸内温度较高,NO_x 排放较高. 一方面,煤基 F-T 合成油的十六烷值高、滞燃期短,燃烧时预混合燃烧比例减少,

预混合放热峰值小,NO_x 生成减少^[17]; 另一方面,煤基 F-T 合成油的芳香烃含量降低,导致缸内温度有所降低,NO_x 排放较低^[18].

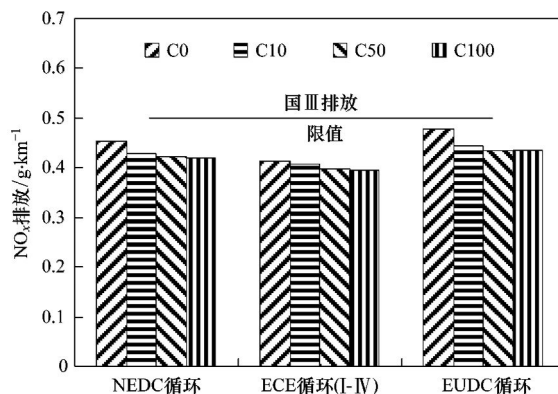


图 2 柴油、煤基 F-T 合成油 0%、10%、50%、100% 混合燃料的 NO_x 排放特性

Fig. 2 NO_x emission characteristic of the diesel car fueled with 0%, 10%, 50% and 100% coal-based F-T blends

2.1.3 HC 排放特性

该车燃用 C0、C10、C50、C100 的 HC 排放特性如图 3 所示。

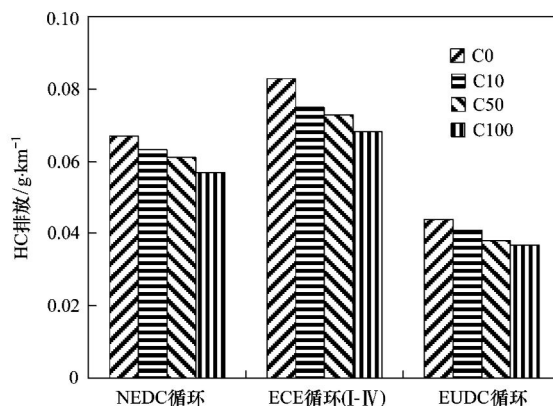


图 3 柴油、煤基 F-T 合成油 0%、10%、50%、100% 混合燃料的 HC 排放特性

Fig. 3 HC emission characteristic of the diesel car fueled with 0%, 10%, 50% and 100% coal-based F-T blends

由图 3 可见,NEDC 循环中 ECE 循环(I ~ IV) 排放的 HC 相对较高. 随着混合燃料中煤基 F-T 合成油比例的升高,该车 NEDC 循环、ECE 循环(I ~ IV)、EUDC 循环排放的 HC 降低. HC 排放包括无氧碳氢和有氧碳氢,生成的原因主要有混合气过浓、混合气过稀、燃烧温度过低以及反应时间过短等,直喷式柴油机的 HC 排放来源于油束的过浓区、过稀区以及油束碰壁激冷区^[19]. ECE 循环的平均车速较低,车速变化频繁,发动机工况亦频繁变化,产生过浓区和过稀区可能性增加,HC 排放量较高;

EUDC 循环的车速较高,发动机负荷较大,缸内温度较高,HC 排放量相对较低. 随着混合燃油中煤基 F-T 合成油比例的增加,混合燃料的十六烷值升高、滞燃期变短,在滞燃期内产生过稀区的可能性变小,HC 排放降低^[20];同时,由于 F-T 合成油燃烧时预混合燃烧比例减少,预混合放热峰值小,缸内温度较低,扩散燃烧比例增大,未燃碳氢和裂解碳氢均较少,HC 排放较低^[21].

2.1.4 PM 排放特性

该车燃用 C0、C10、C50、C100 的 PM 排放特性如图 4 所示.

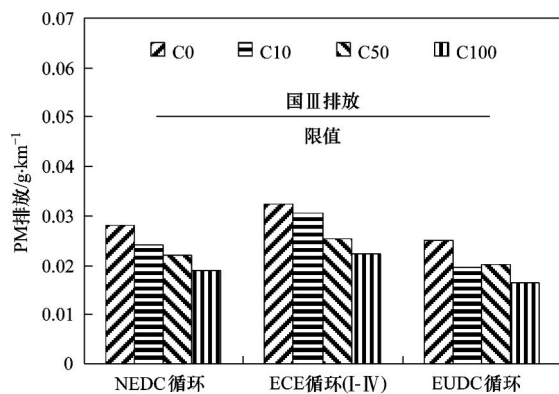


图 4 柴油、煤基 F-T 合成油 0%、10%、50%、100% 混合燃料的 PM 排放特性

Fig. 4 PM emission characteristic of the diesel car fueled with 0%, 10%, 50% and 100% coal-based F-T blends

由图 4 可见,NEDC 循环中 EUDC 循环排放的 PM 相对较少. 随着混合燃料中煤基 F-T 合成油比例的增加,该车 NEDC 循环、ECE 循环 (I ~ IV)、EUDC 循环排放的 PM 降低. 这是因为,PM 是由于燃烧时燃料与空气混合不均匀,造成局部过浓,在高温缺氧情况下产生的. 碳烟排放与燃料的碳氢比以及硫和芳香烃含量有关^[22]. ECE 循环的平均车速较低,车速变化频繁,发动机工况频繁变化,产生过浓区可能性增加,PM 排放相对较高. 随着混合燃料中煤基 F-T 合成油比例的增大,混合燃料的硫含量、碳氢比、密度均有所降低,有助于降低燃料的 PM 排放^[23].

2.1.5 CO₂ 排放特性

该车燃用 C0、C10、C50、C100 的 CO₂ 排放特性如图 5 所示. 可见,NEDC 循环中 ECE 循环 (I ~ IV) 排放的 CO₂ 相对较高. 该车燃用煤基 F-T 合成油 NEDC 循环、ECE 循环 (I ~ IV)、EUDC 循环排放的 CO₂ 有所降低. 这是因为,ECE 循环的平均车速较低,发动机工况频繁变化,处于发动机经济油耗

区的时间较少,油耗较高,CO₂ 排放亦较高. 煤基 F-T 合成油具有氢碳比高等特点,可在一定程度上降低 CO₂ 排放^[24].

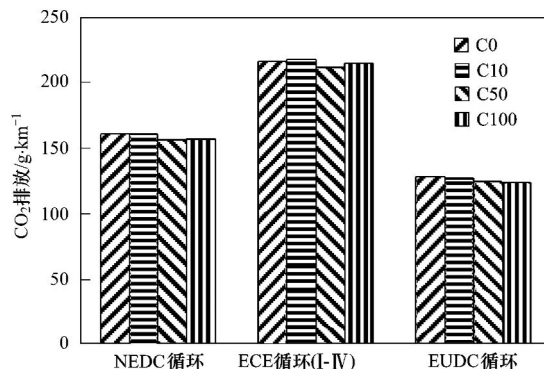


图 5 柴油、煤基 F-T 合成油 0%、10%、50%、100% 混合燃料的 CO₂ 排放特性

Fig. 5 CO₂ emission characteristic of the diesel car fueled with 0%, 10%, 50% and 100% coal-based F-T blends

2.2 煤基 F-T 合成油对柴油轿车尾气排放的降低效果

与沪四柴油比较,该车燃用 C10、C50、C100 后的 CO、NO_x、HC、HC + NO_x、PM 和 CO₂ 排放降低比例如表 4 所示. 可见,随着混合燃料中煤基 F-T 合成油比例的升高,该车 NEDC 循环排放的 CO、NO_x、HC + NO_x、PM 排放降低,CO₂ 排放有所降低.

表 4 煤基 F-T 合成油对柴油轿车尾气排放的降低效果/%

燃料	CO	NO _x	HC	HC + NO _x	PM	CO ₂
C10	-1	-5	-6	-5	-14	0
C50	-31	-7	-9	-7	-21	-3
C100	-39	-8	-15	-8	-32	-2

2.3 柴油轿车燃用煤基 F-T 合成油的环境排放特性

柴油轿车产生的 HC、CO、NO_x、PM、CO₂ 等污染物排放到大气中将可能导致气溶胶、光化学烟雾、酸化、全球变暖等环境问题. 其尾气污染物排放产生某类环境影响的潜力为可能产生此类环境影响的污染物排放量与该污染物排放产生该类环境影响系数乘积的和.

$$P_i = \sum_j \phi_{ij} \times E_{ij} \quad (1)$$

式中, P_i 为柴油轿车尾气排放可能产生的第 i 类环境影响潜力; ϕ_{ij} 为产生第 i 类环境影响的第 j 种污染物排放导致第 i 类环境影响的系数; E_{ij} 为柴油轿车尾气排放中可能导致第 i 类环境影响的第 j 种污

染物排放量。

定义柴油轿车尾气污染物排放产生的环境影响包括全球变暖、光化学烟雾、酸化、人体毒性、气溶胶五种影响类型^[25]。尾气排放产生的环境影响归类如图 6 所示,各污物的环境排放影响系数如表 5 所示。

该车 NEDC 循环排放 HC、CO、NO_x、PM、CO₂ 污染物导致的气溶胶、光化学烟雾、酸化、全球变暖环境影响潜力如表 6 所示。

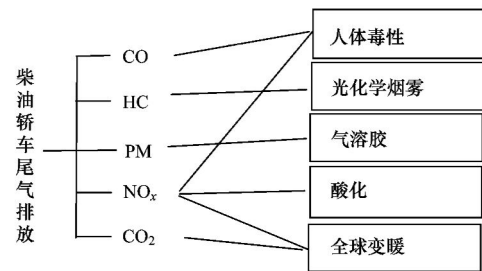


图 6 柴油轿车尾气污染物排放归类

Fig. 6 Emission classification of the diesel car

表 5 柴油轿车污染物排放的环境影响系数

Table 5 Environmental impact coefficient of diesel car emissions

污染物排放	影响类别				
	全球变暖	光化学烟雾	酸化	人体毒性	气溶胶
CO				0.012	
HC		0.416			
NO _x	310		0.7	0.78	
CO ₂	1				
PM					1

表 6 柴油轿车燃用煤基 F-T 燃料的环境影响潜力

Table 6 Environmental impact potential of the diesel car fueled with coal-based F-T blends

燃料	环境影响类型				
	全球变暖	光化学烟雾	酸化	人体毒性	气溶胶
C0	301.43	0.028	0.317	0.355	0.028
C10	294.29	0.026	0.301	0.337	0.024
C50	287.23	0.025	0.295	0.330	0.022
C100	286.89	0.024	0.293	0.328	0.019

由表 6 可见,随着混合燃料中煤基 F-T 合成油比例的升高,该车 NEDC 循环排放的 CO、NO_x、HC、PM 排放产生的气溶胶、酸化、全球变暖潜力降低,推广使用煤基 F-T 合成油可以改善柴油轿车尾气污染排放产生的环境影响。

3 结论

(1) NEDC 循环中,该车燃用煤基 F-T 合成油-沪四柴油混合燃料 ECE 循环排放的 CO、HC、PM 和 CO₂ 排放较高,EUDC 循环排放的 NO_x 较高。

(2) 随着混合燃料中煤基 F-T 合成油比例的增加,该车 NEDC 循环排放的 CO、NO_x、HC 和 PM 排放降低,CO₂ 排放有所降低,产生气溶胶、酸化、全球变暖等环境影响的潜力减少。

(3) 煤基 F-T 合成油是一种较理想的柴油替代/补充燃料。

参考文献:

[1] 孙予罕,李永旺.煤基浆态床合成油品的工业化[J].中国科学院院刊,2002,(2):100-103.
[2] 许锋,段树林.煤直接液化燃油在 1E150C 型柴油机上的试

验研究[J].内燃机学报,1999,17(2):104-107.

- [3] Alleman T L, McCormick R L. Fischer-Tropsch diesel fuels properties and exhaust emissions; a literature review[J]. SAE 2003-01-0763.
[4] Armas O, Yehliu K, Boehman A L. Effect of alternative fuels on exhaust emissions during diesel engine operation with matched combustion phasing[J]. Fuel, 2010, 89(2): 438-456.
[5] Yehliu K, Boehman A L, Armas O. Emissions from different alternative diesel fuels operating with single and split fuel injection[J]. Fuel, 2010, 89(2): 423-437.
[6] McMillian M H, Gautans M. Combustion and emission characteristics of fischer-tropsch and standard diesel fuel in a single cylinder diesel engine[J]. SAE 2001-01-0357.
[7] Cowart J S, Sink E M, Slye P G, et al. Performance, efficiency and emissions comparison of diesel fuel and a fischer-tropsch synthetic fuel in a CFR single cylinder diesel engine during high load operation[J]. SAE, 2008-01-2382.
[8] 刘立东,宋崇林,朱广艳,等. F-T 柴油对电控高压共轨柴油机性能及排放影响的研究[J]. 燃烧化学学报,2011, 39(1): 75-80.
[9] 胡云剑,金环年,李克健,等. 煤直接液化柴油的性质及发动机燃烧和排放[J]. 石油学报(石油加工),2010, 26(z1): 246-252.

- [10] 胡志远, 程亮, 李文书, 等. 柴油轿车燃用煤制油的排放特性[J]. 汽车技术, 2011, (8): 7-9.
- [11] 白凤华, 苏海全, 张玉龙, 等. F-T 合成技术生产替代燃料对环境的影响及对策[J]. 环境工程学报, 2008, 2(12): 1719-1722.
- [12] 任杰, 张怀科, 李永旺. F-T 合成油品加工技术的研究进展[J]. 燃烧化学学报, 2009, 37(6): 769-776.
- [13] 胡志远, 李金, 李文书, 等. 柴油轿车燃用不同替代燃料的排放特性研究[J]. 汽车技术, 2011, (5): 23-24.
- [14] 黄勇成, 潘克煜, 李永旺, 等. 直喷式柴油机燃用 F-T 柴油时的性能与排放[J]. 内燃机学报, 2005, 23(6): 498-502.
- [15] 武涛, 黄震, 张武高, 等. 柴油/GTL 混合燃料特性及对柴油机排放的影响[J]. 汽车工程, 2007, 29(5): 397-400.
- [16] Alleman T L, McCormick R L. Fischer-tropsch diesel fuels properties and exhaust emissions: a literature review[J]. SAE, 2003-01-0763.
- [17] 孙万臣, 解方喜, 孟德军, 等. GTL/柴油混合燃料对直喷式柴油机排放特性的影响[J]. 内燃机工程, 2010, 31(5): 87-91.
- [18] 黄勇成, 周龙保, 王尚学, 等. 柴油机燃用 F-T 柴油与 0 号柴油混合燃料时的性能与排放[J]. 内燃机工程, 2007, 28(3): 71-75.
- [19] 黄勇成, 王尚学, 周龙保. F-T 柴油对直喷式柴油机燃烧和排放的影响[J]. 内燃机工程, 2007, 28(2): 19-23.
- [20] 胡准庆, 张欣. 煤基合成柴油在汽车发动机上的应用[J]. 煤炭学报, 2008, 33(5): 588-591.
- [21] 黄勇成, 李永旺, 任杰, 等. F-T 柴油在直喷式柴油机中燃烧与排放特性的研究[J]. 燃烧化学学报, 2005, 33(4): 492-496.
- [22] 蒋德明. 一种超清洁柴油机代用燃料——F-T 柴油[J]. 柴油机, 2003, 24(5): 1-4.
- [23] Wei Q, Akard M, Porter S, *et al.* The effect of drive cycles on PM emission characteristics from a gasoline vehicle[J]. SAE, 2009-01-1119.
- [24] 胡志远, 谭丕强, 赵杰, 等. 重型柴油机燃用天然气合成油的性能与排放[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2009, 30(7): 960-963, 973.
- [25] 胡志远, 谭丕强, 楼狄明. 共轨柴油机燃用麻疯树制生物柴油的环境排放特性[J]. 内燃机工程, 2011, 32(4): 65-70.

CONTENTS

Characteristics of Atmospheric NO ₂ in the Beijing-Tianjin-Hebei Region and the Yangtze River Delta Analyzed by Satellite and Ground Observations	··· WANG Ying, LI Ling-jun, LIU Yang (3685)
Variation Analysis of Background Atmospheric Pollutants in North China During the Summer of 2008 to 2011	····· YANG Jun-yi, XIN Jin-yuan, JI Dong-sheng, <i>et al.</i> (3693)
Characteristics of Atmospheric Pollutants in Cangzhou	····· WANG Yong-hong, HU Bo, WANG Yue-si, <i>et al.</i> (3705)
Chemical Characteristics and Sources of Trace Metals in Precipitation Collected from a Typical Industrial City in Northern China	····· LI Yue-mei, PAN Yue-peng, WANG Yue-si, <i>et al.</i> (3712)
BTX Monitoring Nearby Main Road Traffic in Guangzhou	····· YE Cong-lei, XIE Pin-hua, QIN Min, <i>et al.</i> (3718)
Dynamic Road Vehicle Emission Inventory Simulation Study Based on Real Time Traffic Information	····· HUANG Cheng, LIU Juan, CHEN Chang-hong, <i>et al.</i> (3725)
Emission Characteristics of a Diesel Car Fueled with Coal Based Fischer-Tropsch (F-T) Diesel and Fossil Diesel Blends	····· HU Zhi-yuan, CHENG Liang, TAN Pi-qiang, <i>et al.</i> (3733)
Spatial Variations of Biogenic Elements in Coastal Wetland Sediments of the Jiulong River Estuary	····· YU Xiao-qing, YANG Jun, LIU Le-mian, <i>et al.</i> (3739)
Spatio-Temporal Distribution of TN and TP in Water and Evaluation of Eutrophic State of Lake Nansi	····· SHU Feng-yue, LIU Yu-pei, ZHAO Ying, <i>et al.</i> (3748)
Impact on Nitrogen and Phosphorous Export of Wetlands in Tianmu Lake Watershed	····· LI Zhao-fu, LIU Hong-yu, LI Heng-peng (3753)
Nitrogen and Phosphorus Composition in Urban Runoff from the New Development Area in Beijing	····· LI Li-qing, LÜ Shu-cong, ZHU Ren-xiao, <i>et al.</i> (3760)
Distribution and Sources of Arsenic in Yangzonghai Lake, China	····· ZHANG Yu-xi, XIANG Xiao-ping, ZHANG Ying, <i>et al.</i> (3768)
Occurrence of Fecal Indicator Bacteria in Urban Surface Water: A Case Study in Southern China	····· SUN Fu, SHA Jing, LIU Yan-hua (3778)
Vertical Migration of Algal Cells in the Daning River Bay of the Three Gorges Reservoir	····· ZHANG Yong-sheng, ZHENG Bing-hui, JIANG Xia, <i>et al.</i> (3787)
Construct of Yangtze-Huai River Rural Areas Ecological Drainage System and Its Retention Effect on Pollutants	····· SHAN Bao-qing, LI Nan, TANG Wen-zhong (3797)
Water Treatment Efficiency of Constructed Wetland Plant-Bed/Ditch Systems	····· WANG Zhong-qiong, ZHANG Rong-bin, CHEN Qing-hua, <i>et al.</i> (3804)
Effect of the Subsurface Constructed Wetland Evolution into Free Surface Flow Constructed Wetland on the Removal of Organic Matter, Nitrogen, and Phosphorus in Wastewater	····· WEI Ze-jun, XIE Jian-ping, HUANG Yu-ming (3812)
Treatment Characteristics of Saline Domestic Wastewater by Constructed Wetland	····· GAO Feng, YANG Zhao-hui, LI Chen, <i>et al.</i> (3820)
Degradation of β -Naphthol by Catalytic Wet Air Oxidation	····· LIU Jie, YU Chao-ying, ZHAO Pei-qing, <i>et al.</i> (3826)
Degradation of 2,4-Dichlorophenol in Aqueous Solution by ZVI/EDDS/Air System	····· SUN Qian, ZHOU Hai-yan, CAO Meng-hua, <i>et al.</i> (3833)
Study on Photocatalytic Degradation of 1,2,3-Trichlorobenzene Using the Microwaved MWNTs/TiO ₂ Composite	····· SHI Zhou, ZHANG Qian, ZHANG Wei, <i>et al.</i> (3840)
Mechanism of Cr(VI) Removal from Aqueous Solution Using Biochar Promoted by Humic Acid	····· DING Wen-chuan, TIAN Xiu-mei, WANG Ding-yong, <i>et al.</i> (3847)
Research on the Treatment of Wastewater Containing PVA by Ozonation-Activated Sludge Process	····· XING Xiao-qiong, HUANG Cheng-lan, LIU Min, <i>et al.</i> (3854)
Effects of Composite Substrates on the Phosphorus Removal in Granule-based EBPR System and Its Optimization Experiment	····· XU Shao-juan, SUN Pei-de, ZHENG Xiong-liu, <i>et al.</i> (3859)
Research of Input Water Ratio's Impact on the Quality of Effluent Water from Hydrolysis Reactor	····· LIANG Kang-qiang, XIONG Ya, QI Mao-rong, <i>et al.</i> (3868)
Evolution of Leachate Quantity and Quality in the Anaerobic-semiaerobic Bioreactor Landfill	····· HAN Zhi-yong, LIU Dan, LI Qi-bin, <i>et al.</i> (3873)
National Survey of Urban Sewage Reuse in China	····· GUO Yu-jie, WANG Xue-chao, ZHOU Zhen-min (3881)
Sorption and Desorption of 17 α -Ethinyl Estradiol and 4- <i>n</i> -Nonylphenol in Soil	····· JIANG Lu, WANG Ji-hua, LI Jian-zhong, <i>et al.</i> (3885)
Soil Organic Carbon Mineralization of Black Locust Forest in the Deep Soil Layer of the Hilly Region of the Loess Plateau, China	····· MA Xin-xin, XU Ming-xiang, YANG Kai (3893)
Effects of Soil Crusts on Surface Hydrology in the Semiarid Loess Hilly Area	····· WEI Wei, WEN Zhi, CHEN Li-ding, <i>et al.</i> (3901)
Environmental Factors on Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils from Dashiwei Karst Giant Doline (Tiankeng) in Guangxi, China	····· KONG Xiang-sheng, QI Shi-hua, JIANG Zhong-cheng, <i>et al.</i> (3905)
Investigation on Mechanism of Pyrite Oxidation in Acidic Solutions	····· WANG Nan, YI Xiao-yun, DANG Zhi, <i>et al.</i> (3916)
Monitoring of Water and Salt Transport in Silt and Sandy Soil During the Leaching Process	····· FU Teng-fei, JIA Yong-gang, GUO Lei, <i>et al.</i> (3922)
Simulation on Remediation of Benzene Contaminated Groundwater by Air Sparging	····· FAN Yan-ling, JIANG Lin, ZHANG Dan, <i>et al.</i> (3927)
Detecting the Cytotoxicities of Five Bisphenol A Analogues to the MCF-7 Human Breast Carcinoma Cell Line Through Different Endpoints	····· ZHANG Shuai-shuai, LIU Yan, LIU Shu-shen, <i>et al.</i> (3935)
Response of Copepod Community Characteristics to Environmental Factors in the Backshore Wetland of Expo Garden, Shanghai	····· CHEN Li-jing, WU Yan-fang, JING Yu-xiang, <i>et al.</i> (3941)
Isolation, Identification and Characterization of Halotolerant Petroleum-degrading Bacteria	····· WU Tao, XIE Wen-jun, YI Yan-li, <i>et al.</i> (3949)
Growth Kinetics and Phenol Degradation of Highly Efficient Phenol-degrading <i>Ochrobactrum</i> sp. CH10	····· CHEN Xiao-hua, WEI Gang, LIU Si-yuan, <i>et al.</i> (3956)
Isolation of Aerobic Degrading Strains for TBBPA and the Properties of Biodegradation	····· QIAN Yan-yuan, LIU Li-li, YU Xiao-juan, <i>et al.</i> (3962)
Influences of Long-term Application of Organic and Inorganic Fertilizers on the Composition and Abundance of <i>nirS</i> -type Denitrifiers in Black Soil	····· YIN Chang, FAN Fen-liang, LI Zhao-jun, <i>et al.</i> (3967)
Characteristics and Influencing Factors of Trichloroethylene Adsorption in Different Soil Types	····· HE Long, QIU Zhao-fu, LÜ Shu-guang, <i>et al.</i> (3976)
Degradation of Carbendazim in Paddy Soil and the Influencing Factors	····· XIAO Wen-dan, YANG Xiao-e, LI Ting-qiang (3983)
Effects of Sulphur Compounds on the Volatile Characteristics of Heavy Metals in Fly Ash from the MSW and Sewage Sludge Co-combustion Plant During the Disposal Process with Higher Temperature	····· LIU Jing-yong, SUN Shui-yu (3990)
Low-temperature Thermal Treatment of Dioxin in Medical Waste Fly Ash Under Inert Atmosphere	····· JI Sha-sha, LI Xiao-dong, XU Xu, <i>et al.</i> (3999)
Hourly Measurement on Aerosol NH ₃ and Gas NO _x Emission in the Rice Field	····· GONG Wei-wei, LUAN Sheng-ji (4006)
Implementation of an Electronic Nose for Rapid Detection of Volatile Chloroalkane and Chloroalkene	····· WEN Xiao-gang, LIU Rui, CAI Qiang, <i>et al.</i> (4012)
Pilot Study on PAHs of the Atmosphere Around the Refuse Incineration Plant Based on the Technology of Passive Sampling	····· SUN Shao-ai, LI Yang, ZHOU Yi, <i>et al.</i> (4018)
Spatial Distribution and Pollution Source Identification of Agricultural Non-Point Source Pollution in Fujian Watershed	····· DING Xiao-wen, SHEN Zhen-yao (4025)
Difference of P Content in Different Area Substrate of Constructed Wetland	····· CAO Xue-ying, CHONG Yun-xiao, YU Guang-wei, <i>et al.</i> (4033)
Selective Detection of Viable Pathogenic Bacteria in Water Using Reverse Transcription Quantitative PCR	····· LIN Yi-wen, LI Dan, WU Shu-xu, <i>et al.</i> (4040)
Formation of Disinfection By-products; Temperature Effect and Kinetic Modeling	····· ZHANG Xiao-lu, YANG Hong-wei, WANG Xiao-mao, <i>et al.</i> (4046)
A Novel Quantitative Approach to Study Dynamic Anaerobic Process at Micro Scale	····· ZHANG Zhong-liang, WU Jing, JIANG Jian-kai, <i>et al.</i> (4052)
Leaves of <i>Platanus orientalis</i> as the Carbon Source for Denitrification	····· XIONG Jian-feng, XU Hua, YAN Ning, <i>et al.</i> (4057)
Isolation, Characterization of an Anthracene Degrading Bacterium <i>Martellella</i> sp. AD-3 and Cloning of Dioxygenase Gene	····· CUI Chang-zheng, FENG Tian-cai, YU Ya-qi, <i>et al.</i> (4062)

《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)

2012年11月15日 33卷 第11期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 11 Nov. 15, 2012

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. sciencecp. com	Distributed	by	Science Press Tel: 010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencecp. 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: 70.00 元

国外发行代号: M 205

国 内 外 公 开 发 行