

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第36卷 第8期

Vol.36 No.8

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

基于16S rRNA 基因测序法分析北京霾污染过程中 PM _{2.5} 和 PM ₁₀ 细菌群落特征	王步英, 郎继东, 张丽娜, 方剑火, 曹晨, 郝吉明, 朱昕, 田埂, 蒋靖坤 (2727)
北京城区冬季降尘微量元素分布特征及来源分析	熊秋林, 赵文吉, 郭道宇, 陈凡涛, 束同同, 郑晓霞, 赵文慧 (2735)
北京市典型餐饮企业油烟中醛酮类化合物污染特征	程婧晨, 崔彤, 何万清, 聂磊, 王军玲, 潘涛 (2743)
基于实际道路交通流信息的北京市机动车排放特征	樊守彬, 田灵娣, 张东旭, 曲松 (2750)
夏季珠江三角洲地区 PM _{2.5} 化学组分特征及其对大气能见度的影响	杨毅红, 瞿群, 刘随心, 李雄, 钟佩仪, 陶俊 (2758)
隧道工人的 PM ₁₀ 职业暴露特征调查分析及其健康风险评价	向华丽, 杨俊, 仇珍珍, 雷万雄, 曾婷婷, 兰志财 (2768)
基于在线监测的江苏省大型固定燃煤源排放清单及其时空分布特征	张英杰, 孔少飞, 汤莉莉, 赵天良, 韩永翔, 于红霞 (2775)
柴达木盆地东部降水氢氧同位素特征与水汽来源	朱建佳, 陈辉, 巩国丽 (2784)
长江口-浙闽沿岸沉积色素的分布特征及其指示意义	李栋, 姚鹏, 赵彬, 王金鹏, 潘慧慧 (2791)
“引江济太”过程中长江-望虞河-贡湖氮、磷输入特征研究	潘晓雪, 马迎群, 秦延文, 邹华 (2800)
重庆市典型城镇区地表径流污染特征	王龙涛, 段丙政, 赵建伟, 华玉妹, 朱端卫 (2809)
调水调沙对黄河下游颗粒有机碳运输的影响	张婷婷, 姚鹏, 王金鹏, 潘慧慧, 高立蒙, 赵彬, 李栋 (2817)
青藏高原冰川区可溶性有机碳含量和来源研究	严芳萍, 康世昌, 陈鹏飞, 柏建坤, 李洋, 胡召富, 李潮流 (2827)
岩溶区地下水补给型水库表层无机碳时空变化特征及影响因素	李建鸿, 蒲俊兵, 袁道先, 刘文, 肖琼, 于爽, 张陶, 莫雪, 孙平安, 潘谋成 (2833)
室内模拟不同因子对岩溶作用与碳循环的影响	赵瑞一, 吕现福, 段逸凡 (2843)
新乡市地表水体 HCHs 和 DDTs 的分布特征及生态风险评价	冯精兰, 余浩, 刘书卉, 刘梦琳, 孙剑辉 (2849)
青木关地下河系统中不同含水介质下正构烷烃对比研究	梁作兵, 孙玉川, 王尊波, 江泽利, 廖昱, 谢正兰, 张媚 (2857)
三峡库区长寿湖水体不同形态汞的空间分布特征	白薇扬, 张成, 赵锋, 唐振亚, 王定勇 (2863)
燃煤电厂周围渔业养殖行为对水生生态环境中汞形态变化的影响	梁鹏, 王远娜, 尤琼智, 高雪飞, 何杉杉 (2870)
运用硫同位素、氮氧同位素示踪厘清湖地下河硫酸盐、硝酸盐来源	李瑞, 肖琼, 刘文, 郭芳, 潘谋成, 于爽 (2877)
藻华聚集的生态效应: 对凤眼莲叶绿素和光合作用的影响	刘国锋, 何俊, 杨轶中, 韩士群 (2887)
DOM 对被动采样技术的影响与应用	于尚云, 周岩梅 (2895)
蛋白质对 PVDF 超滤膜污染行为的界面微观作用力解析	王旭东, 周森, 孟晓荣, 王磊, 黄丹曦, 夏四清 (2900)
水环境中碳纳米管对沙丁胺醇降解的影响	汪祺, 韩佳芮, 魏博凡, 周磊, 张亚, 杨曦 (2906)
β -In ₂ S ₃ 的制备及其太阳光下降解土霉素	艾翠玲, 周丹丹, 张嵘嵘, 邵享文, 雷英杰 (2911)
排水管道沉淀物氮释放特性的研究	陈红, 卓琼芳, 许振成, 王劲松, 魏清伟 (2918)
生物膜 CANON 反应器中沉积物影响及其成因分析	付昆明, 王会芳, 左早荣, 仇付国 (2926)
ABR-MBR 一体化工艺节能降耗措施优化研究	吴鹏, 陆爽君, 徐乐中, 刘捷, 沈耀良 (2934)
两个 CANON 污水处理系统中氨氧化古菌的丰度和多样性研究	高景峰, 李婷, 张树军, 樊晓燕, 潘凯玲, 马谦, 袁亚林 (2939)
ABR 耦合 CSTR 一体化工艺好氧颗粒污泥形成机制及其除污效能研究	巫恺澄, 吴鹏, 徐乐中, 李月寒, 沈耀良 (2947)
珠江三角洲地区土壤有机氯农药分布特征及风险评价	窦磊, 杨国义 (2954)
广西都安县耕地土壤重金属污染风险评价	吴洋, 杨军, 周小勇, 雷梅, 高定, 乔鹏伟, 杜国栋 (2964)
开封市公园地表灰尘重金属污染及健康风险	段海静, 蔡晓强, 阮心玲, 全致琦, 马建华 (2972)
我国西南地区氮饱和马尾松林土壤和植物 ¹⁵ N 自然丰度对长期氮施加的响应	刘文静, 康荣华, 张婷, 朱婧, 段雷 (2981)
黄土高原纬度梯度上的植物与土壤碳、氮、磷化学计量学特征	李婷, 邓强, 袁志友, 焦峰 (2988)
开顶式气室原位研究水稻根系对大气汞浓度升高的响应	陈剑, 王章玮, 张晓山, 秦普丰, 陆海军 (2997)
接种丛枝菌根真菌对蜈蚣草吸收砷的影响	郑文君, 王明元 (3004)
水稻种植对黑土微生物生物量和碳源代谢功能的影响	赵志瑞, 崔丙健, 侯彦林, 刘上千, 王岩 (3011)
固定化菌剂载体材料腐解产物对污染土壤中芘解吸的影响	全冬丽, 双生晴, 李晓军, 邓万荣, 赵然然, 贾春云, 巩宗强 (3018)
零价铁和碱激发矿渣稳定/固定化处理铬渣研究	陈忠林, 李金春子, 王斌远, 樊磊涛, 沈吉敏 (3026)
Fe ³⁺ 负载凹凸棒土 (Fe/ATP) 结构表征及其稳定化修复镉 (Cd) 机制研究	杨蓉, 李鸿博, 周永莉, 陈静, 王琳玲, 陆晓华 (3032)
原位生物修复提高多环芳烃污染土壤农用安全性	焦海华, 潘建刚, 徐圣君, 白志辉, 王栋, 黄占斌 (3038)
镉-八氯代二苯并呋喃复合污染土壤中紫茉莉对镉的修复能力	张杏丽, 邹威, 周启星 (3045)
不同水分条件对蜈蚣草修复砷污染土壤的影响	刘秋辛, 阎秀兰, 廖晓勇, 林龙勇, 杨静 (3056)
磷矿粉和腐熟水稻秸秆对土壤铅污染的钝化	汤帆, 胡红青, 苏小娟, 付庆灵, 朱俊 (3062)
洛克沙肿在青菜及土壤中的残留及降解特性	邵婷, 姚春霞, 沈源源, 张玉洁, 苏楠楠, 周守标 (3068)
3 种典型有机污染物对 2 种水生生物的急性毒性及安全评价	杨扬, 李雅洁, 崔益斌, 李梅 (3074)
石油污染物对海底微生物燃料电池性能的影响及加速降解效应	孟瑶, 付玉彬, 梁生康, 陈伟, 柳昭慧 (3080)
Cu-Mn-Ce/ 分子筛催化剂吸附甲苯后的微波原位再生及床层温度分布探究	虎雪姣, 卜龙利, 梁欣欣, 孟海龙 (3086)
热处理对猪粪高固厌氧消化产甲烷能力的影响	胡玉瑛, 吴静, 王士峰, 曹知平, 王凯军, 左剑恶 (3094)
磷石膏对麦田 CO ₂ 排放和小麦产量的影响及其经济环境效益分析	李季, 吴洪生, 高志球, 尚小厦, 郑培慧, 印进, Kakpa Didier, 任迁琪, Ogou Katchele Faustin, 陈素云, 徐亚, 姚童言, 李炜, 钱景珊, 马世杰 (3099)
全氟和多氟烷基化合物的环境风险评估研究现状、不确定性与趋势分析	郝薛文, 李力, 王杰, 曹燕, 刘建国 (3106)
《环境科学》征订启事 (2757)	
《环境科学》征稿简则 (2767)	
信息 (2734, 2783, 3073, 3079)	

基于实际道路交通流信息的北京市机动车排放特征

樊守彬^{1,2}, 田灵娣^{1,3*}, 张东旭^{1,2}, 曲松^{1,2}

(1. 北京市环境保护科学研究院, 北京 100037; 2. 国家城市环境污染控制工程技术研究中心, 北京 100037; 3. 首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048)

摘要: 通过模型模拟和调查统计方法获取了北京路网的车流量、车型构成和车速基础数据. 基于具有时空分布特征的实际道路交通流信息和排放因子, 以 ArcGIS 为平台构建了北京市机动车尾气排放清单, 并分析实际道路排放特征及污染物排放的空间分布特征. 结果表明, 北京市城区各类型道路上小客车比例均在 89% 以上, 郊区道路也为小客车比例最高, 但小货车、中货车、大货车、大客车、拖拉机和摩托车均占一定比例. 污染物排放强度与车流量呈正相关性, 污染物排放强度总体上呈现白天高夜间低的趋势, 但是郊区道路 PM 排放昼夜变化趋势不明显, 高速路的 PM 排放强度夜间大于白天. 污染物排放的空间分布为城区、南部、东南以及东北部接近城区的区域排放强度较高, 西部山区及北部山区由于路网密度较小排放强度较低, 城区环路和郊区高速公路附近由于车流量大, 排放强度较高.

关键词: 实际道路; 机动车尾气; 排放清单; 空间分布; 交通流信息

中图分类号: X511 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2015)08-2750-08 DOI: 10.13227/j.hj.kx.2015.08.004

Emission Characteristics of Vehicle Exhaust in Beijing Based on Actual Traffic Flow Information

FAN Shou-bin^{1,2}, TIAN Ling-di^{1,3*}, ZHANG Dong-xu^{1,2}, QU Song^{1,2}

(1. Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037, China; 2. National Engineering Research Center of Urban Environmental Pollution Control, Beijing 100037, China; 3. School of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract: The basic data of traffic volume, vehicle type constitute and speed on road networks in Beijing was obtained by model simulation and field survey. Based on actual traffic flow information and emission factors data with temporal and spatial distribution features, emission inventory of motor vehicle exhaust in Beijing was built on the ArcGIS platform, meanwhile, the actual road emission characteristics and spatial distribution of the pollutant emissions were analyzed. The results showed that the proportion of passenger car was higher than 89% on each type of road in the urban, and the proportion of passenger car was the highest in suburban roads as well while the pickup truck, medium truck, heavy truck, motorbus, tractor and motorcycle also occupied a certain proportion. There was a positive correlation between the pollutant emission intensity and traffic volume, and the emission intensity was generally higher in daytime than nighttime, but the diurnal variation trend of PM emission was not clear for suburban roads and the emission intensity was higher in nighttime than daytime for highway. The emission intensities in urban area, south, southeast and northeast areas near urban were higher than those in the western and northern mountainous areas with lower density of road network. The ring roads in urban and highways in suburban had higher emission intensity because of the heavy traffic volume.

Key words: actual road; vehicle exhaust; emission inventory; spatial distribution; traffic flow information

机动车尾气 NO_x 和 VOCs 排放对城市和区域的细颗粒物和臭氧等二次污染具有贡献, 为了摸清现状并采取控制措施, 国内外开展了机动车尾气排放清单^[1~3]、减排措施效果^[4,5]和对光化学烟雾污染等方面的研究^[6~9]. 为了分析我国机动车排放现状, 在北京^[10,11]、上海^[12]、广州^[13]、天津^[14]、杭州^[15]等城市或全国^[16]进行了机动车排放清单及环境影响研究, 姚志良等^[10]以北京市为研究对象给出了 IVE 模型的主要输入参数的确定方法和思路, 运用 IVE 模型对北京市不同车型机动车的排放量进行计算. Westerdahl 等^[11]根据遥感和车载测试系统的数据得出了不同车型 CO 的排放因子, 并报道了

机动车黑炭和颗粒物数浓度排放数据, 道路边的测试结果显示交通对污染物浓度有显著影响, 特别是柴油货车对黑炭浓度的影响. Wang 等^[12]应用 IVE 模型采取自下而上的方式建立了上海机动车尾气排放清单并进行不确定性分析. 朱倩茹等^[13]基于 GPS 浮动车法对广州市典型道路的机动车尾气排放量分布特征进行研究. 刘欢等^[14]运用 IVE 排放模

收稿日期: 2014-12-15; 修订日期: 2015-03-02

基金项目: 北京市科技计划项目(Z131100005613046); 北京市环境保护科学研究院科技基金项目(2013-B-04); 国家科技支撑计划项目(2013BAC17B01)

作者简介: 樊守彬(1981~), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向为大气污染控制, E-mail: fanshoubin@163.com

* 通讯联系人, E-mail: tianlingdi0@sina.com

型建立了天津市机动车污染物排放源清单。Guo 等^[15]根据遥感测试和燃油消耗法计算得到杭州机动车尾气排放清单,并与 IVE 模型结果进行对比分析。Lang 等^[16]应用 COPERT 模型和车辆保有量数据,估算了中国机动车尾气排放量并应用蒙特卡罗模拟法对误差进行分析。

车载测试系统能够测试车辆在实际行驶过程中的排放因子,是车辆实际工况排放测试、排放模型验证和控制措施评估的有效手段^[17]。Liu 等^[18]应用车载测试系统对中国柴油车的实际工况排放进行了测试,Yao 等^[19]对农用车辆的 VOCs 排放进行了车载法测试,并对其臭氧生成潜势进行了分析,Shen 等^[20]对北京轻型汽油车的 $PM_{2.5}$ 实际道路排放进行了测试,计算了轻型汽油车 $PM_{2.5}$ 排放在不同道路类型和不同时间段的贡献率,王海鲲等^[21]对轻型机动车的实际道路排放特征进行测试,樊守彬等^[22,23]对北京市国Ⅲ和国Ⅳ排放标准的柴油公交车在实际道路上的排放特征进行测试。李润奎等^[24]建立了一种基于车流和大气污染物浓度同步增量的机动车平均排放因子估算方法,结果发现冬季的 CO 排放因子远高于夏季,不同的交通状况下机动车尾气的排放存在较大的差异^[25],因此车载测试结合实际道路交通信息建立的机动车尾气排放清单具有更高的准确性和时空分辨率,黄成等^[26]构建了动态化的道路机动车污染物排放清单模拟方法,并开展了城区典型道路的机动车小时排放模拟案例研究,该方法可实时反映实际道路的机动车排放变化,获取高排放路段和时段。

本研究调查统计了北京实际道路车流量、车型分布和车速等交通流信息,结合模型计算和车载测试系统实测的排放因子数据,以 ArcGIS 为平台构建了高时空分辨率的北京市机动车尾气排放清单,分析基于实际道路交通流信息的尾气排放特征,以期对交通环境管理提供技术手段和决策依据。

1 材料与方法

1.1 排放因子确定方法

通过调研 2013 年北京市的机动车车型构成、车辆行驶工况、环境温度、油品品质等基础数据,利用 COPERT IV 模型计算得到包括汽油载客汽车、柴油载客汽车、LPG 载客汽车、汽油载货汽车、柴油载货汽车和摩托车等不同车型在实施国 0、国 I、国 II、国 III、国 IV、国 V 和国 VI 等不同阶段机动车排放标准情况下在实际路况下的 CO、 NO_x 、HC 和

PM 的排放因子。应用车载测试系统对典型车辆的尾气排放进行测试,对模型模拟的排放因子进行修正。

1.2 实际道路交通流信息获取

本研究根据北京市车辆信息数据库,获取 2013 年北京市不同燃料类型、车型大小、排放标准等的机动车保有量。为掌握实际道路上各车型的流量分布规律,本研究通过模型模拟和调查统计方法获取了城区和郊区典型道路的车流量、车型构成和车速基础数据。

本研究应用北京交通发展研究中心构建的交通模型系统对北京城区(六环内)道路车流量及车速基础信息进行了模拟。该模型系统主要功能是对全市的交通需求和供给进行模拟,分析交通系统内部的供需关系,反映真实的供需状况。通过典型道路的实际调查对模型模拟结果与真实值进行校核,全部核查线路的误差在 3%~5% 之间。模拟道路包括全路网,道路类型分为快速路、主干道、次干道和支路,通过对典型道路的调查统计,分析了城区不同类型道路不同时间段的车型构成,车辆类型分为小客车、大客车、小货车、中货车、大货车、小拖车、大拖车、拖挂和摩托车这 9 类。

通过对公路部门道路车流量和车型的统计分析和典型道路的调查,获取了郊区全路网车流量和车型构成数据,道路类型包括高速路、国道、省道、县道、乡道和专用车道等,车辆类型分类与城区相同。以北京市路网信息为基础,应用 ArcGIS 软件编辑生成实际道路上车流量、车型构成和车速基础信息的小时时间序列数据库。

1.3 排放特征分析方法

本研究以实际道路交通流信息数据库为基础,以 ArcGIS 软件为平台,整合了道路信息(道路类型、名称、长度)、交通流信息(具有时间分布特征的车流量、车型构成、车速)和机动车排放因子数据等基础信息,计算得到北京市全路网道路上机动车尾气排放量,应用 ArcGIS 软件的时间、空间分析和数据统计功能,建立高时空分辨率的机动车尾气排放清单并进行排放特征分析。

2 结果与讨论

2.1 道路车流信息特征分析

2.1.1 城区道路车流信息分析

本研究模拟和调查了北京市城区典型道路的逐时车流量、车型构成和路网实时车速信息。图 1 为

城区典型道路的车流量随时间的变化规律,从中可以看出明显的早高峰、晚高峰、平峰和夜间车流量的变化规律,早高峰最高,晚高峰次之,再次为平峰,夜间车流量最低,并且不同类型道路呈现相同的变化规律。

图2为城区路网车速变化规律,分别统计了二环内、二环至三环、三环至四环、四环至五环路网车速日变化趋势。可以明显看出早、晚高峰期间由于车流量增大,道路上的车速达到全天最低,约为 $21 \sim 22 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

城区典型道路车型构成比例见图3,从中可以看出各类型道路上均为小客车比例最高,均在89%以上,其次是大客车占3%~7%,中货车占0.4%~2%,大货车占0.2%~1.4%,摩托车占0.06%~2%。

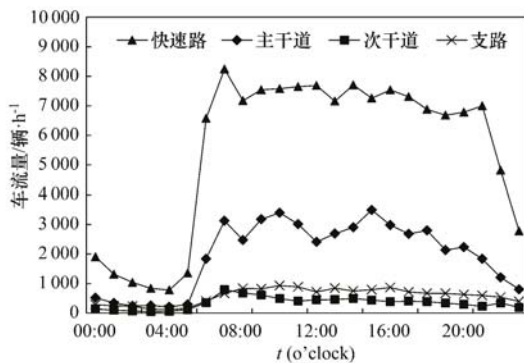


图1 城区道路车流量时间分布

Fig. 1 Temporal distribution of traffic volume on urban roads

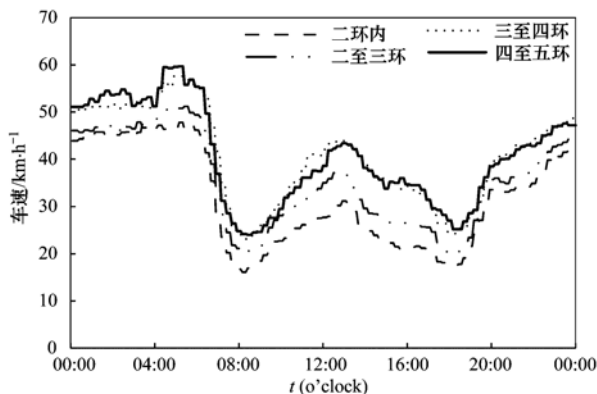


图2 城区路网车速时间分布

Fig. 2 Temporal distribution of vehicle speed on urban roads

2.1.2 郊区道路车流信息分析

选取郊区典型路段进行统计,得到了车流量和车辆类型构成的逐时变化规律,车流量的变化特征见图4,从中可以看出,车流量变化特征与城区类似,有明显的双峰特征。车型构成的日小时变化特

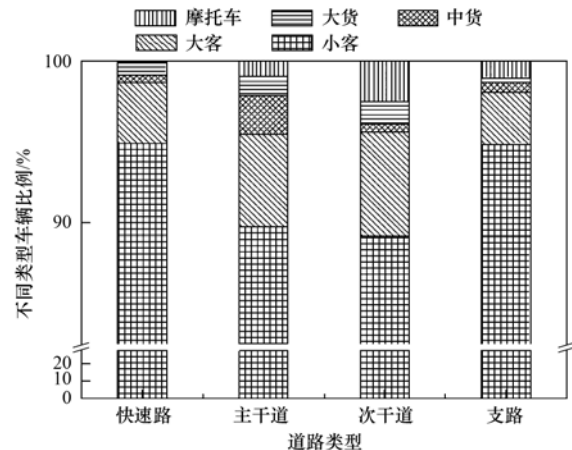


图3 城区道路上的车型构成

Fig. 3 Proportions of different types of vehicle on urban roads

征见图5,从中可以看出,小客车的比例最大,占32%~64%,其他车型按所占比例排序由高到低依次是大货车,小货车,中货车,大客车,拖拉机,在06:00~07:00时,拖拉机的比例最高达到11%,在09:00~10:00时,大客车的比例最高达到12%,在20:00~21:00时内,小客车的比例最高达到64%,在22:00~23:00时大货车的比例达到30%,在23:00~24:00时,小货车比重达到17%,在00:00~01:00时,中型货车和拖挂车分别达到14%和9%,摩托车的比例在全天均较低。

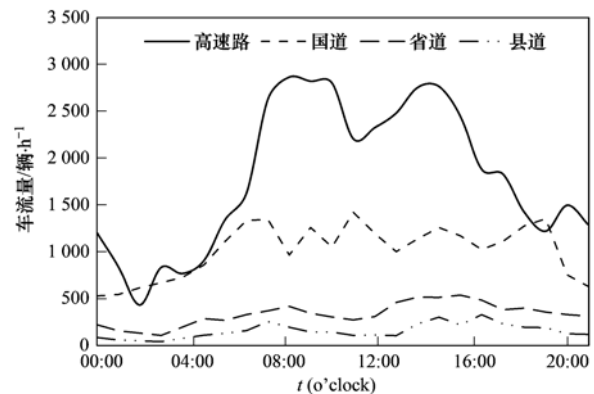


图4 郊区公路车流量时间分布

Fig. 4 Temporal distribution of traffic volume on suburb roads

图6为郊区不同类型公路上车辆类型构成,从中可以看出各类型道路车流均以小客车为主,高速路、国道、省道、县道和乡道的小客车比例分别为68.8%、32.2%、39.5%、42.6%和63.2%,其次是小货车,分别占6.1%、14.1%、13.9%、21.3%和16.5%。总体看来,各车型的比例在不同道路上有一定的规律。高速路以小客车、大客车、小货车、中货车、大货车和拖挂车为主,国道以小客车、小

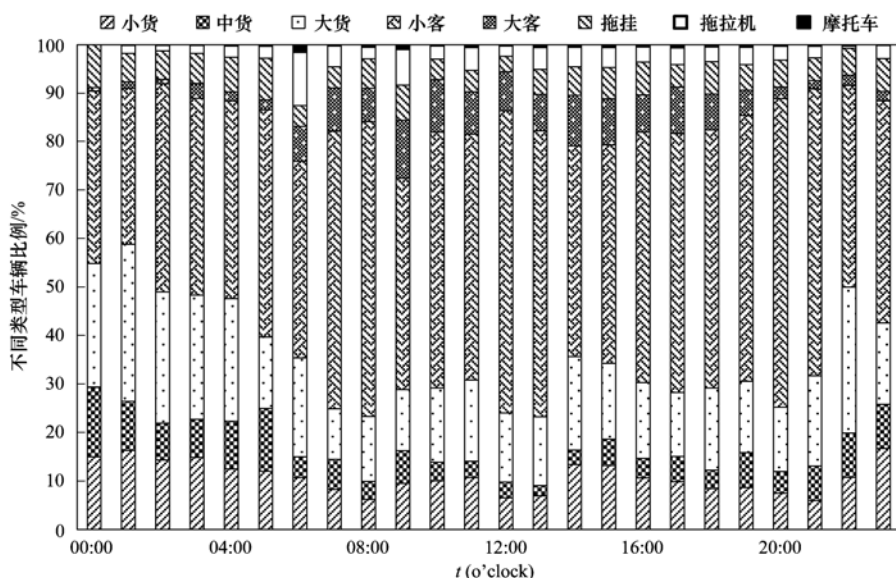


图5 郊区道路逐时车型构成

Fig. 5 Hourly traffic flow distribution of each vehicle type on suburban roads

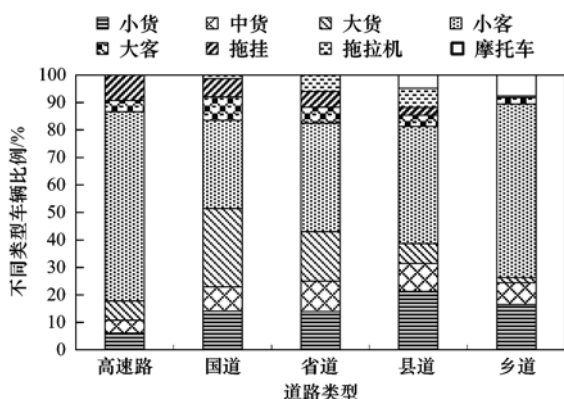


图6 郊区不同类型道路上的车型构成

Fig. 6 Proportions of different types of vehicle on suburban roads

货车和大货车为主,省道以小客车、小货车、中货车和大货车为主,县道以小客车小货车和中货车为主,乡道以小客车和小货车为主。

2.2 排放强度分析

2.2.1 城区道路机动车尾气排放强度

根据逐时的车流量、车辆类型比例、车速和不同污染物的排放因子,计算实际道路上污染物的排放强度,城区不同类型道路逐时 CO 、 NO_x 、 HC 和 PM 排放强度见图7,从中可以看出,4种污染物排放强度均为快速路最高,其次为主干道,4种类型道路的污染物排放强度呈现相同的时间变化趋势。污染物排放的时间变化规律及不同类型道路的排放强度与道路车流量总体上呈现相同的变化规律。00:00~04:00时,主干道、次干道、快速路和支路上,4种污染物均有小幅度下降的趋势,05:00~06:00

时,主干道和快速路4种污染物排放大幅度上升,而次干道和支路有小幅度增长,在07:00污染物排放达到一天内的峰值,08:00~21:00时排放仍然较高,且变化幅度较小,快速路在07:00~21:00时污染物的排放波动较大,但排放一直保持在较高的水平,22:00~23:00时,污染物排放降幅明显。

2.2.2 郊区道路机动车尾气排放强度

结合郊区道路类型、车型构成、车流量时间分布及机动车排放因子等数据得到郊区不同类型道路污染物的逐时排放强度,结果如图8所示,由于郊区乡道、村道和专用公路车流量的小时变化没有明显的规律,本研究中只对高速路、国道、省道和县道的排放强度时间分布进行分析。从图8中可以看出,污染物排放强度总体上呈现白天高夜间低的趋势,但是 PM 的排放昼夜变化趋势不明显,高速路的夜间排放强度大于白天;不同道路类型的排放强度从大到小依次为高速路、国道、省道和县道。

2.2.3 不同类型道路排放量

根据路网数据、交通流信息和机动车排放因子数据等基础信息,以 ArcGIS 软件为平台,计算得到北京市全路网道路上机动车尾气排放量,分别统计城区主干路、快速路、次干路和支路的 CO 、 NO_x 和 HC 排放量,见图9(a),分别统计郊区国道(含高速路)、省道、县道、乡道和村道的 CO 、 NO_x 和 HC 排放量,见图9(b)。从图9(a)可以看出,从排放量上来说,按照支路、快速路、主干路和次干路的顺序依次递减。从图9(b)可以看出,4种污染物排放量

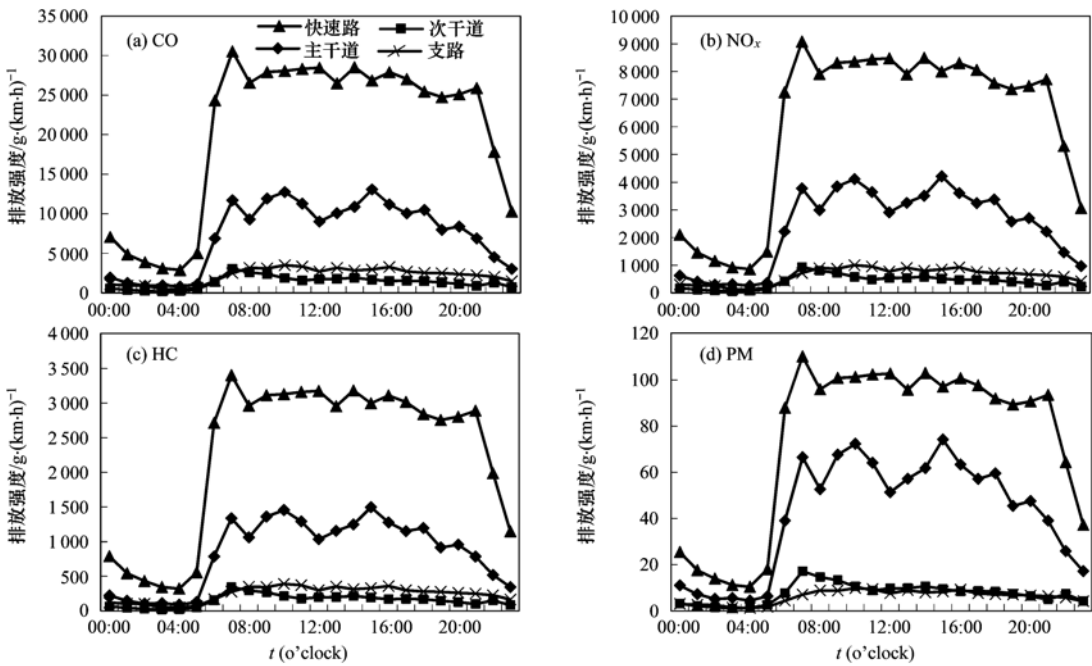


图 7 城区不同类型道路污染物排放时间分布

Fig. 7 Temporal distribution of pollutant emissions on different urban roads

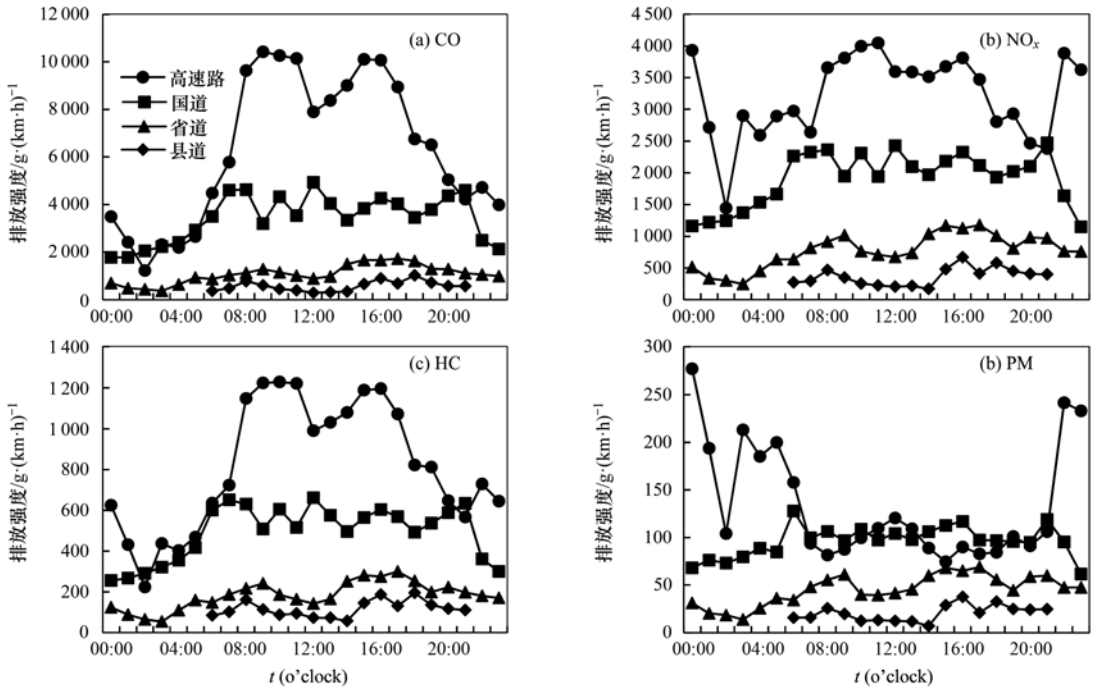


图 8 郊区不同类型道路污染物排放时间分布

Fig. 8 Temporal distribution of pollutant emissions on different suburban roads

按国道(含高速路)、省道、县道、乡道和村道的顺序依次递减。

2.3 污染物排放空间分布特征

本研究调查了北京市整个道路网全天的车流量和车速基础数据,在 ArcGIS 中建立了 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$

网格,统计每个网格的车公里数和平均车速。将基于 ArcGIS 的机动车活动强度、车型构成、行驶速度和排放因子结合在一起,建立北京市机动车尾气排放网格分布,见图 10,从中可以看出,城区、南部、东南以及东北部接近城区的区域排放强度较高,西

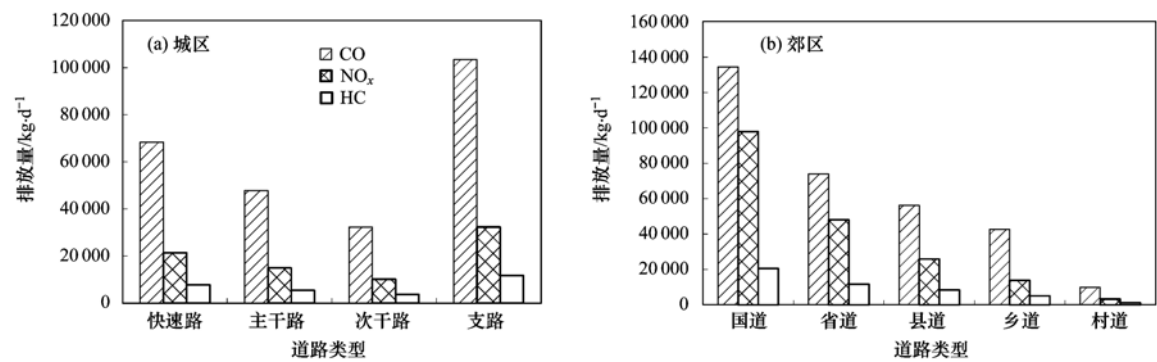


图 9 不同类型道路的污染物排放量
Fig. 9 Pollutant emissions on different types of roads

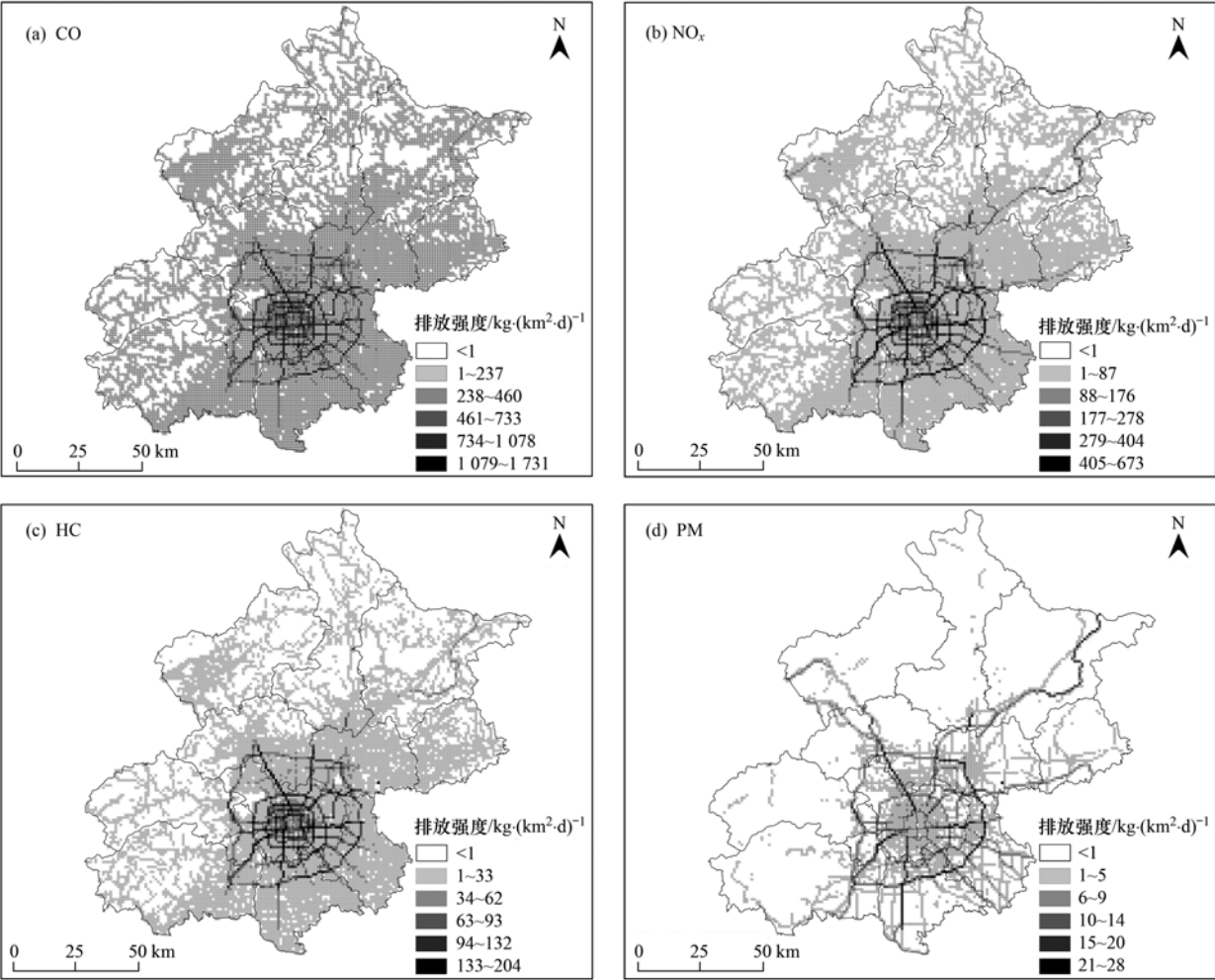


图 10 污染物排放空间分布
Fig. 10 Spatial distribution of pollutant emissions

部山区及北部山区由于路网密度较小排放强度较低。城区环路附近由于车流量大,网格内排放源强较高,郊区大广高速、京藏高速、八达岭高速等北京市主要的进出口通道附近由于车流量大,网格内排放强度大。

3 结论

(1)北京市城区道路车流量日小时变化呈“双峰”趋势,车速呈“双谷”趋势,各类型道路上均为小客车比例最高,均在 89% 以上,其次是大客车占 3%

~7%,货车和摩托车的比例较低;郊区道路同样为小客车比例最高,高速路、国道、省道、县道和乡道的小客车比例分别为68.8%、32.2%、39.5%、42.6%和63.2%,其次是小货车,分别占6.1%、14.1%、13.9%、21.3%和16.5%。

(2)污染物排放强度与车流量呈正相关性,城区快速路的排放强度最大,其次为主干道,郊区道路的排放强度从大到小依次为高速路、国道、省道和县道;污染物排放强度总体上呈现白天高夜间低的趋势,城区道路在07:00排放强度达到峰值,郊区道路在08:00~09:00排放达到峰值,但是郊区道路PM排放昼夜变化趋势不明显,高速路的PM排放强度夜间大于白天。

(3)城区道路污染物排放量为支路最大,其次为快速路、主干路和次干路,郊区道路为国道(高速路)排放量最大,其次为省道、县道、乡道和村道。污染物排放的空间分布为城区、南部、东南以及东北部接近城区的区域排放强度较高,西部山区及北部山区由于路网密度较小排放强度较低。城区环路附近由于车流量大,网格内排放源强较高,郊区大广高速、京藏高速、八达岭高速等北京市主要的进出口通道附近由于车流量大,网格内排放强度大。

参考文献:

- [1] Tsai J H, Huang P H, Chiang H L. Characteristics of volatile organic compounds from motorcycle exhaust emission during real-world driving[J]. *Atmospheric Environment*, 2014, **99**: 215-226.
- [2] Goel R, Guttikunda S. Evolution of on-road vehicle exhaust emissions in Delhi[J]. *Atmospheric Environment*, 2015, **105**: 78-90.
- [3] Zamboni G, Capobianco M, Daminelli E. Estimation of road vehicle exhaust emissions from 1992 to 2010 and comparison with air quality measurements in Genoa, Italy[J]. *Atmospheric Environment*, 2009, **43**(5): 1086-1092.
- [4] Yuan Z B, Yadav V, Turner J R, *et al.* Long-term trends of ambient particulate matter emission source contributions and the accountability of control strategies in Hong Kong over 1998-2008[J]. *Atmospheric Environment*, 2013, **76**: 21-31.
- [5] Verschueren R, Schaepdryver W, Serruys T, *et al.* Experimental study of NO_x reduction on a medium speed heavy duty diesel engine by the application of EGR (exhaust gas recirculation) and Miller timing[J]. *Energy*, 2014, **76**: 614-621.
- [6] Solomon P, Cowling E, Hidy G, *et al.* Comparison of scientific findings from major ozone field studies in North America and Europe[J]. *Atmospheric Environment*, 2000, **34**(12-14): 1885-1920.
- [7] Geiger H, Kleffmann J, Wiesen P. Smog chamber studies on the influence of diesel exhaust on photochemical formation [J]. *Atmospheric Environment*, 2002, **36**(11): 1737-1747.
- [8] Adam T W, Astorga C, Clairotte M, *et al.* Chemical analysis and ozone formation potential of exhaust from dual-fuel (liquefied petroleum gas/gasoline) light duty vehicles[J]. *Atmospheric Environment*, 2011, **45**(17): 2842-2848.
- [9] Costagliola M A, Murena F, Prati M V. Exhaust emissions of volatile organic compounds of powered two-wheelers: Effect of cold start and vehicle speed. Contribution to greenhouse effect and tropospheric ozone formation[J]. *Science of the Total Environment*, 2014, **468-469**: 1043-1049.
- [10] 姚志良, 贺克斌, 王岐东, 等. IVE 机动车排放模型应用研究[J]. *环境科学*, 2006, **27**(10): 1928-1933.
- [11] Westerdahl D, Wang X, Pan X C, *et al.* Characterization of on-road vehicle emission factors and microenvironmental air quality in Beijing, China[J]. *Atmospheric Environment*, 2009, **43**(3): 697-705.
- [12] Wang H K, Chen C H, Huang C, *et al.* On-road vehicle emission inventory and its uncertainty analysis for Shanghai, China[J]. *Science of the Total Environment*, 2008, **398**(1-3): 60-67.
- [13] 朱倩茹, 刘永红, 曾伟良, 等. 基于 GPS 浮动车法的机动车尾气排放量分布特征[J]. *环境科学研究*, 2011, **24**(10): 1097-1103.
- [14] 刘欢, 贺克斌, 王岐东. 天津市机动车排放清单及影响要素研究[J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2008, **48**(3): 370-373.
- [15] Guo H, Zhang Q Y, Shi Y, *et al.* On-road remote sensing measurements and fuel-based motor vehicle emission inventory in Hangzhou, China[J]. *Atmospheric Environment*, 2007, **41**(14): 3095-3107.
- [16] Lang J L, Cheng S Y, Zhou Y, *et al.* Air pollutant emissions from on-road vehicles in China, 1999-2011[J]. *Science of the Total Environment*, 2014, **496**: 1-10.
- [17] Franco V, Kousoulidou M, Muntean M, *et al.* Road vehicle emission factors development: A review [J]. *Atmospheric Environment*, 2013, **70**: 84-97.
- [18] Liu H, He K B, James M L, *et al.* Characteristics of diesel truck emission in China based on portable emissions measurement systems[J]. *Environmental Science and Technology*, 2009, **43**(24): 9507-9511.
- [19] Yao Z L, Wu B B, Shen X B, *et al.* On-road emission characteristics of VOCs from rural vehicles and their ozone formation potential in Beijing, China [J]. *Atmospheric Environment*, 2015, **105**: 91-96.
- [20] Shen X B, Yao Z L, Huo H, *et al.* PM_{2.5} emissions from light-duty gasoline vehicles in Beijing, China[J]. *Science of the Total Environment*, 2014, **487**: 521-527.
- [21] 王海鲲, 傅立新, 周昱, 等. 应用车载测试系统研究轻型机动车在实际道路上的排放特征[J]. *环境科学*, 2008, **29**(10): 2970-2974.
- [22] 樊守彬, 李钢, 田刚. 国Ⅲ柴油公交车尾气排放实际道路测

- 试研究[J]. 环境科学与管理, 2011, **36**(7): 129-133.
- [23] 樊守彬, 李钢, 田刚, 等. 国Ⅳ柴油公交车在实际道路上的排放特征[J]. 北京工业大学学报, 2012, **38**(10): 1565-1569.
- [24] 李润奎, 赵彤, 李志鹏, 等. 基于车流和大气污染物浓度同步增量的机动车平均排放因子估算方法[J]. 环境科学, 2014, **35**(4): 1245-1249.
- [25] Zhou Y, Wu Y, Yang L, *et al.* The impact of transportation control measures on emission reductions during the 2008 Olympic Games in Beijing, China[J]. *Atmospheric Environment*, 2010, **44**(3): 285-293.
- [26] 黄成, 刘娟, 陈长虹, 等. 基于实时交通信息的道路机动车动态排放清单模拟研究[J]. 环境科学, 2012, **33**(11): 3725-3732.

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

Characterizing Beijing's Airborne Bacterial Communities in PM _{2.5} and PM ₁₀ Samples During Haze Pollution Episodes Using 16S rRNA Gene Analysis Method	WANG Bu-ying, LANG Ji-dong, ZHANG Li-na, <i>et al.</i> (2727)
Distribution Characteristics and Source Analysis of Dustfall Trace Elements During Winter in Beijing	XIONG Qiu-lin, ZHAO Wen-ji, GUO Xiao-yu, <i>et al.</i> (2735)
Pollution Characteristics of Aldehydes and Ketones Compounds in the Exhaust of Beijing Typical Restaurants	CHENG Jing-chen, CUI Tong, HE Wan-qing, <i>et al.</i> (2743)
Emission Characteristics of Vehicle Exhaust in Beijing Based on Actual Traffic Flow Information	FAN Shou-bin, TIAN Ling-di, ZHANG Dong-xu, <i>et al.</i> (2750)
Chemical Compositions in PM _{2.5} and Its Impact on Visibility in Summer in Pearl River Delta, China	YANG Yi-hong, QU Qun, LIU Sui-xin, <i>et al.</i> (2758)
Health Risk Assessment of Tunnel Workers Based on the Investigation and Analysis of Occupational Exposure to PM ₁₀	XIANG Hua-li, YANG Jun, QIU Zhen-zhen, <i>et al.</i> (2768)
Analysis on Emission Inventory and Temporal-Spatial Characteristics of Pollutants from Key Coal-Fired Stationary Sources in Jiangsu Province by On-Line Monitoring Data	ZHANG Ying-jie, KONG Shao-fei, TANG Li-li, <i>et al.</i> (2775)
Hydrogen and Oxygen Isotopic Compositions of Precipitation and Its Water Vapor Sources in Eastern Qaidam Basin	ZHU Jian-jia, CHEN Hui, GONG Guo-li (2784)
Distribution Characteristics of Sedimentary Pigments in the Changjiang Estuary and Zhe-Min Coast and Its Implications	LI Dong, YAO Peng, ZHAO Bin, <i>et al.</i> (2791)
Nutrients Input Characteristics of the Yangtze River and Wangyu River During the "Water Transfers on Lake Taihu from the Yangtze River"	PAN Xiao-xue, MA Ying-qun, QIN Yan-wen, <i>et al.</i> (2800)
Pollution Characteristics of Surface Runoff of Typical Town in Chongqing City	WANG Long-tao, DUAN Bing-zheng, ZHAO Jian-wei, <i>et al.</i> (2809)
Effect of Water and Sediment Regulation on the Transport of Particulate Organic Carbon in the Lower Yellow River	ZHANG Ting-ting, YAO Peng, WANG Jin-peng, <i>et al.</i> (2817)
Concentration and Source of Dissolved Organic Carbon in Snowpits of the Tibetan Plateau	YAN Fang-ping, KANG Shi-chang, CHEN Peng-fei, <i>et al.</i> (2827)
Variations of Inorganic Carbon and Its Impact Factors in Surface-Layer Waters in a Groundwater-Fed Reservoir in Karst Area, SW China	LI Jian-hong, PU Jun-bing, YUAN Dao-xian, <i>et al.</i> (2833)
Modeling the Influencing Factors of Karstification and Karst Carbon Cycle in Laboratory	ZHAO Rui-yi, LÜ Xian-fu, DUAN Yi-fan (2843)
Distribution Characteristics and Ecological Risk Assessment of HCHs and DDTs in Surface Water Bodies in Xinxiang	FENG Jing-lan, YU Hao, LIU Shu-hui, <i>et al.</i> (2849)
Comparison Study of the Alkanes in Different Aquifer Medium Under Qingmuguan Underground System	LIANG Zuo-bing, SUN Yu-chuan, WANG Zun-bo, <i>et al.</i> (2857)
Spatial Distribution Characteristics of Different Species Mercury in Water Body of Changshou Lake in Three Gorges Reservoir Region	BAI Wei-yang, ZHANG Cheng, ZHAO Zheng, <i>et al.</i> (2863)
Influence of Marine Aquaculture Around Coal Power Plant on Mercury Species Change in Aquatic Ecological Environment	LIANG Peng, WANG Yuan-na, YOU Qiong-zhi, <i>et al.</i> (2870)
Using $\delta^{34}\text{S}\text{-SO}_4^{2-}$ and $\delta^{15}\text{N}\text{-NO}_3^-$, $\delta^{18}\text{O}\text{-NO}_3^-$ to Trace the Sources of Sulfur and Nitrate in Lihu Lake Underground Water, Guangxi, China	Li Rui, XIAO Qiong, LIU Wen, <i>et al.</i> (2877)
Ecological Effects of Algae Blooms Cluster: The Impact on Chlorophyll and Photosynthesis of the Water Hyacinth	LIU Guo-feng, HE Jun, YANG Yi-zhong, <i>et al.</i> (2887)
Influence of Natural Dissolved Organic Matter on the Passive Sampling Technique and Its Application	YU Shang-yun, ZHOU Yan-mei (2895)
Adhesion Force Analysis of Protein Fouling of PVDF Ultrafiltration Membrane Using Atomic Force Microscope	WANG Xu-dong, ZHOU Miao, MENG Xiao-rong, <i>et al.</i> (2900)
Influence of CNTs on Photodegradation of Salbutamol in Water Environment	WANG Qi, HAN Jia-rui, WEI Bo-fan, <i>et al.</i> (2906)
Preparation of $\beta\text{-In}_2\text{S}_3$ and Catalytic Degradation of Oxytetracycline Under Solar Light Irradiation	AI Cui-ling, ZHOU Dan-dan, ZHANG Rong-rong, <i>et al.</i> (2911)
Nitrogen Release Performance of Sediments in Drainage Pipeline	CHEN Hong, ZHUO Qiong-fang, XU Zhen-cheng, <i>et al.</i> (2918)
Analysis of Precipitation Formation in Biofilm CANON Reactor and Its Effect on Nitrogen Removal	FU Kun-ming, WANG Hui-fang, ZUO Zao-rong, <i>et al.</i> (2926)
Optimization of Energy Saving Measures with ABR-MBR Integrated Process	WU Peng, LU Shuang-jun, XU Yue-zhong, <i>et al.</i> (2934)
Abundance and Community Composition of Ammonia-Oxidizing Archaea in Two Completely Autotrophic Nitrogen Removal over Nitrite Systems	GAO Jing-feng, LI Ting, ZHANG Shu-jun, <i>et al.</i> (2939)
Formation Mechanism of Aerobic Granular Sludge and Removal Efficiencies in Integrated ABR-CSTR Reactor	WU Kai-cheng, WU Peng, XU Yue-zhong, <i>et al.</i> (2947)
Distribution Characteristics and Risk Assessment of Organochlorine Pesticides in Surface Soil of Pearl River Delta Economic Zone	DOU Lei, YANG Guo-yi (2954)
Risk Assessment of Heavy Metal Contamination in Farmland Soil in Du'an Autonomous County of Guangxi Zhuang Autonomous Region, China	WU Yang, YANG Jun, ZHOU Xiao-yong, <i>et al.</i> (2964)
Assessment of Heavy Metal Pollution and Its Health Risk of Surface Dusts from Parks of Kaifeng, China	DUAN Hai-jing, CAI Xiao-qiang, RUAN Xin-ling, <i>et al.</i> (2972)
Responses of Soil and Plant ^{15}N Natural Abundance to Long-term N Addition in an N-Saturated <i>Pinus massoniana</i> Forest in Southwest China	LIU Wen-jing, KANG Rong-hua, ZHANG Ting, <i>et al.</i> (2981)
Latitudinal Changes in Plant Stoichiometric and Soil C, N, P Stoichiometry in Loess Plateau	LI Ting, DENG Qiang, YUAN Zhi-You, <i>et al.</i> (2988)
Open-top Chamber for <i>in situ</i> Research on Response of Mercury Enrichment in Rice to the Rising Gaseous Elemental Mercury in the Atmosphere	CHEN Jian, WANG Zhang-wei, ZHANG Xiao-shan, <i>et al.</i> (2997)
Influence of Uranium in <i>Pteris vittata</i> L. Inoculated by Arbuscular Mycorrhizal Fungus	ZHENG Wen-jun, WANG Ming-yuan (3004)
Impact on the Microbial Biomass and Metabolic Function of Carbon Source by Black Soil During Rice Cultivation	ZHAO Zhi-rui, CUI Bing-jian, HOU Yan-lin, <i>et al.</i> (3011)
Effect of Decomposing Products of Immobilized Carriers on Desorption of Pyrene in Contaminated Soil	TONG Dong-li, SHUANG Sheng-qing, LI Xiao-jun, <i>et al.</i> (3018)
Solidification/Stabilization of Chromite Ore Processing Residue (COPR) Using Zero-Valent Iron and Lime-Activated Ground Granulated Blast Furnace Slag	CHEN Zhong-lin, LI Jin-chunzi, WANG Bin-yuan, <i>et al.</i> (3026)
Stabilization of Cadmium Contaminated Soils by Ferric Ion Modified Attapulgite (Fe/ATP): Characterizations and Stabilization Mechanism	YANG Rong, LI Hong-bo, ZHOU Yong-li, <i>et al.</i> (3032)
Improving Agricultural Safety of Soils Contaminated with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by In Situ Bioremediation	JIAO Hai-hua, PAN Jian-gang, XU Sheng-jun, <i>et al.</i> (3038)
Competence of Cd Phytoremediation in Cd-OCDF Co-contaminated Soil Using <i>Mirabilis jalapa</i> L.	ZHANG Xing-li, ZOU Wei, ZHOU Qi-xing (3045)
Effects of Soil Moisture on Phytoremediation of As-Contaminated Soils Using As-Hyperaccumulator <i>Pteris vittata</i> L.	LIU Qiu-xin, YAN Xiu-lan, LIAO Xiao-yong, <i>et al.</i> (3056)
Effects of Phosphate Rock and Decomposed Rice Straw Application on Lead Immobilization in a Contaminated Soil	TANG Fan, HU Hong-qing, SU Xiao-juan, <i>et al.</i> (3062)
Residue and Degradation of Roxarsone in the System of Soil-Vegetable	SHAO Ting, YAO Chun-xia, SHEN Yuan-yuan, <i>et al.</i> (3068)
Acute Toxicity and Safety Assessment of Three Typical Organic Pollutants to Two Aquatic Organisms	YANG Yang, LI Ya-jie, CUI Yi-bin, <i>et al.</i> (3074)
Effects of Oil Pollutants on the Performance of Marine Benthonic Microbial Fuel Cells and Its Acceleration of Degradation	MENG Yao, FU Yu-bin, LIANG Sheng-kang, <i>et al.</i> (3080)
Microwave In-situ Regeneration of Cu-Mn-Ce/ZSM Catalyst Adsorbed Toluene and Distribution of Bed Temperature	HU Xue-jiao, BO Long-li, LIANG Xin-xin, <i>et al.</i> (3086)
Impact of Thermal Treatment on Biogas Production by Anaerobic Digestion of High-solid-content Swine Manure	HU Yu-ying, WU Jing, WANG Shi-feng, <i>et al.</i> (3094)
Impact of Phosphogypsum Wastes on the Wheat Growth and CO ₂ Emissions and Evaluation of Economic-environmental Benefit	LI Ji, WU Hong-sheng, GAO Zhi-qiu, <i>et al.</i> (3099)
Status Quo, Uncertainties and Trends Analysis of Environmental Risk Assessment for PFASs	HAO Xue-wen, LI Li, WANG Jie, <i>et al.</i> (3106)

《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8月15日 第36卷 第8期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 36 No. 8 Aug. 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