

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第37卷 第1期

Vol.37 No.1

2016

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

碳质大气颗粒物的扫描质子微探针分析	包良满, 刘江峰, 雷前涛, 李晓林, 张桂林, 李燕 (1)
中国8个城市大气多溴联苯醚的污染特征及人体暴露水平	林海涛, 李琦路, 张干, 李军 (10)
广州城区秋冬季大气颗粒物中 WSOC 吸光性研究	黄欢, 毕新慧, 彭龙, 王新明, 盛国英, 傅家谟 (16)
南京地区大气 PM _{2.5} 潜在污染源硫碳同位素组成特征	石磊, 郭照冰, 姜文娟, 芮茂凌, 曾钢 (22)
青奥会前后南京 PM _{2.5} 重金属污染水平与健康风险评估	张恒, 周自强, 赵海燕, 熊正琴 (28)
南昌市秋季大气 PM _{2.5} 中金属元素富集特征及来源分析	林晓辉, 赵阳, 樊孝俊, 胡恭任, 于瑞莲 (35)
南京北郊冬春季大气能见度影响因子贡献研究	马佳, 于兴娜, 安俊琳, 朱彬, 于超, 朱俊, 夏航 (41)
边界层低空急流导致北京 PM _{2.5} 迅速下降及其形成机制的个例分析	廖晓农, 孙兆彬, 何娜, 赵普生, 马志强 (51)
电厂燃煤烟尘 PM _{2.5} 中化学组分特征	王毓秀, 彭林, 王燕, 张腾, 刘海利, 牟玲 (60)
2014 年 APEC 期间北京市空气质量改善分析	程念亮, 李云婷, 张大伟, 陈添, 孙峰, 李令军, 李金香, 周一鸣, 杨妍妍, 姜磊 (66)
APEC 会议期间北京机动车排放控制效果评估	樊守彬, 田灵娣, 张东旭, 郭津津 (74)
晋城城市扬尘化学组成特征及来源解析	王燕, 彭林, 李丽娟, 王毓秀, 张腾, 刘海利, 牟玲 (82)
北京市混凝土搅拌站颗粒物排放特征研究	薛亦峰, 周震, 钟连红, 闫静, 曲松, 黄玉虎, 田贺忠, 潘涛 (88)
长株潭地区人为源氨排放清单及分布特征	尤翔宇, 刘湛, 张青梅, 漆燕, 向仁军, 苏艳蓉 (94)
长春城市水体夏秋季温室气体排放特征	温志丹, 宋开山, 赵莹, 邵田田, 李思佳 (102)
查干湖和新立城水库秋季水体悬浮颗粒物和 CDOM 吸收特性	李思佳, 宋开山, 赵莹, 穆光熠, 邵田田, 马建行 (112)
不同地质背景下河流水化学特征及影响因素研究: 以广西大溶江、灵渠流域为例	孙平安, 于爽, 莫付珍, 何师意, 陆菊芳, 原雅琼 (123)
大渡河老鹰岩河段的水生生物群落结构及水质评价	黄允优, 曾燊, 刘守江, 马永红, 胥晓 (132)
西湖龙泓洞流域暴雨径流氮磷流失特征	杨帆, 蒋铁峰, 王翠翠, 黄晓楠, 吴芝菱, 陈琳 (141)
合肥城郊典型农业小流域土壤磷形态及淋失风险分析	樊慧慧, 李如忠, 裴婷婷, 张瑞钢 (148)
辽河入海口及城市段柱状沉积物金属元素含量及分布特征	王维斐, 周俊丽, 裴淑玮, 刘征涛 (156)
水源水库沉积物中营养元素分布特征与污染评价	黄廷林, 刘飞, 史建超 (166)
低分子量有机酸对三峡水库消落区土壤中汞赋存形态及其活性的影响	游蕊, 梁丽, 覃蔡清, 邓吟, 王定勇 (173)
北京市凉水河表层沉积物中砷含量及其赋存形态	王馨慧, 单保庆, 唐文忠, 张超, 王闯 (180)
紫外辐射对小球藻混凝效果作用途径探讨	王文东, 张轲, 许洪斌, 刘国旗 (187)
二氧化钛光催化氧化阿散酸	许文泽, 杨春风, 李静, 李建斐, 刘会芳, 胡承志 (193)
紫外光照下盐酸环丙沙星的光解性能	段伦超, 王凤贺, 赵斌, 陈亚君 (198)
氢氧化钡-天然沸石复合材料对水中低浓度磷酸盐的吸附作用	林建伟, 王虹, 詹艳慧, 陈冬梅 (208)
纳米 TiO ₂ 吸附 HgCl ₂ 水溶液中 Hg(II)	周雄, 张金洋, 王定勇, 覃蔡清, 徐凤, 罗程钟, 杨熹 (220)
好氧生化污水处理厂化学品暴露预测模型构建	周林军, 刘济宁, 石利利, 冯洁, 徐炎华 (228)
3 种苯胺类化学品在好氧污水处理模拟系统中的降解特性	古文, 周林军, 刘济宁, 陈国松, 石利利, 徐炎华 (240)
Fe(II) 活化过硫酸钠深度处理工业园区污水处理厂出水	朱松梅, 周振, 顾凌云, 蒋海涛, 任佳慧, 王罗春 (247)
长江三角洲区域表土中多环芳烃的近期分布与来源	李静雅, 吴迪, 许芸松, 李向东, 王喜龙, 曾超华, 付晓芳, 刘文新 (253)
直链烷基苯指示城市化过程初步研究	徐特, 曾辉, 倪宏刚 (262)
龙口煤矿区土壤重金属污染评价与空间分布特征	刘硕, 吴泉源, 曹学江, 王集宁, 张龙龙, 蔡东全, 周历媛, 刘娜 (270)
水分减少与增温处理对冬小麦生物量和土壤呼吸的影响	吴杨周, 陈健, 胡正华, 谢燕, 陈书涛, 张雪松, 申双和, 陈曦 (280)
中水浇灌对土壤重金属污染的影响	周益奇, 刘云霞, 傅慧敏 (288)
生物质炭对果园土壤团聚体分布及保水性的影响	安艳, 姬强, 赵世翔, 王旭东 (293)
3 种工业有机废弃物对铅锌尾矿生物化学性质及植物生长的影响	彭禧柱, 杨胜香, 李凤梅, 曹建兵, 彭清静 (301)
丛枝菌根真菌对镉污染土壤上玉米生长和镉吸收的影响	王芳, 郭伟, 马朋坤, 潘亮, 张君 (309)
珠江三角洲典型区域农产品中邻苯二甲酸酯 (PAEs) 污染分布特征	李彬, 吴山, 梁金明, 邓杰帆, 王珂, 梁文立, 曾彩明, 彭四清, 张天彬, 杨国义 (317)
三峡库区重金属的生物富集、生物放大及其生物因子的影响	韦丽丽, 周琼, 谢从新, 王军, 李君 (325)
起源喀斯特溶洞湿地稻田与旱地土壤的微生物数量、生物量及土壤酶活性比较	靳振江, 曾鸿鹄, 李强, 程亚平, 汤华峰, 李敏, 黄炳富 (335)
序批式生物反应器填埋场脱氮微生物多样性分析	李卫华, 孙英杰, 刘子梁, 马强, 杨强 (342)
铁氮掺杂碳纳米管/纤维复合物制备及其催化氧还原的效果	杨婷婷, 朱能武, 芦昱, 吴平霄 (350)
运行微生物燃料电池减排稻田土壤甲烷的研究	邓欢, 蔡旅程, 姜允斌, 钟文辉 (359)
通风策略对污泥生物干化过程中含氮气体和甲烷排放的影响	齐鲁, 魏源送, 张俊亚, 赵晨阳, 才兴, 张媛丽, 邵春岩, 李洪枚 (366)
高温生物滤塔处理污泥干化尾气的研究	陈文和, 邓明佳, 罗辉, 丁文杰, 李琳, 林坚, 刘俊新 (377)
应用 FCM-qPCR 方法定量检测水中常见病原体	王明星, 柏耀辉, 梁金松, 霍旻, 杨婷婷, 袁林江 (384)
乙腈和正己烷对环境特征污染物免疫传感分析的影响	娄雪宁, 周丽萍, 宋丹, 杨荣, 龙峰 (391)
废弃菌糠资源化过程中的成分变化规律及其环境影响	楼子墨, 王卓行, 周晓馨, 傅瑞琪, 刘榆, 徐新华 (397)

APEC 会议期间北京机动车排放控制效果评估

樊守彬^{1,2}, 田灵娣³, 张东旭^{1,2}, 郭津津³

(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: 机动车尾气排放是影响北京市大气环境质量的首要因素, 为了保障 APEC 期间的空气质量, 北京市采取了包括控制机动车排放在内的严格的控制措施. 本研究基于路网车流量、车速和车型变化数据, 提出了一种基于自下而上排放清单的控制措施效果评估方法. 结果表明, APEC 会议期间北京市路网车流量下降, 车速上升, 小客车的车流量下降幅度最大; APEC 会议期间机动车尾气 CO、NO_x、HC 和 PM 排放削减比例分别为: 快速路 15.1%、22.4%、18.4% 和 21.8%, 主干道 29.9%、36.4%、32.7% 和 35.8%, 次干道 35.7%、41.7%、38.4% 和 41.2%, 支路 40.8%、46.5%、43.1% 和 46.0%. 基于自下而上的排放清单方法, 建立了 APEC 会前和会期的机动车尾气排放清单, 结果显示研究区域内会期机动车尾气排放量 CO、NO_x、HC 和 PM 排放量分别削减 37.5%、43.4%、39.9% 和 42.9%.

关键词: 机动车尾气; 排放因子; 控制效果; APEC; 北京

中图分类号: X511 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2016)01-0074-08 DOI: 10.13227/j.hj.kx.2016.01.011

Evaluation on the Effectiveness of Vehicle Exhaust Emission Control Measures During the APEC Conference in Beijing

FAN Shou-bin^{1,2}, TIAN Ling-di³, ZHANG Dong-xu^{1,2}, GUO Jin-jin³

(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. College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract: Vehicle emission is one of the primary factors affecting the quality of atmospheric environment in Beijing. In order to improve the air quality during APEC conference, strict control measures including vehicle emission control were taken in Beijing during APEC meeting. Based on the activity level data of traffic volume, vehicle speed and vehicle types, the inventory of motor vehicle emissions in Beijing was developed following bottom-up methodology to assess the effectiveness of the control measures. The results showed that the traffic volume of Beijing road network during the APEC meeting decreased significantly, the vehicle speed increased obviously, and the largest decline of traffic volume was car. CO, NO_x, HC and PM emissions of vehicle exhaust were reduced by 15.1%, 22.4%, 18.4% and 21.8% for freeways, 29.9%, 36.4%, 32.7% and 35.8% for major arterial, 35.7%, 41.7%, 38.4% and 41.2% for minor arterial, 40.8%, 46.5%, 43.1% and 46.0% for collectors, respectively. The vehicles exhaust emissions inventory before and during APEC conference was developed based on bottom-up emissions inventory method. The results indicated that CO, NO_x, HC and PM emissions of vehicle exhaust were reduced by 37.5%, 43.4%, 39.9% and 42.9% in the study area, respectively.

Key words: vehicle exhaust; emission factors; control effectiveness; APEC; Beijing

城市交通排放是全球很多城市大气污染的重要来源^[1,2], 北京市的研究结果也发现交通排放是主要的大气污染物排放源^[3~5], 车载法测试结果显示, 实际道路排放是超细粒子的主要来源^[6]. 为了控制机动车尾气排放, 北京市持续采取了多项控制措施, 包括新车排放标准加严^[7,8]、提高车用油品质量^[9]、淘汰更新老旧车^[10]、大力发展公共交通和推广新能源车辆等^[11,12], 使得在机动车保有量快速增加的情况下排放量呈下降趋势^[13].

北京奥运会期间的研究结果显示短期的严格控制措施可以大幅度削减机动车尾气排放, Zhou 等^[14]应用自下而上的方法建立了奥运期间的机

车尾气排放清单, VOC、CO、NO_x 和 PM₁₀ 的排放量下降比例分别为 55.5%、56.8%、45.7% 和 51.6%. Cai 等^[15]应用综合的空气质量模型评估了北京奥运期间不同区域的 CO、PM₁₀、NO₂ 和 O₃ 浓度的下降比例, 结果显示浓度显著下降, Wang 等^[16]应用 OSPM 模式评估了交通排放削减的环境质量改善效果, 结果显示 PM₁₀、CO、NO₂ 和 O₃ 降低比例分别为 28%、19.3%、12.3% 和 -25.2%, O₃ 浓度上

收稿日期: 2015-06-28; 修订日期: 2015-09-07

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

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

升. 通过现场观测发现,柴油车排放是北京大气中 BC 的主要来源,奥运期间 BC 浓度显著下降^[17].

2014 年 11 月 3 ~ 12 日 APEC 会议期间,北京市行政区域内机动车实施单双号限行,渣土车、黄标车等禁行限行,外埠进京车辆限行绕行等措施. 本研究主要评估北京 APEC 会议期间北京机动车尾气控制措施的效果,以期为评估机动车污染和采取控制措施的效果评估提供参考.

1 材料与方法

1.1 实际道路车流信息统计

传统的自上而下的清单建立方法是基于机动车分车型的保有量、分车型的平均排放因子和平均行驶里程而建立,无法与实际道路的车流量和车速等数据建立关系,也不能进行空间分布分析^[18,19]. 本研究中应用交通需求模型模拟了会期前实际路网上的车流量、车辆构成和车速数据,基于现场调查分析了 APEC 会期相关数据的变化情况. APEC 会议前和会议期间,对快速路、主干道、次干道和支路的典型道路的车流量和车型构成进行了现场记录,统计了会前和会期车流量和车型构成的逐时变化规律,通过交通管理部门实时的路网车速数据整理,分析了会前和会期北京市路网 5 min 间隔的车速变化规律.

1.2 排放因子随车速的变化规律

本研究通过 COPERT 排放模型和实际道路机动车排放因子实测相结合的方法^[20,21]测量和计算了车速修正的分车型分排放标准等级的排放因子. 应用

COPERT 模型分析了小客车和大客车尾气 CO、NO_x、HC 和 PM 排放因子随平均车速的变化规律,分析车速对 CO、NO_x、HC 和 PM 排放因子的影响,实测结果证明模型结果能够反映实际变化规律^[20,21].

1.3 排放量削减评估

本研究以北京城区为研究对象,分析 APEC 会议期间控制措施的减排效果,研究的区域范围为包含六环路在内的矩形区域,面积为 3 248 km². 应用自下而上的排放清单方法分别建立了会前和会期的机动车尾气排放清单,自下而上的清单是基于实际道路车流量和车速数据而建立^[22,23],通过对比分析会前和会期的排放清单数据评价 APEC 会议期间机动车尾气控制措施的效果. 基于会前和会期实际道路的车流信息数据额,结合车速修正的排放因子数据,应用 ArcGIS 软件建立网格分布的机动车尾气排放清单,网格内机动车尾气排放量的计算见式(1).

$$Q_c^p = \sum_{i=1}^6 EF_{i,c}^p \times VKT_{i,c}$$

式中, Q_c^p 为网格 C 中污染物 P 的排放量, g ; $EF_{i,c}^p$ 为网格 C 中 i 类型车辆污染物 P 的车速修正的排放因子, $g \cdot km^{-1}$; $VKT_{i,c}$ 为网格 C 中 i 类型车辆的行驶里程, km .

2 结果与讨论

2.1 APEC 期间的车流信息变化特征

本研究对不同类型道路在会前和会期的车流量变化进行统计分析,见图 1,从中可以看出,非限行时

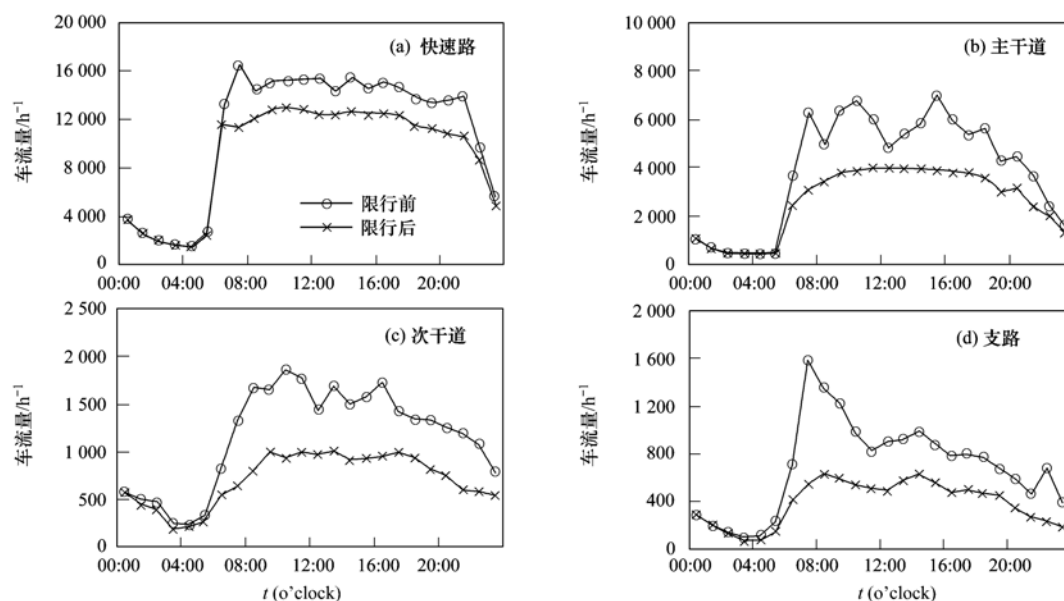


图 1 不同类型道路限行前后车流量变化

Fig. 1 Traffic volume changes of different types of roads before and during APEC conference

期上下班的早高峰期和晚高峰期车流骤增. 单双号限行后从 07:00 ~ 24:00 车流量有明显的降低趋势, 会期夜间的车流量变化不大, 白天车流量下降明显. 在早晚高峰时段降幅最大, 不同类型道路的车流量均有明显下降, 快速路(环路)、主干道、次干道和支路车流量下降比例分别为 17%、33%、39% 和 44%.

应用交通需求模型模拟会前路网车流量和车速

数据, 根据实测验证, 模拟结果误差在 5% 范围内^[22], 根据不同类型道路的车流量下降比例计算 APEC 会期的路网车流量, 并应用 ArcGIS 软件进行统计分析. 对研究区域建立了 1 km × 1 km 的网格, 分别统计网格内机动车的日行驶里程数 (VKT), 机动车行驶里程的空间分布特征如图 2 所示, APEC 会议期间网格 VKT 有明显下降.

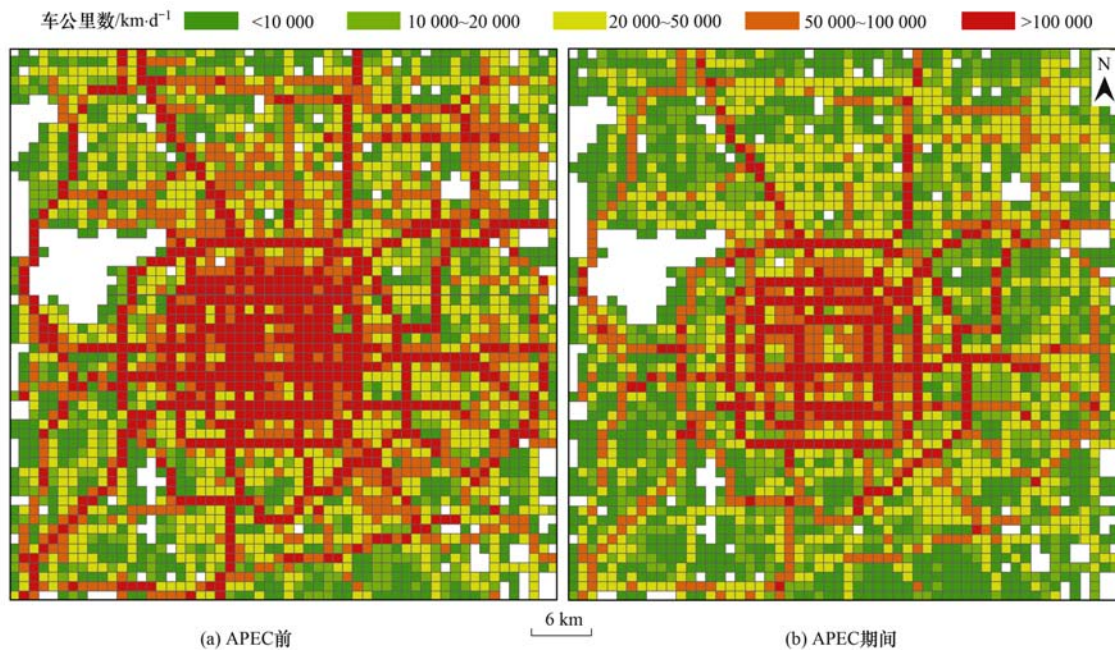


图 2 APEC 会前和会期车辆行驶里程网格分布

Fig. 2 VKT distribution before and during APEC conference

由于对不同类型车辆的限行要求不同, 在 APEC 会前和会期不同类型道路的车辆构成也发生变化, 本研究通过典型道路的调查统计了不同类型道路的车辆构成见图 3, 从中可以看出, 小客车的比例降低幅度最大, 这主要是由于 APEC 会议期间除

保障用车外, 机动车单双号行驶, 市级及市属企事业单位机动车停驶 70%. 大客车流量降低但比例略有增加, 主要是由于公交车流量略有增加, 旅游及省级客运车辆流量减少. 由于京 B 号牌摩托车、低速货车和拖拉机全天禁止在五环路以内 (含五环路) 道

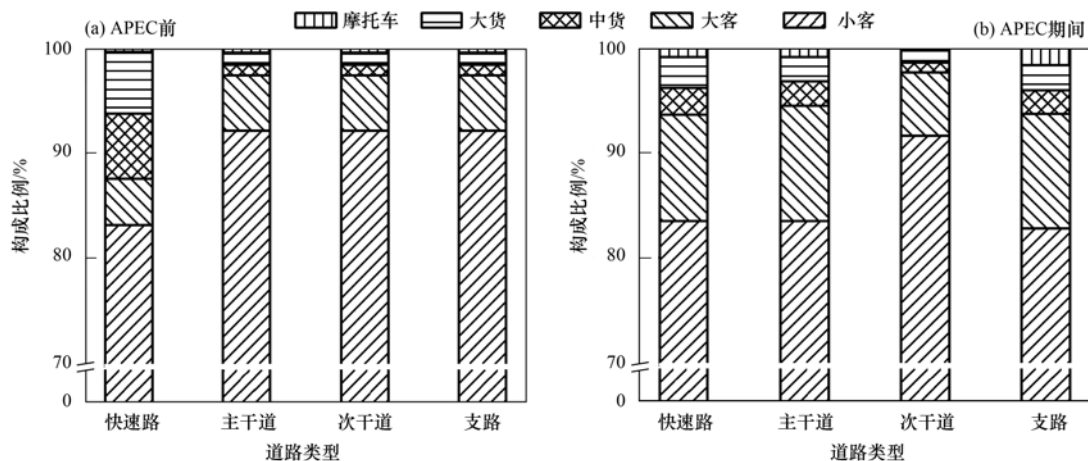


图 3 APEC 期间车辆类型变化

Fig. 3 Vehicle type change during APEC conference

路和怀柔主城区以内道路行驶,所以摩托车比例有所降低。

APEC 期间的机动车排放控制措施中,黄标车全天禁止行驶,对于六环路内属于北京市的常规要求,在会前和会期没有差别。对于外埠进京车辆,要求外埠货运车辆、摩托车、拖拉机、危险物品运输车辆以及未达到第三阶段排放标准的小客车全天禁止行驶,这会导致小客车的排放因子略有下降。

根据交通部门公布的实时路网车速数据,分析了会期和会前全路网车速的日变化规律,见图 4。从中可以看出,会期白天路网车速有较大的提升,高峰时段路网平均车速由约 $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 上升至 $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 左右。基于路网的车速数据,分别统计了会前和会期的早高峰时段车流的车速网格空间分布,见图 5,从中可以看出,会期高峰时段路网的平均速度升高,中心城区速度升高显著。

2.2 车速对排放因子的影响

根据研究区域内车型构成的特点,小客车是比例最大的车型,其次为大客车、中型货车和重型货车^[7,20],因为后 3 种车型以柴油车为主,且排放与车速的关系相似^[24,25],所以本研究选取小客车和大客车(柴油公交车)2 种车型,分不同的排放标准水平研究排放因子与车速的变化规律,见图 6。

从图 6 中可以看出,对于小客车而言,不同排放标准的车辆 PM 的排放因子不随车速变化,只是国 III 排放标准以后的车辆 PM 的排放因子从国 I 和国 II 车辆的 $0.003 \text{ g} \cdot (\text{km} \cdot \text{veh})^{-1}$ 下降为 0.001

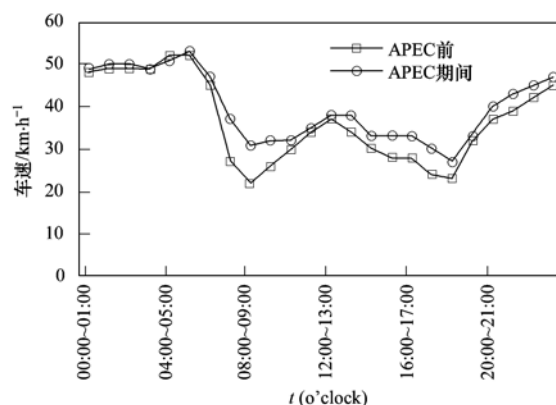


图 4 APEC 会前和会期路网车速变化

Fig. 4 Road network speed before and during APEC conference

$\text{g} \cdot (\text{km} \cdot \text{veh})^{-1}$; 国 I、国 II 和国 III 车辆的 NO_x 排放因子随着车速的提高呈 U 型分布,但是国 III 车辆的排放因子最小值出现在更高的车速下,国 IV、国 V 和国 VI 车辆的排放因子随车速升高而减小;国 I 和国 II 车辆的 CO 排放因子随着车速的提高呈 U 型分布,国 III、国 IV、国 V 和国 VI 车辆的排放因子随车速升高而增大;国 I、国 II 和国 III 车辆的 HC 排放因子随着车速的提高呈 U 型分布,国 IV、国 V 和国 VI 车辆的排放因子随车速升高而增大。对于大客车而言,不同排放标准的车辆不同的污染物总体上随着车速的升高而减小,并且排放因子的最小值出现在车速为 $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 左右。

2.3 限行前后典型道路的排放比较

根据对典型道路的调查,分别分析车流量、车

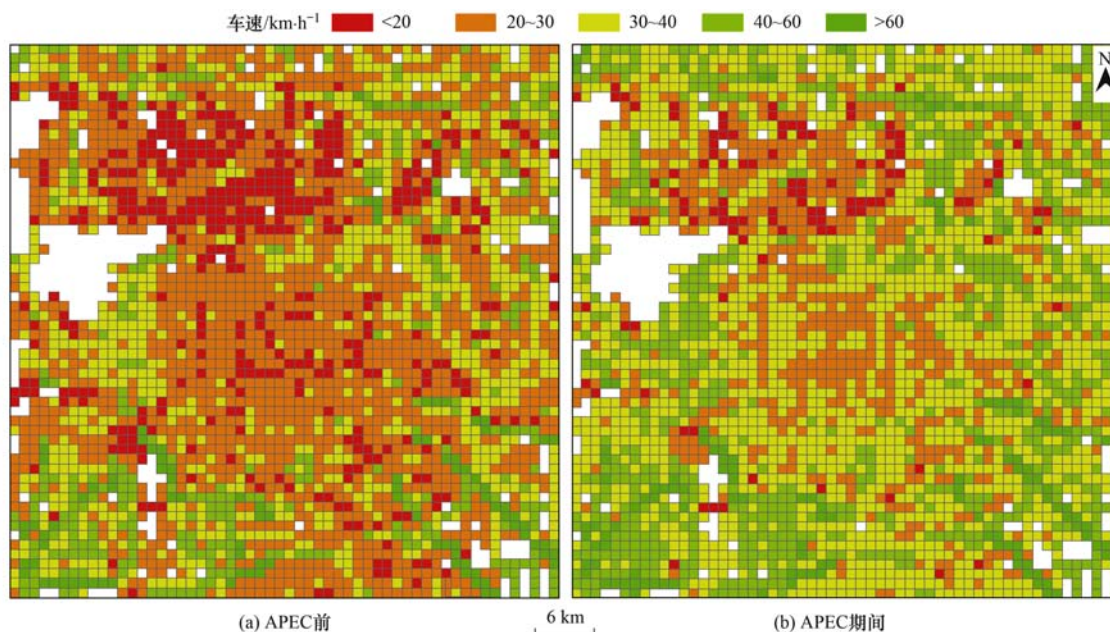


图 5 APEC 会前和会期车辆平均速度网格分布

Fig. 5 Average speed distribution before and during APEC conference

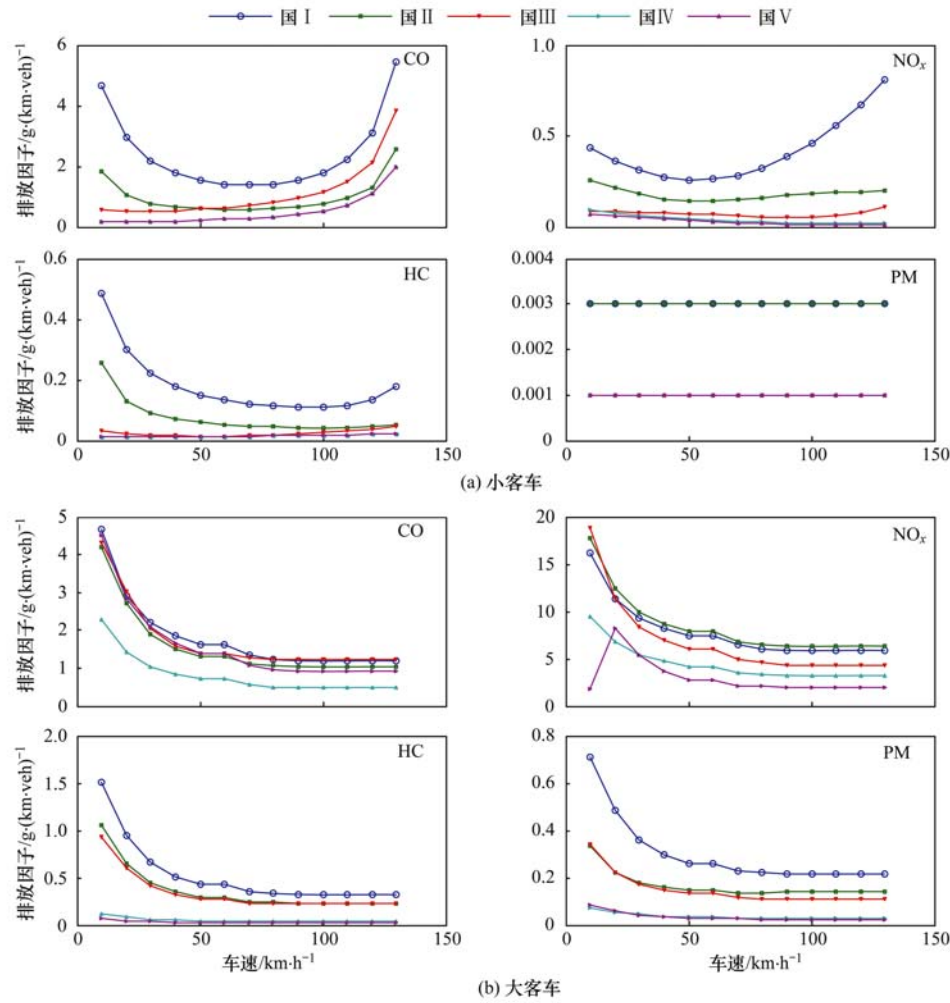


图 6 车速与排放因子的关系
Fig. 6 Relationship between vehicle speed and emission factors

型构成、车辆排放水平构成和车速变化,分析不同类型道路机动车尾气排放强度 ρ , 单位为 $\text{g} \cdot (\text{km} \cdot \text{h})^{-1}$, 限行前后不同类型道路的排放强度见图 7, 从中可以看出, 夜间污染物的排放强度变化不大, 主要是由于夜间的车流量和车速变化均不大, APEC 会议期间白天的排放强度有明显降低, 主要是车流量下降和车速上升的结果。

根据 APEC 会前和会期不同类型典型道路的排放强度计算, 不同污染物的削减比例见表 1。从道路类型分析, 支路、次干道、主干道和快速路的减排比例依次降低, 主要是由于车流量的下降不同导致的, 从污染物的减排比例来看, NO_x 、PM、HC 和 CO 减排比例依次降低, 主要是因为柴油车的 NO_x 和 PM 排放随车速升高而降低, 汽油车的 CO 和 HC 排放随车速升高而上升。

2.4 控制措施的效果评估

基于实际道路路网车流量、车速和车辆类型构

表 1 APEC 期间不同类型道路污染物减排比例/%

Table 1 Emission reduction proportions of pollutants for different types of roads during APEC conference/%

道路类型	快速路	主干道	次干道	支路
CO	15.1	29.9	35.7	40.8
NO_x	22.4	36.4	41.7	46.5
HC	18.4	32.7	38.4	43.1
PM	21.8	35.8	41.2	46.0

成, 根据道路车辆信息的基础数据和排放因子, 应用自下而上的方法建立了北京市机动车尾气排放清单^[22], 机动车排放可以根据基于网格的排放累计相加得到, APEC 会前和会期不同污染物 CO、 NO_x 、HC 和 PM 的排放 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ 的网格分布见图 8。从中可以看出, 机动车排放分布主要集中在高密度人群和交通需求的市区中心, 环路及放射性道路和高速公路出口由于车流量较大, 网格内的排放强度较高, APEC 会议期间的网格排放强度有明显降低,

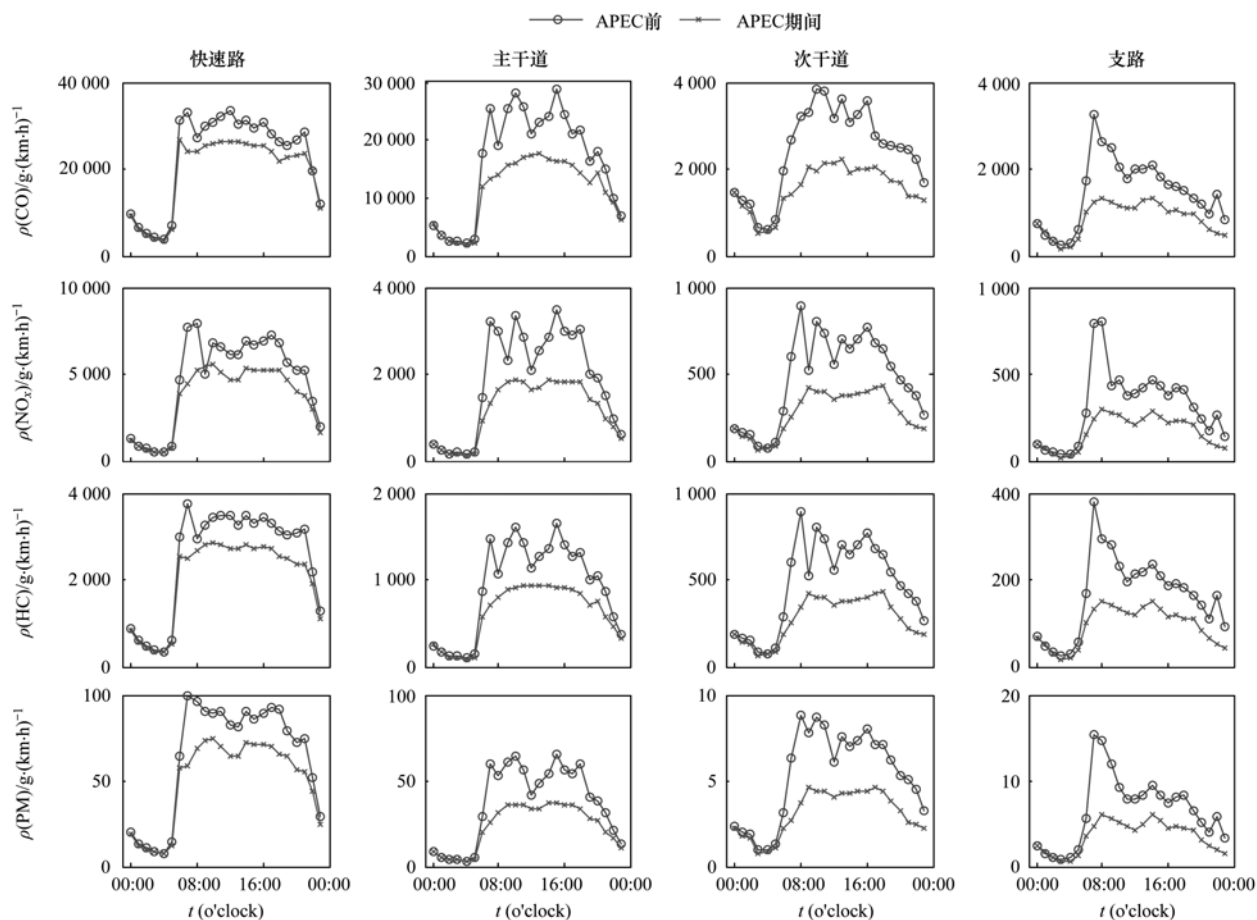


图7 限行前后不同类型道路尾气排放变化

Fig. 7 Emissions changes of traffic exhaust for different types of roads before and during APEC conference

基于 ArcGIS 软件的统计功能, APEC 会议期间, 研究区域内 CO、NO_x、HC 和 PM 排放分别减少 37.5%、43.4%、39.9% 和 42.9%。

需要指出的是, APEC 会议期间的机动车尾气控制措施还包括会议期间运输土方或渣土、危险物品车辆及黄标车禁行; 京 B 号牌摩托车、低速货车和拖拉机全天禁止在五环路以内(含五环路)道路和怀柔主城区以内道路行驶, 货运机动车禁止在六环路以内(含六环路)和怀柔主城区以内道路行驶; 会议期间外埠进京车辆需遵守尾号限行和高峰时段限行区域的规定, 除城市运行保障类车辆外, 外埠货运车辆、摩托车、拖拉机、危险物品运输车辆以及未达到第三阶段排放标准的小客车全天禁止行驶。这些措施会导致实际道路上的机动车排放水平更低, 因为会前日常管理中禁止黄标车等高排放车辆进入六环路内行驶, 所以这些措施的效果主要体现在六环外, 估算全市的机动车尾气减排比例高于本研究的计算结果。

3 结论

(1) APEC 会议期间北京市快速路、主干道、次干道和支路车流量下降比例分别为 17%、33%、39% 和 44%, 夜间车流量变化不大, 白天车流量有显著降低。会期白天路网车速有较大的提升, 高峰时段路网平均车速由约 20 km·h⁻¹ 上升至 30 km·h⁻¹ 左右, 会期高峰时段路网的平均速度升高, 中心城区速度升高显著。小客车的比例降低幅度最大, 大客车和大货车流量降低但比例略有增加, 由于禁止黄标车和未达标第三阶段排放标准的小客车行驶, 所以道路上行驶车辆的排放因子降低。

(2) APEC 会议期间机动车尾气 CO、NO_x、HC 和 PM 排放削减比例分别为: 快速路 15.1%、22.4%、18.4% 和 21.8%, 主干道 29.9%、36.4%、32.7% 和 35.8%, 次干道 35.7%、41.7%、38.4% 和 41.2%, 支路 40.8%、46.5%、43.1% 和 46.0%。

(3) 基于自下而上的排放清单方法, 建立了

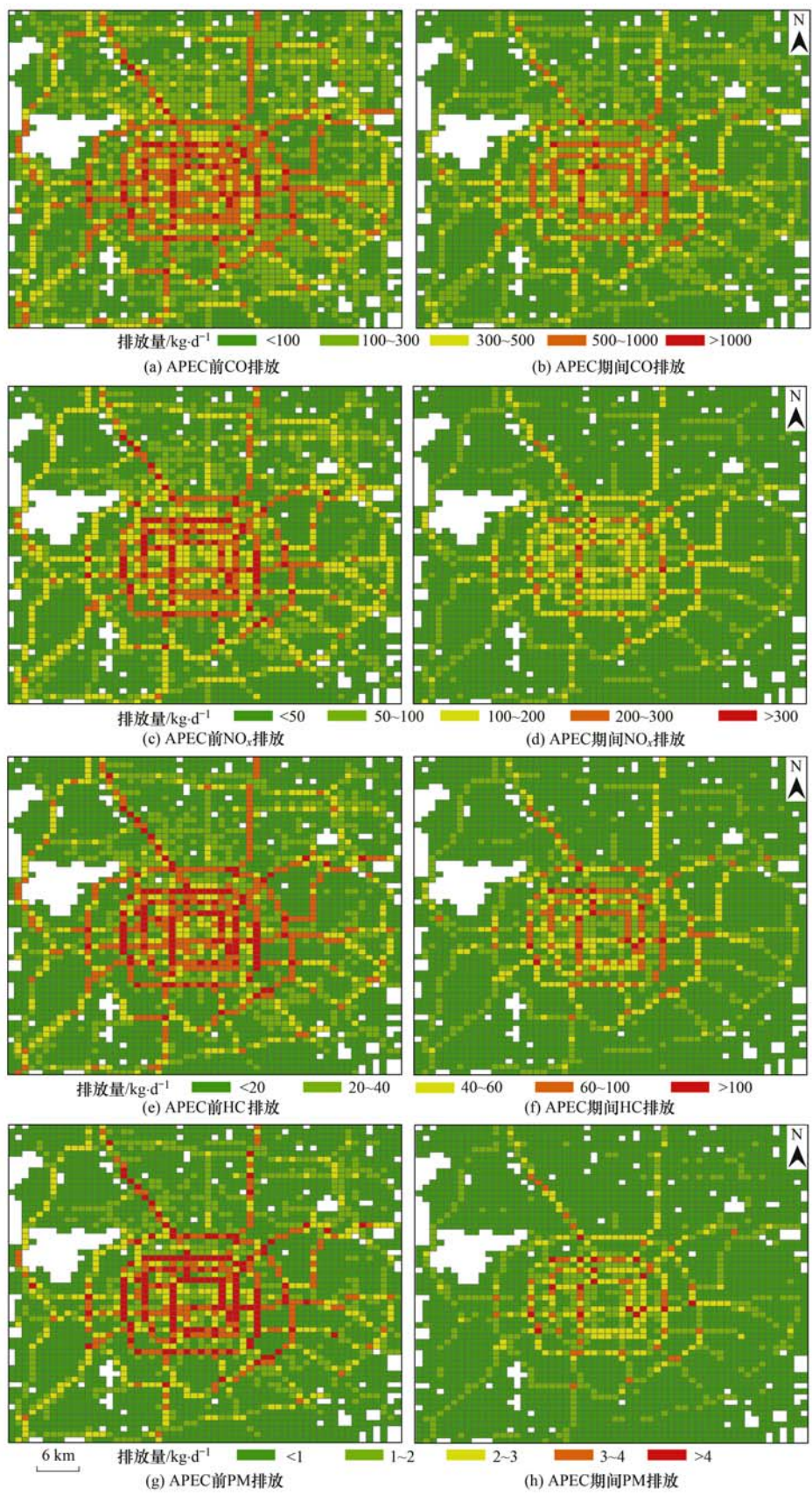


图 8 APEC 前及期间机动车尾气排放网格分布

Fig. 8 Vehicle emissions mesh distribution before and during APEC conference

APEC 会前和会期的机动车尾气排放清单,结果显示北京市城区机动车尾气 CO、NO_x、HC 和 PM 排放量分别削减 37.5%、43.4%、39.9% 和 42.9%。基于实际道路交通流信息的自下而上的排放清单方法,能够准确评估机动车排放控制措施的效果。

参考文献:

- [1] Su J G, Apte J S, Lipsitt J, *et al.* Populations potentially exposed to traffic-related air pollution in seven world cities[J]. *Environment International*, 2015, **78**: 82-89.
- [2] Zhang K, Batterman S. Air pollution and health risks due to vehicle traffic[J]. *Science of the Total Environment*, 2013, **450-451**: 307-316.
- [3] Liu Z R, Hu B, Liu Q, *et al.* Source apportionment of urban fine particle number concentration during summertime in Beijing [J]. *Atmospheric Environment*, 2014, **96**: 359-369.
- [4] Cheng S Y, Lang J L, Zhou Y, *et al.* A new monitoring-simulation-source apportionment approach for investigating the vehicular emission contribution to the PM_{2.5} pollution in Beijing, China[J]. *Atmospheric Environment*, 2013, **79**: 308-316.
- [5] Tan J H, Duan J C, Chai F H, *et al.* Source apportionment of size segregated fine/ultrafine particle by PMF in Beijing [J]. *Atmospheric Research*, 2014, **139**: 90-100.
- [6] 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.
- [7] 樊守彬. 北京机动车尾气排放特征研究[J]. *环境科学与管理*, 2011, **36**(4): 28-31.
- [8] 张清宇,魏玉梅,田伟利. 机动车排放控制标准对污染物排放因子的影响[J]. *环境科学研究*, 2010, **23**(5): 606-612.
- [9] Yue X, Wu Y, Hao J M, *et al.* Fuel quality management versus vehicle emission control in China, status quo and future perspectives[J]. *Energy Policy*, 2015, **79**: 87-98.
- [10] 张秀丽,吴丹,张世秋. 北京市淘汰高污染排放车辆政策研究[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 2013, **49**(2): 297-304.
- [11] Shang B, Zhang X N. Study of emission reduction; benefits of urban rail transit[J]. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2013, **96**: 557-564.
- [12] 张阿玲,柴沁虎,申威. 氢动力汽车和电动汽车在中国的应用前景分析[J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2009, **49** (9): 1546-1548, 1552.
- [13] Zhang S J, Wu Y, Wu X M, *et al.* Historic and future trends of vehicle emissions in Beijing, 1998-2020: A policy assessment for the most stringent vehicle emission control program in China[J]. *Atmospheric Environment*, 2014, **89**: 216-229.
- [14] 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.
- [15] Cai H, Xie S D. Traffic-related air pollution modeling during the 2008 Beijing Olympic Games: The effects of an odd-even day traffic restriction scheme[J]. *Science of the Total Environment*, 2011, **409**(10): 1935-1948.
- [16] Wang T, Xie S D. Assessment of traffic-related air pollution in the urban streets before and during the 2008 Beijing Olympic Games traffic control period [J]. *Atmospheric Environment*, 2009, **43**(35): 5682-5690.
- [17] Wang X, Westerdahl D, Chen L C, *et al.* Evaluating the air quality impacts of the 2008 Beijing Olympic Games: On-road emission factors and black carbon profiles [J]. *Atmospheric Environment*, 2009, **43**(30): 4535-4543.
- [18] 郝艳召,宋国华,邱兆文,等. 基于浮动车数据的机动车排放实时测算模型[J]. *中国环境科学*, 2015, **35**(2): 396-402.
- [19] 王孝文,田伟利,张清宇. 杭州市机动车污染物排放清单的建立[J]. *中国环境科学*, 2012, **32**(8): 1368-1374.
- [20] 樊守彬,田灵娣,张东旭,等. 北京市机动车尾气排放因子研究[J]. *环境科学*, 2015, **36**(7): 2374-2380.
- [21] Franco V, Kousoulidou M, Muntean M, *et al.* Road vehicle emission factors development: A review [J]. *Atmospheric Environment*, 2013, **70**: 84-97.
- [22] 樊守彬,田灵娣,张东旭,等. 基于实际道路交通流信息的北京市机动车排放特征[J]. *环境科学*, 2015, **36**(8): 2750-2757.
- [23] 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.
- [24] Shen X B, Yao Z L, Zhang Q, *et al.* Development of database of real-world diesel vehicle emission factors for China [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2015, **31**: 209-220.
- [25] 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.

CONTENTS

Investigation of Carbonaceous Airborne Particles by Scanning Proton Microprobe	BAO Liang-man, LIU Jiang-feng, LEI Qian-tao, <i>et al.</i> (1)
Atmospheric Polybrominated Diphenyl Ethers in Eight Cities of China; Pollution Characteristics and Human Exposure	LIN Hai-tao, LI Qi-lu, ZHANG Gan, <i>et al.</i> (10)
Light Absorption Properties of Water-Soluble Organic Carbon (WSOC) Associated with Particles in Autumn and Winter in the Urban Area of Guangzhou	 HUANG Huan, BI Xin-hui, PENG Long, <i>et al.</i> (16)
Investigations on Sulfur and Carbon Isotopic Compositions of Potential Polluted Sources in Atmospheric PM _{2.5} in Nanjing Region	SHI Lei, GUO Zhao-bing, JIANG Wen-juan, <i>et al.</i> (22)
Pollution Level and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Atmospheric PM _{2.5} in Nanjing Before and After the Youth Olympic Games	 ZHANG Heng, ZHOU Zi-qiang, ZHAO Hai-yan, <i>et al.</i> (28)
Enrichment Characteristics and Source Analysis of Metal Elements in PM _{2.5} in Autumn in Nanchang City	LIN Xiao-hui, ZHAO Yang, FAN Xiao-jun, <i>et al.</i> (35)
Contributions of Factors That Influenced the Visibility In North Suburb of Nanjing In Winter and Spring	MA Jia, YU Xing-na, AN Jun-lin, <i>et al.</i> (41)
A Case Study on the Rapid Cleaned Away of PM _{2.5} Pollution in Beijing Related with BL Jet and Its Mechanism	LIAO Xiao-nong, SUN Zhao-bin, HE Na, <i>et al.</i> (51)
Characteristics of Chemical Components in PM _{2.5} from the Coal Dust of Power Plants	WANG Yu-xiu, PENG Lin, WANG Yan, <i>et al.</i> (60)
Improvement of Air Quality During APEC in Beijing in 2014	CHENG Nian-liang, LI Yun-ting, ZHANG Da-wei, <i>et al.</i> (66)
Evaluation on the Effectiveness of Vehicle Exhaust Emission Control Measures During the APEC Conference in Beijing	FAN Shou-bin, TIAN Ling-di, ZHANG Dong-xu, <i>et al.</i> (74)
Chemical Compositions and Sources Apportionment of Re-suspended Dust in Jincheng	WANG Yan, PENG Lin, LI Li-juan, <i>et al.</i> (82)
Characteristic of Particulate Emissions from Concrete Batching in Beijing	XUE Yi-feng, ZHOU Zhen, ZHONG Lian-hong, <i>et al.</i> (88)
Anthropogenic Ammonia Emission Inventory and Its Spatial Distribution in Chang-Zhu-Tan Region	YOU Xiang-yu, LIU Zhan, ZHANG Qing-mei, <i>et al.</i> (94)
Seasonal Variability of Greenhouse Gas Emissions in the Urban Lakes in Changchun, China	WEN Zhi-dan, SONG Kai-shan, ZHAO Ying, <i>et al.</i> (102)
Absorption Characteristics of Particulates and CDOM in Waters of Chagan Lake and Xinlicheng Reservoir in Autumn	LI Si-jia, SONG Kai-shan, ZHAO Ying, <i>et al.</i> (112)
Hydrochemical Characteristics and Influencing Factors in Different Geological Background; A Case Study in Darongjiang and Lingqu Basin, Guangxi, China	 SUN Ping-an, YU Shi, MO Fu-zhen, <i>et al.</i> (123)
Community Structure of Aquatic Community and Evaluation of Water Quality in Laoyingyan Section of Dadu River	HUANG You-you, ZENG Yu, LIU Shou-jiang, <i>et al.</i> (132)
Characteristics of Nitrogen and Phosphorus Losses in Longhong Ravine Basin of Westlake in Rainstorm Runoff	YANG Fan, JIANG Yi-feng, WANG Cui-cui, <i>et al.</i> (141)
Soil Phosphorus Forms and Leaching Risk in a Typically Agricultural Catchment of Hefei Suburban	FAN Hui-hui, LI Ru-zhong, PEI Ting-ting, <i>et al.</i> (148)
Concentrations and Distribution of Metals in the Core Sediments from Estuary and City Section of Liaohe River	WANG Wei-jie, ZHOU Jun-li, PEI Shao-wei, <i>et al.</i> (156)
Distribution Characteristics and Pollution Status Evaluation of Sediments Nutrients in a Drinking Water Reservoir	HUANG Ting-lin, LIU Fei, SHI Jian-chao (166)
Effect of Low Molecular Weight Organic Acids on the Chemical Speciation and Activity of Mercury in the Soils of the Water-Level-Fluctuating Zone of the Three Gorges Reservoir	 YOU Rui, LIANG Li, QIN Cai-qing, <i>et al.</i> (173)
Arsenic Content and Speciation in the Surficial Sediments of Liangshui River in Beijing	WANG Xin-hui, SHAN Bao-qing, TANG Wen-zhong, <i>et al.</i> (180)
Effect of UV Light Radiation on the Coagulation of Chlorella and Its Mechanism	WANG Wen-dong, ZHANG Ke, XU Hong-bin, <i>et al.</i> (187)
Photocatalytic Oxidation of <i>p</i> -arsanilic Acid by TiO ₂	XU Wen-ze, YANG Chun-feng, LI Jing, <i>et al.</i> (193)
Photodegradation of Ciprofloxacin Hydrochloride in the Aqueous Solution Under UV	DUAN Lun-chao, WANG Feng-he, ZHAO Bin, <i>et al.</i> (198)
Adsorption of Phosphate by Lanthanum Hydroxide/Natural Zeolite Composites from Low Concentration Phosphate Solution	LIN Jian-wei, WANG Hong, ZHAN Yan-hui, <i>et al.</i> (208)
Experimental Research of Hg(II) Removal from Aqueous Solutions of HgCl ₂ with Nano-TiO ₂	ZHOU Xiong, ZHANG Jin-yang, WANG Ding-yong, <i>et al.</i> (220)
Development of Chemical Exposure Prediction Model for Aerobic Sewage Treatment Plant for Biochemical Wastewaters	ZHOU Lin-jun, LIU Ji-ning, SHI Li-li, <i>et al.</i> (228)
Degradation Characteristics of Three Aniline Compounds in Simulated Aerobic Sewage Treat System	GU Wen, ZHOU Lin-jun, LIU Ji-ning, <i>et al.</i> (240)
Advanced Treatment of Effluent from Industrial Park Wastewater Treatment Plant by Ferrous Ion Activated Sodium Persulfate	ZHU Song-mei, ZHOU Zhen, GU Ling-yun, <i>et al.</i> (247)
Recent Distribution and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Soils from Yangtze River Delta	LI Jing-ya, WU Di, XU Yun-song, <i>et al.</i> (253)
Preliminary Study on Linear Alkylbenzenes as Indicator for Process of Urbanization	XU Te, ZENG Hui, NI Hong-gang (262)
Pollution Assessment and Spatial Distribution Characteristics of Heavy Metals in Soils of Coal Mining Area in Longkou City	LIU Shuo, WU Quan-yuan, CAO Xue-jiang, <i>et al.</i> (270)
Effects of Reduced Water and Diurnal Warming on Winter-Wheat Biomass and Soil Respiration	WU Yang-zhou, CHEN Jian, HU Zheng-hua, <i>et al.</i> (280)
Effect of Recycled Water Irrigation on Heavy Metal Pollution in Irrigation Soil	ZHOU Yi-qi, LIU Yun-xia, FU Hui-min (288)
Effect of Biochar Application on Soil Aggregates Distribution and Moisture Retention in Orchard Soil	AN Yan, JI Qiang, ZHAO Shi-xiang, <i>et al.</i> (293)
Effects of Three Industrial Organic Wastes as Amendments on Plant Growth and the Biochemical Properties of a Pb/Zn Mine Tailings	 PENG Xi-zhu, YANG Sheng-xiang, LI Feng-mei, <i>et al.</i> (301)
Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth and Ce Uptake of Maize Grown in Ce-contaminated Soils	WANG Fang, GUO Wei, MA Peng-kun, <i>et al.</i> (309)
Distribution Characteristics and Risk Assessment of Phthalic Acid Esters in Agricultural Products Around the Pearl River Delta, South China	 LI Bin, WU Shan, LIANG Jin-ming, <i>et al.</i> (317)
Bioaccumulation and Biomagnification of Heavy Metals in Three Gorges Reservoir and Effect of Biological Factors	WEI Li-li, ZHOU Qiong, XIE Cong-xin, <i>et al.</i> (325)
Comparisons of Microbial Numbers, Biomasses and Soil Enzyme Activities Between Paddy Field and Dryland Origins in Karst Cave Wetland	 JIN Zhen-jiang, ZENG Hong-hu, LI Qiang, <i>et al.</i> (335)
Analysis on Diversity of Denitrifying Microorganisms in Sequential Batch Bioreactor Landfill	LI Wei-hua, SUN Ying-jie, LIU Zi-liang, <i>et al.</i> (342)
Synthesis of Fe/nitrogen-doped Carbon Nanotube/Nanoparticle Composite and Its Catalytic Performance in Oxygen Reduction	YANG Ting-ting, ZHU Neng-wu, LU Yu, <i>et al.</i> (350)
Application of Microbial Fuel Cells in Reducing Methane Emission from Rice Paddy	DENG Huan, CAI Li-cheng, JIANG Yun-bin, <i>et al.</i> (359)
Effect of Aeration Strategies on Emissions of Nitrogenous Gases and Methane During Sludge Bio-Drying	QI Lu, WEI Yuan-song, ZHANG Jun-ya, <i>et al.</i> (366)
Treatment of Flue Gas from Sludge Drying Process by A Thermophilic Biofilter	CHEN Wen-he, DENG Ming-jia, LUO Hui, <i>et al.</i> (377)
Application of FCM-qPCR to Quantify the Common Water Pathogens	WANG Ming-xing, BAI Yao-hui, LIANG Jin-song, <i>et al.</i> (384)
Effect of Acetonitrile and <i>n</i> -hexane on the Immunoassay of Environmental Representative Pollutants	LOU Xue-ning, ZHOU Li-ping, SONG Dan, <i>et al.</i> (391)
Compositional Variation of Spent Mushroom Substrate During Cyclic Utilization and Its Environmental Impact	LOU Zi-mo, WANG Zhuo-xing, ZHOU Xiao-xin, <i>et al.</i> (397)

《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)

2016年1月15日 第37卷 第1期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 37 No. 1 Jan. 15, 2016

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