

# 环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第38卷 第4期

Vol.38 No.4

**2017**

中国科学院生态环境研究中心 主办  
科学出版社 出版



目次

西宁近郊大气氮干湿沉降研究 ..... 许稳,金鑫,罗少辉,冯兆忠,张霖,潘月鹏,刘学军(1279)

兰州春夏季 PM<sub>10</sub> 碳组分昼夜变化特征与来源分析 ..... 马丽,余晔,王博,赵素平,李刚(1289)

海南三亚大气颗粒物中水溶性无机离子浓度及其粒径分布特征 ..... 王璐,刘子锐,温天雪,苗红妍,王跃思(1298)

2015年北京城区大气 PM<sub>2.5</sub> 中 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 及前体气体的污染特征 ..... 丁萌萌,周健楠,刘保献,王焱,张博韬,石爱军,杨懂艳,常森(1307)

北京市某垃圾焚烧厂周边大气二噁英污染特征及暴露风险 ..... 齐丽,任玥,刘爱民,黄业茹,赵震,王江,李泓(1317)

北京和保定地区大气细颗粒物中可培养细菌的种群特征 ..... 胡亚东,马安周,吕鹏翼,张扬,庄国强(1327)

基于实时交通数据的南京市主次干道机动车排放特征分析 ..... 李笑语,吴琳,邹超,张意,毛洪钧,荆博宇(1340)

过渡金属掺杂对镉锡烧绿石催化碳烟燃烧性能的影响 ..... 李曦峰,孙宇琦,王仲鹏,牟宗刚,崔兆杰(1348)

南水北调中线北京段水质状况分析 ..... 徐华山,赵磊,孙昊苏,任玉芬,丁涛,常帅,王海东,李森,果钊(1357)

三峡前置库汉丰湖试运行年水文水质变化特征 ..... 杨兵,何丙辉,王德宝(1366)

基于偏最小二乘模型的河流水质对土地利用的响应 ..... 李琳琳,张依章,唐常源,郑磊,孟伟,卢少勇,敦宇(1376)

抚仙湖夏季热分层时期水温及水质分布特征 ..... 王琳杰,余辉,牛勇,牛远,张有林,刘倩,吉正元(1384)

千岛湖溶解氧与浮游植物垂向分层特征及其影响因素 ..... 俞焰,刘德富,杨正健,张佳磊,徐雅倩,刘晋高,严广寒(1393)

高通量测序技术研究辽河真核浮游藻类的群落结构特征 ..... 王靖淇,王书平,张远,林佳宁,高欣,臧小苗,赵茜(1403)

三门湾近海有机污染对浮游细菌群落的影响 ..... 戴文芳,郭永豪,郁维娜,熊金波(1414)

沉积物-水界面氮的源解析和硝化反硝化 ..... 金赞芳,龚嘉临,施伊丽,金漫彤,李非里(1423)

广州南沙红树林湿地水体和沉积物中有机氯农药的残留特征 ..... 丁洋,黄焕芳,李绘,罗杰,郑煌,孙焰,杨丹,张原,祁士华(1431)

太湖西岸河网沉积物中重金属污染特征及风险评价 ..... 边博,周燕,张琴(1442)

锁磷剂对杭州西湖底泥磷释放的控制效果 ..... 朱广伟,李静,朱梦圆,龚志军,许海,杨桂军,张运林,秦伯强(1451)

超滤处理东江水不可逆膜污染物的识别和活性炭对其吸附去除 ..... 杨海燕,王灿,鄢忠森,李冬平,赵焱,瞿芳术,梁恒,徐叶琴,李圭白(1460)

UV/SPS 降解水中三氯生的效能及动力学 ..... 李青松,李学艳,姚宁波,骆靖宇,李国新,陈国元,高乃云(1467)

真空紫外-亚硫酸盐法降解 PFOS 影响因素 ..... 韩慧丽,王宏杰,董文艺(1477)

g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 协同光催化还原 Cr(VI) 及氧化磺基水杨酸 ..... 李莉莉,陈翠柏,兰华春,刘菲,安晓强(1483)

锆改性硅藻土吸附水中磷的研究 ..... 范艺,王哲,赵连勤,吴德意(1490)

3种常规消毒方法对磺胺类抗性基因削减效果的比较 ..... 郑吉,周振超,陈芳,陈涛,魏媛媛,韩玥,陈红(1497)

典型生活污水处理工艺对雌激素效应的去除 ..... 张秋亚,马晓妍,王晓昌,游猛(1506)

SRT 对酵母-SBR 处理油脂废水稳定性的影响 ..... 吕文洲,张树林,乔宇祥,刘英(1513)

分散染料 neocron black(NB) 的生物降解特性 ..... 杨波,丁凤友,徐辉,李方,田晴,马春燕(1520)

多聚磷酸盐激酶基因在污水生物除磷中的功能 ..... 南亚萍,周国标,袁林江(1529)

生物膜短程硝化系统的恢复及其转化为 CANON 工艺的过程 ..... 付昆明,周厚田,苏雪莹,王会芳(1536)

厌氧氨氧化反应器脱氮性能及细菌群落多样性分析 ..... 曹雁,王桐屿,秦玉洁,韩彬,任君怡(1544)

内环境调节层对厌氧生物反应器填埋场中氮转化的影响 ..... 何正坤,宋博宇,朱南文,董军(1551)

矿化垃圾中 Fe(III) 还原耦合 CH<sub>4</sub> 厌氧去除特性 ..... 王立立,何婷,龙焰,刘常宝(1558)

应用铅铋同位素示踪研究泉州某林地垂直剖面土壤中重金属污染及来源解析 ..... 孙境蔚,于瑞莲,胡恭任,苏光明,王晓明(1566)

畜禽粪有机肥中重金属在土壤剖面中积累迁移特征及生物有效性差异 ..... 何梦媛,董同喜,茹淑华,苏德纯(1576)

山东省农田土壤多环芳烃的污染特征及源解析 ..... 葛蔚,程琪琪,柴超,曾路生,吴娟,陈清华,朱祥伟,马东(1587)

江汉平原典型土壤环境中有机磷农药的分布特征及影响因素 ..... 王建伟,张彩香,潘真真,廖小平,刘媛,吕幽,汤蜜(1597)

基于生物有效性的农田土壤磷素组分特征及其影响因素分析 ..... 蔡观,胡亚军,王婷婷,袁红朝,王久荣,李巧云,葛体达,吴金水(1606)

秸秆还田对外源氮在土壤中转化及其微生物响应的影响 ..... 陈珊,丁成庆,祝贞科,王娟,彭佩钦,葛体达,吴金水(1613)

生物炭输入对城郊农业区农田地表反照率及土壤呼吸的影响 ..... 张阳阳,胡学玉,邹娟,张迪,陈威,王向前,陈窈君,刘扬(1622)

淹水水稻土消耗 N<sub>2</sub>O 能力及机制 ..... 王玲,邢肖毅,秦红灵,刘毅,魏文学(1633)

不同污水处理工艺非二氧化碳温室气体的释放 ..... 李惠娟,彭党聪,刘文博,姚倩,卓杨(1640)

施用不同污泥堆肥对土壤温室气体排放的影响 ..... 杨雨滢,易建婷,张成,陈宏,木志坚(1647)

不同镉水平下纳米沸石对土壤 pH、CEC 及 Cd 形态的影响 ..... 迟苏琳,徐卫红,熊仕娟,王卫中,秦余丽,赵婉伊,张春来,李彦华,李桃,张进忠,熊治庭,王正银,谢德体(1654)

不同作物对外源硒动态吸收、转运的差异及其机制 ..... 彭琴,李哲,梁东丽,王梦柯,郭璐(1667)

褪黑素对水稻幼芽镍胁迫的缓解作用 ..... 刘仕翔,黄益宗,罗泽娇,黄永春,蒋航(1675)

不同形态磺胺类药物在根-土界面的空间分布及毒性评价 ..... 金彩霞,司晓薇,王万峰,王春峰,王子英,张琴文,王婉(1683)

三峡库区消落带沉积物对鱼体富集率的影响 ..... 孙松,李楚娟,张成,王永敏,王定勇(1689)

重庆市居民头发重金属富集特征及其相关性分析 ..... 何明靖,李琦,王登祥,赵佳渊,杨婷(1697)

16S rRNA 高通量测序研究集雨窖水中微生物群落结构及多样性 ..... 杨浩,张国珍,杨晓妮,武福平,赵炜,张洪伟,张翔(1704)

石墨烯掺杂聚苯胺阳极提高微生物燃料电池性能 ..... 黄力华,李秀芬,任月萍,王新华(1717)

美国污染场地清理的风险评估简介及政策制定 ..... 容跃(1726)

《环境科学》征稿简则(1505) 《环境科学》征订启事(1682) 信息(1339, 1459, 1612)

# 基于实时交通数据的南京市主次干道机动车排放特征分析

李笑语<sup>1</sup>, 吴琳<sup>1</sup>, 邹超<sup>1</sup>, 张意<sup>1</sup>, 毛洪钧<sup>1\*</sup>, 荆博宇<sup>2</sup>

(1. 南开大学环境科学与工程学院, 天津 300071; 2. 国家环境保护恶臭污染控制重点实验室, 天津 300191)

**摘要:** 通过 2014 年 RFID 实时数据得到南京市主干道和次干道车流量、车速、车队构成等交通信息, 基于 COPERT 模型获取排放因子数据, 利用高时空分辨率机动车排放 (HTSVE) 清单系统计算道路机动车排放量. 运用非参数检验和道路聚类分析, 结合 ArcGIS 技术, 分析南京市主次干道机动车排放特征. 结果表明, 2014 年南京市主次干道机动车以小型客车为主, 比例均达 80%, 国 III 和国 IV 车量总数超过 90%, 其中以国 III 车排放贡献率最大. 特殊时段 (低谷时段、平峰时段、高峰时段) 机动车日均排放量受道路类型和周末效应共同影响, 南京市主次干道以排放分担率变化规律可分为 5 类, 同类道路具有相似的变化特征且受空间地理位置影响. 基于聚类结果, 对不同类型道路的小时排放特征进行分析, 以期对交通环境管理提供技术手段和决策依据.

**关键词:** RFID; 主次道路; HTSVE 清单系统; 非参数检验; 排放聚类分析

中图分类号: X511 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2017)04-1340-08 DOI: 10.13227/j.hjxx.201608065

## Emission Characteristics of Vehicle Exhaust in Artery and Collector Roads in Nanjing Based on Real-time Traffic Data

LI Xiao-yu<sup>1</sup>, WU Lin<sup>1</sup>, ZOU Chao<sup>1</sup>, ZHANG Yi<sup>1</sup>, MAO Hong-jun<sup>1\*</sup>, JING Bo-yu<sup>2</sup>

(1. College of Environmental Science and Engineering, Nankai University, Tianjin 300071, China; 2. State Environmental Protection Key Laboratory of Odor Pollution Control, Tianjin 300191, China)

**Abstract:** The vehicle emissions were estimated by the Urban High Temporal-Spatial Resolution Vehicle Emission Inventory Model and Decision Support System (hereinafter referred to as the HTSVE system) with the real-time data including traffic flow, average speed and fleet compositions obtained from Radio Frequency Identification (RFID) and emission factors based on COPERT. The study focused on the characteristics of vehicle emissions by means of non-parametric test and cluster analysis with ArcGIS in artery roads and collector roads in Nanjing, 2014. The result showed that the proportion of passenger cars reached up to 80%, and China 3 and China 4 accounted for over 90% while China 3 contributed most. The daily average emissions in special periods including morning, noon and evening were affected by both road types and weekend effect. The artery and collector roads were classified as 5 clusters. Each type had similar emission rates distribution and was affected by spatial position to support traffic management.

**Key words:** RFID; artery and collector roads; HTSVE system; non-parametric test; cluster analysis for emission

随着城市公众出行机动化的需求日益增多, 城市机动车保有量飞速增长, 机动车尾气排放成为城市空气污染的主要来源之一, 加重了大城市空气质量的恶化程度<sup>[1~3]</sup>. 南京市地处长三角经济发达地区, 机动车数量迅猛增长, 2014 年机动车保有量为 172 万辆<sup>[4]</sup>, 由机动车排放导致的空气质量恶化也变得越来越突出<sup>[5]</sup>. 因此, 研究机动车污染物的排放特征具有重要意义, 可以为南京市机动车污染控制提供数据支撑.

获取与排放因子相匹配且能反映道路实际行驶特征的交通活动水平数据是研究机动车道路污染物排放特征的关键. 国内外已有许多针对道路机动车排放特征方面的研究, 交通活动水平的获取方式各异. 吴焯等<sup>[6]</sup>获取澳门分车型保有量数据和年均

行驶里程数据建立澳门排放清单, 姚志良等<sup>[7]</sup>选取了北京市代表城南、城北、城中各 3 条典型主干道、快速路、居民路, 记录逐秒车辆位置和速度, 朱倩茹等<sup>[8]</sup>运用 GPS 浮动车数据分析广州市机动车排放量分布特征, 孙国金<sup>[9]</sup>选取了 4 条典型道路代表杭州市典型道路的行驶特征. Wang 等<sup>[10]</sup>运用 TransCAD 模型获取机动车行驶里程数据, Cook 等<sup>[11]</sup>基于 TDM 模型获得逐时的路段流量. Iqbal 等<sup>[12]</sup>选择代表性的道路调查机动车行驶里程和交通量数据. 然而, 通过调研、人工采集得到的数据

收稿日期: 2016-08-10; 修订日期: 2016-11-04

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2014BAC23B02); 科技部科技基础性工作专项 (2013FY112700-02)

作者简介: 李笑语 (1991 ~), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为大气污染治理, E-mail: lxy123coco@163.com

\* 通信作者, E-mail: hongjunm@nankai.edu.cn

具有数据量小、时间跨度短、覆盖道路少,准确度低且可能会忽略交通流和机动车排放特点。同时,静态数据不具备动态更新和实时计算的功能,而交通模型获取数据的准确度较实际数据低。目前已有研究获取的活动水平是基于实时动态数据<sup>[13,14]</sup>。随着交通采集技术发展,实时交通数据通过新型信息采集技术例如视频识别、无线射频技术(radio frequency identification, RFID)、全球定位系统(global positioning system, GPS)等获取。RFID 可以快速读取通过车辆的信息,非常适合在智能交通管理方面的应用<sup>[15]</sup>。采用空间网格建模方法,可以实现 RFID 数据与道路的关联。

本研究基于 RFID 和视频识别数据,获取南京市 450 个主次干道基站实时动态交通数据。这是本研究的优势所在,以覆盖基站提供的实时数据代替选择典型道路、保有量数据、历史数据等的方法,更准确反映机动车的真实活动水平,有效提高机动车排放量的准确度。同时,实时数据能够为建立自下而上的排放清单提供数据更为准确的数据支撑。排放因子基于 COPERT 模型,采用 HTSVE 清单系统计算排放量,该清单系统最早应用在北京的研究中<sup>[16,17]</sup>。

本研究获取的实时交通数据结合 ArcGIS 技术,分析南京市主次干道机动车排放特征,以期能为交通环境管理提供技术手段和决策依据并可以进一步建立高时空分辨率的排放清单,结合空气质量数值模型,模拟移动源对环境空气质量的影响。

## 1 材料与方法

本研究基于南京市 2014 年的 1、4、7、10 月这 4 个月 RFID 实时交通数据,获取主次干道车流量,平均速度以及车队构成等交通活动水平信息,分析两种道路类型及周末效应的排放特征。NO<sub>x</sub>、CO、HC、PM 这 4 种污染物的排放量通过 HTSVE 清单系统计算,其计算公式如下:

$$Q_{i,j}^p = \sum_c EF_{c,v}^p \times VT_{c,i,j} \times L_i \quad (1)$$

式中,  $Q_{i,j}^p$  代表污染物  $p$  在  $i$  路段  $j$  时的排放量 ( $g \cdot h^{-1}$ ),  $EF_{c,v}^p$  代表  $c$  车型在速度  $v$  ( $km \cdot h^{-1}$ ) 时污染物  $p$  的排放因子,  $VT_{c,i,j}$  代表  $i$  路段  $c$  车型在  $j$  时的车流量 ( $辆 \cdot h^{-1}$ ),  $L_i$  代表  $i$  路段的长度 ( $km$ )。

### 1.1 主次干道实时交通数据获取

实时交通数据获取的方式是通过电子车牌的形式与 RFID 电子标签的 ID 号相联系,存入到电子标

签内,利用路网中分布安置的 RFID 检测设备获取车辆身份、车辆位置及车辆交通信息等<sup>[18,19]</sup>,如图 1 所示。

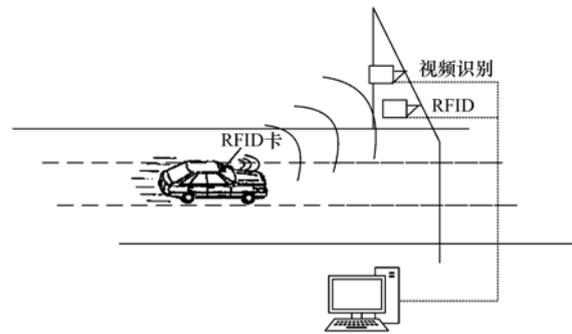


图 1 实时数据获取

Fig. 1 Real-time data acquisition

RFID 数据计算道路机动车平均速度是取单车通过 RFID 基站相同行驶方向相近的 RFID 基站作为关联,将所有关联的基站对平均速度进行加权平均,与路网匹配,得到道路平均速度,公式如下所示。

$$v_i = \frac{1}{j} \cdot \sum_j \frac{S}{t_{i,j}} \quad (2)$$

式中,  $v_i$  是该基站对在  $i$  时段内的平均行驶速度 ( $km \cdot h^{-1}$ );  $S$  是该基站对间的道路长度 ( $km$ );  $t_{i,j}$  是该基站对的单车  $j$  的通过时间 ( $h$ )。

2014 年南京市运行稳定的 RFID 基站共有 465 个,分布情况如图 2 所示。本研究选择覆盖主次干道的 450 个基站,其中主干道有 404 个,次干道有 46 个。基站覆盖的主干道和次干道占南京市主次干道总长度的 66.5% 和 9.5%。

通过实时读取 RFID 的车牌号与南京车辆注册数据库关联检索,结合基站编号与通过时间等信息,获取某时间段内与排放因子中机动车分类相同的机动车车流量。通过上述公式(2)计算通过道路平均速度。不同的排放标准与车型的污染物排放量差异显著<sup>[20~22]</sup>。车队构成信息可通过 RFID 数据资料结合视频识别技术与注册数据库关联检索。车牌识别开头为“苏 A”的标记为南京本地车辆,其中南京车辆占比为 90.7%。本研究对应排放因子将车型分为实行国 I 前、国 I、国 II、国 III、国 IV 标准下的微型货车、轻型货车、中型货车、重型货车、微型客车、小型客车、中型客车、大型客车。

### 1.2 排放因子确定方法

通过输入车队构成、车辆行驶工况、环境温度、油品品质等基础数据,基于 COPERT 模型获取微型货车、轻型货车、中型货车、重型货车、微型

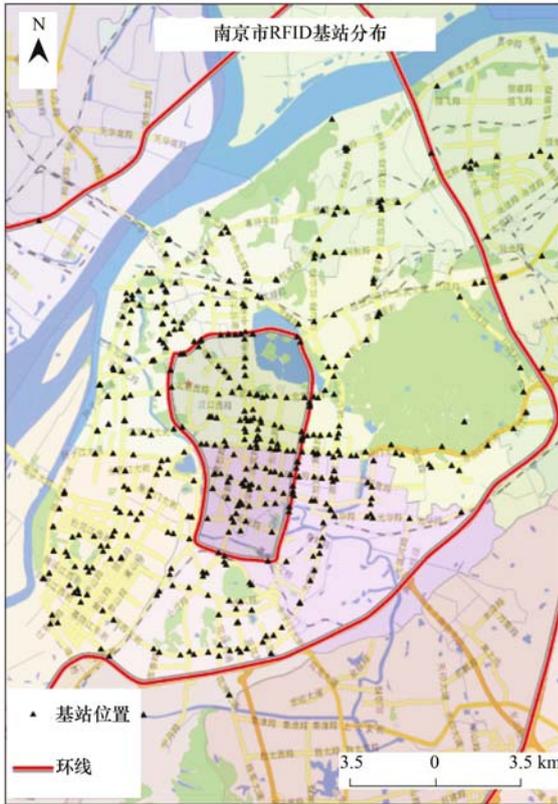


图2 南京市 RFID 基站分布示意  
Fig. 2 Distribution of RFID base stations in Nanjing

客车、小型客车、中型客车、大型客车等不同车型在实行国 I 前、国 I、国 II、国 III、国 IV 标准情况下的 CO、NO<sub>x</sub>、HC 和 PM 的排放因子。通过隧道测试与 COPERT IV 模型计算的排放因子对比可知,CO 和 HC 排放因子与模型模拟结果相差不大,NO<sub>x</sub> 排放因子高于隧道实验 2.6 倍,PM<sub>2.5</sub> 差异较大,高出 7.5 倍。这可能由于中国与欧盟在车型分类及单车排放因子等方面有一定的差异。

1.3 排放特征分析方法

本研究以 RFID 实际道路交通流信息为数据基础,结合道路信息和排放因子信息,采用 HTSVE 清单系统计算主次干道机动车排放量,分析主次干道在工作日和非工作排放特征。利用 SPSS Statistics 22 Mann-Whitney U 非参数检验(非正态总体)和系统聚类分析方法<sup>[23]</sup>,结合 ArcGIS 软件,分析道路日均排放量在周末效应和道路类型影响下是否具有显著性差异以及聚类排放时空分布特征。

2 结果与讨论

2.1 交通特征分析

2.1.1 交通流变化特征

通过对 RFID 覆盖区域主次干道实时数据的整

理和分析,获取了主次干道日均车流量、逐时车流量以及车速变化规律,如图 3~5 所示。

图 3 为不同月份日均车流量变化情况,从中可以看出,4 个月份的日均车流量变化差异较小,选取月份可以反映全年日均车流量。次干道日均车流量是主干道的 50% 左右。工作日车流量略多于非工作日。

图 4 是逐小时车流量变化情况,主次干道车流量变化规律基本相同,均呈现明显“双峰”现象。非工作日的早高峰相较工作日略有推迟,晚高峰略有提前,在 20:00 左右出现的小高峰,应该与周末出行流量增加有关。

从图 5 逐小时车速变化规律中可以看出,次干道车速要明显高于主干道,非工作日车速高于工作日。晚高峰车速为一天最低值,约为 25~30 km·h<sup>-1</sup>。

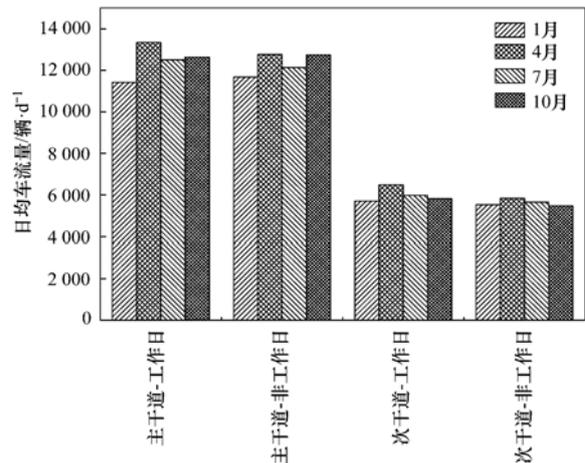


图3 主次干道4个月份日均车流量  
Fig. 3 Average daily traffic volume in four months in artery and collector roads

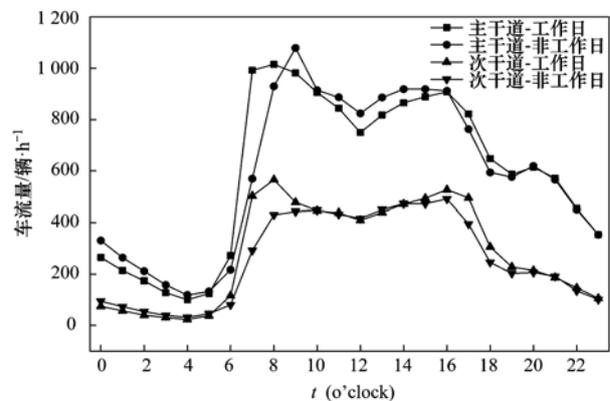


图4 主次干道逐小时车流量变化  
Fig. 4 Hourly traffic volume in artery and collector roads

2.1.2 机动车车型与排放标准构成特征

通过实时读取与注册数据关联后的 RFID 数

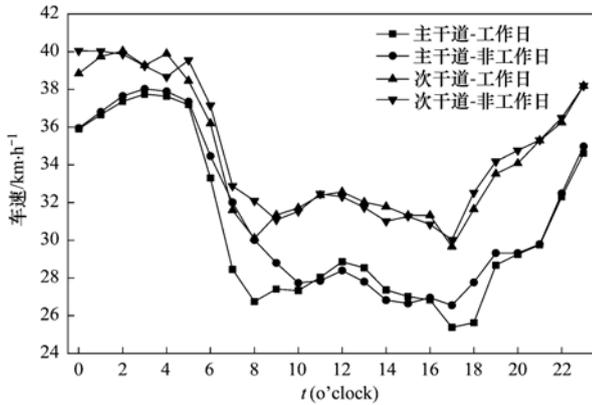


图 5 主次干道逐小时车速变化

Fig. 5 Hourly average traffic speed in artery and collector roads

据,获取主、次干道的排放标准构成比例和车型,如图 6 所示. 主次干道上车型和排放标准构成基本一致.

从排放标准比例图可见,国 III 和国 IV 车辆是南京市主、次干道主流车辆,占比超过 90%, 其中国 IV 车辆超过车辆总数的一半. 国 I 前、国 I 车辆占比极低,两类标准车总量约占总车数的 1%.

从图 6 可以看出,主次干道中,小型客车占比最高,均达 80% 左右. 其次是大型客车,分别占 9.8% 和 8.3%,除微型货车占比远小于 1% 之外,其它 3 种货车比例在 1% ~ 6%. 主干道中大型客车和重型货车占比略高于次干道.

### 2.2 道路机动车排放特征分析

#### 2.2.1 道路机动车排放量特征分析

基于逐时的车流量、车速、车队构成比例和不同污染物的排放因子,采用 HTSVE 清单系统计算 RFID 覆盖区域主次干道 NO<sub>x</sub>、CO、HC、PM 的排放量分别为 8.1、15.2、0.6、0.3 t·d<sup>-1</sup>.

根据道路长度和人口密度推算 2014 年南京市主城区 NO<sub>x</sub>、CO、HC、PM 的年排放量分别为 2.8 万 t、5.4 万 t、0.7 万 t、0.1 万 t. 南京市 2013 年排放清单中,南京市机动车排放 NO<sub>x</sub>、CO、HC、PM 分别为 3.6 万 t、15.5 万 t、1.9 万 t、0.25 万 t<sup>[24]</sup>. 2010 年杭州市 NO<sub>x</sub>、CO、HC、PM<sub>2.5</sub> 分别为 3.6 万 t、15.8 万 t、12.3 万 t、1.1 万 t<sup>[25]</sup>. 分析数据差异,主要原因有以下 4 点:①本文主要考虑南京市排放污染物总量. ②本文未考虑摩托车对污染物的贡献. 根据南京市统计年鉴可知,摩托车数占比接近 20%<sup>[4]</sup>. 摩托车排放对 CO 和 HC 的贡献均达 20%<sup>[26]</sup>. ③基于 COPERT 模型计算的排放因子与实测排放因子有较大差异,尤其是 PM<sub>2.5</sub> 和 NO<sub>x</sub>. ④以道路长度和人口密度推算区域排放总量有一定误差.

通过对 4 个月 122 d 的工作日和非工作日不同污染物日均值的显著性差异分析,研究周末效应是否对主次干道机动车排放量有显著影响,如表 1

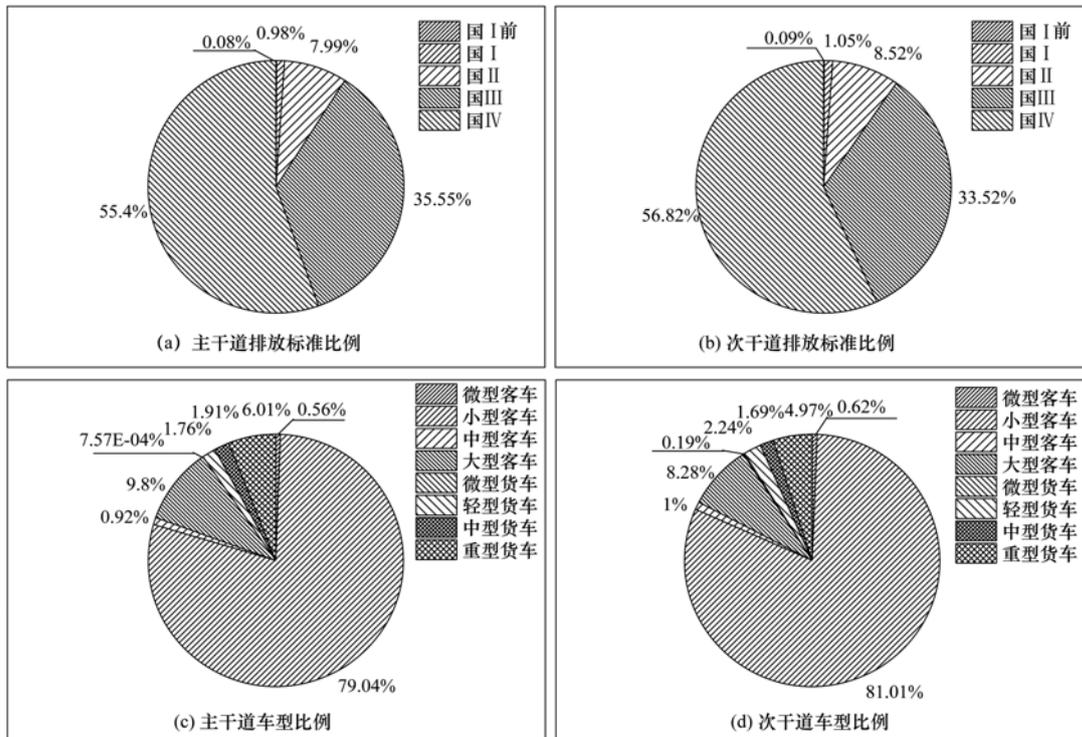


图 6 主次干道车队构成比例

Fig. 6 Proportion of fleet compositions in artery and collector roads

所示。

由表 1 可知,从数据总体来看,主次干道工作日排放量均略高于非工作日。由非参数检验可知,次干道 4 种污染物日均排放量周末效应均显著,主干道的  $\text{NO}_x$  和 PM 日均排放量周末效应不显著。对活动水平数据进行非参数检验可知,逐小时车流量和车速都具有显著的周末效应, $P$  值均小于 0.01,而主干道大型客车和中重型货车占比周末效应不显

著, $P=0.421$ 。有研究表明,以柴油为燃料的公共汽车、大型客车、重型货车等是  $\text{NO}_x$  和 PM 的主要贡献者<sup>[27,28]</sup>。说明主干道的  $\text{NO}_x$  和 PM 日均排放量周末效应的不显著可能与大型客车和中重型货车占比变化不显著有关。

通过以上分析可知,特殊时段  $\text{NO}_x$  日均排放量受周末效应和道路类型影响显著,与车流量、车速、车队构成等活动水平因素相关。

表 1 南京市主次干道机动车日均排放量/( $\text{t}\cdot\text{d}^{-1}$ )

Table 1 Average daily emission in artery and collector roads of Nanjing/ $\text{t}\cdot\text{d}^{-1}$

道路类型	日期	$\text{NO}_x$	CO	HC	PM
主干道	工作日	7.830	15.057	0.595	0.259
	非工作日	7.518	13.485**	0.555**	0.247
次干道	工作日	0.274	0.584	0.023	0.009
	非工作日	0.249**	0.491**	0.019**	0.008**

1) \* 表示  $P < 0.05$ , \*\* 表示  $P < 0.01$

### 2.2.2 道路机动车排放时间分布特征分析

本节以  $\text{NO}_x$  为例对机动车排放清单的时空分布特征进行分析。

通过对主次干道在工作日和非工作日机动车排放的时分担率进行分析,如图 7 所示。南京市的排放分担率变化呈现出明显的“双峰”现象,与车流量变化规律一致。00:00~04:00  $\text{NO}_x$  呈现下降趋势,04:00 后快速上升,08:00 早高峰达到一天的峰值,经中午波谷时段,在 17:00 达到晚高峰,随后呈下降趋势。主干道双峰时刻排放分担率分别达 6% 和 7%,主干道排放更为集中在双峰时段。19:00~23:00 时段,非工作日分担率出现小高峰,与交通数据变化规律一致。

为验证道路类型和周末效应两种因素对特殊时段的排放是否有显著性影响,分别对低谷时段(02:00~05:00)、高峰时段(07:00~10:00 和 16:00~19:00)和平峰时段(11:00~14:00)的  $\text{NO}_x$  排放进行非参数检验,其检验结果为南京市特征时段排放分担率分布情况差异性显著( $P < 0.01$ )。特殊时段道路类型和周末效应对排放分担率分布都具有显著性差异,这与图 7 所示的规律一致。车汶蔚<sup>[29]</sup>在建立珠江三角洲高时空分辨率排放清单中,相对工作日而言,城市主干道机动车日排放变化在休息日变化较为平缓,这与本文一致。樊守彬等<sup>[30]</sup>研究北京机动车排放特征,主干道和次干道从污染物量上依次递减,且不同类型道路排放变化规律并不一致。说明道路类型和周末效应两种因素对污染物排放变化规律都有显著影响。

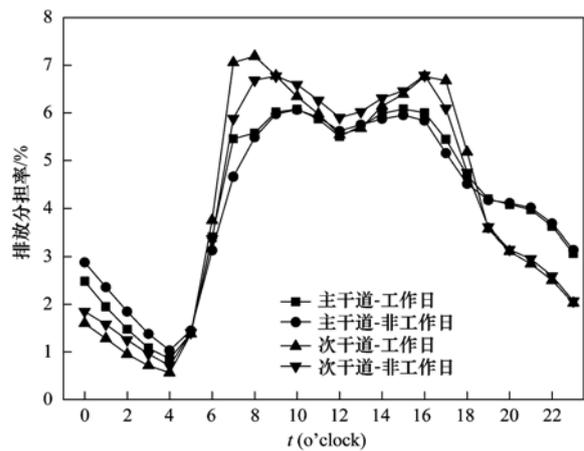


图 7 主次干道排放分担率

Fig. 7 Emission contribution rates in artery and collector roads

### 2.2.3 机动车排放道路聚类时空特征分析

根据  $\text{NO}_x$  小时排放变化规律对 RFID 覆盖区域的主次干道进行聚类,将道路聚为 5 类,如图 8 和图 9 所示。

类 1 道路呈现明显的“双峰”现象,道路长度占比超过 90%,分布最为广泛。类 2 是应天大街高架,早高峰较其他类道路略有推迟,且周围有绿博园、休闲公园等景点,周末中午呈现明显的小高峰。类 3 和类 5 道路早高峰排放分担率是一天中的最高值,晚上呈现小高峰,其主要分布于市郊的科技园、产业园、工业园,如软件大道、尧新大道、恒飞路、太新路、扬子江大道等以及学校周围如紫荆花路。类 3 道路周末早晚高峰基本持平,早高峰出行车辆相较工作日减少明显。工业较为集中的类 5 道路一周均呈现明显早高峰。对比交通数据可知,早高峰车

流量明显高于晚高峰, 车辆运行速度降低, 排放因子增加所致, 而晚高峰部分车辆可以选择绕行. 类 4 回龙桥路段夜晚分担率较白天高, 主要由于货车和大型客车通行量大, 对  $\text{NO}_x$  排放影响明显.

由图 8 和图 9 可知, 90% 以上的道路呈现明显的“双峰”现象, 各类道路的排放分担率变化规律与其所处的空间位置密切相关. 根据聚类分析结果, 可以采取以下方式降低排放: 工作日期间, 加强早高峰排放分担率高的道路分流工作, 在临近产业园、科技园、工业园等地可以推行班车制度; 非工作日期间, 分流景点、博览园、公园车辆, 同时也可以设置旅游专线减少车流量; 督查类 4 道路夜间经过货车是否满足排放标准和有无超载现象.

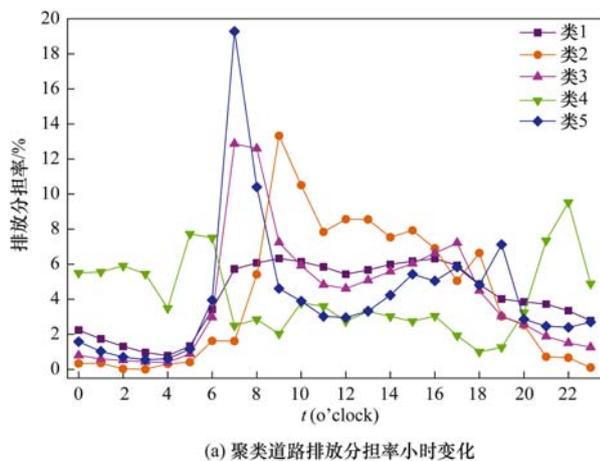


图 8 主次干道工作日聚类时空分布

Fig. 8 Cluster analysis on weekday in artery and collector roads

#### 2.2.4 不同车型和技术构成排放贡献率

南京市主次干道的技术标准和车型排放分担率基本相同, 与交通变化规律一致, 如图 10 所示. 从排放标准贡献率角度来看, 主次干道以国 III、国 IV 车辆为主, 国 IV 车辆数超过总数的一半, 但国 III 排放贡献率最高, 说明排放标准的提升有效降低了排放强度<sup>[31]</sup>.

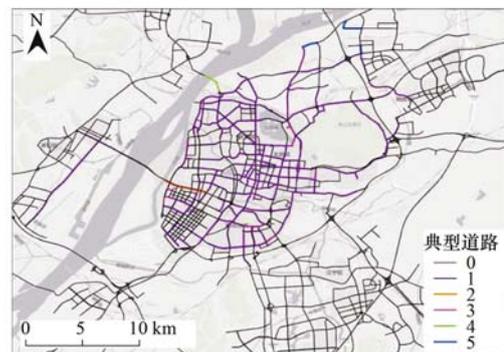
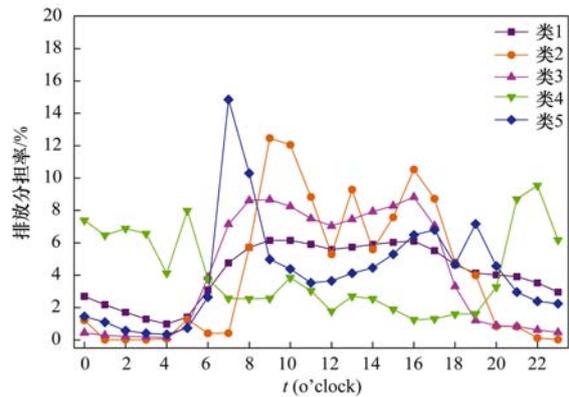


图 9 主次干道非工作日聚类时空分布

Fig. 9 Cluster analysis on weekend in artery and collector roads

从车型贡献率角度来看, 不同车型对不同污染物的贡献率差异很大. 对于  $\text{PM}$  和  $\text{NO}_x$  而言, 不同车型的排放变化规律一致. 大型客车和重型货车是主要的贡献源, 这一点更好地印证了上述日均值差异的结果. 对于  $\text{CO}$  和  $\text{HC}$ , 排放主要源自客车, 小型客车是  $\text{CO}$  主要的贡献源, 占比高达 71.3%.  $\text{HC}$  中除客车外, 重型货车也是主要的贡献源之一.

### 3 结论

(1) 南京市的机动车车流量呈明显的“双峰”分布, 车速呈明显的“双谷”分布, 与排放分担率规律相一致. 说明排放分担率变化与活动水平变化密切相关. 车队构成方面, 小型客车在各车型中占比最高, 其次是大型客车和重型货车, 国 III、国 IV 车辆为南京市在用车主要标准.

(2) 非参数检验结果说明, 特殊时段  $\text{NO}_x$  日均排放量受周末效应和道路类型影响显著, 与车流量、车速、车队构成等活动水平因素相关.

(3) 聚类分析结果说明, 主次干道以逐时排放分担率变化规律可分为 5 类, 同类道路具有一致性, 其分类主要受其空间地理位置影响, 并可为交通管理提供支持.

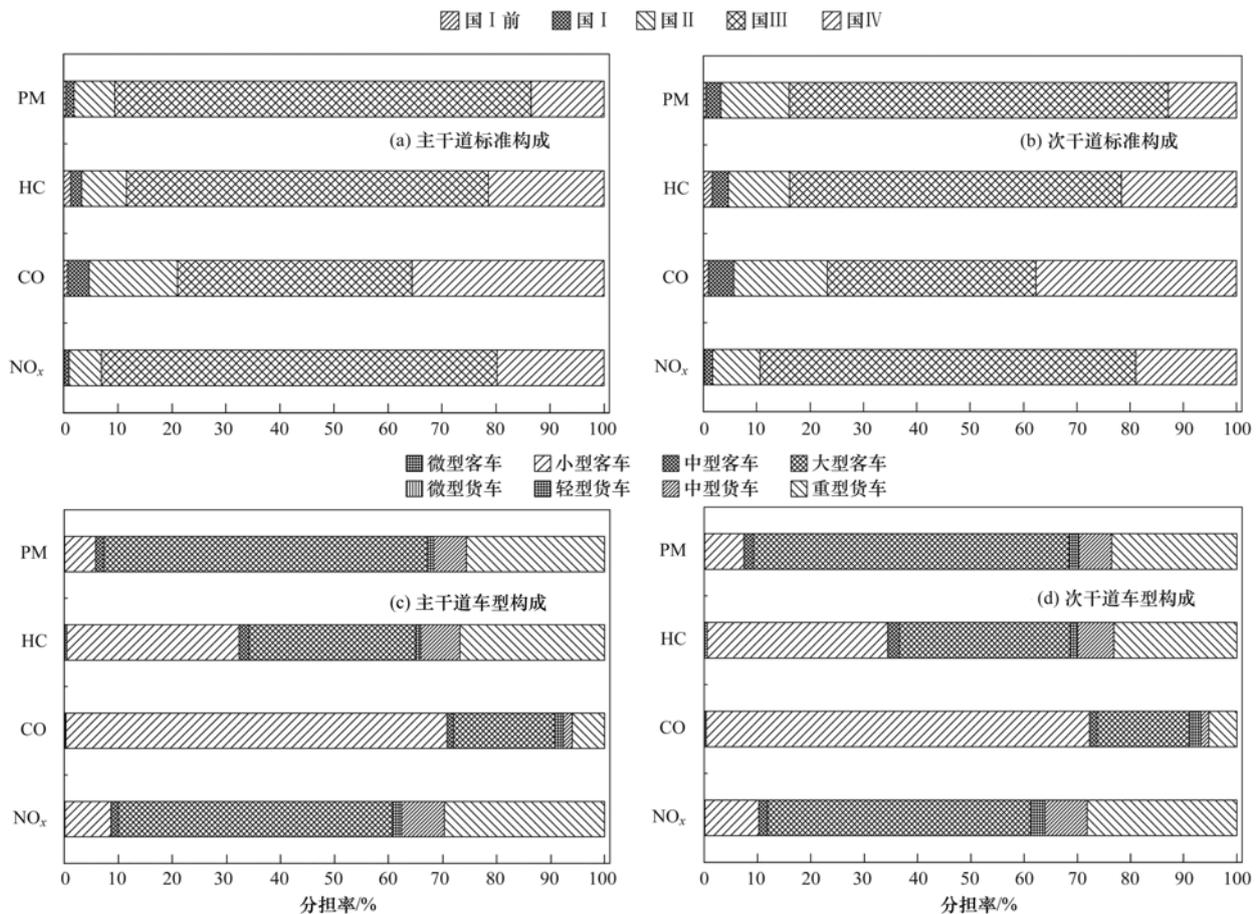


图 10 主次干道车队构成排放分担率

Fig. 10 Contribution rates of fleet compositions in artery and collector roads

(4)由车队构成对排放贡献可知,2014 年南京市排放主要由国 III、国 IV 车贡献,国 III 车贡献最大。从车型成分担率来看,HC、CO 的主要贡献车型是小型客车,NO<sub>x</sub> 和 PM 的主要贡献车型是大型客车和重型货车。

#### 参考文献:

- [ 1 ] Fu L X, Hao J M, He D Q, *et al.* Assessment of vehicular pollution in China[J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2001, **51**(5): 658-668.
- [ 2 ] He K B, Huo H, Zhang Q. Urban air pollution in China: current status, characteristics, and progress [J]. Annual Review of Energy and the Environment, 2002, **27**(1): 397-431.
- [ 3 ] Walsh M P. Can China control the side effects of motor vehicle growth[J]. Natural Resources Forum, 2007, **31**(1): 21-34.
- [ 4 ] 徐翠华. 2014 南京市统计年鉴 [EB/OL]. <http://yearbookchina.com/navibooklist-N2014120129-1.html>, 2014.
- [ 5 ] 路云霞, 刘海滨, 于忠华, 等. 南京市环境空气污染特征与治理对策研究[J]. 环境科学与管理, 2013, **38**(4): 79-81, 119.  
Lu Y X, Liu H B, Yu Z H, *et al.* Study on characteristics and countermeasures of air pollution in Nanjing[J]. Environmental Science and Management, 2013, **38**(4): 79-81, 119.
- [ 6 ] 吴焯, 郝吉明, 傅立新, 等. 澳门机动车排放清单[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2002, **42**(12): 1601-1604.  
Wu Y, Hao J M, Fu L X, *et al.* Emissions inventory for mobile sources in Macao, China [J]. Journal of Tsinghua University (Science & Technology), 2002, **42**(12): 1601-1604.
- [ 7 ] 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.  
Yao Z L, He K B, Wang Q D, *et al.* Application study of IVE vehicle emission model [J]. Environmental Science, 2006, **27**(10): 1928-1933.
- [ 8 ] 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.  
Zhu Q R, Liu Y H, Zeng W L, *et al.* Research on distribution characteristics of motor vehicle exhaust emissions based on GPS floating car method [J]. Research of Environmental Sciences, 2011, **24**(10): 1097-1103.
- [ 9 ] 孙国金. 机动车排放 PM<sub>2.5</sub> 和 NO<sub>x</sub> 的特征与减排对策 [D]. 杭州: 浙江大学, 2013. 69-86.
- [ 10 ] Wang H K, Fu L X, Lin X, *et al.* A bottom-up methodology to estimate vehicle emissions for the Beijing urban area [J]. Science of the Total Environment, 2009, **407**(6): 1947-1953.
- [ 11 ] Cook R, Isakov V, Touma J S, *et al.* Resolving local-scale emissions for modeling air quality near roadways [J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2008, **58**(3): 451-461.
- [ 12 ] Iqbal A, Allan A, Zito R. Meso-scale on-road vehicle emission

- inventory approach: a study on Dhaka City of Bangladesh supporting the 'cause-effect' analysis of the transport system[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2016, **188**(3): 149.
- [13] Wong P K, Vong C M, Wong K I, *et al.* Development of a wireless inspection and notification system with minimum monitoring hardware for real-time vehicle engine health inspection [J]. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2015, **58**: 29-45.
- [14] 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.  
Huang C, Liu J, Chen C H, *et al.* Dynamic road vehicle emission inventory simulation study based on real time traffic information[J]. *Environmental Science*, 2012, **33**(11): 3725-3732.
- [15] 王睿, 赵龔. RFID 技术及其应用系统构架的研究[J]. *通信技术*, 2009, **42**(5): 116-118.  
Wang R, Zhao Y. RFID technology and structure of its application systems[J]. *Communications Technology*, 2009, **42**(5): 116-118.
- [16] Jing B Y, Wu L, Mao H J, *et al.* Development of a vehicle emission inventory with high temporal-spatial resolution based on NRT traffic data and its impact on air pollution in Beijing-Part 1: development and evaluation of vehicle emission inventory [J]. *Atmospheric Chemistry and physics*, 2016, **16**(5): 3161-3170.
- [17] He J J, Wu L, Mao H J, *et al.* Development of a vehicle emission inventory with high temporal-spatial resolution based on NRT traffic data and its impact on air pollution in Beijing-Part 2: impact of vehicle emission on urban air quality[J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2016, **16**(5): 3171-3184.
- [18] 李刚, 曾锐利, 林凌. 基于射频识别技术的智能交通系统[J]. *信息与控制*, 2006, **35**(5): 555-559.  
Li G, Zeng R L, Lin L. Intelligent transportation system based on RFID [J]. *Information and Control*, 2006, **35**(5): 555-559.
- [19] 赵泰洋, 郭成安, 金明录. 一种基于 RFID 原理的交通信息获取系统与车辆定位方法[J]. *电子与信息学报*, 2010, **32**(11): 2612-2617.  
Zhao T Y, Guo C A, Jin M L. A RFID based traffic information acquisition system and vehicle positioning method[J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2010, **32**(11): 2612-2617.
- [20] 于明霞. 中国三大区域轻型车氮氧化物排放总量控制研究[D]. 北京: 清华大学, 2014. 32-45.
- [21] Heeb N V, Forss A M, Saxer C J, *et al.* Methane, benzene and alkyl benzene cold start emission data of gasoline-driven passenger cars representing the vehicle technology of the last two decades[J]. *Atmospheric Environment*, 2003, **37**(37): 5185-5195.
- [22] Karlsson H L. Ammonia, nitrous oxide and hydrogen cyanide emissions from five passenger vehicles[J]. *Science of the Total Environment*, 2004, **334-335**: 125-132.
- [23] 李强. 交通流时间序列的聚类分析方法及应用[D]. 北京: 北京交通大学, 2012. 2-27.
- [24] 周海茵, 李军. 南京市机动车污染物减排因素分析[J]. *环境监控与预警*, 2014, **6**(4): 43-45.  
Zhou H Y, Li J. Factor analysis of motor vehicle emissions of pollutants in Nanjing city [J]. *Environmental Monitoring and Forewarning*, 2014, **6**(4): 43-45.
- [25] 叶贤满, 徐昶, 洪盛茂, 等. 杭州市大气污染物排放清单及特征[J]. *中国环境监测*, 2015, **31**(2): 5-11.  
Ye X M, Xu C, Hong S M, *et al.* Emission inventory and characteristics of air pollutants in Hangzhou [J]. *Environmental Monitoring in China*, 2015, **31**(2): 5-11.
- [26] 田军. 南京市机动车大气环境影响及其控制策略研究[D]. 南京: 南京大学, 2013. 22-43.
- [27] 姚欣灿, 黄如娜, 农加进, 等. 广州市 2010 年道路机动车排放清单研究[J]. *广州环境科学*, 2012, **27**(2): 20-24.  
Yao X C, Huang R N, Nong J J, *et al.* Vehicle emission inventory of Guangzhou in 2010 [J]. *Guangzhou Environmental Sciences*, 2012, **27**(2): 20-24.
- [28] 周磊, 王伯光, 汤大钢. 重型柴油车对空气质量的影响及其排放的控制[J]. *环境科学*, 2011, **32**(8): 2177-2183.  
Zhou L, Wang B G, Tang D G. Impact of heavy-duty diesel vehicles on air quality and control of their emissions [J]. *Environmental Science*, 2011, **32**(8): 2177-2183.
- [29] 车汶蔚. 珠江三角洲高时空分辨率机动车污染排放清单开发及控制对策研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010. 40-41.
- [30] 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.  
Fan S B, Tian L D, Zhang D X, *et al.* Emission characteristics of vehicle exhaust in Beijing based on actual traffic flow information [J]. *Environmental Science*, 2015, **36**(8): 2750-2757.
- [31] GB 18352.3-2005, 轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国 III、IV 阶段)[S].

## CONTENTS

Dry and Bulk Nitrogen Deposition in Suburbs of Xining City .....	XU Wen, JIN Xin, LUO Shao-hui, <i>et al.</i> (1279)
Day-Night Variation and Source Apportionment of Carbonaceous Aerosols in PM <sub>10</sub> During Spring and Summer of Lanzhou .....	MA Li, YU Ye, WANG Bo, <i>et al.</i> (1289)
Characteristics of the Size Distribution of Water Soluble Inorganic Ions in Sanya, Hainan .....	WANG Lu, LIU Zi-rui, WEN Tian-xue, <i>et al.</i> (1298)
Pollution Characteristics of NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> in PM <sub>2.5</sub> and Their Precursor Gases During 2015 in an Urban Area of Beijing .....	DING Meng-meng, ZHOU Jian-nan, LIU Bao-xian, <i>et al.</i> (1307)
Pollution Characteristics of PCDD/Fs in Ambient Air and Exposure Risk Assessment Around a Municipal Solid Waste Incinerator in Beijing .....	QI Li, REN Yue, LIU Ai-min, <i>et al.</i> (1317)
Community Characteristics of Cultivable Bacteria in Fine Particles (PM <sub>2.5</sub> ) of Beijing and Baoding .....	HU Ya-dong, MA An-zhou, LÜ Peng-yi, <i>et al.</i> (1327)
Emission Characteristics of Vehicle Exhaust in Artery and Collector Roads in Nanjing Based on Real-time Traffic Data .....	LI Xiao-yu, WU Lin, ZOU Chao, <i>et al.</i> (1340)
Catalytic Combustion of Soot Particulates over Rare Earth Pyrochlore Oxides Doped with Transition Metals .....	LI Xi-feng, SUN Yu-qi, WANG Zhong-peng, <i>et al.</i> (1348)
Water Quality Analysis of Beijing Segment of South-to-North Water Diversion Middle Route Project .....	XU Hua-shan, ZHAO Lei, SUN Hao-su, <i>et al.</i> (1357)
Hanfeng Pre-reservoir Commissioning Time Variation Feature of the Hydrology and Water Quality in Three Gorges Reservoir .....	YANG Bing, HE Bing-hui, WANG De-bao (1366)
Modeling of Water Quality Response to Land-use Patterns in Taizi River Basin Based on Partial Least Squares .....	LI Lin-lin, ZHANG Yi-zhang, TANG Chang-yuan, <i>et al.</i> (1376)
Distribution Characteristics of Water Temperature and Water Quality of Fuxian Lake During Thermal Stratification Period in Summer .....	WANG Lin-jie, YU Hui, NIU Yong, <i>et al.</i> (1384)
Vertical Stratification Characteristics of Dissolved Oxygen and Phytoplankton in Thousand-Island Lake and Their Influencing Factors .....	YU Yan, LIU De-fu, YANG Zheng-jian, <i>et al.</i> (1393)
Community Structure Characteristics of Eukaryotic Planktonic Algae in Liaohu River Through High-throughput Sequencing .....	WANG Jing-qi, WANG Shu-ping, ZHANG Yuan, <i>et al.</i> (1403)
Effects of Coastal Organic Pollution on Bacterioplankton Community in Sanmen Bay .....	DAI Wen-fang, GUO Yong-hao, YU Wei-na, <i>et al.</i> (1414)
Nitrate Source Identification and Nitrification-denitrification at the Sediment-water Interface .....	JIN Zan-fang, GONG Jia-lin, SHI Yi-li, <i>et al.</i> (1423)
Residues of Organochlorine Pesticides (OCPs) in Water and Sediments from Nansha Mangrove Wetland .....	DING Yang, HUANG Huan-fang, LI Hui, <i>et al.</i> (1431)
Pollution Characteristics and Risk Assessment of Heavy Metals from River Network Sediment in Western Area of Taihu Lake .....	BIAN Bo, ZHOU Yan, ZHANG Qin (1442)
Efficacy of Phoslock® on the Reduction of Sediment Phosphorus Release in West Lake, Hangzhou, China .....	ZHU Guang-wei, LI Jing, ZHU Meng-yuan, <i>et al.</i> (1451)
Identification and PAC Adsorption of Foulants Responsible for Irreversible Fouling During Ultrafiltration of Dongjiang River Water .....	YANG Hai-yan, WANG Can, YAN Zhong-sen, <i>et al.</i> (1460)
Efficiency and Kinetics of Triclosan Degradation in Aqueous Solution by UV/Sodium Persulfate .....	LI Qing-song, LI Xue-yan, YAO Ning-bo, <i>et al.</i> (1467)
Influencing Factors on the Degradation of PFOS Through VUV-SO <sub>2</sub> <sup>-</sup> .....	HAN Hui-li, WANG Hong-jie, DONG Wen-yi (1477)
Simultaneous Photocatalytic Reduction of Cr(VI) and Oxidation of SSA by Carbon Nitride .....	LI Li-li, CHEN Cui-hai, LAN Hua-chun, <i>et al.</i> (1483)
Modification of Diatomite by Zirconium and Its Performance in Phosphate Removal from Water .....	FAN Yi, WANG Zhe, ZHAO Lian-qin, <i>et al.</i> (1490)
Reducing Effect of Three Disinfection Technologies for Sulfonamides Resistance Genes .....	ZHENG Ji, ZHOU Zhen-chao, CHEN Fang, <i>et al.</i> (1497)
Removal of Estrogenic Effect by Typical Domestic Wastewater Treatment Processes .....	ZHANG Qiu-ya, MA Xiao-yan, WANG Xiao-chang, <i>et al.</i> (1506)
Effect of SRT on Stability of Yeast-SBR in Treating Oil-containing Wastewater .....	LÜ Wen-zhou, ZHANG Shu-lin, QIAO Yu-xiang, <i>et al.</i> (1513)
Degradation of the Disperse Dye Neocron Black(NB) by Biological Treatment .....	YANG Bo, DING Feng-you, XU Hui, <i>et al.</i> (1520)
Function of Polyphosphate Kinase Gene in Biological Phosphate Removal During the Wastewater Treatment Process .....	NAN Ya-ping, ZHOU Guo-biao, YUAN Lin-jiang (1529)
Short-cut Nitrification Recovery and Its Transformation into CANON Process in a Biofilm Reactor .....	FU Kun-ming, ZHOU Hou-tian, SU Xue-ying, <i>et al.</i> (1536)
Nitrogen Removal Characteristics and Diversity of Microbial Community in ANAMMOX Reactor .....	CAO Yan, WANG Tong-yu, QIN Yu-jie, <i>et al.</i> (1544)
Effect of Environment Adjustment Layers on Nitrogen Transformation in Anaerobic Bioreactor Landfills .....	HE Zheng-kun, SONG Bo-yu, ZHU Nan-wen, <i>et al.</i> (1551)
Characteristics of Anaerobic Methane Removal Coupled to Fe(III) Reduction in Aged Refuse .....	WANG Li-li, HE Ting, LONG Yan, <i>et al.</i> (1558)
Assessment of Heavy Metal Pollution and Tracing Sources by Pb & Sr Isotope in the Soil Profile of Woodland in Quanzhou .....	SUN Jing-wei, YU Rui-lian, HU Gong-ren, <i>et al.</i> (1566)
Accumulation and Migration Characteristics in Soil Profiles and Bioavailability of Heavy Metals from Livestock Manure .....	HE Meng-yuan, DONG Tong-xi, RU Shu-hua, <i>et al.</i> (1576)
Pollution Characteristics and Source Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Agricultural Soils from Shandong .....	GE Wei, CHENG Qi-qi, CHAI Chao, <i>et al.</i> (1587)
Distribution Characteristics and Influencing Factors of Organophosphorus Pesticides in Typical Soil Environment of Jiangnan Plain .....	WANG Jian-wei, ZHANG Cai-xiang, PAN Zhen-zhen, <i>et al.</i> (1597)
Characteristics and Influencing Factors of Biologically-based Phosphorus Fractions in the Farmland Soil .....	CAI Guan, HU Ya-jun, WANG Ting-ting, <i>et al.</i> (1606)
Effect of Straw Application on the Dynamics of Exogenous Nitrogen and Microbial Activity in Paddy Soil .....	CHEN Shan, DING Xian-qing, ZHU Zhen-ke, <i>et al.</i> (1613)
Effects of Biochar on Surface Albedo and Soil Respiration in Suburban Agricultural Soil .....	ZHANG Yang-yang, HU Xue-yu, ZOU Juan, <i>et al.</i> (1622)
N <sub>2</sub> O Consumption Ability of Submerged Paddy Soil and the Regulatory Mechanism .....	WANG Ling, XING Xiao-yi, QIN Hong-ling, <i>et al.</i> (1633)
Non-CO <sub>2</sub> Greenhouse Gas Release from Different Biological Wastewater Treatment Processes .....	LI Hui-juan, PENG Dang-cong, LIU Wen-bo, <i>et al.</i> (1640)
Effect of Application of Sewage Sludge Composts on Greenhouse Gas Emissions in Soil .....	YANG Yu-han, YI Jian-ting, ZHANG Cheng, <i>et al.</i> (1647)
Effect of Nano Zeolites on pH, CEC in Soil and Cd Fractions in Plant and Soil at Different Cadmium Levels .....	CHI Sun-lin, XU Wei-hong, XIONG Shi-juan, <i>et al.</i> (1654)
Dynamic Differences of Uptake and Translocation of Exogenous Selenium by Different Crops and Its Mechanism .....	PENG Qin, LI Zhe, LIANG Dong-li, <i>et al.</i> (1667)
Alleviation Effects of Exogenous Melatonin on Ni Toxicity in Rice Seedlings .....	LIU Shi-xiang, HUANG Yi-zong, LUO Ze-jiao, <i>et al.</i> (1675)
Forms Distribution and Ecotoxicity of Three Forms of Sulfonamides in Root-Soil Interface of Maize .....	JIN Cai-xia, SI Xiao-wei, WANG Wan-feng, <i>et al.</i> (1683)
Effect of Sediments on Bioaccumulation of Mercury in Fish Body in the Water-Level-Fluctuating Zone of the Three Gorges Reservoir Area .....	SUN Song, LI Chu-xian, ZHANG Cheng, <i>et al.</i> (1689)
Bioaccumulation and Correlation of Heavy Metals in Human Hairs From Urban and Rural Areas of Chongqing .....	HE Ming-jing, LI Qi, WANG Deng-xiang, <i>et al.</i> (1697)
Microbial Community Structure and Diversity in Cellar Water by 16S rRNA High-throughput Sequencing .....	YANG Hao, ZHANG Guo-zhen, YANG Xiao-ni, <i>et al.</i> (1704)
Performance Improvement of Microbial Fuel Cell with Polyaniline Doped Graphene Anode .....	HUANG Li-hua, LI Xiu-fen, REN Yue-ping, <i>et al.</i> (1717)
Brief Introduction of Pollution Sites Remediation and Risk Assessment and Its Policy Making in United States .....	RONG Yue (1726)