

2020年江苏省机动车排放污染分布特征及与大气质量耦合性研究

郁建桥¹,周俐峻¹,唐果²,王刚²,俞美香¹,丁剑¹,沈钢^{1,3}

[1. 江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210019; 2. 清华大学苏州汽车研究院(吴江), 江苏 苏州 215200; 3. 江苏省苏力环境科技有限责任公司, 江苏 南京 210019]

摘要:依据生态环境部2021年6月发布的《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》,结合本地实测数据,在对汽油车颗粒物(PM)排放系数进行测算的基础上,核算了2020年江苏省机动车PM、氮氧化物(NO_x)、挥发性有机物(VOC_s)的排放总量,分析了机动车排放污染分布特征及与大气质量的耦合关系。结果表明:2020年江苏省机动车PM、NO_x、VOC_s排放量分别为 0.5×10^4 、 3.71×10^5 、 1.17×10^5 t。从区域分布来看,苏州、南京、无锡3市的3项污染物排放总量及NO_x、VOC_s排放量均位列前3位,PM排放量位列前3位的是苏州、徐州、无锡。从车型、燃料类型和排放阶段来看,国IV及以下排放标准的汽油小型客车是机动车VOC_s排放控制的重点,国III排放标准的重型柴油货车是机动车PM和NO_x排放控制的重点。分析区域机动车PM排放量与大气中PM_{2.5}来源解析结果的耦合关系,其间存在不同程度的正相关性,控制机动车污染对改善大气环境会产生积极成效,南京、徐州和盐城3市的成效会尤为明显。

关键词:机动车;颗粒物;氮氧化物;挥发性有机物;排放特征;江苏省

中图分类号:X831

文献标志码:A

文章编号:1674-6732(2022)01-0053-05

Study on Distribution Characteristics of Motor Vehicle Emission Pollution and Its Coupling with Air Quality in Jiangsu Province in 2020

YU Jian-qiao¹, ZHOU Li-jun¹, Tang Guo², Wang Gang², YU Mei-xiang¹, DING Jian¹, SHEN Gang^{1,3}

[1. *Jiangsu Provincial Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210019, China*; 2. *Tsinghua University Suzhou Automotive Research Institute (Wujiang) Suzhou, Jiangsu 215200, China*; 3. *Jiangsu Suli Environmental Technology Co. Ltd., Nanjing, Jiangsu 210019, China*]

Abstract: According to the manual of “accounting methods and coefficients for production and emission of emission source statistical investigation” issued by Ministry of Ecology and Environment of the People’s Republic of China in June 2021, based on the correction of the comprehensive coefficient of particulate matter (PM) emission of gasoline vehicles in combination with the measured data of local gasoline vehicles, this paper calculated the total emission of particulate matter (PM), nitrogen oxides (NO_x) and volatile organic compounds (VOCs) from motor vehicles in Jiangsu Province in 2020, on this basis, the distribution and characteristics of vehicle emissions were analyzed. The results showed that, in 2020, the emissions of PM, NO_x and VOCs from motor vehicles in Jiangsu Province were 0.5×10^4 , 3.71×10^5 , 1.17×10^5 t respectively. From the perspective of regional pollution distribution, the total emission of three pollutants and NO_x and VOCs of Suzhou, Nanjing and Wuxi ranked among the top three in the province, and the top three of PM emissions were Suzhou, Xuzhou and Wuxi. From the perspective of comprehensive models, fuel types and emission stages, VOCs emission control should be focused on gasoline minibuses with national emission standards IV and below, while the emission control of PM and NO_x should be focused on diesel trucks with national emission standards III. The relationship between regional motor vehicle PM emission and the source analysis results of PM_{2.5} in the atmosphere was analyzed. There is a positive correlation in varying degrees. Controlling motor vehicle pollution will have a positive effect on improving the atmospheric environment, especially in Nanjing, Xuzhou and Yancheng.

收稿日期:2021-08-27;修订日期:2021-11-16

基金项目:江苏省环境监测科研基金资助项目(2125)

作者简介:郁建桥(1966—),男,正高级工程师,硕士,主要从事环境监测与管理工作。

Key words: Motor vehicle; PM; NO_x; VOCs; Emission characteristics; Jiangsu province

随着城市化进程快速推进,江苏省机动车保有量持续快速增长。截至 2020 年底,江苏省机动车保有量已达到 2 106.4 万辆,较 2015 年增长 24.7%^[1],位列全国第 4 位。2019 年,江苏省机动车排放的颗粒物(PM)、氮氧化物(NO_x)、碳氢化合物(HC)总量分别位列全国第 5,4,3 位^[2],机动车尾气排放引发的环境空气污染问题日益突出。

定量评估机动车主要排放的大气污染物,是有效控制机动车污染排放的基础^[3]。2021 年 6 月,生态环境部发布的《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》^[4]中,给出了移动源 PM、NO_x、挥发性有机物(VOC_s)的核算方法和排放系数,并已应用于第二次全国污染源普查和环境统计。现根据该核算方法和排放系数,结合本地汽油车实测数据,在对汽油车 PM 排放系数进行测算的基础上,核算了 2020 年江苏省机动车 PM、NO_x、VOC_s的排放总量,并对江苏省机动车排放污染分布特征及与大气质量耦合性进行分析,旨在为全面且有针对性的做好“十四五”江苏省移动源排放控制提供技术支撑。

1 机动车污染物排放量核算

1.1 机动车污染物排放核算方法

根据文献[4],基于机动车保有量和排放系数,对 2020 年江苏省 13 个设区市机动车 PM、NO_x、VOCs 的排放量进行核算,计算公式如下:

$$E = \sum P_{i,j,k} \times PX_{i,j,k} \times 10^{-6}$$

式中: E ——排放量,t; i ——车型; j ——燃料种类; k ——初次登记日期所在年; P ——机动车保有量,辆; PX ——排放系数,g/(辆·a)。

1.2 载客汽油车 PM 排放系数测算

生态环境部发布的排放系数中未提供汽油车和其他燃料车 PM 排放系数,而江苏省载客汽油车占汽车保有量的 94.2%,其排放的 PM 不容忽视。为核算江苏省汽油车 PM 排放量,通过江苏省排放检测合作实验室对新生产轻型汽油车的实测数据,获得轻型汽油车的排放因子,参照《道路机动车大气污染物排放清单编制技术指南(试行)》^[5]中汽油车各车型综合基准排放系数及汽油车年均行驶里程,测算汽油车各排放阶段的排放系数,其他燃料车的 PM 排放系数参照汽油车。各车型 PM 排放系数见表 1。

表 1 载客汽油车和其他燃料车 PM 排放系数

g/(辆·a)

车型	PM 排放系数						
	国 I 前	国 I	国 II	国 III	国 IV	国 V	国 VI
载客微型、小型汽车出租	2 009	1 879	778	518	194	194	130
载客微型、小型汽车其他	301	282	117	78	29	29	20
载客中型、大型汽车公交	19 560	10 620	4 800	2 940	2 940	2 940	2 940
载客中型汽车其他	3 443	2 097	626	376	219	219	219
载客大型汽车其他	18 908	10 266	4 640	2 842	2 842	2 842	2 842

1.3 保有量数据来源及构成

机动车保有量数据来源于江苏省公安部门提供的按车辆类型、燃油种类、注册登记日期划分的保有量,车型划分按照车辆类型、车辆规格、使用性质、燃料类型分为 38 类。通过江苏省公安部门提供的 13 个设区市机动车保有量和生态环境部提供的排放系数计算得出 13 个设区市 3 项污染物排放量,加和后获得全省 3 项污染物排放总量。

2020 年,江苏省机动车保有量为 2 106.4 万辆,其中汽车(载客汽车、载货汽车)2 001.0 万辆,

低速汽车(三轮汽车、低速货车)6.2 万辆,摩托车(普通、轻便)99.2 万辆。按燃料类型分类,全省汽车中汽油车 1 830.8 万辆,占 91.5%;柴油车 124.5 万辆,占 6.2%;新能源车(电动车、燃气车)45.7 万辆,占 2.3%。全省机动车保有量排名前 3 位的设区市依次为苏州、南京和无锡,分别为 444.6, 282.8 和 224.5 万辆。全省汽车保有量以国 IV 和国 V 排放阶段车辆为主,2 类车型占汽车保有量的 68.5%。

2 机动车污染物排放核算结果分析

2020 年江苏省机动车 3 项污染物排放总量初步核算为 4.93×10^5 t。其中,PM、NO_x、VOCs 分别为 0.5×10^4 、 3.71×10^5 、 1.17×10^5 t。汽车是污染物排放总量的主要贡献者,其排放的 PM、NO_x 和 VOCs 超过机动车排放总量的 90%。

2.1 不同地区污染物分布

江苏省 13 个设区市中 3 项污染物排放总量排名前 3 位的是苏州、南京、无锡,其排放总量分别为 9.4×10^4 、 6.0×10^4 、 5.3×10^4 t。其中,PM 排放量前 3 位的依次为苏州、徐州、无锡,NO_x 和 VOCs 排放量前 3 位的设区市均为苏州、南京、无锡。13 个设区市 3 项污染物排放情况见图 1。由图 1 可见,南京、无锡、徐州、苏州、南通、盐城 6 市的 PM 排放量高于全省平均水平(374.1 t);南京、无锡、徐州、苏州、盐城 5 市的 NO_x 排放量高于全省平均水平(2.9×10^4 t);南京、无锡、徐州、苏州、南通 5 市的 VOCs 排放量高于全省平均水平(0.9×10^4 t)。

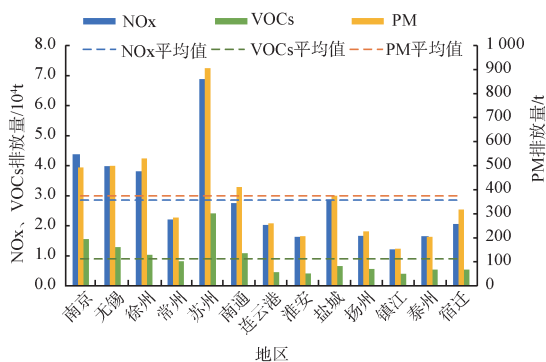


图 1 江苏省 13 个设区市 3 项污染物排放情况

2.2 不同燃料类型汽车的排放贡献

2020 年江苏省汽油车 PM、NO_x 和 VOCs 排放量分别为 0.7×10^3 、 1.8×10^4 和 9.7×10^4 t,其排放量分别占汽车排放总量的 16.5%,5.0% 和 85.7%。柴油车 PM、NO_x 和 VOCs 排放量为 0.3×10^4 、 3.16×10^5 和 1.2×10^4 t,其排放量分别占汽车排放总量的 79.3%,86.3% 和 10.9%。燃气车 PM、NO_x 和 VOCs 排放量分别为 0.2×10^3 、 3.2×10^4 和 0.4×10^4 t,其排放量分别占汽车排放总量的 4.2%,8.7% 和 3.4%。不同燃料类型汽车的污染物排放量分担率见图 2。由图 2 可见,汽油车是汽车 VOCs 排放的主要贡献者,柴油车是汽车 NO_x 和 PM 排放的主要贡献者。

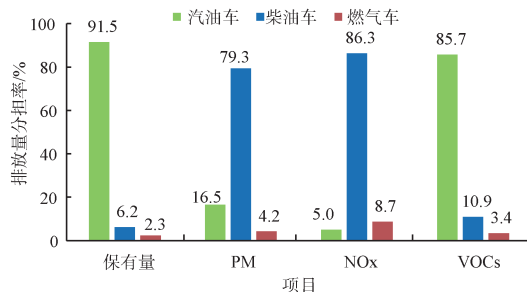


图 2 不同燃料类型汽车的污染物排放量分担率

2.3 不同车型的排放贡献

不同车型的汽车由于行驶工况、排放控制水平、排放因子、行驶里程和保有量等特征参数的不同,其在各污染物排放总量中所占的比例差异明显^[6-7],各车型的污染物排放量贡献率见图 3。由图 3 可见,保有量占比 1.9% 的重型货车贡献了 45.1% 的 PM 和 67.6% 的 NO_x;由于小型客车保有量大,已成为 VOCs 排放的主要贡献者,排放量占比达 83.9%。小型客车多以汽油为燃料,因此汽油小型客车是机动车 VOCs 排放控制的重点;而重型货车多使用柴油燃料,柴油重型货车是机动车 PM 和 NO_x 排放控制的重点。

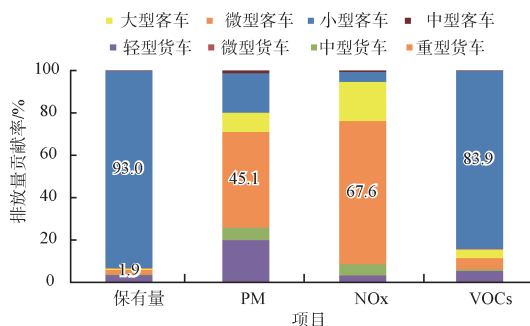


图 3 2020 年江苏省各车型污染物排放量贡献率

2.4 执行不同排放标准的车辆排放贡献

随着我国机动车污染物排放标准不断严格,揭示满足不同排放标准下的车辆尾气排放量及其贡献对于相关排放控制政策的制定具有重要意义^[5]。江苏省不同排放标准阶段汽车污染物排放量分担率见图 4。由图 4 可见,2020 年江苏省机动车 PM 和 NO_x 排放的主要贡献者是国 III 标准汽车,分别占比 50.4% 和 36.5%,均高于国 III 标准车辆保有量占比 12.9%。VOCs 的主要贡献者是国 IV 标准汽车,占比 37.7%,高于国 IV 标准车辆占比 35.8%。此外,保有量占比 12.9% 的国 III 标准汽

车贡献了19.1%的VOCs。因此,机动车PM、NO_x排放控制重点是国Ⅲ标准重型柴油货车;而机动车VOCs排放控制重点是国Ⅳ及以下标准汽油小型客车。

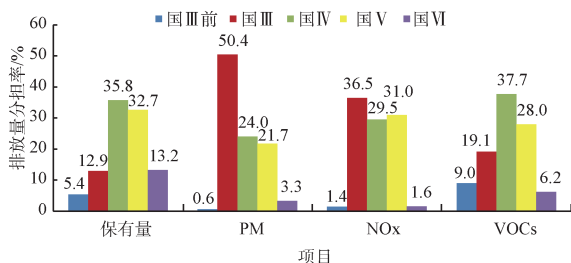


图4 不同排放标准阶段汽车污染物排放量分担率

3 不同地区机动车排放与大气PM_{2.5}溯源结果的耦合关系分析

近年来,江苏省大气PM_{2.5}污染源解析中机动车尾气排放贡献也逐年上升,2020年机动车尾气对大气PM_{2.5}贡献比例近30%,部分城市已超过40%。初步分析了13个设区市机动车PM排放量与大气中PM_{2.5}来源解析结果的耦合关系,结果见图5。由图5可见,13个设区市中南京、徐州、盐城3市PM排放量与PM_{2.5}污染源解析结果之间呈强正相关性($R^2 = 0.99$),无锡、常州、苏州、南通、镇江5市PM排放量与PM_{2.5}污染源解析结果之间呈较强正相关性($R^2 = 0.98$),淮安、连云港、扬州、泰州、宿迁5市PM排放量与PM_{2.5}污染源解析结果之间呈一般正相关性($R^2 = 0.95$)。机动车PM排放量与大气中PM_{2.5}污染源解析结果之间存在不同程度的正相关关系,控制机动车污染对改善大气环境会产生积极成效,南京、徐州和盐城3市的成效会尤为明显。

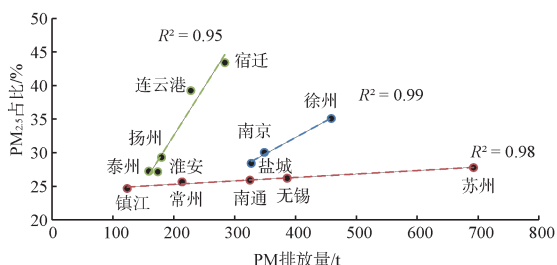


图5 机动车PM排放与PM_{2.5}源解析数据相关性分析

由于机动车污染物排放量是以机动车保有量

为基数,是结合各车型一次污染物排放因子和年均行驶里程核算获得的年度静态排放总量^[8-9];而PM_{2.5}污染源解析是根据PM_{2.5}各化学组分的特征,动态确定出颗粒物的主要污染源及其贡献率,结果既包括一次来源也包括气态前体物转化产生的二次贡献。因此,两者技术路线不同,加上二次污染物的形成机理较为复杂,相关性分析需进一步研究。

4 结论

(1)2020年江苏省机动车3项污染物排放总量初步核算为 4.93×10^5 t。其中,PM、NO_x、VOCs分别为 0.5×10^4 、 3.71×10^5 、 1.17×10^5 t。汽车是污染物排放总量的主要贡献者,其排放的PM、NO_x和VOCs超过机动车排放总量的90%。

(2)从区域污染分布来看,苏州、南京、无锡3市的3项污染物排放量均位列全省前列,需全面开展机动车排气污染防治,减少大气污染物排放;徐州市应重点加大柴油车污染治理力度,减少PM排放。综合车型、燃料类型和排放阶段来看,国Ⅳ及以下排放标准的汽油小型客车是机动车VOCs排放控制的重点,国Ⅲ排放标准的柴油货车是机动车PM和NO_x排放控制的重点。

(3)分析不同区域机动车PM排放量与大气中PM_{2.5}来源解析结果的耦合关系,其间存在不同程度的正相关性,控制机动车污染对改善大气环境会产生积极成效,南京、徐州和盐城3市的成效会尤为明显。机动车污染物排放量是以机动车保有量为基数,结合各车型一次污染物排放因子和年均行驶里程核算获得的静态年度排放总量,该方法可以在宏观上对机动车的排放进行有效评估,但无法表征机动车的活动水平和时间分布特征,加上机动车二次污染物的形成机理较为复杂,对于机动车排放对大气环境的影响还需要进一步开展研究。

[参考文献]

- [1] 江苏省统计局. 江苏省统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2016.
- [2] 中华人民共和国生态环境部. 中国移动源环境管理年报[R/OL]. (2020-08-10)[2021-08-10]. http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk15/202008/t20200810_793252.html.
- [3] 刘永红,姚达文,黄建彰. 珠三角地区机动车排放清单建立与

- 来源分析[J]. 环境科学与技术, 2015, 38(S1): 458-463.
- [4] 生态环境部. 关于发布《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》的公告[EB/OL]. (2021-06-11)[2021-08-15]. http://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk01/202106/t20210618_839512.html.
- [5] 环境保护部. 道路机动车大气污染物排放清单编制技术指南(试行)[EB/OL]. (2014-12-31)[2021-08-15]. http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201501/t20150107_293955.htm.
- [6] 周子航, 邓也, 吴柯颖, 等. 成都市道路移动源排放清单与空间分布特征[J]. 环境科学学报, 2018, 38(1): 79-91.
- [7] 李贝睿, 刘湛, 尤翔宇, 等. 长株潭区域机动车尾气排放清单及特征分析[J]. 环境科学与技术, 2016, 39(11): 167-173.
- [8] 唐艺, 尹航, 黄志辉, 等. CVEM排放模型在综合交通规划中的应用——以成渝城市群为例[J]. 交通运输研究, 2018, 4(4): 31-40.
- [9] 王燕军, 王鸣宇, 吉喆, 等. 国外机动车排放模型综述研究[J]. 环境与可持续发展, 2020, 45(5): 159-164.

· 征订启事 ·

欢迎订阅 2022 年《中国环境监测》

《中国环境监测》创刊于1985年,是由生态环境部主管、中国环境监测总站主办的环保科技学术期刊,是全国中文核心期刊、中国科技核心期刊,被中国核心期刊(遴选)数据库、中国期刊全文数据库收录期刊,是中国学术期刊综合评价数据库统计源、中国科学引文数据库来源期刊,国际标准连续出版物编号为ISSN 1002-6002、国内统一刊号为CN 11-2861/X。

期刊一贯坚持学术性、专业性与实用性相结合的办刊原则,宣传国家有关环境保护工作的方针、政策、法规,介绍国内外先进的环境管理理念和环境监测技术,交流环境监测科研成果。设有特约来稿、特别关注、监测管理、分析测试、调查评价、应急预案、自动监测、环境遥感、仪器设备等栏目。所载文章具有重要的指导作用,是从事环保、监测工作的管理干部和科技人员的必备工具书。

期刊为大16开,双月刊,国内外公开发行。全年共出版6期,每双月月末出版,每期定价70元,总价420元。

订阅方法:1. 直接向编辑部汇款订阅:

联系人:霍女士;电话:010-84943035;邮箱:81805984@qq.com

汇款信息:单位名称:中国环境监测总站

开户行:中国工商银行北京市和平里支行 账号:0200004209089114334

2. 邮局订阅:邮发代号2-804

《中国环境监测》编辑部