

北京铺装道路交通扬尘排放规律研究

樊守彬, 田刚*, 李钢, 邵霞

(北京市环境保护科学研究院, 北京 100037)

摘要: 根据对北京 82 条城区道路和 56 条郊区铺装道路路面尘负荷的监测, 依据 AP-42 交通扬尘排放因子模型, 针对道路类型、车流量、道路位置等研究了北京交通扬尘的排放规律, 分析了 2 种确定路面尘负荷的方法. 结果表明, 北京城区快速路、主干道、次干道和支路路面尘负荷分别为: 0.17、0.34、1.48 和 2.60 g/m², 北京郊区国道、省道、县道、乡级路和县城内城市道路路面尘负荷分别为: 0.18、0.56、1.58、3.10 和 1.58 g/m²; 根据路面尘负荷与车流量及道路类型的相关性分析, 在城区利用尘负荷与车流量的关系式对尘负荷进行赋值相关性较好, 在郊区利用不同类型道路尘负荷平均值对道路尘负荷进行赋值相关性较好; 路面尘负荷及排放因子随着车流量的增大而降低, 而交通扬尘 PM₁₀ 排放强度随车流量的增大而增强; 城区主干道交通扬尘排放 PM₁₀ 强度最大为 130.2 kg/(km·d), 郊区国道交通扬尘 PM₁₀ 排放强度最大为 43.8 kg/(km·d).

关键词: 交通扬尘; 尘负荷; 排放因子; 铺装道路

中图分类号: X513 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2007)10-2396-04

Emission Characteristics of Paved Roads Fugitive Dust in Beijing

FAN Shou-bin, TIAN Gang, LI Gang, SHAO Xia

(Beijing Municipal Research Academy of Environmental Protection, Beijing 100037, China)

Abstract: Based on sampling and laboratory analyzing silt loading of 82 city roads and 56 suburb paved roads in Beijing, we using AP-42 emission factor model studied emission characteristics of paved road fugitive dust, and analyzed two methods to determine silt loading of different roads. The results show that silt loading of expressway, major arterial, minor arterial and collectors in city areas is 0.17, 0.34, 1.48, 2.60 g/m² respectively, and silt loading of national road, province road, county road, village road and municipal road in the suburbs areas is 0.18, 0.56, 1.58, 3.10, 1.58 g/m² respectively. In the city areas, using the relationship of silt loading and traffic volume, and in the suburbs areas, using the average value of different type roads to determine the silt loading are better. Silt loading and emission factor are negatively correlated with traffic volume, but the emission strength is increased with the increase of traffic volume. Emission strength of different type roads was also studied. In the city areas, emission strength of major arterial is strongest and the value is 130.2 kg/(km·d), and in the suburbs areas, emission strength of national road is strongest and the value is 43.8 kg/(km·d).

Key words: road fugitive dust; silt loading; emission factor; paved road

北京市空气污染治理面临的主要问题是可吸入颗粒物(PM₁₀)浓度超标严重, PM₁₀ 作为首要污染物所占的天数比例高达 95.7%. 研究结果表明, 交通扬尘是很多城市大气 PM₁₀ 主要来源^[1~4]. 交通扬尘控制也是目前和今后相当长的一个时期中北京大气污染控制工作重点, 了解交通扬尘排放规律则是制定控制措施的重要基础和依据.

相关文献报道了针对美国城区道路车速、车流量、季节、降水和道路清扫等对交通扬尘排放的影响^[5~7], 但对于不同类型道路交通扬尘排放强度以及尘负荷随车流量的变化关系还没有过多的研究涉及, 针对北京实际情况的交通扬尘排放规律研究则更少. 本研究以大量实测数据为基础, 利用 AP-42 排放因子模型, 从多个层面分析了北京铺装道路交通扬尘的排放规律和特征, 以期为交通扬尘控制方案的制定提供理论依据.

1 AP-42 排放因子模型介绍

美国环保局根据铺装道路尘负荷(单位面积道路上能够通过 200 目标标准筛的颗粒物的质量)和车辆的平均重量建立了 AP-42 交通扬尘排放模型^[8] [如式(1)所示]. 根据路面尘负荷、平均车重和车流量可以计算道路交通扬尘排放量.

$$E = k \left(\frac{sL}{2} \right)^{0.65} \times \left(\frac{W}{3} \right)^{1.5} - C \quad (1)$$

式中, E 为排放因子, g/(km·辆); k 为基本排放因子, 计算 TSP、PM₁₀、PM_{2.5} 时分别取 27.8、5.3、1.3; sL

收稿日期: 2006-11-01; 修订日期: 2006-12-31

基金项目: 北京市科技计划项目(H030630540430); 国家科技基础性工作和社会公益研究专项(2003DEB5J059)

作者简介: 樊守彬(1981~), 男, 硕士, 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: tg-iep@vip.163.com

为路面尘负荷, g/m^2 ; W 为通过道路的车辆的平均重量, t ; C 为车辆尾气排放、刹车和轮胎磨擦的排放因子, $\text{g}/(\text{km}\cdot\text{辆})$, 计算 TSP 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 时分别取 0.131 7、0.131 7、0.100 5。

2 排放模型参数获取

2.1 路面尘负荷参数获取

很多研究将道路分为主干道(major arterial)、次干道(minor arterial)、支路(collectors)、高速路(freeway)等,并依此进行道路尘负荷的采样和计算交通扬尘^[9, 10]。我国目前将城市道路分为快速路、主干路、次干路及支路,公路按使用性质分为国道、省道、县道和乡级路^[11]。城区主要为城市道路,远郊区县分为公路和县城及城关镇内城市道路。

2004 年对北京市城区道路和 10 个远郊区县公路及城市铺装道路尘负荷进行了采样分析,分别得到尘负荷有效样本 82 个和 56 个,不同类型道路的尘负荷值见表 1 和表 2。

表 1 北京城区不同类型道路尘负荷

Table 1 Silt loading of different types roads in Beijing city areas			
道路类型	尘负荷/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	平均值/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	样品个数
快速路	0.08 ~ 0.26	0.17	20
主干道	0.17 ~ 1.28	0.34	20
次干道	0.26 ~ 4.43	1.48	20
支路	0.55 ~ 7.03	2.60	22

表 2 北京远郊区县不同类型道路尘负荷

Table 2 Silt loading of different types roads in Beijing suburbs areas			
道路类型	尘负荷/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	平均值/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	样品个数
国道	0.13 ~ 0.19	0.18	10
省道	0.17 ~ 1.28	0.56	12
县道	0.25 ~ 4.43	1.58	12
乡级路	0.98 ~ 6.03	3.10	12
城市道路	0.32 ~ 3.82	1.58	10

从表 1 和表 2 中数据可以看出,城区快速路、主干道、次干道和支路尘负荷依次升高,郊区国道、市道、县道、乡级路尘负荷依次升高,县城内城市道路尘负荷接近于县级路。采样分析数据表明,同一类型的道路尘负荷相差很大,其差距甚至达到 1 个或接近 1 个数量级。按照以往统计方式,以某类道路尘负荷平均值统计排放清单和推算其他同类道路排放强度时,将会产生很大的误差。

本研究根据上述不同类型道路的尘负荷数据,对尘负荷与车流量、道路类型、道路宽度、所属区域进行相关性分析,通过分析发现得到路面尘负荷与车流量有较好的相关性。北京铺装道路路面尘负荷

的测量值与车流量的关系见图 1。

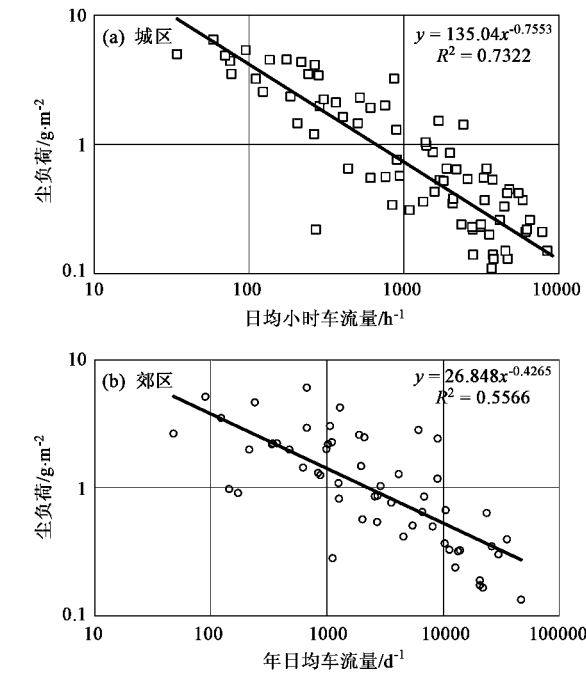


图 1 北京城区和远郊区县路面尘负荷与车流量的关系

Fig.1 Relationship of silt loading and traffic volume in city and suburb areas

从图 1 中可以看出,路面尘负荷随车流量增大而逐渐降低,主要原因为:进入大车流量道路的尘土能够很快地被车辆扬起而排出;大车流量道路一般为交通主干道,路口较少(路口处由于车辆转弯、车辆刹车和启动,遗撒严重以及车轮从小路上带入的泥土,导致尘负荷增高),尘负荷较低;而进入车流量较小道路的尘土则容易产生尘累积。

路面尘负荷与车流量的关系城区好于郊区,主要是由于城区路面尘来源稳定,受人为因素影响较小,郊区道路路面尘来源复杂,影响因素多,路面尘负荷随时间和空间变化大。

通过以上分析有 2 种方法可以对路面的尘负荷进行赋值:①按不同类型道路的平均值;②按尘负荷与车流量的关系式。2 种方法确定的尘负荷与实际值进行相关性分析,结果表明,在城区利用方法①和②对尘负荷进行赋值与真实值的相关系数分别为 0.68 和 0.85;在远郊区利用方法①和②对尘负荷进行赋值与真实值的相关系数分别为 0.66 和 0.58。

通过相关性分析可知,在城区利用路面尘负荷与车流量的关系式确定尘负荷与实际值相关性较好,在郊区对不同类型道路用平均值进行赋值相关性较好。

2.2 车重参数获取

通过对北京市典型道路车辆构成比例的调查,得到不同类型道路上的平均车重,见图 2.

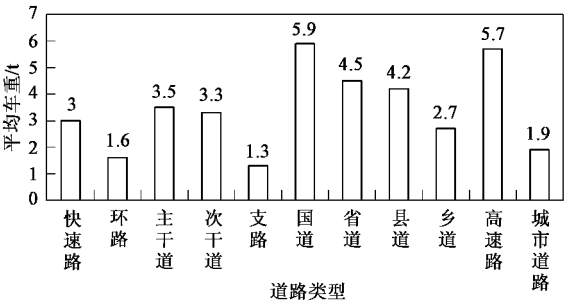


图 2 不同类型道路车重平均值

Fig.2 Average weight of the vehicles traveling on different type roads

从图 2 中可以看出,城区道路上车辆平均重量总体上小于郊区,城区干道的车辆重量较重,主要原因是公交车的比重大.远郊区县乡级道路和城市道路车辆重量较轻,其他类型道路车重较重.

3 结果与分析

3.1 排放强度随车流量的变化规律

3.1.1 排放因子随车流量的变化关系

由于尘负荷随车流量的增加而降低,在车辆重量相差不大的情况下排放因子相应降低.根据对城区 82 条道路和远郊区县 56 条道路的排放因子数据分析,PM₁₀排放因子随车流量的变化曲线如图 3 所示.从图 3 中可以看出,随着车流量的增加交通扬尘 PM₁₀排放因子逐渐减小,城区的相关性好于郊区.

3.1.2 排放量与车流量之间的关系

车流量越大、道路路面尘负荷及交通扬尘排放因子越小,说明一般情况下车流量大的道路较干净并且单辆车的扬尘排放量较低.但是,在进入道路的尘土量差别不大的情况下,路面较干净说明路面上的颗粒物能够较快的排放到空气当中,所以车流量大的道路交通扬尘排放强度也大,单位长度道路 PM₁₀排放量随车流量的变化曲线如图 4 所示.

3.2 不同类型道路交通扬尘排放强度

不同类型道路由于路面尘负荷不同、行驶在路面上的车辆类型也有较大差别,基于 AP-42 排放因子模型,根据对典型道路交通扬尘排放因子的统计分析,不同类型道路 PM₁₀排放因子平均值见图 5.

从图 5 中可以看出,城区干道交通扬尘排放因子高,环路排放因子最低,主要是因为环路尘负荷低,车辆平均重量轻.郊区高速路由于路面尘负荷

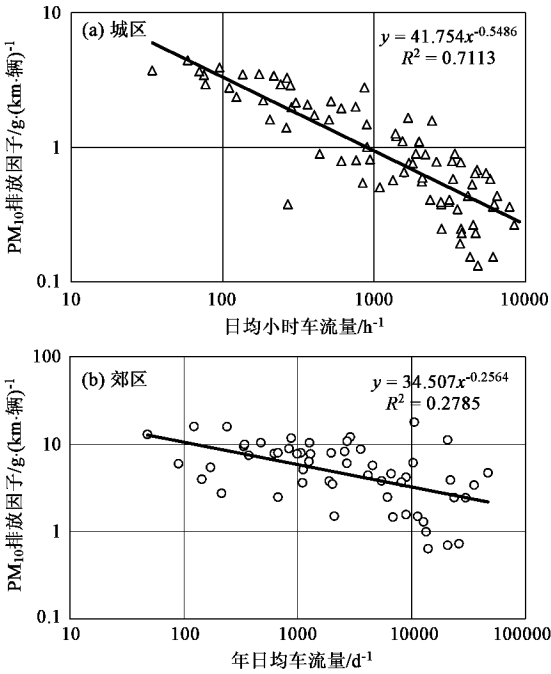


图 3 北京道路 PM₁₀排放因子随车流量的变化关系

Fig.3 Relationship of PM₁₀ emission factor and traffic volume in city and suburb areas

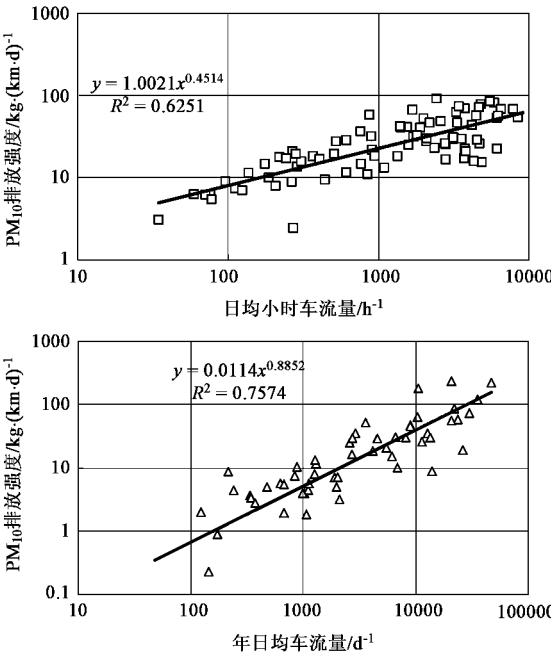


图 4 单位长度道路 PM₁₀日排放量随车流量的变化关系

Fig.4 Relationship of PM₁₀ emission strength and traffic volume in city and suburb areas

低,排放因子最低;其次是城市道路,主要是由于路面小客车比重较大,平均车重较小,排放因子较低;再次是国道,由于路面尘负荷较低,排放因子较低.

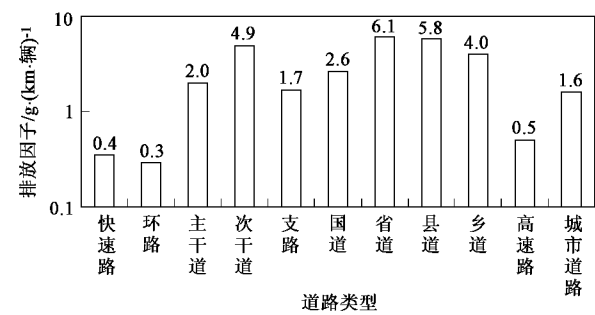


图 5 不同类型道路 PM₁₀排放因子

Fig.5 PM₁₀ emission factor of different type roads

市道、县道和乡道的排放因子比较接近并且较高,原因是路面尘负荷较高.

图 5 表示的是不同类型道路 PM₁₀ 排放因子,这只是反映了 1 辆车行驶 1 km 的排放量.不同类型的道路由于车流量差别较大,单位长度道路排放量除了与排放因子有关,还与车流量有关.不同类型道路单位长度交通扬尘 PM₁₀ 排放量平均值见图 6.

从图 6 中可以看出,城区主干道、次干道排放强度大,郊区国道、市道、县道和乡道单位长度 PM₁₀ 排放量逐渐降低,国道 PM₁₀ 排放因子比其他 3 种低,而单位长度的排放量比其他 3 种类型道路高,这是由于国道车流量大的原因;高速路车流量大,但是由于排放因子较小,单位长度道路 PM₁₀ 排放量介于县道和乡级路之间.

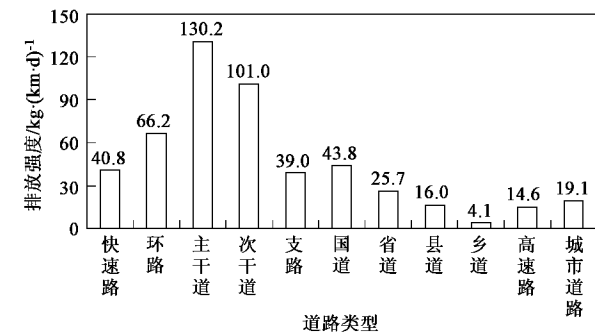


图 6 不同类型道路 PM₁₀排放强度

Fig.6 PM₁₀ emission strength of different type roads

4 结论

(1)北京市城区快速路、主干道、次干道和支路尘负荷平均值分别为 0.17、0.34、1.48 和 2.60 g/m²;郊区国道、市道、县道、乡级路尘负荷平均值分别为 0.18、0.56、1.58 和 3.10 g/m²,县城内城市道路尘负

荷为 1.58 g/m²,接近于县级公路.

(2)路面尘负荷及排放因子随着车流量的增大而降低,交通扬尘 PM₁₀ 排放强度随车流量的增大而增强.

(3)根据尘负荷与车流量的关系式确定城区道路路面尘负荷相关性较好,根据不同类型道路尘负荷平均值确定郊区道路路面尘负荷相关性较好.

(4)城区主干道和次干道交通扬尘排放强度大,分别为 130.2 kg/(km·d)和 101.0 kg/(km·d),郊区国道交通扬尘排放强度最大,为 43.8 kg/(km·d).

参考文献:

[1] Watson J, Chow J, Mathai C, *et al.* Receptor Models in Air Resources Management: a Summary of the APCA International Specialty Conference [J]. Journal Air Waste Management Association, 1989, **39**: 419 ~ 426.

[2] Chow J, Liu C, Cassmassi J, *et al.* A Neighborhood-Scale Study of PM₁₀ Source Contributions in Rubidoux [J]. Atmospheric Environment, 1992, **26A**: 693 ~ 706.

[3] Chow J, Watson J, Lowenthal D, *et al.* Wintertime PM₁₀ and PM_{2.5} Chemical Compositions and Source Contributions in Tucson[A]. In: Chow J C, Ono D M. PM₁₀ Standards and Nontraditional Particulate Controls [C]. Arizona Pennsylvania: Air Waste Management Association, Pittsburgh, 1992. 311 ~ 323.

[4] Chow J, Watson J, Lowenthal D, *et al.* PM₁₀ source apportionment in California's San Joaquin Valley[J]. Atmospheric Environment, 1992, **26**: 3335 ~ 3354.

[5] Etyemezian V, Kuhns H, Gillies J, *et al.* Vehicle-based road dust emission measurement (III): effect of speed, traffic volume, location, and season on PM₁₀ road dust emissions in the Treasure Valley, ID[J]. Atmospheric Environment, 2003, **37**: 4583 ~ 4593.

[6] Kuhns H, Etyemezian V, Green M, *et al.* Vehicle-based road dust emission measurement—Part II: Effect of precipitation, wintertime road sanding, and street sweepers on inferred PM₁₀ emission potentials from paved and unpaved roads[J]. Atmospheric Environment, 2003, **37**: 4573 ~ 4582.

[7] Kuhns H, Landwehr D, MacDougall C, *et al.* Testing Re-entrained Aerosol Kinetic Emissions from roads (TRAKER): a new approach to infer silt loading on roadways[J]. Atmospheric Environment, 2001, **35**: 2815 ~ 2825.

[8] USEPA. Emission factor documentation for AP-42[R]. Kansas City, MO: Midwest Research Institute, 1993.

[9] Etyemezian V, Kuhns H, Gillies J, *et al.* Vehicle-based road dust emission measurement: I-methods and calibration[J]. Atmospheric Environment, 2003, **37**: 4559 ~ 4571.

[10] 李钢,樊守彬,钟连红,等.北京交通扬尘污染控制研究[J]. 城市管理与科技, 2004, **6**(4): 151 ~ 152.

[11] 樊守彬.北京交通扬尘排放特征及污染控制研究[D]. 北京:北京市环境保护科学研究院, 2006.