

祝嘉欣<sup>1</sup> 成海容<sup>1</sup> 虎彩娇<sup>1</sup> 王祖武<sup>1</sup>

# 武汉市道路扬尘源排放清单及空间分布特征研究

## 摘要

参考 AP-42 方法的采样规范 (USEPA, 2011), 对武汉市 13 个城区的不同类型道路采集了 137 个扬尘样, 并记录采样面积、车流情况、车道状况、地理位置、周围环境以及气象数据要素信息, 得到了不同类型道路的积尘负荷, 估算了其扬尘排放因子和排放量。结果表明: 武汉总城区尘负荷由大到小顺序为支路>次干道>主干道>快速路, 其中支路平均尘负荷为 2.396 g/m<sup>2</sup>, 快速路为 0.852 g/m<sup>2</sup>, 远城区平均尘负荷是主城区平均尘负荷的 2 倍左右。各类型道路不同粒径范围的道路交通扬尘排放因子大小顺序为支路>次干路>主干路>高速路, 与尘负荷大小趋势一致。2016 年道路交通扬尘源 TSP 的年排放量为 156 931.4 t, PM<sub>10</sub> 的年排放量为 39 868.7 t, PM<sub>2.5</sub> 的年排放量为 11 574.8 t, 其不确定性范围分别为 -24.7% ~ 31.4%、-31.3% ~ 32.9%、-31.8% ~ 30.5%。其中主干道扬尘排放量最大, 其 TSP、PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的年排放量分别为 64 447.1、16 372.9 和 4 753.4 t。

## 关键词

武汉; 道路扬尘; 排放因子; 源排放清单

中图分类号 X513

文献标志码 A

收稿日期 2018-08-10

资助项目 武汉市 2013 年重大科技攻关专项“武汉市大气灰霾成因与来源研究”; 国家重点研发计划 (2017YFC0212603, 2016YFC02009 05); 湖北省自然科学基金 (ZRMS2016001081)

## 作者简介

成海容 (通信作者), 女, 博士, 副教授, 研究方向为大气环境化学。chenghr@whu.edu.cn

## 0 引言

目前我国城市大气主要问题之一是颗粒物的污染<sup>[1-3]</sup>。扬尘是大气颗粒物的重要来源之一, 指的是铺设和未铺设道路、施工工地、堆场和裸地等, 在风等自然力和生产、搬运、交通等人为因素的作用下进入环境空气中的颗粒物<sup>[4]</sup>。有研究表明, 随着机动车保有量的不断增加, 由机动车所引起的道路交通扬尘已日益成为城市大气颗粒物污染的主要来源<sup>[5]</sup>。

排放源清单是对某一地区一种或几种污染物排放源的排放量进行估算, 它可以有针对性、便捷地提取相关信息, 对于政策制定和科学研究都具有重要的价值。目前, 已有不少城市编制了道路扬尘源排放清单, 如彭康等<sup>[6]</sup>研究了珠江三角洲地区铺装道路扬尘的排放因子与排放清单; 杨德容等<sup>[7]</sup>对成都市铺装道路扬尘排放清单及空间分布特征进行了研究; 肖捷颖等<sup>[8]</sup>基于移动采样法编制了石家庄市秋冬季道路扬尘 PM<sub>2.5</sub> 排放清单。

武汉是我国中部城市, 近年来随着经济的迅速发展, 大气污染愈发严重, 雾霾天气频发。目前对武汉市大气颗粒物污染空间分布的研究日益广泛<sup>[9-10]</sup>, 但对道路交通扬尘源排放清单及空间分布的研究较少。本文针对武汉市独特的地理和气候特点, 编制了武汉市道路扬尘源排放清单, 为制定扬尘污染控制措施提供了依据, 有助于中部典型城市群社会经济与生态环境的和谐、快速发展。

## 1 研究方法

### 1.1 研究对象

本文的研究范围为武汉市江岸区、江汉区、硚口区、汉阳区、洪山区、青山区、武昌区 7 大主城区及 6 个远城区。分别选取各区快速路、主干道、次干道和支路 4 种道路中具有代表性的路段进行现场采样, 研究对象为道路交通扬尘中的 TSP (总悬浮颗粒物)、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>。

### 1.2 采样及样品处理

参考 AP-42 方法的采样规范 (USEPA, 2011), 依靠发电机提供电力, 使用飞利浦 FC8292 真空吸尘器吸取一定路面面积的道路灰尘, 尘袋为环保纸袋, 吸尘后密封尘袋并贴好标签编号, 放入密封袋中。在采样过程中记录采样面积、车流情况、车道状况、地理位置、周围环境

<sup>1</sup> 武汉大学 资源与环境科学学院, 武汉, 430079

以及气象数据(风速、温度、湿度等)要素信息.本研究共对武汉市13个城区的137条不同类型道路进行了扬尘样品采集,样品总数137个,其中有效样品132个,采样点分布如图1所示.

将道路交通扬尘样品送回实验室后,转移到干燥皿中,去除样品中较大的树叶、烟头、杂草和生活垃圾等杂质,在105℃条件下进行烘干,烘干至恒重;再将样品依次用20目、200目标准筛筛选,收集筛下样品并称量得到采样点的总尘量;最后除以采样面积即为各条路的尘负荷,路面尘负荷为单位面积上粒径小于200目(75 μm)颗粒物的质量.

### 1.3 道路扬尘排放因子模型

#### 1.3.1 道路交通扬尘源排放因子的计算

采用《城市扬尘源排放清单编制技术指南(试行)》提供的排放因子计算方法:

$$E = k(sL)^{0.91} \cdot (W)^{1.02} \times (1 - \eta), \quad (1)$$

式中: $E$ 为颗粒物排放因子,g/VKT(平均每辆车行驶1 km扬起的颗粒物排放量); $k$ 为不同粒度范围的粒度乘数; $sL$ 为路面尘负荷,g/m<sup>2</sup>; $W$ 为道路上行驶机动车的平均车重(质量),t; $\eta$ 为污染控制技术对扬尘的去除效率,%.

##### 1) 排放因子模型参数计算

粒度乘数 $k$ ,为不同粒度范围的基本排放因子.根据《城市扬尘源排放清单编制技术指南(试行)》的数据,TSP、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>的粒度乘数分别为3.23、0.62、0.15.

##### 2) 车重(质量)参数计算

根据《武汉统计年鉴2016》得到2016年武汉民用车辆拥有量数据,算出的武汉主城区道路上各类机动车车型的比例如表1所示,并根据式(2)获得研

究区域道路平均车重(质量).

$$W = \sum a_i \cdot m_i, \quad (2)$$

式中: $a_i$ 为第 $i$ 类车的车型比例; $m_i$ 为第 $i$ 类车的平均质量.

由统计结果可以看出武汉市机动车中载客汽车占显著比例,高达93.12%.通过计算得到武汉主城区的平均车重(质量)为1.48 t.

表1 武汉市区道路各车型质量和车型比

Table 1 The ratio of the quality of various car models of car models in Wuhan urban area

车型	数量/辆	质量/t	车型比
轻型汽车	1 868 058	1.2	0.954 1
中型汽车	22 028	5.0	0.011 3
重型汽车	67 816	8.0	0.034 6

#### 3) 污染物控制效率计算

根据《扬尘源颗粒物排放清单编制技术指南(试行)》,可以得到常用的铺装道路交通扬尘控制措施的控制效率,如表2所示.其他控制措施的控制效率可选用与表2中类似的措施效率替代.多种措施同时开展的,取控制效率最大值.

表2 铺装道路交通扬尘源控制措施的控制效率

Table 2 The control efficiency of control measures for dust source in paved road traffic %

控制措施	控制对象	控制效率		
		TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
洒水2次/d	所有铺装道路	66	55	46
喷洒抑尘剂	城市道路	48	40	30
吸尘清扫	支路	8	7	6
(未安装真空装置)	干道	13	11	9
吸尘清扫	支路	19	16	13
(安装真空装置)	干道	31	26	22



图1 武汉市主城区(左)、远城区(右)道路采样点分布

Fig. 1 Distribution of sampling points in the main urban area(left) and far city area(right) of Wuhan

从武汉市城市管理委员会调研可知,综合全年情况,武汉市主要道路每天洒水2次.由表2可知,本次计算中TSP、PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>的控制效率分别取66%、55%和46%.

### 1.3.2 道路交通扬尘源排放量估算

采用《扬尘源颗粒物排放清单编制技术指南(试行)》中道路交通扬尘源颗粒物排放量的计算方法,计算本次武汉市道路交通扬尘源颗粒物的排放量.道路交通扬尘量等于调查区域所有铺装道路与非铺装道路交通扬尘量的总和.每条道路扬尘排放量计算公式:

$$W_{Ri} = E_{Ri} \times L_R \times N_R \times \left(1 - \frac{n_r}{365}\right) \times 10^{-6}, \quad (3)$$

式中: $W_{Ri}$ 为道路交通扬尘源中颗粒物PM<sub>i</sub>的总排放量,t/a; $E_{Ri}$ 为道路交通扬尘源中PM<sub>i</sub>平均排放系数,g/(km·辆); $L_R$ 为道路长度,km; $N_R$ 为一定时期内车辆在该段道路上的平均车流量,辆/a; $n_r$ 为不起尘天数,d.

#### 1) 道路长度( $L_R$ )

应用百度地图工具中的测距功能测得各区不同类型的道路长度,如表3所示.

表3 武汉市城区各道路类型长度

Table 3 The length of each road type in Wuhan urban area km

	道路长度			
	快速路	主干路	次干路	支路
江岸区	37.05	33.61	49.05	91.05
江汉区	18.77	22.03	42.32	41.96
硚口区	13.29	46.57	36.85	32.91
汉阳区	44.31	63.23	87.36	84.60
青山区	5.66	26.87	24.60	24.53
洪山区	133.52	198.35	181.27	262.84
武昌区	10.50	63.34	33.25	43.37
江夏区	154.02	207.80	482.40	420.09
蔡甸区	163.04	267.93	311.72	302.56
新洲区	88.10	214.69	359.85	161.61
汉南区	68.35	16.02	89.08	96.26
黄陂区	209.02	397.17	612.71	142.36
东西湖区	89.94	133.90	225.66	276.33
合计	1 035.57	1 691.51	2 536.12	1 980.47

#### 2) 车流量( $N_R$ )

对采样道路的车流量进行实地观测和调查,结合有关交通部门提供的数据,获得武汉市主城区各道路类型的平均车流量,如表4所示.

表4 武汉市区各道路类型车流量

Table 4 The traffic flow of various road types in Wuhan

	快速路	主干路	次干路	支路
车流量/(辆/h)	3 853	3 102	1 435	318

#### 3) 不起尘天数( $n_r$ )

在实测过程(统计降水造成的路面潮湿的天数)中存在困难的,不起尘天数可使用一年中降水量大于0.25 mm/d的天数表示.故取2016年为基准年,在www.wunderground.com网站上统计2016年武汉降水量大于0.25 mm/d的天数为126 d.

## 2 结果与讨论

### 2.1 武汉市道路扬尘源排放因子

#### 2.1.1 武汉市道路扬尘尘负荷

武汉市城区道路扬尘尘负荷如表5所示.武汉市主城区和远城区道路尘负荷的变化趋势为:支路>次干道>主干道>快速路.主城区中,江汉区道路污染最为严重,武昌区道路污染情况最轻.根据现场调查,尘负荷较高的江岸区、江汉区和汉阳区由于工地较多,施工面积大,因此道路尘负荷较高,而武昌区由于施工工地较少,道路尘负荷较低.主城区平均尘负荷为0.992 g/m<sup>2</sup>,远城区平均尘负荷为1.938 g/m<sup>2</sup>,相当于主城区平均尘负荷的2倍左右,可能是因为远城区大货车较多,路面清扫、洒水等降尘措施实施力度不够所致.

从表5中的各城区的尘负荷范围可以看出,武汉市不同类型道路的尘负荷相差甚大,相差超过3个数量级,表明武汉市不同道路的污染情况有着巨大差异.根据采样记录来看,可能是由于某些道路本身存在施工以及道路附近的施工工地排放大量的施工扬尘所致.

#### 2.1.2 武汉市道路扬尘源排放因子计算结果

根据式(1),用颗粒物排放因子、路面尘负荷、平均车重(质量)和污染控制去除效率计算出不同类型道路不同粒径范围的道路尘排放因子如表6所示.

从表6中可以看出,武汉市各类型道路不同粒径范围的道路交通扬尘排放因子大小顺序为:支路>次干路>主干路>快速路,与各类型道路尘负荷大小趋势一致.

### 2.2 武汉市道路交通扬尘源清单

#### 2.2.1 武汉市道路扬尘源排放量

综合以上参数,得出武汉市道路交通扬尘源TSP的年排放量为156 931.4 t,PM<sub>10</sub>的年排放量为

**表 5 武汉市城区道路扬尘尘负荷**

Table 5 The road dust load of Wuhan g/m<sup>2</sup>

城区	快速路	主干道	次干道	支路	平均	范围	最大值位置
江岸区	0.172	0.725	1.752	2.501	1.115	0.009~5.334	百步亭路
江汉区	0.538	1.097	0.377	4.536	1.404	0.170~16.980	江兴路
硚口区	1.174	1.191	0.455	0.812	0.931	0.130~5.510	中山大道
汉阳区	0.840	0.818	2.263	1.548	1.259	0.331~3.420	沌口路
青山区	1.052	2.071	0.505	0.681	1.170	0.114~6.613	冶金大道
武昌区	0.121	0.156	0.582	0.993	0.456	0.059~1.870	中南二路
洪山区	0.362	0.432	0.694	1.353	0.612	0.108~2.960	广八路
主城区	0.608	0.927	0.947	1.775	0.992	0.009~16.980	江兴路
远城区	1.095	1.761	1.894	3.017	1.938	0.358~18.960	黄龙山路
总城区	0.852	1.344	1.421	2.396	1.465	0.009~18.960	江兴路

**表 6 武汉市各类型道路不同粒径范围的扬尘排放因子**

Table 6 Dust emission factors of different particle size ranges of various types of roads in Wuhan g/VKT

颗粒物	快速路	主干路	次干路	支路
TSP	1.41	2.14	2.25	3.62
PM <sub>10</sub>	0.36	0.54	0.57	0.92
PM <sub>2.5</sub>	0.10	0.16	0.17	0.27

39 868.7 t, PM<sub>2.5</sub>的年排放量为 11 574.8 t.其中主干道扬尘排放量最大,其 TSP、PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>的年排放量分别为 64 447.1、16 372.9 和 4 753.4 t;快速路和次干道扬尘排放量次之;支路扬尘排放量最小,其 TSP、PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>的年排放量分别为 13 091.0、3 325.8 和 965.6 t(表 7).

**表 7 武汉市道路交通扬尘源颗粒物 (TSP、PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>)的排放量**

Table 7 Emissions of TSP, PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> from road dust source of Wuhan t/a

颗粒物	快速路	主干道	次干道	支路	总和
TSP	32 368.5	64 447.1	47 024.7	13 091.0	156 931.4
PM <sub>10</sub>	8 223.3	16 372.9	11 946.7	3 325.8	39 868.7
PM <sub>2.5</sub>	2 387.4	4 753.4	3 468.4	965.6	11 574.8

武汉市 13 个行政区的道路交通扬尘源颗粒物排放量如表 8 所示.可知,黄陂区道路交通扬尘源颗粒物的排放量最大,其 TSP、PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>的年排放量分别为 33 967.5、8 629.5 和 2 505.3 t;江夏区和蔡甸区道路交通扬尘源颗粒物排放量次之;青山区道路交通扬尘源颗粒物的排放量最小,其 TSP、PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>的年排放量分别为 1 819.0、462.1 和 134.2 t.

**表 8 武汉市各城区道路交通扬尘源颗粒物 (TSP、PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>)的排放量**

Table 8 Emissions of road dust sources TSP, PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in various urban areas of Wuhan t/a

城区	TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
江岸区	3 949.9	1 003.5	291.3
江汉区	2 488.1	632.1	183.5
硚口区	3 090.5	785.2	228.0
汉阳区	5 973.1	1 517.5	440.6
青山区	1 819.0	462.1	134.2
洪山区	16 829.1	4 275.5	1 241.3
武昌区	3 644.8	925.9	268.8
江夏区	24 452.9	6 212.3	1 803.6
蔡甸区	23 084.2	5 864.6	1 702.6
新洲区	18 674.1	4 744.2	1 377.3
汉南区	5 034.8	1 279.1	371.4
黄陂区	33 967.5	8 629.5	2 505.3
东西湖区	13 923.6	3 537.3	1 027.0
总排放量	156 931.4	39 868.7	11 574.8

## 2.2.2 武汉市道路交通扬尘源颗粒物排放量空间分布

用 ArcGIS 软件将武汉市分成 3 km×3 km 的网格,统计每个网格内各类型道路长度和车流量等信息得到每个网格的车辆行驶里程,并通过计算得到道路交通扬尘排放因子,计算出每个网格内的 TSP、PM<sub>10</sub>及 PM<sub>2.5</sub>年排放量,得到了道路交通扬尘源颗粒物 (TSP、PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>)排放的空间分布(图 2).

武汉市道路交通扬尘源 TSP、PM<sub>10</sub>及 PM<sub>2.5</sub>的排放呈现相似的空间分布特征:三环线内由于道路密集而道路交通扬尘排放量较高,三环线外排放量呈

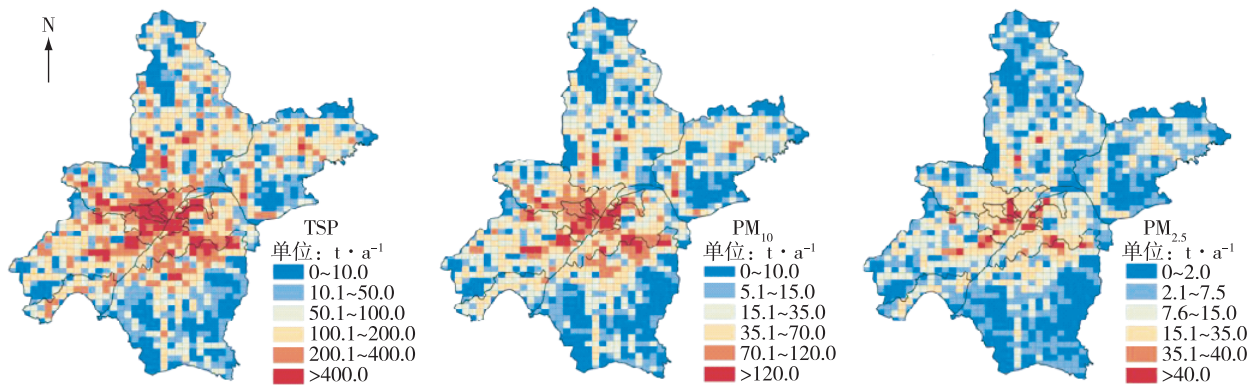


图2 2016年武汉市道路扬尘源 TSP、PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>年排放量空间分布(3 km×3 km)

Fig.2 Spatial distribution of TSP、PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> emission from road dust source of Wuhan in 2016(3 km×3 km)

递减趋势.中心城区如江岸、江汉、硚口、汉阳、武昌等的网格化排放强度较大,而江夏、蔡甸等远城区的网格化排放强度则较小.远城区中,新洲、黄陂等远郊道路交通扬尘网格化排放强度相对较高,可能与该区域施工工地及出入货车产生的二次扬尘有关.

### 2.2.3 不确定分析

道路交通扬尘源颗粒物(TSP、PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>)排放的不确定性主要来源于各等级道路尘负荷、道路长度、车流量、平均车重等关键数据的误差.在估算道路交通扬尘排放量过程中,道路尘负荷是道路交通扬尘排放因子的重要指标,其不仅与采样位置有关,还与天气、道路保洁、车流量、采样仪器以及采样操作等因素有直接的关系,因而实际的不确定性可能更大;各等级道路长度数据主要通过 ArcGis 软件人工识别并绘制计算,主观性强,具有一定的不确定性;车流量数据主要由典型道路现场调查和通过对交通管理部门进行数据调研获取,由于车流量是一个动态值,同一等级道路在不同城市中的车流量也有所差异,具有一定的不确定性.由于缺乏多组车流量和平均车重等活动数据,本研究仅对由道路尘负荷引起的排放清单不确定性进行探讨,通过自展模拟和蒙特卡罗法来对其进行定量分析,得出武汉市2016年道路交通扬尘 TSP 排放的不确定性范围为-24.7%~31.4%,PM<sub>10</sub>排放的不确定性范围为-31.3%~32.9%,PM<sub>2.5</sub>排放的不确定性范围为-31.8%~30.5%.

## 3 结论

1)武汉城区快速路、主干道、次干道和支路的平均尘负荷分别为:0.852、1.344、1.421、2.396 g/m<sup>2</sup>,

尘负荷由大到小顺序为:支路>次干道>主干道>高速路,其原因是城市高速路、主干路车流量大,车速较快,进入道路中的尘土很快被车辆扬起排出,由此可以推断路面扬尘负荷随车流量增大而逐渐降低.

2)武汉市主城区的平均尘负荷为 0.992 g/m<sup>2</sup>,远城区的平均尘负荷为 1.938 g/m<sup>2</sup>.主城区中,江汉区道路污染最为严重,汉阳区、青山区、江岸区及硚口区次之,洪山区和武昌区道路污染情况最轻.

3)武汉市2016年道路交通扬尘源 TSP 的年排放量为 156 931.4 t,PM<sub>10</sub>的年排放量为 39 868.7 t,PM<sub>2.5</sub>的年排放量为 11 574.8 t.武汉市2016年道路交通扬尘 TSP 排放的不确定性范围为-24.7%~31.4%,PM<sub>10</sub>排放的不确定性范围为-31.3%~32.9%,PM<sub>2.5</sub>排放的不确定性范围为-31.8%~30.5%.

## 参考文献

### References

- [1] He K, Yang F, Ma Y, et al. The characteristics of PM<sub>2.5</sub> in Beijing, China[J]. Atmos Environ, 2001, 35: 4959-4970
- [2] Wang Y, Zhuang G, Zhang X, et al. The ion chemistry, seasonal cycle, and sources of PM<sub>2.5</sub> and TSP aerosol in Shanghai[J]. Atmos Environ, 2006, 40: 2935-2952
- [3] 成海容, 王祖武, 冯家亮, 等. 武汉市城区大气 PM<sub>2.5</sub> 的碳组分与源解析[J]. 生态环境学报, 2012, 21(9): 1574-1579  
CHENG Hairong, WANG Zuwu, FENG Jialiang et al. Carbonaceous species composition and source apportionment of PM<sub>2.5</sub> in urban atmosphere of Wuhan[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(9): 1574-1579
- [4] 国家环境保护总局. HJ/T 393—2007 防治城市扬尘污染技术规范[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007  
State Environmental Protection Administration of China. HJ/T 393 - 2007 Technical specifications for urban fugitive dust pollution prevention and control [S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2007

- [ 5 ] 许艳玲,程水源,陈东升,等.北京市交通扬尘对大气环境质量的影响[J].安全与环境学报,2007,7(1):53-56  
XU Yanling, CHENG Shuiyuan, CHEN Dongsheng, et al. Effect of road dust on air quality in Beijing[J]. Journal of Safety and Environment, 2007, 7(1): 53-56
- [ 6 ] 彭康,杨杨,郑君瑜,等.珠江三角洲地区铺装道路扬尘排放因子与排放清单研究[J].环境科学学报,2013,33(10):2657-2663  
PENG Kang, YANG Yang, ZHENG Junyu, et al. Emission factor and inventory of paved road fugitive dust sources in the Pearl River Delta region[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2013, 33(10): 2657-2663
- [ 7 ] 杨德容,叶芝祥,杨怀金,等.成都市铺装道路扬尘排放清单及空间分布特征研究[J].环境工程,2015,33(11):83-87  
YANG Derong YE Zhixiang YANG Huaijin, et al. Emission inventory and spatial distribution of paved road fugitive dust in Chengdu in Sichuan province [J]. Air Pollution Control, 2015, 33(11): 83-87
- [ 8 ] 肖捷颖,刘娟,郭硕,等.基于移动采样法的石家庄市秋冬季道路扬尘 PM<sub>2.5</sub> 排放清单[J].环境工程学报,2017,11(10):5465-5470  
XIAO Jieying, LIU Juan, GUO Shuo, et al. Road dust PM<sub>2.5</sub> emission inventory analysis based on mobile sampling method of Shijiazhuang city during autumn and winter [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2017, 11(10): 5465-5470
- [ 9 ] 邱婷.武汉市典型地区大气 PM<sub>2.5</sub> 中水溶性离子的污染特征及来源解析[D].武汉:武汉理工大学,2015  
QIU Ting. Characteristics and source apportionment of water-soluble ions in atmospheric PM<sub>2.5</sub> of typical regions in Wuhan [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2015
- [ 10 ] 张帆,成海容,王祖武,等.武汉秋季灰霾和非灰霾天气细颗粒物 PM<sub>2.5</sub> 中水溶性离子的特征[J].中国粉体技术,2013,19(5):31-33  
ZHANG Fan, CHENG Hairong, WANG Zuwu, et al. Characteristics of water-soluble ions in PM<sub>2.5</sub> during haze and non-haze periods in autumn in Wuhan [J]. China Powder Science and Technology, 2013, 19(5): 31-33
- [ 11 ] 张伟,姬亚芹,李树立,等.天津市春季典型道路积尘负荷分布特征[J].中国环境监测,2018,34(1):54-59  
ZHANG Wei, JI Yaqin, LI Shulii, et al. The distribution characteristics of silt loading of typical roads in Tianjin during spring [J]. Environmental Monitoring in China, 2018, 34(1): 54-59
- [ 12 ] 程健,傅敏.重庆市主城区道路扬尘排放特性研究[J].安全与环境工程,2015,22(4):40-44  
CHENG Jian, FU Min. Emission characteristics of road dust in Chongqing urban area [J]. Safety and Environmental Engineering, 2015, 22(4): 40-44

## Study on the load distribution characteristics and source emission inventory of road dust in the city of Wuhan

ZHU Jiixin<sup>1</sup> CHENG Hairong<sup>1</sup> HU Caijiao<sup>1</sup> WANG Zuwu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> School of Resource and Environment Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079

**Abstract** Referring to the sampling specification of the AP-42 method (USEPA, 2011), 137 dust samples were collected from different types of roads in 13 urban districts of Wuhan, and the associated sampling area, traffic flow, lane conditions, geographical location, surrounding environment, and meteorological data were recorded. Based on this information, the dust load of different road types was determined, and the dust emission factors and the emissions from different roads were estimated. The results show that the dust load of Wuhan is in the following order: branch road > secondary trunk road > trunk road > expressway. The average dust load is 2.396 g/m<sup>2</sup> for branch roads and 0.852 g/m<sup>2</sup> for expressways. The average dust load in distant suburban areas of Wuhan is about twice the average dust load in the main urban area. The order of road traffic dust emission factors of different types of roads is: branch road > secondary trunk road > trunk road > expressway, which is consistent with the trend of dust load. In 2016, the annual emissions of road traffic dust source TSP, PM<sub>10</sub>, and PM<sub>2.5</sub> were 156,931.4 tons, 39,868.7 tons, and 11,574.8 tons, respectively. The uncertainty of road traffic dust TSP emissions ranged from -24.7% to 31.4%, the uncertainty of PM<sub>10</sub> emissions from -31.3% to 32.9%, and the uncertainty of PM<sub>2.5</sub> emissions from -31.8% to 30.5%. Of these, the main road dust emissions were the largest, and the annual emissions of TSP, PM<sub>10</sub>, and PM<sub>2.5</sub> were 64,447.1 tons, 16,372.9 tons, and 4,753.4 tons, respectively.

**Key words** Wuhan; road dust; emission factor; source emission inventory