

南京市建筑扬尘排放清单研究

佟小宁¹ 乔月珍² 姚双双³ 张洁²

(1. 南京市环境监察总队, 江苏 南京 210019; 2. 江苏省环境科学研究院, 江苏 南京 210036;
3. 河海大学土木与交通学院, 江苏 南京 210024)

摘要: 统计分析了2010年南京市各行政区建筑场地面积和工期, 结合扬尘排放因子, 建立了南京市建筑扬尘排放清单。研究表明, 2010年南京市建筑扬尘TSP、PM₁₀和PM_{2.5}的排放量分别达2.53万t、1.40万t和0.95万t, 占工业烟(粉)尘排放量的23%、13%和8.6%。郊区县建筑扬尘排放量较大, 约占全市TSP、PM₁₀、PM_{2.5}排放总量的72%; 主城区排放强度较高。对不同建筑工程类型扬尘排放量估算表明, 城市建设工程和市政工程是建筑扬尘的主要来源, 城市建设工程中又以住宅类建设工程为主。对不同研究获得的建筑扬尘结果比较, 发现扬尘排放因子选择和污染源活动水平统计是影响建筑扬尘结果的关键因素。

关键词: 建筑扬尘; 排放清单; 排放因子; 南京市

中图分类号: X513 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2014)03-0021-04

Emission Inventory of Construction Fugitive Dust in Nanjing

TONG Xiao-ning¹, QIAO Yue-zhen², YAO Shuang-shuang³, ZHANG Jie²

(1. Nanjing City Environmental Supervision Team, Nanjing, Jiangsu 210019, China;
2. Jiangsu Provincial Academy of Environmental Science, Nanjing, Jiangsu 210036, China;
3. College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing, Jiangsu 210024, China)

Abstract: Based on the analysis construction area and construction period in Nanjing in 2010, the emission inventory of construction fugitive dust was established combining with the emission factors. The results showed that the emissions of construction fugitive dust were 25.3 kt, 14.0 kt and 9.5 kt respectively for TSP, PM₁₀ and PM_{2.5}, which accounted for 23%, 13% and 8.6% of the industrial smoke dust. The emissions of construction fugitive dust in suburban counties were large, which accounted for 72% of the whole city. The emission intensity of construction fugitive dust was high in main urban area. The estimation of different type of construction dust emissions showed that city construction project (mainly residential construction project) and municipal project were the main source of construction fugitive dust. The results of construction fugitive dust from different studies were compared and it was found that emission factor selection and pollution activity collection were the key factors that influence the inventory results.

Key words: Construction dust; Emission inventory; Emission factors; Nanjing

随着城市建设的发展, 建筑扬尘对颗粒物的污染贡献越来越突出^[1-3]。有研究表明, 2004—2005年间建筑扬尘对南京市主城区PM₁₀、PM_{2.5}的贡献分别达35.5%和37.3%^[4-5]。南京市建筑扬尘污染研究多集中在化学分析和政策制定领域, 鲜有对建筑扬尘排放清单的研究^[6-9]。排放清单及其特征研究是进行环境影响分析、控制措施成本效益分

析、控制方案制定和环境管理的基础^[10], 国内外多采用排放因子法进行排放清单研究^[11-16]。今以

收稿日期: 2013-12-08; 修订日期: 2014-01-20

基金项目: “2014年青奥会空气质量保障体系研究”基金资助项目(201145)

作者简介: 佟小宁(1963—), 女, 辽宁沈阳人, 高级工程师, 本科, 从事环境监察工作。

2010 年为基准年,利用排放因子法对南京市行政区域内建筑扬尘(TSP、PM₁₀、PM_{2.5})的排放量进行估算,建立南京市建筑扬尘排放清单,为 2014 年南京青奥会空气质量保障提供污染控制基础,为管理部门对建筑施工扬尘管理提供理论依据。

1 研究方法

1.1 排放清单计算方法

建筑扬尘无组织排放实测较困难,排放总量难以计算,今利用排放因子法对南京市行政区域内建筑扬尘的排放量进行估算,计算公式如下^[9]。

$$E_{ijk} = \sum_{i,k} A_{ijk} \times T_{ijk} \times EF_{k,y} \quad (1)$$

式中: E 为颗粒物排放量, t ; i 为南京市行政区; j 为建筑工程类型; k 为建筑扬尘排放源类型; y 为粒径; A 为建筑工程场地面积, m^2 ; T 为建筑工期, 月; EF 为颗粒物排放因子, $kg/(m^2 \cdot 月)$ 。

1.2 排放因子筛选

排放因子是在大量现场实测基础上获得的某一类排放源排放的长期平均水平,它反映了排污活动与污染排放量之间的关系。因拆除过程中扬尘排放量较施工大,故将建筑扬尘排放源分为建筑施工和拆除两大类,分别计算其排放因子。

1.2.1 建筑施工扬尘排放因子

建筑施工扬尘的推荐排放因子为 $EF_{TSP} = 0.191 kg/(m^2 \cdot 月)$ 、 $EF_{PM_{10}} = 0.106 kg/(m^2 \cdot 月)$ ^[17]。建筑施工扬尘 PM_{2.5} 的排放因子依据南京市建筑扬尘 PM_{2.5} 与 PM₁₀ 比值(约 68%)推算^[6],即 $EF_{PM_{2.5}}$

$= 0.072 kg/(m^2 \cdot 月)$ 。

1.2.2 建筑拆除扬尘排放因子

采用黄玉虎等^[18]对建筑拆除扬尘实测结果,排放因子为 $EF_{TSP} = 0.496 kg/(m^2 \cdot 月)$ 、 $EF_{PM_{10}} = 0.175 kg/(m^2 \cdot 月)$ 。与 1.2.1 类似,推算得 $EF_{PM_{2.5}} = 0.119 kg/(m^2 \cdot 月)$ 。

1.3 建筑工程工期和场地面积统计

建筑工程包括城市建设工程、市政工程、农村建设工程和建筑拆除工程 4 类,其中城市建设工程按住宅、商用、办公楼和其他等 4 种类型统计。市政工程主要包括道路拓宽改造、312 国道改造、雨污分流与街巷出新等。

建筑工程工期和建筑面积由住建委数据及统计数据整理获得^[19-20]。南京市 2010 年在建建筑工程工期见表 1。建筑工程场地面积可通过场地面积 = 建筑面积(拆除面积)/容积率估算。经抽样调查,南京市 2010 年在建建筑工程容积率依次为,住宅 2.79、商用 2.67、办公楼 4.01、其他 2.47、市政工程 1.80、农村建设 2.28、拆除工程 2.50。由此可得,南京市 2010 年在建建筑工程场地面积,见表 2。

表 1 南京市 2010 年在建建筑工程工期统计 月
Table 1 Construction period in Nanjing in 2010 month

行政区	城市建设工程	市政工程	农村建设	拆除工程
江宁	5.54	3.42	1.20	0.23
浦口	5.08	2.89	1.20	0.24
其他	5.31	3.16	1.20	0.24

表 2 南京市 2010 年在建建筑工程场地面积统计

10⁴ m²

Table 2 The construction area statistics of Nanjing city in 2010

10⁴ m²

行政区	城市建设工程					市政工程	农村建设	拆迁工程
	住宅	商用	办公楼	其他	合计			
白下	22.1	48.7	17.5	37.6	125.9	5.1	0	14.4
玄武	38.1	32.5	8.1	5.1	83.8	14.5	0	15.6
建邺	25.6	32.4	4.0	7.8	69.8	15.9	0	11.7
鼓楼	29.5	19.3	3.6	12.8	65.2	4.7	0	0.6
秦淮	8.9	7.8	1.5	6.2	24.4	4.4	0	1.9
下关	26.7	9.2	1.1	8.4	45.4	5.4	0	16.2
雨花	47.3	8.4	3.5	6.0	65.2	25.4	13.6	2.7
栖霞	68.0	9.3	5.2	29.4	111.9	76.0	39.5	40.0
六合	72.9	17.7	2.9	4.3	97.8	282.7	160.3	80.7
江宁	347.1	72.9	31.3	60.6	511.9	300.5	86.9	5.0
浦口	226.2	15.4	13.3	13.0	267.9	175.0	82.4	4.7
溧水	32.8	3.0	0	5.5	41.3	204.4	102.7	0
高淳	36.2	1.8	0	7.0	45.0	151.9	156.9	0
全市	981.4	278.4	92.0	203.7	1 555.5	1 265.9	642.3	193.5

2 结果与讨论

工期代入公式(1)中计算颗粒物排放量,建立南京市2010年建筑扬尘颗粒物排放清单,见表3。

2.1 建筑扬尘排放清单

将各类建筑扬尘颗粒物排放因子、场地面积和

表3 南京市2010年建筑扬尘颗粒物排放统计

Table 3 Statistics of particulate matter emissions from construction dust of Nanjing city in 2010

行政区	辖区面积 A/km^2	颗粒物	排放量 Q/t							排放强度 $/(t \cdot \text{km}^{-2})$	
			城市建设工程				市政工程	农村建设	拆除工程		总计
			住宅	商用	办公楼	其他					
白下 ^①	26.46	TSP	224.1	493.9	177.5	381.3	30.8	0	17.1	1 324.7	50.06
		PM ₁₀	124.4	274.1	98.5	211.6	17.1	0	6.0	731.7	27.65
		PM _{2.5}	84.5	186.2	66.9	143.8	11.6	0	4.1	497.1	18.79
玄武 ^①	75.17	TSP	386.4	329.6	82.2	51.7	87.5	0	18.6	956.0	12.72
		PM ₁₀	214.4	182.9	45.6	28.7	48.6	0	6.6	526.8	7.01
		PM _{2.5}	145.7	124.3	31.0	19.5	33.0	0	4.5	358.0	4.76
建邺 ^①	82.66	TSP	259.6	328.6	40.6	79.1	96.0	0	13.9	817.8	9.89
		PM ₁₀	144.1	182.4	22.5	43.9	53.3	0	4.9	451.1	5.46
		PM _{2.5}	97.9	123.9	15.3	29.8	36.2	0	3.3	306.4	3.71
鼓楼 ^①	24.77	TSP	299.2	195.7	36.5	129.8	28.4	0	0.7	690.3	27.87
		PM ₁₀	166.0	108.6	20.3	72.0	15.7	0	0.3	382.9	15.46
		PM _{2.5}	112.8	73.8	13.8	48.9	10.7	0	0.2	260.2	10.50
秦淮 ^①	22.69	TSP	90.3	79.1	15.2	62.9	26.6	0	2.3	276.4	12.18
		PM ₁₀	50.1	43.9	8.4	34.9	14.7	0	0.8	152.8	6.73
		PM _{2.5}	34.0	29.8	5.7	23.7	10.0	0	0.5	103.7	4.57
下关 ^①	28.30	TSP	270.8	93.3	11.2	85.2	32.6	0	19.3	512.4	18.11
		PM ₁₀	150.3	51.8	6.2	47.3	18.1	0	6.8	280.5	9.91
		PM _{2.5}	102.1	35.2	4.2	32.1	12.3	0	4.6	190.5	6.73
雨花 ^①	134.60	TSP	479.7	85.2	35.5	60.9	153.3	31.2	3.2	849.0	6.31
		PM ₁₀	266.2	47.3	19.7	33.8	85.1	17.3	1.1	470.5	3.50
		PM _{2.5}	180.8	32.1	13.4	22.9	57.8	11.8	0.8	319.6	2.37
栖霞 ^①	376.09	TSP	689.7	94.3	52.7	298.2	458.7	90.5	47.6	1 731.7	4.60
		PM ₁₀	382.7	52.3	29.3	165.5	254.6	50.2	16.8	951.4	2.53
		PM _{2.5}	260.0	35.6	19.9	112.4	172.9	34.1	11.4	646.3	1.72
六合 ^②	1 467.12	TSP	739.4	179.5	29.4	43.6	1 706.3	367.4	96.1	3 161.7	2.16
		PM ₁₀	410.3	99.6	16.3	24.2	946.9	203.9	33.9	1 735.1	1.18
		PM _{2.5}	278.7	67.7	11.1	16.4	643.2	138.5	23.0	1 178.6	0.80
江宁 ^②	1 573.87	TSP	3 672.8	771.4	331.2	641.2	1 962.9	199.2	5.7	7 584.4	4.82
		PM ₁₀	2 038.3	428.1	183.8	355.9	1 089.4	110.5	2.0	4 208.0	2.67
		PM _{2.5}	1 384.5	290.8	124.8	241.7	740.0	75.1	1.4	2 858.3	1.82
浦口 ^②	912.33	TSP	2 194.8	149.4	129.0	126.1	966.0	188.9	5.6	3 759.8	4.12
		PM ₁₀	1 218.0	82.9	71.6	70.0	536.1	104.8	2.0	2 085.4	2.29
		PM _{2.5}	827.3	56.3	48.6	47.5	364.1	71.2	1.3	1 416.3	1.55
溧水 ^②	1 067.26	TSP	332.7	30.4	0	55.8	1 233.7	235.4	0	1 888.0	1.77
		PM ₁₀	184.6	16.9	0	31.0	684.7	130.6	0	1 047.8	0.98
		PM _{2.5}	125.4	11.5	0	21.0	465.1	88.7	0	711.7	0.67
高淳 ^②	791.98	TSP	367.1	18.3	0	71.0	916.8	359.6	0	1 732.8	2.19
		PM ₁₀	203.8	10.1	0	39.4	508.8	199.6	0	961.7	1.21
		PM _{2.5}	138.4	6.9	0	26.8	345.6	135.6	0	653.3	0.82
全市	6 583.30	TSP	10 006.6	2 848.7	941.0	2 086.8	7 699.6	1 472.2	230.1	25 285.0	3.84
		PM ₁₀	5 553.2	1 580.9	522.2	1 158.2	4 273.1	816.9	81.2	13 985.7	2.12
		PM _{2.5}	3 772.1	1 074.1	354.7	786.5	2 902.5	555.0	55.1	9 500.0	1.44

①主城区; ②郊区县

2.2 扬尘排放量比较

由表3可知,2010年南京市建筑扬尘TSP、PM₁₀和PM_{2.5}排放总量分别为2.53万t、1.40万t和0.95万t。根据污染源普查数据,南京市2010年工业烟(粉)尘排放量为11.1万t。因此,建筑扬尘排放的TSP、PM₁₀与PM_{2.5}分别占工业烟(粉)尘排放量的23%、13%和8.6%。

郊区县建筑扬尘排放量远大于主城区,TSP、PM₁₀和PM_{2.5}排放量分别为1.81万t、1.00万t和0.68万t,约占全市建筑扬尘排放总量的72%。郊区县中江宁区的建筑扬尘排放量最大,其次为浦口区和六合区。区县建筑扬尘排放量的大小与其城市发展密不可分。随着南京市城市化的发展,主城区建设逐步趋于饱和,不断向郊区县扩张,江宁、浦口等郊区县城市建设遍地开花,建筑扬尘排放量大。

2.3 扬尘排放强度比较

建筑扬尘排放强度指反映在单位面积上的排放量,是表征扬尘排放特点的另一参数。由表3可知,主城区建筑扬尘排放强度高于郊区县,TSP、PM₁₀和PM_{2.5}的平均排放强度分别为17.72 t/km²、9.78 t/km²和6.64 t/km²。主城区中白下区的建筑扬尘排放强度最高,其次为鼓楼区和下关区。江宁、浦口等郊区县虽然建筑扬尘排放量较多,但辖区面积较大,其建筑扬尘排放强度反而较低。郊区县TSP、PM₁₀、PM_{2.5}的平均排放强度分别为3.01 t/km²、1.67 t/km²和1.13 t/km²,仅为主城区的17%。

2.4 扬尘污染贡献比较

主城区建筑扬尘的最大污染源为城市建设工程,其次为市政工程,分别占主城区建筑扬尘排放量的87%和11%。郊区县中,市政工程对郊区县建筑扬尘的平均污染贡献(45%)和城市建设工程(44%)相当。

不同类型城市建设工程的扬尘污染贡献(TSP、PM₁₀和PM_{2.5}污染贡献均值)不同。住宅类建设工程是主城区和郊区县城市建设工程扬尘排放的最大污染源,其污染贡献分别为47%和77%。

2.5 建筑扬尘排放清单的结果比较

排放清单的构建是对污染源活动水平信息和排放因子信息整合计算的过程。由于污染源活动水平信息的缺乏、数据代表性的不足以及排放因子

的适用性等固有不确定性因素,直接影响排放清单结果^[21-22]。表4是不同研究获得的建筑扬尘排放清单结果比较。由表4可见,与王社扣等^[9]的研究结果相比,本研究的估算排放量相对较大,主要是由于本研究选取了较高的建筑扬尘排放因子,并综合考虑了建筑工期的影响。本研究获得的南京市建筑扬尘排放量结果低于上海市^[23],可能由于南京市部分区县数据资料缺失造成建筑扬尘活动水平估算值偏低。贵阳^[15]和成都^[24]两市仅统计2002年主城区的扬尘排放量,建筑扬尘活动水平较低,故其结果远低于本研究估算的南京市2010年建筑扬尘排放量。

表4 不同研究获得的建筑扬尘排放清单结果 10⁴t
Table 4 Different research of construction dust emission inventory results 10⁴t

城市	TSP 排放量	PM ₁₀ 排放量	数据来源
南京(2010年)	2.53	1.40	本研究
南京(2010年)	0.5	0.3	文献[9]
上海(2003年)	16.2	9.0	文献[23]
贵阳(2002年)		0.04	文献[15]
成都(2002年)	0.7(扬尘)		文献[24]

3 结论

(1) 2010年南京市建筑扬尘TSP、PM₁₀和PM_{2.5}的排放总量分别为2.53万t、1.40万t和0.95万t。

(2) 郊区县建筑扬尘排放量大,主城区建筑扬尘排放强度高。郊区县建筑扬尘TSP、PM₁₀、PM_{2.5}排放量分别为1.81万t、1.00万t和0.68万t,约占全市建筑扬尘TSP、PM₁₀、PM_{2.5}排放总量的72%,但其排放强度仅为主城区的约17%。

(3) 城市建设工程和市政工程是南京市各行政区主要扬尘污染排放源,其中住宅类建筑工程又是城市建设工程扬尘排放的最大污染来源。

(4) 通过对不同研究获得的建筑扬尘排放清单比较,发现污染源活动信息统计以及污染物排放因子筛选是影响排放清单准确性的关键因素。

[参考文献]

- [1] 罗莹华,戴塔根,梁凯. 大气颗粒物源解释研究综述[J]. 地质与资源, 2006, 15(2): 157-160.
- [2] 王淑兰,柴发合,张远航,等. 成都市大气颗粒物污染特征及其来源分析[J]. 地理科学, 2004, 24(4): 487-492.

(下转第67页)

气,进而在酸性条件和紫外线作用下分解,转化为游离态汞,随降雨降落于水或陆地上。由此可见,燃煤电厂燃烧过程中排放的汞会对水、大气、土壤等环境造成污染,危害生态环境和人类健康,应采取相应的防治措施。

3 结语

煤经过燃煤锅炉炉内高温燃烧后,炉膛底部排放的炉渣中的汞对环境的影响不明显。粉煤灰、烟尘中的汞存在富集现象,且随着粒径变细,富集程度加剧。燃煤锅炉燃烧后,随石膏排放的汞占比较大。控制火电厂烟气汞的排放将是我国电力行业的又一环保热点^[9],通过对锅炉燃烧过程中汞分布特征及排放特点的分析,可以为烟气脱汞技术提供理论参考,从而推动该技术的产业化进程。

[参考文献]

- [1] 张迪生,周刚. 基于吸附原理的双路独立汞采样方法[J]. 环境监测管理与技术,2013,25(2):47-49.
- [2] 国家环境保护总局《空气和废气监测分析方法》编委会. 空气和废气监测分析方法[M]. 4版增补版. 北京:中国环境科学出版社,2007:10.
- [3] 朱珍锦,薛来,谈仪,等. 300 MW 煤粉锅炉燃烧产物中汞的分布特征研究[J]. 动力工程,2002,22(1):1594-1597.
- [4] 田贺忠. 汞排放控制的基础技术及其应用[J]. 国际电力,2005,9(5):65-68.
- [5] 江贻满,段钰锋,杨祥花,等. ESP 飞灰对燃煤锅炉烟气汞的吸附特性[J]. 东南大学学报(自然科学版),2007,37(3):436-440.
- [6] 彭苏萍,王立刚. 燃煤飞灰对锅炉烟道气汞的吸附研究[J]. 煤炭科学技术,2002,30(9):33-35.
- [7] 王立刚,彭苏萍,陈昌和. 燃煤飞灰对锅炉烟道气中 Hg⁰ 的吸附特性[J]. 环境科学,2003,28(6):59-62.
- [8] 杨宏曼,LIU K L,CAO Y,等. 电站烟气脱硫装置的脱汞特性试验[J]. 动力工程,2006,26(4):554-557,567.
- [9] 孙海林,梁永,李巨峰,等. 燃煤电厂排放总气态汞连续自动监测技术的选择[J]. 环境监测管理与技术,2011,23(6):11-16.
- [10] 张迪生,周刚. 基于吸附原理的双路独立汞采样方法[J]. 环境监测管理与技术,2013,25(2):47-49.
- [11] 张迪生,周刚. 基于吸附原理的双路独立汞采样方法[J]. 环境监测管理与技术,2013,25(2):47-49.
- [12] 张迪生,周刚. 基于吸附原理的双路独立汞采样方法[J]. 环境监测管理与技术,2013,25(2):47-49.
- [13] 张迪生,周刚. 基于吸附原理的双路独立汞采样方法[J]. 环境监测管理与技术,2013,25(2):47-49.
- [14] U. S. Environmental Protection Agency, Compilation of air pollutant emission factors AP-42 [M]. 5th ed. North Carolina: Research Triangle Park, 1995.
- [15] 张雯婷,王雪松,刘兆荣,等. 贵阳建筑扬尘 PM₁₀ 排放及环境影响的模拟研究[J]. 北京大学学报(自然科学版),2010,46(2):258-264.
- [16] 赵普生,冯银厂,张裕芬,等. 建筑施工扬尘排放因子定量模型研究及应用[J]. 中国环境科学,2009,29(6):567-573.
- [17] 瞿绍岩. 上海市道路、建筑工地扬尘(PM₁₀)排放估算方法研究[D]. 上海:华东师范大学,2008.
- [18] 黄玉虎,樊守彬,秦建平,等. 北京建筑拆除工程扬尘污染排放研究[M]//北京绿色奥运环境保护技术与发展. 北京:中国水利水电出版社,2006:1-7.
- [19] 南京市统计局. 南京市统计年鉴2011年度[EB/OL]. [2013-11-28]. <http://www.njtj.gov.cn/file/nj2004/2011/index.htm>.
- [20] 南京市地方志编纂委员会. 南京市区县年鉴2011[M]. 南京:地方志出版社,2011:305-312.
- [21] 范清. 华北五省市污染源清单建立与不确定性分析[D]. 北京:北京工业大学,2008.
- [22] 魏巍,王书肖,郝吉明. 中国人为源 VOC 排放清单不确定性研究[J]. 环境科学,2011,32(2):305-312.
- [23] 黄嫣焜. 城市地面扬尘的估算与发布特征研究[D]. 上海:华东师范大学,2006.
- [24] 何健,肖保平. 成都市扬尘对大气环境影响初探[J]. 四川环境,2002,21(3):68-71.

本栏目责任编辑 吴珊 谢咏梅 姚朝英

(上接第24页)

- [3] 奚晓霞,李杰. 兰州市城关区2000年春季大气气溶胶特征及分析[J]. 环境科学研究,2002,15(6):33-34,38.
- [4] 黄辉军,刘红年,蒋维楣,等. 南京市主城区大气颗粒物来源探讨[J]. 气象科学,2007,27(2):162-168.
- [5] 黄辉军,刘红年,蒋维楣,等. 南京市 PM_{2.5} 物理化学特性及来源解析[J]. 气候与环境研究,2006,11(6):713-722.
- [6] 黄鹂鸣,王格慧,王荟,等. 南京市空气中颗粒物 PM₁₀、PM_{2.5} 污染水平[J]. 中国环境科学,2002,22(4):334-337.
- [7] 樊曙先,徐建强,郑有飞,等. 南京市气溶胶 PM_{2.5} 一次来源解析[J]. 气象科学,2005,25(16):587-593.
- [8] 郁晶,张群,喻义勇,等. 南京市近十年降尘趋势分析[J]. 环境科学与管理,2010,35(12):33-37.
- [9] 王社扣,王体健,石睿,等. 南京市扬尘源排放清单估计[C]//第26届中国气象学会年会大气成分与天气气候变化及环境变化分场论文集. 北京:中国气象学会,2012.
- [10] 樊守彬,秦建平,蔡煜. 呼和浩特交通扬尘排放清单研究[J]. 环境科学与管理,2011,36(6):19-22.
- [11] COWHERD C JR, AXETELL K JR, GUENTHER C M, et al. Development of emission factors for fugitive dust sources, EPA-450/3-74-037 [M]. North Carolina: Research Triangle Park, 1974.
- [12] MULESKI G E, COWHERD C JR, KINSEY J S. Particulate emission from construction activities [J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2005, 55:772-783.
- [13] MULESKI G E, GARMAN C X. Improvement of specific emission factors (BACM Project No. 1) [R]. Kansas City: Midwest Research Institute, 1996.

本栏目责任编辑 谢咏梅