

# 长沙市空气自动站周边区域大气污染物排放源清单

张青梅<sup>1</sup>, 刘 湛<sup>1\*</sup>, 罗达通<sup>1</sup>, 罗华飞<sup>2</sup>, 李贝睿<sup>1</sup>, 付广义<sup>1</sup>

(1. 湖南省环境保护科学研究院, 湖南长沙 410004; 2. 苏交科集团股份有限公司, 江苏南京 210017)

**【摘要】** 以长沙市空气自动站周边 3 km 为研究对象, 基于统计年鉴和实地调查, 获得了该地区 2015 年储存运输源、废弃物处理源、工艺过程源、化石燃料固定燃烧源、农业源、生物质燃烧源、扬尘源、移动源 8 个源类的活动水平数据。以大气污染物排放源清单编制技术指南为依据, 建立了 2015 年长沙市空气自动站周边 3 km 区域 NH<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、VOCs 等 6 项污染物的源排放清单。结果表明, 2015 年长沙空气自动站周边 3 km 内, 8 类大气污染源排放的 NH<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、VOCs 总量分别为 53.65t、4 899.35t、1 846.09t、6 257.75t、989.49t、4 383.31t。NH<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、VOCs 排放量最大的源分别是农业源、移动源、扬尘源、扬尘源、化石燃料固定燃烧源和移动源, 贡献率分别为 98.45%、84.24%、60.82%、85.90%、97.33%、49.88%。优化道路交通、减少燃煤、减少建筑工地扬尘排放可促进长沙市空气自动站周边空气质量改善。

**【关键词】** 大气污染物; 长沙市; 空气自动站; 排放清单; 排放特征

**【中图分类号】** X513

**【文章编号】** 1674-6252 (2018) 03-0094-05

**【文献标识码】** A

**【DOI】** 10.16868/j.cnki.1674-6252.2018.03.094

在支持城市空气质量管理决策的技术体系中, 构建准确、完整、更新及时的大气污染物排放源清单是识别污染来源的基础环节, 也是制定污染控制策略的根本依据。目前, 在城市层面开展的 PM<sub>2.5</sub> 来源解析、空气质量预报预警、重污染天气应急方案制定及效果评估、污染物总量减排核查核算、空气质量达标规划等工作, 都需要完整的大气污染物排放源清单作为核心基础数据支撑。

大气污染物排放源清单编制在空气污染治理行动中具有重要的意义。美国自 20 世纪 70 年代开始清洁空气计划以来, 逐步建立了美国国家排放清单 (NEI)<sup>[1]</sup>。欧洲也推出了 EMEP/CORINDAIR 排放清单编制技术指南规范<sup>[2]</sup>。我国研究人员在区域大气污染物排放源清单领域也已经开展了大量工作, 构建了既符合中国国情又与国际接轨的区域大气污染源排放源清单共性技术体系, 将排放系数的本土化率由 20% 提高到了 70% 以上, 发展了多层嵌套高分辨率区域排放源清单编制技术和方法。清华大学建立了包括 10 种污染物、700 多种排放源的中国多尺度大气污染物排放源清单 (MEIC)<sup>[3]</sup>。已有研究中以全国尺度或城市区域尺度建立的排放源清单占多数。田贺忠<sup>[4]</sup>、王丽涛<sup>[5]</sup> 等分别建立了中国 NO<sub>x</sub> 排放清单、中国 CO 人为源排放清单。Xu<sup>[6]</sup>、Wei<sup>[7]</sup> 等分别建立了全国 NH<sub>3</sub>、VOCs 排放源清单。Zhao<sup>[8]</sup> 等建立了 8 种污染物的全国排放源清单。Fu<sup>[9]</sup> 等建立了长三角区

域大气中主要污染物的排放源清单。刘湛<sup>[10]</sup>、李贝睿<sup>[11]</sup> 等建立了长株潭区域生物质开放燃烧的大气污染物排放源清单和道路机动车污染物排放源清单。而在小区域尺度上, 对大气污染源的排放清单的研究较少, 陆佳妮<sup>[12]</sup> 建立了上海市宝山区的小尺度精细化大气污染物排放源清单, 提高了排放口定位数据的精确度。张骥<sup>[13]</sup> 以天津市津南区空气站周边 3 km 为研究对象, 建立了 2016 年天津市津南区空气站周边 3 km 大气污染物排放源清单。实际上较一般区域而言, 掌握自动空气站周边区域的污染排放特征更为重要, 因为周边区域污染源对空气自动站监测数据的影响较其他区域污染源的影响更大。因此, 对空气自动站周边区域开展深入研究对于局地环境空气质量管理、区域大气重污染天气预警等具有更为直接的意义。然而, 由于大气污染物排放特征的复杂性, 目前已建立的大尺度排放源清单往往不能满足研究的要求。

基于长沙市环境保护管理部门对本地小尺度精细化大气污染物的排放源清单的需求, 本研究根据调查搜集到的 2015 年的各类大气污染物排放源的活动水平信息和环境保护部发布的源排放清单编制技术指南, 以长沙市环境空气自动站周边 3 km 范围为研究区域, 建立 2015 年小尺度精细化大气污染物排放源清单, 为各级环境管理部门和科研部门掌握空气站点附近大气污染物排放特征、解析污染成因、制定空气质量持续改善计划提供技术支持。

基金项目: 环保公益计划项目 (201509019)、湖南省科技计划项目 (2017SK2321)。

作者简介: 张青梅 (1983—), 女, 助理研究员, 主要研究方向为大气环境科学, E-mail: 94616944@qq.com。

\* 责任作者: 刘湛 (1979—), 男, 高级工程师, 主要研究方向为大气环境科学, E-mail: 25392252@qq.com。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区域基本情况

研究区域为长沙市 10 个国控空气自动站周边的 3km 内, 以各空气站经纬度为中心, 利用 ArcMAP 建立了 3km×3km 的网格, 结合实地调研和环境统计数据, 获取了网格内部的所有点源信息, 基本情况如表 1 所示。

表 1 长沙自动空气站基本情况

空气自动站名称	经度	纬度	优良天数	点源性质及点源个数	点源合计
沙坪	112°57'29"	28°21'40"	266	建筑工地 1	1
高新区环保	112°53'15"	28°13'13"	245	建筑工地 27、工业企业 3、加油站 1	31
伍家岭	112°58'45"	28°15'35"	258	建筑工地 5、工业企业 1、加油站 1	7
湖南师范大学	112°56'40"	28°11'23"	236	建筑工地 1、工业企业 3	4
湖南中医药大学	112°53'27"	28°7'51"	241	建筑工地 4、加油站 1	5
火车新站	113°0'5"	28°11'40"	239	建筑工地 8、工业企业 7、加油站 1	16
马坡岭	113°4'42"	28°12'4"	253	建筑工地 4、工业企业 4、加油站 4	16
天心区环保局	112°59'4"	28°7'4"	247	建筑工地 12、加油站 1	13
雨花区环保局	113°1'4"	28°7'56"	245	建筑工地 8、工业企业 1、加油站 2	11
经开区环保局	113°4'54"	28°14'32"	266	建筑工地 8、工业企业 3、加油站 4	15

### 1.2 活动水平数据获取

工业企业的活动水平信息主要来自环境统计数据, 部分信息经长沙市环境保护局调查核实。活动水平数据中煤的灰分、含硫率、废气处理措施通过实地调查获得。民用源燃煤量来自《2016 湖南省能源年鉴》<sup>[14]</sup>和《2016 长沙市统计年鉴》<sup>[15]</sup>。

机动车保有量数据从各市统计年鉴获取, 分车型、注册年代、排放控制标准车辆数据从各市环保部门机动车环保检测系统数据库获取。根据机动车燃料、车型及排放控制标准确定道路移动源所属第四级排放源分类。平均行驶里程数据参考《道路机动车大气污染物排放清单编制技术指南(试行)》中各类车型数值。农业机械燃油消耗量活动水平来自《2016 湖南农村统计年鉴》<sup>[16]</sup>。工程机械保有量信息根据《2016 中国工程机械年鉴》<sup>[17]</sup>由全国保有量推算得到。铁路内燃机车燃油消耗量分别根据客货周转量和货运日产量等计算得到, 活动水平信息来自《2016 中国交通年鉴》<sup>[18]</sup>。长沙黄花国际机场活动水平数据来自《2016 民航机场生产统计公报》。内河船舶燃油消耗量通过客货周转量计算得到, 活动水平信息来自《2016 长沙市统计年鉴》。

农药使用活动水平信息来自《2016 湖南农村统计年鉴》。汽车喷涂、其他涂层活动水平信息来自湖南省环境统计数据。染色、沥青、干洗等活动水平信息根据全国年消费量推算。去污脱脂、生活和商业溶剂使用活动水平信息来自《2016 长沙市统计年鉴》中的人口数。建筑涂料采用竣工房屋面积推算, 该活动水平信息来自《2016 长沙市统计年鉴》。

施肥量来自《2016 长沙市统计年鉴》。各区县饲养畜禽数量来自《2016 湖南农村统计年鉴》。土壤排放源的活动水平为各区县耕地面积, 固氮植物源的活动水平为作物种植面积, 秸秆堆肥活动水平利用各区县用于堆肥的八种农作物(水稻、小麦、玉米、粗粮、棉花、豆类、花生和油菜)的作物产量、谷草比、秸秆堆肥比例三者乘积来估算, 人体粪便对应的活动水平为没使用卫生厕所的成人数量, 采用农村常住人口数代替。其他农业源的活动水平数据来自《2016 湖南农村统计年鉴》。

土壤扬尘源的活动水平为不同类型土壤的面积, 数据来自湖南省国土资源规划院。道路长度通过长株潭区域道路分布的 GIS 底图结合遥感分类图像解译确定分区域不同等级的道路长度, 道路车流量数据由长沙市环保局提供, 日降水量信息来自中国气象科学数据共享服务网。施工扬尘源的活动水平数据包括施工工地的面积和施工天数, 通过实地调研获得。

生物质燃料的活动水平信息来自《2016 湖南农村统计年鉴》。森林火灾、草原火灾活动水平信息来自湖南林业信息网。

储存运输源的活动水平数据通过调研得到。

### 1.3 大气污染物排放量计算方法

长沙市空气自动站周边区域大气污染物排放量的测算包括“自下而上”的方式和“自上而下”的方式<sup>[19,20]</sup>, 基于长沙市大气污染源信息数据库, 综合采用物料衡算法、排放系数法、实际测量法、模型估算法等方法测算各类排放源主要污染物的排放强度, 建立长沙市大气污染物排放源清单, 再在 ArcMAP 上进行网格分配, 得到长沙市空气自动站周边区域内大气污染物排放源清单。排放系数主要根据长沙市的气候、经济发展特点, 通过文献调研和实测相结合的方法确定。排放系数选取及排放量计算方法参考的主要技术文件包括: ①城市大气污染物排放清单编制技术手册; ②大气细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)源排放清单编制技术指南(试行); ③大气可吸入颗粒物一次源排放清单编制技术指南(试行); ④大气颗粒物来源解析技术指南(试行); ⑤城市扬尘源排放清单编制技术指南(试行); ⑥道路机动车排放清单编制技术指南

(试行); ⑦非道路移动污染源排放清单编制技术指南(试行); ⑧生物质燃烧源大气污染物排放清单编制技术指南(试行); ⑨大气挥发性有机物源排放清单编制技术指南(试行); ⑩氨排放清单编制技术指南(试行)。

## 2 结果与讨论

### 2.1 空气自动站周边区域大气污染物排放源清单

本文参考贺克斌主编的《城市大气污染物排放清单编制技术手册》对污染源进行分类,根据所获取的储存运输源、废弃物处理源、工艺过程源、化石燃料固定燃烧源、农业源、生物质燃烧源、扬尘源、移动源8个源类的活动水平数据,按照前面所述的排放源清单编制技术指南进行计算,得到2015年长沙市每个环境空气自动站周边3 km范围内6类污染物NH<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、VOCs的排放量,结果见表2。由表2可知,10个站点周边区域内的NH<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、VOCs排放量分别53.65t、4 899.35t、1 846.09t、6 257.75t、5 781.67t、4 383.31t。污染物排放量最大的站点为天心区环保局自动空气站周边,NH<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、VOCs的排放量之和为9 296.89t,远远高于

其他站点周边;其次为经开区环保局自动空气站周边,NH<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、VOCs的排放量之和为3 405.12t;污染物排放量最小的为沙坪自动空气站周边,仅3 447.72t,这与沙坪空气自动站周边点源数量小有关。

### 2.2 不同源类污染物的分担率

不同源类对10个站点区域内污染物的分担率结果见图1。由图1可知,农业源分担了98.45%的NH<sub>3</sub>排放量,为NH<sub>3</sub>第一排放源,畜禽养殖和氮肥施用为主要的NH<sub>3</sub>排放源农业源<sup>[21]</sup>,这与国内其他研究结果一致<sup>[22]</sup>。由于空气自动站均位于市区以内,人体排放氨量较小<sup>[22]</sup>,尿液等进入污水处理厂中,因此人体排放活动未进行计算。移动源分担了84.24%的NO<sub>x</sub>排放量,为NO<sub>x</sub>第一排放源,李贝睿<sup>[11]</sup>的研究认为,载货汽车是NO<sub>x</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>的主要贡献源,摩托车是VOCs的主要贡献源。扬尘源对PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>的分担率都最大,分别为60.82%和85.9%,快速的城市化和高强度的城市改造将导致施工工地的扬尘成为城市大气颗粒物的重要来源<sup>[23,24]</sup>。SO<sub>2</sub>的最大来源为化石燃料燃烧源,占比为99.54%,由表2可知,天心区环保局站点周边的SO<sub>2</sub>排放量最大,高达532.49t。这主要是因为天心区燃煤锅炉较其他区域数量要多,燃煤量大。VOCs的最大来源为工艺过程源,占比为49.88%,这是因为北汽福田汽车、三一重工、中联重科、广汽长丰汽车等大型汽车制造企业分布于经开区范围内,而湖南湘江关西涂料有限公司分布于马坡岭网格范围内,汽车制造业与涂料制造业VOCs排放量较大。

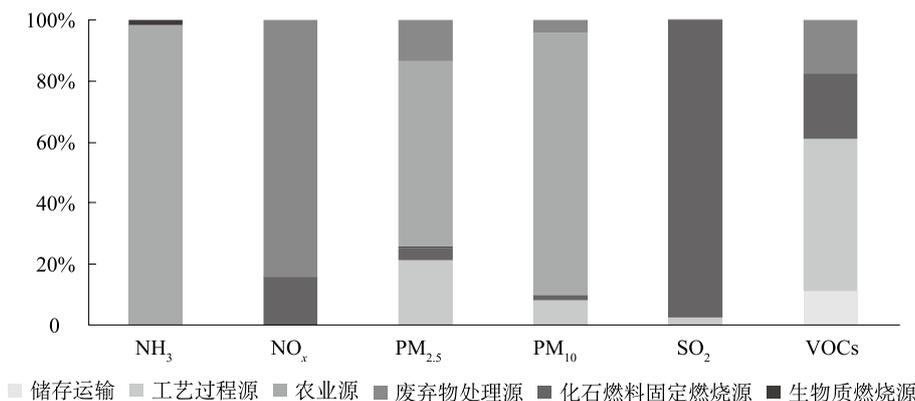


图1 不同源类的污染物排放量分担率

表2 各空气自动站周边区域内的大气污染物排放源清单

自动站名称	NH <sub>3</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	VOCs	合计
沙坪	25.94	75.13	41.99	169.39	2.78	29.49	344.72
经开区环保局	0	485.02	262.44	1 106.06	67.19	127.40	2 048.11
伍家岭	0	363.93	345.77	1 566.91	20.47	86.29	2 383.37
湖南师范大学	27.71	191.71	23.29	40.95	42.67	63.60	389.93
湖南中医药大学	0	167.09	58.19	239.55	4.83	52.99	522.65
火车新站	0	443.26	176.20	683.96	34.28	309.74	1 647.44
马坡岭	0	202.37	36.81	125.92	94.24	1 016.67	1 476.01
天心区环保局	0	1 378.69	475.76	1 107.29	532.47	1 010.50	4 504.71
雨花区环保局	0	610.81	192.33	763.50	23.82	117.12	1 707.58
经开区环保局	0	981.34	233.31	454.22	166.74	1 569.51	3 405.12
合计	53.65	4 899.35	1 846.09	6 257.75	989.49	4 383.31	—

### 2.3 不同源类分担率的对比

因为大区域尺度和小区域尺度排放源类有很大差别, 因此本研究已与报道的小尺度排放清单研究进行对比, 结果见表 3。本研究中 NH<sub>3</sub> 排放主要来自农业源畜禽养殖和氮肥施用, 而宝山地区工业大点源的 NH<sub>3</sub> 排放贡献是最高的, 该地区电力、热力生产和供应业和黑色金属冶炼及压延加工业为宝山区的两大主导产业<sup>[12]</sup>。NO<sub>x</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub> 主要排放源与天津<sup>[13]</sup> 基本保持一致, 分别为移动源、扬尘源、扬尘源、化石燃料固定燃烧源。本研究中 VOCs 排放源主要为工艺过程源, 而天津<sup>[13]</sup> 为移动源。对比研究结果表明, 小尺度区域内源类不同, 排放的污染物不同, 小尺度精细化的排放清单对于基层环境管理具有重要意义。各站点区域内 NH<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、VOCs 第一排放源及其占比结果见表 4。

### 2.4 不确定性分析

本研究排放源清单建立过程中选用的排放系数和计算方法均以原环境保护部发布的“清单编制技术指南”为准, 并对部分排放系数如移动源的道路机动车污染物排放因子进行了修正, 活动水平信息大部分来自政府部

门发布的统计年鉴和统计公报, 数据来源比较可靠。但是, 任何排放源清单的计算结果都具有一定的不确定性, 主要原因在于: 一方面统计数据本身会存在测量偏差、随机偏差和人为偏差, 如统计年鉴数据一般只对规模以上企业进行统计, 这些偏差会给大气污染物排放量的计算结果带来一定的不确定性; 另一方面由于排放清单的建立涉及的企业众多, 各企业的燃料的含硫量、灰分、生产工艺水平、污染控制技术不同, 但在排放系数的选定时一般取用参考值或者依据行业平均水平确定, 因此也会给排放源清单的计算结果带来不确定性。更精确的不确定性分析需要针对每个源类进行分析, 本课题组对生物质开放燃烧源、移动源中机动车尾气、人为氨排放源采用蒙特卡罗法进行了不确定性分析<sup>[10,11,19]</sup>。

### 3 结论

(1) 2015 年长沙市 10 个自动空气站周边 3 km 内大气污染源的排放 NH<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、VOCs 总量分别为 53.65t、4 899.35t、1 846.09t、6 257.75t、5 781.67t、4 383.31t, 其中建筑工地和加油站源排放的 NH<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、VOCs 总量分别为 6.86t、

表 3 不同源类分担率的对比

源类	NH <sub>3</sub>		NO <sub>x</sub>		PM <sub>2.5</sub>		PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>		VOCs	
	本研究	上海宝山 <sup>[12]</sup>	本研究	天津 <sup>[13]</sup>	本研究	天津	本研究	天津	本研究	天津	本研究	天津
储存运输	0		0	—	0	—	0	—	0	—	11.17%	0.41%
废弃物处理源	0		0	—	0	—	0	—	0	—	0	—
工艺过程源	0	70%	0.14%	0	21.31%	2.36%	8.05%	1.37%	0.44%	0.01%	49.88%	11.34%
化石燃料固定燃烧源	0		15.58%	7.16%	3.98%	23.53%	1.65%	13.06%	99.54%	72.76%	21.09%	5.58%
农业源	98.45%	30%	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—
生物质燃烧源	1.55%		0.04%	—	0.43%	—	0.13%	—	0.01%	—	0.26%	—
扬尘源	0		0	—	60.82%	38.35%	85.90%	68.96%	0	—	0	—
移动源	0		84.24%	92.84%	13.45%	22.10%	4.27%	9.75%	0.01%	27.23%	17.60%	74.52%

表 4 不同污染物第一排放源及排放比例

自动站名称	NH <sub>3</sub>		NO <sub>x</sub>		PM <sub>2.5</sub>		PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>		VOCs	
	源类	占比	源类	占比	源类	占比	源类	占比	源类	占比	源类	占比
沙坪	农业源	100%	移动源	97%	扬尘源	80%	扬尘源	95%	化石燃料固定燃烧源	87%	移动源	79%
高开区环保局	—		移动源	96%	扬尘源	83%	扬尘源	96%	化石燃料固定燃烧源	100%	移动源	83%
伍家岭	—		移动源	98%	扬尘源	93%	扬尘源	98%	化石燃料固定燃烧源	99%	移动源	70%
湖南师范大学	农业源	98%	移动源	95%	移动源	45%	扬尘源	45%	化石燃料固定燃烧源	99%	移动源	79%
湖南中医药大学	—		移动源	99%	扬尘源	82%	扬尘源	95%	化石燃料固定燃烧源	100%	移动源	84%
火车新站	—		移动源	95%	扬尘源	75%	扬尘源	93%	化石燃料固定燃烧源	99%	存储运输源	58%
马坡岭	—		移动源	92%	扬尘源	62%	扬尘源	87%	化石燃料固定燃烧源	100%	工艺过程源	88%
天心区环保局	—		移动源	52%	工艺过程源	61%	扬尘源	59%	化石燃料固定燃烧源	100%	化石燃料固定燃烧源	85%
雨花区环保局	—		移动源	98%	扬尘源	78%	扬尘源	94%	化石燃料固定燃烧源	100%	移动源	59%
经开区环保局	—		移动源	97%	工艺过程源	39%	扬尘源	57%	化石燃料固定燃烧源	85%	工艺过程源	82%

17.74t、1 240.1t、5 531.61t、96.85t、1 791.97t。

(2) NH<sub>3</sub> 的第一排放源是农业源, NO<sub>x</sub> 的第一排放源是移动源, PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub> 的第一排放源都是扬尘源, 污染比较大的道路是主要干道; SO<sub>2</sub> 的第一排放源是化石燃料燃烧源, VOCs 的第一排放源是移动源。

(3) 近年来长沙市空气污染多以 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、O<sub>3</sub> 为首要污染物, 要改善空气质量, 保障空气站空气环境中 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、O<sub>3</sub> 监测数据达标, 必须要减少一次源排放, 根据排放源清单和分担率研究结果可知, 改善空气质量应从道路交通优化、燃煤控制、建筑施工场地管控三个方面入手。天心区环保局站点、经开区环保局站点、马坡岭站点还应加强北汽福田汽车、三一重工、中联重科、广汽长丰汽车等工业企业工艺过程污染控制, 减少工艺过程源 PM<sub>2.5</sub>、VOCs 排放。

### 参考文献

[1] JONES D L, ADAMS L, GOODENOW D, et al. Emission Inventory Improvement Program(EIIP) area source committee. Report for November-December [R]. 1994.  
 [2] European Environment Agency. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook [EB/OL]. (2017-12-06). <https://www.eea.europa.eu/publications/EMEP/CORINAIR5/>.  
 [3] ZHANG Q. Study on Regional Fine PM Emissions and Modeling in China[D]. Beijing: Tsinghua University, 2005.  
 [4] 田贺忠, 郝吉明, 卢永琪, 等. 中国氮氧化物排放清单及分布特征 [J]. 中国环境科学, 2001, 21(6) 493-497.  
 [5] 王丽涛, 张强, 郝吉明, 等. 中国大陆 CO 人为源排放清单 [J]. 环境科学学报, 2005, 25(12): 1580-1585.  
 [6] XU P, KOLOUTSOU V, SOTIRIA R, et al. Projection of NH<sub>3</sub> emissions from manure generated by livestock production in China to 2030 under six mitigation scenarios[J]. Science of the Total Environment, 2017, 607: 78-86.  
 [7] WEI W, WANG S X, CHATANI S, et al. Emission and speciation of non-methane volatile organic compounds from anthropogenic sources in China[J]. Atmospheric Environment, 2008, 42(20): 4976-

4988.  
 [8] ZHAO B, WANG S X, WANG J D, et al. Impact of national NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> control policies on particulate matter pollution in China[J]. Atmospheric Environment., 2013, 77: 453-463.  
 [9] FU X, WANG S X, RAN L, et al. Estimating NH<sub>3</sub> emissions from agricultural fertilizer application in China using the bi-directional CMAQ model coupled to an agro-ecosystem model[J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2015, 15(12): 6637-6649.  
 [10] 刘湛, 李贝睿, 尤翔宇, 等. 长株潭区域生物质开放燃烧的大气污染物排放清单及不确定性分析 [J]. 环境污染与防治, 2016, 38(1): 23-29.  
 [11] 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.  
 [12] 谈佳妮, 余琦, 马蔚纯, 等. 小尺度精细化大气污染源排放清单的建立: 以上海宝山区为例 [J]. 环境科学学报, 2014, 34(5): 1099-1108.  
 [13] 张骥, 徐媛, 刘茂辉, 等. 天津津南区大气污染物小尺度精细化源清单 [J]. 环境科学与技术, 2017, 40(8): 210-215.  
 [14] 湖南省统计局. 2016 湖南省能源年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.  
 [15] 长沙市统计局. 2016 长沙统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.  
 [16] 湖南省统计局. 2016 湖南农村统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.  
 [17] 中国机械工业年鉴. 2016 中国工程机械工业年鉴 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2016.  
 [18] 中国交通年鉴. 2016 中国交通年鉴 [M]. 北京: 交通出版社, 2016.  
 [19] 王书肖, 邱雄辉, 张强, 等. 我国人为源大气污染物排放清单编制技术进展及展望 [J]. 环境保护. 2017, 21(45):21-26.  
 [20] 杨静. 珠江三角洲 2012 年大气排放源清单建立与时空分配改进研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2015.  
 [21] 尤翔宇, 刘湛, 张青梅, 等. 长株潭地区人为源氨排放清单及分布特征 [J]. 环境科学, 2016, 37(1): 94-101.  
 [22] 沈兴玲, 尹沙沙, 郑君瑜, 等. 广东省人为源氨排放清单及减排潜力研究 [J]. 环境科学学报, 2014, 34(1): 43-53.  
 [23] 邹本东, 徐子优, 华蕾, 等. 因子分析法解析北京市大气颗粒物 PM<sub>10</sub> 的来源 [J]. 中国环境监测, 2007, 23(2): 79-85.  
 [24] 徐谦, 李令军, 赵文慧, 等. 北京市建筑施工裸地的空间分布及扬尘效应 [J]. 中国环境监测, 2015, 31(5): 78-85.

## Atmospheric Pollutants Emission Inventory in the Surrounding Area of the Air Automatic Stations in Changsha

ZHANG Qingmei<sup>1</sup>, LIU Zhan<sup>1</sup>, LUO Datong<sup>1</sup>, LUO Huafei<sup>2</sup>, LI Beirui<sup>1</sup>, FU Guangyi<sup>1</sup>

( 1.Hunan Research Academy of Environmental Science, Changsha 410004, China;

2. Jiangsu Transportation Research Institute Co., Ltd., Nanjing 210017, China )

**Abstract:** Taking the 3 km area around automatic air stations in Changsha as the research object, based on the statistical yearbook and field survey, activity level datas for 8 kinds of air pollution sources including storage and transportation source, waste treatment source, process source, fossil fuel fixed combustion source, agricultural source, biomass combustion source, dust source, mobile source were obtained. Based on the compilation guideline of atmospheric pollutants emission inventory, the source emission inventory of 6 kinds of contaminants such as NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub> and VOCs in the 3 km area around the air automatic stations in Changsha was established. The results showed that the total amount of NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> and VOCs emitted by 8 kinds of air pollution sources within 3 km around auto station in Changsha in the year of 2015 were respectively 53.65t, 4 899.35t, 1 846.09t, 6 257.75t, 989.49t and 4 383.31t. The largest sources of emissions of NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> and VOCs were respectively agricultural source, mobile source, dust source, dust source, fossil fuel fixed combustion source and mobile source, with the contribution rates of 98.45%, 84.24%, 60.82%, 85.90%, 97.33% and 49.88%. The air quality around the air automatic stations in Changsha can be improved by optimizing road traffic, reducing coal consumption, and reducing the dust emission in construction sites.

**Keywords:** atmospheric pollutants; Changsha; air automatic station; emission inventory; emission characteristics