

# 常州市人为源挥发性有机物排放清单

孙凯<sup>1,2</sup>,周俊<sup>2</sup>,丁洪泽<sup>3</sup>,陈小敏<sup>4</sup>,刘智强<sup>1,2</sup>,徐圃青<sup>2</sup>

(1. 江苏常环环境科技有限公司,江苏 常州 213022;2. 常州市环境科学研究院,江苏 常州 213022;3. 常州市生态环境局,江苏 常州 213022;4. 中科弘清(北京)科技有限公司,北京 100107)

**摘要:**对常州市 VOCs 人为源进行系统划分,运用国内外排放因子研究成果及常州市各排放源调研结果,采用排放因子法建立了2017年常州市分类型、分辖区(市)的人为源 VOCs 排放清单。结果表明,2017年常州市人为源 VOCs 排放总量约为  $9.662 \times 10^4$  t,其中化石燃料燃烧源、工业过程源、移动源、非工业溶剂使用源、油品储运源、生物质燃烧源、固废污水处理源和餐饮源排放分别占排放总量的1.9%、47.2%、9.0%、27.6%、9.4%、2.6%、0.4%和1.9%。工业过程源中黑色(有色)金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业、化学原料和化学品制造业、机械装备制造业、交通设备制造业、纺织业是重点行业;武进区、溧阳市、新北区3个工业发达的区域 VOCs 排放量明显高于常州其他几个辖区,占全市总排放量的71%;各辖区(市)的重点排放源存在差异,其中武进区、溧阳市、新北区以工业过程源为主,金坛区、天宁区、钟楼区以非工业溶剂使用源为主。

**关键词:**挥发性有机物;排放因子;排放清单;常州市

中图分类号:X511

文献标志码:B

文章编号:1674-6732(2019)06-0057-06

## Anthropogenic Source VOCs Emission Inventory of Changzhou City

SUN Kai<sup>1,2</sup>, ZHOU Jun<sup>2</sup>, DING Hong-ze<sup>3</sup>, CHEN Xiao-min<sup>4</sup>, LIU Zhi-qiang<sup>1,2</sup>, XU Pu-qing<sup>2</sup>

(1. *Jiangsu Changhuan Environmental Technology Co., Ltd., Changzhou, Jiangsu 213022, China*; 2. *Changzhou Institute of Environmental Science, Changzhou, Jiangsu 213022, China*; 3. *Changzhou Ecology and Environment Bureau, Changzhou, Jiangsu 213022, China*; 4. *Hong Qing Environmental Technology Co. Ltd., Beijing 100107, China*)

**Abstract:** Anthropogenic VOCs emission sources were classified into 29 categories. An anthropogenic VOCs emission inventory in Changzhou City for 2017 has been developed based on statistical activity data and literature surveyed emission factors. The result shows that the total anthropogenic VOCs emission in Changzhou was about  $9.662 \times 10^4$  t in 2017. Among them, fossil fuel combustion sources, industrial process sources, mobile sources, non-industrial solvent sources, oil storage and transportation sources, biomass combustion sources, solid waste water treatment sources and catering sources accounted for 1.9%, 47.2%, 9.0%, 27.6%, 9.4%, 2.6%, 0.4% and 1.9%. Among the industrial process sources, black (colored) metal smelting and rolling processing industry, non-metallic mineral products industry, chemical raw materials and chemicals manufacturing, machinery and equipment manufacturing, transportation equipment manufacturing, and textile industry are key industries. Among the administrative regions in Changzhou, the emission amount in Wujin District, Liyang City and the New-North District were relatively large and contributed 71.0% of the total emissions. There are differences in key emission sources in various municipalities, among which Wujin District, Fuyang City and Xinbei District are mainly industrial process sources, and Jintan District, Tianning District and Zhonglou District are mainly used as non-industrial solvents.

**Key words:** Volatile organic compounds; Emission factor; Emission inventory; Changzhou City

挥发性有机物(VOCs),通常指在标准大气压下,熔点低于室温且沸点为200~260℃,或者能够以气态分子的形态排放到空气中的所有非甲烷有机化合物。VOCs不仅会对人体健康造成不利影

响,而且作为光化学烟雾的关键前驱物,在臭氧(O<sub>3</sub>)和细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)的二次生成中扮演着十分重要的角色<sup>[1-2]</sup>。

江苏省是全国大气复合污染最严重的区域之

收稿日期:2019-07-09;修订日期:2019-08-14

作者简介:孙凯(1986—),男,工程师,硕士,从事环境管理、大气污染控制研究工作。

—<sup>[3]</sup>。常州市地处江苏省南部经济发达区,既是灰霾和 O<sub>3</sub> 复合型污染较为严重的地区,又是苏南经济发展模式的典型,其大气污染物尤其是 VOCs 排放特征具有代表性<sup>[4]</sup>。现以常州市主要人为源 VOCs 为研究对象,选取适时的排放因子,建立全面精细的源分类方式,编制常州市人为源 VOCs 排放清单,以期为苏南地区复合型大气污染防治研究提供技术支持。

## 1 研究方法

### 1.1 研究对象

研究范围包括常州市 6 个辖区(市),分别为溧阳市(县级)、金坛区、武进区、新北区、天宁区和钟楼区。以《城市大气污染物排放清单编制技术手册》<sup>[5]</sup>推荐的排放源分类分级体系为基础,结合常州市 VOCs 排放源的特点,以及 VOCs 产生机理和排放特征的差异,构建常州市 VOCs 污染源分类系统,包括化石燃料燃烧源、工业过程源、移动源、非工业溶剂使用源、油品储运源、生物质燃烧源、固废污水处理源和餐饮源共 8 大类。具体各行业的排放源详见表 1。研究基准年为 2017 年。

### 1.2 估算方法

人为源 VOCs 排放量估算主要采用排放因子法,基本估算公式如下:

$$E_i = P_i \times EF_i$$

式中: $E_i$ ——排放源  $i$  的 VOCs 排放量;

$P_i$ ——排放源  $i$  的活动水平;

$EF_i$ ——排放源  $i$  的排放因子。

使用的活动水平数据包括宏观统计数据 and 微观调研数据,其中,宏观统计数据来源于常州市统计年鉴、统计部门提供的其他统计数据;微观调研数据来源于项目调研人员的走访、问卷调查及政府相关部门的统计数据。研究中的排放因子源于《城市大气污染物排放清单编制技术手册》<sup>[5]</sup>、生态环境部公开发布的大气污染源排放清单编制技术指南以及国内其他城市排放清单的研究成果<sup>[6-12]</sup>。

#### 1.2.1 化石燃料燃烧源

化石燃料燃烧源主要包括电力、工业以及民用燃烧源,不同燃料的 VOCs 排放特征差异较大,排放因子来源于《城市大气污染物排放清单编制技术手册》<sup>[5]</sup>及相关清单编制技术指南<sup>[10-11]</sup>。

#### 1.2.2 工业过程源

工业过程源包括黑色(有色)金属冶炼及压延

加工业、化学原料和化学品制造业、非金属矿物制品业、橡胶和塑料制品业等,VOCs 排放因子来源于《城市大气污染物排放清单编制技术手册》<sup>[5]</sup>及相关技术指南<sup>[11]</sup>。

#### 1.2.3 移动源

移动源分道路移动源和非道路移动源两大类。非道路移动源包括农业机械、工程机械、船舶、渔船、铁路机车和飞机共 6 大类。排放因子来源于《非道路移动源大气污染物排放清单编制技术指南(试行)》<sup>[12]</sup>。

#### 1.2.4 非工业溶剂使用源

非工业溶剂使用源主要包括农药、沥青、建筑涂料、家庭溶剂使用、干洗、汽修、医院有机溶剂使用共 7 类。其中,建筑涂料的使用量来源于全国建筑涂料使用量、常州房屋竣工面积占比及水性、溶剂型涂料使用比例等数据的折算;干洗的干洗剂使用量参照相关文献<sup>[13]</sup>的方法推导得出。排放因子来源于《城市大气污染物排放清单编制技术手册》<sup>[5]</sup>,以及国内其他文献<sup>[6-9]</sup>。

#### 1.2.5 油品储运源

油品储运源主要包括油品储运和加油站。排放因子来源于《城市大气污染物排放清单编制技术手册》<sup>[5]</sup>。

#### 1.2.6 生物质燃烧源

生物质燃烧源主要包括生物质锅炉、家用炉灶和露天秸秆焚烧 3 个子源。其中,生物质炉灶燃料及露天焚烧的秸秆消耗量,参照相关文献<sup>[14]</sup>,通过城市主要农作物的草谷比、秸秆家用和露天焚烧的燃烧比例等估算获得。排放因子数据来源于《城市大气污染物排放清单编制技术手册》<sup>[5]</sup>及《生物质燃烧源大气污染物排放清单编制技术指南(试行)》<sup>[12]</sup>。

#### 1.2.7 固废污水处理源

固废污水处理源包括固废焚烧、填埋和污水处理。活动水平数据来源于常州市环境统计数据 and 污染源普查数据,排放因子来源于《大气挥发性有机物源排放清单编制技术指南(试行)》<sup>[11]</sup>。

#### 1.2.8 餐饮源

餐饮源主要包括餐饮企业和家庭餐饮。餐饮企业与家庭餐饮的活动水平调查结果见表 2。活动水平数据通过餐饮源的灶头数、烟气排放速率、年总经营(做饭)时间计算得出。排放因子来源于《城市大气污染物排放清单编制技术手册》<sup>[5]</sup>。

表 1 人为源 VOCs 排放因子汇总

污染源	污染子源	燃料、产品类型或者排放标准	排放因子取值	单位	活动水平	
化石燃料 燃烧源	电力燃烧	煤炭	0.04 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	燃料消耗量	
		天然气	0.12 <sup>[5]</sup>	$g \cdot m^{-3}$	燃料消耗量	
	工业燃烧	煤炭/柴油/燃料油	0.04/0.12/2.88 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	燃料消耗量	
		天然气	0.12 <sup>[5]</sup>	$g \cdot m^{-3}$	燃料消耗量	
	民用燃烧	煤炭	1.1 <sup>[10]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	燃料消耗量	
		天然气/液化石油气	0.13/3.6 <sup>[11]</sup>	$g \cdot m^{-3}$	燃料消耗量	
工业 过程源	黑色金属冶炼和 压延加工	焦炭/烧结矿/球团矿/粗钢	2.96/0.25/0.25/0.06 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	产品产量	
		非金属矿物制品	熟料/砖瓦/平板玻璃/玻璃制品/ 陶瓷/石灰/石墨碳素	0.33/0.132/4.4/4.4/29.22/ 0.18/52 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	产品产量
			人造板	0.5 <sup>[5]</sup>	$g \cdot m^{-3}$	产品产量
	化学原料和化学 制品制造	乙烯/化学原料药/合成氨/聚氯乙 烯/建筑涂料/漆涂料/胶黏剂	0.1 <sup>[5]</sup> /430/4.72 <sup>[11]</sup> /0.74/ 15/15/20 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	产品产量	
			橡胶和塑料制品	橡胶/塑料制品	7.17 <sup>[11]</sup> /2.2 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$
		轮胎	0.91 <sup>[11]</sup>	$kg \cdot 条^{-1}$	产品产量	
		人造革、合成革	0.6 <sup>[5]</sup>	$kg \cdot m^{-2}$	产品产量	
	造纸和纸制品	纸浆/纸制品	3.1/0.1 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	产品产量	
	酒、饮料和精制茶 制造	啤酒/酒精/白酒	0.25/218.25/25 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	产品产量	
	农副食品加工	糖/糕点/花生油/大豆油/非食用 植物油	8/1/10.35/2.45/9.17 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	产品产量	
	纺织	布/毛线/丝	10 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	产品产量	
	油墨印刷	传统/新型油墨	750/100 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	油墨使用量	
	染料印染	染料	81.4 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	染料使用量	
	建筑涂料	水性/溶剂型涂料	120/450 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	涂料使用量	
	其他溶剂	胶黏剂	85 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	溶剂使用量	
	稀释剂/清洗剂/其他有机溶剂	1 000 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	溶剂使用量		
非道路 移动源	农业机械/ 工程机械	<37 kW, 国 1 前/国 1/国 2/国 3	5.2/5.2/5.2/5 <sup>[12]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	燃料消耗量	
		37 ~ 75 kW, 国 1 前/国 1/国 2/国 3	5.65/5.65/5.65/4.76 <sup>[12]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	燃料消耗量	
		75 ~ 130 kW, 国 1 前/国 1/国 2/ 国 3	6.19/6.19/4.76/3.91 <sup>[12]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	燃料消耗量	
		≥130 kW, 国 1 前/国 1/国 2/国 3	6.5/6.5/5/4 <sup>[12]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	燃料消耗量	
	船舶/渔船	国 1 前	6.19 <sup>[12]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	燃料消耗量	
	飞机	国 1 前	2.68 <sup>[12]</sup>	$kg \cdot LTO^{-1}$	起飞着陆循环次数	
	铁路内燃机车	国 1 前	3.11 <sup>[12]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	燃料消耗量	
	非工业溶剂 使用源	农药	杀虫剂/杀菌剂/除草剂	568.7/475/315.9 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	农药使用量
		沥青		353 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	沥青使用量
		建筑涂料	水性/溶剂型涂料	120/450 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	涂料使用量
家庭溶剂使用		城市/农村	500/100 <sup>[7]</sup>	$g \cdot (人 \cdot a)^{-1}$	人口数量	
干洗			1 000 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	干洗剂用量	
汽修			720 <sup>[7]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	涂料使用量	
医院有机溶剂使用		2.5 <sup>[6]</sup>	$kg \cdot (千人次)^{-1}$	溶剂使用量		
油品储运源	油品储存	原油/汽油/柴油	0.12/0.16/0.05 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	油品储存量	
	油品运输	原油/汽油/柴油	1.6/1.6/0.05 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	油品运输量	
	加油站	汽油/柴油	3.24/0.08 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	油品销售量	
生物质燃烧源	生物质锅炉	生物成型燃料	1.13 <sup>[12]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	燃烧量	
	家用炉灶	稻秆/玉米秆/小麦秆/油菜秆/其 他秸秆	8.4/7.34/9.37 <sup>[12]</sup> /7.97/ 6.94 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	燃烧量	
		露天秸秆焚烧	稻秆/玉米/小麦/其他秸秆	8.45/10.40/7.48/8.78 <sup>[5]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	燃烧量
固废污水处理源	焚烧/填埋/污水	0.74/0.23/0.001 1 <sup>[11]</sup>	$g \cdot kg^{-1}$	处置量		
餐饮源	餐饮油烟	5.6 <sup>[5]</sup>	$mg \cdot m^{-3}$	烟气排放体积		

表 2 餐饮企业与家庭餐饮的活动水平调查结果

餐饮源	餐饮企业					家庭餐饮	
	特大型	大型	中型	小型	微型	城市	农村
固定灶头数/个	8	6	4	2	1	1	1
烟气排放速率/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	3 000	2 500	2 000	1 500	1 000	1 500	1 500
年总经营时间/h	2 200	2 000	1 800	1 600	1 400	1 460	1 460
油烟净化装置的 VOCs 去除效率/%	90	85	75	60	55	75	60
设备安装率/%	100	100	100	100	100	90	70

## 2 结果与讨论

### 2.1 分行业 VOCs 排放量

常州市 2017 年人为源 VOCs 排放量约为  $9.662 \times 10^4$  t, 8 大类污染源的排放量所占比例见图 1。工业过程源和非工业溶剂使用源的 VOCs 排放占比相对较高, 远高于其他污染源。

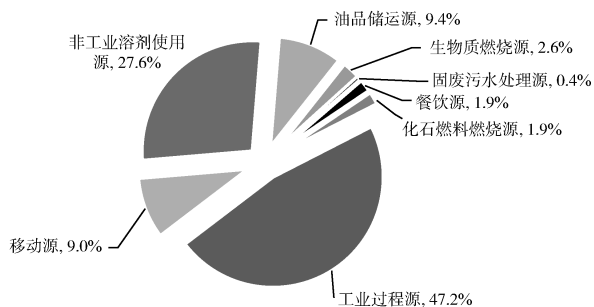


图 1 常州市 VOCs 排放分行业所占比例

常州市 2017 年第 2 类子行业 VOCs 排放量分布见图 2(a)(b)。工业过程源排放总量为  $4.558 1 \times 10^4$  t, 工业过程源 VOCs 排放分行业所占比例见图 2(a)。由图 2(a) 可见, 工业过程源中的黑色(有色)金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业、化学原料和化学制品制造业、机械装备制造业、交通设备制造业、纺织业等 6 个行业 VOCs 排放量合计达到工业过程源的 80% 以上。常州市的黑色金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业的产能较高。根据《江苏统计年鉴—2018》和《常州统计年鉴—2018》的相关统计数据, 2017 年常州市粗钢、水泥产量分别占全省的比重达到 13.7% 和 13.6%, 产业规模较大; 化学原料和化学制品制造业的工业产值占全省的比重高达 11.3%, 高于同期常州市 GDP 占江苏省的比重 7.7%; 此外, 机械装备制造业、纺织业的工业产值占全省的比重分别为 9.9% 和 7.9%; 交通设备制造业的工业产值在 2015—2017 年间, 年均增速达到 13.8%, 远高于同

期工业总产值的增速 (1.8%)。

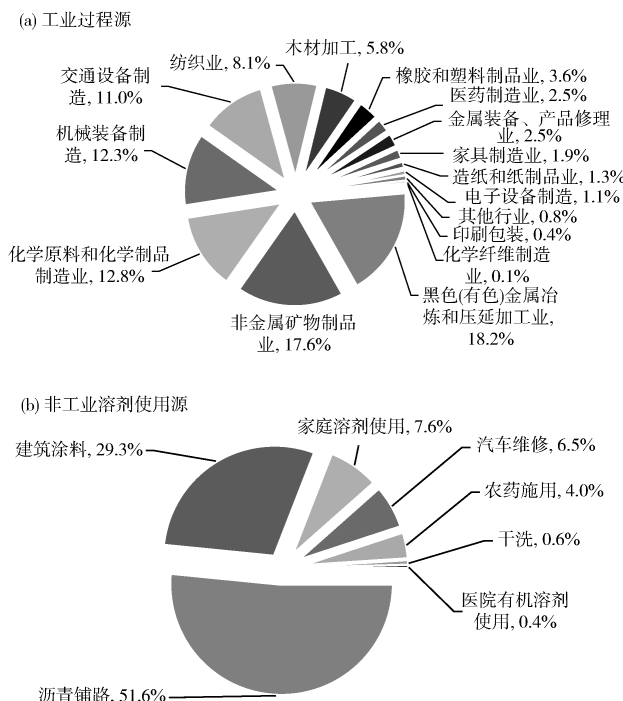


图 2 常州市 2017 年第 2 类子行业 VOCs 排放量分布

非工业溶剂使用源排放总量为  $2.670 1 \times 10^4$  t, 由图 2(b) 可见, 沥青铺路的 VOCs 排放占比最高, 达到 51.6%。这一方面与沥青铺路过程中, 沥青拌合站沥青砼制备及道路摊铺未采取相应的 VOCs 控制措施有关; 另一方面, 与常州市近年来新建道路面积和沥青翻新道路面积的显著增加, 沥青使用量较大密切相关。据《常州统计年鉴—2018》统计, 2017 年常州市新建道路面积 203.3 万 m<sup>2</sup>, 沥青翻新道路面积为 458.7 万 m<sup>2</sup>, 估算沥青使用量近  $4 \times 10^4$  t。其次, 建筑涂料使用带来的 VOCs 排放占比近 30%, 自 2016 年起常州市每年的房屋竣工面积均居于高位, 建筑涂料的使用量较大。据估算, 2017 年常州市建筑涂料的使用总量达  $4.3 \times 10^4$  t, 其中约 20% 为溶剂含量较高的溶剂型涂料。再

次,家庭溶剂使用、汽车维修的 VOCs 排放量总和占比 14.1%,反映出随着居民生活水平逐步提高,个人护理产品、家居用品及汽车修理量逐步增加,其带来的 VOCs 排放应引起重视。此外,农药施用、干洗以及医院的溶剂使用等也对 VOCs 排放存在一定的贡献。

## 2.2 分辖区(市)与行业的 VOCs 排放量

2017 年常州市各辖区分行业的 VOCs 排放量见表 3。总体来看,武进区、溧阳市和新北区 3 个区(市)VOCs 排放总量占全市的 71%,这主要与 3 个区的工业结构偏重、工业产值较高有关。其中,

武进区 VOCs 排放量占全市比重高达 36.2%,居全市各辖区(市)第一位,且其工业产业结构以黑色金属冶炼和压延加工业、机械装备制造业为主,据统计 2017 年武进区粗钢产量达到  $1\ 300 \times 10^4$  t 以上。溧阳市和新北区 VOCs 排放量占全市比重分别居第 2、3 位,其中溧阳市拥有近  $1\ 400 \times 10^4$  t 的水泥熟料产能和  $300 \times 10^4$  t 钢铁产能,以及 1 个省级化工园区,产业结构明显偏重。新北区内拥有全市唯一一个国家级化工园区—滨江化工园区,其产业类型涉及有机化学原料、合成材料、农药及其中间体、染料有机颜料油墨及其中间体等。

表 3 常州市各辖区(市) VOCs 排放量

各辖区(市)	溧阳市	金坛区	武进区	新北区	天宁区	钟楼区
化石燃料燃烧源	153.4	96.0	1 136.5	414.2	35.4	15.9
工业过程源	9 664.6	2 614.1	19 220.2	8 957.0	2 613.3	2 512.4
移动源	1 522.4	1 106.2	2 511.8	1 409.6	1 075.3	1 079.8
非工业溶剂使用源	4 917.2	4 416.5	7 825.0	1 941.2	4 256.8	3 345.1
油品储运源	1 198.5	9 48.9	3 035.2	1 662.0	1 140.0	1 080.1
生物质燃烧源	1 334.3	591.1	325.8	242.8	27.1	10.5
固废污水处理源	26.0	0.4	359.4	0.0	0.0	0.0
餐饮源	304.0	238.4	569.4	296.1	200.4	189.8
合计	19 120.4	10 011.6	34 983.3	14 922.9	9 348.3	8 233.6

## 2.3 讨论

### 2.3.1 排放清单不确定性分析

排放清单不确定性的主要来源有:①活动水平数据的选取。建筑涂料、沥青铺路、家庭溶剂使用等排放源在核算 VOCs 排放量时,并未直接获取到建筑涂料、沥青、家庭溶剂的使用量等统计数据,而是根据常州统计年鉴中的房屋竣工面积、新建和翻新沥青道路面积、居民人口等相关数据估算溶剂使用量,活动水平数据难免存在偏差。②排放因子的选择。排放因子主要参照《城市大气污染物排放清单编制技术手册》<sup>[5]</sup>以及国内其他城市排放清单<sup>[6-9]</sup>的研究成果,其排放源排放的实际情况与常州本地排放源的排放情况存在一定差异。此外,工业过程源中的排放因子以行业(或产品)为基本分类单元,但在调研过程中发现,同一行业内部不同企业之间生产工艺、污染控制技术存在较大差异。中大型化工企业多采用密闭型生产设备,且定期对设备、管线开展泄漏检测与修复,而小型化工企业的设备敞口较多,污染控制措施薄弱,VOCs“跑、冒、滴、漏”较多,逸散较为严重。③部分源的活动水平数据中关键信息缺失。例如,溶剂使用源中建

筑涂料的水性、溶剂型涂料的实际数量、涂料中溶剂的含量信息;干洗排放源的溶剂使用量信息;餐饮源的灶头数、油烟处理效率等信息均未能获取准确数据。以上原因给 VOCs 排放量的估算带来很大的不确定性。

### 2.3.2 排放清单不同研究成果对比

为进一步印证排放清单研究结果的科学性,选择程钟等<sup>[4]</sup>针对常州市 2011 年 VOCs 排放清单的研究结果进行对比,结果见表 4。研究认为,2017 年电厂锅炉 VOCs 排放较 2011 年偏高可能是因为工业分散式小锅炉的淘汰和社会用电量的增加,带来了电厂锅炉的供热和发电量的增加,电厂煤炭消耗量增长所致;2017 年工业过程源 VOCs 排放偏高是因为该年常州市工业产值大幅增加,尤其是钢铁、水泥、有机化工等大宗商品的产量大幅增加,造成 VOCs 排放明显偏高;2017 年非道路移动源 VOCs 排放偏高是因为获取的非道路移动源数据来源于园林、农业、水利、建设、航空公司等多个部门,来源广泛,数据量更加全面、完整;2017 年机动车保有量大幅增加,油品消耗量增长较快,油品储运销售大幅增长,因此油品储运源 VOCs 排放增

长。但 2017 年的机动车源 VOCs 排放量远低于 2011 年,推测原因是 2011 年前后国家尚未发布《道路机动车大气污染物排放清单编制技术指南(试行)》,其他研究采用的 VOCs 排放因子取值过高;且 2011 年常州市机动车保有量虽然较低,但黄标车等老旧车辆的占比较高,单车 VOCs 排放强度较大。

表 4 常州市部分人为源 VOCs 排放量与其他研究的对比 t

年份	2011 年	2017 年(该研究)
电厂锅炉	541.57	1 421.8
工业过程源	7 942.97	45 581.5
机动车	52 441.64	7 729.3
非道路移动源	18.05	975.9
油品储运	1 985.74	9 064.7
涂料使用	13 656.49	7 829.0
总量	76 586.46	72 602.2

### 3 结论

(1) 常州市 2017 年人为源 VOCs 排放总量约为  $9.662 \times 10^4$  t,其中化石燃料燃烧源、工业过程源、移动源、非工业溶剂使用源、油品储运源、生物质燃烧源、废弃物处理源和餐饮源排放分别占排放总量的 1.9%、47.2%、9.0%、27.6%、9.4%、2.6%、0.4% 和 1.9%。

(2) 工业过程源中黑色(有色)金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业、化学原料和化学制品制造业、机械装备制造业、交通设备制造业、纺织业等 6 个行业 VOCs 排放占比相对较高,分别占工业过程源排放总量的 18.2%、17.9%、12.8%、12.3%、11.0% 和 8.1%。非工业溶剂使用源中沥青铺路和建筑涂料使用二者的 VOCs 排放占比相对较高,分别占非工业溶剂使用源排放总量的 51.6% 和 29.3%。

(3) 武进区、溧阳市、新北区等工业发达的辖区(市)VOCs 排放量高于金坛区、天宁区、钟楼区。其中武进区 VOCs 排放量最高,占全市排放量的 36.2%;钟楼区 VOCs 排放量最低,占全市排放量的 8.5%。

(4) 研究得出的 VOCs 总排放量与其他研究(2011 年)较为接近,但分行业排放存在一定差异。采用的排放因子等关键参数来自于国家发布的技术指南,来源可靠;活动水平数据多数来自实地调

研及各业务主管部门统计的第一手资料,资料较为翔实、完整。但尚缺乏常州市本地源排放因子的测试,成为本清单不确定性的最主要来源。

### [参考文献]

- [1] PRINN R G, WEISS R F, FRASER P J, et al. A history of chemically and radiatively important gases in air deduced from ALE/GAGE/AGAGE [J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984 - 2012), 2000, 105 (D14): 17751 - 17792.
- [2] ZHENG J Y, SHAO M, CHE W W, et al. Special VOC emission inventory and Spatial patterns of ozone formation potential in the Pearl River Delta, China [J]. *Environmental Science & Technology*, 2009, 43(22): 8580 - 8586.
- [3] 夏思佳,赵秋月,李冰,等.江苏省人为源挥发性有机物排放清单[J]. *环境科学研究*, 2014, 27(2): 120 - 126.
- [4] 程钟,章建宁,周俊,等.常州市大气污染物排放清单及分布特征[J]. *环境监测管理与技术*, 2016, 28(3): 24 - 28.
- [5] 贺克斌.城市大气污染物排放清单编制技术手册[R/OL]. (2015-04)[2018-11-16]. <https://max.book118.com/html/2018/1116/8107025055001133.shtm>.
- [6] 周子航,邓也,张碧,等.成都市武侯区生活源挥发性有机物排放清单研究[J]. *四川环境*, 2017, 36(6): 65 - 71.
- [7] 闫雨龙,彭林.山西省人为源 VOCs 排放清单及其对臭氧生成贡献[J]. *环境科学*, 2016, 37(11): 4086 - 4093.
- [8] 余宇帆,卢清,郑君瑜,等.珠江三角洲地区重点 VOCs 排放行业的排放清单[J]. *中国环境科学*, 2011, 31(2): 195 - 201.
- [9] 魏巍,王书肖,郝吉明.中国涂料应用过程挥发性有机物的排放计算及未来发展趋势预测[J]. *环境科学*, 2009, 30(10): 2809 - 2815.
- [10] 环境保护部.关于发布《民用煤燃烧污染综合治理技术指南(试行)》与《民用煤大气污染物排放清单编制技术指南(试行)》的公告[EB/OL]. (2016-10-26)[2019-08-06]. [http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201610/t20161031\\_366528.htm](http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201610/t20161031_366528.htm).
- [11] 环境保护部.关于发布《大气细颗粒物一次源排放清单编制技术指南(试行)》等 4 项技术指南的公告[EB/OL]. (2014-08-20)[2019-08-06]. [http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201408/t20140828\\_288364.htm](http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201408/t20140828_288364.htm).
- [12] 环境保护部.关于发布《大气可吸入颗粒物一次源排放清单编制技术指南(试行)》等 5 项技术指南的公告[EB/OL]. (2014-12-31)[2019-08-06]. [http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201501/t20150107\\_293955.htm](http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201501/t20150107_293955.htm).
- [13] 李洁,谢放尖,牟莹莹.南京市干洗行业 VOCs 污染现状及控制对策[J]. *安徽农学通报*, 2017, 23(10): 102 - 103.
- [14] 彭立群,张强,贺克斌.基于调查的中国秸秆露天焚烧污染物排放清单[J]. *环境科学研究*, 2016, 29(8): 1109 - 1118.

栏目编辑 谭艳