

基于GIS的工业源空间分布特征分析

——以广安市前锋区为例

蒋乾成

(西藏国策环保科技股份有限公司, 西藏 拉萨 850032)

摘要 为掌握广安市前锋区工业源大气污染物排放状况及其空间分布规律, 本研究收集了该区域2022年各类污染源的活动水平数据, 构建了该年度的大气污染物排放清单。结果表明: 2022年, 前锋区污染物排放量较大的区域集中在代市镇、大佛寺街道和新桥街道一带。基于GIS核密度分析揭示了排放高值区的空间集聚特征, 为差异化管控提供了依据。该清单的构建完善了区域污染源数据库, 有助于提升环境管理决策的科学化水平。

关键词 排放清单; 排放因子; 排放特征; 前锋区

中图分类号: X501; P208

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.20.042

0 引言

大气污染物排放清单是一种按污染源类别组织的记录, 用于描述某一特定时段和区域内向大气中排放一种或多种污染物的数据集合^[1]。这类清单是开展大气环境研究和制定管理政策的关键基础, 有助于城市或地区识别其主要污染来源、解析污染形成原因, 并制定科学合理的控制措施^[2]。目前, 针对前锋区这样小尺度的大气污染物排放清单仍较少, 陈东、陈军辉、何敏等基于全面的实地调研, 获取了广安市2016年各典型污染源的活动水平数据, 依据城市排放清单编制手册, 采用排放因子法, 建立了广安市2016年大气污染源排放清单, 并分析了主要污染源排放特征^[3]。前锋区未建立完整的排放源清单, 无法反映前锋区大气污染物排放特征, 不利于开展相关大气研究。本文以前锋区为研究对象, 以2022年为基准年, 参考大气污染物排放清单编制技术指南, 建立前锋区2022年大气污染物排放清单, 并利用GIS方法, 将清单数据与地理数据结合^[4], 分析大气污染物排放的空间分布特征, 为区域大气污染物控制决策提供科学依据。

1 排放清单构建材料与方法

1.1 研究区域与对象

本研究基准年为2022年, 以广安市前锋区为研究对象, 研究区辖4个街道、8个镇, 面积合计505.58 km²^[5]。污染物种类有: SO₂、NO_x、CO、VOCs、NH₃、PM₁₀、PM_{2.5}。参考编制指南划分为工业源、移动源、扬尘源、生活

溶剂使用源、居民生活源、餐饮源、秸秆露天焚烧源、农业源、废水处理源、存储运输源、民用锅炉源。

1.2 数据来源

本研究参考编制指南, 收集2022年前锋区环境统计数据, 结合国家大气污染源排放清单指南推荐的相关排放因子系数库, 编制前锋区2022年大气污染物排放清单。

1.3 计算方法

计算方法是按照编制指南的公式以及相应的系数库对污染物排放量进行计算, 公示如下:

$$E_i = \sum_p A_p \times EF_{pi} \times (1 - \eta_i) \quad (1)$$

式(1)中, E 为污染物的年排放量; i 为污染物的种类; p 为排放源的类别; A 为排放源活动水平; EF 为污染物排放系数; η 为末端去除效率。

2 工业源污染物排放特征及空间分布结果与分析

2.1 排放特征分析

本次研究基于活动水平数据计算得出前锋区SO₂、NO_x、CO、VOCs、NH₃、PM₁₀、PM_{2.5}排放量分别为1 617.42 t、7 732.71 t、27 942.02 t、2 658.36 t、1 608.9 t、3 142.71 t、1 897.11 t。

前锋区SO₂共排放1 617.42 t, 主要来自工业源, 排放量占比达93.30%。NO_x共排放7 732.71 t, 主要来自工业源和移动源, 排放量占比分别为90.28%和9.19%。CO共排放27 942.02 t, 主要来自工业源, 占

作者简介: 蒋乾成(1991-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 环境保护、环境影响评价。

比为 93.02%。PM₁₀ 共排放 2 658.36 t，主要来自工业源和扬尘源，占比分别为 81.93%、10.25%。一次 PM_{2.5} 共排放 1 608.9 t，主要来自工业源，占比为 87.90%。VOCs 排放 3 142.71 t，主要来自工业源和移动源，占比分别为 67.71%、18.02%。NH₃ 共排放 1 897.11 t，绝大部分来自农业源排放，占比为 98.43%。

由表 1 可知，前锋区 2022 年大气污染主要排放来自工业源和移动源。

表 1 2022 年前锋区大气污染物排放清单

单位：t/a

排放源	工业源	移动源	扬尘源	生活溶剂 使用源	农业源	秸秆露 天焚烧	居民生 活源	废物 利用	社会 餐饮	储存运 输源	合计
SO ₂	1 509.1	6.1	0	0	0	1.22	101	0	0	0	1 617.42
NO _x	6 981.1	710.3	0	0	0	16.01	25.3	0	0	0	7 732.71
CO	25 992.2	1 381.7	0	0	0	347.62	220.5	0	0	0	27 942.02
PM ₁₀	2 178	38.5	272.6	0	0	127.96	30.3	0	11	0	2 658.36
PM _{2.5}	1 414.2	35.7	78.3	0	0	49.9	22	0	8.8	0	1 608.9
VOCs	2 127.8	566.2	0	311.7	0	54.01	8.8	1.85	22.72	49.63	3 142.71
NH ₃	0	21.6	0	0	1 867.4	3.61	1.2	3.3	0	0	1 897.11

表 2 前锋区各镇污染物排放统计

单位：t/a

位置	代市镇	大佛寺街道	奎阁街道	广兴镇	新桥街道	桂兴镇	观阁镇	龙塘街道	龙滩镇	合计
SO ₂	1 343.75	33.68	0.00	0.00	43.41	84.46	0.00	3.81	0.00	1 509.12
NO _x	5 372.45	618.31	1.13	0.00	771.56	207.57	0.02	10.07	0.00	6 981.11
CO	13 094.01	5 516.99	0.70	0.00	6 186.28	1 024.04	0.01	170.16	0.00	25 992.21
PM ₁₀	355.04	1 257.23	20.72	95.04	125.07	130.67	0.00	5.47	188.74	2 177.98
PM _{2.5}	179.54	857.10	16.33	59.40	100.49	79.04	0.00	4.34	117.96	1 414.20
VOCs	261.92	81.19	0.07	0.00	1 770.39	1.45	0.00	12.76	0.00	2 127.78

业各污染因子年排放量作为权重，利用核密度分析工具生成排放强度密度表面，采用分位数法将连续的核密度值划分为低、中、高三个等级。

结果显示，高排放区集中于新桥街道和代市镇，主要由广安发电有限责任公司等大型企业驱动；中排放区沿工业带向大佛寺街道延伸；低排放区分布于研究区外围乡镇。该结果直观反映了工业活动对环境压力的空间分异，可为差异化环境管理提供依据。

从点源污染物排放量核密度分布图（见图 1）可以看出，污染物排放有多个集中区域，较为明显的有代

2.2 工业源排放空间分布特征

2.2.1 工业源空间分布情况

据前锋区企业涉气企业分布情况来看，大佛寺街道、新桥街道等地工业企业分布相对较多，排放大户主要在代市镇、新桥街道（见表 2）。

2.2.2 工业源空间分布特征

为探究前锋区工业企业大气污染物排放的空间集聚格局，采用核密度估计（KDE）方法进行分析。以企

市镇、大佛寺街道、新桥街道，特别是大佛寺街道，主要是因为分布了多个建材和机械加工企业，导致污染物排放量大。

代市镇是 SO₂、NO_x、CO 污染物排放的主要区域，由燃煤电厂主导，排放强度大，分别占全市排放量的 89.04%、76.96% 和 50.38%。大佛寺街道是 PM₁₀、PM_{2.5} 排放的主要区域，主要来自大佛寺街道的建材、水泥及机械加工企业，分别占全市排放量的 57.72% 和 60.61%。新桥街道是 VOCs 排放的主要区域，呈现行业集聚特征，占全市排放量的 83.20%。

图1 前锋区PM_{2.5}排放量空间分布

2.3 不确定性分析

任何排放清单的编制过程都不可避免地存在一定的不确定性,主要来源于活动水平数据的准确性、核算方法的选择以及排放因子的适用性。

本研究所构建的排放清单在准确性方面受到一定制约,不确定性主要来自估算方法的选择、基础活动数据的获取以及排放因子的本地化程度。在核算环节,虽然遵循了通用的技术指南,但由于不同企业在生产工艺和污染控制设施的运行效率上存在显著差异,特别是末端治理措施的实际去除率难以精确量化,从而给排放量测算引入了偏差。在活动水平数据方面,尽管规模以上工业企业的信息相对完备,但部分小型排放源未纳入常规统计体系,依赖抽样调查或经验估算难以实现全面覆盖。排放因子多采用全国推荐值,未能充分反映区域技术水平和污染控制的具体差异,进一步削弱了估算结果的区域适用性。综合来看,上述因素共同导致了清单结果在精度上存在一定局限。

3 结论

第一,2022年前锋区SO₂、NO_x、CO、VOCs、NH₃、PM₁₀、PM_{2.5}排放量分别为1 617.42 t、7 732.71 t、27 942.02 t、2 658.36 t、1 608.9 t、3 142.71 t、1 897.11 t。

第二,前锋区SO₂共排放1617.42t,主要来自工业源,排放量占比达93.30%。NO_x共排放7 732.71 t,主要来自工业源和移动源,排放量占比分别为90.28%和9.19%。CO共排放27 942.02 t,主要来自工业源,占比为93.02%。PM₁₀共排放2 658.36 t,主要来自工业

源和扬尘源,占比分别为81.93%、10.25%。一次PM_{2.5}共排放1 608.9 t,主要来自工业源,占比为87.90%。VOCs排放3 142.71 t,主要来自工业源和移动源,占比分别为67.71%、18.02%。NH₃共排放1 897.11 t,绝大部分来自农业源排放,占比为98.43%。

第三,代市镇是SO₂、NO_x、CO污染物排放的主要区域,由燃煤电厂主导,排放强度大,分别占全市排放量的89.04%、76.96%和50.38%。大佛寺街道是PM₁₀、PM_{2.5}排放的主要区域,主要来自大佛寺街道的建材、水泥及机械加工企业,分别占全市排放量的57.72%和60.61%。新桥街道是VOCs排放的主要区域,呈现行业集聚特征,占全市排放量的83.20%。

第四,本次研究计算采用的排放因子为全国平均参考数据,排放量计算结果存在一定的不确定性。

参考文献:

- [1] 祝胜男,赵帝,李一倬,等.沈阳市人为源大气污染物排放清单研究[J].环境保护科学,2023(02):105-111.
- [2] 李燕.江苏省时空高分辨率工业源多污染物排放清单构建及特征分析[D].南京:南京信息工程大学,2024.
- [3] 陈东,陈军辉,何敏,等.广安市大气污染源排放清单研究[J].四川环境,2019,38(03):106-113.
- [4] 余乐,杨丹凤,徐留兴.彭州市大气污染排放清单及工业源分布特征研究[J].区域治理,2025(03):70-73.
- [5] 前锋区地方志编撰中心.前锋年鉴2024[M].郑州:中州古籍出版社,2024.