

基于CALPUFF模拟“奎-独-乌”区域VOCs污染特征及扩散规律的研究

赵强^{1, 2, 3, 4} 张璇^{5*} 何静^{1, 2, 3, 4} 祝捷^{1, 2, 3, 4} 都伟新^{1, 2, 3, 4}

1. 新疆维吾尔自治区环境保护科学研究院; 2. 新疆环境污染监控与风险预警重点实验室
3. 新疆清洁生产工程技术研究中心; 4. 国家环境保护准噶尔荒漠 绿洲交错区科学观测研究站
5. 新疆维吾尔自治区固体废物管理中心

摘要: 基于2018年环境统计数据, 采用CALPUFF模型模拟“奎-独-乌”区域VOCs污染特征及扩散规律。结果表明研究区域内具有较好的流场扩散; 11月至次年2月VOCs排放权重明显偏高; VOCs小时均浓度范围为201~20087 μg/m³, 日均浓度范围为28~2828 μg/m³, 最大值分别出现在乌苏市西侧和独山子区西南侧, 且小时均浓度与日均浓度相差较大。

关键词: “奎-独-乌”区域; VOCs; 污染特征; 扩散规律

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.18.112

挥发性有机物(VOCs), 一般是指熔点低于室温而沸点在50℃至260℃之间, 常温下较易挥发的有机化合物的统称^[1], VOCs可分为烷烃、烯烃、芳香烃等^[2], 主要来自人类活动和植物排放^[3], 不同种类的VOCs对于复合型大气污染的贡献表现出极大的差异^[4], 其与空气中NO_x、SO₂反应, 在光照条件下致使二次有机气溶胶(SOA)、臭氧(O₃)生成, 造成光化学烟雾、并伴随异味, 部分VOCs具有毒性, 导致畸形、癌性、突变、痴呆、白血病等^[5], 同时也可导致农作物减产^[6]。

目前国内VOCs污染特征及扩散的研究热点区域主要聚集在华北平原^[7]、珠江三角洲^[8]、长江三角洲^[9]等发达地区, 研究方向主要以主成分分析(PCA)、化学质量平衡(CMB)、正矩阵因子分析模型(PMF)等模型分析VOCs污染特征、季节变化、臭氧生成潜势等, 而关于新疆等偏远地区利用CALPUFF模型模拟污染规律的相关研究却相对较少。“奎-独-乌”区域地处“丝绸之路经济带”和亚欧大陆桥的重要节点, 也是天山北坡经济带和北疆城市带上的核心发展区域, 近年来, 伴随工业飞速发展以及汽车保有量的持续增加, VOCs污染问题也日益凸显^[10]。因此分析研究VOCs的污染特征及扩散规律对于制定具有针对性、科学、有效的大气治理对策具有一

定指导意义。

一、研究方法

(一) 数据及来源

本研究中污染源原始数据来源于环境统计数据(2018年度数据), 通过走访、电话以及咨询等方式, 结合企业排污实际情况, 将污染物合理划分至1-12月。根据空气质量模型CALPUFF输入源的要求, 对排放源进行分类和整理, 根据污染物排放量共筛选出53个典型工业企业VOCs的时空排放参数作为计算分析的典型样本, 其中奎屯市26个工业企业, 独山子市13个工业企业, 乌苏市14个工业企业。

(二) 研究区域概况

“奎-独-乌”区域位于天山北麓中段, 准噶尔盆地西南部, 奎屯河畔, 北纬44°19′~44°49′, 东经84°47′~85°18′, 地处天山北坡山前冲积扇缘地带, 海拔在450~530米。研究区域中心点坐标为: 44.4350°N, 84.3280°E, 边界范围为160km(WE)*200 km(NS), 核心排放区域在20km*30km范围之内, 见图1。

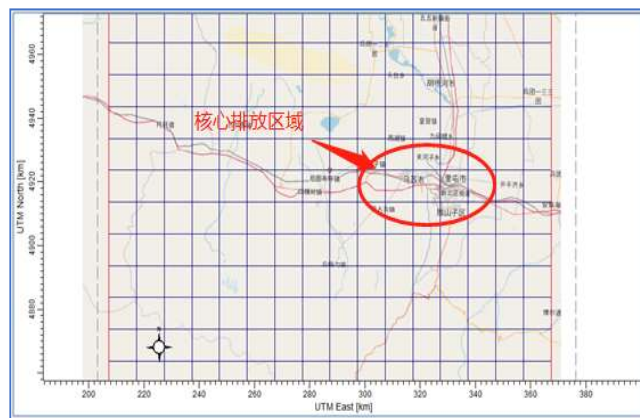


图1 “奎-独-乌”区域社会与工业活动的核心排放区域

二、结果分析

(一) 大气扩散传输摩擦系数

研究区域内大气扩散传输摩擦系统网格分布中可以明显看出，该区域的95%以上的传输摩擦系数在0.25以下，有利于污染物的传输扩散，仅有在部分山区才会有比较高的大气扩散传输摩擦系数，除去山区部分之外，绝大多数地区的传输系数都可以支持较好的流场扩散，见图2。

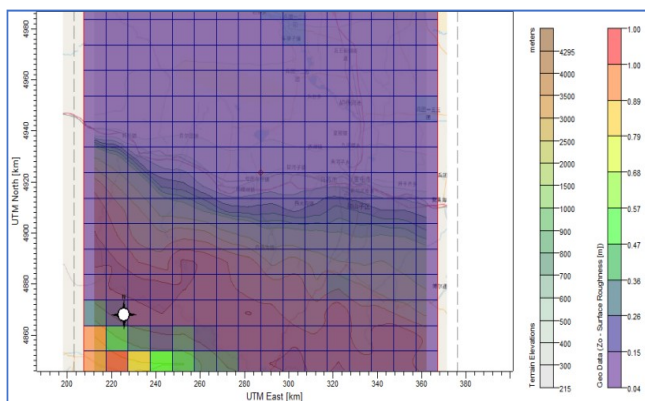


图2 “奎-独-乌”区域大气扩散传输摩擦系数

(二) 气象流场分析

根据模拟结果得到区域的气象流场以奎-独-乌为核心区域具有如下三个扩散传输特征：（1）由东向西的传输扩散特征；（2）由东向西北的传输扩散特征；（3）由南向北的传输扩散特征；见图3。

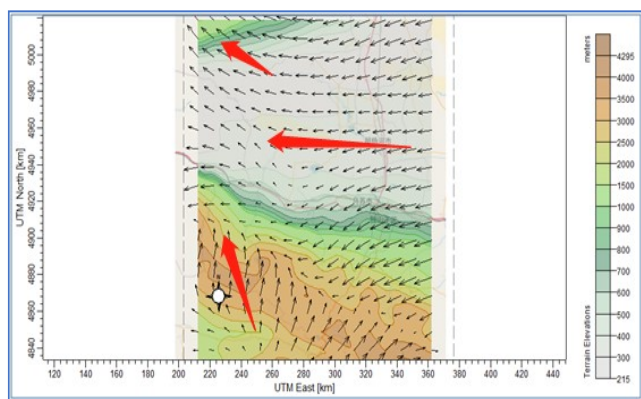


图3 “奎-独-乌”区域大气扩散气象流场图

(三) 污染物排放特征分析

1. 污染物的空间分布

研究区域内的工业企业VOCs排放的时空分布有自身的典型时空特征，在VOCs空间位置分布排放模式，一方面表现出东西长约一百公里南北宽约10公里的广域横向分布特征，另一方面表现出东西长约30公里南北宽约20公里的局域集中分布特征，见图4。

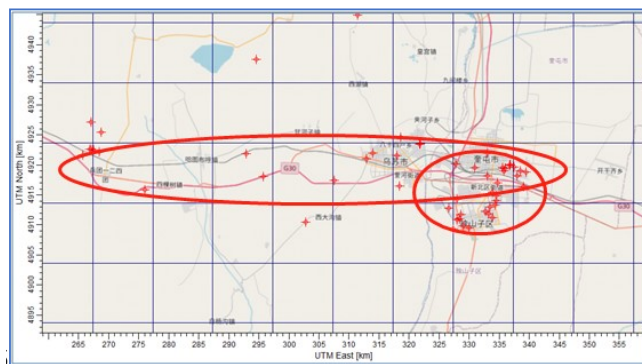


图4 “奎-独-乌”区域工业企业VOCs排放的空间分布

2. 污染物排放的时间分布

根据研究区域内的重点53家工业企业VOCs排放统计分析，该地区每年的VOCs排放量的权重主要表现为1月份VOCs排放权重30%，2月份VOCs排放权重31%，11月份VOCs排放权重32%，12月份VOCs排放权重34%，而其他月份的VOCs排放权重均低于30%，甚至远低于VOCs排放权重月份的一半水平，见表1。

表1 “奎-独-乌”区域逐月排放权重

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
权重	0.30	0.31	0.28	0.12	0.16	0.16	0.19	0.17	0.23	0.14	0.32	0.34

(四) 污染物浓度场分布

研究区域主导风向以东风和东南风，在在四颗树镇和哈图布呼镇之间改为以南风为主导风向，图5、图6分别显示了“奎-独-乌”区域内VOCs小时均、日均浓度空间分布，VOCs的浓度从“奎-独-乌”中心向外逐渐降低，且浓度扩散烟羽超出了建模范围，这将会增加其他地区的VOCs污染。研究区域内VOCs小时均浓度范围为201~20087 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最大值出现在乌苏市西侧；VOCs日均浓度范围为28~2828 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最大值出现在独山子区西南侧；小时均浓度与日均浓度相差较大。

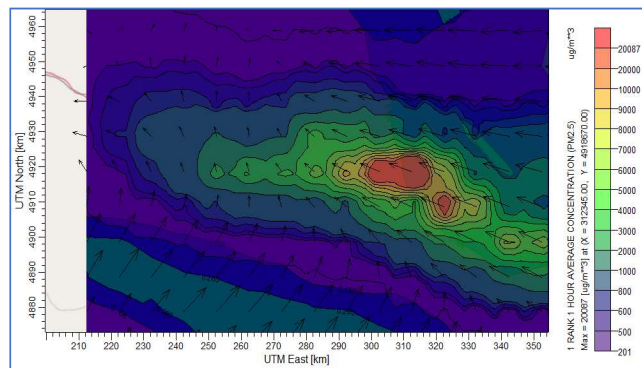


图5 “奎-独-乌”区域小时均浓度空间分布图

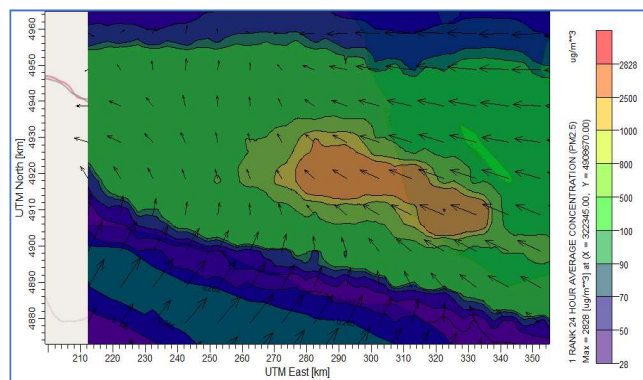


图6 “奎-独-乌”区域日均浓度空间分布图

三、结论

(1) 研究区域内气象流场以由东向西的浓度场分布特征、由东向西北的浓度场分布特征和西南部山区的高浓度扩散特征，扩散区域范围内呈南高北低的走势，地面由南北纵坡降为10-30‰，西东纵坡为3-5‰，扩散主要向北部走势且绝大多数地区的传输系数都可以支持较好的流场扩散。

(2) 研究区域内的VOCs工业企业排放的时空分布更自身的典型时间特征，11月至次年2月VOCs排放权重明显偏高，约为其余月份得1倍。

(3) 研究区域内VOCs小时均浓度范围为201~20087 µg/m³，日均浓度范围为28~2828 µg/m³，最大值分别出现在乌苏市西侧和独山子区西南侧，且小时均浓度与日均浓度相差较大。

四、建议

(1) 根据研究结果可以看出，研究区域内污染物扩散规律主要为由东向西和东南向西北扩散，因此在企业新建、搬迁选址时，优先考虑研究“奎-独-乌”西北方向。

(2) 研究区域内VOCs小时值与日均值相差较大，存在企业夜间偷排现象，建议完善环境空气监测监控系统，提高VOCs在线设备安装数量，加快完善VOCs环境监测网，提升监测能力加大执法、监管力度。

(3) 研究区域内VOCs污染物权重较高的主要为11月至次年2月，建议有条件的企业实行错峰生产，减少冬季污染。

参考文献

[1] 曹梦瑶. 南京工业区大气挥发性有机物污染特征、来源解析及环境效应[D]. 南京, 南京信息工程大学, 2021.

[2] 邵敏, 董东. 我国大气挥发性有机物污染与控制[J]. 环境保护, 2013, 41(5): 25-8.

[3] 郑君瑜, 郑卓云, 王兆礼, 等. 珠江三角洲天然源VOCs排放量估算及时空分布特征[J]. 中国环境科学, 2009, 29(4): 345-350.

[4] Me D R J, Saunders S M, Pilling M J. Photochemical ozone formation in north west Europe and its control[J]. Atmospheric Environment, 2003, 37(14): 1983-1991.

[5] 杨丹凤, 袭著革, 晁福寰. 室内空气中挥发性有机化合物研究进展[J]. 解放军预防医学杂志, 2004, 22(4): 308-310.

[6] 周驰, 王丽洁. 挥发性有机废气治理技术进展分析[J]. 化工设计通讯, 2018, (2).

[7] Song M D, Tan Q W, Feng M, et al. Source apportionment and secondary transformation of atmospheric nonmethane hydrocarbons in Chengdu, Southwest China [J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2018, 123(17): 9741-9763.

[8] Zhang Y L, Wang X M, Zhang Z, et al. Sources of C2-C4 alkenes, the most important ozone nonmethane hydrocarbon precursors in the Pearl River Delta region[J]. Science of the Total Environment, 2015, 502: 236-245.

[9] 王红丽. 上海市光化学污染期间挥发性有机物的组成特征及其对臭氧生成的影响研究[J]. 环境科学学报, 2015, 35(6): 1603-1611.

[10] Wang P, Zhao W. Assessment of ambient volatile organic compounds (VOCs) near major roads in urban Nanjing, China[J]. Atmospheric Research, 2008, 89(3): 289-297.

基金项目: 2019年自治区科技厅青年基金项目《基于CALPUFF模拟“奎-独-乌”区域VOCs污染特征及扩散规律的研究》; 新疆维吾尔自治区自然科学基金(2019D01B39)

作者简介: 赵强(1992-), 男, 新疆吐鲁番市, 硕士, 工程师, 研究方向: 大气污染治理及政策研究等。

通讯作者: 张漩, 女, 本科, 工程师。