

# 基于多源资料研究沙尘天气对乌海市空气质量的影响分析

尚春林<sup>1</sup> 刘 瑶<sup>1</sup> 王晨晨<sup>1</sup> 谷 雨<sup>2</sup> 张 敏<sup>1</sup>

1. 内蒙古自治区环境监测总站乌海分站 内蒙古 乌海 016000

2. 内蒙古自治区环境监测总站 内蒙古 呼和浩特 010000

**摘要:** 基于2015~2023年乌海监测数据,分析沙尘天气对空气质量的影响。结果表明,乌海市沙尘天数数量呈波动增加趋势,沙尘天气制约乌海市空气质量持续改善,沙尘天气频发主要受境内和境外沙源地输送影响(占比84.2%),主要受西路和西北路沙尘传输影响(占比71.9%),同时大风天也容易在本地裸露地面矿区起尘,建议继续加大乌海市绿色矿山建设和沙源地固沙及防护林带建设,沙尘过后及时开展洒水清扫工作,同时加强中蒙国际合作,共同防治沙尘。

**关键词:** 乌海; 沙尘天气; 空气质量; 影响

## 1 引言

在我国西北地区沙尘天气是影响空气质量的主要因素之一。乌海市位于内蒙古西部,地理位置独特,毗邻乌兰布和、库布其和毛乌素三大沙漠,成为我国主要的沙尘起始源地和加强源地。为深入分析沙尘天气对乌海市空气质量的影响,本文利用了乌海观测数据进行研究。通过分析数据,找出沙尘天气对乌海市空气质量的具体影响,并在此基础上,为乌海市空气质量的改善提出有针对性的措施<sup>[2]</sup>。

## 2 数据来源

本研究乌海市PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>数据来源于内蒙古大气环境监测数据联网管理,PM<sub>2.5</sub>组分及来源监测数据来源于乌海超级站。

## 3 数据分析

### 3.1 沙尘天气变化特征

#### 3.1.1 逐年变化特征

由表1可知,2015~2023年,乌海市共有229天沙尘天气,占总有效监测天数的比例为7.0%,并呈现波动增加趋势,因沙尘天气抬高PM<sub>10</sub>浓度16μg/m<sup>3</sup>,因沙尘天气影响的污染天中,以轻度污染为主,占比56.3%。

表1 乌海市2015~2023年沙尘影响数据汇总表

年份	沙尘超标天气(d)	PM <sub>10</sub> 小时最大浓度(ug/m <sup>3</sup> )	未剔沙尘PM <sub>10</sub> 浓度(ug/m <sup>3</sup> )	剔除沙尘PM <sub>10</sub> 浓度(ug/m <sup>3</sup> )	剔沙前后PM <sub>10</sub> 浓度变化量(ug/m <sup>3</sup> )	空气质量等级数量(天)			
						轻度污染	中度污染	重度污染	严重污染
2015年	15	2151	113	106	+7	7	6	2	0
2016年	4	1739	95	91	+4	0	1	1	2
2017年	7	3346	97	91	+6	4	0	1	2
2018年	31	3111	104	84	+20	15	5	5	6
2019年	25	3032	92	81	+11	18	2	4	1
2020年	22	2303	91	81	+10	13	4	5	0
2021年	40	9237	126	81	+45	20	6	3	11
2022年	34	2563	94	79	+15	25	5	1	3
2023年	51	4578	112	79	+33	27	10	6	8
合计	229	--	113	106	+16	129	39	28	33

#### 3.1.2 月变化特征

2015~2023年,乌海市沙尘天气在各月均有分布,主要分布在春季(3~5月),春季沙尘天气在总沙尘天气中占比61.1%,1~2月、11月出现沙尘天气的比例也比较高,3个月共占比22.7%,8~9月沙尘天气最少,仅占总沙尘天气总数的1.8%。并且重度及以上污染的强沙尘天气

也主要发生在春季,占比67.2%。

## 3.2 沙尘天气对空气质量的影响

由图1可知,2015~2023年,因沙尘天气影响使得PM<sub>10</sub>浓度平均抬高16μg/m<sup>3</sup>,发生重度及以上污染61天(因沙尘引起的重污染比例为1.9%),优良天数比例平均损失7.0%。这说明沙尘天气制约乌海市空气质量持续改善,尤

其制约平均优良天数比例提高和PM<sub>10</sub>浓度的降低。

### 3.3 沙尘频发原因分析

#### 3.3.1 沙尘产生原因分析

沙尘天气产生原因可以归结为两大类：自然因素和人为因素。自然因素包括强风或大风的天气条件，以及沙尘源地的位置、空气的温度和湿度等。人为因素则涉及过度放牧、滥伐森林、工矿业开发等人类活动<sup>[1]</sup>。境外的沙尘源区主要位于蒙古国和哈萨克斯坦，而境内的源区主要分布在内蒙古和新疆地区。近10年的数据显示，沙尘输入影响对我国北方的生态安全构成了严重威胁。全球变暖的趋势也加剧了干旱和半干旱地区的沙尘增加。

#### 3.3.2 乌海市沙尘频发原因分析

##### (1) 地处沙漠边缘，影响受沙尘输入影响较重

乌海市地理位置特殊，地处乌兰布和、库布其、腾格里三大沙漠交汇处生态环境极其脆弱。并且，我国沙源地主要分布在内蒙古和新疆地区，主要有西路、西北路、北路和北偏东路四个沙尘传输路径，影响我国大部地区的沙尘天气主要自蒙古国经内蒙古地区向南或东南方向移动影响华北地区<sup>[2]</sup>。乌海市沙尘天气主要受西路、西北路和北路沙尘影响，2023年，乌海市共有57天沙尘天气，受西路和西北路沙尘影响占总沙尘天数比例为71.9%，其次受北路沙尘影响，占比26.3%。兰州大学黄建平院士团队研究进一步指出，蒙古和塔克拉玛干沙漠是影响我国沙尘浓度的主要源区。在我国2023年春季发生的10次沙尘事件中，蒙古对我国北方的影响（42%）远远超过了塔克拉玛干沙漠（26%）<sup>[3]</sup>，乌海市沙尘天气主要受境内境外沙源地沙尘输送影响，占比84.2%。

##### (2) 大风天气较多

以2021年为例，乌海市大风日数（平均风速大于8.0m/s）40天，日最大平均风速24.6m/s，出现在3月19日，第一次沙尘天气出现在1月11日，较2020年偏早34天，较近5年平均偏早46天，共有14天重度及以上沙尘污染天，较近5年平均多8.8天，大风天气偏多是沙尘天气产生的重要原因。

##### (3) 早春气温偏高、降水偏少

春季蒙古国和我国西北沙源地区气温偏高、降水稀少，地表解冻早，植被尚未生长，植被覆盖较低，土质疏松易于起尘，有充足沙尘来源，2023年3月，我国西北沙源地平均气温较历年偏高2~4℃，降水量较历年偏少-100%~80%。并且，3月以来冷暖空气交替频繁，冷高压、暖低压天气系统形成的大风为沙尘天气的发生提供了有利的动力条件。以沙尘天气频发的2018年、2021年和2023年乌海市为例，其早春2-3月平均气温分别较2015

年至2023年同期偏高0.7℃、2.7℃和0.9℃。

### 3.4 典型沙尘过程分析

#### (1) 沙尘过程分析

由图1可知，在3月19日至3月24日，在蒙古气旋发展的推动下，沙尘气溶胶随冷空气向南扩散，导致我国北方绝大部分城市出现2023年最强沙尘暴事件，并且蒙古国对我国北方沙尘贡献量为67%。沙尘3月20日23时输送至乌海市，出现连续96小时的污染（54小时严重污染），伴有沙尘暴天气，本次沙尘天气为两个沙尘过程，第一个过程为3月20日夜间从甘肃进入内蒙古中西部导致的沙尘暴天气，PM<sub>10</sub>峰值浓度为3184ug/m<sup>3</sup>，第二个过程为3月21日早间从蒙古国南部进入内蒙古西路的沙尘暴天气，乌海市PM<sub>10</sub>峰值浓度为1408g/m<sup>3</sup>，22凌晨风力明显转弱，转为浮尘天气。

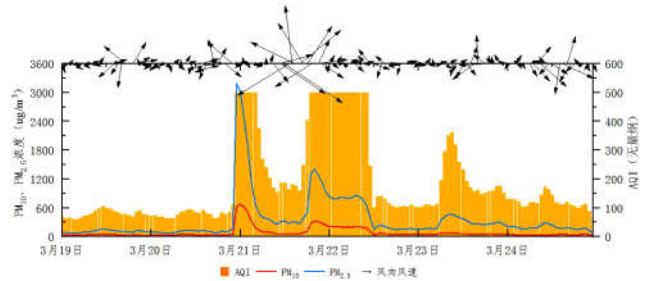


图1 2023年3月19~24日空气质量与气象条件变化图

#### (2) PM<sub>2.5</sub>组分及来源

由图2可知，PM<sub>2.5</sub>组分显示，沙尘期间贡献最大的为地壳元素，占比85.8%，说明本次污染主要受区域传输沙尘源影响，PM<sub>2.5</sub>来源显示，沙尘影响时段PM<sub>2.5</sub>主要来源于扬尘源，占比40.5%（沙尘暴时段最高占比77.4%），同时矿区源占比也比较高（占比13.9%），说明大风扬尘容易输送沙源地沙尘，同时也容易在本地裸露地面矿区起尘，加重沙尘污染天气<sup>[4]</sup>。

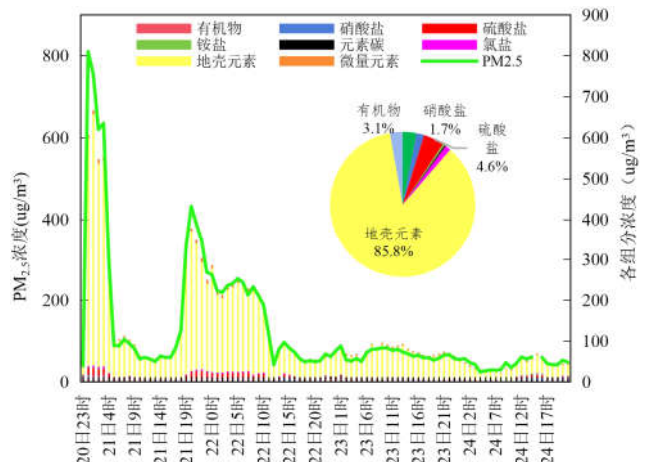


图2 2023年3月20~24日颗粒物组分重构小时浓度图

#### 4 结论

(1) 受近年大范围频繁沙尘天气影响,乌海市沙尘天气数量呈波动增加趋势,2023年沙尘天气频发,乌海市共有51天沙尘超标天,抬高PM<sub>10</sub>年平均浓度33ug/m<sup>3</sup>,使得优良天数比例损失14.0%。

(2) 乌海市沙尘天气在各月均有分布,主要分布在春季,占比61.1%,冬季沙尘天气也较多,8-9月基本无沙尘天气,并且,沙尘暴天气基本出现在春季。

(3) 沙尘天气频发主要受区域灾害天气影响,受到冷空气次数和大风日数的增多增强、前期升温过快过高、降水量偏少、植被状况不佳、积雪覆盖不足以及局部干旱等因素的共同影响。乌海市沙尘来源以境内和境外沙源地输送为主(占比84.2%),主要受西路和西北路沙尘传输影响(占比71.9%),沙尘影响期间PM<sub>2.5</sub>组分主要以地壳元素AL、Si、Ca、Fe和Ti为主,但其来源中矿区源占比也比较高,说明大风扬沙天容易输送沙源地沙尘,同时也容易在本地裸露地面矿区起尘,加重沙尘污染天气。

(4) 建议继续加大乌海市绿色矿山建设和沙源地固沙及防护林带建设,沙尘过后及时开展洒水清扫工作,避免沉降在本区域的沙粒再次扰动扬起造成二次浮尘污染,同时,加强中蒙合作,共同防治沙尘,共建美丽家园。

#### 参考文献

[1]吴进,李琛,朱晓婉,等.2021年和2022年春季中国北方地区沙尘气象因素和沙源地条件异同[J].大气科学学报,2023,46(06):950-960.

[2]徐冉,张碧辉,安林昌,等.2000~2021年中国沙尘传输路径特征及气象成因分析[J].中国环境科学,2023,43(09):4450-4458.DOI:10.19674/j.cnki.issn1000-6923.20230410.003.

[3]Chen, S. Y., and Coauthors, 2023: Mongolia Contributed More Than 42% of the Dust Concentrations in Northern China in March and April, 2023, *Adv. Atmos. Sci.*,40(9), 1549-1557.

[4]马艳,肖红伟,黄莉磊,等.2021年春季中国西北沙尘暴期间PM<sub>2.5</sub>水溶性离子特征及来源解析[J].环境化学,2022,41(10):3299-3309.