

Analysis of Causes of A Long Term Heavy Pollution Weather in Spring of 2021 in Shuozhou City, China

Weili Xu Xiaoxia Jia

Shuozhou Meteorological Bureau of Shanxi Province, Shuozhou, Shanxi, 036001, China

Abstract

To find the pollution source causing heavy pollution weather, and provide scientific basis for local government to improve vegetation structure, energy conservation and emission reduction decisions. This paper analyzes the process of persistent heavy pollution weather from January 12 to 14, 2021 in China Shuozhou city by using air quality detection data and conventional observation data over Eurasia. The results showed that: ① The persistent heavy pollution was caused by a dust weather, the main pollutants were PM10 and PM2.5; ② The pollutant source of the 12th day was mainly caused by the high wind speed blowing loose dust particles from the local ground into the air, the pollutant concentration was positively correlated with the wind speed. The main reason of pollutant source from 13th to 14th is that the dust particles diffused into the air from the upper sandstorm area are transmitted to North China along with the upper westerly jet; ③ After the windy sand-blowing weather, the main body of cold air on the ground did not move southward. From 13th to 14th, North China was always under the control of low pressure, and the atmosphere was in a long period of unstable stratification. Dust pollutants were not easy to settle, and serious pollution lasted for a long time.

Keywords

heavy pollution; PM10; PM2.5; unstable stratification

中国朔州市 2021 年春季一次长时间重污染天气成因分析

徐卫丽 贾晓霞

山西省朔州市气象局, 中国·山西 朔州 036001

摘 要

寻找造成重污染天气的污染源头, 为当地政府改善植被结构、节能减排决策提供科学依据。论文利用空气质量检测数据, 欧亚高空、地面常规观测数据分析中国朔州市2021年1月12至14日凌晨持续性重污染天气过程。结果表明: ①这次持续性重污染是一次沙尘天气引起的, 主要污染物为PM10、PM2.5; ②12日的污染物来源主要是因为较大风速将本地疏松地面尘粒吹起扩散到空中所致, 污染物浓度与风速正相关, 13至14日污染物来源主要原因是上游沙尘暴区扩散到空中的沙尘颗粒随高空偏西急流传输到华北地区所致; ③大风扬沙天气过后, 地面冷空气主体始终未南下, 13至14日华北始终处于低压控制之下, 大气处于长时间不稳定层结, 沙尘污染物不易沉降, 严重污染持续时间长。

关键词

重污染; PM10; PM2.5; 不稳定层结

1 引言

风力作用于地表时, 地表作为供沙床面, 若风速大于地表物质(沙、土或尘)的起动速度, 则产生风沙颗粒运动。沙浓度随风速的增大而增大, 随高度的增加呈指数递减^[1]。特别细小的沙粒则为悬移形式运动, 在湍流涡旋扰动中可上升到高空并随风迁移, 形成沙尘暴^[2]。沙尘暴天气是中国北方地区主要灾害性天气之一^[3], 中国西北沙漠源区因强风携带地面沙尘, 并在特定大尺度环流背景下诱发的沙尘气溶胶

远距离传输污染, 对沙尘输送下游地区的农业、人类生产和生态系统均造成一定危害, 并严重影响北方各大城市的空气质量^[4,5]。中国山西省 20 世纪 80 年代沙尘天气较多, 进入 20 世纪 90 年代沙尘天气大约是 20 世纪 80 年代前的 1/3, 沙尘天气总体上呈现减少趋势^[6], 但据《山西省大气环境气象公报》(2019 年), 中国山西省大气环境总体改善, 季节性污染有所加重, 出现多次沙尘过程, 各类污染物年平均浓度比上年均有不同程度的下降, 2021 年 1 月 PM10、PM2.5 污染物比上年同期有所加重^[7]。论文重点分析这次持续性重污染天气污染物的构成特点和造成该天气的原因。

【作者简介】徐卫丽(1968-), 女, 中国河南武陟人, 本科, 副研究级高级工程师, 从事短期预报研究。

2 重污染天气概况

2021年1月12—14日,中国朔州市出现持续性重污染天气,小时AQI最大值达到500。AQI日平均值12日309,属严重污染;13日477,属严重污染;14日264,属重度污染。

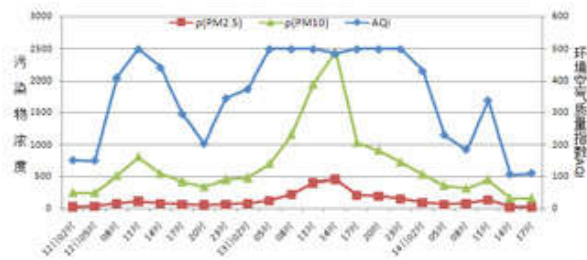


图1 中国朔州市2021年1月12日02:00—14日17:00 AQI、PM10、PM2.5浓度

AQI日变化和污染物浓度分析如下:

分析中国朔州市1月12—14日AQI值,有显著的日变化特征,中午前后达到峰值,夜间有所下降(明显有别于雾霾天气AQI日变化规律,夜间升高凌晨达到峰值),不同点是1月12日、14日AQI>300持续的时间短,只有几小时,1月13日小时AQI均超过300,是污染最严重的一天(见图1)。与AQI一样 $\rho(\text{PM}_{10})$ 、 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 也有对应的日变化规律,但 $\rho(\text{PM}_{10})$ 增量比 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 更显著。重污染期间其他污染物浓度变化不大,与空气质量最优(AQI值最小)一天比较, CO 、 NO_2 、 O_3 、 SO_2 浓度没有明显差别,根据计算PM10为首要污染物,PM2.5为次要污染物^[8],可以判断这次重污染天气过程是PM10、PM2.5颗粒物迅速增加造成的。

3 污染物来源

2020年12月至2021年1月上旬,西北东部、华北降水量比历年偏少20%~100%,2021年1月上旬气温由偏低迅速转偏高。前期降水持续偏少,后期气温回升迅猛,地表解冻疏松,容易起沙尘。

3.1 本地污染物输送

分析国家级地面观测站风向、风速、天气现象和小时能见度要素。1月12日白天中国朔城市天气晴朗,07:00(日出后)内极大风速超过6m/s,AQI 08:00迅速增大到409,小时空气质量从夜间轻度污染过渡到严重污染。09:00—

16:00内极大风速均超过6m/s,AQI始终维持在300以上,正午11:00—13:00风速最大热力湍流最旺盛时AQI达到500,17:00日落后空气冷却热力湍流减弱AQI降低到300以下。日最大风速14.6m/s,污染物浓度与风速、热力湍流正相关。白天地面观测未记录任何天气现象,最小水平能见度4694m。

1月11日白天内蒙古阿拉善盟西部出现偏西大风和扬沙天气,能见度<10km,区域仅限于扬沙区,未向下游扩展。综上所述分析,中国朔州市1月12日重污染天气,主要是因为较大风速将本地疏松地表尘粒吹起,尘粒扩散漂浮在空中所致。

3.2 上游沙尘颗粒传输

1月13日零点后风速虽然在减小,AQI却逐渐增大,凌晨气温最低风速最弱时AQI达到峰值500,高峰值持续到1月14日01:00。天气形势分析,受500hpa蒙古国补充冷空气南下影响,1月12日华北、西北东部地面系统发展,在低压底部和高压顶部气压梯度密集区产生了地面大风,大风区经过巴丹吉林沙漠,内蒙中、西部出现扬沙和沙尘暴,扬沙天气持续到1月13日02:00(地面测站记录)。全国空气质量小时监测数据分析,1月12日夜间至1月13日白天AQI ≥ 500 区域从西向东蔓延,从北向南扩散;1月12日08:00高层无明显冷平流,低层850hpa暖平流区的增温使得华北中北部层结不稳定,探空分析内蒙地区低层都有浅逆温层,逆温层的存在更加深了大气层结的不稳定。这表明1月12日白天到夜间大风沙尘天气结束后,由于大气层结不稳定,扬升到空中的沙尘粒子随高空偏西风向下游华北传输,随着高空急流的南压向南扩散,华北地区大气中污染物颗粒迅速增加。计算记录沙尘天气现象且达到严重污染站点(乌海—朔州,朔州—临汾)出现时间,沙尘向东南传输速度64km/h。1月13日午后风速增大到10m/s以上,本地地面尘土被卷起到空中叠加上游沙尘输送效果,中国朔州市13:00空气气溶胶 $\rho(\text{PM}_{10})2571\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $\rho(\text{PM}_{2.5})498\mu\text{g}/\text{m}^3$ 达到峰值,最小水平能见度2234m。

3.3 沙尘天气持续的原因

同理分析2021年1月13日、14日探空分析,华北中北部底层浅逆温层结构,大气始终处于不稳定层结,传输到华北漂浮在空中的沙尘粒子不能迅速沉降,造成了大范围持续性重污染天气,中国朔州市1月13日04:00—14日04:00

地面观测记录浮尘天气现象。

4 结语

第一,这次持续性重污染是一次沙尘天气引起的,主要污染物为PM₁₀、PM_{2.5}。第二,2021年1月12日的污染物来源主要是因为较大风速将本地疏松地面尘粒吹起扩散到空中,污染物浓度与风速正相关;2021年1月13—14日污染物来源主要原因是上游沙尘暴区扩散到空中的沙尘颗粒随高空偏西急流传输到华北地区所致。第三,大风扬沙天气过后,地面冷空气主体始终未南下,2021年1月13—14日华北始终处于低压控制之下,大气处于长时间不稳定层结,沙尘污染物不易沉降,严重污染持续时间长。

参考文献

[1] 丛顺,李正农,官博,等.风扬沙环境下风沙流场风洞试验研究[J].

建筑结构学报,2019,40(9):10.

[2] 董治宝,幕青松,王洪涛.风沙流中风速廓线的数值模拟与实验验证[J].气象学报,2008,66(2):9.

[3] 姚学祥.天气预报技术与方法[M].北京:气象出版社,2011.

[4] 刘建慧,赵天良,韩永翔,等.全球沙尘气溶胶源汇分布及变化特征的模拟分析[J].中国环境科学,2013,33(10):1741-1750.

[5] 陈跃浩,高庆先,高文康,等.沙尘天气对大气环境质量影响的量化研究[J].环境科学研究,2013,26(4):6.

[6] 刘国栋,薛素珍,王鹏.对1958—2000年山西沙尘天气的分析[J].干旱区资源与环境,2008,22(10):4.

[7] 陈二萍,王雁,陈玲,等.山西省2018年霾时空分布特征[C]//2019中国环境科学学会科学技术年会论文集(第一卷),2019.

[8] HJ 663—2013 环境空气质量评价技术规范(试行)[S].