

Analysis of Transmission Characteristics and Potential Sources of Winter a Heavy Air Pollution Process in Handan City, Hebei Province, China

Jianwu Li Jianghua Wang Luling Shen Xiaolong Li Sheng Ge

Wuhan Tianhong Environmental Protection Industry Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430075, China

Abstract

Taking a heavily polluted weather process in Handan City, Hebei Province, China, from January 5th to 9th, 2019 as the research object, using pollutant concentration monitoring data and meteorological observation data, Meteoinfo backward trajectory model to analyze the characteristics and causes of the heavy air pollution process in Handan City. The result showed that 48h backward trajectory simulation showed that Handan was affected by 3 types of airflow during the pollution period, mainly from Western Mongolia, Eastern Inner Mongolia, Xingtai City, Puyang City and other directions, of which 57.6% exceeded the standard trajectory; WPSCF analysis found that the most main potential source areas during the heavy pollution period were Xingtai City, Zhengzhou City, and Puyang City; WCWT analysis found that the potential source areas of PM_{2.5} concentration that contributed the most to this heavily polluted weather were Xingtai City and Puyang City, which valued above 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Keywords

transmission characteristic; backward trajectory model; potential source contribution factor(PSCF); concentration weight trajectory (CWT); Handan

中国河北省邯郸市冬季一次空气重污染过程传输特征及潜在源分析

李建武 王江华 沈陆岭 李小龙 葛胜

武汉天虹环保产业股份有限公司, 中国·湖北 武汉 430075

摘要

将中国河北省邯郸市2019年1月5—9日此次重污染天气过程作为研讨目标, 利用污染物浓度监测数据和气象观测资料, 采用Meteoinfo后向轨迹模型分析邯郸市此次空气重污染过程传输特征及潜在源。结果表明, 48h后向轨迹模拟表明污染期间邯郸市受3类气流输送的影响, 主要来源于蒙古西部、内蒙古东部、邢台市、濮阳市等方向, 其中超标轨迹占57.6%; WPSCF分析发现此次重污染期间最主要的潜在源区是邢台市、郑州市、濮阳市; WCWT分析发现对此次重污染天气贡献最高的PM_{2.5}浓度的潜在源区是邢台市、濮阳市, 值均在100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上。

关键词

传输特征; Meteoinfo后向轨迹模型; 潜在污染源因子(PSCF); 浓度权重轨迹(CWT); 邯郸

1 引言

中国研究者对重污染天气的污染传输特征及潜在源分析做了大量的研究, 李莉莉等人^[1]分析了中国黑龙江省绥化市2019年12月21—25日一次重污染过程传输特征及潜在源分析, 主要从潜在源贡献分析因子法、浓度权重轨迹分析法来分析探讨绥化市此次重污染过程传输特征及潜在源。

近年来, 对中国河北省邯郸市(以下简称“邯郸市”)

的大气污染相关的研究也较多, 研究者是从各方面分析研究大气污染。谭静瑶等人^[2]研究分析邯郸市2015—2018年NH₃对PM_{2.5}的贡献及其污染特征。但是鲜少有人研究分析邯郸市某次重污染天气的污染特征及成因。研究表明^[3], 污染物区域传输作用对本地污染的影响较大, 研究不同地区污染物区域传输对本地区的污染治理有重要意义。

因此, 论文通过用Meteoinfo软件对邯郸市此次重污染的气流轨迹进行聚类, 再计算出该聚类的气流轨迹的WPSCF和WCWT, 进一步确定此次造成邯郸市重污染天气的潜在源区以及潜在源区的浓度梯度。

【作者简介】李建武(1979—), 男, 中国湖北武汉人, 本科, 工程师, 从事大气污染防治和环境监测研究。

2 材料与方法

2.1 研究区域概况

邯郸市位于中国河北省南部，西依太行山脉，东接华北平原，与山西、山东、河南三省接壤，是河北山西河南山东四省要冲和中原经济区腹心、华北地区重要的交通枢纽，邯郸市地势自西向东呈阶梯状下降，高差悬殊，地貌类型复杂多样。邯郸市属暖温带大陆性季风气候，四季分明。

2.2 数据来源

本研究所使用的 2019 年 1 月 5—9 日重污染时段的邯郸市大气污染物监测数据来源于上海市青悦开放环境数据中心 (<http://data.epmap.org/air/nations>)，所用到的大气污染物监测数据主要是 SO₂、NO₂、CO、PM₁₀、PM_{2.5}，本研究所用的气象数据是用于模拟后向轨迹模型的气象数据 GDAS，来自于美国海洋与大气管理局提供的气象资料 (<https://www.ready.noaa.gov>)，水平分辨率 1.0° × 1.0°，时间分辨率为 1h。

2.3 后向轨迹模型

本研究使用 MeteoInfo 软件来研究邯郸市冬季重污染期污染物的来源和传输路径，MeteoInfo 是一款免费的气象数据显示、分析软件，本研究选取邯郸市中心 (36.6° N, 114.5° E) 为起始点，模式顶高度设置为 10000m，运用后向轨迹模拟 500m 高度的 48h 后向轨迹，通过模拟邯郸市的气团后向轨迹，进而定性的了解大气污染物的来源以及长距离输送扩散的方向、路径及影响范围等。

3 结果与分析

3.1 大气污染期间的气流轨迹聚类分析

从中可以得知，此次通过 MeteoInfo 软件对邯郸市 1 月 5—9 日期间模拟的后向 48h 的 20 条后向轨迹进行聚类后得到 3 类平均轨迹：

第 1 类轨迹为偏西北气流，源自蒙古西部，途径内蒙古东部、张家口市、北京市、沧州市、邢台市，最后到达邯郸市，该类轨迹数目最多，占比最高为 45%，输送距离最

远且气团移动速度最慢。

第 2 类轨迹为偏东气流，源自济南市西南部，途径濮阳市北部，最后到达邯郸市，该类轨迹数目较多，占比较高为 40%，输送距离最短且气团移动速度较快。

第 3 类轨迹为偏西气流，源自张掖市，途径银川市、延安市、临汾市、长治市，最后到达邯郸市，该类轨迹数目最少，占比最低为 15%，输送距离较远且气团移动速度较慢。

为了进一步探讨分析轨迹来源方向的气流对邯郸市空气质量的影响，对超过空气质量二级标准 (75 μg/m³) 的气流轨迹聚类结果进行统计分析，具体结果见表 1。

从表 1 中可以看出，这 3 类聚类轨迹的 PM_{2.5} 平均浓度均超标，超标轨迹占轨迹总数的 55%。其中，第 1 类轨迹数目最多，超标轨迹占第 1 类轨迹总数为 44.4%，超标轨迹 PM_{2.5} 平均浓度为 142 μg/m³，第 2 类轨迹数目较多，超标轨迹占第 2 类轨迹总数为 62.5%，超标轨迹 PM_{2.5} 平均浓度为 153.4 μg/m³，第 3 类轨迹数目最少，超标轨迹占第 3 类轨迹总数为 66.7%，超标轨迹 PM_{2.5} 平均浓度为 87.5 μg/m³。基于以上分析，可知第 1 类轨迹和第 2 类轨迹的气流对此次邯郸市的空气污染过程影响较大。

3.2 大气污染期间气团潜在源分析

为了确定邯郸市冬季重污染期间 PM_{2.5} 的潜在源分布，利用 PSCF 模式进行计算，从中可知，WPSCF 较高值主要集中在蒙古东南部和内蒙古东部、北京市、天津市、沧州市等地区，其值为 0.5~0.6，表明这些地区的污染气团大部分都传输到邯郸市，也是导致此次邯郸市重污染期间 PM_{2.5} 浓度超标的主要原因之一，也是邯郸市的潜在污染源区。离邯郸市较近的本省内邢台市，WPSCF 值最高，其值大于 0.9，表明导致邯郸市此次重污染天气的最主要的潜在污染源是来自本省内的邢台市，而郑州市和濮阳市的 WPSCF 的值均较高，其值为 0.8~0.9，表明这两个地区的潜在污染源对邯郸市重污染期间的 PM_{2.5} 浓度的贡献很大，这些地区也是导致邯郸市重污染期间的 PM_{2.5} 浓度超标的主要原因之一。

表 1 1 月 5—9 日 48h 后向各类轨迹对应的 PM_{2.5} 浓度

编号	轨迹数目 / 条	轨迹路径	PM _{2.5} 平均浓度 (μg/m ³)	超标轨迹数目 / 条	超标轨迹占比	超标轨迹 PM _{2.5} 平均浓度 (μg/m ³)
1	9	蒙古西部→内蒙古东部→张家口市→北京市→沧州市→邢台市→邯郸市	88.8	4	44.4%	142
2	8	济南市西南部→濮阳市北部→邯郸市	112.4	5	62.5%	153.4
3	3	张掖市→银川市→延安市→临汾市→长治市→邯郸市	80.3	2	66.7%	87.5

3.3 污染轨迹浓度权重分析

基于前面提到的,利用潜在源贡献因子法分析了邯郸市1月5—9日PM_{2.5}的WPSCF分布特征,但是潜在源贡献因子法不能具体反映这些地区的污染程度。而浓度权重轨迹分析(CWT)可以计算轨迹的权重浓度,因此可以反映其污染程度。

可知,蒙古东南部和内蒙古东部、北京市对应的轨迹的PM_{2.5}的WCWT的值较高,其值在80~90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,表明这些地区对邯郸市重污染期间的PM_{2.5}浓度的贡献较大,天津市、沧州市、邢台市、郑州市、濮阳市对应的轨迹的PM_{2.5}的WCWT的值最高,其值在100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上,表明靠近邯郸市周边的这些地区是造成邯郸市此次重污染天气的主要来源,而且对邯郸市此次重污染天气的PM_{2.5}的贡献也是最大的。

4 结论

①气流轨迹聚类分析结果表明,来自偏西北和偏东气流轨迹占比分别为45%和40%,偏西气流为15%,主要是来自蒙古西部、内蒙古东部、张掖市、银川市这些远距离输

送,还有来自周围城市张家口市、北京市、沧州市、邢台市、濮阳市、临汾市、长治市的污染气流的输送,并且邯郸市本地污染源也不可忽视,这些污染气流共同促进了此次邯郸市重污染天气的发生。

②此次污染过程的WPSCF和WCWT分析的结果差别并不大,其中此次污染过程发现的潜在源区对邯郸市重污染期间的PM_{2.5}浓度的贡献最大的是河北省离邯郸市最近的邢台市,其次就是郑州市和濮阳市。WCWT分析结果与WPSCF的分析结果一致,也是邢台市、郑州市、濮阳市对邯郸市重污染天气贡献的PM_{2.5}浓度最高,均在100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上。

参考文献

- [1] 李莉莉,朱莉娜,闫耀宗,等.2020绥化市一次空气污染过程及潜在源区分析[J].环境科学学报,2020,40(10):3785-3793.
- [2] 谭静瑶.邯郸市大气NH₃污染特征及其对PM_{2.5}的贡献研究[D].邯郸:河北工程大学,2021.
- [3] UZAN L. The coastal boundary layer and air pollution:a high temporal resolution analysis in the East Mediterranean Coast[J]. Open Atmospheric Science Journal,2012,6(1):9-18.