

# 试论雾霾产生的原因及防治对策——以西安市为例

郭庆元, 丁治英 (西安市气象局气象台, 陕西西安 710016)

**摘要** [目的]探讨雾霾产生的原因,并提出针对性防治对策。[方法]通过阅读与雾霾有关的文献资料,掌握国内雾霾产生的原因及防治对策的研究现状,同时,查阅西安市气象局雾霾统计资料,浅析西安市近年来雾霾的发生情况和产生原因,最后从气象工作者的角度对如何防治雾霾进行探讨。[结果]西安市雾霾产生的原因有地形因素、气象因素、车辆因素、城市因素、煤炭发电;要防治雾霾天气,需要充分利用区域空气污染气象模式预报来提高服务的内涵和质量,提前给政府决策部门提供服务材料和合理的建议、为相关主管部门提供针对性服务、加速新产品的研发以及提供各种优化服务应对措施。[结论]要想防治雾霾天气,首先需要从雾霾产生的原因入手,采取有效应对措施。

**关键词** 雾霾;原因;防治对策

中图分类号 S429 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2015)36-268-02

## Causes and Prevention Countermeasures for Haze: A Case Study of Xi'an City

GUO Qing-yuan, DING Zhi-ying (Meteorology Station of Xi'an Meteorological Bureau, Xi'an, Shaanxi 710016)

**Abstract** [Objective] To probe the generated reasons for the haze and propose specific prevention countermeasures. [Method] By reading relevant literature, grasp the reasons of domestic haze and research status prevention strategies, while, the occurrence and generated reasons for the haze in recent years were analyzed by consulting haze statistics from Xi'an Meteorological Bureau, and finally from the perspective of meteorologists to discuss how to prevent haze. [Result] The generated reasons for the haze were terrain factors, weather factors, vehicle factors, urban factors and coal power generation. To prevention and control haze, it takes full advantage of regional air weather patterns forecast to improve the content and quality of services, provides service material and reasonable proposal to the government decision-making departments in advance, provides targeted services to the relevant primary responsibility departments, accelerates the development of new products and provides a variety of responses of optimization services. [Conclusion] To prevent haze, we first need to start from the generated reasons of haze, to take effective countermeasures.

**Key words** Haze; Causes; Prevention countermeasures

近年来,随着我国空气质量的不断恶化,空气污染已经成为绝大部分城市关注的重大环境问题之一。特别是在工业化时代背景下,一些大城市相继发生空气污染事件,给人们的生活和生产带来巨大影响。雾霾主要是由空气中的大量微小尘粒、盐粒或烟粒等构成,引起空气浑浊,导致水平能见度 $<10\text{ km}$ 的一类天气现象,通常情况下霾的颜色为乳白色或黄色。雾霾作为空气污染的一种严重状态,严重危害人体健康,容易引发各类心脏、肺以及呼吸道等疾病,降低人体免疫力,因此研究雾霾产生的原因以及防治对策具有重大意义。许多专家学者对不同地区的雾霾进行了研究,并取得了一些成果<sup>[1-5]</sup>,如潘本锋等<sup>[1]</sup>研究表明雾霾天气是由气象要素和环境要素共同作用形成的;郭丽君等<sup>[4]</sup>分析指出雾霾天气过程发生在高压天气系统和静风条件下,暖平流和辐射降温形成的稳定逆温边界层结构有利于污染气溶胶的积累和雾霾的形成和发展。笔者以西安市为例,对西安市雾霾产生的原因进行了探讨,并提出了针对性防治对策。

### 1 西安市雾霾现状分析

根据相关资料显示,1979年西安市 $\text{PM}_{2.5}$ 年平均浓度值较高,其主要原因是当时人们生活和工业生产主要使用煤,引起空气中的细颗粒物含量也增多;1981年国家在针对环境保护方面建立了相关法律后,西安市 $\text{PM}_{2.5}$ 年平均浓度值有了大幅度下降,但在1997年后,由于西安市经济的快速发展,其 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度值呈现逐年递增的趋势,截止到2013

年底,西安市 $\text{PM}_{2.5}$ 指数创造历史新高,特别是在12月18日,西安市雾霾持续上升,甚至突破 $500\ \mu\text{g}$ ,指数居于全国污染严重城市排行首位。由此可以看出,西安市 $\text{PM}_{2.5}$ 年平均浓度值的增加或减少与城市发展息息相关<sup>[6]</sup>。由于城市的发展会导致建设用地面积增加,一些新开工的工程项目会导致空气污染越来越严重,另外,大规模的城中村拆迁改造以及城市建设等均会增加大气中颗粒浓度的含量,因而对西安市的空气质量产生不良影响。

### 2 西安雾霾产生的原因分析

**2.1 地形因素** 西安市位于关中盆地的中央,南面分布有秦岭,北面有黄土高坡,西面有秦岭和黄土高坡的结合,东边受太行山脉影响。正是这种特殊的地理环境,导致关中地区的雾霾无法排除。因此要实现自然除霾,必然需要依靠风力。但根据气象数据显示,2000年以来关中地区风速呈现明显减弱的趋势,如在2000年西安市平均风速可达 $1.0\text{ m/s}$ ,与20世纪八九十年代相比,减少了 $0.2\sim 0.3\text{ m/s}$ ,进而不利于污染物的扩散。另外,雾霾主要发生在冬季,这主要是因为西安市受秦岭山脉对冷空气产生的阻挡作用,在关中盆地形成了冷湖效应,且在阻挡作用下还会在关中靠近地面的位置产生逆温层,进一步阻止了大气污染物向水平方向和垂直方向扩散,除非有冷空气来袭,才会带来风,而由于冬季空气流动性较弱,再加上风和雨雪少,因此容易出现雾霾天气<sup>[7]</sup>。

**2.2 气象因素** 在每年的冬季,在西安市大约与地面相距 $1.5\sim 2.0\text{ km}$ 间容易在西安市上方形成逆温层,引起高空温度高于地面温度,进而在一定程度上阻碍了大气层低空的空气沿着垂直方向运动,导致空气中悬浮的各种颗粒无法吹至高空,最终不得不停滞到低空和近地面位置。通常来

作者简介 郭庆元(1985-),女,陕西西安人,工程师,硕士,从事预报工作。

收稿日期 2015-12-07

讲,在低层大气下气温与高度呈负相关关系,但也有特殊情况,在逆温层中气温与高度呈正相关关系。由于逆温层,导致地面的空气无法往上运动,从而阻止了空气的上下流通,如此使水汽比空气重,导致地面水汽更加容易达到饱和最终凝结。关中4个方向均无法出风,再在逆温层的影响下,将雾霾封在盆地中。另外,西安市在每年的11月中旬便开始供暖,但城内外的老旧社区和周边城中村并不在供暖范围内,因此广大居民主要依靠烧煤来取暖,且焚烧垃圾和落叶等均会导致大量的颗粒进入大气中,进而形成雾霾<sup>[5]</sup>。西安市气候干燥,再加上农村地区裸露的黄土较多,人类的活动将导致尘埃扬起,这也是引发雾霾的主要原因。

**2.3 车辆因素** 根据相关资料显示,2013年西安市机动车保有量为187.46万辆,新增加的机动车辆高达27.36万辆,按照2.28万辆/月的速度增长。而机动车燃料中含有的部分杂质和添加剂,由于不完全燃烧,排出一些对环境对人体产生破坏的物质,另外汽车尾气中含有的化学物质较多,主要分为气体(如一氧化碳、碳氢化合物等)和颗粒物(如焦油和黑炭等),这些污染物一旦受到强烈的紫外线照射便会发生光化学反应进而产生二次污染物,由这种一次和二次污染物混合的烟雾现象便是光化学烟雾。2013年西安市机动车4项主要污染物的排放总量达35.67万t,其中主要包含26.99万t一氧化碳、3.55万t碳氢化合物、4.28万t氮氧化物以及0.76万t颗粒物。

**2.4 城市因素** 随着西安市经济发展,很多路段都在施工挖掘,特别是随着城中村和地铁施工的不断增多,致使很多原来的植被被破坏,一批批货车急速飞驰产生大量扬尘,车辆的过往导致周边空气中的 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 的含量急速增加。除此之外,当汽车发生堵车时排出的废气量是经济时速的5~6倍。因此在上下班高峰期时,拥堵在二环等道路上的车辆相当于不下500万辆汽车的总排放量。另外,随着西安市城市化建设不断加快,城市楼层高度也不断加大,各个楼宇之间的距离越来越小,结构密集的建筑物阻碍了空气的流通,导致城市风道越来越少,而仅剩余的一些风也因为楼房和楼房之间的阻挡和摩擦因素被进一步削弱。以上种种都非常不利于大气中悬浮微粒的扩散,进而在城区和附近的郊区积累,阻碍了城市污染物的控制。

**2.5 煤炭发电** 在雾霾颗粒中,工业污染占据的比例达15.7%,导致这种现象的主要原因为大量使用煤炭资源引起的。在与西安市相距约20 km内,仅大型发电厂就有三家,按照其平均发电量计算,其每年消耗煤炭资源达513万t。

### 3 雾霾的防治对策

**3.1 充分利用区域空气污染气象模式预报来提高服务的内涵和质量** 西安市气象局应该利用中尺度数值模式和化学模式结合的WRF-CHEM来预报关中区域中不同污染物的分布情况,如二氧化碳、臭氧、二氧化氮、二氧化硫等,特别是对于那些严重影响人体健康的 $PM_{2.5}$ ,应详细报道出该区域中的浓度分布,并辅以风向和风速的分布,以便相关部门有针对性地控制污染。

**3.2 提前给政府决策部门提供服务材料和合理的建议** 一旦西安市出现雾霾天气,作为气象部门应该及时根据具体的雾霾等级发布与天气相关的服务材料,争取在最短的时间内将这些材料传递给政府决策部门,以便他们能够制定针对性解决措施。对于提供的服务材料不仅应该包括雾霾造成的污染程度、影响范围,还应包含雾霾的变化趋势,最后还应该有预见性地提出科学、合理的建议。在2015年1月份,西安市气象局针对治污减霾专题服务,积极与环境监测总站对接,加密天气会商,联合发布重污染天气预警信息7期。不仅如此,还应该根据社会心理期望,针对公众广泛关注的雾霾结束时间通过媒体及时向社会发布<sup>[8]</sup>。

**3.3 为相关主管部门提供针对性服务** 在应对雾霾天气方面,气象局还应该为当地的主责部门提供针对性服务。如气象部门要及时向当地的高速公司、铁路部门、交通部门、电力企业等重要主管部门发布关于雾霾天气的专项服务工作,并针对雾霾天气给予能见度预报和实况。

**3.4 加速新产品的研发** 当地政府部门应该充分利用气象部门来适时推出新的产品,如在春节期间,西安市气象局针对持续雾霾天气向社会发布了烟花爆竹燃放指数的报告,该报告应站在科学的层面提高广大公众的环保意识,进而实现指导和规范广大市民在春节期间燃放烟花爆竹的行为,帮助政府部门树立良好的社会形象。

### 3.5 其他优化服务应对措施

**3.5.1 落实好对雾霾基础性研究工作,全面提高雾霾天气的预报能力。** 由于做好雾霾天气的预报工作是提高雾霾服务能力的基本前提,更是气象部门义不容辞的责任,因此要继续加强对雾霾天气成因情况的分析,另外,还应该充分根据西安市雾霾的区域性特点、每天变化特点、大气层结构特点以及数值模拟技术等。

**3.5.2 协助当地政府部门制定治理雾霾的有效对策。** 鉴于西安市雾霾天气的特点,气象部门应该准确地为政府部门提供雾霾的污染来源和污染变化趋势等重要内容,以此帮助政府部门通过发挥其行政效力来制定有效措施,争取在保证经济发展的基础上降低空气污染。

**3.5.3 制定与雾霾条件相关的行业标准<sup>[9]</sup>。** 要想达到防治雾霾的目的,除了要控制好污染源,当地气象部门还应该主动承担起向社会和政府部门发布环境气象条件的责任,积极引导广大群众和政府加强对因气象环境引起的雾霾关注度。

**3.5.4 启动应急机制。** 一旦发现西安市某种污染物的浓度超过一定标准时,应马上启动应急机制,以此来降低空中污染物的含量,减少因雾霾天气给人们生活带来的巨大影响。

### 参考文献

- [1] 潘本锋,汪巍,李亮,等.我国大中型城市秋冬季节雾霾天气污染特征与成因分析[J].环境与可持续发展,2013(1):33-36.
- [2] 高敏,仇天雷,贾瑞志,等.北京雾霾天气生物气溶胶浓度和粒径特征[J].环境科学,2014(12):4415-4421.
- [3] 张军英,王兴峰.雾霾的产生机理及防治对策措施研究[J].环境科学与管理,2013(10):157-159.
- [4] 郭丽君,郭学良,方春刚,等.华北一次持续性重度雾霾天气的产生、演变与转化特征观测分析[J].中国科学(地球科学),2015(4):427-443.

象因子按公式(1)进行加权处理得到的水稻前期综合气象因子,再与灌浆期天数进行相关分析。结果表明(表2),各综合气象因子与水稻灌浆期天数的相关系数均达到极显著水平,说明水稻前期的平均气温、降雨量、日照条件均会对水稻后期灌浆期长短产生重要影响。

表1 水稻灌浆期天数与气象因子相关分析

| 时间   | 旬平均气温   | 旬降雨量   | 旬日照时数   |
|------|---------|--------|---------|
| 4月上旬 | 0.049   | -0.025 | 0.223   |
| 4月中旬 | 0.063   | 0.252  | 0.156   |
| 4月下旬 | -0.225  | 0.201  | -0.122  |
| 5月上旬 | -0.167  | -0.220 | -0.107  |
| 5月中旬 | 0.073   | -0.203 | 0.186   |
| 5月下旬 | 0.054   | 0.156  | 0.200   |
| 6月上旬 | -0.110  | 0.094  | -0.069  |
| 6月中旬 | 0.004   | -0.035 | 0.146   |
| 6月下旬 | 0.003   | 0.195  | -0.218  |
| 7月上旬 | -0.045  | -0.011 | -0.067  |
| 7月中旬 | -0.157  | 0.057  | 0.199   |
| 7月下旬 | -0.005  | 0.191  | -0.139  |
| 8月上旬 | -0.371* | 0.093  | -0.333  |
| 8月中旬 | -0.425* | -0.118 | -0.408* |
| 8月下旬 | -0.196  | 0.007  | 0.043   |

注: \* 为通过  $\alpha=0.05$  检验。

表2 综合气象因子与灌浆期天数相关性分析

| 时间   | 综合气温<br>(WT) | 综合雨量<br>(WR) | 综合日照<br>(WS) |
|------|--------------|--------------|--------------|
| 8月上旬 | 0.422*       | 0.492**      | 0.530**      |
| 8月中旬 | 0.473**      | 0.498**      | 0.596**      |
| 8月下旬 | 0.501**      | 0.497**      | 0.600**      |

注: \* 为通过  $\alpha=0.05$  检验, \*\* 为通过  $\alpha=0.01$  检验。

**2.2 动态预报模型建立** 8月中旬~9月上旬以每一旬的第1天为预报时间,以前期综合气象因子为自变量,灌浆期天数为因变量,依据逐步回归原理,建立的预报模型分别为:  
 $D_{j82} = 58.803 + 1.003WT_{81} + 0.037WR_{81} + 0.115WS_{81}$  ( $r = 0.719$ )、  
 $D_{j83} = 33.985 + 0.044WR_{82} + 0.086WS_{82}$  ( $r = 0.693$ )、  
 $D_{j91} = 34.178 + 0.045WR_{83} + 0.086WS_{83}$  ( $r = 0.697$ ),这3个预报模型均通过  $\alpha=0.05$  显著性检验,其中  $D_{j82}$ 、 $D_{j83}$ 、 $D_{j91}$  分别表示在8月11日、8月21日和9月1日对水稻灌浆期天数的预测值; $WT_{81}$ 表示4月上旬~8月上旬所计算出的综合气温; $WR_{81}$ 、 $WR_{82}$ 、 $WR_{83}$ 分别为4月上旬~8月上旬、4月上旬~8月中旬和4月上旬~8月下旬所计算出的综合雨量; $WS_{81}$ 、 $WS_{82}$ 、 $WS_{83}$ 分别为4月上旬~8月上旬、4月上旬~8月中旬

和4月上旬~8月下旬所计算出的综合日照。

**2.3 模型检验** 模型检验结果表明(表3),从平均绝对误差和均方根误差  $RMSE$  来看,8月11日、8月21日和9月1日3次对水稻灌浆期天数做出的预测结果没有很大区别,误差结果均未超过3d。通过模型逐年回代检验发现,8月21日预测的绝对误差超过8月11日预测的绝对误差的年份数仅为31%,9月1日预测的绝对误差超过8月21日预测的绝对误差的年份数仅为43%。利用动态预报模型对2015年的水稻灌浆期天数进行试预报,预测的绝对误差最多相差3d。因此,建立的模型对灌浆期天数的模拟有较高的精度,可满足农业气象业务服务需求。

表3 动态预测模型回代检验分析结果

| 预报时间 | 绝对误差<br>$\leq 3$ d 的比<br>例//% | 绝对误差<br>平均值//d | $RMSE$ //d | 2015年<br>预测的绝<br>对误差//d |
|------|-------------------------------|----------------|------------|-------------------------|
| 8月中旬 | 86                            | 1.9            | 2.33       | -3                      |
| 8月下旬 | 80                            | 1.9            | 2.42       | -2                      |
| 9月上旬 | 80                            | 1.8            | 2.40       | -2                      |

### 3 结论与讨论

利用成都市农业气象试验站的水稻发育期和气象资料,将水稻前期各旬气象因子进行加权处理得到的水稻前期综合气象因子(综合气温、综合雨量和综合日照),再与水稻灌浆期天数进行相关分析,建立水稻灌浆期动态预测模型,结果表明,各综合气象因子与灌浆期天数均呈显著的正相关,模型回代检验和试预报结果与实际观测情况比较吻合。说明以综合气象因子为自变量建立的动态预测模型能客观反映水稻灌浆期天数的变化,可在水稻进入抽穗期后实现对灌浆期天数的动态预测。

在业务服务中,各旬气象数据及水稻观测数据均易获取,综合气象因子可通过编程自动计算,使得利用模型进行业务预测具有可操作性,有极强的应用价值。

### 参考文献

- [1] 沈国权. 影响作物发育速度的非线性温度模式[J]. 气象,1980(6):9-11.
- [2] 高亮之,金之庆,黄耀,等. 水稻钟模型-水稻发育动态的计算机模型[J]. 中国农业气象,1989,10(3):3-10.
- [3] 甘维廉,李文,陈丽璇,等. 福建省水稻品种生育期数学模型及其应用[J]. 中国农业气象,1996,17(4):1-7.
- [4] 郑新峰,姜文华. 物候与温度的相关性指导水稻生产[J]. 黑龙江气象,2009,26(1):28-29.
- [5] 潘永地,栗志钢. 有关水稻生育期生长模拟综述[J]. 浙江农业科学,2011(2):434-438.
- [6] 王军,许项发. 西安雾霾成因分析及对策建议[J]. 西部环境,2014(32):49-50.
- [7] 李东海,何彩霞. 浅谈雾霾天气的识别及预警策略[J]. 安徽农学通报,2011(18):165-166.
- [8] 孙亮. 城市雾霾污染的对策建议研究[J]. 华章,2014(15):114-116.

(上接第269页)

- [5] 王珊,修天阳,孙扬,等. 1960-2012年西安地区雾霾日数与气象因素变化规律分析[J]. 环境科学学报,2014(1):19-25.
- [6] 张苑. 西安地区环境空气  $PM_{2.5}$  污染与雾霾治理研究[D]. 西安:西北大学,2014:36-37.