

张侠,胡琳,王琦,等.2017年陕西气象条件对大气环境质量影响分析[J].陕西气象,2018(1):25-29.

文章编号:1006-4354(2018)01-0025-05

2017年陕西气象条件对大气环境质量影响分析

张侠,胡琳,王琦,杜怡心

(陕西省气候中心,西安 710014)

摘要:利用2017年1月1日—7月31日陕西省十地市空气质量资料和气象站地面观测资料,分析了2017年1—7月陕西省空气质量时间变化特征及影响大气环境质量的气象条件。结果表明:全省城市空气质量与2016年同期相比较差,1—3月全省首要污染物为颗粒物($PM_{2.5}$ 和 PM_{10}),5—7月为臭氧。1—3月各市平均风速均在3.0 m/s以下且小风频率较高;全省冷空气活动较上年同期减少3次且强度偏弱;全省平均混合层高度与上年同期相比降低22 m。与上年同期相比,平均风速小,小风日数增多,冷空气活动次数减少且强度偏弱,混合层高度偏低,是颗粒物污染过程增多的主要因素。5—7月臭氧质量浓度与高温显著正相关,当日平均气温 $\geq 30^\circ\text{C}$ 或日最高气温 $\geq 35^\circ\text{C}$ 时,臭氧显著超标;臭氧质量浓度随日照时数增加而升高,日照时数 ≥ 6 h时,各市臭氧平均质量浓度均较高,日照时数 ≥ 10 h时臭氧超标率最高;臭氧质量浓度随日平均相对湿度的升高而降低,当相对湿度 $< 60.0\%$ 时,臭氧平均质量浓度超过 $140\ \mu\text{g}/\text{m}^3$,当相对湿度 $\geq 70.0\%$ 时,臭氧超标率明显降低。与上年同期相比,气温偏高,日照充足,湿度减小是造成臭氧超标日增多的主要因素。

关键词:大气环境质量;气象条件;颗粒物;臭氧

中图分类号:X16

文献标识码:A

近年来,城市大气环境污染问题日趋严重,霾天气现象增多^[1],严重威胁着社会可持续发展和人们身体健康。对大气环境污染的特征及气象条

件影响因素的研究,一直是众多学者关心的焦点问题。在大气污染排放源稳定的前提下,气象条件是影响大气环境质量的一个主要因素。国内外

收稿日期:2017-08-23

作者简介:张侠(1984—),女,汉族,陕西渭南人,硕士,工程师,从事大气环境方面的研究。

基金项目:陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2014JM2-4038)

领域深度学习的知识体系框架,在此基础上介绍了两种通用深度学习工具,以及天气系统识别、卫星云图识别和地基全天空云图分类等三个基于深度学习的气象应用,最后指出了建立气象标准数据集、改进创新管理方式和克服畏难心理的重要性。

参考文献:

- [1] 斯科特·扬.如何高效学习[M].程冕,译.北京:机械工业出版社,2016:223-224.
- [2] LIU Yunjie, RACAH Evan, PRABHAT, et al. Application of deep convolutional neural networks for

detecting extreme weather in climate datasets (R/OL). (2016-05-04)[2017-11-03]. <http://world-comp-proceedings.com/proc/p2016/ABD6152.pdf>.

- [3] RACAH Evan, BECKHAM Christopher, MAHARAJ Tegan, et al. Semi-Supervised detection of extreme weather events in large climate datasets (R/OL). (2016-12-07)[2017-11-03]. <http://pdfs.semanticscholar.org/3fae/be9d5c47fc90998811c4ac768706283d605c.pdf>.
- [4] 王舰锋.基于卷积神经网络的卫星云量计算[D].南京:南京信息工程大学,2016.
- [5] 张振.基于深度学习的全天空云图分类方法研究[D].北京:北京交通大学,2016.

开展了大量气象条件对大气环境质量影响的研究工作,如 David 等^[2]研究了气象因素对 PM_{2.5} 质量浓度的影响,结果表明温度低于 0℃,相对湿度大于 50%,风速为轻风时 PM_{2.5} 质量浓度较大;宁海文等^[3]分析了西安市大气污染特征与气象条件的关系,结果表明污染物质量浓度与气象条件密切相关,但在不同的季节与污染物相关紧密的气象要素不同;邓霞君等^[4]对空气污染指数 API 与气象要素的相关性进行分析时指出,降水和风对空气污染的净化作用明显;陈挚秋等^[5]对 2014 年重庆市大气污染物浓度变化特征及其与气象条件的关系研究表明,PM_{2.5} 和 PM₁₀ 质量浓度与相对湿度、气压正相关,与降水量、风速、气温和日照负相关;马晓华等^[6]对关中地区一次霾天气过程分析表明,逆温层持续存在、风速偏小、大气混合层高度持续低是霾天气持续的重要原因。陕西省由于地理位置特殊,地势南北高,中部低。境内气候差异很大,复杂多样的地形地貌及气候特点使得大气污染形成机理极为复杂。特别是关中地区冬季霾现象尤其严重,2017 年 3 月陕西省发布了《陕西省 2017 年铁腕治霾“1+9”行动方案》。本研究通过详细分析气象条件对陕西省大气环境质量的影响,可为省政府治霾工作提供决策依据。

1 资料与方法

2017 年 1 月 1 日—7 月 31 日陕西省十地市空气质量指数 AQI 资料来源于中华人民共和国环保部网站,臭氧质量浓度资料来源于陕西省空气质量实时发布系统网站;2017 年 1 月 1 日—7 月 31 日陕西省十地市风速、温度、相对湿度、日照时数等数据来源于地面气象台站的气象观测资料。

采用常规统计分析方法,分析空气质量的时间变化特征,并分别分析冬春季和夏季空气污染气象条件特征。

2 环境空气质量概况

2017 年 1—7 月,全省城市空气质量优良天数在 87~187 d 之间(表 1)。陕南城市空气质量最好,陕北次之,关中最差。商洛优良天数最多,咸阳最少;西安、咸阳和渭南均出现了 10 d 以上的严重污染天气,汉中和安康未出现严重污染天气,其他城市严重污染天气为 3 d 及以下。与 2016

表 1 2017-01-01—07-31 全省各地市空气质量 d

城市	优良	轻度污染	中度污染	重度污染	严重污染
西安	91	71	18	18	13
宝鸡	135	48	11	16	2
咸阳	75	77	30	13	16
铜川	125	63	13	8	3
渭南	87	77	22	14	11
延安	173	33	4	1	1
榆林	150	57	2	1	2
汉中	157	35	14	6	0
安康	185	20	5	2	0
商洛	187	21	2	1	1

年同期相比全省城市空气质量较差。2017 年 1—3 月全省污染天气首要污染物为颗粒物(PM_{2.5} 和 PM₁₀),5—7 月首要污染物为臭氧。

2.1 霾出现次数及范围

根据气象资料统计:2017 年 1—7 月全省共出现霾 2 283 站次,涉及 96 个区县。从各月分布(表 2)来看,1 月最多出现霾 955 站次,涉及 91 个区县,霾影响范围最大且持续时间最长;其次为 2 月,共出现霾 774 站次,涉及 87 个区县;3 月开始霾影响范围开始减少且持续时间和强度明显减轻;4—7 月霾天气较少。1—3 月霾主要出现在关中,其中宝鸡最多出现 53 d,西安、杨凌、潼关、宝鸡、蒲城等地超过 40 d。霾天气过程期间关中大部分城市空气质量持续为严重污染等级。

表 2 2017 年全省霾出现次数及范围

月份	1	2	3	4	5	6	7
总出现次数/站次	955	774	279	105	131	33	6
涉及区县数	91	87	62	52	65	26	5

2.2 5—7 月臭氧污染基本特征

2017 年 5—7 月全省平均臭氧超标日数共 29 d,较上年同期增加 9 d(表 3),主要分布在陕北和关中。关中污染最重,咸阳、西安臭氧超标日分别为 54 d 和 48 d,远大于上年同期的 36 d 和 26 d;榆林出现 44 d,较上年增加 21 d。臭氧超标日主要出现在 6 月和 7 月。

表3 2016年、2017年全省各市5—7月臭氧超标日数对比

d

城市	5月		6月		7月		合计	
	2016年	2017年	2016年	2017年	2016年	2017年	2016年	2017年
榆林	4	8	10	18	9	18	23	44
延安	6	1	4	6	4	4	14	11
渭南	1	11	20	16	11	17	32	44
西安	5	11	13	15	8	22	26	48
咸阳	10	10	17	18	9	26	36	54
宝鸡	9	4	5	9	7	9	21	22
铜川	11	12	14	15	12	11	37	38
汉中	2	7	1	4	0	4	3	15
商洛	6	1	1	2	0	0	7	3
安康	1	2	1	1	0	3	2	6
平均	6	7	9	10	6	11	20	29

3 1—3月污染气象条件分析

3.1 风速

由表4可看出,2017年1—3月全省平均风速较上年同期偏小,小风日数较上年同期略增多,其中关中增多1~11 d,陕北增多1~4 d,陕南增多0~3 d。1—3月全省各市平均风速均在3.0 m/s以下且小风频率较高,空气流动缓慢,近地面形成的各种污染物不易向外水平扩散,造成了污染物不断积聚,使污染天气得以长时间维持。

2017年1—3月,全省共出现4次中等以上强度冷空气活动,较上年同期明显偏少,分别为1月19—20日、1月29—31日、2月20—21日和3月10—13日(表5)。其中2月的冷空气过程为入冬以来最强的一次。20日泾河站24 h降温2.1℃,48 h降温10.1℃;安康站24 h降温2.7℃,48 h降温9.6℃;延安站24 h降温6.2℃,48 h降温11.8℃。全省空气质量得到明显改善。

1—3月,全省冷空气活动较上年同期减少3次,强度偏弱不利于污染物扩散。

表4 2016年、2017年1—3月全省各市平均风速和小风日数

城市	平均风速/(m/s)		小风日数/d	
	2016年	2017年	2016年	2017年
西安	2.3	2.2	19	30
铜川	2.6	2.5	3	4
咸阳	2.0	1.9	28	28
渭南	1.9	1.8	25	30
宝鸡	1.1	1.1	73	70
延安	2.4	2.1	16	20
榆林	2.8	2.8	3	4
汉中	0.9	0.8	83	85
安康	1.1	1.0	76	79
商洛	2.6	2.2	15	15

表5 2016年、2017年1—3月全省冷空气活动情况

年份	1月	2月	3月	合计次数
2016	17—19日、22—24日	12—14日、20—21日、29—3月1日	7—10日、20—25日	7
2017	19—20日、29—31日	19—21日	10—13日	4

3.2 混合层高度

混合层高度表征污染物在垂直方向被输送扩散所能达到的高度,是反映污染物在垂直方向扩散能力的重要参数^[7]。表6为全省主要站点2017年和2016年1—3月平均混合层高度,由表6可见,除榆林和凤翔站外,其余站点2017年混合层高度与上年同期相比均有所降低。

表6 2017年、2016年陕西1—3月平均混合层高度

m

年份	榆林	延安	蒲城	韩城	凤翔	秦都	汉中	泾河	商县	安康
2017	1 043	957	825	887	954	912	764	965	1 006	671
2016	1 024	1 007	828	970	902	956	789	1 003	1 020	701

4 5—7月污染气象条件分析

4.1 气温

相对于2016年,2017年5—7月关中和陕北气温有较大升高。平均最高气温榆林升高 2.1°C ,西安升高 1.8°C 。日最高气温大于 30°C 和大于 35°C 日数也明显增多。大于 30°C 日数,榆林增多最明显,为23 d;其次为延安和西安,分别为13 d和8 d。大于 35°C 日数,渭南增多最明显,为12 d;其次为西安和铜川,分别为11 d和10 d。榆林、西安、咸阳、渭南和铜川气温增幅较大与臭氧超标日数增加趋势

1—3月全省平均混合层高度为898 m,与上年同期相比降低22 m。混合层高度偏低,大气垂直扩散能力较差。1月1—4日持续大范围霾天气过程期间,西安、咸阳、渭南空气质量持续为严重污染等级,1—4日西安平均混合层高度仅为413 m,4日西安AQI指数高达484,混合层厚度仅为260 m。

一致。

臭氧平均质量浓度和臭氧超标率基本随日平均气温、日最高气温升高而升高(图1)。西安和咸阳当日平均气温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 或日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 时,臭氧平均质量浓度超过 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$,超标率超过80%;而当日均气温 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ 或日最高气温 $\leq 25^{\circ}\text{C}$ 时,未出现臭氧超标。渭南当日平均气温在 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 或日最高气温在 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ 时,臭氧超标率超过60%;日平均气温 $\leq 15^{\circ}\text{C}$ 或日最高气温 $\leq 17^{\circ}\text{C}$ 时,未出现臭氧超标。分析表明臭氧质量浓度与高温显著正相关。

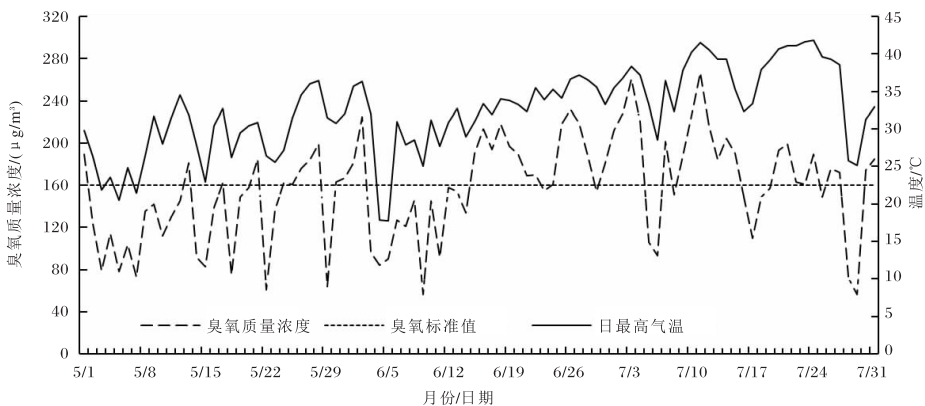


图1 西安2017年5—7月臭氧质量浓度和日最高气温逐日变化曲线

4.2 日照

根据臭氧质量浓度资料和日照时数资料统计分析,臭氧超标日与非超标日日照时数存在显著

差异,超标日和非超标日差异在40%。日照时数 $\geq 6\text{h}$ 时,各市臭氧平均质量浓度和臭氧超标率均较高,日照时数 $\geq 10\text{h}$ 时臭氧超标率最高,日照时数 $< 2\text{h}$ 时,臭氧超标率小于15%。关中地

区咸阳和渭南日照时数在8~10 h时臭氧超标率最高,臭氧平均质量浓度超过 $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$;西安、宝鸡和铜川日照时数 ≥ 10 h时臭氧超标率最高,臭氧平均质量浓度超过 $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

4.3 相对湿度

2017年5—7月,陕北和关中平均相对湿度较上年同期有较大幅度降低,其中榆林降幅达18.7%,渭南次之降幅为14.9%。陕南降幅较小(图2)。西安、咸阳、渭南和铜川臭氧超标日平均相对湿度较非超标日均有近20%的降幅。2017年5—7月关中城市臭氧平均质量浓度和臭氧超标率随日平均相对湿度的升高而降低。当相对湿度 $< 60.0\%$ 时,臭氧平均质量浓度在 $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上;当相对湿度 $\geq 70.0\%$ 时,臭氧超标率明显降低;而当相对湿度 $\geq 80.0\%$ 时,各市均未出现臭氧超标。由于大气中的水汽影响太阳紫外辐射从而减缓光化学反应,且高湿度是形成湿清除的重要指标,因此高湿条件不利于臭氧的积累。

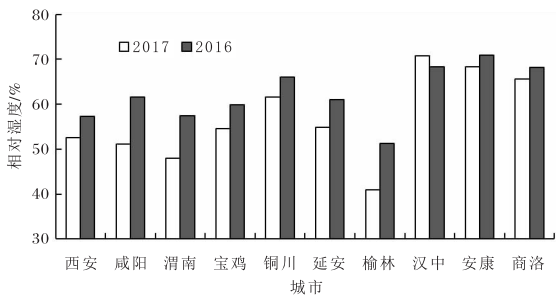


图2 2017年、2016年5—7月全省各市平均相对湿度

5 结论

(1)2017年1—7月全省城市空气质量优良天数在87~187 d之间,与2016年同期相比空气质量较差。其中1—3月和5—7月大气污染比较严重,主要出现在关中。1—3月全省首要污染物为颗粒物($\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10}),关中大部分城市出现超过40 d的霾天气。霾天气过程期间空气质量持续为严重污染等级。5—7月首要污染物为臭氧,全省平均臭氧超标日数共29 d,较上年同期增加9 d。

(2)1—3月全省各市平均风速均在 3.0 m/s 以下且小风频率较高;全省冷空气活动较上年同期减少3次且强度偏弱;全省平均混合层高度与上年同期相比降低22 m。平均风速小,小风日数增多,冷空气活动次数减少且强度偏弱,混合层高度偏低,是颗粒物污染过程增多的主要因素。

(3)5—7月关中和陕北气温较上年同期有较大升高,臭氧质量浓度与高温显著正相关,当日平均气温 $\geq 30 \text{ }^\circ\text{C}$ 或日最高气温 $\geq 35 \text{ }^\circ\text{C}$ 时,臭氧显著超标。臭氧质量浓度随日照时数增加而升高,日照时数 ≥ 6 h时,各市臭氧平均质量浓度均较高,日照时数 ≥ 10 h时臭氧超标率最高。臭氧质量浓度随日平均相对湿度的升高而降低,当相对湿度 $< 60.0\%$ 时,臭氧平均质量浓度超过 $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$;当相对湿度 $\geq 70.0\%$ 时,臭氧超标率明显降低。气温偏高,日照充足,湿度减小是造成臭氧超标日增多的主要因素。

参考文献:

- [1] 宋连春,高荣,李莹,等.1961—2012年中国冬半年霾日数的变化特征及气候成因分析[J].气候变化研究进展,2013,9(5):313-318.
- [2] WHITEMAN C D, HOCH S W, HOREL J D, et al. Relationship between particulate air pollution and meteorological variables in Utah's Salt Lake Valley [J]. Atmospheric Environment, 2014, 94: 742-753.
- [3] 宁海文,吴息.西安市区大气污染时空变化特征及其与气象条件关系[J].陕西气象,2005(2):17-20.
- [4] 邓霞君,廖良清,胡桂萍.近10年中国主要城市空气API及与气象因子相关性分析[J].环境科学与技术,2013,36(9):70-80.
- [5] 陈攀秋,王建力,杨平恒.2014年重庆市大气污染物浓度变化特征及其与气象条件的关系[J].西南大学学报(自然科学版),2016,38(10):147-153.
- [6] 马晓华,黄少妮,张科翔,等.关中地区一次霾天气过程分析[J].陕西气象,2017(4):10-13.
- [7] 王琦,张侠,张文静.MM5/CALMET系统对陕西大气稳定度的模拟[J].陕西气象,2017(5):23-26.