



# 关中 5 市环境空气质量特征与成因分析

## 摘要

基于国家生态环境部发布的环境空气质量监测数据等资料,采取调查研究与量化分析相结合的方法,对关中地区西安、渭南、咸阳、铜川、宝鸡 5 市空气质量的总体特征和空间差异进行研究.结果表明:颗粒污染物普遍严重超标,其中  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  分别超标 91% 和 77%;空气污染具有明显的季节性,冬季的首要污染物是  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$ ,夏季的主要污染物是  $O_3$ ;关中空气污染受地形、气象条件和工业排放、采暖、施工、道路扬尘、汽车尾气等人类活动综合影响,大气污染具有相似性,同时表现出一定的差异性.

## 关键词

空气质量;颗粒污染物;季节变化;影响因素;关中

中图分类号 X51

文献标志码 A

收稿日期 2018-05-13

资助项目 陕西省社会科学基金(2016D034);  
陕西省教育厅自然科学专项基金(16JK1828);  
陕西省重点学科专项资金(10722,60103)

## 作者简介

苏英,女,教授,主要从事区域资源环境研究.xysuying1961@126.com

1 咸阳师范学院 资源环境与历史文化学院,  
咸阳,712000

## 0 引言

近年来,以西安为核心的关中城市群受地形、气象等自然条件和工业排放等人为因素综合影响,环境空气质量在全国重点环保城市中排名靠后,西安、渭南、咸阳、铜川、宝鸡 5 个关中城市颗粒污染物连续并且严重超标,重污染天气频发,甚至出现  $PM_{2.5}$  年均质量浓度超过国家标准 1 倍以上情况.鉴于关中城市群和东部邻近城市大气污染的严峻形势,在 2018 年 2 月初召开的全国环境保护工作会议上,以关中为主体的汾渭平原地区首次被列为大气污染防治重点区域,即成为国家蓝天保卫战三大“主战场”之一<sup>[1]</sup>.2018 年 2 月 7 日国家发展改革委发布《关中平原城市群发展规划》,西安(咸阳)是关中平原城市群的核心,也是国家批准的第 9 个国家中心城市,渭南、铜川、宝鸡等是该城市群的重要节点城市,关中城市群经济快速发展的机遇和空气质量恶化的挑战同时并存.

本文是在实际调研和前人研究的基础上<sup>[2-4]</sup>,依据国家环境保护部门发布的环境空气质量监测数据以及环境状况公报等资料,对 2014 年关中地区按照《环境空气质量标准》(GB 3095—2012)实行统一监测和数据统一发布以来,西安、渭南、咸阳、铜川、宝鸡 5 个城市的环境空气质量总体特征和空间差异进行综合分析,并对区域空气污染的影响因素从自然和人为两大方面进行阐述,研究结论对关中平原城市群建设和大气污染区域联防具有一定的理论和实际意义.本研究的创新之处是基于监测数据,侧重自然地理因素对关中 5 市空气质量特征的影响研究,提出地形、气象等自然条件起重要作用,并且难以改变,关中城市空气质量的改善只能通过对工业排放等人为因素的控制来实现.

## 1 环境空气质量年度特征和空间差异

### 1.1 空气质量达标情况

关中 5 市 2014—2016 年 6 项污染物年均质量浓度如表 1 所示.按照环境空气功能区分类标准,关中城市群属于二类区,同国家限值比较,二氧化硫( $SO_2$ )年均质量浓度、一氧化碳(CO)日均值第 95 百分位质量浓度和臭氧( $O_3$ )日最大 8 小时第 90 百分位质量浓度 5 市皆达标<sup>[5]</sup>;二氧化氮( $NO_2$ )年均质量浓度铜川和宝鸡达标,咸阳、渭南、西安超标,其中西安超标 20%;可吸入颗粒物( $PM_{10}$ )和细颗粒物( $PM_{2.5}$ )

年平均质量浓度 5 个城市均严重超标,其中西安 PM<sub>10</sub>年平均质量浓度超标 97%,咸阳 PM<sub>2.5</sub>年平均质量浓度超标 106%.关中 5 市 6 项污染物平均质量浓度,PM<sub>2.5</sub>和 PM<sub>10</sub>分别超标 91%和 77%,NO<sub>2</sub>超标 3%,其余 3 项达标.显然导致关中城市群空气质量恶化的主要是颗粒污染物.

根据各项污染物的标准差与达标情况来看(表 1),关中 5 市中同一污染物的年平均质量浓度标准差为 0.29~12.59 μg/m<sup>3</sup>,平均为 5.22 μg/m<sup>3</sup>.而且达标状况基本相同,经常出现整体达标或者整体不达标的情况,说明关中城市群空气污染特征具有一定的相关性和整体性.

表 1 2014—2016 年关中 5 市污染物年均质量浓度与达标情况

Table 1 The annual average pollution concentration status and standard of the 5 cities of Guanzhong area from 2014 to 2016

城市	污染物质量浓度					
	SO <sub>2</sub>	CO 第 95 百分位浓度	O <sub>3-8h</sub> 第 90 百分位浓度	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
西安	25	3 200	145	48	138	69
咸阳	25	2 400	148	42	133	72
渭南	27	2 500	142	41	125	70
铜川	27	2 700	150	37	109	62
宝鸡	17	2 800	137	37	113	62
平均	24	2 700	144	41	124	67
二类区限值	60	4 000	160	40	70	35
超标倍数	达标	达标	达标	0.03	0.77	0.91
标准差	4.03	0.29	5.16	4.53	12.59	4.71

### 1.2 颗粒污染物特征

颗粒污染物是关中城市群大气污染的首要污染物,同时也是造成区域重污染和雾霾天气在冬季多发的主要原因<sup>[2-4]</sup>.从表 1 可以看出,在 6 项污染物中 PM<sub>10</sub>年均质量浓度数据系列标准差最大,为 12.59 μg/m<sup>3</sup>,说明不同城市间 PM<sub>10</sub>存在比较明显的差异,西安、咸阳、渭南 PM<sub>10</sub>比宝鸡和铜川高,其中西安最高,铜川最低,这主要是受偏东风吹来的黄土和粗颗粒污染物影响,使关中盆地中部和东部的城市 PM<sub>10</sub>质量浓度较盆地西部和北部高;PM<sub>2.5</sub>年平均质量浓度城市间数据系列标准差 4.71,说明差异不大,其中咸阳、西安、渭南高于铜川、宝鸡.

关中城市群 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>的数值百分比平均值为 54.5%,最低的西安 49.8%,最高的铜川 56.8%,均不到 60%(表 2).说明较粗的可吸入颗粒物占一定比例,特别是西安,由于西咸新区的开发,工程建设项目较多,工地和道路扬尘使 PM<sub>10</sub>质量浓度增加,从而使 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>数值百分比其他 4 个城市低.

### 1.3 空气质量优良天数

根据监测数据统计,2014—2017 年关中 5 市空气质量优良天数年均 214 d,优良天数从少到多依次是:咸阳(196 d)、西安(199 d)、渭南(201 d)、铜川(235 d)、宝鸡(242 d).空气质量优良率关中 5 市平

表 2 2014—2016 年关中 5 市 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>

Table 2 The percentage of PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> of the 5 cities of Guanzhong area during 2014-2016

年份	PM <sub>2.5</sub> /PM <sub>10</sub>			
	铜川	渭南	西安	咸阳
2014	58.5	59.1	51.7	53.8
2015	55.2	54.5	46.0	53.4
2016	56.7	54.7	51.8	55.0
平均	56.8	56.1	49.8	54.1

均 58.6%,最高的宝鸡 66.3%,最低的咸阳 53.7%,而同期陕北榆林市和陕南商洛市空气质量优良率分别为 83.8%和 89.2%,其中的差距足以说明关中城市群空气污染的严重程度.

相对而言关中 5 市空气质量优良率的区域差异还是比较明显的,最高的宝鸡和最低的咸阳相差 12.6%,宝鸡和铜川空气质量污染较轻,渭南、西安、咸阳空气污染严重.

### 1.4 空气质量综合指数

空气质量综合指数是描述城市环境空气质量综合状况的无量纲指数,综合考虑了《环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行)》(HJ 633—2012)中规定的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、CO、O<sub>3</sub> 等 6 种污染物污染程度,其数值越大表明综合污染程度越重<sup>[6-9]</sup>.空气

质量综合指数经常用于不同城市和区域空气质量的综合排名<sup>[8]</sup>.

2014—2017年关中5市空气质量综合指数的平均值是6.73,由小到大的顺序是:宝鸡6.08、铜川6.17、渭南6.93、咸阳7.16、西安7.33,城市间相互差异不大.相对来讲,宝鸡空气质量较好,其次是铜川、渭南、咸阳,西安最差.

## 2 环境空气质量年内变化特征

根据国家生态环境部发布的监测数据,以2017年为例,对关中5市环境空气质量AQI日均值、主要污染物( $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 和 $O_3$ )月均质量浓度和季节变化特征进行分析.

### 2.1 空气质量AQI日均值变化趋势

环境空气质量指数(AQI)是定量描述空气质量

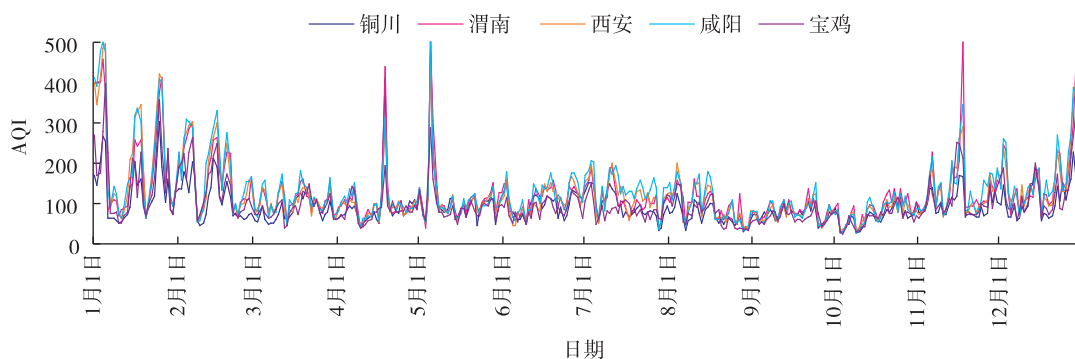


图1 2017年关中5市AQI日均值变化

Fig. 1 AQI daily mean variation of the 5 cities of Guanzhong area in 2017

### 2.2 主要污染物月均质量浓度变化趋势

关中5市主要污染物( $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 和 $O_3$ )月均质量浓度变化趋势如图2所示,颗粒污染物 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 月均质量浓度变化趋势基本一致,全年除8月达标外,其余各月均值全部超标,其中以1、2、11和12月最为严重,6—9月是一年中颗粒污染物质量浓度相对较小的时期.3—5月受沙尘天气影响, $PM_{10}$ 月均质量浓度较高; $O_3$ 月均质量浓度变化趋势与颗粒污染物正好相反,5—9月月均质量浓度超标,其中7月最高,其余月份达标,12月最低.

### 2.3 主要污染物质量浓度季节变化特征

关中5市2017年主要污染物质量浓度的季节分布如图3所示,其中春季为3—5月,夏季为6—8月,秋季为9—11月,冬季为12月—2018年2月<sup>[10]</sup>.

1) 颗粒污染物 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 季节分布特征基本一致,冬季最高,其次是秋季和春季,夏季最低,春秋

状况的无量纲指数,根据AQI指数大小把空气质量类别分为:优(0~50]、良(50~100]、轻度污染(100~150]、中度污染(150~200]、重度污染(200~300]和严重污染(>300)6个级别.从图1可以看出,关中5市AQI日均值年内变化趋势明显,并且5个城市具有一致性和相似性.1—2月和11—12月空气质量是一年中较差的时期,中度和重度及以上污染天气多发;6—8月受 $O_3$ 污染影响,空气质量较差;3—5月是空气质量较好的时段,有时受西北地区沙尘移动扩散影响,个别日期会出现AQI高达400~500,首要污染物为 $PM_{10}$ 的严重污染天气,如2017年4月18日和5月5日;9—10月是一年中空气质量相对较好的时期,大多数日期AQI<100,少数日期会出现轻度污染情况.

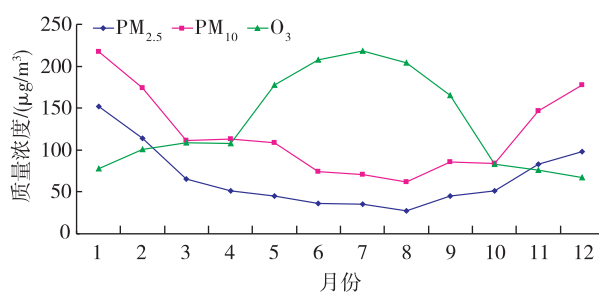


图2 2017年关中5市主要污染物月均质量浓度变化

Fig. 2 The main pollutant monthly mean variation of the 5 cities of Guanzhong area in 2017

两季差异不大.从颗粒物污染情况来看,2017年 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 年均质量浓度分别超标0.7和0.6倍,冬季污染最重,分别超标1.8和1.4倍,秋季分别超标0.7和0.5倍,春季分别超标0.5和0.6倍,只有夏季达标.

2) O<sub>3</sub> 的季节变化正好与颗粒污染物相反,夏季最高,其次是春季和秋季,冬季最低.2017年 O<sub>3</sub> 虽然年均质量浓度(134 μg/m<sup>3</sup>)达到二类区标准,但夏季超标0.3倍,并且6—8月均超标,O<sub>3</sub> 已经成为关中城市夏季的主要污染物.

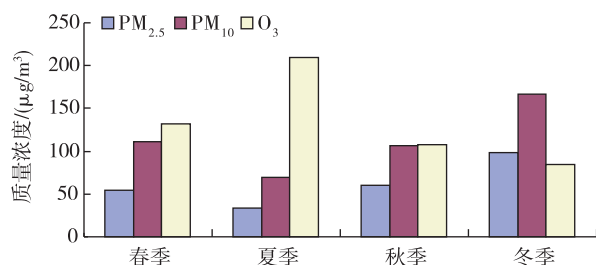


图3 2017年关中5市主要污染物季节分布

Fig.3 The main pollutant seasonal distribution of the 5 cities of Guanzhong aria in 2017

## 2.4 空气优良率季节变化特征

受主要污染物 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub> 和 O<sub>3</sub> 季节分布的影响,关中城市空气质量优良率季节变化明显,秋季最高(71%),其次是春季(64%)和夏季(51%),冬季最低(36%).

## 3 影响因素分析

### 3.1 自然地理因素

#### 3.1.1 地形地貌条件

关中城市群位于陕西中部的关中平原,由渭河及其支流泾河、洛河等冲积形成.关中平原在地质构造上属于渭河地堑,从地形地貌特点来看也叫做关中盆地,是一个北临陕北黄土高原,南依秦岭山地,

西窄东宽和西高东低三面环山的喇叭状封闭盆地(图4).盆地地形不利于空气污染物向南、北方向输送和扩散,再加上关中地区以偏东风为全年主导风向,同样不利于盆地内的污染物向东移出盆地.这样关中盆地就形成一个相对封闭的环境系统,大气污染物只能在盆地内各城市间相互输送和影响,这是关中城市空气污染具有关联性和整体性的主要原因.

另外,关中受盆地地形影响,冬季夜晚容易因辐射冷却出现逆温现象,而较厚逆温层的存在使大气层处于静稳状态,阻碍着盆地内部污染物垂直方向上的对流扩散,因此冬季是关中盆地空气质量最差的时期,极易形成雾霾等重污染天气.

#### 3.1.2 气象气候条件

1)气候特点.关中地区属暖温带大陆性季风气候,四季分明.夏季炎热多雨,湿度大、日照强,加上植被盖度大,空气中颗粒污染物质量浓度最小,但夏季的高温条件容易使 NO<sub>2</sub> 等前体物生成 O<sub>3</sub>,使夏季成为臭氧污染最严重的季节.冬季寒冷干燥,地面植被盖度最小,加上是采暖期,空气中颗粒污染物质量浓度最高,容易形成雾霾等重污染天气,空气质量最差.关中城市空气质量的季节分布主要是受气候条件的影响.

2)风向和风速.风通过对污染物的稀释、扩散、输送等形式影响区域空气质量,风向和风速是两个重要的影响因素.鲁渊平等<sup>[11]</sup>通过相关研究认为,关中地区近地层(1 500 m 以下)除西部盛行风向为 W、WNW 以外,其余大部分盛行 ENE 和 NE,西安、咸阳、渭南全年各月主导风向均为 NE,风由喇叭口逆向爬坡向西吹,随风带来的颗粒等污染物不易扩

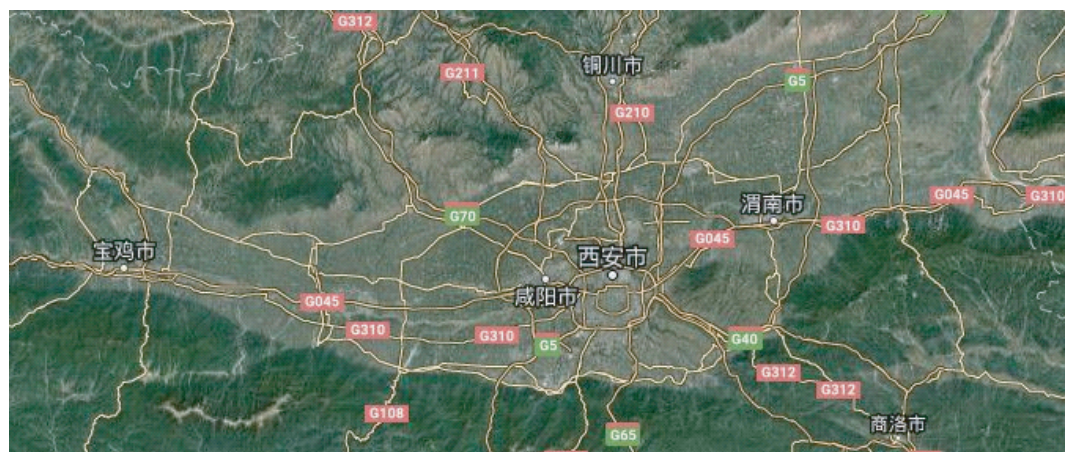


图4 关中地形地貌卫星影像

Fig.4 Landsat image map of Guanzhong area's topography and geomorphology

散,并且关中年平均风速整体上出现逐年减小的趋势.以咸阳秦都站为例(表3),咸阳市2000年以来,地面风速年平均值逐年下降,2001—2010年,年平均风速比20世纪60年代和70年代减小1.0 m/s,比80年代和90年代分别减小0.8和0.4 m/s<sup>[12]</sup>.

总之,西安、咸阳、渭南多偏东风,且冬季风速较小,加上城市高楼林立下垫面粗糙,进一步使风速减缓,不利于近地层大气污染物扩散,导致环境空气质量严重恶化;铜川位于关中盆地北缘,因临近北部黄土高原,海拔较高,年平均风速2.3~3.2 m/s,较其他分布于渭河谷地的城市风大,风向白天多西南风,夜间多东北风,污染物扩散条件较好,其大气污染程度比盆地中部的西安、咸阳、渭南轻;宝鸡位于关中盆地西部,主导风向为东风,一方面由盆地东部吹过来的偏东风由于爬坡风速减小,携带的黄土及粗颗粒物沿途不断降落<sup>[13]</sup>,输送到宝鸡区域的较少,另一方面宝鸡年平均降水量较关中其他城市多,有利于污染物的稀释和沉降<sup>[14]</sup>,因此在关中城市中宝鸡空气污染相对较轻.地质历史时期距今约10万年以来(晚更新世以来)堆积的黄土地层厚度差异也是对现代粉尘颗粒物变化的佐证.渭河谷地偏东风携带黄河及渭河河滩沙土细颗粒向西搬运并堆积,笔者近几年对关中黄土地层调查研究发现:由潼关、渭南向西安、咸阳、武功、宝鸡方向,晚更新世以来堆积的黄土地层厚度由厚变薄,分别是35.2、24.0、12.0、10.5、7.8和6.5 m.

表3 秦都气象站各年代平均风速变化情况  
Table 3 Variation of average wind speed in decades  
of Qindu district weather station m/s

年份	月份								全年
	1	2	3	9	10	11	12		
1961—1970	2.5	2.9	3.1	2.6	2.2	2.5	2.5	2.8	
1971—1980	2.3	2.9	3.3	2.5	2.4	2.4	2.3	2.8	
1981—1990	2.3	2.9	3.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.6	
1991—2000	1.9	2.4	2.6	1.9	1.7	1.9	1.8	2.2	
2001—2010	1.6	1.9	2.1	1.6	1.3	1.4	1.4	1.8	

### 3.2 人为因素

#### 1) 工业企业排放

关中地区是关中平原城市群的核心地带,经济发达,工业企业众多,能源消耗量大,污染物排放量较高.以2016年为例,关中工业总产值、第一产业产值和第二产业产值分别占陕西省总产值的66%、60%和62%.电力(火电)、石油化工、军工、机械等大

型的重工业密集分布在西安、咸阳、渭南、宝鸡这些关中城市带上,构成主要的空气污染源,再加上地形、气象等条件使污染物容易在关中空聚集,形成污染带,从而严重影响关中地区的城市空气质量,并且使污染具有相似性、关联性和整体性.

#### 2) 冬季取暖

关中5市是陕西省城市化水平最高的区域,人口密度大,冬季供暖时间长达4个月,供暖覆盖范围大.虽然绝大部分地区已经普及了集中供暖设施,但供暖的主要能源以煤为主,煤炭的大量燃烧会产生二氧化硫、硫化氢、一氧化氮等污染气体和颗粒污染物,再加上与工业燃煤污染叠加,造成冬季关中城市空气污染较其他季节更为突出,特别是PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>严重超标.冬季采暖也是造成关中冬季污染严重的一个主要人为因素.

#### 3) 施工和道路扬尘

以西安为核心的关中城市群,近几年随着城市化和经济建设的快速发展,工程建设项目众多,施工工地裸露的黄土容易被风吹起成为PM<sub>10</sub>的来源之一.关中地处黄土沉降区,交通道路由于大气降尘、拉土车抛洒、人为活动带入等原因容易产生积尘,当机动车通过时造成道路扬尘,形成二次污染,加剧了空气中颗粒物污染的程度,特别是一些郊区道路由于洒水和清扫不到位,由道路扬尘造成的污染更突出.

#### 4) 机动车尾气

机动车尾气的化学成分十分复杂,包含多种不完全燃烧的产物和燃烧反应的中间产物,包括一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化物(NO<sub>x</sub>)、硫氧化物(SO<sub>2</sub>)以及微颗粒物<sup>[15]</sup>.其中的碳氢化合物与氮氧化物还可能与空气中的其他污染物通过阳光反应形成光化学烟雾等二次污染<sup>[16]</sup>.在关中地区,城市中二氧化氮的主要来源是工业生产与机动车排放.相关研究表明,西安市由机动车尾气排放产生的二氧化氮的贡献率占38%<sup>[17]</sup>,2014—2016年西安市二氧化氮年均质量浓度连续超标,平均超出二类区限值0.2倍,其中2016年超标0.3倍.

## 4 结论与建议

通过对关中5市环境空气质量特征和影响因素的综合分析,得出以下结论和认识:

1) 从6项污染物年均质量浓度来看,关中5市颗粒污染物普遍严重超标,并且不同城市间表现出

明显的相似性和整体性.建议关中地区继续推行和完善大气污染区域联防机制,重点是打破行政区域的壁垒,建立以西安为中心,其他城市联动跟进的统一规划和统一防治措施.只有这样才能把关中平原建设成生态环境优美、经济充满活力的具有国际影响力的国家级城市群.

2) 关中 5 市空气污染具有明显的季节性.颗粒物污染物  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  质量浓度冬季最高,夏季最低,春秋两季介于其间;夏季的主要污染物是  $O_3$ ,其质量浓度季节分布正好与颗粒物污染物相反;秋季空气优良率最高,冬季最低.建议冬季进一步优化能源结构,减少煤炭燃烧,同时抑制工地和道路扬尘,降低颗粒物质量浓度;关中地区特别是西安市夏季防治大气污染防治的重点是减少  $NO_2$  等  $O_3$  前体物和汽车尾气排放,进一步降低  $O_3$  污染.

3) 关中城市的空气污染是在不利的地形以及气象条件基础上,受工业排放、采暖、施工和道路扬尘、汽车尾气等人类活动综合影响下形成的.其中地形、风向等自然因素起重要作用,并且是难以改变的;工业排放等人为影响,可通过“减煤、控车、抑尘、治源、禁燃、增绿”等措施,实现空气质量的不断改善.从目前的污染现状来看,关中城市大气污染防治的任务非常艰巨.

4) 受地形和气象等因素影响,关中 5 市空气质量具有一定的差异性.位于关中盆地西部的宝鸡空气质量较好,其次是北部的铜川和东部的渭南,盆地中部的西安、咸阳最差.

## 参考文献

### References

- [ 1 ] 邓玥.汾渭平原为何成为蓝天保卫战主战场[N].中国环境报,2018-02-23  
DENG Yue. Why Feng-Wei Plain became the main battlefield for defending the blue skies[N]. China Environment News, 2018-02-23
- [ 2 ] 李养养,唐小威,张佳音.关中城市群环境空气污染特征及对策研究[J].环境与发展,2015,27(4):60-62  
LI Yangyang, TANG Xiaowei, ZHANG Jiayin. Ambient air pollution in urban agglomeration characteristics Guanzhong and Countermeasures [J]. Environment and Development, 2015, 27(4): 60-62
- [ 3 ] 胡秋灵,杨哲.基于高频 AQI 数据的关中城市群空气污染规律探索[J].中国环境管理,2017,9(2):37-42  
HU Qiuling, YANG Zhe. Research on air pollution laws in Guanzhong Urban Agglomeration based on high frequency AQI data[J]. Chinese Journal of Environmental Management, 2017, 9(2): 37-42
- [ 4 ] 张佳音,郭云飞,李养养,等.关中地区城市空气质量特征及影响因素分析[J].地球与环境,2017,45(4):441-446  
ZHANG Jiayin, GUO Yunfei, LI Yangyang. Air quality characteristic and its influencing factor analysis for cities in Guanzhong region, China[J]. Earth and Environment, 2017, 45(4): 441-446
- [ 5 ] 刘德权,苏荷.基于大数据的城市环境治理对策[J].哈尔滨商业大学学报(社会科学版),2016(6):53-61  
LIU Dequan, SU He. The urban environment management based on Big Data [J]. Journal of Harbin University of Commerce (Social Science Edition), 2016(6): 53-61
- [ 6 ] 陈欣,刘喆,吴佩林.中国城市空气质量的“春节效应”分析:来自 31 个重点城市的经验证据[J].统计与信息论坛,2014,29(12):57-62  
CHEN Xin, LIU Zhe, WU Peiling. Analysis on Chinese urban air quality's "Spring Festival Effect": evidence from 31 key cities in China [J]. Statistics & Information Forum, 2014, 29(12): 57-62
- [ 7 ] 易睿,姚阳.环境空气质量新标准对扬州市空气质量评价结果的影响[J].化学工程师,2013,27(9):14-15,24  
YI Rui, YAO Yang. Impact of new "ambient air quality standard" on assessing results of ambient air quality in Yangzhou city [J]. Chemical Engineer, 2013, 27(9): 14-15, 24
- [ 8 ] 邢秀凤.区域环境容量、产业结构与经济发展质量关系研究:以山东济南和青岛两市为例[J].生态经济,2015(7):65-69  
XING Xiufeng. Study on the relations between regional environment capacity, industrial structure and economic development quality: taking Jinan and Qingdao of Shandong province as an example [J]. Ecological Economy, 2015(7): 65-69
- [ 9 ] 包振虎,刘涛,骆继花,等.我国环境空气质量时空分布特征分析[J].地理信息世界,2014,21(6):17-21  
BAO Zhenhu, LIU Tao, LUO Jihua, et al. Analysis of the space and time distribution of China's environmental quality index [J]. Geomatics World, 2014, 21(6): 17-21
- [ 10 ] 荆亮,徐玢花,杜艳,等.上海  $PM_{10}$  质量浓度的空间分布及影响因素分析[J].上海大学学报(自然科学版),2015,21(4):481-489  
JING Liang, XU Binhua, DU Yan, et al. Spatial distribution of  $PM_{10}$  in Shanghai and the influencing factors [J]. Journal of Shanghai University (Natural Science Edition), 2015, 21(4): 481-489
- [ 11 ] 鲁渊平,杜继稳,侯建忠,等.陕西省风速风向时空变化特征[J].陕西气象,2006(1):1-4  
LU Yuanping, DU Jiweng, HOU Jianzhong, et al. Characteristics of temporal and spatial changes of wind speed and direction in Shaanxi province [J]. Journal of Shaanxi Meteorology, 2006(1): 1-4
- [ 12 ] 秦建锋,窦辉.咸阳市雾霾天气气候特征及成因分析[J].资源节约与环保,2015(9):144-147  
QIN Jianfeng, DOU Hui. Analysis of climatic characteristic on smoggy weather and its causes in Xianyang City [J]. Resources Economization & Environmental Protection, 2015(9): 144-147
- [ 13 ] 苏英,张炜,刘俊峰,等.关中东部渭河右岸晚更新世

- 以来黄土的粒度特征与物源分析[J].科学技术与工程,2013,13(27):7941-7946
- SU Ying,ZHANG Wei,LIU Junfeng,et al.The grain size characteristics and source of loess since late pleistocene in the Guanzhong Eastern Weihe on the right bank[J]. Science Technology and Engineering, 2013, 13 ( 27 ) : 7941-7946
- [14] 韩超.关中地区环境空气污染物浓度的统计特征及与气象要素的关系[D].西安:长安大学,2012
- HAN Chao.The statistical distributions of air pollutant concentrations and the relationship between air qualities and meteorological elements in Guanzhong of Shaanxi, China[D].Xi'an:Chang'an University,2012
- [15] 苏海峰,郝刚.柴油机污染及治理措施[J].河北农机,2006(6):23-24
- SU Haifeng, HAO Gang. Diesel Engine Pollution and Control Measures [ J ]. Hebei Agricultural Machinery, 2006(6):23-24
- [16] 张凯.西安市机动车尾气污染控制研究[D].西安:长安大学,2014
- ZHANG Kai.Study on vehicle pollution and control strategies in Xi'an[D].Xi'an:Chang'an University,2014
- [17] 王静晞,曹国良,韩蕾,等.关中地区人为源大气污染物排放清单研究[J].安全与环境学报,2015,15(5):284-289
- WANG Jingxi, CAO Guoliang, HAN Lei, et al. Probe to the anthropogenic air pollutant emission inventory in Guanzhong region, Shaanxi [ J ]. Journal of Safety and Environment, 2015, 15 ( 5 ) : 284-289

## Analysis of characteristics and causes of air quality in the five cities of the Guanzhong area

SU Ying<sup>1</sup> GUO Lingxia<sup>1</sup> LIU Yufeng<sup>1</sup>

<sup>1</sup> College of Resources Environmental and History Culture, Xianyang Normal University, Xianyang 712000

**Abstract** Based on the environmental air quality monitoring data released by the Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China and by using investigation and quantitative analysis methods, the overall characteristics and spatial differences of air quality in the five cities of Xi'an, Weinan, Xianyang, Tongchuan, and Baoji in the Guanzhong area were analyzed in this study. The results showed the following. (1) The particulate pollutants generally exceeded their standards significantly, with PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> exceeding the standards of 91% and 77%, respectively. (2) The air pollution has obvious seasonality, as the primary pollutants in winter are PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> and the major summer pollutant is O<sub>3</sub>. (3) Air pollution in the Guanzhong area is affected by human activities such as topography, weather conditions and industrial emissions, heating, construction and road dust, and automobile exhaust. The air pollution has similarities and shows some differences.

**Key words** air quality; particulate pollutant; seasonal variation; influential factors; Guanzhong area