

王钊, 彭艳, 白爱娟, 等. 近 60 年西安日照时数变化特征及其影响因子分析[J]. 高原气象, 2012, 31(1): 185-192

# 近 60 年西安日照时数变化特征及其影响因子分析

王钊<sup>1</sup>, 彭艳<sup>2</sup>, 白爱娟<sup>3</sup>, 董妍<sup>2</sup>, 李星敏<sup>2</sup>

(1. 陕西省农业遥感信息中心, 陕西 西安 710015; 2. 陕西省气象科学研究所, 陕西 西安 710015;  
3. 成都信息工程学院, 四川 成都 610225)

**摘要:** 利用常规气象观测资料和 MODIS 卫星 C5 气溶胶产品, 分析了近 60 年西安日照时数变化特征及其相关影响因子。结果表明, 西安日照时数在 1981—2001 年之间存在明显的下降趋势, 以春、夏季日照时数下降最为明显, 秋、冬季次之。渭南、华县的日照时数变化表明, 西安及其以东地区的日照时数存在区域性下降, 且 3 个城市的日照时数下降百分率存在明显的相关性。而华山(海拔 2064.9 m)的日照时数在近几十年中并未出现明显的增加或减少趋势, 因此, 影响西安及其东部日照时数下降的原因很可能位于近地面 2 km 以下。通过分析气溶胶光学厚度、总云量、低云量和降水量的变化, 发现关中东部地区的气溶胶光学厚度明显高于西部地区, 高浓度的气溶胶并未导致西安、渭南、华县 3 个城市的总云量、低云量和降水量的增加, 相反云量和降水量均呈现弱的区域性下降趋势。因此, 西安及其以东地区日照时数的区域性下降不是气溶胶的间接效应引起的, 很可能是在地形和盛行风向的共同作用下导致气溶胶在关中东部地区堆积而产生的直接辐射效应所致。

**关键词:** 西安; 日照时数; 气溶胶; 直接效应; 间接效应

文章编号: 1000-0534(2012)01-0185-08 中图分类号: P422.1<sup>+</sup>1 文献标识码: A

## 1 引言

近年来有不少学者对日照时数、日照百分率的气候变化特征进行了研究和统计分析, 发现中国大部分地区的地面总辐射量呈下降趋势<sup>[1-7]</sup>。郭军等<sup>[1]</sup>研究了天津地区日照时数变化特征及其影响因素, 指出近 40 年天津地区日照时数呈明显的下降趋势; 陈碧辉等<sup>[2]</sup>指出, 近 50 年成都日照时数总体呈减少趋势, 且夏季的减少趋势明显大于其他季节; 周长艳等<sup>[3]</sup>和杜军等<sup>[4]</sup>利用近 35 年拉萨日照时数、水汽压、降水和云量等资料, 讨论了 35 年拉萨日照时数的气候变化特征及变化原因; 买苗等<sup>[5]</sup>利用黄河流域及其周边 146 个气象站 1960—2000 年逐月日照百分率资料, 分析发现黄河流域日照百分率的下降表现得非常明显, 遍布整个流域的中、下游; 李跃清等<sup>[6]</sup>研究了近 40 年青藏高原东侧地区云、日照、温度及日较差的变化特征; 王枫叶等<sup>[7]</sup>指出, 近 45 年酒泉绿洲日照时数也呈减少趋势。日照百分率的下降表征了太阳辐射的下降, 目

前大部分科学家在不同程度上分析了各地日照时数下降的事实, 但对其具体下降的原因分析较少。龙红等<sup>[8]</sup>指出, 总云量和水汽压的变化是昆明日照时数减少的主要影响因子; Stanhil et al<sup>[9]</sup>认为, 云量和气溶胶的增加是近年来全球太阳辐射下降的主要原因; Shaw et al<sup>[10]</sup>指出, 台湾地区日照时数明显下降的主要原因是由于人为气溶胶增加所导致的云量和云反射率的变化所致。郑小波等<sup>[11]</sup>指出, 云贵高原对流层气溶胶和污染物浓度的增加是导致日照减少的主要原因。还有一些研究表明<sup>[12-15]</sup>, 我国大部分地区气溶胶浓度呈逐年增加的趋势。

西安位于陕西省关中盆地中部, 其北面为黄土高原, 南面为秦岭山脉, 特殊的喇叭口地形, 一定程度上限制了整个关中地区气溶胶的扩散和传输<sup>[16]</sup>。近年来, 由于西安城市规模扩大和改革开放后工业的迅速发展, 能源和物资消耗也相应增长, 向大气中排放了大量的污染物, 对城市环境和气候产生了不可忽视的影响。本文通过分析西安日照时数的长期变化特征和相关影响因子, 为进一步

收稿日期: 2010-12-07; 改回日期: 2011-02-13

基金项目: 陕西省气象局重点项目(2010Z-6); 国家自然科学基金项目(40975020)共同资助

作者简介: 王钊(1980-), 男, 甘肃人, 工程师, 主要从事卫星遥感应用研究. E-mail: penbird@sohu.com

分析西安及其周边地区的天气与气候变化提供参考依据。

## 2 资料选取

选取西安、渭南、华县、华山 4 个观测站逐日日照时数、逐日总云量、逐月降雨总量、能见度和雾日数等常规气象观测资料,其中能见度为 14:00 (北京时,下同)的数据<sup>[17]</sup>,对存在降水、雾、大风、沙尘暴、扬沙和高湿(相对湿度 $>80\%$ )的资料进行剔除。日照时数统计为月总量和年总量,多年平均值为各测站资料平均值。4 个测站的地理信息和资料长度如表 1 所示。其中,云量资料截止年限为 2007 年。

表 1 所选测站的地理信息和资料时段  
Table 1 Geographic information and data length for the selected weather station

观测站	经纬度	海拔 /m	资料时段 /年
西安	34°18'N, 108°56'E	396.9	1951—2008
渭南	34°31'N, 109°29'E	348.8	1959—2008
华县	34°31'N, 109°44'E	342.3	1961—2008
华山	34°29'N, 110°05'E	2064.9	1953—2008

由于 MODIS 卫星 C5(2006 年更新)气溶胶产品在植被覆盖较好的北方地区有较好的适用性<sup>[18-20]</sup>,故选取 2001—2009 年间的 MOD04-L2 数据,对 550 nm AOT(Aerosol Optical Thickness)数据集进行提取、投影转换,然后逐像元进行合成,统计晴空像元个数<sup>[21-22]</sup>,进行月和年的平均值合成,得到 2001—2009 年陕西关中地区 550 nm 气溶胶光学厚度的多年平均分布特征。

## 3 结果分析

### 3.1 日照时数变化

图 1 给出了 1951—2008 年西安日照时数年总量距平分布特征。从图 1 中可看出,近 60 年西安日照时数的变化特征可分为 3 个阶段:1955—1980 年,日照时数均在多年平均值以上,其中日照时数最多的年份为 1966 年,年日照总量达到 2403.5 h;1981—2001 年为日照时数明显下降时段,1984,1992 和 2000 年日照时数年总量下降最为明显,分别为 1203.3,943.2 和 1091.9 h,较多年平均值分别下降了 33.7%,48.0%和 39.8%,其中 1992 年日照年总量为有历史记录以来的最低值;2002—

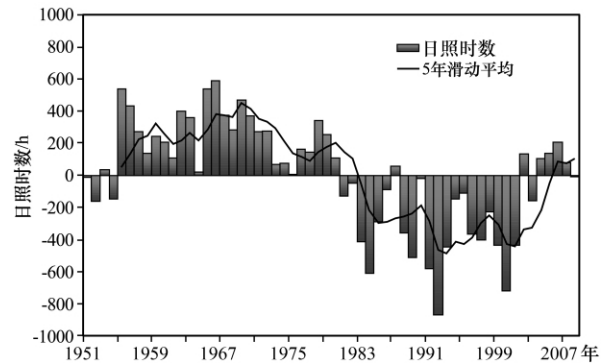


图 1 1951—2008 年西安日照时数距平年变化特征  
零线为多年平均值(1814.7 h)

Fig. 1 Annual average change of sunshine duration in Xi'an in 1951—2008. Zero line is normals(1814.7 h)

2008 年为日照时数缓慢回升阶段,除 2003 年以外年日照时数均在多年平均值以上。

从图 2 中可看出,西安不同季节日照时数总量的变化特征:(1)西安各季节日照时数的总量均呈明显的下降趋势,以春、夏季最为明显,秋、冬季次之。(2)各季节日照时数下降时段存在一定的差异:春、秋季日照时数下降时段为 1983—2001 年,与年总量下降时段较为一致,而夏季日照时数下降时段为 1980—2008 年,冬季为 1988—2008 年。因此,1981—1982 年间日照时数年总量的减少主要贡献者为夏季,1983—1987 年间日照时数减少的贡献者为春、夏、秋 3 个季节。(3)春、秋季日照时数总量在 2002—2008 年均存在上升过程,但春季的上升过程明显强于秋季。因此,2002—2008 年日照时数年总量呈上升趋势的主要贡献者为春季。

图 3 给出了近 60 年渭南、华县和华山日照时数年总量的变化特征。与西安日照时数年总量变化相似,渭南和华县的日照时数年总量在 1980—2001 年间存在一个明显的下降过程,2002—2008 年均存在一个弱的上升过程。华山近 60 年的日照时数无明显的上升或下降趋势。西安、渭南、华县和华山同属于关中东部地区,基本处于同一天气系统影响,华山近 60 年日照时数无明显下降的观测事实表明,关中东部地区日照时数下降的主要影响因子很可能低于华山站的海拔高度,即位于近地面 2 km 以下。

图 4 给出了西安、华县和渭南 3 个城市日照时数下降百分率的相关关系。其中,采用 1961—1970 年的平均值作为基础值,分别计算 1970 年以后西安、华县和渭南的日照时数相对于 1961—1970 年

下降的百分率。西安与华县、西安与渭南以及渭南与华县日照时数下降百分率的相关系数分别为 0.73, 0.79 和 0.68, 3 个城市的日照时数下降存在

显著的相关性。因此, 影响西安日照时数年总量下降的原因存在一定的区域性, 而且影响因子基本相同。

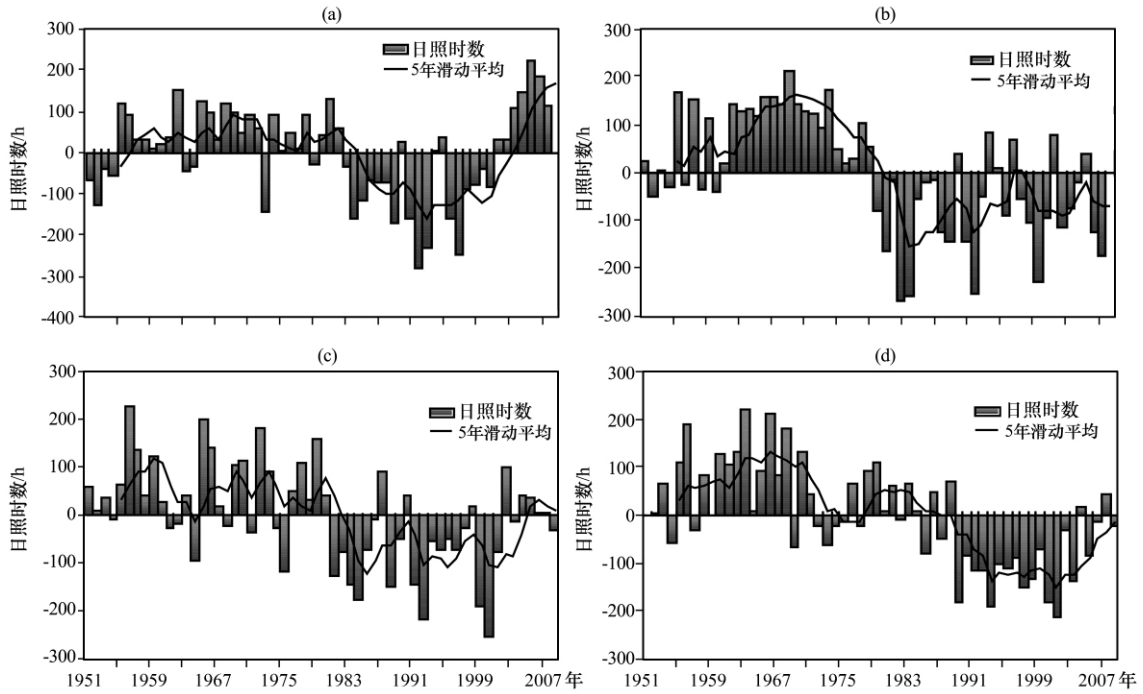


图 2 西安各季节日照时数距平变化特征  
(a) 春季, (b) 夏季, (c) 秋季, (d) 冬季

Fig. 2 Changes of sunshine duration anomaly in different seasons in Xi'an.  
(a) spring, (b) summer, (c) autumn, (d) winter

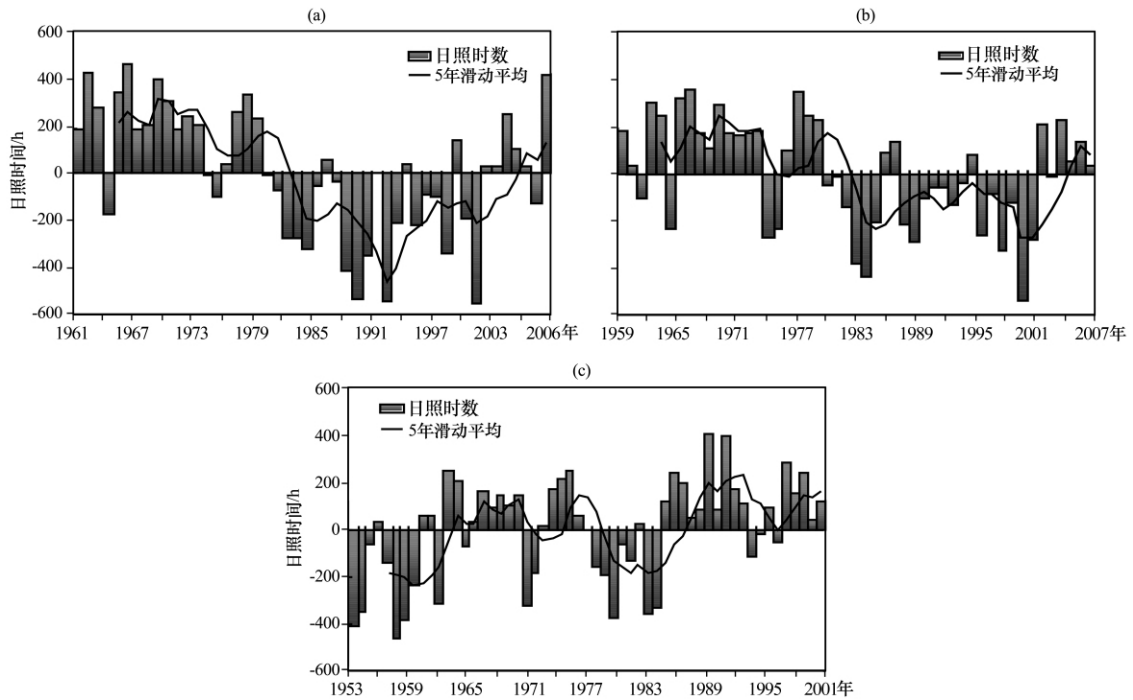


图 3 华县(a)、渭南(b)和华山(c)日照时数距平的年变化特征

Fig. 3 Annual changes of sunshine duration anomaly in Huaxian(a), Weinan(b) and Hua Mountain(c)

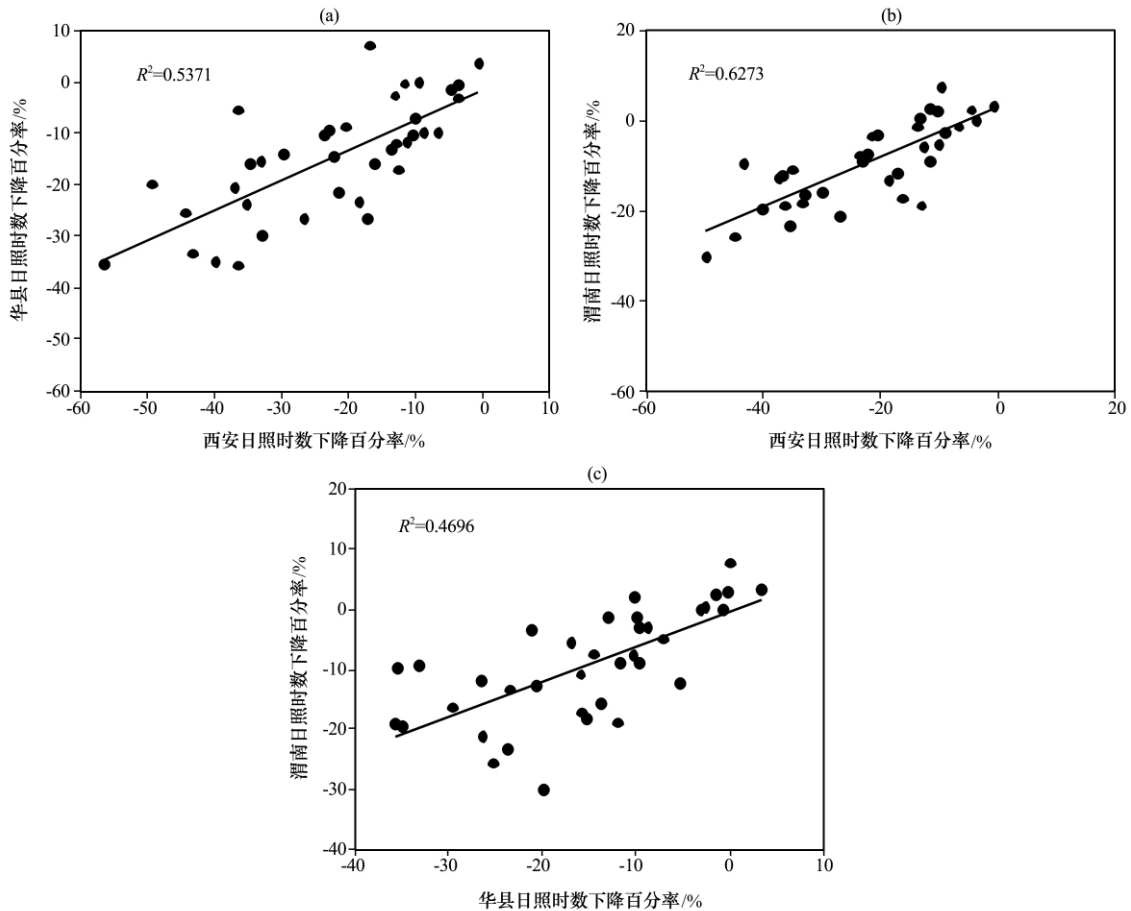


图 4 西安、渭南和华县日照时数下降百分率的相关关系

(a) 西安与华县, (b) 西安与渭南, (c) 华县与渭南

Fig. 4 Correlation relation of percentage reduction of sunshine duration in Xi'an, Huaxian and Weinan.

(a) Xi'an and Huaxian, (b) Xi'an and Weinan, (c) Huaxian and Weinan

### 3.2 原因分析

日照时数变化主要受云量、大气透明度和太阳常数等变化的影响,其中,云量和大气透明度的影响较为重要;而云量和大气透明度的变化又会受到大气气溶胶变化的影响。一些研究表明<sup>[23-24]</sup>,能见度的好坏能间接地反映出一个地区大气气溶胶的变化。由于目前缺乏长时间序列的气溶胶观测资料,因此通过分析能见度的长期变化趋势可间接讨论气溶胶的变化。图 5 给出了 1980—2009 年关中东部地区能见度变化曲线。从图 5 中可看出,关中东部地区能见度呈明显的下降趋势,根据能见度和气溶胶光学厚度变化的反向趋势<sup>[24]</sup>,关中东部地区的污染有逐年加重的趋势。

图 6 给出了 MODIS 卫星 10 km 分辨率的气溶胶数据产品反演得到陕西关中地区 2001—2009 年不同季节气溶胶光学厚度多年平均的变化特征。从图 6 中可看到,关中地区不同季节气溶胶光学厚度

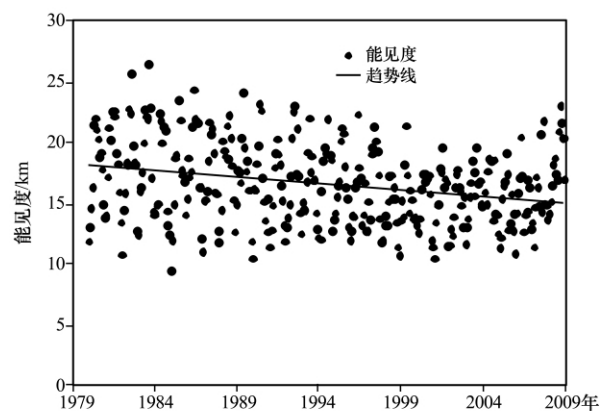


图 5 关中东部地区能见度分布

Fig. 5 Distribution of visibility over the east of Guanzhong region, Shaanxi

多年平均值分布均呈东高西低,高值中心主要位于西安东部和渭南南部,其中以夏季气溶胶光学厚度最大,中心最大值在 0.9~1.1 之间;春季次之,中

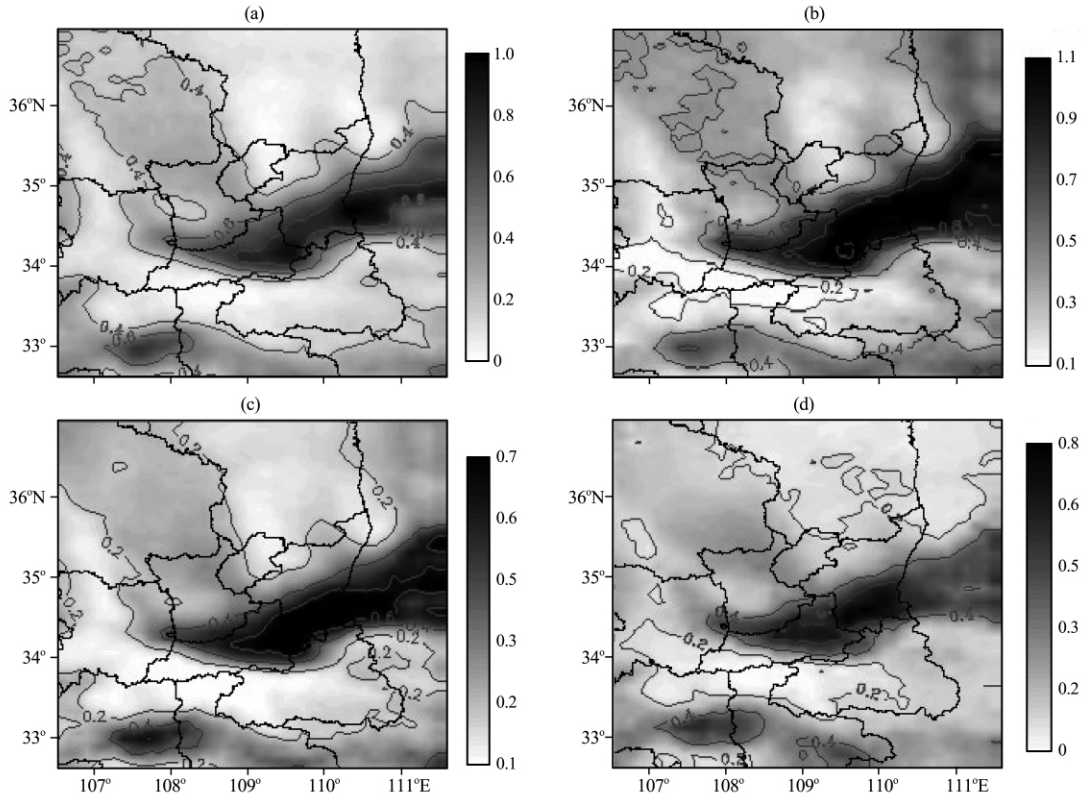


图 6 2001—2009 年关中地区各季气溶胶光学厚度多年平均值的变化特征

(a) 春季, (b) 夏季, (c) 秋季, (d) 冬季

Fig. 6 Change of AOT normals in Guanzhong region, Shaanxi in seasons of 2001—2009.

(a) spring, (b) summer, (c) autumn, (d) winter

心最大值在 0.8~1.0; 秋季最小, 中心最大值在 0.6~0.7 之间。关中东部气溶胶光学厚度较西部高的可能原因有: (1) 地形影响。关中地区为喇叭口狭长地形, 在西风带环流中, 关中东部处于整个关中城市群污染物向下游传输扩散的出口; (2) 盛行风向的影响。关中地区近地面西部盛行西风, 东部盛行东风<sup>[25]</sup>, 因此关中西部城市群所造成的人为污染, 在偏西风的作用下向关中东部扩散, 而关中东部的盛行风向为东风, 不利于关中东部的污染物向外扩散和传输, 这样就导致关中西部和东部的污染物都在东部一带积聚, 从而使关中东部的气溶胶光学厚度明显高于关中西部地区。

大气气溶胶的增加对气候的影响分别为直接影响和间接影响。直接影响是指大气中气溶胶粒子散射(吸收)太阳辐射和长波辐射, 从而影响地—气辐射收支; 间接影响是指气溶胶浓度的变化会影响云的特性(包括光学特性、云量和云的寿命等)。Shaw et al<sup>[10]</sup>指出, 台湾地区的日照时数下降主要是气溶胶的间接效应所引起的, 气溶胶增加导致台

湾地区云量增加和云辐射特性改变, 从而使台湾地区日照时数出现了较明显的下降。任国玉等<sup>[26]</sup>指出, 在西部地区云量和降水量的变化对日照时数的影响更为重要。本文根据常规气象观测资料, 分析了近 60 年西安、渭南、华县 3 个城市总云量和低云量的变化特征。

在研究云量变化对日照时数的影响时, 首先要排除因近地层气溶胶增加所引起的雾日数的变化。分析近 60 年西安雾日数的变化特征(图略), 发现西安自 1972 年开始雾日数呈明显的逐年下降趋势, 1972 年雾日数为 56 天, 而到 2007 年则下降到 13 天。雾日数的下降可能与近地层其他气象要素变化有关, 这里不做详细分析。

图 7 给出了西安、渭南和华县 3 个城市总云量和低云量的变化特征。从图 7a 中可看到, 西安、渭南和华县 3 个城市总云量变化较小, 20 世纪总云量呈现较弱的下降趋势, 但从 2000 年开始 3 个城市的总云量呈现出不同程度的上升趋势, 其中, 以西安总云量的上升最为明显, 2007 年较 2000 年总云

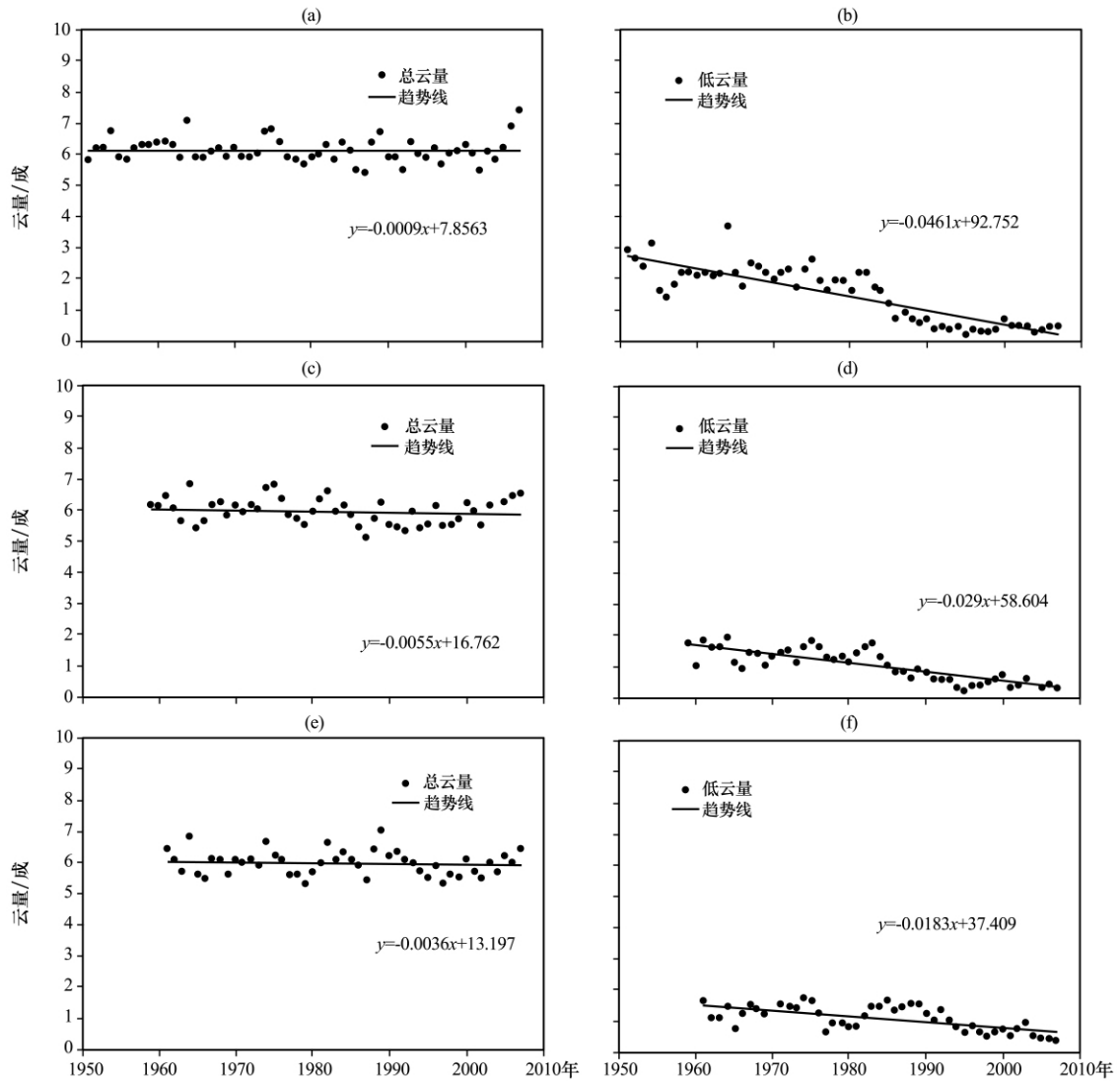


图 7 西安(a, b)、华县(c, d)和渭南(e, f)总云量、低云量变化特征

Fig. 7 Characteristics of total cloud cover and low cloud cover in Xi'an(a, b), Weinan (c, d), and Huaxian (e, f)

量上升了近 1.1 成，渭南和华县 2007 年均较 2000 年上升了 0.3 成。从图 7b 中可看到，在 20 世纪 80 年代中期之前，西安和渭南的低云量变化较小，80 年代中期开始西安、渭南和华县低云量均呈现出明显的下降趋势，80 年代(1980—1989 年)西安、渭南和华县的平均低云量分别为 1.3, 1.1 和 1.3, 21 世纪初期(2000—2007 年)，西安和渭南的平均低云量降至 0.5, 0.4 和 0.6 成。总云量和低云量不同程度的降低，可能与大气环流、水汽等变化有关。由此可见，西安、渭南和华县存在区域性日照时数的下降并非区域性云量的改变所致。

图 8 为 1951—2008 年西安多年降雨量距平分布。从图 8 中可看到，西安的降雨量存在两个较明

显的下降阶段，20 世纪 60 年代末期到 70 年代以及 80 年代末期到 90 年代，其中 80 年代末期到 90 年

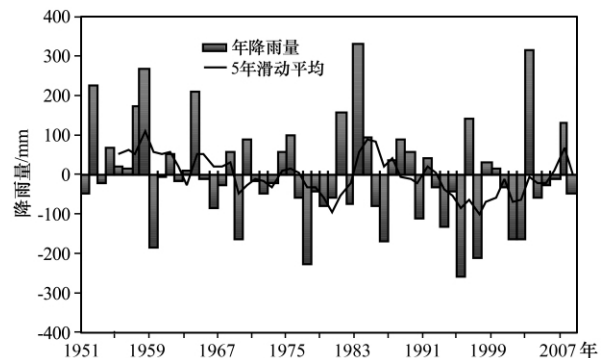


图 8 1951—2008 年西安年降雨量距平变化特征

Fig. 8 The change of annual precipitation anomaly in Xi'an in 1951—2008

代降雨量距平下降较明显,1995 年年降雨量较多年平均值(572 mm)下降了 260 mm。降雨量的下降可能与大气环流、水汽传输有关。

上述分析表明,关中东部地区气溶胶的增加,并未引起关中东部地区云量和降水产生明显的变化,因此,西安日照时数的下降不是气溶胶的间接效应所致,很可能是直接辐射效应引起的,即在地形和盛行风向的共同作用下,关中城市群所产生的气溶胶污染在关中东部地区近地层大气中堆积,形成一个浓度较高的气溶胶分布,从而使该区域大气透明度降低,削弱了到达地面的太阳辐射,使西安和关中东部地区日照时数出现明显下降,其中关中东部地区春、夏季气溶胶光学厚度值明显高于秋、冬季,致使春、夏季日照时数的下降也明显高于秋、冬季。

#### 4 结论

利用常规气象观测资料和 MODIS 卫星气溶胶产品,分析了西安及其东部部分城市日照时数的变化特征及其下降的主要原因,得到以下主要结论:

(1) 西安日照时数下降时段主要在 1981—2001 年间,日照时数的下降不仅出现在西安,在其东部的中小型城市渭南和华县也很明显,而且这 3 个城市日照时数的下降百分率存在较明显的相关。对比华山日照时数的变化,西安及其东部城市日照时数下降的主要影响因子位于近地面 2 km 以下。

(2) 1980 年以后关中东部地区能见度呈现出明显的下降趋势,其气溶胶光学厚度明显高于关中西部地区,在地形和盛行风向的作用下,关中地区城市发展所产生的大量气溶胶主要积聚在关中东部地区。

(3) 关中地区气溶胶的增加并未导致西安、渭南和华县的雾日数、总云量和低云量的增加,相反,这 3 个城市的总云量和低云量还存在不同程度的下降,同时也未使西安地区出现较明显的降水增加。

(4) 西安及其东部部分城市日照时数的区域性下降不是气溶胶的间接效应引起的,很可能是在特殊地形和盛行风向的作用下,关中地区城市发展所产生的大量气溶胶在关中东部地区积聚,在近地面 2 km 以下形成较高浓度的气溶胶分布,降低了关中东部地区的大气透明度,削弱了到达地面的太阳辐射,使日照时数降低。2002—2008 年日照时数的弱回升过程,可能与 2000 年以后关中地区采

取相关节能减排措施以及局地大气环流的改变有关。

#### 参考文献

- [1] 郭军,任国玉. 天津地区近 40 年日照时数变化特征及其影响因素[J]. 气象科技, 2006, 34(4): 415—420.
- [2] 陈碧辉,张平,郝克俊,等. 近 50 年成都市日照时数变化规律[J]. 气象科技, 2008, 36(6): 760—763.
- [3] 周长艳,杨秀海,李跃清,等. “日光城”拉萨日照时数的变化特征[J]. 资源科学, 2008, 30(7): 1000—1004.
- [4] 杜军,边多,胡军,等. 西藏 35 年日照时数的变化特征及其影响因素[J]. 地理学报, 2007, 62(5): 2—4.
- [5] 买苗,曾燕,邱新法,等. 黄河流域近 40 年日照百分率的气候变化特征[J]. 气象, 2006, 32(5): 62—66.
- [6] 李跃清. 近 40 年青藏高原东侧地区云、日照、温度及日较差的分析[J]. 高原气象, 2002, 21(3): 327—331.
- [7] 王枫叶,刘普幸. 酒泉绿洲近 45 年日照时数的变化特征分析[J]. 高原气象, 2010, 29(4): 999—1004.
- [8] 龙红,谢国清,李蒙,等. 近 46 年来昆明市日照变化特征分析[J]. 云南地理环境研究, 2009, 21(4): 101—105.
- [9] Stanhill G, Cohen S. Global dimming: A review of the evidence for a widespread and significant reduction in global radiation with discussion of its probable causes and possible agricultural consequence[J]. *Agricul Forest Meteor*, 2001, 107(4): 255—278.
- [10] Shaw C L, Chung H W, Chein J S, et al. Reduction in sunshine duration over Taiwan: Causes and implications[J]. *Atmos Ocean Sci*, 2002, 13(4): 523—545.
- [11] 郑小波,罗宇翔,段长春,等. 云贵高原近 45 年来日照及能见度变化及其成因初步分析[J]. 高原气象, 2010, 29(4): 992—998.
- [12] Qiu Jinhuan, Yang Liquan. Variation characteristics of atmospheric aerosol optical depths and visibility in North China during 1980—1994[J]. *Atmos Environ*, 2000, 34(4): 603—609.
- [13] 罗云峰,吕达仁,李维亮,等. 近 30 年来中国地区大气气溶胶光学厚度的变化特征[J]. 科学通报, 2000, 45(5): 549—554.
- [14] 罗云峰,李维亮,周秀骥,等. 20 世纪 80 年代中国地区大气气溶胶光学厚度的平均状况分析[J]. 气象学报, 2001, 59(1): 77—87.
- [15] 宗雪梅,邱金桓,王普才. 近 10 年中国 16 个台站大气气溶胶光学厚度的变化特征分析[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(2): 201—205.
- [16] 王钊,彭艳,张树誉. MODIS 资料反演 AOD 及其在区域污染中的应用[J]. 高原气象, 2008, 27(4): 911—917.
- [17] 范引琪,李春强. 1980—2003 年京、津、冀地区大气能见度变化趋势研究[J]. 高原气象, 2008, 27(6): 1392—1400.
- [18] 李晓静,张鹏,张兴赢,等. 中国区域 MODIS 陆上气溶胶光学厚度产品检验[J]. 应用气象学报, 2009, 20(2): 147—156.
- [19] Zhou Chunyan, Liu Qinhuo, Tang Yong, et al. Comparison

- between MODIS aerosol product C004 and C005 and evaluation of their applicability in the north of China[J]. *J Remote Sens*, 2009, 13(5): 854—872.
- [20] 赵秀娟, 陈长和, 张武, 等. 利用 MODIS 资料反演兰州地区气溶胶光学厚度[J]. *高原气象*, 2005, 24(1): 97—103.
- [21] Levy R C, Remer L A, Kaufman Y J. Effects of neglecting polarization on the MODIS aerosol retrieval over land [J]. *IEEE Trans Geosci Remote Sens*, 2004, 42(11): 2576—2583.
- [22] Levy R C, Remer L A, Mattoo S, et al. Second-generation operational algorithm: Retrieval of aerosol properties over land from inversion of moderate resolution imaging spectroradiometer spectral reflectance [J]. *J Geophys Res*, 2007, 112, D13211, doi: 10.1029/2006JD007811.
- [23] 赵庆云, 张武, 王式功. 空气污染与大气能见度及环流特征的研究[J]. *高原气象*, 2003, 22(4): 393—395.
- [24] 赵秀娟, 陈长和, 袁铁, 等. 兰州冬季大气气溶胶光学厚度及其与能见度的关系[J]. *高原气象*, 2005, 24(4): 617—622.
- [25] 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, 26(1): 1—3.
- [26] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 近 50 年中国地面气候变化基本特征[J]. *气象学报*, 2005, 63(6): 942—956.

## Analysis on Variation of Sunshine Duration in Xi'an in Recent 60 Years and Its Influencing Factor

WANG Zhao<sup>1</sup>, PENG Yan<sup>2</sup>, BAI Ai-juan<sup>3</sup>, DONG Yan<sup>2</sup>, LI Xing-min<sup>2</sup>

(1. *Shaanxi Remote Sensing Information Center for Agriculture, Xi'an 710015, China;*

2. *Meteorological Institute of Shaanxi Province, Xi'an 710015, China;*

3. *Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)*

**Abstract:** Using the long term record (about 60 years) of meteorological parameters of Xi'an and east of Guanzhong region in Shaanxi Province and nine years of MODIS data, the causes of decreasing trend for sunshine duration during rapid economic developing period have been analyzed. The result shows that there is an obviously decrease of sunshine duration in Xi'an from 1981 to 2001. The decreasing trends are also found in Weinan and Huaxian, east of Xi'an. And there is the good correlation of percentage reduction of sunshine duration at two different stations. But the decrease of sunshine duration is not found in Hua mountain. The cause of the reduction is at height below 2 km. And there is a high value center of AOD on the east side of Guanzhong region in Shaanxi Province, while after eliminating of fog day, total cloud cover and low cloud cover, there are no obvious increase of fog day and cloud cover based on the increase of aerosol caused by the development of the cities. So the main cause of sunshine duration over east of Guanzhong in Shaanxi Province is not the indirect effect of aerosol, but most probably direct radiation. That means in the special terrain and prevailing wind, anthropogenic aerosol caused by the development of cities in Guanzhong region of Shaanxi Province accumulated in east part of Guanzhong, thus there is a high aerosol concentration layer below 2 km above the surface layer. The existence of high concentration aerosol layer could reduce the amount of solar radiation reaching the earth surface and decrease the sunshine duration. The increasing sunshine duration from 2002 to 2008 probably has some relation with anti-pollution measures and variation of prevailing wind, which need further study.

**Key words:** Xi'an; Sunshine duration; Aerosol; Direct effect; Indirect effect