

# 荆门市近60年日照时数变化特征及其影响因素

梁涛 何盛浩 王佳丽 王露 杨津

(湖北省荆门市气象局, 荆门 448000)

**摘要:** 对荆门市境内荆门、钟祥、京山三站1961—2017年逐月日照时数、总云量、低云量、水汽压、相对湿度、能见度资料进行统计分析, 结果表明, 荆门、钟祥两站年、季日照时数均为显著的减少趋势, 其中减少速率最大的是日照时数, 夏季减少最多, 秋、冬季次之, 春季最小; 20世纪60—70年代日照充沛, 80年代为过渡时期, 90年代以后日照时数减少的趋势加剧。京山站夏季减少趋势显著, 秋、冬两季为不显著的减少趋势, 春季为不显著的增加趋势。年日照时数异常出现过11站次, 季日照时数异常出现过33站次, 均以异常偏多为主; 能见度显著下降是造成年/季日照时数减少的最主要原因, 总云量、相对湿度和水汽压增加也是个别季节、个别站点日照时数减少的原因; 京山站日照时数下降趋势小于荆门、钟祥两站的原因, 主要是由于能见度下降趋势较小, 这可能与京山县的地理环境以及经济发展模式对环境的破坏较小有关。

**关键词:** 日照时数, 气候倾向率, 影响因子

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2019.05.007

## The Variation Characteristics and Influencing Factors of Sunshine Duration in Jingmen Municipality During 1961 to 2017

Liang Tao, He Shenghao, Wang Jiali, Wang Lu, Yang Jing

(Jingmen Meteorological Bureau of Hubei Province, Jingmen 448000)

**Abstract:** Statistical analyses were done for data collected from three observational stations in Jingmen municipality from 1961 to 2017. The analyzed data include monthly sunshine duration, total cloud amount, low-level cloud amount, vapor pressure, relative humidity, and visibility. The results indicated that the sunshine duration of Jingmen station and Zhongxiang station was significantly reduced with time, with the greatest reduction rate occurring in summer when the sunshine duration was the most, followed by autumn and winter, and the lowest reduction rate in spring. The sunshine duration was abundant during the 60s and 70s. It started to decline during the 80s and decreased remarkably since the 90s. At Jingshan station, the decrease in sunshine duration was significant in summer but not significant in autumn and winter. For the spring, however, there was a slight (not significant) increase in sunshine duration. A significant decrease in visibility contributed mainly to the reduced annual/seasonal sunshine duration, while the increase of total cloud cover, relative humidity and water vapor pressure also partly explained the decrease of sunshine duration in individual seasons and stations. The lower decreasing rate of sunshine duration in Jingshan station compared to the Jingmen station and zhongxiang station was mainly attributed to the smaller decrease of visibility in Jinshan station which could be related to the geographical environment and the economic development model of Jingshan county.

**Keywords:** sunshine duration, climatic trend rate, influencing factors

### 0 引言

关于气候变化及其影响的研究, 大部分学者主要从气温和降水两方面来探讨气候变化趋势以及全球气候变化对农业生产和生态系统影响等方面的影响<sup>[1-4]</sup>。日照也是影响气候变化的主要气象要素之一。日照时数是指太阳每天在垂直于其光线的平面上的辐射强度超过或等于  $120 \text{ W/m}^2$  的时间长度, 是表示太阳辐射强

弱的气象要素之一。

日照时间的长短不仅直接影响着农牧业生产, 而且对人类的日常生活有重要的影响, 因而也有部分学者对日照时数的时空分布特征及其主要影响因子开展了研究。靳利梅等<sup>[5]</sup>基于上海地区11个气象站的气象资料, 对影响日照时数的气候因子进行了分析, 结果表明上海年日照时数与降水量和降水日数呈显著负相关, 年日照时数的减少与年降水量的增加有关。周晓宇等<sup>[6]</sup>根据1961—2009年东北地区104个气象站日照时数、气温、降水、风速和相对湿度资料, 研究了东北

收稿日期: 2018年4月17日; 修回日期: 2018年9月21日  
第一作者: 梁涛 (1981—), E-mail: 470779338@qq.com

地区日照时数月、季、年的时空变化特征,结果表明东北地区年日照时数呈显著减少趋势,平均每10 a减少40.5 h。郭晓宁等<sup>[7]</sup>利用柴达木盆地格尔木站及周边9个气象站近60 a的资料,对格尔木日照时数的气候变化特征进行了综合分析,结果表明近60 a来格尔木日照时数变化呈下降趋势,大气环流、气温、总云量、低云量、相对湿度等因素是格尔木及周边地区日照时数变化的主要影响因素。

荆门市地处江汉平原北部,属北亚热带季风气候,四季分明,日照时数年际差异大,年日照时数最大值与最小值相差560.6 h,近年来随着经济社会发展和人类活动的加剧,日照时数的减少趋势非常明显,对工农业生产和人民生活都产生了深远的影响。研究日照时数的气候特征、变化趋势和影响因素,对于合理安排农业生产等有着非常重要的作用。

## 1 资料和方法

### 1.1 资料

采用荆门、钟祥、京山三站逐月日照时数、总云量、低云量、水汽压、相对湿度、地面能见度资料。日照时数采用暗筒式日照计进行观测,总云量、低云量、能见度采用人工观测,相对湿度采用毛发湿度计观测。由于1980年地面气象观测规范变更对能见度资料有较大的影响,为保证资料连续性,能见度资料选取1980—2017年,其余要素为1961—2017年的资料。文中四季按照气象学方法划分,即前一年12月—当年2月为冬季,3—5月为春季,6—8月为夏季,9—11月为秋季。多年平均值采用最近30年(即1981—2010年)平均值。

### 1.2 气候倾向率和变异系数

采用线性趋势分析来估算气象要素的气候变化趋势。利用变异系数来分析荆门市不同站点年和四季日照时数的稳定性,变异系数 $CV=\sigma/\mu$ ( $\sigma$ 为标准差, $\mu$ 为平均值)。

### 1.3 异常年份分析

世界气象组织对天气、气候异常,提出了两种定量的判断标准<sup>[8]</sup>:一是距平值达到标准差(又称均方差)2倍以上(不管近年是否出现过);二是在最近完整的30年气象资料中未出现过的情况(不一定距平值超过标准差的2倍),或称30年以上一遇的罕见天气现象。本文采用距平值大于标准差的2倍作为异常来分析荆门市日照异常特征。

## 2 日照时数变化特征

### 2.1 日照时数的基本特征

表1给出荆门市各站四季和年日照时数的平

均值。1961—2017年荆门市三站的年日照时数大致在1300~2300 h,从空间分布看,总体上呈东多西少分布规律,东部京山最多,年平均日照时数在1937.2 h,西部荆门最少,年平均日照时数为1793.1 h。三站平均年日照时数为1870.0 h,其中冬季为344.9 h,占全年的18.4%;春季为458.1 h,占全年的24.6%;夏季为612.5 h,占全年的32.8%;秋季为450.2 h,占全年的24.2%。夏季最多,冬季最少,两季日照时数相差近一倍,从一个侧面显示出荆门市四季气候差异明显。

表1 荆门市各站四季和年平均日照时数(单位:h)  
Table 1 The interdecadal average of sunshine duration in spring, summer, autumn, winter and annual values of three station in Jingmen municipality (unit: h)

|      | 春季    | 夏季    | 秋季    | 冬季    | 年      |
|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 荆门   | 440.3 | 594.8 | 432.1 | 324.7 | 1793.1 |
| 钟祥   | 464.4 | 614.9 | 450.6 | 340.1 | 1879.6 |
| 京山   | 469.5 | 627.8 | 468.0 | 369.8 | 1937.2 |
| 三站平均 | 458.1 | 612.5 | 450.2 | 344.9 | 1870.0 |

### 2.2 日照时数的年(代)际变化趋势

分析荆门、钟祥、京山年、季日照时数变化趋势,图1给出了荆门市各站日照时数的年际变化曲线,由图1和表2可以看出:荆门、钟祥两站的年日照时数呈显著下降趋势( $P<0.01$ ),其下降的气候倾向率为104.3~108.0 h/10 a,20世纪60年代和70年代日照时数基本上都在平均值以上波动(正距平),其中60年代偏多趋势最为明显,80年代为过渡时期,90年代以后日照时数减少的趋势非常明显,基本上在平均值以下波动。京山日照时数呈不显著的下降趋势( $P>0.05$ ),下降的气候倾向率为35.0 h/10 a,下降幅度明显小于荆门、钟祥两站。

从近60年四季日照时数的变化趋势(表2)来看,春季荆门为显著减少趋势( $P<0.01$ ),钟祥为不显著的减少趋势( $P>0.05$ ),京山为不显著的增加趋势( $P>0.05$ );夏季日照时数各站均表现为显著减少趋势( $P<0.01$ )。在减少速率上,荆门与钟祥基本相当,减少速率约为全年的一半,京山的减少速率明显小于上述两站,可见年日照时数的减少主要是由于夏季日照时数的减少;秋季日照时数荆门和钟祥两站表现为显著的减少趋势( $P<0.01$ ),京山表现为不显著的下降趋势( $P>0.05$ );冬季日照时数荆门和钟祥为显著的减少趋势( $P<0.01$ ),京山为不显著的减少趋势( $P>0.05$ )。

综上所述,近60年荆门、钟祥两站年和季日照时数均为显著的减少趋势,其中四季减少速率最大的

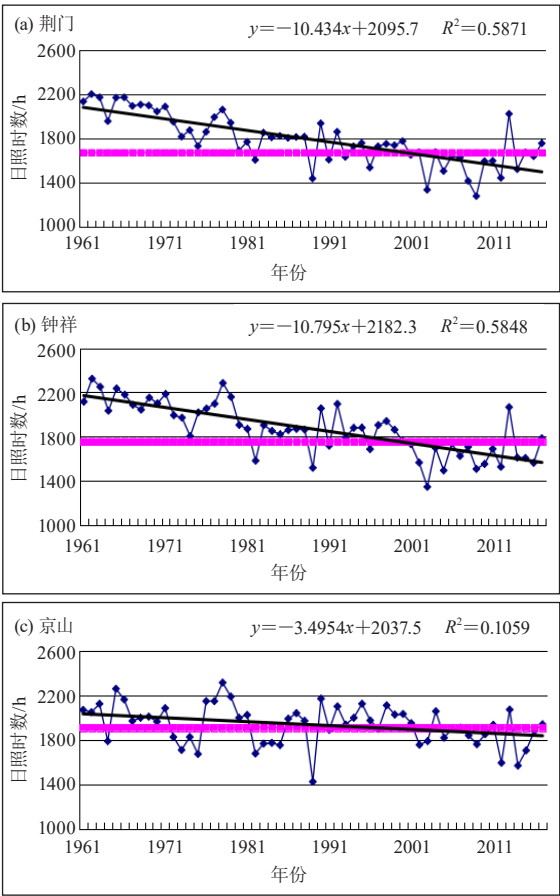


图1 荆门市各站1961—2010年年日照时数及变化趋势（红线为近30年平均值）

Fig. 1 Annual sunshine duration of three stations in Jingmen municipality from 1961 to 2010 (The red line was the average in recent 30 years)

表2 荆门市各站四季和年日照时数变化率（单位：h/10 a）  
Table 2 The changing rate in sunshine duration for spring, summer, autumn, winter and whole year at three stations in Jingmen municipality (unit: h/10 a)

|    | 春季     | 夏季      | 秋季      | 冬季      | 年        |
|----|--------|---------|---------|---------|----------|
| 荆门 | -11.3* | -51.6** | -21.5** | -18.6** | -104.3** |
| 钟祥 | -8.6   | -51.0** | -23.6** | -22.1** | -108.0** |
| 京山 | 9.1    | -25.8** | -9.8    | -8.0    | -35.0    |

注：\*表示在0.05水平上显著相关，\*\*表示在0.01水平上显著相关，下同

是日照时数，夏季减少最多，秋、冬季次之，春季最小。京山站只有夏季减少趋势显著，减少速率明显小于荆门、钟祥两站，秋冬两季为不显著的减少趋势，春季为不显著的增加趋势。

2.3 日照时数的稳定性分析

表3给出了全市年季日照时数的变异系数，从地域分布来看，荆门站、钟祥站的变异系数明显大于京山站，说明京山站年、季日照时数的稳定性大于荆门、钟祥两站；从季节分布来看，冬季变异系数最

大，夏季其次，秋季再次，春季最小，表明春季日照时数稳定性最大，秋季次之，冬、夏两季稳定性最小。

表3 荆门站年/季日照时数的变异系数（单位：%）  
Table 3 The coefficient of variation of sunshine duration in spring, summer, autumn, winter and whole year at three stations in Jingmen municipality (unit: %)

|    | 春季    | 夏季    | 秋季    | 冬季    | 年     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 荆门 | 13.92 | 20.34 | 15.28 | 21.21 | 12.49 |
| 钟祥 | 12.00 | 18.90 | 16.69 | 21.73 | 12.42 |
| 京山 | 14.43 | 14.93 | 15.16 | 18.12 | 9.13  |

2.4 日照时数的异常分析

就荆门市全市来看（表4），春季日照时数荆门站异常偏多出现过3次，异常偏少出现过1次，钟祥站异常偏多和异常偏少各出现过2次，京山站异常偏多和异常偏少各出现过1次；夏季日照时数以异常偏多为主，荆门站异常偏多出现过4次，钟祥站异常偏多出现过3次，京山站异常偏多出现过3次，异常偏少出现过1次；秋季日照时数荆门站异常偏多出现过2次，钟祥站异常偏多出现过2次，异常偏少出现过1次，京山站异常偏多和异常偏少各出现过1次；冬季日照时数荆门站和钟祥站异常偏多各出现过2次和1次，京山站异常偏多和异常偏少各出现过1次。日照时数异常在四季之中均有可能发生，异常偏多比异常偏少出现频率更高。

年日照时数以异常偏多为主，荆门站异常偏多出现过5次，钟祥站异常偏多出现过4次，荆门站和钟祥站异常偏多主要集中在20世纪60年代。京山站异常偏

表4 近60年荆门市年、季日照时数异常年份  
Table 4 The abnormal years of sunshine duration in spring, summer, autumn, winter and whole year at three stations in Jingmen municipality in recent 60 years

| 异常年份 |    |                                             |
|------|----|---------------------------------------------|
| 春季   | 荆门 | 1965(+), 1974(+), 2000(+), 2009(-)          |
|      | 钟祥 | 1962(+), 1965(+), 2002(-), 2003(-)          |
|      | 京山 | 2002(-), 2011(+)                            |
| 夏季   | 荆门 | 1961(+), 1964(+), 1966(+), 1972(+)          |
|      | 钟祥 | 1961(+), 1964(+), 1966(+)                   |
|      | 京山 | 1961(+), 1966(+), 1982(-), 1990(+)          |
| 秋季   | 荆门 | 1977(+), 1979(+)                            |
|      | 钟祥 | 1979(+), 1998(+), 2016(-)                   |
|      | 京山 | 1989(-), 1998(+)                            |
| 冬季   | 荆门 | 1963(+), 1968(+)                            |
|      | 钟祥 | 1963(+)                                     |
|      | 京山 | 1963(+), 1990(-)                            |
| 年    | 荆门 | 1961(+), 1962(+), 1963(+), 1965(+), 1966(+) |
|      | 钟祥 | 1962(+), 1963(+), 1965(+), 1978(+)          |
|      | 京山 | 1978(+), 1989(-)                            |

多和异常偏少各出现过1次。

### 3 影响日照时数的主要气象因子

#### 3.1 日照时数与影响因子的相关性

影响日照时数的因子较多，云量是影响日照时数最主要的因子。大气透明度对日照时数也有很大的影响。大气透明度是表征太阳辐射透过大气程度的参数，其受水汽含量和大气气溶胶含量等因子影响。能见度是反映大气透明度的一个指标，在其他因素不变的条件下，能见度与大气气溶胶质量密度成反相关，因此，能见度可以在很大程度上反映大气气溶胶含量<sup>[9-11]</sup>。本文选取云量（总云量、低云量）、水汽压（水汽含量）、相对湿度和能见度等气象要素分析影响荆门市日照时数的主要气象因子。

从荆门站年、季日照时数与云量、水汽压、相对湿度和能见度的线性相关系数来看（表5），年、季日照时数与总云量呈显著的负相关，尤其在秋、冬两季。年日照时数与低云量呈显著的负相关，四季日照时数与低云量呈不显著的负相关。四季和年日照时数与总云量的相关性均优于同时期与低云量的相关性。夏、冬两季日照时数与水汽压呈显著的负相关，而春季、秋季和年呈不显著的负相关。春、夏、秋、冬四季日照时数与相对湿度呈显著的负相关，全年呈不显著的负相关。日照时数与能见度在全年和春、夏、冬三季呈显著正相关，秋季虽然相关性不显著，但相关系数较大。

表5 荆门站年、季日照时数与影响因子的相关系数  
Table 5 The correlation coefficient between sunshine duration and influencing factors at Jingmen station

|      | 春季       | 夏季       | 秋季       | 冬季       | 年        |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 总云量  | -0.515** | -0.661** | -0.687** | -0.716** | -0.621** |
| 低云量  | -0.078   | -0.097   | -0.044   | -0.132   | -0.102** |
| 水汽压  | -0.013   | -0.273*  | -0.241   | -0.336*  | -0.053   |
| 相对湿度 | -0.303*  | -0.487** | -0.311*  | -0.361** | -0.228   |
| 能见度  | 0.349*   | 0.486**  | 0.215    | 0.354*   | 0.501**  |

注：“+”表示正相关，“-”表示负相关，下同。

对比钟祥、京山两站日照时数与云量、水汽压、相对湿度和能见度等影响因子的相关系数与荆门站的相关性可以看出，钟祥、京山两站的相关系数与荆门站的相关系数非常相似。

#### 3.2 日照时数减少的主要原因

通过对日照时数与总云量、低云量、水汽压、相对湿度和能见度的相关性以及上述影响因子的变化趋势的分析可以看出（表5—10），荆门站年日照时数与水汽压和相对湿度呈不显著的负相关，相关系数小，其影响较小，不可能是导致日照时数减少的主要

原因，因此主要考虑总云量、低云量和能见度对年日照时数的影响。荆门站年日照时数与总云量和低云量呈显著的负相关，与能见度呈显著的正相关，也就是总云量、低云量增加，能见度降低，将导致日照时数减少。从表7可以看出荆门站年总云量基本持平，低云量和能见度均呈显著减少（下降）趋势，因此荆门站年日照时数减少主要与能见度下降有关。

同理可得出，钟祥站、京山站年日照时数减少也

表6 钟祥站年、季日照时数与影响因子的相关系数  
Table 6 The correlation coefficient between sunshine duration and influencing factors at Zhongxiang station

|      | 春季       | 夏季       | 秋季       | 冬季       | 年        |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 总云量  | -0.372** | -0.464** | -0.623** | -0.835** | -0.053   |
| 低云量  | -0.125   | -0.136   | -0.095   | -0.353*  | -0.415** |
| 水汽压  | -0.169   | 0.183    | -0.239   | -0.218   | -0.096   |
| 相对湿度 | -0.347** | -0.280*  | -0.353** | -0.356** | -0.158   |
| 能见度  | 0.326    | 0.466**  | 0.371*   | 0.349*   | 0.452**  |

表7 京山站年、季日照时数与影响因子的相关系数  
Table 7 The correlation coefficient between sunshine duration and influencing factors at Jingshan station

|      | 春季       | 夏季       | 秋季       | 冬季       | 年        |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 总云量  | -0.588** | -0.510** | -0.785** | -0.835** | -0.407** |
| 低云量  | -0.569** | -0.157   | -0.305*  | -0.353*  | -0.015   |
| 水汽压  | -0.340** | -0.388** | -0.386** | -0.218   | -0.055   |
| 相对湿度 | -0.698** | -0.364** | -0.460** | -0.356** | -0.156   |
| 能见度  | 0.17     | 0.464**  | 0.454**  | 0.349    | 0.474**  |

表8 荆门站年/季总云量、低云量、水汽压、相对湿度、能见度（单位：总云量、低云量（成/10 a），水汽压（hPa/10 a），相对湿度（%/10 a），能见度（km/10 a），下同）趋势系数及显著性

Table 8 The trend coefficient and significant level of total cloud amount, low-level cloud amount, vapor pressure, relative humidity, and visibility at Jingmen station

|      | 春季      | 夏季      | 秋季      | 冬季      | 年       |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 总云量  | -0.09   | 0.09    | -0.06   | 0.05    | 0.02    |
| 低云量  | -0.34** | -0.17** | -0.27** | -0.23** | -0.25** |
| 水汽压  | 0.03    | -0.02   | 0.03    | 0.08    | 0.04    |
| 相对湿度 | -1.23** | 0.29    | -0.84*  | -0.61   | -0.61** |
| 能见度  | -3.19** | -4.25** | -3.53** | -2.90** | -3.39** |

表9 钟祥站年/季总云量、低云量、水汽压、相对湿度、能见度趋势系数及显著性

Table 9 The trend coefficient and significant level of total cloud amount, low-level cloud amount, vapor pressure, relative humidity, and visibility at Zhongxiang station

|      | 春季      | 夏季      | 秋季      | 冬季      | 年       |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 总云量  | -0.17** | -0.04   | -0.08   | -0.00   | -0.09** |
| 低云量  | -0.30** | -0.22** | -0.22** | -0.18*  | -0.22** |
| 水汽压  | 0.02    | -0.02   | 0.04    | 0.07    | 0.04    |
| 相对湿度 | -1.56** | -0.25   | -0.87*  | -0.53   | -0.78** |
| 能见度  | -1.42** | -2.10** | -2.04** | -1.30** | -1.67** |

表10 京山站年/季总云量、低云量、水汽压、相对湿度、能见度趋势系数及显著性

Table 10 The trend coefficient and significant level of total cloud amount, low-level cloud amount, vapor pressure, relative humidity, and visibility at Jingshan station

|      | 春季      | 夏季      | 秋季      | 冬季      | 年       |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 总云量  | -0.18** | -0.08   | -0.12   | 0.03    | -0.08** |
| 低云量  | -0.33** | -0.12** | -0.24** | -0.19** | -0.21** |
| 水汽压  | 0.00    | -0.07   | 0.07    | 0.13*   | 0.03    |
| 相对湿度 | -1.29** | -0.07   | -0.59   | -0.46   | -0.66** |
| 能见度  | -0.56** | -1.27** | -1.12** | -0.46*  | -0.84** |

主要与能见度下降有关,春季日照时数减少荆门站、钟祥站、京山站主要与能见度下降有关;夏季日照时数减少荆门站主要和总云量增加、相对湿度增加以及能见度下降有关,钟祥站和京山站主要和能见度下降有关;秋季日照时数减少荆门站、钟祥站和京山站主要与能见度下降和水汽压增加有关;冬季日照时数减少荆门站、钟祥站和京山站主要与总云量增加、能见度下降和水汽压增加有关。

综上所述,年日照时数主要与能见度下降有关,四季日照时数减少均与能见度下降有较大关系,另外,总云量、相对湿度和水汽压增加也是个别季节、个别站点日照时数减少的影响因素。由此可见,能见度显著下降是造成年/季日照时数减少的最主要的原因。

#### 4 结论与讨论

1) 荆门市年日照时数大致在1300~2300 h,总体上呈东多西少分布规律,三站平均年日照时数为1870.0 h,夏季最多,冬季最少,两季日照时数相差近一倍。

2) 年日照时数荆门、钟祥减少趋势显著,减少速率为104.3~108.0 h/10 a, 20世纪60年代和70年代以偏多为主,80年代为过渡时期,90年代以后日照时数减少的趋势非常明显。京山日照时数变化呈不显著的减少趋势,减少速率为35.0 h/10 a。

3) 近60年荆门、钟祥两站四季日照时数均为显

著的减少趋势,其中减少速率最大的是日照时数最多的夏季,秋、冬季次之,春季最小。京山站夏季为显著的减少趋势,秋冬两季为不显著的减少趋势,春季为不显著的增加趋势。

4) 京山站年、季日照时数的稳定性均大于荆门、钟祥两站;春季日照时数稳定性最大,秋季次之,冬、夏两季稳定性最小。

5) 年日照时数异常出现过11站次,分别是2009年荆门站、2003年钟祥站、1989年京山站,都是异常偏少;季日照时数异常出现过33站次,以异常偏多为主。

6) 能见度显著下降是造成年/季日照时数减少的最主要的原因;总云量、相对湿度和水汽压增加也是个别季节、个别站点日照时数减少的原因。

7) 京山站年/季日照时数下降趋势明显小于荆门站和钟祥站的原因,主要是由于京山站能见度下降趋势明显小于荆门、钟祥两站,这可能与京山县低山、丘陵较多植被较好,以及大力发展第三产业的经济发展模式对环境的破坏较小有关。

#### 参考文献

- [1] 王玉洁,秦大河.气候变化及人类活动对西北干旱区水资源影响研究综述.气候变化研究进展,2017,13(5): 483-493.
- [2] 翟盘茂,余荣,周佰铨,等.1.5℃增暖对全球和区域影响的研究进展.气候变化研究进展,2017,13(5): 465-472.
- [3] 马守存,保广裕,郭广,等.1982—2013年黄河源区植被变化趋势及其对气候变化的响应.干旱气象,2018,36(2): 226-233.
- [4] 郭建平.气候变化对中国农业生产的影响研究进展.应用气象学报,2015,26(1): 1-11.
- [5] 靳利梅.近50年上海地区日照时数的变化特征及影响因素.气象科技,2012,40(2): 293-298.
- [6] 周晓宇,张新宜,崔妍等.1961—2009年东北地区日照时数变化特征.气象与环境学报,2013,29(5): 112-120.
- [7] 郭晓宁,杨延华,李海凤,等.1951-2013年格尔木及周边地区日照时数气候变化特征分析.沙漠与绿洲气象,2015,9(6): 62-67.
- [8] 彭云峰,王琼.近50年福建省日照时数的变化特征及其影响因素.中国农业气象,2011,32(3): 350-355.
- [9] 王京丽,刘旭林.北京市大气细粒子质量浓度与能见度定量关系初探.气象学报,2006,64(2): 221-228.
- [10] 吴兑,毕雪岩,邓雪娇,等.珠江三角洲大气灰霾导致能见度下降问题研究.气象学报,2006,64(4): 510-517.
- [11] 王守强,翟安国.大气能见度变化趋势及影响因素分析.现代农业科技,2013(4): 235-236.