

# Analysis of Sunshine Time Variation Characteristics and Influence Factors of Dongming during 1961-2013

Guodong Xu<sup>1</sup>, Cuifeng Sun<sup>1</sup>, Yonghong Dong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Heze Meteorological Bureau, Heze Shandong

<sup>2</sup>Dongming County Meteorological Bureau, Heze Shandong

Email: [13583076966@139.com](mailto:13583076966@139.com)

Received: Jul. 15<sup>th</sup>, 2015; accepted: Aug. 1<sup>st</sup>, 2015; published: Aug. 6<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

The paper statistically analyses the characteristics and influencing factors of Dongming sunshine times changes by using data of sunshine times, cloud cover, precipitation, relative humidity, fog and mist from 1961a to 2013a of Dongming ground meteorological observatory. The result showed: The sunshine times of 53 years reduced significantly and the decreasing trend was 109.2 hours on average every 10 years. In summer and winter, it reduced significantly and in fall ordinarily. But in spring, the reducing trend was not so significant. Mutation of sunshine times in 1998 presented from high to low. It was obviously less and sharply reduced since the late 1990 year. The annual sunshine times showed a very significant negative correlation with the total cloud cover and the light fog days and a significant negative correlation with fog days. Sunshine times in all seasons showed a significant negative correlation with the total cloud cover, the precipitation, the rainfall and the light fog days except the summer rainfall and fog days. The main influence factors of the spring, the summer and the annual sunshine times were total cloud cover, precipitation days and light fog days. In fall, the main factors were the total cloud cover, the fog and the light fog days and in winter were total cloud cover, the fog days and the precipitation.

## Keywords

Sunshine Times, Changing Trend, Mutation Analysis, Influence Factor

---

# 1961~2013年山东东明日照时数变化特征及影响因素分析

徐国栋<sup>1</sup>, 孙翠凤<sup>1</sup>, 董永红<sup>2</sup>

<sup>1</sup>菏泽市气象局, 山东 菏泽

<sup>2</sup>东明县气象局, 山东 东明

Email: [13583076966@139.com](mailto:13583076966@139.com)

收稿日期: 2015年7月15日; 录用日期: 2015年8月1日; 发布日期: 2015年8月6日

## 摘要

本文选取东明地面气象观测站1961~2013年日照、云量、降水、相对湿度和雾、轻雾、霾天气现象资料, 统计分析东明日照时数变化特征及影响因素。结果表明: 1961~2013年东明年日照时数极显著减少, 平均每10年减少109.2小时; 夏季和冬季极显著减少, 秋季显著减少, 春季减少趋势不显著; 东明日照时数在1998年发生了由高到低的突变, 在1990年代末期以来明显偏少且急剧减少。东明年日照时数与总云量、轻雾日数极显著负相关, 与雾日数显著负相关; 四季日照时数除夏季与降水量和雾日数、秋季与轻雾日数负相关关系不显著外, 其余均与总云量、降水量、降水日数和轻雾日数呈显著负相关。东明春季、夏季和年日照时数主要影响因子为总云量、降水日数和轻雾日数, 秋季主要影响因子为总云量、雾和轻雾日数, 冬季主要影响因子为总云量、雾日数和降水量。

## 关键词

日照时数, 变化趋势, 突变分析, 影响因素

## 1. 引言

日照是重要的气候因子, 也是可供人类开发利用的一种重要的可再生能源, 更是农作物生长发育不可缺少的条件。诸多学者对中国或者某地日照变化特征和成因的研究表明[1]-[12], 中国及黄河流域、厦门等地日照时数呈明显减少趋势。东明地处黄河下游鲁西南平原地区, 属暖温带季风型大陆性气候, 四季分明, 光热资源丰富, 既适于农作物栽培, 又具有很大的太阳能资源潜能。目前, 尚未见到对东明日照时数变化特征及影响因素的系统分析。因此, 分析东明日照时数变化及其影响因素, 对确定农业间套复种模式及作物合理布局都有着十分重要的意义, 可为合理开发利用太阳能资源提供科学依据, 也为前人研究结论提供佐证, 现附上东明位置图(如图1)。

## 2. 资料和方法

### 2.1. 资料

选取1961~2013年东明地面气象观测站资料, 包括日照、云量、雾、轻雾、霾、相对湿度、降水等, 由于缺失1962年6月至1963年6月的日照资料, 本文选取与东明站纬度接近且距离最近的菏泽站同时段资料代替。按12~2月为冬季、3~5月为春季、6~8月为夏季、9~11月为秋季生成逐季序列。多年均值为1961~2013年平均值。

### 2.2. 方法

用线性倾向估计法计算气象要素随时间变化趋势及大小[13]。当气候倾向率为正时, 表示序列随时间呈上升趋势, 反之则为下降趋势。对气候倾向率进行显著性检验, 给定显著性水平 $\alpha$ , 若 $|r| > r\alpha$ , 表明变化趋势是显著的, 否则变化趋势是不显著的。用Mann-Kendall非参数统计检验法(M-K检验法)进行时



Figure 1. Dongming plan

图 1. 东明位置图

间序列突变检验[13]。

### 3. 结果分析

#### 3.1. 日照时数变化特征

##### 3.1.1. 年际及年代际变化

1961~2013 年东明累年平均日照时数为 2283.1 小时。由图 2 看出,日照时数呈明显减少趋势,平均每 10 年减少 109.2 小时,通过了  $\alpha = 0.001$  的显著性检验,与济南日照时数减少速率(129.7 小时/10 年)相近[12],约是全国日照时数减少速率(37.6 小时/10 年) [3]的 2.9 倍,说明东明日照时数随时间的减少是非常明显的。东明日照时数最大值出现在 1965 年为 2649.0 小时,最小值出现在 2006 年为 1754.5 小时,两者之间的差值为 894.5 小时。按年代际划分,1960 年代比多年均值偏多 169.3 小时,1970 年代偏多 175.6 小时,1980 年代偏多 25.6 小时,1990 年代偏多 10.7 小时,2001~2013 年偏少 293.3 小时。从 5 年滑动平均曲线可以看出,1961 年至 1980 年代中期,东明日照时数明显偏多且波动较大呈减少趋势;1980 年代中后期至 1990 年代中后期,东明日照时数在多年均值上下浮动且波动变化较小;1990 年代末期至 2013 年,东明日照时数明显偏少且呈急剧减少趋势。

##### 3.1.2. 季节变化

1961~2013 年东明日照时数四季均呈减少趋势。春季日照时数平均为 645.3 小时,以 8.7 小时/10 年的速度递减;夏季均值为 641.3 小时,以 46.3 小时/10 年的速度递减(图 3);秋季均值为 536.3 小时,以 21.7 小时/10 年的速度递减;冬季均值为 457.3 小时,以 32.7 小时/10 年的速度递减。全年当中日照时数最多的季节是春季,最少的是夏季;减少趋势最快的季节是夏季,最小的是春季。从显著性检验看,春季没有通过  $\alpha = 0.05$  的显著性检验,表明东明春季日照时数的减少趋势在统计上不显著;秋季通过了  $\alpha = 0.01$  的显著性检验,表明东明秋季日照时数的减少趋势显著;夏季和冬季均通过了  $\alpha = 0.001$  的显著性检验,表明东明夏季和秋季日照时数的减少趋势极显著。

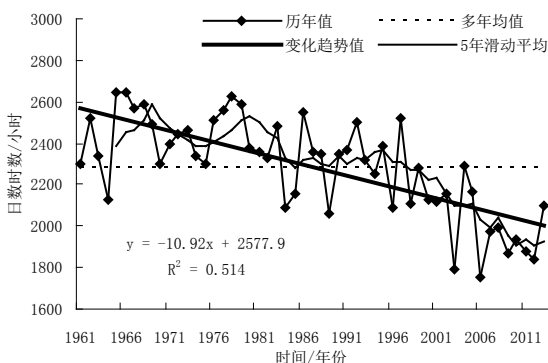


Figure 2. The annual variation curve of shine times at Dongming of 1961-2013y  
图 2. 1961~2013 年东明日照时数年变化曲线

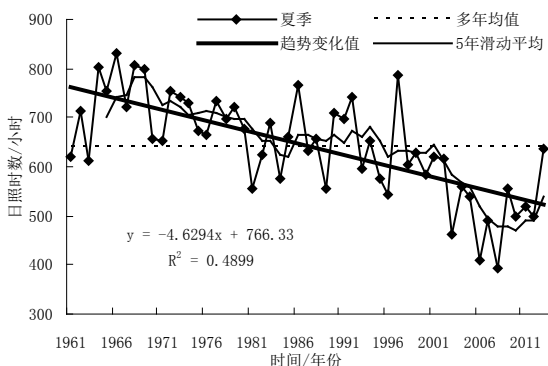


Figure 3. The summer variation curve of shine times at Dongming of 1961-2013y  
图 3. 1961~2013 年东明日照时数夏季变化曲线

### 3.1.3. 月变化特征

给出 1961~2013 年东明各月平均日照时数及其气候变化倾向率(表 1)。可以看出：1961~2013 年东明月平均日照时数最大值出现在 5 月为 240.5 小时，其次是 6 月为 239.9 小时；最小值出现在 2 月为 150.4 小时，其次是 1 月为 154.4 小时。倾向率变化范围在-16.4~2.8 小时/10 年之间，除 4 月呈微弱的增加趋势之外，其余各月份都呈减少趋势，尤其以 8 月(其次是 7 月)减少趋势最为明显。除 3、4、11 月之外，其余各月的减少趋势均通过一定的显著性检验，说明其减少趋势显著。

### 3.1.4. 突变检验

给定  $\alpha = 0.05$  ( $U_\alpha = \pm 1.96$ ) 的显著性标准，用 Mann-Kendall 检验法分析 1961~2013 年东明日照时数序列的突变，得出  $UF$  和  $UB$  曲线(图 4)。可以看出， $UF$  和  $UB$  两条曲线的交点分别在 1996 年和 1998 年，由于 1996 年的交点不在临界值内，此处不考虑为突变开始时间。所以东明日照时数在 1998 年发生了由高到低的突变，且于 1998 年开始持续通过  $\alpha = 0.05$  的显著性水平。

## 3.2. 主要气象因子年际变化特征及对日照时数的影响

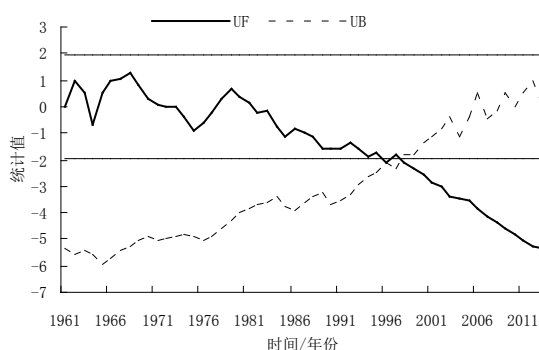
### 3.2.1. 总云量

分析 1961~2013 年东明平均总云量资料发现，1961~2013 年东明总云量年均 5.7 成，以 0.01 成/10 年

**Table 1.** The variation trend of every month shine times at Dongming of 1961-2013y  
**表 1.** 1961~2013 年东明各月日照时数变化趋势

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均日照时数/小时	154.4	150.4	191.8	213.0	240.5	239.9	200.3	201.2	182.4	188.5	165.5	155.3
气候倾向率/(小时/10年)	-12.1***	-9.9**	-4.4	2.8	-7.1*	-14.0***	-15.8***	-16.4***	-10.2**	-8.0*	-3.5	-10.5**

注：\*、\*\*、\*\*\*分别表示通过 0.05、0.01、0.001 显著性检验。



**Figure 4.** The M-K curve of shine times at Dongming of 1961-2013y  
**图 4.** 1961~2013 年东明日照时数 M-K 曲线

的微弱速度递增，未通过  $\alpha = 0.1$  的显著性检验。最少值出现在 1997 年为 4.8 成；最多值出现在 1964 年为 6.6 成。分析东明总云量与日照时数的相关关系，两者呈明显的反相关(图 5)，相关系数为 -0.443，通过了  $\alpha = 0.001$  的显著性检验，说明总云量是影响东明日照时数的重要因子。

### 3.2.2. 降水

分析 1961~2013 年东明降水资料发现，1961~2013 年东明降水量年均 617.4 毫米，以 11.43 毫米/10 年的速度递减，未通过  $\alpha = 0.1$  的显著性检验。年均降水日数 73.3 天，以 1.25 天/10 年的速度递减，未通过  $\alpha = 0.1$  的显著性检验。分析东明降水量以及降水日数与日照时数的相关关系，均呈反相关(图略)，相关系数分别为 -0.229、-0.227，均通过了  $\alpha = 0.1$  的显著性检验，说明降水量及降水日数均是影响东明日照时数的显著因子。

### 3.2.3. 相对湿度

分析 1961~2013 年东明平均相对湿度资料发现，1961~2013 年东明相对湿度年均 70.9%，以 0.13%/10 年的速度递减，未通过  $\alpha = 0.1$  的显著性检验。由于东明年平均相对湿度变化趋势不显著，与日照时数有一定的反相关但未通过  $\alpha = 0.1$  的显著性检验，说明相对湿度不是影响东明日照时数的重要因子。

### 3.2.4. 雾和轻雾

分析 1961~2013 年东明雾和轻雾资料，1961~2013 年东明雾日年均 21.5 天，以 1.82 天/10 年的速度递增，通过了  $\alpha = 0.05$  的显著性检验。东明是中原油田的石化冶炼主产地，随着石化工业大发展，雾和轻雾日数显著增加，可能与大气气溶胶颗粒显著增加有关。分析东明雾日与日照时数的相关关系，呈反相关(图 6(a))，相关系数为 -0.265，通过了  $\alpha = 0.05$  的显著性检验。1961~2013 年东明轻雾日数年均 157.1 天，以 15.92 天/10 年的速度增加，通过了  $\alpha = 0.001$  的显著性检验；分析东明轻雾与日照时数的相关关系，呈反相关(图 6(b))，相关系数为 -0.394，通过了  $\alpha = 0.01$  的显著性检验。由此可见，雾和轻雾均是影响日

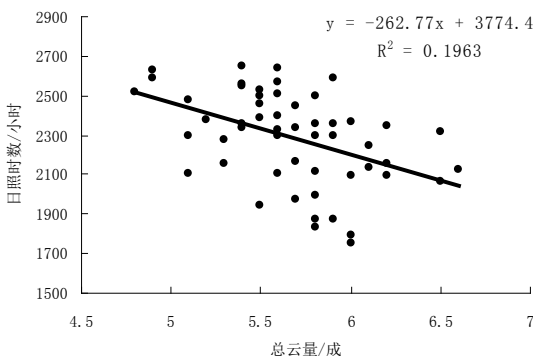


Figure 5. The relation between total clouds and shine times at Dongming of 1961-2013y

图 5. 1961~2013 年东明总云量与日照时数相关关系

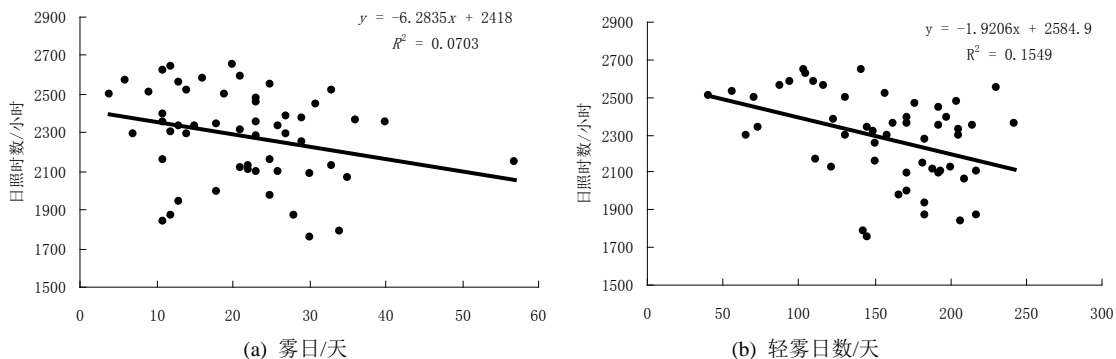


Figure 6. The relation between shine times and fog days, light fog days at Dongming of 1961~2013y

图 6. 1961~2013 年东明雾日(a)及轻雾日数(b)与日照时数相关关系

日照时数变化的重要因子。

### 3.2.5. 扬沙、浮尘及沙尘暴

分析 1961~2013 年东明扬沙、浮尘及沙尘暴资料，1961~2013 年东明扬沙年均 9.0 天，浮尘年均 1.7 天，沙尘暴年均 1.0 天。扬沙、浮尘及沙尘暴在 1961~2013 年均呈显著减少趋势。因此，对东明日照时数的影响分析均不再考虑这些因子，但扬沙、浮尘及沙尘暴出现日数明显减少说明东明沙尘气溶胶在减少。

### 3.3. 日照时数影响因子的综合统计分析

表 2 为各影响因子与日照时数的相关系数表。可以看出，就全年而言，日照时数与总云量和轻雾日数呈极显著负相关关系；与雾日数呈显著负相关关系。东明四季日照时数除夏季与降水量和雾日数、秋季与轻雾日数负相关关系不显著外，其余均与总云量、降水量、降水日数和轻雾日数呈显著负相关。

综合上述分析，选取 1961~2013 年东明总云量( $x_1$ )、降水量( $x_2$ )、降水日数( $x_3$ )、雾日数( $x_4$ )、轻雾日数( $x_5$ )，用多元回归分析分别得出年、季日照时数拟合方程的系数(表 3)，表中  $b_0$ ~ $b_5$  为各因子回归系数， $R$  为复相关系数。

由此可见，各气象因子共同作用对日照时数的影响以冬季最为明显，相关系数为 0.797，其次是秋季。从回归系数来看，对东明年及四季日照时数变化贡献最大的均为总云量。另外，春夏季节均以降水日数

**Table 2.** The relation between shine times and each factors at Dongming of 1961-2013y  
**表 2.** 1961~2013 年东明各因子与日照时数相关系数

气象因子	春季	夏季	秋季	冬季	年
总云量/成	-0.550 <sup>***</sup>	-0.430 <sup>**</sup>	-0.776 <sup>***</sup>	-0.769 <sup>***</sup>	-0.443 <sup>***</sup>
降水量/mm	-0.428 <sup>**</sup>	-0.256	-0.505 <sup>***</sup>	-0.623 <sup>***</sup>	-0.229
降水日数/天	-0.605 <sup>***</sup>	-0.354 <sup>**</sup>	-0.620 <sup>***</sup>	-0.587 <sup>***</sup>	-0.227
雾日数/天	-0.343 <sup>*</sup>	-0.240	-0.309 <sup>*</sup>	-0.526 <sup>***</sup>	-0.265 <sup>*</sup>
轻雾日数/天	-0.332 <sup>*</sup>	-0.558 <sup>***</sup>	-0.186	-0.324 <sup>*</sup>	-0.394 <sup>**</sup>

注：\*、\*\*、\*\*\*分别表示通过 0.05、0.01、0.001 显著性检验。

**Table 3.** The multiple regression results between shine times and meteorological factors  
**表 3.** 日照时数与气象要素多元回归计算结果

	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	R
春季	974.780	-36.438	-0.213	-15.069	1.120	-2.140	0.697
夏季	1164.551	-40.703	-0.073	-13.767	-3.826	-8.574	0.692
秋季	996.951	-74.361	-0.270	-2.107	-4.533	-2.279	0.790
冬季	735.011	-45.711	-3.366	2.863	-5.117	-1.288	0.797
年	3791.053	-165.375	-0.178	-2.290	0.556	-1.931	0.570

为次大，轻雾日数为第三贡献；秋冬季节均以雾日数为次大，秋季轻雾日数为第三贡献，冬季降水量为第三贡献。

#### 4. 结论

1) 1961~2013 年东明年日照时数极显著减少，平均每 10 年减少 109.2 小时；夏季和冬季极显著减少，秋季显著减少，春季减少趋势不显著；日照时数最多的月份是 5 月，2 月最少，除 4 月呈微弱的增加趋势之外，其余各月份都呈减少趋势，8 月减少趋势最为明显。

2) 东明日照时数在 1998 年发生了由高到低的突变，且在 1990 年代末期至 2013 年，日照时数明显偏少且呈波动急剧减少趋势，相应地该时段雾日则显著增加了。

3) 1961~2013 年东明年日照时数与总云量、轻雾日数极显著负相关，与雾日数显著负相关；四季日照时数除夏季与降水量和雾日数、秋季与轻雾日数负相关关系不显著外，其余均与总云量、降水量、降水日数和轻雾日数呈显著负相关。东明春季、夏季和年日照时数主要影响因子为总云量、降水日数和轻雾日数，秋季主要影响因子为总云量、雾和轻雾日数，冬季主要影响因子为总云量、雾日数和降水量。

#### 参考文献 (References)

- [1] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等 (2005) 近 50 年中国地面气候变化基本特征. *气象学报*, **6**, 942-952.
- [2] 徐宗学, 赵芳芳 (2005) 黄河流域日照时数变化趋势分析. *资源科学*, **5**, 153-159
- [3] 靳利梅 (2012) 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*, **2**, 293-297.
- [4] 何彬方, 冯研, 荀尚培, 等 (2009) 安徽省 50 年日照时数的变化特征及影响因素. *自然资源学报*, **7**, 1275-1285.
- [5] 郑礼新, 张少丽, 石顺吉 (2009) 厦门市日照气候变化特征及成因分析. *安徽农业科学*, **25**, 12066-12069.
- [6] 陆忠艳, 周军, 邱新法 (2005) 日照时间受地形的影响及其精细的空间分布. *南京气象学院学报*, **1**, 64-71.
- [7] 曾昭美, 严中伟, 章名立 (1993) 近 40 年我国云、日照、温度及日较差的统计. *科学通报*, **5**, 440-444.

- [8] 沈瑛, 曾艳, 肖卉, 等 (2007) 江苏省日照时数的气候特征分析. *气象科学*, **4**, 425-429.
- [9] 孙翠凤, 窦坤, 徐国栋, 等 (2013) 近 46a 山东菏泽日照时数变化特征及影响因子. *干旱气象*, **4**, 744-749.
- [10] 杜军, 边多, 胡军, 等 (2007) 西藏近 35 年日照时数的变化特征及其影响因素. *地理学报*, **5**, 492-500.
- [11] 郭艳岭, 邱新法, 张素云 (2010) 1965-2005 年河北日照时数时空分布特征及影响因子. *干旱气象*, **3**, 297-303.
- [12] 陈德英, 李芸, 王新堂, 等 (2010) 济南市近 58 年日照变化特征分析. *山东气象*, **1**, 13-16.
- [13] 魏凤英 (2007) 现代气候统计诊断与预测技术(第 2 版). 气象出版社, 北京, 37-38, 63-64.