

近 50 年连山县日照时数变化特征分析

杨鑑斌¹, 彭窈², 阮楚雯³

(1. 广东省清远市预警信息发布中心, 广东清远 511500; 2. 广东省清远市清新区气象局, 广东清远 511800; 3. 广东省连州市气象局, 广东连州 513400)

摘要 利用连山县 1966—2015 年日照时数资料, 采用线性趋势分析、小波变换和 Mann-Kendall 突变检验等方法对近 50 年连山县日照变化进行了分析。结果表明, 近 50 年连山县年日照时数总体呈减少趋势, 变化率为 -5.05 h/a , 减少趋势非常显著; 春、夏、秋、冬各季日照时数变化总体都呈减少趋势, 气候倾向率分别为 -0.74 、 -2.20 、 -1.44 、 -0.59 h/a 。连山县年日照时数存在明显的多时间尺度变化, 准 16 年特征时间尺度的周期振荡为主周期, 25~28 年尺度为第 2 周期。年日照时数在 20 世纪 90 年代初发生突变, 具体是从 1990 年开始的。

关键词 日照时数; 趋势分析; 小波变换; Mann-Kendall 突变检验; 多时间尺度; 连山县

中图分类号 S161.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)03-0212-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.03.066



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis of Variation Characteristics of Sunshine Hours in Lianshan County in Recent 50 years

YANG Jian-bin¹, PENG Yao², RUAN Chu-wen³ (1. Alert Information Publish Center of Qingyuan City, Qingyuan, Guangdong 511500; 2. Qingxin Meteorological Bureau, Qingyuan, Guangdong 511800; 3. Lianzhou Meteorological Bureau, Lianzhou, Guangdong 513400)

Abstract According to the sunshine duration data from Lianshan County from 1966 to 2015, the sunshine hours changes of Lianshan County were analyzed by using climate trend analysis, wavelet transform and Mann-Kendall mutation testing method. The results showed that the annual sunshine hours of Lianshan County was a decreasing trend in recent 50 years, the change rate was -5.05 h/a , the decreasing trend was very significant; the change of sunshine hours in spring, summer, autumn and winter showed a decreasing trend, the climate tendency rates were -0.74 , -2.20 , -1.44 , -0.59 h/a , respectively. There was a clear multi-time scale change in the sunshine hours in Lianshan County, quasi-16-year characteristic time scale was the main cycle, 25~28 years was the second cycle. The sunshine hours had suddenly changed in early 1990s, it started in 1990.

Key words Sunshine hours; Trend analysis; Wavelet transform; Mann-Kendall mutation testing; Multi-time scales; Lianshan County

日照是重要的气候因子,也是人类可以开发利用的可再生能源,对农业、林业生产乃至人类日常生活生产都有着重要意义。深入开展日照时数变化特征的研究,不仅可以更好地了解该地区的气候背景和气候资源,而且对该地区的农业生产、太阳能开发利用、旅游资源开发等具有重要的现实意义。近年来有不少专家、学者对全国以及地区的日照时数变化特征进行了研究,如任国玉等^[1]研究认为,1956—2002 年我国年平均日照时数呈现出明显的减少趋势;赵东等^[2]分析指出,1961—2007 年我国日照时数总体呈现出下降的趋势,且具有明显的季节差异,夏季下降趋势最为明显;叶瑜等^[3]对广西 89 个气象台站 1961—2010 年的日照资料进行分析,结果表明,近 50 年广西区域年日照时数总体呈下降趋势;史建桥等^[4]分析了甘肃省 26 个气象台站 1961—2010 年日照时数的时空变化和突变特征,结果表明,近 50 年来甘肃省年日照时数表现为缓慢的下降趋势,四季日照时数未发生显著突变;杨玲珠等^[5]分析表明,1955—2013 年邯郸市年日照时数总体呈减少趋势, Mann-Kendall 突变检验表明年日照时数在 1982 年发生了明显的突变;其他一些相关的研究也表明了我国大部分地区的日照时数呈现出明显的下降趋势^[6-10]。笔者利用连山县 1966—2015 年逐年、逐月的日照时数资料,采用线性趋势分析和小波变换等方法,对该县的日照时数变化特征进行分析,并采用 Mann-Kendall 突变检验法对其进行突变检验,旨在找出连山县日照时数的变化特

征和规律,提高对连山县气候变化特征和规律的认识,为当地农林业生产、太阳能开发利用以及旅游资源开发等提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 资料来源 所用资料为连山县气象局提供的连山县 1966—2015 年逐年、逐月日照时数资料。

1.2 研究方法

1.2.1 线性趋势分析。 采用的是一元线性回归分析,即 $y = ax + b$, 其中 b 为常数项, a 是气候变化倾向率(回归系数)。当 $a > 0$ 时,表示气候变化呈上升趋势;当 $a < 0$ 时,表示呈下降趋势。并采用 t 检验法来检验线性倾向趋势的显著性,公式为:

$$t = \sqrt{n-2} \times r / \sqrt{1-r^2} \quad (1)$$

其中, r 为线性趋势系数(相关系数)。显著水平 α 取 0.05, 查 t 分布表, 当 $|t| > t_{\alpha}$, 则说明线性变化趋势是显著的。

1.2.2 小波变换方法。 它是研究大气多时间尺度变化的有力工具,它能清晰地揭示出隐藏在时间序列中的多种变化周期,充分反映要素值在不同时间尺度中的变化趋势,并能对其未来发展趋势进行定性估计。该研究选择 Morlet 小波作为基小波,其表达式为:

$$\Psi(t) = e^{j\omega_0 t} e^{-t^2/2} \quad (2)$$

1.2.3 Mann-Kendall 法^[11]。 它是一种非参数统计检验方法,其优点是不需要样本遵从一定的分布,也不受少数异常值的干扰,更适用于类型变量和顺序变量,计算也比较简单。通过分析统计序列 UF 和 UB 可以进一步分析序列 x 的趋势

作者简介 杨鑑斌(1989—),男,广东陆丰人,助理工程师,从事天气预报及预报服务工作。

收稿日期 2018-12-05

变化,而且可以明确突变的时间,指出突变的区域。若 UF 值大于 0,则表明序列呈上升趋势;小于 0 则表明呈下降趋势;当它们超过临界直线(一般给定显著性水平 $\alpha=0.05$,那么临界值 $U_{0.05}=\pm 1.96$)时,表明上升或下降趋势显著。如果 UF 和 UB 这 2 条曲线出现交点,且交点在临界直线之间,那么交点对应的时刻就是突变开始的时刻^[11]。

2 结果与分析

2.1 日照时数的年际和季节变化 从图 1 可以看出,20 世纪 60 年代中期—70 年代中期,连山县年日照时数缓慢减少;70 年代中期—80 年代中期缓慢增加;80 年代中期—90 年代中后期大幅减少;90 年代中后期—2005 年变为大幅增加;2005 年以后开始转为减少趋势,并持续至今。近 50 年来连山县年平均日照时数为 1 372.8 h,年日照时数最大值出现在 1986 年(1 754.1 h),最小值出现在 1997 年(971.3 h),最大值和最小值相差达 782.8 h,说明日照时数年际变化幅度很大。近 50 年来连山县年日照时数总体呈振荡减少趋势,变化率为 -5.05 h/a ,近 50 年减少了约 252.5 h,对年日照时数变化趋势进行显著性 t 检验,取显著性水平 $\alpha=0.05$ 时,查 t 分布表可得 $t_{\alpha}=2.011 0$,由公式(1)计算得到 $t=3.339 5$, t 值大于 t_{α} 值,说明年日照时数减少的趋势非常显著。

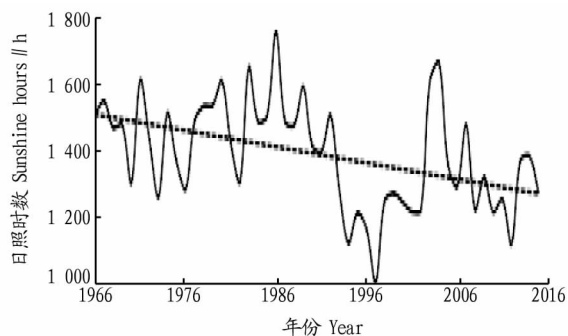


图 1 1966—2015 年连山县日照时数的年际变化

Fig. 1 Interannual variation of sunshine hours in Lianshan County from 1966 to 2015

从 1966—2015 年连山县春季(3—5 月)、夏季(6—8 月)、秋季(9—11 月)、冬季(12 月—次年 2 月)日照时数逐年变化(图 2)可以看出,夏秋两季的日照时数明显多于春冬两季,春、夏、秋、冬四季年平均日照时数分别为 222.6、459.5、438.6 和 252.5 h,其中夏季年平均日照时数最多,春季最少,夏季年平均日照时数是春季的 2 倍以上,说明连山县日照时数的季节变化特征较明显。从变化趋势上看,近 50 年连山县四季日照时数变化趋势与年日照时数变化趋势相同,都呈减少趋势,但各季的减少速率有所不同,春季、夏季、秋季、冬季的气候倾向率分别为 -0.74 、 -2.20 、 -1.44 、 -0.59 h/a ,由此看出夏季的日照时数减少趋势最明显,秋季和春季次之,冬季的减少趋势最不明显。各季日照时数的变化幅度也有所不同,其中夏季、秋季、冬季的变化幅度较大,分别为 355.0、310.6、314.1 h,春季的变化幅度最小,仅为 201.9 h。分别对春、夏、秋、冬各季日照时数变化趋势进行显著性 t 检验,由公式(1)算得 t 值分别为 1.624 6、2.996 8、1.973 9、0.921 8,夏

季的变化趋势通过了显著性水平 $\alpha=0.05$ 的检验,说明夏季的日照时数减少趋势非常显著;秋季的变化趋势通过了显著性水平 $\alpha=0.05$ 的检验,说明秋季的日照时数减少趋势也较为显著;春季和冬季的变化趋势没有通过显著性水平 $\alpha=0.05$ 的检验,说明春季和冬季的日照时数减少趋势不显著。

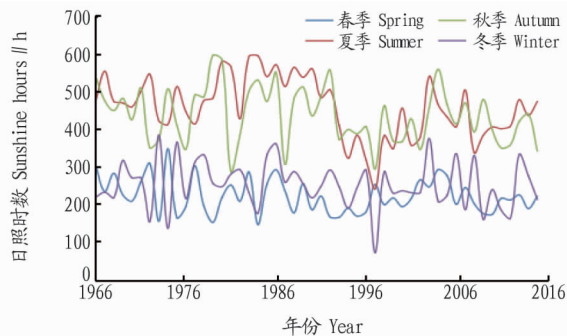


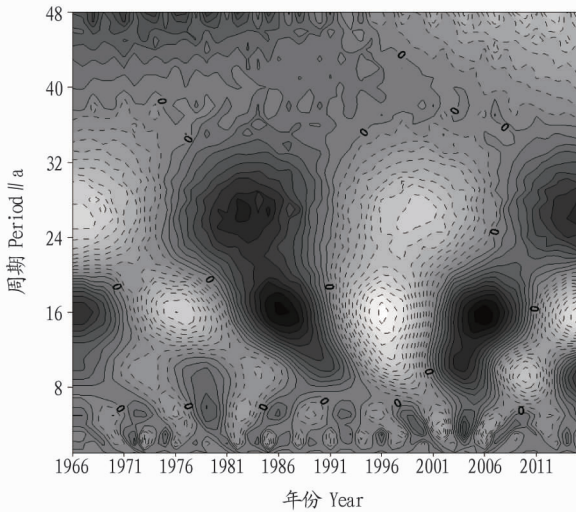
图 2 1966—2015 年连山县四季日照时数逐年变化

Fig. 2 Annual changes in the number of sunshine hours in Lianshan County from 1966 to 2015

2.2 日照时数的小波分析 由图 3 可见,近 50 年来连山县年日照时数变化存在 2 个明显的特征时间尺度周期振荡,分别为 25~28 年和准 16 年周期振荡。这 2 个时间尺度的周期振荡强度都非常强,而且振荡基本贯穿了整个时段,在整个分析时段表现非常稳定,具有全域性。在 25~28 年周期振荡中,连山县年日照时数大致经历了 4 个交替变化时期:20 世纪 70 年代中期之前的偏少期、70 年代中期—90 年代初的偏多期、90 年代初—2008 年的偏少期、2009—2015 年的偏多期;而在准 16 年周期振荡中,连山县年日照时数大致经历了 6 个交替变化时期:20 世纪 70 年代初之前的偏多期、70 年代初—80 年代初的偏少期、80 年代初—90 年代初的偏多期、90 年代初—2001 年的偏少期、2002—2010 年的偏多期、2011—2015 年的偏少期。

从 1966—2015 年连山县年日照时数的小波方差图(图 4)可以看出,近 50 年内小波方差存在 2 个较为明显的峰值,它们分别对应着 25~28 年和准 16 年的特征时间尺度,其中,最大峰值对应着准 16 年的特征时间尺度,说明准 16 年的周期振荡最强烈,为年日照时数变化的主周期;25~28 年特征时间尺度对应着第 2 峰值,为年日照时数变化的第 2 周期。

2.3 日照时数的突变分析 气候突变是指气候从一种稳定态或稳定持续的变化趋势跳跃式地转变到另一种稳定态或稳定持续的变化趋势的现象,它表现为气候在时空上从一个统计特性到另一个统计特性的急剧变化^[11]。从图 5 可以看出,20 世纪 60 年代中期—70 年代末,连山县年日照时数呈减少趋势;70 年代末—90 年代初,年日照时数呈增多趋势;90 年代初以后,年日照时数呈减少趋势,其中 1997 年以后减少趋势超过了 $\alpha=0.05$ 临界线,表明这段时间内减少趋势十分显著,且这种减少趋势很大可能会延续到 2015 年以后。UF 和 UB 曲线的交点在临界直线之间,说明交点对应的时刻就是突变开始的时刻,根据交点的位置,确定连山县年日照时数在 20 世纪 90 年代的减少是一突变现象,具体是从 1990



注:实线表示小波系数为正值,即日照时数较多;虚线表示小波系数为负值,即日照时数较少

Note: The solid line indicates that the wavelet coefficient is positive, that is, the number of sunshine hours is more; the dotted line indicates that the wavelet coefficient is negative, that is, the number of sunshine hours is less

图3 1966—2015年连山县年日照时数的 Morlet 小波变换系数实部等值线

Fig.3 The real contour of the Morlet wavelet transform coefficient of the annual sunshine hours in Lianshan County from 1966 to 2015

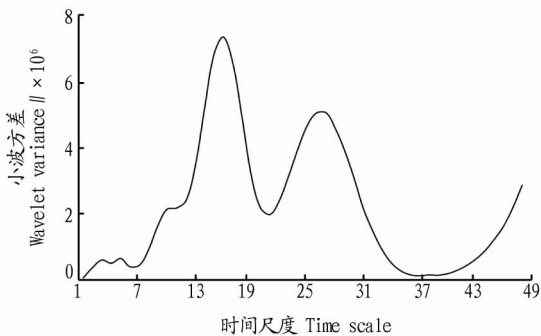


图4 1966—2015年连山县年日照时数的小波方差

Fig.4 Wavelet variance of the annual sunshine hours in Lianshan County from 1966 to 2015

年开始的。

3 结论

(1) 近50年来连山县年平均日照时数为1 372.8 h,最大值出现在1986年(1 754.1 h),最小值出现在1997年(971.3 h),两者相差达782.8 h,日照时数的年际变化幅度很大。连山县年日照时数总体呈减少趋势,气候变化率为-5.05 h/a,通过了显著性 *t* 检验,说明下降趋势非常显著。

(2) 近50年来连山县春夏秋冬四季年平均日照时数分别为222.6、459.5、438.6和252.5 h,其中夏季年平均日照时数最多,春季最少,夏秋两季的日照时数明显多于春冬两季,日照时数的季节变化特征较明显。四季的日照时数变化趋

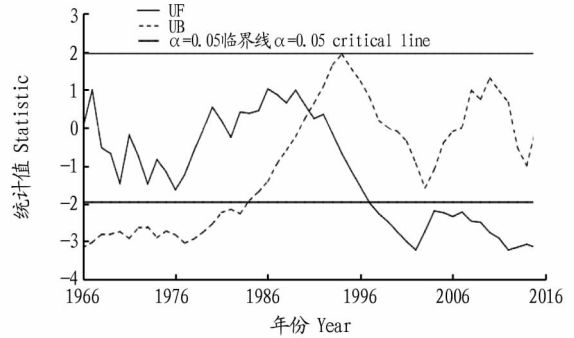


图5 1966—2015年连山县年日照时数 Mann-Kendall 统计量曲线

Fig.5 Mann-Kendall statistic curve of the annual sunshine hours in Lianshan County from 1966 to 2015

势与年日照时数变化趋势相同,都为下降趋势,但是变化率各有不同,夏季和秋季的日照时数减少趋势最明显,气候变化率分别为-2.20和-1.44 h/a,且都通过了显著性 *t* 检验,说明减少趋势较显著;春季和冬季的日照时数减少趋势较不明显,气候变化率分别仅有-0.74和-0.59 h/a,且无法通过显著性水平 $\alpha=0.05$ 的检验,说明春季和冬季的日照时数减少趋势不显著。

(3) 近50年来连山县年日照时数存在2个较明显的特征时间尺度周期振荡,分别为25~28年和准16年,2个时间尺度的周期振荡强度都非常强,而且振荡基本贯穿了整个时段,在整个分析时段表现非常稳定,具有全域性。由小波方差图可知,准16年特征时间尺度的周期振荡为主周期,25~28年特征时间尺度的周期振荡为第2周期。

(4) 经Mann-Kendall检验表明,20世纪60年代中期—70年代末,连山县年日照时数呈减少趋势;70年代末—90年代初,年日照时数呈增多趋势;90年代初以后,年日照时数呈减少趋势,且这种减少趋势很大可能会延续到2015年以后。连山县年日照时数在20世纪90年代的减少是一突变现象,具体是从1990年开始的。

参考文献

- [1] 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):942-955.
- [2] 赵东,罗勇,高歌,等.1961年至2007年中国日照的演变及其关键气候特征[J].资源科学,2010,32(4):701-711.
- [3] 叶瑜,苏永秀,李政,等.近50年广西日照时数时空变化特征分析[J].中国农学通报,2013,29(14):196-201.
- [4] 史建桥,白淑英,周寅,等.近50年甘肃日照时数时空变化特征及突变分析[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2016,8(1):64-70.
- [5] 杨玲珠,张燕宁,刘建伟.近59年邯郸市日照时数变化特征分析[J].安徽农业科学,2015,43(11):203-206.
- [6] 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.
- [7] 蔡冬梅.近60年大连市日照时数变化规律及气象影响因子分析[J].安徽农业科学,2011,39(11):6602-6604.
- [8] 王建兵,敖泽建,陈洋.近40a甘南高原日照时数变化趋势及影响因子[J].干旱气象,2014,32(1):93-98.
- [9] 刘玉英,韦小丽,李宇凡.1961—2012年吉林省日照时数的变化特征及影响因素[J].自然资源学报,2015,30(8):1367-1377.
- [10] 杨晓玲,丁文魁,胡津革,等.石羊河流域日照时数的变化特征及影响因子分析[J].中国农学通报,2015,31(13):273-278.
- [11] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].2版.北京:气象出版社,2007:63-66.