

文章编号: 2096-1618(2020)03-0347-05

宜宾近 59 a 日照变化特征分析

王富萍^{1,2}, 肖国杰¹, 蒲学敏¹, 和翠英³

(1. 成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225; 2. 刚察县气象局, 青海 刚察 812300; 3. 蒙自市气象局, 云南 蒙自 661100)

摘要:为给宜宾合理利用日照资源提供更多科学依据,利用宜宾站 1960–2018 年逐月日照时数资料,采用线性倾向估计法、Mann-Kendall 检验法和 Morlet 小波分析法,研究了宜宾日照时数近 59 a 日照变化特征。得到以下结论:近 59 a,日照时数年际变化呈现显著的下降趋势,气候倾向率为 $-42.4 \text{ h}/10 \text{ a}$ 。各季节日照时数的年际变化均呈下降趋势,夏季日照时数随时间减少速度最快,春季最慢。月日照时数最大值在 8 月。年日照时数突变时间是 1987 年。年日照时数的主要周期为 28 a、15 a。

关键词:大气科学;气候变化;日照时数;Mann-Kendall 检验;Morlet 小波分析;宜宾

中图分类号:P467

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2020.03.016

0 引言

随着全球气候的变化、城市化的快速发展和人口越来越密集,日照时数作为气候变化的主要气象要素之一,发生了明显的变化,中国年平均日照时数的分布形势是东南少而西北多,从东南向西北增加^[1-4]。由于日照时数是表征太阳辐射强弱的气象要素之一,日照时间的长短直接影响着农业、林业生产,并对人类的日常生活有着直接的影响。李慧群等^[5]基于全国区域的研究结果为日照时数总体上是减少的,夏季日照时数的减少贡献最大,东南地区近 50 a 日照时数显著减少,西北地区日照呈微弱减少。符传博等^[6]发现西南地区晴天日照时数呈较为显著的下降趋势,地区变化呈现为盆地地区低、中部山区高的分布;李金建等^[7]通过统计初步分析了近 46 a 四川省日照时数,认识到四川 88.9% 的站点年日照时数呈减少趋势,且盆地减少幅度大于高原;在 20 世纪 60、70 年代日照时数呈偏多状态,80 年代以来持续偏少;在 1980 年附近有明显的突变且存在突变点;年代及年际尺度的主要周期分别为 24 a、6 a 和 3 a。曹永强等^[8]发现日照时数与总云量、水汽压及气温呈负相关,与风速呈正相关关系。付建新等^[9]发现祁连山区日照时数的主要影响因素有水汽压、云量、年降水量和相对湿度。

宜宾位于四川省南部,地跨 $27^{\circ}50'N \sim 29^{\circ}16'N$ 、 $103^{\circ}36'E \sim 105^{\circ}20'E$ 。全市盆地地形明显,整体以丘陵、中低山为主,山岭河谷之间相互交错,平坝狭窄、面积小,自然概貌为“七山一水两分田”。气候温和、雨量充沛、光照适宜、无霜期长、冬暖春早、四季分明^[10]。

对宜宾日照时数的研究可以为宜宾日照资源的开发利用提供相关的科学依据,以及调整农业结构、合理安排生产生活有十分重要的参考价值。

1 数据与研究方法

1.1 数据和资料

所用到宜宾站 1960–2018 年月日照时数的数据资料来源于中国气象数据网,数据来源可靠真实。

采用气候学季节定义:春季为 3–5 月、夏季为 6–8 月、秋季为 9–11 月、冬季为 12–次年 2 月。

1.2 研究方法

研究用到的方法有:线性倾向估计计算与检验、小波分析、M-K 检验法^[11-14]。(1)线性倾向估计用来处理两个变量之间的关系,从线性倾向率可以看出某个气象要素的变化趋势以及倾向程度;(2)小波分析选用 Morlet 连续复小波变换,用来分析降水与日照时间序列的多时间尺度特征;(3)M-K 检验法在文中的作用是确定有无突变和突变时间。

2 结果与分析

2.1 日照时数年际变化特征

从图 1 可以看出,宜宾年日照时数的气候平均值为 1012.6 h ,近 59 a 以来变化范围为 $676.2 \sim 1341.1 \text{ h}$,较明显的偏多期为 1977–1982 年,偏少期为 1991–2006 年。极大值为 1341.1 h ,出现在 1980 年,比平均

收稿日期:2019-07-10

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金资助项目(41305076);四川省教育厅科研基金资助项目(2017ZB0085)

值偏多32.4%;极小值出现在1996年,为676.2 h,比平均值偏少33.2%,极差达664.9 h。日照时数的年变化总体呈减少趋势,气候倾向率为 $-42.4\text{ h}/10\text{ a}$,相关系数 $r=-0.474$,通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,说明

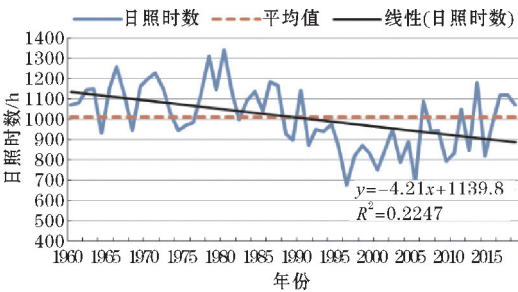
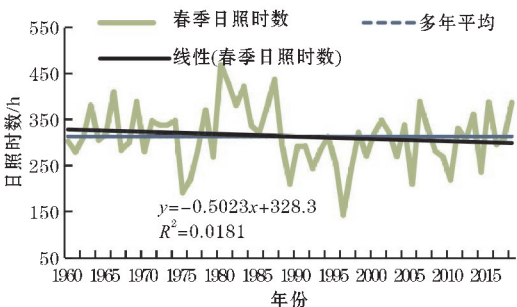
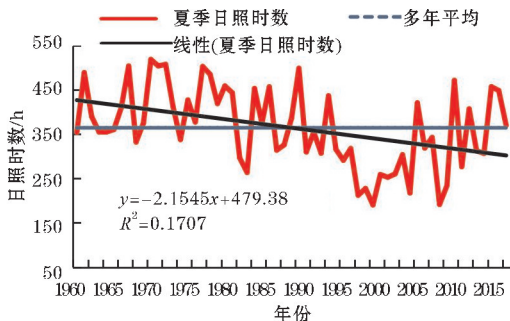


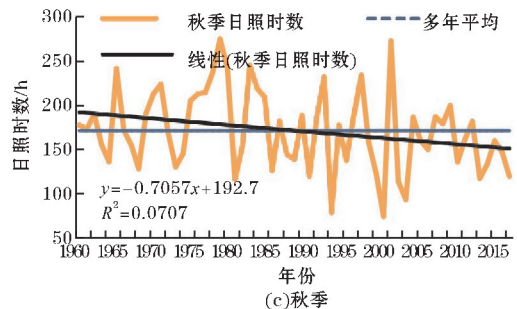
图1 1960–2018年宜宾年日照时数变化



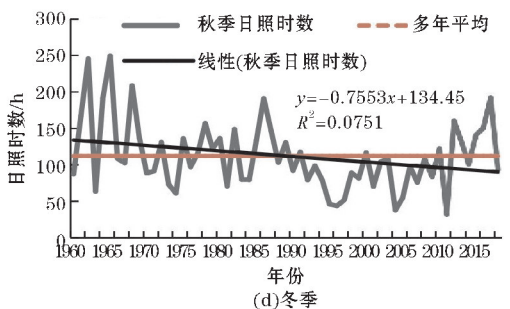
(a)春季



(b)夏季



(c)秋季



(d)冬季

图2 1960–2018年宜宾各季日照时数变化

表1 1960–2018年宜宾各季节平均日照时数、最多、最少日照时数及出现时间与振幅

季节	日照时数	最多日照时数及出现时间	最少日照时数及出现时间	振幅
春	313.2	467.9(1980年)	142.5(1996年)	325.4
夏	414.7	569.1(1970年)	240.6(2000年)	328.5
秋	171.5	274.7(1979年)	74.5(2001年)	200.2
冬	111.8	249.4(1965年)	31.9(2011年)	217.5

表1可以更清晰的说明,各季日照时数年际变化振幅大小为夏季>春季>冬季>秋季。平均日照时数夏季最多,为414.7 h,冬季最少,为111.8 h,相差302.9 h;各季年日照时数最多与最少的差值分别为325.4 h、328.5 h、200.2 h、217.5 h。最多日照时数出现时间集中在20世纪80年代以前,最少日照时数出现时间基本集中在20世纪90年代末以后。各季节综合分析发现,全年日照时数为略有减少,与日照时数的

日照时数的年际变化是显著的。

宜宾各季节的年日照时数变化趋势如图2,可以看出,1960–2018年宜宾夏季日照时数呈明显减少趋势,其他3季呈现略减少趋势,其中夏季趋势变化率为 $-21.5/10\text{ a}$,是各季节中趋势变化率最大的季节,相关系数 $r=-0.413$,通过了 $\alpha=0.01$ 以上的显著性检验,说明减少趋势是极其显著的。冬季的趋势变化率为 $-7.6\text{ h}/10\text{ a}$,相关系数 $r=-0.274$;春季趋势变化率为 $-5.0/10\text{ a}$,相关系数为 $r=-0.135$;秋季趋势变化率为 $-7.1\text{ h}/10\text{ a}$,相关系数为 $r=-0.266$,冬、春、秋季均未达到 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,反映出减少趋势的变化并不明显,夏季减少速度最快,春季最慢。

年际变化趋势特征保持一致。

2.2 日照时数年代变化特征

将1960–2018年宜宾日照时数按照年代进行时段划分,取每个时间段的气候平均值,如表2所示。可见从20世纪60年代到21世纪10年代末,日照时数变化较大,总体呈减少趋势,21世纪10年代开始出现小幅度上升。各年代的各季节日照时数分布变化为:

夏季>春季>秋季>冬季。春季的日照时数最小值出现在 1990–1999 年,是 265.3 h,最大值出现 1980–1989 年,是 366.8 h;夏季的日照时数最小值出现在 2000–2009 年,为 326.0 h,最大值出现在 1970–1979 年,是 499.6 h;秋季的日照时数最大值出现在 1970–1979 年,为 202.5 h,最小值出现在 2010–2018 年,是 150.8 h;冬季的日照时数最大值出现在 1960–1969 年,为 194.8 h,最小值出现在 1990–1999 年,为 96.9 h;各季日照时数极差分别为:101.5 h,173.6 h,51.7 h,97.9 h。比较 6 个年代的各季节的日照时数,发现夏季变化幅度最大。

表 2 宜宾各年代年、各季节日照时数 h

时间	全年	春季	夏季	秋季	冬季
1960–1969 年	1102.9	327.7	442.8	172.1	194.8
1970–1979 年	1110.5	298.3	499.6	202.5	133.8
1980–1989 年	1092.6	366.8	427.6	177.7	152.2
1990–1999 年	895.9	265.3	377.4	170.1	96.9
2000–2009 年	869.8	307.5	326.0	154.0	106.7
2010–2018 年	1002.9	313.9	415.2	150.8	124.5

2.3 月日照时数变化特征

从图 3 可以看出,宜宾近 59 a 来各月日照时数呈现明显的双峰型,两个峰值分别出现在 5 月和 8 月。2–5 月逐月增加,5 月达到第一个峰值,其近 59 a 月平均日照时数为 117.3 h,同时 1 月为各月中最低值,近 59 a 月平均日照时数为 35.5 h。6–8 月又逐月增加,8 月为第二个峰值,也是各月中日照时数最多的月份,近 59 a 月平均日照时数为 161.86 h。一年中各月的日照时数经过一个增加–减少–增加–减少的过程,春、夏季的日照时数比较多。

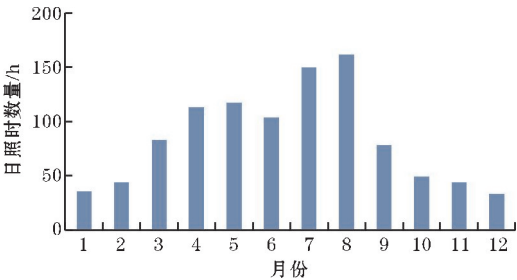


图 3 1960–2018 年宜宾月日照时数特征

2.4 突变检验

图 4 是对逐年日照时数的 M-K 检验结果,由 $UF(k)$ 曲线可以看出,自 20 世纪 80 年代以来,宜宾的日照时数呈现显著的减少趋势,20 世纪 90 年代后期到 21 世纪 10 年代这种减少趋势远远超过 $\alpha=0.05$ 显著性检验线,

表明宜宾年日照时数的下降趋势是十分显著的。根据 $UF(k)$ 与 $UB(k)$ 曲线交点的位置落在两条检验线之间,即突变点在 1987 年前后,对应点值为 0.52,认为近 59 a 宜宾的年日照时数有一明显的突变。

图 5 为各季节年日照时数的 M-K 检验曲线,可以看出,夏季和冬季的突变是很明显的。春季(图 5a):20 世纪 90 年代以前 $UF(k)$ 曲线有两次较大幅度的波动上升,峰值分别在 1966 年,1987 年,且都在 0 刻度线以上,由于超过检验线上限,90 年代以前基本上全部都是弱上升趋势。 $UF(k)$ 曲线与 $UB(k)$ 曲线交点位于两条检验线之间,突变时间为 1988 年,对应值为 1.95,判断春季日照时数发生明显突变;1987–1997 年是一个急剧下降的过程,之后波动变化,此过程并不显著。夏季(图 5b):在 1987 年之前, $UF(k)$ 曲线在 0 刻度线以上波动变化,说明在此期间日照时数是呈上升变化的;自 1981 年 $UF(k)$ 曲线开始下降,且坡度较大,至 2005 年之后改变为波动趋势,在 1997 年超出检验线下限,说明该下降过程是显著加快的。在 1986 年前后出现 $UF(k)$ 曲线与 $UB(k)$ 曲线的交点,并且突变是明显的。秋季(图 5c):80 年代以前 $UF(k)$ 曲线呈小幅的波动上升;在 1980 年以后, $UF(k)$ 曲线缓慢下降,并且始终没有超过检验线; $UF(k)$ 与 $UB(k)$ 曲线在 21 世纪初有多个突变点。冬季(图 5d):1970 年之前都位于 0 刻度线以上,有波动上升的趋势,自 20 世纪 70 年代开始, $UF(k)$ 曲线低于 0 刻度线,至 80 年代末都为较平缓的上下浮动,之后开始显著下降,在 1995 年超过检验线,但是在 2015 年左右 $UF(k)$ 曲线上升; $UF(k)$ 与 $UB(k)$ 曲线只有一个交点,出现在 1970 年前后,交点位于两条检验线之间,说明突变年份是明显的。

可见近 59 a 宜宾年、季日照时数都发生了突变。年日照时数突变年份为 1987 年,春季节突变时间为 1988 年,夏季节突变时间为 1986 年,秋季节突变时间为 21 世纪初期,冬季节突变时间为 1970 年。其中年、春季和夏季突变时间较为接近,即春季、夏季的日照时数变化对年日照时数变化的贡献最大。

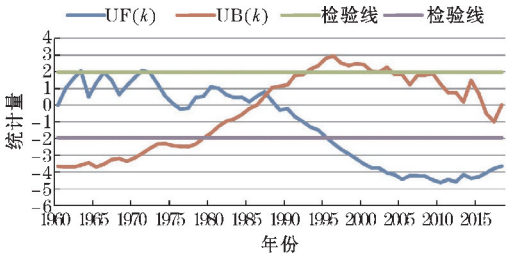


图 4 1960–2018 年宜宾年日照时数突变特征

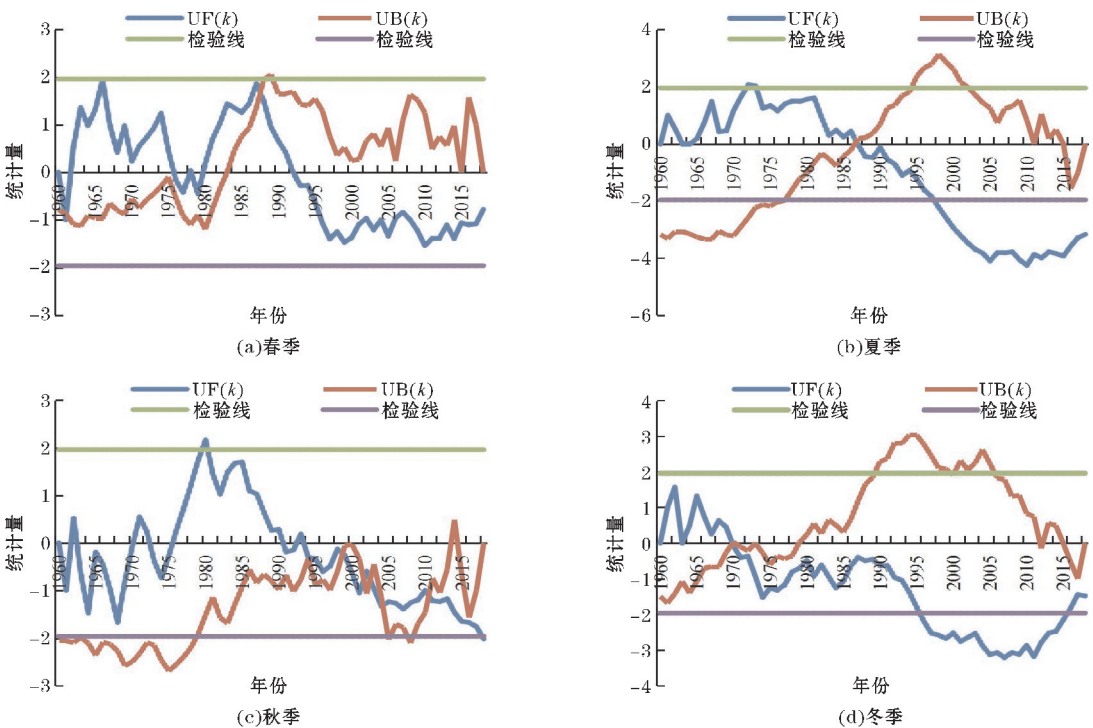


图5 1960–2018年宜宾各季日照时数突变特征

2.5 小波分析

由图6可以清楚的看到日照时数演化过程中存在多时间尺度特征。大致可分为4类尺度的周期变化的规律,即5~7 a,8~11 a、13~17 a以及26~29 a。其中,在26~29 a时间尺度上出现了偏少-偏多交替转换的准3次明显震荡,且看出这个时间尺度的周期变化在整个分析时段表现稳定,具有全域性;在13~17 a时间尺度的周期变化上,在1985年前表现得较为稳定,之后周期趋于不明显。20世纪80年代中期以前表现有3个明显的日照时数偏少期,等值线闭合中心分布在1965年、1975年以及1985年前后两年。在8~11 a时间尺度的周期变化上,存在于21世纪初以前。周期震荡出现的次数频繁,但是后期周期时间尺

度趋于不明显;在5~7 a时间尺度周期变化中,20世纪60年代有明显的闭合中心以及日照时数偏多期与偏少期现象的交替存在,之后周期逐渐不明显。在20世纪80年代中期开始出现等值线的闭合中心,偏少-偏多交替较为明显,等值线闭合中心有上升趋势,在2015年左右达到了8 a的周期。

由年日照时数时间序列小波方差图可知,4个较为明显的峰值依次对应着28 a、15 a、10 a、6 a的时间尺度,可以进一步加以证明宜宾日照随时间演变过程中存在的主周期,其中,最大峰值对应28 a的时间尺度,说明28 a左右的周期震荡最强,为年降水量变化的第一主周期;15 a时间尺度为第二主周期,第三、第四周期分别对应着10 a和6 a的时间尺度。

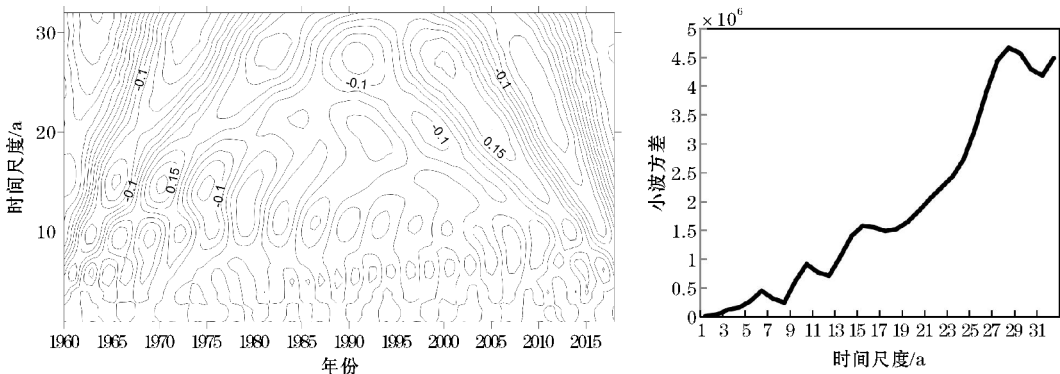


图6 年日照时数小波系数实部等值线及小波方差

3 结束语

根据所有研究与分析,得到以下主要结论:

(1)宜宾日照时数年代变化特征为:20世纪60年代到21世纪10年代呈减少趋势,在21世纪10年代出现小幅度上升变化。近59 a平均年日照时数为1012.6 h,以42.4 h/10 a的速率在显著减少。各季节年际变化特征为:总体趋势均是减少的,但冬、春、秋季均未达到 $\alpha = 0.05$ 的显著性水平。月变化特征双峰型,峰值分别出现在5月和8月。

(2)宜宾日照时数突变检验得到结果为:年日照时数突变年份为1987年,各季节突变时间依次为1988年、1986年、21世纪初期、1970年。

(3)宜宾年日照时数变化的周期特点为:第一主周期为28 a,第二、第三、第四主周期分别为15 a、10 a、6 a。

参考文献:

- [1] 吴绍洪,罗勇,王浩,等. 中国气候变化影响与适应:态势和展望[J]. 科学通报,2016,61(10):1042-1054.
- [2] 杨晓光,李勇,代姝玮,等. 气候变化背景下中国农业气候资源变化IX. 中国农业气候资源时空变化特征[J]. 应用生态学报,2011,22(12):3177-3188.
- [3] 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.
- [4] 高歌. 1961-2005年中国霾日气候特征及变化分

析[J]. 地理学报,2008(7):761-768.

- [5] 李慧群,付遵涛,闻新宇,等. 中国地区日照时数近50年来的变化特征[J]. 气候与环境研究,2013,18(2):203-209.
- [6] 符传博,丹利,吴润,等. 近46年西南地区晴天日照时数变化特征及其原因初探[J]. 高原气象,2013,32(6):1729-1738.
- [7] 李金建,秦宁生,孙善磊,等. 基于均一性检验的1961年至2006年四川省日照变化规律研究[J]. 资源科学,2011,33(5):1002-1009.
- [8] 曹永强,郭明,刘思然. 1964-2015年辽宁省日照时数演变特征及归因分析[J]. 水电能源科学,2018,36(2):1-5.
- [9] 付建新,曹广超,李玲琴,等. 1960-2014年祁连山日照时数时空变化特征[J]. 山地学报,2018,36(5):709-721.
- [10] 刘小波,甄英,周丽. 宜宾市近60年气温变化特征分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2014,39(1):114-119.
- [11] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,2007.
- [12] 刘德,李永华,何卷雄. 重庆市夏季气温及降水变化的小波分析[J]. 高原气象,2003,(2):173-178.
- [13] 阿依加马力·克然木,努尔巴衣·阿布都沙力克. 近52年新疆吐鲁番市气温及降水量变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境,2014(12):45-50.
- [14] 韩军彩,陈静,岳艳霞,等. 石家庄市不同等级降水日数的时空分布特征[J]. 气象与环境学报,2009,25(6):34-38.

Analysis on the Variation Characteristics of Sunlight in Yibin near 59 Years

WANG Fuping^{1,2}, XIAO Guojie¹, PU Xuemin¹, HE Cuiying³

(1. College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Gangcha County Meteorological Bureau, Gangcha 812300, China; 3. Mengzi City Meteorological Bureau, Mengzi 661100, China)

Abstract: In order to provide more scientific basis for rational utilization of sunshine resources in Yibin, the data of monthly sunshine hours in Yibin Station from 1960 to 2018 were used in this paper, and the characteristics of sunshine hours change in Yibin in recent 59 years were summarized by using linear tendency estimation method, Mann-Kendall test and Morlet wavelet analysis. The results show that in the past 59 years, the inter-year changes in sunlight showed a significant downward trend, the climate tendency rate was $-42.4 \text{ h}/10 \text{ a}$. The annual variation of sunshine hours in each season showed a downward trend, and summer sunshine hours decrease fastest with time and spring is slowest. Maximum monthly sunshine hours was in August. The mutation time of annual sunshine hours was 1987. The main periods of annual sunshine hours were 28 years and 15 years.

Keywords: atmospheric science; climate change; sunshine hours; Mann-Kendall test; Morlet wavelet analysis; Yibin