

三江源果洛地区日照时数变化特征及影响因子分析

马玉花¹ 刘金青² 沈洁³ 赵洪奎⁴

(1 青海省果洛州气象局, 玛沁 814000; 2 青海省达日县气象局, 达日 814200;
3 青海省西宁市气象局, 西宁 810001; 4 青海省果洛州农牧综合服务中心, 玛沁 814000)

摘要: 利用三江源果洛地区6个站1980—2019年的日照资料, 分析了该地区日照时数的变化特征及其影响因子。结果表明: 三江源果洛地区日照时数的空间分布呈现从西北向东南逐渐减少的趋势; 近40年的日照时数以 $-40.2\text{ h}/(10\text{ a})$ 的趋势显著减少; 日照时数在春、夏、秋、冬四季均呈减少趋势, 变化率分别为 $-11.4\text{ h}/(10\text{ a})$ 、 $-8.2\text{ h}/(10\text{ a})$ 、 $-11.8\text{ h}/(10\text{ a})$ 、 $-8.2\text{ h}/(10\text{ a})$; 月平均日照时数的分布呈“三峰三谷”型, 4月为全年日照时间最多的月份; 根据Hurst指数的 H 值判断, 日照时数变化与过去一致, 呈较强的减少趋势, 四季以及各站日照时数的变化趋势亦与过去一致; 日照时数的变化与总云量、低云量、降水量存在显著的负相关关系, 其中低云量对日照时数的影响最大, 其次是总云量、降水量。

关键词: 三江源果洛地区, 日照时数, 变化特征, 影响因子

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2024.02.011

Variation of Sunshine Duration and Its Impact Factor in Guoluo Region of Sanjiangyuan

Ma Yuhua¹, Liu Jinqing², Shen Jie³, Zhao Hongkui⁴

(1 Guoluo Meteorological Bureau of Qinghai Province, Maqin 814000; 2 Dari Meteorological Bureau of Qinghai Province, Dari 814200; 3 Xining Meteorological Bureau of Qinghai Province, Xining 810001; 4 Guoluo Prefecture Agriculture and Animal Husbandry Comprehensive Service Center, Maqin 814000)

Abstract: Based on the sunshine data of 6 stations in Guoluo region of Sanjiangyuan from 1980 to 2019, the variation characteristics of sunshine duration and its impact factors were analyzed. The results show that the spatial distribution of sunshine duration in Guoluo region shows a decreasing trend from northwest to southeast. Meanwhile, the sunshine duration decreases significantly at the rate of $-40.2\text{ h}/(10\text{ a})$ in recent 40 years. The decreasing trend is found in four seasons of spring, summer, autumn and winter, with a changing rate of $-11.4\text{ h}/(10\text{ a})$, $-8.2\text{ h}/(10\text{ a})$, $-11.8\text{ h}/(10\text{ a})$ and $-8.2\text{ h}/(10\text{ a})$, respectively. The distribution of monthly average sunshine duration presents a pattern of “three peaks and three valleys”, and April is the month with the most sunshine duration. Judging by H value of Hurst index, the variation of sunshine duration is consistent with the past, showing a strong decreasing trend, and the variation trend of sunshine duration in four seasons and at all stations is also consistent with the past. There is a significant negative correlation between sunshine duration and total cloud cover, low cloud cover and precipitation. Low cloud cover has the greatest influence on sunshine duration, followed by total cloud cover and precipitation.

Keywords: Guoluo region of Sanjiangyuan, sunshine duration, variation characteristic, impact factor

0 引言

日照时数是指一天内太阳在一个地方实际照射地面的时数。它不仅是重要的气候因子, 也是农作物生长发育不可缺少的条件。随着对全球气候变化的深入研究, 日照时数受到很多专家的关注。国内学者对

不同时空尺度的日照时数变化趋势做了大量研究。任国玉等^[1]研究指出, 近50年来我国日照时数呈明显减少趋势, 减少幅度东部大于西部、平原大于山区, 且冬、夏两季趋减幅度大于春、秋两季。李慧群等^[2]分析了1956—2005年中国日照时数的变化特征, 结果表明中国绝大部分地区日照时数总量呈减少的趋势, 在1980年前后大部分观测站显示有突变。华维等^[3]利用青藏高原1973—2007年的日照资料研究发现, 青藏高原原年日照时数呈现东南部较少, 逐渐向西北地区增加

收稿日期: 2022年10月14日; 修回日期: 2023年3月20日
第一作者: 马玉花(1988—), Email: 979248446@qq.com
通信作者: 沈洁(1988—), Email: 48096245@qq.com
资助信息: 青海省气象局气象科研面上项目(201823)

的特征,青藏高原西部、西藏西南部和青海西南部年日照时数呈增加趋势,其余地区以减少为主。李林等^[4]对青海省1971—2007年的日照资料研究发现,柴达木地区是年平均日照时数最多的地区,最少的地区是果洛地区。王建兵等^[5]在对甘南高原1971—2010年的日照时数数据分析中发现,甘南高原日照时数的空间分布呈西多东少。以上研究结果表明,我国日照时数总体呈现减少趋势,且变化具有明显的区域性和季节性差异,但目前对三江源地区日照时数的变化趋势及特征研究较少。

不少学者对影响日照时数的因子进行了研究。王宇等^[6]分析云南1969—2012年日照资料认为,日照时数与平均风速、气温和降水量均有一定的相关性,其中降水量对年日照时数的影响最为密切,风速与日照时数的变化相关性最弱。杜军等^[7]对西藏1971—2005年日照时数的变化特征研究认为,该地区日照时数的变化与总云量、降水量、水汽压的变化有着密切的关系。刘义花等^[8]认为实际影响日照的因素主要还是云量,在相关关系和偏相关系数计算中,总云量、低云量与日照时数存在着显著的负相关关系。李跃清^[9]对1954—1996年青藏高原东侧云、日照、温度及日较差的分析得出,日照时数与总云量有密切的反相关关系,与日较差、最高温度有密切的正相关关系。以上研究表明,影响各地日照时数的因素众多,其中降水和云量是最主要的。

本文通过对三江源果洛地区6个站1980—2019年日照资料的分析,初步揭示该地区日照时数的时空特征和变化规律,为更好地了解三江源果洛地区气候变化,合理开发利用当地太阳能资源提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 资料选取

果洛地区位于青海省东南部巴颜喀拉山和阿尼玛卿山之间,是三江源生态保护区重要的组成部分、我国的生态敏感区和脆弱区,由玛多、玛沁、达日、甘德、班玛、久治6个县组成。区内平均海拔4000 m以上,属高原高寒气候,冷热两季交替,干湿两季分明,日照时间长,气候资源十分丰富^[10]。

采用青海省气象局信息中心提供的三江源果洛地区6个观测站的常规观测数据,选取1980—2019年的逐月日照时数、总云量、低云量、降水量等资料,研究分析三江源果洛地区日照时数的变化特征以及与云量、降水量的关系。果洛地区季节的划分:3—5月为春季,6—8月为夏季,9—11月为秋季,12月—次年2月为冬季,5—9月为生长季。

1.2 方法

通过使用线性倾向估计、M-K突变检验、Pearson相关分析^[11]等方法,对三江源果洛地区日照时数的变化进行分析,以便了解其变化趋势、突变,并分析影响要素。

R/S分析法通常用来分析时间序列的分形特征和长期记忆过程,近年来在环境变化、气候分析、地理科学等领域广泛应用^[12-16]。对于不同的Hurst指数 $H(0 < H < 1)$,有不同的表达结果。表1为Hurst指数的分级表^[12],持续性和反持续性强度都为5级,其中持续性强度 H 值在0.5~1.0,反持续性强度 H 值在0.0~0.5。用R/S分析法对果洛地区日照时数变化趋势持续性进行分析,并分析日照时数与总云量、低云量以及降水量之间的相关关系。

表1 Hurst指数分级表
Table 1 Hurst index classification

等级	Hurst指数 (H)	持续性强度	等级	Hurst指数 (H)	反持续性强度
1	$0.50 < H \leq 0.55$	很弱	-1	$0.45 \leq H < 0.50$	很弱
2	$0.55 < H \leq 0.65$	较弱	-2	$0.35 \leq H < 0.45$	较弱
3	$0.65 < H \leq 0.75$	较强	-3	$0.25 \leq H < 0.35$	较强
4	$0.75 < H \leq 0.80$	强	-4	$0.20 \leq H < 0.25$	强
5	$0.80 < H < 1.00$	很强	-5	$0.00 < H < 0.20$	很强

2 研究结果

2.1 年平均日照时数的空间分布特征

三江源果洛地区日照时数的空间分布特征是:西北多,东南少,分布趋势由西北向东南逐渐减少。果洛地区年平均日照时数为2492.1 h,日照时数最多的地区是西北方向的玛多站,最高达2830.5 h,比地区平均值高13.6%,其次是玛沁,为2563.4 h,比地区平均值高2.9%,再次是中部地区的达日和甘德,日照时数分别为2480.3 h和2412.0 h,比地区平均值分别低0.5%和3.2%,之后是久治,为2342.2 h,比地区平均值低6.2%,日照时数最少的地区为东南部的班玛,为2324.4 h,比地区平均值低6.7%。这与侯文菊^[10]分析的青海省日照时数空间分布特征一致。

2.2 日照时数的时间变化特征

2.2.1 年际变化特征

三江源果洛地区近40年的年总日照时数呈负趋势,趋势为 $-40.2 \text{ h}/(10 \text{ a})$ (图1),通过了0.01的显著性水平检验。各站的日照时数变化趋势显示(表2),班玛、玛沁2个站呈负趋势,趋势系数分别为 $-95.71 \text{ h}/(10 \text{ a})$ 、 $-55.95 \text{ h}/(10 \text{ a})$,均通过了0.001的显著性水平检验,表明2个站日照时数的减少趋势非常明显;达日、甘德、久治3个站的趋势系数分别

为-24.96 h/(10 a)、-13.35 h/(10 a)、-3.44 h/(10 a), 减少趋势不显著; 玛多站的趋势系数为0.17 h/(10 a), 呈现略微增加的趋势, 增加趋势不明显。果洛地区历年平均日照时数的平均值为2492.1 h, 最大值出现在2002年, 为2660.0 h, 最小值出现在2019年, 为2223.4 h, 两者相差436.6 h, 达到历年平均值的17.5%。从线性趋势来看, 1980年到21世纪初为日照时数偏多期, 2003年以后为该地区的日照时数偏少期, 2019年为40年来最低。

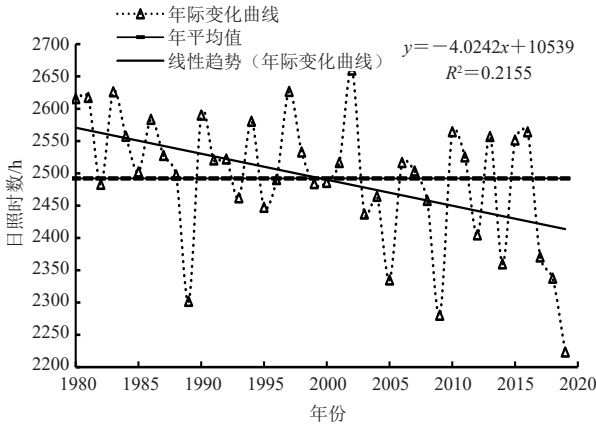


图1 1980—2019年三江源果洛地区日照时数的年际变化
Fig. 1 Interannual variation of sunshine duration in Guoluo region of Sanjiangyuan from 1980 to 2019

表2 1980—2019年三江源果洛地区各站年平均日照时数、气候倾向率和相关系数

Table 2 Annual mean sunshine duration, climate tendency rate and correlation coefficient at different stations in Guoluo region of Sanjiangyuan from 1980 to 2019

站名	年平均日照时数/h	趋势系数/(h/10 a)	相关系数(R^2)
玛多	2830.5	0.17	0.000
玛沁	2563.4	-55.95	0.255***
甘德	2412.0	-13.35	0.014
达日	2480.3	-24.96	0.067
久治	2342.2	-3.44	0.001
班玛	2324.4	-95.71	0.574***
果洛地区	2492.1	-40.24	0.215**

注: **和***分别表示通过了0.01和0.001的显著性水平检验; 下同。

2.2.2 季节变化特征

三江源果洛地区四季的日照时数变化均呈减少趋势(图2a~2d), 趋势系数分别为-11.4 h/(10 a)、-8.2 h/(10 a)、-11.8 h/(10 a)、-8.2 h/(10 a), 春、秋、冬季减少趋势明显, 均通过了0.05的显著性水平检验, 夏季未通过显著性水平检验。其中, 秋季和春季降幅较大, 夏季和冬季减少趋势较小。果洛地区春、夏、秋、冬四季平均日照时数分别为669.0 h、599.3 h、603.1 h、619.2 h(图2e), 分别占全年的

26.9%、24.1%、24.2%、24.9%, 其中春季日照时数占全年比例最大。

2.2.3 月变化特征

果洛地区的月平均日照时数在176.8~230.8 h, 分布规律表现为“三峰三谷”型(图3)。在一年当中, 4、8、11月为日照时数的相对高值期, 2、6、9月为相对低值期, 4月为全年日照时数最多的月份。5—9月为牧草生长季, 也是果洛地区的汛期, 是降水比较集中的阶段, 月平均日照时数相对较低, 9月达到最低值。从10月一次年1月, 日照时数维持在高值区。

2.3 日照时数突变特征分析

为了解果洛地区日照时数的突变情况, 对近40年时间序列进行M-K突变检验(图4)。结果显示: 近40年果洛地区日照时数的变化呈现阶段性, 大致为“减少—平稳—减少—平稳”。20世纪80年代, 果洛地区日照时数短暂增加后, 呈明显减少趋势; 90年代变化趋势处于波动期, 变化不大; 21世纪00年代的变化趋势与20世纪80年代类似, 减少趋势通过了0.05的显著性水平检验, 表明果洛地区日照时数的减少趋势是显著的; 21世纪10年代的变化趋势又与20世纪90年代类似。根据UF和UB曲线交点的位置, 确定果洛地区日照时数20世纪80年代末开始的减少是一种突变现象, 突变开始的时间是1988—1989年。

2.4 日照时数变化趋势持续性分析

运用R/S法对三江源果洛地区以及各站日照时数序列进行变化趋势的持续性分析, 得到日照时数序列的Hurst指数(表3)。果洛地区年日照时数的H值为0.72, 持续强度为“较强”。从日照时数的年际变化分析知, 近40年来日照时数呈负趋势, 根据H值, 可以判断该地区未来平均日照时数变化将与过去的变化趋势一致, 呈较强的减少趋势。从四季H值看, 冬季H值最大, 为0.76, 持续强度为“强”; 春季H值为0.47, 反持续强度“很弱”; 秋季H值为0.62, 持续强度“较弱”; 夏季H值为0.65, 持续强度“较强”; 综合来看, 四季日照时数的变化趋势与过去的变化趋势一致。

从各站H值来看, H值不一致, 最大值为班玛站的0.99, 最小值为达日站的0.66, 各站持续性强度为“很强”或“较强”, 说明各站未来的日照时数变化将与过去的变化趋势一致。

2.5 影响日照时数的要素分析

日照时数的变化与很多因子有关, 如大气环流变化、云量、降水、大气透明度、相对湿度等, 而大多数学者认为云量是决定日照时数变化的最主要因子之

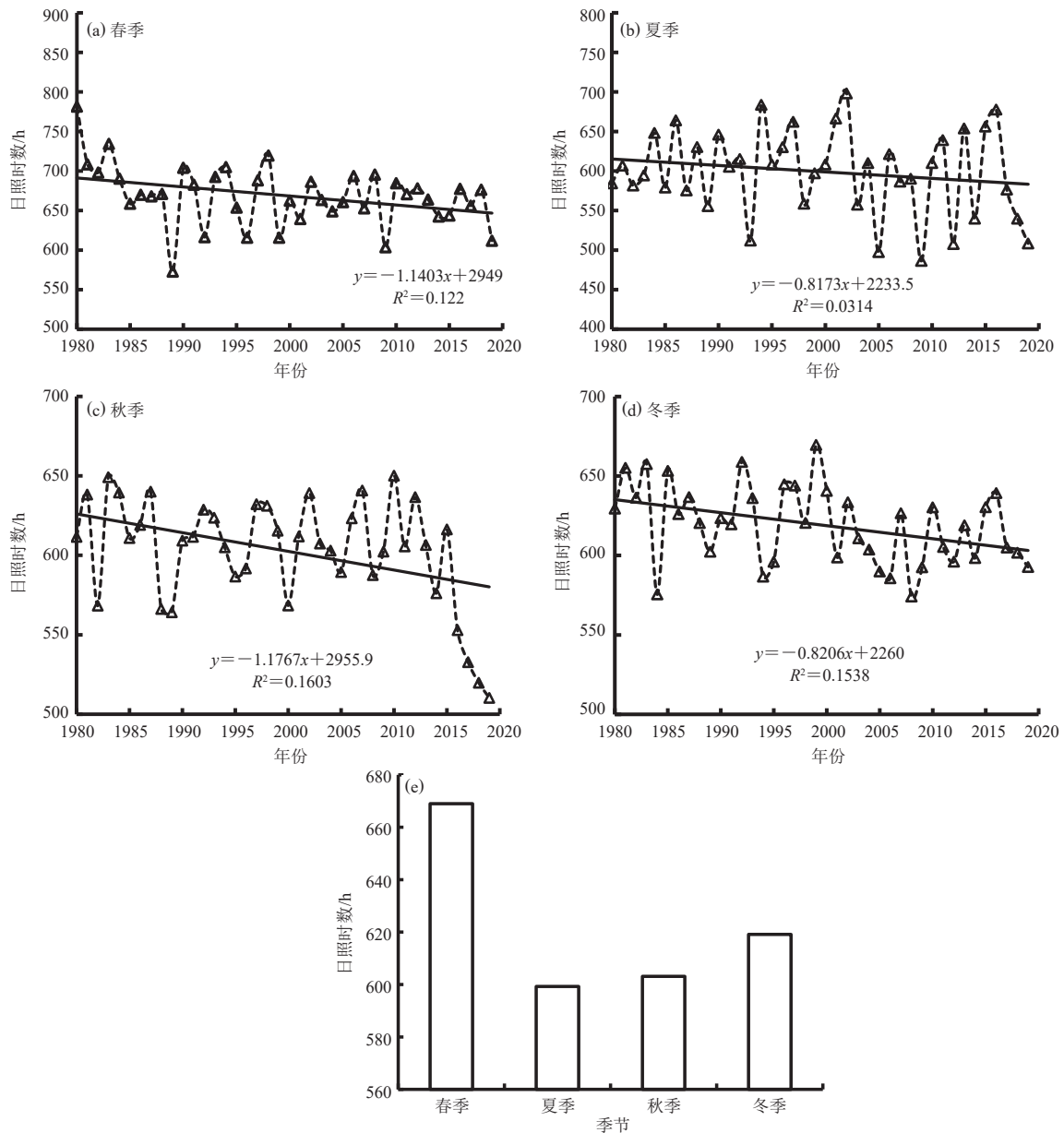


图2 1980—2019年三江源果洛地区四季日照时数的年际变化(a~d)和季节分布(e)

Fig. 2 Interannual variation (a~d) and seasonal distribution (e) of sunshine duration in four seasons of Guoluo region of Sanjiangyuan from 1980 to 2019

—^[17], 因此本文主要从总云量、低云量以及降水量3个方面分析果洛地区日照时数减少的原因。

利用SPSS软件, 将三江源果洛地区总云量、低云量、降水量分别与日照时数进行Pearson相关性分析, 结果显示(表4), 年以及四季的日照时数与各要素均呈负相关, 但相关程度在各季节是不同的。1980—2019年, 三江源果洛地区日照时数的变化主要受云量的变化影响, 其中总云量对日照时数的影响最大, 其次是低云量、降水量, 这3种因子对日照时数的变化影响都是显著的, 均通过了0.01的显著性水平

检验。究其原因, 当白天有云时, 由于云的遮蔽, 云层对太阳光有较强的阻挡和吸收作用, 使得到达地面的太阳辐射少, 仪器观测到的日照时数就少; 当白天无云或云量较少时, 云层对太阳辐射的削弱作用小, 到达地面的太阳辐射强, 地面仪器观测到的日照就充足; 同样, 在降水期间, 由于降水云层以及云层中水汽的作用, 使得到达地面的太阳辐射减少。李林等^[4]认为, 连续性的降水过程对日照时数的影响最大, 而阵性降水的影响则相对较小。

从季节变化分析可以看出, 在四季和生长季中,

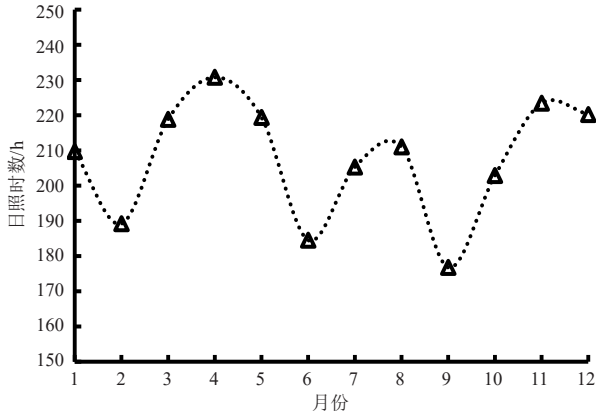


图3 1980—2019年三江源果洛地区日照时数月变化
Fig. 3 Monthly variation of sunshine duration in Guoluo region of Sanjiangyuan from 1980 to 2019

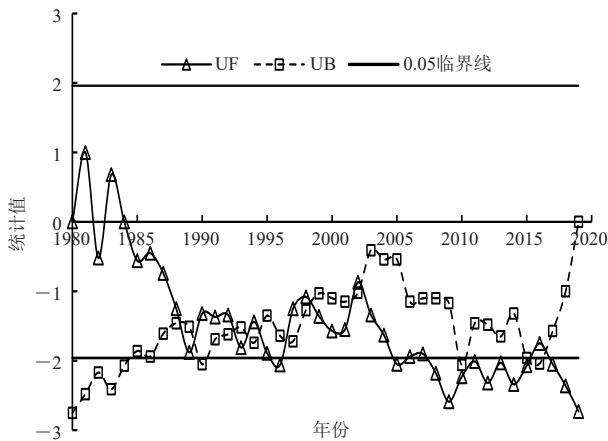


图4 1980—2019年三江源果洛地区日照时数的突变检验
Fig.4 Mutation test of sunshine duration in Guoluo region of Sanjiangyuan from 1980 to 2019

表3 三江源果洛地区日照时数的Hurst指数(H)及持续性强度
Table 3 Hurst index (H) and sustained intensity of sunshine duration in Guoluo region of Sanjiangyuan

年/季	Hurst指数(H)	持续性强度	站名	Hurst指数(H)	持续性强度
年	0.72	较强	玛多	0.86	很强
春季	0.47	很弱	玛沁	0.92	很强
夏季	0.65	较强	甘德	0.70	较强
秋季	0.62	较弱	达日	0.66	较强
冬季	0.76	强	久治	0.70	较强
			班玛	0.99	很强

总云量对日照时数的影响较大,降水量则最小,除秋季和冬季的降水量的相关关系未通过显著性检验外,其余均通过了0.01的显著性水平检验。

3 结论与讨论

1) 三江源果洛地区日照时数的空间分布呈现西北多,东南少,由西北向东南逐渐减少的趋势特征。

2) 三江源果洛地区近40年的日照时数呈负趋势,

表4 1980—2019年三江源果洛地区年、季日照时数与云量、降水量的Pearson相关系数

Table 4 Correlation coefficient between annual and seasonal sunshine duration and cloud cover and precipitation in Guoluo region of Sanjiangyuan from 1980 to 2019 (Pearson correlation)

	全年	春季	夏季	秋季	冬季	生长季
总云量	-0.73**	-0.61**	-0.90**	-0.66**	-0.73**	-0.86**
低云量	-0.61**	-0.52**	-0.80**	-0.62**	-0.53**	-0.80**
降水量	-0.47**	-0.49**	-0.69**	-0.32	-0.28	-0.57**

趋势为 $-40.2 \text{ h}/(10 \text{ a})$ 。该结果与刘义花等^[8]对青海省日照时数变化分析的趋势相同,但高于其分析结果。刘义花等^[8]分析得出青海省1971—2007年的日照时数呈明显减少的趋势,趋势系数为 $-23.6 \text{ h}/(10 \text{ a})$ 。三江源果洛地区近40年日照时数年平均值为2492.1 h,最大值出现在2002年,为2660.0 h,最小值出现在2019年,为2223.4 h,两者相差436.6 h;四季的日照时数均呈减少趋势,趋势分别为 $-11.4 \text{ h}/(10 \text{ a})$ 、 $-8.2 \text{ h}/(10 \text{ a})$ 、 $-11.8 \text{ h}/(10 \text{ a})$ 、 $-8.2 \text{ h}/(10 \text{ a})$,春、秋、冬减少趋势显著;三江源果洛地区的月平均日照时数在176.8~230.8 h,变化规律呈“三峰三谷”型,4月为全年日照时间最多的月份。刘义花等^[8]分析表明,1971—2007年青海省日照时数最多的月份是5月,只有果洛地区是4月。本研究结果与之一致。

3) 根据R/S法计算的H值,判断出三江源果洛地区未来日照时数的变化趋势将与过去一致,呈较强的减少趋势。四季日照时数的变化趋势亦与过去一致,其中冬季日照时数的变化趋势在未来对全年日照时数的变化趋势促进作用最大。各站未来的日照时数变化趋势也将与过去一致。

4) 三江源果洛地区日照时数的变化主要受云量的影响,其中低云量对日照时数的影响最大,其次是总云量、降水量。这3种因子与日照时数的变化都存在显著的负相关关系,表明青海高原暖湿化程度增加、云量增多、降水量增加,从而使日照时数减少。

本文仅对造成果洛地区日照时数减少的云量、降水原因进行了初步分析,大气环流变化、大气透明度、相对湿度、降水性质等与果洛地区日照时数的相关性值得进一步探讨。

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):942-956.
- [2] 李慧群,付尊涛,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.
- [3] 华维,董一平,范广洲.青藏高原年日照时数变化的时空特征[J].山地学报,2010,28(1):21-30.
- [4] 李林,汪青春,时兴合,等.青海省太阳能风能监测评估服务技术

(下转93页)

深入阅读

- 戴洋, 吴灿, 何晓欢, 2019. 从SCI收录情况看大气科学期刊发展态势[J]. 气象科技进展, 9(3): 249-250.
- 戴洋, 俞卫平, 吴灿, 2024. 2011—2020年中外科技期刊载文量比较与分析[J]. 科技传播, 16(1): 49-53.
- 董毅敏, 秦洁雯, 2019. 新中国期刊出版业70年: 历程、成就与经验[J]. 出版发行研究(11): 5-10.
- 郭志梅, 2015. 我国大气科学类期刊总被引频次和影响因子统计分析[J]. 气象科技进展, 5(6): 63-65.
- 刘文钊, 李婧华, 2024. 近十年大气科学领域文献计量分析[J]. 气象科技进展, 14(1): 63-65.
- 任胜利, 杨洁, 宁笔, 等, 2023. 2022年我国英文科技期刊发展回顾[J]. 科技与出版, 42(3): 50-57.
- 王善平, 2011. “SCI核心期刊”政策推进还是阻碍了中国科学的发展[J]. 科技导报, 29(28): 15-19.
- 王英辉, 2006. 中美大气科学期刊比较及对建设中国大气科学精品期刊的几点思考[J]. 中国科技期刊研究, 17(6): 1116-1119.
- 邬书林, 2016. 发挥学术期刊在创新发展中的作用[N/OL]. 光明日报, 2016-07-18[2023-12-16]. https://epaper.gmw.cn/gmrb/html/2016-07/18/nw.D110000gmrb_20160718_2-11.htm.
- 杨春兰, 2022. 我国期刊管理体制变迁的历史与特点[J]. 出版发行研究(10): 54-63, 46.
- 袁凤杰, 李耀先, 2005. 我国气象科技期刊发展与作用[J]. 广西气象, 26(4): 45-50.
- 曾建勋, 2023. 核心期刊的来龙去脉[M]. 北京: 科学技术文献出版社.
- 张志强, 2023. 学术期刊何以高质量发展: 历史、现实与未来——以学术期刊评价为中心[J]. 河南大学学报(社会科学版), 63(1): 145-151, 156.
- 张芷言, 林丽珊, 2022. 中国大气科学科技期刊的现状与未来[J]. 气象科技进展, 12(4): 77-79.
- 中国科学技术协会, 2019. 中国科技期刊发展蓝皮书(2019)[M]. 北京: 科学出版社.
- 中国科学技术协会, 2022. 中国科技期刊发展蓝皮书(2022)[M]. 北京: 科学出版社.

(作者单位: 国家气象中心《气象》编辑部)
(编辑: 卢冰)

(上接78页)

- [M]. 北京: 气象出版社, 2013: 28-41.
- [5] 王建兵, 敖泽建, 陈洋. 近40 a甘南高原日照时数变化趋势及影响因素[J]. 干旱气象, 2014, 32(1): 93-98.
- [6] 王宇, 延军平, 吴梦初, 等. 云南省近44年日照时数时空变化及其影响因素分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2014, 36(3): 392-399.
- [7] 杜军, 边多, 胡军, 等. 西藏近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): 492-500.
- [8] 刘义花, 汪青春, 王振宇, 等. 1971年—2007年青海省日照时数的时空分布特征[J]. 资源科学, 2011, 33(5): 1010-1016.
- [9] 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): 327-332.
- [10] 侯文菊. 果洛地区太阳能、风能资源的利用[J]. 青海气象, 2009(3): 70-71.
- [11] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术(第2版)[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [12] 赵晶, 王乃昂. 近50年来兰州城市气候变化的R/S分析[J]. 干旱区地理, 2002, 25(1): 90-95.
- [13] 周寅康, 张捷, 王腊春, 等. 长江下游地区近五百年洪涝序列的R/S分析[J]. 自然灾害学报, 1997, 6(2): 78-84.
- [14] 赵晶, 王乃昂, 杨淑华. 兰州城市化气候效应的R/S分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2000, 36(6): 122-128.
- [15] 江田汉, 邓莲堂. Hurst指数估计中存在的若干问题——以在气候变化研究中的应用为例[J]. 地理科学, 2004, 24(2): 177-182.
- [16] 冯新灵, 冯自立, 罗隆诚, 等. 青藏高原冷暖气候变化趋势的R/S分析及Hurst指数试验研究[J]. 干旱区地理, 2008, 33(2): 175-181.
- [17] 周秉荣. 青海省气候资源分析评价与气象灾害风险区划[M]. 北京: 气象出版社, 2016.

(编辑: 郑秋红)