

黄秀秀,莫迪,谭佳勇,等.1970—2021年河池市太阳总辐射时空变化特征分析[J].气象研究与应用,2024,45(1):35–41.
HUANG Xiuxiu, MO Di, TAN Jiayong, et al. Analysis of spatiotemporal variation characteristics of total solar radiation in Hechi from 1970 to 2021[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2024, 45(1): 35–41.

1970—2021年河池市太阳总辐射时空变化特征分析

黄秀秀¹, 莫迪¹, 谭佳勇^{2*}, 谭苏¹

(1.河池市气象局, 广西 河池 547000; 2.金城江区气象局, 广西 河池 547000)

摘要:利用1970—2021年河池市气象观测及地理信息等数据,根据太阳辐射气候学估算模型,采用统计学、Mann-Kendall突变检验和小波分析等方法,分析河池市太阳总辐射时空变化特征。结果表明,1970—2021年河池市年太阳总辐射呈现“下降-上升”趋势,年际波动总体平稳。春、夏、秋、冬四个季节均出现“变暗”和“变亮”交替过程,但各年代际变化的趋势不同,且春夏波动较为明显。年太阳总辐射在1981年发生突变。太阳总辐射变化的主周期为30 a,且呈现“多-少”周期性震荡变化。太阳能资源时空分布不均,存在空间和季节分布差异,年平均太阳总辐射在3 665.6~4 390.7 MJ·m⁻²之间,高值区在巴马,低值区在天峨,呈现南部向西北部逐渐减小特征。各季节太阳总辐射从大到小排列为夏季、秋季、春季、冬季。

关键词:太阳总辐射;时空变化特征;Mann-Kendall检验;小波分析

中图分类号: P422.1

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2024.1.07

“双碳”目标的提出,使可再生能源的开发利用需求越来越大^[1],太阳能、风能等可再生能源充分利用也是解决全球能源问题的必然选择。当前光伏电站的发电量在整个电网发电量中的比重逐年增加^[2],最大限度开发利用太阳能资源,发挥光伏电站效益,保证供电网络安全与平衡成为政府及电力调度部门高度关注的问题^[3]。中国地域辽阔,地形起伏较大,受地理因子和大气条件差异影响导致太阳能资源分布不均^[4-6],已有研究表明,地表太阳辐射存在周期性变化,日照、云量以及长期人类活动等因素使地表太阳辐射具有一定的区域性和局地效应^[7-9]。

太阳辐射总量是影响光伏电站年发电量的关键因素^[10],开展太阳辐射时空分布特征及演变趋势研究,是太阳能资源开发利用的重要环节^[11]。近几十年来,国内外专家学者对太阳辐射评估方法及时空分布特征进行多方面的研究^[12-14]。传统的太阳辐

射评估方法有气候学模型方法、物理反演法、复杂地形下的计算方法及人工智能等方法^[15-16],其中基于地面观测数据的气候学模型方法,所需物理量少、计算误差小,在月及以上时间尺度的太阳能资源评估的效果最好且最稳定,是太阳能资源评估领域中较早得到广泛应用的方法之一^[17]。河池清洁能源丰富,其中水能资源蕴藏量达 1.2×10^7 kW,大型水电资源占广西70%左右,是全国有名的水电基地^[18],同时也是水电、光伏、风电清洁能源体系建设示范区^[19]。由于河池市无辐射观测站点,在已有研究中大多是对广西区域太阳能资源估算方法、分布特征及影响因子进行分析研究^[20-22],较少分析河池市太阳能资源精细化时空分布,特别是季节时间尺度变化趋势。本文基于1970—2021年河池市气象观测等数据,运用气候学估算模型方法,分析河池市太阳总辐射的空间分布及周期性变化特征,为河池市引进及优化光伏发电产业发展布局提供决策依据。

收稿日期: 2023-12-12

基金项目: 广西重点研发项目(桂科 AB22035069)、河池重点研发计划项目(河科 AB220704)、广西气象科研计划项目(桂气科 2023M25)、河池市气象科研计划项目(202307)

第一作者简介: 黄秀秀(1989-),女,工程师,主要从事中短期天气预报与专业气象服务。E-mail:294182508@qq.com

*通讯作者: 谭佳勇(1989-),男,高级工程师,主要从事农业气象观测服务及农业资源开发利用。E-mail:1183385747@qq.com

1 资料与方法

1.1 资料选取

本研究选取 1970—2021 年桂林和南宁站辐射、日照百分率以及河池市 10 个县气象站逐日气象观测数据,包括纬度、经度、日照时数等,数据均来自广西壮族自治区气象信息中心。从国家基础地理信息中心获取 1:25 万基础地理信息数据,包括地市及县级行政矢量边界。

1.2 研究方法

1.2.1 太阳总辐射的估算

本文利用基于日照百分率的太阳总辐射估算模型^[23-24],公式如下:

$$Q = (a_s + b_s \frac{n}{N}) Q_0 \quad (1)$$

式中: Q 为日太阳总辐射量(单位: $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$); a_s 、 b_s 为经验系数,多数研究表明 a_s 、 b_s 值因地区或季节而异^[4,25],本文利用桂林、南宁站辐射和日照数据,参考前人研究成果及分区方法对站点模型进行参数推算^[26]; Q_0 为天文辐射(单位: $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$)。

$$Q_0 = \frac{24 \times 60}{\pi} R_0 d (\omega_0 \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \omega_0) \quad (2)$$

R_0 为太阳常数,取值 $0.082 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$, d 为日

地距离系数

$$d = 1 + 0.033 \cos(\frac{2\pi}{365} J) \quad (3)$$

δ 为太阳赤纬(rad)

$$\delta = 0.409 \sin(\frac{2\pi}{365} J - 1.39) \quad (4)$$

J 为年内日序,1月1日为1,以此类推,取值范围为1到365或366; φ 为纬度, ω_0 为日没时的时角

$$\omega_0 = \arccos(-\tan \varphi \tan \delta) \quad (5)$$

n 为实际日照时数(单位:h), N 为最大可能日照时数(单位:h)。

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_0 \quad (6)$$

1.2.2 模型参数及验证

根据桂林、南宁站 1970—2021 年逐月太阳总辐射和日照数据,采用最小二乘法计算辐射站逐月辐射模型参数 a_s 、 b_s 值。如表 1 所示,模型模拟结果除桂林 1—4 月相对误差 $> 10\%$,其余均在 10% 以下。总体看模型参数精度较高。分析河池市各县区与南宁、桂林站日照时数相关系数,利用站点分区方法^[20],将巴马太阳辐射模型参数归入南宁站,其余县区归入桂林站。

表 1 南宁、桂林辐射站模型参数 a_s 、 b_s 值及误差

站点	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
a_s	0.1366	0.1323	0.147	0.172	0.238	0.2185	0.222	0.2831	0.2769	0.2709	0.2045	0.1863
b_s	0.6697	0.6759	0.576	0.5408	0.4094	0.4789	0.4555	0.3507	0.3846	0.3947	0.5166	0.5406
误差%	8.0	9.9	8.6	7.3	5.1	6.8	5.3	6.5	4.9	4.6	5.7	6.8
a_s	0.1264	0.1041	0.1176	0.1432	0.1513	0.218	0.2484	0.3178	0.2786	0.1984	0.1911	0.1709
b_s	0.6732	0.7836	0.6585	0.6174	0.5967	0.4181	0.379	0.2617	0.3607	0.5307	0.5161	0.5296
误差%	10.7	10.5	11.0	11.3	9.6	8.5	8.3	9.2	8.4	9.4	9.3	9.8

1.2.3 变化趋势及突变分析方法

气候倾向率:

$$y = kx + P \quad (7)$$

公式(7)用来表示太阳总辐射 y 和时间 x 的线性回归关系。 $10k$ 通常用作表示气候倾向率, $10k > 0$ 表示呈上升趋势, $10k < 0$ 则反之^[27]。

利用河池市 52 a 的太阳总辐射值与其平均值的差值即距平,研究河池市太阳总辐射变化趋势,以及太阳总辐射与 5 a 滑动平均值的偏差程度。

利用 Mann-Kendall 突变检验方法可以检验某

一要素时间序列突变开始时间及突变区域^[28]。

1.2.4 小波分析法

小波实部等值线图可反映气候序列的多时间尺度变化^[29]。用 Morlet 小波系数表示河池市太阳总辐射不同特征时间尺度信号在不同时间的强弱和位相信息,以及使用小波方差图呈现的序列变化反映太阳总辐射在时间序列中的周期波动及强度随尺度变化的特征。

1.3 数据分析方法

使用 WPS2019 进行数据分析, MATLAB 进行

Mann-Kendall 检验及 Morlet 小波分析^[27,30]; Arcgis10.2 进行空间分布制图等^[31]。

2 结果与分析

2.1 太阳总辐射时间序列变化

2.1.1 年太阳总辐射年际变化

由图 1 可以看出, 1970—2021 年河池市年平均太阳总辐射呈“V”型变化特征, 其中 1970—1998 年为显著下降趋势, 下降速率为 $17.9 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot (10\text{a})^{-1}$, 通过 0.01 的显著检验; 1998—2021 年以 $16.4 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 速率上升。河池市 1970—2021 年太阳总辐射最大值出现在 1978 年, 为 $4\,201.7 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 最小值为 1997 年的 $3\,523.4 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 平均值为 $3\,922.3 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 绝对变幅为 $678.3 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 相对变幅为 $1.19 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 年辐射量的变差系数为 4.2%, 表明其年际波动总体平稳。结合低通滤波 5 a 滑动平均分析太阳年总辐射的距平变化趋势, 可以得出河池市太阳总辐射经历先“变暗”到“变亮”的交替过程, 其中 1998 年以前显著下降(“变暗”), 1998—2021 年逐渐上升(“变亮”), 这与大多数学者提出的太阳辐射变化趋势, 在 90 年代前以下降趋势为主, 90 年代后转为上升趋势的结论大体一致^[32]。

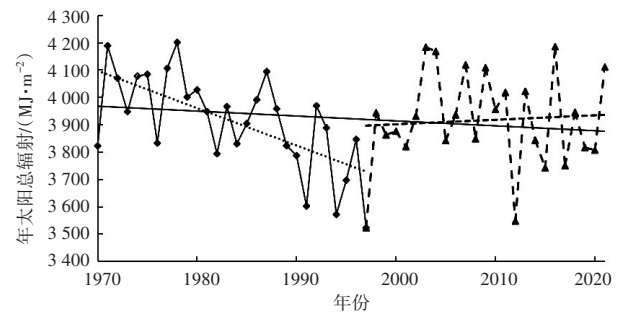


图 1 1970—2021 年河池市年太阳总辐射年际变化趋势

2.1.2 季太阳辐射年际变化

从表 2 可知, 各季节中春季呈逐年上升趋势变幅为 $2.7 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot (10\text{a})^{-1}$, 其余均为逐年减小趋势, 冬季下降幅度最多为 $9.2 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot (10\text{a})^{-1}$, 其次是秋季, 为 $8.6 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot (10\text{a})^{-1}$, 但上升及下降趋势均未通过显著性检验, 说明河池市 4 个季节的太阳总辐射上升或下降在研究时段内没有发生明显变化。春、夏、秋、冬太阳总辐射量占年太阳总辐射量的百分比分别为 23.6%、34.8%、26.5%、15.1%, 太阳总辐射量夏季 > 秋季 > 春季 > 冬季, 辐射受季节变化影响显著。分析各季节太阳辐射变化, 均出现“变暗”和“变亮”交替过程, 但各时期变化的趋势不同, 且春夏波动较为明显。

表 2 河池市 1970—2021 年各季节太阳总辐射趋势方程和统计量

	春季	夏季	秋季	冬季
趋势方程	$y=0.27x+916.59$	$y=-0.46x+1\,377$	$y=-0.86x+1\,064.5$	$y=-0.92x+614.85$
最大值/($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$)	1 078.0	1 517.4	1 228.6	796.5
最小值/($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$)	746.5	1 216.0	877.5	412.4
平均值/($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$)	923.8	1 364.8	1 041.8	590.6

2.2 太阳总辐射突变特征

如图 2 所示, 1970—2021 年河池市年太阳总辐射整体上呈现“上升-下降”趋势, 1970—1981 年 UF 值大于 0 且稳定波动, 表明辐射量增加; 1982—2021 年为负值, 表明辐射量减少, 其中 1991—2006 年 UF 值 < -1.96 (0.05 置信区间), 下降趋势明显; UB 和 UF 线相交于 1981 年, 说明河池市太阳总辐射在 1981 年发生突变。1970—2021 年各季节太阳总辐射 M-K 变化趋势, 仅 1991 年冬季通过 0.05 置信区, 说明各季节太阳总辐射没有显著的上升或下降趋势。夏季太阳总辐射与年总辐射波动变化基本一致, 但 UF 值小于 0 出现时段相较年辐射变化偏晚(1991 年

后); 春季在 1987—2004 年及秋、冬季大多数时段的 UF 值 < 0 , 太阳总辐射呈减少趋势。各季节的 UF、UB 曲线相交突变年较多, 其中夏季存在 3 个突变年, 春、秋、冬季有 5 个突变年以上, 春、秋、冬三季呈现多波动变化。

2.3 太阳总辐射周期特征

根据 Morlet 小波分析方法对河池市太阳总辐射进行周期变化研究。从图 3(a)、3(b)可以看出河池市太阳总辐射在 30a 时间尺度上存在 3 次明显“多-少”相位的周期变化, 1970—1985 年、2008—2021 年太阳总辐射较多, 周期震荡中心分别为 1975、2015 年; 1986—2007 年太阳总辐射较少, 震荡中心为

1995年。1983年和2005年在30 a周期震荡中为太阳总辐射“多”-“少”-“多”变化的转折点,与前文分析的突变时间(1981年)及太阳总辐射年际变化中降低和升高转折时间基本一致。在长周期循环中,还存在17 a和12 a尺度中长期震荡,强度较弱。另外在50 a左右有明显的正负相位变化,但图形没闭合,需要更长时间序列的数据来验证。

各季节均存在30 a的主周期并出现“多-少”的震荡变化,与年太阳总辐射的震荡周期和转折时段基本一致。在30 a的长周期震荡循环中,春季在1980—2005年时段还存在12 a尺度的中长期震荡

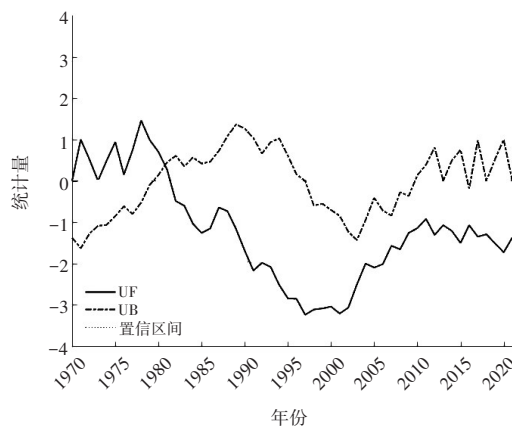


图2 1970—2021年河池市年太阳总辐射M-K检验

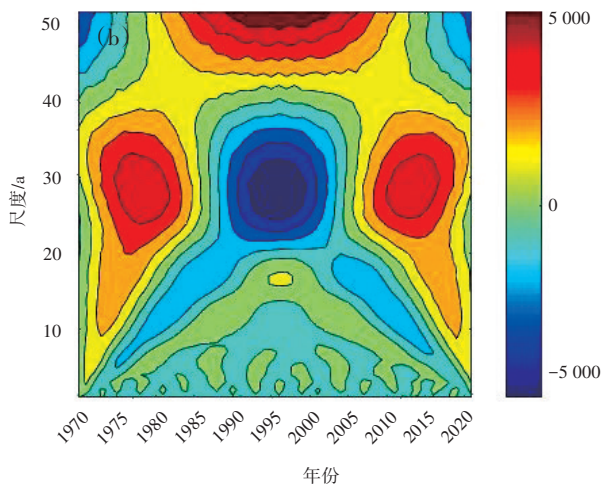
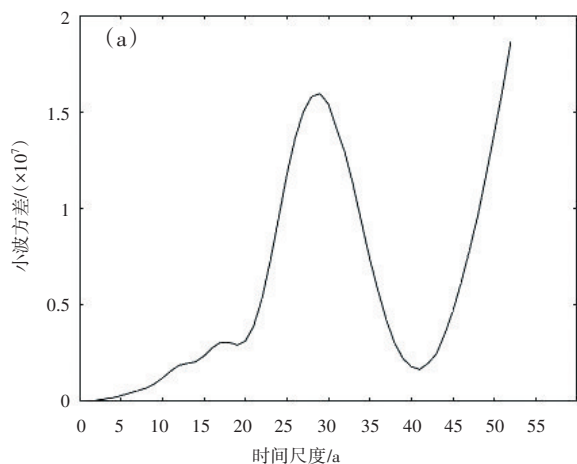


图3 1970—2021年河池市年太阳总辐射小波变化

(a)小波方差;(b)小波系数

变化,强度较弱,震荡中心不明显;而秋、冬季存在17a的震荡变化,在1975—2010年时段强度较高共出现3次“多-少”交替的准震荡,震荡中心分别为1985年、1995年、2005年。与年太阳总辐射类似,各季节在50 a左右有明显的正负相位变化,但图形没闭合。从河池市年和季节太阳总辐射周期变化规律来看,未来30 a河池市太阳总辐射周期可能为偏少期。

2.4 太阳总辐射空间分布

如图4所示,河池市年太阳总辐射空间分布特征表现为西北部最少,越往南部太阳总辐射越多,年太阳总辐射在 $3\,665.6 \sim 4\,390.7 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 之间,巴马最高,为 $4\,390.7 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$,最低为天峨 $3\,665.6 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。按照太阳能资源丰富程度等级规定^[33],河池市太阳能

属于“资源丰富”等级。其中巴马、都安、大化、宜州及东兰南部太阳能资源最充足,太阳能资源在 $3\,950 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上。

春季各县区太阳总辐射差异最大,表现为西部多东部少特征。主要是春季河池受西南暖低压影响,多晴热天气,西部天空状况较好,而云量是影响太阳总辐射变化的主要因子^[34]。夏秋两季的空间分布大致相似,且与年太阳总辐射的空间分布趋于一致,即南部向西北部逐渐减小。冬季太阳高度角偏低,云量较多和受局地地形影响,太阳总辐射是一年中最少季节^[35],也是一年中各县区差异最小的季节。其空间分布特征为从南到北逐渐减少。巴马4个季节均为高值区,是河池市太阳辐射资源季节分布最均衡的区域。

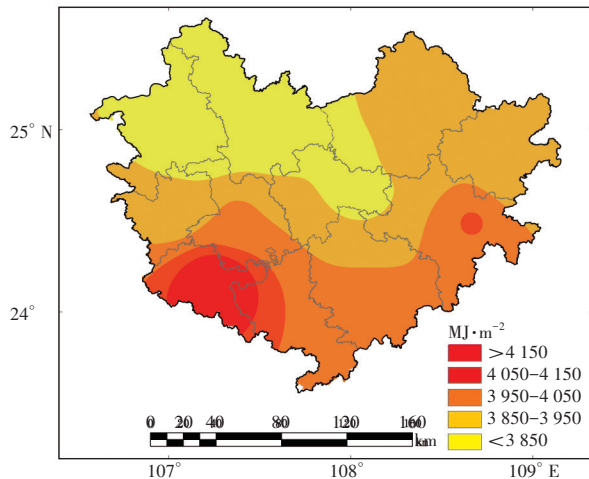


图4 1970—2021 年河池市年太阳总辐射空间分布

3 结论与讨论

根据气候学估算模型,分析河池市太阳总辐射空间特征、突变和周期变化趋势,主要结论如下:

(1) 1970—2021 年河池市年太阳总辐射呈现“下降-上升”趋势,年总辐射的变差系数为4.2%,年际波动总体平稳,在1981年发生突变。太阳总辐射受季节变化影响显著,表现为夏季最多冬季最少。各季节均出现“变暗”和“变亮”交替过程,但各时期变化的趋势不同,且春夏波动较为明显,各季节太阳总辐射均发生突变,但没有明显的上升或下降变化趋势。

(2) 河池市太阳总辐射的变化主周期为30 a,且呈现“多-少”周期性震荡变化,其中1970—1985年、2008—2021年太阳总辐射较多,1986—2007年太阳总辐射较少。

(3) 河池市太阳能资源属于“资源丰富”等级,其多年平均太阳总辐射在3 665.6~4 390.7 MJ·m⁻²之间,高值区在巴马,低值区为天峨,呈现南部向西北部逐渐减小的特点。太阳总辐射夏季>秋季>春季>冬季。春季空间分布特征为“西多东少”,夏秋两季的空间分布与年空间分布趋于一致,冬季特点为“北少南多”。

河池市太阳总辐射与全国大部地区的变化趋势和转折点总体一致,均在20世纪90年代中后期出现由减少到增多的转折^[8];在减少阶段,太阳总辐射平均减幅为17.9 MJ·m⁻²·(10a)⁻¹,与广西平均减幅43.8 MJ·m⁻²·(10a)⁻¹相比降幅明显偏小^[22],具有明显区域性特征,这可能与河池市工业规模小,人

为活动排放气溶胶等污染物对太阳总辐射的影响较低有关,太阳辐射的变化属于正常自然波动^[36]。河池市不同区域太阳总辐射差异较大,需针对不同县区制定相应的光伏项目发展规划,以获得更高的经济效益;同时河池市太阳总辐射周期变化可能进入“偏少期”,太阳能资源开发利用需做好风险防范应对。

参考文献:

- [1] 杨丽雯,姜鲁光,赵慧霞.内蒙古“牧光互补”开发适宜性及其与区域能源需求的耦合评价[J].干旱区资源与环境,2023,37(5):122-129.
- [2] 国家能源局. 2022年全国电力工业统计数据[EB/OL]. (2023-1-18) [2024-4-1]. http://www.nea.gov.cn/2023-01/18/c_1310691509.htm.
- [3] 保广裕,张静,周丹,等.青海省太阳辐射强度时空变化特征分析[J].冰川冻土,2017,39(3):563-571.
- [4] 和清华,谢云.我国太阳总辐射气候学计算方法研究[J].自然资源学报,2010,25(2):308-319.
- [5] 邱宗旭,孙通,刘东华,等.深圳不同气象条件下各朝向太阳辐射分布特征[J].太阳能学报,2021,42(5):160-167.
- [6] 蔡元刚,王明田,蔡怡亨,等.利用地面气象资料建立四川省日总辐射计算模型[J].中国农业气象,2019,40(9):543-556.
- [7] 李小军,辛晓洲,彭志晴.2003—2012年中国地表太阳辐射时空变化及其影响因子[J].太阳能学报,2017,38(11):3057-3066.
- [8] 齐月,房世波,周文佐.近50年来中国地面太阳辐射变化及其空间分布[J].生态学报,2014,34(24):7444-7453.
- [9] 赵春霞,郑有飞,吴荣军,等.我国东南沿海地区城市太阳辐射变化差异及其影响因素分析[J].热带气象学报,2013,29(3):465-473.
- [10] 卓自想,段士伟,任静.武汉地区光伏电站理论年发电量的计算研究[J].太阳能,2023(3):30-37.
- [11] 王优,张富荣,李书君,等.辽西朝阳地区太阳能资源评估[J].陕西气象,2023(2):48-54.
- [12] 沈义.我国太阳能的空间分布及地区开发利用综合潜力评价[D].兰州:兰州大学,2014.
- [13] 李晓文,李维亮,周秀骥.中国近30年太阳辐射状况研究[J].应用气象学报,1998,9(1):24-31.
- [14] POWER H C, MILLS D M. Solar radiation climate change over southern Africa and an assessment of the radiative impact of volcanic eruptions [J]. International Journal of Climatology, 2005, 25(3): 295-318.
- [15] 申彦波.我国太阳能资源评估方法研究进展[J].气象科

- 技进展,2017,7(1):77-84.
- [16] 王科,黄晶.国内外太阳能资源评估方法研究现状和展望[J].气候变化研究进展,2023,19(2):160-172.
- [17] 方琼玉,谭佳勇,丁美花,等.基于气候学方法的太阳能资源估算研究概述[J].气象研究与应用,2023,44(2):87-91.
- [18] 周敏玉.桂西资源富集区定位下河池市的发展现状和对策研究[C]//广西壮族自治区人民政府发展研究中心,广西市场经济研究会,中国共产党河池市委员会党校,中国共产党罗城仫佬族自治县委员会.桂西资源开发新思路.南宁:广西人民出版社,2011:141-146.
- [19] 广西壮族自治区人民政府办公厅关于支持河池市建设绿色发展先行试验区的指导意见[J].广西壮族自治区人民政府公报,2022(18):20-32.
- [20] 苏志,涂方旭.广西太阳总辐射的计算及分布特征[J].广西气象,2003(4):32-34,45.
- [21] 程爱珍,黄仁立.广西太阳辐射分布特征及与气象要素关系分析[J].安徽农业科学,2012,40(35):17212-17214.
- [22] 何如,周绍毅,苏志,等.广西太阳能分布特征及开发利用研究[J].安徽农学通报,2015,21(24):34-36.
- [23] 吴林荣,王娟敏,刘海军,等.陕西省太阳辐射及其日照时数的时空变化特征[J].水土保持通报,2010,30(2):212-214.
- [24] 张亚丽,田义超,林俊良,等.1961—2017年广西北部湾海岸带太阳总辐射时空动态特征[J].生态科学,2020,39(4):145-155.
- [25] 康雯瑛,焦建丽,王君.太阳总辐射计算方法对比分析[J].气象与环境科学,2008(3):33-37.
- [26] 何如,周绍毅,苏志,等.近50年广西太阳能资源估算与特征分析[J].江西农业学报,2016,28(3):109-112.
- [27] 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.
- [28] 张婷,魏凤英.华南地区汛期极端降水的概率分布特征[J].气象学报,2009,67(3):442-451.
- [29] 何萍,崔梅艳,李矜霄,等.昆明市太阳辐射变化特征及影响因子分析[J].地理科学进展,2019,38(11):1793-1801.
- [30] 黄嘉佑,李庆祥.气象数据统计技术分析方法[M].北京:气象出版社,2015.
- [31] 田秀霞,张雅斌,候艳林,等.邯郸太阳辐射时空分布特征[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(1):119-125.
- [32] 杨溯,石广玉,王标,等.1961~2009年我国地面太阳辐射变化特征及云对其影响的研究[J].大气科学,2013,37(5):963-970.
- [33] 国家市场监督管理总局,中国国家标准化管理委员会.太阳能资源评估方法:GB/T 37526—2019[S].北京:中国标准出版社,2020.
- [34] 陈娟,徐丹丹,罗宇翔,等.近50年来云贵高原太阳辐射变化特征及影响[J].长江流域资源与环境,2012,21(增刊1):179-184.
- [35] 敖银银,陈正洪,成驰,等.随州市1961—2016年太阳总辐射气候学计算与时空分布特征[J].中国农学通报,2019,35(15):91-97.
- [36] 杨丽薇,高晓清,李振朝.城市大气污染对到达地表的太阳辐射的影响研究[J].太阳能学报,2022,43(6):124-131.

Analysis of spatiotemporal variation characteristics of total solar radiation in Hechi from 1970 to 2021

HUANG Xiuxiu¹, MO Di¹, TAN Jiayong^{2*}, TAN Su¹

(1. Hechi Meteorological Bureau, Guangxi Hechi 547000, China;

2. Jinchengjiang District Meteorological Bureau, Guangxi Hechi 547000, China)

Abstract: Based on the meteorological and geographic information data of Hechi City from 1970 to 2021, the spatiotemporal variation characteristics of the total solar radiation in Hechi City were analyzed according to the climatological estimation model of solar radiation and the methods of linear regression, anomaly analysis, Mann–Kendall mutation test and wavelet analysis. The results show that the annual total solar radiation in Hechi City presents a "decreasing–increasing" trend from 1970 to 2021, with generally stable interannual fluctuations. The four seasons show alternating processes of "darkening" and "brightening", but the trends of interdecadal change are different, and the fluctuations are more obvious in spring and summer. The total solar radiation experiences an abrupt change in 1981. The main period of the total solar radiation in Hechi City is 30 years, and it exhibits "more–less" periodic oscillations. The spatial and temporal distribution of solar energy resources in Hechi City is uneven, and there are differences in spatial and seasonal distribution, with the annual average total solar radiation ranging from 3 665.6 to 4 390.7 MJ·m⁻², and the high value area being in Bama and the low value area being in Tian'e, exhibiting a gradual decrease from the south to the northwest part of the city. The total solar radiation in each season from largest to smallest is summer, autumn, spring and winter.

Key words: total solar radiation; spatiotemporal variation; Mann–Kendall test; wavelet analysis