

赵小宁,胡晓黎,张鸿雁. 商洛 1961—2020 年 10 °C 界限温度变化特征[J]. 陕西气象,2022(5):29-34.

文章编号:1006-4354(2022)05-0029-06

# 商洛 1961—2020 年 10 °C 界限温度变化特征

赵小宁,胡晓黎,张鸿雁

(商洛市气象局,陕西商洛 726000)

**摘要:**利用商洛 7 个气象观测站 1961—2020 年逐日气象观测资料,分析商洛 1961—2020 年气温稳定通过 10 °C 的初日、终日、持续日数和活动积温分布特征,采用线性倾向估计法分析变化特征,综合采用累积距平、滑动  $t$  检验、Mann-Kendall 法进行突变分析和检验,采用 R/S 相关性分析预测其未来变化趋势。结果表明:商洛市 1961—2020 年  $\geq 10$  °C 初日、终日、持续日数及积温等值线呈纬向分布;商洛市  $\geq 10$  °C 平均初日呈提前趋势(线性倾向率为  $-2.3$  d/10 a,通过 0.005 显著性检验),平均终日呈推迟趋势(线性倾向率为  $1.3$  d/10 a,推迟趋势不明显),持续日数呈增加趋势(线性倾向为  $3.3$  d/10 a,通过 0.001 显著性检验),活动积温增加趋势(线性倾向率为  $68.8$  °C · d/10 a,通过 0.001 显著性检验);终日和积温突变不明显,初日在 1972 年前后发生突变,持续日数 1972 年和 2002 年前后发生突变;初日将继续呈提前趋势,持续日数呈增长趋势,持续性不明显;终日推迟趋势和积温增大趋势不显著,有较大的随机性。

**关键词:**10 °C 界限温度;变化特征;突变检验;商洛

**中图分类号:**P468.021

**文献标识码:**A

气温 10 °C 是喜温作物适宜生长的起始温度,是衡量一个地区热量资源的重要指标<sup>[1-2]</sup>。近年来,全球气候变化已得到多数学者认可,相关研究表明<sup>[3-4]</sup>,我国气温有明显的升高趋势,气候变暖将导致作物生长发育改变,同时将改变热量资源的时空分布,气温稳定通过 10 °C 的出现日期、持续时间、积温变化对确定某地作物布局、耕作制度、品种搭配有重要意义。

商洛位于秦岭南麓陕西省东南部,介于  $108^{\circ}34'E \sim 111^{\circ}1'E$ 、 $33^{\circ}2'N \sim 34^{\circ}24'N$  之间,地跨长江、黄河两大流域,处在冬夏季风与青藏高原环流的交汇地带,属冬干夏湿、干湿分明的暖温带半湿润季风气候。本文利用商洛市 7 个国家气象观测站 1961—2020 年逐日气象观测资料,分析近 60 a  $\geq 10$  °C 初日、终日、持续时间及活动积温等热量资源特征和变化规律,为商洛农业结构优化、作物布局和灾害防御提供参考和指导。

## 1 资料与方法

选取商洛 7 个地面观测站 1961—2020 年逐日平均气温观测资料,采用 5 日滑动平均法确定气温稳定通过 10 °C 的初终日日期及持续日数,计算初日和终日间的活动积温作为稳定通过 10 °C 的积温值。计算 7 站同期算术平均值建立商洛市数据序列,分析其时间变化和突变特征。为了便于日期统计计算,以 1 月 1 日为起点记为 1,将  $\geq 10$  °C 的初日、终日日期转换为距离 1 月 1 日的实际日数,得到初日、终日日期序列。

运用线性倾向估计法对  $\geq 10$  °C 初日、终日、持续日数及积温的变化规律进行分析,并检验其显著性。采用累积距平、滑动  $t$  检验、Mann-Kendall 检验法等进行突变分析和检验。运用 R/S 相关性分析预测其未来变化趋势。

## 2 结果与分析

2.1  $\geq 10$  °C 初日、终日、持续日数及积温空间分布  
受地形和纬度影响,商洛  $\geq 10$  °C 初日、终日、

收稿日期:2021-11-17

作者简介:赵小宁(1976—),女,陕西商洛人,本科,工程师,主要从事农业气象服务。

持续日数及积温等值线呈纬向分布,由图 1 可见,  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  初日随纬度和海拔高度的增加推迟,  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  终日随纬度和海拔高度的增加提前,  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  持续日数随纬度海拔高度的增加缩短,  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  活动积温随纬度海拔高度的增加减小。商洛各县(区)  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  平均初日在 4 月 1—13 日之间,其中初日最早出现在 3 月 5 日(镇安,2013 年),最晚为 6 月 1 日(柞水,1962 年);各县(区)  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  平均终日在 10 月 18 日—11 月 4 日之间,

其中最早出现在 9 月 20 日(柞水,1964 年),最晚出现在 11 月 23 日(商南,1980 年);各县(区)  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  平均持续日数在 188.4~216.7 d 之间,其中持续日数最短 115 d(柞水,1962 年),最长为 247 d(商南,2019 年);各县(区)  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  平均活动积温在 3 537.8~4 150.3  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$  之间,其中  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  活动积温最小为 2 062.5  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ (柞水,1962 年),最大为 4 972.3  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ (丹凤,2013 年)。

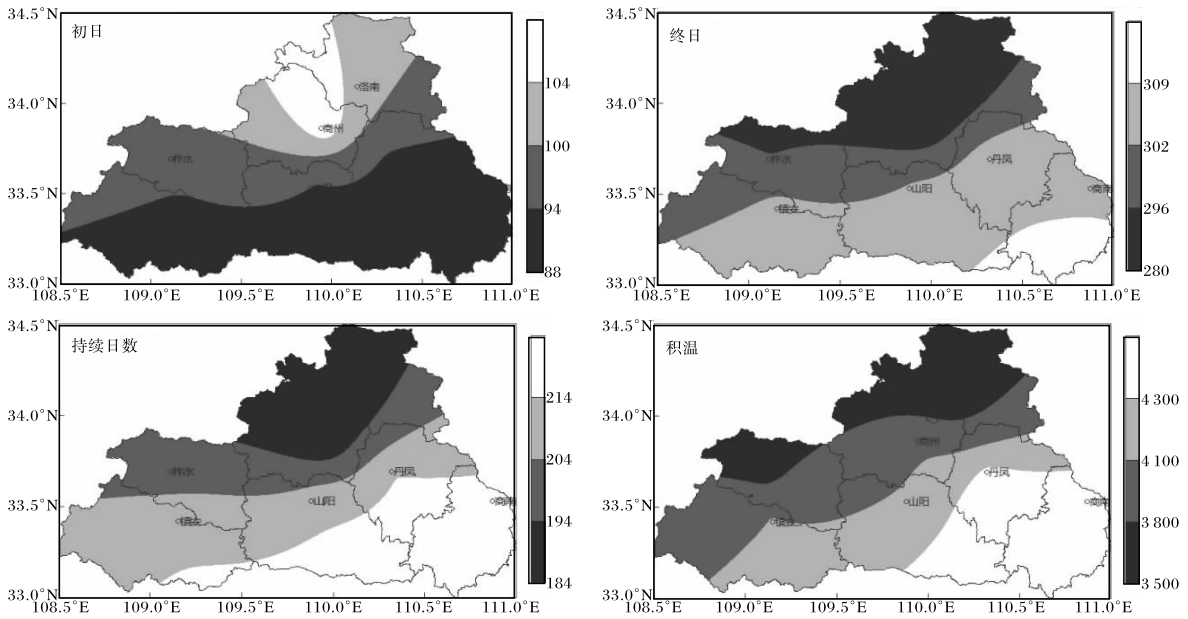


图 1 1961—2020 年商洛市  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  平均初日、终日(日序)和持续日数(单位为 d)及积温(单位为  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ) 空间分布(审图号为陕 S(2021)023 号)

### 2.2 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度气候变化趋势

2.2.1  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  初日 由图 2 可见,1961—2020 年商洛市  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  平均初日呈提前趋势,线性倾向率为  $-2.3\text{ d}/10\text{ a}$ (通过 0.005 显著性检验)。近 60 a,商洛市  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  平均初日为 4 月 5 日,最早是 2014 年为 3 月 14 日,最晚是 2002 年为 4 月 29 日。由表 1 可见,从年代际变化来看,20 世纪 60 年代和 80 年代落后于多年平均值,其余年代比多年平均日期提前或持平,尤其是 2011 年以后,较平均日期提前 8 d。

2.2.2  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  终日 由图 3 可见,1961—2020 年商洛市  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  平均终日呈推迟趋势,线性倾向率为  $1.3\text{ d}/10\text{ a}$ ,未通过 0.05 显著性检验,推迟趋势不明显。近 60 a,商洛市  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  平均终日为

10 月 28 日,最早为 1968 年 10 月 14 日,最晚为 2020 年 11 月 13 日。由表 1 可见,从年代际变化来看,各年代终日变化不大,20 世纪 60 年代、80 年代和 90 年代稍提前于多年平均值,其余年代比多年平均日期稍晚,提前或落后的日数都变化不大,总体来说,  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  平均终日相对稳定。

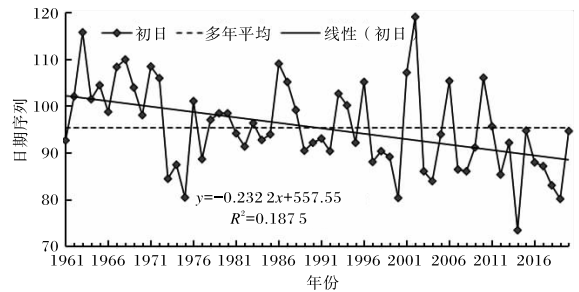
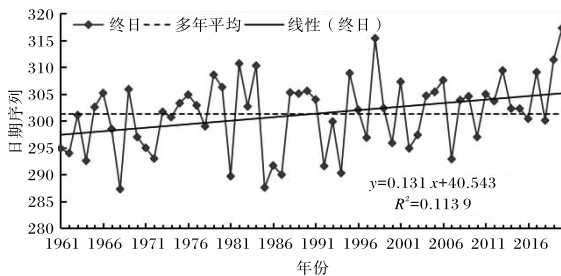


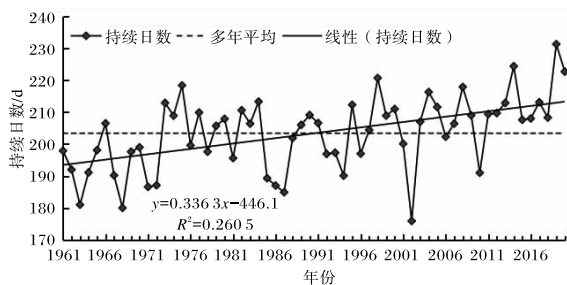
图 2 1961—2020 年商洛  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  初日年际变化

表 1 商洛市 1961—2020 年  $\geq 10$  °C 初日、终日、持续日数、积温年代际分布

时段	初日(月-日)	终日(月-日)	持续日数/d	积温/(°C·d)
1961—1970	04-14	10-25	193.3	3 849.2
1971—1980	04-05	10-29	203.5	4 053.5
1981—1990	04-06	10-27	200.4	3 940.5
1991—2000	04-03	10-28	204.5	4 076.5
2001—2010	04-05	10-29	203.8	4 053.4
2011—2020	03-28	11-01	214.7	4 278.6
1961—2020	04-05	10-28	203.4	4 041.9

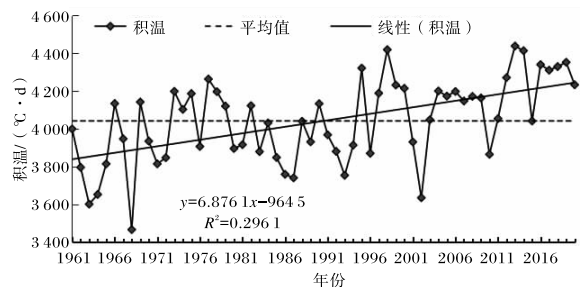
图 3 1961—2020 年商洛  $\geq 10$  °C 终日年际变化

2.2.3  $\geq 10$  °C 持续日数 由图 4 可见,1961—2020 年商洛市  $\geq 10$  °C 持续日数呈现增加趋势,线性倾向率为 3.3 d/10 a(通过 0.001 显著性检验)。近 60 a,商洛市  $\geq 10$  °C 平均持续日数 203.4 d,最短为 2002 年的 175.9 d,最长为 2019 年的 231.3 d。由表 1 可见,从年代际变化来看,20 世纪 60 年代持续日数最短,60 年代和 80 年代持续日数小于平均值,其余年代持续日数都超过 200 d,尤其是 2011 年以后,持续日数明显增加,超过 210 d,增长趋势较快。

图 4 1961—2020 年商洛  $\geq 10$  °C 持续日数年际变化

2.2.4  $\geq 10$  °C 活动积温 由图 5 可见,1961—2020 年商洛市  $\geq 10$  °C 活动积温呈增加趋势,线性倾向率为 68.8(°C·d)/10 a(通过 0.001 显著

性检验)。近 60 a,商洛市  $\geq 10$  °C 平均活动积温为 4 041.9 °C·d,最少为 1968 年的 3 466.9 °C·d,最多为 2013 年的 4 438.3 °C·d。由表 1 可见,从年代际变化来看,20 世纪 60 年平均积温最少,60 年代和 80 年代小于平均值,其余年代大于平均值,2011 年以后,活动积温增加趋势明显。

图 5 1961—2020 年商洛  $\geq 10$  °C 积温年际变化趋势

### 2.3 商洛 $\geq 10$ °C 初日、终日、持续日数及积温突变特征

由于突变检验的方法比较多,且每一种检验方法都有不足之处,因此应用多种方法综合确定突变年份。首先根据气候要素累积距平选出可能出现突变的年份,再利用气候突变检验比较客观和准确的滑动  $t$  检验和 M-K 法对比确定商洛  $\geq 10$  °C 初日、终日、持续日数及积温的突变年份。

2.3.1 累积距平 由 1961—2020 年累计距平图(图 6)可见, $\geq 10$  °C 初日日序的累积距平在 1972 前呈上升趋势,即初日为推后趋势,在 1972 年出现了最大值,随后平稳波动,2002 年后呈下降趋势,即初日为提前趋势,突变可能出现的在 1972 年和 2002 年前后; $\geq 10$  °C 终日日序的累积距平

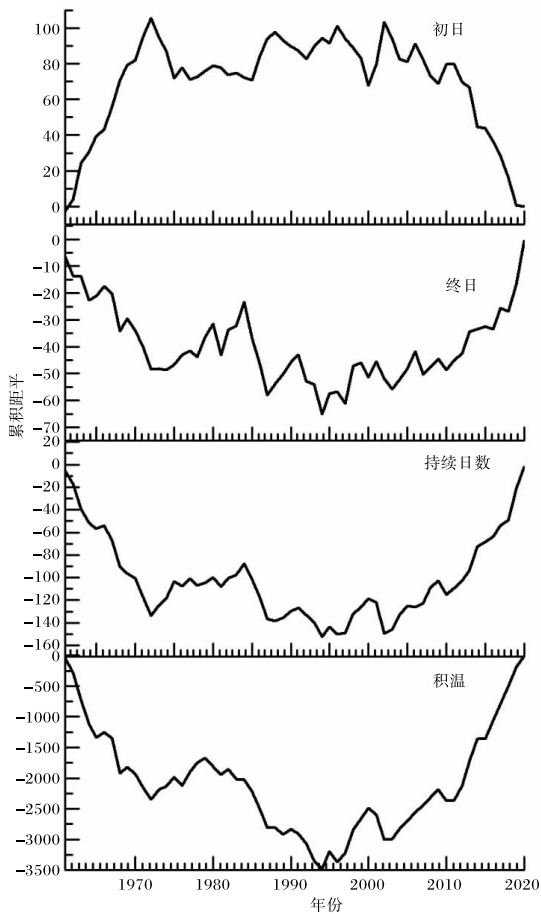


图6 商洛 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日(日序)、终日(日序)、持续日数(单位为d)、积温(单位为 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ )累积距平

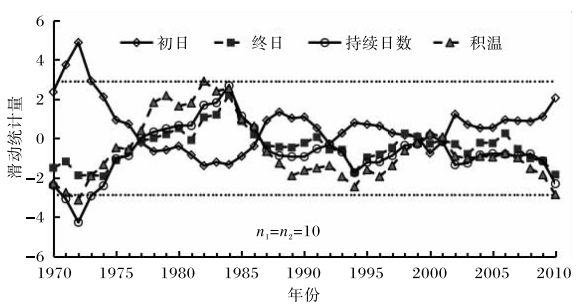
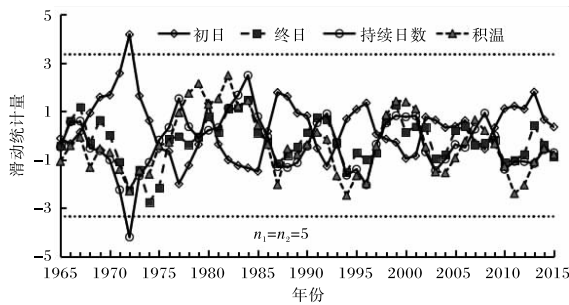


图7 1961—2020年商洛 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日、终日、持续日数、积温滑动 $t$ 检验统计量(直线为 $t_{\alpha}$ 值)

2.3.3 M-K检验 采用M-K检验对商洛市 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日、终日、持续日数及积温进行突变分析。初日 $U_F$ 曲线在1973年以后小于0,表明1973年以后初日处于下降趋势,临界线内在1990年附近 $U_F$ 和 $U_B$ 曲线有交点,可能出现突变, $U_F$ 曲线超过0.01显著性水平临界线,突变较明显;终日 $U_F$ 曲线在1973年以后处于上升趋势, $U_F$ 和 $U_B$ 曲线在临界线内有多个交点,但曲线整体未超过

在1972年前呈下降趋势,即终日为提前趋势,随后波动,在1994年后呈上升趋势,即终日为推后趋势,突变可能出现在1972年和1994年前后; $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续日数的累积距平在1972年前呈下降趋势,即持续日数为减少趋势,随后平稳波动,在2002年后呈上升趋势,即持续日数为增加趋势,突变可能出现在1972年和2002年前后;积温的累积距平在1994年出现最小值,变化趋势为先减少再增加,突变可能出现在1994年前后。

2.3.2 滑动 $t$ 检验 利用滑动 $t$ 检验对商洛市 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日、终日、持续日数及积温进行突变分析,分别取基准点前后子序列长度 $n_1=n_2=5$ , $n_1=n_2=10$ ,给定显著性水平 $\alpha=0.01$ ,按 $t$ 分布自由度 $\gamma=n_1+n_2-2$ ,给定 $t_{\alpha}$ 值分别是3.355、2.878。由图7可见,当 $n_1=n_2=5$ 时,终日和积温统计量图没有通过0.01显著性水平检验,即无明显突变点,初日和持续日数统计量图在1972年超过0.01显著性水平,出现了明显突变。当 $n_1=n_2=10$ 时,终日统计量图没有通过0.01显著性水平检验,即无明显突变点,初日、持续日数统计量图在1972年超过0.01显著性水平,出现了明显突变,积温统计量图在1972年和1982年超过0.01显著性水平,出现了明显突变。

0.01显著性水平临界线,突变不明显,出现多个杂点也说明M-K法对终日突变特征的检验效果不是很好,需要结合其它检验方法进行验证;持续日数 $U_F$ 曲线在1973年以后处于上升趋势,临界线内在2002年附近 $U_F$ 和 $U_B$ 曲线有交点,可能出现突变, $U_F$ 曲线超过0.01显著性水平临界线,突变较明显;积温 $U_F$ 曲线在1969年以后处于上升趋势,临界线内在2003年附近 $U_F$ 和 $U_B$ 曲线有交

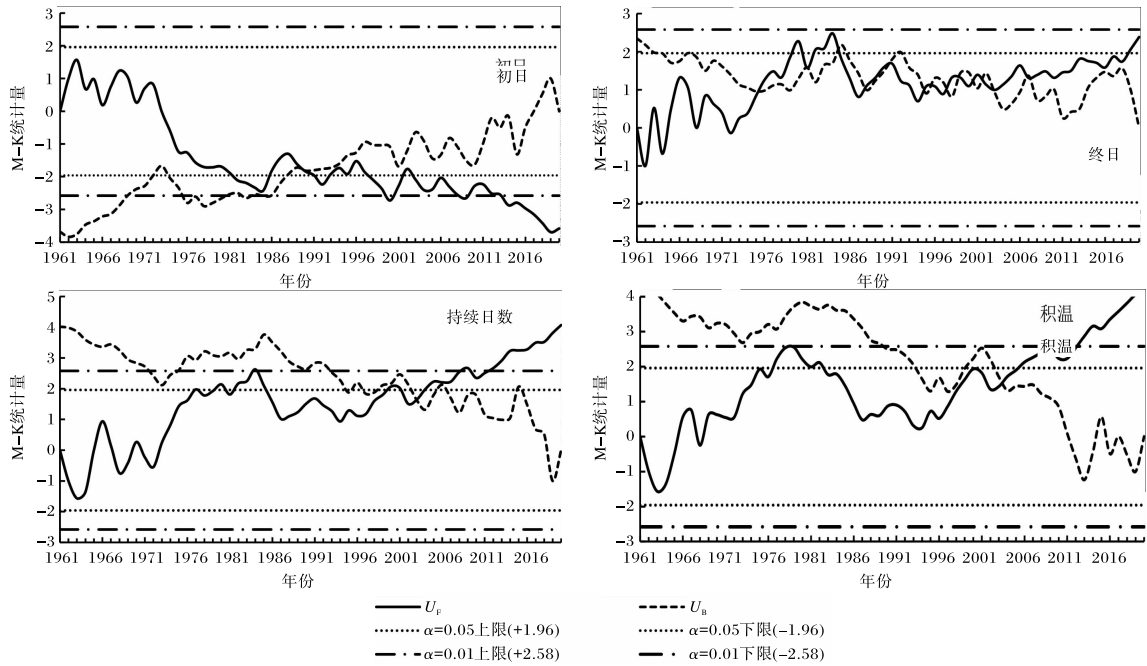


图 8 商洛  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  初日、终日、持续日数、积温 M-K 统计量

点,可能出现突变, $U_F$ 曲线超过 0.01 显著性水平临界线,突变较明显。

#### 2.4 商洛 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 初日、终日、持续日数及积温未来变化趋势

采用 R/S 分析法,计算 Hurst 指数对商洛  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  初日、终日、持续日数及积温未来变化趋势进行分析。由表 2 可知,初日、终日、持续日数及积温的 Hurst 指数均大于 0.5,说明将继续保持原来的变化趋势。其中,初日和持续日数的 Hurst 指数大于 0.6,说明其未来变化趋势与之前较一致,初日将继续呈提前趋势,持续日数呈增长趋势,但持续性不明显;终日和积温的 Hurst 指数接近于 0.5,说明终日推迟趋势和积温增大趋势不显著,具有较大的随机性。

表 2 商洛市  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  初日、终日、持续日数、积温的 Hurst 指数

初日	终日	持续日数	积温
0.611 5	0.513 7	0.606 5	0.582 9

### 3 结论与讨论

(1)商洛 1961—2020 年  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  初日、终日、持续日数及积温等值线呈纬向分布,初日随纬度和海拔高度的增加推迟,终日随纬度和海拔高度

的增加提前,持续日数随纬度海拔高度的增加缩短,活动积温随纬度海拔高度的增加减小。

(2)商洛市 1961—2020 年  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  平均初日呈提前趋势,线性倾向率为  $-2.3\text{ d}/10\text{ a}$ (通过 0.005 显著性检验),平均初日为 4 月 5 日;平均终日呈推迟趋势,线性倾向率为  $1.3\text{ d}/10\text{ a}$ ,推迟趋势不明显,平均终日为 10 月 28 日;持续日数呈增加趋势,线性倾向为  $3.3\text{ d}/10\text{ a}$ (通过 0.001 显著性检验),平均持续日数为 203.4 d;活动积温呈增加趋势,线性倾向率为  $68.8\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}/10\text{ a}$ (通过 0.001 显著性检验),平均活动积温为  $4\ 104.9\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。

(3)采用不同方法对商洛市 1961—2020 年  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  初日、终日、持续日数及积温进行突变分析,结合各种方法综合判定,终日和积温突变不明显,初日在 1972 年前后发生突变,持续日数在 1972 年和 2002 年前后发生突变。

(4)R/S 分析表明,商洛市  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  初日将继续呈提前趋势,持续日数呈增加趋势,持续性不明显;终日推迟趋势和积温增加趋势不显著,具有较大的随机性。

#### 参考文献:

[1] 张厚瑄,张翼. 中国活动积温对气候变暖的响应

- [J]. 地理学报,1994,49(1):27-36.
- [2] 郑度,欧阳,周成虎. 对自然地理区划方法的认识与思考[J]. 地理学报,2008,63(6):563-573.
- [3] 刘少华,严登华,翁白莎,等. 近50 a中国 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温时空演变[J]. 干旱区研究,2013,30(4):689-696.
- [4] 刘吉峰,王金花,焦敏辉,等. 全球气候变化背景下中国黄河流域的响应[J]. 干旱区研究,2011,28(5):860-865.
- [5] 张晓云,孔祥萍,朱元神. 1961—2017年贵南地区气温稳定通过 $10^{\circ}\text{C}$ 界限温度变化特征[J]. 中国农学通报,2018,34(28):101-105.
- [6] 武维刚,武麦凤,龙亚星. 华山大风的气候特征分析[J]. 陕西气象,2022(1):41-46.
- [7] 潘冬梅,潘雪梅,徐永. 阿勒泰地区 $10^{\circ}\text{C}$ 界限温度和积温变化分析[J]. 陕西气象,2016(2):23-25.
- [8] 吴云龙,李丽平,王书冰,等. 近53年石家庄地区气温稳定通过 $10^{\circ}\text{C}$ 的农业气候资源变化特征[J]. 气象科技,2015,43(5):945-952.
- [9] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,2007:36-70.
- [10] 高红燕,梁佳,张曦,等. 西安四季变化的差异性及其阶段性特征[J]. 陕西气象,2021(1):33-39.
- [11] 王秋云,蔡艺友,方文维,等. 西南地区1971—2012年干旱变化特征分析[J]. 陕西气象,2020(6):30-35.
- [12] 娄仲山,毛万珍,刘运华. 1961—2017年高寒地区 $0^{\circ}\text{C}$ 界限温度变化特征[J]. 中国农学通报,2019,35(11):110-114.
- [13] 刘世薇,周华荣,梁雪琼,等. 新疆石河子地区气候变化特征分析[J]. 干旱地区农业研究,2012,30(1):230-237.
- [14] 顾维慧,吴洪军,乔晓波. R/S分析法在涟水县降水趋势预测中的应用[J]. 农业与技术,2013,33(10):204-206.