

青海省积温变化特征分析

郭卫东, 汪青春 (青海省气候中心, 青海西宁 810001)

摘要 利用青海省1961~2010年逐日气温资料,采用气候趋势系数、小波分析等方法,分析了近50年来青海省积温的变化特征。结果表明,1961~2010年日平均气温通过0、3、5、10℃的初日均呈提前趋势,终日呈推后趋势,积温显著增加;在东部农业区及柴达木盆地积温指标对气候变暖的响应尤为明显;各界限温度普遍存在8~10、14~16年的周期,0、3、5、10℃初日、终日及积温的空间分布总体表现出北早南晚、北晚南早、北多南少的分布形式。

关键词 青海;积温;变化特征

中图分类号 S161.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)26-10736-04

Analysis of Variation Characteristics of Accumulated Temperature in Qinghai Province

GUO Wei-dong et al (Qinghai Climate Center, Xining, Qinghai 810001)

Abstract Using the daily temperature data from 1961 to 2010 in Qinghai Province, adopting climate tendency coefficient, wavelet analysis, the change characteristics of accumulated temperature in Qinghai in recent 50 years were analyzed. The results showed that the beginning day of average daily temperature 0, 3, 5, 10 °C indicated advancing trend, and delay trend of the last day and accumulated temperature increased significantly from 1961 to 2010. Accumulated temperature indicators have obvious response to climate change in Chaidamu Basin and the east agricultural region. The boundary temperature existed 8 - 10, 14 - 16 years cycle, the beginning day and the last day and accumulated temperature of 0, 3, 5, 10 °C showed the spatial distribution form of north and south on the contrary.

Key words Qinghai; Accumulated temperature; Change characteristics

气候与土壤条件是作物生长发育的重要资源与环境要素^[1]。在正常的水分条件下,作物结构、品种、生长状况及产量变化主要取决于温度条件。积温对于作物具有重要的生物学意义,并在生产实践中得到广泛应用。一般来说,日平均气温稳定 ≥ 0 ℃是土壤冻结和解冻以及农耕地开始的日期;稳定通过3~5℃早春作物播种、喜凉作物开始生长;稳定通过10℃的初日和终日分别是作物生长发育的起始期和终止期^[2]。这些指标的变化对作物生长发育和产量形成以及生产活动安排有较大影响,其变化特征如阶段性变化、周期变化及未来趋势等,对合理制定作物及其品种布局计划、科学地安排生产活动、防御低温冷害、充分利用气候资源争取高产稳产均有重要的指示意义^[3-7]。笔者主要针对日平均气温稳定通过0、3、5、10℃的初、终日及 ≥ 0 ℃、 ≥ 3 ℃、 ≥ 5 ℃、 ≥ 10 ℃积温指标,分析近50年来青海省这些指标的年代际演变及空间特征,为青海省农业生产提供科学的参考依据。

1 资料与方法

1.1 资料选取 考虑到台站迁徙和资料的均一性,选取了青海省的西宁、民和、乐都、湟源、化隆、循化、门源、刚察、祁连、共和、贵德、贵南、兴海、同仁、尖扎、泽库、玛沁、达日、久治、玛多、玉树、囊谦、清水河、曲麻莱、杂多、德令哈、都兰、诺木洪、大柴旦、格尔木、冷湖、茫崖、五道梁、沱沱河共34个气象台站1961~2010年逐日气温资料进行统计分析。

1.2 研究方法

1.2.1 各界限温度定义。定义5日滑动平均气温稳定 ≥ 0 ℃日期为稳定通过0℃初日,5日滑动平均气温稳定 < 0 ℃日期为稳定通过0℃终日,初、终日之间逐日平均气温的总和为稳定通过0℃积温。稳定通过3、5、10℃的初日、终日

及期间积温的定义与稳定通过0℃的相同。

1.2.2 分析方法。

1.2.2.1 五日滑动平均法。由春(秋)季开始出现高于(低于)某界限温度之日起,对日平均气温序列进行5日滑动平均,从滑动平均气温序列中选出第1个(最后1个)在其后(前)不再出现低于该界限温度的5d,并从这5d中挑选第1个(最后1个)大于或等于该界限温度的日期,以此作为稳定通过该界限温度的初日(终日)。

1.2.2.2 气候趋势和气候倾向率。设某气候变量资料为一个时间序列,它可以用多项式 $\hat{x} = a_0 + a_1 t$ 来表示,式中, t 为时间,单位为年。它的含义是用一条合理的直线表示气候变量 \hat{x} 及其时间 t 之间的关系,即为线性气候趋势。一般说来,某一要素的气候趋势可用曲线方程、抛物线方程或直线方程来模拟,其趋势变化率方程可表示为: $d\hat{x}(t)/dt = a_1$,将 $a_1 \times 10$ 称作气候倾向率,而 a_1 可用最小二乘法或正交多项式确定。

1.2.2.3 周期分析。小波分析在时域和频域上同时具有良好的局部性质,可以分析出时间序列周期变化的局部特征,能更清楚地看到各周期随时间的变化情况,从而在气候分析中得到广泛应用,这里选取的小波变换为Morlet小波。目前采用的Morlet小波为基小波的分析,很多工作仅依据小波系数的实部图分析结果,不可避免地造成一些虚假信息,在此基础上,结合模分析,不仅能反映各个周期成分在局部时段的特征,且模代表不同参数的小波对总能量的贡献,能清楚地反映出试验序列中各个周期成分的强度随时间的变化。

2 结果与分析

2.1 积温的时间变化特征

2.1.1 长期变化趋势。

2.1.1.1 稳定通过0℃。1961~2010年青海省稳定通过0℃初日在85~103d,近50年呈明显的提早趋势,变化速率为 -1.0 d/10a,而日平均气温稳定通过0℃的终日呈明显的推

后趋势,速率为 2.2 d/10a,使得日平均气温 ≥ 0 °C 的积温增加 58.6 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)/10a(图 1)。多项式滤波分析表明,近 50 年来,初、终日阶段性变化不明显,而积温波动性明显,前期呈平缓变化、后期呈震荡上行变化。20 世纪 60~90 年代中期为宽平脊弱波动期,90 年代后期~21 世纪是震荡上行期,积温上升幅度不断加大,最近 10 余年是 1961 年以来最高时期。

2.1.1.2 稳定通过 3 °C。日平均气温稳定通过 3 °C 的初日以平均速度 -1.0 d/10a 提前,终日以速度 2.3 d/10a 推后,近 50 年稳定通过 3 °C 积温平均为 1 873.4 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$,随时间呈递

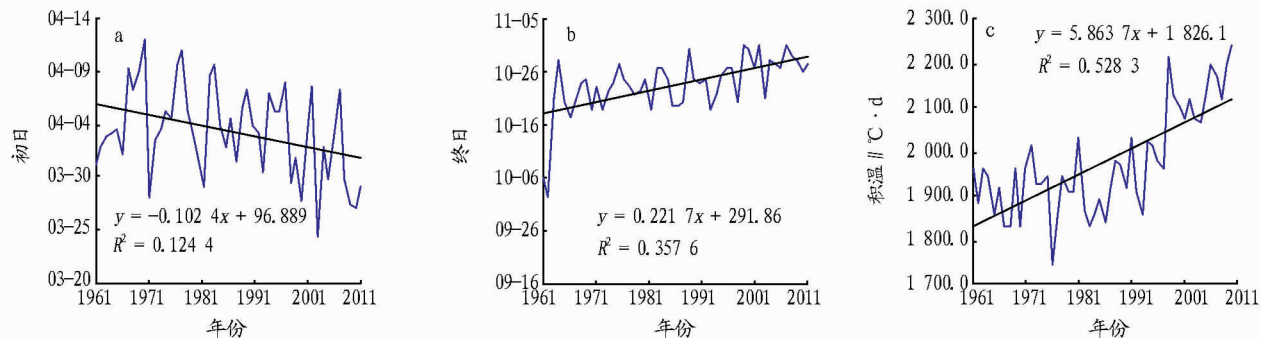


图 1 1961~2010 年青海省 0 °C 初日(a)、终日(b)及积温(c)变化趋势

2.1.2 年代际变化。由表 1 可见,近 50 年来青海省稳定通过 0、3、5、10 °C 日平均气温初日的年代际变化波动较为平缓,其中稳定通过 0、3 °C 初日在青海省 20 世纪 90 年代后期气温显著升高后提前趋势较为明显,而稳定通过 5、10 °C 初日年际间波动振幅不大;21 世纪以来 4 个界限温度的平均初日与 20 世纪 60 年代相比,分别提前了 5、4、6、8 d。稳定通过 0、3、5、10 °C 日平均气温终日在 20 世纪 60~90 年代年代间波动振幅不大,21 世纪以来由于气候增暖各界限温度通过的

增趋势,变化速率为 59.0 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)/10a。

2.1.1.3 稳定通过 5 °C。1961~2010 年日平均气温稳定通过 5 °C 的初日和终日分别呈明显的提早和推后趋势,变化速率分别为 -1.5、2.2 d/10a,稳定通过 5 °C 积温呈显著递增趋势,变化速率为 61.4 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)/10a。

2.1.1.4 稳定通过 10 °C。1961~2010 年日平均气温稳定通过 10 °C 的初日和终日也呈明显的提早和推后趋势,变化速率分别为 -1.9、2.0 d/10a,稳定通过 10 °C 积温呈递增趋势,变化速率为 62.4 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)/10a。

终日推后趋势明显,较 20 世纪 60 年代分别推迟了 4、10、9、9 d,其中稳定通过 3 °C 的终日推后幅度最大。近 50 年积温呈增加的趋势,其中自 20 世纪 90 年代开始增加尤为明显, ≥ 0 °C、 ≥ 3 °C、 ≥ 5 °C、 ≥ 10 °C 的积温 20 世纪 60~80 年代平均仅为 1 906.4、1 805.1、1 651.0、1 014.8 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$,进入 90 年代以后,比平均值分别增加了 110.4、102.8、120.8、121.8 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$;21 世纪以来,积温比 20 世纪 60~80 年代增加程度更为显著,分别增加了 231.5、233.1、237.9、239.8 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ 。

表 1 1961~2010 年青海省日平均气温稳定通过各界限温度积温的年代际变化

| 年代 | 初日 | | | | 终日 | | | | 积温/ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------------|---------|---------|---------|
| | 0 °C | 3 °C | 5 °C | 10 °C | 0 °C | 3 °C | 5 °C | 10 °C | 0 °C | 3 °C | 5 °C | 10 °C |
| 20 世纪 60 年代 | 04-05 | 04-23 | 05-11 | 06-26 | 11-26 | 10-03 | 09-24 | 08-30 | 1 897.0 | 1 794.4 | 1 639.0 | 1 000.5 |
| 20 世纪 70 年代 | 04-04 | 04-24 | 05-11 | 06-27 | 11-27 | 10-08 | 09-27 | 09-03 | 1 911.4 | 1 810.3 | 1 658.7 | 1 022.0 |
| 20 世纪 80 年代 | 04-04 | 04-24 | 05-12 | 06-27 | 11-28 | 10-09 | 09-28 | 09-03 | 1 910.8 | 1 810.7 | 1 655.3 | 1 021.8 |
| 20 世纪 90 年代 | 04-02 | 04-23 | 05-07 | 06-22 | 11-29 | 10-10 | 09-29 | 09-04 | 2 021.2 | 1 913.5 | 1 776.1 | 1 143.6 |
| 21 世纪以来 | 03-31 | 04-19 | 05-05 | 06-18 | 11-30 | 10-13 | 10-03 | 09-08 | 2 137.9 | 2 038.2 | 1 888.9 | 1 254.6 |

2.1.3 周期特征。

2.1.3.1 初日。经分析,近 50 年来青海省各界限温度通过初日的周期性表现得不尽一致,稳定通过 0 °C 初日 6~8 年的周期比较明显,1988 年左右以后 9 年的周期信号较强(图 2a₁、b₁);稳定通过 3 °C 的初日在 1987 年以前 7 年周期明显,但信号较弱,对于 10 年及以上相对较大的时间尺度,12、20 年左右的振荡周期较为明显;稳定通过 5 °C 初日有 8~10、18~20 年周期,但能量贡献均较小;稳定通过 10 °C 初日有较大尺度的 12、18~20 年周期,前者信号较弱,后者信号较强。

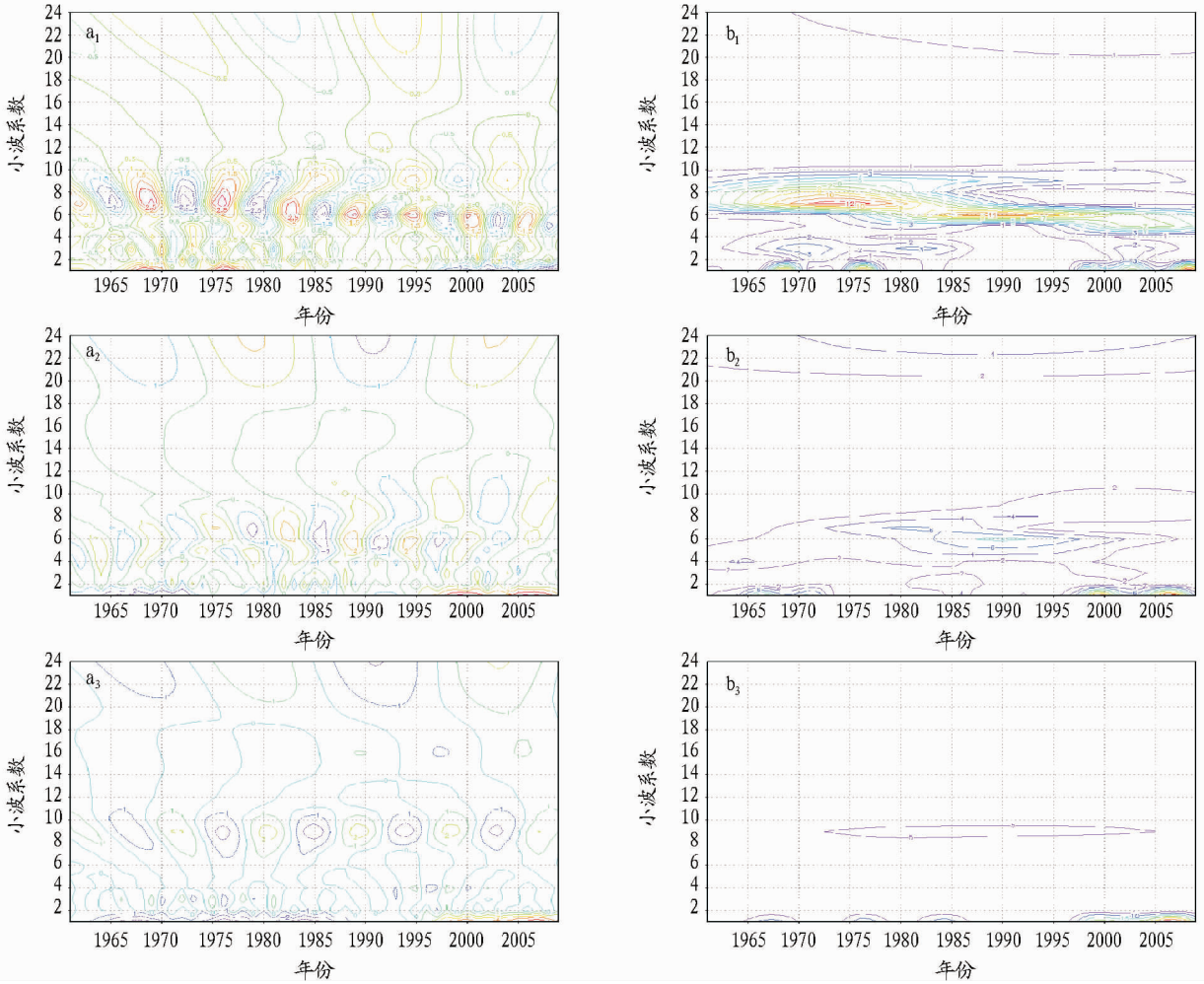
2.1.3.2 终日。对于 10 年以下相对较小的时间尺度,稳定通过 0 °C 终日有较弱的 5~7 年周期(图 2a₂、b₂);稳定通过 3 °C 终日在 1961~1990 年有强的 7 年周期信号,14~16 年周期的信号也仅在 1980~1995 年有微弱的表现;稳定通过 5 °C 的

终日 6~8、14~16 年的周期较明显;稳定通过 10 °C 终日存在准 7、12 年振荡周期,12 年周期信号强。

2.1.3.3 积温。分析发现,近 50 年青海省 ≥ 0 °C、 ≥ 3 °C、 ≥ 5 °C 积温 8~10 年的周期突出, ≥ 10 °C 积温存在 12、18~20 年周期,其中后者是一能量高值区。

2.2 积温的空间变化特征

2.2.1 多年平均空间分布。分析近 50 年青海省日平均气温稳定通过 0(图 3)、3、5、10 °C 初日、终日及积温的平均值空间分布图可知,青海省稳定通过 0、3、5 °C 初日均大致呈北早南晚的趋势,其中海西中部、东部农业区东北部以及玉树地区南部为初日偏早幅度较大的地区;10 °C 初日在海西西部及清水河、玛多等地偏早,其他地区偏晚出现。各界限温度终日空间分布形式与初日大致相反,稳定通过 0、3、5 °C 终日在三



注: a₁、b₁ 为初日, a₂、b₂ 为终日, a₃、b₃ 为积温。

图2 1961~2010年青海省日平均气温稳定通过0℃指标的 Morlet 小波实部系数时-频分析图(a)和小波模图(b)

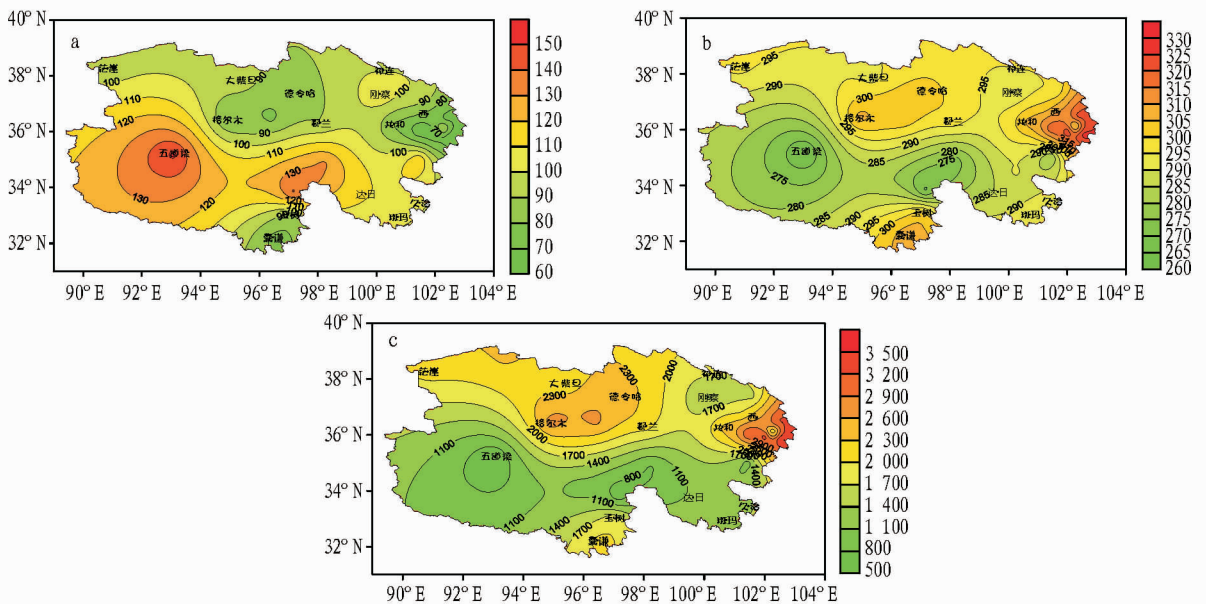
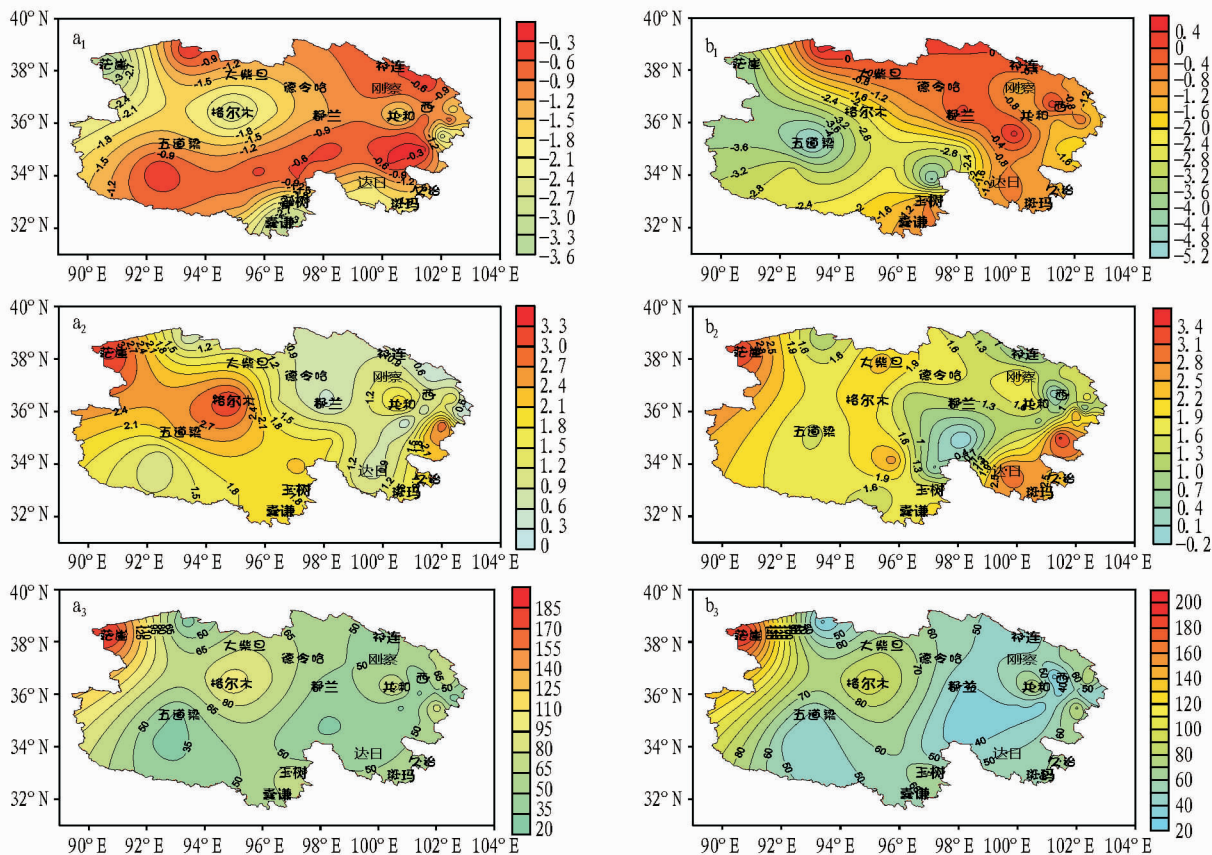


图3 1961~2010年青海省日平均气温稳定通过0℃初日(a)、终日(b)及积温(c)的空间分布

江源地区出现较早,稳定通过10℃终日在海西大部及玉树部分地区出现较早;各界限温度积温总体表现出北高南低的

分布形式,其中在东部农业区东部及柴达木盆地地区为积温的大值区。



注: a_1 、 b_1 为初日, a_2 、 b_2 为终日, a_3 、 b_3 为积温。

图4 1961~2010年青海省日平均气温稳定通过0℃(a)和3℃(b)的初日、终日及积温空间变率分布

2.2.2 区域差异。因日平均气温稳定通过5、10℃的数据在青南地区的部分台站有缺测,在此不做空间变率的分析。由1961~2010年青海省日平均气温稳定通过0、3℃的初日、终日及积温空间变率图(图4)可知,近50年青海省日平均气温稳定通过0、3℃的初日变化率分别在 $-3.5 \sim -0.2$ 、 $-5.1 \sim -0.5$ d/10a, 0℃初日在柴达木盆地、玉树及果洛南部及东部农业区东部偏早趋势明显,其中茫崖是稳定通过0℃初日提早幅度最大的地区,达3.5 d/10a,稳定通过3℃初日主要在青海省西部偏早趋势明显,其中五道梁是稳定通过3℃初日提早幅度最大的地区,达5.1 d/10a。各地稳定通过0、3℃的终日趋势系数分别在 $0.2 \sim 3.4$ 、 $-0.2 \sim 3.5$ d/10a,稳定通过0℃终日在柴达木盆地及东部农业区部分地区推迟幅度较大,其中茫崖及格尔木推后最为显著,达3.4 d/10a;稳定通过3℃终日在青海省西部及东南部推迟趋势较明显,其中泽库3℃终日推后幅度最大,达3.5 d/10a;各地稳定通过0、3℃的积温趋势系数分别在 $10.1 \sim 186.9$ 、 $26.2 \sim 192.6$ (°C·d)/10a,茫崖为2个界限温度增幅最大的地区。

3 结论

(1) 1961~2010年青海省日平均气温稳定通过0、3、5、10℃的初日均呈提前趋势,终日呈推后趋势,积温显著增加。在东部农业区及柴达木盆地各界限温度指标对气候变暖的响应尤为敏感。

(2) 近50年青海省各界限温度普遍存在8~10、14~16

年的周期,与青海省1987年由冷转暖、1998年由暖转显著变暖的变化趋势相吻合。

(3) 近50年青海省日平均气温稳定通过0、3、5、10℃初日、终日及积温的空间分布总体表现出北早南晚、北晚南早、北多南少的分布形式。

(4) 从空间变率来看,近50年青海省日平均气温稳定通过0℃初日在柴达木盆地、玉树及果洛南部及东部农业区东部偏早趋势明显,终日在柴达木盆地及东部农业区部分地区推迟幅度较大;稳定通过3℃初日在青海省西部偏早明显,终日在青海省西部及东南部推迟趋势较明显;茫崖是稳定通过0、3℃的积温增幅最大的地区。

参考文献

- [1] 林孝松. 农业气候资源研究进展[J]. 海南师范学院学报:自然科学版, 2003, 16(4): 87-91.
- [2] 于沪宁, 李伟光. 农业气候资源分析和利用[M]. 北京: 气象出版社, 1985.
- [3] 董杰, 贾学锋. 全球气候变化对中国自然灾害的可能影响[J]. 聊城大学学报, 2004, 17(2): 58-70.
- [4] 王绍武. 近百年全球及中国气候变暖[C]//气候变化规律及数值模拟研究论文(第三集). 北京: 气象出版社, 1996: 7-11.
- [5] 纪瑞鹏, 张玉书, 冯锐, 等. 辽宁省负积温地理分布特征与模拟[J]. 气象科技, 2005, 33(4): 360-362.
- [6] 潘铁夫. 吉林省气候变暖与农业生产[J]. 吉林农业科学, 1998(1): 86-89.
- [7] 郝志新, 郑景云, 陶向新. 气候变暖背景下的冬小麦种植北界研究——以辽宁省为例[J]. 地理科学, 2001, 20(3): 254-261.