

# 1951—2007 年辽宁省农业界限 温度变化及其成因探讨

张运福<sup>1</sup> 金 巍<sup>2,3</sup> 曲 岩<sup>3</sup>

(1. 沈阳区域气候中心, 沈阳 110001; 2. 南京大学大气科学系; 3. 辽宁省营口市气象局)

**提 要:** 对 1951—2007 年辽宁省稳定通过 0℃、10℃ 积温和持续日数变化进行了分析。结果表明: (1) 近 57 年来辽宁省稳定通过 0℃ 和 10℃ 积温和持续日数呈递增趋势, 其中稳定通过 10℃ 积温和持续日数递增趋势更明显; (2) 各标准气候期稳定通过 0℃ 和 10℃ 积温变化趋势不同, 第 1 个和第 2 个 30 年标准气候期呈现递增趋势较弱, 最近 30 年标准气候期呈显著递增趋势; 各标准气候期稳定通过 0℃ 和 10℃ 持续日数均为递增趋势, 而且后期递增较前期更为显著; (3) 中部和沿海城市稳定通过 0℃、10℃ 积温和持续日数递增趋势强于北部和西部; (4) 城市化引起的热岛效应是观测到的稳定通过 0℃、10℃ 积温和持续日数递增的重要原因, 而区域气候变暖则进一步加强了递增趋势。

**关键词:** 积温 稳定通过 0℃ 和 10℃ 持续日数 变化成因

## Changes in Accumulated Temperature and Days Steadily Above Certain Threshold in Liaoning Province From 1951 to 2007

Zhang Yunfu<sup>1</sup> Jin Wei<sup>2,3</sup> Qu Yan<sup>3</sup>

(1. Shenyang Regional Climate Center, Shenyang 110001;

2. Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University; 3. Yingkou Meteorological Office)

**Abstract:** Changes of accumulated temperature and days steadily above 0℃ and 10℃ in Liaoning Province from 1951 to 2007 are analyzed in this paper. The results indicate as follows: (1) The accumulated temperature steadily above 0℃ and 10℃ significantly increases in the recent 57 years. (2) The accumulated temperature undergoes different changes for different time periods in the recent 57 years, with a weak increase for the first or second 30 years, and a strong increase for the last 30 years. The days steadily above 0℃ and 10℃ also obviously increase in the period

基金资助: 国家“十一五”科技支撑计划课题(2007BAC03A01 和 2007BAC29B02)支持

收稿日期: 2008 年 11 月 9 日; 修定稿日期: 2009 年 9 月 10 日

analyzed, with the last 30 years seeing a much more evident rising than the previous periods. (3) The increases in the accumulated temperature and days steadily above  $0^{\circ}\text{C}$  and  $10^{\circ}\text{C}$  are generally larger in the middle and the coastal areas, and they are also larger at the large cities than at the small cities, implying that urbanizations might have some influences on the surface temperature and accumulated temperature changes. However, the regional background climate warming would be also important for the observed changes in the accumulated temperature and days steadily above  $0^{\circ}\text{C}$  and  $10^{\circ}\text{C}$ .

**Key Words:** accumulated temperature days steadily above  $0^{\circ}\text{C}$  and  $10^{\circ}\text{C}$  causes for change

## 引 言

根据 IPCC 的第四次评估报告,最近 100 年(1906—2005 年)全球平均地表温度上升了约  $0.7^{\circ}\text{C}$ ,比 2001 年第三次评估报告给出的 100 年(1901—2001 年)上升  $0.6^{\circ}\text{C}$ <sup>[1]</sup>有所提高,表明进入 21 世纪以来气温升高趋势明显。在全球变暖的大背景下,我国近一个世纪的气候也发生了明显的变化。总的来说这种变化趋势与全球变化趋势一致,在过去的近 100 年内,中国年平均温度呈现明显的上升趋势,增暖幅度达到  $0.79^{\circ}\text{C}$ ,平均增温速率约  $0.08^{\circ}\text{C}/10$  年,略高于同期全球平均增温<sup>[2]</sup>。在近百年中,20 世纪 40 年代和 80 年代中期以后是两段温暖时期。总体来看,中国近百年地面平均气温的年代变化和线性趋势与北半球平均情况大体一致,但存在明显的双峰现象和波动上升特点<sup>[2]</sup>。全球陆地变暖引起植物和作物生长季温度和长度的变化,对农业气候条件造成了明显影响。国内外专家对不同地方的生长季温度和热量条件进行了分析<sup>[3-27]</sup>。

日平均气温稳定  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  的时段通常称为农耕期,稳定通过( $\geq$ ) $0^{\circ}\text{C}$  期间的积温用来反映一个地区农事季节内的热量资源;而日平均气温稳定通过( $\geq$ ) $10^{\circ}\text{C}$  的日期是喜温作物生长的起始温度、喜凉作物积极生长、多年生植物开始较大速度积累干物质和牲畜抓膘的临界温度。因此,不同的界限温度及期间持

续日数,可用以分析、评价一个地区不同类型作物的可能生长期,可供利用的总热量以及对农业生产的影响。

近 50 年来我国北方地区积温增幅显著,稳定通过某一界限温度的日数也明显增加<sup>[3]</sup>。徐铭志等<sup>[4]</sup>根据日平均气温大于或等于  $10^{\circ}\text{C}$  期间日数定义气候生长期,并分析了 1961—2000 年中国气候生长期的变化趋势,全国以及北方、南方和青藏高原气候生长期均有明显增长,全国范围平均增加了 6.6 天,北方地区平均增加 10.2 天。20 世纪 90 年代是气候生长期增加最大,增长最明显的时期。

20 世纪 50—90 年代东北地区作物生长期温度均呈上升趋势,上升幅度随地理纬度减小趋于下降,60 年代和 90 年代是东北地区作物生长期温度快速上升的时期<sup>[5]</sup>。但是,关于辽宁省积温的长期变化,尤其是对农耕重要的积温及其持续时期变化的研究还少有文献报道。本文以辽宁省为研究对象,分析 1951—2007 年全省日平均气温稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  和  $10^{\circ}\text{C}$  期间的积温及日数的变化趋势,以增进对这个地区农业气候条件变化的理解,为农耕生产提供气象条件参考。

## 1 研究区域与方法

### 1.1 区域概况

辽宁省濒临黄、渤海,地处中国的东北南部,东西方向横跨约 7 个经度,南北方向相距约 6 个纬度,气候四季分明,属温带大陆性

季风气候。

## 1.2 气候资料和研究方法

资料来源于沈阳区域气候中心资料室提供的辽宁省 53 个测站的 1951—2007 年逐日平均气温记录,为了保证资料的均一性,从中选取分布比较均匀(见图 1)、且资料完整性比较好的 9 个测站 1951—2007 年的逐日平均气温资料,进行统计分析。稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  始日定义为 5 日滑动平均气温稳定  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  日期,稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  终日定义为 5 日滑动平均气温稳定  $< 0^{\circ}\text{C}$  日期;在初、终日之间逐日平均气温的总和,为稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  积温;在初、终日之间的日数总和,为稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  持续日数;稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  积温和持续日数的定义与稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  积温和持续日数类似。



图 1 辽宁省选取站点分布图

把统计得到的辽宁省 9 个测站稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  和  $10^{\circ}\text{C}$  积温和持续日数资料作为研究对象,计算各站研究对象不同气候期和近 57 年的算术平均值,采用 EXCEL 软件对各研究对象进行线性和多项式趋势分析,采用相关统计分析方法,研究近 57 年辽宁省农业热量资源的变化特征,并分析其成因。

## 2 结果分析

### 2.1 稳定通过 $0^{\circ}\text{C}$ 积温和持续日数

1951—2007 年辽宁省稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  积温平均为  $3953.0^{\circ}\text{C}$ ,随时间呈递增趋势(图 2),变化速率为  $57.2^{\circ}\text{C}/10$  年。多项式滤波分析表明,前期呈平缓变化、后期呈震荡上行变化。20 世纪 50 年代到 80 年代中期为宽平脊弱波动期,80 年代中期到 21 世纪是震荡上行期,积温上升幅度不断加大,最近 10 余年为 1951 年以来最高时期。1951—1980 年(第 1 个 30 年标准气候期)、1961—1990 年(第 2 个 30 年标准气候期)、1971—2000 年(最近 30 年标准气候期)辽宁省稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  积温的平均值分别为  $3867.8^{\circ}\text{C}$ 、 $3901.4^{\circ}\text{C}$  和  $3956.5^{\circ}\text{C}$ ,呈显著递增趋势,各标准气候期内变化速率分别为  $-8.7^{\circ}\text{C}/10$  年、 $25.6^{\circ}\text{C}/10$  年和  $100.7^{\circ}\text{C}/10$  年;这表明,近 57 年辽宁省

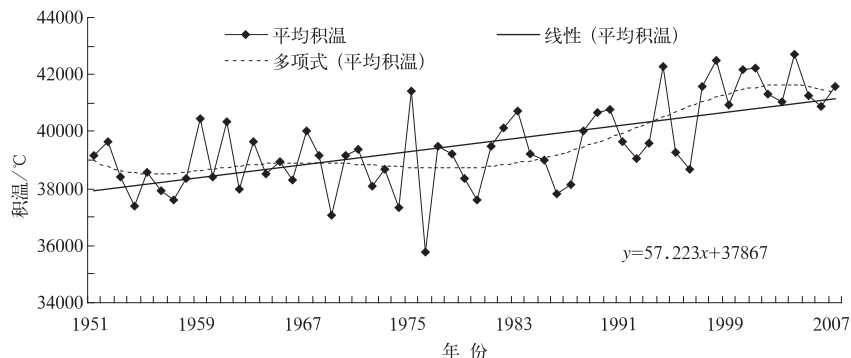


图 2 1951—2007 年辽宁省平均稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  积温变化趋势

稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  积温前期呈缓慢递减趋势,中期呈递增趋势,后期呈显著递增趋势,且递增趋势越来越强。

1951—2007 年辽宁省各站稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  积温变化速率(图 3),除章党为  $-2.9^{\circ}\text{C}/10$  年,呈弱递减趋势外,均呈不同程度的增温趋

势。其中鞍山、大连增温幅度最大,变化速率分别为:  $94.8^{\circ}\text{C}/10$  年和  $83.4^{\circ}\text{C}/10$  年,其他均在  $47.7\sim 65.3^{\circ}\text{C}/10$  年之间,通过了 0.01 显著性检验。总体而言,辽宁省工业发达的城市稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  积温递增强于工业化较弱的城市,中部和沿海强于北部和西部。

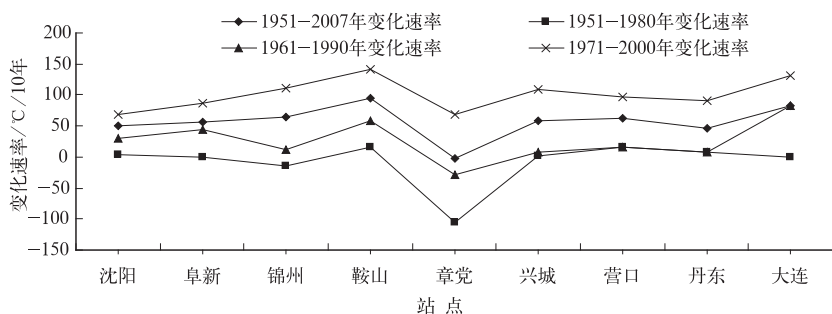


图 3 辽宁省各站稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  积温变化动态

辽宁省各站第 1 个 30 年标准气候期稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  积温变化(图 3),章党呈强递减趋势,变化速率为  $-106.3^{\circ}\text{C}/10$  年,锦州、阜新和大连呈弱递减趋势,变化速率为  $-0.9\sim -14.6^{\circ}\text{C}/10$  年;其余变化速率为  $1.5\sim 15.9^{\circ}\text{C}/10$  年,呈弱递增趋势;第 2 个 30 年标准气候期稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  积温变化,除章党变化速率为  $-29.4^{\circ}\text{C}/10$  年,呈递减趋势外,均呈不同程度的递增趋势,而且递增趋势随气候期变化逐渐增强;最近 30 年标准气候期稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  积温递增幅度显著增大,鞍山、大连、锦州的增温幅度最大,变化速率分别为

$142.3^{\circ}\text{C}/10$  年、 $132.1^{\circ}\text{C}/10$  年和  $111.0^{\circ}\text{C}/10$  年,其余变化速率在  $67.6\sim 109.3^{\circ}\text{C}/10$  年之间。

1951—2007 年辽宁省稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  持续日数平均为 247 天,呈递增趋势(图 4),变化速率为 2.4 天/10 年。多项式滤波分析表明:近 50 年持续日数呈平缓波动上行变化。20 世纪 50 年代到 80 年代前期为宽平脊波动期,60 年代中期为波峰,80 年代前期到 21 世纪是新一轮缓慢震荡上行波动。第 1、第 2 和最近 30 年标准气候期稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  持续日数平均分别为 245 天、247 天和 249 天,各

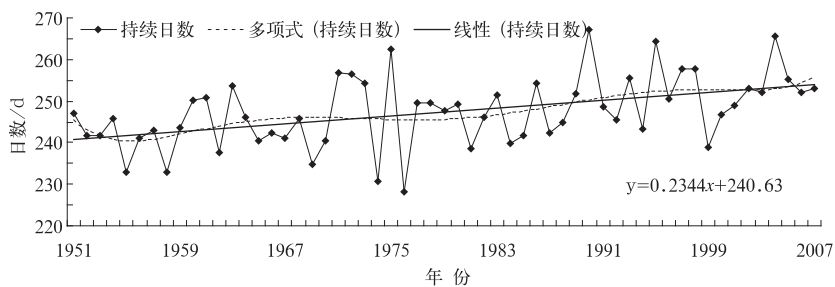


图 4 1951—2007 年辽宁省稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  持续日数变化趋势

标准气候期均值变化呈均匀递增趋势,其变化速率分别为 2.3 天/10 年、2.0 天/10 年和 1.4 天/10 年。

1951—2007 年辽宁省各站稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  持续日数变化,除章党变化速率为  $-0.3$  天/10 年,呈弱递减趋势外,其他呈递增趋势,变化速率为  $1.4\sim 4.2$  天/10 年(图 5)。其中,

大连、鞍山最为突出,变化速率分别为:4.2 天/10 年和 3.3 天/10 年,其他均在  $1.4\sim 2.8$  天/10 年之间,均通过 0.01 显著性检验。总体而言,辽宁省各站稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  持续日数均呈不同程度递增趋势,中部和沿海递增强于北部和西部。

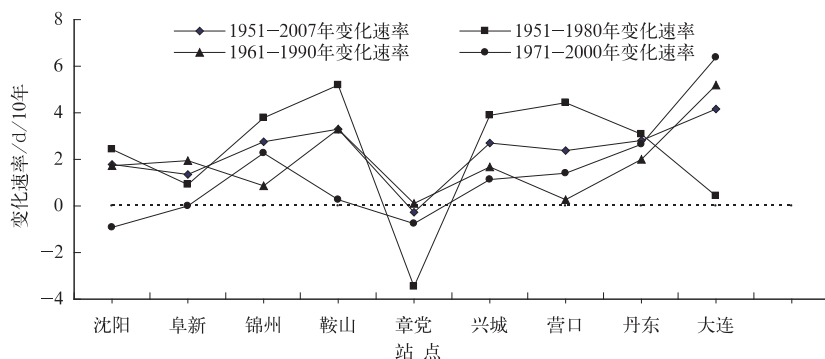


图 5 辽宁省各站稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  持续日数变化动态

辽宁省各站第 1 个 30 年标准气候期稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  持续日数变化,除章党变化速率为  $-3.5$  天/10 年,呈递减趋势外,其他均呈递增趋势,变化速率为  $0.4\sim 5.2$  天/10 年,其中鞍山递增趋势最强,变化速率为 5.2 天/10 年,其次是锦州、营口、兴城、丹东,变化速率为  $3.1\sim 4.4$  天/10 年,沈阳、阜新、大连最小,变化速率为  $0.4\sim 2.4$  天/10 年。第 2 和最近 30 年标准气候期稳定通过  $0^{\circ}\text{C}$  日数变化速率,除章党、沈阳在最近 30 年标准气候期为  $-0.8\sim -0.9$  天/10 年,呈弱递减趋势外,其余均呈不同程度的递增趋势,其中大连递增趋势最强,变化速率达到 6.4 天/10 年;在最近 30 年标准气候期中,除营口、丹东、锦州和大连沿海城市,递增趋势较第 2 个 30 年标准气候期更强外,其余各站递增变化速率比第 2 个 30 年标准气候期减小。

## 2.2 稳定通过 $10^{\circ}\text{C}$ 积温和持续日数

1951—2007 年辽宁省稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  积温平均为  $3519.5^{\circ}\text{C}$ ,随时间呈递增趋势(图 6),变化速率为  $63.8^{\circ}\text{C}/10$  年。多项式滤波分析表明,近 57 年前期变化平缓、后期明显震荡上行;20 世纪 50 年代初到中期有一个小幅递减波动,50 年代中期到 80 年代中期为宽平脊弱波动期,80 年代中期到 21 世纪初是震荡上行期。从 80 年代中期开始稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  积温呈明显上升趋势,特别是进入 21 世纪以来,积温增幅更为突出。第 1、第 2 和最近 30 年标准气候期平均分别为  $3423.3^{\circ}\text{C}$ 、 $3471.4^{\circ}\text{C}$  和  $3536.0^{\circ}\text{C}$ ,变化速率分别为  $3.6^{\circ}\text{C}/10$  年、 $28.3^{\circ}\text{C}/10$  年和  $115.9^{\circ}\text{C}/10$  年,最近 30 年标准气候期比前两个 30 年变化速率更强。

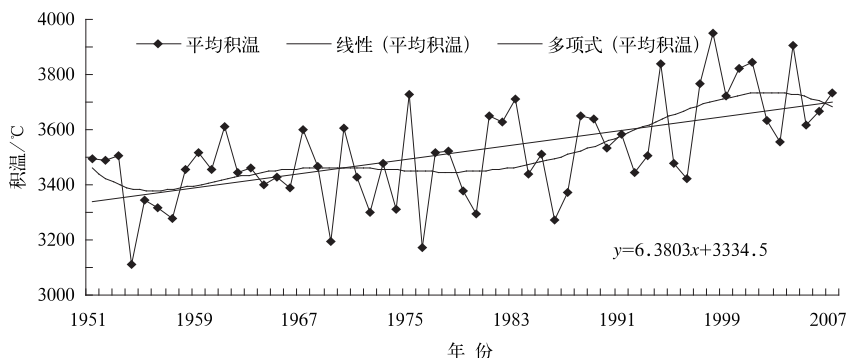


图 6 1951—2007 年辽宁省稳定通过 10℃ 积温变化趋势

1951—2007 年辽宁省各站稳定通过 10℃ 积温变化速率只有章党接近于 0℃/10 年,其他均呈不同程度的增加趋势(图 7)。其中,鞍山增加幅度最为突出,其次是锦州,

变化速率分别为 104.0℃/10 年和 78.9℃/10 年,其他均在 53.9~75.7℃/10 年之间,均通过 0.01 显著性检验。

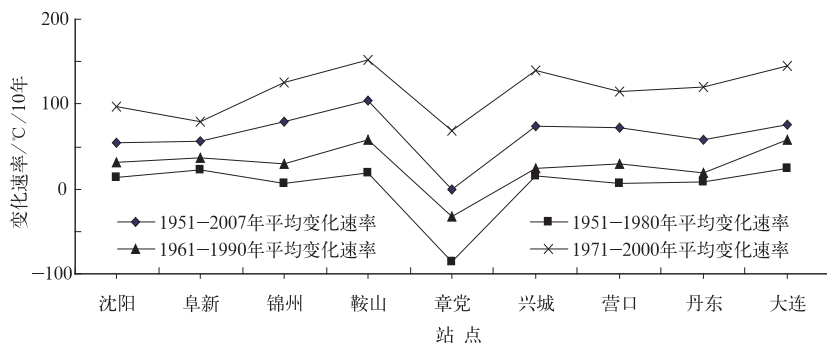


图 7 辽宁省各站稳定通过 10℃ 积温变化动态

辽宁省各站第 1 个和第 2 个 30 年标准气候期稳定通过 10℃ 积温变化,除章党呈明显递减,变化速率分别为 -85.3 和 -32.1℃/10 年外,其他均为递增趋势。最近 30 年标准气候期各站积温变化均呈递增趋势,鞍山、大连和兴城稳定通过 10℃ 积温递增趋势最强,变化速率分别为 152.9℃/10 年、144.6℃/10 年和 139.6℃/10 年,其他站变化速率在 69.0~120.8℃/10 年之间,显示出最近 30 标准气候期年比前两个 30 年递增更强。

1951—2007 年辽宁省稳定通过 10℃ 持续日数平均为 178 天,呈递增趋势(图 8),变

化速率为 2.6 天/10 年。多项式滤波分析表明,近 50 年呈平缓波动上行变化。20 世纪 50 年代初到中期有一个小幅递减波动,50 年代到 80 年代前期为宽平脊波动期、60 年代中期为波峰,80 年代前期到 21 世纪是又一轮缓慢震荡上行波动。第 1、第 2 和最近 30 年标准气候期稳定通过 10℃ 持续日数平均分别为 174 天、177 天和 180 天,各阶段均值变化呈较为均匀递增趋势,变化速率分别为 1.5 天/10 年、2.1 天/10 年和 3.9 天/10 年,各标准气候期内变化速率呈递增趋势,但是最近 30 年比前两个 30 年变化速率更强。

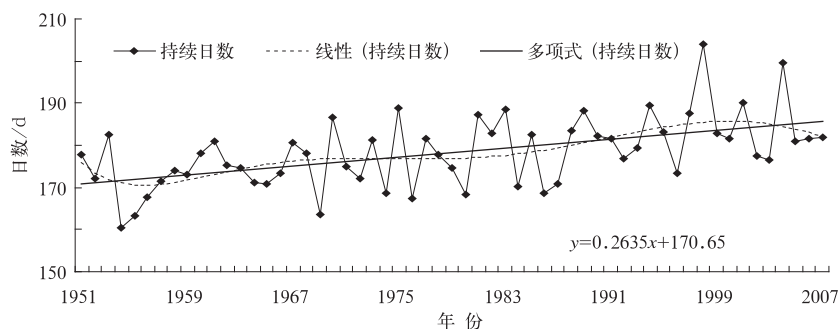


图 8 1951—2007 年辽宁省稳定通过 10℃ 持续日数变化趋势曲线

1951—2007 年辽宁省各站稳定通过 10℃ 持续日数变化,均呈不同程度的增加趋势(图 9)。其中,鞍山、锦州、兴城最为突出,变化速率为 3.6~3.9 天/10 年,其它变化速率在 2.0~3.0 天/10 年之间,均通过 0.01 显著性检验。章党变化速率仅为 0.3 天/10 年,为各站最小。

辽宁省各站第 1 个 30 年标准气候期稳定通过 10℃ 持续日数,除章党变化速率为

-1.3 天/10 年,呈递减趋势外,其他呈递增趋势,变化速率为 0.7~2.6 天/10 年,其中大连、锦州、兴城递增较强,变化速率在 2.5~2.6 天/10 年之间。各站第 2 和最近 30 年标准气候期稳定通过 10℃ 持续日数,除章党在第 2 个 30 年变化速率为 -0.1 天/10 年外,其余均呈不同程度的递增趋势,而且各站最近 30 年递增趋势更强,持续日数递增的区域一致性更好。

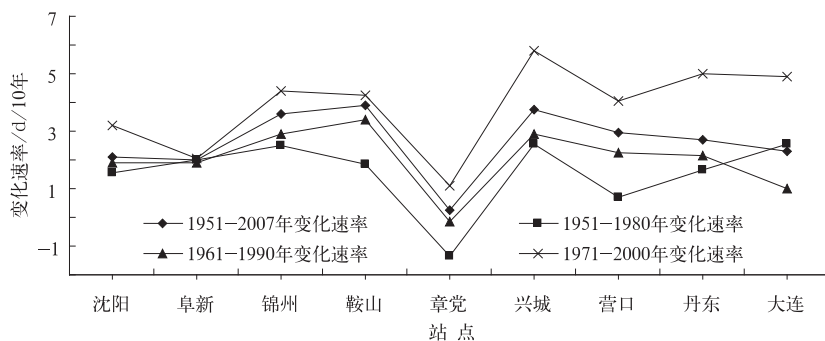


图 9 辽宁省各站稳定通过 10℃ 持续日数变化动态

## 2.3 分析讨论

已有研究表明,在全国国家级地面台站中,存在着城市化对地面气温记录的影响<sup>[2,11-14]</sup>。城市化对气温序列的影响一般在大城市站的冬、春季最明显。例如,北京地区国家基准、基本站记录的地表气温变暖中,大部分为城市化影响所致<sup>[11]</sup>,山东、天津、湖

北、河北以及甘肃等地区城市化对国家基准、基本站气温变化趋势的影响也非常明显<sup>[12-14]</sup>。在湖北省 1961—2000 年间,城市化影响对国家基本、基准站观测的年平均地面气温增加的贡献达 75%<sup>[12]</sup>。在甘肃省 1961—2002 年间,城市化影响对国家基本、基准站观测的年平均地面气温增加的贡献为 19%,比华北地区弱<sup>[13-14]</sup>;在华北地区,各个



省和直辖市的分析表明,城市化影响对国家基本、基准站平均温度增加的贡献在 20%~71%之间<sup>[2]</sup>。这些分析结果表明:中国大陆地区国家基准、基本站的地面气温序列在不同程度上存在着城市化的影响,城市化的影响使得过去分析获得的平均气温趋势估计存在显著误差。

辽宁省城市化对国家站和本文所用台站的地面气温变化趋势可能也有影响,但这方面研究还很少。本文所用 9 个测站多数为国家级台站,位于大中城市附近,只有章党站处于郊外的山坡上是例外。上述分析结果表明,章党的积温和稳定在某一界限温度值以上的日数增加趋势最小,其余台站增加幅度都很明显;工业发达的大城市站的增加一般也大于中等城市;中部和南部发达地区台站的增加强于北部和西部。因此,城市化可能也对辽宁省的积温和稳定通过某一界限温度值以上日数变化具有影响。但是,由于背景台站或“乡村”站的确定非常困难,本文没有对此进行深入分析,有待今后研究。如果华北地区的研究结论具有代表性,辽宁省由于城市化造成的台站增温应该不会超过一半,本文获得的积温和稳定通过界限温度值的日数增加可能主要还是反映气候背景变暖的结果。

### 3 结论

(1) 1951—2007 年辽宁省稳定通过 0℃ 积温平均为 3953.0℃,呈递增趋势,变化速率为 57.2℃/10 年;第 1 个、第 2 个和最近 30 年标准气候期辽宁省稳定通过 0℃ 积温平均值均呈递增趋势,近 57 年辽宁省稳定通过 0℃ 积温前期呈缓慢递减趋势,中期呈递增趋势,后期呈显著递增趋势,且递增趋势越来越强。

(2) 1951—2007 年辽宁省稳定通过 0℃

日数平均为 247 天,呈递增趋势,变化速率为 2.4 天/10 年。第 1 个、第 2 个和最近 30 年标准气候期辽宁省稳定通过 0℃ 持续日数呈递增趋势,各标准气候期内各站稳定通过 0℃ 日数变化多呈不同程度的递增趋势,中部和沿海递增强于北部和西部。

(3) 1951—2007 年辽宁省稳定通过 10℃ 积温平均为 3519.5℃,呈递增趋势,变化速率为 63.8℃/10 年。第 1 个、第 2 个和最近 30 年标准气候期稳定通过 10℃ 积温变化均呈递增趋势,在近 57 年稳定通过 10℃ 积温变化中,前期递增趋势缓慢,中期平缓变化,后期显著递增,特别是最近 30 年标准气候期积温递增趋势尤为突出。

(4) 1951—2007 年辽宁省稳定通过 10℃ 日数历年平均为 178 天,呈递增趋势,变化速率为 2.6 天/10 年。第 1 个、第 2 个和最近 30 年标准气候期内稳定通过 10℃ 持续日数均呈较为均匀递增趋势,但最近 30 年标准气候期比前两个 30 年标准气候期递增幅度更大;近 57 年稳定通过 10℃ 日数主要为递增趋势,而且后期递增较前期更为显著。

(5) 城市化因素可能对辽宁省的稳定通过 0℃、10℃ 积温及其持续日数增加有明显影响,但其定量估计还需要今后深入研究。

**致谢:**国家气候中心任国玉研究员对本文给予指导,并提出了建设性修改意见,在此谨致谢意!

### 参考文献

- [1] IPCC. Climate change 2001: Synthesis Report——Contribution of Working Group I, II, III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, United Kingdom, 2001.
- [2] 任国玉, 初子莹, 周雅清, 等. 中国气温变化研究最新进展[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 701-716.
- [3] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北方近 50 年温度和降水极端事件变化[J]. 地理学报, 2003, 58(增): 1-10.
- [4] 徐铭志, 任国玉. 近 40 年中国气候生长期的变化[J]. 应用气象学报, 2004, 15(3): 306-312.



- [5] 刘晓英,林而达. 东北地区农作物生长期温度变化的时空特征[J]. 中国农业气象,2003,24(1):11-15.
- [6] 杜军,胡军,索朗欧珠. 青藏高原农业界限温度的变化特征[J]. 地理学报,2005,60(2): 290-298.
- [7] Crick H Q P, Sparks T H. Climate change related to egg\_laying trends[J]. Nature,1999,399:423-424.
- [8] Menzel A, Fabian P. Growing season extended in Europe[J]. Nature,1999,397:659.
- [9] Myneni R B, Keeling C D, Tucker C J, et al. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981—1991[J]. Nature,1997,386:698-702.
- [10] Walther C-R, Post E, Convey P, et al. Ecological responses to recent climate change[J]. Nature,2002,416:389-395.
- [11] 初子莹,任国玉. 北京地区城市热岛强度变化对区域温度序列的影响[J]. 气象学报,2005,63(4): 534-540.
- [12] 陈正洪,王海军,薛铃,等. 湖北省城市热岛强度变化对区域气温序列的影响[J]. 气候与环境研究,2005,10(4):771-779.
- [13] 刘学锋,于长文,任国玉. 河北省城市热岛强度变化对区域地表平均气温序列的影响[J]. 气候与环境研究,2005,10(4):763-770.
- [14] 白虎志,任国玉,张爱英. 城市热岛效应对甘肃省温度序列的影响[J]. 高原气象,2006,25(1):90-94.
- [15] 潘华盛,张桂华,徐南平. 20 世纪 80 年代以来黑龙江气候变暖的初步分析[J]. 气候与环境研究,2003,8(3):348-355.
- [16] 符淙斌,温刚. 中国北方干旱化的几个问题[J]. 气候与环境研究,2002,2(1):22-29.
- [17] 李林,朱西德,周陆生,等. 三江源地区气候变化及其对生态环境的影响[J]. 气象,2004,30(8):19-23.
- [18] 高歌,李维京,张强. 华北地区气候变化对水资源的影响及 2003 年水资源预评估[J]. 气象,2003,29(8):27-31.
- [19] 马柱国,符宗斌,任小波,等. 中国北方年极端温度的变化趋势与区域增暖的联系[J]. 地理学报,2003,58(增):11-20.
- [20] 杨馥祯,吴胜安. 近 39 年海南岛极端天气事件频率变化[J]. 气象,2007,33(3):107-113.
- [21] 张勇,许吟隆,董文杰. SRESB2 情景下中国区域最高、最低气温及日较差变化分布特征初步分析[J]. 地球物理学报,2007,50(3):714-723.
- [22] 金巍,曲岩,徐景文. 营口和鞍山城市气候变化对比分析及原因探讨[J]. 气象与环境学报,2008,24(1):44-47.
- [23] 卫捷,杨辉,孙淑清. 西太平洋副热带高压东西位置异常与华北夏季酷暑[J]. 气象学报,2004,62(3): 308-316.
- [24] 章基嘉,高学杰. 1891~1990 年期间北半球大气环流和中国气候的变化[J]. 应用气象学报,1994,5(1):1-9.
- [25] 左洪超,吕世华,胡隐樵. 中国近 50 年气温及降水量的变化趋势[J]. 高原气象,2004,23(2):238-244.
- [26] 刘学锋,任国玉,梁秀慧,等. 河北地区边界层不同高度风速变化特征[J]. 气象,2009,35(7):46-53.
- [27] 王国复,许颜,朱燕君,等. 近 50 年我国无霜期的时空分布及变化趋势分析. 气象,2009,35(7): 61-67.