

近 50 年新疆冬季热量资源时空变化

普宗朝¹, 张山清², 李景林², 徐文修³, 王命全², 伊力哈木⁴

(1. 新疆乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 新疆农业气象台, 新疆 乌鲁木齐 830002;
3. 新疆农业大学农学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 4. 新疆气象信息中心, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要: 利用新疆 101 个气象站 1961—2010 年的逐日平均气温和逐年极端最低气温资料, 使用线性趋势和 Mann-Kendall 法对最冷月 1 月平均气温、年极端最低气温、冬季负积温和越冬期日数等冬季热量要素变化趋势、突变特征进行分析, 采用混合插值法, 在 ArcGIS 平台上完成基于数字高程模型 (DEM) 数据的各热量要素多年平均值和突变前后变化量的空间分布式模拟。结果表明: (1) 新疆 1 月平均气温、年极端最低气温总体呈现“南疆高, 北疆低; 平原和盆地高, 山区低”的特点, 冬季负积温和越冬期日数总体呈现“南疆少, 北疆多; 平原和盆地少, 山区多”的分布格局。(2) 在全球变暖背景下, 1961—2010 年新疆冬季热量资源呈明显的增多趋势, 并且 1 月平均气温和年极端最低气温分别于 1979 年和 1980 年发生了突变性的升高, 冬季负积温和越冬期日数分别于 1986 年和 1998 年发生了突变性的减少。突变年前后, 1 月平均气温和年极端最低气温上升幅度的空间分布总体呈“从东南至西北递增”的格局, 冬季负积温减少幅度的空间分布呈“由南向北递增”的特点, 越冬期日数减少幅度的空间分布呈“南疆大, 北疆小; 盆地大, 天山和阿勒泰山区小”的格局。

关键词: 新疆; 冬季热量资源; 时空变化; ArcGIS

中图分类号: S162 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)02-0040-07

Spatial-temporal Variation of Heat Resources in Winter of Xinjiang near 50 years

PU Zong-chao¹, ZHANG Shan-qing², LI Jing-lin², XU Wen-xiu³, WANG Ming-quan², Yili-hamu⁴

(1. Urumqi Meteorological Bureau of Xinjiang, Urumqi, Xinjiang 830002, China;

2. Xinjiang Agrometeorological Bureau, Urumqi, Xinjiang 830002, China;

3. College of agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China;

4. Xinjiang Meteorological information centre, Urumqi, Xinjiang 830002, China)

Abstract: Using the daily mean temperature and annual extreme minimum temperature data from 101 meteorological stations during 1961 to 2010 in Xinjiang, were analyzed the changing trend and abruptly changing characteristic of heat element in winter for the January mean temperature, yearly extreme minimum temperature, accumulated negative temperature and the day numbers in winter by using the linear tendency method and Mann-Kendall method, and by using the mixed model, have finished the spacial distribution simulation for the average value in multi-years of each heat element in winter and the variation before and after abrupt change based on the digit elevation model (DEM) on the platform of the ArcGIS. The results showed that: (1) January mean temperature and annual extreme minimum temperature in Xinjiang were showed the characteristic of higher in southern Xinjiang, lower in northern Xinjiang; Higher in plain and valley, and lower in mountain areas; The accumulated negative temperature and the day numbers in winter were showed the distribution style as less in southern Xinjiang, more in northern Xinjiang; And less in plain and valley, more in mountain areas. (2) Under the background of global warming, the heat resource in winter of Xinjiang was showed a significant increasing trend during 1961 to 2010, also January mean temperature and annual extreme minimum temperature occurred

收稿日期: 2013-08-28

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31260312); 新疆气象局科研项目 (201127, 201312)

作者简介: 普宗朝 (1965—), 男, 河南沈丘人, 高级工程师, 主要从事生态与气候变化研究。E-mail: puzongchao@163.com。

通信作者: 张山清 (1966—), 女, 陕西靖边人, 高级工程师, 主要从事气候变化与农业气象研究。E-mail: zhangshanqing-66@163.com。

abruptly increase in 1979 and 1980 respectively, but the accumulated negative temperature and the day numbers in winter were abruptly decreased in 1986 and 1998 respectively. Before and after the abruptly change year, the spatial distribution of rise range for January mean temperature and annual extreme minimum temperature totally assumed the pattern as increase from southeast to northwest, the spatial distribution of reduced range for accumulated negative temperature assumed the characteristic as rise from south to north, and the spatial distribution of reduced range for the day numbers in winter assumed the pattern as more in southern Xinjiang, less in northern Xinjiang, plains, and more in plains and basins area, less in Tianshan Mountain and Altai Mountains areas.

Keywords: Xinjiang; heat resource in winter; spatial-temporal change; ArcGIS

以气候变暖为主要特征的全球变化已成为一个不争的事实^[1-2]。气候变暖将改变农业热量资源,尤其是冬季热量资源的时空分布,进而对越冬农作物的安全越冬、农业结构布局、生产管理技术措施均将产生广泛而深刻的影响^[2-8],因此,近年来,有关气候变化背景下冬季热量资源时空变化的研究受到许多学者的关注。方修琦等^[3]研究指出,1951—2005年,除川黔桂局部区域外,中国大陆冬季温度表现出显著升温趋势,并且升温速率具有自南向北逐渐增大的特点。刘德祥等^[4]、辛吉武等^[5]、郑小华等^[6]、普宗朝等^[7-8]对我国北方部分地区近几十年冬季热量资源变化的研究表明,大多数地区极端最低气温明显上升、冬季负积温减少、越冬期日数缩短,冬季热量条件明显改善。汤绪等^[9]基于区域气候模式 PRECIS 和农业生态地带模型 AEZ 模拟气候变化对我国农业热量资源的可能影响表明,21 世纪,随着全球温室气体的持续排放,我国农业热量资源增加,冬季极端最低气温升高,无霜冻期延长,各种植被界限将明显北移。上述前人的研究表明,气候变暖已经并将继续对各地冬季农业热量资源产生重要影响,但这种影响存在一定的区域差异。

新疆位于我国西北边陲,深居中纬度欧亚大陆腹地,地理坐标东经 73°20′41″~96°25′,北纬 34°15′~49°10′45″,总面积 $166.49 \times 10^4 \text{ km}^2$,是我国地域面积最大的省区。由于地域辽阔,自然环境多样,气候条件各异,为开展多种形式的农牧业生产提供了丰富多样的农业气候资源,因此,新疆是我国重要的粮、棉、畜和多种名、优、特农产品生产基地之一^[10-12]。然而,漫长且严寒的冬季是影响新疆冬小麦、葡萄、香梨、蟠桃、大枣和巴旦姆杏等越冬农作物、果树安全越冬的主要农业气象灾害^[10-11],也是制约新疆反季节设施农业规模发展、提高农产品产量和品质、增加经济效益的主要农业气候因素之一^[13]。近年,有学者就全球变化背景下新疆气候变化的研究表明,在最近的 50 a 里,新疆各地年平均

气温明显上升^[14], $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温和持续日数明显增多^[15],但有关新疆冬季热量资源变化的研究目前还很少见。因此,全面客观地研究分析近半个世纪以来新疆冬季热量资源的时空变化特征,对适应和应对气候变化,确定合理的农作物种植格局,采取趋利避害的农牧业生产管理和技术措施,高效利用农业气候资源,促进新疆农牧业经济的持续、稳定发展具有重要意义。

1 资料与方法

1.1 资料来源

选用新疆境内 101 个资料序列较长的气象站 1961—2010 年的逐日平均气温、极端最低气温资料研究分析近 50 年新疆最冷月 1 月平均气温、年极端最低气温、冬季负积温、越冬期日数等冬季热量要素时空变化规律。新疆地形地貌和所选气象站点的分布情况见图 1。各站气象数据和新疆 1:50000 地理信息数据(包括行政区界矢量数据和数字高程(DEM)栅格数据)由新疆气象信息中心提供。

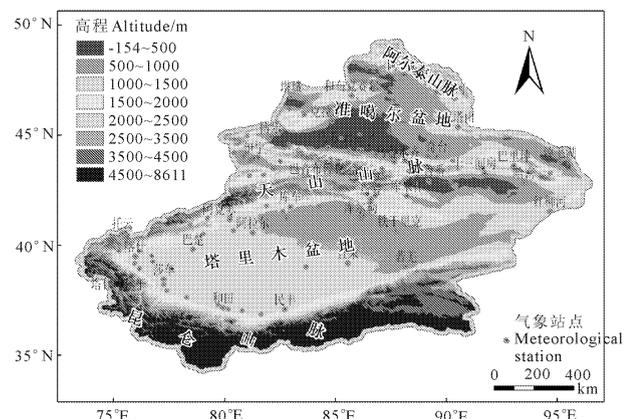


图 1 新疆地形和气象站点分布

Fig. 1 Spatial distribution of landform and meteorological stations in Xinjiang

1.2 越冬期和冬季负积温的统计方法

根据新疆气候和农事活动的特点,将 5 日滑动

平均法确定的某年日平均气温稳定 $\geq 0^\circ\text{C}$ 的终日至翌年日平均气温稳定 $\geq 0^\circ\text{C}$ 的初日之间的天数统计为该年的越冬期,该期间日平均气温 $< 0^\circ\text{C}$ 的逐日平均气温之和为冬季负积温^[4-5,16-17]。

1.3 冬季热量要素变化趋势及突变分析方法

分别用线性倾向率和 Mann-Kendall 法(以下简称 M-K 法)对新疆 1961—2010 年 1 月平均气温、年极端最低气温、冬季负积温、越冬期日数等冬季热量要素的变化趋势、突变特征进行分析和检测,具体方法见文献[18]。

1.4 冬季热量要素及其变化量空间分布的栅格化数学模型

新疆地域辽阔,地势起伏悬殊,“三山夹两盆”的地貌形成了复杂多样的气候类型^[18]。为提高冬季热量要素空间分布式模拟的精度,本文采用混合插值法(宏观地理因子的三维二次趋势面模拟+残差内插)对新疆 1 月平均气温、年极端最低气温、冬季负积温、越冬期日数等要素进行 $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ 栅格点的空间插值模拟^[7,14-15,19-20]。即:

$$w = w(\lambda, \varphi, h) + \epsilon = (b_0 + b_1\lambda + b_2\varphi + b_3h + b_4\lambda\varphi + b_5\varphi h + b_6\lambda h + b_7\lambda^2 + b_8\varphi^2 + b_9h^2) + \epsilon \quad (1)$$

式中, w 为各热量要素的栅格点模拟值; $w(\lambda, \varphi, h)$ 为宏观地理因子影响的各热量要素的栅格点模拟值; ϵ 为局部小地形因子和随机因素对各热量要素的影响,即残差项; λ 为栅格点的平均经度($^\circ$); φ 为栅格点的平均纬度($^\circ$); h 为栅格点的平均海拔高度(100 m); $b_0 - b_9$ 为待定系数。残差项的插值运算较多,经对比试验,反距离加权法对新疆冬季热量要素残差项的栅格点插值模拟效果较好。具体的插值计算式为^[7,14-15,19]:

$$\epsilon = \sum_{i=1}^n \frac{\epsilon_i}{d_i^k} / \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^k} \quad (2)$$

式中, ϵ 为热量要素残差项的栅格点模拟值; n 为用于插值的气象观测站点的数目; ϵ_i 为第 i 个气象站点热量要素的实际残差值; d_i 为插值的栅格点与第 i 个气象站点之间的欧氏距离; k 为距离的幂,其选择标准是平均绝对误差最小,本研究取 $k = 3$ 。

使用上述方法,在 ArcGis10.0 平台上完成基于 1:50000 数字高程模型(DEM)数据的新疆 $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ 栅格的 1 月平均气温、年极端最低气温、冬季负积温、越冬期日数等冬季热量要素 1961—2010 年平均值的精细化分布式模拟。采用同样方法,分别完成各热量要素突变前和突变后多年平均值的精细

化分布式模拟,将突变后的栅格数据减突变前的,即可获得突变年前后各热量要素变化量的空间分布式模拟^[15,19]。

2 结果与分析

2.1 冬季热量资源的空间分布

2.1.1 1 月平均气温 新疆冬季寒冷,各地最冷月(1 月)平均气温均在 0°C 以下,其温度条件对种植业和果树、林木以及畜牧业来说是一种限制性因子^[10-12]。新疆 1 月份平均气温具有明显的区域性差异,其空间分布总体呈现“南疆高,北疆低;平原和盆地高,山区低”的特点(图 2a)。南疆大部和北疆的伊犁河谷 1 月份平均气温一般在 -10.0°C 以上,其中塔里木盆地西南部为 $-6.9^\circ\text{C} \sim -4.1^\circ\text{C}$,是新疆 1 月平均气温最高的区域;东疆的哈密盆地和北疆的塔城、额敏盆地(以下简称塔额盆地)1 月份平均气温为 $-10.0^\circ\text{C} \sim -13.9^\circ\text{C}$ 。另外,受冬季逆温的影响,天山北坡海拔 2 500 m 以下以及塔里木盆地周边山区海拔 3 000 m 以下的中低山带气温也相对较高,为 $-10.0^\circ\text{C} \sim -13.9^\circ\text{C}$ 。北疆大部以及阿勒泰山、天山和昆仑山(以下简称“三山”)的高海拔区域 1 月份平均气温较低,一般在 $-14.0^\circ\text{C} \sim -17.9^\circ\text{C}$,其中北疆北部的富蕴、青河等地以及各山体海拔 3 000 ~ 4 000 m 以上的高寒地带可低至 -18.0°C 以下。

2.1.2 年极端最低气温 年极端最低气温是评价农作物越冬安全性的重要指标之一^[10-12],其多年平均值的空间分布与 1 月份平均气温相似,也总体呈现“南疆高,北疆低;平原和盆地高,山区低”的特点(图 2b)。南疆大部和吐鲁番盆地腹地是新疆极端最低气温最高的区域,一般在 -20.0°C 以上;吐鲁番、哈密盆地(以下简称吐哈盆地)大部和南疆的塔里木盆地周边海拔高度 1 000 ~ 2 000 m 的山前倾斜平原为 $-25.0^\circ\text{C} \sim -20.0^\circ\text{C}$ 。北疆大部极端最低气温较低,一般在 -25.0°C 以下,其中,北疆西部、伊犁河谷和乌鲁木齐以东的北疆沿天山一带为 $-30.0^\circ\text{C} \sim -25.0^\circ\text{C}$ 。北疆北部、准噶尔盆地中部一般为 $-35.0^\circ\text{C} \sim -30.0^\circ\text{C}$,其中,富蕴、福海和青河等地可低至 -35.0°C 以下。“三山”山区的高海拔区域极端最低气温一般也在 -35.0°C 以下。

2.1.3 冬季负积温 冬季负积温是表示冬季寒冷程度,鉴定越冬作物、果树、家畜和病虫(鼠)害等越冬条件,确定农作物种植格局的重要的农业气候指标^[4-7],也是确定反季节设施农业辅助加热能耗的

重要参数^[13]。新疆冬季负积温总体呈现“南疆少,北疆多;平原和盆地少,山区多”的空间分布格局(图 2c)。塔里木盆地大部冬季负积温较少,一般不足 $-500^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$;南疆北部、东部和吐哈盆地以及北疆的伊犁河谷为 $-500\sim-1\,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。北疆大部和“三山”山区的高海拔区域冬季负积温较多,大多在 $-1\,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以上,其中北疆西部和北疆沿天山一带为 $-1\,000\sim-1\,500^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$;北疆北部以及天山山区海拔 $1\,800\sim 3\,400\text{ m}$ 、塔里木盆地周边山区海拔 $3\,000\sim 4\,000\text{ m}$ 的中高山带为 $-1\,500\sim-3\,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,海拔 $4\,000\text{ m}$ 以上的高寒地带冬季负积温在 $-3\,000^{\circ}\text{C}$

$\cdot\text{d}$ 以上。
 2.1.4 越冬期日数 新疆越冬期长短也表现出非常明显的区域性差异,其持续日数总体呈现“南疆少,北疆多;平原和盆地少,山区多”的空间分布格局(图 2d)。南疆平原地区大部和吐鲁番盆地腹地越冬期较短,一般不足 100 d 。北疆沿天山一带、伊犁河谷、准噶尔盆地腹地以及吐哈盆地大部和塔里木盆地周边海拔 $1\,000\sim 3\,000\text{ m}$ 的山前倾斜平原和中低山带为 $100\sim 150\text{ d}$ 。北疆北部、东部和天山中山带为 $150\sim 200\text{ d}$ ，“三山”山区的高海拔区域冬季漫长,越冬期一般在 200 d 以上。

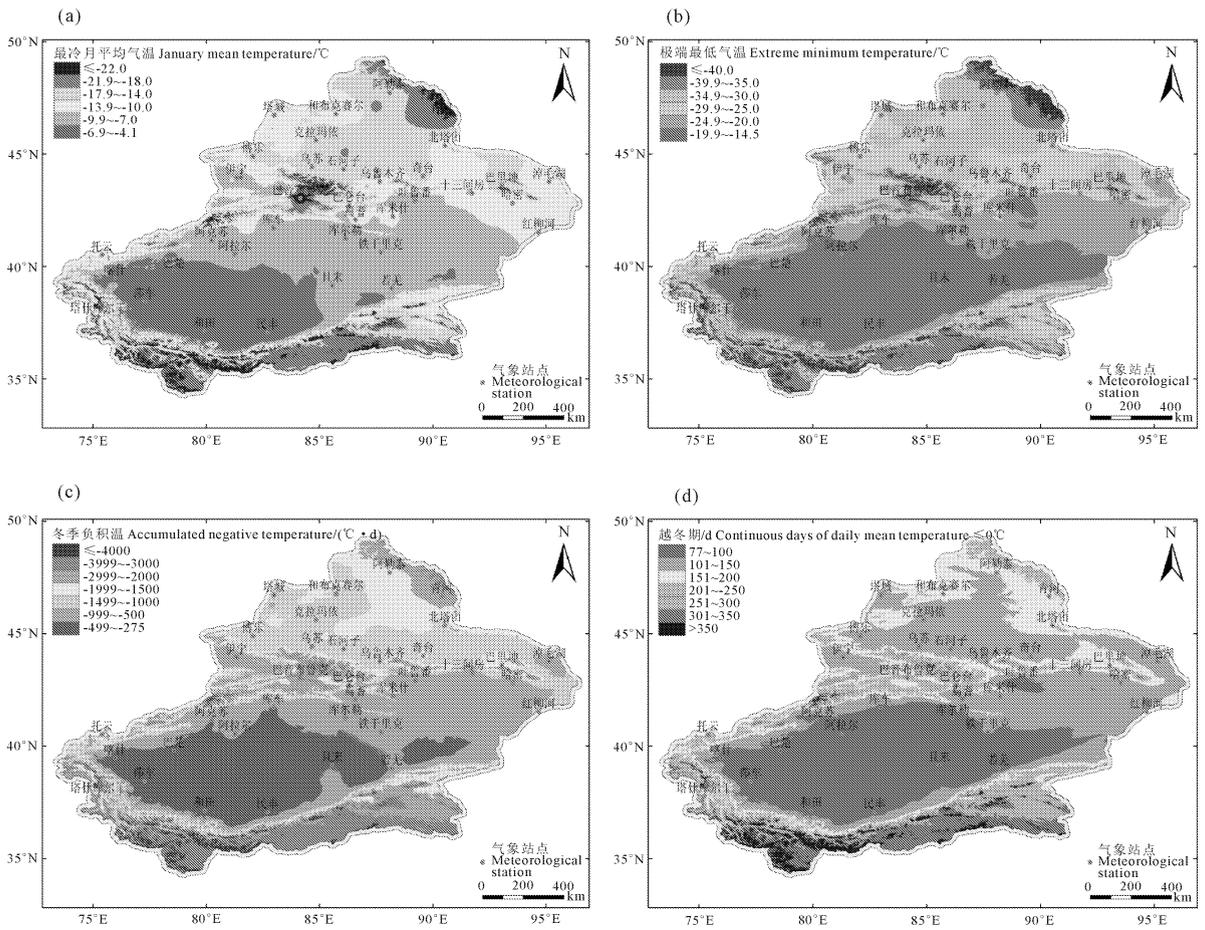


图 2 新疆 1 月平均气温(a)、年极端最低气温(b)、冬季负积温(c)、越冬期日数(d)空间分布

Fig.2 Spatial distribution of January mean temperature (a), annual extreme minimum temperature (b), accumulated negative temperature (c) and day numbers in winter (d) of Xinjiang

2.2 近 50a 冬季热量资源变化

2.2.1 最冷月平均气温 线性趋势分析表明,1961—2010 年,新疆 1 月平均气温总体以 $0.36^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的倾向率上升(图略,下同),50 a 来已升高了 1.8°C 。由近 50 a 新疆 1 月平均气温序列的 M-K 检测可以看出(图 3a),其正序特征曲线 UF 和逆序特征曲线 UB 在 1978/1979 年有一个明显的交点,之

后,UF 曲线于 1990 年突破了 $\alpha = 0.05$ 的临界线 1.96,这说明,近 50 a 新疆 1 月平均气温在 1979 年发生了突变性的升高。突变后(1979—2010 年)较突变前(1961—1978 年)全疆平均 1 月平均气温升高了 1.3°C (表 1)。但突变年前后,全疆各地 1 月平均气温的变化差异较大,除塔什库尔干、巴音布鲁克等昆仑山和天山高海拔的零星区域降低 $-0.50\sim 0.0^{\circ}\text{C}$

外,全疆绝大部分区域上升 $0.10 \sim 3.3^{\circ}\text{C}$ (图 4a),其中,北疆的青河、富蕴、塔额盆地、伊犁河谷以及南疆西部、北部和吐鲁番盆地上升幅度在 1.6°C 以上,天

山中东部及其北麓和昆仑山局部区域上升幅度在 1.0°C 以下,全疆其余大部上升 $1.1^{\circ}\text{C} \sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 。

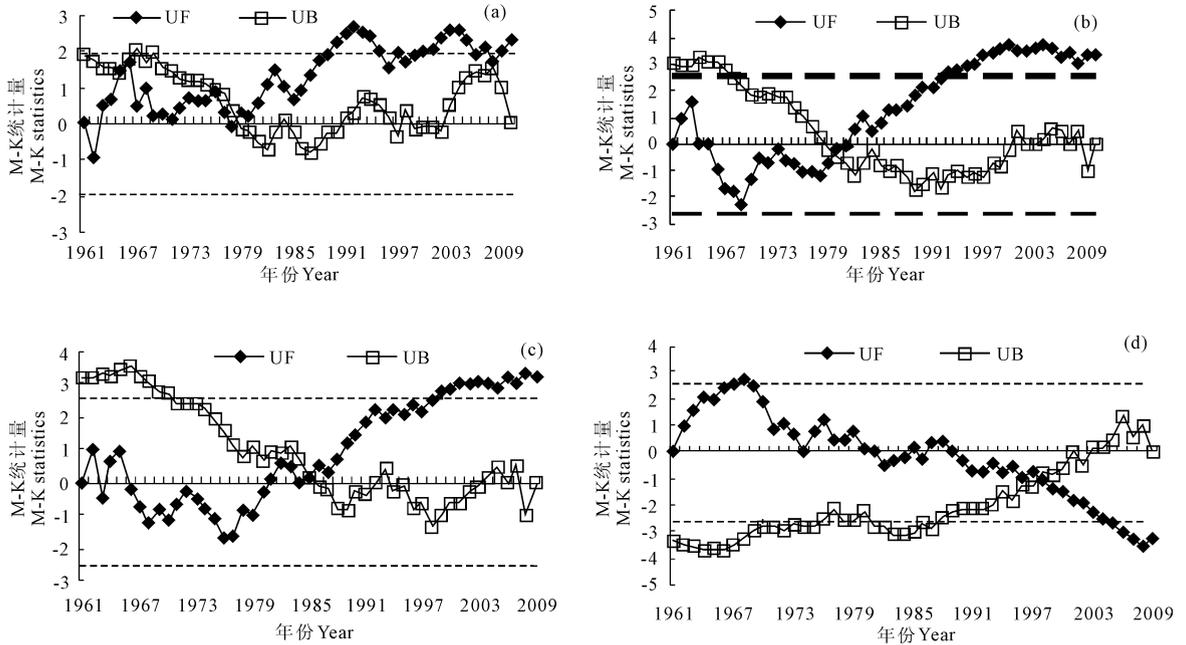


图 3 1961—2010 年新疆 1 月平均气温 (a)、年极端最低气温 (b)、冬季负积温 (c)、越冬期日数 (d) M-K 检测

Fig.3 Mann-Kendall test of January mean temperature (a), annual extreme minimum temperature (b), accumulated negative temperature (c) and day numbers in winter (d) of Xinjiang during 1961 to 2010

表 1 1961—2010 年新疆冬季热量要素突变前后多年平均值及其变化量

Table 1 The multi-year average value and change of the heat quantity in winter of Xinjiang during 1961 to 2010 before and after abruptly change

项目 Item	突变年 The abruptly change year	突变前平均值 The average value before abruptly change	突变后平均值 The average value after abruptly change	突变前后变化量 The change before and after abruptly change
1 月平均气温/ $^{\circ}\text{C}$ January mean temperature	1979	-11.8	-10.5	1.3
年极端最低气温/ $^{\circ}\text{C}$ Annual extreme minimum temperature	1980	-26.3	-23.6	2.7
冬季负积温/ $(^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}^{-1})$ Accumulated negative temperature	1986	-1038.0	-875.3	162.7
越冬期/d Day numbers in winter time	1998	124	114	-10

2.2.2 年极端最低气温 1961—2010 年,新疆年极端最低气温总体以 $0.74^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的倾向率呈显著的上升趋势,50 a 来已升高了 3.7°C 。由近 50 a 新疆平均年极端最低气温序列的 M-K 检测可以看出(图 3b),其正序特征曲线 UF 和逆序特征曲线 UB 在 1979/1980 年有一个明显的交点,之后,UF 曲线于 1993 年突破了 $\alpha = 0.01$ 的临界线 2.58,这说明,近 50 a 新疆平均年极端最低气温在 1980 年发生了突变性的升高。突变后(1980—2010 年)较突变前

(1961—1979 年)全疆平均年极端最低气温升高了 2.7°C (表 1)。但突变年前后,各地年极端最低气温的变化差异较大,上升幅度总体呈由东南向西北递增的空间分布特征(图 4b)。南疆东部上升幅度较小,一般在 2.0°C 以下;塔里木盆地、吐哈盆地、天山中东部和北疆沿天山一带上升 $2.1^{\circ}\text{C} \sim 3.0^{\circ}\text{C}$;北疆大部、伊犁河谷和南疆西部、北部的部分区域上升 3.0°C 以上,其中,北疆的青河、富蕴、塔额盆地、伊犁河谷以及南疆西部的局部区域上升 $4.1^{\circ}\text{C} \sim 7.0^{\circ}\text{C}$ 。

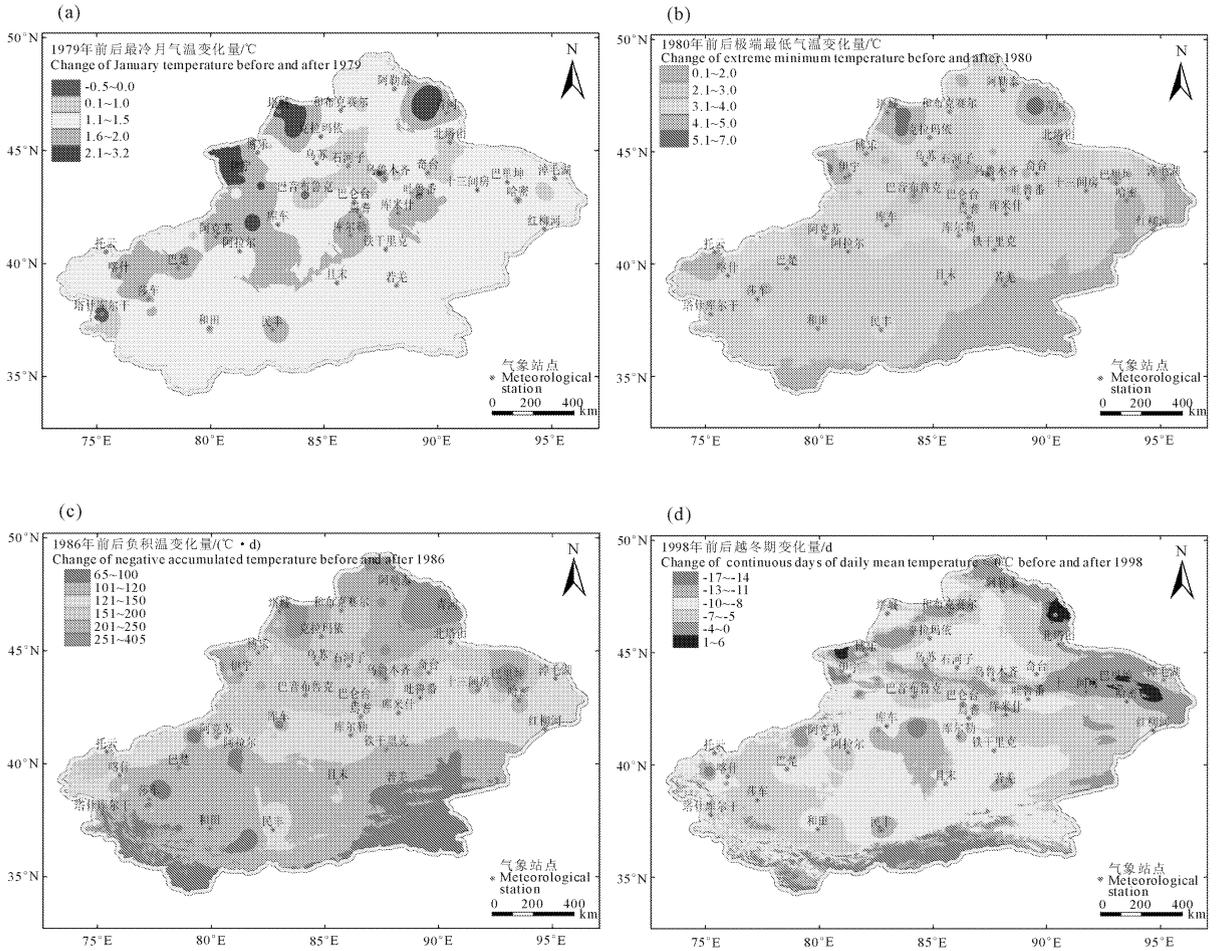


图4 突变年前后新疆1月平均气温(a)、年极端最低气温(b)、冬季负积温(c)、越冬期日数(d)变化量空间分布

Fig.4 The change spatial distribution for January mean temperature (a), annual extreme minimum temperature (b), accumulated negative temperature (c) and day numbers in winter (d) before and after abruptly change year in Xinjiang

2.2.3 冬季负积温 1961—2010年,新疆冬季负积温总体以 $52.07^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}/10\text{a}$ 的倾向率呈显著的减少趋势,50 a来已减少了 $260^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。对近50 a新疆冬季负积温序列的M-K检测结果表明(图3c),其正序特征曲线UF和逆序特征曲线UB在1985/1986年有一个明显的交点,之后,UF曲线于1999年突破了 $\alpha=0.01$ 的临界线2.58,这说明,近50 a新疆冬季负积温绝对值于1986年发生了突变性的减少。突变后(1986—2010年)较突变前(1961—1985年)全疆平均冬季负积温减少了 $162.7^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ (表1)。但突变年前后,全疆各地冬季负积温的变化差异较大,减少幅度的空间分布总体呈现由南向北递增的空间分布特征(图4c)。南疆大部冬季负积温减少幅度较小,一般在 $120^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以下;天山南麓和吐哈盆地减少 $121\sim 150^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,天山山区和北疆沿天山一带减少 $151\sim 200^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,北疆北部、伊犁河谷减少 $200^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以上,部分区域减少 $251\sim 405^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。

2.2.4 越冬期日数 1961—2010年,新疆越冬期日

数总体以 $-2.65\text{d}/10\text{a}$ 的倾向率呈显著的减少趋势,50 a来减少了13 d。M-K检测结果表明,1961—2010年,新疆越冬期于1998年发生了突变性的减少(图3d)。突变后(1998—2010年)较突变前(1961—1997年)全疆平均越冬期减少了10 d(表1)。但突变年前后各地变化差异较大,除北疆北部的个别零星区域越冬期延长 $1\sim 6$ d外,全疆绝大部分区域减少了 $0\sim 17$ d(图4d)。减少幅度的空间分布总体呈“南疆大,北疆小;盆地大,天山和阿勒泰山区小”的格局。南疆的塔里木盆地和昆仑山区越冬期减少幅度较大,一般在 $8\sim 17$ d,盆地东部和西部平原地带减少 $5\sim 7$ d。北疆除伊犁河谷越冬期减少幅度较大,为 $8\sim 17$ d外,大部减少幅度不足10。天山、阿勒泰山区减少幅度一般不足5 d。

3 结论与讨论

1) 新疆最冷月(1月)平均气温、年极端最低气温、冬季负积温和越冬期日数等冬季热量要素的空

间分布总体呈现“南疆高,北疆低;平原和盆地高,山区低”的格局。

2) 在全球变暖背景下,1961—2010 年新疆 1 月平均气温、年极端最低气温分别以 $0.36^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.74^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的倾向率升高,冬季负积温、越冬期日数分别以 $52.07^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}/10\text{a}$ 和 $-2.65\text{d}/10\text{a}$ 的倾向率减少,上述各要素还分别于 1979 年、1980 年、1986 年和 1998 年发生了突变,但突变年前后各热量要素的变化具有明显的区域性差异,突变后较突变前,1 月平均气温和年极端最低气温上升幅度的空间分布总体呈“从东南至西北递增”的格局,冬季负积温减少幅度的空间分布呈“由南向北递增”的特点,越冬期日数减少幅度的空间分布呈“南疆大,北疆小;平原和盆地大,山区小”的格局。

3) 近 50 a 新疆冬季农业热量资源得到了较明显的改善,20 世纪 80 年代以来较其之前新疆大部 1 月平均气温升高了 $1.0^{\circ}\text{C}\sim 2.0^{\circ}\text{C}$,年极端最低气温升高了 $2.0^{\circ}\text{C}\sim 5.0^{\circ}\text{C}$,冬季负积温减少了 $100\sim 250^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,越冬期缩短了 $5\sim 13\text{d}$,受其影响,北疆冬小麦安全越冬的北界约北移 1 个纬度,南疆环塔里木盆地绿洲农业区特色林果和冬小麦的安全越冬海拔上限约上移 $150\sim 300\text{m}$ ^[4],这对改善越冬作物的安全越冬条件,扩大可种植区域,降低设施农业生产的辅助加热能耗等,都具有重要意义。但是,冬季热量资源增多也将导致棉铃虫、蚜虫和蝗虫等新疆主要病虫的越冬基数增多,越冬死亡率下降,对农牧业生产也将造成一定的不利影响^[4-7]。因此,根据新疆冬季热量资源变化的区域性特点,科学调整作物种植结构和布局,加大病虫害的防治力度,是适应和应对气候变化,趋利避害地开发应用农业气候资源,促进新疆农牧业生产持续稳定发展的有效措施。

参考文献:

[1] IPCC. Summary for Policymakers of Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [C].

- cambridge: cambridge university press, 2007.
- [2] Shen S S P, Yin H, Cannon K. Temporal and spatial changes of the agroclimate in Alberta, Canada, from 1901 to 2002 [J]. Journal of Applied Meteorology, 2005, 44(7): 1090-1105.
- [3] 方修琦, 张学珍, 戴玉娟, 等. 1951—2005 年中国大陆冬季温度变化过程的区域差异 [J]. 地理科学, 2010, 30(4): 571-576.
- [4] 刘德祥, 董安祥, 陆登荣. 中国西北地区近 43 年气候变化及其对农业生产的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 195-201.
- [5] 辛吉武, 郭江勇, 杨小利, 等. 陇东黄土高原冬季积温对冬小麦生育期的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(4): 85-89.
- [6] 郑小华, 屈振江, 鲁渊平, 等. 气候变化对陕西省冬小麦种植布局的影响分析 [J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(3): 244-251.
- [7] 普宗朝, 张山清, 宾建华, 等. 新疆乌鲁木齐地区热量资源精细化时空变化分析 [J]. 中国农业气象, 2011, 32(4): 598-606.
- [8] 普宗朝, 张山清, 宾建华, 等. 气候变化对乌鲁木齐市冬小麦产量的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(3): 115-123.
- [9] 汤绪, 杨续超, 田展, 等. 气候变化对中国农业气候资源的影响 [J]. 资源科学, 2011, 33(10): 1962-1968.
- [10] 徐德源. 新疆农业气候资源及区划 [M]. 北京: 气象出版社, 1989: 29-31, 286-288.
- [11] 王建, 徐德源, 高永彦, 等. 新疆优势瓜果与气候 [M]. 北京: 气象出版社, 2006: 1-19.
- [12] 刘敬强, 瓦哈甫·哈力克, 王冠生, 等. 新疆特色林果业资源时空分异规律研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(2): 230-236.
- [13] 陈端生. 从能源消耗探讨我国加温温室的合理布局问题 [J]. 中国农业气象, 1988, 9(2): 39-41.
- [14] 李景林, 张山清, 普宗朝, 等. 近 50a 新疆气温精细化时空变化分析 [J]. 干旱区地理, 2013, 36(2): 228-237.
- [15] 普宗朝, 张山清, 李景林, 等. 近 50a 新疆 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 持续日数和积温时空变化 [J]. 干旱区研究, 2013, 30(5): 776-783.
- [16] 张学文, 张家宝. 新疆气象手册 [M]. 北京: 气象出版社, 2006: 121-123.
- [17] 邱宝剑, 卢其尧. 农业气候区划及其方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1987: 29.
- [18] 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: 42-76.
- [19] 普宗朝, 张山清. 新疆水分亏缺量时空变化分析 [J]. 冰川冻土, 2012, 34(4): 802-812.
- [20] 张旭东, 辛吉武, 王润元, 等. 基于 DEM 的甘肃省降水资源分析 [J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(5): 1-5.