

张林梅, 李建丽, 张建. 阿勒泰地区霜冻变化特征分析 [J]. 陕西气象, 2014 (6): 13-18.

文章编号: 1006-4354 (2014) 06-0013-06

阿勒泰地区霜冻变化特征分析

张林梅^{1,2}, 李建丽², 张 建²

(1. 兰州大学大气科学学院, 兰州 730002; 2. 阿勒泰地区气象局, 新疆阿勒泰 836500)

摘 要: 采用阿勒泰地区 7 个气象观测站 1961—2013 年 0 cm 最低地温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的初日、终日资料, 运用线性趋势、Mann-Kendall 突变检测法、Morlet 小波变换、R/S 持续分析法对阿勒泰地区的终霜日、初霜日及无霜期进行分析, 结果表明: 阿勒泰各站呈初霜冻开始迟、终霜冻结束早、无霜期延长的趋势, 且大部分站通过了显著性检验。大部分站终霜日和部分站初霜日在 20 世纪 80 年代发生突变; 大部分站无霜期在 70 年代中后期和 80 年代发生突变。各站终霜日、初霜日及无霜期存在明显的年际和年代际尺度的周期变化, 年际周期具有一定的同步性, 但年代际周期差异较大。全区及各站终(初)霜日将由过去 53 a 的提前(推后)趋势逐渐转为推后(提前)趋势, 无霜期由过去 53 a 的延长趋势转变为缩短趋势。阿勒泰地区的霜冻灾害主要由终霜冻造成, 而终霜冻灾害在空间上主要分布于吉木乃、哈巴河、阿勒泰站, 时间上主要出现于 90 年代。

关键词: 终霜日; 初霜日; 无霜期; Mann-Kendall 突变检测; Morlet 小波变换; R/S 分析法

中图分类号: P468.021

文献标识码: A

霜冻是一种限制作物生长期热量资源充分利用的农业气象灾害^[1]。在气候变暖的背景下, 全球许多地区的低温冷害事件发生频率和霜冻起讫日期也出现了明显的变化。我国学者对此作了较多研究。叶殿秀^[2]分析 1961—2007 年我国 577 个测站逐日最低气温资料, 指出全国平均终

霜日提早时间明显比初霜日推迟时间长, 全国平均无霜期自 20 世纪 80 年代起明显延长; 韩荣青^[3]分析 1961—2008 年北方地区 233 个测站 0 cm 最低地温, 指出 2000 年以来各地初霜日推迟最为明显, 另外在北方许多地区 20 世纪 80 年代初霜日较 90 年代的偏晚; 文献 [4—7] 分别

收稿日期: 2014-03-27

作者简介: 张林梅 (1983—), 女, 汉族, 云南曲靖人, 学士, 工程师, 从事短期天气预报。

基金项目: 新疆气象局青年基金 (201211)

贝加尔湖切断低压底部的高空西风急流出口区南侧, 急流轴位于 200 hPa, 最大风速达 55 m/s, 南北尺度超过 7 个纬距, 垂直范围为 100~400 hPa。

(2) 在高空急流出口区, 强风切变造成空气质点在其南北两侧形成辐合辐散区, 辐合区散度最小值小于 $-0.4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 中、低层质量辐散辐合在北侧形成上升气流、南侧为下沉气流, 当航空器飞行至次级环流垂直速度超过 $0.05 \times 10^{-3} \text{ Pa/s}$ 的下沉支时, 航空器升力减小, 无法保持高度, 只能下降高度避开下沉气流对航空器

的影响。

参考文献:

- [1] 黄仪方, 朱志愚. 航空气象 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2002: 140.
- [2] 丁一汇. 高等天气学 [M]. 北京: 气象出版社, 2005: 138.
- [3] 黄仪方, 马婷. 现代气象资料在飞机颠簸预报中的应用 [J]. 科技创新导报, 2012 (8): 219-210.

对北方一些地区的霜冻气候特征进行较深入的研究。

阿勒泰地区位于新疆北部, 支柱产业是畜牧业, 但据相关统计, 近年来农业种植规模也逐步扩大, 霜冻天气的预报越来越引起当地种植户的关注。阿勒泰当地预报员虽然在气候方面做了较多研究^[8-10], 但对霜冻的研究较少, 只有白松竹^[11]以 $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 最低气温为指标, 分析1961—2008年阿勒泰地区霜冻气候变化特征。但文献^[6]指出北方地区采用0 cm最低地温定义初终霜日更为适合, 且文献^[12]指出天冷的时候, 特别是夜间晴朗、微风、有霜的天气, 0 cm最低地温比最低气温低 $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。但当最低地温 $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 已会使植物原生质受到破坏, 导致植株受害。根据《新疆维吾尔自治区气象局气象灾害预警信号发布业务规范》, 将0 cm最低地温 $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 作为霜冻指标, 分析阿勒泰地区霜冻的气候变化特征, 一方面对指导该地区农业生产布局具有重要意义, 另一方面, 也有助于提高对霜冻灾害的预测能力, 为有效防御霜冻灾害提供参考。

1 资料及分析方法

1.1 资料

利用1961—2013年阿勒泰地区7个地面气象观测站(阿勒泰、吉木乃、哈巴河、布尔津、福海、富蕴、青河)0 cm最低地温 $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的初日、终日资料, 各站地理位置及海拔高度见图1。规

定: 0 cm最低地温下半年(8—10月)首次出现 $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的日期为初霜日, 上半年(4—6月)最后一次出现 $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的日期为终霜日, 终霜日的翌日至初霜日的前一日为无霜期。全区值取阿勒泰地区7站平均值; 气候平均值时段为1961—2013年; 灾情资料来自阿勒泰地区民政局。

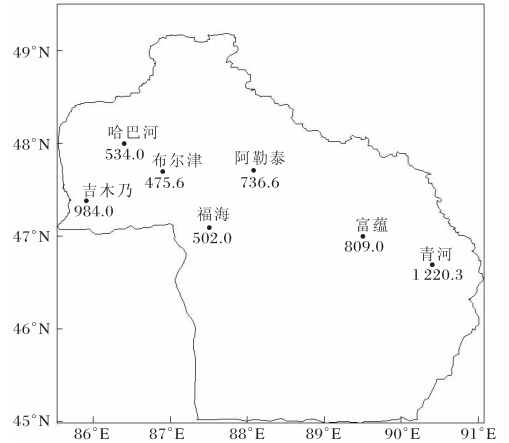


图1 阿勒泰地区各站地理分布及海拔高度(单位: m)

1.2 方法

趋势分析采用线性趋势检验, 突变采用Mann-Kendall法^[13]、Morlet小波变换^[14], 持续性分析采用R/S方法^[15]。

2 结果与分析

2.1 基本特征

对阿勒泰全区及7站1961—2013年终、初霜日进行统计(表1)。全区终霜日平均出现在5

表1 1961—2013年阿勒泰地区霜冻终、初日(月-日)及无霜期

站名	平均终霜 日/月-日	最早终霜 日/月-日	最晚终霜 日/月-日	平均初霜 日/月-日	最早初霜 日/月-日	最晚初霜 日/月-日	平均无 霜期/d	最长无 霜期/d	最短无 霜期/d
阿勒泰	05-12	04-16	05-30	09-19	08-25	10-11	130	158	96
吉木乃	05-13	04-19	06-30	09-15	08-05	10-01	126	157	71
哈巴河	05-11	04-08	05-31	09-21	08-22	10-14	133	178	89
布尔津	05-07	04-09	06-09	09-18	08-31	10-11	135	173	92
福海	05-10	04-02	06-02	09-18	08-25	10-13	132	171	97
富蕴	05-14	04-25	06-09	09-18	08-06	10-08	126	166	58
青河	05-30	05-11	06-30	08-25	08-01	09-29	90	122	42
全区	05-13	04-29	06-04	09-16	08-29	09-25	124	146	96

月 13 日,最早平均出现在 4 月 29 日(2008 年),最晚在 6 月 4 日(1970 年)。单站最早终霜日出现在福海站(4 月 2 日),最晚出现在吉木乃、青河站(6 月 30 日)。全区初霜日平均出现在 9 月 16 日,最早平均出现在 8 月 29 日(1961 年),最晚在 9 月 25 日(2009 年);单站最早初霜日出现于青河站(8 月 25 日),最晚出现于哈巴河站(10 月 14 日)。全区平均无霜期为 124 d,最长 146 d(2010 年),最短 96 d(1974 年);单站最长无霜期出现在哈巴河站(178 d),最短出现于青河站(83 d),最长无霜期与最短无霜期的差值富蕴站最大(108 d),阿勒泰站最小(62 d)。

阿勒泰地区地形复杂,霜冻时空分布不均,初(终)霜冻日及无霜期差异较大。文献[15]指出“初霜冻出现时间随海拔高度、纬度的增高而提前,反之则推迟;终霜冻出现时间随海拔高度、纬度的降低而提前,反之则推迟”。对阿勒泰地区来说,各站纬度在 $46.66^{\circ}\text{N}\sim 48.05^{\circ}\text{N}$,但海拔高度相差较大,在 $475.6\sim 1\,220.3\text{ m}$ (见图 1)。青河站纬度最南,但海拔高度最高,其终霜冻出现最晚、初霜冻最早、无霜期最短。可见,对于阿勒泰地区而言,海拔高度是影响霜

冻气候特征的重要因素。这与文献[11]采用最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 作为霜冻指标研究的结论吻合。

2.2 变化趋势

根据近 53 a 阿勒泰地区初(终)霜日及无霜期线性变化趋势(表 2)可知,全区终霜日呈提前趋势,初霜日呈推后趋势,无霜期呈延长趋势,均通过 0.01 信度检验。终霜日提前速率为 $2.9\text{ d}/10\text{ a}$,初霜日推后速率为 $2.2\text{ d}/10\text{ a}$,无霜期延长速率为 $5\text{ d}/10\text{ a}$ 。

大部分站终霜日呈显著提前趋势,除阿勒泰、吉木乃站,其它站均通过 0.01 的信度检验,提前速率为 $2.2\sim 4.5\text{ d}/10\text{ a}$,青河站提前最明显。大部分站初霜日呈推后趋势,但只有哈巴河、富蕴、青河站通过显著性检验,且推后速率为 $2.1\sim 5.1\text{ d}/10\text{ a}$,其它站没有通过显著性检验。无霜期除阿勒泰、吉木乃站外,其它站呈显著延长趋势,延长速率为 $3.4\sim 9.0\text{ d}/10\text{ a}$,均通过了 0.05 或 0.01 信度检验。

阿勒泰地区终霜日呈提前趋势,初霜日呈推后趋势,无霜期呈延长趋势,与文献[11]的结论是一致的,但是对于终霜冻、初霜冻的显著性检验结果不一致。究其原因,主要是由于与该文献采用的霜冻指标不同。

表 2 1961—2013 阿勒泰地区各站终、初霜日及无霜期线性趋势

站名	阿勒泰	吉木乃	哈巴河	布尔津	福海	富蕴	青河	全区
终霜日	-0.8	-2.2	-3.6**	-3.7**	-2.4**	-3.0**	-4.5**	-2.9**
初霜日	1.1	0.9	2.1*	0.3	1.5	5.1**	4.5**	2.2**
无霜期	1.9	3.1	5.8**	3.4*	4.0**	8.1**	9.0**	5.0**

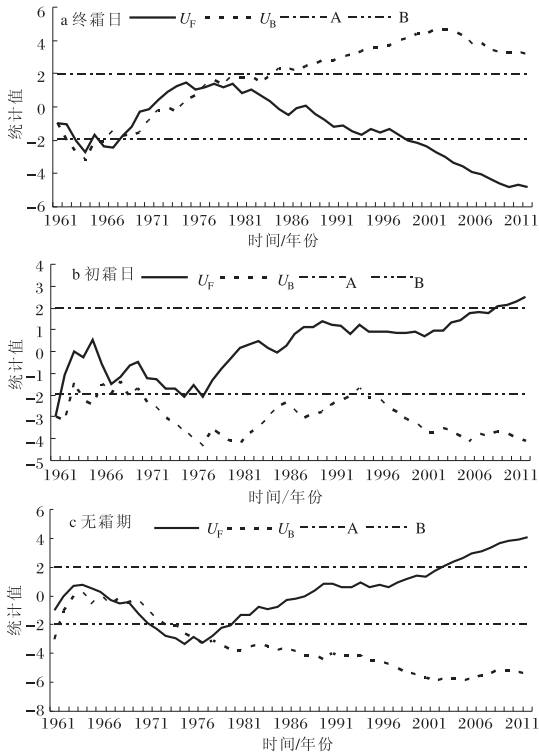
注: * 表示通过 0.05 信度检验, ** 表示通过 0.01 信度检验

2.3 突变分析

由图 2a 可知, U_F 和 U_B 曲线于 1977 年相交于信度为 0.05 的置信线 ± 1.96 之间,且 U_F 1977 年后基本呈持续下降趋势,说明 1977 年以来阿勒泰地区全区终霜日呈显著提前趋势,因此,1977 年是全区终霜日从一个相对偏晚期跃变为一个相对偏早期的突变年,突变趋势显著。

由图 2b 可知, U_F 和 U_B 不存在交点,即全区初霜期不存在突变年。全区无霜期(图 2c)在 1968、1976 年出现交点,显然 1968 年并非突变年,1976 年的交点未处于 ± 1.96 之间,故该年也不是突变年,即全区无霜期也不存在突变年。

对阿勒泰地区各站近 53 a 终霜日、初霜日及无霜期时间序列进行突变检测(表 3)。大部



U_F 为顺序曲线, U_B 为逆序曲线,

+1.96、-1.96表示信度为0.05的置信线

图2 1961—2012年全区终霜日、初霜日及无霜期气候突变曲线

表3 1961—2013年阿勒泰地区各站终、初霜日及无霜期突变时间

站名	阿勒泰	吉木乃	哈巴河	布尔津	福海	富蕴	青河
终霜日	1990	1989	无	1988	1988	1983	1974
初霜日	1971	1987	无	无	无	无	1973
无霜期	无	1987	1975	1983	1980	1979	1969

注：“无”表示无显著突变点

强最显著,小波系数正负中心均出现在所研究时域内,信号较强。通过全区无霜期分析(图略)可发现,年际周期也不显著,但准12~14 a、17~21 a、24~34 a年代际周期在整个时域内显著,模值均大于0.5,其中准24~34 a周期最强最显著,信号较强,模值大于2。

分析阿勒泰各站近53 a终霜日、初霜日及无霜期时间序列的周期,发现各站初霜日、终霜日、无霜期年际周期具有一定的同步性。各站终

分站终霜日在20世纪80年代发生突变;初霜日只有阿勒泰、青河站在70年代初期发生突变,其它站不存在显著突变年;布尔津、福海站无霜期突变时间在80年代,而哈巴河、富蕴站突变时间在70年代中后期。该结论与文献[11]不一致,该文献指出只有哈巴河站终霜日、初霜日及无霜期发生气候突变。造成结论不一致的原因还有待于日后对各站 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的最低气温及0 cm最低地温两者之间的关系进一步研究。

2.4 周期性分析

通过1961—2013年全区终霜日周期分析(图3)可发现,年际尺度准8 a周期信号在整个时域内都较明显,模值(图3b)均大于0.5;年代际尺度有准18~21 a、24~30 a、39~52 a周期信号在整个时域内都较明显,小波系数正负中心均出现在所研究时域内,信号较强,其模值均大于2。通过全区初霜日周期分析(图略)可发现,年际周期不显著,但准17~18 a、22~30 a年代际周期在整个时域内显著,模值均大于0.5,其中准22~30 a周期最

霜日周期主要为准4~8 a;阿勒泰、吉木乃、富蕴、青河站初霜日存在准5~7 a周期,其它站存在准8~9 a周期;阿勒泰、福海站无霜期存在准5~6 a周期,其它站存在准8~9 a周期。

阿勒泰地区各站的初霜日、终霜日、无霜期均存在显著的年际和年代际周期变化,虽然年际周期具有一定的同步性,但年代际周期差异较大,具体见表4。这再次体现了该地区霜冻气候特征的复杂性和特殊性。

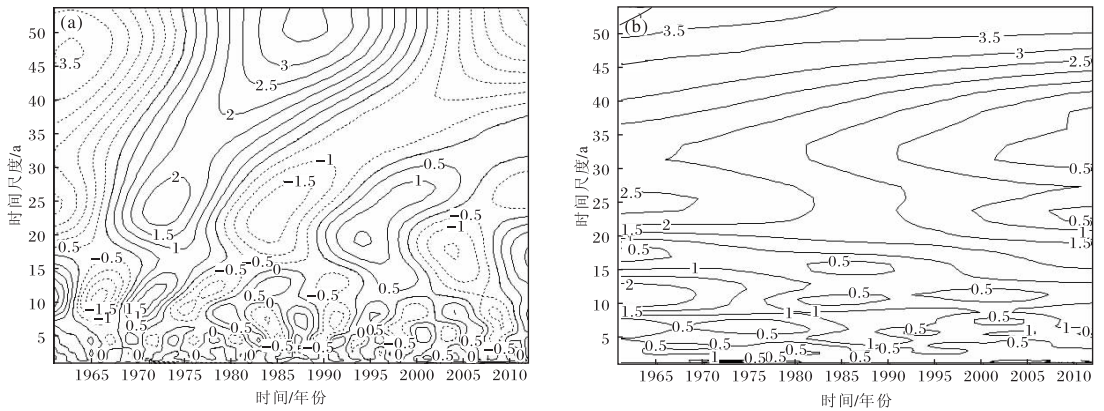


图3 1961—2013年全区终霜日小波变换实部(a)和模值(b)

表4 1961—2013年阿勒泰地区各站终、初霜日及无霜期年代际周期

站名	终霜冻	初霜冻	无霜期
阿勒泰	准12a, 16~22 a	14~18 a, 20~27 a	12~16 a, 23~32 a
吉木乃	15~20 a, 28~33 a	14~22 a	21~23 a
哈巴河	10~13 a, 18~19 a	11~12 a, 23~27 a	20~28a
布尔津	13~16 a, 20~29 a	13 a, 20~30 a	12~15 a, 20~31 a
福海	15~16 a, 27~47 a	20~32 a	20~30 a
富蕴	11~13 a, 18~22 a	11 a, 21~34 a	16~22 a, 25~33 a
青河	准14a, 19~23 a	18~27 a	10~12 a, 18~22 a

2.5 持续性分析

根据 R/S 分析基本原理^[15]对阿勒泰全区及各站终霜日、初霜日及无霜期的持续性进行分析,计算相应的 Hurst 指数(表5)。1961—2013年阿勒泰全区及各站终霜日、初霜日及无霜期的 Hurst 指数均在(0, 0.5),说明全区及各站未来终(初)霜日将由过去 53 a 的提前

(推后)趋势逐渐转为推后(提前)趋势,无霜期由过去 53 a 的延长趋势转变为缩短趋势。就各站而言,哈巴河站终霜日、布尔津站初霜日、阿勒泰站无霜期的 Hurst 指数最小,表明未来它们的反持续性相对最强。由于该结论仅基于 R/S 分析,且其与资料的长度有关,该结论的真实性还有待于序列延长后进一步证实。

表5 1961—2013年阿勒泰地区终、初霜日及无霜期 Hurst 指数

站名	阿勒泰	吉木乃	哈巴河	布尔津	福海	富蕴	青河	全区
终霜日	0.228	0.308	0.133	0.229	0.201	0.175	0.230	0.243
初霜日	0.198	0.183	0.220	0.169	0.217	0.222	0.369	0.143
无霜期	0.181	0.195	0.207	0.238	0.188	0.241	0.277	0.194

2.6 灾害分析

阿勒泰地区的霜冻灾害主要表现为冷空气入侵后,地面最低地温下降到 0℃及以下对豆类、瓜类、蔬菜等喜温作物造成严重的影响,甚至导致绝收,从而造成严重的经济损失。

通过对阿勒泰地区历史上的霜冻灾害统计,终霜冻灾害发生 14 站次,初霜冻灾害 4 站次,

由此可知终霜冻灾害发生的频次明显大于初霜冻灾害。终霜冻灾害主要出现在吉木乃、哈巴河、阿勒泰站,以 20 世纪 90 年代居多(9 站次),其次是 21 世纪 00 年代(3 站次),20 世纪 70 年代、80 年代各出现 1 站次;而初霜冻主要出现在吉木乃、阿勒泰,20 世纪 90 年代出现 3 站次,70 年代 1 站次,其它年代无霜冻灾害。统

计了 90 年代阿勒泰、吉木乃、哈巴河站的平均终霜日,分别为 5 月 17 日、5 月 21 日、5 月 20 日,对比表 1 可知,这 3 站多年平均终霜日分别为 5 月 12 日、5 月 13 日、5 月 11 日,由此可知,90 年代的这几次霜冻灾害主要是由于终霜日推后造成的。霜冻灾害主要分布于 90 年代,也可能与近 20 a 来,阿勒泰地区开垦荒地,扩大生产种植规模,且气象灾情资料较之前完整有关。具体的原因还有待于进一步研究。

总的来说,霜冻的发生主要受温度变化的影响,因而温度的变化势必影响霜冻的时空变化。但霜冻是一种时间尺度较短的农业气象灾害,它的发生可以与长时间尺度的气候变化趋势相反^[16]。因此,即使在气候变暖的大背景下,要减少阿勒泰地区的霜冻危害,一方面需要根据该地区气候特点选择适应性较好的农作物,另一方面需要加强对霜冻灾害的监测能力和预报水平。

3 结论

(1) 阿勒泰地区终霜日呈提前趋势,初霜日呈推后趋势,无霜期呈延长趋势,且大部分站通过显著性检验,终霜日提前速率为 2.9 d/10 a,初霜日推后速率为 2.2 d/10 a,无霜期延长速率为 5 d/10 a。

(2) 大部分站终霜日在 20 世纪 80 年代发生突变;初霜日只有阿勒泰、青河站发生了突变,突变发生在 70 年代初期,其它站不存在显著突变年;布尔津、福海站无霜期突变时间在 80 年代,而哈巴河、富蕴站突变时间在 70 年代中后期。

(3) 阿勒泰地区各站的初霜日、终霜日、无霜期均存在明显的年际和年代际周期变化,年际周期具有一定的同步性,而年代际周期差异较大,体现了该地区霜冻气候特征的复杂性和特殊性。

(4) 通过持续性分析,说明全区及各站未来终(初)霜日将由过去 53 a 的提前(推后)趋势逐渐转为推后(提前)趋势,无霜期由过去 53 a 的延长趋势转变为缩短趋势。

(5) 阿勒泰地区霜冻灾害主要由终霜冻造成,而终霜冻灾害在空间上主要分布于吉木乃、哈巴河、阿勒泰站,时间上主要出现于 20 世纪 90 年代。

候指标的对比分析 [J]. 中国农业气象, 2003, 24 (4): 8-11.

- [2] 叶殿秀, 张勇. 1961—2007 年我国霜冻变化特征 [J]. 应用气象学报, 2008, 19 (6): 661-665.
- [3] 韩荣青, 李维京, 艾婉秀, 等. 中国北方初霜日期变化及其对农业的影响 [J]. 地理学报, 2010, 65 (5): 525-532.
- [4] 唐晶, 张文煜, 赵光平, 等. 宁夏近 44 a 霜冻的气候变化特征 [J]. 干旱气象, 2007, 25 (3): 39-43.
- [5] 王秀萍, 任国玉, 赵春雨, 等. 近 46 年大连地区初、终霜事件和无霜期变化 [J]. 应用气象学报, 2008, 19 (6): 673-678.
- [6] 杜军, 宁斌, 雅鲁藏布江中游近 40 年异常初终霜冻分析 [J]. 气象, 2006, 32 (9): 84-89.
- [7] 刘红霞, 黄玲, 曹红丽, 等. 1961—2010 年乌苏市霜冻气候特征分析 [J]. 陕西气象, 2013 (6): 15-18.
- [8] 张林梅, 胡磊, 罗斌全, 等. 阿勒泰地区 5—9 月极端干期长度的气候特征 [J]. 陕西气象, 2010 (1): 1-5.
- [9] 庄晓翠, 安冬亮, 张林梅, 等. 阿勒泰地区寒潮天气特征分析及预报 [J]. 沙漠与绿洲气象, 2010, 4 (1): 32-35.
- [10] 齐贵英. 阿勒泰地区 1962—2008 年最高最低气温变化特征分析 [J]. 沙漠与绿洲气象, 2011, 5 (3): 33-37.
- [11] 白松竹, 李焕, 田忠锋. 1961—2008 年阿勒泰地区异常初终霜日变化特征 [J]. 气象与环境学报, 2010, 26 (5): 25-29.
- [12] 陈瑞闪. 地温和气温 [J]. 福建农业, 1997, 5 (12): 23.
- [13] 符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法 [J]. 大气科学, 1992, 16 (4): 482-493.
- [14] 邓自旺, 林振山, 周晓兰. 西安市近 50 年来气候变化多时间尺度分析 [J]. 高原气象, 1997, 16 (1): 81-93.
- [15] 沈冰, 孟彩侠. 和田绿洲水文气象要素分形特征与分析 [J]. 中国农业气象, 2008, 29 (1): 12-15.
- [16] 张霞, 钱锦霞. 气候变暖背景下太原市霜冻发生特征及其对农业的影响 [J]. 中国农业气象, 2010, 31 (1): 111-114.

参考文献:

[1] 伏洋, 李风霞, 张国胜. 德令哈地区霜冻灾害气