

张延伟, 葛全胜, 姜逢清, 等. 北疆地区 1961~2010 年极端气温事件变化特征[J]. 地理科学, 2016, 36(2): 296-302. [Zhang Yanwei, Ge Quansheng, Jiang Fengqing et al. Evolution Characteristics of the Extreme High and Low Temperature Event in North Xinjiang in 1961-2010. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(2): 296-302.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2016.02.017

北疆地区 1961~2010 年极端气温事件变化特征

张延伟^{1,2,3}, 葛全胜², 姜逢清⁴, 郑景云²

(1. 济南大学软实力中心, 山东 济南 250002; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 3. 商丘师范学院环境与规划学院, 河南 商丘 476000; 4. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:根据 1961~2010 年北疆地区 34 个气象台站逐日平均气温、最高气温和最低气温资料, 定义高温和低温的阈值、频率及其强度, 并采用线性趋势、EOF 等方法对其研究分析。研究表明: ① 北疆地区的高温阈值研究发现空间分布变化特征基本呈现从东南向西北规律变化趋势。时间变化趋势分析发现该地区高温阈值呈现上升趋势。其中, 夏季上升幅度最小, 冬季上升幅度最大。频数分析发现天山山区极端高温频数变化要高于其他地区变化频数。② 北疆地区的低温阈值研究发现空间分布变化特征基本也呈现从东南向西北规律变化趋势。频数分析发现夏季频数总体呈现下降趋势。③ 通过线性趋势和 EOF 分析表明北疆地区高温和低温事件强度、频数呈现增加的趋势。由于北疆属于干旱与半干旱地区, 生态环境较为脆弱。极端气温趋势的增加会影响到该地区的水文、工业和农业管理。

关键词:北疆; 高温阈值; 低温阈值

中图分类号:P426.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2016)02-0296-07

随着气温的上升, 极端气温事件也在不断增多^[1-5]。在过去的 50 a 里气温变化的幅度几乎是过去百年变化的 2 倍 $[(0.13 \pm 0.03)^\circ\text{C}/10\text{a}$ vs $(0.07 \pm 0.02)^\circ\text{C}/10\text{a}]$ 。同时, 全球很多地区冷夜日数减少(非常低的最低气温), 暖夜日数(非常高的最低气温)不断增加。最近研究显示, 南部非洲地区的暖夜日数不断上升, 冷夜日数在下降^[6]。欧洲地区大约一半的站点霜冻日数显著减少, 1/3 的站点夏日数显著增加, 个别的站点情况相反^[7]。总体上 1946~1999 年, 冷夜、冷日数都减少, 暖夜、暖日数都增多, 气温日较差减少。加拿大地区在 1950~2005 年, 冷日、冷夜数都显著减少, 暖日、暖夜数显著增加, 南部气温日较差减少。东南亚及南太平洋地区, 也发现暖日、暖夜数增加, 冷日、冷夜数减少的趋势^[8-11]。近 40 a 来, 中国气温极端冷指数整体呈下降趋势, 极端暖指数整体呈上升趋势, 表现为气温变暖, 与全球变暖一致。北方地区极端气温指

数变化最大。中国与全球气温的相关系数在 0.3~0.4 之间。西南地区的极端最高气温事件强度未来处于较大上升期, 西部相对较小; 而极端低温事件强度降幅最大的区域位于东北和西北部地区, 华中及西南地区处于相对平稳期事件的强度特征^[12-21]。自 20 世纪 50 年代以来, 新疆的气温持续升高, 并且升温 and 降水增加主要发生在冬季, 而春季偏冷^[22]。

本文研究选取以新疆天山山脊为界的天山北部区域为研究区即北疆地区(包括有寒温带和温带 2 个气候带, 其中寒温带气候带包括阿尔泰山气候区, 温带气候带包括塔城气候区和布克赛尔气候区, 额尔齐斯乌伦古气候区, 准噶尔盆地气候区和天山北坡气候区, 如图 1 所示)。北疆地区是新疆社会经济比较发达, 气候环境条件较好的区域。但是, 北疆地区属于干旱半干旱地区, 生态环境较为脆弱。如何保证该区域的能够适应气候变化的影响? 需要我们加强对该区域的气候变化响应的

收稿日期:2015-07-02; **修订日期:**2015-10-21

基金项目: 国家科技支撑项目(2012BAC23B01、14CJY077)、河南省科技攻关课题(152102310354、132102310357) 资助。[Foundation: National Key Technology Research and Development Program(2012BAC23B01, 14CJY077), Scientific and Technological Research Projects in Henan Province(152102310354, 132102310357).]

作者简介: 张延伟(1985-), 男, 山东枣庄人, 讲师, 从事极端气候事件诊断与预测研究。E-mail: zhangyanwei208@mails.ucas.ac.cn

通讯作者: 葛全胜, 研究员。E-mail: geqs@igsrr.ac.cn

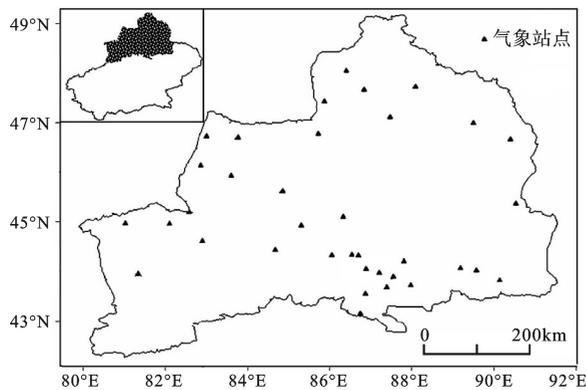


图1 研究区域站点分布

Fig.1 The distribution of weather station in the study area

研究。因此,本文通过采用线性趋势、EOF等方法可以揭示全球变暖对北疆地区极端气温的影响及其变化趋势,为全面认识气温变化规律提供了科学的依据。

2 数据与方法

本文采用数据由新疆信息中心提供 1961~2010年北疆地区 37个气象台站逐日最高气温、最低气温及平均气温资料。除去观测时间较短,缺测漏测超过 30 d的数据,采用其中 34个气象站点作为研究对象。定义方法极端气温阈值、频率、强度见文献[23],该方法的优点是过滤掉了阈值季节变化的波动,使之呈现出光滑而连续的变化。

3 结果与分析

3.1 极端高温阈值

通过极端高温阈值分布研究发现:自南向北,高温阈值呈现出南高北低的空间分布特征。其中,准格尔盆地为一个冷中心,且阈值向四周均匀递增。同时,在海拔较高的山区的高温阈值小于海拔较低的地区。本文选取冬季和夏季作为研究对象分析极端高温阈值的变化的趋势、频数及其强度变化的特征。

通过图2发现极端高温的变化有如下特征:夏季青河地区极端高温呈上升趋势较快($0.45^{\circ}\text{C}/10\text{a}$),其中,温泉地区呈现下降趋势($0.25^{\circ}\text{C}/10\text{a}$);总体极端高温呈上升趋势,但是幅度较小(图2a)。冬季极端高温在北疆地区呈上升趋势,且在北疆北部地区上升趋势显著,大于 $0.6^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ (图2b)。同时,研究发现极端高温的频数变化有如下

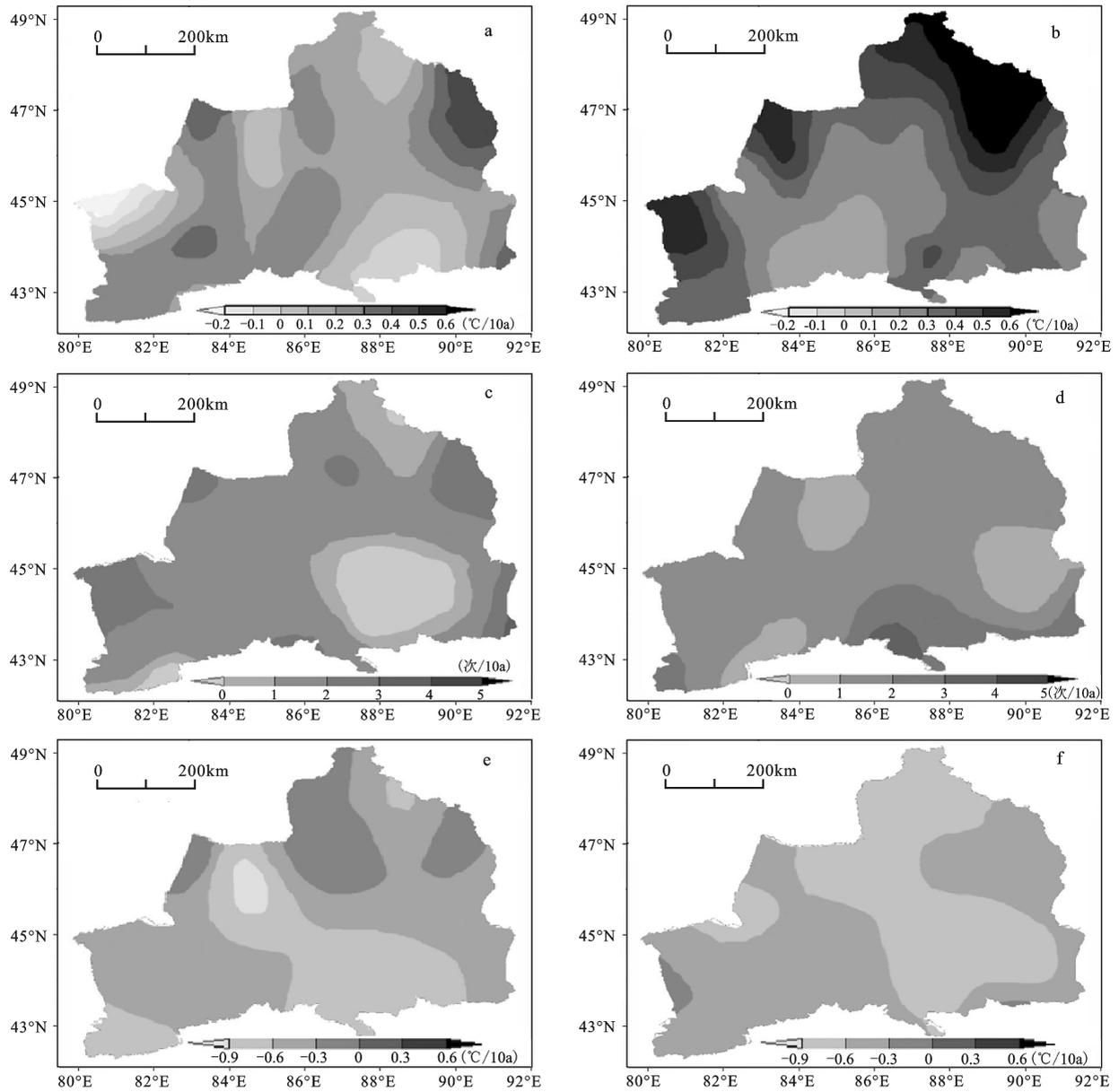
特征:夏季频数变化趋势较小(图2c),大部分在1~2次。其中,在东南部地区频数变化趋势最小,在东部富蕴和青河地区变化幅度较其他地区要快一些。在冬季变化频数空间分布比夏季幅度高(图2d),在天山山区极端高温频数变化要高于其他地区变化频数。极端高温的强度变化趋势有如下特征:夏季极端高温总体呈现从南至北递增的趋势。夏季极端高温事件在北疆北部地区高于南部天山山区增温幅度(图2e)。北疆地区冬季这种呈现降温趋势,大部分都是 $-0.6\sim-0.3^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ (图2f)。

通过EOF分解的方法,计算出极端高温的频数和强度的EOF值。研究发现,夏季(图3a),北疆大部分地区第一特征向量的各个分量都大于0,说明北疆大部分地区夏季极端高温发生的频数变化趋势具有不一致的特征,高值中心集中在东部地区,其荷载值达0.3以上。图3b为第二特征向量的空间分布,它主要反映了北疆地区夏季极端高温频数的区域差异,北疆地区极端高温夏季频数地区无差异,其荷载值都在0以上。冬季(图3c),北疆大部分地区第一特征向量的各个分量都小于0,说明北疆大部分地区冬季极端高温发生的频数变化趋势具有基本一致的特征,高值中心集中在天山山区的乌鲁木齐、大西沟和小渠子。这些地方频数变化也较大。其中,图3d为第二特征向量的空间分布,它主要反映了北疆地区冬季极端高温频数的区域差异,北疆地区极端高温冬季频数地区无差异,其荷载值都在0以下。

研究极端高温强度发现,夏季(图4a)可以看出,北疆地区夏季极端高温的强度变化趋势不一致的特征。图4b显示,北疆大部分地区夏季极端高温强度的变化趋势无差异。冬季(图4c)可以看出,北疆大部分地区冬季极端高温的强度变化趋势具有基本一致的特征,其荷载在0以上。图4d显示,北疆大部分地区冬季极端高温强度的变化趋势一致。这表明冬季北疆大部分地区极端高温强度变化都呈下降趋势。

3.2 极端最低温阈值的空间分布

从4个季节极端低温阈值的空间分布研究发现:自南向北,低温阈值呈现出南高北低的空间分布特征。本文选取冬季和夏季作为研究对象分析极端低温阈值的变化的趋势、频数及其强度变化的特征。但是,在南部山区也出现低温较小值的区域。通过图5分析,可以发现极端低温的变化有



注:a.夏季趋势,b.冬季趋势,c.夏季频率,d.冬季频率,e.夏季强度,f.冬季强度。

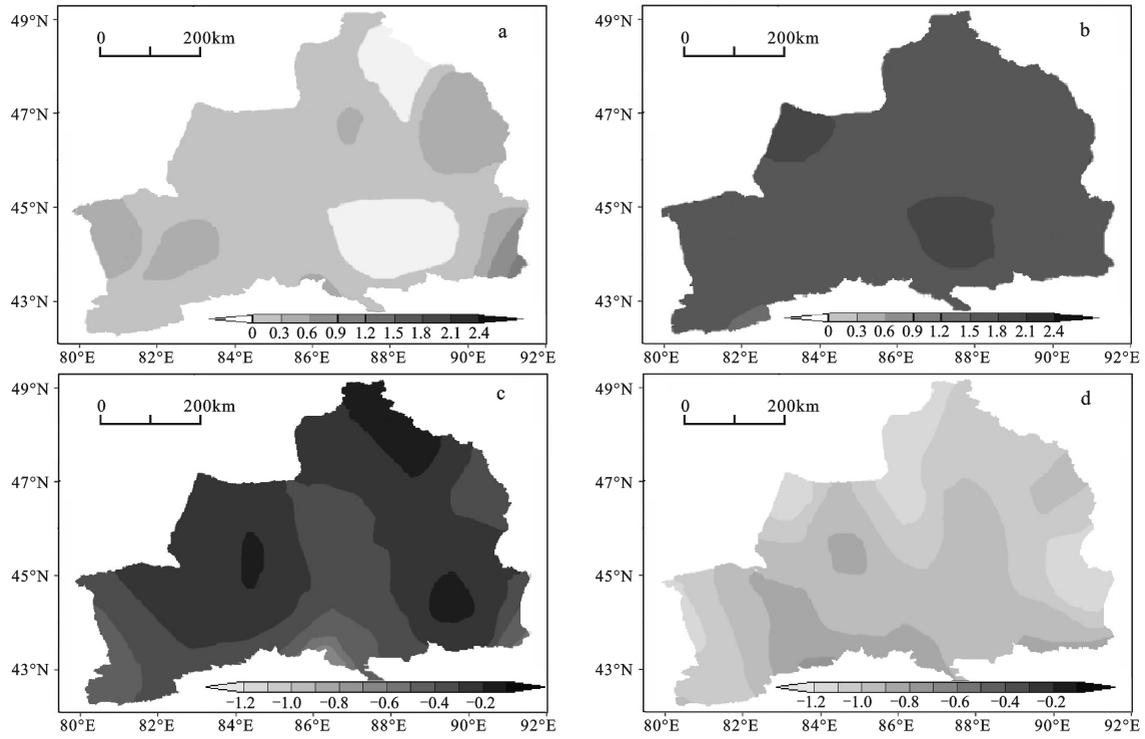
图2 1961~2010年北疆地区高温及其频数与强度变化趋势的空间分布

Fig.2 Spatial distribution of extreme high temperature variation intensity in Northern Xinjiang in 1961-2010

如下特征:夏季大部分地区总体极端高温呈现上升趋势0.2~0.4°C/10a,仍然北部地区上升趋势明显较高(图5a)。冬季低温上升趋势较高,远远大于其他3个季节的上升幅度,上升趋势在北疆北部地区大于0.8°C/10a(图5b)。极端低温的频数变化有如下特征:在夏季和冬季变化频数空间分布较为相似(图5c和5d),频次变化幅度较大。总体分析低温的频数变化幅度高于高温的频数变化。极端低温的强度变化趋势有如下特征:夏季极端低温总体呈现从南至北递增的趋势。表明夏季极端低温

事件在北疆北部地区高于南部地区增温幅度(图5e)。北疆地区冬季东北地区出现下降趋势,南方大部分地区仍然是增温趋势(图5f)。

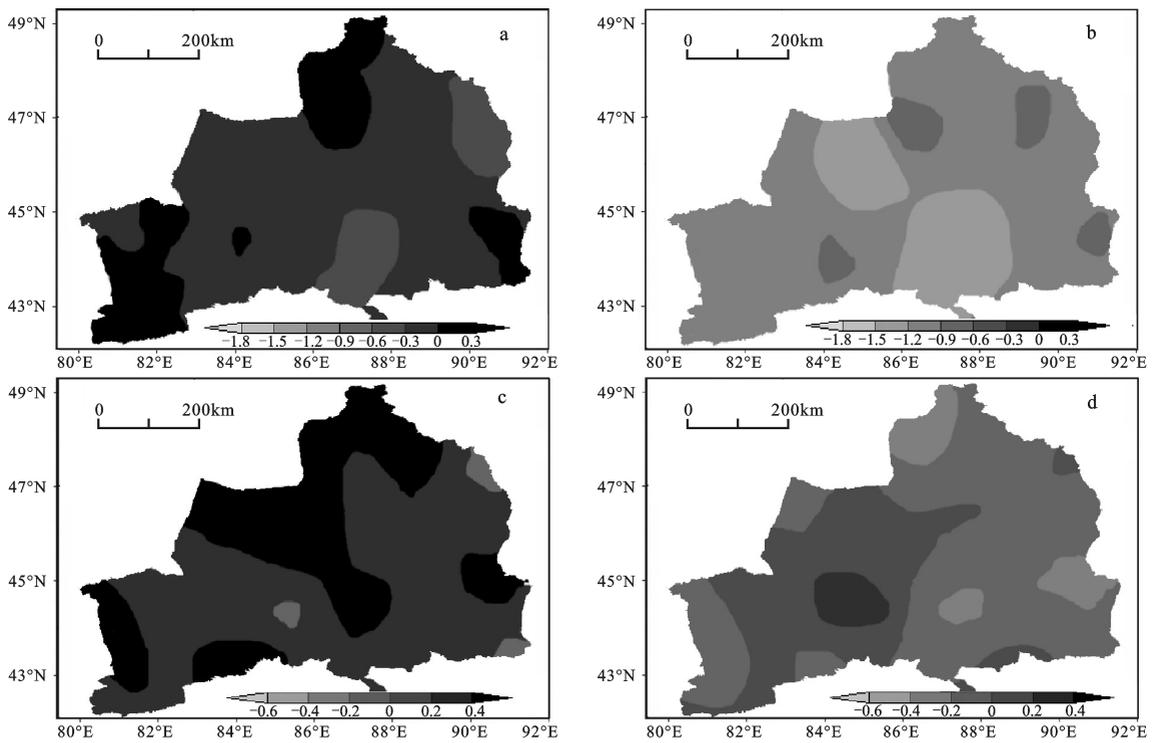
通过EOF分解的方法,计算出极端低温的频数和强度的EOF值(图略)。研究极端低温频数发现:夏季北疆地区第一特征向量的各个分量都大于0,说明北疆地区夏季极端低温发生的频数变化趋势具有不一致的特征,高值中心集中在南部地区。第二特征向量的空间分布,它主要反映了北疆地区夏季极端低温频数的区域差异,北疆地区



注:a.夏季EOF 1, b.夏季EOF 2, c.冬季EOF 1, d.冬季EOF 2。

图3 1961~2010年北疆极端高温频数的EOF分析

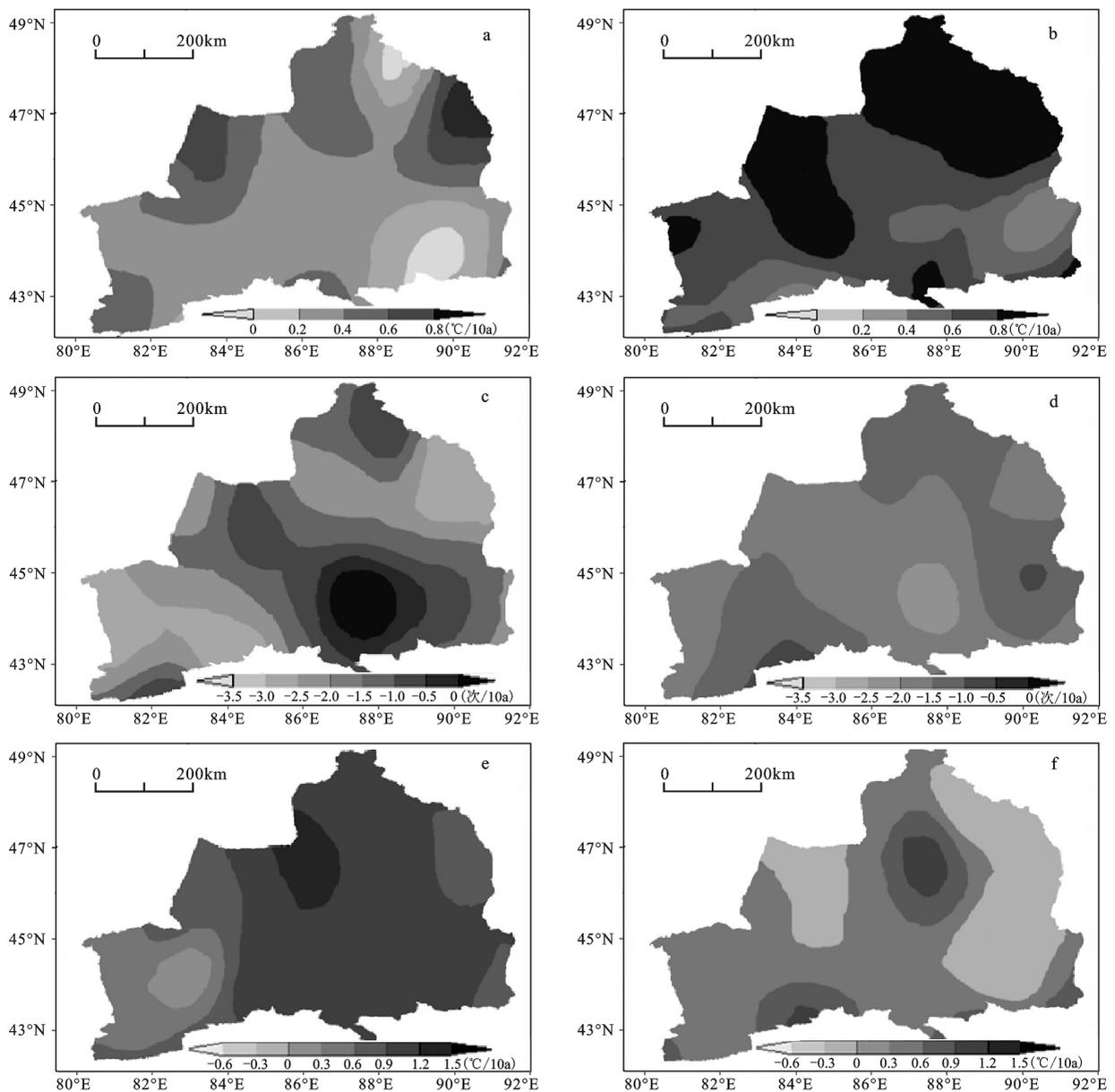
Fig.3 Spatial distribution of EOF analysis on extreme high temperature variation frequency of Northern Xinjiang in 1961-2010



注:a.夏季EOF 1, b.夏季EOF 2, c.冬季EOF 1, d.冬季EOF 2。

图4 1961~2010年北疆极端高温强度的EOF分析

Fig.4 Spatial distribution of EOF analysis on extreme high temperature variation intensity of Northern Xinjiang in 1961-2010



注:a.夏季趋势,b.冬季趋势,c.夏季频率,d.冬季频率,e.夏季强度,f.冬季强度。

图5 1961~2010年北疆地区低温、及其频数与强度变化趋势的空间分布

Fig.5 Spatial distribution of extreme low temperature and variation of intensity in Northern Xinjiang in 1961-2010

极端低气温夏季频数地区无差异,其荷载值都在0以上。冬季北疆大部分地区第一特征向量的各个分量都大于0,说明北疆大部分地区冬季极端低温发生的频数变化趋势具有不一致的特征。第二特征向量的空间分布,它主要反映了北疆地区冬季极端低温频数的区域差异,北疆地区极端低温冬季频数地区具有差异,其荷载值都在0以上。

研究极端低温强度发现,夏季北疆北部地区夏季极端低温的强度变化趋势不一致的特征;南部地区强度变化趋势一致。北疆大部分地区夏季

极端低温强度的变化趋势无差异。可以看出,北疆大部分地区冬季极端低温的强度变化趋势具有基本一致的特征,其荷载在0以上。北疆大部分地区冬季极端低温强度的变化趋势具有差异,其荷载值都在0以上。

4 结论

北疆作为新疆地区一个特殊单元,降水较为丰沛,经济较为发达。通过分析表明,该地区极端气温事件在全球变暖的背景下出现了明显上升趋势

势。北疆地区适应气候变化能较差,极端气温变化会引起生态环境相应的响应。本文基于北疆地区的极端气温阈值特征分析,得到以下结论:

1) 北疆地区极端气温阈值空间分布特征。高温阈值呈现出南高北低的空间分布特征。其中,准格尔盆地为一个冷中心,且阈值向四周均匀递增。并且,在海拔较高的山区的高温阈值小于海拔较低的地区。低温阈值也呈现出南高北低的空间分布特征。

2) 北疆地区极端气温频数变化特征。极端高温的频数特征:夏季频数变化趋势,大部分在1~2次。冬季变化频数空间分布在天山山区极端高温频数高于其他地区。极端低温的频数特征:冬季高于夏季频次变化幅度较大。总体分析低温的频数变化幅度高于高温的频数变化。

3) 北疆地区极端气温强度变化特征。极端高温的强度变化趋势特征:夏季极端高温总体呈现从南至北递增的趋势。冬季这种呈现降温趋势,大部分都是 $-0.6\sim-0.3^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。极端低温的强度变化趋势有如下特征:夏季极端低温总体呈现从南至北递增的趋势。冬季东北地区出现下降趋势,南方大部分地区仍然是增温趋势。

参考文献(References):

- [1] Hansen J, Ruedy R, Sato M, et al. A closer look at United States and global surface temperature change[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2001, 106(D20): 23947-23963.
- [2] Brohan P, Kennedy JJ, Harris I, et al. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2006, 111: D12106, DOI: 10.1029/2005JD006548.
- [3] Caesar J, Alexander L, Vose R. Large-scale changes in observed daily maximum and minimum temperatures: Creation and analysis of a new gridded data set[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2006, 111(D5): 10.
- [4] Lugina K M, Groisman P Y, Vinnikov K Y, et al. Monthly surface air temperature time series area-averaged over the 30-degree latitudinal belts of the globe, 1881 - 2004 [M]. In *Trends: A Compendium of Data on Global Change*, 2005.
- [5] Smith T M, Reynolds R W. A global merged land-air-sea surface temperature Reconstruction based on historical observations (1880-1997)[J]. *Journal of Climate*, 2005, 18(12): 2021-2036.
- [6] Kruger A C, Shongwe S. Temperature trends in South Africa: 1960-2003[J]. *International Journal of Climatology*, 2004, 24(15): 1929-1945.
- [7] Cooter E., S. LeDuc. Recent frost date trends in the northeastern United States[J]. *International Journal of Climatology*, 1995, 15, 65 - 75.
- [8] Cheng C S, Auld H, Li Qian, et al. Possible impacts of climate change on extreme weather events at local scale in South - central Canada[J]. *Climatic Change*, 2012, 112(3/4): 963-979.
- [9] Mason S J, Jury M R. Climatic variability and change over southern Africa: a reflection on underlying processes [J]. *Physical Geography*, 1997, 21: 23-50.
- [10] Meehl G A, Zwiers F, Evans J, et al. Trends in extreme weather and climate events: Issues related to modeling extremes in projections of future climate change[J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2000, 81(3): 427-436.
- [11] Ramos A M, Trigo R M, Santo F E. Evolution of extreme temperatures over Portugal: recent changes and future scenarios[J]. *Climate Research*, 2011, 48(2/3): 177-192.
- [12] 翟盘茂,任福民.中国近四十年最高最低温度变化[J]. *气象学报*, 1997, 55(4): 35-46. [Zhai Panmao, Ren Fumin. On change of China's maximum and minimum temperatures in the recent 40 years. *Acta Meteorologica Sinica*, 1997, 55(4): 35-46.]
- [13] 严中伟,杨赤.近几十年中国极端气候变化格局[J]. *气候与环境研究*, 2000, 5(3): 267-272. [Yan Zhongwei, Yang Chi. Geographic patterns of extreme climate change in China during 1951-1997. *Climatic and Environmental Research*, 2000, 5(3): 267-272.]
- [14] 张宁,孙照渤,曾刚.1955—2005年中国极端气温的变化[J]. *南京气象学院学报*, 2008, 31(1): 123-128. [Zhang Ning, Sun Zhaobo, Zeng Gang. Change of extreme temperatures in China during 1955-2005. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology*, 2008, 31(1): 123-128.]
- [15] Zhang Y, Jiang F, Wei W, et al. Changes in annual maximum number of consecutive dry and wet days during 1961-2008 in Xinjiang, China[J]. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2012, 12(5): 1353-1365.
- [16] 刘学华,季致建,吴洪宝,等.中国近40年极端气温和降水的分布特征及年代际差异[J]. *热带气象学报*, 2006, 22(6): 618-624. [Liu Xuehua, Ji Zhijian, Wu Hongbao, et al. Distributions characteristics and interdecadal difference of daily temperature and precipitation extremes in China for latest 40 years. *Journal of Tropical Meteorology*, 2006, 22(6): 618-624.]
- [17] 任国玉,封国林,严中伟.中国极端气候变化观测研究回顾与展望[J]. *气候与环境研究*, 2010, 15(4): 337-353. [Ren Guoyu, Feng Guolin, Yan Zhongwei. Progresses in observation studies of climate extremes and changes in mainland China. *Climatic and Environmental Research*, 2010, 15(4): 337-353.]
- [18] 钱维宏,符娇兰,张玮玮,等.近40年中国平均气候与极值气候变化的概述[J]. *地球科学进展*, 2007, 22(7): 673-684. [Qian Weihong, Fu Jiaolan, Zhang Weiwei, et al. Changes in mean climate and extreme climate in China during the last 40 year. *Advances in Earth Science*, 2007, 22(7): 673-684.]
- [19] 王冀.中国地区极端气温变化的模拟评估及其未来情景预估[D].南京:南京信息工程大学, 2008. [Wang Ji. Projection and evaluation of the extreme temperature events simulation over

- China. Nanjing: Nanjing University of Information Science & Technology, 2008.
- [20] 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报, 1994, 52(3): 261-273. [Wang Shaowu. Diagnostic studies on the climate change and variability for the period of 1880-1990[J]. Acta Meteorologica Sinica, 1994, 52(3): 261-273.]
- [21] 封国林, 杨杰, 万仕全, 等. 温度破纪录事件预测理论研究[J]. 气象学报, 2009, 67(1): 61-74. [Feng Guolin, Yang Jie, Wan Shiquan, et al. On the prediction of record-breaking daily temperature events. Acta Meteorologica Sinica, 2009, 67(1): 61-74.]
- [22] 张丽旭, 魏文寿. 天山西部中山带积雪变化趋势与气温和降水的关系[J]. 地理科学, 2002, 22(1): 67-71. [Zhang Lixu, Wei Wenshou. Variation trends of snowcover in the middle mountains of western tianshan Mts. and their relations to temperature and precipitation. Scientia Geographica Sinica, 2002, 22(1): 67-71.]
- [23] Yan Z, Jones P D, Davies T D, et al. Trends of extreme temperatures in Europe and China based on daily observations[J]. Climatic Change, 2002, 53(1/3): 355-392.

Evolution Characteristics of the Extreme High and Low Temperature Event in North Xinjiang in 1961 - 2010

Zhang Yanwei^{1,2,3}, Ge Quansheng², Jiang Fengqing⁴, Zheng Jingyun²

(1. Jinan University Soft Power Research Centre, Jinan 250002, Shandong, China; 2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 3. College of Environment and Planning, Shangqiu and Normal University, Shangqiu 476000, Henan, China; 4. Xinjiang Institute of Ecology and Geography Resources Research, CAS, Urumqi 830011, Xinjiang, China)

Abstract: The high and low temperature events were analyzed based on the daily temperature observation data from 34 meteorological stations in North Xinjiang during 1961-2010 by using the methods of linear regression analysis and Empirical Orthogonal Function (EOF) analysis. The results show that: 1) The spatial distribution of the extreme highest temperature in North Xinjiang presents low value in the southeast part, and high value in the northwest part. And threshold value of the extreme highest temperature are a consistent upward trend, amount increases obviously in winter. The number of the extreme highest temperature processes increase linearly, while in Mid-Tianshan Mountains, there is an opposite trend. 2) The spatial distribution of the extreme low temperature in North Xinjiang presents low value in the east part, and high value in the west part. And threshold value of the extreme low temperature are a consistent downward trend in east and a consistent upward in west. The number of the extreme low temperature processes increase linearly, while in summer, there is a decrease trend. 3) As North of Xinjiang is an arid, semiarid-region, it means that the increase of extreme climate events should not be helpful for hydrologists, agriculturalists, emergency managers, industrialists.

Key words: North of Xinjiang; high temperature; low temperature