

1959~2009年宁夏极端温度阈值变化及其 与AO指数相关分析

薛红喜^{1,2}, 孟 丹^{3,4}, 吴东丽², 王连喜^{3,4}, 李 琪^{3,4}

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃 兰州 730020; 2. 中国气象局气象探测中心, 北京 100081;
3. 南京信息工程大学 江苏省大气环境监测与污染控制高新技术研究重点实验室, 江苏 南京 210044;
4. 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210044)

摘要:以1959~2009年宁夏10个测站的逐日最高和最低气温资料,运用百分位法定义不同测站的逐年极端高、低温阈值,研究了宁夏近51 a来极端温度的变化特征;通过Mann-Kendall检验得出宁夏各气象站点温度发生突变的年份;并运用Pearson相关系数分析探讨极端温度阈值与AO的相关关系。结果表明:①宁夏极端高温、低温阈值均呈极显著上升趋势,但极端低温阈值上升趋势更显著;②极端高温阈值北高南低,极端低温阈值南高北低;③宁夏极端低温阈值发生突变的时间集中在20世纪80年代左右,极端高温阈值的突变时间相对较晚;④极端高温阈值与夏季AO指数相关性不显著,极端低温阈值与冬季AO指数呈显著正相关性,北极涛动对宁夏冬季低温的影响较大。

关键词:极端高温阈值;极端低温阈值;北极涛动;相关分析

中图分类号: P423.3*6/P467

文章标识码: A

文章编号: 1000-0690(2012)03-0380-06

引 言

20世纪后半叶以来,全球变暖、极端气候事件的增加,给世界带来了巨大的负面影响。IPCC第四次评估报告指出,全球平均气温升高 0.74°C ^[1]。在全球气候变暖的背景下,近100多年来中国地表平均温度升高了约 $0.5\sim 0.8^{\circ}\text{C}$ ^[2]。极端气候导致热害、冷害、干旱、台风等灾害事件增多,破坏生态环境的稳定性,造成严重的经济损失和社会安全隐患。因此,极端气候事件受到越来越多的学者的关注^[3-7]。

宁夏深居中国西北内陆,是极端气候事件频发的省份,赵光平等^[8]和陈晓光等^[9]利用极端低温和高温数据研究了宁夏极端气温的变化规律,结果表明近40多a宁夏年极端最高、最低气温均在波动中持续上升,且极端最低气温上升幅度明显超过极端最高温度^[8];宁夏最高气温 $<0^{\circ}\text{C}$ 的日数在减少, $>30^{\circ}\text{C}$ 的日数在增加,在年平均最低气温升高的同时,极冷日数也在增加^[9]。陈豫英等^[10]分析了宁夏极端气

温与太平洋海温的遥相关;张颖娴^[11]还利用PRE-CIS模式模拟了宁夏地区的极端气候事件。

研究表明,北极涛动(Arctic Oscillation,简称AO)持续增强是东亚北部地区冬季变暖的重要原因之一^[12]。龚道溢等^[13,14]研究表明,AO对整个中高纬地区的气候有较强影响,当AO指数偏强时,中国大部分地区冬季气温偏高,但对宁夏极端温度与AO之间关系的研究未见报道。因此,本文从极端温度阈值的角度分析宁夏地区极端气温的变化规律以及与AO指数之间的关系,为进一步认识宁夏地区的气候变化规律提供科学依据。

1 资料来源与研究方法

1.1 资料来源

选用宁夏各台站1959~2009年的逐日最高气温、最低气温数据,从宁夏24个气象台站中,剔除资料序列不足的站点,留下西吉、海原、盐池、同心、银川等10个台站,这10个站点覆盖了宁夏的

收稿日期: 2011-07-19; 修订日期: 2011-10-11

基金项目: 干旱气象科学研究基金项目(编号: IAM200919)资助。

作者简介: 薛红喜(1978-),男,山西河津人,博士,高工,主要研究方向为大气探测、农业气象。E-mail: xue-hongxi@163.com

通讯作者: 李 琪,副教授。E-mail: liqix123@sina.com

各个区域(图1),可以反映宁夏的基本情况。对于这10个站点中出现的少量的缺测资料,采用求多年同日平均值的方法来补全。从NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration,美国国家海洋和大气管理局)相关网站(<http://www.cpc.noaa.gov>)获得月平均AO指数序列。

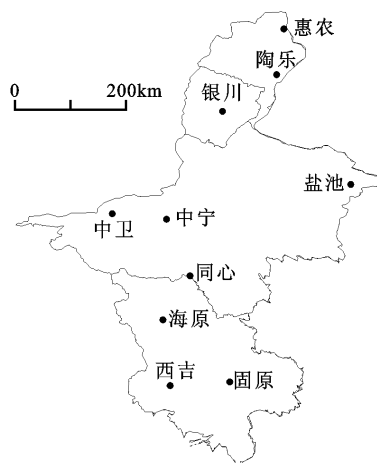


图1 宁夏10个站点分布

Fig.1 Distribution of Meteorological Observation Stations in Ningxia Hui Autonomous Region

1.2 研究方法

极端温度阈值采用普遍适用的百分位定义法^[15]: 首先将1959~2009年每个测站的逐年日最高(低)气温资料按照降序排列,将第5(95)个百分位值定义为该测站该年的极端高(低)温阈值。

以10个气象台站资料建立近51 a来宁夏年极端温度阈值时间序列。以10个台站每年的极端温度阈值平均值代表宁夏全区各年的极端温度阈值,每年的最高和最低温度阈值对应的AO值分别用夏季(6~8月)和冬季(当年12月、次年1月和2月)的平均值代表。

采用了滑动平均、时间趋势分析、Mann-Kendall(M-K)趋势分析和突变检验方法分析宁夏极端温度阈值的变化特征;运用Pearson相关分析极端温度阈值与AO指数之间的关系。

2 宁夏极端气温的变化特征

2.1 极端高温阈值变化

1) 年际变化。图2是1959~2009年宁夏极端高温阈值的年际变化情况,可以看出宁夏极端高温阈值在29.05~32.14℃范围内变化,多年平均值是30.62℃。显著性检验表明51 a里宁夏极端高温阈值呈极显著的上升趋势,增幅为0.199℃/10 a。从11 a滑动平均值变化曲线可以看出,20世纪70年代末至90年代初,宁夏的极端高温阈值发生短暂的下降;在20世纪90年代初出现一次跳跃性增温:1959~1991年极端高温阈值年均值为30.41℃,1992~2009年极端高温阈值年均值为31.01℃,20世纪90年代后多年年极端高温阈值增加0.59℃。

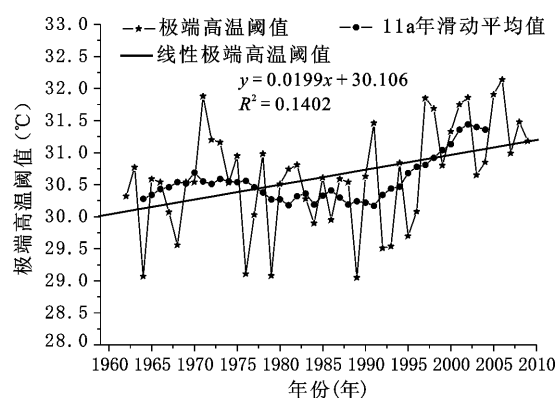


图2 宁夏极端高温阈值年际变化

Fig.2 Interannual variability of extreme high temperature threshold in Ningxia Hui Autonomous Region

2) 区域变化。按照中国气候区划及宁夏的实际情况,将10个台站进行分区,惠农、银川、陶乐位于北部引黄灌区,属温带干旱区;中卫、中宁、盐池、同心位于中部地区,属温带半干旱区;海原、固原、西吉位于南部山区,属温带半湿润区。由于地理环境的差异,宁夏不同地区的极端高温阈值差异也十分明显。表1显示,三个区域的极端高温阈值由北向南递减,北部略高于中部,而南部的极端高温阈值明显小于北部和中部,这种温度北高南

表1 1959~2009宁夏各站点极端温度阈值(℃)

Table 1 Extreme temperature threshold of stations in Ningxia Hui Autonomous Region in 1959-2008(℃)

站名	北部			中部				南部		
	惠农	银川	陶乐	中卫	中宁	盐池	同心	海原	固原	西吉
极端高温阈值	32.21	31.58	32.47	31.34	32.18	31.54	32.43	28.18	27.57	26.73
极端低温阈值	-16.38	-15.19	-17.18	-15.54	-13.98	-16.98	-15.08	-12.89	-15.46	-16.95
差值	48.59	46.77	49.65	46.88	46.16	48.52	47.51	41.07	43.03	43.68

低的特殊情况与宁夏地势有关,南部地区所处的海拔较高,因此极端高温阈值也低于其他区域。

图3显示,宁夏3个区域的极端高温阈值的时间变化趋势相似,宁夏北部的增幅为 $0.207^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,中部为 $0.184^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,南部为 $0.211^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,南部的增幅最大。北部和南部地区的极端高温阈值上升趋势较明显,且较宁夏全区的增幅略高,而中部地区上升趋势较弱。

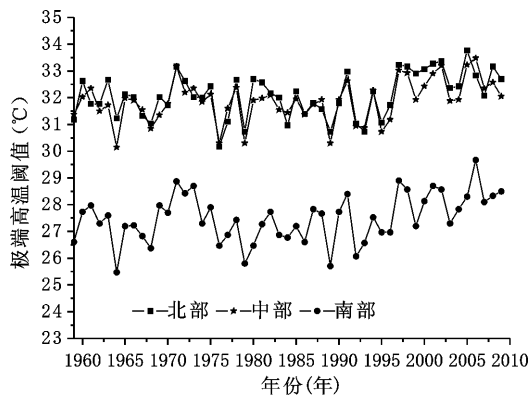


图3 宁夏不同地区的极端高温阈值变化

Table 3 Extreme high temperature threshold variation of three regions in Ningxia Hui Autonomous Region

2.2 极端低温阈值变化

1) 年际变化。图4显示,宁夏的年极端低温阈值在 -19.20°C ~ -12.88°C 范围内变化。51 a里宁夏极端低温阈值表现出极显著的上升趋势,增幅为 $0.62^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。分析11 a滑动平均值变化曲线,较之极端高温阈值的变化,在51 a里宁夏的极端低温阈值的上升趋势更显著,低温升幅较大是宁夏地区近51 a的温度变化的主要特征和趋势。

2) 区域变化。与极端高温阈值空间变化特

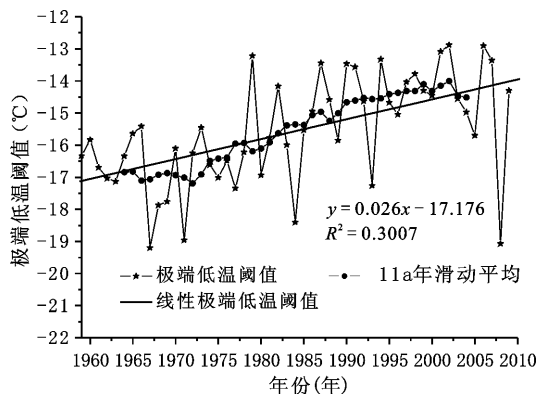


图4 宁夏极端低温阈值年际变化

Fig.4 Interannual variability of extreme low temperature threshold in Ningxia Hui Autonomous Region

征相反,宁夏极端低温阈值基本表现为由北向南递增趋势(图5)。北部地区极端低温阈值的倾向率为 $0.809^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,中部地区的倾向率为 $0.546^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,南部地区的倾向率为 $0.529^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。由此得极端低温阈值的区域变化:北部、中部和南部地区均呈上升趋势,但是北部地区极端低温阈值增长的幅度较大,中部和南部则较小。由此可知,北部地区在全区的低温贡献中起主导作用。另外从极端高温和极端低温阈值的差值来看(表1),北部的温度变幅最大,中部次之,而南部山区的温度变幅最小。

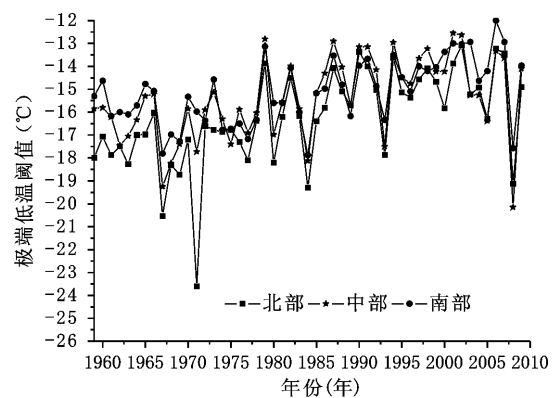


图5 宁夏不同地区的极端低温阈值变化

Fig.5 Extreme low temperature threshold variation of three regions in Ningxia Hui Autonomous Region

2.3 极端温度阈值的突变检验

利用M-K方法,对宁夏各站点1959~2009年极端高温和极端低温阈值作突变检测(表2),结果表明,不同地区极端温度阈值发生突变的时间有所不同。除固原的极端低温阈值在1997年发生突变外,其他台站的极端低温阈值突变年份都在20世纪70年代中期到80年代中期,这与郑广芬等^[16]、陈晓光等^[9]、桑建人等^[17]得出的宁夏温度和极端温度在1986年前后发生明显转折结论相似。极端高温阈值的突变年份发生在20世纪90年代以后,盐池于1990年发生突变,而中卫、海原和西吉则在2004年才发生突变。

除了南部山区的固原以外,其他台站的极端高温阈值突变年份与极端低温阈值突变年份相比,均迟了10 a以上。突变年份相差最大的是同心,两者相差了21 a。由此可见,全球气候变化对宁夏低温的影响远高于对高温的影响。固原的极端低温阈值突变发生在1997年,远远晚于其他地区,陈晓光等^[18]的研究结果也表明固原的增暖要晚于其他地

区。这种差异可能与固原的地理条件有关。固原站的海拔高度较低,周围的六盘山等高山对冷暖空气的阻挡作用影响着固原温度的变化,延缓了全球气候变化对固原极端高温、低温阈值的影响。

3 极端温度阈值与AO相关分析

3.1 北极涛动

北极涛动是北半球中纬度和高纬度气压此消彼涨的一种跷跷板现象。它是一个代表北极地区大气环流的重要气候指数,可分为正位相和负位相。当北极涛动处于负位相时,中纬度的低气压和高纬度的高气压都加强,从而使中纬度地区西风减弱,即盛行经向环流,在对流层低层产生强的北风异常,将冷空气从较高的纬度输送到较低的纬度,导致中纬度地面气温降低;而当北极涛动正位相时环流相反,限制了极区冷空气向南扩展。

表2 各台站极端温度发生突变的时间

Table 2 Mutation time of extreme temperature threshold in each station's

站点	极端高温阈值 突变年份(年)	极端低温阈值 突变年份(年)	突变年份相差的 时间(a)
惠农	1997	1980	17
银川	2001	1981	20
陶乐	1994	1982	12
中卫	2004	1986	18
中宁	1997	1986	11
盐池	1990	1976	14
同心	2000	1979	21
海原	2004	1985	19
固原	2000	1997	13
西吉	2004	1985	9

在过去的半个世纪,AO指数在正值和负值之间转换。20世纪70年代开始,AO指数开始趋向正值,北极气压低于平均气压,引起欧亚北部和美国大部分地区的相对高温。

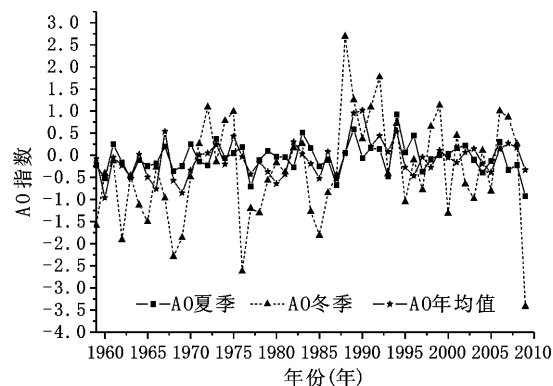


图6 AO指数年际变化

Fig.6 Interannual variability of AO index

AO不仅影响着极地地区的气候,也影响着中、低纬度地区的气候。因此,研究AO的变化对分析气候系统的变化规律及异常有重要意义。

分析图6可知,1959~2009年AO指数年均值、夏季均值、冬季均值波动幅度相差较大,但都呈增加趋势。AO年均值的变化率为0.008/a,夏季变化率为0.0016/a,冬季变化率为0.0185/a,由此得出,AO冬季的增幅最大,夏季的增幅最小。

3.2 极端温度阈值与同期AO的相关性

运用Pearson相关系数分析宁夏各区极端高温阈值与夏季北极涛动指数、极端低温阈值与冬季北极涛动指数的相关性,结果如表3所示。北部、中部、南部地区和宁夏整个地区的极端高温阈值与夏季北极涛动指数之间均呈负相关,但相关性都不显著,说明北极涛动对宁夏地区极端高温阈值的影响较小。

北部、中部以及宁夏全区的极端低温阈值与冬季AO指数之间都呈显著的正相关关系,即随着AO指数的增加,北部和中部地区的极端低温阈值显著上升。南部地区的极端低温阈值与冬季AO指数之间不存在显著的相关性,这可能与南部山区的地形有关,高大的山体阻挡了低纬度地区的冷空气的入侵,从而减少了北极涛动对南部地区

表3 极端温度阈值与同期AO指数相关分析

Table 3 Correlation analysis between extreme temperature threshold and the same term AO index

	北部极端 高温阈值	中部极端 高温阈值	南部极端 高温阈值	宁夏极端 高温阈值
夏季AO指数 Pearson相关性	-0.113	-0.034	-0.106	-0.085
显著性(双侧)	0.428	0.813	0.461	0.551
冬季AO指数 Pearson相关性	0.305*	0.276*	0.209	0.283*
显著性(双侧)	0.030	0.050	0.142	0.044

*表示在0.05水平(双侧)上显著相关。

的影响程度。

综上所述,北极涛动对宁夏地区的影响主要体现在冬季,此时北极中心地区被冷高压控制,冷空气南下后对宁夏地区产生了较强的影响,但山区特殊的地形会减弱冷空气对温度的影响强度。而20世纪70年代以来,AO指数开始趋向正值,此时北极气压低于平均气压,冷空气南下的强度减弱,因此宁夏地区的极端低温阈值有了较明显的上升趋势。

4 结 论

1) 宁夏地区极端高、低温阈值都呈极显著的上升趋势,但极端高温阈值上升趋势不如极端低温阈值显著,说明宁夏极端温度的变化主要体现在极端低温上,这与许多地区的研究结果相似;极端高温阈值增幅从北向南递减,而极端低温阈值增幅从北向南递增,这种温度的区域差异可能与宁夏特殊的地理环境有关,需要做进一步探讨。

2) 宁夏极端低温阈值发生突变的时间集中在20世纪80年代左右,而极端高温阈值发生突变的时间是20世纪90年代以后。多数研究都表明,全球变暖主要表现为冬季温度的升高,而宁夏地区最先受到全球变暖影响的是极端低温,这一结论与相关研究结果具有一致性。

3) 宁夏极端高温阈值与夏季AO指数的相关性不显著,而极端低温阈值与冬季AO指数有显著的正相关性。此外,南部山区由于特殊的地形,减弱了冷空气的影响强度。这表明宁夏冬季低温主要受北极冷高压的影响,但在这种大的影响背景下,局地的地形等因素会减弱北极涛动对宁夏气候的影响。地形对北极涛动的削弱程度有多大还需要深入的研究。

参考文献:

[1] IPCC.Summary of Policymakers of Climate Change2007: The

Physical Science Basis.Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press,2007.

- [2] 《气候变化国家评估报告》编写委员会.气候变化国家评估报告[M].北京:科学出版社,2007.
- [3] 崔林丽,史 军,周伟东.上海极端气温变化特征及其对城市化的响应[J].地理科学,2009,29(1):93~97.
- [4] 郑祚芳.北京极端气温变化特征及其对城市化的响应[J].地理科学,2011,31(4):459~463.
- [5] 孙凤华,袁 健,关 颖.东北地区最高、最低温度非对称变化的季节演变特征[J].地理科学,2008,28(4):532~536.
- [6] 王翠花,李 雄,缪启龙.中国近50年来日最低气温变化特征研究[J].地理科学,2003,23(4):441~447.
- [7] 何云玲,张一平,杨小波.中国内陆热带地区近40年气候变化特征[J].地理科学,2007,27(4):499~505.
- [8] 赵光平,杨淑萍,穆建华,等.全球变化对宁夏近40a极端气温变化的影响[J].中国沙漠,2009,29(6):1207~1211.
- [9] 陈晓光, Conway D,郑广芬,等.1961~2004年宁夏极端气温变化趋势分析[J].气候变化研究进展,2008,4(2):73~77.
- [10] 陈豫英,陈 楠,王式功,等.近45年宁夏极端气温与太平洋海温的遥相关[J].干旱区研究,2008,25(2):273~281.
- [11] 张颖娟.宁夏地区极端气候事件的情景分析[D].北京:中国农业科学院研究生院,2009.
- [12] 据建华,任菊章,吕俊梅.北极涛动年代际变化对东亚北部冬季气温增暖的影响[J].高原气象,2004,23(4): 429~434.
- [13] 龚道溢,王绍武.大气涛动对全球低层大气环流的贡献[J].高原气象,2000,19(4):427~434.
- [14] 龚道溢,王绍武.近百年来北极涛动对中国气候的影响[J].地理学报,2003,58(4): 559~568.
- [15] Mantou M J,Della-Marta P M,Headlock R,et al.Trend in extreme daily rainfall and temperature in southeast Asia and the south Pacific: 1961-1998[J].Intentional Journal of Climatology, 2001,21:269~284.
- [16] 桑建人,陈 楠,杨 侃,等.宁夏气温变化趋势及环流差异特征分析[J].南京气象学院学报,2007,30(1):128~133.
- [17] 陈晓光,苏占胜,郑广芬,等.宁夏气候变化的事实分析[J].干旱区资源与环境,2005,19(6): 43~47.
- [18] 郑广芬,陈晓光,孙银川,等.宁夏气温、降水、蒸发的变化及其对气候变暖的响应[J].气象科学,2006,26(4):412~421.

Extreme Temperature Threshold Changes and Its Association With AO Index in Ningxia Hui Autonomous Region of China in 1959-2009

XUE Hong-xi^{1,2}, MENG Dan^{3,4}, WU Dong-li², WANG Lian-xi^{3,4}, LI Qi^{3,4*}

(1. *Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou, Gansu 730020, China;*

2. *Meteorological Observation Centre of China Meteorological Administration, Beijing 100081, China;*

3. *Jiangsu Key Laboratory of Atmospheric Environmental Monitoring and Pollution Control, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing, Jiangsu 210044, China;*

4. *School of Environmental Science and Engineering of Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing, Jiangsu 210044, China)*

Abstract: Based on the daily maximum and minimum temperature data of 1959~2009 at ten meteorological stations in Ningxia Hui Autonomous Region, and using percentile method defined extreme high and low temperature threshold of different stations year by year, this paper studied nearly 51 years extreme temperature variation features in Ningxia Hui Autonomous Region, obtained temperature mutated years in the meteorological stations by Mann-Kendall test, and then applied Pearson correlation coefficient to analyze the correlation between the extreme temperature threshold and the AO index. The result showed that: (1) Both extreme high temperature threshold and extreme low temperature threshold in Ningxia showed very significant upward trend. The increase amplitudes were $0.199^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ and $0.62^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ for the extreme high and low temperature threshold respectively and the upward trend of extreme low temperature threshold was more significant, so the upward of extreme low temperature was the main character and trend of the temperature change in the nearly 51 years in Ningxia Hui Autonomous Region. (2) Extreme high temperature threshold was high in north and low in south while extreme low temperature threshold was low in north and high in south of Ningxia Hui Autonomous Region. The difference value between the extreme high temperature and the extreme low temperature showed that the temperature changing range of temperature was high in north and low in south of Ningxia Hui Autonomous Region. (3) The mutation time of extreme low temperature threshold in Ningxia Hui Autonomous Region concentrated in the 1980s or so, and the mutation time of extreme high temperature threshold relatively late. The mutation time of the extreme temperature showed that the global climate change had the more influence on the low temperature. The mutation time of Guyuan was large far later than other regions, and the result meant that the mountains around Guyuan would block the cold and warm atmosphere and reduce the global climate change influence on the extreme temperature. (4) From 1959 to 2009, the annual average values, the summer average values and the winter average values of the AO index had rising trend, and the maximum increase amplitudes of the AO index appeared in the winter. The correlation of extreme high temperature threshold and the summer AO index was not significant in Ningxia Hui Autonomous Region, and there had significant positive correlation between the extreme low temperature threshold of the north, centre and the whole area of Ningxia Hui Autonomous Region and the winter AO index. The Arctic Oscillation had little influence on the extreme high temperature while had great impact on winter low temperature in Ningxia Hui Autonomous Region. The high mountains reduced the influence of the Arctic Oscillation on the south of Ningxia Hui Autonomous Region by the block of cold atmosphere, so there had no significant correlation between the extreme low temperature of south of Ningxia Hui Autonomous Region and the AO index.

Key words: extreme high temperature threshold; extreme low temperature threshold; Arctic Oscillation; correlation analysis