

王素艳,李欣,郑广芬,等. 21世纪以来宁夏冬季气温异常及500 hPa环流特征[J]. 干旱气象, 2014, 32(4): 569-575. [WANG Suyan, LI Xin, ZHENG Guangfen, et al. Temperature Anomaly in Winter in Ningxia After 2000 and the 500 hPa Circulation Feature[J]. Journal of Arid Meteorology, 2014, 32(4): 569-575], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-04-0569

21世纪以来宁夏冬季气温异常 及500 hPa环流特征

王素艳^{1,2}, 李欣¹, 郑广芬¹, 杨建玲¹, 杨云¹, 张冰¹, 董国庆¹

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002; 2. 宁夏气候中心, 宁夏 银川 750002)

摘要:利用1961年以来宁夏冬季逐日气温资料及NCEP再分析资料和环流特征量资料,重点分析了21世纪以来宁夏冬季气温异常特征及同期500 hPa环流变化特征。结果表明:冬季平均气温和最低气温极小值明显上升,夜间气温异常偏低日数显著减少,白天气温异常偏高日数显著增加,大部分地区夜间气温异常偏低日数减少趋势大于白天气温异常偏高日数的增加趋势。21世纪以来,易发生极端冷暖事件,异常偏高年份多于异常偏低年份。2007/2008冬季以后为1997年以来冬季平均气温偏低频率最高时段;冬季阶段性平均气温异常有4个特征:(1)气温异常主要出现在1月和2月;(2)异常偏低的幅度明显大于异常偏高的幅度;(3)相邻2旬间气温变化幅度增大;(4)最冷时段发生变化。从年代际变化看,冬季平均气温、最低气温极小值、白天气温异常偏高日数为最高或次高值,夜间异常偏低日数多为最低或次低值。500 hPa高度上宁夏上空是影响冬季气温异常的关键区,其年代际及冷暖年强度变化是造成气温异常的最直接原因。宁夏冬季气温对亚洲西风环流指数和西太平洋副热带高压强度指数的响应更加敏感。

关键词:冬季气温;异常特征;500 hPa环流;宁夏

文章编号:1006-7639(2014)-04-0569-07 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-04-0569

中图分类号:P434

文献标识码:A

引言

近百年来,自然和人类活动的共同影响造成全球正经历着一次以变暖为主要特征的显著变化。政府间气候变化专门委员会(IPCC)2007年气候变化评估报告指出,在过去100 a中全球气温平均上升了0.56~0.92℃,尤其以近50 a变暖更为明显,线性增长趋势几乎是近100 a的2倍^[1],预计到21世纪末将升高1.1~6.4℃^[2]。中国气候也在变暖,近百年(1906~2005年)变暖约0.53~0.86℃,低于亚洲近百年平均值^[3-4],近50 a变暖线性趋势是0.20~0.30℃/10 a,高于全球平均值,其中冬季变暖和最低气温变暖更显著^[5-7]。徐影^[8]、李栋

梁^[9]、于淑秋^[10]等研究表明,我国西北地区的气候变化与全球气候变化基本一致,目前仍属于暖期,且近10多a来仍有明显的上升趋势,但不同地区的变化规律不尽相同。

随着气候的变暖,极端气候事件不断增多,不但对社会经济发展产生深远影响,对已十分脆弱的自然环境生态系统也产生了难以估量的影响,有些影响甚至是不可逆的。冬季极端气温事件对国民经济、人民生活、农牧业、电力、交通等都有至关重要的影响,如气温偏低,对交通、电力、通信、人民生活等方面会造成严重不利影响,对易感人群来说,冬季严寒可能是致命的;而气温过高,则有利于病菌及病虫害安全越冬。宁夏地处我国西北地区东部,是气候

收稿日期:2014-01-30; **改回日期:**2014-03-14

基金项目:宁夏自然科学基金(NZ13254)、中国气象局气候变化专项(CCSF2011-26)、宁夏气象防灾减灾重点实验室开放研究基金“宁夏冬春季气温异常的物理概念预测模型研究”共同资助

作者简介:王素艳(1974-),女,汉族,宁夏中宁人,硕士,高级工程师,主要从事气候、气候资源及气候灾害评估方面的工作。E-mail: nxwsy_cn@sina.com

通讯作者:李欣(1983-),女,回族,宁夏同心人,硕士,工程师,主要从事气候、气候资源及气候灾害评估方面的工作。E-mail:lixin_720@163.com

变率较大的地区之一。郑广芬等^[11-16]对宁夏平均气温、极端最高气温和极端最低气温进行了年、季节、月平均值的变化趋势分析,得出“宁夏气温明显升高,冬季升温更为明显”。上述研究主要是对1961年以来气温序列变化特征进行分析,资料大都取至2004年,且对极端最低气温及其日数变化特征研究较少。本文选取宁夏1961~2013年冬季平均气温、最低气温和最高气温,重点研究分析21世纪以来宁夏冬季气温异常特征及同期高空500 hPa环流特征,为更深入地揭示宁夏气候的演变提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 资料及处理

采用宁夏20个气象台站1961~2013年冬季逐日平均气温、最高气温和最低气温地面气象资料、水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的NCEP再分析资料以及国家气候中心下发的同期500 hPa大气环流特征量资料。

根据宁夏气候条件、农牧业分布和生态环境状况,将宁夏分为3个区域:引黄灌区,包括石嘴山市、银川市、吴忠市和中卫市的黄河两岸地区的11个市县;中部干旱带,包括吴忠市东南部和中卫市南部的5个市县;南部山区,包括固原市4个市县。以上20个县市的平均值为全区平均。气候趋势系数采用最小二乘法计算。

1.2 气温异常标准

百分位阈值数学意义明确,且不受数据量大小的影响,可反映出变量的发生概率,其与变量的概率密度有很好的对应关系^[17],因此选择百分位阈值描述气温异常极值标准。国内外许多学者及IPCC报告都将10%以内(或90%以上)百分位阈值的数值视为变量的极小(大)值。因此,本文选择1%~10%、90%~99% 20个百分位值对冬季平均气温的异常特征进行研究分析。资料样本长度从大到小排列,最大的10%以内的年份为异常偏高年,最小的10%内的年份为异常偏低年,异常偏低和异常偏高年份各5 a。

对于异常气温日数,本文采用了白天(夜间)气温异常偏高(低)日数,其定义方法是:将各地1961年以来冬季同日的最高(低)气温按升序排列,得到该日的第90(10)个最高(低)气温的百分位值,照此方法可得到90个最高(低)气温的第90(10)个百分位值,将之作为异常高(低)温事件的上(下)阈值。当某日的最高气温高于异常高温事件的上阈

值,则认为该日为白天气温异常偏高日;当某日的最低气温低于异常低温事件的下阈值,则认为该日为夜间气温异常偏低日。

2 冬季气温变化分析

2.1 冬季平均气温变化特征

宁夏各地冬季平均气温明显上升,全区平均气温上升幅度 $0.49^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,引黄灌区最大,为 $0.53^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。冬季平均气温从1960年代至1990年代逐年代增加,21世纪以来,引黄灌区和中部干旱带有所下降,南部山区持续增加,其中引黄灌区较1990年代下降 0.1°C ,中部干旱带下降 0.5°C ,南部山区增加 0.4°C (图1)。

21世纪以来,宁夏冬季气温年际变化幅度显著增大,相对变率增大了5%~10%,多次出现偏高(距平 $\geq 1^{\circ}\text{C}$)和偏低年(距平 $\leq -1^{\circ}\text{C}$),偏高年份与偏低年份的比例达到年代最大值,其中达到异常标准的年份中以异常偏高为多。如全区平均气温,21世纪以来的13个冬季中,有4 a异常偏高(占极端偏高年份的80%),1 a(2007/2008冬季,占极端偏低年份的20%)异常偏低。另外,2007/2008年以来的5个冬季,已出现3个低温年,包括2007/2008年冬季、2010/2011年冬季、2011/2012年冬季,为1997年以来冬季气温偏低频率最高时段。

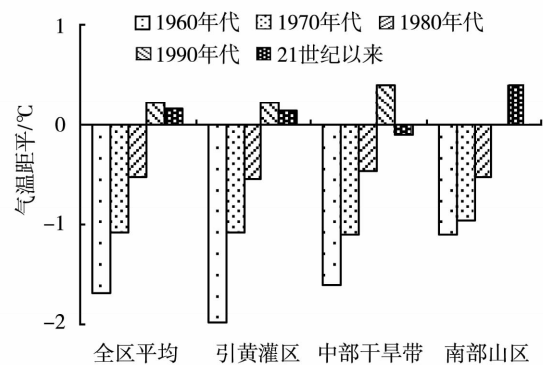


图1 宁夏各地区冬季气温年代际变化

Fig. 1 Interdecadal variation of average temperature in winter in Ningxia

2.2 冬季阶段性气温异常特征

分别以月和旬为时间步长分析宁夏冬季气温的阶段性异常特征。结果表明:21世纪以来,冬季阶段性异常气温频繁出现,即使在整个冬季气温偏高的年份也会出现异常低温时段,反之亦然。其异常特征主要有如下4个方面:

(1)气温异常主要出现在1月和2月,异常偏高年份多于异常偏低年份

如全区平均气温,12月仅有1 a 异常偏高,无异常偏低年份出现;1月有2 a 异常偏低,3 a 异常偏高;2月有4 a 异常偏高,1 a 异常偏低。

(2) 异常偏低的幅度明显大于异常偏高的幅度

1月和2月气温距平均出现过小于2个标准差,但未出现过大于2个标准差的情况。如1月平均气温的标准差为1.7℃,最低年份和最高年份的距平分别为-4.3℃和3.0℃;2月平均气温的标准差为2.3℃,最低年份和最高年份的距平分别为-4.9℃和4.0℃。由此可见,在气候变暖的背景下,易出现异常低温事件。

(3) 相邻2旬间气温变化幅度增大

以每年相邻2旬气温差的绝对值之和表示年变化幅度大小。从近50 a 整体看,具有微小的上升趋势;21世纪以来的平均变化幅度及年变化幅度大于多年平均变化幅度的频率较1980、1990年代增大,均为仅次于1970年代的第2高值,主要表现在12

月下旬和中旬差、2月上旬和1月下旬差、2月下旬和中旬差,这3个时段的气温差均达到最大。如2010年2月,逐旬气温经历了偏高—偏低—偏高的剧烈变化,且偏高或偏低幅度都在2℃以上,历史同期罕见,其中2月中旬偏低4.8℃,下旬偏高7.9℃,下旬平均气温甚至比3月上旬的历史最高值还偏高0.6℃。相邻2旬之间的气温差分别为4.9℃、13.4℃,中旬和下旬之差为同期第2位。

(4) 最冷时段发生变化

从各旬多年平均气温看,冬季从上年12月上旬至次年1月中旬气温逐渐降低,从1月下旬开始气温逐渐升高,1月中旬气温为冬季气温最低的一旬,其次是1月下旬和1月上旬。1960~1990年代,1月中旬的气温均为最低或次低值,但21世纪以来,1月中旬比1月上、下旬高,且1月下旬气温最低,其次为1月上旬和上年12月下旬,1月中旬气温仅为第4低值(图2)。

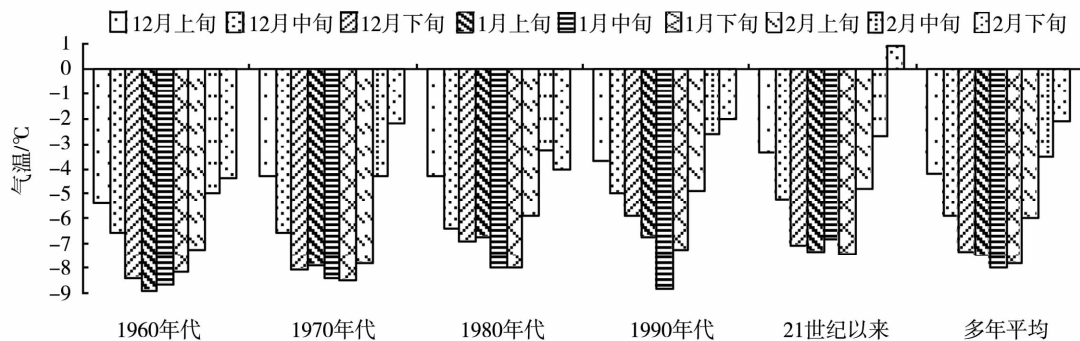


图2 宁夏冬季逐旬气温年代际变化

Fig. 2 Interdecadal variation of every ten-day temperature in winter in Ningxia

2.3 最低气温极小值的变化特征

最低气温极小值变化趋势与冬季平均气温变化特征较一致,整体具有上升趋势,21世纪以来相对变率增大,屡创新高,但也出现异常偏低年,其中全区平均极小值有3 a 位列前4高位;1 a 位列第1低位。从年代际变化来看,21世纪以来全区平均极端最低气温为仅次于1990年代的第2高值,引黄灌区和南部山区为第1高值,中部干旱带则较1980、1990年代明显减小。

2.4 异常气温日数变化特征

白天气温异常偏高日数和夜间气温异常偏低日数变化趋势相反,白天气温异常偏高日数呈显著增加趋势,夜间气温异常偏低日数为显著减少趋势,均通过0.05的显著性检验(图3),且大部分地区夜间气温异常偏低日数减少趋势大于白天气温异常偏高日数的增加趋势,其中引黄灌区增加(减少)趋势明

显大于中部干旱带和南部山区。

从阶段性变化看,白天气温异常偏高日数先减少后增加,1971~1995年以偏少为主;1995年之后大部分年份偏多,明显偏多的年份主要出现在此阶段,21世纪以来有5 a 位列前10位,各区域平均日数均达到年代最多值,是最少的1980年代的1.6~1.7倍。夜间气温异常偏低日数在1960、1970年代大部分年份偏多,1980年代中后期至今为明显偏少时段,除2007/2008年冬季明显偏多外,其他年份以偏少为主。21世纪以来,受2007/2008年冬季异常偏多影响,全区和引黄灌区平均日数较1990年代略有增加,但仍然不到最多的1960年代的一半(图4);中部干旱带较1980、1990年代略有增加,为第3低值;南部山区逐年代减少,21世纪以来仅5.5 d,为1960年代的4成。可见,白天气温偏高的危害将加大,夜晚低温危害将大大减小。

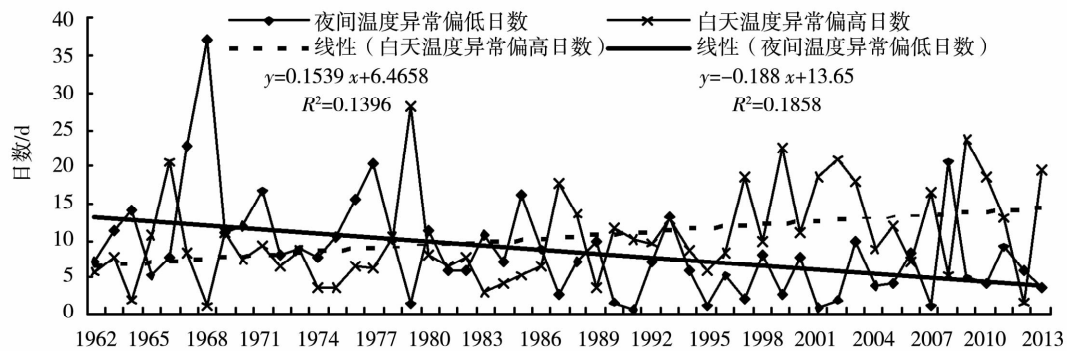
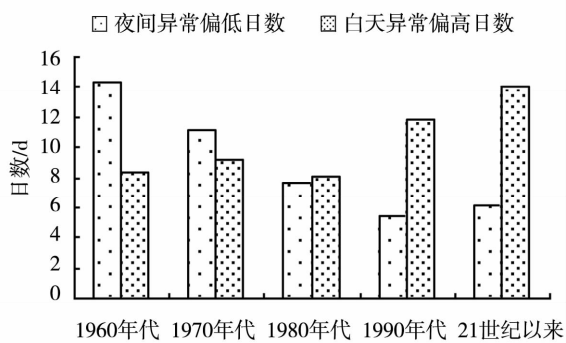


图3 宁夏冬季全区平均气温异常日数

Fig. 3 The temperature anomaly days in winter in Ningxia

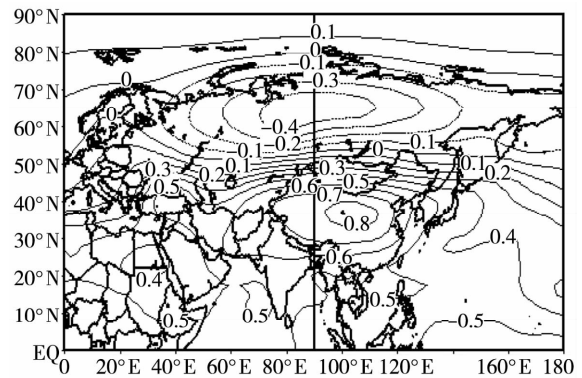
图4 宁夏冬季白天(夜间)气温异常
偏高(偏低)日数年代际变化Fig. 4 Interdecadal variation of temperature
anomalous high (low) days in the
daytime (night) in winter in Ningxia

3 气温异常的环流特征分析

气温异常的最直接影响因子是大气环流异常,因此,本文从 500 hPa 大气环流的异常变化来分析宁夏冬季气温异常的直接成因,从而揭示出 21 世纪以来对宁夏冬季气温异常起主要作用的关键区。

图 5 为 1961 年以来宁夏冬季全区平均气温与同期 500 hPa 高度环流场的相关系数分布。可以看出,宁夏平均气温与 500 hPa 高度上中低纬度地区呈显著正相关,最大相关中心在其上空,相关系数达 0.8 以上;与 50°N ~ 75°N 高度场呈显著负相关,相关系数最大地区在贝加尔湖西北侧。即当宁夏及其上游地区上空为高压,且宁夏受高压中心控制,冷空气整体偏北,宁夏冬季气温偏高,反之亦然。分析北半球各年代 500 hPa 高度场演变特征,发现高值和低值中心位置和强度均发生了明显的变化,其中 1960、1970、1980 年代,高度场偏低面积明显大于偏高面积,高值区主要位于中高纬度,中低纬度大部分

地区偏低,且有 2 个低值中心,宁夏处于其中一个低值中心附近,其上空高度场逐年代递增,距平分别在 -30 ~ -25 gpm、-22.5 ~ -27.5 gpm 和 -10.0 ~ -12.5 gpm;1990 年代,乌拉尔山脉以北地区大面积偏低,中低纬度地区偏低的面积缩小,宁夏上空距平为 2.5 ~ 7.5 gpm,为年代最大值;21 世纪以来,高度场与 1990 年代位相相反,宁夏上空距平为 0 ~ -2.5 gpm (图 6a、6b),由此可以反映出宁夏冬季平均气温的年代际变化特征。

图5 宁夏冬季全区平均气温与同期
500 hPa 高度场相关系数Fig. 5 The correlation coefficient between mean temperature
in winter in Ningxia and the 500 hPa height field

分别对比分析 21 世纪以来冬季异常冷年(2007/2008)、异常暖年(2000/2001、2001/2002、2006/2007、2008/2009)及 1 月份异常冷年(2008 年和 2011 年)和异常暖年(2001、2002 年和 2010 年) 500 hPa 高度场距平。结果表明,在异常冷年,宁夏上空高度场偏低程度明显大于异常暖年高度场的偏高程度,如 1 月份,异常冷年偏低幅度在 -40 ~ -30 gpm 之间,而异常暖年偏高幅度在 10 ~ 15 gpm 之间,因此,导致气温异常偏低幅度明显大于异常偏高幅度。另外,21 世纪以来,影响宁夏冬季气温的 500

hPa 高度场关键区其相邻 2 旬变化幅度发生了明显的变化,致使宁夏冬季相邻 2 旬间的气温变化幅度也随之发生变化。

郑广芬等^[18]研究发现,冬季北半球 500 hPa 极涡面积、亚洲西风环流指数、东亚大槽位置、西太平洋副热带高压强度与宁夏冬季平均气温具有较为一致的年代际气候特征,各指数在 20 世纪 80 年代中后期均发生了明显的变化。对上述各指数和宁夏冬季平均气温的年际间关系统计分析发现,宁夏冬季平均气温与亚洲西风环流指数和西太平洋副热带高压强度指数呈显著正相关,相关系数分别达 0.61(图 7)和 0.43,通过 0.01 的显著性检验;与北半球极涡面积指数呈显著负相关,相关系数为 -0.3,而东亚大槽指数对宁夏冬季平均

气温的影响要小于上述 3 个指数,相关系数仅为 0.21。从各指数物理意义看,西风环流指数和极涡面积指数与冷空气频次和强度密切相关,西风环流指数是对西风带环流形势的定量描述指标,西风环流指数为负时,西风带经向环流占优势,冷空气活动频繁,势力强盛,西风带纬向环流占优势时,冷空气势力较弱,活动次数较少;极涡是极地上空最强大的环流系统,极涡的扩张和收缩反映了极地冷空气的活动,当极涡面积偏大时,极地冷空气活动较活跃,冷空气频繁,反之亦然;西太平洋副热带高压强弱直接影响到我国冬季冷暖^[19],当西太平洋副热带高压强大时,有利于南方温暖气流向我国输送,易使冬季温度偏高,出现暖冬;反之亦然,从图 5 中也可说明此结论。

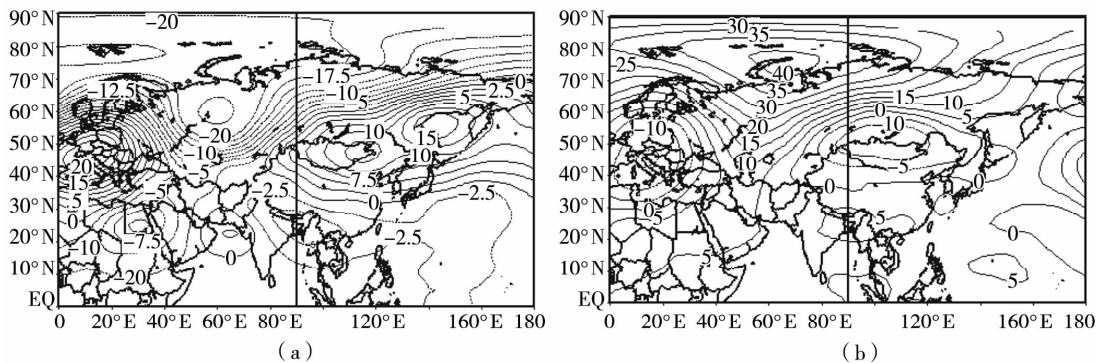


图 6 1990 年代(a)和 2000 年代(b)冬季 500 hPa 高度距平场(单位:gpm)

Fig. 6 The anomalies of the 500 hPa height field in winter in the 1990s(a) and 2000s(b) (Unit:gpm)

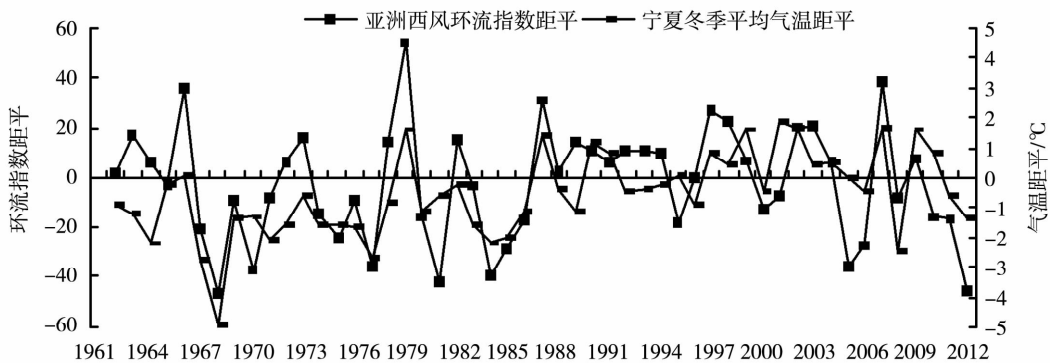


图 7 宁夏冬季平均气温与亚洲西风环流指数相关关系

Fig. 7 The correlation between average temperature in wind in Ningxia and the west wind circulation index

分别选择宁夏冬季异常冷暖年,统计各年冬季北半球极涡面积、亚洲西风环流指数和西太平洋副热带高压强度指数(表 1)。由图 7 及表 1 可以看出,在大部分异常冷、暖年,各环流指数呈反位相,其距平绝对值较大,尤其在异常冷年,亚洲西风环流指数和西太平洋副热带高压强度指数

均为负值,表明宁夏冬季气温异常偏低对该环流指数的响应更加敏感;大部分异常冷年,冬季北半球极涡面积和亚洲西风环流指数明显偏高和偏低,而在暖年,则明显偏低和偏高,距平绝对值位列前 11 位,其中有近一半年份距平超过 1 个标准差。

表 1 宁夏冬季异常冷暖年各环流指数

Tab. 1 The circulation index in the extreme cold and warm years

	年份	亚洲西风环流 指数距平	西太平洋副热带高压 强度指数距平	北半球极涡面积 指数距平
异常冷年	1966/1967	-20.9	-18	18.8
	1967/1968	-46.9	-20	33.5
	1976/1977	-36.2	-7.7	40.8
	1983/1984	-40	-13	-0.5
	2007/2008	-8.5	-7.4	-17.2
	1978/1979	54.1	-2.0	27.5
异常暖年	2000/2001	-7.9	-4.4	-0.2
	2001/2002	19.8	10.3	-21.2
	2006/2007	38.1	25	-22.2
	2008/2009	7.8	-9	-31.5

4 结论与讨论

(1)整体上看,宁夏冬季平均气温、最低气温极小值具有明显上升趋势;夜间气温异常偏低日数显著减少,白天气温异常偏高日数显著增加。21世纪以来,冬季平均气温、最低气温极小值相对变率增大,异常偏高年份多于异常偏低年份,且2007/2008年以后为1997年以来冬季气温偏低频率最高时段。

(2)21世纪以来,宁夏各区冬季平均气温、最低气温极小值、白天气温异常偏高日数为最高或次高值,夜间异常偏低日数多为最少或次少值。

(3)冬季阶段性平均气温异常特征有:①气温异常主要出现在1月和2月,12月平均气温很少出现异常,异常偏高年份多于异常偏低年份;②异常偏低的幅度明显大于异常偏高的幅度;③相邻2旬间气温变化幅度增大;④最冷时段发生变化。

(4)500 hPa高度上宁夏上空是影响宁夏冬季气温异常的关键区,其年代际及冷暖年强度变化是造成宁夏冬季气温异常特征的最直接原因。冬季北半球极涡面积、亚洲西风环流指数和西太平洋副热带高压强度指数对宁夏冬季气温有明显影响,冬季气温异常偏低对亚洲西风环流指数和西太平洋副热带高压强度指数的响应更加敏感。

参考文献:

- [1] 周天军, 李立娟, 李红梅, 等. 气候变化的归因和预估模拟研究[J]. 大气科学, 2008, 32(4): 906-920.
- [2] 徐敏, 罗勇, 徐影, 等. 温室气体稳定浓度情景下中国地区气温和降水变化[J]. 气候变化研究进展, 2009, 5(2): 79-84.
- [3] 沈伟峰, 缪启龙, 魏铁鑫, 等. 中亚地区近130多年温度变化特征[J]. 干旱气象, 2013, 31(1): 32-36.
- [4] 王红红, 章新平, 孙广禄, 等. 近33a亚洲高纬地区地面气温变化特征分析[J]. 干旱气象, 2011, 29(1): 23-27.
- [5] 赵宗慈, 王绍武, 罗勇, 等. 近百年气候变暖的不确定性分析[J]. 科技导报, 2009, 27(23): 41-48.
- [6] 赵宗慈, 王绍武, 徐影, 等. 近百年我国地表气温趋势变化的可能原因[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 808-817.
- [7] 气候变化国家评估报告编委会. 气候变化国家评估报告[M]. 北京: 科学出版社, 2007. 80-105.
- [8] 徐影, 丁一汇, 赵宗慈. 人类活动引起的我国西北地区21世纪气温和降水变化情景分析[J]. 冰川冻土, 2003, 25(3): 327-330.
- [9] 李栋梁, 魏丽, 蔡英, 等. 中国西北现代气候变化事实与未来趋势展望[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 135-142.
- [10] 于淑秋, 林学椿, 徐祥德. 我国西北地区近50a降水和气温的变化[J]. 气候与环境研究, 2003, 8(3): 9-18.
- [11] 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.
- [12] 纳丽, 陈晓光, 郑广芬, 等. 宁夏近40年极端气温变化特征分析[J]. 宁夏工程技术, 2006, 5(1): 4-7.
- [13] 陈豫英, 陈楠, 郑广芬, 等. 近45a宁夏气温、降水及植被指数的变化分析[J]. 自然资源学报, 2008, 23(4): 626-633.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 杨淑萍, 赵光平, 穆建华, 等. 宁夏极端气候事件及其影响分析[J]. 中国沙漠, 2008, 28(6): 1169-1173.
- [17] 黄琰, 封国林, 董文杰. 近50年中国气温、降水极值分区的时空变化特征[J]. 气象学报, 2011, 69(1): 125-136.
- [18] 郑广芬, 陈晓光, 赵光平, 等. 宁夏冬季气温的变化及同期500hPa环流特征量的变化特征[J]. 干旱区地理, 2006, 29(1): 59-64.

[19] 孙林海,赵振国.我国暖冬气候及其成因分析[J].气象,2003,

30(12):57-60.

Temperature Anomaly in Winter in Ningxia After 2000 and the 500 hPa Circulation Feature

WANG Suyan^{1,2}, LI Xin¹, ZHENG Guangfen¹, YANG Jianling¹,
YANG Yun¹, ZHANG Bing¹, DONG Guoqing¹

(1. Key Laboratory of Preventing and Reducing Meteorological Disaster of Ningxia,
Yinchuan 750002, China; 2. Ningxia Climate Center, Yinchuan 750002, China)

Abstract: Based on the daily temperature of 20 weather stations in winter from 1961 to 2013 in Ningxia, NCEP reanalysis data and the 500 hPa circulation field, the characteristics of temperature anomaly in winter since 2000 and the variation of the 500 hPa circulation were analyzed emphatically. The results showed that the average temperature and extreme minimum temperature had an obvious rising trend. The days of anomalous low temperature at night decreased significantly, while that of anomalous high temperature increased remarkably, and the decreasing trend was higher than increasing trend in most areas of Ningxia. The cold and warm extreme events occurred frequently since 2000, and the years of anomalous high temperature were more than that of anomalous low temperature. The frequency of lower winter mean temperature was the highest since the winter of 2007/2008. There were four anomalous characteristics of the average temperature in phase during winter: (1) the temperature anomaly appeared primarily in January and February. (2) the amplitude of anomalous low temperature was greater than that of the anomalous high. (3) the difference of temperature between the two ten-day periods increased. (4) the coldest period had changed. From the decadal change of the average temperature, extreme minimum temperature and days of anomalous highness in the daytime in winter was the highest or next to the highest one, the days of anomalous low temperature at night was the lowest or next to the lowest one. The 500 hPa height fields over Ningxia had critical impact on winter temperature in Ningxia, and the variation of its intensity in decade and the colder or warmer year influenced directly the winter temperature anomaly. The abnormal low temperature in winter was more sensitive to the western Pacific subtropical high intensity index and westerly circulation index in Asia.

Key words: winter temperature; anomaly characteristics; 500 hPa circulation; Ningxia