

文章编号: 2096-1618(2016)04-0419-06

冬季欧亚阻塞高压的空间特征及其对中国温度的影响

周 宁

(成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225)

摘要:为进一步了解阻塞高压与冬季中国温度的关系,利用 NCEP/NCAR 再分析资料,采用阻塞高压指数(TM 指数)挑选出 1950/1951~2014/2015 年冬季发生在乌拉尔山、贝加尔湖以及鄂霍次克海的阻塞事件,研究 3 个区域阻塞的特点以及对中国区域造成的不同影响。结果表明:乌拉尔山阻塞事件发生次数最多,主要造成中国新疆北部地区强降温,其阻塞经向范围与新疆西北温度异常呈现负相关。贝加尔湖阻塞事件次数最少,且阻塞平均强度最弱,主要使华中华北地区发生强降温,但阻塞经向范围不直接与温度相关。鄂霍次克海阻塞平均强度最强,主要导致中国东北地区低温异常,其阻塞经向范围与华中华北区域呈负相关。

关键词:气象学;气候变化;阻塞高压;位势高度场;温度场;低温异常;经向范围

中图分类号:P466

文献标志码:A

0 引言

阻塞高压是一种发生在中高纬度地区的持续性大尺度环流异常系统^[1]。它的维持常影响着大范围的中期天气过程^[2],它的建立与崩溃常常会伴随着大范围的天气与气候异常,尤其是在冬季,阻塞高压的崩溃会导致下游地区出现大范围的低温异常事件。从 20 世纪 50 年代开始,就已经开始了对阻塞高压活动的研究。Rex 最早提出了阻塞高压的天气学定义,随后,国内外的气象学家对阻塞的形成机制、动力学原理以及时空分布特征等进行了详尽的研究^[3-7],为阻塞的研究建立了理论基础。由于对阻塞高压的统计需要,很多研究根据阻塞高压的动力学特征等定义不同的阻塞指数^[8-13],对出现阻塞高压的时间进行判断。此研究便于对长时期的数据资料进行统计,且结果更加客观,对今后阻塞的研究有着很重要的意义。1962 年,叶笃正等^[14]提出与中国气候变化最为相关的阻塞为乌拉尔山阻塞、贝加尔湖阻塞以及鄂霍次克海阻塞。因此,研究欧亚大陆地区的阻塞高压是很有意义的。

阻塞高压的活动与中国很多灾害性的天气密切相关。夏季阻塞高压的发生会造成中国部分地区的暴雨事件产生,黄菲等^[15]研究乌拉尔山与贝加尔湖地区夏季阻塞的活动情况及其与中国东部区域降水的相关意义,张培忠等^[16]详细地讨论北半球阻塞高压的年际变化、活动特征及其与中国部分地区旱涝的关系,李峰等^[17]则对夏季欧亚大陆的阻塞高压进行比较系统的统计。冬季阻塞高压则会导致中国大范围出现低温事

件。其中,2008 年 1 月,由于乌拉尔山阻塞高压的异常,以及多个系统的配合,造成中国南方出现大范围的低温雨雪冰冻灾害^[18]。仪清菊^[19]根据 15 年的数据资料对冬季北半球阻塞高压进行统计,季明霞等^[20]统计冬季中高纬度地区阻塞高压的活动特征,并建立一个阻塞气候学指数,研究其与温度、降水的相关关系。中国有关阻塞高压与中国气候关系的研究有很多,但是,关于冬季阻塞高压的活动特征以及其对中国的气候影响的研究相对较少,而且缺乏长时间数据资料对阻塞高压的统计分析。在以往对阻塞高压的统计分析中,主要关注于阻塞高压的年际变化、强度变化以及其维持时间的长短,还未从阻塞的空间范围上进行讨论和分析。2001 年,Sillmann 等^[21]提出低温事件的发生不仅仅与阻塞的持续时间和强度相关,还与阻塞的范围有关系。因此,文中将探讨阻塞高压空间范围与温度的变化关系。

综上所述,文中将研究冬季欧亚大陆的阻塞高压的活动特征,以及阻塞空间范围与温度变化之间的关系。进一步分析阻塞高压对中国气候的影响。

1 资料与方法

1.1 资料

使用的高度场和温度场的数据资料,是来源于 1950 年~2015 年逐日多层的 NCEP/NCAR 格点再分析资料,分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。规定时间从 12 月至次年的 2 月为冬季。研究中所使用的数据均已去掉季节内变化影响。

1.2 阻塞高压定义

阻塞高压指数采用1990年Tibaldi和Molteni^[8]提出的一维阻塞指数(简称TM指数),通过判断500 hPa高度场的某经度上位势高度发生反转来定义阻塞事件。其基本原理如下:

$$GHGS = (Z(\varphi_o) - Z(\varphi_s)) / (\varphi_o - \varphi_s) \quad (1)$$

$$GHGN = (Z(\varphi_o) - Z(\varphi_n)) / (\varphi_o - \varphi_n) \quad (2)$$

$$GHGS > 0 \quad (3)$$

$$GHGN < -10 \text{ m/deglat} \quad (4)$$

其中, φ_n 、 φ_o 、 φ_s 是3个参考纬度, $\varphi_n = 80^\circ\text{N} + \Delta$, $\varphi_o = 60^\circ\text{N} + \Delta$, $\varphi_s = 40^\circ\text{N} + \Delta$, $\Delta = -4^\circ, 0^\circ, 4^\circ$, Z 代表位势高度。 $GHGS$ 与 $GHGN$ 分别表示每个经度500 hPa位势高度的南北梯度值。其中 $GHGS$ 的值可以代表阻塞高压的强度。当式(3)、(4)两个条件同时满足的时候,即有阻塞高压产生。由于本文所采用数据资料的分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$,所以将原定义中 4° 改成 5° 进行计算。根据阻塞高压的定义,通过以上方法判断出阻塞高压后,还需要满足阻塞高压至少持续3天的条件。在对阻塞高压进行判断之前,先对500 hPa位势高度场进行滤波处理,出去高频波的影响。

2 阻塞高压的活动

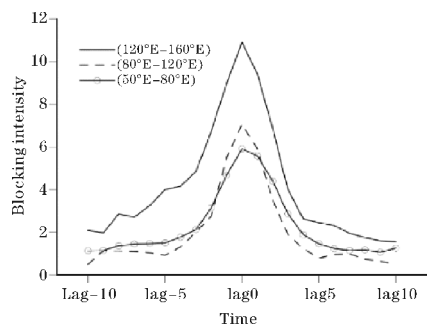
2.1 区域阻塞高压的强度与持续时间

欧亚大陆阻塞主要分为3个区域,分别为乌拉尔山阻塞、贝加尔湖阻塞和鄂霍次克海阻塞,文中根据各阻塞区域的地理位置进行区分,乌拉尔山阻塞为 $50^\circ\text{E} \sim 80^\circ\text{E}$,贝加尔湖阻塞为 $80^\circ\text{E} \sim 120^\circ\text{E}$,鄂霍次克海阻塞为 $120^\circ\text{E} \sim 160^\circ\text{E}$ 。依据TM指数,分别对3个区域的阻塞事件进行挑选。1950~2015年冬季发生乌拉尔山阻塞事件95次,累计阻塞天数为457天,发生贝加尔湖的阻塞事件为50次,累计233天阻塞高压出现,鄂霍次克海阻塞出现88次,累计阻塞天数为389天。比较3个区域阻塞事件次数,乌拉尔山冬季发生阻塞事件的次数与累计天数最多,而贝加尔湖的冬季阻塞事件与累计天数相对最少。分别计算出3个区域的平均生命周期,乌拉尔山阻塞事件的平均生命周期为5天,贝加尔湖阻塞事件的平均生命周期为4.6天,而鄂霍次克海阻塞事件的平均生命周期为4.5天。相比之下,乌拉尔山阻塞不仅具有最大的阻塞事件数,其阻塞平均维持时间也是最持久的。然而贝加尔湖阻塞的平均生命周期比鄂霍次克海阻塞时间长,则意味着贝加尔湖阻塞事件相对维持时间较久。

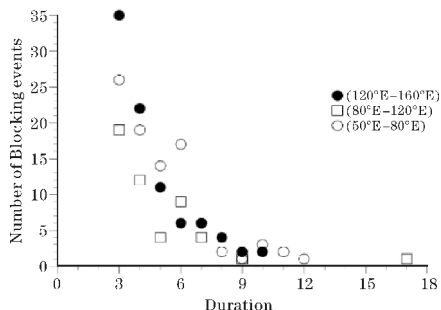
为更好地认知不同区域阻塞事件的特征,对阻塞

事件的强度以及持续时间的个例数进行分析,如图1所示。规定lag0表示阻塞事件中阻塞强度最强的一天,而lag-10~lag-1则表示从出现阻塞强度最强天的前10至1天,那么,lag1~lag10代表阻塞最强天出现的后1至10天。根据TM指数中的GHGS计算,得出各阻塞高压的强度。图1(a)所示,是对3个区域阻塞事件的lag-10~lag10天每天阻塞高压强度的合成分析,乌拉尔山、贝加尔湖、鄂霍次克海3个区域阻塞事件lag0天的阻塞强度分别为5.91,7.06,10.9,3个区域阻塞事件的平均强度为2.27,1.98,4.14。图中表明不同区域的阻塞事件均从lag-10天开始,阻塞强度逐步增强,至lag0天达到最大值,随后阻塞强度逐步减弱。由图可见,在lag-10~lag10天,鄂霍次克海阻塞高压的强度更强,其阻塞强度均高于同一时间的乌拉尔山阻塞和贝加尔湖阻塞,然而乌拉尔山阻塞与贝加尔湖阻塞的阻塞强度变化并没有大的差别。

图1(b)表示的是统计不同区域阻塞发生维持天数的阻塞事件个数,其纵坐标即代表某区域阻塞事件维持同样天数的阻塞事件个数,由图可看出,3个不同区域的阻塞高压维持3天的阻塞事件个数均为最多,鄂霍次克海阻塞维持3天的阻塞事件个数为35次,乌拉尔山阻塞维持3天的阻塞事件个数为26次,而贝加尔湖阻塞事件维持3天的个数相对较少,为19天。不同区域的阻塞事件平均维持天数为3~7天,然而,存在较少的阻塞事件维持天数达到10天以上,其中持续天数最多的阻塞事件出现在贝加尔湖上空,维持天数达到17天。



(a) 强度变化



(b) 持续时间的个例数

图1 不同区域阻塞事件的强度变化及持续时间的个例数

2.2 区域阻塞高压的位置

进一步对区域阻塞高压的空间位置进行讨论,图2给出阻塞高压活动中心出现在各纬度的天数。由图可看出,3个区域发生的阻塞事件平均活动在 $60^{\circ}\text{N} \sim 70^{\circ}\text{N}$ 的区域。乌拉尔山阻塞活动中心在 62.5°N 的天数最多,为88天,贝加尔湖阻塞活动中心在 67.5°N 的天数最多,为60天,鄂霍次克海阻塞活动中心在 65°N 的天数最多,为79天。乌拉尔山阻塞活动中心主要出现在 $50^{\circ}\text{N} \sim 80^{\circ}\text{N}$ 的范围内,贝加尔湖阻塞主要活动在 $60^{\circ}\text{N} \sim 75^{\circ}\text{N}$ 的范围内,鄂霍次克海阻塞活动中心在 50°N 到 77.5°N 的范围内。对比3个区域的阻塞事件,低纬度更容易发生鄂霍次克海阻塞,而高纬度发生

乌拉尔山阻塞和贝加尔湖阻塞的频率比较高。

3 区域阻塞高压的高度场与温度场

3.1 区域阻塞高压的500 hPa 平均高度场

为了更好地分析阻塞的空间特征与中国天气气候变化的关系,对乌拉尔山、贝加尔湖以及鄂霍次克海3个区域发生的阻塞事件的流场进行合成分析。统计已挑选出的阻塞事件,对lag-2~lag2天的位势高度场进行合成,如图3。乌拉尔山阻塞的平均流场呈现出 Ω 型阻塞,其阻塞高压中心控制在 55°N 左右。贝加尔湖阻塞高压脊呈现东北-西南向倾斜的流场形势,高压脊的东侧存在一个低压中心,其槽有向西南方向伸展的趋势,槽脊的斜伸造成下游被冷空气侵袭。鄂霍次克海阻塞的平均流场表现为偶极子型阻塞,偶极子阻塞即为北边为阻塞高压维持控制,其南侧则同时伴有一个切断低压,这种形势一旦形成,会维持很长的时间,偶极子型的阻塞会造成中高纬度西风发生明显分支现象。从而会造成中国一定区域内极端天气的发生。

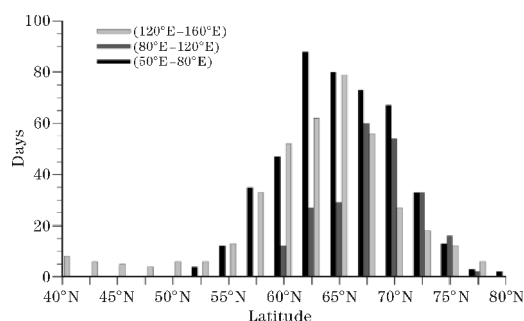


图2 阻塞高压中心所在纬度的天数统计

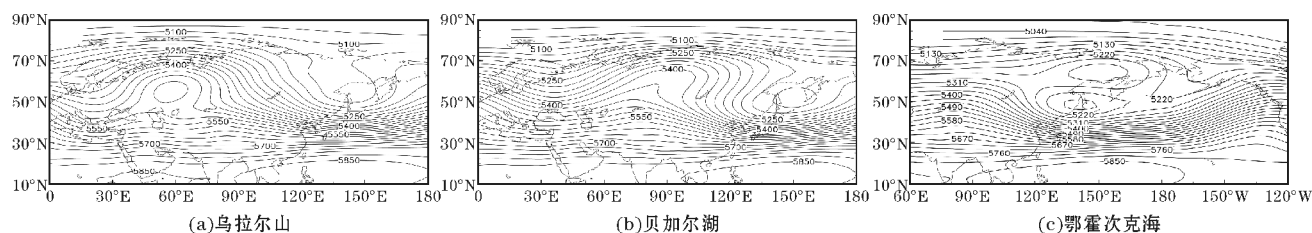


图3 1950~2015年冬季区域阻塞lag-2~lag2天500 hPa位势高度场的合成分析

3.2 区域阻塞高压的高度与温度距平场

阻塞事件维持的位置对下游造成的影响尤为重要。因此,为更好地确定不同地理位置发生的阻塞事件的特征,以及其对中国气候的不同影响。针对已经挑选出的阻塞事件进行合成分析。讨论3个区域阻塞形势的高度距平场以及中国区域温度距平场的变化特征,如图4所示。图4给出3个区域阻塞高压lag-2~lag2天的位势高度距平场以及中国温度距平场的合成图,其中填色区域已经通过99%的显著性t检验。纵观3个区域的阻塞形势对中国造成的影响,发现3个区域阻塞事件的发生都会造成中国的大范围出现低温异常现象。从图中可以看出,不同区域的阻塞造成中国不同范围的低温异常产生。首先,乌拉尔山阻塞的位势高度正距平的中心主要位于 60°E 左右,其正距平的经向跨度范围较大,至少达到40个纬度。乌拉尔山

阻塞造成中国大范围出现低温异常现象,最强的低温异常出现在新疆北部区域,中国的东北、华北、西北以及华中区域都存在强度不等的低温异常,只有中国华南地区并未受到阻塞高压的影响。其中,云南地区出现较弱的温度正异常。相比乌拉尔山阻塞,贝加尔湖阻塞正距平的经向范围跨度较小,至少达到30个纬度,其位势高度正距平的中心主要出现在 90°E 左右。贝加尔湖阻塞形势主要会造成中国华北、华中以及东北南部地区出现强的低温异常现象,而西北、西南以及华南地区存在相对较弱的低温异常现象。对于鄂霍次克海阻塞,其位势高度正距平的中心常位于 140°E ,它的正距平的经向跨度范围相对最小,至少达到25个纬度,该阻塞主要造成中国少部分区域发生低温异常事件,强的低温异常主要出现在中国东北地区,对华北以及华中地区有较弱的低温影响,另外,黑龙江北部出现小区域的弱温度正异常。

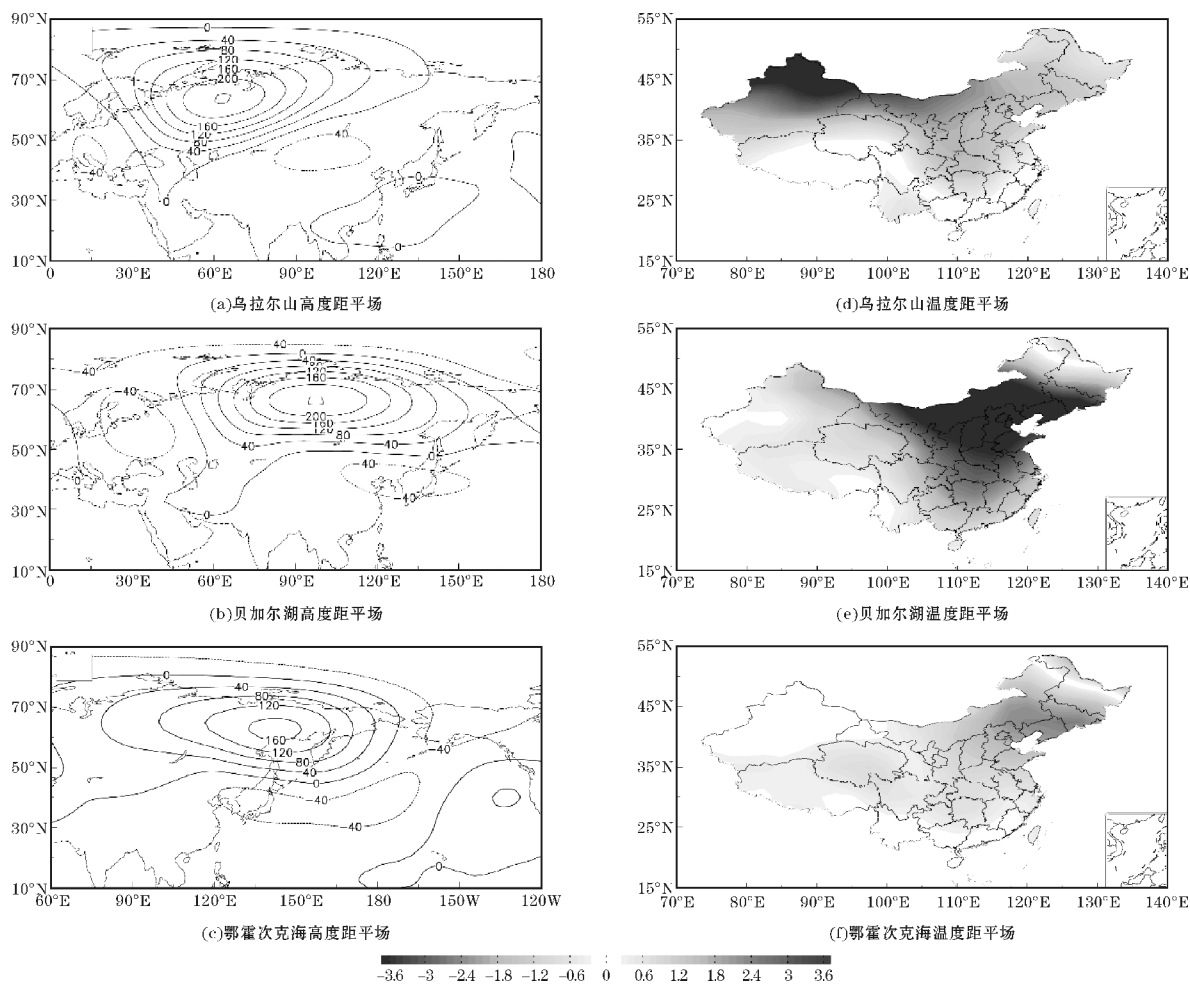


图4 1950~2015年冬季区域阻塞高压500 hPa位势高度距平场与温度距平场lag-2~lag2天的合成图

根据以上分析,比较3个区域阻塞对中国所造成的影响,发现造成中国区域低温异常范围不同的不仅仅是与阻塞高压所发生的地理位置有关,还可能与阻塞高压的经向范围有关。因此,讨论阻塞高压的经向范围与中国温度距平场的相关关系是很有意义的。

4 区域阻塞高压的空间范围与中国温度的关系

变化的影响,首先需要计算阻塞高压在位势高度距平场中经向上所占的纬度范围,则对3个区域的阻塞经向范围进行统计计算。统计lag0天的阻塞高压经向范围,统一3个区域经向范围的边界位势高度值。依次根据lag0天阻塞高压的位势高度距平场的显示,记录下每次阻塞事件所具有的经向范围纬度值。将阻塞高压的经向范围纬度值与温度距平场进行相关性分析,如图5所示。

研究阻塞空间的经向范围的变化对中国冬季温度

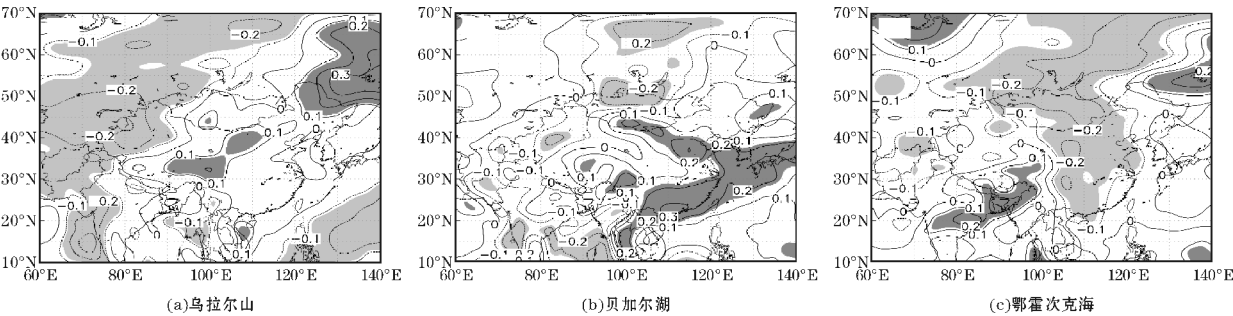


图5 阻塞高压经向范围与温度距平场的相关性分布

图5得出温度距平场与阻塞高压经向范围的相关性分布,图中阴影填充区域均已经通过了99%的信度检验,其中深灰色阴影区代表正相关,而浅灰色阴影区代表负相关。通过图中所示,依次给出3个区域阻塞经向范围与温度变化的关系。从图5(a)可以看出,乌拉尔山阻塞的经向范围与中国新疆西北部区域有很好的负相关性,其中负相关最大值出现在新疆西部,为-0.36。然而与中国的中部和西南部区域有较弱的正相关性,与中国东北部区域有强的正相关性,其正相关系数最大值为0.43。从图5(b)发现,贝加尔湖阻塞的经向范围与中国东部和华中区域呈现正相关。从图5(c)看出,鄂霍次克海阻塞的经向范围与中国华北、华中和华南区域呈现负相关性。对比阻塞影响的温度距平合成场,发现相关性的分布情况与其有些不同,两者的降温地理分布区域存在差异,这可能是由于阻塞经向范围不同的阻塞形势对中国降温影响的区域也不相同。因此,对每个阻塞事件lag0天的位势高度和温度距平场进行逐一分析,发现经向范围大的阻塞事件与经向范围小的阻塞事件,对中国降温的影响区域的确有所不同,另外,阻塞形势的倾斜方向呈现西北-东南向时,更易造成中国区域大范围的低温异常现象。

通过上述的分析与讨论,阻塞高压的经向范围大小与中国区域降温的强弱有一定的关系,而且不同经向范围的阻塞影响降温区域有所不同,但这一点还没有给出相关准确的分析,在以后的研究中,应该提出相关的指数来定义阻塞的经向范围,以此讨论不同经向范围的阻塞影响中国不同区域的强降温。

5 结论

通过1950~2015年冬季的逐日数据资料,利用TM阻塞指数挑选出发生在乌拉尔山、贝加尔湖以及鄂霍次克海3个区域的阻塞事件,通过合成分析和相关分析方法分析3个区域阻塞事件的活动特征,以及区域阻塞高压对中国范围造成的影响,并讨论阻塞经向范围与中国温度之间的关系。得出以下主要结论:

(1)3个区域阻塞的活动特征是:65年冬季中,乌拉尔山发生阻塞事件的次数与累计天数最多,而且其平均阻塞维持天数最多,而贝加尔湖阻塞事件次数与累计天数最少,且阻塞平均强度最弱,但是其存在阻塞事件持续最久的阻塞形势,可达17天。鄂霍次克海阻塞平均强度最大。3个区域的阻塞平均阻塞事件可维持3~7天。

(2)3个区域阻塞事件最多发生在 60°N ~ 70°N 的范围内。不同区域的阻塞造成中国不同地区的降温产

生。乌拉尔山阻塞事件会导致中国东北、华北以及华中地区出现低温异常,最强的低温异常发生在新疆北部地区;贝加尔湖阻塞会使中国华北、华中以及东北南部地区发生强的降温现象;鄂霍次克海阻塞常会造成中国东北地区出现强降温事件,华中、华北区域出现弱的温度异常。

(3)阻塞高压的经向范围与中国地区低温异常有着密切的关系。乌拉尔山阻塞经向范围与中国新疆西北温度异常呈现负相关,与东北北部温度异常呈现正相关;贝加尔湖阻塞经向范围与中国温度异常不能直接相关,主要由于大部分经向范围较大的阻塞的倾斜方向不利于造成下游冷空气的爆发;鄂霍次克海阻塞的经向范围与中国华中、华北区域呈负相关。

参考文献:

- [1] Rex D F. Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate. II. The climatology of blocking action [J]. Tellus, 1950b, 2(4): 275-301.
- [2] 仇永炎. 中期天气预报[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [3] Berggren R, B Bolin, et al. An aerological study of zonal motion, its perturbations and break-down [J]. Tellus, 1949, 1: 1-37.
- [4] 罗德海, 纪立人. 大气中阻塞形成的一个理论 [J]. 中国科学, 1989, (1): 103-112.
- [5] 罗德海, 纪立人. 大气中偶极子阻塞的观测研究 [J]. 大气科学, 1991, (4): 52-57.
- [6] Charney J G, Shukla J, Mo K C. Comparison of a barotropic blocking theory with observation [J]. Journal of Atmospheric Science, 1981, 38: 762-779.
- [7] Rogers J C. Patterns of low-frequency monthly sea level pressure variability (1899-1986) and associated wave cyclone formation [J]. Journal of Climate, 1990, (3): 1364-1379.
- [8] Tibaldi S, Molteni F. On the operational predictability of blocking [J]. Tellus, 1990, 42: 343-365.
- [9] Lejenas H, Kland H. Characteristics of northern hemisphere blocking as determined from long time series of observational data [J]. Tellus, 1983, 35: 350-362.
- [10] Pelly J, Hoskins B. A new perspective on blocking [J]. Journal of Atmospheric Science, 2003, 60: 743-755.

- [11] Diao Y, Li J, Luo D. A new blocking index and its application: blocking action in the northern hemisphere [J]. *Journal of Climate*, 2006, 19: 4819–4839.
- [12] Davini P, C Cagnazz, S Gualdi, et al. Bidimensional diagnostics variability and trends of Northern Hemisphere blocking [J]. *Journal of Climate*, 2012, 25: 6496–6508.
- [13] Small D, Atallah E, Gyakum J R. An Objectively Determined Blocking Index and its Northern Hemisphere Climatology [J]. *Journal of Climate*, 2014, 27(8): 2948–2970.
- [14] 叶笃正. 北半球冬季阻塞形式的研究[M]. 北京: 科学出版社, 1962: 1–10.
- [15] 黄菲, 姜浩娜. 欧亚大陆阻塞高压的统计特征及其与中国东部夏季降水的关系 [J]. *青岛海洋大学学报自然科学版*, 2002, 132(2): 186–192.
- [16] 张培忠, 杨素兰. 阻塞高压活动的气候变化及其对中国某些地区旱涝的影响 [J]. *气象学*, 1996, 54(5): 633–640.
- [17] 李峰, 丁一汇. 近30年夏季欧亚大陆中高纬度阻塞高压的统计特征 [J]. *气象学报*, 2004, 62(3): 347–354.
- [18] 李崇银, 顾薇. 2008年1月乌拉尔阻塞高压异常活动的分析研究 [J]. *大气科学*, 2010, 34(5): 865–874.
- [19] 仪清菊. 北半球阻高的某些统计特征 [J]. *气象*, 1982, 9(3): 11–13.
- [20] 李明霞, 黄建平, 王绍武, 等. 冬季中高纬地区阻塞高压活动及其气候影响 [J]. *高原气象*, 2008, 27(2): 415–421.
- [21] Sillmann J, M Croci-Maspoli, M Kallache, et al. Extreme cold winter temperatures in Europe under the influence of North Atlantic atmospheric blocking [J]. *Journal of Climate*, 2011, 24: 5899–5913.

The Spatial Characters of Blocking over Eurasia and its Impact on Temperature of China

ZHOU Ning

(College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: To further understand the relationship between blocking events and the temperature changes China, based on the NCEP/NCAR reanalysis data, the blocking events observed over Ural, Baikal and Okhotsk have been picked out in winter during 1950/1951–2014/2015 by using the index of blocking (TM index). The conclusions indicated that: Ural blocking the most blocking events, it would lead to the low temperature in northern of Xinjiang its meridian size of blocking ha negative correlation with temperature of northwest Xinjiang. The least blocking events and intensity would cause the low temperature in Middle of China, but its size not directly related to temperature. The strongest blocking Okhotsk, it would low temperature in Northeast China, and its size ha negative correlation with temperature of Middle and North China.

Key words: meteorology; climate change; blocking; geopotential height field; temperature field; temperature anomalies; meridian size