

亚洲阻塞高压分类及其与东北冷涡活动和东北夏季低温的联系

刘 刚^{1,2}, 沈柏竹^{1,3,4}, 廉 毅^{1,3}, 李尚锋^{1,3}, 曹 玲², 刘 平²

(1. 中高纬度环流系统与东亚季风研究开放实验室, 吉林 长春 130062; 2. 吉林省气象服务中心, 吉林 长春 130062; 3. 吉林省气象科学研究所, 吉林 长春 130062; 4. 兰州大学, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 利用 1948~2009 年美国环境预报中心 (NCEP) 500 hPa 高度场逐日再分析资料, 按照通用的阻塞高压天气学定义, 采用机器自动识别方法, 检索和分析近 62 a 亚洲夏季阻高活动时空变化特征, 结果表明: 共统计到 1 337 个阻塞高压个例, 以生命期 3~7 d 的过程居多, 占 80.1%, 阻高活动累计个数和累计天数集中区可分为偏东类 (鄂霍次克海)、偏西类 (乌拉尔山)、中间类 (贝加尔湖) 和其他类 4 类, 其中中间类阻塞高压活动累计个数最多, 占总个数的 30.4%, 偏东类次之, 占 27.5%, 其他类占 23.8%, 偏西类最弱, 占 18.3%; 20 世纪 90 年代以来, 乌拉尔山地区阻高处于明显偏弱期, 鄂霍次克海阻高处于偏强期; 但是, 21 世纪初叶, 乌拉尔山地区阻高活动开始呈上升趋势, 而鄂霍次克海阻高却呈明显下降趋势, 值得关注; 夏季阻塞高压与东北冷涡活动天数呈显著同期正相关, 与长春、哈尔滨同期平均气温呈显著负相关; 亚洲夏季阻塞高压是影响东北夏季低温重要的环流系统; 鄂霍次克海阻高 6 月活动异常年, 850hPa 风距平场在 120°E~140°E, 40°N~55°N 存在很强的偏东气流, 有利于来自鄂霍次克海偏东北路径的冷空气入侵东北亚及中国东北地区。

关键词: 亚洲阻塞高压; 客观识别分类; 时空分布特征; 东北冷涡; 东北夏季低温

中图分类号: G42 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2012)10-1269-06

丁一汇^[1]指出, 阻塞高压 (下称阻高) 可以影响大范围地区的天气和气候, 它的长时期持续可以给大范围地区带来干旱和连阴雨, 造成气候异常。阻塞形势的建立、维持和破坏对中国的天气和气候有十分重要的作用。张培忠等^[2]人工查阅历史天气图, 统计了 1965~1991 年北半球中高纬地区四季月平均阻高次数, 给出阻高活动的年内时空演变图像。杨义文^[3]通过计算纬度方向偏距定义了一个东亚阻塞指数。Pelly 等^[4]得出一种全新的动力学阻塞指数, 并依据此指数统计出 1996~2001 年北半球阻高活动的纬向分布特征。李峰等^[5]利用近 32 a 资料采用计算机检索的方法, 讨论了夏季欧亚大陆阻高活动的地理分布特征, 还有张婷婷等^[6]采用客观方法对 1995 年 6 月欧亚区域阻塞高压活动进行了检索。可见采用机器自动识别统计大气环流重要天气气候系统活动规律正成为一种重要诊

断分析方法。本文对 62 个连续年阻塞高压的活动进行统计, 通过机器自动计算识别, 分析亚洲阻塞高压时空分布及其变化特征, 进行亚洲阻塞高压与东北冷涡活动和东北夏季气温变化趋势的相关分析, 以期揭示阻高影响东北地区初夏低温的物理机制。

1 资料与方法

本文所用资料为 1948~2009 年美国环境预报中心 (NCEP) 和美国大气研究中心 (NCAR) 全球 2.5°×2.5° 网格逐日再分析资料中的 500 hPa 位势高度场资料。

依据 Rex^[7]提出的阻高天气学定义和朱乾根等^[8]总结出的阻高存在的条件, 针对研究区域的特点, 对中高纬度阻高过程给出如下标准: ① 500 hPa 位势高度场上有高压中心; ② 高压中心日移动不超

收稿日期: 2012-01-05; **修订日期:** 2012-07-08

基金项目: 公益性行业 (气象) 科研专项 (GYHY: 201006020, 201106016, 201106015)、国家自然科学基金面上项目 (41175083) 和青年基金项目 (40705036) 资助。

作者简介: 刘 刚 (1980-), 男, 吉林长春人, 高级工程师, 主要从事天气与气候研究、气象科技服务。E-mail: loverdream1999lg@126.com

通讯作者: 沈柏竹, 副研究员。E-mail: jlsbz2008@sina.com

过12.5个经度;③ 高压中心至少维持3 d或以上。

按照上述标准,应用FORTRAN语言对NCEP逐日500 hPa高度资料进行检索、筛选,通过确定阻塞高压中心点的位置和移动,可以直接找出阻塞高压形成、移动、消亡的轨迹,确定其存在的始末位置和维持时间,并统计阻塞高压活动的频次和阻塞高压出现的累计天数,实现了机器的客观自动识别。本文对夏季(6~8月)在40°E~160°E,45°N~75°N区域的阻塞高压活动进行了统计。通过带通滤波(≥ 9 a)^[9]分析夏季阻塞高压活动的变化特征和夏季阻塞高压纬向分布特征。

根据孙力等^[10]有关500 hPa高度场东北冷涡的定义,对夏季东北冷涡活动天数进行了逐年逐月统计。

2 阻塞的时空分布特征

2.1 阻塞时间和频次变化一般特征

本文统计出1948~2009年夏季乌拉尔山至鄂霍次克海区域阻塞高压分布情况,并列出了夏季各月阻塞高压逐年日历表(表略)。通过统计,62 a内共有阻塞高压活动1 337次。

图1给出了1948~2009年该区域夏季不同维持天数阻塞高压的发生频次。可以看出,欧亚地区夏季阻塞高压发生频次随着维持时间的增长而迅速减少,以生命期3~7 d的过程居多,有1 071次,占80.1%;8~14 d的过程有234次,占17.5%;持续时间在15 d以上的过程仅32次,通过累计维持天数曲线可知(图略),维持时间在3 d,7 d,11 d和18 d为峰值,尤其是3 d和7 d的过程,最为明显。

2.2 阻塞活动集中区分类

图2给出了1948~2009年夏季中高纬度地区阻塞高压发生次数的累计天数和累计次数在各经度位置的分布情况,从图2a可见,夏季阻塞高压存在着明显的地理差异,存在3个主要活动活跃区域,分别位于45°E~62.5°E(乌拉尔山地区),100°E~135°E(贝加尔湖地区)和137.5°E~152.5°E(鄂霍次

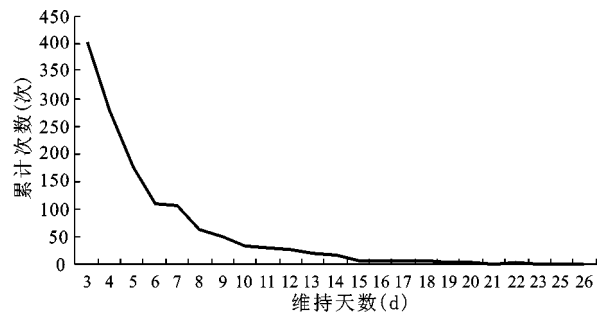


图1 1948~2009年欧亚大陆中高纬度夏季同维持天数阻塞高压活动发生频次

Fig.1 The occurrence frequency of different persisting blocking high activities in mid-high latitude European in summer from 1948 to 2009

克海地区)。阻塞累计天数分别在47.5°E, 57.5°E, 70°E, 100°E, 122.5°E和142.5°E具有相对的峰值,说明阻塞在这些经度上的活动更频繁一些。在75°E~95°E阻塞高压的活动非常少,尤其在82.5°E附近,阻塞的累计次数(图2b)为10个,平均约1次/6a。阻塞高压活动最多的地区位于140°E附近的鄂霍次克海地区。

根据1948~2009年阻塞活动次数和天数沿纬向分布的特点,将欧亚中高纬度区域阻塞高压分为4类,即阻塞中心经度位置位于50°E~70°E区域内的为偏西类,位于100°E~130°E区域内的为中间类,位于131°E~155°E区域内的为偏东类,位于40°E~160°E内其它经度位置的为其它类,各类阻塞活动累计次数分别占整个研究区域总发生次数的18.3%、30.4%、27.5%和23.8%。

为了进一步验证上述分类的科学性,对逐年各类阻塞高压年活动天数与500 hPa夏季高度平均场进行相关分析,各类阻塞年活动累计天数都与500 hPa高度场存在着相应的显著相关区(图3),其中心区显著性水平均超过了 $\alpha=0.001$,进一步证明了机器自动识别阻塞高压活动数据计算的客观和科学性。

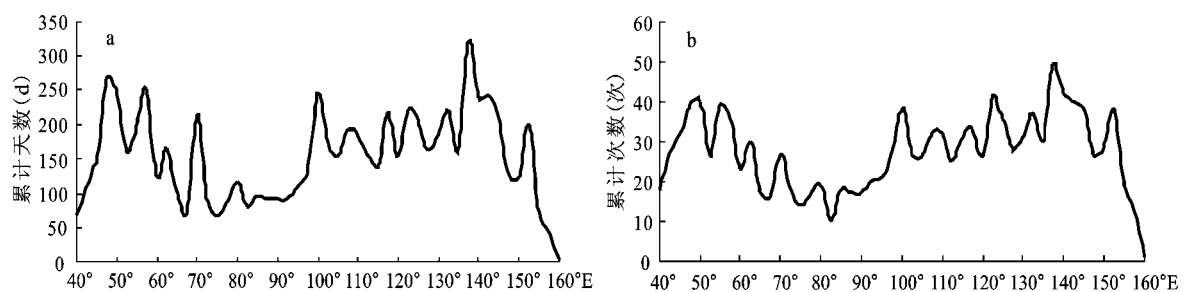


图2 1948~2009年欧亚大陆中高纬度夏季阻塞高压活动过程累计天数(a)和累计次数(b)随经度的变化曲线

Fig.2 Variations of cumulative days and times of blocking high along longitude in mid-high latitude European in summer from 1948 to 2009

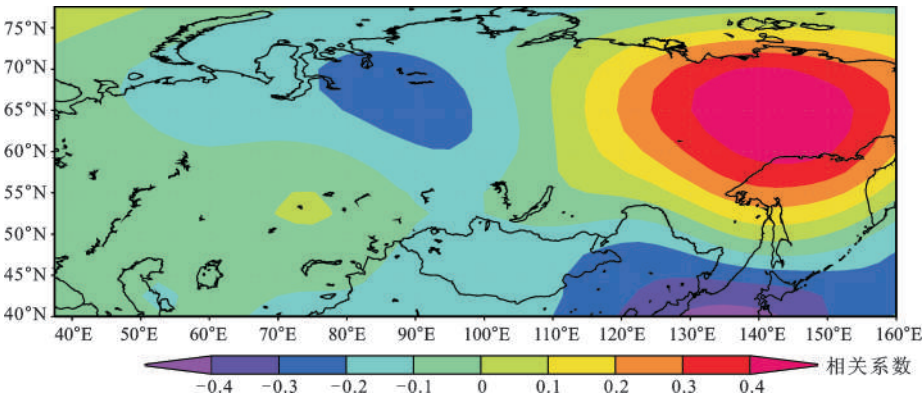


图3 1948~2009年偏东类阻高逐年累计天数与夏季500hPa高度平均场的相关性

Fig.3 The correlation between cumulative days of eastward blocking high and average height on 500 hPa in summer in 1948-2009

2.3 夏季各类阻高的年代际变化特征

表1给出了各类阻高的年代际年平均活动累计天数,从表1可见,中间类年平均活动累计天数最多,达35 d/a,偏东类次之,为32 d/a,其他类相对较少,为30 d/a,偏西类最少,为25 d/a,而且偏西类年代间平均活动累计天数变率最大(1948~1950年除外)。

表1 各类阻塞高压在不同年代平均每年活动累计天数(d/a)

Table 1 Cumulative days of each type of blocking high in years for each decades (d/a)

	偏东类	中间类	偏西类	其它类	总计
1948~2009年	32	35	25	30	122
1948~1950年	20	25	12	21	78
1951~1960年	31	40	31	25	127
1961~1970年	37	28	27	32	125
1971~1980年	33	34	21	25	114
1981~1990年	27	38	26	32	123
1991~2000年	38	34	19	31	121
2001~2009年	31	39	27	37	133

通过阻塞高压随纬度方向的分类,可统计出各类阻塞高压在不同年代内平均发生次数(表2),可见,中间类年平均活动频次最多,达6.0次/a,其他类次之为5.9次/a,偏西类最少为4.0次/a;而各类阻高年代间发生次数变化却相反,偏西类变化较大,其异常少与异常多年代的发生次数差值达近1倍,尤其是20世纪90年代偏西类平均次数远低于其他年代,值得关注,中间类、偏东类和其它类阻高年代间平均次数变率较小。

通过对阻塞高压逐年活动累计次数进行滤波分析(波长 ≥ 9 a),得出图4所示滤波分析后的数据变化曲线。可以看出,20世纪50~80年代,中间

表2 各类阻塞高压在不同年代年平均发生次数(次/a)

Table 2 The occurrence frequency of each type of blocking high in years for each decades

	偏东类	中间类	偏西类	其它类	全部
1948~2009年	5.7	6.0	4.0	5.9	21.6
1948~1950年	3.3	4.7	2.7	5.0	15.7
1951~1960年	5.8	6.3	4.6	5.3	22.0
1961~1970年	6.1	5.8	4.8	5.9	22.6
1971~1980年	6.0	5.6	4.1	5.5	21.2
1981~1990年	4.8	6.7	3.9	5.5	20.9
1991~2000年	6.4	6.3	2.7	5.9	21.3
2001~2009年	5.4	5.9	4.6	7.4	23.3

类和偏西类阻高呈现相近的变化趋势,随着逐年变化增减幅度比较同步;尤其是20世纪90年代以来,偏西类处于明显偏弱期,偏东类阻高处于偏强期;但是,21世纪初叶,偏西类阻高活动开始呈显著上升趋势,而偏东类阻高却处于明显下降趋势(与表3的各类阻高活动年代际实际统计数字相符),这对中国东部短期气候预测而言是个不可忽视的重要信号;偏西类阻高多年代际尺度(30~60 a)变化特征尤为为显著;其他类)存在着典型的年代际变化(10 a左右)特征。

3 阻塞高压与东北冷涡和东北夏季低温的相关

3.1 阻塞高压与东北冷涡

根据阻塞高压与东北冷涡的统计结果,对阻塞高压与东北冷涡活动累计天数进行月尺度相关分析(表3)。由表3可见,7月、8月及6~8月阻高与冷涡活动具有显著的同期正相关关系,显著性水平 $\alpha=0.01$,尤其是8月份同期相关系数达到0.71,

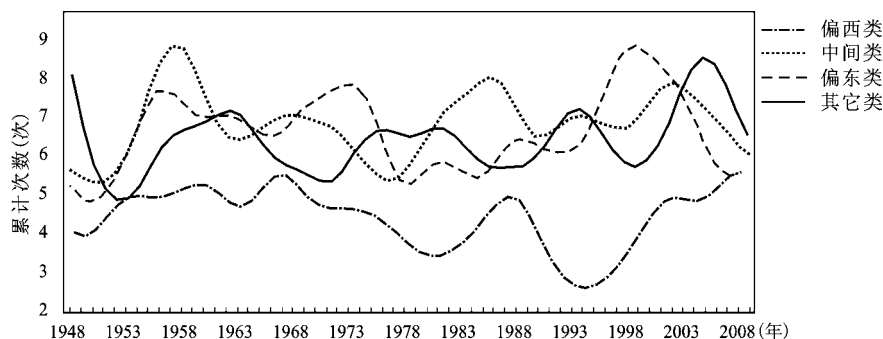


图4 1948~2009年欧亚大陆中高纬度夏季阻塞高压活动累计次数年际变化滤波分析

Fig.4 Filter analysis of annual variation of blocking high cumulative times in mid-high latitude European in summer from 1948 to 2009

显著性水平 $\alpha=0.001$ 。表明夏季阻塞高压维持天数长(短),冷涡活动的天数也相应长(短),进一步证明了有关理论研究成果KDV方程中^[21]孤立波一对的凹凸性解同时出现的可能性很大,这相当于上述大气环流重要天气系统的冷涡和阻塞高压。

表3 阻塞高压与东北冷涡活动天数同期相关系数

Table 3 Correlation coefficient between days of blocking high and cold vortex in Northeast China in the corresponding period

时间	7月	8月	6~8月
相关系数	0.25	0.71	0.6
显著性水平(α)检验	0.01	0.001	0.001

3.2 阻塞高压与东北夏季气温

根据观测站气温资料,对长春、哈尔滨两地1948~2009年8月和夏季季平均气温进行标准化(表略),与1948~2009年8月和夏季阻塞高压存在累计天数进行相关计算,发现阻塞高压日历与长春、哈尔滨8月平均气温和夏季平均温度呈显著的负相关,显著性水平 $\alpha=0.05$ 或 $\alpha=0.01$ (表4)。表明夏季亚洲中高纬度阻塞形势盛行时,首先有利于东北亚地区东北冷涡活动频繁,致使该区500 hPa位势高度场呈现显著的负距平,长春、哈尔滨夏季温度变化呈现偏低趋势^[10, 11, 13],因此,亚洲阻塞高压是东北地区低温现象重要的大气环流影响系统。

3.3 偏东类阻高异常年高度场和风场特征

有关研究表明,东北地区初夏(6月)气温与整个夏季气温变化在时空尺度上相关显著,具有重要的预警作用^[21],通过计算偏东类阻高活动异常年对流层中层高度场和下层风场与气候态偏离的

表4 阻塞高压累计天数与长春和哈尔滨夏末气温的相关关系

Table 4 Correlation coefficient between blocking high days and summer temperature of Changchun and Haerbin in China

	8月	6~8月
长春	-0.331**	-0.277*
哈尔滨	-0.383**	-0.295*

注: * $p<0.05$, ** $p<0.01$ 。

程度,分析偏东类阻高(鄂霍次克海阻高)影响东北地区初夏低温的物理机制,可起到揭示阻高影响东北夏季低温原因窥一斑见全豹的作用。图5为62 a中6月份偏东类阻高活动异常年(发生天数超过平均天数20%及以上)与62 a的500 hPa高度场和850 hPa风场平均场的距平,从图5a可见,在140°E附近存在明显的正距平中心,与偏东类(鄂霍次克海)阻高异常活动相对应,在40°E~65°E还有一个相对较弱的正距平中心,与偏西类(乌拉尔山)阻高活动异常相对应,而这两个正距平中心之间以及东北亚50°N以南地区均为比较强的负距平区,从图5b可见,对流层底层850 hPa风场在120°E~140°E,40°N~55°N同样存在很强的偏东气流,有利于来自鄂霍次克海偏东北路径的冷空气入侵东北亚及中国东北地区。

4 结 论

利用美国环境预报中心(NCEP)和美国大气研究中心(NCAR)全球2.5°×2.5°网格逐日再分析资料中的500 hPa位势高度场资料,依据阻高天气学定义和存在的条件,采用机器自动识别的方法,本文对亚洲中高纬度阻塞高压进行了分析研究,得出如下结论:

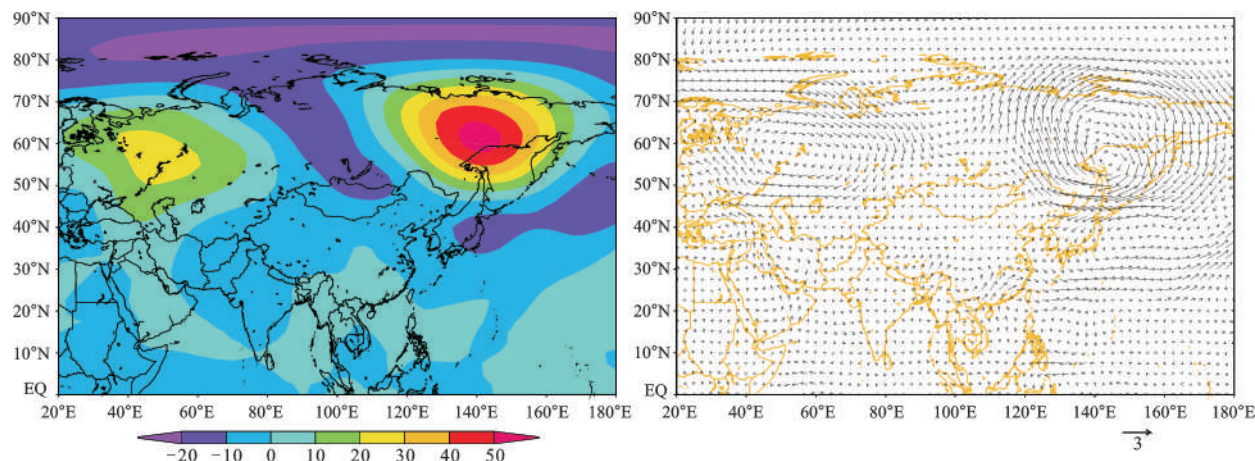


图5 1948~2009年偏东类阻高6月500 hPa高度场距平(位势米)场(a)和850hPa风场距平(m/s)(b)

Fig.5 The 500 hPa height fields (geopotential meter, a) and 850 hPa winds fields(GPM, b) of eastward blocking high in 1948-2009

1) 亚洲乌拉尔山至鄂霍次克海地区夏季阻塞高压活动频繁,共计1 337次,以生命期3~7 d的过程居多,有1 071次,占80.1%;8~14 d的过程有234次,占17.5%;持续时间在15 d以上的过程仅32次,占2.4%,夏季各类阻高活动天数与500 hPa高度场均存在相应的显著相关区,证明了机器自动识别阻塞高压活动数据计算的客观和科学性。

2) 依据亚洲夏季阻高活动频次和累计天数集中活跃区域,给出阻高集中活动的分类,位于50°E~70°E的乌拉尔山地区为偏西类阻高;100°E~130°E的贝加尔湖地区为中间类阻高,131°E~155°E的鄂霍次克海地区为偏东类;剩余的为其它类,各类阻高活动分别占阻高总天数的18.3%,30.4%,27.5%和23.8%。

3) 各类阻高的年代际变化特征表现为,20世纪50~80年代,中间类和偏西类阻高呈现相近的变化趋势,随着逐年变化增减幅度比较同步;尤其是20世纪90年代以来,偏西类阻高处于明显偏弱期和偏东类阻高处于偏强期,但是,21世纪初叶,偏西类阻高活动开始呈显著上升趋势,而偏东类阻高却处于明显下降趋势,对中国东部短期气候预测而言是个不可忽视的重要信号。

4) 夏季阻塞高压与东北冷涡活动天数呈显著的同期正相关,进一步证明了有关理论研究成果KDV方程,其中孤立波一对的凹凸性解同时出现的可能性很大。亚洲夏季阻塞高压累计天数与长春、哈尔滨两地8月和夏季温度呈显著的同期反相关,表明亚洲阻塞高压是东北夏季低温的重要影响系统。

5) 6月偏东类阻高活动异常年,500 hPa高度

距平场在140°E附近存在明显的正距平中心,与偏东类阻高异常活动相对应,在40°E~65°E还有一个相对较弱的正距平中心,与偏西类(乌拉尔山)阻高活动异常相对应,850hPa风场在120°E~140°E,40°N~55°N同样存在很强的偏东气流,这表明有利于来自鄂霍次克海偏东北路径的冷空气,入侵东北亚及中国东北地区。

本文仅给出亚洲阻高活动的机器自动识别时空分布特征和鄂霍次克海阻高影响东北初夏低温的某些机制,有关亚洲阻高活动的年际和年代际变化规律机制及其对我国东北和东部夏季气候的影响,还须做进一步深入细致的研究。

参考文献:

- [1] 丁一汇.高等天气学[M].北京:气象出版社.
- [2] 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].气象学报,1996, **54**(5): 633~640.
- [3] 杨义文.夏季东亚阻塞高压指数研究[J].气象, 2003, **29**(9):3~7.
- [4] Pelly J L, Hoskins B J. A new perspective on Blocking [J]. JAt-mos Sci 2003, **54**(5): 743~755.
- [5] 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.
- [6] 张婷婷,智协飞,白永清,等.欧亚阻塞高压的计算机识别[J].科技信息,2009, **15**:409~410.
- [7] Rex D. Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate II: The climatology of blocking action[J]. Tellus, 1950, **2**(4): 385-391.
- [8] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法[M].北京:气象出版社.
- [9] 何溪澄,万齐林.二维场的高斯权重带通滤波分析[J].气象学报,1995, **53**(1):122~128.
- [10] 孙 力,郑秀雅,王 琪.东北冷涡的时空分布特征及其与东亚大型环流系统之间的关系[J].应用气象报,1994, **5**(3): 297~303.

- [11] 廉 毅,布和朝鲁,谢作威,等.初夏东北冷涡活动异常与北半球环流低频变化[J].大气科学,2010,**34**(2):429~439.
- [12] 刘宗秀,廉 毅,高枫亭,等.东北冷涡持续活动时期的北半球500hPa环流特征分析[J].大气科学,2002,**26**(3):361~372.
- [13] 孙 力,安 刚,廉 毅,等.夏季东北冷涡持续性活动及其大气环流异常特征的分析[J].气象学报,2000,**58**(6):704~714.
- [14] 沈柏竹,李 尚,廉 毅.初夏东北冷涡活动的谐波分析[J].吉林大学学报(地球科学版),2008,**38**(增刊):P204~208.
- [15] 史湘军,智协飞等,1950~2004年欧亚大陆阻塞高压活动的统计特征[J].南京气象学报,2007,**30**(3):338~344.
- [16] 仪清菊.北半球阻塞高压的某些统计特征[J].气象,1982,(3):11~12.
- [17] 金荣花,李 艳,王式功.四种客观定量表征阻塞高压方法的对比分析[J].高原气象,2009,**28**(5):1121~1128.
- [18] 方修琦,张学珍,戴玉娟,等.1951~2005年中国大陆冬季温度变化过程的区域差异[J].地理科学,2010,**30**(4):571~576.
- [19] 陈正洪,史瑞琴,陈波.季节变化对全球气候变化的响应—以湖北省为例[J].地理科学,2009,**29**(6):911~916.
- [20] 高 蓉,郭忠祥,陈少勇,等.近46年来中国东部季风区夏季气温变化特征分析[J].地理科学,2009,**29**(2):255~261.
- [21] 罗德海.大气中行星尺度孤立波的动力学特征[J].气象学报,1989,**47**(1):113~117.
- [22] 李尚锋,廉 毅,陈圣波,等.东北初夏极端低温事件的空间分布特征及其成因机理分析[J].地理科学,2012,**32**(6):752~758.

The Sorts of 500 hPa Blocking High in Asia and It's Relations to Cold Vortex and Aestival Low Temperature in Northeast of China

LIU Gang^{1,2}, SHEN Bai-zhu^{1,3,4}, LIAN Yi^{1,3}, LI Shang-feng^{1,3}, CAO Ling², LIU Ping²

(1.Laboratory of Research for Middle-High Latitude Circulation System and East Asian Monsoon, Changchun, Jilin 130062, China;

2.Jilin Province Meteorological Service Center Changchun, Jilin 130062, China; 3.Institute of Meteorological Science of Jilin Province, Changchun, Jilin 130062, China; 4. Lanzhou University, Lanzhou, Gansu, 730000, China)

Abstract: Based on the daily NECP/NCAR reanalysis data of 500 hPa height field from 1948 to 2009, an objective classification and widely-agreed method was applied to analyze the temporal and spatial distributions of atmospheric blockings high in Asia during summer. In addition, the location and numbers of blockings high was automatically determined. The results show that there are 1 337 blocking events during the last 62 summers. According to the active period of blocking events, a period of 3-7 days are dominant during all the events which account for 80.1%. Based on the accumulative numbers and days, the blockings are divided into eastward type (blocking high over the Okhotsk Sea), westward type (blocking high over Ural Mountain), central type (blocking high over Baikal Lake) and the others, totally four types, occupying at 27.5%, 30.4%, 18.3%, and 23.8 %, respectively. Since 1990s, blocking events in Ural region are in a weak period, otherwise in Okhotsk region are in a strong period, but blocking events in Ural region begin taking upward trend at the beginning of 21st century. Blockings in Okhotsk region take a clear downward trend. There is a significant positive relationship between blocking events and cold vortex in Northeast China, but a negative correlation between blocking events and temperature of Changchun and Harbin in summer. Blocking high is one of important circulation system which causes the low temperature in Northeast of China in summer. During westward type blocking events strongly active years in June, a strong easterlies air flow in 850 hPa is found over the region of 20°E -140°E, 40°N -55°N. It is advantageous for cold air come from the northeast path in Okhotsk region to invade Northeast Asia and the northeast area in China.

Key words: blocking high in Asia; objective classification methods; spatial-temporal distribution; cold vortex in Northeast China; low temperature in Northeast of China in summer