

东亚阻塞高压与我国降水关系的分析及预测

沈爱华¹ 任广成² 王 冰²

1 中国气象局上海台风研究所, 上海 200030
2 中国人民解放军 96631 部队, 北京 102208

摘 要 利用 1951~2005 年资料, 采用纬偏距方法定义了 7 月东亚阻塞高压指数, 分析了 7 月东亚阻塞高压与东亚环流和我国降水的关系, 并从大气环流和海温场探讨了 7 月东亚阻塞高压发展的前期征兆。结果发现: 前期 2 月大西洋上空 500 hPa 西风环流强度, 前期 3 月鄂霍次克海 500 hPa 高度, 前期秋季 10~11 月夏威夷海区海温异常变化, 对 7 月东亚阻塞高压建立与否具有显著的指示性, 并给出了预测判据。

关键词 阻塞高压 中国降水 相关分析 预测

文章编号 1006-9585 (2008) 02-0205-07 **中图分类号** P456 **文献标识码** A

Analysis and Forecasting of Relationship between East-Asia Blocking Situation and Precipitation of China in July

SHEN Ai-Hua¹, REN Guang-Cheng², and WANG Bing²

1 *Shanghai Typhoon Institute, China Meteorological Administration, Shanghai* 200030
2 *Second Artillery Meteorological Center, Beijing* 102208

Abstract Using the data from 1951 to 2005 and longitudinal geopotential height departure analysis method to define East-Asia blocking high index in July, the authors analyze the relation between East-Asia blocking high in July, East-Asia circulation and precipitation of China. From atmospheric circulation and sea-surface temperature (SST) field, it has also probed the former period sign of the East-Asia blocking high development of July. It is found that the 500-hPa Atlantic westerly circulation intensity in the former February, the Okhotsk 500-hPa geopotential height in the former March, and the SST abnormality of Hawaii sea area in former period of October to November has good ability to show whether the East-Asia blocking high in July is built up. The reliable forecasting criterion is also presented.

Key words blocking high, precipitation of China, relation analysis, forecasting

1 引言

许多研究^[1~4]表明, 夏季东亚阻塞高压(以下简称阻高), 尤其是盛夏 7 月阻高对我国长江流域降水具有显著影响。杨义文^[5]还发现, 7 月阻高对我国主要雨带位置的影响, 主要取决于东亚

阻塞高压与西太平洋副高西伸程度的配置关系。若副高西伸脊点位于 120°E 以西, 主要雨带位于长江流域; 若副高西伸脊点位于 120°E 以东, 主要雨带则位于江南至华南, 长江流域洪涝较轻。而且阻高与副高的配置关系不同, 其前期秋、冬、春季大气、海洋和我国天气气候特点也大不相同。陈兴芳等^[6]发现, 冬、春季欧亚到太平洋地区大

收稿日期 2007-01-24 收到, 2007-11-28 收到修定稿
作者简介 沈爱华, 女, 1956 年出生, 高级工程师, 主要从事天气动力与应用气象研究。E-mail: shenaihua@mail.typhoon.gov.cn

气环流的异常对夏季东亚阻高建立有一定指示意义,并用前期大气环流因子进行预测。但由于研究的角度不同,对阻高的定义和分析结果也不尽相同。特别是由于阻高的形成与众多的物理因素有关。因此,在其预测方面至今仍是一个很大的难题。本文试图采用文献 [7] 对东亚阻高的定义方法和资料,就 7 月东亚阻高与我国降水关系进行分析,并采用大气和海洋因子对阻高进行预测尝试。

2 资料和方法

本文使用杨义文^[7]采用纬偏距方法定义的 1951~2005 年 7 月阻高资料,中国气象局提供的 1951~2005 年全国 160 站 7 月降水资料,以及北半球 500 hPa 高度场资料,对有无东亚阻高建立时的北半球 500 hPa 环流特征进行对比分析,并与前期 500 hPa 环流特征和全国降水进行相关分析。

此外,本文还使用了 1951~2005 年逐月北太平洋 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 格点海温资料,与历年 7 月阻高指数进行相关分析。用前期相关信度高的海气因子建立 7 月阻高预测判据。

3 东亚阻塞高压及 500 hPa 环流场

3.1 东亚阻塞高压的有关定义

关于阻塞高压的定义目前有多种方法,但大致可分为两类。一类是利用风场,主要根据阻塞高压存在期间西风急流分支或高压前后的经向风来定义;另一类是利用位势高度场的异常进行定义。因为位势高度异常较风速异常更具确定性,所以第二类定义比第一类应用更广泛^[8]。但对于第二类阻塞高压的定义,采用 500 hPa 高度平均距平往往不能准确地反映纬圈的槽脊分布,而采用纬偏距定义方法可克服这一不足。因为阻塞高压最基本的特征是使西风锋区产生南北分支,环流场上出现等值线北凸南凹,当北凸部分纬偏距为正值时,才有可能称得上阻高,正值越大阻高越强;南凹部分纬偏距为负值,负值大表明阻高影响力大,副热带锋区偏南。故规定:在月平均 500 hPa 纬偏距场上,夏季东亚地区 $90^{\circ} \sim 160^{\circ} \text{E}$ 范

围内,当 $50^{\circ} \sim 70^{\circ} \text{N}$ 纬度带出现明显的正纬偏距而 $30^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{N}$ 纬度带出现明显负纬偏距分布时为典型的阻高形势。方法合理,物理意义清楚。具体计算时把东亚 $50^{\circ} \sim 70^{\circ} \text{N}$ 纬度带 $90^{\circ} \sim 160^{\circ} \text{E}$ 范围细化为 $90^{\circ} \sim 130^{\circ} \text{E}$ 、 $100^{\circ} \sim 140^{\circ} \text{E}$ 、 $110^{\circ} \sim 150^{\circ} \text{E}$ 、 $120^{\circ} \sim 160^{\circ} \text{E}$ 4 个区间,即 4 个北凸区,每个区均为 23 个网格点。取东亚副热带锋区 ($30^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{N}$, $115^{\circ} \sim 135^{\circ} \text{E}$) 7 个网格点为南凹区。根据北凸区与南凹区平均标准化纬偏距差值符号的配置关系,确定 4 个区每区的阻高指数 Ω_k ,取 4 个区中阻高指数值最大的一个定义为东亚阻塞高压指数 Ω 。显然 Ω 为正值时有阻高,为负值时无阻高。计算公式为

$$\Omega_k = \frac{\left(\sum_{i=1}^{23} \frac{\partial H_i}{\sigma_j} \right)}{23} \pm \frac{\left(\sum_{j=1}^7 \frac{\partial H_j}{\sigma_j} \right)}{7}, (k = 1, 2, 3, 4)$$

式中, ∂H 为纬偏距, σ 为均方差。 Ω_k 即可分别计算 4 个区的阻高指数,其中 $\left(\sum_{i=1}^{23} \frac{\partial H_i}{\sigma_j} \right) / 23$ 为北

凸区标准化纬偏距差值的累计平均, $\left(\sum_{j=1}^7 \frac{\partial H_j}{\sigma_j} \right) / 7$

为南凹区标准化纬偏距差值的累计平均。图 1 给出按此方法定义的阻高指数历史演变曲线,可以看出,20 世纪 50、70 和 80 年代超过均值的年份均为 2 年,属明显的低指数时期,60 年代超过均值的年份为 3 年,90 年代以后,属明显的高指数时期,90 年代超过均值的年份达 6 年,进入 21 世纪后的 5 年,已有 3 年超过均值。这里把历年计算得到的 7 月阻高指数大于 0.50 的年份作为阻高出现年。1951~2005 年的 55 年中出现阻塞高压的

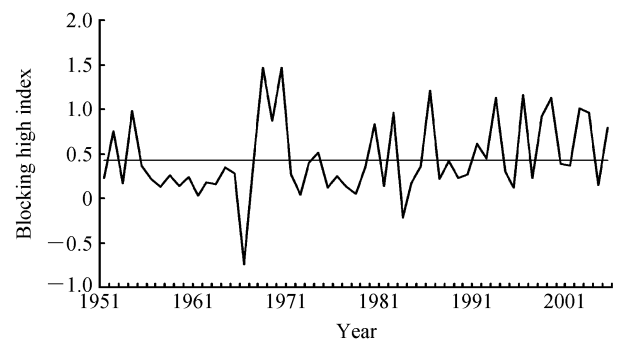


图 1 东亚 7 月阻高指数演变

Fig. 1 Historical evolution of blocking high index of East Asia in Jul

有 17 年。分别是 1952、1954、1968、1969、1970、1974、1980、1982、1986、1991、1993、1996、1998、1999、2002、2003 和 2005 年。显然, 20 世纪 90 年代至今为阻塞高压频繁发生时期, 15 年中竟有 8 年出现阻塞高压, 占 1951~2005 年阻塞高压总数的 48%。

3.2 500 hPa 环流场特征

东亚阻高建立时北半球 500 hPa 环流场主要特征表现为: 1) 亚洲区 (60~150°E) 极涡面积显著偏小, 很显然是由于阻高和亚洲区极涡活动区域部分一致所致; 2) 阻高南侧也即我国上空的西风环流明显减弱, 显然是由于阻塞高压建立中纬度西风出现分支, 环流经向度加大所致; 3) 西太平洋副高位置偏南。为便于比较, 这里还依据历年阻高指数的大小, 选择了阻高指数小于或等于 0.22 的 18 个无阻高年与 17 个阻高年, 分别就亚洲区极涡面积指数、亚洲中纬地区西风环流指数和西太平洋副高脊线位置列于表 1。其中, 亚洲

中纬度西风环流指数采用 (35°N, 115~135°E) 与 (55°N, 115~135°E) 500 hPa 高度距平和之差表示。由表 1 可见, 阻高年亚洲区极涡面积指数距平, 17 年中有 14 年为负值, 仅 3 年为正值且数值也很小。而无阻高年则多为正距平, 18 年中正距平有 15 年, 负距平只有 3 年。对于西风环流指数, 17 个阻高年 1 年为 0 外, 其余全为负值。而 18 个无阻高年仅 1 年负值, 2 年为 0, 其余全为正值。西太平洋副高脊线位置, 17 个阻高年中 11 年为负距平, 1 年为 0, 5 年为正距平。而 18 个无阻高年中有 12 年为正距平, 2 年为 0, 4 年为负距平。

为较好地说明问题, 对 7 月阻高指数分别与亚洲区极涡面积指数、亚洲中纬地区西风环流指数和西太平洋副高脊线位置进行相关计算, 其间的相关系数分别为-0.63、-0.61 和-0.27, 前两个相关系数均远超过 0.001 的统计显著性水平。比较而言, 与西太平洋副高脊线的相关关系略差, 相关系数也达到 0.05 的统计显著性水平。

表 1 环流特征量比较

Table 1 Comparison of the character quality for circulation for years with or without blocking high

阻高年				无阻高年			
年份	极涡面积 指数距平	西风环流 指数距平	副高脊线 位置距平	年份	极涡面积 指数距平	西风环流 指数距平	副高脊线 位置距平
1952	-17	-2	-1	1953	-1	13	2
1954	-28	-27	-3	1956	24	0	2
1968	8	-12	-3	1957	35	0	0
1969	-6	-3	0	1959	26	13	1
1970	-19	-20	-1	1961	29	17	4
1974	-21	-17	-1	1962	6	1	3
1980	-14	-18	-1	1963	12	-2	2
1982	8	-10	-1	1966	19	12	2
1986	-28	-15	1	1972	27	7	-3
1991	16	0	1	1975	16	8	2
1993	-11	-21	-3	1977	7	3	2
1996	-53	-18	2	1978	15	23	-3
1998	-58	-19	-3	1981	-4	9	3
1999	-38	-17	4	1983	17	1	-2
2002	-28	-13	-4	1984	14	1	-3
2003	-4	-8	-1	1987	12	11	0
2005	-12	-8	1	1995	15	18	2
				2004	-13	1	1

4 阻塞高压与我国降水关系

如上所述,当7月东亚阻高建立时,常常导致亚洲区极涡面积偏小,中纬度西风分支,南支锋区南压,西太平洋副高位置偏南。这种环流形势利于我国主要雨带位置偏南。许多研究表明,夏季东亚阻塞高压的持续发展是造成我国出现3类雨型和长江流域多雨的主要原因之一^[9,10]。对于用纬偏距法定义的东亚阻塞高压,其与我国尤其是与长江流域降水关系如何呢?从7月阻高指数与我国160站降水的相关分布(图2)可看出,长江流域及江南地区、新疆和内蒙古东部地区均为正相关区。华南、黄河流域和东北地区以负相关为主,但相关程度均不高。高正相关区主要位于长江流域,高相关中心位于湘北地区。其中常

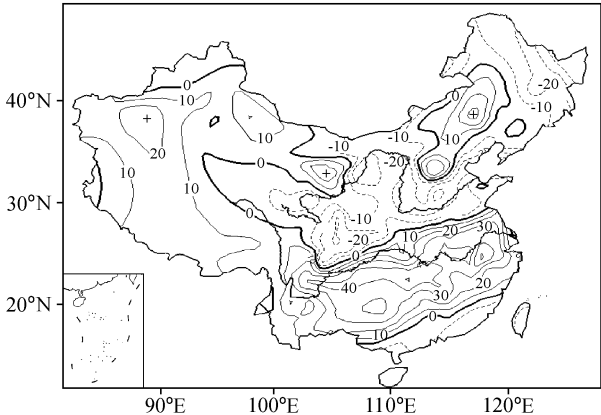


图2 7月阻高指数与我国160站降水相关分布(相关系数×100)
Fig.2 Relation between blocking high index of Jul and precipitation of 160 stations in China (relation coefficient×100)

德、岳阳和长沙3站的相关系数分别达0.51、0.47和0.43,其显著性水平平均达到或超过0.001。此外,黄山、榕江、西昌和酉阳等站相关系数的显著性水平也均达到0.001。这种相关关系比用位置型分类法计算出的乌拉尔山阻高、贝加尔湖阻高、鄂霍次克海阻高指数与我国降水关系都好。

5 阻塞高压与前期500 hPa环流场

从短期气候预测的角度讲,我们最关心的是7月阻塞高压能否建立的预测问题。尽管近些年阻塞高压频繁发生,已引起不少学者的重视,但到目前为止,对阻塞高压的预测仍是一个相当棘手的难题。陈兴芳等^[6]研究发现,冬春季欧亚到太平洋地区大气环流的异常对夏季东亚阻塞形势的建立有一定指示意义,并用1月欧亚范围、3月亚洲范围的极涡面积指数和2、3月鄂霍次克海—阿留申地区500 hPa高度距平值作为7月东亚是否出现阻塞形势的判据。实践表明,这种判据关系开始还是适用的,但随着时间的推移,尤其是近些年由于海温异常导致全球大气环流异常频繁发生,该判据关系有所下降。鉴于作者所用东亚阻塞高压指数与其定义不同,所用资料年代不同,因此分析结果也有所不同。作者发现前期冬春季任何月份任何区域的极涡面积指数对7月东亚阻塞高压是否建立均无指示意义。有较好指示意义的主要因子,一是前期2月北大西洋上空500 hPa西风环流。其表现为阻高年北大西洋上空500 hPa中纬度地区高度场偏高,而副热带地区高度场偏低,其间的西风环流明显偏弱。无阻高年情况恰

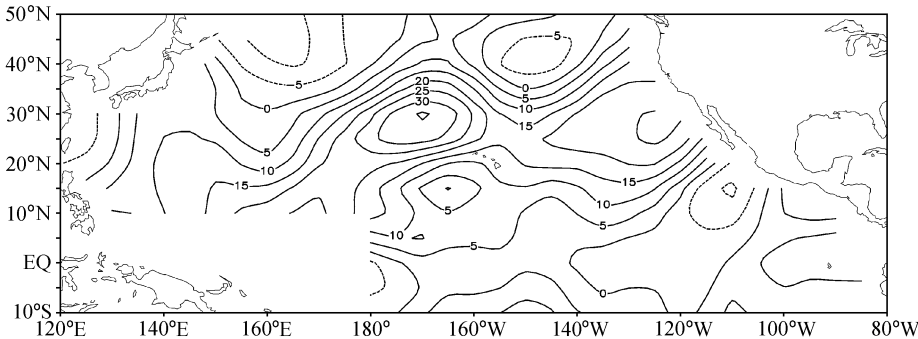


图3 阻高年前期2月500 hPa高度平均距平合成(单位:gpm)
Fig.3 Composition of mean 500 hPa geopotential height departure in the former Feb of years with blocking high (units: gpm)

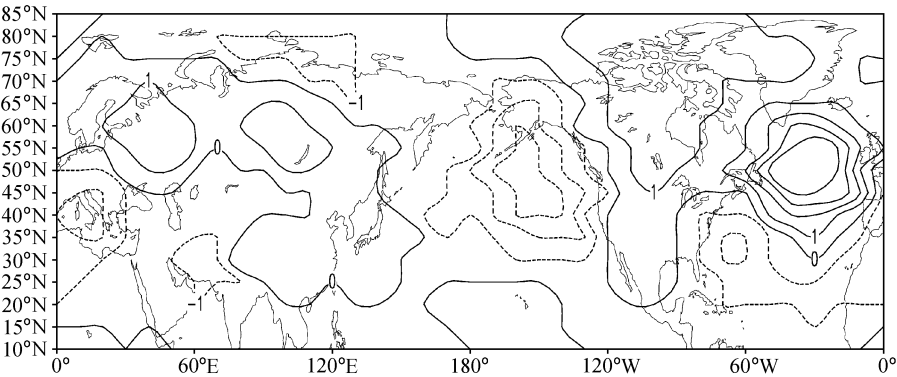


图4 无阻高年前期2月500 hPa高度平均距平合成(单位:gpm)

Fig. 4 Composition of mean 500 hPa geopotential height departure in the former Feb of years without blocking high (units: gpm)

好相反,北大西洋上空500 hPa中纬度地区高度场偏低,而副热带地区高度场偏高,其间的西风环流明显偏强。图3和4分别给出17个阻高年和18个无阻高年前期2月北半球500 hPa高度平均距平合成。可以看出,在阻高年合成图上(图3),北半球最大的正距平中心位于北大西洋的中纬度地区,其南侧的副热带地区则为负距平区。在无阻高年的合成图上(图4),距平分布与阻高年恰恰相反,北半球最大的负距平中心则位于北大西洋的中纬度地区,而其南侧的副热带地区则是正距平区。为便于实际应用,我们用(20°N, 30~50°W)与(45°N, 25~45°W)的高度距平和之差,作为北大西洋西风环流指数。计算表明,该西风环流指数与7月东亚阻塞高压指数的相关系数达-0.44,超过0.001的统计显著性水平。这种前期2月北大西洋西风环流指数与7月阻高指数的遥相关关系,其内在联系十分复杂,有待进一步探讨。另一个对7月东亚阻塞形势有指示意义的因子是前期3月鄂霍次克海地区500 hPa高度场。该区域较廖荃荪等^[9]分析结果略偏北,表现为阻高年该区域高度场偏低,无阻高年该区域高度场偏高。用(55~65°N, 145~155°E)作为关键区,计算表明,关键区500 hPa高度距平与7月东亚阻塞高压指数间的相关系数为-0.52,远远超过0.001的统计显著性水平。需要提及的是,当7月阻塞形势时,同期该关键区高度场显然应该偏高,那么前期3月关键区高度场又明显偏低,我们不防看看阻高年和无阻高年该关键区高度场的前期演变情况。分析发现,阻高年和无阻高年该关键区高度前期各月变化并不大,除11

月阻高年比无阻高年偏低外,其余月份均较无阻高年略偏高。只是3月发生突变,阻高年高度变为各月份的最低值,17年平均距平达-13.3 gpm;而无阻高年变化为各月份的最高值,18年平均距平达11 gpm。关键区高度场1个月的这种大幅度变化能否影响对东亚阻塞高压预测的稳定性,还有待今后检验分析。

6 阻塞高压与前期北太平洋海温场分析

有人认为,近些年东亚阻塞高压预测的不稳定是与海温异常导致大气环流异常频繁发生有关,因此应加强海温在阻高预测方面的应用研究。事实上已有不少学者做了这方面的研究工作,只是多从El Niño与阻高的关系加以统计,就显得海温因子不如大气环流因子作用明显。这里利用7月阻高指数对前期各月北太平洋海温场进行相关普查,发现高相关区均不在El Niño区,而是某些特定海区海温与东亚阻塞高压指数关系很好。如前期秋季的10和11月东太平洋的副热带海区(25~30°N, 175°E~120°W),表现出持续较好的正相关(图5)。尤其是(25~30°N, 175~165°W)夏威夷海区的相关性和持续性均较好。计算发现,前期10~11月,(25~30°N, 175~165°W)夏威夷海区6格点海温与7月阻高指数间的相关系数分别为0.39、0.43、0.37、0.46、0.38和0.43,其中有3个相关系数的统计显著性水平达到0.001,3个相关系数的统计显著性水平达到0.01。该海区海温与7月阻高指数总的相关系数

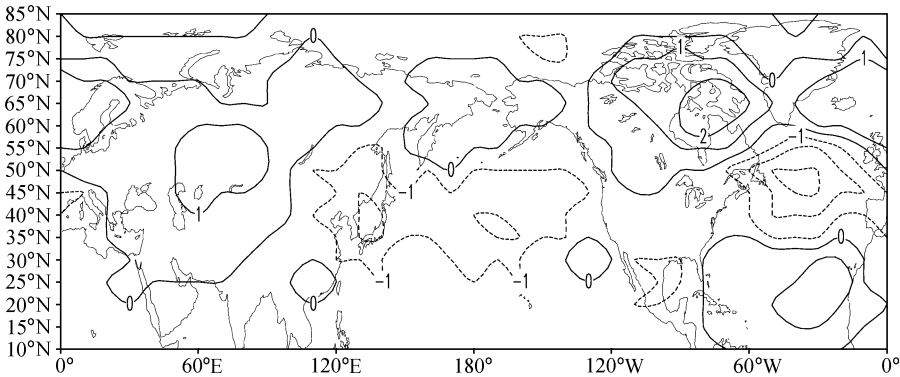


图 5 前期秋季（10~11 月）北太平洋海温与 7 月阻高指数的相关分布（相关系数×100）
Fig. 5 Relation between North Pacific Ocean sea-surface temperature (SST) in the former autumn (Oct to Nov) and blocking high index in Jul (relation coefficient×100)

为 0.49，远超过 0.001 的统计显著性水平。这种前期秋季夏威夷海区海温对 7 月东亚阻塞高压的影响机制以及阻塞高压对北太平洋海温又有何影响？其海气相互作用关系，也有待进一步探讨。分析还发现，前期 1 和 2 月在北太平洋约翰斯顿岛和夏威夷岛以南的赤道暖流和赤道逆流交汇海区（10~20°N，165~135°W）海温，与 7 月东亚阻塞高压指数存在着较好的正相关关系，个别格点相关系数的统计显著性水平达到 0.01。此外，在 1 月的相关分布场上，赤道东太平洋主要是 Niño1、2 区表现为负相关，但相关程度不够好。在 2 月的相关分布场上，除 Niño1、2 区表现为负相关外，Niño C 区也主要表现为负相关，相关程度均不够好，难以作为 7 月阻塞高压的预测指标。

7 预测判据

根据上述分析，选取相关系数统计显著性水平超过 0.001 的海气因子，对 7 月东亚阻塞高压进行预测。即前期 2 月大西洋西风环流指数，前期 3 月鄂霍次克海 500 hPa 高度距平和，前期秋季 10~11 月夏威夷海区海温。考虑到实际应用上方便，尤其是把两个高相关因子相加后相关程度会更好，我们把前两个因子相加，作为大气环流因子组合，并与海温因子一起制作 7 月东亚地区有无阻塞高压的预测图（图 6）。从图 6 可看出，这个预测模型比较好地把东亚阻塞高压年与无阻高年区分开来。尤其是 20 世纪 90 年代以后出现的 8 个阻高年，除 2003 年外，其余年份均有明显

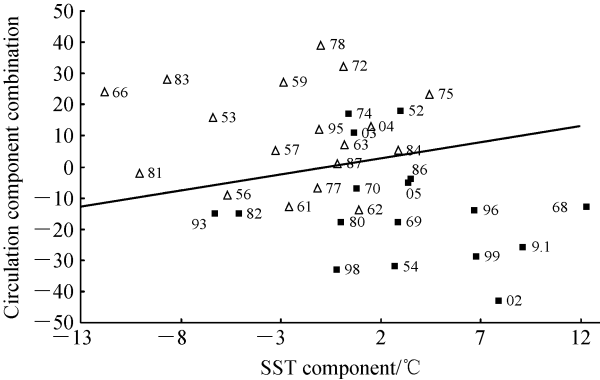


图 6 7 月东亚地区有无阻塞高压相关预测（■为阻高年，△为无阻高年）。横坐标：前期秋季（10~11 月）夏威夷海区海温距平和；纵坐标：前期 2 月大西洋西风环流指数与前期 3 月鄂霍次克海 500 hPa 高度距平和之和
Fig. 6 Forecast of blocking high of Jul in the East Asia area (■ denotes years with blocking high, △ denotes years without blocking high) Horizontal axis: The sum of SST departure of Hawaii ocean area in the former autumn (Oct to Nov). Abscissa: The sum of the westerly circulation index of Atlantic in the former Feb and the departure of 500 hPa geopotential height of the Sea of Okhotsk in the former Mar

的区分，拟合率达 88%。图上共 37 个无阻高年，其中有 30 年明显地区分开，其拟合率为 81%。

8 结论

（1）东亚阻塞高压建立时，亚洲区（60~150°E）极涡面积显著偏小；阻高南侧也即我国上空的西风环流明显减弱，西太平洋副高脊线位置偏南。

(2) 7 月东亚阻塞高压指数与我国长江流域降水关系显著, 尤其与湘北等地区关系更好。

(3) 前期 2 月大西洋西风环流指数, 前期 3 月鄂霍次克海 500 hPa 高度距平和, 前期秋季 10~11 月夏威夷海区海温均与 7 月东亚阻塞高压指数存在着很好的相关关系。

(4) 建立了 7 月东亚阻塞高压预测模型, 该模型对有无阻高年均有一定的拟合率。

参考文献 (References)

[1] 竺可桢. 长江流域 1931 年 7 月雨量特多之原因. 竺可桢文集. 北京: 科学出版社, 1979. 133~140
Zhu Kezhen. Genesis of torrential rain in July 1931 in the Yangtze River Valley. In: *Zhu Kezhen Collected Papers* (in Chinese). Beijing: Science Press, 1979. 33~140

[2] 陈汉耀. 1954 年长江淮河流域洪水时期的环流特征. 气象学报, 1957, **28** (1): 1~12
Chen Hanyao. Characteristics of the general circulation during the period of floods over the Changjian-Huaihe Valley in 1954. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 1957, **28** (1): 1~12

[3] 周晓平. 亚洲中纬度区域阻塞形势的统计分析. 气象学报, 1957, **28** (1): 75~85
Zhou Xiaoping. Statistical analyses of Asian mid-latitude blocking situations. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 1957, **28** (1): 75~85

[4] 孙建化, 赵思雄. 1998 年夏季长江流域梅雨期环流演变的特殊性探讨. 气候与环境研究, 2003, **8** (3): 291~306
Sun Jianhua, Zhao Sixiong. A study of special circulation during Meiyu season of the Yangtze River basin in 1998. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2003, **8** (3): 291~306

[5] 杨义文. 7 月份两种东亚阻塞形势对中国主要雨带位置的不同影响. 汛期旱涝预测方法研究. 北京: 气象出版社, 2000. 90~99
Yang Yiwen. The different effects of two East-Asia blocking situations on the main China rain band positions. In: *Method Research of Forecasting the Rainy Season Drought/Flood* (in Chinese). Beijing: China Meteorology Press, 2000. 90~99

[6] 陈兴芳, 赵振国. 中国汛期降水预测及应用. 北京: 气象出版社, 1999
Chen Xingfang, Zhao Zhenguo. *Precipitation Forecast Research and Application in Flood Season of China* (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 1999

[7] 杨义文. 夏季东亚阻塞高压指数研究. 气象, 2003, **29** (9): 3~7
Yang Yiwen. The summer East-Asia blocking high index research. *Meteorological Monthly* (in Chinese), 2003, **29** (9): 3~7

[8] 罗伯良, 段德寅, 等. 湖南汛期旱涝及其预测. 北京: 气象出版社, 2001: 1~142
Luo boliang, Duan Deyin, et al. *Forecasting of the Rainy Season Drought/Flood in Hunan*. Beijing: China Meteorological Press, 2001. 1~142

[9] 廖荃荪, 赵振国. 我国东部夏季降水的季节预报方法. 应用气象学报, 1992, **3** (增刊): 1~9
Liao Quansun, Zhao Zhenguo. Seasonal forecasting methods for the East China summer rainfall. *Quarterly Journal of Applied Meteorological Science* (in Chinese), 1992, **3** (Suppl.): 1~9

[10] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场. 北京: 气象出版社, 1999
Zhao Zhenguo. *The Draught and Flood and Environment Field in Summer over China* (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 1999