

造成东北区夏季(5—9月)持续低温的长期天气过程的分析

吉林省气象台*

一、引言

5—9月持续低温对我国东北地区粮豆总产量影响很大^[1],研究夏季(5—9月)持续低温的长期灾害性天然预报,对农业生产是有很大意义的。

夏季(5—9月)持续低温的长期天气预报方法国内外虽都有所讨论^[2-4],但还不如降水预报方面内容丰富,因此对我们来讲是一个较新的课题。本文企图从造成东北地区夏季持续低温的长期天气过程入手,研究稳定性超长波的活动规律,提出一种初步的季节长期预报方法。

二、冷暖夏季北半球的环流特征

首先我们分析了从1951—1976年各年夏季(5—9月)北半球距平场,发现造成我省(5—9月)气温高低的环流特征是有明显差异的。为了说明简便,我们绘制了1954,1957,1969,1972,1976五个低温年5—9月北半球500mb距平场的平均图及1952,1955,1963,1967,1970,1975六个高温年的同类图**,两者有明显的差异。冷夏年 60°N 以北是正距平区, 60°N 以南沿纬向分布为广大的负距平区(参看图1);说明这些年份的夏季北半球盛行经向环流。从大范围距平的分布来看,新地岛附近为一范围较大,中心值为+120位势米的正距平区,另一较强的正距平区在阿拉斯加半岛附近,而在我国大部分地区则为负距平所控制,中心在东北区上空,其值为-120位势米。说明就平均来看,从新地岛到乌拉尔山和阿拉斯加半岛在统计上应为稳定的超长波脊占优势,而我国东北区以超长波槽在统计上占优势,这种形势造成了东北区夏季持续低温的天气。高温年则相反(参看图2), 60°N 以北的高纬地带为负距平区,而 60°N 以南的中纬度为正距平,2个较强的负距平中心在北美洲以北和叶尼塞河附近,其中心强度各为-150和-80位势米。而在我国东部为正距平区,中心在东北区南部,强度为+60位势米。东北区在平均情况下处在超长波脊控制下,故温度高。对夏季各月的高低温距平平均图也作了相应的分析,现仅对作物危害影响较大的6月和8月高低温的环流形势简述如下。

1978年3月17日收到修改稿。

* 参加该工作第一部分的,先后还有延边气象台穆家修同志,吉林气象台刘志刚同志,通化气象台张克选同志,白城气象台陶忠臣同志,长春气象台雷喜云同志,通辽气象台相金岭同志。

** 这些低温和高温年的选取,主要参考吉林省的情况,但对东北区,有代表性。

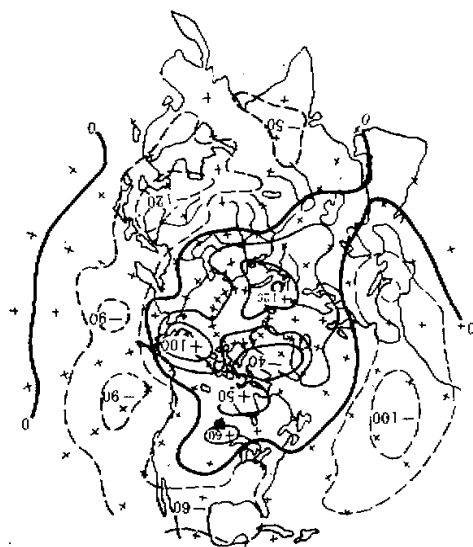


图 1 1954, 1957, 1969, 1972, 1976 五个低温年 5—9 月北半球 500mb 距平场之和的五年平均图



图2 1952, 1955, 1963, 1967, 1970, 1975 六个高温年5—9月北半球500mb距平场之和的六年平均图

1. 夏季低温的季或月的平均距平图上,一般极地附近为正距平区, 60°N 以南为负距平区,东北地区是在新地岛到乌拉尔山和阿拉斯加半岛二个正距平区之间的负距平区. 高温年则相反.

2. 6 月低温的环流形势和多雨的环流形势一致, 6 月高温的环流形势和少雨环流形势一致, 主要决定于东北冷涡的活跃程度和雅库茨克附近阻塞高压的稳定程度. 8 月高、低温的形势和降水的关系并不完全是单一的(图略).

三、造成东北地区夏季持续低温的长期天气过程

既然造成东北地区夏季持续低温的天气与极地冷空气向中纬度的持续扩散, 超长波槽在东北区经常存在有密切的关系, 那么造成这种持续稳定的超长波的环流形势是怎样演变过来的呢? 我们从下述三方面来讨论它:

1. 北半球 100mb 极涡的季节变化

为了揭示极地冷空气向中纬度扩散的过程, 我们点绘了从 1951—1977 年 500mb 月平均图上极涡中心位置的逐月动态图, 1969 年 1 月至 1973 年 12 月逐日 100mb 极涡中心位置动态图, 500mb 极地冷空气活动路径和地面逐日低压中心路径图, 发现:

凡东北地区 5—9 月持续低温的年份, 都是由于从前一年 11 月至当年 2 月积储在极地的冷空气通过春季极涡分裂的方式, 逐渐的向低纬度扩散的结果. 现以冷夏年(1972 年)和暖夏年(1970 年) 100mb 逐日极涡的变动情况对照为例说明之: 图 3 中纵坐标为各纬度带内逐月极涡出现次数的百分率(即某月各纬度带极涡出现次数 n_p 被总出现次数

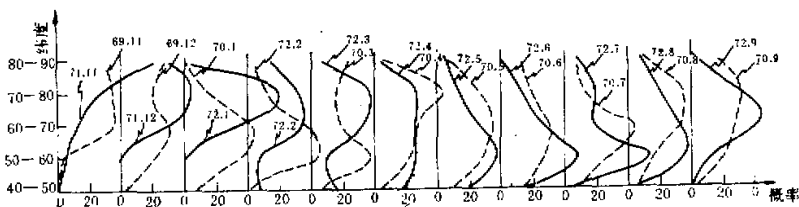


图 3 各纬度带内逐月 100 mb 极涡出现次数的百分率的变化图

N 除, 并乘 100%, 即 $\frac{n_p}{N} \times 100\%$). 细实线为 1971 年 11 月到 1972 年 9 月逐月各纬度带极涡出现次数的百分率的变化曲线, 细虚线是 1969 年 11 月到 1970 年 9 月逐月各纬度带极涡出现次数的百分率的变化曲线, 从它们的变化中可以清楚看出: 1971 年冬季 (1971 年 11 月至 1972 年 3 月) 极涡位置多稳定在极地或高纬地带, 因此极涡出现次数百分率的最大峰值在 70°N 以北. 4 月是一个变化时期, 百分率的频带很宽, 出现了双峰, 分别在 50°N — 60°N 和 70°N — 80°N . 5—8 月最大峰值南下稳定在 50°N — 60°N . 9 月最大峰值, 又北跳到 60°N — 70°N . 暖夏年则相反, 如: 1969 年 11 月至 1970 年 9 月, 1 月极涡出现次数百分率最大峰值出现在 60°N — 70°N . 2, 3 月南下到 50°N — 60°N . 但 4 月份最大峰值突然北跳到 70°N — 80°N . 5—7 月南下稳定在 60°N — 70°N . 8—9 月再次北跳到 70°N — 80°N . 对应

地面盛行低压路迳冷夏年的前期(1971年11月至1972年3月)主要是在北欧,并逐步南压东移。4月移到贝加尔湖以东地区,并分成南北二支,南支在 50° — 55° N,北支在 65° — 70° N。5月仍然保持二支,但南支盛行低压路迳已南下到 40° — 50° N,并经常维持在这一纬度带,直至9月。造成了我省夏季低温。暖夏年,则相反(图略)。

2. 北半球 500mb 距平中心的季节变化

我们点绘了1951—1977年,从前一年11月至当年5月及5月至10月的500mb月平均距平场的正负距平中心值 ≥ 80 位势米或 ≤ -80 位势米的动态图,发现:

(1) 冷夏年,负距平中心从极地缓慢螺旋式地向中纬度移动,正距平中心的移向相反,如1975年11,12月负距平中心在 75° N附近,1976年3,4月份移到 50° N,反之,正距平中心由1975年11月在 50° N附近,到1976年5月份已北移到 75° N附近(图略),这表明冷夏年冷空气从极地向中纬度扩散的程度要比暖夏年强得多,经常得多。

(2) 冷夏年,前期距平场的分布有二种形式:

第一种形式:冬季在500mb月距平中心动态图上,负距平中心的移动有两条路迳,一条从新地岛台米尔半岛南下经叶尼塞河、鄂毕河直达里海、咸海,另一条,则在北美东海岸。在这二个地区螺旋式地向南推进,如:1971年11月至1972年5月的动态图上(图略),1971年11月在 70° N, 30° E附近,有一20位势什米中心。12月该中心西北移到 75° N, 75° W,其中心为-16位势什米,1972年1月该中心分裂成二个中心,一在 60° N, 80° E,其中心值为-19位势什米,另一个在 60° N, 70° W附近,其中心为-18位势什米。北美东海岸的中心继续南进到 55° N, 75° W附近,3月份在亚洲的中心南下到 50° N, 80° E附近,其值为-11位势什米,在北美东海岸的中心却向东北收缩到 60° N, 50° W附近,其值为-13位势什米,4月份亚洲的负距平中心收缩到 75° N, 100° E附近,其值为-13位势什米,在北美的中心,则南下到 45° N, 55° W其值减弱为-7位势什米,5月份亚洲的负距平中心西南下到 65° N, 70° E附近,中心值也减到-10位势什米,在北美的中心继续南下到 30° N, 80° W,其值减到-5位势什米。

第二种形式:冬季(11—2月)负距平中心除了第一种形式中所讲的二个区域活动外,又多了从堪察加半岛,白令海峡,阿拉斯加,北太平洋这一区域,上述二种形式,有一共同点:要造成我省5—9月持续低温,其前期冬季必须存在从极地有强冷空气持续并逐步自新地岛,台米尔半岛经叶尼塞河,向东南扩散过程,反映在月距平中心动态图上,在这区域,负距平中心集中,并随着时间的推移,逐渐向东南移动,5—9月,负距平中心就到东北区稳定下来了(图略)。这种情况解放以来共有7年(即,1954, 57, 64, 69, 71, 72, 76年)它们都属于东北区夏季低温年,无一次例外。

(3) 凡5—9月是高温的年份,冬季(前一年11月至当年2月)500mb距平中心活动情况也有二种形式:

第一种形式:冬季(11—2月)冷空气活跃在北太平洋,白令海峡及北大西洋,西欧这二个区域。但向南扩张的程度随着时间的推移,逐渐减弱。而在东欧和亚洲大陆,及北美大陆无强冷空气持续侵入,反映在500mb距平中心动态图上,亚洲及北美大陆为正距平中心活动区。西欧,北大西洋和北太平洋是负距平中心活动区,如:1970年(图略)。

第二种形式:冬季(11—2月)冷空气持续活动在从北太平洋,阿拉斯加经北美大陆

到格陵兰这一半球范围内,而整个欧亚大陆无持续强冷空气活动,反映在距平中心动态图上,欧亚大陆上空正距平中心占绝对优势,如:1975年(图略)。总之造成东北5—9月高温的前期环流特征,主要是欧亚大陆,特别是 30° — 100° E之间的广大地区,无持续极地强冷空气侵入,而是暖空气活动占绝对优势,反映在距平中心动态图上是正距平占绝对优势,这种年份有九年,它们是1975, 70, 67, 63, 61, 58, 55, 53, 52年,其中8年暖1年偏冷。

(4) 若冬季(11—2月)在亚洲,特别是在 30° — 100° E这一宽广区域,距平中心间距离散,其值正、负相间,这在一定程度上,反映出该区超长波系统多是移动性的,这种年份,解放以来共有五年,它们是1959, 65, 66, 73, 74年,我省夏季气温多为正常(图略)。

基于上述分析,我们把距平中心动态图上在 30° — 100° E度之间,出现的正负距平中心值,从11月一直加到二月,其和与夏季东北区5—9月气温呈线型关系,两者的相关系数为 $0.72 > r_{0.04} = 0.44$ (图略)。

3. 超长波槽脊的移动方向

从上述的讨论中,我们得出冷夏年的前期冬季500mb月平均距平场,负距平中心多在 30° — 100° E这一宽广的地区集中。到夏季,就移到东北区集中,暖夏年则相反,为了了解它们的演变过程,我们绘制了冬春季(11—5月) 60° — 50° N,夏秋季(6—10月) 40° — 50° N这两纬度带从1951年至1977年逐月距平场的相对极大和极小线(或简称距平场的脊和槽)动态图,然后进一步制作了夏季高低温年的平均槽脊动态图,发现在这两纬度带的距平槽脊有如下的运动规律:

(1) 冬季(11—2月)距平槽脊是稳定少动或缓慢西退,春季(3—5月)欧亚大陆上的距平槽脊缓慢东移其速度平均每月东移20—30个经度,夏季(5—9月)距平槽脊又稳定少动。

(2) 从低温的1954, 57, 69, 72, 76五年平均槽脊动态图中(参看图4)可以看出

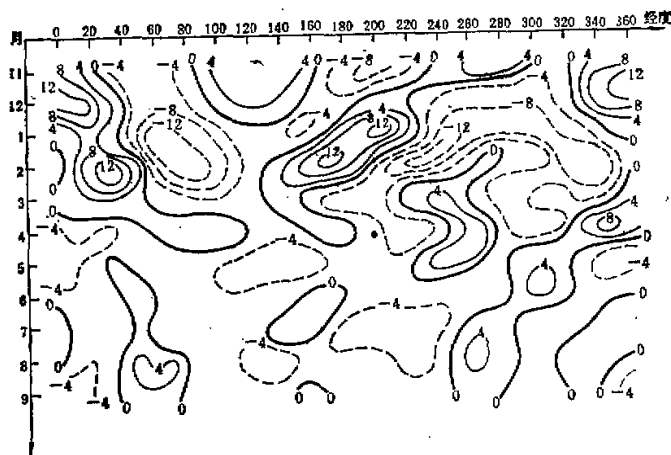


图4 1954, 1957, 1969, 1972, 1976五年平均槽脊动态图

11—2月超长波槽在 40° — 90° E之间稳定少动,而太平洋及西半球的距平槽脊每月以 20° — 30° 个经度的速度缓慢向西移动。3—5月原先在 40° — 90° E之间稳定少动的距平超长波槽,每月大约以 20° — 30° 个经度的速度向东移动,到5月份距平槽东移到 120° E或以东,5—9月距平超长波槽,基本上在 120° — 150° E之间稳定少动。

(3) 高温年的平均距平槽脊移动,正相反(参看图5)。冬季(11—2月) 40° — 90° E之间,为稳定正距平超长波脊所控制,而 150° E— 150° W之间是稳定的负距平超长波槽区,到3—5月原先稳定在 40° — 90° E之间的正距平超长波脊,每月以 20° — 30° 个经度的速度向东移动,到5月份移到 120° — 150° E并一直稳定到9月,而西半球的距平槽脊移动方向是缓慢西退的。

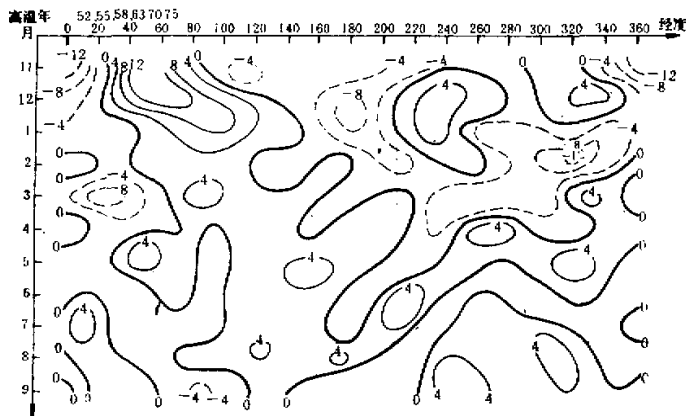


图5 1952, 1955, 1963, 1967, 1970, 1975 六年平均槽脊动态图

总之,造成我省夏季(5—9月)持续低温(高温)的原因,主要是由于前期冬季(11—2月)在 40° — 90° E之间稳定的超长波槽(脊)到春季(3—5月)缓慢东移,夏季(5—9月)超长波槽(脊)在 120° — 150° E之间稳定的结果。

四、造成东北区夏季持续低温长期天气过程的分析

为了进一步揭露这种距平槽脊的移动规律及距平槽脊所代表的空间尺度,我们作了如下工作。

1. 波谱分析

我们利用距平槽脊逐月动态图资料,进一步计算了在 40° — 60° N纬度带的波数1至4的波谱分析,为了便于比较振幅的大小,必须去掉季节变化,因此计算了振幅百分比,

$$r_{fn} = \frac{r_n}{\sum_{n=1}^4 r_n} \times 100\% \quad n = 1, 2, 3, 4$$

r_n : 某月波数为 n 的振幅, r_{fn} : 某月波数为 n 的振幅百分比,我们通过对历年各月位相角,振幅百分比及振幅最大波数出现的概率的分析,得出如下事实:

(1) 冬季(11—2月)及夏季(6—9月)各月在该纬圈距平场的波谱其振幅百分比的极大值,出现在波数1—3这三个波内的可能性大,出现在波数为4的波的可能性小,特别是冬季,很少出现 $n=4$ 的波。这表明冬,夏500mb月平均距平场是受外界加热场的控制的,它决定于下垫面的热状况(参看表1)。

表 1

最大波 数出现 的概率 月	波 数	1	2	3	4
11月		12	38	50	0
12月		44	44	6	6
1月		25	30	35	10
2月		19	31	44	6
3月		37	16	44	6
4月		26	22	18	34
5月		22	34	22	22
6月		26	22	26	26
7月		22	26	30	22
8月		36	18	22	24
9月		24	32	20	24
10月		14	18	32	36

(2) 距平场波数等于4的波大部分出现在4月和10月(参看表1)。

(3) 各波的移动方向在各季并不一定,但合成波(或最大波)的波峰或波谷的位置的逐月移动都有一定的规律,不论冷,暖年,11—2月是稳定少动或缓慢西退,3—5月东进,5—9月稳定少动,9—10月又缓慢西退(图略)。

2. 非绝热条件下波速公式的讨论

既然500mb距平场受控制于外界加热场的配置,那么距平场的超长波运动可以用非绝热条件下的准地转涡度方程来描述,为便于讨论,我们只考虑一维的情况,在外界冷,热源加热场影响下,非绝热的波速公式^[5,6]:

$$C = u - \frac{\beta L^2}{4\pi^2} - \frac{AL^3}{8\pi^3} \frac{q}{H} \sin(\delta_q - \delta_L)^* \quad (1)$$

令

$$C_\beta = u - \frac{\beta L^2}{4\pi^2}$$

是 Rossby 波的部分,

$$C_q = - \frac{AL^3}{8\pi^3} \frac{q}{H} \sin(\delta_q - \delta_L)$$

是加热场作用部分,其中 u 为平均西风风速, β 为地转参量随纬度的变化,一般取 $1.6 \times$

* 在此没有考虑地形作用项。

10^{-11} 米 $^{-1}$ 秒 $^{-1}$, L 为波长, q 为加热场的热源振幅, 近似可表达成 $C_p \rho T$, C_p 为定压比热, ρ 为密度, T 为温度, H 为波的平均高度, 取 5.5×10^3 位势米, δ_q 为加热场波动的相角, δ_L 为波长为 L 的波的相角。

$$A = \frac{f_0^2 R^* K P_0}{a^2 g (P_0 - P_T)} \left[\left(\frac{P_T}{P_0} \right) - \left(\frac{P_T}{P_0} \right)^4 \right]$$

$$a^2 = \frac{4\pi^2}{L^2 f_0^2} C_a^2 \quad C_a^2 = 1.2 \times 10^3 \text{ 米}^3/\text{秒}^2$$

$$f_0 = 10^{-4} \text{ 秒} \quad R^* = \frac{R_d}{C_p f_0^2} \cdot \frac{4\pi^2}{L^2}$$

$$R_d = 6.5 \text{ 度} \times 10^{-3} \text{ 米}^{-1} \quad g = 9.8 \text{ 米}/\text{秒}^2$$

取 $P_0 = 1000 \text{ mb}$, $P_T = 500 \text{ mb}$, $K_1 = 0.5$ 波长: $L = 1.5 \times 10^7 \text{ 米}$ (2个波), $L = 1.0 \times 10^7 \text{ 米}$ (3个波), $L = 0.7 \times 10^7 \text{ 米}$ (4个波)。

冬季: 海洋是强大热源, 对应上空是槽区, 而大西洋的高空槽则偏于热源的西边 15—20 个经度, 大陆是脊区^[5], 因此取平均相角差 $\delta_q - \delta_L = -(180^\circ - 10^\circ)$, 取 $\bar{u} = 17 \text{ 米}/\text{秒}$, $T = -30^\circ \text{C}^*$, 则 $L = 1.0 \times 10^7 \text{ 米}$ 的波速 $C = 0$, $L = 1.5 \times 10^7 \text{ 米}$ 的波速 $C = -15 \text{ 米}/\text{秒} < 0$ 。因为冬季占绝对优势的波数为 2, 3 的波, 所以冬季波的移动是少动或西退的, 它与“一种长期数值天气预报方法的物理基础”^[7]一文中对考虑海洋或地气之间有热量相互交换后所指出的当波长大于 3—4 千公里时, 长期波是一类后退性的慢波的讨论是一致的, 与实际现象较符合。

春季: 由于海陆的冷热源, 正处在发生相反方向的位相变化, 冷热源的控制作用减弱了, 4 月份的优势波以波数 $n = 4$ 的波为主, 这时波的相角与冷热源相角差在

$$-(180^\circ - 10^\circ) < (\delta_q - \delta_L) \leq -(180^\circ - 90^\circ)$$

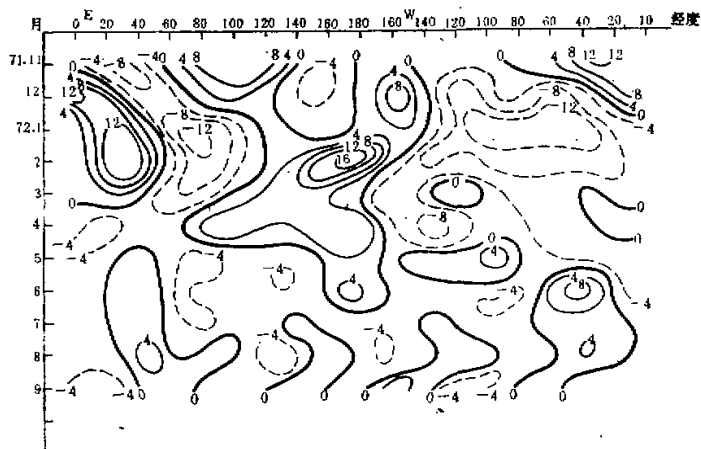


图 6 1971 年 11 月至 1972 年 9 月 500mb 距平场、槽脊动态图

* 取自中央气象局研究所出版的“北半球高空气候图集”的资料。

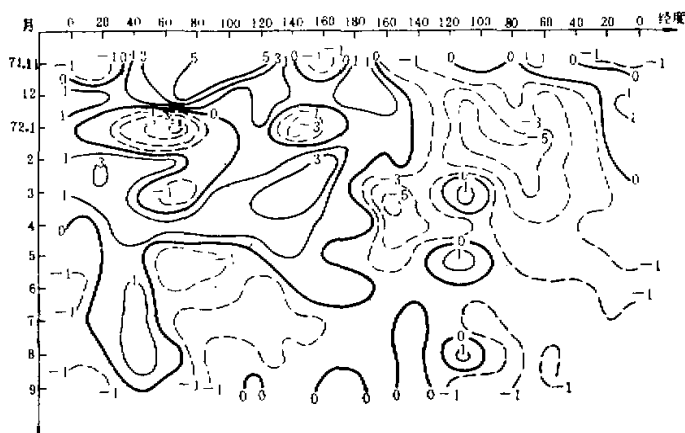


图7 1971年11月至1972年9月在60°—50°N纬圈月地面气温距平变化图

之间,若取 $\bar{u} = 13$ 米/秒, $T = -25^{\circ}\text{C}^*$,相角差取 $-(180^{\circ}-20^{\circ})$,则波数 $n = 4$ 的波速 $C = 5$ 米/秒 > 0 ,波数 $n = 3$ 的波速 $C = 19$ 米/秒 > 0 ,因此在这段时间内超长波的总趋势是东进的。

夏季:海陆冷热源的位相调整已经完成,其位相正好与冬季相反,即热源上空是脊,而冷热源中心与槽脊位置有偏离,若偏离 -10° 度,取 $\bar{u} = 10$ 米/秒, $T = -10^{\circ}\text{C}^*$,则波数 $n = 3$ 的超长波的波速 $C = 0$,从上述的分析中,可初步说明,距平场超长波槽脊移动的总趋势,冬季稳定或缓慢西退,春季东移,夏季稳定少动的这种运动形式是有物理依据的。

为了进一步讨论长期天气过程的非绝热性,我们利用西德出版的北半球地面气温距平资料及中国科学院地理所整理的太平洋地区的海温距平场资料作了逐月50°—60°N温度距平场槽脊动态图,它与500mb高度距平在该纬圈的槽脊动态十分一致(参看1971年11月至1972年9月500mb距平场槽脊与地面气温距平场槽脊动态图6,7),凡是地面气温是持续负距平区,对应500mb的高度也为持续负距平区,反之,地面气温为持续正距平区,500mb的高度距平亦为持续正距平区,这种正相关的一致性,冬季比夏季显著,海洋比大陆好。它表明了500mb距平场的持续稳定受控于下垫面热状况的异常,文[7]中指出,这种适应过程,时间不长于一个月,当然也包含了大气的反馈作用。

五、几点讨论

1. 对长期天气预报来讲,异常的天气是由稳定的环流形势所造成的,本文中所讨论的造成东北区5—9月持续低温的异常天气就是由于前期冬季(11—2月)在东北区上游地区30°—90°E内超长波槽的持续稳定,春季(3—4月)每月以20—30个经度的速度东移,夏季(5—9月)稳定在东北区的这样一个过程。反之,暖夏年是超长波脊,冬季在上

* 取自中央气象局研究所出版的“北半球高空气候图集”的资料。

游地区稳定, 3—4月东移, 5—9月在东北区稳定。因此当我们用冬季的环流特征预报夏季时, 要注意上游系统的超长波槽脊的活动情况。

2. 从上述分析中, 得出从秋到冬, 距平场的超长波槽脊是缓慢西退的。因此用秋季距平场预报冬季气温的冷暖。要注意下游 150°E — 150°W 地区距平场的超长波槽脊系统的活动。若夏, 秋季东北区的下游地区是大片持续负距平区, 则未来是冷冬, 如 1976 年冬季的气温。反之是暖冬。用此结论试报了冬季的气温, 对自 1951 年以来 27 年的检验, 其准确率达 85%。

3. 由于超长波系统在冬, 夏两季比较稳定, 因此预报指标以冬, 夏两季为佳, 而春季距平超长波处在移动状态, 因此不易归纳出较好的预报指标。从空间的角度讲, 拟应以超长波的尺度为佳, 即应从东北区的上下游的地区来找寻预报指标。

4. 我们认为 500mb 月距平值大于一定数量的正负中心逐月动态图及某一纬圈的距平槽脊动态图, 是能揭露出长期天气过程的, 因此可以做为预报工具应用到日常的业务中, 77 年 6 月, 我们用上述工具对 77 年夏季气温做了预报, 与实况相符。但就预报内容来讲, 目前还只涉及到夏季气温的总趋势, 而实际生产不仅需要总的趋势, 还需要各月的分配情况, 特别是 6 月和 8 月的冷暖, 对农业生产也很密切, 需进一步的努力, 提出分月的预报方案。

5. 对长期天气预报来讲, 我们认为必须像短期天气预报那样连续的来考虑稳定性超长波的变化, 以及它和下垫面加热场之间的相互作用, 只有这样, 才有可能较准确的做好长期预报。

参 考 文 献

- [1] 王书裕, 吉林省的冷害及其分布, 1975 年 8 月, 气象科技资料。
- [2] 北日本の冷夏とその预报, 季節预报指针, 1972, 3。
- [3] Julian, A dem, Experiments aiming at monthly and seasonal numerical weather predication, *Monthly Weather Review*, 1965 年 8 月。
- [4] 中央气象台长期预报组, “寒露风”环流特征的初步分析, 1977 年 6 月, 气象科技资料。
- [5] 冷热源和地形对超长波的控制作用, 北京大学地球物理系气象专业编印的中期天气预报动力学基础的讲义。
- [6] 朱抱真, 大地形和热源的动力控制与超长波活动关系的初步研究, 气象学报, Vol. 34, No. 3。
- [7] 长期数值天气预报研究小组, 一种长期数值天气预报方法的物理基础, 中国科学, 1977 年 2 月。
- [8] 徐群、曹鸿兴, 长期天气过程的遥相关系, 1977 年 4 月, 气象。

THE ANALYSIS OF THE FORMATION OF THE PERSISTENT LOW TEMPERATURE IN THE SUMMER (MAY-SEPT.) IN THE NORTHEAST REGION OF CHINA

Meteorological Observatory of Jilin Province

Abstract

The circulation pattern of the persistent low temperature and the process of the formation of such a pattern in summer (May-Sept.) in the northeast part of China were analysed in this paper, and following conclusions were obtained.

1. The anticyclonic circulation is always present in the north polar region. From it cold air continuously moves to the middle latitudes. Beside this, the persistence of the ultra-long wave trough above the northeast part of China contributes the abnormal low temperature in the summer (May-Sept.) in this area.

2. Analyzing on 500 mb surface the movement of monthly mean anomaly centre and the behavior of monthly mean anomaly trough, in the 40° — 60° N latitude band, we found that preceding the summer of abnormal low temperature in the northeast area. The ultra-long wave trough remains stable on the 30° — 90° E. region in winter and in spring (Mar.-Apr.) it moves slowly eastward, and in summer (May-Sept.) it remains stable in the northeast area of China.

3. Using the wave velocity formula $C = u - \frac{\beta L^2}{4\pi^2} - \frac{AL^3}{8\pi^3} \frac{q}{H} \sin(\delta_q - \delta_L)$ in non-adiabatic atmosphere the movements of the ultra-long wave trough and the ridge of 500 mb monthly mean anomaly were discussed.

4. based on this analysis, we proposed a preliminary method of Season's long-range forecast.