

七十年代全球地面气温的初步研究(三)

——我国东北冷、暖夏年全球温度场的分布

章名立 符淙斌

(中国科学院大气物理研究所)

王铭如 彭小峡 郭家林

(黑龙江省气象局)

董洪年 于通江

(吉林省气象局)

张碧月

(辽宁省气象局)

提 要

本文分析我国东北地区夏季温度与全球温度场的关系。夏季东北地区出现异常的低温或高温现象不是局地的和暂时的现象,它是全球气候异常的反映。全球温度的分布在东北为冷夏或暖夏时有很大的差别。冷夏时中高纬度偏冷、温度经向差异大,低纬度偏暖。暖夏时中高纬度略偏暖,温度纬向差异大,低纬度偏冷。用统计方法分析了全球若干地区与东北地区温度场的相关,并分析了东北冷、暖夏年温度场的演变。

一、引 言

我国东北地区地处高寒,生长季节短,夏季温度的高低对农作物的收成影响极大,据统计五十年代中后期以来,东北夏季严重低温次数增多,夏季平均温度距平低于 -1°C 时,就可造成当年粮食收成的大减产,平均可减产15.2%^[1]。因此近年来对东北低温的形成及其预报研究受到了重视。一些研究^[1-3]指出东北低温的出现在时间上是持续的,在空间上是大范围的,而且全球很多地方也出现气候异常。例如1976年东北夏季遭受低温冷害,当年北半球中高纬度大部分地区气温偏低,并且持续到当年的秋冬,达到七十年代的最低点。1972年全球范围气候异常,这一年夏季北半球的季风区,西南季风弱,出现大范围的干旱,但是在我国东北地区是一个低温年。所以东北低温的出现不是孤立的现象,它与全球气候的变化有着密切关系。本文在分析1969—1978年全球各月地面温度距平的基础上,研究了东北地区夏季温度异常与全球温度场的关系,以及东北低温的特性和演变等,并且对东北温度与全球一些地区的温度进行了相关分析,从而讨论夏季东北低温的形成和预报的着眼点。在分析中所使用的东北温度是以黑龙江省23个气象站平均气温距平值代表。

二、东北低温的时空尺度

图 1 是东北夏季低温和高温典型年时全球地面温度距平图。图中温度距平的分布不是一些孤立的分割的小系统,而是一些包括几十个经纬度的大范围的正负距平中心,具有长波和超长波的尺度,东北地区低温或高温的出现正是这些大尺度距平中心的一个部分。

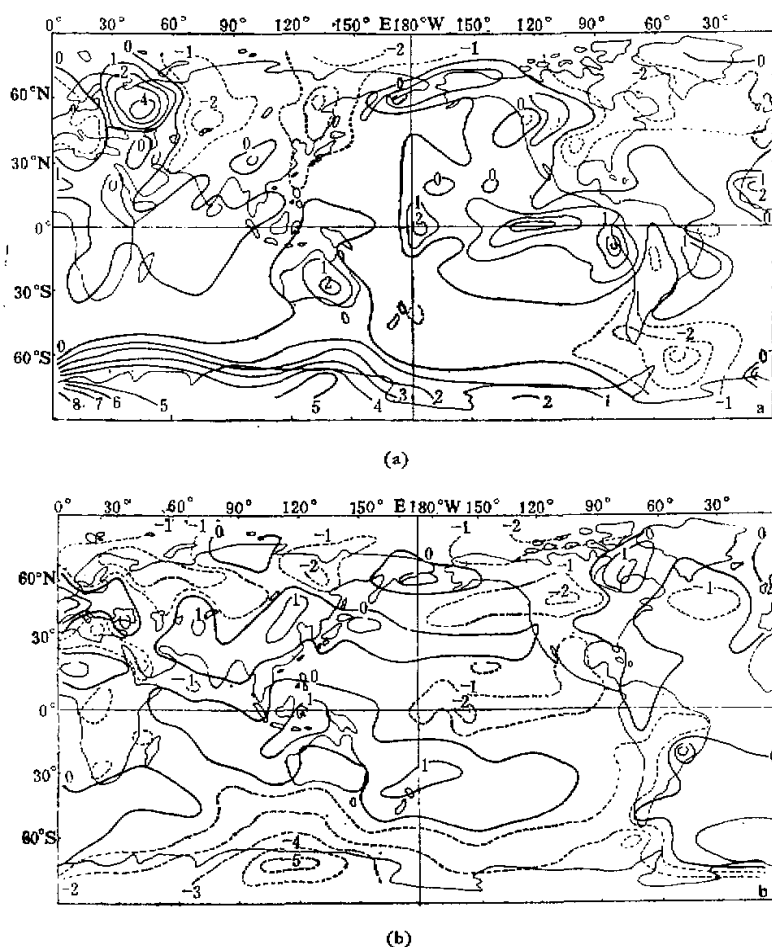


图 1 东北(a)冷夏(1972年8月)和(b)暖夏(1975年8月)全球温度距平图(单位 $^{\circ}\text{C}$)。

从北半球中高纬度各纬圈夏季温度距平值的谐波分析发现,1—6波平均方差比之和为75%,其中尤以2—5波比重更大。表1是1969—1978年各年夏季(6—8月)40—60°N各纬度上2—5波方差比之和的数值,可以看到都在50%以上,如果以波长最短的5波来计算,波长为72个经度,因此温度正负距平中心的大小在40—60°N一般都达到30—40个

经度以上。

表 1 40—60°N 2—5 波方差比之和(夏季 6—8 月)

方差比 (%) \ 年 纬度	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
60°N	87	78	77	81	69	74	68	76	68	54
50°N	54	66	37	73	42	39	51	69	51	53
40°N	16	43	28	65	21	29	53	46	76	40

在图 1a 中,使东北地区成为冷夏的负距平中心的尺度就更大。从亚洲大陆到太平洋东部,除亚洲南部、青藏高原为暖区和西伯利亚中部有一小块正距平区以外,几乎全部是负距平区。它东西向跨 100 个经度,南北达 70—80 个纬度,距平值小于 -1°C 的地区亦几乎占了整个亚洲的北部和我国的东部地区。所以 1972 年夏季低温遍及亚洲的大片地区,我国东北是低温区的东南边缘。同样,在东北暖夏年(图 1b)时正距平中心的范围亦很大,它包括了亚洲东部 20—50°N, 90—160°E 的区域,东北在这个区域的北部。从这两年看,在东北气温异常年,影响东北的温度距平中心比一般正常年分更大。

表 2 是东北各月平均温度距平的自相关系数(1968 年 12 月—1978 年 11 月),间隔为 1 个月的时滞相关系数为 0.43,2 个月为 0.33,都超过 0.05 信度,间隔为 3 个月的相关系数虽达不到 0.05 信度,但仍为 0.15。所以东北自身的温度一般能持续三个月左右。到第 9 个月相关系数变为负号,到第 22 个月负相关又达最大值,为 -0.28 。这说明东北温度有三年左右的短期振荡现象。一些气温异常年,持续时间更长,如冷夏年 1969 年,负距平前后持续达 15 个月之久。

表 2 东北气温距平自相关系数

间隔月份	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
自相关系数	1.00	0.43	0.33	0.15	0.08	0.12	0.06	0.09	0.00	-0.08

三、东北冷夏和暖夏温度场分布的类型

我们用 1972 和 1975 年的夏季分别代表东北冷夏和暖夏来讨论全球温度距平场的典型特征。这十年中其他冷夏和暖夏的特征当然不会完全一致,但是在一些重要的特征方面是类似的。

图 1 中反映出冷夏和暖夏时全球温度距平的分布在很大一部份地区是反相的。其中最重要的地区是(1)亚欧大陆和北美大陆的东半部,1972 年夏季为强大的冷中心盘据,但是 1975 年夏季却是暖中心的位置(西伯利亚的北部仍是负中心)。(2)太平洋(尤其是热带东太平洋)1972 年是暖区而 1975 年是冷中心。(3)南极 1972 年暖,1975 年冷。

另一个特点,温度距平场分布,在冷夏年以经向为主,而暖夏年则以纬向为主。1972

年夏季中高纬度分布着几个中心数值大的正负距平中心,如欧洲中部是中心值为+4℃的暖中心,西西伯利亚和东西伯利亚又各有一个-2℃和-3℃的冷中心。但是1975年夏季40—60°N 纬圈上为从欧洲西部向东延伸到东太平洋绕地球大半圈的正距平带,在它的北

侧是负距平带。所以冷夏年温度东西差异较明显,暖夏年则以南北差异为主。

此外,从南极有一个负距平的冷舌,由南大西洋向北一直伸到北半球,尤如一个冷空气的输送带从冬半球的极地海洋伸向夏半球。1975年比1972年冷舌更偏西一些。

为了更清楚地反映温度场的特征,我们作了北半球各气候带6—8月温度距平的纬向廓线(图2)。其中北极带为80—60°N,温带指50—30°N,副热带为30—10°N,赤道带为10°N—10°S。从图2我们得到以下几点:

(1)冷年温度距平在纬圈方向的振幅比暖年要大。1972年北极带温度距平的振幅大于4℃,而1975年只有2℃。(2)冷年北极和温带温度波动位相一致。而暖年很不一致,尤其是东半球位相几乎相反,但是温带与副热带波动位相却很一致。(3)冷年北极带温度距平主要反映出两个波的形势,温度槽位于两个大陆的东部,我国东北所在的经度正是冷槽的位置,这个温度距平槽从北极一

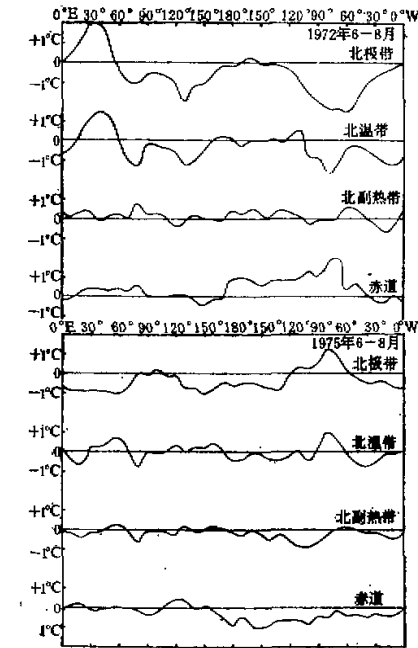


图2 北半球各气候带6—8月温度距平的纬向廓线(冷年:1972年,暖年:1975年)。

直延伸到副热带。暖年温度波动位相与冷年的相反,大陆东侧为暖脊,东北所在的经度其温度脊从赤道一直延伸到温带。(4)当东北为冷夏年时,赤道东太平洋的温度为正距平,暖夏年时为负距平。

表3是东北冷夏和暖夏时纬圈平均温度距平的分布,它们反映出:(1)温度距平的分布是以赤道为中心两半球近于对称的波动。(2)东北所在的纬度带内(40—60°N),冷年

表3 东北冷夏(1972年6—8月)和暖夏(1975年6—8月)各纬度平均温度距平值

	80°N	70°N	60°N	50°N	40°N	30°N	20°N	10°N
冷夏(1972)	-0.7℃	-0.4℃	-0.5℃	-0.6℃	-0.2℃	-0.1℃	0.1℃	0.3℃
暖夏(1975)	-0.6℃	-0.3℃	-0.2℃	0.0℃	0.0℃	-0.1℃	-0.1℃	-0.3℃

	0	10°S	20°S	30°S	40°S	50°S	60°S	70°S	80°S
冷夏(1972)	0.6℃	0.3℃	0.4℃	0.2℃	0.0℃	-0.0℃	0.2℃	1.0℃	0.6℃
暖夏(1975)	-0.5℃	-0.1℃	0.1℃	0.1℃	0.1℃	-0.0℃	-0.3℃	-0.6℃	-2.1℃

为负距平的谷点, 暖年为正距平的峰点. 所以东北温度的异常与同纬度总的气温趋势是一致的. (3)冷年与暖年两曲线的位相完全相反, 说明对全球来说是属于两种不同类型的气候. (4)两个半球的中纬度温度距平变化同相, 冷年时同是偏冷, 暖年都偏暖. 由于南半球偏暖, 所以暖年时南半球正距平较大, 而北半球偏冷, 冷年时北半球较明显. (5)南极与赤道温度同相, 冷年偏暖, 暖年偏冷. 北极对冷暖年都是偏冷, 但是冷年南北温度梯度小(高纬度), 暖年梯度大.

在 1969—1978 年期间, 东北夏季共出现三个严重低温年, 即 1969、1972、1976 年. 高温年则有 1970、1973、1975 和 1978 年. 表 4 是 40—60°N 夏季纬圈方向温度波谐波分析中两个波段 1—3 波和 4—6 波的方差和与总方差和之比. 在十年中只有在三个冷年时 4—6 波的方差比之和占 40% 以上, 其他各年 4—6 波的方差比都在 0.30 以下, 同时冷年 1—3 波方差比就相对较小, 所以这两组数值之比 C_1/C_2 都是小于 1, 其他七年则都大于 1. 对于暖年温度波的优势则以 1—3 波为主, 除 1973 年以外, 方差比都在 50% 以上,

表 4 40—60°N 夏季 1—3 波和 4—6 波方差比的数值

	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
1—3 波方差比 C_1	0.23	0.58	0.39	0.40	0.36	0.47	0.50	0.12	0.53	0.65
4—6 波方差比 C_2	0.45	0.23	0.34	0.43	0.26	0.18	0.28	0.68	0.30	0.19
C_1/C_2	0.51	2.47	1.14	0.93	1.40	2.54	1.78	0.18	1.76	3.40

其他六年中五年都比 50% 小. 暖年的 4—6 波方差比小于 30%, 所以 C_1/C_2 都较大, 大于 1.40. 从波的分布看, 冷年以长波扰动为主, 暖年以超长波为主.

如果分析各年主要波段温度槽的位置(图 3), 则各个冷年 4 波或 5 波温度槽在 120°E 附近, 从 80°N 到 40°N 之间各纬度位相差很小. 但是暖年的温度槽不在 120°E 附近,

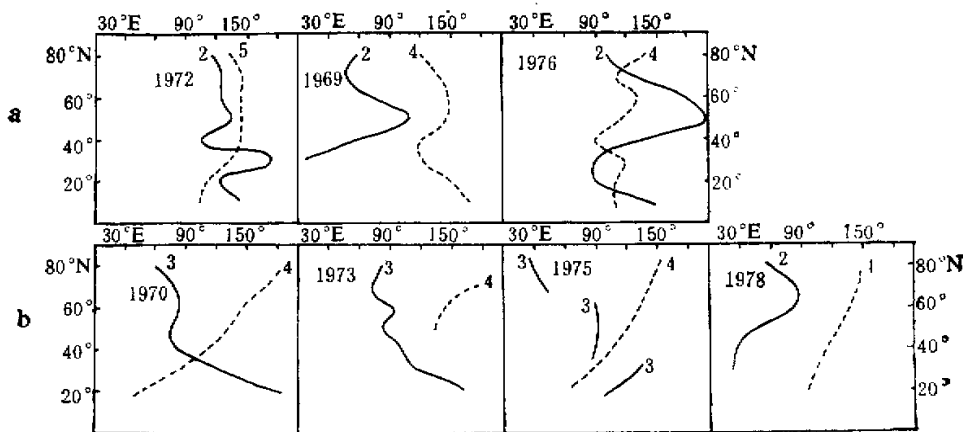


图 3 冷年(a)和暖年(b)6—8 月温度距平优势波槽的位置.

无论是 2、3 波或 4、5 波的温度槽位置在 40°N 以北, 南北差异很大, 不同纬度之间相角差可以是 180° , 40°N 以南位相差相对较小。

所以各年谐波分析结果说明了上面两个典型冷年和暖年温度场分布特征的普遍性, 就是冷年温度波以长波扰动为主, 经向发展明显, 温度波振幅大, 热量的南北交换大, 中纬度受极地冷空气影响大, 因而偏冷。东北低温的形成与温度场的这种配置有关。暖夏年温度波以超长波为主, 高纬度与中纬度波的位相差大, 振幅小, 温度场近于纬向分布, 南北热量交换弱, 极地冷空气不易南下, 温度梯度加大, 斜压性大, 西风增大。但是中低纬度之间位相差小, 低纬度温度脊北伸, 中纬度偏暖。

四、东北温度与全球一些地区温度变化的关系

上面我们已经指出了东北温度异常与全球温度场分布的关系, 为了进一步分析这种相互变化的关系, 我们从全球选择了一些地区, 并具体计算它们与东北温度的关系。这些地区的选择是根据(1)全球温度变率最大的地区, 这些地区可能是全球气候变化的灵敏点^[4]。(2)哈尔滨站与全球各经纬度温度相关系数较大的地区。共选择了七个区域, 它们是(1)欧亚大陆中部 $50^{\circ}\text{--}70^{\circ}\text{N}$, $40^{\circ}\text{--}110^{\circ}\text{E}$; (2)北美大陆北部 $60^{\circ}\text{--}70^{\circ}\text{N}$, $120^{\circ}\text{--}160^{\circ}\text{W}$; (3)赤道东太平洋 0°N , $80^{\circ}\text{--}170^{\circ}\text{W}$; (4)南极 $70^{\circ}\text{--}80^{\circ}\text{S}$, $90^{\circ}\text{--}150^{\circ}\text{E}$; (5)苏联东西伯利亚 $60^{\circ}\text{--}70^{\circ}\text{N}$, $150^{\circ}\text{--}170^{\circ}\text{E}$; (6)印度 $10^{\circ}\text{--}20^{\circ}\text{N}$, $70^{\circ}\text{--}90^{\circ}\text{E}$; (7)南美大陆 $40^{\circ}\text{--}60^{\circ}\text{S}$, $60^{\circ}\text{--}80^{\circ}\text{W}$ 。

表 5 是这七个地区的温度距平与东北温度距平的交叉相关系数, 温度距平的序列为 1968 年 12 月到 1978 年 11 月, 这些地区的温度距平是用所包括的各个经纬度上格点值求代数平均得到的, 表中的月数是指东北温度落后于这些地区温度的月数。从表中可以看到与东北温度相关较好的是欧亚大陆中部, 北美大陆的北部, 赤道东太平洋和印度地区。其他三个地区相关系数都在 0.10 之外, 未达到 95% 的置信度 (0.18)。

表 5 东北地区温度距平与七个地区温度距平的相关系数

月数(东北落后) 地 区	0	1	2	3	4	5	6
欧 亚 大 陆	0.35	0.42	0.21	0.20	0.18	0.15	0.10
北 美	-0.30	-0.20	-0.07	-0.19	0.07	-0.03	0.09
赤道东太平洋	-0.42	-0.45	-0.45	-0.43	-0.39	-0.24	-0.16
南 极	-0.09	-0.05	-0.03	-0.09			
东西伯利亚	-0.01	0.17	0.05	0.01			
印 度	-0.24	-0.36	-0.34	-0.22	-0.09		
南 美	-0.03	0.05	0.14	0.04			

(1) 欧亚大陆中部, 这块地区是地球上地面温度变率最大的区域, 我国东北正处在它的东南边缘。它们的同期相关系数为 0.35, 最大相关系数出现在当东北温度落后一个月

时的 0.42。所以东北地区气温变化一般是落后于这个大变率区的变化,约差一至三个月,第四个月的相关系数已达不到 95% 的信度。在欧亚大陆的北部一年内积雪时间很长,近年来的卫星资料表明这一地区的积雪面积各年之间有剧烈的变化,这种下垫面状态的巨大变化有可能是造成温度巨大变率的原因。而且这一地区冬春积雪面积的大小与我国东北夏季温度的高低有一定的关系^[4],这一点亦说明东北温度变化落后于这一地区的变化。

(2) 赤道东太平洋,近年来有不少研究者把这个地区看作产生气候异常的关键地区。从表 5 可知,它与东北温度相关系数的绝对值是七个地区中最高的,达 0.42。落后 5 个月时相关系数仍超过 95% 信度。东太平洋与东北的温度呈负相关,最大相关出现在东北温度落后 1—2 个月,而且落后三个月时相关系数仍比同期相关高,所以低纬度海洋对东北地区温度的影响比较缓慢,持续时间比较长。

(3) 印度地区与东北地区的温度也呈负相关,相关系数较赤道东太平洋小,但亦是以后东北落后一至两个月负相关最好。当落后四个月时相关系数已降至 0.10 以下。印度地区夏季温度的高低与当时季风强弱和雨量的多少有关,所以东北夏季温度与印度季风的强弱成正相关。

(4) 北美大陆的西北部,它的温度变化与东北温度是负相关,与其他地区不同的是东北的变化超前一个月时相关最好,为 -0.34 。从温度变率看,北美虽然亦是大变率区,但比亚欧大陆相对要小,而北美的变化又比东北要晚,所以很可能北美的变化亦受亚欧大陆变化的影响。

五、东北夏季温度的演变

关于东北冷夏和暖夏温度场的演变和发展,我们从东北温度自身的演变和纬向温度分布的变化来分析。从黑龙江省 23 个站 1968 到 1978 年平均温度距平功率谱密度的分布(图略)看,东北温度以 24—48 个月最为显著,亦就是三年左右的周期,其次是 7 个月左右和 2 个半月左右的周期较为明显。图 4 是黑龙江省 23 个站 1968—1978 年平均温度距平 6 个月的滑动平均曲线,平均三至四年有一次强的周期变化,1969、1972 和 1976 年出

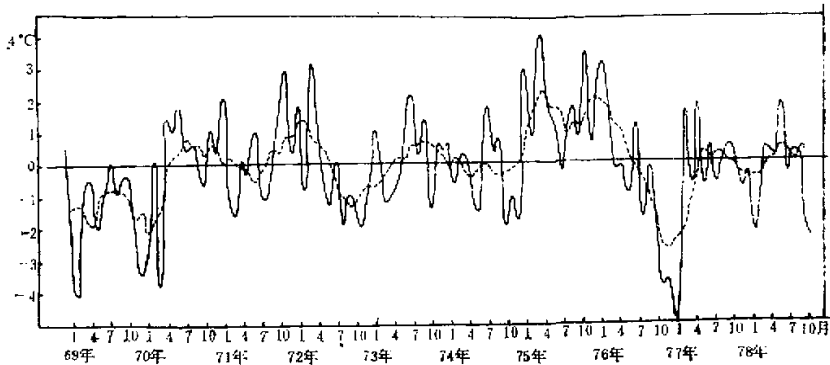
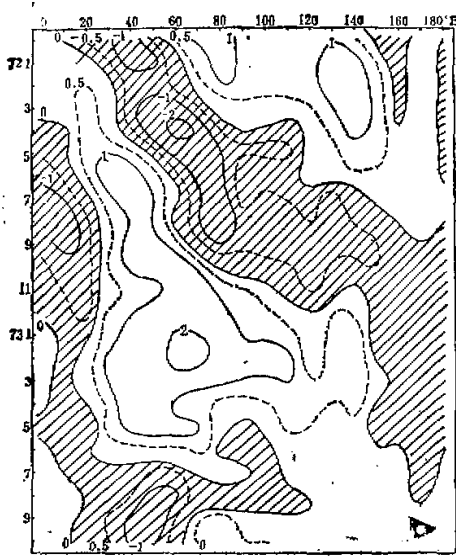


图 4 黑龙江省平均温度距平序列曲线(实线为月平均值,虚线为 6 个月滑动平均值)。

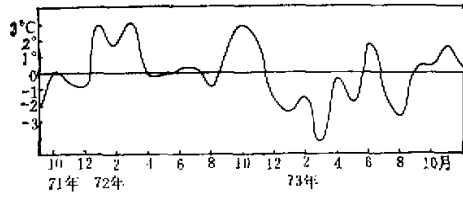
现最低值。另外每两年又有一次弱的振动分布在这些强振动之中，因此1971、1974和1978年有较弱的低点。每次强的振动周期中都有一次东北夏季低温出现。从每个月度的温度距平演变看，每年冬、春季节温度变化最大，这一般在夏季温度异常年的2—4月或者3—5月有一次大的征兆性的温度变化，从这次变化以后，这一年春夏的温度状况基本上没有很大的变化了。表6是七十年代冷夏年和暖夏年春季温度变化的情况，冷年距平温度明显降低，以后维持半年以上的负距平，暖年温度距平升高，以后有五个月或更长时间温度偏高，所以在预报东北低温时可以用分析温度序列曲线的变化作为一个依据，并注

表6 冷夏和暖夏年春季温度距平变化

冷 夏 年			暖 夏 年			
1969年3—5月	1972年3—5月	1976年2—4月	1970年3—5月	1973年3—5月	1975年2—4月	1978年2—4月
-1.5℃	-3.6℃	-3.4℃	+5.0℃	+0.7℃	+3.1℃	+2.6℃



(a) 40—50°N 温度距平时空演变图(阴影区为负值区)。



(b) 120—130°E 平均温度距平梯度(70—50°N) 变化。

图5

意由冬春温度变化的趋势,来确定本年夏季的温度。

图 5(a) 是 $40^{\circ}\text{--}50^{\circ}\text{N}$ 纬带上 1972—1973 年 $0^{\circ}\text{--}180^{\circ}\text{E}$ 温度距平值的时空变化图(六个月滑动值)。因为 1972 年是冷夏年, 1973 年是暖夏年, 所以我们用这幅图来表示冷、暖夏年温度场的发展和演变过程, 在图中我们可以看到尤如短期天气过程中槽脊的东西向移动, 温度距平中心亦是自西向东移动的, 影响东北夏季的冷、暖中心在当年的前期冬季和春季已经在欧洲西部建立了, 它有一个纬向传递的过程, 逐渐影响到大陆的东部。

下面我们再从南北向温度梯度来看东北夏季温度异常的演变和形成。图 5(b) 是 1972—73 年 $120^{\circ}\text{--}130^{\circ}\text{E}$ 、 $50^{\circ}\text{--}70^{\circ}\text{N}$ 温度距平梯度的变化曲线, 这两年中, 温度距平的梯度有几次周期性的变化。1972 年夏季, 温度距平梯度很小, 亦就是温度梯度比正常要小。但是在前期, 1972 年 1—3 月, 温度梯度却很大。而在 1973 年暖夏年时, 温度梯度的变化却相反, 冬季温度梯度比正常小得多, 而夏季温度梯度却明显的增加。所以这两年温度梯度的演变是相反的, 冷夏的前期, 温度梯度大, 南北斜压性大, 南北热量交换少, 这样的温度梯度维持了较长的一段时间, 能量累积到一定的时期后, 将由于斜压不稳定, 波动发展使位能变为动能, 并使南北热量交换加大, 极地冷空气向南输送, 而后温度梯度又变小, 而暖夏的演变就相反。

六、结 论

1. 东北低温或高温, 空间范围在 $30^{\circ}\text{--}40^{\circ}$ 个经度以上, 并且一般持续三个月以上。在严重的低温或高温时, 它们的空间尺度还要大得多, 时间尺度亦更长。

2. 全球温度场的分布, 冷夏时以经向分布为主, 南北热量交换大, 极地与中高纬度温度波的位相一致。暖夏时以纬向分布为主, 极地与中高纬度温度波位相差大, 南北热量交换弱。纬圈平均温度的分布亦是相反的。冷夏时赤道暖, 中纬度冷, 暖夏则相反。

3. 全球与东北温度相关大的有欧亚大陆中部、北美大陆北部、赤道东太平洋和印度, 前三个是全球温度变率大的区域。除欧亚大陆外, 其他三地区是负相关。赤道东太平洋的温度变化比东北温度的变化超前近半年, 欧亚大陆超前的时间略短, 北美大陆的变化落后于东北。所以东北温度变化的影响可能来自高纬度大陆和低纬度海洋, 但是它们的影响过程目前尚不十分清楚。

4. 东北冷暖夏年温度场的演变, 从自身的变化来看, 每年冬春之际的温度变化是关键。温度的变化与能量的累积和释放可能与指数循环过程有关, 但目前对这类时间尺度的指数循环过程的机制还不十分清楚。

参 考 文 献

- [1] 丁士昆, 东北低温冷害与粮食产量, 气象, 1980 年第 5 期。
- [2] 章名立等, 我国夏季东北低温与全球温度场的特征, 科学通报, 1980 年第 19 期。
- [3] 符淙斌等, 七十年代全球地面气温场的初步研究(二), 大气科学, 6 卷 4 期, 1982。

STUDY OF GLOBAL SURFACE TEMPERATURE FIELD IN 70'S (3)

—THE GLOBAL TEMPERATURE PATTERNS DURING THE COLD AND WARM SUMMERS IN THE NORTHEAST, CHINA

Zhang Mingli Fu Congbin

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica)

Wang Mingru Peng Xiaoxia Guo Jialin

(Meteorological Service of Heilongjiang)

Dong Hongnian Yu Tongjiang

(Meteorological Service of Jilin)

Zhang Biyue

(Meteorological Service of Liaoning)

Abstract

In this paper we analysed the relationship between the summer temperature in the northeast China and the global temperature patterns. It is shown that the appearance of cold or warm summer in the northeast China was not a local and transient phenomenon, but a reflection of the global climatic anomalies. The global temperature patterns for the cold and warm summers in the northeast China are quite different. When it was a cold summer in the northeast China, the temperature at the middle and high latitudes was lower than the normal, while at the low latitudes it was higher than the normal, and the meridional temperature difference at the middle latitudes was larger. When it was a warmer summer in the northeast China, it was slightly warmer at the middle and high latitudes, but colder at the low latitudes than the normal, and the zonal temperature difference was larger. We have also analysed the evolution of the temperature field during the cold and warm summers in the northeast China.