

东北地区冷夏、热夏长期预报的初步研究*

东北低温科研协作组**

提 要

使用1951—1978年北半球海平面气压、500毫巴、100毫巴月平均环流资料和太平洋海水表面温度资料,讨论了形成我国东北地区冷夏、热夏的环流和海温特征及其演变,得出了一些制作长期天气预报的着眼点和预报工具。

一、前 言

东北地区纬度较高,无霜期短,夏季温度状况对粮食产量的影响很大。1969、1972、1976等年夏季气温显著偏低,给农业生产带来很大危害;而1970和1975年夏季气温明显偏高,本地区为丰收年。可见做好东北地区夏季温度状况的长期预报,对夺取农业的稳产高产,有很大的意义^[1]。

农作物的低温冷害有障碍型与延迟型两种^[2]。前者指作物生长的某个关键时期,遭受较强的低温危害,使作物器官的发育受到很大障碍而造成减产;后者指作物在营养生

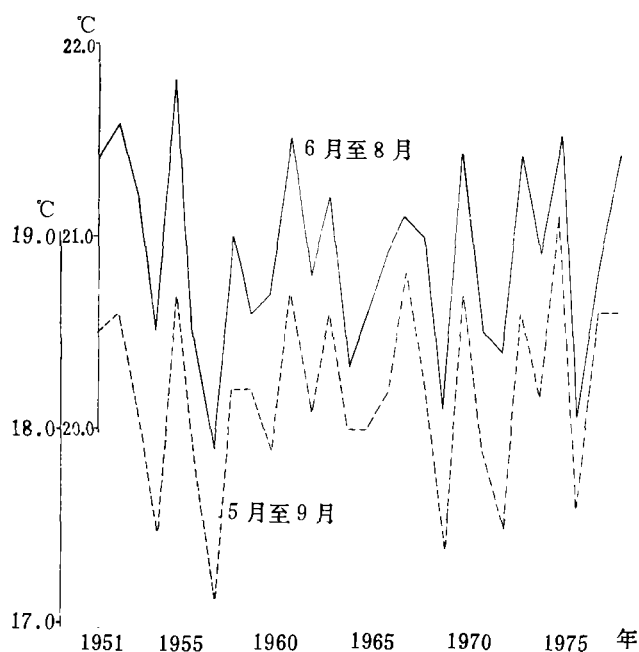


图1 东北地区十站的平均温度

* 本文于1979年4月15日收到。

** 参加本项工作的有黑龙江、吉林、辽宁三省气象台、部分地区气象台及中央气象台长期预报组的一些同志。张思恕、李小泉整理执笔。

长期遇有较长时期的低温,使生育延迟以致不能完全成熟而造成减产。夏季长期的持续低温,可能导致两种类型的冷害并发,造成大幅度减产。

选取海拉尔、嫩江、哈尔滨、佳木斯、牡丹江、长春、乌兰浩特、通辽、沈阳、赤峰等十个站的平均气温来代表东北地区的温度状况(图1)。可以看出,比较典型的冷夏年有:1957、1969、1972、1976等年;比较典型的热夏年有:1952、1955、1970、1975等年。

在形成日本夏季低温冷害的环流条件和长期预报方面,日本气象工作者作过不少研究工作^[3],吉林省气象台对造成吉林省夏季持续低温的环流特征和长期天气过程曾作了初步的分析^[4]。在这里,我们进一步整理了1951年以来的北半球海平面气压、500毫巴及1956年以来的100毫巴月平均环流资料,同时用了中国科学院地理研究所等单位整理的太平洋月平均海温资料,采取对比分析和相关分析的方法,讨论了东北地区冷、热夏与各层环流及海温状况的关系。

二、冷夏、热夏的环流和海温特征

1. 冷夏、热夏海平面气压场的特征

从典型的冷夏、热夏年6月至8月平均的海平面气压差值图(图2)可以看出,在北半球相当大的范围内,冷、热夏年海平面气压场的差异是明显的。几乎在整个 60°N 以北的地区,冷夏年的海平面气压高于热夏年,最大差值在泰米尔半岛附近,6月至8月其差值的和达13毫巴。可见,在冷夏年,极地附近有较多的冷空气聚集并不断向南扩散。来自极地的冷空气比较活跃,可能是造成东北地区冷夏的一个主要因素。

图2的另一个显著特点,是太平洋地区为大范围的负区,负变差超过4毫巴的区域几乎占据了整个东太平洋地区。这表明,冷夏年太平洋副热带高压(以下简称太平洋副高)要比热夏年明显偏弱。由此看来,暖空气的势力比较弱,可能是形成东北地区冷夏的另一个主要原因。我们进一步计算了东北地区夏季气温与6、7、8三个月海平面气压场各经纬度网格点的相关系数,其绝对值大于0.40(信度0.05)的网格点也标在图2上,它们明显地集中于两个地区:一个是极地附近的反相关区,一个是太平洋上的正相关区。这与典型年份分析的结果是完全一致的。

从海平面气压场来看,若夏季太平洋副高势力比较弱(强),亚洲大陆热低压不发展(旺盛),极地冷空气势力较强(弱)并频频(很少)向南扩散,这样的年份东北地区就容易出现冷(热)夏天气。

2. 冷夏、热夏500毫巴高度场的特征

图3(a,b)给出了典型的冷夏、热夏年平均500毫巴距平图。可以看出,差异是明显的:

(1) 在冷夏年, 50°N 以南为大范围的负距平区, 50°N 以北则以正距平占优势。表明这些年份的夏季,北半球盛行径向环流,冷空气也比较活跃,经常扩散到 50°N 以南的中低纬度一带。热夏年的情况则相反, 50°N 以北大部分为负距平区,而 30°N 至 50°N 的中纬度地区则出现了环绕整个北半球的正距平带,表明热夏年北半球盛行纬向环流,暖空气的势力较强,冷空气不易向南扩散。

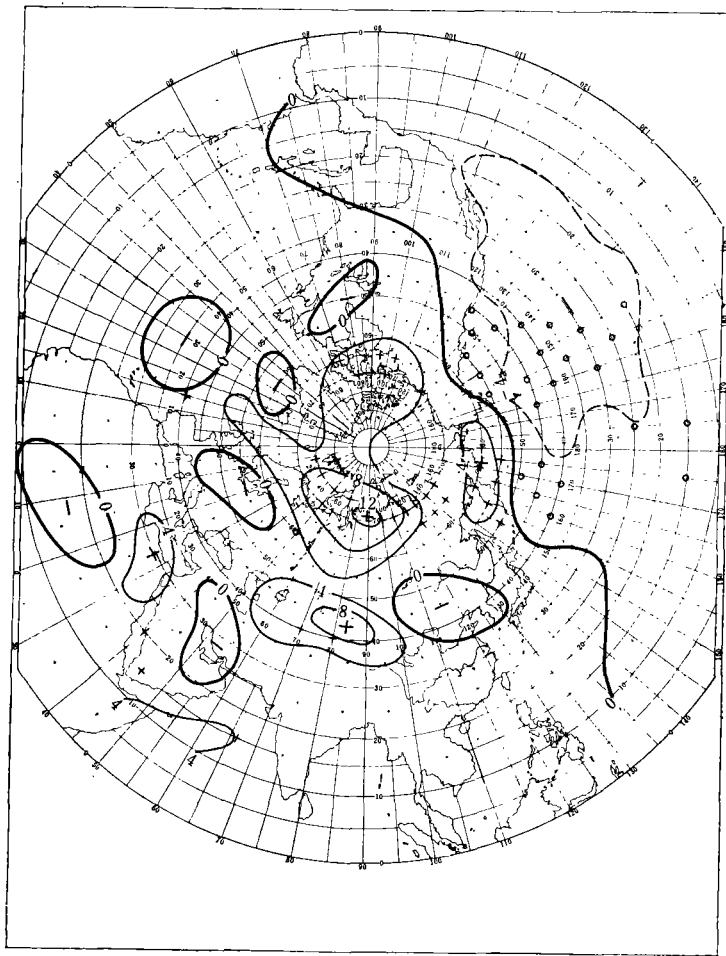


图 2 东北地区典型冷夏年与典型热夏年平均 6、7、8 三个月海平面气压差之和(毫巴)

- 为东北地区 6—8 月平均温度与各月平均海平面气压相关系数大于 0.40 的格点
- +

为东北地区 6—8 月平均温度与各月平均海平面气压相关系数小于 -0.40 的格点

(2) 从超长波槽脊的位置来看, 冷夏年在新地岛和乌拉尔山附近为范围较大的正距平区, 另一个正距平中心在阿拉斯加附近, 而我国大部分为负距平所控制, 负距平中心正好在东北地区, 表明这些年份从新地岛到乌拉尔山盛行超长波脊, 而我国东北地区则盛行超长波槽。热夏年的情况相反: 一个负距平中心在北美洲的东北部和格陵兰的北部, 另一个在乌拉尔山和泰米尔半岛一带, 而我国东北地区则为较强的正距平所控制, 表明热夏年我国东北上空盛行的是超长波脊。

我们进一步统计了历年 6—8 月的 18 个候中, 45°N 、 125°E 上空 500 毫巴候平均高度为正距平的候数。结果是, 典型冷夏年大都在 5 个候以下, 典型热夏年都在 11 个候以上, 其余年份则为 6 至 10 个候。这也表明亚洲大陆东岸超长波槽脊的持续稳定, 是形成东北地区冷、热夏的一个重要环流条件。

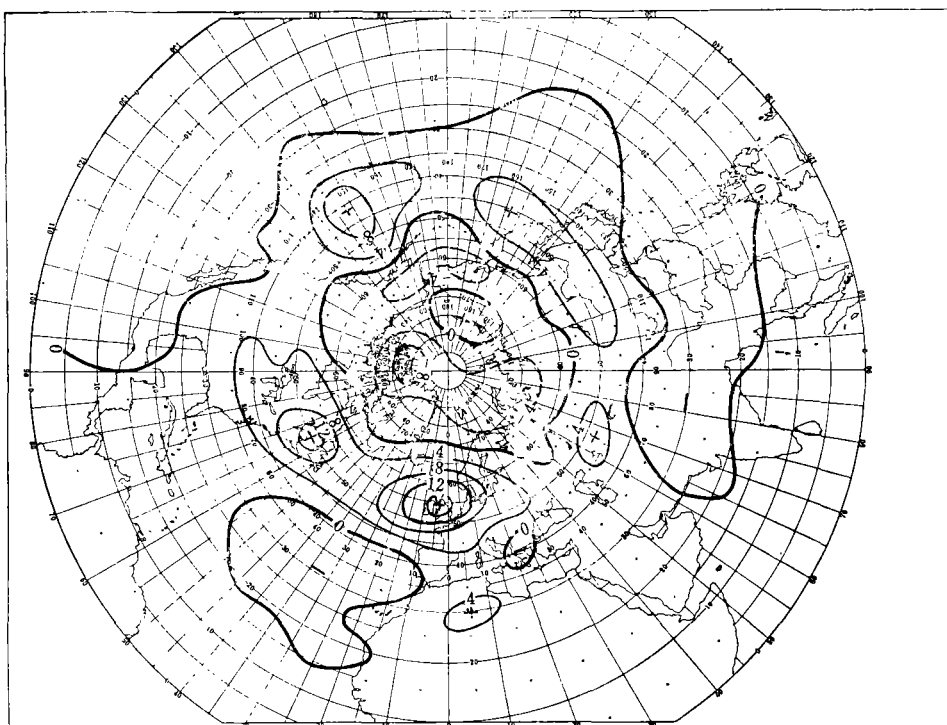


图 3(b) 东北地区典型热夏年 6—8 月 500 毫巴
高度距平和的平均 (位势什米)

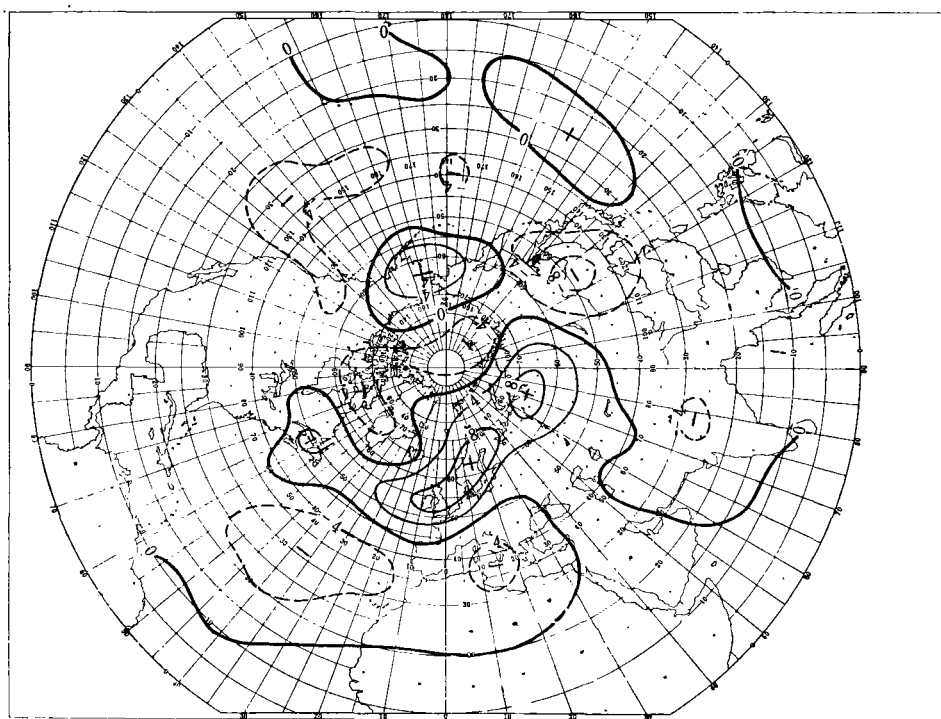


图 3(a) 东北地区典型冷夏年 6—8 月 500 毫巴高
度距平和的平均 (位势什米)

3. 冷夏、热夏的 100 毫巴环流特征

我们还作了典型冷、热夏年 100 毫巴平均高度和距平图(图略), 结果与 500 毫巴很一致。在冷夏年, 极涡明显偏于东半球太平洋一侧, 中心在白令海峡附近, 我国东北地区处于较强的亚洲大陆东岸超长波槽的后部, 南亚高压异常偏弱。与此相反, 热夏年极涡明显收缩并偏向于西半球大西洋一侧, 中心位于格陵兰附近, 我国东北地区处于高空超长波脊的控制之下, 南亚高压十分强大。同时, 冷夏年 100 毫巴高度上, 北半球有三分之二的地区为负距平, 尤其东半球几乎全部是负距平区。而热夏年, 北半球的绝大部分是正距平, 对比十分明显。这可能意味着, 这两种情况下, 在北半球相当大的范围内, 冷暖空气活跃的程度是很不相同的, 前者冷空气势力比较活跃, 后者暖空气势力比较活跃。

4. 冷夏、热夏的太平洋海温分布特征

对比东北地区典型冷、热夏年平均的太平洋海温距平(图 4 *a, b*), 可以看出, 它们的分布很有规律, 对比明显。冷夏年西太平洋为大范围负距平区, 沿 $30^{\circ}\text{N}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 向东伸出

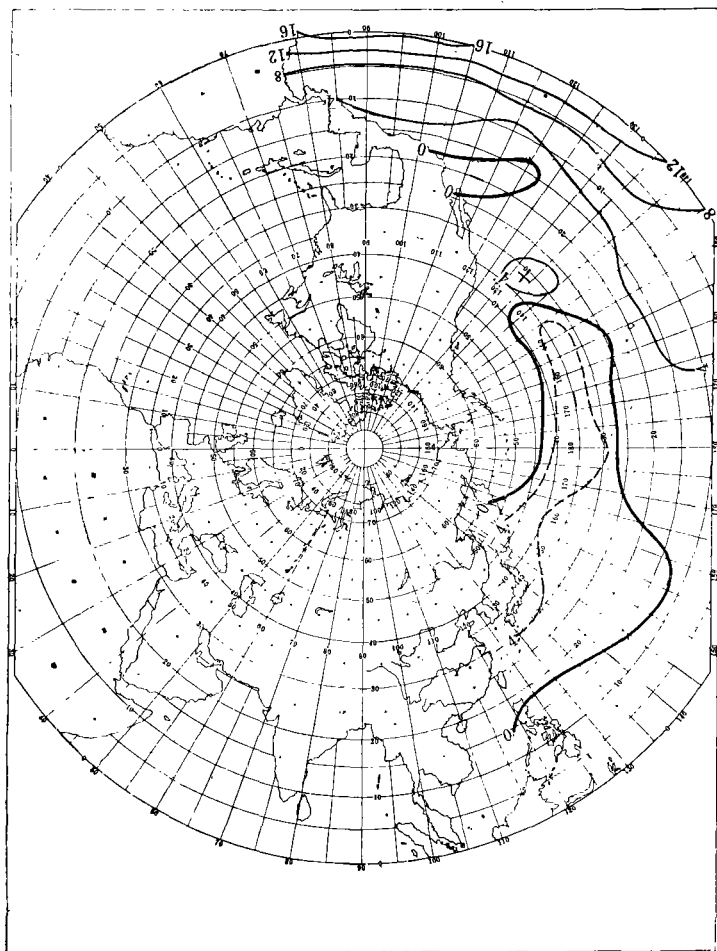


图 4(a) 东北地区典型冷夏年 6 月至 8 月海表温度距平和的平均(单位: 0.1°C)

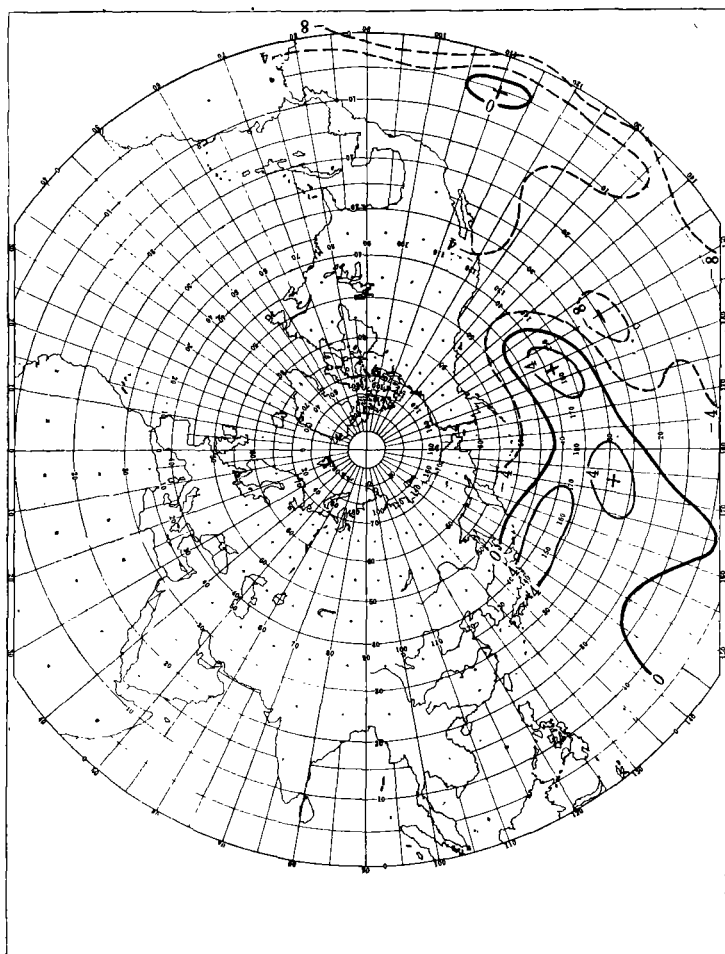


图 4(b) 东北地区典型热夏年 6 月至 8 月海表温度
距平和的平均(单位: 0.1°C)

一条较强的负距平带, 东太平洋则为大范围正距平区, 最大值出现在东太平洋的赤道附近。热夏年相反, 西太平洋为大范围正距平区, 大致沿 30°N 出现了呈东西向分布的较强的正距平带。东太平洋则为大范围的负距平区, 尤其是赤道冷水区为强负距平带。

综上所述, 形成东北地区冷、热夏的环流条件和海温状况是很不相同的, 表明东北地区夏季温度异常, 不是局地的现象, 而与北半球大范围的环流条件有关^[4]。

三、冷夏、热夏前期环流和海温的演变

1. 海平面气压

为了分析形成冷夏、热夏海平面气压场的演变过程, 我们分别作出前一年 9 月到当年 5 月各个月份典型冷、热夏年平均的海平面气压图, 再计算它们的差值, 归纳成图 5 (a, b)。从图 5 (a) 上可以看到:

前一年 9 月到 12 月, 主要的正变差集中在北太平洋、北大西洋及西欧一带, 而欧

亚大陆和北美大陆则主要是负变差区域,这反映出,在冷夏年的前一年由秋到冬,是以阿留申低压和冰岛低压不发展,欧亚大陆上的冷空气也不活跃为特征的;而热夏年则相反。

隆冬以后,正变差明显地集中于欧亚大陆,尤其是泰米尔半岛到乌拉尔山至欧洲一带;而主要负变差的区域,差不多都处于北太平洋,北大西洋和极地附近(图 5b)。与图 2 比较可以看出,典型的冷、热夏年前期的后冬到春季,海平面气压场的配置与夏季的情况比较一致,而前一年秋季到前冬的情况大致相反。看来,冷夏年冷空气的活跃,平均来说可能是从隆冬季节开始的,它可以持续到夏季,从而形成东北地区的冷夏。热夏年的情况则相反。

我们进一步计算了东北地区夏季平均温度与前一年秋季以来逐月北半球海平面气压场的相关系数(用 1951—1974 年资料计算,其余留作独立样本检验,下同,图略),我们看到,有些相关区的天气学意义是比较清楚的。例如,达到统计显著性水平(信度

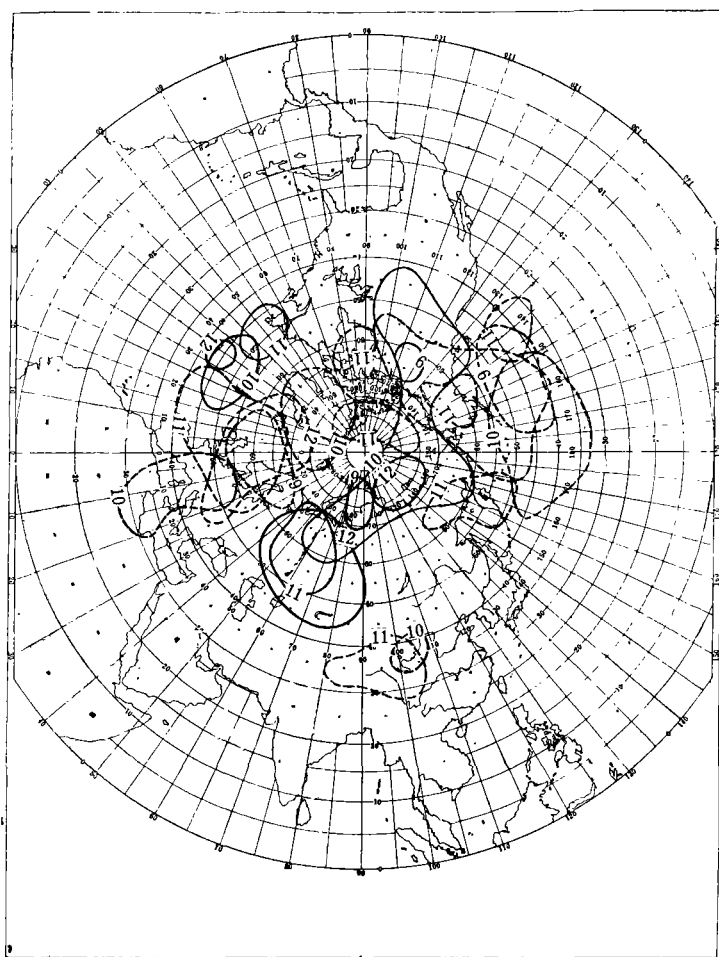


图 5(a) 东北地区典型冷、热夏前一年 9 月至 12 月各月平均海平面气压的差值,实线(负变差)、虚线(正变差)勾划出差值超过 4 毫巴的区域,数字为月份

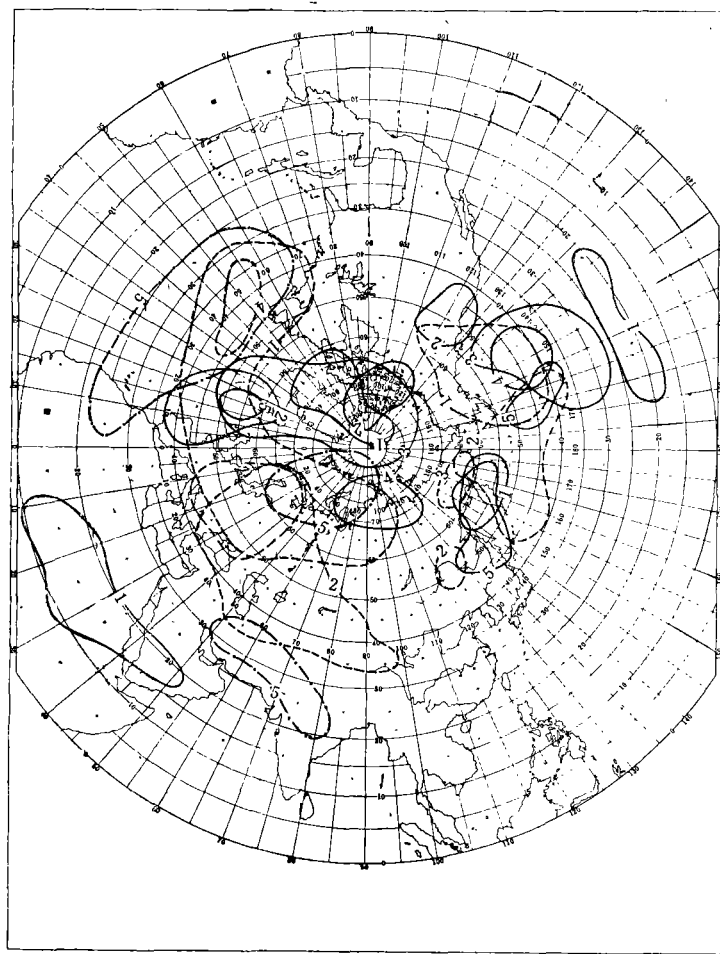


图 5(b) 东北地区典型冷、热夏当年 1 月至 5 月各月平均海平面气压的差值(图例同图 5(a),点断线为差值超过 2 毫巴的区域)

0.05)的大范围正相关区,差不多都集中出现在太平洋及其邻近的区域,而且,从 12 月到 5 月几乎每个月都有,这可能与太平洋高压有较强的持续性有关。又如,在前一年的 10 月份,阿留申低压所在的地区及其西南部为大范围的强负相关区,这正是上述热夏年前期,秋季阿留申低压发展强盛而冷夏年阿留申低压不发展的反映。

2. 500 毫巴

(1) 北半球距平中心的演变

分析东北地区冷、热夏年前期北半球距平中心动态图的演变情况,与^[4]的结果十分一致,即冷夏年前期,负距平中心有从极地缓慢地向中纬度地带移动的趋势,正距平中心的移向则相反,新地岛、泰米尔半岛至叶尼塞河一带,负距平中心比较集中,并逐步向东南移动,到夏季,负距平中心基本上稳定在东北地区附近。而热夏年前期,秋冬季欧亚大陆,特别是 30—100°E 地区,没有什么极地强冷空气入侵,以正距平占优势,而西欧和大西洋上,则是负距平中心的集中区,它正好与冷夏年的情况相反。若前一年

秋季, 冬季欧亚大陆, 特别是 $30-100^{\circ}\text{E}$ 这个区域正负距平相间, 则夏季气温多为正常情况。

(2) 西风带剖面图的演变

为了解西风带超长波槽脊的演变情况, 我们制作了历年从前一年 9 月到当年 8 月沿 50°N 的 500 毫巴旬平均高度距平剖面图。图 6 是几个明显的冷、热夏年主要正负距平中心轴线的综合图。可以看到, 冷夏年亚欧范围多以负距平占优势, 秋季负距平中心轴线多在 90°E 以西; 隆冬季节则集中在 $30-100^{\circ}\text{E}$ 的区域, 负距平的强度最大; 到了夏季, 大致出现在 $100-130^{\circ}\text{E}$ 的地区, 这就是与形成东北地区冷夏的超长波槽相对应的负距平中心。热夏年, 在秋季和前冬, 亚欧地区主要的正距平中心轴线多在 60°N 以西; 隆冬到春季, 则在 $40-100^{\circ}\text{E}$; 而在夏季, 则多处于 $100-150^{\circ}\text{E}$ 的范围内, 与热

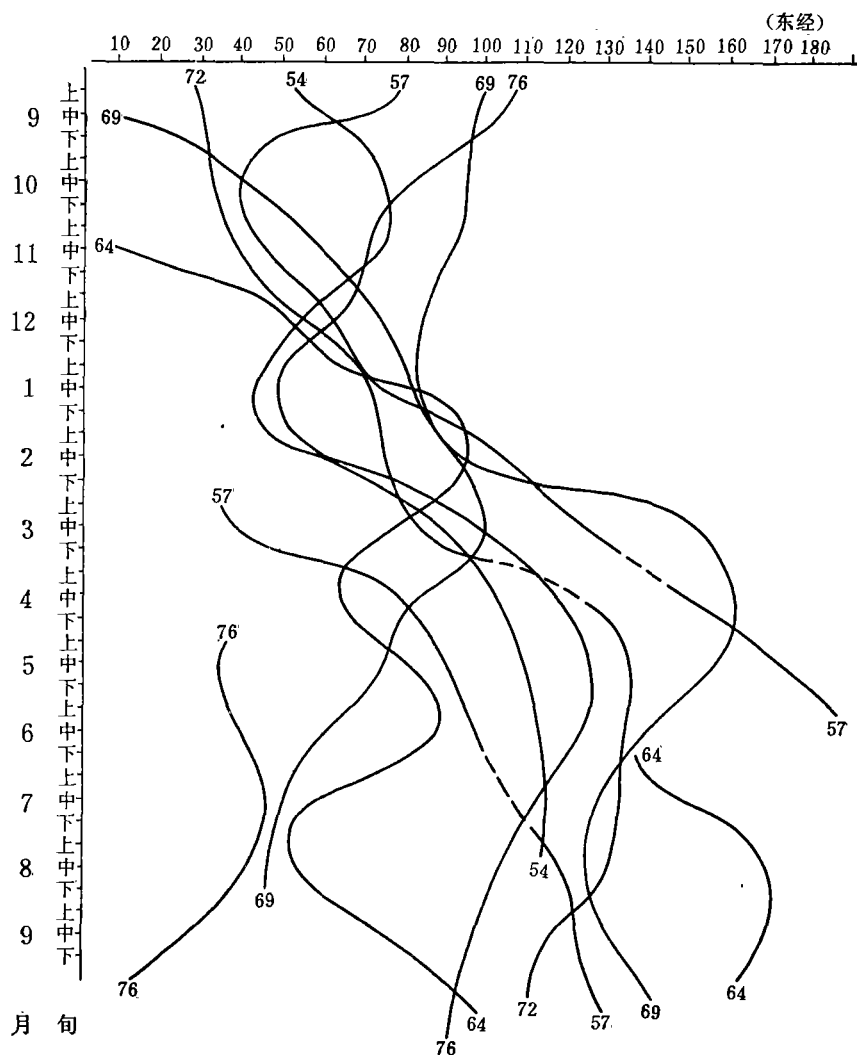


图 6(a) 东北地区冷夏年负距平中心轴线综合图(数字为年份)

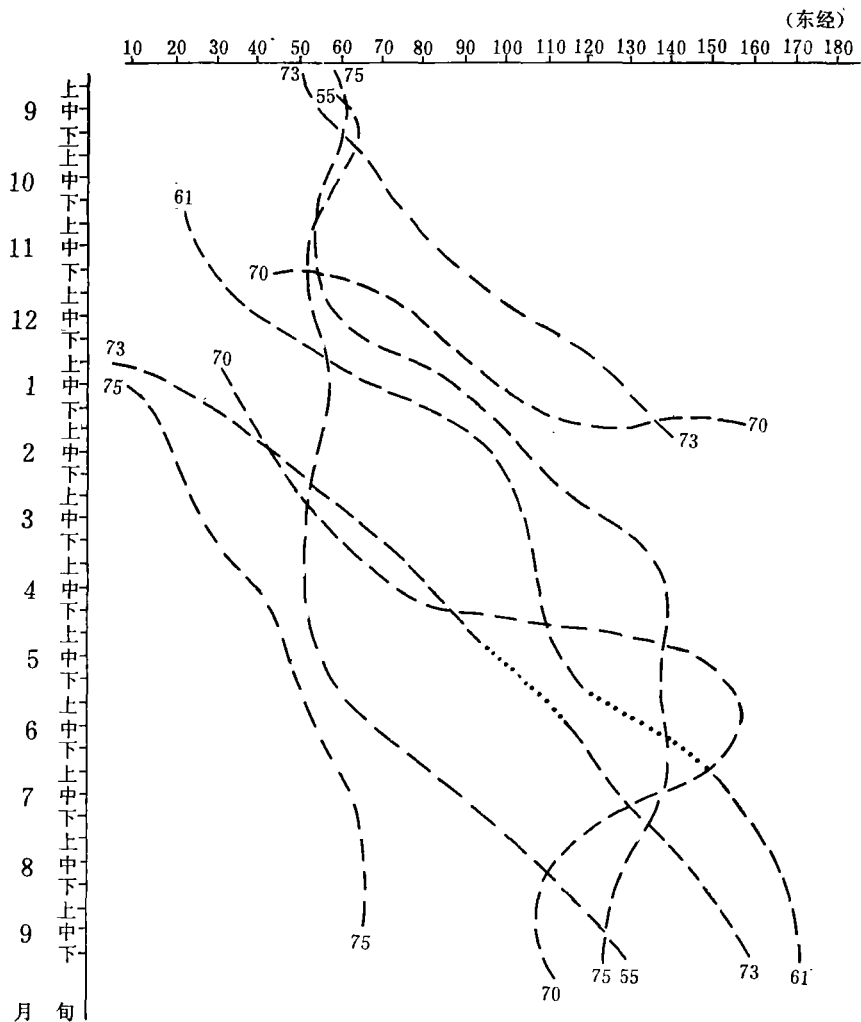


图 6(b) 东北地区热夏年正距平中心轴线综合图(数字为年份)

夏年控制东北地区的超长波脊相对应。在夏季温度正常的年份，剖面图距平中心的分布比较零乱，轴线移动的规律也不太清楚。

(3) 西太平洋副热带高压的演变

图 7 给出了东北地区冷、热夏年前期西太平洋副热带高压的平均面积指数^[5](110—180°E 地区 500 毫巴高度大于 588 位势什米的格点数)的演变曲线。平均来说，冷夏年副高从前一年秋季至当年夏季是持续偏弱的，热夏年相反，是持续偏强的，差异最大的是前一年 10 月至当年 2 月，这正是西太平洋副高有较强持续性^[5]的反映。

(4) 东北地区夏季温度与其前期 500 毫巴高度的相关

分析东北地区夏季温度与前一年 9 月至当年 5 月各个月份的北半球 500 毫巴高度的相关场，可以看到，有些相关区显示出其前后有一定的连续性，例如(见图 8)，前一年 9 月份在新地岛附近出现了一片相关系数的中心数值 $r=0.48$ 的正相关区，随着时间的

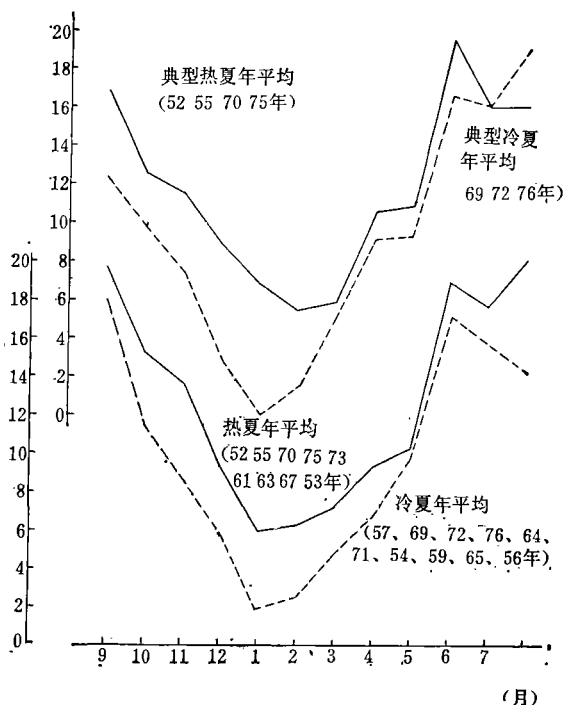


图 7 西太平洋副热带高压面积指数演变曲线

推移逐渐向东、向南发展、移动, 隆冬季节的 12 月和 1 月份, 正相关区出现在乌拉尔山到贝加尔湖一带, 范围最大, 中心数值为 0.56—0.59; 5 月份以后到达东北地区并稳定下来。这个正相关区的变化是与前述由秋到夏西风带长波槽、脊的建立和逐步东移是相联系的。这与典型年份的分析结果完全一致。看来, 这样的相关区是有一定的物理意义的。此外, 在太平洋中部和西欧至大西洋东岸, 也分别有连续出现的正、负相关区, 前者可能与太平洋副高的持续性有关。

3. 100 毫巴

在东北地区, 夏季气温与前期各月 100 毫巴高度场的相关较差。值得注意的是在太平洋地区上空连续出现了相关系数 ≥ 0.30 的正相关区, 从前一年 10 月至当年的 2 月, 在同一地区附近摆动, 仅范围大小略有变化, 与 500 毫巴的情况很一致。

4. 太平洋海温

计算了前期各月太平洋的海表水温与东北地区夏季温度的相关系数(图略), 我们看到, 前一年 10 月到当年 1 月, 反相关区集中在阿留申群岛南部, 正相关区则出现在赤道太平洋东部, 即阿留申低压和太平洋副高活动的地区, 表明海温的变化可能是通过这两个大气活动中心来影响东北地区夏季温度的。我们进一步统计了历年逐月赤道太平洋东部地区(10°S — 10°N 、 180 — 80°W) 范围内, 每隔 5 个经纬度网格点上的海温距平绝对值 $\geq 1.0^{\circ}\text{C}$ 的点数(图 9)。可以看到, 东北地区夏季气温一般与上一年该区的海温存在着正相关, 与当年同期该区的海温呈反相关。特别是当赤道太平洋东部地区出现大范围持续两年以上的负距平时, 未来东北夏季气温显著偏低(如 1957、1972、1976 年),

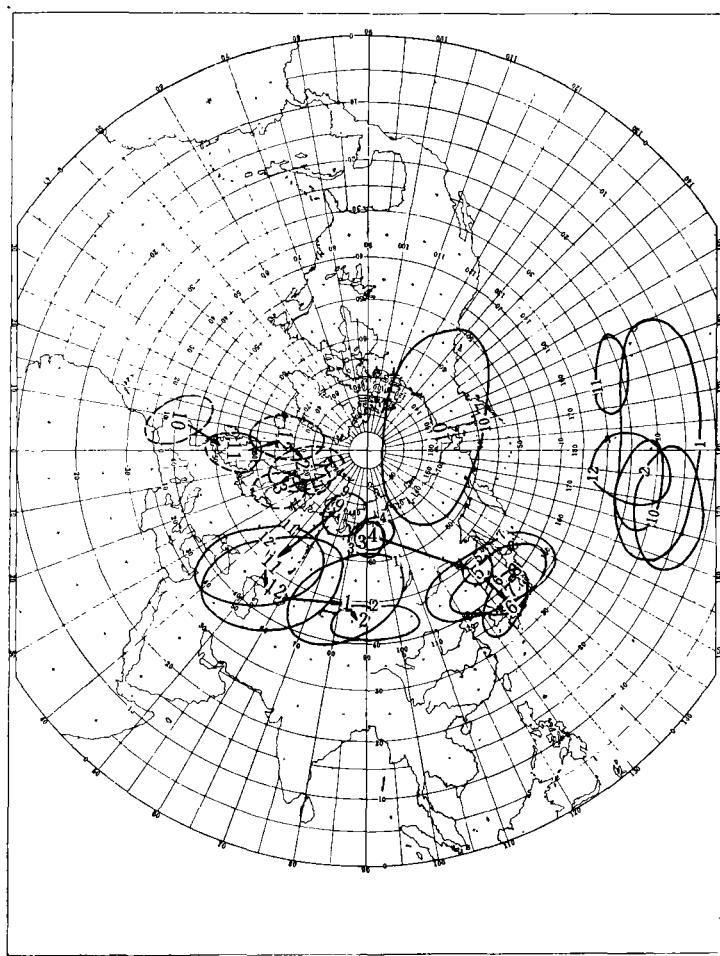


图 8 东北地区 6—8 月平均气温与前一年 9 月至当年 8 月 500 毫巴月平均高度场的主要相关区演变图(相关系数 $|r| \geq 0.40$, 太平洋地区 $r > 0.35$, 实线正相关, 虚线反相关, 数字为月份)

出现大片持续一年以上的正距平时, 未来东北地区夏季气温一般不低(如 1958、1966、1970、1973 年)。因此, 赤道太平洋东部地区出现持续的海温异常, 应引起我们的注意。

四、东北地区夏季气温的长期预报

1. 定性的预报判据

通过对前期环流和海温场的演变分析, 可以初步概括为如下定性的预报判据:

(1) 当海平面气压场由秋到冬, 阿留申低压不发展(发展), 大陆冷高压较弱(强), 到了后冬至春季, 阿留申低压和冰岛低压发展(不发展), 大陆冷高压较强(弱)时, 则有利于出现东北冷夏(热夏)天气;

(2) 当 500 毫巴月平均距平场从前一年 9 月到当年 2 月, 欧亚大陆, 特别是 30—

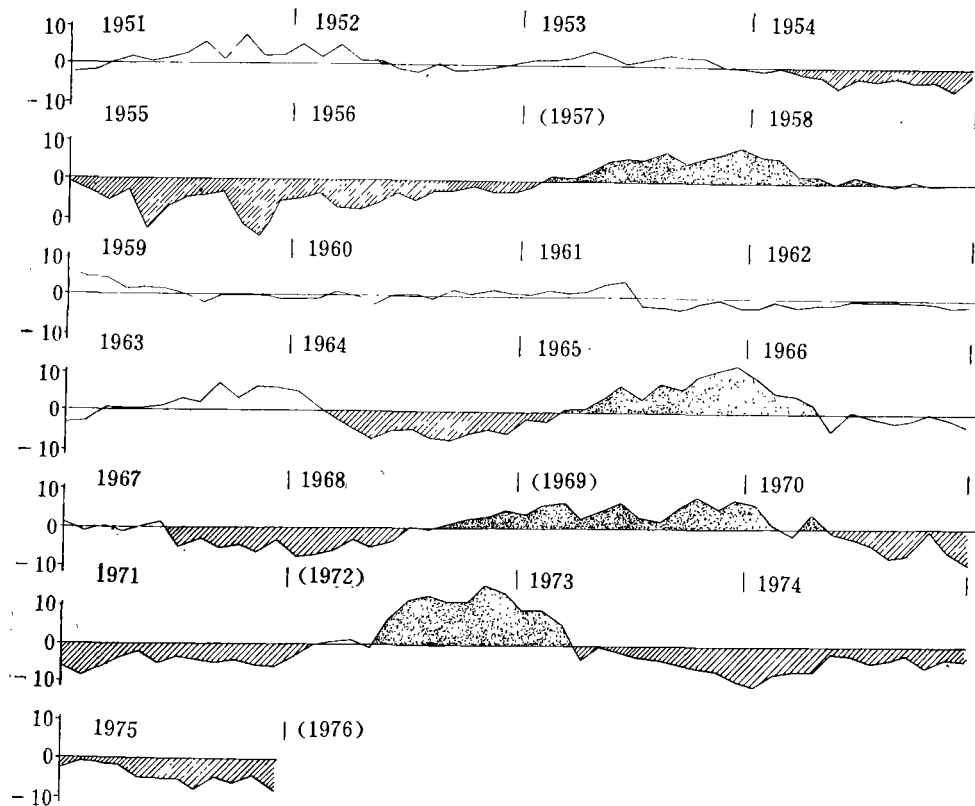


图 9 东太平洋赤道地区(10°S — 10°N 、 180 — 80°W)月平均海温距平的绝对值大于 1.0°C 的格点数 (正距平为正, 负距平为负, 括号为东北地区的典型冷夏年)

100°E 之间的地区以负(正)距平为主, 有负(正)距平中心自极地附近向南或东南方向移动, 西风带在东欧到乌拉尔山一带, 有超长波槽(脊)发展并缓慢东移, 西欧及大西洋是超长波脊(槽)和正(负)距平集中的区域, 则有利于出现东北地区的冷夏(热夏)天气;

(3) 在 500 毫巴和海平面气压场上, 从前一年秋季开始, 西太平洋副高持续偏弱(强)时, 有利于当年东北地区出现冷夏(热夏)天气;

(4) 太平洋海温场, 从前一年 10 月到当年 1 月, 太平洋北部和西北部为持续的正距平区; 南部和东南部为持续的负距平区, 特别是赤道太平洋东部地区, 海温出现持续二年以上的大范围较强的负距平时, 则有利于东北地区出现冷夏天气。反之, 有利于出现热夏天气。

2. 预报图和回归方程

为了便于实际预报的应用, 根据前面的分析和讨论, 我们制作了一些预报工具, 例如:

(1) 在上述的距平中心动态图上, 把 30 — 100°E 范围内出现的正、负距平中心值, 从上一年的 9 月到当年 2 月求其代数, 其值与东北地区夏季平均气温呈较好的线性关系,

在 6—8 月，相关系数为 0.83；5—9 月，为 0.72。对 1975、1976、1977、1978 四年进行试报，效果尚好(图 10)。

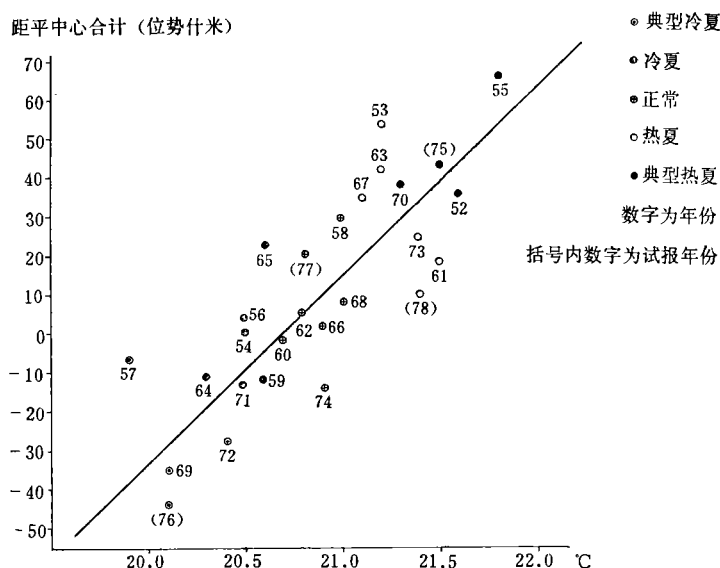


图 10 东北地区 6—8 月平均气温与前一年 9 月至当年 2 月 $\left(\begin{smallmatrix} 30-100^{\circ}\text{E} \\ 35-85^{\circ}\text{N} \end{smallmatrix} \right)$ 距平中心合计值的关系

(2) 在图 8 中，亚欧大陆中部和太平洋中部大体上连续演变的相关区，分别反映了前期西风带超长波槽、脊和太平洋副热带高压的活动与东北地区夏季气温的关系。在这两组相关系数大于 0.40 (个别月份因相关区太小而取 >0.35) 的范围内，对上年 9 月到当年 2 月的距平值分别求和。以这两个因子作成预报图，则冷、热夏年可完全分开。对 1975—1978 年进行试报，效果尚好(图略)。

(3) 回归方程

在东北夏季温度与海平面气压场的相关图中，选取相关系数比较高、范围大又有一定天气学意义的区域，计算它们各网格点的海平面气压值的和，组成 15 个预报因子。用逐步回归方法，对东北地区 6—8 月平均气温建立预报方程(表 1)。可以看到，对于热夏的 1975 年、冷夏的 1976 年和接近常年的 1977 年，独立样本检验的预报效果都较好，但 1978 年预报失败。

表 1 回归预报方程的效果

	1951—1974 年历史资料 拟合平均误差(°C)	独立样本预报 (°C)			
		1975 年	1976 年	1977 年	1978 年
$F=2.0$	0.141	21.347	20.413	20.954	20.366
$F=3.0$	0.185	21.190	20.681	21.038	19.987
$F=4.0$	0.255	21.519	20.759	21.430	20.497
实 况		21.5	20.1	20.8	21.4

五、结 语

通过以上分析, 我们看到:

1. 东北地区冷、热夏季的出现, 与北半球大范围内各层环流形势以及太平洋的海温状况有密切关系, 它们的环流特征具有明显差异, 也显然存在不同的长期天气过程。

2. 从各层环流以及太平洋的海温状况来看, 形成东北地区冷、热夏季的长期天气过程, 早在秋、冬季节就已表现出了各自的特点, 尤其在冬季反映得比较明显。因此, 比较正确地作出东北地区冷、热夏季的长期预报是可能的。

3. 影响东北地区夏季气温的因素有两个方面, 即来自极地的冷空气和来自副热带地区的暖空气。要做好东北地区夏季温度趋势的长期预报, 必须把握好这两个方面的因素, 分析它们之间的相互联系、相互制约的关系。要着重注意以下几点:

(1) 欧亚大陆, 特别是 $30-100^{\circ}\text{E}$ 范围内, 是否有持续南下的冷空气活动。反映在高空图上, 这一地区是否有较强的持续稳定的和缓慢东移的超长波槽、脊存在及其位置的变化, 注意超长波槽、脊和伴随它们的较强正、负距平中心的活动规律;

(2) 阿留申低压、冰岛低压、太平洋副高这些大气活动中心的演变及其长期天气过程;

(3) 北太平洋海温距平场的分布形式及正、负距平区的移动和发展情况, 特别是赤道太平洋地区是否出现海温的持续异常。

参 考 文 献

- [1] 中央气象局气象科学研究所一室农气组, 低温对东北三省粮食产量影响的初步分析, 气象科技资料, 1976 年, 第 4 期, 农业气象附集。
- [2] 佐竹彻夫、小泽行雄, 冷害, 黑龙江气象科技, 1978 年第 2 期。
- [3] 日本气象厅, 季节预报指针, 昭和 47 年(1972 年)3 月。
- [4] 吉林省气象台, 造成我省夏季(5—9 月)持续低温的长期天气过程及其动力分析的初步探讨(初稿), 单行本, 1977 年。
- [5] 中央气象台长期天气预报组, 长期天气预报技术经验总结, 1976 年。

A PRELIMINARY STUDY ON THE LONGRANGE FORECASTING OF THE COLD/WARM SUMMER IN NORTHEAST CHINA

North-east China Cold Summer Research Group

Abstract

Based on the analysis of hemispheric surface, 500mb, 100mb monthly mean flow and the Pacific Sea Surface temperature patterns 1951—1978, predictors and regression equation are found for the forecasting of the cold/warm summer in Northeast China.