

东北地区春季气温异常环流背景分析

王 冀^{1,3} 江志红¹ 张艳梅² 韩艳凤³

(1 南京信息工程大学, 南京 210044; 2 贵州省六盘水市气象局, 六盘水 553001;

3 辽宁省鞍山市气象局, 鞍山 114004)

摘要 利用东北地区 99 个测站近 40 年(1960~2000 年)的春季 3~5 月气温资料与同期全球范围的温度场、高度场、风场资料,分析了东北地区春季冷、暖年的大气环流异常及要素场的空间分布特征。结果表明:冷春年,东北地区处于高度场的负距平中心,中层以上高纬地区有阻高或暖脊维持;东亚大槽指数的高值年对应东北高温,而低值年则对应东北低温;冷、暖春年的温度场的垂直分布十分深厚,冷春年东北地区主要受偏北气流影响,从地面到对流层顶均处于温度负距平中心内,纬向风在东北地区呈正距平分布,西风带势力较强,暖春年则相反。

关键词 东北地区 气温异常 大气环流特征

引言

东北地区纬度偏高,气候比较寒冷,气温年际变化较大,气温异常经常发生。东北地区低温造成的灾害具有影响面积大、危害程度重、发生频率高、持续性强等特点,因此,加强对东北地区低温发生规律的研究有着深远而重要的意义。近年来很多气象学者对东北地区低温问题做了研究^[1~5],结果表明,我国东北地区气温异常主要是由于大尺度环流异常造成的,影响我国东北地区气温异常的主要环流系统有东亚季风、南亚高压、极涡等。

前人对东北低温的研究,大多集中在东北地区的冬季和夏季气温异常的分析,对于东北春季低温异常的环流特点及物理过程的研究还不够充分,随着全球气候变暖,东北地区农作物的生长期有所提前,尤其是高新农业的迅速发展,春季气温异常对农作物的影响也更加明显。

本文利用东北地区近 40 年(1960~2000 年)春季 3~5 月气温资料及同期全球逐月高空资料,研究了典型冷、暖春年的环流异常和各要素场分布特征,力图比较全面地分析东北春季低温的发生、发展规律和形成机制,为气象决策服务提供一定的科学依据。

1 资料和方法

(1)1960~2000 年全球网格($0^{\circ} \sim 360^{\circ}$, $90^{\circ} \text{S} \sim 90^{\circ} \text{N}$),17 个高度层(1000~10 hPa)的逐月高度、温度、风场资料。

(2)1960~2000 年东北地区(辽、吉、黑 3 省以及内蒙古东部地区)99 个测站 1960~2000 年春季(3~5 月)逐月平均气温资料。

利用春季平均气温距平作为衡量冷、暖年的标准,定义距平值大于 1.5°C 为暖年,小于 -1.5°C 为冷年,得到比较典型的冷、暖年列入表 1。

表 1 东北地区春季冷(低温)、暖(高温)年

低温年					高温年				
1962	1965	1970	1971	1973	1966	1969	1975	1981	1983
1974	1976	1980	1984	1987	1989	1990	1992	1993	1996
					1997	1998	2000		

采用合成分析和 t 检验方法,对春季气温异常的环流背景和要素场进行合成分析,并使用 t 检验方法对各要素的差值场进行显著性检验。

(1)合成分析方法是指以不同的气候态 A、B 为标准,将变量场 x 分成两样本 $x_i(1)$ 、 $x_i(2)$,并对 $x_i(1)$ 、 $x_i(2)$ 分别进行合成,从而分析在 A、B 两种气候态下,变量 x 有无明显不同,或者说 A、B 两种

气候态是否对变量 x 有显著影响。

(2) t 检验方法^[6]

计算 t 值的公式:

$$t = \frac{\overline{x_i(1)} - \overline{x_i(2)}}{\sqrt{\frac{n_1 \hat{\sigma}_1^2 - n_2 \hat{\sigma}_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (1)$$

式(1)中 n_1 、 n_2 分别为冷、暖年数, $\overline{x_i(1)}$ 、 $\overline{x_i(2)}$ 是第 i 格点冷、暖年的平均值, $\hat{\sigma}_1^2$ 、 $\hat{\sigma}_2^2$ 分别是第 i 格点冷、暖春年的均方差。

2 东北地区冷春、暖春年环流背景分析

图1为冷、暖年 500 hPa 高度场距平和冷、暖年高度差值分布。从图1可以看出,暖春年 60° N 以上的高纬度地区大部分为负距平,30° ~ 60° N 的中纬度地区出现环绕整个北半球的正距平带,正距平的范围大、强度高;东北地区有 40 dagpm 的正距平中心,纬向正距平带状区域横贯整个北太平洋地区。表明这些年份暖空气势力较强,冷空气不易向南扩散。而冷春年 500 hPa 东北地区有 - 20 dagpm 的负距平中心,纬向负距平带状区域一直从我国东北延伸到东太平洋,横贯整个北太平洋地区。60° N 以南为大范围的负距平区,60° N 以北的中高纬度地区以正距平占优势,75° N 以北为绕极的负距平区,冷空气比较活跃。

从超长波槽脊的位置来看,冷春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,而我国大部为负距平所控制,负距平中心正好在东北地区。表明冷春年从新地岛到乌拉尔山盛行超长波脊,而我国则盛行超长波槽。这种“西高东低”的走势有利于极地冷空气南下,入侵东北地区,造成春季低温。暖春年的情况相反,一个负距平中心在北美洲的东北部和格陵兰的北部,另一个在乌拉尔山北部至新地岛一带,而我国东北地区则为较强的正距平所控制,表明暖春年东北上空盛行的是超长波脊,这种形势引导极地冷空气只向西入侵西伯利亚地区。

对春季冷、暖年高度差值场(图1c)做 t 检验,发现两种状态确实存在差异,差值显著区一个位于高纬度极涡附近,另一个位于东北地区以及东北东部的鄂霍次克海地区(50° N, 120° ~ 140° E),这一地区是东亚大槽经常活动的地方。从上面分析可以看出,极涡强度和东亚大槽的异常变化对东北地区春季气温有显著影响。

为了说明东亚大槽对东北地区春季气温的影响,根据崔晓鹏等^[7]对东亚季风指数的定义,并根据郭其蕴等^[8],选取的东亚大槽位置,选定(110° ~ 130° E, 40° ~ 50° N)区域,对高度场进行标准化,求得区域平均,再经过标准化求得东亚大槽(强度)指数,记为 H_{500} ,将结果列入表2。

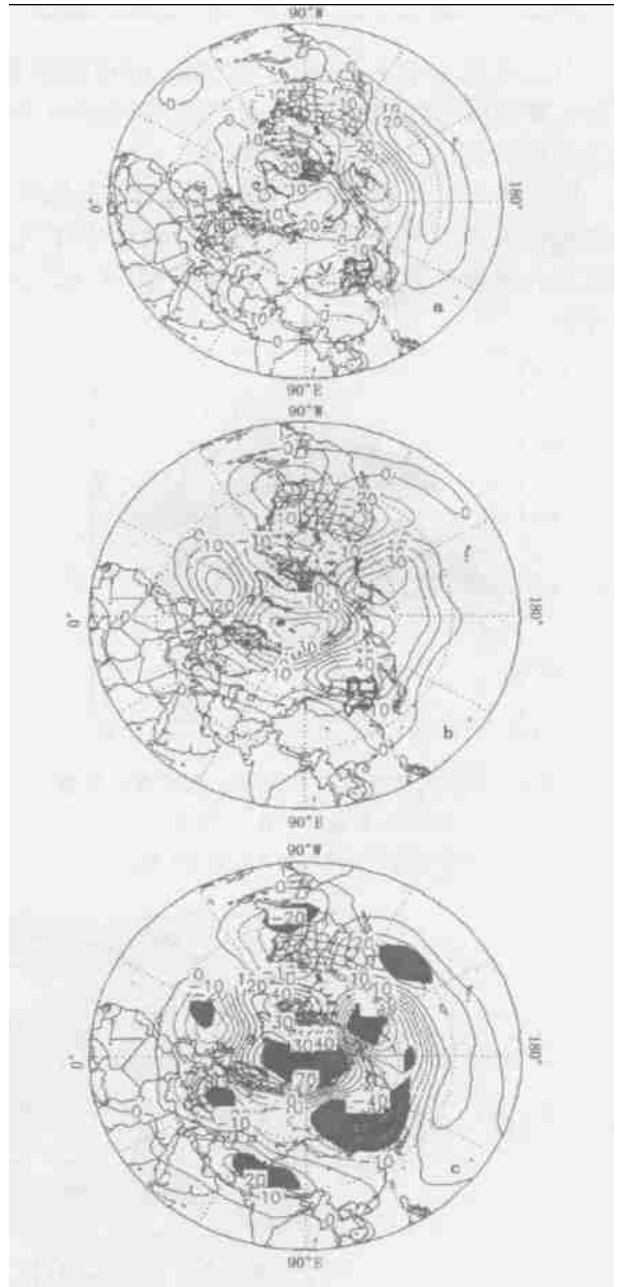


图1 冷春年(a)、暖春年(b) 500 hPa 高度场距平和冷春年与暖春年 500 hPa 高度场差值(c)分布(等值线间隔 10,单位: dagpm,阴影部分是通过信度为 0.05 显著性检验区域,黑粗线区域为东北地区及内蒙古东部,下同)

表2 1960~2000年春季东亚大槽指数

年代	年份									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	-0.474	-0.700	-0.374	-0.880	-0.700	-0.802	-0.624	-1.460	-1.980	-1.186
70	-0.700	-0.802	0.382	-0.624	-1.459	0.259	-1.976	0.400	-0.136	-0.580
80	-1.186	1.096	0.532	0.335	-0.829	0.373	-0.253	-0.497	-0.932	0.801
90	1.575	0.854	0.914	0.543	0.083	-1.739	0.010	1.313	2.655	-0.214
2000	-0.229									

H_{500} 高值表示上述地区 500 hPa 出现正距平, 东亚大槽偏弱, 其上游西北气流偏弱, 东亚地区冷空气活动较弱; 反之, 冷空气活动较强。

图2 给出了东亚大槽指数与东北地区各站春季气温的相关系数分布, 可以看出东北地区春季气温同东亚大槽指数的相关很好, 全部通过了 0.05 的信度标准。

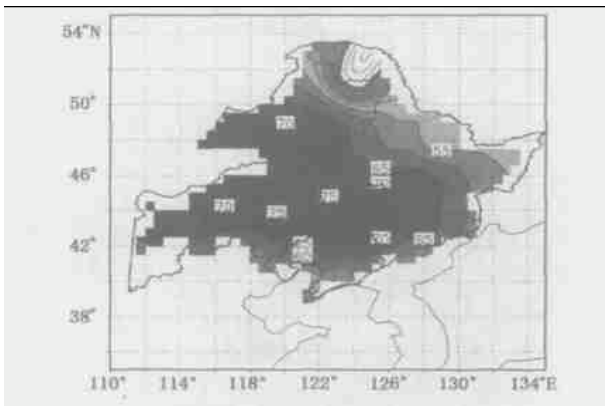


图2 东亚大槽指数与东北地区各站春季气温的相关系数 ($\times 10^{-2}$) 分布 (阴影部分是通过显著性检验的区域)

3 东北地区冷春、暖春年要素场特征分析

在东北地区春季气温异常时, 流场、纬向风等要素场的差异也比较明显。

图3 给出了东北冷春、暖春年 850 hPa 流场。由图可见, 在暖春年东北地区处在南风区内, 有 2 支南风气流在东北地区汇合, 一支是太平洋的偏东气流在东北地区转向; 另一支是位于南海南部的偏南气流在 30° N 分成两支, 其中一支与太平洋地区偏东气流汇合, 输送到东北地区; 还有一支继续向北输送在贝加尔湖地区与偏西气流汇合后, 一起输送到东北地区。

在冷春年, 40° N 以北的东北地区偏北风或西风占主导地位, 有一支强劲的北风气流从阿留申低压后部经由鄂霍次克海到达贝加尔湖地区, 转成西北风向东北地区输送。

图4 是东北地区冷春、暖春年纬向风分量的距平图。可以看到, 在暖春年, 以西太平洋为中心的纬向风负距平分布非常明显, 负距平中心位于 40° N、180° ~ 140° W, 中心值为 -1.5 m/s; 东北地区也处

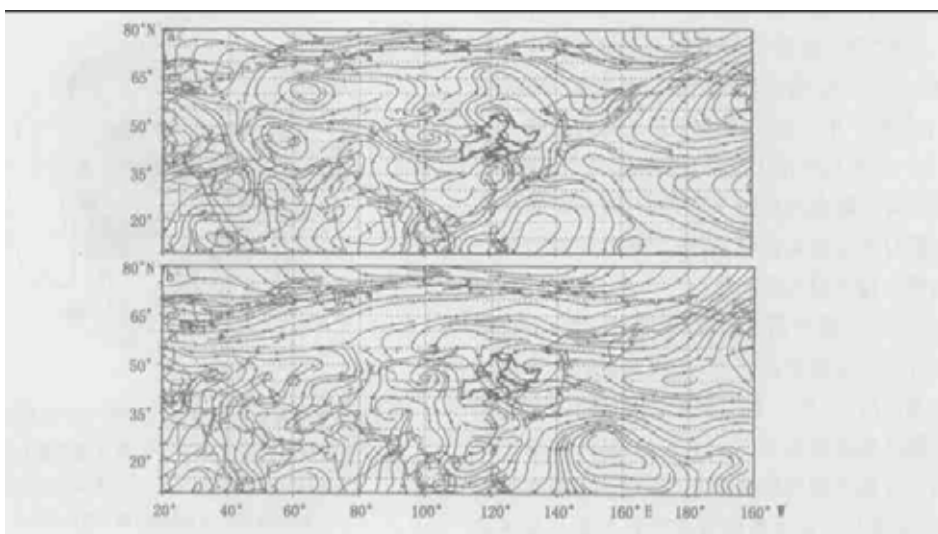


图3 冷春(a)、暖春(b)年 850 hPa 流场

于负距平区内,表明在这一地区西风强度减弱。东北地区北侧有纬向风的正距平中心存在,中心值为

2 m/s,位于 70°N,100°~120°E 附近。说明暖春年西风在高纬度地区加强。

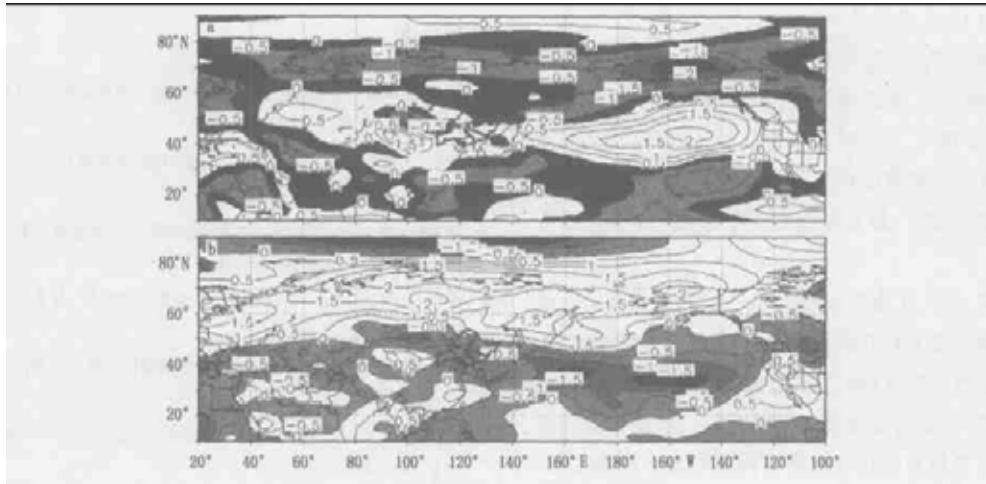


图 4 冷春、暖春年 850 hPa 纬向风分量距平 (a.冷春年,b.暖春年,单位:m/s,阴影代表负距平)

在冷春年,纬向风距平从南向北呈“- + -”分布,高纬度和极区是纬向风的负距平,负距平区中心位于 70°N,60°~100°E,中心值为 - 1 m/s。低纬度也存在纬向风的负距平分布,说明东北地区发生春季低温时,纬向风在高纬度和低纬度地区减小,西风带强度减弱。而东北地区纬向风为正距平,其正值区域沿纬向分布,说明低温年西风带强度在中纬度

地区增强。由此可以看出,西风带的强弱也是影响东北地区春季气温的主要因素。

为了解东北地区春季气温异常时温度场的分布特征,首先对冷、暖年春季各高度层温度资料(1000~100 hPa)做 110°~130°E 平均,再绘制春季温度距平的纬向-高度剖面图(图 5),分析冷、暖春季温度场的垂直分布结构特征。

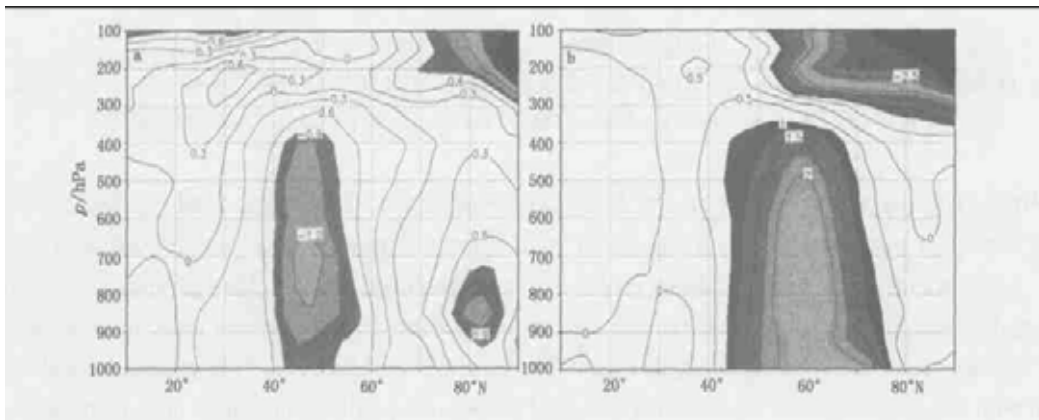


图 5 冷春(a)、暖春(b)年温度纬向-高度剖面图 (单位:℃,阴影代表距平大值区)

由图 5b 可以看到,在暖春年,东北地区上空存在正距平区域,由低层一直延伸到对流层顶,近地面地区到对流层中层为 2℃的正距平中心。表明春季高温时,东北地区受暖空气控制,冷空气被限制在高纬度地区的对流层高层和低纬度地区。

区域,从近地面一直延伸到对流层高层(300 hPa),负距平中心为 - 1.5℃,表明春季低温时,东北地区上空冷空气势力十分强大,而低纬度地区暖空气势力十分薄弱,使冷空气维持在东北,形成该地区的低温天气。

在冷春年(图 5a),东北地区有一温度的负距平

4 结论和讨论

(1) 东北地区春季低温时,阿留申低压和内蒙古高压增强,冷空气活动频繁。在中层 500 hPa 高度场上,暖春年,东北地区盛行纬向环流,暖空气势力较强;冷春年,北半球盛行经向环流,冷空气比较活跃。从长波槽脊的位置来看,暖春年东北地区上空盛行超长波脊;冷春年盛行超长波槽,冷空气南下频繁。

(2) 定义了东亚大槽指数,发现该指数与东北地区春季气温有较好的相关,东亚大槽指数为正时,东北地区气温较高;反之,气温较低。

(3) 东北地区春季气温异常时,流场、风场和温度等要素场的变化也具有不同的特点。在冷春年,东北地区主要受偏北气流影响,西风带在东北地区加强,而暖春年刚好相反。冷、暖春年的温度场垂直分布十分深厚,东北地区上空有伸展至对流层顶的接近正压的温度-高度距平结构,暖春年,东北地区

从地面到对流层顶都处于温度的正距平中心内,冷春年东北地区则处于温度的负距平中心内。

参考文献

- 1 郭其蕴. 中国东亚季风的变化与中国气温异常的关系. 应用气象学报, 1994, 5(2): 218 - 225
- 2 施能, 朱乾根. 大气环流年代际变化问题. 气象科技, 1995, 23(2): 36 - 45
- 3 于淑秋, 林学椿, 徐祥德. 中国气温的年代际振荡及其未来趋势. 气象科技, 2001, 31(3): 136 - 140
- 4 廖荃荪. 80年代我国气温与大气环流变化的关系. 气象, 1990, 16(11): 24 - 29
- 5 李小泉. 北半球及分区的 500 hPa 极涡面积指数. 气象, 1986, 12(增刊): 15 - 17
- 6 施能, 古文保. 大气环流异常分析中使用合成方法的一个问题. 气象, 1993, 19(9): 32 - 34
- 7 崔晓鹏, 孙照勃. 东亚冬季风强度指数及其变化的分析. 南京气象学院学报, 1999, 22(3): 322 - 325
- 8 郭其蕴. 中国气候变化与东亚季风. 见: 中国历史气候变化. 济南: 山东科学技术出版社, 1996. 468 - 483

Spatial Characteristics of Anomalous Circulation in Cold/ Warm Years in Spring in Northeast China

Wang Ji^{1,3} Jiang Zhihong¹ Zhang Yanmei² Han Yanfeng³

(1 Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044; 2 Liupanshui Weather Bureau, Guizhou Province, Liupanshui 553001; 3 Anshan Weather Bureau, Liaoning Province, Anshan 114004)

Abstract: By using the global temperature, height, and wind data of 40 years from 1960 to 2000, the anomalous features of global circulation in spring in cold/ warm years in Northeast China were analyzed. It is concluded: in cold spring years, radial circulation prevailed in the troposphere; the Mongolia high and the Aleutian low strengthened at the lower-level, and cold air systems were more active; above the mid-level, there was a blocking high or warm ridge in the high-latitude region. The variation of the East-Asia Trough Index has a close relation with spring temperature. The variation of vertical temperature distribution extended up to the tropopause in cold/ warm years. In cold spring year over Northeast China, north winds prevailed and the westerly was relatively strong; a negative temperature anomaly center extended from surface to tropopause, while a positive zonal wind area lay across Northeast China. In warm spring year, vice versa.

Key words: Northeast China, temperature abnormality, anomalous circulation