

全球温度场的变化过程

章 名 立

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

本文用地面气温距平值的经向和纬向时空剖面图分析温度长期变化的过程。在不同的气候带温度变化的过程是不同的。在北半球的西风带,温度变化先发生在大陆的西部,由距平中心自西向东的移动可看出逐渐传递到大陆的东部。热带的温度变化先出现在东太平洋,印度洋和大西洋的变化落后于东太平洋,东太平洋的温度变化由距平中心逐渐扩大而向西影响到西太平洋。副热带地区温度变化主要是受到南北两侧传入的影响。在太平洋上温度变化的南北方向传递主要发生在西太平洋,东太平洋不明显。

一、引 言

对七十年代全球地面气温场的研究^[1-4]中,我们发现全球不同地区异常气温的出现不是一些孤立的、互不相关的个别现象。如果在某一地区、某一时段出现异常的冷或暖,这种现象常常是一次世界性的气候异常在这一地区的反映,在全球很多地带都会出现异常,只是在时间、强度和范围上并不是完全一致的。在全球的某些地区,它们的温度常是先于其它地区而变化,其主要现象有:

(1) 从全球各纬圈平均温度的变化来看,赤道和高纬度极地区域的变化先于中纬度。如果赤道或高纬度极地区域出现异常的高温或低温中心时,过若干时间后中纬度地区亦会出现类似的温度变化。

(2) 全球存在几个温度变率最大中心。它们位于亚欧大陆中西部、南极和赤道东太平洋等。北美大陆是个次大中心。这些地区的温度变化对全球其他地区的气候影响很大。存在着从这里向外的温度变化的传播,因此有可能这些气温变率中心是全球性气候异常的灵敏点。

这些现象启示我们,全球大气温度虽然千变万化,分布十分不均一,但是它的变化是有规律的,存在着内在的统一。一些气候变化的异常点并不是孤立的,突发的,很可能它是从某些地区首先出现,亦可能这些地区变化最为剧烈,然后逐渐影响到其他地区。亦就是说存在着气候变化的源地。为了进一步弄清这些问题,本文对七十年代地面气温场作了进一步研究分析,通过温度距平值的经向和纬向时空剖面图来观察温度长期变化的过程,所用的资料是 1969—1978 年十年各月地面气温距平在各个经纬度的格点值,用六个

月的滑动平均值来绘制时空剖面图(由于作了滑动平均,滤去了温度的短周期变化)。

二、纬向温度变化和东西向的传递过程

我们把北半球分成四个纬圈来观察它们的温度变化过程。这些纬圈是:极地带 70° — 80° N、中高纬度地带 40° — 60° N、副热带 20° — 30° N 和赤道地区 10° S— 10° N。从他们的变化来看大致可以分为三种类型,即极地区域和中高纬度属于一种类型,副热带地区和赤道地区各属于一种类型。下面分别讨论它们的变化特点。

1. 中高纬度地带的温度变化

40° — 60° N 平均气温距平的纬向变化(图 1, 图中仅取 1971—1975 年时段,其他图同, 70° — 80° N 剖面上的变化类似), 温度距平中心不是孤立地零乱地分布着的, 它们好像是短期天气过程中的长波扰动一样, 存在温度距平值的纬向波动。在整个纬圈上, 主要呈现两个波的扰动, 这些波动系统并不是停滞不动的, 而是缓慢地自西向东移动。从波动的发展来看, 一个波发展在亚欧大陆的西侧, 大约在 20° — 40° E 附近, 经过半年到三个季度的时间, 移到大陆的东侧 120° — 140° E 附近, 以后波动在入海时或者继续东移时减弱或消失。另一个波动的发展地区是北美大陆的西侧, 大约在 140° — 120° W 附近, 在这里发展的温度距平中心有两类, 它们是从西边海上移入后加强的, 或者就在这一带产生的。它们同样是在发展后东移到北美大陆的东岸, 然后又在海上减弱消失。纬圈方向这两个波动常常同时在两大洲的西侧发展。有的时候, 一个温度距平系统从亚欧大陆西部发展以后, 可以沿着纬圈移动一周, 它们在陆地上发展得比较强, 移入海上减弱, 当重新在北美登陆时又一次发展。绕整个纬圈一周大约是三年时间。例如 1971 年秋季在 20° E 附近出现的一个负距平系统, 这个系统绕了纬圈一周。当它影响到 20° W 附近时已是 1974 年的夏秋季节。

温度距平值的变化在中高纬度地带大约是二至三年一个周期, 与赤道附近热带地区的三至四年的周期振荡相比, 周期较短, 所以高低纬度之间温度距平的变化并不是很一致的。

从上面温度距平沿纬圈方向的时空剖面图我们可以看到有以下几个值得注意之点:

(1) 温度距平中心的活动和它对于短期气候异常的作用说明了可能存在时间尺度为一个月以上的天气系统。在 500mb 高度距平值 6 个月滑动平均时间剖面图(图略)上反映出高度距平中心有与地面气温距平中心相应的活动。它的位置比气温距平中心略偏东。在 1969—1978 年这十年中一些重要的短期气候异常都是与距平中心的异常发展和活动有关。如 1972 年我国东北夏季出现异常低温, 而且当年夏秋北半球温度的分布^[1], 在中高纬度大部分地区以偏冷为主, 尤其是亚欧和北美两大洲的东部。在图 1 中可以看到夏季 6—8 月负距平区的范围为 60° — 160° E 和 170° W— 0° , 最大温度距平值为 -3.1°C (6 个月滑动平均值), 负距平区从 1971 年秋季已形成于大陆的西岸, 但是此时中心值还较小, 到 1971—1972 年冬季开始发展, 并逐渐向东移动, 其中心位置分别在 40° — 60° E 和 130° W。在其西侧是发展较强的正距平中心。500 毫巴高度距平中心的分布与地面气温

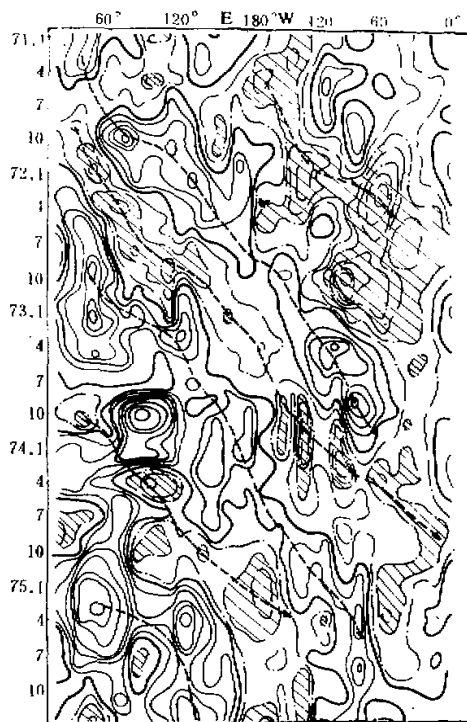


图1 40—60°N 平均气温距平线向时空剖面图

(粗实线为零线,虚线为负,实线为正,间距 0.4°C)

距平中心是相对应的,所以此时环流的经向发展明显。另一个异常冷年是 1976 年,它的形势与 1972 年很相似。对于北半球中纬度偏暖的年分^[1],如 1970、1973、1975 年,从冬季开始温度和高度场的分布与上述两年的形势完全相反,在冷年为负距平区的地方暖年却变为温度和高度场的正距平区,并且向东移动。所以在过滤了短期的天气系统后,揭示了影响短期气候异常的温度和高度距平中心的活动,从它们的活动规律来看有可能反映存在时间尺度为一个月以上的天气系统,值得我们进一步的证实和探讨。

(2) 海陆分布对温度场分布的影响。这个纬度带内陆地面积很大,占了一半以上的区域,它包括亚欧大陆和北美大陆。温度场两个波的分布正好与这两个大陆相对应。距平中心沿纬圈方向的配置和演变、发展显然是与海陆分布有关的。

(3) 图 1 中温度变化在陆地上比海上要大,如 60°E 附近十年中温度距平值的变化达 6—7°C,而海上的变幅最大仅 3°C 左右。前面已经指出温度距平系统在两个大陆的西半部发展,这里正是温度变率最大的区域。当温度距平中心移入海区时减弱,这里是温度变化小的地区。因此在中高纬度,从温度变率大的地区向外传递温度变化,传递的表现是距平中心从西向东移动,带来东部地区温度距平值的相应变化。

在 40—60°N 纬圈内虽然温度场是两个波,但是并不是完全对称的。一般说亚欧大

陆上系统的发展比较强,北美大陆上的波动有时是由亚欧大陆上的波动经过海上传入时又一次得到发展的。在这十年内,东半球偏暖,西半球偏冷。亚欧大陆上暖中心发展比北美大陆上强,而冷中心却在北美较强。温度波的东传现象在高空同样亦是存在的。1000—500mb 平均厚度距平时空剖面图(图略)上,对应于地面上每一次温度距平中心的变化,高空温度场亦有一次距平中心的变化。但是在亚欧大陆上空,负距平比正距平强,亦就是高空比地面较正常偏冷,所以在东半球中高纬度温度层结在七十年代内不稳定性是增大的。

2. 赤道地区的温度变化

图 2 是赤道地区 (10°N — 10°S) 纬圈内的平均温度距平时空剖面图。比较图 2 和图 1, 两者的差异较大, 主要的不同点有:

(1) 中高纬度温度距平值变化约为二至三年一个周期, 而赤道上变化缓慢, 约为三至

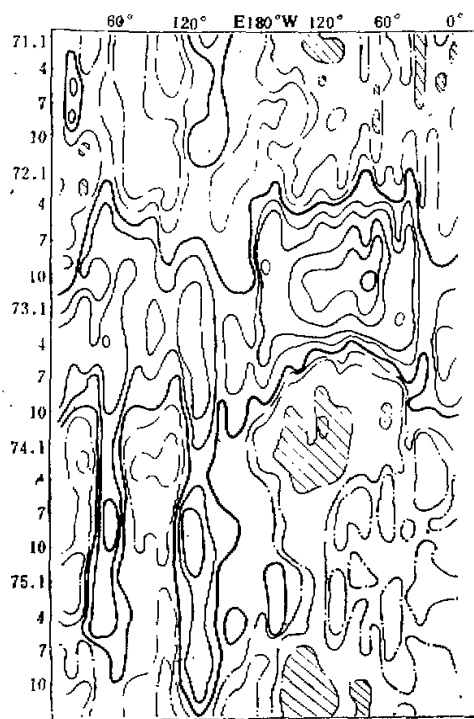


图 2 10°N — 10°S 平均温度距平纬向时空剖面图(说明同图 1)

四年的周期,七十年代中期以来,四年的周期较为明显。

(2) 温度距平场的纬向分布在中高纬是以二波为主,但是在赤道上温度距平值近于均匀分布。

(3) 中高纬度温度距平中心自西向东移动,反映了温度变化的向东传递,但是在赤道上温度距平中心并不移动。

在赤道地区,海洋面积远比陆地面积大,这里温度场的变化更具有海洋气候的特性,再加上赤道上接受的太阳能年变化比中高纬度要小得多,所以温度变化比中高纬度小。这个纬度带内变率最大的地区在赤道东太平洋,它的变化大约是同纬度其他地区的四倍^[2],并且出现得早。从图 2 中,我们可以得到,它首先发生在 $80^{\circ}\text{--}130^{\circ}\text{W}$ 范围内,逐渐形成中心,但并不移动,只是停留在原地,范围逐渐向东西两侧扩大。最后几乎同纬圈的距离值都是同符号的。所以,与中高纬度相同的是,在同一纬圈内,温度变化是有先后的,都是先出现在变率最大的地区,然后影响到其他地区。不同的是赤道地区距平中心并不移动。由于赤道地区温度变率最大出现在海上,下垫面热状况变化缓慢,温度距平中心维持时间比陆地上要长,所以温度变化似乎是通过扩散过程影响其他地区,它有可能是由洋流和信风来传递的。一般从东太平洋向西太平洋传递大约需要三个季度或者更长的时间。但是这种传播在 $110^{\circ}\text{--}130^{\circ}\text{E}$ 和 $30^{\circ}\text{--}50^{\circ}\text{E}$ 两个地区出现中断现象,这里的温度距平分布与同纬度其他地区并不一致。这两个地区是赤道上的陆地区域。在中高纬度,温度变化先发生在陆地,在大陆上传播,遇到海洋减弱或中断,但是在赤道上正好相反,从这里可以看高低纬度之间海陆影响的差异。在赤道上印度洋和大西洋亦各有一个温度距平中心,时间比东太平洋落后一个季度到半年,所以印度洋的变化反而比西太平洋早。三大洋上温度变化的响应可能不是质量输送来完成的,其原因并不清楚,可能是海洋上的某种固有的振荡引起的。

3. 副热带地区的温度距平变化

$20^{\circ}\text{--}30^{\circ}\text{N}$ 纬圈内的温度分布既不像热带海洋上那样整个纬圈很均匀的现象,亦不像中高纬度成二波分布。这里温度距平波长较短。整个纬圈有三至四个以上的波,温度变化的纬向传递很不清楚,这里没有距平中心从西向东移动,亦没有像赤道东太平洋上那样的温度距平变化向外扩散影响。从中高纬度和赤道地区的温度变化来看都是先出现在大

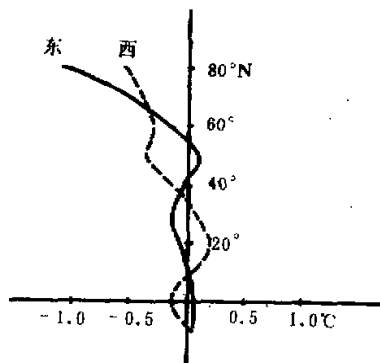


图 3 东半球和西半球十年平均温度距平经向廓线
实线为东半球,虚线为西半球

变率中心区。从温度变率中心分布情况^[4]在副热带地区没有大变率中心区,很可能因为这个原因,这里的温度变化主要是受南北两侧的影响。

在副热带地区,西半球偏暖,东半球偏冷,与中高纬度情况相反。图 3 是两个半球七十年代十年平均温度距平经向廓线,在 40°N 以北,东半球南北向温度距平梯度比西半球大,但是在 $40^{\circ}-20^{\circ}\text{N}$ 之间西半球比东半球大。所以在 40°N 以北地区东半球比西半球大气斜压性较常年大,而在副热带地区则西半球比东半球斜压性较常年为大。

三、经向温度变化与南北向的传递

在以前的工作中,我们已经指出在平均经圈的温度距平值的变化中是赤道上先发生变化,然后南北半球两侧较高纬度跟着发生变化;另外极地高纬度地区的温度变化亦比中纬度地区要早。现在我们进一步分析不同经圈上的温度变化的状况,以便弄清温度场的变化是否存在南北向的传递和其变化的过程。

这里我们给出图 4,其中 (a) 为 $170-120^{\circ}\text{W}$ 经圈代表东太平洋上平均温度距平时空剖面图, (b) 为 $130-180^{\circ}\text{E}$ 经圈代表西太平洋平均温度距平时空剖面图。在这二个剖面上温度场的变化是不完全相同的。

图 4(a) 是东太平洋情况,这里的赤道地区是东太平洋冷水区。图中反映出温度变化

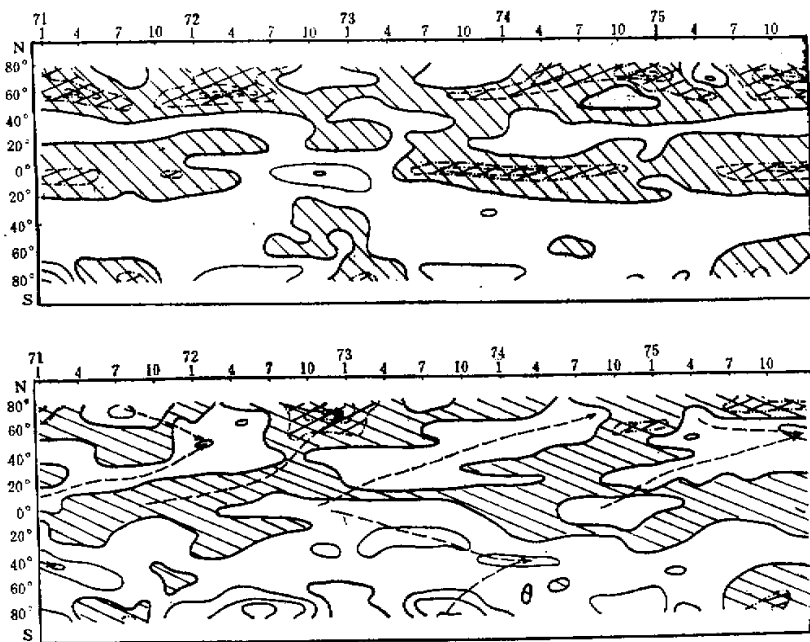


图 4 (a) $170-120^{\circ}\text{W}$ 温度距平经向时空剖面图

(b) $130-180^{\circ}\text{E}$ 温度距平经向时空剖面图

(粗实线为零线,实线为正,虚线为负,间距为 0.8°C)

剧烈,有三、四年的周期振荡,这个带的宽度大约 30—40 个纬度。在它的南北两侧两个半球的副热带和中纬度地区的温度距平值基本上与赤道上是相反的,即当赤道地区温度偏低时,副热带偏暖。相反,前者温度偏高时则后者温度偏低。但是副热带地区的温度距平值的变化要比赤道上的变化小得多。所以赤道东太平洋的温度变化只向东方向传递扩散,并不向南北方向传递。

西太平洋上的温度变化(图 4b)与东太平洋上很不一样,这里赤道地区的温度变化要小得多,但是这里的温度变化先于南北两侧,因此副热带和中纬度地区的温度变化并不与赤道地区的变化反位相,而是随着赤道的变化而变化。同时两个半球的极区亦有温度距平中心向中纬度传递。有的时候当高低纬度的温度变化同时影响到中纬度时,在这里就形成一个较强的温度距平中心。因此在西太平洋上温度场的变化南北相互影响和传递是比较清楚的。例如从 1976 年夏季到第二年春季北半球中纬度的持续低温就是受赤道和北极地区从 1975 年夏季已经出现的负距平中心逐渐向中纬度扩展后形成的。

从经圈剖面的变化来看,南北向温度变化的传递在不同经度上是不完全一样的。在东太平洋上,赤道上的变化并不靠质量输送来影响南北两侧的温度,而主要是以波动方式进行的。但是在西太平洋上,中纬度地区的温度变化都是滞后于赤道和高纬度地区的温度变化,所以这里的传递可能由质量输送起了很大的作用。比较太平洋东西两侧海洋和大气环流的特点。在太平洋的东侧,加利福尼亚的冷洋流和副热带高压东侧的东北信风不利于低纬度热量向北输送。而太平洋的西侧,黑潮和副热带高压西侧的偏南气流有助于热量由低纬度向北输送。同时大陆东岸的西风槽又使得极地冷空气活动在这里能到达较低的纬度。因此在太平洋的西部南北热量的交换可能比东部更要大一些。

四、结 论

1. 全球的温度变化在很多地区是相互影响的。从纬向和经向的温度时空剖面图上看到有几个地区的变化经常较其他地区提前,这些地区与温度变率最大的地区是一致的,就北半球来说,它们是在亚欧大陆的西北部、北美大陆的西北部和赤道东太平洋。从这些剖面图上发现,当上述几个地区温度发生剧烈变化以后,这些变化逐渐向外传递影响到其他地区亦产生同样的变化,因此这些地区有可能是变化的源地。

2. 温度变化的传递在不同地区有不同的方式和过程。在中高纬度地区,温度距平中心自西向东移动,它可能表现出时间尺度大于一个月的扰动系统,温度变化由距平中心的移动向东传递。在低纬度距平中心并不移动,温度变化从东太平洋沿着纬圈方向向外扩散,然后在西太平洋上向北传递。另外在三大洋之间存在着共振现象,副热带地区温度变化纬向传递不清楚。

3. 在高纬度,温度变化先出现在大陆的西部然后向东偏南移动到达大陆东部。在赤道东太平洋,温度变化先是纬向传递,在到达西太平洋后再向北传递,在西太平洋和亚洲大陆东部如果同时有高纬度大陆西部和赤道东太平洋的温度变化影响传入,而且位相一致,就可能加剧这一地区的温度变化,我国东北地区气温异常常常是出现在南北两边影响同时传入时。

参 考 文 献

- [1] 章名立等,我国夏季东北地区低温与全球气温的特征,科学通报, p. 893—895, 1980.
- [2] 章名立等,我国东北冷、暖夏年全球温度场的分布,大气科学, 7 卷 1 期, p.23—32, 1983.
- [3] 章名立等,七十年代全球地面气温的特征和我国东北低温冷害,大气科学, 6 卷 3 期, p.229—236, 1982.
- [4] 符淙斌等,七十年代全球地面气温的变率及其传播,大气科学, 6 卷 4 期, p.405—412, 1982.

ON THE EVOLUTION OF GLOBAL TEMPERATURE FIELD

Zhang Mingli

(*Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica*)

Abstract

In this paper, we have used the time-zonal and the time-meridional cross sections of the surface air temperature departure to analyse the long range evolution of the global temperature, and found that in different climate zones the temperature changes are quite different. In the northern westlies, the temperature changes first appear at the western part of the continent, then they spread out as the temperature departure center moves from west to east and affect the eastern part of the continent. In the tropical zones, the temperature changes first appear at the Eastern Pacific, and they are earlier than that in the Indian Ocean and the Atlantic Ocean. In the Eastern Pacific the effect of temperature change spreads to the west part of the Pacific because the temperature departure center extends. The temperature changes in the sub-tropical area are mainly affected by the changes in the northern and southern areas.