

长波不稳定发展的传播与大气环流 的季节变化的关系*

缪 锦 海

(北京大学地球物理系)

提 要

本文指出, 大气环流的明显的季节变化(如入梅、出梅和冬季环流的建立等), 是通过一次长波斜压不稳定发展向下游传播的中期过程来具体实现的。

一、引 言

早在五十年代, 叶笃正、陶诗言等^[1]从西风急流的突移, 长波流型的调整、梅雨的起止和西南季风的爆发等研究了大气环流的季节变化, 得到许多重要的结论。1964年邹浩等^[2]研究了副高北跳和梅雨起止的关系。但是对这些季节环流调整的具体过程, 他们都没有进行过分析。1975年陈秋士^[3]在研究热成风适应的基础上提出了长波不稳定发展向下游传播的问题(简称上游效应)。最近, 林本达、缪锦海^[4]根据这一理论讨论了长波不稳定发展向下游传播与1977年出梅时期副高北跳的关系, 从一个个例讨论了上游效应用于出梅时长波调整和副高北跳所起的重要的动力作用。本文企图从多年情况来讨论夏季季节环流调整(包括入梅和出梅)的具体过程和冬季环流建立的具体过程, 并进而讨论长波不稳定发展向下游传播与季节环流调整的关系, 也就是说明斜压不稳定发展在春季到初夏、初夏到盛夏和秋季到冬季的季节调整的具体转变中的作用。这对季节调整的中期预报是有意义的。

二、上游效应与入梅时的环流调整

我们从长波不稳定发展的动力作用来讨论入梅的环流调整的具体过程。首先, 讨论1972年入梅前的环流调整(我国各主要气象台都定6月20日为入梅时间)。为了讨论环流调整的具体过程, 作了沿 50°N 的500毫巴高度和温度的经度时间剖面图(图1)。从图1可以看到, 在入梅前22天左右到入梅前8天左右(即5月30日到6月12日)有一次长波不稳定发展向下游传播的过程。首先5月30日在 90°W 附近温度槽发展加深出现冷中心。在 80°W 的高度槽发展, 在5月31日出现低中心。在此过程中, 温度槽落后于高度槽。这个扰动的波长约为70个经度左右, 约相当于全球为5个波的波长, 是斜压不稳定发展的有利波长。当温度槽落后于高度槽时, 在流场槽后, 由于斜压平流变化和适应变化的影响, 增加正的热成风涡度即产生负变温, 这负变温正位于温度槽上,

* 本文于1979年9月11日收到, 1979年10月11日收到修改稿。

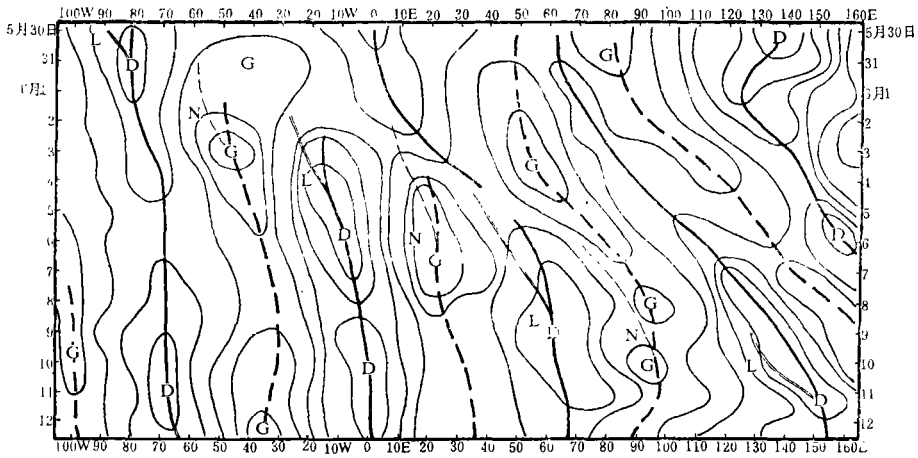


图 1 1972 年入梅前沿 50°N 500 毫巴高度和温度场的经度时间剖面图

——粗实线为高度槽线

---粗虚线为高度脊线

——细实线为等高线

---细虚线为温度脊线

====双细线为温度槽线

G、D 分别为高度场的高、低中心

N、L 分别为温度场的暖、冷中心

引起温度槽发展。由于正压平流变化和适应变化的影响，在温度槽前即在流场槽上引起流场正压部分的涡度增加。这样，正压流场槽发展，即平均层（相当于 500 毫巴层）的流场槽发展。所以引起了在 90°W 温度槽发展和 80°W 高度槽发展。同时可以看到，在温度槽与高度槽相重合时，一般为系统发展已达到最盛。在高度槽前，由于斜压平流变化和适应变化，增加负的热成风涡度即产生正变温，引起温度脊的发展，可以看到在 5 月 31 日到 6 月 2 日在 60°W 附近的温度脊的发展。随着温度脊的发展，在脊前由于正压平流变化和适应变化的影响引起高度场负涡度增加，即在 6 月 1 日到 3 日在 50°W 附近引起高度脊的发展。随着高度脊的发展，由于斜压平流变化和适应变化的影响增加正的热成风涡度即产生负变温，引起温度槽发展，因而随后在 6 月 2 日到 4 日在 20°W 引起温度槽发展。这样，温度槽→高度槽→温度脊→高度脊……相继地向下游发展传播。一般可以看到 L（冷中心）→D（低中心）→N（暖中心）→G（高中心）……相继地向下游传播。这样的长波发展是斜压不稳定的发展，这种向下游传播的过程是斜压不稳定发展向下游传播的过程。

这次不稳定发展传播从 5 月 30 日从 90°W 附近传播到 150°E 附近为 6 月 11 日共 12 天。随着这次不稳定发展的传播，整个北半球，尤其是东亚发生了显著的变化。首先，长波的槽脊位置发生了显著的调整。在亚洲，6 月 7 日以前在 60°E—70°E 附近的脊区到 6 月 12 日以后调整为槽区；在 90°E 附近，由槽区调整为脊区；在 130°E—140°E，由脊区转变为槽区。再之，副热带急流由高原以南移到高原以北。从图 2 可以看到，在青藏高原附近，副热带急流从 6 月 9、10 日以后稳定地移到高原以北 40°N 附近。

值得注意的是，长波调整并不同时引起副高北跳和梅雨开始。约在长波调整后 7—

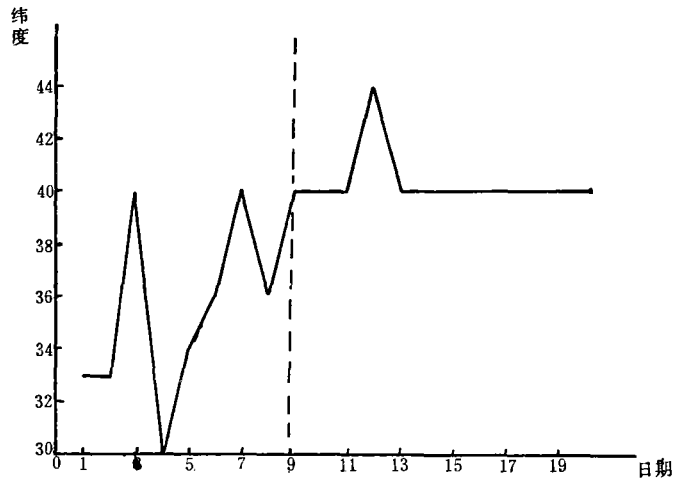


图 2 1972 年 6 月 1 日—20 日沿 90°E 200 毫巴急流轴变化图

10 天左右才开始进入梅雨和副高北跳。当不稳定发展传播到 140°E 附近时低槽强烈发展，这不利于副高北跳。同时副热带急流随着长波调整后，在高原的经度范围内已经北跳到高原以北，而在 90°E — 110°E 、 40°N 以北为脊区，与高原的动力作用有关，因而我国南部 110°E 附近仍有槽存在，形成北脊南槽的形势。随着 140°E 附近冷槽的减弱或替换，同时高度槽减弱东移北缩，这时才出现副高脊线 (120°E 的脊线) 北跳到 20°N 以北，江淮流域进入雨季。在图 3 上可以看到高度槽减弱东移北缩，副高北跳的过程。

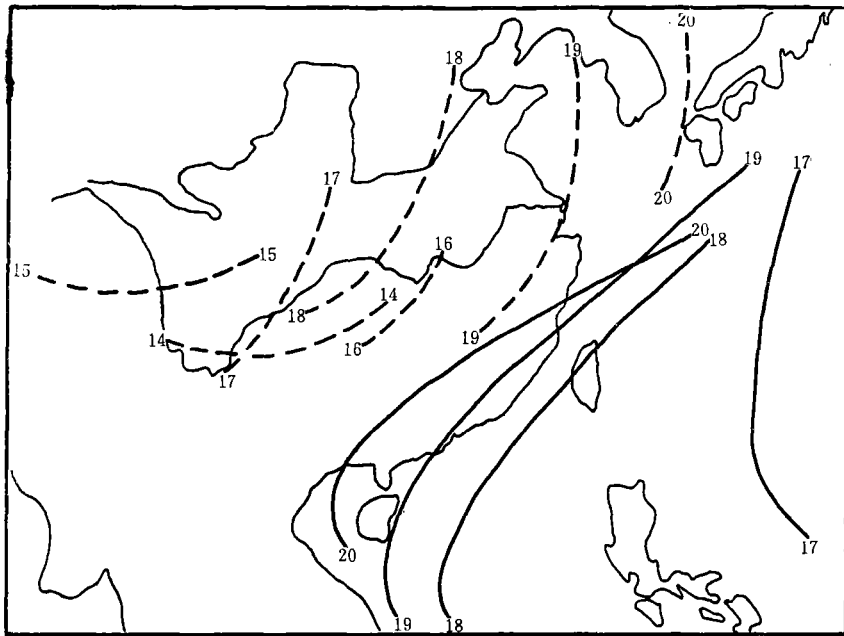


图 3 500 毫巴副高和槽线的动态图

(——(实线)为副高 588 线; --- (虚线)为槽线; 图中数为日期)

为了比较充分地说明 1972 年入梅过程具有一定的代表性, 我们讨论了 1967 年—1972 年(共六年)初夏季节环流的调整和入梅过程。入梅日期依中央气象台所定的时间(1967 年为 6 月 23 日; 1968 年为 6 月 23 日; 1969 年为 6 月 23 日; 1970 年为 6 月 18 日; 1971 年为 6 月 9 日; 1972 年为 6 月 20 日)这六年中, 虽然入梅的时间不同, 但每年入梅前的环流调整都与长波不稳定发展的传播有关。图 4 为这六年长波不稳定发展传播(沿 50°N)的平均经度时间剖面图(1967 年为 6 月 4—13 日; 1968 年为 6 月 8—17 日; 1969 年为 6 月 6—15 日; 1970 年为 6 月 1—10 日; 1971 年为 5 月 19—28 日; 1972 年为 6 月 3—12 日), 从图中可见, 虽然各年的传播速度不同和槽脊位置稍有不同, 但是仍然清楚地看到长波不稳定传播的过程。这说明每年的不稳定传播过程是清楚的, 主要槽脊位置基本上是一致的, 传播速度差异不是很大的。从图中还可以看到, 与 1972 年

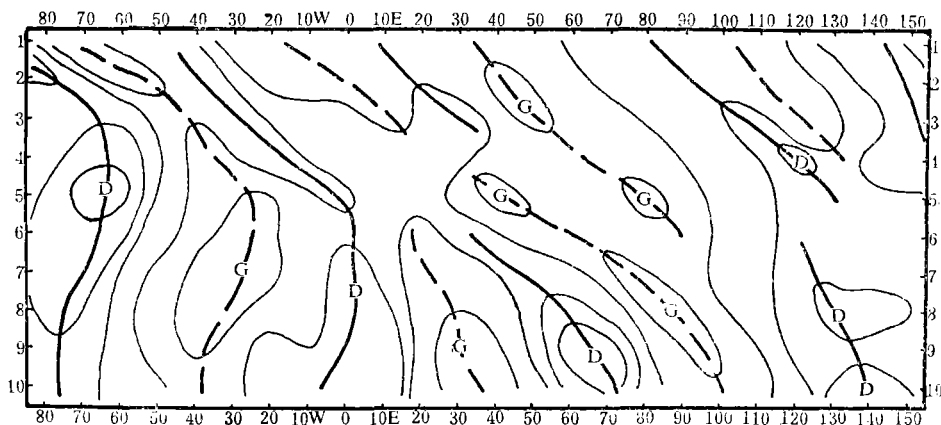


图 4 六年入梅前(沿 50°N)平均高度场的经度时间剖面图

(纵坐标为时间, 1 为各年过程的第一天, 即 1967 年为 6 月 4 日; 1968 年为 6 月 8 日; 1969 年为 6 月 6 日; 1970 年为 6 月 1 日; 1971 年为 5 月 19 日; 1972 年为 6 月 3 日, 其余类推。图中粗实线为平均高度场的槽线, 粗虚线为脊线, 细实线为平均等高线。)

的传播过程相一致的二个重要特征: 第一, 在入梅前 17—21 天开始在美洲有不稳定低槽系统发展, 然后相继有不稳定高脊和低槽发展、向下游传播, 经过 7—12 天, 传播到 140°E 附近; 第二, 在 10°W 以东, 新的槽线、脊线与原来的槽线、脊线不相联接。这表明, 在不稳定传播中这些原来系统或东移消失, 或东移北缩而后到另一位置上再不稳定发展。表明新系统的槽脊位置与原来系统的槽脊位置不同。把这张图上开始时槽脊位置与终止时的位置作一比较, 可以清楚地看到, 槽脊位置是相反的, 尤其在亚洲, 70°E 附近由脊区变为槽区, 90°E 附近由槽区变为脊区, 东亚大槽由 150°E 附近调整到 130°E — 140°E 附近。这二点说明, 春季到初夏的季节环流调整是通过斜压不稳定发展的传播来具体实现的。

图 5 是这六年的入梅前一候(1967 年 6 月 15—19 日; 1968 年 6 月 15—19 日; 1969 年 6 月 15—19 日; 1970 年 6 月 10—14 日; 1971 年 6 月 1—5 日; 1972 年 6 月 11—15 日)平均的 500 毫巴候平均图。可以看到, 在 70°E 附近为一大槽, 东亚沿海为另一大槽, 贝加尔湖附近为脊区, 南支急流已经移到高原以北, 副高脊线仍在 20°N 以南。图上的虚线表示这六年的每一候与该候的 20 年平均偏差的平均, 简称平均距平。可以看到

70°E 槽的平均距平达到负 160 位势米，沿海槽和贝加尔湖脊都有明显的平均距平值，说明这种形势与平均情况是有明显差异的，同时也说明入梅前一候的亚洲形势对于平均情况的偏差是相似的。这表明在长波调整和 90°E 附近南支急流北移之后约二个候左右的时间，副高北跳、江淮流域入梅。总括以上入梅前二个阶段的时间约为 15—20 天左右，这样可为入梅的中期预报提供有益的预报思路。

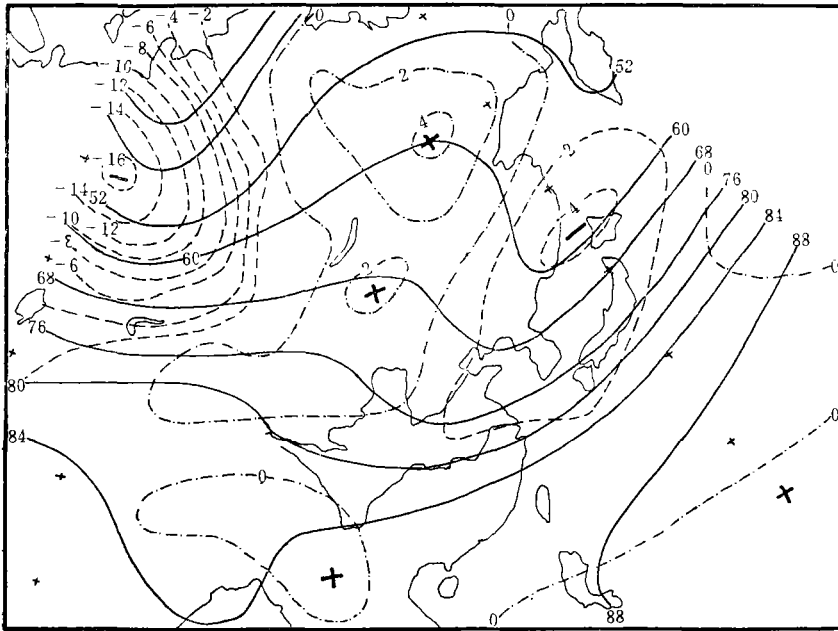


图 5 六年入梅前一候的平均候平均图

(——(实线)为等高线，
 ----(虚线)为平均距平的负等值线，
 -·-·-(点划线)为平均距平的正等值线。)

三、上游效应与出梅时的环流调整

关于上游效应与出梅时环流调整的个例分析^[4]是否反映普遍情况，即多年情况如何？我们作了六年(1969年、1970年、1971年、1972年、1973年、1977年)出梅前(沿 40°N 纬圈) 500 毫巴高度的经度时间剖面图(图 6)，可以清楚地看到，在出梅前十天左右，70°W 附近的低槽加深发展为最强。在出梅前十天到前七天，在大西洋上的高压脊发展，在出梅前七天左右达到最盛。在出梅前八天到前六天在 20°E 有低槽发展，经过波系的调整，原在 50°E 附近的脊和 70°E 附近的槽减弱消失。而在出梅前四天到前两天，在 60°E 有高压脊发展，在出梅前一、二天在 100°E 有低槽发展，这清楚地表明了长波不稳定发展传播的过程。通过这种传播过程，使得北半球发生显著的环流形势调整。原来美洲沿岸及 70°E 附近的低槽区调整为高脊区。40°E 和 100°E 高脊区调整为低槽区，东亚沿岸大槽又进一步向西退到 100°E 附近，而在沿岸为高脊区。这说明，从初夏到盛夏的季节环流调整也是通过斜压不稳定发展的传播来具体实现的。

图 7 是 1969 年—1973 年、1977 年出梅前后副高脊线(在 120°E 的)平均纬度的变

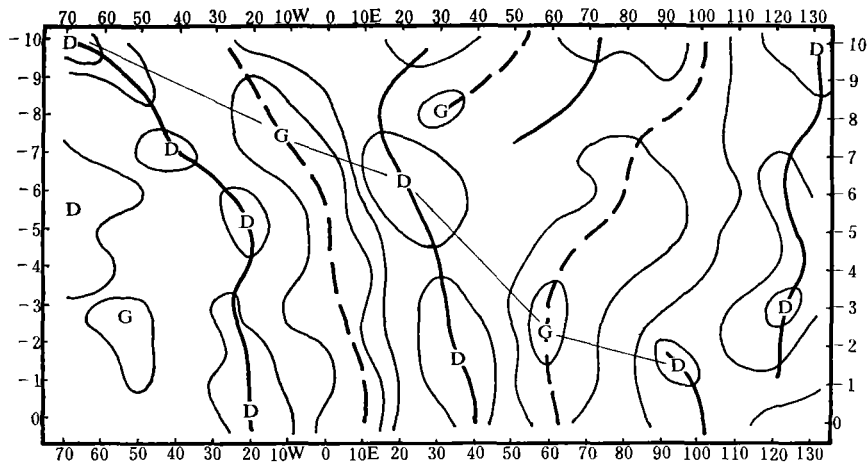


图 6 六年出梅期(沿 40°N)平均高度场的经度时间剖面图
(纵坐标为时间, -1 为出梅前一天, 其余类推。图线说明见图 4)

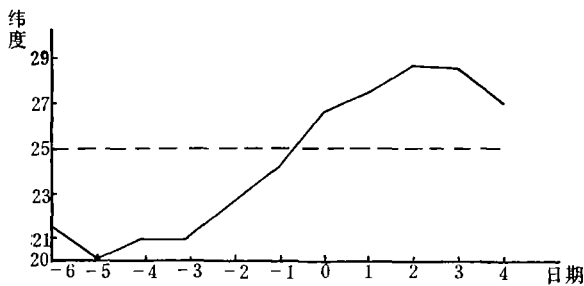


图 7 六年出梅前后的平均副高脊线
(沿 120°E)变化图

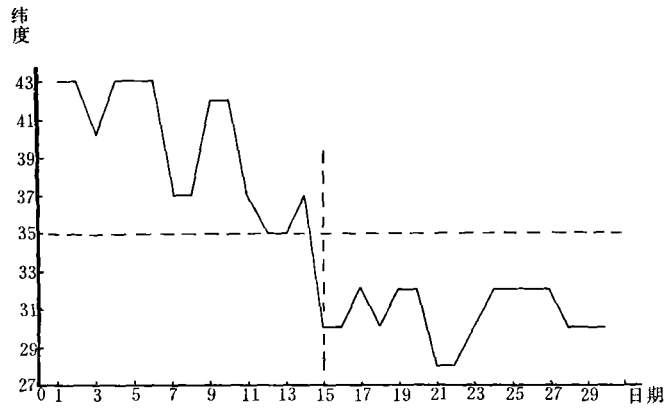
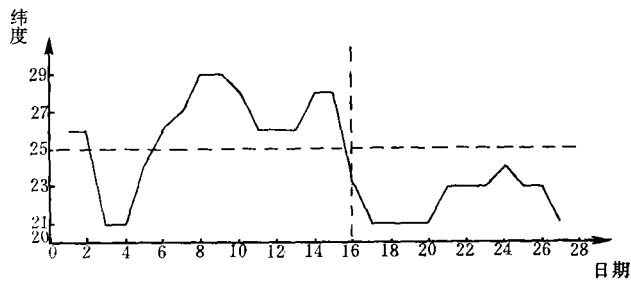
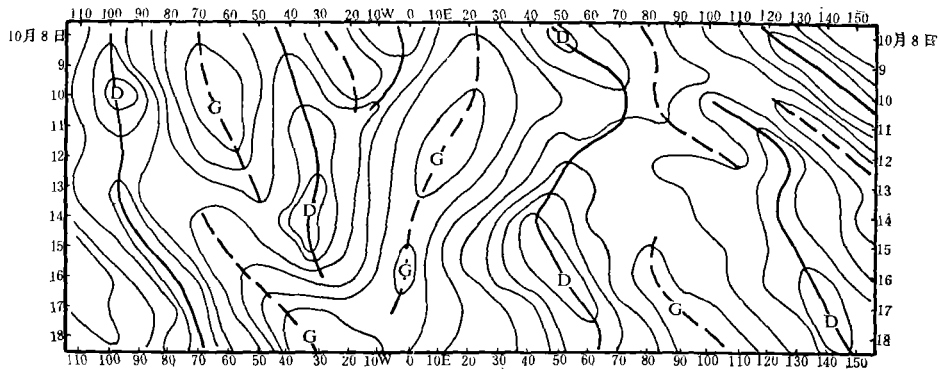
化图。由图可见,从六年的平均情况来看,副高脊线的位置在出梅前后有着显著的不同。出梅日前,一般在 $21-23^{\circ}\text{N}$,而出梅日后,一般在 $27-29^{\circ}\text{N}$ 。正如我们在分析 1977 年出梅时期副高北跳时指出的,长波不稳定发展向下游传播对出梅时的副高北跳起着重要的动力效应。图 6、图 7 表明的多年情况

也是这样。这进一步说明出梅时副高北跳与斜压不稳定发展引起逆经圈环流的动力作用有着直接关系。

六年的平均情况也为出梅日期的中期预报提供了有益的预报思路。

四、上游效应与冬季环流的建立

在十月中,高空大气环流发生由夏季特征向冬季特征的转变。这种转变的具体过程与上游效应有关。下面我们通过 1970 年冬季环流建立的过程来具体说明。从图 8 看到,200 毫巴层上沿 90°E 的急流位置在 10 月 15 日前后有着显著的不同,在 10 月 15 日以前,西风急流位于 35°N 以北,即高原以北(一般位于 40°N 或以北),而 10 月 15 日以后,急流位于 35°N 以南(一般位于 32°N 或以南),即高原或高原以南。从图 9 看到,500 毫巴副高(沿 120°E)脊线在 10 月 16 日前后发生了显著的变化。10 月 16 日以前,副高脊线位于 25°N 以北(有时也可短期的位于 25°N 以南),而 16 日以后就持续位于 25°N 以南。为了说明上游效应与冬季环流建立的关系,我们沿 50°N 作了 500 毫巴高度场的经度时间剖面图(图 10)。从图上可以看到,在 10 月 10 日以前,从美洲经欧洲到亚洲的范围内,槽脊系统比较多,长波系统不很明显。在 10 月 12 日到 14 日欧洲西

图 8 1970 年 10 月沿 90°E 200 毫巴急流轴变化图图 9 1970 年 10 月沿 120°E 副高脊线变化图图 10 1970 年入冬前沿 50°N 高度场的经度时间剖面图
(图线说明见图 1)

海岸的长波脊和 50°E 附近的槽建立了。14日、15日高原的经度内的长波脊建立。这与 200 毫巴 90°E 的急流轴迅速南移相一致。15—17 日东亚沿岸长波槽加深，这也与副高迅速南退相一致。这样，就基本上建立了冬季环流形势，其具体的过程也是通过一次长波稳定发展向下游传播的中期过程来实现的。在 10 月 7—10 日位于 100°W 的槽发展，接着 60°W 附近长波脊发展，相继地欧洲西海岸长波脊、白令海附近的长波槽、西藏高

原经度范围内的长波脊和沿海长波槽在不稳定发展的传播过程中, 一个接一个地发展建立起来。另外, 从 30°E 的高压脊连续倒退到 0°E 的过程中, 估计超长波对季节环流调整可能也起着重要的作用。

五、结 语

通过以上的讨论, 可以看到, 春季到初夏、初夏到盛夏以及秋季到冬季的明显的季节环流调整是通过长波的斜压不稳定发展向下游传播的过程来具体实现的, 亦即是由一个中期过程来具体实现的。随着季节的变化, 强的平均温度梯度所在纬度的变化和大陆、海洋的热源分布的变化等会引起大气长波和超长波的热成风平衡的破坏, 通过热成风平衡的破坏和适应, 使得不稳定发展向下游传播, 引起北半球的长波调整、急流的北移、南退, 副高的北跳、南退和相应的天气气候现象的变化。

多年平均情况的入梅和出梅前的环流调整的传播特征以及冬季环流建立过程的特征, 为中期天气预报提供有益的预报思路。

致谢: 感谢陈秋士同志的亲切指导和具体帮助。

参 考 文 献

- [1] 叶笃正、陶诗言、李麦村, 在六月和十月大气环流的突变现象, 气象学报, 29, 249—263, 1958。
- [2] 邹浩等, 长江流域中下游梅雨时期 500 毫巴环流形势的分析, 气象学报, 34, 174—184, 1964。
- [3] 陈秋士, 中纬度大气长波发展及其对下游影响的分析, 中国科学, 408—418, 1975。
- [4] 林本达、缪锦海, 77年出梅时期副高北跳过程的动力学分析, 大气科学 (即将发表)。

RELATIONSHIP BETWEEN THE PROPAGATION OF THE DEVELOPMENT OF LONG WAVE INSTABILITY AND SEASONAL CHANGES OF THE ATMOSPHERE

Miao jin-hai

(Department of Geophysics, Beijing University)

Abstract

In this paper, it is shown that the notable seasonal changes of atmosphere circulation, such as the begining and the end of Mai-yü and the establishment of the winter circulation, were achieved with a medium-range process in which there is the propagation of the development of long wave baroclinic instability downstream.