

# 正、斜压流场演变及相互转换所伴随的偶极型阻塞生命史

周伟灿<sup>1</sup>, 朱乾根<sup>2</sup>, 刘宣飞<sup>2</sup>

(1. 南京气象学院 数学系; 2. 南京气象学院 大气科学系, 江苏 南京 210044)

**摘要:** 将阻塞过程中的大气运动流场分解为正、斜压流场, 研究了它们在乌拉尔山偶极型阻塞 个例中的演变特征。揭示了正、斜压流场的演变及相互转换所激发的阻塞生命史的全过程。

**关键词:** 正压流场; 斜压流场; 相互转换; 阻塞生命史

中图分类号: P434

文献标识码: A

阻塞动力学历来是大气科学中的国际前沿性研究课题。随着研究的深入, 有关阻塞动力学的新的研究方法不断推出, 阻塞学说日臻丰富<sup>[1]</sup>。过去的理论研究主要有两个方面: 其一是基于阻塞形势的全局特征, 研究阻塞流型(低指数环流)和纬向(高指数)环流之间的转换。这方面的研究中主要有多平衡态理论(Charney 等<sup>[2]</sup>)和外源强迫的共振理论(朱抱真<sup>[3]</sup>, 伍荣生<sup>[4]</sup>, 陆维松<sup>[5]</sup>等)。其二是基于阻塞形势的局地特征, 研究阻塞高压和相应切断低压的形成机制。这方面的研究主要包括强迫耗散 KDV 动力学(Patoine<sup>[6]</sup>, 罗哲贤<sup>[7]</sup>)和偶极子理论(McWilliams<sup>[8]</sup>, Malguzzi<sup>[9]</sup>)、天气尺度扰动的激发(叶笃正、陶诗言等<sup>[10]</sup>, 黄荣辉等<sup>[11, 12]</sup>, 吴国雄等<sup>[13, 14]</sup>)等各种非线性理论。本文研究阻塞形势的出发点和方法与已有阻塞研究成果的理论和方法均不同, 其思路主要是根据大气在一般情况下是斜压的特征, 把具有相当正压性的阻塞形势看成是大气在演变过程中正、斜压流场相互转换的结果。紧紧抓住阻塞形势相当正压结构的形成过程, 通过 1986 年冬季乌拉尔山偶极型阻塞个例来证明这一过程是正、斜压流场发生转换的结果, 由此从新的角度揭示阻塞生命史的演变过程。

## 1 理论和方法

正、斜压流场分解思想, 首先是由 Wiin Nielsen<sup>[15]</sup>于 1962 年在研究大气中垂直平均流与垂直切变流动能相互转换时提出来的, 此后他们把这种思想应用于多种研究中(Wiin Nielsen<sup>[16~18]</sup>, Chen<sup>[19~22]</sup>)。但他们所定义的垂直平均算子下限为零, 而上限为某一层气压值  $p$ , 而不是地面气压  $p_s$ <sup>[15~22]</sup>, 这样得到的正压流场在运用时具有局限性, 尤其在所研究的问题中包含地形时, 可能会出现一些虚假现象。最近管兆勇等<sup>[23, 24]</sup>在研究亚洲夏季风的结构和变动时详细地分析了正斜压模的演变特征。朱乾根等<sup>[1]</sup>进一步将季风环流进行正、斜压分解, 从

国家自然科学基金(49975015)资助项目

收稿日期: 1999-12-15; 修订日期: 2000-02-25

第一作者简介: 周伟灿(1959-), 男(汉族), 南京气象学院副教授, 博士。

1) 朱乾根, 刘宣飞. 大气环流的正斜压流型特征与季风类型. 待发表

而确定了季风区的范围及类型。本文将阻塞过程中大气环流分解为正、斜压流场,并研究其演变过程与阻塞生命史的关系。

## 1.1 大气环流的正、斜压流场分解

### 1.1.1 垂直平均算子及扰动算子

垂直平均算子定义为

$$(\ )^M = \frac{1}{p^s - p^0} \int_{p^0}^{p^s} (\ ) dp. \quad (1)$$

其中  $p^s, p^0$  分别为地面和上边界气压。

扰动算子定义为

$$(\ )^s = (\ ) - (\ )^M. \quad (2)$$

### 1.1.2 大气正、斜压流场分解及性质

将水平风场  $V$  分解为两部分,即

$$V = V_M + V_s. \quad (3)$$

其中  $V_M$  称为正压水平流场(垂直平均流场),  $V_s$  称为斜压水平流场(扰动流场)。由流场的分解及垂直平均算子和扰动算子可知

$$\frac{V_M}{p} = 0; \quad \frac{V}{p} = \frac{V_s}{p}. \quad (4)$$

因而  $V$  随高度的变化率,即大气流场的斜压性完全由  $V_s$  的斜压性决定,因此称  $V_M$  为正压流场,而称  $V_s$  为斜压流场。由此可见大气环流的斜压性与斜压流场是两个不同的概念。斜压流场具有斜压性,但不能用来度量大气斜压性大小,而可用它的垂直变化率来度量大气斜压性的强弱。

## 1.2 两个气象场形态相似性度量

在大气科学研究中,经常要分析两个气象要素场的形态相似性。过去的相似性研究中涉及到的要素一般为标量,对两个向量场的相似性研究则很少。为了研究两个流场的形态相似性,我们在两个标量场形态相似性度量的基础上引入两个向量场形态相似性度量参数。

设有定义在区域  $D = (x_1, x_2) \times (y_1, y_2)$  上两个平面向量场  $V_1(x, y, t)$  和  $V_2(x, y, t)$ , 它们的形态相关性度量定义为

$$R(t) = \frac{\int_D (V_1 - \bar{V}_1) \cdot (V_2 - \bar{V}_2) dA}{\sqrt{\int_D (V_1 - \bar{V}_1)^2 dA \int_D (V_2 - \bar{V}_2)^2 dA}}. \quad (5)$$

其中  $\bar{V}_i = \frac{1}{d} \int_D V_i dA$  ( $i = 1, 2$ ) 表示向量场  $V_i$  在区域  $D$  中的平均场。这里  $d$  是区域  $D$  的面积。

由 Schwarz 不等式易证  $R(t) \leq 1$ 。当  $R(t)$  从  $-1$  变到  $+1$  时,则  $V_1$  与  $V_2$  所表示的两个向量场形态从完全不相似到完全相似。如果  $V_i = V_i(x, y, p, t)$  ( $i = 1, 2$ ) 则  $R = R(p, t)$ 。

## 2 资料说明

资料取自美国 NCEP/NCAR Reanalysis Project 提供的逐日再分析资料,水平分辨率为  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ ;垂直分辨率共 8 层(1 000, 850, 700, 500, 400, 300, 200, 100 hPa)。我们使用了其

中北半球 1986 年 1 月 1 日至 2 月 28 日的有关的气象要素场。

### 3 偶极型阻塞形势环流演变概述

#### 3.1 偶极型阻塞形势定义

阻塞高压的定义历来受到气象工作者的重视,由于不同的定义可能会产生不同的结果 (Elliott 和 Smith<sup>[25]</sup>, Rex<sup>[26,27]</sup>)。过去研究阻塞形势一般都是以研究阻塞高压为主,把高压和切断低压作为一个整体来研究还不多,而实际天气过程中常常出现偶极型阻塞形势。在本文中我们吸取叶笃正、陶诗言<sup>[10]</sup>、Treidl<sup>[28]</sup>、Charney<sup>[29]</sup>、Dole<sup>[30]</sup> 和 Shukla 等<sup>[31]</sup> 在阻塞高压定义中的要点,同时结合我们研究的偶极子型阻塞的特征对偶极型阻塞形势作如下定义。(1)在高空 (500 hPa) 及地面图上同时出现闭合高压中心,同时在高压南侧出现切断闭合低压中心,并具有相当正压结构特征;(2) 高压中心位于 50°N 以北;(3) 在高空图上,阻塞形势将西风急流分为两支;(4) 闭合高、低压中心持续时间不少于 5 d。

#### 3.2 乌拉尔山偶极型阻塞形势环流演变概述

1986 年 1 月 25 日至 2 月 5 日,乌拉尔山有一偶极型阻塞形势。这一过程分为 3 个阶段:1 月 25 日至 28 日为酝酿阶段;28 日至 2 月 2 日为维持阶段;2 月 2 日至 5 日为衰亡阶段。

在酝酿阶段,乌拉尔山附近存在一高压脊,图 1 为该阶段 3 个层次的时间平均流场图。从 200 hPa 流场图上可看到在中高纬度欧洲地区和东亚地区各有一个大槽,且有闭合低压中心

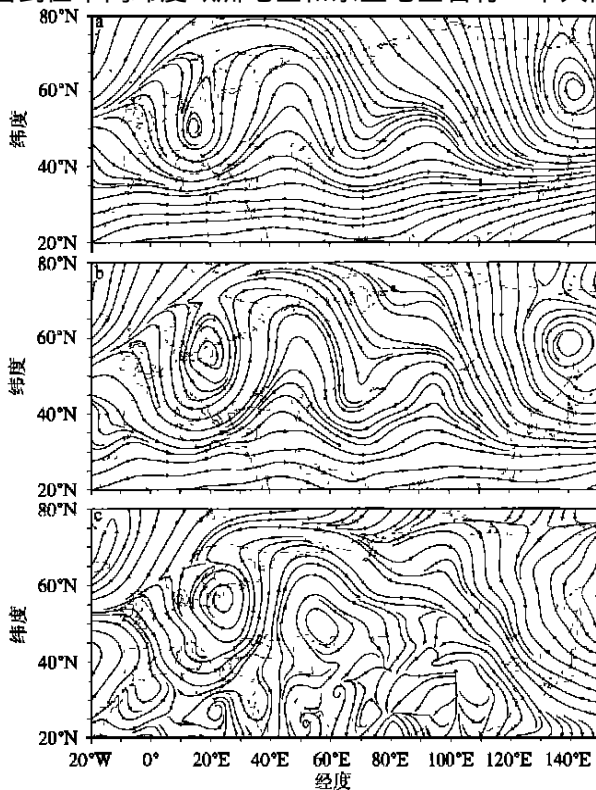


图 1 阻塞形势酝酿阶段流场时间平均图

a. 200 hPa; b. 500 hPa; c. 850 hPa

Fig. 1 The flow fields at the brewing stage of the blocking case

(a) at 200 hPa; (b) at 500 hPa; (c) at 850 hPa

存在, 两个大槽之间的乌拉尔山及巴尔喀什湖与贝加尔湖间各有一个高压脊, 而乌拉尔山的高压脊较强, 两脊之间的巴尔喀什湖为一浅槽; 500 hPa 流场总的形势与 200 hPa 大体相似, 只是欧洲西部槽及低压中心比 200 hPa 图上的位置稍偏东北; 整个 850 hPa 流场形势与中高层也较为相似, 只是东亚大槽及低压中心比 500 hPa 上的位置偏东 15 个经度, 欧洲西部低压中心也偏东约 5 个经度, 同时乌拉尔山高压脊范围比中高层大。因此, 在阻塞形势酝酿阶段乌拉尔山及上下游环流形势为欧洲西部为一深槽, 但槽线自下而上往西倾斜, 乌拉尔山地区已存在一高压脊, 脊线也是自下而上往西倾斜, 这表明此阶段高压脊已形成, 但大气具有斜压结构。

图 2 为维持阶段 3 个层次的时间平均图。200 hPa 流场图上中高纬度偶极型阻塞系统已使西风急流在欧洲西部分成南北两支气流, 南支为平直纬向气流, 而北支气流绕阻塞高压流向会合地(110°E 附近)。分支点与会合地跨度达 110 个经度。阻塞系统由高压和切断低压组成, 高低压中心连线为南北走向; 500 hPa 流场总的形势与 200 hPa 相当一致; 850 hPa 流场整个形势与中高层也较为相似, 只是东亚大槽及槽中的低压中心比 500 hPa 上的位置偏东 15 个经度。因此, 偶极型阻塞形势在维持阶段, 中高层西风急流发生分支, 高、低压中心位置上下重合, 表明阻塞系统为相当正压结构的特征。由此可见, 这次乌拉尔山阻塞过程的维持阶段完全符合偶极型阻塞形势的定义。

图 3 是衰亡阶段 3 个层次的时间平均图。从各层流场图上可看到乌拉尔山偶极型阻塞系统已经衰亡, 在中上层仅仅留下一弱脊。但在欧洲大西洋沿岸又有一阻塞环流正在建立。

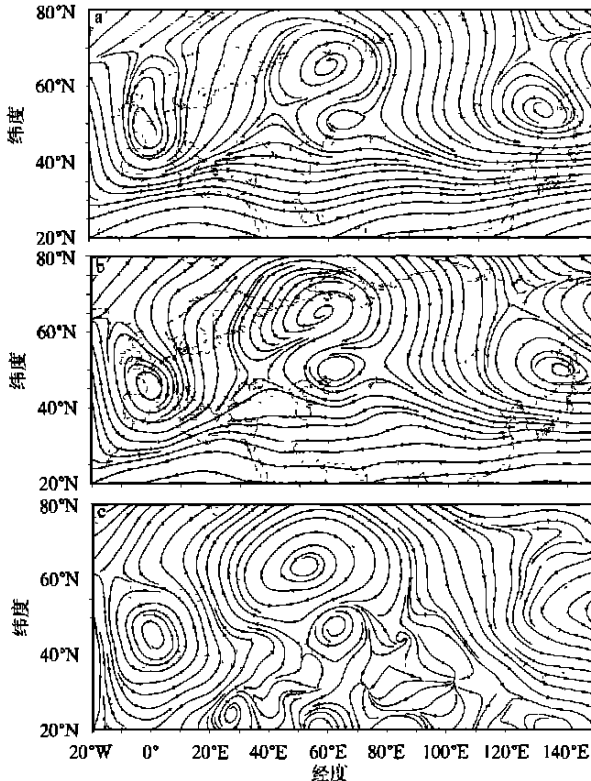


图 2 阻塞形势维持阶段流场时间平均图

a. 200 hPa; b. 500 hPa; c. 850 hPa

Fig. 2 The flow fields at the maintaining stage of the blocking case

(a) at 200 hPa; (b) at 500 hPa; (c) at 850 hPa

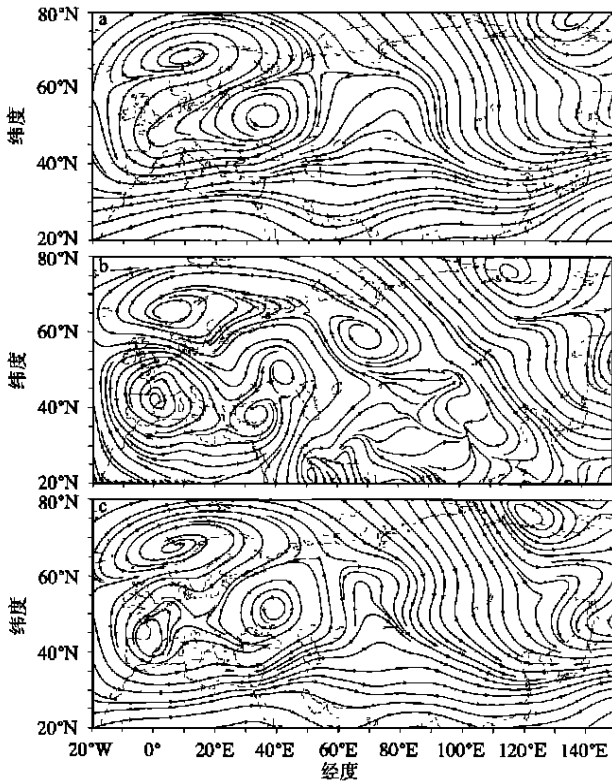


图3 阻塞形势衰亡阶段流场时间平均图

a. 200 hPa; b. 500 hPa; c. 850 hPa

Fig. 3 The flow fields at the decaying stage of the blocking case

(a) at 200 hPa; (b) at 500 hPa; (c) at 850 hPa

由上分析可知,本次乌拉尔山偶极型阻塞形成过程与偶极型阻塞的定义完全相符。在阻塞演变过程中,大气流场的正斜压结构发生了变化,酝酿阶段的斜压结构演变成了维持阶段具有相当正压结构环流特征的阻塞流型,然后又转为衰亡阶段的斜压结构特征。

## 4 偶极型阻塞过程正、斜压流场演变特征

为了深入研究阻塞形势大气环流的演变特征,探讨阻塞形成、维持及衰亡的机制,运用大气环流的分解原则(3)式,将大气环流分解为正压和斜压流场两部分。并研究这两种流场在阻塞形势中的演变特征。

### 4.1 正压流场演变特征

图4是乌拉尔山偶极型阻塞三个阶段正压流场图。比较图4a与图1可以看到,阻塞酝酿阶段的正压流场与实际流场(时间平均场)的中高层流场形势比较一致,而与低层流场差别较大。把图4b与图2相比,可以发现阻塞维持阶段的正压流场与3个等压面上的实际流场的形势相当一致。尤其是偶极型阻塞高低压中心的位置及范围也相同。因此,在阻塞形势的维持阶段实际大气具有较大的正压分量。比较图4c与图3可知,阻塞衰亡阶段实际流场的中上层与正压流场的形势还是比较一致的,但在850 hPa上两者已有明显差异。实际流场上仍保持着高压中心,而正压流场上已无闭合高压中心,取而代之的是一弱脊。因此,在阻塞过程的酝酿阶段和衰亡阶段正压流场特征与实际流场的中上层的形势较为一致,而与低层略有差异或差异较

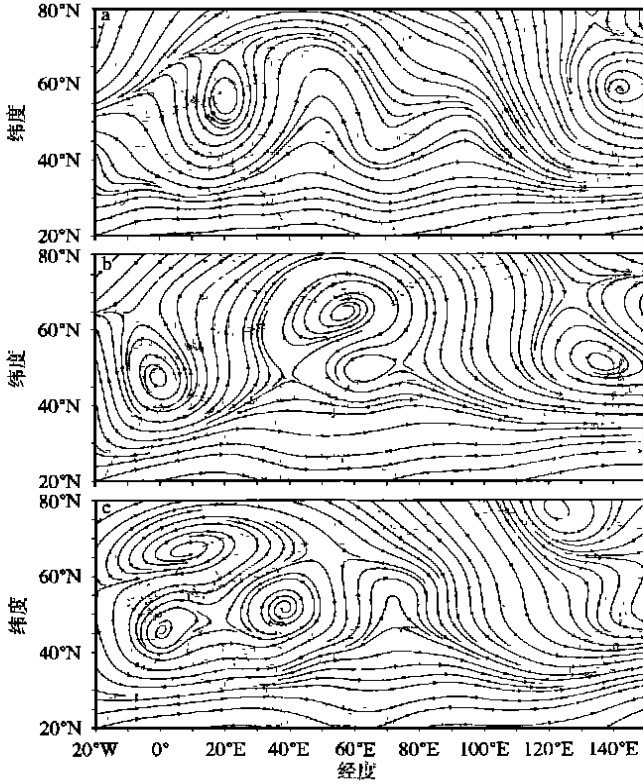


图4 偶极型阻塞3个阶段的正压流场图

a. 酝酿阶段; b. 维持阶段; c. 衰亡阶段

Fig. 4 Barotropic flow fields of the dipole blocking case at the brewing (a), maintaining (b) and decaying (c) phases

大。但在阻塞过程的维持阶段正压流场与整层实际流场演变过程相当一致。

#### 4.2 正压流场与实际流场的形态相似性

图5是阻塞区域(40 E ~ 80 E, 40 N ~ 75 N)正压流场与实际流场形态相关系数图。由此可见, 整个阻塞过程两个场在400 hPa的相关系数最大, 达0.9以上, 在阻塞维持阶段更是

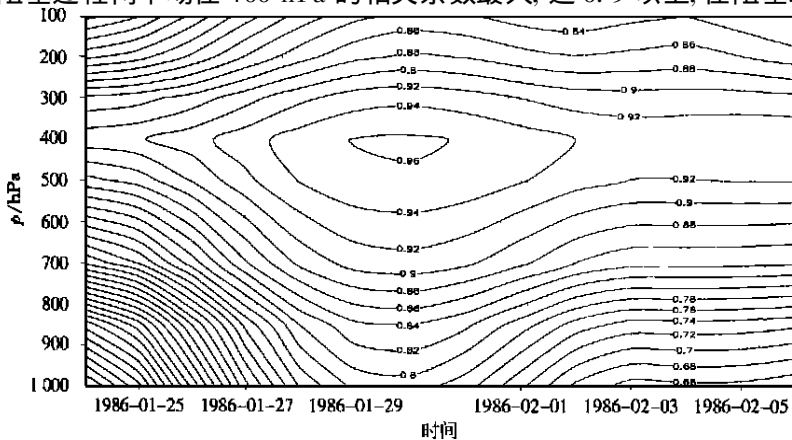


图5 阻塞区域(40 E ~ 80 E, 40 N ~ 75 N)正压流场与实际流场形态相关系数垂直-时间剖面图

Fig. 5 Vertical-time cross-section of the correlation coefficient

between barotropic and actual flow patterns over the blocking area (40 ~ 80 E, 40 ~ 75 N)

达到 0.96 以上,意味着正压流场与实际流场在 400 hPa 上的形势最为相似,在阻塞过程的维持阶段尤其如此。这与定性分析结论完全一致。因此,我们有理由把 400 hPa 这一层定义为垂直平均层或称为正压层。同时,在阻塞不同阶段的相关系数图又具有不同的特点。酝酿阶段的中下层相关系数相对较小,在 0.86 以下,并且随着高度的降低而减小,到低层相关数已降至 0.70 以下,这样从 400 hPa 到 850 hPa 相关系数降低了 20%。相关系数在 400 hPa 以上随高度的增加也是在减小,从 400 hPa 到 200 hPa 平均降低 13%;衰亡阶段与酝酿阶段情况相当,只是相关系数在 0.9 以上的层次有了增加。在阻塞形势的维持阶段,整层相关系数均较高,在同一等压面上阻塞全过程均在维持阶段达到最大值,尤其在 29 日~31 日的 400 hPa 上达到了最大值 0.96。在 850 hPa 等压面上,维持阶段比酝酿阶段、衰亡阶段同等压面上的相关系数大 10%~14%。从垂直方向看,从 400 hPa 到 850 hPa 相关系数只降低了 10% 左右,比酝酿阶段这两个层次相关系数差值降低了 10%。这一阶段的相关系数分布情况充分显示了在阻塞区域大气具有相当正压结构的特征,同时也再一次说明在阻塞维持阶段大气具有较大的正压分量。

## 5 斜压流场的演变特征

### 5.1 阻塞形势各阶段斜压流场的演变概述

图 6 是阻塞形势酝酿阶段斜压流场分布图。200 hPa 图上中高纬度欧洲西部和东亚地区

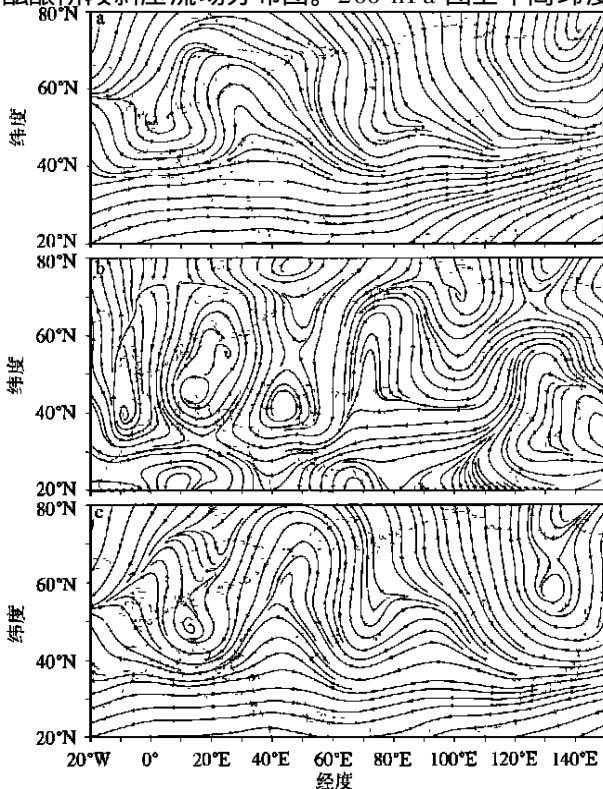


图 6 阻塞形势酝酿阶段斜压流场分布图

a. 200 hPa; b. 500 hPa; c. 850 hPa

Fig. 6 The baroclinic flow fields at the brewing stage of the blocking case

(a) at 200 hPa; (b) at 500 hPa; (c) at 850 hPa

各有一个较深的槽, 但比实际流场槽要弱得多, 而且没有闭合低压中心。同时, 在两个大槽之间的乌拉尔山西部及巴尔喀什湖与贝加尔湖间各有一个高压脊, 而乌拉尔山的高压脊较强, 但与同时期实际流场上脊相比强度要弱, 且位置偏西, 脊线也向西倾斜, 而其下游的脊较弱, 两脊之间的巴尔喀什湖为一浅槽。500 hPa 斜压流场的形势与同期实际流场完全不同, 风向由实际流场上的西风变成了东风, 对应的西风脊变成了东风槽, 西风槽变成了东风脊。另外, 与这个阶段 200 hPa 斜压流场相比也是如此, 并且空间尺度变小, 在中部地区由空间的二波变成了三波。850 hPa 斜压流场整个为东风气流所控制, 在中高纬度的欧洲和东亚地区各有一个高压脊, 且有闭合中心, 两个高压之间的乌拉尔山有一低压槽, 这与 200 hPa 斜压流场上的形势正好相反, 说明这个时期大气环流的斜压分量的斜压性较强。

图 7 是维持阶段斜压环流分布图。200 hPa 上乌拉尔山地区为一闭合高压中心, 其上游的欧洲沿岸及下游的东亚地区各对应一个低压中心, 与实际流场差别在于没有出现偶极子, 并且上游低压中心位置偏北。500 hPa 斜压流场与 200 hPa 及实际流场形势完全不同, 弱小系统较多, 这是因为 500 hPa 接近 400 hPa, 两层实际流场形势比较相似, 所以斜压流场反映的结果就是较多的弱小系统, 而没有相对应的较强系统存在。850 hPa 斜压流场的整个形势与 200 hPa 形势完全相反, 且出现了偶极子, 但性质与位置正好与实况相反。

图 8 为衰亡阶段斜压流场图。200 hPa 流场上欧洲以西和东亚地区仍为低压控制, 而乌拉尔高压中心已经消失。500 hPa 流场形势比较零乱, 空间尺度比 200 hPa 小。850 hPa 流场上乌

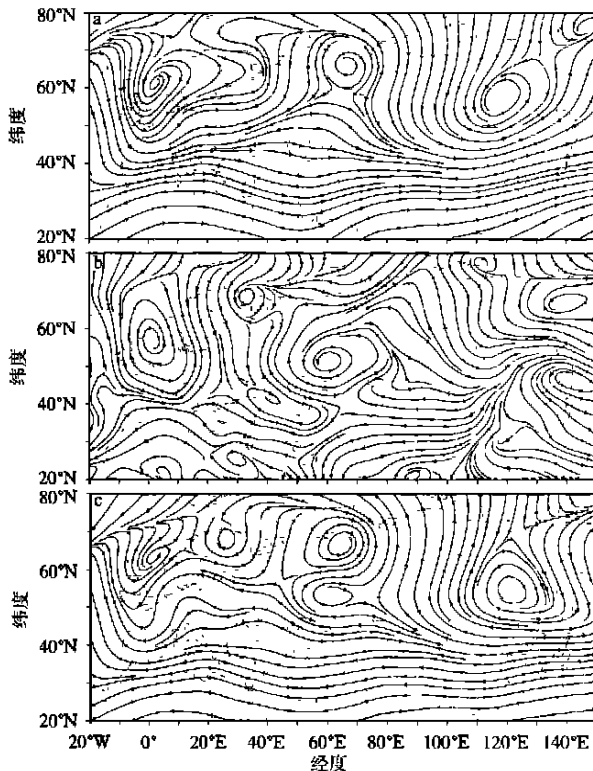


图 7 阻塞形势维持阶段斜压流场分布图

a. 200 hPa; b. 500 hPa; c. 850 hPa

Fig. 7 The baroclinic flow fields at the maintaining stage of the blocking case

(a) at 200 hPa; (b) at 500 hPa; (c) at 850 hPa



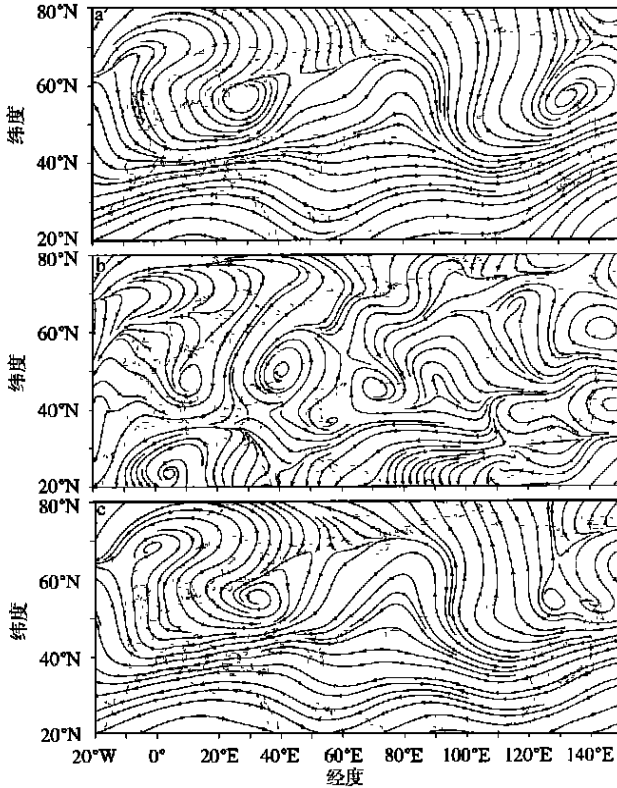


图 8 阻塞形势衰亡阶段斜压流场分布图

a. 200 hPa; b. 500 hPa; c. 850 hPa

Fig. 8 The baroclinic flow fields at the decaying stage of the blocking case

(a) at 200 hPa; (b) at 500 hPa; (c) at 850 hPa

拉尔山地区为一低压槽,其上下游各有一高压中心,形势与 200 hPa 形势完全相反,说明大气具有斜压性。

由上可知,阻塞过程中斜压环流的演变特征是高层流场与实际流场的形势较为相似,却与低层流场形势完全相反,表现为大气具有斜压性。

## 5.2 200 hPa 斜压流场与整层斜压流场的形态相似性

斜压流场在阻塞过程中演变的一个重要特点就是高、低层环流形势完全相反,对此我们将作进一步地研究。利用(5)式对整个阻塞区域(40°E ~ 80°E, 40°N ~ 75°N) 200 hPa 斜压流场与各层斜压流场进行形态相关性定量分析显示(图 9), 400 hPa 附近是一分界层,其上方各层相关系数为正,下方各层相关系数为负,400 hPa 层相关系数最小。根据大气环流分解原则,这一分布同正压环流与实际流场在 400 hPa 这一层有最大相关系数的结论是一致的,从另一角度说明 400 hPa 是正压层,或垂直平均层。从图中还可看到,整个阻塞过程中 200 hPa 斜压流场与 700 hPa 斜压流场负相关系数皆达到最大,但在不同阶段最大值又有所不同。酝酿阶段、衰亡阶段负相关系数较大,说明在阻塞过程中斜压环流是有变化的,它由酝酿阶段的较强斜压环流转变成维持阶段较弱的斜压环流,然后又转为衰亡阶段的较强斜压环流。

## 6 结 语

将乌拉尔山偶极型阻塞过程中的大气环流分解成正、斜压流场进行观测研究,结果表明:

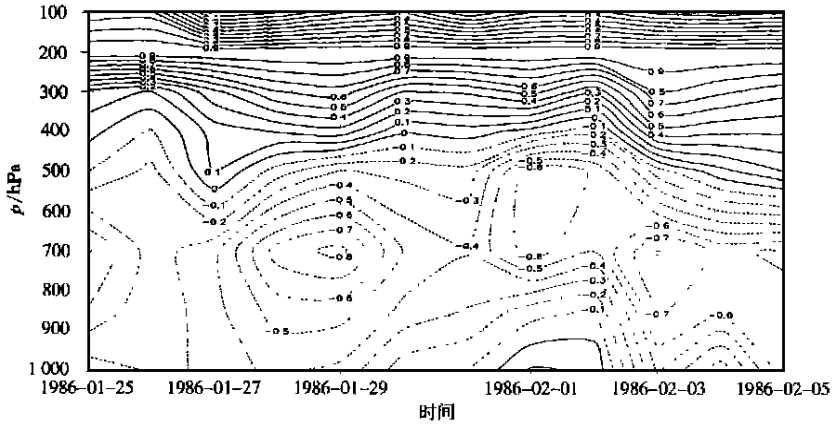


图9 200 hPa 斜压流场与各层斜压流场的形态相关系数垂直-时间剖面图

Fig. 9 Vertical-time cross-section of the correlation coefficient between baroclinic flow pattern at 200 hPa and that at all levels

(1) 阻塞维持阶段正压流场强, 斜压流场弱, 而在酝酿及衰亡阶段正压流场弱, 斜压流场强。在阻塞酝酿阶段向维持阶段演变过程中, 斜压流场向正压流场转换; 当阻塞由维持阶段向衰亡阶段演变时, 正压流场向斜压流场转换。因此, 正、斜压流场的相互转换伴随了整个阻塞生命史。

本文只是对阻塞过程中正、斜压流场的演变特征进行了初步分析, 而进一步的分析以及正斜压流场相互转换激发阻塞生命史的机理研究将在另文中讨论。

### 参 考 文 献

- [1] 周伟灿, 朱乾根, 刘宣飞. 阻塞动力学研究进展与展望[J]. 南京气象学院学报, 1999, 22(2): 278~286.
- [2] Charney J G, Devore J G. Multiple flow equilibria in the atmosphere and blocking[J]. J A S, 1979, 36(7): 1205~1216.
- [3] 朱正心, 朱抱真. 纬向不对称热力强迫下超长波的非线性平衡态与阻塞形势[J]. 中国科学(B辑), 1982, (4): 361~371.
- [4] 伍荣生. 正压大气中波动共振与能量变化[J]. 中国科学(B辑), 1979, (2): 195~203.
- [5] 陆维松. 正压大气波动准共振与中纬低频振荡[J]. 中国科学(B辑), 1991, (1): 102~112.
- [6] Patoine A, Warn T. The interaction of long quasi-stationary baroclinic waves with topography[J]. J A S, 1982, 39(5): 1018~1025.
- [7] 罗哲贤. 阻塞高压形成机制的数值研究[J]. 中国科学(B辑), 1989, (6): 665~672.
- [8] McWilliams J C. An application of equivalent modons to atmospheric blocking[J]. Dyn Atmos Oceanic, 1980, 5(1): 43~66.
- [9] Malguzzi P, Malanotte-Rizzoli P. Nonlinear stationary Rossby waves on moniform zonal winds and atmospheric blocking. Part I: The analytical theory[J]. J A S, 1984, 41(17): 2620~2628.
- [10] 叶笃正, 陶诗言, 朱抱真, 等. 北半球冬季阻塞形势的研究[M]. 北京: 科学出版社, 1962.
- [11] 黄荣辉, 邹捍. 球面斜压大气中上传行星波与纬向平均气流的相互作用[J]. 大气科学, 1989, 13(4): 383~392.
- [12] 陆日宇, 黄荣辉. 变形的径向环流变化方程及其在诊断阻塞高压形成中的应用[J]. 大气科学, 1996, 20(2): 138~148.
- [13] 吴国雄, 刘辉, 陈飞, 等. 时变扰动涡动输送和阻塞高压形成-1980年夏我国的持续异常天气[J]. 气象学报, 1994, 52(3): 308~320.
- [14] 刘辉, 吴国雄, 曾庆存. 北半球阻塞高压的维持I: 准地转和Ertel位涡分析[J]. 气象学报, 1995, 53(2): 177~185.
- [15] Wiin-Nielsen A. On the transformation of kinetic energy between the vertical shear flow and the vertical mean flow in the atmosphere[J]. Mon Wea Rev, 1962, 90(8): 311~323.
- [16] Wiin-Nielsen A, Margaret Drake. On the energy between the baroclinic and the barotropic components of atmospheric

flow[J]. *Mon Wea Rev*, 1965, 93(2): 79 ~ 92.

- [17] Wiin-Nielsen A, Margaret Drake. The contribution of divergent wind components to the energy exchange between the baroclinic and barotropic components[J]. *Mon Wea Rev*, 1966, 94(1): 1 ~ 8.
- [18] Wiin-Nielsen A. On the annual variation and spectral distribution of atmospheric energy[J]. *Tellus*, 1967, 19(4): 540 ~ 559.
- [19] Chen T C. On the energy exchange between the divergent and rotational components of atmospheric flow over the tropics and subtropics at 200mb during two Northern Hemisphere summers[J]. *Mon Wea Rev*, 1980, 108(7): 896 ~ 912.
- [20] Chen T C. A further study of spectral energetics in the winter atmosphere[J]. *Mon Wea Rev* 1982, 110(8): 947 ~ 961.
- [21] Chen T C. On the kinetic energy budget of summertime-mean flow at 200mb in the tropics[J]. *Tellus*, 1982, 34(1): 55 ~ 62.
- [22] Chen T C. On the energy exchange between the baroclinic and barotropic components of atmospheric flow in the tropics during the FGGE summer[J]. *Mon Wea Rev*, 1983, 111(7): 1389 ~ 1396.
- [23] 管兆勇, 徐建军, 郭品文, 等. 亚洲夏季风结构和变动与大气运动的斜压和正压特征: 斜压模分析[J]. *气象学报*, 1997, 55(2): 146 ~ 153.
- [24] 管兆勇, 徐建军, 哈承智. 亚洲夏季风结构和变动与大气运动流场的斜压和正压特征: 正压模分析[J]. *气象学报*, 1997, 55(5): 513 ~ 520.
- [25] Elliott R D, Smith T B. A study of the effects of large blocking highs on the general circulation in the Northern Hemisphere westerlies[J]. *J Meteor*, 1949, 6(1): 27 ~ 85.
- [26] Rex D F. Blocking action in the middle troposphere and its effects upon regional climate . An aerological study of blocking action[J]. *Tellus*, 1950, 2(3): 196 ~ 211.
- [27] Rex D F. Blocking action in the middle troposphere and its effects upon regional climate . The climatology of blocking action[J]. *Tellus*, 1950, 2(4): 275 ~ 301.
- [28] Treidl R A, Birch E C, Sajecki P. Blocking action in the northern hemisphere: a climatological study[J]. *Atmosphere Ocean*, 1981, 19(1): 1 ~ 23.
- [29] Charney J G, Shukla J, M o K C. Comparison of a barotropic blocking theory with observation[J]. *J A S*, 1981, 38(4): 762 ~ 779.
- [30] Dole R M. Persistent anomalies of the extratropical Northern Hemisphere wintertime circulation[M]. Ph D thesis MIT, 1982: 225.
- [31] Shukla, M o K C. Seasonal and geographical variation of blocking[J]. *Mon Wea Rev*, 1983, 111(2): 388 ~ 402.
- [32] 陆日宇, 黄荣辉. 变形的经向环流变化方程及其在诊断阻塞高压形成中的应用[J]. *大气科学*, 1996, 20(2): 138 ~ 148.

## The Evolution of Barotropic and Baroclinic Flow Fields with Their Interchange in a Dipole Blocking Process

Zhou Weican   Zhu Qian gen   Liu Xuanfei

( 1) Department of Mathematics; (2) Department of Atmospheric Sciences, NIM, Nanjing 210044 )

**Abstract:** The atmospheric flow is divided into barotropic and baroclinic flow fields in a dipole blocking case over the Ural mountains. Investigated are the evolution features of barotropic and baroclinic flow fields and the lifespan of the blocking case which is excited by the interchange between barotropic and baroclinic flow fields.

**Key words:** barotropic/baroclinic flow fields, interchange, lifespan of blocking case