

东亚夏季两类阻塞高压维持的诊断分析*

张培忠

(内蒙古气象科学研究所, 呼和浩特 010051)

提 要

文章对两类东亚阻塞高压维持进行了诊断分析, 结果表明: 两类阻高的准地转位涡的平均流输送和瞬变扰动气流输送的分布是不同的, 阻高维持机制也可能不同; 两类阻高的瞬变扰动在分流区呈现南北向拉长, 产生形变, 对阻高维持有一致的作用; 天气尺度扰动在东移过程中尺度缩小, 当能量转化服从双向转化原则时, 有大量扰动动能向平均场转化, 使阻高维持。

关键词: 阻塞高压 瞬变扰动 动能转化

引 言

造成内蒙古和华北地区干旱的因素除副热带系统外, 中高纬度阻高的位置及持续时间也有重要作用。文献[1]统计出内蒙古干旱年份在 $80^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{E}$ 和 $120^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ 的中高纬度地区多有阻高维持。

关于阻高维持的机制, 有不同的看法。其一是天气尺度斜压不稳定的局地强迫作用。顾震潮等^[2], 叶笃正等^[3]都持有这种观点。Green^[4]认为气旋波的形状和取向产生了反气旋涡度强迫, 使阻高维持。Shutts^[5]提出了涡旋输送和阻塞流型相互作用的概念模式, 并在1989年用一个个例做了检验。吴国雄等^[6]、刘辉等^{[7][8]}认为瞬变涡旋输送在阻高形成中有重要作用, 波流相互作用强烈地激发了阻高的增长, 并提出了阻高维持机制有显著的地域性差异。

本文用吴国雄、刘辉等人^[6~9]的方法及程序对两个东亚阻高的维持进行了诊断分析, 得出一些有益的结果。

1 1986年7月和1980年7月东亚阻高活动的异同

1986年7月4~20日东亚为阻塞形势, 它是由时间上前后相连的两次阻高组成, 300 hPa图上阻高中心在 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{N}$, $110^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$, 范围较大($80^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$), 其轴向为

* 本文由国家自然科学基金会项目(49265015)和内蒙古气象局“内蒙西部夏季异常干旱的成因分析”课题资助。1996-09-20收到, 1997-01-06收到修改稿。

NW—SE 向. 1980 年 7 月 8~15 日阻高中心在 50°~60°N, 120°~140°E, 比 1986 年的个例略偏东、偏南. 轴向为 NE—SW 向. 轴向不同是两个阻高的重要差别.

使用 1986 年 6 月 29 日到 7 月 21 日(共 23 天)(简称 867 个例)和 1980 年 7 月 5~15 日(共 11 天)(简称 807 个例)的 ECMWF 资料进行了诊断分析. 所有计算结果都做了 5 点平滑处理.

2 瞬变扰动对阻高维持的重要作用

2.1 准地转位涡对阻高维持的作用

引用文献[7]中等压面准地转位涡方程和时间平均位涡方程:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \vec{v}_h \cdot \nabla q = S \tag{1}$$

$$\overline{\frac{\partial q}{\partial t}} = \vec{v}_h \cdot \nabla q = -\nabla \overline{\vec{v}_h' q'} + \overline{S} \tag{2}$$

式(1)中 $q = f + \xi + f \frac{\partial}{\partial p} (\theta'' / \frac{d\theta_0}{dp})$ 为准地转位涡, \vec{v}_h 为沿等压面的地转风, $f = 2\Omega \sin\phi$, $\xi = \mathbf{k} \cdot \nabla \times \vec{v}_h$, $\theta'' = \theta - \theta_0(p)$, $\theta_0(p)$ 为标准位温分布. $d\theta_0/dp$ 为静力稳定度, S 为位涡源汇项. 式(2)中“—”代表时间(阻高活动前 3~5 天, 活动期和活动后各 1 天)平均, “'”代表对该平均值的偏差, 即瞬变扰动. 式(2)表示阻高维持期间等压面上平均准地转位涡的变化是由时间平均流位涡平流、瞬变扰动位涡输送的散度以及源汇项所决定. 本文主要分析前两项作用.

由 867 和 807 两个个例准地转位涡分布(图 1 a 和 1 b)可以看出, 阻高区都是显著的低值位涡区, 与等高线对应甚好. 两个例不同的是 867 个例轴向是 NW—SE 向, 与文献[7]中太平洋阻高个例相似, 而 807 个例轴向是 NE—SW 向, 与文献[7]中东亚个例相似.

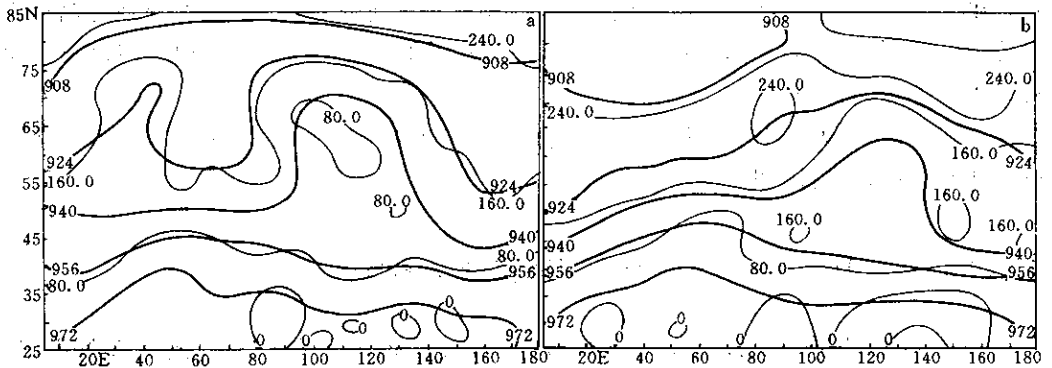


图 1 300 hPa 准地转位涡分布(细线, 间隔 $80 \times 10^{-6} s^{-1}$, 粗线为平均等高线, 间隔 80 dagpm)

(a)867 个例 (b)807 个例

图 2 是 867 和 807 两个个例的平均流准地转位涡平流的分布. 在 867 个例中(图 2 a), 沿阻高轴线方向(阻高北部)有大的正值区; 东北部和中部也是正值, 而东南部、西

南部都是负值，再向南还有负值区。这种分布表明平均流平流作用将使低值位涡场北扩，阻高经向度加大，有利于阻高维持。与文献[7]中太平洋阻高个例相似，而与东亚阻高个例相反。

807个例(图2b)轴向是NE—SW向，在东北方有大片正值区，西侧是负值区。与文献[7]的东亚阻高个例相似，其作用也相似，使阻高东移。

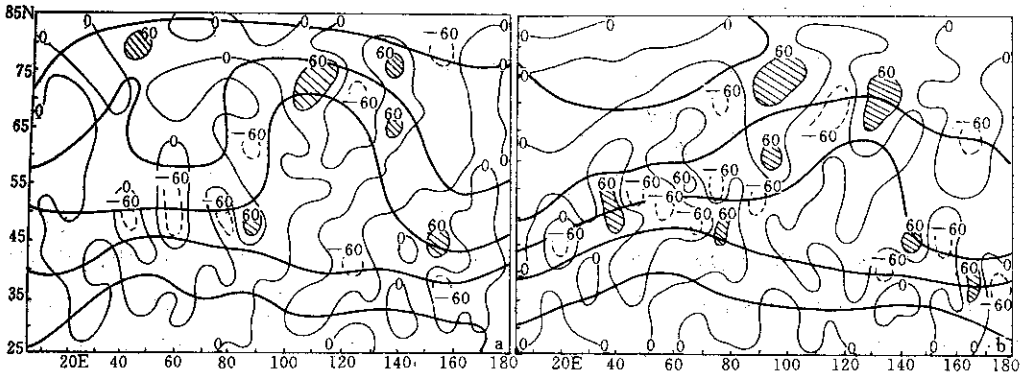


图2 平均流位涡平流分布(细线, 单位: $10^{-6} s^{-1}$, 粗线为平均等高线) (a) 867个例 (b) 807个例

由两个个例的瞬变扰动位涡输送散度分布(图3)可见: 867个例(图3a)阻高轴线上为 $-5.6 \times 10^{-5} s^{-1}$ 的负值区, 西侧为 $4.7 \sim 4.9 \times 10^{-5} s^{-1}$ 的正值区, 东侧也是正值区, 与图2a的分布相反。表明两者有相互抵消的作用。由于平均流位涡平流(图2a)正值的绝对值较瞬变扰动位涡输送散度(图3a)的负值的绝对值大, 因此阻高得以维持较长时间。

807个例(图3b)中瞬变扰动位涡输送散度分布与图2b相反, 东北方有 $-5.8 \times 10^{-5} s^{-1}$ 的负值区, 西侧是正值区。也有相互抵消的作用。

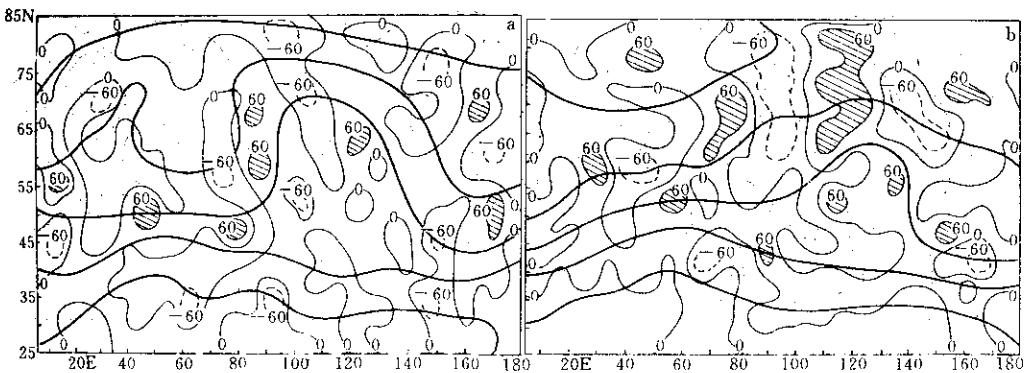


图3 瞬变扰动位涡输送散度 (a) 867个例 (b) 807个例(说明同图2)

由上文分析可以看出, 867个例阻高轴向为NW—SE向, 位涡输送更倾向于南北方向, 有利于阻高经向度加大, 阻高维持; 807个例阻高轴向NE—SW向, 位涡输送以东西向排列为主, 利于移出本区。这表明阻高轴向不同, 作用也不同。

Shutts指出瞬变天气尺度扰动自上游进入分流区后出现的南北向拉长、东西向压缩

的形变过程会使阻高过程维持^[5]。从图 3 a 和 3 b 都可以看到分流区北支上有狭长的正扰动涡度通量的散度区, 南支上为负值区。在分流区东侧下游的北支上有显著的正、负、负的分布。说明主要扰动涡度是沿北支传播的。两个个例都证实了天气尺度扰动在分流区产生形变对东亚阻高维持的重要性。

2.2 时间平均纬向非均匀扰动传播的作用

三维通量 \vec{B} 的表达式^[8]为:

$$\vec{B} = \frac{p \cos \varphi}{p_0} \begin{vmatrix} (\bar{v}^*)^2 - \frac{1}{2\Omega a \sin 2\varphi} \frac{\partial}{\partial \lambda} (\bar{v}^* \bar{\varphi}^*) \\ -\bar{u}^* \bar{v}^* + \frac{1}{2\Omega a \sin 2\varphi} \frac{\partial}{\partial \lambda} (\bar{u}^* \bar{\varphi}^*) \\ \frac{f}{s_0} (\bar{v} \bar{T})^* - \frac{1}{2\Omega a \sin 2\varphi} \frac{\partial}{\partial \lambda} (\bar{T}^* \bar{\varphi}^*) \end{vmatrix}$$

两类阻高 \vec{B} 通量计算结果见图 4。由图 4 a 可以看到: 867 个例在阻高区(110°~130°E, 60°~70°N)西侧有明显东北方向的扰动水平分量, 并有强烈辐合现象, 但扰动能量却是下传的。与上文所述的平均流位涡平流使阻高北扩, 经向度加大相一致; 另外在上游 60°E, 40°N(乌山南端—伊朗高原)有一弱的扰动上传区。该个例 \vec{B} 通量分布与文献[8]中的东亚个例不同, 但与太平洋个例有许多相似之处。也可能与阻高轴向 NW—SE 倾斜有关。

807 个例(图 4 b) \vec{B} 通量分布与文献[8]的东亚个例很相似, 阻高区西侧垂直分量也是下传的。

由上分析不难看出, 尽管东亚两个阻高 \vec{B} 通量分布并不一致, 作用也有差异, 但与文献[8]的轴向一致的个例却很类似, 说明阻高轴向的重要性。

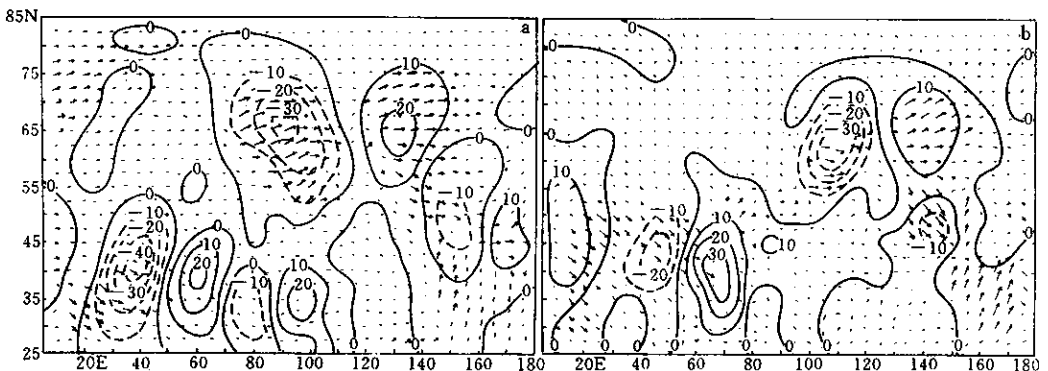


图 4 时间平均纬向非均匀扰动的三维 \vec{B} 通量分布(300 hPa) (a) 867 个例 (b) 807 个例 (矢量为水平分量, 单位: $\text{m}^2 \text{s}^{-2}$, 等值线为垂直分量, 间隔 $10.0 \times 10^{-2} \text{m}^2 \text{s}^{-2}$. 虚线为负值区)

3 天气尺度系统能量转化对阻高维持的作用

吴国雄^[9]证明了在弱辐散相当正压大气中, 能量转化服从双向原则, 即中间尺度系

统能量的减少(增加), 必有较小尺度和较大尺度系统能量的同时增加(减小). 文献[6]已研究了 807 个例的能量转化, 因此本文只讨论 867 个例(图 5), 可以看到在欧洲到西亚的强斜压带上及阻高东侧有最大能量(在 $140 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ 以上). 阻高区及其周围能量最小. 在分流区附近向南北方向能量增大, 表示向南、北方向输送的动能增强(图 5 a). 由图 5 b

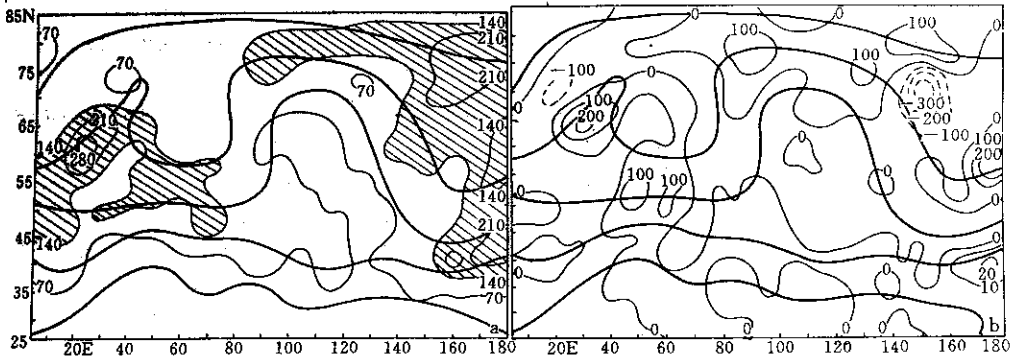


图 5(a) 867 个例扰动动能分布(细线, 单位: $\text{m}^2 \text{ s}^{-2}$. 粗线为平均等高线, 斜线区为 $\geq 140 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ 区) (b) 时间平均动能向瞬变扰动动能转化的空间分布(单位: $10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$, 等值线间隔 $1000 \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$, 粗线为平均等高线)

可见, 在分流区有南北向分布的较强负中心, 表明有大量扰动动能向平均动能转化以维持阻高. 另外在阻高东侧还有一强的负中心, 表明有大量扰动动能变成平均动能, 这一结果与文献[10]的结论, 即下游有低值位涡并入阻高区, 有利于阻高的生成维持相一致.

1986 年 7 月 1~12 日 300 hPa 9360 gpm 逐日演变图(图略)显示出有两次天气尺度系统尺度变小现象. 1~5 日脊间经度距离由 30° 缩小成 20° ; 6~12 日由 70° 经度缩小为 30° , 比原来减小了一半, 表明天气尺度向较小尺度有能量转化, 同时有更多能量向大尺度转化, 使阻高维持[6].

4 小 结

(1) 两类阻高的准地转位涡平均流平流和瞬变扰动输送散度的分布有明显差别. 867 个例轴向及准地转位涡平流与文献[7]两个太平洋个例相似, 更具有南北向分布特征; 而与文献[7]的东亚个例不同. 807 个例则相反, 与东亚个例相似. 两类个例的平均扰动通量散度在分流区南北向拉长形变的特点一致, 对阻高都有维持作用.

(2) 两类个例 \bar{E} 能量分布和走向也不一致其作用也不同, 可能与轴向有关.

(3) 从能量转化看, 867 个例与文献[6]的 807 个例相似, 但 867 个例南北向分布更明显, 作用更强. 天气尺度能量双向转化明显, 更多能量转向大尺度, 以维持阻高.

致谢: 对吴国雄研究员、刘辉博士的指导帮助, 吴学洪同志协助绘图, 一并表示感谢.

参考文献

1. 张培忠, 杨素兰. 北半球阻塞高压活动的气候变化及其对中国某些地区旱涝的影响. 气象学报, 1996, 54(5): 633~640.
2. 顾震潮, 翟章, 巢纪平. 准地转三层模式天气数值预报方法的试验研究. 气象学报, 1957, 28: 141~156.
3. 叶笃正, 陶诗言, 朱抱真, 杨鉴初, 陈隆勋. 北半球冬季阻塞形势的研究. 北京: 科学出版社, 1962.
4. Green J S A. The weather during July 1976: Some dynamical consideration of the drought. *Weather*, 1977, 32: 120~126.
5. Shutts G J. The propagation of eddies in diffluent jet streams: eddy vorticity of blocking flow fields. *Quart J. Roy. Meteor. Soc.*, 1983, 109: 737~761.
6. 吴国雄, 刘辉, 陈飞, 赵宇澄. 时变涡动输送和阻高形成——1980年夏中国的持续异常天气. 气象学报, 1994, 52(3): 308~319.
7. 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. 气象学报, 1995, 53(2): 177~185.
8. 刘辉, 曾庆存, 吴国雄. 北半球阻塞高压的维持 II: 瞬变扰动强迫和平均流位涡平流的形成. 气象学报, 1995, 53(3): 337~348.
9. 吴国雄. 大气中能量的双向和单向转换. 大气科学, 1995, 19(1): 52~62.
10. 张培忠. 1986年7月阻塞高压过程的位涡诊断分析. 待发表.

DIAGNOSTIC ANALYSIS OF MAINTENANCE MECHANISM FOR TWO KINDS OF EAST ASIAN BLOCKING HIGHS IN SUMMER

Zhang Peizhong

(Inner Mongolia Institute of Meteorological Sciences, Hohhot 010051)

Abstract

The maintenance mechanism of two kinds of blocking highs is studied. The results show that the distribution regimes of mean flow transfer of quasi-geostrophic potential vorticity and transient disturbance flow transfer for two kinds of blocking highs are different, and their maintenance mechanism would be different too. The transient disturbance fields of two kinds of blocking highs in diffluent regions appear to be elongate in the north-south direction. This kind of deformation plays an important role in the maintenance of blocking high.

It is also shown that the synoptic scale disturbance would reduce its scale in the process of eastward movement, when energy transformation obeys the bidirectional transformation principle, a lot of disturbed kinetic energy would transfer to mean fields, and so, blocking high could be maintained.

Key words: Blocking high Transient disturbance Kinetic energy transformation