

# 夏季东亚阻塞高压形成维持的波数域动能分析\*

张培忠

(内蒙古气象科学研究所, 呼和浩特 010051)

## 提 要

用波数域动能方程分析了1986年夏季东亚阻塞高压的形成、维持和衰退过程. 发现该夏季代表阻塞高压的波动是5波(长波), 而不是2波(超长波). 在阻高形成和维持阶段, 波与波非线性相互作用向5波输送动能, 使5波动能增大; 而波与平均流的相互作用则使5波动能减小. 在阻高维持阶段, 有效位能向5波转换动能, 维持阻高. 波与平均流的相互作用却使5波维持. 在阻高衰退阶段则完全相反, 波与波相互作用项以及有效位能与动能转换项均为负值, 使5波动能变小, 阻高衰退. 而波与平均流相互作用, 却使高纬西风减小, 有利阻高维持. 关键词: 阻塞高压 波数域 动能方程 5波动能

## 引 言

由于阻塞高压对天气和气候都有重要作用, 所以研究工作甚多, 近年来在阻高形成、维持、衰退的机制上又作了不少诊断分析<sup>[1, 2]</sup>. 文献[3, 4]运用波数域能量方程对冬半年阻高的形成、维持和衰退作了研究, 得出许多有意义的结果. 本文用Saltzman<sup>[5]</sup>提出的、经过蔡清彦和高仕功<sup>[6]</sup>发展的波数域动能方程, 对夏季出现在东亚的阻塞高压进行了诊断分析.

## 1 方程和资料

按照文献[7], 波数域动能方程为:

$$\frac{\partial K(n)}{\partial t} = L_1(n) + L_2(n) + BL_1(n) + BL_2(n) - M_1(n) - M_2(n) - M_3(n) + C(n) + BVZ(n) + BWZ(n) + D(n)$$

式中  $K(n)$  是某一个纬度带内的单位质量的  $n$  波动能;  $L_1(n)$  和  $L_2(n)$  是该纬度带内波与波非线性相互作用对  $n$  波的贡献, 其中  $L_1(n)$  与水平运动有关,  $L_2(n)$  与垂直运动有关;  $BL_1(n)$  和  $BL_2(n)$  是波与波非线性相互作用引起的净边界通量对  $n$  波的贡献;  $-M_1(n)$ 、 $-M_2(n)$  和  $-M_3(n)$  是  $n$  波与纬向平均运动之间的相互作用,  $-M_1(n)$  与水平运动有关,

\* 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. 1997-02-25 收到, 1997-06-18 收到修改稿.

$-M_2(n)$ 和 $-M_3(n)$ 与垂直运动有关； $C(n)$ 是 $n$ 波有效位能与 $n$ 波动能的转换项； $BVZ(n)$ 和 $BWZ(n)$ 是 $n$ 波位能的净边界通量， $BVZ(n)$ 与水平运动 $V$ 有关， $BWZ(n)$ 与垂直运动有关； $D(n)$ 是 $n$ 波摩擦耗散项。详细的公式可参看文献[7]。

以上各项中， $BL_2(n)$ 、 $-M_3(n)$ 、 $BVZ(n)$  3项因量级太小，没有输出， $D(n)$ 没计算，其余各项都作了计算。计算波数为1~17波。

由于阻高主要在 $40^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{N}$ 内活动，取 $40^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{N}$ 为一个纬度带。使用资料为1986年7月3~21日的ECMWF资料。

阻高的定义为500 hPa图上出现高压中心，发生西风分支，维持5天及以上。形成阶段：出现闭合高压中心及前后一天即7月3~5日。衰退阶段：阻高中心存在最后一天及其前1~2天，出现在7月18~20日。维持阶段：形成和衰退之间的阶段，即7月6~17日。由于300 hPa是相当正压层，取该层进行分析。

## 2 1986年7月东亚阻塞高压各阶段波数域动能分析

### 2.1 阻塞高压过程演变及其影响

1986年7月3日500 hPa图上在欧洲的低压和低压前的高脊一同东移，从低压中分裂出的低槽将高脊切断，7月4日在 $117.5^{\circ}\text{E}$ 、 $57.5^{\circ}\text{N}$ 处出现闭合高压，中心值为582 dagpm，高压南侧有低压活动，形成了偶极子型的阻高。阻高发展扩大并向东北移动。从4~12日阻高中心在 $117.5^{\circ}\sim 132.5^{\circ}\text{E}$ ， $57.5^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{N}$ 范围内活动。13日阻高东移到 $132.5^{\circ}\text{E}$ 并消失，同时在 $115^{\circ}\text{E}$ ， $65^{\circ}\text{N}$ 又有一高压生成，中心值为584 dagpm。这个阻高维持在 $105^{\circ}\text{E}$ ， $60^{\circ}\sim 65^{\circ}\text{N}$ 范围内。因此12~13日有一次阻高中心的代换过程，但大范围阻塞形势没有变化。图1给出1986年7月4~20日500 hPa平均图。

在这种形势下，内蒙古中西部及黄河中下游广大地区受西北气流控制，晴空少雨，发生严重干旱，呼和浩特市全月降雨仅12 mm。内蒙中西部和黄河中下游为重旱区[8]。

### 2.2 阻高各阶段各波的动能

缪锦海[3]分析了7个冬半年阻高例子(10月到次年2月)都是2波动能最强，可以用2波波长代表阻高的波长。还指出形成阶段以3、4波动能为最大。

本文分析了1986年7月的个例，将3个阶段1~12波动能列于表1中。

从表1中可以看到在阻高维持阶段以

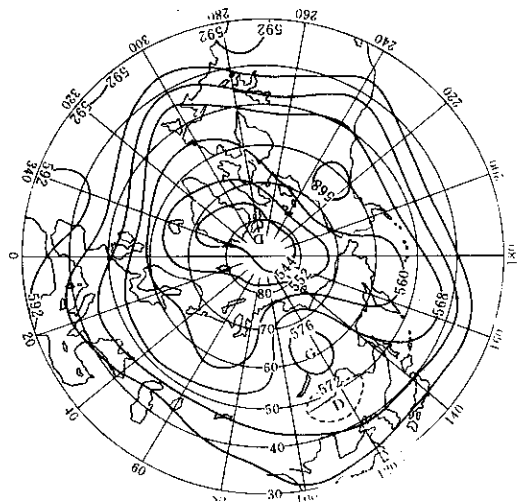


图1 1986年7月4~20日500 hPa平均图(单位: dagpm)

表 1 阻高 3 阶段平均动能(单位:  $10^{-2}m^2/s^2$ )

	波 数											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
形成阶段	3290	918	2127	2623	1514	1079	2505	1573	609	829	275	453
维持阶段	2175	1414	1889	2234	2847	1269	1064	1205	479	474	528	304
衰退阶段	1534	1681	1178	3055	2642	768	1971	1328	725	615	603	468

5 波动能为最大, 达  $2850 \times 10^{-2} m^2/s^2$ , 4 波和 1 波次之, 所以阻高的代表波是 5 波. 在形成阶段 1 波和 4 波动能较大, 7 波也较强. 在衰退阶段 4 波最强, 5 波减小成为第 2 位. 而作为冬季阻高代表波的 2 波动能在 3 个阶段中一直较小.

表中还可看出 4 波一直较强. 4 波是夏季大气环流的代表波, 一般情况下, 4 波动能应最强, 但在阻高维持阶段却让位于 5 波, 说明 5 波是阻高的代表波. 夏季阻高特征明显不同于冬季, 冬季以超长波为代表, 夏季以长波为代表.

图 2 是 500 hPa 阻高中心强度和 300 hPa 上 5 波动能的逐日变化. 可以看出在阻高维持阶段, 5 波动能一直较强, 而在阻高形成和衰退阶段则较弱. 需要指出的是 7 月 10~12 日 5 波动能有个低谷, 根据上节所述, 12~13 日有一次阻高的代换过程, 即前一个阻高减弱消失, 同时西侧又生出一阻高, 因而 5 波动能出现了低谷.

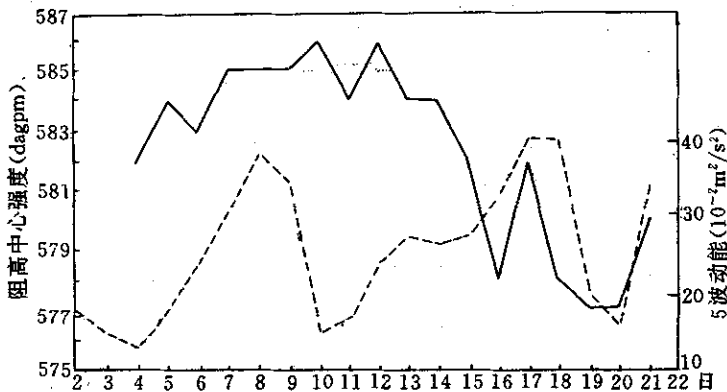


图 2 1986 年 7 月 2~21 日阻高中心强度(实线)和 5 波动能逐日变化(虚线)

另外, 还计算了各波动能在全部波(1~17 个波)总动能中所占的百分比, 5 波在维持阶段一直占主导地位. 由于 4 波也较强, 4 和 5 波动能总和占总波动动能的 30% 左右, 所以也可用 4、5 两个波表示这次过程.

### 2.3 波数域动能方程各项对 5 波的贡献

计算了波数域动能方程右端除  $BVZ(n)$ 、 $BL_2(n)$ 、 $-M_3(n)$  和  $D(n)$  以外各项的值, 列入表 2.

表 2 中  $\frac{\partial K(5)}{\partial t}$  在形成阶段是大的正值, 表示 5 波增强, 阻高形成. 在维持阶段也是正值. 到衰退阶段变成大的负值, 5 波动能迅速减小, 阻高消失.

表 2 300 hPa 阻高各阶段 5 波动能方程各主要项之值(单位:  $10^{-9} \text{m}^2/\text{s}^3$ )

	$\frac{\partial K(5)}{\partial t}$	$L_1(5)$	$BL_1(5)$	$L_1(5)+BL_1(5)$	$-M_1(5)$	$L_2(5)$	$-M_2(5)$	$BWZ(5)$	$C(5)$
形成阶段	2079	3241	264	3505	-4849	751	-624	360	-77
维持阶段	1872	19026	-4019	15007	-1707	-416	-84	11	1813
衰退阶段	-5683	-9250	-2887	-12137	1841	763	-168	-414	-7019

在形成阶段, 对 5 波动能增加贡献最大的是波与波非线性相互作用项, 即  $L_1+BL_1$  项, 其中  $L_1$  项作用更大.  $BL_1$  项不大, 表明来自本纬度带以外的波与波非线性相互作用的影响不大, 这与文献[3]有明显的不同.  $-M_1$  项是很大负值, 说明这次阻高过程形成的能量不是来自平均气流, 反而向平均流输送能量, 与文献[3]一致.  $L_2$  和  $BWZ$  为正值, 对 5 波增长有作用, 但贡献较小.

在维持阶段,  $L_1$  项更大,  $BL_1$  项的负值也相应增强, 但合起来仍为大的正值, 说明波与波非线性相互作用起维持  $K(5)$  的作用.  $-M_1$  和  $-M_2$  项仍为负值, 向平均气流输送能量, 但数量已减小.  $L_1$  和  $BWZ$  项作用仍不大.  $C(5)$  项出现较大的正值, 表明 5 波有效位能向 5 波动能转换能量以维持阻高.

衰退阶段, 除  $-M_1$  项由负变正外, 其余各项都变成负值, 尤其是  $L_1$  和  $BL_1$  项是很大的负值, 表明 5 波较多的动能通过波与波非线性相互作用输向了其他各波, 主要输向 4 波. 由于  $-M_1$  为正值, 平均气流这时却向 5 波输送能量, 但数值不大.  $C(5)$  项为负值, 5 波动能转化为 5 波有效位能. 后两点结论与文献[3]中分析的冬季个例的结论不一致.

### 3 阻塞形势形成和维持时波与平均流相互作用对纬向平均气流的影响

阻塞形势是大气的低指数环流形式, 即纬向平均西风减小. 计算了 1996 年 6 月 29 日~7 月 21 日 300 hPa 逐日各纬度上的纬向平均气流(图 3). 可以看出高纬度 300 hPa 上 4 m/s 风速等值线由 72.5°N 以北逐日南退到 65°N 以南, 以后有些北抬, 但均在 70°N 以南. 8m/s 西风也有类似活动. 这表明高纬的西风在减弱. 同时 40°~50°N 中纬度西风

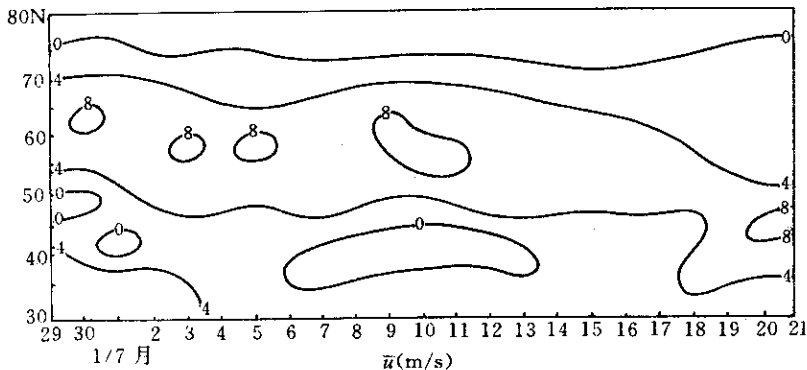


图 3 1986 年 6 月 29 日~7 月 21 日各纬度纬向平均西风逐日变化(单位: m/s)

在增强. 为考察这种变化的原因, 给出了逐日 $-M_1$ 的变化图(图4).

图4(a)中正值有使纬向平均气流减小的作用. 可以看到 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{N}$ 为正值区, 使西风气流减弱,  $45^{\circ}\text{N}$ 以南为负值区, 使西风增强. 与上文分析的一 $M_1$ 项作用一致. 图4(b)的4~17波除8~10日在 $50^{\circ}\sim 55^{\circ}\text{N}$ 有大的负值外, 也是以正值为主, 但作用较小.

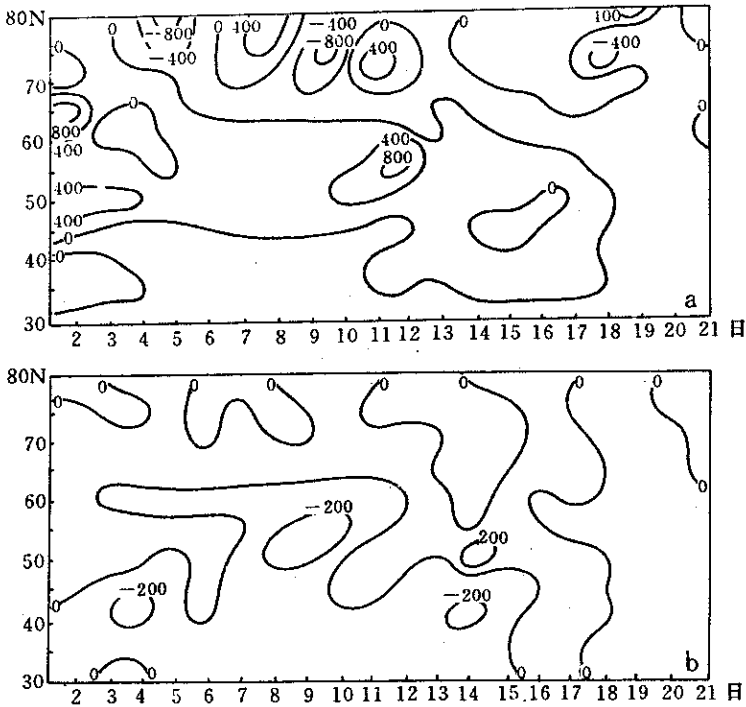


图4 1986年7月2~21日各纬度 $-M_1$ 逐日演变(单位:  $10^{-8}\text{m}^2/\text{s}^3$ ) (a) 1~3波与平均流的相互作用 (b) 4~17波与平均流的相互作用

## 4 小结

- (1) 夏季阻塞高压的代表波是5波(长波), 与冬季的代表波2波(超长波)明显不同.
- (2) 在阻高形成和维持阶段, 波与波非线性相互作用向5波输送动能, 增大5波动能, 使阻高生成并维持. 而波与平均流的相互作用则使5波动能减小.
- (3) 在阻高维持阶段, 有效位能向5波转换动能, 利于阻高维持.
- (4) 在阻高衰退阶段, 波与波相互作用项以及有效位能与动能转换项均为负值, 使5波动能减小. 而波与平均流相互作用却使波动能增加.
- (5) 波与平均流相互作用在高纬使西风变小, 有利于阻高形成, 其中以超长波作用为最大.

## 参考文献

- 1 吴国雄, 刘辉, 陈飞, 等. 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: 308~319.

- 2 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: 177~185.
- 3 缪锦海. 波与波的相互作用对阻塞高压的形成、维持和衰退的影响. 气象学报, 1984, 42: 35~45.
- 4 陆日宇, 黄荣辉. 关于阻塞形势演变过程中波数域能量的诊断分析. 大气科学, 1996, 20: 270~277.
- 5 Saltzman B. Equations governing the energetics of atmospheric turbulence in the domain of wavenumber. *J. Meteor.*, 1957, 14: 513~523.
- 6 Tsay C Y and Kao S K. Linear and nonlinear contributions to the growth and decay of the large-scale atmospheric waves and jet stream. *Tellus*, 1987, 30: 1~4.
- 7 缪锦海, 董官巨, 王为德, 等. 见: 波数域能量方程的计算方法. 见: 全国寒潮中期预报文集. 寒潮中期预报文集编委会. 北京: 北京大学出版社, 1984.
- 8 北京气象中心气候资料室. 全国气候影响评价(1985.12~1986.11). 北京: 气象出版社, 1987.

## KINETIC ENERGY ANALYSES OF THE FORMATION AND MAINTENANCE PROCESSES OF EAST ASIAN BLOKING HIGH IN SUMMER

Zhang Peizhong

(Inner Mongolia Research Institute of Meteorological Science, Hohhot 010051)

### Abstract

The formation, maintenance and decay processes of blocking high over East Asia in summer of 1986 are analysed by kinetic energy equations with various wave-number domains. It is found that the representative wave number of blocking high is wave-number 5 in the case, which is in the long wave domain, not wave-number 2. During the formation and maintenance stages of blocking episodes, the kinetic energy at wave-number 5 increases through the wave-wave nonlinear interaction and decreases through the wave-mean flow interaction.

During the maintenance stage, the available poteneial energy at wave-number 5 is transformed into kinetic energy as to maintain the blocking. These physical processes are reversed in the decay stage, but the wave-mean flow interaction leads to the decreasing of westerlies in the high latitude, and maintaining the bloking high.

**Key words:** Blocking high Wave-number domain Kinetic energy equation Kinetic energy at wave-number 5