

# 北半球两大地形下游冬季环流的动力分析

## I. 环流、遥相关和定常波的联系

邹晓蕾 叶笃正 吴国雄

(中国科学院大气物理研究所)

### 提 要

位势场中槽脊的分布、遥相关型的形态和准定常波的传播路径是 1 月份 500 hPa 月平均高度场的重要特征。通过资料分析和数值试验,本文证明此三者之间是彼此关联的整体,它们与青藏高原和落基山的强迫作用有关。东亚大槽和北美大槽的强度在中高纬度上存在显著的负相关。这种负相关和槽前急流强度的年际变化导致北美和东亚存在相似的相关型分布,准定常波在两大地形下游传播的不同则导致两区域相关波链形态的明显差异。

### 一、引 言

月平均图上,中纬西风带上叠加有大尺度的波状扰动。由冬到夏,南北温差减弱,东西的海陆热力对比也发生根本变化。然而 500 hPa 上东亚大槽和北美大槽的位置并无相应变化 (Bolin 1950)<sup>[1]</sup>。看来它们可能与中纬大地形的动力强迫有关,自 Charney 和 Eliassen (1949)<sup>[2]</sup> 的开拓性工作以来,许多学者 (如 Gambo, 1956<sup>[3]</sup>; Murakami, 1963<sup>[4]</sup>; Kasahara, 1966<sup>[5]</sup>; Grose and Hoskins, 1976<sup>[6]</sup> 等) 指出大地形——落基山和青藏高原——对决定对流层中高层的槽脊系统起着重要的作用。Kasahara 等 (1973)<sup>[7]</sup>, Nigam (1983)<sup>[8]</sup>, 和 Jacqmin and Lindzen (1985)<sup>[9]</sup> 等用大气环流模式 (GCM) 对地形因子、热力因子和瞬变过程进行的综合和分离模拟也表明,地形对冬季对流层上层准定常行星波的形成起十分重要的支配作用。数值模拟和资料分析 (Blackman 等, 1977<sup>[10]</sup>; Lau, 1978<sup>[11]</sup>, 1979<sup>[12]</sup>) 还表明,这种定常波的分布和结构对急流的分布、瞬变波的特征、以及全球和局地的大气环流均起关键性的作用。

500 hPa 时间平均图上的另一重要特征是存在着各式各样的相关型,其中以 Wallac<sup>e</sup> and Gutzler (1981, 下简称 WG)<sup>[13]</sup> 提出的五个相关型最为典型。这些遥相关流型是如此地明显,以至在科研和业务中得到越来越广泛的应用。

然而大气环流是一整体,各槽脊系统之间以及各遥相关型之间必然存在一定的联系。再者,尽管槽脊系统和遥相关同为时间平均图的表征,两者之间也必非无关。虽然已有人用二维 Rossby 波的频散理论 (例如见 Hoskins 等 1977<sup>[14]</sup>; Hoskins and Karoly 1981<sup>[15]</sup>) 去解释遥相关问题,但显然有许多遥相关现象是不能用波的传播去解释的。本文的目的,

\*本文于 1989 年 7 月 14 日收到, 1989 年 10 月 13 日收到修改稿。

就是在分析北美大槽和东亚大槽的特征和联系,以及各遥相关型变化的基础上,通过研究青藏高原和落基山的动力作用,去了解槽脊系统变化和遥相关型分布之间的联系。第二节首先分析两大槽的结构和变化特征。第三节研究北美和东亚相关型的分布特点和槽脊变化的关系。然后研究球面 Rossby 波频散理论在遥相关分析中的应用。若干讨论和结论则在第五节中给出。

## 二、北美和东亚大槽的变化和结构

### 1. 两大槽强度和位置的变化

对NMC 1951—1960年1月份平均500 hPa面上520 dagpm曲线年变化的分析表明,当东亚大槽由最强(1956年)向最弱(1957年)逐渐演变时,北美大槽相反也由最弱(1956年)向最强(1957年)逐渐演变(图略)。两大槽强度的这种负相关同样出现在其它年份。为给出定量评价,我们计算了1951—1980年共30年的任意两年(样本点有 $C_{30}^2=435$ 个)间两大槽1月平均高度变化倾向的相关。结果是 $45^{\circ}\text{N}$ 以北的相关系数达 $-0.4$ ;  $45^{\circ}\text{N}$ 以南为 $0.1$ 。对此30年1月极涡的位置和强度与两大槽强度变化的关系进行分析发现,两大槽强度的负相关主要由极涡的位置决定:当极涡偏于东半球时,东亚大槽加深,北美大槽减弱。反之亦然(图略)。为表明这种关系,我们选取极涡明显偏于东半球的6年(1956, 1966, 1967, 1969, 1973, 1979年)和极涡明显偏于西半球的6年(1953, 1957, 1962, 1972, 1974和1975年)进行组合分析,作出两大槽强度(用槽线上的位势高度为定义)随纬度变化(图1a)和 $55^{\circ}\text{N}$ 上位势高度随经度变化(图1b)的合成图。由图可见,在 $45^{\circ}\text{N}$ 以北,当极涡

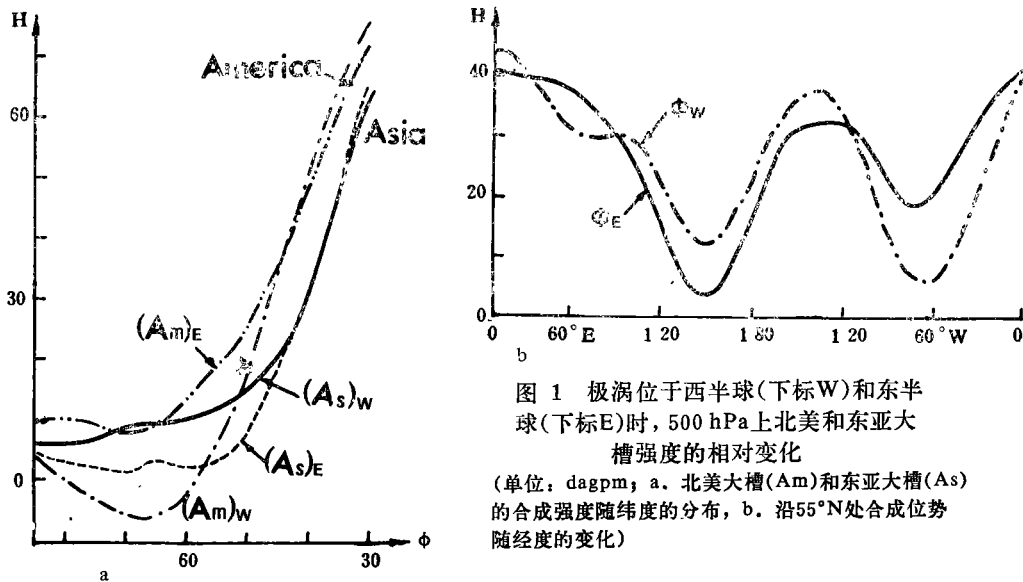


图1 极涡位于西半球(下标W)和东半球(下标E)时,500 hPa上北美和东亚大槽强度的相对变化

(单位: dagpm; a. 北美大槽(Am)和东亚大槽(As)的合成强度随纬度的分布, b. 沿 $55^{\circ}\text{N}$ 处合成位势随经度的变化)

偏于西半球时东亚大槽比北美大槽明显弱;当极涡偏于东半球时反之。从另一角度看,极涡位于西半球时的东亚大槽比极涡位于东半球时弱,而北美大槽则反之。Boyer和Chen(陈瑞荣)(1987)<sup>[16]</sup>在用转盘试验研究落基山和青藏高原对北美和东亚两大槽强度的影

响时，也得到两槽强度负相关  
的结果(该文的图6和图7)。  
它们的实验是正压的，看来，  
两大槽强度的负相关在很大程度上与地形强迫的正压响应有关。

## 2. 行星波对北美大槽和东亚大槽的贡献

图2给出各纬圈上大槽位置的方差。东亚大槽一般比北美大槽宽，强度强。两槽的位置变化在低纬最大，在中纬最小。东亚槽的方差在40°N最

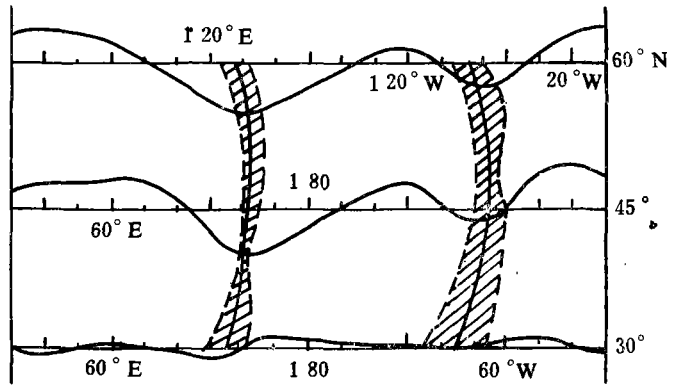


图2 1951—1980年1月各纬圈上500 hPa的平均位势高随经度的分布  
(阴影区表示标准方差区)

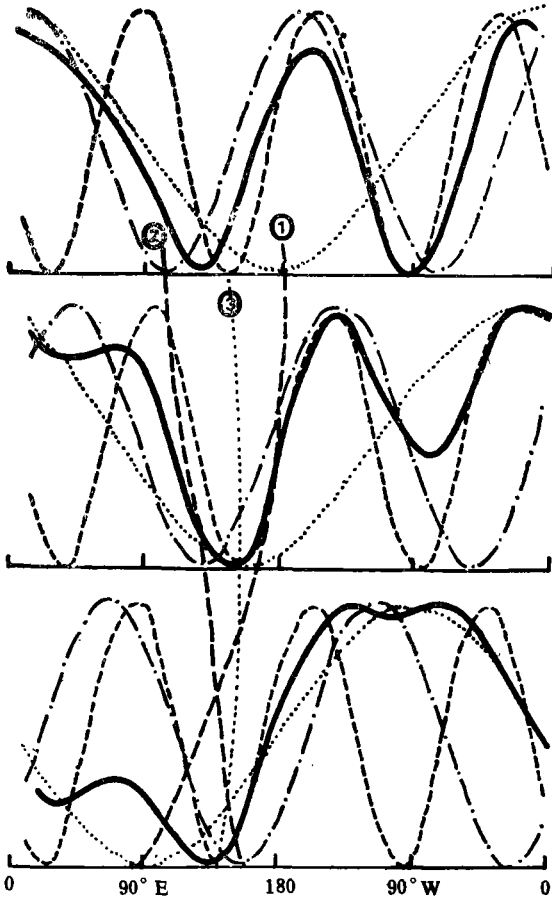


图3 1951—1980年各纬度上1月500 hPa月平均位势高度的行星波分量  
(振幅均已标准化；其中点线、点划线和虚线为别为1,2,和3波分量，实线为1,2,3波分量之和)

小，北美槽的在50°N最小。  
总的来说，北美槽的位置变化比东亚槽的大。

功率谱分析表明，500 hPa位势高度瞬变方差的大部分与行星波(即超长波1,2,3波)有关(Fraedrich和Bottger,1978)<sup>[17]</sup>。高度场傅氏展开中行星波振幅也远比其它波的振幅大。因此，超长波的强度和位相对两大槽的强度必然有很大的影响。图3是根据上述30年资料算得的超长波位相和两大槽强度的关系。在中纬度(45°N,30°N)，1—3波槽在东亚大陆的东岸基本上是重合的，因此，东亚大槽在那里较深(最低值为476 dagpm)。北美大陆东岸为1波的脊区，且2和3波槽相距较远，尤其是在30°N，故那里的北美大槽浅。在高纬度，2波和3波槽在北美大陆东岸基本上重合，还由于高纬2波的振幅最强(图略)，故北美大陆东岸有较东亚大槽

稍深的超长波槽(最低值为488 dagpm)。再看槽的走向, 1波随纬度呈东北-西南倾斜, 3波次之; 2波则呈西北-东南倾斜。又因为高纬2波最强, 中低纬1, 3波最强, 因而导致两大洲东岸的气候平均槽在高纬呈西北-东南倾斜, 在中低纬呈东北-西南倾斜。

1波槽位于东亚大陆东岸是造成东亚大槽在中低纬比北美大槽强的重要原因。由于高层行星波主要与地形强迫有关, 1波槽的这种分布看来当与地形1波分量的分布有关。

对东、西半球的地面气压分别作波谱展开可得两半球地形1波振幅随纬度的分布(图4)。把它们与全地形1波分量的相应分布进行比较发现, 北半球中低纬地形的1波分量主要是由东半球青藏高原形成的。因而, 500 hPa的1波槽应在青藏高原下游出现。此外, 图4还表明, 两半球地形1波的强度在60°N附近彼此相当, 这实际上反映着全地形的2波分布, 它与该纬度上500 hPa高度场2波分量强烈发展的事实也是吻合的。

### 三、北美和东亚附近的相关型分布

WG<sup>[18]</sup>在普查北半球冬季500 hPa月平均高度场的遥相关时, 发现存在五个较强的“同时相关型”。许多其他研究也表明遥相关型的存在。为研究地形与相关型的联系, 我们用上述30年的资料。在此两地形下游各选取纬距为15°, 经距为20°的(3×4)个网格点为主相关点。在30°, 45°和60°N纬度上, 它们分别自90°E和90°W向东均匀分布。然后用WG的相关统计办法得到24张遥相关图。对结果的分析证实了WG所指出的五种相关型的存在(图略)。除此以外还发现一些新的特征。按这些相关的特征和可能的机制可分为三大类: 即大洋上高低纬的翘翘板相关型, 中高纬的北美欧亚相关型和地形下游的定常波链。

#### 1. 大洋上高低纬的翘翘板相关型

在北太平洋和北大西洋高低纬度之间, 尤其是在两大洋西部急流的南北侧, 高度场存在明显的负相关(参见图5a)。WG所发现的西太平洋(WP)型、西大西洋(WA)型, 以及东大西洋(EA)型的西段基本上属此类。注意到气候平均槽前大于 $25\text{ms}^{-1}$ 的急流带正好位于翘翘板型中间(图中阴影区), 因此翘翘板型的存在可能反映着急流强度的年际变化; 强急流对应着强的南北高度差, 伴有北负南正的高度距平分布; 反之亦然。此外, 两大洋上翘翘板型的正负两极分布正好相反: 高纬两大洲东岸有反号相关。这与前面讨论的两岸大槽强度负相关一致。因此, 该遥相关形式可能与青藏高原和落基山的动力作

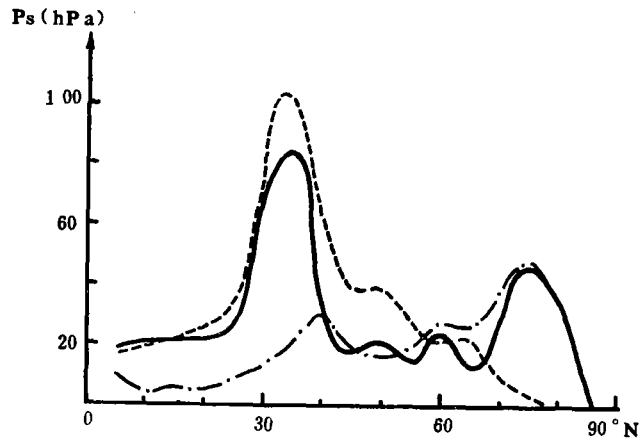


图4 地面标准气压纬向1波分量的振幅 $|Ps|$ 随纬度的分布  
(虚线和点划线分别表示只考虑东半球和西半球的地形; 实线表示全球实际地形)

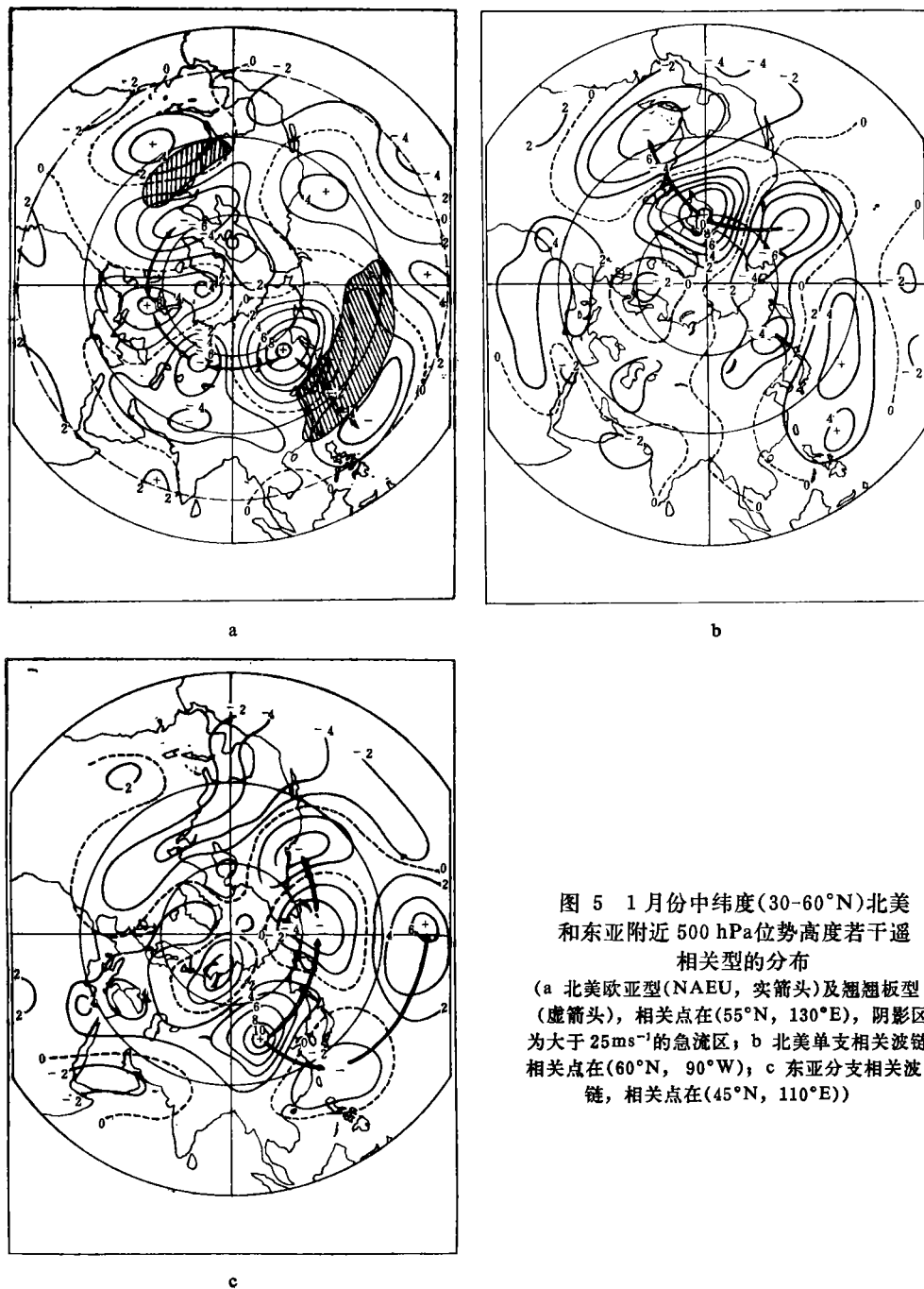


图 5 1 月份中纬度(30-60°N)北美和东亚附近 500 hPa 位势高度若干遥相关型的分布  
 (a 北美欧亚型(NAEU, 实箭头)及翘翘板型(虚箭头), 相关点在(55°N, 130°E), 阴影区为大于 25ms<sup>-1</sup>的急流区, b 北美单支相关波链, 相关点在(60°N, 90°W), c 东亚分支相关波链, 相关点在(45°N, 110°E))

用和受它们影响的急流有关。

## 2. 中高纬的北美欧亚(NAEU)相关型

图 5 a 是以(55°N, 130°E)为主相关点得到的相关型分布。在中高纬度, 从戴维斯海峡经西北欧、东欧到苏联东滨海地区存在一正负相间的相关链。该相关链是如此的显著, 以至在所有位于 45°N 以北的主相关点的统计中均可发现其存在。其东段包括 WG 的欧

亚型(EU)和(EA)型的东段;其西部中心基本上与WG的WA型之北部位相中心一致。如主相关点在 $45^{\circ}\text{N}$ 以南,则相关链西段消失而蜕化为欧亚型(图略)。更值得注意的是该相关链两端的两个反号中心正好位于北美和东亚大槽上。前面(图1)已指出,两大槽的强度变化在 $45^{\circ}\text{N}$ 以北存在明显负相关。因此,中高纬该相关链的存在在很大程度上是两大槽强度变化负相关的反映。

### 3. 定常地形波链

北美和东亚除存在上述相似的相关型外,还存在明显差异的相关型。在北美,当主相关点取在 $(45^{\circ}\text{N}, 90^{\circ}\text{W})$ ,  $(60^{\circ}\text{N}, 90^{\circ}\text{W})$ 和 $(45^{\circ}\text{N}, 70^{\circ}\text{W})$ 等处时,在其西侧(北美西海岸外)及东南侧(大西洋西部)都存在显著的负相关中心,如图5b所示。它构成以北美中高纬指向赤道的单支相关中心链。在东亚地区,当主相关点取在 $(60^{\circ}\text{N}, 90^{\circ}\text{E})$ ,  $(45^{\circ}\text{N}, 90^{\circ}\text{E})$ 和 $(45^{\circ}\text{N}, 110^{\circ}\text{E})$ 时,相关链在中纬度东亚大陆东部分成南北两支:一支在向东传播中偏向高纬度,另一支则指向副热带(图5c)。

应当指出的是,北美的单支相关链与WG得到的太平洋北美型(PNA)的东段很相似,虽然WG的统计中并没有提到东亚的分支链,但其存在可从我们及他人的数值试验中得到证实。Plumb(1985)<sup>[18]</sup>在应用实测资料计算三维波动的EP通量时,所计得的东亚水平波能量的传播形式也与我们的分支链一致。下面将证明,北美和东亚的不同波链与两大地形下游定常波的水平传播有关。

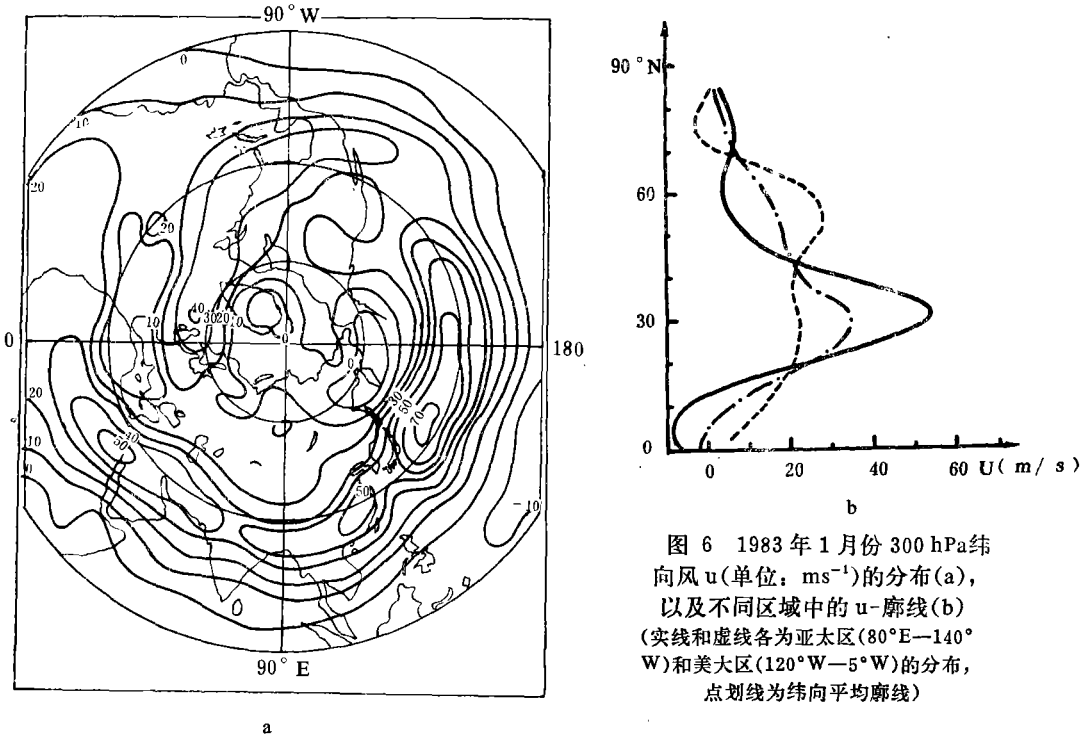


图6 1983年1月份300 hPa纬向风 $u$ (单位: $\text{ms}^{-1}$ )的分布(a),以及不同区域中的 $u$ -廓线(b)(实线和虚线各为亚太区( $80^{\circ}\text{E}$ — $140^{\circ}\text{W}$ )和美大区( $120^{\circ}\text{W}$ — $5^{\circ}\text{W}$ )的分布,点划线为纬向平均廓线)

## 四、北美和东亚地形定常波的水平传播

Rossby(1945)<sup>[19]</sup>和叶笃正(1949)<sup>[20]</sup>曾研究波动沿纬向的传播及能量频散问题。

Hoskins and Karoly(1981)将其延伸到球面上,建立了平面 Rossby波的频散理论。Held (1983)<sup>[21]</sup>的理论研究则指出,平均纬向风的结构对强迫波的行为有极大影响。然而在实际大气中,纬向风随经度的分布是非均匀的,它受到地形的强烈影响(Bolin, 1950; 叶笃正, 1950)<sup>[22]</sup>。一般地,北美急流位于较高纬度上;东亚急流较强,位置偏南,且时有南北分支,南支在副热带上较为稳定。为认识地形和纬向风分布对遥相关分布的影响,我们用一个非线性球面正压原始方程谱模式(陈雄山, 个人交换)进行数值试验,然后结合平面频散理论进行分析。

### 1. 数值试验

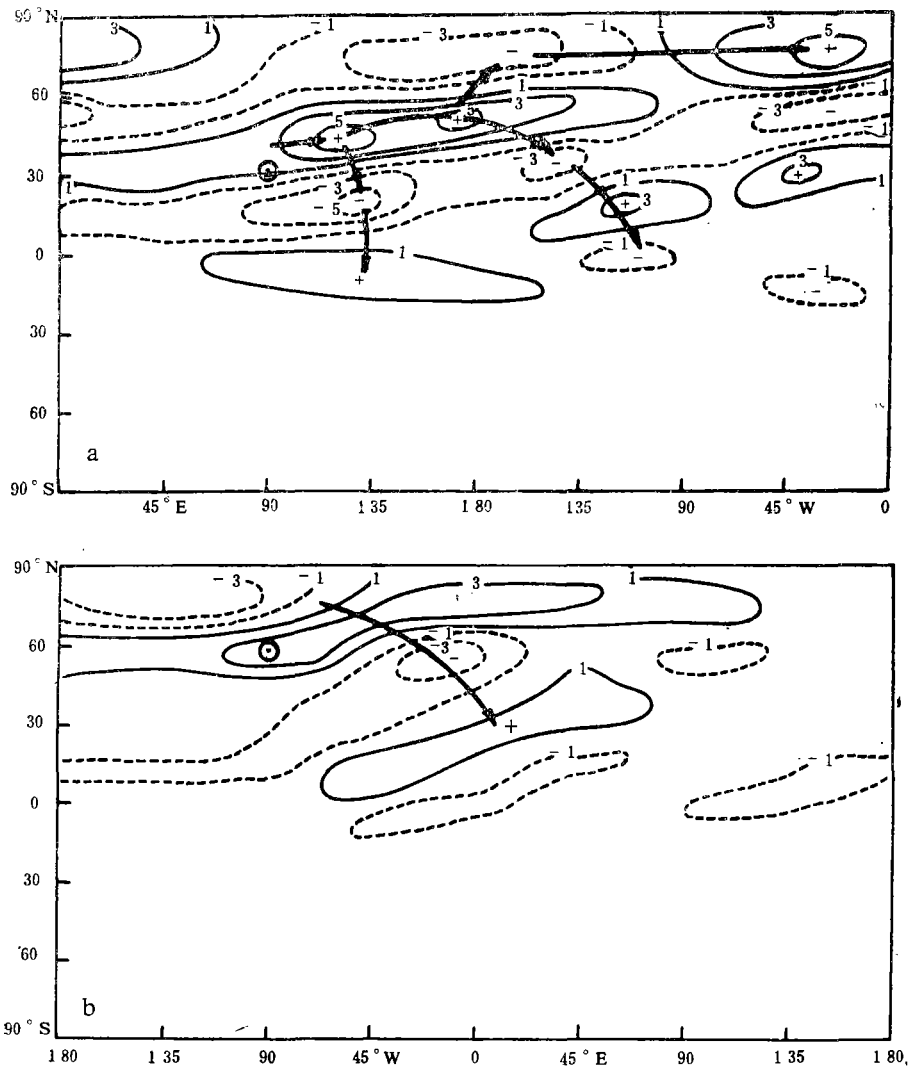


图 7 在具有不同纬向气流分布的正压涡度模型中,定常“地形”扰源(圆点表示)所激发的准定常波链(单位:  $10^{-5} \text{s}^{-1}$ )  
(a) 亚太区急流分布, 扰源在  $31^\circ \text{N}$ ; (b) 美大区急流分布, 扰源在  $57^\circ \text{N}$ )

图 6 a 是北半球 1983 年 1 月平均 300 hPa 上的纬向风分布 (ECMWF 资料)。取急流主体所在的  $80^{\circ}\text{E}-140^{\circ}\text{W}$  作为 A 区,  $120^{\circ}\text{W}-5^{\circ}\text{W}$  作为 B 区, 则区域平均的纬向风分布如图 6 b 所示。把这种纬向风以欧拉强迫的形式引入涡度方程中, 分别积分 105 天, 以获取稳定的东亚 (北美) 急流分布。然后在青藏高原 (落基山) 所在纬度  $31^{\circ}\text{N}$  ( $57^{\circ}\text{N}$ ) 附近每天加一次孤立涡源扰动, 积分 15 天。从 15 天平均求得对这种准定常扰动的响应如图 7 所示。在东亚, 扰动在向东传播中在中纬分成两支: 一支折向赤道; 另一支在东传中偏向高纬, 并出现第二次分支。在北美, 扰动成单支以极地向赤道传播。这两种波链的分布形式与上一节定常地形波链的观测分布形式十分相似。

根据球面 Rossby 波传播理论<sup>[15]</sup>, 球面波动的振幅  $\tilde{\psi}$  满足如下方程:

$$\frac{\partial^2 \tilde{\psi}}{\partial y^2} = (k^2 - B_m/U_m) \tilde{\psi} \quad (1)$$

这里采用麦卡托投影坐标,  $k$  为纬向波数, 传播波的临界波数为

$$K_s = (B_m/U_m)^{1/2} = \left\{ \frac{1}{U} \left[ \frac{2\Omega}{a} \cos^3 \varphi - \cos^2 \varphi \frac{\partial}{\partial \varphi} \frac{1}{\cos \varphi} \frac{\partial}{\partial \varphi} (u \cos \varphi) \right] \right\}^{1/2} \quad (2)$$

(1) 式表明,  $k < K_s$  的波可南北传播, 而  $k > K_s$  为衰减波, 或称截陷波。用图 6 b 的实测风资料由 (2) 式可计得各区域临界波数 ( $aK_s$ ) 随纬度的分布, 结果如图 8 所示。在东亚, 临界波数在急流纬度 ( $\varphi_r$ ;  $30-25^{\circ}\text{N}$ ) 附近有一较深宽的“陷阱”。只有波数小于 3 的行星波能自由通过该纬带北传。波数大于 3 的波难以穿透该“陷阱”向高纬传播, 而在某一转向纬度  $\varphi_r$  处转向南传。于是合成波在急流区发生色散, 波链呈“分支”状。在落基山下游, 临界波数随纬度增加而单调减小。在  $60^{\circ}\text{N}$  附近  $K_s$  已很小。落基山附近激发的各种尺度扰动离源地不远均转向南传。因而北美和东亚相关型的差异与两区域地形准定常波在不同纬向流中传播的差异有关。

## 2. 西风分布对波传播分支的影响

在转向纬度处波仅向东传, 南北向波数为零, 所以

$$k = K_s, \text{ 当 } \varphi = \varphi_r \quad (3)$$

设  $\beta \gg \frac{\partial \bar{u}}{a \partial \varphi}$  由 (2)、(3) 式可得近似式

$$\frac{2\Omega \cos^3 \varphi}{a k^2 u} - 1 = 0, \varphi = \varphi_r \quad (4)$$

(4) 式在弱切变流中具有高精度; 在强切变流和高纬有一定误差, 但不影响下面的定性讨论。引入规一化纬度函数  $g(\varphi)$ , 并令急流强度为  $U$ ,

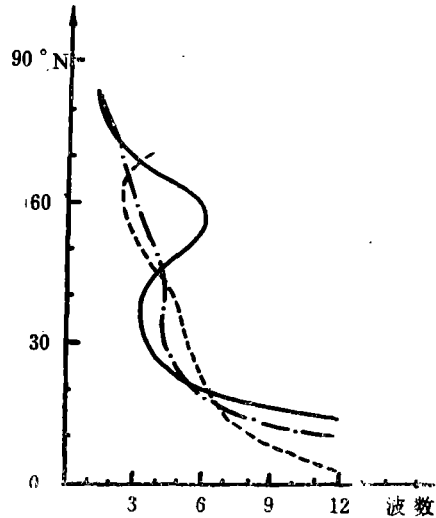


图 8 1983 年 1 月份 300 hPa 传播波临界波数  $K_s$  随纬度的分布 (实线和虚线各为亚太区 ( $80^{\circ}\text{E}-140^{\circ}\text{W}$ ) 和北美大区 ( $120^{\circ}\text{W}-5^{\circ}\text{W}$ ) 的分布, 点划线为纬向平均廓线)



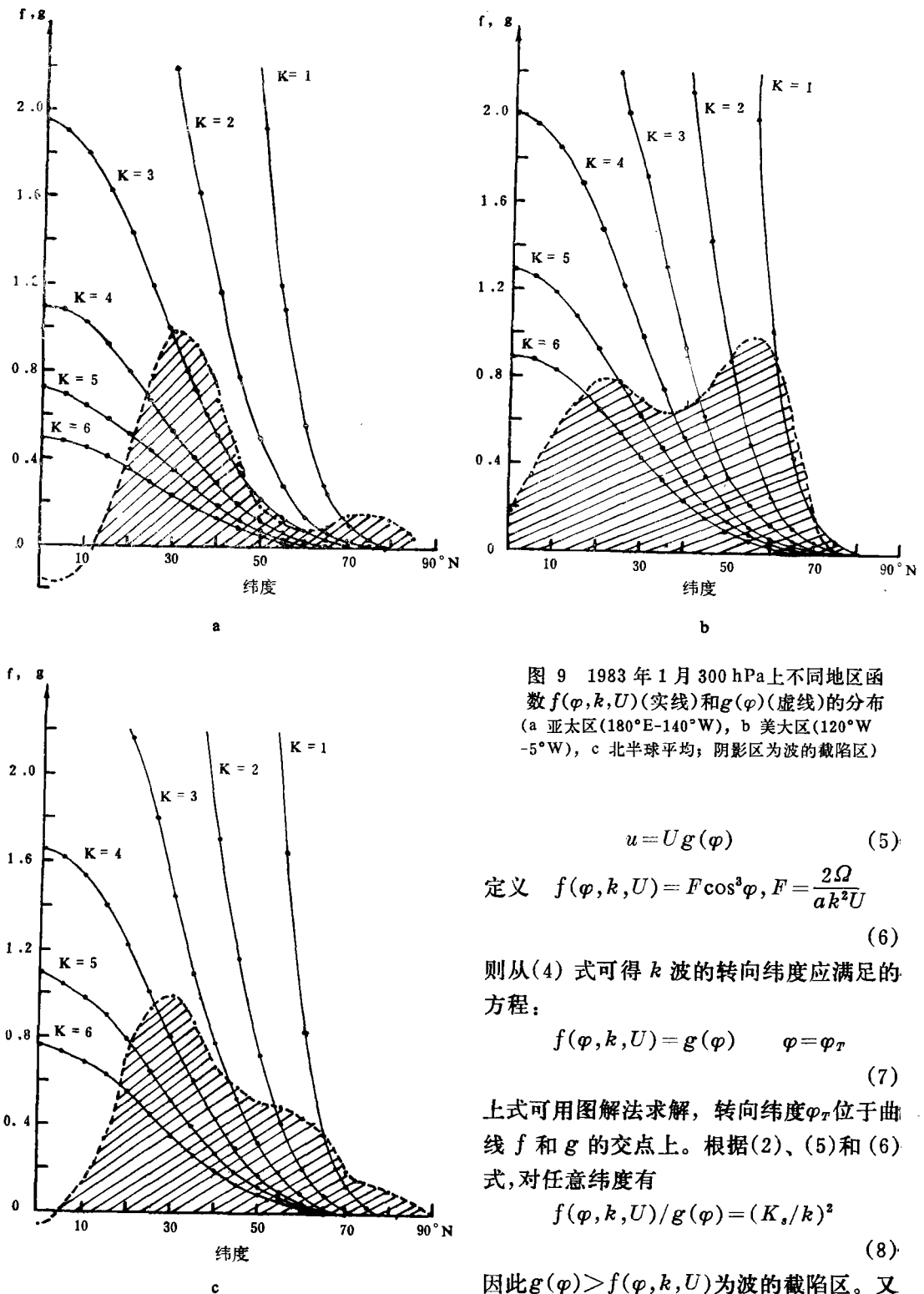


图 9 1983 年 1 月 300 hPa 上不同地区函数  $f(\varphi, k, U)$  (实线) 和  $g(\varphi)$  (虚线) 的分布 (a 亚太区 (180°E-140°W), b 美大区 (120°W-5°W), c 北半球平均; 阴影区为波的截陷区)

$$u = U g(\varphi) \quad (5)$$

定义  $f(\varphi, k, U) = F \cos^3 \varphi, F = \frac{2\Omega}{ak^2U}$  (6)

则从 (4) 式可得  $k$  波的转向纬度应满足的方程:

$$f(\varphi, k, U) = g(\varphi) \quad \varphi = \varphi_T \quad (7)$$

上式可用图解法求解, 转向纬度  $\varphi_T$  位于曲线  $f$  和  $g$  的交点上。根据 (2)、(5) 和 (6) 式, 对任意纬度有

$$f(\varphi, k, U) / g(\varphi) = (K_s / k)^2 \quad (8)$$

因此  $g(\varphi) > f(\varphi, k, U)$  为波的截陷区。又

由于在急流纬度 $\varphi_J$ 上 $g(\varphi_J)=1$ ,于是合成波在 $\varphi_J$ 处发生分支色散的条件是

$$f(\varphi_J, k) < 1 \quad k > K_s \quad (9)$$

$$f(\varphi_J, k) > 1 \quad k < K_s \quad (10)$$

(9)式是 $k$ 波存在转向纬度的必要条件。换言之,转向波在急流轴处是截陷波。

由(5)和(6)式以及图6b可计得东亚区、北美区和半球平均的 $f$ 和 $g$ 的分布,如图9所示。图中阴影区为波的截陷区。在东亚,波数为1和2的行星波能通过急流带( $\varphi_J$ )向北传播;波数大于等于3的波在通过急流时被截陷,发生转向而向南。波动的传播出现“分支”。在北美除波数1以外的波均在急流处( $55^\circ\text{N}$ )被截陷而向南传。又由于在高纬度处临界波数 $K_s$ 迅速趋向零,北传的1波很快满足条件(3)而折向南传播。因此,高纬度地形激发的扰动均一致南传。这很好地解释了图7中的模拟结果。当纬向气流取纬向平均时,计得的理论结果如图8c所示,波动传播仍可出现分支。与东亚情况不同的是,这时3波也向北传播,这已为Grose and Hoskins(1979)的计算所证实。其实,对于已知的急流位置 $\varphi_T$ ,由(6)和(9)式可求得波数为 $k$ 的波射线发生转向的条件

$$U > \frac{2\Omega}{ak^2} \cos^3 \varphi_J \quad (12)$$

当 $\varphi_J \approx 30^\circ\text{N}$ 时,3波和4波转向的条件是急流强度需分别大于 $50$ 和 $28 \text{ ms}^{-1}$ 。图6b表明,亚太区和半球的急流强度分别为 $58$ 和 $35 \text{ ms}^{-1}$ 。因此3波在东亚为转向波,但对于纬向平均急流而言则为传播波了。

本节分析表明,波链分支与否与急流的位置关系密切。急流的强度能影响传播波的波数,但对波链分支影响较小。东亚急流处于低纬度,引起传播波和截陷波南北向分离,北美急流处于高纬,使波动均向南传播。两区域地形定常波传播的这种差异与遥相关链的差异(5b-c)是一致的。

## 五、结 论

北美大槽和东亚大槽在高纬呈西北-东南走向,且强度相当;在中、低纬呈东北-西南走向,东亚槽明显强于北美槽。两大槽强度的这种特征与落基山和青藏高原的作用有关。在 $45^\circ\text{N}$ 以北,两大槽的强度及其变化存在明显的负相关,它与极涡的位置有关——当极涡位于东(西)半球时,东亚大槽偏强(弱),北美大槽则偏弱(强)。

500hPa月平均位势场遥相关分布的分析表明,北美和东亚地区的遥相关存在相似的翘翘板型和北美欧亚型(NAEU)。位于两大洋上的翘翘板型与急流强度的年际变化有关。位于中高纬度的北美欧亚型与北美大槽和东亚大槽强度变化反相关紧密联系。上述北美大区和亚太区相关型的相似分布实质上是两大地形相似的动力作用的反映。

东西半球的遥相关型也存在明显差异:北美大陆从高纬到低纬存在西北-东南走向的单支相关链。东亚的波链在大陆东岸发生分支:一支在东传中偏向高纬,另一支指向赤道。数值试验和理论分析表明,两区域不同的相关链分布与地形准定常波传播形式的不同有关。北美急流位于高纬度,波动临界波数向南递增,使合成波基本上一致向东南传播。东亚的急流位于副热带,那里存在波动的“陷阱”。只有低波数的波动能够通过“陷阱”向北传播。高波数的波动在该处为截陷波,只能转向南传播。合成波的这种色散

现象使波链出现“分支”。

由此看出, 500hPa上的槽脊结构和变化, 遥相关型的分布, 以及准定常波的传播特征等是彼此相互联系的现象, 它们都与两大地形的动力强迫作用紧密相关。

### 参 考 文 献

- [1] Bolin, B., On the influence of the earth's orography on the westerlies, *Tellus*, 2, 184-195, 1950.
- [2] Charney, J.G., and A. Eliassen, A numerical method for predicting the perturbations of the middle latitude westerlies, *Tellus*, 1, 38-54, 1949.
- [3] Gambo, K., The topographical effect upon the jet stream in the westerlies, *J. Meteor. Soc. Japan*, 34, 24-28, 1956.
- [4] Murakami, T., The topographic effects in the three-level model of the s-coordinate, papers in meteorology and geophysics, Tokyo Meteorological Research Institute, Japan, 14, 144-150, 1956.
- [5] Kasahara, A., The dynamical influence of orography on the large-scale motion of the atmosphere, *J. Atmos. Sci.*, 23, 259-271, 1966.
- [6] Grose, W. L., and B. J. Hoskins, On the influence of orography on the large-scale atmospheric flow, *J. Atmos. Sci.*, 36, 223-234, 1979.
- [7] Kasahara, A., T. Sasamori and W. N. Washington, Simulation experiments with a 12-layer stratospheric global circulation-model, I. Dynamical effect of the earth's orography and thermal influence of continentality, *J. Atmos. Sci.*, 30, 1229-1251, 1973.
- [8] Nigam, S., On the structure and forcing of tropospheric stationary waves, Ph. D. thesis, Princeton University, 1983.
- [9] Jacqmin, D., and R. S. Lindzen, The causation and sensitivity of the northern winter planetary waves, *J. Atmos. Sci.*, 42, 724-745, 1985.
- [10] Blackmon, M. L., J. M. Wallace, N.-C. Lau and S. L. Muller, An observational study of the Northern Hemisphere winter circulation, *J. Atmos. Sci.*, 34, 1040-1053, 1977.
- [11] Lau, N.-C., On the three-dimensional structure of the observed transient eddy statistics of the Northern Hemisphere wintertime circulation, *J. Atmos. Sci.*, 35, 10, 1900-1923, 1978.
- [12] Lau, N.-C., The observed structure of tropospheric stationary wave and the local balance of vorticity and heat, *J. Atmos. Sci.* 36, 996-1016, 1979.
- [13] Wallace, J. M., and D. S. Gutzler, The teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter, *Mon. Wea. Rev.*, 109, 784-812, 1981.
- [14] Hoskins, B. J., A. J. Simmons and D. G. Andrews, Energy dispersion in a barotropic atmosphere *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 103, 553-566, 1977.
- [15] Hoskins, B. J., and D. J. Kalory, The steady linear response of a spherical atmosphere to thermal and orographic forcing, *J. Atmos. Sci.*, 38, 1179-1196, 1981.
- [16] Boger, Don. I, and Rui-Rong Chen, Laboratory simulation of mechanical effects of mountains on general circulation of Northern Hemisphere: Uniform shear background flow, *J. Atmos. Sci.*, 44, 3552-3573, 1987.
- [17] Fraedrich and Botzger, A wavenumber-frequency analysis of the 500 mb geopotential at 50N, *J. Atmos. Sci.*, 35, 745-750, 1978.
- [18] Plumb, R. A., On the three-dimensional propagation of stationary waves, *J. Atmos. Sci.*, 42, 217-229, 1985.
- [19] Rossby, C.-G., On the propagation of frequencies and energy in certain types of oceanic and atmospheric waves, *J. Meteor.*, 2, 187-203, 1945.
- [20] Yeh, T. C., On energy dispersion in the atmosphere, *J. meteor.*, 6, 1-16, 1949.
- [21] Held, I. M., Stationary and quasi-stationary eddies in the extratropical troposphere: theory, Large-scale Dynamical Processes in the Atmosphere, B. Hoskins and R. Pearce, Eds, Academic Press, 127-168, 1983.
- [22] Yeh, T. C., The circulation of the high troposphere over China in the winter of 1945-1946, *Tellus*, 2, 173-183, 1950.

# THE ANALYSIS OF DYNAMIC EFFECTS ON WINTER CIRCULATION OF THE TWO MAIN MOUNTAINS IN THE NORTHERN HEMISPHERE

## I. Circulation, Teleconnection and Horizontal Propagation of Stationary Waves

Zou Xiaolei Ye Duzheng Wu Guoxiong

*(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica, Beijing)*

### Abstract

The distribution of trough and ridge system, the configuration of teleconnection, and the horizontal propagation of quasi-stationary waves are the main important characteristics of the January monthly mean 500 hPa height field. Upon data analyses and numerical experiments, it is shown that these three main characteristics are associated one another and closely related to the mechanical forcing of the Rocky Mountains and Tibetan Plateau. There exists prominent negative correlation in intensity variation between the American trough and Asian trough at high and middle latitudes. Such negative correlation, in conjunction with the annual variation of the intensity of the jets in front of the two troughs, leads to the existence of the similar teleconnection patterns in the North America and East Asia. On the other hand, the different propagation behaviors of quasi-stationary waves downstream of the two main mountains result in the fundamental difference in the distribution of correlation chains in the North America and East Asia.