

北半球冬季非定常扰动的气候分析*

陶祖钰

胡爱学

(北京大学地球物理系, 北京 100871)

提 要

本文利用 Hoskins 提出的 E 向量和曾庆存提出的波包理论对北半球冬季非定常扰动的强度及其性质进行了气候分析。结果表明, 非定常扰动的强度和高空急流及大地形有密切关系。非定常扰动的形状和传播揭示出: 低频扰动大多是西退的, 并且在急流出口区是正压衰减的; 高频扰动大多是东进的, 并且在急流入口区是正压发展的。高频扰动的分布和传播反映了 Rossby 波的波导及地面气旋、反气旋的路径。非定常扰动的气候分析为气候和大气环流的诊断提供了有用的背景材料。

关键词: 非定常扰动; E 向量; 波包。

一、引 言

非定常扰动的作用一直是大气环流研究中的重要问题之一。非定常扰动对维持大气环流的角动量和能量平衡的作用已为大量工作所证实^[1, 2]。近年来不少研究还表明, 非定常扰动对平均气流、定常波和阻塞形势的维持也是很重要的^[3-5], 但是, 对非定常扰动本身至今还没有比较全面的气候分析。

1983 年 Hoskins 等提出了用 E 向量来诊断非定常扰动的形状、传播方向和其与平均气流相互作用的理论^[6]。曾庆存等在 1982 到 1986 年提出的波包理论^[7-9]证明波动的发展与否和波动的形状有关。上述理论为对非定常扰动本身的气候特征进行定量分析提供了非常有利的工具。由于非定常扰动本身的气候特征是气候和大气环流诊断的基础, 为此, 本文将用 Hoskins 提出的 E 向量分析方法, 结合曾庆存的波包理论对北半球冬季的非定常扰动特征进行较全面的气候分析。

二、资料和分析方法

本文分析非定常扰动所用的资料是北半球冬季 200 和 700hPa 纬向与经向格距均为 5° 的 $\overline{u'^2}$, $\overline{v'^2}$, $\overline{u'v'}$ 及其经高通滤波后的 $\overline{u'^2}^H$, $\overline{v'^2}^H$, $\overline{u'v'}^H$ 的网格点资料。它是英国里丁大学利用 ECMWF 1979—1984 年中 18 个冬季月 (12, 1, 2 月) 逐日 12:00GMT 的存档资料计算出来的。其中带“ $'$ ”的量是指相对于半月平均的时变量。其具体计算公式为

1991 年 9 月 28 日收到, 1992 年 4 月 2 日收到再改稿。

* 本文得到高等学校博士学科点专项科研基金部分资助。

$$\begin{aligned}
 (\bar{A})_j &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} A_{i,j}, & A'_{i,j} &= A_{i,j} - (\bar{A})_j, \\
 (\overline{A'B'})_j &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} A'_{i,j} B'_{i,j}, & \overline{A'B'} &= \frac{1}{36} \sum_{j=1}^{36} (\overline{A'B'})_j, \\
 (\overline{A'B'})_j^H &= (\overline{A'B'})_j - \frac{1}{5} \sum_{k=1}^4 \left[\left(\frac{1}{3} \sum_{l=1}^3 A'_{3(n-1)+k,l} \right) \left(\frac{1}{3} \sum_{l=1}^3 B'_{3(n-1)+k,l} \right) \right], \\
 \overline{A'B'}^H &= \frac{1}{36} \sum_{j=1}^{36} (\overline{A'B'})_j^H,
 \end{aligned} \tag{1}$$

其中 A, B 分别为 u, v 中的任一个。

由 (1) 式可知, 高通滤波后的时变量 $\overline{A'B'}^H$ 是时间尺度为 3 天左右的高频扰动的贡献。在时变量中减去高频部分即得低频部分:

$$\overline{A'B'}^L = \overline{A'B'} - \overline{A'B'}^H, \tag{2}$$

它是时间尺度为 5—15 天的低频扰动的贡献。

上述资料在中高纬度有较好的代表性, 但在低纬度由于原始观测资料的覆盖性很差并与数值模式的参数化方案关系密切, 故其代表性不如高纬度。由于本文仅使用了零阶量 u 和 v , 因此资料的误差不会对分类结果有严重影响。有关资料的详细说明可见文献 [10] 和 [11]。

在本文中, 我们将用上述资料来分析非定常扰动的强度和性质。分析的方法是, 用扰动动能

$$K_T = \overline{u'^2 + v'^2} / 2 \tag{3}$$

的气候分布来分析非定常扰动的强度, K_T 大的地区表示该地的扰动较活跃。为了分析不同地区高频和低频扰动的贡献, 我们还计算了低频扰动动能和高频扰动动能的比值

$$(\overline{u'^2 + v'^2}^L) / (\overline{u'^2 + v'^2}^H). \tag{4}$$

分析非定常扰动性质的方法是利用 Hoskins 等提出的 E 向量分析方法。 E 向量的定义为

$$\vec{E} = \overline{v'^2 - u'^2} \vec{i} - \overline{u'v'} \vec{j}, \tag{5}$$

其中 E 向量的两个分量可以表征非定常扰动的形状。显然, 对于形状对称的涡动, 由于 $\overline{u'^2} = \overline{v'^2}$ 及 $\overline{u'v'} = 0$, 故 E 向量的 x, y 分量都等于零。当 $\overline{v'^2} - \overline{u'^2} > 0$ 时, 为经向型的涡动; 当 $\overline{v'^2} - \overline{u'^2} < 0$ 时, 为纬向型涡动。当 $\overline{u'v'} = 0$ 时, 涡动的长轴分别与经线和纬线平行。当 $\overline{u'v'} \neq 0$ 时, 涡动的长轴相对于经线或纬线是倾斜的。因此, 根据 E 向量的两个分量, 非定常涡动的形状有如图 1 所示的 9 种类型。

如果将图 1 中的涡动叠加在纬向气流中, 则图 1 中的闭合涡动就变为天气图上常见的波动。因此, 图 1 中 2, 5, 8 三类涡动相当于波动的槽脊线为西北到东南走向, 即为导式波动; 3, 6, 9 三类涡动相当于波动的槽脊线为东北到西南走向, 即为曳式波动。根据曾庆存的波包理论, 波动的形状和波动是否发展相联系。在急流轴以北, 曳式波动

是正压发展的，导式波动是正压衰减的。因此，将非定常扰动的形状和急流的位置相结合还可判别扰动的性质。

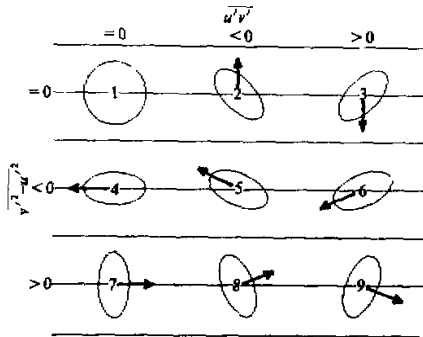


图 1 根据E向量两个分量划分的 9 类非定常扰动的形状及其传播方向

在划分扰动类型时不以E矢量的两个分量的值为零作为划分的界限，而以表 1 中所给的数值（单位为 m^2/s^2 ）来分界。对于 200 和 700hPa 的扰动及强弱不同的扰动取不同的数值。

表 1 划分 9 类非定常扰动的界限

		低频扰动		高频扰动	
		$K_T^{200} > 150$ $K_T^{700} > 60$	$K_T^{200} < 150$ $K_T^{700} < 60$	$K_T^{200} > 80$ $K_T^{700} > 25$	$K_T^{200} < 80$ $K_T^{700} < 25$
200hPa	$v'^2 - u'^2$	2	1	1	0.5
	$-u'v'$	1	0.5	0.5	0.2
700hPa	$v'^2 - u'^2$	1	0.5	0.5	0.2
	$-u'v'$	0.6	0.3	0.3	0.1

总之，本文所采用的分析方法是利用 u, v 时变量的气候值，根据 Hoskins 的 E 向量理论结合曾庆存的波包理论来分析非定常扰动的气候分布及其动力学特征。

三、非定常扰动强度的气候分布

1. 200hPa 非定常扰动

图 2a 是 200hPa 扰动动能的分布图。从图中可以看到，最强的非定常扰动区位于太平洋和大西洋。大西洋的强扰动区较太平洋偏北且略呈西南到东北向分布。在 $0-100^\circ\text{E}$ 间欧亚大陆上，有两条强扰动带，其轴线分别位于 $50-60^\circ\text{N}$ 和 $30-35^\circ\text{N}$ 。将图 2a 和图 5c 所给出的 200hPa 风速分布图相比较，不难发现 200hPa 非定常扰动的强度和

高空急流密切相关。急流的出口区扰动最强。扰动动能的轴线和急流轴相一致。在有南北两支急流的地区则有两条强扰动带。

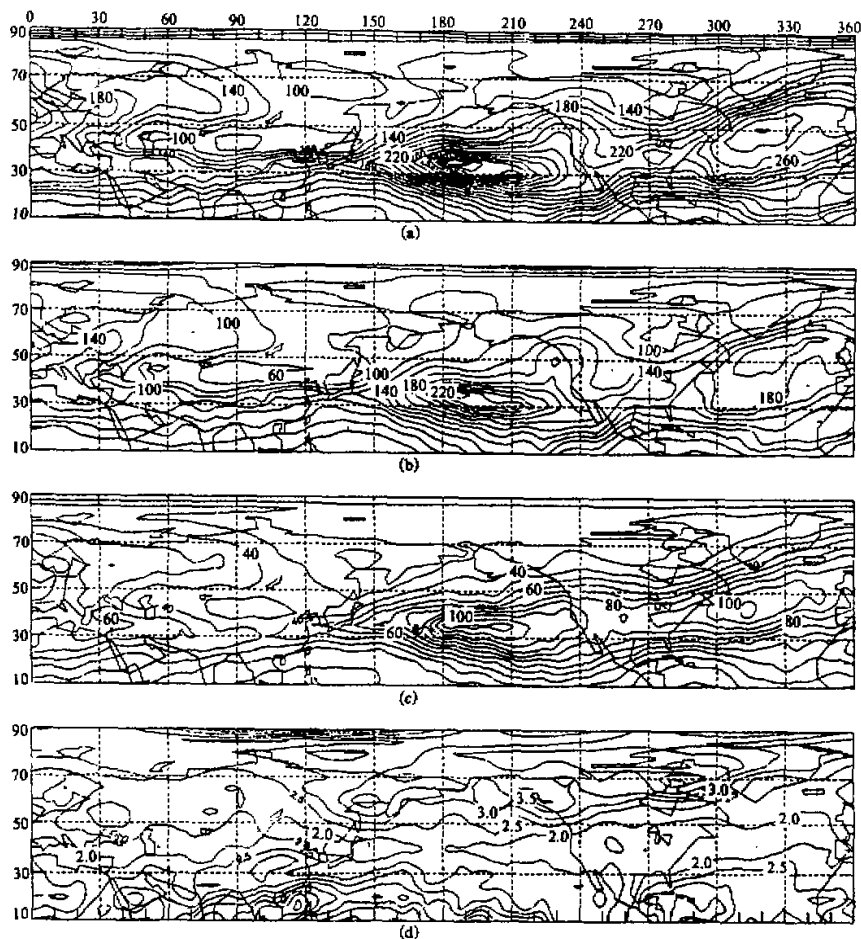


图2 北半球冬季 200hPa 扰动动能的分布

$$(a) \overline{u'^2 + v'^2}, (b) \overline{u'^2 + v'^2}^L, (c) \overline{u'^2 + v'^2}^H, (d) (\overline{u'^2 + v'^2}^L) / (\overline{u'^2 + v'^2}^H)$$

扰动动能的单位为 $m^2 \cdot s^{-2}$, (a) 和 (b) 的等值线间隔为 20.0, (c) 为 10.0

图 2a 还表明, 低纬和极区 (指大约 $70^\circ N$ 以北的地区, 下同) 非正常扰动较中纬地区要弱得多。整个北半球有三个扰动最不活跃的地区。两个位于高纬和极区, 即西伯利亚东北部和格陵兰及加拿大东北部。它们恰好与北半球的两个极涡位置相一致。另一个位于中纬度地区, 从里海向东, 经蒙古和我国北部到日本海。它与南北两支急流之间的弱风速带相一致。另外, 两个大陆相比, 欧亚大陆的非正常扰动比北美大陆更弱, 这可能反映了由于欧亚大陆远大于北美大陆, 大地形的强迫作用造成了欧亚大陆的环流更

稳定, 扰动也更不活跃。值得指出的是, 白令海峡附近是极区非定常扰动的相对活跃区, 其位置恰好是 200hPa 波数为一的超长波脊所在。

200hPa 低频扰动和高频扰动动能的分布图 (图 2b 和 2c) 与图 2a 基本相似。但是, 比较图 2b 和图 2c 可以发现低频扰动和高频扰动的气候分布还是有一些差别的。两大洋的强高频扰动区较低频扰动区偏南 5—10 个纬度。太平洋低频扰动活跃区有分为两个活动带的趋势。一在加拿大西部沿海, 一在加利福尼亚沿海。从北美哈得孙湾向西南为低频扰动的相对不活跃区, 而高频扰动动能的分布无上述特点。联系到图 5c 的急流分布不难发现, 该地区恰好位于 200hPa 南北两支急流之间。这说明 200hPa 低频扰动的强度与急流的联系比高频扰动更密切。白令海峡附近的非定常扰动相对活跃区在低频扰动动能的分布中表现得很清楚, 但在高频扰动的分布中不太明显, 这表明白令海峡附近低频扰动相对来说比较活跃。

为了更清楚地显示不同地区低频和高频扰动贡献的大小, 图 2d 给出低频扰动动能与高频扰动动能比值的分布。其一般特征是, 低频扰动动能比高频扰动大 1 到 4 倍, 且其比值的大小与纬度有关。中纬度的比值较小, 约为 2—3, 特别是在两大洋的风暴路径附近; 高纬和低纬的比值较大, 都在 3 以上。这与人们所熟知的天气气候事实是一致的, 即中纬度风暴路径附近是高频扰动最活跃的地区。对比图 2a 和 2d 还可以发现, 一般来说扰动动能较小的地区, 比值较大, 即低频扰动相对来说较活跃。图 2d 中, 高纬有三个大比值区。其中西伯利亚东北部及格陵兰和加拿大东北部地区是北半球冬季极涡所在。另一个地区是阿拉斯加和加拿大西北部, 它是冬季波数为一的超长波波脊的位置。因此, 这三个高纬地区是低频扰动较活跃的地区。低纬地区有四个大比值区, 即阿拉伯半岛、中印半岛、太平洋东部和加勒比海。其中以中印半岛和加勒比海这两个地区低频扰动的贡献最大。从大气环流的角度看, 这两个地区恰好是北半球低层冬季风深入到低纬度的地区。

2. 700hPa 非定常扰动

从图 3a 所给出的 700hPa 扰动动能分布可见, 700hPa 扰动动能比 200hPa 要小得多。但是, 两大洋的急流出口区仍是非定常扰动最活跃的地区, 只是其轴线比 200hPa 稍偏北一些, 位于 50°N 附近。在欧亚大陆的中纬度地区也有两条扰动的活跃带。与 200hPa 不同的是, 在 30°N 附近的南支扰动动能轴线不是沿纬向延伸并与太平洋的主要大值区相连, 而是从地中海中部向东南方向延伸到纬度较低的波斯湾地区。后面我们将会看到它可能反映了与北半球冬季 Rossby 波三个波导^[12]之一相联系的低层扰动从中纬度向低纬度传播。在极区, 白令海峡附近也是 700hPa 非定常扰动较活跃的地区。但是, 与 200hPa 不同的是, 从巴伦支海到喀拉海也是扰动较活跃的地区。这可能与这一地区冰洋锋上的扰动有关。

有意思的是, 如果将图 3a 的动能分布与北半球地形图比较, 不难发现亚洲和北美 700hPa 非定常扰动最不活跃的地区和伊朗高原、蒙新高原和东西伯利亚山地所构成的亚洲大地形以及北美洲以落基山脉为主的大地形非常相似。它反映出大地形对低层扰动的活动有较强的抑制作用。

从图 3b、3c 和 3d 所给出的 700hPa 低频和高频扰动动能及其比值的分布可见,

700hPa 低频扰动和高频扰动的气候分布特征和 200hPa 非常相似，故这里不再重复。仅需指出，在总体上 700hPa 低频扰动动能与高频扰动的比值要比 200hPa 小一些，即与对流层高层相比，低层高频扰动较强、低频扰动较弱。这与众所周知的基本事实——对流层低层扰动的尺度较小和生命史较短相一致的。此外，虽然 700hPa 低纬度地区低频扰动的贡献也较大，但是与 200hPa 不同的是，低纬度 700hPa 低频和高频扰动动能比值的大值区位于太平洋和大西洋的中部，它们的位置分别比 200hPa 大值区的位置偏东 75 和 35 个经度。这一现象可能与赤道附近高低空南北半球之间联系的差别有关，值得作进一步研究。

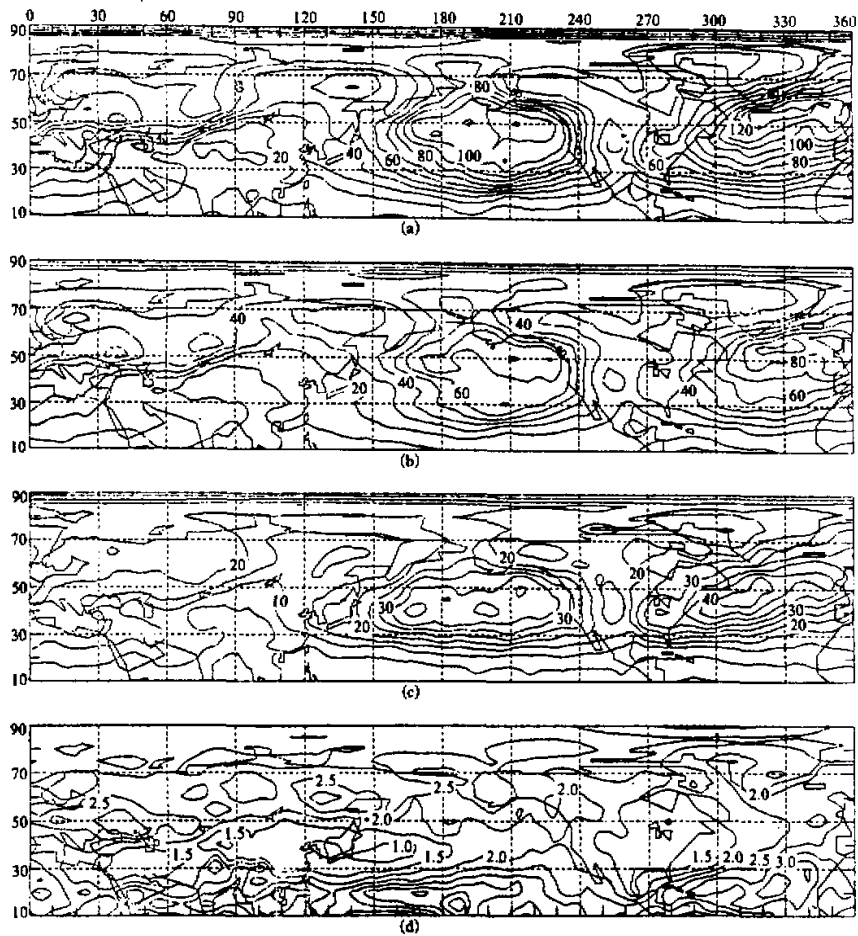


图 3 北半球冬季 700hPa 扰动动能的分布

(a) $\overline{u'^2 + v'^2}$, (b) $\overline{u'^2 + v'^2}^L$, (c) $\overline{u'^2 + v'^2}^H$, (d) $(\overline{u'^2 + v'^2}^L) / (\overline{u'^2 + v'^2}^H)$

扰动动能的单位为 $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$, (a) 和 (b) 的等值线间隔为 10.0, (c) 为 5.0

四、非定常扰动的性质

1. 200hPa 低频扰动

图 4 给出了北半球各网格点上 200hPa 非定常扰动的类型 (各型的定义已在第二节中给出)。对于低频扰动 (见图 4a), 中纬度广大地区基本上为 5 和 6 型, 即为西退的纬向型扰动。这说明 200hPa 的低频扰动是与尺度大而振幅小的超长波相联系。为了能够较清楚地表示各类非定常扰动的地理分布, 我们将 80°N 以南扰动动能较大地区的各类扰动的主要集中区用实线勾画出来。从图可见, 5, 6 两型的地理分布是很有规律的。例如, 在太平洋强扰动区, 5 型扰动基本上位于急流以北, 而 6 型扰动则位于急流以南, 即急流以北为向北传播的导式扰动, 以南为向南传播的曳式扰动。在大西洋地区, 上述特征虽然不如太平洋那么显著, 但在大西洋东部和西欧还是可以看到上述特征的。这可能是由于大西洋上空的急流不如太平洋上空的急流稳定所致。根据曾庆存的理论, 上述急流出口区南北两侧的西退低频扰动均应为正压衰减的扰动。

在 60°N 到 75°N 的高纬地区, 200hPa 低频扰动则以 8, 9 两型为主, 即为经向型

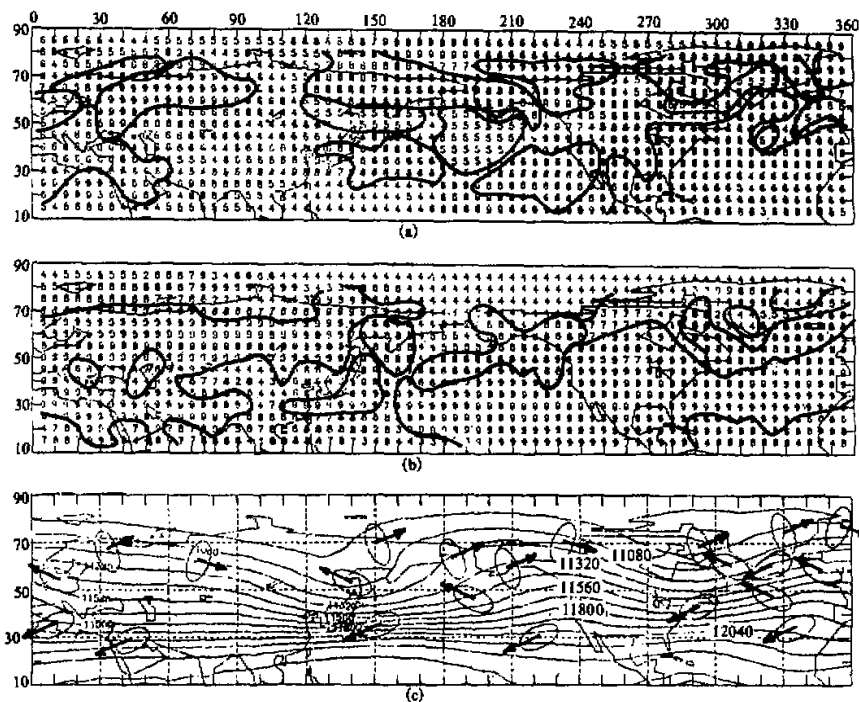


图 4 北半球冬季 200hPa 非定常扰动类型的分布图

(a) 低频扰动, (b) 高频扰动, (c) 200hPa 等压面形势和低频扰动类型的配置。

的东进扰动。8、9 两型的分布大体呈纬向相间排列。从图 4c 中所给的 200hPa 等压面形势不难发现, 高纬地区 8、9 两型低频扰动的分布和定常波有关。8 型位于定常波槽前的西南气流中, 而 9 型则位于脊前的西北气流中。这是与 8、9 两型分别向东北和东南方向传播是一致的。8、9 两型分别为导式和曳式扰动。由于两者都在急流以北, 故位于高纬定常波槽前向东北传播的 8 型低频扰动应是衰减的, 而有脊前向东南传播的 9 型扰动是发展的。9 型低频扰动集中在 50—60°N 的乌拉尔山东西两侧和落基山北部。按 E 矢量理论和波包理论所确定的非定常扰动的类型很好地反映了这两个地区经常有小槽在西北气流中向南发展成长波槽这一天气事实。而 8 型低频扰动则集中位于白令海峡附近地区和格陵兰。这两个地区恰好是长波槽经常北缩蜕化为短波槽的地区。

2. 200hPa 高频扰动

200hPa 高频扰动的类型和低频扰动很不相同。由图 4b 可见, 整个北半球除极区以外的大多数地区, 高频扰动以东进的 9 型扰动为主。只有在两大洋的北部主要为 8 型扰动, 在白令海峡附近和格陵兰主要为西退的 4、5 型扰动。这一事实表明 200hPa 的高频扰动主要是受西风基本气流引导的尺度较小的扰动, 只有在高纬度两个超长波脊处为后退的扰动。

在两大洋急流出口区北侧的 8 型扰动集中区大体上呈西南—东北向分布, 与北半球两条主要的气旋路径很接近。在堪察加半岛和加拿大东北部沿海也是 8 型扰动区。对照图 2c 可知, 这两个地区的高频扰动动能较小, 故这两个 8 型扰动集中区可能反映在两大洋的东北部沿海还存在两条次要的气旋路径。

如果将 9 型扰动的分布和图 5c 中所给的 200hPa 急流分布联系起来看可以发现, 9 型扰动的分布有从急流入口区左侧向急流出口区右侧延伸的分布特点, 它与地面反气旋的路径和高空急流的配置很相似。后面我们将会看到, 高频扰动分布的这一特点在 700hPa 上反映得更为清楚。在欧亚大陆上, 9 型扰动有南北两条集中带, 它与扰动动能的分布一样, 与欧亚大陆上空常有两支急流相联系。特别值得指出的是, 位于 30°N 附近的 9 型扰动的分布还显示出 9 型扰动向东南传播的特征。将该地区 9 型扰动的分布和北半球冬季反气旋的频率图比较^[13], 可以发现, 9 型扰动的分布从 30°N 附近的地中海西部向东南分别伸向东非、阿拉伯半岛及印度, 与反气旋频率所反映的上述地区三条较弱的反气旋路径几乎重合。

3. 700hPa 高频扰动

对于 700hPa 的低频扰动, 从图 5a 分布可见, 它的基本特点和 200hPa 大致相似, 即中低纬度以 4、5、6 三种西退的纬向扰动为主, 高纬以 8、9 两种东进的经向扰动为主, 毋需重复。这里仅指出一点, 比较图 5a 和图 4a 中勾画出的 5、6、8、9 四类扰动的主要分布可见, 在 200hPa 上表现得很清楚的特征在 700hPa 表现得较模糊。这很可能是由于上节所提到过的低频扰动在对流层低层较弱。

下面我们将着重分析 700hPa 高频扰动的特征。从图 5b 所勾画出 4、8、9 三类扰动的主要分布区可见, 700hPa 高频扰动的分布比 200hPa 高频扰动的分布更有规律。将图 5b 中 4、8、9 三型高频扰动的中心描绘到 200hPa 风速分布图上 (见图 5c) 可以

清楚地看到, 8 型扰动的分布从急流中心向东北方向延伸, 9 型扰动从急流入口区北侧的高纬向东南延伸到急流出口区后折向东, 它与北半球冬季气旋和反气旋的主要路径相当一致^[13]。另外, 从西欧到亚洲中部的两条 9 型扰动的集中带与该地区有南北两条急流相联系。按照波包理论, 急流入口区的 9 型扰动是正压发展的, 出口区的 8 型扰动是正压衰减的。如果将 8、9 两型扰动的分布与 Wallace^[14]和 Blackmon^[12]所给出的北半球冬季遥相关型 PNA (太平洋 / 北美型), EA (东大西洋型) 及 EU (欧亚型) 和 Rossby 波的一条波导的位置相比较, 不难发现它们是非常相似的。它表明北半球冬季 700hPa 的高频扰动具有 Rossby 波的性质。

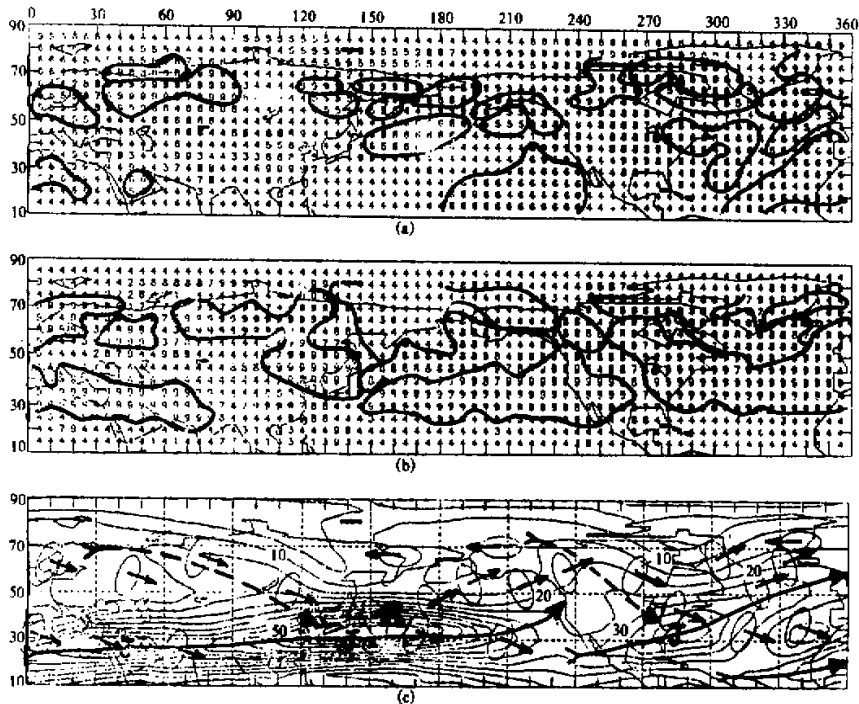


图 5 北半球冬季 700hPa 非正常扰动类型的分布图

(a) 低频扰动, (b) 高频扰动, (c) 200hPa 等风速线的分布和高频扰动类型的配置

虽然 700hPa 的高频扰动大多数为东移的扰动, 但在极地和低纬度地区, 却大多为向西移动的扰动。它可能反映了这些地区高频扰动的移动是受低空极地东风和副热带东风引导的。

五、总 结

通过上述分析, 我们可以将北半球冬季非正常扰动的主要气候特征归纳如下:

(1)非定常扰动的分布与高空急流有密切联系。在急流出口区, 扰动最强。在有南北两支急流的地区, 相应地也有两条强扰动带。

(2)低频扰动是非定常扰动的主要部分, 尤其是在极区和低纬度地区以及对流层高层。在中纬度地区和对流层低层, 高频扰动的成分相对较大。

(3)非定常扰动最不活跃的地区都和大的山脉和大陆相联系, 说明大地形对非定常扰动有抑制作用。

(4)低频扰动的形状和传播反映了低频扰动大多具有超长波的性质, 即振幅相对于波长要小得多(纬向型扰动), 且向西传播。但是在高纬度地区, 低频扰动具有长波的性质, 即振幅相对于波长较大(经向型扰动), 且向东传播。在 200hPa, 高纬度地区东移的低频扰动传播的经向分量和定常波有关。200hPa 低频扰动的形状和 200hPa 急流的配置还表明, 中纬度地区的低频扰动是正压衰减的。但高纬度地区的低频扰动只有在槽前是衰减的, 在脊前却是发展的。

(5)高频扰动一般具有东移的长波性质。它的分布和传播方向反映了北半球冬季气旋和反气旋的主要路径及 Rossby 波的频散路径。在急流入口区的高频扰动是正压发展的。

图 4c 和图 5c 概略地给出了 200hPa 低频扰动和 700hPa 高频扰动分布的主要气候特征及其与 200hPa 定常波形势和急流之间的联系。

最后应该指出, E 矢量理论和波包理论不仅可分析扰动的性质, 也可以用于分析非定常扰动对平均气流的贡献^[15]。有理由相信, 用它们来分析低纬度地区非定常扰动的气候特征及其与基本气流的相互作用, 将会揭示出南北半球之间联系的一些有意义的事实。另外, 分析非定常扰动的年际差异对认识大气环流的年际变化也将是很有意义的。

参 考 文 献

- [1] 洛仑兹, 1976, 大气环流的性质和理论, 科学出版社。
- [2] Peixoto, J.P. and A. H. Oort, 1984, Physics of climate, *Reviews of Modern Physics*, **56**, 365-429.
- [3] Holopainen, E., 1984, Statistical local effect of synoptic-scale transient eddies on the time-mean flow in the northern extratropics in winter, *J. Atmos. Sci.*, **41**, 2505-2515.
- [4] Holopainen, E. and A. H. Oort, 1981, On the role of large-scale transient eddies in the maintenance of the vorticity and enstrophy of the time-mean atmospheric flow, *J. Atmos. Sci.*, **38**, 270-280.
- [5] Trenberth, K. E., 1986, An assessment of the impact of transient eddies on the zonal flow during a blocking episode using localized Eliassenpalm flux diagnostics, *J. Atmos. Sci.*, **43**, 2070-2087.
- [6] Hoskins, B. J., I. N. James and G. H. White, 1983, The shape, propagation and mean-flow interaction of large scale weather systems, *J. Atmos. Sci.*, **40**, 1595-1612.
- [7] Zeng Qingcun, 1982, On the evolution and interaction of disturbances and zonal flow in rotating barotropic atmosphere, *J. Meteor. Soc. Japan*, **60**, 24-30.
- [8] Zeng Qingcun, 1983, The evolution of a Rossby-wave packet in a three dimensional baroclinic atmosphere, *J. Atmos. Sci.*, **40**, 73-84.
- [9] Zeng Qingcun, 1985, The evolution and structure of Rossby wave packet in forced mean flow, *Scientia Sinica*, **28**, 872-881.
- [10] White, G. H., 1983, The global circulation of the atmosphere, December 1981-November 1982: based on ECMWF analyses. Technical Note, Dept. of Meteorology, University of Reading, U. K.
- [11] Sardeshmukh, P. D., 1984, The global circulation of the atmosphere during January-November 1979 based

- upon ECMWF analyses, Dept. of Meteorology, University of Reading, U.K.
- [12] Blackmon, M. L., Y. H. Lee, J. M. Wallace and H. H. Hsu, 1984, Time variation of 500mb fluctuations with long, intermediate and short time scale as deduced from lag-correlation statistics, *J. Atmos. Sci.*, **41**, 981-991.
- [13] 北京大学地球物理系气象教研室, 1976, 天气分析和预报, 314-315, 科学出版社.
- [14] Wallace, J. M. and D. S. Gutzler, 1981, Teleconnection in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter, *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 784-812.
- [15] Tao Zuyu (陶祖钰), 1989, Analysis of Indian monsoon and associated low level circulations in 1980-1981, *Adv. Atmos. Sci.*, **6**, 113-119.

Climatological Analysis of Transient Eddy in the Northern Winter

Tao Zuyu and Hu Aixue

(Department of Geophysics, Peking University, Beijing 100871)

Abstract

In this paper, the climatological distributions of the transient eddy and its shape and propagation are analyzed using the *E* vector proposed by Hoskins and the theory of wave-packet proposed by Zeng Qingcun, which provides a background for the diagnosis of climate and general circulation. The results show that the distribution of transient eddy is related to the high-level jet and the large-scale orography. The shape and propagation of transient eddy indicate that most of low frequency eddies move westward and barotropically decay; most of high frequency eddies move eastward and barotropically develop in the entrance region of the jet. The propagation of high frequency eddy is consistent with the Rossby wave guide and the route of surface cyclone and anticyclone.

Key words: transient eddy; *E* vector; wave packet.