

关于夏季大西洋欧洲地区的 23天周期振动

仇永炎 李彰俊

(北京大学地球物理系)

(内蒙古区气象局)

提 要

利用11年夏季三个月500 hPa资料,对 20°N 以北中高纬度带内的纬向环流和天气系统进行功率谱分析,着重研究了23天左右周期振动的盛行地区。结果指出,唯有大西洋欧洲这块非季风地区盛行这种周期。而后,利用1980年七层资料,用天气学方法和能量学诊断研究了该地区23天振动的性质及其维持机制。这种振动常出现在整个对流层里。根据不同参数位相综合图,可以统一为一套典型的、具有连续性的天气形势序列。在这个地区上游有冰岛低压,它是斜压性强又能使位能释放的振动系统,下游有阻塞高压,是近于正压的并靠输入动能来维持的系统。上述的形势演变有可能主要是受这两个振动系统所影响。最后,对于23天振动为什么盛行于大西洋欧洲地区的问题作了讨论。

一、引 言

在最近一二十年,人们对于热带地区,特别是亚洲季风区的周期性振动现象,给予很大的关注。主要研究了两类周期,即准两周和30—50天的振动,并将其与夏季风相联系^[1-4]。可是对于北半球夏季中高纬度的周期振动,以及对于时间尺度为三四周的振动,还很少受到重视。我们曾指出^[5],如果考虑到周期振动在年际上的定常性,则周期长度在地理分布上有其区域性的特征;又指出,在北半球夏季 20°N 以北中高纬度,23天周期的振动集中在大西洋欧洲地区。鉴于这个地区在夏季不存在季风特征^[6],振动的长度又有其独特性,而且它又正处于亚洲的上游,其周期振动有可能同亚洲天气的中期变化有联系,因此值得进一步研究。本文从这个目的出发,首先确定23天周期最盛行的地区,然后选例研究这种周期振动的垂直分布、水平和垂直结构,以及能量学基本特征等问题,最终试图探讨其性质。

二、资料与基本方法

本文利用1973—1979年七年的NMC和TNMC 20°N 以北500 hPa资料和1980—1983年ECMWF2.5经纬度格距的七层六要素资料,研究二十几天的周期振动。选例研究主要是利用1980年ECMWF七层资料。文中的功率谱分析是采用后延协方差函数法,计算公式与文献[7]中相同。在目前许多研究周期振动的文献中,常常先采

1987年11月12日收到,1988年2月12日收到修改稿。

用滤波而后再进行谱分析。然而,我们认为这样处理的结果,往往使分析结果有所失真。本文在决定周期长度时,一律不采用滤波技术,只是在选例研究中对有些内容才采用文中所用滤波公式取自 Murakami 的修正公式^[8],其公式中的中心频率取为 $2\pi/23d$,两侧频率分别为 $2\pi/20d$ 和 $2\pi/26.45d$ 。

三、23 天周期振动

为了确定 23 天周期振动是否盛行于大西洋欧洲地区,功率谱分析是对 $20^{\circ}N$ 以北整个纬度带内我们所选取的代表系统和环流的 45 个参数进行的。其中代表系统的参数有 27 个,代表环流的参数有 18 个。前者主要是参照多年 7 月 500 hPa 平均图上的槽、脊、高低中心以及逐日天气图上常见的系统选取的,这些参数的范围和地理位置以及所选的要素,如图 1 所示。图中还在大西洋欧洲地区给出多年平均高度场。后者,即同纬向环流有关的参数有:局部中纬 ($45^{\circ}-60^{\circ}N$)、高纬 ($60^{\circ}-70^{\circ}N$) 环流指数 ($60^{\circ}E$ 起向东每隔 90° 经度选取一个),中央气象台所定义的环流指数 ($45^{\circ}-60^{\circ}N, 65^{\circ}-155^{\circ}E$)、 $40^{\circ}-50^{\circ}N$ 环流的环流指数和角动量输送, $60^{\circ}N$ 纬圈高度平均值,以及 $70^{\circ}N$ $n=1$ 波、 $45^{\circ}N$ $n=5$ 波和 $30^{\circ}N$ $n=3$ 波的振幅和位相角。由于本文目的着重研究大西洋欧洲区的 23 天振动,这里只对这个地区的参数加以说明。这个地区参数有:中纬西风指数,里海地区高度与乌拉尔山地区高度之差,欧洲脊,冰岛低压,大西洋高压,北美洲东部槽,大西洋涛动¹⁾和大西洋涛动 I。详细定义可见表 1 和图 1。

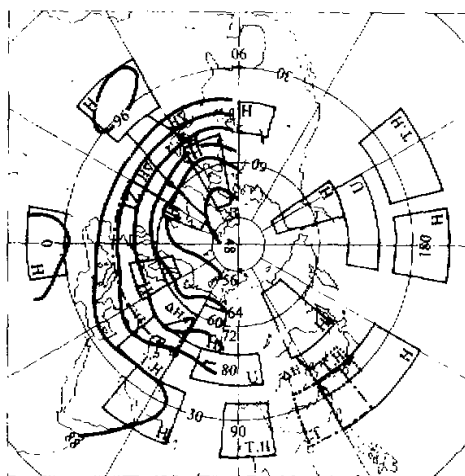


图 1 北半球 $20^{\circ}N$ 以北地区所选参数的地理分布

——, --- 和 为参数的边界,粗实线为多年 7 月 500 hPa 平均图上的等高线。方块内右下角的字符为所取的要素。

对所取的参数各自利用 11 年未经滤波处理的资料,进行功率谱分析。取 χ^2 显著性检验,信度 α 取 0.05。为了对各个参数计算其频数起见,作了如下的处理:如某年某

1) 这里入西洋涛动一词,只是取用 Walker^[9]的含意,定义并不相同。

参数的谱图上在 23 天周期处出现峰值, 其谱值又超过 95% 置信上限, 则频数计为 1; 如在 23 天周期处无峰值, 但谱值又超过 95% 上限, 或者有峰值, 但谱值只超过 90% 上限, 都按 0.5 计频数。

表1 大西洋欧洲地区各个参数的定义、代表符号和区域

参 数	符 号	所取资料平均的区域
中纬西风指数	ZI	30°W—60°E, 45—60°N
里海地区高度与乌拉尔山高度之差 (简称里乌高度差)	CUAH	H(40—60°E, 35—50°N)减去 H(60—80°E, 50—65°N)
欧洲脊	ER	H(10—30°E, 50—65°N)
冰岛低压	IT	H(40—20°W, 60—75°N)
大西洋高压	AH	H(60—40°W, 20—35°N)
北美洲东部槽	AT	H(80—60°W, 50—75°N)
大西洋涛动	AO	大西洋高压与冰岛低压两者高度之差
大西洋涛动 I	AOI	大西洋高压与北美洲东部槽两者高度之差

由此得到大西洋欧洲地区 8 个参数的 23 天周期在 11 年内的频数 (见表 2)。对于其它地区的频数只把其中频数达到 2 或超过 2 的参数的结果附于表 2 中。

表2 大西洋欧洲地区内一些参数在 11 年内 (1973—1983) 出现 23 天周期的频数

参 数 \ 年 份	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	频数	出现年数
欧洲中纬西风指数	1.0	0.5	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0	0.5		7.0	8
里乌高度差	1.0	0.5							1.0	0.5		3.0	4
欧洲脊	0.5	0.5		0.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5		6.0	9
冰岛低压	0.5			0.5	1.0	1.0		1.0				4.0	5
大西洋高压												0.0	0
北美洲东部槽	1.0			0.5		0.5					1.0	3.0	4
大西洋涛动	0.5	0.5		1.0	1.0		0.5	1.0				4.5	6
大西洋涛动 I	1.0	1.0		1.0		0.5					1.0	5.0	6
附其他地区													
亚洲中纬西风指数	0.5		0.5				0.5	1.0				2.5	4
60°N 纬圈高度				0.5		0.5		0.5	1.0			2.5	4
巴尔克什湖区西风	0.5	0.5				1.0		0.5					4
青藏高原以东温度			0.5	0.5	0.5	0.5						2.0	4
西太平洋高压脊高度				1.0	1.0							2.0	2

比较表 2 中结果, 可以明显看到, 不论就频数来看, 还是就出现总年数来看, 大西洋欧洲地区 23 天周期振动的参数, 除去大西洋高压外, 都远高于其它地区, 其频数最低值为 3.0, 最少总年数为 4 年。由于我们所选的 45 个参数, 大致能代表 20°N 以北地区所有的环流和系统, 因而可以说, 在 20°N 以北的中、高纬度带, 23 天周期振动以大西洋欧洲地区最为盛行, 在这个地区盛行 23 天周期的参数多而集中, 并且约有一半参数平均每两年会有一年出现 23 天周期, 其中尤以中纬西风指数和欧洲脊出现的频数和年份最多, 其次就是我们定义的两个大西洋涛动和冰岛低压。

对大西洋欧洲区的参数进一步计算了它们的 11 年平均功率谱, 其中中纬西风指数有一个 23 天周期, 如图 2 所示(图中高频部分已截断), 欧洲脊在 23 天周期处虽未出现

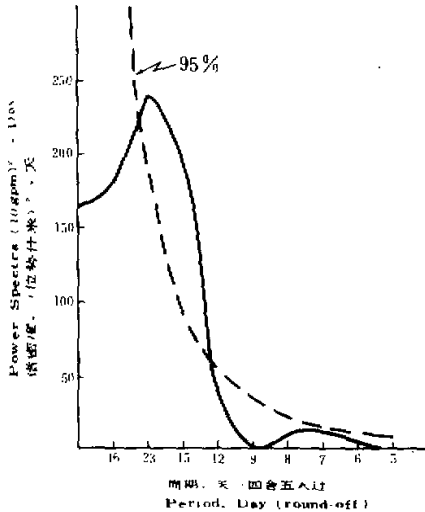


图 2 大西洋欧洲地区中纬西风指数的 11 年平均功率谱图

谱峰, 但谱值超过 95% 上限, 其它参数的平均功率谱无 23 天周期, 但滤波后的序列, 除去大西洋高压外, 都出现了 23 天周期。

我们还以 1980 年为例, 分析大西洋欧洲地区 23 天振动在垂直方向上的分布。在这年内, 有中纬西风指数、欧洲脊等 5 个参数存在 23 天周期(表 2), 其中以中纬西风指数(ZI)、冰岛低压(IT)和大西洋涛动(AO)三者呈单峰型。图 3 就只给出这三者各层谱值的垂直分布, 可以看到, 除去 ZI 的谱峰到对流层高层有向低频部分偏移现象外, 其它二者 23 天周期的谱峰都贯穿了整个对流层, 甚至到平流层低层。而且这三个参数不论在对流层那个层次, 在 23 天周期处的谱值都超过 95% 置信上限(图中未标出)。至于欧洲脊和大西洋涛动 I, 虽然它们的

500 hPa 谱峰不在 23 天周期处, 但是除去对流层低层外, 其余各层在 23 天处的谱值也都通过 95% 上限。这些结果表明, 大西洋欧洲地区的 23 天振动, 几乎是整个对流层里的现象。

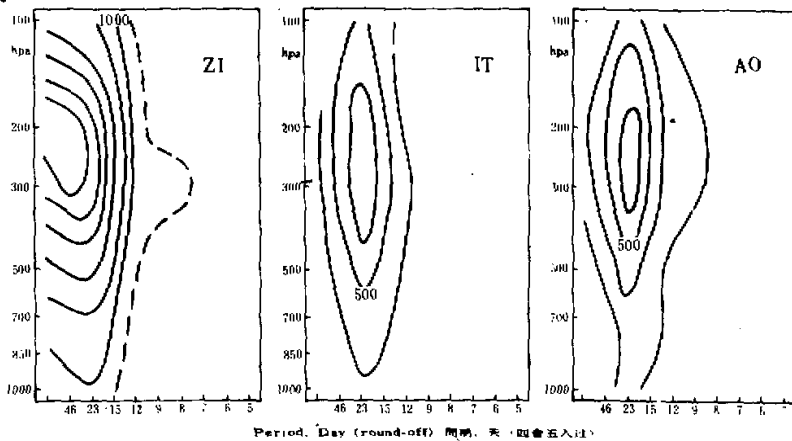


图 3 1980 年中纬西风指数(ZI)、冰岛低压(IT)和大西洋涛动(AO)三者谱密度的垂直分布
ZI 图上等值线的间隔为 1000 单位(实线)和 500 单位(虚线), 其余两幅图的间隔为 250 单位。

四、23 天振动的结构

1. 水平场的结构和演变

下面将应用综合平均方法, 研究 23 天振动的一些场, 特别是位势高度场的空间分

布及其演变特征。首先给出 1980 年中纬西风指数 (ZI)、欧洲脊 (ER)、冰岛低压 (IT) 和大西洋涛动 (AO) 四个参数经过 23 天滤波后的时间序列, 如图 4 所示。可以从图中各条曲线上两两相邻最大值 (或最小值) 之间适当地确定出 8 个位相, 如 ZI 曲线上所示

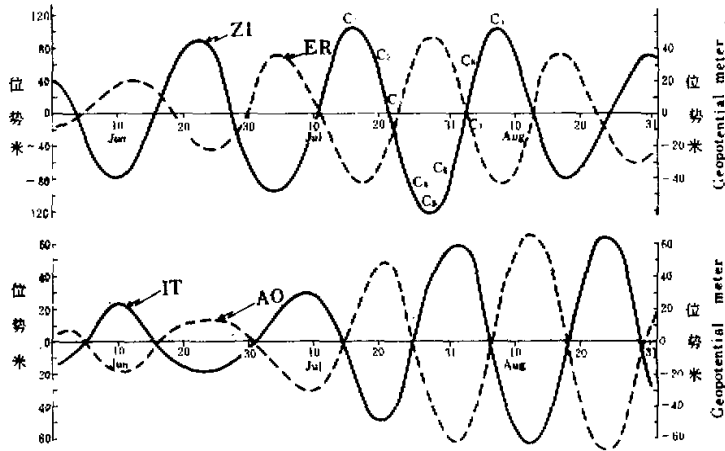


图 4 1980 年 ZI, ER, IT 和 AO 4 个参数经过 23 天滤波后的时间序列

的 $C_1, C_2, \dots, C_8$ 。而后, 以其为中心对所选的要害场进行综合, 再对几个振动进行综合, 就可得到该场的各个位相平均图。我们对上述 4 个参数都作了这种位相平均图。

从图 4 中可以看到, ZI 与 ER 一对曲线具有反位相。把 ZI 一套 8 个位相图, 后延 4 个位相后, 同 ER 的一套位相图比较, 两者非常相似。因此从 ZI 一套位相图, 也能反映 ER 的演变特征。这里只给出 ZI 的 C_1, C_3, C_5 和 C_7 四个位相图。如图 5 左边 4 幅所示。IT 和 AO 一对曲线也是反位相 (图 4), 它们的位相图, 也具有与 ZI 和 ER 类似的情况, 因而也只给 AO 的 4 个位相图 (图 5 右边 4 幅)。根据 ZI 和 AO 两组时间序列的交叉谱分析, 在 23 天周期处 ZI 落后于 AO 的相角为 313° 。按 8 个位相表示, ZI 约超前 AO 1 个位相。这也就是说, AO 的 C_1, C_3, C_5 和 C_7 的 4 个位相图, 约相当于 ZI 的 C_2, C_4, C_6 和 C_8 4 个位相图。我们也将其与实际制作出来的相应位相图进行比较, 形势极其相似。因此在图 5 中的 8 幅小图, 相当于 ZI 的 8 个位相图。按照相角差的推算, 从这 8 幅小图可以推演出 AO, ER, IT 等参数的 8 个位相图。

首先我们应该指出: 尽管图 5 中 8 幅小图是未经滤波的综合平均图的序列, 而且又是以两个不同参数为参考点组成的综合序列, 然而, 高度场、温度场及其相互配置, 都呈现出清晰的图象和明显的连续性。这表明所反映的中期过程可能是大西洋欧洲区夏季常见而又典型的一种天气过程, 如果用 3 天平均图来分析天气过程的话, 由此还可以推论出 23 天振动可能是这个地区的普遍现象。

其次, 按照图中的顺序, 来讨论 23 天振动的形势演变。在 ZIC₁ 图上, 主要特征是: 几乎在整个 $40^\circ\text{--}60^\circ\text{N}$ 纬度带是强西风带和锋区集中带, 波动微弱, 欧洲还为弱槽控制。这是 ZI 最大值、ER 最低值的特征。在强西风带上游高纬地区有两个系统正在发展, 一是在格陵兰有冷性低涡, 并移向冰岛, 另一个是在加拿大西北部有冷槽。到下一位相,

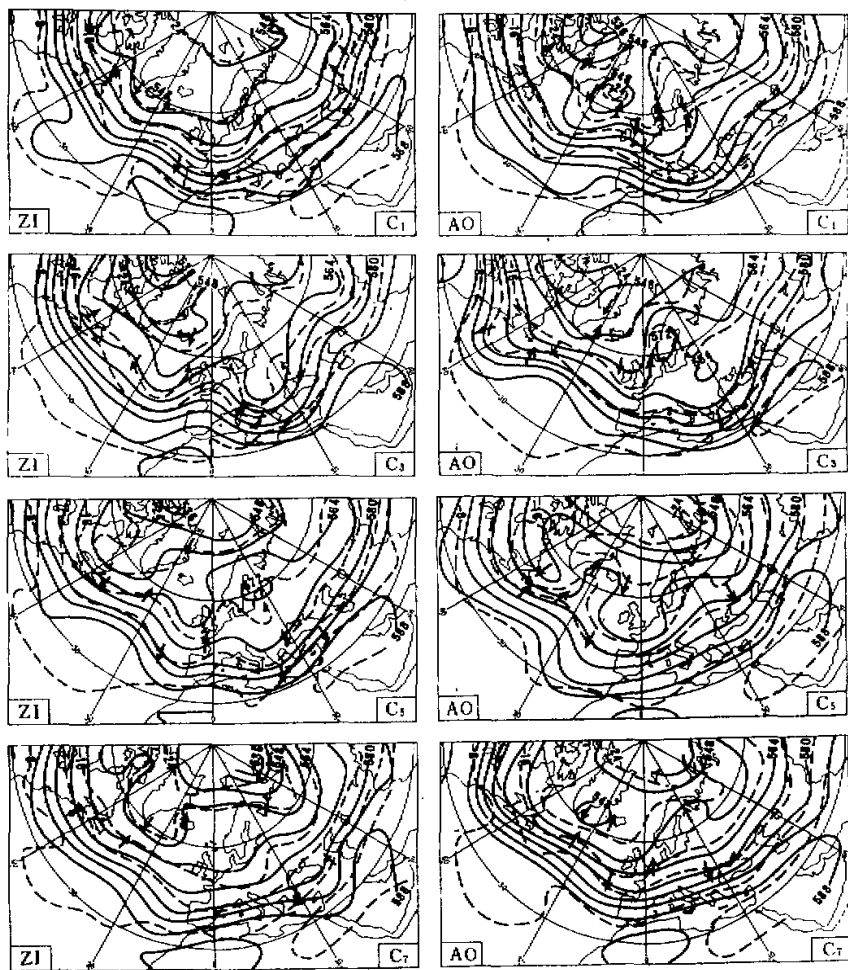


图5 中纬西风指数(ZI)和大西洋涛动(AO)23天振动各自4个位相(C_1 , C_3 , C_5 和 C_7)的500 hPa综合平均图

实线为位势高度, 虚线为温度, 短矢线为上升(↑)、下沉(↓)运动中心。

也就是AO最大位相和IT最小位相, 突出的变化是冰岛低压有明显的发展, 温度也显著下降, 而且与冰岛低压相联系的两个槽: 大西洋中部槽和从北海伸向南欧的槽, 在斜压带上有明显的发展。进入下两个位相, 洋中槽一方面进一步发展成大幅槽; 另一面向东移, 而且受这个槽发展的影响, 北非高压派生出一个东北—西南走向的脊, 另一重要形势是: 北海南伸的槽, 可能由于地形影响, 很快地伸到黑海, 加上北非北上脊的切断而形成切断低涡, 结果欧洲出现明显的西风分支现象。随后的一个位相, 如ZI C_5 图所示, 欧洲已出现阻塞形势, 并有阻塞高压, 其次是洋中槽已移至欧洲西海岸, 这种形势显然是ZI最小值、ER最大值的特征。还有一点要指出: 在ZI C_1 图所看到的加拿

大冷槽, 先是发展成美洲东岸槽, 到了这个位相已向大洋上扩张, 促使大西洋中部有暖脊向冰岛地区发展。再下一个位相有两个重要特点: 一是洋中脊已发展到冰岛地区, 到此时, 在格陵兰冰岛地区的低压形势已为高脊所代替, 这是反映 AO 最小、IT 最大的特征; 另一是欧洲西海岸的槽减弱变宽, 并向东扩张, 从而促使阻塞形势的破坏。随后, 美洲东岸槽减弱东移到大洋上, 一方面使洋中脊减弱, 另一方面在格陵兰东南部演变成残余的低涡。在此同时欧洲阻塞形势被破坏。从 AO C₁ 图已看到接近 ZI 最大值的形势, 并在冰岛有低压, 已为下一次循环提供条件。综上所述可以看到: 大西洋欧洲地区一些参数的 23 天振动, 可以统一为一套天气形势演变序列, 反映这种振动的范围广而互有联系; 同时上游的冰岛低压和下游的阻塞高压这两个局部系统, 对于这种形势的演变, 似乎起着促进的作用。

2. 时间垂直结构

以 500 hPa 为参考层次, 以某一参数出现极值的日期为参考日期, 按天数顺序 (或按相角顺序) 定出各个层次上的高度值和温度值, 可以制出综合时间 (这里以相角表示) — 气压剖面图。这种图能反映该参数周期振动的空间结构。为了便于进行垂直方向对比起见, 我们对各个层次上的高度场和温度场均采用 23 天滤波, 这样就把它各层的平均值滤去, 保留下来的是距平振动。由前面讨论, 已知下游的阻塞形势和上游的冰岛低压在整个振动过程中起着较为重要的作用。所以这里只讨论欧洲脊 (ER) 和冰岛低压 (IT) 的时间垂直结构 (如图 6 所示)。

从图 6 可以看到, ER 和 IT 两者在一次 23 天振动期间内, 都存在正负高度距平的交替出现, 并有正负温度距平 (平流层和对流层两区符号相反) 相伴随, 这表明具有冷低暖高的结构。还可注意到, 正负高度距平贯穿着整个对流层, 甚至延伸到平流层。这也表明 23 天振动是深厚的振动系统。

由于制作剖面的数据是对 ER 和 IT 两个有限区域取平均的, 难于从面积平均后的温度距平直接考察出这两个参数斜压性的差异。但是如果对比其高度距平在空间上的差异, 则可以得到启示。由图 6 可以看到, IT 的高度距平比 ER 要强些, 这表示 IT 振动所造成的偏南风 and 偏北风交替出现时的强度远比 ER 情况为强。同时, IT 剖面上高层的高度距平与低层高度距平之差, 远比 ER 剖面上为强。这两者都表

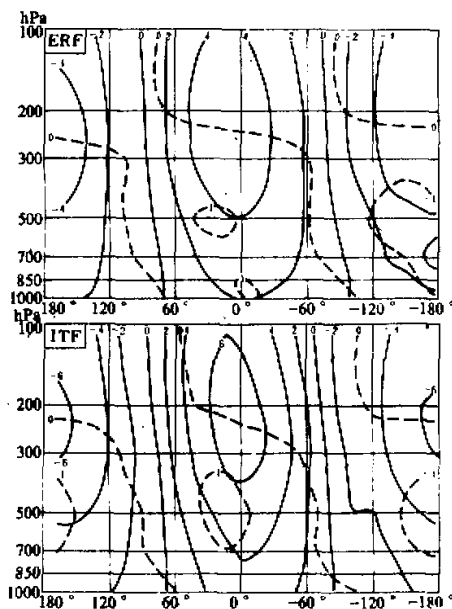


图 6 经过 23 天滤波后的位势高度和温度
按相角度数综合的剖面图

实线: 位势高度, 间隔为 2 位势什米
虚线: 温度, 间隔为 1°C

明 IT 23 天振动时的斜压性强于 ER, 从而可作如下推论: 位能释放过程对于 IT 23 天振动的维持可能比对 ER 的要重要些。

五、能量学诊断研究

这节要讨论一些参数 23 天振动的维持机制。利用动能方程, 其球坐标形式为

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{V}k + \frac{\partial \omega k}{\partial p} = -\vec{V} \cdot \nabla \Phi - E. \quad (1)$$

参照 Kung^[10] 的处理, 令 $\bar{x}$ 为任意量 x 的面积平均, x^* 为对此面积平均的涡动量, 即 $x^* = x - \bar{x}$. 将 (1) 式右边第一项, 即做功项经过连续方程的变换, 再把 $\bar{x}$ 和 x^* 的关系引入变换后的式子中, 而后代入 (1) 式, 再进行面积平均, 最后得到面积平均动能 $\bar{k}$ 变化率的方程

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{k}}{\partial t} = & -\nabla \cdot \vec{V} \bar{k} - \frac{\partial \omega \bar{k}}{\partial p} - \nabla \cdot \vec{V} \bar{\Phi} \\ & - \frac{\partial \omega^* \bar{\Phi}^*}{\partial p} - \frac{\partial \omega \bar{\Phi}^*}{\partial p} - \bar{\omega}^* \bar{\alpha}^* - \bar{\omega} \bar{\alpha} - E, \end{aligned} \quad (2)$$

这里的符号均为常用, 其中 $-\bar{\omega}^* \bar{\alpha}^*$ 和 $-\frac{\partial \omega \bar{\Phi}^*}{\partial p}$ 分别为涡动转换项和涡动位势垂直通量项, 这里的涡动是指由裕距记录可以分辨出来的涡动, 其它项的意义很清楚, 无需说明。

把 (2) 式中各项 ($-E$ 项用余差法求得) 用 1980 年夏季逐日资料, 对欧洲脊 (ER)、冰岛低压 (IT) 和大西洋涛动 (AO) 3 个参数进行计算, 藉以研究各自 23 天振动的维持。这里主要讨论 ER 和 IT, 由于 AO 是由两部分组成, 其能量学概念尚不清楚, 只作为参考。表 3 分别给出这 3 个参数所在区域的动能面积平均值 $\bar{k}$ 与 (2) 式中右边各项面积平均值在 23 天周期处的凝聚平方 (COH^2) 和相角差 (θ)。为了便于比较各项对动能变化的贡献大小, 选取三个条件: 首先, 所考虑的项 (以 B 表示, 下同) 需要其本身时间序列的功率谱在 23 天周期处有谱峰, 而且其 23 天滤波后序列有通过显著性检验的 23 天谱峰。为了计, 凡符合这一条件的项, 均在表 3 中该项与 $\bar{k}$ 的凝聚平方的下方以横线标出。其次, 该项与 $\bar{k}$ 的凝聚平方要高于 36 (以百分比表示, 下同), 因为 36 是凝聚平方的置信上限。其三, $\bar{k}$ 的 23 天振动要落后于 B 项的相角在 45° — 135° 之间, 即 $135^\circ > \theta(\bar{k}, B) > 45^\circ$ 。这是由于只有这个范围内的相角差, B 项才能对 $\bar{k}$ 增长起贡献。至于 $-E$ 项, 由 (2) 式可知, 应该 $315^\circ > \theta(\bar{k}, -E) > 225^\circ$ 。

先研究 ER 的振动。符合上述三个条件中前两个的有 $-\nabla \cdot \vec{V} \bar{k}$, $-\nabla \cdot \vec{V} \bar{\Phi}$, $-\frac{\partial \omega^* \bar{\Phi}^*}{\partial p}$, $-\frac{\partial \omega \bar{\Phi}^*}{\partial p}$, $-\bar{\omega} \bar{\alpha}$ 等项, 但其中只有前一项, 即动能边界通量散度项, 才符合第三个条件, 因而起着正贡献。 $-E$ 项对三个条件都符合, 表明摩擦耗散起着负贡献。因而 ER 区的动能振动主要是由动能净输入量对抗了摩擦耗损的净余量。

然而 IT 的振动则不然, 对于其动能增长起正贡献的为 $-\frac{\partial \omega k}{\partial p}$, $-\nabla \cdot \vec{V} \bar{\Phi}$ 和 $-\bar{\omega} \bar{\alpha}$ 三项, 其中尤以 $-\bar{\omega} \bar{\alpha}$ 的贡献最大, 因其与 $\bar{k}$ 的变化几乎完全呈同位相振动, 并与 $\bar{k}$ 有很高的凝聚平方。这一项表明, IT 区动能的增长是直接跟整体气流所产生的位

表 3 ER, IT 和 AO 三个参数的动能和引起动能变化各个项在 23 天周期处的凝聚平方和相角差

A	B	ER		IT		AO	
		COH^2	θ	COH^2	θ	COH^2	θ
$\bar{k}$	$-\nabla \cdot \vec{V} k$	<u>43</u>	64	<u>27</u>	110	<u>40</u>	110
	$-\partial \omega k / \partial p$	24	290	<u>50</u>	120	<u>58</u>	130
	$-\nabla \cdot \vec{V} \Phi$	<u>41</u>	200	<u>52</u>	130	<u>66</u>	132
	$-\partial \omega \Phi^* / \partial p$	<u>48</u>	184	0	70	1	104
	$-\partial \omega \Phi / \partial p$	<u>40</u>	230	<u>52</u>	140	<u>54</u>	168
	$-\omega \Phi^*$	17	300	<u>9</u>	20	<u>13</u>	35
	$-\omega \Phi$	<u>62</u>	220	<u>58</u>	90	<u>56</u>	111
	$-E$	<u>41</u>	290	<u>55</u>	320	<u>64</u>	325

能释放相联系的。当这种释放出来的动能, 加上势能的净输入, 克服了摩擦损耗, IT 动能增长, 反之衰退。至于 AO, 由于其振动的组成部分主要与 IT 有关, 所以 AO 振动的能量学特征与 IT 情况近于相似。顺便说一点, 关于 IT 和 ER 两者振动的能量学特征与上节所讨论的这两者斜压性是吻合的。

在这里试图从 ER, IT 等参数的能量学诊断结果, 提出一种可能机制, 说明大西洋欧洲范围 23 天振动的演变过程。一旦在这个区域的上游存在一个或几个能使位能转换为动能的制造系统, 如冰岛低压这种系统, 当其在位能聚集的锋区上活动会制造大量动能而得到充分发展。由于这种系统都是非封闭系统, 在其发展的同时将一部分动能和势能向下游输送, 下游近似正压区的系统, 如阻塞高压, 由于接受能量而发展。随着过程的演变, 整个地区已处于高度扰动状态, 斜压结构逐渐遭到破坏。到了这时, 上游系统能够制造出来的动能大为减少, 加上摩擦损耗增强, 上游系统趋于减弱, 下游稳定系统由于接受能量减少, 也趋于破坏。随后纬向环流重新恢复, 位能再度聚集。之后, 周而复始, 再进行下一次类似的循环。

六、结 束 语

本文首先利用 11 年夏季 3 个月 500 hPa 资料, 对 20°N 以北中高纬度带内的环流、多年平均系统和常见的天气系统进行功率谱分析, 着重研究了 23 天左右周期振动的盛行地区, 结果指出, 唯有大西洋欧洲这块非季风地区盛行这种时间尺度的周期振动, 参与的系统多, 出现的年数又高。而后主要利用 1980 年 7 层 6 要素资料, 研究了这种尺度振动的结构、能量学特征等问题。

23 天振动不仅仅是 500 hPa 一层的现象, 而常常贯穿于整个对流层, 其垂直结构反映出两种情况, 上游系统斜压性较强, 下游的欧洲区近于正压结构。根据位相综合图分析, 可以得到一套典型的天气形势序列, 其演变有明显的连续性。并且指出上游的冰岛低压和下游的阻塞高压这两个系统, 对于这种天气过程的演变起着较为重要的作用。根据能量学研究, 上游冰岛低压的振动主要靠位能转换成动能的机制来维持, 而下游的阻

塞形势是靠边界动能净输送来维持。

至于 20°N 以北 23 天振动为什么在大西洋欧洲地区最盛行的问题, 目前还难于解释, 不过这里想提供一些值得注意的事实。就北半球夏季来说, 大西洋欧洲区是夏季风特征最不明显的地区, 其环流仍然保留着西风带的特征。自然, 23 天振动是否为西风带所固有的特征, 尚待研究。不过在这个特定西风带区域有两个基本事实值得注意。一是阻塞高压经常活动。根据统计研究^[11], 夏季阻塞高压出现频数最多是在欧洲, 特别集中在 $10\sim 40^{\circ}\text{E}$ 跨度; 而且其平均持续时段为 12.4 天, 这个时段刚好约为本文所研究的 23 天周期长度的一半。另一是北半球夏季唯一的冰雪源是在格陵兰及其附近海域^[12], 因此当美洲槽东移时, 容易在格陵兰冰岛地区形成冷性低压。没有找到这种低压的活动情况, 但根据历史天气图, 看到在冰岛附近, 常在高指数期出现深的持续性低压并与低指数期的持续性高压或脊有交替出现现象, 每年有 3—5 次这种活动, 这个经验性结果与 Kidson 研究春季指数循环的结果相一致^[13]。我们在前面讨论中曾指出上游冰岛低压和下游阻塞高压的重要性, 因此我们认为研究上面提到的两个基本事实的动力原因和其联系, 可能有助于说明 23 天周期为什么在大西洋欧洲地区最盛行的问题。

致谢: 本文的原稿曾同谢义炳先生和教研室其他同志讨论过, 得到不少有益的启示; 文中所用的滤波程序由谢安同志提供, 特此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] Krishnamurti, T. N. and H. N. Bhalme, 1976, Oscillations of monsoon system. Part I. Observational aspects, *J. Atmos. Sci.*, Vol. 33, 1937—1954.
- [2] 王兴东、陶诗言, 1984, 西太平洋越赤道气流的初步研究, *海洋学报*, Vol. 6, 160.
- [3] Yasunari, T., 1981, Structure of an Indian summer monsoon system with around 40-day period, *J. Meteor. Soc. Japan*, Vol. 59, 336—354.
- [4] Murakami, T., L.-X. Chen and A. Xie, 1986, Eastward propagation of 30—60 day perturbations as revealed from outgoing longwave radiation data, *J. Atmos. Sci.*, Vol. 43, 961—971.
- [5] Qiu Yong-yan and Zhu Ya-fen, 1987, Medium Range oscillations of synoptic system in summer, *Adv. Atmos. Sci.*, Vol. 4, 395—402.
- [6] Ramage, C. S., 1971, Monsoon Meteorology, *International Geophysics Series*, Vol. 15, Academic Press, 1—296.
- [7] 仇永炎等, 1985, 中期天气预报, 科学出版社, 1—420.
- [8] Murakami, M., 1979, Large scale aspects of deep convective activity over the GATE area, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 107, 994—1013.
- [9] Walker, G. T. and E. W. Bliss, 1932, World weather V, *Mem. Roy. Meteor. Soc.*, Vol. 4, 53—84.
- [10] Kung, E. C., 1977, Energy sources in middle-latitude synoptical disturbances, *J. Atmos. Sci.*, Vol. 34, 1352—1365.
- [11] Treidl, R. A., E. C. Birch and P. Sajecki, 1981, Blocking action in the northern hemisphere: A climatological study, *Atmosphere—Ocean*, Vol. 19, 1—23.
- [12] Houghton, J. T., 1984, *The global climate*, chapter 8, Cambridge University Press, 233 PP.
(或金奎译, 1986, 全球气候, 第八章, 气象出版社, 1—517.)
- [13] Kidson, J. W., 1985, Index cycles in the northern hemisphere during the global weather experiment, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 113, 607—623.