

1983与1985年夏季北半球500hPa 高度场大气低频波的振荡特征*

孙安健 唐国利

(中国气象局国家气象中心, 北京 100081)

黄荣辉

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

提 要

本文利用观测资料分析了1983与1985年夏季半球500hPa高度场大气低频波的振荡特征。结果表明, 1983年(厄尔尼诺年)夏季热带中、东太平洋和印度洋以及东亚季风区上空的低频振荡比1985年(反厄尔尼诺年)夏季的低频振荡强, 而热带西太平洋的情况恰好相反。这是由于反厄尔尼诺年夏季热带西太平洋对流活动强盛所致。分析结果还表明: 1983年夏季低频波基本上是东传的; 1985年夏季, 在中高纬度地区低频波主要还是东传, 热带是西传, 青藏高原是大气低频振荡的汇区。

关键词: 厄尔尼诺; 反厄尔尼诺; 低频振荡。

一、引 言

ENSO事件可以认为是热带地区, 特别是赤道地区海气相互作用最集中的反映, 它是厄尔尼诺(El Nino)和南方涛动(Southern Oscillation)的简称。由于在赤道太平洋这种事件一旦发生, 将会给全球, 特别是北半球带来严重的气候异常, 从而造成很大的灾害。因此, 世界各国的气象学家与海洋学家非常重视这一现象的规律及其机理的研究。

近年来, 许多研究表明厄尔尼诺现象不仅仅是一种事件, 而且是一种循环^[1-3], 这种循环包括了海温发展阶段和恢复阶段。当赤道中、东太平洋海温猛烈上升到一定程度, 就产生了厄尔尼诺现象, 当赤道中、东太平洋海温衰减时, 甚至出现较强冷水, 这就产生厄尔尼诺现象。观测事实和研究结果表明, 无论是厄尔尼诺过程还是反厄尔尼诺过程, 都对低纬的大气环流和西太平洋副热带高压的变化有很大影响, 甚至与南北半球很大范围的大气环流有着密切的联系。王绍武^[4]指出, 西太平洋副热带高压的强度、面积指数及西伸脊点在厄尔尼诺年与反厄尔尼诺年存在着非常明显的差异, 这种差异始于秋季, 一直延续到第二年夏季。我国江淮流域在1983年夏季和1985年夏季分别出现的

1991年11月3日收到, 1992年7月6日收到修改稿。

* 本文为国家自然科学基金项目“我国长江、黄河流域旱涝规律成因与预报研究”资助。

洪涝与干旱,正是西太平洋副热带高压异常变化的结果^[5,6]。鉴此,不少学者曾从不同角度讨论厄尔尼诺与反厄尔尼诺过程和我国东部旱涝之间的关系^[7-9]。黄荣辉和吴仪芳利用最近 30 多年资料分析了厄尔尼诺和反厄尔尼诺现象对我国夏季风降水的影响。从 1982 年 5 月到 1983 年 10 月发生了特强的厄尔尼诺过程,峰值期在 1982 年冬季至 1983 年夏季期间。1984 年 12 月至 1985 年 10 月出现了反厄尔尼诺过程,峰值期在 1985 年春季。本文的目的,是想利用北半球 500hPa 位势高度场资料讨论厄尔尼诺峰值年(1983)/反厄尔尼诺峰值年(1985)夏季大气低频波的振荡特征,并揭示这二者之间的主要差异以及江淮流域旱涝之的可能联系。

二、资料和方法

本文使用 1983 年和 1985 年夏季(6—8 月)北半球(10—85°N)500hPa 等压面上位势高度场 $5^\circ \times 10^\circ$ 经纬网格点上的逐日高度资料,作为大气低频滤波的原始序列,资料序列长度为 92 d。

1. 离散功率谱估计

首先计算不同波数 k 的傅里叶系数估计,

$$\begin{cases} a_k = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n x_t \cos \frac{2\pi k}{n} (t-1), \\ b_k = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n x_t \sin \frac{2\pi k}{n} (t-1), \end{cases} \quad (1)$$

k 的取值为 $1, 2, 3, \dots, [n/2]$ ($[]$ 表示取整数部分)。

然后计算不同波数 k 的功率谱值,即

$$S_k^2 = \frac{1}{2} (a_k^2 + b_k^2). \quad (2)$$

周期 T_k 与波数 k 的关系为

$$T_k = \frac{n}{k}, \quad n \text{ 为样本容量}. \quad (3)$$

本文所考虑的大气低频波范围为 30—60 d,还应求取非整波数的功率谱密度。但由于非整波数各波之间不存在正交性,故不能象整波数那样求取傅里叶系数。通常的方法是利用实测资料,建立求回归系数 a_0, a_k, b_k 的标准方程组。对某一个试验波数 k (非整数),对应的回归方程为

$$\hat{x}_i = a_0 + a_k x_{sk_i} + b_k x_{ck_i}, \quad (4)$$

x_{sk} 与 x_{ck} 为变量因子。于是非整数 k 对应的功率谱密度 S_k^2 为

$$s_k = 2R_k^2 S^2 (n-1)/n, \quad (5)$$

式中 R_k 为复相关系数, S^2 为原序列方差^[11]。

30—60 d 周期振荡的方差贡献为 $C = (\sum_{k=1.5}^{30} S_k^2 / \sum_{k=1}^{36} S_k^2) \times 100\%$ 。

2. 带通滤波

采用如下 Butterworth^[12]带通滤波器过滤各网格点上 500hPa 位势高度序列 $\{x\}$, 以滤出周期为 30—60 d 的低频波段。

设 500hPa 高度为 x , 有

$$x = \bar{x} + x^*, \quad (6)$$

$\bar{x}$ 为平均值, x^* 为对 $\bar{x}$ 的偏差。

令

$$x^* = d + e(t - t_0) + f(t - t_0)^2 + x', \quad (7)$$

t_0 对应于 3 个月的中间日数, 系数 d, e, f 由最小二乘法确定。式中前三项的和表示 x^* 的季节趋势, x' 是对季节趋势的偏离。

将 x' 进行滤波, 滤波后的值为 $\tilde{x}_m$, 则

$$\tilde{x}_m = a_0(x'_m - x'_{m-2}) - b_1\tilde{x}_{m-1} - b_2\tilde{x}_{m-2}, \quad (m = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

式中

$$a_0 = 2\Delta\Omega / (4 + 2\Delta\Omega + \Omega_0^2),$$

$$b_1 = 2(\Omega_0^2 - 4) / (4 + 2\Delta\Omega + \Omega_0^2),$$

$$b_2 = (4 - 2\Delta\Omega + \Omega_0^2) / (4 + 2\Delta\Omega + \Omega_0^2),$$

$$\Delta\Omega = \left| \frac{\sin(\omega_1 \Delta t)}{1 + \cos(\omega_1 \Delta t)} - \frac{\sin(\omega_2 \Delta t)}{1 + \cos(\omega_2 \Delta t)} \right|,$$

$$\Omega_0^2 = \frac{4\sin(\omega_1 \Delta t)\sin(\omega_2 \Delta t)}{[1 + \cos(\omega_1 \Delta t)][1 + \cos(\omega_2 \Delta t)]}.$$

这里 $n = 92$, $\Delta t = 1$ d, $\omega_1 = 2\pi / 30$, $\omega_2 = 2\pi / 60$, $\omega_0^2 = \omega_1 \cdot \omega_2$ 。

响应函数 $W(z) = [a_0(1 - z^2)] / (1 + b_1z + b_2z^2)$, 其中 $z = e^{-i\omega\Delta t}$ 。

三、1983(厄尔尼诺年)与 1985(反厄尔尼诺年)

夏季 30—60 d 的振荡特征

利用上述带通滤波与功率谱分析方法分别对 1983(厄尔尼诺年)夏季和 1985(反厄尔尼诺年)夏季的 500hPa 高度场进行分析, 其结果表明: 1983 年夏季的 30—60 d 周期低频振荡特征与 1985 年夏季的低频振荡特征有很大不同。

1. 1983 年夏季 30—60 d 低频振荡特征

1983 年夏季(6—8 月)正处在 1982/1983 特强厄尔尼诺过程之中, 热带中、东太平洋的海温偏高, 热带西太平洋的海温偏低。相应地, 热带对流活动在热带中、东太平洋

偏强, 热带西太平洋偏弱^[13]。与该对流活动有关联的 30—60 d 周期振荡在热带中, 东太平洋有较强的响应, 30—60 d 周期的方差贡献大于 50%, 而热带西太平洋水域 30—60 d 振荡则受到抑制, 其方差贡献普遍小于 30%(图 1)。该年印度季风较弱, 与之相联系的 30—60 d 低频振荡也不活跃, 在图 1 上是一方差贡献的小值区。西太平洋副高、北非副高、贝加尔湖槽区和鄂霍茨克海高压区域都对 30—60 d 振荡有很强的响应, 方差贡献均大于 50%。而这些大气环流系统的配置构成了十分典型的梅雨形势, 导致江淮流域夏季出现洪涝^[15]。

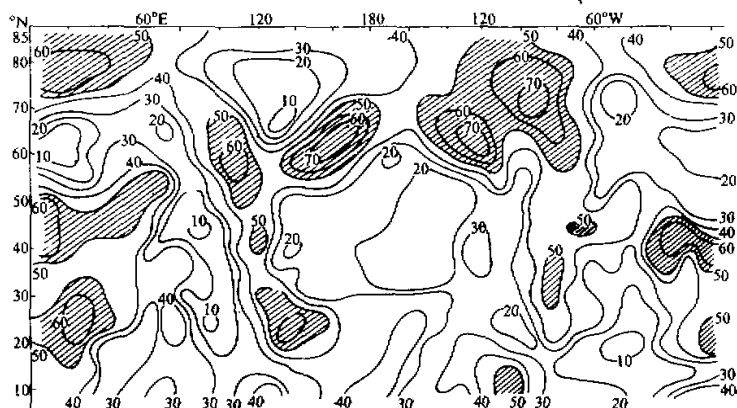


图 1 1983 年 6—8 月 30—60 d 振荡方差贡献的地理分布

2. 1985 年夏季 30—60 d 低频振荡特征

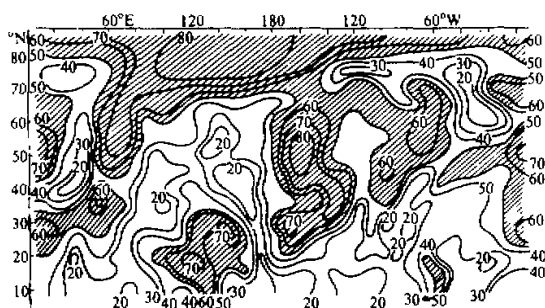


图 2 1985 年 6—8 月 30—60 d 振荡方差贡献的地理分布

1985 年夏季经历着反厄尔尼诺过程, 西太平洋海域表面水温偏高, 对流活动强盛, 20°N—0°, 80—140°E 范围是非常活跃的对流区^[13]。这一对流区表现出非常明显的 30—60 d 振荡(图 2)。响应最强的区域在菲律宾附近, 30—60 d 周期的方差贡献达 70%以上。这可能与亚洲大陆东岸以外的西太平洋上空低频振荡的传播有关。向北传播始于印尼附近, 向南传播来自东海区域, 这二者常在菲律宾附近

相聚和加强^[14]。东太平洋信风区也是 30—60 d 周期方差贡献大值区, 并向经向伸展, 表明这里是低频系统向经向移动的发生地。

1985 年夏季, 江淮流域干旱少雨。主要原因是西太平洋副高脊线位置明显偏北和异常偏东^[6]。西伯利亚东部上空脊区并非长久维持也是一个重要因素。在 30—60 d 振荡

方面, 比较稳定和强盛的西太平洋副高、伊朗高压以及巴尔喀什湖槽区都是活跃区, 方差贡献达 50—70%; 而西伯利亚东部上空脊区以及较弱的南支锋区很不活跃, 方差贡献小于 40%, 甚至不到 30%。这表明, 稳定强盛的大气环流系统通常对低频振荡有较强的响应, 而较弱或不稳定的大气环流系统往往是低频振荡的不活跃区域。

3. 1983 与 1985 年夏季 30—60 d 振荡的对比分析

对照图 1 与图 2, 可以发现如下几点主要事实: (1)除了热带西太平洋海域之外的热带太平洋水域, 以及北印度洋海域, 30—60 d 振荡的方差贡献在 1983 年夏季偏高, 1985 年夏季偏低。也就是说, 1983 年厄尔尼诺事件发生期这些热带地区 30—60 d 大气低频振荡的活动较 1985 年反厄尔尼诺现象发生期更加活跃些。但是, 热带西太平洋和东太平洋信风区域的大气低频振荡特征恰好相反, 1985 年反厄尔尼诺发生期的较之 1983 年厄尔尼诺发生期对 30—60 d 的振荡有更强的响应(图 3)。(2)鄂霍茨克海上空, 1983 年夏季 30—60 d 的振荡较 1985 年夏季活跃得多, 而巴尔喀什湖上空的情况恰好相反。(3)极地区域的大气低频振荡活动, 在 1985 年夏季特别强, 尤其在亚洲极区上空。

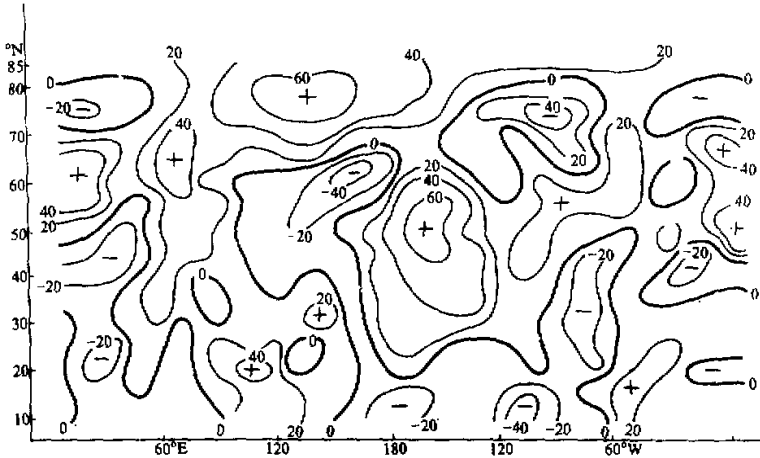


图 3 1985 年 6—8 月与 1983 年 6—8 月 30—60 d 振荡方差的差值分布图

为了进一步揭示印度洋和热带太平洋区域这二年夏季低频振荡的差异, 我们选取了特征点 A(90°E, 10°N)——印度洋孟加拉湾, B(110°E, 15°N)——南海, C(130°E, 10°N)——西太平洋, D(180°E, 10°N)——中太平洋, E(120°W, 10°N)——东太平洋, F(90°W, 10°N)——南美西部沿海, 并分析它们在 30—60 d 低频波段中的主周期及其对应的波谱值(表 1)。

由表 1 可见, 1983 厄尔尼诺年夏季各特征点的主周期基本上较 1985 反厄尔尼诺年夏季的长, 相对应的波谱值基本上也是 1983 年夏季大些。

如前所述, 1983 年夏季与 1985 年夏季在江淮流域分别出现雨涝和干旱的异常气候。为了进一步弄清楚这两个旱涝年份在低频振荡方面的差异, 我们选取了与江淮旱涝

表 1 热带洋面各特征点的主周期及其波谱值

项 目 \ 特征点	A		B		C		D		E		F	
	1983	1985	1983	1985	1983	1985	1983	1985	1983	1985	1983	1985
主周期(d)	35	30	40	40-46	40-46	40	50	30	35		46-50	35-40
波谱值	0.4	0.2	0.5	0.5	0.4	0.2	0.3	0.1	0.1		0.1	0.2

形成有密切联系的东亚大气环流系统的特征点，分析它们在 30—60 d 低频波段中的主周期及其波谱值。这些特征点是 G(130°E, 60°N)——鄂霍茨克海，H(90°E, 35°N)——青藏高原，I(130°E, 35°N)——副热带锋区，J(80°E, 20°N)——印度大陆，K(130°E, 20°N)——西太平洋副高活动区域。其结果列于表 2。从主周期来看，除了青藏高原上空外，各大气环流系统的周期都是 1983 年夏季长于 1985 年夏季；从波谱值来看，除了鄂霍茨克海上空外，都是 1983 年夏季大于 1985 年夏季。换句话说，在江淮流域夏季，涝年期间的东亚各大气环流系统低频波段范围内的主周期基本上比早年期间长，相应的振幅也大。

表 2 东亚大气环流系统各特征点的主周期及其波谱值

项 目 \ 特征点	G		H		I		J		K	
	1983	1985	1983	1985	1983	1985	1983	1985	1983	1985
主周期(d)	50	40	40	46	46	46	40-46	35-40	40	30
波谱值	2.2	3.0	4.6	1.4	14.6	2.5	0.9	0.3	5.7	0.6

从这两年夏季的大气环流特征分析悉知，西太平洋副高环流特征的明显差异是致使夏季江淮流域出现异常旱涝的重要原因。因此，有必要讨论整个西太平洋副高的低频振荡特征。图 4 给出了 1983 年与 1985 年 6—8 月逐日 20—40°N, 120—180°E 范围平均 500hPa 位势高度 30—60 d 带通滤波后的 $\bar{x}$ 的演变曲线。由图可见，1983 年夏季西太平洋副高的低频振荡非常显著，周期为 35 d 左右，且振幅很大；而 1985 年夏季的西太平



图 4 1983 年与 1985 年 6—8 月逐日 20—40°N, 120—180°E 平均 500hPa $\bar{x}$ 演变曲线

洋副高, 低频振荡则不明显。

四、1983 与 1985 年夏季大气低频振荡的传播特征

陈隆勋和谢安曾利用 OLR 资料讨论 1982—1983 年厄尔尼诺过程前后 30—60 d 振荡的变化, 发现纬向传播的振荡中心与经向传播特征在厄尔尼诺过程发生之前后有十分明显的差异^[35]。本文利用 500hPa 位势高度经 30—60 d 带通滤波后的大气资料讨论 1983 厄尔尼诺年与 1985 反厄尔尼诺年夏季北半球范围的大气低频振荡在纬向和经向上的传播特征。

1. 纬向传播

我们分别给出了 1985 年与 1983 年 6—8 月 500hPa 位势高度 30—60 d 带通滤波后的序列沿 10°N、30°N 与 50°N 的时间剖面图, 来讨论近赤道、副热带和中高纬度的大气低频振荡的纬向传播特征。

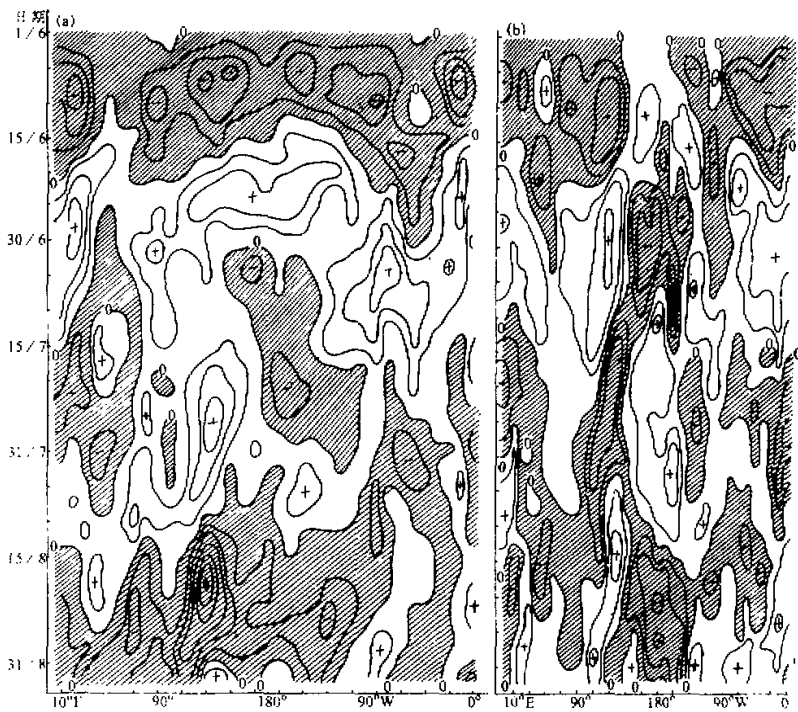


图5 夏季(6—8月)沿 30°N 的时间剖面图
(a) 1983; (b) 1985

50°N 上的 30—60 d 振荡传播, 1983 年夏季与 1985 年夏季的情况相近, 基本上是从西往东的。1985 年夏季 7 月上旬以后在东半球还有一些低频波从东往西传播。

30°N 上的 30—60 d 振荡传播, 1983 年与 1985 年夏季的情况也大体上相近。基本上是从西往东的。但是大致从 6 月中旬以后, 也出现一些西传的低频波, 从西太平洋向青藏高原传播(图 5)。

10°N 上的 30—60 d 振荡传播, 1983 年夏季表现为缓慢地从西往东。1985 年夏季在入梅之前低频波基本上是东传的, 入梅以后则是西传的低频波占优势。

总的来看, 1983 年夏季这 3 个纬圈上的低频波基本上是从西往东传的。1985 年夏季, 中、高纬度和副热带纬度低频波的纬向传播虽主要是从西往东的, 但入梅以后已出现一些西传的低频波, 到了近赤道地区这种西传的低频波占了优势。

2. 经向传播

我们分别给出了 1985 年与 1983 年 6—8 月 500hPa 位势高度 30—60 d 带通滤波后的序列沿 70—90°E、120—140°E 与 140—120°W 的时间剖面图, 藉以讨论印度洋、西太平洋和东太平洋经线上大气低频振荡的经向传播特征。

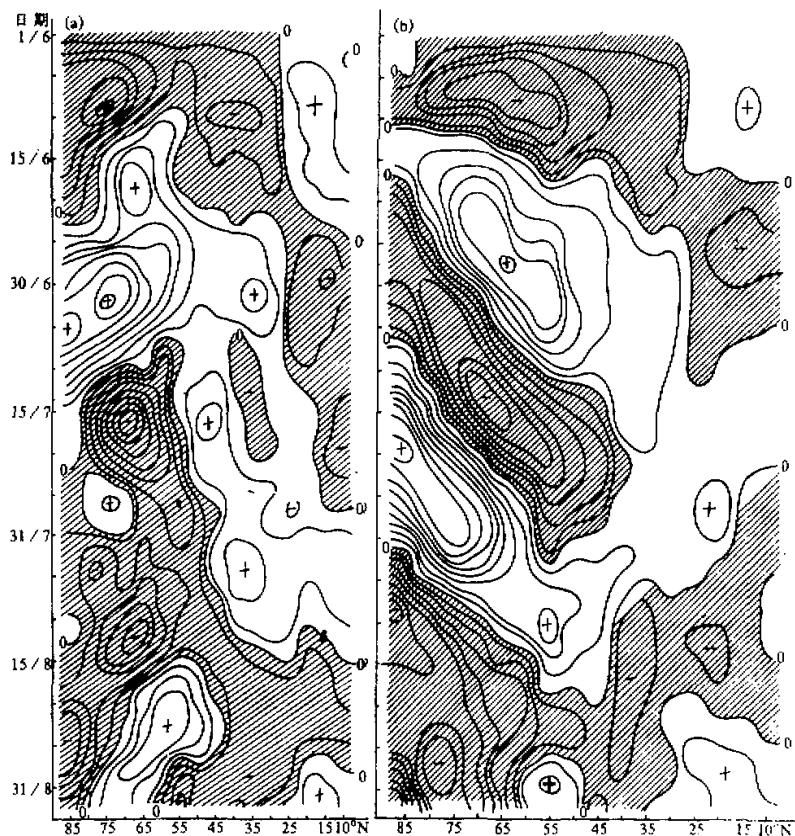


图 6 夏季(6—8 月)沿 70—90°E 的时间剖面图
(a) 1983; (b) 1985

70—90°E 经线上的低频波经向传播, 1985 年夏季是从高纬南传的低频波, 有的与从低纬缓慢北上的低频波汇合于青藏高原。而 1983 年夏季却是在中高纬度有低频波向南和向北传播(图 6)。

120—140°E 经线上, 1985 年夏季的低频波是从北往南传播的。而 1983 年夏季的低频波传播主要是从中高纬度地区指向极地方向。

140—120°W 经度线上的低频波传播, 1985 年初夏是从南往北的, 到了盛夏季节从北往南的传播占优势。1983 年夏季大气低频波主要是自中高纬度往极地方向传播。

综合而论, 1983 年夏季这 3 个经度线上的低频波主要是从中高纬度往北传向极地, 而 1985 年夏季这 3 个经度线上的低频波是以从高纬南传的情况占优势。

值得指出的是, 这两年夏季青藏高原地区均不是低频相对方差的大值区, 且低频波均是自东向西传到高原, 自南向北和自北向南传到高原, 表明高原是一个低频汇区。

五、结论与讨论

通过典型的厄尔尼诺(1983)与反厄尔尼诺(1985)年夏季大气低频波的振荡特征分析, 发现了如下几点有意义的事实:

(1) 在北印度洋和热带中, 东太平洋水域以及东亚季风区上空, 1983 厄尔尼诺年夏季 30—60 d 的大气低频振荡活动较 1985 反厄尔尼诺年夏季更加活跃。而热带西太平洋的情况恰好相反, 1985 年夏季则更为活跃些。这与 1985 年夏季热带西太平洋强盛的对流活动有关。

(2) 稳定强盛的大气环流系统通常对低频振荡有较强的响应, 较弱或不稳定的大气环流系统往往对应着低频振荡的不活跃区域。因此, 在江淮流域夏季雨涝年份(1983)的东亚大气环流系统的低频振荡主周期基本上比干旱年份(1985)长, 相应的振幅也大。尤其在西太平洋副高活动上表现得最为明显。

(3) 1983 年夏季 50°N、30°N 与 10°N 纬圈上的低频波基本上是东传的。1985 年夏季, 50°N 与 30°N 纬圈上的低频波也是东传占优势, 而 10°N 纬圈上却是西传居多。

(4) 1983 年夏季, 70—90°E、120—140°E 与 140—120°W 上的低频波主要是从中高纬往北传向极地, 而 1985 年夏季, 低频波则是以从高纬南传者占优势。

(5) 这两年夏季青藏高原地区均不是低频相对方差的大值区, 且低频波从各方向传到高原, 表明高原是一个低频汇区。

以上的分析主要根据 1983 年与 1985 年夏季的观测资料而作的。这对于了解厄尔尼诺年夏季与反厄尔尼诺年夏季低频振荡特征的异同是很有用的。为了更确切地了解它们的异同, 应进一步分析其它厄尔尼诺年夏季和反厄尔尼诺年夏季低频振荡特征的异同。并且为什么会产生低频振荡特征的异同也应进一步深入研究。

参 考 文 献

- [1] 黄荣辉, 1990, 关于 ENSO 事件及热带海—气相互作用的最新研究进展, 大气科学, 14, 234—242.
- [2] McCreary, J. P. and D. L. T. Anderson, 1991, An overview of coupled ocean-atmosphere models of El Niño

- and the Southern Oscillation, *J. Geophys. Res.*, **96**, 3125—3150.
- [3] Philander, S. G. H., 1990, *El Nino, La Nino and the Southern Oscillation*, Academic Press, San Diego, Calif.
- [4] 王绍武等, 1984, 厄尔尼诺、南方涛动与瓦克环流, 气象科技, 第 2 期, 20—28.
- [5] 徐良炎等, 1984, 1983 年我国天气气候特点和北半球主要环流特征, 气象, 第 4 期, 22—25.
- [6] 蒋淑芳等, 1986, 1985 年我国天气气候特点和北半球主要环流特征, 气象, 第 4 期, 25—28.
- [7] 李鸿洲, 1978, 海气相互作用对河北平原汛期降水的影响, 中国科学院大气物理研究所集刊, 第 6 号, 海气相互作用与旱涝长期预报, 科学出版社.
- [8] 李克让等, 1979, 太平洋海温与初夏副热带高压和两湖地区降水的关系, 地理集刊, 第 11 期.
- [9] 张先恭等, 1988, 1986—1987 年的厄尔尼诺及其对中国夏季雨带和温度的影响, 气象, 第 4 期, 3—7.
- [10] Huang R. H. and Wu Y. F., 1987, The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism, *Proceedings in Japan—U.S. Workshop on the ENSO Phenomenon*, Nov. 3—7, 1987, Tokyo University.
- [11] 黄嘉佑等, 1984, 气象中的谱分析, 气象出版社.
- [12] Krishnamurti T. N., D. Subrahmanam, 1982, The 30—50 day mode at 850 mb during MONEX, *J. Atmos. Sci.*, **39**, 2088—2095.
- [13] 日本气象厅, 1989, 气候系监视报告, 长期预报テクニカルノート, No.32, 54—58.
- [14] Masato. Murakami, 1984, Analysis of the deep convective activity over the western Pacific and Southern Asia, Part II: Seasonal and intraseasonal variations during Northern Summer, *J. Meteor. Soc. Japan*, **62**, No.1, 88—107.
- [15] 陈隆勋等, 1987, OLR 资料所揭示的 El Nino 和 30—60 天振荡之间的关系, 气象科学技术集刊(11), 气象出版社.

Low Frequency Oscillation Characteristics of Summer of 1983 and 1985

Sun Anjian, Tang Guoli

(National Meteorological Centre, China Meteorological Administration, Beijing 100081)

Huang Ronghui

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract

In this paper, observational data are used to compare the characteristics of atmospheric low frequency oscillations in the summers of 1983 and 1985. It is indicated that in general the low frequency oscillation in 1983 is stronger than that in 1985 over the central and eastern tropical Pacific, the Indian Ocean and the East Asian monsoon region, but the condition over the western tropical Pacific is contrary to that of the former areas, which is caused by intense convective activities over the western tropical Pacific in the summer of 1985. In addition, the results show that the summer low frequency oscillations in 1983 propagate eastward on the whole, while those at the middle and high latitudes mainly move eastward in the summer of 1985, but there are westward propagation in the tropics. The Tibetan Plateau is a sink region of the atmospheric low frequency oscillation.

Key words: El Nino, counter-El Nino, low frequency oscillation.