

夏季西太平洋副热带高压的振荡*

毕慕莹

(国家气象局气象科学研究院)

提 要

本文用 1965 年, 1976—1985 年夏季(6—8 月)500 hPa 逐日西太平洋副热带高压脊线位置的复经验正交函数(CEOF)展开讨论了夏季西太平洋副热带高压的振荡特征。发现西太平洋副热带高压主要存在 15—20 d 以及 10 d 左右的振荡周期, 它们一般都是从西太平洋的东部(180°E)向西部(110°E)传播的, 其速度为 5—7 long./d。西太平洋副热带高压 10 d 以下的短周期振荡一般自西(110°E)向东(180°E)传播。其东西部的振荡呈反位相。15—20 d 周期的振荡能量主要集中在西太平洋东、中部(150—170°E), 而 10 d 左右周期的振荡能量主要集中在西太平洋的西部(120—140°E)。一般 6 月下旬至 7 月中旬是西太平洋副热带高压的低振荡能量期, 而 7 月中旬以后有一段高振荡能量期。

一、引 言

近年来大气中的低频振荡现象引起了国内外学者极大的兴趣。普遍认为热带大气中存在着 10—20 d, 30—50 d 的振荡, 这些振荡一般是向东传播的。而副热带大气中是否也存在着这种低频振荡现象, 其特征又如何, 是很值得研究的。本文试图对夏季西太平洋副热带高压的振荡进行一些探讨。

众所周知, 西太平洋副热带高压(以下简称副高)与我国的天气关系重大, 过去对西太平洋副高已有过不少的研究, 也得到许多有意义的结果^[1,2], 但对于副高的振荡至今仍然是值得研究的课题, 因为副高南北位置的摆动直接影响着我国雨带的分布, 因此对副高南北位置摆动的预报是相当重要的。本文用能够反映时间变化特征和空间传播特征的复经验正交函数(CEOF)展开来讨论夏季西太平洋副高的振荡特征, 希望能对夏季副高南北位置的预报有一定参考价值。

二、资料和方法

选用 1965 年, 1976—1985 年 5 月 23 日至 9 月 9 日逐日 500 hPa 上副高脊线 110°E 至 180°E 每 10 度经度上的位置(纬度), 由于在进行复经验正交展开中二头将丢失 L 为 7 d 的资料, 所以最后得到 6 至 8 月副高变化情况。

采用 CEOF 方法^[3]比一般经验正交函数(EOF)的优越性在于能更清楚地表现出物理量场位相的周期性变化特征以及空间传播特征。其方法主要是把实资料 $u_i(t)$ 扩充到复数域 $U_i(t)$, 其协方差阵(厄米特阵)则为

$$C_{ik} = \langle U_i^*(t) U_k(t) \rangle_t \quad (1)$$

* 本文于 1987 年 9 月 3 日收到, 1988 年 6 月 9 日收到最后修改稿。

这里的“*”为复共轭,“〈〉”,表示时间平均过程。它具有实特征值(λ_n)和复特征向量 $B_n(X)$ 。 X 代表空间位置。在本文的计算中,取特征向量个数为 8。 U 的经验正交函数表达式为

$$U(X, t) = \sum A_n(t) B_n^*(X) \quad (2)$$

式中

$$A_n(t) = \sum_X U(X, t) B_n(X) \quad (3)$$

是(复)时间变量的主分量。根据(复)特征向量和(复)时间变量主分量,我们可以得到确定变化特征和传播特征的 4 种量:

(1) 空间位相函数

$$\theta_n(X) = \arctan \left[\frac{I_n B_n(X)}{R_n B_n(X)} \right] \quad (4)$$

I_n 和 R_n 分别表示虚部和实部。

(2) 空间振幅函数

$$S_n(X) = [B_n(X) B_n^*(X)]^{1/2} \quad (5)$$

(3) 时间位相函数

$$\Phi_n(t) = \arctan \left[\frac{I_n A_n(t)}{R_n A_n(t)} \right] \quad (6)$$

(4) 时间振幅函数

$$R_n(t) = [A_n(t) A_n^*(t)]^{1/2} \quad (7)$$

三、西太平洋副高的周期性振荡特征

从各年副高脊线位置第一特征向量的时间位相函数看(图 1), 位相随时间有明显的线性增加的趋势, 360° 到 0° 的位相转换有明显的周期性振荡。尤其从 1978 年的曲线看, 这种周期性振荡是相当清楚的。振荡周期的长短各有差异。表 1 列出各年副高位相转换的日期以及周期长度。最长的振荡周期 31 d, 出现在 1979 年 7 月 22 日至 8 月 21 日, 最短的为 6 d, 大多数为 15—20 d 左右, 平均为 17 d。由于资料没有经过平滑处理, 图 1 中存在着一些小扰动, 当用 5 d 滑动平均处理后, 5 d 以下周期的小扰动就不再出现。我们对上述 11 年平均的副高脊线位置进行 CEOF 展开, 其第一特征向量的时间位相函数(图 2)也反映出副高有 15—20 d 左右的振荡周期。一般来说夏季 6 至 8 月, 西太平洋副高出现 5—6 次振荡, 最少为 4 次(1983 年和 1984 年)。从表 1 来看 6 月中旬末和 6 月下旬初, 6 月底 7 月初, 7 月中旬末下旬初, 7 月底 8 月初, 8 月中旬以及 8 月底 9 月初, 副高最容易发生 360° 到 0° 的位相转换。也就是说, 此时副高由加强(北抬)变为减弱(南退)或由减弱(南退)转变为加强(北抬)。

一个比较有意思的现象是, 长江中下游的入梅、出梅期与副高的位相转换期相当吻合(图 1), 图 1 中标出各年入梅、出梅日期。1965 年空梅, 除 1978 年和 1981 年梅雨不明显以外, 其余年份的入梅、出梅期均在副高位相转换期附近 2—4 d 左右, 一般来说自入梅至出梅跨越了副高的一个振荡周期, 梅雨长的年份可跨越 2—3 个振荡周期, 如 1979 年和 1980 年。因此长江流域的入梅和出梅与副高的振荡有密切关系。

对上述 11 年平均副高脊线位置的 CEOF 分析所得到的第二特征向量的时间位相函

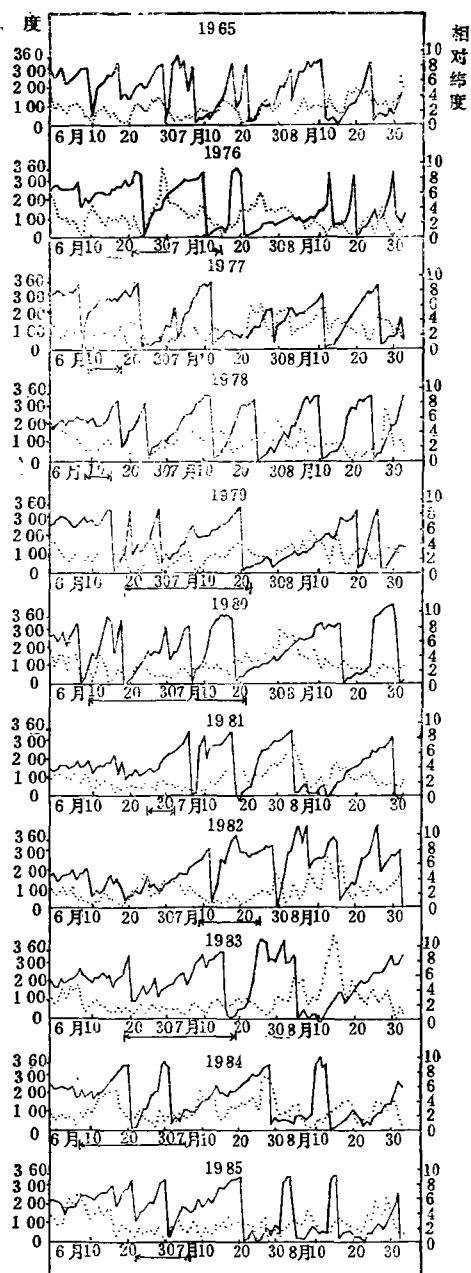


图 1 各年副高的时间位相(实线)
和时间振幅(虚线)
(←→线表示梅雨期)

表 1 各年副高位相转换期(日/月)及周期长度(d)

月 年	六		七		八		九
1965	10/6	30/6 (20)	8/7 (8)	23/7 (15)	12/8 25/8 (20) (13)		
1976		24/6	11/7 (17)	21/7 (10)	14/8 20/8 (24) (6)	1/9 (12)	
1977	7/6	23/6 (16)	13/7 29/7 (20) (16)		12/8 27/8 (14) (15)		
1978	18/6 25/6 (7)		13/7 25/7 (8) (12)		11/8 25/8 (17) (14)		
1979	16/6 29/6 (13)		21/7 (22)		21/8 27/8 (31) (6)		
1980	7/6 19/6 (12)		7/7 19/7 (18) (12)		17/8 (29)	1/9 (15)	
1981	18/6		7/7 20/7 (19) (13)		4/8 31/8 (15) (27)		
1982	19/6		13/7 30/7 (24) (17)		16/8 (17)	2/9 (17)	
1983	21/6		18/7 (27)		5/8 (19)	2/9 (28)	
1984	21/6		2/7 (11)	29/7 (27)	14/8 (16)		
1985	22/6		1/7 (6)	22/7 (21)	5/8 16/8 (14) (11)	2/9 (17)	

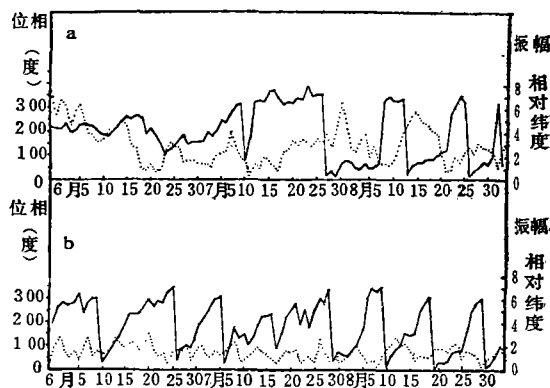


图 2 11 年平均副高脊线位置的时间位相(实线)
和时间振幅(虚线)
(a. 第一特征向量 b. 第二特征向量)

数(图 2)反映出副高 10 d 左右的振荡周期,第三特征向量的时间位相函数(图略)则反映出副高 7 d 左右的振荡周期,第 4 至第 8 特征向量则反映副高更短的振荡周期,由于第一特征向量和第二特征向量占总方差的 96%,因此我们主要考虑第一和第二特征向量。由此可见,西太平洋副高主要存在 15—20 d 以及 10 d 左右的振荡周期。

四、西太平洋副高振荡的纬向传播

对上述 11 年平均西太平洋副高脊线位置的 CEOF 分析发现,其空间位相函数反映了非常明显的纬向传播特征。图 3 表示出前 7 个特征向量的空间位相函数。我们以位相增加的方向为副高振荡的传播方向,发现第 2 和第 4 特征向量反映副高振荡向西传播的特性,而第 3,5,6,7,8 特征向量则反映副高振荡向东传播的特征(第 8 特征向量未在图中表示),且随模数的增加,向东传播的速度也加快。图 4 中第 1 特征向量没有传播的特性,这可能是由于第 1 特征向量反映的传播速度比较慢,对资料作多年平均以后,有些特征被掩盖了。因此我们又分别分析各年副高第 1,2 特征向量的空间位相函数(图 4,图 5),发现除个别年份以外,第 1,2 特征向量均反映出西太平洋副高有明显的向西传播特征。由于我们主要考虑前二个特征向量,因此可以认为西太平洋副高的振荡一般在纬向上是向西传播的。副高振荡的西传特性在过去的工作中也曾发现过。黄士松指出,在北美大陆似乎存在一种使副高首先在北美发生北跳的激发性扰源,跳跃在北美发生之后,一方面向东传播,另一方面向西传播。我们在 1975 年的工作中^[2]也曾经发现,多年 170—180°E 500 hPa 上副高脊线 5 d 滑动平均位置北跳过 20°N 的时间在 5 月 20 日左右(图 6),而

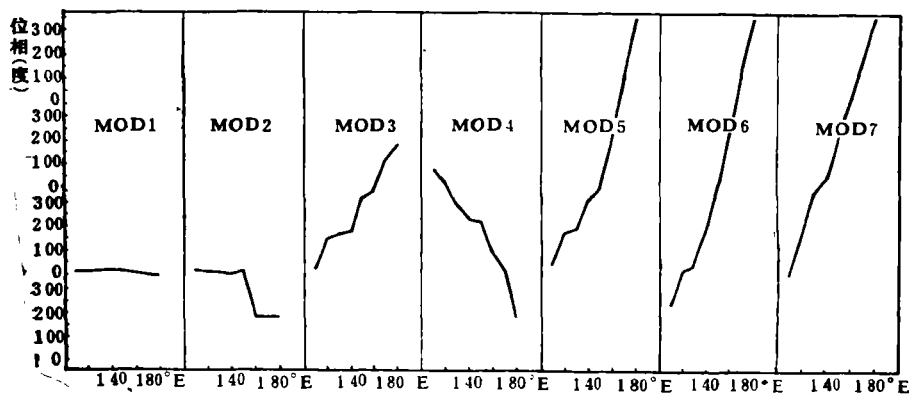


图 3 11 年平均副高脊线位置的空间位相

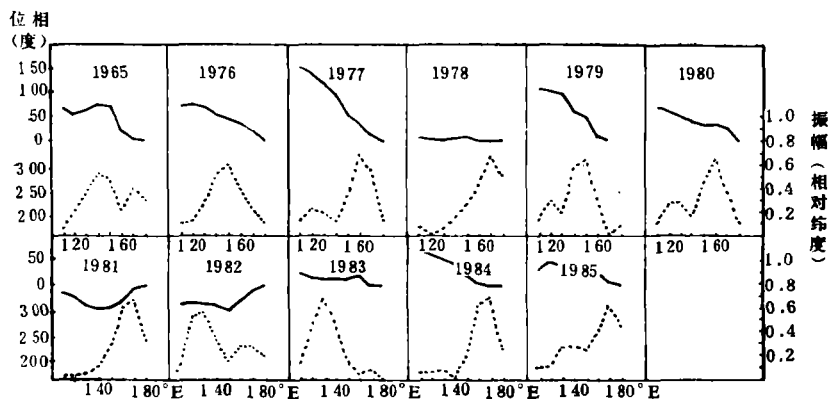


图 4 各年副高脊线位置第一特征向量的空间位相(实线)和空间振幅(虚线)

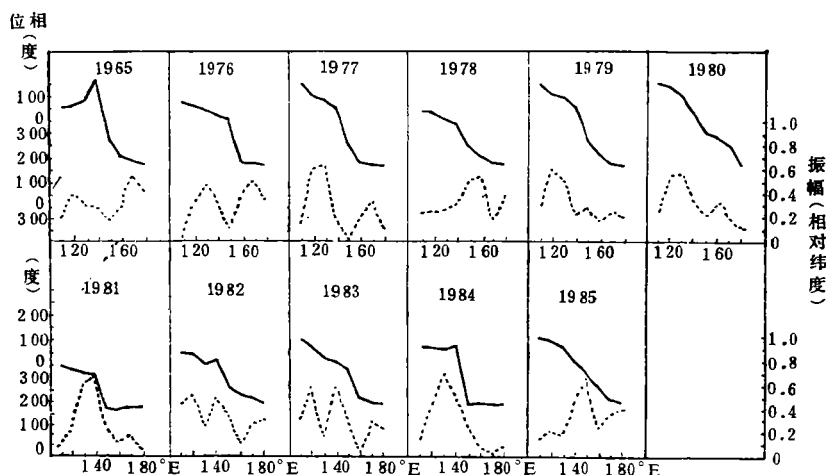


图 5 各年副高脊线位置第二特征向量的空间位相(实线)和空间振幅(虚线)

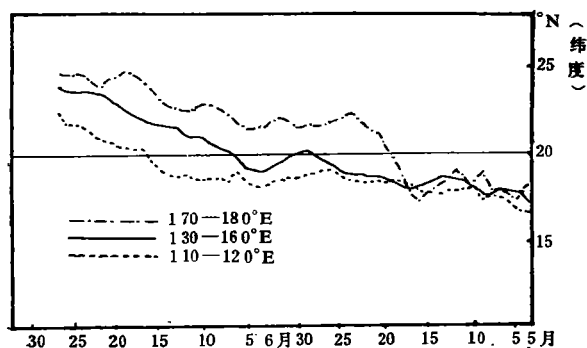


图 6 历年(1959—1974 年)5、6 月份副高脊线 5 d 滑动平均位置

110°—120°E 500 hPa 副高脊线 5 d 滑动平均位置北跳过 20°N 的时间则在 6 月 17 日左右,首尾相隔将近一个月。

由 CEOF 分析,我们已经比较清楚地看到了西太平洋副高的周期性振荡及其纬向西传的特征。这些特征也可以从各经度上副高脊线 5 d 滑动平均位置的时空演变图(图 7)中比较直观地反映出来。

图 7 是 1965 年副高时空演变情况。双实线代表各经度上副高最强(脊线位置最北),双虚线代表各经度上副高最弱(脊线位置最南)。阴影区表示副高脊线在 20°N 或 24°N 以南。1965 年 5 月底至 6 月中旬西太平洋副高的西部(150°E 以西)处于减弱期,脊线位置在 20°N 以南,而副高东部(150°E 以东)已开始加强,脊线位置已达到 20°N 和 24°N 以北。以后,脊线位置达 20°N 以北的经度逐渐向西扩展,至 6 月 17 日副高西端(110°E)脊线也北抬到 20°N 以北,一直到 6 月 23 日副高西端处于加强期。与此同时,6 月 19 日副高东端(180°E)脊线位置开始南退到 20°N 以南,开始进入减弱期。脊线南退现象又逐渐向西扩展,至 6 月 23 日副高西端(110°E)脊线也开始南退到 20°N 以南,副高西部开始进入减弱期。同时,6 月 24 日副高东端(180°E)的脊线又开始北抬,第二次进入加强期。北抬的

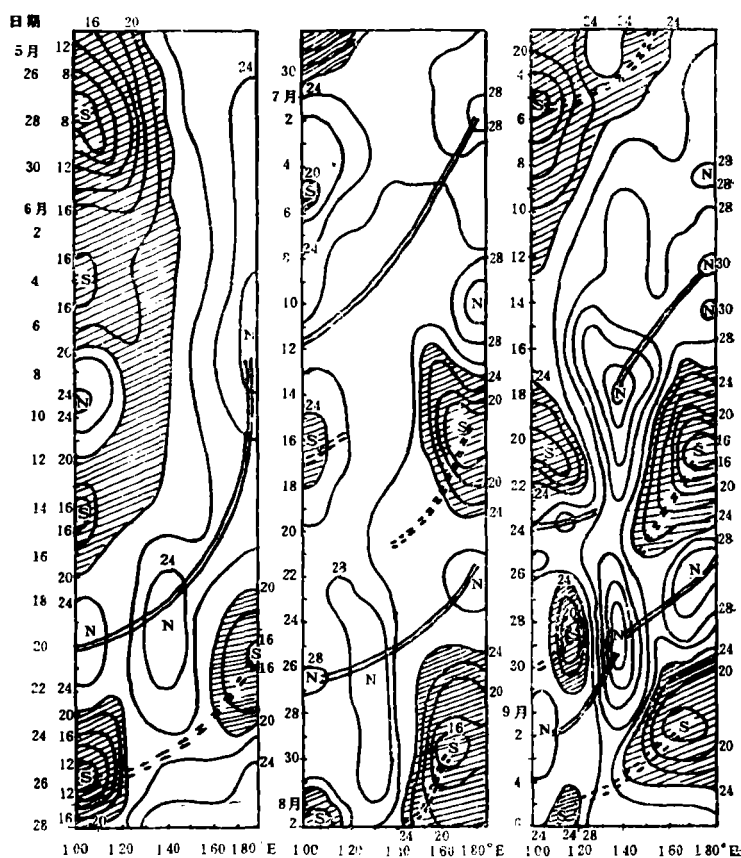


图 7 1965 年夏季(6—8 月)副高脊线 5 d 滑动平均位置(纬度)时空演变图

现象又逐渐向西传播至副高的西端(110°E)。以此下去, 1965 年夏季副高出现了 5 次加强过程和 5 次减弱过程。这种加强和减弱的过程实际上反映出副高的振荡; 副高脊线位置北抬到最北的日期就是副高振荡的波峰期, 而副高南退到最南的时期为波谷期。我们注意到两个波峰(波谷)的间隔日期为 10—20 d 不等, 即为副高振荡的周期, 这与上述第一特征向量的 15—20 d 左右周期以及第二特征向量的 10 d 左右周期的长度基本一致。从图 7 还可以清楚看到副高西部从减弱期向加强期转换日期或东部从加强期向减弱期转换的日期与上述副高位相转换日期基本相符, 因此上述副高的 $360^{\circ}-0^{\circ}$ 的位相转换实际上反映了副高由减弱(加强)转为加强(减弱)。

从图 7 中的双实线和双虚线清楚地表明了副高的振荡是自东向西传播的, 其每次所需时间为 10—15 d 左右(见图 7), 因此西传的速度大约为 $5-7 \text{ long./d}$ 。

上面我们已看到, 当副高西端(110°E)从减弱(加强)期转为加强(减弱)期时, 副高东端(160°E)则从加强(减弱)期转为减弱(加强)期, 东西之间大致上呈反位相振荡。除 1965 年以外, 其它各年也同样如此。这一现象不难从天气图上进行解释; 因为当太平洋槽偏西时, 往往使副高的西端位置偏南, 而东端位置偏北; 当太平洋槽偏东时, 副高西部的位置偏北, 而东部则偏南。这里要指出的是, 上述副高振荡的图像是在第一和第二特征向量

的共同作用下产生的(我们主要考虑第一和第二特征向量)。

另外,从图 7 中我们看到夏季副高是在周期性振荡中逐渐北抬的,并非只有二次季节性北跳。从 1965 年的例子看,第一次副高加强期内,副高西部的脊线位置北抬到 20°N 以北,但是在紧接着的减弱期内,副高西部的脊线又退回到 20°N 以南,在第二次加强期内副高西部脊线北抬到 25°N 以北,第三次则北抬到 26°N 以北,第四次北抬到 26°N — 28°N ,第五次由于季节原因只能北抬到 26°N 左右。因此夏季的副高是在北抬,南退,又北抬,又南退的周期性变化中,逐渐北移,至 8 月底 9 月初以后又逐渐南退。

五、西太平洋副高振荡的能量

对西太平洋副高脊线的 CEOF 分析所得到的空间振幅函数和时间振幅函数反映了副高振荡能量的空间分布特征和时间变化特征。从各年第一、二特征向量的空间振幅看(图 4,图 5),副高 15—20 d 周期的振荡(第一特征向量)能量的最大值出现在西太平洋东、中部(150°E — 170°E),只有 1982 年和 1933 年例外,最大值出现在西部 120°E — 130°E 。副高 10 d 左右周期的振荡能量最大值出现在西太平洋西部,只有 1965 年和 1978 年例外,出现在东部 160°E — 170°E ,1985 年最大能量出现在中部。而 1976 年,在东部(170°E)和西部(130°E)各有一个最大能量中心。

从 11 年副高脊线平均位置的时间振幅中(图 2)可以看到副高振荡能量的时间变化特征,一般在 6 月下旬至 7 月中旬有一段副高低振荡能量时期,长江中下游梅雨一般发生在这段时间。从各年副高的时间振幅看(图 1),也可以注意到这一点,尤以 1977—1983 年以及 1985 年更为明显,但也有个别年份例外,如 1976 年。一般在 7 月中旬以后副高振荡能量就逐渐加大,在 7 月底 8 月初,以及 8 月中旬有两个最大振荡能量时段,各年的情况又有所差异。一般当副高振荡能量加大时,副高南北摆动就加剧,能量减弱时,副高就比较稳定。副高振荡能量的来源可能与太平洋中纬度槽脊活动以及低纬度台风活动有关,这有待于进一步深入探讨。

六、结 论

对 1965 年,1976—1985 年夏季西太平洋副高脊线逐日位置 CEOF 分析的结果发现:

1. 西太平洋副高主要有 15—20 d 以及 10 d 左右的振荡周期,其次还有一些 10 d 以下的短周期。
2. 西太平洋副高 15—20 d 以及 10 d 左右的振荡具有自东向西传播的特征,其传播速度一般为 5—7 经度/d 左右。而 10 d 以下的振荡周期则有自西向东传播的特征,其传播的速度更快。
3. 西太平洋副高的西部和东部的振荡呈反位相,当东部副高加强北抬时,西部副高则减弱南退。
4. 西太平洋副高 15—20 d 周期振荡的能量主要集中在西太平洋的东部和中部(150°E — 170°E),而 10 d 左右周期的振荡能量主要集中在西太平洋的西部(120°E — 140°E),个别年份也有些差异。

5. 一般在6月下旬至7月中旬为副高低振荡能量期,这一时期恰好与长江中下游梅雨期相吻合,表明这一时期副高比较持续稳定,使副高脊线位置停留在 $20-23^{\circ}\text{N}$ 左右,造成我国长江中下游梅雨天气。7月中旬以后副高振荡能量加强,副高南北摆动加剧,摆动幅度加大,副高不稳定。

6. 长江流域入、出梅与副高振荡存在着密切的关系。

以上总结了副高振荡的一般特征,各年副高振荡的特征还是有所差异的,这些差异又如何影响我国夏季的旱涝,因限于篇幅,留待以后作进一步探讨。

致谢: 本工作得到罗金海,成秋影同志的热情指导和帮助,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 陶诗言、朱福康、吴天祺,夏季中国大陆及其邻近海面副热带高压活动的天气学研究,中国夏季副热带天气系统若干问题的研究,106—123,科学出版社,1963。
- [2] 章淹、李月洪、毕基莹,初夏西太平洋副热带高压活动与梅雨和海温关系的初步探讨,一九七五年长江流域长期水文气象预报讨论会技术经验交流文集,164—177,1975。
- [3] Barnett, T. P., Interaction of the monsoon and pacific trade wind system at interannual time scales, Part I; the equatorial zone, *Mon. Wea. Rev.*, 111, 756—773, 1983.
- [4] 黄士松,西太平洋高压的一些研究,气象,10,1—2 1979。

THE OSCILLATION OF THE SUBTROPICAL HIGH OVER THE WESTERN PACIFIC IN THE SUMMER

Bi Muying

(Academy of Meteorological Science, State Meteorological Administration)

Abstract

The complex empirical orthogonal function analysis has been applied to study the oscillation of the subtropical high over the Western Pacific in the summer.

Results show that the variations of the subtropical high over the NW Pacific have 15—20 d and 10 d oscillations during the summer. The propagation of these oscillations is from east to west over the NW Pacific with the speeds of 5—7 long./d.

The oscillation phase of the subtropical high between eastern part ($150-180^{\circ}\text{E}$) and western part ($110-140^{\circ}\text{E}$) is opposite.

The maximum energy of 15—20 d oscillation is in the centre and eastern part ($150-170^{\circ}\text{E}$) of the subtropical high, but that of 10 d oscillation is in the western part ($120-140^{\circ}\text{E}$).