

# 近百年四季西太平洋副热带高压的变化\*

慕巧珍 王绍武

(北京大学地球物理系, 北京, 100871)

龚道溢

(北京师范大学, 环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京, 100875)

## 摘 要

文中设计了一种根据网格点高度值拟合副热带高压强度、西界、北界 3 种指数的方法。根据这个方法, 利用重建的 1880~1950 年 500 hPa 月平均高度序列, 计算了 1951 年之前 70 a 的副热带高压指数, 与 1951~1999 年的实测指数合成一个 120 a 的序列, 研究了西太平洋副热带高压的年际与年代际变率。

关键词: 西太平洋副热带高压, 副热带高压指数, 500 hPa 高度场。

## 1 引 言

西太平洋副热带高压(以下简称副高)是影响中国天气气候, 特别是夏季降水和旱涝的重要大气活动中心, 对于副高长期预报的研究始终是中国气候预测研究的重要课题。赵振国等<sup>①</sup>在总结影响中国汛期降水的气候因子时指出, 赤道东太平洋海温、青藏高原热状况、亚洲季风及中纬度阻塞高压从东西南北 4 个方向影响中国夏季降水。副高则居中直接影响中国降水异常的分布。副高一方面受西太平洋海洋热状况的影响, 另一方面又受这 4 个方面大气环流与下垫面的影响, 形成复杂的相互作用。由于副高是影响夏季雨带位置的最直接的大气环流系统。在作汛期预报时, 如果能够正确地把握住未来副高变化趋势, 实际上就等于预见未来雨带的位置及其活动特征。王绍武<sup>[1, 2]</sup>根据 1873~1934 年 1 月及 7 月海平面月平均气压图研究了东亚大气活动中心(1 月西伯利亚高压、阿留申低压及赤道低压, 7 月太平洋高压与印度低压)位置的多年变化及其对中国气候的影响。例如 7 月太平洋高压西界和印度低压北界与中国夏季降水有密切关系。同时指出东亚大气活动中心的变化有 35 a 周期。王绍武, 赵宗

慈<sup>[3]</sup>分析了近 500 a 旱涝资料, 发现是中国东部(95°E 以东)存在 36 a 左右的周期, 长江中下游地区尤其明显。进一步研究大气环流的多年变化, 发现赤道中太平洋地区(20°N~20°S, 170°E~130°W)36 a 周期最突出, 并且与旱涝的周期变化有密切关系。他们的工作表明副高与中国降水有密切关系, 而且可能有 36 a 周期。

为了分析副高与中国降水的年际、年代际变率及相互之间的关系, 必须有一个较长的序列, 但是国家气候中心的副高指数只有 1951~2000 年 50 a 的资料, 对于分析副高的年代际变化规律时间太短, 所以希望有一个更长的序列。同时, 人们希望了解 20 世纪前半期甚至 19 世纪末期副热带高压的活动特征, 从而认识自然气候变率及人类活动的影响。王绍武等<sup>[4]</sup>分析了夏季副高与中国降水的关系, 发现不仅利用 500 hPa 高度场恢复夏季副高指数是可行的, 将夏季副高指数序列向前延伸到 1880 年, 而且发现副高指数与中国夏季降水、ENSO 有很好的对应关系。本文利用国家气候中心、NCEP 及龚道溢等<sup>[5]</sup>恢复的 1~12 月的 500 hPa 高度场将各月、各季的副高指数序列向前延伸到 1880 年。

\* 初稿时间 2001 年 5 月 8 日, 修改稿时间 2001 年 8 月 27 日。

资助课题: 国家重点基础研究发展规划(G199804091-2)和自然科学基金重点项目(49635190)。

① 赵振国, 陈国珍, 王永光等. 影响中国汛期旱涝的主要物理因素的综合分析. 气候预测评论, 1999, 9(1)~98。

## 2 利用格点高度计算副高指数

副高指数的计算受资料格式及人为因素(如等高线读数)影响,定义对资料格式有依赖性。国家气候中心的 500 hPa 高度场是菱形网格,那么用正方形网格计算的副高指数会不同。而且对于不同的高度场也很难应用原定义。例如 NCEP 500 hPa 月平均高度场比国家气候中心的高度场偏低,588 gmp 范围较小,或者用某一个模式进行模拟时,由于模式平均与国家气候中心的观测平均有系统误差,这样就不

能直接用国家气候中心的方法计算副高指数。但是,一旦把副高指数改为用某些点的高度来定义时,无论新的高度场与国家气候中心观测的高度场有什么样的系统误差,只要求出新高度场的距平,即可判断副高指数的异常。龚道溢等<sup>[5]</sup>利用海平面气压、地面温度及海表温度,用逐步回归的方法,已经重建了 1880~1950 年 1~12 月北半球 500 hPa 月平均高度场。所以如果能够用 500 hPa 高度场资料计算副高指数,则可以将副高指数延伸到 1880 年。

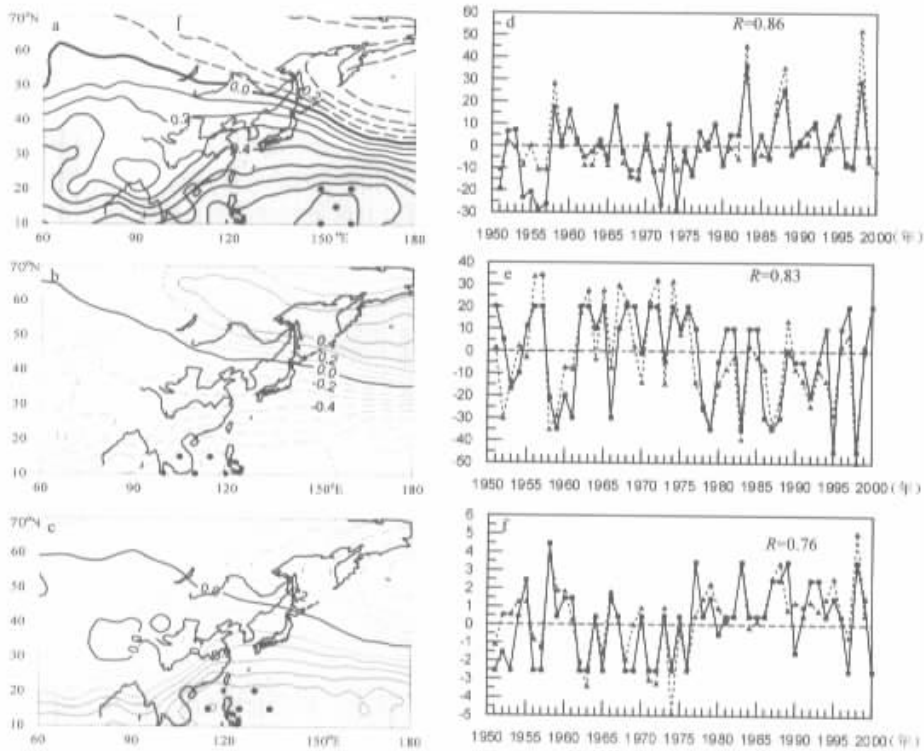


图 1 1951~1999 年 1 月国家气候中心 500 hPa 高度场与国家气候中心副高 (a)强度 (b)西界, (c)北界指数的相关图,利用国家气候中心高度场计算的副高指数(点线加三角)与国家气候中心的副高指数(实线加方块)距平值 (d)强度 (e)西界 (f)北界

为了证明利用高度场建立副高指数的可行性,首先利用 1951~1999 年 1 月国家气候中心的高度场作试验。为了寻找模拟 1 月副高指数所需要的点,首先将 1951~1999 年 1 月的副高强度( $I_S$ )西界( $I_W$ )北界( $I_N$ )指数分别与同期国家气候中心的高度场作相关分析,如图 1a、b、c 所示。图中相关系数绝对值在 0.3 以上用斜线及阴影画出。可见  $I_S$  对应 30°N 以南大范围正相关,西太平洋东部相关最

大。 $I_W$  则与 40°N 以南大范围负相关,在西太平洋地区尤其明显,即  $I_W$  指数低时,表示副高西伸,这里高度值高。 $I_N$  则与中国南海及西太平洋的西部正相关最大。

根据相关图,从其中挑选几个相关系数比较大且有物理意义的点(图 1a、b、c 中黑点)。例如计算强度时的点选择在副高最强的赤道中太平洋地区,西界的点选择在赤道西太平洋地区等。对所选择点

的 1961~1990 年高度进行标准化,按纬圈面积权重加权平均,再将此加权平均值对 1961~1990 年标准化,并乘以国家气候中心给定的相应副高指数 1961~1990 年的标准差,以此作为用 500 hPa 高度场计算的 1 月副高强度( $I_S'$ )、西界( $I_W'$ )、北界( $I_N'$ )距平值。设计算强度指数取点  $n$  个,其标准化的 500 hPa 高度为  $h_i$ ,则  $I_S'$  的计算公式为:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i h_i}{n}$$

$$I_S' = \frac{\sigma_{I_S}}{\sigma_I}$$

$\delta_i$  为第  $i$  个点的权重系数。如果该点高度与副高强度的相关为负,则  $\delta_i = -1$ ,否则  $\delta_i = 1$ 。 $\sigma_{I_S}$  为国家气候中心副高强度的标准差, $\sigma_I$  为利用标准化的高度计算的  $I$  的标准差。同理计算西界和北界指数。图 1d、e、f 为 1951~1999 年副高强度( $I_S, I_S'$ )、西界( $I_W, I_W'$ )、北界( $I_N, I_N'$ )距平序列。点线加三

角为利用国家气候中心高度场计算的副高指数距平,实线加方块为国家气候中心给出的副高指数距平。不过这里是用龚道溢等<sup>[6]</sup>对 1992~1995 年作了订正的结果。由于计算高度场的数值预报模式的更替造成高度场的系统误差,所以进行了必要的订正。图中  $R$  代表  $I_S$  与  $I_S'$ ,  $I_W$  与  $I_W'$ ,  $I_N$  与  $I_N'$  的相关系数,分别为 0.86, 0.83, 0.76, 通过 99% 的信度检验,说明利用高度场中几个点来计算副高指数是可行的。

对 1~12 月作同样的分析,在相关最大区的中心挑选一些有意义的点。由于副高的位置随季节有明显变化,对每个月选择不同的点,利用这些点的高度模拟 1~12 月的副高强度( $I_S'$ )、西界( $I_W'$ )和北界( $I_N'$ )。然后对国家气候中心的副高指数  $I_S, I_W$  和  $I_N$  与模拟的副高指数  $I_S', I_W'$  和  $I_N'$  分别求相关,如表 1 所示。说明利用模拟的副高指数还是能够比较好地反映副高指数的变化。

表 1 1951~1999 年 1~12 月的  $I_S, I_W, I_N$  与  $I_S', I_W'$  和  $I_N'$  相关系数

副高特征量	月 份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
强度	0.86	0.84	0.88	0.93	0.86	0.87	0.89	0.66	0.76	0.86	0.90	0.84
西界	0.83	0.85	0.84	0.75	0.79	0.87	0.83	0.77	0.74	0.72	0.81	0.76
北界	0.76	0.78	0.85	0.90	0.71	0.79	0.43	0.69	0.79	0.63	0.72	0.74

龚道溢等<sup>[5]</sup>利用海平面气压、地面温度及海表温度,用逐步回归的方法,重建了 1880~1950 年北半球 500 hPa 月平均高度场。因为恢复 1880~1950 年的 500 hPa 高度场时,利用的海平面气压是 NCEP 的资料,所以在利用恢复的 500 hPa 高度场重建副高指数时,应该利用根据副高指数与 NCEP 高度场相关所选取的点来进行。首先利用 1958~1997 年 1 月 NCEP 的高度场作试验。同利用国家气候中心 1 月的高度场模拟副高指数步骤一样,将 1 月 NCEP 高度场资料与国家气候中心给出的副高指数求相关(图 2),选取高度场中的点作同样的计算,得到 1958~1997 年 1 月副高强度( $I_S''$ )、西界( $I_W''$ )、北界( $I_N''$ )。因为资料格点不同,所以在 NCEP 高度场中

取的点与利用国家气候中心高度场计算副高取的点并不相同,但大体在同一个相关区域内。相关系数低于图 1 中的值。但是正相关仍相当高,分别大于  $I_S, I_N$  和  $I_W$  与单点高度的相关系数,而且通过 99% 的信度检验。

对 1~12 月作同样的分析,在相关最大区的中心挑选一些有意义的点,利用这些点的高度模拟 1~12 月的副高强度( $I_S''$ )、西界( $I_W''$ )、北界( $I_N''$ )指数。然后对国家气候中心的副高指数  $I_S, I_W$  和  $I_N$  与模拟的副高指数  $I_S'', I_W''$  和  $I_N''$  分别求相关,如表 2 所示。由于 NCEP 的 500 hPa 高度场与国家气候中心的资料有差别,所以大部分相关系数不同,其中有一些月份的相关系数稍低,如 4 月和 7 月的北界

表 2 1958~1997 年 1~12 月的  $I_S, I_W, I_N$  与  $I_S'', I_W''$  和  $I_N''$  相关系数

副高特征量	月 份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
强度	0.81	0.84	0.91	0.89	0.88	0.74	0.83	0.68	0.70	0.86	0.79	0.92
西界	0.70	0.82	0.87	0.60	0.64	0.64	0.70	0.52	0.53	0.40	0.57	0.67
北界	0.73	0.74	0.80	0.75	0.42	0.67	0.43	0.67	0.63	0.69	0.59	0.62

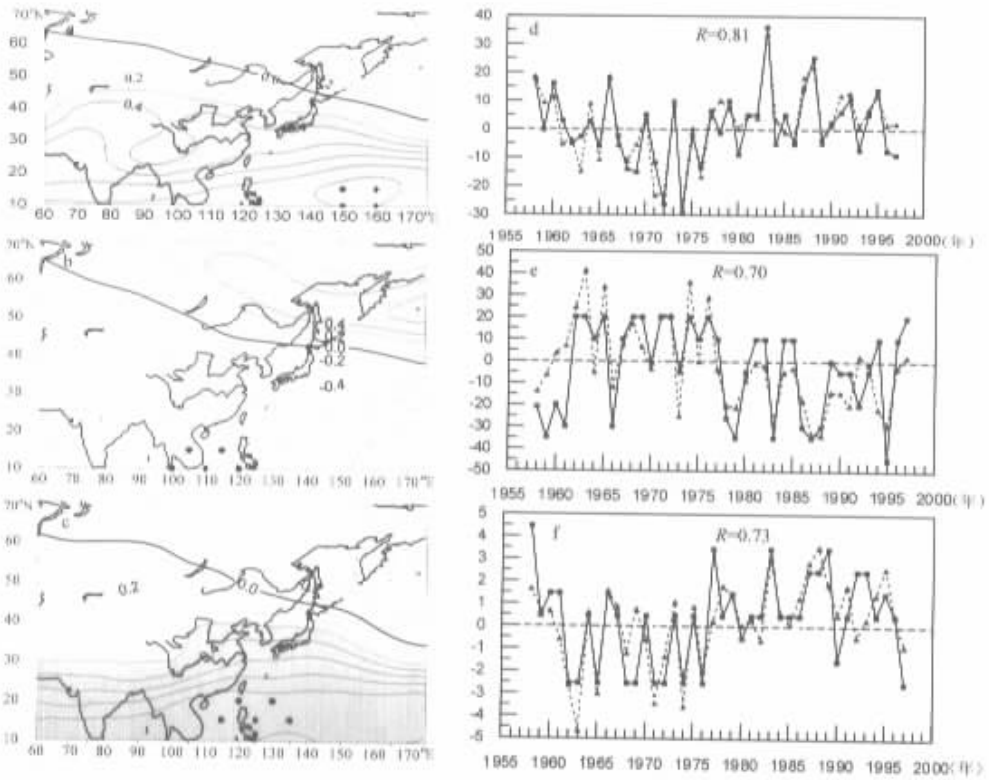


图2 1958~1997年1月NCEP 500 hPa高度场与国家气候中心副高(a)强度(b)西界, (c)北界指数的相关图。利用NCEP高度场计算的副高指数(点线加三角)与国家气候中心的副高指数(实线加方块)距平值(d)强度(e)西界(f)北界

指数相关都只有0.4,但是也通过了95%的信度检验,而且各种指数其它月份的相关系数都超过0.5,即可以解释25%以上的副高变化方差,其中对于任何月份,强度的相关系数比西界、北界都要高。因此,在这个基础上重建1951年以前的副高指数是可行的。

### 3 利用格点高度重建1880~1950年的副高指数

龚道溢、王绍武<sup>[5]</sup>利用海平面气压、地面温度及海表温度,用逐步回归的方法,重建了北半球500 hPa月平均高度场,序列开始于1873年,与其它独立资料进行过比较,结果显示重建的序列基本是可靠的。所以本文在此基础上计算了早期的副高指数。由于500 hPa高度场是在NCEP资料基础上重建的,所以采用与利用NCEP高度场模拟副高指数时所选的相同的点,重建了1880~1950年的副高指

数距平序列。1951~1999年采用国家气候中心的副高指数距平,这样就得到了1880~1999年12个月的副高强度、西界、北界指数距平。我们将12个月的副高强度、西界、北界指数距平成4个季节的指数距平,如图3所示。图中光滑曲线为9a低通滤波值。

为了检查这样得到的指数与中国四季降水的关系,表3给出四季华北与华东降水与副高指数的相关系数。可见1880~1950年与1951~1999年前后两段时间,副高指数与华东、华北降水关系基本稳定。这里受资料的限制,华北用北京及朝阳作代表,华东用上海、南京作代表。当然,两个站可能代表性不够,更多的站的降水序列正在重建中,将来可以进一步检验这个结果。但至少从目前的资料来看关系还是不错的。由于副高3个指数不可能都与一个地区的降水有很高的相关,所以当相关系数比较小的时候,有时前后两段时间的相关系数符号相反,这也

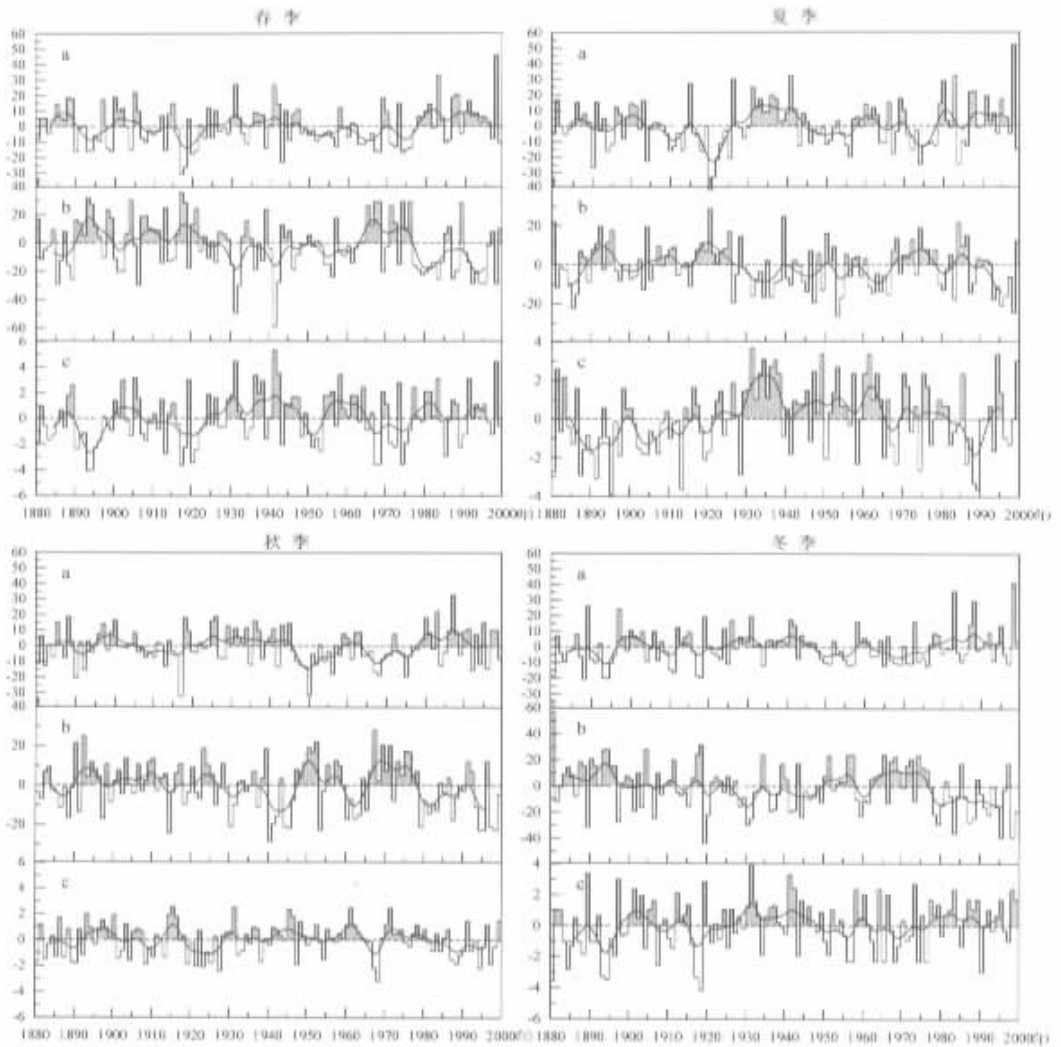


图3 1880~1999年副高指数距平

(a. 强度 b. 西界 c. 北界)

表3 华北及华东降水量与副高指数的关系

季节	时间	强度		西界		北界	
		华东	华北	华东	华北	华东	华北
春季	1880~1950	0.12	0.04	-0.16	0.03	0.10	-0.04
	1951~1999	0.10	-0.01	-0.12	-0.18	0.21	0.13
	1880~1999	0.11	0.02	-0.14	-0.06	0.15	0.03
夏季	1880~1950	0.21	-0.04	-0.20	0.03	-0.51	0.34
	1951~1999	0.20	0.09	-0.13	-0.41	-0.06	0.32
	1880~1999	0.20	0.03	-0.17	-0.20	-0.29	0.33
秋季	1880~1950	0.01	-0.00	0.02	0.06	0.07	-0.02
	1951~1999	0.23	-0.03	-0.08	-0.11	0.06	0.12
	1880~1999	0.10	-0.01	-0.03	-0.02	0.06	0.04
冬季	1880~1950	0.15	-0.27	-0.11	0.26	0.14	-0.21
	1951~1999	-0.20	-0.07	0.11	-0.01	-0.19	-0.01
	1880~1999	-0.00	-0.17	-0.02	0.14	0.01	-0.12

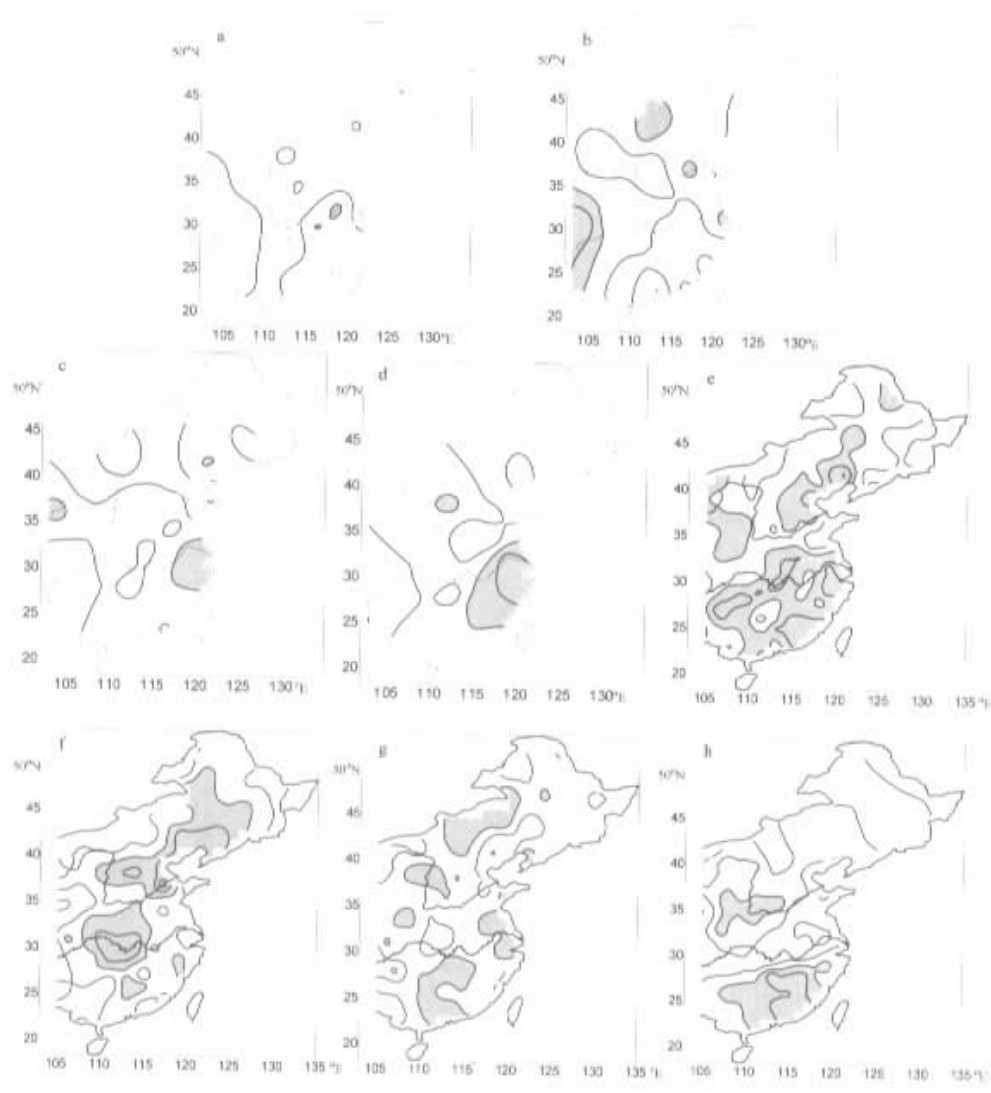


图4 利用1880~1950年恢复的四季副高指数 $I_S$ 、 $I_W$ 及 $I_N$ 拟合35站四季降水的复相关系数分布(a,春季 b,夏季 c,秋季 d,冬季)和利用1951~1999年国家气候中心四季副高指数 $I_S$ 、 $I_W$ 及 $I_N$ 拟合中国东部120站四季降水的复相关系数分布(e,春季 f,夏季 g,秋季 h,冬季)

是可以理解的,但是,对一些关键季及指数,相关则是稳定的。例如夏季副高强度与华东降水,副高北界与华北降水,两段时间相关基本相同。王绍武等<sup>[4]</sup>曾针对重建的夏季副高指数进行过检验,发现1931年著名的长江大水副高十分强,而且偏西15个经度以上,与后期的1980,1987,1998年十分相似。又如1951年以后华北的多雨年如1953,1985,1994年副热带高压均比常年偏北2~3个纬度。早期的华北多雨年1883,1886年1890,1893年及1894年计算的北界也偏北1~2个纬度,说明前

后两段时期,夏季副高与降水的关系是比较一致的。这说明重建的夏季副高指数序列是有意义的。

图4a b c d为利用1880~1950年恢复的四季副高指数 $I_S$ 、 $I_W$ 及 $I_N$ 拟合35站四季降水的复相关系数图,图4e f g h为利用1951~1999年国家气候中心四季副高指数 $I_S$ 、 $I_W$ 及 $I_N$ 拟合中国东部120站四季降水的复相关系数图。其中,阴影区为相关系数超过0.3的区域。从图中可以看出,不管哪个季节,前一段时间的复相关系数普遍比后一段时间的要小,但是前后两段复相关系数图中,最

大值部分的位置还是比较一致的。这也说明了恢复的 1880 ~ 1950 年的副高指数还是比较真实的。同样,利用 1880 ~ 1950 年重建的副高指数与恢复的中国降水求相关(图略),发现前后两段时间相关最大区域比较一致,说明副高对中国降水的作用在前后两段时间几乎一致。

#### 4 副高的年际与年代际变率

为了分析副高指数的变化周期,分别对 4 个季节的副高强度、西界、北界作功率谱分析(图 5)及小波分析(图略)。从功率谱图上可以看出,春季副高 3 个指数 3 ~ 5 a 的准周期超过 95 % 的信度检验,即以年际变化为主;夏季强度的 40 a 3 a 准周期,西界的 16 a 周期,北界的 80 a 周期及 2 a 准周期都超过 95 % 的信度检验,即夏季副高 3 个指数都有明显的

年代际振荡,西界和北界还有明显的年际振荡。秋季强度的 40 a 3 ~ 4 a 准周期周期,西界的 3 ~ 4 a 准周期,北界的 16 a 周期都超过 95 % 的信度检验,而西界的 16 a 20 a 准周期,其功率谱虽然没有超过信度检验,但是其功率谱值仍然很大,而且在小波图上也可以清楚地看到;冬季除了西界的 80 a 周期和北界的 5.7 a 准周期超过信度检验,其它的周期都没有超过信度检验。没有超过信度检验但功率谱仍然较大且在小波图上比较明显的周期有强度、西界、北界的 3 ~ 6 a 周期。四季副高 3 个指数功率谱图显示的周期如表 4 所示。这些周期之中,2 ~ 5 a 的周期几乎存在于副高每个指数的每个季节中,而海温有 2 ~ 3 a 的周期振荡。图 6 中 1 ~ 12 月副高强度与 Angel 区(10°S ~ 0, 180 ~ 90°W)海温的交叉落后相关图说明冬季的海温对每个月(9月和10月除外)

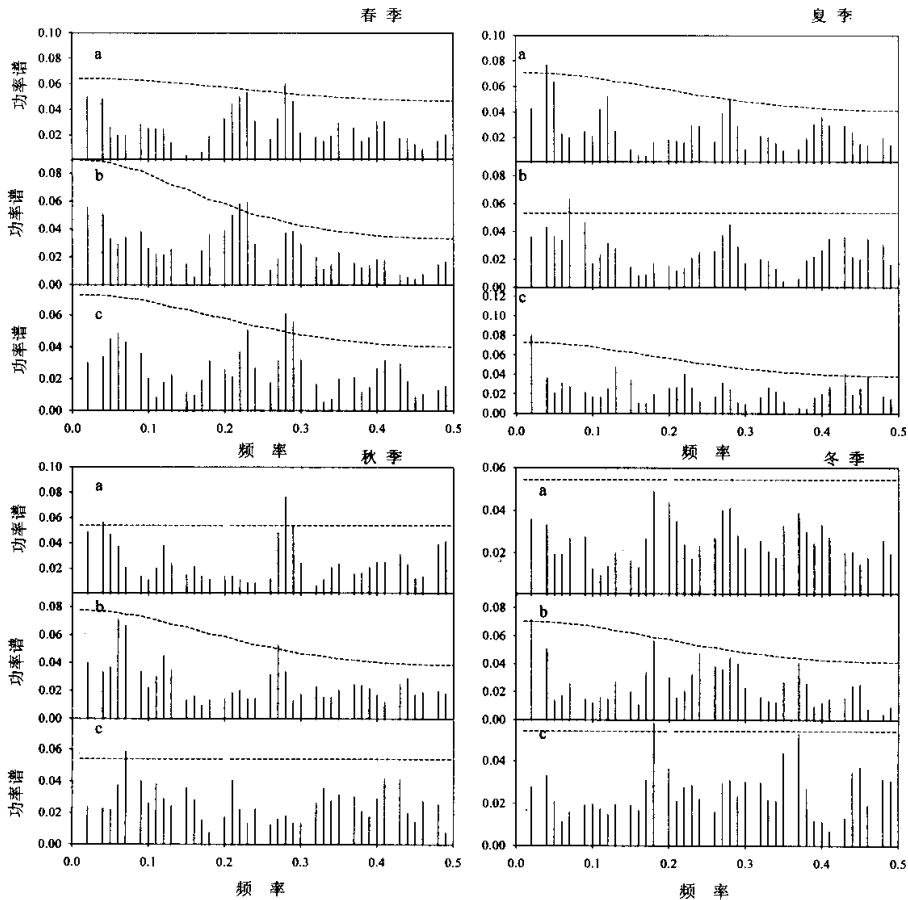


图 5 1880 ~ 1999 年副高指数的功率谱

(a. 强度 b. 西界 c. 北界; 光滑实线为各自 95 % 信度水平)

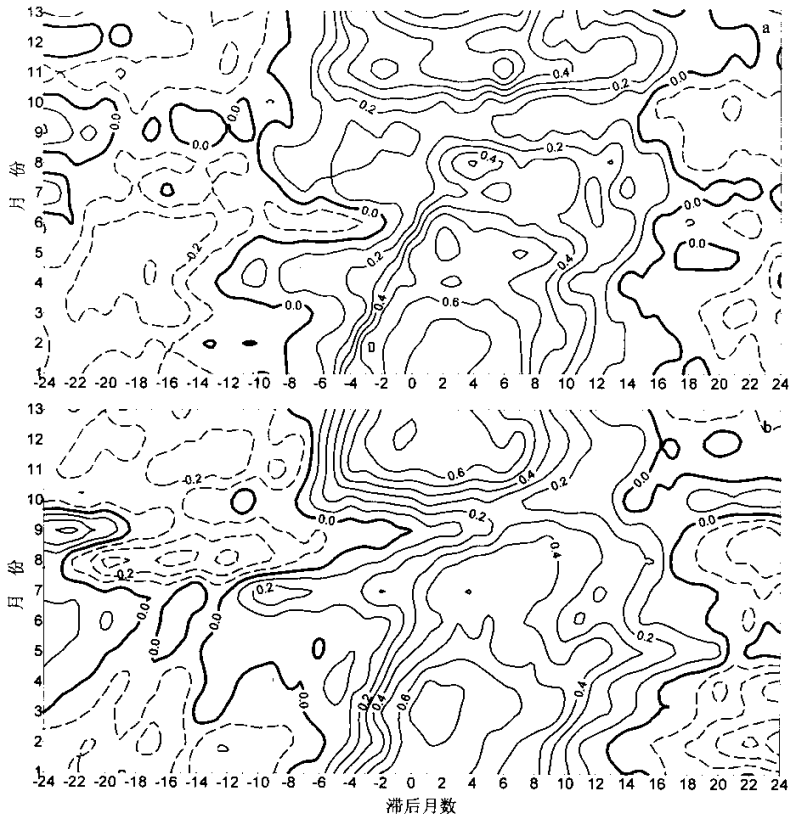


图 6 副高强度与 Angel 区(10°S~0,180~90°W)海温的交叉落后相关  
(a.1880~1950年 b.1951~1999年,海温超前时滞后月数为正)

表 4 1880~1999 年春、夏、秋、冬季副高强度、西界、北界功率谱图上的周期

副高特征量	春季	夏季	秋季	冬季
强度	3.6 A.4*	3.6 26.7* A0	3.5 3.6 A0	5.7*
西界	4.4 A.7	3.6*,16	3.8,16*,20*	2.8* (3.5~4.2)* 5.7* 80
北界	3.5 3.6 A.4*	2.2 2.4 80	16	2.8* 5.7

\* 表示没有超过 95 % 信度检验

副高指数的影响很大,这说明赤道中东太平洋海温对西太平洋副热带高压的影响非常大。40 a 左右的周期与长江下游降水的周期一致。王绍武<sup>[10]</sup>曾成功地预测了上海降水量的变化。80 a 周期可能与朱锦红<sup>[11]</sup>研究的夏季风的 80 a 周期活动有直接关系。这再次说明中国降水的年代际变率与副高的年代际变率有密切的关系。

以上是分析各个季节副高指数的周期性。为了对副高指数的周期性有一个总体认识,我们将副高各个指数的各个季节按照年的顺序排列成一个长的序列,总共 120 a 480 个季节。首先对副高强度作功

率谱分析,图 7 所示。可以看出,14~16 个季即 3~4 a 的周期,10 季即 2 a 准周期,2~5 季即 1 a 的准周期都超过 95 % 的信度检验。此外,160 季和 320 季即 40 a 和 80 a 的周期虽然没有超过 95 % 的信度检验,但是功率谱值仍然很大,而且从图 8 副高强度的小波分析图可以看出其周期比较明显。从图 8 还可以看出 8~16 个季的周期比较明显,即 2~4 a 的周期比较强。另外,32~64 个季即 8~16 a 的周期,80~120 个季即 20~30 a 的周期,还有 256 个季左右即 64 a 左右的周期都比较明显。说明副高强度的年际和年代际振荡都很重要。



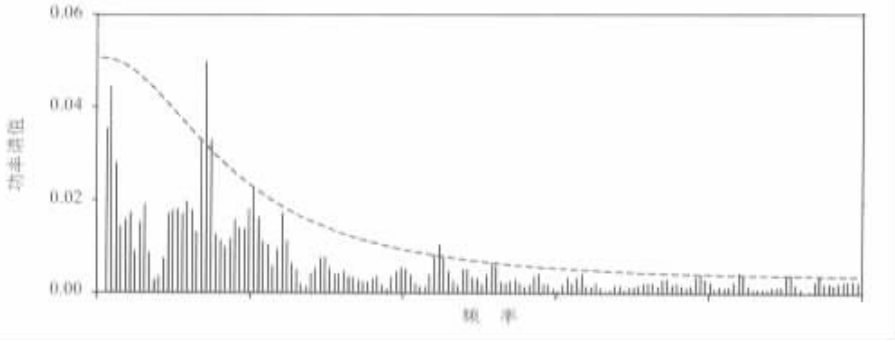


图 7 1880~1999 年四季副高强度的功率谱光滑实线为各自 95 % 信度水平  
(横坐标 频率 纵坐标 功率谱值)

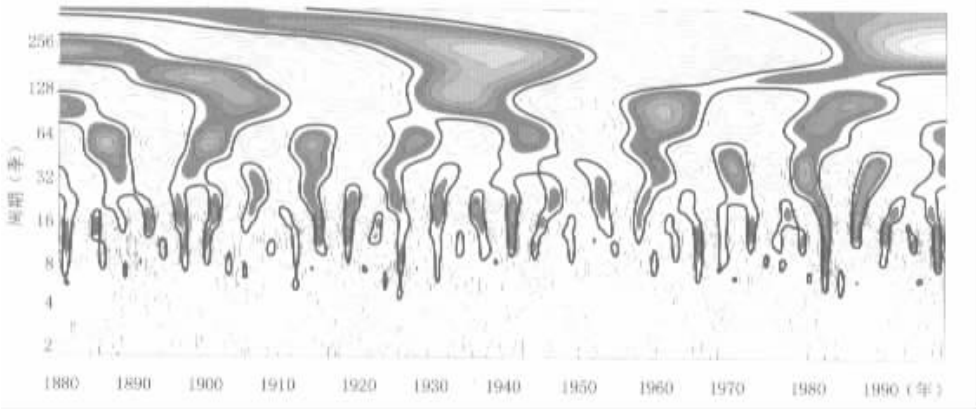


图 8 1880~1999 年四季副高强度的小波变换的实部系数  
(横坐标为时间,单位为季,纵坐标代表周期,单位为季)

### 5 副高与 ENSO 的关系

过去不少学者指出西太平洋副高与 ENSO 有密切关系,根据臧恒范与王绍武<sup>7</sup>的计算,副高强度与赤道东太平洋 SST 相关最高(0.47),比 SST 落后 4~5 个月。而副高西界相关 -0.34,落后 6~7 个月。我们就利用新得到的副高指数序列来检验这个关系。图 9a 为恢复的 1880~1950 年副高指数与 Angel 区(10°S~0°,180~90°W)海温的交叉落后相关,可见这段时间副高强度落后海温 3~5 个月相关最大,共 71×12 个月的相关系数达到 0.30,西界落后海温 2~4 个月达到最大 -0.28,北界落后 4 个月最大 0.18。图 9b 为观测的 1951~1999 年副高指数与 Angel 区海温的交叉落后相关。这段时间里副高强度落后 2 个月相关最大,共 49×12 个月的相关系数达到 0.36,西界落后海温 2 个月达到最大 -0.33,北界落后 3 个月最大 0.15。可见前后两段时期副高指数与海

温的关系基本一致。这再一次说明重建的副高指数有相当好的真实性,而且也说明了副高与海温关系的稳定性。但是图 9b 中副高和海温交叉落后相关曲线陡度及非对称性比图 9a 明显,说明后一段时间海温对副高影响明显超前,即海温对副高的影响具有年代际变化。

还可以分月看副高与海温的关系。图 6a 为 1880~1950 年各月副高强度与 Angel 区海温的交叉落后相关,图 6b 为 1951~1999 年 1~12 月副高强度与各月海温的交叉落后相关。表 5 列出与各月副高强度相关最大的海温的月份及相关系数。可以看出,前后两段时间,海温除了对 9 月和 10 月副高强度影响不大之外,冬季和春季的海温对其它各月份的副高强度影响最大,而且前后两段时间副高强度与前期海温的关系基本是一致的,这再次说明重建的副高指数序列是可信的,也说明副高与海温关系的稳定性。

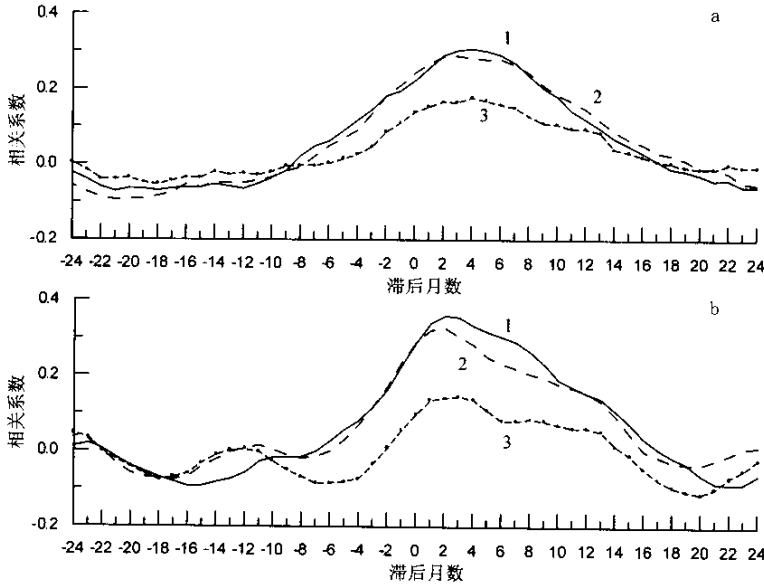


图9 副高指数与 Angel 区(10°S~0°,180~90°W)海温的交叉落后相关  
(a. 1880~1950年 b. 1951~1999年, 1. 强度 2. 西界(相关系数取反号),  
3. 北界; 海温超前时滞后月数为正)

表5 副高强度与 Angel 区海温交叉落后相关最大的月份及相关系数

1880~1950年			1951~1999年		
副高开始月	海温超前月	最大相关系数	副高开始月	海温超前月	最大相关系数
1月	⊖(前年12月)	0.77	1月	⊖(同年1月)	0.70
2月	⊗(前年12月)	0.78	2月	⊗(前年12月)	0.70
3月	⊖(同年2月)	0.68	3月	⊗(同年1月)	0.75
4月	⊗(前年11月)	0.56	4月	⊖(同年3月)	0.71
5月	⊗(同年3月)	0.63	5月	⊗(同年2月)	0.57
6月	⊗(同年4月)	0.57	6月	⊗(同年1月)	0.51
7月	⊗(前年12月)	0.37	7月	⊖(同年3月)	0.50
8月	⊖(同年4月)	0.51	8月	⊖(同年2月)	0.49
9月	⊗(同年7月)	0.18	9月	⊗(前年12月)	0.39
10月	⊖(同年6月)	0.28	10月	⊖(同年9月)	0.35
11月	⊖(同年5月)	0.68	11月	⊗(同年9月)	0.66
12月	⊗(同年10月)	0.54	12月	⊖(同年12月)	0.70

图 10a 和 b 分别为 1880~1950 年和 1951~1999 年相邻月副高指数的相关系数。强度指数的持续相关比较大,前一段时间 71×12 个月的相关系数除了 9 月和 10 月,其它月份的相关系数都在 0.2 以上,后一段时间 49×12 个月的相关系数除了 9 月份,其它月的相关系数都高于 0.4,说明副高强度具有很好的持续性。但是在 9,10 月相关降低,西界与北界的持续性也有类似的特点,这说明副高强度持续性的中断多在秋季。向元珍,包澄澜<sup>[8]</sup>取 10 次 El Niño 事件和 7 次 La Niña 事件合成,在 El Niño 年同年 11

月至次年 5 月西太平洋副热带高压强而大,La Niña 年副热带高压弱而小。

由此可见,副高与 ENSO 关系的中断与副高本身持续性的“秋季障碍”有关。陈兴芳等<sup>[9]</sup>曾指出西太平洋副高面积指数异常在 9~10 月间持续性最小。我们发现副高 3 个指数变化均有这个特点。我们仿照 ENSO 的“春季障碍”称之为“秋季障碍”。为什么海温异常出现在春季,而副高在秋季,也许同副高受冬季海温的影响最大,而且这个影响一般持续半年左右有关。

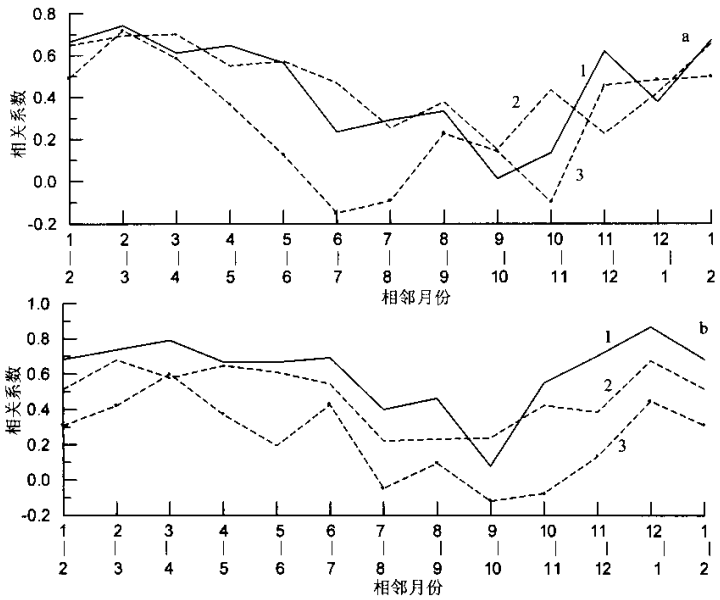


图 10 相邻月副高指数的持续相关

(a. 1880 ~ 1950 年, b. 1951 ~ 1999 年, 1. 强度 2. 西界 3. 北界)

## 6 结 论

本文利用国家气候中心给定的副高强度、西界、北界 3 个指数分别与国家气候中心观测的 500 hPa 高度场及 NCEP 500 hPa 高度场作相关分析, 挑选有意义的点计算副高指数, 与气候中心给定的副高指数相比较, 认为利用高度场中几个点计算副高指数是可行的, 因此利用 1880 ~ 1950 年重建的 1 ~ 12 月 500 hPa 高度场资料, 将副高 1 ~ 12 月 3 个指数恢复到 1880 年。将 1 ~ 12 月的副高指数合成春、夏、秋、冬 4 个季的资料, 对其作功率谱及小波分析。

从 1880 ~ 1999 年春、夏、秋、冬 4 个季副高 3 指数的功率谱图及小波分析图可以看出, 春季副高 3

个指数具有明显的 3 ~ 5 a 准周期, 即以年际变化为主, 夏季强度的 40 a, 3 a 准周期, 西界的 16 年周期, 北界的 80 a 周期及 2 a 准周期都很明显, 即夏季副高 3 个指数都有明显的年代际振荡, 西界和北界还有明显的年际振荡。秋季强度的 40 a, 3 ~ 4 a 准周期, 西界的 3 ~ 4 a 准周期, 北界的 16 a 周期都超过 95% 的信度检验。冬季西界的 80 a 周期和北界的 5.7 a 准周期超过信度检验。

副高指数相邻月的相关系数表明副高的持续性比较高, 但是容易在秋季发生中断。副高与海温的交叉落后相关表明, 冬季海温对各月副高的影响最大, 而且副高指数落后海温 3 个月相关最高, 这也可能是副高为什么没有春季障碍的原因。

## 参考文献

- 1 王绍武. 东亚大气活动中心的多年变化与我国的气候振动. 气象学报, 1962, 33(1): 19 ~ 32
- 2 王绍武. 大气活动中心的多年变化. 气象学报, 1962, 33(4): 304 ~ 317
- 3 王绍武, 赵宗慈. 我国旱涝 36 年周期及其产生的机制. 气象学报, 1979, 37(1): 64 ~ 72
- 4 王绍武, 慕巧珍, 朱锦红等. 西太平洋副热带高压与中国夏季降水关系的诊断研究. 见: 陈兴芳主编. 汛期旱涝预测方法研究. 北京: 气象出版社, 2000. 60 ~ 70
- 5 龚道溢, 王绍武. 恢复近百年北半球 500 hPa 高度场的试验. 热带气象学报, 2000, 16(2): 148 ~ 154
- 6 龚道溢, 王绍武, 杨义文等. 90 年代西太平洋副高异常的分析. 气象, 1998, 24(8): 8 ~ 13

- 7 臧恒范,王绍武.赤道东太平洋水温对低纬大气环流的影响.海洋学报,1984,6(1):16~24
- 8 向元珍,包澄澜.El Nino 事件对大气环流影响的传播途径.科学通报,1992,37(18):1677~1680
- 9 陈兴芳,晁淑懿.海温慢变及其对副热带高压和我国气候的影响.见:国家海洋局科学技术司编.海洋对气候变化调节与控制作用学术研讨会论文集.北京:海洋出版社,1992.148~158
- 10 王绍武.上海气候振动的分析.气象学报,1962,32(4):322~336
- 11 Zhu Jinhong,Wang Shaowu. 80 a - oscillation of summer rainfall over the East part of China and East - Asian monsoon. Adv Atmos Sci, 2001, 18(5): 1044 ~ 1050

## VARIATIONS OF WESTERN PACIFIC SUBTROPICAL HIGH IN FOUR SEASONS DURING THE LAST HUNDRED YEARS

Mu Qiaozhen Wang Shaowu

( Department of Geophysics , Peking University , Beijing 100871 )

Gong Daoyi

( Institute of Resources Science , Beijing Normal University , Beijing 100875 )

### Abstract

A new method is designed to calculate the strength index ( $I_S$ ), the western limit index ( $I_W$ ) and the northern limit index ( $I_N$ ) of Subtropical High (STH) with the 500 hPa geopotential height set. Based on this statistical method, three STH indices of 12 months are reconstructed back to year 1880 using reconstructed 500 hPa geopotential height set from 1880 to 1950. Then the 120-year sets of the STH indices are got with the observed 1950—1999 STH indices provided by NCC1. It forms a 12-month series from 1880 to 1999. Then, power spectra and wavelet transformation are made to analyze the annual and inter-annual variation of  $I_S$ ,  $I_W$  and  $I_N$  during 1880 and 1999.

**Key words:** Western Pacific subtropical high, Subtropical high indices, 500 hPa geopotential heights.