

# 近百年夏季西太平洋副热带高压的变化\*

慕巧珍 王绍武 朱锦红 龚道溢

(北京大学地球物理系, 北京 100871)

**摘要** 利用国家气候中心给出的 1951~1998 年副高强度 ( $I_S$ )、西界 ( $I_W$ )、北界 ( $I_N$ ) 3 个指数与国家气候中心同期的 500 hPa 观测高度场分别作相关分析, 并在高度场中分别找出几个有意义的点, 用其高度计算副高 3 个指数  $I'_S$ 、 $I'_N$  和  $I'_W$ 。计算出  $I'_S$  与  $I_S$ 、 $I'_N$  与  $I_N$ 、 $I'_W$  与  $I_W$  的相关系数均大于  $I_S$ 、 $I_N$  和  $I_W$  与单点高度的相关系数。对 NCEP 资料作同样分析, 结果相同, 说明可以利用 500 hPa 高度场数值计算副高活动指数。于是利用重建的 1880~1950 年北半球高度场资料将副高 3 个指数向前恢复到 1880 年, 对 1880~1999 年副高强度、西界、北界作功率谱及小波分析, 发现副高强度、北界具有明显的 40 年周期, 西界具有明显的 16 年周期, 即副高指数的变化以低频振荡为主。北界还有 3~5 年的年际变化。

**关键词:** 西太平洋; 副热带高压; 500 hPa 高度场

## 1 引言

在南北半球的副热带地区, 存在着副热带高压带, 西太平洋上的副热带高压简称为西太平洋副高, 其西部的脊在夏季可深入我国大陆。副热带高压是大气环流的重要成员之一, 是控制热带、副热带地区天气与气候的永久的大型环流系统之一, 且直接控制和影响台风活动, 与我国的天气气候变化有极其密切的关系<sup>[1]</sup>。影响我国的副热带高压主要有西太平洋高压(脊)以及从属于它的在冬季出现的南海高压, 另外还有自中亚伸至我国的青藏高压以及从属于它的在盛夏出现的华北高压。其中最重要的是西太平洋高压(脊)的活动, 它对我国天气影响巨大, 夏季旱涝与它有直接关系<sup>[2]</sup>。为了定量表示副高活动的强弱, 国家气候中心定义了 5 个西太平洋副高指数, 包括副高强度 ( $I_S$ )、北界位置 ( $I_N$ )、西界 ( $I_W$ )、平均脊线位置及面积指数。  $I_S$  表示在 (110~180°E, 10°N) 以北范围内  $\geq 588$  位势什米平均高度值的累计值, 取 588 位势什米为 1, 589 位势什米为 2, 590 位势什米为 3, 依此类推, 以此表示副高的强度;  $I_N$  表示在 110~150°E 范围内 588 位势什米线北界的平均纬度值及副高的南北位置;  $I_W$  表示西太平洋副高体 (588 位势什米等高线内有 2 个以上 588 位势什米的范围) 最西端经度值及副高西缘的位置<sup>[3]</sup>。其中面积与强度都是反映副高的总强度, 北界与平均脊线反映其南北位置, 所以相对独立的因子只有 3 个即总强度、东西位置及南北位置。黄嘉佑和王绍武<sup>[4]</sup>就中国降水与西太平洋副高关系做过研究, 他们利用多元回归和中国 500 年历史旱涝资料重建北半球 500 hPa 高度场; 再利用逐步回归及该重建 500 hPa 高度场得到 500 年西

2000-02-22 收到, 2001-02-27 收到第三次修改稿

\* 国家重点基础研究发展规划项目 G199804091-2 和国家自然科学基金资助项目 49635190 共同资助

太平洋副高指数 ( $I_S$ 、 $I_N$  和  $I_W$ )；进而对中国 500 年历史旱涝资料进行 EOF (经验正交函数) 分析, 并且用  $I_S$ 、 $I_N$  和  $I_W$  与中国 500 年旱涝作相关场分析, 发现  $I_W$  与中国 500 年旱涝的相关场与 EOF1 很像,  $I_N$  与中国 500 年旱涝的相关场与 EOF2 很像,  $I_S$  与中国 500 年旱涝的相关场与 EOF3 很像, 这说明西太平洋副高与中国降水有非常好的关系。虽然  $I_S$ 、 $I_N$  和  $I_W$  可以非常好地描述西太平洋副高的活动, 对中国降水影响巨大, 但是其计算不仅麻烦, 而且受人因素及资料格式影响, 因此希望有一个计算相对简单却能够很好地描述 3 个指数的方法。本文利用国家气候中心定义的 1951~1998 年副高 3 个指数与国家气候中心同期的 500 hPa 观测高度场分别作相关场分析, 并分别找出几个有意义的点, 用其高度计算  $I'_S$ 、 $I'_N$  和  $I'_W$ , 计算出  $I'_S$  与  $I_S$ 、 $I'_N$  与  $I_N$ 、 $I'_W$  与  $I_W$  的相关系数均大于  $I_S$ 、 $I_N$  和  $I_W$  与单点高度的相关系数。对 NCEP 资料作同样分析, 发现结果相同, 说明可以利用 500 hPa 高度场数值计算副高指数。

## 2 利用高度场计算副高强度、西界、北界指数

由于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: (1) 西界与北界的指数均需人工从月平均图上读出来, 不便于计算, (2) 定义的指数对资料格式有依赖性, 用菱形网格的资料与正方网格的资料所计算的指数有可能不同。如果所用资料存在系统性偏差, 如 NCEP 500 hPa 月平均高度比国家气候中心的系统性偏低, 就很难应用原定义, 也不能直接从 NCEP 资料中读出副高的某些指数; 又如用模式进行模拟时, 由于模式平均与气候中心的观测平均有系统误差, 也无法得到原定义下的副高指数。所以希望用一个比较简单的方法计算副高指数, 对不同的资料都适用, 且可以在模式中输出副高指数。例如, 把副高指数改为用某些点的高度来定义时, 无论新的序列与观测序列有什么样的系统误差, 只需要对新序列本身求距平, 即可判断副高指数的异常。这里先利用国家气候中心给出的 1951~1998 年副高强度、西界、北界指数与国家气候中心给出的北半球 500 hPa 高度场作相关分析, 如图 1a、b、c 所示。可见  $I_S$  对应  $35^\circ\text{N}$  以南大范围正相关;  $I_W$  则与西太平洋到亚洲东部为负相关, 即  $I_W$  指数低时, 表示副高西伸, 高度值大;  $I_N$  则与  $30\sim 40^\circ\text{N}$  高度有正相关, 最大相关在日本到朝鲜半岛南部。

根据相关图, 从其中挑选几个相关系数较大且有点 (图 1a、b、c 中黑点), 将其高度对 1961~1990 年标准化, 按纬圆面积权重加权平均, 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 高度场计算的副高强度 ( $I'_S$ )、西界 ( $I'_W$ )、北界 ( $I'_N$ ) 距平值。图 1d、e、f 为 1951~1998 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。这里用龚道溢等<sup>[5]</sup>对 1992~1995 年作了订正的结果。由于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、0.74、0.63。通过 95% 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。

同样利用 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), 资料时间序列为 1958~1997 年。选取高度场中的点作同样的计算, 得到 1958~1997 年副高

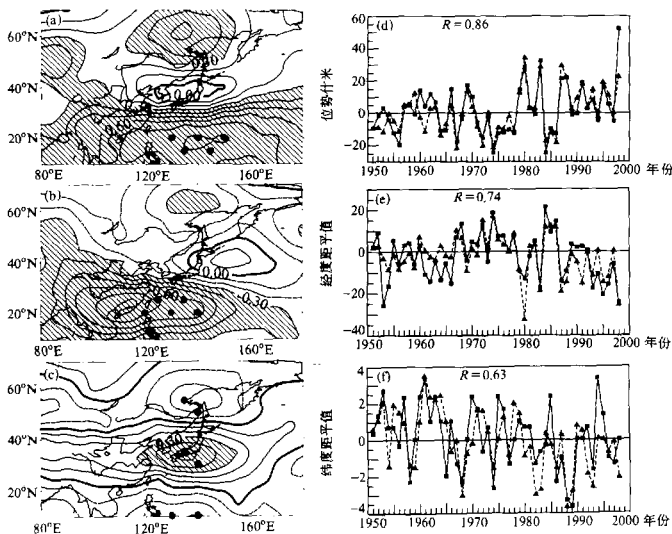


图1 1951~1998年(80°E~180°, 10~70°N)夏季国家气候中心500 hPa高度场与国家气候中心副高(a)强度、(b)西界、(c)北界指数的相关图和利用国家气候中心给出的高度场计算的副高指数与国家气候中心的副高指数距平值(d)强度、(e)西界、(f)北界  
阴影表示相关系数绝对值大于0.3  
---▲---为计算的副高指数距平, —■—为国家气候中心给出的副高指数距平

强度( $I'_S$ )、西界( $I'_W$ )、北界( $I'_N$ )指数。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95%的信度检验。

### 3 利用高度场重建1880~1950年的副高强度、西界、北界指数

龚道溢等利用海平面气压及地面温度,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。无论是1951年以前还是以后,太平洋上测站都较少,但是由于在海洋上等高线比较平滑,1951年以后经国家气候中心分析到菱形网格上的500 hPa高度场是可信的。1951年以前的500 hPa高度场,是龚道溢、王绍武<sup>[6]</sup>利用海平面气压及下垫面温度重建的,利用这一资料我们进行过许多分析研究,并与其他独立资料进行过比较,结果显示资料是可靠的。所以本文所用的近百年的500 hPa高

度场资料是可信的,在此基础上计算的有关指数也应该是可信的。先将重建的500 hPa高度场序列对1880~1950年标准化,采用图2中所选的点,用同样的方法作1880~1950年副高强度、西界、北界指数距平,将其对1961~1990年利用NCEP高度场计算得到的副高指数作标准化,然后乘以1961~1990年国家气候中心副高指数的标准差,这样就使订正后的指数序列与国家气候中心的指数序列相匹配。图3a、b、c分别为1880~1999年120年副高北界、西界、强度3个指数距平。1951~1999年的副高指数距平采用国家气候中心的副高指数距平。表1为1880~1999年120年副高强度、西界、北界3个指数距平值。

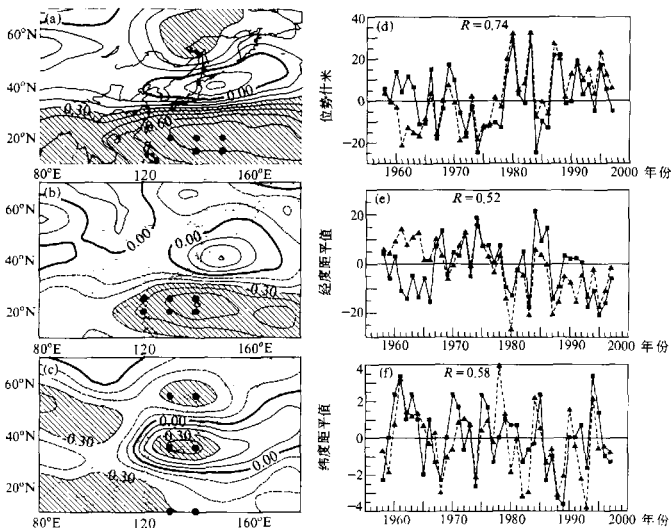


图2 1958~1997年(80°E~180°, 10~70°N)夏季NCEP 500 hPa高度场与国家气候中心副高  
(a)强度、(b)西界位置、(c)北界位置的相关图和利用NCEP高度场计算的副高指数距平  
与国家气候中心的副高指数距平(d)强度、(e)西界位置、(f)北界位置  
图注同图1

过去不少作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(海面温度)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。我们利用新得到的副高特征量来检查这个关系(表2)。表4中所用的ENSO指数正位相(SST高、SOI(南方涛动指数)低)<sup>[8]</sup>的冬季给在表3。例如1880~1881年冬,对应的副高指数为1881年夏。这

表1 1880~1999年副高强度、西界、北界距平(对1961~1990年平均)

年份	强度	西界	北界	年份	强度	西界	北界	年份	强度	西界	北界
1880	-0.16	11.55	-1.49	1920	-28.27	20.52	1.44	1960	14.06	3.08	2.37
1881	15.30	-8.19	0.95	1921	-13.75	2.46	-0.72	1961	4.39	-10.92	3.37
1882	-3.69	1.47	-1.73	1922	-11.50	4.01	1.66	1962	11.72	-14.26	1.03
1883	7.25	-7.93	1.89	1923	-14.23	7.43	1.42	1963	6.72	-4.59	2.37
1884	1.48	-6.11	0.88	1924	-1.73	3.87	0.86	1964	-10.94	-13.59	1.03
1885	4.86	-7.64	-0.53	1925	-17.77	13.38	0.54	1965	-10.61	-5.59	-1.97
1886	15.43	-14.22	2.43	1926	19.04	-13.90	0.08	1966	15.06	15.26	1.03
1887	-6.27	7.19	-0.46	1927	-1.52	-1.92	1.20	1967	-17.94	7.08	-1.30
1888	5.62	4.18	0.58	1928	4.30	6.42	-1.92	1968	-3.61	13.41	-2.30
1889	4.56	3.55	-1.13	1929	-7.24	-1.33	0.72	1969	17.39	-4.26	0.03
1890	-28.30	14.37	1.94	1930	2.83	-3.59	0.59	1970	10.06	4.74	2.37
1891	2.84	8.30	-2.60	1931	23.89	-16.02	-2.80	1971	-5.61	3.41	1.70
1892	-7.97	9.07	1.04	1932	9.86	-5.52	-0.02	1972	-15.28	12.74	-0.63
1893	-2.98	1.79	1.90	1933	23.45	-14.96	1.41	1973	-2.61	-4.92	0.70
1894	-20.21	5.73	1.09	1934	2.80	-14.39	-0.38	1974	-24.61	18.74	-2.63
1895	-11.68	7.23	-1.48	1935	8.76	-1.31	-0.18	1975	-12.61	7.41	2.37
1896	10.53	-7.51	-0.32	1936	13.52	-10.63	-0.89	1976	-11.94	7.74	1.70
1897	10.97	-4.20	-2.53	1937	12.60	-4.07	0.48	1977	-10.28	0.41	-1.30
1898	-2.41	4.30	0.77	1938	5.87	-2.44	-0.04	1978	-12.61	7.41	0.03
1899	-0.28	-4.44	0.57	1939	3.18	13.37	0.03	1979	14.39	-9.59	1.03
1900	8.84	-11.00	-1.79	1940	13.35	-2.48	-0.33	1980	28.72	-12.92	0.70
1901	7.91	-1.32	-3.08	1941	31.36	-15.15	-2.99	1981	3.39	-2.26	0.70
1902	2.12	2.57	-2.63	1942	15.39	-7.01	1.47	1982	-0.94	5.08	-1.30
1903	18.23	-11.49	-3.51	1943	-10.19	3.00	0.23	1983	32.39	-17.59	-0.63
1904	-22.29	17.84	1.21	1944	16.30	-7.28	-0.22	1984	-24.61	21.41	-0.30
1905	3.36	-9.02	-1.35	1945	14.71	-17.59	-1.03	1985	-9.61	9.41	2.37
1906	7.87	-4.50	-2.47	1946	-5.39	0.44	-0.28	1986	-12.61	14.74	-2.30
1907	-10.31	7.32	-2.19	1947	1.83	-9.61	0.71	1987	21.72	-14.26	-0.97
1908	-5.41	-2.80	-0.65	1948	-4.33	7.77	0.88	1988	22.06	-9.26	-3.30
1909	-3.10	-6.11	0.26	1949	0.73	-7.43	-0.82	1989	-1.28	3.41	-3.63
1910	-5.53	3.72	-1.74	1950	-6.18	8.02	-0.00	1990	-0.28	2.08	0.03
1911	-1.76	3.07	-1.27	1951	9.28	2.41	0.37	1991	19.06	2.41	0.03
1912	8.49	-5.96	-1.86	1952	-1.61	9.08	1.37	1992	3.06	0.74	0.70
1913	-4.88	-0.54	-2.87	1953	3.06	-25.92	2.70	1993	8.06	-17.59	-1.63
1914	-0.46	2.79	0.48	1954	-4.28	-16.59	0.70	1994	-4.61	-10.92	3.37
1915	26.58	-15.57	-0.02	1955	-12.28	5.41	0.70	1995	17.06	-20.92	1.37
1916	-2.25	-4.53	-0.71	1956	-19.61	-5.92	-0.30	1996	5.72	-15.92	-0.97
1917	0.22	1.37	-1.14	1957	4.06	3.08	2.37	1997	-4.94	-5.92	-1.30
1918	-10.55	0.93	1.73	1958	5.72	4.08	2.30	1998	52.06	-24.26	0.03
1919	2.06	-0.62	-1.13	1959	-0.61	-5.92	0.03	1999	-14.94	12.41	3.03

是为了适应上面谈到的副高对 SST 的滞后关系。从表 3 可见前后两段时期关系非常一致。即冬季 SST 高其后夏季西太平洋副热带高压偏强, 位置偏西。这说明重建的副高特征量有相当好的真实性。

在重建副高过程中, 由于恢复 1880~1950 年 500 hPa 高度场所用的海平面气压是 NCEP 再分析资料, NCEP 海平面气压资料系统性偏低, 导致恢复的 1880~1950 年的

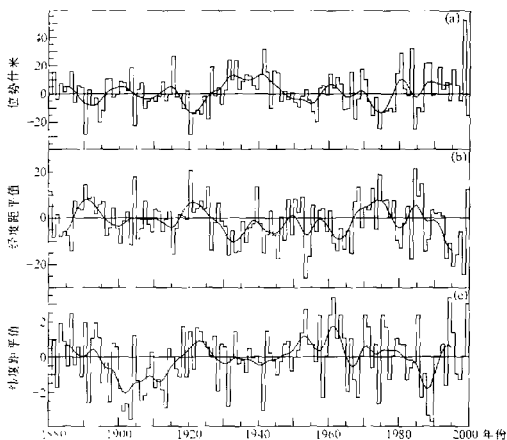


图3 1880~1999年副高(a)强度、(b)西界、(c)北界距平  
图中光滑曲线为9年低通滤波值

表2 冬季 ENSO 正位相时其后期夏季副高特征量的平均距平 (括号中数字为同符号频数比)

年	副高强度 $I_S$	副高西界 $I_W$
1880~1950	11.0(17 / 19)	-6.4(16 / 19)
1951~1999	10.9(14 / 20)	-7.9(13 / 20)

表3 冬季 ENSO 正位相 (SST 高、SOI 低) 的年份<sup>1)</sup>

时段	ENSO 正位相冬季
1880~1950 年	1880~1881, 1884~1885, 1888~1889, 1896~1897, 1899~1900, 1902~1903, 1904~1905, 1905~1906, 1911~1912, 1913~1914, 1914~1915, 1918~1919, 1919~1920, 1925~1926, 1930~1931, 1932~1933, 1939~1940, 1940~1941, 1941~1942
	1951~1952, 1952~1953, 1957~1958, 1958~1959, 1963~1964, 1965~1966, 1968~1969, 1969~1970, 1972~1973, 1976~1977, 1977~1978, 1979~1980, 1982~1983, 1986~1987, 1987~1988, 1990~1991, 1991~1992, 1992~1993, 1994~1995, 1997~1998

500 hPa 高度场比实际观测的高度场偏低, 所以在重建副高指数时, 对 1880~1950 年高度场单独标准化, 而不是对 1961~1990 年标准化。否则 1880~1950 年的副高指数就会整个偏低。由于 1950 年前后各有 50 年或更长时间的副高指数, 这样处理并不会影响分析副高的年际及年代际变化。

另外, 尽管利用国家气候中心 500 hPa 高度场模拟的 1951~1998 年副高指数与国家气候中心的副高指数相关比较高, 但是许多年的差别也比较大。所以, 即使重建的 1880~1950 年 500 hPa 高度场有较高的可信度, 重建的副高指数也不一定每一年都与真实的副高指数一致。如上所分析, 模拟的夏季副高指数与冬季 ENSO 正位相吻合得很好, 这表明重建可能在较大程度上反映了副高指数的真实变化, 因此可以用来分析副高的年代际变率。

#### 4 副高的年代际变化

图 4 为 1880~1999 年副高强度、西界、北界的功率谱, 凡达到 95% 信度的周期, 均标出周期长度, 单位为年。强度的显著周期为 40.0 年, 西界为 16.0 年, 北界的显著周期有 3.1 年、4.7 年及 40.0 年。从图 5 可以看出, 1880~1999 年副高强度、西界、北界的小波变换的实部系数这些周期都很明显, 说明副高强度、北界都具有明显的 40 年周期, 西界具有明显的 16 年周期, 即副高指数的变化以低频振荡为主。另外, 北界还有 3~5 年的年际变化。从功率谱图上看, 副高指数的其他周期尽管没有达到 95% 的信度检验, 但其功率谱值仍很大, 例如强度的 26.7 年、3.8 年周期, 西界的 40.0 年、26.7 年周期。

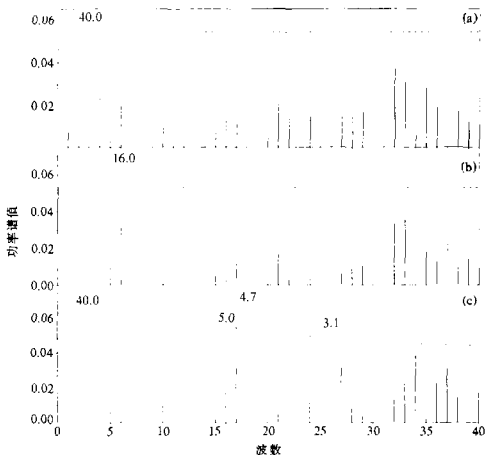


图 4 1880~1999 年副高 (a) 强度 (b) 西界 (c) 北界的功率谱  
光滑实线为各自 95% 信度水平

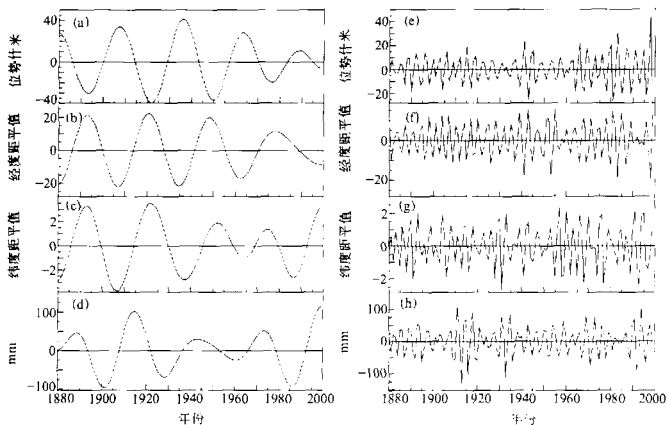


图8 1880~1999年副高(a)强度、(b)西界、(c)北界、(d)降水的28年周期部分和1880~1999年副高(e)强度、(f)西界、(g)北界、(h)降水的3.5年周期部分

## 5 总结

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500 hPa高度场资料,将副高指数恢复到1880年。

从1880~1999年副高三指数的功率谱图及小波分析图可以看出,副高强度、北界具有明显的40年周期,西界具有明显的16年周期,即副高指数的变化以低频振荡为主。北界还有3~5年的年际变化。对1880~1999年副高强度、西界、北界提出28年周期振荡部分进行分析,并对其求相关,发现副高指数的低频部分是同时变化的,即副高强度强时,副高向西扩展,向南退缩,即西界偏西,北界偏南;而副高强度弱时,则副高北进东退,即北界偏北,西界偏东。副高偏北时,中国降水多,副高偏南时,中国降水少。

## 参考文献

- 1 朱乾根,林炳珊,寿绍文,唐东升,天气学原理和方法,北京:气象出版社,1992.
- 2 北京大学地球物理系气象教研室,天气分析和预报,北京:科学出版社,1978.



- 3 王绍武, 赵宗慈. 长期天气预报基础, 上海: 上海科学技术出版社, 1987.
- 4 Huang Jayou and Wang Shaowu. Investigations on variations of the subtropical high in the western Pacific during historical times, *Climatic Change*, 1985, 7, 427~440.
- 5 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, 8~13.
- 6 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.
- 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 王绍武, 龚道溢. 近百年来的ENSO事件及其强度, *气象*, 1999, 25(1), 9~13.

## Variations of the Western Pacific Subtropical High in Summer during the Last Hundred Years

Mu Qiaozhen, Wang Shaowu, Zhu Jinhong and Gong Daoyi

(Department of Geophysics, Peking University, Beijing 100871)

**Abstract** Firstly, correlation coefficients are calculated between the strength index ( $I_S$ ), the western limit index ( $I_W$ ) and the northern limit index ( $I_N$ ) of the subtropical high (STH) and the 500 hPa geopotential height set (provided by NCC) for the period of 1951~1998. Based on these correlation coefficients, some instructive points are selected in the 500 hPa geopotential height set by using which three STH indices  $I'_S$ ,  $I'_N$  and  $I'_W$  are calculated. The correlation coefficients between  $I'_S$ ,  $I'_N$ ,  $I'_W$  and  $I_S$ ,  $I_N$ ,  $I_W$  are significant. Then the same analysis is carried out using NCEP 500 hPa geopotential height set, and the result is similar. It shows that using 500 hPa geopotential height set to calculate the three STH indices is practicable. So, the three STH indices are reconstructed back to the year of 1880 using the reconstructed 500 hPa geopotential height set from 1880 to 1950. After that, wavelet transformation is made to analyze the variabilities of  $I'_S$ ,  $I'_W$  and  $I'_N$  during 1880 and 1999, where by obvious 40.0-year-long-period oscillation of  $I'_S$  and  $I'_N$ , and 16.0-year-long-period oscillation of  $I'_W$  are found. The inter-decadal oscillations of  $I'_S$ ,  $I'_W$  and  $I'_N$  are simultaneous.

**Key words:** western Pacific; subtropical high; 500 hPa geopotential heights

- 3 王绍武, 赵宗慈. 长期天气预报基础, 上海: 上海科学技术出版社, 1987.
- 4 Huang Jayou and Wang Shaowu. Investigations on variations of the subtropical high in the western Pacific during historical times, *Climatic Change*, 1985, 7, 427~440.
- 5 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, 8~13.
- 6 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.
- 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 王绍武, 龚道溢. 近百年来的ENSO事件及其强度, *气象*, 1999, 25(1), 9~13.

## Variations of the Western Pacific Subtropical High in Summer during the Last Hundred Years

Mu Qiaozhen, Wang Shaowu, Zhu Jinhong and Gong Daoyi

(Department of Geophysics, Peking University, Beijing 100871)

**Abstract** Firstly, correlation coefficients are calculated between the strength index ( $I_S$ ), the western limit index ( $I_W$ ) and the northern limit index ( $I_N$ ) of the subtropical high (STH) and the 500 hPa geopotential height set (provided by NCC) for the period of 1951~1998. Based on these correlation coefficients, some instructive points are selected in the 500 hPa geopotential height set by using which three STH indices  $I'_S$ ,  $I'_N$  and  $I'_W$  are calculated. The correlation coefficients between  $I'_S$ ,  $I'_N$ ,  $I'_W$  and  $I_S$ ,  $I_N$ ,  $I_W$  are significant. Then the same analysis is carried out using NCEP 500 hPa geopotential height set, and the result is similar. It shows that using 500 hPa geopotential height set to calculate the three STH indices is practicable. So, the three STH indices are reconstructed back to the year of 1880 using the reconstructed 500 hPa geopotential height set from 1880 to 1950. After that, wavelet transformation is made to analyze the variabilities of  $I'_S$ ,  $I'_W$  and  $I'_N$  during 1880 and 1999, where by obvious 40.0-year-long-period oscillation of  $I'_S$  and  $I'_N$ , and 16.0-year-long-period oscillation of  $I'_W$  are found. The inter-decadal oscillations of  $I'_S$ ,  $I'_W$  and  $I'_N$  are simultaneous.

**Key words:** western Pacific; subtropical high; 500 hPa geopotential heights

- 3 王绍武, 赵宗慈. 长期天气预报基础, 上海: 上海科学技术出版社, 1987.
- 4 Huang Jayou and Wang Shaowu. Investigations on variations of the subtropical high in the western Pacific during historical times, *Climatic Change*, 1985, 7, 427~440.
- 5 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, 8~13.
- 6 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.
- 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 王绍武, 龚道溢. 近百年来的ENSO事件及其强度, *气象*, 1999, 25(1), 9~13.

## Variations of the Western Pacific Subtropical High in Summer during the Last Hundred Years

Mu Qiaozhen, Wang Shaowu, Zhu Jinhong and Gong Daoyi

(Department of Geophysics, Peking University, Beijing 100871)

**Abstract** Firstly, correlation coefficients are calculated between the strength index ( $I_S$ ), the western limit index ( $I_W$ ) and the northern limit index ( $I_N$ ) of the subtropical high (STH) and the 500 hPa geopotential height set (provided by NCC) for the period of 1951~1998. Based on these correlation coefficients, some instructive points are selected in the 500 hPa geopotential height set by using which three STH indices  $I'_S$ ,  $I'_N$  and  $I'_W$  are calculated. The correlation coefficients between  $I'_S$ ,  $I'_N$ ,  $I'_W$  and  $I_S$ ,  $I_N$ ,  $I_W$  are significant. Then the same analysis is carried out using NCEP 500 hPa geopotential height set, and the result is similar. It shows that using 500 hPa geopotential height set to calculate the three STH indices is practicable. So, the three STH indices are reconstructed back to the year of 1880 using the reconstructed 500 hPa geopotential height set from 1880 to 1950. After that, wavelet transformation is made to analyze the variabilities of  $I'_S$ ,  $I'_W$  and  $I'_N$  during 1880 and 1999, where by obvious 40.0-year-long-period oscillation of  $I'_S$  and  $I'_N$ , and 16.0-year-long-period oscillation of  $I'_W$  are found. The inter-decadal oscillations of  $I'_S$ ,  $I'_W$  and  $I'_N$  are simultaneous.

**Key words:** western Pacific; subtropical high; 500 hPa geopotential heights