

近 50 年华南前汛期降水、江淮梅雨和 华北雨季旱涝特征对比分析

吴志伟¹ 江志红¹ 何金海^{1, 2}

1 南京信息工程大学气象灾害和环境变化重点实验室, 南京 210044

2 中国气象局广州热带海洋气象研究所, 广州 510080

摘 要 利用全国 160 站逐月降水资料, 统计分析了 1951~2000 年 50 年华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季旱涝事件的分布特征, 结果表明: 近 50 年无论是华南前汛期降水、江淮梅雨还是华北雨季, 旱(涝)事件频率相当, 华南和江淮洪涝强度大于干旱强度, 华北干旱与洪涝强度相当, 华南前汛期降水和华北雨季总体呈趋早的趋势, 而江淮梅雨呈趋涝的趋势; 华南前汛期降水年际变化最为显著, 江淮梅雨次之, 华北雨季最弱, 年代际变化的情况正好相反; 从同期 500 hPa 高度场来看, 华南前汛期降水多少与其北侧有无低值系统向南发展关系密切, 江淮梅雨和华北雨季均与副高相关显著, 不同在于前者还和鄂霍茨克阻塞高压呈显著正相关, 而后者受其西北侧中高纬地区的环流影响较大; 从前期海温来看, 华北雨季与大西洋西部和北太平洋海温关系比华南前汛期降水和江淮梅雨更为密切, 江淮梅雨与中国近海海温相关关系最为显著, 而华南前汛期降水与孟加拉湾附近海温相关最明显。

关键词 华南前汛期 江淮梅雨 华北雨季 旱涝 特征对比

文章编号 1006-9895(2006)03-0391-11 **中图分类号** P445 **文献标识码** A

The Comparison Analysis of Flood and Drought Features Among the First Flood Period in South China, Meiyu Period in the Yangtze River and the Huaihe River Valleys and Rainy Season in North China in the Last 50 Years

WU Zhi-Wei¹, JIANG Zhi-Hong¹, and HE Jin-Hai^{1, 2}

1 Key Laboratory of Meteorological Disaster and Environmental Variation, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 Guangzhou Institute of Tropical Oceanic Meteorology, China Meteorological Administration, Guangzhou 510080

Abstract Based on the Chinese 160 stations monthly precipitation supplied by the National Meteorological Information Center of China, the distribution features of floods and droughts events during the first flood period in South China, the Meiyu period in the middle and lower reaches of the Yangtze River and the Huaihe River valleys and the rainy season in North China are analyzed respectively and compared with each other by using the droughts - floods indices for the period of 1951 - 2000. The interannual and decadal variations of the three types of rainfall are also investigated by the DB-16 wavelet analysis method. The correlation analysis is applied in finding the features of the atmospheric circulation in the same term and sea surface temperature (SST) in the preceding months which are linked with different kind of rainfall. Results show: in the last 50 years, the frequency of floods events is nearly the same as that of the droughts, and the intensity of floods is greater than that of droughts in South China and the Yangtze

收稿日期 2005-01-11, 2005-03-30 收修定稿

资助项目 国家自然科学基金资助项目 40375032、90211010, 热带海洋气象科学研究基金

作者简介 吴志伟, 男, 1971 年出生, 硕士, 高级工程师, 主要从事东亚季风、区域气候研究。E-mail: xcw6331@126.com

River and the Huaihe River valleys, whereas North China has the similar intensity of floods and droughts, associated with a drought tendency in South China and North China and a flooding tendency in the Yangtze River and the Huaihe River valleys; the first flood period in South China has the most remarkable annual variation, the Meiyu has the second and the rainy season in North China has the weakest, but the decadal variation is just opposite; according to the 500 hPa height field of the same term, the first flood period of South China has a close relationship with the low value systems at its north side while the Meiyu and the rainy season in North China are greatly influenced by the western Pacific subtropical high. The Meiyu also has a significant positive correlation with Okhotsk Blocking High and the rainy season in North China is mainly affected by the circulation systems on its northwest side; the rainy season in North China is closely related to the SST in Atlantic and North Pacific, while the SST in the adjacent sea of China has a strongest influence on the Meiyu of the Yangtze River and the Huaihe River valleys and the first flood period in South China has the most tremendous relationship with the SST near the Bay of Bengal.

The emphasis of this paper is concentrated on the features summary of the three types of rainfall in East Asia. The East Asian summer rainfall is a very complex phenomenon and very important for the agriculture, industry and people's life. This work attempts to offer some references for the prediction of the East Asian summer monsoon rainfall.

Key words the first flood period in South China, the Meiyu over the Yangtze River and the Huaihe River valleys, the rainy season in North China, droughts and floods, feature comparison

1 引言

早在 20 世纪 30、40 年代,竺可桢^[1]和涂长望等^[2]就指出 5~8 月自南海夏季风爆发后雨带的进退,形成华南前汛期、江淮梅雨和华北雨季。东亚地区夏季风雨带的季节内变化与东亚夏季风的进退紧密相关。因为季风和降水这种紧密的联系,季风变化引起华南前汛期、江淮梅雨以及华北雨季降水异常,引发洪涝和干旱等重大自然灾害,进而对这些地区工业、农业和人民的日常生活带来了巨大危害,造成了严重的经济损失。

在过去的 60 年里,科学工作者对东亚夏季风及降水进行了大量的研究,并取得了许多重要进展。朱乾根和何金海^[3]明确提出东亚季风区可分为南海-西太平洋热带季风区和大陆-日本副热带季风区,并认为造成江淮梅雨的夏季风属副热带季风。陶诗言和陈隆勋^[4, 5]则进一步提出东亚夏季风系统存在二个辐合带,即热带辐合带和梅雨锋带。在印度季风强的夏季,东亚季风的梅雨锋往往弱,甚至有的年份发生空梅。黄荣辉等^[6]提出,东亚夏季风雨带的季节内变化还与西太平洋暖池的热状态关系密切,当热带西太平洋暖池增暖时,我国江淮流域夏季降水偏少;反之,江淮流域的降水偏多。吴国雄等^[7]和张琼等^[8]的研究表明长江中下游的旱涝与中国近海海温(如南海、印度洋等)关系密切。陈隆勋等^[9]提出,南海热带季风爆发后副热带季风雨带

随副热带高压北进而北进,前汛期雨季进入盛期,江南出现第二次雨峰,形成梅雨期和江淮及华北雨季。

综观前人的研究,无论对于华南前汛期降水、江淮梅雨还是华北雨季都是分别独立进行,然而实际上三者都是东亚夏季风雨带北抬的结果。那么,它们相互有无影响?其降水之间存在什么样的联系?关于这方面的研究,目前并不多见。将三者进行对比,不仅可以更深入地反映东亚夏季风推进,而且有利于这些地区夏季风降水的预测。

2 资料和方法

华南前汛期降水里包含南海季风爆发前的锋面降水和爆发后的夏季风雨季,后者由于与江淮梅雨一样同属南海季风爆发后的季风雨带,有学者^[10]称之为华南梅雨。比较各个学者提出的中国华南沿岸热带季风雨季开始分别为 5 月 10 日、5 月 25 日、5 月下旬、6 月 2 日,各年不尽相同有早有迟。江志红等^[11]研究表明,华南前汛期降水大致始于 5 月 21 日,6 月 20 日结束,为方便起见,本文选取 5~6 月总降水量来表征华南前汛期降水量。江淮梅雨一般始于 6 月中下旬,7 月中下旬结束,当然其中也存在“早梅”、“迟梅”、“空梅”和“二度梅”等,而出梅、入梅日的划分不尽相同。徐海明等^[12]研究表明,江淮梅雨量与该地区夏季 6~7 月累积降水量的相关系数达到 0.8 以上,故本文选取 6~7 月累

积降水量来表征江淮梅雨量。而华北雨季一般发生于每年的 7~8 月份，故选取 7~8 月的累积降水量来表征华北雨季的降水量。

本文参考 Ting 和 Wang^[13]采用统计手段划分降水区的方法，先计算全国 160 个站 5~6 月、6~7 月和 7~8 月份平均的降水标准差，分别得到华南、江淮及华北地区降水变率最大的测站。然后分别以这三个测站为基点，计算其与 160 个站的单点相关，得到降水的空间相关图。相关系数在基点处为 1，然后向周围逐渐减小，显著相关的区域代表了较为一致的降水变率。将这些测站的平均降水量分别表征华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季，再采用 Z 指数^[14]分别确定华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季的旱涝并进行对比分析，使用 DB16 紧支撑双正交小波方法研究三者的年际及年代际变化特征，比较分析了其与同期 500 hPa 高度场和前期海温场的相关关系的特征。

3 华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季旱涝的确定和时间分布特征

先计算全国 160 个站 5~6 月、6~7 月和 7~8 月平均的降水标准差，得到华南、江淮和华北地区降水变率最大的测站分别为河源、安庆和北京，然后以它们为基点分别计算其与全国 160 个站 5~6 月、6~7 月和 7~8 月降水的单点相关，得到降水的空间相关图如图 1 所示，显著相关的区域(带状阴影区置信度检验达 95%)反映较为一致的降水变率。因此，将图 1a 阴影区所覆盖的华南 18 个站、图 1b 阴影所覆盖的江淮 20 个站以及图 1c 阴影所覆盖的华北 26 个站分别表征华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季的降水量。由于不同时间尺度、不同地区降水量变化幅度很大，直接用降水量在时空尺度上很难相互比较，而且降水分布是一种偏态分布，并非正态分布，所以在许多降水分析中，用 Z 指数^[14]来描述降水量的变化。Z 指数不仅考虑了降水服从偏态分布的实际，而且也进行了正态标准化处理，从而使之适合确定不同时间尺度的干旱监测、评价，具有相同干旱等级划分标准，能进行多时间尺度旱涝等级对比分析，是一种较好的气候干旱指标。具体的做法就是先求出降水量 γ 分布概率，再计算其正态分布的逆累积分布函数。表 1 给出了 1951~2000 年华南前汛期降水、江淮梅雨和

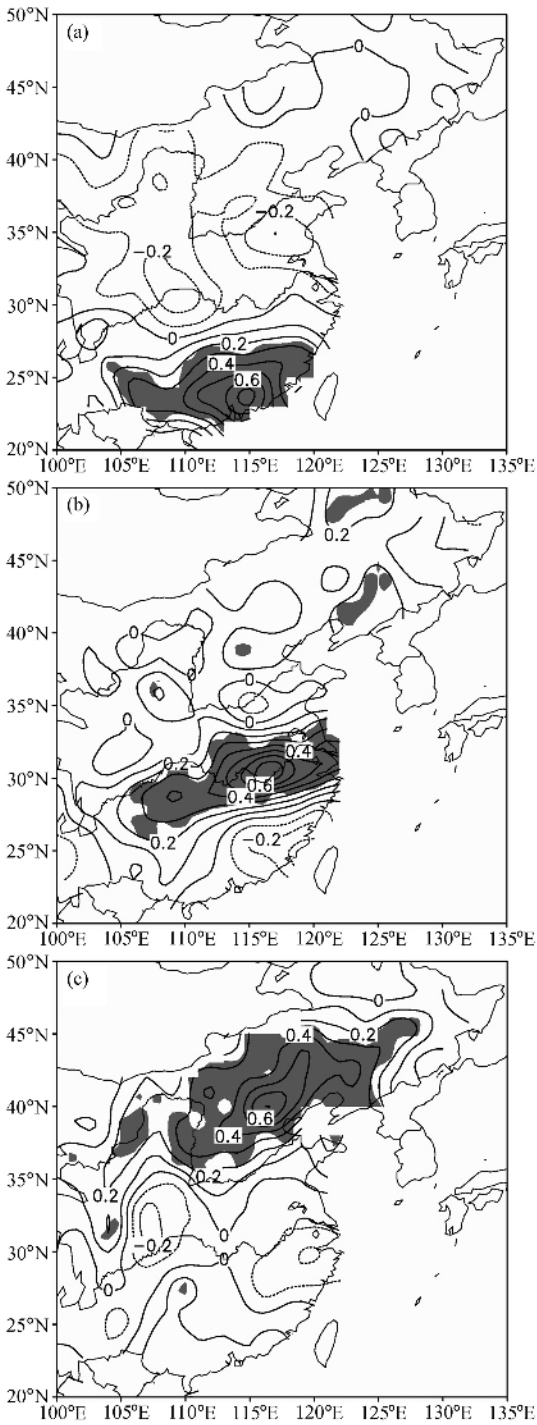


图 1 华南、江淮和华北地区降水单点相关图(阴影表示置信度达 95% 的区域): (a) 以河源站为基点的 5~6 月; (b) 以安庆站为基点的 6~7 月; (c) 以北京站为基点的 7~8 月
Fig. 1 One-point correlation maps of the precipitation over South China, the Yangtze River and the Huaihe River valleys and North China (Shaded area is over 95% level significance): (a) Heyuan during May and June; (b) Anqing during June and July; (c) Beijing during July and August

表 1 1951~2000 年华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季 Z 指数及对应的 $\Delta R / \sigma$
Table 1 Z indices of the first flood period in South China, the Meiyu in the Yangtze River and the Huaihe River valleys and the rainy season in North China and their $\Delta R / \sigma$

年份 Year	Z 指数 Z Index			$\Delta R / \sigma$		
	华南前汛期降水 The first flood period in South China	江淮梅雨 Meiyu	华北雨季 Rainy season in North China	华南前汛期降水 The first flood period in South China	江淮梅雨 Meiyu	华北雨季 Rainy season in North China
1951	0.44	0.50	0.34	0.71	0.71	-0.58
1952	0.53	0.19	0.15	1.13	-3.65	-1.13
1953	0.67	0.38	0.81	1.82	-1.07	1.02
1954	0.87	1.40	0.78	2.84	19.33	0.91
1955	0.61	0.57	0.32	1.51	1.80	-0.63
1956	0.58	0.54	0.64	1.40	1.36	0.39
1957	0.75	0.40	0.56	2.22	-0.74	0.11
1958	0.17	0.01	0.69	-0.43	-5.85	0.56
1959	1.02	0.23	1.20	3.67	-3.17	2.63
1960	0.42	0.43	0.48	0.62	-0.31	-0.14
1961	0.27	-0.01	0.71	-0.02	-6.06	0.65
1962	1.18	0.46	0.64	4.63	0.07	0.41
1963	-0.11	0.16	0.87	-1.48	-4.06	1.25
1964	0.60	0.51	1.02	1.48	0.85	1.84
1965	0.52	0.37	0.15	1.09	-1.27	-1.13
1966	0.66	0.29	0.74	1.75	-2.40	0.76
1967	0.07	0.30	0.64	-0.83	-2.20	0.39
1968	1.12	0.24	0.13	4.26	-3.09	-1.18
1969	0.46	0.91	0.86	0.80	8.08	1.20
1970	0.50	0.61	0.51	0.99	2.60	-0.04
1971	0.54	0.34	0.31	1.21	-1.74	-0.69
1972	0.49	0.13	0.07	0.94	-4.41	-1.34
1973	0.85	0.57	0.75	2.74	1.87	0.78
1974	0.57	0.53	0.43	1.35	1.26	-0.31
1975	0.82	0.45	0.45	2.57	-0.09	-0.25
1976	0.53	0.33	0.64	1.14	-1.76	0.39
1977	0.83	0.62	0.55	2.63	2.65	0.10
1978	0.67	-0.04	0.58	1.83	-6.34	0.21
1979	0.51	0.61	0.50	1.03	2.44	-0.06
1980	0.09	0.77	-0.21	-0.73	5.40	-2.03
1981	0.44	0.18	0.47	0.75	-3.81	-0.18
1982	0.38	0.53	0.36	0.46	1.19	-0.52
1983	0.46	0.84	0.21	0.81	6.63	-0.96
1984	0.59	0.47	0.36	1.41	0.26	-0.53
1985	0.02	0.28	0.97	-1.00	-2.48	1.63
1986	0.36	0.71	0.33	0.39	4.30	-0.60
1987	0.36	0.53	0.35	0.38	1.20	-0.57
1988	0.04	0.22	0.67	-0.94	-3.26	0.52
1989	0.51	0.51	-0.08	1.03	0.85	-1.72
1990	0.15	0.34	0.53	-0.50	-1.72	0.03
1991	0.05	0.87	0.16	-0.88	7.36	-1.10
1992	0.57	0.31	0.24	1.33	-2.16	-0.88
1993	0.91	0.76	0.48	3.09	5.23	-0.14
1994	0.78	0.38	1.01	2.37	-1.09	1.80
1995	0.23	0.66	0.68	-0.18	3.38	0.53
1996	0.31	1.04	0.85	0.14	10.87	1.16
1997	0.48	0.48	0.19	0.90	0.47	-1.02
1998	0.87	0.96	0.73	2.85	9.19	0.73
1999	0.16	0.91	0.06	-0.47	8.03	-1.38
2000	0.10	0.41	0.21	-0.71	-0.70	-0.96

表 2 华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季旱涝等级划分标准和结果

Table 2 The criteria of floods and droughts for the first flood period in South China, the Meiyu in the Yangtze River and the Huaihe River valleys and the rainy season in North China with their dividing results

等级 Grade	类型 Type	Z 取值范围 Range of Z			划分结果 Division results		
		华南前汛期降水 The first flood period in South China	江淮梅雨 Meiyu	华北雨季 Rainy season in North China	华南前汛期降水 The first flood period in South China	江淮梅雨 Meiyu	华北雨季 Rainy season in North China
1	重涝 Severe flood	≥0.98	≥0.95	≥0.99	1962,1968,1959	1954,1996,1998	1959,1964,1994
2	中涝 Mid-flood	0.8-0.98	0.77-0.95	0.81-0.99	1993, 1998, 1954, 1973, 1977, 1975	1969, 1999, 1991, 1983	1985,1963,1969, 1996, 1953
3	轻涝 Little flood	0.65-0.8	0.63-0.77	0.66-0.81	1994, 1957, 1978, 1953, 1966	1980, 1993, 1986, 1995	1954, 1973, 1966, 1998, 1961, 1958, 1995, 1988
4	正常 Normal	0.35-0.65	0.34-0.63	0.35-0.66	略 Omitted	略 Omitted	略 Omitted
5	轻旱 Little drought	0.2-0.35	0.19-0.34	0.19-0.35	1995, 1961, 1996	1988, 1959, 1968, 1985, 1966, 1967, 1992, 1976, 1971	1971,1955,1986, 1951,1997,2000, 1983,1992
6	中旱 Mid-drought	0.02-0.2	0.02-0.19	0.01-0.19	1985, 1988, 1991, 1967, 1980, 2000, 1990, 1999, 1958	1972, 1963, 1981, 1952	1999,1972,1968, 1952,1965,1991
7	重旱 Severe drought	≤0.02	≤0.02	≤0.01	1963	1978, 1961, 1958	1989,1980

华北雨季的 Z 指数值及对应的 $\Delta R/\sigma$ (ΔR 为降水距平, σ 为降水标准差)。

为了易于比较,统一将旱涝等级分成 7 个等级,并且各等级出现的频率定义为:1 级重涝 5%,2 级中涝 10%,3 级轻涝 15%,4 级正常 40%,5 级轻旱 15%,6 级中旱 10%,7 级重旱 5%。根据这一划分原则,按各等级出现频率得到华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季旱涝等级划分标准(表 2)。

从表 1 和表 2 可知:华南前汛期降水发生轻涝以上事件共有 14 年,降水距平全部在 1.5σ 以上,发生轻旱以上事件共有 13 年,仅 1963 年达到 1.5σ ,因此近 50 年华南前汛期降水洪涝强度大于干旱;从时间分布来看,华南前汛期降水轻涝以上事件 14 年中有 11 年发生在 20 世纪 80 年代以前,仅有 3 年发生在 80 年代以后;而轻旱以上事件 13 年中,有 9 年发生在 20 世纪 80 年以后,故自 1980 年以来华南前汛期降水总体表现为下降的趋势。

江淮梅雨轻涝以上事件共有 11 年,降水距平绝对值全部在 2σ 以上;轻旱以上事件共有 16 年,降水距平绝对值全部在 1.7σ 以上,因此江淮梅雨涝(旱)事件均很显著。从强度上来说,洪涝大于干

旱;从时间分布来看,江淮梅雨轻涝以上的 11 年中,有 9 年发生在 20 世纪 80 年代以后,而轻旱以上的 16 年中仅有 4 年在 80 年代以后,故自 1980 年以来江淮梅雨总体表现为趋涝的趋势。

华北雨季发生轻涝以上事件共有 16 年,降水距平都在 0.5σ 以上;发生轻旱以上事件也为 16 年,降水距平全部小于 -0.5σ ,因此近 50 年华北干旱与洪涝强度大体相当。从时间分布来看,轻涝以上事件 16 年中,有 10 年发生在 1980 年以前,而轻旱以上的 16 年中有 9 年在 20 世纪 80 年代以后,故近 50 年以来华北雨季总体表现为趋旱的趋势(图 2)。从图 2 可以清楚地看到近 50 年华南前汛期降水和华北雨季降水量总体的下降趋势和江淮梅雨的上升趋势。

4 华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季旱涝的年际及年代际变化特征

采用 DB16 紧支撑双正交小波对华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季三组 Z 指数时间序列进行分析。DB16 小波既可用于连续小波变换也可以用于离散小波变换,并且易于设计快速算法,其原理

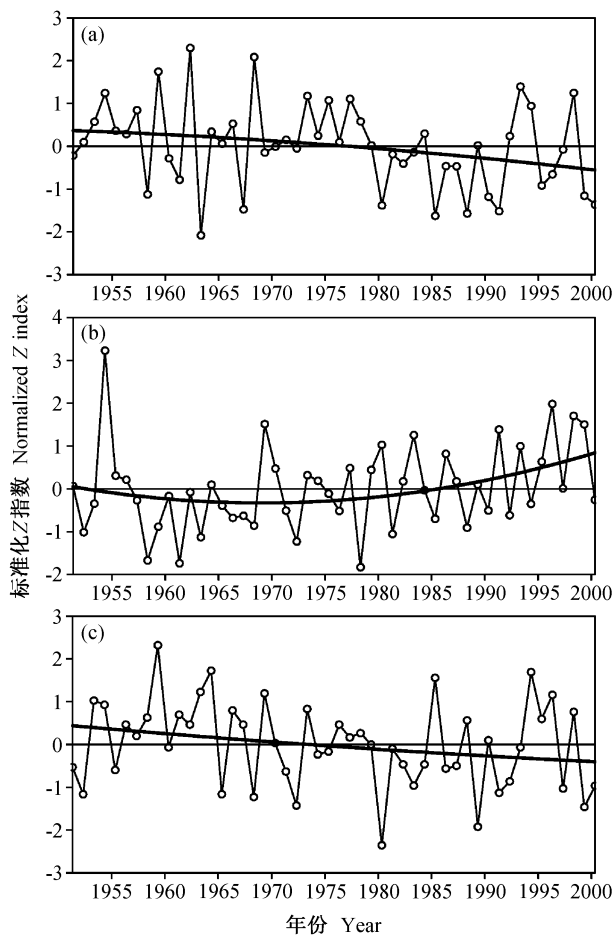


图2 1951~2000年三种梅雨的标准化Z指数时间序列(黑粗线为二阶多项式回归趋势线): (a) 华南前汛期降水; (b) 江淮梅雨; (c) 华北雨季

Fig. 2 Normalized Z index time series for three types of Meiyu from 1951 to 2000 (The black bold lines are trend lines): (a) The first flood period in South China; (b) Meiyu; (c) rainy season in North China

及其优越性已有很多介绍^[15], 本文不作赘叙。

图3为1951~2000年华南前汛期降水Z指数时间序列DB-16小波分析的结果。d1、d2、d3、d4和a4分别表示0~3.5年、3.5~7年、7~14年、14~28年和大于28年的周期时间尺度, 从年际变化的角度看(即振荡周期在7年以下), 从20世纪50年代末至60年代末存在显著的3年左右的变化周期, 从70年代末至20世纪末表现为5年左右的周期, 而从年代际变化来看主要有80年代初至20世纪末的9年左右的周期和60年代中期至20世纪末的21年左右的振荡周期。

对于江淮梅雨(图4)主要表现为20世纪50~

表3 华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季不同周期成分的方差贡献率

Table 3 The variance of different cycle components of the first flood period in South China, the Meiyu over the Yangtze River and the Huaihe River and the rainy season in North China

周期 Cycle	华南前汛期降水 The first flood period in South China	江淮梅雨 Meiyu	华北雨季 Rainy season in North China
年际变化(2~7年) Inter-annual variation	79.2%	71.7%	67.2%
年代际变化(7~14年) Inter-decadal variation	6.2%	8.2%	16.0%
几十年代际变化(14~28年) Multi-decadal variation	9.3%	6.3%	7.1%

60年代3年左右周期、70年代末至20世纪2.5年左右周期和1950~1972年5年左右的周期的年际变化, 另外1972年以前还呈现出20年左右的周期的年代际变化。图5为华北雨季的演变情况, 从年际变化来看主要表现为1980年以前的5年左右的振荡周期; 年代际变化则显现为1980至20世纪末的9年左右和1972年以来的20年左右的振荡周期。

从表3可见, 华南前汛期降水年际变化特征最为显著, 江淮梅雨次之, 华北雨季最弱, 而年代际变化正好相反, 华北雨季最为显著, 华南前汛期降水最弱。

5 华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季旱涝与同期500 hPa高度场相关的对比

这里计算了华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季相应的Z指数时间序列与同期500 hPa高度场的相关系数(如图6)。

在500hPa高度上, 华南前汛期降水主要与其北侧的中纬地区的高度场呈显著负相关(图6a), 表明当其北侧中高纬地区高度场偏低时, 华南前汛期降水偏多, 反之则偏少; 江淮梅雨(图6b)与副高和鄂霍茨克阻塞高压呈显著正相关, 江淮地区正好位于两高之间的相对低值区内, 副高较强时向该地区

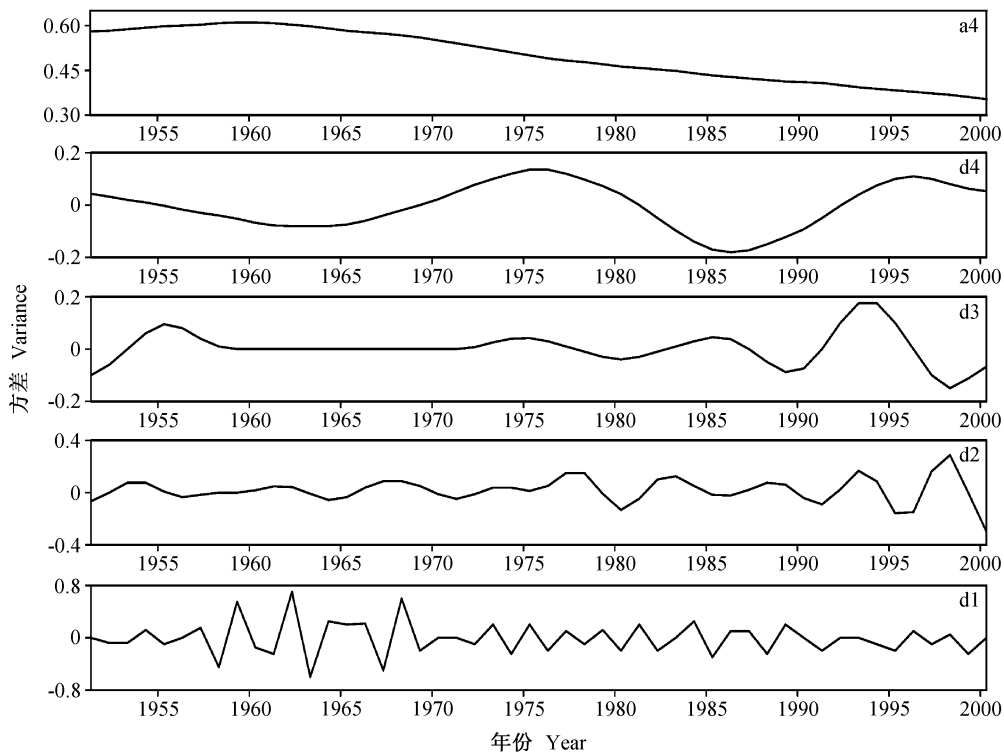


图 3 1951~2000 年华南前汛期降水 Z 指数时间序列 DB-16 小波分析(d1~a4 表示周期的时间尺度)：d1：0~3.5 年；d2：3.5~7 年；d3：7~14 年；d4：14~28 年；a4：大于 28 年
Fig. 3 The DB-16 wavelet analysis of Z Index of the first flood period in South China from 1951 to 2000; d1: 0 - 3.5 years; d2: 3.5 - 7 years; d3: 7 - 14 years; d4: 14 - 28 years; a4: over 28 years

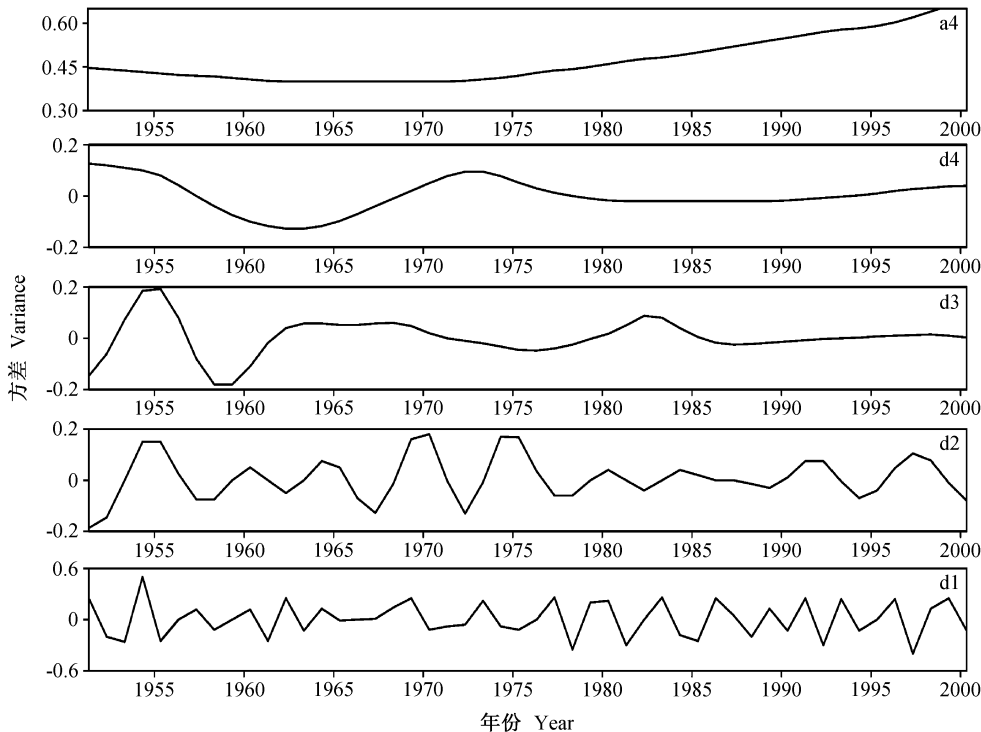


图 4 江淮梅雨，其余同图 3
Fig. 4 Meiyu over the Yangtze River and the Huaihe River valleys, the others are just the same as Fig. 3

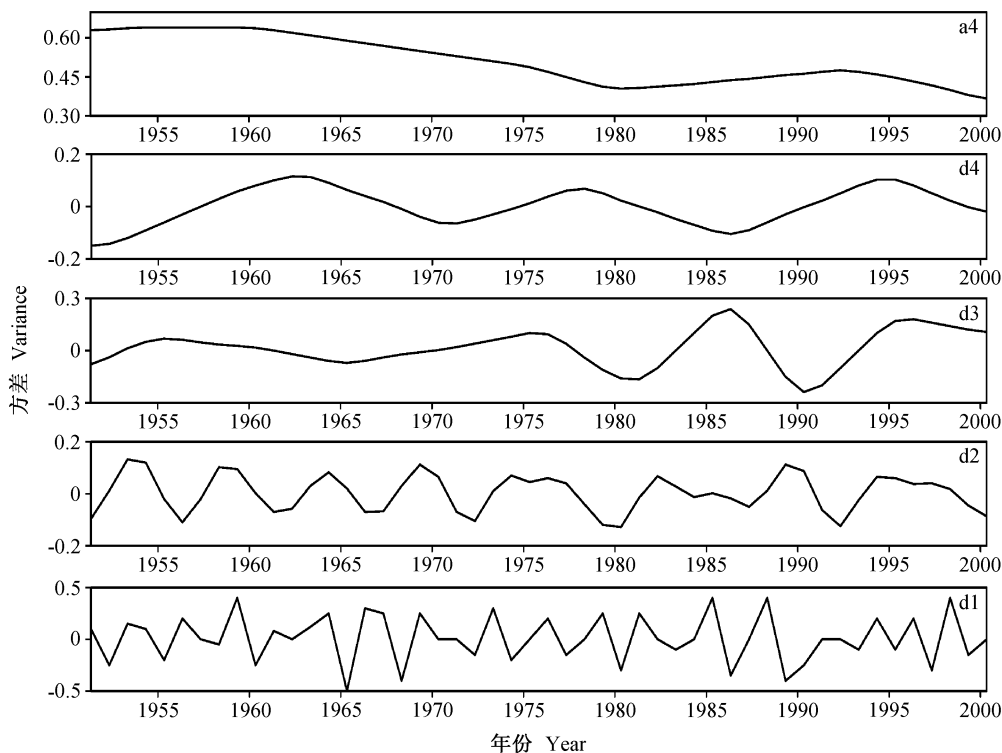


图 5 华北雨季, 其余同图 3

Fig. 5 Rainy season in North China, the others are just the same as Fig. 3

输送大量水汽, 而鄂霍茨克阻塞高压较强使得中纬地区西风分支, 冷暖空气在此交汇, 造成江淮梅雨偏多, 反之, 则偏少; 华北雨季(图 6c)与副高呈显著正相关, 而与其西北部的中高纬地区的高度场呈显著的负相关, 即当其西北部有低值系统发展时, 华北降水偏多, 反之, 则偏少。

6 华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季旱涝与前期海温相关的特征对比

还计算了华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季相应的 Z 指数时间序列与前期海温(前一年 11 月至当年 5 月)的相关系数, 由于篇幅所限, 这里仅给出相关系数达最大值月份的图。

华南前汛期降水的 Z 指数在前期 6 个月中主要有两个显著的相关区域: 一个是西太平洋暖池附近的持续显著负相关区, 表明暖池区附近海温偏低时, 后期华南前汛期降水量偏多的可能性比较大, 海温偏高时, 华南前汛期降水往往偏少; 另一个是位于孟加拉湾及其以南地区的负相关区, 在前期 2 月负相关达最大(见图 7a)。

江淮梅雨的前期, 首先是与西太平洋暖池附近海温的显著正相关(与华南前汛期降水正好相反), 4 月份该正相关达最大值, 第二个显著正相关区域位于中国东部及南部沿海, 在前期 1 月(图略)和 4 月达最大(图 7b), 即中国临近海域海温偏高时, 后期江淮梅雨往往偏多, 反之则偏少。另外, 与赤道东太平洋海温也呈显著正相关, 在 2 月份达最大(图略), 表明有 El Niño 现象发生时, 江淮梅雨偏多, 而 La Niña 现象发生时, 江淮梅雨很可能偏少。

华北雨季前期主要存在三个海温显著相关的海区(图 7c): 首先是位于西太平洋暖池的显著负相关(与华南前汛期降水相同), 在 1 月份达最大; 第二个是大西洋西部的显著正相关区(这也是与华南前汛期降水和江淮梅雨不同之处), 在 1 月份达最大; 最后一个是与北太平洋 SST 的负相关和北美洲西海岸的正相关, 这也是与华南前汛期降水和江淮梅雨不同之处, 表明华北雨季与前期 PDO(太平洋年代际振荡)的关系比华南前汛期降水和江淮梅雨更为密切。

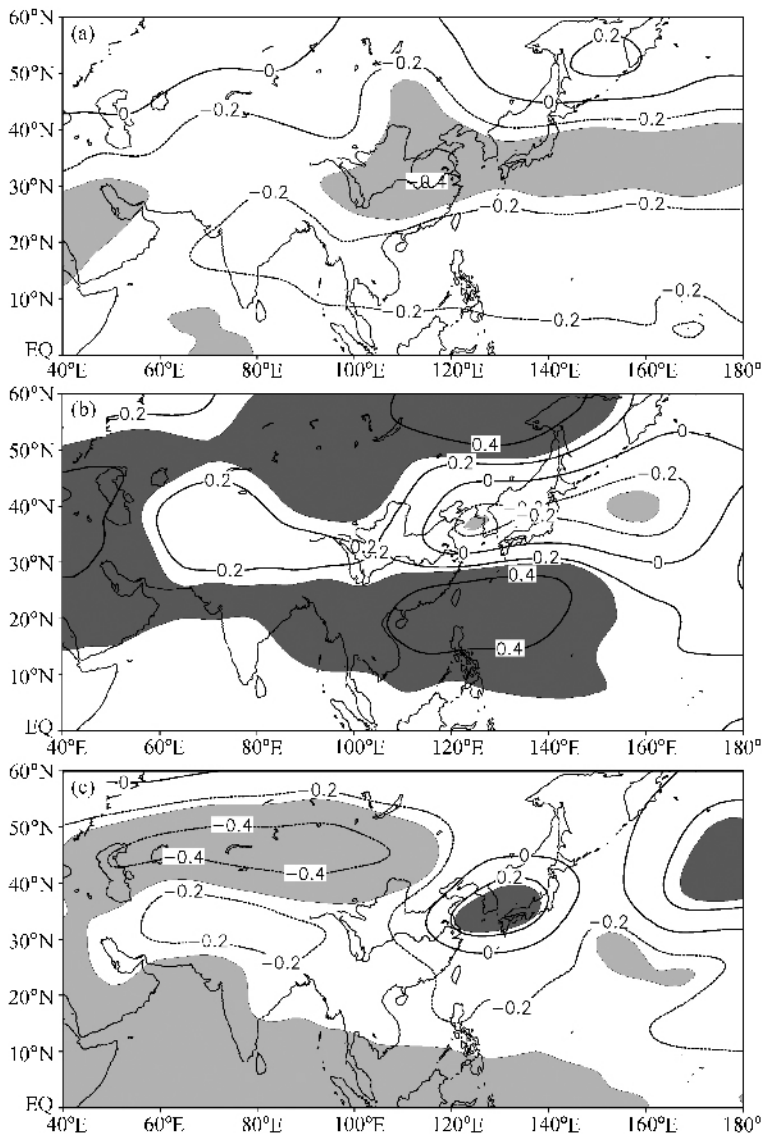


图 6 Z 指数与同期 500 hPa 高度场的相关图：(a) 华南前汛期降水；(b) 江淮梅雨；(c) 华北雨季。阴影表示置信度达 95% 的区域，浅灰为显著负相关，深灰为显著正相关

Fig. 6 The correlation between Z index and 500 hPa height field: (a) The first flood period in South China; (b) Meiyu; (c) rainy season in North China. Shaded area is over 95% significance level, the light area is for negative and the dark for positive

7 结论

(1) 近 50 年无论是华南前汛期降水、江淮梅雨，还是华北雨季，旱(涝)事件频率相当，华南和江淮洪涝强度大于干旱强度，华北干旱与洪涝强度相当，华南前汛期降水和华北雨季总体呈趋旱的趋势，而江淮梅雨呈趋涝的趋势。

(2) 华南前汛期降水年际变化最为显著，江淮梅雨次之，华北雨季最弱，年代际变化的情况正好相反，华北雨季最为明显。

(3) 从同期 500 hPa 高度场来看，华南前汛期降水多少与其北侧有无低值系统向南发展关系密切，江淮梅雨和华北雨季均与副高相关显著，不同之处在于前者还和鄂霍茨克阻塞高压呈显著正相关，而后者受其西北侧中高纬地区的环流影响较大

(4) 从前期海温来看，华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季均与西太平洋暖池附近的海温有着显著的相关关系，此外，华北雨季与大西洋西部和北太平洋海温关系比华南前汛期降水和江淮梅雨更为密切，江淮梅雨与中国近海海温相关关系最为显著，而

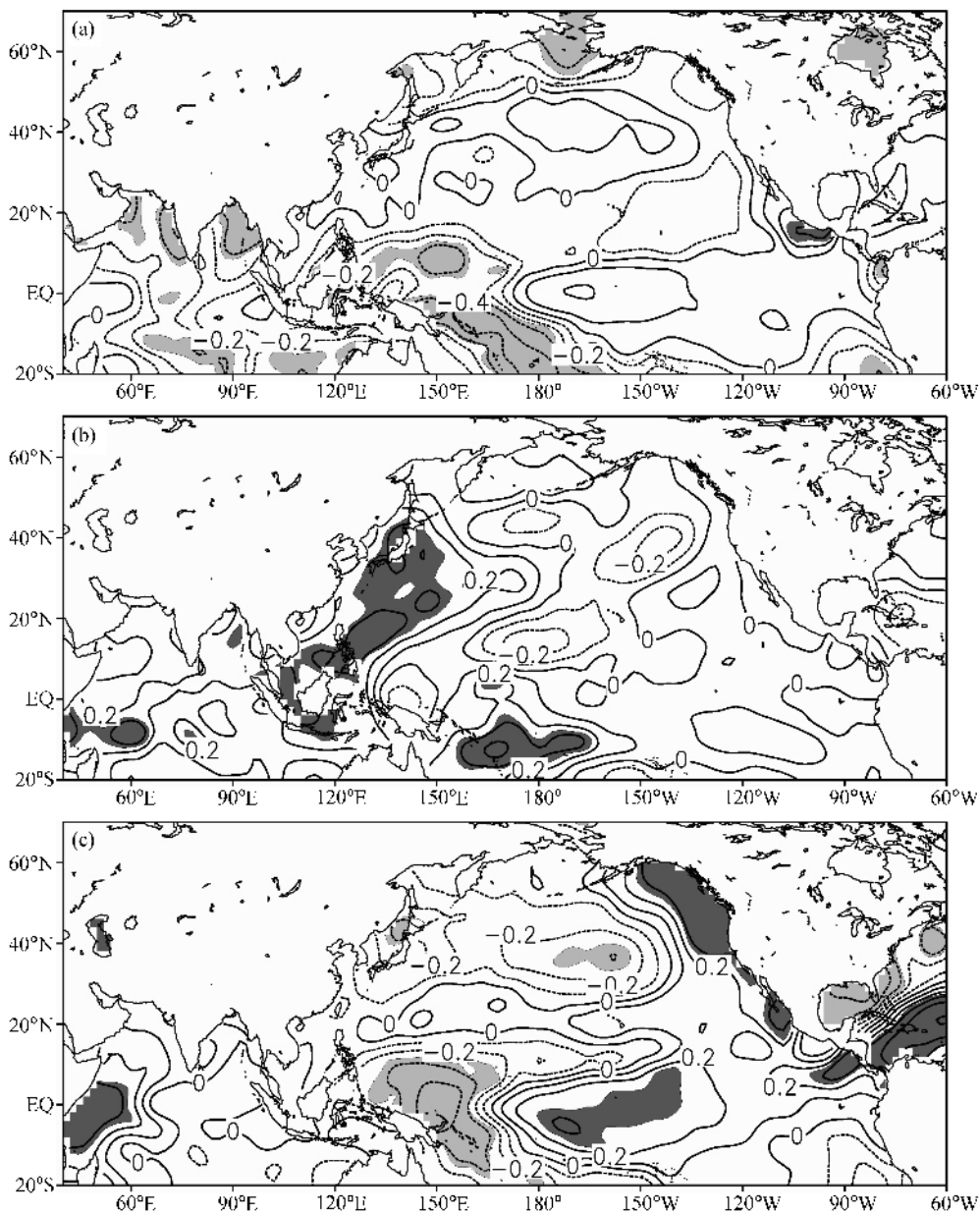


图 7 Z 指数与前期海温的相关: (a) 华南前汛期降水前期 2 月; (b) 江淮梅雨前期 4 月; (c) 华北雨季前期 1 月。阴影表示置信度达 95% 的区域, 浅灰为显著负相关, 深灰为显著正相关

Fig. 7 The correlation between Z index and the preceding sea surface temperature (SST): (a) The preceding Feb of the first flood period in South China; (b) the preceding Apr of the Meiyu; (c) the preceding Jan of the rainy season in North China. Shaded area is over 95% significance level, the light area is for negative and the dark for positive

华南前汛期降水与孟加拉湾附近海温相关最明显。

参考文献 (References)

- [1] 竺可桢. 东南季风与中国之雨量. 地理学报, 1934, 1(1): 1~27
Zhu K Z. The enigma of southeast monsoon in China. *Acta Geographica Sinica* (in Chinese), 1934, 1(1): 1~27
- [2] 涂长望, 黄士松. 中国夏季风之进退. 气象学报, 1944, 18

(1): 1~20

Tu C W, Huang S S. The advance and withdrawal of Chinese summer monsoon. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 1944, 18(1): 1~20

- [3] 朱乾根, 何金海. 亚洲季风建立及其中期振荡的高空环流特征. 热带气象学报, 1985, 1(1): 9~18
Zhu Q G, He J H. Features of the upper circulation in the establishment of Asian monsoon in 1979 and its medium-

- range Oscillation. *Journal of Tropical Meteorology* (in Chinese), 1985, **1** (1): 9~18
- [4] Tao S Y, Chen L X. A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China. *Monsoon Meteorology*, C. P. Chang and T. N. Krishnamurti, Eds. Oxford University Press, 1987. 60~92
- [5] Tao S Y, Chen L X. The East Asian summer monsoon. Proceedings of International Conference on Monsoon in the Far East. Tokyo, Nov. 5-8, 1985, 1~11
- [6] 黄荣辉, 孙凤英. 热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响. *大气科学*, 1994, **18** (2): 141~151
- Huang R H, Sun F Y. Impacts of the thermal state and the convective activities in the tropical western warm pool on the summer climate anomalies in East Asia. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (Scientia Atmospherica Sinica)* (in Chinese), 1994, **18** (2): 141~151
- [7] 吴国雄, 刘还珠. 降水对热带海表温度异常的邻域响应 I. 数值模拟. *大气科学*, 1995, **19** (4): 422~434
- Wu G X, Liu H Z. Neighborhood response of rainfall to tropical sea surface temperature anomalies Part I: Numerical experiment. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (Scientia Atmospherica Sinica)* (in Chinese), 1995, **19** (4): 422~434
- [8] 张琼, 刘平, 吴国雄. 印度洋和南海海温与长江中下游旱涝. *大气科学*, 2003, **27** (6): 992~1006
- Zhang Q, Liu P, Wu G X. The relationship between the flood and drought over the lower reach of the Yangtze River valley and the SST over the Indian Ocean and the South China Sea. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 2003, **27** (6): 992~1006
- [9] 陈隆勋, 李薇, 赵平, 等. 东亚地区夏季风爆发过程. *气候与环境研究*, 2000, **5** (4): 345~355
- Chen L X, Li W, Zhao P. On the process of summer monsoon onset over East Asia. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2000, **5** (4): 345~355
- [10] Chen G T-J. Large-scale circulations associated with the East Asian summer monsoon and the Mei-Yu over south China and Taiwan. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1994, **72** (1): 959~983
- [11] Jiang Z H, Chen G T-J, Wu M-C. Large-scale circulation patterns associated with heavy spring rain events over Taiwan in strong ENSO and non-ENSO years. *Mon. Wea. Rev.*, 2003, **131** (8): 1769~1782
- [12] 徐海明, 何金海, 姚永红. 江淮入梅的年际变化与前冬环流的联系及其可能成因. *南京气象学院学报*, 1999, **22** (2): 246~253
- Xu H M, He J H, Yao Y H. Interannual variability of the Meiyu onset and its association with the atmospheric circulation in the previous winter and possible causes. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology* (in Chinese), 1999, **22** (2): 246~253
- [13] Ting M F, Wang H. Summertime U. S. precipitation variability and its relation to Pacific sea surface temperature. *J. Climate*, 1997, **10** (8): 1853~1873
- [14] 张强, 鞠笑生, 李淑华. 三种干旱指标的比较和新指标的确定. *气象科技*, 1998, **26** (2): 48~52
- Zhang Q, Ju X S, Li S H. The Comparison of three floods-droughts criterions and the decision of a new criterion. *Meteorological Science and Technology* (in Chinese), 1998, **26** (2): 48~52
- [15] Cohen A, Daubechies I, Feauveau J-C. Biorthogonal bases of compactly supported wavelets. *Compute Appl. Math*, 1992, **45** (3): 485~560