

长江三峡地区夏季旱涝特征及气候预测^①

宋文玲 杨义文

(国家气候中心, 北京 100081)

提 要

利用 1951~2000 年间三峡地区上游 5 个流域区间(乌江流域、重庆—万县、万县—坝区、嘉陵江流域、岷沱江流域)面降雨量资料分析了三峡地区夏季 5、6、7、8 月及 6~8 月旱涝分布特点和成因,探讨了若干主要环流系统对这一地区夏季旱涝的影响,建立了长江三峡地区夏季降水趋势概念化预测模型;模型思路清晰,方法简便,历史拟合率较高,2000、2001、2002 年三年的预测结果基本是成功的。

关键词: 三峡 夏季旱涝 气候 预测

引 言

长江三峡地区夏季旱涝无论对当前三峡工程的施工建设还是对未来的经济发展都有重大影响。正确认识三峡地区夏季旱涝特征,深入探讨其旱涝成因,进而提出三峡地区夏季旱涝短期气候预测模型有着重要的意义。本文是三峡一期和二期工程期间气象保障服务研究与实践的初步总结,所用资料为五流域(乌江流域、重庆—万县、万县—坝区、嘉陵江流域、岷沱江流域)1951~2000 年面雨量资料。

1 气候特点

1.1 三峡东部地区主汛期在 5~7 月,西部地区主汛期在 7~8 月

三峡东部地区(乌江流域、重庆—万县、万县—坝区)夏季降水的气候特点与长江中下游比较接近,雨季集中期与长江中下游梅雨期趋势比较一致,夏季降水主要集中在 7 月中旬以前,盛夏 7~8 月份有一段伏旱期;从常年月面雨量变化趋势看(表 1),6 月最多,7、5 月次之,8 月最小,是典型的南方气候特点。西部(嘉陵江流域、岷沱江流域)与东部大不相同,由表 1 可见,初夏 5~6 月份面雨量小,降水主要集中在 7~8 月份,7~8 月份面雨量大约是 5~6 月的两倍。

表 1 三峡五个流域平均面雨量

(单位:mm,1961~1990 年的平均)

	东部			西部	
	乌江流域	重庆—万县	万县—坝区	嘉陵江流域	岷沱江流域
5 月	182	165	177	119	112
6 月	201	178	187	124	157
7 月	162	163	216	203	280
8 月	138	131	160	163	300
6~8 月	501	472	563	490	738

1.2 三峡东西部地区夏季面雨量趋势反位相分布

在夏季中国东部地区三类雨型分布图^[1]上,三峡地区处于中国大范围多(少)雨区西侧的分界线附近,艾锐秀等统计证明^[2]三峡东西部地区夏季降水趋势存在着反位相分布的特点,即当东部夏季降水偏多时往往西部偏少(即东部型降水),西部降水偏多时东部偏少(西部型)。这一特点可以从图 1 看出来。统计分析表明,1951~1999 年间,三峡流域东、西部地区夏季面雨量趋势有半数以上的年份属于反位相分布。另外,月、季面雨量资料,三峡流域东西部夏季面雨量的年际变化有显著差异。

1.3 局地性特点

三峡地区地域辽阔,地理地形复杂,形成了三峡地区夏季降水的复杂的气候特点。除上述降水趋势的反位相分布特点外,在大范

① 本文得到三峡二期工程气象保障服务技术开发项目 02-01 子专题的资助。

围多雨洪涝时常会出现局地性降水偏少(如1987年成都,1958年东南部局地),大范围少雨干旱时会出现局地性多雨(如1985年达县)。此外,川西雅安为国内著名的暴雨中心,夏季常年降水量几乎是相邻不远的成都的两倍,其夏季降水趋势也经常与周围地区相反,表现出很强的局地性特点。

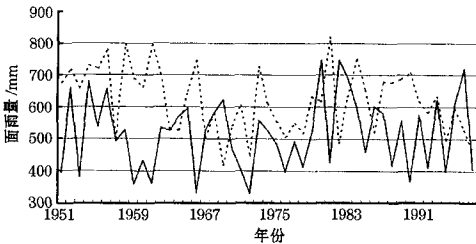


图1 三峡东(乌江流域、重庆—万县、万县—坝区)(实线)、西(嘉陵江、岷沱江流域)(虚线)部地区夏季(6~8月)历年平均面雨量

2 典型旱涝年环流背景分析

影响三峡地区夏季旱涝的环流机制的复杂性不仅在于典型旱涝年环流背景不同,还在于同样是夏旱(或夏涝),其环流模型也不是单一的。

2.1 不同环流背景的夏旱

对三峡地区而言,1972年和1994年是两个典型的夏旱年,但这两年的天气气候和环流背景却大不相同。在1972年夏季(6~8月)北半球500hPa季平均图(图2a)上,欧洲长波脊持续稳定,它与贝加尔湖脊的共同作用使亚洲的经向环流异常偏强。从其距平图(图2b)可以看出,整个欧亚地区甚至整个北半球的中低纬度都为负距平区,欧亚高纬度为正距平区,距平场经向梯度大。加之西太平洋副高异常偏弱偏东(图2a),更加不利于南方暖湿气流的北上。在这样的环流背景下出现了中国夏季数十年少有的大范围少雨干旱(图略);同时气温偏低,东北地区出现了少有的低温冷害。比较图3与图2,1994年无论是夏季北半球500hPa环流形势(图3a、3b)还是夏季旱涝分布(图略)几乎均与1972年相反。具体到三峡地区的夏旱而言,1994年是由于副高偏强偏西稳定控制的结果,属于副高控制型高温伏旱,而1972年则属低温干旱,不是副高控制型干旱,是在全国少雨的环流和天气背景下产生的。这两年西太平洋副高的强度和位置变化形成了鲜明的对比

(表2)。

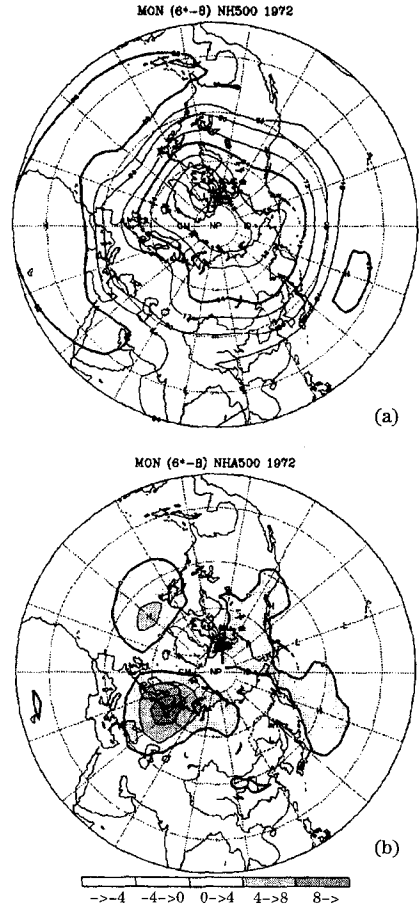


图2 1972年夏季(6~8月)北半球500hPa平均图(a)和距平图(b)

表2 三峡夏季典型旱涝年西太平洋副高强度指数和西伸脊点位置

		副高强度				西伸脊点(°E)			
		6月	7月	8月	6~8月	6月	7月	8月	平均
旱年	1972	22	5	30	57	128	150	128	135
	1994	83	73	91	247	115	120	100	112
涝年	1954	44	23	24	91	100	100	118	106
	1984	10	1	19	30	140	150	132	141

2.2 不同环流背景的夏涝

1954年和1984年,三峡地区夏季大范围降水偏多,但这两年的环流形势差别很大,全国范围的雨带分布和降水强度也不一样。从1954年夏季北半球500hPa季平均图(图4a)可以看出,欧亚地区为两脊一槽型,乌拉尔山高压和东亚阻高持续偏强,乌拉尔山高

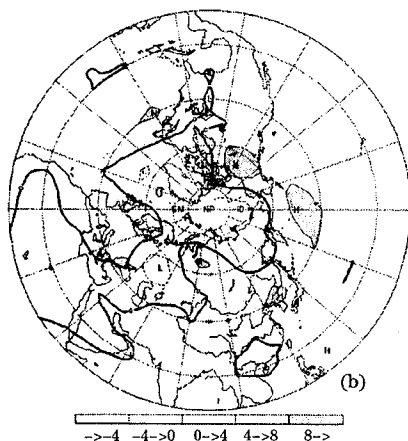
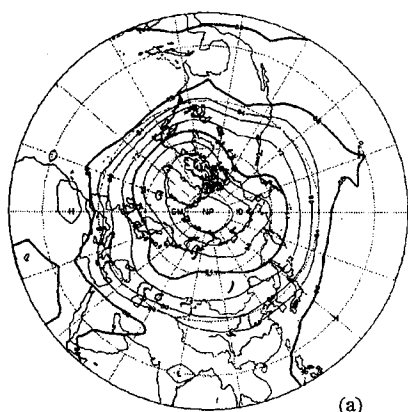


图3 1994年夏季(6~8月)北半球500hPa
平均图(a)和距平图(b)

压把西伯利亚冷空气源源不断地输入我国,东亚阻高使西太平洋副高和副热带锋区长期维持在偏南的位置上,由于西太平洋副高异常偏西偏南(表3),为冷暖气流在长江流域交汇造成了有利条件。距平场上(图4b)欧亚地区从高纬到低纬的+ - +波列分布就是典型的长江流域夏涝模型,由于这种形势的持续稳定存在,长江流域暴雨、大暴雨接连不断,雨日多,雨季长,是中国百年不遇的夏涝年(图略)。

1984年的环流形势(图5a、b)和1954年显然不同,除了西风带长波槽脊位置和强弱不同外,欧亚地区中低纬的距平趋势几乎完全相反,尤其是西太平洋副高的强度和位置变化形成鲜明的对比(表2),在1984年夏季

环流形势下,我国长江以北至黄河以南地区以过程性降雨为主,同1954年相比大雨、暴雨不连续也不集中,没有形成严重洪涝,但由于过程性降水频繁,夏季累计降水量仍然明显偏多。而1954年三峡地区多雨是在长江流域性洪涝的环流条件下形成的。

以上对比分析足以说明,造成三峡地区夏季旱涝的环流机制是十分复杂的。

3 主要影响因子分析

3.1 极涡

北半球极涡是冷空气源地,其强度和位置直接关系到入侵中国的冷空气势力的强弱和入侵路径。预测实践表明,当7月份亚洲区极涡强度指数较强时有利于中国南方地区多雨,从而有利于三峡东部或东南部地区降

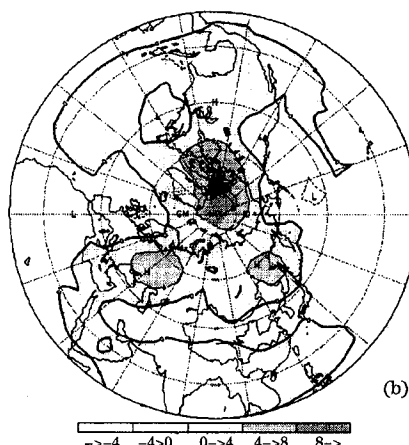
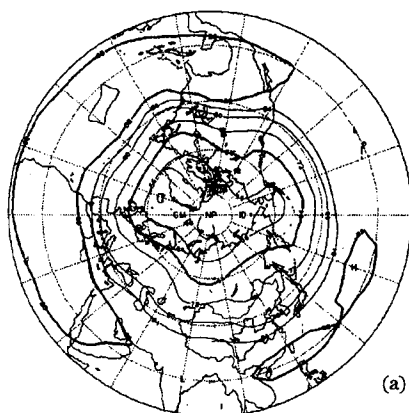


图4 1954年夏季(6~8月)北半球500hPa
平均图(a)和距平图(b)

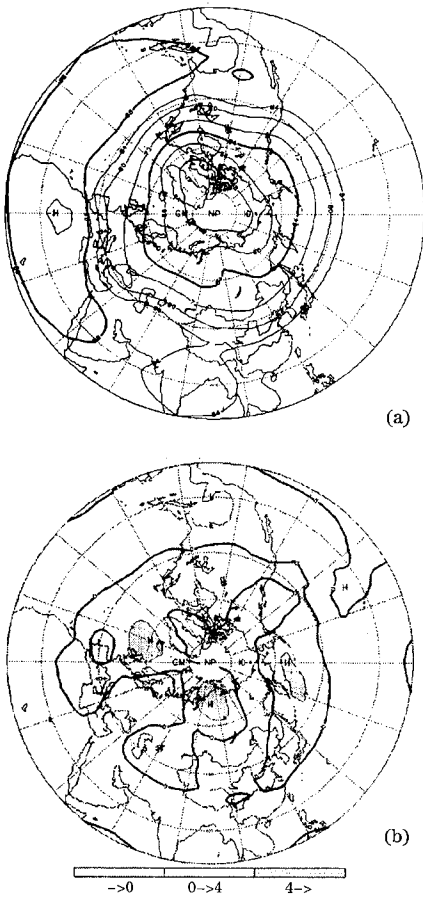


图5 1984年夏季(6~8月)北半球500hPa平均图(a)和距平图(b)

表3 7月份有东亚阻高年三峡东部月、季面雨量/mm

年份	1952	1954	1968	1969	1970	1974	1980	1982	1986	1991	1993	1996	1998	1999	平均(1961~90)
夏季面雨量	622	706	584	641	470	525	754	749	600	581	622	728	766	596	518
7月面雨量	197	310	240	256	229	113	239	335	295	242	248	322	213	196	182

方降水偏多的年份,通常也是三峡东部或东南部地区容易偏多的年份。7、8月份西太平洋副高西伸明显,但副高脊线较常年偏北的年份一般是华北、西北东部、或东北降水偏多的年份,三峡西部或西北部往往降水偏多。我国气候预测领域的科研人员和业务工作者目前积累了一套根据前期秋、冬季大气环流,赤道太平洋海温的变化以及太阳黑子活动预报夏季副高强度和位置变化的经验和方法,从而为中国夏季也为三峡夏季月、季降水趋势预测提供了重要依据。

水偏多,即容易出现东部型降水;反之有利于中国北方地区多雨,这时三峡西部或西北部降水容易偏多,即易出现西部型降水。

3.2 东亚阻高

夏季东亚阻塞高压是影响中国夏季降水的重要环流系统,它的存在和发展使东亚西风带锋区分成南北两支,造成其南侧的副热带锋区位置较常年偏南,不利于西太平洋副高北进。在这种环流背景下中国夏季降水多为南方类雨型;例如东亚阻高配合西太平洋副高西伸偏南这种环流形势是长江流域多雨洪涝的普遍模式^[3],在这种形势下三峡地区或者为大范围偏多,或者为东部型偏多。

表3是7月份14个东亚阻高年^[4]三峡东部地区月、季面雨量趋势的统计结果,其中夏季平均面雨量为518mm,7月平均面雨量为182mm,14年中只有一年(1970年)三峡地区夏季面雨量偏少,一年(1974年)7月面雨量偏少。

3.3 西太平洋副高

西太平洋副高的强度和位置变化决定着南方暖湿气流和北方冷空气交汇的位置和方式,从而决定了中国大范围地区夏季降水趋势^[3],也就决定了三峡地区夏季降水趋势。经验表明,初夏6月份西太平洋副高明显西伸同时月平均脊线明显偏北($\geq 21^\circ\text{N}$)的年份、7月份西太平洋副高明显西伸同时月平均脊线明显偏南($\leq 25^\circ\text{N}$)的年份大都是南

3.4 高原高压

夏季青藏高原500hPa高度场高度偏高有利于高原高压系统不断分裂东移,分裂东移的高压系统与西太平洋副高合并,致使西太平洋副高西伸北抬^[5],这种现象在西太平洋副高较强阶段尤其容易发生,这是有利于三峡西部降水偏多的一种重要环流形势。表4给出夏季高原500hPa指数区($30\sim 40^\circ\text{N}$ 、 $75\sim 105^\circ\text{E}$)距平 $\sum H$ 大于10的年份西太平洋副高西伸脊点(GJ)、平均脊线(GX)及三峡西部面雨量,由表4可见,在夏季青藏高

表4 夏季高原指数距平大于10的年份副高西伸脊点、平均脊线、三峡西部面雨量

年份	1953	1956	1959	1961	1962	1963	1966	1973	1988	1994	1996	平均
ΔH	52	53	21	43	18	26	23	13	10	16	50	
GJ_{6-8}	96	116	116	111	108	118	107	117	113	111	106	
GX_{7-8}	29	27	27	30	29	26	29	29	23	31	25	
面雨量	659	781	688	797	703	528	747	725	677	497	527	614

原500hPa关键区距平大于10,西太平洋副高西伸脊点在120°E以西的11年中中有8年三峡西部降水偏多。高原高度场的长期变化趋势表明,其春夏季之间有较好的持续性,所以目前在实际业务中常把高原春季500hPa高度场特征作为夏季降水趋势预报的依据之一。

3.5 季风

夏季季风与三峡降水的关系是同季风与中国夏季大范围降水趋势的关系联系在一起的。根据赵汉光的分析^[6],夏季季风强年中国夏季容易出现北方类雨型即一类雨型,这种情况下三峡西部或西北部地区降水偏多,即西部型降水,夏季季风弱年中国夏季多为南方类雨型即三类雨型,这种情况下,三峡东部或东南部地区降水偏多,即东部型降水,夏季季风正常年多为二类雨型,三峡地区夏季降水情况比较复杂,东部型、西部型、全区多、全区少都可能发生(表略)。由于4月份东亚季风指数对夏季季风强弱有较好的指示意义,所以常把4月份东亚季风指数作为三峡夏季降水趋势预测的一个重要依据。

3.6 海温

海温变化对三峡地区乃至中国东部大范围地区天气气候的影响归根结底是通过海气相互作用来完成的,海气相互作用的复杂性决定了海温与中国夏季降水关系的复杂性;三峡地区作为长江上游的一个局部地区,这种关系就显得更为复杂。不过在海气相互作用的研究领域,赤道太平洋海温增暖3~5月后副热带高压增强这种现象相对来说可能是最明确和最稳定因而也是得到公认的事实。分析发现,当赤道太平洋海温发生异常增暖现象(El nino事件)从而激发西太平洋副高增强西伸时,盛夏副高脊线有偏南偏北两种可能^[7],如果脊线偏南,则中国夏季主要雨带位置偏南(三类雨型),三峡东部或东南部降水偏多,即为东部型降水;如果脊线位置偏

北,则中国夏季主要雨带偏北(一类雨型),三峡西部或西北部降水偏多,即为西部型降水。当赤道太平洋海温处于冷水位相(La nina)从而副高转入减弱偏东阶段时中国夏季多为(二类雨型),三峡地区以东部型降水为主。沙万英(“9.5”研究成果)统计了1868年以来34个反厄尔尼诺年长江上游三峡地区的夏季旱涝等级结果表明,夏季降水正常(3级)和偏多(2级)年共32年占总数的94%(表略)。

4 预测模型

按照三峡地区夏季旱涝特征,把三峡地区夏季降水趋势划分为西部多雨型、东部多雨型、全区多雨型和全区少雨型四种类型,根据三峡一期和二期工程期间气象保障服务的研究与实践,建立三峡夏季降水趋势概念化预测模型如图6。

本模型对1951~1999年期间三峡地区夏季降水趋势的历史拟合率达86%(42/49),其中东部型和西部型拟合较好(23/25),全区多雨型和全区少雨型次之。本模型预测2000年三峡地区夏季全区降水偏多,2001年和2002年全区偏少,取得成功。

5 小结

以物理因子分析为基础的天气气候学方法是三峡夏季降水趋势预测的基本方法。依此建立的三峡地区夏季降水趋势概念化预测模型思路清楚,方法简便,历史拟合率较高,近两年预测结果基本是成功的。但是必须指出,三峡大部地区位于28~33°N、100~111°E范围内,从平均环流看,这正是夏季西太平洋副高西部或西北侧的敏感位置,一般来说,当西太平洋副高偏西偏北时三峡西部或西北部容易处于冷暖空气交汇区从而有利于出现西部型降水;但是如果西太平洋副高异常偏西偏北,从而使整个三峡地区处于副高直接控制之下,三峡地区反而出现大范围高温伏旱(如1994年)。同样的道理,西太平洋副高

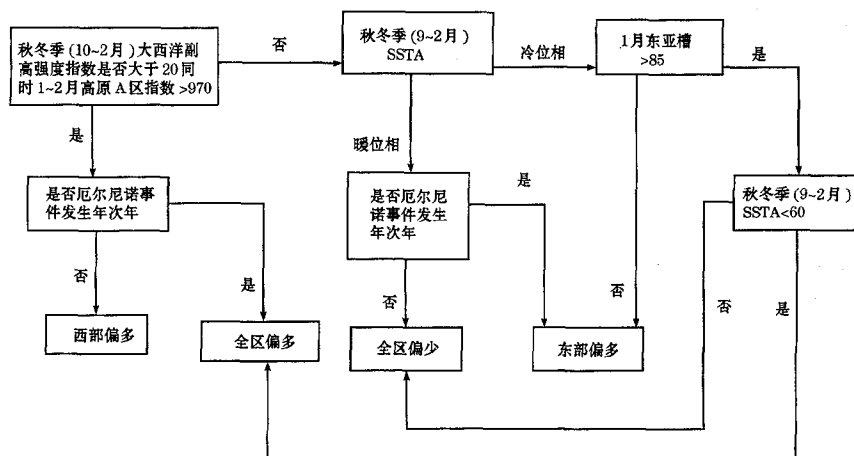


图6 三峡夏季降水趋势概念化预测模型

偏西偏南有利于三峡东部或东南部降水偏多,但是如果西太平洋副高极端偏南,致使三峡地区远离冷暖空气交汇的位置,也会导致三峡地区大范围少雨干旱(如1970年7月)。再如,当西太平洋副高偏东时三峡东部处于冷暖空气交汇区从而有利于出现东部型降水,但是在西太平洋副高极端偏弱偏东的年份(如1972年),夏季雨区很小且偏向东部沿海,远离三峡地区,结果也同样导致三峡地区大范围干旱少雨。这种复杂的影响机制大大增加了三峡地区夏季旱涝短期气候预测的难度。

此外,三峡地区大范围多雨洪涝时出现局地性降水偏少和大范围少雨干旱时出现局地性多雨也是三峡地区夏季旱涝短期气候预测的难点之一。

Characteristics of Drought/flooding in the Yangtze Gorges and Climate Prediction

Song Wenling Yang Yiwen
(National Climate Center, Beijing 100081)

Abstract

Based on the area rainfall data in the upper reaches of Three Gorges (including five valley: Wujiang, Chongqing-Wanxian, Wanxian-baqu, Jialingjiang, Mintuojiang) during 1951—2000, the drought/flooding distribution characteristics and its cause in May, June, July, August and summer in the Yangtze Gorges are analyzed. The impact of some main circulation systems on the area is studied, and the prediction models of various basins area rainfall are established respectively. The model predictions are successful during the years of 2000, 2001, 2002.

Key Words: Three Gorges drought/flooding in summer distribution characteristics climate prediction

参考文献

- 1 廖荃荪,赵振国.我国东部夏季降水季节预报方法,应用气象学报,1992,3(增刊):1~10.
- 2 艾锐秀,杨义文.长江三峡地区夏季降水型分析.长江三峡一期工程气象保障服务论文集.
- 3 杨义文.7月份两种东亚阻塞形势对中国主要雨带位置的不同影响.气象学报.2001,59(6):759~767.
- 4 杨义文.近51年夏季东亚阻塞高压,中国气象学会2002年学术年会论文集.北京:大气科学发展战略,北京:气象出版社,2002年:113~117.
- 5 叶笃正,高由禧.青藏高原气象学.北京:科学出版社,1979.
- 6 赵汉光,张先恭.东亚季风和我国夏季雨带的关系,“八·五”长期天气预报理论和方法的研究,北京:气象出版社,1996:73~78.
- 7 杨义文,吴晓曦,艾锐秀.El. nino事件发生次年夏季西太平洋副高季节性北跳与中国夏季雨型预测.应用气象学报,1998,9(增刊):90~99.