

松花江流域水旱灾害发生规律 及长期预报研究*

刘清仁

(黑龙江省水利科学研究所 哈尔滨 150080)

提要 以太阳活动为中心,以长期和超长期水文预报为目标,用数理统计分析方法,分析太阳黑子、埃尔尼诺事件(El Niño event)对松花江区域水文影响特征与其水、旱灾害发生的基本规律。揭示了“埃尔尼诺”和太阳活动11年周期的联系,把1810年~1991年间的太阳活动按强度划分为强弱两段,给出了强弱两段中事件产生不同水文影响的黑子数临界值,建立以黑子数为参数的“同年”水文计算的方程式。分析了1898年以来强弱两段中事件影响松花江流域发生水、旱灾害的规律性;用降水量为指标分析旱涝规律,揭示了降水量按磁周期时段呈丰、枯水周期性变化的规律。研究结果为长期水文预报提供了途径。

关键词 太阳黑子 埃尔尼诺 同年 磁周期 松花江流域

分类号 P338.6

1 前 言

松花江是我国七大江河之一,位于 $41^{\circ}42'N\sim 51^{\circ}38'N$, $119^{\circ}52'E\sim 132^{\circ}31'E$ 。流域面积 545639km^2 ,属季风气候区。境内降水量年内分配不均,年际变化很大,以致旱涝灾害频繁,探索旱、涝灾害发生、发展规律,进行长期预报研究,对防洪和水利规划建设决策有重要意义。

用实测的1750年~1991年太阳黑子相对数、1898年以来的埃尔尼诺事件和水文资料等,采用数理统计方法进行分析。考虑水文资料的实用性和流域的代表性,选择松花江哈尔滨站(控制面积 39.1万km^2)及其下游佳木斯站(控制面积 52.8万km^2)作典型分析。还按河流不同流向选择了嫩江、第二松花江(以下简称“二松”)、拉林河、牡丹江、汤旺河共5条支流的下游测站作控制分析。由于实测年最高水位(Z_m)达不到分析计算水位的高度,用警戒水位($Z_{警}$)作为衡量洪水的尺度。

2 埃尔尼诺事件的水文影响特征分析

2.1 埃尔尼诺事件与太阳黑子数的关系分析

埃尔尼诺事件是全球大尺度的海洋异常现象。它的发生、发展与我国天气的关系,已有过

本文于1992年4月4日收到,1993年9月6日收到修改稿。

*国家自然科学基金资助项目。

不少研究。本文通过厄尔尼诺强度与太阳黑子数对照分析,由图1可见:两者呈同步变化。1953年、1983年最强事件都发生在太阳活动较强时期;除第18准周不相关外,其它各准周都呈正相关或偏相关,并有每个准周的上升期和下降期各发生1次事件,每隔3、4次后又呈“闰”1次的规律。这就说明“厄尔尼诺”和太阳活动11年周期的成因有关。从图2可见,曲线①、②和曲线④都呈高低两段的变化,进一步说明“厄尔尼诺”对水文影响和黑子有关。据此,将1810年~1991年间的太阳活动按强度划分为强弱两段,即以第18准周峰年1947年,峰值151.6为分界,之前为弱段,之后为强段,于是按强弱两段分析“厄尔尼诺”对水文影响的特征。

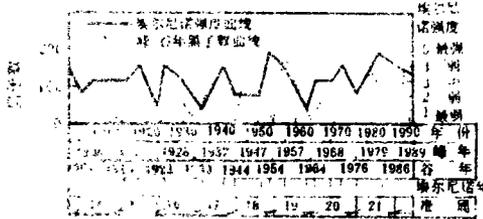


图1 厄尔尼诺强度和准周峰、谷年黑子数关系
Fig. 1. Relationship between "El Niño" intensity and sunspot numbers in the quasi-periodic peak and valley years

2.2 “同年”的水文影响特征分析

“厄尔尼诺”和太阳峰期发生在同一年简称“同年”。从图3可见,在“厄尔尼诺”年中,第14、15、19、20、22准周峰期,与1905年、1918年、1957年、1969年、1972年、1991年都是“同年”,强段中“同年”出现了95年记录中列第1、2位的高水位值。将“同年”特征与其水文影响特征列于表1。从表1可见:弱段中“同年”都没有发生较大洪水, R (“同年”黑子相对数) ≤ 80.6 , 强段中1972年“同年” R 为68.9, 属弱段范围, 也没有发生较大洪水。1957年、1969年、1991年3个“同年”都属强段, $R \geq 105.5$, 都发生了流域性的大洪水。上述分析呈现了强弱两段中“同年”不同水文影响特征的黑子数临界值。由于太阳活动的周期性波动, 强段中“同年”也会出现黑子数较低情况, 因此并非强段中所有“同年”都产生洪水的影响, 主要由黑子数决定, 弱段也是如此。“同年”的水文影响与“厄尔尼诺”强度及单双周无关。由此得

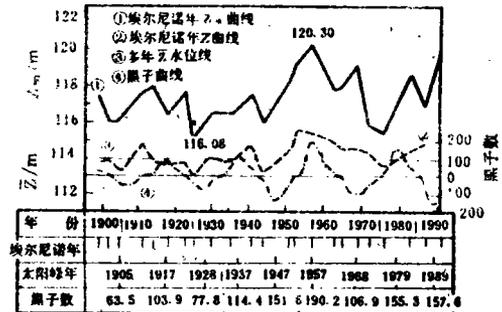


图2 厄尔尼诺年哈尔滨站年最高水位、年平均水位和太阳活动的关系
Fig. 2. Relationship between the highest water level and annual average water level of the Harbin station and sun's activity in "El Niño" years

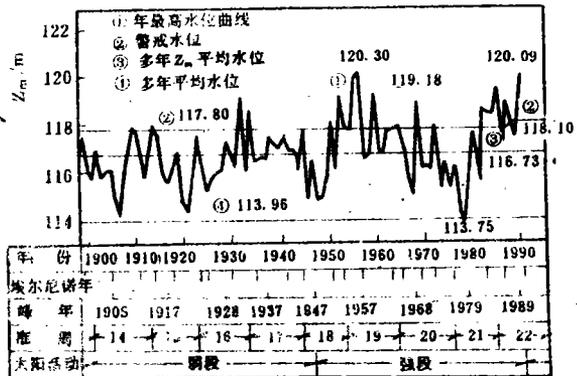


图3 哈尔滨站 Z_m 和厄尔尼诺、太阳活动的关系
Fig. 3. Relationship between Z_m of the Harbin station, "El Niño" and sun's activity.

$$Z_{mj} = 0.0345R + 113.72 \quad (1)$$

式中 Z_{mj} 为计算洪水位(m), R 为“同年”黑子相对数(个)。式(1)适用于最弱~强等事件“同年”哈尔滨站的计算(需做淤障等阻水系数修正)。

据此分析1957年、1991年的诸要素,就不能单纯用“同年”加以解释1991年大水的驱动力。发现与6月4日4B级耀斑1个,6月6日3B级耀斑2个有关,进一步揭示了耀斑的复合天气效应。

表1 “同年”特征与哈尔滨站水文影响特征统计
Table 1. “Same year” characteristic and hydrologic feature at the Harbin station

序号	太阳活动			埃 尔 尼 诺	Z_m	Z_m 与警戒水位的比较			备注
	准周	时期	年份			黑子数	诺强度	(m)	
1	14	峰期	1905	63.5	中	116.11	117.80	-1.75	弱段
2	15	峰期	1918	80.6	强	116.40	117.80	-1.40	弱段
3	19	峰期	1957	190.2	强	120.30	117.80	2.50	强段
4	20	峰期	1969	105.5	中	119.18	117.80	1.38	强段
5	20	峰期	1972	88.9	强	115.98	117.80	-1.82	强段
6	22	峰期	1991	145.7	中	120.09	118.10	1.99	6月4日4B级耀斑1个

注:佳木斯站 Z_m 曲线类型和哈尔滨站基本一致(略)。

表2进行同等条件下的比较,哈尔滨站呈3次正距平,达到100%,佳木斯站呈2次正距平,为66.7%。说明了“同年”的水文影响对松花江上段较强,对下段的影响相对较弱。

表2 “同年”与黑子、埃 尔 尼 诺 单 因 子 水 文 影 响 比 较
Table 2. Comparison of “same year” and sunspot “El Niño” single factor hydrology influence

强 段	“同年”特征和水文影响			“同年”与黑子水文影响的比较				“同年”与埃 尔 尼 诺 水 文 影 响 的 比 较						
	同年年份	水文影响		$Z_{m黑}$	比 较			埃 尔 尼 诺 年	$Z_{m黑}$	比 较				
		测站	Z_m		年份	(m)	距平(m)			正距平次数	正距平占比率(%)	(m)	123456	距平(m)
22	1991	哈尔滨	120.09	1986	119.58	0.51	1	1983	118.72	1.37	1			
		佳木斯	80.21	1981	78.87	1.34	1	1883	77.76	2.45	1			
20	1969	哈尔滨	119.18	1965	117.98	1.20	1	1865	117.98	1.20	1			
		佳木斯	78.53	1961	79.26	-0.73		1965	79.06	-0.52				
19	1957	哈尔滨	120.30	1956	120.06	0.24	1	1953	119.30	1.00	1			
		佳木斯	80.10	1956	80.02	0.08	1	1953	78.76	1.34	1			
Σ		哈尔滨					3				3	100		
		佳木斯					2				2	66.7		

综上所述,揭示了强弱两段中“同年”的不同水文影响特征,以及强段中“同年”产生流域性大洪水影响的规律性。应用“同年”关系分析,曾对1991年作出大水预报,完全符合实际。

2.3 23次事件对全流域水文影响特征的分析

2.3.1 哈尔滨站、佳木斯站的典型分析

分析1898年~1991年间共发生23次事件对松花江流域的水文影响特征。分别用洪水指数

($+\Delta Z_m$)、平水指数($+\Delta Z$)、枯水指数($-\Delta Z$)进行量化分析($+\Delta Z_m = Z_m - Z_{\text{平}}$; $\pm \Delta Z = \overline{Z_{\text{多}}} - \overline{Z}$)。式中 Z_m 为年最高水位(m), $\overline{Z_{\text{多}}}$ 为多年平均水位(m), \overline{Z} 为埃尔尼诺年平均水位(m)。

表3 埃尔尼诺事件对松花江干流典型站的水文影响特性
Table 3. Influence of El Niño event on the hydrologic feature of typical station along the main stream of the Songhua River

太阳活动	埃 尔 尼 诺 年			哈 尔 滨 站				佳 木 斯 站			
	年份	强度	黑子数	ΔZ_m		ΔZ		ΔZ_m		ΔZ	
				当年	后1年	当年	后1年	当年	后1年	当年	后1年
弱 段	1899	各	12.1	-	-	-	-				
	1902	年	5.0	-	-	-	-				
	1905	在	63.5	-	-	-	-				
	1911	最	5.7	-	-	+	-				
	1914	弱	9.6	+	-	-	+				
	1918	}	80.5	-	-	-	-				
	1923		强	5.8	-	-	-	-			
	1925	之	44.3	-	-	-	-				
	1930	间	35.7	-	-	-	-				
	1935	变	36.1	-	-	-	+	-	-		
	1941	化	47.5	-	-	+	-	-	-	-	-
	1944		9.6	-	-	-	-	-	-	-	-
	Σ			+0/11	+0/12	+2/12	+2/12	-3/3	-3/3	-2/2	-2/2
强 段	1951	各	69.4	+	-	+	+	+	-		
	1953	年	13.9	+	+	+	+	-	-	+	+
	1957	在	190.2	+	-	+	+	+	-	+	+
	1963	最	27.9	-	+	+	+	-	+	+	+
	1965	弱	15.1	+	-	+	+	-	-	+	+
	1969	}	105.5	+	-	+	+	-	-	+	-
	1972		最	68.9	-	+	-	+	-	-	+
	1976	强	12.6	-	-	-	-	-	-	-	-
	1983	之	66.6	+	+	-	-	-	-	-	+
	1987	间	29.3	-	+	+	+	-	-	+	+
	1991	变	145.7	+	-	-	-	+	-		
		Σ	化		+7/11	+5/11	+7/10	+8/10	+1/10	+1/10	+7/9

由表3可见,弱段中12次事件,哈尔滨站仅在1914年出现1次 $+\Delta Z_m$,距平0.24m,是受谷后影响。佳木斯站没有出现 $+\Delta Z_m$ 。说明弱段中事件不产生洪水影响,从出现 $-\Delta Z$ 看出产生枯水影响,都与事件强度无关。在强段中的11次事件中,1953年、1983年最强事件的当年和后1年,哈尔滨站都出现 $+\Delta Z_m$,佳木斯站未出现 $+\Delta Z_m$,说明只在上段产生洪水影响。其它6次事件中,仅在1965年出现 $+\Delta Z_m$,距平0.18m,是受谷后影响。其余5次事件年黑子数属弱段范围,不产生洪水影响。分析 $+\Delta Z$ 的出现机率,哈尔滨站分别为70%、80%,佳木斯站均为70%。分析强弱两段23次事件洪水影响的黑子数临界值与“同年”相同。由图4的两个水位距平指标都呈高低两段的变化,验证了用强弱两段规律分析的可靠性。

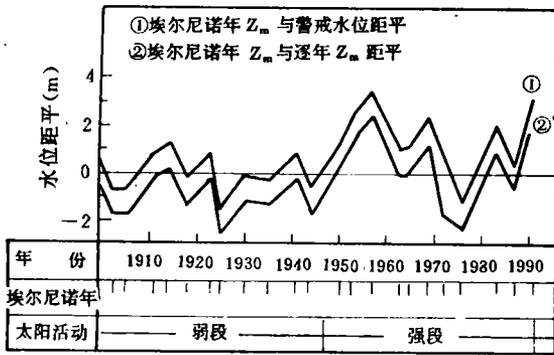


图4 哈尔滨站水位距平和太阳活动强度的关系
Fig. 4. Relationship between the anomaly of water level at the Harbin station and intensity of sun's activity

2.3.2 全流域的控制分析

支流各站资料系列基本属于强段，主要对强段进行控制分析。从图5、表4可见：

嫩江的大赉站。1957年“同年”当年与前1年和1969年“同年”当年出现 $+\Delta Z_m$ ，产生洪水影响。1953年、1983年最强事件的当年和后1年，都产生洪水影响。1935年、1987年为谷后，都分别出现 $+\Delta Z_m$ ，亦产生洪水影响。其它厄尔尼诺年的黑子数属弱段范围。

二松的扶余站。两次最强事件的当年产生洪水影响。1957年、1969年“同年”当年都未出现 $+\Delta Z_m$ ，而在第19、20、21准周期谷期即1951年、1965年、1976年分别出现 $+\Delta Z_m$ ，表现为“厄尔尼诺”和地理机制。

拉林河的蔡家沟站、牡丹江的牡丹江站，事件的前1年~后1年对这两个水系都产生枯水影响。仅偶尔在谷期出现 $+\Delta Z_m$ ，牡丹江也仅在1957年“同年”出现1次 $+\Delta Z_m$ ，因为这两个水系位于黑龙江省东部山区张广才岭和老爷岭北麓，与地理位置有关，表现为地形机制。

汤旺河的晨明站。1983年与其前1年出现 $+\Delta Z_m$ ，表明最强事件产生洪水影响。后1年，除两次 $+\Delta Z_m$ 外，其它各年 Z_m 位次普遍较低，表明产生枯水影响。这两次 $+\Delta Z_m$ 都出现在谷期， Z_m 位次也较高，说明谷期事件产生较大的洪水影响。分析“同年”并与其对比，1969年、1972年与其前1年都出现 $+\Delta Z_m$ ，说明“同年”产生洪水影响。1957年、1991年“同年”却出现 $-\Delta Z_m$ 。由这些关系看出，表现为“厄尔尼诺”和地理机制。

还看出，1991年“同年”除晨明站外，其它各站均出现 $+\Delta Z_m$ 。其它未列入分析的中小支流也都发生了较大洪水，哈尔滨站、佳木斯站 Z_m 分别是120.09m、80.21m，都是有水文记录以来的第二位高水位值。揭示了耀斑与“同年”复合对全流域的水文影响特征。

综上典型站和全流域的控制分析，揭示了厄尔尼诺事件影响松花江流域发生水、旱灾害的

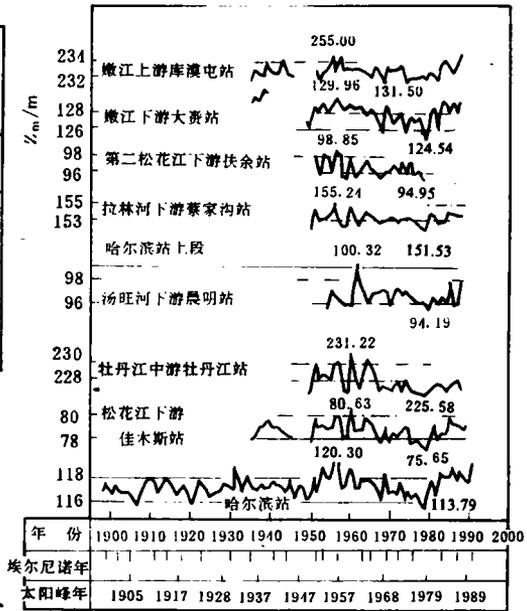


图5 松花江流域各站年最高水位和“厄尔尼诺”、太阳活动的关系
Fig. 5. Relationship between the highest water level of every station in the Songhua River Basin, sun's activity and El Niño

一般规律。

表4 埃尔尼诺事件对松花江支流控制站的水文影响特征

Table 4. Influence of El Niño event on the hydrologic feature of the control stations along the tributary of the Songhua River

埃 尔 尼 诺 年	嫩江 流向: SSW F: 28.3 大赉站		二松 流向: NW F: 7.8 扶余站		拉林河 流向: NWW F: 1.92 蔡家沟站		牡丹江 流向: NNE F: 3.7 牡丹江站		汤旺河 流向: SSE F: 7.08 晨明站			
	前1年	当年	后1年	前1年	当年	后1年	前1年	当年	后1年	前1年	当年	后1年
1935		+	+									
1944												
1951	-	-	-		+	-	-	+	-	-	-	-
1953		+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
1957	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-
1963	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-
1965	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+
1969	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
1972	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+
1976	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
1987	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+
1991		+		-	+	-	+		+			

注: ①F为全流域面积, 单位万km²;

3 太阳黑子对松花江水文影响特征的分析

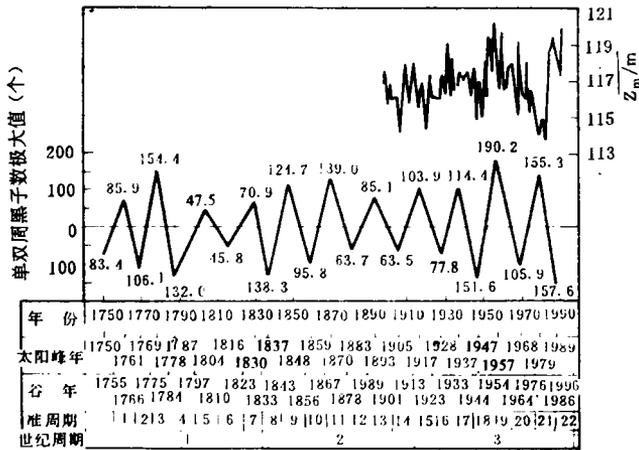


图6 哈尔滨站年最高水位和单双周期黑子数极大值关系

Fig. 6. Relationship between the highest water level of Harbin station and the maximum of sunspot numbers in the single and double period

由图6曲线可见, 太阳黑子对松花江流域呈现明显的水文影响。首先分析世纪周期上升段与其单双周的水文影响特征。1913年~1957年是世纪周期上升段, Z_m与太阳活动呈同步上升的变化规律, 与黑子呈线性关系。这个时段共有7个单双周。结合图3、图6分析表5可见: 峰期Z_m第15准周呈中值并出现异常下降, 第17准周呈中值, 表明单周峰期产生中水影响。这两个准周起始谷年前后, 都各出现一次洪水水位值, 说明谷期产生洪水影响, 且随着太阳黑子活动上升, 洪水水位升高, 时间间隔缩短, 由谷期向峰期延伸, 频率升高。例如第15、17准周频率为

0.40、0.67, 第19准周谷前~峰年频率为0.88, 可见类似这样最强的太阳活动周逐年都应警惕防洪。据此, 可用谷年和峰年两个基点分析洪水发生时间, 并建立(2)式

$$Z_m = 0.024R + 116.705 \quad (2)$$

式中 Z_m 为计算洪水位(m), R 为黑子相对数(个)。式(2)适用于哈尔滨站的分析(需要做河道、桥梁等淤障系数修正)。 R 的取值: 谷期洪水年取前一个准周峰值, 其它洪水年取当年值。例如第15准周谷期两次洪水, 第14准周 R 峰值63.5, Z_m 为118.23m, 与实测 Z_m 距平分别是0.19m和0.18m。第17准周两次洪水, 第16准周 R 峰值77.8, Z_m 为118.57m, 与实测 Z_m 距平各为-0.65m(异常)和-0.04m。由这个计算分析揭示了单周谷期发生洪水受前一个双周峰值支配, 黑子与水文气象要素呈反相关是现象, 本质依然呈正相关的物理意义。由图6、图3可以看出, 第14、16、18准周, Z_m 也随太阳活动同步上升, 但不产生洪水影响, 谷期呈中水影响, 峰期呈低水影响。

表5 太阳活动(单周)特性和谷、峰年前后与哈尔滨站洪水特征统计
Table 5. Characteristic of sun active single cycle feature, and the flood before and after peak and valley year

站	太阳活动特征				警戒水位(m)	太阳活动与洪水发生时间关系								
	太阳周	极大年		最小年		年	Z_m (m)	与警戒水位距平(m)	距峰年时间(a)		距谷年时间(a)			
		年份	黑子数	年份					黑子数	前	后	前	后	
哈尔滨	15	1917	103.9	1913	1.4	1910	118.04	+0.24	7			2		
						1914	118.05	+0.25	3				1	
	17	1937	114.4	1933	5.7	1932	119.22	+1.42	5			1		
						1934	118.53	+0.73	3	3				
						1951	118.12	+0.32	6			3		
	19	1957	190.2	1954	4.4	117.80	1953	119.30	+1.50	4			1	
						1954	117.90	+0.10	3				当年	
						1956	120.06	+2.26	1				2	
						1960	119.52	+1.72			3		6	
						1957	120.30	+2.50	当年	当年			3	

世纪周期下降与其单双周的水文影响特征。1957年~1992年为世纪周期下降。第20准周 Z_m 随太阳活动同步下降, 受第19准周 R 峰值支配, 在起始谷年前后出现接近或略高于 Z_m 的 Z_m 值。峰期受“同年”影响, 仅在1969年出现一次洪水, 其它年份呈低水。第21、22准周峰值和 Z_m 都呈异常波动。图7是美国科学家

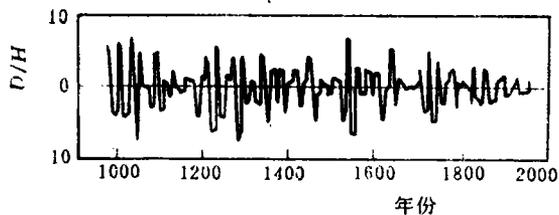


图7 树木年轮氘—氢含量[D/H]与时间关系
Fig. 7. Relationship between the content of D/H in the tree annual ring and time

爱普斯坦和耶普测定树木年轮纤维素中氘—氢相对数值[D/H]的千年资料, 间接地反映太阳的韵律[1]。分析图7可见, 每个世纪周期的转换时期, [D/H] 都出现相对的峰值, 和第21、22准周的异常波动呈一致性。说明这种异常属太阳活动所固有的规律性。以此说明第15、16准周 Z_m 逆转, 以及第1、2准周和7、8准周天文逆转。单双周的水文影响不同与太阳磁场极性交替有关,

还与天文逆转有关。从图6看出,这种逆转的不同水文影响与太阳活动强度有关。

4 太阳黑子影响旱涝规律分析

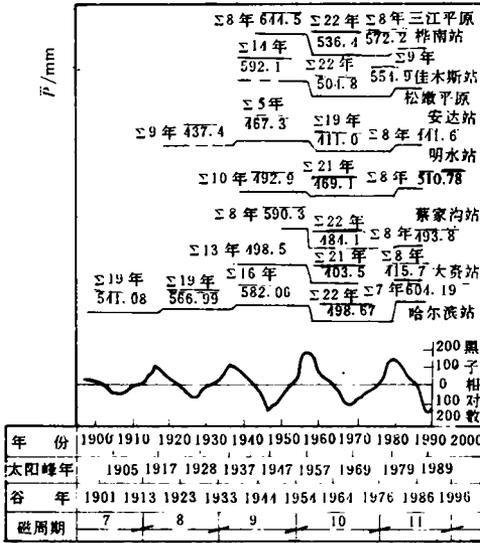


图8 松花江流域各站多年平均降水量和太阳活动周期的关系
Fig. 8. Relationship between the mean annual precipitation of every station in the Songhua River Basin and the period of sun's activity

子活动作为随机事件的相同条件考虑的,事实上由于准周的上升或下降,加之大气降水受多因素影响,因此正如在枯水周期内也会有多雨的个别年份发生一样,在丰水周期内,也可能会有个别干旱的年份发生,但总的趋势不会改变。例如第10磁周是枯水周,在这个时段中共发生5次洪水,16个年份呈现干旱,机率76.2%。松嫩平原形成区域性的“漏斗”。第11磁周是丰水周,进入1980年后,松嫩平原“漏斗”恢复。到1992年间仅有3个年份发生干旱。共发生9次洪水,机率为69.2%。笔者早在1985年曾作出过1980年~2002年是丰水周期的预报,到目前阶段已部分证明了笔者的预报。

此外,由图3可见,洪水的后一年, Z_m 多呈陡坡下降,出现枯水,规律性很强。

实践证明,本项原理性方案即综合运用揭示的各种基本规律,结合天文背景和海洋背景的回归分析,初步建立了简明的预报方法。预测1994年~1997年及2000年前后可能会发生洪水,2002年~2025年可能会出现枯水周期。

5 结 论

分析认为:太阳黑子、“埃厄尔尼诺”是产生水文气象影响的决定因素。通过对两大因素和 Z_m 、 P 等要素之间关系的分析,揭示了地球上的海洋现象、大气现象和水文现象都受太阳活动

水文站点的选择,除遵循上述原则外,还力图回避地形影响,选择平原地区的站点进行分析计算。揭示了多年平均降水量(\bar{P})按磁周期峰年时段呈丰、枯水周期性变化的规律性。根据美国天文学家 G.E 海耳等研究 [2.3] 发现,在一个11年活动周中,对于典型的偶极黑子群而言,前导黑子(或后随黑子)的极性,北半球几乎总是相同的,而南半球与北半球相反。黑子群的极性随着11年周期的交替而进行交换,当黑子群极性分布转换到与原来相同时的时间为磁周期,也即22年周期。由图8看出:丰水段比枯水段 \bar{P} 距平30~50mm;第7磁周期时段 \bar{P} 曲线仍呈枯段,分析这个时段中第14准周峰值,说明本规律不受 $R \leq 63.5$ 的太阳活动周支配;本项研究是把太阳黑

支配的基本原理和普遍规律。分析“埃尔尼诺”的成因和太阳活动强度的分类(段),用太阳黑子作“埃尔尼诺”的水文影响预报有了新的认识;用地理因素分析和解释了黑子与 Z_m 总体呈正相关,谷、峰期又呈反相关的错位现象。

基于太阳活动是影响天气、气候变化的总根源的观点,确立了以太阳活动为中心并直接建立和各种要素的联系机制,深入地分析各种因素和要素间相互联系、相互作用的复杂关系及其内部规律。分析并解释了天文逆转及其水文影响逆转以及黑子与 Z_m 相关的物理意义。

通过以太阳活动为中心的研究,说明进一步对日地关系学——水文气象学研究,揭示其各种规律,将成为探索水文长期预报的另一途径。笔者预报的实际证明,该研究有实用意义,可供防洪和水利规划等决策部门参考使用。

参 考 文 献

- 1 吴 麓编译.太阳韵律的探索.科学实验.1981,(8):27
- 2 曾治权等著.日地关系.北京:地震出版社,1989.25~26
- 3 张元东,李维宝等著.太阳黑子.北京:中国华侨出版公司出版,1989.113

A Study on Flood and Drought Change and Its Long-Term Prediction in the Songhua River Basin

Liu Qingren

(Heilongjiang Hydraulic Research Institute Harbin 150080)

Abstract: Based on sun's activity data, the effect of sunspot and El Niño event on the hydrologic regime and the flood and drought long-term fluctuation of the Songhua River region was analyzed by using statistical method for long-term prediction. The relationship between the El Niño event and 11-year period of sun's activity was revealed through dividing the sun's activity into a strong and a weak section during 1810~1991, a "same year" hydrologic computation formula with sunspot numbers as a parameter was proposed, the fluctuation of the flood and drought influenced by the events in the strong and weak sections was analyzed since 1899, and the periodic change of annual precipitation with the high and low water year was given according to the magnetic cycle.

Key words: sunspot; El Niño event; same year; magnetic cycle; flood and drought; long-term prediction; Songhua River Basin.