

18-25

太湖流域旱涝与南海海温异常遥相关的历史见证

p426.616

陈家其

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

提要 我国南海海温异常对长江中下游夏季旱涝的遥相关,已被许多实测资料研究所证实。太湖流域作为长江中下游的一部分,历史时期是否存在相应的遥相关,通过大量历史资料分析,得出了肯定的回答。在此基础上,联系历史时期和实测资料时期的其它旱涝因素分析,建立了太湖流域旱涝变化模型。

关键词 太湖流域, 南海海温, 旱涝模型

一、问题提出

对于实测资料时期,长江中下游汛期降水与我国南海海温异常的遥相关,学术界作过许多研究^[1-4],均指出:前期我国南海海温偏高,长江中下游夏季降水偏多,两者间存在着南北呼应的暖(南海海温)一湿(长江中下游)、冷一干的遥相关。由于实测记录较短,仅有20—30年,因而人们不禁要问,这种遥相关是偶然的短暂现象,还是贯串于历史始终的本质联系?它们与流域自相关相比关系又怎样?能否建立旱涝变化模型等等。针对上述问题,本文作一初步探讨。

二、研究工作基础

本研究是在历史时期太湖流域气候变化研究的基础上展开,因此下列3个历史气候序列是本研究的基础^[1]:

1. 南宋以来温度指数序列(A. D. 1100—1980)

将凡有冬温信息的年区分为:严冬年、冷冬年、暖冬年、燥冬年四种类型。根据每十年间各种类型年的年数,计算温度指数。

$$T = 10 - 2 \times \text{严冬年数} - \text{冷冬年数} + 2 \times \text{燥冬年数} + \text{暖冬年数}$$

2. 南宋以来旱涝等级序列(A. D. 1121—1983)

根据历史旱涝记载,每年确定一个旱涝等级,1—9级依次为特大涝、大涝、涝、偏涝、正常、偏旱、旱、大旱、特大旱。

3. 南宋以来湿润指数序列(A. D. 1121—1983)

在确定每年旱涝等级基础上,根据每十年间大旱、大涝和特大旱、特大涝年数,计算湿润指数。

$$W = 10 + 2 \times \text{特大涝年数} + \text{大涝年数} - 2 \times \text{特大旱年数} - \text{大旱年数}$$

图 1 比较了近 20 多年来,南海北部沿岸冬温与南海冬温变化的关系。^① 由图可见两者基本上呈同步变化。因而,在历史海温资料不足情况下,本研究用南海北岸冬温替代南海冬温资料来研究历史时期南海海温与太湖流域旱涝变化的遥相关联系。

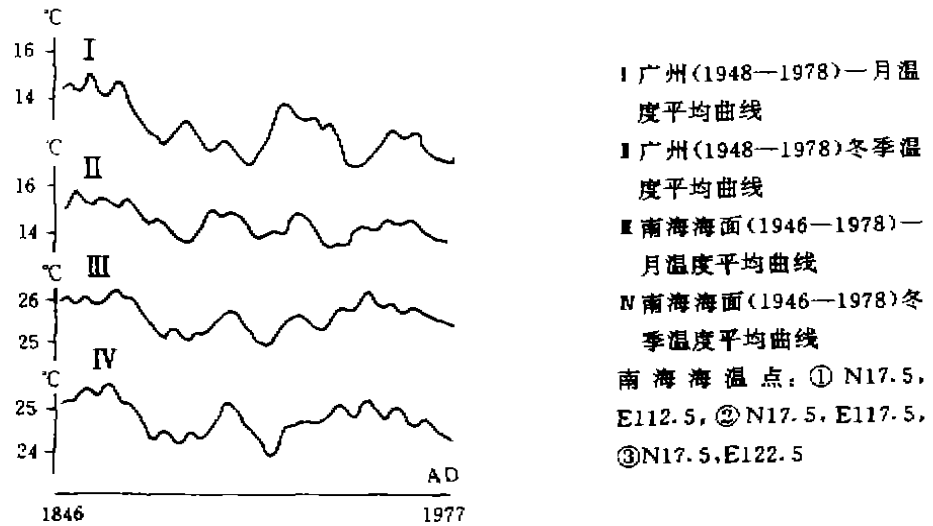


图 1 南海北岸冬温与南海冬温比较

Fig. 1 Comparison of Winter Temperature of South China Sea with that of Its Northern Coast

三、遥相关的历史见证

太湖流域旱涝与南海海温异常遥相关的历史分析,分以下三个时段进行:

1. 近 800 多年的遥相关分析

将广东省冬温指数^[8]与太湖流域湿润指数序列中都是正距平的十年定为暖—湿对应型,反之为冷—干对应型,正负相兼为暖—干对应型或冷—湿对应型;同样,对于太湖流域自相关的温湿对应关系也作以上类型的划分。则近 800 多年来,这四种温湿气候对应型所占的比例如表 1。可见近 800 多年来,广东省冬季冷、暖与太湖流域旱涝变化之间,存在着十分显著的冷—干对应关系(冷干年占冷年的概率为 0.85)。而太湖流域自相关中,无论冷暖都对应着较多的干旱,因而从总的温湿气候型来说,南北间大致存在暖—湿、冷—干对应关系(信度 $p < 0.01$)。

① 云南省气象局科研所、国家气象局气科院、天气气候所,全球网络点逐月海表温度资料。

表 1 近 800 多年四种温湿对应型的比较

Tab. 1 Comparison of Four Combination Type of Temperature and Humidity Within Last 800 Years

地区的温湿关系	序列长度 (年)	每 10 年气候状况				P
		暖湿	冷干	暖干	冷湿	
广东(温)与 太湖(湿)	1400—1949	18	17	17	3	<0.01
		64%		36%		
太湖(温)与 太湖(湿)	1400—1949	6	22	12	15	>0.05
		51%		49%		
太湖(湿)	1100—1979	18	27	27	16	>0.05
		51%		49%		

2. 近 500 多年的遥相关分析

近 500 多年内广东省有 71 个严冬年^[9], 查出它们各自与太湖流域历史旱涝等级序列中相对应的旱涝等级, 然后按等级归并统计出各等级所含的严冬年数, 并计算它们各自与等级总年数的百分比。结果在上述 71 个严冬年中, 有 11 年对应着太湖流域大旱、特大旱, 占该时期太湖流域大旱、特大旱年的 48%; 而其中有 4 年对应着太湖流域大涝、特大涝, 只占太湖流域大涝、特大涝年的 16.9% (信度 $p < 0.01$)。采用同样方法, 太湖流域自相关未见类似的对应关系 (表 2)。历史文献中的严冬与特大旱涝记载, 通常具有较大的可靠性。因此, 通过以上分析, 充分说明近 500 多年来, 广东省的本年冷冬与次年太湖流域干旱间, 具有十分显著的冷—干对应关系。

表 2 近 500 多年来太湖流域旱涝与广东、太湖流域严冬年的对应关系

Tab. 2 Relationship between Flood/Drought and Cold Winter in Last 500 Years

太湖流域旱涝	等级	1	2	3	4	5	6	7	8	9	合计	P
	年数	21	39	55	133	168	83	45	24	16	584	
各旱涝等级的广东严冬年	年数	3	1	7	14	23	7	5	10	1	71	
	%	16.9		12.7	10.5	14.5	13.7	8.4	11.1	48	100	0.01
各旱涝等级的太湖流域严冬年	年数	1	5	6	10	24	7	5	2	1	61	
	%	17.6		10.9	7.5	14.3	8.4	11.1	14.6	100		>0.05

3. 近 100 年的遥相关分析

根据上海站汛期 (5—9 月) 与梅雨期 (6—7 月) 两组降水量资料, 以距平的正负确定历年上海的干、湿状况; 再取广州、香港、上海 12 月、1 月、2 月、3 月、4 月、5 月、6 月、冬月、春月、夏月 10 组平均温度资料, 以距平的正负确定以上三个地区历年的冷暖状况。然后将上海历年的干湿状况, 分别与三个地区的冷暖状况组合, 计算出每一组合中, 暖湿、冷干、暖干、冷湿四种对应型的年数 (表 3)。由表可见, 通过显著性检验的四个温湿组合, 都显示出在上海的夏季降水与广州、香港、上海的前期冬温间, 具有较好的暖—湿、冷—干对应关系。其中尤以

上海的梅雨期降水与广州、香港的前期一月温度的遥相关更好(信度 $p < 0.01$),在上述暖一湿、冷一干对应关系中,与历史时期一样,冷一干关系更为密切,而太湖流域的自相关不及上述遥相关来得显著(信度 $0.01 < p < 0.05$)。

通过以上近 800 多年、近 500 多年、近百年的遥相关分析,可见历史时期,特别是近百年来,在广东省的冷暖与太湖流域旱涝之间,存在着暖一湿、冷一干对应关系。其中冷一干关系更为密切,这与陈特固根据 20 多年来实测资料,在冬季南海北部海(气)温异常与长江中下游汛期雨量关系研究中,得出的“冬季海温为正距平,则当年 6 月长江中下游地区雨量为偏多或正常;如海温为负距平,则 6 月份雨量以负距平为主^[2]”的结论相一致。太湖流域作为长江中下游的一部分,以上关系成为长江中下游汛期降水与我国南海海温异常遥相关的历史见证。至于在比近百年更长的历史时期里,为何暖一湿关系远不及冷一干关系显著,它与大的气候变化背景有何关系? 将有待于研究。

四、太湖流域旱涝变化模型

太阳辐射是地球系统唯一的外部能源,据研究^[10],太阳常数年变幅不到 1%。然而如此微小的变化,却足以使全球平均温度至少振荡 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,冰界带推移 2 个纬度;对于绝热大气来说,太阳常数变化 0.1%,则 8km 高度的大气压变幅为 0.1mb,在纬度 60° 处可达 0.3mb。最近协同学和耗散结构理论指出^[11];对于边界状态的平衡系统,外界微小的变化,足以引起系统内运动状态的突变。这一认识为解释太阳能输出的微小振荡,何以引起大气过程的突变提供了理论依据。

根据以上认识,研究了太湖流域冷暖变化、水旱变化与太阳活动关系,结果表明,在太湖流域初唐以来旱涝变化曲线上,能清楚地看出 14、15 世纪前后及 18 世纪前后的两个相对湿润时期,都大致对应着太阳活动持续强盛的时期^[12]。分析太湖流域大旱大涝与实测太阳黑子 11 年周期位相关系也表明^[13];太湖流域大涝年大多发生在太阳活动峰年前后及其下降段。太湖流域旱涝等级与太阳黑子相对数的相关分析显示;大致比太阳黑子 11 年周期的峰年滞后 1—3 年,太湖流域将有一个相对湿润时期。分析太湖流域冷暖变化与太阳活动关系^[14],显示出太湖流域几个最主要的冷冬时期,都对应着太阳活动相对较弱的时期,其中特别是 17 世纪中后期的最寒冷时期与太阳活动 Maunder 不活动期相一致。此外,在广东省的冷暖变化曲线上,也大致反映出冷冬与太阳活动相对较弱的对应关系,但没有太湖流域显著。

由以上历史长序列分析取得的太阳活动、太湖流域旱涝、广东省(或太湖流域)冷暖变化三者的关系,构成了太湖流域旱涝变化模型的外框粗黑线(图 2)。其中右上方的暖一湿关系,主要反映了太湖流域旱涝与南海海温变化的遥相关联系。

表 3 近百年上海降水与广州、香港、上海温度的四种温湿型
 Tab. 3 The Four Combination Types of Temperature and Humidity in Shanghai
 and Guangzhou Hongkong Shanghai in 100 Years

降水(上海)		5—9月(汛期)					6—7月(梅雨)				
		暖湿	暖干	冷湿	冷干	合计	暖湿	暖干	冷湿	冷干	合计
上海(1873—1980)	上年12月	33	28	20	26	107	25	35	21	26	107
	1月	27	31	26	24	108	30	28	16	34	108*
	2	27	25	26	30	108	26	27	21	34	108
	3	27	26	26	29	108	24	28	22	34	108
	4	23	22	30	33	108	22	23	24	39	108
	5	25	30	28	25	108	29	26	17	36	108
	6	25	29	28	26	108	23	32	22	31	108
	12—2(冬)	33	22	20	32	107*	27	28	19	33	107
	3—5(春)	25	30	28	25	108	27	28	19	34	108
	6—8(夏)	20	28	35	25	108	19	29	27	33	108
上海(1908—1980)	上年12月	21	15	16	17	69	19	19	15	16	69
	1月	22	17	17	16	72	25	15	10	22	72**
	2	23	16	16	17	72	20	19	15	18	72
	3	19	14	20	19	72	15	18	20	19	72
	4	23	15	16	17	71	20	19	15	17	71
	5	17	21	21	13	72	19	19	17	17	72
	6	21	17	17	17	72	20	16	18	16	72
	12—2(冬)	19	19	19	14	71	19	19	16	17	71
	3—5(春)	20	17	19	17	73	20	18	16	19	73
	6—8(夏)										
香港(1884—1950)	上年12月	17	11	13	19	60	14	14	16	16	60
	1月	16	20	16	15	67	24	12	9	22	67**
	2	19	17	13	18	67	19	16	13	19	67
	3	20	17	11	14	62	18	19	12	13	62
	4	15	17	16	14	62	17	15	13	17	62
	5	14	19	16	12	61	15	18	15	13	61
	6	21	16	9	15	61	16	14	14	17	61
	12—2(冬)	14	15	15	16	60	17	12	12	19	60
	3—5(春)	16	18	13	14	61	17	17	13	14	61
	6—8(夏)										

* $0.01 < p < 0.05$ ** $p < 0.01$

太湖流域旱涝变化与南海海温的遥相关,是海—气相互作用的结果。那么其驱动力和中间过程是什么?它们是怎样与太阳活动发生作用的?对于这些难以继续从历史长序列中找到答案的问题,本研究从前人的实测资料研究中,得到了有益的补充,归纳起来有以下三方面:

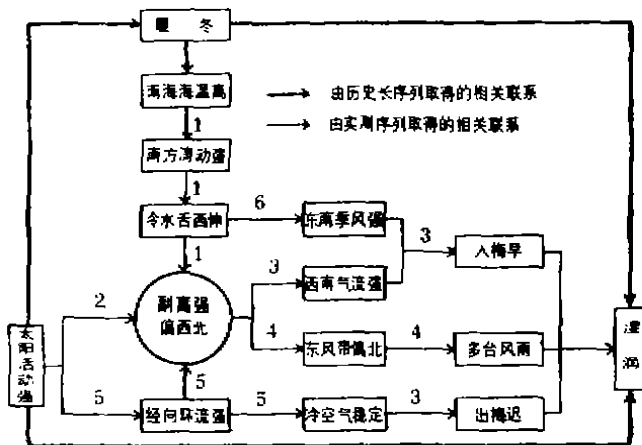
1. 副高活动与太阳活动关系

徐群^[15]通过对近 28 年(1954—1981)逐月太阳黑子数和北半球 500hPa 各海洋副高面积指数、强度指数的交叉谱计算,发现北半球 500hPa 各海洋副高面积和强度指数,对太阳黑子具有稳定的滞后 1—3 年的高相关性($p < 0.001$)。副高面积指数的功率谱分析具有显

著的 11 年和 22 年周期。鲍尔^[16]根据冬季亚速尔群岛与冰岛之间的气压差和夏季英国与北欧的气压差得出 1754—1954 年西半球冬夏季环流状况,发现在太阳活动极值年附近,地面大气环流中的经向环流成分增强,进而影响到副高活动。

2. 副高活动与南海海温变化关系

金祖辉^[9]等研究表明,南海前冬(1—3 月)和冬半年(上年 10 月—3 月)的海温与 6 月和 6—7 月西太平洋副高面积和副高西部脊有很好的相关性,其中尤以与副高西部脊的相关性更好,信度 ≥ 0.005 的相关系数 > 0.57 。显示出前期南海海温高,6—7 月间西太平洋副高强,副高脊线西伸。



建立相关联系的参考文献:
 1. 气象学报, 1986, 44 (3): 368-371,
 2. 大气科学, 1986, 10 (2): 204-211,
 3. 中长期水文气象预报文集, 水利电力出版社, 1979: 110-118,
 4. 长江中下游的四季天气, 气象出版社 1968,
 5. 气候变迁及其原因, 科学出版社, 1976,
 6. 全球气候, 气象出版社 1986, 57;

图 2 太湖流域旱涝变化模型

Fig. 2 The Model of Flood and Drought in Taihu Lake Drainag Basin

3. 长江中下游降水与副高活动关系

徐群在他的研究中^[17-18]曾定性地指出,冬春秘鲁沿海海温低—4 月南方涛动强—西太平洋副高强、偏西—东亚夏季风北上早—长江中下游入梅早;2—3 月间乌拉尔以北多出现阻塞高压—东亚大槽偏西—中高纬经向环流强—冷空气强烈而稳定—副高北跃迟—长江中下游出梅推迟。入梅、出梅的迟早直接影响到长江中下游旱涝。此外,副高活动强,东风带偏北,台风活动频繁,长江中下游降水偏多^[19]。也有人认为,南方涛动强,赤道冷水舌西伸,东南季风强烈,长江中下游降水偏多^[18]。

阐述实测资料时期,副高活动与太阳活动关系和南海海温异常与长江中下游降水关系的研究很多,以上列举的只是其中具有代表性的一部分。然而这些实测资料的研究与分析历史长序列取得的相关联系配合得十分密切。如实测南海海温与长江中下游降水的关系和广东省的历史冷暖与太湖流域旱涝的关系一样,也具有暖—湿、冷—干对应关系,又如 1954—1981 年间,实测副高强度的变化比太阳活动滞后 1—3 年^[15];1885 年以来,梅雨期长度的变化有准 12 年周期,从太阳活动 13 周到 16 周,其峰值由太阳活动峰年后 1 年推后到 3 年^[20];1121 年以来,太湖流域历史旱涝等级的变化比太阳活动也滞后 1—3 年^[13]。以上太阳活动、副高活动、太湖流域旱涝(梅雨期长度)的三要素间,两两关系的滞后 1—3 年的相关性,充分

说明了太阳活动、海温变化对太湖流域旱涝的影响是通过副高活动改变大气环流起作用的。

此外,实测资料研究取得的对太阳活动、西风带、东风带副高活动与长江中下游入梅、出梅关系的认识^[14],为历史时期的相对湿润期与太阳活动强盛时期的对应关系,从环流因子上找到了中间过程,从而极大地证实了历史长序列取得的相关联系。笔者将这些实测资料研究所取得的相关联系用细黑线表示,并置于由分析历史长序列取得的外框粗黑线之内,使两者有机结合起来,构成太湖流域旱涝变化模型(图2)。

五、模型的验证

受历史资料所限,模型所揭示的只是目前所能掌握的一部分相关联系,不能代表太湖流域旱涝变化的全过程,因而模型具有一定的局限性,但与数理模型相比,由于延长序列,经受了历史检验,使历史事实与实测资料相辅相成,互为印证。因而模型深化了对太湖流域旱涝变化的认识,并为以下事实所证实:

1. 1976年冬,南海大寒,海南岛中部和北部霜日3—4天,橡树冻害;1977年冬,珠江口及粤东沿岸霜冻,澎湖列岛海鱼冻死^[9]。次年1977年、1978年夏季太湖流域大旱。

2. 1990年正值太阳活动22峰,南海冬温异常偏高,广东沿海1991年1月温度比常年高出2℃^①,太湖流域冬温(以苏州为例)比常年高出1.1℃^②。受模型揭示的规律控制,1991年副热带高压在5月中旬末,比常年提前20天左右向北跳跃,比常年偏北且强盛,江淮流域梅雨提前到来,比历史上早梅的1971、1956年还提前10—15天。由于径向环流强,东南季风与西南气流异常活跃,北方冷空气频频南下,江淮流域长期在雨区控制下出现两度梅雨,前后达56天,酿成特大洪涝灾害^[21]。

通过以上分析认为,模型所揭示的相关联系,虽然大多只能服从于统计规律,不能反映所列要素的一一对应关系,但由于出自历史长序列,而且历史事实与实测资料得到了有价值的互补,因而模型在总体上反映了太湖流域旱涝变化的某些成因规律。

参 考 文 献

- [1] 刘为纯等. 长江中下游汛期旱涝的欧亚500毫巴环流特征分析及预报. 中长期水文气象预报文集, 第一集, 水利电力出版社, 1979: 98—109.
- [2] 陈特固. 冬季南海北部海(气)温异常与长江中下游汛期雨量关系的初步分析. 热带海洋, 1985, 4(1): 71—75.
- [3] 罗绍华、金祖辉. 南海海温变化与初夏西太平洋副高活动及长江中下游汛期降水关系的分析. 大气科学, 1986, 10(4): 407—417.
- [4] 罗绍华、金祖辉、陈烈庭. 印度洋和南海海温与长江中下游汛期降水的相关分析. 大气科学, 1985, 9(3): 314—320.
- [5] 金祖辉、罗绍华. 长江中下游梅雨期旱涝与南海海温异常关系的初步分析. 气象学报, 1986, 44(3): 368—371.
- [6] 陈烈庭. 东太平洋赤道地区海水温度异常对热带大气环流及我国汛期降水的影响. 大气科学, 1977(1): 1—11.

① 国家气象中心气候资料室. 气候监测公报, 1991. 1.

② 苏州市气象局.

- [7] 陈家其.太湖流域气候变化规律与未来气候.气候变化与环境问题全国学术讨论会论文集,北京,中国科学技术出版社.
- [8] 郑斯中.1400—1949年广东省气候波动及其对粮食丰欠的影响.地理学报,1983,38(1):25—32.
- [9] 陈特固.南海北部沿岸近500年来冬季采暖变化概况.南海海洋科技,1984(4).
- [10] 徐振韬,蒋晓宽.太阳—气候关系的物理解释.南京大学学报(自然科学版),1980(1):65—75.
- [11] 赵文桐.太阳活动对天气气候影响的机制.天地生综合研究,北京,中国科学技术出版社,1989.
- [12] 陈家其.太湖流域旱涝变化与太阳活动.天地生综合研究,北京,中国科学技术出版社,1989,243—244.
- [13] 陈家其.旱涝变化与太阳活动.天地生综合研究进展,北京,中国科学技术出版社,1989:359—364.
- [14] 陈家其.从太湖流域历史冷暖变化看 CO₂ 增加的气候效应.中国科学院南京地理与湖泊研究所集刊(7),北京,科学出版社,1990:26—34.
- [15] 徐群.太阳活动与北半球副热带高压强度的耦合振荡.大气科学,1986,10(2):204—311.
- [16] 约翰·T·霍顿主编(金奎译).全球气候.北京,气象出版社,1986.
- [17] 徐群.长江中下游汛期旱涝的前期环流特征.气象,1976(3).
- [18] 徐群.旱涝长期预报的一个有益试验.中长期水文气象预报文集,第一集,北京,水利电力出版社,1979:110—118.
- [19] 向元珍等.长江下游的四季天气.北京,气象出版社,1986.
- [20] 徐群.近80年长江中下游的梅雨.气象学报,1965,35(4):507—518.
- [21] 陈家其.太湖流域1991年特大洪涝成因与对策初步研究.湖泊科学,1992,4(2).

HISTORICAL EVIDENCE OF THE CORRELATION BETWEEN DROUGHT/FLOOD IN TAIHU LAKE BASIN AND SEA TEMPERATURE ABNORMALITY IN SOUTH CHINA SEA

Chen Jiaqi

(Nanjing Institute of Geography & Limnology, CAS, Nanjing 210008)

Abstract

The correlation between the summer drought/flood in the lower reaches of the Changjiang River and the sea temperature abnormality has been verified by many on-the-spot investigations and observed data. Since Taihu Lake basin is a part of the middle and lower reaches of the Changjiang River, it is questioned whether this kind of correlation existed in historical period. After the analysis of large amount of historical materials, the answer is positive. Finally, combining the historical materials with observed data in flood/drought factor analysis, the model of flood/drought variation in Taihu Lake basin is established.

Key words Taihu Lake basin, South China sea temperature, drought/flood