

历史时期“大型环流-天气气候-作物年景”系统低频振动的模拟试验

汪 铎

(浙江师范大学地理系)

张 镔

(北京大学地球物理系)

提 要

本文分别采用史料中农业灾情影响收成的记载和近百年气候-年景模式,经处理取得了长江下游地区近千年水稻5级年景长序列。功率谱分析表明,这一气候年景序列具有38—40年极显著周期和105—110年、180—200年显著周期的低频振动,表现为年景偏好期与偏差期的交替变化。然后,运用“环流-天气气候-年景”系统模式,模拟了长江下游近千年气候振动和与其有关的环流演变。

关键词: 大型环流; 天气气候; 作物年景; 低频振动; 模拟试验。

一、引 言

要对近代和现代的气候及其变化作出深刻的评价,乃至试图预测未来气候的趋势,就需要深入研究历史时期的气候变化和环流演变。关于我国历史时期气候的长期趋势已有过一定研究^[1-3],时间尺度有几千年,也有几百年的;空间尺度有特定地区的,也有全国范围的。范围较大时,可能反映了空间的平均情况。譬如我国东部和西部、南方和北方的气候及其变化有明显差异,需要分别加以分析研究。还考虑到预测对象的时间尺度与研究历史气候的时间尺度相匹配,近千年这个尺度或许比较适当,有可能给出几十年尺度的气候特征。同时,希望把历史上气候变化与近代气候变化衔接起来,作为一个连续的序列,便于分析预测近期气候的演变趋势。

在研究历史时期气候变化的诸多方法中,竺可桢先生创导的物候-气候学研究为后人开辟了一条独特的途径。作者从作物收成与气候、环流的关联着手,运用史料试图作一些定量或半定量的分析和试验。本文以长江下游太湖平原为例,将近千年历史上水稻气候年景的变化同近代“环流-天气气候-年景”系统模式相结合,对这一地区历史时期的气候和与之关联的大型环流作一长期趋势模拟分析。

“大型环流-天气气候-作物年景”系统(以下简称为CWH)的分析^[4-8]为研究历史时期的情况提供了新的线索。CWH这一宏观的自然生态系统是把农作物收成同天气气候和大型环流有机地连结起来并且模式化,可以通过环流和气候的演变对农业年景作出分析、评价或预测;也可以反过来由历史上农业年景的某些变化对气候和环流作出趋势性分析和推演。在太湖平原这样的地理环境中,水稻的CWH系统上述功能十分显著。

这是因为一方面太湖平原适宜种植水稻,稻作在这里具有悠久历史;另一方面,气候的变异引起水稻收成发生明显的波动;而天气气候变化又是同大气环流的演变密切关联的。有关环流、天气气候、农业年景三者的关联和一些细节,作者在文献 [9] 中曾有评述和讨论。

二、资 料 和 方 法

我国地方志中对历代水旱灾情、农业丰歉和救灾情况的记载,自宋代以后基本上连续可靠。虽然缺乏统一的定量描述,仍然不失为用来推算历史上气候变化以及由此引起的农业收成好坏的宝贵资料。我们以太湖周围出产稻米为主的苏州、湖州、嘉兴的府志及其所属县的县志以及江、浙两省通志为素材,将史料中有关农业灾情和水稻丰歉的文字定性记载转化为定量的数值表示,即以 D、G 两因子分别表示受灾程度的 4 个等级和受灾范围的 5 个等级(D 和 G 的等级划分是根据史料中文字记载的内容来评定的,具体见附录中甲表和乙表),由算式 $YI = 100 - 4(D \times G)$ 可以逐年求算取得水稻产量指数 YI(%),以 100% 表示 10 成收获,50% 为 5 成等依次类推。由于处理中资料本身来源于史料中灾情和年景的描述,在一定范围内灾情和年景出现同位相明显波动的影响因素主要是以天气气候为主的综合性环境因子。因此,这里求得的水稻产量指数的主要成份应该说是广义的气候产量,有关农业技术进步和社会干扰等非环境因子的作用从宏观上已被过滤掉,对获得的 961—1902 年太湖平原逐年水稻产量指数的长序列,按表 1 划分为 5 级年景,确定了这一历史时期的水稻气候年景长序列。

表 1 按水稻产量指数评定 5 级水稻年景

水稻产量指数 (%)	100	99—97	96—80	79—61	≤ 60
水稻年景 (编序)	丰年 (1)	偏丰 (2)	平年 (3)	偏歉 (4)	歉年 (5)
对历史时期年景系统订正后年景序	1.2	2.2	3.2	4.2	5.2

作者曾运用天气气候因子模拟了 1873—1982 年上海附近苏嘉湖水稻区为代表的长江三角洲水稻 5 级年景序列^[10]。从宏观上考虑,长江三角洲农业区是以太湖平原为主体的,两者的水稻气候年景水平是相当的。考虑把分别取得的两段水稻年景序列连结起来,合成一个长序列(961—1980 年)。据农史研究^[11,12],历史时期太湖平原一贯种植单季稻,直至清代双季稻仍未大面积持久推广。从调查情况看,大面积双季稻的稳定推广是在本世纪 50 年代中期以后的事。Perkines 在研究中国明清至近代的农业发展进程时,也提供了支持这一看法的充分资料^[13]。单季稻的生长季节一般在 5—9 月,双季稻的生长季节在 4—10 月。从天气气候的影响时段来看,两者的关键生长季节是比较接近的。可见,合成的水稻气候年景长序列是以单季稻为主的。另外,考虑到历史上文字记载难免有遗漏,或有详略之别,不如近百年来有气象仪器观测记录之精确、连续。为此,对前后这两段时序作了交叉时段的比较,交叉时段取在 1873—1902 年。比较结果,两段时序的相关系数为 0.4453,极显著。其中一级不差和差一级年景占 22/30,差两级占 7/30,差三级占 1/30。在总的效果上反映为前一段历史时期的年景水平较后一段近百年的年景水平有所偏高。需要对历史时期这段年景序列作系统订正。

系统订正时，主要考虑前一段历史年代长，很可能含有比后一段更高或更低的平均年景水平，经分析比较后，试作一简单的订正，即令 961—1872 年这段年景序列逐年系统下降丰年的 20%，如表 1 中末项给出了系统订正后的 5 级年景的等级序数，订正处理后，从逐年的年景看不一定都适当，但是从 10 年以上较长时间的平均年景来看是合适的，使前后两段序列的衔接较为自然，由此取得 961—1980 共 1020 年的水稻气候年景连续长序列。

三、功率谱分析主要周期

分别取最大后滞 $m=176(N/6)$ 、 $102(N/10)$ ，样本容量 $N=1020$ ，对取得的近千年来水稻气候年景序列作功率谱分析，主要结果给在表 2 中。

表 2 长江下游太湖平原 1020 年水稻年景序列功率谱计算结果

$m=176$	176.0, 113.3, 42.5, 37.8*, 14.2, 9.0, 7.6, 5.9, 4.9, 3.3, 3.2
$m=102$	204.0, 102.0, 40.8*, 34.0, 14.6, 8.9, 4.9, 3.3, 3.2

注：达到 0.05 显著性水平以上的周期，打 * 号者为 0.01 极显著水平。

显而易见，38—40 年左右周期极其显著。其次，105—110 年和 180—200 年左右周期的低频振动也十分显著。此外，较短的周期还有 14—15 年、8—9 年、5—6 年和准 3 年的高频成分。

四、38—40 年周期性振动图象

38—40 年周期的低频振动图象可以在图 1a 给出的太湖平原水稻气候年景 15 年滑动曲线上得到反映，表现为年景偏好期和偏差期相交替的阶段性振动。表 3 统计了自公元 961 年至 1980 年中 48 个时期（偏好期和偏差期各 24 个）的各时期平均年景水平，目前正处在自 1975 年开始的最末一个偏差期，尚未结束。

年景偏好期的平均长度为 21.2 年，多数在 12—29 年，占 83%，各偏好期的平均年景水平不一，多数 < 2.40 （占 83%），平均值 2.21，说明总的接近偏好年景。

年景偏差期的平均长度为 21.9 年，多数在 12—28 年，占 88%，各偏差期的平均年景水平有差异，但多数 > 2.80 （占 92%），平均值 3.15，即在平年水平以下；同偏好期平均值比较，约偏低一个年景等级。

这 48 个时期大多数是准 38—40 年周期低频振动的反映，有少数（约占 20%）长度在 30 年以上的时期，可能是周期 80—100 年低频振动的反映，这类周期偏长的情况基本上集中在最初的 300 年里。

还以 10 年为年代单位统计了水稻气候年景两种极端情况。极差的年代里，歉收年占 3/10，丰收年只占 1/10。如 11 世纪初叶（1011—1020）、14 世纪初叶（1301—1310）、20 世纪 40 年代（1941—1950）都出现了这类严重情况。极好的年代里，丰收年占 3/10，偏丰年占 3/10—5/10，不出现歉收年，这类年代比较多，约占 1020 年序列总长度的 20% 左右。这一情况也说明太湖平原适宜栽种水稻，但是这类极好年代的时间分布是不均匀的，主要集中在宋代和清代中期。

表 3 961—1980 年期间水稻气候年景偏好期和偏差期交替变化统计

偏 好 期		年 景 平 均	偏 差 期		年 景 平 均
起 止 年 份	年 数		起 止 年 份	年 数	
961—992	32	2.20	993—1023	31	3.10
1024—1073	50	2.18	1074—1106	33	2.62
1107—1133	27	1.98	1134—1144	11	2.84
1145—1157	13	2.12	1158—1218	61	2.85
1219—1260	42	1.99	1261—1272	12	2.62
1273—1286	14	1.91	1287—1308	22	3.56
1309—1321	13	1.97	1322—1342	21	3.20
1343—1364	22	2.02	1365—1378	14	3.06
1379—1403	25	2.20	1404—1426	23	3.07
1427—1439	13	2.35	1440—1465	26	3.32
1466—1477	12	2.45	1478—1495	18	2.81
1496—1508	13	2.20	1509—1529	21	3.06
1530—1540	11	2.47	1541—1551	11	2.93
1552—1566	15	2.27	1567—1589	23	2.94
1590—1623	34	2.44	1624—1640	17	2.96
1641—1669	29	2.37	1670—1683	14	3.06
1684—1706	23	2.20	1707—1726	20	3.25
1727—1750	24	2.03	1751—1769	19	3.09
1770—1783	14	2.27	1784—1794	11	3.11
1795—1813	19	2.46	1814—1840	27	2.90
1841—1865	25	2.40	1866—1891	26	2.95
1892—1900	9	2.33	1901—1928	28	3.07
1929—1940	12	2.08	1941—1957	17	3.35
1958—1974	17	2.24	1975—(1980)		(3.3)

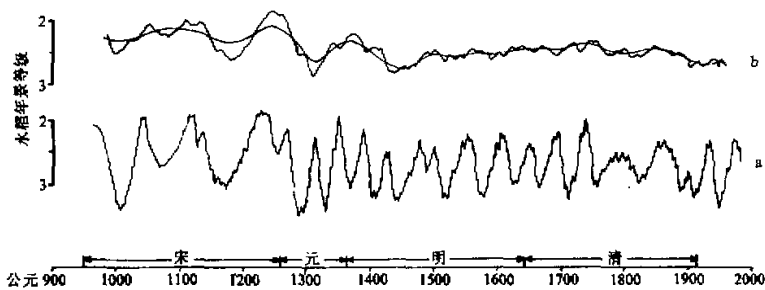


图1 近千年太湖平原水稻气候年景15年滑动平均曲线(a)和51年滑动平均曲线(b)

五、世纪和双世纪振动

图1b是水稻气候年景51年滑动平均曲线,描述了世纪尺度低频振动的情况。可以看出,年景偏好期和偏差期也是交替出现的;偏好期或偏差期内又含有次一级尺度(如

38—40 年周期)的振动。表 4 统计了自 1024 年以来的 12 个偏好期和偏差期,它们的长度多数在 50 年以上,最长 110 年,平均为 80 年。偏好期的平均年景从 2.05—2.60,平均值 2.33,多数 <2.50。偏差期的平均年景从 2.71—3.02,平均值 2.83。偏好期较偏差期平均偏高 0.5 个年景水平。

表 4 近千年水稻气候年景世纪尺度低频振动的偏好期和偏差期统计

序	偏 好 期			序	偏 差 期		
	起 止 年 份	年 数	平 均 年 景		起 止 年 份	年 数	平 均 年 景
1	1024—1133	110	2.05	2	1134—1218	85	2.71
3	1219—1286	68	2.05	4	1287—1342	56	3.02
5	1343—1403	61	2.28	6	1404—1495	92	2.91
7	1496—1580	85	2.60	8	1581—1640	60	2.73
9	1641—1750	110	2.50	10	1751—1833	83	2.79
11	1834—1872	39	2.51	12	1873—(1980)	(108)	(2.81)

有些较长时期之间交替振动表现为 180—200 年左右的双世纪周期,例如表 4 中时期序号 1 与 2、6 与 7、8 与 9、9 与 10 等两两交替的变化。序号 3 与 4、4 与 5、7 与 8、10 与 11 等两两交替变化则是一类 105—110 年准周期振动。

从近千年历史整个水稻年景序列总体趋势看,宋代至元初这一段年景偏好(1024—1286 共 263 年),平均年景 2.26。元代至明初年景水平下降(1287—1403 共 117 年),平均年景 2.63。明代年景偏差(1404—1640 共 237 年),平均年景 2.75。清代年景水平略有回升(1641—1872 共 232 年),平均年景 2.60。自 1873 年起近百年来年景又有下降趋势。上述趋势同文献[14]中历代水稻亩产分析的情况颇一致。表 5 把这两种不同角度研究的结果进行比较,可见明清时代年景偏差这一点是异曲同工。如果将历代水稻亩产中由农业技术和生产力提高带来的产量上升趋势扣除(表 5 中括号内数字是扣除上升趋势后的产量),明清时期水稻产量偏低这个事实就更清楚了。

表 5 两种方法研究历史上南方水稻产量水平的结果比较

时 代	唐	宋	元	明	清
文献[14]统计的水稻亩产(kg)	172	194	194 (184)	184 (159)	187 (162)
本文统计的水稻气候年景		2.35	2.56	2.70	2.65

六、CWH 系统功能

文献[9]分析指出,CWH 系统中作物产量受天气气候影响的宏观成分中包含气候长期效应项 Y_0 和天气气候作用的显著波动项 $Y_w^{(1)}$,可以把这两项看作是两类有区别

1) 水稻的宏观产量 Y 在时间序列上看成由平稳变化项 $\bar{Y}$ 和显著波动项 ΔY 的合成:

$$Y = \bar{Y} + \Delta Y$$

$$\bar{Y} = Y_0 + Y_t + Y_c, \Delta Y = Y_w + Y_r$$

其中 Y_0 是产量的初始值和边界值; Y_t 是产量的时间趋势项; Y_c 是产量对气候变迁的长期效应;
 Y_w 是天气气候产量,或称气象产量; Y_r 是产量的随机项。

的系统功能。前者 Y_c 是大范围乃至全球性气候变迁引起大范围农业发生调整, 并使农作物产量出现大幅度变化或长时间维持某一种趋势; 后者 Y_w 是一些地区天气气候的年内变异或多年变化 (表现为同一气候背景下出现准周期振动) 引起作物产量发生相应的

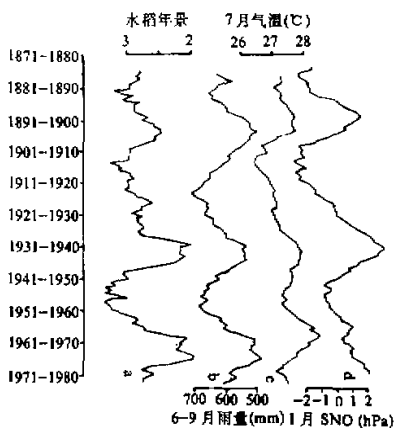


图2 近百年长江三角洲CWH系统低频振动10年滑动平均曲线^[10]

a: 水稻年景, b: 6—9月雨量,
c: 7月气温, d: 1月SNO系统

波动的。图2引自文献[10]中图4, 是CWH系统周期为30—40年低频振动的一个实例。显然, 在长江下游太湖平原这一空间尺度上, 近百年中CWH系统以水稻年景与6—9月雨量的长期对应关系最好, 呈负相关 $r = -0.7728$ (0.01 显著性水平), 年景与温度也有一定对应关系; 表现在水稻年景低谷与7月气温冷谷一致 (如本世纪初和40年代), 与大型环流的长期对应关系表现为水稻年景与1月SNO (南北涛动)¹⁾正相关, $r = 0.3958$ (0.01 显著性水平); 雨水与1月SNO负相关 (多水期对应SNO低值); 7月气温冷谷对应1月SNO低谷。对于太湖平原水稻年景—天气—环流三者关系, 我们在文献[4, 5]中曾归纳为少水 (丰年) 和多水 (歉年) 两种类型及其阶段性交替的30—40年准周期振动。在这一模式关系中天气气候因子是由雨水为表征的, 这可能是太湖平原所处的地理环境决定的。

七、近千年历史时期中气候振动模拟

根据以上分析, 由水稻年景38—40年周期、105—110年周期和180—200年周期这几幅低频振动图象, 分别运用CWH系统两类功能对气候进行模拟。从历史记载看, 太湖平原种植水稻自1300年前的唐代以来一直未中断过, 可见这期间的气候对稻作一直是适宜的, 可以考虑近千年历史时期中CWH系统功能也是持续起作用的。

(1) 首先用少水 (多水) — 丰年 (歉年) 这一模式进行模拟, 得出近千年中长江下游6—9月雨季的降雨量具有38—40年准周期振动, 表现为多水期与少水期交替出现, 如图3曲线a, 多水期平均雨量较少水期平均雨量一般偏多200 mm左右。

(2) 其次, 由表3和表4统计可见, 近千年中水稻年景最差时期在13世纪后期至14世纪初, 由年景低谷对应雨水偏多和温度低谷这一点推测, 13世纪后期至14世纪前期长江下游出现过明显寒冷期。这个情况同竺可桢先生的研究^[15]是一致的。另外, 14世纪20年代至40年代、15世纪40年代至60年代、16世纪初至30年代和60年代至90年代、17世纪70年代至80年代、18世纪初至20年代、20世纪初至20年代和40年

1) SNO系统是指南半球环流与北半球环流发生低频耦合时出现的南北涛动。1月SNO具体指1月份亚欧大陆中高纬气压场 (40°—60°N, 40°—120°E) 减澳洲北部气压场 (10°—20°S, 110°—150°E) 组合的气压系统。

代至50年代等也都是水稻年景极差的一些阶段(较年景偏差期的平均情况还差,见表6统计),由此推测这些阶段附近都出现过程度不同的偏冷期(见图3b)。这些结果同太湖结冰期的历史记载(图3中Δ)是相对应的¹⁾。

(3) 从年景序列的甚低频振动考虑,反映了雨水变化和温度变化的综合影响。由10世纪后期至13世纪中期约300年中水稻年景趋势偏好,可推测这期间长江下游雨水偏少,温度由正常转向偏低;这期间水稻年景一些波动主要同温度下降有关。13世纪后期至14世纪末约120年中水稻年景趋势明显下降,推测这时期的温度明显偏低,雨水有增多的趋势。15世纪至17世纪前期约240年,水稻年景显著偏差,推测这时期的温度仍处于偏低期;同时雨水明显偏多,同历史上记载这时期太湖泛滥的频率偏高(图3中。)相符合。17世纪中期至19世纪后期约230年,水稻年景趋势较前有回升,推测这时期雨水相应减少趋势,温度亦有明显回升。最近百余年中水稻年景趋于下降,雨水有增多趋势。

表6 近千年中一些年景极差阶段平均值和距平

阶段	起 止	年份	1287 1308	1322 1342	1440 1465	1509 1529	1567 1587	1670 1683	1707 1726	1901 1928	1941 1957
阶段平均年景			3.56	3.20	3.32	3.06	2.94	3.06	3.25	3.07	3.35
距平			0.73	0.37	0.49	0.23	0.11	0.23	0.42	0.24	0.52

注：距平指与表4中6个偏差期平均年景之差值。

把上述模拟和推测综合起来,图3模拟了近千年长江下游7月温度和6—9月雨水的低频振动图象。其中温度振幅参考了竺可桢先生给出的中国温度变迁曲线^[1],降雨量的变化幅度还有待进一步研究。表7按世纪统计了每百年水稻歉收年景、气候趋势和太湖泛滥的对应关系。可见,长江下游地区6—9月降雨量变化曲线与水稻气候年景变化曲线相对应,即年景偏好期(偏差期)对应雨水偏少期(偏多期)。两者与太湖泛滥频率分布也有明显对应,如太湖泛滥频率偏高期集中在14世纪初至18世纪初约400年左右内,平均每百年太湖泛滥4.5次,对应水稻年景偏差,降雨量偏多,温度出现较长偏低期。11世纪至13世纪约300年和18世纪至20世纪前期约250年是太湖泛滥频率偏低期,平均每百年泛滥1.5次,对应水稻年景偏好,降雨量偏少,温度偏高。

表7 11世纪至19世纪每百年歉收年数和气候趋势与太湖泛滥次数对照

世 纪	11	12	13	14	15	16	17	18	19
歉收年景数	8	5	2	5	10	6	7	7	6
雨水趋势	正常	偏少	偏少	正常	偏多	偏多	偏多	偏少	偏少
温度趋势	偏高	偏低	偏高	偏低	偏低	偏低	偏低	回升	回升
太湖泛滥次数	3	1	0	2	5	4	6	2	1

1) 太湖结冰记载资料取自《太湖备考》和太湖周围县的县志。下文中太湖泛滥资料亦同。

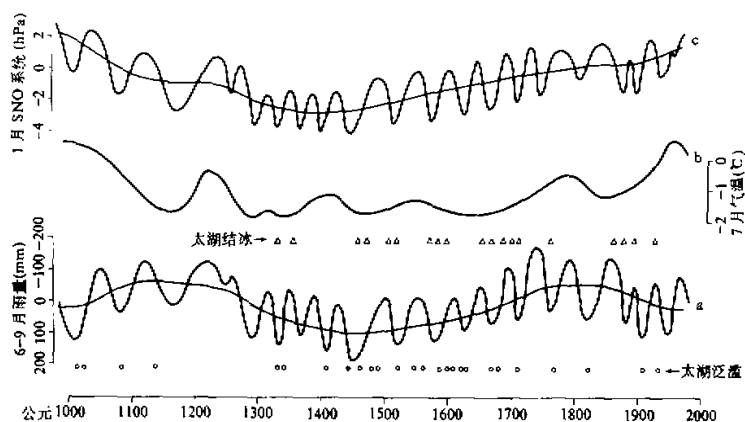


图3 由水稻年景近千年振动模拟近千年气候振动和海平面大型气压环流系统振动

a: 6—9月雨量, b: 温度, c: 1月SNO系统.

八、近千年中大型环流模拟

如文献[5,10]分析,从30—40年准周期低频振动看,1月SNO系统与长江下游谷物年景正相关,与降水负相关.王绍武也曾指出过^[16],东亚大气活动中心位置的多年变化以35年周期最明显.按上文中水稻年景的低频振动有38—40年极显著周期推算,在近千年中海平面气压场的1月SNO系统也呈38—40年准周期低频振动(如图3中模拟曲线c).表现为,长江下游水稻年景偏好期(偏差期),雨水偏少(偏多),对应1月SNO偏高(偏低);即冬季亚洲大陆冷高压偏强(偏弱),澳洲附近的低压环流偏弱(偏强).

从甚低频尺度看,14世纪至17世纪期间1月SNO系统总的趋势是偏低的,这时期冬季亚洲大陆冷高压偏弱与澳洲低压环流偏强相配置;相应地,夏季亚洲南部低压(平均情况)也可能是偏弱期.因为这时期温度是偏低期,按文献[17]分析:冬季亚洲大陆冷高压主体偏东(偏西)和阿留申低压偏弱(偏强)时期与夏季亚洲南部低压偏弱(偏强)时期相关联;对应长江下游是偏冷期(偏暖期).这样就把大型环流同长江下游夏秋季节雨水、夏季气温、水稻年景相互关联,构成一幅CWH系统低频振动或甚低频振动的图象.

九、讨 论

(1) 本文是运用CWH系统结合史料反演气候及其影响的一种尝试.首先需要进一步澄清一点:由史料中有关农业灾情和救灾描述及丰歉记载,经换算取得的产量指数和年景等级,是否确实反映了主要由天气气候影响引起的水稻收成变化?也就是说,其中会不会明显含有其它因素的干扰?这个问题可以这样考虑,事实上在取得的太湖平原水稻年景长序列变化中只含有不同尺度的准周期性波动成分,而找不出随时间的持续性

(上升或下降)趋势(如图1)。这就表明,农技进步等方面的影响成分已基本排除。至于作用于农业生产和产量的社会因素确实比较复杂,局部小范围的社会干扰也可以排除,因为我们的统计处理中要求较大范围内位相一致;历史上大范围的社会动乱引起的农业衰退,往往又同灾荒有关联,不易分离清晰;一些纯粹政治上的人为干扰,应该是一种非周期性效应,不同于本文给出的图象。显然,天气气候和环流确实存在着各种尺度的低频振动,从这方面分析看来,水稻年景变化主要是由天气气候引起的。

(2) 在模拟近千年气候和环流的变化中运用了由近百年序列长度推出的 CWH 系统模式。这一系统模式是否适用于近千年历史序列,尚缺乏直接证明。考虑到作物年景与天气气候及环流的关系可能不是唯一的,而且多数情况是非线性的,高桥等人有类似的研究^[18],他们根据气候变化引起水稻产量的变化和水稻产量与夏季温度正相关类型,分析了日本历史时期的气候演变。因此,在某些特定的地理环境中有限的时间尺度里,环流、天气气候和农业年景持续出现一类基本特征和趋势,这时的年景与气候、环流的关系是相对固定的,并且被近似地描述为线性关系。

有两个情况可以间接地有助于说明问题。其一,统计表明,近千年历史时期中太湖平原水稻的 56 个歉收年里由大水引起的占 80%,可以证实近千年历史上多水—歉收类型是显著存在的。其二,太湖平原历史上长期种植单季稻,热量条件可以满足,小于世纪尺度的温度振动对水稻产量没有明显作用,影响产量的主要气候因子是雨水。因此,水稻气候年景的准 40 年周期振动是同雨水对应的,世纪尺度以上的温度变化幅度较大,对水稻产量会产生一定影响。因此,水稻气候年景的世纪振动和双世纪振动同雨水和温度都有关联。

(3) 模拟温度的变化趋势中还对照采用了历史上太湖结冰的记载资料,同时以竺可桢的研究(主要指冬春温度)为参考,这两方面都是冬季温度变化的描述。然而,水稻年景是同 7 月气温相关联的,图 3 中模拟的温度曲线描述了夏季的冷暖变化。显而易见,从低频振动这一尺度看,冬夏的温度变化似乎是一致的,即冬季偏冷期(偏暖期)对应夏季偏冷期(偏暖期)。

(4) 降水变化图象的模拟结果表明,14 世纪后期至 17 世纪前期是长江下游雨水偏多期,这同某些旱涝史研究的结果不同。这可能是从不同的概念出发分析的缘故。在我们的模拟中明确雨季 6—9 月降水量是衡量多水期和少水期的数量指标,多水期中往往旱涝灾害都相当频繁;旱灾的发生,尤其是春旱和夏旱时有发生同东亚的副热带季风气候特征有密切关系,却不一定能说明雨季或全年的雨水是多还是少。在朝鲜历史时期气候变迁的研究中就发现,雨涝和干旱常常同时集中在几个“失调期”里^[19]。汪家伦在历史时期太湖地区洪涝的分析中指出^[20,21],这里水灾的变化趋势自东晋至宋初表现为由多到少;自宋后至明清表现为从少到多、频率升高,水灾频率固然同水利治理状况、防洪抗涝能力等因素有关,但降水量的变异仍是需要考虑的一个根本原因。

竺可桢先生这方面的研究着眼在用旱灾次数与涝灾次数之比作为长江流域旱涝的判据^[22],这与一个时期里雨水偏多偏少也许不等同,因此导出的结论也不同。五百年旱涝史资料的整编工作¹⁾,是以夏季旱涝为判断旱涝年的主要依据的,对于一年中同时有旱

1) 中央气象局与各省气象局编著了华东、华北等大区的五百年旱涝史。

有涝甚至多次旱涝发生时(这些情况常见于史料),客观判断就有困难。例如1881、1882两年,苏州旱涝史均定为3级(正常),但按上海降水观测资料应分别定为偏涝和涝年。可见,把旱涝等级同雨水多少等同起来也有不妥之处。

此外,旱灾在空间和时间上分布会有明显差异,灾情同地形地貌、土壤植被等环境因子以及水利的兴废等因素均有一定关系。究竟如何运用旱涝史料来确定某年或某一时期的雨水偏多偏少,还有进一步探讨的必要。

(5) 14世纪至17世纪(元代中期至清代前期)约400年时间里,是长江下游近千年历史时期中气候异常期占优势,表现为雨水明显偏多;温度明显偏低;旱涝灾害和冷害频繁;以水稻为主的粮作年景偏差、灾荒多;大气环流以1月SNO系统偏低为特征。11世纪至13世纪和18世纪至20世纪中期这两段合计600年时间里,相对地为气候正常期占优势,总的趋势和特征是温度偏高;雨水偏少;水稻年景偏好;1月SNO系统偏高。从这个趋势看,最近几十年(到2000年前后)仍处于正常期。这是否属于800年左右周期的气候振动的表现,有待进一步研究。

附 录

因 f 、 D 和 G 的等级分别由甲表和乙表评定。

甲表 由史料中文字记述确定受灾和救灾程度 D 的级别

D 级 别	文 字 记 述 摘 要
1	因水(或旱)灾,部分减租免税,罢渔禁等。
2	因灾收成歉薄,民饥,减免被灾田租一年。
3	灾重(如大水没稼)黎庶饥馑,尽蠲免租税又加赈饥。
4	大灾大饥荒(如太湖溢,田淹尽)连续数年蠲免并大加赈恤。

乙表 由史料中文字记述确定受灾范围 G 的级别

G 级 别	文 字 记 述 摘 要
1	杭州附近部分县范围。
2	太湖周围1府范围,如苏州府、或湖州府、或嘉兴府。
3	太湖周围2—4府,如杭嘉湖三府、或苏松常三府、或浙西路等。
4	太湖周围5—7府,如杭嘉湖苏松诸府、或苏松常镇扬、应天诸府。
5	太湖溢,江浙8府以上大范围,或江南路、江浙路等长江下游地区。

参 考 文 献

- [1] 竺可桢, 1979, 中国近五千年来气候变迁的初步研究, 竺可桢文集, 科学出版社, 475—498.
- [2] 郑斯中、张福春、龚高法, 1977, 我国东南部地区近两千年来气候湿润状况的变化, 气候变迁和超长期预报文集, 科学出版社, 29—32.
- [3] 张家诚、张先恭, 1979, 近五百年我国气候的几种振动及其相互关系, 气象学报, 37, No.2, 49—57.
- [4] 汪 铎, 1981, 太湖平原(浙江省北部)粮食产量波动的长期天气分析, 气象学报, 39, No.3, 349—360.
- [5] 汪 铎、张 铨, 1984, 长江下游地区谷物天气产量变化与大型环流准周期性振动的分析, 气象学报, 42, No.1, 99—109.
- [6] 汪 铎、张 铨, 1983, 我国北方和西南一些地区谷物天气产量变化与大型环流长期振动的分析, 气象学报, 41, No.4, 460—471.
- [7] 汪 铎、张 铨, 1984, 我国华南谷物天气产量变化与大型环流准周期性振动的分析, 热带气象, 创刊号 48—57.

- [8] 汪 铎、张 铎, 1986, 我国“环流—天气气候—谷物天气产量”体系的长期振动, 大气科学, 10, No.3, 318—326.
- [9] 汪 铎、张 铎, “环流—天气气候—农业年景”系统模式探讨, 大气科学, 13, No.2, 178—184.
- [10] Wang, Duo and Zhang, Tan, 1987, Simulated Analysis for 110 seasonal weather impacts on Yangtze Delta rice harvest yields, Agric. For. Meteorol., 39 193—203.
- [11] 唐启宇编著, 1985, 中国农史稿, 农业出版社.
- [12] 中国农业科学院、南京农学院中国农业遗产研究室编著, 1984, 中国农学史, 科学出版社.
- [13] Perkins, D.H., 1969, Agricultural Development in China 1368—1968, Edinburgh University Press.
- [14] 吴慧, 1985, 中国历代粮食亩产研究, 农业出版社.
- [15] 竺可桢, 1979, 南宋时代我国气候之揣测, 竺可桢文集, 科学出版社, 52—57.
- [16] 王绍武, 1962, 东亚大气活动中心的多年变化与我国的气候振动, 气象学报 32, No.1, 19—26.
- [17] 汪 铎、张 铎, 1989, 近百年长江下游作物生长季冷暖的变化与大型环流的振动, 气象学报, 47, No.3, 287—295.
- [18] 高桥、根本, 1983, 气候变化、水稻生产和人口之间的关系, 气候变化与粮食生产(译本), 气象出版社, 119—130.
- [19] Moon, S.E., 1983, 朝鲜历史时期的气候变迁, 气候变化与粮食生产(译本), 气象出版社, 24—27.
- [20] 汪家伦, 1983, 历史时期太湖地区水旱情况初步分析(四世纪—十九世纪), 农史研究, 第三辑, 84—97.
- [21] 汪家伦, 1985, 古代太湖地区的洪涝特征及治理方略的探讨, 农业考古, 9, 146—158.
- [22] 竺可桢, 1979, 中国历史上气候之变迁, 竺可桢文集, 科学出版社, 58—68.

~~~~~

## 征 订 启 事

《大气科学》文集(1990)将于今年第四季度由科学出版社出版。本文集系《大气科学》为缩短刊用周期, 使一些稿件能得到及时刊载而出的论著专集, 内容均系大气科学各领域代表我国水平的具有一定创造性的学术论文或短论, 可供大气科学科研人员; 气象台站预报、业务人员以及大专院校有关专业的师生、研究生参考。

本文集除由新华书店发行外, 本刊编辑部亦兼办预订手续, 有需要者请邮汇书款并在附言中说明订购册数及收件人单位、地址、邮政编码即可。定价预估每本18元(到时多退少补)。希本刊订户为保持连续性, 勿误预订。

本刊地址: 北京德胜门外大气物理所内。邮政编码: 100029.

本刊编辑部