

长江下游越冬期冷暖长期变化与 大型环流低频振动

汪 铎

张 鐔

(浙江师范大学地理系)

(北京大学地球物理系)

摘要 本文运用上海 112 年月平均温度资料和 1 月、10 月的月平均海平面气压场 110 年资料,分析了以上海资料为代表的长江下游地区越冬季节温度由偏冷转向偏暖的长期变化及其有关联的大型环流系统的低频振动。发现近百年中前冬 11 月、12 月和后冬 2 月这三个月的冷暖长期变化相似,特点是前 50 年左右偏冷占优势;后 50 年左右偏暖占优势,相应地 10 月大型环流中亚洲大陆冷高压的优势是前 50 年偏强偏东;后 50 年偏弱偏西,北太平洋高压的变化趋势则是前 50 年偏弱;后 50 年偏强。1 月气温的长期变化与上述 11 月、12 月和 2 月的冷暖变化不同,对应的大型环流低频振动也不同。

关键词 长江下游 越冬季节 冷暖 长期变化 大型环流 低频振动

一、前 言

长江下游历来是经济繁华地区,人口稠密、农业发达。东亚季风气候显著,气象灾害比较频繁,对该地区经济有重大影响。作者曾侧重分析了这一地区农作物生长季节的冷暖长期变化¹⁾。随着农业结构的调整变化,在稳定粮田面积、提高粮食产量的同时,经济作物发展较快。在越冬季节(11—2 月),除麦类和油菜对冷暖比较敏感,一些亚热带经济林木如茶叶、柑桔等都易遭寒风冻害。因此,越冬季节的天气气候变异愈来愈受到人们的关注。

本文运用上海(1873—1984) 112 年的月平均温度资料²⁾,初步分析了前冬 11 月、12 月,隆冬 1 月和后冬 2 月的冷暖长期变化。运用全球海平面气压场(1871—1980) 110 年的资料³⁾,分析了 10 月和 1 月大型环流的低频振动与长江下游地区越冬季节冷暖长期变化的关联。讨论了上海的气候情况代表长江下游地区的代表性和实际应用问题,指出上海以西随着大陆性增加,温度的振幅会增大;尤其是极端低温明显较上海偏低。

二、前冬冷暖长期变化

前冬 11 月和 12 月持续偏暖时,冬麦生长快乃至年内拔节,以后遭遇强低温天气就容

1) 汪铎、张鐔,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。

2) 据上海市气象局出版的《上海气象资料》。

3) 由北京大学地球物理系气象教研室长期组提供。



图1 上海11月(a)、12月(b)平均气温长期变化曲线和10月亚洲大陆中纬度与北太平洋中部气压差的长期振动曲线(c)。
(图中曲线均作10年滑动平均处理)

Fig. 1 Long-term fluctuation curves made of 10-yr moving average in early winter. From bottom to top: Shanghai monthly mean temperature in November (a) and December (b) respectively, pressure difference between the middle latitude of Asia Continent and the middle of Northern Pacific in October (c).

易发生严重冻害。茶叶、柑桔等经济林(尤其是幼林)刚经过夏秋暖季,在未受低温锻炼情况下遇到前冬寒潮天气时更容易发生冻害^[1]。

图1是11月(曲线a)和12月(曲线b)平均气温的10年滑动平均曲线,两者在趋势性上升中由前50年左右偏冷期向后50年左右偏暖期过渡,过渡阶段出现在1930年前后。表1进一步统计了偏冷期中两个冷谷(冷年相对集中的10年低温阶段)和偏暖期中两个暖峰(暖年相对集中的10年高温阶段)的温度对比情况。鉴于偏冷(偏暖)期中的暖峰(冷谷)强度不如偏暖(偏冷)期中暖峰(冷谷)强度,因此本文中不作重点分析。

1. 近百年中前50年前冬偏冷期特点是,偏冷期的平均气温在近百年平均水平之下。其中冷谷阶段气温较最近三十年平均偏低 $2^{\circ}\text{--}3^{\circ}\text{C}$,11月的极端最低气温可达 $-3^{\circ}\text{--}-4^{\circ}\text{C}$;低于 -2°C 的冷年频率约30%左右,12月的极端最低气温可达 -10°C ;低于 -5°C 的冷年频率约60%左右。

推算上海以西一些丘陵河谷地区,按以上冷年频率的最低气温较上海低 2°C 左右。试验指出^[2],柑桔的夏叶在11月下旬只能耐 -5°C 低温,12月下旬只能耐 -7°C 低温。因此,如上出现的冷年频率,在上海附近柑桔园基本不发生冻害,但是长江下游西部地区就

表 1 1873—1984 年期间 11 月、12 月的冷谷暖峰 10 年为阶段的比较分析
 Tab. 1 Compared analysis on cold valley and warm peak of each 10-yr phase
 in November and December during 1873—1984

月	阶 段 (年)	阶段平均月气温 (°C)	极低年月气温 (°C)	极端最低气温极值(°C)
11	<-2°C 年数			
	1876—1885 冷谷	10.6	8.3	2 -4.0
	1903—1912 冷谷	10.8	9.3	4 -3.5
	1945—1954 暖峰	13.3	11.4	1 -2.3
	1959—1968 暖峰	12.8	11.4	2 -2.9
12	<-5°C 年数			
	1875—1884 冷谷	4.7	2.9	5 -10.0
	1910—1919 冷谷	5.3	2.4	7 -10.2
	1932—1941 暖峰	7.0	3.9	3 -6.4
	1948—1957 暖峰	6.8	4.4	3 -6.2

会遭受程度不同的冻害。

2. 近百年中后 50 年前冬偏暖期特点是, 偏暖期的平均气温在近百年平均水平之上。其中暖峰阶段, 11 月和 12 月的平均气温明显偏高, 冷年的频率明显减少, 极端低温的强度减弱。对柑桔等林木安全越冬有利。

前冬冷暖的长期变化同入冬前 10 月份大型气压环流的长期振动有关联。图 1 中曲线 c 描述了亚洲大陆中纬度气压场(以 50°N, 90°—110°E; 40°N, 80°—110°E; 30°N, 90°—110°E 这 10 个网格点上气压平均值表征) 减北太平洋中部气压场(以 40°N, 170°E—180°—170°W; 30°N, 170°E—180°—160°W; 20°N, 170°E—180°—170°W 这 10 个网格点上气压平均值表征) 组合的 10 月气压场差的低频振动图象。显然, 10 月气压场差高值期对应前冬偏冷期, 低值期对应偏暖期。功率谱计算表明, 10 月气压场差和 11 月气温均具有 72 年周期, 达到 0.05 显著性水平。

三、隆冬后冬冷暖长期变化

隆冬 1 月和后冬 2 月是长江下游地区寒潮影响最频繁的季节, 但是寒潮发生的频率和强度有明显变异。从图 2 中 1 月(曲线 b)和 2 月(曲线 a)平均气温的 10 年滑动平均曲线可以看出, 近百年中, 1 月有 3 个偏冷期和 2 个偏暖期。2 月与前冬相似, 前 50 年左右是偏冷期, 后 50 年左右是偏暖期。结合表 2 中冷谷暖峰的比较分析表明:

1.1 月份 3 个偏冷期中冷谷阶段, 出现 -7°C 以下低温冷年的频率均在 50% 以上; 尤其前 2 个冷谷的强度大, 冷年频率分别达 60% 和 90%, 极端最低气温可达 -11°C (长江下游西部地区低温强度更甚)。1 月的作物耐寒力虽然增强了, 但是遭遇 -9°C 强低温时, 大部分柑桔树冻害严重。遇到 -11°C 左右强低温时, 桔园和幼龄茶园面临毁灭性冻害威胁。

2.2 月份偏冷期中有两个冷谷, 发生 -5°C 以下低温冷年的频率分别是 60% 和 70%,

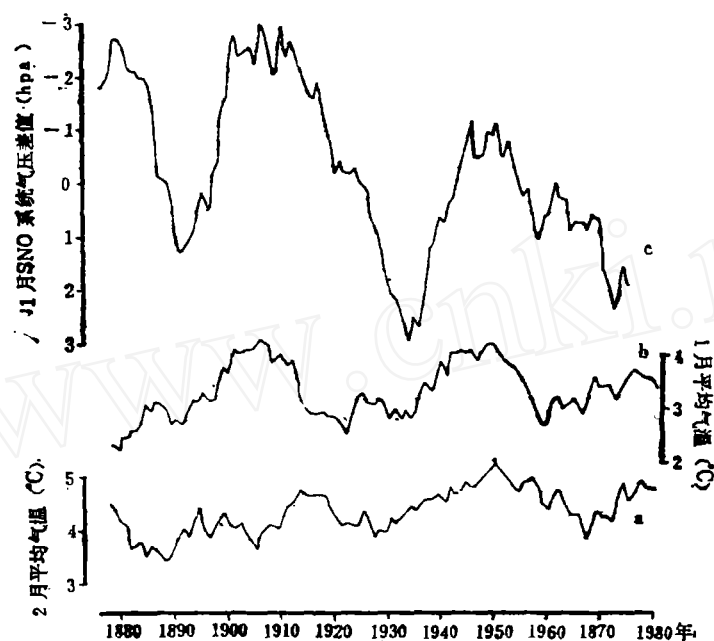


图2 上海1月(b)、2月(a)平均气温长期变化曲线和1月SNO气压组合系统长期振动曲线(c)。(均作10年滑动平均处理)

Fig. 2 Long-term fluctuation curves made of 10-yr moving average in mid-late winter. From bottom to top: Shanghai monthly mean temperature in February (a) and January (b), "SNO" pressure system in January (c).

表2 1873—1984年期间1月、2月冷谷暖峰10年为阶段的比较分析。

Tab. 2 Compared analysis on cold valley and warm peak of each 10-yr phase in January and February during 1873—1984

月	阶(年)段	阶段平均月气温 (°C)	极低年月气温 (°C)	极端最低气温	极值(°C)
1	<-7°C年数				
	1874—1883 冷谷	2.3	-0.5	6	-11.0
	1901—1910 暖峰	4.4	2.8	3	-7.8
	1914—1923 冷谷	2.9	-0.1	9	-10.9
	1945—1954 暖峰	4.3	1.8	3	-8.8
	1958—1967 冷谷	3.0	0.5	5	-9.4
2	<-5°C年数				
	1884—1893 冷谷	3.4	1.3	6	-9.4
	1901—1910 冷谷	3.6	1.2	7	-8.5
	1946—1955 暖峰	5.3	2.9	2	-5.5
	1963—1972 偏冷	3.8	1.8	4	-7.7

极端低温可达-9°C。

3.1 月和2月各个偏暖期中暖峰阶段的低温强度和冷年频率均明显下降,大多数年

份气温偏高,没有明显冻害,柑桔等经济林木能安全越冬。

图2中曲线c取自文献[3]中图1曲线a,描述了1月南北气压场组合的“南北涛动”¹⁾(SNO)的低频振动。图中b、c两条曲线趋势上相对应,表现为1月SNO高值(低值)期对应长江下游1月偏冷(偏暖)期。2月冷暖长期变化趋势与11月、12月冷暖长期变化趋势基本一致;也同图1中入冬前10月气压场差的低频振动趋势上相对应。

功率谱计算表明,1月气温具有36年周期达到0.1显著性水平,1月SNO亦具有36年周期达到0.05显著性水平。

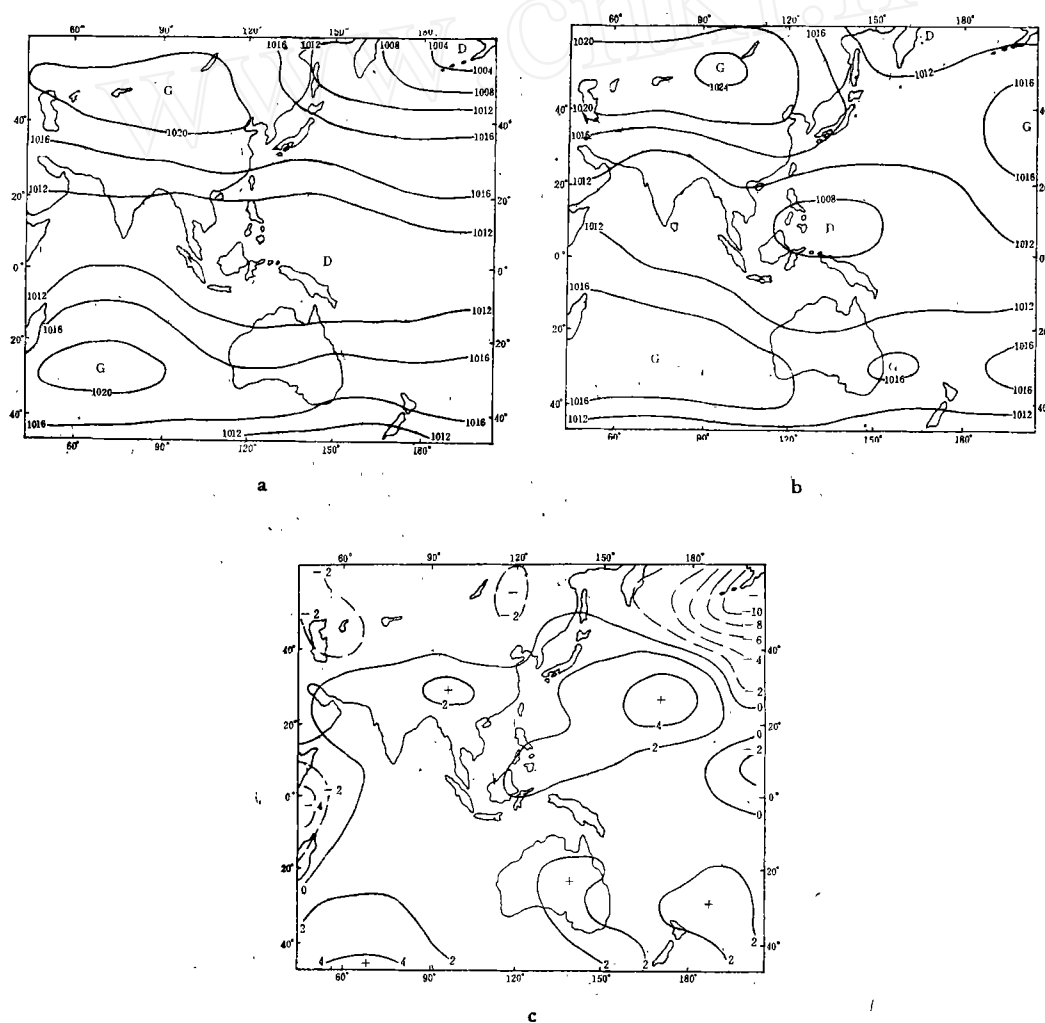


图3 10月海平面气压场10年平均形势:a——偏暖期(1936—1945年),b——偏冷期(1903—1912年),c——偏暖期减偏冷期气压差分布。

Fig. 3 Sea level pressure state in October made of 10-yr average, a—warm-normal phase during 1936—1945; b—cold-normal phase during 1903—1912; c—pressure difference between “a” and “b”.

1) 指1月亚欧大陆中高纬(40°N—60°N, 40°E—120°E)气压场与澳洲附近(10°S—20°S, 110°E—150°E)气压场之差组合的气压环流系统。

四、冷暖期 10 月气压场特征

10 月大型气压场特征可以代表进入越冬季节(尤其是前冬)前的前期环流特点。图 3 是取偏暖期中 1936—1945 年 10 月平均(3a)和偏冷期中 1903—1912 年 10 月平均(3b)的 10 月全球尺度海平面气压场形势进行对比分析,并给出了偏暖期 10 年减偏冷期 10 年的 10 月气压差分布(3c)。

可以看出有如下明显差异,(1)偏暖期中亚洲大陆冷高压主体偏西,中心强度略偏弱;偏冷期则相反,亚洲大陆冷高压主体偏东,中心强度略偏强。在气压差图中反映为亚欧大陆是一片负区,负中心在贝加尔湖以东。(2)偏暖期中阿留申低压明显偏强、位置偏南;偏冷期相反,阿留申低压偏弱、位置偏北。反映在气压差图上,阿留申群岛附近是一个强大的负中心。(3)北太平洋中部高压在偏暖期(偏冷期)表现偏强(偏弱)、位置偏西南(偏东北)。气压差图上北太平洋中部出现一个正中心。(4)赤道低压带在西太平洋上一环、偏暖期(偏冷期)时偏弱(偏强)、位置偏北(偏南);在非洲的一环偏暖期(偏冷期)偏强(偏弱)。(5)南印度洋上高压带在偏暖期时偏强,偏冷期时偏弱。(4)(5)两点差异反映在气压差图上,赤道两侧和南半球的中低纬是一片正区。

从上述气压环流特征差异可以看出,偏暖期(偏冷期)中 10 月亚洲大陆冷高压偏西偏弱(偏东偏强)和北太平洋高压偏强(偏弱)直接影响到长江下游前冬气候的偏暖(偏冷)。因为这类大型环流的时间变化表现出一定的持续性,其影响也出现一定的滞后关系。因此 10 月大型环流的影响不只限于秋季气候,而且会影响前冬气候。

五、大型环流的低频振动图象

根据上述冷暖期气压场特征差异分析,图 4 进一步描述了 10 月份 4 个气压环流的长期活动变化。它们是亚洲大陆冷高压中心的纬向位移(以 50°N 上 110°E — 90°E 气压差 ΔP 表征, $\Delta P > 0$ 为 110°E 上气压高于 90°E 上气压,说明冷高压中心偏东; $\Delta P < 0$, 则偏西),阿留申低压(范围取 50°N — 60°N , 180° — 140°W),北太平洋中部高压(取 20°N — 30°N , 150°E — 170°W)和西太平洋上赤道低压带(取 10°N — 0° , 120°E — 160°E),后三个气压环流的强度是以所取活动区域内平均气压值表征的。图中 4 条曲线(经 10 年滑动平均滤波处理)在 1930 年前出现了前后两个不同时期的过渡,表现在近百年中亚洲大陆冷高压中心前 50 年左右偏东,后 50 年左右偏西;阿留申低压的强度和北太平洋中部高压的强度前 50 年均偏弱,后 50 年均偏强;西太平洋上赤道低压带的强度前 50 年偏强,后 50 年偏弱。

计算了这 4 个气压环流活动演变的功率谱,主要结果列在表 3 中。表明 10 月份阿留申低压、北太平洋中部高压和西太平洋上赤道低压带三者的强度均存在 80 年左右显著周期的低频振动,这一情况同长江下游地区前冬冷暖长期变化的主周期很接近。另外,10 月份亚洲大陆冷高压的纬向位移具有 36—37 年显著周期,西太平洋上赤道低压带还具有 40 年左右显著周期,这类低频振动同长江下游地区 1 月冷暖长期变化的主周期十分相

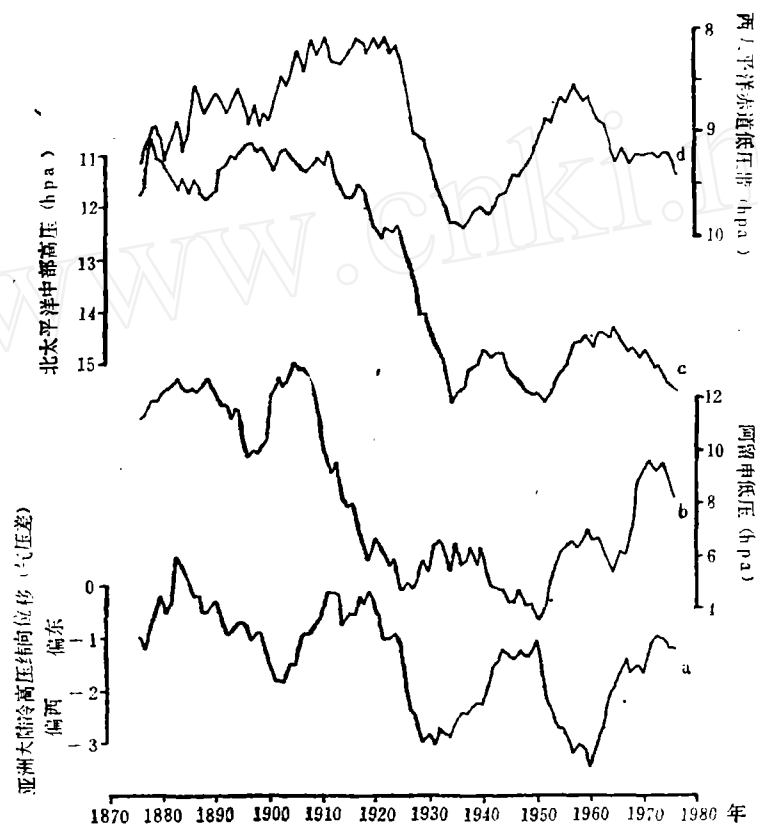


图 4 10 月亚洲大陆冷高压纬向位移 (a) 和阿留申低压 (b)、北太平洋中部高压 (c)、西太平洋赤道低压带 (d) 活动区域强度的长期变化趋势

Fig. 4 Long-term change tendency curves of large-scale circulations, four curves are all in 10-year moving average. From bottom to top: longitudinal variation of Asia Continental cold high centre in October (a) Aleutian low (b) the middle of Northern Pacific high (c) and Western Pacific equatorial depression belt (d).

近。看来 10 月大型环流的低频振动与长江下游越冬季节的冷暖变化是有着密切关联的。此外,这几个气压环流都普遍存在 2—3 年周期的振动。

表 3 10 月几个主要海平面气压活动中心(区域)的功率谱分析主要周期

Tab. 3 Main periods of several major sea level pressure centres in October by power spectral analysis.

活动中心	亚洲大陆冷高压纬向位移	阿留申低压	北太平洋中部高压	西太平洋赤道低压带
周期	36.7*	80**	80**	80**
(年)	2.1*	2.5*	21**	40**
				2.8**

* 显著性水平 0.05 ** 显著性水平 0.01

六、讨 论

1. 上海气象资料的代表范围问题。按文献[4]方法分析,认为上海气象可以代表包括江苏南部和浙江北部在内的长江下游大部分地区。但是还应注意由于海洋影响及其调节气候的作用在长江下游东部和西部有差别,引起东西部不同地域的气温出现差异;这种差异表现在冬季最低气温上尤其显著。表4对比了上海与湖州近三十年来一些冷冬年的极端低温的差异。两地海拔、纬度相近,东西相距120公里。位于上海以西的湖州的最低气温往往较上海偏低。可见,湖州附近的长江下游西部地区的越冬作物的冻害机率较上海附近会明显偏高。

还需要考虑湖州傍太湖,明显受太湖水体对温度的调节作用,在一定程度上又缓和了与上海的温度差异。而位于太湖西北方的宜兴,最低气温往往较湖州偏低 2°C 左右^[9]。因此,越冬作物低温冻害的机率和程度会随地域、地形的影响不同而出现差别。这一情况在气候变异分析和应用中需要具体考虑并加以分析订正的。

表4 一些冷冬年上海与湖州最低气温比较

Tab. 4 Differences in lowest temperature between Shanghai and Huzhou for some cold winters.

年	月	极端最低气温($^{\circ}\text{C}$)	
		上 海	湖 州
1957	2	-7.9	-9.5
1969	2	-7.2	-11.1
1970	1	-8.3	-9.2
1973	12	-6.8	-8.5
1977	1	-10.1	-10.9
1977	2	-6.7	-8.9

2. 长江下游越冬季节冷暖变化具有显著的低频振动,前冬、隆冬、后冬在振动上又有差异。但有两个时期整个越冬季节的冷暖变化是比较一致的(图1、2中4条温度曲线的同步时期),即上世纪七十年代中期至八十年代后期这一段均处在偏冷期的冷谷附近,另一段是本世纪四十年代中期至五十年代中期均处在偏暖期的暖峰附近。从趋势看,本世纪七十年代起前冬气温曲线开始下降;尤其是11月气温出现在1930年后近50年来最低的10年。由气候80年左右准周期振动推测,未来前冬将处于偏冷期,冷年的频率和强度会达到什么程度,值得注意和研究。

3. 由于越冬季节冷暖变化出现低频振动,引起作物冻害的机率和强度也发生显著的阶段性变化。在偏冷期的冷谷附近;加上地域性气候差异,柑桔等亚热带作物遭受强低温冻害的频率高。历史上长江下游一带的桔园曾多次发生过毁灭性冷害。解放后也曾遭遇四次严重的桔园冻害,其中1969、1972、1977年这三次就是发生在转入偏冷期的阶段中。相反,在偏暖期里作物冻害的频率较低,有利于柑桔园等经济林发展和增产。在作物布局 and 规划中对这样的气候振动应给予充分重视和考虑。因此,对于东亚冬季风变异的研究

应引起注意。

4. 可以认为前期 10 月亚洲大陆和北太平洋上的大型气压环流的耦合振动表征了冬季风在东亚地区推进的初期存在的变异。从本文分析来看, 冬季风推进初期在强度上存在 80 年准周期性低频振动和准 2 年周期的年际振动。这种变异对后期长江下游越冬期的气候会产生深刻的影响。

5. 上述分析中太平洋区域的环流活动的时间尺度接近世纪尺度, 在近百年变化趋势上与文献[6]中“EOF”第一主分量的时间趋势较一致, 但转折过渡略有先后, 太平洋地区约偏早 10 年左右。这类尺度的低频振动可能是大气对太阳活动世纪振动的某种效应, 并且在大洋上空表现比较明显。在大陆上或海陆交替的地区, 大型环流低频振动的周期变短, 如影响我国的 60—70 年周期、30—40 年周期和 20 年左右周期等几条“环流-天气气候-年景”体系频带^[7]。

6. 还发现 10 月大型气压环流的低频振动在空间分布上出现一种协调结构 (或称耦合)。如表 5 描述的 5 个气压环流活动在强度上表现为此起彼伏的振动。此种空间分布与时间上在偏暖期和偏冷期之间的交替变化、相互配置, 构成一幅有节律的时空演变图象。这一现象值得进一步探讨。

表 5 偏暖期和偏冷期 10 月气压活动中心强度(+偏强、-偏弱)的振动和空间分布

Tab. 5 Fluctuation and space distribution of the strength of October pressure centres between warmer and colder phases, “+” indicates stronger; “-” indicates weaker.

活动中心	阿留申低压	亚洲大陆冷高压	北太平洋中部高压	西太平洋赤道 低压带	南印度洋高压带
偏 暖 期	+	-	+	-	+
偏 冷 期	-	+	-	+	-

参 考 文 献

- [1] Cooper, W. C. and W. H. Henry, *Israel. Jour. Agr. Res.*, **18**, 161—174, 1963.
- [2] 小中原実, 農薬おとび園芸, **41**, 第 2 号, 311—316, 1966。
- [3] 汪铎、张镔, 气象学报, **42**, 99—109, 1984。
- [4] 汪铎、张镔, 气象, **11**(8), 22—25, 1985。
- [5] 贺令萱、李卓, 农业气象科学, 第 1 期, 60—62, 1981。
- [6] Chang Tan and T. Yasunari, *J. Met. Soc. Jap.*, **60**, 1132—1142.
- [7] 汪铎、张镔, 大气科学, **10**, 318—326, 1986。

LONG-TERM COLD/WARM CHANGE OF CHANG JIANG (YANGTZE) LOWER REACH DURING OVERWINTER- RING SEASON AND LARGE-SCALE CIRCULATION FLUCTUATION

Wang Duo

(Dept. of Geography, Zhejiang Normal University)

Zhang Tan

(Dept. of Geophysics, Beijing University)

Key words Chang Jiang (Yangtze) Lower Reach; overwintering season; cold/warm; long-term change; large-scale circulation; low-frequency fluctuation.

Abstract

This paper analyzes, by means of records of monthly mean temperature in the last 112 years (1873—1984) and the monthly mean sea level pressure fields in the last 110 years (1871—1980), the long-term change in temperature from colder to warmer during overwintering season in Chang Jiang (Yangtze River) Lower Reach, represented by Shanghai data, and the low-frequency fluctuations of large-scale pressure circulation system, associated with the former. It is discovered that in the last 100 years or so, there are similar long-term variation trend in cold warm between early winter (November and December) and late winter (February). The general feature of it is that the temperature in the three months presents itself an increase in tendency: in early 50 years or so there is colder period, namely, the temperature in average of this period is lower than the average temperature of last 100 years, and in late 50 years or so there is warmer period, namely, the temperature in average of this period is higher than it. The transition from colder period to warmer occurred in year 1930 or so. The cold valley—a phase of extreme low temperature in colder period and the warm peak—a phase of extreme high temperature in warmer period are all counted up. The advantages and disadvantages of cold valley or warm peak are also analysed in agriculture production.

The change of large-scale circulations in October, which is corresponding to the change from colder to warmer period as above, is presented that the strength and position of Asia Continental cold high show a low-frequency fluctuation, and so does the strength of Northern Pacific. It can be considered that the changes of the both large-scale circulations occur in October and it impacts on East Asian climate in overwintering season as that, a notable trend variation exists just in the starting of the winter monsoon moving forward during autumn-winter in East Asia. The feature of these trend variations can be described that it is prevailing in early 50 years or so, the colder period, that Asia Continental cold high is stronger and eastward; Northern Pacific high is weaker, namely, the early winter monsoon in East Asia is stronger. However, there is an inversely prevailing in late 50 years or so, the warmer period, namely, Asia Continental cold high is weaker and westward; Northern Pacific high

is stronger; the early East Asian winter monsoon is weaker correspondingly.

In addition, the long-term change of temperature in January is different from that in above three months, November, December and February. The large-scale circulation, associated with the temperature in January, is correspondingly different too.

The representation and application of Shanghai temperature for Chang Jiang Lower Reach are discussed. It is indicated that the extreme temperature in the west region of Shanghai is lower than that in Shanghai.