

# 十八世纪我国长江下游等地区的气候

龚高法 张丕远 张瑾琰

(中国科学院地理研究所)

## 提 要

关于1500—1900年小冰期气候问题是历史时期气候变化研究中的一个重要课题。本文根据我国晴雨录、古代天气日记、诗文等历史文献资料来讨论小冰期中一个相对温暖时期（十八世纪）的气候。研究表明，这个时期冬季（12—2月）平均气温比现在低 $1.0^{\circ}\text{C}$ （杭州、苏州）到 $1.5^{\circ}\text{C}$ （南京）。但其间还有10年以上时间尺度的起伏波动，在温暖时段，冬季平均气温仍比现在低 $0.5\text{--}1.6^{\circ}\text{C}$ ，在寒冷时段，冬季平均气温比现在低 $2.1\text{--}2.4^{\circ}\text{C}$ 。但十八世纪大部分时期春季反比现在暖些。对湿润状况分析表明，十八世纪长江中下游地区比现代潮湿，反映了当时大气环流与今有较大差别。杭州古风向记录（1723—1769年）分析表明，当时盛行风向与现在不同：冬季西北风频率比现在多，春秋盛行东北风时间比现在长，频率比现在多。

国内外有关历史时期气候变化的研究表明，公元1500—1900年期间是一次世界性的气候寒冷时期，即所谓小冰期。有些学者认为，本世纪以来比较温暖的气候只是属于整个小冰期中的一个温暖时段，并预言未来的气候将可能进入小冰期的另一个寒冷时段<sup>[1]</sup>。因此关于小冰期的气候引起了人们的关注。

本文试图通过对十八世纪气候的分析来了解小冰期中一个时段的气候。

## 一、十八世纪气候寒暖状况

### （一）冬季降雪率的变化

十八世纪我国还没有可靠的温度记录，因此，对于当时气候寒暖状况只得借助于其他证据。我国第一历史档案馆中保存的杭州（1723—1769年）、苏州（1725—1782年）、江宁（1722—1785年）和北京（1724—1903年）的晴雨录是我国有近代气象观测以前最系统的天气记录。每次下雨、下雪统记载有月、日、时辰。因此根据上述四个地方的晴雨录可以得到各月下雨下雪的日数。

众所周知，一个地方降雪日数的多少无疑受温度和水分两个因素的影响。在冬季干燥而寒冷的地区，即使只降雪，不下雨，但由于空气干燥，降雪日数仍然很少。相反，在低纬度沿海地区，空气潮湿，雨水充沛，但因气温太高，也很少降雪。这说明仅仅根据一个地方降雪日数的变化还不能推定冬季气候寒暖变化。因而我们采用冬季降雪率来作为反映冬季气候

寒暖变化的指标。计算方法如下〔2〕:

$$P = \frac{S}{S + R}$$

式中 P 为降雪率

S 为降雪日数 (包括雨夹雪的日数)

R 为降雨日数 (不包括雨夹雪的日数)

由于冬季各月在气候上不尽相同, 我们分别计算了 12 月、1 月、2 月各月的降雪率:

$$P_{12} = \frac{S_{12}}{S_{12} + R_{12}}, \quad P_1 = \frac{S_1}{S_1 + R_1}, \quad P_2 = \frac{S_2}{S_2 + R_2},$$

式中角表数 12、1、2 等数字分别表示 12 月、1 月和 2 月。

最后计算出冬季 (12—2 月) 平均降雪率:

$$\bar{P} = \frac{1}{3} (P_{12} + P_1 + P_2)$$

根据这一方法, 首先计算出杭州 (1954—1978 年)、苏州 (1955—1978 年)、南京 (1953—1978 年) 三个地方冬季降雪率及其与冬季平均气温之间的相关系数, 结果如表 1 所示。

表 1 杭州、苏州、南京冬季降雪率与平均气温之间的相关系数

Tab. 1. Correlative coefficient amongst ratio of snow and precipitation and average temperature in Hangzhou, Suzhou and Nanjing.

地 点	资料年代	统计年数	相关系数	信度达到 99% 的相关系数
杭 州	1954—1978	24	-0.6675	0.515
苏 州	1955—1978	23	-0.7510	0.526
南 京	1953—1978	25	-0.7201	0.505

计算结果表明, 杭州、苏州和南京冬季降雪率与冬季平均气温之间相关非常密切, 冬季降雪率越大, 表示冬季平均气温越低。但北京冬季逐年降雪率与冬季温度之间的关系并不显著 (结果略)。其原因在于, 长江下游地区冬季雨水充沛, 冬季 (12 月到 2 月) 平均降水日数分别为 25 天 (苏州)、26 天 (南京) 和 38 天 (杭州), 即平均每隔 3 天左右就有一天降水天气。因此降雪率这一指标可以充分反映该地区冬季寒暖状况。而北京冬季气候干燥, 12—2 月平均降水日数只有 9.4 天, 平均每隔 10 天左右才出现一个降水天气, 降雪率指标不能反映北京冬季气候寒暖变化。

因此, 我们用最小二乘法拟合出杭州、苏州、南京三个地方冬季降雪率与平均气温之间的经验公式:

$$Y_{\text{杭州}} = 0.572 - 0.076X_{\text{杭州}}$$

$$Y_{\text{苏州}} = 0.647 - 0.099X_{\text{苏州}}$$

$$Y_{\text{南京}} = 0.585 - 0.111X_{\text{南京}}$$

式中  $Y_{\text{杭州}}$ 、 $Y_{\text{苏州}}$ 、 $Y_{\text{南京}}$  分别表示三个地方冬季降雪率,

$X_{\text{杭州}}$ 、 $X_{\text{苏州}}$ 、 $X_{\text{南京}}$  分别表示三个地方冬季平均气温。

据此，如果我们能够从长江下游地区古代天气日记和晴雨录中计算出降雪率，就可以根据上述经验公式推算出相应的冬季平均气温。

图 1 是根据晴雨录得到的十八世纪杭州、苏州、南京降雪率变化曲线。

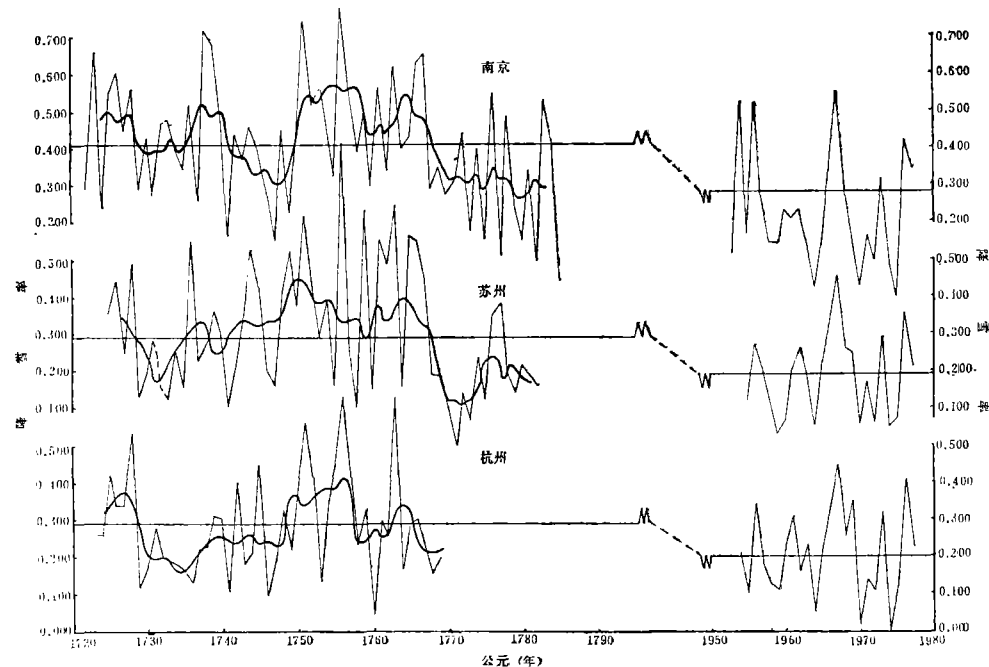


图 1 杭州、苏州、南京冬季降雪率变化曲线

Fig. 1. Changes in ratio of snow and precipitation in Hangzhou, Suzhou and Nanjing.

由于杭州、苏州、南京三个地方气候条件各不相同，所以十八世纪平均降雪率不完全相同，但三个地方共同的结果是，十八世纪降雪率都比现代人，即当时冬季降雪日数占降水日数的比例都比现代大。

表 2 杭州、苏州、南京平均降雪率与平均气温

Tab. 2. Ratio of snow and precipitation and temperature in average in Hangzhou, Suzhou and Nanjing.

地 点	十 八 世 纪				现 代				十八世纪 与现代相 差
	资料年代	年数	平均 降雪率	冬季平 均温度	资料年代	年数	平均 降雪率	冬季平 均气温	
杭州	1723—1769	46	0.289	3.7℃	1954—1978	24	0.207	4.7℃	-1.0℃
苏州	1725—1782	57	0.289	3.6℃	1955—1978	23	0.190	4.6℃	-1.0℃
南京	1722—1785	63	0.417	1.6℃	1953—1978	25	0.282	3.1℃	-1.5℃

由表 2 推算出的十八世纪长江下游地区冬季平均温度比现代低 1.0℃（杭州、苏州）到 1.5℃（南京）。

另外，从图 1 看出，十八世纪冬季降雪率也是不断变化的。以南京为例，如果以 1722

—1785 年间南京有晴雨录时期的平均降雪率作为标准，则可 将十八世纪划分成持续若干年的温暖时期和寒冷时期。但是 无论 是温暖时期，还是寒冷时期，冬季平均气温都要比现代低。即在温暖时期气温比现在低 0.5℃ 到 1.6℃，而在寒冷时期比现在低 2.1—2.4℃。<sup>1)</sup> 详细结果见表 3。

表 3 十八世纪南京冬季气候寒暖变化  
Tab. 3. Severity of winter in the 18th century in Nanjing.

起始年代	-1728	1729—1735	1736—1741	1742—1749	1750—1767	1768—?
持续年数	7 年以上	7	6	8	18	18 年以上
气候特征	冷	暖	冷	暖	冷	暖
降雪率	0.4827	0.4092	0.4845	0.3567	0.5100	0.3030
冬季平均温度	0.9℃	1.5℃	1.0℃	2.1℃	0.7℃	2.6℃
与现代温度差异	-2.2℃	-1.6℃	-2.1℃	-1.0℃	-2.4℃	-0.5℃

竺可桢同志曾经以长江流域湖泊结冰为指标 分析了近 500 年来冬季气候变化，根据他整理的资料，十六至十九世纪当中，以十八世纪湖泊结冰年数最少<sup>[3]</sup>，也就是说，十八世纪是小冰期中最温暖的一个世纪。这样，结合我们的结果可以得到进一步的结论，即使在小冰期最温暖时期，长江下游冬季平均气温也要比现代低 1.0°—1.5℃ 之谱。

(二) 春季植物物候期与终雪期

春季植物物候期的早晚与该物候期以前一段时期的温度有密切关系，气温越高，植物发育越迅速。气温越低，植物发育越慢，因此植物物候期的早晚可以作为春季气候寒暖变化的指标。

据研究，在十七世纪后期我国大部分地区春季物候期比现代晚<sup>[4]</sup>。但到十八世纪初期春季气温似乎升高到现代的水平。例如，康熙四十一年（公元 1702 年）陈允泰于阴历二月二十九日（阳历 3 月 27 日）骑马经北京永定门时，赋诗一首，题为：

“二月二十九日出永定门看桃花二绝”<sup>[5]</sup>  
“京城二月山桃发，染得园林一片朱；  
走马来看花更好，眼明恰似到元都”。

现在北京山桃盛花平均日期也为 3 月 27 日。

康熙四十三年（公元 1704 年）三月二十一日（4 月 24 日）高士奇在北京御园内观园时记载：“绛桃时已花谢，白丁香初开，琼林瑶蕊一望参差，黄刺梅含英耀日，繁艳无比”<sup>[6]</sup>。这与现代北京同期物候现象略有提前。

十八世纪二十至七十年代春季物候状况可参考 杭州、苏州、南京晴雨录中终雪期的记载。表 4 是根据晴雨录的报告整理出来的终雪期。

1) 这里使用的现代资料是五十年代至七十年代的气象资料，这一阶段的气温比四十年代末还要偏低些。

表 4 杭州、苏州、南京终雪期

Tab. 4. Dates of the yearly latest snow day in Hangzhou, Suzhou and Nanjing.

年 号	公 元	终 雪 期			年 号	公 元	终 雪 期		
		杭 州	苏 州	南 京			杭 州	苏 州	南 京
雍正元年	1723			1/3	乾隆二十一年	1756	26/2	15/3	21/2
二年	1724	19/2		18/2	二十二年	1757	16/3	15/3	15/3
三年	1725	12/2		12/2	二十三年	1758	24/2	7/4	21/2
四年	1726	22/2	24/2	25/2	二十四年	1759	—	10/2	10/2
五年	1727	25/2	25/2	25/2	二十五年	1760	20/2	20/2	4/2
六年	1728	4/3	3/3	—	二十六年	1761	16/2	7/1	—
七年	1729	22/2	24/2	30/3	二十七年	1762	20/3	31/3	19/3
八年	1730	21/3	19/3	19/3	二十八年	1763	—	7/2	3/3
九年	1731	8/2	20/4	9/2	二十九年	1764	—	24/2	24/2
十年	1732	4/2	14/3	13/3	三十年	1765	11/3	14/3	—
十一年	1733	18/2	—	1/4	三十一年	1766	9/3	30/3	30/3
十二年	1734	18/2	26/2	26/2	三十二年	1767	3/3	19/2	19/2
十三年	1735	11/2	4/2	10/2	三十三年	1768	13/2	13/2	—
乾隆元年	1736	9/2	8/2	18/4	三十四年	1769	27/1	26/1	18/2
二年	1737	25/2	24/2	24/2	三十五年	1770		3/2	2/2
三年	1738	25/1	20/1	19/1	三十六年	1771		15/3	14/3
四年	1739	8/2	24/2	17/2	三十七年	1772		—	5/3
五年	1740	6/3	5/3	26/3	三十八年	1773		8/3	7/3
六年	1741	27/1	30/3	21/1	三十九年	1774		—	—
七年	1742	21/2	21/2	5/1	四十年	1775		3/3	5/3
八年	1743	27/3	27/3	26/3	四十一年	1776		15/3	9/2
九年	1744	30/1	10/3	11/2	四十二年	1777		18/2	29/3
十年	1745	10/2	24/2	14/2	四十三年	1778		15/2	3/3
十一年	1746	20/3	20/3	20/3	四十四年	1779		31/1	30/1
十二年	1747	19/3	19/3	29/3	四十五年	1780		19/2	19/2
十三年	1748	31/3	31/3	2/3	四十六年	1781		2/2	29/12*
十四年	1749	14/3	3/3	13/3	四十七年	1782		31/1	23/12*
十五年	1750	2/3	2/3	22/2	四十八年	1783		20/3	20/3
十六年	1751	27/3	26/3	27/3	四十九年	1784			20/3
十七年	1752	8/3	4/3	25/3					
十八年	1753	24/3	21/2	6/2					
十九年	1754	4/3	4/3	13/2					
二十年	1755	15/3	15/3	14/3					

\* 为上一年年底日期，当年春季未下雪。

如果把杭州、苏州、南京十八世纪终雪期与现代终雪期作比较就可以看出，杭州十八世纪终雪期比现代早 13 天，苏州早 8 天，南京早 7 天。这表明十八世纪二十至七十年代长江

下游春季来临比现在早 7—13 天。详细结果见表 5。

表 5 杭州、苏州、南京平均终雪期

Tab. 5. Average dates of the latest snow day in Hangzhou, Suzhou and Nanjing.

地 点	杭 州		苏 州		南 京	
时 期						
南 宋	19/3 (公元1131—1264年)		—		—	
十八世纪	26/2 (公元1723—1769年)		2/3 (公元1725—1782年)		27/2 (公元1722—1785年)	
现 代	11/3 (1954—1978年)		10/3 (公元1955—1978年)		6/3 (公元1953—1978年)	
十八世纪与现代 差异 (日)	+ 13天		+ 8 天		+ 7 天	

竺可桢同志曾经根据《宋史》中有关南宋时期杭州终雪期的记载分析了南宋杭州的气候〔7〕。如果把计算的结果与我们所得结果进行比较就可以看出，南宋时代杭州平均终雪期最晚（19/3），比现代（11/3）晚 8 天，而比十八世纪（26/2）晚 21 天。这样看来，十八世纪二十至七十年代春季来临要比现代和南宋时代早。

到十八世纪后期，有几部古天气日记详细地记载了杭州、北京等地春季物候状况。

现将有关植物物候期的记载摘录如下：

据《竹汀日记》〔8〕记载：

乾隆四十三年，戊戌岁（公元 1778 年）三月十三日：

“晴，…移舟至苏堤，复登岸，沿途两旁桃花尚盛开，烂若铺锦……”。

另据《吴兔床先生日记》〔9〕记载：

乾隆四十五年（1780 年）三月初十日：苏堤即事。

风环雾鬓剧堪思，桂楫兰桡去不迟。

好是段家桥畔路，白桃花下采银丝。

乾隆五十二年（1787 年）二月十一日：

与胡秋读同游武林时泉亭桃花盛放。

嘉庆十三年（1808 年）

二月二十三日：午后过泉亭桃李盛放，一望如锦。

《吴兔床先生日谱》〔10〕记载：乾隆五十五年（1790 年）：

二月二十四日：…入无锡县境，山不甚高，松林一带与残桃相掩远近如画。

乾隆五十六年（1791 年）：

三月朔日：自武林东归，是日始晴，微有日色，由东新关至甘塾村，桃李盛放，可三十里望之若锦绣，惜遊舫尚稀耳。

乾隆五十七年（1792 年）：

三月初四日：抵桃溪墨阳前，海棠初放。

乾隆六十年（1795 年）：

闰二月初七日：至吴江过运南堂午饭于慧楼楼前，玉兰盛放。

嘉庆四年（1799 年）

正月二十九日：晨雨，午后晴，臬亭梅花盛放。

嘉庆五年（1800 年）：

二月二十九日：雨，晴。过臬亭，与四侄登半山观桃花。

《还京日记》〔11〕记载：乾隆五十九年（1794 年）

三月十二日：遊崇效寺……，今寺中海棠最为有名，时已红到二分，而棠枝丁香之类亦烂漫。

三月十八日：至崇效寺看花，海棠已开至十分矣。

乾隆六十年（1795 年）：

闰二月一日：晴，余寒脱树，薄暖催花，庭际丁香已胎，得半月春光可卜其烂漫矣。

三月初三日：庭际赏丁香花。

三月初六日：过崇效法源看花时，海棠半开，棠花亦娟娟，如静女相对，如尹邢也。

三月二十一日：勤政殿引见，从园中归，一路杨花飞舞如雪。

嘉庆元年（1796 年）：

三月十六日：是日天气甚暖，百花开放，家人以碧桃、海棠、丁香同插瓶中，浓丽可爱。

如果将以上物候期与现代相应地点的物候期进行比较，便可以得到古今物候的差异。

北京、杭州等地从 1963 年以来均有物候记载〔12〕。无锡虽无桃树开花的记载，但可以根据等物候期图求出其开花期。表 6 是杭州、北京、苏州三地十八世纪后期和十九世纪初期春季植物物候期与现代相应的物候期的差异。

表 6 西府海棠和毛桃开花期

Tab. 6. Blooming dates of *Malus micromalus* Makins and *Prunus persica*.

年 号	公 元	地 点	物候期名称	古代日期	现代日期	相差日数	资 料 来 源
乾隆四十三年	1778	杭州	毛桃盛花期	9/4	25/3	-15	《竹汀日记》
乾隆四十五年	1780	杭州	毛桃盛花期	14/4	25/3	-20	《吴兔床先生日记》
乾隆五十二年	1787	杭州	毛桃盛花期	29/3	25/3	-4	《吴兔床先生日记》
乾隆五十五年	1790	无锡	毛桃盛花期	8/4	29/3	-10	《吴兔床先生日谱》
乾隆五十六年	1791	杭州	毛桃盛花期	3/4	25/3	-9	《吴兔床先生日谱》
乾隆五十七年	1792	杭州	海棠始花期	26/3	20/3	-6	《吴兔床先生日谱》
乾隆五十九年	1794	北京	海棠始花期	11/4	18/4	+ 7	《还京日记》
乾隆六十 年	1795	北京	柳 飞 絮	9/5	1/5	-8	《还京日记》
嘉庆元 年	1796	北京	海棠始花期	23/4	18/4	-5	《还京日记》
嘉庆五 年	1800	杭州	毛桃盛花期	24/3	25/3	+ 1	《吴兔床先生日谱》
嘉庆十三 年	1808	杭州	毛桃盛花期	19/3	25/3	+ 6	《吴兔床先生日记》

由表 6 看出十八世纪后期虽然有个别年分的物候期早于现代的平均日期，但大多数年份的物候期较现代晚。十八世纪后期杭州、北京等地的物候期平均来说较现代迟 6 天。

根据我国 1963—1972 年全国毛桃始花期的资料，毛桃始花期随纬度、经度和海拔高度的分布符合以下经验公式：

$$Y = 68.16 + 3.98 (\varphi - 30) + 0.71 (\lambda - 110) + 1.364h$$

1 ) 1963 年以后，我国大部地区夏季气温下降。

式中 Y 为某一地点的毛桃始花期。  
φ 为该地点的纬度。  
λ 为该地点的经度。  
h 为该地点的海拔高度。

由上述公式可以看出，毛桃始花期由南向北每相差 1 个纬度，将推迟近 4 天。由此可以看出，十八世纪后期春季的气候带大约比现在南移一个半纬度。

二、风向及湿润状况的变化

杭州、苏州、南京三地的晴雨录中有五十年以上逐日的风向记录。这不仅在我国，而且也是世界上在有现代气象观测以前最可靠的风向记录。其中杭州的风向是按北、东北、东、东南、南、西南、西、西北八个方向记载的，苏州和南京两地是按东北、东南、西南、西北四个方位记载的。下面仅对杭州的风向记录（1723—1769 年）进行分析，并与现代（1953—1979 年）杭州风向记录进行对比。

分析计算了杭州 1 至 12 月各个风向的平均出现频率（1723—1769）。结果（见表 7）表明，当时 11—1 月盛行西北风，2—6 月和 9—10 月盛行东北风，7—8 月以东南风为主，但东北风频率仍占 20% 以上。

表 7 杭州 1723—1769 年各月风向频率  
Table. 7 Monthly wind rose during 1723—1769 in Hangzhou.

月份 风向	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北 风	27.1	24.0	19.5	16.9	14.1	13.3	8.4	12.1	21.4	26.7	23.8	22.4
东 北 风	22.6	35.0	39.3	38.7	38.4	35.5	19.3	25.7	33.6	34.4	25.1	24.7
东 风	0.7	3.5	4.6	4.9	5.9	4.5	2.9	5.1	3.8	2.7	2.4	1.6
东 南 风	2.4	4.5	8.7	11.0	14.5	16.9	22.4	19.5	8.3	4.2	4.3	3.6
南 风	0.5	1.5	1.4	2.9	3.0	4.3	10.5	4.5	1.9	0.6	1.1	1.1
西 南 风	3.3	2.4	5.0	6.0	6.9	8.2	18.7	11.5	4.9	2.2	3.2	3.8
西 风	2.4	1.7	1.3	1.6	1.7	2.3	3.7	2.8	2.3	1.6	2.2	2.3
西 北 风	41.6	27.4	19.4	17.5	15.4	14.0	13.6	17.8	23.6	26.8	36.9	40.2

如果把十八世纪杭州各月风向频率与现代（1953—1979）杭州风向频率进行比较就可以发现十八世纪风向与现代有明显差别：（1）11—1 月虽然两个时期都盛行西北风，但十八世纪西北风频率达到 30—40%，比现代多 10% 以上。（2）十八世纪有 8 个月（2、3、4、5、6、8、9、10 月）盛行东北风，而现代只有 9、10 两个月盛行东北风，说明十八世纪盛行东北风时间比现代长。图 2 A 和 B 分别表示杭州十八世纪和现代两个时期 1 至 12



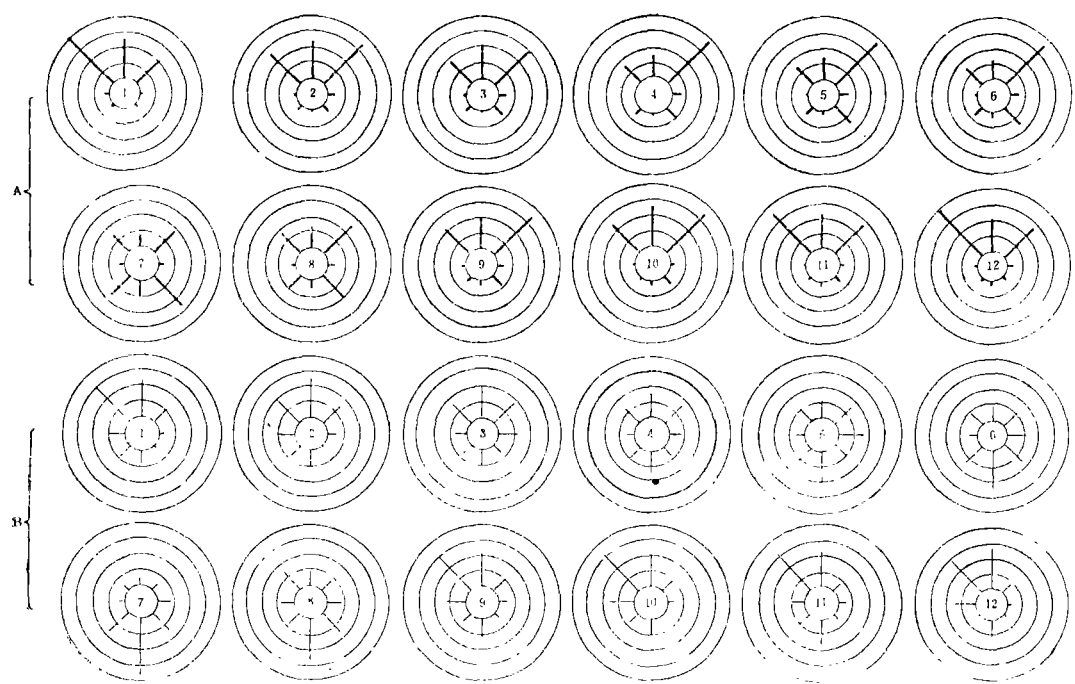


图 2 杭州各月风向 (1723—1769 年和 1953—1979 年)  
Fig. 2. Wind rose during 1723—1769 and 1953—1979 in Hangzhou.

月的风向频率。

十八世纪风向与现代风向之间明显的差异也可以反映其他气候要素的差异。例如，长江中下游地区西北风是晴天的标志，而东北风是下雨的征候。当地就有“东北风，雨祖宗”的谚语。因此在长江下游如某一时期西北风频率增多应伴随少雨的气候，温度也应偏低。相反，如某一时期东北风频率增多，那意味着湿润多雨。

由前面所说，杭州、苏州、南京等地十八世纪冬季降雪率比现代大，温度比现代低，这一结论是同两个时期风向频率的差异相吻合的。

另外，如果杭州风向的变迁反映了大气环流的变迁，那么十八世纪夏季东北风频率偏大就意味着十八世纪长江下游夏季比现在潮湿。

为了检验这一推测，下面我们来分析十八世纪与现代湿润状况的差异。

德国气候学家布鲁克斯 (Brooks) 指出，某一时期中涝灾次数偏多，表示该时期气候湿润，反之，某一时间中涝灾次数偏少，表示该时期气候干燥。因此他用下面的公式计算了欧洲历史上湿润状况的变化<sup>[13]</sup>。

$$I = \frac{F}{F + D}$$

式中 I 为某一时期的湿润指数。

F 为该时期中涝灾出现次数。

D 为该时期中旱灾出现次数。

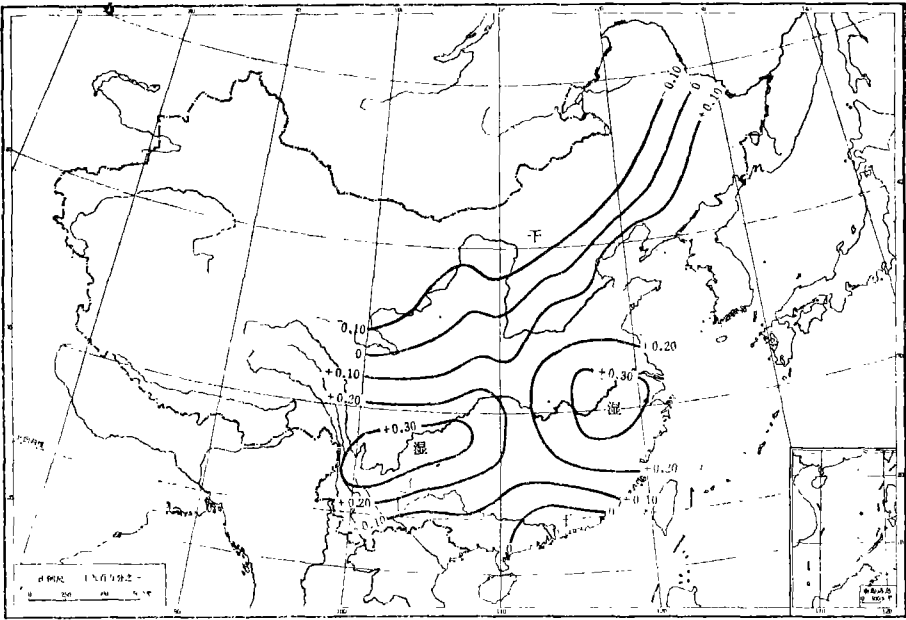


图 3 湿润指数差值（十八世纪—现代）等值线

Fig. 3. Differences between wetness index of the 18th century and the present.

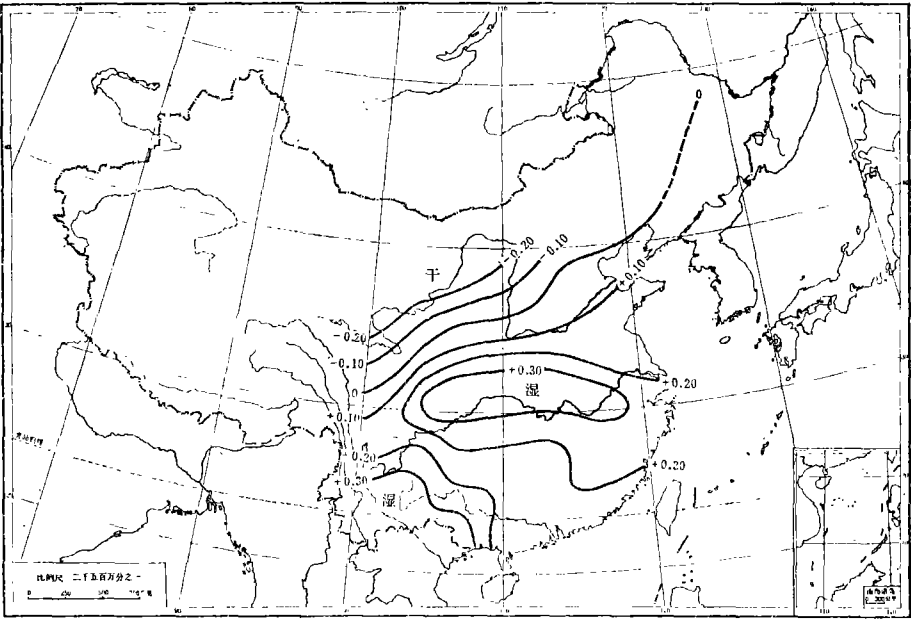


图 4 湿润指数差值（十八世纪上半叶—现代）等值线

Fig 4. Differences between wetness index of the first half of the 18th century and the present.

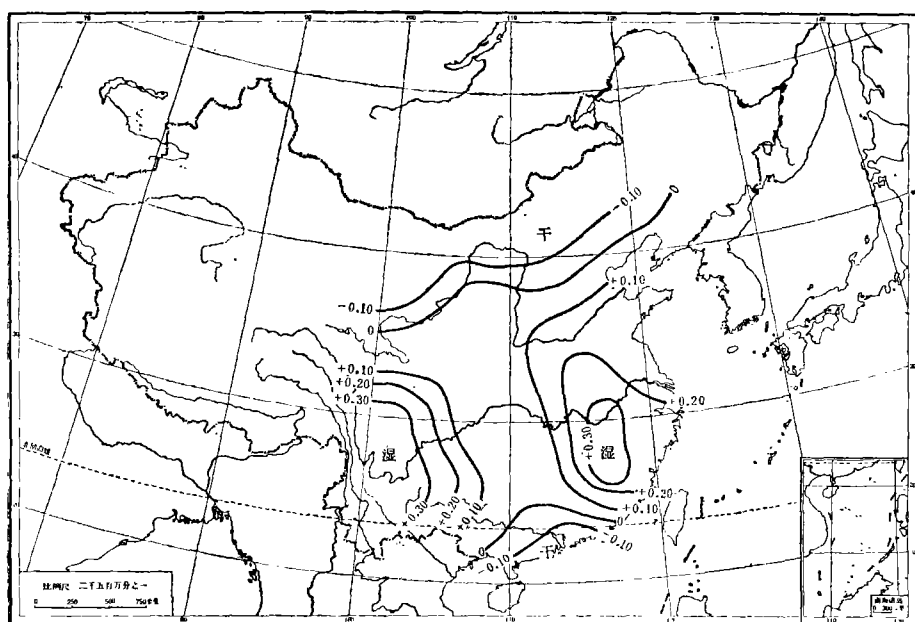


图 5 湿润指数差值（十八世纪下半叶—现代）等值线

Fig. 5. Differences between wetness index of the second half of the 18th century and the present.

分析表明上述公式用来计算我国历史时期湿润状况变化也是可信的〔14、15〕。

我们利用这一公式计算了十八世纪、十八世纪上半世纪、十八世纪下半世纪我国 100 多个地点的湿润指数和现代（1950—1974 年）湿润指数，然后分别计算出每个地点古今湿润指数的差值（ $\Delta I$ ）。编制出湿润指数差值等值线图。所用的资料是根据我国历史文献中旱涝灾异记载确定的旱涝等级资料。共分五级：1 级（涝）、2 级（偏涝）、3 级（正常）、4 级（偏旱）、5 级（旱）。在我们的计算中，1 级和 2 级均视为涝灾，4 级和 5 级均视为旱灾。

计算结果分别如图 3、图 4 和图 5 所示。图中湿润地区（正号）表示十八世纪比现代湿润，干燥地区（负号）表示十八世纪比现在干燥。干湿程度可以从湿润指数值看出。

由图 3 至图 5 看出十八世纪湿润状况的基本特征：十八世纪湿润指数差值等值线呈“马鞍型”。即华南和青海、甘肃、内蒙、东北西部十八世纪气候比现代干燥，长江流域气候比现代潮湿。在长江流域有两个湿中心，一个是以赣、浙、皖为中心，另一个以云贵高原为中心。十八世纪上半世纪及下半世纪干湿状况也大致相似。长江下游地区十八世纪夏季湿润多雨的特征同上述杭州夏半年多东北风是相吻合的。

另外，由现代气象知识得知，夏季东南季风强的年份，长江中下游地区雨水偏少，而北方干旱、半干旱地区降水偏多，相反，夏季东南季风弱的年份长江中下游地区雨水偏多，而北方干旱、半干旱地区雨水偏少。照此推理，则十八世纪夏季东南季风势力比现代弱。

### 三、结 论

根据晴雨录、天气日记和诗文中有关植物物候记载对我国长江下游等地区十八世纪气候作了初步分析，从而了解到小冰期（1500—1900 年）中一个时段的气候：

（1）十八世纪二十至七十年代长江下游地区冬季降水日数中降雪日数所占的比例比现代大 10—15%。

（2）根据杭州、苏州和南京等地现代气象记录用统计方法分析了冬季降雪率与气温之间的关系，证明两者之间存在一定的线性关系。因而可以根据古代的降雪率计算出当时冬季平均气温。计算表明，十八世纪二十至七十年代长江下游冬季平均气温比现代低 1.0—1.5°C。

（3）古天气日记的物候记载和杭州、苏州、南京春季终雪记载表明，十八世纪初期春季物候期与现代相似；十八世纪二十至七十年代终雪期比现代早 7—13 天，十八世纪七十至九十年代杭州、北京等地春季植物物候期比现代晚 6 天左右。

（4）分析了杭州十八世纪近 50 年的风向记录，并同现代杭州风向记录进行了对比，表明这两个时期风向频率有本质的差异。11—1 月十八世纪西北风频率比现代多 10% 以上，而春季和夏半年十八世纪东北风频率比现代高，这或许表明两个时期大气环流有较大差别。

（5）十八世纪华南地区和北方干旱半干旱地区气候比现代干燥，长江流域气候比现代潮湿。

## A STUDY ON THE CLIMATE OF THE 18TH CENTURY OF THE LOWER CHANGJIANG VALLEY IN CHINA

Gong Gaofa, Zhang Peiyuan, Zhang Jinyong.

(Institute of Geography, Academia Sinica)

### Abstract

A variety of data from ancient documents and diaries provides a more detailed picture of climate of the 18th century. The best continuous records of climate over that period come from "weather diary", in which clear sky and duration of rain (snow) were recorded daily during the first half of the 18th century, which were observed by the officers of Hangzhou, Suzhou, Nanjing and Beijing by the order of the emperor.

In the temperature derived from the above mentioned records, the ratio of snow and precipitation has been adopted to eliminate the effects of moisture conditions. Regression equations between this ratio and the temperature of Hangzhou, Suzhou and Nanjing have been developed on the data of the last 30 years and thus temperature for the early 18th century has been obtained. It shows that the ratio of snow and precipitation days in the 20 s to 70 s in 18th century was 10-15% higher than that of today, and the derived temperature was 1°C (Hangzhou and Suzhou) and 1.5°C (Nanjing) lower than that of today. The 18th century was known as a warm period within the little ice age, but this paper shows that even in this warm period the temperature was lower. The groups of warm and cold years are given in table 3.

The second item discussed is the phenomena in spring. Based upon the personal diaries of the 18th century, the blooming dates of *Malus micromalus* Makino and *Prunus persica* (L) Batsch are collected in table 6. In average, the blooming date in the 18th century was 6 days later than that of today and it could be estimated that the climatic belt has moved southward by 1.5 degree in latitude.

Winds were observed daily in 8 directions from 1723-1769 and are compiled in table 7. It was obviously different from today's records. From November to January, the frequency of northwest wind was 10% less than that of today, and

from February to October, the prevailing wind was northeast in the 18th century, but now, only in two (September and October) months northeasterly prevails.

By the present weather knowledge, we know that the prevailing northeast wind is often accompanied by wet weather in the lower Changjiang valley. Based on the reports of the local histories, the deviation of index of moisture conditions of the 18th century is given in figure 3 (taking the present regime as normal). The wet weather in the lower Changjiang valley supports the result mentioned above. Thus it is possible to argue that the climatic history of the 18th century from different sources summarized above exhibits a good deal of agreement with the reality of climatic pattern.

#### 参 考 文 献

- 〔1〕 根本顺吉等：异常气象，旭屋出版，1974 年。
- 〔2〕 山本武夫：日本に於ける 15 世纪 16 世纪の气候变迁，气象研究ノート，34（3），1970 年。
- 〔3〕 竺可桢：中国近五千年来的气候变迁的初步研究，考古学报，1 期，1972。
- 〔4〕 龚高法等：论生长季气候的寒暖变化与农业，大气科学，第 1 期，1980 年。
- 〔5〕 陈允恭著：清代，《北园诗集》上。
- 〔6〕 高士奇：清代，《古学汇刊》。
- 〔7〕 竺可桢：南宋时代我国气候之揣测，科学，10（2）1925 年。
- 〔8〕 清代，《竹汀日记》。
- 〔9〕 清代，《吴兔床先生日记》。
- 〔10〕 清代，《吴兔床先生日谱》。
- 〔11〕 吴锡麒编：清代，《有正味斋文集》。
- 〔12〕 中国科学院地理研究所：1965，中国动植物物候观测年报，科学出版社（第 1 号），1965 年；（第 2 号），1977 年；（第 3 号），1977 年。
- 〔13〕 C.E.P. Brooks, Climate through the Ages, London, P.306, 1950 年。
- 〔14〕 郑斯中、张福春、龚高法：我国东南地区近两千年气候湿润状况的变化，气候变迁和超长期预报会议文集，第 29—32 页，科学出版社，1977 年。
- 〔15〕 张家诚、张先恭：近五百年我国气候的几种振动及其相互关系，气象学报，37（2），1979 年。