

近千年我国冬夏温度的变化

王绍武

(北京大学地球物理系)

提 要

分析证明,极冷与极暖事件的频率与百年平均气温有很密切的关系。因此,用公元9世纪以来每个世纪冬季与夏季极冷与极暖事件频率拟合百年平均气温距平,最后讨论了近千年的冷暖期。

一、引言

竺可桢在研究我国的气候变化时,把公元1400—1900定为方志时期^[1]。确实这段时期记载十分丰富。张德二等曾根据史料建立了1471年以来我国南方的冬季温度指数序列^[2]。作者近来利用更为广泛的史料恢复了1380—1988年,华北及华东区域春、夏、秋、冬四季气温的10年平均距平。这段时间主要包括明(1368—1644年)、清(1644—1911年)两朝,20世纪则已经逐渐有了观测记录,可以依据的资料较多。明朝以前方志中可用的史料要少得多,所以,竺可桢把公元前1100年—公元1400年定为物候时期,意思是这段时期可主要根据物候来研究气候变化。

利用物候来判断古气候要有敏锐的观察力,并具有丰富的物候及气候知识。例如,竺可桢就曾根据现代南京冬季不能形成足够厚的冰以供储藏,而南北朝(公元420—589年)时代南京有冰房,证明那时冬天气温可能比现代低 2°C 。类似的例子还很多。但是,为了更准确地了解气候变化,需要建立有一定连续性的序列,这就不是只靠零散的物候记载能做到的了。因此,世界上更多地是靠树木年轮、冰岩芯及湖泊沉积等来建立连续的序列。不过,我国古代史料还是比较

多的,不仅方志,各种史书、丛刊、笔记中有关气候的记载还有不少。如能恰当地给以解释,并充分运用统计方法,是有可能将拟合的气温序列进一步向前延伸的。本文即是根据史料中极冷、极暖的记载,恢复公元9世纪以来冬、夏百年平均气温序列的尝试。

二、研究方法

作者恢复10年平均气温距平的方法^[3]是,先确定寒冷指数,再按寒冷指数 -1.0 相当10年平均气温距平 -0.2°C 折合为气温距平。其原理是气候异常的频率与气候平均值的变化有密切关系^[4]。为了恢复近千年的气温序列,我们仍然是以这个原理为依据。不过由于时间距现代更远,史料更少,因此只能利用频率更低、但更为强烈的气候异常事件。但这样就不可能再恢复10年平均气温距平,而把研究的时间尺度扩大到一百年,求百年气温距平。并且由于春、秋两季记载太少,所以只恢复了冬、夏两季气温。同时,研究的范围也扩大。过去研究的是华北及华东两个地区,前者包括北京、河北、山西、河南北部及山东西北部,后者指上海、江苏、浙江、安徽南部及江西北部。现在则合在一起统称我国东部。

首先,确定以寒冷指数 -2.0 及 -3.0 的事件做为分析对象,称为极冷事件。寒冷指数

为1.5的仍称为极暖事件。然后,利用1400年—1988年约6个世纪极冷、极暖事件频率与百年平均气温距平建立统计关系。百年平均气温距平比较简单,把华北与华东的10年平均气温按世纪平均,再求两个区平均就可以了。极冷、极暖事件频率却不好相加,因为有的年在两个区均为极冷,作为整个东部地区只能算1次极冷,有的年两个区虽均未达到-2.0,但寒冷指数同为-1.0,这些年我们也作为极冷。对极暖年,如果另一个区寒冷指数为-1.0或更低,则不再作为极暖。这样自1400年到1988年共589年,冬季极冷86次,极暖48次,分别占14.6%及8.1%。夏季极冷52次,极暖29次,分别占8.8%及4.9%。计算1400—1499年,1450—1549年,1500—1599年……1900—1988年的极冷(以下用 x_1 代表)与极暖(用 x_2 代表)次数与相应时期的平均气温距平 $\Delta \bar{T}$ 之间的相关。 x_1 与 $\Delta \bar{T}$ 关系最好,冬、夏两季相关系数分别为-0.93及-0.89; x_2 与 $\Delta \bar{T}$ 为正相关,但相关系数数值较低,冬季为0.42,夏季为0.54。 x_1 与 x_2 相关不大,冬、夏分别-0.25及-0.33。这说明 x_1 与 x_2 彼此有一定独立性。所以我们用二元回归来拟合 $\Delta \bar{T}$ 。公式如下:

$$\text{冬季: } \Delta \bar{T} = -0.316 - 0.044x_1$$

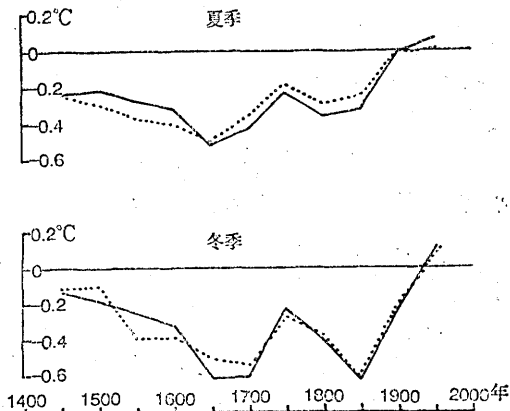


图1 1400年以来百年气温距平(实线)及其拟合值(点线)
1500代表1450—1549年,最后为1900—1988年

$$+ 0.017x_2 \quad (1)$$

$$\text{夏季: } \Delta \bar{T} = -0.263 - 0.029x_1 + 0.022x_2 \quad (2)$$

(1)式与(2)式的拟合值与实况相关系数为0.95、0.93,图1给出了拟合曲线。由此可见,利用极冷与极暖事件的频率来拟合百年平均气温距平是可行的。这样,只要我们能够定出早期的极冷、极暖事件,就有可能恢复1400年以前的百年平均气温距平。

三、资料来源

本文所用资料主要来自以下三个方面:

1. 华北的史料:包括北京大学出版的华北、东北10省市近五百年旱涝史料(1975),气象出版社出版的河北省气象局编的海河流域历代自然灾害史料(1985),河南水文总站出版的河南省历代旱涝水文气候史料(1982),以及内蒙、辽宁、河南等省(自治区)编辑的气候史料。

2. 华东的史料:包括华东地区近五百年气候历史资料(中央气象局研究所及上海等省(市)气象局编,1978),以及江西、浙江、江苏、湖北等省气象局单独编辑的气候史料。

3. 江苏南京地理所徐近之主编的气候历史记载,主要包括北京、河南、山东、内蒙、浙江、安徽、江苏、上海等卷。

自公元800年以来还是有一定数量的极冷、极暖的记载,我们可以举一些例子。为了节省篇幅略去出处与地点,对原文的描述也加以概括。同时,只对不同时期、不同类型选出几年,主要告诉读者我们使用的史料的性质。

极冷冬季

- 834年 冬严寒,竹柏皆死;
- 821年 海冰二百余里;
- 984年 冬大雪,江水冰;
- 985年 江水冰合,可胜重载;
- 1017年 大雪苦寒,人多冻死;

1087年 大雪连日，至春不止；
 1110年 荔枝冻死；
 1111年 太湖冰，可通车马；
 1113年 大雪十余日，飞鸟冻死；
 1219年 淮河冰；
 1325年 冬严寒，林木枯摧，行人冻死；
 1353年 太湖冰厚数尺，可通行，桔
 尽冻死；
 1376年 江汉冰合。

极暖冬季：

880年 暖如仲春；
 1167年 冬温、少雪无冰；
 1200年 冬燥无雪；
 1208年 冬燥如夏。

极冷夏季：

882年 七月*大雪寒甚；
 988年 六月雪；
 1007年 七月陨霜；
 1093年 四月至八月淫雨；
 1232年 五月奇寒；

1264年 六月陨霜；
 1317年 六月陨霜。
 极暖夏季：
 814年 六月大燥；
 995年 大热；
 1046年 六月大热；
 1135年 五月大燥四十余日，草木焦
 枯，山石灼人，渴死者众。

公元800年以前也还有一些极冷的记载，至少公元前903年，公元前897年及公元前872年就有江汉冰的记载。此后时断时续，有时一、二百年没有一次极冷，有时虽有大雪的说明，却很难判断是否达到极冷的标准。直到公元后记载才多起来，每百年可有十余条或几十条，不过极冷的频率仍低于公元9世纪以后的平均值。也许确实自公元后，特别在隋唐时代（公元589—907年）气候较暖^[1]，但却很少极暖的记载。因此，本文只恢复了公元9世纪以来的气温。表1、表2分别给出了公元800年以来冬、夏季极冷、极暖年份。

*指农历，以下同。

表 1 公元 9—20 世纪的冷暖冬

世 纪	冷					暖				
9	813	821	834	886	897	860	861	865	880	
10	984	985	993			932	934	952	956	961
						967	991	992	995	996
11	1017	1043	1056	1059	1087	1005	1009	1034	1067	1074
	1093					1090				
12	1110	1111	1113	1127	1132	1114	1134	1167	1170	1182
	1154	1161	1166	1178	1184	1189	1193	1199		
	1185	1191	1196							
13	1219	1226	1228	1232		1200	1202	1208	1213	1220
						1278				
14	1309	1323	1325	1329	1331	1314	1335	1340	1350	1352
	1353	1360	1371	1376	1379	1374				
	1398									
15	1407	1415	1438	1439	1449	1447	1462	1469	1479	1483
	1452	1453	1472	1476	1493	1496	1497			

(续表 1)

16	1501	1509	1510	1513	1514	1505	1516	1522	1538	1539
	1517	1529	1550	1557	1563	1540	1544	1559	1561	1585
	1564	1566	1568	1569	1577	1586	1598			
	1578	1580	1596							
17	1604	1619	1620	1631	1636	1612	1616	1617	1634	1660
	1640	1652	1653	1654	1655	1688	1693	1695		
	1656	1662	1665	1660	1670					
	1676	1683	1689	1690						
18	1700	1714	1715	1744	1745	1702	1703	1765	1780	1786
	1749	1752	1760	1761	1762					
	1776	1795	1799							
19	1809	1814	1819	1831	1832	1843	1846	1856	1866	1874
	1840	1841	1844	1845	1848	1889	1898			
	1851	1857	1859	1860	1861					
	1864	1877	1878	1884	1892					
	1893									
20	1916	1935	1944	1956	1967	1902	1915	1925	1934	1945
						1948	1958	1978	1988	

表 2

公元 9—20 世纪的冷暖夏

世 纪	冷 夏					暖 夏				
9	817	819	882			805	814	837	861	
10	925	939	988			934	953	955	962	995
11	1007	1016	1061	1083	1093	1004	1005	1046	1068	1075
12	1105	1109	1128	1189	1190	1108	1135	1154	1180	1181
	1191	1195				1184	1194			
13	1213	1232	1261	1262	1263	1205	1207	1215	1217	1240
	1264	1283				1247				
14	1304	1314	1317	1318	1323	1302	1307	1333	1334	1336
	1324	1330	1332	1367		1342	1353	1372	1396	
15	1405	1416	1428	1453	1454	1403	1433	1462	1484	1495
	1456	1470	1477							
16	1509	1517	1529	1530	1541	1526	1528	1550		
	1569	1577	1578	1586	1587					
	1588									
17	1601	1607	1617	1632	1640	1615	1628	1671	1690	1692
	1647	1650	1652	1653	1658					
	1661	1670	1672	1675	1680					
	1682	1695								
18	1705	1718	1743	1755	1778	1711	1714	1738	1742	1773
	1787	1794				1785				

19	1809 1859	1817	1832	1833	1841	1827	1846		
20	1901	1954	1976			1900	1927	1929	1934 1939 1942 1946 1953

四、公元9世纪以来的温度变化

根据表 1、表 2 中的极冷、极暖次数，按公式(1)、(2)不难算出每个百年的平均气温距平。在讨论这近 12 个世纪的温度变化之前，我们想讨论一下百年气温距平的信度问题。在研究现代气候变化时，可以取 30 年(1950—1979 年)或 100 年(1880—1979 年)平均作为多年平均求距平。在研究近千年气候变化时，应该对千年平均求距平，但是为了便于比较，我们仍采用百年平均求距平，并在检验时考虑这个差异。仍采用 t -检验，

$$t = \frac{\bar{T} - [\bar{T}]}{\sigma_T / \sqrt{n}} \quad (3)$$

式中 \bar{T} 为百年平均气温， $[\bar{T}]$ 为千年平均气温， σ_T 为百年内气温的方差， $n=100$ ，95% 信度时 $t \sim 2$ 。因此知道了 σ_T 就可以算出 $\bar{T} - [\bar{T}]$ 达到多大时，可以认为百年气温距平是显著的。为了求得 σ_T ，我们用冬、夏华北和华东气温级别，求出级别方差，再用气温级差换算为气温方差。不过气温级只有 1910—1979 年，缺 1880—1909 年一段偏冷时期，因此算出的方差可能略小一些。但为了客观起见，也不再订正，分析时加以注意就是了。同时，对北半球平均气温的分析表明，方差随时间是有变化的，但一般在 $\pm 25\%$ 之间。例如，方差为 1.0°C ，则历史上可能变化于 $0.75 - 1.25^\circ\text{C}$ 范围内。由于没有实际资料，目前远无法判断近千年气温方差的变化，也只能指出这个问题而已。近 1200 年冬夏平均气温距平分别为 -0.15°C 及 -0.21°C 。所以，冬季 $\leq -0.32^\circ\text{C}$ 为显著偏冷(95% 信度要求为 $\pm 0.17^\circ\text{C}$)， $\geq 0.02^\circ\text{C}$ 为显著偏暖，夏季(信度界限 $\pm 0.10^\circ\text{C}$) 冷暖的 95% 置信界为 \leq

-0.31°C 或 $\geq -0.11^\circ\text{C}$ 。

图 2 给出用极冷、极暖频次拟合的百年气温距平。我们不想作详细描述，仅对几个问题进行一些讨论。

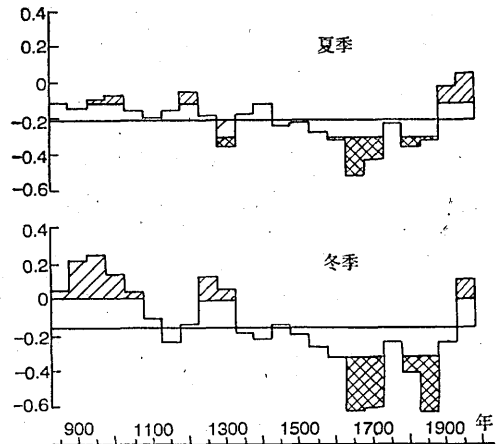


图 2 公元 800 年以来百年平均气温距平
斜线区为达到 95% 信度的，图中 1700 年表示
1650—1749 年，依此类推

1. 温度变化的幅度

从图 2 可见，百年平均气温距平(对 1880—1979 年的差)，冬季最低为 -0.62°C ，夏季最低为 -0.52°C 。但竺可桢所给曲线最低在 -1°C 以下，甚至已接近 -2°C ，与我们的结果相差甚远。我们认为这是分析方法不同造成的。竺可桢主要是依靠对个别年的估计绘制的曲线，因此不能与百年平均比较，为了说明这个问题，可参看表 3。

表 3 冬季、夏季气温变化方差($^\circ\text{C}$)

平均时间	年	10 年	100 年
冬季	0.84	0.47	0.25
夏季	0.50	0.33	0.13

表中年的一列指以每年冬季或夏季平均为基础求得的方差，计算方法是利用 1910—1979

年华北及华东平均气温级别求方差。这样得到的是级别的方差，再乘以平均级差，即每级所差的温度。用这个值代表所研究范围平均温度的年际变化方差。由于是区域平均，显然这个方差小于用单站季平均气温得到的方差。10年平均气温的方差是用1380—1389...1970—1979年60个10年距平求得的。100年平均气温的方差是用本文中拟合的800—899年，850—949年...1900—1988年共23个100年平均计算出来的。从表3可以看出，个别年的方差约为百年平均的3—4倍。这是与竺可桢的曲线的最低值(-1.5—-2.0℃)及我们的曲线(图2)的最低值(-0.5—0.6℃)的比相吻合的。

2. 夏季1300年前后的冷期

对于17世纪及19世纪的冷期研究已经比较多了[6]，因此，这里想对13世纪后半叶到14世纪前半叶的冷期做一点分析。这个冷期在华北表现比较明显，而过去大多数作者只注意到我国南部。根据华北有关史料1260年—1337年短短的78年就有30年有关于四月一八月陨霜的记载。但在12世纪后半叶到13世纪前半叶，及其后14世纪后半叶到15世纪前半叶各100年中均只有3年有类似记载。可见1300年前后这100年夏季是比较寒冷的。即使去掉那些达不到-2.0寒冷指数标准的七月或八月陨霜事件，极冷仍达到13次，仅次于17世纪的17次，及17世纪后半叶到18世纪前半叶的14次。

3. 冬季10世纪的温暖

从史料来看也是在华北比较明显。例如我们可以比较一下9、10、11三个世纪冬大雪及冬无雪的记载(表4)。10世纪显然比前一个世纪及后一个世纪冬无雪的记载多，而冬大雪的记载则偏少。当然我们并不是把每一个有冬无雪记载的冬季均定为极暖，而是更多的考虑冬燥、暖如春等记载。但冬无雪时，大多气候偏暖却是可靠的。因此，这也说明，10世纪的冬季是偏暖的，并且其温暖

表4 9—11世纪华北冬无雪及冬大雪记载年数

世纪	9	10	11
冬无雪	2	14	6
冬大雪	5	4	9

程度可能超过20世纪。

4. 温度变化趋势

在过去的将近12个世纪中，自9世纪到19世纪，气温总的趋势是下降。冬季17世纪与19世纪几乎同样寒冷，但夏季，17世纪要比19世纪更冷一些。不过夏季温度在前11个世纪中温度始终低于20世纪，而冬季，除10世纪的温暖超过了20世纪外，13世纪的温暖也同20世纪相当，19世纪后半叶气温上升。如果把冬夏合在一起看，则20世纪是近千年来最暖的时期。

最后需要说明，本文只是一个初步分析，我们希望收集更多的资料，以便修订补充，并进一步向前延伸这个序列。因此欢迎读者对遗漏与错误提出指正。

参 考 文 献

- (1) 竺可桢，中国五千年气候变迁的初步研究，中国科学，1973年2期。
- (2) 张德二、朱淑兰，近五百年以来我国南部冬季温度状况的初步分析，全国气候变化学术讨论会文集，科学出版社，1981年，64—70页。
- (3) 王绍武，根据史料恢复历史温度序列，气象，1990年4期。
- (4) Wigley, T. M. L., The effect of changing climate on the frequency of absolute extreme events, Climate Monitor, Vol. 17, No. 2, 44—55, 1988.
- (5) 天气分析和预报，北京大学地球物理系气象教研室编，485—486页，1976，科学出版社。
- (6) 王绍武、王日昇，中国的小冰河期。(即将发表)。

Winter and summer temperatures in China during the last millenium

Wang Shaowu

(Department of Geophysics, Peking University)

Abstract

It was found that the frequency of the extremely cold and warm events in each of the centuries was closely correlated to the centenary mean temperatures. The extremely cold and warm events were identified with the data since 800 AD. Then, centenary mean winter and summer temperature anomalies were reconstructed. The climatic change during the last millenium was examined.