

根据史料恢复历史温度序列

王绍武

(北京大学 地球物理系)

提 要

本文介绍了根据史料确定寒冷指数的依据,以及寒冷指数与10年平均气温距平的关系,比较分析了近600年(1380—1979年)华东及华北季与年气温的变化。

一、引 言

我国有丰富的史料,人们已经用来对气候变化做了不少研究^[1-4]。在气温变化方面,竺可桢、张家诚等主要注意力放在划分寒、暖阶段,并大致估计了气温变化的幅度;张德二等对我国南部冬季温度变化做了定量的研究,建立了10年冬季气温指数序列。近来作者建立了华东及华北四季的10年平均气温距平序列^[5, 6]。本文的目的是讨论建立历史温度序列的方法及依据,并比较1380年以来华东及华北的温度变化。

二、分析方法

要建立历史温度序列,第一步先要对史料中的各种记载量化,判断每次事件所反映的温度变化幅度。当然,唯一的办法就是与现代资料进行比较。受到资料的限制,我们决定把分析的时间尺度定为季。因为,如果希望建立一个连续的序列,大多数情况下不可能详细到月。分析的空间范围定为华东及华北两个区。华东区包括上海、江苏、浙江、安徽南部及江西北部。华北区包括北京、河北、山西、河南北部及山东西北部。每个区气候特点比较一致,气候变化有很高的一致性。建立一个区的序列可以充分地利用史料,弥补每个省市本身史料的不足。

对史料定量化的重要步骤是把寒冷事件分为几档,每一档对应一定的气温距平。档次的划分一方面要适合史料的特点,例如要有适当的频率,另一方面要能够与现代气温观测比较。图1给出了华北秋季的例子。图中为1910—1979年70年的气温级别。把显著偏冷的季分为3档:温度等级在3.5—4.0之间,寒冷指数定为-0.5;4.0—4.5之间,寒冷指数定为-1.0;4.5以上,寒冷指数定为-2.0。华北秋季气温级差平均0.85°C,所以寒冷指数-0.5大约相当气温距平-0.5°C或稍低;寒冷指数-1.0及-2.0则大约相当气温距平-1.0°C及-2.0°C左右。为什么定为寒冷指数,而不直接定气温距平?这是为了表示我们所定的是一个档次,即一定范围的温度距平。另外,对不同地区、不同季节,寒冷指数的定义可以多少有所变通,以适合不同气候及季节的特点。由于史料中关于温暖的记载非常少,因此,我们只把气温等级在1.40以下的定为极暖,而且不再分档,寒冷指数定为1.5。图1中纵座标为气温等级,1级在上,5级在下,是为了表示向上为暖,向下为冷。从图1可见,70年间共出现寒冷事件14次,频率为20%;极暖事件5次,频率7%。要知道这70年包括了温暖的1920—1940年代,所以,在历史上的寒冷时期,寒冷事件的频率还要高一些。这样平均

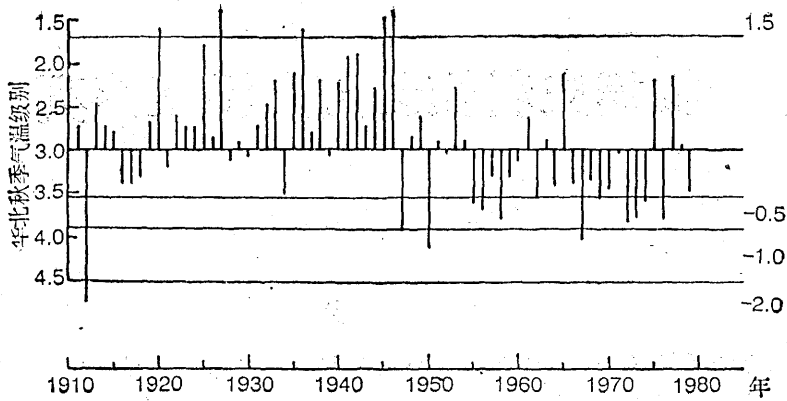


图1 华北秋季气温等级
横线为分档界限, 右侧数值为寒冷指数

每10年有2次或2次以上寒冷事件, 与史料的密度近似。

下面我们就证明, 虽然寒冷事件及极暖事件的总频率不过27%, 但是却能够比较好地模拟出70年来温度变化的趋势。经过多次实验, 对不同地区、不同季节, 我们得到一个把寒冷指数转换为10年平均气温的共同的统计关系, 即寒冷指数-1.0相当10年平均气温距平-0.2°C, 图2即为用寒冷指数拟合的10年平均气温距平(虚线)及按10年平均气温级别换算的气温距平(实线), 可见结果是非常一致的。其它地区、其它季节情况与此类似。当然, 只有7个10年的值计算相关系数没有很大意义。但一般相关均在0.95以上, 在一定程度上可以说明拟合是很成功的。这样, 下面的问题就是如何根据史料定出寒冷指数了。

三、寒冷指数

表1给出华东及华北四季寒冷指数的定义。下面我们就举一些例子, 说明表1中的定义是如何确定的。

1. 河湖结冰: 我国南方大河湖结冰是冬季严寒的重要指标, 如1954—1955年冬, 1976—1977年冬, 均有河湖封冻, 华东大范围气温距平在-1.5—-2.5°C之间, 寒冷指数

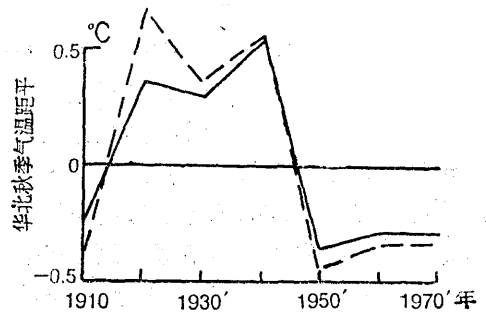


图2 华北秋季1910'—1970'10年气温距平(实线)及拟合值(虚线)

定为-2.0。但历史上有其上可行车马的记载, 肯定寒冷程度更强, 寒冷指数定为-3.0。

2. 陨霜: 初霜与终霜的早晚与秋、冬季气温关系甚好, 根据近30年的观测资料, 初霜提前10天, 秋季气温低0.4—0.5°C; 终霜推迟10天, 春季气温低0.3—0.4°C; 这样初霜日提前10—15天, 或终霜日推迟10—15天, 寒冷指数定为-0.5, 提前或推迟20天以上定为-1.0。如华北中部初霜平均在10月中(农历九月)*, 故八月陨霜, 寒冷指数视情况定为-0.5或-1.0。但七月陨霜, 或甚至六月陨霜寒冷指数可定为-2.0。不过四月、八月陨霜用来定春、秋两季的寒冷指数, 六月、七月陨霜则用来定夏季寒冷指数。

*以下汉字月均指农历

表 1 华东、华北寒冷指数定义

地区	指数	春	夏	秋	冬
华东	-0.5	雨雪, 陨霜	淫雨, 飞雪	淫雨, 雨雪, 陨霜	大雪, 木冰
	-1.0	陨霜杀禾, 大雪, 木冰	陨霜, 木冰, 雨雪, 大涝	陨霜杀禾, 木冰, 大雪, 大冰	冰冻, 井冻, 河湖结冰
华北	-0.5	(三月)* 陨霜, 淫雨, 春大, 春大雪	夏大水, 夏陨霜	(八月) 淫雨, 雨雪	大雪, 深数尺, 木介
	-1.0	(四月) 陨霜杀禾, (四月) 大雪, 木冰	(七月) 陨霜杀禾, 淫雨, 大雪, 木冰, 地冻	严霜杀禾, 大雪, 结冰	大雪数十日, 树木冻死, 大寒, 井冻
华北	-2.0	严霜杀禾, 奇寒, 河冰, 井冰	(五月, 六月) 严霜, 寒如, 严冬	大雪数十日, 奇寒, 冰可渡	冬大雪, 春始消, 河冰, 海冰

* 月份均指农历

3. 大雪: 降雪程度有很大差别, 夏季偶然飘雪花多记为飞雪, 其它各季的飞雪则无足轻重, 也很少记载。雨雪即降雪, 在春、秋季仅表示一般寒冷, 夏季则可定为寒冷指数-1.0。大雪在冬季寒冷指数为-0.5, 而春、秋季为-1.0。大雪数十日, 在春、秋定为-2.0; 有时伴有其它寒冷现象冬季也定为-2.0或甚至-3.0。例如, 1860—1861年冬, 华北十二月廿三日大雪四昼夜, 平地雪深三尺, 大雪遍及河北、河南、山东; 这个冬季北京气温距平-2.2℃, 北京11次多雪春季, 气温距平平均-1.0℃。这些均可做为划分寒冷指数的依据。

4. 淫雨: 我国四季, 大部分地区气温与降水为负相关, 夏季尤为突出。但一般不考虑大水、洪涝等记载。只有华北夏季做为寒冷指数-0.5处理。而淫雨则不然, 这反映雨日多, 气温低。例如北京夏季气温与降水量相关系数为-0.45, 但和雨日的相关系数高达-0.70。北京夏季日降水量≥5mm的雨日在20天以上的6年, 夏季平均气温距平为-1.3℃。上海近百年来共有21年夏季雨日(降水量≥1mm)在32天以上, 平均

气温距平-0.58℃, 正好相当寒冷指数-0.5的水平。

5. 极暖: 一般我们未采用桃再华等记载, 只考虑冬煖, 冬暖如春, 冬无冰, 夏大暑, 夏酷热等。

以上只是概略地介绍部分寒冷指数确定的依据, 详细分析参看〔5〕、〔6〕。

四、1380'以来的气温变化

根据史料〔5, 6〕定出每10年的寒冷指数, 乘以0.2℃就得到气温值。为了研究气候变化, 对1880—1979年平均求距平, 以下讨论均为这个距平值。1380'指1380—1389年, 但最后1980'指1980—1988年。

对华东及华北均补足1380'—1980'的序列。1380年之前对个别季节也许还可以向前延伸, 但史料已经逐渐稀少到不可能恢复四季的气温。所以本文只分析近600年。图3给出华东、华北冬季及夏季的气温。在讨论气温变化之前, 先简单讲述一下气温距平的置信度问题。如〔7〕中已指出, 可以用t-检验。所以求600年平均气温距平, 然后利用〔7〕的方法得到10年内温度变化的平均方差, 最后算出95%信度界限。图3中达到信度界限的值用斜线及方格画出, 曲线为50年滑动平均, 我们无需详细讲述各条曲线的变化, 仅列举几个重要的特征。

表2 10年平均气温距平的95%信度界限(℃)

季节	地区	多年平均	方差	95%信度值	上界	下界
冬	华北	-0.28	0.89	±0.64	0.36	-0.92
	华东	-0.30	0.79	±0.56	0.26	-0.86
夏	华北	-0.26	0.64	±0.46	0.20	-0.72
	华东	-0.25	0.48	±0.35	0.10	-0.60

1. 冬季: 华东与华北均在17世纪与19世纪较冷, 但是华北与华东不同, 特别在19世纪, 前者的冷期偏早, 华东的曲线则与张德二的结果〔3〕大体一致。

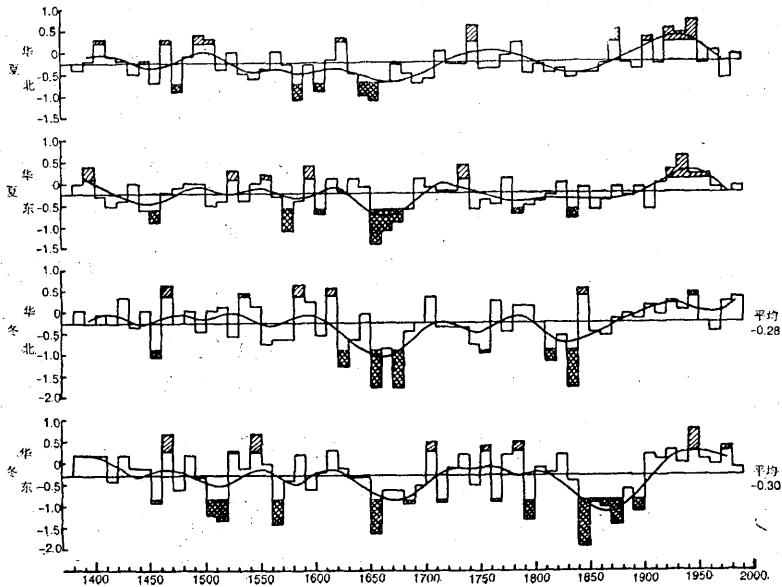


图3 华北、华东冬夏10年平均气温距平
横线为600年平均距平

表3 华北、华东百年平均气温距平(°C)

地区 年代	华北					华东				
	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬	年
1380'—1470'	-0.14	-0.26	-0.23	-0.13	-0.19	-0.14	-0.26	-0.11	-0.08	-0.15
1480'—1570'	-0.31	-0.16	-0.16	-0.24	-0.22	-0.29	-0.22	-0.32	-0.37	-0.31
1580'—1670'	-0.69	-0.58	-0.34	-0.56	-0.54	-0.62	-0.42	-0.43	-0.40	-0.47
1680'—1770'	-0.31	-0.27	-0.30	-0.35	-0.31	-0.48	-0.20	-0.12	-0.27	-0.27
1780'—1870'	-0.20	-0.29	-0.40	-0.42	-0.33	-0.50	-0.39	-0.27	-0.67	-0.46

2. 夏季：17世纪的冷期比19世纪更为强烈，但19世纪的冷期持续时间较长，华东尤为突出。

3. 冬季的10年平均气温距平可达-1.5°C或更低，夏季则只达到-1.0°C。但最暖的10年平均气温距平也只有0.5—0.7°C。这是因为近百年气候温暖，而我们用了百年平均的距平的缘故。

4. 15世纪到17世纪初不同地区及季节均有一些暖的10年，气温变化处于波动状态，但一般仍低于近百年的平均。

5. 20世纪的变暖，夏季开始早，冬季

开始晚。

表3给出了华北、华东近百年各季平均气温距平的情况。表3中未列入1880'—1970'，因为我们是把这100年平均求距平，因此这100年距平均为0。从表3也可以得到以下几点结论：

1. 1380'—1870'的500年气温距平的百年平均均为负，说明气温普遍低于近百年。

2. 第3个(1580'—1670')及第5个(1780'—1870')百年较冷。大部分情况是前者比后者气温更低，但华东的冬季，华北

的秋季均是第5个百年较冷，所以张德二的分析表明19世纪比17世纪冷⁽³⁾，看来是我国南部冬季的特点。

3. 除了一些细节以外，四季的变化趋势大体一致，同时以百年平均气温距平来看，四季的变化幅度差别不大，例如华北春、冬两季在第3个百年距平为 -0.69°C 及 -0.56°C ，夏、秋的最高为 -0.58°C 及 -0.40°C ，华东春冬两季距平也比夏秋稍大，大约为6与4之比。

以上工作表明，充分利用史料，建立大范围平均气温的10年平均距平序列是可能的。我国有非常丰富的史料尚未开发出来，如能进一步收集有关史料，对这两个区的序列还可增补，也有可能扩大到研究其它区，

或把这两个区的序列向前延伸。因此，作者欢迎读者批评指正，希望能把恢复历史气候的工作做得更好。

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) 张家诚等，气候变迁及其原因，科学出版社，1976。
- (3) 张德二、朱淑兰，近五百年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，64—70页，科学出版社，1981。
- (4) 曲建和，我国1470—1984(515)年温度等级序列的初步探讨，南京气象学院学报，405—410，1986。
- (5) 王绍武、王日升，小冰河期我国温度变化初探，1990(即将发表)。
- (6) 王绍武，公元1380年以来我国北部气温序列的重建，1990年(即将发表)。
- (7) 王绍武，近百年我国及全球气温变化趋势，气象，1990年，2期。

Reconstruction of paleo-temperature series based on historical documents

Wang Shaowu

(Department of Geophysics, Peking University)

Abstract

Ten-year mean seasonal and annual temperature anomaly series were reconstructed on the basis of historical documents. The cold events such as snowing, freezing and anomalous frosts were calibrated by use of modern temperature observations, to determine the severity index of each kind of the events. The severity indices were integrated for each decade from 1380s to 1980s in the northern and eastern China respectively. Then, the severity index series were transformed into decadal temperature anomalies.