

1736 ~ 1999 年西安与汉中地区年冬季 平均气温序列重建

郑景云, 葛全胜, 郝志新, 田砚宇

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 基于现代气象资料所建立的西安、汉中地区冬季降雪天数与年冬季平均气温之间的相关关系, 根据清代档案所记载的西安与汉中地区冬季降雪日数, 恢复了西安与汉中地区 1736 ~ 1910 年的年冬季平均气温, 重建了 1736 ~ 1999 年西安与汉中地区年冬季平均气温序列。序列分析表明, 这两个地区年冬季平均气温变化趋势一致: 18 世纪和 20 世纪为暖期, 19 世纪为冷期, 且 20 世纪的增暖趋势明显。与利用树轮重建的镇安初春 (3 ~ 4 月) 温度序列对比分析表明: 西安、汉中地区冬季平均气温与镇安初春温度的低频变化趋势基本一致, 但镇安较西安与汉中有明显的位相提前。

关 键 词: 西安; 汉中; 降雪日数; 年冬季平均气温序列

中图分类号: P467 **文章编号:** 1000-0585(2003)03-0343-06

重建具有年分辨率的历史气候变化序列是过去全球变化研究 (PAGES) 的一个重要内容^[1]。如何利用中国历史文献记载重建高分辨率的历史气候变化序列一直为国际学术界所关注^[2,3]。在中国, 已有许多学者利用历史文献资料建立了历史时期 10 年或更低分辨率的冷暖与温度变化序列, 如中国东部地区过去 2000 年冬半年温度变化、中国南部过去 500 年温度变化、中国 16 世纪以来冷暖气候变化等^[4~9]; 仅有少数工作以年分辨率的历史温度变化序列重建为重点^[10~12]。本文将依据清代档案记载与现代气象资料重建 1736 ~ 1999 年西安、汉中地区年冬季平均气温序列。与文献 [10] ~ [12] 相比, 本文有两个明显的提高: 一是本文重建所利用的现代资料样本长度较它们明显增长, 并计算了重建序列的误差, 这使得所重建的序列物理意义更明确, 结果的可靠性更高; 二是本文将重建结果与利用树轮手段重建的序列进行了对比分析。

1 资料与方法

1.1 资料来源及简介

现保存在中国第一历史档案馆中的清代档案记载有丰富的气候信息。其中的雨雪粮价、屯垦耕作、黄河水文灾情、全国水利、自然灾害、自然现象、天文地理等类档案含有由各地官员奏报的历次降水过程 (包括降雨起讫时间、强度及入渗深度, 降雪起讫日期和

收稿日期: 2002-10-08; 修订日期: 2003-01-24

基金项目: 国家自然科学基金 (49901001); 中国科学院知识创新工程项目 (KZCX2-314); 中国科学院地理科学与资源研究所创新前沿领域项目 (CXIOGA00-02)

作者简介: 郑景云 (1966-), 男, 福建莆田人, 副研究员。主要从事历史气候与全球变化研究。E-mail: zhengjy@igsnr.ac.cn

厚度等)记录, 这些记录通常被称为“雨雪分寸”, 是重建我国清代气候变化的主要资料之一。自 1978 年起, 中国科学院地理所研究人员对有关档案进行了摘抄、整理和日期换算, 张瑾²、葛全胜等还对它们的可靠性进行过详细的考证和分析, 结果证明它们具有非常高的可靠性^[13~15]。尽管“雨雪分寸”以记载降水状况为主, 但由于其降雪记载非常详细, 因而一些地区的降雪记载也同时可被用于温度重建, 西安与汉中就是其中的二个。

“雨雪分寸”中西安、汉中地区降雪记载的起讫年代为 1736~1911 年, 共 175 年, 其中缺少降雪日数记载的年份西安有 1747 年等 22 年、汉中有 1747 年等 23 年(参见图 2)。西安与汉中的现代温度器测记录分别起于 1922 和 1935 年, 其中西安 1925~1930 年与汉中 1945~1947 及 1949 年缺测。西安与汉中的降雪日数记录为 1951~1996 年。

1.2 年冬季平均气温序列重建方法

西安与汉中分别位于秦岭北、南两麓, 而秦岭一线大致与中国冬季 0 等温线重合^[16]。在气温处于 0 以下时, 水汽在空气中就可能形成降雪。因而冬季较低的气温会导致降雪增加。对 1951~1996 年器测资料的统计分析表明: 西安与汉中地区的年冬季平均气温与降雪日数之间存在着明显的负相关关系(图 1)。其中西安的相关系数为 0.48, 汉中为 0.61, 二者皆通过 99 % 的置信水平检验。根据图 1 所建立的回归方程为:

西安地区 $T = - 0.0828 D + 1.7792$ (1)

汉中地区 $T = - 0.1232 D + 4.3054$ (2)

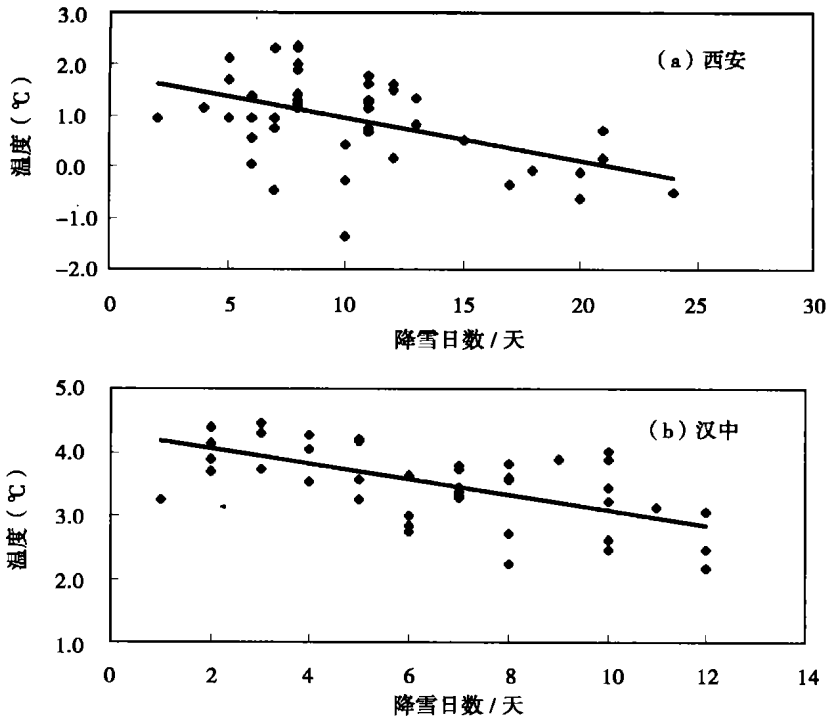


图 1 西安、汉中年冬季平均气温与降雪日数的相关关系

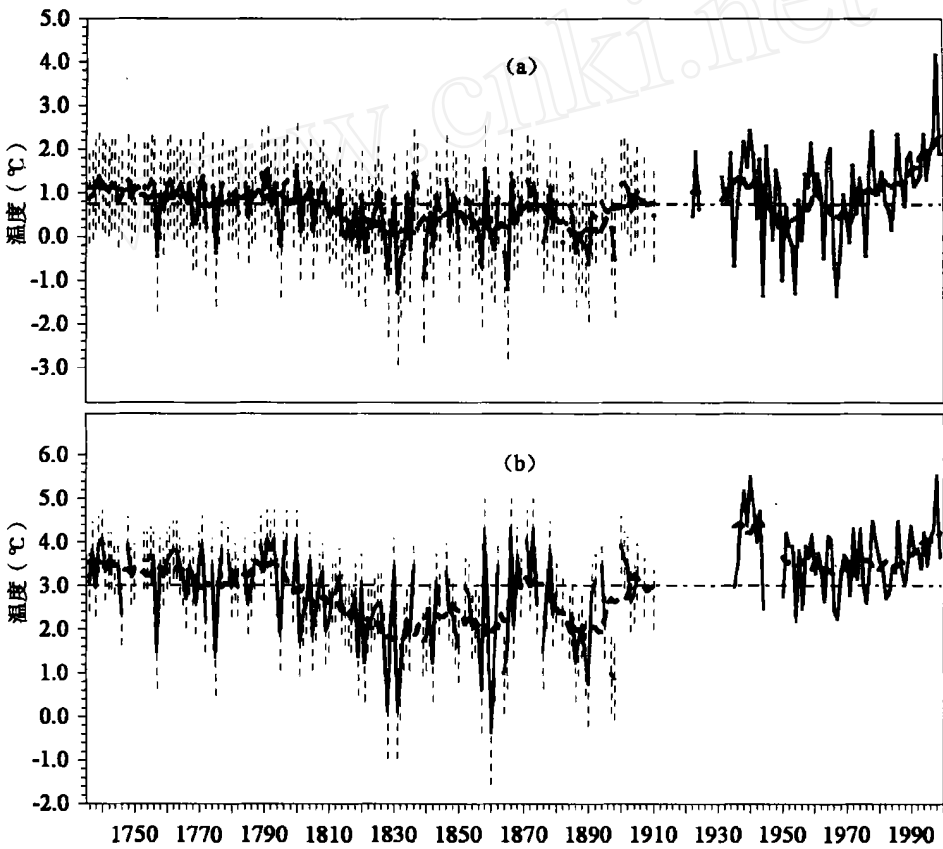
Fig. 1 Relationship between annual winter mean temperature and snowfall-days in Xi'an (a) and Hanzhong (b)

式中， T 为冬季平均气温（ $^{\circ}\text{C}$ ）， D 为冬季降雪日数（天）。

基于“雨雪分寸”所记载的西安与汉中地区降雪日数，根据（1）、（2）式便可恢复西安与汉中地区 1736 ~ 1910 年的年冬季平均气温。将 1736 ~ 1910 年的年冬季平均气温与现代记录衔接，便重建起了 1736 ~ 1999 年西安与汉中地区年冬季平均气温序列。

2 结果与分析

1736 ~ 1999 年西安与汉中地区年冬季平均气温序列如图 2，同时给出的还包括 80 % 可靠性逐年反演值的误差范围和整个序列的均值与 11 年滑动平均值。



(实线：年冬季平均气温，细虚线：误差范围，点划线：序列均值，粗虚线：11 年滑动平均)

图 2 2 1736 ~ 1999 年西安 (a) 与汉中 (b) 地区年冬季平均气温序列

Fig. 2 Time series of winter mean temperature in Xi ' an (a) and Hanzhong (b) from 1736 ~ 1999

(Solid line: winter mean temperature, Gray dash: error bar, Dot dash: mean of series, Bold dash: 11-year moving mean)

2.1 序列分析

从图 2 可以看出：西安与汉中地区年冬季平均气温变化趋势一致：18 世纪和 20 世纪为暖期，19 世纪为冷期，且 20 世纪的增暖趋势较为明显。其中西安在 18 世纪年冬季平

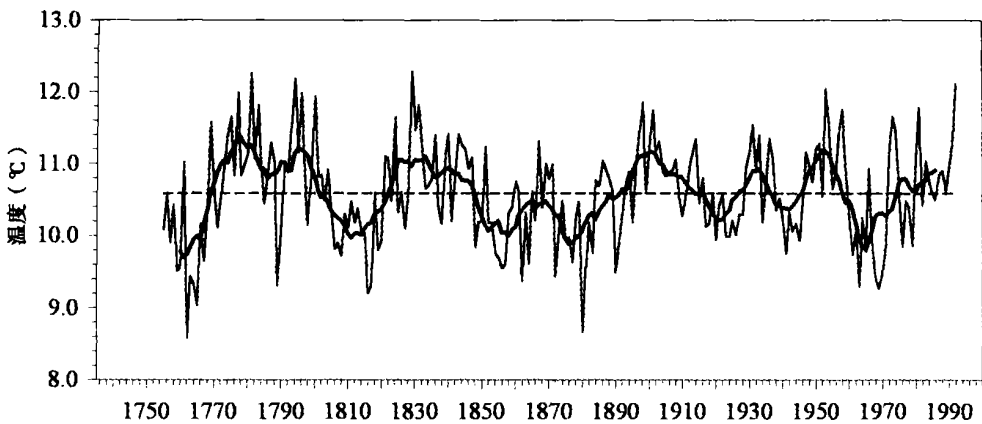
均气温相对较高,但在 1775 年左右存在一个短暂的冷谷。19 世纪之后,进入冷期,直至 20 世纪初结束。在这一冷期中,共有 3 个冷谷,其中心分别位于 1830、1860 和 1890 年。20 世纪初起,气候再次进入暖期。1930 's ~ 1940 's 及 1980 's 以后是两个比较明显的暖峰,其中 1980 's 以后的暖峰至今尚未结束;且这两个暖峰都超过了 18 世纪的温暖水平,其中汉中地区超出的程度非常显著 ($=0.005$)。虽然其间的 1950 's 和 1970 's 气候较冷,但并没有达到 19 世纪冷谷的水平。从总体上看:西安 20 世纪的冬季平均气温呈波动上升趋势,特别是自 70 年代后期开始,这种上升趋势更为明显。

虽然汉中的冬季平均气温变化趋势与西安类似,但整个序列的波动幅度更大一些。1950 's ~ 1970 's 是一个持续时间相对较长的冷谷期,但变冷幅度不如西安明显。

另外,从图 2 中还可以看出:随着时间的推移,西安与汉中地区的冬季平均气温年际变化幅度有增大的趋势。18 世纪是整个序列方差最小的时期,同时在相邻的时段上,冷期的方差明显高于暖期,这与过去所揭示的气候在冷期或由冷转暖期具有更大不稳定性的结论基本一致^[17]。

2.2 与利用树轮手段重建的初春温度序列对比分析

在多种历史气候变化序列重建手段中,树轮是主要手段之一,可以建立起分辨率为年的序列。镇安 1755 ~ 1992 年初春 (3 ~ 4 月) 温度序列便是利用树轮手段重建的,其结果如图 3。镇安树轮采样点位于秦岭南坡,海拔 2200 ~ 2250m,与西安和汉中的直线距离分别约 90 和 200km。据分析,镇安的初春温度序列可较好地代表秦岭地区各站 3 ~ 4 月的温度变化^[18]。



(细实线为初春温度序列,虚线为序列均值,粗线为 11 年滑动平均)

图 3 镇安 1755 ~ 1992 年初春 (3 ~ 4 月) 温度变化 (据文献 [18] 作者提供的数据绘制)

Fig. 3 Early-spring (March ~ April) temperature series in Zhen'an from 1755 ~ 1992 (from [18])

(Solid line: Early-spring (March ~ April) temperature, Dash: mean of series, Bold line: 11-year moving mean)

从图 3 与图 2 的对比看,西安、汉中地区冬季平均气温与镇安初春温度的 11 年滑动平均序列波动趋势基本一致,18 世纪的暖峰、19 世纪的 3 个冷谷以及 20 世纪的 2 个暖峰在 3 个序列中都有明显的反应,但也存在明显的位相差异,镇安较西安与汉中提前约 10

年。造成这种位相差异的原因可能有两个: 一是因镇安树轮采样点和镇安气象观测站 (985.6m) 海拔均较高, 已有的一些研究已经揭示^[19], 高海拔地区气候变化较低海拔地区敏感, 因此其气候变化具有先兆性, 位相较低海拔地区提前; 二是季节不同步。其具体原因有待进一步分析与探讨。

通过上述西安与汉中地区的序列重建与分析工作, 我们认为利用“雨雪分寸”恢复历史时期的温度变化不但可以达到年分辨率, 而且其方法具有较明确的物理意义, 为进一步利用中国历史文献记载重建高分辨率的历史气候变化序列提供了一条新的重要途径。

致谢: 作者感谢邵雪梅、刘洪滨博士向我们提供了镇安 1755 ~ 1992 年初春 (3 ~ 4 月) 温度变化序列及许多宝贵建议。

参考文献:

- [1] Eddy J A. Past Global Changes Project: Proposed Implementation Plans for Research Activities, Global Change Report No. 19, International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm, Sweden. 1992. 112.
- [2] Bradley R S. High Resolution Record of Past Climate from Monsoon Asia: The Last 2000 Years and Beyond. Recommendations for Research. PAGES Workshop Report, Series 93 ~ 1. 1993. 1 ~ 21.
- [3] 国家自然科学基金委员会. 全球变化: 中国面临的机遇和挑战. 北京: 高等教育出版社, 1998. 61 ~ 75.
- [4] 张丕远, 龚高法. 16 世纪以来中国气候变化的若干特征. 地理学报, 1979, 34(3): 238 ~ 247.
- [5] 张德二. 近 500 年来我国南部冬温状况的初步探讨. 科学通报, 1980, (6): 270 ~ 272.
- [6] 王绍武, 王日耀. 1470 年以来我国华东四季与年平均温度变化的研究. 气候学报, 1990, 48(1): 26 ~ 35.
- [7] 王绍武. 公元 1380 年以来我国华北气温序列的重建. 中国科学(B 辑), 1990, (5): 553 ~ 560.
- [8] 郑景云, 郑斯中. 山东历史时期冷暖旱涝状况分析. 地理学报, 1993, 48(4): 348 ~ 357.
- [9] 葛全胜. 过去 2000 年中国东部冬半年温度变化. 第四纪研究, 2002, 22(2): 166 ~ 173.
- [10] 龚高法, 张丕远, 张瑾. 十八世纪我国长江下游等地区的气候. 地理研究, 1983, 2(2): 20 ~ 34.
- [11] Wang W C, Portman D, Gong G, Zhang P and Karl T. Beijing Summer Temperatures Since 1724. In: Raymond S. Bradley and Philip D Jones (eds): Climate Since A. D. 1500. London and New York: Routledge, 1992. 210 ~ 223.
- [12] 周清波, 张丕远, 王铮. 合肥地区 1736 - 1991 年年冬季平均气温序列的重建. 地理学报, 1994, 49(4): 332 ~ 356.
- [13] 张瑾. 清代档案中的气象资料. 历史档案, 1982, (2): 100 ~ 104.
- [14] 葛全胜, 张丕远. 历史文献中气候信息的评价. 地理学报, 1990, 45(1): 24 ~ 29.
- [15] 郑景云, 郝志新, 狄小春. 历史环境变化数据库的建设与应用. 地理研究, 2002, 21(2): 146 ~ 154.
- [16] 延军平. 秦岭南北地区环境变化响应比较研究. 地理研究, 2001, 20(5): 576 ~ 583.
- [17] 郑斯中, 冯丽文. 我国冷的时期气候超常不稳定的历史证据. 中国科学(B 辑), 1985, (11): 1038 ~ 1044.
- [18] 刘洪滨, 邵雪梅. 采用秦岭冷杉年轮宽度重建陕西镇安 1755 年以来的初春温度. 气象学报, 2000, 58(2): 223 ~ 234.
- [19] 赵所奕, 林振耀. 青藏高原地区 50 年代至 90 年代初期气温降水变化特征研究. 见: 青藏项目专家委员会编. 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究. 北京: 科学出版社, 1996. 226 ~ 234.

Reconstruction of winter mean temperature series from 1736 to 1999 in Xi 'an and Hanzhong

ZHENG Jing-yun , GE Quan-sheng , HAO Zhi-xin , TIAN Yan-yu

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research , CAS , Beijing 100101 , China)

Abstract :Based on the relationship between annual winter mean temperature and snowfall-days which was established according to the meteorological observation data in the Xi 'an and Hanzhong areas , the snowfall-days for Xi 'an and Hanzhong areas derived from historical archives in the Qing Dynasty , the annual winter mean temperature in Xi 'an and Hanzhong areas from 1736 to 1910 A.D. was calculated , and the annual winter mean temperature series since 1736 A.D. was reconstructed.

The analysis of series shows that there existed a general consistency change trend for the two areas. The climate is relatively warm in the 18th and 20th centuries and cold in the 19th century. Warming trend in the 20th century is obvious. During the warm period of the 18th century , the mean temperature appeared a short-term valley of cold around 1775. In the 19th century , it entered a cold stage that finished in the early 20th century. There were 3 valleys during this period , which centered in 1830 , 1860 and 1890 respectively. Since the early 20th century , the climate entered a warm period again. There are 2 obvious warm peaks in the 1930 's ~ 1940 's and after the 1980 's , the latter is not completed yet until now. Both of the 20th warming peaks exceed the warm level of the 18th century , and the warming degree of Hanzhong is more obvious. Seen overall , the winter mean temperature of Xi 'an in the 20th century tends to rise with fluctuation. This ascending trend is more obvious since the late 1970 's particularly. Besides , the period with minimum variance of the series is the 18th century. As for the adjacent periods , variance of cold period is obviously higher than that of warm period , which generally consists with the early conclusion that climate has great instability in cold periods and the stages from cold to warm.

At the same time , the comparison between the annual winter mean temperature series in Xi 'an , Hanzhong and the annual early-spring (from March to April) temperature series in Zhen 'an reconstructed by tree-ring data was analyzed. The result shows that low-frequency change trend of annual winter mean temperature in Xi 'an , Hanzhong and early spring temperature in Zhen 'an are generally consistent , but the turning-points in Zhen 'an are earlier than that of Xi 'an and Hanzhong.

Key words :Xi 'an ; Hanzhong ; snowfall-days ; annual winter mean temperature series