

中国科学院地理研究所 编辑

地 理 集 刊

GEOGRAPHICAL SYMPOSIUM

22

气候变化与近地面层气候

科 学 出 版 社

中国科学院地理研究所 编辑

地 理 集 刊

GEOGRAPHICAL SYMPOSIUM

22

气候变化与近地面层气候

科 学 出 版 社

1 9 9 3

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本集刊包括三部分内容: 1. 历史时期气候变化研究方法及其应用。阐述历史史料和树木年轮等方法在气候变化研究中的应用。2. 器测时期气候变化规律、成因及预测的研究。主要利用器测时期实测资料探讨我国部分地区气候演变规律及其成因, 并提出几种长期预报方法。3. 近地层气候观测与研究。通过海洋考察和野外观测获得实时资料, 并经数据处理与分析, 揭示近地面层热收支特征。可供从事气象、水文、地理学方面的科研、教学人员参考。

地 理 集 刊

GEOGRAPHICAL SYMPOSIUM

22

气候变化与近地面层气候

中国科学院地理研究所 编辑

责任编辑 陆 巍

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1993 年 12 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1993 年 12 月第一次印刷 印张: 13

印数: 1—550 字数: 292 000

ISBN 7-03-003337-X/P·652

定价: 12.30 元

12.30

前 言

气候是人类及一切生物赖以生存的重要条件,气候灾害影响着国民经济及工农业生产的发展。因此,研究气候的变化规律、成因及其预测是有理论价值和现实意义的。

本集刊汇编了气候方面的论文 19 篇,是近年来完成国家七五攻关项目、中国科学院重大课题和国家自然科学基金研究项目过程中的部分阶段成果:包括历史时期气候变化研究方法及其应用;观测时期气候变化规律、成因及预测的研究;近地面层气候观测与研究三部分内容。

在无仪器观测的历史时期,研究气候变化的手段主要是靠历史文献记载和其他代用证据。中国有五千年的文明发展史,保存着其他国家无与伦比的丰富史料,本集刊就如何将史料记述转换成定量气候序列,做了一些有益的探索。首先用统计学方法对历史文献史料进行可靠性检查,恢复和建立历史气候序列,然后将历史资料序列和现代资料序列相衔接,检验历史气候序列的真实性。

同时由于气候变化与生态环境之间的相互影响和相互制约,生态环境的变化又记录和遗存着气候变化的各种信息与痕迹。树木年轮宽度和密度的变异对气候要素的响应就是一种佐证,人们以此来获取气候要素的代用资料,作为研究过去气候资源的重要途径,建立年轮年表,通过响应函数分析,确立转换函数,以重建过去气候变化序列。

史料信息化方法是对历史时期的自然灾害史料进行编码处理,建立起历史时期自然灾害史料数据库,分析史料的可靠性,建立历史时期自然灾害变化序列。

通过重建山东、西藏、内蒙古、华南等地区历史时期的气候序列,探求旱涝灾害发生规律,为农业生产持续稳定发展提供了科学依据。

仪器观测时期的气候资料,无疑是人类有史以来最准确、最完整、最系统的定量数据资料,这一时期资料可以分析和研究气候的季节变化、年际变化以及十年间的变化。随着观测项目的扩大,为气候成因的诊断分析打下了良好的基础,最终为气候预测提供了依据。

通过对我国有观测资料以来的气温和降水变化的分析得出:

(1) 全国冬季(12—2 月)气温变化有较大的空间一致性,夏季(6—8 月)则一致性较差。

(2) 本世纪 40 年代是我国最暖的时期,但不同地区不同季节变暖开始年份及幅度仍有一定差别。

(3) 我国各地降水量随时间变化比较复杂。东部地区不同纬度带的雨期变化有明显差异,但均与季风活动有密切关系。华北夏季雨量变化还与 ENSO 存在遥相关关系。

(4) 从全国来看,1951—1980 年这 30 年平均气温低于前 30 年(1921—1950 年)平均,而降水量则偏少。

从 1951 年以来,中国华北、西北和新疆三个地区冬季(12—2 月)的气温变化看,发现

这一区域自 70 年代中期以来冬季即有变暖趋势,80 年代尤为显著,西伯利亚高压减弱可以部分解释气温的升高,不能排除温室效应和城市扩展对气温升高的作用。

在水分条件方面,重点分析了黄淮海地区降水和短时强降水,特别是暴雨的分布变化规律,以及干湿、旱涝的时空特征。并从大气环流异常和下垫面热异常来寻找旱涝的成因,最后得出预报方程。

南水北调是一项举世瞩目的重大工程,对它进行必要性和可行性的论证是十分有意义的。通过对长江、淮河、黄河及海河四大江河降水特征、旱涝序列和水分盈亏量的分析,讨论了南水北调的必要性,并得出长江流域适当向华北地区调水的可行性及调水的关键时期。

除此,根据不同区域类型,分别讨论了长江中上游、华南、藏南等地区降水、旱涝的分布规律,并揭示了影响因子和探索了物理过程,为降水的长期预测提供了依据。

通过野外观测获取实时资料,并对观测资料进行数据处理和分析,是研究近地层气候的主要手段。

利用“科学 1 号”考察船观测太阳辐射各分量,分析了西太平洋太阳辐射特征和海洋热量收支状况,为研究热带海域海-气相互作用与年际气候变化提供了基础数据。

观测仪器的精度将直接影响着资料的质量,在分析讨论了太阳辐射对温度传感器的影响过程的基础上,建立起大气环境中温度传感器受太阳辐射的影响模型。同时提出了一种在大气环境中温度传感器对太阳辐射的屏蔽效果的稳定计算方法。

本集刊由编委沙万英负责组织稿件。此项工作还得到了张家诚、徐淑英先生及有关同志的大力支持。大地公司清绘组承担了全部图稿的清绘工作。一并致谢。

编者

地 理 集 刊

22

气候变化与近地面层气候

目 录

前言·····	(v)
---------	-------

历史时期气候变化研究方法及其应用

历史气候研究中统计学方法的应用·····	郑斯中 郑景云 (1)
利用树木年轮气候学方法研究历史时期气候资源的途径·····	湛绪志 吴祥定 (10)
山东省历史时期自然灾害序列的建立·····	郑景云 郑斯中 (21)
近五百年华南地区旱涝时空变化·····	谢焕强等 (32)

器测时期气候变化规律、成因及预测的研究

仪器记录时期我国气候变化的研究·····	郭其蕴 王继琴 (43)
中国北方冬季的变暖及其原因分析·····	郭其蕴等 (53)
黄淮海平原的旱涝特征和规律·····	李克让等 (64)
黄淮海平原的旱涝成因和预测·····	李克让等 (76)
长江、黄河、淮河、海河流域降水特征及其水分盈亏·····	冯丽文 徐淑英 (82)
南水北调地区旱涝频率及干湿期持续性的特征·····	林贤超 徐淑英 (95)
长江上、中游地区降水不稳定性的探讨·····	冯丽文 (107)
近百年西藏最干旱期 (1981—1983 年) 的气候分析及其对农业生产的影响·····	林振耀 吴祥定 (120)
夏季西太平洋副热带高压的年际变化与南北半球大气环流的关系·····	郭其蕴 沙万英 (127)
华南冬季降水与冬季风活动和 ENSO 的关系 ·····	王继琴 郭其蕴 (138)
用简单模式做滞后时间平均预报试验研究·····	李 晴等 (149)

近地面层气候观测与研究

西太平洋热带海域辐射平衡与热量平衡的观测研究·····	朱治林 徐兆生 (159)
西太平洋考察船超声风速仪的数据处理·····	孙晓敏等 (167)
西太平洋热带海域秋季太阳辐射特征·····	徐兆生 (173)
太阳辐射对温度传感器的影响及辐射屏蔽效应的计算方法·····	孙晓敏 (187)

GEOGRAPHICAL SYMPOSIUM

22

CLIMATIC CHANGE AND CLIMATE NEAR THE SURFACE LAYER

CONTENTS

Preface (v)

RESEARCH METHOD FOR CLIMATE CHANGE IN HISTORICAL PERIOD AND ITS APPLICATION

- The Application of the Statistical Method in Climatic Research During Historical Times.....ZHENG Sizhong ZHENG Jingyun (9)
- The Approach of Studing Climatic Resources During Historical Times by Using Dendroclimatological Method.....ZHAN Xuzhi WU Xiangding (20)
- The Reconstruction of the Series of Natural Disaster in Shandong Province During Historical Times.....ZHENG Jingyun ZHENG Sizhong (31)
- An Analysis of the Temporal and Spatial Variations of Droughts and Floods in last 500 Years in South China.....XIE Huanqiang et al. (42)

RESEARCH ON REGULARITY, CAUSE AND PREDICTION FOR CLIMATIC CHANGE IN INSTRUMENTAL OBSERVATION PERIOD

- Climate Change in China Based on Instrument Observations.....
.....GUO Qiyun WANG Jiqin (52)
- The Warming of Winter Climate in North China and It's Causes.....
..... GUO Qiyun et al. (63)
- Characteristics and Regularity of Drought and Flood over the North China Plain.....LI Kerang et al. (75)
- Causes and Prediction of Drought and Flood over the North China Plain...
.....LI Kerang et al. (81)
- Characters of Precipitation and Water Budget in Basins of the Changjiang, Huanghe, Huaihe and Haihe Rivers FENG Liwen XU Shuying (94)
- The Frequency and Persistence of Drought and Flood in the Region of Wa-

ter Transfer from South to North in China···LIN Xianchao XU Shuying	(106)
Discussions of Precipitation Unstability in Upper and Middle Reaches of the Changjiang River	FENG Liwen (119)
The Climatological Analysis on the Most Drought Period (1981—1983) in the Last 100 Years and Their Effects on Crops in Tibet	·····LIN Zhenyao WU Xiangding (126)
Interannual Variabilities of Subtropical High in Western Pacific in Relation to the General Atmospheric Circulations in Northern and Southern Hemi- spheres in Summer	GUO Qiyun SHA Wanying (137)
Association of Winter Precipitation Anomalies in South China with the Win- ter Monsoon and ENSO·····	WANG Jiqin GUO Qiyun (148)
A Statistical-Dynamic Forecast with a Simple Model	LI Qian et al. (158)

OBSERVATION AND RESEARCH ON CLIMATE NEAR SURFACE LAYER

The Experimental Study of Radiation Balance and Heat Balance in the Tro- pical Area of West Pacific Ocean	ZHU Zhilin XU Zhaosheng (166)
Data Processing Measured by a Sonic Anemometer over Ocean During the West Pacific Experiment·····	SUN Xiaomin et al. (172)
The Characteristics of Solar Radiation over the Tropical Region of the West Pacific Ocean in Autumn·····	XU Zhaosheng (186)
The Effects of Solar Radiation on Temperature Sensors and the Method for Estimating the Effects of the Radiation Shield	SUN Xiaomin (197)

历史气候研究中统计学方法的应用*

郑斯中 郑景云

(中国科学院地理研究所, 100101 北京)
国家计划委员会

提 要

本文讨论了统计学方法在历史气候研究中的作用。它包括以下几个方面: 一是用于进行历史文献史料的可靠性检查; 二是用于建立历史气候序列; 三是用于历史资料序列和现代资料序列的衔接; 四是用于检验历史气候序列的真实性。

一、史料的可靠性检查

历史气候是指从人类有一定文化以来, 至有气象仪器观测记录之前这一段时期的气候。地球上各地开始有人类定居的早晚不同, 社会发展也不同, 因此有考古发现和文字记载的年代不同, 历史时期长短也就不同。我国是世界文明古国之一, 历史时期可长达几千年, 弄清这一时期的气候对于认识地球的气候是极为重要的。

我国历史气候研究, 如果从 1925 年竺可桢发表的“南宋时代气候之揣测”^[1]算起, 已经有 60 多年了。70 年代以来, 出于对世界气候变化问题的关注, 历史气候研究有了新的发展。与早期的研究相比, 这一时期的研究有不少新的特点。其中最重要的是更多地应用了统计学方法, 提高了历史气候研究的科学性。

历史时期气候研究有不同的资料来源, 也决定了不同的研究方法。本文只讨论在利用历史文献建立历史气候序列过程中统计学方法的应用。

研究历史气候, 历史文献气候记载的可靠性一直受到气候学家们的注意, 常采用对资料来源作总体分析、合理性分析、对比分析等办法进行审查^[2]。但是用以建立历史气候序列的文献记载, 动辄以万条计, 无法像历史学家那样进行逐条考证。

林振杰根据影响史料记载可靠性的一般统计规律, 研究设计了一个考查每条史料可靠性的定量方法。检验史料可靠性的重要准则是史料记载的实时性、邻域性和语言表达的合理性^[3]。换言之, 只有作者在时间和地点上接近所记载的事件, 并很快用合理的语言记录下来; 或是作者得到第一手的口头、书面材料, 并准确无误地转记下来, 这样的记载才是可信的和有价值的。由此可设计三个参数: 实时性指数, 邻域性指数和表达合理性指数, 进而综合成一个可靠性指数来衡量每一条史料的可靠性。采用这种办法, 必须先把所要考查的史料建成数据库^[3], 然后借助于计算机逐条进行考查, 避免了大量的手工操作。我

* 本文为国家自然科学基金资助项目。

1) 林振杰、郑斯中, 1990, 山东各地近 500 年分季旱涝指数序列。

们已用这种办法对山东省近 500 多年的水旱史料作了可靠性评价,并建立了山东省分区逐年分季的水旱指数序列。葛全胜等^[9]在此基础上,分析了各种史料的不同来源和特点,综合评价了我国历史文献中的气候信息,认为对于史料所载的某一气候事件,将其状态分辨的越细,所取的信息反而越少;在分析过程中,对误差要求低些,所获取的信息反而高些;就已记录的气候事件而言,官方组织的记载所提供的气候信息最多,私人文书次之,方志类书最少。

二、历史气候序列的建立

历史气候研究的基础工作是从大量历史文献中把与气候有关的记载摘录出来加以整编。而后建立历史气候年表或序列,这是历史气候研究的核心,它要把取得的成千上万条的史料记载,从定性的文字描述转成定量的数据资料,构成一个连续的气候时间序列。

在着手建立序列时,需要认真考虑三个问题:史料参数化方法、序列代表空间的大小和序列中单位时段的长短。这三个问题是彼此紧密联系,不可分割的。研究者在制定建立序列的方案时,要根据自己的掌握的历史气候记载的特点、数量和质量,对这三个问题反复权衡,选择出最佳的建立方案。

(一) 历史气候记载参数化的方法

各种古籍、文献中的气候记载都是定性的描述,有繁有简,缺少定量的记载,或虽有也无法与气象仪器记录相比。为此,在历史气候研究中必须借助于适当的统计学方法,确定一些定量指标,给出历史气候要素(诸如气温、降水等)的参数估计值。历史气候记载参数化的过程同时也是历史气候记载去伪存真,去粗取精的过程,迄今所采用的参数化方法,大体可分为相对值、绝对值和等级值三类。

1. 相对值方法

相对值方法或称比值法,一般用来处理例如水和旱这种构成一对矛盾的气候事件。通过计算历史上不同时段二者出现的年数或记载条数的比值来表现气候的干湿变化。竺可桢^[9]曾用“旱灾/雨灾”的比值分析南宋时代各省的雨量少,并与自晋迄明的平均比值相比较,阐明南宋时代雨量分布的特点。

郑斯中等^[6]在研究我国东南地区近 2000 年气候湿润状况变化时,前后涉及漫长岁月,不同时期水旱记载条数差异很大,而且明显地看出有非气候因素在左右着水旱记载的数量,于是提出用历史气候的湿润指数作为指标。从概率统计的观点出发,把所研究的地区,在某个时期内若干个府、州、县发生的水旱次数看作是水旱事件的总体,这个总体现在是不知道的,而把收集到的水旱记载的条数看作是总体的样本。历史文献本身存在漏记、断缺等情况,且随时间的推移,文字材料也有散失现象,这种漏记、断缺、散失等都可以看作是随机的,今天所得到的水旱记载只是历史上发生水旱灾害的一个随机样本。对这个随机样本,只定性地相信多水的年份不会被记作“旱”或“大旱”,反之亦然。历史上某一时期旱的记载多表明降水少;水的记载多表明降水多。因此,只要样本能达到一定的大小,其

水旱比值就可被看作为总体水旱比值的估计值,从这一观点可得出湿润指数 I 为:

$$I = \frac{F \times 2}{F + D} \quad (2.1)$$

式中 F 为某地区某时段水的记载条数; D 为相应的旱的条数; I 变化于 0 与 2 之间, $I > 1$ 为湿润, $I < 1$ 为干燥。

2. 绝对值方法

气候史料中各类气候事件诸如水、旱、冷、暖等,在某一时段内出现的年数及记载县数和条数等都被直接用来作为该时段气候状况的量度,用以建立历史气候序列。在 70 年代以前,这种方法颇多采用。

80 年代以后,对这种绝对值方法作了改进。郑斯中^[7]在对广东省气候振动的研究中,对用绝对值方法建立序列作了新的尝试。广东省地方志总数在 450 种以上,而此项研究的史料主要来自 140 部地方志。选用的方志限于清康熙(1662—1722 年)以来的刊本,其中清光绪(1875—1908 年)以来的有 77 种,占总数的二分之一以上。这种做法是历史气候资料摘录整编中,限于人力物力而一般采用的。

历史气候序列的建立以广东省作为一个单元;以 10 年为一个时段;以严寒、旱、水、台风、饥荒和丰收等六个项目为对象。从史料中把逐年各县的有关条目,按所属项目和年代归入相应的时段,各记一次,定性相信每条记载都是真实的,舍去史料中有关灾情轻重程度的描述。某一时段某气候事件被记录到的次数愈多,表示这类气候事件的强度、频率和范围就愈大。换言之,即以地区内某时段某事件记录到的次数作为某事件强度、频率和范围的相对量度。

把以上 6 类事件的各时段记载总次数按时间变化点绘成图 1, 代表我们选用史料的记载数量的变化。图上清楚地显出有一个从 15 世纪开始,到 19 世纪末为止的持续增大趋势,然后是迅速减小趋势,直到最后的 10 年(1940—1949 年)。为了消除这种非气候的趋势性变化,通过建立两个直线回归方程,算出加权函数,用来对各类事件的各年代次数分别进行订正,将其订正到 1890—1899 年的水平(最高水平)。订正后的六类事件的年代次数被用来作为量度严寒、水、旱、台风、饥荒和丰收的参数,并建立起序列。对序列的分析表明,其间变化关系是合理的,可认为序列是真实的。

张德二^[8]在建立近 500 年来我国南部冬季温度序列时,也采用了绝对值方法。她收集到的冬季冷暖史料共 4 480 条,用它建立 8 个区的冬温序列。冷暖史料,缺漏记载的年份很多,为了把定性的冷暖记载转化为定量指标,并解决记载的缺漏,设计了冬温指数 T_i :

$$T_i = -[n_1 + 0.3(10 - n_1 - n_2)] \quad (2.2)$$

式中 n_1 为 10 年中寒冬年数; n_2 为 10 年中暖冬年数; 0.3 是在考虑了记载缺漏情况下,由统计给出的经验系数。因为自有气温记录以来,汉口和上海两地由史料记载不能定义为寒、暖冬年份中,冷暖等级值是正态分布,若以冬季三个月温度等级平均值 ≥ 3.3 者定为寒冬年的话,其中有 $\frac{1}{3} - \frac{2}{7}$ 的年份应属寒冬,其值接近 0.3。

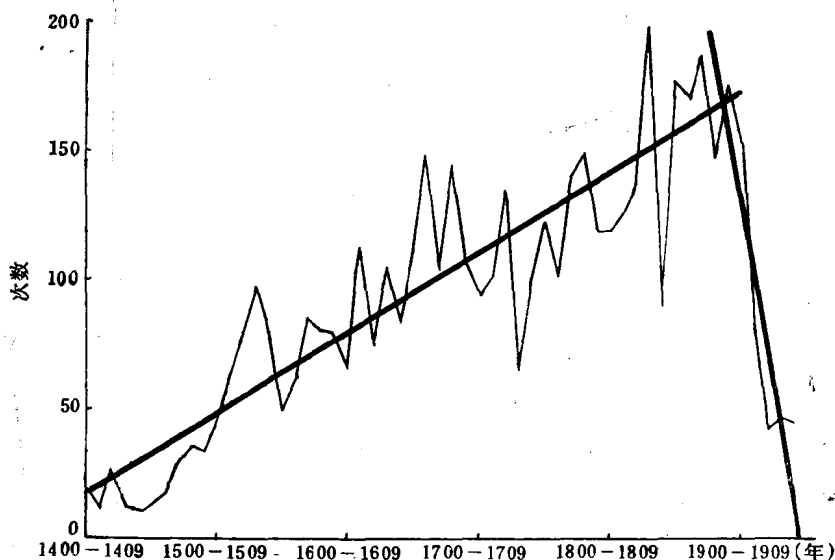


图1 广东省水、旱、台风、严寒、饥荒和丰收总次数的时间序列 (1400—1949年)

Fig. 1 The time series of grand totals of pieces for floods, droughts, typhoons, severe colds, famine and bumper harvests in Guangdong Province from 1400 to 1949 A.D.

以上举出的两个例子,都是利用统计方法改进了的绝对值方法。

3. 旱涝等级值方法

根据史料水旱记载对雨情的阐述和不同雨情对自然界的影响,并适当考虑其造成的社会和政治、经济影响,制定等级标准划分等级,建立等级气候序列的方法称为等级法。等级法采用较晚,直到60年代以后才见采用。

《中国近五百年旱涝分布图集》^[9]中的序列是用等级法建立的。旱涝分成五级,各级出现频率为:1级(涝)、5级(旱)各约占10%;2级(偏涝)、4级(偏旱)各约占20—30%;3级(正常)约占30—40%。

在有气象记录的时期,以实测雨量评定旱涝等级,标准为:

$$1 \text{ 级(涝)} \quad R > (\bar{R} + 1.17\sigma)$$

$$2 \text{ 级(偏涝)} \quad (\bar{R} + 0.33\sigma) < R \leq (\bar{R} + 1.17\sigma)$$

$$3 \text{ 级(正常)} \quad (\bar{R} - 0.33\sigma) < R \leq (\bar{R} + 0.33\sigma)$$

$$4 \text{ 级(偏旱)} \quad (\bar{R} - 1.17\sigma) < R \leq (\bar{R} - 0.33\sigma)$$

$$5 \text{ 级(旱)} \quad R \leq (\bar{R} - 1.17\sigma)$$

式中 $\bar{R}$ 为5—9月的多年平均雨量; σ 为其标准差。各级出现频率是:1级和5级为1/8;2级、3级和4级均为1/4。

(二) 序列代表的空间范围

历史气候序列是分区域建立的,每个区域的气候状况应该比较一致。

《中国近五百年旱涝分布图集》^[1]中各序列代表的区域是以各省的地理特点及历史建制分成小区,一般包括十余县,以区内的行政、文化中心为代表站命名。

张德二^[2]在建立我国南部冬温指数序列时,此气候带为基础划分各序列的代表区域。气候带的范围较大,且呈纬向分布;而冬季温度却因受寒潮南下路径的影响,在东西方向上有差异,所以又将每个气候带按其地理特点及历史沿革再分成若干小区域。为了检查小区域划分是否合适,在各区域中选出 52 个主要站点计算各站之间的冬季平均温度的相关系数。结果表明,在每一区域内,主要站点之间的相关系数皆在 0.62—0.84 之间(样本数为 24 个)。高度的相关表明,在每一个区域内只建立一支温度参数序列来表示其冷暖状况的作法是合理的。以长江下游区为例,上海、南京、安庆、杭州和合肥 5 个主要站的冬季气温值之间的相关程度都很高,均通过显著性水平 0.001 的 t 检验。

(三) 序列中单位时段的长度

在资料很多的条件下,建立的气候序列所代表的区域范围要小些,序列中单位时段要短些。这样才能使建立的序列能揭示出气候变化的地区差异,识别较短尺度的气候振动。在一定的资料条件下,受记载条数的限制,地区范围的大小和单位时段长短二者构成了一对矛盾。解决的办法不外乎为扩大序列所代表的区域范围,或加长单位时段。如何抉择需视所要探讨的问题来决定。至于序列中每个单位时段最少需要多少条记载?除了要取决于方法之外,同史料记载的质量以及研究者对历史资料可信程度所持的态度等有关。这方面迄今探讨不多,仅有一些实践经验可以参考。

三、历史气候序列与仪器观测序列的衔接

根据历史文献资料建立起历史时期的气候序列之后,便是如何与气象仪器观测记录衔接成一支完整的气候序列。这个问题常常是利用历史时期与气象记录时期之间存在一个相互重叠的时期来解决。如根据故宫“晴雨录”记录的降水时数所建立的“北京 250 年降水”^[3]和根据历史时期冬温指数建立的上海、武汉冬温序列,都是利用重叠期,把历史序列换算与气象记录相衔接。上海周围地区公元 201 年以来每十年湿润指数序列,也是利用 40 年的重叠期,计算出气象记录的湿润指数,与历史湿润指数序列衔接。在衔接时注意到在使两个序列保持高度相关的前提下,使两个序列各自的均值、方差尽可能接近^[4],以此解决两个序列衔接时的序列均一性问题。具体办法是适当调整按气象记录算出的湿润指数,在计算机上进行拟合。

《中国近五百年旱涝图集》^[5]的全国 120 个旱涝序列,其中不少序列不存在适当的重叠期,其衔接采取别的方法。即确定两种旱涝等级标准:一种是依史料记载评定等级用

1) 中央气象局研究所,1975,北京 250 年降水(1724—1973 年)。

的;另一种是以实测雨量为主要依据评定等级用的。两套标准均把旱涝分成五级,且各级旱涝出现次数的频率分配相近似。最后通过 χ^2 检验对序列的均一性进行检查,看二者是否存在显著差异。

利用重叠期借助统计学方法可以把一个用参数表示的干湿或冷暖的历史气候序列转换成降水量或温度序列。这里最常用的方法是单元或多元回归。

张德二^[8]曾利用回归方程

$$\bar{T} = 0.45T_i + 6.4 \quad (3.1)$$

算出近五百年来上海 10 年的平均冬温序列。式中 T_i 为长江下游区冬温指数, $\bar{T}$ 为上海 10 年的冬季温度平均值($^{\circ}\text{C}$)。

中央气象局研究所利用 1841—1903 年期间的“晴雨录”与实测记录重叠的 40 年记录把“晴雨录”记载的降水时数转换为月降水总量^[2],其多元回归方程为:

$$R = A_0 + A_1T_1 + A_2T_2 \quad (3.2)$$

式中 A_0 为常数; A_1 和 A_2 为回归系数; T_1 为微雨(或微雪)时数; T_2 为雨(或雪)时数。

龚高法等^[10]从现代气温与降水记录统计分析中得到冬季月降雪率与气温之间有密切相关,从而根据降雪率可以推算出相应的温度值。降雪率 P 为:

$$P = \frac{S}{S + R} \quad (3.3)$$

式中 S 为降雪日数(包括雨夹雪日数); R 为降雨日数(不包括雨夹雪日数)。根据 1954—1978 年杭州、苏州、南京三地冬季月降雪率与月平均气温的相关关系,用最小二乘法拟合出以下经验公式,推算月平均气温:

$$P_{\text{杭州}} = 0.572 - 0.076t_{\text{杭州}} \quad (3.4)$$

$$P_{\text{苏州}} = 0.647 - 0.099t_{\text{苏州}} \quad (3.5)$$

$$P_{\text{南京}} = 0.585 - 0.111t_{\text{南京}} \quad (3.6)$$

式中 P 为冬季降雪率, t 为冬季平均气温。

根据杭州、苏州和南京现存的 18 世纪的“晴雨录”中雨雪的记载,通过上述关系可逐年恢复当时冬季的平均气温,得到结论认为 18 世纪长江下游地区冬季平均温度比现在低 $1.0-1.5^{\circ}\text{C}$,即 18 世纪长江下游地区冬季较现在要冷。

四、历史气候序列真实性的检验

历史气候序列建立起来之后,需要对它所表现的气候振动的真实性进行检验。竺可桢^[11]的“5 000 年来中国温度变迁图”同 10 000 年以来挪威雪线高度变化相比,大体是一致的;他还把用物候方法建立的一段长达 1 000 多年的温度变化曲线同用 ^{18}O 和 ^{16}O 之比来测定的格陵兰古代冰和水的古温度变化曲线对比,二者的结果也大体相符。这种都是把一支新建的气候序列与过去已有的序列作对比,以说明新建序列的真实性。

前面所述的利用历史气候与气象记录之间重叠期来进行衔接和转换的工作,同时也是一种序列真实性的检验。

在历史气候研究中,当建立起一个气候序列之后,要对序列的随机性进行鉴别。从理论上说,气候时间序列可以是纯随机的,也可以是纯非随机的,或是二者的综合。在实践中,人们所关心的是在特定的气候时间序列中,有多大的成分是非随机的;同时,希望知道非随机性的性质。功率谱分析作为一种统计学工具,在历史气候变化研究中正可以用来解决上述问题。在统计学上可以有各种方法适用于检验时间序列的周期性、持续性和变化趋势等,谱分析是能够客观辨认时间序列中可能存在的各种非随机性的较好方法。

郑斯中^[7]在建立起广东省 1400—1949 年共 550 年的严寒、旱、水、台风、湿润指数、饥荒和丰年逐年代序列之后,对它作了功率谱分析。结果表明:旱的 30.0 年周期,水的 23.1 年周期和丰年的 50.0 年、27.3 年周期,都超过了 95% 的置信界限。

Cramer 检验也可用来检验历史气候序列,以确定在一个序列的若干时段中由非随机造成的时段有多少^[12]。郑斯中等^[13]对我国 26 个主要站点的水旱总和和序列作 Cramer 检验,结果表明在 17 个时段中,每个序列至少有一个时段,其随机概率小于 0.05,最多的可达 5 个时段(表 1)。对长江中下游地区冬温指数序列的检验,也表明冷暖时段的出现,由随机造成的概率均小于 0.05。由此可知:历史时期降水变率和平均温度的振动,在统计上都是显著的,且二者存在着以负相关为主的相关关系(图 2),从而证明了我国冷的时期气候超常不稳定。

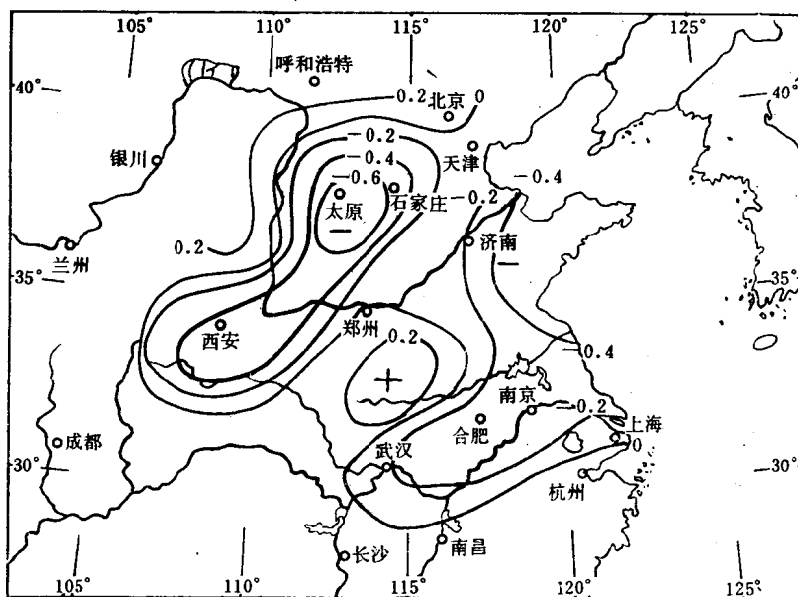


图 2 水旱总和与长江中下游地区冬温指数间的相关系数

Fig. 2 Correlation coefficients between total of floods and droughts and winter temperature indexes for region of middle and lower reaches of the Changjiang River

统计学方法在利用历史文献资料进行历史气候研究中具有很大的作用。它不但可以用来进行史料的可靠性检验,还广泛用于历史时期气候序列的建立,研究历史时期的气候

表 1 我国 26 个主要站点水旱总和序列的 Cramer 检验结果
(时段数为 17, 每时段为 30 年)

Table 1 Results from Cramer's Test for series of total of floods and droughts for 26 sequences in China (number of interval period: 17, years of each period: 30)

每个序列中随机概率小于 0.05 的时段数:	1	2	3	4	5
与之相应的序列数:	2	8	6	7	3

变化状况,而且在气候序列衔接和气候序列的随机性、真实性检验中也具有较大的作用。它的应用提高了历史气候研究的科学性。我们相信统计学方法在今后的历史气候研究中,还可以发挥更大的作用。

参 考 文 献

- [1] 竺可桢, 1925, 南宋时代我国气候之揣测, 科学, 第 10 卷, 第 2 期。
- [2] 龚高法、张丕远、吴祥定、张瑾璐, 1983, 历史时期气候变化研究方法, 科学出版社。
- [3] 林振杰、郑斯中, 自然灾害史料的信息化处理, 灾害学(季刊), 1989, 第 4 期, 21—26。
- [4] 葛全胜、张丕远, 1990, 历史文献中气候信息的评价, 地理学报, 45 卷 1 期, 22—30。
- [5] 竺可桢, 1925, 中国历史上气候之变迁, 东方杂志, 22 卷 3 期。
- [6] 郑斯中、张福春、龚高法, 1977, 我国东南地区近两千气候湿润状况的变化, 气候变迁和超长期预报文集, 科学出版社, 29—32。
- [7] 郑斯中, 1983, 1400—1949 年广东省的气候振动及其对粮食丰歉的影响, 地理学报, 38 卷 1 期, 25—32。
- [8] 张德二, 1983, 重建 500 年气候序列的方法及其可靠性, 气象科技集刊(4), 气象出版社, 17—26。
- [9] 中央气象局气象科学研究院等, 1981, 中国近五百年旱涝分布图集, 地图出版社。
- [10] 龚高法、张丕远、张瑾璐, 1983, 十八世纪我国长江下游等地区的气候, 地理研究, 2 卷 2 期, 20—33。
- [11] 竺可桢, 1973, 中国近五千年来气候变迁的初步研究, 中国科学(B 辑), 16 卷 2 期, 168—189。
- [12] WMO, 1966, Climatic Change, Technical Report, No. 79, Geneva, 58—71。
- [13] 郑斯中、冯丽文, 1983, 我国冷的时期气候超常不稳定的历史证据, 中国科学(B 辑), 26 卷 11 期, 1038—1044。

THE APPLICATION OF THE STATISTICAL METHOD IN CLIMATIC RESEARCH DURING HISTORICAL TIMES

ZHENG Sizhong ZHENG Jingyun

(Institute of Geography CAS, 100101 Beijing)

Abstract

In this paper, the application of the statistical method in climatic research during historical times is discussed. It includes four details. The first one is checking reliability of historical documents. The second one is reconstructing climatic series. The third one is linking up climatic series with documental series and instrumental series. The fourth one is checking reality of historical series.