

# 福州市百余年来气温资料处理及变化特征分析

郑东旗<sup>1</sup> 祁旭<sup>2</sup> 刘增基<sup>3</sup> 李岩<sup>1</sup>

(1 福州市气象局, 福州 350008; 2 福建省气象局, 福州 350001; 3 福建省气象台, 福州 350001)

**摘要:** 介绍了福州市百余年来气象观测站的变迁。从福建省气象局于1976年1月整编出版的气温资料书籍和福建省气象台气象观测数据库中, 提取1901—2012年年平均气温、年极端最高气温、年极端最低气温资料, 并利用数理统计方法对个别缺漏记录进行了插补, 对测站迁移前后的数据进行订正和检验, 结果表明整理后的百年气温数据具有较好的连续性。同时应用现代统计等多种方法对这些宝贵的长序列气温资料进行分析, 揭示出福州百余年来气温演变的若干气候特征。

**关键词:** 福州, 气温, 资料处理, 特征

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2013.05.009

## The Variation Characteristics Analysis and Data Processing on Temperature Data over 100 Years in Fuzhou

Zheng Dongqi<sup>1</sup>, Qi Xu<sup>2</sup>, Liu Zengji<sup>3</sup>, Li Yan<sup>1</sup>

(1 Fuzhou Meteorological Bureau, Fuzhou 350014 2 Fujian Meteorological Observatory, Fuzhou 350001  
3 Fujian Municipal Meteorological Service, Fuzhou 350001)

**Abstracts:** This paper introduces the changes of meteorological observation stations in Fuzhou over 100 years or more. This research picks up 1901—2012 annual average temperature data, annual extreme maximum temperature data and annual extreme minimum temperature data from the temperature data books which were published by Fujian Meteorological Bureau in January 1976 and the meteorological observatory database, and interpolates the individual missing records by using mathematical statistics for revision and testing on the data before and after the migration. The results show that the temperature data over one hundred years has good continuity. The modern statistics and many other such methods are used for a long sequence of temperature data analysis. It reveals some climatic features of temperature evolution over a hundred years in Fuzhou.

**Keywords:** Fuzhou, temperature, data processing, characteristic

### 1 引言

气候变化或称气候变暖问题是近年来人们热议的话题<sup>[1]</sup>, 也是气象学家所关注并潜心研究的重要课题。开展这方面研究的前提是拥有年代长久、连续性较好的气温资料。福州市地面气象观测历史悠久, 自1888年开始在仓山区泛船浦设立海关测候所开展气象观测, 至今已有逾百年的历史, 这在全国来说也不多见。但由于历史和战争等原因曾造成测站多次迁移甚至短期中断, 致使新中国成立前的气温资料存在一定欠缺, 对这些难得的历史资料进行必要的插补处理及其订正检验, 同时使用这些极其宝贵的数据进行系统全面的研究, 对了解福州地区气温的历史变化特征, 具有重要的参考价值<sup>[2]</sup>。此前, 黄文堂<sup>[3]</sup>、邹燕等<sup>[4]</sup>也曾对福州市气温的历史演变问题进行了探讨, 但就利

用福州市气温资料而言, 它们在年代的长度和资料的质量上都有一定的局限性。作者使用经过订正检验处理的百余年来福州市年平均气温、年极端最高气温、年极端最低气温等资料, 采用气候统计分析方法并结合小波分析法<sup>[5]</sup>和Mann-Kendall检验<sup>[6]</sup>对相应项目进行比较全面的研究, 揭示出福州百余年来气温演变的若干气候特征。本文除对福州历史气温资料的整理、订正和检验的方法进行阐述外, 也对福州百余年来气温演变的若干气候特征进行简要介绍。

### 2 数据来源及处理

#### 2.1 资料来源

本文所用资料来源: 1901—1975年所有气温数据取自福建省气象局于1976年1月整编出版的《福州市逐日平均气温》、《福州市逐日最高气温》、《福州市逐日最低气温》等书籍; 1976—2012年的所有气温数据取自福建省气象台测报数据库。分析研究极端高温气候变化时采用历年6—9月的极端最高气温数据,

收稿日期: 2012年7月10日; 修回日期: 2013年8月13日  
第一作者: 郑东旗 (1956—), Email: zdq561013@163.com

分析研究极端低温气候变化时采用历年12月一次年2月的极端最低气温数据,分析研究平均气温气候变化时采用历年年平均气温资料<sup>[7,8]</sup>。

### 2.2 测站迁移、站名变更情况

自1901年以来福州地面气象观测站进行过4次迁移,站名共有过12次变动,具体变更情况见表1。

### 2.3 空缺资料的处理

(1) 空缺资料的插补

空缺资料采用前后各二点的资料进行平均而获取,假定空缺资料在序列中序号为*i*,则其频数*P*(或气温*T*)为

$$P_i = (\sum_{j=1}^M (P_{i-j} + P_{i+j})) / (2 \times M) \quad (1)$$

其中,  $M=2$ 。

(2) 滑动平均

① 频数的3点滑动平均

$$\begin{aligned} P_i^3 &= (P_i + P_{i-1} + P_{i+1}) / 3 & i = 2, 3, \dots, N-1 \\ P_1^3 &= (P_1 + P_2) / 2 & i = 1 \\ P_N^3 &= (P_{N-1} + P_N) / 2 & i = N \end{aligned} \quad (2)$$

② 气温的5点滑动平均

$$\begin{aligned} T_i^5 &= (\sum_{j=0}^M T_{i+j}) / M & i=1, 2, 3, \dots, N-4 \\ T_i^R &= (\sum_{j=0}^R T_{i+j}) / R & i \geq N-4 \end{aligned} \quad (3)$$

其中,  $M=5$ ;  $R=N-i$ 。

③ 年平均气温的30年滑动平均

$$T_L^{30} = (\sum_{j=1}^M T_{(L-1) \times 10 + j}) / M \quad (4)$$

其中,  $M=30$ ;  $L$ 为年代序号,  $L=1, 2, 3, \dots, N-2$ ;  $N$ 为年代总数。

### 2.4 资料的订正检验

福州市1948—2012年共计65年气温资料为乌山观测站观测获得,而在此之前,即1901—1947年共计47年气温数据为乌山以外其他测站观测获得,为了保证前后资料的一致性,本文对1901—1947年气温资料进行高度订正(因为所用数据的测站均在福州市内,除海拔高度差异较大外,其他环境条件比较接近,故只做高度订正)。方法是:(1)自20世纪80年代末至今的24年中福州市晋安气象站与福建省气象台乌山观测站保持了同步气象观测,经统计分析,获得气温垂直递减率 $\gamma=0.77^\circ\text{C}/100\text{m}$ ,并按乌山观测站的高度对晋安气象站气温资料进行高度订正,所得资料与乌山观测站实测资料进行*t*检验,计算得到 $t=0.06279$ ,满足 $\alpha=0.1$ 的信度要求。二者序列相关系数分别为:年平均气温 $r=0.989332$ ,年极端最高气温 $r=0.849429$ ,年极端最低气温 $r=0.788236$ ;(2)利用 $\gamma=0.77^\circ\text{C}/100\text{m}$ ,对1901—1947年气温数据进行高度订正(订正到与乌山观测站同高度),所得资料与1948—2012年乌山站实测数据进行*t*检验,计算得到 $t=0.9969$ ,达到 $\alpha=0.1$ 的

表1 福州地面气象观测站站名变动一览表

站名	时间
海关测候所	1880年1月1日—1935年12月31日
福州民国省立科学馆测候所	1934年7月1日—1935年8月31日
福州民国福州测候所	1935年9月1日—1949年8月24日
福州气象台	1949年8月25日—1951年10月
福建军区福州气象台	1951年11月—1953年7月
福州气象台	1953年8月—1955年11月
福州海洋气象台	1955年12月—1958年9月
福建省农业厅气象局观象台	1958年10月—1961年4月
福建省气象局观象台	1961年5月—1966年4月
福建省气象局气象服务台	1966年5月—1971年3月
福建省气象局气象台	1971年4月—1978年12月
福建省气象台	1979年1月—1990年12月31日
福州国家基准气候站	1991年1月1日至今

表2 福州地面气象观测站站址迁移情况表

地址	时间	北纬	东经	海拔高度 (m)
福州海关测候所	1901年3月—1935年12月	25°59'	119°27'	19.8
福州解潘路(鼓屏路口)	1936年1月—1944年3月	26°05'	119°18'	22.0*
福州西门外协职农校(福州祭酒岭)	1945年11月—1945年12月	26°05'*	119°16'*	19.8*
福州乌石山王家祠	1946年1月—1948年4月	26°05'	119°17'	68.9
福州乌石山邻霄台	1948年5月至今	26°05'	119°17'	84.0

注: 1. 表中带\*号资料为2012年调查补测。1944年4月—1945年10月福州因抗日战争沦陷,观测中断;  
2. 乌石山邻霄台观测场几经改造、重测,现观测场经纬度为119°17'E, 26°05'N, 海拔高度84.0m。

信度要求,表明前后气温数据具有较好的一致性,可以应用于统计分析。

### 3 福州市近百余年气温演变特征

为了更详尽地揭示出福州百余年气温演变的气候特征,本文取1901—2012年福州市年平均气温、年极端最高气温、年极端最低气温等资料,采用气候统计分析方法并结合小波分析法和Mann-Kendall检验对相应项目进行初步的分析研究,揭示出福州百余年气温演变的若干气候特征<sup>[9, 10]</sup>。初步分析表明,福州市1901—2012年气温总体呈上升态势,特别是从20世纪80年代—21世纪初叶,气温上升最显著。

#### 3.1 年平均气温变化特征

福州市1901—2012年年平均气温变化趋势呈波浪式振荡起伏情形,见图1。

在1901—2012年30年滑动平均气温的9个年代中呈现三峰二谷的形态,而总体呈上升趋势,1981—2010年30年滑动平均气温为20.2℃,较之1911—1940年30年滑动平均气温高1.2℃(图2)。

#### 3.2 年极端最高气温变化特征

福州市1901—2012年年极端最高气温分布以

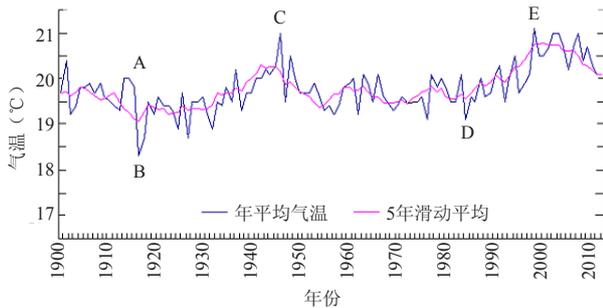


图1 福州市1901—2012年年平均气温及其5年滑动平均趋势图

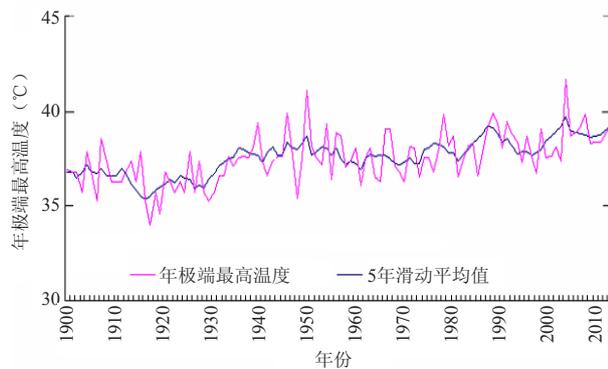


图3 福州市1901—2012年年极端最高气温及其5年滑动平均的演变趋势图

1950年为分界线可分为两段“U”态势分布,前半段1901—1949年49年年极端最高气温平均值为37.3℃,后半段1950—2012年63年年极端最高气温平均值为38.1℃,后63年平均值较前49年平均值高0.8℃,振荡幅度前半段大于后半段(图3)。

#### 3.3 气温演变的周期性特征

对1901—2012年 $\geq 35^\circ\text{C}$ 高温日数和年平均气温的标准化距平进行Morlet小波分析,发现 $\geq 35^\circ\text{C}$ 高温日数存在较稳定的准25年和15年的振荡周期,而且比较明显(图4和5)。

#### 3.4 年极端最低气温变化特征

福州1901—2012年年极端最低气温呈两头高中间低的演变态势(图6)。

#### 3.5 气温演变趋势的突变点分析

通过Mann-Kendall检验法对气温演变趋势进行分析,发现福州地区年平均气温1990年附近发生突变,1990年后福州地区升温显著。

### 4 结束语

福州市气温观测已有100多年历史,这些资料十分珍贵,但新中国成立前由于气象观测不能正常开

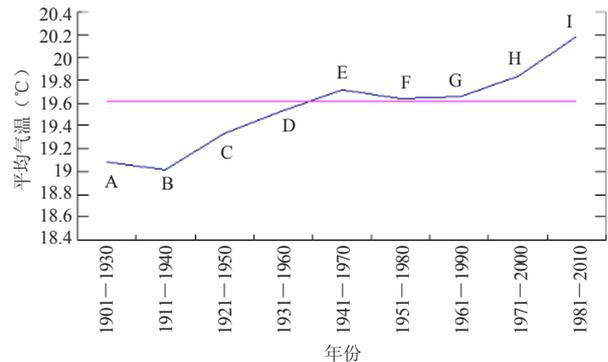


图2 年平均气温30年滑动平均演变趋势图

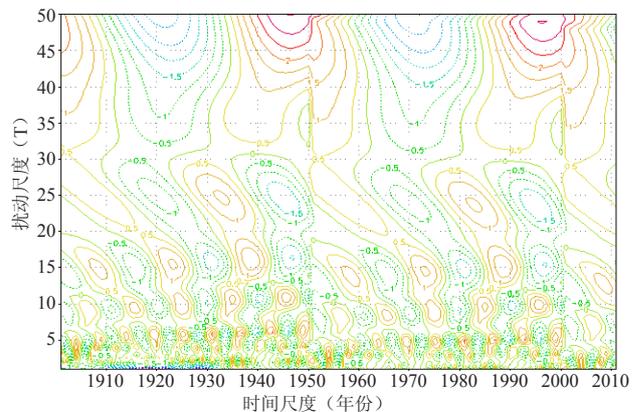


图4 1901—2012年 $\geq 35^\circ\text{C}$ 高温日数标准化距平的Morlet小波分析(实部)

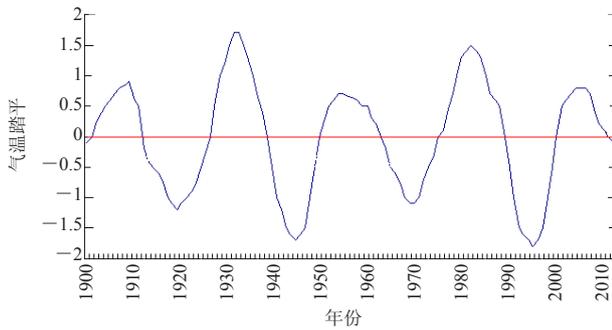


图5 周期为25年的反演图

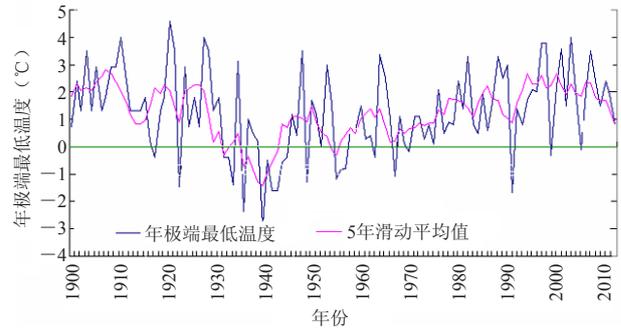


图6 福州市1901—2012年年极端最低气温逐年演变趋势图

展, 气温资料质量较差。将这些数据通过插补、订正与1949年新中国成立后的气温观测数据组成百余年的长序列气象记录, 经检验后表明具有较好的连续性、准确性和代表性, 这些宝贵资料对研究福州地区气温的历史演变和开展气象服务具有重要意义。

#### 参考文献

- [1] 丁一汇, 戴晓荣. 中国近百年来的温度变化. 气象, 1994, 20(12): 19-26.
- [2] 吴增祥. 北京地区近代气象观测记载. 气象科技, 1999(1): 60-64.
- [3] 黄文堂. 近50年福建气温降水变化的统计特征. 气象, 1994, 20(7): 20-25.
- [4] 邹燕, 周信禹, 林毅, 等. 福建省夏季高温成因分析. 气象, 2001, 27(9): 26-30.
- [5] 简虹, 骆云中, 谢德华, 等. 基于Mann-Kendall法和小波分析的降水变化特征研究. 西南师范大学学报, 2011, 36(4): 217-222.
- [6] 曹洁萍, 迟道才, 武立强, 等. Mann-Kendall检验方法在降水趋势分析中的应用. 农业科技与装备, 2008, 10(5): 35-40.
- [7] 刘增基, 邹燕, 吴宾. 福州市近百年强降水频数的统计特征. 气象, 2002, 28(2): 46-49.
- [8] 蔡文华, 王加义, 岳辉英. 近50年福建省年度极端最低温度统计特征. 气象科技, 2005, 33(3): 227-230.
- [9] 唐国利, 林学椿. 1921—1990年我国气温序列及变化趋势. 气象, 1992, 18(7): 3-6.
- [10] 郭军, 任国玉, 任雨. 近100年天津平均气温与极端气温变化. 高原气象, 2011, 30(5): 1399-1405.

#### 会议信息

- ◆ 气候科学的下一步 (Next steps in climate science), 2013年10月2日, 伦敦, 英国 (<http://royalsociety.org/events/2013/climatescience-next-steps/>)
- ◆ 非洲气候会议 (Africa Climate Conference), 2013年10月15—18日, 阿鲁沙, 坦桑尼亚 (<http://www.climdev-africa.org/acc2013>)
- ◆ 亚洲—澳大利亚季风委员会第13次届会 (13th Session of the Asian-Australian Monsoon Panel, AAMP13), 2013年10月26—27日, 澳门 (<http://www.clivar.org/organization/aamp/activities/aamp13>)
- ◆ 第80届海平面科学年会 (80th Anniversary Workshop on Sea Level Science), 2013年10月28—29日, 利物浦, 英国 ([http://www.psmsl.org/about\\_us/news/2013/workshop\\_2013/](http://www.psmsl.org/about_us/news/2013/workshop_2013/))
- ◆ 第5届国际季风学术会 (Fifth International Workshop on Monsoons, IWM-V), 2013年10月28日—11月1日, 澳门 (<http://iwm-v.smg.gov.mo/>)
- ◆ GODAE海洋观测2013年学术会——GODAE海洋观测5周年——当前进步和未来优先领域 (GOADE Ocean View Symposium 2013: “5 years of GODAE OceanView - current progress and future priorities”), 2013年11月4—6日, 马里兰, 美国 (<https://www.godae-oceanview.org/outreach/meetings-workshops/symposia-summer-schools/Symposium-Review-2013/>)
- ◆ 区域气候国际会议——WCRP、欧盟和IPCC之间的合作 (International Conference on Regional Climate - CORDEX 2013, A partnership between WCRP, the European Commission and IPCC), 2013年11月4—7日, 布鲁塞尔, 比利时 (<http://cordex2013.wcrp-climate.org/>)
- ◆ 第6届国际20世纪CLIVAR气候学术会议 (6th International CLIVAR Climate of the 20th Century Workshop), 2013年11月5—8日, 墨尔本, 澳大利亚 (<http://www.iges.org/c20c/workshops/201311/home.html>)
- ◆ 区域海平面变化高端情景及其不确定性会议 (Workshop on High-end scenarios of regional sea-level changes and their uncertainties), 2013年11月20—22日, 汉堡大学, 德国, (<http://www.cen.uni-hamburg.de>)
- ◆ 第14届南半球夏季讲习班——通过多种方法研究沿海和开放海域 (Austral Summer Institute XIV (ASI XIV) -Coastal and Open Ocean Studies through Multiple Approaches), 2014年1月, 康塞普西翁, 智利 (<http://www2.udec.cl/oceanoudec/asi-14/eng/index.html>)
- ◆ 美国气象学会第94届年会——极端天气—气候和建筑环境: 新视角、机会和工具 (The 94th AMS Annual Meeting-Extreme Weather-Climate and the Built Environment: New Perspectives, Opportunities, and Tools), 2014年2月2—6日, 亚特兰大, 美国 (<http://annual.ametsoc.org/2014/>)
- ◆ 国际季节内到季节预报学术会 (International Conference on Subseasonal to Seasonal Prediction), 2014年2月10—13日, 马里兰, 美国 (<http://www.emc.ncep.noaa.gov/gmb/ens/s2s/>)
- ◆ 夏威夷海洋科学会议 (Hawaii Ocean Science Meeting), 2014年2月23—28日, 夏威夷, 美国 (<http://www.sgmeet.com/osm2014>)
- ◆ 第7届全球水和能量循环国际科学会议 (7th International Scientific Conference on the Global Water and Energy Cycle), 2014年7月14—17日, 海牙, 荷兰 (<http://gewex.org/2014conf/home.html>)