

# 太湖流域近 60 年气温多时间尺度波动幅度的长期变化特征

何昶<sup>1,2</sup>, 邓建明<sup>2</sup>, 李雪纯<sup>3</sup>, 王毛兰<sup>1</sup>

(1.南昌大学 资源与环境学院;鄱阳湖环境与资源利用教育部重点实验室,南昌 330031;

2.中国科学院 南京地理与湖泊研究所,南京 210008;3.南京水利科学研究院

水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,南京 210029)

**摘要:**太湖流域是我国重要的经济发展区域,为研究太湖流域气温波动的长期变化特征,利用近 60 年来太湖流域 10 个气象站的逐日气温资料:日最高气温(MaxT)、日平均气温(MeanT)、日最低气温(MinT),运用均方根(root-mean-square,RMS)方法分析了太湖流域年、季、月 3 个尺度上气温波动幅度的长期变化特征,并以 1990 年为分界,研究了 20 世纪 90 年代前后波动趋势的变化和区别.结果表明:1)年尺度上,1958—1990 年气温年内波动幅度呈微弱降低趋势,而 1990—2018 年气温年内波动幅度呈显著增加趋势.2)季节尺度上,1958—1990 年春季和冬季气温波动幅度趋势呈下降趋势、夏季气温波动幅度呈上升趋势而春季和冬季气温波动幅度趋势呈上升趋势.3)月尺度上,1990—2018 年太湖流域各月份的气温波动幅度均呈上升趋势,但 1 月和 4 月要比其他月份波动幅度上升趋势明显.4)空间上,1958—1990 年流域内气温波动幅度整体呈下降趋势,由东向西波动幅度下降趋势增大;1990—2018 年,流域内气温波动幅度整体呈增长趋势,从南至北呈波动幅度增长趋势变大.

**关键词:**太湖流域;短期气温波动;RMS 分析;长期变化特征

**中图分类号:**P423.3

**文献标志码:**A

随着人们对全球变暖的认识增加,已有学者针对气温的长期变化趋势进行了研究.根据联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第六次评估报告(AR6),在低排放情境下,全球表面升温幅度在 2021—2040 年将达到 1.5 °C,2081—2100 年升温幅度将达到 1.4 °C<sup>[1]</sup>.有研究指出,1983—2012 年可能是北半球最近 1 400 年来气温最高的 30 年<sup>[2]</sup>.我国的气温变化与全球气温变化趋势具有一致性,近 54 年来我国平均气温上升了约 0.8 °C<sup>[3]</sup>.长江流域 90 年代增温幅度较 80 年代高,增温幅度在 0.3~0.6 °C 之间<sup>[4]</sup>.

上述关于气候变暖的研究主要针对平均气温长期趋势变化开展,然而气温往往是波动变化的,如气温的日变化在不同尺度上的波动.一项对全球的陆地气温数据的研究表明,气温日变化在所有的季节以及大部分地区均存在波动<sup>[5]</sup>.我国北方地区的平均日最高气温和平均日最低气温也表现出明显的日变化<sup>[6]</sup>.东北地区 1959—2002 年间气温日变化也存在明显的波动<sup>[7]</sup>.但是目前关于不同时间尺度下气温短期波动变化趋势研究较少.相比于气温的平稳变化,短期的气温波动对不同生态系统都会产生显著的影响<sup>[8]</sup>.例如,有研究表明,在温度波动条件下,绿桃蚜虫的生长更快、繁殖力更大<sup>[9]</sup>.温度波动对软壳海龟(*Apalone mutica*)的孵化也可能产生影响,导致其潜伏期和游泳速度与恒温的孵化结果差异很大.通过对温度波动对单蜂(*Osmia bicornis*)发育的研究表明,在温度波动条件下单蜂的发育会加快<sup>[10]</sup>.ZHAO 等<sup>[11]</sup>发现夜间升温使得英国谷物蚜虫存活率从 75%降低至 37%,可能是由于夜间升温影响了种群动态而导致了一些物种的减少.CROZIER<sup>[12]</sup>

收稿日期:2022-04-22;修回日期:2022-07-15.

基金项目:国家自然科学基金(41663004;41071146)

作者简介:何昶(1996—),男,甘肃武威人,南昌大学硕士研究生,研究方向为水环境与环境监测,E-mail:hechang@email.ncu.edu.cn.

通信作者:王毛兰,E-mail:mlwang@ncu.edu.cn;邓建明,E-mail:jmdeng@niglas.ac.cn.

发现一种名为 *Atalopedes campestris* 的蝴蝶的范围扩大受到日最低气温的限制,进一步证实了气温日变化对生态系统可能会产生一定的影响。

然而如何定量表征气温短期的波动,目前尚无统一的方法.彭凯等<sup>[13]</sup>以隔日温差为例,分析了 1957—2015 年我国春季短期温度波动频率与波动幅度的时空分布与长期变化趋势,结果表明 1990 年以后我国大部分地区(约 70%)春季短期温度波动呈上升趋势.但是,通过隔日温差来判断温度短期波动存在一定的局限性,因为温度产生波动不仅仅出现在相邻的两天,所以该方法可能会低估不同时间尺度的波动状况.近年来,均方根(root-mean-square, RMS)方法<sup>[14-15]</sup>在水文以及气象上已经得到了广泛应用.因此本文尝试使用 RMS 方法来衡量太湖流域气温的短期波动幅度,并分析不同时间尺度下气温短期波动幅度的长期变化规律.

太湖流域地处长江三角洲,是我国举足轻重的经济核心区和城市密集区,在地理上和经济上都具有重要的意义,生态系统较为脆弱,受人类活动和气候变化的影响强烈<sup>[16]</sup>.近年来关于太湖流域气温变化的研究主要集中在年代际尺度气候趋势分析<sup>[17]</sup>,目前还没有重点针对气温波动规律的长期变化趋势开展研究.因此本文通过对近 60 年太湖流域 10 个气象站点的逐日最高气温(Maximum Temperature, MaxT)、平均气温(Mean Temperature, MeanT)和最低气温(Minimum Temperature, MinT),使用 RMS 方法评估气温的波动幅度及长期变化趋势,以期研究太湖流域气温变化与对生态的影响提供背景资料.

## 1 资料与方法

### 1.1 数据介绍

本文所使用气象数据来自中国气象数据网(<http://data.cma.cn/>)经过数据质量审核的地面气象站点整理资料.选取了太湖流域内丹徒站、常州站、溧阳站、无锡站、昆山站、东山村、平湖站、湖州站、临安站和宝山村共 10 个气象站点 1958—2018 年 MaxT, MeanT 和 MinT,其中丹徒站的记录年份从 1980 年开始.

### 1.2 气温波动的计算

为了衡量不同时间尺度的温度波动情况,本文使用 RMS 方法在年尺度、季节尺度和月尺度来衡量太湖流域气温的波动幅度.在季节尺度讨论波动情况中,根据太湖流域气候特征,将 3 至 5 月划分为春季、6 至 8 月为夏季、9 至 11 月为秋季、12 月至次年 2 月为冬季<sup>[18]</sup>.为避免气温年内自然变动的的影响,首先将原始气温数据进行距平计算,得到逐日气温距平值后进行下一步分析.使用 Mann-Kendall 趋势检验<sup>[19]</sup>的方法来分析不同时间尺度上气温波动的长期变化特征.

本文的数据分析和作图使用 R-4.0.5 软件<sup>[20]</sup>,包括以下 R 语言包:数据处理使用 data.table 包,cmdr 包,绘图使用 tidyverse 包,空间分布使用 automap 包的克里金插值分析.

## 2 结果与分析

### 2.1 年尺度气温波动

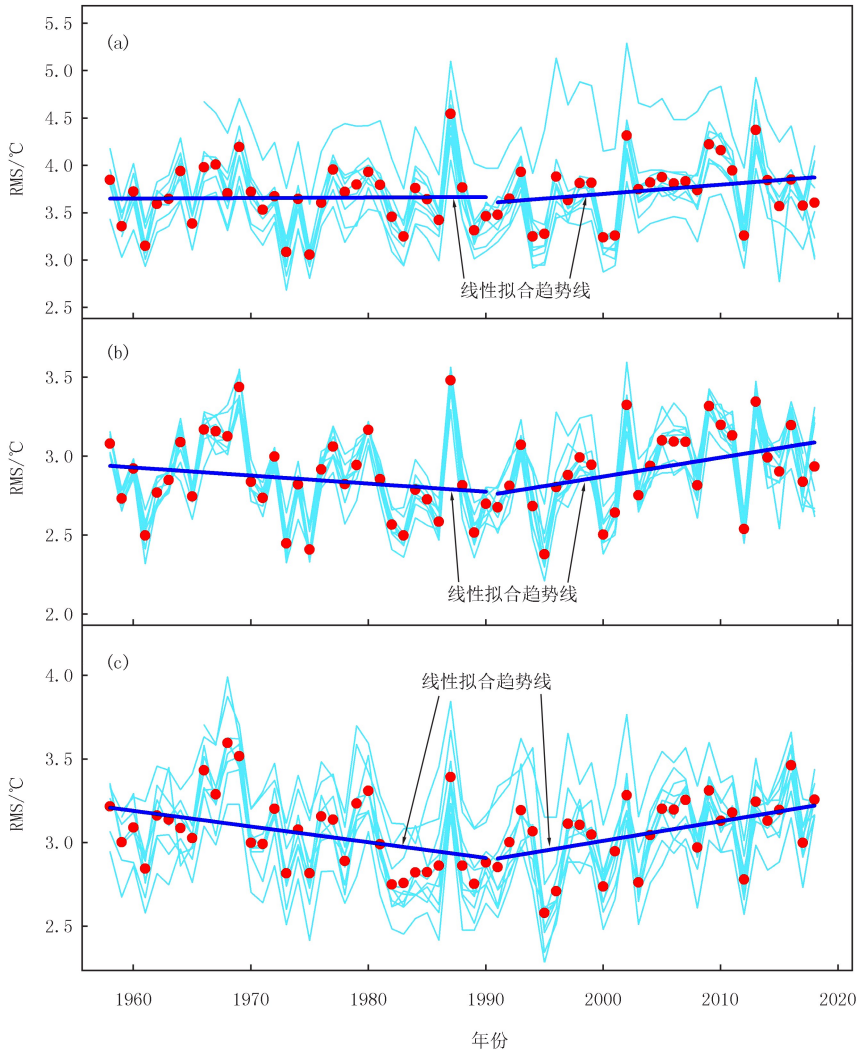
太湖流域 1958—2018 年各站点 MaxT, MeanT 和 MinT 波动趋势图如图 1 所示.太湖流域各个站点的 MaxT 整体波动幅度最大,年内平均波动为 3.7 °C;其次是 MinT,平均波动幅度为 3.0 °C;MeanT 波动幅度最小,平均波动幅度为 2.9 °C.1958—1990 年 MaxT 波动幅度趋势平稳,年内平均波动幅度为 3.7 °C.而 MeanT 和 MinT 波动幅度呈减小趋势,年内平均波动幅度分别为 2.7 °C, 2.9 °C.但在 1990—2018 年间,MaxT, MeanT 和 MinT 的回归系数均呈正值(相关系数  $r^2$  分别为 0.013, 0.178 和 0.232),说明太湖流域 1990—2018 年气温年内波动幅度趋势呈增加趋势,年内 MeanT 和 MinT 波动幅度增加趋势更明显,年内平均波动幅度分别为 MaxT: 3.7 °C, MeanT: 2.9 °C, MinT: 3.2 °C.

### 2.2 季节尺度气温波动

太湖流域 1958—2018 年各季节气温波动趋势如图 2 所示.在季节尺度上,春季气温波动幅度最高,其次是冬季和秋季,夏季气温波动幅度最小.春季、夏季和冬季 MaxT 波动幅度明显高于 MeanT 和 MinT 的波动幅度,秋季三种气温波动幅度基本一致,说明太湖流域春季和冬季气温波动幅度较大,并且 MaxT 的波动幅

度最大。

1958—1990 年,春季和冬季波动幅度呈下降趋势、夏季呈上升趋势;1990—2018 年春季( $r^2 = 0.212$ )和冬季( $r^2 = 0.128$ )气温波动幅度呈显著上升趋势( $p < 0.05$ ),夏季和秋季波动幅度增加趋势不明显( $p > 0.05$ )。



点为各个站点平均值。

图1 太湖流域1958—2018年各站点MaxT(a), MeanT(b)和MinT(c)波动趋势图

Fig.1 The maximum temperature (a), mean temperature (b) and minimum temperature (c) fluctuation trends of each station in the Taihu Basin from 1958 to 2018

### 2.3 月尺度气温波动

太湖流域 1958—2018 年各月份气温波动幅度如图 3 所示。根据多年平均值来看,1 月至 8 月气温波动幅度呈现逐月降低的趋势,9 月至次年 2 月气温波动幅度逐月上升。MaxT 波动幅度在 2 月和 3 月最大,MinT 波动幅度在 11 月和 12 月最大,MeanT 波动幅度在 12 月至次年 2 月最大。月份的波动幅度与季节的波动幅度相对应,9 月至 12 月气温波动幅度相近,而其他月份最高气温波动幅度较高,波动范围在  $2.7 \sim 4.6 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

Mann-Kendall 趋势检验的结果表明:太湖流域 1958—1990 年 MaxT, MeanT 波动幅度在 6 月和 7 月呈显著增加趋势( $p < 0.05$ ), MeanT 和 MinT 波动幅度在 1 月和 3 月呈显著降低趋势( $p < 0.05$ )。此外, MeanT 和 MinT 大部分月份波动幅度呈下降趋势。1990—2018 年间除 6 月、11 月和 12 月以外,各月份的气温波动

幅度基本呈上升趋势,尤其是在 1 月和 4 月( $p < 0.05$ ).

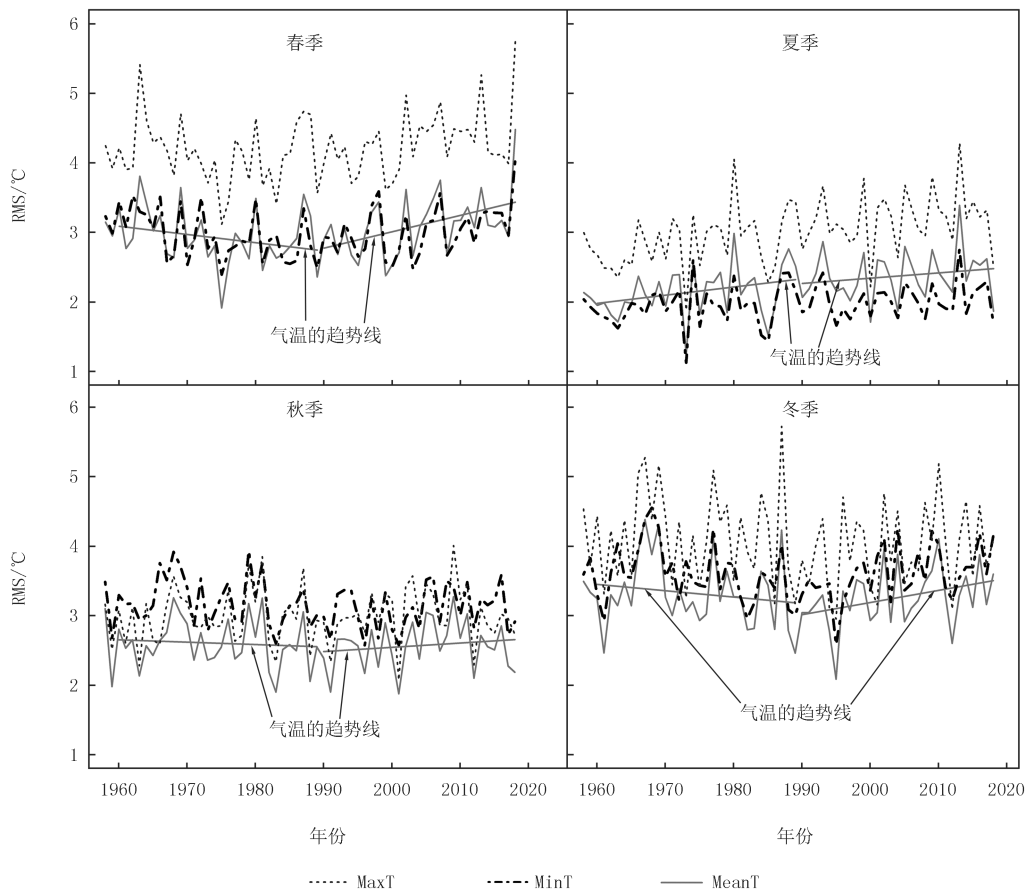


图2 太湖流域1958-2018年各季节气温波动趋势图注

Fig.2 The temperature fluctuation trend map of each season in the Taihu Basin from 1958 to 2018

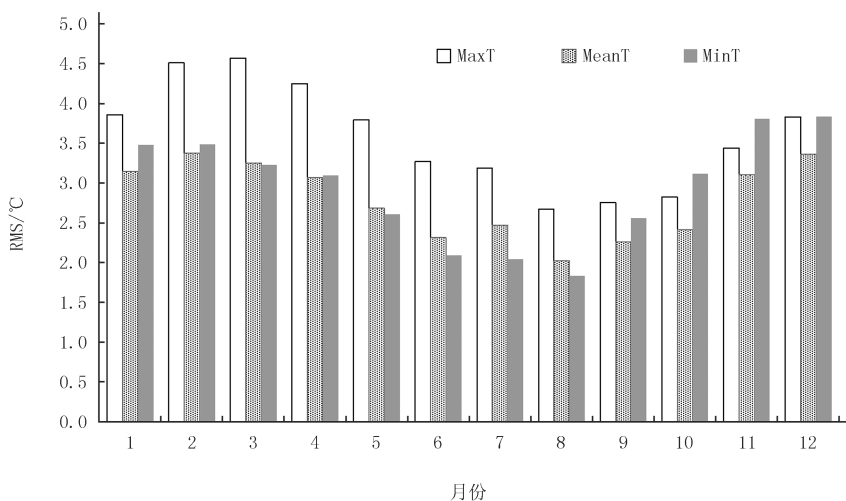


图3 太湖流域1958-2018年各月份气温波动幅度

Fig.3 The monthly temperature fluctuation range of the Taihu Basin from 1958 to 2018

### 2.4 气温波动的空间分布

太湖流域 1958-1990 年及 1990-2018 年 MaxT, MeanT 和 MinT 波动变化空间分布如图 4 所示. 1958-1990 年间,流域内气温波动幅度整体呈下降趋势,MinT 波动幅度下降趋势最明显,由东向西波动幅度下降趋势增大;1990-2018 年间,流域内气温波动幅度整体呈增长趋势,MaxT 波动幅度的增长趋势大于



MinT 波动幅度的趋势,从南至北气温波动幅度增长趋势变大。

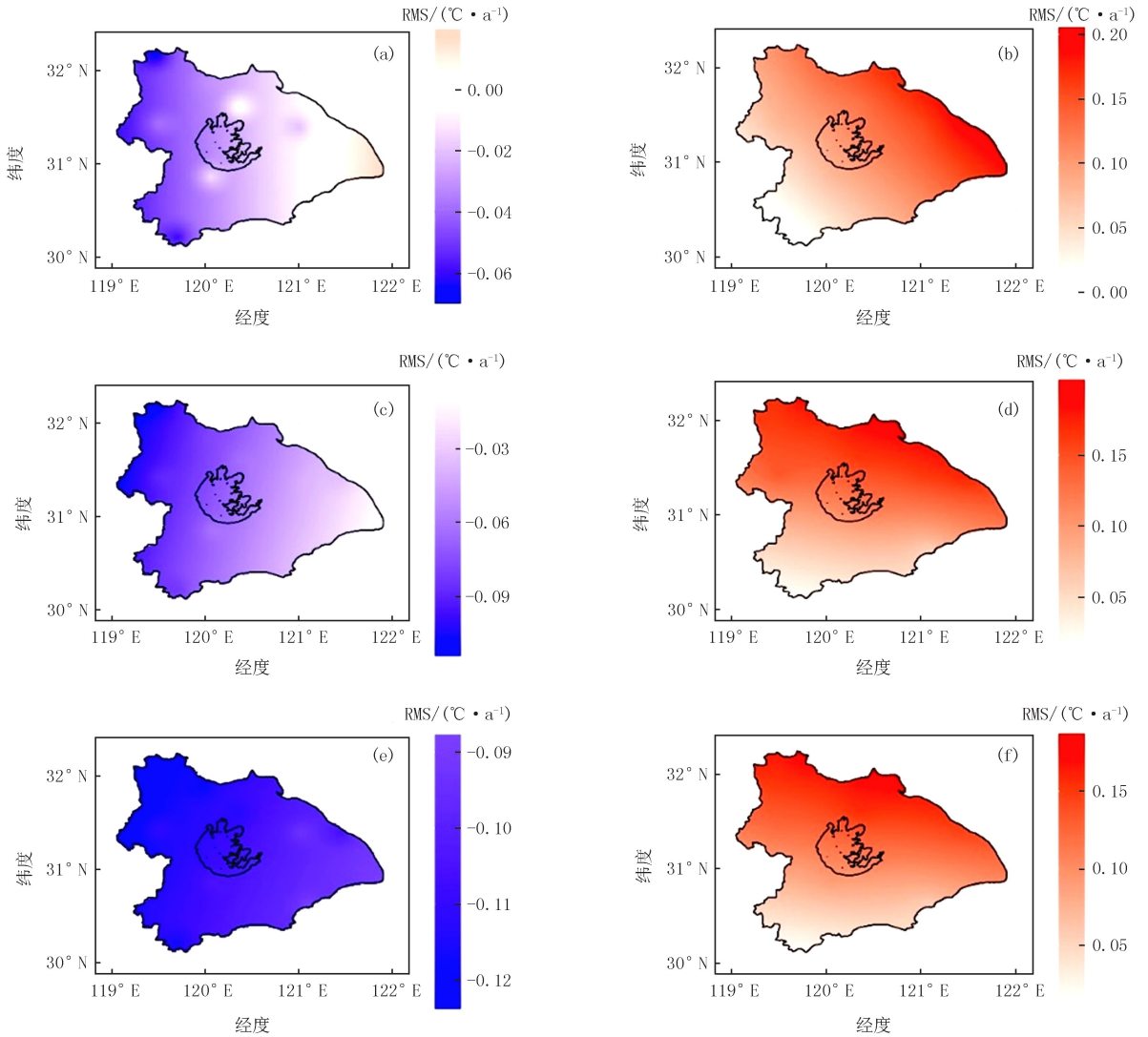


图4 太湖流域1958-1990年MaxT(a), MeanT(c)和MinT(e)及1990-2018年MaxT(b), MeanT(d)和MinT(f)波动变化空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of fluctuation of maximum temperature(a), mean temperature(c) and minimum temperature(e) in Taihu Basin from 1958 to 1990 and maximum temperature(b), mean temperature(d) and minimum temperature(f) from 1990 to 2018

### 3 讨论

本文通过搜集太湖流域 10 个气象站点的逐日观测资料,以 1990 年为分界分析了过去 60 年间气温(日最高、日平均和日最低气温)在年、季、月 3 个不同时间尺度下波动幅度长期变化趋势.结果表明:1990—2018 年间太湖流域不同时间尺度下的气温波动幅度均呈现明显的上升趋势,其中春季日最高气温波动幅度的上升趋势最明显.太湖流域春季温度波动幅度上升与人们的认知和日常生活经验相符合时,我们使用 RMS 方法计算得到的结论与彭凯等<sup>[13]</sup>使用隔日温差得到的结论类似.研究表明:1990 年前后,全国气温增长趋势出现显著突变<sup>[21]</sup>.具体表现为,春、夏两季气温增长趋势由快变缓,而冬季气温增长趋势则由慢变快,秋季气温增长趋势在不同地区出现不同的变化<sup>[22]</sup>.

引起气候变化的原因可以概括为自然的气候波动和人类活动影响两大类型.前者是气候系统内部以及气候系统与其他外界强迫相互作用的结果,后者是人类活动作用于气候系统的结果.在气候系统内部各因子相互作用的过程中,最直接的影响是大气与海洋环流的变化或脉动,大气和海洋是造成区域尺度气候要素自

然变化的主要原因<sup>[23-24]</sup>.很多研究指出:海洋热力状况的异常变化与我国气候有着密切的关系<sup>[25-26]</sup>.GUEMAS 等<sup>[27]</sup>指出海洋吸收热量对气温波动上升的速率有所影响.由于海洋表层水温升高,向大气释放大量的感热和潜热能量,使得大气环流产生异常,最终会导致气温产生变化.日最高气温在各气温中波动幅度最大,与近年来关于日气温变化的研究一致.史军等<sup>[28]</sup>的研究表明,近年来在上海城市化的影响下,最高气温日间升温幅度增加.黄宏涛等<sup>[29]</sup>的研究也表明日最高气温受城市化的影响最大.说明日最高气温波动幅度增加有可能与城市化有关.

太湖流域地处长江三角洲,是我国举足轻重的经济核心区和城市密集区,流域内城市化的不断发展,势必会对该区域内气候变化产生影响<sup>[17]</sup>.气温的短期波动会对生物产生许多影响,在水域生态系统中同样如此.比如短期温度波动过大会抑制海藻生长<sup>[30]</sup>,也可能会通过影响微囊藻固着多糖的积累而影响其生长优势的维持等<sup>[31]</sup>.因此太湖流域气温的短期波动幅度的长期变化也可能会对湖泊生态系统造成影响.但目前关于气候变化对生态系统影响的研究中,尚无温度短期波动规律长期变化对湖泊生态系统影响的报道,同时也不清楚短期温度波动对太湖蓝藻水华优势建立是否有贡献以及贡献大小如何.因此,在后续关于气候变化对生态系统影响的研究中,除考虑平均气温升高因素外,还应考虑气温短期波动长期变化趋势的影响.

## 4 结 论

(1)太湖流域地区近 60 年来气温短期波动幅度变化趋势可分为两个阶段:第一阶段为 1958—1990 年,气温短期波动幅度主要呈下降趋势;第二阶段为 1990—2018 年,气温短期波动幅度主要呈上升趋势.

(2)1958—1990 年间流域内气温短期波动幅度在年、季、月等不同时间尺度上不完全一致.年尺度上气温波动幅度以下降为主;季尺度上春季和冬季波动幅度下降,但夏季波动幅度呈上升趋势.1990—2018 年间气温波动幅度在不同时间尺度上均呈现上升趋势.

(3)不同时间尺度上 MaxT 波动幅度均大于 MeanT 和 MinT 波动幅度,1990—2018 年间 MaxT 增长趋势大于 MinT 波动幅度的增加趋势,大于 MeanT 波动幅度的增加趋势.

(4)1958—1990 年间流域内气温波动幅度整体呈下降趋势,由东向西波动幅度下降趋势增大;1990—2018 年间,流域内气温波动幅度整体呈增长趋势,从南至北呈波动幅度增长趋势变大.

## 附 录

附图见电子版(DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2022.06.017).

## 参 考 文 献

- [1] IPCC.Climate change 2021:the physical science basis[EB/OL].(2021-08-07)[2021-09-12].[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf).
- [2] 沈永平,王国亚.IPCC 第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点[J].冰川冻土,2013,35(5):1068-1076.  
SHEN Y P,WANG G Y.Key findings and assessment results of IPCC WGI fifth assessment report[J].Journal of Glaciology and Geocryology,2013,35(5):1068-1076.
- [3] 丁一汇,任国玉,石广玉,等.气候变化国家评估报告(I):中国气候变化的历史和未来趋势[J].气候变化研究进展,2006,2(1):3-8.  
DING Y H,REN G Y,SHI G Y,et al.National Assessment Report of Climate Change(I):climate change in China and its future trend[J].Advances in Climate Change Research,2006,2(1):3-8.
- [4] 丁斌,顾显跃,缪启龙.长江流域近 50 年来的气温变化特征[J].长江流域资源与环境,2006,15(4):531-536.  
DING B,GU X Y,MIAO Q L.Characteristics in the variation of temperature over the Yangtze River valley over last 50 years[J].Resources and Environment in the Yangtze Basin,2006,15(4):531-536.
- [5] KARL T R,KNIGHT R W,GALLO K P,et al.A new perspective on recent global warming:asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature[J].Bulletin of the American Meteorological Society,1993,74(6):1007-1023.
- [6] 郭志梅,缪启龙,李雄.中国北方地区近 50 年来气温变化特征的研究[J].地理科学,2005,25(4):448-454.  
GUO Z M,MIAO Q L,LI X.Variation characteristics of temperature over Northern China in recent 50 years[J].Scientia Geographica Sinica,2005,25(4):448-454.
- [7] 孙风华,袁健.东北地区 1959—2002 年最高、最低气温时空变化特征[J].气候变化研究进展,2005,1(4):168-171.

- SUN F H, YUAN J. Characteristics of spatial-temporal variability of maximum and minimum temperatures in northeast China during 1959-2002[J]. *Advances in Climate Change Research*, 2005, 1(4): 168-171.
- [8] PACIFICI M, FODEN W B, VISCONTI P, et al. Assessing species vulnerability to climate change[J]. *Nature Climate Change*, 2015(5): 215-224.
- [9] DAVIS J A, RADCLIFFE E B, RAGSDALE D W. Effects of high and fluctuating temperatures on *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) [J]. *Environmental Entomology*, 2006, 35(6): 1461-1468.
- [10] CARRINGTON L B, ARMIJOS M V, LAMBRECHTS L, et al. Effects of fluctuating daily temperatures at critical thermal extremes on *Aedes aegypti* life-history traits[J]. *Plos One*, 2013, 8(3): 1-9.
- [11] ZHAO F, ZHANG W, HOFFMANN A A, et al. Night warming on hot days produces novel impacts on development, survival and reproduction in a small arthropod[J]. *Journal of Animal Ecology*, 2014, 83(4): 769-778.
- [12] CROZIER L. Winter warming facilitates range expansion: cold tolerance of the butterfly *Atalopedes campestris* [J]. *Oecologia*, 2003, 135(4): 648-656.
- [13] 彭凯, 邓建明, 张运林, 等. 1957-2015年我国春季短期温度波动规律[J]. *气候与环境研究*, 2019, 24(1): 125-134.  
PENG K, DENG J M, ZHANG Y L, et al. Short-term temperature fluctuation in the spring in China during 1957-2015[J]. *Climatic and Environmental Research*, 2019, 24(1): 125-134.
- [14] 周昆, 郝元甲, 姚晨, 等. 6种数值模式在安徽区域天气预报中的检验[J]. *气象科学*, 2010, 30(6): 801-805.  
ZHOU K, HAO Y J, YAO C, et al. The verification of six numerical models for weather forecast in Anhui Province[J]. *Scientia Meteorologica Sinica*, 2010, 30(6): 801-805.
- [15] 常俊, 彭新东, 范广洲, 等. 结合历史资料的数值天气预报误差订正[J]. *气象学报*, 2015, 73(2): 341-354.  
CHANG J, PENG X D, FAN G Z, et al. Error correction of numerical weather prediction with historical data[J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2015, 73(2): 341-354.
- [16] 秦伯强, 罗激葱. 太湖生态环境演化及其原因分析[J]. *第四纪研究*, 2004, 24(5): 561-568.  
QIN B Q, LUO L C. Changes in eco-environment and causes for lake Taihu, China[J]. *Quaternary Sciences*, 2004, 24(5): 561-568.
- [17] 黄俊雄, 徐宗学. 太湖流域 1954-2006年气候变化及其演变趋势[J]. *长江流域资源与环境*, 2009, 18(1): 33-40.  
HUANG J X, XU Z X. Spatial-temporal characteristics of long-term trends for climate change in the Taihu Basin during 1954 to 2006[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2009, 18(1): 33-40.
- [18] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 近 50 年中国地面气候变化基本特征[J]. *气象学报*, 2005, 63(6): 942-956.  
REN G Y, GUO J, XU M Z, et al. Climate changes of China's mainland over the past half century[J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2005, 63(6): 942-956.
- [19] 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研究[J]. *农业科技与装备*, 2008(5): 35-37.  
CAO J P, CHI D C, WU L Q, et al. Mann-Kendall examination and application in the analysis of precipitation trend[J]. *Agricultural Science & Technology and Equipment*, 2008(5): 35-37.
- [20] R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing[EB/OL]. (2021-03-31)[2021-04-10]. <https://www.R-project.org/>.
- [21] QI L, WANG Y. Changes in the observed trends in extreme temperatures over China around 1990. *Journal of Climate*. 2012, 25(15): 5208-5222.
- [22] COHEN J, BARLOW M. The NAO, the AO, and global warming: how closely related? [J]. *Journal of Climate*, 2005, 18(21): 4498-4513.
- [23] 齐冬梅, 周长艳, 李跃清, 等. 西南区域气候变化原因分析[J]. *高原山地气象研究*, 2012, 32(1): 35-42.  
QI D M, ZHOU C Y, LI Y Q, et al. Cause analysis of climate changes in southwest China[J]. *Plateau and Mountain Meteorology Research*, 2012, 32(1): 35-42.
- [24] 李春晖, 管兆勇, 何金海, 梁建茵. 西太平洋海温和南方涛动与中国冬季气候异常关系年代际变化的对比分析[J]. *应用气象学报*, 2005, 16(1): 105-113.  
LI C H, GUAN Z Y, HE J H, et al. Contrast analysis of the interdecadal variation of the relation among the western Pacific/the southern oscillation and the winter climate anomalies in China[J]. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 2005, 16(1): 105-113.
- [25] 赵永晶, 钱永甫. 全球海温异常对中国降水异常的影响[J]. *热带气象学报*, 2009, 25(5): 561-570.  
ZHAO Y J, QIAN Y F. Analyses of the impacts of global ssta on precipitation anomaly in China[J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 2009, 25(5): 561-570.
- [26] 张琼, 刘平, 吴国雄. 印度洋和南海海温与长江中下游旱涝[J]. *大气科学*, 2003, 27(6): 992-1006.  
ZHANG Q, LIU P, WU G X. The relationship between the flood and drought over the lower reach of the Yangtze River valley and the SST over the Indian Ocean and the South China Sea[J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2003, 27(6): 992-1006.
- [27] GUEMAS V, DOBLAS-REYES F J, ANDREU-BURILLO I, et al. Retrospective prediction of the global warming slowdown in the past decade[J]. *Nature Climate Change*, 2013, 3(7): 649-653.

- [28] 史军,崔林丽,田展,等.上海百余年来气温日间波动特征及城市化影响[J].资源科学,2011,33(5):989-994.  
SHI J,CUI L L,TIAN Z,et al.Two-day fluctuations of temperature and the impacts of urbanization in Shanghai during the period 1873—2009[J].Resources Science,2011,33(5):989-994.
- [29] 黄宏涛,吴荣军,王晓云,等.城市化对珠三角地区气温及日较差的可能影响[J].气象,2016,42(7):847-856.  
HUANG H T,WU R J,WANG X Y,et al.Effect of urbanization on temperature and diurnal temperature range in Pearl River Delta[J].Meteorological Monthly,2016,42(7):847-856.
- [30] 郭赣林,董双林,董云伟.温度及其波动对潮间带海藻生长及光合作用的影响[J].海洋开发与管理,2007,24(5):115-120.  
GUO G L,DONG S L,DONG Y W.Effects of temperature and its fluctuations on the growth and photosynthesis of intertidal seaweeds [J].Ocean Development and Management,2007,24(5):115-120.
- [31] 覃宝利.温度波动对太湖春季优势浮游藻类生长及生理特征的影响[D].南京:南京师范大学,2014.  
QIN B L.Effects of temperature fluctuations on the growth and physiological characteristics of dominant planktonic algae in spring in Lake Taihu[D].Nanjing:Nanjing Normal University,2014.

## Long-term characteristics of multi-time-scale fluctuation amplitude of temperature in the past six decades in Taihu Basin

He Chang<sup>1,2</sup>, Deng Jianming<sup>2</sup>, Li Xuechun<sup>3</sup>, Wang Maolan<sup>1</sup>

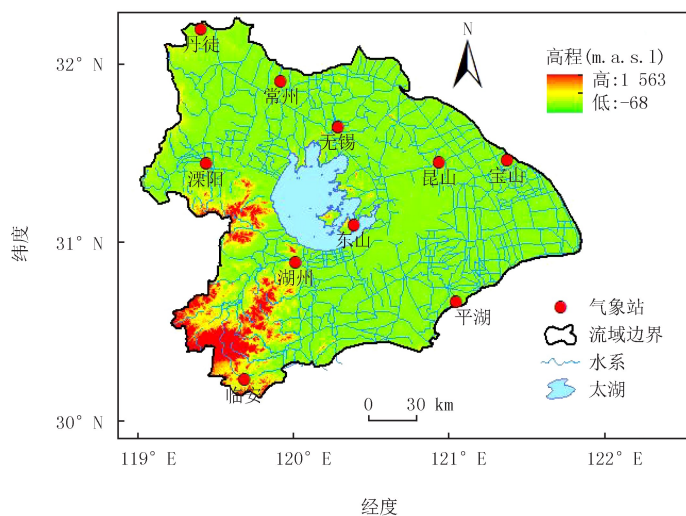
(1. School of Resources & Environment; Key Laboratory of Poyang Lake Environment and Resource Utilization, Ministry of Education, Nanchang University, Nanchang 330031, China; 2. Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 3. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering Science, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

**Abstract:** Taihu Basin is an important economic development area in China with strong human activities, to study the long-term change characteristics of temperature fluctuations in the Taihu basin, this paper uses the day-by-day temperature data(daily maximum temperature(MaxT), daily mean temperature(MeanT), and daily minimum temperature(MinT))from 10 meteorological stations in the Taihu basin from 1958 to 2018, and uses root-mean-square(RMS)to analyze the long-term characteristics of temperature fluctuations in the Taihu basin in the last 60 years, seasons and months were analyzed by using root-mean-square(RMS), and the changes and differences of fluctuation trends before and after 1990s were studied with 1990 as the dividing line. The results showed that: 1) on the annual scale, the intra-annual fluctuation of temperature from 1958 to 1990 showed a weak decreasing trend, while the intra-annual fluctuation of temperature from 1990 to 2018 showed a significant increasing trend. 2) On the seasonal scale, the temperature fluctuations in spring and winter from 1958 to 1990 showed a decreasing trend, the temperature fluctuations in summer showed an increasing trend, and the temperature fluctuations in spring and winter showed an increasing trend. 3) On the monthly scale, the temperature fluctuations in each month in Taihu Basin from 1990 to 2018 showed an increasing trend, but the fluctuations in January and April showed a significant increasing trend than the other months. 4) Spatially, the overall temperature fluctuations in the basin from 1958 to 1990 showed a decreasing trend, and the decreasing trend of fluctuations from east to west increased; from 1990 to 2018, the overall temperature fluctuations in the basin showed an increasing trend, and the increasing trend of fluctuations from south to north became larger.

**Keywords:** Taihu Basin; short-term temperature fluctuations; RMS analysis; long-term change characteristics

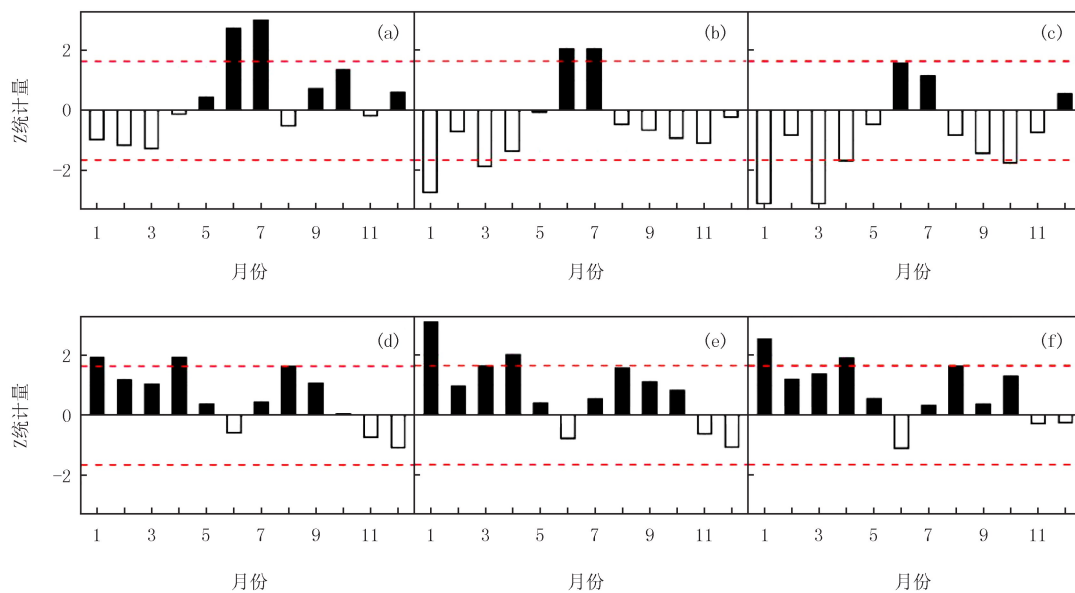
[责任编辑 刘洋 杨浦]





附图 I 太湖流域地形地貌及站点分布情况图

Attached Fig. I Topography and station distribution in Taihu Basin



附图 II 太湖流域1958-1990年(a, b, c)和1990-2018年(d, e, f)各月份MaxT, MeanT, MinT变化趋势图  
Attached Fig. II The maximum temperature(a), mean temperature(b), minimum temperature(c) from 1958 to 1990 and the maximum temperature(d), mean temperature(e) and minimum temperature(f) from 1990 to 2018 in Taihu Basin