

海口市气温变化及最高最低气温的非对称变化

郑 艳 张永领 吴胜安

(海南省气象台,海口 570203)

提 要

利用海口市近 52 年四季及年平均气温、平均最高、最低气温及极端最高最低气温资料,研究其变化趋势,结果表明,各个季节(春季除外)和年平均气温都存在显著的增高趋势,其中冬季和年平均气温增温趋势非常显著;最高、最低气温的非对称变化显著,增温主要发生在夜间,无论平均最低气温还是极端最低气温都存在显著的增高趋势,白天气温变化趋势都不显著;气温日较差都呈显著的下降趋势;各个季节(冬季除外)及年气温突变性增温主要发生在夜间,且在前期夏季白天气温发生跃变性降温。

关键词: 气温 非对称变化 突变

引 言

气候变暖已成为科学家和公众共同关心的重大问题,IPCC^[1]研究指出全球平均温度自 19 世纪以来升高了 0.3~0.6℃,而我国学者王绍武^[2~4]研究发现近百年来全球气候变化的主要特征是变暖,全球平均地面温度在过去 100 年中上升 0.5℃,并且在过去 100 年中存在 3 次突然气候变暖的现象。近几十年来我国气温亦呈上升趋势,但并不完全与世界同步^[5]。研究还表明,全球变暖主要发生在夜间,即最低温度的上升幅度大于最高温度,平均夜间增暖 0.84℃,而白天平均增暖仅为 0.28℃^[6]。谢庄^[7]分析了北京的最低和最高气温发现:1 月份最低气温的倾向率为 4.08℃/100a,7 月份最高气温的倾向率为 -0.245℃/100a,江志红^[8]对比分析了上海近百年来最高温度和最低温度,发现最低最高温度都显著增高,但最低温度的上升趋势明显高于最高温度,这种最高、最低气温的

非对称变化在我国西北地区也存在^[9]。

1 资料与方法

参照文献[10]划分海口的 4 季,分别用 1 月、4 月、7 月、10 月的气温代表冬、春、夏、秋四个季节的气温。本文选取 1951~2002 年近 52 年海口 1 月、4 月、7 月、10 月及年平均温度、平均最高温度、平均最低温度、极端最高温度、极端最低温度及气温日较差为研究对象,其中平均温度、平均最高温度、平均最低温度、极端最高温度、极端最低温度和气温日较差分别用 T , T_{\max} , T_{\min} , T_{emax} , T_{emin} 和 T_d 来表示。

参照文献[11]引入气温的趋势系数和气温倾向率来研究气温的线性倾向趋势和气温的变化幅度。并通过 Mann-Kendall 方法(以下简称 M-K 方法),对气温的各个序列进行突变检验^[12],以分析海口近 52 年是否存在气温的跃变现象。

2 平均气温变化特征

表1给出海口市近52年各个季节及年平均气温的线性趋势系数和倾向率,其中倾向率的单位是 $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。由表1可以看出,海口年及各个季节平均气温都呈明显的增高趋

势,只有4月份的平均气温的增高趋势略低于5%显著水平(用 t 检验,当显著水平 $\alpha=0.05$ 时,趋势系数为0.29,当显著水平 $\alpha=0.01$ 时,趋势系数为0.42),其中秋季和年平均气温增高趋势尤为显著,显著水平0.01。

表1 各季及年气温趋势系数和倾向率

	平均气温		最高气温		最低气温		日较差		极端最高气温		极端最低气温	
	R_d	ΔT	R_d	ΔT_{\max}	R_d	ΔT_{\min}	R_d	ΔT_{dr}	R_d	ΔT_{emax}	R_d	ΔT_{emin}
1月	0.35	0.35	0.19	0.25	0.41	0.47	-0.30	-0.23	0.089	0.14	0.436	0.64
4月	0.25	0.21	0.08	0.09	0.40	0.30	-0.29	-0.20	0.059	0.06	0.158	0.24
7月	0.32	0.11	-0.09	-0.05	0.63	0.20	-0.46	-0.26	-0.043	-0.03	0.390	0.25
10月	0.55	0.28	0.14	0.09	0.59	0.40	-0.42	-0.32	-0.055	-0.05	0.291	0.37
年	0.54	0.19	0.12	0.04	0.68	0.31	-0.69	-0.25	-0.042	-0.03	0.406	0.48

R_d :趋势系数, ΔT :倾向率,单位: $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。

海口冬季平均气温增高率 $0.35^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,略高于中国冬季 $0.3^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的增温率,两者变化基本一致。夏季平均气温仍呈显著的增高趋势,气温增高率为 $0.11^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,与中国夏季气温以 $-0.23^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ^[13]的降温率相反。春、秋季平均气温增高率分别是 $0.21^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 和 $0.28^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,年平均气温增高率为 $0.19^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。

3 平均最高最低气温的非对称变化

表1还给出了年及各个季节的 T_{\max} 、 T_{\min} 及 T_{dr} 的趋势系数和倾向率,从中可以看出,在气候变暖的背景下,海口气温存在着明显的非对称变化现象,其明显的非对称特点之一是, T_{\max} 和 T_{\min} 都呈增高的趋势(夏季除外),但 T_{\min} 的增长远远大于 T_{\max} 。年及各个季节的 T_{\min} 的线性趋势系数都在0.4以上,超过5%显著水平,其中秋季及年 T_{\min} 的趋势系数在0.6左右,远超过 $\alpha=0.01$ 的显著水平检验,即 T_{\min} 增长趋势非常显著。而 T_{\max} 的趋势系数都在0.2以下,其变化趋势不显著。非对称变化在夏季表现非常典型,夏季 T_{\max} 为负的增长趋势,每10年下降 0.05°C 。而夏季 T_{\min} 存在非常显著的增温趋势,每10年温度增加 0.2°C 。气温日较差的非对称变化表现得也非常显著,为非常显著的下降趋势,显著水平为5%,其中年和7月及10月趋势系数分别为 -0.46 、 -0.42 和

-0.69 ,达到1%的显著水平,这表明,海口市近52年白天和夜晚的温度差在显著减小。海口的 T_{\min} 增温在各个季节都非常明显,1月份 T_{\min} 的增温率最大为 $0.47^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,7月份 T_{\min} 增温率最小,是 $0.2^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。

4 极端最高气温、极端最低气温的非对称变化

极端高温、极端低温的非对称变化趋势在表1中表现得很清楚:各个月份及年 T_{emax} 变化趋势都不明显,而 T_{emin} 除春季以外的各个月份和年变化都呈显著的增高趋势,趋势系数都在0.29以上,其中1月份的趋势系数在0.44,显著水平达到0.01。7月、10月和年 T_{emax} 的趋势系数和倾向率都呈下降趋势,而同期的 T_{emin} 增高趋势显著。

海口 T_{emin} 的增温率1月份最大,为 $0.64^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,与我国极端低温在冬季增温最强^[14]的变化总趋势一致。其次是年 T_{emin} ,其增温率为 $0.48^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。

T_{\min} 、 T_{\max} 和 T_{emin} 、 T_{emax} 的非对称变化比较一致,都是夜晚增温率大,增温趋势显著,白天存在不显著的增温趋势,甚至呈下降的趋势。从年和各个季节气温变化来看,冬季增温率最大,其次是年低温的增温率。

5 气温的突变分析

气候在各种不同尺度上都存在着不稳定性及突变现象,是气候系统非线性反映,是不

同气候状态的转折方式,即是从一种稳定的气候状态(或稳定持续的变化趋势)跳跃式的转变到另一种稳定的气候状态(或稳定持续的变化趋势)。

我们用 M-K 方法来检测海口近 52 年和各个温度序列的突变年份(显著水平在 5%),结果见表 2。由表可知,海口的平均气温在 20 世纪 80 年代末、90 年代初出现异常变暖现象,其中年平均气温在 1992 年前后发生异常增温,略迟于我国在 1986 年前后的普遍增温^[15],夏、秋季节在 1989 年前后开始突变性增温,春季气温则在近 52 年没有出现突变现象,冬季气温出现突变的年份较迟,在 1994 年以后异常变暖。

表 2 气温跃变年表

时间	1月	4月	7月	10月	年
T	1994	无	1989	1989	1992
T_{max}	1994	无	1955(变冷), 1995,1999(变冷)	1994	无
T_{min}	1994	1993	1986	1985	1989
T_{emax}	1997	无	1953(变冷),1983	无	无
T_{emin}	1997	1993	1977	1994	1992

冬季(1月份)的平均气温、平均最高气温、平均最低气温在 1994 年前后发生突变,而极端最低温度和极端最高温度在 1997 年前后发生突变;春季(4月)和年气温的平均最高气温(T_{max})和极端最高气温(T_{emax})近 52 年没有发生突变,即处于稳定状态或稳定的持续变化状态,而春季平均最低气温(T_{min})和极端最低气温(T_{emin})在 1993 年前后发生突变;而秋季(10月份) T_{max} 的突变年份是 1994, T_{min} 的突变年份是 1985, T_{emax} 近 52 年没有发生突变,而 T_{emin} 则在 1994 年发生突变;年的平均最低气温(T_{min})和极端最低气温(T_{emin})分别在 1989 和 1992 年前后发生突变。

由春季(4月)、秋季(10月)及年的平均最高、平均最低气温和极端最高、最低气温的突变可知,平均最高气温和极端最高气温基本不发生突变(仅有秋季 T_{max} 发生突变),气温处于稳定或稳定变化状态,变化幅度较小,

而平均最低温度和极端最低温度在近 52 年的后期都发生突变,气温由较冷的状态突到较暖的状态,变化非常显著。即在春、秋季和年 T_{min} 、 T_{emin} 在近 52 年中有突然增温现象,而 T_{max} 、 T_{emax} 没有突变现象,或突变年份落后于 T_{min} 、 T_{emin} 的突变年份,以至夜晚的增温现象比白天增温现象显著,即在增温现象中夜间贡献较大。

夏季(7月份)平均温度在 1989 年前后发生的跃变,气温跳跃式增温,而 T_{max} 在近 52 年中产生 3 次突变,第一次发生在 50 年代,有一次明显的降温,在 90 年代发生两次突变,在 1995 年前后气温突变性增温,1999 年前后突变性降温。 T_{emax} 有两次突变,50 年代有一次明显降温,1983 年前后又发生突变性增温。

综上所述,温度序列的突变对气温的非对称变化贡献非常大,春、秋季和年的 T_{max} 和 T_{emax} 基本没有突变性升温,7月份的 T_{max} 和 T_{emax} 则在前期出现气温的突变性下降,或者突变性升温的年份远远落后于 T_{emin} 和 T_{min} 突变性升温的年份。 T_{emin} 和 T_{min} 都在中后期产生突变性升温,没有降温突变,以至于白天增温幅度较小,甚至呈下降的趋势,而夜晚增温幅度较大,白天增温的幅度远远小于夜间。

6 结 语

海口市的平均气温、平均最高最低气温以及极端气温的变化有自己的特点,通过分析主要得出以下结论:

(1)年平均气温及夏、秋、冬季的平均气温都存在显著的增高趋势,其中冬季和年平均气温增高尤为显著,通过 $\alpha=0.01$ 的显著性检验。年平均气温的增温率为 $0.19^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,显著高于我国年平均气温的增温率,夏季海口市仍为显著增温,与中国夏季气温降低呈相反的变化趋势,其它季节的增温率与我国大致相同。

(2)平均最高温度和极端最高温度变化不明显,趋势系数远低于 $\alpha=0.05$ 时的显著

水平,其中极端最高温度的趋势系数的绝对值都在0.1以下;平均最低气温和极端最低气温都存在显著的增高趋势(春季的极端最低气温除外),其中夏、秋季和年平均最低气温以及冬季的极端最低气温的趋势系数都在0.43以上,增温趋势非常显著,最高、最低气温的非对称变化非常明显,这在气温日较差上表现得也非常明显,年及各个季节都存在显著的下降趋势,其中夏、秋季及年的气温日较差下降得非常显著。

(3)夏季(7月份)最高、最低气温的非对称表现为平均最低温度、极端高温呈显著的增高趋势,其增温率分别为 $0.20^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 和 $0.26^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,而平均最高气温和极端最高温度则呈下降的趋势。

(4)除冬季以外,气温的突变性增温主要发生在夜间,使海口近52年气温的增温主要发生在夜间,而夏季白天气温在前期发生突变性降温,后期又出现跃变增温,但跃变所发生的年代远远落后于最低温度跃变增温所发生的年份,使气温的非对称变化更加显著。

参考文献

- 1 IPCC. Climate Change 1995. Contribution of Working Group I to the Second Report of the IPCC, 1995:141-193.
- 2 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究. 气象学报, 1994, 53(3):261~273.
- 3 王绍武. 全球气候变暖的检测及成因分析. 应用气象学报, 1993, 4(2):226~234.
- 4 王绍武, 叶瑾琳. 近百年来全球气候变暖的分析. 大气科学, 1995, 19(5):245~253.
- 5 魏凤英, 曹鸿兴. 中国、北半球和全球的气温突变分析及其趋势预测研究. 大气科学, 1995, 19(2):140~148.
- 6 Karl T R, et al. Asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature. Bull Amer Meteor. Soc. 1993, 74(6):1007-1023.
- 7 谢庄, 曹鸿兴. 北京最高、最低气温的非对称变化. 气象学报, 1996, 54(4):501~507.
- 8 江志红, 丁裕国. 近百年上海气候变暖过程的再认识——平均温度与最低最、高温度的对比. 应用气象学报, 1999, 10(2):151~159.
- 9 马晓波. 中国西北地区最高最低气温的非对称变化. 气象学报, 1999, 57(5):613~621.
- 10 高素华等. 海南岛气候. 北京:气象出版社, 1988.
- 11 施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近100年来4个年代际的气候变化特征. 气象学报, 1995, 53(4):431~439.
- 12 符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法. 大气科学, 1992, 16(4):482~493.
- 13 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.
- 14 任福民, 翟盘茂. 1951~1990年中国极端气温变化分析. 大气科学, 1998, 22(2):217~227.
- 15 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来温度变化. 气象, 1994, 20(12):19~26.

Temperature Change and Asymmetric Change of Maximum and Minimum Temperature of Haikou, Hainan Province

Zheng Yan Zhang Yongling Wu Shengan
(Hainan Province Meteorology Observatory, Haikou 570203)

Abstract

Based on seasonal and annual mean temperature, mean maximum and minimum temperature for the last 52 years of Haikou, their change tendency are investigated. Results show that seasonal and annual mean temperature have obviously increasing tendency, specially for winter and annual cases. The asymmetric change of maximum and minimum is distinct, temperature increase mainly at night. The mean minimum or the extreme minimum temperature has clear increasing tendency, otherwise temperature in daytime hasn't. All the daily range of temperature have decreasing tendency. Seasonal and annual temperature's paroxysmal increase mainly happen at night, and the summer daytime temperature has paroxysmal decrease in the early stage.

Key Words: temperature change maximum and minimum temperature asymmetry change catastrophe