

海南岛近 42 年气候变化特征

陈小丽 吴 慧

(海南省气象台,海口 570203)

提 要

利用 1961~2002 年海南岛 11 个气象站各季和年的平均气温、平均最高气温、平均最低气温、降雨量等资料,对海南岛近 42 年的气候变化作了较全面的分析。线性倾向估计表明:季和年的平均气温、平均最高气温、平均最低气温具有显著增温趋势,特别是平均最低气温尤其显著。从全岛平均情况看,降雨量除了冬季有明显增加趋势外,其余各季和年的降雨量仅有弱的增加趋势;从各地区看,仅南部地区降雨量有显著增多趋势,其余地区各季呈弱的增加或减少趋势。Mann-Kendall 检验表明:从 20 世纪 70 年代末到 80 年代末,各季和年的气温要素几乎先后发生了突变,80 年代至今海南省进入明显的暖期。周期分析显示,各研究要素基本具有准 2~5 年和准 7~11 年的周期。

关键词: 气候变化 线性倾向估计 突变检验 周期分析

引 言

近 20 年来,中国区域气候变化规律成为中国气象界普遍关注的热点问题,相关研究不胜枚举,文献[1~6]的分析结果不尽相同,归纳起来一致点是近几十年来我国气候变化情况十分复杂,大部分地区增温显著,特别是冬季平均气温大幅升高,而大部分地区的降雨量趋于减少。关于海南岛的气候变化特征也有过一些研究,周茂华等^[7]研究了海南岛各季和年的平均气温和降雨量的统计特征,吴慧等^[8]利用小波分析对全岛月平均气温和降雨量的多层次时间尺度结构作了详细分析。但这些研究仍然不够全面,特别是对各季和年的平均最高气温、平均最低气温的变化规律未有涉及,因此有必要进行这方面的研究。本文利用线性倾向估计、累积距平曲线、Mann-Kendall 检验、最大熵谱分析等方法,对海南岛各季和年的平均气温、平均最高气温、平均最低气温、降雨量等要素进行诊断分析,主要讨论其变化趋势、阶段性、突变性、周期性等变化特征,得到一些有意义的结论。

1 资料及其处理

根据各气象站的分布情况和建站时间,

选用了海南省 11 个气象站 1961~2002 年各季和年的平均气温、平均最高(最低)气温、降雨量资料。用 11 个站各要素的平均值来代表全岛各要素值。

2 气温的年、季变化特征

2.1 气温的线性倾向估计

用线性倾向的最小二乘法估计气候变化趋势,并用相关系数做显著性检验。表 1 为海南岛各季和年的平均气温、平均最高气温和平均最低气温的倾向值 b 和相关系数 r 。从 b 值来看,全部为正,说明各气温要素随时间的增加都呈上升趋势。年平均气温以 $0.27^{\circ}\text{C}/10$ 年的倾向率上升,冬季为 $0.39^{\circ}\text{C}/10$ 年,春季为 $0.24^{\circ}\text{C}/10$ 年,夏季和秋季为 $0.21^{\circ}\text{C}/10$ 年。年平均最高气温以 $0.18^{\circ}\text{C}/10$ 年的倾向率上升,冬季为 $0.25^{\circ}\text{C}/10$ 年,春季为 $0.17^{\circ}\text{C}/10$ 年,秋季为 $0.16^{\circ}\text{C}/10$ 年,夏季为 $0.15^{\circ}\text{C}/10$ 年。年平均最低气温以 $0.32^{\circ}\text{C}/10$ 年的倾向率上升,冬季为 $0.49^{\circ}\text{C}/10$ 年,春季为 $0.32^{\circ}\text{C}/10$ 年,秋季为 $0.24^{\circ}\text{C}/10$ 年,夏季为 $0.22^{\circ}\text{C}/10$ 年。因此,从季节上说,对年平均气温和年平均最低气温的增温作用最大的是冬季和春季,对年平均最高

气温的增加也是冬季占优势。从最高、最低气温看,对年平均气温增温作用最大的主要是平均最低气温的大幅增加。

表1 气温和降雨量的年、季线性倾向估计

	年	冬季	春季	夏季	秋季
平均气温	b 0.0267	0.0392	0.0242	0.0207	0.0205
	r 0.69***	0.47**	0.46**	0.63***	0.47**
平均最高气温	b 0.0180	0.0245	0.0174	0.0144	0.0161
	r 0.48**	0.28	0.30	0.37*	0.33*
平均最低气温	b 0.0318	0.0492	0.0322	0.0222	0.0241
	r 0.75***	0.54***	0.57***	0.73***	0.47**
降雨量	b 4.3450	0.9405	1.7908	0.7800	0.7799
	r 0.18	0.29*	0.19	0.07	0.04

注:***表示超过0.001信度,**表示超过0.01信度,*表示超过0.05信度, b 为倾向值, r 为相关系数。

从 r 值来考虑,除了冬、春季平均最高气温未能通过显著性检验外,其余各季和年的平均气温、平均最高气温和平均最低气温均超过0.05的信度检验,特别是冬、春、夏和年的平均最低气温,以及夏季和年的平均气温甚至超过0.001的信度检验。可见平均最低气温的线性增加趋势最为显著,其次是平均气温,而冬、春季的平均最高气温仅有弱增温倾向。

2.2 气温的突变性和阶段性

M-K法是一种常用的突变检测方法,其原理很多文献都有阐述,这里不再叙述。检验曲线图中若 U_f 和 U_b 线在临界线内变动,表明变化趋势和突变不明显; U_f 或 U_b 的值大于零,则表明序列呈上升趋势,小于零表明呈下降趋势;当它们超过临界直线时表明上升或下降趋势显著。如果 U_f 和 U_b 两条曲线在临界线之间出现交点,则交点对应的时刻即为突变开始的时间,若交点出现在临界线外,可结合其他检验方法进一步判定是否为突变点。这里用M-K法确定突变时间和上升或下降趋势显著时间,若 U_f 和 U_b 线的交点出现在临界线外,再用滑动 T 检验作为第二次判定的方法。累积距平也是一种常用的、由曲线直观判断变化趋势的方法,当累积距平曲线呈上升趋势,表示距平值增加,即上升趋势,否则为下降趋势,这里用累积距平曲线图来判断变化的阶段性。图1a~e为平均气温的M-K法检验曲线图,图2a~c为年、冬、春、夏、秋季的各气温要素值的累积距平曲线图,其它图略。从这些图中可看出:

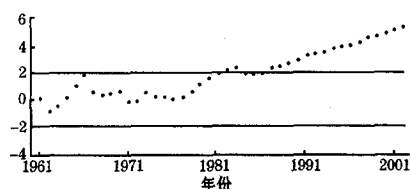


图1a 年平均气温的M-K法检验曲线图

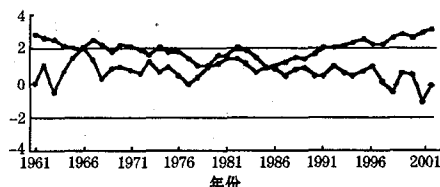


图1b 冬季平均气温的M-K法曲线图解

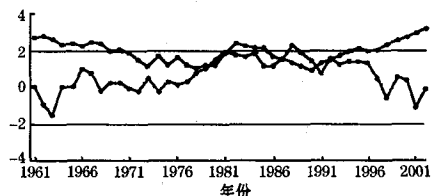


图1c 春季平均气温的M-K法检验曲线图

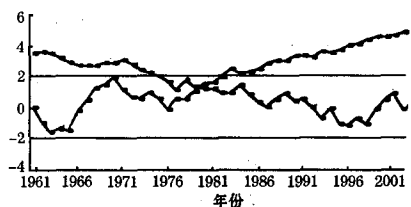


图1d 夏季平均气温的M-K法检验曲线图

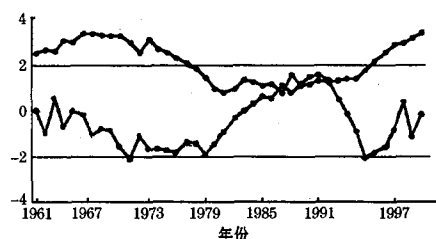


图1e 秋季平均气温的M-K法检验曲线图

2.2.1 平均气温

年平均气温在1961~1986年处于波动下降阶段,1986~2002年处于波动上升阶段,1986年前后发生突变,1987年开始增暖趋势显著(超过0.05临界线);冬、夏季平均

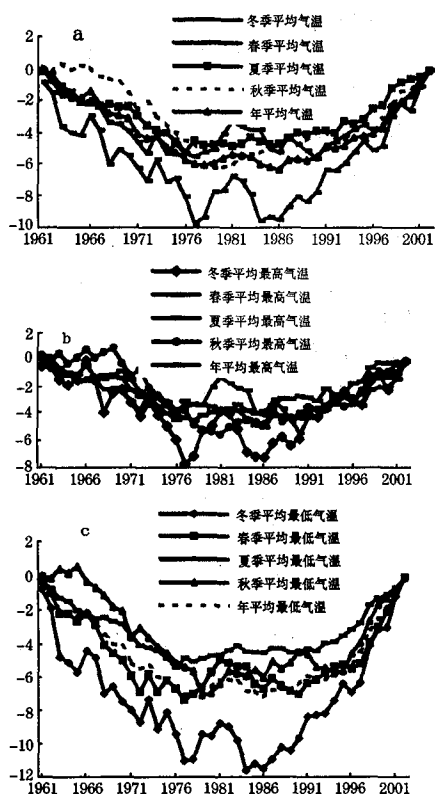


图2

气温从1961~1977年波动下降,1977~2002年波动上升,其中冬季平均气温在1985~1986年前后发生突变,1991年开始增暖趋势显著,夏季平均气温在1979~1980年前后发生突变,1982年开始增暖趋势显著;春季平均气温从1961~1977年波动下降,1977~1981年上升,1981~1990年波动下降,1990~2002年再次波动上升,1990~1991年前后发生突变,1994年开始增暖趋势显著;秋季平均气温从1961~1979年波动下降,1979~2002年波动上升,1986~1989年前后发生突变,1997年开始增暖趋势显著。

2.2.2 平均最高气温

年平均最高气温的变化与年平均气温基本一致,只是1993年后增暖趋势才开始显著;冬季平均最高气温大致为1961~1977年波动下降,1977~1981年上升,1981~1986年下降,1986~2002年再次波动上升,没有检测出突变;春季平均最高气温的变化与春季平均气温的变化完全同步;夏季平均最高气温的变化阶段与夏季平均气温一致,但突

变点推迟至1982~1983年前后,显著的增暖趋势则始于1996年。秋季平均最高气温的变化与秋季平均气温的变化也比较一致。

2.2.3 平均最低气温

年平均最低气温的变化与年平均气温的变化接近,只是80年代开始增暖趋势就比较显著,1988年后增暖趋势甚至超过0.001显著性水平;冬季平均最低气温从1961~1984年呈波动下降趋势,1984~2002年呈波动上升趋势,突变时间和上升趋势显著的开始时间与冬季平均气温一致;春、夏季平均最低气温变化的阶段性与春、夏季平均气温相同,突变时间也接近,上升趋势显著的开始时间提早两年,分别在1992年和1980年;秋季平均最低气温变化与秋季平均气温完全一致。

2.3 气温的周期性

利用最大熵谱分析研究各季和年的气温要素的周期性。从表2可看出,海南岛年平均气温、年平均最高气温和年平均最低气温存在准3~4年的周期,而冬季气温除了准3~4年的周期外,还存在6~7年的周期;春季气温存在准2~4年和7年的周期;夏季气温检测出准3~5年和准11年的周期;秋季气温有准2~5和8~11年的周期。

表2 气温和降雨量的最大熵谱分析(单位:年)

	年	冬季	春季	夏季	秋季
平均气温	4.2	3.2,6.0	3.2,2.3,7.0	2.8	2.2,3.0,4.2
平均最高气温	3.8	3.8,7.0	3.5,2.2,7.0	10.5,3.0,2.5,4.5	2.8
平均最低气温	3.2	3.2,7.0	7.0,2.8,2.2,3.8	3.5	10.5,2.3,2.8,4.7
降雨量	8.4,3.0	2.5,4.7	3.5,7.0,2.6,14.0	8.4,2.8	3.0,8.4

3 降雨量的年、季变化特征

3.1 降雨量的线性倾向估计

如表1所示,年和四季的降雨量 b 值全部为正,说明降雨量随时间的增加也呈上升趋势,其中年降雨量以42.9mm/10年的倾向率增加,春季和冬季分别为17.9mm/10年,9.4mm/10年,夏季和秋季为7.8mm/10年。由 r 值知,各季和年的降雨量上升趋势未能通过显著性检验,即仅存在弱的增加趋势。

从全岛各代表站线性倾向分布(表3)来

看,各地年降雨量都有增加趋势,其中南部地区倾向率达到115.8mm/10年,超过0.01的显著性检验,其余地区只呈弱增加趋势,中部地区倾向率仅为3.1mm/10年。各地各季降雨量变化不尽相同,北部地区春季降雨量为弱减少趋势,其余各季为弱增多趋势;东部和西部地区夏季为弱减少趋势,其余各季为弱增多趋势;中部地区冬、春季呈弱增多倾向,夏、秋呈弱减少倾向;而南部地区各季降雨量

表3 海南岛各地四季和年降雨量的线性倾向估计

		年	冬季	春季	夏季	秋季
北部	<i>b</i>	3.4528	0.4400	-0.5435	3.4012	0.1828
	<i>r</i>	0.12	0.10	-0.06	0.19	0.01
东部	<i>b</i>	4.3129	0.8226	1.3948	-3.1256	5.1303
	<i>r</i>	0.12	0.15	0.09	-0.19	0.20
中部	<i>b</i>	0.3148	1.1024	2.1690	-0.1666	-2.7670
	<i>r</i>	0.01	0.2158	0.14	-0.01	-0.08
西部	<i>b</i>	2.2448	0.6574	1.6160	-1.6316	1.6548
	<i>r</i>	0.09	0.2664	0.30	-0.08	0.13
南部	<i>b</i>	11.5768	0.8316	1.8410	4.9559	3.8797
	<i>r</i>	0.43**	0.32*	0.17	0.38*	0.26

均为增多趋势,其中冬季和夏季的增多趋势均超过0.05的显著性检验。

3.2 降雨量的突变性和阶段性

利用 Mann-Kendall 法均未能检测出年和四季降雨量的显著突变(图略),这一点与线性倾向估计的结果相符合。降雨量的变化阶段较气温的复杂。从年和四季降雨量的累积距平曲线图可看出(图略):

年降雨量从1961~1969年处于主降阶段,1969~1973年为初升阶段,1973~1988年为再次回落阶段,1988~2002年进入主升阶段。

冬季降雨量基本分为1961~1991年波动下降和1991~2002年波动上升两个时期。

春季降雨量经历了四个阶段,即1961~1983年为主降阶段,1983~1990年小幅波动上升,1990~1996年再次下降,1996~2002年大幅上升。

夏季降雨量振动幅度最大最频繁,大致经历了五个时期,即1961~1965年的上升阶段,1965~1971年的下降阶段,1971~1975

年的上升阶段,1975~1988年的大幅波动下降阶段和1988~2002年的第三次上升阶段。

秋季降雨量大致分为四个时期,1961~1969年为下降时期,1969~1983年为大幅波动上升时期,1983~1994年小幅回落时期,1994年以后的回升时期。

3.3 降雨量的周期性

年和夏、秋季的降雨量都存在准8年和准3年的周期,冬季降雨量存在准3年和准5年的周期,春季降雨量除了准3~7年的短周期外,还有14年的长周期(见表2)。

4 结 论

① 近42年来,海南岛各季和年平均气温、平均最高气温、平均最低气温都具有增温趋势,特别是平均最低气温增温尤其显著。

② 全岛平均降雨量除了冬季有明显增加趋势外,其余各季和年的降雨量仅有弱的增加趋势。从各地区看,仅南部地区降雨量有显著增多趋势,其余地区各季呈弱的增加或减少趋势。

③ 从20世纪70年代末到80年代末,各季和年的气温要素几乎先后发生了突变,80年代至今海南省进入明显的暖期。各季和年的降雨量没有发生突变。

④ 各研究要素基本具有准2~5年和准7~11年的周期。

参考文献

- 1 丁一汇. 全球和中国的气候变化及其影响. 中国气候大会文件汇编, 2002.
- 2 陈隆勋, 朱文琴, 王文等. 中国近45年来气候变化的研究. 气象学报, 1998, 56(3): 257~271.
- 3 陈文海, 柳艳香, 马柱国. 中国1951~1997年气候变化趋势的季节特征. 高原气象, 2002, 21(3): 251~257.
- 4 赵春雨, 刘勤明, 李晶. 辽宁省近48年来气候变化研究. 气象, 2000, 26(5): 32~35.
- 5 郑祚芳, 陈家华. 湖北省近50年气候变化特征分析. 气象科学, 2002, 22(3): 279~286.
- 6 任崇. 华南沿海近42年来的气候变化. 气象, 2002, 28(6): 52~55.
- 7 周茂华, 潘家利, 吴长宽. 海南岛近四十年气候变化初步分析. 广东气象, 1996, 77(3): 40~42.
- 8 吴慧, 陈丽. 海南省四十年来气候变化的多时间尺度分析. 热带气象学报, 2003, 19(2): 213~218.

Characteristics of Climatic Variation of Hainan Island for Last 42 years

Cheng Xiaoli Wu Hui

(Hainan Meteorological Observatory, Haikou 570203)

Abstract

Based on the data of annual and seasonal mean air temperature, minimum and maximum air temperature and precipitation at eleven meteorological stations in Hainan Island from 1961 to 2002, the climatic change of Hainan Island is analyzed. The linear trend estimation indicates that annual mean temperature, minimum and maximum temperature have an evident warming trend, especially the mean minimum air temperature. Except winter precipitation appears to be an evident increase trend, the other seasonal and annual precipitation appear to be a weak increase trend in the region. The precipitation of the south part appears to be an evident increase trend, the other regions appear to be a weak increase/decrease trend. Mann-kendall analysis shows that from the end of 1970's to the end of 1980's, annual mean and seasons air temperature appear to be a transition, the warming was more evident since 1980's. The periodic analysis shows that the main period of temperature and precipitation are about 2-to 5-year and 7-to 11- year.

Key Words: climate change linear trend catastrophe test period analysis