

福建省气候变化特征分析

杨凯,陈彬彬,陈家金,李丽纯,岳辉英
(福建省气象科学研究所,福州 350001)

摘要:选取福建省有长期、连续记录的8个气象站点,分析福建省近40年来气候变化特征,为制定福建省农业生产发展应对气候变化的适应性措施提供理论依据。结果表明:福建省近40年来温度呈上升趋势,且冬季增温非常明显,年最低温度升温率达 $0.15^{\circ}\text{C}/10$ 年;降水的年际波动大,各气象台站平均降水增加率为 $53.39\text{ mm}/10$ 年,自20世纪90年代以后具有增多趋势,且东南沿海地区降水量的上升趋势高于其他地区;各站点的区域热量指数都呈增高趋势,区域湿润指数自90年代以后有上升的趋势。总的来说,福建省气候有趋于暖湿的迹象,但变化趋势较不明显。

关键词:福建省;气候变化;区域热量指数;区域湿润指数

中图分类号:P467

文献标志码:A

论文编号:2010-2264

Characteristic of Climate Change in Fujian Province

Yang Kai, Chen Binbin, Chen Jiajin, Li Lichun, Yue Huiying

(Institute of Meteorological Sciences of Fujian Province, Fuzhou 350001)

Abstract: Eight stations were selected to analyze the characteristics of the climate change in Fujian province, according to the availability of climate data, and then the characteristics of climate change trend for the last 40 years were analyzed, the study provide theoretic basis to establish adaptable measure of agricultural development. The results showed that the temperature of Fujian province showed an increasing trend, especially the temperature increased significantly in winter, the minimum temperature which the increasing rate was $0.15^{\circ}\text{C}/10\text{a}$. The precipitation of Fujian considerably fluctuated and significantly increased since 1990's, the precipitation which the increasing rate was $53.39\text{ mm}/10\text{a}$, the increasing trend of precipitation in Southeast Coastal Area was higher than that in other area. The regional thermal index of Fujian province showed an increasing trend, and the regional moisture index increased since 1990's. Overall, the climate tends to warmer and wetter in Fujian province, but the climate change trend is less obvious.

Key words: Fujian province; climate change; regional thermal index; regional moisture index

0 引言

气候变化是国际社会公认的最主要的全球性环境问题之一。由于人类活动,全球大气二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)和氧化亚氮(N_2O)浓度显著增加,IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)第4次评估报告指出,过去100年(1906—2005年)全球地表平均温度升高 0.74°C ;21世纪末全球平均地表温度可能会升高 $1.1\sim 6.4^{\circ}\text{C}$,全球平均海平面上升幅度预估范围

是 $0.18\sim 0.59\text{ m}^{[1]}$ 。在全球变暖背景下,近100年来中国地表平均气温明显增加,升温幅度约为 $0.5\sim 0.8^{\circ}\text{C}$ 。在最近的50年,中国平均地表气温增加 1.1°C ,增温速率为 $0.22^{\circ}\text{C}/10$ 年,明显高于全球或北半球同期平均增温速率,但长江中下游地区夏季平均气温却呈下降趋势^[2]。目前对中国各地区的气候变化已经有不少研究,但针对福建省气候变化的研究却很少。福建省地处亚欧大陆东南部,属典型的亚热带季风气候区,水热

基金项目:科技部农业科技成果转化资金项目(2009GB24160500);中国气象局小型业务项目(2012209);福建省气象局开放式气象科学研究基金项目(2009K01)。

第一作者简介:杨凯,男,1979年出生,福建泰宁人,硕士研究生,工程师,主要从事农业气象和气候变化研究。通信地址:350001福建省福州市乌山路108号福建省气象科学研究所,Tel:0591-83362674,E-mail:yangk@ns.ami.ac.cn。

收稿日期:2010-07-24,修回日期:2010-09-03。

资源丰富,但农业气候资源受气候年际变化影响大,且与季风强弱以及爆发时间的迟早有,导致粮食生产波动性大^[3-5]。该研究利用福建省主要气象台站的实测数据,对该地区近40年的温度、降水、区域热量指数、区域湿润指数等要素的变化情况及其可能影响进行分析,研究该地区气候变化特征,为制定福建省农业生产发展应对气候变化的适应性措施提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 气象数据的选择和分析

选择福建省各地区有40年以上记录的主要气象台站数据(表1),并以此8个站点作为代表站点从气温、降水量等气象要素以及区域热量指数与区域湿润指数等气候指标角度,用线性趋势分析方法^[6-7]分析福建省气候变化特征。

表1 福建省气象站点信息(1960—2000年)

站号	站名	经度/°E	纬度/°N	海拔/m
58731	浦城	118.55	27.94	283
58933	屏南	119.02	26.92	870
58820	泰宁	117.14	26.92	341
58847	福州	119.30	26.12	84
58918	上杭	116.40	25.05	205
59126	漳州	117.67	24.50	30
59134	厦门	118.07	24.47	63
59133	崇武	118.92	24.89	22

1.2 温度变化率的计算

温度变化率是指代某个时段内温度变化的速率。利用温度的时间序列,以时间为自变量,温度为因变量,建立一元回归方程。设 Y 为温度变量, t 为时间(年份),建立 Y 与 t 之间的一元线性回归方程:

$$Y'(t) = b_0 + b_1 t \quad \dots\dots\dots (1)$$

其趋势变化率为:

$$\frac{dY'(t)}{dt} \times 10 = b_1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

b_1 即为温度变化率,单位 $^{\circ}\text{C}/10$ 年。当 b_1 的符号为正时,即为升温率,反之为降温率。 b_1 绝对值的大小可以度量其演变趋势上升的程度。

1.3 气候指数的计算

潜在蒸散反应的是在水分供应充足条件下的可能蒸散量,所以反应了一个地方的热量状况,可作为该地的热量指标。周广胜等^[8]对 Thornthwaite 方法和 Penman 方法进行改进,定义了区域热量指数(RTI: regional thermal index)。在现有气象条件下,充分供应水分的蒸散为潜在蒸散,这时实际蒸发量在水分供应充足时等于潜在蒸散;而当水分供应受限制时,实际蒸散与潜在蒸散的比值小于1,而且随土壤水分含量的减少而减少,直至水分供应停止时,实际蒸散与潜在蒸散的比值趋于0。所以实际蒸散与潜在蒸散的比值反映了土壤水分干湿程度,周广胜等定义其为区域湿润指数(RMI: regional moisture index)。

各蒸散因子间存在如下互补关系:

$$E_p + E = 2E_{p0} \quad \dots\dots\dots (3)$$

其中 E 为均一平坦下垫面的区域实际蒸散量, E_p 为局地潜在蒸散量, E_{p0} 为大面积陆面充分湿润后的蒸散量。当区域变的越来越潮湿时, E 和 E_p 都以 E_{p0} 为限。 E 可以根据周广胜等建立的模型^[9]来得到:

$$E = \frac{r \cdot Rn(r^2 + Rn^2 + r \cdot Rn)}{(r + Rn) \cdot (r^2 + Rn^2)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中 r 为降水量; Rn 为净辐射量,由于一般的气象观测站均不进行地表净辐射观测, Rn 可由下式计算得到^[5]:

$$Rn = (E_p \cdot r)^{0.5} \cdot [0.369 + 0.598 \cdot (E_p/r)^{0.5}] \quad \dots\dots (5)$$

张新时等^[10]根据全国647个气象台站的观测资料对 E_p 与经度(Lat)、纬度($Long$)、海拔高度(Alt)、降水(R)以及生物温度(BT)之间的亲系进行分析,得到如下相关系数达0.89的回归方程:

$$E_p = BT \cdot \exp[4.133 + 0.059(Alt/500)^{3/2}] \quad \dots\dots\dots (6)$$

生物温度的概念来自 Holdridge 生命地带系统^[11],是植物营养生长的平均温度,一般在 $0\sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间,年生物温度(Annual Biotemperature, ABT)即一年之内生物温度的积累。

于是,可求得热量指数:

$$RTI = E_{p0} \quad \dots\dots\dots (7)$$

而湿润指数为:

$$RMI = E/E_{p0} \quad \dots\dots\dots (8)$$

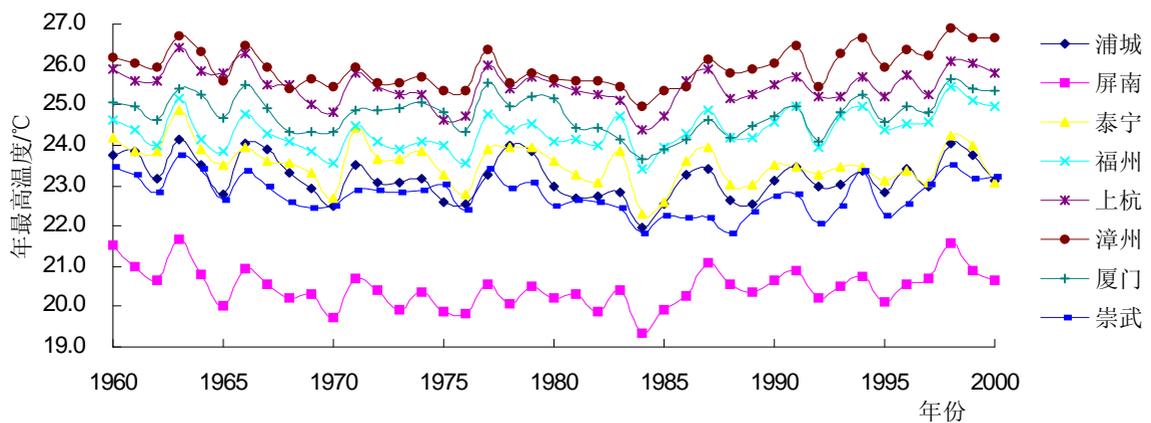
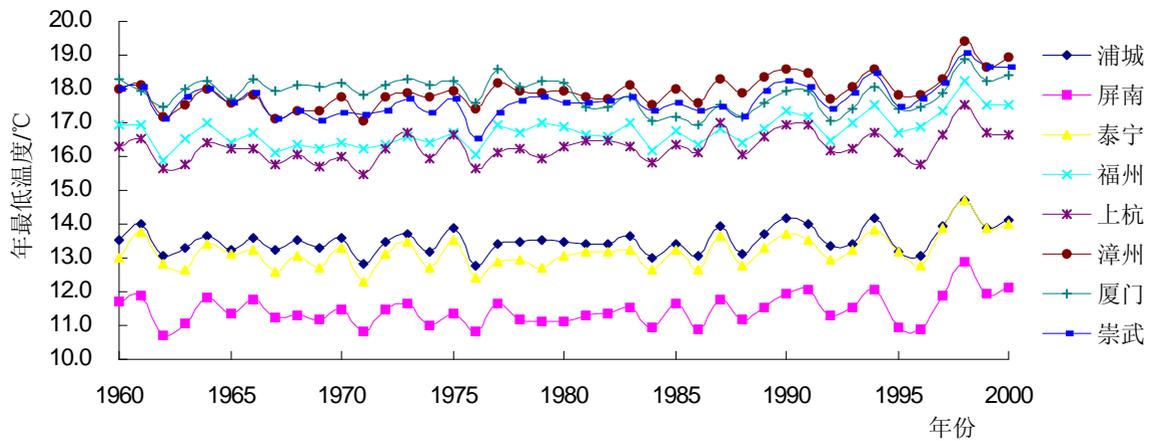
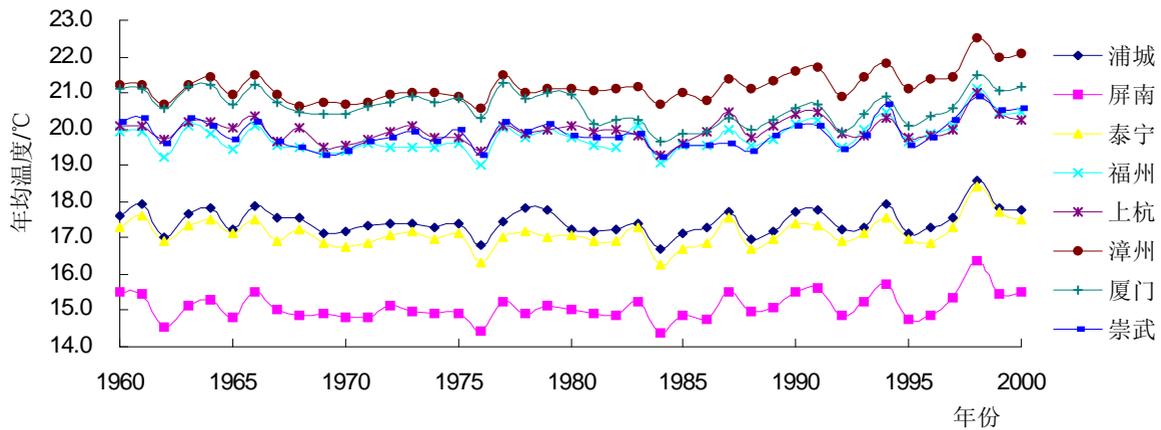
2 福建省近40年气候变化分析

2.1 温度变化分析

福建省各气象站点近40年以来年均气温在15.1~21.2℃,北部高海拔的屏南站多年平均温度最低,南部低海拔的漳州站最高(图1)。年均气温波动较大,其中福州和漳州的年均气温的升高趋势达到极显著(置信度达到99%, $n \geq 41$),其他站点的升温趋势不明显,厦门甚至出现了降温趋势。福建省各地区站点的年均温升温率达0.07℃/10年(表2),低于全国0.22℃/10年的平均水平。20世纪60—80年代,福建省各气象台站

的年均气温基本呈降温或不增温状态;但进入90年代福建省各气象台站除厦门为降温趋势外,其他台站都呈增温趋势,屏南、福州、漳州和崇武年均气温升高达0.4~0.6℃,增温趋势明显(表3)。总之,近40年来福建省各气象台站年均气温变化趋势基本一致,20世纪90年代增温趋势明显。

福建省各气象台站年均最高温度在20.5~25.9℃之间,各台站的波动幅度相对较小(图2),其年均升温率为-0.02℃/10年(表2),且各台站的最高温度基本呈下降的趋势。各台站的年均最低温度在11.4~17.9℃



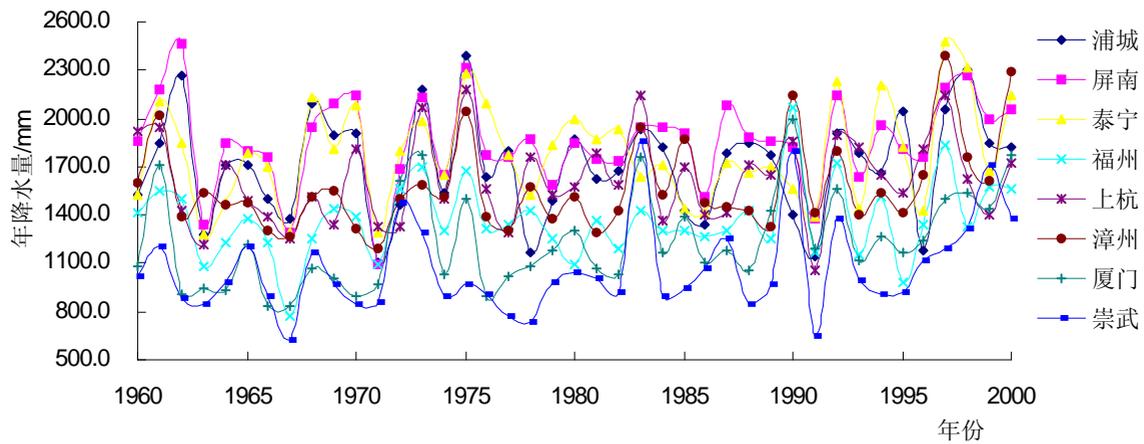


图1 福建省近40年年均温度、最低温度、最高温度、降水量的逐年变化

表2 福建省各站点升温率和降水变化趋势

站点	年均气温/(°C/10a)	年均最高温度/(°C/10a)	年均最低温度/(°C/10a)	年降水量/(mm/10a)
浦城	0.03	-0.09	0.11	19.11
屏南	0.09	-0.01	0.12	26.33
泰宁	0.05	-0.15	0.18	48.31
福州	0.16	0.15	0.23	39.32
上杭	0.07	-0.04	0.17	35.98
漳州	0.19	0.10	0.25	78.82
厦门	-0.10	-0.02	-0.07	105.71
崇武	0.07	-0.11	0.19	73.50
平均	0.07	-0.02	0.15	53.39

表3 福建省各时段年均温度的平均值和增值

年代	项目	浦城	屏南	泰宁	福州	上杭	漳州	厦门	崇武
1960	平均值	17.5	15.0	17.2	19.6	19.9	21.0	20.8	19.8
	增值	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	平均值	17.4	14.9	17.0	19.6	19.9	21.0	20.8	19.8
	增值	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1980	平均值	17.3	15.0	17.0	19.7	19.9	21.1	20.1	19.7
	增值	-0.2	0.0	-0.2	0.1	0.0	0.1	-0.7	-0.1
1990	平均值	17.6	15.4	17.4	20.2	20.2	21.6	20.7	20.2
	增值	0.1	0.4	0.2	0.6	0.3	0.6	-0.1	0.4

之间,除厦门站呈下降趋势外,其他气象台站年均最低温度随着时间的上升趋势显著,平均升温率达0.15°C/10年(表2),其中泰宁、福州、上杭、漳州和崇武呈极显著趋势(置信度达到99%, $n \geq 41$),浦城和屏南呈显著趋势(置信度达到95%, $n \geq 41$)。总的来说,福建省各台站近40年来年均最低温度的升高趋势明显。

2.2 降水变化分析

福建省各气象台站的多年平均降水量为1065.5~

1854.8 mm,降水量年际波动较大(图1)。与20世纪60年代相比,90年代各气象台站的降水量呈增加的趋势,其降水增量为15.6~343.5 mm(表4);且降水增量与年平均降水量基本呈反比关系,即降水量多的地区降水增量反而小。福建省各气象台站降水量多年来呈增多的趋势,其中漳州和厦门的降水量增加趋势极显著(置信度达到99%, $n \geq 41$),崇武降水量也达到显著水平(置信度达到95%, $n \geq 41$)。由趋势线分析得到各

表4 福建省各时段降水的平均值和增值

mm

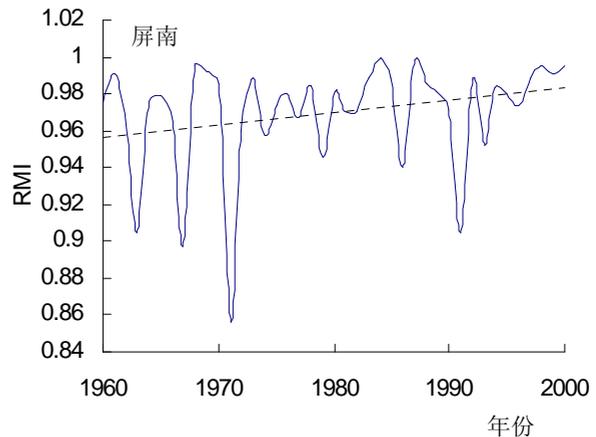
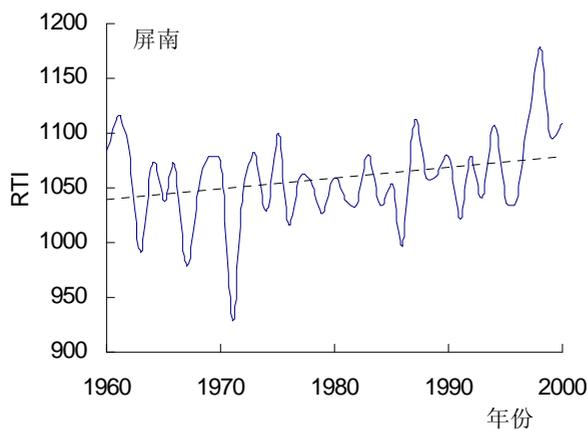
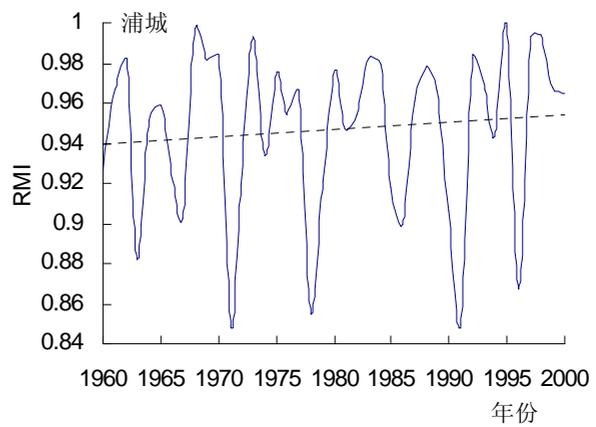
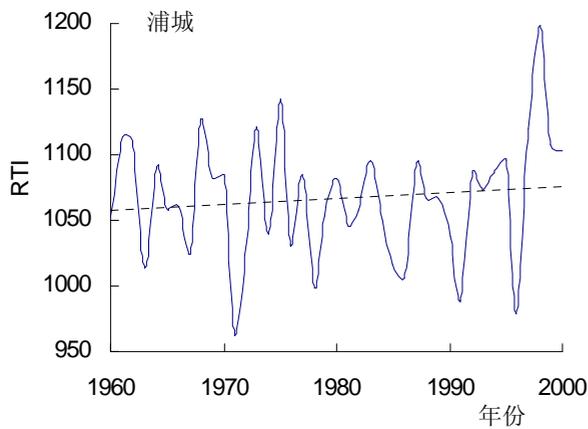
年代	项目	浦城	屏南	泰宁	福州	上杭	漳州	厦门	崇武
1960	平均值	1760.8	1885.5	1749.2	1280.8	1507.7	1482.4	1035.9	962.8
	增值	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	平均值	1663.3	1771.9	1822.6	1374.8	1611.6	1498.5	1238.0	991.3
	增值	-97.5	-113.6	73.4	94.0	103.9	16.1	202.1	28.5
1980	平均值	1662.5	1842.6	1665.5	1389.5	1661.2	1588.9	1318.6	1157.3
	增值	-98.3	-42.9	-83.7	108.7	153.5	106.5	282.7	194.5
1990	平均值	1776.4	1919.0	1914.2	1416.5	1666.7	1726.1	1379.4	1155.7
	增值	15.6	33.5	165	135.7	159.0	243.7	343.5	192.9

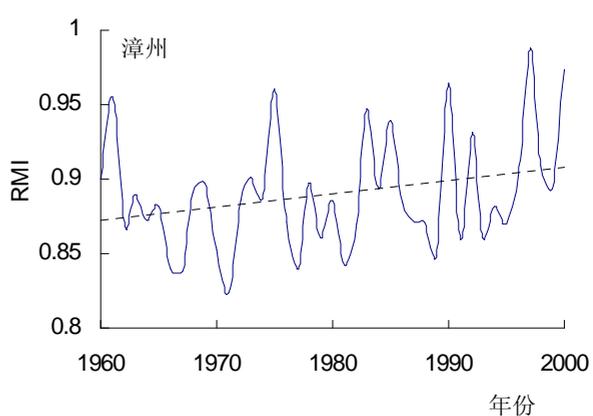
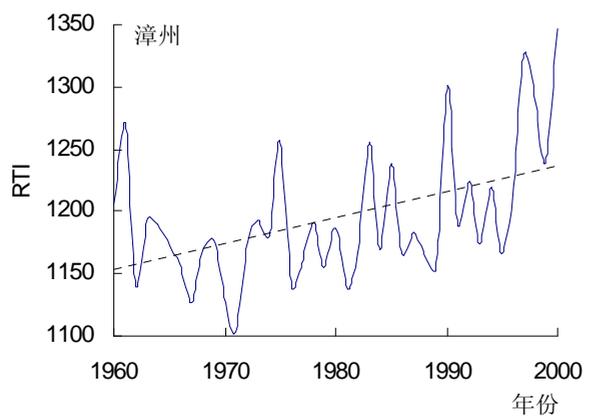
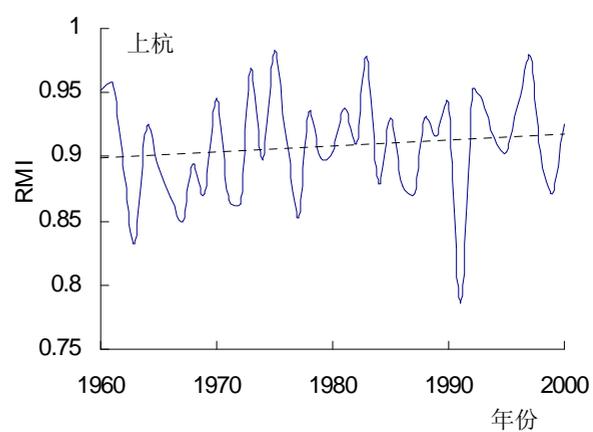
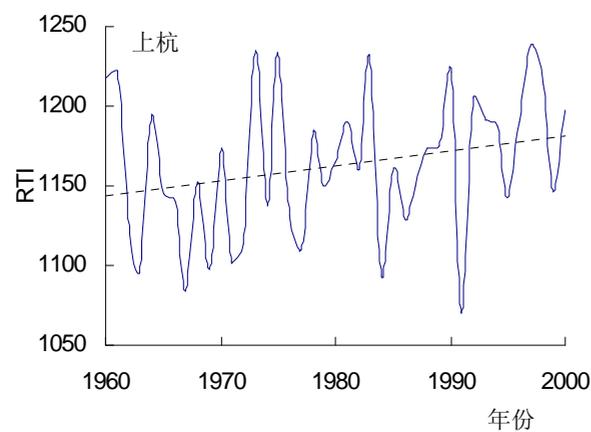
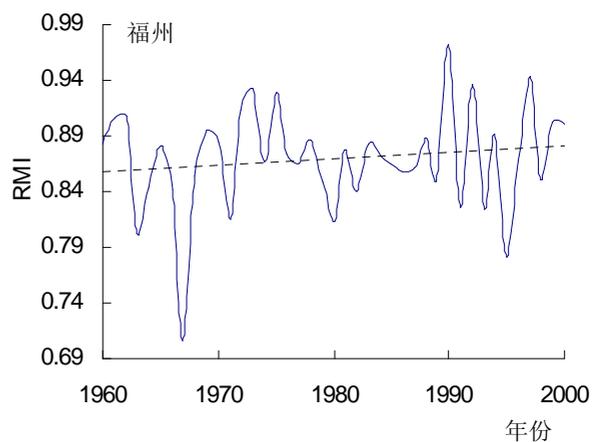
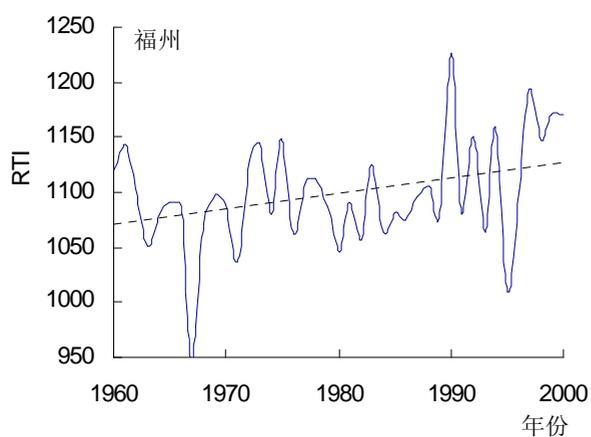
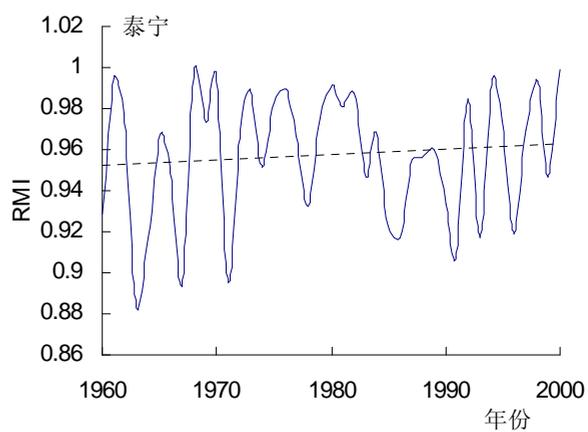
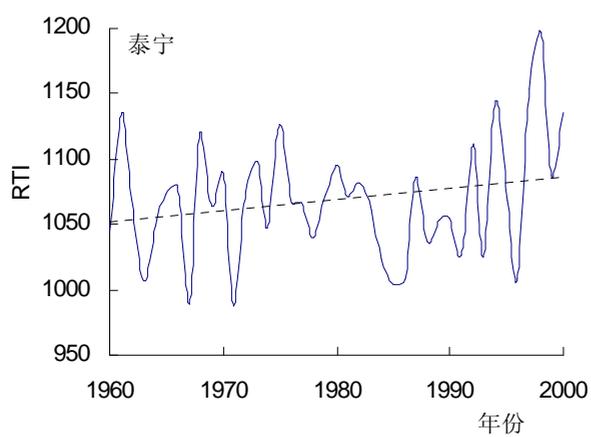
气象台站平均降水增加率为53.39 mm/10年(表2),东南沿海地区的降水增加率高于其他地区。总的来说,福建省的年降水量在波动中逐渐增加,这与东南丘陵地区年降水量均呈现不同程度的增加趋势一致,且东南沿海地区降水量的上升趋势高于其他地区。

2.3 气候指数变化分析

在分析各气候要素变化的基础上,为了进一步研究福建省的气候变化情况,分析热量指数(RTI)和湿润指数(RMI)及其变化特征,以揭示福建省气候变化趋势。

福建省各气象台站热量指数的波动情况和变化趋势基本一致,热量指数都呈增高趋势,其中以东南沿海地区的增幅较为明显(图2)。各台站的热量指数与20世纪60年代相比,90年代浦城、屏南、泰宁、福州、上杭、漳州、厦门和崇武各站点的热量指数增值分别为7.3、26.6、28.6、48.6、35.6、67.3、77.4、58.1 mm,除北部地区的浦城增幅较小外,福建省的热量指数增值都有所提高。福建省各气象台站热量指数的年际变化率相对较小,各站点多年平均变化率仅为0.85%。这说明福建省近40年来的热量状况稳步增加。





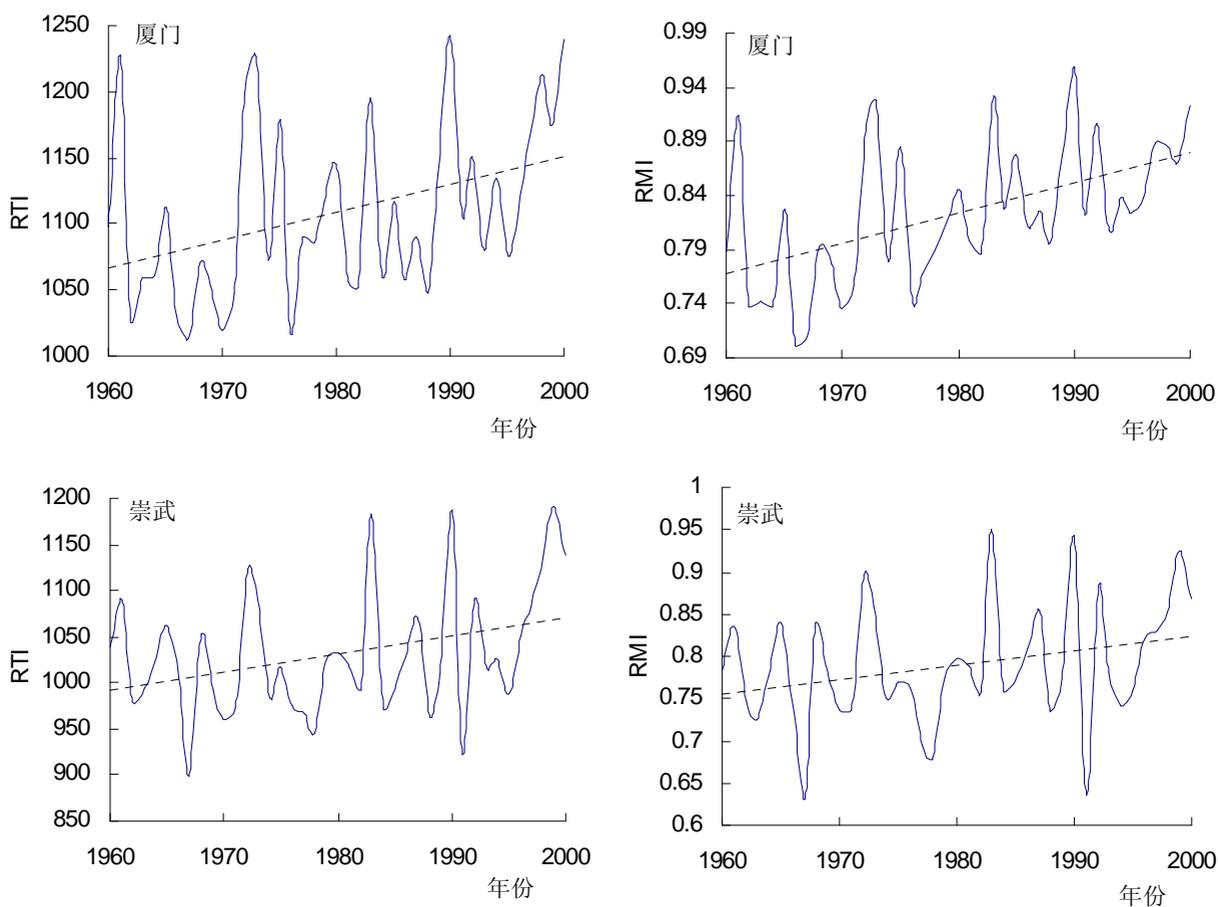


图2 福建省近40年气候指数的逐年变化实线为气候指数,虚线为气候指数变化趋势线

福建省各气象站的湿润指数的年际波动不大,各台站的多年平均变化率仅为0.93%,基本呈上升的趋势(图2)。各台站的湿润指数与20世纪60年代相比,90年代浦城、屏南、泰宁、福州、上杭、漳州、厦门和崇武各站点的湿润指数增值分别为0.0004、0.0107、0.0005、0.0207、0.0201、0.0286、0.0924、0.0443,各台站的增幅都较小。总体来说,近40年来福建省的湿润度在稳步增加,增幅较小。

3 结论与讨论

近40年福建省气候年际变化特点是:温度呈上升趋势,且冬季增温非常明显,年最低温度升温率达0.15℃/10年;各台站夏季温度的波动幅度相对较小,夏季最高温度的升温率为-0.02℃/10年。福建省的年降水量在波动中逐渐增加,各气象台站平均降水增加率为53.39 mm/10年,且东南沿海地区降水量的上升趋势高于其他地区;从20世纪90年代以来,全省的年降水量开始出现连续的正距平。近40年福建省各站点的区域热量指数都呈增高趋势,其中以东南沿海地区的增幅较为明显,湿润指数也基本呈上升的趋势,但增幅较小,特别是90年代以来开始随着降水量的增

加,区域湿润指数都为正距平。以上结果表明,福建省气候有趋于暖湿的迹象,但变化趋势较不明显。

中国气候变化的最新研究进展表明^[12-13]:中国是全球气候变暖最显著的国家之一,福建省的气候变化与全国的气候变化基本一致,但福建省各地区站点的年均升温率0.07℃/10年,低于全国0.22℃/10年的平均水平,且趋于暖湿的变化趋势较不明显。气候趋于暖湿有利于福建省喜温作物和果树等生长发育和产量提高^[9],但由于气候变暖导致的海平面上升对福建省沿海城市的影响却不能忽视。据国家海洋局监测和分析结果表明^[14-15]:福建沿海海平面平均上升速率为2.2 mm/年,海平面上升导致沿海城市土地淹没、海岸侵蚀、海水入侵和土壤盐渍化;同时气候变暖导致福建省台风、风暴潮等海洋自然灾害强度加剧,2004—2006年,有5次灾害性台风先后在福建登陆,给当地造成了200多亿元直接经济损失,受灾人口超过1600万^[15]。因此,气候变化对福建省经济社会发展是弊大于利的,应该积极采取有效措施,加快建设资源节约型、环境友好型社会,节能减排,增强适应气候变化的能力,促进经济发展与人口、资源、环境相协调。

参考文献

- [1] IPCC, Climate Change 2007: The Physical Science Basis-Summary for Policymakers [R]. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Formally approved at the 10th Session of Working Group I of the IPCC, 2007:18.
- [2] 气候变化国家评估报告编写委员会. 气候变化国家评估报告[M]. 北京:科学出版社,2007:8-12.
- [3] 吴杏春,林文雄,郭玉春,等. 未来气候变化对福建省水稻生产的影响及其对策[J]. 福建农业大学学报,2001,30(2):148-152.
- [4] 闫淑君,洪伟,吴承祯,等. 福建近41年气候变化对自然植被净第一性生产力的影响[J]. 山地学报,2001,19(6):522-526.
- [5] 陈家金,陈惠,马治国,等. 福建农业气候资源时空分布特征及其对农业生产的影响[J]. 中国农业气象,2007,28(1):1-4.
- [6] 高红燕,蔡新玲,贺皓,等. 西安城市化对气温变化趋势的影响[J]. 地理学报,2009,64(9):1093-1102.
- [7] 杜军. 西藏高原近40年的气温变化[J]. 地理学报,2001,56(6):682-690.
- [8] 周广胜,张新时. 全球变化的中国气候-植被分类研究[J]. 植物学报,1996,38(1):8-17.
- [9] 周广胜,张新时. 自然植被净第一性生产力模型初探[J]. 植物生态学报,1995,19(3):193-200.
- [10] 张新时,高琼. 信息生态学研究[M]. 北京:科学出版社,1997.
- [11] Holdridge L R. Determination of world plant formations from Simple Climatic Data [J]. Science,1957,105(2727):367-368.
- [12] 徐影. 全球气候变化的最新科学事实和研究进展[N]. 中国气象报,2007-02-08(3).
- [13] 丁一汇,任国玉,赵宗慈,等. 中国气候变化的检测及预估[J]. 沙漠与绿洲气象,2007,1(1):1-10.
- [14] 国家海洋局. 2006年中国海平面公报[Z]. 2007-07-05.
- [15] 国家海洋局. 2007年中国海平面公报[Z]. 2008-01-22.