

## 粤东地区近52年日照时数的气候变化特征分析

丁丽佳<sup>1,2</sup>, 郑有飞<sup>1</sup>, 王春林<sup>3</sup>, 谢松元<sup>2</sup>, 凌良新<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>南京信息工程大学, 南京 210044; <sup>2</sup>潮州市气象局, 广东潮州 521011; <sup>3</sup>广东省气候中心, 广州 510080)

**摘要:**利用粤东地区13个气象站1957—2008年日照时数资料,采用累积距平、Mann-Kendall、小波分析等方法,分析粤东地区日照时数的气候变化趋势。结果表明,就整个粤东地区平均而言,日照时数在20世纪60年代最多,21世纪初次之,80年代最少;日照时数变幅最大的季节为春季,其次是冬季,夏季和秋季不明显;突变检验表明,20世纪60—70年代日照时数出现了突发性的上升,进入了一个相对日照时数偏多的气候态,到80—90年代日照时数趋于减少,但没有突变点出现;据全年和季节日照时数振荡主周期判断,在大的时间尺度上日照时数目前处于偏少期,12~14年时间尺度上则为偏多期,较小尺度上(2~4年)则均为偏少期;对日照时数气候变化的空间分析表明,局部地方与整个地区的气候变化趋势并不完全同步,大部分地方是下降的,个别地方则是上升的。

**关键词:**日照时数;气候变化;累积距平分析;Mann-Kendall法;小波分析

中图分类号:S162.3

文献标志码:A

论文编号:2010-1515

### Characteristics of Sunshine Hours Change for 52 Years over Guangdong Province Eastern Area

Ding Lijia<sup>1,2</sup>, Zheng Youfei<sup>1</sup>, Wang Chunlin<sup>3</sup>, Xie Songyuan<sup>2</sup>, Ling Liangxin<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Nanjing university information science and technology, Nanjing 210044;

<sup>2</sup>Chaozhou city meteorological bureau, Chaozhou Guangdong 521011; <sup>3</sup>Guangdong Climate Center, Guangzhou 510080)

**Abstract:** Based on the sunshine hour's data of meteorological stations from 1957–2008, the characteristics of sunshine hours change in Guangdong province eastern area had been studied with the methods of accumulative anomalies, Mann-kendall test, and wavelet analysis. The result indicated that, in terms of the average of the whole area, the sunshine hours of 1960s was the most of the sunshine hours of 1957–2008, followed by the earlier of this century, 1980s was the least, and the greatest amplitude season was spring, followed by winter, summer and autumn were not obvious. Mutation test showed that the age 1960s–1970s sunshine hours increased rapidly, entered a high sunshine hours' climatology, and the sunshine hours decreased since 1980s. According to the main periods of annual and seasonal sunshine hours change, it would be mainly in the less period for the large time scale in the future, and in the 12–14 a time scale, it would be mainly in the more period, and in the small time scale(2–4 a), it would be mainly in the less period. Spatial distribution of the change rate showed that the trend was general but not universal, most of the area had decreased but a few had increased.

**Key words:** sunshine hours; climate change; accumulative anomalies; Mann-kendall test; Wavelet analysis

### 0 引言

近年来,由于人类活动的加剧,大量排放的CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>等温室气体的作用,加剧了气候变化的速度,气候变化研究已成为目前国际上科学界的热点之一<sup>[1-6]</sup>。太

阳辐射是地球气候系统的主要能源,地球大气中的许多化学过程和动力现象都是由此发生的。日照是气候形成的重要因素,是太阳辐射最直观的表现,是重要的气候因子,也是供人类开发利用的可再生能源,更是农

**第一作者简介:**丁丽佳,女,1974年出生,广东潮州人,高级工程师,本科,学士,现从事应用气象研究和天气预报服务工作。通信地址:521011 广东省潮州市气象局, Tel: 0768-2200575, E-mail: dinglj2004.@yahoo.com.cn。

**通讯作者:**郑有飞,男,1959年出生,江苏无锡人,教授,博士生导师,博士,研究方为生态环境、农业生态和农业气象。E-mail: zhengyf@nuist.edu.cn。

**收稿日期:**2010-05-17, **修回日期:**2010-11-08。

作物生长发育不可缺少的条件<sup>[7-11]</sup>,气候变化影响日照时数,使全球辐射热量的供给条件发生变化,进而影响到生态环境和社会经济的发展。目前,华南地区对温度、降水、干旱的变化,已从不同的时空尺度作了大量的研究<sup>[12-17]</sup>,但对反映气候状况的另一个重要因子——日照的变化研究较少。研究日照变化趋势,了解其变化特征,不但对农业结构调整、合理布局农业生产有着十分重要的作用,同时还可以为太阳能的开发利用提供科学依据<sup>[18]</sup>。

### 1 资料和方法

文中所用资料为1957—2008年粤东地区13个气象站(其中澄海、潮阳、普宁、陆丰资料为1959—2008年,海丰为1960—2008年,揭西为1967—2008年)的逐旬日照时数。四季划分<sup>[19]</sup>为:春季3—4月,夏季5—10月,秋季11—12月,冬季次年1月—2月。

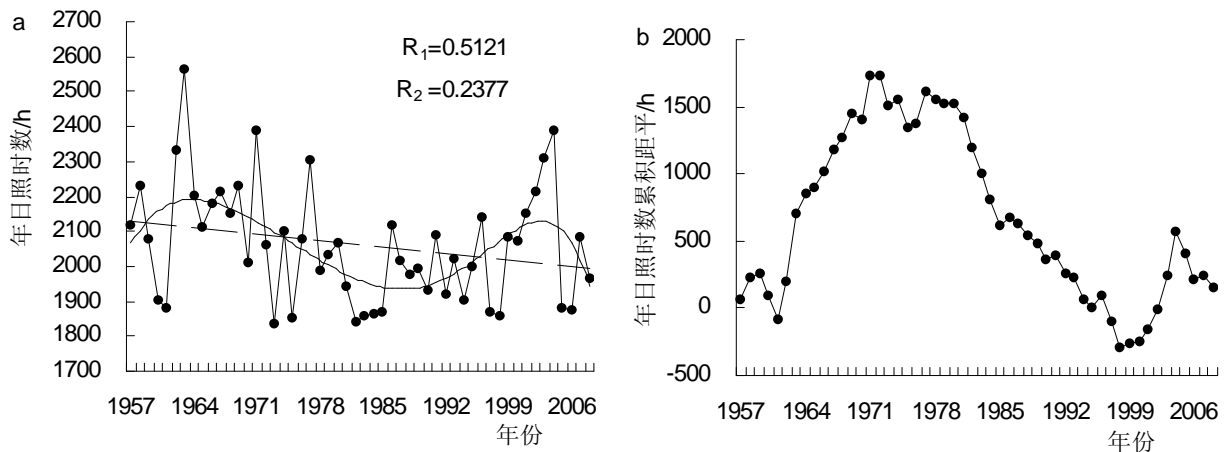
应用累积距平的方法<sup>[20]</sup>分析逐年日照时数变化趋势。利用Mann-Kendal法<sup>[20]</sup>对全年和各季节的日照时数进行突变点检验。利用小波分析(母小波为墨西哥帽)方法<sup>[20]</sup>提取52年来年和各季节平均日照时数变化

周期,并对时间序列的小波功率谱进行显著性检验<sup>[20-21]</sup>。利用线性拟合方法<sup>[20]</sup>对各站点的全年和各季节日照时数进行倾向分析。

### 2 结果分析

#### 2.1 日照时数的气候变化趋势

2.1.1 日照时数的逐年变化和逐年累积距平变化 图1给出了粤东地区年日照时数的逐年变化和逐年累积距平变化,图1a中粗实线为日照时数与时间序列(年)的六阶拟合趋势线,相关系数 $R_1$ 达到0.5121,通过了95%的信度检验,可见粤东地区日照时数年际波动明显,20世纪60年代和21世纪初出现日照时数峰值,80年代出现低谷,21世纪初的峰值低于20世纪60年代;粗虚线为日照时数与时间序列的线性拟合,相关系数 $R_2$ 为0.2377,没有通过95%的信度检验,表明粤东地区年日照时数的线性下降趋势不明显。由逐年累积距平变化曲线图1b可看出,近52年来粤东地区年日照时数经历了4个主要变化,分别是:1957—1977年,日照时数呈增加趋势,1980—1998年呈减少趋势,1999—2004年呈增加趋势,2005年以后又趋于减少。



(a) 逐年日照时数、六阶拟合曲线(粗线)和线性拟合(虚线), (b) 逐年日照累积距平曲线

图1 1957—2008年粤东地区年日照时数特征变化曲线

2.1.2 年、季节的日照时数的年代际变化 表1是粤东地区全年、各季节不同年代的日照时数距平值,可以看出年日照时数20世纪60年代最多,80年代最少,90年代逐渐增加,21世纪初又呈正距平;春季日照时数的变化趋势与全年的变化趋势相同;夏季日照时数20世纪60年代最多,70年代开始逐渐下降,90年代最少,21世纪初有所增加;秋季日照时数变化呈双谷型,分别在20世纪70和90年代出现低谷;冬季的日照时数则是在20世纪70年代和21世纪初出现峰值,最低则出现在20世纪80年代。从表1还可看出春季的年际变幅最大,其次是冬季,20世纪80年代分别是达到-25.6%

和10.4%的变幅。

#### 2.2 日照时数变化趋势突变检验

应用Mann-Kendall方法检测1957—2008年全年及季节日照时数序列的突变状况。由UF曲线可见(图2a),20世纪60~70年代年日照时数呈明显增加,在80年代初这种增加趋势超过0.05临界线,表明潮州年日照时数上升趋势是比较明显。根据UF和UB曲线交点的位置,共有3个交点,分别在1960、1962、1972年,但前面2个交点相交后并没有超过0.05临界线,所以确定1972年为年平均日照时数的突变起始年,80年代后期UF曲线下降,UB曲线上升,但没有出现交

表1 不同年代粤东地区日照时数距平及距平百分率

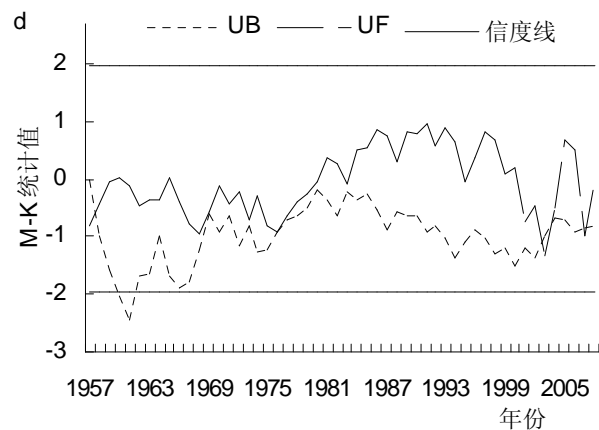
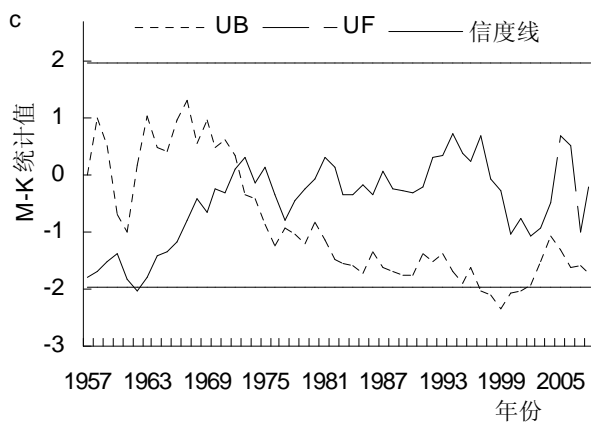
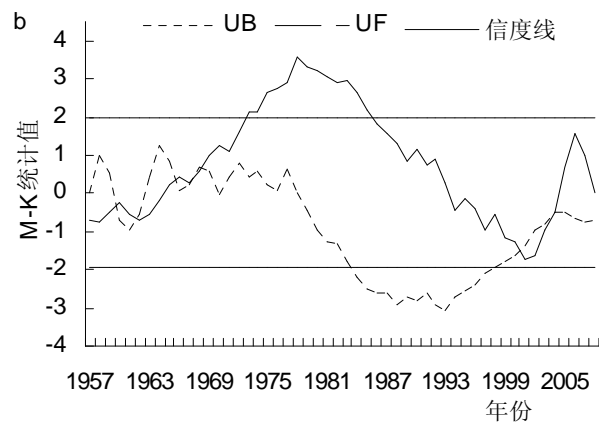
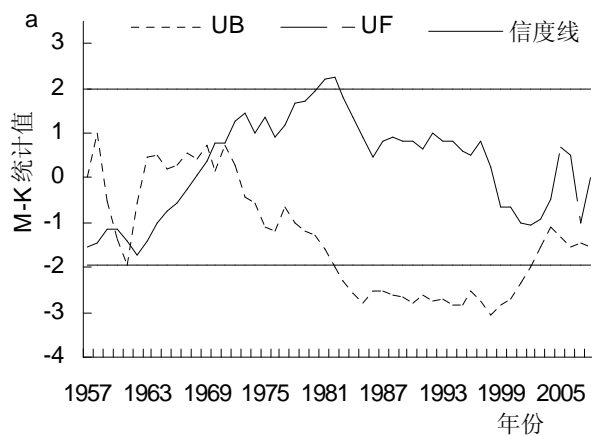
年代	年		春季		夏季		秋季		冬季	
	距平/h	%	距平/h	%	距平/h	%	距平/h	%	距平/h	%
1957—1969	114.0	5.5	31.6	13.7	59.5	5.0	16.9	4.5	6.0	2.3
1970—1979	10.4	0.5	16.8	7.3	-18.7	-1.6	-6.4	-1.7	18.7	7.1
1980—1989	-101.1	-4.9	-58.9	-25.6	-16.3	-1.4	1.6	0.4	-27.5	-10.4
1990—1999	-72.6	-3.5	-10.1	-4.4	-37.2	-3.1	-14.1	-3.8	-11.2	-4.2
2000—2008	49.3	2.4	20.7	9.0	12.7	1.1	2.0	0.5	13.9	5.3

点。季节日照时数序列突变检验结果表明(图2b、图2c、图2d、图2e),春季日照时数变化趋势基本与全年日照时数相同,其日照时数增加突变点为1969年,20世纪70年代中期到80年代前期通过 $\alpha=0.05$ 显著水平检验,20世纪90年代起,春季日照时数减少,UF和UB曲线在2000年附近出现交点,而后UF曲线上升,在2004年附近再次出现交点,而这2次相交后并没有超过0.05临界线,突变不明显;夏季和冬季UF和UB曲线虽然有多处交点,但均未超过0.05临界线,日照时数增加突变点不显著;秋季的日照时数变化趋势不明显,没有明显的突变点。这说明20世纪60—70年代该区全年、春季日照时数出现了突发性的上升,进入了一个相对日照时数偏多的气候态,80—90年代日照时数又

趋于减少,但未出现突变。

### 2.3 日照时数时间序列变化周期的小波分析

2.3.1 年日照时数 1957—2008年年日照时数小波分析(图3a)表明,在18~32年时间尺度上,年日照时数经历了2个正负交替振荡,它们分别是20世纪80年代以前的日照时数偏多期;20世纪80年代以来的日照时数偏少期。该尺度周期振荡变化对短周期振荡的影响贯穿整个研究期内。在12~16年时间尺度上,年日照时数周期振荡明显,表现为20世纪70年代中期以前的偏多期,20世纪70年代后期至90年代末的偏少期,21世纪初以来的偏多期。在2~3年时间尺度,年日照时数变化则增加了更多的相对正负交替。从粤东地区最近几年的日照时数变化来看,18年时间尺度以上为偏少



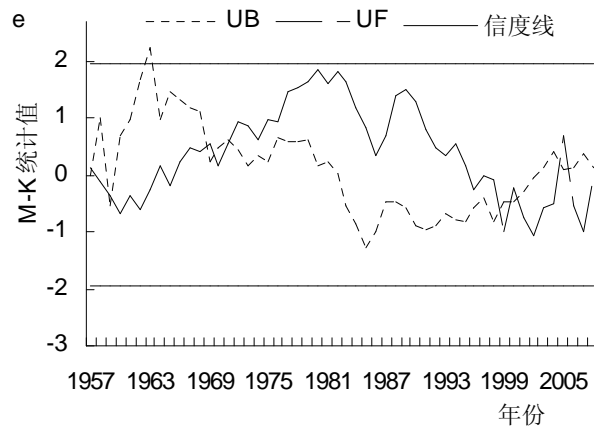


图2 1957—2008年粤东地区全年(a)和季节(b春、c夏、d秋、e冬)日照时数M-K检验

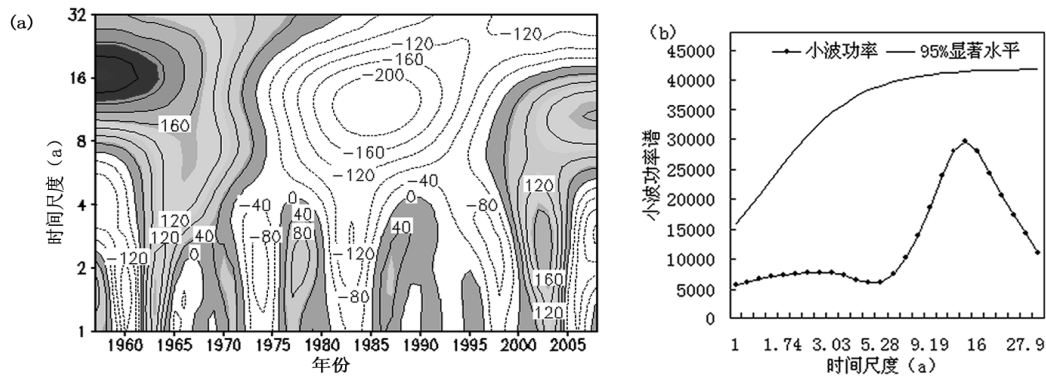


图3 1957—2008年年日照时数小波分析(a.小波系数实部, b.总体小波功率谱)

期,7~17年时间尺度为偏多期,2~6年时间尺度为偏少期。图3b是总体小波功率谱分析,可以看出3年、14年时间尺度的谱值比较突出,但没有通过95%的显著性检验,说明粤东地区日照时数变化在3年和14年时间尺度上具有一定的周期性,但不是很显著。

2.3.2 季节平均温度 1957—2008年春季日照时数小波分析(图4a)表明,在21~32年时间尺度上,日照时数经历了2个正负交替振荡,它们分别是20世纪80年代以前的日照时数偏多期;20世纪80年代以来的日照时数偏少期。在10~18年时间尺度上,日照时数周期振荡明显,表现为20世纪70年代中期以前的偏多期,20

世纪70年代后期至90年代中期的偏少期,90年代末到21世纪初的偏多期。在3~7年时间尺度上,日照时数周期振荡明显,表现为少→多→少→多→少,5次交替。对于更小时间尺度,日照时数变化则增加了更多的相对正负交替。从粤东地区最近几年的春季日照时数变化来看,21年时间尺度以上为偏少期,8~20年时间尺度为偏多期,1~7年时间尺度为偏少期。由总体小波功率谱可知(图4b),12年时间尺度的谱值较突出,但没有通过95%的显著性检验,说明粤东地区春季日照时数变化在12年时间尺度上具有一定的周期性,但不是很显著。

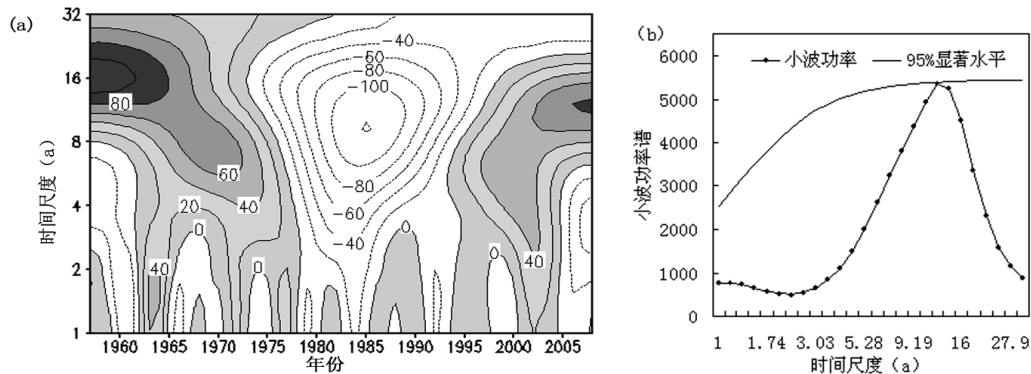


图4 1957—2008年春季日照时数小波分析(a.小波系数实部, b.总体小波功率谱)

1957—2008 年夏季日照时数小波分析(图 5a)表明, 在 14~32 年时间尺度上, 日照时数经历了 2 个正负交替振荡, 它们分别是 20 世纪 70 年代中期以前的日照时数偏多期; 20 世纪 70 年代末以来的日照时数偏少期。在 5~7 年时间尺度上, 日照时数周期振荡明显, 表现为少→多……→多 6 次交替。在 2~4 年时间尺度上, 日照时数变化则增加了更多的相对正负交替。从粤东地区最近几年的夏季日照时数变化来看, 14 年时间尺度以上为偏少期, 7~15 年时间尺度为偏多期, 1~6 年时间尺度为偏少期。由总体小波功率谱可知(图 5b), 3 年、21 年时间尺度的谱值比较突出, 但没有通过

95% 的显著性检验, 说明粤东地区夏季日照时数变化在 3 年、21 年时间尺度上具有一定的周期性, 但不是很显著。

1957—2008 年秋季日照时数小波分析(图 6a)表明, 在 12~32 年时间尺度上, 日照时数经历了 2 个正负交替振荡, 它们分别是 20 世纪 80 年代以前的偏多期; 20 世纪 80 年代以来的偏少期。在 4~10 年时间尺度上, 日照时数周期振荡明显, 表现为多→少→多→少→多, 5 次交替。在 1~2 年时间尺度上, 秋季日照时数变化则增加了更多的相对正负交替。从粤东地区最近几年的秋季日照时数变化来看, 12 年时间尺度以上为偏

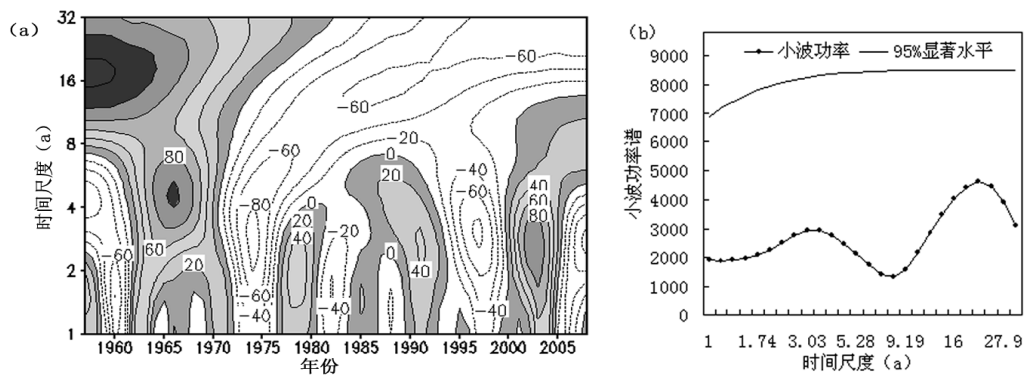


图 5 1957—2008 年夏季日照时数小波分析(a.小波系数实部, b.总体小波功率谱)

少期, 4~11 年时间尺度为偏多期, 1~3 年时间尺度为偏少期。由总体小波功率谱可知(图 6b), 2 年、6 年、21 年时间尺度的谱值比较突出, 但未通过 95% 的显著性检验, 说明粤东地区秋季日照时数变化在 2 年、6 年、21 年时间尺度上具有一定的周期性, 但不是很显著。

为少→多……→少 9 次交替。从粤东地区最近几年的冬季日照时数变化来看, 5 年时间尺度以上为偏多期, 2~4 年时间尺度为偏少期, 1~2 年时间尺度为偏多期。由总体小波功率谱可知(图 7b), 3 年、12 年时间尺度的谱值比较突出, 但没有通过 95% 的显著性检验, 说明粤东地区冬季日照时数变化在 3 年、12 年时间尺度上具有一定的周期性, 但不是很显著。

1957—2008 年冬季日照时数小波分析(图 7a)表明, 在 9~32 年时间尺度上, 日照时数经历了 3 个正负交替振荡, 它们分别是 20 世纪 70 年代前期以前的偏多期; 20 世纪 70 年代中期到 90 年代后期的偏少期; 20 世纪 90 年代末以来的偏多期。在 2~4 年时间尺度上, 冬季日照时数变化则增加了更多的相对正负交替, 表现

2.4 日照时数气候变化趋势的时空分析

分别计算粤东地区 13 个站全年及各季日照时数的线性变化趋势, 求出气候倾向率, 并绘制出气候倾向率的空间分布图(图 8)。图中灰色(颜色越深表示下降

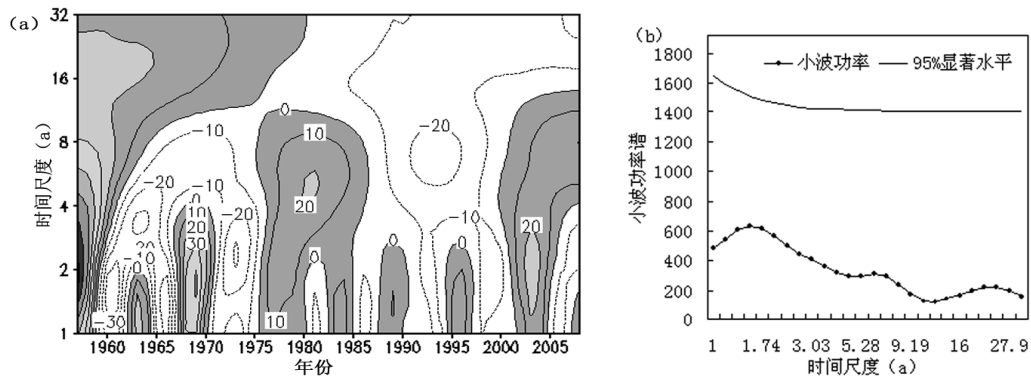


图 6 1957—2008 年秋季日照时数小波分析(a.小波系数实部, b.总体小波功率谱)

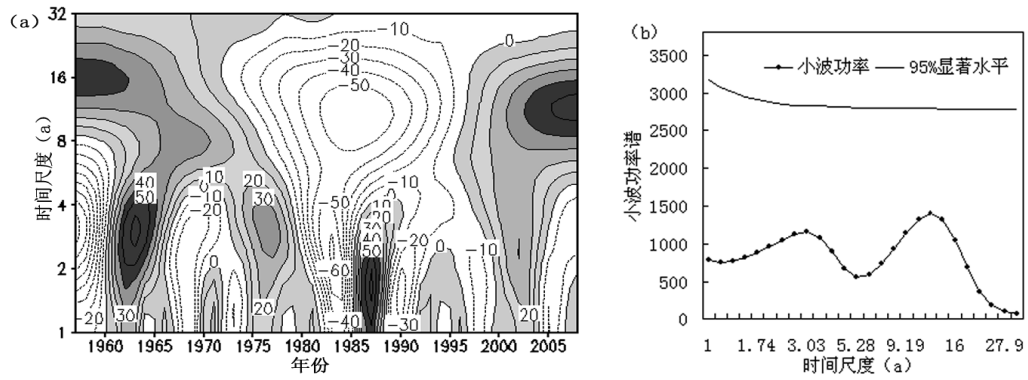


图7 1957—2008年冬季日照时数小波分析(a.小波系数实部,b.总体小波功率谱)

趋势越明显)部分表示下降趋势,白色表示上升趋势。从图8可以看出,虽然粤东地区整体平均日照时数呈下降趋势,但局部地方与整个区域的气候变化趋势并

不完全同步。全年日照时数变化(图8a)除潮州、饶平、潮阳、普宁外,其他各站均呈下降趋势,其中南澳、揭阳、揭西、陆丰、海丰、汕尾站下降趋势明显,相关系

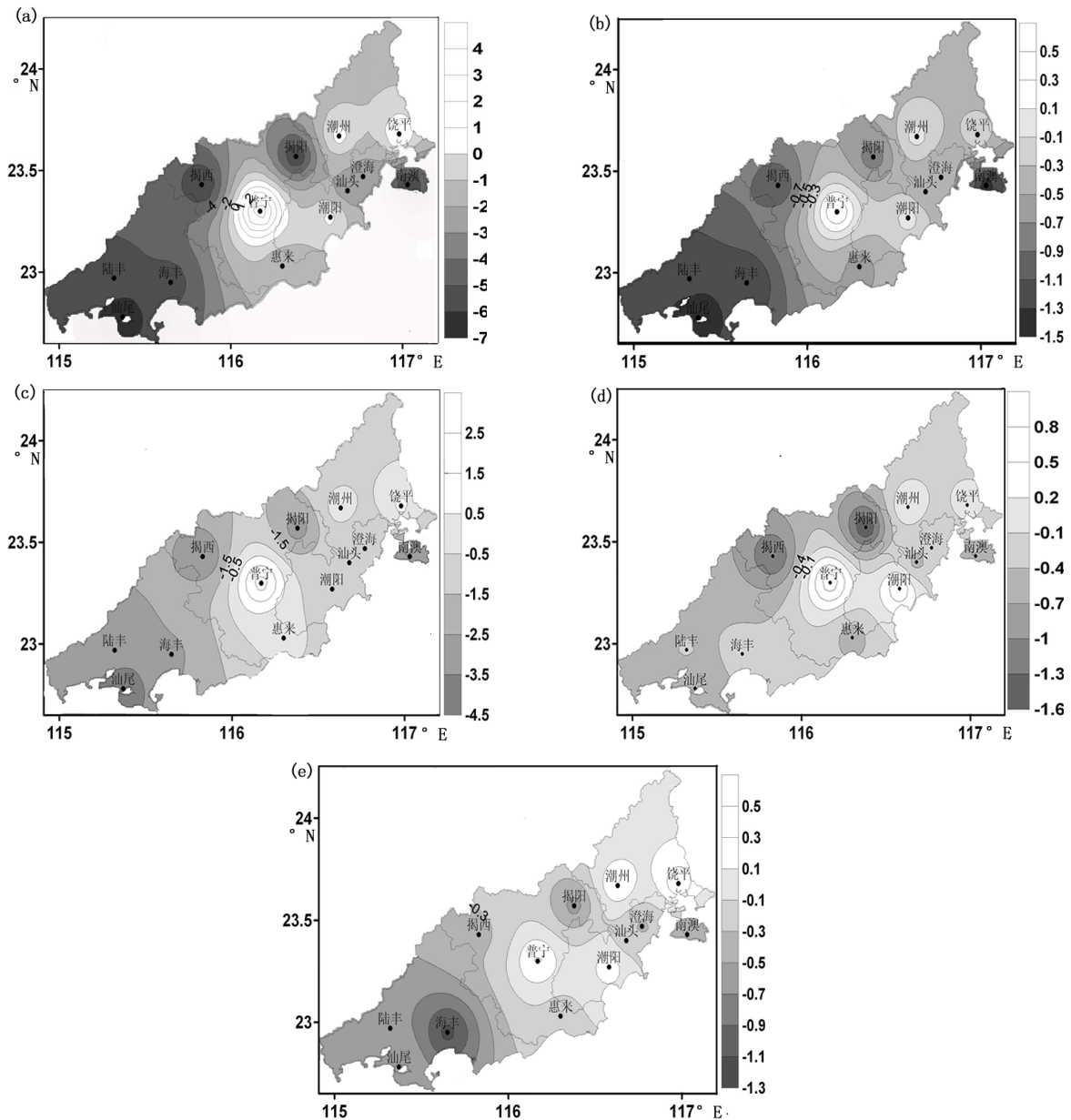


图8 1957—2008年粤东地区全年(a)、季节(b春、c夏、d秋、e冬)日照时数气候倾向率(h/年)的空间分布

数超过0.05显著性水平。春季的日照时数变化(图8b)除普宁外,其他各站均呈下降趋势,其中海丰站下降趋势明显,相关系数超过0.05显著性水平。夏季的日照时数变化(图8c)除饶平、普宁外,其它各站均呈下降趋势,其中南澳、揭阳、揭西、陆丰、海丰、汕尾站下降趋势明显,相关系数超过0.05显著性水平。秋季的日照时数变化(图8d)除潮州、饶平、潮阳、普宁外,其他各站均呈下降趋势,其中揭阳、揭西站下降趋势明显,相关系数超过0.05显著性水平。冬季的日照时数变化(图8e)除潮州、饶平、潮阳、普宁外,其他各站均呈下降趋势。由此可见,近52年来,粤东地区各气象站全年和各季日照时数变化多数呈下降趋势,即日照时数趋于减少,对于各季节而言,春季和夏季的粤东地区的日照时数表现为较一致下降的气候趋势。

### 3 讨论

对粤东地区近52年日照时数变化特征的分析表明,粤东地区整体平均日照时数呈波动下降,但下降趋势不显著,这与陈碧辉等<sup>[7-11]</sup>的日照时数显著下降的研究结果有所不同,这可能是由于中国的低纬度地区日照时数减少的变化趋势没有中高纬度明显,也可能与各个研究所用资料的时间段不同有关,究竟是何原因还需进一步的分析研究。

### 4 结论

(1)粤东地区年平均日照时数年际波动明显,20世纪60年代和21世纪初出现日照时数峰值,80年代出现低谷,21世纪初的峰值低于20世纪60年代;日照时数的变幅最大的季节为春季,其次是冬季,夏季和秋季不明显。

(2)粤东地区全年及各季日照时数在20世纪60—70年代日照时数出现了突发性的上升,进入了一个相对日照时数偏多的气候态,其中全年和春季的突变通过显著性检验,突变点分别在1972、1969年,到20世纪80~90年代全年及各季日照时数趋于减少,但没有突变点出现。

(3)根据气候资料的小波分析结果,日照时数变化在全年、春季、夏季、秋季、冬季分别有14年、12年、21年、2年、12年时间尺度的周期性变化。日照时数变化在大的时间尺度上年和各季节的日照时数目前均处于偏少期,12~14年时间尺度上则为偏多期,2~4年的较小尺度上则均为偏少期,可见短时间内该地区日照时数仍可能处于偏少的气候态。

(4)对日照时数气候变化的空间分析表明,粤东地区整体平均日照时数呈下降趋势,但局部地方与整个

地区的气候变化趋势并不完全同步,大部分地方是下降的,个别地方则是上升的。而春季和夏季则表现为较一致的下降趋势,春、夏季是粤东地区农作物生长发育的旺盛期,日照偏少,不利于农作物的生长发育。

### 参考文献

- [1] 邓可洪,居辉,熊伟,等.气候变化对中国农业的影响研究进展[J].中国农学通报,2006,22(5):439-441.
- [2] Liu Q Y, Zheng J, Ge Q S. Effects of global climate change on China's agriculture[J].中国农学通报,2008,24(12):447-453.
- [3] 丁丽佳.潮州农业气候变化特征及其对农业生产的影响和对策[J].气象科技,2009,37(2):190-195.
- [4] 余卫东,赵国强,陈怀亮.气候变化对河南省主要农作物生育期的影响[J].中国农业气象,2007,28(1):9-12.
- [5] 马治国,陈惠,陈家金.气候变化对福州植物气候生产力的影响分析[J].中国农学通报,2009,25(22):320-323.
- [6] 丁丽佳,谢松元.气候变暖对潮州水稻主要生育期的影响及对策[J].中国农业气象,2009,30(增1):97-102.
- [7] 陈碧辉,张平,郝克俊,等.近50年成都市日照时数变化规律[J].气象科技,2008,36(6):760-763.
- [8] 沈琪,曾燕,肖卉,等.江苏省日照时数的气候特征分析[J].气象科学,2007,27(4):425-429.
- [9] 石慧兰,王新堂,邵志勇,等.鲁西北52年日照变化特征及原因[J].气象,2007,33(2):93-97.
- [10] 毛飞,卢志光,郑凌云,等.近40年那曲地区日照时数和风速变化特征[J].气象,2006,(9):77-83.
- [11] 郭军,任国玉.天津地区近40年日照时数变化特征及其影响因素[J].气象科技,2006,34(4):415-420.
- [12] 纪忠萍,谷德军,易爱明,等.近48年来广东春旱的变化[J].自然灾害学报,2007,16(5):59-64.
- [13] 陈特固,曾侠,张江勇,等.全球变暖背景下的广东省降水量及早、涝变化趋势[J].广东气象,2007,29(1):5-10.
- [14] 陈新光,钱光明,陈特固,等.广东气候变暖若干特征及其对气候带变化的影响[J].热带气象学报,2006,22(6):548-552.
- [15] 黄嘉宏,李江南,李自安,等.近45年广西降水和气温的气候特征[J].热带地理,2006,26(1):23-28.
- [16] 周璋,李意德,林明猷,等.海南岛尖峰岭热带山地雨林区26年的热量因子变化特征[J].生态学杂志,2009,28(6):1006-1012.
- [17] 张黎明,魏志远,漆智平.近30年海南不同地区降雨量和蒸发量分布特征研究[J].中国农学通报,2006,22(4):403-407.
- [18] 丁丽佳,林巧美.粤东地区太阳能资源与太阳能利用气候分析[J].气象科技,2008,36(4):491-494.
- [19] 广东省气象局《广东省天气预报技术手册》编写组.广东省天气预报技术手册[M].北京:气象出版社,2006,5.
- [20] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007,5.
- [21] 郑庆庆,高静怀.有色噪声在物理小波变换下功率谱分布研究[J].武汉科技大学学报:自然科学版,2006,29(1):98-101.