

文章编号:1673-8411(2017)04-0013-05

# 近 55a 南宁冬末春初日照时数气候变化特征分析

谢 敏<sup>1</sup>, 陆 虹<sup>1</sup>, 何 慧<sup>1</sup>, 廖雪萍<sup>2</sup>, 李耀先<sup>2</sup>

(1.广西区气候中心, 南宁 530022; 2.广西气象减灾研究所, 南宁 530022)

**摘要:**利用南宁 1961–2015 年 1–3 月逐日日照时数资料, 运用气候倾向率、M-K 突变检验方法和 Morlet 小波分析等方法, 分析近 55 a 南宁 1–3 月总日照时数、总无日照日数的气候变化特征, 以及影响南宁日照变化的气象因子。结果表明: 1–3 月南宁总日照时数呈显著减少趋势, 气候倾向率是  $-16.13\text{h}\cdot(10\text{a})^{-1}$ , 年际变化较大, 最多年与最少年相差 321.9h, 存在明显的 11–12a 周期; 而南宁 1–3 月无日照日数序列的变化趋势与日照时数相反, 呈显著增加趋势, 趋势系数为  $2.21\text{d}\cdot(10\text{a})^{-1}$ , 存在 20–21a 变化周期; 南宁 1–3 月总日照时数和总无日照日数分别在 1973 年和 1978 年发生了突变; 近 55a 来 1–3 月日照时数减少而无日照日数增加的趋势明显, 使南宁冬春季低温寡照的气候特征更加突显。低云量和总云量是影响南宁日照变化的主要因素。

**关键词:**日照时数; 变化特征; 气候倾向率; 突变分析; 南宁

中图分类号: P46

文献标识码: A

## Climate change characteristics of sunshine hours in the late winter and early spring of Nanning in the recent 55 years

Xie Min<sup>1</sup>, Lu Hong<sup>1</sup>, He Hui<sup>1</sup>, Liao Xueping<sup>2</sup>, Li Yaoxian<sup>2</sup>

(1 Guangxi Climate Center, Nanning Guangxi 530022; 2 Meteorological Disaster Alleviation Research of Guangxi, Nanning Guangxi 530022)

**Abstract:** In order to provide some helpful advices for the agriculture production, we analyzed climate change of the total sunshine hours and the total none-sunshine hours in Nanning from January to March by using climatic trend rate, m-k catastrophe test, and Morlet wavelet analysis. The analysis was conducted by the meteorological factors which influenced the sunshine change. The results showed that: the total sunshine hours of Nanning from January to March decreased significantly and its climatic tendency was  $-16.13\text{h}/10\text{a}$ , which had a great yearly variation. The difference between the year maximum and minimum was 321.9h. The trend of none-sunshine hour series from January to March in Nanning increased significantly and was opposite to that of sunshine hours. The trend coefficient was  $2.21\text{d}/10\text{a}$  and there were obvious periodic variations of 20–21a. The total sunshine hours and total none-sunshine hours from January to March in Nanning mutated in 1973 and 1978. The key constraints which had an impact on sunshine change in Nanning were low cloud cover and total cloud cover.

**Key words:** sunshine duration; none-sunshine days; climatic trend

收稿日期: 2017-05-16

基金项目: 广西自然科学基金项目(2013GXNSFAA019283)国家自然科学基金项目(41565005)

作者简介: 谢敏(1985-), 女, 广西北海市人, 硕士, 工程师, 主要从事气候变化研究、气候监测评价与灾害风险评估等工作, E-mail: xm409680373@163.com;

通信作者简介: 陆虹(1966-), 女, 广西钦州市人, 硕士, 高级工程师, 主要从事气候与气候变化研究, E-mail: LUHONG0908@163.com。

南宁位于广西的南部,属亚热带季风气候,每年冬末春初,当受到较强冷空气影响时,常出现连绵的低温阴雨寡照天气,对冬种作物后期生长、收获以及早春作物生长造成不利影响。因此,研究 1-3 月日照时数的多年变化特征,了解其气候背景和变化特征,对趋利避害,合理安排农业生产有着十分重要的现实意义。在气候变化大背景下,各地日照时数也随之发生了变化,许多专家和学者对日照时数的气候变化特征进行了研究和分析,任国玉等<sup>[1]</sup>等指出,1956—2002 年全国年平均日照时数具有明显下降趋势;郝智文等<sup>[2]</sup>对山西省 1959—2008 年 108 个地面气象观测站年日照时数进行分析,发现 90% 以上的气象站年日照时数呈下降趋势;焦建丽等学者的研究<sup>[3-9]</sup>表明,河南、广东近 50a 的年平均日照时数变化均呈下降趋势;叶瑜等<sup>[10-14]</sup>研究了广西近 50a 日照时数的变化特征,指出广西平均日照时数变化与全国平均日照时数变化特征基本一致,下降趋势显著。这些都是研究年度、大范围区域性的平均日照时数的变化情况,而针对一个地区、某个时段的日照时数和无日照日数变化规律的研究目前还很少涉及。本文运用气候倾向率、M-K 突变检验方法和 Morlet 小波分析等方法,分析南宁近 55a 冬末春初(1-3 月)总日照时数和无日照日数的变化特征及规律,以期当地农业部门合理安排生产提供科学依据。

1 资料与方法

本文采用南宁站 1961—2015 年 1-3 月逐日日照时数观测资料,当日照时数为 0h 时记为 1 个无日照日,逐年统计 1-3 月总日照时数和无日照日数,并建立相应的序列。

通过以下方法分析近 55a 来南宁日照时数和无日照日数的变化特征:(1)采用线性趋势分析其变化趋势,当气候倾向率大于 0,则为上升趋势,反之,为下降趋势,并且用线性相关系数判断变化趋势的程度是否显著;(2)采用 Mann-Kendall 非参数统计检验法(Mahrt L 1999)来研究各序列的突变特征,通过 Mann-Kendall 检验确定突变年份,并反映突变年份的显著水平;(3)通过 Morlet 小波分析法<sup>[15-17]</sup>进行识别周期性变化,相邻两个小波方差极值之间的时间尺度即为气候要素序列的周期,通过绘制小波系数等值线图,分析其高、低值区可以分析其变化的不同演变阶段。

2 结果与分析

2.1 变化趋势分析

2.1.1 1-3 月总日照时数变化趋势

图 1、图 2 分别为近 55 a 南宁 1-3 月逐年日照时数和无日照日数的年际变化序列。从图 1 可以看到,1961—2015 年南宁 1-3 月总日照时数序列呈显著减少趋势,倾向率为  $-16.13\text{h}\cdot(10\text{a})^{-1}$ ,通过  $\alpha=0.01$  的显著性检验。序列的年际变化较大,总日照时数多年平均值为 197.3h,最大值为 371.1h,出现在 1963 年,而最小值出现在 2012 年,仅 49.2h,最大值与最小值相差 321.9h,是多年平均值的 1.6 倍,震幅较大。同时,其阶段性变化特征也较明显,与多年平均值比,1961-1980 年属偏多期,阶段平均值比多年平均值偏多 42.0h,20 a 里有 14 a 是偏多年,偏多年占 70%;1981-2015 年属偏少期,阶段平均值比多年平均值偏少 24.0h,35 a 有 24 a 是偏少的,偏少年占 68.6%。统计 T 检验计算表明,在 0.05 的显著性水平上,1961-1980 年和 1981-2015 年的均值有显著差异(图 1、图 2、表 1)。

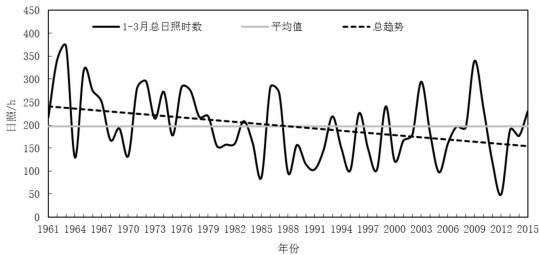


图 1 南宁 1-3 月总日照时数的年际序列变化图

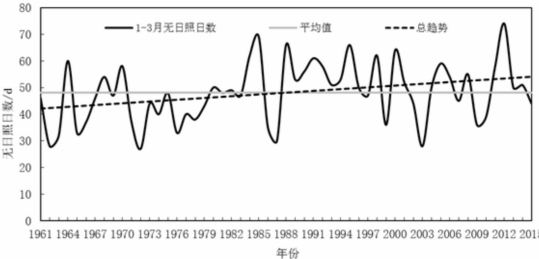


图 2 南宁 1-3 月无日照日数的年际序列变化图

表 1 1-3 月南宁日照时数和无日照日数变化特征

Table 1 The regress equations of sunshine duration in Nanning					是否通过显著性检验(显著性水平)
	最大值 (年份)	最小值 (年份)	平均值	倾向率 (h/10a)	
日照时数	371.1 h	49.2 h	197.3 h/a	-16.13	是(0.01)
	1963 年	2012 年			
无日照日数	74d	27d	48d/a	2.21	是(0.05)
	2012 年	1972 年			

### 2.1.2 1-3 月无日照日数变化趋势

图 2 所示,近 55a 南宁 1-3 月无日照日数序列的变化趋势与日照时数相反,呈增加趋势,趋势系数为  $2.21\text{d}/10\text{a}$ ,通过  $\alpha=0.05$  的显著性检验,表明上升趋势显著。从表 1 可知,1961-2015 年南宁 1-3 月无日照日数多年平均值为  $48\text{d}/\text{a}$ ,说明南宁 1-3 月有超过一半的天数是没有日照的,而无日照日数最多的一年为 2012 年,达 74d。相对于多年平均值而言,1961-1991 年南宁的无日照日数属偏少期,1992-2012 年属偏多期,统计 T 检验计算表明,在 0.05 的显著性水平上,1961-1991 年和 1992-2012 年的均值有显著差异(图 3)。

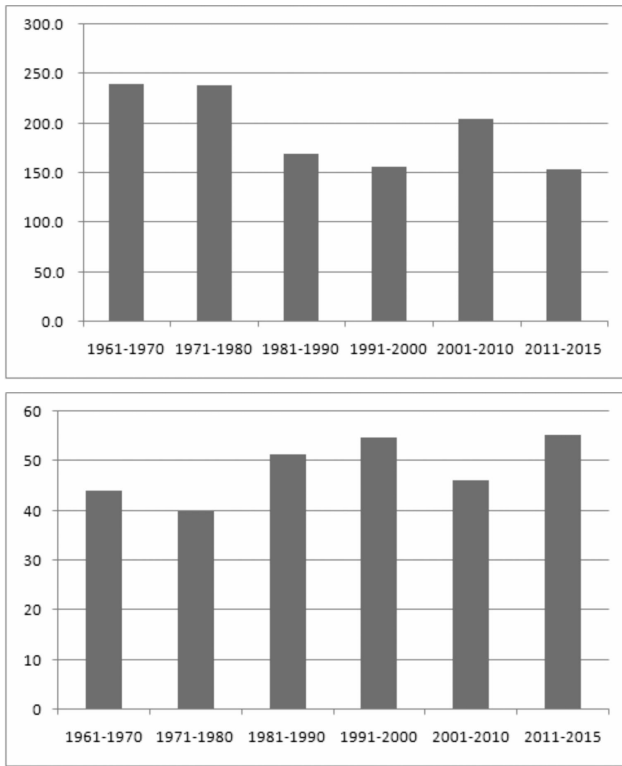


图 3 南宁 1-3 月总日照时数(a)和无日照日数(b)的年代际序列

图 3 给出了南宁 1960s 至今各年代 1-3 月总日照时数(a)和无日照日数(b)的统计特征。从图 3(a)来看,南宁 1-3 月总日照时数年代际变化呈现波动性下降趋势,在 1960s、1970s 日照时数较多,分别达  $240\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$  和  $239\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$ ,比多年平均值偏多  $43\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$  和  $42\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$ ,而 1980s、1990s 日照时数较少,分别只有  $169\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$ 、 $156\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$ ,分别比多年平均值偏少  $28\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$  和  $41\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$ ,到 2000s 日照时数重新增多到  $205\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$ ,接近多年平均值,而 2011-2015 年(2010 s,下同)再次减少,平均只有  $153\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$ ,比多年平均值偏少  $44\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$ 。而

从图 3(右)来看,南宁 1-3 月总无日照日数的年代际变化则呈现波动性上升趋势,在 1960s、1970s 无日照日数较少,分别为  $44\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$  和  $40\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$ ,比多年平均值分别偏少  $4\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$  和  $8\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$ ,而 1980s、1990s 无日照日数较多,平均分别为  $52\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$ 、 $55\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$ ,分别比多年平均值偏多  $3\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$  和  $7\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$ ,到 2000s 无日照日数重新下降到  $46\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$ ,略少于多年平均值,而 2010 s 再次增多至  $55\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$ ,比多年平均值偏多  $7\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

### 2.2 突变分析

对近 55a 南宁 1-3 月的总日照时数和总无日照日数进行突变检验(给定显著性水平  $\alpha=0.05$ ,即  $\mu 0.05=\pm 1.96$ )结果见图 4 和图 5。

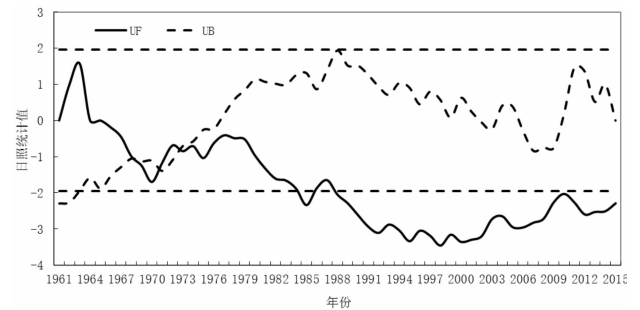


图 4 1961—2015 年南宁 1-3 月日照时数的 M-K 检验曲线(虚直线为  $\alpha=0.05$  显著性水平临界值)

从图 4 南宁 1-3 月日照时数 M-K 统计曲线可见,自 1963 年开始正序 UF 线总体是一个下降的趋势,从 1965 年开始,正序 UF 线小于 0,表明日照时数有一明显的减少趋势,期间在 1970-1977 年有一个短暂的上升期,但从 1978 年开始减少的趋势就十分明显,到 1987 年 UF 线超过了显著性水平 0.05 临界线,表明减少趋势十分显著,但从 1998 年以后日照时数又稍微呈现上升的趋势。正序 UF 曲线和反序 UB 曲线在两临界线之间出现交点,相交时间在 1960s 末到 1970s 初,表明日照时数在此期间开始出现了一个突变现象,发生了减少的显著变化趋势,具体从 1973 年开始。而从图 5 南宁 1-3 月无日照日数的 M-K 统计从 UF 曲线分析可见,自 1963 年以来虽然总的趋势是上升的,但在 70s 有一个下降期,然后在 80 年代初又开始呈现上升的趋势,而且从 1989 年开始这种上升的趋势超过显著性水平 0.05 临界线,表明增加趋势是十分显著的。从 UF 和 UB 曲线相交情况分析来看,1978 年是南宁 1-3 月无日照日数增加突变的时间点。



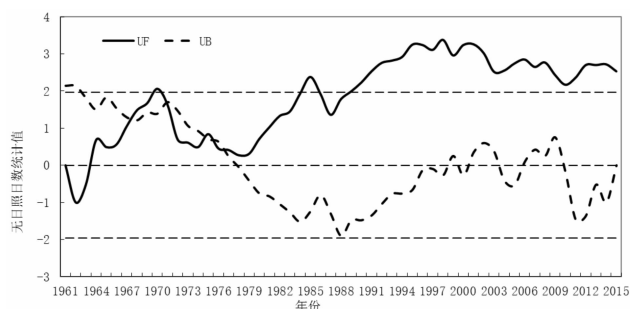


图5 1961—2015年南宁无日照日数的M-K检验曲线(虚直线为 $\alpha=0.05$ 显著性水平临界值)

### 2.3 小波分析

运用小波分析近55a南宁1—3月总日照时数和无日照日数的小波变换见图6和图7,正值表示日照时数偏多,反之表示日照时数偏少。

由图6可以看出,南宁1—3月日照时数序列的周期在各时间段表现有所不同。在1961—2015年整个时间序列上,存在11—12a、7—8a、5—6a和2—3a的周期,其中11—12a周期最为显著,经历了五个正位相期和四个负位相期,1961—1967年、1971—1979年、1983—1987年、1995—1998年、2006—2010年各时段为正位相,表示日照时数偏多,而1968—1970年、1980—1982年、1988—1994年、1999—2005年各时段为负位相,表示日照时数偏少。从图中看到,正位相期趋于缩短、负位相期趋于延长,小波振幅呈下降趋势。1990s左右,从显著的11—12a周期主要转为显著的7—8a周期。在1971—2015年时间序列上,7—8a周期表现显著,经历了6个高值期和6个低值期,每个交替期大约为4a,小波振幅呈增强趋势,并在2000年后增强显著,结果和前面日照时数的年代际变化分析结论相一致(图6)。

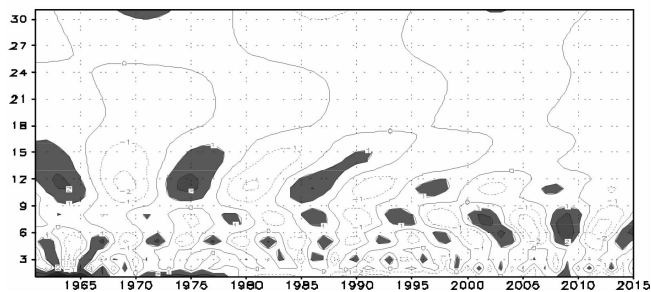


图6 1961—2015年南宁1—3月日照时数小波变换图

由图7可以看出,南宁1—3月无日照日数在整个时间序列上存在20—21a、13—14a、7—9a、5—6a和2a的周期,其中20—21a周期最为显著,经历了3个

偏高期和2个低值期,1965—1974年、1985—1996年、2008—2015年各时段为正位相,表示无日照日数偏多,而1975—1984年、1997—2007年各时段为负位相,表示无日照日数偏少。从13—14a振荡周期中看到,1968—1971年、1979—1985年、1993—2000年、2008—2015年各时段为正位相,表示无日照日数偏多,而1961—1967年、1972—1978年、1986—1992年、2001—2007年各时段为负位相,表示无日照日数偏少,从图中看到该周期1990s中期开始小波振幅呈下降趋势。1980s左右,从显著的13—14a周期主要转为显著的7—9a周期。从7—9a振荡周期上,经历了7个高值期和7个低值期,每个交替期大约为4a,小波振幅呈增强趋势,1980年后增强显著。这一计算结果和前面无日照日数的年代际变化分析结论相一致(图7)。

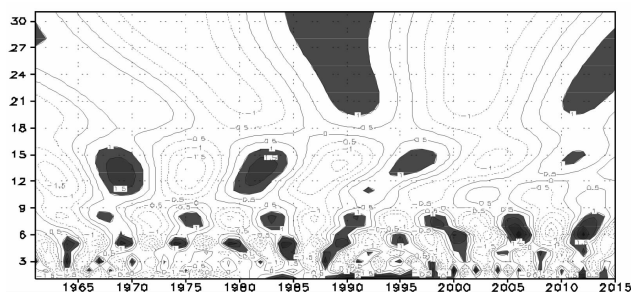


图7 1961—2015年南宁1—3月无日照日数小波变换图

## 3 南宁1—3月日照变化的影响因子分析

南宁常年冬春季气候以阴冷、光照少为主要特征,而近55a来日照时数减少而无日照日数增加的趋势都十分明显,使南宁冬春季低温寡照的气候特征更加突显,这对当地的农业生产造成了一定的影响。但是,造成日照时数减少、无日照日数增多的原因非常复杂,本文从气象因子的角度选取几个对南宁市天气状况影响较大的因素做相关分析,以探求南宁市日照变化的原因:1961~2015年1—3月平均总量、1—3月平均低云量、1—3月平均水气压、1—3月平均相对湿度、1—3月平均风速、1—3月平均降水量等。

由表2可看出,南宁市日照时数与低云量、总云量、水气压、相对湿度、风速、降水量等气象因子均呈显著负相关,无日照日数与低云量、总云量、水气压、相对湿度、风速、降水量等气象因子均呈显著正相关,且均通过 $\alpha=0.01$ 的显著性水平检验。日照时数

与低云量、总云量的相关系数超过 -0.9,无日照日数与低云量、总云量的相关系数超过 0.8,表明低、总云量与日照时数达到极其显著的负相关,而与无日照日数达到极其显著的正相关。因此低、总云量是影响南宁市日照变化的主要因素(表 2)。

表 2 各气象因子与日照时数、无日照日数的相关系数

日照	低云量	总云量	水气压	相对湿度	风速	降水量
日照时数	-0.94	-0.90	-0.55	-0.55	-0.45	-0.38
无日照日数	0.88	0.82	0.51	0.51	0.42	0.35

4 结论

(1)近 55a 来南宁 1-3 月日照时数呈显著减少趋势,年代际变化则呈阶梯减少的趋势,分析表明南宁日照时数的变化与全区平均日照时数的变化趋势是一致的,但减少的趋势比全区平均要小;而 1-3 月无日照日数的增加趋势十分明显,年际变化也较大,年代际变化呈阶梯式增加的趋势。

(2)从突变特征来看,南宁 1-3 月日照时数在 1973 年发生向减少方向变化的突变,这与叶瑜等<sup>[10]</sup>研究广西全区平均日照时数突变的时间较相近,与虞海燕等研究全国多数地区平均日照时数突变的时间段也基本一致;而南宁 1-3 月无日照日数则是在 1978 年发生了向增加方向变化的突变。

(3)从小波分析来看,南宁 1-3 月日照时数存在显著的 11-12a 周期,而在 1990s 左右开始,从显著的 11-12a 周期主要转为显著的 7-8a 周期,小波振幅呈增强趋势,并在 2000 年后增强显著。而南宁 1-3 月无日照日数则存在 20-21a、13-14a、7-9a 等显著周期,其中 7-9a 振荡周期每个交替期大约为 4a,小波振幅呈增强趋势,1980 年后增强显著。

(4)南宁常年冬春季气候以阴冷、光照少为主要特征,而近 55a 来日照时数减少而无日照日数增加的趋势都十分明显,使南宁冬春季低温寡照的气候特征更加突显,这对当地的农业生产造成了一定的

影响。但是,造成日照时数减少、无日照日数增多的原因非常复杂,其中低、总云量是影响南宁市日照变化的主要气象因素,其他影响因素的作用,如空气污染物增多、城市化的影响等,还需进一步研究探讨。

参考文献:

[1] 任国玉,郭军,徐铭志,等. 近 50 年中国地面气候变化特征分析[J]. 气象学报,2005,63(6):942—956.

[2] 郝智文,范晓辉,朱小琪,等. 山西省近 50 年日照时数变化趋势分析[J]. 生态环境学报,2009,18(5):1807—1811.

[3] 焦建丽,康雯瑛,王军,等. 河南省日照时数时空变化分析[J]. 气象与环境科学,2008,31(21):4-6.

[4] 黄珍珠,蔡玲玲,秦鹏,等. 1960 年-2008 年广东省不同区域的日照时数变化特征[J].广东气象,2009,31(6):23—25.

[5] 广东省气候变化评估报告编制课题组. 广东气候变化评估报告[J]. 广东气象,2007,29(3):1-6.

[6] 汤海燕. 广东省近 40 年来气候变化初探[J]. 广东气象,2003,25(1):37-39.

[7] 吴达鸿. 简析近年日照时数偏少的原因[J]. 广东气象,2001,23(1):35-36.

[8] 罗伟华,张明洁,姚建春.近 47 年来广东省地面气候变化基本特征[J]. 广东气象,2009,31(1):35-38.

[9] 张涛,古明媚,蔡世同,等. 1960-2014 年茂名电白日照的变化特征[J]. 广东气象,2016,38(3):22-25.

[10] 叶瑜,苏永秀,李政,等.近 50 年广西日照时数时空变化特征分析[J].中国农业通报 2013,29(14):196-201.

[11] 梁琼芳,黄琳,凌莉.百色市日照时数变化特征分析[J].气象研究与应用,2010,31(4):32-33.

[12] 陆小丹,胡春风,黄干淇,等. 近 35 年上思县暴雨和日照时数气候特征分析 [J]. 气象研究与应用,2016,37(S1):54-55.

[13] 陆洪波,苏珏林,梁莹露. 贵港近五年气象要素变化特征对比分析[J].气象研究与应用,2015,36(S2):71-72.

[14] 朱媛萍,梁丽娜,唐军波. 近 50a 来桂平地区气象要素场的变化特征[J].气象研究与应用,2015,36(S1):64-65.

[15] 黎洛丝,郑金新,黎笑玲,等. 我国冬季气温特征分析[J]. 气象研究与应用,2015,36(S1):40-42.

[16] 许艺馨,黄巾旗,蒙小寒,等. 贵港市近 50 年春播期低温阴雨特征分析[J].气象研究与应用,2015,36(S2):58-60.

[17] 廖雪萍,覃卫坚,唐炳莉,等.广西近 50 年暴雨日数变化的小波分析[J].气象,2007,33(12):39-45.