

## 清远市森林火险气象指数变化特征分析

罗瑞婷<sup>1</sup>, 殷美祥<sup>2</sup>, 彭窈<sup>3</sup>, 胡琼文<sup>4</sup> (1. 广东省清远市预警信息发布中心, 广东清远 511510; 2. 广东省气象公共服务中心, 广东广州 510640; 3. 广东省清远市清新区气象局, 广东清远 511800; 4. 广东省紫金县气象局, 广东紫金 517400)

**摘要** 利用清远市气象站 1976—2015 年逐日气象观测资料, 通过布龙-戴维斯方案及修正后的布龙-戴维斯方案计算出森林火险气象指数, 采用线性倾向估计法、Mann-Kendall 突变检验、小波分析等方法, 分析清远市森林火险变化特征。结果表明, 近 40 年来清远市森林火险气象指数增长趋势明显, 火险指数年内变化具有季节性特征, 从夏季开始逐渐增加, 9 月一次年 2 月指数比较高, 10 月份达到峰值, 春季开始指数逐渐下降, 5 月降至最低值; Mann-Kendall 突变检验分析表明, 从 20 世纪 80 年代初火险指数呈明显上升趋势, 上升的突变点是 1994 年; 小波分析表明, 火险指数存在 16~32、11~23 年尺度的准 2 次振荡, 27 年左右的周期振荡最强, 为指数变化的第 1 主周期, 18 和 5 年时间尺度分别为指数变化的第 2、第 3 主周期, 3 个周期的波动控制着指数在整个时间域内的变化特征。

**关键词** 森林火险气象指数; 变化特征; 突变检验; 小波分析; 清远市

**中图分类号** S762 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)14-0163-03

### Analysis on the Change Characteristics of Forest Fire Weather Index of Qingyuan City

LUO Rui-ting<sup>1</sup>, YIN Mei-xiang<sup>2</sup>, PENG Yao<sup>3</sup> et al (1. Qingyuan Early Warning Information Publishing Center, Qingyuan, Guangdong 511510; 2. Guangdong Meteorological Public Service Center, Guangzhou, Guangdong 510640; 3. Qingxin District Meteorological Bureau, Qingyuan, Guangdong 511800)

**Abstract** Using daily meteorological observation data from Qingyuan City Meteorological Station from 1976 to 2015, the forest fire weather index was calculated by the Bron-Davies scheme and the modified Bron-Davies scheme, the linear tendency estimation method, Mann-Kendall mutation, wavelet analysis and other methods were used to analyze the change characteristics of forest fire in Qingyuan City. In the past 40 years, the growth trend of forest fire weather index in Qingyuan City had been obvious. The change of forest fire weather index had seasonal characteristics, it began to rise in the summer, September to February was higher, the peak appeared in October. It began to fall from spring, the lowest value appeared in May. Mann-Kendall showed that the forest fire weather index had been on the rise since the early 1980s, the rising point of mutation was 1994. Wavelet analysis showed that the forest fire weather index appeared Quasi two concussion of 16–32 years and 11–23 years scale, the period of 27 years was the strongest, which was the first main period of index changes, the 18 and 5 year scales were the second and third main period of index changes. The fluctuations in the three cycles control the change characteristics of the index in the whole time domain.

**Key words** Forest fire weather index; Change characteristic; Mutation test; Wavelet analysis; Qingyuan City

森林火险与降水量、气温、相对湿度、风等气象因子和气候条件密切相关<sup>[1-2]</sup>。全球气候变化趋暖加剧了森林火灾的发生, 森林火释放巨大的烟尘严重污染大气环境, 又进一步加剧气候变化。早在 20 世纪 50 年代, 我国气象和林业专家在前苏联、加拿大、美国等研究成果的基础上, 开始对森林火险气象指数进行研究<sup>[3-5]</sup>。国家气象中心利用特大火灾历史数据反复验证, 对美国的布龙-戴维斯方案进行了修正, 并运用到日常业务中。郑海青等<sup>[6]</sup>也提出了福建省的森林火险气象指数的计算方法。戴丛蕊等<sup>[7]</sup>、鲁韦坤等<sup>[8]</sup>利用多个气象因子和森林火险气象指数分级指标, 研究出了云南省森林火险气象等级预报模式。清远市位于广东省西北部, 北江中下游、南岭山脉南侧与珠江三角洲的结合带上, 森林覆盖率高, 据 2003 年林业统计资料汇编反映, 全市林业用地面积 1 390 568 hm<sup>2</sup>, 是广东省的重点林区。因此, 分析清远市森林火险指数变化特征对提高森林火险等级预报准确率和防灾减灾能力具有重要的意义。笔者利用 1976—2015 年清远市气象站逐日气象观测资料, 采用线性倾向估计法、Mann-Kendall 突变检验和小波分析法, 分析了近 40 年来清远市森林火险气象指数变化特征。

## 1 资料与方法

选取清远市气象站 1976—2015 年逐日气象观测资料,

**基金项目** 广东省清远市气象局项目(201507); 广东省气象局青年基金项目(GRMC2017Q09)。

**作者简介** 罗瑞婷(1990—), 女, 广东英德人, 助理工程师, 从事气象防灾减灾研究。

**收稿日期** 2018-02-28

利用布龙-戴维斯方案(公式 1)及修正后的布龙-戴维斯方案(公式 2), 并经过加权平均、地表状况和降水系数订正最终得出森林火险气象指数  $I_{\text{mmc}}$  (公式 3)。

$$U = I_v(v) + I_T(T) + I_F(F) + I_m(m) \quad (1)$$

$$U' = I'_v(v) + I'_T(T) + I'_F(f) + I'_m(m) \quad (2)$$

$$I_{\text{mmc}} = (AU + BU') \times C_s \times C_r \quad (3)$$

式中,  $v, T, f$  分别为 14:00 风速(m/s)、气温(°C)、相对湿度(%),  $F$  为可燃物湿度 + 14:00 相对湿度  $\times 0.25$ (%),  $m$  为连续无雨日数(d),  $I_v(v), I_T(T), \dots, I'_m(m)$  是由布龙-戴维斯火险气象因子及其指数查对表(表略)及修正后的布龙-戴维斯火险气象因子及其指数查对表(表略)查算得出。 $C_r$  是降水修正系数, 当日有降水  $C_r = 0$ , 当日无降水  $C_r = 1$ ;  $C_s$  是地表修正系数, 取值为 1;  $A, B$  为权重系数 0.3 与 0.7, 最终计算出清远市森林火险气象指数  $I_{\text{mmc}}$ 。然后利用线性倾向估计法、Mann-Kendall 突变检验分析及小波分析等方法<sup>[5,9-10]</sup>, 分析清远市森林火险气象指数变化特征。

## 2 结果与分析

### 2.1 森林火险气象指数时间分布特征

**2.1.1 年际、年代际变化特征。**从图 1 可看出, 近 40 年来清远市年森林火险气象指数总体呈线性增长趋势, 相关系数  $r = 0.4698$ , 通过  $t = 0.01$  的显著性水平检验, 表明在信度为 0.01 的水平下清远市森林火险气象指数增长趋势明显; 由 5 年滑动平均变化趋势可得出, 20 世纪 70 年代末—80 年代初森林火险气象指数呈波动下降趋势, 而 20 世纪 80 年代初—

2015年呈缓慢波动增长趋势。

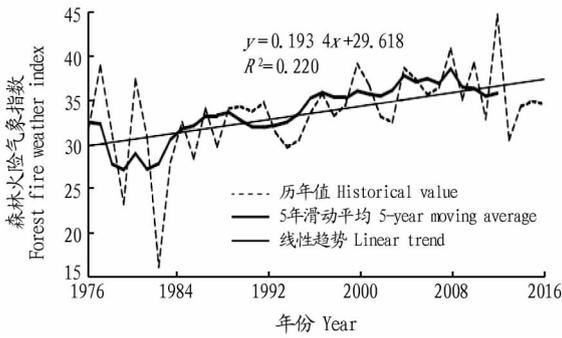


图1 1976—2015年清远市森林火险气象指数年际变化

Fig. 1 Interannual change of forest fire weather index in Qingyuan City from 1976 to 2015

2.1.2 月际变化特征。从图2可看出,1976—2015年清远市森林火险气象指数的年内变化呈单峰型,从6月份开始

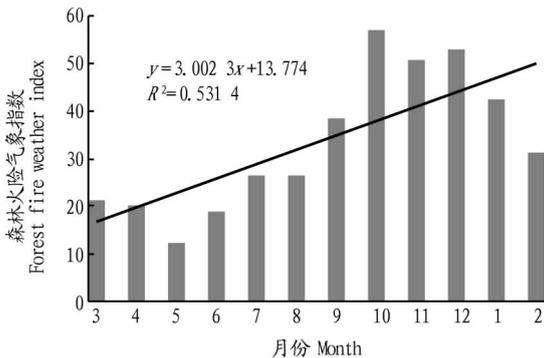


图2 1976—2015年清远市森林火险气象指数年内变化

Fig. 2 Annual change of forest fire weather index in Qingyuan City from 1976 to 2015

(即夏季开始)火险指数逐渐增加,9月一次年2月(即秋、冬季)火险指数比较高,10月份达到峰值,3—5月(即春季)森林火险指数逐渐下降,5月降至最低值。总体上,全年以3.0023的速率呈线性增长趋势,相关系数 $r=0.7290$ ,并通过 $t=0.01$ 的显著性水平检验,说明森林火险气象指数增长趋势非常明显,且与气象划分上的季节相吻合,指数年内变化具有季节性特征。

2.2 森林火险气象指数的突变检验 由Mann-Kendall突变检验变化曲线(图3)中的UF曲线得知,从20世纪80年代初开始,清远市森林火险气象指数呈现波动上升的趋势,1991、2000、2011年为波峰,1983、1994、2002年为波谷,1994年后增加趋势更为显著,2003年后显著性水平大于0.05临界线( $U = \pm 1.96$ ),甚至超过0.001显著性水平( $U = \pm 2.56$ ),表明清远市森林火险气象指数上升趋势是非常显著的。UF和UB曲线存在一个交点,表明在1994年存在突变,且

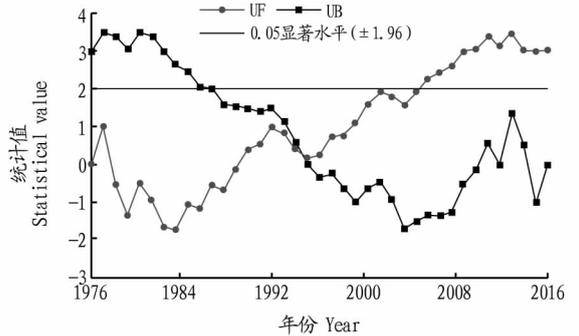


图3 1976—2015年清远市森林火险气象指数Mann-Kendall突变检验

Fig. 3 Mann-Kendall mutation test of forest fire weather index in Qingyuan City from 1976 to 2015

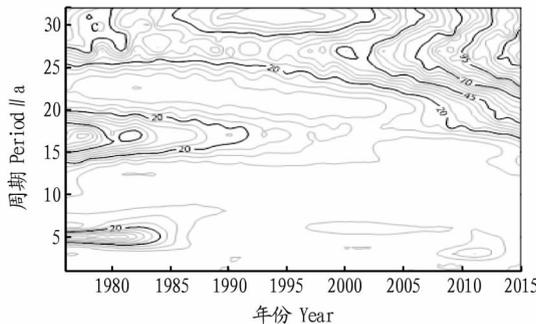
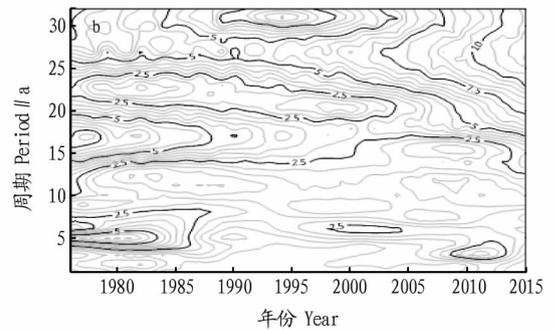
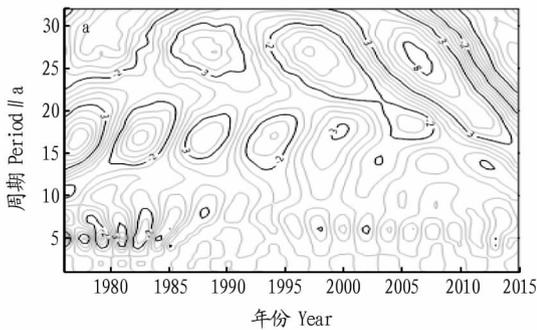


图4 1976—2015 清远市森林火险气象指数的小波系数实部(a)、模值(b)和模方(c)等值线

Fig. 4 Isoline of wavelet coefficient real parts (a), modulu value (b) and modified cube (c) of forest fire weather index in Qingyuan City from 1976 to 2015

这种突变通过了 0.05 的显著性检验。

**2.3 森林火险气象指数的小波分析** 由图 4a 可知,1976—2015 年清远市森林火险气象指数变化过程中存在 23~32、16~32、11~23 和 3~11 年的 4 类尺度的周期变化规律。其中,在 16~32、11~23 年尺度上均出现了偏高—偏低交替的准 2 次振荡,而 3~11 年尺度的周期变化在 1995 年后表现较为稳定。

小波变换系数的模值能反映能量密度,是各种时间尺度变化周期所对应的能量密度在时间域中的分布情况,系数模值越大,说明其所对应时段和尺度的周期性就越明显。从图 4b 可以看出,在清远市森林火险气象指数变化过程中,19~32 年时间尺度模值最大,说明该时间尺度周期变化最明显,4~18 年时间尺度的周期变化次之,其他时间尺度的周期性变化较小。

小波变换系数的模方能显示出不同周期的振荡能量,等同于小波能量谱。由图 4c 可知,18~32 年时间尺度的能量最强、周期最显著,14~20 和 3~7 年时间尺度能量虽然较弱,但周期分布比较明显。

小波方差则表示时间序列中该尺度周期波动的强弱,能反映清远市森林火险气象指数时间序列的波动能量随尺度的分布情况,可用来确定指数变化过程中存在的主周期。从图 5 可看出,1976—2015 年清远市森林火险气象指数存在 3 个较为明显的峰值,它们依次对应着 5、18、27 年的时间尺

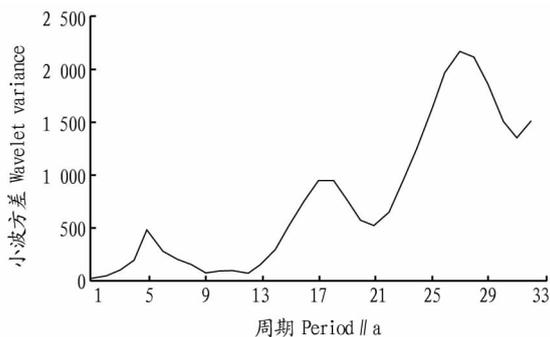


图 5 1976—2015 年清远市森林火险气象指数的小波方差

Fig. 5 Wavelet variance of forest fire weather index in Qingyuan City from 1976 to 2015

度。其中,最大峰值对应着 27 年的时间尺度,说明 27 年左右的周期振荡最强,为清远市森林火险气象指数变化的第 1 主周期;18 年时间尺度对应着第 2 峰值,为指数变化的第 2 主周期;第 3 峰值对应着 5 年的时间尺度,为指数变化的第 3 主周期。说明这 3 个周期的波动控制着指数在整个时间域内的变化特征。

### 3 小结

(1) 近 40 年来清远市森林火险气象指数增长趋势明显,火险指数年内变化具有季节性特征,9 月—次年 2 月指数比较高,10 月份达到峰值,春季开始指数逐渐下降,5 月降至最低值,并通过  $t=0.01$  的显著性水平检验,表明这种变化趋势非常显著。

(2) Mann-Kendall 突变检验分析表明,从 20 世纪 80 年代初开始清远市森林火险气象指数呈明显上升趋势,上升的突变点是 1994 年。

(3) 小波分析表明,近 40 年来清远市森林火险气象指数存在 16~32、11~23 年尺度的准 2 次振荡,27 年左右的周期振荡最强,为指数变化的第 1 主周期,18 和 5 年时间尺度分别为指数变化的第 2、第 3 主周期,3 个周期的波动控制着指数在整个时间域内的变化特征。

### 参考文献

- [1] 傅泽强, 陈动, 王玉彬. 大兴安岭森林火灾与气象条件的相互关系[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(1): 12-15.
- [2] 傅泽强, 戴尔阜. 大兴安岭森林火险季节动态特征及其气候条件分析[J]. 自然灾害学报, 2001, 10(4): 113-116.
- [3] 牛若芸, 翟盘茂, 孙明华. 森林火险气象指数及其构建方法回顾[J]. 气象, 2006, 32(12): 3-9.
- [4] WAGNER C E. A comparison of the Canadian and American forest fire danger rating systems[R]. Petawawa Forestry Experiment Station, Chalk River, Ontario, Information Report PS-X-59, 1974.
- [5] MCRAE R. Re-engineering fire danger index [R]. ACT Emergency SCrvices Bureau, 2002.
- [6] 郑海青, 陈敬平, 张星, 等. 福建省森林火险天气等级预报系统[J]. 中国农业气象, 2001, 22(3): 37-43.
- [7] 戴从蕊, 李蒙, 张明达. 云南省森林火险气象等级预报模式研究[J]. 科技资讯, 2014(29): 236-239.
- [8] 鲁韦坤, 李湘, 余凌翔, 等. 云南省森林火险气象等级区划研究[J]. 大气科学学报, 2011, 34(3): 322-328.
- [9] 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: 71-104.
- [10] 国世友, 高煜中, 潘华盛, 等. 黑龙江省春季高森林火险期年代际变化特征[J]. 气象科技, 2009, 37(1): 57-63.

(上接第 155 页)

- [2] 肖玫, 安竹云, 贾秋霜. 马齿苋营养液的研制[J]. 中国野生植物资源, 2000, 19(2): 51-50.
- [3] 高占林, 潘文亮, 党志红, 等. 几种杀虫植物对蚜虫的生物活性及与化学杀虫剂混用的联合毒力[J]. 河北农业大学学报, 2004, 27(4): 67-70.
- [4] 谢慧琴, 张建华, 王珮玲, 等. 新疆常见植物杀蚜效果的初筛试验[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2002, 6(4): 292-294.

- [5] 张海芝, 马威, 王桂英, 等. 五种植物浸提液对棉蚜的防治效果[J]. 中国棉花, 2003, 30(11): 34.
- [6] 邹玉, 邵鸣, 王涛, 等. 马齿苋提取物对玉米蚜的拒食活性[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(31): 94-96.
- [7] 高蓉, 田暄, 张兴. 3 种鬼臼毒类物质杀虫活性测试[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001, 29(1): 71-74.
- [8] 邹玉. 三种植物提取物对玉米蚜防治作用的比较研究[D]. 佳木斯: 佳木斯大学, 2017.

## 科技论文写作规范——作者

论文署名一般不超过 5 个。中国人姓名的英文名采用汉语拼音拼写, 姓氏字母与名字的首字母分别大写; 外国人姓名、名字缩写可不加缩写点。