

李秀芬,郭昭滨,赵慧颖,等. 大兴安岭气候干湿变化及对森林火灾的影响. 应用气象学报,2018,29(5):619-629.

DOI: 10.11898/1001-7313.20180510

# 大兴安岭气候干湿变化及对森林火灾的影响

李秀芬<sup>1)2)3)</sup> 郭昭滨<sup>4)</sup> 赵慧颖<sup>1)2)3)\*</sup> 朱海霞<sup>1)2)3)</sup>  
王 萍<sup>1)2)3)</sup> 翟 墨<sup>1)2)3)</sup>

<sup>1)</sup>(中国气象局东北地区生态气象创新开放实验室, 哈尔滨 150030)

<sup>2)</sup>(黑龙江省气象院士工作站, 哈尔滨 150030)

<sup>3)</sup>(黑龙江省气象科学研究所, 哈尔滨 150030)

<sup>4)</sup>(黑龙江省林业厅, 哈尔滨 150090)

## 摘 要

明确气候变化背景下大兴安岭林区气候干湿状况特征,揭示其对森林火灾的影响,可为该区域森林火灾管理和森林资源保护提供科学依据。基于大兴安岭林区 1974—2016 年标准化降水指数(SPI),采用统计分析和对比分析方法,系统研究不同干湿情景对森林火灾发生次数及过火面积的影响,并讨论不同等级干旱对其影响的异同性。结果表明:1974—2016 年,年、季尺度上大兴安岭林区气候均呈湿润化趋势。森林火灾发生次数多(少)和过火面积大(小)与气候的干湿状况(等级)基本一致,但森林火灾的发生次数与气候干湿状况相关更为密切。年尺度上,SPI 与火灾次数呈负相关,与过火面积的自然对数则呈较弱的负相关;季尺度上,各季节 SPI 与对应的林火次数和过火面积自然对数均呈显著的负相关,但与过火面积的相关程度差异较大,以春季相关最为显著,秋季次之,夏季则相对较弱;不同季节 SPI 与年林火次数和过火面积自然对数呈负相关,前一年冬季 SPI 对当年火灾次数的贡献最大。可见,气候干湿状况对森林火灾的影响存在明显的滞后效应。SPI 不仅能较好地反映区域气候的干湿状况,亦能较好地指示森林火灾发生的可能性及发生火灾的过火面积的相对变化情况,可为森林火灾预测和管理提供科学依据。

**关键词:** 大兴安岭; 干湿变化; 森林火灾; 标准化降水指数

## 引 言

气候干湿状况是表征区域环境特点的重要指标。气候变暖导致的地表蒸散量、降水、径流等水循环因子改变,必然对气候的干湿状况产生影响<sup>[1-4]</sup>,进而对森林、草原、农田等生态系统产生重大影响。近年来,随着气候变化研究的深入,中国及典型区域的气候干湿状况正受到越来越多的关注<sup>[5-11]</sup>。杨建平<sup>[5]</sup>利用干燥度指数探讨中国 1951—1999 年气候干湿区划界线的 10 年际波动,较早采用综合气候指数反映全国的干湿状况;王菱<sup>[2]</sup>首次采用湿润

度指数对北方地区进行干湿气候区划,证明了湿润度指数在北方干湿区划中的可行性;赵俊芳<sup>[8]</sup>基于湿润指数分析了中国 2011—2050 年干湿状况时空变化特征,得出 2011—2050 年中国气候总体上呈暖干趋势的结论;李剑锋<sup>[9]</sup>运用标准化降水指标研究了新疆地区不同干旱等级发生概率的空间分布变化规律;胡琦<sup>[3]</sup>基于降水量和参考作物蒸散量计算的湿润指数,研究了近 54 年中国干湿气候时空变化特征,并利用敏感性和贡献率法分析了气候变化背景下主要气象因子对蒸散量的影响,对干湿气候变化的成因进行了探讨;王建兵<sup>[10]</sup>利用潜在蒸散率分析了近 40 年甘南草原生命地带偏移趋势及干

2018-03-23 收到, 2018-05-18 收到再改稿。

资助项目: 国家自然科学基金项目(41165005), 中国气象局气候变化专项(CCSF201606, CCSF201410)

\* 通信作者, 邮箱: zhaohyy2008@aliyun.com

湿变化;胡子瑛等<sup>[11]</sup>运用标准化降水指数(SPI)对近55年来中国北方及不同干湿区气候干湿时空变化特征进行讨论,并从干旱站次比、干旱强度等方面分析了年际干旱的时空变化特征。

森林是陆地生态系统的主体,林火是森林生态系统重要的自然干扰因子。森林火灾虽然在维持生态系统结构、功能和生物多样性等方面发挥着重要作用,但也是自然、生物和环境的潜在威胁,是一种世界性的严重自然灾害。它分布广、发生频率高,对森林的破坏性极大,危害极深,造成的经济损失相当严重。在可能引起森林火灾的诸多因子中,气象因子是最主要的因素之一<sup>[12-15]</sup>。受全球变暖的影响,森林可燃物的分布和特性也发生相应的改变,伴随降水和气温等的年际波动,气候干湿状况交替变化,进而影响着森林火灾的发生格局。研究表明:森林火灾的发生与干旱有密切的联系<sup>[16-19]</sup>,一般干旱年森林火灾多、过火面积大、林木损失严重,而湿润年则森林火灾少、过火面积小、林木损失也小。

黑龙江省大兴安岭林区不仅是我国对气候变化最敏感、反应最剧烈的地区<sup>[20]</sup>,也是全国火源分布复杂、难控性较大的重点火险地区之一。近年来,该区气候的暖干化<sup>[21-22]</sup>对林火次数的增多影响显著<sup>[23]</sup>。可见,气候的干湿变化对该区域的森林生态特别是森林火灾有巨大影响,研究该区域气候干湿

变化及对森林火灾发生的影响有重要意义。为此,本文利用大兴安岭林区6个气象站1974—2016年的地面观测资料,选取McKee等<sup>[24]</sup>提出的能较好检测东北地区干湿变化状况<sup>[25]</sup>的标准化降水指数(standardized precipitation index, SPI),对该区域气候干湿状况演变进行系统分析,并利用同期森林火灾资料研究气候干湿状况对森林火灾发生的影响,旨在明确气候变化背景下大兴安岭林区气候干湿状况特征,以期为该区域森林火灾管理和森林资源保护提供科学依据。

## 1 研究区概况

黑龙江省大兴安岭林区位于我国最北部边陲,是我国重要的木材生产基地,也是我国少有的原始林区之一(图1)。该区属寒温带大陆性季风气候区,又具有明显的山地气候特点,总面积 $8.35 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,林地占有面积约 $6.52 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,是我国最具代表性的寒温带森林。受大陆性季风气候的影响,大兴安岭林区降水主要集中于7—8月,可达全年降水量的85%~90%,春秋两季少雨、干燥,并常伴有大风天气,容易发生森林火灾,受地理位置的特殊性及社会生产活动的影响,林火发生率和燃烧率居全国之首,是全国重点的高火险区之一。

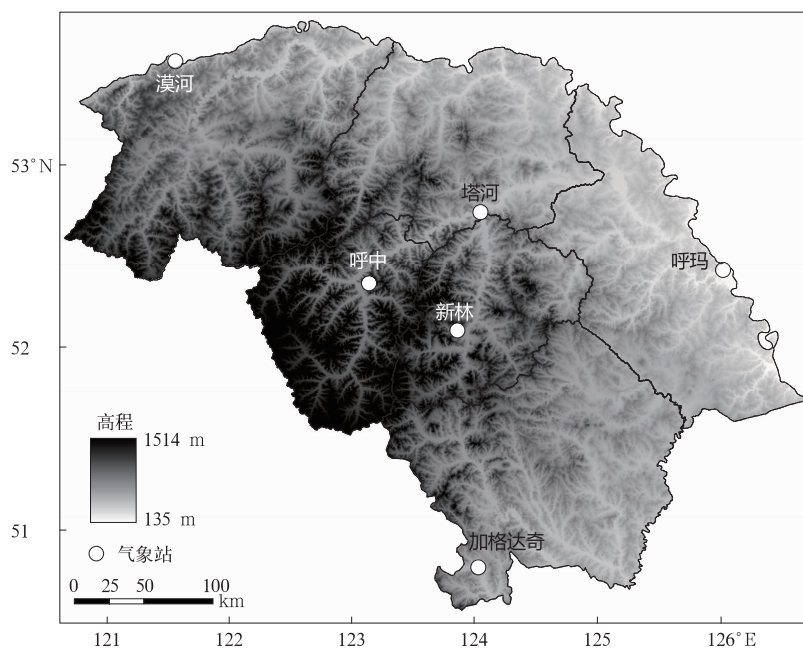


图1 研究区气象站分布

Fig. 1 Distribution of meteorological stations in the target region

## 2 资料与方法

### 2.1 资料

研究区气象资料来自黑龙江省气象数据中心。考虑到气象资料的连续性和完整性,本研究选取漠河、塔河、呼中、新林、加格达奇、呼玛 6 个气象站 1974—2016 年的逐日降水量资料。对个别有缺测值的气象站,采用缺测站其余 42 年同日降水量平均值代替缺测值。以逐日降水量累积得到逐月降水量。

1974—2016 年研究区火灾资料来自黑龙江省森林防火指挥办公室。为避免火点之间存在空间自相关性,剔除重复点和欧式距离小于 2 km 的火点,最终得到 1359 个火点。

### 2.2 标准化降水指数(SPI)及干湿等级划分

标准化降水指数(SPI):优先计算某时段内降水量的  $\Gamma$  分布概率,再进行正态标准化处理,最终用标准化降水累积频率分布划分干湿等级<sup>[26]</sup>。根据研究区的实际气候情况,本文春季为 3—5 月,夏季为 6—8 月,秋季为 9—10 月,冬季为 11 月—次年 2 月。采用世界气象组织推荐使用的计算程序<sup>[27]</sup>,利用上述处理的月降水量资料,分别计算了年 SPI 和季节 SPI。如春季 SPI 是指 3—5 月降水量累加计算得到的 SPI,其他季节以此类推;年 SPI 是指 1—12 月降水量累加计算得到的 SPI。SPI 干湿等级划分见表 1<sup>[25]</sup>。

**表 1 SPI 干湿等级**  
**Table 1 Dry and wet grades for SPI**

干湿等级	SPI
极端干旱	不大于 -2.0
重度干旱	(-2.0, -1.5]
中等干旱	(-1.5, -1.0]
轻微干旱	(-1.0, -0.5]
正常	(-0.5, 0.5)
轻微湿润	[0.5, 1.0)
中等湿润	[1.0, 1.5)
重度湿润	[1.5, 2.0)
极端湿润	不小于 2.0

## 3 结果分析

### 3.1 年尺度气候干湿变化特征

由图 2 可知,大兴安岭林区 1974—2016 年年 SPI 在波动中增加,其变化倾向率为 0.11/(10 a),总体上呈现湿润化趋势。气候干湿变化阶段性明显,大体可分为 3 个阶段:①1974—1986 年年 SPI 的气候倾向率为 0.616/(10 a),气候总体呈湿润化趋势,且气候干湿状况波动较大,年 SPI 的标准差为 0.99;13 年中 4 年干旱年份,3 年湿润年份,虽干、湿年份相当,但在程度上以干旱形势趋强(表 2)。②1987—2001 年年 SPI 的气候倾向率为 -0.114/(10 a),气候呈轻微的干旱化趋势,15 年中有 5 年为湿润年份,仅有 1 年出现轻微干旱(表 2),是近 43 年比较湿润的时期;该阶段前 5 年湿润化趋势明显,

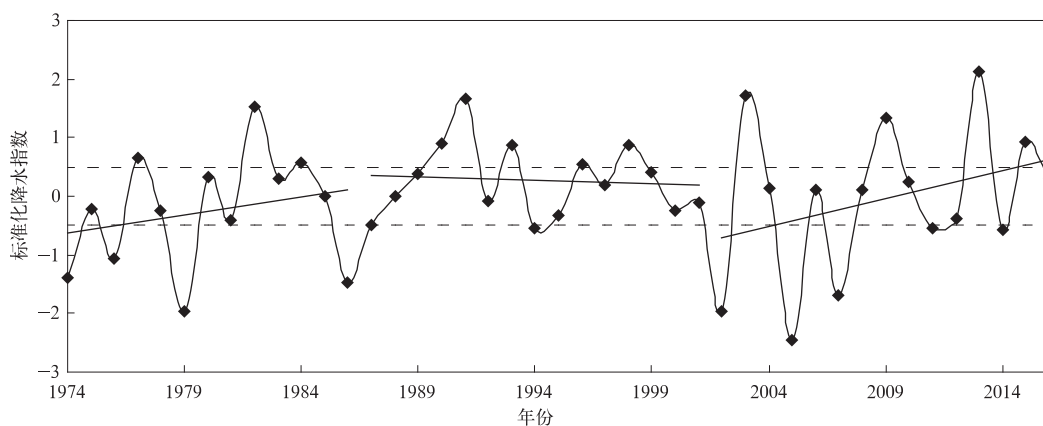


图 2 1974—2016 年黑龙江省大兴安岭林区年 SPI 变化  
Fig. 2 Changes of annual SPI in the Great Xing'an Mountains of Heilongjiang from 1974 to 2016

表 2 年尺度 SPI 干湿分级

Table 2 Dry and wet classification results of annual SPI

干湿等级	1974—1986 年	1987—2001 年	2002—2016 年
极端干旱			2005
重度干旱	1979		2002, 2007
中等干旱	1974, 1976, 1986		
轻微干旱		1994	2011, 2014
正常	1975, 1978, 1980, 1981, 1983, 1985	1987, 1988, 1989, 1992, 1995, 1997, 1999, 2000, 2001	2004, 2006, 2008, 2010, 2012, 2016
轻微湿润	1977, 1984	1990, 1993, 1996, 1998	2015
中等湿润			2009
重度湿润	1982	1991	2003
极端湿润			2013

年 SPI 几乎呈直线上升, 从接近轻微干旱 (SPI 为  $-0.49$ ) 过度到重度湿润 (SPI 为  $1.67$ ); 后 10 年气候干湿状况波动平缓, 年 SPI 的标准差仅为  $0.50$ 。③ 2002—2016 年年 SPI 的气候倾向率为  $0.955/(10 \text{ a})$ , 是湿润化趋势较明显的阶段; 此阶段气候干湿状况波动较大, 年 SPI 的标准差为  $1.31$ , 该区域近 43 年年 SPI 的最大值 (2013 年) 和最小值 (2005 年) 均出现在该阶段; 其中, 2002—2007 年干湿波动剧烈, SPI 的标准差为  $1.61$ , 出现 3 年重度及以上干旱年份 (表 2), 是干旱状况较严重的阶段; 2008—2016 年进入湿期, 仅有 2 年出现轻微干旱 (表 2)。

### 3.2 季尺度干湿变化特征

由图 3 可知, 1974—2016 年黑龙江省大兴安岭林区 4 个季节 SPI 年际间波动较大, 且均呈湿润化趋势。

春季 SPI 的气候倾向率为  $0.146/(10 \text{ a})$ , 湿润化趋势较明显。气候干湿状况可分为 2 个阶段: 1974—2002 年表现为较弱的湿润化趋势, 该阶段的干旱状况略重, 虽出现 8 年湿润年份, 但程度均较轻, 未出现重度及以上湿润年份; 出现的 7 年干旱年份中, 有 3 年为重度及极端干旱年份; 2003—2016 年湿润化趋势明显, 其中 2006—2012 年为春季干期, 2013—2016 年为春季湿期。

夏季 SPI 的气候倾向率仅为  $0.004/(10 \text{ a})$ , 是湿润化趋势最弱的季节。气候的干湿阶段性变化表现为 1974—1993 年是湿润化趋势较明显 20 年, 特别是 1984—1993 年的 10 年, 为夏季湿期, 未出现干旱年份; 1994—2016 年湿润化趋势相对较弱, 以 2002—2008 年的干湿状况波动最为剧烈, 为夏季干期, 7 年中有 5 年为干旱年份, 其中极端干旱年份 2 年。

秋季 SPI 的气候倾向率为  $0.058/(10 \text{ a})$ , 湿润化趋势较弱。其干湿变化可分为 3 个阶段: 1974—1986 年是湿润化趋势较弱的 13 年, 干旱状况略重于湿润状况, 出现的 5 年湿润年份均为中等及以下湿润年, 而出现的 4 年干旱年份则有 2 年为极端干旱年份; 1987—2004 年的湿润化趋势略强于 1974—1986 年, 仅有 1 年为轻微干旱年, 是秋季较湿润的时期; 2005—2016 年为湿润化趋势最明显的阶段, 其中 2005—2011 年以干旱为主, 2012—2016 年则以正常年份居多。

冬季 SPI 的气候倾向率为  $0.276/(10 \text{ a})$ , 是气候湿润化趋势最明显的季节。干湿变化可分为 3 个阶段: 1974—1985 年的干旱状况略重于湿润状况, 出现的 7 年干旱年份中有 2 年为极端干旱年份, 仅出现 1 年轻微湿润年份; 1986—2001 年处于相对湿润时期, 未出现干旱年份; 2002—2016 年湿润年份略多于干旱年份, 但中等及以上干湿年份相当。

### 3.3 干湿变化的相关分析

不同年份的干湿与季节干湿之间的关系存在差异 (表 3)。1979 年的重旱主要由该年春季极端干旱和夏季重度干旱所致; 1982 年重度湿润则是该年春、夏、秋三季湿润状况叠加的结果; 1991 年的重度湿润则主要由该年夏季和冬季重度湿润所致; 2002 年的重度干旱、2005 年的极端干旱主要由夏季极端干旱所致; 2003 年重度湿润主要由该年夏、秋、冬三季湿润气候所致; 2007 年的重度干旱则是该年夏、秋、冬三季干旱叠加所致。2013 年气候的特湿状况则是由春季极端湿润和夏季重度湿润所致。可见, 典型气候干 (湿) 年的发生均与该年度夏季降水联系密切。通过相关分析研究不同季节干湿状况对全年气候干湿状况的贡献。结果表明: 研究区年 SPI 与

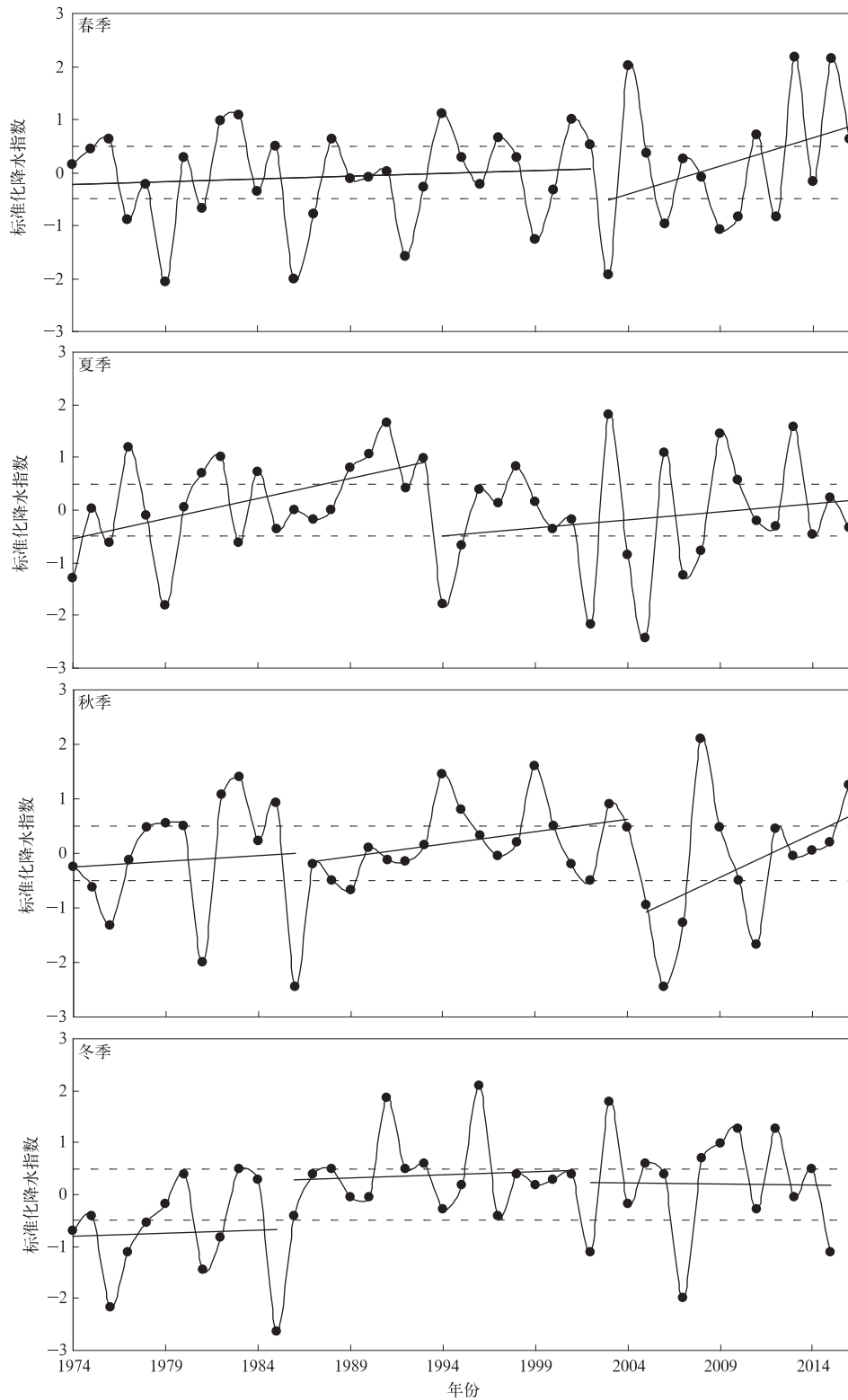


图 3 1974—2016 年黑龙江省大兴安岭林区不同季节 SPI 变化

Fig. 3 SPI change of different season in the Great Xing'an Mountains of Heilongjiang from 1974 to 2016

夏季、秋季和冬季的 SPI 均相关显著,相关大小依次表现为夏季、秋季、冬季,相关系数分别为 0.8611

(达到 0.01 显著性水平),0.3678(达到 0.05 显著性水平),0.3632(达到 0.05 显著性水平);与春季 SPI

相关不显著,相关系数仅为 0.1466,未通过显著性检验。可见,研究区夏季降水对年气候干湿状况的

变化起到决定性作用的同时,秋、冬两季气候的干湿状况亦对年气候干湿变化有所贡献。

表3 极端干旱(湿润)和重度干旱(湿润)年份对照表  
Table 3 Extreme drought(wet) and severe drought(wet) year

年份	年	春季	夏季	秋季	冬季
1979	重度干旱	极端干旱	重度干旱	轻微湿润	正常
1982	重度湿润	轻微湿润	中等湿润	中等湿润	轻微干旱
1991	重度湿润	正常	重度湿润	正常	重度湿润
2002	重度干旱	轻微湿润	极端干旱	正常	中等干旱
2003	重度湿润	重度干旱	重度湿润	轻微湿润	重度湿润
2005	极端干旱	正常	极端干旱	轻微干旱	轻微湿润
2007	重度干旱	正常	中等干旱	中等干旱	重度干旱
2013	极端湿润	极端湿润	重度湿润	正常	正常

### 3.4 气候干湿变化对森林火灾的影响

#### 3.4.1 年尺度气候干湿变化对森林火灾的影响

1974—2016年研究区共发生森林火灾1359次,平均每年32次,火发生次数和过火面积的年际变化总体均呈下降趋势,每10年减少分别为5.6次和 $5.48 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。森林火灾的发生阶段性明显(图4),大体可分为4个阶段:1974—1987年和2000—2005年为高发阶段。1974—1987年年平均发生林火45次,年平均过火面积 $2.36 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,对应SPI平均值为 $-0.2786$ ,4年为中等及以上干旱

年份;2000—2005年年平均发生林火48次,年平均过火面积为 $1.43 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,对应SPI平均值为 $-0.4883$ ,有2年为中等及以上干旱年份。1988—1999年和2006—2016年(2015年除外)为林火低发阶段。1988—1999年年平均发生林火18次,年平均过火面积为 $7.0 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,对应SPI平均值为 $-0.2786$ ,无中等及以上干旱年份;2006—2016年(2015年除外)年均发生林火17次,仅1年为中等及以上干旱年份。

在年尺度上,分析年SPI与年森林火灾次数、过

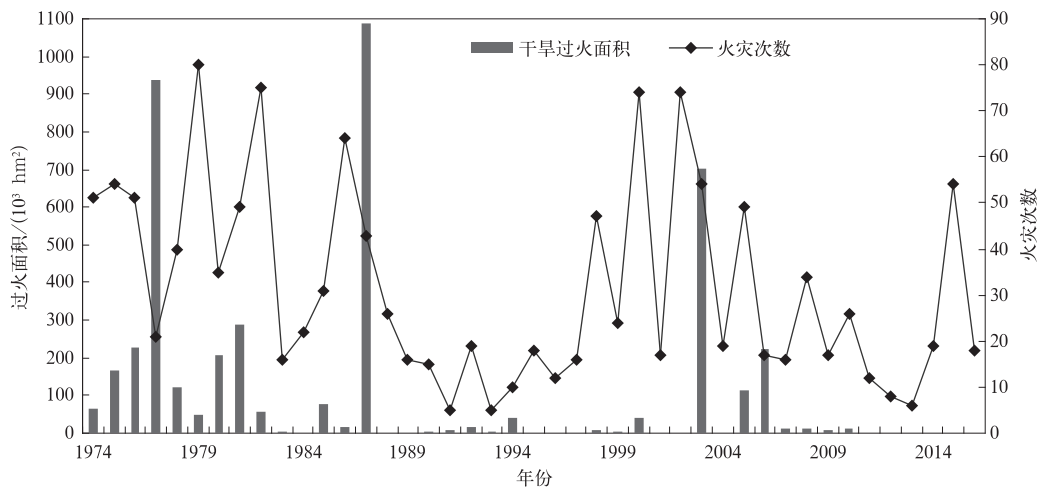


图4 1974—2016年黑龙江省大兴安岭林区火灾次数、过火面积变化

Fig. 4 Changes of fire times and burned areas in the Great Xing'an Mountains of Heilongjiang from 1974 to 2016

火面积的自然对数的相关性(图5)。结果表明:年SPI与相应的火灾次数呈负相关,相关系数为 $-0.373$ ,达到0.05显著性水平;与相应的过火面积

的自然对数呈弱负相关。因此,气候干湿状况与森林火灾次数和过火面积有较好的对应关系。

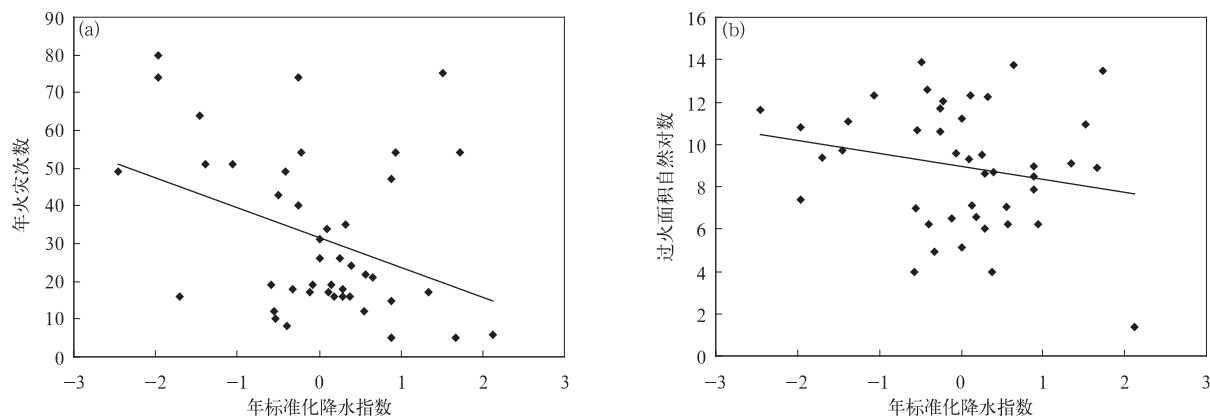


图 5 1974—2016 年黑龙江省大兴安岭林区年尺度火灾次数(a)、过火面积的自然对数(b)与年 SPI 关系

Fig. 5 Relationships of fire times and burned areas to annual SPI in the Great Xing'an Mountains of Heilongjiang from 1974 to 2016

3.4.2 不同季节气候干湿变化对森林火灾的影响

由图 6 可以看到,春季林火次数与过火面积也均表现为较明显的减少趋势,特别是 2010—2016

年,年平均林火次数仅为 3 次;秋季森林火灾次数与过火面积虽表现为下降的趋势,但与春季相比则较弱,在 2000—2016 年的 17 年中,有 9 年秋季无林火

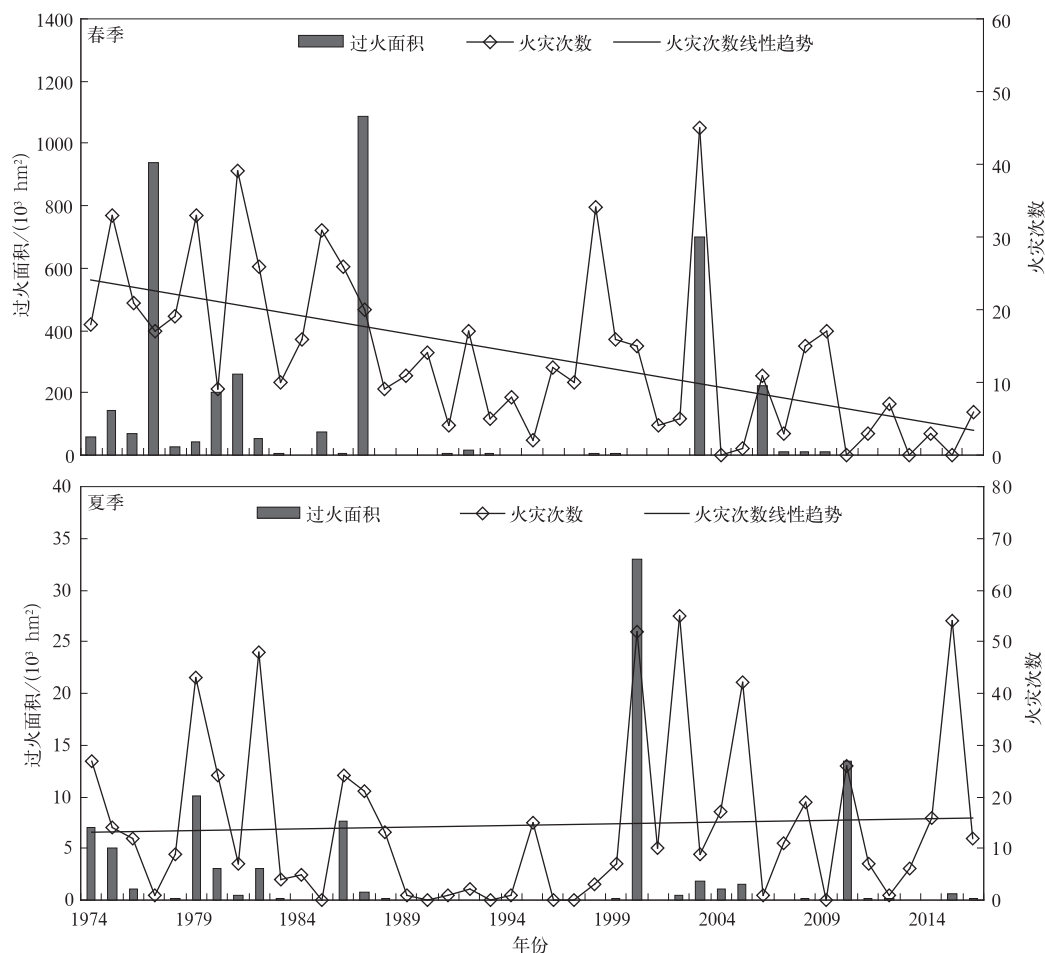
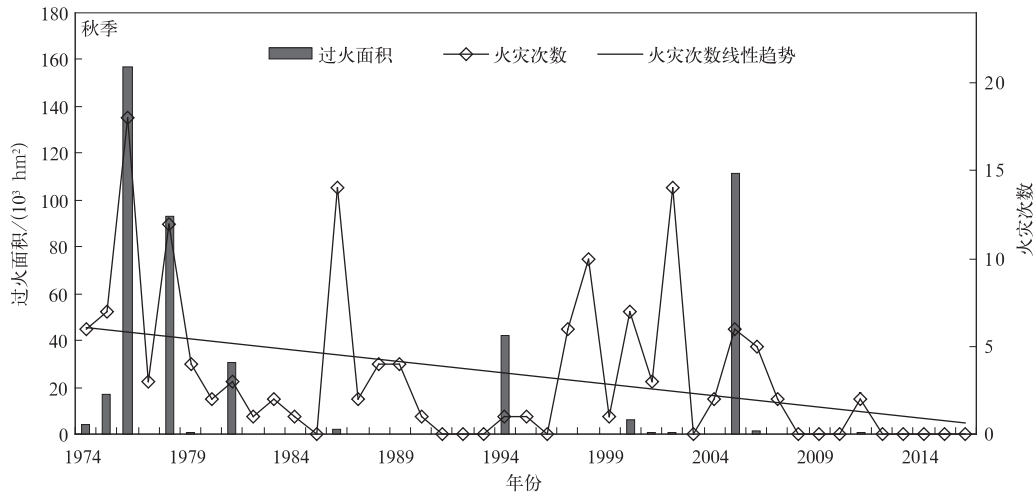


图 6 黑龙江省大兴安岭林区不同季节火灾次数、过火面积变化

Fig. 6 Changes of fire times and burned areas in the Great Xing'an Mountains of Heilongjiang in different seasons



续图 6

发生;夏季森林火灾次数与过火面积总体表现为较弱的上升趋势,且阶段性明显,1974—1999 年表现为明显的下降趋势,2000—2016 年则表现为先降后升,为夏季森林火灾的高发期,7 月、8 月成为新的雷击火多发时段<sup>[24,28-32]</sup>。

在季节尺度上,分析不同季节 SPI 与对应的林火次数和过火面积的自然对数的相关性(表 4)。结果表明:不同季节 SPI 与对应的林火次数均呈显著负相关,均达到 0.01 显著性水平,春季相关最显著;不同季节 SPI 与对应的过火面积的自然对数均呈显著负相关,春季相关最为显著,秋季次之,均达到了 0.01 显著性水平;夏季则相对最弱,但也达到了 0.05 显著性水平。

表 4 各季节林火次数、过火面积自然对数与 SPI 的相关系数

Table 4 Relationships of fire times and natural logarithm of burned areas to seasonal SPI

季节	林火次数	过火面积的自然对数
春季	-0.4932	-0.5464
夏季	-0.4604	-0.3489
秋季	-0.4509	-0.3997

### 3.4.3 不同等级干旱对森林火灾发生影响异同性

为了分析不同时间尺度不同等级干旱对森林火灾影响的异同性,根据 SPI 分级指标(表 1),统计了年、季不同干旱年份年平均火灾次数及平均单次过火面积(表 5)。年尺度上,森林火灾发生的次数对干旱程度有所响应,轻微干旱年份年平均火灾发生次数较少,中等及以上干旱年份年平均火灾发生次数均较多,但差异不明显;平均单次过火面积与干旱

程度则无明显的对应关系,但极端干旱年份的平均单次过火面积最大。季尺度上,春季、夏季年平均火灾次数与相对应的干旱程度关系明显,表现为随着干旱程度的加重而增多;秋季这种对应关系虽不明显,但中等及以上干旱年份的年平均火灾发生次数略多于轻微干旱年份;平均单次过火面积对季节干旱的响应均不明显。

表 5 不同干旱程度对应的年平均火灾次数及平均单次过火面积

Table 5 Annual average fire times and averaged single burned area corresponding to different drought degree

时间尺度	干旱等级	干旱年份数量	年平均火灾次数	平均单次过火面积/hm <sup>2</sup>
年	极端干旱	1	49	2306.26
	重度干旱	3	57	377.02
	中等干旱	3	55	1866.11
	轻微干旱	3	14	1051.99
春季	极端干旱	2	30	786.31
	重度干旱	2	31	11553.93
	中等干旱	2	17	431.56
	轻微干旱	6	16	26702.64
夏季	极端干旱	2	49	20.56
	重度干旱	2	22	227.72
	中等干旱	2	19	185.28
	轻微干旱	5	13	38.15
秋季	极端干旱	3	7	1537.43
	重度干旱	1	2	458.2
	中等干旱	2	10	7838.84
	轻微干旱	3	5	7562.57

通过相关分析探讨干旱年份各尺度 SPI 对年火灾发生次数及年过火总面积的贡献(表 6)。结果表明:春季 SPI 和前一年冬季 SPI 对森林火灾次数贡



献较大,分别达到了0.1和0.05显著水平;当年夏季SPI对过火面积贡献较大,但未通过显著性检验。

表6 干旱年份森林火灾次数和过火面积自然对数与各季节SPI的相关系数

Table 6 Relationships of fire times and natural logarithm of burned areas to seasonal SPI in drought years

季节	年林火次数	年过火面积的自然对数
春季	-0.5908*	-0.0419
夏季	-0.2947	-0.3546
秋季	-0.1119	0.0095
前一年冬季	-0.6531**	-0.2708

注:\*表示达到0.1显著性水平,\*\*表示达到0.05显著性水平。

#### 4 结论与讨论

基于标准化降水指数,分析了黑龙江省大兴安岭林区气候的干湿变化特征,并探讨对森林火灾的影响,结果表明:

1) 1974—2016年黑龙江省大兴安岭林区年尺度气候呈现湿润化趋势,且阶段性明显。季尺度SPI年际波动较大,且均呈湿润化趋势。不同年份气候的干湿状况与季节干湿之间的关系虽存在差异,但典型气候干(湿)年的发生均与该年夏季降水联系密切,即夏季降水对年气候干湿状况的变化起决定性的作用。

2) 森林火灾发生次数多(少)和过火面积大(小)与气候的干湿状况(等级)基本一致,但森林火灾的发生次数与气候干湿状况相关更为密切。年尺度上,SPI与火灾次数呈负相关,与过火面积的自然对数则呈较弱的负相关;季尺度上,各季节SPI与对应的林火次数和过火面积自然对数均呈显著的负相关;不同季节SPI对年林火次数和过火面积的贡献不同,前一年冬季SPI对当年森林火灾次数的贡献最大。可见,气候干湿状况对森林火灾的影响存在明显的滞后效应。

3) 在全球气候变暖的背景下,大兴安岭林区气候向有利于森林火灾发生的方向演变,特别是夏季雷击火的增多趋势最明显,7月、8月成为新的雷击火多发时段。2000—2005年为干旱时段,年平均林火次数达到48次;2006—2016年为湿润时段,发生林火次数少、过火面积较小。

4) 林火是森林生态系统重要的自然干扰因子,亦是一种严重的自然灾害。火灾高发年份往往存在

较严重旱情,如1979年春、夏两季交替出现干旱、重度干旱、极端干旱,导致发生森林火灾80次,春夏两季达78次,是近些年火灾发生最多的一年。森林火灾的发生及过火面积不仅与气候条件有关,还与人类活动及有效的林火管理密切相关,较高的管理水平显著减少林火。如2007年气候虽处于重度干旱状态,但森林火灾仅发生了16次,且损失相对较小。因此,气象部门对干旱的准确预测、当地林业部门依据气候预测的林火管理决策非常重要,当气候持续处于干旱状态时,可以指令防火区在一定时间内减少人类活动引发林火及对火灾的影响,进而降低森林火灾发生和损失的可能。

黑龙江省大兴安岭林区作为东北亚森林生态系统的重要组成部分,是东北乃至华北重要的生态屏障,在黑龙江省生态文明建设中起着重要作用。面对未来愈加严峻的森林火险形势,研究工作应主要围绕区域气候变化演变及其对森林火灾特别是对雷击火的影响、探索综合的预警指示因子群和机理预测模型展开,以期更准确地预报森林火险及灾害损失的实际情况,为政府防灾减灾及森林生态恢复决策提供科学依据。

#### 参考文献

- [1] 孙力,沈柏竹,安刚.中国东北地区地表干湿状况的变化及趋势分析.应用气象学报,2003,14(5):542-552.
- [2] 王菱,谢贤群,李运生,等.中国北方地区40年来湿润指数和气候干湿带界线的变化.地理研究,2004,23(1):45-54.
- [3] 胡琦,董蓓,潘学标,等.1961—2014年中国干湿气候时空变化特征及成因分析.农业工程学报,2017,33(6):124-132.
- [4] 苑全治,吴绍洪,戴尔阜,等.1961—2015年中国气候干湿状况的时空分异.中国科学(地球科学),2017,47(11):1339-1348.
- [5] 杨建平,丁永建,陈仁升,等.近50年来中国干湿气候界线的10年际波动.地理学报,2002,57(6):655-661.
- [6] 马晓群,张辉.近30年安徽省地表干湿时空变化及对农业影响.应用气象学报,2007,18(6):783-789.
- [7] 杨彬云,吴荣军,杨保东,等.近40年河北省地表干燥度的时空变化.应用气象学报,2009,20(6):745-752.
- [8] 赵俊芳,郭建平,徐精文,等.基于湿润指数的中国干湿状况变化趋势.农业工程学报,2010,26(8):18-24.
- [9] 李剑锋,张强,陈晓宏,等.基于标准降水指标的新疆干旱特征演变.应用气象学报,2012,23(3):322-330.
- [10] 王建兵.仅40年甘南草原生命地带偏移趋势及干湿变化.应用气象学报,2012,23(5):604-608.
- [11] 胡子瑛,周俊菊,张利利,等.中国北方气候干湿变化及干旱演变特征.生态学报,2018,38(6):1908-1919.
- [12] Swetnam T W. Fire history and climate change in giant se-

- quoia groves. *Science*, 1993, 262(5): 885-889.
- [13] Flannigan M D, Harrington J B. A study of the relation of meteorological variables to monthly provincial area burned by wildfire in Canada (1953-80). *J Applied Meteor*, 1988, 27: 441-452.
- [14] Tania S, Thomas T V, William H R. The interaction of fire, fuels, and climate across Rocky Mountain forests. *BioScience*, 2004, 54(7): 661-676.
- [15] Flannigan M D, Krawchuk M A, de Groot W J, et al. Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire*, 2009, 18: 483-507.
- [16] 王茂新, 叶一舫, 张青山. 大兴安岭特大森林火灾气象成因的分析. *应用气象学报*, 1990, 1(1): 107-112.
- [17] 贾丙瑞, 周广胜, 于文颖, 等. 1972—2005年大兴安岭林区雷击火特征及其与干旱指数的关系. *林业科学*, 2011, 47(11): 99-105.
- [18] 徐明超, 马文婷. 干旱气候因子与森林火灾. *冰川冻土*, 2012, 34(3): 603-608.
- [19] 任金鑫, 肖慧娟, 张超, 等. 持续干旱对森林火灾的影响研究综述. *内蒙古林业调查设计*, 2013, 36(5): 135-138.
- [20] Yang G, Di X Y, Zeng T, et al. Prediction of area burned under climatic change scenarios: A case study in Great Xing'an Mountains boreal forest. *Journal of Forestry Research*, 2010, 21(2): 213-218.
- [21] 陈隆勋, 邵永宁, 张清芬, 等. 近四十年我国气候变化的初步分析. *应用气象学报*, 1991, 2(2): 164-174.
- [22] 邹旭恺, 张强. 近半个世纪我国干旱变化的初步研究. *应用气象学报*, 2009, 19(6): 679-687.
- [23] 张艳萍. 黑龙江大兴安岭地区气候变化对森林火灾影响的研究. 哈尔滨: 东北林业大学, 2008.
- [24] McKee T B, Doesken N J, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Amer Meteor Soc*, 1993, 17(22): 179-183.
- [25] 卢洪健, 莫兴国, 孟德娟, 等. 气候变化背景下东北地区气象干旱的时空演变特征. *地理科学*, 2015, 35(8): 1051-1059.
- [26] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 20481—2006: 气象干旱等级. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [27] Mark S, Michael H, Deborah A W. Standardized Precipitation Index User Guide (WMO-No. 1090). WMO, 2012.
- [28] 王明洁, 王志成, 殷世平, 等. 黑龙江省夏季林火与气象环境条件的相关分析. *东北林业大学学报*, 2008, 36(12): 17-18; 42.
- [29] 倪长虹, 邸雪颖. 黑龙江省大兴安岭雷击火发生规律. *东北林业大学学报*, 2009, 37(1): 55-57; 75.
- [30] 杨光, 舒立福, 邸雪颖. 气候变化背景下黑龙江大兴安岭林区夏季火险变化趋势. *应用生态学报*, 2012, 23(11): 3157-3163.
- [31] 雷小利, 周广胜, 贾丙瑞, 等. 大兴安岭地区森林雷击火与闪电的关系. *应用生态学报*, 2012, 23(7): 1743-1750.
- [32] 苏立娟, 何友均, 陈绍志. 1950—2010年中国森林火灾时空特征及风险分析. *林业科学*, 2015, 51(1): 88-96.

## Change of Dry and Wet Climate and Its Influence on Forest Fire in the Great Xing'an Mountains

Li Xiufen<sup>1)2)3)</sup> Guo Zhaobin<sup>4)</sup> Zhao Huiying<sup>1)2)3)</sup> Zhu Haixia<sup>1)2)3)</sup>  
Wang Ping<sup>1)2)3)</sup> Zhai Mo<sup>1)2)3)</sup>

<sup>1)</sup> (*Innovation and Opening Laboratory of Eco-Meteorology in Northeast China, CMA, Harbin 150030*)

<sup>2)</sup> (*Meteorological Academician Workstation of Heilongjiang Province, Harbin 150030*)

<sup>3)</sup> (*Heilongjiang Institute of Meteorological Sciences, Harbin 150030*)

<sup>4)</sup> (*Forestry Department of Heilongjiang Province, Harbin 150090*)

### Abstract

It's of immense importance to understand characteristics of dry and wet climate condition change in forest region of the Great Xing'an Mountains, and reveal its influence on forest fire pattern, which can provide scientific basis for forest fire management and forest resource protection in this region. Based on standardized precipitation index(SPI) in the Great Xing'an Mountains from 1974 to 2016, using statistical analysis and comparative analysis method, effects of different dry and wet scenarios on the number of forest fires and burned areas are systematically analyzed. And similarities and differences of different drought grade effects on forest fires are discussed. From 1974 to 2016, The annual climate of the Great Xing'an Mountains in Heilongjiang shows wetting trends, with several obvious stages. The annual fluctuation of SPI in seasonal scale is larger, and all of them show wetting trends. The precipitation in summer plays a decisive role in the change of annual dry-wet climate conditions. The forest fire frequency and burned areas are basically accordant with the grade of dry and wet climate. However, the number of forest fires is more closely related to the dry and wet climate condition. On annual scale, SPI value is negatively correlated with the number of fires, reaching 0.05 significant level. However, SPI value shows a weak negative correlation with the natural logarithm of the total burned areas, not passing the significant test. On seasonal scale, there is a significant negative correlation of SPI to the number of forest fires and the natural logarithm of burned areas. But the seasonal difference is great, and it's most significant in spring, followed by autumn, and relatively weak in summer. SPI in different seasons is negatively correlated with the number of annual forest fires and the natural logarithm of burned areas. Dry and wet climate has effects on the forest fires in lag period, and it's found that SPI in the previous winter contributes most to the number of forest fires. SPI can not only better reflect dry and wet conditions of regional climate, but also indicate the possibility of forest fire and the relative change of burned areas well. It can provide a scientific basis for forest fire prediction and management.

**Key words:** the Great Xing'an Mountains; change of dry and wet climate; forest fire; standardized precipitation index (SPI)