

黑龙江省春季高森林火险期年代际变化特征

国世友 高煜中 潘华盛 张治

(黑龙江省气象台, 哈尔滨 150030)

摘要 利用黑龙江省 29 个站 1961~2006 年春季气象资料, 分析了黑龙江省近 46 年春季高森林火险期的年代际时空变化特征。结果表明, 黑龙江省春季高森林火险期南部长于北部, 西部长于东部, 并且具有明显的年代际变化, 20 世纪 90 年代以来显著增长, 各个区域高森林火险期的年代际变化有一定差异, 西南部和东部高森林火险期的增长从 70 年代开始。讨论了春季高森林火险期年代际变化的气候背景。黑龙江省 90 年代开始的高森林火险期显著增长可能与气候变暖有关, 也与大气环流系统的年代际变化有关。

关键词 高森林火险期 年代际变化 气候变暖

引言

森林火灾是当今世界发生面广、危害性大、最为严重的自然灾害之一, 不仅使大量的森林资源被烧毁, 还会严重破坏生态平衡, 因此, 关于林火研究一直是世界各国重要的研究课题之一^[1~3]。森林火灾的发生、发展、蔓延、扑救在很大程度上受气象条件的影响和制约, 1987 年 5、6 月大兴安岭林区大火以后, 我国气象工作者在气象因子对森林火灾的影响方面作了大量工作^[4~6], 这些开拓性的研究主要集中在预测预报、卫星监测方面, 应用个例分析从天气学角度研究历史上林火发生的气象条件。迄今国内的学者从不同角度对我国森林火灾的变化进行了研究^[7~9], 但关于我国高森林火险期年代际变化的研究很少, 对于我们国家重要的生态功能区黑龙江省来说就更少, 因此, 有必要对黑龙江省春季高森林火险期的时空变化特征及其变化的气候背景进行系统研究。本文尝试从高森林火险气象等级起讫时间的角度入手对黑龙江省 1961~2006 年的春季高森林火险期变化特征进行研究, 这项研究将有助于进一步分析黑龙江省高森林火险期对于全球气候变化的响应及其未来演化趋势。

利用黑龙江省气象信息中心整理的黑龙江省 29 个观测站 1961~2006 年春季森林防火期(3 月

15 日至 6 月 15 日)逐日 14:00 气温、14:00 相对湿度、14:00 风速、降水量, 在分析黑龙江省春季高森林火险期的 1971~2000 年气候平均分布的基础上, 采用旋转经验正交函数分析(EOF)对黑龙江省春季高森林火险期进行自然分区, 然后运用线性趋势分析、Mann-Kendall 气候突变检验方法分析 1961~2006 年黑龙江省高森林火险期年代际变化特征。对线性趋势的显著性检验采用相关系数检验方法, Mann-Kendall 方法的检验水平取 0.05(即是否通过 95% 信度), 详见文献[10]。为研究黑龙江省高森林火险期变化特征的气候背景还使用了黑龙江省 29 个观测站 3~6 月平均气温及国家气候中心气候系统诊断预测室整理的亚洲经向环流、亚洲区极涡面积、东亚大槽强度等特征量资料。

1 高森林火险期的定义

影响森林火险的因素很多, 气象条件是其中的关键因子之一, 这里按照在火险预报中使用的森林火险气象等级来定义高森林火险期, 以天数表示。森林火险气象等级是森林中与气象条件密切相关的可燃物潜在火险程度的等级指标, 通常是对森林火险气象指数进行某种间隔划分而得到。森林火险气象指数是根据森林火险与气象条件的关系, 通过经验或数学拟合得出的结果, 以判定某林区起火的可

能性、火灾强度、火灾蔓延速度以及人类控制火情的难易程度。按照我国森林火险等级的划分标准(划分为5级:Ⅰ级为不燃烧,Ⅱ级为难燃烧,Ⅲ级为可燃燃烧,Ⅳ级为易燃烧,Ⅴ级为强燃烧),使用指数查对法^[11~13],按年际尺度计算春季高森林火险期开始日、结束日及其日数,以第一个连续3天森林火险气象等级达到Ⅳ级或Ⅴ级的第一天作为高森林火险期初日,以最后一个连续3天森林火险气象等级达到Ⅳ级或Ⅴ级的最后一天作为高森林火险期终日。

黑龙江省春季逐日森林火险气象等级的计算方法是:计算各影响因子(气温、相对湿度、风速及降水量)权重指数,然后对其修正,最终确定森林火险气象等级。

1.1 各影响因子权重指数的计算

选取森林火险气象等级气象因子为当天 14:00 气温 T_{14} 、相对湿度 H_{14} 、风速 F_{14} 及有效降水量 R 。计算有效降水量 R 时,当日降水量不作衰减处理,而前 3 天降水量作衰减处理,具体计算式为:

$$R = R^0 + R^{-1}/e + R^{-2}/e^2 + R^{-3}/(1.5e^3) \quad (1)$$

式中 R^0 为当日降水量, R^{-1} 为前 1 天降水量, R^{-2} 为前第 2 天降水量, R^{-3} 为前第 3 天降水量, e 为常数,取 2.718282。

先计算各单因子的火险指数,计算方法是把各因子边界值(表 1)代入式(2),确定各级的 a 、 b 值。

$$f(x) = (1 + ae^{bx})^{-1} \quad (2)$$

式中 x 为单因子值, a 、 b 为待定系数。

把 T_{14} 、 H_{14} 、 F_{14} 及有效降水量 R 值分别代入相应的 $f(x) = (1 + ae^{bx})^{-1}$ 中计算单因子火险指数。

表 1 火险气象因子及其指数查对表

级别	指数	$T_{14}/^{\circ}\text{C}$	$H_{14}/\%$	$F_{14}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	R/mm
Ⅰ	1~20	2.0~12.0	90~51	0.4~1.5	10.0~5.1
Ⅱ	21~40	12.1~15.0	50~36	1.6~3.3	5.0~3.1
Ⅲ	41~50	15.1~18.0	35~21	3.4~5.4	3.0~1.6
Ⅳ	51~60	18.1~20.0	20~11	5.5~7.9	1.5~0.3
Ⅴ	61~100	20.1~30.0	10~2	8.0~17.2	

最后将各因子对应的火险指数求平均得到总的森林火险气象指数。

$$I_{\text{WI}} = [f(T_{14}) + f(H_{14}) + f(V_{14}) + f(R)]/4$$

对于因子值不属于表 1 范围内的,规定如下:

如果 $T_{14} < 2$,则 $f(T_{14}) = 0$;如果 $T_{14} > 30$,则 $f(T_{14}) = 100$ 。

如果 $H_{14} > 90$,则 $f(H_{14}) = 0$;如果 $H_{14} < 2$,则 $f(H_{14}) = 100$ 。

如果 $F_{14} < 0.4$,则 $f(F_{14}) = 0$;如果 $F_{14} > 17.2$,则 $f(F_{14}) = 100$ 。

如果 $R < 0.3$,则 $f(R) = 60$ 、如果 $R > 10$,则 $f(R) = 0$ 。

1.2 火险指数修正

(1)降水日数:考虑最近 3 天的影响,日降水量小于 0.3 mm 定义为无降水。当前 3 日均为无降水时, $f(R)$ 值在原有基础上加 30;当前 2 日均无降水,而前第 3 天有降水时, $f(R)$ 值在原有基础上加 20;当前 1 天无降水,前第 2 天有降水时, $f(R)$ 值在原有基础上加 10。

(2)季节:低温往往抑制火险升高,因此规定 $T_{14} < -5.0^{\circ}\text{C}$,森林火险气象等级降两级; $-5.0^{\circ}\text{C} \leq T_{14} \leq 5.0^{\circ}\text{C}$,森林火险气象等级降一级,直至森林火险气象等级为Ⅰ级。

(3)植被:植被的生长会抑制火灾的发生,因此规定齐齐哈尔、大庆、哈尔滨、牡丹江地区 5 月 I_{WI} 值在Ⅲ、Ⅳ级范围内则 I_{WI} 值减 5, I_{WI} 属于Ⅴ级则减 10;6 月 I_{WI} 值范围大于等于Ⅲ级则减 10。其它地区 6 月 I_{WI} 值属于Ⅲ、Ⅳ级则减 5, I_{WI} 值属于Ⅴ级则减 10。

2 黑龙江省春季高森林火险期的年代际变化

2.1 春季高森林火险期的气候分布

按 WMO 有关气候平均的规定,分析 1971~2000 年黑龙江省春季高森林火险期的气候平均分布。图 1 显示黑龙江省春季高森林火险期的分布存在明显的地域特点,南部多于北部,西部多于东部。黑龙江省西南部是大值区,在 50 天以上,其中大庆

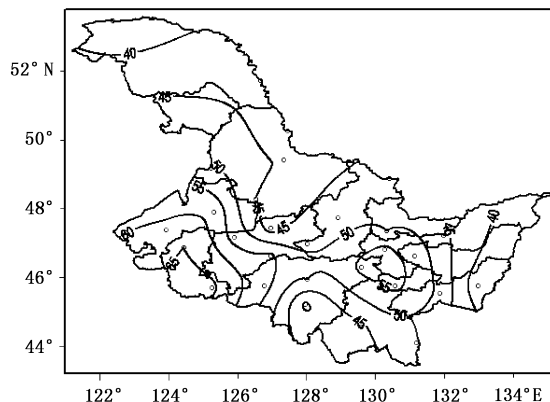


图 1 黑龙江省春季高森林火险期分布(单位:天)

南部达到 65 天。另外,在三江平原西部也存在一个高值区,有 50~56 天。黑龙江省北部林区、东南部林区及三江平原东部春季高森林火险期要相对短些,大都在 40~50 天。

2.2 春季高森林火险期分区

用旋转经验正交函数分析(EOF)对黑龙江省春季高森林火险期分区,前 6 个主因子累积方差贡献达到 77.3%。对前 6 个主因子采用方差极大准则下的旋转变换,使主因子荷载阵具有向“0”和“1”分化的简单结构,以便明显地区分出各主因子所代表的优势空间型。规定在同一荷载向量场中,高森林火险期变化类型以荷载绝对值高于 0.50 作为区划标准,个别测站可能同时归于两个或以上相邻高森林火险期变化区,对这些测站,按其与这些相邻高森林火险期变化区对应的荷载向量场的荷载大小,将其归于荷载最大的区域。这样在同一区域内各站高森林火险期具有相似的变化特征,据此将黑龙江省春季高森林火险期分为 6 个变化区(图 2)。I 区包括大兴安岭、黑河中部和北部;II 区包括齐齐哈尔、大庆、绥化南部;III 区包括伊春中部和北部、绥化北部,IV 区包括伊春南部、哈尔滨西部,V 区包括哈尔滨东南部、牡丹江;VI 区包括鹤岗、佳木斯、双鸭山、七台河及鸡西。

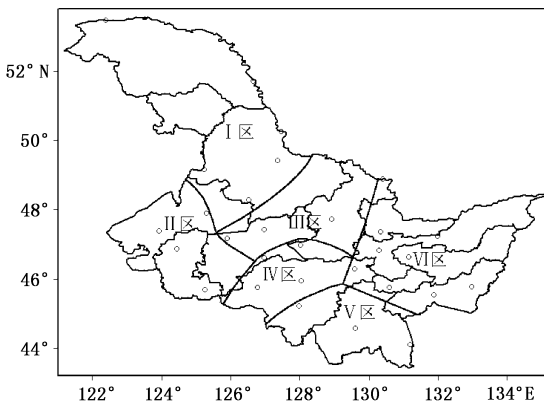


图 2 黑龙江省春季高森林火险期分区

在每个区域选取一个代表站用于讨论黑龙江省春季高森林火险期变化特征,这里以具有最大荷载的测站作为该区域的代表站。各个区的代表站分别为: I 区嫩江, II 区齐齐哈尔, III 区伊春, IV 区哈尔滨, V 区牡丹江, VI 区佳木斯。

2.3 各区域春季高森林火险期的变化

为了了解黑龙江省各个区域春季高森林火险期

变化趋势的性质和幅度,我们计算了各个区域代表站春季高森林火险期的线性趋势系数(表 2)。可见,各个区域春季高森林火险期均呈增加趋势,除东南部的 V 区增加趋势不显著外,其它各区均显著增加,特别是西南部的 II 区增加趋势达到了 0.001 显著水平。

在近 46 年中,各个区域春季高森林火险期增加幅度不同,北部的 I 区、西南部的 II 区增加幅度相对较大,而东南部的 V 区增加的幅度较小,最快的速率比最慢的要大近每 10 年 5 天。

表 2 黑龙江省春季高森林火险期各区

	线性趋势系数					d/10a
	I 区	II 区	III 区	IV 区	V 区	
线性趋势系数	6.89^b	6.88^a	5.20^c	3.14^d	1.92	6.07^b

注:黑体表示线性趋势信度显著性水平达 99% 以上,其中 a:0.001, b:0.01, c:0.05, d:0.1。

高森林火险期的变化不仅仅表现为线性趋势,它还存在着显著的年代际变化特征。为揭示黑龙江省春季高森林火险期的年代际变化,分别对各个区域代表站春季高森林火险期序列作 Mann-Kendall 气候突变检验,结果如图 3 所示。检验结果显示, I 区、II 区、III 区、IV 区、VI 区的统计量曲线最终均超过 0.05 临界线 ($u_{0.05} = 1.96$) 甚至 0.001 显著水平 ($u_{0.001} = 2.56$),表明以上 5 个区有显著的趋势变化。

I 区春季高森林火险期(图 3a1、a2)在 20 世纪 60 年代后期至 70 年代中期呈缓慢增加趋势,70 年代末期至 80 年代末期没有明显变化,90 年代以来有显著的增加趋势。II 区(图 3b1、b2)在 60 年代后期以来呈增加趋势,从 70 年代中期以后稳步增加, Mann-Kendall 检验曲线在 90 年代初期超过 0.05 显著性水平临界值,呈现显著增加趋势。III 区(图 3c1、c2)在 60 年代末期至 70 年代中期大幅缩短,然后经历了 80 年代的平稳变化后,1990 年以来持续大幅增加, Mann-Kendall 检验曲线也如同 I 区、II 区的一样最终超过 0.05 显著性水平临界值。IV 区(图 3d1、d2)在 80 年代中期之前变化趋势并不明显,80 年代末期以来呈现明显增加趋势, Mann-Kendall 检验曲线在 1999 年开始超过 0.05 显著性水平临界值,说明 80 年代末期以来的增加趋势非常显著。V 区(图 3e1、e2)增减频繁,在 1978 年之后

以 1982 年、1989 年、1996 年、2000 年为分界点，经历了增长、缩短、增长、缩短、再增长 5 个阶段。Ⅵ区(图 3f1、f2)经历了 60 年代的减少阶段之后，从 70

年代开始持续增加，Mann-Kendall 检验曲线在 90 年代初期超过 0.05 显著性水平临界值后，这种增加趋势更为明显。

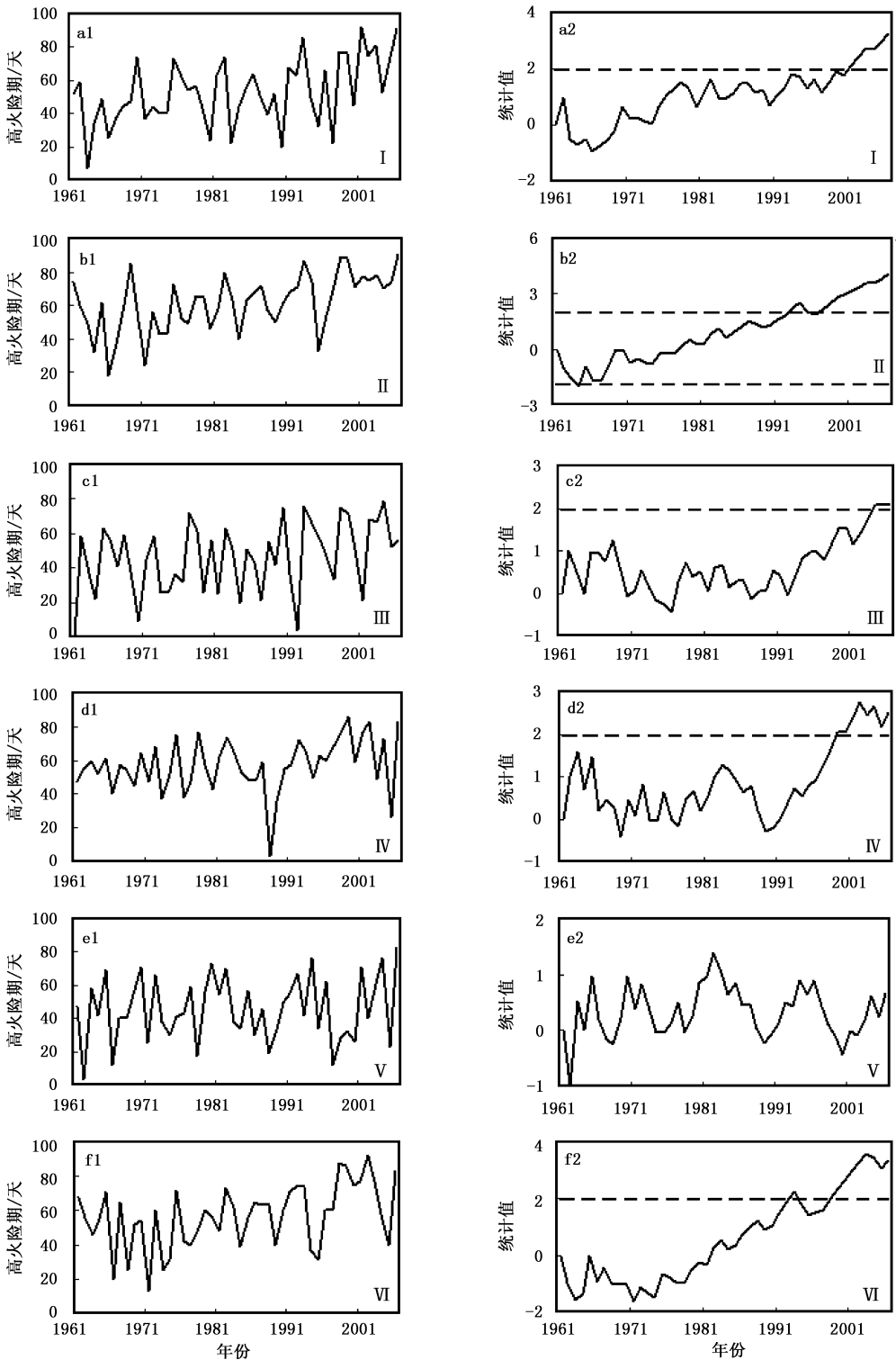


图 3 黑龙江省 1961~2006 年春季高森林火险期(左图 a1~f1)及变化趋势 Mann-Kendall 检验(右图 a2~f2)
(水平虚线为 0.05 显著性水平临界值)

3 黑龙江省春季高森林火险期变化的气候背景

3.1 温度的变化

现今人类正经历以气候变暖为主要特征的全球变化,温度的升高已经引起了全球环境的变化^[14],为了了解黑龙江省春季高森林火险期对气候变暖的响应,计算了 1961~2006 年各个区代表站的高森林火险期日数与 3~6 月平均气温的相关系数(表 3)。

表 3 黑龙江省春季高森林火险期各区与 3~6 月平均气温相关系数

	I 区	II 区	III 区	IV 区	V 区	VI 区
相关系数	0.3503	0.4408	0.3390	0.3749	0.0908	0.3749

黑龙江省各个区春季高森林火险期与 3~6 月平均气温均呈相同的变化方向,除 V 区外,其余各区均为明显的正相关关系,达到了 0.05 显著水平,这说明春季气温偏高,高森林火险期易偏长。黑龙江省 1980 年代末期以来的显著偏暖^[15],可能是导致黑龙江省 1990 年代以来高森林火险期明显偏长的一个原因。

3.2 大气环流系统的变化

大气环流是形成和制约区域或局地气候的重要因子。黑龙江省位于东北亚地区,西风带环流、极涡、东亚大槽以及东亚季风等环流系统是影响黑龙江省春季气候变化的主要因素,亚洲经向环流、亚洲区极涡面积、东亚大槽强度、东亚冬季风偏强(或偏大)有利于春季影响黑龙江省的冷空气偏多、偏强,气候偏冷;反之,有利于春季影响黑龙江省的冷空气偏少、偏弱,气候偏暖,气候差异必然与黑龙江省春季高森林火险期的变化有密切关系。

春季(3~5 月)500 hPa 亚洲经向环流(图 4a1、a2)在 70 年代中期至 80 年代末期有显著增强趋势,90 年代以来呈减弱趋势。亚洲区极涡面积(图 4b1、b2)在 60 年代初期至 70 年代前期呈显著增加趋势,70 年代后期至 80 年代末期有显著减小趋势。东亚大槽强度(图 4c1、c2)在 60 年代初期、80 年代、90 年代后期以来呈增强趋势,其它时段处于减弱时期。东亚冬季风^[16]在 80 年代中期之前偏强,之后开始明显减弱。

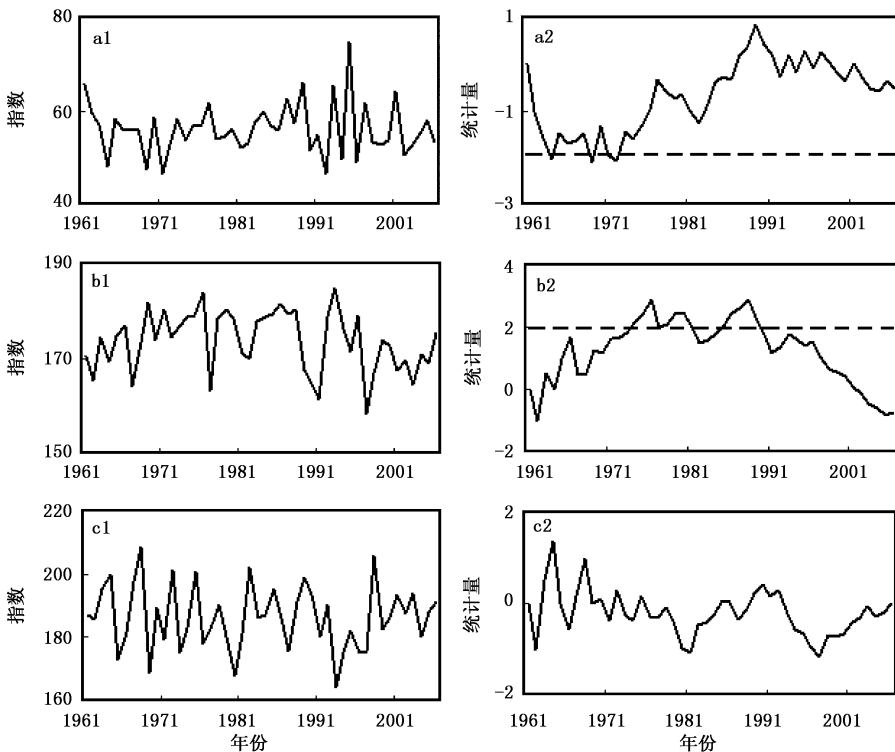


图 4 1961~2006 年春季东亚环流系统变化(左图)及趋势 Mann-Kendall 检验(右图): (a1, a2)亚洲经向环流指数, (b1, b2)亚洲区极涡面积指数, (c1, c2)东亚大槽强度

60~80年代大气环流系统配置对黑龙江省春季高森林火险期影响复杂,经向环流、极涡、东亚大槽、东亚冬季风相互作用,在不同时期、不同区域的重要性不同。60年代中期至70年代末期Ⅰ区和Ⅱ区、70年代的Ⅵ区春季高森林火险期的增加趋势,可能与东亚大槽强度减弱有关;60年代末期至70年代前期Ⅲ区、Ⅵ区60年代后期的减少趋势可能与同期亚洲经向环流、东亚冬季风的偏强趋势、亚洲区极涡面积增大趋势的关系更密切些。80年代Ⅱ区和Ⅵ区的增加趋势可能是东亚冬季风起的主要作用,Ⅲ区没有明显变化趋势可能是由于没有一个系统占优势,Ⅳ区的减少趋势是因经向环流、东亚大槽中的一个或两个系统起了主要作用。90年代以来黑龙江省(除东南部外)春季高森林火险期呈显著增加趋势,与同期亚洲经向环流和东亚冬季风的减弱趋势、亚洲区极涡面积的减小趋势有很好对应关系,这些环流系统共同作用的结果使得春季影响黑龙江省的冷空气偏少、偏弱,气候偏暖,最终导致高森林火险期增长。在1961~2006年间,大气环流系统对东南部的作用比较复杂,没有一个系统长时间起主导作用。

4 结论

黑龙江省春季高森林火险期有明显的地域特点和年代际变化特征,而这种变化有着强烈的年代际大气环流异常背景。通过以上分析得到以下几点主要结论。

(1)黑龙江省春季高森林火险期南部多于北部,西部多于东部,一般有40~60天。

(2)近46年来,黑龙江省春季高森林火险期分为6个变化区,各个区高森林火险期均呈增加趋势,北部、西南部、东部增加幅度最大,20世纪90年代以来是高森林火险期增长最明显的时期。

(3)90年代以来黑龙江省春季高森林火险期明显增长,可能是对同期的气候变暖、亚洲经向环流和东亚冬季风减弱、亚洲区极涡面积减小的反应。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 赵宪文. 国际林火动态和研究进展[J]. 林业资源管理, 1995, (1): 60-62.
- [3] 舒立福, 田晓瑞, 寇晓军. 林火研究综述(Ⅰ): 研究热点与进展[J]. 世界林业研究, 2003, 16(3): 37-40.
- [4] 宋志杰. 林火原理和林火预报[M]. 北京: 气象出版社, 1991.
- [5] 舒立福, 张小罗, 戴兴安. 林火研究综述(Ⅱ): 林火预测预报[J]. 世界林业研究, 2003, 16(4): 35-37.
- [6] 齐东方, 董杰, 潘华盛. 森林火险监测预报技术研究进展[J]. 黑龙江水专学报, 2007, 34(3): 94-96.
- [7] 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.
- [8] 王明玉, 舒立福, 田晓瑞, 等. 林火在空间上的波动性及其对全球变化的响应(Ⅰ)[J]. 火灾科学, 2003, 12(3): 165-170.
- [9] 田晓瑞, 舒立福, 王明玉, 等. 林火与气候变化研究进展[J]. 世界林业研究, 2006, 19(5): 38-42.
- [10] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 43-47, 69-72.
- [11] 中华人民共和国林业行业标准 LY/T 1172-95 全国森林火险天气等级[S], 1995.
- [12] 张尚印, 祝昌汉, 高歌, 等. 森林火灾天气等级确定及监测预报方法[J]. 气象科技, 2001, 29(2): 45-48.
- [13] 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.
- [14] 任国玉, 徐铭志, 初子莹, 等. 近54年中国地面气温变化[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 717-727.
- [15] 潘华盛, 张桂华, 徐南平. 20世纪80年代以来黑龙江气候变暖的初步分析[J]. 气候与环境研究, 2003, 8(3): 348-355.
- [16] 施能, 朱乾根. 1873~1995年东亚冬、夏季风强度指数[J]. 气象科技, 2000, 28(3): 15-16.

Interdecadal Variation Characteristics of High-Risk Forest-Fire Period in Spring in Heilongjiang Province

Guo Shiyou Gao Yuzhong Pan Huasheng Zhang Zhi

(Heilongjiang Provincial Meteorological Office, Harbin 150030)

Abstract: The characteristics of interdecadal variation of high-risk forest-fire periods in spring in Heilongjiang Province are analyzed by using the observation data from 29 stations of Heilongjiang Province from 1961 to 2006. The results indicate that the high-risk forest-fire periods in spring in the western and southern parts of Heilongjiang Province are longer than those in the eastern and northern parts. The high-risk forest-fire periods in spring have obvious interdecadal variability with the most rapid lengthening in the 1990s, but there are some differences among various areas, with the lengthening in the southwestern and eastern of Heilongjiang Province beginning from the 1970s. Moreover, the climatic background of interdecadal variability of the high-risk forest-fire periods is also discussed preliminarily. The interdecadal variation of high-risk forest-fire periods in Heilongjiang Province from the 1990s may be related to the global climate warming and the interdecadal variation of atmospheric circulation systems.

Key words: high-risk forest-fire period, interdecadal variation, global climate warming

西北欧洲风暴强度未受全球变暖影响

谢菲尔德大学地理系 Edward Hanna 等的研究发现,全球变暖并没有影响不列颠群岛周围的风暴强度。该研究成果发表在 2008 年 12 月 15 日出版的 Journal of Climate 杂志上。该结论与以前一些气候模式预测结果相矛盾,认为总体上自 19 世纪中后期以来风暴强度增加的证据不明显。该研究以一些新获得的气压计测量资料为基础,分析了大气压的日变化,研究了 1830 年以来西北欧洲的风与风暴强度的变化。研究表明,1830 年以来风暴强度存在明显的自然变化,其中 1900 年左右及 90 年代初期风暴强度增强,而 1930 年左右和 60 年代初期风暴强度相对较弱。因此,明显的自然变化很可能会掩盖全球变暖对风暴产生的影响。Hanna 的项目组成员来自不同国际性气象研究机构,包括英国气象局哈德莱中心、丹麦气象局,冰岛气象局以及爱尔兰高威国立大学。项目组对结果进行了统计分析,设计了一个气压日变化指数(daily pressure variability index),对来自丹麦、法罗群岛、格林兰、冰岛、英国和爱尔兰的一些长记录气象站的气压资料进行了细致的检验。

Hanna 指出:该研究对风暴状况的分析参考了以前的历史风暴强度研究,而这些研究往往在时间或空间上有局限性,常常不一致,所以难以得出可靠的结论;过去 200 年里欧洲的风暴记录非常复杂,从中可以发现存在明显的自然变化,但没有明显观测证据表明,风暴活动变化可以归因于全球变暖;风暴强度是气候与全球变暖研究中的重要内容。

曾晓梅编译自美国气象学会网站,AMS News and Information,2008-12-22,
<http://www.ametsoc.org/amsnews>