

# 中国南方冰雪灾害对森林火灾发生短期影响分析 ——以湖南为例<sup>\*</sup>

王明玉<sup>1</sup> 舒立福<sup>1</sup> 王秋华<sup>1</sup> 赵凤君<sup>1</sup> 田晓瑞<sup>1</sup> 阎厚<sup>2</sup> 杜建华<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所 国家林业局森林保护学重点开放性实验室 北京 100091;

2. 国家林业局森林防火预警监测信息中心 北京 100714)

**摘要:** 以湖南省为研究区域,分析冰雪后短期内(3月份)卫星热点的空间分布特征、与受害程度的空间关系,森林火灾发生的特点和扑火人员伤亡情况,以及气象因素对火发生的影响。结果表明:处于受害区确认为森林火灾的卫星热点占总数的61.00%。2008年3月份火灾次数和过火面积异常增高,共发生火灾3 097起,过火面积23 227.68 hm<sup>2</sup>,火灾次数超过1999—2007年3月份火灾次数的总和,且是1999—2007年3月份火灾次数总和的120.65%,3月份平均火灾次数的10.86倍。过火面积是1999—2007年3月份总和的88.40%,3月份平均过火面积的4.69倍。人员伤亡40人,是1999—2007年3月份人员伤亡总和的72.73%,平均伤亡人数的6.56倍。冰雪灾害后,2008年3月火灾次数、过火面积和人员伤亡人数的异常增高已经超出了气温和降水对火发生正常影响的范围。

**关键词:** 雨雪冰冻; 火发生; 扑火安全

中图分类号: S762 文献标识码: A 文章编号: 1001-7488(2008)11-0064-05

## Forest Fire Occurrence in Short Term Under the Impacts of Snow Damage in South of China \- Case Study in Hunan Province

Wang Mingyu<sup>1</sup> Shu Lifu<sup>1</sup> Wang Qiuhua<sup>1</sup> Zhao Fengjun<sup>1</sup> Tian Xiaorui<sup>1</sup> Yan Hou<sup>2</sup> Du Jianhua<sup>2</sup>

(1. Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF Key Open Laboratory of Forest Protection of State Forestry Administration Beijing 100091;

2. Forest Fire Alarming and Monitoring Information Center, State Forestry Administration Beijing 100714)

**Abstract:** Freaky snow and ice storms had plagued southern China since mid-January to mid-February 2008. This long time snow and ice weather severely damaged forest ecosystem, and also greatly impacted forest fire occurrence and firefighters' safety. This paper analyzed forest fire hotspot distribution from satellite image, forest fire occurrence, firefighters injured and dead number, and influence of weather on fire occurrence, to assessed the impact of the snow and ice damage on fire occurrence and firefighting safety in Hunan Province. The result showed: Up to 61.00% hotspots distributed in the area damaged by the snow and ice. Fire number and burned area were extremely high in March 2008. Fire number was 3 097, and burned area was 23 227.68 hm<sup>2</sup>. Fire number exceeded the total fires happened in all Marches from 1999 to 2007, accounted for 120.65% of the total fire number in Marches of 1999—2007, and was 10.86 times more than the average fire number in Marches of 1999—2007. The burned area accounted for 88.40% of the total burned area in Marches of 1999—2007, and was 4.69 times more than the average burned area in Marches of 1999—2007. The number of injured and dead fighters was 40, and was 72.73% of the total number in Marches of 1999—2007, and was 6.56 times of the average number of injured and dead in Marches of 1999—2007. The abnormal increase of fire number, burned area and the number of injured and dead go beyond the limit of weather change impact on forest fire occurrence. The number of injured and dead has significant correlation with fire number and burned area. Air temperature and rainfall does not have significant impact on fire number and burned area. The extreme increase of fire number, burned area and the number of injured and dead firefighters were impacted by weather, human activities under the background of great change of fuel accumulation, flammability, and fuel structure.

**Key words:** rain and snow damage; fire occurrence; fire fighting safety

林火是显著影响森林生态系统的干扰因子(Agee, 1991; Specht, 1991),干扰对于塑造和维护陆地生态系统起着重要的作用,而林火深刻地影响着陆地生态系统的演化过程和陆地森林景观的结构(Antonio *et al.*,

收稿日期: 2008-07-24.

基金项目: 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(CAFRIFEEP200803)和国家科技支撑计划项目(2007BAC03A02)。

<sup>\*</sup> 舒立福为通讯作者。

2001), 对许多物种的进化历史起着重要作用 (Ne' eman *et al.*, 1999)。人为火源和天然火源对景观的形成与发展具有重要作用。林火作为森林中极为活跃的干扰因子, 它能影响某些生物的发展和演变, 影响许多生物的生存和发展。在许多情况下, 林火已经成为生态系统中的一部分, 优势种已经适应火烧的循环周期。林火对于许多森林生态系统的存在是至关重要的, 火发生频率和严重性深刻地影响了区域内森林的结构与组成。

2008 年 1 月中下旬至 2 月上旬, 中国南方地区气候异常, 导致大范围、长时间的强降雪及冰冻灾害。这种异常天气过程和“拉尼娜”事件有关, 对中国南方森林造成大面积的冰雪灾害, 森林雪灾害是附加在树冠和树干上的雪压达到树木承受的极限时, 树木的特定部位不能支持这些负荷而造成的树干弯曲、树冠和树干折断以及连根拔起等危害 (Petty *et al.*, 1981; Solantie, 1994; 李秀芬等, 2005)。由于雪灾的机械损伤和随后的冰冻对代谢的损害, 受灾地区的森林生态系统遭到了严重破坏。这次严重的雨雪冰冻灾害, 作为一次强干扰过程对森林生态系统的影响是多方面的, 其中对森林可燃物的空间结构、空间布局、载量变化, 以及与之相应的森林火险、潜在火行为、火发生状况以及扑火安全的影响都是巨大的。

本文以湖南省为研究区域, 分析了冰雪灾害后, 短期内卫星热点的空间分布特征与受害程度的空间关系, 分析了森林火灾发生的特点和扑火人员伤亡情况, 以及气象因素对火发生的影响, 进而对冰雪灾害对森林火发生的影响进行评价。

## 1 研究区域概况

湖南省位于长江中游 ( $24^{\circ}38' - 30^{\circ}08'N$ ,  $108^{\circ}47' - 114^{\circ}15'E$ ), 面积 21 万  $km^2$  以上, 位于中国地势第二、三阶梯的过渡地段。全省土壤类型, 西面以黄壤为主, 东面以红壤为主。森林资源主要集中在湘西南、湘南、湘西北及湘东。

湖南属中国南部亚热带湿润森林植物区系, 植物种类多, 区系成分复杂。有高等植物约 5 000 种, 其中木本植物 1 900 余种, 地带植被主要由壳斗科、樟科、木兰科、金缕梅科、山茶科、冬青科、安息香科的树种组成。主要树种有马尾松 (*Pinus massoniana*)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*)、鹅耳枥 (*Carpinus turczaninowii*)、化香树 (*Platycarya strobilacea*)、栓皮栎 (*Quercus variabilis*)、白栎 (*Q. fabri*)、短柄树 (*Q. serrata* var. *brevipetiolata*)、苦槠 (*Castanopsis sclerophylla*)、甜槠 (*C. eyrei*)、米槠 (*C. carlesii*)、樟树 (*Cinnamomum camphora*)、枫香树 (*Liquidambar formosana*) 等。截至 1999 年, 全省森林覆盖率 40.63%, 全省天然林为 469.76 万  $hm^2$ , 人工林为 390.39 万  $hm^2$  (肖兴威, 2005)。

湖南省森林火灾大多发生在山地, 主要为人类活动引起的。湖南省森林与居民点相互交错, 人类活动频繁, 稍不慎, 就会给森林留下火种, 引发森林火灾。森林火灾主要发生在 1—5 月, 高峰期在 2—4 月, 1999—2007 年年平均发生火灾次数 1 615 起, 是中国森林火灾发生次数最多的省份之一。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

选择无云或少云的 MODIS 1B 数据, 分别对冰雪灾害前后 (2007—05—02 和 2008—05—11) 基本同期的 MODIS 数据进行处理, 用于受害等级划分。2008 年 3 月份 MODIS 热点监测数据, 用于与受害等级分布图进行叠加, 分析热点分布与受害程度分布的空间关系。1999—2008 年 3 月份平均气温和降水数据。1999—2008 年 3 月份森林火灾发生统计数据, 包括火灾次数、面积和伤亡人数。

### 2.2 方法

MODIS 1B 数据经几何校正和大气辐射校正后, 计算出地表反射率值, 然后利用地表反射率值计算 NDVI 植被指数, 利用植被指数的变化对森林受影响的程度进行计算。根据受害前后 NDVI 值的变化, 与植被分布数据相结合, 对森林受害区域进行确认, 将卫星热点监测数据 (2008 年 3 月) 与受害区域进行叠加, 分析热点空间分布特征以及与受害区域的关系。

统计火灾次数、面积和伤亡人数, 分析计算研究区域内 23 个基准气象站点降水量和平均气温的平均值及其变化规律, 将其与森林火灾发生与伤亡情况进行相关性分析, 评价其影响程度, 进而分析冰雪灾害对火发生和人员伤亡的影响程度。

### 3 结果与分析

#### 3.1 热点的空间分布格局

正常情况下,植物体内的含水量较高,会掩盖或影响植物体其他生化成分的波谱特征。树木受害后的水状态和光谱反射率均发生显著变化。在红光和近红外区域的变化更显著,尤其是红边的位置更能反映植物的生理状态。在 0.620~0.670  $\mu\text{m}$  波段随着植物体含水量降低,反射率会迅速增加,0.841~0.876  $\mu\text{m}$  波段反射率也会增加,但增加的程度远小于 0.620~0.670  $\mu\text{m}$  波段,导致计算出的 NDVI 值小于正常情况下的值。因此可以用 NDVI 值的变化对冰雪灾害对森林的影响进行评估(图 1)。

为了获得正常情况下 NDVI 同期的变化量,分别以冰雪前后 NDVI 频率峰值对应的 NDVI 值的差值作为正常 NDVI 增加的量,2007-05-02 频率峰值对应的 NDVI 值为 0.64,2008-05-11 频率峰值对应的 NDVI 值为 0.72,其差值为 0.08,以 0.08 作为基本阈值,对受害与否进行判别(图 2)。

正常情况下,在研究的时间段内,NDVI 增加值应该在 0.08,增加幅度小于 0.08 表示有不同程度的受害。

由于天气、空间分辨率、时间分辨率、地形等因素的影响,卫星实际监测并核实为森林火灾的热点比统计得到的火灾数量要少许多。选择有效的经过确认的热点 405 个,其中热点所在位置 NDVI 值大于 -0.08 为 247 个点,热点位置 NDVI 值小于 -0.08 为 158 点,处于受害区的热点占总数的 61.00%。

从整个热点分布来看,湖南省的南部和东部热点分布比较集中,这与受冰雪影响的区域分布基本一致。由于本区域的森林火灾主要由人为原因引起的,人为火的发生与人口密度、公路网密度、居民区分布等都有密切的关系。受害区域,死可燃物载量增加,尤其是细小可燃物载量增加显著,失水速率加大,随着人类活动,可燃物被引燃的概率增加。

#### 3.2 火发生与人员伤亡变化

2008 年 3 月火灾次数和过火面积异常增高,共发生火灾 3 097 起,过火面积 23 227.68  $\text{hm}^2$ ,火灾次数超过 1999—2007 年 3 月份火灾次数的总和,是 1999—2007 年 3 月份火灾次数总和的 120.65%,3 月份平均火灾次数的 10.86 倍,过火面积是 1999—2007 年 3 月份总和的 88.40%,3 月份平均过火面积的 4.69 倍(图 3)。

森林火灾主要维持在小面积的水平,平均过火面积仅为 7.50  $\text{hm}^2$ ,小面积的火灾对整个森林的贡献比较大。

人员伤亡人数 40 人,是 1999—2007 年 3 月份人员伤亡总和的 72.73%,平均伤亡人数的 6.56 倍(图 4)。

#### 3.3 温度和降水对火发生和人员伤亡影响分析

研究区域内 2008 年 3 月平均温度为 14.26  $^{\circ}\text{C}$ ,是 1999 年以来最高的月份,2008 年 3 月降水量为 145 mm,

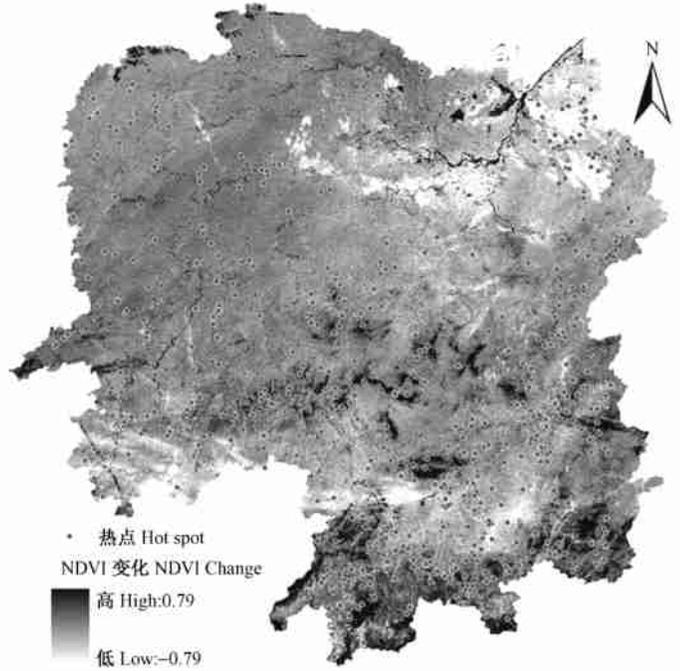


图 1 热点分布与 NDVI 变化图叠加

Fig. 1 Hot spot distribution on NDVI change map

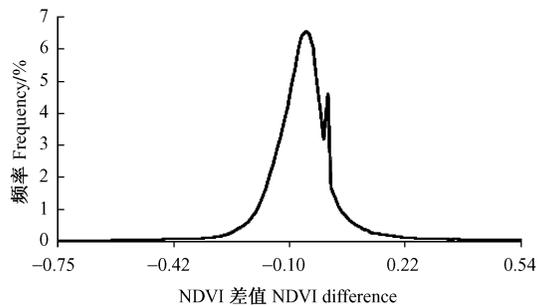


图 2 NDVI 差值频率分布

Fig. 2 Distribution of NDVI difference frequency

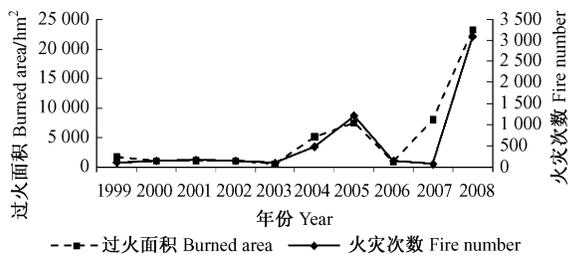


图 3 火灾次数和过火面积变化

Fig. 3 Fire number and burned area

是 1999 年以来第 2 多年份, 仅次于 2000 年(图 5)。

温度和降水对森林火灾的发生和蔓延均有不同程度的影响, 由于可燃物含水率的时滞效应, 前期气象条件对森林火灾的发生具有重大影响, 尤其是前期的降水、温度、风速等影响可燃物含水率的气象因子。一般情况下, 降水对火发生的影响更大一些, 2008 年 3 月虽然平均气温距平为 3.72 °C, 比往年明显偏高, 与 2002 年相比较, 这 2 个年度的降水和气温具有相似性, 然而 2008 年 3 月份火灾次数竟高达 142 起, 2008 年 3 月森林火灾发生的异常增高已经超出了气温和降水对火发生正常影响的范围。主要由于细小可燃物和死可燃物异常增多引起来的。

将火灾次数、过火面积、伤亡人数、气温和降水进行相关性分析(表 1), 可以看出伤亡人数与火灾次数与过火面积相关显著, 表明由于火灾次数的增多和过火面积的加大, 参加扑火的人数增加, 伤亡人数增大。冰雪灾害后, 火灾次数和面积的异常增加, 使得伤亡人数大量增加。同时, 温度和降水对火灾发生次数和过火面积没有显著影响, 表明 2008 年 3 月份研究区域内火灾次数和过火面积的异常增加主要由于可燃物空间结构、燃烧性, 以及载量变化引起来的。

由于地表死可燃物自然降解的周期性, 使得这次冰雪灾害对可燃物的影响, 将长期影响火发生和过火面积, 进行对扑火人员的伤亡产生影响。因此, 有效的减少地表死可燃物, 对可燃物进行科学的管理将有效得减少火发生和人员伤亡。由于研究区域内主要为人为火源, 火发生次数与火源管理密切相关, 由于温度和降水对火发生的影响并不显著, 因此, 火源管理对火发生次数的影响更大。同时由于人的因素在森林火灾的发生过程中具有重要作用, 并且不同森林类型分布的区域差异, 可燃物的特性并不能完全成为评价一森林火灾发生和火灾面积大小的指标(王明玉等, 2004), 3 月份火灾次数、过火面积, 以及伤亡人员的异常增高是在可燃物大量积累、燃烧性增强的背景下, 与气象条件, 以及人类活动综合作用的结果。

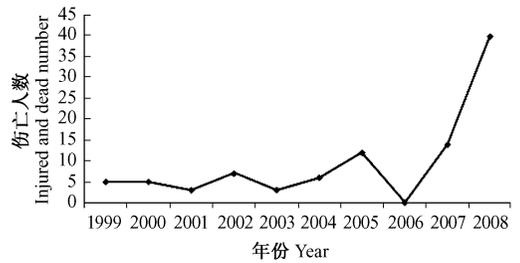


图 4 伤亡人数变化

Fig. 4 Injured and dead number of fire fighters

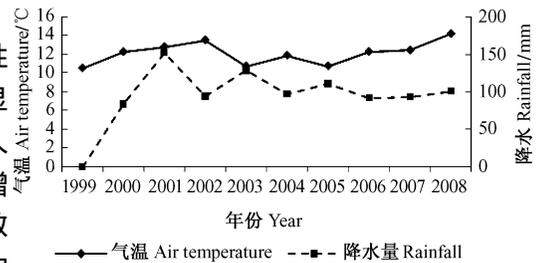


图 5 月平均温度和月降水变化

Fig. 5 Average monthly air temperature and monthly rainfall

表 1 火发生、伤亡人数与气象因子相关性<sup>①</sup>

Tab. 1 Correlation of fire occurrence, injured and dead number and weather factors

	火灾次数 Fire number	过火面积 Burned area	伤亡人数 Injured and dead number	气温 Air temperature	降水量 Rainfall
火灾次数 Fire number	1				
过火面积 Burned area	0.938 * Sig. 0.000 1	1			
伤亡人数 Injured and dead number	0.926 * Sig. 0.000 1	0.981 * Sig. 0.000	1		
气温 Air temperature	0.442 Sig. 0.201	0.485 Sig. 0.115	0.542 Sig. 0.106	1	
降水量 Rainfall	0.420 Sig. 0.227	0.394 Sig. 0.260	0.485 Sig. 0.115	0.658 * Sig. 0.039	1

① \*: 在 0.05 水平上显著 Significant difference at 0.05 level.

和火灾面积大小的指标(王明玉等, 2004), 3 月份火灾次数、过火面积, 以及伤亡人员的异常增高是在可燃物大量积累、燃烧性增强的背景下, 与气象条件, 以及人类活动综合作用的结果。

#### 4 结论与讨论

冰雪灾害后, 与历年(1999—2007)同期相比, 2008 年 3 月火灾次数、过火面积和人员伤亡人数异常增高。2008 年 3 月森林火灾发生的异常增高已经超出了气温和降水对火发生正常影响的范围。伤亡人数与火灾次数与过火面积相关显著, 温度和降水对火灾发生次数和过火面积没有显著影响, 2008 年 3 月份研究区域内火灾次数和过火面积的异常增加主要由于在可燃物空间结构、燃烧性, 以及载量变化背景下, 与气象条件, 以及人类活动综合作用的结果。

研究区域内林农交错, 公路网密集, 人口众多, 森林火灾主要是人为火。森林火灾的发生受多种因素的影响, 除了受气象条件决定的火险天气状况, 也受可燃物状况的综合影响, 火源管理水平也是影响火发生频率的一个重要因素, 灾后重建生产和春耕, 野外人为活动剧增, 火源管理困难, 极易引发森林火灾。冰雪过

后,短期内死可燃物含水率对天气变化比活可燃物更加敏感,导致短时间内可燃物干燥度增加,燃烧性增强,随着人员活动,森林可燃物被引燃、蔓延的概率增大,最终导致了2008年3月份森林火灾异常暴发,人员伤亡巨大。

伤亡原因主要有5个方面:一是火灾次数和过火面积增大,使得扑火人数剧增,伤亡概率增大,从统计上分析,伤亡人数与火灾次数和面积具有极显著的相关性。二是冰雪受害区域多分布在高海拔位置,山高坡陡,扑火危险性增大。三是林区内倒木、断枝增多,扑火人员行进和逃生难度增大。四是细小可燃物和死可燃物剧增,导致可燃物失水速率增大,使得初始火强度和火强度增加,扑救难度加大。五是森林受害后,树冠和枝叶大量脱落,林内透风系数增大,使得在同等风速条件下,受害后林内风速比受害前明显加大,使得火蔓延速度、火强度和火焰高度加大,火行为更加复杂。所有这些因素均对扑火人员的人身安全造成不利的影响。

随着全球气候变暖,中国森林火灾呈上升趋势,而这次雨雪冰冻灾害进一步加强了这种趋势,地表可燃物载量急剧增加,森林火险和火行为更加复杂,扑火危险性加大。冰雪灾害对火发生与扑救在短期内产生了重要的影响,在更长的时间内这种影响还将持续,这取决于森林生态系统的恢复进程与地表死可燃物的分解情况,这方面量化的结果还需要进一步的研究。

### 参 考 文 献

- 李秀芬,朱教君,王庆礼,等. 2005. 森林的风/雪灾害研究综述. 生态学报, 25(1): 148-157.
- 王明玉,李 华,舒立福,等. 2004. 不同植被类型森林火灾及雷击火自组织临界性. 生态学报, 24(8): 1803-1807.
- 肖兴威. 2005. 中国森林资源图集. 北京: 中国林业出版社, 104-106.
- Agee J K. 1991. The historical role of fire in Pacific Northwest Forests. Corvallis, Oregon: Oregon State University Press, 25-38.
- Antonio V, Joé M M. 2001. Spatial distribution of forest fires in Sierra de Gredos (Central Spain). Forest Ecology and Management, 147: 55-65.
- Ne'eman G, Fotheringham C J, Keely J E. 1999. Patch to landscape patterns in post fire recruitment of a serotinous conifer. Plant Ecology, 145: 235-242.
- Petty J A, Worrell R. 1981. Stability of coniferous tree stems in relation to damage by snow. Forestry, 54(2): 115-128.
- Solantie R. 1994. Effect of weather and climatological background on snow damage of forests in southern Finland in November 1991. Silva Fennica, 28(3): 203-211.
- Specht R L. 1991. Changes in the Eucalypt forests of Australia as a result of human disturbance. Cambridge: Cambridge University Press, 177-197.

(责任编辑 朱乾坤)