

森林火灾天气等级确定及监测预报方法

张尚印 祝昌汉 高歌 张强

(国家气候中心, 北京 100081)

摘要 利用内蒙古和山西两地 1994~1999 年 6 次特大森林火灾的气候资料,探讨了火灾发生的环境条件和天气气候条件,并建立了森林火险天气等级、监测和预报方法。

关键词 火灾成因 天气等级标准 监测预报

引言

我国森林面积 1.34 亿 hm^2 ,森林覆盖率只有 13.92%,人均森林面积不到 0.11 hm^2 ,而且分布不均,人均占有森林面积和林木蓄积都远远低于世界人均水平。这有限的森林资源遭受着各种各样自然和人为因素的破坏,森林火灾就是其中之一。自 1994 年以来,我国受害森林面积在 1000 hm^2 以上的特大森林火灾每年都发生 1~3 次,1996 年有 3 次,发生在内蒙古自治区和山西省。内蒙古和山西两地属于温带半干旱和半湿润大陆季风气候,海拔高度约 1000 m,干旱少雨,森林火灾十分严重。对特大森林火灾、火环境和天气气候成因分析研究,确定森林火险天气标准,建立森林火险监测和预报方法,具有现实意义。

1 资料和方法

利用内蒙古和山西两地 1994~1999 年每年春季一次特大森林火灾个例为原始资料,引用同期湖北省森林火灾气象环境要素和重大林火研究^[1~3]资料(火源、过火面积、温度、降水、相对湿度、地温、风向风速等),分析这些地区林火环境因素、天气气候因素,确定该地区森林火险天气等级标准,建立并推

广应用森林火险天气监测和预报方法。

2 特大森林火灾环境因素

1994~1999 年内蒙古和山西两地 6 次特大森林火灾的环境因素具有以下特点:

(1) 特大森林火灾发生时间的气候特点

6 次特大森林火灾集中在 4 月至 5 月中旬,4 月有 3 次,5 月有 3 次。春季,上述地区春旱明显,气温回升快,平均气温高,降水少,相对湿度小,植被枯黄,易着火。

(2) 火源类型 近年来,内蒙古林区和山西林区特大火源有 6 种类型。由牧民鸣枪狩猎、烧荒、拖拉机跑火、上坟烧纸等人为原因导致的重大火灾具有极大危险性。其他类型的火源还有自然火源,如雷击致火;外来源,如蒙古林火烧入我国境内。

(3) 过火面积 内蒙古和山西 6 次特大火灾火场面积最小的 6506 hm^2 ,最大达的 102 万 hm^2 ,受害森林面积最大的 7.5 万 hm^2 ,最小的 6754 hm^2 ,有一次不明。

(4) 可燃物类型 内蒙古和山西林区主要可燃物有油松、辽东栎林、山杨、白桦林、混交林、山地落叶阔叶林、沼泽丛林。地被物有天兰苜蓿、野草木樨、花苜蓿、直立黄花、达乌里黄氏、糙隐子草、荆条、沙棘灌丛、白羊草灌丛、禾草、苔草、杂草、灌丛、大针叶、根茎

草、小针叶等。

3 林火与天气气候条件的关系

3.1 林火期间温度变化

我国地域广大,从东到西,从南到北地面温度和气温温差较大,内蒙古和山西森林火灾期间 08:00 地面温度和 14:00 气温变化大,并随季节而改变,春季 4 月气温较低,5 月气温较高。林火发生当日或次日前 4 天地面气温升高 $2 \sim 10^{\circ}\text{C}$,14:00 气温升高 $4 \sim 16^{\circ}\text{C}$ 。如 1996 年 4 月 20 ~ 23 日,08:00 地面气温分别为 4.1°C 、 7.4°C 、 11.8°C 、 14.7°C ,每天平均升温 2.6°C ;4 天共升温 10.6°C 。14:00 气温分别为 10.4°C 、 18.7°C 、 20.6°C 、 26.2°C ,每天平均升温约 4°C ,一天最大升温 8.3°C ,4 天共升温 15.8°C 。分析表明,林火燃烧期升温幅度大,极值高,蔓延期地面温度、气温变化大。

3.2 降雨与森林火灾

降水量大小及降水后干旱程度是确定森林火灾等级的重要因子,降水量大小也是决定林火是否蔓延的重要因素,降水量小,干旱持续时间长,易引起森林火灾,林火易燃烧蔓延。分析表明,6 次大火灾前 1 ~ 2 个月降水量较常年同期偏少 4 成以上,林火燃烧前 1 ~ 7 天无降雨共有 5 次,1 次降水量仅 0.6 mm ,旱象严重,地被物极干燥,林火发生后又极易蔓延。如 1998 ~ 1999 年冬季,山西降水明显偏少,天气以晴为主,比常年同期偏少 5 成以上,气温变化大,3 月和 4 月上旬基本无降水,旱情持续发生,并日趋严重,4 月 3 ~ 9 日,山西 23 处因上坟起火引起大面积火灾。

3.3 森林火灾与相对湿度

空气相对湿度的季节和日变化都很大。相对湿度与天气的变化、降水量、可燃物含水率有直接的关系,天气的变化、降水量的变化、可燃物含水率的变化制约着相对湿度,一般 14:00(地方时)的相对湿度最小。对春季 4 ~ 5 月而言,4 月偏大,5 月偏小,林火燃烧

前 2 ~ 5 天相对湿度开始减小,林火燃烧或发生的当日相对湿度一般小于 25%,最小为 1%。如 1999 年 4 月 29 日 ~ 5 月 4 日,5 月 2 日起火,相对湿度分别为 6%、10%、6%、1%、9%、4%,林火发生的当日相对湿度为 1%,空气极端干燥,极利林火燃烧。

3.4 森林火灾与风向风速

考察 6 次特大森林火灾表明,从林火发生发展、蔓延至熄灭,风向风速变化很大。当风速小于 2 级时,有利于着火,但不助火蔓延,风速大于等于 2 级时,火场蔓延扩大,风速大于 5 级时,火场迅速扩大,大风起到风助火势,火借风威的作用,风速加大,蔓延加快,以致产生延续数日的特大火灾。如 1996 年 4 月下旬,先后由蒙古从 15 处烧入我国,23 ~ 24 日偏西风转西北风 $4 \sim 6$ 级($11 \sim 13\text{ m/s}$),火场迅速蔓延扩大,导致火场面积达 102 万 h m^2 ,受害森林面积达 7.5 万 h m^2 。

4 森林火险天气等级标准的确定

森林火险天气等级标准,对鉴别比较我国南北方各类林区的森林火险程度,监测森林火险和预报实时业务,对森林火险情况进行跟踪监测,及时获得森林火险火灾的发展、缓解和解除信息,以及对政府各部门正确决策具有重要的参考价值。要建立森林火险和预报实时监测业务,就需要有一套适用于该实时业务的森林火险和预报天气等级标准。从自然因子来看主要是由可燃物和天气气候条件决定的,某地区可燃物和气候条件是比较稳定的,而天气是不断变化的,不同地区不同时间的森林火险随天气变化而变化。本文选用内蒙古东新巴旗、鄂伦春、扎兰屯、阿尔山和山西文水等站用 1989 ~ 1998 年逐日降水和气温及 8 ~ 12 月降水量资料,探讨实时业务中森林火险监测和预报天气等级标准。

4.1 I 指标的确定

经过对已有许多指标的筛选,认为文献 [2 ~ 3] 中春旱 I 指标既考虑了底墒的情况,

又考虑了降水、气温对干旱的影响,计算结果基本符合实际。因此以 I 指标为基础,适当修改后用于实时监测业务是可行的。

$$I = a_1 \frac{P_1}{\overline{P_1}} + a_2 \frac{P_2}{\overline{P_2}} + a_3 \frac{T}{\overline{T}} \tag{1}$$

式中: I 为春季干旱指标; P_1 为春季 3~5 月降水量, $\overline{P_1}$ 为其多年平均值; P_2 为上一年 8~12 月降水量, $\overline{P_2}$ 为其多年平均值; T 为 3~5 月平均气温, $\overline{T}$ 为多年平均值; a_1 、 a_2 、 a_3 为权重系数,分别取 0.8、0.1、0.1。以森林火险监测预报指数 I 的距平值作为指标,内蒙古自治区东新巴旗、鄂伦春、扎兰屯、阿尔山和山西文水站的干旱程度定为正常(1)、轻旱(2)、中旱(3)、重旱(4)、严重旱年(5)。

由于式(1)不能用于实时监测业务,因而对式(1)中 1 和 3 项进行修改。

干旱有一个逐渐形成的过程,在气候实时监测中,每天都以最近 30 天降水量滚动监测干旱发生情况。在式(1)中把 3~5 月中每天得到的最近 30 天降水量作为 P_1 ,同期多年平均值作为 $\overline{P_1}$,同样同期气温和气温多年

平均值分别为 T 、 $\overline{T}$,即:

$$P_1 = \sum_{i=1}^{30} R_i \quad \overline{P_1} = \frac{1}{30} \sum_{n=1}^{30} \sum_{i=1}^{30} R_i$$
$$T = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} T_i \quad \overline{T} = \frac{1}{30} \sum_{n=1}^{30} \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} T_i \tag{2}$$

式中 R_i 和 T_i 分别为最近 30 天中每天的降水量和气温值, n 为年数。将式(2)代入式(1),得:

$$I = a_1 \frac{\sum_{i=1}^{30} R_i}{\frac{1}{30} \sum_{n=1}^{30} \sum_{i=1}^{30} R_i} + a_2 \frac{P_2}{\overline{P_2}} + a_3 \frac{\frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} T_i}{\frac{1}{30} \sum_{n=1}^{30} \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} T_i} \tag{3}$$

为避免式(3)中第 3 项的分母正负号相抵变的很小或为零,式(3)中每天的气温值以绝对气温表示。这样每天可获得一个干旱指数 I ,而且 I 值始终大于零,其多年平均值等于 1。这样由每天求得的 I 值容易得到距平值 ΔI 。为方便起见,本文将干旱指数的距平值 ΔI 作为春季干旱的指标(表 1)。文中规定干旱指数即使 ΔI 值很大,也按无旱处理。

表 1 各种环境和气象条件下的火险指标数

14:00 相对湿度(%)		平均风速(m/s)		≥0.1 mm 降水 后连旱天数		14:00 气温(℃)		干旱指标		地被物	
范围	指标数	范围	指标数	天数	指标数	范围	指标数	ΔI	指标数	地被物	指标数
≥45	5	0.0~1.5	0	当天	0	≤10.0	2	>0	1	全部绿草和树或雪	0
41~44	10	1.6~3.3	2	1	3	10.1~15.0	6	-0.3~0	2	75%绿草和树或雪 25%干草或干树枝	5
36~40	15	3.4~5.4	3	2	6	15.1~20.0	8	-0.6~-0.4	3	50%绿草;50%黄 干草,树有干枝	10
26~35	20	5.5~10.7	4	3	8	20.1~25.0	10	-0.7~-0.6	4	25%绿草;75%黄干 草,树有干枝	15
≤25	25	≥10.8	5	≥4	10	>25.0	15	<-0.7	5	黄干草,树有干枝	20

4.2 晴雨状况与森林火险

晴雨状况与森林火险有非常密切的关系。阴天时可燃物含水率极大,降雨时随着降水量的增大可燃物含水率迅速提高。晴天时可燃物含水率较低,连续晴天时,可燃物含水率迅速降低。晴雨状况和干旱程度是确定

森林火险的重要因子,根据降水量大于等于 0.1 mm 后连旱天数划分 5 个等级(表 1)。

4.3 每日 14:00 最小相对湿度的确定

考虑到空气相对湿度的季节和日变化,地方时 14:00 相对湿度大致相当于每天最小相对湿度,我们对每日 14:00 的相对湿度大

小范围划分 5 个等级,确定每个等级的火险指标数(表 1)。

4.4 每日 14: 00 最高气温的确定

空气温度与可燃物的温度和湿度有一定关系,直接关系到森林草木生长或枯黄程度。因而气温也是造成森林火灾发生的重要因子之一。因我国地域广大,南北、东西气温差别很大,文中把地方时每日 14: 00 最高空气温度划为 5 个范围,分 5 个等级(表 1)。

4.5 最大风力级别的确定

风通常是指风向和风速,可直接影响林火发生发展蔓延速度和规模,与火灾形成和发展有密切关系。根据风力等级表,选取每日 14: 00 风速等级确定森林火险指数分 5 个等级(表 1)。

4.6 生物和非生物物候季节的影响

生物和非生物物候季节与可燃物能否燃烧有密切关系。有季节性积雪覆盖地面,地面有无积雪是确定森林防火期和终止期的重要依据。草木枯黄及草木生长状况也是确定林火期长短和开始与终止的又一重要依据。在冬季或秋冬及冬春之间,有季节性积雪覆盖地面,用白色覆盖率和黄色覆盖率来估算对森林火险天气指数的影响。在夏季、春夏、夏秋和春季有季节性绿草覆盖地面,用绿色覆盖率和黄色覆盖率来估算森林火险指数,分 5 个等级(表 1)。

5 森林火险天气监测和预报方法

森林火险天气标准,从自然因子来看主要由可燃物和天气气候条件决定。某地区可燃物和气候条件较稳定,而天气是变化的。本标准依据全国森林火险天气等级标准和内蒙、山西、湖北等省区及国内外有关研究,选取指数 I ,当日 14: 00 气温、晴雨状况、14: 00 相对湿度和风速风向、地被植物状况,对气象和环境要素作相关分析,确定森林火险天气标准,建立监测和预报方法,其表达式为:

$$y = f(I) + f(T) + f(V) + f(R) + f(m) + f(n)$$

(4)

式中: y 为火险等级综合指数, $f(I)$ 为指数, $f(T)$ 为 14: 00 气温指数, $f(V)$ 为 14: 00 平均风速, $f(R)$ 为 ≥ 0.1 mm 降水及其后连旱天数, $f(m)$ 为 14: 00 相对湿度指数, $f(n)$ 为地被物类型指数。

由综合指数查火险等级表(表 2),可判别该地区每日火险等级。

表 2 火险等级

火险等级	综合指数
1	0 ~ 8
2	9 ~ 28
3	29 ~ 45
4	46 ~ 61
5	62 ~ 80

6 结语

文中对内蒙古、山西两地 6 次重大森林火灾某些要素:温度变化、降水与森林火灾、14: 00 相对湿度、14: 00 风向风速、地被物等进行讨论,认为林火发生当日或次日的前 4 天地面温度升高 2 ~ 10 ℃,14: 00 气温升高 4 ~ 16 ℃,升温幅度大,极值高。林火发生前 1 ~ 2 个月降水量较常年同期偏少 4 成以上,林火发生前 1 周基本无降雨;前 2 ~ 7 天相对湿度开始减小,林火发生的当日相对湿度一般小于 25 %,最小 1 %,空气极端干燥,旱象严重,极利林火燃烧;风速小于 3 级有利起火蔓延,风速大于 4 ~ 5 级火灾速度加快蔓延扩大。

致谢:感谢内蒙古自治区气象局气候资料室、山西省气象局卫星遥感减灾服务中的协助。

参考文献

1

张尚印,祝昌汉,陈正洪.森林火灾气象环境要素和重大林火研究.自然灾害学报,2000,9(2):111-117

2

冯佩芝,李翠金,李小泉,等.中国主要气象灾害分析(1951~1980).北京,气象出版社,1985.14-28

3

姚佩珍,张强.北京地区春旱和春季第一场透雨指标的确定.气象,1999,25(5):49-53