

城乡火险预报模式探讨

毛贤敏 刘桂芬 刘素洁

(沈阳中心气象台, 沈阳 110015)

提 要

文章探讨了建立火险预报模式的必要性和可行性, 分析了1981~1990年辽宁省火灾次数与风速、月降水量和相对湿度的关系, 并从概念模式出发, 讨论了与火险有关的逐因子, 建立了定量的火险预报模式, 试用效果较好。

关键词: 城乡火险; 定量; 预报模式。

1 建立预报模式的必要性与可行性

1.1 必要性

城乡火灾所造成的直接经济损失, 90年代全国年平均高达7亿元以上, 辽宁省约在4千万元以上¹⁾, 为森林火灾损失的几十倍, 且有明显的逐年增加趋势。因此, 如果我们能像森林火险预报那样作出城乡火险预报, 提供针对性的预防信息, 则将产生巨大的社会效益与经济效益。但目前比较合理而又切实可行的预报模式较少, 且大多采用与森林火险预报模式相类似的方法, 即直接用气象要素与火灾次数或频率来建立预报方程^{[1][2]}。但实际上, 城乡火灾的发生终究是与森林火灾有区别的, 因而有必要在城乡火灾自身特点的基础上建立预报模式。

1.2 可行性

能否作出具有实用价值的城乡火险预报, 像森林火险预报那样产生效益, 这个问题颇有争议。因为城乡火灾的发生具有极大的人为性, 而且大部分均发生在室内, 似乎与当时的气象状况关系不大。例如阴雨天气照样有火灾发生等等。

文献[3]对气象要素与火灾的关系作了详细的分析, 提出两者关系较大, 且可根据天气预报推测出后一阶段火灾次数的多少, 并取得了成功。本文逐月分析了辽宁火灾次数与气象要素的关系: 冬半年, 干燥、风大、降水少, 火灾次数多; 夏半年, 潮湿、风小、降水多, 火灾次数则少。图1为1981~1990年辽宁省火灾次数与气象要素的逐月变化。从图中可以看出它们间的正(负)相关很好。因此从理论上来说, 根据气象要素预报作出具有实用价值

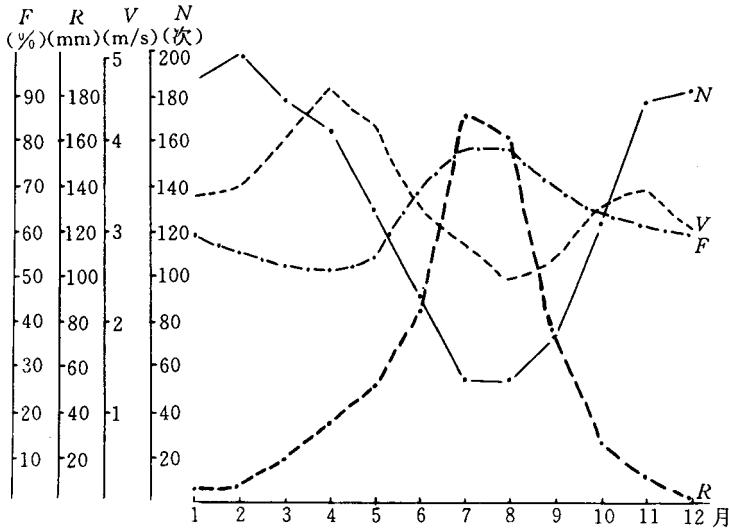


图 1 1981~1990 年辽宁省火灾次数与气象要素的逐月变化(N:火灾次数,V:风速,R:月降水量,F:相对湿度)

Fig. 1 Monthly distributions of fire numbers(N) as a function of meteorological elements for 1981~1990, Liaoning Province for (wind speed (V), monthly precipitation(R), relative humidity (F))

的城乡火险预报是可能的。预报模式的建立也是可行的。

2 概念模式及对诸因子的初步讨论

燃烧的机理虽然比较复杂,但我们讨论的不是每一次火灾。所谓火险,即火灾发生的潜在危险程度的宏观度量。由于它无法直接测量,一般可用一段时间内火灾发生的次数来表征。火灾次数基本上受 6 个因素制约,有以下关系式:

$$N = f(x_1, x_2, \dots, x_6) \tag{1}$$

式中, N 为每天或一段时期内的火灾次数, x_1 为不同物种燃烧特性的度量, x_2 为同一燃烧物的易燃程度, x_3 为火源指数, x_4 为蔓延速度, x_5 为雨水抑制火灾能力的度量, x_6 为人工扑火力量。

x_1 , 当前最普通和具有代表性的燃烧物是木材。本模式的建立以厚木板为准。

x_2 , 燃烧物木板确定后, 燃烧物的易燃程度即可由木板的干燥程度来表征。

x_3 , 据统计, 火源有几十种, 主要的也有近 10 种。火源在火险预报中是一个重要但又非常难以确定的因子。目前国内外的少数几种预报模式中, 几乎均回避这个因子, 直接把气象条件与火灾次数联系起来。这样尽管方便简捷, 但模式的物理基础不够充分。本文采用对历史火灾资料的统计反演得出了火源指数的相对值。

x_4 , 蔓延速度也是一个十分重要的因子。因为当火源点燃燃烧物开始起火后, 如果蔓延速度快, 则不容易扑灭, 酿成大火。反之, 则容易扑灭。文中借用了森林火险预报的函数关系, 针对大部分城乡火灾发生在室内的特点作了修正。

x_5 , 雨水抑制一般对火灾发生不利, 可根据消防经验确定其关系。在某些特殊行业, 如

化工业中的某些行业,少量雨水反而会助长火势,这种个别情况文中没有考虑。

x_6 ,人工扑火力量也是一个重要因子.但它的随机差异很大.若扑救及时、水源条件好,则可不引发火灾.若发现晚、交通不便、水源困难,小火可酿成大灾.但是从某一段时间来看,它决定于消防意识、消防装备和消防力量配置规划的水平。

3 因子定量关系式的确定

本文讨论的燃烧物只有木材,因此表征该项的相对量 x_1 在公式中不予考虑,模式仅对木材有效。

对于 x_2 ,由于火灾大多发生在室内,为了模拟木材在室内条件下(兼管室外)的干湿变化状况,我们把一块厚木板放置在百叶箱内,每天测量木板含水量 U ($U = (\text{湿重} - \text{干重}) / \text{干重}$)。实效湿度 f_m 每日以指数律递减,表示一段时间内大气湿度的综合作用,利用 崑山久尚^[5] 提出的公式计算。

$$f_m = \frac{a^0 f_0 + a^1 f_1 + a^2 f_2 + a^3 f_3 + a^4 f_4 + a^5 f_5}{a^0 + a^1 + a^2 + a^3 + a^4 + a^5} \quad (2)$$

式中, f_0 为当日的空气相对湿度, f_1, f_2, \dots, f_5 分别为前 1, 2, \dots 5 日的空气相对湿度. 系数 a 的取值为 0.5 ~ 0.9, 间隔为 0.1. 根据 a 的取值计算 U 与 f_m 的差值 (E), 可确定 E 为最小小时的 a 值. a 值代表了当时当地由空气相对湿度拟合实效湿度的最佳系数. 我们在辽宁省设立了 11 个 U 值观测点, 实地观测了一年. 计算了 11 个点逐月 a ($E = E_{\min}$) 值. x_3 先暂时定为火源指数 I , 后面再交代如何反演得到 I . 对于 x_4 , 森林火险预报中, 蔓延速度为风速 (V) 的 $e^{0.1783}$ 倍^[6]. 据实验结果, 一般室内风速接近室外的一半, 因此本文选取 $e^{0.09V}$. x_5 , 根据城乡消防的实践经验, 大致可以估计出风力加大(增加火险)与雨水抑制(降低火险)两者相互抵消的平衡关系. 大约 30mm 的降水对火灾的抑制相当于 V 增加 10m/s 对火灾扩大的作用. 假定雨水抑制火灾能力也呈指数关系, 两者数值相等, 则应用 $e^{0.09V} = e^{CR}$, 求得 $C = 0.03$. 因而本文选取 $e^{0.03R}$. x_6 , 若扑救及时、作用大, 则降低火灾因素. 若扑救不及时, 作用小. 从随机的统计平均看, 在某一段时间内, 它是个准常数. 而模式的各项均是相对值, 因而此项不考虑。

综上所述, 式(1)中 6 个因素只保留 4 个. 由于各因子的单位不同、量级不同且无法统一, 而预报量(火险指数)应是被约束在 0 ~ 100 的相对量. 经过适当加权与平衡, 得出经验公式:

$$N = (100 - f_m) + I + 100(1 - e^{-0.09V}) - 100(1 - e^{-0.03R}) \quad (3)$$

式中, N 为火灾次数, V 为风速, R 为月降水量. 有了式(3), 利用 1981 ~ 1990 年 f_m, V, R 和 N 的逐月平均值, 即可求得每月全省 14 个地区的火源指数 I , 并建立火源指数库, 以备逐月更替模式中的 I 值。

4 模式的建立及业务系统试用情况

从以上讨论中可以得知, 在以木材代表燃烧物及现阶段人力灭火水平的假定下, 火险

指数基本由燃烧物的干燥程度(用一段时间内的空气相对湿度表征)、每月的火源指数、当时的风速(由室外风速表征)和该日的降水量所确定.但是在建立预报模式前,还要考虑雷暴、积水(雪)对火源的增强或削弱作用,以及天气(特别是风速)对火险的二次作用^[7].经过适当调整、约束和经验订正,得出火险指数 FI 的表达式为

$$FI = 2(W + ((1 - 0.05X)(1 - \frac{Y}{150})I + 2S) + W(\frac{1 + 0.45e^{0.09V}}{1.45})) \quad (4)$$

$$W = 0.1(100 - f_m) + 10(e^{-0.03R} - e^{-0.09V}) \quad (5)$$

式中, X 为积雪深度(cm), Y 为当日降水量(mm), I 为火源指数, S 为雷暴指标($S = 0$ 无雷暴, $S = 1$ 雷暴, $S = 2$ 强雷暴). 式(4)右端第一项表示天气的作用,在文献[7]中被称为火险的天气指标. 第二项为火源的作用. 第三项即为二次作用. 由于 W 和 FI 均无法观测得

表 1 W 和 FI 的计算结果

Table 1 The computational values for W and FI

	当时条件	f_m (%)	R (mm)	V (m/s)	X (cm)	Y (mm)	I	S	W	FI	火险等级
1	潮湿有雨	70	30	5	0	50	2.1	0	0.69	5.8	1
2	干燥风大	20	0	12	0	0	3.1	0	14.6	82.1	5
3	冬季积雪	35	0	10	15	0	4.2	0	12.4	62.9	4
4	夏季积水	80	0	6	0	100	2.8	1	6.2	33.4	2
5	大风	30	0	16	0	0	5.3	0	14.6	98.2	5
6	大雨	85	100	8	2	0	1.9	2	-2.9	-1.9	1
7	一般情况	50	5	7	0	0	3.9	0	8.3	45.5	3

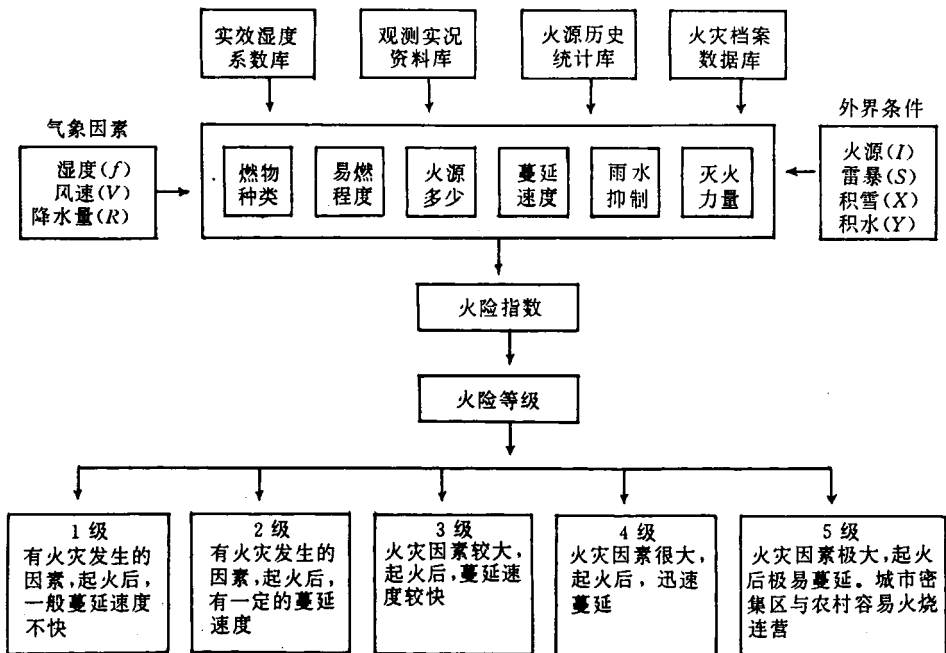


图 2 城乡火险预报业务系统框图

Fig. 2 The diagram of the operational system for the fire forecasts

到,因此难于验证式(4)和式(5)的准确程度.但可以根据实践经验鉴别其可用程度.表1即为7种情况下的计算结果.把FI值均匀线性分割成5个等级(≤ 20 为1级,21~40为2级,41~60为3级,61~80为4级, ≥ 81 为5级)级别高者为火灾危险程度大.其结果与设定条件下的消防实践经验较为吻合.

综合以上结果建立的城乡火险预报业务系统如图2所示.

经近2年的业务试用,预报结果基本符合实际情况,1993年4月份的几个大风干燥天气,均预报了5级火险且发出警报,消防队临阵待命、及时扑火,效果很好,有些天气只报了1级或2级,实际火灾也较少.因此,消防部门反映良好.

5 讨 论

城乡火灾的发生人为偶然性比较大,燃烧物与火源也极其复杂,因而可预报性也较森林火险预报为差.但还是可以作出有一定实用价值的预报.

如果城乡火险预报的决策信息被用户采纳,成为措施的依据之一,则会产生经济效益.粗略估计:假设由于针对性的预防措施运行后,减少火灾次数或经济损失10%左右(去掉趋势项后,火险预报的作用大概是这个数量,另有专文讨论).以辽宁为例,每年减少损失即达数百万元.而立项研究、建立预报模式和业务系统并投入运行一般约需花费5万元左右,因此投入与产出比是1:20.若系统运行5年后再次更新,则上述比例可达1:100.

火险预报要发挥作用,必须使广大用户掌握,并采取针对性措施.当前问题是用户事先不太注意,事后懊悔莫及.因此应该与消防部门密切配合,才能收到更好的效益.

参 考 文 献

- 1 康嫦娥.城市火灾的气象条件分析及火险预报.气象,1993,(7):47~51.
- 2 杨城,王作东,刘洪彦.丹东市城镇火灾分析及火险预报.气象,1989,(12):45~48.
- 3 徐耀标,许以平.城市火灾浅析.北京:气象出版社,1992.14~84.
- 4 Tewarson A. Some observation on experimental fires in enclosures. *Combustion and Flame*,1972,19:101~111.
- 5 宋志杰等编著.林火原理和林火预报.北京:气象出版社,1991.178~179.
- 6 毛贤敏.风和地形对林火蔓延速度的作用.应用气象学报,1993,4:100~104.
- 7 Lawson B D. A system for predicting fire behavior in Canadian forests. 8th National Conference on Fire and Forest Meteorology. Michigan,1985.

A STUDY OF URBAN AND COUNTRY FIRE FORECASTING MODEL

Mao Xianmin Liu Guifeng Liu Sujie
(Shenyang Central Observatory, Shenyang 110015)

Abstract

The necessity and feasibility of developing a fire forecasting model are studied at first. Then, the relationship between the fire occurrences and wind velocity, monthly precipitation and relative humidity in Liaoning Province during 1981~1990 is analyzed. From conceptual model, the factors related to fires are investigated. Finally, the quantitative fire forecasting model is developed. The forecasting results are satisfactory.

Key words: Urban and country fires; Quantity; Forecasting model.

《应用气象学报》1996 年征订通知

《应用气象学报》是由中国气象局中国气象科学研究院、国家气象中心、国家气候中心、国家卫星气象中心和国家气候中心联合主办的气象科学技术应用研究的综合性学术期刊。

《应用气象学报》将向您提供有关我国气象科技领域内研究和应用成果的最新论文、资料、方法等大量信息,内容包括气象预报、卫星气象、农业气象、海洋气象、航空气象、环境气象、人工影响天气、应用气候大气探测、遥感技术,以及计算机应用技术等学科;还向您介绍国内外现代科技的新理论与新技术在气象学中应用的研究论文及信息。主要栏目有论著、短论、专题评述、研究简报、书刊评介等。本刊已首批入选中国科学技术期刊文摘(CSTA)国家数据库(英文版)收录的刊源名单,并被美国气象学会“气象与地球天体物理学文摘”(MGA)和美国国际科学应用协会(SAIC)以及中国科学文摘(英文版)等多种文摘摘录。《应用气象学报》将成为广大的气象科研、业务技术人员、在校有关专业的研究生、大专院校师生等专业人员进行学术交流的窗口,是您们的可靠朋友。

《应用气象学报》为季刊,每季中月出版,全年 4 期,其 32.00 元(含邮资)。

《中国气象科学研究院年报》(英文版)由中国气象局中国气象科学研究院主办。该《年报》主要反映中国气象科学研究院各学科的新成果、新进展,是与国内外学术界进行交流的主要材料之一。本刊每年一期,于第四季度出版,现征订 1995~1996 年度的英文年报,订费(含邮资)24 元。

欢迎广大读者订阅,可向中国气象局情报所或中国气象科学研究院《应用气象学报》编辑部索取订单,随时都可订阅。地址:北京市白石桥路 46 号,邮编 100081。