

# 武汉市火险天气等级标准初探\*

陈正洪 杨红青

(湖北省气象科学研究所 武汉 430074)

## 提 要

通过对武汉市1980~1991年逐日火灾与气象资料的相关分析,发现火灾率与相对湿度呈负相关,与气温日较差、连旱天数、最大风速呈正相关,与当天降雨量不相关。通过权重系数法分季建立火灾率多因子综合预报方程,并制订合理的火险天气等级划分标准。经回代和试报检验表明,3级以上中、高火险日数少,但对火灾概括率高。

关键词:火灾率 火险天气等级 气象因子 相关分析

## 引 言

武汉市是华中地区的一座大城市,火灾十分严重<sup>[1]</sup>,如1994年火灾次数高达664次,直接经济损失835万余元,两项指标分别占湖北省的44.9%和35.6%。因此,建立武汉市火险天气标准对武汉市乃至华中地区大、中城市防火灭火具有实际意义。

## 1 资料与方法

以武汉市1980~1994年4776次火灾个例为原始资料,并按冬(12~2月)、春(3~5月)、夏(6~8月)、秋(9~11月)及冬半年(10~3月)、夏半年(4~9月)和全年共7个时段( $k=1, 2, \dots, 7$ )进行统计分析。取1980~1991年共12年4383日逐日发火次数 $f$ 与11个气象要素值 $X_i(i=1, 2, \dots, 11)$ 为原始资料序列,将每个因子 $X_{ik}$ 作 $j$ 个(等)间隔划分( $j=1, 2, \dots, 10$ 或 $20$ 或 $21$ ),然后对每一因子求出12年每一间隔内的火灾(发生)率 $Y=Y_{ik}(j)$ (即 $X_{ik}(j)$ 时的火灾总数 $\Sigma f$ 与该因子出现的总次数 $p_{ik}(j)$ 之比)。将不同 $j$ 的 $Y_{ik}(j)$ 与 $X_{ik}(j)$ 序列建立函数关系<sup>[2]</sup>:

$$Y_{ik} = f(X_{ik})$$

共设计8类曲线型,旨在求出相关系数 $r$ 的最大值和相应的拟合曲线,从而得到 $r_{ik}$ 矩阵,并绘制所有通过F检验( $\alpha < 0.1$ )的函数曲线图,逐一分析其可能含义。根据 $r$ 的大小确定入选因子顺序,并确定因子组合的系数为 $b_i$ ,分季建立综合火险指数 $Z$ 的多因子综合预报模式。然后将 $Z$ 值合理划分为5个火险等级,并作回代和试报检验,最后确定该标

\* 1996-12-23收到,1997-03-13收到修改稿。

准推广应用的修正方式。

## 2 相关普查及因子分析

对 11 个气象因子按 7 个时段分别求出最大相关系数  $\max(r_{ik})$ ，并进行 F 检验。最后选定 5 个关键气象因子，即热量因子-气温日较差  $X_1$ 、水分因子-当天 14 时相对湿度  $X_2$ 、前期日降雨量  $\leq 1.0$  mm 的连旱天数  $X_3$ 、前期日降雨量  $\leq 10.0$  mm 的连旱天数  $X_4$  及动力因子-当天最大风速  $X_5$ 。这 5 个因子的 4 季的  $\max(r)$  平均值按绝对值大小依次为  $X_2$ : 0.83,  $X_1$ : 0.76,  $X_4$ : 0.73,  $X_3$ : 0.7,  $X_5$ : 0.58。Y 与  $X_2$  负相关，与其余 4 个因子为正相关，即不论何季节，空气越干燥，气温日较差及风速越大，连旱越久，火灾率就越高。另外冬季 14 时气温越高，火灾率越高。Y 与降雨量间找不到显著相关，但可在  $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$  中体现。

图 1 给出武汉市 4 季及冬、夏半年火灾率与气象因子的最佳拟合曲线。由图 1 可知，各入选因子的两个临界值（火灾率开始增高、显著增高的转折处）分别为  $X_1$ : 10 °C、17 °C,  $X_2$ : 60%~70%、20%~30%,  $X_3$ 、 $X_4$ : 5~10 d、20~30 d,  $X_5$ : 2~3 m/s、5~6 m/s, 另外冬季 14 时气温的两个临界值为 13 °C、27 °C。

## 3 火险天气等级标准的研制

### 3.1 因子的组合

对因子的组合均分季进行。已经求出各季气象因子与火灾率的数学关系，而实际上火灾的发生和蔓延是受多个气象因子综合影响的，考虑到  $r$  的大小在一定程度上可以表示气象因子对火灾的贡献程度，检验效果又是一个非常的重要的指标，其好坏除与  $r$  有关外，还与统计样本数  $n$  的大小密切相关，于是对每一个因子的贡献设定一个综合权重系数值  $|r_i|(n_i-2)^{1/2}$ ，标准化的权重系数为：

$$b_i = |r_i|(n_i-2)^{1/2} / \sum |r_i|(n_i-2)^{1/2} \quad (1)$$

式中  $n_i$  是对应的样本数，即实际的  $j$  值。由  $b_i$  得到综合火险指数为：

$$Z = \sum (b_i \cdot Y_i) \quad (2)$$

式中  $Y_i$  是由  $X_i$  导出的火灾率函数式。

表 1 给出选定的 5 个气象因子 4 季的标准权重系数  $b_i$ 。

根据表 1 的系数值及式(2)，得到 4 季各自的综合火险指数  $Z$  (公式略)。从各式中的常数项可知冬季火灾基数最大约 3 天 2 次、夏季最小约 5 天 1 次，秋、春居中且前者略多(平均为 3 天 1 次)。

### 3.2 火险天气等级划分

由于综合火险指数  $Z$  值(亦为日着火次数)的实际意义十分明确，于是对  $Z$  合理划分以确定火险等级，考虑到季节不同， $Z$  值差异很大，火险天气等级划分也应分季进行(表 2)。

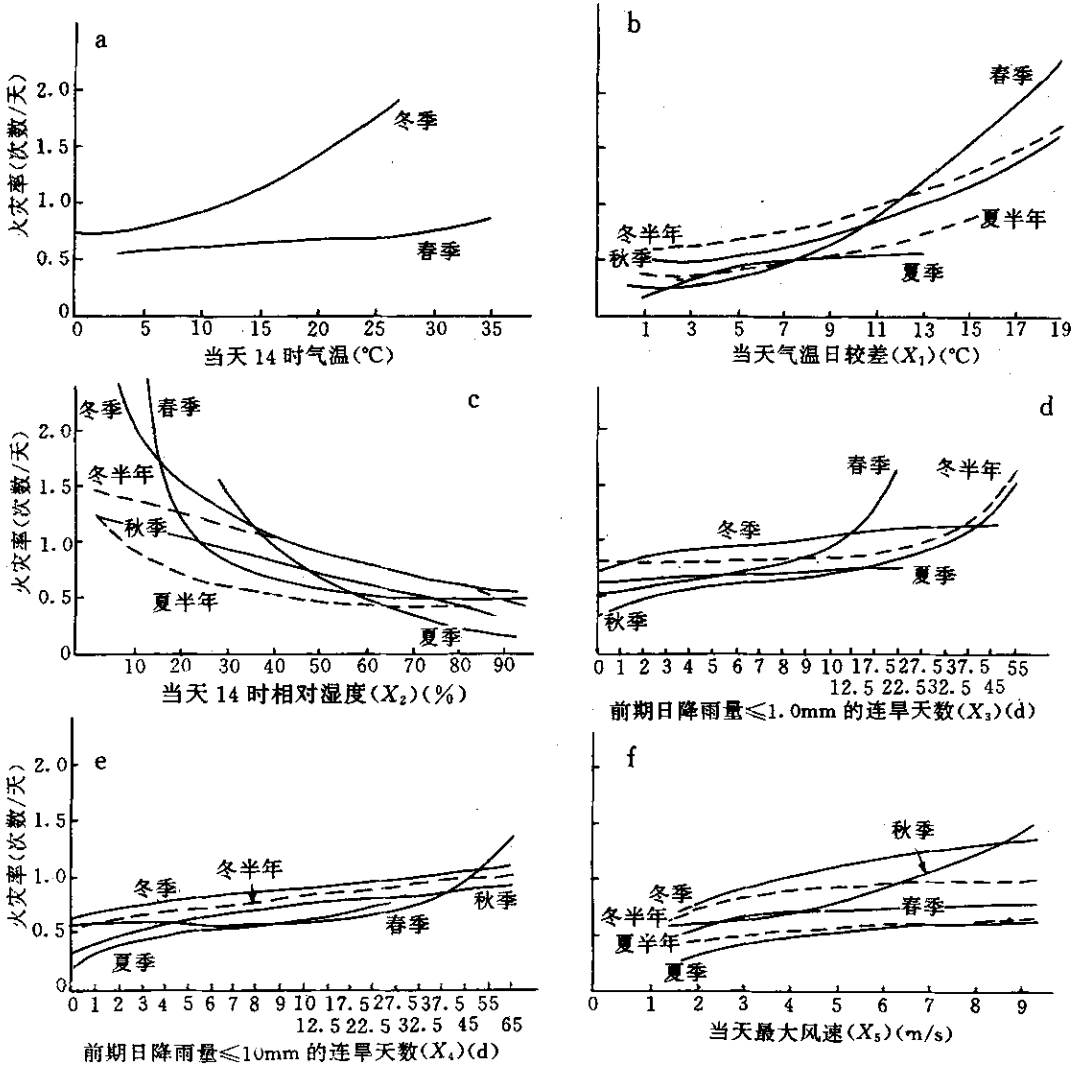


图1 1980~1991年武汉市4季及冬、夏半年火灾率与气象因子的最佳拟合曲线  
 (a) 当天14时气温 (b) 当天气温日较差 (c) 当天14时相对湿度 (d) 前期日降雨量  $\leq 1.0\text{mm}$  的连旱天数 (e) 前期日降雨量  $\leq 10\text{mm}$  的连旱天数 (f) 当天最大风速

表1 5个气象因子的标准化权重系数  $b_i$

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	合计
冬	0.195*	0.281	0.224	0.158	0.142	1.0
春	0.143	0.254	0.250	0.230	0.124	1.0
夏	0.165	0.254	0.224	0.205	0.152	1.0
秋	0.187	0.179	0.206	0.179	0.237	1.0
平均	0.173	0.242	0.226	0.193	0.164	1.0

\* 系当天14时气温对应的  $b$  值

表 2 武汉市 4 季日着火次数指标划分及对应的火险等级

		日 着 火 机 率				
冬	$\leq 0.8$	(0.8, 0.9)	(0.9, 1.0)	(1.0, 1.1)	$> 1.1$	
春	$\leq 0.65$	(0.65, 0.75)	(0.75, 0.85)	(0.85, 0.95)	$> 0.95$	
秋	$\leq 0.55$	(0.55, 0.65)	(0.65, 0.75)	(0.75, 0.85)	$> 0.85$	
夏	$\leq 0.4$	(0.4, 0.45)	(0.45, 0.55)	(0.55, 0.65)	$> 0.65$	
火险级代号	I	II	III	IV	V	
火险级名称	低火险级 (基数 I 级)	较低火险级 (基数 II 级)	中等火险级	高火险级	极高火险级	

对 Z 值的划分主要依据各式的常数项、最大取值及 Z 与  $X_i$  拟合曲线的转折等初步确定,再按以下原则调试,才能得到最佳的划分方案。① 4~5 级高火险日数尽可能少,3~5 级中、高火险日数只占全部的 50% 以下;② 3 级以上中、高火险对火灾概括率在 60% 以上(森林火险中 3~5 级中、高火险对火灾概括率为 80% 以上);③ 日着火次数 Z 随火险级由低到高逐渐增大,尤其 4~5 级的 Z 比 1~2 级明显地高;④ 以上 3 个指标从冬、春(秋)、夏依次下降,冬与夏差别最显著。

### 3.3 回代检验

应用表 2 标准进行回代检验,结果如下:

(1) 4~5 级高火险日数共 890 天,占全部日数的 20.3%,1~2 级低火险日数则达 2306 天,占全部的 52.6%,后者是前者的 2.6 倍,而 4~5 级火险下发生的火灾次数占全部火灾次数的 32.0%,在 1~2 级火险下发生的占 38.6%。

(2) 3 级以上火险对火灾次数的概括率为 61.4%,大于规定的下限 60%。

(3) 随火险级升高,日着火次数明显升高,4~5 级火险下为 1.06 次/d,而 1~2 级火险下为 0.49 次/d,二者相差 1 倍多。

(4) 从冬到夏,中、高火险日数渐少,如冬季 3 级以上火险日数占全部的 61.1%,而夏季该日数仅占全部的 38.3%,春、秋居中。

### 3.4 预报效果检验

应用表 2 标准,对武汉市 1992~1993 年逐日进行火险等级预报试验,结果如下:

(1) 在两年共 731 天里,由于雨水多,尤以 1993 年春夏持续低温阴雨,使 4~5 级高火险仅 128 天,占全部日数的 17.5%,而此间发火次数占全部火灾次数的 24.4%,1~2 级低火险多达 393 天,占全部日数的 53.8%,火灾次数占全部的 38.7%。

(2) 3 级以上火险对火灾次数的概括率为 59.7%,接近 60% 的标准。

(3) 随火险从 1 级升到 5 级,日着火机率从 0.193 次/d 升到 0.667 次/d。

(4) 从冬到夏,中、高火险日数渐少,如冬季 3 级以上火险日数占全部的 71.2%,而夏季仅占 31.5%,春、秋居中。

以上检验结果基本符合上文提出的 4 个条件,说明该标准正确合理,可以投入试用。

## 4 小结与讨论

(1) 城市火灾率  $Y$  与 5 个气象因子显著相关,  $r$  的绝对值从大到小依次为最小相对湿度、气温日较差、前期日降雨量  $\geq 10.0$  mm 和  $\geq 1.0$  mm 的连旱天数、日最大风速, 此外还与冬季日最高气温、实效湿度有关.  $Y$  与相对湿度负相关, 与其它几个因子全为正相关, 尤其是湿度、气温日较差与  $Y$  的拟合程度高, 最小  $Y$  值小 (往往  $Y \leq 0.4$  或  $\leq 0.5$ ), 且曲线变幅大, 说明城市火灾虽然十分复杂, 仍具有一定可预报性.

(2) 分季建立了武汉市火灾率的多因子综合预报方程, 并提出火险等级划分原则, 据此制订出划分标准, 经检验效果较好.

### 参考文献

- 1 陈正洪, 杨红青, 张谦, 等. (武汉市)城市火灾的时间变化特征及与(湖北省)森林火灾的对比分析. 湖北省自然灾害综合防御对策论文集(二). 北京: 地震出版社, 1994. 43~49.
- 2 陈正洪, 马乃孚, 施望芝, 等. 湖北省林火气象预报技术研究. 华中农业大学学报, 1996, 15(3): 299~304.

## PRELIMINARY RESEARCH ON FIRE WEATHER GRADE STANDARDS IN WUHAN CITY

Chen Zhenghong      Yang Hongqing

(Hubei Research Institute of Meteorological Science, Wuhan 430074)

### Abstract

By use of correlation analysis of the daily data of fire and meteorological conditions from 1980 to 1991, it is found that fire occurring frequency ( $Y$ ) has a negative correlation with relative humidity, a positive correlation with daily range of air temperature, continuous arid days and maximum wind speed, and no relation with rainfall on the same day. The synthetic, multifactors forecast equations are set up by using weighting coefficient method and the reasonable fire weather grade standards are built up for each season, respectively. By the verifications of fitting and experimental prediction, the results show that the fire hazard events with mid and high grades would occur seldom (few days), but there is high generality for fire.

**Key words:** Fire frequency    Fire weather grades    Meteorological factor    Correlation analysis