

中国科学院林业土壤研究所研究报告集

林业集刊

第一号

请
顾
先
生
指
正

一九五三年二月廿三日

科学出版社

林 业 集 刊

第 一 号

中国科学院林业土壤研究所

※

科 学 出 版 社 出 版 (北京朝阳门大街 117 号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总经售

※

1958 年 12 月 第 一 版

书号: 1599

1959 年 5 月 第二次印刷

字数: 152,000

(京) 通: 201—800

开本: 787×1092 1/16

印: 301—1,400

印张: 6 1/2

定价: (10) 道林本 1.30 元
报纸本 0.95 元

內 容 簡 介

本集刊介紹了我国森林火災危险性預报及森林燃烧性等級划分的新方法;森林火災与天气条件的关系;燃烧性等級在森林火災預报、救护与灭火等实践方面的应用;灭火与火烧防火綫等实际中应用的防火新工具——防火障的制造方法及其应用;大胆估計总结自然火源——雷暴对火災的影响与其在实践中的意义。

在全国大跃进的新形势下,党和政府号召在三年内基本消灭森林火災,保护社会主义財富。这集刊对于綜合生产、理論联系实际有很大意义。它可供森林防火工作者、营林員、气象台(站)預报人員以及各大专林业学校教师及有关研究人員之参考。



目 录

1. 森林火災危险性預告与天气条件·····王正非 (1)
2. 大兴安岭森林燃烧性等級划分及其在防火实践上的应用·····
·····王正非 覃 世 边履刚 魏菲利 楊篤生 (50)
3. 雷暴对森林火災的影响·····王正非 朱廷曜 (94)
4. 防火障的制造方法及其防火效果(初报)·····王正非 楊篤生 (100)

森林火災危險性預告与天气条件*

王 正 非

目 次

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 一、引言 | (1) 火災危險度分布實現圖的繪制 |
| 二、各國預報森林火災的一般情況 | (2) 繪制火災危險度分布預報圖 |
| 三、影響森林火災的主要因素 | (3) 統計無雨日數 |
| 四、森林火災危險度的確定標準 | (4) 計算亂流系數 |
| 五、天气条件和社会情况对森林火災的影响 | 2. 分析 |
| 六、天气形势与森林火災的关系 | 3. 編制預報 |
| 七、地理景观和地形对森林火災的影响 | 4. 考慮其他条件建議防火措施 |
| 八、編制森林火災危險天气預報的程序及方法 | 九、防火部門如何利用森林火災危險性預報 |
| 1. 資料整理及繪圖 | 十、森林火災危險性預報將來發展的展望 |

一、引 言

森林火災是森林的最可怕的敌人,它給森林带来的災害,不仅是燒燬了生长的树木而且給森林本身造成莫大的惡果,森林經過火災之后,品質将会降低,容易感染病害与遭受虫害。同时由于失掉了水土保持和气候調节等作用,还会使森林附近地区常常受到干旱,风蝕及洪水等自然災害。直到目前为止制止森林火災,还是很順利以至沒有完全解決的問題。

1955年火災的面积很大,1956年火燒林地面积比1955年約增加了二倍(指东北、内蒙地区)。当火災发生时,又必須从附近的农村、矿山或伐木場等地動員大批人員扑救,国家不单开支一笔直接灭火費用,甚至还耽誤了春耕播种,影响了工礦生产,造成这样的間接損失更是无法計算的。为了彻底防止火災发生,在工作中掌握主动性,貫徹防胜于救的方針,由1955年起在小兴安岭伊春林区首次进行了森林火災危險性(或称可能性)預報的試驗研究^[1]。为了进一步預報大区域的森林火災的危險天气,1956年4月开始又在哈尔滨市黑龙江省林业厅,协同哈尔滨气象台利用每天各地定时气象实况及天气預報材料,試行編制了大、小兴安岭及长白山林区的森林火災危險天气預報,初步收到良好效果。1957, 1958年在吉林省长春气象台 內蒙古自治区海拉尔气象台正式列为預報业务之一,并指定专职預報員进行此項工作。又为了收集林区内的气象情报同时加强地方性的火災危險性通报,在最近2年来先后在大兴安岭建立了11个防火气象观测站,小兴安岭伊春林区建立了9所,长白山林区建立了40余所,这些簡易气象站除在防火时期,每天定时向所属林业主管部門,地区气象台报告气象实况外,也編制地方性的森林火災危險性預報,及时向当地林場及防火委员会通报。

* 王振沅、朱劲伟、朱廷曜、崔启武、边履刚、楊篤生、胡国生、毕鹿春等同志参加工作。

根据三年来試行发布森林火災危險天气預报的結果,它的效果表現在下列几点:

- (1) 由于有了火災危險性預报,防火工作开始由被动轉为主动,喚起羣众随时提高警惕,并使消防部門能够事前作好各种有效的預防或灭火措施;
- (2) 指揮护林飞机到火災危險性較大的地区进行空中巡邏;
- (3) 地面防火瞭望台的瞭望時間,营林員的巡山路綫和時間都有了依据;
- (4) 火災发生之后,根据地被物的干湿状况和未来的天气变化,确定火災的程度,可能蔓延的范围,依此决定扑火方法及动員人力多少。

1956, 1957 年編制火災危險性預报的方法主要根据苏联 B. Г. 聶斯切洛夫的綜合指标和日本現在用于預报都市火災的实效湿度法,由于那时試驗工作刚开始,經驗不足,积累的資料也很少,尚不能提出适合于我国林区的新的預报方法。1958 年春季根据三年来的总结材料和实际預报效果的驗証;发现采用单元的气象因子預报森林火災的危險性無論在物理过程和实际效果上都不能使人滿意,乃考虑应用多种气象要素的預报方法,以克服过去計算上的缺点,并尽量符合物理概念。按照初步的計算指标,于 1958 年春季防火期在哈尔滨、长春、海拉尔等地驗証,比过去的方法优点較多,預报的准确率也較高,并为我国广大林区建立有系統的火災預报工作奠定了良好基础。

从实际工作中,充分体会到火災危險性預报是防火工作中有效的預防措施之一,但是,必須有一系列的具体防火措施来紧密的配合,并需要防火或营林干部認真贯彻执行,不然其效果却很小,甚至不起任何作用。

二、各国預报森林火災的一般情况

在最近 50 年,各国在預报森林火災方面曾提出或采用将近 15 种方法。世界上森林面积較大的国家,如苏联,美国等对于森林火災危險性預报方法的探究較多,并在实践中积累了一些經驗。在苏联,从本世紀初就开始了利用空气相对湿度来判別火災的危險性,到 1939 年 И. С. 米列霍夫^[2]着手研究有关确定森林火災危險性的基本因素;B. Г. 聶斯切洛夫^[3]从森林地被物含水率的变化相适应于气象要素的改变,制定出預报火災危險性的数量的指数——綜合指标,1951 年莫斯科中央預报研究所 K. И. 卡申等^[4]考虑了聶斯切洛夫方法的物理基础和燃烧性增长的理論根据,利用綜合指标的等值分布綫图,結合天气預报材料,每天編制了林区的火災危險天气預报。但这只能粗略的判別各林区的干湿情况,参照天气系統的变化,作出火災发生可能性的結論。聶斯切洛夫制定的等級表經過較長時間的驗証,发现了全国一致的等級是不适用的,首先在苏联的广大森林地区,当自然条件和經濟情况有很大差別时,森林火災危險性的变化和火災发生的規律就有頗大的区别。Ф. И. 其塞列夫^[5](1951 年)和 H. H. 叶哥洛夫^[6],仍以聶斯切洛夫的原則为基础,修正了等級的界限,制定了远东地区和西西伯利亚带状松林的火險等級;M. B. 格里琴科^[7]和 B. M. 加弗里洛娃(1952 年)提出,按季节林型和植物种类制定火險等級;Б. Л. 旦德列^[8](1953 年)提出了与聶斯切洛夫不同的原則,由于計算上的复杂,似乎未被广泛应用;H. П. 庫尔巴特斯基^[9](1954 年),根据在列宁格勒的工作經驗,建議制定森林火災危險性的地方(小区域)等級,进一步預报营林段的火災可能性、种类及強度等。

在美国 H. T. 吉斯貝尔恩^[10](Gisborne)很早研究了林內地面腐植质层表面含水率的变化,确定了 6 个燃烧等級(1927),繼之,在 1934 年斯梯开尔^[11](Stickel)等用降雨后天数,

气温及相对湿度制成的图表,预报云杉、冷杉林的火災危险性,1936年吉斯貝尔恩^[12]重新考虑木棍的含水率变化和风速大小适应于北落磯山的情况规定了7个等級,这个等級标准曾被广泛地利用,同年在加利福尼亚州成立了火災危险等級审查委员会,开展了有系統的研究;斯梯芬孙^[13](1936年)利用将近1000次的火災记录,統計分析了火災的发生,发展以至到消灭,对它影响的組成因素,除阐明許多火災的規律外又制造了扑火技术定額标尺,1939年布龙^[14](A. A. Brown)和戴維斯(Wilfred S. Davis)对于落磯山地区制出火險計算尺,1940年卡尔利等^[15](John R. Curry)发表了火災危险性的数字索引,逐渐开始对火災概率的数字预报,黑斯^[16](G. L. Hays)更进一步对林地的高度、方位、一日中的起火時間进行了研究,为高山地带設計防火設施提出了有价值的参考。

其他国家,如英国、加拿大、日本也有一些关于预报火災方法的研究資料,在这里不詳加介紹。

三、影响森林火災的主要因素

森林易燃物在可能燃烧的条件下,接触了人为的或自然的火源之后,首先引火,随后蔓延,构成一个自燃的燃烧系統,从而发生不同程度的火災。根据森林火災的統計結果,明确了它們的发生,扩大和熄灭都具有規律性,就是引火物的发火以及着火后蔓延的大小,直接受下列各因子的影响:

- (1) 植被或森林的类型;
- (2) 植物景观、地形及季节性;
- (3) 一个时期內及一昼夜間的气象变化;
- (4) 一日內的着火時間;
- (5) 防火的設施与扑火的力量;
- (6) 火源的性質(人为的或自然的)。

火災危险天气预报就是依据这些要素,查定某个林区在某个時間的燃烧性能,可能蔓延的程度以及火災的性質与强度等。我們称之为森林火災危险性。森林火災危险性从森林“着火性”(燃烧性)及“火災蔓延性”二方面来考虑,它的概念更清楚些。远在二千年前,我們的先人就早已晓得火与气象因子的关系,把火利用在生产上或战争上,而所重視的因子主要是风。在气象事业不发达的时代,对于火災的概念,只能凭感觉和印象来解释,在近50年来,由于天气预报技术的发展和气象观测网的建立,逐渐发现了火災与各种气象要素的关系,从而有可能使用各种气象要素判別火災的危险性。

利用气象条件,预报森林火災的可能性,主要建立在研究現在和过去的气象要素变化的基础上再加上对未来的天气变化影响因素的考虑,以确定火災的危险性及成災程度。

气象要素是指气温、空气湿度、风速、风向、降水量、降水强度、云量及日照時間等,因为上述的要素,綜合地影响着森林內的枯枝、落叶、枯立木、风倒木、采伐殘物及林緣的旱生杂草等的干湿程度。它們的干湿程度直接的影响引火快慢,称之为“着火性”(燃烧性)。在地被物引火之后,火势的发展和蔓延速度直接受风速的影响,所以风对于火災有二次作用,在确定火災的危险等級时,必須考虑风的作用。使用单元的或綜合的气象因素,可以作成数量的指标,以预报火災的可能性及其威力。而这些示性指标的标准,主要是靠試驗和半經驗式的,它的物理基础和数理的解释,尙不能到达很滿意的地步。

在这里提一提綜合指标法和实效湿度法的应用情况随后說明新的指标确定的根据。
按 B. Г. 鼎斯切洛夫教授的公式：

$$\Gamma = \sum_{m=1}^m t_m \cdot d_m$$

式中： Γ = 燃烧性指标(綜合指标)

t = 温度(每日 14 时的气温)

d = 水汽饱和差(每日 14 时,单位毫巴)

m = 降水后的天数(一次降水量超过 2 毫米后第一天算起)

在大、小兴安岭和长白山林区,使用了同一的燃烧等級,即 < 150—I 級, 151 ~ 300—II 級, 301 ~ 500—III 級, 501 ~ 1000—IV 級, > 1000—V 級。按照在东北和内蒙林区条件下試用的結果,尚存在以下几个問題：

(1) 計算綜合指标的公式($\Gamma = \sum t \cdot d$)始終是个上升函数超过 V 級以上时和地被物的干湿情况不相符合,虽然在长期无降水的情况下,地被物的含水率变化,不单纯随着日数增加而递减,它受雾、露以及空气湿度的影响,含水率可在 10% 上下呈小振幅摆动,影响着火性很大;

(2) 气温在 0°C 以下时无法利用綜合指标公式計算燃烧等級;

(3) 春季是寒冷季节,向温暖季节过渡时期,一般气温是逐渐上升的,綜合指标法比較适用,而秋季是温暖季节向寒冷季节过渡时期,一般气温是逐渐下降的就不符合上升函数的性質,特別在寒潮侵入的时候,中午前后气温常在 0°C 以下,則必須制定另外的燃烧性指标;

(4) 綜合指标法只能表示森林地被物的着火性(燃烧性),很少包括蔓延性的意义,所以确定火灾的危险程度时,必須考虑风的因素。

在春季防火期降雨轉晴之后,天气一般是轉向干燥,可能在雨后經過 3—4 天至多 5, 6 天,燃烧級就超过 V 級(属于特別危险的等級),如果不降雨虽然这时相对湿度很大,仍势必每天发布防火警报,这样一定造成人为的紧张。

由于木材或其它枯萎植物殘体的含水率超过大气湿度时,繼續蒸发爭取与大气湿度相平衡,平衡之后,木材含水率变化則視空气湿度大小而轉移,因此,空气湿度与木材含水率之間有着密切关系,根据綜合指标公式的原則^[17],只能使用在木材或植物殘体受水湿以后,到达与空气湿度相平衡状态之前的一段时间內,实际是指示木材中水份蒸发的速度。这样实效湿度法对于判断木材的干湿状况來說,它的意义更大些,因为实效湿度是将当日以前几天的平均相对湿度与当天平均相对湿度进行加权平均得出来的,它与地被物含水率的相关性較大^[18],以公式表示为:

$$r_m = (1-a) \sum_{n=0}^m a^n R_{(n)}$$

$$r_{m+1} = (1-a) \sum_{n=0}^{m+1} a^n R_{(n)} = a \left\{ (1-a) \sum_{n=0}^m a^n R_{(n)} \right\} + (1-a) a^0 R_{(0)} = (1-a) R_{(0)} + a r_m$$

式中: r_m —— 任意一天的实效湿度

r_{m+1} —— r_m 第二天的实效湿度

R ——每日的平均相对湿度

a ——系数($a < 1$)

当天的相对湿度乘上 1 (a^0), 昨天的乘上 a^1 , 前天的乘上 a^2 , 大前天的乘上 a^3 , 余类推……, 由于每日获得当天的平均相对湿度较困难, 采用了每日 08 时的实测值代替平均值, 并根据日本气象研究所长畠山久尙的试验结果^[18], 采用 $a = 0.5$ 进行了计算。

用各地实效湿度绘制当日等值分布线图, 其示性意义很大, 特别对于干湿地带指示明确, 但也有很多缺点, 首先, 只用单一气象因子指示火灾危险性是不够的; 另外虽然它能够概略地比较各地的干湿程度; 但没有火灾蔓延的概念。专就着火的可能性不能判断火灾的大小与强弱。为了克服这些缺点, 利用了多元气象要素, 进行统计火灾与气象因子间的关系, 其结果在下一章详细地叙述。

四、森林火灾危险度的确定标准

1. 火灾危险度的意义:

在森林的条件下, 火灾危险度含有二种意义, 一种是按森林立地类型区划出来的区域(一般称之为火灾危险区), 由于森林及林中空地处于不同地理纬度、不同地形, 植被的分布也有不同的结果, 每个林分或任意地段, 其着火的可能性和蔓延的强度大小都不能一样, 因此在防火部门根据各种森林燃烧性划分出不同等级的火灾危险区, 作为防火设施的依据, 这个工作在同一气候区内一般不考虑天气因素。另一种火灾危险度的意义是: 把森林及其附近草原看作是可燃体, 虽然各种林分具有不同的疏密度和结构, 形成局地性的气候特征, 其燃烧性可能有些差异, 但草本、木材等同属纤维素、木质素、淀粉、蔗糖、胶质、脂肪等所组成, 作为燃烧物体来看, 都是可以燃烧的, 大同小异, 没有本质的区别。人们都有这样经验, 同属草木, 有干有湿, 干的草木在干燥的天气容易烧着, 并且烧的很快, 而湿的草木, 在雨天或阴凉的天气则不易燃烧, 很湿的草木在比较干燥的天气也不是燃烧的很快。这样就可以得出二个概念:

(1) 草本植物和木材的燃烧与其本身含有水份的数量有关,

(2) 燃烧性能与天气有关。

根据草类和木材的含水率(含有水份与其干重之比)及天气情况预测或测定森林的燃烧性, 以及燃烧之后, 其可能蔓延的范围大小, 这是后一种火灾危险度的意义。这种危险度由于有预测的可能性, 对于临时性防火措施和对于已经发生的火灾的扑救来说, 具有特别重要的意义, 这一点在引言中已经介绍的很清楚。对于这种火灾危险度的确定标准在本章详细讨论。

2. 制定火灾危险度的基本概念:

草类和木材的主要成分是有机物质, 只含有少量的矿物质, 因而在草类或木材烧完之后, 残余一部分灰份。在上一节只漫然的提出木材“干”与“湿”的状态, 什么样算干, 什么样算湿, 对所有燃料来说都不能划分出很明显的界限, 有的木材从表面看是很干燥的实际含有大量的水份, 相反表面看来是湿的, 其绝对含水量却很低。一般生长中的树木含水率约 50%, 幼木或枝条可达 90%, 长久在空气中放置的气干材, 在比较干透的时候最低有 5%, 多的时候可达 20% 左右。这种水分处于各种状态, 有因毛细管现象生成的细胞壁间的水, 吸附在细胞膜上的水份, 形成结晶水, 就是物理过程的毛细管水及化学过程的细胞

結晶水。木材受熱之后,首先毛細管水被蒸發掉,溫度達 100°C 時,化學的結晶水也被分離出來,唯有這些水都被蒸發掉之后,木材本身的溫度才能徐徐上升。溫度在 100°C 前后具有揮發性的酯類(Ester)才能開始蒸發, 170°C 左右開始分解, $200-350^{\circ}\text{C}$ 的範圍以內木材全部分解,干餾生成物有:氣體,木醋酸,木焦油和木炭等,單就落叶松邊材說,氣體中可燃性的一氧化碳 30% ,甲烷 2.4% ,氫氣 0.6% 混有不可燃性氣體二氧化碳,氮氣和氧氣等,如果保持這樣溫度,木材繼續分解,變成焦黑狀態,尚不能達到燃燒狀態。但加溫高于 350°C 時,發生大量的可燃性氣體,這時貼火就着,開始燃燒,由于自然發生的火焰又對鄰近的木材加熱,遂發生可燃性氣體,也到達自然狀態,這樣繼續不斷的加熱,造成鏈鎖反應,構成一個完整的燃燒系統。林業土壤研究所森林氣象組在室內用管狀爐作過燃燒試驗其結果如下:

表 1 各種植物的燃燒溫度

燃料名稱	引火點(冒煙)	加熱到引火時間	着火點(見火星)	自燃溫度	加熱到熄滅時間
落叶松邊材	207°C	4'49"	$345-395^{\circ}\text{C}$	$405-460^{\circ}\text{C}$	14'34"
白樺樹皮	203°C	4'37"	$330-380^{\circ}\text{C}$	$450-560^{\circ}\text{C}$	14'26"
樺子松枝部	192°C	5'43"	$265-345^{\circ}\text{C}$	$375-500^{\circ}\text{C}$	23'43"
越桔枝	191°C	4'25"	$290-380^{\circ}\text{C}$	$400-455^{\circ}\text{C}$	14'53"
磯躑躅枝葉	197°C	4'26"	$375-450^{\circ}\text{C}$	$440-540^{\circ}\text{C}$	12'10"
大葉草莖葉	189°C	4'13"	$250-280^{\circ}\text{C}$	$390-410^{\circ}\text{C}$	8'52"
蒿子莖葉	181°C	3'55"	$210-280^{\circ}\text{C}$	$395-455^{\circ}\text{C}$	10'48"

從上邊的結果看出,不僅限于木材,其他灌木,草類甚至所有纖維質類都必須經過同樣的燃燒階段,即加熱分解→着火自燃→炭化,也看出木材比草類引火點高,加熱到引火時間長,着火點高,自燃溫度也較高而加熱到熄滅的時間較長,這是其特點,這說明在同樣的干透狀態下,草本植物比木本植物容易引火,着的快,燃燒溫度低,燃燒的時間要比木材少一半。所以用木材燒飯或在夜營時制造篝火,首先要用干草引起火來,再加木材,木材才能燒起,這是人所共知的事實。現在要回頭討論木材含水率與燃燒的關係,木材的熱分解是在內部含有水份蒸發完了之后才開始的,含水量越多越不易點燃,因為加熱到引火溫度需要很多熱量,這樣首先要有強烈的火源,即便着起火來其燃燒必然非常緩慢,即單位時間內發生的熱量較少,以外還要對鄰近的燃料付出大量熱量,在其付出熱量之后不能維持其本身的自然,或由其自然生成的熱量不足以使附近燃料到達引火點,都不能引起鏈鎖反應,也就是不能構成一個完整的燃燒系統,就不能發生火災。根據計算含水率與有效發熱量有下列關係:

表 2 可燃物有效發熱量與含水率關係

植物名稱	有效發熱量 卡/克				
	水份 1—5%	11—15%	21—25%	36—40%	46—50%
落叶松邊材	4512	4468	4414	4333	4297
樺子松	4740	4686	4632	4551	4497
越桔	5015	4967	4913	4832	4778
大葉草	4049	3995	3941	3860	3806

根據表 2 的數據粗略地計算一下,設木材自然溫度為 450°C ,比熱為 0.3 (在溫度

80~100°C), 一克水的蒸发热为 539 卡, 今用 1 克干燥状态的大叶章燃烧起来, 在旷野的条件下向 1 克重的干燥状态的樟子松木材加热时,

1 克大叶章 (含水率 1~5 %) 有效发热量 4049 卡/克。

由于辐射、地面传导, 空气对流作用失热的结果对于樟子松加热的有效能量为 1/30 时, 则樟子松木材可能升高温度为:

$$(4049 \div 30) \div 0.3 = 450^{\circ}\text{C} \text{ (樟子松可以自燃)}$$

如果樟子松木材的含水份为 25%, 则可能升高的温度为:

$$[(4049 \div 30) - 539 \times 0.25] \div 0.3 = 0^{\circ}\text{C}$$

由于水份蒸发要在 100°C 以上, 这时樟子松木材的温度最高只能达到 100°C, 所以在这种情况下没有火灾危险。

在自然条件下, 木材中水份的移动受着综合的气象因子的影响, 是不能用简单的方法来计算的。如果把含水量作为函数其变化与很多要素的变量有关, 用物理试验的方法可以作成微分方程, 但火灾的危险程度除了和可燃物的含水量有关之外又与当时的天气状况和火源性质 (决定于社会情况) 有很大关系, 因此, 火灾是一种偶发性较大的事件, 千万不能用机械的数学公式来计算, 在这里采用了“在符合物理概念的条件下, 应用统计方法进行火灾危险度计算”的作法。就是最初调查了大兴安岭, 小兴安岭和长白山林区的发火原因、发火季节、最易成灾的时期, 发生火灾地区的气候概况, 地理环境, 大地形, 植物区系以及其社会经济情况, 确定为三个地理景观带, 每个景观带具有不同的燃烧性, 从而把上列三个林区划分了三个火灾危险区, 对于这三个火险区分别进行了火灾记录资料与该地区气象条件的统计, 对于火灾资料的整理是按照一个火险区 1954—1957 年 (四年间) 4 月和 5 月中的发生火灾时间、地点、着火原因、烧燬的类型及面积, 出动的扑火人数, 人力扑火的效果等, 根据时间地点, 查对气象台 (站), 水文观测哨等气象资料, 用内插法或近点近似的记录材料以确定这次火灾的最小湿度、最高气温、实效湿度和最大风速等, 至于火灾发生时的天气形势和树冠火的火场与地面形势的相对位置是中央气象局沈阳中心气象台统计的, 在本文第六章中列出。

使用最小湿度、最高气温、实效湿度、最大风速等四个气象要素主要是根据经验, 从物理学的概念来看也是有意义的。

火灾的燃烧物理过程, 可以分成“着火”与“蔓延”两个阶段, 由于在森林的环境下, 影响着火和影响火灾蔓延的气象因子不是完全一致的, 因此在断定森林火灾的危险程度时, 分别计算这两个不同的属性是很重要的。

(1) 着火性: 在森林的条件下, 最先引起火灾的是旱生杂草和落叶, 这些形状细薄, 和大气接触的面积较大的可燃物体, 它们的含水率变化在一天内与最小湿度和最高气温有着极大的相关性, 根据魏弟曼 (Weitmann) 作过的枯枝落叶的含水量和森林火灾的关系如下:

含 水 量	森林火灾的危险度
大于 25 %	火灾不容易发生
17—25 %	不能发生大火灾
10—17 %	容易发生火灾
小于 10 %	最容易发生火灾

又根据斯梯开尔(Stickel)的試驗,枯枝落叶的含水率由10%左右开始香烟头才能引着火,小于6% 火車头的火星才能引起火灾。

关于含水率和空气湿度的关系,且老坡(Daulop)曾利用山毛櫸、樺树、核桃、枫树、糖槭和櫟属等6个树种的叶子,放在 26.7°C 的温度下,24 小时内保持一定湿度不变,测定其含水量,如图 1 所示。

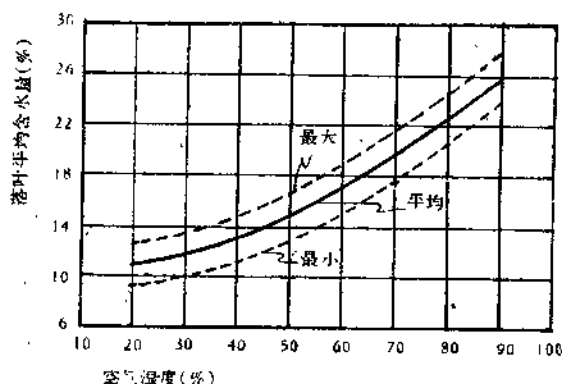


图 1 空气相对湿度与树木落叶含水量变化

草类和枯枝落叶的表层的影响最敏锐,对于这些可燃物体的着火机会的多少,从温度的高低,可以作概括的估计,从统计的结果来看,也和以上的论证相一致。

图 2 是根据东北林区一日中不同时刻发生火灾的频率和带岭凉水沟皆伐迹地的一日中每时平均温度绘制的,在图上明显的看出 10—13 时是温度继续升高的时间,13 时到达最高点,以后缓慢地降低,而着火频率也是由 10 时开始骤然升高,10—14 时竟达 55%,可见 10—14 时的一段时间的温度高低,对于这一天的着火可能性有决定性作用,因此选择了每天的最高温度,作为测定着火危险度的另一个因素是有意義的。

問題并不如此简单,温度固然是促进蒸发的重要因素,另一方面温度也能促进植物生长,由于温度的不断增高,干枯的草类逐渐被青绿的新草所压复,这种新发出的草木,从土壤中获得的水份大大超过蒸腾作用所消失的量,就可能产生这样现象,由于温度升高而地表植物的燃烧性却减低了。同时在燃烧过程中,也发生这样现象,就是空气温度愈高,愈和燃烧的温度接近,愈不容易产生对流作用,火场得不到充分的氧气供应,从而燃烧的势力不会太旺盛。这些缺点是如何克服呢?火灾的危险时期,恰巧植物处于刚刚发芽或新生体占比率很小的时候,在温度量的积累达到足以使草木本身增加水份,失掉燃烧性的时候,也是森林火灾危险时期结束的时候,火灾预报也就不需要了,但每年各地有季节提前或延迟等特殊情况发生,在这方面预报員应随时注意植物物候相和火灾危险

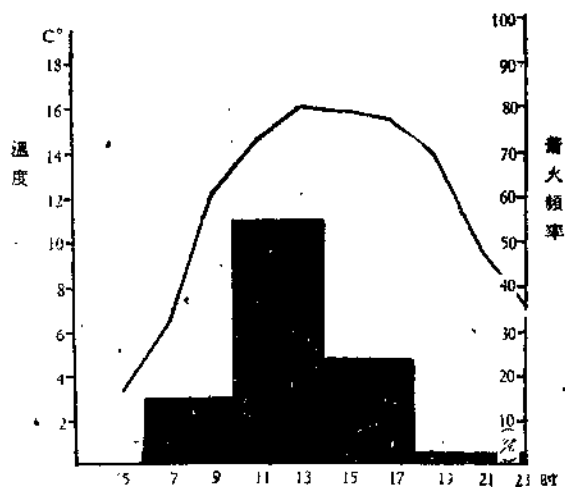


图 2. 皆伐迹地每时平均温度与着火频率
曲线—温度 黑地—着火频率

性的消失时间。关于温度和对流作用的关系是属于火灾蔓延的范围，在计算蔓延危险度时考虑了这个問題。因而在计算“着火危险度”时采用了最小湿度和最高温度两个基本的气象要素：

$$I_1(\text{着火危险度}_1) = \frac{M(\text{在同一最小湿度下森林着火的回数})}{n(\text{该最小湿度出现的回数})}$$

$$I_2(\text{着火危险度}_2) = \frac{M'(\text{在同一最高温度下森林着火的回数})}{n'(\text{该最高温度出现的回数})}$$

(2) 蔓延性：空气的实效湿度在第二章里已经提过，它不仅能够反应过去三、四天的干湿情况，而且对于草茎、木材、立枯木或倒木等，这类纤维结构紧实，体积较大物体的含水量变化，可以用它来量度，这个工作早在1943年崑山久尙作过试验，根据他的试验结果，系数 $a = 0.5$ 时，相关系数最大，木材的含水重量变化和实效湿度关系如图3所示。

如果最小湿度是一天内地表植物复盖层（主要是上层）的蒸发状况最好的量标，那么实效湿度就是整个复盖层，甚至全部森林的干湿状况的量标。地表上边很薄一层的干的可燃物着起火来，不一定能够延烧到下层或附近立木或其他采伐残余物等，但在实效湿度很小的情况下，象征着各种可燃物都干的很透，这样在表层着起火来就容易蔓延起来，扩大成灾。实效湿度对于降水、雾、阴天同样有示性的意义，因为凡是这样的天气日平均相对湿度一定是很大的，当然也影响实效湿度的增大。

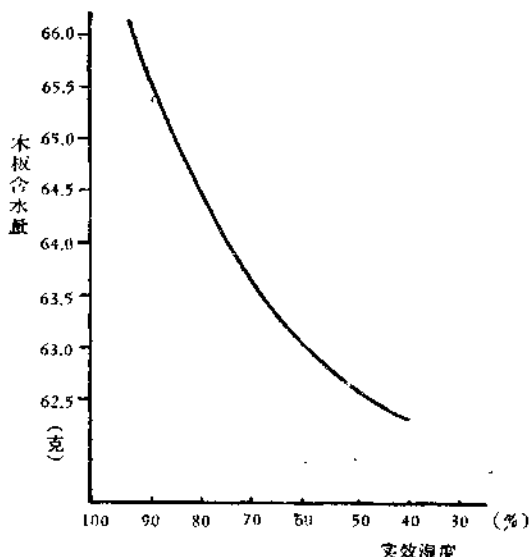


图3 木板含水重量变化与实效湿度关系($a=0.5$)

风速大小对火灾蔓延的影响，几乎是人所共知，从物理学和化学的意义来说，有以下几点：1) 风能使燃烧物体产生的热量，顺着风的方向向前作平流移动，不断对未燃烧的物体加热，促其易于燃烧；2) 风速愈大，大气的乱流愈强，扰动的气流可以带起许多飞火，散布到火场的外边，引起另外的火灾；最后烧成一片，以此扩大火场面积；3) 平常大气的水汽含量达到1—2%时，草类，和木材尚可继续燃烧，当水汽含量为5%或更多时，这时空气中的氧气相对的减少，燃烧困难，终必熄灭，利用水或氯化镁等药液灭火就是这个道理，而风速较大时，可燃物受热后最先发生的水蒸汽，立刻被风携走，又来新的空气补充，这样情况，风起了加氧助燃作用。在森林的条件下，以热的平流作

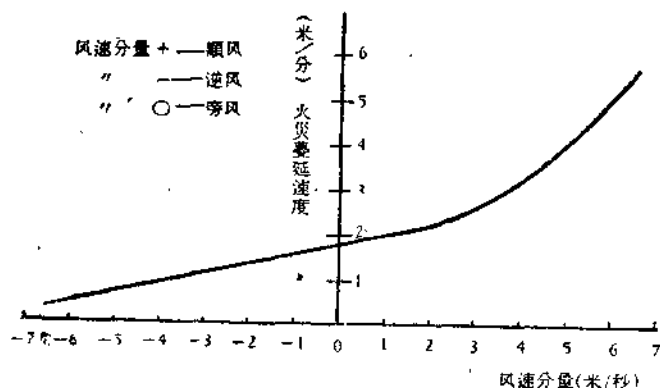


图4. 火灾蔓延速度与风速分量关系

汽含量达到1—2%时，草类，和木材尚可继续燃烧，当水汽含量为5%或更多时，这时空气中的氧气相对的减少，燃烧困难，终必熄灭，利用水或氯化镁等药液灭火就是这个道理，而风速较大时，可燃物受热后最先发生的水蒸汽，立刻被风携走，又来新的空气补充，这样情况，风起了加氧助燃作用。在森林的条件下，以热的平流作

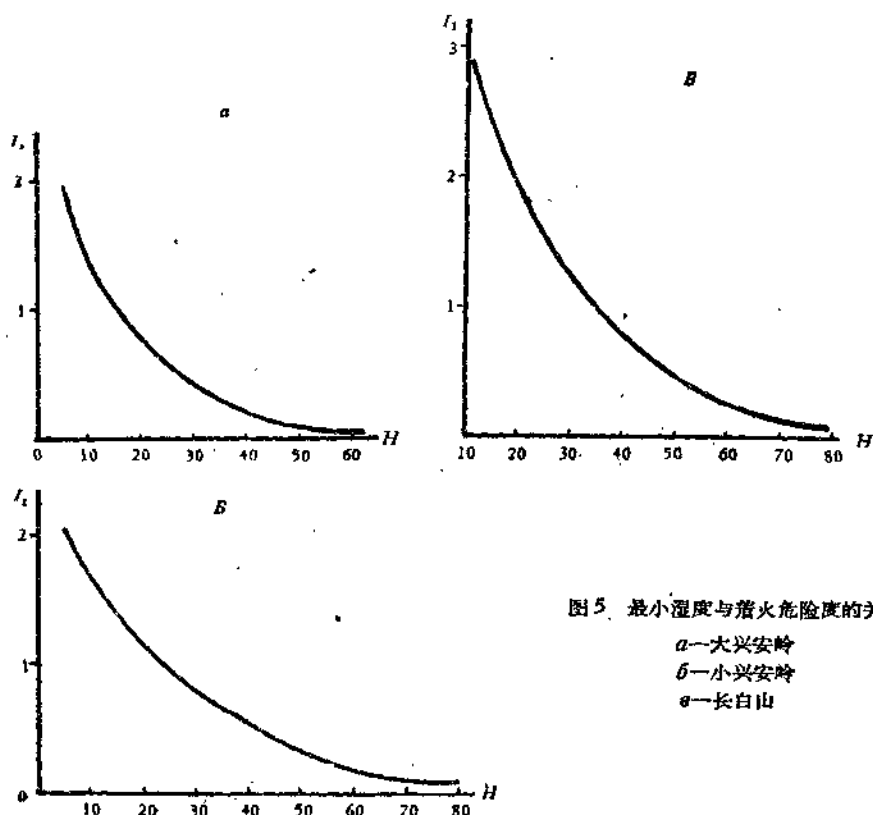


图 5. 最小湿度与着火危险度的关系

a—大兴安岭

B—小兴安岭

σ—长白山

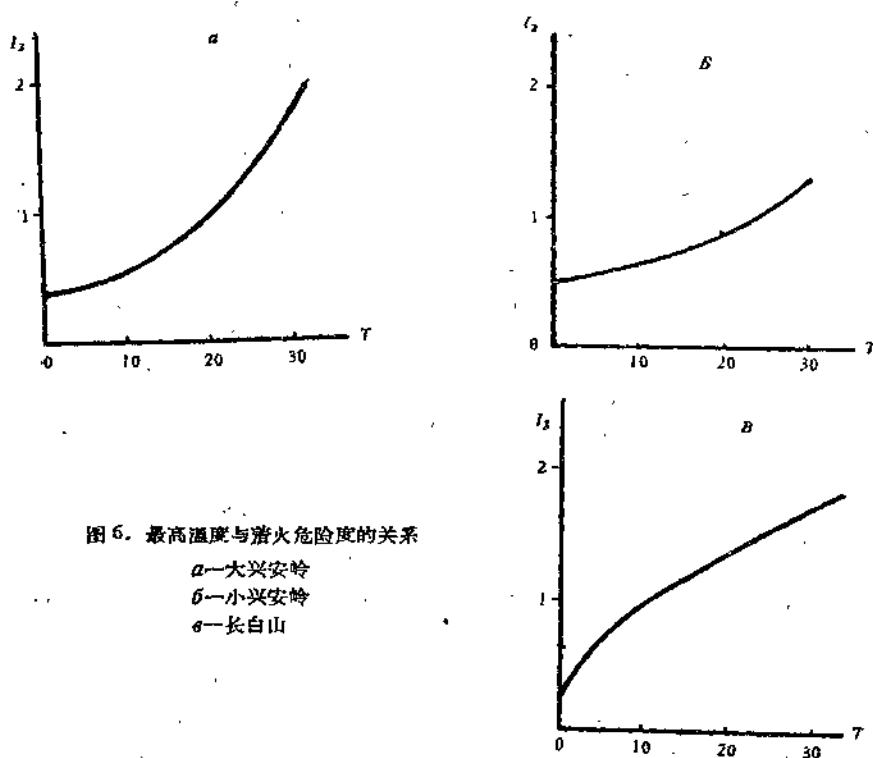


图 6. 最高温度与着火危险度的关系

a—大兴安岭

B—小兴安岭

σ—长白山

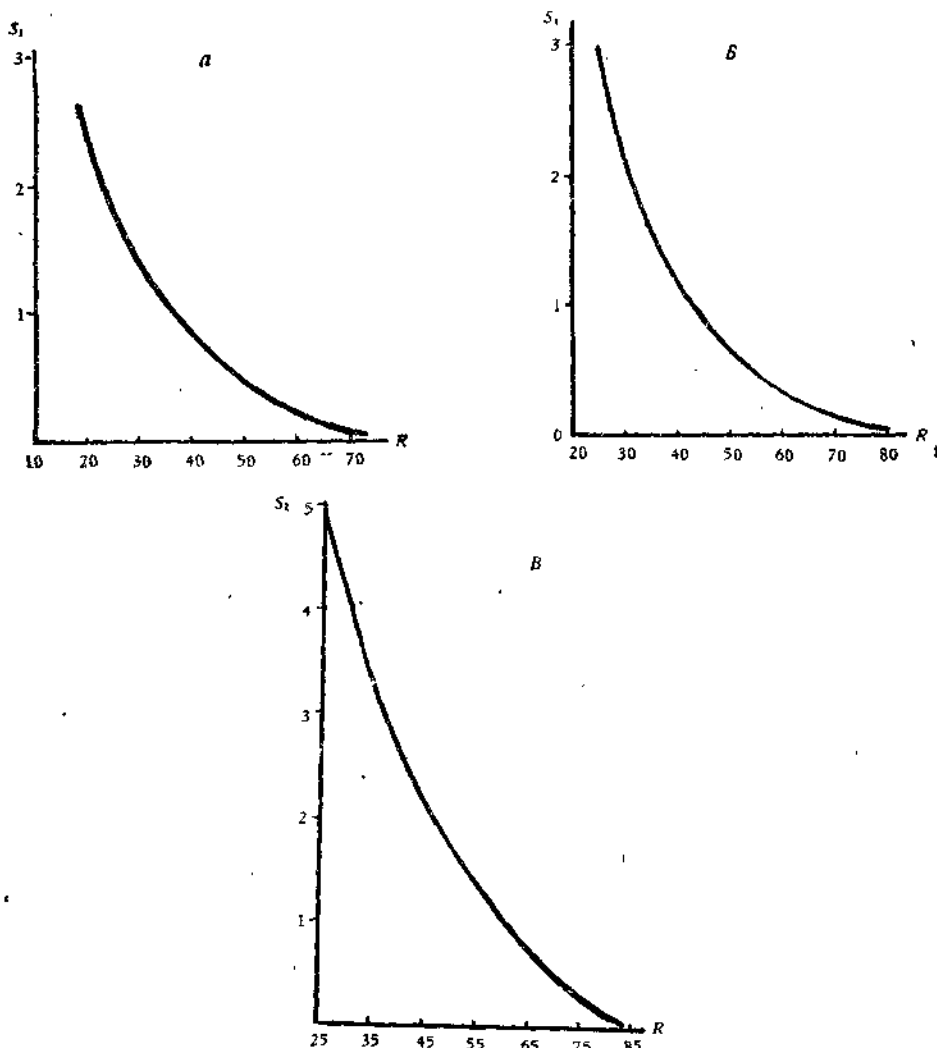


图 7. 实效湿度与火灾蔓延危险度的关系

a—大兴安岭 b—小兴安岭 c—长白山

用最为重要,根据林业土壤研究所在大兴安岭根河五峰山沼泽草地上作的火烧试验,火灾的蔓延速度和风速分量的关系如图 4 所示,没有风力作用的时候,火灾蔓延速度只 1.8 米/分,当风速的水平分量为 6.5 米/秒,则蔓延速度达 5.8 米/分,为前者的 3 倍多。因此,在计算“蔓延危险度”时,采用,实效湿度和最大风速两个基本的气象因子。

$$S_1(\text{蔓延危险度}_1) = \frac{N(\text{在同一实效湿度下火灾蔓延的次数})}{n(\text{该实效湿度的出现回数})}$$

$$S_2(\text{蔓延危险度}_2) = \frac{N'(\text{在同一最大风速下森林火灾的蔓延次数})}{n'(\text{该最大风速出现回数})}$$

3. 计算方法与结果:

在上一节已经把气象要素影响火灾的物理过程和化学过程究明了,问题在于如何进一步地计算“着火指标”和火灾的“蔓延指标”。从物理概念出发已经得到这样的假定的结

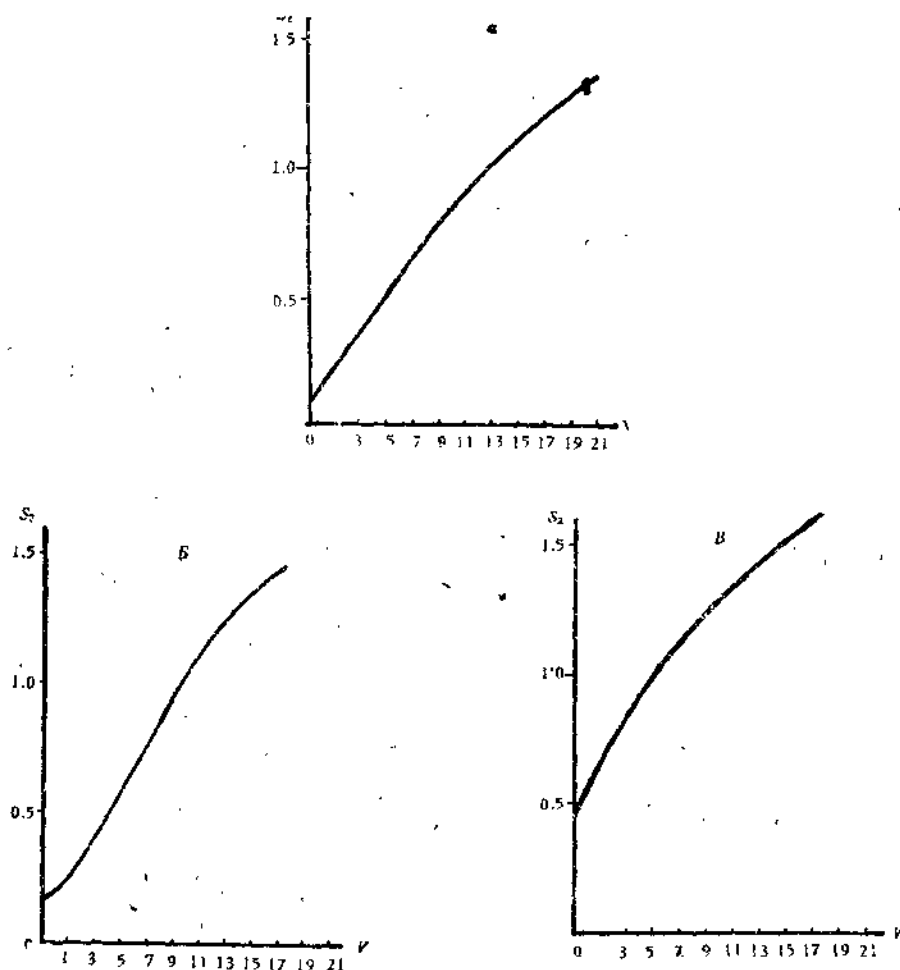


图 8. 最大风速与火灾蔓延危险度的关系

α —大兴安岭 δ —小兴安岭 σ —长白山

論,大气湿度和温度直接影响地被物的含水量的变化,而含水量又与着火温度有关;火起之后,蔓延的快慢与扩展的范围又直接与实效湿度和风速有关,这个結論是否符合于过去的火灾情况,曾将大小兴安岭及长白山三个地理景观带,从1954—1957年四年間的火灾資料分別进行整理,先按景观带統計火灾发生次数,再按四个要素从每个景观带內选定标准气象台(站),把各台(站)四年間的观测資料(四、五月)按同一要素彙总起来,該要素的出現次数,同一区間的相加,得出总数,最后用台(站)总数平均,得出該景观带四年間平均出現回数,以此除同一区間的火灾出現回数,即得出前述的着火危险度或蔓延危险度。最小湿度和实效湿度每5%取为一个区間如0—5%,6—10%,……,最高温度每5°C取为一个区間如0—5.0°,5.1—10.0°,……,最大风速每1米/秒取为一个区間如0—1,2—3,……。

各区間的危险度求出后,取危险度为纵坐标,相当的气象要素为横坐标,繪出特性曲綫(图5、图6、图7、图8),这些曲綫满足下列公式:

$$I_1 = A_1 e^{-B_1 H} \quad (1)$$

I_1 ——着火危险度, A_1 ——常数, e ——自然对数底, B_1 ——减弱系数,
 H ——最小湿度(%)。

$$I_2 = A_2 T^{B_2} + C_2 \quad (2)$$

I_2 ——着火危险度, A_2, B_2, C_2 ——常数, T ——最高温度($^{\circ}\text{C}$)

$$S_1 = A_3 e^{-B_3 R} \quad (3)$$

S_1 ——火灾蔓延危险度, A_3 ——常数, e ——自然对数底,

B_3 ——减弱系数, R ——实效湿度(%)

$$S_2 = A_4 V^{B_4} + C_4 \quad (4)$$

S_2 ——火灾蔓延危险度, A_4, B_4, C_4 ——常数, V ——最大风速(m/s)

将(1)、(2)式相加算出着火指标, (3)、(4)式相加算出蔓延指标。

$$I(\text{着火指标}) = I_1 + I_2 = A_1 e^{-B_1 H} + A_2 T^{B_2} + C_2 \quad (5)$$

$$S(\text{蔓延指标}) = S_1 + S_2 = A_3 e^{-B_3 R} + A_4 V^{B_4} + C_4 \quad (6)$$

将(1)式中的 I_1, H 代入, 制作二个联立式, 求出常数 A_1, B_1 , 同样也可以求出其他常数, 按各景观带求出的常数如表 3:

表 3 各景观带火灾危险度经验式的常数

区 分 数	A_1	A_2	A_3	A_4	B_1	B_2	B_3	B_4	C_2	C_4
a	2.25	0.0025	6.73	0.131	-0.058	1.83	-0.053	0.741	0.36	0.07
b	2.06	0.001	3.00	0.086	-0.043	1.909	-0.065	0.975	0.56	0.17
c	2.90	0.069	5.00	0.105	-0.044	0.308	-0.043	0.609	0.50	0.49

根据表 3 所列的常数, 分别计算出该地区的着火指标和蔓延指标的检索图(用百分数表示)(见图 9、图 10、图 11、图 12、图 13、图 14)。

利用气象要素测定火灾危险度是把天气形势对火灾影响以数量表示的一种过渡方法, 实际天气形势使气象要素不断的改变, 也可以说天气形势对火灾发生有直接作用, 这个问题, 非常复杂, 到现在为止, 由天气形势预报各种气象要素尚未臻完善的地步, 当然用形势预报火灾更有困难了。

这里提出的方法是假定气象要素变化在确定的趋势下, 才有预报的意义, 在实际应用时, 采取二种措施: 在有天气预报业务的气象台(站), 必须先预报要素的变化, 根据各种要素的变化范围再计算“着火指标”和“蔓延指标”的大小, 并参照现在和未来的天气形势进行适当的调整(关于天气形势和火灾的关系在第六节中作详细的解释); 而在没有预报业务的台(站)或林业部门设立的火险预报站, 只能按本日的实际观测的气象材料, 先算出当日的“着火指标”和“蔓延指标”, 假定明日的天气没有更多的变化的情况下, 本日的火灾危险程度必然持续到明天的中午以前, 所以按今日的气象要素测定的危险性, 只能作为实况通报。如果从广播中或用特定的联系方法, 预先获得明日的天气预报资料, 对本日的危险度加以适当的修正, 作为第二天的预报发布, 才是合理的。

4. 警报的界限及其信赖程度

关于火灾警报界限的确定不能从主观愿望出发, 不仅要考虑行政方面的措施, 也要考虑心理作用, 如果在一个地区无限制的发布警报, 日久则麻痹起来, 将丧失预报的威信, 效果反而不大, 并且一旦发布森林火灾警报时, 不单要求精神上要紧张, 要在公安工作, 交通运输, 航空巡逻, 营林员巡山检查, 瞭望台值班, 化学灭火队作好消防准备等, 各方面都要

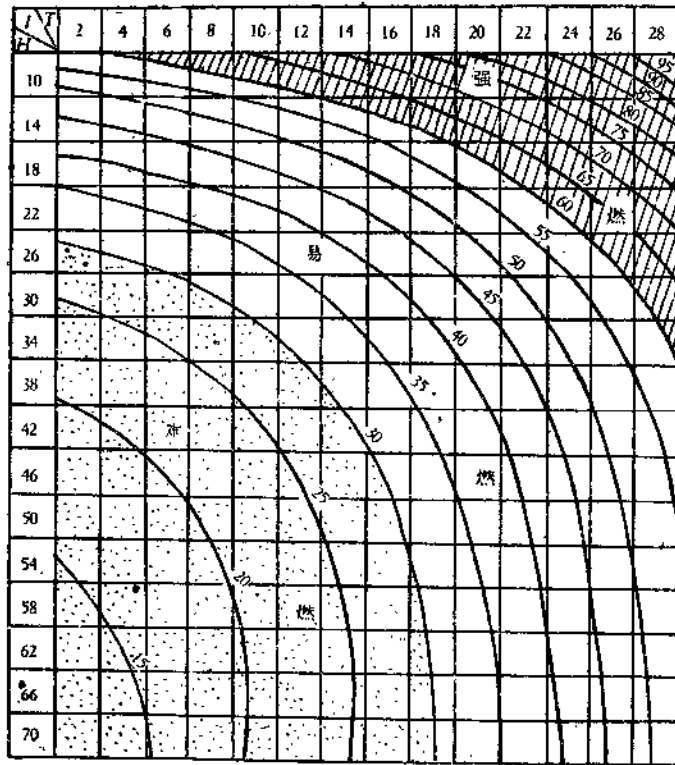


图9. 着火指标 (大兴安岭)

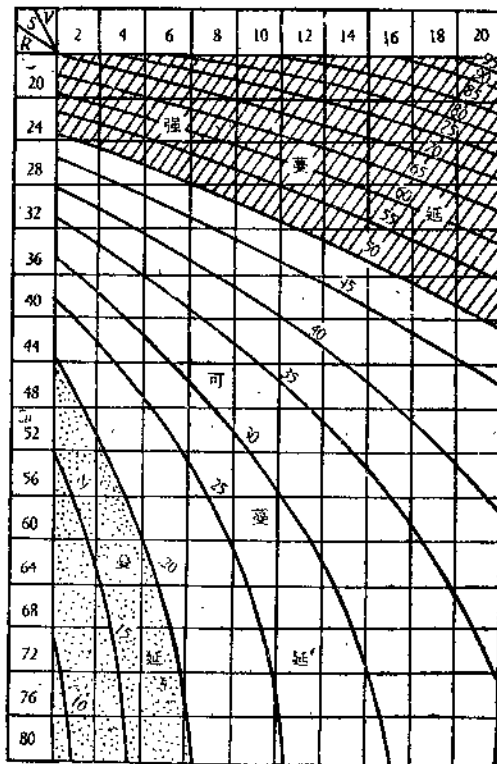


图10. 蔓延指标 (大兴安岭)