中国科学院林业土壤研究所研究报告集

林业集刊

第一号

科学出版社

內 容 簡 介

本集刊介紹了我国森林火災危險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、航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；大胆估計总結自然火源——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內基本消灭森林火災，保护社会主义財富。这集刊对于結合生产、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. 森林火災危險性預告与天气条件……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）

中国科学院图书馆藏

森林火災危险性預告与天气条件*

王 正 非

目 次

一、引言
二、各国預报森林火災的一般情况
三、影响森林火災的主要因素
四、森林火災危险度的确定标准
五、天气条件和社会情况对森林火災的影响
六、天气形势与森林火災关系
七、地理景观和地形对森林火災的影响
八、編制森林火災危险天气預报的程序及方法
1. 資料整理及繪图
(1) 火災危险度分布实况图的繪制
(2) 繪制火災危险度分布預报图
(3) 統計无雨日数
(4) 計算乱流系数
2. 分析
3. 編制預报
4. 气象条件与火災情况对照
九、防火部門如何利用森林火災危险性預报
十、森林火災危险性預报將来发展的展望

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，不仅是烧燬了生长的树木而且給森林本身造成莫大的恶果，森林經过火災之后，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，还是很不順利以至沒有完全解决的問題。

1955 年火災的面积很大，1956 年火烧林地面积比 1955 年約增加了二倍(指东北、內蒙地区)。当火災发生时，又必須从附近的农村、矿山或伐木場等地动員大批人員扑救，国家不单开支一笔直接灭火費用，甚至躭誤了春耕播种，影响了工矿生产，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，貫彻防胜于救的方針，由 1955 年起在小兴安岭伊春林区首次进行了森林火災危险性(或称可能性)預报的試驗研究[1]。为了进一步預报大区域的森林火災的危险天气，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报材料，試行編制了大、小兴安岭及长白山林区的森林火災危险天气預报，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报业务之一，并指定专职預报員进行此項工作。又为了收集林区內的气象情报同时加強地方性的火災危险性通报，在最近 2 年来先后在大兴安岭建立了 11 个防火气象观測站，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险性預报，及时向当地林場及防火委員会通报。

---

* 王振沅、朱劲伟、朱廷曙、崔启武、边履刚、楊篤生、胡国生、毕庶春等同志参加工作。

1478736
中科院植物所图书馆
S0021700

根据三年来試行发布森林火災危险天气預报的結果，它的效果表現在下列几点：

(1) 由于有了火災危险性預报，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险性較大的地区进行空中巡邏；

(3) 地面防火瞭望台的瞭望时間，营林員的巡山路綫和时間都有了依据；

(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 年編制火災危险性預报的方法主要根据苏联 B. Г. 聶斯切洛夫的綜合指标法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，尙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結材料和实际預报效果的驗証，发現采用单元的气象因子預报森林火災的危险性无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，充分体会到火災危险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眞貫彻执行，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险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别火災的危险性，到 1939 年 И. С. 米列霍夫[2]着手研究有关确定森林火災危险性的基本因素；В. 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，制定出預报火災危险性的数量的指数——綜合指标，1951 年莫斯科中央預报研究所 К. 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险天气預报。但这只能粗略的判别各林区的干湿情况，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过較长时間的驗証，发現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，当自然条件和經济情况有很大差别时，森林火災危险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 Н. Н. 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险等級；М. В. 格里琴科[7]和 В. М. 加弗里洛娃 (1952 年) 提出：按季节林型和植物种类制定火险等級；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；Н. Л. 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险性的地方(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 Н. Т. 吉斯貝尔恩[10] (Gisborne) 很早研究了林內地面腐植質层表面含水率的变化，确定了 6 个燃烧等級(1927)、継之、在 1934 年斯梯开尔[11](Stiekel) 等用降雨后天数，

气温及相对湿度制成的图表，預报云杉、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規定了7个等級，这个等級标准曾被广泛地利用，同年在加里佛尼亚州成立了火災危险等級审查委員会，开展了有系統的研究；斯梯芬孙[13](1936年)利用将近1000次的火災記录，統計分析了火災的发生，发展以至到消灭，对它有影响的組成因素，除闡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险計算尺，1940年卡尔利等[15](John R. Curry)发表了火災危险性的数字索引，逐漸开始对火災概率的数字預报，黑斯[16](G. L. Hays)更进一步对林地的高度、方位、一日中的起火时間进行了研究，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、日本也有一些关于預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) 一日內的着火时間；

(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)。

火災危险天气預报就是依据这些要素，查定某个林区在某个时間的燃烧性能，可能蔓延的程度以及火災的性質与強度等。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爭上，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，只能凭感覚和印象来解释，在近50年来，由于天气預报技术的发展和气象观測网的建立，逐漸发現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别火災的危险性。

利用气象条件，預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、降水強度、云量及日照时間等，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、采伐殘物及林緣的早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，以預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. 聶斯切洛夫教授的公式：

$$\Gamma = \sum_{m=1}^{m} t\mathrm{m} \cdot d\mathrm{m}$$

式中：Γ = 燃烧性指标(綜合指标)

t = 温度(每日 14 时的气温)

d = 水汽飽和差(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。按照在东北和內蒙林区条件下試用的結果，尙存在以下几个問題：

(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，不单純随着日数增加而递減，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，一般气温是逐漸上升的，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，一般气温是逐漸下降的就不符合上升函数的性質，特别在寒潮侵入的时候，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，所以确定火災的危险程度时，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，可能在雨后經过 3—4 天至多 5，6 天，燃烧級就超过 V 級 (属于特别危险的等級)，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，継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間內，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来說，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数平均得出来的，它与地被物含水率的相关性較大[18]，以公式表示为：

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

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

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較困难，采用了每日 08 时的实測值代替平均值，并根据日本气象研究所长畠山久尙的試驗結果[18]，采用 $a=0.5$ 进行了計算。

用各地实效湿度繪制当日等值分布綫图，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災危险性是不够的；另外虽然它能够概略地比較各地的干湿程度；但沒有火災蔓延的概念。专就着火的可能性不能判断火災的大小与強弱。为了克服这些缺点，利用了多元气象要素，进行統計火災与气象因子間的关系，其結果在下一章詳細地敍述。

四、森林火災危險度的确定标准

1. 火災危险度的意义：

在森林的条件下，火災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(一般称之为火災危险区)，由于森林及林中空地处于不同地理緯度、不同地形，植被的分布也有不同的結果，每个林分或任意地段，其着火的可能性和蔓延的強度大小都不能一样，因此在防火部門根据各种森林燃烧性划分出不同等級的火災危险区，作为防火設施的依据，这个工作在同一气候带內一般不考虑天气因素。另一种火災危险度的意义是：把森林及其附近草原看作是可燃烧体，虽然各种林分具有不同的疎密度和結构，形成局地性的气候特征，其燃烧性可能有些差异，但草本、木材等同属纖維素、木質素、淀粉、蔗糖、胶質、脂肪等所組成，作为燃烧物体来看，都是可以燃烧的，大同小异，沒有本質的区别。人們都有这样經驗，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則不易燃烧，很湿的草木在比較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)及天气情况預測或測定森林的燃烧性，以及燃烧之后，其可能蔓延的范围大小，这是后一种火災危险度的意义。这种危险度由于有預測的可能性，对于临时性防火措施和对于已經发生的火災的扑救来說，具有特别重要的意义，这一点在引言中已經介紹的很清楚。对于这种火災危险度的确定标准在本章詳細討論。

2. 制定火災危险度的基本概念：

草类和木材的主要成分是有机物質，只含有少量的矿物質，因而在草类或木材烧完之后，殘余一部分灰份。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，对所有燃料来說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，其絕对含水量却很低。一般生长中的树木含水率約 50%，幼木或枝条可达 90%，长久在空气中放置的气干材，在比較干透的时候最低有 5%，多的时候可达 20% 左右。这种水分处于各种状态，有因毛細管現象生成的細胞壁間的水，吸附在細胞膜上的水份，形成結晶水，就是物理过程的毛細管水及化学过程的細胞

結晶水。木材受热之后，首先毛細管水被蒸发掉，温度达 100°C 时，化学的結晶水也被分离出来，唯有这些水都被蒸发掉之后，木材本身的温度才能徐徐上升。温度在 100°C 前后具有揮发性的酯类 (Ester) 才能开始蒸发，170°C 左右开始分解，200—350°C 的范围以內木材全部分解，干餾生成物有：气体，木醋酸，木焦油和木炭等，单就落叶松边材說，气体中可燃性的一氧化碳 30%，甲烷 2.4%，氢气 0.6% 混有不可燃性气体二氧化碳，氮气和氧气等，如果保持这样温度，木材継續分解，变成焦黑状态，尙不能达到燃烧状态。但加温高于 350°C 时，发生大量的可燃性气体，这时貼火就着，开始燃烧，由于自燃发生的火焰又对邻近的木材加热，遂发生可燃性气体，也到达自燃状态，这样継續不断的加热，造成鏈鎖反应，构成一个完整的燃烧系統。林业土壤研究所森林气象組在室內用管状炉作过燃烧試驗其結果如下：

表 1　各种植物的燃烧温度

燃料名称	引火点(冒煙)	加热到引火时間	着火点(見火星)	自燃温度	加热到熄灭时間
落叶松边材	207°C	4′49″	345～395°C	405～460°C	14′34″
白樺树皮	203°C	4′37″	330～380°C	450～560°C	14′26″
樟子松枝部	192°C	5′43″	265～345°C	375～500°C	23′43″
越桔枝	191°C	4′25″	290～380°C	400～455°C	14′53″
磯躑躅枝叶	197°C	4′26″	375～450°C	440～540°C	12′10″
大叶章茎叶	189°C	4′13″	250～280°C	390～410°C	8′52″
蒿子茎叶	181°C	3′55″	210～280°C	395～455°C	10′48″

从上边的結果看出，不仅限于木材其他灌木，草类甚至所有纖維質类都必須經过同样的燃烧阶段，卽加热分解→着火自燃→炭化，也看出木材比草类引火点高，加热到引火时間长，着火点高，自燃温度也較高而加热到熄灭的时間較长，这是其特点，这說明在同样的干透状态下，草本植物比木本植物容易引火，着的快，燃烧温度低，燃烧的时間要比木材少一半。所以用木材烧飯或在夜营时制造篝火，首先要用干草引起火来，再加木材，木材才能烧起，这是人所共知的事实。現在要回头討論木材含水率与燃烧的关系，木材的热分解是在內部含有水份蒸发完了之后才开始的，含水量越多越不易点燃，因为加热到引火温度需要很多热量，这样首先要有強烈的火源，卽便着起火来其燃烧必然非常緩慢，卽单位时間內发生的热量較少，以外还要对邻近的燃料付出大量热量，在其付出热量之后不能維持其本身的自燃，或由其自燃生成的热量不是以使附近燃料到达引火点，都不能引起鏈鎖反应，也就是不能构成一个完整的燃烧系統，就不能发生火災。根据計算含水率与发热量有下列关系：

表 2　可燃物有效發热量与含水率关系

植物名称	发热量 卡/克				
	水份 1—5%	11—15%	21—25%	36—40%	46—50%
落叶松边材	4512	4468	4414	4333	4297
樟子松	4740	4686	4632	4551	4497
越桔	5015	4967	4913	4832	4778
大叶章	4049	3995	3941	3860	3806

根据表 2 的数据粗略地計算一下，設木材自然温度为 450°C，比热为 0.3（在温度

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，在曠野的条件下向 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 %）完全发热量 4049 卡/克。

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

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

如果樟子松木材的含水份为 25%，則可能升高的温度为：

$$[(4049 \div 30) - 539 \times 0.25] \div 0.3 = 0°C$$

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，所以在这种情况下沒有火災危险。

在自然条件下，木材中水份的移动受着綜合的气象因子的影响，是不能用簡单的方法来計算的。如果把含水量作为函数其变化与很多要素的变量有关，用物理試驗的方法可以作成微分方程，但火災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，火災是一种偶发性較大的事件，千万不能用机械的数学公式来計算，在这里采用了"在符合物理概念的条件下，应用統計方法进行火災危险度計算"的作法。就是最初調查了大兴安岭，小兴安岭和长白山林区的发火原因、发火季节、最易成災的时期，发生火災地区的气候概况，地理环境，大地形，植物区系以及其社会經济情况，确定为三个地理景观带，每个景观带具有不同的燃烧法，从而把上列三个林区划分了三个火災危险区，对于这三个火险区分别进行了火災記录資料与該地区气象条件的統計，对于火災資料的整理是按照一个火险区 1954—1957 年（四年間）4 月和 5 月中的发生火災时間、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，根据时間地点，查对气象台（站），水文观測哨等气象資料，用內插法或近点近似的記录材料以确定这次火災的最小湿度、最高气温、实效湿度和最大风速等，至于火災发生时的天气形势和树冠火的火場与地面形势的相对位置是中央气象局沈阳中心气象台統計的，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經驗，从物理学的概念来看也是有意义的。

火災的燃烧物理过程，可以分成"着火"与"蔓延"两个阶段，由于在森林的环境下，影响着火和影响火災蔓延的气象因子不是完全一致的，因此在断定森林火災的危险程度时，分别計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，最先引起火災的是早生杂草和落叶，这些形状細薄，和大气接触的面积較大的可燃物体，它們的含水率变化在一天內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災的关系如下：

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

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災。

关于火災和空气湿度的关系,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小时內保持一定湿度不变,測定其含水量,如图1所示。

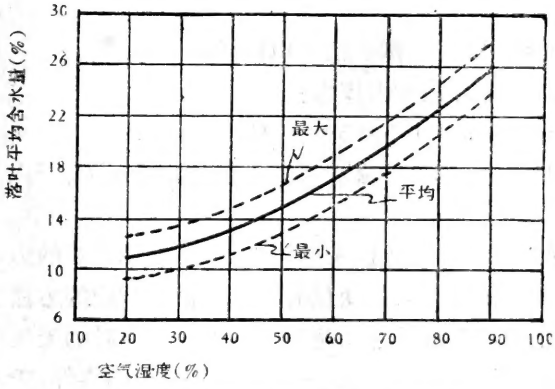


图1 空气相对湿度与树木落叶含水量变化

在图1上湿度小于40%則落叶的含水量小于13%,按魏弟曼的試驗,属于容易发生火災的范围,根据大、小兴安岭和长白山林区的火災統計,基本与此試驗結果相符合(見表7)。

最高气温是表示一日內太阳輻射強度或有暖平流发生的特征,温度高时,地表植物复盖层的水份必然很快蒸发,从而使地表层的可燃物迅速变干,这种一日內温度的高低特别对于草类和枯枝落叶的表层的影响最敏銳,对于这些可燃物体的着火机会的多少,从温度的高低,可以作概括的估計,从統計的結果来看,也和以上的論証相一致。

图2是根据东北林区一日中不同时刻发生火災的頻率和带岭凉水沟皆伐迹地的一日中每时平均温度繪制的,在图上明显的看出10—13时是温度継續升高的时間,13时到达最高点,以后緩慢地降低,而着火頻率也是由10时开始驟然升高,10—14时竟达55%,可見10—14时的一段时間的温度高低,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,作为測定着火危险度的另一个因素是有意义的。

問題并不如此簡单,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,干枯的草类逐漸被青綠的新草所压复,这种新发出的草木,从土壤中获得的水份大大超过蒸騰作用所消失的量,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減低了。同时在燃烧过程中,也发生这样現象,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,火場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?火災的危险时期,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,也是森林火災危险时期結束的时候,火災預报也就不需要了,但每年各地有季节提前或延迟等特别情况发生,在这方面預报員应随时注意植物物候相和火災危险

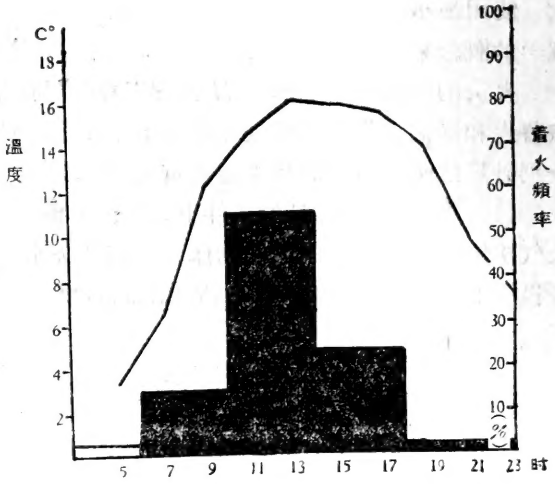


图2. 皆伐迹地每时平均温度与着火頻率
曲綫—温度 黑地—着火頻率

性的消失时間。关于温度和对流作用的关系是属于火災蔓延的范围，在計算蔓延危险度时考虑了这个問題。因而在計算"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：

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

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

(2) 蔓延性：空气的实效湿度在第二章里已經提过，它不仅能够反应过去三、四天的干湿情况，而且对于草莖、木材、立枯木或倒木等，这类纖維結构紧实，体积較大物体的含水量变化，可以用它来量度，这个工作早在1943年畠山久尙作过試驗，根据他的試驗結果，系数 $a = 0.5$ 时，相关系数最大，木板的含水重量变化和实效湿度关系如图3所示。

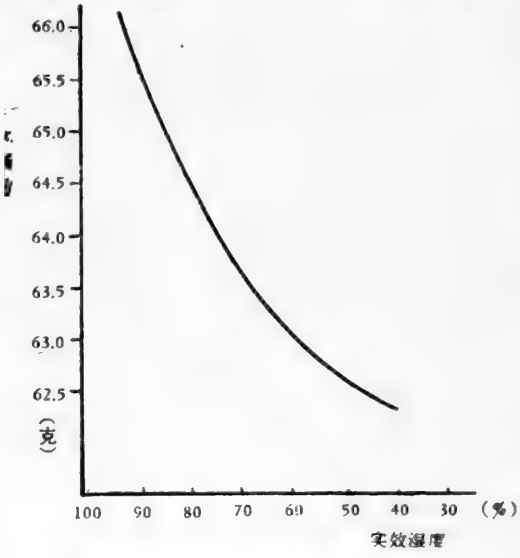


图3 木板含水重量变化与实效湿度关系(a=0.5)

如果最小湿度是一天內地表植物复盖层（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殘余物等，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，扩大成災。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。

风速大小对火災蔓延的影响，几乎是人所共知，从物理学和化学的意义来說，有以下几点：1) 风能使燃烧物体产生的热量，順着风的方向向前方作平流移动，不断对未燃烧的物体加热，促其易于燃烧；2) 风速愈大，大气的乱流愈強，扰动的气流可以带起許多飞火，散布到火場的外边，引起另外的火災；最后烧成一片，以此扩大火場面积；3) 平常大气的水汽含量达到1—2%时，草类，和木材尙可継續燃烧，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，終必熄灭，利用水或氯化鎂等葯液消火就是这个道理，而风速較大时，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

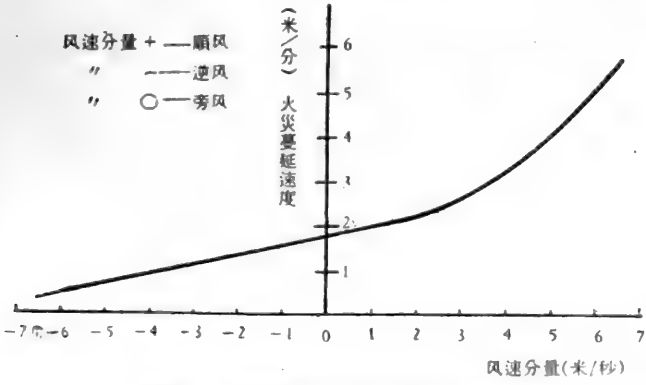


图4. 火災蔓延速度与风速分量关系

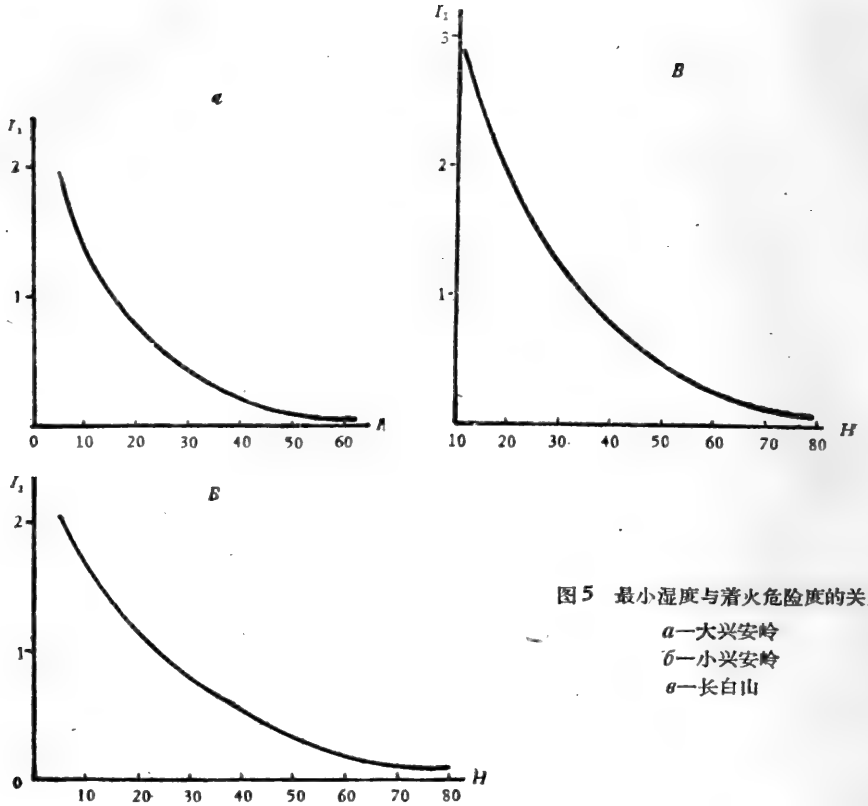


图5　最小湿度与着火危险度的关系

а—大兴安岭
б—小兴安岭
в—长白山

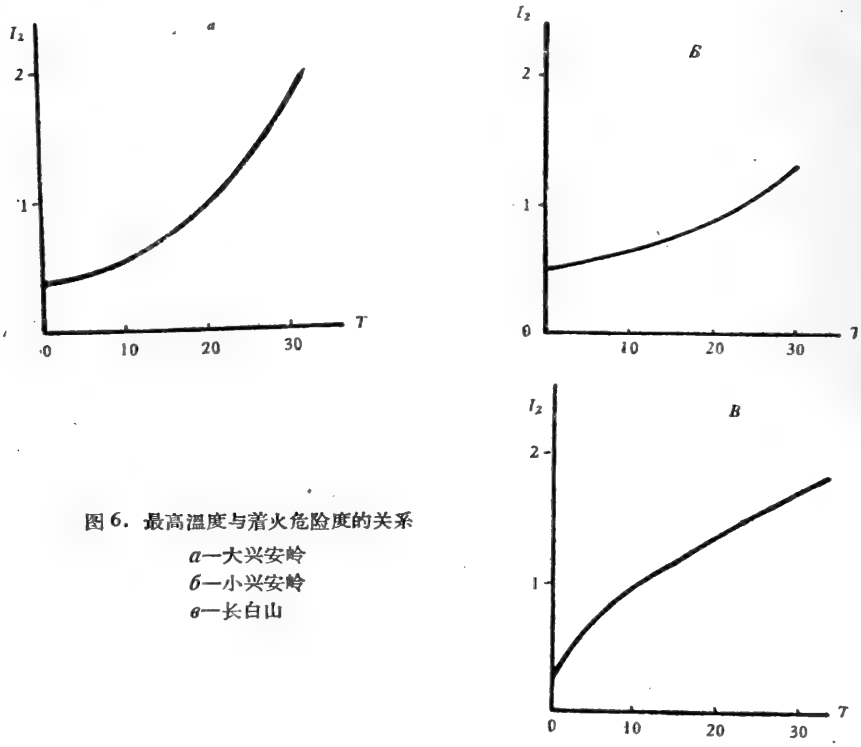


图6．最高温度与着火危险度的关系

а—大兴安岭
б—小兴安岭
в—长白山

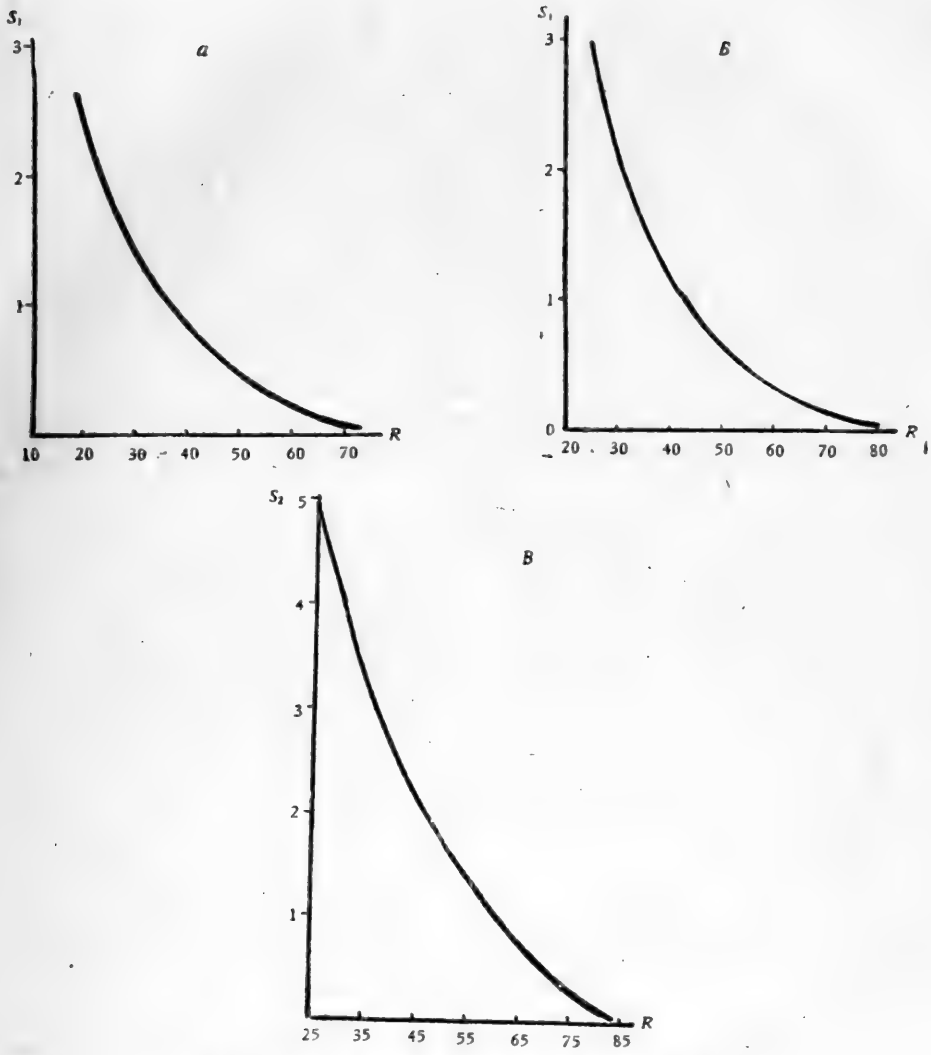


图 7. 实效湿度与火災蔓延危险度的关系

a—大兴安岭　*б*—小兴安岭　*в*—长白山

用为最重要，根据林业土壤研究所在大兴安岭根河五峯山沼泽草地上作的火烧試驗，火災的蔓延速度和风速分量的关系如图 4 所示，沒有风力作用的时候，火災蔓延速度只 1.8米/分，当风速的水平分量为 6.5 米/秒，則蔓延速度达 5.8 米/分，为前者的 3 倍多。因此，在計算"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。

$$S_1(\text{蔓延危险度}_1) = \frac{N(\text{在同一实效湿度下火災蔓延的次数})}{u\,(\text{該实效湿度的出現回数})}$$

$$S_2(\text{蔓延危险度}_2) = \frac{N'(\text{在同一最大风速下森林火災的蔓延次数})}{u'(\text{該最大风速出現回数})}$$

3. 計算方法与結果：

在上一节已經把气象要素影响火災的物理过程和化学过程究明了，問題在于如何进一步地計算"着火指标"和火災的"蔓延指标"。从物理概念出发已經得到这样的假定的結

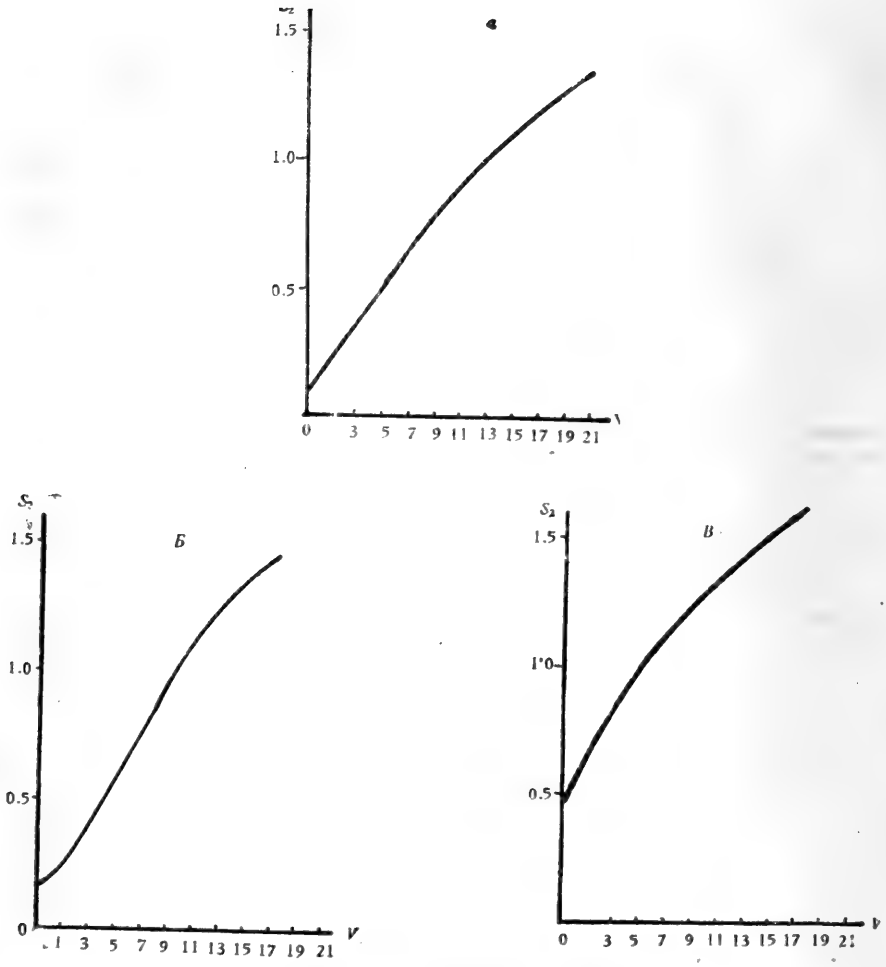


图 8. 最大风速与火災蔓延危险度的关系

а—大兴安岭　*б*—小兴安岭　*в*—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災情况，曾将大小兴安岭及长白山三个地理景观带，从 1954—1957 年四年間的火災資料分别进行整理，先将每次火災当日四个气象要素查出，以后再从每个景观带內选定标准气象台(站)，把各台(站)四年間的观測資料（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災出現回数，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，取危险度为縱坐标，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)，这些曲綫滿足下列公式：

$$I_1 = A_1 e^{-B_1 H} \tag{1}$$

I_1——着火危险度，　A_1——常数，　e——自然对数底，　B_1——減弱系数，

H——最小湿度(%)。

$$I_2 = A_2T^{B_2} + C_2 \tag{2}$$

I_2——着火危险度， A_2,B_2,C_2——常数， T——最高温度(°C)

$$S_1 = A_3e^{-B_3R} \tag{3}$$

S_1——火災蔓延危险度， A_3——常数， e——自然对数底，

B_3——減弱系数， R——实效湿度(%)

$$S_2 = A_4V^{B_4} + C_4 \tag{4}$$

S_2——火災蔓延危险度， 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。

$$I(\text{着火指标}) = I_1 + I_2 = A_1e^{-B_1H} + A_2T^{B_2} + C_2 \tag{5}$$

$$S(\text{蔓延指标}) = S_1 + S_2 = A_3e^{-B_3R} + A_4V^{B_4} + C_4 \tag{6}$$

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　各景观带火災危險度經驗式的常数值

区分 \ 常数	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
б	2.06	0.001	3.00	0.086	−0.043	1.909	−0.065	0.975	0.56	0.17
в	2.90	0.069	5.00	0.105	−0.044	0.808	−0.043	0.609	0.50	0.49

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

利用气象要素测定火災危险度是把天气形势对火災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，也可以說天气形势对火災发生有直接作用，这个問題，非常复杂，到現在为止，由天气形势預报各种气象要素尙未臻完善的地步，当然用形势預报火災更有困难了。

这里提出的方法是假定气象要素变化在确定的趋势下，才有預报的意义，在实际应用时，采取二种措施：在有天气預报业务的气象台(站)，必須先預报要素的变化，根据各种要素的变化范围再計算"着火指标"和"蔓延指标"的大小，并参照現在和未来的天气形势进行适当的調整(关于天气形势和火災的关系在第六节中作詳細的解释)；而在沒有預报业务的台(站)或林业部門設立的火险預报站，只能按本日的实际观測的气象材料，先算出当日的"着火指标"和"蔓延指标"，假定明日的天气沒有更多的变化的情况下，本日的火災危险程度必然持續到明天的中午以前，所以按今日的气象要素測定的危险性，只能作为实况通报。如果从广播中或用特定的联系方法，預先获得明日的天气預报資料，对本日的危险度加以适当的补正，作为第二天的預报发布，才是合理的。

4. 警报的界限及其信賴程度

关于火災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度的发布警报，日久則麻痹起来，将丧失預报的威信，效果反而不大，并且一旦发布森林火災警报时，不单要求精神上要紧张，要在公安工作，交通运輸，航空巡邏，营林員巡山检查，瞭望台值班，化学灭火队作好消火准备等，各方面都要

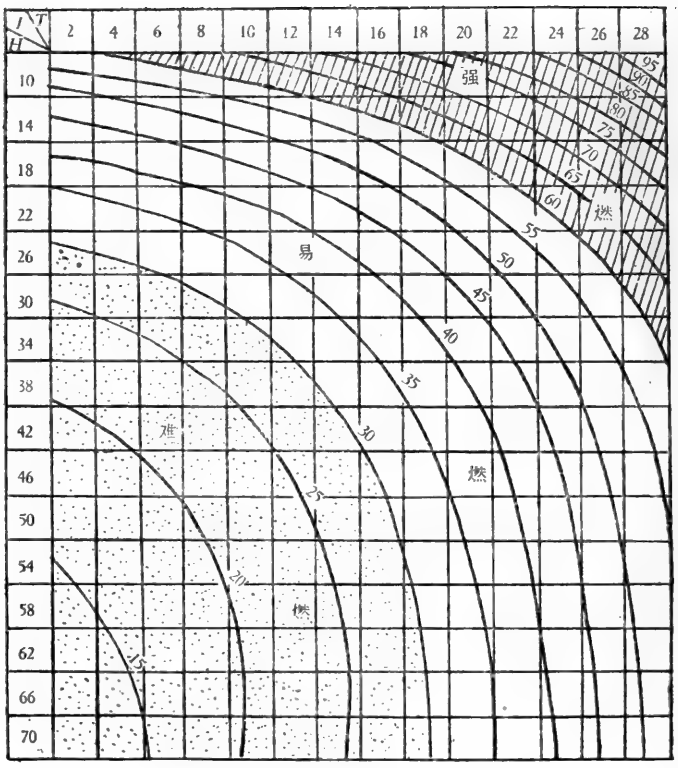


图 9. 着火指标(大兴安岭)

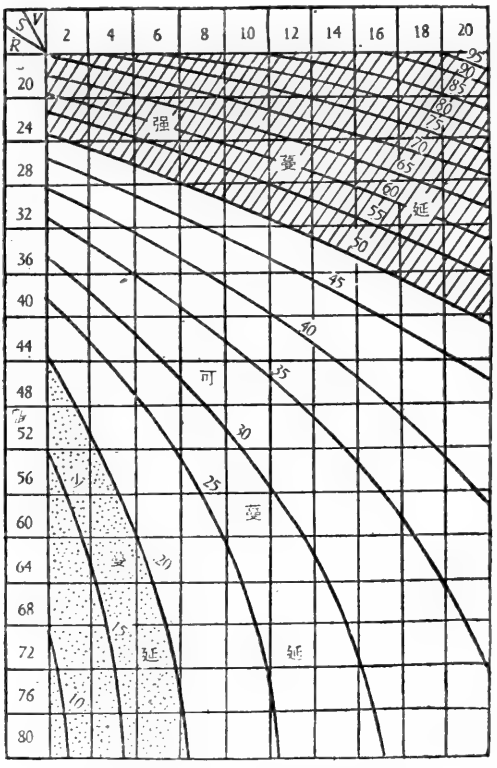


图 10. 蔓延指标(大兴安岭)

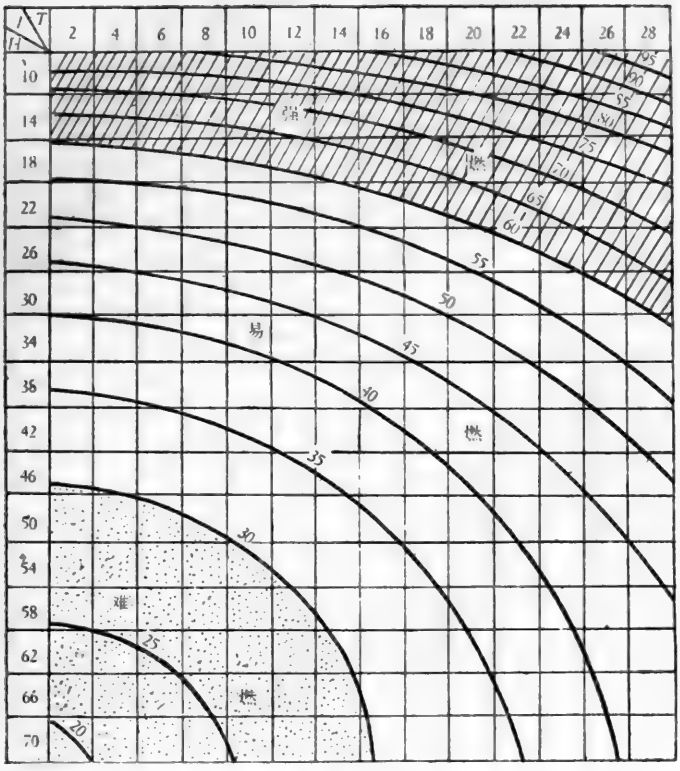


图 11. 着火指标(小兴安岭)

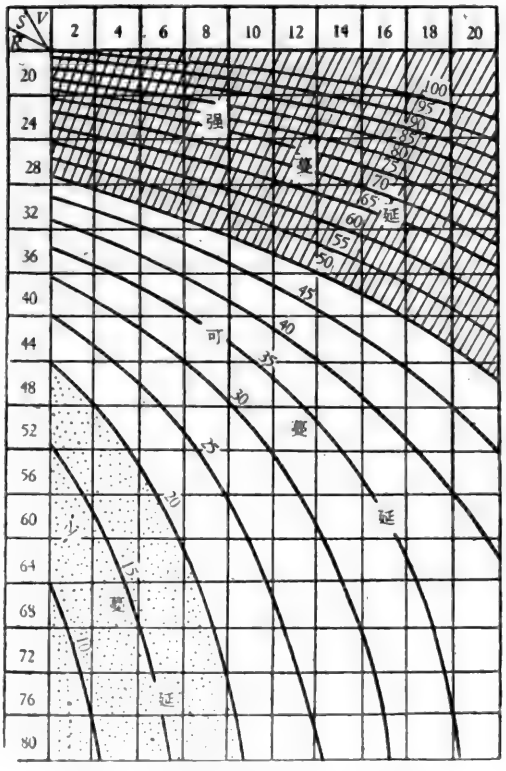


图 12. 蔓延指标(小兴安岭)

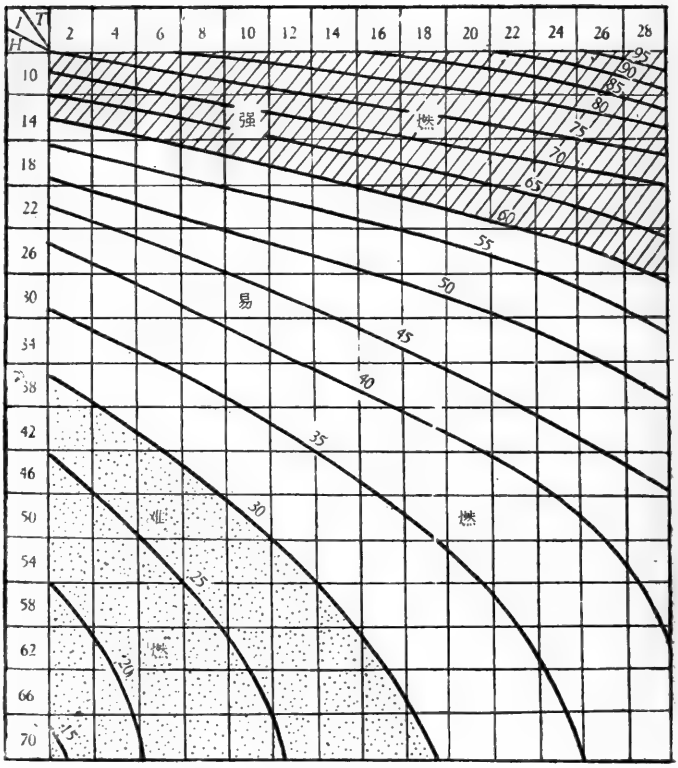


图 13. 着火指标（长白山）

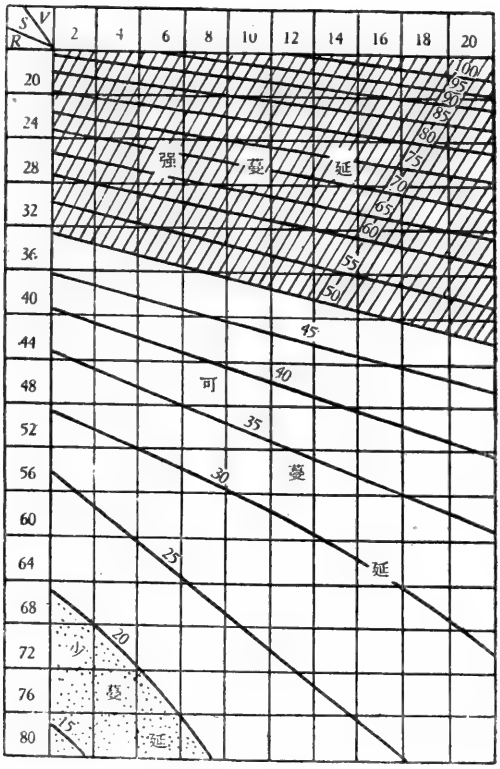


图 14. 蔓延指标（长白山）

表 4　火災危險度指标与实际發火情况（1956、1957 年 2 年間 5 月分資料）

地　区	着火指标（%）	0～30	31～40	41～50	51～60	60＋	蔓延指标（%）	0～20	21～30	31～40	41～50	50＋
大兴安岭（代表地点）扎兰屯	出現日数	7	4	14	17	20	出現日数	8	20	18	13	3
	平均每月出現日数	3.5	2.0	7.0	8.5	10.0	平均每月出現日数	4.0	10.0	9.0	6.5	1.5
	火災回数	0	4	5	5	17	火災回数	0	8	15	3	5
	平均每日可能发生火災回数	0.0	1.0	0.4	0.3	0.9	平均每日可能发生火災回数	0.0	0.4	0.8	0.2	1.7
小兴安岭（代表地点）伊春	出現日数	3	11	15	17	16	出現回数	33	26	3	0	0
	平均每月出現日数	1.5	5.5	7.5	8.5	8.0	平均每月出現日数	16.5	13.0	15	0.0	0.0
	火災回数	0	1	8	15	36	火災回数	12	24	22	1	1
	平均每日可能发生火災回数	0.0	0.1	0.5	0.9	2.3	平均每日可能发生火災回数	0.4	0.9	7.3	∞	∞
长白山（代表地点）靖宇	出現日数	11	8	20	14	9	出現日数	14	32	12	3	1
	每月平均出現日数	5.5	4.0	10.0	7.0	4.5	平均每月出現日数	7.0	16.0	6.0	1.5	0.5
	火災回数	0	5	6	13	33	火災回数	0	18	18	13	8
	平均每日可能发生火災回数	0.0	0.6	0.3	1.0	3.7	平均每日可能发生火災回数	0.0	0.6	1.5	4.3	8.0

动員起来，待机出动，若不是在适当的时間和正确的地点发布警报，将造成人为的紧张，容易有浪費。为此，曾对大小兴安岭和长白山林区采用代表地点的着火指标与蔓延指标和实际火情进行比較，从表 4 可以看出"着火指标"的信賴程度較大，各地区的規律都很相似，如"着火指标"0—30% 均无 1 次火災发生，31—60% 平均每日可能发生火災的回数也不超过 1 次，唯 60% 以上，火災危險程度驟然增大，长白山地区日平均火災回数竟达 3.7 次，大兴安岭最少亦达 0.9 次，所以在一般情况下，"着火指标"超过 60% 时，就应該考虑发布警报；从"蔓延指标"来看，性質有些不同，0—20% 小兴安岭也有火災发生，由 31% 开始，即有較大的火災发生，故在"着火指标"达到 60% 以上时，"蔓延指标"如超过 30%，就意示着火災的危險程度是非常大的。再从 5 月內出現的日数来看这样确定警报的界限也比較合适，大兴安岭在 5 月一个月中，发布警报最多可达 10 次，小兴安岭 8 次，长白山地区只要 5 次就够了。因此，确定了下列火災危險等級表：

表 5　火災危險等級

着火危險級	燃烧特性	指标变化	蔓延危險級	蔓延特征	指标变化
I	不燃	0～30	1	少蔓延	0～20
II	难燃	31～40	2	可蔓延	21～30
III	可燃	41～50	3	易蔓延	31～40
IV	易燃	51～60	4	最易蔓延	41～50
V	強燃	61～100	5	強烈蔓延	51～100

上表的分級是根据 2 年間的統計資料确定的，因为过去的記录太少兼可靠性較差，1956，1657 年的火災和气象資料都是笔者亲身經历过的或自己的观察材料，經过核对，其代表性較大。希望在以后使用过程中，継續考証，积累經驗，在有条件的地方也可以試定地域性的或营林区的等級标准。

五、天气条件和社会情况对森林火災的影响

現在的天气預报主要依靠天气形势的預报，火災危险天气預报建立在天气預报的基础上，因而在預报火災危险天气时，必須和正确的天气形势預报相結合，相同的着火指标和蔓延指标，在不同的天气条件下，常常表現不同的危险程度，如某日敦化的着火指标为 80%，蔓延指标为 75%，从图 9、图 10 检索出着火性为強燃烧而蔓延性也属于強蔓延，当然单凭这一点，应該发布防火警报，但由于明日有来自黄河流域气旋的鋒面过境，将有較长时間的鋒面降水，故其危险性将变得很小；又如嫩江在另外一天的着火指标为 50%，蔓延指标为 30%，按当时的情况火災危险性不能算很大，但由于貝加尔湖附近的气旋向东推进，明日嫩江地区处于暖区，有強劲的西南风，伴随沙暴，能見度不良，温度驟然上升，湿度下降，干后冷鋒过境，带有雷暴，如此，就絕对不能单从今天的危险情况考虑，必須加上未来的成災因素，因此，編制火災危险性預报时同时加上明日的天气因素，才能成为完整的火災危险天气預报。

在这里特别提出的是：雷暴、焚风和近地面大气层結等天气現象对火災的作用，因为这些現象不仅直接或間接地引起火災发生，而且是生成树冠火的重要因素。

預报雷暴是比較困难的，因为現在林区气象很少，又各地的天气实况不是很清楚的，只靠外推过，准确性不大，这方面必須先解决建立气象观測站問題，或使用雷达探測雷雨，在目前应該加強单点預报工作，根据几年来的經驗，由 5 月初旬到 6 月初，大兴安岭北部东北部，小兴安岭的北部、西北部，往往遭受来自西伯利亚或蒙古人民共和国方面的气旋的侵袭，常有鋒面雷暴发生，雷暴区域，視鋒面的位置与移动的速度而不同，一般由漠河，富克山一带开始沿黑龙江的方向漸向东南移动，直达烏苏里江，甚至图們江，鴨綠江流域，尙有雷暴現象。此外在大兴安岭中部与北部的林間曠地和小兴安岭北坡与西南坡沼泽地，在春季五月晴天里，強烈的增热，由于下垫面潮湿，近地表层空气产生不稳定层結，发生旺盛的上升气流，致使得上升的湿空气到达上空湿潤不稳定层中发展为势力強大的积雨云。因此上述各地常是雷暴的源地。雷暴的閃电渠道中的温度可达 18000°C，这个渠道中有时产生球状閃电，容易由沟塘，带状皆伐跡地或稀疏的林分中穿过，对于枯树，干草丛，堆积着的枝桠，随时能够引起火災，必須严加注意。

焚风是从山上刮来的很干燥的风，它經过的地方，能把很湿潤的地被物的含有水份在短时間內蒸发掉，变成干柴，容易着火，焚风常发生在具有強烈的下降气流发展的反气旋所占据的山系，在这种情况下，山脊的两面可同时发現焚风；而最常見的是气流越过較高的山脉时，迎风坡的气流被迫上升，由于絕热冷却，水份凝結，发生降水，在背风坡降下时，呈干燥絕热而温度昇高，到达平地时，显示极度高温及低温的状态，非常有利于火災发生。根据 A. B. 庫尼兹的解释："在山的北坡有焚风存在时則气压梯度必須指向北方或西北方，就是等压綫必須从南向北或从西南向东北越过山脊"。"在背风山谷方面只有在附近受到通过的气旋的影响，而当空气由此流出，且有空气从上面降下来补充的时候，

才会发现焚风的现象。”(天气学下册第 30 頁)，林区內或其附近的气象台(站)，也可利用温度計和湿度計(自記仪器)的記录，以判别焚风的有无，如某地在 1956 年 4 月 18 日 19 时，气温由 15°C 驟然上升到 20°C，而同时相对湿度由 50% 降到 34% 以下，就証明有焚风发生*。

大兴安岭的东坡，包括扎兰屯的东北部谷地，諾敏河、阿倫河、拉都里河、嫩江流域，北坡的漠河、額穆尔、呼瑪、新立屯等地。小兴安岭的北坡东北坡与拥有广闊河谷地带的南坡，包括里河、逊克、嘉阴、羅北、鶴崗及伊春市的湯旺河与友好河流域的高山地带。长白山脉的东北谷地，包括延吉、图們、和龙、安图、琿春等地，时常发現焚风。上列各地区的气象观测机构应在焚风发生后即时通知就近的气象台或防火主管部門，爭取有效措施。

气团紧接地面厚 30～50 米一层—近地面气层的层次結构，对于火災的发生，发展与強度有直接的影响，稳定的层結使乱流交换減弱，地面附近的冷空气不易同上层的較暖的空气混合，这时地表的气层显示温度低，蒸发強度小及湿度較大的特征。因此不利于火焰的伸展，虽然地被物着了火蔓延很慢，容易扑救，并且稳定的层結，阻碍空气垂直对流，終使火势变弱。相反，出現各种不稳定的层結时，会造成森林燃烧和火災蔓延的有利条件，这时起着特别作用的就是乱流交换作用，由于乱流助长了火势，也有时对于火災本身引起局部的对流运动，越发促进烈火的狂燃，一般在白天 10～16 时火災易于蔓延，直接与乱流有关。如果这样火災发生在森林草源地带，由于起火則易变成速行地表火，在幼壮林或郁閉度超过 0.6 以上的針叶林必然引起树冠火，将会遭受很大損失。因此对于林緣的草原地带及林間曠地的乱流強度的观察，就显得特别重要。近地面气层的不稳定层結以及乱流強度，可以用乱流系数来测定。按着 Д. Л. 拉依哈特曼的試驗[19]，乱流系数 K(平方厘米/秒)可用下式求得：

$$K = Bu_2 Z^{1-\alpha} \text{（实驗式）} \tag{7}$$

式中 B 为参变数，随热力层結和粗糙度的不同而改变，u_2 为地上 2 米高的风速，Z 是欲計算交换系数的高度，α 值取决于风速，热力层結，地面的粗糙度以及风随高度的变

表 6　雲量变化对 K 值的影响

地上 10 米风速(m/s)	地上 2 米风速(m/s)	云量 0—7 K(cm²/s)	云量 8—10 K(cm²/s)	地上 10 米风速(m/s)	地上 2 米风速(m/s)	云量 0—7 K(cm²/s)	云量 8—10 K(cm²/s)
1	0.7	193	97	9	6.3	1724	1379
2	1.4	363	287	10	7.0	1915	1532
3	2.1	575	431	11	7.7	2107	1636
4	2.8	766	613	12	8.4	2299	1839
5	3.5	958	766	13	9.1	2490	1992
6	4.2	1150	920	14	9.8	2660	2128
7	4.9	1341	1073	15	10.5	2850	2280
8	5.6	1532	1226				

* 引用东北农学院王景文在延吉地区判别焚风方法，原文在东北农学院学报发表。

标式：$\Delta R \doteqdot 4031 \times R(235+\theta)^{-2}\Delta\theta$

式中：ΔR = 相对湿度差、$\Delta\theta$ = 气温差、R = 降低前相对湿度、θ = 升高前气温。

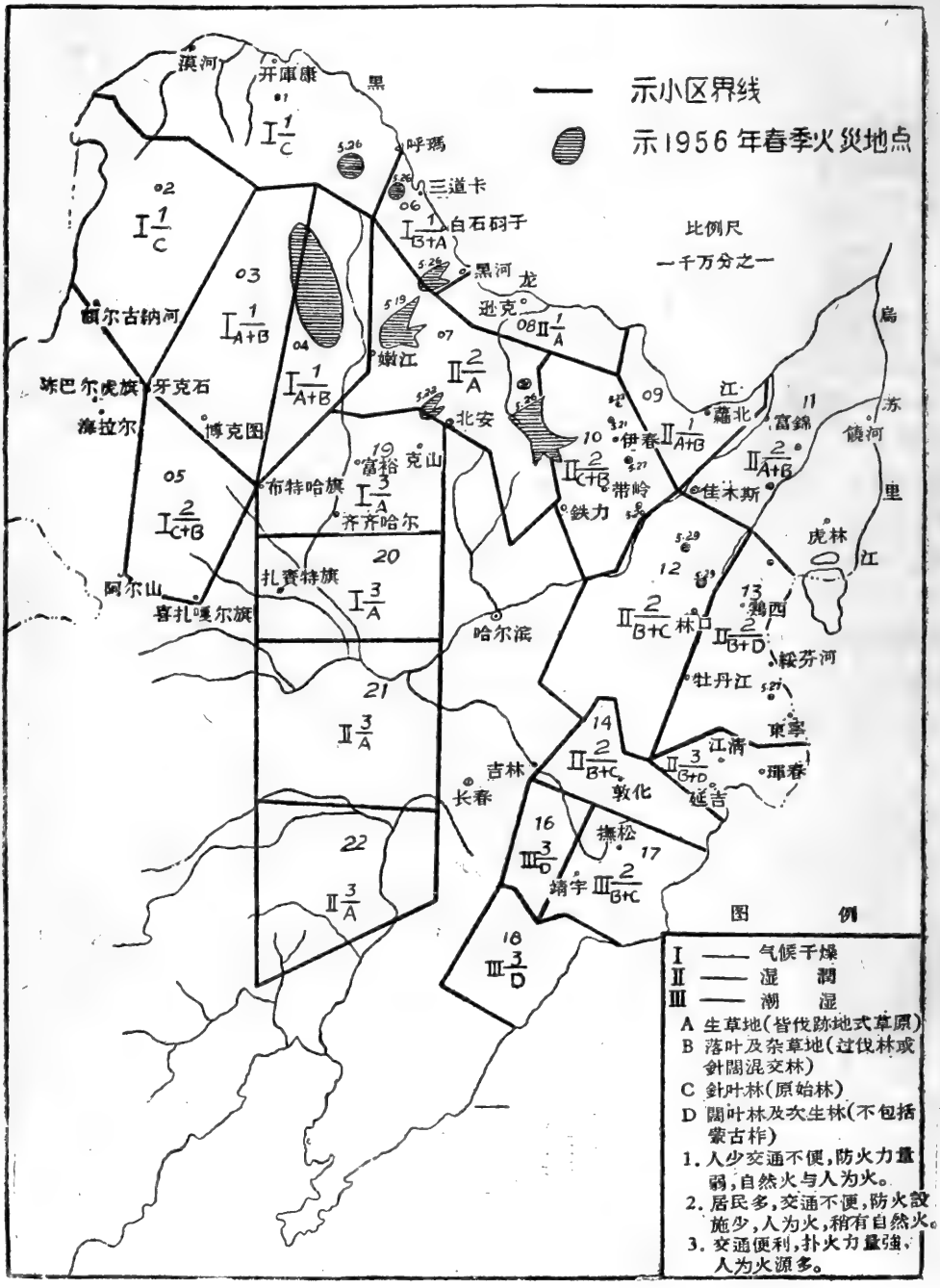

示小区界线
示1956年春季火災地点
比例尺
一千万分之一
漠河
开庫康
黑
呼瑪
三道卡
白石砬子
黑河
龙
逊克
嫩江
北安
富裕
克山
布特哈旗
齐齐哈尔
扎賚特旗
喜扎嘎尔旗
阿尔山
哈尔滨
伊春
带岭
铁力
佳木斯
蘿北
富錦
饒河
虎林
鶏西
林口
綏芬河
牡丹江
東寧
江清
琿春
延吉
敦化
吉林
长春
撫松
靖宇
烏
苏
里
江
图 例
I —— 气候干燥
II —— 湿 潤
III —— 潮 湿
A 生草地(皆伐跡地式草原)
B 落叶及杂草地(过伐林或針闊混交林)
C 針叶林(原始林)
D 闊叶林及次生林(不包括蒙古柞)
1. 人少交通不便,防火力量弱,自然火与人为火。
2. 居民多,交通不便,防火設施少,人为火,稍有自然火。
3. 交通便利,扑火力量強,人为火源多。

图 15. 預 报 分 区 图

化。

根据一天的天气演变图，不难确定火災強度，从风的一般的日变程来說，每日 08 时是乱流开始增加的时間，首先由 08 时的风速和云量求出乱流系数 K，再継續注意相对湿度及乱流系数的演变过程，就容易掌握火災的強度与危险程度，一般 08 时的乱流系数超过 1000 cm^2/s 即須注意树冠火的发生，但也必須是在着火指标較大的基础上，如果火災已經发生，附近的乱流系数变化更可为火災发展趋势的标誌，当乱流系数加大，相对湿度显著的降低时，火災可能变成狂燃的大火，而乱流系数虽增大，但同时間的相对湿度却升高以及气温下降时，象征着有冷或湿气团的平流发生，对火災有減弱作用，这时組織人力进行扑打，容易扑灭，也比較安全。乱流系数及相对湿度，根据天气演变图换算，以后举例說明。

除了上述气象因子之外，在发布火災預报时，必須考虑季节性，自然地理条件，植被类型，森林組成，林內杂乱性，已有的防火設施，居民点与林区的距离，交通道路，主要火源及其他社会性的因素。为了便于气象台的預报人員掌握各地区的自然环境与社会情况，暫将东北及內蒙的主要林区划分为 22 个預报小区，其分布及特征如图 15。

火災危险性預报的分区是根据各林区的气候条件，森林植物分布，社会經济情况与火源性質等而确定的。关于气候条件和森林植物分布已在"东北林区森林火災基本情况調查研究报告"中[20]有詳細的叙述，这里所指社会經济情况是居民人数，交通便利与否，扑火力量和組織領导工作的強弱等，至于火源性質是按着过去火災发生时的記載資料并参照了在大兴安岭及小兴安岭的火烧迹地的实际調查資料来确定的。首先按森林的固有燃烧性分成 I 区一气候干燥区，II 区一气候湿潤区，III 区一气候潮湿区，每个大气候区中又区划成若干分区，分别用文字及数字表示（参看图 15 的图例），如延吉、汪清、琿春地区曾划分为 II $\frac{3}{B+D}$ 分区，說明这个地区气候比較湿潤，森林植物属于闊叶树为主組成的針闊混交林，并参杂有杂草地，有少数的次生林，为了預报防护林带的火災危险性，曾就东北西部及內蒙古自治区东部地区的防护林的特点，划分了 4 个分区，防护林带的树种虽属闊叶树，但附近靠近荒漠或生草地，并离居民点較近，故把植被划分为 A 型，社会經济条件列为 3級。另外須着重指出的是自然火源的問題，在大兴安岭北部及小兴安岭西北部，曾在1955年及1956年春季发現过由于雷暴中的閃电而引起林火的事实，对此，应在今后預报中特别注意这种火源的可能性，因为雷暴引起森林着火在苏联的西西伯利亚及美国的落磯山林区都有很多的观察材料，如美国加利弗尼亚州的統計（1942年），在国家森林中平均每年发生 440 次林火，占总火災次数的 70～85% 是属于雷电起火，这种火災往往发生在夜間，使人們不易察覚，而造成巨大損失。能够預先报出这种火源的可能性，在預防森林火災上，有很大意义。根据 1956 年春季的試驗也发現了各地起火的时間与冷鋒通过該地的时間密切相关（对照表 8 图-II 11,12）。在各預报分区中列出的火源性質，是根据經驗提出的，当然不能看作是絕对的，須在今后預报实践工作中进一步考察研究，逐漸改进。在利用这些分区时，也可根据当时的火災危险情况以及指揮护林防火的組織領导系統，进行必要的合併或調整，最好参照森林經理材料和各林区編制的森林防火技术措施規划，同林区的火险区或保护区的区划图結合起来，将現在的分区再划成小区，使气象台能够发布小区的森林火災預报，預报的內容一直到达林場或营林段，由林业部門防火基层人員（营林队长或营林員）貫彻执出，它的服务效果定会显著提高。

六、天气形势与森林火災关系

影响春季森林火災的主要天气系統是貝加尔湖气旋，蒙古气旋，华北气旋及北部或西部向东北区伸展的高压脊等，本文所討論的是以1956年春季防火期发生火災时間內的一些主要形势，它們对火災強度的影响，根据几个实例并引用中央气象局沈阳中心气象台的調查材料加以归納，以資說明天气形势与火災关系的特征。

例一　5月19日10时嫩江北（約80公里）四站到五站之間，发生了草原火，当日的着火指标大于70%蔓延指标大于30%（附图Ⅰ-1），从地面形势看火場处于貝加尔湖气旋的低压槽內，到晚8时低压槽与华北倒槽生成冷鋒，黃海有入海高压，嫩江一带由晚7时起降雨达6小时，降水量为13.0毫米，20日晨飞机偵查，发現火災基本熄灭，唯火場东北部尙有6处枯倒木在冒烟（附图Ⅱ-1）。

例二　5月25日20时，貝加尔湖产生低压，26日08时进入大兴安岭北部，低压加深，呼瑪林区及嫩江上游处于暖区（附图Ⅱ-2及Ⅱ-3），26日20时嫩江下游及小兴安岭处于暖区（附图Ⅱ-4），27日08时低压移向奥霍茨克海方面，但小兴安岭东部，完达山脉，小白山脉及长白山脉仍处于暖区，而低压后部尾随一个微弱的高压，貝加尔湖北部又生成一个低槽（附图Ⅱ-5），到5月27日20时重新在貝加尔湖东南生成低压（附图Ⅱ-6）从高空（700毫巴）等高綫图看出26日11时是南高北低的形势，并在大、小兴安岭交界的上空出現一个暖脊（附图Ⅲ-1）直到27日，高空温压場的結构基本沒有改变，只是平行的向东移动了經度10余度（附图Ⅲ-2）。从着火指标图，24日有三个高中心即阿尔山，安达及三江草原；蔓延指标最大的地区为大兴安岭的南端和东坡，除长白山区外，其他各地的森林火災危险性都很大，这种情况一直持續到29日（附图Ⅰ-2）。由24日～27日午中心逐漸向东移动，和暖区的位置基本是一致的，恰巧在5月26日下午，黑龙江省北安县东南腰店，黑河以南的大岭、呼瑪县九道沟子、新立屯等地发生很強烈的森林火災（見表8），这可能由于貝加尔湖低压暖区通过时，惹起干燥的偏南大风，吹得森林地被物异常干涸，极微小的火源（自然的或人为的）即可发火，并迅速蔓延成災。5月28～30日的天气形势与25～27日几乎完全一样，同时这三天內在嫩江上游，呼瑪林区又发生了很多处火災，可見貝加尔湖气旋对东北区森林火災的影响是很大的。

例三，5月30日～6月4日着火指标逐漸減少，这象征着空气轉变湿潤了，地被物含水率也随之增加（附图Ⅰ-3），而且蔓延指标也不太大，6月2日的地面形势是：华北低压向东北移动，到6月3日20时，大兴安岭东部、南部、小兴安岭、完达山脉、长白山脉普遍降雨，火災的威胁基本消除（附图Ⅱ-7、-8、-9）。

根据中央气象局沈阳中心气象台在1957年初調查6年間（1951～1956）大、小兴安岭及长白山林区的森林火災与天气形势的关系如下（見表1、2、3、4）。

該台也曾由全部319次火災中挑出树冠火，成災面积大于5000公頃或損失材积大于10000立方米的較大火災54次，其統計結果如下（見表5、6、7）。

从1956年～1958年在哈尔滨、海拉尔、长春預报森林火災的經驗并結合沈阳中心气象台的統計材料、初步的結果是：

（1）着火指图，蔓延指标图所指示的干湿特性和蔓延強度，基本上与地面天气系統相一致的，上述的指标比实效湿度和綜合指标的物理意义更大些；

表1 地面气压形势与火災頻率

地面气压形势	西部或北部高压脊控制	南部或东部高压脊控制	大陸高压内部	貝加尔湖或蒙古气旋	华北气旋与倒槽	东北低压后部	两高之間低压带	計
火災次数	104	33	15	112	19	23	13	319
%	32	10	5	35	6	7	4	99

表2 高空形势与火災頻率

高空形势	大脊	大槽或閉合低压	小脊	小槽	平直西风	計
火災次数	126	67	60	31	35	319
%	39	22	19	10	11	101

表3 高空溫度平流形势与火災頻率

溫度平均情况	冷中心	暖脊	冷平流	暖平流	不明显	計
火災次数	18	24	97	121	59	319
%	6	8	30	38	18	100

表4 各种气压系統位置中的火災頻率

火災与地面气压系統相对位置	低压暖区或低压后部槽內	低压中心或鋒面附近坏天气区域	冷鋒后	入海或大陸高压后部	高压中心或脊內	高压前部	計
火災次数	88	26	15	75	76	39	319
%	28	8	5	23	24	12	100

表5 地面形势和火災关系

地面形势 / 气压系統	西部或北部高压脊	南部或东部高压脊	大陸高压內部	貝加尔湖或蒙古气旋	东北低压后部	两高之間的低压带	計	%
地面形势与火場位置								
低压暖区或低压后部槽內	1			19		1	21	39
低压中心及鋒面附近坏天气区域				3	1		4	8
大陸高压	5	5	1			1	12	22
高压中心	7	2		2	1		12	22
高压前部	4				1		5	9
回数	17	7	1	24	3	2	54	
地面形势与高空形势								
大高压脊	9	1		7	2		19	35
大槽閉合低压	3	2		11		1	17	31
小高压脊	3	1	1	3	1		9	17
小槽		2		1			3	6
平直气流	2	1	—	2	—	1	6	11
回数	17	7	1	24	3	2	54	

地面形势与温度平流

冷中心冷槽	1	1		2			4	8
暖　脊				3			3	6
冷平流	11	2	1	1	2		17	31
暖平流	3	4		16		2	25	46
不明显	2			2	1		5	9
回　数	17	7	1	24	3	2	54	100
%	31	13	2	44	6	4	100	

表 6　高空形势与火災关系

地面气压系統 \ 高空形势	大高压脊	大槽閉合低压	小高压脊	小槽	平直气流	計	%
高空形势与火場位置							
低压暖区低压后部槽內	7	9	2	—	3	21	39
低压中心及鋒面附近坏天气	1	2	1			4	8
大陸高压	3	1	3	2	3	12	22
高压中心	4	4	3	1	—	12	22
高压前部	4	1	—	—	—	5	9
回　数	19	17	9	3	6	54	
高空形势与温度平流							
冷中心冷槽	1	1		1	1	4	8
暖　脊	1	2				3	6
冷平流	6	5	3	1	2	17	31
暖平流	8	8	5	1	3	25	46
不明显	3	1	1			5	9
回　数	19	17	9	3	6	54	100
%	35	31	17	6	11	100	

表 7　火災在各种天气系統位置中与温度平流

温度平流 \ 地面气压系統	低压暖区低压后部槽內	低压中心鋒面附近坏天气	大陸高压	高压中心	高压前部	計	%
冷中心冷槽	1		1	2		4	8
暖　脊	3					3	6
冷平流	1	1	5	5	5	17	31
暖平流	14	2	6	3		25	46
不明显	2	1		2		5	9
回　数	21	4	12	12	5	54	100
%	39	8	22	22	9	100	

(2) 显著的影响森林着火性及对火災起蔓延作用的是地面形势配合高空形势，温度平流情况，考虑火災危险性当更有力些；

(3) 最多或最大的火災发生在貝加尔湖和蒙古气旋的暖区控制东北及內蒙东部地区的天气形势下，如果在海洋上有較強的高压发展，有南或偏东风吹向內陆时，带来水汽，降水的可能性較大，火災危险性能够減少；

(4) 华北气旋或倒槽，容易有降水，且降水分布面积較大，在大兴安岭南部，小兴安岭

支脉及长白山脉，如果有火災，可能被烧灭，在春季防火期这样低压的发展对救火有利；

(5) 在貝加尔湖或蒙古气旋的天气形势下发生火災，火場的上空有大脊大槽或閉合中心出現并配合較強的暖平流或暖脊，火災是速行地表火或树冠火，晴天，西南风強，伴有沙暴天气現象的地区对扑火不利；

(6) 較多的火災发生在西部或北部稳定的高压脊占据的天气形势下，高压的前部或中心易于发火，唯高空有大脊，配合以較強的冷平流时，着火后易于成災；

(7) 貝加尔湖或蒙古气旋暖区內的火災，当冷鋒过境后，如着火指标下降小于50%并且风速逐漸減弱时，火災有可能变弱或停止蔓延；

(8) 貝加尔湖或蒙古气旋連續发生时，森林火災的危险性継續存在；

(9) 貝加尔湖气旋的径路和通过的時間与发火的地区和发火時間相符合，而火災強度与季节有关，一般4月下旬～5月上旬，大小兴安岭南坡，完达山脉，长白山脉等地区的火災強度較大，而5月中旬以后以北部山地特别是黑河到漠河黑龙江南岸的森林草原地带容易起火（参照表8及附图Ⅱ-10和Ⅱ-11）；

(10) 貝加尔湖或蒙古气旋的中心愈偏北森林火災的危险性越大。气旋移动的速度愈小，火災的危险性越大。

七、地理景观和地形对森林火災的影响

这里所提的地理景观是在不同的气候，地貌、土壤等条件下所生长的各种植物羣落的景观地带。辽宁、吉林、黑龙江三省及內蒙古自治区东部面积約130万平方公里，南自北緯37°北达北緯53.5°西自东經120°东至东經135°。西部大兴安岭作西南，东北走向，东部长白山脉也作西南，东部走向与大兴安岭互相平行，大兴安岭到长白山脉的平原地带的北头有从西北向东南呈丘陵状蜿延的小兴安岭来連接，南部面临黄海及渤海，恰好形成一个簸箕形，从呼倫貝尔起是低一高一低一高的地势，主要森林植物分布在两条主要的高山及中北部的丘陵地带。为了符合森林火災危险性預报的需要，暫分为以下几个景观：

(1) 冷干中山針叶林景观：这个景观地带包括大兴安岭的全部山地，相对高度500～1000米，土壤主要为山地石質土或弱生草灰化土，土层很薄而貧瘠，地下有永冻层，生长浅根性树种，以落叶松白樺为主，呈团状分布，北部有樟子松，东部和南部因受海洋性季风影响，混生着蒙古柞，山楊，白蜡，赤楊，榆等闊叶树。由于这个地区偏西偏北，自然成为极地的干冷空气侵袭的前哨，年降水量为300～500毫米，春季火災危险季节，常有貝加尔湖或蒙古气旋通过，在暖区里发生旱风天气，根据齐齐哈尔的統計每年5月平均有4天以上的旱风日出現（风速≧5 m/s，气温≧25°C，湿度＜40%之日为旱风日），其西坡毗連呼倫貝尔草原，南边和西辽河流域的荒漠或流沙地带接連，冷鋒在这个区域过境时，由鋒面前后的強烈南北大风捲起大量砂土，空气显示极度干燥，能見度不良，起来火不容易被发現，加上春季风大，树根浅，森林內发生很多风倒木和风折木，造成森林杂乱度很大，再加上这些枯木含有較多的松脂，特别容易燃烧，所以这个景观地带的森林着火性是最大的。

(2) 寒温丘陵針闊混交林景观：这个景观地带包括小兴安岭、完达山脉、张广才岭及小白山脉，位于寒温气候带，森林土壤大部分是棕色森林土，草原地带多为草甸黑土或黑鈣土，河岸低地为冲积潛育土，山坡緩慢，河流两岸多沼泽化地带，树种以紅松，云杉、冷杉，在針叶林內混交有樺树、椴树、山楊、白蜡、黄楊及胡桃楸等。由于这个地区的南部受东南

海洋性季风的影响，降水量可达600余毫米，北部虽然降水量少些，但在春秋二季常受奥霍次克海洋上的冷湿气团的影响，相对湿度較大，一般来說全区是比較湿潤的。前述貝加尔湖或蒙古气旋的冷鋒越过大兴安岭进入中部平原一般呈現微弱天气，故大兴安岭的背风坡以及嫩江流域就形成历年的火災源地，但冷鋒移到完达山的西坡时，天气則得到加強，对火災的扩大起到抑制作用。这个地区的周围都是疏林地或湿草原，象大兴安岭那样強劲的旱风或沙暴就少得多，如佳木斯和牡丹江的旱风日数(1951～1953)平均为3.7日，从林相来看，針闊混交林本身卽具有抗火性質，再加上居民多，交通条件好，火災的危险性就相对的減少。

(3) 湿潤中山針闊混交林景观：这个景观地带包括长白山本脉，辽东脊稜山脉及薩哈亮山脉，山岭高度一般为拔海600～1000余米，惟白头山突出的高达2751米。长白山原系火山，高山层的地表为火山噴出物所复盖，土壤主要是灰壤，在平地为黑鈣土，肥沃性很大，林木生长繁茂蔭翳，树种以冷杉，云杉，紅松，黃花落叶松，槭，楊，槐，黃檗等为主，林型同小兴安岭相似也是針闊混交林，但闊叶树占优势，并針叶林或針闊混交林多分布在拔海500米以上的高地，山麓及河谷地带絕大部分为闊叶林，从針叶林中起火的机会較少，树冠火更不易发生，此区的季节較早，植物在4月初旬卽发芽，并受华北气旋和颱风的影响，西坡和东坡的降水量都很多(700～1000毫米)，而且貝加尔湖或蒙古气旋的暖区对于这个地区的影响比較小，因此火災危险时期旱风日数特别少，如通化(1951～1953)5月平均旱风日数为2.0日，由于林地几乎終年保持潮湿，大火的次数較少，所以这个景观地带的火災危险性比前二者都要小的多。

上述的景观地带与火災的关系仅是从气候，大地形及植物分布的概况来說明的，但在(2)、(3)的景观內有时也出現火災危险性較大的小区域，如延吉盆地，三江平原，黑河谷地及嫩江平原，因为这些地方，常常出現局部高温区，并山間谷地被山壁阻隔了海洋湿空气的侵入以及气流的下沉作用，成为少雨多晴的干旱地带，地被物比較干燥，也是預报火災危险性时，需要着眼的地区。

此外小地形的影响也是很大的，小地形对火災的影响突出的表現在山谷风上，在晴天里，昼間08—16时間，山坡上的近地层空气受热上升，风由谷地向山頂刮来，谷地空气中的水汽，不断被带到山頂，因而山下的空气湿度要比山上小，因此谷地的地被物容易起火，并在起火后很快沿着山坡向山頂蔓延；夜間同此相反，山頂比谷地干燥，但山頂上沒有山麓那样火源多，再加上一般的大气情况是夜間比昼間的湿度大，所以山地的火災多发生或扩大于昼間，并在夜間当有山风发生时，由山腹降落的气流常发生涡流，能使由山頂沿山坡向下蔓延的地表火停熄在山脚上，根据火災跡地調查，充分証实了这一点。

八、編制森林火災危险天氣預報的程序及方法

1. 資料整理及繪图

(1) 火災危险度分布实况图的繪制

考虑工作方便，計算当日的着火指标可利用14时的相对湿度代替最小湿度，温度代替最高温度(查附表1,3,5)同样計算蔓延指标也可利用14时的风速，但对实效湿度仍应以08时相对湿度代替日平均值，再算出当天的实效湿度。实效湿度可按下列計表1算出或由附表7的計算图表求出(查附表2,4,6)，得出蔓延指标。

計表1　实效濕度計算表 ($a=0.5$)

地名＼日	11 $R(0)$	10 $\frac{1}{2}\times R(1)$	9 $\frac{1}{4}\times R(2)$	8 $\frac{1}{8}\times R(3)$	$11+10+9+8=s$	$(1-0.5)\times s$	11日 $r_e(0)$
呼　瑪	39	$\frac{1}{2}\times 42=21$	$\frac{1}{4}\times 42=11$	$\frac{1}{8}\times 31=4$	$39+21+11+4=75$	0.5×75	38
孙　吳	51	$\frac{1}{2}\times 47=24$	$\frac{1}{4}\times 73=18$	$\frac{1}{8}\times 44=6$	$51+24+18+6=99$	0.5×99	49
嫩　江	30	$\frac{1}{2}\times 32=16$	$\frac{1}{4}\times 51=13$	$\frac{1}{8}\times 57=7$	$30+16+13+7=66$	0.5×66	33

系数 a 已确定为 0.5 时，第一天的实效湿度用計表 1 算出之后，也可用簡便方法計算第二天，第三天的实效湿度，$r_e(12)=(r_e(11)+R(12))\times\frac{1}{2}$ 如呼瑪 11 日的实效湿度为 38%，12 日的相对湿度为 33% 时，則 12 日的实效湿度 $r_e=(38+33)\times\frac{1}{2}=35.5\%$。

計表2　無雨繼續日數　1956年5月

区分＼地名		呼瑪	孙吳	嫩江	訥河	甘南	齐齐哈尔	克山	明水	海倫	綏化
三日降水量	1—3	0.1	7.5	—	—	—	—	0.4	0.2	0.2	1.1
	4—6	4.1	—	1.0	—	—	—	—	0.4	0.9	1.0
	7—9	14.4	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—
	10—12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13—15	31.1	4.2	12.4	9.4	3.5	14.7	3.4	8.6	6.6	3.4
	16—18	—	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—
	19—21	9.2	3.3	11.9	6.4	6.6	3.9	3.0	0.8	0.3	8.2
	22—24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	25—27	13.4	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—
	28—31	0.9	3.4	5.8	—	—	—	—	—	0.6	0.3
五日降水量	1—5	4.1	7.5	1.0	—	—	—	0.4	0.6	1.1	2.1
	6—10	14.4	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—
	11—15	31.1	4.2	11.4	9.4	3.5	14.7	3.4	8.6	6.6	3.4
	16—20	9.1	3.9	11.9	6.4	6.6	3.9	3.0	0.8	0.3	8.2
	21—25	11.3	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—
	26—31	3.1	3.4	5.8	—	—	—	—	—	0.6	0.3
七日降水量	1—7	4.2	7.5	1.0	—	—	—	0.4	0.6	1.1	2.1
	8—14	45.3	3.5	11.4	9.4	3.5	14.7	3.3	7.8	5.6	3.4
	15—21	9.4	5.4	11.9	6.4	6.6	3.9	3.1	1.6	1.3	8.2
	22—28	13.4	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—
	29—4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
一旬降水量	1—10	18.5	8.3	1.0	—	—	—	0.4	0.6	1.1	2.1
	11—20	40.2	8.1	23.3	15.8	10.1	18.6	6.4	9.4	6.9	11.6
	21—31	14.4	3.5	5.8	—	—	—	—	—	0.6	0.3
半月降水量	1—15	49.6	12.5	12.4	9.4	3.5	14.7	3.8	9.2	7.7	5.5
	16—31	23.5	7.4	17.7	6.4	6.6	3.9	3.0	0.8	0.9	8.5
二旬降水量	1—20	58.7	16.4	24.3	15.8	10.1	18.6	6.8	10.0	8.0	13.7
	21—6.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

着火指标和蔓延指标的等值分布綫，可以画在一片图底上，着火指标用实綫，蔓延指标用断綫，互相重合，在各封閉中心标出“干”、“湿”和“強”、“弱”等文字，明显地表現出它們的配置形势。并在火災危险性較大的地方塗以阴影，用紅色鉛笔鈎出范围。

(2) 繪制火災危险度分布預报图

这份图的繪制方法与实况图基本相同，不过利用的要素完全是預报值，根据預报的情况，可以繪制第二天的，第三天的或第五天的推測图，为了滿足防火部門的需要，最低限度要在当日 18 时前繪出第二天的火災危险度分布預报图，最高温度和最大风速可以利用預报值，最小湿度和平均湿度，在有預报值的气象台就利用此值，尙未发布湿度預报的气象台，可以研究預报湿度的方法，以滿足火災預报上的要求。

繪制火災危险度分布图的开始时間，尙不能具体地規定日期，以視火災危险季节开始的早晚，地方情况和气候条件而不同，在东北林区，春季可从日平均温度持續在 0° C 以上的时期繪起，秋季可在早霜之后开始繪制，苏联远东黑龙江下游的林区，在夏季也发布火災預报，我国因緯度較低，气候情况不同，一般夏季火災較少，但 1954 年，6,7 二个月內，降水量不超过 20 毫米，由 7 月到 8 月在小兴安岭一带发生了 100 多次森林火災，損失很大，所以在特别干旱的年代，夏季也要繪制火災危险度分布图。

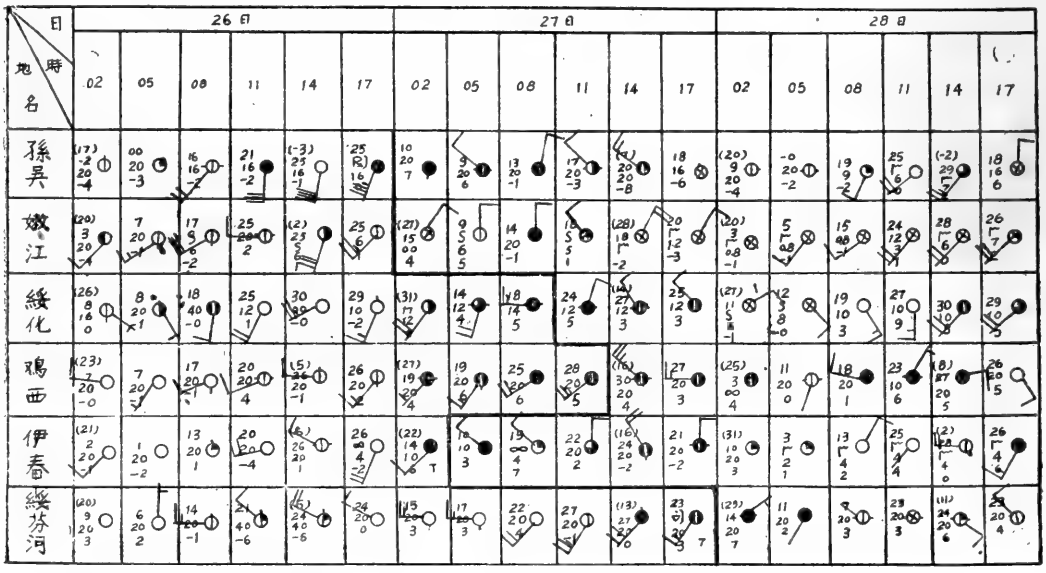
(3) 統計无雨日数

为了知道雨量的分布情况，作为确定各地干湿状况的一种补充措施，分别統計各地的三日間、五日間、七日間、半月、二旬的降水量，显著地看出干旱地带及其干旱时期(計表2)。

(4) 計算乱流系数

前节述过，根据林区各地气象站的观測資料，利用 Д. Л. 拉依哈特曼的实驗式，計算乱流系数(K)較为适当，从每日各地定时气象实况中，挑出风速、云量、依照表 3，查出乱流系数。如 1956 年 5 月 27 日 11 时孙吳风速 4 米/秒，云量 5，乱流系数为 766cm²/秒。随

一九五六年五月



註：隔綫示冷鋒过境的时間。

图 16. 天气演变图

时查出乱流系数及相对湿度等变化，对火災的強度与其发展趋势，也可作概略的估計。利用天气演变图，除了查出风速，气温和露点温度外，也能知道极端温度，过去 4 小时的降水量、能見度及天气現象等，图 16 是天气演变图的記載实例，由天气演变图算出的乱流系数及相对湿度如計表 3 所示。

計表 3　乱流系数[K]及相对濕度[R]变化（根据图 16 計算）

日	26												27											
时間	02		05		08		11		14		17		02		05		08		11		14		17	
項目 / 地名	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R
嫩　江	766	64	1150	55	2299	26	766	22	2299	21	1915	21	766	47	766	76	613	34	766	31	1532	24	766	21
孙　吳	0	85	0	78	1532	28	1839	20	7285	18	2128	19	0	79	613	80	613	37	766	25	920	14	0	18
綏　化	383	58	383	51	613	29	1532	21	1915	14	1150	13	1532	41	1226	50	920	42	613	29	613	21	613	22
伊　春	766	78	0	77	0	43	1532	19	1150	16	1532	15	613	57	613	59	766	44	613	26	1226	17	613	20
鶴　西	766	59	383	55	766	29	766	34	766	16	1150	20	287	36	920	42	1226	29	1530	23	1532	19	920	24
綏芬河	0	63	383	73	1150	34	766	16	1532	13	766	21	1150	42	1150	37	1532	30	1915	15	1226	17	920	26

例：綏化 5 月 26 日 08时 曇天风速 4 米/秒，乱流系数 613 厘米^2/秒，相对湿度 29%；

嫩江 5 月 26 日08时碧空风速 15 米/秒，乱流系数2299 厘米/秒，相对湿度 26%。

这两个地方互相比較，显然嫩江的火災危险性要比綏化大的多。綏化在 5 月 27 日 08 时以后冷鋒通过，湿度增大，风速減弱，比前日 08 时的气象条件变好，火災危险性相对的減少。

2. 分析

分析是預报的准备阶段，可分四步进行：

第一步：根据各种天气形势的分析方法先作出 24、48 或 72 小时的天气預报，在防火上所需要的是各主要气象要素的預报，其中主要是降水、气温、湿度、风速、风向、云量、能見度等預报，在有条件的情况下，也要預报出雷暴、焚风、风沙及雾等特殊天气現象，上述的各項最好用时間、数量、強度等表示，并要对于气旋、反气旋、气团、鋒面、切度綫的移动、要有正确的估計，并須决定新生气旋及反气旋发生的可能性。在这里重新提一下，在东北与內蒙地区特别要注意的是气旋发生在什么季节，气旋的性質及海洋上等压綫的配置，暖区的占据时間，鋒面的位置及其移动速度，特别是四、五月中，暖区温度升高达 25°C 以上，鋒面伴随有強烈的雷电时，更要进行天气演变的分析，随时作出預报。此外，高空形势以及地面上大范围的系統变化，也必須留意。

第二步：根据已經繪出的火災危险度实况分布图，火災危险預报图，无降雨日数統計表和天气演变过程分析，首先确定着火指标在 50%以上，及蔓延指标超过 30%的地区用紅色鉛笔塗上阴影（参照附图 1,2,3）。然后考虑这些地区受地形影响，过去的降水情况及午前 08 时到 18 时的风速和乱流交換強度的变化，相对湿度是变小或持續或增大，天气是向干燥方面发展或向湿潤方面轉变，初步由天气实况确定着火性較大，气候比較干燥的地区作为預报的基本对象。

第三步：季节性的影响很大，长白山地区的平地上，比小兴安岭的雪融期要早 10～15 天，闊叶树（山楊、樺树、榆等）要比小兴安岭北部（伊春、五营、翠巒、嘉阴、蘿北、逊克、瑷

琿、孙吳、嫩江等地)早到半月到 20 天，因此，同样的指标，乱流系数由于地理位置，拔海高度，季节的不同，它实际表現的危险性也不能一样，例如，在四月十九日，地图上出現了二个着火性較大的地区，一个在呼瑪附近，另一个在延边自治区，两个地区的指标几乎相同，因呼瑪地区有积雪，可以不发布警报，延边地区沒有积雪，干草全在地表裸露，就必須发布防火警报；相反，五月廿七日类似前述情况重复发生时，則須考虑南部地区的草类已經萌发了，树冠也都郁閉了，着火的可能性很小，而北部地区季节落后，物候較晚，故須特别注意。

根据中国科学院林业土壤研究所調查了 1955～1957 年（三年間）春季森林发火概率与各种气象要素关系如下：

表7 主要气象要素与森林發火概率(%)

气象要素 / 地区	实效湿度(%)					最小湿度(%)							最高气温(°C)						
	<30	30—40	41—50	51—60	>60	<10	10—20	21—30	31—40	41—50	51—60	>60	<5	5—10	11—15	16—20	21—25	26—30	>30
湿潤中山針闊混交林	—	13	33	39	15	2	30	42	20	4	2	1	2	16	27	27	23	5	—
寒温丘陵針闊混交林	—	20	51	18	11	1	35	39	16	8	1	1	7	18	19	32	14	10	—
冷干中山針叶林	13	39	28	15	5	12	42	26	16	2	1	1	7	22	20	30	9	12	—

从表 7 能够看出，森林火災与气象要素有普通的規律，就是空气越干燥发火的可能性越大，但在不同的地理景观地带，各种气象要素所指示的危险程度又有很大范围的变异，如在湿潤中山針闊混交林地带实效湿度由 51 到 60%，最小湿度 21～30%，最高气温11—20°C 时，发火的概率最大；若在冷干中山針叶林地带則情况有很大的变化，实效湿度30—40%，最小湿度 10—20%，最高气温 16—20°C 时，发火概率最大，这里須要說明的是：长白山林区发火概率出現于湿度較大，最高气温較低的道理是由于該地区在火災危险时期，气候湿潤，因而平均湿度較大，积雪溶化較早；至于大兴安岭属于冷干型气候区，常年出現較小的空气湿度，并积雪溶化較迟，故火災頻发于較小的湿度下和最高气温較高的时間。气温愈高应該是森林着火可能性越大，不过气温持續的升高又促进植物发芽生长，却使植被变为潮湿，所以着火性又必然降低，因此，利用气象要素判断森林火災的危险性时，同时要結合季节、地理景观及植物的生长情况，才有全面性。

第四步：地被物的类型，林相，土壤，主要火源与社会經济情况，作統一考虑（参照图 15），預报員可以假定人为火源是經常性的或必然性的，而自然发火則属于天气性的，对于火源必須深入的研究分析，作出結論，供防火部門参考。至于地被物的类型，林相等可按图 15 的凡例所示 A. B. C. D. 四个基本类型考虑，但由于各火災危险区所規定的类别是个一般性的，只能供作参考，实际的情况是很复杂的，有些地区是草地、皆伐迹地、择伐迹地、火烧迹地、更新地、密林等互相錯綜交叉，这些可燃物原来的燃烧性能就不一样，单純的由气象条件来判别森林火災危险性大小是不合理的。当然，这类問題应由林业部門充分研究，因地制宜的运用預报。不过主要类型的燃烧特性对于預报員应有一个明确的概念，那就是：A 型——生草地或皆伐迹地，沒有树木或树木很少的地方，光照条件良好，地面温度容易升高，通风性強，水份蒸发較快，地被物以旱生杂草为主，豎立在地面上，不仅易于

引火，烧起来蔓延很快，气层稳定，乱流交换較弱的时候，常常发生稳进地表火，在暖区风力較強时，变成速行地表火，每小时蔓延速度能达 20 公里，（呈狹长的三角形）；B 型——落叶及杂草地（过伐林或針闊混交林），即一般称为疏林，此类型杂乱性很大，就是采伐殘物、风倒木、枯立木較多，林下杂草丛生，尤其在山阳坡高处，多生长着蒙古柞（蒙古櫟），在早春火災危险季节开始落叶，它的叶子很大很薄，容易引火；C 型——針叶林（原始林或泰加林），一般疏密度較大，因树冠互相接触郁閉，除落叶松外，一般都是常綠树种，林地常年保持湿潤，杂草不多，林內风速不超过 3 m/s，光暗，温度低，除了特意点火，一般在这样林子內不容易起火。象云杉、冷杉这样整枝不良的深綠色針叶林，林地更湿潤，有时树下积水，自然发火的可能性更小，但是也由于林緣附近的禾本科草类和菊科蒿类紧紧接触到針叶树的枝条上，一旦草本植物的枯杆着起火后，迅速延烧到下枝而連到树冠，很可能变成树冠火，因树冠上的风速大，火蔓延的很快，很容易成災；D 型——闊叶林及次生林，这里所指是山楊、樺木、柳、赤楊、椴、槭、黃檗、白蜡、胡桃、酬李等闊叶林（蒙古柞除外），耐火性強，有防火作用，如果发生火災只能是輕微的地表火，除 15 年生以下的幼树能被烧死，一般对生长量是无影响的。最后要考虑社会經济情况，就是要将交通条件、居民多少、通訊工具、森林經营強度，主要的火源等因素，考虑到火災的危险性中去。

3. 編制預报

按照上边的四步分析，編制 24、48、72 小时的火災危险天气預报并通报本日的天气实况，写出火险天气預报通报表：

火 險 天 气 預 报 通 报 表　　黑龙江省防火指揮部

1956 年 5 月 25 日实况及 26 日預报

实况：今日全省偏西风，风速 5—10m/s，温度 20°C 以上除呼瑪、孙吳降过一点小雨外，其它各地都是晴天，相对湿度普遍較小，着火指标以 03 区、05 区的 60% 与 09 区 11 区 50% 为最高，森林火災危险性以內蒙古东部为最高，我省西部次之，吉林省較小。

預报：全省天气良好，风向偏西，风速 3—4 級，温度继續升高 1—2° C 着火指标將急速上涨，03、04、05、06、07、08、09、11 各区火災危险性均很大，西部 03、04、05、06、07 各区有冷鋒通过，在午后須警惕自然火源，又由于气层不稳定，在密林起火后能成树冠火。

建議：加強上述各区航空巡邏及地面瞭望。

分 区 預 报 表　　1956.5.26. 18～27.18 时

区别＼项别	区之特征	代表測站	着火指标 (%)	蔓延指标 (%)	最小湿度 (%)	最高气温 °C	风向、风速 (m/s)	火災危险等級	采取措施
03	$\mathrm{I}\ \frac{1}{C+B}$	博克图	78	45	10	22	SW_4	V	用广播发布警报
04	$\mathrm{I}\ \frac{1}{A+B}$	嫩江	78	51	14	26	SW_5	V	用广播发布警报
05	$\mathrm{I}\ \frac{1}{C+B}$	阿尔山	87	—	12	28	—	V	用广播发布警报
07	$\mathrm{II}\ \frac{2}{A}$	孙吳	78	44	18	28	SW_6	V	用广播发布警报
10	$\mathrm{II}\ \frac{2}{C+B}$	伊春	61	35	30	27	SW_5	IV～V	用电話通知当地防火指揮部
13	$\mathrm{II}\ \frac{2}{B+D}$	鶴西	52	41	40	27	W_5	IV	用电話通知当地防火指揮部

4. 气象条件与火災情况对照

在第四节森林火災危险度的确定标准中已經用統計方法計算了大小兴安岭和长白山地区各种气象要素下指标的变化情况及其发生火災的頻度，在这里特别在貝加尔湖气旋通过时的气象条件对火災影响进行了統計，其情况如表 8 所示：

表8　火災与气象条件对照

(1956年5月)

火災地点*	着火时間	着火原因	燃烧面积(公頃)	气象条件				
				气团性質	鋒面位置	最小湿度	最高溫度	风向风速
嫩江北四站	19日10时	不明	140.000	暖	火場在暖鋒南 40—50km	20	21.3	S 7
浩良河一威岭	20日13时	机車噴火	0.2	冷	火場在冷鋒西 90—100km	54	18.7	WSW 8
德都尾山	22日10时	吸煙	15.000	冷变性	—	15	14.1	W 7
北安腰店	26日15时	不明	189.000	暖	火場在冷鋒东南 180—200km	26	28.7	SSW 12
黑河大岭	26日下午	不明	90.000	暖	火場在冷鋒东南 120—140km	17	27.0	SSW 14
呼瑪九道沟子	26日下午	不明	70.000	暖	火場在暖鋒北 60—80km	30	22.4	N 8
呼瑪新立屯	26日下午	雷暴	7.000	暖	火場在暖鋒北 60—80km	30	22.4	N 8
伊春友好	26日15时	雷暴	0.2	暖	—	18	26.6	SW 6
伊春五道庫	27日9时	不明	78.000	暖	火場在冷鋒北 10—20km	24	24.7	SW 8
伊春西林	27日10时	不明	100.000	暖	火場在冷鋒北 10—15km	24	24.7	SW 8
东宁楊木林場	27日10时	落雷	0.05	暖	火場在冷鋒北 200—220km	16	22.5	WSW 10
伊春上甘岭	28日18时	樺树根部着火	0.1	暖	火場在冷鋒东 230—250km	18	28.9	WSW 6
林口才岭区	29日15时	吸煙	800.000	冷	火場在冷鋒南 180—200km	69	17.5	NW 5
勃利牧羊場	29日15时	不明	100.000	冷	火場在冷鋒南 160—180km	22	17.3	SW 5

* 火災位置参照图 11 塗斜綫地方

按表 8 再参照附图Ⅱ-10,11 显然看出，5 月26—27 日貝加尔湖气旋通过大小兴安岭时，对森林火災有极大影响，呼瑪、瑷琿、北安直到东宁一带发生了大小火災 30 余处，特别在气旋經过的地方，几乎是逐次地发生火災，一般都发生在冷鋒前200公里以內的范围內，只有个别的几处是在冷鋒后发生的，凡在冷鋒后的火災都是火場面积較小，燃烧的威力也不大，很容易被扑灭了，这主要因为火災发生在冷空气占据的范围內，相对湿度大，最高温度低，风向偏北，如浩良河、林口、勃利等属于这类性質。 象上述的情况在 1957，1958 年也曾发生过，同时和沈阳中心气象台的統計資料基本是符合的。 因为从貝加尔湖方面来的低压是在干燥的內陆产生的，距离海洋很远，水气补充不多，特别在早春(4、5 月)，这种性質的低压形成的降水量很小，在切变綫或冷鋒面通过的地方常发生雷暴，因此，对于干枯的草木，很容易由于落雷引起火災。而这样火源常在大兴安岭及大小兴安岭之間的森林草原地带酿成較大的災害，而在小兴安岭站河以东直到鴨綠江畔則很少受害，因为大兴安

岭的泰加林地带和其周边是苏联达弗利亚植物区系的南端，在平地或山脚下的主要羣落为落叶松草林、白樺草林、灌木草丛和莎草丛(踏头甸子)等，极容易着火和蔓延，而小兴安岭和长白山属于东北植物区系，以紅松闊叶林、云杉、冷杉林为主的林分中，郁閉情况較好，林地比較湿潤，特别在河谷地带长有黄菠蘿、水曲柳、赤楊、河柳等耐火性較強的闊叶树，即使发生落雷現象，成災的可能性很小，象东宁楊木林場就是一个現实的例子。因此，

表 9　森林着火性，地面形势与应采取的措施 (21)

着火指标(%)	地面气压形势		西部或北部高压脊控制	南部或东部高压脊控制	大陸高压内部	貝加尔湖或蒙古气旋	华北气旋或倒槽	东部低压后部	两高之間低压带
0～30	空中措施	A	——	——	——	——	——	——	——
		B	——	——	——	——	——	——	——
		C	——	——	——	——	——	——	——
		D	——	——	——	——	——	——	——
	地面		修整防火設备及器材	修整防火設备及器材	修整防火設备及器材	修整防火設备及器材	修整防火設备及器材	修整防火設备及器材	修整防火設备及器材
31～40	空中措施	A	——	——	——	重点巡邏	——	——	——
		B	——	——	——	重点巡邏	——	——	——
		C	——	——	——	运送消防队暫时駐紮	——	——	——
		D	——	——	——	——	——	——	——
	地面		瞭望	瞭望	瞭望	昼夜瞭望	重点瞭望	瞭望	——
41～50	空中措施	A	每日飞巡一次	——	——	加強巡邏及空中消防	——	——	——
		B	每日飞巡一次	——	——	加強巡邏及空中消防	——	——	——
		C	——	——	——	加強巡邏及空中消防	——	——	——
		D	——	——	——	加強巡邏及空中消防	——	——	——
	地面		瞭望8小时准备消防	瞭望8小时准备消防	瞭望8小时准备消防	昼夜瞭望随时消火	重点瞭望	重点瞭望	重点瞭望
51～60	空中措施	A	每日飞巡一次	每日飞巡一次	每日飞巡一次	即时起飞即时消火	重点飞巡	重点飞巡	——
		B	每日飞巡一次	每日飞巡一次	每日飞巡一次	即时起飞即时消火	重点飞巡	重点飞巡	——
		C	每日飞巡一次	每日飞巡一次	每日飞巡一次	即时起飞即时消火	——	重点飞巡	——
		D	——	——	——	即时起飞即时消火	——	——	——
	地面		8小时了望地面巡邏及消防	8小时了望地面巡邏及消防	8小时了望地面巡邏及消防	发布警报紧急措施	8小时了望随时巡邏	8小时了望随时巡邏	8小时了望随时巡邏
61～100	空中措施	A	每日二次飞巡	每日二次飞巡	每日二次飞巡	特急措施	每日一次飞巡	每日一次飞巡	每日一次飞巡
		B	每日二次飞巡	每日二次飞巡	每日二次飞巡	特急措施	每日一次飞巡	每日一次飞巡	每日一次飞巡
		C	每日二次飞巡	每日一次飞巡	每日一次飞巡	特急措施	每日一次飞巡	每日一次飞巡	每日一次飞巡
		D	每日一次飞巡	每日一次飞巡	每日一次飞巡	特急措施	——	——	——
	地面		发布警报随时出动消火	发布警报随时出动消火	发布警报随时出动消火	特别警报即时消火	8小时瞭望准备消火	8小时瞭望准备消火	8小时了望准备消火

在考虑自然火源时，地域性和树种組成也要同样加以重視，这方面的問題，中国科学院林业土壤研究所在"森林燃烧性"一书中有詳細的論述。

总之，貝加尔湖和蒙古人民共和国方面袭来的气旋，容易在內蒙古自治区东部和东北地区誘起偏南大风，由于风大，温度高，造成极为干燥的气象条件，着火性和蔓延性也就随之增大，再加上气旋性的降水很少，一但有雷暴发生，容易由于雷电引起火災或由于林內居民和林业工作人員用火不慎着火成災。一句話，这个天气系統在护林防火工作上应該特别加以警惕。

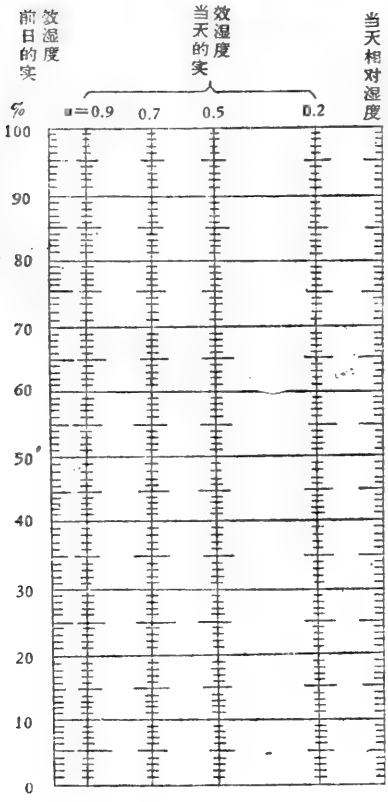
九、防火部門如何利用森林火災危險性預报

气象部門在火災危险时期，每天 19 时以前，有义务用书面或电話向就近的森林防火部門通知明天或最近几天的森林火災的危险程度，防火部門接到此通知后应迅速研究本地区的具体情况，加強防火設备，組織防火力量，須按火災危险級大小进行各种有效的預防措施，以防止火災的发生，但如果火災已經发生时，也要根据預报进行有效的扑灭火災的筹划，为了便于防火和扑火工作的布置，兹将东北林区几年来的防火經驗归納如表 9，供工作中参考。

十、森林火災危險性預报将来发展的展望

火災危险性的預报无疑是預防火災和扑灭火災时的重要依据，也是防胜于救的有力保証。将来能在火災頻度較大的地区駐屯部队或配置直升飞机时，火災危险天气預报将能发揮很大作用，象拉多里河附近，北安县的南北河两岸，嫩江以北森林草原地带，每年在火災危险季节，經常起火，那就可以在森林着火性較大，当貝加尔湖或蒙古气旋的暖区到来之前，利用直升飞机迅速的运送到森林內几百名野战部队，一直駐紮到危险性解消时为止，如果在直升飞机上装备好自动水泵、水龙带、噴枪和噴雾器等，也可直接参加消火工作，这样将大大的減少工作的盲目性，才有可能达到及时发現及时扑灭的要求。

附表 7. 实效湿度計算用图表



除此之外，将来火烧防火綫、烧荒开垦、除治病虫害、火烧清理林場等建設性的工作，均应根据天气預报来进行，今后不单在預防火災方面要依靠火災危险性預报，在农林业的生产用火方面也必須根据預报进行工作，火在目前来看，对森林是有害的，如果能够掌握其規律，有效的使用，无疑的将变成生产上的有利工具之一。我們对这个工作的发展抱着很大期待，但这是一个新的工作，由于資料的不完整和理論水平所限，在生产实践上，尙不能体現出显著的效果，今后必須更进一步的加強这方面的試驗与研究。

附表 1　大兴安岭着火指标

最高温度 / 小温度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2	79	79	80	80	81	81	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	94	96	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	71	72	72	72	73	74	74	75	76	77	78	79	81	82	83	85	86	88	90	91	93	95	98	100	100	100	100	100	100	100
6	65	65	66	66	67	67	68	69	70	71	72	73	74	76	77	78	80	82	83	85	87	89	91	93	95	98	100	100	100	100
8	59	59	60	60	61	61	62	63	64	65	66	67	68	70	71	72	74	76	77	79	81	83	85	87	89	92	94	96	99	100
10	54	54	55	55	56	56	57	58	59	60	61	62	63	65	66	67	69	71	72	74	76	78	80	82	84	87	89	91	94	96
12	49	50	50	50	51	52	52	53	54	55	56	57	59	60	61	63	64	66	68	69	71	73	76	78	80	82	84	87	89	92
14	45	46	46	46	47	48	48	49	50	51	52	53	55	56	57	59	60	62	64	65	67	69	72	74	76	78	80	83	85	88
16	42	42	42	43	43	44	45	45	46	47	48	50	51	52	54	55	57	58	60	62	63	66	68	70	72	74	77	79	82	83
18	38	39	39	39	40	41	41	42	43	44	45	46	48	49	50	52	53	55	57	58	60	62	65	67	69	71	73	76	78	81
20	35	36	36	36	37	38	38	39	40	41	42	43	45	46	47	48	50	52	54	55	57	59	62	64	66	68	70	73	75	78
22	33	33	34	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	44	45	46	48	50	51	53	55	57	59	61	63	66	68	70	73	75
24	31	31	31	31	32	33	33	34	35	36	37	38	40	41	42	44	45	47	49	50	52	54	57	59	61	63	66	68	70	73
26	29	29	30	30	31	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	44	46	47	49	51	53	55	57	59	62	64	66	69	71
28	27	27	27	28	28	29	30	30	31	32	33	35	36	37	39	40	42	43	45	47	48	51	53	55	57	59	62	64	67	69
30	25	26	26	26	27	28	28	29	30	31	32	33	34	36	37	38	40	42	43	45	47	49	51	53	55	58	60	62	65	67
32	24	24	24	25	25	26	27	27	28	29	30	32	33	34	36	37	39	40	42	44	45	48	50	52	54	56	59	61	64	66
34	22	23	23	23	24	25	25	26	27	28	29	30	32	33	34	36	37	39	41	42	44	46	49	51	53	55	57	60	62	65
36	21	22	22	22	23	24	24	25	26	27	28	29	31	32	33	35	36	38	40	41	43	45	48	50	52	54	56	59	61	64
38	20	21	21	21	22	23	23	24	25	26	27	28	30	31	32	34	35	37	39	40	42	44	47	49	51	53	55	58	60	63
40	20	20	20	21	21	22	23	23	24	25	26	28	29	30	32	33	35	36	38	40	41	44	46	48	50	52	54	56	59	61
42	19	19	19	20	20	21	22	22	23	24	25	27	28	29	31	32	34	35	37	39	40	43	45	47	48	51	54	56	59	61
44	18	18	19	19	20	20	21	22	23	24	25	26	27	29	30	31	33	35	36	38	40	42	44	46	48	51	53	55	58	60
46	17	18	18	18	19	20	20	21	22	23	24	25	27	28	29	31	32	34	36	37	39	41	44	46	48	50	52	55	57	60
48	17	17	17	18	18	19	20	20	21	22	23	25	26	27	29	30	32	33	35	37	38	41	43	45	47	49	52	54	57	59
50	16	16	17	17	18	18	19	20	21	22	23	24	25	27	28	29	31	33	34	36	38	40	42	44	46	49	51	53	56	58
52	16	16	16	17	17	18	19	19	20	21	22	24	25	26	28	29	31	32	34	36	37	40	42	44	46	48	51	53	56	58
54	15	16	16	16	17	18	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	30	32	34	35	37	39	42	44	46	48	50	53	55	58
56	15	15	16	16	17	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	30	32	33	35	37	39	41	43	45	48	50	52	55	57
58	15	15	15	16	16	17	18	18	19	20	21	23	24	25	27	28	30	31	33	35	36	39	41	43	45	47	50	52	55	57
60	14	15	15	15	16	17	17	18	19	20	21	22	24	25	26	28	29	31	33	34	36	38	41	43	45	47	49	52	54	57
62	14	14	15	15	16	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	31	32	34	36	38	40	42	44	47	49	51	54	56
64	14	14	14	15	15	16	17	17	18	19	20	22	23	24	26	27	29	30	32	34	35	38	40	42	44	46	49	51	54	56
66	14	14	14	15	15	16	17	17	18	19	20	22	23	24	26	27	29	30	32	34	35	38	40	42	44	46	48	51	53	56
68	13	14	14	14	15	16	16	17	18	19	20	21	23	24	25	27	28	30	32	33	35	37	40	42	44	46	48	51	53	56
70	13	14	14	14	15	16	16	17	18	19	20	21	23	24	25	27	28	30	32	33	35	37	40	42	44	46	48	51	53	56

附表 2　大兴安岭蔓延指标

最大風速 / 实效湿度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
16		77	80	81	83	85	86	88	89	91	92	93	95	96	97	98	99	100	100	100	100
18		70	73	74	76	78	79	81	82	84	85	86	88	89	90	91	92	93	94	95	96
20		61	66	68	69	71	73	74	76	77	78	80	81	82	83	84	86	87	88	89	90
22		58	60	62	64	65	67	69	70	71	73	74	75	76	78	79	80	81	82	83	84
24		53	55	57	58	60	62	63	65	66	68	69	70	71	72	73	75	76	77	78	78
26		48	50	52	54	55	57	59	60	61	63	64	65	66	68	69	70	71	72	74	75
28		43	46	47	49	51	53	54	56	57	58	59	61	62	63	64	65	66	67	68	69
30		40	42	44	45	47	49	50	52	53	54	56	57	58	60	60	62	63	64	65	66
32		36	38	40	42	44	45	47	48	50	51	52	53	55	56	57	58	59	60	61	62
34		33	35	37	38	40	42	44	45	46	48	49	50	51	53	54	55	56	57	58	59
36		30	33	34	36	38	40	41	43	44	45	46	48	49	50	51	52	53	54	55	56
38		28	30	32	33	35	37	38	40	41	43	44	45	46	48	49	50	51	52	53	54
40		26	28	30	31	33	35	36	37	39	40	43	44	44	45	46	47	48	49	50	51
42		23	26	27	29	31	32	34	36	37	38	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
44		22	24	26	28	30	31	33	34	36	37	38	40	41	42	43	44	45	46	47	48
46		20	22	24	25	27	29	30	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
48		18	21	22	24	26	28	29	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
50		17	19	21	23	25	26	28	29	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43
52		16	18	20	22	23	25	27	28	29	32	33	34	34	36	37	38	39	40	41	42
54		15	17	19	21	23	24	26	27	28	30	31	32	34	35	36	37	38	39	40	41
56		14	16	18	20	21	23	25	26	27	29	30	31	32	34	35	36	37	38	39	40
58		13	15	17	19	21	22	24	25	27	28	29	31	32	33	34	35	36	37	38	39
60		12	14	16	18	20	21	23	24	26	27	28	29	31	32	33	34	35	36	37	38
62		12	14	16	17	19	21	22	24	25	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
64		11	13	15	17	18	20	22	23	24	26	27	28	29	31	32	33	34	35	36	37
66		11	13	15	16	18	20	21	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
68		10	13	14	16	18	20	21	23	24	25	26	28	29	30	31	32	33	34	35	36
70		10	12	14	16	17	19	21	22	24	25	26	28	28	30	31	32	33	34	35	36
72		9	12	13	15	17	19	20	22	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
74		9	11	13	15	16	18	20	21	22	24	25	26	27	29	30	31	32	33	34	35
76		9	11	13	14	16	18	19	21	22	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
78		8	10	12	14	16	17	19	20	22	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33	34

附表 3　小兴安岭着火指标

最小湿度 \ 最高温度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
10	74	74	74	74	74	75	75	75	76	76	77	77	78	79	79	80	81	81	82	83	84	85	86	87	88	90	91	93	94	95	96
12	69	69	69	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	74	74	75	76	76	77	78	79	80	81	82	83	85	86	87	89	90	91
14	65	65	65	65	65	66	66	66	67	67	68	68	69	70	70	71	72	72	73	74	75	76	77	78	79	81	82	83	85	86	87
16	61	61	61	61	62	62	62	63	63	64	64	65	65	66	66	67	68	69	70	71	71	72	74	75	76	77	78	79	81	82	83
18	58	58	58	58	58	59	59	59	60	60	61	61	62	63	63	64	65	65	66	67	68	69	70	71	72	74	75	76	78	79	80
20	55	55	55	55	55	55	56	56	56	57	57	58	59	59	60	61	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	73	74	75	77
22	52	52	52	52	52	52	53	53	53	54	54	55	56	56	57	58	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	70	71	72	74
24	49	49	49	49	50	50	50	51	51	52	52	53	53	54	54	55	56	57	58	59	59	60	62	63	64	65	66	67	69	70	71
26	47	47	47	47	47	48	48	48	49	49	50	50	51	52	52	53	54	54	55	56	57	58	59	60	61	63	64	65	67	68	69
28	45	45	45	45	45	45	46	46	46	47	47	48	49	49	50	51	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	63	64	65	67
30	43	43	43	43	43	43	44	44	44	45	45	46	47	47	48	49	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	61	62	63	65
32	41	41	41	41	41	41	42	42	42	43	43	44	45	45	46	47	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	59	60	61	63
34	39	39	39	39	39	39	40	40	40	41	41	42	43	43	44	45	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	57	58	59	61
36	37	37	37	37	37	38	38	38	39	39	40	40	41	42	42	43	44	44	45	46	47	48	49	50	51	53	54	55	57	58	59
38	35	35	35	35	36	36	36	37	37	38	38	39	39	40	40	41	42	43	44	45	45	46	48	49	50	51	52	53	55	56	57
40	34	34	34	34	34	35	35	35	36	36	37	37	38	39	39	40	41	41	42	43	44	45	46	47	48	50	51	52	54	55	56
42	33	33	33	33	33	33	34	34	34	35	35	36	37	37	38	39	39	40	41	42	42	43	45	46	47	48	49	50	52	53	54
44	31	31	31	31	32	32	32	33	33	34	34	35	35	36	36	37	38	39	40	41	41	42	44	45	46	47	48	49	51	52	53
46	31	31	31	31	31	31	32	32	32	33	33	34	35	35	36	37	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	49	50	51	53
48	30	30	30	30	30	31	31	31	32	32	33	33	34	35	35	36	37	37	38	39	40	41	42	43	44	46	47	48	50	51	52
50	29	29	29	29	29	29	30	30	31	31	32	33	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	47	48	49	51	51
52	28	28	28	28	28	28	29	29	29	30	30	31	32	32	33	34	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	46	47	48	50
54	27	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	32	32	33	34	34	35	36	37	38	39	40	41	43	44	45	47	48	49
56	26	26	26	26	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	31	32	33	34	35	36	36	37	39	40	41	42	43	44	46	47	48
58	26	26	26	26	26	26	27	27	27	28	28	29	30	30	31	32	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	44	45	46	48
60	25	25	25	25	25	25	26	26	26	27	27	28	29	29	30	31	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	43	44	45	47
62	24	24	24	24	25	25	25	26	26	27	27	28	28	29	29	30	31	32	33	34	34	35	37	38	39	40	41	42	44	45	46
64	24	24	24	24	24	25	25	25	26	26	27	27	28	29	29	30	31	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	44	45	46
66	24	24	24	24	24	24	25	25	25	26	26	27	28	28	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	42	43	44	46
68	23	23	23	23	24	24	24	25	25	26	26	27	27	28	28	29	30	31	32	33	33	34	36	37	38	39	40	41	43	44	45
70	23	23	23	23	23	24	24	24	25	25	26	26	27	28	28	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	39	40	41	43	44	45

附表 4 小兴安岭蔓延指标

实效湿度 \ 最大风速	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20	86	88	90	92	93	95	96	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
22	75	77	80	81	82	84	86	88	89	90	92	93	96	97	98	99	100	100	100	100	100
24	67	69	71	72	74	76	78	78	80	81	84	85	86	88	89	91	92	94	96	97	99
26	57	62	63	65	67	68	70	71	73	75	76	78	79	81	83	84	86	87	89	90	92
28	49	55	57	58	60	61	63	65	66	68	69	71	73	74	76	77	79	80	82	83	85
30	43	49	50	52	53	55	57	58	60	61	63	65	66	68	69	71	72	74	76	77	79
32	38	43	45	46	48	50	51	53	54	56	58	59	61	62	64	65	67	69	70	72	73
34	33	38	40	42	43	45	46	48	50	51	53	54	56	58	59	61	62	64	65	67	68
36	29	35	36	38	39	41	43	44	46	47	49	51	52	54	55	57	58	60	62	63	65
38	26	31	32	34	36	37	39	40	42	44	45	47	48	50	52	53	55	56	58	59	61
40	23	28	29	31	33	34	36	37	39	41	42	44	45	47	49	50	52	53	55	56	58
42	20	25	26	28	30	31	33	34	36	38	39	41	42	44	46	47	49	50	52	53	55
44	17	22	24	26	27	29	30	32	34	35	37	38	40	42	43	45	46	48	49	51	52
46	15	20	22	24	25	27	28	30	32	33	35	36	38	40	41	43	44	46	47	49	50
48	14	19	20	22	24	25	27	28	30	32	33	35	36	38	40	41	43	44	46	47	49
50	12	17	19	20	22	23	25	27	28	30	31	33	35	36	38	39	41	42	44	45	47
52	11	16	17	19	20	22	23	25	27	28	30	32	33	35	36	38	39	41	42	44	46
54	9	14	16	18	19	21	22	24	26	27	29	30	32	34	35	37	38	40	41	43	44
56	8	13	15	16	18	20	21	23	24	26	28	29	31	32	34	35	37	39	40	42	43
58	7	12	14	15	17	19	20	22	23	25	27	28	30	31	33	34	36	38	39	41	42
60	6	11	13	15	16	18	19	21	23	24	26	27	29	31	32	34	35	37	38	40	41
62	5	11	12	14	15	17	19	20	22	23	25	27	28	30	31	33	34	36	38	39	41
64	5	10	11	13	15	16	18	19	21	23	24	26	27	29	31	32	34	35	37	38	40
66	4	9	11	12	14	16	17	19	20	22	24	25	27	28	30	31	33	35	36	38	39
68	4	9	10	12	14	15	17	18	20	22	23	25	26	28	30	31	33	34	36	37	39
70	3	8	10	12	13	15	16	18	20	21	23	24	26	28	29	31	32	34	35	36	38
72	3	8	10	12	13	14	16	18	19	21	22	24	26	27	29	30	32	33	35	36	38
74	3	8	9	11	13	14	16	17	19	21	22	24	25	27	29	30	32	33	35	36	38
76	2	7	9	11	12	14	15	17	19	20	22	23	25	27	28	30	31	33	34	36	37
78	2	7	9	10	12	13	15	17	18	20	21	23	25	26	28	29	31	32	34	35	37
80	1	6	8	9	11	13	14	16	17	19	21	22	24	25	27	28	30	32	33	35	36

附表 5 長白山着火指标

最小湿度 \ 最高温度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
10	68	70	71	72	73	74	74	75	76	77	78	79	79	80	81	82	82	83	84	84	85	86	86	87	88	89	90	90	91	92	92
12	63	65	66	67	68	69	70	71	71	72	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82	83	84	85	85	86	87	87
14	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	68	69	70	71	71	72	73	74	74	75	76	76	77	78	79	79	80	81	81	82	83
16	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	64	65	66	67	67	68	69	70	70	71	72	72	73	74	75	75	76	77	78	78	79
18	51	52	53	55	55	56	57	58	59	60	61	61	62	63	64	64	65	66	67	67	68	69	69	70	71	71	72	73	74	74	75
20	47	49	50	51	52	53	54	55	56	56	57	58	59	59	60	61	62	62	63	64	65	65	66	67	67	68	68	69	70	71	72
22	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	54	55	56	57	57	58	59	60	60	61	62	62	63	64	64	65	66	67	67	68	69
24	42	43	44	46	46	47	48	49	50	51	52	52	53	54	55	55	56	57	58	58	59	60	60	61	62	62	63	64	65	65	66
26	39	41	42	43	44	45	46	47	47	48	49	50	51	51	52	53	54	54	55	56	56	57	58	58	59	60	61	61	62	63	64
28	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	45	46	47	48	48	49	50	51	51	52	53	53	54	55	56	56	57	57	58	59	60
30	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	44	45	46	47	47	48	49	50	50	51	52	52	53	54	55	55	56	57	57	58	59
32	32	34	35	36	37	38	39	40	41	41	42	43	44	44	45	46	47	47	48	49	50	50	51	52	52	53	53	54	55	56	57
34	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	40	41	42	43	43	44	45	46	46	47	48	48	49	50	51	51	52	53	53	54	55
36	29	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	40	41	42	43	43	44	45	45	46	47	47	48	49	50	50	51	52	53	53
38	27	29	30	31	32	33	34	35	36	36	37	38	39	39	40	41	42	42	43	44	45	45	46	47	47	48	49	50	50	51	52
40	26	28	29	30	31	32	32	33	34	35	36	37	37	38	39	40	40	41	42	42	43	44	44	45	46	47	47	48	49	50	51
42	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	37	38	39	40	40	41	42	42	43	44	45	45	46	47	47	48	49
44	23	25	26	27	28	29	30	31	32	32	33	34	35	35	36	37	38	38	39	40	41	41	42	43	43	44	45	46	47	48	48
46	22	24	25	26	27	28	29	30	31	31	32	33	34	34	35	36	37	37	38	39	40	40	41	42	42	43	44	45	46	46	47
48	21	23	24	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	36	37	38	39	39	40	40	41	42	43	44	44	45	46
50	20	22	23	24	25	26	27	28	29	29	30	31	32	32	33	34	35	35	36	37	38	38	39	40	40	41	42	43	44	44	45
52	19	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33	34	34	35	36	37	37	38	39	39	40	41	42	42	43	44
54	19	20	21	23	23	24	25	26	27	28	29	29	30	31	32	32	33	34	35	35	36	37	37	38	39	39	40	41	42	43	43
56	18	20	21	22	23	24	24	25	26	27	28	29	29	30	31	32	32	33	34	34	35	36	36	37	38	39	40	40	41	42	42
58	17	19	20	21	22	23	24	25	26	26	27	28	29	29	30	31	32	32	33	34	35	35	36	37	37	38	39	40	40	41	42
60	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	27	28	29	30	30	31	32	33	33	34	35	35	36	37	37	38	39	40	40	41
62	16	18	19	20	21	22	23	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33	33	34	35	35	36	37	38	38	39	40	41
64	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33	33	34	35	36	36	37	37	38	39	40
66	15	17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	26	27	27	28	29	30	30	31	32	32	33	34	34	35	36	37	37	38	39	40
68	15	16	17	19	19	20	21	22	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33	33	34	35	35	36	37	37	38	39
70	14	16	17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	26	26	27	28	29	29	30	31	32	32	33	34	34	35	36	37	37	38	39

附表 6　長白山蔓延指标

实效湿度 \ 最大风速	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20	84	86	87	88	89	90	91	92	92	93	94	94	95	95	96	96	97	97	98	98	99
22	77	79	80	81	82	83	84	85	85	86	87	87	88	88	89	89	90	90	91	91	92
24	71	74	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82	83	83	84	84	85	85	86	86
26	66	66	70	71	72	72	73	74	75	75	76	76	77	78	78	79	79	80	80	81	81
28	61	63	65	66	67	67	68	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	76
30	57	59	60	61	62	63	64	65	65	66	66	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72
32	52	55	56	57	58	59	60	60	61	62	62	63	64	64	65	65	66	66	67	67	68
34	49	51	52	53	54	55	56	57	57	58	59	59	60	60	61	61	62	62	63	63	64
36	45	48	49	50	51	52	52	53	54	54	55	56	56	57	57	58	58	59	59	60	60
38	42	44	45	46	47	48	49	50	50	51	52	52	53	53	54	54	55	55	56	56	57
40	39	41	43	44	45	45	46	47	48	48	49	49	50	51	51	52	52	53	53	54	54
42	36	39	40	41	42	43	43	44	45	45	46	47	47	48	48	49	49	50	50	51	51
44	34	36	37	38	39	40	41	42	42	43	44	44	45	45	46	46	47	47	48	48	49
46	31	34	35	36	36	38	39	39	40	41	41	41	42	43	43	44	44	45	45	46	46
48	29	32	33	34	35	36	37	37	38	39	39	40	40	41	41	42	42	43	43	44	44
50	27	30	31	32	33	34	35	35	36	37	37	38	39	39	40	40	41	41	42	42	43
52	26	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	36	37	37	38	38	39	39	40	40	41
54	24	27	28	29	30	31	31	32	33	33	34	35	35	36	36	37	37	38	38	39	39
56	23	25	26	27	28	29	30	31	31	32	33	33	34	34	35	35	36	36	37	37	38
58	21	24	25	26	27	28	28	29	30	30	31	32	32	33	33	34	34	35	35	36	36
60	20	23	24	25	26	27	27	28	29	29	30	30	31	32	32	33	33	34	34	35	35
62	19	21	23	24	24	25	26	27	27	28	29	29	30	30	31	31	32	33	33	33	34
64	18	20	22	23	23	24	25	26	26	27	28	28	29	29	30	30	31	31	32	32	33
66	17	19	21	22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	28	29	29	30	30	31	31	32
68	16	18	20	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	28	29	29	30	30	31	31
70	15	18	19	20	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	27	28	28	29	29	30	30
72	14	17	18	19	20	21	22	22	23	24	24	25	25	26	26	27	27	28	28	29	29
74	14	16	17	18	19	20	21	22	22	23	24	24	25	25	26	26	27	27	28	28	29
76	13	16	17	18	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	25	26	26	27	27	28	28
78	12	15	16	17	18	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	25	26	26	27	27	28
80	12	15	16	17	18	19	19	20	21	21	22	23	23	24	24	25	25	26	26	27	27
82	12	14	15	16	17	18	19	20	20	21	21	22	23	23	24	24	25	25	26	26	27
84	11	14	15	16	17	18	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	26
86	11	13	14	15	16	17	18	19	19	20	21	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26

参 考 文 献

[1] 王正非:森林火災危险性預报方法試驗初步报告 1956 (4) 林业科学。

[2] Мелехов И. С.: Природа леса и лесные пожары 1947 издание АЛТИ, Архангельси.

[3] Нестеров В. Г.: Горимость леса и способы её определения 1947 Дальневосточное издательство.

[4] Кашин К. И.: О горимости леса 1951 (1) 9—13 Метеорология и гидрология.

[5] Киселев Ф. И.: Как уберечь леса от пажаров. 1951 Дальневосточное издательство.

[6] Егоров Н. Н.: Природ лесных пожаров в ленточных борах западной Сибири 1953 (4) Лесное Хозяйство.

[7] Гриценко М. В. и Гаврилова В. М.: Возникновение Лесных пожаров в связи с условиями погоды, 1952 (4). Лесное хозяйство.

[8] Дандре Б. Л.: Опыт построения шкалы горимости и классов пожарной опасности нового типа 1953 (11) Лесное хозяйство.

[9] Курбатский Н. П.: Методические у казания для опытной разработки местных шкал пожарной опасности в лесах 1954 Ленинград.

[10] H. T. Gisborne: The objectives of forest fire-weather Research. 1927 (4) 452 Jaurnal of Forestry.

[11] Paul W. Stickel: Weather and Forest Fire Hazard with Special Reference to the upper Altitudinal Spruce-Balsum Fire Region of Northern New York. 1934 (1) 76 Journal of Forestry.

[12] H. T. Gisborne: The principles of Measuring Forest-Fire Danger. 1936 (8) 786 Journal of Forestry.

[13] George K. Stephenson: An Application of Fire Statistics to Fire Contral. 1936 (11) Jaurnal of Forestry.

[14] A. A. Brown and Wilfred S. Davis: A Fire Danger Meter for The Rocky Mountain. 1939 (7) Journal of Forestry.

[15] John R. Curry, Leslie G. Gray and I. Clore Funk: Forest Fire-Danger Rating and its Application. 1940 (11) Journal of Forestry.

[16] G. L. Hayes: Differences in Fire Danger with Altitude, Aspect, and Time of Day. 1942 (4) Journal of Forestry.

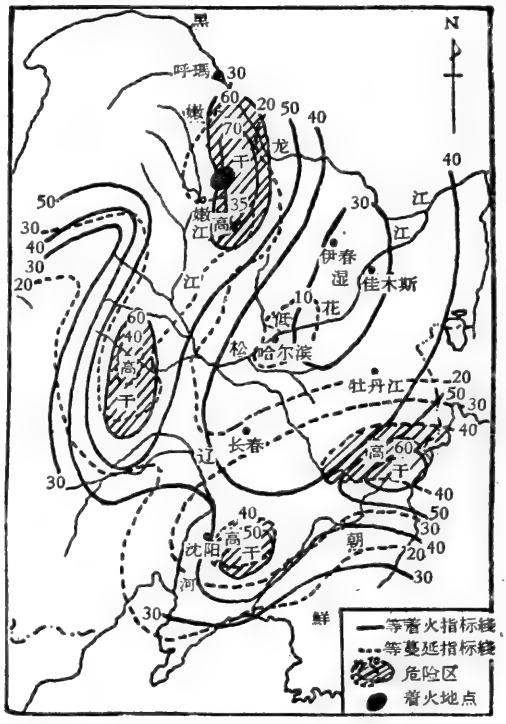
[17] Нестеров В. Г. Обшее лесоводство 1954, 669.

[18] 畠山久尙:火災和湿度及实效湿度的关系 1943 (1) 日本气象集誌。

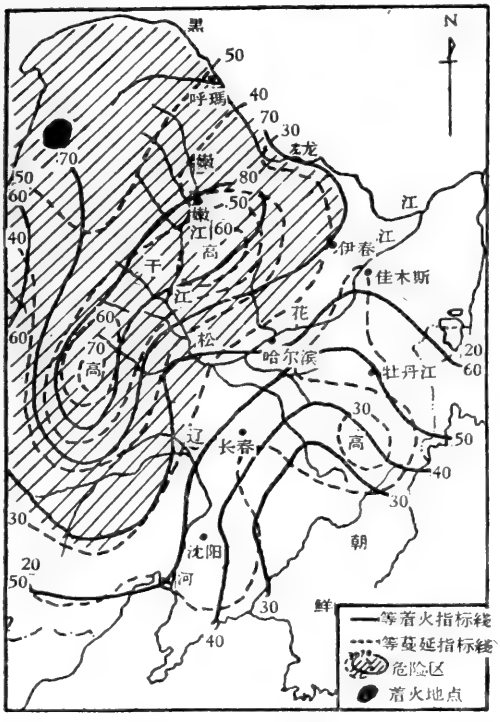
[19] C. A. 薩鮑日尼科娃:小气候与地方气候 1955.47.科学出版社。

[20] 王正非等:"东北林区森林火災基本情况調查研究报告" 1957.20～26 护林防火研究报告汇編 科学出版社。

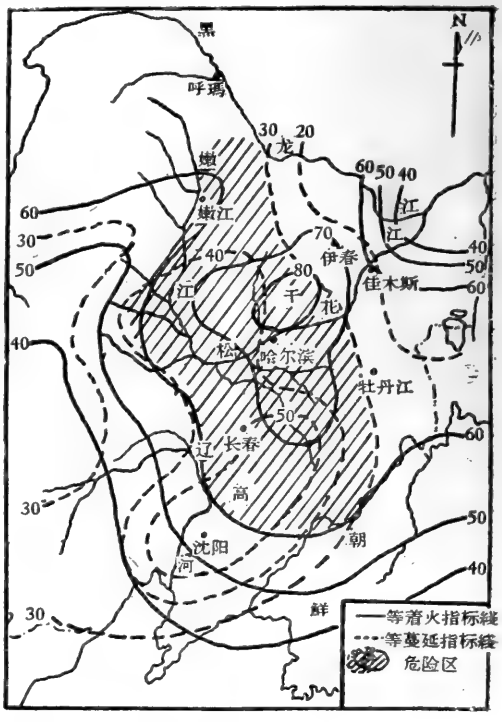
[21] Скворецкий В. И.: О рационализации авиаохраны в западной сибири. 1955 (1) Лесное хозяйство.



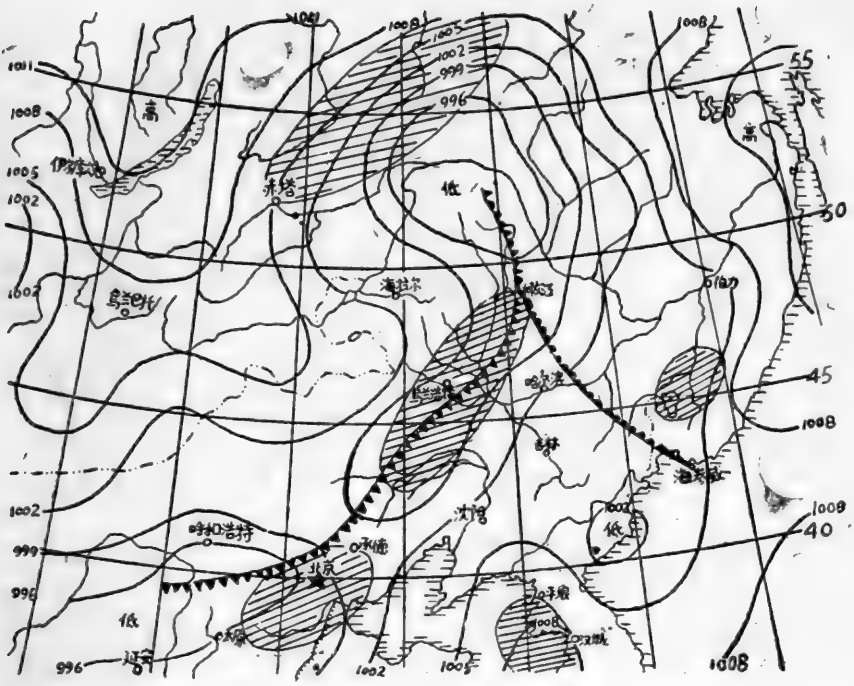
附图Ⅰ-1　森林火災危险度分布預报图(1956.5.19.)



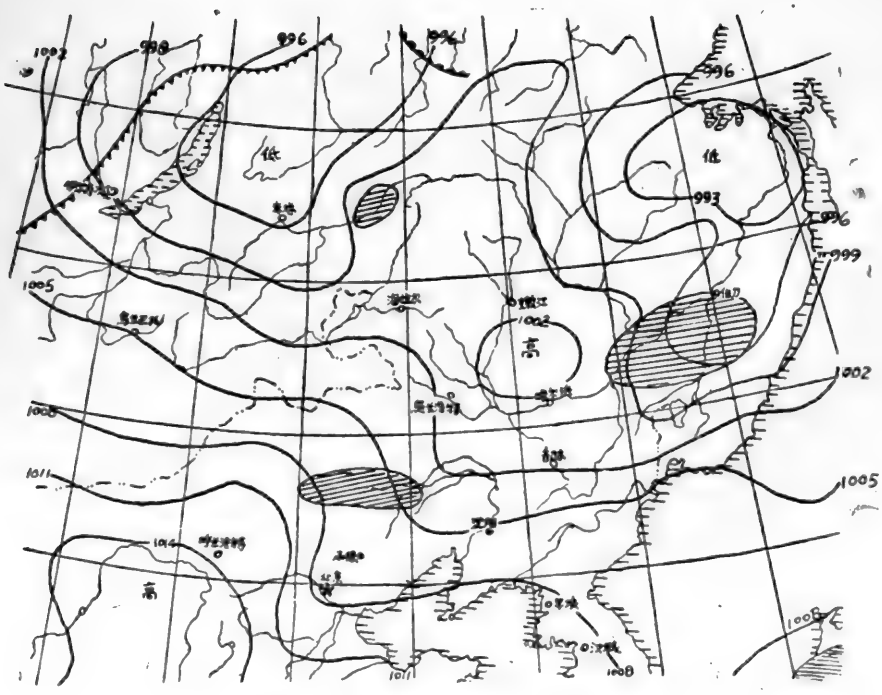
附图Ⅰ-2　森林火災危险度分布預报图
(1956.5.24.)



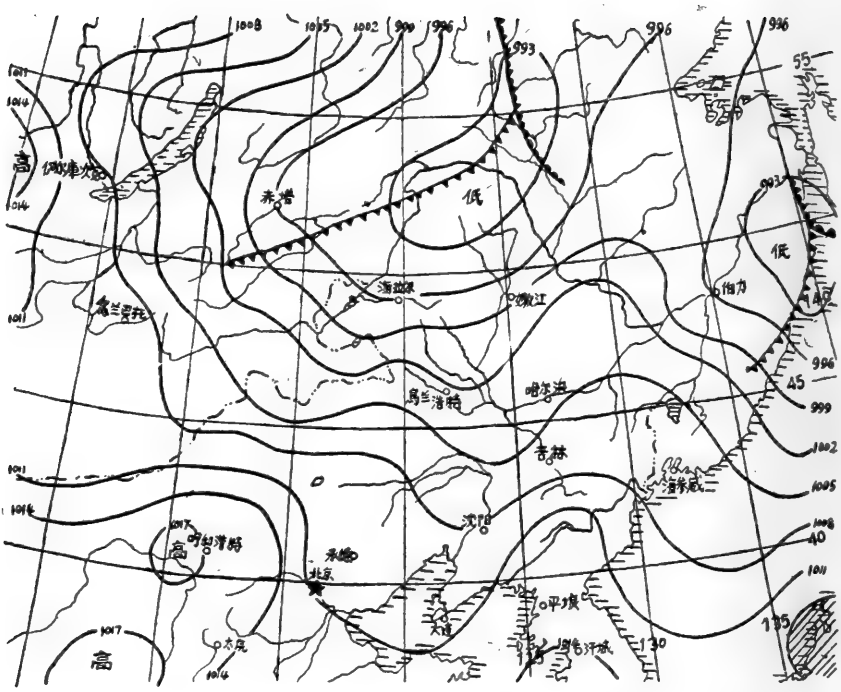
附图Ⅰ-3　森林火災危险度分布預报图
(1956.5.31.)



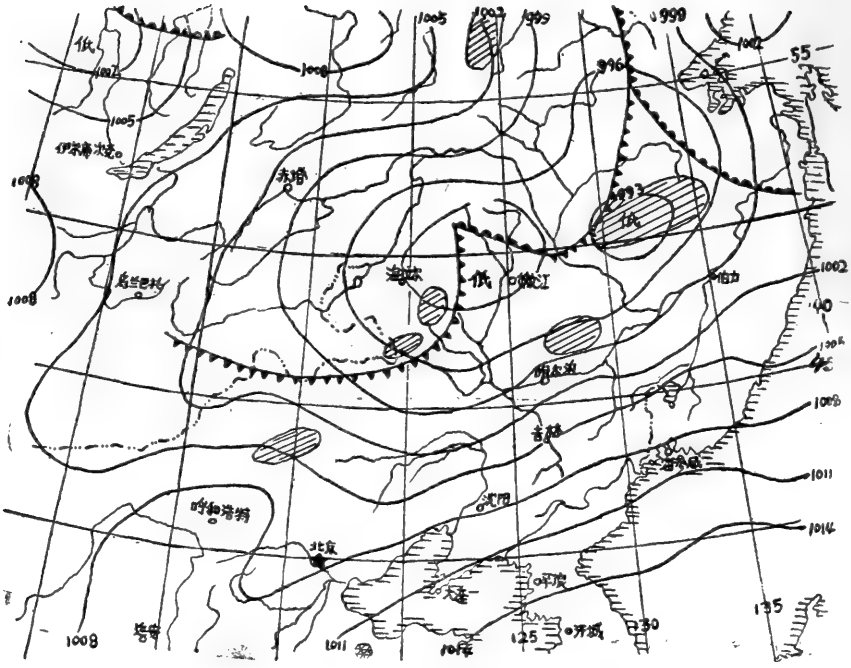
附图Ⅱ-1　地面天气图(图上斜线表示降水区域)(1956.5.19.20时)



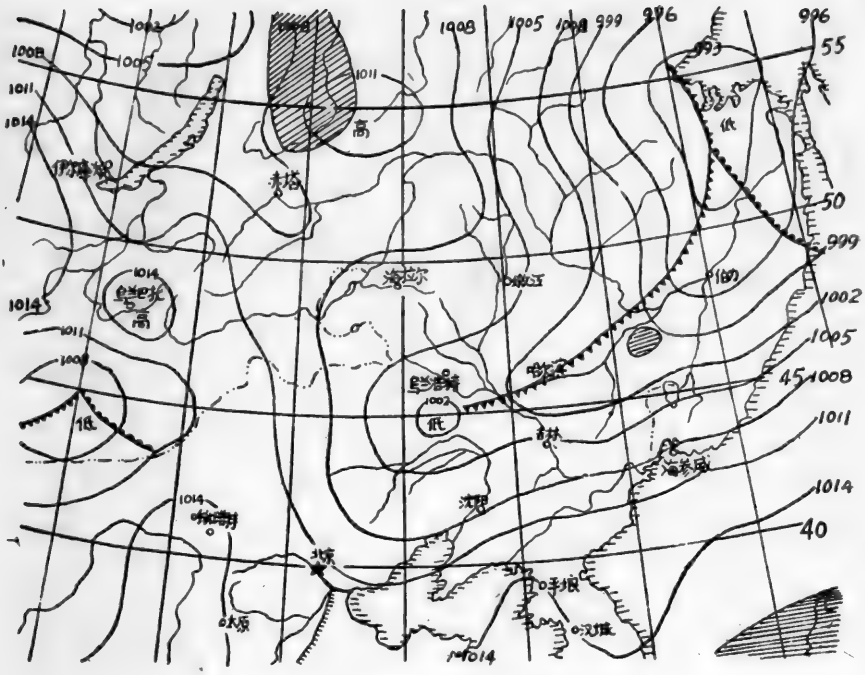
附图Ⅱ-2　地面天气图(1956.5.25.20时)



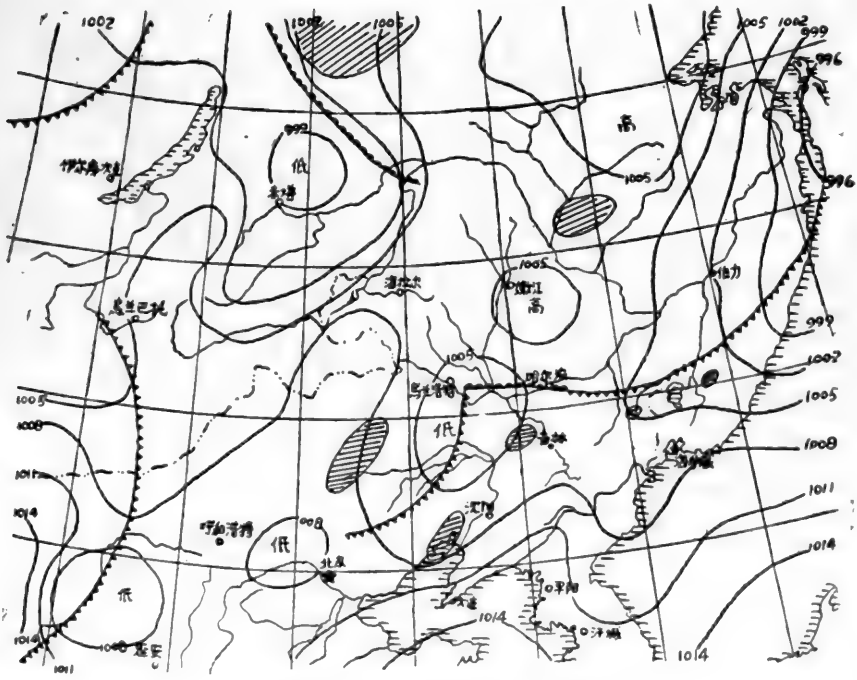
附图Ⅱ-3　地面天气图(1956.5.26.08时)



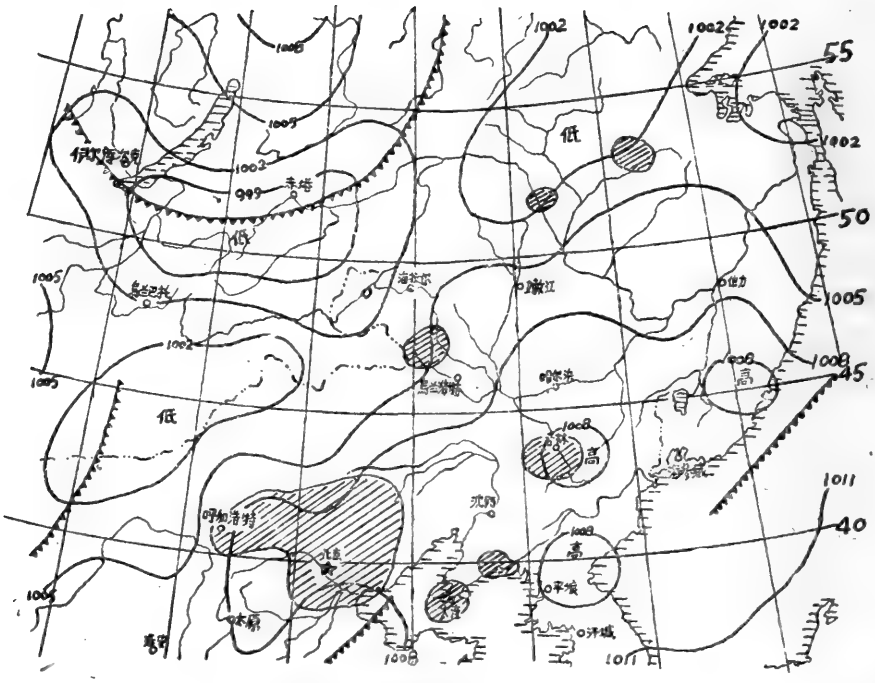
附图Ⅱ-4　地面天气图(1956.5.26.20时)



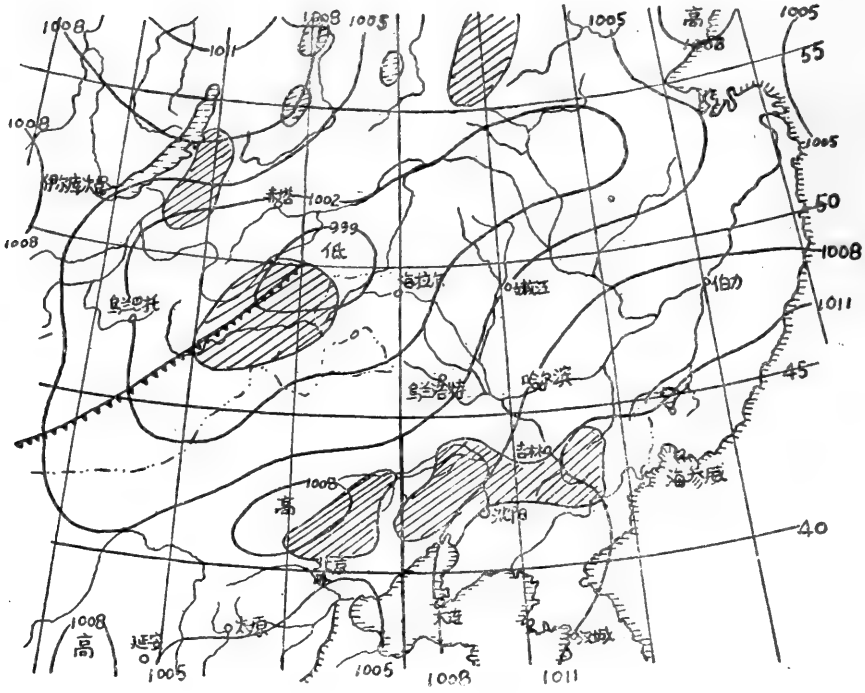
附图Ⅱ-5　地面天气图(1956.5.27.08时)



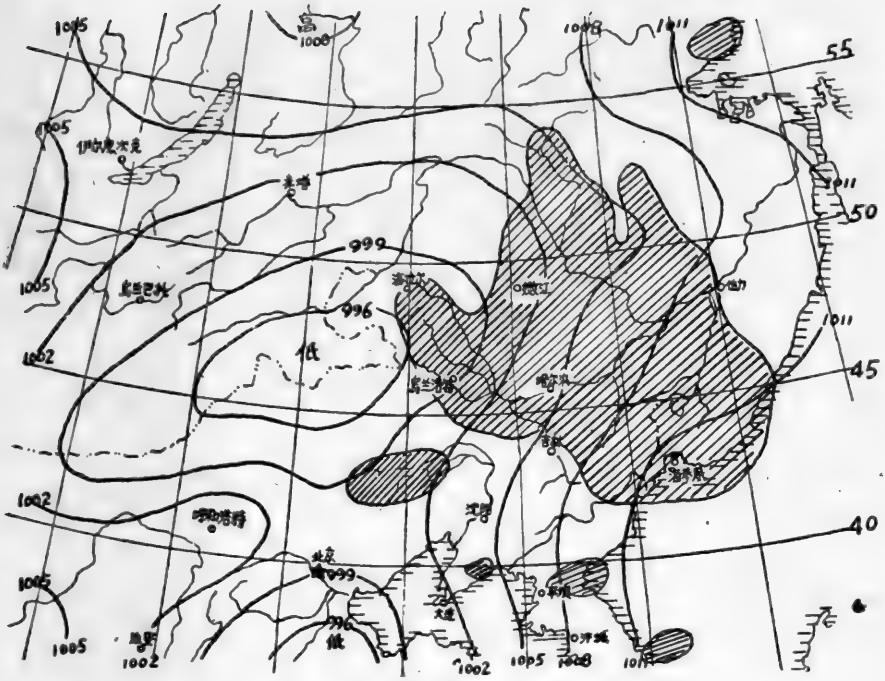
附图Ⅱ-6　地面天气图(1956.5.27.20时)



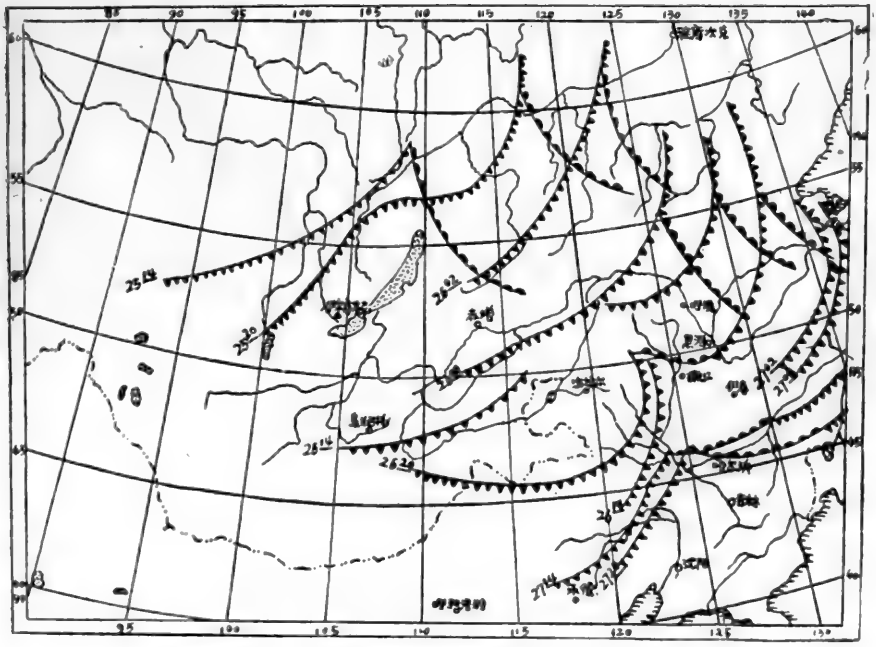
附图Ⅱ-7　地面天气图(1956.6.2.20时)



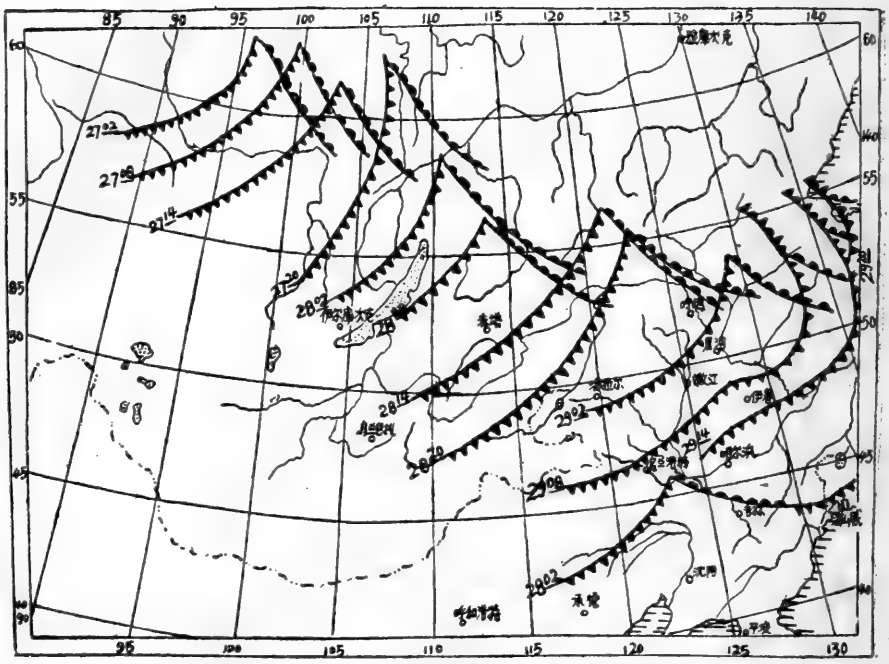
附图Ⅱ-8　地面天气图(1956.6.3.08时)



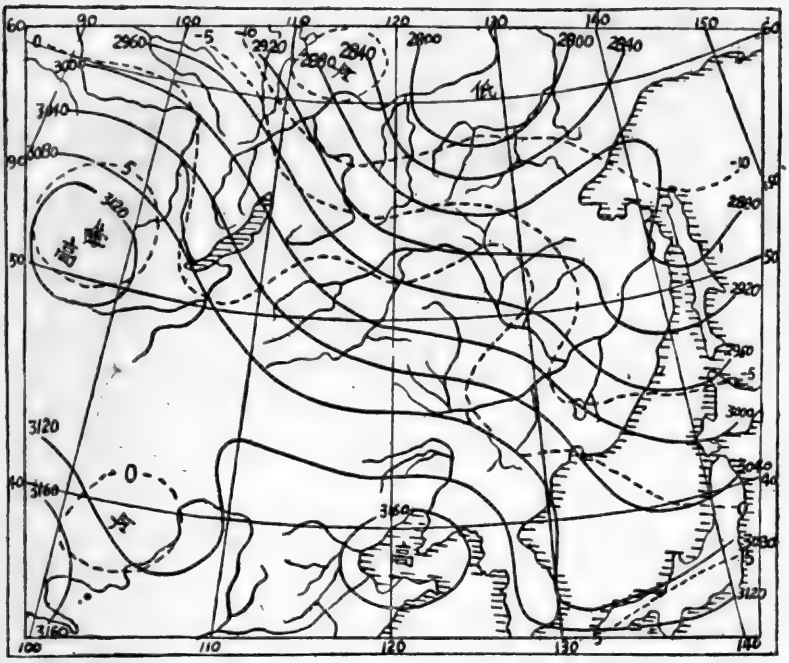
附图Ⅱ-9　地面天气图(1956.6.3.20时)



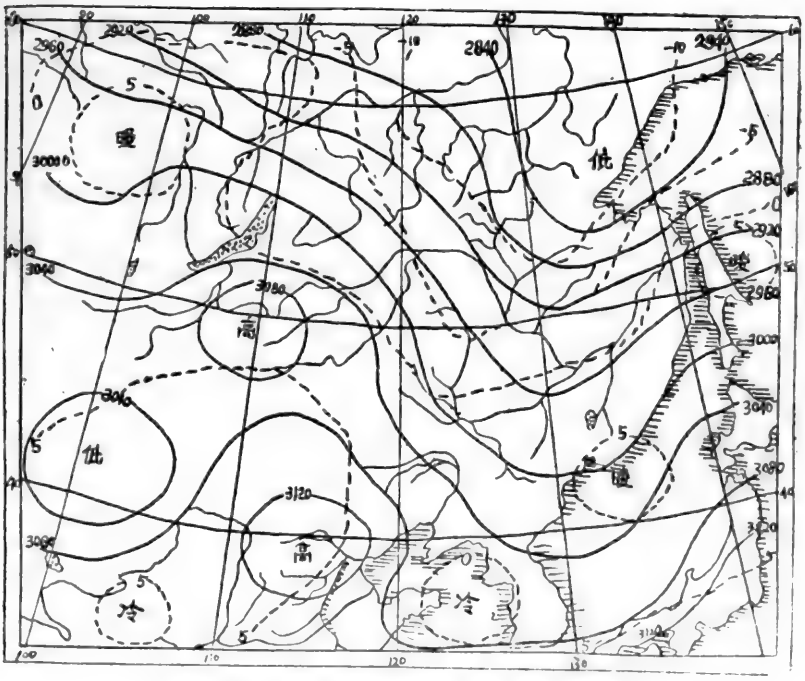
附图Ⅱ-10　貝加尔湖气旋位移图(1956.5.25、26、27日)



附图Ⅱ-11　貝加尔湖气旋位移图(1956.5.27、28、29日)



附图Ⅲ-1　700 гб 高空形势图(1956.5.26.11时)



附图Ⅲ-2　700 гб 高空形势图(1956.5.27.11时)

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
边履剛　魏菲利　楊篤生

目　　次

一、引言
二、地形、地質及气候概述
三、植物地理景观及羣系
四、燃烧性的研究方法
　(一) 类型綜合特性的考察
　(二) 植物个体的物理化学性的測定分析
五、燃烧性等級的划分标准
　(一) 着火性
　(二) 蔓延性
　(三) 火災強度
六、燃烧性等級在防火实践上的应用
　(一) 預报方面
　(二) 航空护林方面
　(三) 林場防火技术設施方面
　(四) 扑火方面
七、結語

一、引　　言

最近 50 年来，世界各国在森林防火上，为了确定森林燃烧性划分森林各地段的火災危险等級(以下簡称火险級)，展开了一系列的实驗和研究工作。

在苏联，И. С. 米列霍夫 (1939) 首先研究了火災危险性与森林类型及不同自然条件的关系，确定了火险級，后来到 1947 年，他又按不同的林型組研究了各林分的燃烧性划分了火险級。 В. Г. 聶斯切洛夫按土壤的干湿情况、树种及火源距离該地段的距离和火源性質确定了三个火险級，每級有三个亚級，一共九个亚級，这个分法的优点是分类簡单，容易掌握，其缺点是对于林緣附近的草地沒有明确的規定，并未考虑到地被物种类的不同，从而这种等級在苏联远东的山地森林，在人烟稀少，火源复杂的地带就不太好用。

1956 年远东林业科学研究所 А. М. 斯特拉杜莫夫按有林地和无林地区划了森林各地段的火险級，确定了三个等級，这个方法曾在伯力边区，阿穆尔州和庫頁島等地試用效果很好，远东林业部門采用了这个方案，到 1958 年年底編制了远东主要森林的防火整体規划，大大提高了防火的效果。

我国从 1955 年中国科学院林业土壤研究所，曾按大气候带、地形、植物分布，将大兴安岭、小兴安岭及完达山脉、长白山本脉划分了三个地理景观带，根据这三个景观带的燃烧性之不同，分别区划为三个火险区**，作为航空护林力量分配的依据，随着森林經营事业的发展，营林机构普遍設立，經营強度加大，这样大区域的划分，已經滿足不了現实的要求，从 1957 年林业土壤研究所着手对大兴安岭的地理景观区一直到林型、草本、灌木的

* 吳凤生、朱廷曜、胡国生、毕庶春、张守仁、赵錚等同志参加部分工作。
** 参看王正非等著"护林防火研究报告汇編"科学出版社，1957。

植被类型以及各种采伐迹地等进行了細致的考察，以求林場或营林区的火险区划分，都能有一定的标准。黑龙江省林业科学研究所也在同年开始了不同森林地段的火险級划分的研究，根据林分結构、林龄、林地杂乱度等划分出有系統的火险級分类法，并結合林业上的防火經驗，划分保护区为最小的护林单位，对于防火实践上，提供了創造性的意見。

林业土壤研究所在 1957 年研究的基础上，进行了实地的火烧試驗，以驗証过去在室內試驗、分析的結果。

这項研究的目的是为了确定各植物羣系的实际燃烧性能、划分火险等級，以供火災危险天气預报、航空护林、林場防火技术設計以及扑灭火災等方面的重要依据。

由于問題的复杂，且又属于新的理論的探究。在这里采用了地植物学，物理化学和气象学的研究方法。基于自然条件下，影响着火与火災蔓延的因子甚多，在研究的过程中，只能假定天气条件是固定的，进行了各种类型的燃烧性的对比，在天气条件改变时，特别在极干旱的年代，是否这种对比关系，在很大程度上要有改变，还須进一步地实驗以及对現在的等級随經驗的增长而加以改进，这个課題将成为林业工作者，气象工作和物理化学工作者的光荣任务。

二、地形、地质及气候概述

地形 大兴安岭的地理位置是在北緯 49°40′—53°20′ 和东經 120°—126°35′，成西南往东北走向，为蒙古高原与东部平原的分界綫。东翼陡峻（有阶梯断层），沒于松辽平原；西翼和緩，斜接蒙古高原形成一个拗折。北部及西北部逐漸下降至額尔古納河及黑龙江畔；东北部与小兴安岭相接；西南部与阴山山脉相接。整个大兴安岭山脉分割較碎，有連綿性，起伏不大，山势渾圓，坡度比較平緩，属緩坡或中等坡度，20° 以上的陡坡則很少見到。由于火山的活动而使岩层錯乱形成凹凸不平的地形，大的河流造成了較寬广的河谷平地；由于远古（第四紀）冰川侵蝕的影响，在大兴安岭的丘陵間有較寬平的河谷，山間平地，在西北及西南尤为显著。

大兴安岭山地，寬 200—400 公里，纵长 1400 公里，山脊拔海 1600—1700 公尺，主峯索岳尔济山拔海 2100 公尺为兴安岭山地最高峯。一般的山頂高度在 700—1300 公尺之間。

地质 大兴安岭的地质构造为东北走向的大地槽，悉为华夏型构造单位，一般称之为大兴安岭折皺带，亦称黑森折皺带，其基础是上部古生代造山运动所造成的华夏式构造基础。由于有大量的火成岩（花崗岩、斑崗）侵入构成了山脉的主体。中生代以后又經过多次的造山运动而使山地变为准平原，以后受挠曲或上升拗折作用而形成北北东—南南西走向的山脉；由于火山的活动，中生代到第四紀有大量的各种火山噴出岩噴出，并有花崗岩侵入，目前在整个大兴安岭噴出岩占总面积的 40%（大兴安岭的最高点就是噴出岩构成的），花崗岩 20%。

大兴安岭的折皺是东陡西緩不对称的大拗折在第四紀东側发生断层，形成三、四級阶梯地形。

在針叶林下阴暗重湿的地区为花崗岩，在闊叶林下潮潤和干燥的地区为片麻岩；在加疙疸及莫尔道卡的河岸两旁分布有玄武岩。古納和加疙疸地区之母岩为花崗岩、片麻岩及頁岩，图里河及根河地区为石英粗面岩及安山岩；呼瑪地区为安山岩，粗面岩和花崗岩。

由于上述母岩的关系大兴安岭的土壤則多为生草灰化土及泥炭質土。

气候　大兴安岭位在我国最北部，远离海洋，冬季酷寒，夏季炎热，干燥少雨。故属于寒冷半湿潤及寒冷半干燥类型的雪林气候。

(1) 环流大势　由于它位于西风带內，遭受高低气压活动的影响。在冬季有蒙古高压及阿留申低压，夏季有太平洋高压及大陆低压，由于大兴安岭紧接蒙古高原，故冬季为蒙古高压控制，每当西风带高空大低压槽自蒙古东移，槽后強烈寒潮向东南推进，气温急剧下降，寒潮冷鋒过境，气压大見增高，經常出現大风。夏季为太平洋高压及大陆低压的影响，此时盛行风向多为东南，南向。由于太平洋高压带来的东南季风，高温水汽丰富的气团与鄂霍次克海高压的东北季风，温低水汽少的气团在地形抬高作用下而发生不稳定地形雨，增加山地的湿度，有助于森林的发育。同时它們与大陆气团相接触时形成鋒面和气旋，最易降雨。春季大陆高压势力減弱，且自貝加尔湖及蒙古移来的低压，到达此区常加深，暖区內高温湿度低少雨并引起南大风，极有利于着火和蔓延。秋季蒙古高压势力复振，故大风天气及降水日数更較春季为多。

(2) 气候的主要特征　对本区气候影响最大的是地理緯度和季风环流，其次地形、海流及地表面性質都有一定的影响。大兴安岭緯度最高，冬季盛行极地大陆性气团，夏季有时热带海洋空气流入，造成冬夏之間温差甚大，冬干夏湿的特点。

年均温均在 −2°C 左右，隆冬严寒，一月气温在 −28°C 至 −30°C 左右，有六个月以上的冰期；夏季凉，七月气温在 22°C 以下，北部 16°C 左右。生长季节約 100 天左右，霜期九个月以上，冬季积雪 140 厘米以上，地下 1 米左右常有永冻层，夏融仅及表层(阳坡 60—80 厘米，阴坡 30—50 厘米)；年降水量为 300—500 毫米，可达 600 毫米。

呼倫貝尔高原(三河地区)属于半干燥寒温带大陆性气候，年降水量 300 毫米左右，年平均温度 −3°C 左右。夏季凉爽，七月气温在 20°C左右。隆冬酷寒，一月气温在 −28°C 左右，冬长八个月(自十月中旬到次年三月下旬)，在这期間地表冰冻。

三、植物地理景观及羣系

大兴安岭的植物是苏联西伯利亚东部达弗利亚地区延伸过来的分布区，植物种主要是亚高山及高山植物。

大兴安岭的植物地理景观基本上可以划分为山地森林和平原地带的草原二个带。在山地森林和平原草原之間还可以划出一条带状分布的森林草原或散树草原。

随着地理环境的变化、自然災害和人們的活动，現有的森林植被和草原带的分布可以划分为六个植物地理景观区(見图 1)和三十三个植物生境条件类型。

[一] 山地泰加林景观区

(一) 灌木羣系

1. 杜鵑落叶松林
2. 磯躑躅落叶松林
3. 杜鵑白樺林
4. 杜鵑山楊林
5. 兴安檜偃松落叶松林
6. 兴安檜偃松羣丛

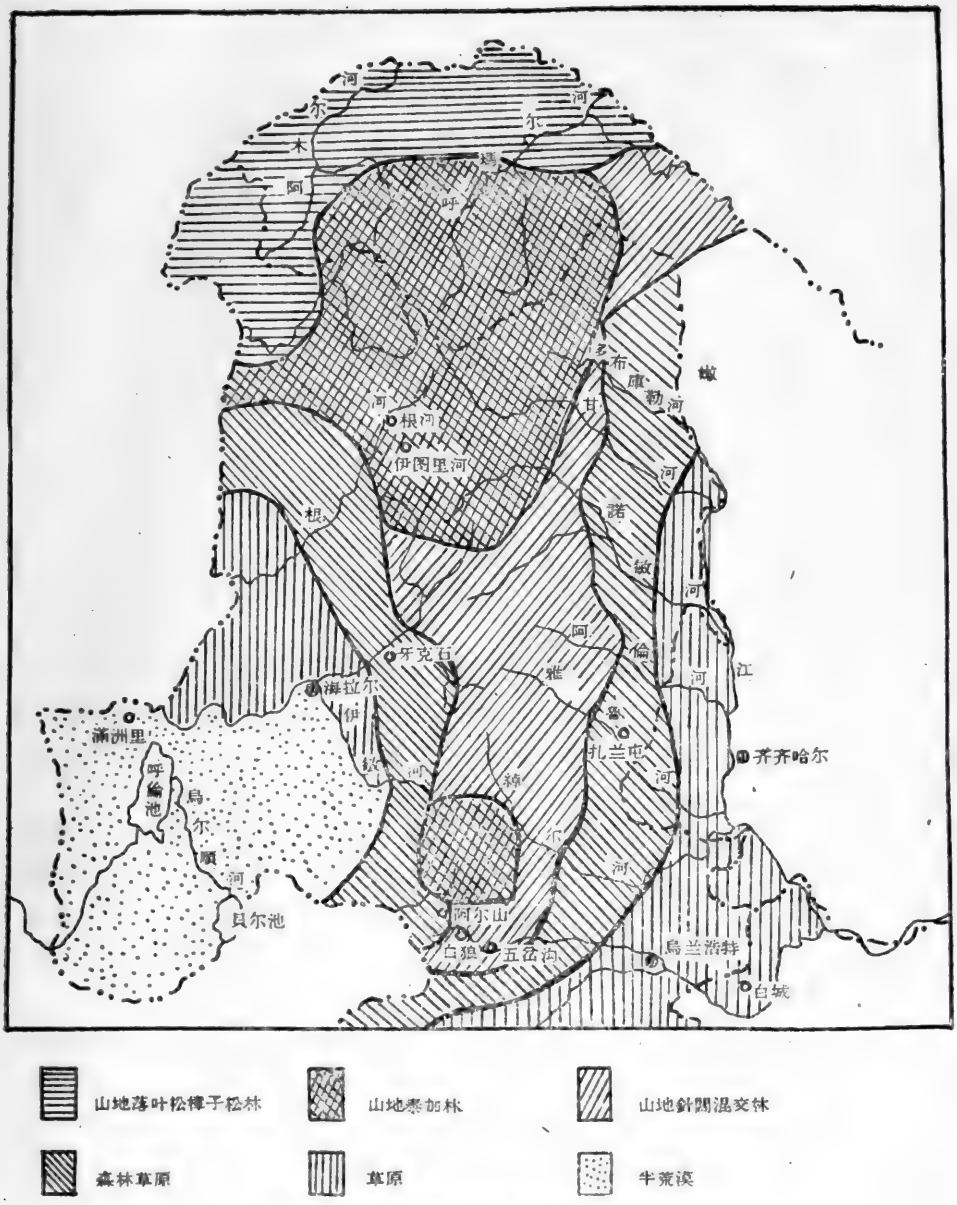


图 1. 大兴安岭植物地理景观分布区划

（二）草类羣系

7. 苔草灌木甸子
8. 草类落叶松林
9. 草类山楊林
10. 草类白樺林
11. 苔草湿草地
12. 禾本草草地
13. 禾本草落叶松林

14. 塔头苔草落叶松林

（三）地衣藓类羣系

15. 地衣藓类羣丛

16. 綠苔水藓落叶松林

17. 磯躅躑水藓落叶松林

18. 水藓偃松落叶松林

［二］山地落叶松樟子松林景观区

（一）灌木羣系

19. 杜鵑越橘樟子松林

20. 杜鵑落叶松林

21. 磯躑躅落叶松林

22. 杜鵑白樺林

23. 杜鵑山楊林

（二）草类羣系

24. 苔草灌木甸子

25. 草类落叶松林

26. 草类山楊林

27. 草类白樺林

28. 苔草湿草甸

29. 禾本草草地

（三）地衣藓类羣系

30. 綠苔云杉林

［三］山地針闊混交林、山地闊叶林景观区

（一）灌木羣系

31. 胡枝子柞树林

32. 榛子黑樺林

33. 榛丛

34. 散生落叶松杜鵑白樺林

35. 殘存磯躑躅落叶松林

（二）草类羣系

36. 柞树落叶松林

37. 散生落叶松草类白樺林

38. 殘存草类落叶松林

39. 塔头苔草湿草地

40. 禾本草草地

41. 五花草地

42. 草类黑樺林

43. 草类白樺林

［四］森林草原景观区

(一) 灌木羣系

44. 柞树灌丛

45. 柞树黑樺灌丛

46. 柳树灌丛

(二) 草类羣系

47. 五花草地

48. 草类白樺幼林

49. 草类山楊白樺幼林

[五] 草原景观区

[六] 半荒漠景观区

四、燃烧性的研究方法

森林火災的发生和蔓延必須具备:(1)燃烧物(森林死地被物、干枯的草类、倒木、立枯木、采伐殘物及活地被物等等);(2)对燃烧有利的条件(气象因子、地理环境、森林特性……等);(3)火源。然而这三个因素是互相联系、相互制約着的,缺一則森林火災就不能发生和蔓延。

人們都很清楚,森林火災最初的燃烧物是森林死地被物、干枯草类、采伐殘物、倒木等,然后才涉及到活地被物及林木,但这可能性仍然是少数。

森林燃烧物的着火性和蔓延性与森林的特性、人們的活动及气象要素等有密切的关系,因此对于每一个要素均应单独的进行考察。

森林特性就是指森林死地被物及活地被物等的分布、組成及数量的状况以及植物个体的物理化学性差异。

森林燃烧物的含水率取决于地形、方位、土壤及气象因子的影响,也就是說它被位于上述因素不同的条件下随着森林地段的不同而异,这样,不同的森林地段就具有不同的燃烧性。

森林地段就是整个森林的綜合体,它都表現在"植物生境条件类型"这个概念中,所以主要的任务就是弄清楚森林燃烧性与不同植物生境条件类型的相关性。

为了考察各种不同植物生境条件类型的燃烧性,二年来我們按二种方式来进行的:1)类型綜合特性的考察——包括类型結构、組成、地形、种类、可燃物的分布及单位面积总量与点火試驗等項目;2)植物个体的物理化学特性的考察——包括含脂量、燃烧温度(着火温度)、燃烧热及可燃性气体含量等。现分别簡述如下:

(一) 类型綜合特性的考察

I. 草类羣系

1. 草类落叶松林

分布較普遍,以西部为最多。通常分布在海拔700—1000米之間。多見于山坡的下部和中部具有中生草壤土的緩坡上,坡度一般在4—5°,坡向多为西坡、西北坡和东北坡。

純林,有时混有少量白樺和山楊;在过熟阶段时則形成二层林(图2)。疎密度0.6—

0.8。

下木稀疎，有大叶杜鵑（*Rhododendron mucronulatum*）、綉綫菊（*Spiraea sericea*）等。

草类植物种类繁多，复盖面积常在 80—90% 以上。其中常見而最多的是越橘，較多的有紅花鹿蹄草、苔草、禾本草等。其植物組成如下：

植物名	多度	植物名	多度
大叶杜鵑(*Rhododendron mucronulatum*)	sp	沙　参(*Adenophora* sp.)	sp
綉綫菊(*Spiraea sericea*)	sp	草　藤(*Vicia venosa*)	sp
越　橘(*Vaccinium vitis-idaea*)	cop^3.soc.gr	草　莓(*Fragaria orientalis*)	sol
鹿蹄草(*Pirola incarnata*)	cop^1	悬钩子(*Rubus acticus*)	sol
苔　草(*Carex* sp.)	cop^1	林奈草(*Linnaea borealis*)	sp
野青茅(*Calamagrostis* sp.)	cop^1	磧躑躅(*Ledum palustre*)	sol
舞鶴草(*Majanthemum bifolium*)	sp	苔　类(*Dicranum*)	sol

单位面积可燃物总量 674.2 克/米^2。

2. 草类白樺林

分布地区与草类落叶松林相似，是白樺林中最常見的一种类型，为落叶松林破坏后派生而成，一般为純林，有时混有落叶松，偶尔也有山楊混生。疎密度 0.6—0.8。（图 3）

图 2. 草类落叶松林

图 3. 草类白樺林

下木稀少，草类較多，与草类落叶松林相似复盖地表在 90% 以上，单位面积可燃物总量 308.7 克/米^2。

3. 草类黑樺林

分布于海拔 200—1000 米之間，位于阴坡、半阴坡中上部，坡度 5—10°。純林，混有少量的柞树及白樺，有时也可見到山楊。疎密度为 0.2—0.5。（图 4）

下木不多，仅見到胡枝子（*Lespedeza bicolor*）及柳（*Salix* sp.）二种。

草类植物种类繁多，最多的是蒿类（*Artemisia*），其次为莎草（*Carex*），草藤（*Vicia*）等，其組成如下：

植物名	多度	植物名	多度
艾蒿(*Artemisia sibirica*)	cop^3	石竹(*Dianthus chinensis*)	sol
裂叶艾蒿(*Artemisia laciniata*)	sol	小鸢尾(*Iris uniflora*)	sol
歪头菜(*Vicia unijuga*)	sp	洋火头花(*Stellera chamaejasme*)	sol
唐松草(*Thalictrum* sp.)	sp	芍药(*Paeonia albiflora*)	un
泥胡菜(*Saussurea* sp.)	sp	野火球(*Trifolium lupinaster*)	sol
薹草(*Carex* sp.)	cop^1	苦类(*Dictamus dasicarpus*)	un
黄花菜(*Hemerocallis minor*)	sp	柳叶兰(*Chamaenerion angustifolium*)	sol
地榆(*Sanguisorba officinalis*)	sp		

单位面积可燃物总量为319.6克/米^2。

4. 禾本草落叶松林

分布于阳坡及半阳坡，也有分布于阴坡、半阴坡的。海拔高度为1200米至1500米之間的山坡，坡度一般为10—20°，陡坡上也能見到。此类型的分布面較广，从沟塘一直到山頂，但在阴坡則只見于上部，下部則为杜鵑落叶松林所占据。这一点是与北部（根河一带）的草类落叶松林显著不同的地方；另外此林分下地被物中无越橘存在，只有与杜鵑落叶松林接壤处才有局地分布。

图4. 草类黑樺林

此类型多为純林（图5），个别地于下部混生白樺——10落＋白樺。立木生长良好，90—100年生的落叶松立木高度可达25米，胸径35—40厘米。

此类型无下木，有时只見到散生于林地上的少数綉綫菊（*Spiraea sericea*），在与杜鵑林交接处有杜鵑及越橘。

草本植物种类繁多，以禾本草（*Calamagrostis*）为主。其組成如下：

植物名	多度	植物名	多度
野青茅(*Calamagrostis*)	cop^3—cop^3. soc	泥胡菜(*Saussurea* sp.)	sol
薹草(*Carex* sp.)	cop^1	沙参(*Adenophora* sp.)	sol
草藤(*Vicia venosa*)	cop^1	走马芹(*Angelica dahurica*)	sol
蒿(*Artemisia* spp.)	cop^1	牻牛苗(*Geranium dahuricum*)	sol
歪头菜(*Vicia unijuga*)	sol	电灯花(*Polemonium liniflorum*)	sol
鸢尾(*Iris uniflora*)	sp	兴安薔薇(*Rosa dahurica*)	un
草莓(*Fragaria orientalis*)	sp	唐松草(*Thalictum* sp.)	sol
銀莲花(*Anemone* sp.)	sol	柳叶兰(*Chamaenerion augustifolium*)	sol
蚊子草(*Filipendula palmata* var. *tomentosa*)	sp	砧草(*Galium dahuricum*)	sol

單位面积可燃物总量为401.7克/米^2。

图5. 禾本草落叶松林

5. 草类山楊白樺林

多見于阴坡、半阴坡中上部，呈团羣状密生林相（图7），年龄多在5—10—20年生。它是森林草原及闊叶林草甸草原带常見的一种类型，为植物长期演变及解放前砍伐及山火造成，在解放后几年来封山育林保护下而发育起来的，所以植被从外观上看来还是以草本植物为主。

林分疎密度为0.6—0.8；林木高度一般为1.5—3.0米，每公頃12000株以上。下木几乎沒有見到，仅在平坦的緩坡上局部見到团状生长的兴安柳。

草本植物种类繁多而茂密，其中以禾本草及苔草为最多（图6），其組成如下：

植物名	多度	植物名	多度
野青茅(*Calamagrostis* sp.)	cop[1]	砧草(*Galium dahuricam*)	sol
莎草(*Carex* sp.)	cop[2]	銀莲花(*Anemone* sp.)	sol
羽茅(*Stipa* sp.)	sol	舞鶴草(*Majanthemum bifolium*)	sol
君影草(*Convallaria majalis* L. var. *manshurica* Kom.)	cop[2]	草藤(*Vicia venosa*)	sol
		野火球(*Trifolium lupenastre*)	un
黄花菜(*Hemerocallis minor*)	cop	泥胡菜(*Serratula centauroides*)	sol
地榆(*Sanguisorba officinalis*)	sp	电灯花(*Polemonium liniflorum*)	un
蒿(*Artemisia* spp.)	sp	委陵菜(*Potentilla* sp.)	sol
唐松草(*Thalictrum* sp.)	sp	白头翁(*Pulsatilla* sp.)	sol. gr
芍药(*Paeonia albiflora*)	sol		

單位面积可燃物总量为312.7克/米²。

6. 塔头苔草落叶松林

分布于山地泰加林景观区內的排水不良的山間谷地和河流两岸的积水低地。土壤为泥炭腐殖質潛育土。

此类型为一种特殊的由木本植物和草本植物混生的沼泽景观。（图8）

林下灌木少見，仅可見到成丛生长的綉綫菊（*Spiraea sericea*）。

草本植物主要为苔草（*Carex* sp.）为主，多形成所謂"踏头墩子"的草丛，在草丛中混生有 *Calamagrostis Langsdorffii*, *C. hirsuta*, *Sanguisorba parviflora*, *Eriophorum vaginatum*, *Comarum Palustre*, *parnassia palustris*, *Iris sibirica*, *Geranium* 等湿生草类。

图6. 草类山楊白樺林(烏尔其汗)

图7. 草类山楊白樺林团状生长外貌

图8. 塔头苔草落叶松林(阿尔山)

7. 散生落叶松草类白樺林

分布于山地針闊混交林景观区海拔 1000—1400 公尺間的阴坡、半阴坡中上部。它是一种过渡类型,由于火烧及砍伐后形成的,如果对其加強保护及經营可以恢复針叶林景观。

林木組成为 8 樺 2 落,疎密度 0.5—0.7;平均高度 12 米,平均胸径 18 厘米,年龄 40—60 年。

林下植物以草类为主,具有白樺林的代表植物,也具有落叶松林的代表植物(图 9),其組成如下:

植物名	多度	植物名	多度
莎草(*Carex* sp.)	cop^2	蚊子草(*Filipendula palmata* var. *tomentosa*)	sol
野青茅(*Calamagrostis* ssp.)	sp	唐松草(*Thalictrum* sp.)	sol
牻牛苗(*Geranium* sp.)	sp	草藤(*Vicia venosa*)	sol
草莓(*Fragaria orientalis*)	sp	电灯花(*Polemonium liniflorum*)	un
悬鈎子(*Rubus* sp.)	sol	砧草(*Galium dahuricum*)	sol
七瓣莲(*Trientalis europaea*)	sp	鸢尾(*Iris uniflora*)	sol
舞鶴草(*Majanthemum bifolium*)	sp		

單位面积可燃物总量为 188.1 克/米^2。

8. 塔头苔草湿草地(沼澤)

分布于排水不良的山間谷地及河流小溪两旁的积水低地上,通称之为"塔头甸子"或"草甸子",土壤一般为泥炭腐殖質潛育土。

此类型的植物种类与塔头苔草落叶松林相似。但它是一种純草本植物的疎丛和密丛沼泽。前者为苔草沼泽的一种;后者为烏拉草塘的一种。主要植物是莎草科的苔草和禾本科的大叶樟及小叶樟。在草丛中也生长有少量的伴生植物种如蔷薇科的水地榆(图 10)。

此类型的植被組成如下:

图 9. 散生落叶松草类白桦林

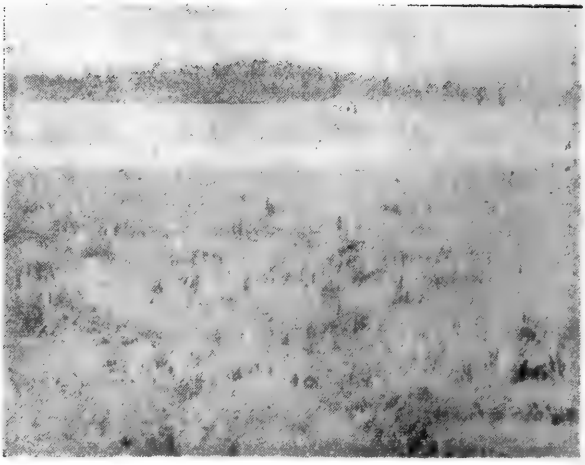


图 10. 塔头苔草沼泽地

植物名	多度	植物名	多度
根丛苔(*Carex schmidtit*)	cop³	水地榆(*Sanguisorba parviflora*)	sol
大叶樟(*Calamagrastis Langsdorffii*)	cop²	水莓(*Comarum palustre*)	sol
小叶樟(*Calamagrostis hirsuta*)	cop²	画眉管(*Eriopharum vaginatum*)	sol
莎草(*Carex meyeriana*)	cop³	鸢尾(*Iris sibirica*)	sol

單位面积可燃物总量为 550 克/平方米。

植物名	多度	植物名	多度
大叶樟(*Calamagrostis Langsdorffii*)	cop³.soc	綉綫菊(*Spiraea sericea*)	sp
小叶樟(*Calamagrostis hirsuta*)	cop².sol	蒿(*Artemisia* sp.)	sol
根丛苔(*Carex schmidtit*)	cop¹	蚊子草(*Filipendula palmata* var. *tomentosa*)	un
刺梅果(*Rosa acicularis*)	cop¹		

單位面积可燃物总量为 475.7 克/米²。

图 11. 禾本草草地

9. 禾本草草地

此类型与上述塔头苔草沼泽分布地带相类似，但此类型是在山坡下部及較高的平坦地上，只有局部低洼地为苔草沼泽，一般无沼泽化現象，而土壤比較湿潤，为強生草棕色森林土。

此类型的植物除了草本植物外尙散生有綉綫菊及刺梅果等灌木（图 11）。此类型植物組成如下：

10. 禾本草五花草地

分布于森林草原地带，多見于平

坦地及阳坡的石砾质山坡上以及河岸草地上的阶地上。土壤为棕色森林土和干燥草甸土。

此类型的草本植物以禾本草为主;在山坡上部则以蒿类为主,这里的植物*有:

針 綫 草(*Stipa baicalensis*)
毛稈落草(*Koeleria mandschurica*)
黃 花 葱(*Allium senescens*)
酸　　漿(*Polygonum divaricatum*)
委 陵 菜(*Potentilla fragarioides*)
穗花棘豆(*Oxytropis hirta*)
草　　藤(*Vicia pseudorobus*)
变叶堇菜(*Viola variegata*)
防　　风(*Siler divatricatum*)
龙　　胆(*Gentiana squarrosa*)
黃　　岑(*Scutellaria baicalensis*)
荊　　芥(*Nepeta lavandulacea*)
柳 穿 魚(*Linaria vulgaris*)
岩 敗 腐(*Patrinia rupestris*)
山 菊 花(*Scabiosa Fischerii*)
泥 胡 菜(*Serratula centauroides*)
唐 松 草(*Thalictrum squarrosum*)
胡 枝 子(*Lespedeza dahurica*)
苜　　蓿(*Medicago denticulata*)
兎 子 毛(*Tanacetum sibiricum*)

11. 柞 树 落 叶 松 林

分布东部地区(呼瑪一带)最多,海拔 300—500 米的南山坡(坡度 5° 以內的緩坡),也有在 500—600 米的陡坡上(5—20°)。一般情况下立木組成为 10 落 + 白樺 + 柞树,疎密度为 0.4—0.8。

灌木呈团状分布不均匀,复盖地表 60%,代表种是柞树林下的胡枝子及榛子,在树冠阴蔽处有落叶松林的代表植物大叶杜鵑。

草本地被物种类繁多,复盖地表 60% 以上,最主要的有莎草,其次为蒿类等,其組成如下:

植　　物　　名	多　度	植　　物　　名	多　度
胡 枝 子(*Lespedeza bicolor*)	cop[1]	蒿　　类(*Artemisia laciniata*)	sp
銹 綫 菊(*Spiraea sericea*)	sp	鹿 蹄 草(*Pirola incarnata*)	cop[1]
榛　　子(*Corylus heterophylla*)	cop[1]	白 头 翁(*Pulsatilia patens*)	sp
大叶杜鵑(*Rhododendron mucronulatum*)	sol	地　　榆(*Sanquisorba parviflora*)	sol
刺 梅 果(*Rosa acicularis*)	sol	牻 牛 苗(*Geranium dahurica*)	sol
莎　　草(*Carex* sp.)	cop[2]	荇　　朮(*Atractylodes ovata*)	sol
君 影 草(*Convallaria majalis* var. *manshurica* Kom.)	cop[1]	烏苏里草藤(*Vicia ussurensis*)	sol
		野 火 球(*Trifolium lupinaster*)	sol
野鷄翎子(*pteridium aquilium*)	cop[1]	唐 松 草(*Thalictrum aquilegifolium*)	sol
悬 鈎 子(*Rubus saxatilis*)	sp	黃　　精(*Polygonotum acuminatifolium*)	sol
草　　莓(*Fragaria orientalis*)	sp	囊　　兰(*Cypripedium calceolens*)	sol

12. 苔 草 灌 木 草 甸

分布于寬闊平坦的河谷低地上,在楊、柳河岸洼地林的上部,寬可达 200—300 米。主要灌木为丛樺,其次有少量的金蜡梅、沼柳等(图 12)。

草本植物主要为根丛苔,也有单株生长的地榆。也有蘚类生长,其組成如下:

* 据 T. П. 高尔捷也夫資料。

植　物　名	多　度	植　物　名	多　度
丛　樺(*Betula fruticosa*)	cop^2. gr	水　莓(*Comarum palustre*)	sol
矮脚柳,沼柳(*Salix rosmarinifolia*)	sp.	水　藓(*Sphagnum squarrosum*)	sp
根丛苔(*Carex schmidtit*)	cop^3. gr	小叶杜鵑(*Rhododendron parviflora*)	sol
野青茅(*Calamagrostis* ssp.)	cop^2	越橘柳(*Salix myrtilloides*)	sol
地　榆(*Sanguisorba parviflora*)	sol		

單位面积可燃物总量为542.4克/米。

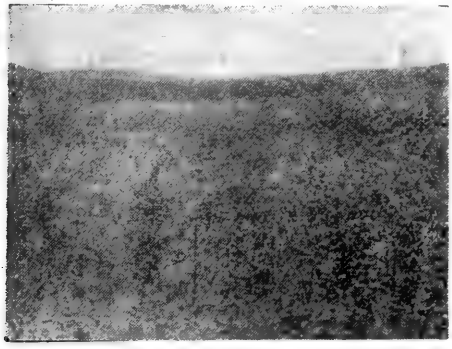


图 12. 苔草灌木草甸

II. 灌木羣系

13. 杜鵑落叶松林

分布在海拔300米以上（但不超过1100米）的不同山坡和坡度，但一般在20—10°的緩坡和中坡。也有分布在陡坡及分水岭上。坡向一般是东北坡、北坡。

在大兴安岭的东部地区，該类型則分布在北坡上部，南部地区(阿尔山)則分布在阳坡中下部，即禾本草落叶松林的下限。

此类型多为純林，有时混有少量的白樺，結构簡单，一般是单层。林分疎密度一般为0.6，有时在0.9以上，立木蓄积平均为230立方米。

由于火災的关系，立木很多根腐及心腐，約占总株数的56%。

下木比較发育，成羣状分布，复盖度在50%以上。下木的种类不多，主要的是大叶杜鵑，其次有矮赤楊、綉綫菊等，这些灌木往往形成难以通行的灌木丛(图13)。

图 13　杜鵑落叶松林

地被物种类比草类林要少得多，复被率在70%以上，其中分布最多的是杜鵑的伴生种越橘，它形成羣状生长，在下木稀疎的地方可以見到一些散生的拂子茅、莎草、紅花鹿蹄草、草藤及柴胡等，其組成如下：

植　物　名	多　度	植　物　名	多　度
大叶杜鵑(*Rhododendron macronulatum*)	cop^3.soc	草莓(*Fragaria orientalis*)	sp
刺梅果(*Rosa acicularis*)	sol	草藤(*Vicia venosa*)	sol
綉綫菊(*Spiraea sericea*)	sp. gr	磯躑躅(*Ledum palustre*)	sp. gr
莎草(*Salix* sp.)	sol	舞鶴草(*Majanthemum bifolium*)	sp.
赤楊(*Alnus sibirica*)	sp. gr.	蒿类(*Artemisia*)	sol
蓝靛果(*Lonicera coerulea*)	un	莎草(*Carex* sp.)	sol
越橘(*Vaccinium vitis-idaea*)	cop^3	林奈草(*Linnaea borealis*)	cop^1. gr.
野青茅属(*Calamagrostis*)	cop^1	苔类(*Dicranum*)	sol
鹿蹄草(*Pirola incarnata*)	sp. gr		

单位面积可燃物总量为940.83克/米^2。

14. 磯躑躅落叶松林

分布于阴坡或半阴坡下部地各个坡向的緩坡上（5—10°的山坡上），但主要是在海拔300—1000米的范围內。在西部地区分布不广，多在下、中部，喜生于小溪及泉源的附近。該类型基本上是純林，有时混有少量的白樺和山楊，然而这是不常見的，只是在林冠下有极少数的白樺幼树，每公頃不超过2000株。

林分疎密度一般为0.6—0.7，每公頃平均蓄积量为160—180立方米。病腐木很多，約达53%。

灌木以磯躑躅为最多，复盖面积在50%以上，是此类型的代表性植物（图15，14）。

图14. 磯躑躅落叶松林

地被物以越橘为最多，其他植物則散生于林地上，在低洼处有苔类生长。其組成如下：

植物名	多度	植物名	多度
磯躑躅（*Ledum palustre*）	cop^2-cop^3	丛樺（*Betula fruticosa*）	un
越橘（*Vaccinium vitis-idaea*）	cop^2	刺梅果（*Rosa acicularis*）	un
柳葉菊（*Spiraea sericea*）	sol	都食（*Vaccinium uliginosum*）	sol
野青茅（*Calamagrostis* sp.）	sol	草藤（*Vicia venosa*）	sol
鹿蹄草（*Pirola incarnata*）	sol	苔类（*Aulacomium* ssp.）	sp.
林奈草（*Linnaea borealis*）	sol	地衣（*Cladonia* sp.）	sol

单位面积可燃物总量为1005.4克/米^2。

15. 杜鵑越橘樟子松林

分布在大兴安岭的北部地区，成小块状分布于落叶松林中（面积1—400公頃），位于南向陡坡（10—55°）和分水岭上，海拔在300—850米，在大兴安岭中部地区的根河及銀河附近也有小面积生长，海拔可达1100米。

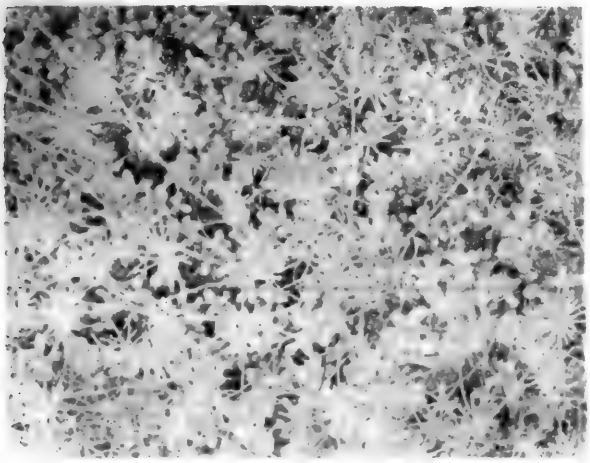


图15. 磯躑躅落叶松林地被物

此类型通常为单层林，由二个树种組成（樟子松和落叶松），而落叶松在此林分中則一般呈团状分布在山坡下部或低洼地区，其生长較樟子松高大。疎密度不均匀，平均多在0.5—0.6（图16）。

林下灌木与杜鵑落叶松林一样，复盖度50%，主要是大叶杜鵑，此外有刺梅果等；有时可見到胡枝子。

地被物复盖度70%，主要为越橘，其他有苔草、莎草等。

林地上落叶很厚，可达 5cm。

此类型的单位面积可燃物总量为 1018.8 克/米^2。

16. 杜 鵑 白 樺 林

此类型多見于杜鵑落叶松林的范围內，海拔 200—1200 米之間的不同坡向的緩坡中上部，山頂及山脊上。它是杜鵑落叶松林的派生林(火災后)，疎密度为 0.6—0.9 之間，为单层萌芽林。

图 16. 杜鵑越橘樟子松林

下木分布均匀，以大叶杜鵑占优势，复盖地面 70—80%；其中混生有矮赤楊（*Alnus fruticosa*）。

地被物与杜鵑落叶松林相似，主要为越橘，苔草、紅花鹿蹄草等；苔类很薄，呈斑点状分布。

17. 杜 鵑 山 楊 林

分布于各种坡向的中等坡度的山坡上，或山頂上成带状分布。它多成小块状分布于落叶松林及白樺林中。林中常混生有落叶松及白樺，疎密度在 0.6—0.7 之間。

此类型多为单层同龄幼林。

下木茂盛，代表灌木为大叶杜鵑，在杜鵑中混生較多的綉綫菊、散生的有刺梅果。

地被物中以野青茅（*Calamagrostis*）、越橘（*Vaccinium vitis-idaea*）、蒿属（*Artemisia*）占优势。散生的有草莓（*Fragaria orientalis*）、鹿蹄草（*Pyrolaincarnata*）等。

18. 兴安檜偃松落叶松林

分布于海拔 1180 米至 1300 米之間的火山噴出岩地区(石塘子地带)。此类型为純林，林冠郁閉度不大，其疎密度在 0.2—0.5 之間。林木的生长不良，枝多削度大，树冠較长，120 年生的林木，高度一般在 19—13 米，直径 22—31 厘米。

此类型的特点是林冠下分布着高达 1.5—3.0 米的人們难以通行的灌木丛—— *Pinus pumila*（图 17）。在其下部尙密生着小灌木(匐伏状)兴安檜（*Juniperus dahurica*）、高山檜（*Juniperus sibirica*）；散生的有銀老梅（*Dasyphora dahurica*）。

图 17. 兴安檜偃松落叶松林

地被物种类簡单，最多的有地衣，其次为蘚类，其組成如下：

植 物 名	多 度	植 物 名	多 度
偃松（*Pinus pumila*）	cop^2	地衣（*Cladonia* sp.）	cop^2
兴安檜（*Juniperus dahurica*）	cop^2	莎草（*Carex* sp.）	sol
高山檜（*Juniperus sibirica*）	cop^2	野青茅（*Calamagrostis* sp.）	sol
銀老梅（*Dasyphora dahurica*）	un	蘚类（*Sphagum* sp.）	sp

单位面积可燃物总量为 1162.7 克/米^2。

19. 兴安檜偃松羣丛

此类型与上述兴安檜偃松落叶松林的分布地区相同，只是此类型是兴安檜偃松落叶松林发展的前一阶段，故只是一种灌木羣丛。

优势植物为匍伏状生长的兴安檜（*Juniperus dahurica*）、高山檜（*Juniperus sibirica*），其它木本植物有銀老梅（*Dasyphora dahurica*）、兴安小檗（*Berberis sibirica*）。

地被物中以地衣为最多，遍布全地，局部地也有苔藓植物生长，个别的也生长一些蕨类（图18）。

图18. 兴安檜偃松羣丛

20. 散生落叶松杜鵑白樺林

分布在山地針闊混交林景观区海拔1000—1400米之間，阴坡及半阴坡上，多見于山坡之上部及山頂、分水岭上。它是由于植被的长期演变或經火烧及砍伐后而形成的过渡类型。土壤为砾質棕色森林土。

林木組成为6樺4落，疎密度为0.4左右。白樺平均高为12米，平均胸径16厘米，年龄40年；落叶松平均高为9米，平均胸径13厘米，年龄100年。

下木比較发达，主要是杜鵑及其伴生种越橘，复盖度为70—80%。草本植物以莎草及禾本草为多（图19）。此类型的植物組成如下：

植物名	多度	植物名	多度
杜鵑（*Rhododendron macronulatum*）	cop^3	草莓（*Fragaria orientalis*）	sol
越橘（*Vaccinium vitis-idaea*）	cop^3	七瓣蓮（*Trientalis europaea*）	sol
綉綫菊（*Spiraea sericea*）	sp	走馬芹（*Angelica* sp.）	sol
莎草（*Carex* sp.）	cop^1	林奈草（*Linnaea borealis*）	sol
野青茅（*Calamagrostis* sp.）	sp	柳叶兰（*Chamaenerion angustifolium*）	un
舞鶴草（*Majanthemum bifolium*）	sol		

单位面积可燃物总量为513.6克/米^2。

21. 残存磧躑躅落叶松林

此类型为山地泰加林被破坏后而形成山地針闊混交林时而殘存下来的，其特点是成块状分布于山地針闊混交林景观中，植被組成与山地泰加林景观区的磧躑躅落叶松林相一致。

图 19. 散生落叶松杜鵑白樺林

22. 胡枝子柞树林

主要分布于东部地区海拔 200—600 米之間的不同坡向的緩坡上部及陡坡頂部。坡度 5—35°。

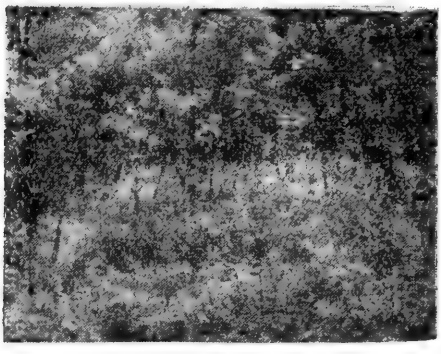


图 20. 胡枝子柞树林

純林，混有少量的黑樺、山楊及白樺等。林分的疎密度一般为 0.5—0.8 之間，大部为 0.6。

此类型的特点是树冠分布不均匀，块状分布，所以形成許多的林中空地及曠地。

下木极为茂盛，以胡枝子（*Lespedeza bicolor*）为最多，其中混生有較多的榛子（*Corylus heterophylla*）。有时也有杜鵑生长。其他的灌木則数量不多如刺梅果（*Rosa acicularis*），綉綫菊（*Spiraea sericea*）（图 20）。

地被物种类不多，发育不良，具有代表性的为八掛牛、蒼朮、蕨类，其次有蒿类、莎草、草藤等，其組成如下：

植物名	多度	植物名	多度
胡枝子（*Lespedeza bicolor*）	cop³	蕨类（*Athyrium spinulosum*）	sol
榛子（*Corylus heterophylla*）	sp	蒿子（*Artemisia* sp.）	sol
大叶杜鵑（*Rhododendron macronutatum*）	sol	莎草（*Carex* sp.）	sol
刺梅果（*Rosa acicularis*）	sol	草藤（*Vicia venosa*）	sol
綉綫菊（*Spiraea sericca*）	sol	蔦尾（*Iris uniflora*）	sol
八掛牛（*Dictamnus dasycarpus*）	cop¹	歪头菜（*Vicia unijuga*）	sol
蒼朮（*Atractylodes ovata*）	sp	地榆（*Sanguisorba officinalis*）	sol
野鷄翎子（*Pteridium aquilium*）	sol		

单位面积可燃物总量为 444.5 克/米²。

23. 榛 子 黑 樺 林

多見于大兴安岭东南部地区海拔高200—1080米間，为最低的一条森林分带；它的上限与柞林相接，下限与草原相接。

此类型常与柞树、白樺、山楊混交，立木組成为8黑樺2柞楊10白樺。疏密度为0.4—0.6。

下木生长良好，成块状分布，其中以榛子(*Corylus heterophylla*)占优势；蔽阴处有胡枝子(*Lespedeza bicolor*)。散生的有刺梅果(*Rosa acicularis*)、綉綫菊(*Spiraea sericea*)(图21)。

图21. 榛子黑樺林

草本地被物种类較多，其中最多的为苔草，其次有草藤、柳叶兰等，其組成如下：

植物名	多度	植物名	多度
榛子(*Corylus heterophylla*)	cop^3	蒿子(*Artemisia* sp.)	sol
胡枝子(*Lespedeza bicolor*)	cop^1	草莓(*Fragaria orientalis*)	sol
刺梅果(*Rosa acicularis*)	sp	君影草(*Convallaria majalis* L. var. *manshurica*)	sol
綉綫菊(*Spiraea Sericea*)	sol		
苔草(*Carex* sp.)	cop^1	囊兰(*Cypripedium guttatum*)	sol
草藤(*Vicia venosa*)	sp	唐松草(*Thalictrum squarrosum*)	sol
柳叶兰(*Chamaenerion angustifolium*)	sol		

单位面积可燃物总量为924.2克/米^2。

24. 榛 子 灌 丛

与榛子黑樺林分布地带一样在海拔200—1080米之間，一般都在阳坡、半阳坡的下部及山麓平坦地上，坡度在5—25°。

图22. 兴安柳灌丛

此类型主要为黑樺林的下木，但是它在林緣及火烧跡地上則生长較密，形成难以通行的灌丛。其中混生有胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、刺梅果(*Rosa acicularis*)等。

灌丛下地被物种类不多，发育也不良，其中以禾本草及苔草(*Carex* sp.)为多，其次为草藤(*Vicia venosa*)、鈴兰(*Convallaria majalis* L. var. *manshurica*)、唐松草(*Thalictum squarrosum*)、地榆(*Sanguisorba officinalis*)、泥胡菜(*Sassurea maximowiezii*)、黄精(*Polyganatum* sp.)、

柳叶兰（*Chamaenerion angustifolium*）等。

单位面积可燃物总量为 774.5 克/米^2。

25. 兴 安 柳 灌 丛

此类型多見于森林草原地带部分地区土壤較为湿潤的地段，緩坡上或台地上中腹。海拔在 980 公尺左右。在此地可以見到单株生长的白樺幼林木。

植物的組成除了兴安柳（*Salix hsinganica*）之外主要为草原植物：（图 22）

植 物 名	多 度	植 物 名	多 度
兴安柳（*Salix hsinganica*）	cop.^{2}gr	唐松草（*Thalictrum* sp.）	sol
灌木柳（*Salix* sp.）	cop^1–cop^2. gr	地榆（*Sanguisorba officinalis*）	sol
莎草（*Carex* sp.）	cop^1	歪头菜（*Vicia unijuga*）	sol
羽茅（*Stipa* sp.）	sp	草藤（*Vicia venosa*）	sol
黄花菜（*Hemerocallis minor*）	sp	泥胡菜（*Saussurea* sp.）	sol

III. 地衣蘚类羣系

26. 地 衣 蘚 类 羣 丛

分布于火山噴出岩地带，为落叶松林发育过程的最初阶段，多見于海拔 1000 米以上。

由于此地岩石裸露，只在隙岩間有原始土，因此只生长一些极耐干旱的植物，其他植物則很少見到或几乎不能生长。在这里主要植物是地衣（*Cladonia*）及蘚类（*Sphenolobus*）（图 23，24），灌木只見到个别的銀老梅及小檗。其組成如下：

植 物 名	多 度	植 物 名	多 度
地衣（*Cladonia* sp.）	cop^3	小檗（*Berberis sibirica*）	un
蘚类（*Sphenolobus* sp.）	cop^1	百里香（*Thymus serpyllum*）	cop^1
銀老梅（*Dasyphora dahurica*）	sol. gr	蕨类（*Pteris*）	un

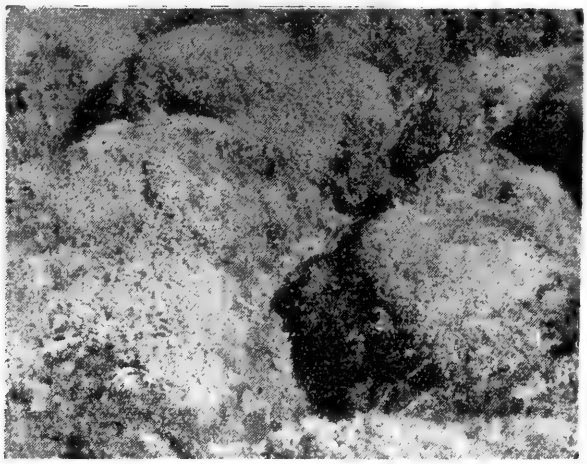


图 23. 地 衣 蘚 类 羣 丛

图 24. 侵入地衣藓类羣丛的落叶松

27. 水藓偃松落叶松林

只見于大兴安岭南部海拔 1480—1670 米之間的阴坡上，坡度 28—35°。此林地的特点是水藓高位沼泽，藓类厚达80厘米以上，距地表 40 厘米以下卽为永冻层，因此此林的乔木生长不良。

图 25. 水藓偃松落叶松林

此类型多为純林（图 25），只見单株的白樺、岳樺混生。組成为 10 落＋樺。平均高 4 米，基径 12.4 厘米，年龄 186 年。最大径級的立木胸径 12 厘米，高达 6 厘米，年龄 225 年。

植物种类不多，主要是水藓（*Sphagum* sp.），偃松（*Pinus pumila*），其他灌木稀疏生长不良。其組成如下：

植物名	多度	植物名	多度
偃松（*Pinus pumila*）	cop^3	越橘（*Vaccinium vitis-idaea*）	cop^1
藓类（*Sphagum* sp.）	cop^3	碗蹄蹋（*Ledum palustre*）	cop^1
杜鵑（*Rhododendron* sp.）	cop^2	苔草（*Carex* sp.）	sp
林奈草（*Linnaea borealis*）	cop^2	薔薇（*Rosa* sp.）	sol

单位面积可燃物总量为 915.0 克/米^2。

28. 綠苔水藓落叶松林

分布于西部緩坡（阴向、半阴向）上的低洼地区，而多半是在小溪两旁及泉源发源地上。此类型林下較湿潤，遭受火災較少，但天然整枝不良，冠幅大。

林木組成簡单，10 落，混有少量白樺。

下木有赤楊、丛樺等。地被物主要为曲尾苔、水藓等，其組成如下：

植　物　名	多　度	植　物　名	多　度
赤楊 (*Alnus fruticosa*)	cop^2	野青茅 (*Calamagrostis* sp.)	sp
丛樺 (*Betula fruticosa*)	sol	苔草 (*Carex* sp.)	cop^1
綉綫菊 (*Spiraea sericea*)	sol	苔类 (*Dicranum scoporium*)	cop^1
磯躑躅 (*Ledum palustre*)	cop^1	水藓 (*Sphagnum squarrosum*)	cop^3. soc
越橘 (*Vaccinium vitis-idaea*)	cop^1	鹿蹄草 (*Pirola incarnata*)	sp-sol

单位面积可燃物总量为 809.2 克/米^2。

29. 磯躑躅水藓落叶松林

图 26. 磯躑躅水藓落叶松林

分布于北向山坡的最低地区，即山麓沼泽边緣，它在大兴安岭所占面积不大，由于沼泽化的原因在此类型就具有永冻层。

此类型是磯躑躅落叶松林沼泽化后而形成的，故在林木組成上和該类型相似，为单层的純林。有时有少量白樺。疏密度一般为 0.4—0.5，在 0.6 以上的很少見到。立木蓄积量一般为 100—200 立方米。

灌木以磯躑躅为优势，其他下木发育不良。

地被物以越橘、藓类及苔类为主（图 26）。

此类型的植物組成如下：

植　物　名	多　度	植　物　名	多　度
赤楊 (*Alnus* sp.)	sp	藓类 (*Sphagnum* sp.)	cop^2. gr
柳丛 (*Salix* sp.)	sol	苔类 (*Aulacomnium* sp.)	sp
磯躑躅 (*Ledum palustre*)	cop^3. soc	苔草 (*Carex* sp.)	sp
越橘 (*Viccinium vitis-idaea*)	cop^1. gr	大叶杜鵑(*Rhododendron mucronulatum*)	sol
苔类 (*Dicranum* sp.)	cop^1	野青茅 (*Calamagrostis*)	sol

单位面积可燃物总量为 841.1 克/米^2。

（二） 植物个体的物理化学性的测定分析

I. 油 脂 含 量

脂的化学成分及物理性質是极不相同的，但都具有共同的性質，它可以溶于乙醚 [$(C_2H_5)_2O$]、苯 (C_6H_6)、丙酮 (CH_3COCH_3)、二硫化碳 (CS_2)、三氯甲烷 (CH_4Cl_3) 及汽油等有机溶剂，所以它的定量測定方法就根据这个原理。这种測定方法是一种扩散現象。有机溶剂滲透到植物碎粒內部，溶解油脂而成脂溶液，由于內部的溶液比外部溶剂的浓度高，这样油脂就通过細胞的切断面或細胞壁而扩散到溶剂中去。此种过程一直到溶剂中油脂的浓度与碎粒內部油脂的浓度相等或碎粒中油脂完全浸出时才終止。在进行这种試驗时是以絕对干燥的植物碎粒于油脂抽出器中，以乙醚为溶剂来进行的。

浸提过程結束之后，以分析天平称干重，以下式計算含脂量(%)。

$$X = K/H \times 100$$

式中　　K——抽出物重;

H——試料干重。

表1　各種可燃物含脂量

羣系称	可燃物名称	含脂量%	羣系称	可燃物名称	含脂量%
乔木	落叶松树皮	4.85	灌木	都食	9.68
乔木	落叶松杇木	4.17	灌木	丛榛	6.39
乔木	落叶松边材	11.26	灌木	越橘	5.99
乔木	落叶松火烧木	10.94	草类	小叶樟	1.22
乔木	落叶松枯枝	1.46	草类	大叶樟	1.97
乔木	落叶松幼树	15.23	草类	草藤	6.51
乔木	白樺边材	6.62	草类	莎草	3.21
乔木	白樺幼树	4.31	草类	鹿蹄草	2.38
乔木	山楊	4.78	草类	蒿子	10.47
乔木	黑樺	10.10	—		
乔木	柞树	8.38	—	杜鵑落叶松林枯枝叶层	12.33
灌木	偃松	12.32	—	草类落叶松林伐地枯枝叶层	12.18
灌木	兴安檜	23.45	—	胡枝子柞林枯枝叶层	15.35
灌木	兴安柳	12.509	—	礎-落伐地枯枝叶层	17.33
灌木	高山檜	49.16	—	榛丛枯枝叶层	10.13
灌木	胡枝子	10.79	—	杜鵑樟子松林枯枝叶层	22.66
灌木	榛子	10.53	—	草类落叶松林枯枝叶层	12.43
灌木	赤楊	6.40	—	榛子黑樺林枯枝叶层	12.68
灌木	大叶杜鵑	8.69	地衣蘚类	綿蔺蘚	2.17
灌木	銹綫菊	10.83	地衣蘚类	水蘚	3.55
灌木	礎躑躅	10.93	地衣蘚类	地衣	6.79

从上表可以看出,不同种类的可燃物由于其內部組織与生理作用的不同,含脂量也就有显著的区别。草本植物含脂最小,在 1.0—7.0% 之間,个别的象蒿子可达 10%。而木本植物則含脂量較多,特别是灌木,一般在 6.0—25.0%,个别的如高山檜可达 49% 左右。

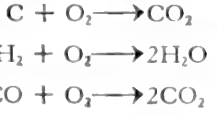
由于植物脂中含有大量的碳及氢,而氧最少,因此当燃烧时就須要吸收大量的氧气,产生大量的热,根据热量来看,燃烧热值大的多为含脂量多的植物,因为燃烧一克物质时以植物油所产生的热量为最大。

II. 发　热　量

发热量亦称为燃烧热,它决定于燃烧过程,而燃烧又是一种氧化过程,故可以将发热量作为决定于氧化过程来看待。

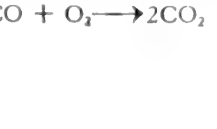
发热量是指单位量的物质完全燃烧时所发生的热量,即一克物质在燃烧时产生的热量以一克卡 (gCal 或 Cal) 表示。

植物体在受热达到着火燃点温度时,从而热分解出可燃性分子并开始急剧氧化而燃烧。在燃烧时可燃元素碳及氢悉成碳酸气及水:



$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$



$$2CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2$$

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

……

发热量的测定方法在很早以前就有了，尤其是工业燃料方面，对发热量的测定尤为需要。但发热量因燃烧的条件—温度及燃烧前后容积的变化而异。在森林經营上对测定发热量还是罕見的。它在森林火災的強度及性質上是决定的因素，也就是划分燃烧性不可缺少的因素之一。

为了簡便而精确起見，采用了"炸弹式热量計"来进行测定各种植物（可燃物）的发热量，也就是将試样放在盛有压縮氧气的金属弹筒中通电燃烧，在燃烧时所放出的热传給热量計中的水，根据水的温度升高来計算各种可燃物的发热量。

計算式为：

$$Q_б^a = \frac{KH[(T+h)-(T_0-h_0)+\Delta t]-\sum qb}{a}$$

式中：$Q_б^a$——发热量（克卡）

K——水当量（克）

T——主要阶段最終温度（°C）

h——在 T 度时温度表刻度的校正数

T_0——主要阶段的开始温度

h_0——在 T_0 度时温度表刻度的校正数

H——用貝克曼温度表操作时的温度值

Δt——热量計与外界热交换的校正数

b——燃烧絲的重量

q——燃烧絲燃烧的热量

a——試样重量

$$\Delta t = \frac{V+V_1}{2}\cdot M + V_1 r$$

V　开始阶段每半分鈡內的平均温度

V_1　終了阶段每半分鈡內的平均温度

M　主要阶段內温度迅速上升的半分鈡数（高于 0.3/分鈡）

r　主要阶段內温度緩慢上升的半分鈡数（低于 0.3/分鈡）

表2　各种可燃物的發热量（卡/克）

可燃物名称	$Q_б^a$	$Q_н^p$		$Q_н^p$	
		$Q_н^p$	（含水率）W%	$Q_н^p$	（含水率）W%
越　橘	5037	4600	81	4390	120
杜　鵑	5667	5225	82	4993	125
偃　松	4412	3927	90	3604	150
兴安槭	4794	4444	65	4201	110
莎　草	4153	4134	3.5	3780	69.2
禾本草	4065	4030	6.5	3925	25.9
水　藓	4165	3702	85.9	500	678.1
地　衣	3534	3509	4.5	1108	450.0

从上表(詳見附表一)所測定的发热量与森林火災时各种可燃物所产生的热量是不同的，因为燃烧的条件有所不同。在弹筒中燃烧，由于可燃物体內有机質中氮气因氧化而生成氧化物变成硝酸*，产生附加热量。此外，在热量計中，由于可燃物燃烧生成水蒸汽凝結，也要产生热量；而在森林火災时，水蒸汽与其他燃烧生成物在未凝結之前就随着对流而混于空气中。因此，在自然条件下，森林植物由于燃烧产生的热，必然少于室內試驗所得的数据。

各种可燃物的发热量取决于本身的物理(結构、組織、纖維硬度……)和化学(元素成份、含脂量……)特性。一般說来纖維硬度大的和含脂量大的可燃物其发热量均較高。其中以木本的可燃物为最高为 4500—5500 卡/克以上；草类可燃物次之，为 4000—4500 卡/克；地衣蘚类較低，为 3500—4000 卡/克。

然而，上述的因子对于森林火災来說是相对稳定的。对燃烧性影响最密切的还是可燃物的含水率，因为含水率的大小直接影响能否着火与蔓延。从表二及图27的結果可以看出含水率与发热量的高低成反比，即含水率愈大，热量愈低甚至不能燃烧，这样火災就不易发生与蔓延。含水率愈小，发热量愈高，火災愈易发生和蔓延，強度也愈大。

III. 可燃性气体含量

森林中及地面上各种可燃物由于由热分解，产生的可燃性气体发生高火焰是主要能的来源之一。因此进行各种可燃物中可燃性气体的含量的測定，对于森林燃烧性的划分給了許多方便。

可燃性气体含量的測定方法是根据工业燃料可燃性气体測定原理来进行的，也就是用实驗室的方法。气化过程是利用密閉式干

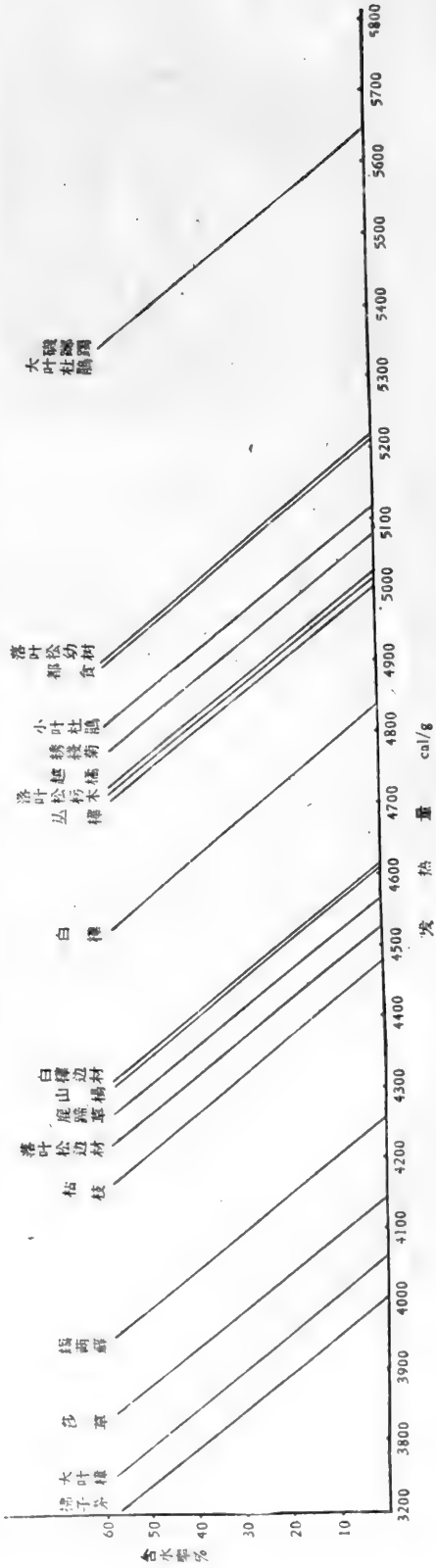


图 27. 含水率与发热量的关系

* 参看 А. Е. Тайц, Методы оценки ископаемых углей как сырья для промышленного использования, 1949.

餾分解法(图29)以水置换取气,然后以苏联 BTИ 式气体分析器进行分析(图28)。

图28. 气 体 分 析

图29. 干 餾 分 解

在分析时,按下列順序吸收气体,并計算其含量(%)。

二氧化碳吸收反应:

$$CO_2 + 2KOH = K_2CO_3 + H_2O$$

由于在分析时温度和大气压力不断变化,因此对每种气体的容积要换算成开始温度,大气压力的容积。計算公式:

$$V = V_3 \frac{(P_2 - p_2)}{(P_1 - p_1)} \cdot \left(\frac{273 + t_1}{273 + t_2}\right) \tag{1}$$

式中: V——开始温度大气压力下的气体容积 (ml)

V_3——测出气体容积 (ml)

P_1——开始大气压力 (m.m.)

P_2——测量气体容积时大气压力 (m.m.)

p_1——温度 t_1 时水的蒸汽压力

p_2——温度 t_2 时水的蒸汽压力

t_1——开始温度

t_2——测量气体容积时气体的温度

[註] 当分析时間内气体温度变化在 0.5°C, 大气压力变化在 2 m. m. 时不計算。

当气体温度变化在 0.5°C 以下时 $\frac{273+t_1}{273+t_2}$ 作为 1。

当大气压力变化在 2 m.m. 以下时 $\frac{P_2-p_2}{P_1-p_1}$ 作为 1。

用吸收法测定所分析气体各成份的含量 (CO_2, CnHm, O_2, CO) 容积百分数 X, 按下式計算:

$$X = \frac{V_1 - V_2}{V} \cdot 100 \tag{2}$$

式中:

V_1——吸收测定前气体换算得的容积 (ml)

V_2——吸收测定成份后气体换算得的容积 (ml)

V——取作分析的气体容积 (ml)

不飽和烴的吸收反应:

$$CH_2 = CH_2 + Br_2 = CH_2Br—CH_2Br$$

$$CH \equiv CH + 2Br_2 = CHBr_2—CHBr_2$$

氧的吸收反应：

$$2C_6H_3(OK)_3 + 0.5O_2 = (KO)_3C_6H_2 - C_6H_2(OK)_3 + H_2O$$

一氧化碳的吸收反应：

$$Cu_2Cl_2 + 2CO = Cu_2Cl_2 \cdot 2CO$$

$$Cu_2Cl_2 \cdot 2CO + 4NH_3 + 2H_2O = 2NH_4Cl + 2Cu + \begin{matrix} COONH_4 \\ | \\ COONH_4 \end{matrix}$$

氢的燃烧：

$$2H_2 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

分析气体中（H）的含量容积百分数，按下式計算：

$$H = \frac{(V_3 - V_4) \cdot V_5}{V_3 \cdot V} \cdot 100 \qquad (3)$$

式中：

V_3——燃烧氢时所取的气体混合物换算得的容积（ml）

V_4——在氢燃烧后气体混合物换算得的容积（ml）

V_5——在一氧化碳吸收后气体换算得的容积（ml）

V——取作气体分析的容积（ml）

飽和烃的燃烧：

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

取作燃烧的气体烃的容积（ml）公式：

$$V_y = (V_6 - V_7) - (0.209V_8 - V_9) \qquad (4)$$

式中：

V_6——燃烧烃时所取的气体与空气混合物换算得的容积（ml）

V_7——烃燃烧及 CO_2 吸收后气体与空气混合物换算得的容积（ml）0.209 空气中氧的浓度。

V_8——燃烧烃时所取的空气容积（ml）—从 V_6 减去燃烧烃时所取的气体混合物容积算得。

V_9——过量氧气的容积（ml）—从 V_7 减去过量氧气吸收后的气体容积算得。

分析气体中烃的含量容积百分数（y）計算公式：

$$y = \frac{V_y \cdot V_5 \cdot V_4}{V_{10} \cdot V_3 \cdot V} \cdot 100 \qquad (5)$$

式中：

V_y——取作燃烧的气体中烃的容积（ml）

V_5——一氧化碳吸收后气体换算得的容积（ml）

V_4——氢燃烧后气体换算得的容积（ml）

V_{10}——取作燃烧氢的气体换算得的容积（ml）

V——取作分析的气体容积（ml）

分析气体中氮的含量容积百分数（N）按式計算：

$$N = 100 - \Sigma X \tag{6}$$

ΣX——分析气体中所有其他成份容积百分数的总和。

为了检查分析結果計算的准确性,分析气体中氮含量容积百分数 (N) 按下式計算:

$$N = \frac{(V_{11} - 0.791 \cdot V_{12}) \cdot V_5 \cdot V_4}{V_{10} \cdot V_3 \cdot V} \cdot 100 \tag{7}$$

式中:

V_{11}——取作燃烧氢的过量氧吸收后剩余气体换算得的容积 (ml)

0.791——空气中氮的浓度

V_{12}——取作燃烧氢的空气换算得的容积 (ml)

V_5——一氧化碳吸收后气体换算容积 (ml)

V_4——在氢燃烧后气体的换算容积 (ml)

V_{10}——取作燃烧烃的气体换算得的容积 (ml)

V——取作分析的气体的容积 (ml)

按(6)与(7)式算出氮的含量应該相符。

各种可燃物的气体含量詳載于附表二中。

从測定的結果看来(附表二),乔木树种的可燃性气体总量为最高,在 20—50%;其次是草类可燃物,含量在 10—30%;最少的是灌木可燃物,在 10—20%;地衣藓类在7—20%。

IV, 燃 烧 温 度

燃烧是热化学反应,罗蒙諾索夫对此作过結論:"燃烧是物質和空气的化合过程,即任何一种化学反应同时能放出热和光的現象"。物質燃烧过程的发生和进行必須要有可燃物質、空气和高温,根据植物在空气(或氧气)中受热时,其內部可燃性分子开始活动,产生可燃性气体并迅速燃烧,森林火災的发生也就是这种燃烧过程。試驗証明:物質的燃烧有三个阶段:首先是預热阶段,此时物質开始受热干燥,局部蒸餾,产生水蒸汽和气体 (H_2O, CO_2, N_2),在这阶段中,虽已有部分可燃性气体发生,但由于温度上升緩慢,氧化速度小,还不能出現燃烧的現象,只能看見有浓烟冒起,开始冒烟时的温度称为引火点 (flash point),亦即燃烧的开始,継而进入第二阶段,此时温度継續升高,可燃性气体 (CO,H_2,……) 大量产生,氧化过程加速,同时产生較多的热量,又促使氧化反应的加速进行。氧化反应所产生的热量达到体內外平衡时,物質本身就开始自燃,呈現火星,此时达到着火点。温度再升高,发生火焰,此时燃烧进入第三阶段,即除去热量,物質本身也可以自燃,这是靠体內所产生的热量継續进行燃烧。

根据这个原理,进行了各种可燃物的着火温度的測定試驗,以結合各种可燃物的生物及物理化学特性划分各生境类型的燃烧性。

这項試驗是采用开口的管狀炉(工业用,长 19.5 厘米,径 3 厘米)进行的 (图 30)。为了使試驗結果极度的精确化,采用了系統試驗法,有意識地消灭人为的誤差。

各种可燃物的燃烧温度与其种类、部分形成、纖維組織、含水率、比重、含脂量等理化性質有关,同时也受到外界条件的影响,如試料的处理方法,进行試驗时的通风状况及空气湿度等。由試驗得知,凡形狀規正、纖維組織疎松、比重輕及含脂量低的可燃物,其燃烧温度一般是較低;相反,則燃烧温度較高。如灌木羣系的各种可燃物纖維組織較草类羣

系中各种可燃物为紧密，比重大、含脂量也較高，因此前者的着火温度就較后者为高，灌木羣系在 300°C 以上（見图 31 及附表三）。但由于草本的含脂量少，燃烧时发生的热量不大，其燃烧的延續时間也就較短（見图 31 及附表三）。而在木本植物之間的条件也有不同，着火温度和发火温度也不一样，如硬材較軟材为高。

图 30. 燃烧温度試驗（着火点）

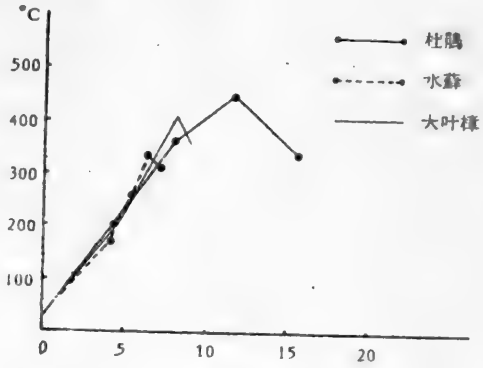


图 31. 不同可燃物燃烧温度曲綫

根据各种可燃物的燃烧温度曲綫作出各种試料的燃烧反应带，可对各种可燃物作燃烧过程的相对比較，从理論上給予各种可燃物的燃烧速度以判别，与实际森林火災时燃烧速度作对比，以划分燃烧性等級的基础。按速度公式可以算出各种可燃物的反应速度（附表四）。

$$V = V_0 + at \tag{1}$$

$$S = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \tag{2}$$

$$A = \Delta t \left[Q_b + \frac{1}{2} \Delta Q \right] \tag{3}$$

式中：

V_0——初速度（°C/sec）

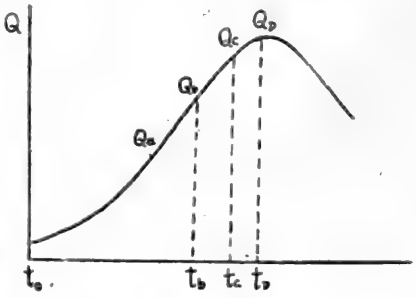
V——終速度（°C/sec）

a——加速度（°C/sec²）

t——由 V_0 到 V 的經过时間

Δt——$t_D - t_b$

ΔQ——$Q_D - Q_b$



从理論計算的結果看来，一般含脂量少，着火温度低、燃烧时产生的热量不多，其燃烧延續时間較短的草类羣系中的各种可燃物燃烧速率較灌木羣系为快。草类羣系燃烧速率为 1.38—1.99 度/秒（代表性的禾本草及莎草）；灌木羣系則較慢为 1.20—1.45 度/秒（詳見附表四）。

五、燃烧性等級的划分标准

森林燃烧性是依森林植被的抗火性来衡量的，上述的各种可燃物的含脂量、发热量、

可燃性气体含量及着火温度的測定結果，都供予对于各种植物生境条件类型的抗火性以物理的和化学的数据考証。可燃物的着火概率，受其引火点、着火点、发火点及燃烧反应速度等的直接影响，当地表火轉变为树冠火时，地表可燃物的有效能量和可燃性气体总量起着决定性的作用。

当有火源存在时，各种可燃物的着火可能性首先决定于其本身的含水率的大小。如果含水率大，則水分的蒸发或可燃性分子的分解需要大量的热量，这时温度上升緩慢，不易达到着火点，这样就不易发生火災，特别是火源温度較低时。反之，則易造成火災。

可燃物接触火源开始燃烧以后，能否蔓延，主要决定于单位面积內可燃物的总量、有效能量、地形、风及含水率等因子。由于生境类型的結构不同，特别是有效能量及含水率就有显著的区别，这就使各个类型的蔓延速度也有显著区别了。

火災时，各类型单位面积可燃物总量、有效能量、可燃性气体含量以及蔓延速度是决定火災強度的主要因素。从生物学的观点来看，各类型的植物种种不同，各有其独特的优势植物种，对这些植物种进行上述三个因素（着火性、蔓延性与火災強度）的考察，对于各类型的燃烧性能就有足够的代表性，特别是对于地表火表現得最明显。

（一）着火性　可燃物的种类不同，其着火性是不同的，根据各植物种的理化性的測定結果証明：纖維組織疎松、比重輕、含脂量少的种类，着火温度与自燃温度較低（参看图31中的曲綫）。灌木羣系中可燃物的着火温度在300°C以上（个别的有240°C的）；草类羣系中可燃物的着火温度在300°C以下。其次是燃烧的延續时間也較短，灌木羣系中可燃物的燃烧延續时間在12分鈡以上；草类羣系中可燃物的燃烧延續时間在12分鈡以下（表三及附表三）。

表3　燃烧过程特性与理化特性的关系

羣系	可燃物	含脂量%	纖維組織	着火温度 °C	自燃温度 °C	燃烧延續时間
灌木	杜鵑	8.69	紧密	357.3	440.7	15′41″
	磯躑躅	10.93	紧密	411.4	477.9	12′40″
草类	大叶樟	1.97	疎松	294.3	402.1	9′ 3″
	莎草	3.21	疎松	262.9	398.6	8′52″
蘚类	水蘚	3.55	疏松	228.6	345.7	7′18″

根据58年春季防火季节在根河地区的各生境类型的点火試驗結果看来，含水率是影响着火性的主要因素，即是說含水率大的可燃物，分解时需要大量的热量，則温度上升緩慢，不易达到着火点，这样可燃物就不燃或不易燃烧。反之，則易于燃烧。如蘚类含水率在678.1%，根本不燃烧；灌木含水率在80%以上，难于燃烧；草类含水率15%以下，很易于燃烧（表四，見下頁）。

点火試驗結果說明，春季防火期間，在晴天比較干燥的气候下（火险級在Ⅲ級以上时），在河谷平原的草地（特别是禾本草地），草类一般比較干燥，含水率在10%以下，只用草类作为引火物就能很快地点燃，并蔓延起来。而在林內的草类落叶松林內，草类植物及灌木較湿，含水率在14%以上，特别是灌木超过了50%以上，所以在用枯枝碎木堆成篝火才能燃烧，但是在火源除去之后，則不能自燃而終于熄灭。其他生境类型（林內）也有同样情况，特别是与丛樺灌木沼泽毗連的磯躑躅水蘚落叶松林基本上不燃烧，如1958年5月23

日和 25 日在其相邻的丛樺灌木沼泽地作点火試驗，当时火势很強，蔓延面积为 306.0—330.0 米²/5 分，但火头到达磯躑躅水蘚落叶松林时即行熄灭。

表4　含水率与着火关系

羣系	生境类型	可燃物	含水率%	着火性	风速(米/秒)	蔓延速度(米²/5分)
灌木	落叶松杜鵑林	杜鵑	82.6	难	3.7	4.7
		越橘	111.6	难		
		禾本草	13.0	易		
		枯枝叶	101.8	难		
草类	禾本草地	禾本草	7.3	強	8.2	—
		銹綫菊	40.7	易		
	矮樺沼泽	禾本草	6.5	強	10.2	306.0
		莎草	3.5	強		
		矮樺	58.1	难		
	落叶松草类林	越橘	81.6	难	0.5	6.0
		禾本草	22.5	強		
		莎草	14.5	強		
		枯枝叶	46.9	易		
蘚类	落叶松磯躑躅水蘚林	水蘚	678.1	不	1.8	0.2
		磯躑躅	76.4	难		

从植物生境类型的特性来看，草类羣系一般都分布在沟谷两旁的平坦地带及山坡下部的緩坡，这些地带人們活动比較頻繁，且为交通道路必經之处，故人为的火源均較多，在这种情况下，兼之草类的着火温度又低，极易引起火災。另外草类羣系的特点是防火季节內，草类都是干枯的一年生植物，其含水率的取得来自于降雨及空气中湿度；而灌木羣系中的灌木都是多年生的植物，在防火季节中已开始生长，体內吸收土壤中大量水分，因而草类及灌木处在同一的条件下草类与火源接触就較灌木更易着火。而地衣蘚类羣系則更特殊，它多見于低湿的地带，且又由于它的植物种所限制就更不易着火，甚至还有挡火蔓延的作用。

根据上述分析結果可以把着火性划分为三个級：

Ⅰ級——难着火或不着火(磯躑躅水蘚落叶松林等地衣蘚类羣系中各生境类型)；

Ⅱ級——可着火(杜鵑落叶松林、磯躑躅落叶松林等灌木羣系中各生境类型)；

Ⅲ級——易着火(禾本草草地、丛樺草类沼泽等草类羣系中各生境类型)。

(二) 蔓延性　各种生境类型在与同一火源接触着火后所呈現的能否蔓延与蔓延面积大小称为蔓延性(在同一天气条件下)。

火災的蔓延主要决定于各生境类型中单位面积可燃物的总量、有效量、含水率以及受着小气候和地形的影响，在同一类型中特别是含水率和风速起着决定性的作用。

(1) 蔓延与可燃物的总量、有效能量的关系　根据本文第四节第一小节所述，由于羣系特性及生境类型的不同，单位面积內可燃物的总量与可燃物的有效能量就不同，如灌木羣系中的杜鵑落叶松林可燃物总量为 940.8 克/米²；而草类羣系中的灌木草甸可燃物的总量为 518.2 克/米²；地衣蘚类羣系中的磯躑躅水蘚落叶松林可燃物总量为 841.1 克/米²。但由于各种可燃物的含水率不同，致使有效能量就有显著的差异，也就大大地影响着蔓延。

从表五可以看出，杜鵑落叶松林的有效能量仅有 1761.7 仟卡/米²；磯躑躅水蘚落叶松林的有效能量为零；苔草灌木草甸的有效能量为 2212.1 仟卡/米²。所以草类羣系的蔓延性最大，为 330.0 米²/5 分；其次为灌木羣系，为 7.3 米²/5分；地衣蘚类羣系最小，为 0.2 米²/5分。从这結果看来，地衣蘚类羣系中的磯躑躅水蘚落叶松林可以用作为天然的防火隔离地带，但是在特别干旱的年代，它还是可以着火蔓延的，同时形成地下火。

表 5　蔓延性与可燃物总量、含水系、有效能量的关系

羣　系	生境类型	可燃总量克/米²	含水率%	有效能量 KCal/米²	蔓延面积米²/5分
草　类	苔草灌木甸子	858.5	3.5—6.5		306.0
	苔草灌木甸子	518.2	25.9	2272.8	330.0
	草类落叶松林	654.5	14.5—22.5	2952.6	6.0
灌　木	杜鵑落叶松林	940.8	82.6	1761.7	4.7
	磯躑躅落叶松林	353.2	70.8	1710.6	2.8
地衣蘚类	磯躑躅水蘚落叶松林	841.1	678.1	0	0.2

(2) 蔓延与可燃物的着火温度的关系　根据本文第四节第二小节的测定結果說明各种可燃物的着火温度是不同的，同时得出着火温度低的燃烧速率較快；反之則較慢。从野外的点火試驗結果証明，着火温度低的草类羣系，其蔓延性最大，其次为着火温度較高的灌木羣系，最小的为地衣蘚类羣系。这种結果可以用表六来說明：

表 6

羣　系	着火温度 °C	蔓延面积米²/5 分（实測值）	蔓延速率 °C/秒（理論值）
灌　木	>300	4.1—7.3	1.20—1.45
草　类	<300	6.0—330.0	1.38—1.99
地衣蘚类	200—300	0—0.2	1.21—1.24

(3) 蔓延速度与森林小气候的关系　林內林外的小气候都有其特殊性，这也直接或間接地影响着火災的蔓延，特别是风的影响更大。一般說来，林內較湿潤，相对湿度大，风速較小（相差可达 1—3 倍）。

在无风时，火災向四面呈同心圓形蔓延；当有风时，則破坏了各种同心圓形蔓延的規律而成卵形，即順风方向的火头迅速前进，逆风方向的火头速度緩慢，二者相差达 37.6 倍

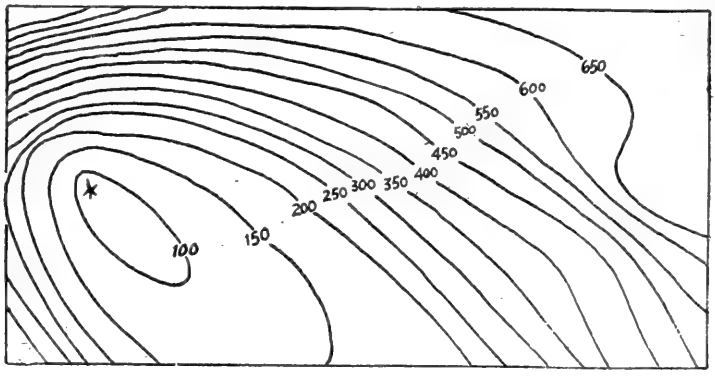


图 32. 火災蔓延等时曲綫（苔草沼泽）

之大(前者前进速度为 11.3 米/分,后者 0.3 米/分)——图 33, 34。

当风速大时,則蔓延迅速,风小时則蔓延緩慢。即蔓延速度与风速正成比(表九)。

由于风的影响,火災蔓延的形狀发生变化,大大地加速順风蔓延速度的同时,也相应的減弱了逆风蔓延及两側蔓延的速度,这就給予我們在扑灭森林火災时創造了有利的条件。从图 32 及表七可以看出,在火災初起阶段,除在順风方向很狹的一个扇形面內蔓延速度較大难于扑灭外,在逆风,两側蔓延速度都非常小,扑灭这里的火綫是不困难的。

另外风向的改变对于火災蔓延的影响很大,如果风向突然变化,最大蔓延速度的方向也随着改变,同时其蔓延速度也随着变小(图 34 及表八)。因此在风向发生变化时,迅速扑灭火头是最有利的时刻。

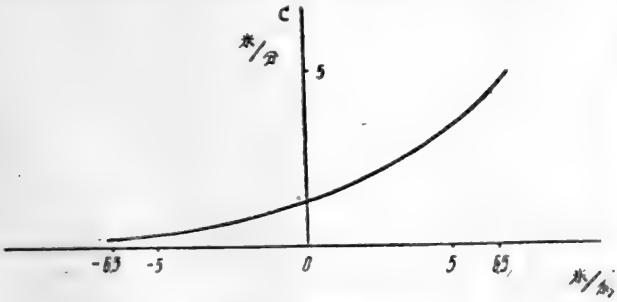


图 33. 风速与蔓延关系

表 7

风速分量V	6.5米/秒	4.6	0	—4.6	—6.5
蔓延面积C	5.8米/分	3.8	1.8	0.8	0.3

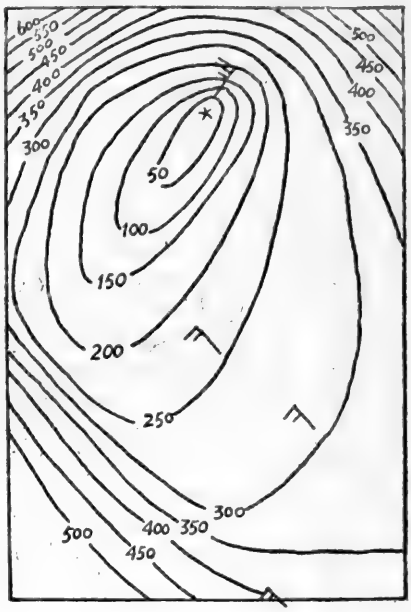


图 34. 风向对蔓延速度关系

表 8

时 間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
风 向	NNE	NE	WSW	WNW	NW	WNW	NNW	N	NNW	NW	WNW	NNW
风 速	7.2	8.7	4.7	5.3	6.5	5.2	10.2	7.3	6.7	10.5	10.7	10.5

(4) 蔓延性与可燃物含水率的关系　除了上述三个因素对蔓延性的影响外,而可燃物的含水率的影响則起着决定性的作用。因为可燃物在具备上述三个条件之后,如果含水率很大(超过蔓延的最小值)則火災还是不能蔓延的,也就是說可燃物含水率大,在着火时,水分的蒸发及可燃性分子的分解需要大量的热量,这时温度上升緩慢,需时很长才能达到着火温度,因此难于蔓延甚至于熄灭。根据在根河地区所做的点火試驗結果(表九)看来,灌木羣系中可燃物的含水率較大,超过 40%;地衣蘚类羣系中可燒物的含水率也較大,特别是水蘚达到 678.1%;草类羣系中可燃物的含水率較小,都在 30% 以下。根据 H. H. 叶果洛夫的資料結論:不蔓延的最小含水率为 40%,所以也可以得出这样的結論:草类羣系蔓延最快(300 米^2/5 分以上);其次为灌木羣系(10 米^2/5 分以下);难蔓延甚至不蔓延的为地衣蘚类羣系(0.2 米^2/5 分或等于 0)。

（三）火災強度　火災強度是以单位时間燃烧面积內可燃物由于自燃所产生的热量总和表示（仟卡/米²·分）。每种生境类型由于受到可燃物的种类、数量、层次以及含水率的影响，单位面积可燃物的有效能量就有不同，这样就大大地影响到火災后期的規模，危害程度和扑救的难易等。

从实驗証明，单位面积可燃物的有效能量愈高，火災強度愈大；相反，火災強度愈小。

表 9　蔓延与可燃物含水率、風速关系

羣系	生境类型	含水率 %	平均风速米/秒	蔓延面积米²/5分
草类	苔草灌木甸子	3.5	10.2	306.0
	苔草灌木甸子	25.9	7.6	330.0
	草类落叶松林	81.6	0.5	6.0
灌木	杜鵑落叶松林	82.6	3.7	4.7
	杜鵑落叶松林	64.6	2.8	7.3
	杜鵑落叶松林	64.6	0.9	4.1
	磯躑躅落叶松林	73.0	3.3	2.8
	磯躑躅落叶松林		2.3	2.3
	磯躑躅落叶松林	85.4	2.7	0.4
藓类	磯躑躅水藓落叶松林	678.1	1.8	0.2

表 10　火災强度与有效能量、可燃性气體含量的关系

羣系	生境类型	有效能量（仟卡/米²）	蔓延面积（米²/5分）	可燃气体总量%	火災强度（仟卡/米²·分）	备註
草类	苔草灌木草甸	2272.8	330.0	39.86	181824.00	
	草类落叶松林	2952.6	6.0	42.09	2864.02	
灌木	杜鵑落叶松林	1761.7	4.7	35.12	176.17	
	磯躑躅落叶松林	1710.6	2.8	32.49	803.98	
藓类	磯躑躅水藓落叶松林	0	0.2	33.75	0	

表 11　燃燒性等級表

羣系	等級	亚級	生境类型	着火性	蔓延性	火災强度	火災性質
草类	III	A	苔草灌木甸子，草类山楊林，草类白樺林，苔草草甸，禾本草草地，散生落叶松草类，白樺林，五花草地，草类山楊白樺幼林草类黑樺林，采伐地。	易燃（<300°C）	易蔓延（6—300米²/5分）	强（126265.08仟卡/米²·分）	地表火
		Б	草类落叶松林，落叶松柞树林。				树冠火 地表火
灌木	II	A	杜鵑白樺林，杜鵑山楊林，胡枝子柞树林，榛子黑樺林，榛丛，散生落叶松杜鵑白樺林，兴安柳灌丛，采伐地。	可燃（>300°C）	可蔓延（0.4—7.3米²/5分）	中（490.07仟卡/米²·分）	地表火
		Б	杜鵑落叶松林，磯躑躅落叶松林，兴安檜偃松落叶松林，兴安檜偃松羣丛，杜鵑越橘樟子松林。				地表火 树冠火
地衣藓类	I	A	綠苔云杉林，地衣藓类羣丛，綠苔水藓落叶松林，磯躑躅水藓落叶松林，水藓偃松落叶松林。	难燃（200—300°C）	难蔓延（0—0.2米²/5分）	弱（0.0仟卡/米²·分）	地下火 地表火

在可燃物稀疎时，即使呈干燥状态、风速大，只能形成輕微的地表火，因为单位时間燃烧面积內可燃物燃烧时所产生的热量就很低，火災強度仍然是很小的。

从表十中可以明显地看出，可燃性气体总量愈大，蔓延面积愈大，則火災強度也愈大；反之，則火災強度就愈小。

根据上述着火性、蔓延性及火災強度的分析結果，对于各植物生境条件类型的燃烧性等級可以划分为三个等級和五个亚級：

Ⅰ級——难燃或不燃（地衣藓类羣系各类型）；

Ⅱ級——可燃（灌木羣系各类型）；

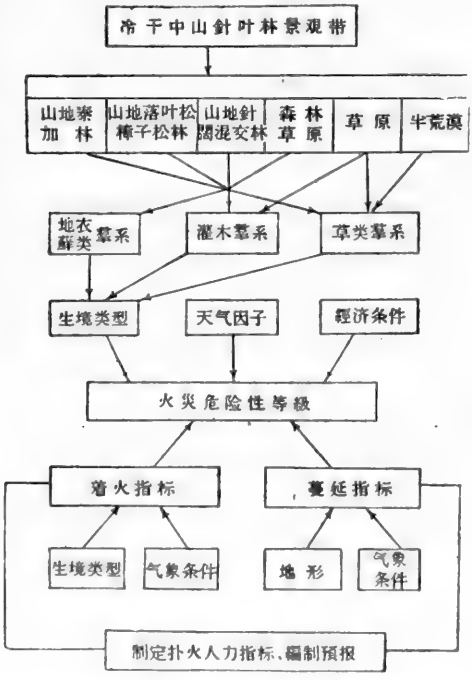
Ⅲ級——易燃（草类羣系各类型）。

六、燃烧性等級在防火实践上的应用

（一）預报方面　目前在东北及內蒙古林区在火災危险季节，每天由地区气象台和林区內設立的单点火災預报站进行火災危险性的通报，这种通报是假設森林的燃烧性是均一的，各地区随着天气条件的改变呈現不同的火災危险等級。根据森林燃烧性的研究結果，即便在同一气象条件下，植物羣系的不同，各种地段的不同，其燃烧性将有很大的改变。因此，在发布森林防火預报时，必須导入森林燃烧性的概念，这样对于实际工作更有帮助，森林燃烧性和防火預报的結合，可簡单用下列图解說明：

森林火災危险性等級划分程序

（大兴安岭）



按現在海拉尔气象台使用的"着火指标"和火災"蔓延指标"的計算式为：

$$I(\text{着火指标}) = 2.25e^{-0.058H} + 0.025T^{1.83} + 0.36 \quad (1)$$

$$S(\text{蔓延指标}) = 6.73e^{-0.053R} + 0.131V^{0.741} + 0.07 \quad (2)$$

式中：e——自然对数底，H——最小湿度，T——最高温度，R——实效湿度，V——最大风速。

I,S 用百分率(%)表示，用下列图表(图 35.36)检索危险指标。

着火指标和蔓延指标一般使用的气象資料是无林地上的气象台(站)的記录，只能代表林外的草地和灌木草地的气象状况，由于羣系和类型的改变，小气候状况必然改变，从而燃烧性也就不能完全相同，在这里应利用生鏡类型的更正系数，对于林外的火災危险指标加以补正，然后得出眞实的各类型的指标，即：

$$I_x = K_x \cdot I \tag{3}$$

或

$$K_x = \frac{I_x}{I}$$

$$S_y = K_y \cdot S \tag{4}$$

或

$$K_y = \frac{S_y}{S}$$

式中：I_x——任意类型的着火指标，

K_x——任意类型的着火更正系数，

S_y——任意类型的蔓延指标，

K_y——任意类型的蔓延更正系数，

I——林外着火指标，

S——林外蔓延指标。

根据 1957 年在大兴安岭各种类型的小气候观测資料，用 (3)，(4) 式計算得出的更正系数如表十二。

举例：林外气象站的观测为：最小湿度 16%；最高温度 24°；实效湿度 50%；最大风速 8.0 米/秒，从图 36、37 可以查出着火指标为 65，蔓延指标为 30。更正后得出(表 13)。

表 12　各生境类型火災危險指标更正系数

羣系	生境类型	更正系数	
		着火指标	蔓延指标
草类	草类落叶松林		
	林緣	1.81	2.10
	疎林	0.67	0.40
	密林	0.15	0.20
	阴坡	0.36	0.30
	草类沼泽	1.37	3.90
灌木	磯躑躅落叶松林	1.04	0.40
	杜鵑落叶松林	0.25	0.40
蘚类	磯躑躅水蘚落叶松林	0.21	0.40
	磯躑躅水蘚落叶松林	0.13	0.20

表 13

羣系	生境类型	着火指标	蔓延指标
草类	草类落叶枝林		
	林緣	118	63
	疎林	39	12
	密林	10	6
	阴坡	23	9
	苔草沼泽	89	117
灌木	磯躑躅落叶松林	68	12
	杜鵑落叶松林	16	12
蘚类	磯躑躅水蘚落叶松林	14	12
	磯躑躅水蘚落叶松林	8	6

(二) 航空护林方面　航空护林是补充地面护林之不足，因此它的任务包括：(1)林区的空中巡邏；(2)观察正在燃烧的森林火災；(3)飞机指导灭火；(4) 空投跳傘队参加灭火；(5)作为运輸和联絡的工具；(6)检查地面护林机构的工作；(7) 向林区居民进行护林宣传工作。

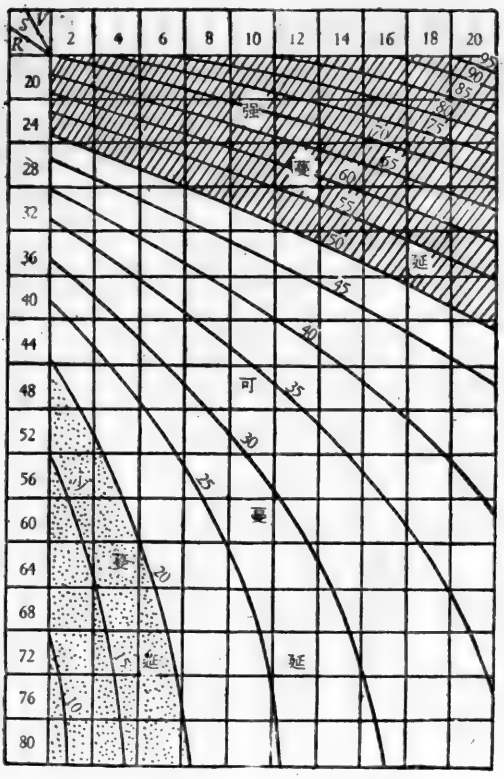


图 35. 蔓延指标(大兴安岭)

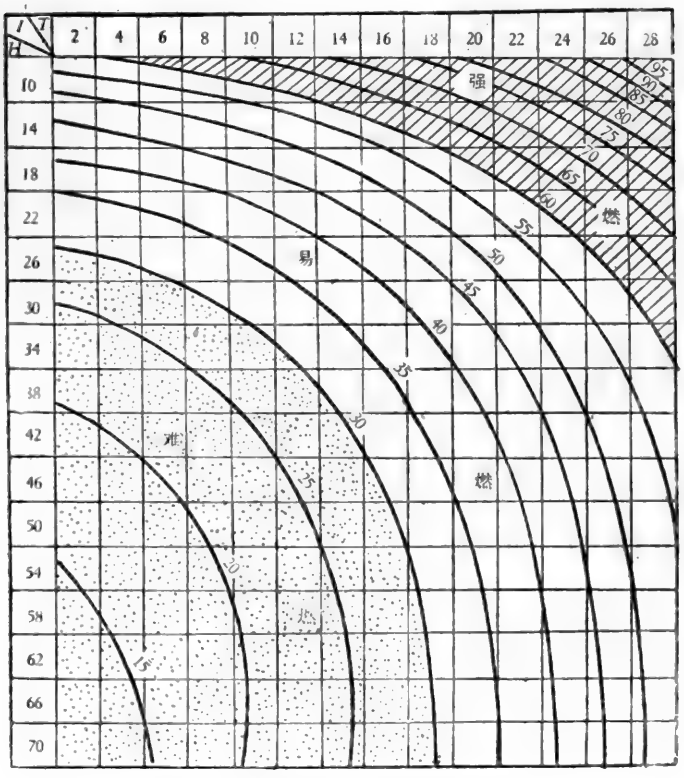


图 36. 着火指标(大兴安岭)

目前的航护工作与上述的要求相距甚远，未能及时地和主动地发現森林火災，也未能有效地指导灭火，这些問題的获得解决都与掌握森林燃烧性等級有密切的关系。現就有关的方面概略地談談如何应用森林燃烧性等級的問題。

1. 航綫的規划：現在航巡路綫的选择是根据前一天晚上沈阳民航的航綫預报确定的，这样往往不能符合森林燃烧性較大的区域，未能符合考虑珍貴林区的要求，并因林区天气变化較快，在发行的安全上也不能保証。

在規划航綫时首先应考虑到各地理景观各羣系的特点，一般在森林草原、針闊混交林景观区以草类羣系为主，且它又由于开发年代已久，人烟較多，人为火源也較多，容易引起火災，燃烧性大，且易蔓延；在山地泰加林及山地樟子松落叶松林景观区尙未开发或部分地区正在开发，人烟稀少，人为火源也較少，但这里有天然火源（落雷）引起火災，难于及时发現和扑救。单从燃烧性的观点来看則首先是考虑森林草原景观区，其次为針闊混交林景观区。但由于大面积的林区中，各地理景观及各羣系的分布是互相錯杂的，因此在規划航綫时，除了首先考虑結合森林燃烧性最大的，經济价值大的区域外，分散的林段、非林地及农业用地对航綫的长度和方向都是不利的；另外还应考虑到火源的性質及地面防火設施的互相配合。因此对巡邏航綫的选择必須：

（1）充分观察被保护的区域，即能見度要大；

（2）航綫經过的地区为燃烧性最大和珍貴林区的上空；

（3）大片森林相毗連的地区上空；

（4）有显著地物标；

（5）人烟稀少，防火設施不足的林区上空；

（6）巡邏飞行中最大的安全性。

2. 巡邏密度的确定：巡邏航綫确定之后，繪于飞行图上，分成若干航綫組，然后根据这些航綫所通过的林区各景观特点，火源性質、地面防火設施的情况作出各航綫的巡邏密度，以能及时地发現火情和及时扑灭。巡邏密度应按以下条件来确定：

（1）无人烟的森林草原、針闊混交林景观区密度最大；

（2）无人烟的原始林区有电雷引火可能的地区密度最大；

（3）人烟稀少的森林草原、針闊混交林景观区密度較大；

（4）人烟稀少的原始林区有电雷引火可能的地区密度較大；

（5）人口密集的森林草原、針闊混交林景观区密度小；

（6）人口較多的原始林区密度小。

3. 指导灭火：森林火災发生以后，指揮灭火的人員为了尽快地扑灭火災，动員大量的人力物力，当然这出发点是对的，然而这种行动造成了許多人力物力的浪費現象，这都是由于对森林燃烧性沒有掌握和了解的結果，只是用最原始的工具进行追击战，有时变成狂燃火而无法扑救，同时也容易造成人身事故。如果指揮扑火人員掌握了森林燃烧性，这些問題就可以得到解决，特别是对于巡邏飞机的指导灭火及空降灭火队的安全更为有利。

指导灭火是指示地面灭火队最正确地将人力物力布置于火場周围，及时地将他們轉移到最危险的火綫上；在以跳傘灭火队参加灭火时，把他們空降于最安全的地点（即是燃烧性較低的地点）。

在灭火中，巡邏飞机应經常地观察火災的情况，随时投下火場略图（要标明火場的位

置、面积、发展方向、蔓延速度，附近的河流、小溪、水池、火場附近的景观羣系及类型的燃烧性等），根据燃烧性指出火災最危险的地段，确定灭火人数，从什么地方将灭火人員調动到最危险的火綫上（卽燃烧性最大的地段）去，用什么方法灭火有利。地面指揮人員根据巡邏飞机的投报，現有灭火队的配置考虑燃烧性大小而重新調配人力物力，用最有效的方法及时地把火災扑灭，以免蔓延成災。

（三）林場防火技术設施方面　林場防火設施計划的編拟应遵循下列主要原則：

（1）过去五年的火災性質的資料；

（2）現有防火設施的鑑定；

（3）防火的基本建設：道路、防火綫、生土带和防火沟、水源、地面巡邏、瞭望台、通訊設备、化学消防站及防火工具基地等；

（4）火险区的划分及火险图的繪制（参考林相、林型图和森林調查簿及实地踏查）。

以上四項特别是火险区划分及火险图的繪制是各項防火設施規划的重要依据。每一个林場的林地火险区的划分是根据燃烧性等級表（表十一）来确定的，并将火险区以不同的顏色表示出各羣系或生境类型的燃烧性等級繪制于火险图上。

同一燃烧性的等級，在相毗連的地段合併为一个火险区，少数零星的燃烧性等級不同的类型或羣系，可以考虑具体情况合併入相邻的火险区內。

火险区划分及火险图繪制完了之后，就可以着手按不同燃烧性等級来規划各項措施：

Ⅰ級火险区——火災危险性小，在規划时不須特别注意，只在特别干旱的时候（連續无时期特长及干旱年代）进行巡邏和瞭望。

Ⅱ級火险区——火災危险性中等，适当規划一些防火措施，在与Ⅲ級火险区交接的危险地段，适当开設隔离带或生土带，建立必要的瞭望台或瞭望小屋，平常进行一般的巡邏和瞭望。

Ⅲ級火险区——火災危险性大，为重点的防火区，全面加強防火措施，道路比較稠密，开設必要的防火綫和生土带，在适中地点設立化学消防站，經常进行巡邏和瞭望，巡邏路綫首先应照顧此区。

編制防火設施計划时，先依景观区羣系的燃烧性等級确定大的火险区，划出重点保护区，在拟定防火設施时首先应考虑从草原地区来的生产用火引起的森林火災，有必要在森林草原与針闊混交林景观区之間开辟防火綫和生土带，保护原始林的安全。同时在各景观区內也应当考虑将草类羣系作为重点，有必要开設防火綫，或用固定防火障与灌木羣系隔离开来，也就是說在基本建設規划时可以在其上限开辟道路、生土带或防火綫，再結合巡邏路綫、瞭望台的設置等措施，保証及时发現和扑灭火災。

（四）扑火方面　森林火災发生之后，經过較长时間，如果无人扑救必然蔓延面积很大，这时扑火指揮人員应考虑調动少数的人力与物力在短时間內就彻底消灭火災，这样森林燃烧性等級就成为指揮扑火的重要战术資料。以往由于指揮人員对森林燃烧性沒有掌握和了解，在指揮扑火时未能結合各生境类型或羣系的燃烧性特点来布置力量，而造成許多不应有的損失，如人力物力的浪費，人身事故等。如果掌握了森林燃烧性的特点，发生火災之后，指揮員根据飞机巡邏观察所投下的火災略图以及手中現有的景观、羣系及生境类型分布图，按火災的面积大小（灭火人員到达火場时的可能面积），首先确定在什么地方进行扑火最有利，需要多少灭火人員才能扑灭，这时就可以将力量調配到这些地区去直接

迎击火头，在这时可以采用扑打法，有可能时也可以采用迎面火法。

当火災发生在草类羣系的时候，由于此羣系的燃烧性特点所限制，难于直接扑灭，这时指揮可以根据周围羣系生境类型来布置灭火力量，从前述已經知道磯躑躅水蘚落叶松林等类型不易燃烧，且有阻火前进的作用，这样在此类型就可以少配备人力或不配备力量，将力量大量投到灌木羣系上，待火头到来时进行扑打，或在火头将来临有气旋产生时也可以利用迎面火法来扑灭火災。

当火災发生于灌木羣系时，指揮員应以最大的速度最有效的方法，全力以赴把火在此羣系中消灭(因为在灌木羣系中初期火災強度是不大的，易于扑灭)，以免蔓延于草类羣系中，蔓延面积过大难于扑灭。

火災扑灭以后，对于火場的清理尤应特别注意，以免死灰复燃而造成火災。在清理火場时，灌木羣系中的磯躑躅落叶松林与杜鵑落叶松林由于病腐(根腐及心腐)木很多(約在50% 以上)，易于造成阴燃，所以应該特别注意；另外在特别干旱年代中，磯躑躅水蘚落叶松林由于泥炭层很厚，容易变为地下火，在清理火場时应增加看守时間。

七、結　　語

大兴安岭的植物分布情况，过去有許多人进行过研究，在这些研究的基础上，笔者具体地結合防火实践也作了一些調查研究工作。然而这种調查研究工作是与前人的分类有些不同的地方，譬如，"羣系"这个名詞，在慨念上就与地植物分类的含义不同，这里的慨念是从方便于防火实践应用而定的，也就是說，森林火災的主要燃烧物是林冠下的各种地被物，所以划分"羣系"时也就从地被物种类不同与生境条件的不同作为出发点的。另外，植被类型是按生境条件，根据"显域植被"来划分的，这是与林型的划分在慨念上不同的地方(即笔者沒根据現存植被推导原材型)。

对于森林燃烧性的研究上，象这样的試驗方法，在各国的文献中很少遇到，因此大部分的仪器与操作采用了工业上的一些方法，并且在实际森林火災时，往往在某些方面不相符合，所以另在野外按不同的生境条件类型作了点火試驗，根据二者的特性划分了燃烧性等級。

大兴安岭的周围几乎全被森林草原所包围，受草原火的威胁很大，应加以防范；另外，当春季內陆低气压兴旺时，往往在冷鋒經过的地方发生落雷現象，这种落雷現象时常引起火災，对于这样人力不能控制的火源，应加以严重的监視，并应开展这一研究工作，达到人力能控制，消灭这种火源引起的火災。

在三年消灭全国森林火災的形势下，大兴安岭的防火工作在党政領导及羣众大力支持下，几年来获得了不少成績，今后有必要根据森林燃烧性組織人力进行大兴安岭的防火总体规划，在三年內或更短的时間內消灭森林火災。

各种可燃物的发热量（卡/克） 附表一

可燃物名称	$Q_б^a$	$Q_н^p$（含水热值）		$Q_н^p$	
		$Q_н^p$	W（含水率）	$Q_н^p$	$W\%$
落叶松朽木	5034	4765	50.0	3956	200.0
落叶松枯枝	4491	4449	7.8	3942	101.8
落叶松树皮	5154	5111	10.0	4696	85.0
落叶松边材	4538	3845	23.8	3810	135.0
落叶松火烧木	4767	4524	45.0	3959	150.0
落叶松幼树	5227	5179	9.0	4437	146.5
樟子松	4756	—	—	3516	230.0
白樺边材	4627	—	—	3819	150.0
白樺幼树	4847	4525	59.6	4225	115.5
山楊	4620	4508	22.0	3898	134.0
柞树	4116	—	—	3308	150.0
黑樺	4140	—	—	3332	150.0
小叶杜鵑	5133	4702	80.0	4432	130.0
大叶杜鵑	5667	5225	82.6	4993	125
越桶	5037	4600	81.6	4390	120.0
磯躑躅	5667	5255	76.4	4841	153.3
都食	5226	4799	79.2	—	—
綉綫菊	5093	4875	40.4	—	—
丛樺	5017	4764	46.9	—	—
榛子	3925	3656	50.0	—	—
胡枝子	4134	3945	35.0	—	—
兴安柳	4475	4259	40.0	—	—
兴安檜	4794	4444	65.1	4201	110
高山檜	5153	4776	70.0	—	—
偃松	4412	3927	90.0	3604	150
蒿子	3770	3736	6.2	3662	20.0
拂子茅	4013	3975	7.1	3892	22.5
大叶樟	4065	4030	6.5	3925	25.9
莎草	4153	4134	3.5	3780	69.2
鹿蹄草	4581	—	—	3880	130.3
草藤	4514	4436	14.5	—	—
水蘚	4165	3702	85.9	510	678.1
縐蒴蘚	4263	3832	80.0	1676	480.0
地衣	3534	3509	4.5	1108	450.0
赤楊	4761	—	—	4006	140.0

各种可燃物可燃性气体含量　附表二

試料名称	部分	試料重量(克)	取气时温度°C(热电偶高温計)	气体含量% 二氧化碳	不飽和烴	氧	一氧化碳	氫	飽和烴	氮	可燃性气体总值%	备註
落叶松	边材		225～240°C	37.3	2.4	2.6	30.10	0.57	18.62	8.41	51.69	
落叶松	树皮		225	44.60	1.70	1.50	19.73	0.24	6.97	25.06	28.64	
落叶松	腐朽木		195	48.30	1.30	2.90	21.80	0.13	4.12	21.45	27.35	
落叶松	火烧木		270	40.20	1.70	2.84	19.19	0.25	7.33	28.49	28.47	
落叶松	枯枝		300	37.90	2.15	3.00	19.61	0.30	12.20	24.84	34.26	
落叶松	幼树		250	42.40	2.17	2.54	19.96	0.26	10.26	22.41	32.65	
樟子松	树干		132	31.35	1.00	4.15	14.20	0.16	5.84	43.30	21.20	
白樺	边材		150	39.80	0.82	5.00	10.82	0.20	7.52	26.84	28.36	
白樺	树皮		255	20.50	6.47	4.93	11.23	0.25	24.58	32.04	42.53	
白樺	树干		318～339	46.30	2.10	2.70	27.40	0.66	10.29	10.55	40.45	
山楊	树干		255	45.00	2.10	3.70	22.40	0.26	6.24	20.30	31.00	
黑樺	干枝	220	120	39.20	1.30	3.70	14.70	0.20	2.41	38.49	18.61	
黑樺	干枝带叶	200	398	30.00	1.05	1.75	9.00	0.15	2.43	55.62	12.63	
蒙古柞	干枝带叶	200	250	40.50	1.40	3.60	16.50	0.26	3.74	34.00	21.90	
大叶杜鵑	干枝带叶		220	27.90	0.64	3.86	7.44	0.18	0.24	59.74	8.50	
杜鵑	干枝带叶	200	245	33.70	1.60	2.80	10.50	0.18	6.10	45.12	18.38	
耨綫菊	干枝带叶	165	270	28.30	1.20	2.70	7.80	0.24	5.32	54.44	14.56	
越桔	干枝带叶	151	300	28.10	1.40	2.40	7.30	0.23	7.81	52.76	16.74	
磯躑躅	干枝带叶		275	37.50	0.66	1.90	11.84	0.12	3.13	44.85	15.75	
丛樺	干枝带叶		192	41.20	1.12	1.95	12.65	0.18	0.56	42.34	14.51	
都食	干枝带叶		110	32.50	1.50	5.00	12.80	0.24	6.76	41.20	21.30	
赤楊	干枝带叶		286	43.90	0.96	6.29	17.71	0.16	3.00	27.98	21.83	
偃松	干枝叶	140	340	33.20	1.50	4.80	13.80	0.19	6.47	40.04	15.49	
高山檜	干枝叶	152	180	25.00	2.20	4.20	8.70	0.12	6.52	53.26	17.54	
兴安檜	干枝叶	200	380	25.90	1.00	3.60	6.00	0.13	7.54	55.83	14.67	
榛子	干枝叶	200	305	47.20	2.00	2.40	13.30	0.12	6.26	28.72	21.68	
灌木柳	干枝叶	135	165	24.80	1.10	3.30	5.30	0.11	5.17	60.22	11.68	
胡枝子	干枝叶	116	170	34.90	0.30	2.10	8.80	0.06	2.10	51.74	11.26	
大叶樟	茎叶		300	27.30	1.00	3.30	9.90	0.26	13.34	44.90	24.50	
拂子茅	茎叶		355～370	27.00	1.00	4.60	10.70	0.12	15.50	41.08	27.32	
莎草	茎叶		160	31.20	1.10	2.80	8.40	0.13	15.72	40.65	25.35	
草藤	茎叶		330～340	37.40	1.50	3.20	10.20	0.12	7.80	39.78	19.62	
鹿蹄草	茎叶		70	42.10	0.90	1.50	7.50	0.07	1.87	46.06	10.34	
蒿子	茎叶	96	170	34.90	0.30	2.10	8.80	0.06	2.10	51.74	11.26	
綿蒴藓	全部		120～135	36.50	1.00	3.20	11.50	0.25	7.09	40.46	19.84	
水藓	全部		210	38.90	1.40	3.60	10.60	0.12	6.08	39.30	18.20	
地衣	全部	150	170	20.00	0.50	3.30	6.20	0.12	0.63	69.25	7.45	
草类—落叶松林	枯枝落叶	150	150	23.30	0.60	3.50	6.00	0	5.26	61.34	11.86	
草类—落叶松林采伐跡地	枯枝落叶	115	195	21.80	0.60	2.10	4.60	0.24	4.88	65.78	10.32	
都食—杜鵑—落叶松林	枯枝落叶	143	220	39.10	2.10	2.00	9.60	0.30	8.16	38.74	20.16	
磯躑躅—落叶松林采伐跡地	枯枝落叶	150	180	32.60	2.05	3.35	10.90	0.19	7.08	43.83	20.22	
杜鵑—樟子松林	枯枝落叶	150	180	34.20	1.30	2.00	10.15	0.18	3.60	48.57	15.23	
胡枝子—柞树林	枯枝落叶	69	175	19.10	0.30	2.10	3.00	0	1.43	74.07	4.73	
蒙古柞—白樺		150	200	34.80	2.00	3.40	6.90	0.24	8.90	43.76	18.04	
榛子—黑樺林	枯枝落叶	145	220	27.20	1.50	3.60	5.00	0.33	4.93	57.44	11.76	
榛丛	枯枝落叶	106	210	23.80	0.70	1.50	4.50	0.12	5.76	63.62	11.08	

各种可燃物的燃烧温度　附表三

試料名称	燃烧部分	試料規格	平均重量(克)	引火点(冒烟)	加热至引火經过时間	着火点(呈火星)	反应时間	自燃最高温度	所經时間	熄灭前温度	加热开始至熄灭时間	备註
落叶松	树皮	剝片	0.99	(130～220)161	3′33″	(200～320)276	6′31″	(209～510)423	9′51″	(250～440)346	13′36″	
落叶松	腐朽木	块状	0.42	(185～225)231	4′38″	(245～360)294	6′20″	(310～435)403	8′ 9″	(240～340)303	12′48″	
落叶松	幼苗	截段	0.35	(140～190)169	3′54″	(310～400)349	7′53″	(430～465)453	10′26″	(290～400)363	13′30″	
落叶松	边材	块状	0.47	(170～230)207	4′49″	(345～395)364	8′18″	(405～460)434	11′ 0″	(315～370)335	14′34″	
落叶松	火烧木	块状	1.50	(175～200)189	5′10″	(255～380)329	8′ 0″	(405～480)439	11′ 0″	(210～335)286	22′26″	
落叶松	枯枝	截段	1.67	(150～230)187	5′ 1″	(200～340)284	7′11″	(425～465)446	11′ 9″	(250～320)291	22′48″	
白樺	树皮	片状	0.80	(180～220)203	4′37″	(330～920)372	8′48″	(450～560)439	12′ 0″	(340～435)399	14′26″	
白樺	树干带节	块状	1.17	(130～205)178	4′51″	(310～380)351	8′12″	(452～455)441	10′26″	(290～345)316	19′43″	
白樺	边材带皮	块状	0.95	(200～220)290	5′ 5″	(345～385)366	8′17″	(415～460)445	11′26″	(270～340)316	18′ 6″	
山杨	幼树树干	截段	0.93	(130～205)166	3′55″	(230～350)301	7′10″	(400～480)440	11′52″	(290～320)303	17′ 5″	
樟子松	干、枝、叶	块状	1.62	(160～215)192	5′43″	(265～345)328	7′42″	(375～500)446	10′54″	(255～300)273	23′43″	
黑樺	干、枝、叶	块状	1.23	(200～260)235	5′38″	(340～420)372	8′15″	(430～500)457	11′48″	(250～320)290	24′18″	
蒙古柞	干、枝、叶	块状	1.74	(185～240)216	5′37″	(230～435)351	8′ 9″	(405～470)443	10′36″	(240～320)284	25′54″	
杜鹃	茎、叶、枝	截枝	0.55	(170～205)198	4′ 3″	(340～470)379	8′12″	(415～510)447	10′ 3″	(210～330)286	18′14″	
大叶杜鹃	茎、叶、枝	截枝	0.42	(190～215)204	4′20″	(355～360)357	8′ 6″	(420～475)441	11′43″	(270～380)334	15′41″	
越桔	枝、叶	截枝	0.27	(185～205)191	4′25″	(290～380)340	8′26″	(400～455)429	11′17″	(330～390)350	14′53″	
磯躑躅	枝叶花梨、	截段	0.24	(150～230)197	4′26″	(375～450)411	8′39″	(440～540)435	10′ 9″	(310～450)387	12′40″	
綉綫菊	茎、枝	截段	0.36	(150～210)194	4′19″	(315～365)349	8′16″	(425～465)446	10′51″	(295～380)349	15′24″	
丛樺	枝叶	截段	0.37	(110～190)159	3′40″	(290～370)336	8′18″	(410～510)436	10′26″	(330～395)358	14′20″	
赤杨	树干带皮	块状	0.57	(200～240)221	5′21″	(280～350)331	7′17″	(385～465)429	9′34″	(250～360)310	15′51″	
赤杨	枝叶带节	截段	0.47	(145～220)176	4′ 6″	(280～365)338	8′ 0″	(430～490)453	11′34″	(300～380)353	16′ 8″	
都食	茎枝叶	截段	0.43	(155～185)175	4′ 8″	(345～410)371	9′23″	(390～460)414	10′23″	(320～380)355	14′41″	
兴安槭	枝莖叶	截段	0.41	(175～250)210	4′44″	(290～335)302	6′55′	(335～405)369	9′12″	(205～370)271	15′19″	
偃松	枝茎叶	截段	1.35	(140～230)189	3′59″	(285～380)354	7′52″	(385～460)435	10′30″	(225～380)285	23′22″	
治柳	枝茎叶	截段	0.71	(135～220)187	4′13″	(205～270)240	5′17″	(360～455)412	9′ 0″	(230～280)252	15′40″	
胡枝子	枝茎叶	截段	0.66	(180～225)202	4′20″	(225～360)295	6′19″	(400～475)450	10′18″	(210～360)292	16′17″	
榛子	小枝、茎叶	截段	1.13	(200～230)214	5′ 1″	(350～390)368	8′ 3″	(430～540)490	10′54″	(250～300)279	22′27″	
高山槭	茎叶	截段	0.89	(140～170)159	3′35″	(260～355)305	7′ 7″	(435～440)421	10′36″	(240～340)305	17′47″	

試料名称	燃烧部分	試料規格	平均重量(克)	引火点(冒煙)	加热至引火經过时間	着火点(呈火星)	反应时間	自燃最高溫度	所經时間	熄灭前溫度	加热开始至熄灭时間	备註
拂子茅	茎叶	截段	0.30	(175~210)189	4′11″	(220~295)269	5′43″	(350~420)381	7′43″	(310~345)326	8′14″	
胞蹄草	茎叶带根	截段	0.23	(145~205)182	4′28″	(250~350)300	7′17″	(330~415)376	9′51″	(250~370)322	12′28″	
莎草	莖叶	截段	0.30	(170~230)189	4′13″	(250~280)263	5′36″	(390~410)399	7′34″	(330~345)339	8′52″	
大叶樟	莖叶	截段	0.30	(185~210)197	4′23″	(270~325)294	6′24″	(390~430)402	8′ 9″	(340~380)756	9′ 3″	
草藤	莖叶	截段	0.57	(190~200)196	5′ 0″	(210~240)223	5′37″	(320~405)359	11′ 6″	(215~290)247	14′ 3″	
蒿子	莖叶	小細	0.52	(140~200)181	3′55″	(210~280)239	5′13.4″	(395~455)419	8′12″	(250~310)289	10′48″	
翻蒴藓	全部	小細	0.21	(155~210)179	4′ 7″	(180~230)205	4′47″	(300~355)331	6′43″	(295~340)309	7′ 0″	
細叶泥炭藓	全部	小細	0.21	(150~220)174	4′12″	(190~280)229	5′18″	(295~385)346	6′26″	(280~330)313	7′18″	
地衣	全部	小細	0.52	(180~220)206	4′30″	(215~380)313	6′15″	(425~465)440	8′57″	(295~350)321	11′41″	
草类—落叶松林，枯枝落叶	枯枝、落叶、草	小細	0.61	(150~220)185	4′ 2″	(195~340)261	5′51″	(310~515)395	10′ 0″	(210~390)292	14′34″	
草类—落叶松林，枯枝落叶(采伐跡地)	枯枝、落叶、草	小細	0.66	(160~200)184	3′45″	(185~310)234	4′46″	(355~550)421	8′54″	(210~350)293	11′30″	
都食—杜鵑—落叶松林，枯枝落叶	枯枝、落叶、草	小細	0.50	(180~250)211	4′50″	(205~380)302	6′33″	(340~445)409	9′36″	(260~350)309	15′24″	
磯躑躅—落叶松林，枯枝落叶(采伐跡地)	枯枝、落叶、草	小細	0.65	(160~230)187	4′27″	(280~340)308	7′ 6″	(375~445)401	10′ 6″	(250~340)300	18′34″	
杜鵑—樟子松林，枯枝落叶	枯枝、落叶、草	小細	0.65	(150~190)169	3′54″	(190~335)288	6′25″	(335~460)397	9′48″	(250~350)293	17′38″	
蒙古柞—白樺林，枯枝落叶	枯枝、落叶、草	小細	1.16	(135~195)171	4′28″	(235~310)280	7′ 1″	(345~440)389	9′36″	(220~330)275	23′ 6″	
榛子—白樺—蒙古柞林，枯枝落叶	枯枝、落叶、草	小細	0.61	(150~220)185	4′ 2″	(195~340)261	5′51″	(310~515)398	10′ 0″	(210~390)292	14′34″	
胡枝子—柞树林，枯枝落叶	枯枝、落叶、草	小細	0.74	(150~220)185	4′ 9″	(180~385)249	5′19″	(345~560)442	9′ 6″	(240~470)320	13′57″	
榛子—黑樺林，枯枝落叶	枯枝、落叶、草	小細	1.04	(145~220)170	3′53″	(160~365)268	6′ 9″	(325~445)401	10′ 0″	(240~340)300	21′46″	
榛丛林，枯枝落叶	枯枝、落叶、草	小細	0.85	(200~230)215	4′59″	(235~280)256	5′50″	(295~440)399	9′18″	(250~330)385	14′23″	

各种可燃物燃烧速率对比　附表四

可燃物	反应带(度—秒)	燃烧速率(度/秒)	可燃物	反应带(度—秒)	燃烧速率(度/秒)
落叶松树皮	70000	1.25	落叶松幼苗	61353	1.37
白樺树皮	82752	1.32	山楊	104340	1.25
杜鵑	45843	1.43	大叶杜鵑	86583	1.36
越桔	65664	1.21	磯躑躅	38070	1.45
綉綫菊	61535	1.29	丛樺	49408	1.20
赤楊	52060	1.40	都食	31360	1.24
拂子茅	39000	1.99	鹿蹄草	52052	1.22
莎草	39058	1.38	草藤	95739	1.21
綿蘚蘚	31088	1.21	水蘚	19584	1.24

参考文献

[1] 地理知識(53年11期,55年10期,57年1期)
[2] 地質学报(32卷1、2期)
[3] 东北区的地質及地誌,1951。
[4] 孙敬之　內蒙古自治区經济地理,1956。
[5] B. B. 尼木尔斯卡娅　黑龙江上游和額尔古納流域地貌,1957。
[6] 耶魯申科　黑龙江上游植被概况,1956。
[7] 耶魯申科　关于黑龙江沿岸植生情况,1956。
[8] 楊紉章　黑龙江上游及呼倫貝尔地区的气候調查报告,1957。
[9] 林业部調查設計局　大兴安岭森林資源調查报告(第四卷)1954—1955。
[10] T. П. 高尔捷也夫　中国东北及內蒙古自治区东部的植被概要,1957。
[11] 王正非等　森林防火研究报告彙編,1957。
[12] A. B. 彼坚布尔斯基　农业化学分析,1955。
[13] 列·尼·魏諾格拉道夫　林产化学論文集,1953。
[14] E. M. 泰茨等　工业原料煤鑑定法,1956。
[15] A. П. 格罗舍夫　工业分析,1956。
[16] C. П. 安泽什金　森林防火,1955。
[17] 张玉良　大兴安岭山脉的植物羣落,1955。
[18] H. B. 施沙科夫　可燃性气体生产原理,1957。
[19] 刘培新　东北自然地理,1958。
[20] 苏联林业部护林防火局　林管区防火設施計划編制規程,1955。
[21] B. H. 苏卡切夫等　地植物学研究簡明指南,1955。
[22] 大島义清等　最新化学工业大全(第四分册)。
[23] 三浦伊八郎　木材化学。
[24] 日本化学会編　实驗化学講座(生物学),1957。
[25] Г. А. Амосов, Некоторые особенности горения при лесных пожарах, 1958.
[26] Главное управление лесного хозяйства и полезащитного лесоразведения министерества сельского хозяйства СССР, Наставление по охране лесов от пожаров, 1956.
[27] С. Ф. Николаев, В. С. Рекунов, Г. А. Мокеев, Авиационная охрана лесов от пожаров, 1950.
[28] Т. А. Зикеев, А. И. Корелин, Анализ энергетический топлиз, 1948.
[29] И. С. Мелехов, Природа леса и лесные пожары, 1947.
[30] А. М. Стародумов, К вопросу о классификации насаждений по степени пожарной опасности, 1956.
[31] В. Г. Нестеров, Общее лесоводство, 1954.
[32] С. П. Анцышкин, противопожарные мероприятия в лесу, 1956.

雷暴对森林火災的影响*

王正非　朱廷曜

在防火实践中已經注意到森林各类火災受气象条件的影响，关于这个复杂問題，在苏联和其它国家都有过很多著述。一般都提到气象因子对火災的发生与蔓延有着密切关系，而在雷暴的天气情况下，由于电雷引起森林火災有系統的报导却很少，因为这是一个带有地域性的复杂問題，到目前，尙有許多問題需要深入观察和研究。

这篇报告是根据 1958,5,25～29（五日間）在內蒙古自治区呼倫貝尔盟大兴安岭林区，前后发生的十三次电雷火災的調查报告而写成的。

根据海拉尔气象台和盟防火委員会在五月二十四日晚上发布的防火天气予报是：二十五日起喜桂图旗、額尔古納旂、阿荣旂、鄂倫春旂、火险級五級，其它各地区的火险級均在四級以上。如阿荣旂地区特别干燥，在二十五日晨 6～7 时就阿倫河岸及毕拉河岸由于落雷起火二处，二十八日晚 19 时在根河，图里河由于雷暴引起火災二处，二十九日中午以后又有規模較大的雷暴发生引起火災竟达九处。（图 1，表 1）除阿倫河及甘河的火烧面积較大，損失較重，其它各地的火災或由于河流阻碍或由于人力扑救及时，均未成災，并且被烧的主要是草地，树木受害很輕微。

这五天中的火災充分証实过去我們对大兴安岭火源的論点，从各地的調查材料，可以看出电雷对森林火災的关系，同时也提供我們对这种火源須加強預防措施的有力根据。

从起火的时間上把它們划分为三个組，在雷暴的性質上可以分成二个系統：第一組（5月25日阿倫河），第二組（5月28日图里河）属于地方性雷暴，主要受地形影响，由于有林地与无林地，山地和谷地，受热不均等，局部地区温度很快升高，貼近地面气层的温度也迅速增高，而产生上升气流。如果空气中含有水汽較多，在上空湿潤不稳定层中，发展为势力強大的积雨云，遂形成陣雨和雷暴，这样雷暴的区域較小（第一組，第二組只有二处落雷），在天气图上不易察覚，只好依靠单点預报。第三組属于鋒面性雷暴，这个雷暴区域很大，南自哈蟒沟北至根沙綫 65 公里，长达 500 公里，东西寬度約 80 公里，并在北端开始轉折，向东部移动，在阿里河口造成災害，根据这一天我們亲身体驗的天气情况是：博克图一带 29 日 11 时前气温很高，西南风四——五級，12 时以后风速达六級，尘沙扑面，基本上属于气旋暖区的天气現象，午后13时，北方积雨云发展旺盛，迅速阴及头頂天空，不时有閃电和雷声。在 13 时 30 分左右开始降雨并参杂霰雹，这个陣雨移动較快，15 时左右到达阿倫河火場，降水強度增加，在 1 小时 30 分的降雨时間內，达 70 毫米，火災基本被浇灭。从天气图上看 29 日上午大兴安岭处于气旋暖区位置，冷气团的前綫（冷鋒）在中蒙国境，移动很慢，700 毫巴和 850 毫巴的高空图上，恰在落雷带的上空有一条切变綫（主要风向和风速

---

* 那克緒、赵錚、刘澄濬、吳凤生、楊篤生、覃世、唐克光等同志参加調查工作。

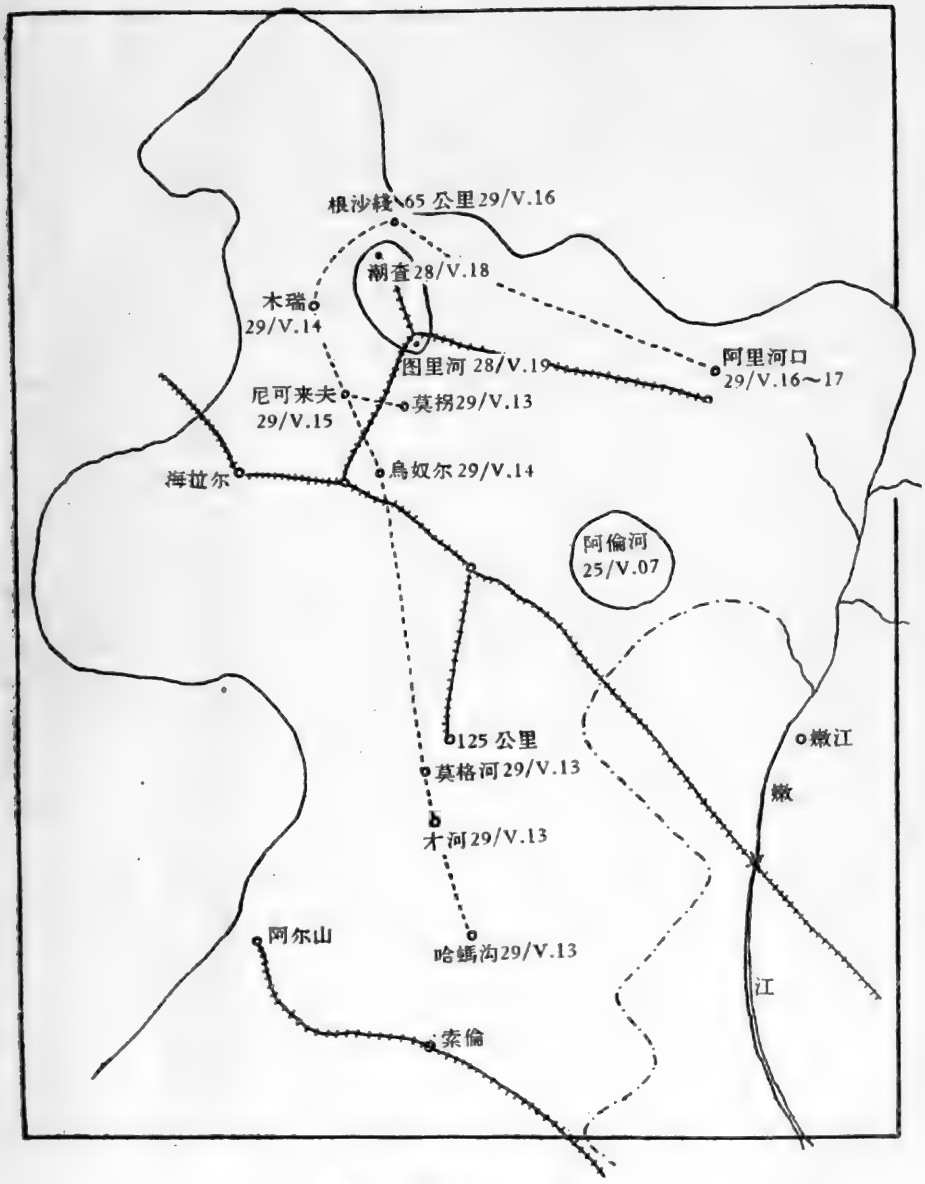


图1 起火时間及分布图

不連續)，地面上是否存在鋒面，因为手中的材料不够，容待以后分析，总之，按当日我們体驗的情况，起火的地域內，中午前后确有強烈的上升气流发生，这个对流运动可能产生于地表层空气的輻合，受动力作用，空气上升，水汽凝結成云。这一次陣雨，西自牙克石，东至鄂倫春旗至少有 300 公里而落雷成災地区却只在东西寬超过 80 公里的狹小地带，这可能由于西部降雨量少而东部降雨量較多的緣故，想象落雷的地方应該是相当普遍的。一般来說，有鋒面或有切变綫不一定有雷暴現象，而在大兴安岭这样山岳地带和季节的影响，雷暴发生的可能性是很大的，今后在防火工作上，如何注意暖区后冷鋒面的过境时間、地点、高空切变綫的位置等，对于事前布置瞭望、巡邏与扑火的准备工作等，具有現实意义，当然还須气象部門，进一步研究解决雷暴預报上的許多技术問題。

表 1　由于电雷引起火災情况調查　(1958.6.6)

組別	起火地点	起火时間	植被类型地形	火源象征	烧失面积	天气現象
第一組	阿倫林业局大时尼奇阿倫河北岸	1958年5月25日 6时40分	小叶樟干草地	老枯柳树被击中部燃烧	40000公頃	有雷声
	,,	,,	干草地	——	350公頃	有雷声
第二組	图里河林业局图里河附近河岸	1958年5月28日 19时	河岸落叶松林	被击后树冠着火	——	有閃电通过
	根河林业局潮查林場	1958年5月28日 18～19时	草地	——	——	有雷声
第三組	索倫北哈蟒沟	1958年5月29日 13时	草地	——	——	起火当时有雷声
	才河林业局西勒格特河南岸	,,	緩坡草地	火場当中有枯立木被雷击	400公頃	有远雷
	才河林业局莫格河	,,	干草地	胸徑50 cm 高21米枯頂落叶松被击碎	405公頃	有閃电及雷声
	免渡河林业局烏奴尔	,,	草地	——	——	有雷声
	烏尔旂汗林业局莫拐林場	1958年5月29日 13时20分	干草地	——	4000公頃	有立閃及雷声
	烏尔旂汗林业局尼克来夫村	,,	小叶樟草地	在莫拐与尼克来夫間煤田站电柱被击碎	1800公頃	有雷声
	根河林业局木瑞施业区第四分区15林班	1958年5月29日 13—14时（推測）	无林地干草地	有被击碎站干	431公頃	有雷声
	根沙綫65 km	1958年5月29日 14—15时（推測）	干草地	有六株被击大树起火处有三米长大坑	200公頃	有雷声
	甘河林业局阿里河口	1958年5月29日 16—17时	干草地	不明	7000公頃	有雷声

在这次火源調查中发現了一些很有意义的規律，这些規律可能对今后預防火災发生和蔓延有所裨益。

1. 发現电雷引起火災的时間，在一昼夜中正午以后，占总起火回数的70%，而早晨和傍晚只各占15%（如图2），夜間沒有一次发生，当然鋒面雷暴也可能发生于夜間，那时空气湿度較大，地面較湿，除非在极干旱的年代，即或有落雷現象，也不一定引起火災；

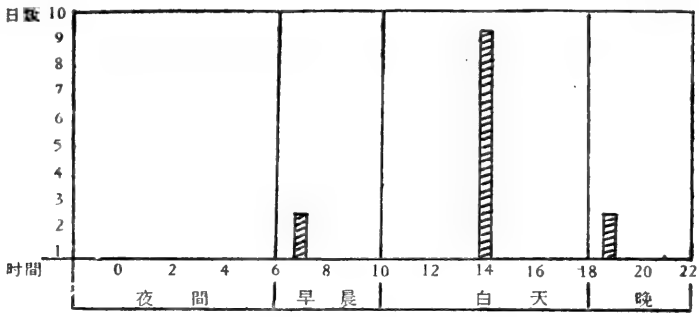


图2　电雷引起火災的时間

2. 发現电雷引起火災的植被类型大部分在小叶樟干草地或干草地上的散生林木，山腹草地只占一次，其它一次是电柱被击碎，在山頂密林中却沒有发現，这样今后对防止雷电起火，对这些地带有必要考虑添加設施(图 3)，并且这些平地落雷現象，可能受地質影

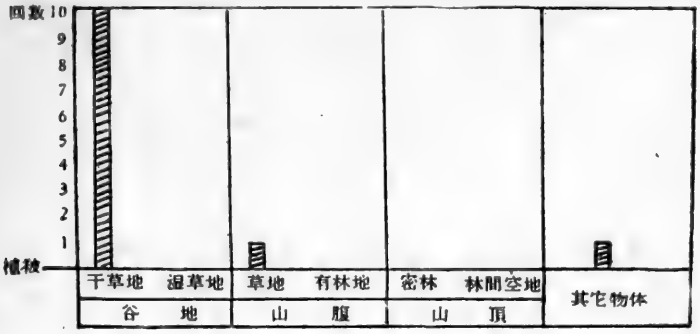


图 3　电雷引起火災的植被类型

响，落雷一般发生在高地、尖塔或树林，象这样平坦的草地，却发生了落雷，不能不看作是奇异的現象，根据 Norinder 作过的模型試驗，可能是在地下埋藏着大块金属性的矿物質，特别在正极性雷云的时候，更为显著。这样可以从落雷現象中，进行探矿的研究，对于鋼鉄大丰收具有重大意义；

3. 发現地方性雷暴的着火回数远远少于鋒面雷暴，其落雷范围也不象鋒面雷暴那样长闊；

4. 泰加針叶林区比过渡类型林区(楊、樺、柞、落叶松杂木林)燃烧性低，如根河附近的几处火災几乎是自熄的，受害程度不大，今后对过渡类型应加注意；

5. 交通不便、人烟稀少的地方，起火后不能及时发現，发現后又不能馬上派去人扑救，因而損失較重(阿倫河 4 万公頃，甘河 7 千公頃)，今后对这类地区要考虑增設营林机构，增加航巡次数，組織专业扑火队等。

上述五項規律仅是初步的，希望今后能更多地积累这方面的調查資料，将会得出普遍的規律，对于防火实践具有极大意义。

其次电雷为什么能引起火災呢？　俄国的罗蒙諾索夫和莱赫曼作过很有价值的实驗，在現在仍有指导意义。将二个絕緣极联接在高压电源上，在絕緣极間，則发生火花，不时地閃光，有拍！气！拍！气！的声音，空中的电雷与此道理相同，当地面的湿空气絕热上昇时，以空中浮游着的凝結核(离子、氯化鈉、氯化鈣、一氧化氮和火災的灰尘等)进行凝結，上升气流継續发生时，上升的大水滴和下降的水滴互相碰撞而破裂，呈破碎效应，因此負有电荷，小滴带"－"电，大滴带"＋"电，集中产生电場，这样云与云之間，云与地面，产生极高的电位差，开始放电，遂有閃电和雷声，閃电的长度可达 50 公里，电流为 1～2 万安培，二端电压可超过 1 亿 5 千万伏特，閃电渠道中的温度高达 18000°C，閃电継續时間为 0.001～0.02 秒左右，短时間內发生巨大能量。

閃电的形状有：綫状、片状、枝状、球状和螺旋状等，最易引起火災的是球状閃电，当閃电渠道通过树梢附近可使树冠着火，通过草地上层，可使枯草燃烧。根据这次火源調查，引起火災的情况，推測可能有二种形式，一种是閃电通过沟塘时，地势較高的小叶樟干草地的枯草直树地面比較塔头上的莎草又高又干，容易引起燃烧，在 13 次火災中有 10 次发

生在小叶樟干草地上；另一种是无林地的散生树木，直接导电引起树木腐朽部分燃烧，蔓延及草地而酿成大面积的火災，关于森林內的落雷現象，按照森林調查的經驗也很多，一般由于郁閉的林冠下，草本植物稀疏，地被物的含水率較大，不易着起来火，而在个别干旱年代也可能有例外。

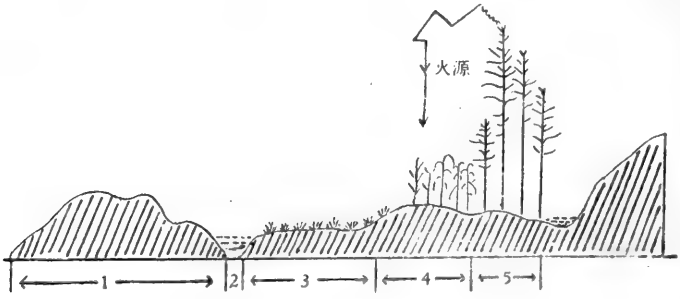


图4 电雷引火的地方

1 山脈或丘陵 2 河流 3 塔头甸子 4 小叶樟干草地 5 散生林木

为什么大兴安岭林区遭受雷暴的災害特别严重呢？可按以下几个理由来說明：

1. 大兴安岭处于冷干北部原始林气候区，年降水量是 500 毫米以下，春季虽有气旋由西北方頻繁襲来，但距离海洋較远，水汽补充不足，鋒面过境降水量很少，甚至有时只落几滴雨，因此这样的气旋往往对森林火災发生不良作用；

2. 大兴安岭偏于东北平原的西北部，春季温度低，雪化的晚，在夏初雷暴盛行的时候，正好雪刚化完，枯草干枝引火的可能性最大，比小兴安岭东部和长白山林区物候要晚到半月至 20 天；

3. 大兴安岭是針叶树純林，冬季落叶，在春季新叶发出之前，林地受热量多，地被物易于干燥，虽有团状混交的楊、樺、柞等，綠叶郁閉很晚，不起隔火与防火作用，而小兴安岭和长白山則不同，树种多为长綠針叶树，針叶树与闊叶树呈株間混交，一般林地保持湿潤，闊叶树发芽很早，虽有雷暴引起火来，也不容易蔓延成災。

过去編制防火預报，主要考虑林区干湿地带的对比，再加上未来天气变化的因素，概观地估計某地区危险性大，某地区危险性小等，实行的五級制：一級——不燃，二級——难燃，三級——可燃，四級——易燃，五級——強燃。一般多注意人为火源，如吸烟、篝火、狩猎弄火、机車噴火等，很少考虑自然火源，从上边的分析来看，自然火源在今后編制防火預报应該作为一項最重要因素来考虑，因为电雷渠道温度之高，落雷后树木燃烧之猛烈，洵非人为火源可能比拟，因此，有这样危险性的火源时，又必須适当地提高預报的火险等級，在落雷区內发布临时警报对于喚起居民与营林人員对于自然起火的监視，有很大实践意义。在这里暫从概念上提一提地方性雷暴和鋒面性雷暴的預报方法，以供今后工作中的参考。

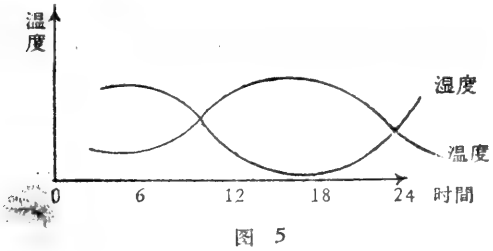


图 5

1. 地方性雷暴

(1) 一日內的温度和湿度变化 一日內的气温变化，如图 5 所示，温度在早晨最低，13 时最高，日出后迅速上升，日落后立即下

降，湿度与此相反，日出前較大，中午最低，日落后又迅速增大。当早晨的天气晴朗，气温很高而湿度很大时，則应注意它們的变化，当气温升高很快，而相对湿度并不減小，或降低得很慢，这表明空气中含水汽較大，大气不稳定度継續发展，必然产生強烈的上升气流，这时要随时注意淡积云的出現，当积雨云出現时，就有可能发生陣雨和雷暴；

（2）气压計自記曲綫的变化　結合上述温度和湿度的变化情况以及观測淡积云的出現，同时注意气压計自記曲綫的变化情况，如果气压突然地下降了，就表示下层大气产生輻合，有上升气流发生，产生陣雨和雷暴的可能性更大。这种观測方法簡单易行，只要在現有的单点預报站增加設备，对观測員加以訓練，就可作到。

2. 鋒面性雷暴的預报

鋒面是冷暖气团的界面，沉重的冷空气如楔子一样插入暖空气的下边，当暖空气势力強时，鋒面向冷空气方面移动，这种鋒面为暖鋒，由于暖鋒比較稳定，一般雷暴較少。当冷空气势力強大时，則鋒面移向暖空气一方，故这种鋒面称为冷鋒，冷鋒移动較快，抬高的很快，产生暖空气上升运动，因此冷鋒面容易产生雷暴和陣雨，而在气旋的中心和低槽，由于輻合很強，也是上升气流旺盛的地区，在这些地方的上空如果有較強的切变綫，有明显的輻合区，就表明这里有較厚的上升区域，参照探空的上升曲綫，判断大气的不稳定度，最后作出雷暴的时間和区域的預报。

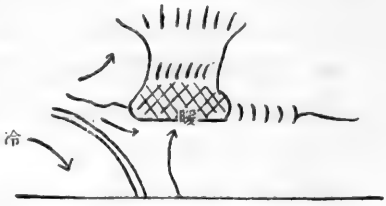


图 6　暖空气沿冷空气上昇生成积雨云的示意图

除了上述对地方性雷暴和鋒面性雷暴的預报方法外，必須考虑在大兴安岭林区适当增加气象观測点和探空設备，进一步采用雷达观測积雨云的发生和发展，对雷暴的強度和范围将能更明确地探測出来，对防火的要求来說，加強雷报的預报和及时瞭望与观察火災发生还是不够的，必須从防止雷电起火的治本着手，才对于彻底杜絕自然火災有作用，从調查的結果来看，雷电起火，有二个方式：一个是閃电渠道的高温引火的可能性，另一个是散生木或枯立木导电着火，这二种情况一般都在禾本科草类生长的干草地上，这样是否可以考虑，在明年春季防火期之前，进行試驗性的避雷設施。

（1）在額尔古納到嫩江的河谷平原地带，按沟塘的走向，在沟塘中間每隔 5～10 公里設置高达 30 米的避雷針若干根，避雷針可用不銹鋼作成，以电纜为导綫，深埋地中下接銅板，这样可免去落雷危险，減少起火的机率；

（2）在上述河谷地带上选择較高的散生落叶松立木，在树頂上或山头上，架設避雷針，也同 1 項作用相同，将減少立木落雷次数。

3. 进一步調查落雷与地質的关系，确实掌握落雷規律，針对規律，研究措施。

电雷引起火災是值得我們注意的一項主要火源。但不能誤会为大兴安岭的火災全部是电雷引起的，在目前的情况下，人为的火源仍占多数，在研究防止自然火源的同时，更要加強杜絕人为火源的工作，这样才能免去偏重一方的缺点，对防火工作有利。

防火障的制造方法及其防火效果*
（初报）

（中国科学院林业土壤所）王正非
（內蒙古林业科学研究所）楊篤生

今年春天，在根河林区进行林型燃烧性試驗的时候，曾試制了防火障，作为保証火烧試驗的一种安全設施。多次試驗証明：在一定的条件下，防火障对阻止地表火起到良好的效果。当然，其中还有一些缺点，尙待进一步研究和改进。便于大家提意見改进工作，現将防火障的制造方法及其防火效果作一次簡要的介紹：

一、防火障的制造材料及防火剂的塗布方法（註）：

1. 制造材料：胶合板、石灰、氧化鎂水泥、水玻璃、氫氧化鋅。

2. 塗布方法：

第一步　用 20% 石灰水塗刷于胶合板上，然后干燥。

第二步　用氧化鎂水泥 20 分和水玻璃 80 分混合拌成塗料，塗布于板的两面，再干燥。塗布后葯膜的厚度为一毫米，每平方米需用氧化鎂水泥 0.5 公斤，水玻璃 2 公斤。

第三步　用氫氧化鋅 5 分和水玻璃 51 分混合制成塗料，两面塗布之，干燥后，在其一面加上支架即成防火障。塗布后葯膜的厚度为 0.8 毫米，每平方米需用氫氧化鋅 0.15 公斤，水玻璃 2.85 公斤。

二、防火障的防火作用：

防火障的防火性能可用化学的和物理的作用来說明：

1. 化学作用：防火障的防火剂的防火效用是由于氧化鎂水泥混合物在大气中适当吸收湿气，保持含水状态，在高温下降低温度，并且发散水蒸气和氯气，冲淡氧气消灭火焰，因而防火障不能燃烧。塗刷氫氧化鋅和水玻璃是呈成膜作用，也防止防火剂剝离。

2. 物理作用：

（1）遮断热輻射：森林可燃物（死地被物与活地被物）的烧燃是在高温下进行的化学鏈鎖反应过程，在火災扩展同时，須經过三个阶段，就是預热阶段，发生可燃性气体阶段及炭化阶段。这三个阶段是連續进行的，特别是預热阶段是可燃物能否引火燃烧的最重要的阶段，当未燃烧的物体，被防火障隔絕时，輻射热也被遮断，这时火源对物体不能起到預热的影响，必然在防火障的前面終止其鏈鎖反应过程。

---

* 吳凤生、覃世、边履刚、魏菲利、朱廷曜、胡国生、毕庶春等同志参加部分工作。

註：1. 氧化鎂水泥（$MgO \cdot MgCl_2 \cdot H_2O$）是一种盐基性的氧化鎂，在氯化鎂的浓液中加入氧化鎂数小时后硬化生成。

2. 防火障每平方米葯品成本費約 4 元。

3. 防火障的大小：长 1.5 米，高 1 米。

(2) 阻止平流热的传播：热的传播除輻射之外，也借助于风力与风的方向平行向前传播，在火头前进时，受防火障的机械阻碍，火头終止移动，防火障背后的可燃物不能接触火焰免于受預热作用，本身不能发生可燃性气体，因而不能着起火来。

(3) 使飞火的飞揚路程变长：可燃物燃烧时，火星的飞揚方向和距离直接受到风的动力作用，当火头前設防火障时，在防火障前形成弱风区（恰似防护林带的气枕作用），此弱风区內沒有火星飞起，在弱风区前的火星必須呈弧状跃过防火障，比一般的生土带来看，大大地增加了飞火的飞揚距离，特别是草本植物在飞揚的过程中彻底燃烧，变成灰烬降落在防火障的前面，失掉引火作用。小灌木的枝条，燃烧較慢，越过防火障，可能継續燃烧到地面，由于可燃物未曾受过預热作用，其含水率在 20% 以上时，也不能起到点火作用。

图 1　防火障阻火的物理作用
1. 火星平行移动的路徑
2. 火星弧形飞揚的路徑
3. 空气稳定区域

三、防火障的試驗效果：

在点火試驗过程中，分别在灌木沼泽、灌木干草地、灌木沼泽与落叶松磯躑躅水蘚林連接的地段上，豎立防火障阻止火头前进，經过 13 次試驗，观察其防火效果。試驗結果表明，当风速在 6 級以下，地被物高度不超过障高（1 米）时，防火障完全能够阻止地表火（試驗效果詳見表 1）。

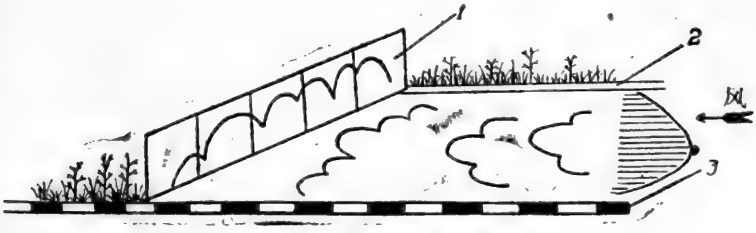


图 2　防火障設置位置示意图
1. 防火障　2. 化学隔离带　3. 鉄路

防火障有良好的防火作用，在防火实践中有一定的意义，可以作为用火烧法建立防火綫或隔离带的一种安全設施，能够节省現今生产单位火烧防火綫的二重工序（打草道和烧草道），減省人力物力的消耗。

此外，扑火人員还有待避的地方，可以在防火障背后待避，不受高热的灼伤，保护人身的安全。

但是，試制的防火障还存在一些缺点，这些缺点是：(1) 防火障笨重，每平方米重約 6 公斤，携带不方便，在林区大規模火烧防火綫或隔离带，在运輸上和使用上比較困难。(2) 防火障在地面豎立，在不平的地方，其底部与地面接触处有一些空隙，特别是在踏头旬子上，空隙較大，往往容易鉆火，需要在防火障的前面或后面沿障的边緣噴洒 20 公分寬的化学隔离带。(3) 現用的防火障高度不够，如地被物高于 1 米以上，风速較大，飞火易于越

表 1　防火障对阻止地表火的实驗效果

日期	地点	地况	試驗地号	植被 种名	植被 高度厘米	植被 德氏多度	风速米/秒 平均	风速米/秒 最大	火焰 速度米/秒	火焰 高度米	設置方法	效果 飞火	效果 鉆火	效果 起泡	效果 安全	备註
5月10日	根河潮查沟公路旁	灌木干草地	1	莎草 小叶樟 繡綫菊 丛樺	35 68 52 84	Cop^3 Cop^1 Sp Sp	7.1	10.7	0.7	—	直立火头前方靠近防火障前緣用氯化鎂噴洒20公分隔离带	不明	无	大泡	好	
	根河潮查沟公路旁	灌木干草地	2	与 1号类型	試驗地	属同一	11.4	12.0	11.1	1.0	直立火头前方在距防火障后3 米处用氯化鎂噴洒 50 公分隔离带	有草本火星	有二处鉆火	大泡	較好	火星在飞揚中熄灭
5月11日	烏力庫瑪森鉄旁	灌木沼泽	1	莎草 水蘚 丛樺 柳	50 2 65 40	Cop^3 Cop^3 Cop^1 Sol	6.4	10.8	11.3	1.5	直立火头前方和右側靠近防火障前緣噴洒20公分氯化鈣隔离带	有草本火星	无	小砲	好	火星在飞揚中熄灭
				与1号类型	試驗地	属同一	5.2	6.2	8.3	1.0–1.5	与1号試驗地同	不明	无	小泡	好	
			3	与1号类型	試驗地	属同一	7.2	9.9	17.3	1.5–2.0	直立火头前方靠近防火障前緣以水噴洒	有草本火星	不明	无	好	
5月12日	烏力庫瑪森鉄旁	灌木沼泽	1	与1号类型	試驗地	属同一	8.7	10.7	7.8	0.5–1.0	直立火头前方靠近防火障前緣噴洒 30 公分氯化鈣隔离带	有草本火团跃过	无	无	較好	防火障現可燃性着火，及时扑灭
5月15日	根河铁道南	灌木干草地	1	小叶樟 蒿 刺梅果 繡綫菊	94 107 102 110	Cop^3 Sol Cop^3 Sp	7.4	9.8	4.0	0.5–1.5	直立火头前方	有灌木火星	无	无	好	在火头前方未立防火障处放有白布一块，白布被火星烧出大洞
			2	与一号	地属同	一类型	6.0	8.8	7.2	3.0	直立火头前方	有灌木火星	无	无	好	地被物特别干燥时，火星有引火的可能
			3	小叶樟 莎草 刺梅果	115 20 105	Cop^3 Sp Sp	8.2	11.7	8.4	2.5–3.5	直立火头前方	不明	有一处鉆火	无	較好	
			4	小叶樟 蒿 刺梅果 繡綫菊	92 72 94 97	Sop^3 Sol Cop^3 Sol	7.5	9.0	12.0	3.5–4.0	直立火头前方	有灌木火星	无	无	好	火星在飞揚中熄灭
5月23日	五峯山林場前	灌木沼泽	1	莎草 小叶樟 水蘚 丛樺	35 60 2 85	Cop^3 Sp Cop^1 Cop^1	10.2	13.6	—	1.5–2.0	直立火头前进的右側靠近防火障前緣噴洒20公分氯化鈣的隔离带	不明	无	无	好	
			2	与1号类型	試驗地	属同一	8.0	10.2	—	1.0	直立火头前方	不明	无	无	好	
5月25日	五峯山西小路旁	灌木沼泽 灌木磯躅蹋水蘚林	1	莎草 水蘚 磯躅蹋 丛樺 落叶松	45 5 33 96 110	Cop^2 Cop^3 Cop^2 Sp Sol	7.6	10.7	—	—	直立火头前进的左側靠近防火障前緣噴洒30公分的氯化鈣隔离带	不明	不明	无	好	

过，在这种情况下，不能阻止飞火。(4)所用的防火塗料为无机塗料，存在一定的缺点。氧化鎂水泥中所含的結晶水在高温下散放出来，加上凝固的水玻璃受热溶解，防火障受火烧时，常起大泡，多次使用后部分塗料脫落，減低防火效能，使用期限不长。

四、今后改进意見：

1. 为了适应林区山路交通不便的需要，要考虑将現在的防火障改为布質的折迭式或捲筒式的防火幕，以便携带使用。

2. 在防火幕的結构上要加以探討，最好采用透孔型，使防火幕不致因风的动力作用而动盪不定，并可降低火焰高度。

3. 要使防火幕确保防火的安全，必須克服下边鉆火的缺点，在研究防火幕的同时，应考虑防止下边鉆火的装备。

4. 为了克服防火障起大泡的缺点，今后的防火塗料須进行专門的研究，改无机塗料为有机塗料，并具有浸染性的作用，使新的防火幕經久耐用。

以上就防火障的几个有关問題作了介紹，应該說明，这仅仅是我們的几点初步体会，我們的目的是想通过这个介紹，請有丰富防火經驗的同志們对防火障如何进一步加以改进，提出积极的意見，以促进防火技术的革新，使防火障能眞正应用到防火实践中去，这是我們所热烈期待的。

中科院植物所图书馆
S0021700

收到期 1959. 3. 17
來源 [illegible]
存書處 植物研究所
[illegible]

1478736 68.1083 144
昆

昆

書号 68.1083 144

登記号 1478736

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 (北京朝阳門大街 117 号)
北京市書刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷　新华书店总經售

*

1958 年 12月第 一 版
1958 年 12月第一次印刷
(京) 道：1—200
报：1—300

書号：1599
字数：152,000
开本：787×1092 1/16
印张：6 1/2

定价：(10) 道林本 1.30 元
报紙本 0.95 元

統一书号： 1303
定　　价： 0.95 元