

# 灭火机械及化学灭火

上册

陈英林 编

西南林学院森保系

一九八九年九月



# 目 录

第一章 绪 论.....	1
一、 森林化学灭火的重要性.....	1
1、 林火损失.....	1
2、 林火危害.....	2
3、 火灾对森林影响.....	4
4、 林火后果.....	6
5、 森林化学灭火的优越性.....	7
二、 灭火化学药剂的发展过程及我国的现状.....	8
三、 航空化学灭火的发展过程及我国的现状.....	12
四、 几个重要名词概念.....	14
第二章 灭火机理.....	15
一、 燃烧作用三要素.....	15
二、 火的物理和化学.....	15
三、 物理灭火机理.....	17
1、 覆盖机理.....	18
2、 吸热机理.....	18
3、 气体稀释机理.....	18
四、 化学灭火机理.....	19
1、 游离基灭火机理.....	19

2、改变燃烧反应途径.....	19
五、 灭火机理的研究方法.....	20
1、氧指数测定.....	20
2、热化学分析法.....	23
3、其它方法.....	26
第三章 常用化学灭火药剂.....	27
第一节：化学药剂的通性和试验过程.....	27
第二节：短效化学灭火剂.....	29
一、 水的灭火作用.....	30
1、水对可燃物的影响.....	31
2、水对氧的影响.....	31
3、水对可燃物温度的影响.....	31
二、湿润水.....	32
1、湿润水的性质.....	32
2、阻火和灭火作用.....	33
3、施用场合.....	33
4、常用润湿剂.....	33
三、粘稠水.....	34
1、粘稠水的优缺点.....	34
2、粘稠水贮存时粘度变化.....	34
3、粘稠水施用场合.....	35



4、常用增稠剂.....	35
第三节：长效化学灭火剂.....	37
一、化学药剂的一般组成.....	37
二、以磷酸铵为基础的化学灭火剂.....	38
1、干粉状产品.....	40
(1) 福斯切克——XA.....	41
(2) 福斯切克——259.....	41
(3) 其它福斯切克型阻火剂.....	41
2、液体浓缩物.....	41
三、以硫酸铵为基础的化学灭火剂.....	45
四、两类药剂的灭火机理和性能比较.....	47
五、其它化学灭火剂.....	49
1、卤代烃.....	50
2、烷基磷酸酯.....	52
第四节 防腐剂.....	53
第五节 化学灭火药剂研究动向.....	56
第四章 化学灭火剂的施用.....	57
第一节 化学药剂的选择和用药量确定.....	57
第二节 地面施用.....	58
一、地面施用化学药剂的优缺点.....	58
二、开防火线.....	59
三、采伐迹地预处理和规定火烧.....	60

四、	路边应用 .....	60
第三节	空中施用.....	61
一、	影响阻燃剂空中降落形状的各因素.....	61
二、	药液在地面上的分布.....	70
三、	航空化学灭火中的特殊课题.....	71
1、	飞机类型选择.....	71
2、	航空灭火的使用场合.....	75
3、	航空喷洒技术.....	76
4、	航空灭火的应用方法.....	78
第五章	施用化学灭火剂的影响.....	81
一、	对植物的影响.....	81
二、	对动物的影响.....	83
三、	对水源的影响.....	84
四、	空气污染.....	87
五、	对人的影响.....	88
六、	使用准则.....	88



## 第一章 绪 论

森林化学灭火是指利用化学药剂来防止森林火灾发生，扑灭林火，或阻滞火的蔓延和发展。特别是人烟稀少，交通不便的偏远林区，利用飞机喷洒灭火剂及机降、跳伞灭火或阻火，是实现“打早、打小、打了”目的地一项先进措施。

### 一、森林化学灭火的重要性

#### 1、林火损失

目前，世界各国森林火灾仍然相当严重，特别是森林资源较多的国家更为严重。全世界每年发生森林火灾几十万次，被烧林地面积几十万公顷，约占世界现有林地面积0·1%以上，每年被山火烧死的人达千人以上。

我国是个少林国家，森林资源极其可贵。据初步统计，从1950年到1979年三十年期间，全国森林火灾面积占保存面积的三分之一。七十年代森林火灾更为严重，全国每年发生森林火灾达万次，被烧林地百万公顷左右，其中以黑龙江、内蒙古、云南三省区最为严重。

云南省1951~1979年共发生森林火灾几万次，受害森林面积几千万亩，占同期全省造林面积的80%，三十年来，因火灾、滥砍滥伐，毁林开荒使全省森林覆被率由50%下降到

25%，平均每年发生森林火灾上千次，受害面积上百万亩，

1979年是解放以来森林火灾最严重的一年，发生森林火灾面积达当年造林面积的3倍。

## 2、林火危害

### (一) 火灾对林分的危害

(1) 林火能烧毁森林，破坏森林结构，降低林分密度，降低森林价值。

(2) 林火烧死幼苗、幼树，延长森林更新期。

(3) 林火会引起树种更替，常常是低价值的荒草坡，灌木林或次生阔叶林代替珍贵的针叶林或常绿阔叶林。如黑龙江省伊春林区丰林林业局的红松母树林自然保护区，1972年一场大火受害森林面积10余万亩，被烧林地林分残破不堪，表土岩石裸露，好多地区变成荒山秃岭，森林难以恢复。又如内蒙古呼伦贝尔盟额尔古纳右旗的落叶松原始林，1979年春由于雷击火受害林地面积140万亩。由于许多根系被烧毁，造成大量风倒木，损失非常严重。

### (二) 火灾对森林生态系统的危害

(1) 强烈火灾不仅烧毁森林，破坏郁闭度，烧毁地被物，使土壤裸露，而且大大降低了森林保持水土、涵养水源、调节气候的作用，如云南省福贡、碧江等县，由于长期毁林开荒，滥砍滥伐，森林遭受严重破坏。1979年一场暴雨引起山洪暴发，



冲毁农田六万多亩，损失粮食1800多万斤，房屋倒塌两千多所，冲毁大小水沟2100多条，电站26个，桥梁涵洞41座，死伤20多人，损失严重。

该州大盈江42条支流，由于毁林造成水土流失而形成了几条泥石流大沟。每年有120多万立方米砂石倾到大盈江里，使大盈江河床每年增高十几厘米。有的地段河床高出地面2~3米。1974年支流芒胆河决堤，造成7000多亩粮田变成沙滩，下游5000亩良田受灾。1975年又冲毁农田1900多亩。

(2) 火灾危害林内动植物，林火烧毁林下经济植物和药用植物，烧死或驱走林内珍贵鸟兽。在东北的三宝之一紫貂生活在偃松林，该林被烧后，紫貂也消失了。又如云南西双版纳的自然保护区，由于火灾，已使这个地区世界稀有的白象失踪了。因此火灾严重影响林内动植物资源和林副产品的利用。

3. 林火使森林资源储存的大量能量突然释放，破坏了生态系统，造成生态系统内生物因子、生态因子的混乱。需要经过几十年或更长时间才能恢复。林火产生大量烟务，污染环境，引起人类生态环境的变化。大量烟( $CO_2$ )与水起化学反应，在水中产生大量碳酸气，对鱼类不利。也影响农作物的光合作用，推迟成熟期，影响产量。

(三) 火灾对人民生命财产的危害



林火能烧毁建筑物和生产生活资料，甚至威胁附近村镇，生产点和其它居住点的安全。如云南省1979年10月至1980年6月，思茅、临沧、西双版纳、昆明、红河五个地州市，因森林火灾烧毁民房64间，大楼一座以及许多粮食及家畜。

扑救森林火灾需要大量的人力、物力、财力。1979年云南省火灾烧毁木材24万立方米，幼树32000万株，耗费扑火工日2100多万个，动用汽车721台。黑龙江省每年扑火费用约几十万至几百万元。扑救火灾不慎还会造成人身伤亡。

### 3. 火灾对森林影响

#### (一) 火灾对林木影响

火灾产生高温，使林木细胞原生质凝固而死亡。火对林木影响主要决定于致死温度和持续时间。不同温度的持续时间与针叶树受害关系如下：

49℃，一个小时死亡；52℃，几分钟死亡；60℃，半分钟死亡；64℃，立即死亡。

影响树木损害因素：① 开始温度；② 树木大小和它的形态；③ 树皮厚度和结构；④ 枝条的生长状况（下垂林，密集树冠，稀疏）；⑤ 根系深浅；⑥ 土壤上的有机物；⑦ 叶的可燃性；⑧ 林分特征。从以上诸因素可用来确定树的抗火性。

南方主要树种抗火性顺序排列如下：

针叶树（大→小）：



云南松→高山松→思茅松→落叶松→马尾松→杉木→云杉→冷杉

阔叶树(大→小):

木荷→栲木→漆树→栓皮栎→木棉树→杨树→臭榆→高山栎→柳树

东北林区主要树种抗火性顺序排列如下:

针叶树(大→小):

落叶松→樟子松→红松→鱼鳞松→红皮云杉→杉松→冷杉

阔叶树(大→小):

柞树→水曲柳→胡桃楸→黄波罗→桦树→榆树→槭树→杨树→椴树→柳树

火灾对林木生长发育的影响,决定于火的强度和树木的年龄。一般情况下对人工针叶林危害严重,马尾松1~15年几乎完全死亡。对中龄林的影响,表现在受害木1~5年内生长明显下降,以后逐渐恢复正常生长,但对林木材质有影响。

## (二)火灾对森林病虫害的影响

林火过后,未烧死的林木生长衰退,为大量发生病虫害造成有利环境。如小蠹虫以火烧迹地为发源地,以受伤生长衰退的林木为寄主,使大量林木受害枯死。由于大量枯立木存在,则又容易再次发生火灾,造成恶性循环。

森林火灾后,树干基部和树木根部被烧伤极易感染腐朽细菌,



造成干基腐朽根基腐朽，这不仅会影响木材的工艺价值，而且会导致木材干枯而死亡。

### (三) 火灾对森林土壤的影响

(1) 对土壤物理性质的影响，林火烧掉土壤有机质，破坏土壤团粒结构，降低土壤保水性，使土壤结构变得紧密，渗透性减弱。火灾破坏了森林，使林地裸露，造成严重土壤冲刷。有人证明，雨水对火烧迹地土壤冲刷比对灌木地土壤的冲刷快30倍。火灾后林中空地增多，林内光线增强，林地表面存有大量木炭，使土壤层增温，从而加速林地干燥，对天然更新不利。

(2) 对土壤化学性质的影响。林火的温度可达800—900℃。火烧掉了土壤的腐殖质，使氮全部损失，无机盐钙(Ca)、磷(P)、钾(K)变为可溶性，易被雨水冲走或淋洗到土壤下层，造成损失。

(3) 对土壤微生物的影响。林火可使土壤表层温度3~5cm内温度高达90~95℃，造成大量生物和微生物死亡。同时土壤物理性变坏，土壤板结。

## 4、林火后果

### (一) 火灾促使林区草原化、草甸化

火灾降低了森林郁闭度，破坏森林结构，有利阳性杂草发展，促死火烧迹地草根盘结紧密，不利于森林更新，因而反复发生林火，使林地演变为荒草坡。这就是林区内草原、草甸日夜扩大，



森林面积不断缩小的原因之一。

## (二) 火灾促使林地干燥，不利于森林涵养水源。

这方面的例子很多，例如江西省由于森林减少，现在水道比1962年减少300多公里，另有1100多公里水运吨位数减少一半。而广西壮族自治区高峰林物连年造林47万亩，由于林地蓄水力大，周围5个水库即使在干旱季节，水位下降也不大。

## (三) 火灾引起风沙灾害

由于森林被烧毁，使已被森林固定的沙丘复又变成流动沙丘。如辽宁省樟古台地区，原为黑松栎林带，解放前由于乱伐破坏和遭火烧，森林消失，风沙危害严重。解放后，在章古台营造了大面积森林，不仅固定了流动沙丘，把荒芜沙地变成了果园，当地农业生产也得到了很大的发展。

## (四) 火灾使土壤变性。

火灾使土壤结构变紧实，大大降低了土壤的渗透性，使低洼处地下水升高，引起沼泽化。

## 5、森林化学灭火的优越性

森林化学灭火的优点如下：

### (1) 节省灭火的用水量：

水是最常用的灭火剂，但在林区内水源往往缺乏，需要各种运输工具（例如飞机、直升飞机，各种类型的卡车或槽车）来运送水，使水的用量受到很大限制。向水中添加化学药剂，提高了



水的灭火和阻火能力，这样大大减少了水的用量。不仅如此，当水完全蒸发掉之后，化学灭火剂仍具有很好的灭火和阻火的能力。所以常称化学灭火药剂为长效灭火药剂。

## (2) 改变用人海战术的灭火方式。

我国各地一旦发生林火，除了专业防火队员投入紧张的扑火工作外，还调动当地大批工人、干部、学生、停产停工投入抢救国家森林资源的工作。据统计国家每年要调动十多万人上山打火，造成大量人力、物力和财力的损失，并造成大量的伤亡事故。采用化学灭火，特别适用于扑密地表火，树冠火和地下火，可以大大节省劳动力，灭火效率又高，它适用于直接灭火，也可以用来建立防火隔离带。

在火灾发生初期使用化学灭火剂，能够更好地发挥化学灭火剂的威力，从而达到“打早、打小、打了”的目的。

## 二、灭火化学药剂的发展过程及我国现状

用灭火化学药剂涂覆和浸渍工作的历史已经很长久。古代埃及用醋和矾浸渍木材；罗马也使用同样的药剂，还加上一些难燃性物质，如粘土、石灰等。早在1638年，意大利剧院中已经采用粘土和石膏的阻火覆盖层。1821年法国科学家Gay — Lussac提出用磷酸铵或硫酸铵等化合物用作木材或木质纤维的防火剂。

1931年，Barrett第一次用单一磷酸铵化学药剂水溶



液去扑灭和阻滞大火，但效果不好，没有引起人们的注意。1939年 Truax 利用这种药剂处理木材，可降低木材的可燃性，并测定其对有焰燃烧和无焰燃烧的灭火性，Truax 在野外评订了各种化学药剂的灭火效力，试验结果表明，化学药剂的效力取决于化合物的类型，浓度，施用速度、可燃物的类型和构造、气候条件和火的特性等因素。从许多化学药剂中发现磷酸铵效果最好。

Tyner 在 1941 年证实了 Truax 的结果，并且研究各种化合物混在一起是否具有协合作用，实验中没有发现明显的协合作用。

与研究灭火化学药剂同时，许多研究者从改善水的物理性质达到提高水的灭火效力的目的，如象向水中添加润滑剂，降低水的表面张力，增加水对可燃物质的浸润铺展能力。1950年，Fons 在这方面做了大量的工作。

1954年，美国林业局进行了“制火器操作试验”，将化学药剂用于森林火灾控制，并对使用效果作进一步鉴定。试验发现，化学药剂影响森林可燃物的引燃性能。以及局部处理可燃物的火烧强度。但当时认为硼酸盐泥浆和氯化钙为最有效的灭火剂。硼酸盐有长效的作用，但使用后使土壤变瘦，所以用了一段时间后即被淘汰，以后又回到磷酸铵和硫酸铵等化学药剂，特别是1971年 George 和 Susott 对于磷酸铵和硫酸铵对纤维物质的热解和燃烧作用的研究，提出了硫酸铵的灭火效力是磷酸铵的  $2/3$ 。使这两种化学药剂作为化学灭火剂的主要成分，奠定



了坚实的理论基础。

1957—1961年间研究得出，在水中加入增稠剂（如藻朊胶、羧甲基纤维素，各种工艺树脂胶、皂土等）增加水的粘稠度，可提高水的灭火能力。由实验得出结论：地面灭火可使用粘稠水，空中喷洒可使用粘稠的化学药剂水溶液。

在化学药剂发展过程中，美国林业局林产的实验室作出了重大贡献。自1921年开始火灾研究计划，至今仍在继续进行。

1930年左右，该实验室确定了二十多种具有阻火和灭火效力的化合物，同时确立了一些在实验室内签定化学物质阻火和灭火效力的实验方法。例如烟道法、火管实验法、垛块法，差热分析和热重分析等。现着手于木材的热解和燃烧作业的基本研究。

目前，各国所采用的森林化学灭火药剂都趋向于长效药剂。各种药剂的使用范围和灭火效果各有差异。下面对主要林业国家采用森林化学灭火剂作一简介。

美国和加拿大现行的森林化学灭火剂主要有两类：

一类是短剂灭火剂，如水、湿润水、增稠水。

另一类是长效灭火剂，常用的有两种：一种以磷酸铵盐为主要成分，另一种以硫酸铵为主要成分，长效灭火剂主要由美国两家公司制造的，形成许多商品名称牌号。以蒙桑托（Mon-Santo）化学公司生产的药剂，商品名称为福斯切克（Phos-Chek），它又有许多牌号，如：可以配制成空中喷洒药剂用的福斯切克，



XA、XB、XBH、STA，及XAF（系1979年新产品）；地面喷洒的福斯切克—259。该公司生产以磷酸盐为基础的药剂。另一家公司为凯母尼克斯（Chemonics）农业化学公司生产的药剂，商品名称为法尔卓尔（Fire-Trol），它也有许多种牌号，如，以硫酸铵为主剂的，适当添加活性白土，着色剂和防腐剂的法尔卓尔—100，以液体浓缩物聚磷酸铵肥料为基础的法尔卓尔—931，—934，—936等，供地面和空中喷洒使用。

苏联常用含卤化合物作森林灭火剂。如：

3Φ—1药剂：含海龙—114B<sub>2</sub>（四氟二溴乙烷）10%，并用溴乙烷稀释（1：1），乳化剂0·5%。水89·5%，据报导其灭火效力比水大2倍。

3Φ—2药剂：含海龙—114B<sub>2</sub> 10%，乳化剂0·5%，89·5%的磷酸氢二铵水溶液。据报导其灭火效力比水大四倍。

最近苏联将生产的氟塑料的废液进行溴化处理，获得类似海龙类化合物，作为森林灭火剂，效果与3Φ-1，3Φ—2相近，但价格可降低1/2到1/3。

日本用的森林灭火的为18—20%（重量）磷酸铵水溶液，用羧甲基纤维素钠作增稠剂。并提出了不少简化操作过程，近年来又经常见到用磷酸甲酯、乙酯、以及其它磷酸烷基酯用来扑密灭森林火灾的专题报导。



法国和英国采用干粉灭火剂，如摩乃克斯，(Monnex) (系甲烷和尿素的热合成产物)，改性后的磷酸盐干粉如P-25, P-051等。

澳大利亚用14%的磷酸氨，8.25%的粘土，2.25%的三聚磷酸铵，0.5%的合性染料，75%的水组成的森林灭火剂。

此外，德国，意大利，波兰，罗马尼亚等国家也都使用化学药剂扑灭森林火灾。

我国自1956年开始了森林灭火工作，当时采用的药剂有氯化钙等，并在嫩江进行了实验，与此极应在林科院林业研究所建立了航化室。1973年起，国家把森林灭火和防火技术作为一门课题来抓，组成大协作组。1973—1976年间，先后仿制了美国的福斯切克和法尔卓尔—100，提出了“704”和75型灭火剂，现已投入试生产阶段。

### 三、航空化学灭火的发展过程及我国的现状

美国于1919年开始用飞机喷洒灭火，当时采用第一次世界大战时淘汰的军用飞机。以后逐渐采用飞机运送阻火剂，空中喷洒到火头上或火头前缘，进行阻火或灭火。由于空中喷洒非常成功，所以，二十年来化学药剂空中喷洒扑灭森林火灾得到迅速发展，绝大部分阻火剂是采用空中方法施用的。

阻火剂的空中运送曾经历过三个重要的相互重叠的阶段：