

云南省林学会森林保护
专业委员会年会论文

森林防火的新技术——规定火烧

吴德友 易绍良

(西南林学院)

一九八八年十二月 曲靖

森林防火的新技术——规定火烧

吴德友 易绍良

(西南林学院)

在过去的20年中，国外森林防火在理论上和实践中最重大的发展之一就是实行规定火烧(Prescribed Burning)。所谓规定火烧(我国也有译为控制火烧，计划烧除的)就是指在特定的气象、可燃物和地形条件下，对旷野或林冠下可燃物进行人工烧除，以达到某一目的的用火方法。

一、规定火烧的意义

长期的森林防火实践和大量的科学研究使人们越来越清楚地认识到：森林火烧不只是能给人类带来损失，同时也可以用它来为人类服务。如果使用得当，火可以用来清理伐区剩余物，实现低成本的更新整地；维持或促进生态系统的演替进程，使之保持或增加物种的多样性；改善牧场或野生动物的栖息地，为动物提供更多更好的食物；烧除森林中易燃可燃物，降低森林火险等级，使森林发生毁灭性大火的可能性最小等。

对林火的上述认识，可以从美国林务局的林火管理技术政策的变化中反应出来。美国林务局1972年规定：……防火的基本方针是提供一个计划完美，便于实施的防火、灭火计划，一旦

发生火灾，便可进行扑灭。实际上，从1935年以来，一直实行的就是这一林火控制政策。但是，在1978年又规定：国有林系统林地所采用的管理火的基本政策是提供计划完美便于执行的防火，用火计划。此计划的费用要合理，而且对土地和资源管理产生有益的结果。在这里，第一次提出了用火的政策规定。所谓用火，指的就是规定火烧。

利用规定火烧技术进行防火就是指定期地烧除林地中的枯落物，草本和灌木等场被物，乃至森林中的非目的树种。它有如下优点：首先，清除了林地中轻型的易燃的但往往是酿成大火的可燃物，使森林的火险等级大大降低。第二，通过火烧把枯落物中所含的养份物质变成目的树种可以吸收利用的无机养料，加快了物质的循环，促进了林木的生长。第三，烧除了林地中的草本、灌木和其它非目的树种，减少了与目的树种竞争的对手，透光度得到改善，病虫害减少，造成了森林成长的良好环境。的确，在规定的火烧中，火也会烧伤或烧死一些目的树种，降低火烧当年的林木生长量，但只要总的材积损失不超过25%，则林木在火烧后几年的生长增益就会大大超过火烧当年的损失。总之，规定火烧是森林防火的一项行之有效的重大技术发展，它一改被动扑火为主动防火，在生产上具有很大的实践价值，也为森林防火理论提供了新的内容。

二、规定火烧的技术标准

英文“Prescribe”一词的意思是“作出规定，开处方”。它说明，规定火烧不是一种轻率的行动，要象医生开处方一样，针对“病人”的具体情况和“医疗”原则，精心筹划，谨慎执行。

尽管规定火烧的计划制定最后总是由火专家完成的，但它的形成却包含了土地经营者、火烧专家和野生动物学家的综合见解，考虑了各方面的利益与经营目标，以及火烧成本。

1、火烧目标的确定

要进行规定火烧，首先要确定火烧需要达到的目的。这个目的也不是任何一方就能确定的。比如说，土地经营者想将一块老的灌木丛地转化为松树人工林，要先用火烧整地，然后采用机械的方法植树造林。这样，他要求将6英寸以内所有植被烧光。在亲自察看了现场之后，火专家认为：那样高强度的火烧将有跑火，祸及毗邻的危险，因而认为无法实现土地经营者提出的要求。土地经营者通过计算后发现：用火烧除直径小于2厘米的植被，然后改为人工植树，总成本会小得多，比较合算。于是要求只烧掉直径小于2厘米的植被。火专家认为，这样做不会存在跑火问题，只是烧掉地面枯落物以后，可能会造成土壤侵蚀。于是向土壤专家咨询，得到建议说，如果在高强度的冬季风暴季节结束之后，

夏季暴雨出现之前的早春进行火烧的话，这种风险是可以接受的。但是，野生动物专家提出，早春火烧后灌木萌发太早，会吸引野兔和鹿，这些动物对新植的树苗会造成损失。于是所有各方一致同意在晚春整地，使直径在2厘米以内的所有可燃物烧除。这样就确定了具体的目标。

上面的例子除了说明火烧目的的确定要考虑各方面的相互影响、相互作用外，还说明：必须将目的用具体的，可以测量的术语来详细说明，以便所有各方能清楚知道各项要求和可能的结果。如果土地经营者只要求火专家用火烧整地而无具体指标，火专家就可能规定一次比折衷方案还要低的火烧。这样，尽管跑火的可能性最小，但是低强度火烧后，仍然直立在地里的烧死灌木使人工植树困难，大大地增加了植树成本，从而增加了火烧加植树的总成本。

2、火行为的规定

要想顺利地实现火烧目标，就要对其进行精心地规划。凡是影响火行为的因素都会影响火烧的结果。因此，必须对这些因子作出相应的规定。这包括可燃物、气象、地形和点烧时间。兹就上述诸因子的主要技术规定介绍如下。

可燃物特性

死可燃物容易载火，而活可燃物在变干时吸收能量。因此，

林分中死——活可燃物的比率对火行为的影响是非常重要的。

枯死物少于20%的群落，在规定火烧的条件下很难燃烧；而不到25年的群落中枯死物通常是少于20%的。灌丛令级35—50年的枯死物一般为30—45%，可以进行规定火烧。枯死物在45—100%的衰退的或处理过的灌丛会剧烈燃烧，除非含水量得高，否则不宜烧除。

死可燃物的水份含量决定了它是否会燃烧或燃烧的强度有多大。枯死率为20—30%的灌木林，其含水量在6—9%时可以点燃。随着枯死率的增加，进行规定火烧的水分含量也应相应增加，死可燃物占50%以上时，其含水量应为10—15%时才可以进行烧除。因为活可燃物在燃烧之前需要相当多的热量来蒸发水分，所以活可燃物的含水量也是重要的。成熟的灌木林中，活可燃物的水份应为60—75%，当水分含量低于60%时，灌丛燃烧就会越来越旺。如果活可燃物的水分含量高于85%，火势将会很小，需要进行某些改良措施才能实施火烧。

在大多数规定火烧中，常常不考虑可燃物的化学成分含量。但是含有超过7%的醚抽提物的一些树种，较之小于7%的同类树种燃烧起来要旺得多。

可燃物分布的均匀性对烧除效果和防止飞火有很大影响。应该采取一些人工措施，使可燃物尽量均匀连片，以保持比较一致

的火强度和蔓延速度。

对于枯死率低于20%的灌木，包括林龄小于25年的灌木丛，最好进行化学药剂处理。经折断树枝或压断灌木处理后再进行点燃，效果是理想的。在春末使用2,4-D或其它除草剂进行喷洒，喷洒后在秋季或冬季进行点烧也是可行的。

气象因子

气象因子中，风最难预报准确，它给灭火指挥造成最大的困难。冠下烧除一般要规定最低风速以保证火的蔓延，并使林冠烤焦减到最小程度。最大风速的限制则是为了安全的目的。一般风速以每小时6.4—12.8公里或每秒1.8—3.6米为最合适。

相对湿度对细小可燃物的含水量有影响，它还同飞火的可能性有直接的关系。如果相对湿度低于50%达一或数小时，则可燃物的含水量将小于30%。因而这些可燃物将燃烧得很快，并且火强度很大。这种情况在气温较低时更明显。但是，当相对湿度高于某临界限度时，细小可燃物就不会载火燃烧。

气温影响相对湿度，从而影响可燃物的可燃性。温度较高的地方，比潮湿和温度较低的地方的可燃物燃烧起来要快得多。在气温超过24—27℃时，冒烟飞火增加。点燃灌木丛的温度在15—27℃之间最理想。对于减少火险的冠下烧除，通常选择

5—15℃为好，如果超过21℃，则对树冠层的损害较大。

降水量及最近一次降水时间跟待烧地区的可燃物和土壤的水份含量有直接关系。一般说来，火烧规定中要具体写明所需的最小降水量和降水日限。例如在过去10天内降水量不低于10毫米，但在过去48小时内无降水等。

另外，在计划烧除时，还应考虑下列因素：

地形

地形的高低决定着一年中植物的成熟时间。南坡的可燃物较之北坡的要干燥些。冬季和春季在南坡点火，通常认为要沿山脊跑火。坡度对蔓延速度的影响比风的影响要大得多；坡度每增加25%，火的蔓延速度要增加1倍。

一天中的点火时间

在大多数情况下，最好在中午到下午这段时间，即高峰燃烧条件时刻前后开始火烧。这样，跑火的风险最小，就是出现跑火，由于是发生在火烧早期，着火面积还小，坚守火线的人员还精力旺盛，也较易扑救。

兹归纳上述因子跟火强度的关系于表1。

表1

点烧规定中的因素对火强度的影响

项 目		火 强 度		
		低	中	高
恒定的总生物量 (吨/公顷)		7.5—25	27.5—75	77.5—112.5
可用可燃物 (吨/公顷)		7.5—15	15—25	> 25
死可燃物总量 (%)		20—30	51—45	> 46
活可燃物含水量 (%)		90—76	75—60	59—45
可燃物的再生 (%)		<40	41—70	71—90
坡 度		0—19	20—40	41—70
坡 向		北、东北	东、东南、 西北、西	西南、南
季 节		春 季	冬季、初春	秋末、秋季、初冬
可燃物化学成份含量		低	中	高
用测棒测不同死亡率时	20—30	12—9	8—6	5—3
恒定的死可燃物含水量	31—45	18—12	11—7	6—5
(%)	46—65	20—15	14—9	8—6
可燃物死亡60—100%时的相对湿度 (%)		30—19	18—11	10—8
可燃物死亡 (%)	20—30	35—26	25—18	17—15
	31—45	45—36	35—24	23—18
	46—65	60—41	40—31	30—25
	66—100	75—41	40—36	35—20
风 速 (公里/时)		0—6.4	8—12.8	14.4—19.2
气 温 (℃)		-6—15	15—27	27—35
时 间		清 晨	上午和下午	中午及下午

一旦确定了单个变量的范围，就必须对它们进行综合考虑。每一个变量都有一个变化的范围，如果所有的变量都在偏高的一侧，火烧将无法驾驭；而如果所有的变量又都在偏低的一侧，火就根本无法燃烧。如果熟悉任何一个火险系统，则计算所选定的变量中一个或几个指数就能协调其综合效益了。这样，每一个指数的可接受范围只是一个附加条件被加上去。如果没有现成的火险级系统，则每个变量的范围就必须用适当的条件来定性的表示。例如，相对湿度从15%到50%，但不低于25%除非该地区最近4天内降水10毫米等。

要是发现规定无法接受，只有两种选择：修改规定或者取消该项计划。如果选择前者，就意味着火烧不能在最佳条件下进行，结果也不是最理想的。

3、防火线的位置

正如对待火灾一样，必须在规定火烧区域四周设置防火线，以便使投入防火线的控火人员和设备的花费最省而控火能力最大。可能要按照土地经营者选定的地方设置防火线来作为首先点火的区域。但防火线位置的最后确定应该由火专家作出。资源上的考虑总要服从于安全上的考虑。

4、点火技术的选择

因为点火技术是对火行为和烟雾生成量施加影响的，有时是

唯一的控制措施，我们不妨对各种选择及其利弊作一评述。

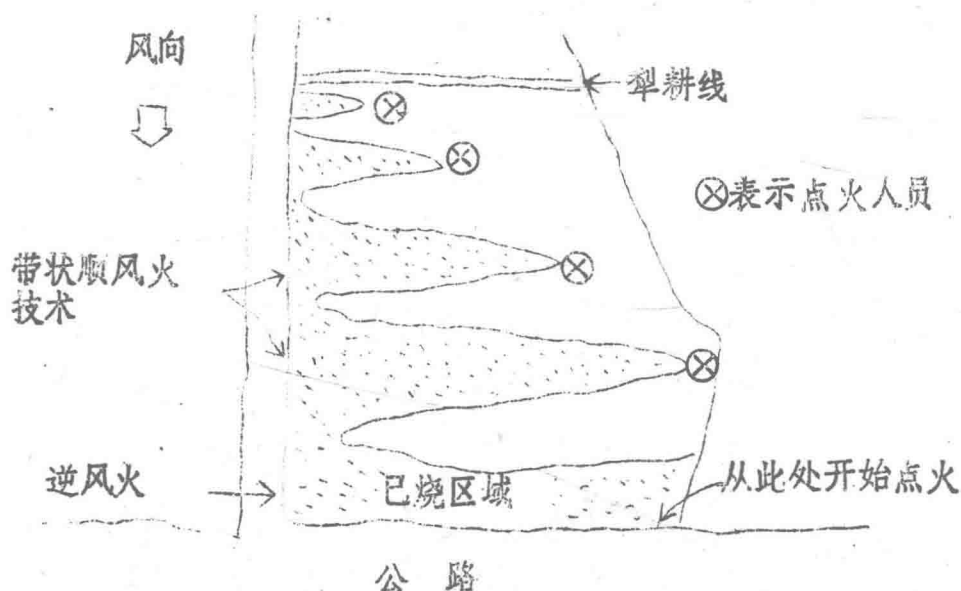
逆风点火

逆风点火就是沿已平整好的基线如公路，河流或防火线的逆风面直线点燃，该线同风向成 90° 延伸，让火逆风燃烧。逆风点火的好处是：产生的烟量少；对上层林冠树叶危害最少；由于蔓延速度几乎与风速无关，而且火星被吹到刚烧过的地方，因此不易造成跑火。可是，逆风火有一个无法克服的缺点：进展太慢，一般小于1米/分钟。因此，在合适的时间内所烧面积有限，除非点火基线间距很窄。因为开设防火线是规定火烧中最花钱的事，逆风点火一般不宜作主要的点火技术，只在小规模科研样地或在非常多的重型地面可燃物进行冠下火烧时才被采用。

顺风点火。

顺风火是最快的也是规定火烧中用得最多的人工点火技术。它也是产生烟雾最多的和最难控制的火烧。在实践中，顺风火总是以一系列的带状进行的，其中一条初始线被定为逆风火，侧翼火被定在基线的一端，继之而来的逆风火同侧翼火呈直角（见图1）各带之间的距离要从安全和火的蔓延速度和当时的燃烧条件来考虑。

图1：顺风点火示意图



侧翼点火

侧翼点火是将几条点火线直接逆风蔓延。通常从已经被逆风火加宽的基线开始。侧翼火有比逆风火进展快，强度又比顺风火小和稳定的优点。但是侧翼点火需要绝对稳定的刮风条件以及点火人员的特殊合作。如果风向有变化或一个点火员落在其它人员的后面，点火人员就容易被火包围。所以，侧翼点火要求所有点火人员保持平行。侧翼点火经常被用来保护顺风火与逆风火之间的边界或使防火线参差不齐的边缘烧直，但很少被用来作为整块地的主要烧除技术。

点状点火

点状点火是空中点火中优先采用的技术，但地面人员也可以使用。在点状点火中，各个点的火呈格子状被点着。各点的火烧应该在预定的时间内汇合在一起。汇合的时间是由各点间的距离来控制的。在冠下烧除时，点火时间应该使汇合时间控制在傍晚，这时火烧状况已经缓和，林冠烤焦降到下限。另一方面，在清理土地的重型可燃物除时，目的是要得到最大的火烧强度。当几个点火之间的距离为三倍火烧高度，每个点火各自达到最大的正常火焰高度时，两个或两个以上的火点相互作用就会达到最大火烧强度。如果操作得当，就会导致整个烧除地区同时着火。

外围点火

外围点火，顾名思义，是一种点燃拟烧区域的四周边缘，让其席卷整个区域的点火技术。通常还在接近火烧中心加上一个或多个点状火来把周边火向中心吸引。外围点火只有在极轻可燃物或在皆伐区域春季周围立木仍然被雪覆盖等特殊情况下才能使用。外围点火一旦圆圈合拢，便无法对火行为施加任何控制。而且当外围火同由其产生的危险飞火合并时，就会形成强烈的对流。外围点火的优点就在于它是目前可以利用的最廉价的技术——假如火烧始终受到控制的话。

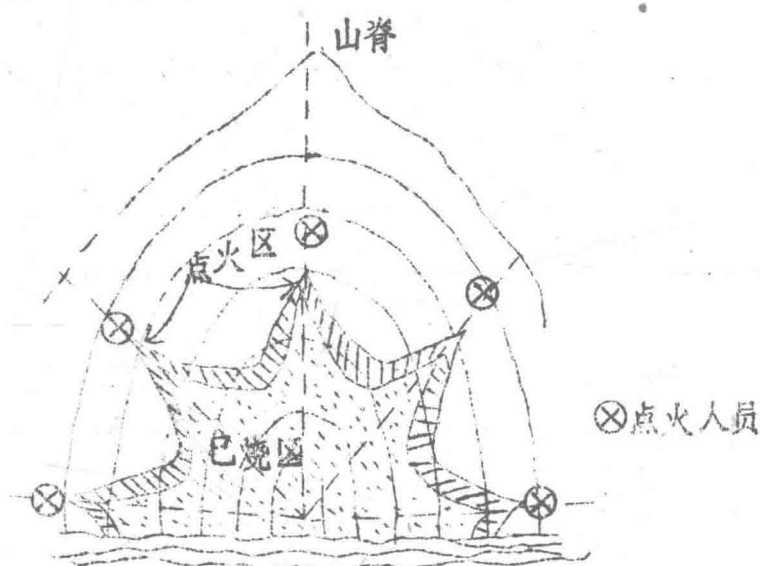
中央点火

同外围点火刚好相反，但仍然有希望得到同样的结果，其对流中心大致在燃烧区中间强烈火烧处。中心点火的各引燃点设在燃烧区中部，在这些火点发展到强对流柱形成时，再另外引燃一些非常靠近最初着火的地方，以便能被拉向主要对流柱的着火点。反复重复上述过程直到整个地区烧完为止。中央点火很适合重型可燃物大量积累的情况，比如清理土地的烧除或在高度筛选因素的林分中的采伐剩余烧除。在轻型可燃物中，中心点火有危险，因为在整个区域被点燃以前，中心部分就已烧完，对流中心就会向燃烧最强烈的地方移动，而这些地方可能是不合适的，有跑火的危险。

齿形点火

齿形燃烧是在多山地形采用的，将火从各山头往下引的一种方式。一个点火员沿山脊中央一直向下点火，其它人员与该火线成 $45-90^{\circ}$ 角度引燃火线。这样，形成一个星形燃烧区域，汇合区被限制在火烧线之间的楔形未烧区顶部（图2）。

图2 齿形点火示意图



三、规定火烧的步骤

1、制定计划

(1)点烧目的：它决定了火烧的规模，烧除计划的制定，总体规划以及规定火烧的实施。

(2)地区图：应标明边界防火线，毗邻地，地形，道路，走向，供水点，点烧的林班及有问题的地方。

(3)点烧规定：指 对火行为有影响的各方面（可燃物、气象、地形等）所作出的规定，并指出每一项的允许范围。

(4)点烧的大约日期和时间。

(5)点火方式：由地形、风向及点燃目标而定。

(6)人员组织与设备：包括点火人员控火人员及其位置，设

备包括灭火设备、点火设备、运输与通讯工具。

(7)点火的宣传计划。

2、制定规定

规定的标准如下：

A、灌木丛烧除 表2规定了适于灌木林火烧的可燃物与气象条件。但在实际工作中，还应根据林分中死可燃物的比率和要求烧掉的可燃物比例作出具体的规定(表3)。一个以林令死可燃物比率和可燃物减少率为根据的规定号码，应与相应的可燃物含水量，风速的规定号码相同。在这里，林分的死可燃物的比率对规定的作出起着主导作用。若死可燃物的比率低于30%，在中等点燃下将不会燃烧，必须经过化学处理或压碎才能燃烧。

表2 规定火烧中可燃物适合条件

项	目	指 标
死可燃物燃物含水量	(%)	6—8
活可燃物含水量	(%)	60—75
相 对 湿 度	(%)	18—25
气 温	(℃)	15—27
风 速	(公里/小时)	6.5—13

表3·灌木林状况和可燃物减少率跟点烧规定的关系

林 龄 (年)	死可燃物 (%)	可燃物减少的比率的规定号码		
		≥75	50—75	<50
7—20	5—20	1	1	1
20—35	20—30	2	3	4
≥35	30—45	5	6	7
≥50	45—65	8	9	10

	规 定					
	2	4	5	7	8	10
风 速 (公里/小时)	16	9.6	12.8	4.8	9.6	0
相对湿度 (%)	17	28	25	40	35	70
气 温 (℃)	32	18	29	15	24	4
可燃物(木棒)含水量 (%)	5	8	7	10	9	16
活可燃物含水量 (%)	60	65	65	75	65	85

※注：1、规定一号，包括压碎或喷洒化学除草剂的灌木林，因含水量太大，无法成功，需要按规定2和3的标准进行。

2、使用方法：首先，根据要点烧的死可燃物比率和减少可燃物的目标，确定点烧的规定号码。然后，在表的底层可找到相应号码的规