

利用化学药剂扑灭森林火灾 初步試驗报告

(内部討論資料)

林业部林业科学研究所

1955·8·

目 录

I. 前 言

II. 氯化钙灭火防火的野外试验

甲. 原料分析

乙. 野外化学药剂灭火防火试验

1. 不同浓度的氯化钙灭火性能试验

2. 不同种类的氯化钙防火性能试验

3. 固定剂效能和用量试验

4. 隔离带宽度试验

5. 直接灭火试验

6. 火头前面临时建立隔离带堵截火头试验

7. 炸药爆炸延缓防火带试验

A. 俾氏缓燃导火线爆炸筒试验

B. 电雷管导火线爆炸筒试验

III. 石油肥皂的试制

IV. 扩散剂的试制

甲. 煤油磺酸与柴油磺酸的试制

乙. 磺化植物油的试制

丙. 煤油磺酸、柴油磺酸与各种磺化植物油溶解于氯化钙溶液的扩散性能试验

丁. 讨论

V. 结论

VI. 目前存在问题

VII. 对今后工作的意见

VIII. 参考资料

I 前 言

森林资源是国家的财富，为国民经济中不可缺少的一部份。

不仅供给森林主产物，还能保持水土改良土壤调节气候防风防砂，保障农业增产，因此有着重要的作用。如果遭受山火，必将影响社会主义建设对木材的需要，更影响了国土的保安，切实保护好森林，人人有责。目前在东北地区，每年因森林火灾的损失严重，如1954年4月间，蒙北发生一次山火，仅六天的工夫，就烧毁了一百二十一万公顷，损失木材及扑火费用共达三千零六亿五千万元（旧币）。同时为了扑灭山火动员了大批人力。这样就影响了他们的正常生产和工作的顺利进行。解放后党和政府虽采取一系列的措施，但由于科学技术，跟不上客观需要迄今山火仍然发生，给国家造成巨大损失。因此利用化学药剂扑灭森林火灾的试验研究须积极进行。

本试验的目的，是要把苏联先进经验结合我国具体情况，研究有关化学药剂灭火防火性能和使用方法，必要时研究有关化学药剂的试制，以科学技术武装群众组织，进行林火消防，提高林火防火的效果。以期达到减少山火次数和燃烧面积，进而逐步达到彻底消灭森林火灾。

化学药剂起灭火防火作用的原因有三：

一、化学药剂水溶液用喷雾器，喷洒在易燃物上以后，形成一层薄膜，将正燃烧的或未燃的易燃物和空气隔离起来防止空气中的氧气和燃烧物接触，因而使其自行熄灭或燃烧困难。

二、化学药剂受热的作用就发生化学变化，放出一些不易氧化的蒸气及其他气体，相应的减低燃烧物附近空气层中的氧气含量，因而使易燃物得不到氧气就自行熄灭。

三、由于化学药剂洒落在蒸发分解时，消耗一部分热量，因而使燃烧地区的温度降低，使易燃物更不易燃烧。

能灭火防火的化学药剂很多，一般仅用于扑灭森林火灾的有：氯化钙(CaCl_2)、氯化镁(MgCl_2)、硫酸铵($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)、硫酸钠(Na_2SO_4)、安福粉($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)等。

今年上半年的试料主要根据 A. M. 西姆斯基教授的研究报告，使用氯化钙(CaCl_2)作灭火防火试验，在建筑防火隔离带时加入含桉油磺酸于氯化钙溶液中作扩散剂，然后再喷晒石油肥皂作固定剂。此两种药剂国内市场皆现货出售，不得不进行此两种药剂的试制工作。氯化钙灭火防火野外试验是和黑龙江省林业所，伊春森林经营局合作，在伊春林区，伊春飞机场西面草垫子上进行的。试制扩散剂和固定剂是在沈阳中国科学院林业土壤研究所进行的，在沈阳工作时，得到中国科学院林业土壤研究所王正继付研究员邓宗文教授与器材科很大的帮助。

II. 氯化钙灭火防火的野外试验:

甲. 原料分析: 限于时间, 对氯化钙没有作系统的分析, 只测定氯化钙的水份, 钙与氯的含量。

钙的测定方法, 使用容量滴定法, 氯的测定方法使用银定量法 (参见 E. B. 阿列克谢也夫斯基定量分析, 北大译本中册 398 页与 431 页) 分析结果如下:

样品名称	外形	溶解情况	水份 份 %	钙 含量 %	氯 含量 %	其 他	氯化钙含量 %	
							按钙 计称	按氯 计称
白色氯化钙	白色 蜂窝状	溶解很快 放热	0.56	26.91	43.696	28.84	74.76	69.31
棕红色氯化钙	红棕色 大块状	溶解很慢 不放热	20.26	21.30	43.43	16.01	59.00	66.40

一般氯化钙的来源, 大多为索尔米氏制碱法的副产品, 因此, 推测未分析的其他部分, 可能为氧化钙与氢氧化钙中的氢与氧, 氯化镁与氯化钠中的镁与钠, 以及少量的铁, (氯化镁、氯化钠等也有消灭作用)。由于氯化钙中其他部分没有测定, 以上数据仅供野外消灭试验的参考。

乙: 野外化学药剂灭火防火试验: 根据文献 (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) 定出以下各单元条件进行试验。

1. 不同浓度的氯化钙抗火性能试验:

利用筑筑隔离带的方法进行试验, 由于火势随地被物的高度密度、含水量、大气湿度、风速而改变, 因此应考虑筑带的宽度, 使用氯化钙药水的浓度与单位面积上的用量等。

溶液配制: 使用市售 69.31% 工叶用的白色蜂窝状的氯化钙, 配制 23.25%、26.74%、30.99% 不同浓度的氯化钙溶液, 即 100 公斤氯化钙溶液分别含有 23.25、26.74、30.99 公斤工叶用氯化钙 (此氯化钙含 69.31% 的纯氯化钙与

其他杂质)。其余 67.75、73.26、69.01 为水，如按氯化钙溶液中所含的纯氯化钙计称，则纯氯化钙分别含 16.42%、18.53%、21.44%。

按 100 公斤氯化钙溶液使用 0.25 — 0.35 公斤的柴油磺酸，将柴油磺酸溶解于 4 — 5 公斤冷水，然后徐徐倒入氯化钙溶液中，并用力搅拌使溶液充分混合。

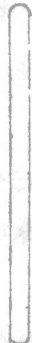
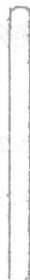
配药以四人一组计，在水与药都很齐全的条件下大约在 5 — 20 分钟内能配一大汽油桶（约 150 — 180 公斤）氯化钙溶液。

地被物系荻草 (*Carex* sp.) 同小葉草 (*Calamagrostis* sp.) 密度为 0.8 — 1.0、高约 40 — 45 厘米，由于经过冬季风压雪压，全成倒伏状，其厚度约 9 — 12 厘米，其含水率在 5 — 9% 左右，为了使氯化钙溶液能喷晒均匀，喷晒之前，用耙子搂一搂地被物。

建筑隔离带：将配制好的氯化钙溶液灌入背束式往复唧筒喷雾器中，往复均匀喷晒于上述的地物上，其宽度为 2 公尺，氯化钙溶液每平方公尺的用重 0.8 — 1 公斤。

喷药以四个人一组计，每组每 10 分钟能喷晒 40 — 50 平方公尺的隔离带。

进行点火：距离隔离带 40 公尺处点火，点火时必须让燃烧过程中的火头移动同与隔离带垂直，最初风速 4 — 5 公尺/秒，火头顺风进行的速度每分钟约 3 — 10 公尺，当火势增大，热空气流动下，风速立即增加，变为 6.5 — 8 公尺/秒，火头顺风进行速度也随之增加，每分钟约为 15 — 20 公尺，火苗往风方向的左右两侧蔓延，始终保持一定速度，每分钟约 3 — 5 公尺，此与顺风蔓延的速度比较，较为迟缓（火焰高度约 0.8 — 2 公尺）。结果如下：

試驗			條件					現象	
地被物	隔離帶	氣象情況			氯化鈣 (69.31%)			耐火性能	燃燒后的地形
		大氣濕度	風速公尺/秒	用 量	濃度 %	如柴油磷酸			
種類:	寬度:	絕對濕度	風速公尺/秒	氯化鈣帶雜質	純氯化鈣				
莖葉與小葉	2公尺	4-5.7	到帶時	0.8-1 升/米 ²	30.99	21.44	0.33%	97.8%	 46公尺
密度:	長度:	相對濕度	2級	"	26.74	15.53	0.33%	100%	 35公尺
0.8-1.0	35-47公尺	72-78	3級	"	23.25	10.42	0.33%	100%	 35公尺
高度:	點火地方與帶的距離:	飽和差	4級	"	水	水	水	0	 40公尺
40-45公分	40公尺	3.6-19.7	5級	"					
含水率:			4-5.7	6.5-7.4					
5-9%									
處理方法:									
用耙子撿									
一樓后噴									
晒藥水									

註: 1) 耐火性能 = 燃燒前的長度 - 燃燒了的長度 $\times 100$
燃燒前的長度

2) 表中 1——1 公分表示 1000 公分, 與實際縮小 $\frac{1}{1000}$

3) 表中有 0.000 者, 表示被火燒過的, 0 表示未被火燒過。

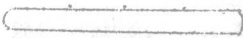
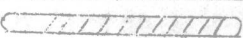
结果：1) 用水浇筑的隔离带全被烧过，抗火性能为零，

2) 浓度26.74%与23.25%的氯化钙全未被火烧过，抗火性能为100。

3) 浓度30.99%的氯化钙由于未喷晒好（未喷透）有1公尺左右被火由下面烧过，抗火性能为97.8%。

2. 不同种类的氯化钙抗火性能的试验：

原料分析，地被物的情况，喷晒药水的方法，氯化钙每单位面积上的用量，气象条件，扩散剂的用量，基本上和上述试验相同。只是氯化钙的种类不同，因此氯化钙与其他杂质的真正含量也不同，根据一般常识说69.31%的氯化钙，含水分只有0.56，其余的大部分为杂质，其杂质由氯化钙制造来源推测可能为：氯化镁、氧化镁、氧化钙、氢氧化钙、氯化钙、氯化铁等无机化合物，它们有某种程度的消失性能：59%的氯化钙，含水分有20.26%，它与69.31%氯化钙比较起来，它不但在纯度上比69.31%氯化钙低，在其他杂质的含量上也比前者低，因此它在消灭性能上，可能要低些，试验结果如下：

試 驗 条 件					現 象	
地被物气象 条件氯化钙溶液 单位面积上的 用量扩散剂的 用量等基本一 致	氣 化 鈣				抗 火 性 能	燃烧后的地形
	純 度	含水分	濃 度			
			CaCl ₂ + 杂质%	以純氯化 鈣計%		
	69.31	0.56	26.74	18.53	100%	
	59	20.26	26.74	15.78	100%	

结果：69.31%的白色蜂窝状的氯化钙抗火性能高，未烧过。

59.00%的棕红大块状的氯化钙抗火性能低，被火烧过。

3: 固定剂的效能和用量試驗:

石油肥皂——固定剂——为谷黄色液糊状液体物质，固定剂能固定氯化钙的原因系石油肥皂中的锺肥皂和氯化钙发生化学变化，生成一些锺肥皂，此时锺肥皂、皂胶、石油、氯化钙并物混合，成一种混合物的胶体，浮悬于氯化钙溶液的表面。当氯化钙溶液中的水份很快地被空气蒸发后，由于地被物和混合物的胶体分界面之间的吸附，地被物的表面即把胶体混合物吸附固定在它的表面上，氯化钙也随着固定于地被物的表面，因此小雨或朝露不能冲走氯化钙。

試驗方法：配 5% 的石油肥皂液，取 5 公斤石油肥皂，放置小铁桶中，徐徐加入 5 公斤清水，用小木棍不断地搅拌，约十分钟石油肥皂将由浆糊状稀释成胶水状，再把此胶水状的石油肥皂倒入 90 公斤的清水中，用力搅拌均匀。即成 5% 的白色石油肥皂水。

建立隔离带，先配制 26.74% 的氯化钙溶液，加入 0.35% 的扩散剂——柴油磺酸，将氯化钙与柴油磺酸的溶液喷晒到各种条件相类似的地被物上，地被物的情况与上节所述相类似。每平方公尺喷晒 0.8—1 公斤，宽两公尺，长 110 公尺，再将隔离分为四段，每段 35 公尺，除留一段作空白試驗外，其余三段分别各面喷晒 3%、5%、7% 不同浓度的石油肥皂液，每平方公尺的喷量为 0.15 公斤，次日再在各隔离带上，每平方公尺喷晒 0.5 公斤清水，作为人造小雨，三小时后在隔离带 40 公尺地方点火，观察隔离带的抗火性能。

点火时，风速为 2 级风，火头接近隔离带的风速为 3 级风，（结果见下表二）未喷石油肥皂水的隔离带，有部分燃烧或因火头温度较高而将隔离带烤黄，但未能穿隔离带，其他三个都未燃烧，均有固定作用。不过 7% 的石油肥皂液，浓度过大，有不易喷晒均匀的现象，5% 次之，3% 的石油肥皂液，因浓度小，显得容易喷晒均匀，即喷晒似乎少一点似的，结果如下：

試 驗		藥 劑		天 氣		石 油 肥 皂		人 工 造 雨 噴 水		現 象	
地 被 物	偶 高 帶	藥 劑		天 氣 情 況		濃 度	風 速	量 l/m^2	量 l/m^2	抗 火 性 能	
		氧化鈣 (69.31%)	藥 水	大 氣 濕 度	風 速						
種類:	寬度	濃度:	26.74	絕對濕度:	點火時	0.5	34%	0.5	100%		
莖草與小 葉草	長度	用量:	0.8-1 l/m^2	相對濕度	二四級	0.5	59%	0.5	100%		
長度:	點火地與 帶的距離	柴油磺酸後用 量:	0.33	飽和量	到帶時	0.5	71%	0.5	100%		
高度:	40 公尺			3.0-3.9	三六級						
含水率:											
5-9%											
處理方法:											
用耙子攪 一樓后噴											
煙藥水											

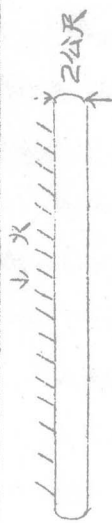
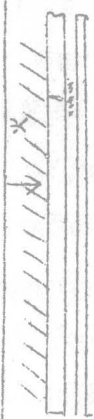
註: 表中 四 者有部分被燒, 烤黃現象。 口 者未被燒的情況。

結果: 用水噴的空白試驗, 有部分被燒, 烤黃現象, 其他都有固定作用, 在噴時均勻上以3%的較好, 從現象上看用量以平火一點, 達3%以后用4% — 5%的再試一試。

4. 隔离带的宽度试验：

山火燃烧时，常受风的影响很大，除风小火头进行迟缓，风大火头进行迅速外，大风往往将正在燃烧的大星飞到火头前面1—100公尺远的地被物上，另引火源，造成更大的火场，尤其是树冠火，此试验针对着草原，榛丛林的火场而作。

建立三种不同宽度的隔离带，两公尺、四公尺、五公尺。四公尺与五公尺的隔离带，採用间隔式延带法，四公尺的隔离带，即在火头垂直的前面用26.74%的氯化钙溶液（加有扩散剂的），喷洒两公尺宽的氯化钙溶液隔离带，紧接着此隔离带，留一公尺宽的地方不浇氯化钙，再接此未浇药的空白地被物后边，喷洒一公尺宽的氯化钙溶液，这样即成为四公尺宽的隔离带了，五公尺宽的隔离带，即在火头前面喷洒一条有五公尺宽隔离带，其隔离带的两侧各洒两公尺宽的26.74%的氯化钙溶液（加有扩散剂），其中间留有一公尺宽的地方未浇任何东西，由于地被物很厚，为了要浇氯化钙溶液要浇透，在浇之先用耙子把地被物搂一搂。

試驗系統			條件		現象	
受試物	氣象情況		氯化鈣 (6.1310%)	隔離帶 寬度	耐火性能	燃燒後的地形
	大氣濕度	風速				
種類: 蘆葦與小葉 草	絕對濕 度 21.5	點火時 4-5.7 公尺/秒	用量: 0.9-1 升/㎡	3公尺	100%	
密度: 0.8-1.0	相對濕 度 35	到帶時 6.7-8 公尺/秒	濃度: 26.74%	4公尺	100%	
長度: 40-45公分	飽和量 19.7		柴油磺酸 0.33%	5公尺	100%	
含水率: 5-9%				1公尺	吸取去年王工學生在編著作試驗的經驗未作 「火已躍出帶」	
處理方法: 用耙子攪一 攪及噴洒藥 水						

2、4、5公尺寬的隔离带，在莠草与小叶草密度0.8—1.0与长度40—45公分含水率5—9%的地被物上，风速为四级的情況下都未突破，說明在今后消火中可以使用2公尺寬的隔离带。4公尺寬的隔离带，由於工作人員疏忽大意，氯化鈣溶液未浇透，因此，火从两公尺寬的前带下面繞过，把隔离带中心的空白地区烧去部分，火势极小，紧接着为1公尺寬的后带当着，这个有趣的試驗，給我們一个启发，今后在消火中，为了保证堵截火头，可以适当使用间隔式地带带法。

5. 直接灭火試驗：

在一个莠草地被物原野上，其长约70公尺，寬約30公尺，地被物的高度40—45公分，密度0.8—1.0成丛状，在原野顺风方向的末端有一熟地，这样能保证試驗时不会有跑火的危险。点火前将26.74%的氯化鈣溶液灌装於背束式噴霧器中，化学灭火队员們分为两组，每组5人，分别等待於地被物的兩側，顺风点火，风速为3级风，当火头約伸延40公尺，寬約25公尺时，此时火头风速为4—5级，化学灭火队员們由火头移动方向前面的左右兩側，直接用背束式噴霧器，向火苗边缘喷射化学药剂，迂迴堵截火头，由于正燃烧或尚未完全燃烧的地被物，产生浓厚的烟雾，以致将火苗边缘搞得十分模糊，噴光时不易看准火苗边缘，更重要的是浓烟熏人很难受，不得不从烟雾中退出，退出烟雾更不能看准火苗边缘，若离火苗距离更远，化学药剂更无法喷射到火苗上。结果火头未被截住，燃烧到自然障碍物才自行停止向前蔓延。

直接把化学药剂和噴霧器用於扑灭火头顺风蔓延方向的屋部或兩側，以及逆风蔓延的火头时，由於烟雾较少，将收到良好效果，能很快地阻止火苗蔓延，至於化学药剂和水直接灭火效能的高低比較，因試驗太小未能得出准确数据，凭感觉认为化学药剂效能較高。

6. 火头前面燒时建立隔离带堵截火头試驗：

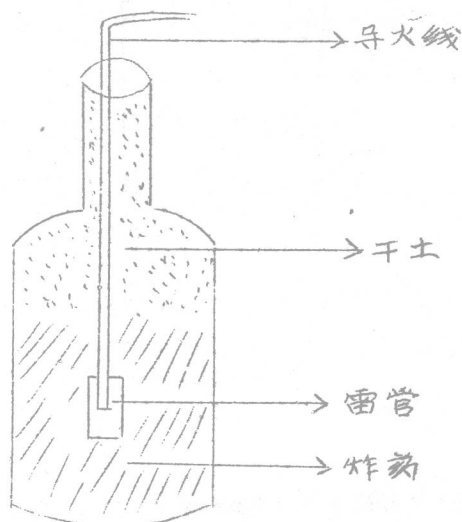
在榛叢林中，有火头寬約5—6公尺，約以每秒钟0.4—0.6

公尺的速度前进，其中四个装满化学药剂的背负式喷雾器，于火头前面约 7—10 公尺的地方，迅速喷洒一条约两公尺宽 16—18 公尺长的隔离带，立即将火头截住。

7. 炸药爆炸延筑防火带试验：

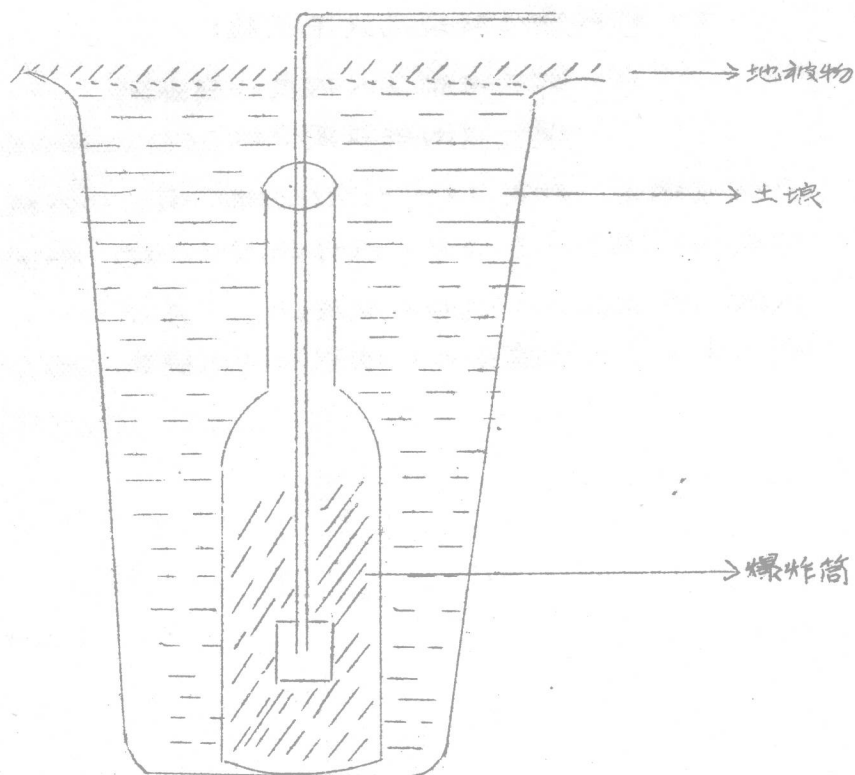
A. 牌氏缓燃导火线爆炸筒试验：

爆炸筒的安装是将约 350 公分的硝石黄色炸药，装入啤酒瓶中，约有 14—16 公分深，用一小木棍，由瓶中心插入炸药内，深 6—8 公分，按炸药成一小坑，把安好的牌氏缓燃导火线的雷管插入小坑内（深度约 6—8 公分），用炸药将雷管埋好，再用干土填塞瓶口，填塞时用木棍微微用力将土压紧如图：



埋爆筒以鉄鍬挖一小坑，口径约 40 公分，深 40—45 公分，将爆筒直立於小坑中，把导火线引出於地面，再以土壤把小坑填滿，用脚充分将土壤踩紧如图：

（图見次页）

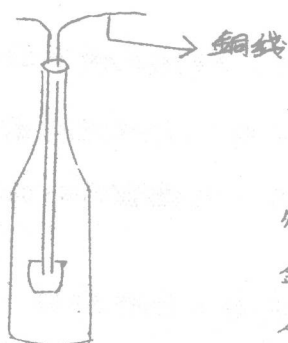


每个爆炸筒的距离为2公尺，一连安置5个爆炸筒，
然后用烟头点火，结果3个爆炸，2个未炸

爆炸筒 茶色 重量	埋的爆炸 深度	右深度	破 土		翻 土		爆炸后 的地形
			最大 直径	最小 直径	最大 直径	最小 直径	
350公分	60公分	未炸					
"	50 "	63公分	210公分	193公分	235公分	209公分	未成一直线
"	45 "	55" "	196 "	185" "	218" "	190" "	"
"	50 "	炸了"	未测量	未测量	未测量	未测量	"
"	40 "	未炸"					"

13. 电雷管导火线爆炸筒试验

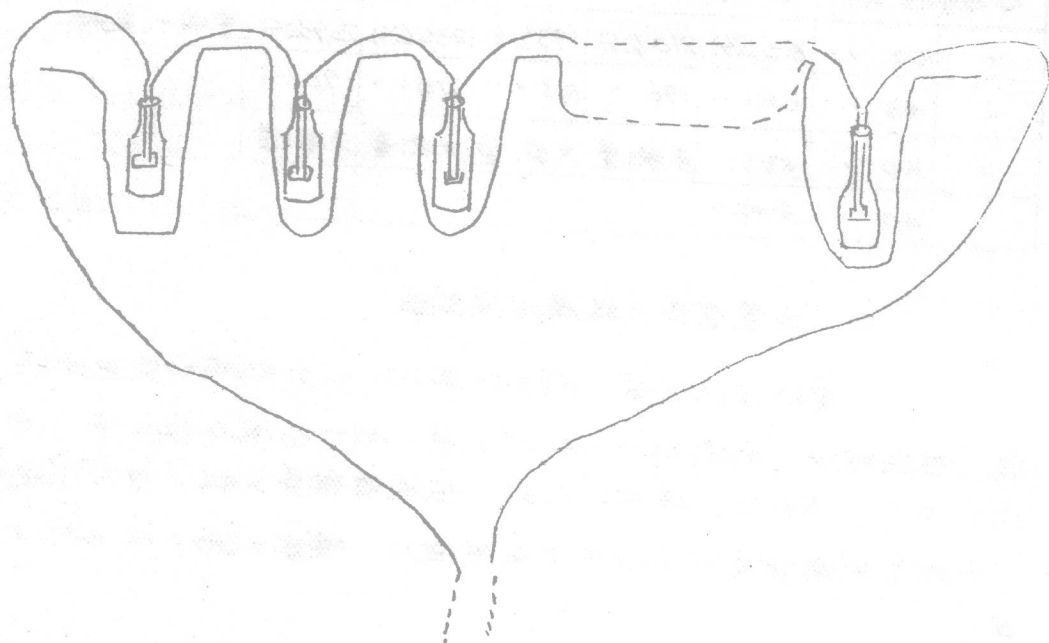
爆炸筒的安装，将350或250公分的硝石黄色炸茶，装入啤酒瓶中，约有14—16公分深，用一小棍从瓶口中 拌入炸茶内6—8公分，连成一小坑，把电雷管导火线，放入小坑内，用炸茶把雷管盖好，以干土填塞瓶口，填塞时微微用力把土压紧。



掩埋爆炸筒，用铁钎挖15个小坑，坑与坑之间的距离为2公尺，坑的直径约12—15公分，深度约40—45公分，将爆炸筒直立于小坑内，把电雷管的两条小铜线引出坑外，用土壤把小坑填满，并充分压紧，电雷管与电雷管的铜线彼此相互联接上，正如物理电学上的串联。

共埋15个爆炸筒，将1号爆炸筒电雷管的一等线与15号爆炸筒的一等线、分别各联接在长150公尺的18号皮线上，将两线的另一端集中在一起，将两线引至离爆炸筒140—145公尺外的地区。

1, 2, 3, 4, 5, 五个爆炸筒的剂量各为20克,
6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 十个爆炸筒的剂量各
350克安装如下图:



点火时, 在140公尺外的地区, 将15瓦特手摇发电机,
摇动2—3分钟, 即产生电压6—8伏特, 此时把两雷管上的
18号皮线, 同时插入15瓦特手摇发电机内, 电雷管即时触电, 发
热爆炸、

在试验过程中, 第一次把电雷管上的皮线插入15瓦特
手摇发电机内, 15号爆炸筒炸了, 其他14个未炸, 线路也很好,
又进行第二次爆炸, 结果14号爆炸筒炸了, 其他13个未炸, 后又
进行第三次试验才全部爆炸。结果如下表。

表見次頁