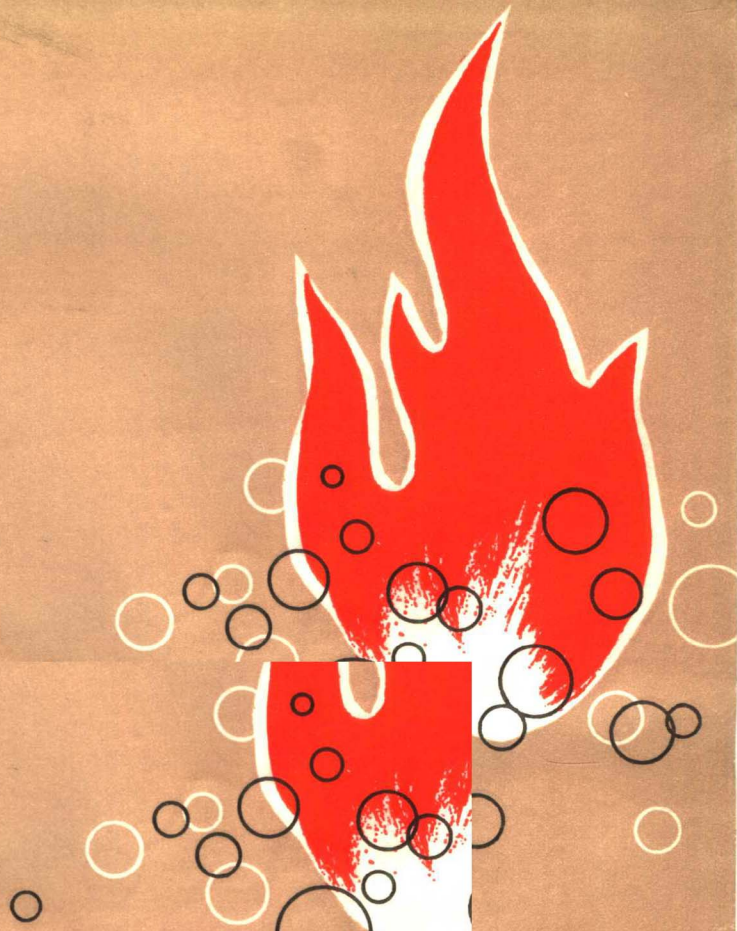




高倍数泡沫灭火 及其在煤矿的应用

工业出版社

高倍数泡沫灭火 及其在煤矿的应用

抚顺煤炭研究所编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

这本小册子以煤矿为背景，简明扼要地介绍了高倍数泡沫灭火技术的成泡机理、灭火原理、泡沫剂、发泡机、影响发泡量的因素、泡沫的输送及应用等内容。可供煤矿工程技术人员和救护消防人员学习阅读。

高倍数泡沫灭火及其在煤矿的应用

阮顺康研究所编

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 $2 \frac{5}{16}$

字数48千字 印数1—2,800

1980年1月第1版 1980年1月第1次印刷

书号15035·2285 定价0.22元

编 者 的 话

高倍数泡沫灭火技术在国内煤矿中的应用，引起了人们越来越多的注意，希望对它有更多的了解。为了满足从事煤矿安全工作的广大职工的需要，编写了这本小册子。小册子系统地介绍了高倍数泡沫灭火的技术知识，概括地叙述了一些实际经验，并作了部分理性的叙述和分析讨论，也有少量的国外情况介绍。期望这本小册子能在这项技术的推广应用中起到一定的作用。不当之处，欢迎读者指正。

编写的基础材料，主要取自本所历年的研究试验报告和发表的有关文章，其中也引用了上海消防科学研究所、平顶山矿务局救护大队等单位的有关试验报告和经验。

这本小册子是由抚顺煤炭研究所二室灭火小组集体编写的。第一、二节由费云光执笔；第三、四节由肖德昌执笔；第五、六、七节由何博文执笔。吕永涛整理，何博文修改。中国矿业学院王省身同志审阅。

目 录

第一节 概述	1
(一) 什么是泡沫	1
(二) 泡沫与现代消防	2
(三) 灭火泡沫	2
(四) 高倍数泡沫灭火的原理、特点与应用范围	5
第二节 泡沫剂	9
(一) 泡沫剂的种类	9
(二) 泡沫剂的检验	9
(三) 泡沫剂的选配	12
(四) 气温、水质对泡沫的影响	14
(五) 国外泡沫剂简介	15
第三节 发泡机	16
(一) 发泡机的种类	16
(二) 发泡量与喷液量的计算	17
(三) BGP-200型发泡机	18
(四) SGP-180型发泡机	23
(五) QGP-200型发泡机	28
(六) GF-50型发泡机	30
(七) FG-180型发泡机	32
(八) JG-70型简易发泡机	33
(九) 发泡机的保养	34
(十) 国外部分发泡机简介	35
第四节 影响发泡机发泡的因素及其相互关系	40
(一) 供风量对发泡量的影响	40

(二) 风速、风压对发泡量的影响	41
(三) 风速与喷液量在发泡网上的分布对发泡量的影响	43
(四) 发泡网的结构、形状及材质与发泡的关系	44
(五) 喷嘴喷洒状态与发泡的关系	46
(六) 泡沫液浓度偏差与发泡的关系	46
第五节 泡沫输送	47
(一) 利用巷道输送泡沫	47
(二) 利用风筒输送泡沫	53
第六节 灭火试验记录与分析	55
(一) 地下巷道灭火试验	55
(二) 地面油池灭火试验	62
第七节 扑救煤矿井下火灾的实例	63
(一) 扑救水平巷道火灾的实例	63
(二) 扑救倾斜巷道火灾的实例	64
(三) 扑救老塘火灾的实例	66
(四) 灭火实战经验的概述	66
结束语	68

第一节 概 述

(一) 什么是泡沫

泡沫是指那些彼此为液体或固体膜所分隔而又凝聚在一起的气泡而言，它属于胶体系统。依据两相的凝聚状态分类，它是胶体系统中的第一类和第三类，即气体分散于液体之中的泡沫、气体乳胶，气体分散于固体之中的固体泡沫。所以有液体泡沫和固体泡沫之分。泡沫的膜，无论是固体或液体的，如果它们各自闭合，即彼此相邻的气泡之间不存在联结充气的通道，叫做真泡沫。如果气泡与气泡之间彼此互相连通，那就叫海绵体。真泡沫中的气相是不连续的，连续的只是液相和固相，海绵体则两相都是连续的。有些物质（例如面包）有时部分地由海绵体构成，其余部分则由真泡沫构成。

在泡沫体中，泡沫膜的厚度须与气泡的直径相称。由于这个原因，可以用单位体积的泡沫液与其所生成的泡沫体积之比值来划分不同类型的液体泡沫。这个比值叫做泡沫的膨胀系数或膨胀比，人们常常把它的倒数叫做泡沫倍数。膨胀系数小于0.1的称为泡沫，大于0.9的称为气体乳胶，在0.1~0.9之间的称为“灰色带”。

在生产实践和日常生活中人们经常与泡沫接触，如用肥皂或洗涤剂洗濯衣物、饮用啤酒、汽水等都有泡沫出现。近代市场上出现的泡沫橡胶、泡沫塑料、加气的泡沫建筑材料

等都与泡沫有直接的关联。可见泡沫不但同人们的衣、食、住、行有直接的联系，而且在现代科学技术的发展上也占有一定的地位。

（二）泡沫与现代消防

在本世纪以前，泡沫对人们说来并不具有特别的意义，更没有在火场上显示出它的威力。但是事物总是随着时间的消逝而变化。现在人们不但用泡沫去扑灭那些用水或其他方法难以对付的油类火灾，也用来扑灭一般固体火灾，并在截断电源的条件下，用来扑灭电气设备火灾。泡沫能很快地使火焰熄灭，同时耗水量很小。

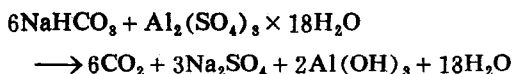
用水灭火早已是人们的常识了。它的最大特点是既方便又经济。水之所以能灭火主要是冷却作用。随着工业的发展，人们建设了城市，出现了大规模的新型工矿企业，生产的工艺流程不断改进和完善，产品种类和数量大幅度增长，因此消防事业的改进和完善，也不断深化。比如，人们逐渐认识到，水在扑救某些可燃性液体、碱金属或碱土金属火灾时，非但无效，反而犹如火中加油，助长火势的蔓延和炽烈。因此，人们在尽力改善用水灭火的工具、方法以及提高其灭火效能的同时，也在不断地研究和探求新的消防方法、工艺、工具等，以期扑救用水扑救无效的火灾。泡沫、干粉、惰性气体等灭火新技术就应运而生了。

（三）灭火泡沫

现在常用的灭火泡沫大致分为两大类，即化学泡沫与空气机械泡沫。

1. 化学泡沫

化学泡沫一般分为泡沫式和酸碱式两种。无论那一种都是利用物质间的化学变化产生泡沫的。早在本世纪初，就有人利用化学泡沫来扑救碳氢化合物这类易燃物质的火灾。1904年第一次发表了用硫酸铝溶液与碳酸氢钠溶液相互作用产生泡沫扑救一场火灾的文献。将分储于二个不同储罐中的硫酸铝溶液和加有少量发泡剂（皂甙）的碳酸氢钠溶液，通过管道同时输入于另一容器中，当即发生如下的化学变化：



从而产生含有 CO_2 的低倍数化学泡沫。把这样的化学泡沫喷洒到着火的物体表面上，起着覆盖、隔绝和冷却作用，因而将火扑灭。

化学泡沫用于消防事业已有几十年的历史，但就其药剂及工艺而论则进展不大。药剂方面除添加某些稳定剂以增加其稳定性之外，只是把储液式改为储粉式。在设备上，从1912年英国开始使用容量为2.5加仑（10升）手持式化学泡沫灭火机以来，尽管陆续不断地出现容量和形式不同的移动式化学泡沫灭火机，但至今并没有很重大的带有突破性的技

表 1 国内部分通用化学泡沫灭火机

类 型	型 号	药剂容量 (升)	总重量 (公斤)	泡沫式药剂		酸碱式药剂	
				一号粉剂	二号粉剂	甲药	乙药
手提式	MP-11	10	12.6	碳酸氢 钠发泡剂	硫酸铝	碳酸氢钠	硫酸
舟车式	MP-12	10	12.6				
大 型	MP-35	65	148				
大 型	MP-36	100	205				
大 型	MP-37	135	230				
酸碱式	MS-11	10	12.15				

术进展。这里介绍一部分我国通用的化学泡沫灭火机的型号规格，列于表1。

2. 空气机械泡沫

用机械方法把空气鼓入含有少量泡沫剂的水溶液中所产生的泡沫叫做空气机械泡沫。就其所用的泡沫剂而言，分为蛋白质泡沫与非蛋白质泡沫。按泡沫的形态分则有低倍数泡沫和高倍数泡沫。空气机械泡沫最初在1927年研制成功，当时所使用的泡沫剂是从植物中提取的皂甙一类物质，到1940年水解蛋白质泡沫问世后才取而代之。第二次世界大战期间，空气机械泡沫得到了广泛的应用，泡沫发射的工艺与设备亦日趋完善。1947年以后水解蛋白质空气机械泡沫正式列为石油厂、储油库的必备消防手段。低倍数空气机械泡沫一般分为常规通用型和低温通用型两种，泡沫倍数多在10~20的范围内。关于它的技术状况，本书不拟多作介绍。

高倍数空气机械泡沫（简称高倍数泡沫）的泡沫倍数在20以上。现代消防所使用的高倍数泡沫其倍数多在500~1000之间。通常以泡沫的倍数、稳定性、含水量和离水率等项指标来评价它是否适用于消防工作。

在发泡工艺固定的情况下，泡沫倍数的大小主要取决于所使用的泡沫剂，水质也有重要的影响，因而多采用合成的表面活性剂作为发泡剂。

泡沫的稳定性是判定消火泡沫的关键性能之一。稳定性好，气泡不易破灭，为远距离输送泡沫创造了必要的条件。稳定性是指在固定的发泡条件下，一定体积（例如50升）的泡沫破灭一半的时间。它与泡沫剂固有的物化性质、水质有关，但添加适量的稳定剂是决定性因素。

泡沫的单位体积内所含的泡沫液量，习惯上称为泡沫含

水量。一般认为，消火泡沫的含水量应不小于0.2公斤/米³。

泡沫溶液的脱离速度叫做离水率，用一定时间内泡沫脱水的百分率来表示。消火泡沫的离水率越小越好，也就是说泡沫所包含的水分能绝大部分地用来扑救火灾，而很少在输送途中流失。离水率与泡沫的亲水性能有关，添加某些助剂可以降低离水率。

单位时间内所形成的泡沫体积的数量叫做泡沫量或发泡量，常以“米³/分”为表示单位。它的影响因素很多，将在后面专门论述。

对于消火用高倍数泡沫的要求，显然是要有一定的泡沫倍数，稳定性要好，离水率要低。我国有的消防和科研部门暂定试验室选择泡沫剂的技术标准是：

泡沫倍数	700~1000
泡沫稳定性	不小于120分钟
泡沫离水率	5分钟内不脱水
	15分钟后不大于50%

（四）高倍数泡沫灭火的原理、特点与应用范围

1956年在第九届国际煤矿安全研究所所长会议上，英国矿山安全研究所的H.S.伊斯纳尔和P.B.史密斯共同提出了用高倍数泡沫扑灭井下巷道火灾的试验报告。那时这项技术的试验与应用是局限于井下巷道火灾的。人们知道，矿山井下发生火灾时，多采用直接法灭火，即直接以水枪射流救火。但有时施救人员难以十分接近火源，不得不在远离火源数十米以外的地方进行操作，这样往往使火势向下风蔓延的速度超过在上风抢救的速度，控制不住火势的继续发展，最终只

有采取封闭火区的办法。有时还出现巷道顶板冒落，施救人员不能接近火源。在这些情况下，特别是为了避免大面积封闭火区，高倍数泡沫灭火方法将发挥其特殊的功能。

高倍数泡沫灭火实质上是增加用水灭火的有效性，把近距离用水灭火演变到远距离用水灭火，同时允许施救人员在上风方向的有利位置进行作业。伊斯纳尔法的操作与布置如图1所示。消防用水经供水阀门进入负压比例混合器，泡沫液从此被吸入，与水混合，经由喷枪均匀地喷洒到以巷道墙壁为界张挂起来的网具上。巷道风流穿过被泡沫液润湿的网具，所有网孔便连续产生泡沫，泡沫逐渐堆积进而向火区推进，形成所谓的巷道“泡沫塞”。“泡沫塞”与火相斗，最

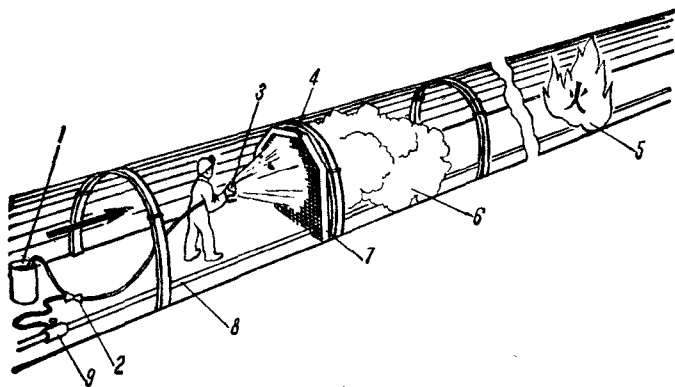


图1 用巷道风流法发泡与灭火

- 1—泡沫液桶；2—比例混合器；3—喷枪；4—发泡网具；5—着火物；
6—泡沫塞；7—网框；8—供水管；9—供水阀门

终火被泡沫中的水分所熄灭。发明者最初的试验证明，泡沫塞能有效地扑灭距离网具六十多米远的木材火灾，并认为泡

沫之所以能灭火在于它的水分蒸发，大量的水蒸汽稀释了火区的氧含量。有的人指出，泡沫的冷却与覆盖作用也是泡沫灭火的重要机理。无论是哪一种机理，都有赖于泡沫中的水分。到达火区的泡沫中的水分越多越好，也就是含水量要大。不过泡沫含水量大，相应的泡沫重率就高，就会缩短泡沫的输送距离。

要想取得高倍数泡沫灭火的成功，必须要具备供喷洒的消防用水；适宜的风流；高效转换成泡沫的泡沫剂和网具。

图2为在网面上形成单个泡膜的机理示意图。液粒附着于网孔，被风流吹动形成泡膜，接着又附着另一液粒，与前一泡膜连结起来，依此不断形成泡沫联络体。

上面所叙述的是高倍数泡沫灭火技术在最初使用时的概况。从那以后人们作了许多改进，首先把巷道风流法改成强制风流法发射泡沫，即把成泡的网具安装在强力的扇风机前面，利用扇风机所产生的风流吹动网具上的泡沫液形成高倍数泡沫，而不再依赖流经巷道的风流了。本书编写的基本内容是着重讲述强制风流法发射泡沫的技术知识及其应用方面的问题。这里再把高倍数泡沫灭火的作用归纳为以下三个方面：

1. 大量泡沫隔绝火源并覆盖燃烧物，截断空气的供给；

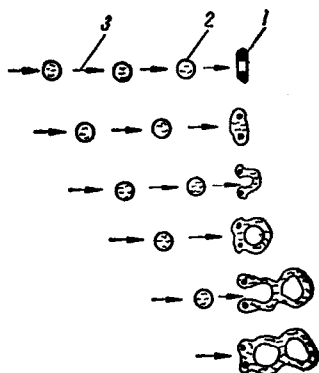


图2 单个泡膜的形成过程

1—发泡网孔；2—泡沫液粒；

3—风流

2. 泡沫受热产生水蒸汽而大量吸热,使火区急剧降温,并稀释空气中的氧含量;

3. 阻止火场的热传导、热对流和热幅射,防止火势蔓延。

高倍数泡沫灭火的主要特点是灭火强度大,速度快,可在远离火场的安全地点进行施救工作,水渍损失少,灭火后的恢复工作容易,成本低,无毒,无腐蚀性。

第二节 泡 沫 剂

(一) 泡沫剂的种类

无论是有机物质或无机物质，凡是通过化学方法或物理方法能产生泡沫的，都可以用来作为泡沫剂。前面所说的一般泡沫灭火器就是通过药剂的化学反应产生泡沫，空气机械泡沫则是运用物理方法产生泡沫。能产生高倍数泡沫的多为表面活性物质，最常见的如肥皂等。表面活性物质按其分子结构不同，可分为离子型和非离子型两大类。离子型表面活性物又分为阴离子型和阳离子型两种，也有阴阳离子两性兼有的混合型。表面活性物规格品种繁多，而以阴离子型表面活性剂的磷酸盐和硫酸盐起泡效能较好。高倍数泡沫多采用阴离子型表面活性剂，并加入适量的某些助剂配制而成。国内常用的表面活性剂有：烷基磷酸钠、烷基苯磷酸钠、 α -烯基磷酸钠、仲烷基硫酸钠、聚氧乙烯脂肪醇硫酸钠、聚氧乙烷烷基醚、十二烷基脂肪醇硫酸盐等。用来作泡沫稳定剂的有十二烷基脂肪醇、椰子油烷基醇酰胺、椰子油烷基醇酰胺磷酸酯等。二乙二醇低烷基醚可以作为泡沫抗冻剂，二甲苯磷酸钠可作为泡沫抗粘剂，加入这些助剂能够制备性能更为完善的泡沫剂。

(二) 泡沫剂的检验

泡沫剂品种繁多，性能各异。人们为了判别各种性能不

同的泡沫剂，建立了多种形式的检验装置。用于灭火的高倍数泡沫，由于对它有特定的技术要求，一般形式的检验装置是不相适应的。根据国内的实践经验，在试验室里建立专门的泡沫发生装置，测试泡沫的倍数、稳定性和离水率等项指标，借以比较和遴选适用的泡沫剂是合适的。这里介绍一套自六十年代以来一直在沿用的简易测试装置，如图3所示，

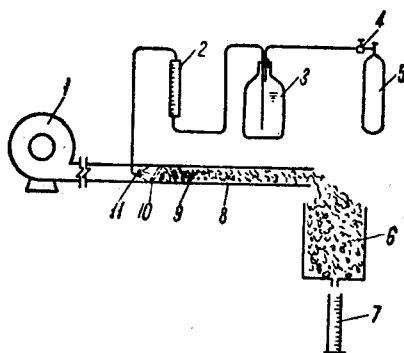


图3 泡沫剂性能检验装置

- 1—小型鼓风机；2—浮子流量计；3—药液瓶；4—调压阀；5—压气瓶；6—受泡桶；7—量筒；8—玻璃管；9—泡沫体；10—发泡网；11—喷嘴

它能有效地检验出上述泡沫的各项指标，通过它所遴选出来的泡沫剂，同工业应用的泡沫发生装置的技术效能可以相当地吻合起来。近年来，检验装置虽有一些环节得到改进和完善，但其基本原理与结构还是一样的。例如抚顺煤炭研究所目前采用的泡沫检验装置，图4所示是它的全貌，所不同的是构造形式变更了，测试手段和控制装置有所改进。为了适应进一步工作的需要，检验装置还应当继续改进提高，特别要扩大检测内容，采用先进的技术装备来提高检测水平，把

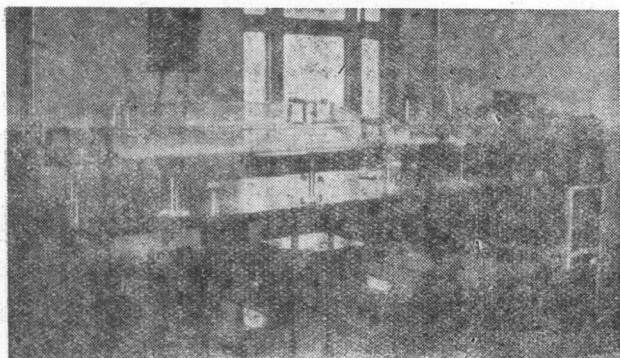


图 4 改进后的泡沫检验装置全貌

高倍数泡沫灭火的科学试验工作更加深化一步。

采用简易式泡沫检验装置，要把泡沫剂按一定比例配成它的水溶液，装入药液瓶中。然后开启压气瓶，调节供气量，使泡沫液通过浮子流量计而定量供入喷嘴，均匀喷洒在发泡网上。同时，开动风机，调节适宜的风速，于是泡沫液便在网子上不断转化为空气机械泡沫。泡沫通过玻璃管流入受泡桶。记录充满一桶泡沫的时间，即可计算单位时间的泡沫量。记录泡沫从开始注入桶内到桶底开始滴出脱离液的时间，并从此每隔一分钟记录下桶底滴液量，以供计算离水率。记录桶内泡沫破灭一半体积的时间，即为稳定性指标。记录泡沫完全破灭后的总滴液量，并将受泡桶容积与其相比，便得出泡沫倍数。检验装置的技术条件是：

玻璃管长	$\phi 80 \times 1500$ 毫米
发泡网	棉织或泡沫塑料
网子厚度及安装倾角	倾角 30° ，棉织双层或泡沫塑料12毫米
泡沫受桶	50升
喷嘴喷液量	280毫升/分
风速	调节选取最佳值