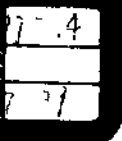


高倍数泡沫灭火技术在煤矿救护中的应用

陆连甲

煤炭工业部 矿山救护情报分站
煤矿安全技术情报中心站

一九八一年七月



高倍数泡沫灭火技术在煤矿救护中的应用

陆连甲 编 著

(内部资料 注意保存)

出版：煤炭工业部 矿山救护队
煤矿安全技术情报中心站

(河南省平顶山矿务局救护分站)

印刷：平顶山矿务局印刷厂

前 言

高倍数泡沫灭火，这项新技术已在国内外得到了广泛的应用。从煤矿到地面消防，至今在石油、化工、冶金、海运以及国防等工业部门的消防事业中，成为不可缺少的主要消防装备之一。尤其在我国的煤矿中，通过实践——总结——再实践——再总结的过程，使这项新技术得到了不断改进和提高，并且扩大了其应用范围。目前已成为矿山救护中的重要手段和不可缺少的技术装备。现将我们在各种不同条件下的实战中应用这一新技术的一些粗浅体会整理成这本小册子，以供同志们参考。不当之处，欢迎读者批评指正。

本册子承抚顺煤炭研究所何博文工程师审阅，最后又承焦作矿院储重苏同志审阅修改。在此向他们表示感谢。

编 者

1981.7.1

目 录

- 一、高倍数泡沫灭火的原理与作用…………… (1)
 - 二、高倍数泡沫灭火的工艺流程…………… (2)
 - 三、高倍数泡沫药剂的配制…………… (2)
 - 四、BGP——200型发泡机的技术指标…………… (4)
 - 五、单孔长距离风筒法采用高倍数泡沫灭火…………… (5)
 - 六、采用高倍数泡沫阻击老巷火灾往大巷蔓延…………… (6)
 - 七、采用高倍数泡沫扑灭斜井火灾…………… (9)
 - 八、采用高倍数泡沫扑灭竖井与大巷瓦斯燃烧火灾…………… (10)
 - 九、采用高倍数泡沫扑灭工作面火灾…………… (12)
 - 十、采用高倍数泡沫扑灭井下车场火灾…………… (13)
 - 十一、采用高倍数泡沫扑灭运输大巷火灾…………… (15)
 - 十二、采用高倍数泡沫扑灭轨道上山火灾…………… (18)
 - 十三、采用高倍数泡沫扑灭回风巷火灾…………… (21)
 - 十四、采用高倍数泡沫排烟、降温，掩护队员进入灾
区参加抢险救灾战斗…………… (22)
 - 十五、在实战中采用高倍数泡沫灭火法时，应注意的
几个问题…………… (31)
- 附件1.采用多种方法进行直接灭火
……………黑龙江省鸡西矿务局救护大队 (37)
- 2.采用高倍数泡沫扑灭牛店公社小王庄煤矿火灾事故
……………河南省新密煤矿救护队 (42)
 - 3.采用高倍数泡沫扑灭地面油罐火灾
……………河南省焦作矿务局救护队 (47)
 - 4.高倍数泡沫药剂产品说明书
……………辽宁省大连油脂化学厂 (52)
 - 5.高倍数泡沫灭火机产品说明书
……………黑龙江呼兰县煤炭安全器材厂 (54)

一、高倍数泡沫灭火的原理与作用

高倍数泡沫灭火是用高倍数起泡剂与压力水混合后喷布在网面上，在扇风机的风流吹动下，而产生气液两相物质，致使气液两相物质的体积数百倍至千倍地膨胀起来。BGP-200型发泡机每分钟可产生190—220立方米的泡沫，在扇风机的风压推动下，形成泡沫塞，由于连续不断的发射，可将泡沫充满巷道内，输送数百米的距离淹没火焰，从而将火灾扑灭。它还能排烟、降温、消尘、隔氧和排放瓦斯。实践验证：

1、在发射泡沫时，由于泡沫塞充满巷道，在巷道中形成泡沫隔墙，切断往火区供给空气，使明火减弱；

2、由于泡沫塞在巷道运动中，可将巷道内积存的烟雾、温度、有害气体，特别是火焰下风侧的瓦斯迅速排出火区；

3、泡沫通过的巷道内，浮游煤尘和积存的煤尘被泡沫粘液吸附，并胶结沉积，可阻止煤尘飞扬，因而减少了煤尘爆炸的威力；

4、泡沫由于机械全压推移所携带的水份遇到高温后，散发出水蒸气，致使火区气体膨胀，增大了火区内部压力，减弱从煤体中瓦斯渗透量；

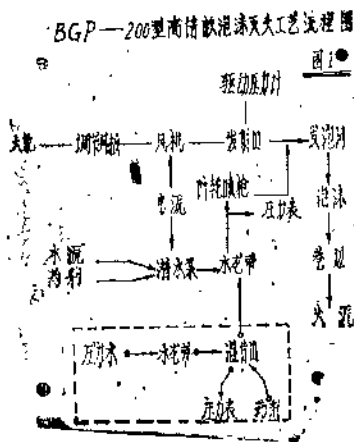
5、当泡沫充满巷道，进入火区后，泡沫液膜上的水份遇到高温而蒸发出水蒸气（1公斤水，可蒸发 1.7m^3 水蒸气）。水变成蒸气后，吸收大量的热（每公斤的水，蒸发后可吸水539大卡热量），使火区温度迅速下降。同时也稀释火区空气中的氧含量，使氧的含量降到16%以下。当火区空气中水

蒸气量（按体积计算）上升到32%以上时，导致火焰熄灭。

6、泡沫有良好的隔热作用，而且具有稳定性，能够阻止火区内热对流和热辐射，使热传导停止。泡沫还能隔绝空气与燃烧物的接触，防止火焰蔓延。另外泡沫还能在90%以上的阻碍物中穿过，将燃烧着的物质复盖起来；因而起到封闭、窒息燃烧的作用。实践表明：高倍数泡沫灭火威力大、效果好、速度快、恢复容易、成本低、无毒、无腐蚀性，灭火人员可在安全地点进行操作。

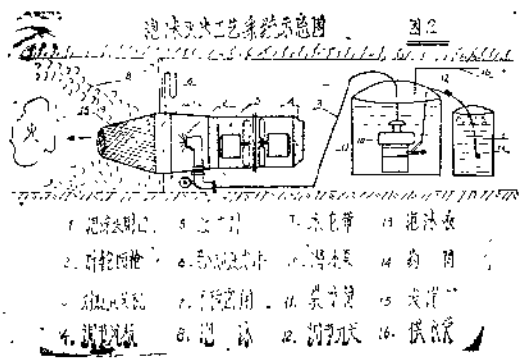
二、高倍数泡沫灭火工艺流程

如图1所示，当潜水泵的吸入管，将水和药剂同时吸入泵内，经过水轮高速旋转搅拌的泡沫水溶液所产生2.5公斤压力水，通过水龙带输送到叶轮喷枪（每分钟250立升），使叶轮高速旋转，形成直径约为0.1—0.5毫米的雾状水珠，被均匀地洒在两层棉线网上，随着风机的风流吹动，即生成大量圆形泡沫。由于泡沫不断的产生和运动，泡沫被送进火区而扑灭火源。泡沫灭火工艺系统如图2所示。



三、高倍数泡沫药剂的配制

当前采用的最新高倍数泡沫药剂有粉状和液态两种。在



井下常用的有：

1、粉状：脂肪醇硫酸钠 + 混合醇。

配制方法：脂肪醇硫酸钠10公斤 + $C_{12}-C_{16}$ 的混合醇1.68公斤 + 35公斤水。按此比例进行配制即可。

首先将粉状脂肪醇硫酸钠倒进溶器中，然后加适量水搅拌，全部溶化后再经过 $1^m \times 1^m$ 孔径的筛子过滤，并将结成疙瘩的药剂，用手粉碎，漏过筛孔即可。最后加入混合醇和水搅拌。当气温在 $15^{\circ}C$ 以下时，可用温水溶化。在处理事故时，如有条件，也可在地面配药，然后运到事故地点。也可采用机械代替人工搅拌。

为了提高泡沫药剂溶化的速度，可采用如图 3 所示的设备进行溶化。

先将粉状药剂倒入溶器中，然后加进水和混合醇，盖上进料口，送电搅拌一分钟，再从出料口放出，经过滤后即可使用。当发泡时将潜水泵的吸药管插



入此溶液中，以每分钟吸药量23.36公斤即可（实际消耗药量，粉状体5公斤）。这时泡沫药剂在水中比例为2.4%，正常发泡可控制在1.2~2.4%范围内。

2、液态药剂

液态药剂在使用时比较方便，但是，在运输、保管等方面有它的缺点。在使用时，将药管插入药剂筒内，水药配比，按体积计算：3.3%，其主要采用稀基磺酸钠和混合醇，在100份水药混合液中，稀基磺酸钠占3份，混合醇占0.3份。

假如水药混合液为250升/分，所需泡沫剂量为：

$$250\text{升/分} \times 3.3\% = 8.25\text{升/分}$$

高倍数泡沫药剂要求标准很高，但是对发泡机的设计标准同样重要，它们是相辅相成的。比如，对药剂的要求是：稳定性、产生泡沫的倍数、含水量、抗烧性、抗冻性、流动性、发泡量，更重要的是扑灭火灾效果。但是，有了好的药剂配方，如果机械设计不合理，技术标准达不到要求，当然也得不到良好的成效。为此，要求制造单位严肃认真对待，保证药剂的质量。同时要求操作人员要有熟练的技术，缺一不可。

四、BGP—200型发泡机的技术指标

功率：	4 × 2 瓩
出口尺寸：	650 × 650 毫米
发泡量：	190 ~ 220 米 ³ /分
驱动风压：	120 ~ 140 毫米水柱
喷嘴压力：	1.1 ~ 1.4 公斤厘米 ²
喷液量：	250 ~ 300 升/分

泡沫剂浓度： 1.2~2.4%

泡沫倍数： 700~800倍

风泡比 1.08~1.21

药液成泡率>98%

总重量<170公斤(包括潜水泵)

附： 1-6型潜水泵的技术指标

功率： 2.2瓩

扬程： 2.5米

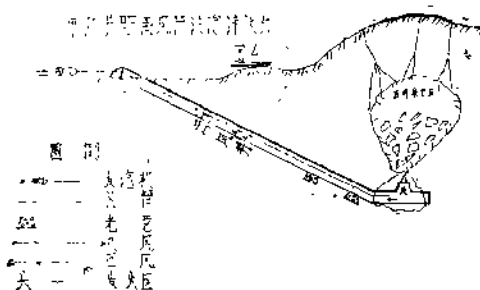
流量： 15米³/时

重量： 55公斤

五、单孔长距离风筒法高倍数泡沫灭火

某矿设计年产45万吨，主焦煤，厚煤层，煤质自燃倾向严重，发火期3~6个月。露头小古窑多，浅部煤层遭到严重破坏。三级瓦斯矿井，抽出式通风，多风井开拓。1973年4月打风井中，在斜井25度下山掘进115米，平巷掘进12米，以底板贯通两处

老空，平巷顶板贯通一处老空，顶板老空区联通小古窑并和地面串通。如图4所示。采用11瓩局扇从地面往井下送风，新鲜空气



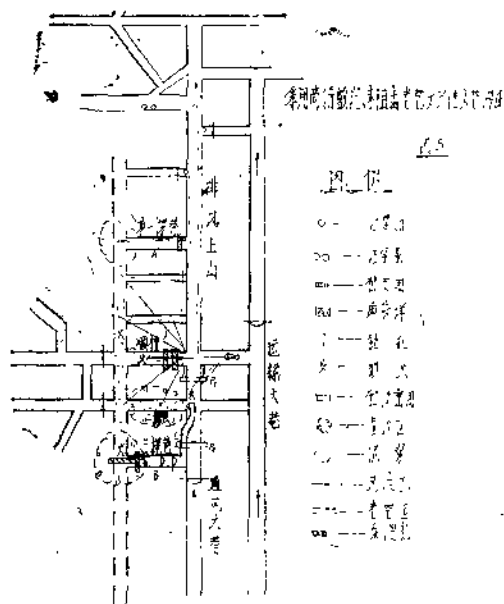
不断地往采空区供氧，从地表裂缝排出，使采空区入风侧浮煤不断氧化而自燃放火，火源逆着风流燃烧蔓延到大巷。救护队

连续采用直接灭火，苦战数昼夜无效，火势不断发展，平巷木支架引燃，烟雾蔓延到斜井上山50多米，工作人员难于接近火源无法采取直接灭火。我们平顶山矿务局救护队接到指示，迅速赶到现场后，立即组织侦察，深入斜井60米处，烟雾弥漫，由于温度太高，被迫返回地面。后经会议研究决定，根据现场原有设备的有利条件，将原有11瓦局部扇风机安装上发射器，并将直径485毫米胶质风筒用大小接头连接起来，开始发泡灭火。第一次发泡100分钟，第二次发泡80分钟，中间暂停发泡20分钟，井口由浓烟变为微量的水蒸气，共耗药量800公斤。根据火势情况，暂停发泡。第二天早八时下井侦察，火灾全部熄灭。当即恢复通风，迅速清理巷道，把通向采空区、老空区敞口加固砌碛，碛墙后面充填黄泥以防后患，继续开工掘进，恢复了矿井正常生产。

六、采用高倍数泡沫阻击老巷火灾往大巷蔓延

66年7月15日，某矿是无烟煤，超级瓦斯矿井，抽出式通风，西二顺槽与废运输巷道敞口。由于长期供氧而自燃发火，火焰往东运输大巷蔓延，直接威胁全矿井安全生产。当时兄弟队采用股水直接灭火，当股水和熊熊烈火接触后，火焰和烟气从煤缝往四周喷出，继续喷射下去，有水煤气爆炸的危险。如果火源蔓延到运输大巷，就会使全矿停止生产。因此，迅速采用封闭法，先打上木板密闭墙，然后建立防爆墙。但火势没有减弱，当时明火已经把木板密闭引燃，而且麻袋防爆墙内侧也被引燃，从防爆墙10寸管观察孔往里观察，烈火翻腾，烟流滚滚往外喷出。我队到达后，根据现场火势情况，决定采用高倍数泡沫阻止火焰往外蔓延，以保护大巷。密闭墙内的老巷自燃发火，从10寸管观察孔往里发

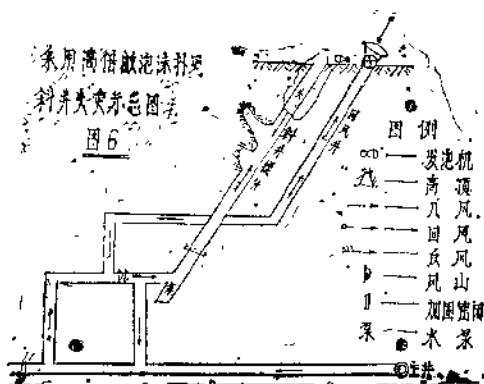
射泡沫，是否能达到预期效果，很难预料。虽然我们经过多次模拟火灾试验。并有科学依据的考查，但是在井下用来实际灭火还是第一次。为了取得我国自己的经验，我们决定在实战中试验。当泡沫灭火命令下达后，全体指战员立即行动，迅速在运输大巷入风侧安装发射器，通过胶质风筒与防爆墙上的10寸管观察孔连接，然后发泡，强大的泡沫塞毫无阻挡地冲向火区。滚滚的浓烟，从防爆墙四周向外喷射，沿着大巷冲出排风井口。我队指战员顶浓烟，战火海，正在紧张而又沉着地进行发射时，由于密闭里面阻力过大，胶质风筒膨胀，重量增加，风筒吊环折断，影响了发泡。在这紧急关头，群策群力，大家一齐动手抢修风筒，第二次又继续发泡，但烟气仍然很大，一直往外喷射。地面排风井大量水蒸气排出，井上工作人员以为井下火势扩大，急速下井。经过连续发射泡沫6—7分钟以后，烟雾逐渐减少，11分钟后，烟雾全部消失，泡沫充满整个火区，并从防爆墙四周挤出，泡沫达到预期的效果后，停止发泡。但因密闭墙内部充满泡沫后压力过大，当停止局扇时，泡沫随即向外逆流，我们立即将胶质风筒头掘住。经过短时间的泡沫消失后，密闭内明火全部熄灭。实践证明：泡沫灭火威力大、速度快、效果好。随即迅速组织人力，建筑永久性密闭墙。为了防止火灾在整个老空区蔓延，如图5所示，在运输上山A点送探火道，将火焰蔓延地方采用永久性密闭切断，又在B点掘进探火道，从入风侧切断火焰蔓延，然后在A点管孔处进行人工自流泥浆灌注。由于火灾范围过大，火势从一顺槽碛墙后面蔓延到运输大巷碛顶处，而后决定在C点开拓消火道，直接灭火，但由于碛顶河卵石充填，消火速度慢，火焰蔓延速度快，被迫停



止直接灭火，并决定在硐顶两端 P_1 、 P_2 处建筑永久性密闭墙，火区处硐墙干缝处抹快干水泥面，防止漏风。随后在绞车上山敷设两趟胶管，用两台矿车设两个“土造”泥浆站，事先堆积黄土，用5—8公斤压力水冲击，高压空气搅拌，在二顺槽处打钻孔灌注。为了防止有害气体在回风侧串出，使工作人员中毒，决定由救护队带着氧气呼吸器作业。经过三个多小时的紧张战斗，终于把运输大巷硐顶火灾扑灭了。为了全部将废运输巷道火灾扑灭，利用总回风巷道中的泥浆泵制成高压泥浆，将老巷的火彻底扑灭。在灭火整个过程中，没有影响正常生产。

七、采用高倍数泡沫扑灭斜井火灾

1967年5月1日某矿入风斜井木支架着火，断面7平方米，二级瓦斯矿井，抽出式通风，倾斜26度，风速很大，发火后顺着风流向井下蔓延。当时为了防止火灾向下扩展，停止了主扇。如图6所示。由于发火地点处于斜井上端火焰大、温

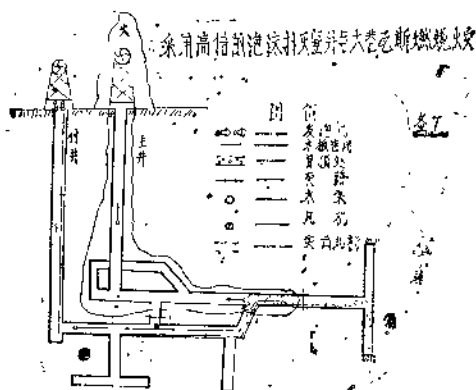


度高，在“火风压”的作用下，造成风流逆转，火灾随着风流往井筒上部燃烧，顿时将地面井口棚全部引燃，井口冒落，情况十分紧急。当时兄弟队及消防队采取了一些措施，但火势凶猛，效果不大。我队到达后，深入井下，掌握第一手资料，在全面掌握了巷道分布、通风系统、瓦斯涌出量及火势情况的基础上，决定在火区的下端建筑一道临时密闭墙，控制风流，阻止火灾继续扩大。同时在地面安装发泡器，采用泡沫灭火。井上井下同时作业，当密闭墙完成后，为了防止发生水蒸气、瓦斯爆炸破坏发泡设备和防止冒顶、片帮事故，保证工作人员的安全，将发泡器安设在井口侧面

用 $\phi 500$ 毫米胶质风筒引进井口处，将井口封闭。在发射泡沫前，为了减少发泡时的火区阻力，将主扇风机闸门开放一半，缩短风流，然后开动主扇风机正常通风。随即开始发泡，使泡沫在火区内流动畅通无阻。泡沫充满全部灾区巷道，加速了火灾的熄灭，经过134分钟的泡沫发射，仅用原液体泡沫剂1200公斤把80米巷道燃烧的大火迅速扑灭了。为避免火区恢复通风时死灰复燃，将井口严密封闭。经过几天的时间将井口恢复，打开密闭组织侦察。火灾全部熄灭后，恢复通风，矿井经过一个月的恢复，6月1日正式生产。

八、采用高倍数泡沫扑灭竖井与大巷瓦斯燃烧火灾

69年4月16日某矿建井队，如图7所示。在岩石掘进大



巷透煤层时，采用震动性放炮，发生强烈瓦斯突出事故，冲击波冲到井口，并有巨大的声响。随即卷起一股煤尘，碎石随同飞扬。在主井口地面有一堆明火，立即引燃瓦斯形成40

多米高的火焰柱，10米粗的冲天火柱，钢铁井架被凶猛的烈火吞没，几十里外看到火光，并听到爆炸声。工业广场的建筑物被烤焦，副井口被烧着。一次又一次的瓦斯爆炸，高大的钢铁井架燃烧变了形，十条粗大的钢丝绳被烈火烧断，几吨重的罐笼随同钢丝绳掉落到226米深的主井底，井架上2米直径的天轮随着爆炸声卷走了一半。我队到达后和兄弟队并肩战斗，我们立即组织侦察，深入火海摸清火情。200多公尺的运输大巷全部燃烧，瓦斯燃烧的火苗往外喷射，侦察后，决定采用高倍数泡沫灭火。首先把井下副井一号联络巷封闭，在地面副井口安装两台泡沫发射器，同时往火区压泡沫。强大的泡沫塞涌进井筒，经过二号联络巷，推向大巷，满巷泡沫淹没了明火。这时主井井口烟雾猛烈往外喷出，经过2个小时的紧张战斗，主井烟气消失了。停止发泡8小时后侦察，发现副井与大巷内充满泡沫，又经6小时，第二次侦察到达火区。发现明火已全部熄灭，并发现三叉口处和往掘进工作面以里冒顶，温度达百度以上。为了防止死灰复燃，造成瓦斯爆炸事故，确保灭火抢险人员安全，将水管引入三叉口冒顶矸石下部扑灭残火，在一定的时间内，确保抢险人员安全的条件下，入井调换灭火水管位置，加设临时顶柱。为了加速进度，充分利用井下有利的条件，在井底车场安装一台水泵，使用井下消火循环水，加大股水压力有效射程提高一倍，强制降温灭火，随着温度不断下降，在巷道中架设临时顶柱后，再将风帐从巷道中间挂起，使新鲜风流通，把水蒸气和热量从另一侧排出。通过上述措施，把巷道温度降至90度。我们组成5人突击队通过7处冒顶和30公尺高温区，纵深侦察，在里面温度已降至30度以下。在瓦斯突

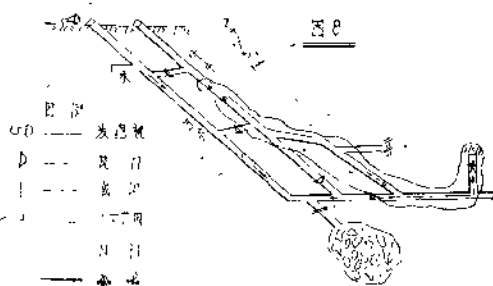
出区，发现遇难人员，根据现场情况，当时在井下组成四个梯队，采取波浪式队形，把遇难同志运出。为迅速消灭高温，排除有害气体，清理巷道，恢复生产，各兄弟队在省委统一指挥下，在确定工作人员安全的条件下，防止瓦斯再次爆炸决定：（1）将冒顶高温区以里采用两道板密闭严密封闭，防止瓦斯涌出。（2）利用局扇连接风筒，将密闭外部瓦斯排除和降低温度。（3）利用现有水管大量供水，将高温高顶区的温度降低，随后架设临时支架。（4）上述各项完成后，再打开密闭，排放瓦斯恢复通风。

经过7天7夜的紧张战斗，终于把阶级兄弟全部救出，彻底扑灭了火灾，恢复了通风，使矿井很快恢复了生产。

九、采用高倍数泡沫扑灭工作面火灾

1973年元月28日，某矿如图8所示，由于采面放炮，引

某矿高倍数泡沫灭火工作面火灾



起瓦斯燃烧造成火灾。当时放炮后工人进入工作面时，发现采面烟雾很大，温度很高。由于路途远，兄弟队到达后，组织侦察，但是在浓烟高温中前进时，只能到达主井底处，1、2点发现木支架烤焦，见不到明火。再往前走，困难更大，因

此，升井后决定采取三步灭火方案：

1、采取直接灭火，先用手提灭火器和水管往1、2点处灭火，但无效，上部烟雾仍然很大，温度在70—80℃，无法进行作业。

2、采用封闭法，当在主副井打两道木板密闭后，间隔5分钟就发生瓦斯爆炸，将密闭全部摧毁。

3、采用水淹法，因水泵多次出故障，使火越烧越大，副井口滚滚浓烟冲出10米多高，并且在地面可以看到火焰。

上述三种方案，在这次火灾抢救实践中都告失败。为此，决定采用高倍数泡沫灭火的方案。

这时火灾已经燃烧54个小时，火头已向风井口蔓延。在地面观测，火焰只剩8米远就要烧到风井口，情况十分紧急。当即在主井口安装发射器开始发泡，但由于井口无封闭，风机动力小（5.5瓩）压力太小，泡沫发射10分钟后，不得不停止。又更换11瓩局部风机，首先开动风机通风，然后在发射口处打上临时密闭墙，开始发泡，经过30多分钟，耗药量5桶半计550公斤，药剂为北京消防化工厂产品。将泡沫压入火区，使泡沫从主井压入又从副井口压出。从浓烟到水蒸气再到无烟、无气时，就停止了发泡。第二天组织侦察，火灾全部熄灭，温度降低30度左右，经过14天整修就恢复了生产，成功地采用高倍数泡沫扑灭140米的大火。

十、采用高倍数泡沫扑灭井下车场火灾

71年10月14日，某矿入风斜井车场高顶煤炭自燃发火，当时采取直接灭火，经过四天的苦战仍没有控制住。由于通风供氧，火势增大，使得整个车场都燃烧。为了保矿灭火，决