

关于液氮灭火的普及前景分析

杨涵博

(鹤壁市消防救援支队, 河南 鹤壁 458000)

摘要 在经济社会发展中, 因火灾所造成的人员伤亡和重大财产损失时有发生, 为了从火灾事故现场及时解救出被困人员并以最快速度及时扑灭火情险情, 向着火点喷淋水是最有效的办法, 但此救援措施会造成物件的水渍损坏等附带物财损失, 因此, 从附带损失角度考虑, 在消防灭火中使用一种新型附带损失小的灭火设备就显得尤为重要。通过采用液氮灭火技术既可以达到有效灭火的效果, 同时又能降低人员伤亡和不必要的财产损失。

关键词 液氮; 灭火设备; 有效灭火

中图分类号: TQ116; TU89

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)01-0060-03

1 背景

2021年8月27日下午四点, 大连市金浦新区凯旋国际大厦发生火灾。接警后, 消防人员迅速出动, 展开灭火救援工作。截至当日晚上十一点, 大楼内火势已被扑灭, 无人员伤亡。火与水无情, 虽没有造成人员伤亡, 但火灾造成的损失是巨大的。水作为最常用、最便宜的灭火剂, 灭火历史悠久, 在火场中主要依靠其冷却和窒息作用来灭火。根据美国农业部研究报告提供的数据, 灭火过程中的水利用率很低, 实际水量小于10%^[1], 且用水来灭火会使贵重物品或是电器受到损坏, 所以有些部位不能用水去灭火, 灭火过程也会造成水渍损失。灭火过程中在保证人员安全的情况下, 要极大地确保财产损失最小化。为了更好地减少人员伤亡、降低财产损失, 在现如今新时代的条件下, 新型灭火剂的推出和使用就显得极为重要, 并且灭火工作也更应顺应时代发展, 对于火灾问题的改善可以不再局限于传统灭火手段而是基于新型灭火剂来实行灭火。作为一种新型灭火剂, 研究和利用液氮灭火, 研制配套的实战装备具有重要意义。

2 液氮的性质

液氮是指液态的氮气, 是一种惰性、无色、无腐蚀性、不易燃、温度极低的液体。氮气占大气的大部分(78.03%(体积), 75.5%(重量))。氮是不活泼的, 不支持燃烧; 当氮气变成液态时, 它就变成了低温液体。低温液体是一种沸点通常低于-238°F(-150°C)的液化气体。液氮的沸点是-320.5°F(-195.8°C), 液氮的其他基本性质见表1所示。

由于液氮沸点很低, 极易汽化。在标准压力下汽化至273K(0°C)时其体积将膨胀643倍^[2], 若按汽化

至+25°C时粗略计算, 则体积将膨胀约700倍, 即每立方米液氮可形成700立方米气态氮, 按重量计则是每公斤液氮可汽化成0.87立方米气氮。液氮汽化时要吸收大量热量, 每公斤液氮汽化至+5°C气态氮时, 可吸收96大卡热量, 相当于每公斤冰由-20°C熔化为+5°C的水所吸收的热量, 故它是一种优良的制冷剂。

3 液氮灭火原理

可燃物质、助燃物质和点火源这三个要素是物质燃烧需要同时具备的。液氮可以将可燃物的温度降低到燃点以下, 是一种极低温的液体, 其汽化会吸收空气中的热量。液氮可以有效灭火还有一个原因就是其有排氧性, 可以有助隔绝氧气或者空气, 减少燃烧物和氧气的接触, 液氮的汽化过程从-195.8°C开始。燃烧材料的温度会因为大量的热能传递给液氮完成汽化过程迅速降低。火场中, 输入一定比例适当的液氮, 可将火场内的氧气浓度降低到可燃物不能燃烧的条件以下, 燃烧会因为液氮的吸收而温度降低, 进而达到灭火的目的, 一些研究已将液氮列入灭火行列。灭火时, 通常采用窒息法、隔离法、冷却法和化学抑制法, 在一场特定的火灾扑救中, 往往同时并用两种或两种以上的方法。^[3]使用液氮灭火可以抑制火区可燃气体的爆炸, 提高灭火过程的安全性; 不仅灭火速度快, 而且恢复火区工作量小, 设备无腐蚀性, 不损坏生产设备。

4 液氮灭火器

目前市场上存在的较为成熟的液氮灭火装置设施包括移动式液氮灭火装置和固定式液氮灭火设施, 携带式液氮灭火设施却很少, 具体分析如下: (1) 移动式液氮灭火装置目前使用不锈钢和白钢管两种类型的软管输送液氮。部分软管存放在两侧的卷轴中,

表 1 液氮的基本性质

| 相对分子质量 | 密度 g/L | 汽化热 kg/kj(760mmHg) | 汽化后气体体积增加倍数 (0℃ .760mmHg) | 相对体积质量 | 液体密度 kg/m ³ |
|--------|--------|--------------------|------------------------------|--------|------------------------|
| 28.013 | 1.256 | 47.59 | 643 | 0.967 | 873 |

一端接储罐,另一端接带开关的枪头。增压部分由低温液体泵和装有储罐的蒸发器完成。泵出口射程可达 16m~18m,压力为 0.65Mpa 左右,射程可达 16m~18m。(2) 对于固定式液氮灭火设施,国外一些厂家也在努力开发这个项目。2000 年 5 月日本川州防灾工业株式会社开发出最大容量(83L)、最高压力(30MPa)的超高压 KHN-III 型氮气灭火设备。其缺点是储存气态需要较大的安装空间,氮气液化后,可以减少储存空间,但其储存必须使用专用的低温储罐,与管网连接后,可形成固定式全浸没式气体灭火系统(YDG 系统),卤化 1301 和 1211 固定式灭火系统可以被有效替换。^[4]

(3) 携带式液氮灭火设施。液氮灭火器是由普通灭火器和液氮保护措施构成。液氮可从喷淋管注入储液罐。使用手段与常规灭火器也类似,其喷管的喷头对准火焰根部喷出的氮气在空气中汽化^[5]。汽化使燃烧物体周围的温度极具降低,使空气中的水分子冷凝成水滴、水珠,但成本太高,不利于普及。消防员的个人防护非常重要,因为液氮在常压下存在于 -195.8℃,虽然这在设备的制造过程中已有所考虑,但是安全防范使用要重视到位。由于利用液氮灭火会降低空气中的氧气,考虑安全因素,液氮灭火器喷嘴口要设置高压,同时,压力升高、温度升高,会使灭火剂泄漏,增加了氮气灭火系统的成本,影响了氮气灭火系统的应用。虽然携带式液氮灭火设施还不是很成熟,但加以改进,其未来前景令人期待。

5 液氮灭火的实用意义

随着科学技术的发展,更多的新型材料产出,给予了液氮成为未来灭火器第一选择的极大机会,也使得液氮灭火越来越普及化。利用氮气灭火,可以在灭火的同时救人。首先,液氮灭火的效果要远远好于水。其次,若进行火场内救援工作,也能极好地保护自身安全,从而更有效地将火场被困人员救出。依靠水来灭火是达不到这一点的,设备、贵重物品、衣物等也会因为用水来灭火造成损坏,影响生态环境^[6]。在室内使用液氮灭火时无需切断电源,不会有砂浆、污水等“副产品”流入着火房屋附近的房屋。也是因为以上原因,液氮灭火前景可观。对于扑灭 A、B、C、D 类火灾,利用液氮灭火也有很好的效果。液氮价格便宜,来源也十分广泛,因此对其加以改进,可以有效扑灭火灾。

6 液氮灭火装置的灭火性能试验

结合液氮灭火器的基本情况,为了实现液氮灭火器性能的分析,需要对液氮灭火器的灭火性能进行研究,确保实际工作中能够做好灭火的合理控制,使得液氮灭火器能够合理地应对火灾,提高环境的安全系数。针对液氮灭火器,需要选择适宜的试验方式,这样才能满足相关实验结果的获取效果,满足实际工作的需求,更好地保证液氮灭火的效果。具体试验中结合 A 类火灾、B 类火灾、深位火灾的基本情况,对液氮灭火器的灭火性能进行分析。详细的内容分析如下。

6.1 A 类火灾

所要建立的模型为木条应经过的干燥处理,并对其进行烘干处理,另外,木垛边缘的木条需要经过合理的固定,并选择钢钉进行固定,促使其可以满足实际工作的需求,更好地推动液氮灭火器的服务能力。至于木条的尺寸可以选择 100mm × 150mm × 2400mm,并选择 4 根,还有 100mm × 100mm × 1200mm 的 26 根,且配置 50mm × 100mm × 1200mm,共计配置 56 根,外形尺寸 A 按照 GB135-85 第 5.22.1.5 条的 2 倍,从而满足实验的基本需求。另外,金属支架为 50mm × 50mm 且尺寸为 5000mm × 1500mm × 300mm,使用 300mm × 200mm 两根工字钢搭设而成。引燃油盘选择 0.75 铁板,并且控制为 4800mm × 1200mm × 200mm,实际使用 0.75 铁板,将尺寸控制为 1200mm × 1200mm × 150mm,从而满足实际工作的需求,促使实际的工作中能够使得实验模型的功能和作用得以发挥,满足液氮灭火器的工作需求。工作期间,实验可以在室内或室外开展,同时,需要注意对通风条件进行控制,因为通风条件并不会给木垛的自由燃烧效果带来影响,从而保证实验的顺利开展。通风口设置 4 个,且都能满足通风的基本条件。另外,试验进行中,先引燃油盘,倒入 300mm 厚度的清水,并且注意对 5mm 厚度汽油的使用。然后,对清水厚度 100mm 的汽油厚度进行合理的测试,再对油盘进行点燃,再将油抽出,之后对油盘后末抽出的油盘进行分析,再将木垛预燃,时间为 6min,并利用秒表,进行 6min 后的灭火记录。然后,再开展灭火工作,灭火期间,记录灭火的时间为 90s,在火焰熄灭后,观察是否出现复燃情况,且在 3min 内没有复燃的情况,灭火用药的计量为压力在 0.8MPa,出液口的流量是 4L/s,

且每升重为0.8kg。所以根据试验情况发现, $Q=qv$, 且 $t=3 \times 90=270L$, 并且 $M=Q$, $\rho=270 \times 0.8=216kg$ 。

6.2 B类火灾的灭火实验

结合实际情况对B类火灾的灭火实验进行研究, 确保实际工作中能够实现液氮灭火器B类火灾的应对方式, 实现对火灾的合理控制。实验模型中, 选择圆形铁板制造而成, 油盘则是由土围成的圆形, 进而满足试验的顺利进行。另外, 盘深需要控制在350mm, 直径控制为8m, 面积则为 $50m^2$, 池深为350mm, 直径为8m, 面积为 $50m^2$ 。另外, 燃油使用70#油气或其他可燃油, 水的厚度在65mm~100mm, 油厚为35mm, 并使用0#柴油、90#汽油, 实现混合, 并将油的厚度控制为35mm, 水的厚度控制为80mm, 从而满足试验的进行条件, 实验环境选择风速 $< 3m/s$ 的场地、然后点燃汽油, 预燃60s, 点燃后计时60s, 预燃结束后, 立即灭火, 且在60s后, 实现烈火, 灭火时间 $t=18s$, 火焰熄灭或1min内不复燃。出液的压力控制为0.8MPa, 流量4L/s, 另外, 计算工作中, $Q=qv$, 其中 $t=4 \times 18=72L$, 而 $M=Q$, $\rho=72 \times 0.8=57kg$ 。

按照上述实验, 就能实现对B类火灾的液氮灭火效果研究, 经过分析后, 确保液氮能够在B类火灾中发挥相应的功能和作用。

6.3 深位火灾的灭火实验

结合火灾的基本情况, 对深位火灾的灭火实验进行研究, 实际工作中, 实验环境为室内室外均可, 且通风条件需要不影响棉花包的自由燃烧。另外, 出液时, 需要注意对压力进行控制, 压力控制在0.6MPa, 且流量控制为3L/s。

按照上述实验分别能实现对A类火灾、B类火灾和深位火灾的灭火实验。经过实验分析后可以发现, 液氮对A类火灾的灭火是成功。液氮对B类火灾的灭火的优势相对明显, 灭火效率相对较高。而在深位火灾中, 液氮对其进行扑救依然可行。

7 液氮灭火技术在消防中的应用前景

本文从以下四个方面来分析液氮灭火技术在消防中的应用前景: (1) 可发展性。液氮灭火技术在消防灭火应用上有望成为新的主流形式。但阶段技术目前处于起步阶段、上升的阶段。液氮灭火技术普遍实施仍然处于初始阶段, 是一种行业的探索性实验。如果该技术取得突破性进展, 人力资源、器械之类的消耗将会大幅度减少。(2) 无污染性。利用液氮灭火后无污染, 无水损; 对臭氧的耗损潜能值(ODP)为零; 在保证高效灭火的前提下做到了无污染。(3) 高效性。

液氮冷却具有冷却速度快、效果显著、安全可靠、操作简单等优点。其具有防火降温的效果, 可以有更多时间救出被困人员。(4) 保留率高。氮气不会在灭火过程中分解, 不会产生分解产物, 灭火后不会留下痕迹, 不会造成物体损坏, 使用过程中也不会损坏设备。^[7]

8 结语

新时代赋予消防工作以新的使命。消防队伍的灭火手段应当与时俱进, 消防领域要充分运用新时代的先进手段, 不断完善, 扩大利用液氮灭火领域, 使液氮灭火进一步被普及。通过用液氮在不同环境, 不同建筑设施的灭火试验, 为我们在液氮灭火应用技术上取得重要技术参数, 进一步提高认识。使用液氮灭火, 方法简单, 安全可靠, 灭火速度快, 是一项先进的灭火技术。然而, 火灾状况往往是极复杂的, 因此我们还必须再通过多次灭火的实践, 进一步取得各项参数和使用经验, 才能使液氮灭火技术成为我国防灭火的主要手段之一。氮气防灭火技术是自国外采矿业使用继而在其他领域逐渐推广应用的一项新技术, 通过现代技术运用到各个场地, 才能充分发挥液氮灭火的作用, 由于其高效、安全、可靠、低成本, 使其发展十分迅速, 未来也有望成为一种普遍的灭火手段。需要指出的是, 任何新技术都不是万能的, 新技术仅仅是给人们提供了一种手段, 具体措施还要靠人去落实、实施。相信这一新技术在国内也将得到广泛使用。^[8]

参考文献:

- [1] 马克辛, 熊湘伟, 张洪, 等. 液氮灭火技术研究 [J]. 消防科学与技术, 2002(04):13-14,27.
- [2] 梁运涛, 罗海珠. 中国煤矿火灾防治技术现状与趋势 [J]. 煤炭学报, 2008,33(02):126-130.
- [3] 刘宗荣, 邵荣香. 液氮灭火的应用 [J]. 低温与特气, 1988(03):50-53.
- [4] 同 [1].
- [5] 罗会明, 万莉. 液氮灭火器:CN2624971[P].2003-05-20.
- [6] 佚名. 俄罗斯开发液氮消防车 [J]. 亚洲消防, 2008(06):12.
- [7] 王杰. 一种安全气态消防系统:CN108939356A[P]. 2018-06-06.
- [8] 何春诗. 氮气防灭火系统设计与研究 [J]. 陕西煤炭技术, 1991(04):22-27.