

第一章

灭火器的基本知识

第一节 概述

一、火与灭火

火，为人类发现并加以控制利用，可以为人类造福，为人们生产和生活所不可缺少。但是，若对火失去控制，就会对人们造成灾难，毁去人们辛苦创造的物质财富，甚至危及人们的安全，造成人员的伤亡。据最近（1988年12月）新华社消息，在过去10年里，我国平均每天发生火灾112起，约7人被烧死，10人被烧伤，80万人民币化为灰烬。可见火灾危害之大。

众所周知，火是物质燃烧的一种放热发光的化学反应。物质在燃烧后，变为与原来性质不同的新物质，多数放出CO、CO₂有毒有害气体。一般来说，引起物质着火燃烧必须同时具备三个条件：即有可燃物质、空气（氧或氧化剂）、火源或高温热源，三者具备，物质才可能发生燃烧。所以，人们把这三条称为燃烧的三要素，是物质燃烧的基本原理。

人们为了控制、利用火，要使它为人类造福，为生产、

生活服务，不使它为害。根据上述物质燃烧的原理，反其道而行之，总结出三种灭火的基本方法：隔离或移去可燃物质；隔绝空气和空气中的氧，使它没有助燃物质而窒息；隔绝火源或降低物质和环境温度。也就是我们常说的隔离法、窒息法和冷却法，研制出的各种灭火器、灭火设备，就是具有这三种中之一或二种以上的灭火方法，以达到使燃烧物质熄灭的目的。

灭火器是灭火设备的常用器具，它的筒内盛装有的灭火剂，有的产生泡沫隔绝空气；有的吸收火区的大量热量，产生蒸气或挥发出可燃气体，同时使火区温度大大降低，使其降到着火点温度以下；有的是中断燃烧的链锁反应使火熄灭。但要特别注意，扑灭火灾有它一定的条件，不同的火灾要用不同灭火剂，如果使用的灭火器不当，有的会加速火势的蔓延，助长物质的燃烧；有的还会发生爆炸事故而引起消防人员和群众的伤亡。例如，若用水扑救碱金属（钠、钾）的火灾，就会引起爆炸，因碱金属会分解出易爆炸的氢气，释放大量的热量；若用二氧化碳灭火剂扑救金属钠、镁等火灾，钠、镁会夺取二氧化碳中的氧而继续燃烧；若用大量水扑灭油类火灾，会造成火随油的溢溅、溢流而使火势迅速蔓延；用水扑救漂白粉等氧化剂类物资火灾，可能会发生爆炸等等。可见，企事业单位专职和义务消防人员、广大群众都应学习了解消防科学基本知识，了解灭火剂的使用范围。只有正确使用灭火器，才能做好消防保卫工作。

就是灭火器本身也有安全技术问题。因为灭火器是靠压缩气体或化学反应产生的气体压力，将灭火药剂推出喷射灭火，它的本身结构就是承压容器。如果设计不合理，制造组

装中的某些缺陷，密封不严，充装量大，承受的载荷压力过大，钢材材质不好，维护保养差而锈蚀，操作使用不当等等，也会发生灭火剂喷射不出，甚至灭火器本身发生爆炸事故。这就要求研制、生产灭火器的消防厂，设计、生产、质检的技术人员、技术工人，认真研究掌握灭火器的构造原理和整机性能，筒体内气体压力变化规律，掌握灭火器的应用范围、操作方法、维护保养、质量检验、贮存运输及正确使用的安全技术。近些年来，当发生火灾或进行灭火演习时，多次发生灭火器喷不出灭火剂而贻误灭火战机，小火酿成大火，有的甚至发生灭火器爆炸事故，不但没有将火扑灭，反而造成人身伤亡事故。仅据北京、天津、辽宁、湖北、四川等 5 省市不完全统计，从 1979 年 4 月到 1982 年 3 月，即发生灭火器爆炸事故 29 起，炸死 6 人、炸伤 21 人。例如，1979 年锦州一油库保卫干事，用 8 公斤干粉灭火器灭火时，当场被炸死；1980 年湖北某县轧花厂更换酸碱灭火器药剂时，发生爆炸，桶身飞起，打死 1 人，打伤 1 人；1981 年鞍钢某厂失火，用某厂改制的 8 公斤干粉灭火器灭火时，桶身爆炸，操作者被炸成重伤。某市消防厂为公共汽车公司修理干粉灭火器后，未装上器头上的固定销，当该公司发生火灾时，企业消防队员用此灭火器扑救，打开开关，器头飞上天空，致此队员受伤残废。又如，1982 年重庆南岸商业局在进行消防灭火表演时，由于生产灭火器的消防厂设计不合理，使用了材质不符合技术规定的玻璃钢做器头，器头爆炸成若干碎片，使一企业保卫干部受伤。这些事例充分说明，灭火器的设计、制造、正确使用和维修保养是非常重要的。

二、灭火器分类

灭火器的型式种类很多，从安全技术管理、消防产品质量监督和用户使用的角度来看，可分为以下三种类型。

1. 按移动的方式分 又可分为三种类型。

(1) 手提式灭火器：是指可手提移动的灭火器，在其内部压力作用下，将所充装的灭火剂喷出扑救火灾。

(2) 推车式灭火器：是指用车轮移动的灭火器。

(3) 背负式灭火器：是指背在背上扑救火灾的灭火器。

2. 按充装的灭火剂分

(1) 水型灭火器（包括酸碱灭火器）：灭火器筒内装的清水或酸碱液灭火剂。

(2) 泡沫灭火器：灭火器筒内装的碳酸氢钠和硫酸铝溶液，使用时倒转，使两种液体混合，产生 CO_2 泡沫以灭火的器具。

(3) 二氧化碳灭火器：灭火器筒内压注的二氧化碳气体。

(4) 干粉灭火器：是指灭火器筒内装的干粉灭火药剂的灭火器。

(5) 卤代烷灭火器：灭火器内装的二氟一氯一溴甲烷(1211)或三氟一溴甲烷·1301)灭火剂。

3. 按驱动灭火剂的压力方式分

(1) 贮气瓶式灭火器：是指灭火剂由灭火器内的贮气瓶，释放出的压缩气体或液化气体的压力驱动的灭火器。

(2) 贮压式灭火器：是指灭火剂由贮于灭火器同一容器内的压缩气体，或是灭火剂蒸气的压力驱动的灭火器。

(3) 化学反应式灭火器：是指灭火剂在灭火器内发生化学反应而产生气体压力驱动的灭火器。

三、基本物理概念

在研制、生产、使用灭火器中，常常遇到一些名词术语。现将几个有关名词的物理概念介绍如下。

1. 温度 温度是物体内部大量分子平均动能的标志，用很通俗肤浅的说法，是表示物体的冷热程度。温度的数值表示方法叫温标，常用的温标有热力学温标和摄氏温标。

热力学温标（即绝对温标、开氏温标）：规定在一个标准大气压下，纯水的冰点为273.15开 沸点为373开 冰点和沸点之间分成100开，单位符号用K表示。

摄氏温标：规定在一个标准大气压下，纯水和纯冰混合物的温度为0度，纯水沸腾时的温度为100度，在冰点和沸点之间也等分为100度。单位符号用℃表示，这是我们常用的温度值。

摄氏温标t与热力学温标T的关系是： $T=t+273.15$ ，一般简化为 $T=t+273$ 。

此外，欧美国家过去还多采用华氏温标（F），根据国际单位制规定，已停止使用。它与摄氏温标的换算关系是：

$$F = \frac{9}{5} \times t + 32$$

2. 压力（压强）大量气体分子不停地运动发生碰撞，

在气体内部和对器壁产生压强，气体压强决定于单位体积内的分子数和分子的平均运动速率，或者说决定于气体的密度和温度。在工程上一般称为压力，是垂直作用在物体单位面积上的力，即受外力作用的大小。

国际单位制中，压力的单位是帕〔斯卡〕，用符号 P_a 表示。其定义式为：

$$P = \frac{F}{S}$$

式中： P —表压力、压强，单位是帕（ P_a ）；

F —垂直平均作用力，单位是牛顿（ N ）；

S —单位面积，以米，（ m^2 ）表示。

因而 $1 \text{帕} (P_a) = 1 N/m^2$

在实用工作中，压力单位常用：标准大气压（ atm ）、工程大气压（ ata ）、毫米汞柱或毫米水柱来表示，其换算关系是：

$$1 atm = 0.013595 \times 76 \cdot 1.0332 kg/cm^2$$

$$1 ata = 1 kg/cm^2 = 9.8 \times 10^4 P_a$$

$$1 atm = 76 cmHg = 760 mmHg = 1.013 \times 10^5 P_a$$

绝对压力是压力表的数值（ at ）加上当地的平均气压值。一般不便于测出绝对压力数值，都是将当地的平均气压值近似地取为 1 千克力/厘米²，即有

$$ata = at + 1$$

我国法定计量单位规定，压力、压强使用的单位是国际单位制的帕（ P_a ）和牛顿/米²（ N/m^2 ），在工作中要注意换算。

3. 体积 一定质量的气体，其体积主要由分子之间的

空隙大小所决定。由于气体分子总是充满整个容器的空间，因此，通常所说的气体体积就等于被气体充满容器的容积（ V ）。

在国际单位制中，体积的单位是米³（ m^3 ）。我国法定计量单位可以用升（ L ）、毫升（ ml ）表示。

$$1L = 1dm^3 (\text{分米}^3) = 10^{-3}m^3 (\text{米}^3)$$

4. 比容和密度 单位物质质量所占有的体积称为比容。用符号 U 表示，其单位为 m^3/kg ，即

$$U = V/m$$

单位容积的物质质量称为密度，用符号 ρ 表示，单位为 kg/m^3 。则有

$$\rho = m/v = 1/U$$

从上式可知，密度的数值就是比容的倒数。密度是物理计算和灭火器液化气体充装量计算中，使用较多的一个物理量。

四、消防常用术语

1. 有效喷射时间 是将灭火器保持在最大开启状态下，自灭火剂从喷嘴喷出至喷射结束的时间。必须说明，有效喷射时间不包括驱动气体的喷射时间，也不包括化学泡沫灭火器的喷射距离在1米以内的喷射时间。

2. 完全喷射 是灭火器喷射至其内部压力与外部环境压力相等时的喷射，称为完全喷射。

3. 喷射剩余率 是指额定充装的灭火器在完全喷射后，内部剩余的灭火剂量，相对于喷射前灭火剂充装量的重

量百分比。国家标准规定，灭火器在温度 20 ± 5 时的喷射性能，灭火剂在灭火器筒内的剩余率不得大于10%。

4. 喷射滞后时间 是指自灭火器的控制阀开启或达到相应的开启状态时起至灭火剂从喷嘴开始喷出的时间，称为喷射滞后时间。国家标准规定，灭火器在温度 20 ± 5 时它的喷射滞后时间不得大于 3秒。

A类火：是指固体有机物质燃烧的火。这类物质在燃烧后，通常会形成炽热的余烬。

B类火：是指液体或可融化的固体燃烧的火。

C类火：是指气体燃烧的火。

D类火：是指轻金属燃烧的火。

第二节 灭火器的基本结构

灭火器的结构，一般说来是比较简单的。因为它的主要作用是贮装灭火剂和液化气体或压缩气体，用来扑救初期火灾。它的主要构件，是由筒体或钢瓶、器头、密封装置、喷射装置、内部压力反应装置、灭火剂、连接部件等，有的还有车架附件装置。由于灭火器的用途、装配的药剂和形状大小不同，它的结构差异也不同。虽然灭火器的结构简单，但对灭火器构件的生产工艺要求很高，才能保证灭火器的安全性能指标和灭火性能指标。本节只介绍灭火器的主要构件装置。

一、筒体

灭火器筒体。是用热轧钢板或冷轧钢板卷筒焊接而成，

工艺先进的用拉伸机拉伸成圆筒，中间焊接而成。盛装二氧化碳的筒体，是用中碳无缝钢管收口收底而成。卷板焊接的筒体两端的封头是冲压成形与圆筒焊接而成。灭火器封头，从受力分布均匀角度来说，一般要求为椭圆形或球形封头。

筒体是灭火器的主要部件，筒体的大小由灭火器的规格品种和充装的灭火剂而定；筒体壳壁的厚薄由充装的压缩气体或液化气体压力的大小而定。筒体的作用主要是用来装灭火剂和充装气体，承受压力。

筒体应具有足够的机械强度，有的灭火器筒体必须具有抗腐蚀性能。筒体的机械强度要求比较严，每一个筒体都必须作水压试验。水压试验压力为设计压力的**1.5**倍，试验时不得有渗漏和宏观变形等而影响强度的缺陷。筒体必须作水压爆破试验，实际爆破压力不得小于筒体设计压力的**3**倍，如爆破压力小于筒体压力的**3**倍，则这批灭火器筒体均不能使用。爆破口的位置应在筒体的中部位置，才符合压力容器的技术要求。爆破口应呈塑性破坏，爆破时不得产生碎片和横向破裂。如产生碎片和横向破裂，筒体就不能使用，作为报废处理，因受压力容器不允许脆性爆破。

灭火器筒体的外部表面应具有抗大气腐蚀的性能，筒体内部表面应具有抗灭火剂腐蚀的性能。筒体经过耐腐蚀试验后，其外表面不得影响灭火器操作和强度，内表面不得有肉眼可见的气泡、龟裂和剥落、锈斑等缺陷。

二、器头

器头是灭火器的操作机构，是灭火器的一个重要部件。

它相当一个人的大脑或电脑指挥中心，灭火器的一切灭火性能指标，均通过器头来控制。器头上设有保险装置、密封装置、喷射装置、出粉剂装置、启动机构、安全保护装置，有的灭火器的器头还设有反应内部压力的压力表装置。

器头的操作机构应简单灵活、性能可靠，强度必须有保证。器头也是一个承受压力的部件，与筒体一样，其爆破压力不得小于设计压力的 3 倍。器头上的一些主要部件应符合以下的技术要求。

(1) 保险装置的解脱动作：这个动作应区别于灭火器的开启动作，并能显示灭火器是否开启过。保险装置的解脱力不得大于 100 牛顿。

(2) 启动机构的开启动作：这个动作应一次完成。除化学反应式灭火器外，其它灭火器的启动机构在 55—5℃ 时，开启力不得大于表 1-1 的规定。

水、泡沫、干粉灭火器的表 1-1

器头上应设有卸压结构以保
证灭火器在滞压情况下，能安
全拆卸。

开启方式	最大开启力 N
用 1 只手指	100
用 1 只手	200, 二氧化碳灭火器 300
撞 击	100

(3) 灭火剂量：干粉、
卤代烷类和二氧化碳灭火器的

灭火剂量大于或等于 4 公斤时，应设有可间歇喷射的结构和喷射软管。软管的长度，应不小于灭火器筒身高度的 80%。

(4) 喷射软管和接头：在灭火器的使用温度范围内，应能可靠工作。其爆破压力，应大于灭火器在 60℃ 时所承受的最大压力的 3.5 倍。其中，二氧化碳灭火器的喷射软管和接头的爆破压力，应大于灭火器在 60℃ 时所承受的最大压力

的1.5倍。

(5)喷嘴出口处：如设有防尘盖等塞盖的，应保证当喷射出灭火剂时，能够自动脱落或击碎。

(6)超压安全保护装置：当灭火器或贮气瓶的设计压力超过 2.2兆帕时，应设有超压安全保护装置。

二氧化碳灭火器的超压安全保护装置的動作压力范围为 17.2~22兆帕；贮气瓶的超压安全保护装置的動作压力范围为 20~25兆帕；其余灭火器的超压安全保护装置的動作压力，上限应不大于其水压试验压力的 90%，下限应等于其设计压力。

(7)喷嘴滤网：水型和泡沫灭火器，在喷射通道的最小截面前，应设有滤网。滤网的网孔直径应小于通道的最小截面的直径，滤网的总有效流通面积不得小于通道截面的 5倍。

(8)密封性能装置：贮压式灭火器和贮气瓶，应设有密封装置，而且应具有可靠的密封性能。由灭火剂蒸气压力驱动的贮压式灭火器和二氧化碳贮气瓶的年泄漏量，不得大于灭火剂额定充装重量的 5 %或 50克。贮气瓶的年泄漏量，不得大于额定充装重量的 5 %或 7克。充有非液化气体的贮压式灭火器贮气瓶的年泄漏量，压力降低值不得大于 20℃ 额定充装压力的 10%。

三、内部压力反应装置

凡是充有驱动气体的贮压式灭火器，都应设有能显示灭火器内部压力的压力表，或压力检测仪的连接装置，以直接

反应和检测灭火器内的压力大小。

压力表的结构，应简单可靠，显示清晰。压力表的最大量程，应为灭火器在 20℃ 时工作压力的 1.5~2.5 倍。压力表的零位、指示灭火器在 20℃ 时的工作压力和压力表最大量程的位置，应有刻度和数字表示。压力表上的工作压力范围用绿色表示，从零位到工作压力下限的范围用红色表示。压力表上的工作力范围是指灭火器在使用温度范围内所对应的工作压力。

压力表的误差应符合以下技术要求：

(1) 工作压力：允许误差为灭火器在 20℃ 时工作压力的 $\pm 4\%$ ；

(2) 零位：允许误差为灭火器在 20℃ 时工作压力的 $\pm 6\%$ ；

(3) 最大压力：允许误差为灭火器在 20℃ 时工作压力的 $\pm 15\%$ ；

压力表应进行静压试验和超负荷试验。试验后，指针与初始零位的偏差，不得大于灭火器在 20℃ 时工作压力的 $\pm 4\%$ 。

压力表应进行耐压试验，试验时不得有泄漏和破裂现象。同时，要进行爆破试验，压力表的弹簧管等弹性元件的爆破压力，应大于灭火器在 20℃ 时工作压力的 8 倍。

压力表应进行交变负荷试验，试验值应符合上面的允许误差。同时，还要进行防水试验和气密性试验，试验后表盘正面内不得有积水现象，不得出现气泡和泄漏现象。

测量灭火器内部压力的连接装置，应使用方便、可靠，并应设有安全帽等保护装置。

第二章

灭火器筒内气体压力

第一节 气体的基本定律

灭火器内有的充装有压缩的氮气、二氧化碳或化学反应产生的气体，所以，我们必须了解气体的物理规律，以确定气体的三个物理参数，即气体的体积、温度和压力之间的关系，考虑灭火器筒体和气瓶承压能力等因素。

一、理想气体状态方程

理想气体是把气体分子看成没有大小质点、不占有体积，分子间没有相互作用力的气体，它严格遵守波义耳—马略特、盖·吕萨克和查理三大气体定律和克拉珀龙方程的。

1. 波义耳—马略特定律 当温度不变时，一定质量的气体的压力与其体积成反比（等温过程）。其表达式为：

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{或} \quad P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{常量}$$

式中： V_1 、 V_2 —分别表示一定质量的气体在 P_1 、 P_2 时的体积。

2. 查理定律 当体积不变时，一定质量的气体的压力与绝对温度成正比（等容过程），其表达式为：

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{或} \quad P_1 T_2 = P_2 T_1$$

式中： P_1 、 P_2 —分别为一定质量的气体在绝对温度 T_1 、 T_2 时的压力。

3. 盖·吕萨克定律 当压力不变时，一定质量的气体的体积与其绝对温度成正比（等压过程），其表达式为：

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{或} \quad T_2 V_1 = T_1 V_2$$

式中： T_1 、 T_2 —分别为一定质量的气体在容积 V_1 、 V_2 时的绝对温度。

4. 理想气体状态方程 一定质量的理想气体，从初态（ P_1 、 V_1 、 T_1 ）变化到终态（ P_2 、 V_2 、 T_2 ），压力和体积的乘积与热力学温度的比值是不变的，即有：

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \text{或} \quad \frac{PV}{T} = \text{常量}$$

对于1克分子理想气体来说， $P_0 = 1 \text{ atm}$ ， $T_0 = 273.16 \text{ K}$ ， $V_0 = 22.4 \text{ L}$ ，则有

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0} = R$$

对于任何质量的理想气体，则有

$$PV = \frac{M}{\mu} RT$$

这个方程叫做克拉珀龙方程。式中， P 、 V 为气体的压力和体积； M 为气体质量（克）； μ 为理想气体分子量； R 为气体常数，在国际单位制中为8.31焦耳/摩尔·开，在常用单位制中为0.082大气压·升/摩尔·开。

二、真实气体状态方程

只有当压力不太大（与大气压比较）和温度不太低（与室温比较）时，才能把气体看成理想气体。而实验证明，真实气体在0℃等温压缩至任意压力下的 PV 积，与标准状况下的 P_0V_0 积不相等，即

$$A = \frac{PV}{P_0V_0} \neq 1$$

式中： A —阿曼甘德实验系数，又称气体压缩度，其实验数据如表2-1。

表2-1 氮气在0℃不同压力下的 A 值（即 PV 积）

压力 P (atm)	1	100	200	400	600	800	1000
A	1.0000	0.9847	1.0362	1.2566	1.5250	1.7983	2.0676

表2-1中氮气在0℃时，不同压力下的实验 A 值即 PV 积看出氮气在1~100大气压之间的 A 值与波义耳—马略特定律的推论相差不大，约为1.5%。但随着压力的提高，偏差愈来愈大到200大气压时，偏差为3.6%；到600大气压时，偏差达52%；到1000大气压时，偏差就达100%。这说明理想气体是忽略了气体分子本身的体积和分子间的引力的缘故。

1873年范德瓦耳斯在前人研究的基础上，针对理想气体

状态方程式与实际气体的偏差，考虑到实际气体的分子本身具有体积和分子之间的引力，从而引进两个修正值，提出一个比较适合于实际气体的方程式，称为范德瓦耳斯方程式。其表达式如下：

$$\left(P + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = RT$$

式中： a —为考虑气体分子间的作用力的修正值；

b —为考虑气体分子本身所占体的修正值；

对于每一气体， a 、 b 值为一常数，可由实验测定。灭火器筒内的二氧化碳、 N_2 气的 a 、 b 值测得列入表 2-2 中。

表 2-2 气体范德瓦耳斯常数

气体名称	分子式	a (atm/g·mol ²)	b (L/g·mol)
二氧化碳	CO ₂	3.6	4.28
氮	N ₂	1.39	3.62

范德瓦耳斯方程式说明：在封闭容器中运动的气体分子，因其本身具有一定的体积，使分子运动的自由空间所在减少，因而增加了分子对器壁撞击的次数，即增大了作用有

器壁上的压力。按照理想气体的压力公式： $P = \frac{RT}{v}$ ，则在

虑分子体积的影响后，气体的压力将等于 $P = \frac{RT}{v-b}$ 。另一方面，

由于气体分子之间的引力，减小了分子对器壁的撞击力，即减小气体的压力。压力减小的数值应和撞击器壁的分子以及吸引它们的分子的数目成正比，即和气体密度的二次方成

正比。因而压力减小的数值可用 a 来表示。在考虑上述两方面的影响后，气体的压力可表示为：

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v^2}$$

将上式加以整理，即可得到范德瓦耳斯方程式。

如果将范德瓦耳斯方程式展开，则可表示为：

$$v^3 - \left(b + \frac{RT}{P}\right)v^2 + \frac{a}{P}v - \frac{ab}{P} = 0$$

此式为 v 的三次方程式。当给定 P 和 T 的数值时，就可按照上述方程式求得 v 的数值。

范德瓦耳斯方程式在描述实际气体的性质方面具有很大的价值。但由于没有考虑修正系数 a 和 b 随温度、压力而变化的关系，也没有考虑到分子的结合和分解等因素，因而范德瓦耳斯方程式不宜作为定量计算的基础。

5. 实际气体性质的近似计算 在进行有关实际气体的计算时，为了表示实际气体状态参数之间的关系，经常采用如下的关系式：

$$PV = ZRT$$

式中： Z —为压缩因子或压缩性系数。

压缩因子 Z ，其含义为在相同温度及相同压力下实际气体的比容与理想气体的比容的比值。对理想气体， Z 的数值为 1 ，实际气体的 Z 值与 1 的差别，就表示了实际气体偏离理想气体的程度。如果已知压缩因子 Z 的数值，则按式可进行有关实际气体系数变化的计算。