

高压二氧化碳火灾防控系统的设计与应用

张警兮, 刘勇, 郭盈, 阳姣, 吴慧蓝, 李森

湖南科技大学资源环境与安全工程学院 湖南湘潭

【摘要】 高压二氧化碳灭火系统是现今气体灭火系统中发展历史最悠久、灭火技术最成熟的固定式气体灭火系统^[1],也是最为常用的气瓶灭火系统之一。基于液态二氧化碳汽化吸热的原理,本文通过建立一种高压二氧化碳火灾干预使用量的计算方法,设计了高压二氧化碳火灾防控装置,并总结了其设计特点。

【关键词】 高压二氧化碳, 火灾, 系统设计, 早期干预

Design and application of high-pressure carbon dioxide fire prevention and control system

Jingxi Zhang, Yong Liu, Ying Guo, Jiao Yang, Huilan Wu, Sen Li

School of Resource & Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan, China

【Abstract】 High-pressure carbon dioxide fire extinguishing system is one of the most commonly used gas cylinder fire extinguishing systems. Based on the principle of heat absorption by vaporization of liquid carbon dioxide, this paper designs a high-pressure carbon dioxide fire prevention and control device by establishing a calculation method for the amount of high-pressure carbon dioxide fire intervention use, and summarizes its design features.

【Keywords】 High-Pressure Carbon Dioxide, Fire, System Design, Early Intervention

1 概述

二氧化碳作为灭火剂用于消防系统通常存储在钢瓶中,根据钢瓶中二氧化碳的状态将其分为高压系统和低压系统^[2]。高压二氧化碳灭火系统灭火效果更好、灭火速度快、还具有效率高、无污染、用量省、毒性低等优点^[3],而且液态二氧化碳防灭火技术降温降氧效果明显^[4]。目前有关二氧化碳灭火剂的使用量都是依靠气体灭火剂在空气中的含量或氧气含量占比确定的,而忽略了二氧化碳汽化时的吸热影响以及保护区内可燃物的质量影响。大量二氧化碳从储存容器中喷射出来,压力骤然下降,液态的二氧化碳会立即汽化^[5],当二氧化碳迅即由液态转变为气态时,由于膨胀作用而吸收热量,对保护区有一定的冷却作用^[6]。

此外,现有二氧化碳在执行灭火时,有两种释放模式。一种是灭火系统控制器按照既有编程逻辑执行灭火程序,释放所有的气体灭火剂;第二种是依靠工人凭经验,依次逐个手动操作气瓶释放气体

灭火剂进行灭火。鉴于此,本系统应用传统灭火模式之余还将采用一种新型的全淹没冷却降温灭火模式,利用二氧化碳汽化吸热,冷却降温灭火的原理,充分考虑了保护装备内物质质量、比热、体积等参数,建立一种新型的高压二氧化碳火灾干预使用量的计算方法,除此之外,该系统与现有高压二氧化碳灭火系统相比,通过及时监控温升变化情况,能最大限度地发挥冷却灭火作用,从而实现火灾的早期干预。

2 高压二氧化碳火灾防控系统设计

2.1 火灾防控系统动作控制流程

火灾防控系统动作控制流程如图1所示,其作为高压二氧化碳火灾防控系统设计中的一个重要组成部分,主要包括以下五个步骤:

(1) 监测报警装置监测温度并报警

当保护区监控温度超出正常范围时,保护区火灾特征参数监测报警器装置发出报警信号,即指示灯显示红色,报警器报警。

(2) 工作人员查看液晶显示屏温度

液晶显示屏组用于显示保护区的实时温度, 在正常情况时, 指示灯显示绿色, 报警器无反应, 在异常情况时, 指示灯显示红色, 如果第一步中指示灯显示红色, 即有异常, 需进行下一步操作。

(3) 选择灭火模式

判断温度是否超过 10℃, 若超过 10℃, 采用窒息灭火模式, 即全淹没窒息灭火模式; 反之, 则采用冷却降温模式, 即全淹没降温灭火模式, 另外, 全淹没降温灭火模式还需根据公式 (1) 得出所需释

放的二氧化碳气瓶个数。

(4) 高压二氧化碳装置释放二氧化碳

如果上一步判断为“是”, 则此步骤操作为: 在保护区对应的面板上按下窒息按钮, 装置将释放所有二氧化碳气瓶。

如果上一步判断为“否”, 则此步骤操作为: 保护区对应的面板上按下对应的数字按钮, 选择由计算得出的所需释放的二氧化碳气瓶数。

(5) 火灾结束后, 按下对应的降温结束按钮/窒息结束按钮, 结束灭火。

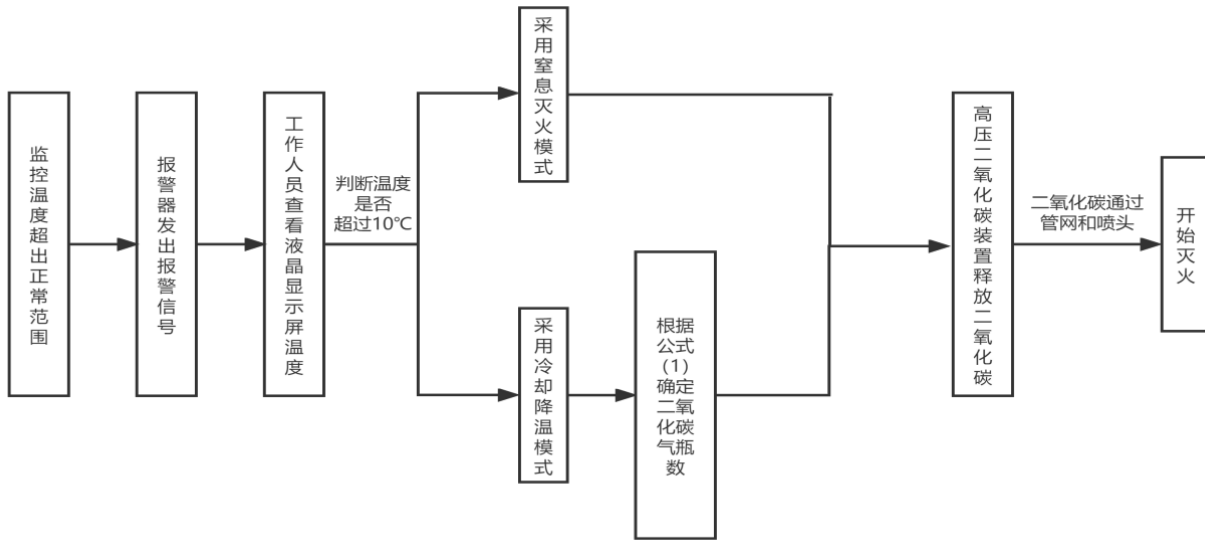


图 1 火灾防控系统动作控制流程

2.2 工作原理

$$c_{co2}\rho_{co2}v_x \frac{d(T_1+T_2)}{dt} = \sum_{i=1}^n c_i\rho_i v_i \frac{dT_1}{dt} + c_{空}\rho_{空}v_{空} \frac{dT_2}{dt} \quad (1)$$

其中, 等式左侧为释放出的二氧化碳汽化所能吸收的热量, 等式右侧为不同物质升高温度 T_1 时吸收热量与空气升高温度 T_2 时吸收热量之和。

这时, 需要降温的空氣的体积 $v_{空}$ 即为起火点所在空间总体积 $v_{总}$ 与物品体积 v_i 的差值:

$$v_{空} = v_{总} - \sum_{i=1}^n v_i \quad (2)$$

释放出的二氧化碳的体积 v_x 等于气瓶的个数 n 与每个气瓶体积 v_0 的乘积:

$$v_x = nv_0 \quad (3)$$

在上述等式中, c_{co2} ——二氧化碳的比热容; ρ_{co2} ——二氧化碳的密度;

c_i ——保护物体的比热容; ρ_i ——保护物体的密度;

v_i ——保护物体的体积; v_x ——释放的二氧化碳的体积;

T_1 ——被保护物品上升的温度; T_2 ——空气上升的温度;

$v_{空}$ ——区域内空气的体积; $\rho_{空}$ ——空气的密度;

$c_{空}$ ——空气的比热容; v_0 ——气瓶的体积;

2.3 火灾防控系统装置试制

保护区分为 A、B 两个区域, 如图 2 所示。

1—保护区火灾特征参数监测报警装置; 2—二氧化碳灭火控制装置;

3—高压二氧化碳装置; 4—驱动气瓶组; 5—管网与喷头。

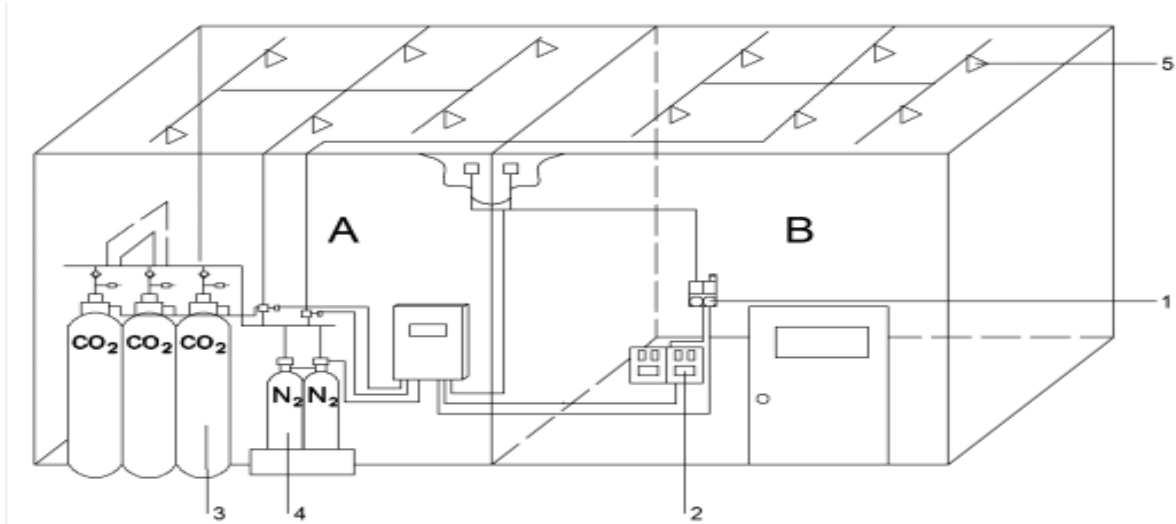


图 2 系统示意图

(1) 保护区火灾特征参数监测报警装置

保护区火灾特征参数监测报警装置如图 3 所示, 该装置包括液晶显示屏组 1.1, 1.2, 指示灯组 1.3, 1.4, 报警器 1.5。液晶显示屏组 1.1, 1.2 用于显示保护区 1 和保护区 2 的实时温度, 在正常情况时, 所述指示灯 1.3 显示绿色, 报警器 1.5 无反应; 在异常情况时, 所述指示灯 1.4 显示红色, 报警器 1.5 发出报警信号。

(2) 二氧化碳灭火控制装置

二氧化碳灭火控制装置如图 4 所示, 该装置包括液晶温度显示屏组 2.1, 2.2、气瓶数显示屏组 2.3, 2.4、数字按钮 2.5, 2.6、窒息按钮 2.7、窒息结束按钮 2.8、降温按钮 2.9、降温结束按钮 2.10。液晶温度显示屏组 2.1, 2.2 分别显示带保护区 1、2 空气和储存物质的温度, 气瓶数显示屏组 2.3, 2.4 显示人工选择的二氧化碳的气瓶数。当保护区域温度超过 10℃ 时, 即采用全淹没窒息灭火模式, 在保护区域对应的面板上按下所述窒息按钮 2.7, 装置将释放所有二氧化碳气瓶, 火灾结束后, 按下对应的所述窒息结束按钮 2.8, 结束灭火; 反之, 则采用全淹没降温灭火模式, 在保护区域对应的面板上按下所述降温按钮 2.9, 根据公式 (1) 得出所需释放的二氧化碳气瓶个数, 然后按下对应的数字按钮 2.5, 2.6 并选择由计算得出的所需释放的二氧化碳气瓶数, 保护区域温度降下来后, 按下降温结束按钮 2.10 结束灭火。

(3) 高压二氧化碳装置

高压二氧化碳装置如图 5 所示, 该装置包括灭

火剂储存瓶组 3.1, 选择阀 3.2, 控制盘 3.3, 称重检漏装置 3.4, 安全泄放装置 3.5, 集流管 3.6, 单向阀 3.7, 3.8, 高压软管 3.9。选择需要释放的二氧化碳气瓶个数之后, 高压二氧化碳装置开始工作, 释放二氧化碳。当总阀打开时, 气体驱动装置启动, 二氧化碳气瓶的容器阀被开放, 灭火剂储存瓶组 3.1 释放二氧化碳。选择阀 3.2.3, 安全泄漏装置 3.5 均安装在集流管 3.6 上, 选择阀 3.2 用于控制二氧化碳的流动方向, 防止二氧化碳倒流堵塞。若当集流管 3.6 中的二氧化碳压力过高时, 安全泄漏装置 3.5 通过爆破膜片释放压力, 从而保护系统, 防止系统损坏。集流管 3.6 和称重检漏装置 3.4 均安装在钢瓶架上, 集流管 3.6 用来汇集保护区所需各储存瓶组的二氧化碳灭火药剂。当二氧化碳储存瓶组 3.1 中二氧化碳泄漏时, 称重检漏装置 3.4 可以检测出来并能发出泄漏警告。单向阀 3.7, 3.8 安装于集流管 3.6 与高压软管 3.9 之间, 用于防止灭火时集流管 3.6 中的二氧化碳灭火药剂流向储存瓶组的防倒流装置, 保证气体的顺利通行。高压软管 3.9 安装在储存瓶组与液体单向阀 3.7,3.8 之间的柔性连接。

(4) 驱动气瓶组

驱动气瓶组包括多个装有 N2 的气瓶, 用于启动容器中的高压二氧化碳, 开放灭火剂容器的容器阀。

(5) 管网与喷头

管网与喷头由管网、喷头组成, 喷头贴近保护区顶面安装。

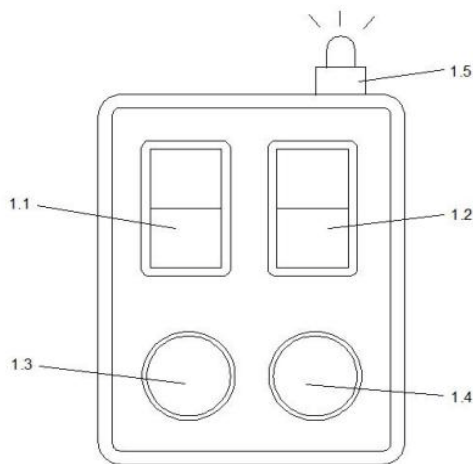


图3 保护区火灾特征参数监测报警装置

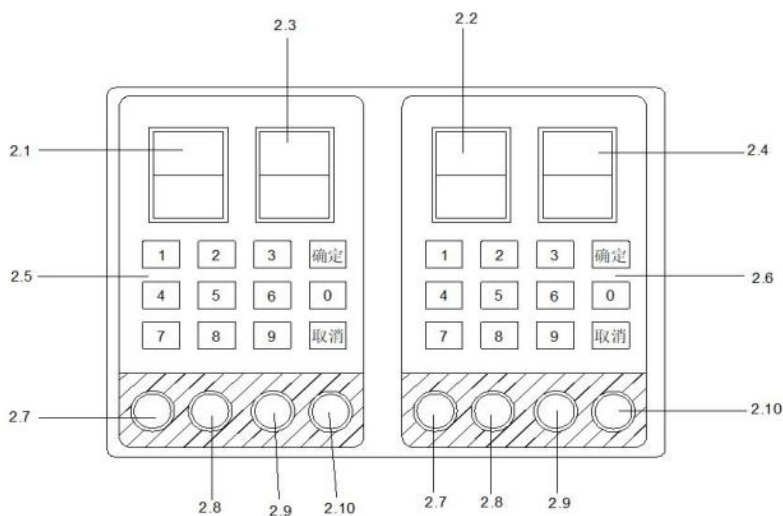


图4 二氧化碳灭火控制装置

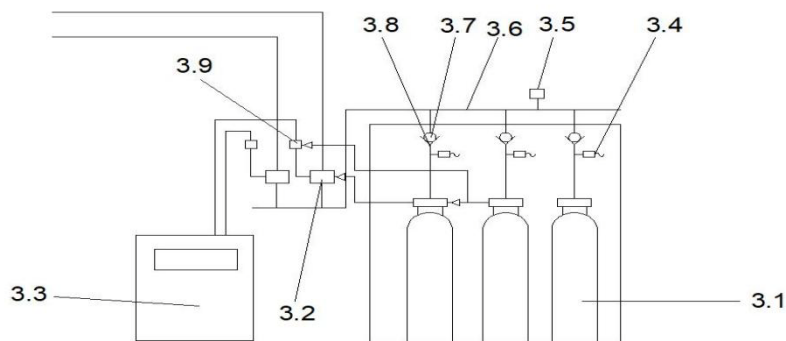


图5 高压二氧化碳装置

3 设计特点

(1) 设计的高压二氧化碳火灾防控系统充分考虑了液态二氧化碳汽化吸热影响与保护区内可燃物

的质量因素, 确定的二氧化碳使用量较规范推荐值用量更省, 可以较好地节约能源, 避免了用量的浪费, 且较原有工人凭经验处理更科学有效、操作时

贴近实际情况,能更好的实现能源高效利用、绿色发展的目标。

(2) 设计的高压二氧化碳火灾防控系统,增加了实时火灾特征参数监控装置,通过观察监控系统测出的温度等参数,可以更加高效地监控火灾初期保护区内异常升温问题,从而在源头上实现火灾的早期干预,为减少火灾损失起到了重要作用。

(3) 设计的高压二氧化碳火灾防控系统结构清晰,操作简易,应用范围广。根据已得出的数据和结论,可将该系统应用于其他气体的同类装置。

4 结语

本文所介绍的高压二氧化碳火灾防控系统以液态二氧化碳为灭火剂,利用保护区内物质质量、比热、体积等参数建立了一种高压二氧化碳火灾干预使用量的计算方法。通过保护区火灾特征参数监测报警装置实时监控保护区内的温度变化,有利于在火灾初期采用早期干预措施,尽可能地减少了火灾初期灭火剂的浪费。

参考文献

- [1] 杨升明,康兴东.高压二氧化碳灭火系统的设计与应用[J]. 科技创新导报,2012,(02):81-82.
- [2] 邓飞亮.高压二氧化碳消防系统的设计与应用[J].商品储运与养护,2008(03):123-124.
- [3] 燃气轮机用高压二氧化碳自动灭火系统[J].消防技术与产品信息,2017,(07):93-95.
- [4] 张春华,王继仁,张子明,张亚东.液态二氧化碳防灭火装备及其工程应用[J].科技导报,2013,31(18):44-48.
- [5] 赵修祥.液态二氧化碳灭火技术的应用[J].黑龙江科技信息,2010,(30):65.
- [6] 陈应新.高压管网式全淹没二氧化碳灭火系统的设计[J].石油化工设计,2007(01):55-58+14.

收稿日期: 2022年1月9日

出刊日期: 2022年3月21日

引用本文: 张警兮, 刘勇, 郭盈, 阳姣, 吴慧蓝, 李森, 高压二氧化碳火灾防控系统的设计与应用[J]. 科学发展研究, 2022, 2(1):5-9

DOI: 10.12208/j.sdr.20220002

检索信息: 中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS