

CF₃I气体自动灭火系统在外浮顶油罐中的应用

陶贤文¹ 李绯¹ 袁国清¹ 李金林¹

摘要: CF₃I气体自动灭火系统集成了火灾监控、检测和气体自动灭火等功能,可24小时监控,自动检测并迅速扑灭由于雷电、静电引起的外浮顶油罐边缘密封圈内的火种,降低了大面积火灾蔓延的可能性。CF₃I气体自动灭火系统具有灭火迅速、后续无须清理、对环境友好等优点,在中东以及世界各地大型双密封圈的外浮顶油罐中得到了广泛应用,而在国内鲜有应用实例。伊拉克某石油储备库双密封圈外浮顶油罐采用CF₃I气体自动灭火系统与人工确认启动低倍数泡沫灭火系统、冷却喷淋系统相结合的消防设计方式,为国内大型外浮顶油罐的消防设计提供了新思路。

关键词: 国家石油储备库;外浮顶油罐;CF₃I气体自动灭火系统;泡沫灭火系统

Doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2016.4.001

Application of CF₃I Automatically Suppression System on Open-top Floating Roof Tanks

Tao Xianwen, Li Fei, Yuan Guoqing, Li Jinlin

Abstract: CF₃I automatically suppression system combines fire detection and extinguishing system together, supervises and detects the fire for 24 h per day, extinguishes the fire in the rim seal fast which is normally caused by lightning or static electricity, reduces the possibility of large fire, avoids to starting of foam system & cooling water system. It has the advantages of knocking-down the fire fast, no cleaning-up after use and environment friendly, it has been used widely in the entire world, but rarely used in China. CF₃I Automatically suppression system is selected on open-top floating roof tanks with primary & secondary seal in one Iraqi project, low expansion foam extinguishing system and cooling water system are designed together for tanks but needing confirmation to be started. This kind of control philosophy provides new ideas for firefighting design in domestic giant petroleum storage depots.

Key words: national giant petroleum storage depot; open-top floating roof tank; CF₃I automatically suppression system; foam extinguishing system

外浮顶罐最大的火灾危险来自油罐外边缘的密封处,多年来,世界各地经历了多次油罐边缘引起的火灾,其中有些火灾造成了重大的灾难。调查结果表明,火灾有静电火花引起的,也有大罐动火操作或者不可控的油品化学反应放出热量引起的,但是外浮顶罐火灾的主要原因来自雷电,1989年青岛黄岛油库爆炸事故的直接起因正是由于储油罐遭到雷击发生爆炸而起火。

化学反应引起的火灾,在高含硫化氢的原油外浮顶罐中也已经被证实。如果硫化氢气体泄漏,少量的硫化氢气体依然存留在密封圈内,硫化氢气体与铁锈、空气可能发生反应形成自燃铁,反应过程

释放的热量可能引燃密封圈内的气体。

因此,消防灭火系统如何快速地检测火灾并控制早期火灾以避免大面积火灾发生变得越来越重要。

1 CF₃I气体自动灭火系统

三氟碘甲烷(CF₃I)气体是一种无色、无味、环境友好型惰性气体,摩尔质量为195.91 g/mol,是空气密度的6.8倍(空气摩尔质量为29 g/mol),在空气中的存活时间仅仅为1.5天,因此,是一种比哈龙1211气体更为友好的气体,在消防灭火系统中正逐步得到广泛应用。

¹中国石油集团工程设计有限责任公司北京分公司

CF₃I 气体自动灭火系统, 集成了线性火灾检测和气体自动灭火系统, 其功能主要用于快速检测并及时扑灭早期火源。系统包括自动检测系统(线性热感应探头、控制盘、液位、压力开关以及仪表控制电缆等)和灭火系统(25 L 液化气瓶1个、不锈钢气体管线及若干个湿式玻璃喷头)。

CF₃I 气体自动灭火系统及其管材、管件既得到了德国专业安全协会 VdS 权威安防机构的认证, 也得到了美国防火协会《洁净气体灭火规范(NFPA 2001)》^[1]以及世界标准组织《气体灭火系统规范第二部分: CF₃I 灭火剂(ISO 14520)》^[2]的认证。图1为 CF₃I 气体自动灭火系统。

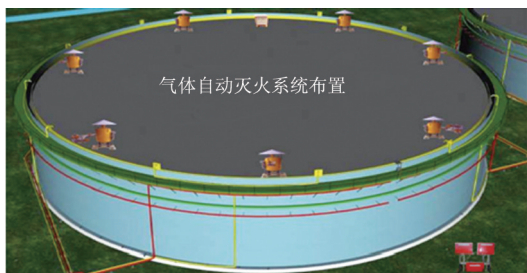


图1 CF₃I 气体自动灭火系统

2 操作原理

CF₃I 气体自动灭火系统分湿式和预作用2种。湿式灭火系统管线平时充满气体, 一旦环形密封圈内发生火情, 安装在一、二级密封圈之间的闭式玻璃喷头能够立即熔断, 直接将气体喷射于环形槽内的气体空间, 在30~40 s内迅速释放 CF₃I 气体, 避免火灾的蔓延。预作用灭火系统采用外部火灾检测模块和闭式喷头相结合方式, 管道平时没有气体, 气体储存在液化气瓶中, 火情发生时, 需要安装在大罐环形槽周边的线性热感应探头和闭式玻璃喷头同时确认火灾后才能释放气体。CF₃I 气体逢动灭火系统控制原理如图2所示。

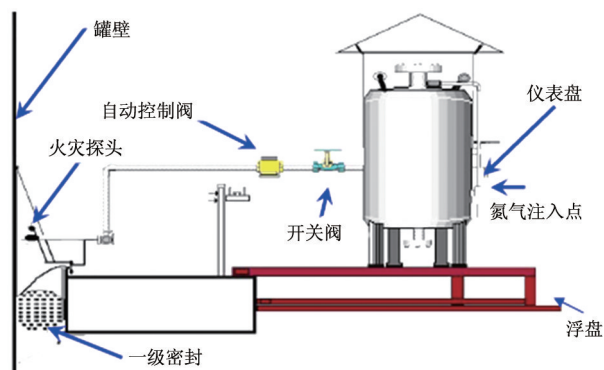


图2 CF₃I 气体自动灭火系统控制原理

每套气体自动灭火装置的覆盖范围根据大罐的尺寸、大罐泡沫堰的几何形状以及储存油品性质而定, 大多数情况下, 单套气体自动灭火装置大致能

够保护周长40 m的环形槽。根据用户对泡沫灭火系统的自动控制需求, 气体自动灭火装置采用2个或者多个防爆型压力开关来监测系统平时的压力, 激活灭火系统, 释放气体。液化气瓶上的液位开关能够用于检测气体的泄漏, 其仪表接点通过硬线接到接线盒, 再通过电缆接头接至罐区外, 在罐区外, 通过一个防爆型绝缘接线盒与用户的火气系统相接, 除硬线连接外, 与用户的火气系统联络、互动可以通过无线通信来完成。根据用户的操作要求, 多个大罐的多套气体检测和灭火系统既可以共用一个控制盘, 也可以一个大罐采用一个控制盘。

3 CF₃I 气体自动灭火与泡沫灭火的关系

3.1 泡沫灭火系统的不足

无论是什么原因导致的火灾, 火灾往往发生在外浮顶罐的边缘环形密封圈处, 为避免大面积火灾的发生, 快速而有效的灭火尤为重要。美国防火协会《低、中、高倍数泡沫灭火设计规范(NFPA 11)》^[3]以及《石油储备库设计规范(GB50737—2011)》^[4]采用直接将泡沫混合液喷射到罐壁与泡沫堰之间, 这种灭火方式被证明是积极有效的。但是, 泡沫混合装置一般位于消防泵站内或者防火堤外, 对于大型油罐, 泡沫混合装置距离油罐的距离在100 m以上, 因此, 泡沫系统(消防泵、开关阀、泡沫液管线)的启动需要花费较长的时间(国标规定泡沫液5 min之内到达罐内都是可以接受的)^[4-6], 同时, 泡沫系统启动之后, 填满泡沫比例混合装置至泡沫产生器之间的管线以及将罐壁与泡沫堰之间的空间填充至二级密封处, 需要耗费较多的泡沫液。

3.2 气体自动灭火系统的优势

基于泡沫系统的缺陷, 气体自动灭火系统的优势尤为明显, CF₃I 气体自动灭火系统可以在30~40 min内检测并将火扑灭; 由于从起火到将火灭掉的时间较短, 小火源不足以将材料加热到原油的闪点以上, 原油再燃的机会几乎没有可能; 另外, CF₃I 气体对罐壁有着很强的降温作用。

CF₃I 气体自动灭火系统的优势还在于采用组合式火灾检测和气体自动灭火系统; 可靠的闭式玻璃喷头检测技术; CF₃I 液化气瓶液位、压力24小时监控; 远程监控和高可靠性; 全自动火灾检测和气体自动灭火联动; 无外在驱动源, 比如电力、泵、水力驱动器、水等; 无需站场值班人员的手动干预; 所有管配件材料均为316不锈钢; 无旋转部件, 后续维修少; CF₃I 气体无老化之忧(泡沫原液需隔若干年更换一次, 视情况而定); CF₃I 气体在

大气存活时间短,对臭氧层破坏小;CF₃I气体释放后,配管系统无需清洗,对原油无污染,对大罐无伤害;闭式玻璃喷头更换容易,液化气瓶再充方便。

3.3 两种灭火系统的关系

气体自动灭火系统用于快速扑灭早期小火灾,泡沫灭火系统可以作为备用,设计成手动操作系统,或者经过人工确认火灾之后,远程手动启动泡沫系统。同时,考虑冷却喷淋系统作为备用,当发生大面积火灾时,对着火罐以及相邻罐进行冷却喷淋。

4 实际工程应用

4.1 伊拉克某国家储备油库的应用

伊拉克某国家储备油库库容 $200 \times 10^4 \text{ m}^3$, $6.6 \times 10^4 \text{ m}^3$ 外浮顶原油储罐22座,外径91 m,高度15.6 m。 $2.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ 外浮顶泄压油罐2座,外径50 m,高度16.9 m。

业主的标书中要求,消防系统采用稳高压,消防系统同时考虑CF₃I气体自动灭火系统、泡沫灭火系统和冷却喷淋系统,消防冷却水和泡沫混合液用水共用一套消防管网。

4.1.1 CF₃I气体自动灭火系统的设置

所有气体自动灭火系统均放于浮盘上,单个 $6.6 \times 10^4 \text{ m}^3$ 外浮顶原油储罐浮盘周边均布7套, $2.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ 外浮顶原油泄压罐浮盘周边均布4套CF₃I自动气体自动灭火系统,单套保护周长不超过40 m。气体自动灭火系统采用湿式喷头,平时气体管网充满压力,每个大罐所有火气探头信号集于防火堤外的一个控制盘,控制盘可与站场中控室火气系统进行联络。

4.1.2 泡沫灭火系统的设置

原油储罐设置固定式泡沫灭火系统,作为CF₃I气体自动灭火系统的有力补充。系统采用6%型水成膜泡沫灭火剂,每3个原油储罐共用1个泡沫站,泡沫站设于防火堤外,泡沫混合液用水取自冷却水和泡沫混合共用的消防环网,泡沫混合液管网为支状管网,消防水环网上设置水/泡沫两用的消防炮,并在大罐周边设置移动式泡沫推车。

单个 $6.6 \times 10^4 \text{ m}^3$ 外浮顶原油储罐周边均布12个泡沫产生器, $2.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ 外浮顶原油储罐周边均布8个泡沫产生器,单个泡沫产生器保护周长不超过24 m。泡沫产生器采用罐壁安装方式,大罐底部泡沫混合液干线设置雨淋阀,可远程开启。

4.1.3 冷却喷淋系统的设置

考虑到发生大面积火灾的可能性,罐区原油储

罐设置固定式冷却喷淋水系统,相邻罐不考虑同时喷淋。大罐底部冷却水干线设置雨淋阀,可远程开启。

4.1.4 消防系统的逻辑控制

CF₃I气体自动灭火系统自带的喷头24小时监测储罐密封圈内火灾,自动灭火,24个大罐共用1套就地控制盘,控制盘放于防火堤外的安全区域,所有火灾探头监测、检测的信号以及阀位开关信号先收集到就地控制盘,然后上传到中控室。当人工确认气体自动灭火系统未能有效控制火灾时,既可以在中控室远程手动启动消防泵组,也可以在消防泵棚内手动启动消防泵组,同时还可以通过管网压力自动启动消防泵组,并开启泡沫系统和冷却水喷淋系统。

4.2 其他工程案例

CF₃I气体自动灭火系统从1999年开始,在外浮顶罐以及拱顶罐上已经开始广泛应用,其中外浮顶罐居多,在伊拉克的图巴油库、伊朗的伊斯法罕炼油厂和阿巴斯炼油厂,以及欧洲、亚洲和非洲等地都有应用,最小罐直径18 m,最大罐直径120 m。

5 总结与建议

CF₃I气体自动灭火系统作为控制内、外浮顶油罐及拱顶罐前期火灾的有效措施,已经在世界各地广泛而成熟地应用。而目前的《国家石油储备库设计规范(GB50737—2011)》^[4]、《石油库设计规范(GB50074—2014)》^[6]、《气体自动灭火系统设计规范(GB 50370—2005)》^[7]以及《卤代烷1301灭火系统设计规范(GB50163—1992)》^[8]中,均未对大型外浮顶罐的灭火是否可以采用气体自动灭火方式作任何说明。国内已建的舟山国家石油储备库($500 \times 10^4 \text{ m}^3$)、兰州国家石油储备油库($300 \times 10^4 \text{ m}^3$),所有直径80 m的储罐,都只采用了传统的泡沫站和冷却水喷淋系统,是否在以后的大型外浮顶罐的消防设计中增加大罐气体自动灭火系统或者将小型泡沫液储罐、泡沫产生器均布于外浮顶罐的浮盘上,以达到迅速灭火的目的,值得商讨。

尽管CF₃I气体自动灭火系统有着各种优点,个人认为,它也存在着使用方面的局限性。比如,闭式气体喷头需要安装在外浮顶罐第一和第二道密封之间,形成相对密闭的空间,对于只有一道密封圈的外浮顶罐,气体自动灭火系统不可行。另外,即使有两道密封圈,当密封圈内气体着火并发生爆炸,第二道密封圈(挡雨板)破坏之后,不能形成有效的闭式空间,气体自动灭火系统(下转第7页)