

浮顶储油罐灭火问题分析及改进措施

车作通 大庆油田有限责任公司储运销售分公司

【摘要】浮顶储油罐具有安全性较高、油品蒸发量相对较小等优势，现阶段大部分企业都会运用浮顶储油罐设备对该油品进行存储。考虑到油品存储的经济性以及管理的便捷性，浮顶储油罐在设计中也在逐渐向着大型化、集约化的方向上发展，当前该领域所应用的浮顶储油罐的通常为 $10 \times 10^4 \text{m}^3$ ，甚至更大。在此背景下，浮顶储油罐在存储中所存在的火灾风险隐患也大幅度提升，一旦出现油品存储不当或者受其他外界因素影响发生火灾爆炸燃烧事故，那么将会对整个地区的人身财产与社会财产造成无法统计的巨大损失。因此，对浮顶储油罐的灭火问题至关重要。本文将浮顶储油罐作为研究主体，首先阐述浮顶储油罐的结构以及灭火系统，分析该设备在灭火中存在的问题，并探讨相应的解决策略。

【关键词】浮顶储油罐；灭火问题分析；改进措施

【DOI】10.12316/j.issn.1674-0831.2022.05.037

引言

油品储罐的类型相对较多，且数量比较庞大，所储存的介质相对比较复杂，因此具有非常高的火灾危险性。浮顶储油罐是油品存储中比较常用的储存设备，尤其是在我国沿江沿海地区中，通常会被国储库、商储库等机构用来储存一些重质原油。近年来，浮顶储油罐的爆炸燃烧事故在各个国家都相继发生过。在我国出现的火灾规模较大的浮顶储油罐爆炸事件为“黄岛爆炸事故”。该事故的起因因为浮顶储油罐受到雷击，使浮顶储油罐顶部密封圈被雷击后出现爆炸事故。据统计，该爆炸燃烧事故所造成的人员伤亡19人，直接经济损失超过3550万人民币。面对这种大型事故，浮顶储油罐自备的安全消防设施虽然起到一定灭火作用，但由于火灾规模过大以及罐顶灭火系统的局限性，导致无法将火灾彻底熄灭，因此相关技术人员需对该设备的灭火问题进行分析，并探索提升灭火效率的方法。

一、浮顶储油罐概述

1. 浮顶储油罐主要火灾特点

根据美国有关部门对浮顶储油罐（如图1）火灾事故的发生原因统计，发现浮顶储油罐出现火灾的大部分原因都是由于罐内辅助设备出现失灵，以及浮顶储油罐遭遇到雷击。其中浮顶储油罐被雷击产生爆炸的这一火灾原因占比最高。在浮顶储油罐遭遇到雷击以后，使该油品储存设备的密封圈被损坏，因此会造成大量空气从破损孔涌入，在罐内的油品接触到空气中的氧气以后，则会出现爆炸现象。造成浮顶储油罐的密封圈被点燃发生火灾，随着密封圈火灾的蔓延，发展成为巨大火灾。

浮顶储油罐与其他类型的油罐相比较，其发生火灾

的概率相对较小，所发生的火灾多为罐顶边缘的密封处，因此，相关研发人员都在致力于如何对浮顶储油罐的密封圈火灾进行及时控制与消除，旨在避免浮顶储油罐密封圈火灾的进一步扩散。浮顶储油罐所出现的火灾通常具有以下特征：（1）浮顶储油罐的火灾原因大多数都是由雷击导致。（2）浮顶储油罐的密封圈出现破损以后，通常会发生持续燃烧的现象。（3）如浮顶储油罐的密封圈发生火灾，通常会同时出现多个燃烧点，且密封圈中每处燃烧点的规模存在一定差异，如没有及时对火灾进行控制，则会造成所有起火点连成一个整体。进而发展成不可挽救的爆炸燃烧事故。

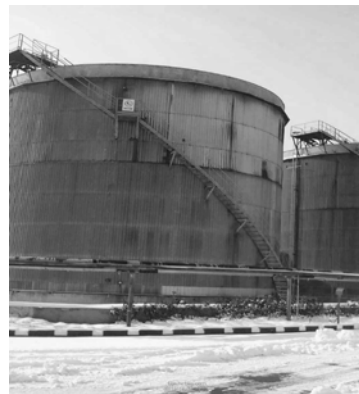


图1 浮顶储油罐

2. 浮顶储油罐的消防报警控制系统

现阶段浮顶储油罐所应用的火灾预警系统中，通常包括感温电缆、光纤光栅感温报警器以及视频监控系统。在该预警系统运行过程中，感温电缆在以往的火灾预警系统中有所应用，其能够通过油储设备的温度来判断是否存在火灾隐患或者火灾的发生。而光纤光栅是近年来发展起来的一种全新的火灾预警方式，其主要工作原理是对浮顶储油罐储存空间中的光感进行检测，在火

灾发生以后通常会伴随强光的出现，该设备下检测到强光以后，将会第一时间发出警报。但这两种火灾预警系统在实际应用中，由于浮顶储油罐火灾事故通常会伴随爆炸现象的发生，因此一旦该区域突发火灾，则会第一时间对两种火灾预警系统造成破坏，导致其无法行使报警功能。与此同时，由于火灾发生后，火焰基部的温度相对较低，且大幅度的降雨通常会降低火焰周围区域的屋内的温度，因此如果感温电缆以及光纤光栅等火灾预警设备如果安装位置不当，则无法起到及时预警作用。

在保障严格管理的前提下，视频监控系统与以上两个火灾预警系统相比较具有一定的应用优势。该预警系统主要是对浮顶储油罐存放区域进行视频监控，一旦视频监控区域中出现明火。那么该系统将会第一时间发出预警，为及时消灭火灾争取到一定的时间。但在其实际应用中，如果遇到巨大的雷暴天气，视频监控系统会出现被雷击的现象，因此在该系统应用中应对视频监控系统做好相应的防雷处理。并且为保障浮顶储油罐存放区域内发现火灾的及时性，相关部门应综合运用各类预警系统，并做好人工管理工作，全面提升发现火灾的时效性，提升消灭火灾的成功概率。

3. 浮顶储油罐的灭火系统

浮顶储油罐在不断被优化与完善过程中，该设备中的灭火系统也被不断地优化与完善。在对该设备的消防系统进行研发过程中，我国相关领域内的研发人员结合我国行业内的相关法律法规以及国外一些优秀的研发案例以后，制定出符合我国浮顶储油罐储存方式以及分布结构的灭火系统。其主要的灭火系统有消防给水系统、泡沫灭火系统、水喷淋系统和消防车水枪系统。当前我国大部分浮顶储油罐所安装的消防系统多为泡沫灭火系统。该消防系统被安装在浮顶储油罐的外管壁上，并在设备的最顶部安装一个泡沫发射器，泡沫的喷射口则对准浮顶储油罐的正上方均匀分布。

浮顶储油罐的泡沫灭火系统其主要的灭火原理为：一旦浮顶储油罐出现火灾，则泡沫灭火系统将会第一时间自动充气，并将泡沫与水进行全面混合，生成固定比例的泡沫混合液，该液体会通过管壁上方的消防导管运输到浮顶储油罐顶部的泡沫发射器中，由各个发射口喷射出来。被喷射出来的泡沫将会通过罐顶上面的导流板，从罐顶逐渐流向至罐顶与管壁之间存在的一个环形空间之内。在喷射一段时间以后，会在浮顶储油罐周围形成一个具有一定高度的环形泡沫带。随着泡沫的不断聚集，整个泡沫袋的高度会增高，因此浮顶储油罐的密

封圈将会逐渐被泡沫覆盖，进而完成灭火作业。

二、灭火过程中存在的问题分析

1. 罐顶泡沫灭火系统存在盲区

现阶段浮顶储油罐上所安装的固定消防系统为泡沫灭火系统，该系统在实际应用中，罐顶泡沫灭火系统喷射口的设计方式有两种，其一是将喷射口安装在整个浮顶储油罐的顶部位置，并在该位置中安装一个泡沫导流装置。该系统在实际应用过程中存在很多不足，尤其是对于高位罐来说，两个泡沫发射器中间的部分区域为该系统的覆盖盲区（如图2）。当浮顶由A点向着BC两点运行时，ABC三个点所构成的一个区域无法受到泡沫灭火系统的覆盖。而另一种喷射口的设计方式是将整个喷射口安装在浮顶储油罐的正上方。这种设计方式是将该灭火系统中的喷射口设置在了浮顶储油罐挡雨板的上方。如果当挡雨板为金属材质，那么则需要将其安装在挡雨板的下方。但浮顶储油罐发生火灾以后通常会伴随爆炸现象的发生。一旦发生爆炸现象，会直接造成泡沫喷射口被损坏，使该系统的灭火功能无法全部发挥出来。

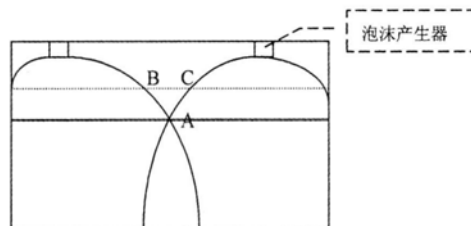


图2 罐顶泡沫灭火系统的灭火盲区

2. 地面固定消防设施及移动消防设施灭火效果不佳

(1) 可作用的燃烧面积小

浮顶储油罐在存放过程中，其发生火灾的位置通常都在浮顶与管壁之间的密封位置上，因此在其发生火灾以后，地面上安装的消防设施在运行中，需要在电机泵的作用下，将灭火泡沫喷射到导流板上方能够起到一定的灭火效果。在实际喷射中，如果直接将泡沫喷射在了火焰的基部位置，则能够起到比较理想的灭火作用。但浮顶储油罐上面所安装的泡沫导流板与管壁之间仍然存在一定的距离，泡沫喷射装置的喷射区域又相对较小，因此泡沫喷射的准确度相对较低。例如，容量为 $10 \times 10^4 \text{m}^3$ 的浮顶储油罐上方所安装的泡沫导流板与管壁之间的距离为60cm，可燃面积可达 260m^2 。

(2) 着火点位置不确定

浮顶储油罐上方的浮顶会随着罐内介质的实际液位变化出现浮动现象，因此浮顶储油罐内部所存在的着火点也会随着液位的不断变化发生改变，因此一旦该设备发生火灾，消防炮无法及时找到火焰基部，对其实行针

对性灭火。并且大多数消防炮都是在灭火中将消防炮打到浮顶储油罐的浮顶上,无法实现对着火点进行直接灭火。而固定消防炮在灭火中,能够对整个浮顶储油罐管壁的密封圈的其中一侧进行灭火,而对另一侧的着火点也无法进行及时灭火。另一方面,我国大部分地区的防火堤与消防道路在设计中,都将灭火区域设定成为一个正方形。因此对于移动消防设备来说,在火灾区域的停靠位置则决定了消防设施与着火罐之间的位置以及与灭火点之间的距离。该距离对于地面消防灭火的准确率也会产生很大影响。

(3) 其他影响因素

通常来说,浮顶储油罐发生火灾大部分是由于雷击造成,因此在该设备进行灭火的过程中,经常会在大风、大雨、雷暴等一些极其恶劣的天气中进行。在此背景下,为灭火作业带来了很大的难度。在雷雨天气或者大风天气的影响下。会造成整个泡沫喷射系统的喷射精准度大幅度下降,且浮盘中间的泡沫液也会被雨水全部冲走,这种情况既造成泡沫的浪费,同时也无法达到理想的灭火效果。

三、提高灭火效率的有效策略

1. 人工和固定消防设施相结合

在对火灾进行扑灭的过程中,由于大型浮顶储油罐中存在很多区域是固定消防设施无法作业的死角区域,这些区域的灭火只能依靠人工灭火的方式进行处理,因此消防人员至关重要,一旦火灾发生以后,地区内消防部门应对消防队伍做好部署工作,保障灭火方法与人员统筹协调的合理性。在该设备发生火灾的初期,由于爆炸现象会使浮顶储油罐上方的挡雨板被炸开,因此该火灾区域出现二次爆炸的概率相对较低,在整个浮顶储油罐被泡沫覆盖以及被喷淋系统降温以后。消防人员可登罐对固定消防设施的作业盲区进行针对性灭火,通过这种人工与固定消防设施相结合的方式,完成对火灾的灭火。

2. 改进消防设施

为全面保障浮顶储油罐的火灾处理时效与处理水平,相关研发人员还需对固定消防设施的性能以及辐射面积进行优化与完善。在此过程中,首先,研发人员优化泡沫喷射口,全面提升整个喷射设备的覆盖面,能有效提升该系统的作业性能。其次,应结合浮顶储油罐的特性,配置一些人工灭火设备以及现代化的灭火设备。并且为保障灭火过程中的人身安全,可将罐盘梯架设在防火堤的外部位置,使火灾发生以后,火灾区域内的工

作人员能够通过该通道第一时间逃生。再次,还需要对浮顶储油罐安装相应的防雷措施,最大限度降低其被雷击的概率。最后,为全面提升整个浮顶储油罐的灭火效率,应科学设计浮顶储油罐的消防灭火距离。并在其周围的消防道路上标记出对浮顶储油罐的最大灭火距离(如图3),其计算公式如下: $S=L+D$

其中,S为最大灭火距离,L为消防设施距离浮顶储油罐底部的距离,D为浮顶储油罐的直径。

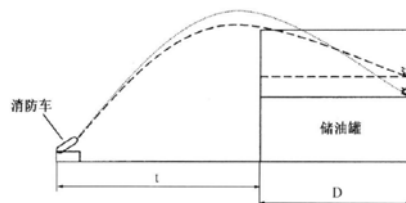


图3 地面消防设施灭火最大距离示意图

3. 配备完善的消防设施

对于一些地处比较偏远的油库,相关管理人员应配备全面的消防设施,使其能够在出现火情以后,能够实现有效灭火。并且应对每个大型油库都配置一个相对完善的消防设施,保障其正常运转。

四、结语

随着我国整体经济的飞速发展,当前社会大众在生产生活中对于能源的需求量也在不断提升。现阶段我国的石油消耗量已经排在世界前列,因此对油品的储备问题也逐渐被人们高度重视。该类存储设备由于体积非常大,因此所存在的安全隐患也非常高。因此,相关研发人员须对该设备中的灭火问题进行不断优化,保障安全地存储的存储各类油品。

参考文献:

- [1]王延尚.油储罐区灭火救援要点[J].中国科技信息,2020.
- [2]张峻铭.储油罐区消防控制系统的设计及应用[D].武汉大学,2018.
- [3]于永.大型储油罐区火灾特点及扑救难点分析[J].消防技术与产品信息,2018.
- [4]刘伟.中倍数泡沫灭火系统在储油罐区的应用分析[J].给水排水,2013.
- [5]张力.大型浮顶油罐灭火系统的研究[J].石油化工安全环保技术,2012.
- [6]张保坡.浮顶储油罐灭火问题分析及改进措施[J].油气储运,2009.
- [7]池沙农.储油罐区的防雷措施及灭火系统的检查维护[J].石油天然气学报,2009.
- [8]秘义行,吴洪有.低倍数泡沫灭火系统设计[J].消防技术与产品信息,1998.
- [9]阮登洋.浮顶油罐灭火泡沫挡板开孔设计的探讨[J].石油工程建设,1993.