

大型石油储备库储罐区消防设施研究

陈美因 (中国昆仑工程有限公司辽宁分公司, 辽宁 辽阳 111003)

摘要: 化工是一个国家的基础产业和支柱产业, 在国民经济中占有十分重要的地位。化工行业的发展速度和规模对社会经济的发展起着至关重要的作用。目前国内工业产生的利润有四分之一来源于化工行业。对于大型储油罐仓库而言, 灭火设备的建设尤为重要。因此, 本文对大型石油储备库储罐区消防设施配备情况进行了简要分析, 以期对大型储油罐区消防设备的设计提供指导。

关键词: 大型; 石油储备库; 储罐区; 消防设施

1 引言

储油罐是石油库的主要设备, 用来储存原油或其他石油产品的容器, 常被用在炼油厂、油田、油库以及其他工业中。大型石油储罐区储存容量大, 设备众多且功能复杂, 出入管线布置杂多, 存在较大的火灾危险性。因此, 本文对大型储油罐区的消防设施进行了考察。

2 大型石油储备库储罐区消防设施研究

2.1 石油储备库储罐区防火堤建设

防火堤的重要性在有机液体储罐领域的火灾事故中表现得最为明显。防火堤的主要作用是在发生泄漏事故时防止有机液体溢出, 防止有机液体外流以及火灾失控时进一步蔓延。《石油库设计规范》GB50074-2014 第 6.5.1 条规定, 地上储罐群周围应设置防火堤, 防火堤的有效容量应等于或大于最大单库在存储组中。原《石油库设计规范》GB50074-2002 第 6.0.9 条规定, 固定顶油罐和防火堤的有效容量应等于或大于最大单体储罐的容量。对于内浮顶油罐或浮顶油罐, 防火堤内的有效容量要等于或大于该储罐组内单个最大储罐的容量的一半。从新旧标准对比可以看出, 新标准浮顶储油系统大大提高了防火堤的有效容量, 以大连中石油油库火灾爆炸事故为例, 具有积极作用。因此防火堤的有效容量, 可以减少火灾造成的损失。

防火堤是在防火堤内将一个储罐组划分为若干区域的结构, 堤防的作用是在储罐发生少量泄漏时有效减少有机液体流入的影响。《石油库设计规范》GB50074-2014 规定, 单个储油罐容积小于 5000m^3 的, 堤防油罐数量不得超过 6 个; 单个储油罐容积不小于 5000m^3 且小于 20000m^3 的, 堤防油罐的数量不得超过 4 个; 单个储油罐容积不小于 20000m^3 且小于 50000m^3 的, 堤防油罐数量不宜超过 2 个; 如果单个储油罐的容积大于等于 50000m^3 , 堤防油罐的数

量不应超过 1 个。

2.2 石油储备库储罐区消防能力配备

大型原油罐区消防系统包括: 消防供水系统、室外消防栓和消防炮系统、水喷雾灭火系统、泡沫灭火系统、固定消防冷却水系统、移动式灭火器、安全消防设施。目前, 大型原油罐区泡沫灭火系统和水喷淋冷却采用自动控制系统。当发生较严重类型的火灾时, 储罐的固定泡沫灭火系统和水喷淋系统都会遭受严重的损坏, 难以发挥作用, 主要依靠大功率泡沫炮、水炮和遥控消防车等移动灭火力量。

2.2.1 消防水系统

小于燃烧罐直径 1 倍的相邻罐体在受辐射热一段时间后会爆炸燃烧。因此, 应及时喷水冷却小于燃烧罐直径 1.5 倍的相邻罐体, 并盖住罐体顶部的开口。重油罐壁外有一层保温层, 虽然水冷系统不能直接作用于油罐壁, 但仍需在受热面上喷水降温, 以达到降温的目的。保护重油罐的油罐壁的外层绝缘层被烧毁。

储罐区消防用水通常包括配置泡沫的灭火用水和用于冷却储罐的消防冷却水两部分, 消防冷却水分为冷却着火罐和冷却周围罐所用水。因此, 储罐区消防用水量计算公式为:

$$Q=Q_{\text{灭}}+Q_{\text{着}}+Q_{\text{邻}}$$

式中: Q —储罐区消防用水量, L/s ; $Q_{\text{灭}}$ —配置泡沫的灭火用水量, L/s ; $Q_{\text{着}}$ —着火罐消防冷却水量, L/s ; $Q_{\text{邻}}$ —邻近罐消防冷却水量, L/s 。

2.2.2 消防冷却水供给范围

在石油、化工企业的柱形、球形储罐中, 主要采用消防冷却水系统对其进行冷却隔离, 目的是通过水帘隔离的作用将火灾与周围分隔, 不让火灾继续蔓延, 以免出现不可控的局面。消防冷却水系统主要由固定消防水罐(池)、消防水泵、储罐上的

喷头装置、消防管路等组成。

储罐的消防给水系统,主要用于扑救火灾时配制泡沫和对储罐冷却保护。消防给水系统主要包括喷水设施、消火栓、供水管道、消防供水泵房和消防水池。其中设在储罐顶部或罐顶下沿的水喷淋管,是对储罐喷水降温的冷却设施。其作用是高温季节对罐体喷水,降低储存物质温度和罐内蒸汽压,以减少挥发;火灾情况下,用来冷却罐体,控制温度。

消防冷却水系统主要由固定消防水罐、消防水泵、储罐上的喷头装置、消防管路等组成,其中消防管路又可分为环管、立管、盘管等器材。消防冷却水系统不仅在火灾时可以对储罐行冷却隔离,防止火灾蔓延,而且在夏季高温天气,还可以减小储罐的呼吸损耗。通过储罐消防冷却水系统对储罐罐壁不断地进行均匀喷水冷却,喷洒的水由罐顶沿罐壁顺流而下,通过热传导的原理使冷却水吸收储罐罐壁上的热量,从而降低储罐由于吸收太阳辐射热而引起的温升,使储罐内部气体空间的温度减小,降低储存介质昼夜温差引起的变化幅度,使得储罐呼吸引起的损耗降低。

①燃烧的固定顶罐,及距离该罐 1.5D 范围内的储罐,都应该在冷却范围内。当相邻储罐超过 3 座时,可按较大 3 座进行计算;②着火的外浮顶、内浮顶储罐应该冷却,相邻储罐可不冷却,当内浮顶储罐着火时如果浮盘为易熔材料时,相邻储罐应该冷却。

消防冷却水系统出现时间比较长,它是在早期的自动喷水灭火装置的基础上逐步发展起来的。冷却系统使用特定的喷头,这种特定的喷头能够将水喷射成许多细小水柱,可以多方位进行冷却,冷却效率高。该系统不仅环保、无污染,而且兼具安全性与经济性,在未来的应用中有很好的前景。总之,在对大型石油储罐罐表冷却方面,固定式冷却水系统使得罐表冷却均匀,可以在一定程度上降低储罐表面温度。在泡沫灭火系统实际设计过程中,按照不同火灾类型选择不同喷射方式来阻止油品的燃烧,使之成为灭火系统中最主要的灭火方式;在控制火势方面,水幕系统能有效防止火灾蔓延,而消火栓在扑救火灾的过程中,操作起来更加灵活、简便。

2.3 泡沫灭火系统

泡沫灭火系统组成包括消防水源、消防泵、泡沫储存装置、泡沫混合装置、泡沫发生装置和管道

等。水和泡沫灭火剂通过混合装置按一定比例混合,空气泡沫由泡沫发生装置形成,最后运往目的地进行消防工作。

2.3.1 泡沫灭火系统的选择

对近年储罐火灾事故分析表明,储罐固定式泡沫灭火系统一旦出现比例混合器堵塞、泡沫发生器故障、泡沫灭火系统故障或泡沫供应故障等问题,这些都将无法满足灭火强度要求,就无法在初级阶段降火势控制住,此时必须依靠消防人员进行灭火。针对储罐火灾,其主要的灭火技术有:泡沫灭火技术,泡沫是储罐的主要灭火剂;干粉灭火技术,使用喷射灭火干粉枪灭火效果最好,干粉油类灭火产品单独的最小供给强度不低于 $8.3\text{kg}/\text{min} \cdot \text{m}^2$;喷水技术,喷水枪工作压力约 686kPa ;干粉和泡沫组合技术,当泡沫控制住 70% 的火势的时候同时喷涂干粉的效果最佳。

泡沫灭火系统按其灭火泡沫的泡沫比可分为低倍数、中倍数和高倍数泡沫灭火系统。其中,低倍泡沫灭火系统根据被保护储罐内的喷洒位置可分为顶液式、浸没式和半浸没式三种。

固定泡沫灭火系统是普遍采用的一种灭火设备。火灾情况下如未被破坏,应及时启动,且应优先投入使用。固定泡沫系统用于储罐灭火,能提供迅速有效的火灾防护,当火势很小时能控制火情,避免火灾升级。低倍数泡沫灭火系统,通常包括泡沫产生器,泡沫混合液输送管线和泡沫泵房。泡沫灭火供给总量主要取决于着火储罐的燃烧液面积。泡沫液的储备量,一般都可满足储罐区内一个最大储罐,连续喷射 30min 的需要。中倍数泡沫灭火系统。中倍数泡沫通常指发泡倍数在 20-200 倍的泡沫,中倍数泡沫比低信数泡沫发泡信数大,泡沫比垂小,流动速度快,灭火时间短。低膨胀泡沫灭火系统主要用于罐区的灭火和救援。对于 A、B、C 类水不溶性固定顶液罐,可选用多余、浸没、半浸三种注入系统;仅适用于外浮顶罐和内浮顶罐可选的顶部喷射系统。

2.3.2 泡沫液的选择

当甲、乙、丙液体储罐中的三类液体物质都是不溶于水时,此时低倍数泡沫液的选择,如果使用液上喷雾系统时,应选择蛋白泡沫液、氟蛋白泡沫液、成膜氟蛋白泡沫液或水成膜泡沫;当使用液下式喷涂系统应选择氟蛋白泡沫、成膜氟蛋白泡沫或水成膜泡沫。这些泡沫液中水成膜泡沫液使得灭火性能大大的提高。因此当石油储罐发生火灾时普遍

应用水成膜泡沫液方法。

2.3.3 泡沫液灭火原理

泡沫灭火系统主要是通过泡沫比例混合装置将泡沫和水按照特定比例混合成泡沫混合液，当泡沫混合液被输送到储油罐罐壁上的泡沫产生装置时，会与泡沫室内的空气充分混合形成泡沫状流体，这种泡沫状流体通过泡沫产生器出口并经泡沫反射板反射，沿储罐内壁流下，覆盖到燃烧物质的表面上。这样使燃烧物的表面部分与空气隔离开来，同时，泡沫受热后，部分液体蒸发形成水蒸气，与燃烧物质表面上的氧气混合，从而降低了氧气的浓度，使燃烧的物质缺氧窒息。泡沫层覆盖在燃物质的表面能将火灾产生的热量隔离开来，也可阻止燃烧液和附近液体的蒸发，起到了辐射热阻隔的作用，同时，泡沫液体本身对火灾也有吸热冷却的作用。

泡沫灭火系统主要由泡沫液、泡沫消防水泵或泡沫混合液泵、泡沫液泵、泡沫比例混合器（装置）、压力容器、泡沫产生装置、控制阀门及管道等组成。泡沫灭火系统按喷射方式可分为液上喷射、液下喷射、半液下喷射。液上喷射系统具有不受污染的优点，且价格低廉，原理是泡沫混合液从储罐顶部喷射进入储罐内的液面上，与液上喷射系统相比较，液下喷射系统是将泡沫从液下喷入储罐内进行保护的一种方式，特点在于形成一个泡沫层，上升至液体表面，半液下喷射系统是指通过储罐底部将泡沫注入，利用软管泡沫浮升到液体燃料表面进行灭火的方法。

水成膜混合物与空气混合形成的泡沫团具有流动性好、比重低、疏油性强等特点，使泡沫团能够迅速渗透到油层中形成泡沫顶层。表面达到一定的厚度。同时，水是泡沫层的主要成分，当泡沫层中的水被加热蒸发成水蒸气时，水蒸发产生水蒸气的过程吸热降温，也可以减少氧气空气中的内容，使得火灾会很快被扑灭。总之，泡沫灭火系统通过机械装置将泡沫液、水与空气充分混合并产生泡沫进行灭火，具有安全、经济、效率高、无毒性等特点。系统操作简便，投入使用迅速。设计时，泡沫液储量需满足消防计算的需求，泡沫液的有效期需要符合相关规定。

2.3.4 储罐区泡沫液用量的计算

《泡沫灭火系统规划规范》GB50151-2010 规划了泡沫混合物的规划用量。罐区泡沫灭火系统的规划用量应根据罐内辅助泡沫监测器的最大数量、管

道剩余容积和罐内数量之和确定。计算公式为：

$$M_1 = A_1 \cdot R_1 \cdot T_1 + n \cdot Q_f \cdot t + V$$

式中： M_1 —灭火泡沫混合物的设计用量（L）； A_1 —单个储罐的保护面积（ m^2 ）； R_1 —泡沫混合物的供给强度（ $L/min \cdot m^2$ ）； T_1 —连续泡沫混合输入进料时间（min）； N —罐内附加泡沫枪的数量； Q_f —每支辅助泡沫枪的泡沫混合液流量（ L/min ）； T —泡沫枪混合物的连续进料时间（min）； V —系统管路中剩余的泡沫混合物量（L）。

在此之下，罐体的保护区域、泡沫混合物的浓度和辅助泡沫监测器设置如下：①钢制单盘式、双盘式和敞口隔舱式内浮顶储罐的保护面积，按照壁罐与泡沫堰板之间的环形面积大小确定；其他室内浮顶储罐应存放固定顶罐，即据它们的截面积确定保护区域；②钢制单盘式、双盘式与敞口隔舱式内浮顶储罐的单个泡沫产生器保护周长不大于 24m，非水溶性液体的泡沫混合液供给强度不低于 $12.5L/(min \cdot m^2)$ ，泡沫混合液连续供给时间不低于 30min；③设置固定式泡沫灭火系统的储罐区，所设置的辅助泡沫枪的数量如表 1 所示，每支流量不低于 240L/min；④固定式泡沫灭火系统从启动到完成输送到目标对象的时间不超过 5min。

表 1 辅助泡沫枪的设置

储罐直径 (m)	配备泡沫枪数量 (支)	连续供给时间 (min)
≤ 10	1	10
> 10 且 ≤ 20	1	20
> 20 且 ≤ 30	2	20
> 30 且 ≤ 40	2	30
> 40	3	30

3 总结

我国大部分战略石油储备基地建设是陆上储罐，无论是单体容量上还是罐区库容，在陆上储罐区是世界上较大的，火灾危险性较高。由于火灾风险高，研究大型储油罐区消防设施的安装配置尤为重要。由于火灾的高风险性，完善大型油库区消防设备的配置与装备，完善战略石油储备基地火灾的防控措施及补救应对体系，对消防工作具有重要意义。同时，本研究也可大型储油罐区消防系统的设计供给一定的研究依据和参考。

参考文献：

- [1] 姜广伟. 浅谈石油储备库消防能力评估方法公式[J]. 石油化工安全环保技术, 2017(04):45-46.
- [2] 林佳. 关于石油储备库消防安全技术的研究[J]. 消防界, 2017(02):55-57.
- [3] 刘晔亚. 大型石油储罐区火灾风险预测预警技术研究[J]. 消防科学与技术, 2017(02):192-196.