

# 油库消防安全事故影响评价方法探讨与火灾扑救

黄建荣, 刘茂生

(四川省消防总队, 四川 成都 610072)

**摘要:** 通过找出油库系统中的具有风险的因素, 分析风险因素发生的概率, 对主要的风险因素进行详细分析, 指出风险类型、产生风险的原因等, 然后通过数学模型对风险进行模拟, 提出扑救油库火灾指导思想和原则。

**关键词:** 油库; 消防安全; 评价方法; 扑救

油库的消防安全管理是一个高危行业, 在接收、储存和发放石油及其产品的任何一个环节中, 稍有不慎, 就会产生意外事故。近年来, 我国各地的油库事故不断发生: 2004 年 9 月 23 日, 我国西南地区最大的石油商品库在输油过程中突然发生“闪爆”, 炸坏了一排办公室, 导致多名职工受重伤。2005 年 4 月 24 日, 山西运城半坡油库甲区 6 号大型储油罐发生特大火灾, 造成直接经济损失 325 万元。2005 年 12 月 11 日晨伦敦油库爆炸事件为我国油库安全敲响了警钟, 引起了

我国石油化工业内人士、油库行业, 以及消防人士的高度关注。

一个油库的消防安全与否, 要分析油库事故发生的概率, 对主要的风险因素进行详细分析, 指出风险类型、产生风险的原因等, 提出防范措施和应急计划。

## 1 油库事故风险的发生概率分析

据世界石油化工企业近 30 年的 100 起特大事故 (损失超过 1 000 万美元) 统计分析, 属于油库罐区事故

为16起,占16%。在国内,从建国到20世纪90年代初,油库出现损失较大的事故1563起,其中火灾爆炸事故约占30%<sup>[1]</sup>。

油库事故发生率以1亿工作小时事故死亡人数比较,远低于建筑业和矿业等。虽然如此,油库事故发生率仍然较高。油库事故发生率较高的原因,除了地震、雷击等不可抗力以及恐怖袭击外,一般还有静电放火、电气故障火花、摩擦或撞击产生的火花、游动烟火、违章动火等,储罐区的油罐阀门管线泄漏、泵设备故障、操作失误、仪表电器失灵、电线短路等,而且只有在油蒸气与空气混合达到爆炸极限范围内,才会引发爆炸,这是最恶性的油库火灾事故。根据国内外储罐事故概率分析,储罐及储存物质发生火灾爆炸等重大事故的概率为 $8.7 \times 10^{-5}$ 次/(罐·年)<sup>[1]</sup>。

## 2 油库事故主要类型及其产生原因分析

油库事故发生主要是储罐区的突发性泄漏和火灾两种类型。

### 2.1 储罐区泄漏

主要有四种情况:

(1) 阀门没关或内漏(泄漏量一般不会超过数百千克)。

(2) 入孔阀门法兰密封泄漏(泄漏量一般不会超过数千克)。

(3) 储罐输油管泄漏(泄漏量一般不会超过数吨)。

(4) 罐体破裂(泄漏量一般不会超过2000t,这是最恶性的泄漏事故)。

### 2.2 储罐区火灾

主要四种情况<sup>[2]</sup>:

(1) 油罐在不发货也不收货的情况下着火。此时罐内是正压,油蒸气浓度较大,在爆炸极限以外,着火火焰从罐的计量孔和呼吸阀喷出,蓝色不亮,无烟,火在罐口外燃烧。注意此种情况不宜开启喷淋,因为喷淋会使罐内温度急剧下降,罐内油蒸气冷凝形成负压,不但使油罐吸入大量空气,且易造成负压、回火,火焰进入罐内燃烧。如不能确定是罐内还是罐外燃烧,必须开启泡沫阀,用泡沫覆盖罐内油面,火将慢慢熄灭。

(2) 油在油罐内燃烧。由于氧气不足,燃烧不充分,罐顶孔口冒出黑色明亮火焰,黑烟较多,火势较大。在这种情况下首先组织力量把着火罐邻近受热辐射的其他油罐的喷淋阀打开加以保护;开启着火罐喷淋,冷却罐壁,同时组织水枪射向罐顶冷却,保护罐体不致过热变形裂口,同时也可减少油品蒸发,减小火势;开启

消防泡沫阀,向罐内注入泡沫灭火。

(3) 油罐顶被炸开,火势异常猛烈。在这种情况下,着火罐邻近油罐应开启喷淋,保护罐壁冷却;着火罐开启喷淋冷却,同时组织多条水枪、水炮射水冷却罐壁,保护罐体不会过热变形;开启泡沫阀,罐内注入大量泡沫灭火。

(4) 着火罐爆裂。罐体裂开,火势除在罐内燃烧外,溢出地面的油品也已着火。在这种情况下,应开启着火罐邻近油罐喷淋系统进行冷却;着火罐喷淋打开,冷却罐壁,减少油品蒸发;用泡沫枪、炮扑救地面火,控制火焰不致危及邻近油罐安全;待地面火扑灭后再扑灭罐内火。

由此可见,最恶性的是油罐炸裂之后的火灾事故。

### 2.3 油库主要突发性油罐事故产生原因分析

根据文献[3],发生事故的基本原因依次为机械故障(34.2%)、碰撞事故(26.8%)、人为因素(22.8%)和外部因素(地震、雷击等,16.2%)。随着科学技术和工艺水平的提高,在生产、运输、贮存设备的设计和制造方面的缺陷和事故隐患日益减少,而运行管理和人员素质等造成的人为操作失误已成为引起溢油事故的突出因素。

对于上述四种因素引发的事故,前两种可以通过采用精良设备、勤检勤修等措施来避免或降低风险,第三种也可以通过加强科学管理和人员培训来尽量消除隐患,而第四种情况则较难控制,只有通过正确的规划和选址来避免。

## 3 油库主要突发性风险事故的消防安全影响分析

油库安全事故类型中,影响较大的是发生在罐区的火灾事故。火灾首先通过放出辐射热影响周围环境,如果辐射热的能量足够大,可能引起其它可燃物的燃烧。因此辐射热可作为有机危险品火灾风险评价的首选指标。由于辐射热造成的损害可由辐射能量来衡量,故在此采用文献[4]推荐的方法估算燃烧速度(以重油为例计算,见表1)、辐射热和入射热(见表2),并由此定出辐射等级和损害等级(见表3)。

表1 罐区火灾(重油燃烧)总热通量的估算

污染指标	20 000 m <sup>3</sup> 罐火灾	10 000 m <sup>3</sup> 罐火灾	5 000 m <sup>3</sup> 罐火灾	1 000 m <sup>3</sup> 罐火灾
总热通量(kW/s)	103 260	58 430	33 060	13 315

从表3看出,储罐区火灾的严重影响距离约为6.5~18.1m,各油罐间的距离若小于此值,就有可能引起连锁反应,因此,必须建立严格而规范的防火堤,并配

表2 不同入射热通量造成的损失<sup>[4]</sup>

入射热通量 (kW/m <sup>2</sup> )	影响分级	对设备的损害	对人的损害
37.5	严重损害	操作设备全部损坏	1%死亡/10 s, 100%死亡/60 s
25.0	严重影响	无火焰,长时间辐射下木材有可能燃烧的下限,但对钢铁无损害	重大损伤/10 s, 100%死亡/60 s
12.5	中等影响	有火焰时,木材燃烧,塑料融化	1度烧伤/10 s, 1%死亡/60 s
4.0	轻度影响	20 s以上感觉疼痛,未必起泡	—
1.6	无影响	长期辐射无不舒服	—

表3 各类储罐火灾的伤害程度和距离(m)

入射热通量 (kW/m <sup>2</sup> )	20 000m <sup>3</sup> 罐火灾	10 000m <sup>3</sup> 罐火灾	5 000m <sup>3</sup> 罐火灾	1 000m <sup>3</sup> 罐火灾
37.5	14.8	11.1	8.4	5.3
25.0	18.1	13.6	10.3	6.5
12.5	25.6	19.3	14.5	9.2
4.0	45.3	34.1	25.7	16.3
1.6	71.7	53.9	40.6	25.7

置泡沫、自动喷淋等灭火设备和设施,以防重大火灾的发生。同时,应以火灾时“无影响”作为安全防护距离,即最近的建筑物到各类储罐的距离应分别为71.7 m、53.9 m、40.6 m和25.7 m,或者要求各罐到场界的距离按以上要求。

#### 4 扑救油库火灾指导思想和原则<sup>[5]</sup>

针对油区库内油罐火灾具有燃烧猛烈、发展迅速、热值高、流动快、爆炸威力大、可能出现喷溅沸溢等特点,火场指挥员应坚持集中兵力速战速决的指导思想,实施机动灵活、科学严密、及时高效的指挥,同时组织各方面的力量协同作战,充分发挥全体人员的整体功能,最大限度地减少火灾所造成的人员伤亡和经济损失。根据这一指导思想,指挥扑救油库火灾应遵循下列原则。

(1) 统一调度,集中指挥。油库区内油罐火灾涉及的范围大,危害大,一旦起火,不仅能引起库区多罐爆炸和面积燃烧,而且还会危及周围建筑、物资的安全。要及时有效地控制和扑灭火灾,必须调集足够的消防车辆、人员、灭火剂等灭火力量,需要多警种合作作战。在扑救火灾过程中,供水、冷却、疏散、抢修、灭火、保障等工作同时展开,公安、专职、义务三支队伍一起战斗,要搞好协同作战,做到令行禁止,更需要高度集中统一的指挥。

(2) 现场控制,机动灵活。油罐火灾发展快,变化大,爆炸喷溅、沸溢随时可能发生。火场指挥员要根据

油类火灾的燃烧特点,对火灾发展趋势进行现场控制,并采取机动灵活战术,增强火场应变能力,变被动为主动。这一指挥原则主要有:一是扑救力量的组织调集。油罐火灾应根据预案与现场需要,力争一次调足本地区的灭火力量。二是根据地形选择好停车位置,确保后到车辆的通行和特殊变化下撤离。三是指定专人观测油罐的变化,预计油罐可能会发生沸溢,即提前命令接近着火罐的人员、车辆撤离到堤外,避免不必要的损失。四是对增援力量用无线对讲机提前下达作战任务和指定停车位置,以便到达火场立即投入战斗,防止混乱和脱节。

(3) 集中兵力,速战速决。油罐自身固定灭火、冷却等消防设施一旦遭到破坏的时候,应分别情况,集中力量打歼灭战。一是火场指挥员应果断决策,筑堤、冷却控制,防止蔓延,在做好充分的准备时,集中优势兵力,发起攻击,一举歼灭,速战速决,力争一次成功。二是当发生多罐燃烧,火场力量与火势相比处于劣势时,指挥员更要沉着、冷静,集中火场的主要力量,用逐罐消灭的方法,取得经验,扩大战果。三是当油罐与流淌油同时燃烧时,要先集中力量,筑堤堵截,将流淌火围堵在一定范围内,然后集中火场上的兵力,以优势的泡沫灭火强度,先灭流淌火,后灭油罐火。

#### 参考文献:

- [1] 胡二邦. 环境风险评价实用技术和方法. 北京: 中国环境科学出版社, 2000.
- [2] 夏永明, 等. 石油储运过程环境污染控制. 北京: 中国石化出版社, 1992.
- [3] 何启泰, 等. 有毒化学品突发事件及其对策. 防化指挥工程学院, 1990.
- [4] 李民权, 等(译). 工业污染事故评价技术手册. 中国环境科学出版社, 1992.
- [5] 烈火. 油库火灾扑救之对策. 山东中原油田消防中队.

收稿日期: 2006-07-20; 修回日期: 2006-10-31

作者地址: 四川省成都市石人南路2号

电话: (028) 86303761

E-mail: hjr231@sina.com.cn