

# 事故状态下储油库水体污染的预防与控制

丁 毅 李兴春

(中国石油安全环保技术研究院)

**摘 要** 文章结合实例分析了储油库在事故状态下次生水体污染事件的风险,通过典型事故案例剖析了储油库水污染预防与控制管理的关键环节,指出国内相关标准在储油库水污染预防与控制措施要求方面存在的不足,提出储油库水污染防控体系建设的构架以及管理措施建议。

**关键词** 储油库 事故 水体污染 防控体系 建议

中图分类号: X52

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2011)06-0011-02

## 0 引 言

近年来,国内外石油公司连续发生生产作业事故引发的溢/漏油污水污染重大及恶性事件,造成了巨大经济损失、环境危害和社会影响。石油行业安全环保工作压力空前,石油企业水污染预防与控制能力面临严峻挑战。

在深刻汲取松花江水污染事件教训的基础上,中国石油天然气集团公司制定并颁布了 Q/SY 1190—2009《事故状态下水体污染的预防与控制技术要求》,所属石油化工企业按要求先后建立了水污染“三级防控”体系,水污染风险控制能力得到改善。这一做法在国内同类企业得到推广。

油品储运是石油工业链条中的重要一环,储油库同样具有高安全风险和次生水污染风险,而储油库的自身特点和诸多局限,决定了其水污染预防与控制措施难以照搬石油化工企业的水污染“三级防控”体系。因此,研究事故状态下储油库水污染预防与控制措施体系十分必要。

## 1 储油库潜在水污染风险分析

油库一般都具有储存量大,储存物料易燃、易爆,收发操作复杂等特点,其事故风险相对较大。通过对国内外油库 1050 例事故进行统计分析,着火爆炸和油品流失两类事故共计 739 例,合计占 70.4%<sup>[1]</sup>。储油库一旦发生着火爆炸和油品流失重大灾害事故,不仅造成直接的经济损失,而且会对周边环境产生较大影响。特别是重大事故引发火灾、爆炸时,污染的消防水若因处理不当随排水管网直排进入附近地表水,

将导致地表水水质恶化,影响水体生态环境。

如黄岛油库 812 特大火灾事故引发的重大水污染事件:1989 年 8 月 12 日,原油储量  $2.3 \times 10^4 \text{ m}^3$  的 5 号混凝土油罐因对地雷击产生感应火花而引爆油气起火,并由于风向突变,导致周边其他 4 个储罐也先后起火燃烧,大火持续 104 h 后被扑灭。事故造成 5 个储罐  $4 \times 10^4 \text{ m}^3$  原油被烧掉,老罐区和生产区设施全部烧毁,造成直接经济损失 3540 万元。同时,由于部分油罐建在半山坡,在防火堤遭到破坏后,没有其他拦截措施,大约 600 t 原油沿地面管沟及低洼路面顺势流入海里,在胶州湾海面形成几条十几海里长、几百米宽的污染带,造成胶州湾有史以来最严重的海洋污染。

据不完全统计,国内近半数储油库位于江河湖海沿岸、水源地上游及自然保护区周边等环境敏感区域,并且有相当一部分油库排水直接进入地表水体。事故状态下,这些油库存在较高的水污染风险。

## 2 典型事故水污染防控启示

### 2.1 英国邦斯菲尔德油库爆炸事故概况

2005 年 12 月 11 日,储存汽油的邦斯菲尔德燃料油库因机械故障导致汽油外溢遇明火发生爆炸,引发火灾。库区共 20 个汽油罐爆炸燃烧,油库上空火焰近 61 m 高,燃烧黑烟扩散至几百公里外的法国上空,大火给英国带来高达 2.5 亿英镑的巨大损失。

此次事故救援中,一共使用水  $1.5 \times 10^6 \text{ L}$ 、浓缩泡沫灭火剂  $2.5 \times 10^6 \text{ L}$ 。一旦这些消防水及泄漏的汽油排放到环境中,将会对地表水、地下水造成严重

污染,甚至会中断伦敦饮用水供应。因此,应急指挥部紧急建立了一个安全区,收集灭火后的水,保证所有被污染的水储藏在安全区内,待大火扑灭后再进行处理。由于现场应急战略及采取措施得当,油库周边的地下水及河流未受到很大影响。

## 2.2 事故原因

由于储油罐控制系统故障,持续的输油作业使汽油从罐顶溢出形成多处瀑布,并通过空气,迅速形成2 m深的油气混合物,向四周大范围蔓延。泄漏的油料形成大面积池火,在高温和液体压力的双重作用下,防火堤围墙发生倒塌和断裂。随着防护墙的缺失,汽油和消防水在现场四处流淌,并流出库区。

## 2.3 事故反思

综合各方调查分析结论,以下几方面对有效控制次生泄漏污染事故至关重要:

◆ 应急计划 邦斯菲尔德现场应急计划中关于“最坏场景”的设计不充分,没有预见到事故的规模。因此,在评估可能发生的事故场景时需要认真考虑,以确保应急计划完全有效<sup>[2]</sup>。

◆ 防火堤的防护能力 防火堤应有足够的有效容积,除了能容纳泄漏的油料外,还应容纳灭火过程的消防泡沫和冷却水;加强防火堤的密闭性,保证高温烘烤下防火堤墙的强度,以及墙面与墙面连接、墙面与地面连接、管道穿越墙面连接的密封完好<sup>[3]</sup>。

◆ 物料及消防水导流系统 库区应设置完善的导流系统,事故状态下,使泄漏油料及消防水能够安全可控地引流至罐区远处的储存设施,防止次生水污染事件。

## 3 储油库水污染防控存在问题

### 3.1 现有储油库设计规范对特大事故、极端情况考虑不足

◆ 防火堤 GB 50074—2002《石油库设计规范》规定,罐组防火堤高出消防道路的高度不应超过2.2 m;GB 50351—2005《储油罐区防火堤设计规范》规定,防火堤有效容积拱顶罐不应小于罐组内一个最大储罐的容积或浮顶罐不应小于罐组内一个最大储罐容积的50%,且未考虑降雨量、冷却水量、消防泡沫量。国内外几起典型事故经验表明,一旦发生油罐全泄漏、火灾、爆炸等特大事故、极端情况,漏油无法被完全控制在罐组防火堤内。

◆ 库区漏油导流措施 GB 50074—2002《石油库设计规范》设定的主要防范对象是油罐,没有考虑输油

管道泄漏以及防火堤失效等情况下的漏油导流及收集措施。一旦发生类似英国邦斯菲尔德油库、大连新港油库这样的事故,漏油及消防水便很难控制。

### 3.2 现有水污染防控技术标准对储油库考虑不足

Q/SY 1190—2009《事故状态下水体污染的预防与控制技术要求》针对石油化工企业制定,指导思想是通过建立安全、及时、有效的污染综合预防与控制体系,确保事故状态下的污水全部处于受控状态;同时,基于“源头封堵、过程控制、末端保障”的原则,提出建设“三级防控”体系的具体要求。其总体设计思路对储油库水污染防控具有普遍的指导意义,但由于诸多实际情况的不同,造成该标准对储油库建设水污染防控体系缺乏可操作性:

◆ 事故应急缓冲设施 现役储油库特别是成品油储存库占地小、布局紧凑,库内无法设立足够容量的事故缓冲设施;如在库外设立,则面临征地或无地可占等实际难题。

◆ 防控体系建设标准 储油库数量众多、分布广泛、建设年代不同、环境敏感程度不一,以完全相同的标准提出水污染防控体系建设要求,所需投资巨大,既不符合科学管理风险的原则,也不经济,缺乏可行性。

### 3.3 现役储油库水污染防控能力不足

由于缺乏规范指导,部分储油库存在防火堤有效量不足、排水系统不完善、事故污水缓冲能力不够、总体防控体系不健全等问题,导致储油库在事故状态下的水污染预防与控制能力较为薄弱。

## 4 储油库水污染防控体系框架设想

储油库水污染防控应区分所处区域环境敏感程度,实施分类管理。防控体系设计应遵循“一拦截二疏导三储存”的原则,即加强防火堤防护、容纳能力,使物料及消防水得到有效拦截;拦截能力不足或拦截失效时,物料及消防水能够安全导流;导流的物料及消防水收集在具有足够容量的储存设施中,确保不出库区。

### 4.1 环境敏感油库

涉及江河湖海沿岸、自然保护区、水源地上游等环境敏感区域的油库,宜设立四级防控体系,重点在于建设容量充足的事故污水储存设施:

一级防控为防火堤及其配套设施;

二级防控为库区内事故污水导流与收集设施;

三级防控为事故污水储存设施;

(下转第24页)

下对负压闪蒸除硫化氢工艺的效果进行对比分析。通过现场试验得出,真空度为 $-0.015\text{ MPa}$ ,操作温度 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为该装置处理车89井区原油的最佳处理参数,处理后油气中的硫化氢含量在 $3\text{ mg/m}^3$ 以内。同时,现场试验中发现,该工艺的除硫化氢效果对温度的敏感性较强,在该工艺的运行过程中应充分考虑温度对除硫效果的影响。

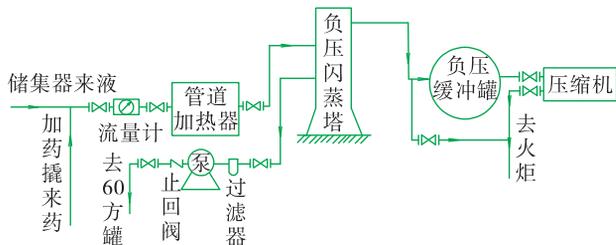


图2 负压闪蒸除硫化氢工艺流程

## 5 结论

◆ 车89井区 $\text{H}_2\text{S}$ 的形成是一个综合而复杂的过程,该井区硫化氢由无机物与有机物转化而成,既有岩石矿物在高温、高压、水等作用下生成的,又有原油中硫化物在高温、高压等条件下形成的。

◆ 室内研究与现场试验相结合,研制出了适合车89井区的化学除硫剂,现场试验表明,加药浓度为 $1 \times 10^4\text{ mg/L}$ 左右时,HCS-4除硫剂的除硫率可达到

100%,药剂作用80 s后可有效解决车89井区原油中硫化氢超过安全阈值( $15\text{ mg/m}^3$ )的问题。

◆ 井口化学除硫加药工艺能有效解决车89井区高含硫单井除硫问题,并确定了一整套安全可行的生产模式。采用负压闪蒸除硫工艺和催化曝气除硫工艺处理后,可满足油气中硫化氢含量在安全阈值( $15\text{ mg/m}^3$ )以内的要求,并且对物理法和物理化学法除硫工艺设计和参数控制有一定的掌握,为下一步车89井区全面开发及类似油田地面工程建设提供依据和技术参数。

◆ 车95井催化曝气脱硫试验结果表明:在双氧水加药浓度为 $6000\text{ mg/L}$ 、氢氧化钠加药浓度为 $3000\text{ mg/L}$ 、循环气量为 $50\text{ m}^3/\text{h}$ 时能够保证处理后原油中硫化氢含量达到安全阈值以内。

## 参考文献

- [1] 赵福麟. 油田化学[M]. 东营:石油大学出版社,2003.
- [2] 李俊荣. 含硫油气田硫化氢防护系列标准[M]. 北京:石油工业出版社,2006.
- [3] 陆柱. 油田水处理技术[M]. 北京:石油工业出版社,1992.
- [4] 羊东明,孟凡彬,王峰. 塔河油田原油稳定的负压闪蒸工艺[J]. 油气田地面工程,2000,19(2):23-25.

(收稿日期 2010-07-02)

(编辑 王薇)

(上接第12页)

四级防控为库区外排水通道上的拦截设施,或特殊油库可考虑以库区围墙作为拦截屏障。

### 4.2 一般敏感油库

位于平原地区且远离江河湖海、自然保护区、水源地上游等环境敏感区域的油库,可设立三级防控体系,重点在于提高防火堤的防护能力及有效容量:

一级防控为防火堤及其配套设施;

二级防控为库区内事故污水导流与收集设施;

三级防控为适当容量的缓冲设施,或库区外排水通道上的拦截设施以及围墙。

## 5 结论

◆ 新建储油库应尽可能远离江河湖海、水源地等环境敏感区域,尽可能避开坡地等不利地形地貌,减少潜在的水污染环境风险。

◆ 推进GB 50074-2002《石油库设计规范》等相关国家/行业标准的修订工作应考虑极端事故情况,完

善漏油防控体系建设要求。

◆ 对现役储油库开展水污染风险专项评估,根据风险程度,按环境敏感和一般敏感实施分类管理。

◆ 根据Q/SY 1190-2009《事故状态下水体污染的预防与控制技术要求》指导思想和设计原则,进一步制定“储油库水体污染的预防与控制技术要求”标准,规范储油库水污染防控体系建设。

## 参考文献

- [1] 范继义. 油库1050例安全事故数据的统计分析[J]. 石油库与加油站,2003,12(6):19-21.
- [2] Jennifer Coleman,英国国家化学品应急中心. 英国紧急事件应对体系:邦斯菲尔德油库爆炸事件及教训[R]. 2006.
- [3] 苏国胜,李文波,郎需庆,等. 邦斯菲尔德油库事故的启示[J]. 安全、健康和环境,2006,6(12):13-15.

(收稿日期 2011-09-01)

(编辑 袁立凡)