

液态烃球罐区风险管控和隐患治理

邹 辉 (中国石油化工股份有限公司广州分公司, 广东 广州 510725)

摘要: 本文对液态烃球罐区存在的典型安全隐患、风险进行分析, 提出了通过工程措施、管理措施的实施, 治理球罐区安全隐患, 打造本安型罐区的方案。

关键词: 泄漏; 连锁; 喷淋; 隐患; 风险

化工企业 C_4 及以下液态烃组分一般用球罐存储, C_3 、 C_4 一般用常温压力球罐, C_2 一般用低温球罐, 存储状态均为液态存储, 一座千万吨级炼化企业, 一般设有 40-50 台液态烃球罐。液态烃球罐一旦发生泄漏, 泄漏的液态烃会迅速气化, 体积膨胀约 1000 倍, 随风扩散, 难以控制。液态烃爆炸极限约 1.5-12%, 遇明火极易发生爆炸, 液态烃罐区的上述特点, 决定了其安全管理要求严、管理标准要求高。

1 球罐区现状分析

建国以来国家经济建设对能源、化工产品的需求强劲, 石油炼制、化工、化肥、化纤等行业得到了良好的发展机遇, 特别是化工行业的发展, 对低碳组分需求显著增加, 需要建设大量球罐来满足其存储需求。由于早年设计标准低、装备制造水平不高等原因, 球罐区存在较多安全隐患。球罐因泄漏、操作不当、设备失效、违章施工、仪表系统故障、腐蚀性介质、运行管理不到位、检维修不到位、施工管理不到位等原因引发重特大火灾爆炸事故时有发生。液态烃火灾具有火焰温度高、热辐射强度大、火灾持续时间长、迅速成为舆情热点等特点, 事故会造成重大人员伤亡、重大财产损失, 造成恶劣的社会影响。如 1997 年 6 月 27 日北京某化工厂“6·27”乙烯球罐开错阀门造成泄漏, 引起着火爆炸事故, 火势蔓延造成乙烯球罐爆炸 9 人死亡, 39 人受伤, 经济损失 1.17 亿。1988 年 10 月 22 日上海某石化“10·22”液化气球罐火灾事故, 边进料边脱水, 致使液化气与水同时排出, 火灾中过火面积 625m^2 , 26 人死亡, 15 人被烧伤。2015 年 7 月 16 日山东某石化有限公司“7·16”液化气球罐违反“人工切水操作不得离人”, 液态烃泄漏着火爆炸事故, 造成事故 2 名消防员轻伤, 事故教训极其惨痛。

2 球罐区存在风险和隐患分析

2.1 球罐本体存在失效的隐患

液态烃罐事故绝大部分可以归因为各种原因的泄

漏引发的火灾、爆炸事故, 泄漏的有效管控是球罐区安全管理的基础, 泄漏是各类型隐患未及时发现或处置不及时、处置不当而发生。如球罐超期未检, 导致隐患没有及时发现而失效发生泄漏, 可能的隐患包括内部原始裂纹在使用过程中扩展, 或因热处理不到位, 在使用过程中产生裂纹, 或因存储介质中硫化氢含量超标, 导致产生硫化氢作用下的热影响区产生裂纹。与球罐本体连接的各类附件的接管、焊缝的失效产生泄漏等。

2.2 球罐附属管线存在失效的风险

球罐连接的管线, 因保温层损坏进水导致的腐蚀泄漏、管线超压泄漏、阀门盘根泄漏、法兰泄漏等; 存储介质物性等。

2.3 安全仪表系统失效的风险

安全生产设施配置和仪表系统设置, 不满足最新设计规范的要求, 仪表故障导致的超装、超压引发的设备破裂, 导致的泄漏。

2.4 人的不安全行为引发事故的风险

存在流程改动、脱水作业等工艺误操作、违章作业导致泄漏风险; 外来人员或承包商人员违章施工, 引发事故。

3 对策和措施

3.1 控制硫化氢应力腐蚀

各企业和政府监管部门对球罐的全面检测工作非常重视, 按期检验率高, 管理比较规范, 检验手段也比较丰富, 因超期未检失修、或检验质量不高引起的事故, 近年报道不多。但由于国内原油资源紧张, 大量进口国外高硫原油, 在加工过程中因生产波动等各方面原因, 会发生进入球罐中的液态烃中硫化氢浓度较高的情况。硫化氢含量高会造成球罐焊缝应力开裂腐蚀, 导致罐体泄漏。从我司历年球罐全面检测的情况看, 球罐在上一个检验周期中, 存储的液态烃硫化氢含量越高、存储时间越长, 焊缝热影响区的裂纹数量就越多, 裂纹长度、裂纹深度扩展明显。从 2006

年开始, 我司制定了液态烃球罐存储介质的指标(液相硫化氢 $< 10\text{mg}/\text{m}^3$, 气相硫化氢含量 $< 20\text{mg}/\text{m}^3$), 要求各装置严格控制出装置液态烃无味的硫化氢含量 $< 5\text{mg}/\text{m}^3$, 避免硫化氢超标的液态烃进球罐储存; 规定球罐满罐后需进行质量分析, 监测硫化氢含量, 若发现罐内液相硫化氢超标, 应立即联系生产调度, 第一时间安排超标介质进行回炼处理, 处理结果须达到罐内硫化氢含量达标; 每月检测球罐顶部气相空间的硫化氢含量, 含量超过 20ppm 时, 进行放空置换; 根据经验, 如果进料液相硫化氢含量不合格, 气相的硫化氢含量要远高于液相。

3.2 强化球罐本质安全管理, 降低失效概率

90年代之前设计的球罐, 一般在球罐下部开孔, 设置了进口管线接口、出口管线接口、液位计管线接口、脱水管接口等, 近年设计的球罐, 一般合并进口、出口、液位计接口, 实行三口归一, 减少可能的泄漏点。压力容器检验过程中, 一般与球罐本体连接的第一道焊缝, 应安排100%探伤检测, 但球罐本体第一道焊缝到连接管线第一个阀门之间的焊缝, 一般只按25%的比列进行抽检, 该区域的管线、阀门、焊缝等一旦出现泄漏, 后果跟罐本体泄漏的风险等级基本相当。为降低风险, 在实际检验中, 应对第一道阀门与罐本体之间的所有焊缝, 进行100%全面检测, 对该范围的管线, 进行100%涡流检测; 第一道阀门应100%维修维护, 进行强度试验和气态气密试验。

3.3 降低动设备、静设备密封点泄漏风险

3.3.1 减少静密封点

以 1000m^3 液态烃储罐为例, 采用磁翻板液位计代替玻璃液位计, 每台球罐由原来的10支玻璃液位计减为3支磁翻板液位计, 阀门从20个减少到6个, 减少14台, 每台罐的密封点减少静密封垫56个, 泄漏概率降低70%。DN50以下阀门采用波纹管减少阀门静密封点数, 波纹管独特的结构, 减少了泄漏高发的盘根处漏点, 一个阀门的密封点从4个减少到3个, 密封点比普通闸阀少1个密封点, 泄漏概率减少超过25%。每月班组采用肥皂水对静密封点试漏, 每半年进行LDAR检测的方法对动、静密封点试漏检测, 检测阀门、法兰、轴封、低点甩头等泄漏情况, 及时发现及处理漏点。每季度排查罐区内管道保冷完好情况, 强化保冷管理, 避免管线保冷进水后水积留, 造成管道外腐蚀; 特别是管托、穿越防火堤、法兰等部位容易发生腐蚀。

3.3.2 减少动密封点泄漏

传统的液态烃泵轴封是泄漏的高风险部位, 容易产生泄漏。泄漏产生的原因可能是轴封质量差、泵抽空或振动大等原因引起的轴封失效。目前采取的措施主要有: 安装泵群监测系统, 全时程监控泵的运行状态, 可实现手机自动推送泵的异常信息, 操作人员和管理人员收到短信后, 及时到现场核实并处置。液态烃泵安装了双端面轴封、轴封泄漏监测系统, 及时发现轴封泄漏; 泵房安装了可燃气体泄漏报警器, 实时检测可燃气体含量; 发生报警后, 可自动手机推送报警信息, 操作人员和管理人员收到短信后, 及时到现场核实并处置。

3.3.3 完善球罐区注水系统

发生泄漏时, 及时向罐内注水, 减少液态烃泄漏, 注水流程的设置方式, 目前存在较大的争议, 主要有三种方案; 方案一是采用在注水阀前加8字盲板的方案(采用不锈钢螺栓), 演练时, 操作人员一般4min可以完成8字盲板调装, 向罐内注水; 第二种方案是采用软管连接, 平时软管处于脱开状态, 但根据有关规定, 在液态烃侧阀门处也应加装盲板, 在应急处置时要拆盲板和接管, 时间上没有优势; 第三种方案是设置三阀组, 但根据有关规定, 三阀组也应加堵头, 且还存在液态烃内漏到水系统上的风险, 在本质安全上, 也没有优势。故笔者认为第一种方案最优。

3.3.4 避免操作不当引发泄漏

液态烃脱水作业, 容易产生操作不当的泄漏, 增加液态烃罐增设二次脱水设施, 实现脱水过程中无液态烃逸出。管线压力受气温变化影响较大, 消压不及时会造成管线憋压、泄漏。设置管线专用泄压安全阀, 达到设定压力后起跳泄压至低压瓦斯系统, 避免管线憋压、附件超压泄漏。球罐设置了带远传的压力报警, 当发现压力升高时, 及时处理; 做好温度监控, 因升温原因导致的压力升高, 及时进行冷却喷淋降温, 或自动泄压至低压瓦斯系统。

3.4 提升仪表配置等级和管理效能

①球罐区一般属于一级重大危险源罐区, 需配备独立的SIL2的SIS系统, 液化烃球罐应设高液位报警和高高液位联锁切断进料措施。高高液位信号组成“三取二”联锁切断进料, 高高液位联锁的检测元件应独立设置、应能在线校验; ②进出口管线上安装紧急切断阀, 原来没有提出防火的要求, 阀体、执行机构达到满足防火等级要求。目前执行机构一般达不到

防火等级的要求,可行方案是执行机构安装防火罩;③设计规范对进入球罐区的紧急切断阀的控制电缆、液位监测仪表的电缆、报警连锁系统电缆的铺设方式,没有提出具体要求,电缆选型一般要求选用阻燃电缆。但在国内外的球罐火灾事故中,电缆常常在很短的时间内就被烧坏,无法显示液位,无法远程启闭切断阀,教训惨痛。在实践中,采用耐火电缆(理论上可耐1000度高温),进入罐区埋地铺设,出地面后涂刷薄型耐火涂料进行防火处理,避免火灾事故时烧断电缆,仪表及连锁系统失灵;④每月核对每台罐的液位、压力、温度的一次表和二次仪表的读数是否一致,确保准确好用;每月进行连锁、报警设定参数核对,每季度对联锁系统进行强检;球罐全面检测时,仪表系统(包括控制阀门)同步检修;⑤每季度对可燃、有毒气体报警仪进行标定。

3.5 严控人为操作失误引发事故

①所有操作人员取得压力管道操作证,提高巡检质量,确保罐体、管线压力记录与现场一致,及时发现和处置收、付料的流程错误;在用管线压力偏高,应及时和相关装置联系,核查流程,必要时进行生产调整,确保管线压力正常;②制定流程改动操作票,将流程改动操作步骤和检查监督措施制度化。确保不出现误操作;现场采样、脱水、流程改动、施工作业,利用视频监控系统,及时发现、纠正违章操作;③强化人员进出罐区管理,实现罐区封闭管理,围蔽区域只留下一个大门进出;门口安装有红外线报警仪,做好进出人员的管控;④所有作业需提前预约,加强施工人员安全管理,避免因施工原因导致事故发生,造成罐区安全事故,或人身伤害事故。

3.6 完善消防喷淋设施

液态烃罐区的火灾事故,一般火势猛烈,现场消防供水缺口大,管网系统的供水能力往往难以满足现场应急灭火作战需求。2022年某石化企业的6.8火灾事故,事故持续了接近90h,连续稳定的消防水供水能力是没有发生次生事故的关键。事故状态下如何优化、有效使用有限的水源,把好钢用在刀刃上,发挥其最大的效能。把球罐的消防喷淋系统改造为采用上下半球独立供水,主要目的是事故罐可以全开喷淋,邻近罐只需要开上部喷淋,非邻近罐视情况适度开喷淋,消防喷淋应具备远程操作功能;消防喷淋具备球罐紧急切断阀动作时,设置自动开启消防喷淋的功能。

事故罐和邻近罐的安全阀,能否正常工作,是防止发生罐体超压破裂重要保障,其冷却喷淋强度应充分保障安全阀完好。否则,在火焰的作用下,液态烃受热后,压力迅速上升,无处泄放而产生次生事故。

国内外均有报道,液态烃罐区火灾爆炸事故,容易摧毁架空铺设的消防水管,球罐区的消防冷却水管应埋地铺设。

3.7 改善瓦斯放空流程

液态烃球罐区一般若干个同类介质的罐组集中布置,其进出料线、气相平衡线、瓦斯放空线,一般互相联通。球罐一般安装有双安全阀,安全阀前后均安装有阀门,瓦斯放空线到火炬系统,一般没有阀门;一旦突发事故造成某个罐安全阀后管线断裂,则没有手段隔离出来,进行处置。

液态烃罐区火灾爆炸事故,容易摧毁架空铺设的瓦斯放空管线,瓦斯放空线避免高处铺设,避免事故状态下,损坏瓦斯放空线,造成应急处置困难;可整改为同类每个罐的瓦斯放空线在地面设置切断阀门,避免事故状态下瓦斯线损坏后,无法及时进行工艺介质隔绝。

3.8 提升综合应急管理水平

①罐区安装可燃报警器,监测泄漏,实时检测可燃气体含量,发生报警后,可自动手机推送报警信息,操作人员和管理人员收到短信后,及时到现场核实并处置;②罐区安装工业电视,监控现场异常,工业电视具备火灾报警联动监控功能;在厂界围墙增设可燃气体报警设施,一旦发现泄漏的可燃气体越过围墙,马上进行报警;③每半年进行防雷防静电接地检测,修复不合格接地,增强电气设备抗雷击风险,降低静电危害;④完善事故应急预案,设置典型事故场景、巨灾事故场景,组织经常性的生产操作人员与消防队伍的联合演练,提升应急管理处置能力。

综上所述,液态烃球罐区经过以上整改后,本质安全有了很大提升。本文提出的整改措施,具有普遍的适用性,具有推广使用的价值。

参考文献:

- [1] 才玉松,齐丽艳,刘永彪.液态烃储罐引发火灾的危险因素分析及对策[J].石油化工安全环保技术,2010,26(4):3.
- [2] 于龙年,车玉君,康健,等.液态烃球罐区常见事故与处理[J].辽宁化工,2013(6):3.