

化工企业预防和控制储罐超压失效事故技术分析

郭业朋（中海壳牌石油化工有限公司，广东 惠州 516086）

摘要：随着我国现代化建设水平提高，现代化工产业的产业分布有着集群化和技术密集化的特点。其中危险化学品的储罐数量不断增加，受储罐物料、环境及人为操作的影响，储罐会发生变形、裂缝以及腐蚀情况，严重影响了生产环境的安全性及可靠性。本文就储罐超压事故的预防和控制技术进行分析，旨在为相关化工企业提供有价值的参考。

关键词：化工企业；储罐超压事故；预防控制技术

0 引言

现代化工企业在生产中会应用到大量危险化学品，储罐作为重要的危险介质储存装置，不仅影响着现场生产活动的顺利开展，还直接关系到相关工作人员的人身安全，更决定了企业的未来发展。为了避免储罐超压失效，必须采取有效的预防和控制措施，不断提高技术应用水平。

1 化工企业储罐的类型

在化工企业的生产中使用的化学原料种类繁多，还包含各种半成品和成品，大部分都是易燃易爆且有毒害、腐蚀性强的危险化学品。随着我国化工产业的自动化和连续化转型，危险化学品的储存运输已经成为避免安全事故的最重要环节，当前在化工企业储罐区通常都会有柴油罐区、液化气罐区、乙烯料及芳烃罐区、航煤罐区以及汽油调和罐区。化工企业在储存液体或气体的过程中会用到钢制密封容器，也即是钢制储罐，作为石油化工行业不可缺少的基础性设施，按其位置可分为地上、地下、半地下、海上以及海底储罐，按化工油品类型可分为原油、燃油储罐等，以形式划分可分为立式和卧式储罐，从结构角度可以分为固定顶、拱顶、浮顶和球形储罐。当前储罐超压失效的主要事故类型可分为泄露事故、火灾事故、爆炸事故、中毒与职业危害事故。

2 储罐超压失效事故分析

2.1 固定储罐泄露事故

固定储罐泄露会导致火灾爆炸，不仅严重危害工作人员的生命健康，还会造成不可挽回的巨大损失，污染环境。当储罐在未经检测的状态下，过量充装、操作行为不当、防护措施不完善都会造成超压问题，导致罐内油品泄露造成燃烧、爆炸。固定罐泄漏的诱因大多数为储罐破损、储罐出口阀门密封性差、管线破损、法兰连接不密实以及各接头和压力表的安装不严密。为了有效地防止固定储罐超压失效事故，应做好不定期的检查，特别是针对储罐校验的液位计等安全附件，以此防止油品发生泄漏事故，避免出现火灾爆炸问题的发生。

2.2 储罐破裂事故

储罐自身罐壁和罐底的金属板材或焊缝受多种因素的影响出现撕裂，导致丧失存储物料能力的破坏事故被

称为储罐破裂事故。导致储罐罐壁撕裂的主要原因，一方面，是受罐壁钢材本身的质量影响，存在质量缺陷，另一方面，是焊缝缺陷，焊缝的质量水平不高，存在夹渣裂纹或未焊透。另外，在投入生产使用后，如果运转周期不长，且有反复进出料的情况，也会因疲劳而破坏罐层，造成焊缝处撕裂等情况。除了罐壁破裂，罐底的撕裂问题也要重点注意，现阶段，罐底撕裂的原因大多是因为储罐的基础质量水平差，造成的沉降不均匀。例如，在我国西北地区某化工油库，由于在使用过程中收发油较频繁，液位升降受到影响，使焊缝的微裂纹发生高应力且低循环的疲劳扩展，使裂纹到达了临界值，导致储罐罐底发生破裂事故^[1]。

2.3 储罐腐蚀事故

金属储罐的罐体受空气中的 CO_2 、 H_2S 、 Cl_2 以及水蒸气的影响，其罐体会发生外型变化，产生分布不均、凹凸不平的蚀坑、蚀孔或大面积的氧化蚀层，导致储罐整体的强度水平严重降低，严密性受到影响，造成使用价值的丧失，这一类储罐超压事故被称为腐蚀事故。一般情况下，温度和湿度高的地区或化工废弃较多地区，容易出现该类储罐事故，例如：我国东南沿海地区。

3 储罐超压失效事故预防控制技术

根据化工重大危险源的辨识结果分析，现将储罐区分为不同危险源，考虑到不同危险物质储罐超压失效事故情况进行以下分点论述。

3.1 火灾预防控制技术

储罐中的易燃液体是造成化工企业火灾事故的主要原因，这些易燃液体在泄露后会扩散到地面，当流淌到人工边界或低洼处时，就会形成易燃液池。当泄露的液体属于低挥发性时，整体液池的蒸发量不高，不容易形成气团，但受液体表面的风化对流影响，也会以较慢的频率蒸发，当遇到火苗火星或达到着火点时，就会发生储罐的池火灾事故。火灾事故会进一步引起储罐的爆炸，严重威胁企业的工作人员的生命和财产安全，必须要采取有效的防治控制技术，才能将这一事故扼杀在摇篮里。

为了加强储罐的防火防爆管理，应采取如下措施：

首先，要控制可燃物，通过定期的检测和维护全面

提高相关设备和各类容器的密闭性,同时,要避免频繁进出,保证相关储罐操作的规范性。考虑到储存条件场所对储罐超压失效事故的影响,针对会散发可燃气体和蒸气的储区,要保证良好的通风条件,以自然通风为主,同时,辅助机械通风措施,以此防止形成具有爆炸隐患的混合物。要结合可能侧漏可燃气体或蒸气的危险区域,根据泄漏点的分布,可设置全方位的可燃气体警报装置,相应地还要确保机械排风和高压水枪装置设施的齐全,以此来保证在发生泄露时,及时驱散可燃气体或蒸气。为了避免储罐出现裂缝,提高罐顶、罐体和罐底的气密性,还要装设相应的保护装置,例如玻璃管液位计,以此来避免易燃液体漏出^[2]。

其次,要控制储罐区域的助燃物。为了避免超压失效造成的火灾事故,在使用输送易燃易爆物料的管道和设备室,应尽量避免法兰连接,而是采用焊接的方式,如果已经采用的法兰连接,就必须做好密封垫圈的处理,确保其能够符合工艺的温度、压力以及介质要求,提高垫圈的紧密和严实度。考虑会输送一些具有燃爆危险的气体或液体,针对超压管道,还应采用专门的流体输送用钢管,在使用加压和减压设备之前要做好全面检查,同时定期开展检修工作,加强气密性检验和耐压强度试验,确保全面掌握储罐的气密状况,减少与助燃物的反应。

再者,应消除和控制起火源头。引起储罐超压失效的火灾爆炸事故源头主要是储区环境的高温、现场明火、以及储罐罐体的摩擦撞击。另外,绝热压缩、电火花、静电火花等也会引起形成着火点,在采用不同消除和控制起火源技术的过程中,应充分结合储罐现场的实际情况,针对现场起火点选择严格有效的控制措施。相应地,还要重视安全装置的配置检修与更新,保证在起火初期就将其扑灭,同时严格控制易燃易爆物料的储存避免接触常压储罐。

最后,针对已经发生的火灾事故,还要做好防止事故蔓延扩大的措施。储罐、建筑物与防火堤之间必须要设置充分的防火间距,且在防火间距内,要避免设置其他设施,降低抛射风险。化工生产厂房的耐火等级、泄压设备以及防爆设施都要符合化工防火规范和设计相关要求。在储罐易燃易爆区域的排水沟和主管道连接处也应设置水封井,并针对物料和热力管道等地面沟管设置阻燃分隔,以防止火灾的扩大。

3.2 中毒事故预防控制技术

在储罐区常见的有毒介质很多,针对不同危险介质不同预防措施。就以氮气的预防控制技术来说,应在现场设置氧气监控测试仪,且取样含氧量要维持在20%以上;针对一氧化碳中毒的预防,要从加强相关工作人员的个人防护入手,当进入到浓度一氧化碳环境生产作业时,必须装备好特制的防毒面具,同时还要有专人在远程监控。相应地,还要保证对储罐现场液化气的科学使

用,避免产生一氧化碳。针对具有爆炸性和剧毒性的硫化氢,在罐区要设置自动化监控和报警装置,同时,工作人员在进入罐区开展作业时,要携带硫化氢报警器,以便及时发现硫化氢的泄露问题,严禁通过鼻子嗅检测硫化氢气体。除了气体有毒介质,还要做好液体介质的预防措施,在储罐区域要设置安全设置和地置消火栓。

为了有效避免工作人员中毒事故的发生,避免造成难以挽回的局面,在有毒的作业环境中,必须配备各个事故的应急箱,确保防毒服、防腐面具、手套、防护镜等个体防护用品的充足和有效。在有化学灼烧危险的环境中,还要设置相应地洗眼器、冲洗器的卫生医用防护设备。

此外,还要从工作人员的安全教育入手,做好针对性的防毒教育,定期开展防毒知识与操作考核,同时还要保证完善医疗体检机制和监护作业,做好中毒抢救训练,提高安全管理水平。相应地,还要定期开展储罐环境危险因素检测,在储罐区域及生产场所配备安全周知和警示牌^[3]。

3.3 电磁超声检测技术

在石油化工企业的储罐区,储罐常常大量集中,当发生超压失效故障时会产生极大的破坏力,因此必须防患于未然,从罐体的检查入手,及时发现压力或温度异常的情况,消除安全隐患。为了保证检测工作的精确性和效率水平,应改进传统的检测技术,采用安全性和精确度更高的电磁超声检测技术。长时间的储存具有危害性的物质必然会腐蚀储罐罐体,必须要加强对重点部位的检测才能使其更好地承受高压和高温条件,高压螺栓是储罐中最重要的部位,在传统的储罐检测中需要对储罐的各个部分进行拆分、清洁后才能进行检查。然而高压螺栓的拆卸和清洗难度比较大,采用电磁超声波技术可以更方便有效,通过发射超声波和接受超声波,可以根据超声波的变化情况过来确定储罐的压力情况,同时及时罐底、罐顶和罐体的腐蚀处及被腐蚀程度。化工储罐的制造方式主要是焊接,电磁波超声检测技术在压力容器中的运用可以对焊缝进行较高频率的探伤,频率范围为2.5-5.0MH,不会对储罐造成意外损伤。

3.4 储罐结构优化技术

在超压失效故障的预控中可以通过对储罐的结构优化,防止石油化学储罐出现超压和超温运行的情况,避免出现储罐冒罐事故。例如可以将储罐的浮筒式内浮盘结构改进为全接液蜂巢式内浮顶,减少储罐介质的挥发损耗,或通过增加浮盘结构,防止油气空间浓度增加,避免储罐液位过高,导致储罐超压失效引起意外爆炸事故的发生。另外,通过应用储罐结构优化技术,还能实现合理控制储罐的收付油量,防止出现油流速度过快的问题,保证对油罐的安全运行管理,从储罐结构上提高运输操作的安全性。在进行储罐收发油的操作时,相关工作人员还要认真核查储罐的进油条件,再开启进口阀

门,在储罐结构的助力下合理龙之仅有速度,避免改变内部空间的压力水平,保证储存质量。在进行发油操作时还要合理控制泵输的排量和压力,避免出现罐体吸瘪的情况,防止形成负压状态造成真空报废^[4]。

3.5 压力紧急平衡技术

当化工储罐出现超压、负压、泄压等异常现象时,储罐内的压力不会及时恢复到正常阈值,在这样的状态下不仅会破坏储罐的内部结构,还会在罐区引发严重的多米诺效应,造成难以挽回的巨大损失,必须要把握压力紧急平衡技术的应用要点。在应用该技术需要相应的压力平衡装置,主要包括呼吸阀和爆破片以及超压单元和负压单元两部分,超压单元处于储罐的罐顶中央,负压单元安置于罐顶四周,这两部分组成了一个有机的整体,在相互协调作用的过程中,既能弥补彼此的缺陷,又能充分利用罐体空间。当罐体发生超压故障时,罐内的介质会对储罐壳体施加极大压力,通过紧急平衡装置内的超压单元可以发挥内外压差的作用,促进向外开启,而此时负压单元又处于相对封闭的状态,超压气体会从罐顶泄放,使储罐内部和外部压差能及时恢复到设定阈值,保持储罐内外压力平衡。其中,超压单元和负压单元在发挥压力紧急平衡作用的过程中,其工作原理也是不一样的。当罐内介质因意外原因导致内部空间压力激增时,处于贴合状态的阀盖会内外压差的改变下会自动向外开启,并带动阀门打开,及时释放储罐内部的压力,待罐内外压差恢复正常状态后,阀门又会自动关闭,使罐体恢复到初始的封闭状态。若压力大于 3kPa,打开呼吸阀后仍不能保证压力降低,则会及时关闭进料泵,从源头减轻压力。负压单元主要是针对罐内压力突然下降的压力异常状况设计的,一般情况下管阀处于常闭状态,当储罐发生紧急负压状态时,内部压力小于 1kPa,阀盖会向内开启使罐外空气补充罐内的压力,保证内外压差的平衡,并自动关闭,保证储罐整体的封闭性,这是压力紧急平衡技术的负压保护。

3.6 储罐压力保护技术

化工石油企业储罐的安全保护根本在于氮封设施和压力保护技术,为了有效控制储罐发生超压失效事故的机率,要确保单呼阀、紧急泄放孔、阻火阀等设施满足 10% 超压,其中通气量、泄漏量应满足国家化工储罐压力保护要求,同时根据相应的压力测量要求设置先导式单呼阀,保证其不会受到被压影响,防止氮封失灵避免在外部火焰的影响下出现气相压力超过设置压力的情况。另外,还应设置平衡线进行罐区储罐压力安全保护,以此来防止罐组超压问题。在气相平衡线上还要设置阻爆轰型阻火器,根据罐内介质选择组别,通过阻火压力实验确保平衡管公称压力高于 PM1.6MPa,保证在超压火灾事故下远程切断储罐。相应地,还要设置氧气含量分析仪,实施检测足管内部的密封性,当其中的氧气含量超过 3% 就能发出警报,及时收集,防止在罐内形

成爆炸性混合气体,降低罐区风险^[5]。

3.7 储罐安全管控技术

首先,从化工企业工作人员角度来说,人为的不安全因素是影响储罐压力水平的最重要因素,其中操作人员责任心不强,业务水平不高以及巡检失职等状况会出发一系列储罐安全隐患,必须要避免储罐内物料统计、加停料顺序、物料输错、阀门未设置、未释放人体静电等不安全行为,通过安全培训与教育,构建健全的激励与奖惩机制,营造良好的工作氛围。

其次,还要从储罐本体出发,加强对根源的控制,提高罐体的气密性、避免造成物料泄露,同时做好罐体防腐工作。为了将“跑、冒、滴、漏、胀”等储罐超压失效诱因有效扼制,还要从储罐的设计、材料选择、制造以及系统安装布置入手,按照国家相关标准严格把关,保证超压失效与安全隐患的预防有力。

最后,还要做好安全检查工作。安全检查是有效控制储罐安全性的最重要措施,为了有效排查处理人为主观因素和罐体环境客观因素,必须对储罐、报警器、阀盖、现场消防等设施的运行情况进行全面的检查并做好记录,以此制定科学的维护保养计划,确保化工企业对储罐超压失效事故预防和控制有效性。

4 结语

综上所述,化工企业对储罐超压失效事故预防和控制直接关系到企业的经济效益,更决定着工作人员的人身安全。在化学生产中会接触到各种类型的化学品,而且危险性极高,易燃、易爆和剧毒性的危险气体、液体会随着储罐超压失效造成严重事故。化工企业必须针对储区储罐的类型特点,进行深入全面的分提高火灾预防控制技术以及中毒事故预防控制技术,做好安全管理工作,提高储罐的密闭性和操作的规范性。

参考文献:

- [1] 高斌鹏. 精细化工常压储罐的工艺安全设计 [J]. 四川化工, 2021, 24(04): 42-46.
- [2] 张赞. 浅谈储罐检维修作业的风险及防控研究 [J]. 中国设备工程, 2021(12): 171-172.
- [3] 张小良, 王昊博, 梁梵洁, 等. 化工储罐泄漏防控实训平台开发 [J]. 消防科学与技术, 2021, 40(03): 394-397.
- [4] 王荣健, 石海信, 梁金禄, 等. 液化化工品储罐调和技术的应用现状及发展趋势 [J]. 化工技术与开发, 2021, 50(10): 35-38+43.
- [5] 李云华. 石油化工储罐基础防渗层设计与施工优化 [J]. 广东化工, 2019, 46(11): 202-203.

作者简介:

郭业朋 (1992-), 男, 汉族, 辽宁瓦房店人, 任职于中海壳牌石油化工有限公司, 生产部苯酚丙酮装置主控工艺操作员, 大学本科, 工程师, 研究方向: 化工安全管理。