

凝析油影响工艺设备风险分析与管控措施

马 彪¹ 马大兵² 金 剑¹ 韩云川¹ 赵 东³

1. 中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司川中油气矿射洪采油气作业区 四川 遂宁 629200

2. 中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司川中油气矿仪陇采油气作业区 四川 南充 637000

3. 中国石油天然气有限公司西南油气田分公司川中油气矿人力资源服务中心 四川 遂宁 629200

【摘 要】：目前，川渝气井井组产出的介质为天然气、凝析油和水。天然气在场站经过脱水脱烃后输往天然气管网，其中因凝析油具有易燃、易爆、易蒸发和易扩散，容易造成环境污染，因此凝析油对场站工艺设备要求极高、影响巨大。日常工作中，如何确保对凝析油进行分离、外输、控制其安全性，就显得意义特别重大。在日常管理中，对凝析油影响工艺设备风险分析与管控措施是井站安全很重要的研究课题。

【关键词】：凝析油；工艺设备；风险分析；管控措施

DOI:10.12417/2705-0998.25.15.009

引言

凝析油的危险与有害因素有①急性中毒风险：凝析油炼制过程中的急性中毒风险规律与一般原油十分相似，凝析油罐区检尺、泵排空等操作是凝析油炼制场所职业暴露及关键控制点。②职业病危害因素：凝析油炼制作业场所中职业病危害因素主要为硫化氢、苯、甲苯、二甲苯、甲硫醇、乙硫醇、氨、噪声等。凝析油储罐罐顶苯浓度、储罐泵房硫化氢浓度、操作工工作场所中8h等效声级(LAeq,8h)均超过国家规定的职业接触限值。③环境污染：凝析油泄漏后在水面残留很少，所以短期内最大的危险因素是空气中高浓度的易燃易爆气体，以及燃烧后生成的有毒有害的氮氧化物和硫氧化物。④致癌性：凝析油缺乏多环芳烃而致癌性较低，但急性毒性更大。⑤处理难度大：凝析油的特殊性大大增加了处理的难度。首先，凝析油因为极易挥发，很难通过物理方式围堵移除；其次，分散剂本身就是具有生物毒性的化学品，加上这次泄漏的油品也毒性较强，用分散剂稀释仍难免造成局部的生态破坏；同时，凝析油的组分大多不易被微生物降解，甚至能够杀死微生物，因而生物处理也难以达到理想的效果。为了保证井站的正常生产和工艺设备的安全平稳运行，对凝析油影响工艺设备风险分析与管控措施等方面的研究势在必行。

1 凝析油基本特性及风险

1.1 理化特性

凝析油是指在开采原油或湿天然气时，集输的油田伴生气或天然气经压缩冷却后，部分轻质烃类凝缩成液态烃，从凝析气中分离出的未经稳定的烃类液体，主要成分是C5至C8烃类混合物，含少量大于C8的烃类，其馏分在20℃-200℃，挥发性好。其燃点低、易挥发、流动性强、常温下不凝固、闪点低。

1.2 危害性分析

(1) 易燃性。凝析油主要是碳氢化合物及其衍生物，是可燃性有机物质。遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。

(2) 易爆性。凝析油蒸气中存在一定数量的氢分子，含有氢分子的油蒸气与空气组成混合气体达到爆炸极限时，遇到引爆源，即能发生爆炸，凝析油的爆炸极限很低，通常为1.1%~6.4%。

(3) 易积聚静电荷性。凝析油的电阻率往往较高，是静电非导体。当凝析油在运输、装卸和加油作业时产生大量的静电，并且凝析油静电的产生速度远大于流散速度，很容易引起静电电荷积聚，静电电位往往可达几万伏。

(4) 易受热膨胀性。储存凝析油的密闭油桶如靠近高热或日光曝晒，受热膨胀，容易造成容器胀破。

(5) 易蒸发、流淌和扩散性。凝析油主要由烷烃和环烷烃组成，碳原子数16以下为轻质馏分，烃类分子很容易离开液体，挥发到气体中。

(6) 有麻醉作用。急性中毒：有头晕、头痛、兴奋或嗜睡、恶心、呕吐、脉缓等；重症者可突然倒下，尿失禁，意识丧失，甚至呼吸停止。慢性影响：长期接触低浓度者，可出现头痛、头晕、睡眠不佳、易疲劳、情绪不稳以及植物神经功能紊乱等。

(7) 环境污染。凝析油泄漏至外界环境，会造成水质污染、土壤环境污染、地下水环境污染等。

2 关键控制措施

(1) 在进行含有凝析油的施工作业，操作人员应严格穿戴劳保用品，静止携带手机等电子产品，保持作业区域无明火，确保作业区域通风良好，若有必要，可使用防爆风扇对施工点进行强制通风。施工过程中应全程佩戴可燃气体报警仪进行可燃气体检测，若有条件报警仪使用丙烷标定检测效果更好。

(2) 在对凝析油进行泄压排放时，应控制速度，不大于3m/s。因凝析油易静电聚集的特性，凝析油在流动过程中会产生大量静电，存在爆炸风险。

(3) 严禁使用空气对含凝析油设备进行吹扫,使用惰性气体吹扫应控制速度。若使用临时搭设管道接入惰性气体,应选用金属质管道或含有内埋金属介质的橡胶管,做好等电位跨接及管道接地。

(4) 对含有凝析油的设备进行作业时,应使用防爆工具。因凝析油易燃易爆的特性,使用普通工具,工具与设备设施相互摩擦、装机会产生火花,从而引起爆炸。

对含有凝析油的设备进行排污时,若使用固定排污流程排至污水池,应检查污水池液面含油情况,污水池应保持通风,定期对污水池可燃气体浓度进行检测,可采购量油尺检测油层厚度,必要时可进行浮油打捞。若采用容器盛装排出的凝析油,应按照危险废物统一管理,储存在阴凉、通风处,盛装容器不应密闭,定期检测存放处可燃气体浓度。

(5) 对含有凝析油的设备设施进行放空时,应控制速度。一方面避免产生静电,另一方面,因天然气中含有凝析油,避免液量分离不及或液位过高时,凝析油随天然气进入放空火炬,造成火雨。

3 调压阀系统风险分析及管控措施

3.1 风险分析

含凝析油天然气经过自力式调压阀会少量通过引压管后进入指挥器,凝析油混合粉尘污物会在自力式调压阀阀芯处、电动调节阀笼套处堆积,导致流通能力降低。

对内部丁晴橡胶材质的密封圈、密封垫、膜片进行腐蚀,降低调压阀关断性、调节性。

进入引压管指挥器后会堵塞滤网,导致先导控制气通过量不足,从而导致主阀开度减小或关闭,影响调压稳定性。

3.2 控制措施:

调压阀加密周期维护保养,自力式调压阀与电动调节阀关断性检查从每年一次,缩短至每季度一次,并通过测试情况及时开展阀体的拆卸清洗,确保污物及时清理。

拆卸清洗过程对密封件进行检查,对于腐蚀情况严重的配件进行更换。

自力式调压阀指挥器、引压管清洗吹扫周期由半年缩短至1季度,并根据吹扫清洗情况进行动态调整。

根据调压阀拆卸后污物检查情况、密封件腐蚀情况、指挥器、引压管清洗吹扫情况动态调整周期维保时间。

4 过滤分离系统风险分析及管控措施

4.1 风险分析

过滤分离器滤芯为高分子过滤材料,沾染油污后混合粉尘,形成堵塞,导致通过量降低,差压增大,同时降低过滤能力。

旋风式分离器影响较小,建议加密排污即可。

4.2 控制措施:

对含凝析油站场缩短过滤分离设备排污周期,从每周一次缩短至每周两次,并根据排污情况进行动态调整,同时缩短滤芯更换时间,前后压差达到0.05MPa后需要进行滤芯更换或清洗,滤芯更换周期从3年一次缩短至1年一次,并根据分离器打开后污物检查情况进行动态调整。

5 盲板风险分析及管控措施

5.1 风险分析

盲板密封圈材质有丁腈橡胶和氟橡胶,不同程度的受到凝析油腐蚀,可能导致密封性降低盲板天然气外漏。

5.2 控制措施:

缩短盲板检查维保周期,盲板密封圈维保由半年一次缩短为1季度一次。同时巡检重点关注盲板严密性,发现异常及时进行处置,对于丁晴橡胶材质的密封圈逐步更换为更为耐油的氟橡胶。

6 气液联动、气动执行机构风险分析及管控措施

6.1 风险分析

气液联动、气动执行机构需在管道上进行取压,会有少量凝析油通过引压管后进入执行机构,其中气液联动执行机构动力源进入凝析油后影响较小,建议加密引压管吹扫即可。

带破管检测单元的气液联动执行机构信号源引压管进入凝析油会导致电磁阀堵塞失效,无法正常进行动作。

气动执行机构引压管路进入凝析油可能导致减压阀堵塞失效,并触发安全泄放,气动执行机构因缺压无法正常动作。

6.2 控制措施:

针对以上风险应加密维保周期,对气液联动、气动执行机构气控模块、连接管路等部位的检查由每月一次缩短至每月两次,及时发现是否存在凝析油进入引压管路,并根据检查情况及时处置,动态调整检查周期。

气液联动、气动执行机构气控模块清洗、吹扫气路过滤器滤芯由每年一次缩短至1季度1次,并通过污物情况动态调整清洗吹扫频率,气动执行机构巡检过程重点观察减压阀压力是否正常,发现异常及时进行处理。

7 球阀风险分析及管控措施

7.1 风险分析

球阀中腔会聚集凝析油,球阀密封件氟橡胶受油后溶解性较低,但凝析油携带杂质在球阀活动期间可能附着在球面、阀座上,导致密封性降低。

凝析油具有受热膨胀性,中腔内蓄积的凝析油受热膨胀后,导致中腔内压力增大,凝析油从阀座密封面挤出进入上下

游管道。

7.2 控制措施:

针对以上风险应加密维保周期,球面清洗、中腔排污由每年一次加密至每半年1次并针对排污情况,及时排除中腔内凝析油,保证密封面清洁,发现异常及时进行处理,同时根据排污情况动态调整维保周期。

8 设备打开作业风险分析及管控措施

8.1 风险事项

(1)盲板打开作业(含过滤分离器及收发球筒)。(2)引压管拆卸吹扫清洗(气动气液联动执行机构、自力式调压阀、自力式切断阀、变送器压力表)。(3)各类调压阀、排污阀拆卸更换密封件、清洗。(4)过滤分离器更换(清洗)滤芯。(5)球阀中腔排污放空。(6)球筒、分离器、汇管等设备进行就地或排污池排污。

8.2 风险分析

(1)分离器、收发球筒盲板打开时,可能流出大量凝析油。(2)执行机构、调压阀等设备引压管拆卸打开作业时,可能在引压管、过滤器处流出凝析油。(3)调压阀、排污阀等设备阀体拆卸打开作业时,阀体内部和连接管道可能流出凝析油。(4)过滤分离器更换滤芯拆卸打开作业时,可能在管道和设备中流出凝析油。(5)存在凝析油站场在球阀中腔排污与放空时,可能会泄放出大量凝析油。(6)过滤分离系统、汇管排污会在排污池或就地排污坑内排出大量凝析油。

以上凝析油大量暴露后可能发生遇火燃烧爆炸、环境污染、挥发后人吸入中毒等风险。

8.3 控制措施:

8.3.1 前期准备工作:

(1)进行现场技术交底,确保作业人员了解凝析油的特性以及潜在的风险。(2)对作业区域进行安全检查,确保无明火和禁止吸烟。(3)确保作业区域通风良好,以降低可燃气体积聚的风险。(4)使用气体检测仪器监测作业区域内的可燃气体浓度。(5)作业人员应配备适当的个人防护装备,如手套、护目镜、防毒面罩等。(6)根据现场情况准备油桶、吸油毡、灭火器等设备。(7)提前在凝析油可能出现的位置摆放油桶。(8)使用防爆工具和设备进行作业。(9)提前准备密封垫、O型圈等配件。

参考文献:

- [1] 刘乃瑞,田小丽,沙宇,等.天然气凝析油的评价及处理探讨[J].石油与天然气化工,2009,38(01):51-53.
- [2] 吴伟然,刘伟.一种抗凝析油泡排剂的研制及评价[J].石油化工应用,2025,44(03):56-60.DOI:10.3969/j.issn.1673-5285.2025.03.011.
- [3] 何立新.浅谈南帕斯凝析油拆卸、储存、加工过程中的管理[J].中国科技信息,2013,(22):198-201.

8.4 作业过程风险控制:

(1)盲板打开作业前应首先进行充分排污,根据风险情况进行氮气置换保证打开作业安全,提前准备油桶与吸油毡,现场注意收集留出的凝析油并适当处置。

(2)开展执行机构、调压阀等设备引压管拆卸打开作业前,应关闭下游根阀,进行泄压后再进行拆卸作业。吹扫应实行降压吹扫,降低气流速度,出口处人员不得靠近,提前准备油桶与吸油毡,现场注意收集留出的凝析油并适当处置。

(3)开展调压阀、排污阀等设备阀体拆卸打开作业前,应对相应管道进行充分吹扫和排污,打开前先利用就地排污阀先进行凝析油泄放,提前准备油桶与吸油毡,现场注意收集留出的凝析油并适当处置。

(4)开展过滤分离器更换滤芯拆卸打开作业前,打开前先利用就地排污阀先进行凝析油泄放,根据风险情况进行氮气置换保证打开作业安全,提前准备油桶与吸油毡,现场注意收集留出的凝析油并适当处置。

(5)开展球阀中腔排污放空前,具备降压条件的应进行降压排污放空,工况无法实现降压的应控制排污放空速度,泄放出口处严禁无关人员靠近,提前准备油桶与吸油毡,现场注意收集留出的凝析油并适当处置。

(6)排污系统进行排污前应检查排污池周边情况,严禁人员靠近,采取降压排污并用排污阀控制排污速度,排污完成后,在确保安全情况下对排污池进行检查,测量排污量并记录。高效过滤分离器就地排污,采取降压排污并控制排污速度,排污口处应放置油桶,排污完成后,对排污情况进行记录。

以上作业均需在通风环境中,严禁出现明火,防止凝析油泄漏到土壤或水体中,造成环境污染,应妥善处理凝析油废弃物,按照环保规定要求进行处置。

9 结语

对凝析油影响工艺设备风险分析与管控措施是一个长期的、重点的研究安全课题。本文从气凝析油基本特性及风险、关键控制措施、调压阀系统风险分析及管控措施、过滤分离系统风险分析及管控措施、盲板风险分析及管控措施、气液联动、气动执行机构风险分析及管控措施、球阀风险分析及管控措施、设备打开作业风险分析及管控措施等方面进行了阐述。下步还应在凝析油处理技术等方面开展进一步研究,保证场站工艺设备的正常安全进行,为气井场站的正生产、凝析油的安全运输保驾护航。