

三相分离器的故障与处理措施研究

杨密¹, 刘杨², 许雯婷¹, 袁国钧¹

1. 安徽职业技术大学, 安徽 合肥 230011

2. 科威尔技术股份有限公司, 安徽 合肥 230094

DOI:10.61369/ME.2025050003

摘要 : 三相分离器在原油处理等领域应用广泛, 其稳定运行对生产至关重要。本文深入剖析三相分离器常见故障, 如油中含水 / 水中含油超标、压力异常、液位异常等, 详细阐述每种故障产生的原因, 涵盖设备自身问题、操作不当以及外部工况波动等方面。同时, 针对不同故障提出具体且有效的处理措施, 旨在为相关操作人员提供全面的故障排查与解决思路, 保障三相分离器高效、稳定运行, 提升生产效率与经济效益。

关键词 : 三相分离器; 故障分析; 处理措施

Research on Fault and Treatment Measures of Three-phase Separator

Yang Mi¹, Liu Yang², Xu Wenting¹, Yuan Guojun¹

1. Anhui University of Applied Technology, Hefei, Anhui 230011

2. Kewell Technology CO.,LTD., Hefei, Anhui 230094

Abstract : Three phase separator is widely used in crude oil treatment and other fields, and its stable operation is crucial to production. This paper deeply analyzes the common faults of three-phase separator, such as excessive water content in oil/oil content in water, abnormal pressure, abnormal liquid level, etc., and expounds the causes of each fault in detail, including the problems of the equipment itself, improper operation and external working condition fluctuation. At the same time, specific and effective treatment measures are proposed for different faults, aiming to provide comprehensive troubleshooting and solution ideas for relevant operators, ensure the efficient and stable operation of three-phase separator, and improve production efficiency and economic benefits.

Keywords : three phase separator; failure analysis; treatment measures

引言

三相分离器作为油气田生产中的关键设备, 主要作用是将原油、水和天然气进行高效分离, 使原油得到初步处理, 降低集输站点生产过程中的油气损耗, 提高原油处理效率, 同时保证采出水回注水质达标, 对环境保护和节能降耗意义重大。然而, 在实际运行过程中, 三相分离器常常会出现各种故障, 影响其正常功能的发挥, 甚至导致生产中断^[1]。因此, 深入研究三相分离器的故障与处理方法具有重要的现实意义。

一、三相分离器常见故障及原因分析

(一) 油中含水 / 水中含油超标

油水界面调整不合适: 油水界面是三相分离器正常工作的关键参数之一。若油水界面调整过高, 会导致油室进水, 使油中含水超标; 若调整过低, 则会使水中含油超标。这通常是由于操作人员对设备运行状况判断不准确, 未能及时根据来液性质和流量等因素合理调整油水界面高度。

药品型号、加药浓度和方式不合适: 在原油脱水过程中, 需要添加破乳剂等药品来促进油水分离。如果药品型号选择不当, 无法有效破坏油水乳化状态; 加药浓度过低, 达不到破乳效果; 加药方式不合理, 如加药点位置不准确、加药不均匀等, 都可能导致油水分离不彻底, 造成油中含水或水中含油超标。

脱水温度较低: 原油的黏度受温度影响较大, 温度较低时, 原油黏度增加, 油水分离难度增大。如果三相分离器进口原油温度未达到合适范围, 会导致油水分离效果变差, 使油中含水或水

基金项目: 安徽省2024年自然科学研究项目“基于VB平台针对三相分离器工程应用软件的设计”(2024AH050898); 安徽省2024年自然科学研究项目“环保型缓蚀剂的设计、制备及缓蚀性能研究”(2024AH050905)。

作者简介: 杨密(1990-), 女, 四川雷山人, 硕士研究生, 讲师, 研究方向: 化工过程机械、化工设备。

中含油超标。

来液量不稳定：来液量的剧烈波动会破坏三相分离器内部的稳定流场，影响油水的正常分离。当来液量突然增大时，设备来不及充分分离，可能导致油中带水或水中带油；而来液量突然减少，则可能使设备内部液位波动，同样影响分离效果^[2]。

（二）压力异常

压力过低或过高都将导致三相分离器生产的异常。

1. 压力过低 三相分离器的压力维持部分依赖于来液中的伴生气。当来液原油伴生气量较少时，无法提供足够的气体压力，导致分离器内压力过低，影响设备正常运行。如果生产流程中存在一些小的泄漏点，如管线、阀门、法兰等部位若出现密封不严，发生泄漏，会使气体逸出，从而降低分离器内的压力。自动式压力调节阀用于调节分离器内压力，若其阀芯磨损、密封件损坏或出现卡滞等问题，导致关闭不严，会使气体持续排出，造成压力过低^[3]。浮球阀在分离器中起到控制液位和压力的作用。若浮球阀关闭不严，会导致液体泄漏，破坏分离器内的压力平衡，使压力降低。

2. 压力过高 导致分离器内部压力超高的原因大致可以分为以下几点：当来液量超过三相分离器的设计处理能力时，设备内部液体增多，气体空间被压缩，导致压力升高；如果站内天然气系统压力整体偏高，会影响三相分离器内气体的排出，使分离器内压力升高；出口管线堵塞、阀门故障未完全打开等原因，会导致分离器内的油、水、气排出受阻，从而使压力升高；自力式压力调节阀若出现故障，无法正常开启，会使气体无法及时排出，导致分离器内压力持续上升。

（三）液位异常

分离器系统工作压力过高或过低：系统压力异常会影响液体在分离器内的流动和液位平衡。压力过高时，液体受到较大压力作用，可能导致液位下降；压力过低时，液体流动不畅，液位可能升高^[4]。

浮球阀关不严或打不开：浮球阀故障会直接影响液位控制。关不严会导致液体泄漏，使液位降低；打不开则无法正常控制液位，导致液位异常升高。

来液量过大：来液量过大超出设备处理能力时，会使三相分离器内液位迅速上升，出现液位异常，影响后续分离工作。

（四）其他故障

1. 油水混层 在添加破乳剂等药品时，若药品型号、加药浓度和添加方式不合适，都会导致油水不能有效分离，出现混层现象。三相分离器在长期运行过程中，原油中的泥沙、杂质等会在罐内积累，如果排沙不及时，影响油水分离效果，导致油水混层^[5]。同时前续工艺导致来液量不稳定，不稳定的来液量极易破坏分离环境，使油水不能按正常流态分离，容易造成油水混层。

2. 水室进油 沉降室是油水分离的重要区域，若在此处出现油水混层，会导致水室进油。药品添加不当、泥沙等杂质含量较多、来液量不稳定等因素都可能引发沉降室油水混层。除此之外，油水界面调节不当，也会使得油水分界混乱，油相进入水室，从而影响分离效果。

3. 三相分离器积砂 根据来源不同，原油中含有的砂石量也不同。原油进入三相分离器之前需要先进行除砂预处理，如果未进行充分有效的除砂预处理，泥沙会跟随来液进入分离器内部，逐渐沉积，造成分离器底部积砂问题，影响设备正常运行。

二、三相分离器故障处理措施

（一）油中含水 / 水中含油超标处理措施

调整油水界面：根据实际运行情况，通过液位控制系统，合理调整油水界面高度，使油水分界清晰，确保油中含水和水中含油在合格范围内。在调整过程中，需密切关注分离器出口油、水的质量指标。

优化药品使用：选择适合原油性质的破乳剂等药品，根据来液量和油水乳化程度，精确计算并调整加药浓度^[6]。同时，优化加药方式，确保药品均匀分散在原油中，提高破乳效果。例如，可以通过实验确定最佳加药点和加药时间间隔。

提高脱水温度：检查和调整原油加热设备，使三相分离器进口原油温度达到合适的范围，一般根据原油性质和工艺要求，将温度控制在一定区间内，以降低原油黏度，促进油水分离。

稳定来液量：与上游输油部门协调，调整输油方式和排量，尽量保持来液量的稳定。也可以采用缓冲罐等设备，对来液进行缓冲和调节，减少来液量波动对三相分离器的影响。

（二）压力异常处理措施

1. 压力过低处理措施

增加气源或补气：如果来液伴生气量不足，可考虑从其他气源补充气体，提高分离器内压力。例如，可以引入站内其他装置的剩余气体或使用压缩空气进行补气。

检查并修复泄漏点：对整个流程进行全面检查，包括管线、阀门、法兰等部位，使用检漏仪等工具查找泄漏点。发现泄漏后，及时进行密封处理，如更换密封垫、修复管线裂缝等^[7]。

维修或更换压力调节阀：对于自动式压力调节阀关闭不严的问题，拆卸调节阀，检查阀芯、密封件等部件的磨损情况，进行修复或更换。修复后，需对调节阀进行调试，确保其正常工作。

维修或更换浮球阀：检查浮球阀的密封性能和动作灵活性，如有损坏或故障，及时更换浮球阀。安装新浮球阀后，进行密封性测试，确保其能有效控制液位和压力。

2. 压力过高处理措施

控制来液量：适当开启旁通阀门，将部分来液分流，控制进入三相分离器的液量，使其在设备设计处理能力范围内。同时，与上游部门沟通，协调降低来液量。

协调降低天然气系统压力：与站内天然气系统相关部门联系，共同分析系统压力高的原因，采取相应措施降低系统压力，如调整其他用气设备的流量、优化天然气输送管网等。

检查并疏通出口工艺：对三相分离器出口管线、阀门等进行检查，清除堵塞物，修复故障阀门，确保出口工艺畅通。例如，可以使用管道疏通工具或高压水冲洗等方法清理管线堵塞。

维修或更换自力式压力调节阀：若自力式压力调节阀打不

开，检查其驱动装置、阀芯等部件，判断故障原因。对于无法修复的调节阀，及时更换新的调节阀，并进行调试和校准。

(三) 液位异常处理措施

调节系统压力：检查自力式压力调节阀等压力控制设备的工作状态，合理调节分离器系统工作压力，使其恢复到正常范围，从而稳定液位。在调节过程中，密切关注液位变化。

控制来液量：当来液量过大导致液位异常时，采取与压力过高时控制来液量相同的措施，即开启旁通阀门分流来液，协调上游部门降低来液量，使液位恢复正常。

(四) 其他故障处理措施

1. 油水混层处理措施

优化药品使用和加药方式：同油中含水 / 水中含油超标处理措施中关于药品的部分，通过优化药品相关因素，改善油水分离效果，消除油水混层现象。

排污或清罐：定期对三相分离器进行排污操作，排出罐内积累的泥沙、杂物等。当罐内积沙杂物较多影响分离效果时，进行清罐作业，彻底清理罐内沉积物，恢复设备正常分离性能。

稳定来液量：采取与稳定来液量相关的措施，减少来液量波动，为油水分离创造良好的条件，避免油水混层。

2. 水室进油处理措施

调整操作和排污：关闭水室出口阀门，防止油进一步进入水室。调整上游输油方式和排量，使来液稳定。同时，进行排污操作，排出水室中的油和杂质，降低水室进油对设备的影响。

合理调节油水界面：根据实际情况，调高油水界面，使油水分界恢复正常。在调节过程中，密切观测出口水化验指标，直到水质达标。

3. 三相分离器积砂处理措施

对三相分离器进行定期排污除砂，制定合理的排污除砂计划，定期打开三相分离器的排污口，排出积砂。排污时，注意观察排出的砂量和性质，根据实际情况调整排污周期和时间。对于积砂严重的分离器，可以采用高压水冲洗等方式进行更彻底的除砂。

三、预防措施

(一) 定期维护保养

建立完善的三相分离器定期维护保养制度，定期对设备进行

全面检查和维护。包括检查设备的外观、管线、阀门、仪表等部件是否有损坏、泄漏等情况；对液位计、压力计等仪表进行校准，确保其测量准确；清理设备内部的沉积物、杂质等，防止积砂、积垢影响设备运行。同时，定期对设备的易损件，如密封件、阀门等进行更换，保证设备的密封性和正常动作。

(二) 优化操作流程

加强操作人员的培训，使其熟悉三相分离器的工作原理、操作流程和注意事项。制定详细且合理的操作规程，要求操作人员严格按照规程进行操作。在操作过程中，密切关注设备的运行参数，如压力、液位、温度、流量等，及时发现并处理异常情况。同时，根据来液性质和生产要求，合理调整设备的运行参数，确保设备在最佳工况下运行。

(三) 加强监测与预警

安装先进的监测系统，对三相分离器的运行状态进行实时监测。通过传感器采集设备的压力、液位、温度等参数，并将数据传输至监控中心进行分析处理。当监测到参数异常时，及时发出预警信号，提醒操作人员采取相应措施。例如，可以设置压力、液位的上下限报警值，当参数超出设定范围时，系统自动报警，以便操作人员及时调整或进行故障排查。

四、结语

三相分离器在原油处理等工业生产中扮演着重要角色，其运行状况直接影响生产效率和经济效益。通过对三相分离器常见故障，如油中含水 / 水中含油超标、压力异常、液位异常等的深入分析，明确了故障产生的原因，涵盖设备自身问题、操作不当以及外部工况波动等多方面因素。针对不同故障提出了相应的处理措施，包括调整油水界面、优化药品使用、维修或更换故障部件、控制来液量等。同时，强调了预防措施的重要性，通过定期维护保养、优化操作流程和加强监测与预警等手段，可以有效降低故障发生概率，保障三相分离器的稳定、高效运行，为工业生产的顺利进行提供有力保障。在未来的生产实践中，还应不断总结经验，持续改进设备维护和操作管理方法，进一步提高三相分离器的运行可靠性和生产效益。

参考文献

- [1] 李政杰.三相分离器的常见故障与处理措施研究 [J].中国设备工程, 2024(21):175-177.
- [2] 田德鹏.卧式三相分离器水室收油技术研究与应用 [J].设备管理与维修, 2023(05):20-21.
- [3] 崔博.浅谈三相分离器故障分析及生产措施 [J].化工管理, 2020(5):154.
- [4] 卢雄辉.海上设施三相分离器旁通生产研究与探索 [J].石化技术, 202, 229(4):93-94.
- [5] 杨树莲.剖析三相分离器压液故障原因及处理 [J].河北企业, 2023(07):158-160.
- [6] 朱向飞.PID控制参数对重力式三相分离器生产工艺的影响 [J].石油科学通报, 2023, 8(02):179-192.
- [7] 谭然, 王宏超.某海上平台生产分离器内部改造升级 [J].化工管理, 2024(28):148-150.