

原油闪蒸处理装置故障分析与改进

贾付泽

中海石油（中国）有限公司深圳分公司西江油田 广东 深圳 518054

【摘要】：原油闪蒸处理装置是海上采油平台主发电机燃油系统的关键设备，该装置提供了一个高真空度、高温环境，使原油在其中大量脱气，轻烃组分大量蒸发。闪蒸后的原油轻烃组分大量减少，使闪点随之升高，防止燃油在主发电机内闪爆，保证主发电机安全运转。某海上原油钻采平台的闪蒸装置从安装调试运行开始就不断出现各种故障，使燃油系统不能正常平稳安全地运行，影响平台主发电机的燃油供应。本文主要针对闪蒸处理装置在现场出现的各种故障，分析故障产生的原因，针对故障提出相应的改进方案并实施。

【关键词】：闪蒸；真空；罗茨泵；故障分析；改进

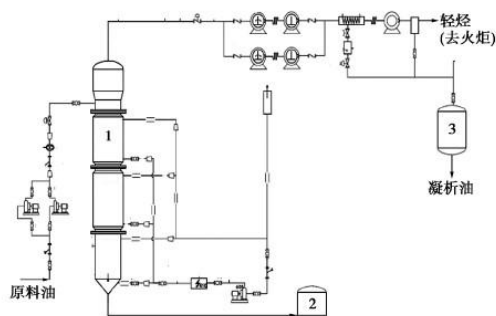
1 引言

中国船级社（CCS）《海上移动平台入级规范》2012年版中第4篇第3章第8节之对燃油使用有明确的安全规定：柴油机、锅炉及其他燃烧设备所使用的燃油其闪点（闭杯试验测）一般应不低于60℃。某平台为了使平台主发电机燃烧的原油闪点达到船级社的要求，平台使用了一套高真空原油闪蒸处理系统，该系统是中山某真空技术工程有限公司生产的KV0-10/258型原油真空闪蒸装置。该装置在闪蒸塔内提供了一个高真空度、高温的环境，使原油在其中大量脱气，使原油中的轻烃组分大量蒸发，闪蒸后的原油轻烃组分大量减少，原油的闪点随之升高，防止燃油在主发电机内闪爆，保证主发电机安全运转。因此闪蒸系统对于海上平台燃料油的安全使用尤其重要，要保证闪蒸系统平稳正常运行。

2 设备组成结构及工作原理

2.1 设备组成结构

某平台高真空原油闪蒸系统主要由真空闪蒸塔、真空系统、真空冷凝排液系统、冷却水系统、压缩空气系统、氮气系统、输油系统、电加热系统、电控系统等组成。工艺流程图如图1所示^[1]。



1—闪蒸塔；2—合格燃料油罐；3—凝析油罐

图1 高真空原油闪蒸系统主工艺流程

型封头，将原油摊开形成油膜，达到真空状态下脱气面积的最大化。上端是储泡室，中间是脱气室，下端是储液室；塔内设置316L不锈钢材质的金属孔板波纹高效填料，塔设置观察窗，进油口，出油口，加热盘管，在储液室设置两件压差液位传感器，以显示液位高度，并输出液位信号到PLC参与系统PID控制。闪蒸塔内部结构如图2所示。

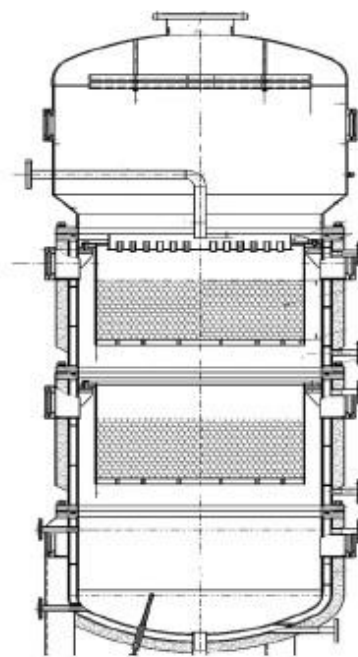


图2 闪蒸塔内部结构

2.2 系统工作原理

闪蒸塔内顶部由真空泵抽真空，在塔内形成一个高真空度的环境；塔底内部铺设316L不锈钢加热盘管，通过高温导热油进行循环热交换，在塔内形成一个持续稳定的高温环

境，不断补充原油因为脱气而散失的热量。原油进入闪蒸塔后，经过塔内的金属孔板波纹高效填料，大大增大了其在塔内的表面积，原油在塔内高真空度、高温环境中，其中的轻烃组分大量蒸发，充分脱气，脱气后的重组分就留在塔内下端储液室，随出油管路的输油泵打到油舱，轻组分就随塔内顶部的真空系统通过塔顶的除沫器被抽去。

3 设备运行故障分析与改进

该平台的闪蒸处理系统自安装调试投入使用以来，该装置各个系统故障频发，经常处于停机待修状态，平台主机燃油供应受到制约，严重影响平台正常生产。生产现场对出现的故障进行了透彻地分析，并提出了对应的改进方案。

3.1 真空系统前级泵齿轮箱润滑油位上升

系统启动运行一段时间后，真空系统前级泵的齿轮箱润滑油位出现上升现象，并且干泵的底盘有凝析油排出。观察发现齿轮箱润滑油杯爆满之后，凝析油就会顺着泵腔溢流盒溢流到泵底盘处。泵腔内部结构如图3所示。

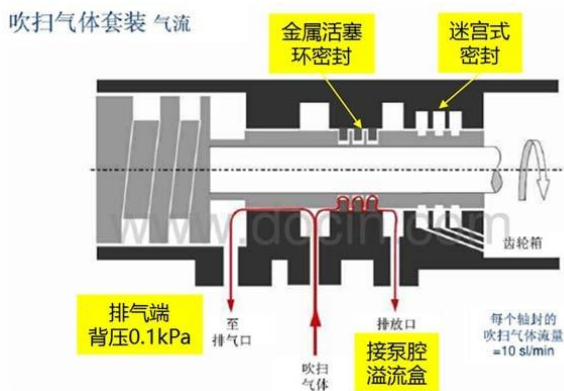


图3 真空系统前级泵腔内部结构

现场观察发现尾气排放系统管线内存在大于20Kpa压力。在排气背压如此高的工况下，导致真空系统排气不畅，大量气体冷凝回流，前级泵螺杆腔内大量聚集凝析油从而破坏螺杆腔与齿轮腔的密封部件，凝析油气渗入润滑油腔，润滑油也在短时间内被污染。现场针对排气端管线进行排查，发现有一段U型弯存在积液导致排气不畅。现场管线将U型段改直后，排气端尾气背压稳定在1Kpa的微正压状态，后续闪蒸装置干泵运行过程中没有继续出现凝析气液外溢的现象。真空系统前级泵齿轮腔内还设置有一路经减压阀后通向迷宫密封的氮气吹扫管线，后期对齿轮腔吹扫系统也进行了整改，原氮气吹扫只有一路经减压阀后通向迷宫密封是通过电磁阀控制，改动增加一路吹扫到气镇并统一设定250Kpa的压力，取消电磁阀随干泵运转而进行吹扫保持常开，干泵

即使停机也进行吹扫，减少泵腔水汽的含量，进一步避免剩余沉积凝析油进入润滑油腔。把氮气引入到干泵气镇阀后通过连续运行观察，泵运行状况良好，润滑油没有被污染的趋势，油位一直处在正常的范围没有增加的迹象。

3.2 真空系统前级泵振动大

系统在运行过程中，出现前级泵振动值高报警导致系统自动停机的故障。前级泵的监测振动器值大于100d报警，大于150d停机（其使用digits为单位）。

现场统计了三台前级泵的累计运行时间，使用手持震动检测笔分别测其运行时的振动值，测量误差在1-3mm/s波动，取平均值测试作为参考。现场测试点如图4所示。前级泵运行参数见表1。



图4 现场前级泵振动值测试点

表1 前级泵运行参数表

前级泵编号	型号	序列号	累计运行时间	振动值	观察状态
A 泵	117017	31000816522	708 小时	69d	空载
B 泵	117017	31000825167	1569 小时	73d	空载
C 泵	117017	31000826025	899 小时	43d	负载

前级泵监测器使用digits为单位，在《振动烈度国际标准》中有如下表2描述，明确了分贝dB与振动值mm/s换算

的分级标准。

表2 振动烈度国际标准

振动烈度的分级范围	
振动速度的有效值 (mm/s)	分贝(dB)
0.071—0.112	77—81
0.112—0.18	81—85
0.18—0.28	85—89
0.28—0.45	89—93
0.45—0.71	93—97
0.71—1.12	97—101
1.12—1.8	101—105
1.8—2.8	105—109
2.8—4.5	109—113
4.5—7.1	113—117
7.1—11.2	117—121
11.2—18	121—125
18—28	125—129
28—45	129—133
45—71	133—137

测试结果发现，B泵瞬时振动值可达到2.4mm/s，对应分贝值已经超过100d，达到了前级泵监测振动器的报警值。而且A泵和B泵在空载情况振动值都在70d左右。C泵负载时的振动值为43d，在正常范围内。

分析三个泵的运行时间和工况发现，前期一直运行B泵，在高背压工况下运行的前级泵密封机构已经存在磨损，从而导致设备振动值偏离正常范围。B泵在发现漏油异常后切换至A泵运行了一段时间，也是出现泵腔漏油事故，只有C泵是在排气背压降下来之后开始运行的。可见虽然经过现场排气端的背压已经降下来，但是对闪蒸设备在此期间切换运行的干泵A、B泵造成损坏已经客观存在。于是将A、B泵送厂返修，更换了其密封机构，回装后恢复使用，现阶段三台泵振动及噪音都在正常范围内。后期也制定了泵的切换运行制度，防止一个泵连续长时间运行。

3.3 闪蒸塔液位计测量偏差大

真空闪蒸塔的双法兰薄膜式压差液位计用于检测真空闪蒸塔的液位，控制进油阀开度。系统连续运行一段时间后出现液位指示不准确，运行时液位无故波动，甚至出现测量

液位与实际液位偏差很大的情况，导致闪蒸塔漫液。

该系统使用的是CPCA-300Z系列电容膜片式绝对压力变送器，其是利用电容量变化原理来工作的。由检测部分和转换电路组成，检测部分示意图如图5所示。检测部分由真空腔及检测两个腔体。真空腔为全密封结构，固定极板位于真空腔中，由极板引出线至腔外。检测膜片置于高真空腔及低真空待测系统的检测腔之间，检测膜片为可移动极板，与固定极板形成一个平板电容器。被测的低真空压力通过检测孔进入检测腔，检测膜片产生挠曲，改变了其与固定极板之间的距离，电容值也随之改变。不同的低真空压力决定不同的电容值^[2]。

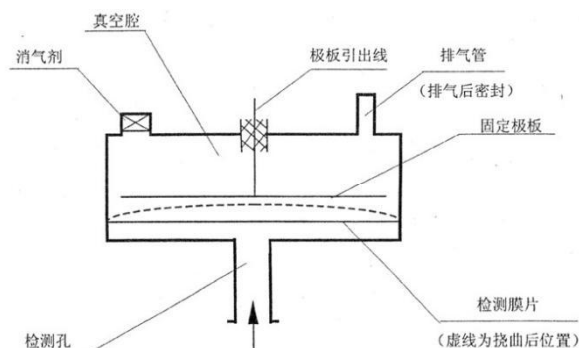


图5 电容膜片式绝对压力变送器检测部分示意图

检测部分形成的电容信号被输送到电路部分。电路转换部分将电容信号通过变换、整理、放大等环节，最后输出一个标准电压。这个标准电信号是从电容信号来，它与压差值成正比^[3]。被测真空压力与电信号对应关系如图6所示。

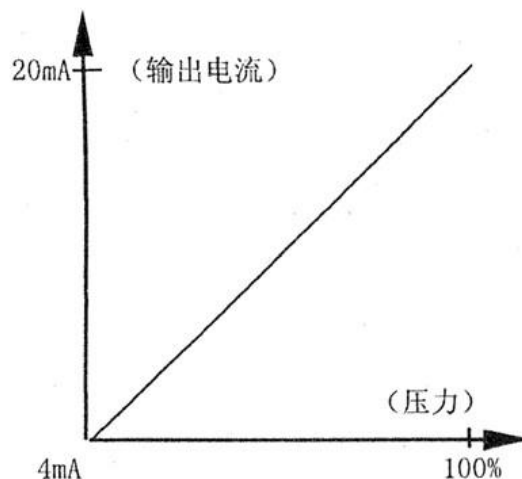


图6 被测真空压力与电信号对应关系

出现该故障后，将检测端拆下来发现有大量油泥堵塞在检测端的膜片上（如图7所示），膜片接受不到挠曲，从而造成液位计读数不准，波动大。拆卸后用专用清洗剂清洗膜片，膜片非常脆弱，不能用力按压，只能轻轻擦拭，清洗后回装即可正常投入使用。



图7 被油泥盖住的检测膜片

在刚清洗没多久后，液位计又出现了波动大的情况，将检测端拆下后发现，膜片短时间内又被油泥盖得严密，这样反复清洗，工作量大，费精力，清洗次数多了难免对膜片造成损坏。于是现场从液位计的选型出发，介质为原油时不宜使用压差式液位计，油泥容易在导压盘上积累，从而影响液位计读数。后期经过改造，将压差式液位计改造成磁致伸缩液位计，改造后液位计读数与现场一致，无波动，控制精准，目前液位计运行正常，保证了装置的稳定运行。

3.4 真空系统罗茨泵运行不稳定

真空系统罗茨泵组在运行一段时间后发现其在较高运转频率时仍不能保证闪蒸塔内有较低的真空度，泵效逐渐降低，现场噪音大，滑油乳化变质，滑油液位下降（如图8所示）等情况。

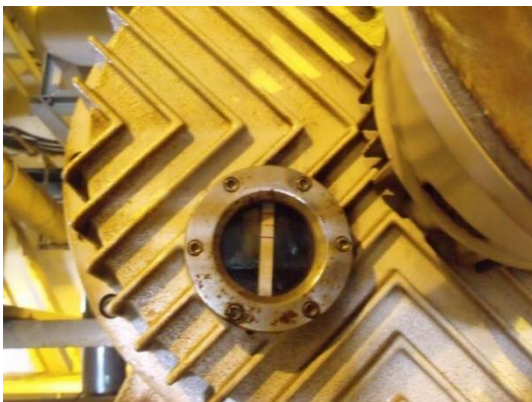


图8 罗茨泵滑油液位下降

现场将罗茨泵隔离后拆检发现电机与泵体间的轴套及油封已经严重磨损，需要更换（如图9所示）。



图9 电机与泵体间的轴套及油封已经磨损

针对罗茨泵大小各种问题，根据现场判断和实际情况对照，总结了罗茨泵常见故障的原因及处理方法（见下表3）^[4]。

表3 罗茨泵常见故障的原因及处理方法

故障现象	原因	处理方法
漏油	垫衬、O型圈变形、老化、损坏	更换垫衬，O型圈
噪声大	轴承、齿轮磨损	更换轴承，齿轮
	转子相互发生碰撞、转子和泵体、转子和端盖产生摩擦	调整转子间、转子与泵体间、转子和端盖间间隙
	联轴器弹性件损坏	更换联轴器弹性件
	被抽气体杂质颗粒太大	在进气口加装过滤器
	油位太低，造成轴承和齿轮润滑不良	加注润滑油至规定油位
温升太大	活塞环损坏	更换活塞环
	轴承、齿轮润滑不良	加注润滑油至规定油位
	油位太高，造成搅油发热	释放润滑油至规定油位
	活塞环损坏	更换活塞环

泵转动 不正常	联轴器弹性件损坏	更换联轴器弹性件
	转子相互发生碰撞、转子和泵体、 转子和端盖产生摩擦	调整转子间、转子与 泵体间、 转子和端盖间间隙
	有异物卡住转子	清除异物

4 结语

本文针对某平台闪蒸处理装置在现场出现的各种故障，

进行了全方位透彻的分析，大胆提出了假设，通过查阅资料，咨询厂家等方式，对出现的故障进行一一验证，最终确定故障发生的根本原因。对各个问题提出了切实可行的解决方法，并精心设计改进方案，加以实施，在现场取得了不错的效果，闪蒸系统不再故障频发。现阶段某平台闪蒸处理装置运转平稳，现场严格按照操作维修手册对设备进行定期的维护，确保闪蒸装置正常运行，保证平台主发电机燃油燃烧安全。

参考文献：

- [1] 王文祥,马强.高真空闪蒸设备在海上采油平台的应用[J].现代化工,2013,33(7):109-111.
- [2] 张林茂.闪蒸槽液位计问题分析与改进[J].化工设计,2017,27(3):30-31.
- [3] 胡运涛.闪蒸塔液面测量改造[J].化工自动化及仪表,1994,21(6):63-65.
- [4] 马善鹏.罗茨真空泵机油泄漏技术改造[J].广东化工,2009,36(7):255.