

丙烷冷冻压缩机油分离器油位低故障分析

黄绿洲 郑天翔

(中国石油广西石化公司 广西 钦州 535008)

摘要: 本文针对双螺杆压缩机运行过程中冷冻油分离器油位波动产生的原因, 从理论上及现场实际情况分析, 由简单到复杂, 逐个排除可能存在的原因。解决低油位故障, 确保机组运行可控。

关键词: 丙烷冷冻系统; 螺杆压缩机; 冷冻油分离

0 引言

某单位丙烷冷冻系统主要功能为重整外送氢气提供换热功能, 以降低外送氢气温度, 从而提高氢气纯度, 丙烷冷冻系统的稳定运行关系着下游装置的进料分子量, 影响着下游装置的稳定运行。系统中起到升压作用的双螺杆压缩机作为核心的部分由约克公司提供, 采用有油润滑型式。起到润滑、降温的冷冻油混合着气态丙烷共同进入到压缩机中, 在压缩机出口设置有油分离器用以分离冷冻油及丙烷。自2010年开工运行正常投产后, 该系统稳定运行8年。但从2018年到2020年该系统中的卧式冷冻油分离器曾出现过油位波动、降低、冷冻油中出现密集气泡等异常现象, 本文描述了冷冻油位波动和出现密集气泡的现象, 以及可能出现的后果, 详细分析了产生的原因, 并提出了解决的措施, 确保该系统稳定运行。

1 制冷系统循环流程

丙烷冷冻系统的详细制冷流程如图所示, 液态丙烷

由储罐通过经济器节流阀的节流作用汽化膨胀, 进入蒸发器壳程与管程的氢气换热, 气液两态的丙烷通过蒸发器后进入气液分离罐后, 气态丙烷与冷冻油混合后进入双螺杆压缩机, 而后冷冻油在油分离器中被分离, 通过差压的关系自动压回压缩机入口, 气态丙烷则通过湿式空冷的冷却重新变成液态丙烷回到丙烷储罐中。

2 卧式油分离器构造及原理

2.1 卧式油分离器构造与作用

卧式油分离器外观为一密闭的圆柱体, 内部无运转的机械机构, 主要由压缩机排气分离管线、集油槽、油分离滤芯组成。油分离器前段与压缩机排气口相连接, 底部与油冷器相连, 出口与湿式空冷相连。

在螺杆压缩机运行期间, 油分离器中的冷冻油靠压缩机出入口的压力差经主油路、油过滤器后喷入压缩机腔、前后端轴承等需要润滑的部位, 以实现压缩机相关部位的冷却和润滑作用, 而压缩机启动前冷冻油主要依靠辅助油泵的升压作用。同时, 冷冻油通过油路内部电磁阀的控制还进入滑阀腔内, 以推动压缩机活塞与滑阀移动, 实现机组应对负荷变化的需要, 实现了机组加/卸载功能。

2.2 卧式油分离器的工作原理

由于该螺杆机组采用有油润滑的形式, 在压缩机正常工作时喷入转子腔的冷冻油和大量丙烷气体相互混合排出, 所以必须在压缩机出口和湿式冷凝器之间设置油分离器以将冷冻油与丙烷气体分离开, 从而降低丙烷气体中的冷冻油含量, 使进入冷凝器的油含量降到设计值以下, 以使冷冻油重新循环回到润滑系统中。同时

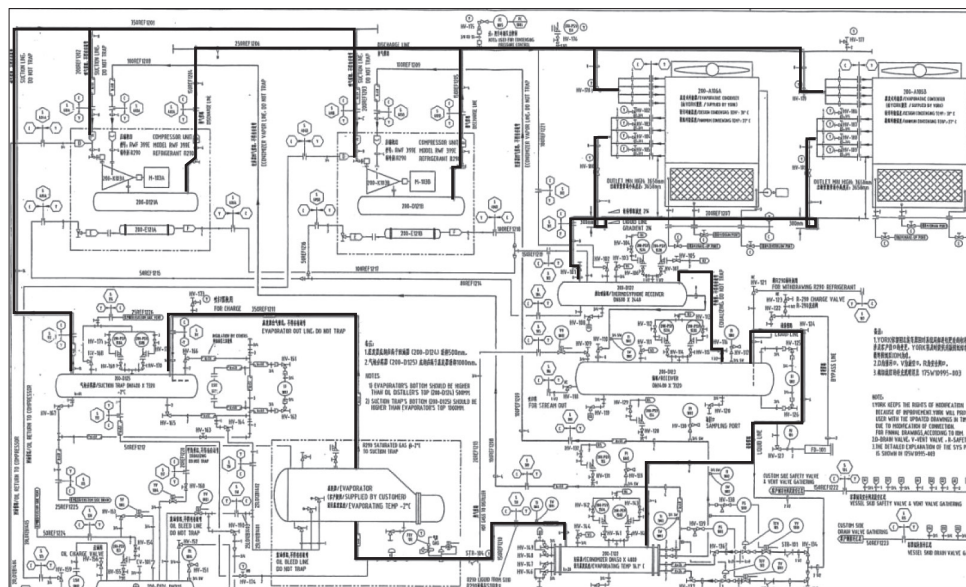


图 丙烷系统流程图 (图中粗线为制冷流程)

也可避免过多的冷冻油随丙烷进入到蒸发器,在蒸发器换热管外表面形成冷冻油膜,造成热阻大幅度增大,减少液态丙烷的蒸发率,造成机组制冷效率大大降低。如果油分离器内部的分离滤芯出现脱落,冷冻油和丙烷的混合物将走短程,从而影响冷冻油的分离效果,使得冷冻油无法正常分离。油分离器工作原理如下。

一级分离——自身离心力、重力分离。在离心力和重力的共同作用下,经过螺杆压缩机压缩的油气混合物进入到油分离器中。由于冷冻油的分子质量远远大于丙烷气体的分子质量,在经过内部管路90°弯头后在离心力的作用下,首先会分离沉降在底部的油槽中。同时,油气混合物在经过内部管道后进入到油槽的过程中因横截面积急剧扩大,流速大大降低,而冷冻油和丙烷气体的密度差就会使冷冻油滴落至分离器油槽中。再有,混合气体经过内部滤网后冷冻油滴与滤网碰撞,冷冻油也会顺着滤网流入底部油槽中。经过上述一级分离,90%的冷冻油都会分离回到集油槽中,并通过出入口的压差重新进入需要润滑的部位。

二级分离——聚集分离。未能分离的油气混合物经过二级油分离器滤芯。在滤芯的亲油和聚集的作用下分离直径1μm以下的油滴,并返回到二级分离油槽中。而二级油槽设置有返回线,通过压差的作用返回入口油滤芯中,重新参与机组的润滑。

然而在经过上述两个油分离的步骤之后,仍然有少量的冷冻油会随着丙烷气体进入到系统中,并随冷凝后的液态丙烷进入到蒸发器中。由于冷冻油的密度小于丙烷,在蒸发器壳程内,冷冻油将浮于丙烷制冷剂的上部,通过蒸发器的丙烷气体将携带着冷冻油一起进入压缩机吸气端。不过,在蒸发器内的丙烷气体并不会携带全部的冷冻油回到压缩机的吸气端,仍有部分的冷冻油会留存在蒸发器中。留存在蒸发器中的冷冻油随着重力的作用流到底部回油器中,并在回油器中进行加热之后,气态丙烷回到蒸发器中,而冷冻油将会在高压气态丙烷的作用下重新回到压缩机入口。通过上述步骤,冷冻油将尽可能留存在油分离器内,尽可能多地参与压缩机的润滑,但自2018年后装置人员常发现压缩机油分离器内的冷冻油量出现不规则的变化,时高时低,且有出现密集气泡等情况,给冷冻机组的长周期稳定运行埋下隐患。

3 油分离器油位低故障原因分析

本公司重整装置丙烷冷冻压缩机自2010年起至2018年底一直稳定运行,但在2018年后时常出现油位波动的情况。由于油分离器低油位发生在长时间稳定运行之后。分析有以下几种原因。

3.1 油分离器与机组设计容量不匹配

油分离能力远远低于设计值。当机组设计时设置的

冷冻油量远远大于油分离器的容量时,一部分冷冻油由于无法储存在油分离器当中而随气态丙烷进入系统中,这将导致油分离器在分离储罐中无法有效分离,进而将会使油分离储罐的液位随机组负荷的变化而变化。机组在长达8年的稳定运行中未出现油位波动的情况,且负荷在30%~95%之间变化时同样也未出现过油位晃动的问题。故油分离器配置过小不成立,排除了这种可能性。

3.2 机组长时间低负荷运行

当压缩机机组长时间在低负荷状态下运行,滑阀控制的返回量过大而从丙烷系统中的吸气量远小于设计的流速时,将造成聚集在蒸发器中的冷冻油不能正常随着丙烷气体回到压缩机内。随着低负荷运行时间的不断增加,冷冻油就会聚集在蒸发器内,分离形成冷冻油层,在这种情况下油分离器的油位将会出现下降的情况,最终会导致故障停机。

3.3 丙烷制冷剂充注过量

每台压缩机机组在设计时都会设置最佳充注量的范围。当制冷剂充注量远远大于这个值的时候,且机组在大负荷运行时,压缩机就有可能吸入部分未完全蒸发的液体,如果压缩机吸入的是气液混合物,经压缩机压缩后排出时会出现过热度降低的情况,排出的气液混合物中的液态就有可能是液态丙烷与冷冻油的混合物。在这种情况下油分离器的分离效果就会大大下降,部分冷冻油就会随着气态丙烷进入丙烷系统内。将导致油分离器的液位出现大幅度波动。

3.4 控制阀不能正常开启

丙烷冷冻系统流程上为了将蒸发器中的丙烷回收至冷冻油系统内,设置了回油器,其工作原理是回油器内部设置了一个浸入式油加热器,蒸发器内混有冷冻油的制冷剂随着重力的作用流到回油器中,在加热器的加热作用下,制冷剂蒸发而冷冻油留在回油器储罐中。蒸馏后的冷冻油将在电磁阀控制的作用下被间断性地引回到压缩机组中,从而实现冷冻油的回收。系统中的回油器内部加热器或者液位开关故障,导致控制阀不能正常开启,丙烷气体不能正常蒸发回到蒸发器中,冷冻油无法通过正常流程回到压缩机入口参与润滑。在这种情况下也会导致油分离器出现液位的波动。

3.5 丙烷系统油冷器出现泄漏情况

本机组中设置有冷冻油冷却换热器,利用储罐中的液态丙烷与冷冻油进行换热。液态丙烷自丙烷储罐进入换热器壳程,由于管程的冷冻油温度为50~60℃,液态丙烷将会被汽化成气态丙烷,从而给管程的冷冻油进行降温。油冷器中管程的冷冻油压力较壳程的丙烷压力要高,油冷器的泄漏将导致冷冻油通过虹吸储罐进入到丙烷储罐当中。在这种情况下油分离器内的冷冻油位将会出现下降波动的情况。

3.6 丙烷冷冻系统经济器泄漏

丙烷冷冻系统经济器泄漏,导致高压丙烷泄漏至低压侧进入丙烷压缩机,导致冷冻油密度改变,出现大量的气泡,油位不断波动。

3.7 油分离器内部出现故障

油分离器内部一级集油槽和二级集油槽是分开整体焊接的。油分离器的入口与压缩机的排气端口法兰连接,分离器的排气侧通过管道与冷凝器相互连接,气态丙烷通过分离器后进入到冷凝器进行冷凝。油分离器可能存在以下故障。

一级油分离器内部弯头断裂脱落,造成压缩机出口的气液混合物未能通过 90° 弯头直接进入油分离器。如果混合物未经过弯头直接进入油气分离器,分离效果会大大降低,特别是在大负荷的情况下这种情况会更加明显,油位会持续降低进而引起低油位停车。

二级油分离器分离滤芯坍塌脱落,油气混合物未能通过分离滤芯的有效分离而直接进入系统造成油槽液位降低。

二级油分离器油槽回路堵塞、阀门故障,分离下来的冷冻油无法正常回到一级油槽中。

4 故障排除

4.1 机组长时间低负荷运行

查看机组滑阀负荷一直在80%左右运行,调节滑阀位置,机组出入口压力能正常改变。说明滑阀反馈正常,机组负荷并未出现低负荷运行的情况。排除因滑阀反馈故障引起假指示,同时也排除了因机组长期处在低负荷运行状态下导致冷冻油位波动的情况。

4.2 丙烷系统充注过量

检查丙烷储罐液位为 $2/3$ 左右,蒸发器液位为30%,长时间维持不变。本机组设有液击停车联锁,油分离器液位出现波动时未有液击报警指示。查看机组排气过热度为 22°C 左右,未出现过热度降低的情况。排除因系统丙烷充注过量,导致机组入口出现带液的情况。

4.3 回油器加热器、控制阀故障

检查回油器中加热器及控制回路均正常,回油器回路控制正常,未出现任何故障。

4.4 冷冻油油冷器出现故障

由于本机组为两台并联式机组,压缩机入口相互并联,中间未设置阀门隔离。打开检查B机油冷器,发现油冷器内部油泥积聚较多,打压未发现冷却器管束有泄漏情况,清理油冷器后回装。开机后仍然存在冷冻油位波动的情况,可以排除油冷器堵塞及泄漏引起的油位波动。

4.5 油分离器内部故障排除及结论

2020年停工大修期间,该螺杆压缩机组转场大修。移除机头后检查内部 90° 弯头未发现有明显开裂、掉落的迹象,排除因 90° 弯头开裂损坏导致冷冻油与丙烷气

体无法有效分离的情况。

排查二级集油槽至一级集油槽流程阀门,阀门开闭均正常,流程未发现堵塞情况,排除了因流程阀门问题导致二级集油槽至一级集油槽不通导致的油位波动的情况。

打开二级集油槽后人孔检查内部油分离器滤芯,发现5个滤芯中的2个存在松动、脱落情况,打开时发现二级集油槽内部存在少量的冷冻油,滤芯上存在明显的杂质。上述原因导致了油分离滤芯分离效果较差,气态丙烷与冷冻油的混合物走短程,未达到设计的分离效果。进而导致了一级集油槽油位波动的情况。

5 解决措施

(1) 维持丙烷机组负荷,防止负荷过低导致丙烷流速过低的情况出现。

(2) 定期对机组回油器进行维护、维修,确保回油器运行正常。冷冻系统丙烷定期置换,确保系统内部丙烷的洁净度,防止杂质堵塞油分离滤芯,造成分离效果不好,导致油位波动等问题。

(3) 检修期间更换油分离滤芯,确保丙烷压缩机系统长周期运行。

6 结语

连续重整装置丙烷冷冻系统的正常运行直接关系到本装置的高效运行以及下游装置的平稳运行,冷冻油位的波动是该系统常见的一个故障,本文较为详细地分析了油位波动的原因及解决办法,通过采取这些保证丙烷冷冻系统的长周期运行,为装置“安、稳、长、满、优”运行奠定坚实的基础。

参考文献:

- [1] 唐福鸿,宋鹏,黄聪,等.连续重整丙烷压缩机系统典型故障与处理[J].化工技术与开发,2019,48(04):67-69.
- [2] 陈文卿,马元,彭学院,等.制冷压缩机基础理论研究及关键技术开发[J].制冷学报,2010,31(04):14-21.
- [3] 兰争真,严泉.螺杆制冷压缩机故障的分析及处理[J].机械,2013,40(09):74-77.
- [4] 付曙祥,金涛.螺杆制冷机油分跑油故障的分析及对策[J].制冷与空调,2008,8(01):103-104.
- [5] 郭朝晖.螺杆式冷水机组失油故障的处理方法探讨[J].暖通空调,2001,31(02):89-90.

作者简介:黄绿洲(1993.10-),男,壮族,广西钦州人,本科,助理工程师,研究方向:炼油化工设备;郑天翔(1994.12-),男,汉族,甘肃兰州人,本科,助理工程师,研究方向:炼油化工设备。