

# 高压往复泵密封面泄漏的分析及对策

冯菲娜 张碧莹 陈建辉

宝鸡航天动力泵业有限公司 陕西宝鸡 721001

**摘要:** 介绍高压往复泵体的工作原理, 并对其工作过程中存在的问题进行了分析, 并给出了相应的处理方法。

**关键词:** 高压往复泵; 填料; 螺栓; 预紧力

## Analysis and countermeasures of high pressure reciprocating pump

Feina Feng, Biying Zhang, Jianhui Chen

Baoji Aerospace Power Pump Industry Co., LTD, Baoji, Shaanxi, 721001

**Abstract:** The working principle of the high-pressure reciprocating pump body is introduced, and the problems existing in the working process are analyzed, and the corresponding treatment method is given.

**Key words:** high-pressure reciprocating pump; packing; bolt; pre-tightening force

环烷基润滑油加氢站是世界上第一个两级串联装置, 其运行容量小、运行工况苛刻(额定流速 29.7 立方米/小时、出口压力 17.09 MPa、运行温度 165℃), 给该系统的设备选择带来了诸多制约。经专家论证后, 为减少操作费用, 我们用高压往复泵取代了高压离心泵, 这是一台水平的 5 柱塞往复泵, 它是一台意大利整体撬装, 柱塞直径为 75 毫米, 冲程为 120 毫米的柱塞往复泵。采用耐热碳钢制成, 采用二级密封, 机翼式阀门, 设有回灌系统, 泄漏液体回流至水泵进口。电源端部的润滑剂采用喷水冲刷。高压往复泵是一种应用于高扬程、小流量工况的新型泵。国外多用于小型设备的往复高压泵。目前, 我国的加氢设备大都是使用高转速的离心泵。由于高温、高压往复泵的制作困难, 磨损零件多, 维修困难, 在使用过程中容易发生柱塞密封圈泄漏, 弹簧阀组磨损零件寿命短, 螺栓联接部位损坏等问题, 所以, 目前往复泵的使用方法是德国 URACA, 美国 OLLWELL, 意大利 PERONI 等进口产品。

### 一、馏分油加氢工艺流程

馏分油加氢工艺过程中, 主要由一级反应体系和组成, 其中包含了保护剂、加氢处理剂和脱蜡剂等催化剂, 并在床进口设置了用于调整反应温度的冷却氢气传输管道。降三生产线的生油首先通过第一阶段的 R101、R102, 完成脱金属, 脱氮, 脱芳烃和催化脱蜡; 然后, 该芳香化合物的另一种饱和反应被引入到两阶段反应体系的

后精炼反应器(R103)中; 最终, 将 U30 变压器油从降压塔(C202)的降二段蒸馏出来, 并从降压塔底部获得 N4010 型橡胶增塑剂。

### 二、基础油收率标定及分析

#### (一) 原料油性质

为了保证减三线原油的真实物性能更好地满足设计要求, 在常规降压塔减三线原油的基础上, 将其馏出温度提高到 390.5 ~ 470.0。降三线油馏分在 30 ~ 90%之间的真实蒸分温度比较接近于设计; 在上游降三段原油有轻微的拉重现象, 其组成成分增多, 使其在 100℃下的动态粘度达到 18.3mm<sup>2</sup>/s, 高于设计值 2.7mm<sup>2</sup>/s; 结果表明: 精炼过程中的硫、氮密度与设计结果相近, 芳香组份含量较设计结果高出 9.12 个百分点。

#### (二) 工艺参数

在该工艺条件下, 原油在脱蜡、降凝时进行了一次加氢裂解, 将其转化为一种低沸点、低熔点的低熔点。随着裂解深度的增加, 产生的轻质成分也会增多, 进而使基础油的产率随之下降, 所以, 在整个反应系统中, 对基础油产率起到最大作用的是脱蜡的深度。由于反应速度(处理量)、温度、压力、氢油比等是决定脱蜡率的重要因素, 故需通过调节生产过程中的反应过程来实现对脱蜡率的有效调控。

经过工艺条件的调节, 设备处理量为 27 吨/小时, 反应压力为

14.91 MPa, 一段氢油比为 1100, 二段氢油比为 600, 二段氢油比为 363, 三床层的平均温度为 359。如将设备处理能力提高到 27 吨/小时的设计极限值, 则可使反应空速增大, 使物料在脱蜡催化剂上的滞留时间减少, 进而使脱蜡反应的深度减小; 将二号床板的进口冷氢阀门开启到最大值 (100%), 可使二号床板的进口温度下降, 进而使生油脱蜡反应的温度下降。

在提高加工率、增加冷氢阀门开启的同时, 可以通过将加热点向前移动来达到较低的脱蜡温度。在该装置中, 二床层和三床层分别安装有脱蜡催化剂, 二床层和二床层上部分别安装有加氢处理剂。在脱蜡反应器内, 在加氢处理剂作用下, 原油脱氢脱硫、脱氮、脱芳香等都是放热性的, 而在脱蜡催化剂作用下, 脱蜡反应是吸热量的, 所以, 在二次床面上, 真实的脱蜡反应温度应该是二次床面进水点的总和。在一段时间内, 将加氢过程中的硫、氮、芳烃转化为硫、氮和芳烃, 使二段上段的加氢过程的放热和二段的温升有所下降, 进一步使二段的脱蜡过程的温度下降。综合考虑以上两种方法的作用, 可以实现二次床和三次床的脱蜡分别为 371 和 359。另外, 降压塔中的分离效率对基础油的产率有很大的影响。减压塔的分馏效果可以由各侧线的取出温度来反映, 其中减一线、减二线、减压塔底油的取出温度分别为 103℃、183℃、272℃。

### 三、问题

环烷基石油化工加氢厂 1 级反应器的反应器是一台工作在较高的工作介质压力下的往复高压泵站, 如果在此过程中发生故障, 将会对设备的安全运行造成很大的威胁。从 2016 年开始使用至今, 已进行了 7 次检修, 检修结果如下: 1 次止回阀的弹簧破裂, 1 次停机, 14% 的人停止了水泵; 由于气门帽的螺钉破裂而发生了两次泄漏。经统计和分析, 水泵出现的问题以气门螺钉断裂和气门、气门在待机情况下发生气门、气门渗漏为主, 其它都是易损零件破损。

### 四、原因分析及改进措施

#### (一) 填料泄漏量增大

如果出现了滴漏现象, 那么即便是一般的渗漏, 也需要持续监控, 并定时固定密封, 这样就能减少无谓的渗漏, 从而极大地减少了渗漏。在水泵启动时, 有可能没有渗漏, 或有微小渗漏, 在运转一段时期后, 渗漏会增加, 维修人员应该介入, 重新调节密封垫的紧实度。按照制造商给出的资料, 每一个柱塞的漏失率不能超过 400 ml。为了保证对密封圈进行了准确的调节, 应遵循以下步骤: (1) 不要持续地使劲旋紧压帽, 这样会引起不必要的温度上升, 从而导致密封圈出现不正常的磨损。(2) 密封垫必须经常保养, 不然密封垫

会因密封垫的松脱和破损而导致溢出。(3) 水泵停机后, 用手将压力螺帽朝下转动, 并将压力螺帽朝向密封圈。(4) 启动该泵, 检测加力螺帽的温度和辅助密封垫的排气率。(5) 若漏水量大于推荐的数值, 停止泵, 将第一密封垫旋入 1/4 周, 再将第二密封垫穿过延伸区域旋入。(6) 启动水泵, 重新检测压力螺帽的压力和漏气率。

这一作业要一直进行到满足以上的漏气率为止, 在将环形螺帽旋紧之后, 若仍不能减少漏气率, 则要对编织环的状况进行检测, 并将其替换掉。作业过程: ①根据设计图进行装配, 填料环组的切口位置与上一个填料环呈 180 度; ②往复式水泵在进行试验和替换时, 要调整密封件的紧实度; ③在新的填充物上, 调节填充物箱内的环状螺丝, 以达到填充原填充物的目的; ④装料环间不允许有缝隙, 如果有缝隙, 将会导致液缸、柱塞的损伤。

#### (二) 阀盖及缸体泄漏

对于该泵起泵的早期和备用状态下的漏油问题, 要及时地对操作销项卡进行修改, 并添加备用泵的预热: 在泵头的外部, 在启动之前, 要先通入保温蒸汽, 来对泵体进行预热, 直到将其温度提升到规定的程度, 在泵的正常运转之后, 才可以关掉伴热蒸汽。启泵时, 首先要将压控阀完全打开, 在空气中进行 (5-10) 分钟的预热, 再慢慢地将泵身的螺钉加热到工作压力, 不要盲目地给螺钉上过多的预紧力, 如果在待机情况下, 泵身的密封表面还会出现漏油的情况, 这很可能是因为泵身的温度没有得到足够的控制, 这时可以将泵身的进口阀门关掉, 以备不时之需。

#### (三) 阀盖螺栓断裂

由于泵体内温度过高, 使螺钉产生了应力与变形, 并且在长时间处于交流负载与气门装置的碰撞作用下, 螺钉会产生破坏, 进而产生疲劳破坏。改善方法: 对泵的维修操作进行了规范化, 在进行泵体螺栓的固定时, 要严格遵守紧固次序, 用力矩扳手进行固定, 避免出现紧偏及预紧过大或过小的现象。锚杆应该在一个十字形的次序上, 以最后的扭矩为 30%。在温度较高的情况下, 在启动时应注意螺丝是否拧紧。若螺丝有松脱现象, 应在 (2-3) 小时内对螺丝扭矩进行一次调整, 以防止螺丝过紧。当泵停止工作, 在室温下冷却, 压力降低时, 应再次调整螺杆扭矩。

#### (四) 蒸汽动力系统存在问题及解决办法

##### (1) 燃气轮机启动时系统的蒸汽平衡。

燃气压缩机启动时承担着转换体系氮气循环加热的工作, 在常规运行中, 从一排出端抽取一部分燃气供燃气透平使用。该型燃气透平采用一套背压的中压透平, 其能耗为 20-25 升。

一般而言,在燃气透平的起动过程中,按照运行需要,转换系统必须满足以下几个条件:DN2周期的上升完成,一段炉的烟温为 $425^{\circ}\text{C}$ ;②5-6th的过程蒸气通到一级炉中;③原煤气压机已经从氮气变到了天然气操作,满足了给燃气透平提供燃料煤气的要求。燃气涡轮的起动是由伍德沃德调节器来进行的,调节器设置了高低速两档。以低挡起动蒸汽涡轮,实现对燃气涡轮的吹除和暖机,再以高挡自动实现升速。在较高工况下,透平消耗较大,为了确保中压蒸汽系统的正常运转,往往需要对某一部分的工艺蒸汽进行节流或截流。通过对蒸汽流量进行人工关断阀门限制,使蒸汽流量达到 $15\text{ t/h}$ ,从而使耗汽达到了 $15\text{ t/h}$ ,从而使燃气机组的顺利起动和一段锅炉的安全运转得到了有效的解决,同时也减轻了开工前期的供汽压力。这样,在启动阶段,就可以很好地处理好蒸气平衡的问题,甚至连脱碳器都已经回收利用了。

(2)转化汽包低液位连锁保护的改进。本设备的给水系统全部采用电动机传动。为了防止因为电力故障,使高压锅炉给水泵停止工作,进而导致转化汽包干锅及一段炉催化剂析碳事故的发生,在设计中,我们可以利用工艺连锁来解决这一问题。也就是,在转化汽包低液位连锁信号出现后,将工艺蒸汽控制阀完全打开,当累计工艺蒸汽量达到 $3\text{ t}$ 时,控制阀就会自动关闭。这种方法既可代替一、二、三级炉气,又可防止二、三级炉温向后移动引起蒸汽干化。虽然这种连锁保护具有一定的可行性,但是由于氧化锌硫化槽的出口关闭阀门必须人工操纵,耗时很久,而且在某一阶段还存在着积炭现象。为此,将氧化锌脱硫槽出口切断阀由手工操作改为电机驱动,并将这一互锁保护改变为:在转化汽包低液位发生后,工艺蒸汽调节阀仍在累积 $3\text{ t}$ 蒸汽量后关闭,同时氧化锌脱硫槽出口电动阀自动关闭。这种连锁保护不但可以解决原有连锁装置存在的缺陷所带来的潜在危险,还可以通过增加的电子执行器,使得每一次停机都能得到更好的解决。(3)对高压放水装置的监控装置进行了改造。因为降压站的原因,导致了多次的水碳比较低的故障,经过我们的研究,发现了原来的控制系统主要有以下三个方面的问题:①在PV200的追踪开度和PC200的实时输出之间的差距过大(DCS的要求是 $30\text{ S}$ ),这 $30\text{ S}$ 的范围内,不能形成一个闭环循环,必然会产生干扰,进而对整个中压网络的压力稳定性造成了一定的影响。②PV200在运行过程中,无论在大负载下还是在大负载下,都无法达到对中压网络的压力需求;由于布朗设备没有设置高温蒸汽辅助罐,因此在保压系统内没有设置高温高压辅助罐,且高温高压系统在高温高压系统内必须保持高温高压系统的稳定,如果仍主要关注高温

高压系统,必然会引起高温系统内高温系统内的高温高压系统暂时降低,进而引起低温系统内低温系统内的低温连锁反应,这对于合成回路内低温系统关闭,同时采用氨球液氨系统来持续保持高温系统的高温系统来说,是非常必要的。在原有的控制系统中,虽然在中压管道上安装了PV252A,但是由于PV200和PV252的作用是反向的,所以不能满足这个需要。

#### 结束语:

为了确保填料的正常使用并延长其使用寿命,对填料压紧螺母进行调节是一个不可或缺的步骤。因此,一定要严格遵守操作手册,并以实际经验为依据,总结出最佳的操作方案。在泵头的外侧,添加一个保温夹层,在开泵之前,对泵体进行预热,严格遵守力矩的要求,将泵体及阀盖螺栓紧固起来,并在预热后、启泵前,对泵盖螺栓进行热紧。通过以上几点的强化管理,高压往复泵没有出现填料异常泄漏、螺栓断裂以及阀盖及缸体泄漏等故障,有效地保证了I段反应进料泵的运行周期。

#### 参考文献:

- [1]梁凤喜.高压往复泵密封面泄漏分析及应对措施[J].设备管理与维修,2019(9):68-69.
- [2]杨国来,孟德虎,叶建中,甘文军,刘岱阳.基于ANSYS的大口径金属硬密封球阀泄漏分析[J].液压与气动,2023,47(3):146-152.
- [3]吴连财.高压设备密封面泄漏原因分析及防护措施[J].大氮肥,2007,30(2):89-91.
- [4]姜红超.高压热油泵机械密封泄漏分析及对策[J].石化安全环保技术,2008,24(3):33-35+38.
- [5]梁雄,刘昌良.高压锅炉给水预热器密封面泄漏原因分析及处理措施[J].大氮肥,2019(S02):31-33.
- [6]郑龙斌.加氢反应系统高压密封面检修零泄漏对策[J].设备管理与维修,2018(20):116-118.
- [7]张沛.热电部高压加热器泄漏原因分析及对策研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(10):0179-0182.
- [8]许喜红,雷杰,刘家懿.高压往复泵填料泄漏分析及改造[J].流体机械,2008,36(1):50-52.
- [9]刘明洪.高压往复泵填料泄漏原因分析及改进措施[J].广州化工,2013,41(11):209-211.
- [10]施时楷,常怡涛,关海明.高压氨泵干气密封泄漏的故障分析与处理对策[J].大氮肥,2007,30(4):240-243.