

芳烃苯塔回流泵的故障分析

方成

(中国石油化工股份有限公司镇海炼化分公司, 浙江 宁波 315207)

摘要: 通过对芳烃抽提苯塔回流泵故障的分析, 提出解决方法。同时从屏蔽电泵的结构特点出发, 分析典型故障产生的原因, 并提出检修、维护应该注意的事项。

关键词: 屏蔽泵; 石墨轴承; 轴串量; 汽阻; 汽化; TRG 监测

中图分类号: TQ 051.21

文献标识码: B

文章编号: 1009-3281(2008)06-0031-04

Analysis of Fault Occurred in Feedback Pump Used in Aromatic Benzene Tower

FANG Cheng

(Zhenghai Branch, China Petroleum Stack Co., Ltd, Ningbo 315207, China)

Abstract: Through the analysis for the faults occurred in feedback pump used in aromatic benzene tower, the solution was presented. Meanwhile, based on the structural features of shielded electrical pump, the causes of typical faults were analyzed and the notices to maintenance and repair were proposed.

Keywords: shielded pump; graphite bearing; axial displacement of shaft; gas resistance; gasification; TRG supervision

芳烃抽提 2007 年停工改造结束后, 重新开车, 苯塔回流泵(工艺位号 P-802B)因轴承磨损发生数次故障, 最严重一次推力盘被磨损近 5 mm, 伴有屏蔽套漏液。本文从屏蔽泵结构特点出发, 分析故障原因, 并提出此类泵在日常维护、检修中应该注意的问题。

1 屏蔽泵结构特点和失效形式

屏蔽泵是泵和电机合一的产品, 在电机的定、转子部分各有一个特殊金属材料制成的套子, 将它们各自密封, 不与所输送的液体介质接触, 使电机的铁心和绕组不受腐蚀, 使定子绕组保持良好的绝缘性能。

屏蔽泵一般采用石墨轴承, 依靠所输送的液体来润滑, 轴承的磨损情况对可靠运行十分重要。为了监视轴承磨损状况, 一般都装有机械式或电磁式轴承监视器。当轴承的磨损量超过规定的允许值时, 监视器表盘的指针会指向红区, 即示“报警”, 此时应立即停止运转, 进行检查。如轴承的磨损量已超过极限值时应更换新的石墨轴承, 否则有可能造成定、转子屏蔽套相擦, 直至屏蔽套损坏, 导致液体介质侵蚀到定子绕组等处, 造成电机损坏。化工屏蔽泵大多使用在防爆场所, 故其接线盒都制成隔爆型结构。屏蔽电机的线圈端部埋有温度继电器, 当

电机绕组过热时, 起到过热保护作用, 根据电机所使用的绝缘等级不同, 温度继电器的动作温度也就不同。有些屏蔽泵电机外壳部分设有热交换器, 内有蛇形管, 高温介质通过蛇形管冷却后再供电机石墨轴承润滑, 同时夹套内的冷却水也可对电机起到冷却作用。屏蔽泵主要有下面几种损坏情况:

(1) 石墨轴承、轴套和推力板磨损或润滑油液短缺发生干磨而损坏。

(2) 定、转子屏蔽套损坏。造成屏蔽套损坏的原因, 主要是轴承损坏或磨损超过极限值而造成定、转子屏蔽套相擦而损坏; 其次由于化学腐蚀造成焊缝等处产生泄漏。

(3) 定子绕组损坏。除和普通电机一样出现过载、匝间短路、对地击穿等造成定子绕组损坏的原因外, 还有因定子屏蔽套损坏而导致介质侵蚀电机绕组使绕组绝缘损坏。

2 芳烃苯塔回流泵运行中存在的问题

芳烃苯塔回流泵型号 FA81-617J4M-0710U1, 为

收稿日期: 2008-08-11

作者简介: 方成(1979—), 男, 浙江宁波人, 工程师。现在镇海炼化炼油一部从事设备技术管理工作。

基本带连接体,外循环冷却型(FA型),正常工作时输送38℃,密度为0.878 g/cm³的苯馏分,在装置开工初期该泵运行极不稳定。

2.1 泵体温度高

在自冲洗冷却顺畅前提下,该泵入口、前轴承端、后轴承端、循环冷却管、出口等五个检测点温度均维持在34℃左右。2006年12月初,该泵电机端温度呈上升趋势,到中旬时,电机外部温度已达60℃以上,24日过载跳泵。上述现象产生后,对泵进行解体检查,发现推力盘发蓝,伴有径向纤维裂纹,转子、定子和石墨套有结焦物覆盖。2007年4月装置大修后开工,该泵泵体及循环管温度高达65℃,尾部排气口明显有气体放出,循环管线汽阻不通。

2.2 泵抽空和介质汽化

鉴于屏蔽泵的特殊结构,一般在泵入口管道上都装有滤网,以阻止脏物进入泵体。2007年4月初,该泵振动增大,出口压力由原来的0.8 MPa降到0.5 MPa左右,出口排量由原来的50 t/h降低到42 t/h,入口伴有汽蚀声音。拆装滤网,确认无堵塞后认为是入口介质汽化引起的泵抽空。

2.3 泵振动超标

该泵电机为617J4M,额定功率45 kW,根据SHS 01003—92《石油化工旋转机械振动标准》中振动烈度评定等级,泵体振动合格范围应不大于2.8 mm/s。2007年装置改造开工后,在4、5月测振中均发现泵体振动严重超标,其中后端垂直最大超过5.5 mm/s,水平4.5 mm/s以上,轴向大于2.3 mm/s。检查中发现泵基座底部略有脱空,垫实后振动略有减小,认为振动主要由转子不平衡或轴向窜动超标引起。

2.4 轴承推力盘磨损严重

轴承推力盘的磨损是众病因的源头,往往伴随泵体温度升高、电流增大、振动超标、定子漏液等。2006年12月24日,该泵解体大修中发现其前端石墨套严重磨损,径向槽几乎被磨平,前推力盘布满径向细裂纹,工作面发蓝;2007年4月9日该泵检修中发现后端石墨套碎裂,推力盘被磨损近5 mm之多,转子弯曲超过0.5 mm;同年5月,因泵超电流进行检修,发现推力盘、石墨套、轴套等均有不同程度的磨损。

2.5 电机漏液

电机漏液意味着定子屏蔽套穿孔,在2007年4月9日、5月17日该泵故障检修中均出现定子屏蔽

套焊缝处磨损泄漏。

3 失效分析及对策

3.1 介质汽化分析

入口介质吸入量不足、介质汽化是导致泵抽空的两大因素。屏蔽泵输送的是较为洁净的介质,入口设有滤网,受管道因素影响,入口会有铁锈、焊渣等杂质堵塞滤网,从而导致泵抽空,这在停工大修后初期开工发生较多,只要定期清洗滤网即可解决,但切忌拉掉滤网。另一方面受工艺流程和工艺条件的影响,若苯塔回流泵上游脱水不及时,或介质冷却后温度仍然过高,都会增加泵入口汽化的可能性。以2007年4月9日因抽空导致烧泵故障为例,当时介质温度超过65℃,且有大量游离态的水带入泵体,泵实际输送介质的密度增大,这不但增加了泵的轴功率,且高温下这部分游离态水在泵入口汽化引起轴向力失衡,磨损转子部件^[1]。因此,控制介质温度,加强入口脱水能降低此类故障发生频率。

3.2 轴承磨损分析

屏蔽泵采用的是石墨基材的滑动轴承,轴承表面开有直槽或螺旋槽以实现全液润滑。在泵启动和关闭时,滑动轴承对泵的转子提供径向支撑;当屏蔽泵达到额定转速后,滑动轴承对轴的支撑作用将由液动力液膜代替^[2]。由此可见,屏蔽泵轴承损耗主要来源以下几方面:

(1) 在开泵动力液膜形成前,以及停泵时动力液膜消失后,轴套与轴承接触磨损(径向磨损)。

(2) 转子安装误差引起不对中或动不平衡导致的轴承径向磨损。

(3) 运行中轴向力不平衡,引起的转子轴向窜动而导致轴承与推力盘的轴向磨损。轴承磨损同时,往往带来一系列问题,如泵体温度升高、振动增大、电流上升、泵内汽阻、转子轴向窜动,甚至屏蔽套磨穿漏液等等。

所以对屏蔽泵来说,轴承的润滑和冷却就十分重要,以苯塔回流泵为例,在屏蔽电机工作时,将一小部分输送液体由泵出口经滤网、循环管从电机后端进入定子、转子屏蔽套之间的间隙和轴承,再回到泵腔内,形成冷却液的循环。定子绕组的电流损失、铁心能量损失以及屏蔽套的涡流损失等产生的热量都将由循环冷却液带走,以保证定子绕组的温度低于绝缘等级要求,同时提供轴承、轴套、推力盘的润滑液膜并带走摩擦热量^[3]。若冷却液夹带杂质或冷却液流量不足,首先会出现轴承与轴套、轴承与止

推盘之间的流动液膜遭破坏,摩擦热带不走。如果没有及时处理,热量将在定子和转子间积聚,局部表面(如轴承和推力盘摩擦副)达到介质汽化温度后,形成间隙腔内汽阻,该点冷却液断流,轴承与轴套或推力盘接触干磨,加速故障的发生。2007年装置开工过程中的几次故障,解体中均发现轴承、推力盘局部高温,石墨碎裂,工作面发蓝等问题。导致润滑不良的根本原因认为是泵内有汽阻,自冲洗线失效。

从操作角度来说,开泵前未进行排气,或排气不彻底,将直接导致开泵后汽阻的产生。另一方面,从维修安装角度来说,安装时转子轴向窜动量的不足,也将导致运行时转子推力盘和定子石墨套间磨损加剧,工作面高温,局部汽化介质,最终引发泵内汽阻。

2007年5月底发生的烧泵故障,就是典型推力盘间隙偏小引起的,解体实测结果转子轴窜量只有1.5 mm,对于45 kW电机来说,间隙显然不足,检修将其调整到2.0 mm,开启运行后,效果较好。屏蔽泵功率与轴窜量关系可参考表1中的数值^[4]。

表1 屏蔽泵功率与轴窜量

功率/kW	0.55~3.7	5.5~11	15~45
轴窜量/mm	0.9~1.5	1.4~2.0	1.8~2.5

表2 屏蔽泵允许的轴向推力

电机功率/kW	0.5~3	>3~15	>15~25	>25~45	>45~100
轴向力/N	350	400	500	650	800

除了检修中严格控制前后口环的间隙、轴套与泵壳体(底套)的间隙、叶轮平衡孔的孔径、轴承间隙等动静间隙外,目前有一种利用间隙流动特性的轴向力自动平衡方式得到广泛应用,其原理如图1所示。

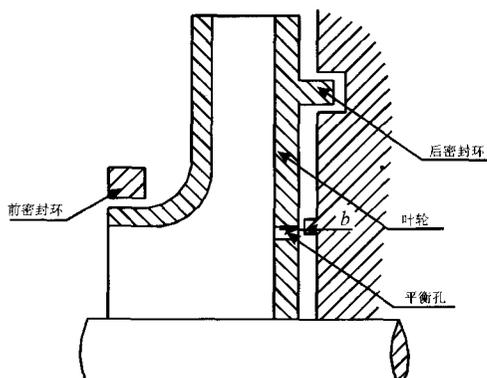


图1 轴向力自动平衡装置

当轴向力沿进口方向增大时,叶轮向进口方向移动,轴向可变间隙增大,泄漏量增加,后盖板压力

3.3 转子部件结焦分析

苯塔回流泵输送的是苯馏分,从工艺流程方面说,来自抽提部分的原料含有一定数量的不饱和烯烃,溴价在0.5~0.7 g/100 g,经白土塔吸附后,降低至0.05~0.08 g/100 g。若工艺控制不当,或者白土塔使用后期,白土吸附性能下降,残余的不饱和烯烃将进入苯塔,并被汽提进入回流罐,苯塔回流泵输送的介质中烯烃含量会增加。此部分烯烃就有可能在泵的高温部位,如推力盘工作面、轴承与轴套摩擦面等部位聚合,若温度再升高就会结焦,形成一层黑焦覆盖在工作面上。长期含烯烃超标,将会加速机泵故障产生,因此,控制工艺条件、及时更换白土是最有效的手段。

4 轴向力的平衡

从近几年屏蔽泵检修来看,其故障往往是由于振动大引起,而每次检修均可发现振动的原因大部分是由于推力轴承或径向轴承损坏引发,碳石墨的脆性和其较低的抗压强度(约为210 N/mm²),使其难以承受屏蔽泵由于非常规所生产的轴向推力,因此石墨轴承成为屏蔽泵运行中最脆弱的一环。屏蔽泵允许的轴向推力大小不得大于表2中规定的数值。

降低,迫使叶轮向反方向移动;反之,轴向可变间隙变小,泄漏量减少,后盖板压力增加,液迫使叶轮反方向移动,从而达到轴向力自动平衡的目的。

5 屏蔽泵的维护保养

总结屏蔽泵失效原因,在维护方面应该从以下几方面着手。

(1)提高检修质量。严格控制各部位间隙、余量,提高精确度,特别是前后口环的间隙、轴套与泵壳体的间隙、叶轮平衡孔的孔径、轴承间隙等等,这些动、静间隙的变化均会引起轴向力的改变,特别是高温型屏蔽轴套与泵壳体(底套)间隙,由于该间隙往往小于前后口环间隙(特别是泵运行过一段时间口环间隙磨损后),径向轴承损坏后泵壳就被磨大。如果不加以修复,由泵出口的液体大量流失,泵内循环冷却液抽空,造成轴承损坏。

(2)加强轴承监测。屏蔽泵电机端通常配有轴承监测表,它通过固定在定子上的一组对称感应线

圈(即 TRG)在旋转时产生的电动势,对泵轴承磨损进行监测。在轴承正常工作时,轴处于正中,TRG 输出电势波形大小相等,方向相反,叠加后抵消基波,指针只在绿区做微小幅度的抖动(谐波差);一旦轴承发生磨损,轴随之发生偏移,此时感应线圈输出波形不再相同,叠加后基波和谐波都无法抵消,指针跳至黄区或红区。因此电流、TRG 监测表都能直观显示泵运行工况的变化,发现电流有波动或升高,说明泵负荷发生变化,应该及时分析原因,调整工况;TRG 指针如发生大幅度波动,说明泵内转轴有位移发生,如指针尚在黄区应及时联系技术人员和钳工会诊,如指针在红区应及时停泵。

(3)规范开停泵程序,提高巡检要求。一方面,操作人员在检查屏蔽泵时,要有效利用听针、测温枪、测振笔从看、听、摸、测、放五方面出发:看 TRG 监测表是否在绿区、看出口压力是否有大的波动、听前后轴承声音是否有异响、摸泵体有无明显振动、摸冲洗线温度有无明显升高、测前后轴承温度有无升高、测泵电流是否有变化、通过尾部排气阀放泵内气体(多级屏蔽泵前后都有放气阀);另一方面开泵

前,屏蔽泵入口管线必须进行排水,以防止介质带水后增加汽化可能性,导致泵内发生汽阻,轴承润滑不畅而烧泵;刚检修后开泵,在灌泵结束后,屏蔽泵必须进行排气,排气位置在泵尾部和出口阀前导淋,以间断排气 2~3 次为佳,每次维持 30 s 左右,直至看到介质连续、稳定流出。开泵后 15 min 内不离场,新修泵每半小时检查不少于 1 次,平稳运行 4 h 后可进入正常巡检。若遇上平衡管高温,最有可能是平衡管内有汽阻,应及时在泵尾部排气。如排气后仍无改善,建议停泵冷却,半小时后重新灌泵试车。

参考文献

- [1] 孙武,于静杰,邹立莉. 屏蔽泵及其输送易汽化介质[J]. 化工设备与管道,2006,43(6):39-42.
- [2] 高慎琴. 化工机器[M]. 北京:化学工业出版社,1992:308-310,336-338.
- [3] 陈世亮. 屏蔽泵的机构特点及关键技术[J]. 通用机械,2005(7):22-24.
- [4] 任晓善. 化工机械维修手册(上)[M]. 北京:化学工业出版社,2004:255-257.

(上接第 17 页)

要求,对信号密集处采用常规无损检测方法(MT, RT)进行复验。复验结果表明:4,1,2 阵列内未发现超标缺陷;8,9,6 定位阵列内的声源为一处表面裂纹源,经打磨消除,在声发射试验中,当压力低于 1.0 MPa 时,鼓包部位信号较少,因孪晶边界的移动产生,能量/时间较小;当压力高于 1.0 MPa 时,该两项指标呈上升趋势,但在二次保压时鼓包处相对安静,根据凯赛尔效应与菲利西蒂效应,鼓包处材质没有发生严重损伤,能够保证在 1.0 MPa 下安全使用。金相检测结果表明,鼓包处珠光体含量及硬度比正常值稍低,但尚在正常范围之内,也可说明材质并未劣化^[2]。

3.4 结论

声发射检测结果表明:

(1) 该站 100 m³ 卧式液化石油气储罐仍可安全运行。

(2) 压力低于 1.0 MPa 时可保证安全运行。因此,这台液化石油气储罐应在压力不高于 1.0 MPa 的情况下监控使用。

水压试验过程中的声发射试验可以监测缺陷的动态发展情况,并找出使容器相对安全的使用压力,为常规无损检测做出指导,大大缩短检验时间,因此

声发射技术在确定压力容器的安全使用的条件中起到了关键性的作用。

4 结束语

在石油化工设备中,有些在役压力容器因种种原因按五大常规无损检测方法检测是属于“信不过”的设备。作为目前越来越成熟的声发射检测技术,因具有简捷、经济、灵敏度高,又能检测“动态”缺陷等特点,已发展成为金属压力容器检测和安全评定的主要无损检测方法之一。声发射检测由于是在容器受载的过程中进行动态整体监测,所以特别适用于那些无法进行内部检验和焊缝中存在大量超标缺陷的压力容器的检验和安全评定。

参考文献

- [1] 戴光,李善春,李伟. 储罐的声发射在线检测技术与研究进展[J]. 压力容器,2005,22(3):33-35.
- [2] 梁润华,林都. 声发射技术在压力容器安全运行中的应用[J]. 中北大学学报,2006,27(1):34-36.
- [3] GB/T 18182—2000,金属压力容器声发射检测及结果评价标准[S].
- [4] 最新轻金属无损检测技术标准实务全书[M]. 北京:中国科技文化出版社,2005.