

2D20 - 140/6.37 - BX 压缩机无油润滑改造

吴 健,王柏辉

(兰州石化设备维修公司,甘肃 兰州 730060)

摘 要:兰州石化炼油厂 PSA 装置 2D20 - 140/6.37 - BX 往复式压缩机运行过程中由于压缩气体中含有较多的杂质,这些杂质与汽缸内的润滑油接触形成油泥,导致活塞环和支撑环以及汽缸内壁镜面磨损,气阀失效。经过分析研究,决定将 2D20 - 140/6.37 - BX 往复式压缩机的润滑方式由有油润滑改为无油润滑,并适当改变缸套以及活塞组件的材质和结构尺寸,以适用无油润滑的需要。这样可以避免缸内油泥的形成,保护了活塞组件和气阀。

关键词:往复式压缩机;磨损;无油润滑;技术改造

中图分类号:TQ051.3

兰州石化炼油厂烷基化车间 PSA 乙烯乙烷提浓装置是炼油厂于 2005 年新建的装置,该装置采用先进的变压吸附气体分离技术,对催化干气中乙烯乙烷组分进行有效回收,以补充乙烯装置所需的原料,优化乙烯原料结构,有利于降低乙烯原料单耗和乙烯生产成本;同时通过对干气的综合利用又极大的缓解了夏季炼厂燃料气过剩的问题,因此,装置的建成投产对合理利用资源,提高企业综合经济效益等都具有积极的意义。而 2D20 - 140/6.37 - BX 压缩机作为其中的关键动设备,在工艺流程中起了置换废气的作

1 故障现象及分析

PSA 乙烯乙烷提浓装置自建成投产以来,多次停工检修,通过对多次停工事故加以分析,发现 2D20 - 140/6.37 - BX 压缩机出现问题的次数最多,对装置的影响最大,而其发生故障主要是在活塞组件和气阀上。通过测量可以发现发生故障时压缩机汽缸气阀的温度偏高;在压缩机停车后拆除活塞和气阀后检查发现汽缸的内壁磨损比较严重,汽缸内杂质比较多,缸盖上附着了大约 10mm 厚的油泥,并且气阀阀片也完全被油泥堵死,这直接导致气体进出阀时阻力增大,摩擦加剧,从而使气阀温度急剧增高,也使阀片产生破坏。经过比较分析,我们可以发现汽缸内的污泥是由介质中的粉尘和由注油器注入缸体的润滑活塞环和支承环的润滑油接触,形成粘稠状的油泥。油泥吸附在活塞环和支承环上加快活塞环和支承环的磨损;吸附在气阀上,使阀片、弹簧失效,造成瓦鲁温度过高,效率降低。通过分析,要解决 2D20 - 140/6.37 - BX 压缩机存在的故

障,可从工艺和设备方面予以解决。

①对介质进行过滤,在介质进入机组前加入过滤网进行多次过滤,但是由于总是有一部分介质中的粉尘颗粒小于过滤网的尺寸,所以,这种方法效果不明显。

②减少注油器注入缸体的润滑油量。但是如果油量太小,会使活塞与缸体摩擦过程中温度急剧升高,不宜采用。

③采用无油润滑技术,可以避免油泥的形成,减少气阀故障,并且可以减少缸套和活塞组件的磨损,使压缩机更好的运转。

通过上面的比较可以发现,2D20 - 140/6.37 - BX 压缩机故障处理的最佳方案就是将压缩机的汽缸和活塞部分由有油润滑方式改为无油润滑方式。

2 无油润滑技术

无油润滑是现代压缩机技术的一个发展方向,由于技术的日趋成熟,无油润滑压缩机得到了迅速推广。它节省了能源,简化了工艺流程,提高了生产效率。

要实现往复式压缩机无油润滑压缩,一般是在活塞与汽缸之间采用自润滑材料,其中采用无润滑活塞环是其中关键一环。随着无润滑技术的日益成熟,无润滑活塞环在其材料、型式、设计和应用等方面都有了很大的发展。而具有优良摩擦性能和高强度的新聚合物的出现,使压缩机活塞、活塞环、填料函部分能够在少油或无油条件下工作,这为压缩机的无油润滑提供了技术保障。

压缩机活塞的关键零件是活塞环和支承环,无油润滑活塞环和支承环所用材质一般为填充聚四氟

乙烯,即聚四氟乙烯(PTFE)与一种或数种填充物质,如,碳纤维、玻璃纤维、青铜粉、石墨、二硫化钼等按一定比例组合成的混合物,经过压制、烧结后,加工成所需的活塞环和支承环。填充四氟活塞环和支承环韧性较好不易折断,化学性质稳定,耐高温达250℃,低温达-200℃,能在金属表面形成一层薄膜,摩擦系数小,具有良好的自润滑性能。填充聚四氟乙烯材料的自润滑机理是呈层状结构的填充聚四氟乙烯,在磨合时易向缸壁活塞杆表面转移,形成一层薄膜的四氟与四氟之间的对磨。由于填充聚四氟乙烯中的二硫化钼与涂膜摩擦面上的一层带光泽的淡茶色膜很牢固地结合,摩擦系数小(0.04),相比较与原来的四氟与缸套镜面对磨,具有较好的自润滑性。

3 活塞组件及缸套的改造

对于2D20-140/6.37-BX压缩机进行无油润滑改造,主要就是针对活塞组件及缸套进行改造。

3.1 活塞环的改造

3.1.1 活塞环材料的选择

活塞环作为密封元件组装在活塞上,通过活塞的往复运动来实现压缩机吸、排气的过程。它将会引起粘着、疲劳、变形和腐蚀等多种形式的磨损,其磨损寿命除取决于工作介质、压力、速度、温度和活塞环的结构等因素外,很大程度上还取决于材料的性质。

无油润滑使活塞环运行环境发生了本质的改变。当活塞环与汽缸对磨时,依靠其自身的润滑性在摩擦表面形成转移膜,替代润滑油膜,密闭了汽缸与活塞间的空隙,以达到密封效果。所以活塞环材质选择是无油润滑改造的关键。日常用的材料中自润滑性能最好的是聚四氟乙烯。聚四氟乙烯具有良好的自润滑性能、摩擦系数小、韧性和耐磨性也好。但是,聚四氟乙烯导热性能差、热膨胀系数大、强度低、耐磨性也并不是很理想,故纯聚四氟乙烯不宜作密封元件。所以,通常用填充其它物质的方法来改良聚四氟乙烯的性能。

常用的填充剂有:青铜粉、石墨、碳、二硫化钼、玻璃纤维、碳素纤维、金属氧化物(二氧化硅、三氧化二铝等)。经研究,将这次改造中活塞环和支承环所采用聚四氟乙烯材料的填充剂由原来的只有碳一种改为二硫化钼和碳共同使用。

3.1.2 活塞环环数的选择

活塞环镶嵌于活塞的环槽内,工作时外缘紧贴汽缸镜面,背向高压气体一侧的端面,紧压在环槽相

向的侧面上。但是,普通的活塞环都具有切口,因此气体能通过切口泄漏;此外,汽缸和活塞环都有圆度、圆柱度公差,容易造成泄漏。所以活塞环常常不是一道,而是需要两道或更多道同时使用,使气体通过每一道环便产生一次节流作用,达到减少泄漏的目的。

表1 按压力差选择活塞环道数

压差/MPa	环数
<0.3	2-3
0.3-3	3-6
3-12	6-12
12-35	12-24

通常情况下活塞环环数是根据汽缸进出口介质压力差来选择的,如表1所示。而2D20-140/6.37-BX压缩机一级汽缸进气压力0.092MPa,排气压力0.259MPa,压差为 $p=0.167$ MPa,根据表2选一级缸的活塞环数为2;二级汽缸进气压力0.259MPa,排气压力0.722MPa,压差为 $p=0.463$ MPa,根据表2选二级缸的活塞环数为4。由于一二级汽缸进出口压差不变,所以,活塞环数保持不变。

3.1.3 活塞环尺寸设计

活塞环尺寸的设计过程中,除设计活塞环的断面尺寸外,还要考虑到填充聚四氟乙烯活塞环热膨胀系数大,故应合理设计其所需的热膨胀间隙。活塞环断面,如图1所示。

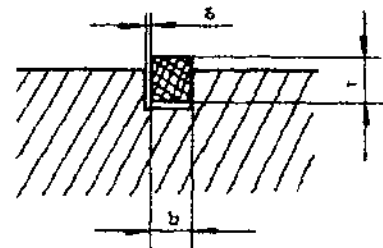


图1 活塞环断面尺寸

活塞环的断面尺寸主要包括轴向宽度 b 和径向厚度 T 。径向厚度可按式进行计算取值:

$$\text{对于铸铁活塞环: } T = 0.67 \sqrt{D} \text{ 或 } T = 2.2 \sqrt[3]{D}$$

对于无油润滑时的填充四氟活塞环:

$$T = \frac{\sqrt{D}}{1.1 \times 1.4}$$

式中: D ——汽缸直径,mm。

轴向宽度 b 按 $b \leq T$ 选取,这主要是考虑到在不影响安装的前提下,径向厚度大,安装应力就大,可适当延长其使用寿命,并略减小对汽缸壁的比压。

设计中,周向开口尺寸 e 和端面间隙 δ 可按式

计算,然后对照国内现行使用推荐值进行选取。

$$e = \pi a_t \Delta_t + 0.005D$$

$$\delta = b a_t \Delta_t + 0.01b$$

式中: Δ_t ——操作前后的最大温升,℃;

a_t ——与材料成型压力方向相同的线膨胀系数;

0.005D——热膨胀后环口尚需保留的间隙,mm;

0.01b——热膨胀后环与环槽间需保留的端面间隙,mm。

一级汽缸直径为 1080mm,二级汽缸直径 620mm,由上述公式,再根据压缩机的实际工况,可以算出活塞环的实际尺寸,如表 2 所示。

从表 2 中可以看出,压缩机经过部分无油润滑改造后,活塞环的径向厚度 T 保持不变,轴向宽度 b 稍微有所变化。

表 2 改造前后的活塞环尺寸

项目		改造前	改造后
径向厚度 T/mm	一级	35	35
	二级	25	25
轴向宽度 b/mm	一级	17.9	18.1
	二级	14.8	14.7
周向开口尺寸 e/mm	一级	28	25
	二级	13	13
端面间隙 δ /mm	一级	0.28	0.30
	二级	0.30	0.30

3.1.4 活塞环的开口型式

活塞环开口间隙控制是活塞环磨损的关键。活塞环开口的方式一般有三种,如图 2 所示。从密封性能来看,c 搭口最好,a 直口最差,b 斜口次之;从机加工难易性来看,a 直口最易,c 搭口最差,b 斜口次之。考虑到密封效果,因此采用 c 搭口结构。

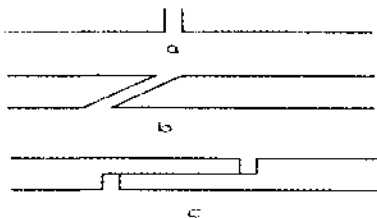


图 2 活塞环切口型式

3.1.5 活塞环受力分析

活塞环在压缩及排气过程中的受力情况,如图 3 所示。

P1:被压缩气体的压力;

P2:作用在环内表面上的压力;

P3:经过活塞环密封后的泄漏压力。

汽缸壁对活塞环的反作用力可近似认为是: $(P1 + P3)/2$ 。

活塞环的密封压力近似为: $p:(P1 - P3)/2$ 。

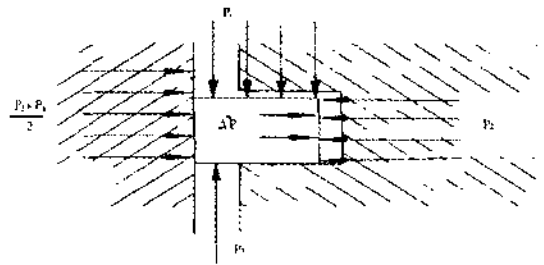


图 3 活塞环受力情况

如果环在安装状态与汽缸壁贴合得不好,使气体从环外大量漏气,密封就失效。铸铁活塞环本身弹性较强,在安装时对汽缸就有一个预紧压力用以建立产生 P 的条件。而对于填充聚四氟乙烯活塞环则不同,由于它弹性较小,一般在填充聚四氟乙烯活塞环的内侧表面套上一个金属弹力环,来产生径向压力,一般为金属片式,如图 4 所示。

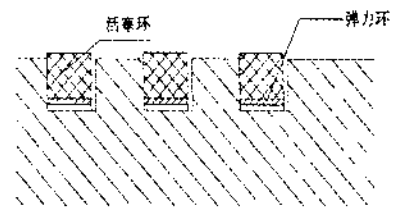


图 4 金属弹力环

3.2 活塞支承环的改造

凡是使用填充聚四氟乙烯制活塞环的无油润滑活塞,都应使用与活塞环同样材质制造的支承环。支承环的作用是:防止活塞与汽缸镜面直接接触而磨损;并具有导向作用。其结构形式有分瓣式,整圈式,整圈开口布置在活塞中间式和整圈开口布置在活塞两端式。

2D20-140/6.37-BX 压缩机采用的是分瓣式支承环,位于活塞的下部,占三分之一圆,即。

考虑到无油润滑改造以前,支承环受到油膜压力的作用,而改造以后,汽缸内不再进润滑油,油膜压力也随之取消,支承环就要承受更大的比压,所以,为了尽量减小支承环的所受比压,以减小活塞环的受压和磨损,就要适当改变支承环的尺寸。支承环改造尺寸,如表 3 所示。

从表 3 可以看出,改造前后支承环的径向厚度 T 保持不变,而支承环轴向宽度 b 比原来都相对增大(二级活塞的支承环虽然单个的轴向宽度 b 减小了,但支承环的数目增加,总的宽度增加,如图 5 所示,以减小支承环所受比压。

表3 改造前后的支承环尺寸

项目		改造前	改造后
径向厚度 T/mm	一级	14	14
	二级	12	12
轴向宽度 b/mm	一级	79.5	84.5
	二级	92	74.8
周向开口尺寸 e/mm	一级	无	无
	二级	无	无
端面间隙/mm	一级	0.90	0.70
	二级	0.90	0.50

3.3 活塞的改造

考虑到活塞的使用性能,活塞的材质保持不变,一级活塞采用 ZL401 材料,二级活塞采用 JT25 - 47C 材料。活塞上的活塞环槽根据改造后非金属活塞环的尺寸进行加工。在加工中,主要考虑了活塞环与活塞环槽的间隙;同时为了承受活塞部件质量,保证活塞和汽缸的同心度,从而达到活塞环对气体良好的密封效果,活塞上还添加了支承环,所以,在加工活塞时也要考虑支承环的尺寸以及间隙问题。活塞大体结构,如图 5 所示。

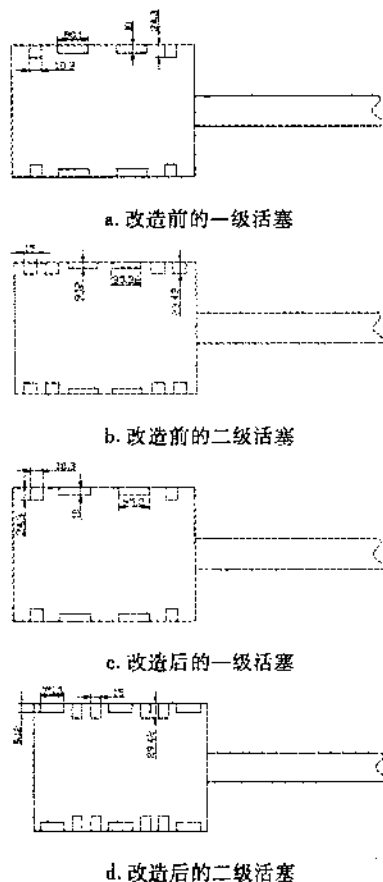


图5 改造前后活塞结构简图

3.4 汽缸缸套改造

由于汽缸尺寸没有改变,活塞的外径也没有改变,所以,缸套的尺寸没有改变。但是,由于改为无油润滑,缸套与活塞之间再也没有润滑油的润滑作用,所以,就要求缸套也要具有更好的润滑性能。于是,缸套材料在原有的 JT25 - 47D 的基础上加入了少量的镁元素,以增加缸套的光洁度,提高耐磨性。

4 结论

(1) 技改后因为填料箱没有进行改造,所以,保留注油器对填料箱进行有油润滑。

(2) 技改后,减少了汽缸、活塞杆等的磨损,特别是活塞环、支承环等易损件的使用寿命上大大提高了,减少了非生产检修次数和检修时间,减少了开停车次数及用电,增加了气体产量。

(3) 本装置平均每天能为炼油厂带来 10 万元产值,以改造后一年可多运行 30 天算,则可以增加 300 万的产值。

(4) 技改后,被压缩的气体不带油分,保证了气体的纯洁干燥,提高了气体的质量。又由于取消了部分加油装置,降低了油污对环境的污染,实现了节油、节电、低能耗、低污染系统。

(5) 技改后,气体不带油污,减少了中间冷却器壁的污垢,减少了气体阻力损失,提高了冷却器冷却效果。

综上所述,2D20 - 140/6.37 - BX 压缩机由有润滑改为无油润滑,这样可以避免缸内油泥的形成,保护了活塞组件和气阀,使企业投资少、见效快、可以达到设备挖潜增效的目的,值得推广。

参考文献:

- [1] 郁永章,孙嗣莹,陈洪俊. 容积式压缩机技术手册[M]. 机械工业出版社,2000.
- [2] 高慎琴,潘永密. 化工机器[M]. 北京:化学工业出版社,1992.
- [3] 刘兴旺,安彭军,谢云,等. 石油化工设备,2002,31(6).
- [4] 崔继哲. 化工机器与设备检修技术[M]. 化学工业出版社,2000.