

技术改造

罐式硫化系统卧式高压泵的技术改造

顾雯明

(贵州轮胎股份有限公司, 贵州 贵阳 550008)

摘要: 高压泵是罐式硫化系统中保证产品质量的重要设备, 其运行是否稳定直接影响生产的正常进行和产品的质量。现着重对卧式高压泵在运行中出现的主要问题进行分析 and 总结, 并加以技术改造。

关键词: 卧式高压泵; 柱塞; 密封圈; 巴氏合金; 三层复合材料 SF-1 F

在轮胎生产整个过程中, 硫化是最后一道工序, 其质量的好坏, 直接影响轮胎的使用质量, 而无法对其实施再补救措施。影响产品质量的其中关键一环就是高压压力的稳定供给, 因此对提供高压压力的高压泵的长周期高效、稳定运行提出了严格的要求。高压泵也就成为我分厂关键 A 类设备之一。

我公司原高压泵是立式三柱塞泵, 因使用时间过长、磨损严重、出力不足、故障率高, 已严重影响生产的正常进行。因此重新购买安装了一台卧式三柱塞高压泵, 但使用中一直不能稳定运行, 而被迫停产维修, 通过技术改造解决问题, 使之长周期高效、稳定运行, 满足生产的需求成为当务之急。

1 卧式高压泵的主要技术参数

卧式高压泵主要技术参数, 型号: 3W-6B₃ 型; 形式: 卧式; 输送介质: 乳化液、油和水; 介质温度: $\leq 55^{\circ}\text{C}$; 进口压力: 常压; 排液量: 每分钟 155 L; 柱塞直径: 40 mm; 行程: 120 mm; 往复次数: 每分钟 380 次; 电机型号: Y250M4; 功率: 55 kW; 转数: 每分钟 1480 转。

柱塞的密封形式: 当介质为油类、乳化液时, 采用自封式密封圈 (U型密封圈); 当介质为水时采用 V型密封圈。工作介质必须是洁净的油、乳化液、水, 且乳化液的 pH 值需保持在 7~8 之间。

2 实际使用中的问题

介质是水。我们使用工业循环用水含有较多

的杂质。

流量太大, 可适当减小泵的流量。

密封效果不好, 投用后约 2 h 就产生较大的泄漏, 不能保证高压的稳定。密封函温度过高, 达 75°C 左右。

柱塞表面拉伤严重, 产生毛刺。

导向套磨损, 拉毛急剧严重, 起不到导向作用。

3 原因分析及技术改造措施

3.1 介质

因考虑到使用油、乳化液给成本控制造成的压力以及在设备产生泄漏时给环境造成的损害, 因此介质还是用水。

为降低水中杂质含量, 改工业循环水为清洁的自来水, 并将这部分水回收重复使用, 以达到降低水的消耗。

具体措施是在蓄力器溢流阀的溢流口接管, 将溢流水引回水箱重复使用, 投入资金仅 200 元。

3.2 流量过大

与老的立式高压泵各项数据对比见表 1。

表 1 立式、卧式高压泵各项数据表

| | 立式高压泵 | 卧式高压泵 |
|---------------------------------|-------|--------|
| 柱塞直径 /mm | 55 | 40 |
| 流量 / (L · min ⁻¹) | 80 | 155 |
| 电机型号 | Y25-4 | Y250-8 |
| 电机功率 /kW | 30 | 55 |
| 电机转数 / (r · min ⁻¹) | 730 | 1480 |

由表中可见, 立式高压泵的流量约为卧式高压泵的 1/2 而立式高压泵的流量经生产的长期

实践检验是完全可靠的,因此可将卧式高压泵的流量大幅减小。而减小流量可以从减小电机转数和减小柱塞直径两方面考虑。

往复式高压泵结构与橡胶机械中液压系统使用的液压泵均为容积式泵,是利用工作室容积的周期性变化,把能量传递给液体,使液体的压力增加。

3.2.1 流量

容积式泵的流量 Q其计算公式为:

$$Q=60Vn\eta$$

式中: Q—容积式泵的流量, $m^3 \cdot h^{-1}$;

V—柱塞排挤的容积, m^3 ;

n—转数, $r \cdot m^{-1}$;

η —容积效率。

3.2.2 轴功率和效率

$$N=[100(P_d - P_s)Q] / 367\eta$$

式中: N—轴功率, kW;

P_d P_s —泵出口和泵入口压力, MPa;

η —泵原效率。

从上式可知,流量 Q与转速 n成正比,轴功率 N与流量 Q成正比。

综合上述因素,决定采用减小电机转数方案,用立式高压泵 Y250M4 30 kW电机替代 Y250M8 55 kW电机。更换电机后试车运行数据列于表 2。

表 2 试车运行数据列

| | 空载 | 重载 |
|-----------|------|------|
| 电流 / A | 25 | 45 |
| 出口压力 /MPa | 0 | 15 |
| 试车时间 /h | 1 | 5 |
| 结论 | 达到要求 | 达到要求 |

更换电机后,不但降低了流量(每分钟 75 L),同时降低了电机功率,由原来的 55 kW降低至 30 kW。

3.3 密封函温升高,密封圈密封效果差

原密封设计为多层(5层)高压型夹布 V型密封圈密封,其特点是:

优点:密封可调,当有微小泄漏时可调整压盖螺母压紧密封圈予以消除。

缺点: V型密封圈的密封原理是压紧盖预先施加一定的压力,使密封面与柱塞紧贴,产生一定的预压缩量,从而达到密封效果。柱塞与密封圈接触面积大,因而摩擦及生热就大,不利于密封圈

处于最佳工作环境。密封圈调节压盖的压紧程度很难掌握。压得过松,产生泄漏;压得过紧,摩擦力加大,摩擦生热大,使密封圈过早失效,产生泄漏,同时将柱塞拉伤。

因此目前在小直径、高速运动副中已较少使用,而大多采用 Y型或 Y_x 型密封圈, V Y Y_x 型密封圈的性能特点列于表 3。

表 3 V Y Y_x 型密封圈性能特点对比表

| | V型 | Y型 | Y_x 型 |
|------------------|-----------|------------|------------|
| 压力 /MPa | ≤ 50 | ≤ 200 | ≤ 320 |
| 温度 / $^{\circ}C$ | -40 ~ 80 | -30 ~ 80 | -30 ~ 80 |
| 介质 | 油、水 | 油、水、气 | 油、水、气 |
| 个数 | 多个 | 1 | 1 |

各型密封圈的摩擦力计算如下:

$$F=fk \times dhP$$

其中: f—摩擦系数。取 $f=0.12$ $f=0.03$ $f_x=0.01$;

k—系数。取 $k=1.59$ $k_y=1.1$ $k_{Yx}=0.01$;

h—有效密封长度。取 $h=24mm$ $h_y=10mm$ $h_{Yx}=9mm$;

d—柱塞直径 40mm;

P—工作压力 = 15MPa。计算结果如下:

$$F_v=0.12 \times 1.59 \times 3.14 \times 40 \times 24 \times 15 = 8627.2N$$

$$F_y=0.03 \times 1.1 \times 3.14 \times 40 \times 10 \times 15 = 621.7N$$

$$F_{Yx}=0.01 \times 1 \times 3.14 \times 40 \times 9 \times 15 = 169.56N$$

从以上计算结果可得如下结论:

V型密封圈摩擦力最大,因而对柱塞的摩擦损伤及生热最大。而 Y_x 型密封圈的摩擦力最小,从而能极大地减小对柱塞摩擦损伤,使摩擦生热大幅降低。

Y_x 密封圈是 Y型密封圈的改进型,与 Y型相比宽度较大,截面的长宽比有两倍以上,因而在沟槽中不用支承环也不会产生翻滚扭曲,使装填位置及工作性能均能稳定。密封圈的内外唇具有不同的高度,它以根部或长唇抵紧沟槽侧壁,短唇与密封面接触,从而保护了不被沟槽间隙咬伤(见图 1)。这种结构无论在高压、低压或快速运动中,均有良好的密封性。

根据上述计算、分析, 决定用 Y_x型密封圈代替 V型密封圈。

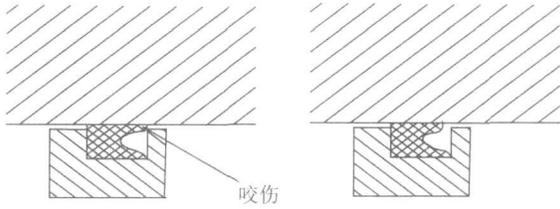


图 1 Y型密封圈失效示意图

3.4 密封函及柱塞

原密封函结构见下图 2

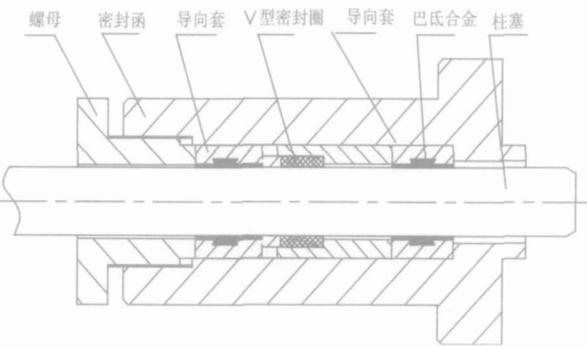


图 2 原密封函结构图

原设计中柱塞为实心结构, 重量大, 对导向套及密封圈的下部磨损大。

由于柱塞是个单支点的悬臂梁, 轴的一部分重量由密封圈和导向套承受, 因此密封圈下部磨损严重而使轴偏心, 从而大大增加泄漏量。因此采用如下措施加以解决。

将柱塞前端钻空, 减小重量, 减小偏心摩擦; 同时在轴的颈部加工一斜面过渡, 有利于维修装配, 避免损伤密封圈。再则, 利用空心柱塞中的水, 在压力的作用下, 产生脉动 (高压—常压—高压—常压) 而将摩擦热由水带走, 从而降低温度。柱塞见下图 3



图 3 柱塞结构图

3.5 导向套

原导向套是在不锈钢外套内浇铸巴氏合金

(锡基轴承合金 chsnb-11-6), 在使用中柱塞是在无润滑条件下运行, 即干摩擦状态, 且由于水中杂质的损害, 极易拉毛起槽产生毛刺, 进而将柱塞拉伤, 而失去作用, 在实际使用中 20 h左右就损坏失效。由于合金为浇铸后再加工, 因此给维修带来很大的不便, 费时、费力、维修费用高, 不能及时供给, 因此对其进行技术改造势在必行。

措施: 用 3层复合自润滑材料 SF-1 F替代巴氏合金, 结合使用 Y_x密封圈将密封函的结构改造 (见图 4)。

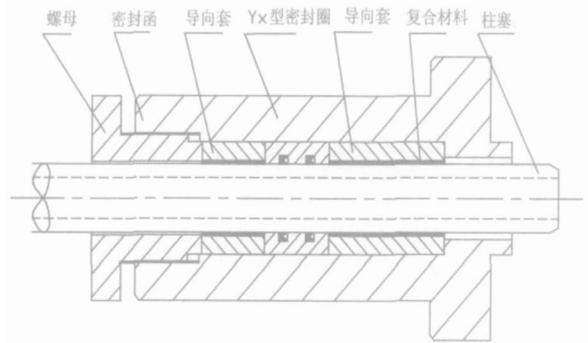


图 4 改造后密封函的结构图

SF-1 F轴承材料的物理性能列于表 4

表 4 SF-1 F轴承材料的物理性能

| 项目 | 性能指标 |
|-------------------------------|------------------------|
| 最大承载力 / (N·mm ⁻¹) | 250 |
| 使用温度 / °C | -195~280 |
| 线胀系数 / °C | 3.0 × 10 ⁻⁶ |
| 导热系数 / (W·MK ⁻¹) | 40 |
| 摩擦系数 | 0.03~0.20 |

SF-1 F轴承材料的使用特性优越, 适用无油场合, 耐磨性好, 有适量的弹塑性, 能将应力分布在较宽的接触面上。在走合过程中, SF-1 F材料的混合表面层的一部分, 在一定速度下会转移到对磨件或轴表面, 从而填平磨件表面的凹坑, 形成比较稳定的固体润滑膜, 产生具有低摩擦系数和低磨损的滚道, 使长时间磨损速度稳定在一个最小值, 直至 80%青铜裸露, 轴承寿命接近终止。

SF型 3层复合材料由塑料—青铜—钢背 3层复合而成。结构是在钢板上烧一层 0.45~0.50mm厚的锡青铜网, 在铜网层上通过辊轧, 铜网孔隙中充满耐磨塑料。铜网层网格孔隙分布均匀, 利于与塑料的结合, 粘接强度高。铜背表面镀有铜、镍或锌的金属保护层。 (下转第 22页)

乳混合作为保护层,防止聚酯纤维受胺类化合物攻击而水解;第二浴采用 RF树脂和 HNBR乳胶作为粘合层,提高 HNBR与聚酯织物的粘合强度和耐热老化性能。

2.2 硫化促进剂种类的选择

表 1列出了不同硫化促进剂体系的基本配方,性能测试结果见表 2。

表 1 实验配方

| 配方编号 | 1 [#] | 2 [#] | 3 [#] | 4 [#] | 5 [#] |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| HNBR2020 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 半补强炉黑 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| 硬脂酸 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 氧化锌 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 偏苯三酸三辛酯 (TOIM) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 硫醇基苯并噻唑锌盐 (MBZ) | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 防老剂 Naugard 445 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 硫黄 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| TMID | — | — | 1.5 | — | — |
| CBS | 1.5 | — | 1.0 | 1.0 | — |
| TEID | — | — | — | 2.0 | 2.0 |
| MBTS | — | 1.5 | — | — | 1.0 |

表 2 促进剂对 HNBR和聚酯粘合性能的影响

| 配方编号 | 1 [#] | 2 [#] | 3 [#] | 4 [#] | 5 [#] |
|--------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 初始粘合强度 ¹ /(kN·m ⁻¹) | 230.2 | 266.1 | 93.5 | 146.2 | 157.5 |
| 初始橡胶附着率/% | 70 | 100 | 80 | 100 | 100 |
| 热老化后 | | | | | |
| 粘合强度 ² /(kN·m ⁻¹) | 170.3 | 182.6 | 78.6 | 112.3 | 140.7 |
| 橡胶附着率/% | 40 | 40 | 70 | 70 | 90 |
| 压缩永久变形 ³ /% | 58.6 | 61.9 | 53.0 | 55.2 | 51.4 |
| 聚酯帘线强度保持率 ⁴ /% | 61.7 | 83.0 | 40.1 | 53.1 | 53.2 |

注: 1)硫化条件: 150℃×30min, T型剥离; 2)硫化条件: 150℃×30min 热老化条件: 120℃×168h T型剥离; 3)压缩永久变形条件: 120℃×70h; 4)硫化条件: 170℃×120min

从表 2可以分析得出,经过热老化试验后,配方 1[#]~5[#]的粘合强度和附胶率均比老化前有所下降,其中单独使用一种硫化促进剂的 1[#]、2[#]配方的粘合强度和附胶率均大幅下降,只有 5[#]配方的硫化促进剂体系能有效地保持粘合强度和附胶率,并且 5[#]配方的压缩永久变形在 5个配方中也是最小的。

另外也可以看出 HNBR和聚酯的初始粘合强度和聚酯帘线的强度保持率关系密切,基本上来说,初始粘合强度越大,聚酯帘线的强度保持率就越高。所以,要保持 HNBR和聚酯有效地粘合而同时又要保持其各项常规性能,应从粘合强度和硫化性能达到均衡的角度出发去寻找最佳的硫化促进剂体系。综合多个方面性能来看,配方 5[#]是最合适

的,即二硫化四乙基秋兰姆 (TEID)和二硫化硫醇基苯并噻唑 (MBTS)两者并用能得到期望的效果。

3 结论

1. 采用二浴法工艺处理聚酯纤维。第一浴采用 RF树脂和羧基化的 VP胶乳混合作为保护层,第二浴采用 RF树脂和 HNBR乳胶作为粘合层,能显著提高 HNBR与聚酯的粘合强度和耐热老化性能。

2. 二硫化四乙基秋蓝姆 (TEID)2份和二硫化硫醇基苯并噻唑 (MBTS)1份并用作为 HNBR硫化促进剂体系,能提高 HNBR与聚酯的粘合强度、耐热老化性能以及耐压缩永久变形能力。

(上接第 14页)

由上可见,3层复合材料 SF-1 I的使用性能与巴氏合金的性能相仿,完全可替代巴氏合金,且它具有巴氏合金没有的可替代性,一旦损坏可立即更换,具有互换性,大大方便了维修,使导向套的供给能够达到及时、方便并大大降低了维修费用。

4 效果

通过回收重复使用,年节水量可达(回收率 90%计)34020m³,年节电量可达 12.6万 kW。

$$\begin{aligned} \text{年节水} &= \text{流量} \times \text{时间} \times \text{天数} \times \text{回收率} \\ &= 75 \times 60 \times 24 \times 350 \times 90\% \\ &= 34020000 \text{L} = 34020 \text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{节电} = (\text{原电机功率} - \text{现电机功率}) \times \text{时间} \times \text{天数}$$

$$= (55 - 30) \times 24 \times 350 = 12.6 \text{万 kW}$$

改造前后运行数参对比见表 6

表 5 改造前后运行数参对比表

| | 改造前 | 改造后 |
|---------|-----|------|
| 密封函温度/℃ | 75 | 40 |
| 密封圈寿命 | 2h | 2.5周 |
| 导向套寿命 | 20h | 5月 |
| 柱塞寿命 | 8h | 5月 |

经过技术改造,卧式高压泵的性能得到了显著提高,保证了生产有序、正常的运转,为产品质量的提高提供了坚实的物质基础,并降低了维修费用,完全达到 A类关键设备的长周期高效稳定运行的要求。