液环真空泵及其机组模块的结构优化

优化改进了液环真空泵的轴承部件及其机组模块的结构——对轴承部件优化改进使得轴承润滑效果提高，有效防止其干摩擦，延长了轴承寿命；实现了在不拆泵的基础上可双向调节叶轮与吸排气圆盘的间隙；锥面配合和双列角接触球轴承配合使用，更容易控制泵转子的轴向串动，解决了因轴向串动导致的叶轮和吸排气圆盘磨损，泵抱死停车的问题；对机组模块的优化改进解决了由于添加工作液导致的液环瞬间加厚、工作液温度升高，引起气量波动下降的问题，使泵及其机组的工作更加稳定。

文 / 任攀玉　金雪红

PROCESS-Tip

* 更多信息请扫描二维码：

chem.vogel.com.cn

* 反馈编码：A210532

钛材液环真空泵在化工行业应用广泛，用来抽吸并压缩有腐蚀性不含固体颗粒的气体，以便在密闭容器中形成真空。由于输送介质和工艺工序的特殊性，介质在输送过程中若是被迫长时间停止，会使介质凝固在输送管道中，这会给用户生产及管道清理带来巨大的麻烦，甚至可能引起爆炸。因此要求泵结构应具有更稳定、更易于操作以及更易检修的特点。对于泵的生产商来说，泵结构在保证功能的前提下，应易于加工生产，以缩短生产周期。为此，对液环真空泵及模块结构进行了优化改进。

端轴承部件结构的优化改进

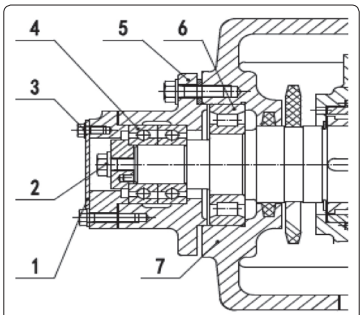
轴承部件在液环真空泵中具有支撑转子部件，承受由轴传递给侧座的载荷；减小彼此相对运动部件间的载荷摩擦系数；引导轴的旋转运动；保证轴的中心位置相对其他转动部件固定等作用。为了实现结构更稳定，更易检修的特点。我们对液环真空泵的轴承部件进行了优化，现就非驱动端轴承部件作如下对比。

优化改进前后的轴承部件都采用圆柱滚子轴承承受径向力，角接触轴承进行轴向定位和承受轴向力。但不同之处如下：

原轴承部件如图 1，圆柱滚子通过轴承体、定位轴承套、轴肩进行定位；角接触球轴承通过定位轴承套、轴承端盖、定位轴承盖以及轴肩进行定位。在此结构中存在轴承的润滑脂容易堆积，轴的对中不易操作的问题。

优化后的轴承部件如图 2，圆柱滚子通过定位环、轴承内压盖、甩油环以及轴承体进行定位；角接触球轴承通过定位套、轴承壳、轴承闷盖以及圆螺母进行定位。特殊之处是增加了几个零部件，使的轴承润滑效果更好、更易实现轴的对中、以及在不拆泵的情况下双向调节叶轮与吸排气圆盘的间隙，分别作如下解释说明：

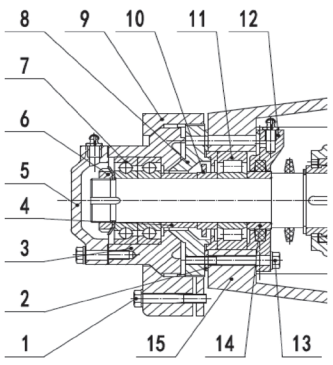
（1）增加甩油环：真空泵转速一般较高，运转一段时间后轴承



1 轴承盖　2 轴承端盖　3 定位轴承盖　4 角接触球轴承
5 定位轴承套　6 圆柱滚子轴承　7 轴承体

图 1　原轴承部件

本文作者供职于西安泵阀总厂有限公司。



1 锁紧螺栓 2 调整垫 3 轴承壳 4 定位套
5 轴承闷盖 6 圆螺母 7 角接触球轴承 8 定位盘
9 锁紧螺母 10 甩油环 11 圆柱滚子轴承
12 轴承内压盖 13 调整螺栓 14 定位环 15 轴承架

图 2 优化后的轴承部件

温度有所升高，使油脂粘度降低，在重力作用下易堆积在轴承部件的下部，引起润滑不佳。增加甩油环可以起到强制循环润滑的作用，使轴承润滑效果得到提高，有效防止轴承的干摩擦，延长了轴承寿命。

（2）定位盘与轴承壳采用锥面配合、轴承壳与锁紧螺母采用锥面配合，锥面配合具有调中作用，采用双重锥面配合使的对中效果更好。锥面配合和双列角接触球轴承配合使用更容易控制整泵转子的轴向串动，解决了因转子轴向串动导致叶轮和吸排气圆盘磨损，泵抱死停车的问题。

（3）实现在不用拆泵的基础上双向调节叶轮与吸排气圆盘的间隙 (单边间隙小于 0.25 mm)，分别就向泵端，电机动端调节叶轮做出说明。向泵端调节叶轮时：拆下调整螺栓，增加调整垫厚度到合适值（3 个调整垫的厚度需保持一致），换上新的调整垫，装上调整螺栓并预紧。向电机端调节叶轮时：拆下调整螺栓，减小调整垫厚度到合适值，换上厚度较薄的调整垫，装上调整螺栓并预紧。此结构为装配调节间隙减少了大工作量。

机组模块结构优化改进

机组模块是指液环真空泵机组系统，其中包括液环真空泵、汽水分离器、电机、换热器、压力仪表、温度仪表、液位计以及阀门等仪器。真空泵用来抽吸并压缩气体，以便在密闭容器中形成真空；汽水分离器顾名思义就是将气体中的混合液体分离出来，得到含水分较少的气体；电机是整个机组机械能的动力源；换热器用于降低工作液的温度；压力仪表、温度仪表、液位计用于监测压力，温度，液位的变化，以保证压力，温度，液位在合理的位置；阀门用于控制工作液和气体通断。机组模块的图样通常也包含两部分，PID 图和模块图。PID 图相当于机组工作原理图，用于说明机组的组成部分，工作流程；模块图主要用于生产加工较为直观。

除上诉常规配置外，机组系统中还存在一些辅助管线，包括机封系统冷却液进出口管路、板式换热器冷却液进出口管路、排空口以及补液口。本次系统改进主要是针对补液口，分别就优化改进前后进行说明：

原机组模块如图 3 在机组模块系统优化前工作液通过水管部件直接进入液环真空泵，参与其工作（水管部件为 PID 图中从换热器到真空泵的管路）。这样首先会导致泵体与叶轮之间工作液瞬间增加，致使液环加厚，泵的吸气空间变小，气量瞬间下降，引起气量的波动。其次所加工作液温如果过高，真空泵气量下降。定量变化可以按下式求得：

$$Q_T=\lambda Q(t=15℃)$$

$$\lambda=\frac{P_x-P_v(t)}{P_x-P_v(15)}$$

式中 Q_T——工作水温度为 t 时的气体流量；

Q（t=15 ℃）——水温度为 t=15℃时的抽气流量；

P_x——水环泵抽气口压力；

P_V (t) 工作水温度为 t 时的饱和压力；

P_V (15) 工作水温度为 15℃时的饱和压力；

优化改进的机组模块如图四：工作液的补充是从汽水分离器罐的某一合理位置（工作液液面以上）加入，加入的工作液与汽水分离器罐里原有的工作液混合，混合后的工作液进入板式换热器进行冷却随后进入液环真空泵，参与其工作。这样的改动解决了以下问题：

下转 P36 页

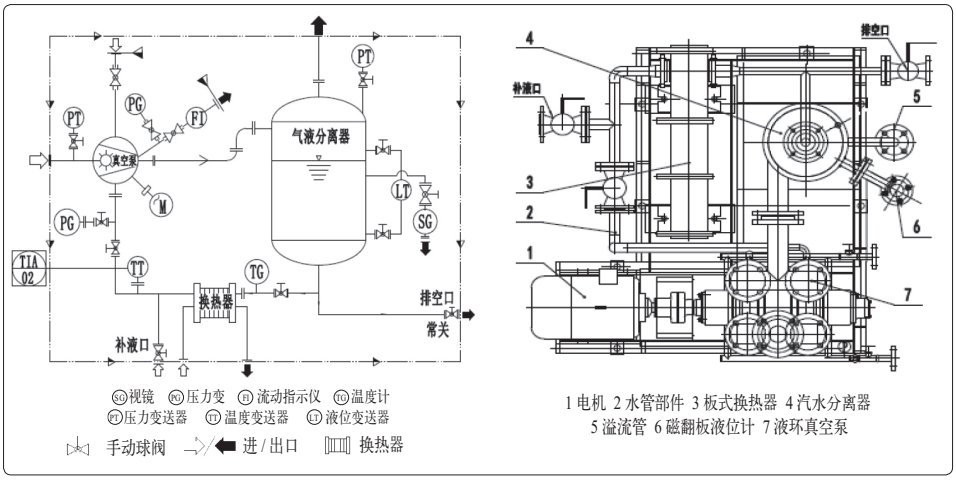


图 3 原机组模块（左侧 PID 图、右侧模块图）

新瓦轴向厚度变大，推力瓦测量推力间隙为零（要求 0.28~0.37 mm），为满足制造厂要求的装配间隙，需要重新加工调整垫。原则上是主副推两侧同时加工相同尺寸，以保证转子在原轴向位置。考虑到 BCL407/B 压缩机平衡盘装在最后一级叶轮相邻的轴端上，在设计时它平衡掉 70%~80% 轴向力，使残余的 30%~20% 推力作用在止推轴承上，结合平衡盘、平衡盘密封和干气密封的工作原理和安装要求，故也可根据主副推力瓦的历史温度数据，拆解下来的止推瓦块表面情况（是否有磨损，胶状物附着）等因素来具体确定加工尺寸。

图 8 采用新引线结构轴承和套环结构

改进前、后效果比对

如图 9，渣油加氢循环氢压缩机止推瓦块测温探头改进前后效果。

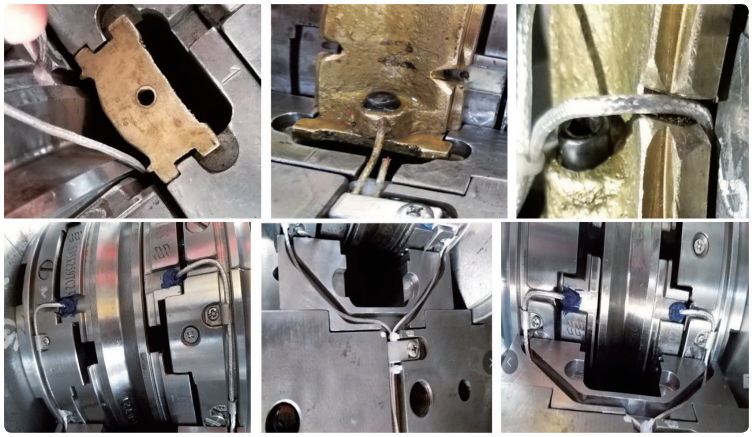


图 9 渣油加氢循环氢压缩机止推瓦块测温探头改进前后效果

机组运行情况

目前运行正常，经过检修后的试车，做超速试验等均无问题。

结语

循环氢压缩机推力瓦温度探头失效情况比较普遍，原因分析也较为成熟，从设计和机械制造方面来看：（1）设计缺陷属主要原因。设计方未全面考虑因推力瓦块摆动和油流作用造成仪表引线的偏摆量及磨损程度，尤其是机组转速发生变化时，该问题尤其重要；在布置仪表引线时应根据润滑油流速和油控制环的结构进行模拟分析，可将减少设计缺陷。（2）机械制造方面因温包孔和油控制环出线槽处无倒角，加剧了仪表引线的磨损，属次要原因。

该成功案例可以复制，方法切实可行，其他装置在 2021 年检修中也要进行同样改造。

上接 P33 页

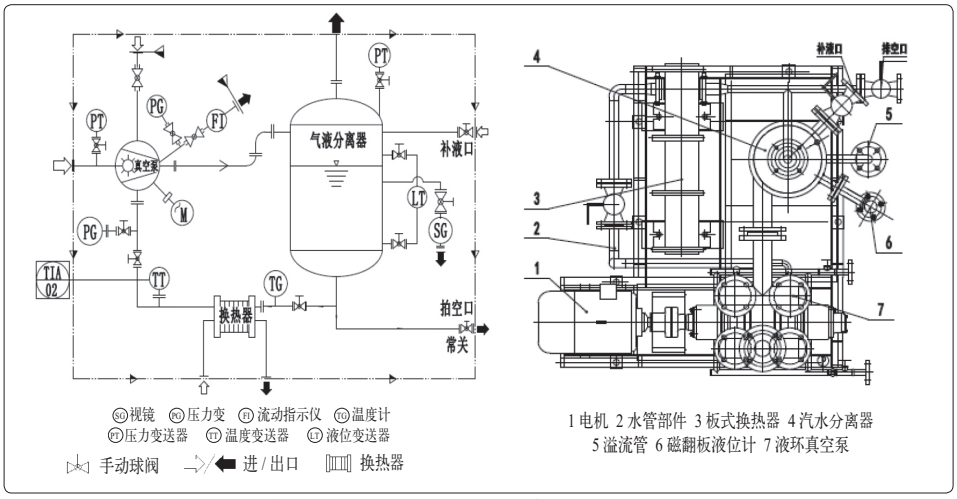


图 4 优化改进的机组模块（左侧 PID 图、右侧模块图）

（1）加入的工作液由于汽水分离器罐里液体的缓冲作用，液环瞬间加厚现象消失，避免了气量的瞬间波动。

（2）加入的工作液通过换热器冷却，温度降低，气量下降现象消失，使得真空泵的工作更加稳定。

结语

本次优化改进，达到了预期的效果。对轴承部件的结构优化改进，使轴承润滑效果得到提高，有效防止轴承的干摩擦，延长了轴承寿命；采用锥面配合解决了因轴向串动导致叶轮和圆盘的磨损，泵抱死停车的问题；实现了在不用拆泵的基础上双向调节叶轮与吸排气圆盘的间隙。补液口由水管部件改到汽水分离器罐上，解决了由于补液引起的气量波动的问题，使泵的运转性能更稳定。通过本次优化改进达到了更易生产加工、更稳定、更易操作以及更易检修的目的。