

## 热油泵新型机械密封技术应用研究

常永清

(山东化工职业学院,山东淄博,255400)

**摘要** 分析炼油行业现有热油泵用普通波纹管接触式机械密封结构形式及存在的主要问题,研究开发出一种新型密封系统。工业应用结果表明:新型机械密封技术具有零泄漏、安全可靠、使用寿命长、封油消耗量少以及运行维护费用低等优点。

**关键词** 机械密封 非接触式 波纹管 热油泵

**中图分类号**:TB42 **文献标识码**:B **文章编号**:1009-9859(2008)03-0189-03

目前,国内外炼油行业热油泵普遍采用接触式波纹管单端面机械密封。国产波纹管机械密封的使用寿命平均1 a左右,进口波纹管机械密封可达2 a以上,且必须采用各种冲洗和冷却等措施,以降低摩擦温升,防止结焦、热裂、波纹管失弹、波纹管断裂、泵抽空、密封件老化等而导致的密封失效。为此,必然消耗大量的冲洗油和冷却水,造成运行费用高(初步估计,1台热油泵年冲洗冷却所需运行费用超过10万元),能耗量大,而且密封可靠性差,安全性低,维修成本高。

### 1 普通波纹管机械密封失效形式

目前采用的波纹管机械密封及其辅助系统造成密封失效形式主要有以下几种。

(1)波纹管失弹或断裂引起的密封失效。波纹管在使用过程中,其刚度或弹性会慢慢减小,这种弹性减小的现象通常称之为失弹。实验和实际应用表明,当波纹管的失弹量超过设计初始压缩量的18%~20%时,整个波纹管机械密封就会发生泄漏。金属波纹管机封在温度低于200℃时失弹现象不明显,但在高温(超过300℃)下使用,开车后泵很快就发生泄漏,将使用的机封拆下测量发现金属波纹管组件高度较安装前平均降低2~3 mm。波纹管失弹主要由于永久变形或应力松弛,还有一种情况是工作介质结晶沉淀或凝固在波纹管的缝隙中,使波纹管变形能力减小或丧失变形能力。因此,高温和载荷是造成波纹管失弹的主要原因<sup>[1]</sup>。

另外,在高温及波纹管压缩量或接触比压较大的情况下,波纹管会发生断裂;温度越高,载荷越大,波纹管发生断裂的概率就越高。

(2)配对摩擦副中石墨环的过度磨损引起的密封失效。通常,将失效的机封拆下检查发现石墨密封环磨损严重。通过分析和试验发现,金属波纹管机封的端面比压受波纹管的有效直径的影响,而有效直径是随压力的变化而改变。由于压力过大,导致摩擦副摩擦严重,石墨环过度磨损引起泄漏。

(3)配对摩擦副中硬质合金环的表面热裂引起的密封失效。经检查发现,密封摩擦副的硬质合金环出现由硬面中心向外发散的许多粗细不一的径向裂纹,这是热裂导致的密封失效。热裂产生的主要原因是过高的局部热应力,其中硬质合金环与环座两种材料的线膨胀系数差别,采用堆焊结构还是整体结构,密封冷却冲洗系统中冲洗液的类型、冲洗方式和流量的大小是否合适都可能引起密封端面的热裂。

### 2 热油泵密封存在的主要问题

(1)采用现有的机械密封及其辅助系统,在高温油泵的运行过程中,变工况操作时有发生。泵抽空、误操作、人为流量调节等都使机械密封处

于变工况条件下。当密封介质的压力产生剧烈波动时,可引起摩擦副的相互冲击,造成端面损伤,从而影响密封效果;如果密封腔操作压力波动并瞬间成负压,波纹管收缩而不能及时恢复,动、静摩擦副间形成的油膜密封被破坏而造成突发性泄漏失效。

(2)工作介质温度很高,再加上密封摩擦副端面的摩擦热,一旦冲洗系统发生故障,使得端面温度急剧升高,造成端面液膜汽化导致干摩擦,短时间内可使密封失效;其次,高温还可使石墨环性能下降,严重时可将浸渍剂熔化;再次,当动静环材料取碳化钨和石墨配对时,高温还可使石墨环(静环)表面产生环状沟纹,碳化钨(动环)也易脱落;最后,高温下摩擦副热变形较大,使端面摩擦状态发生变化,导致密封系统提前失效<sup>[1]</sup>。

(3)运行费用高、能耗量大。

### 3 新型机械密封技术应用研究

#### 3.1 研究开发的意义

针对现有大量热油泵接触式波纹管机械密封存在的使用寿命短、运行费用高、能耗量大、可靠性低等突出问题,开发出了新型密封技术和产品。虽然密封的基本组成大致相同,但非接触式液膜密封<sup>[2]</sup>的理论基础完全不同于普通接触式机械密封,是密封理论和技术的重大突破,从根本上解决了普通接触式机械密封存在的致命缺陷,实现热油泵用机械密封应用技术的革命性进步,具有重要的现实意义。

新型密封技术和产品替代普通的接触式波纹管机械密封,一方面可以大大减少冲洗冷却油和冷却水的消耗量,显著降低摩擦功耗,提高泵的运行效率;另一方面,密封的使用寿命可大大延长,运行安全性和可靠性明显提高。更重要的是,在炼油行业大量热油泵群上推广应用新型的串联式波纹管机械密封技术,所产生的直接经济效益将高于密封成本几十倍以上,具有优良的性价比。

#### 3.2 新型密封方案

新型密封有串联式密封<sup>[3]</sup>(如图 1)和双端面密封(如图 2)。

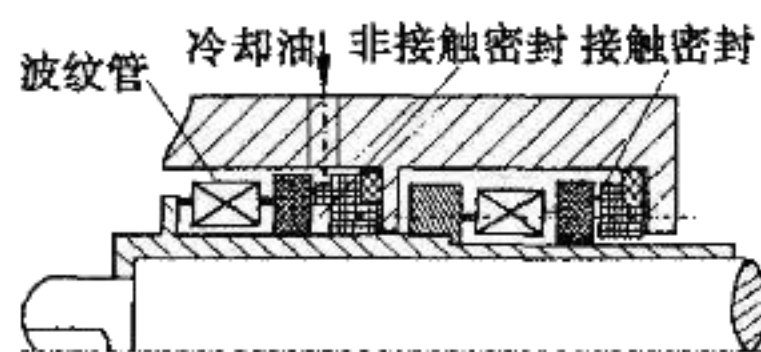


图 1 新型串联式密封结构示意图

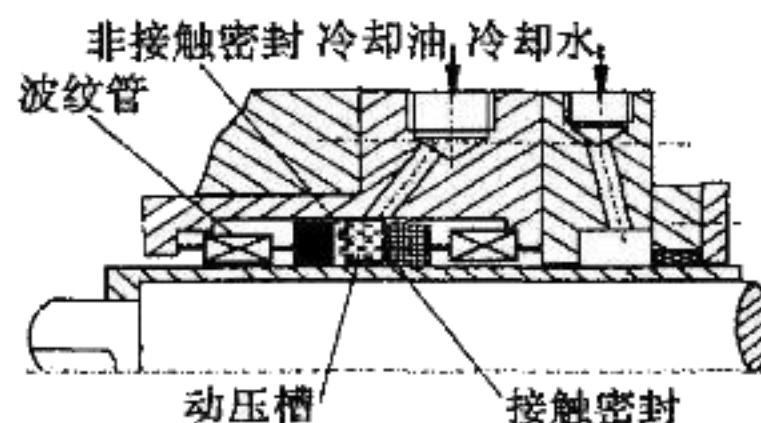


图 2 新型双端面波纹管机械密封结构示意图

(1)无论是串联式密封还是双端面机械密封,可为 1 套生产装置中的热油泵群提供冲洗冷却油的辅助系统,向 2 套密封之间注入一定量的低温冲洗油,其主要作用是把密封产生的摩擦热带走,除极少量的冷却油经内侧非接触式机械密封进入泵内(少于 1 L/h),绝大部分在封油辅助系统内冷却后循环使用。2 套密封基本上处于相对低温的洁净环境,运行条件大大改善,在密封工作的稳定性和可靠性显著提高的同时,封油的消耗量也大大减少。

(2)介质侧密封为一非接触机械密封,其端面结构采用流体动压槽结构。端面动压槽的作用首先是把外径侧的微量冷却介质泵送至密封端面之间,在流体动压效应的作用下,密封端面流体膜压增加<sup>[4]</sup>。一方面,可以使密封处于全液膜非接触稳定状态下工作,避免高温油汽化、结焦、泵抽空、压力波动等原因造成密封失效,可靠性显著提高,使用周期大大延长;另一方面,端面液膜压力高于密封介质压力,可有效阻止高温介质的泄漏,达到安全生产的目的。

(3)大气侧密封一般采用普通的接触式机械密封,其主要作用是防止冷却油向外界泄漏。另外,一旦主密封失效,该密封马上起安全密封的作用。由于处于完全的相对低温、低压和洁净的环境下运行,该密封运行的可靠性和稳定性远远优于常规的单端面接触式波纹管机械密封。

#### 3.3 新型密封系统的优势

某炼油厂催化裂化车间生产装置的 6 台热油



泵,自2006年3月将原有单端面波纹管接触式机械密封改造为新型串联式密封(4台)和新型双端面密封(2台)以来已累计运行超过20个月,没有发生任何事故和异常现象,据此可以看出新型密封系统具有许多优势。

(1)由于新型密封系统采用冷却油的辅助系统,保证了介质侧密封的非接触性,摩擦温升小,消除了波纹管因高温失弹、结焦失弹、断裂等现象,避免密封端面过度磨损、热裂而失效;又保证了密封处于低温、洁净的冷却油环境,运行条件大大改善,密封的使用寿命自然得到延长。一般情况下,新型密封系统使用寿命可达3~5 a。

(2)新型密封处于相对稳压的条件下运行,大大降低了在泵抽空、误操作、人为流量调节等变工况条件下出现早期随机失效的可能性;此外新型密封有优良的防固体颗粒能力,因固体颗粒造成端面磨损而失效的概率显著下降。

(3)新型密封外侧副密封具有安全密封的功能,一旦主密封(介质侧密封)失效,副密封能迅

即发挥作用,从根本上避免高温热油外漏而引发火灾等灾难性事故的发生。

(4)新型密封采用了冷却油的循环使用,冷却油消耗量不足单端面波纹管接触式机械密封的1/5;冷却水量只有原密封的1/10,相应降低污水处理量。综合分析,每台热油泵1 a可降低运行费用约50万元。

可见,若在炼油装置众多高温热油泵上采用新型的波纹管机械密封系统,既可提高装置运行的安全性,又能产生相当可观的经济效益。

#### 参考文献

- 1 杨宝亮,王汝美. 焊接金属波纹管机械密封应用中存在的问题. 石油化工设备技术,2002,23(5):64~66
- 2 顾永泉. 零逸出密封技术. 流体机械,1997,25(5):30~33
- 3 郝木明,胡丹梅,杨宝亮. 泵用零逸出非接触式机械密封. 流体机械,2002,30(9):13~17
- 4 郝木明,胡丹梅. 新型上游泵送机械密封的性能研究. 化工机械,2001(1):12~15