

船用机械密封常见故障形式及预防措施

杨洪宇, 张志镭, 张治峰

(山东海运股份有限公司, 山东 青岛 266034)

摘 要: 机械密封具有密封性能好、工作寿命长、漏泄量少、转动阻力小、承受压力大、能够减少海洋环境污染等诸多优点, 目前在船舶机械上已经广泛运用。本文阐述了船用机械密封的基本结构和工作原理, 对船用机械密封的常见故障形式进行了分析, 并对相关预防措施进行总结, 为船舶相关工作人员提供参考。

关键词: 船用; 机械密封; 故障形式; 预防措施

中图分类号: U664 **文献标识码:** A

0 引言

2000 年非接触式机械密封的产生, 使得机械密封在各行各业中均得到了广泛运用, 船舶机械也不例外。船用泵、压缩机等机械设备的旋转轴都采用了机械密封。与传统的填料密封相比, 机械密封具有密封性能好、工作寿命长、漏泄量少、转动阻力小、承受压力大、能够减少海洋环境污染等优点。机械密封用在船舶机械设备中, 能够提升机械设备运行质量与运行效率。在船舶实际营运过程中, 需要做好日常维护保养工作, 并且对出现的故障问题进行有效处理, 确保机械密封装置能够实现长期良好运转, 保障船舶机械设备密封的经济性、稳定性、可靠性。

1 机械密封基本结构和工作原理

机械密封又叫做端面密封, 指的是至少有一对垂直于旋转轴线的端面, 在流体压力和补偿机构作用力的作用以及辅助密封的配合下, 保持贴合并相对滑动而组成的防止液体泄漏的装置。机械密封装置的基本组成如图 1 所示, 主要由动环、静环、O 形密封圈、压紧弹簧等组成。一般来说, 动环和静环采用硬度不同的两种材料制成, 静环可用硬度较高的不锈钢或硬质合金, 而动环则可用碳石墨浸渍树脂或碳石墨浸渍巴氏合金。

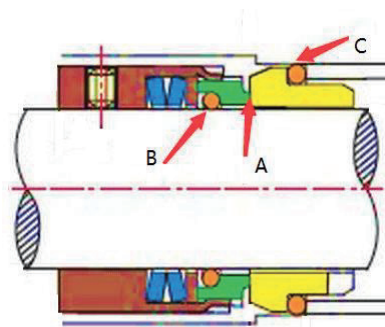


图 1 机械密封

如图 1 所示, 机械密封工作中有三个密封面, A 为动环与静环间的动密封面; B 为动环与轴之间的静密封面; C 为静环与端盖之间的静密封面。动环与静环之间是靠弹性元件 (弹簧、波纹管等) 和密封液体压力在相对运动的动环和静环的接触面 (端面) 上产生一适当的压紧力使两个光洁、平直的端面紧密贴合, 端面间维持一层极薄的液体膜, 从而达到密封的作用。这是机械密封中的主密封面, 是决定机械密封性能和寿命的关键。为了使密封端面之间保持必要的液体膜, 在端面间的比压需要严格控制。比压过大, 难以形成稳定的液体膜, 会使端面的磨损加剧; 比压过小, 泄漏量增加会使密封效果下降。故而要保证机械密封具有良好的密封性能又有足够寿命, 设计、安装和运行时, 必须要保证端面单位面积压力值

在适当的范围。为了防止液体通过动环与轴之间泄漏,装有动环密封圈 B。静环密封圈 C 可以阻止液体沿静环和压盖之间泄漏。

2 船用机械密封的常见故障分析

2.1 噪声

船用机械密封出现噪声,有两种情况:一种是爆裂声,一种是尖叫声。

机械密封正常工作时,在密封面之间会有少量液体。这些液体的作用是使密封面保持润滑和冷却。当液体在密封面间温度过度升高发生汽化或夹带空气时,就会产生可听见的爆裂声。产生爆裂声的原因有:1)设备干转。设备的吸入侧阀门没打开或流体已空,但设备仍在运行,形成干转。干转造成轴与轴封发热,当轴封密封面之间的液体膜过度升温发生汽化时,就会出现爆裂声(图2)。2)润滑冷却不足。3)没有或安装了错误的冲洗方案。轴封在没有冲洗或者冲洗量不足时,轴与轴封产生的热量无法带走。当轴封密封面之间的液体膜过度升温发生汽化时,即出现爆裂声。另外液体中夹带空气、滞留蒸汽等也会产生爆裂声。



图2设备干转热损伤图例

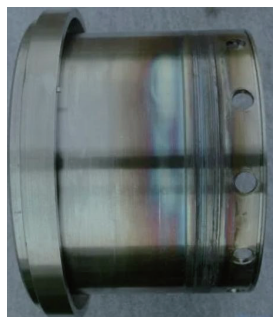


图4轴封结焦损伤图例

机械密封在运行过程中发出尖叫声,主要原因可能是密封面之间缺乏润滑导致轴封动环与静环之间接触面出现干摩擦,从而出现尖叫噪声。润滑在机械密封的运行中起着关键作用。其功能

除了润滑以外,还有冷却、密封、清洁密封面和保护的作用。当两个旋转硬质表面(如碳化硅或陶瓷)在重的载荷下,由于接触面之间缺乏润滑,接触面过度摩擦发热,会导致出现局部高温并伴随尖叫声。另外安装对中不良,轴封出现偏磨也会导致出现尖叫声,如图3。

2.2 结焦和热裂纹

机械轴封结焦(图4)和密封面上出现热裂纹(图5),一般来说,是由泵轴或密封面运行过程中产生的高温造成的。泵在远离性能曲线上运行时,会产生过多的热量;密封面因高速运转或在密封面施加过大压力也会产生过多的热量。当密封在过高温度下运行时,结焦会使机械密封的大气侧出现堆积物或研磨碎屑。热裂纹之间的距离和长度可能从很小到很大。这些裂纹同时充当切削刃的作用,导致密封面相互摩擦迅速磨损。



图5热裂纹损伤图例



图6冲击碎裂图例



图7化学侵蚀图例

2.3 冲击碎裂

在机械冲击、热冲击的反复作用下,轴封的动环和静环可能会因机械冲击而碎裂。机械冲击一般是由设备运行状况恶化引起的,例如轴承损坏、汽蚀、扭矩过大、负载不均和轴不对中等原因。机械密封操作不当和装配不当是产生机械冲击的主要原因。当密封面在短时间内面临较大的温度波动时,会发生热冲击,导致密封面的不同区域出现不同程度的膨胀和收缩,造成密封面上过度应力变化导致密封面碎裂。

2.4 异常腐蚀

船用机械密封一些较严重的异常腐蚀损坏可能是来自化学侵蚀(如图7)。若密封及其结构

材料选择不当,密封件材料与设备工作的介质流体发生化学反应,就会导致化学侵蚀。当密封件受到化学侵蚀时,可能会出现严重泄漏、过度磨损、零件破损、密封面点蚀、密封圈膨胀或脆化等现象。另外,某些机械密封材料不适用于高温或低温液体环境,当机械轴封被错误安装应用于不适配的高温或低温液体时,机械轴封的密封圈也会出现结焦、硬化、脆化等异常现象。

2.5 异常磨损

当机械轴封密封面之间的液体膜被外力破坏时,密封面会出现异常磨损。固体颗粒进入密封面是导致机械轴封异常磨损的主要原因之一,见图 8。固体颗粒磨损的凹槽具有“留声机唱片”的外观,同时密封面可能出现边缘碎裂或倒圆现象。不对中也是导致机械密封异常磨损的常见原因,见图 9。不对中可能是由管道应变、硬启动期间的偏转、轴跳动以及无数其它情况引起的。不对中会给机械密封部件带来过大的压力,导致它们无法正常工作、过早磨损并最终失效。另外,密封腔压力过高,超出机械密封的承载能力导致密封面接触压力异常增加也是异常磨损常见原因之一,同时会导致动、静环密封面外径处发生重力接触,并向内逐渐减小,直至几乎没有可见的接触;高压还会导致主密封环外径边缘出现碎裂(缺口)。另外高温、冲击、润滑不良、工况频繁变化或调整、启停频繁等也同样会导致异常磨损。

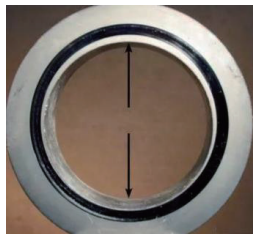


图 8 固体颗粒异常损伤图例 图 9 不对中损失图例

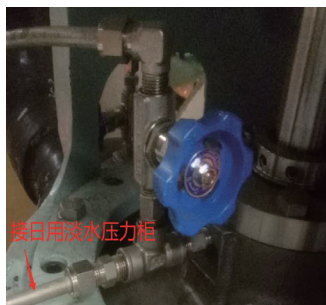


图 10 一种船用水泵机械轴封的冷却组件——实用新型专利

3 预防措施

3.1 机械密封的选用

在机械密封选用时,应了解设备工作介质特性和工作参数,严格按照机械密封说明书选用适配于设备工作的介质及环境,使用正确的原厂配件,避免异常腐蚀现象的发生;在应用于含固体颗粒工况之前,选用专门为含固体颗粒应用设计的密封,避免异常磨损。

3.2 机械密封的安装

机械密封安装时,首先机械密封弹簧压缩量要适当。要避免这样一个误区,认为机械密封中弹簧压缩量越大,则机械密封效果越好;弹簧压缩量越小,则机械密封效果越差。事实并非如此。如果弹簧压缩量过大,会失去调节动环端面的能力,导致密封失效。弹簧压缩量过大会导致摩擦副端面的比压增幅过大,会使端面摩擦副急剧磨损并可能瞬间烧损。这些因素都会影响机械密封的运行效果。弹簧压缩量过小,比压过小,同样导致密封失效。因此,弹簧压缩量要适当。

其次,动、静环密封圈的松紧程度要适当。动环密封圈过松,会产生泄漏,密封失效。动环密封圈太紧,会导致密封圈变形、弹簧过度疲劳、轴与密封圈出现较大程度的磨损。这三个问题若不能及时处理,很容易就会出现机械密封泄漏的故障。同样,静环密封圈过松,会产生泄漏,密封失效。静环密封圈过紧,会造成静环密封出现较大程度的变形,容易出现静环密封圈碎裂现象。因此,动、静环密封圈的松紧程度要适当。

第三,要严格按照说明书安装程序安装,确保压力处于适中范围,应避免紧固件紧固不均匀或过紧;使用激光校准等工具来确保设备转子准确对中,安装与密封相匹配的冲洗方案,设备底座应正确安装和灌浆,以防软基。

3.3 机械密封日常维护保养

定期检查机械密封冲洗管路是否堵塞,管路上的压差表读数是否偏大,是否有报警,要确保管路的畅通。保持液体温度不要过高,并在管路中定期放气/汽。如果运行参数温差很大,作为一般经验法则,可将变化幅度限制在每分钟 1°F 。当零部件超出设计规定的尺寸和公差,出现异常振动时,要及时更换备件。注意控制密封腔压力不能超过机械密封的承载能力。定期检查机械密封是否有泄漏和噪声,如泄漏和噪声异常,要立

即停止设备运行, 拆检 / 更换密封备件。根据实际情况创新修改冲洗方案布置, 使用清洁的冲洗液冲洗在密封面上, 增加冲洗速度。山东海运股份有限公司对此进行了卓有成效的探索, 设计方案获得国家实用新型专利 (见图 10)。

4 结束语

机械密封应用在船舶机械设备中, 能够提升机械设备运行质量与运行效率。在船舶实际营运过程中, 需要做好日常维护保养工作, 并且对出现的故障问题进行有效处理, 确保机械密封装置能够实现长期良好运转, 保障船舶机械设备密封的经济性、稳定性、可靠性。

2022 年 9 月, 某 25 万吨矿砂船在澳洲黑德兰港口装载铁矿石排放压载水时, 因压载泵机械密封安装时对中不良, 偏磨严重, 机械冲击使

静环断裂, 导致大量海水泄露, 致使压载泵无法正常工作, 压载水不能及时排放, 船舶无法装货产生怠时停租和港口滞期 11 小时, 造成船东直接经济损失约人民币 20 万元。可见, 船用机械密封良好运行和维护对于保障船舶经济性非常重要。

参考文献:

- [1] 王鑫. 电厂锅炉给水泵机械密封的应用及故障分析 [J]. 工程设备与材料, 2020,5(02):117-118.
- [2] 张朋. 机泵机械密封泄漏原因分析 [J]. 技术纵横, 2013,32(09):139.
- [3] 高卫锋. 化工泵用机械密封初探 [J]. 山东工业技术, 2014,(03):33.

Common Fault Form and Preventive Measures of Marine Mechanical Seal

YANG Hong—yu, ZHANG Zhi—lei, ZHANG Zhi—feng

(Shandong Marine Shipping Co., Ltd., Qingdao266034,China)

Abstract: Mechanical seal has many advantages, such as good sealing performance, long working life, less leakage, small rotational resistance, high pressure, can reduce Marine environmental pollution and so on, and has been widely used in ship machinery. This paper expounds the basic structure and working principle of Marine mechanical seal, analyzes the common fault forms of Marine mechanical seal, and summarizes the relevant preventive measures to provide reference for ship related staff.

Keywords:marine,mechanical seal, failure form, preventive measures