

# 大型泵站机械密封泄漏原因及处理方法

王肇优<sup>1</sup>, 霍安新<sup>1</sup>, 缪 薇<sup>1</sup>, 王子芮<sup>1</sup>, 郑 涛<sup>1</sup>, 左佳佳<sup>2</sup>

(1. 江苏省江都水利工程项目管理处, 江苏 扬州 225200; 2. 江苏省灌溉总渠管理处, 江苏 淮安 223200)

**摘要:**机械密封关系到潜水泵的正常运行,详细阐述了机械密封原理、安装步骤、常见故障和处理方法。以薛家泓出海泵闸为例,探讨在线油中水分检测仪安装的可能性,并及时监测机械密封是否损坏,从而减少泵站机组维修次数,延长设备使用周期,降低维修养护成本。

**关键词:**大型泵站; 机械密封; 故障监测

**中图分类号:**TV675

**文献标识码:**A

**文章编号:**1007-7839(2022)10-0066-0003

## Causes and treatment methods of large pumping station mechanical seal leakage

WANG Zhaoyou<sup>1</sup>, HUO Anxin<sup>1</sup>, MIAO Wei<sup>1</sup>, WANG Zhirui<sup>1</sup>,  
Zheng Tao<sup>1</sup>, ZUO Jiajia<sup>2</sup>

(1. Jiangsu Jiangdu Water Conservancy Project Management Office, Yangzhou 225200, China;

2. General Irrigation Canal Management Office of Jiangsu Province, Huai'an 223200, China)

**Abstract:** The mechanical seal is related to the normal operation of the submersible pump. The principle, installation steps, common faults and treatment methods of the mechanical seal are described in detail. Taking Xuejiahong outbound pumping station as an example, the possibility of installation of the online oil moisture detector is discussed, and the mechanical seal is monitored for damage in time, so as to reduce the maintenance frequency of the pumping station unit, prolong the equipment life cycle, and reduce the maintenance cost.

**Key words:** large pumping station; mechanical seal; fault monitoring

在大型泵站中,机械密封常用于潜水泵和贯流泵中,具有泄露量小、可靠性高、检修周期长、不易磨损泵轴等特点,但在水泵长期运行过程中,可能出现机械密封失效,油室进水使油乳化,降低润滑效果,电机绝缘效果降低甚至出现无法开机的状况。戚盛堉<sup>[1]</sup>研究了内燃机中水泵机械密封,戴明俊等<sup>[2]</sup>详细列出转子泵和小型潜污泵机械密封常见渗漏现象及对策,但对大型潜水泵或贯流泵的机械密封研究较少。笔者结合薛家泓出海泵闸潜水泵维修经验,分析大型潜水泵密封泄漏原因,结合泵站检修经验,形成监测和解决机械密封

故障的有效方案。

## 1 基本原理

大型水泵常用密封包括机械密封、填料密封和动力密封,其中机械密封常用于潜水泵和离心泵,填料密封常用于轴流泵,动力密封常用于离心泵。大型潜水泵油室一般都采用机械密封,相比较其他密封,机械密封不必定期更换填料,减少检修次数,节约人工成本。

机械密封是由垂直于旋转轴线(泵轴)相对运动的两个端面组成,又被称为端面密封。按照组成

收稿日期: 2022-05-11

作者简介: 王肇优(1990—),男,工程师,本科,主要从事水利工程管理工作。E-mail: 1206264417@qq.com

形式分为单面密封、双面密封和单双组合密封,主要用来解决转动部件与固定部件之间装置的密封问题<sup>[3]</sup>。

## 2 常见故障及解决方案

薛家泓出海泵闸位于上海浦东国际机场南部,安装了6台1400ZLD-100型立式轴流潜水电泵,单机流量 $6.5\text{ m}^3/\text{s}$ 。该潜水泵采用了双面机械密封,机械密封型号为TC47-140。

### 2.1 常见油封故障原因

#### 2.1.1 装配原因

由于压装原因,导致油封压装后变形;在装配过程中,油封通过螺纹或花键,导致唇口处划伤;油封位粗糙度低,压装力过大,导致弹簧失效或唇口翻转。

#### 2.1.2 弹簧失效

弹簧过紧或过松,过松时弹簧压紧力小,无法达到密封效果;过紧时弹簧压紧力大,油封与旋转轴之间配合不当,导致油封异常磨损,最终发生漏油。

#### 2.1.3 工作介质

油封材料的选择不当,二者相容性差,长时间运行会产生油封材料溶胀、硬化、软化、龟裂等,最终发生漏油状况。

#### 2.1.4 唇口磨损

油封唇口部位存在铁屑等杂质,工作时发生异常磨损;油封位与旋转轴不同轴,油封压装后发生偏磨,唇口异常磨损;油封唇口处锂基脂润滑不良,会发生干摩擦,导致异常磨损。

#### 2.1.5 轴承原因

旋转轴表面粗糙度、硬度不合理,旋转轴表面有缺陷,例如腐蚀、划痕、方向性刀痕等。

### 2.2 常见泄漏部位及其泄漏原因

通过拆除薛家泓出海泵闸潜水泵,进行原因分析,主要泄漏部位有4个(图1)。

泄漏部位1:动、静环摩擦面泄漏,未紧密接触或接触面损坏出现泄露。

泄漏部位2:静环与设备外壳之间出现泄露。

泄漏部位3:动环与泵轴之间出现泄露。

泄漏部位4:设备外壳之间泄露。

针对机械密封泄漏位置进行具体分析,归纳总结泄漏原因如表1所示。

### 2.3 常见故障处理方法

通过统计薛家泓出海泵闸近10年水泵维修情况,常见的机械密封故障及其处理方法如下。

(1)动、静环端面故障:如果端面磨损程度大或拉伤严重需重新更换,如果情况不是很严重的话,可以通过研磨、抛光加工处理来解决。研磨抛光主要分为机床研磨和手动现场研磨,手动现场研磨主要是将密封端面与磨具接触,加入研磨膏,作圆形轨迹运动,去除损坏的端面表层,从而能够获得具有高精度的表面。

(2)密封圈自然老化:遇到此类故障,一般更换密封橡胶条后,重新组装,做气密性试压无泄漏。常见密封圈材料见表2,在安装检修过程中,根据具体应用场景,选择合适的材料

(3)其他故障:主要为辅助弹簧损坏,固定螺栓松动,外壳密封出现泄露等问题,导致机械密封

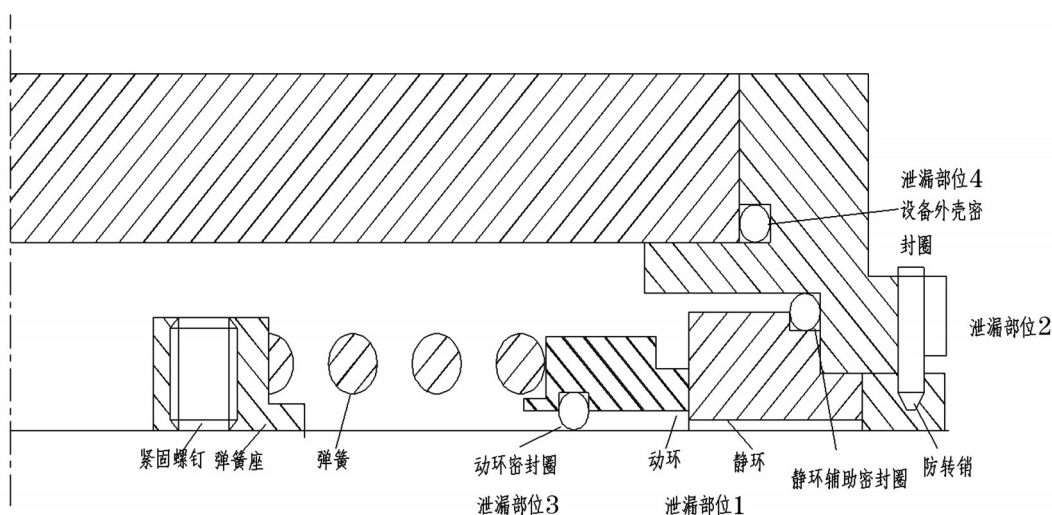


图1 机械密封结构示意图

表1 常见泄漏原因分析

序号	泄漏原因	所属泄漏部位	产生原因
1	选型失误	1、2、3、4	弹簧压力不足或者压力过大,导致接触端面之间出现漏气或接触面端面损坏
2	密封端面故障	1	运行过程中出现磨损,导致端面出现缺损或贯穿性裂纹
3	弹簧故障	1	弹簧长期运行中腐蚀、断裂、无弹性,致使端面无法紧密贴合
4	密封圈故障	2、3	安装检修过程中施工人员未按照装配说明,导致密封圈有开裂、破损、翻边和扭曲等变形问题 非装配性的故障主要有密封圈老化、变形和破裂等
5	装配原因	1、2、3、4	动环与静环的接触面不平整,支撑弹簧力不均匀,单弹簧不垂直,多弹簧型号选择不一致或压力不均匀等问题

表2 常用橡胶材料特性

材料	安全使用温度/℃	适用途径
丁晴橡胶NBR	-30~100	矿物油、汽油、氢氧化钾、水、磷酸等
硅橡胶MVQ	-40~200	丁醇、低溶胀性矿物油、弱酸、弱碱、氨水等
乙丙橡胶EPR	-10~160	丙酮、碱、二氧化硫、氨水等
氟橡胶FPM	-30~180	热油、蒸汽、无机酸、丁醇、氯族溶剂等
聚四氟乙烯PTFE	-100~220	酸、碱溶剂及各种介质

故障。

3 安装标准及其注意事项

3.1 进场验收标准

大型水泵机械密封一般尺寸较大,精度要求较高,因此安装的方法和流程很重要,在装配前要按照《机械密封》(JB/T 4127.1—2013)的相关规定进行密封装置验收。安装完成后,当被密封介质为液体时,泄漏量必须符合表3规定。

表3 泄漏量合格范围

轴(或轴套)外径d/mm	径向圆跳动公差/mm
[ 10,50]	0.04
[ 50,120]	0.06

3.2 安装步骤

根据近年来的水泵安装和检修经验,总结了机械密封安装检修步骤。

(1) 在机械密封安装前,必须用无水酒精清洗泵轴、密封端面、弹簧以及相关配件,防止铁屑、砂砾和硬物等异物进入密封部位。

(2) 设备检修时,橡胶密封圈不能用汽油等清

洗,如橡胶密封圈老化,应及时更换新密封圈。

(3) 在动、静环摩擦面以及橡皮密封圈和密封填料涂抹透平油或润滑脂,减小摩擦阻力,避免损坏动、静环的摩擦面。

(4) 再安装辅助O形密封圈时,应尽量平顺,不得扭曲变形,否则需将其拆除重装。

(5) 静环组件装入压盖,应使用专用工具,不得对其施加冲击力,防止橡皮受力不均匀,应尽量用手或专用工具慢慢推进,保证橡胶密封圈受力均匀。

(6) 动环安装时,应尽量保护动环摩擦面,防止表面受损,弹簧固定螺钉一定安装紧固,防止松动。

(7) 动、静环组件组装成功后,需派专人检查是否安装到位,弹簧或压力装置是否灵活。

(8) 根据规程规范,检查机械密封与泵轴中心线的垂直度与同心度是否符合要求。

3.3 油室气密性试验

当水泵安装完成后,对于干式潜水泵(薛家泓出海泵闸为干式潜水泵)还需要通过对电动机进行气密性试验,判断机械密封是否安装完好。

(下转第72页)

对于运行后发现的薄弱环节,下一步将继续优化船闸靠船墩振动监测系统。拟对视频抓拍系统进行升级,对暗区较为明显的位置增设补光设备与其联动。升级抓拍球机摄像头,增加夜视功能和扬声器、暖光灯等,通过内置白光灯和扬声器,触发报警时可联动白光闪烁与语音播报,进行事中干预。通过智能监测技术和视频AI技术,实现对船舶即将撞向靠船墩事件的自动监测和预警,进行事前预警。

#### 参考文献:

[1] 宗赤. 基于加速传感器的船舶振动检测系统设计[J].

武汉船舶职业技术学院学报,2011(4):46-47.

[2] 刘建成,顾永宁. 船桥碰撞力学问题研究现状及非线性有限元仿真[J]. 船舶工程,2002(5):4-9.

[3] 吴红兵,王宁,苏小松. 船舶撞击桥梁的撞击力研究[J]. 交通标准化,2010(13):127-130.

[4] 陈明辉. 船闸靠船墩损坏现状及船舶撞击力计算分析[J]. 中国水运,2008(9):3-4.

[5] 杨辉. 苏北运河船闸靠船墩船撞力的计算研究[J]. 中国水运,2009(8):34-35.

[6] 郭明明. 内河交通船闸靠船墩改造方案研究[J]. 科技与创新,2018(18):91-92.

(上接第33页)

(1)通常先将肥皂水涂抹在电动机机械密封表面。

(2)用空压机将空腔缓慢注入压缩空气,空腔压力不超过扬程的1.5倍,不超过0.2 MPa,目前薛家泓出海泵闸按照0.2 MPa进行气密性试验。

(3)停止加气,观察机械密封表面是否有气泡,没有气泡继续等待30 min,观察压力是否降低,压力降低说明机械密封安装失败,压力正常说明机械密封完好。

## 4 机械密封故障监测

结合泵站智能化管理和检修实践,针对上述密封故障,提出以下故障监测方法。

### 4.1 非植入式监测手段

非植入式检测手段是在不改变机械密封结构测量从外部获得的物理量(压强、温度或油的成分),来判断机械密封是否损坏。根据薛家泓出海泵闸维修养护需求,编制潜水泵油室拟改造计划,主要是通过油室中安装在线油中水分检测仪,将数据传输到上位机,利用软件分析油中水分是否改变,从而监测机械密封是否发生故障。

### 4.2 植入式监测手段

植入式监测手段是将传感器直接安装到机械密封结构内部并传出获得的电子信号,或利用新的结构将机械密封内部的某个物理特征(密封环温度、密封膜压和摩擦副声发射)“引出”到密封外进行测量<sup>[4]</sup>。目前主流市场存在以下几种典型监测手段:热电偶测温、电涡流测位移、电容测膜厚和摩擦

声发射监测。

## 5 结 语

大型水泵机械密封泄漏的原因有很多,包括设计、制造、选型或装配不当以及在运行中受介质中细小颗粒冲刷的影响<sup>[5]</sup>。水泵在运行过程中的振动、同心度、挠度的偏差,对机械密封端面造成冲击,产生磨损、热裂等问题,一旦发生泄漏,油室进水就会影响到水泵的推力轴承的润滑、冷却,造成轴承的损坏,如果油室与电机室之间的机械密封发生泄漏,水进入电机室,就会引起线圈短路及其他电气故障。为便于查找机械密封的泄漏原因,拟计划增设油中水分检测仪,及时发现机械密封故障。机械密封故障具体原因需要在长期运行管理、维修保养或周期性大修的基础上,对泄漏现象进行归纳分析,对解体的零部件进行观察分析,才能得出正确结论。合理选型以及正确规范地安装机械密封,是潜水泵安全、高效运行的保证。

#### 参考文献:

[1] 戚盛堉. 水泵机械密封材料的改进[J]. 内燃机车,1977(4):59-60

[2] 戴明俊,严统迅. 水泵机械密封常见渗漏现象及对策[J]. 通用机械,2005(11):61-62

[3] 顾永泉. 机械密封选用手册[M]. 北京:机械工业出版社,2011.

[4] 尹源,黄伟峰,刘向锋,等. 机械密封智能化的技术基础和发展趋势[J]. 机械工程学报,2021,57(3):116-128.

[5] 王拓. 机械密封常见渗漏现象的分析和处理[J]. 新疆化工,2016(4):18-22.