

机械密封的腐蚀及防护措施研究

梁元军

南京电子技术研究所, 江苏 南京 210039

摘要：为进一步研究机械密封的应用情况，需更好地了解机械密封的腐蚀类型，从而结合具体腐蚀控制要求完善腐蚀防护管理流程，保证相关工作项目都能顺利开展，以更好地维系机械密封的使用效果，抑制或延缓腐蚀，降低腐蚀隐患。本文简要介绍了机械密封原理，分析了机械密封的典型腐蚀类型，并给出了具体的防护措施。

关键词：机械密封；腐蚀；防护措施

Research on Corrosion Issues and Protection Measures of Mechanical Seals

Liang Yuanjun

Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing, Jiangsu 210039

Abstract： In order to further study the application of mechanical seals, It is necessary to better understand the types of corrosion in mechanical seals, and improve the protection management process in combination with specific control requirements, ensuring that relevant work content can be gradually carried out, better maintaining the application effect of mechanical seals, and suppressing or alleviating corrosion problems. This article briefly introduces mechanical seals and analyzes the corrosion problem of mechanical seals. Finally, specific protective measures are discussed.

Keywords： mechanical seals; corrosion ; protective measures

随着机械密封腐蚀导致的事故频发，机械密封作业质量受到了更多的关注。机械密封腐蚀损坏形态多样，为控制腐蚀，减少腐蚀问题的发生，降低由此造成的影响。需整合具体的防护处理机制，建构稳定的运行控制模式，从根本上减少腐蚀，进而发挥机械密封的优势，减少经济损失。

一、机械密封概述

机械密封也被称为端面密封，主要组成结构如图1所示。

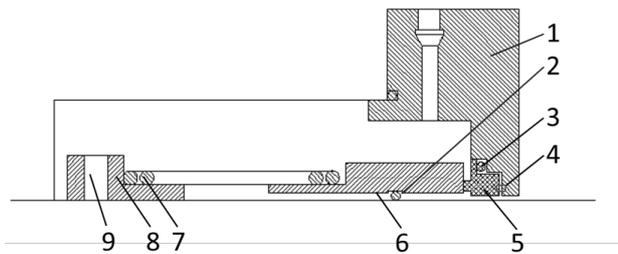


图1 机械密封组成结构示意图

(1表示静环座、2表示动环辅助密封圈、3表示静环辅助密封圈、4表示防转销、5表示静环、6表示动环、7表示弹簧、8表示弹簧座、9表示紧固螺钉)

在机械密封作业中，将较易泄漏的轴向密封设置为不易泄漏的端面密封处理模式，轴转动状态下带动弹簧座、弹簧压板等转动，有效实现动环和静环的连接，搭建环形密封面避免介质泄漏。相较于软填料密封，机械密封的效果更为突出，如表1所示。

表1 软填料密封和机械密封比较

项目	软填料密封	机械密封
泄漏量	180ml/h-450ml/h	为软填料密封的1%
轴磨损量	有磨损，长久使用后需更换	几乎无磨损
摩擦功率损失	机械密封为软填料密封的10%到50%	
加工和安装	填料更换方便	动环、静环表面粗糙度要求高，装拆不便

由此可知，机械密封的效果更好，但是对加工技术的要求更高，需结合机械密封的实际情况落实更加稳定科学的应用方案，从而发挥其优势作用，更好地维系应用效果。

二、机械密封的腐蚀

(一) 金属环腐蚀

金属环腐蚀问题在机械密封腐蚀中较为常见，主要分为表面均匀腐蚀和应力腐蚀破裂两种形态。

第一，表面均匀腐蚀。若金属环的表面接触腐蚀性介质，加

之金属自身的耐腐蚀性较差，将会引起表面腐蚀问题，造成机械密封效果失效，引发泄漏或者磨损等问题。较为常见的金属环腐蚀主要分为成膜状态和无膜状态两种方式。成膜状态下，钝化膜会起到一定的保护作用，有效避免腐蚀问题蔓延造成恶劣的影响，但是金属环使用的材料若是在摩擦中破坏钝化膜，则缺氧环境下无法再次生成，将会加剧电偶腐蚀^[1]。

第二，应力腐蚀破裂。若机械金属材质在腐蚀以及拉应力联合作用状态下，金属的薄弱区域会形成裂缝，一旦裂缝没有得到及时的控制和处理，会向纵深发展，最终导致机械设备出现应力腐蚀破裂现象。尤其是硬质合金，密封环常常会出现应力腐蚀破裂的问题。并且，在破裂状态下，裂纹呈现出分散性的特点，一旦相应的裂缝形成连通状态，会对整个密封端面的安全性产生严重影响。

（二）非金属环腐蚀

在机械密封作业中，除了金属环存在密封失效风险外，非金属环也常常存在腐蚀问题。如常见的石墨环腐蚀，其主要受两个方面的影响。

一方面，石墨环的腐蚀主要成因为端面温度较高，浸渍的树脂对石墨环产生离析作用，使得石墨环自身的耐腐蚀性降低，并且，若浸渍的树脂材料选用不当，也会在介质中发生较为显著的化学变化，影响耐磨性和稳定性。

另一方面，石墨环自身在氧化性介质中会出现干摩擦或者是冷却处理不当的问题，一旦温度达到350℃到400℃，石墨环发生氧化反应，形成二氧化碳气体，端面结构也会受到影响，甚至会在端面结构破裂的风险。与此同时，在化学介质与应力共同作用下，增加了石墨环的安全隐患，引发较为严重的腐蚀问题^[2]。

三、机械密封的防护措施

（一）优化材料选取和加工工艺

从机械密封综合防护工作角度出发，为更好地维系其应用效果，需从材料选取方面开展精细化控制工作，确保相应的处理工序更加贴合实际需求，发挥材料应用价值的同时，避免安全隐患问题留存。首先，设计人员需明确产品或零部件的应用场景、应用要求和应用环境等，并结合产品规范选取耐蚀材料，进而延长机械密封寿命，避免材料选取不当造成的经济损失。如传统的机械设备管夹采用普通薄板，会出现严重的腐蚀问题，使得软管固定作用失效，甚至会造成液压系统漏油等问题。若采用耐蚀性更好的不锈钢材料，在延长使用寿命的同时，也避免设备因腐蚀造成的安全隐患^[3]。其次，优化热处理和表面处理工艺。热处理加工工艺中，应合理控制加热速度、保温时间、冷却方式和热处理温度，确保材料的硬度、强度和韧性的统一。表面处理加工工艺中，应避免产生氢脆的加工工艺，降低氢致开裂风险，在充分发挥相应材料应用优势的同时减少成本损失^[4]。

如针对容易出现点蚀问题的机械密封工件，需选用耐腐蚀的合金材料或进行钝化处理，从而在维持材料稳定性的同时，更好地减少密封腐蚀造成的影响。与此同时，为降低缝隙腐蚀或电偶

腐蚀风险，需在贴合面进行密封隔离或涂覆处理，有效减少缝隙位置金属裸露或不同金属直接接触造成的影响。

（二）优化结构设计

为保证机械腐蚀控制效果满足预期，需从结构设计环节入手，开展相应的作业内容，维持整体控制管理的科学性和规范性，最大程度保证应用水平符合规定，从而维护综合应用效率和控制质量。

1. 合理设计

基于结构设计的具体要求，在机械密封腐蚀控制环节中，要尽量采取圆角设计并规定磨圆拐角结构，保证相应的处理方案能更好地维持应用的安全性。其次，对于外露面或接触外界环境较多的作业面，应避免使用点焊的方式，采用连续焊作业。能在优化其美观度的同时更好地提升防护水平，避免点焊作业中留存的缝隙出现腐蚀问题，保证整体结构合理的同时最大程度上避免腐蚀现象^[5]。

2. 优化布局

为避免机械腐蚀问题造成的影响，在工程机械产品布局方面，也要严格依照规范流程逐步落实具体工作，更好地减少封闭区域对后续应用产生的影响，并配合良好的封闭系统通风和排水处理机制，保证整体控制管理的科学性。如在机械产品整体布局方面，需对通风情况、散热情况、发动机尾气排放情况进行集中管理，利用通风净化、冷却降温等作业模式，营造良好的局部环境，有效减少腐蚀^[6]。其次，关注外露元件的防护，为避免机械腐蚀产生的安全隐患，针对电器元件和电气接头的防护，可增设防护罩壳、防护罩；同时，对接头进行密封、灌封或涂覆三防涂层。确保应用的安全性，也能更好地延长机械的使用寿命。除此之外，在结构设计优化处理环节中，设计人员应结合实际应用情况和控制要求，选取多方案并行处理的方式，将不同的防腐处理方式予以融合，减少腐蚀问题造成的影响，更好地优化应用效能。

3. 其他

结合结构设计优化方案落实服役环境控制，同样能够减少腐蚀问题造成的影响。应在设计文件中明确规定设备的清理维护内容，着重控制表面积灰、积尘、积水和积盐等，并明确清理维护周期和维护方法。

同时，焊缝在打磨和清理后能更好地优化表面状态，并提高其防腐能力。为此，作业人员需尽量维持工件表面的加工状态，维持密封环和阻流环的光洁效果（如图2所示），最大程度上避免焊渣、焊疤等表面缺陷问题，维系其应用的可靠性和安全性^[7]。

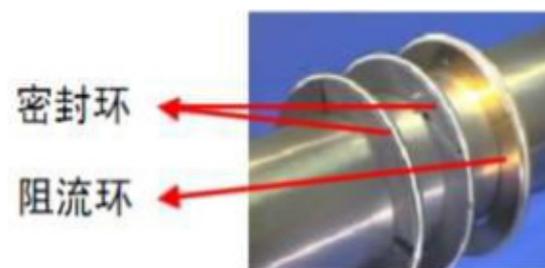


图2 密封环和阻流环协同处理

(三) 完善维护机制

在机械密封腐蚀性问题的控制工作中,需结合实际应用要求和规范落实具体工作,搭建完整的封液和冷却系统。因机械密封的摩擦面分为静环和动环,端面紧贴位置一个旋转一个静止,二者存在相对运动产生摩擦和磨损,且伴有热量产生,为更好地维护其应用效能,需有效落实冷却处理方案。若是密封材料自身的导热性较差且介质温度高,端面就会出现热量累积无法导出的问题,产生端面间液膜汽化现象,导致润滑失效。为此,尽量选取耐高温、导热性好的密封环材料,并强化冷却处理效果,避免端面摩擦热造成的腐蚀问题。较为常见的冷却方式如表2。

表2 冷却方式

序号	名称	内容	
1	端面直接冷却	闭路自冲洗	密封介质从系统中高于密封腔压力引出,管路上配置冷却器或过滤器,使得进入密封腔内的介质净化并降温
		反向自冲洗	将密封腔内介质引入主机低压侧,利用自循环带走摩擦热
		贯通自冲洗	将介质从高压侧引出,流经密封腔冲洗后流回
2	端面背部冷却	从静止环背部引入密封环内表面完成冷却	
3	间接冷却	冷却液不与密封面直接接触	

除此之外,需保证机械密封安装作业的合理性,在保持清洁状态的基础上,安装中避免使用工具敲打密封元件,维持其良好的密封效果,及时更换或修复缺陷零件,保证密封效果的稳定可靠^[9]。

结束语:

总而言之,在机械密封腐蚀问题中,需充分分析机械密封所处的环境和应用场景,结合实际应用要求合理选用耐蚀材料,优化热处理和表面处理工艺,配合良好的维护机制,保证设备机械密封的稳定性,更好地应对应力变化、环境变化和温湿度影响等因素,提高综合应用效果,发挥机械密封的应用优势,实现经济效益和安全效益的和谐统一。

参考文献:

- [1] 张猛,徐勇. 芳烃抽取装置溶剂劣化对贫溶剂泵机械密封的腐蚀影响[J]. 中国化工贸易, 2019,11(2):203.
- [2] 朱力. 应用 TRIZ 理论解决泵用机械密封轴套腐蚀问题[J]. 现代制造工程, 2019,(4):70-71, 82.
- [3] 尹华雷. 脱硫循环泵机械密封频繁失效泄露的消除方法[J]. 电站辅机, 2023,44(1):39-41.
- [4] 赵骏,王静. 耐磨蚀和耐腐蚀泵用新型机械密封的开发应用[J]. 水泵技术, 2021,(6):34-36.
- [5] 范文博,孙跃,孙斌,等. 关于石油化工装置转动设备机械密封辅助设施的应用研究[J]. 中国设备工程, 2023,(10):101-103.
- [6] 张宇. 油田泵类设备机械密封腐蚀失效研究[J]. 电脑爱好者(普及版), 2021,(12):195-196.
- [7] 蒋维宏,何治. PTA 装置薄膜蒸发器径向双端面机械密封研究[J]. 液压气动与密封, 2022,42(9):59-62.
- [8] 崔新秋. 机械密封的腐蚀与防护[J]. 化工设备与防腐蚀, 2021,(2):54-57.