

泵机械密封失效原因与改进措施分析

张春来

(大连西太平洋石油化工有限公司 辽宁 大连 116600)

摘要: 在石油化工中, 各类泵起着非常重要的作用。各类泵负责输送流体介质, 确保工业生产连续正常运行。泵机械故障或异常会引起工艺中断, 对后续生产产生重大影响。据有关统计, 在实际工作中泵的机械密封失效是比较频繁的, 给企业造成巨大经济损失和维修成本, 为了确保泵的长期有效工作, 需要确保机械密封的长期可靠性。本文通过实践结合机械密封的结构形式和工作原理, 分析机械密封频繁失效造成泄漏的原因, 提出具体的优化措施, 供同行参考。

关键词: 泵机械; 机械密封; 失效

0 引言

在炼化装置中泵机械是主要的装置之一, 泵机械是否正常运转, 直接影响到炼化装置的稳定性、安全性、连续性和经济性, 而泵能否正常运转, 机械密封的可靠性是绝对性的因素。2011 年 7 月, 某司厂区内 1000 万吨常减压蒸馏装置换热器发生泄漏并引起大火, 大火燃烧了 6 个小时后才被熄灭。2013 年 6 月发生油罐爆炸事故, 造成 2 人失踪, 2 人重伤。两次爆炸均是泵机械密封失效造成的, 代价是惨痛的。机械密封不严谨的设计、不规范的操作, 都会降低其使用寿命, 机械密封在使用过程中失效率是非常高的, 据不完全统计, 在设备检修时有 45% 的工作是修复机械密封。因此, 分析机械密封失效的原因, 并提出相应的解决方法和改进措施, 可以降低故障率, 提高经济效益和安全系数。

1 机械密封失效原因

1.1 机械密封的材质选择不合适

机械密封是旋转机械的轴封装置, 由于机械密封的材质与所输送的介质不匹配, 介质温度超出材料的使用性能等, 造成元件腐蚀加快, 密封失效。泵机械密封可能受到流体介质、温度和其他工作条件的影响, 造成弹簧弹力失效和弹簧的疲劳破坏。密封的材质选择不满足密封操作的要求, 导致密封圈脱落和断裂, 密封不良。因此, 选择材料方面首先要考虑到耐磨性和耐腐蚀性, 每种材料都有不同的使用性能, 如丁腈橡胶耐磨性好, 常用于油封, 二聚四氟乙烯耐高温、耐寒性好, 常用在低摩擦系数的油封。不同的工况下选用相匹配的材质, 常见输送介质机械密封材料选用参考见表。

表 机械密封材料选用参考

输送介质	使用工况 /℃	动环选用材质	静环选用材质	密封圈选用材质
清水	5 ~ 40	9Cr18, 1Cr13, 铸铁, 堆焊钴铬钨	浸树脂石墨, 青铜, 酚醛塑料	丁腈橡胶
汽油	5 ~ 40	碳化钨, 1Cr13, 铸铁, 堆焊钴铬钨	浸树脂石墨, 巴氏合金石墨, 酚醛塑料	丁腈橡胶
机油	> 100	碳化钨, 1Cr13, 堆焊钴铬钨	浸青铜, 树脂石墨	聚四氟乙烯
液态烃	5 ~ 40	碳化钨	碳化钨	丁腈橡胶

1.2 机械密封的冲洗程度不达标

输送介质内含有细小颗粒或液态容易结晶, 冲洗管路的压力和流量不足时, 这些类似杂质一样的颗粒在摩擦中就会造成肉眼不易发现的磨损。泄漏也是越来越严重, 所以根据输送介质的性质匹配一定压力和流量的冲洗管路, 并有监测和自动调节的仪器仪表和装置, 在系统波动时及时调整压力和流量的大小, 降低磨损而出现的故障率。在同行业中经常会忽略冲洗环节, 如图所示为某石化公司机由于长时间冲洗不符合设计要求产生的机械密封磨损的实物照片, 可想而知清洗的重要性。

1.3 动静环失效的故障

在泵机械正常工作时, 密封装置的动环与静环的泄漏是常见的。但在密封泄漏较大的情况下, 维护人员应认真检查磨损密封面, 更换密封材料, 避免浪费资源, 检查是否影响装置的稳定工作。同时, 密封结构复杂, 组装困难, 而不均匀的组件会引起泄漏。如果在泵的实际操作之前泵不充满或泵的速度太高, 则泵的入口将导致不同程度的汽蚀, 并且在介质中产生许多泡沫。然而, 动静态表面上的液膜气泡的量显著增加, 这也会对液膜的稳定性产生不利影响, 导致密封不良^[1]。首先, 如果泵机械的工作介质为高温, 则密封圈的叶轮结构容易发



图 机械密封磨损的实物照片

生掉落或松弛,从而导致故障。其次,泵的预热速度过快,增加了泵工作中的泄漏概率,特别是当泵被排气或振动时。此问题会导致动静环的石墨脱落、损坏,从而导致动静环的失效。或者增加转子旋转引起动静环的摩擦压力不足,产生泄漏。

1.4 密封圈失效的故障

密封圈失效是由老化和嵌入沟槽引起的。在密封圈的材质不适合介质的情况下,容易产生体积膨胀或过热摩擦,促进老化,需要找出并处理泄漏原因。通常,氟橡胶等耐热材料作为介质有效地使用,可以解决过热摩擦造成的密封圈失效问题。同时密封圈冷却时会暂时固化,导致破坏。这种固化在温度恢复后恢复。为了特殊的环境利用,需要选定耐寒性材料。另外,密封圈是易损件,贮藏不好会引起泄漏。因此在保管中必须远离阳光直射和高温,必须放在防潮包里,保证贮藏温度适当。

1.5 腐蚀严重

腐蚀是泵机械密封故障的最常见原因。例如点腐蚀、表面腐蚀、电化学腐蚀等会影响机械密封,导致机械密封间隙过大、机械结构不稳定等问题。

第一,表面腐蚀。当腐蚀性介质长期接触机械密封表面时,会导致一定程度的腐蚀,对零件的硬度和强度明显不利,显然增加了操作过程的危险性,容易造成各种安全性事故^[2]。

第二,点蚀。在点蚀的作用下,机械弹簧不稳定,间隙变大,之后一般会发​​生密封问题,弹簧套筒会出现区域性点蚀,这种点蚀对机械密封性能有比较小的影响。如果它对密封性能有很大的影响,必须进行更换。

第三,应力腐蚀。在泵机械的安装中,机械部件受

到应力腐蚀,出现断裂性问题,主要是由于应力的作用对腐蚀性介质中金属部件造成明显损伤。特别是弹簧等各种金属部件由于应力腐蚀而受到显著的腐蚀破坏,导致相应的机械密封的破损。

第四,电化学腐蚀。复杂的运行环境中,电化学腐蚀是泵机械密封故障的主要形式,对泵的机械操作有很大损伤。与其他类型的腐蚀相比,电化学腐蚀对金属具有相对破坏性。金属材料通常基于其自身的工作环境出现电化学腐蚀,这导致严重的密封不良。

2 机械密封改进措施

2.1 制造方面的改进措施

为了防止介质泄漏到大气中,需提高介质的安全性,保证密封盖更紧密地配合。在高压介质中,介质压力比密封液压高,可以用双向压力轴承设计侧密封芯,以使密封适用于装置动作中产生的压力变动。当密封腔内的压力远远高于标准要求时,密封端面的特定压力增大,对液膜的形成产生不良影响,显著增加端面的磨损度,增大端面的发热,引起密封部件变形。如果工作压力过高,则对密封部件的弹性变形产生不良影响,抑制密封效果。在压力低的情况下,容易产生密封件的干燥摩擦。基于密封件的摩擦,密封件的表面温度显著增加,并且密封件在高温环境中显著变形。这会增加磨损速度,然后引起密封圈破裂。因此,从制造角度,首先要求选择合理、合格、高质量的密封材料,以保证泵机械的基本性能。同时,在整个设计过程中,在追求生产率的基础上,必须限量生产和制造,以避免使用低质量的材料或制造工序。

2.2 选型方面的改进措施

在选择密封结构的实际工序中,需要保证密封结构简单、易于安装和维护。在机械密封的筛选阶段,为了确保泵机械密封装置整体的可靠性和安全性,需要着重理解相关的参数、材料、结构等。在泵的机械密封装置中,选择适当的密封材料,应在使用的场景、介质、温度和使用频率等多方面考虑材料的适配问题。一般而言,静动环的共同材料包括硬质合金、碳化硅和树脂石墨,选择时取决于材料本身的性能,还应注意所选材料是否与工作条件相符合。只有保证所有方面中所选材料的性能满足工作条件的要求,才能优化机械密封的效果,有效地防止泄漏问题^[3]。

2.3 安装方面的改进措施

在泵机械的安装期间,保护不严格,动静环出现变形或开裂。在安装过程期间,工艺要求不严格,端面间夹杂杂质,弹簧力不均等导致密封不良。因此,在安装过程中,百分表、游标卡尺和其他相关设备应适当使用,并且间隙应合理,改善泵机械密封装置的品质。

在安装并完成机械密封之后,需要在整个观察期间测试是否会泄漏。一般的问题是,当相对较大的泄漏发生在活动环或固定环的密封圈时,活动环与固定环之间的摩擦存在问题。

第一,观察泵机械,主要观察内容是泄漏数量和泄漏位置,确保静环和动环的密封圈没有问题。

第二,应该做好安装工作。根据实际环境、温度、压力和其他加工条件,为了提高密封性,需要科学合理地选择密封形状。在安装中考虑机械运行状态的变更,加强维护和状态检测,避免实际缺陷的影响。

第三,泵机械的安装应严格按照工艺流程进行操作,提高安装精度,保护相关精度的组件,避免盲目操作。

第四,建立完善的维护管理体系。在密封装置的實際安装过程中,提高安装人员的技术能力,各部分制造过程必须同时遵守相关的质量标准和操作规范,确保安装作业中的灵活作业。安装对机械密封性能具有极其重要的作用,通过提高密封的品质,能够更可靠地防止密封泄漏的发生,降低泵的事故率,延长密封使用时间,让泵机械可靠地进行顺畅动作。

2.4 压力产生的泄漏处理措施

当设计弹簧的压力或总比压过大,与端面之间形成动压、静压的液膜,造成端面的干燥或半干燥磨损,在摩擦作用下瞬间燃烧,高温引起泵机械密封端面变形、密封泄漏。同时,弹簧比压过大,零件容易出现疲劳;压力过小,则不能发挥预期的密封效果。因此设置泵机械密封时,应严格按照指定值设置弹簧压缩量,压缩量过大或过小会发生故障。在密封设置前,合理地配置弹簧的旋转方向。在高压环境中,机械密封端面更为合理,为了尽量避免变形,可以选择陶瓷或超硬合金等具有高压压缩强度的材料。同时当泵启动或停止时,由于泵入口的闭塞和泵介质的混合,在密封腔内产生负压。此时,在负压下在密封腔内的密封端面产生干燥摩擦,机械密封破损。因此,严格控制耐磨损性材料,可以选择耐干性、耐热性、强度高的材料。

2.5 运行过程密封失效及解决措施

泵的工作中如果由密封端面形成的热能不能迅速转移,则端面间的液膜熔融,产生泵机械的泄漏。在这种情况下,泵运转时,泵轴容易产生周期性的振动。此时应从根本上消除振动,进行及时的检查和维护,防止摩擦引起泄漏。同时在泵的运行期间,通常高速旋转产生离心力,这抑制了工作介质的泄漏。因此,工作期间泵密封不良的原因大部分是动静环的损坏。动静环的损坏主要是由摩擦引起的。在工作过程中,泵机械使用前必须先接通轴封水,防止泵的频繁启动和停止。这是因为泵的频繁启动和停止导致介质在管道中逆流,

产生的泵室压力急剧增加,然后被引导到动静环的开口部,在操作中导致密封故障。当泵长时间停止时,泵腔和机械密封必须在泵开始之前用干净的水清洁,以确保摩擦密封之间没有粘连。

2.6 防范腐蚀

当泵机械的工作介质是颗粒腐蚀介质时,由于颗粒介质的原因,密封端面的磨损会加快。同时,具有可成形颗粒的介质还引起局部损伤,例如密封表面上的磨损和撕裂。在化工生产中,腐蚀是影响泵机械密封损坏的重要因素。因此,在防止腐蚀的工艺中,谨慎地进行机械密封的日常维护是很重要的。相关人员应定期冲洗密封件,避免颗粒物的堆积,能够防止泄漏腐蚀。第一,在选购材料的过程中,要确保材料符合标准,做好耐腐蚀性维护的工作;第二,为了避免由于腐蚀引起的机械密封的泄漏,需要置换腐蚀的部分,提高泵机械的运行效率。

2.7 防范摩擦

在泵机械的高速运行中,为了防止摩擦引起的破损和机械密封不良,要求摩擦材料具有一定的摩擦性能,密封面的平坦性和粗糙度满足相关规格的要求。一般来说,橡胶圈具有某种服务寿命。因此,需要在日常服务阶段仔细准确地计算特定的时间并定期更换。同时,在实际的维护工序中,在密封圈变形的情况下,需要及时更换密封圈。对于端面粗糙度和平坦性等问题,为了确保泵机械的密封端面的良好密封效果,需要及时更换密封圈。

3 结语

泵机械密封泄漏的原因有其多样性,比如设备本身的缺点、密封冲洗水的问题、介质对密封圈的腐蚀、机械密封的组装方法的问题等等。为了彻底解决机械密封的泄漏率高的问题,必须解决工艺、设备、操作、检修上的问题。在生产实践中,必须认真进行泄漏的观察和分析,准确判断泄漏位置,制定合理的解决方案,最大限度地提高经济效益和安全性。

参考文献:

- [1] 黄景云. 机泵机械密封泄漏的原因及措施分析[J]. 化工管理, 2017(31): 130-131.
- [2] 冀海波. 关于机械密封失效的影响因素分析与影响机制探讨[J]. 化工管理, 2016(34): 139.
- [3] 朱世勇. 机泵机械密封泄漏原因分析及对策研究[J]. 化工设计通讯, 2017, 43(04): 121.

作者简介: 张春来(1972.03-),男,汉族,辽宁大连人,本科,工程师,研究方向:机械设计。