

Operation Analysis and Fault Diagnosis Based on Differences in Design Structure of Two Different Lining Fluoride Magnetic Pumps

Xin Chen

Chongqing Feihua Environmental Science and Technology Co., Ltd., Chongqing, 401221, China

Abstract

Aiming at the differences of the design structures of the two different fluorine-lined magnetic pumps, the analysis and the summary are given, and the common fault diagnosis and troubleshooting methods of the magnetic pumps are explained through the cases.

Keywords

magnetic pump; fluorine-lined; outer magnet; magnet rotor; isolation cover; fault diagnosis

基于两种不同衬氟磁力泵设计结构差异引起的运行分析及故障诊断

陈新

重庆飞华环保科技有限公司, 中国·重庆 401221

摘 要

针对行业两种不同品牌衬氟磁力泵的设计结构差异, 分析和总结, 并通过案例阐述磁力泵常见的故障诊断及排除方法。

关键词

磁力泵; 衬氟; 外磁钢; 内磁转子; 隔离套; 故障诊断

1 引言

中国重庆飞华环保科技有限公司废氯化氢回收装置, 是以中国重庆巴斯夫 MDI 装置产生的氯化氢尾气作为原料, 加水吸收产出盐酸, 再经电解产出氯气, 压缩后再返给巴斯夫利用的装置。装置中介质多为盐酸、硫酸、烧碱、次氯酸钠等腐蚀性介质。要求输送介质的流程泵具有很高的安全性、可靠性和经济性。所以装置设计考虑选用了无泄漏衬氟磁力泵。

本装置设计分两部分, 前部分的吸收及储存为中国成达设计院设计, 选用的泵为合资品牌瑞希特 (RICHTER) 公司生产; 后部分的电解、脱氯、压缩为德国蒂森克虏伯伍德公司设计, 选用的泵为德国蒙奇 (MUNSCH) 公司生产。两种泵型的设计结构存在差异, 本文下面进行具体分析, 并根据实例进行总结和论述磁力泵的故障诊断及排除方法。

2 磁力泵的结构

2.1 基本结构及原理

磁力泵是利用内外两个导磁体和其上的永磁体, 组成主/从磁转子, 带动叶轮达到输送工艺介质的目的。即电机带动主动磁转子旋转, 通过外磁钢与内磁转子相互间产生的磁转矩, 来实现两部件的同步拖动旋转。由于内外两个磁部件之间设有特殊材料制成的隔离套 (或称为密封套), 这样就把内部从动件密封在工作腔内, 即形成了不用接触传递动力, 不用设置动密封类的机械密封装置, 达到了静密封替代动密封的“无泄漏”磁力驱动。

磁力泵依照上述的结构特点, 被广泛的应用到易燃易爆、高腐蚀性等化工工艺流程中。高腐蚀性介质流程中的磁力泵, 内部工作腔中过流部件还需要考虑耐腐蚀材料, 如氟塑料和碳化硅材料等。

2.2 瑞希特 (RICHTER) 磁力泵结构

瑞希特 (RICHTER) 磁力泵 (以下简称 R 型泵) 结构如图 1 所示^[1]。

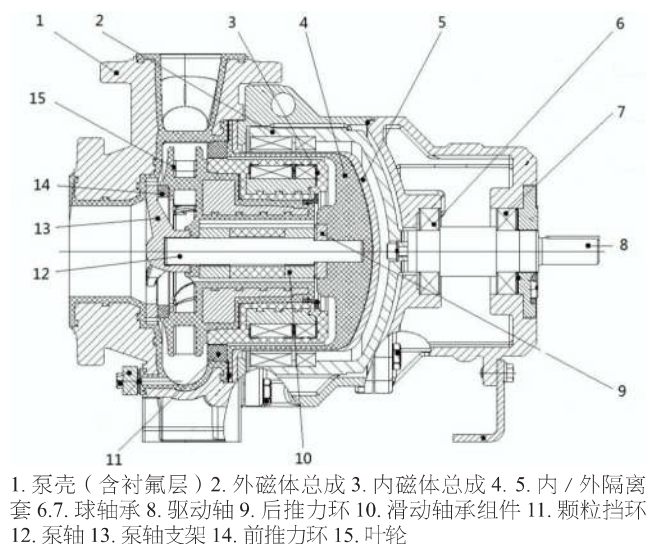


图 1 瑞希特 (RICHTER) 磁力泵结构示意图

2.3 蒙奇 (MUNSCH) 磁力泵结构

蒙奇 (MUNSCH) 磁力泵 (以下简称 M 型泵) 结构如图 2 所示^[2]。

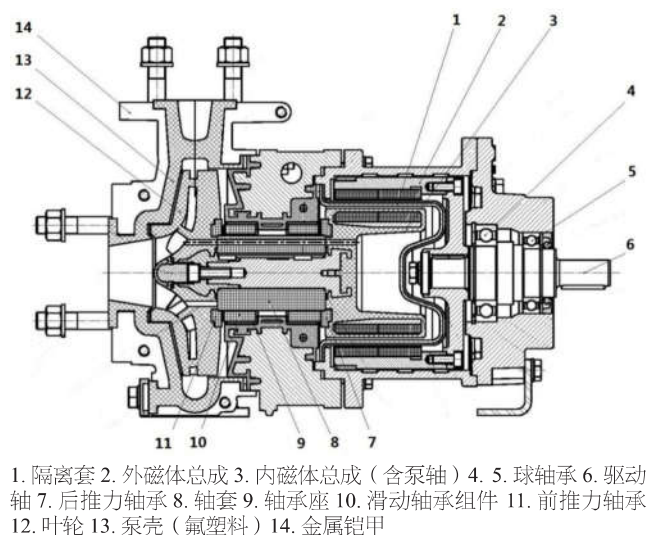


图 2 蒙奇 (MUNSCH) 磁力泵结构示意图

2.4 两种泵型的结构差异及分析

根据上述两种泵型结构描述, 进行比较如下:

(1) 两种泵型的驱动部分及外磁体组件设计结构基本一致。

(2) 两种泵型的内磁体组件、叶轮等内部结构存在差异。

① R 型泵的泵轴为独立泵轴 (图 1 中件号 12), M 型泵

的泵轴与内磁体组件为结合的整体部件 (图 2 中件号 3)。

② R 型泵轴为 SiC 材质, 属静止部件; M 型泵轴为 Ck45 金属材质, 外设独立 SiC 轴套 (图 2 件号 8), 泵轴与内磁体连接整体属于转动部件。

③ R 型泵叶轮轴向固定, 由其前端止推环 (图 1 件号 14) 及泵轴支架 (图 1 件号 13) (静止部件) 实现; M 型泵叶轮前端设有锁紧螺钉, 与泵轴连接, 共同旋转工作, 叶轮背部设有止推环 (图 2 件号 11), 用于平衡运行时产生的轴向力。

R 型泵的轴系力学分析如图 3 所示。

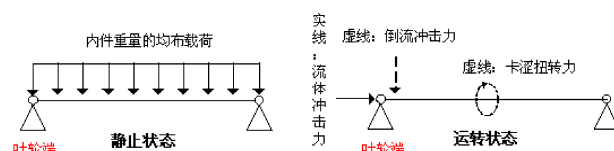


图 3 R 型泵轴系力学分析示意图

M 型泵的轴系力学分析如图 4 所示。

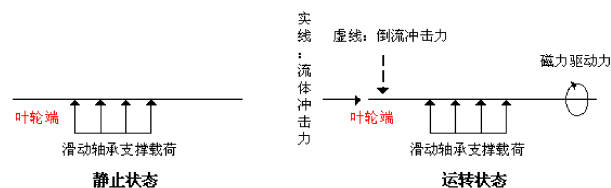


图 4 M 型泵轴系力学分析示意图

根据以上力学分析可以看出:

R 型泵轴为静止部件, 仅起到导向和支撑的作用, 泵正常运行过程中, 套在轴外的叶轮旋转较平稳, 轴向平衡性较好, 泵体振动较低。此外, 其泵轴材质为 SiC, 虽然耐腐蚀性能很好, 但是由于 SiC 为脆性材料, 抗弯曲和扭转的强度较差。若运行时介质中混有颗粒杂质, 滑动轴承处发生轻微卡涩, 泵轴将承受一定的扭转力矩; 若在泵的起动或停止时, 出口止回阀出现问题, 发生倒流时, 泵轴将承受一定的弯曲冲击。当以上两种情况发生时, R 型泵轴将很容易发生断裂。

M 型泵轴与叶轮、内磁组件同为转动部件, 整体轴系可视为悬臂型结构, 泵体运行过程中, 相同工况下, 振动将较 R 型泵稍大。此外, 泵轴材质为 Ck45 金属材料, 抗弯曲和扭转的强度将比 SiC 材料的泵轴大很多。但是耐酸碱等腐蚀性介质的能力较差, 这样就必须要保证轴套、密封部件的材质要求, 以及装配的高可靠性, 稍有偏差出现泄漏, 介质将会

对泵轴产生腐蚀甚至断裂。

另外，R型泵的叶轮入口设有新型泵轴支架，M型泵叶轮入口与连接管道是贯通的，泵运行过程中，不存在流体遮挡现象，吸入效果较好。

3 磁力泵常见故障

3.1 常见故障

如下表1所示。

表1 磁力泵常见故障

故障形式	产生原因	排除方法
泵不出液	泵反转	检查泵旋向，恢复正常旋向
	入口管路堵塞	检查入口管路、过滤器等
	泵内有气体	充分灌泵，排净余气
	吸程太高	属设计安装原因，降低安装位置
	磁钢脱调	核实驱动力矩，检查磁钢
泵出液，流量低	吸入管径太小	属设计原因，更换入口管道
	入口或介质流道堵塞	检查、清理后恢复
	出口阀开度小，扬程太高	开大出口阀门
	转速太低	检查并恢复额定转速
扬程过低	流量过大	调整出口阀、回流阀
	转速太低	检查并恢复额定转速
噪音过大	轴承/轴套磨损	检查更换磨损件
	隔离套和磁钢碰撞	检查、调整、视情况更换部件
	泵内有气体	充分灌泵，排净余气
	泵发生气蚀	属设计原因，核实泵气蚀余量、安装高度等。

3.2 常见原因分析

3.2.1 介质脏及颗粒度原因

由于磁力泵内部润滑液是由介质通过叶轮处导流孔进入各滑动摩擦副，该导流孔径很小。同时，内磁力组件与隔离套之间的间隙也很小。不同厂商会根据自身情况提出不同的颗粒度要求。此外，衬氟或全塑的磁力泵，厂商还会根据材料的特性提出耐磨抗冲刷颗粒度的要求。如果介质较脏，或其中含有的颗粒度较大，轻则泵内氟塑料件有冲刷磨损，或导流孔不畅，影响轴承的润滑效果，温度偏高；重则将堵塞导流孔，以至于碳化硅轴承的干摩擦导致损坏，同时也会造成多内部组件的损坏，若温度高到一定程度，会损坏磁体组件（高温会导致退磁）。此种情况，需要在泵的入口设置有效的过滤措施，并定期对泵的入口管路进行检查，确保输送介质的洁净度。

3.2.2 介质夹带气体

（1）碳化硅滑动轴承处的液膜将被破坏，进而损坏轴承等部件。

（2）通过泵得到的扬程降低，流量减少。

此种情况，应立即停泵，重新灌泵，排净余气后，方可再次试泵。

3.2.3 水锤 / 反流现象

如果存在不正确的安装或者操作，可能会造成严重的工况失衡，产生瞬间的高压水锤现象。例如出口止回阀的失效，当泵静止时，稍开出口阀，就将造成出口介质的倒流，此时轴系将承受反向的冲击力；若泵在启动过程中，存在该现象，并且电机带动的驱动轴及外磁转子还处于正向旋转，那么此时的泵轴将承受非常大的扭转力矩，严重时导致断裂，进而造成较大的设备事故。

3.2.4 泵电流的高低

（1）泵运行电流高，在排除电机和工况方面的影响外，最主要的原因，就是泵内部有摩擦损失或卡涩现象，可通过辨别声音进行附加判断。如果电流出现超高和剧烈波动现象，说明内部组件已经损坏，严重情况可能内磁转子已经停止工作。

（2）泵运行电流低，在排除电机和工况的影响外，主要的原因是，泵的吸入受到了影响，入口管路存在堵塞，可通过检查泵出口流量进行附加判断。此外，各类型的磁力泵都会根据自身的要求，提出泵的最小流量要求，所有的磁力泵都是严禁在低于最小流量状态下运行的。因此，多数应用磁力泵的装置，都会设置低电流 / 低功率保护，用以避免磁力泵在超小流量下或无液情况下运行，从而保障磁力泵的安全稳定运行。

4 典型事故分析

4.1 R型泵入口无过滤器造成的事故

2017年7月装置各设备投入试运行不久，在23日，主控人员发现R型盐酸输送泵P1203A出口压力骤降，输送盐酸中断，现场人员立即启动备用泵，并将运行泵停下。后面在该泵的解体检修过程中，发现泵体内部内磁转子组件、泵轴及其支架、SiC滑动轴承、前后推力环等部件已全部损坏，参见图5损坏部件的实物照片。



图 5 损坏部件的实物照片

通过对事故时段该泵的运行电流及泵出口压力趋势（参见图 6 泵运行电流及出口压力趋势图）进行分析，该泵在 DCS 上的显示电流突然上涨，然后在高限值附近反复波动，持续约 15 分钟，在此期间泵的出口压力及流量没有明显变化，所以也就没有引起操作人员的足够重视。同时，经与相关人员了解到，该泵的入口过滤器滤芯由于其它原因而被取出。因此，根据 R 型泵的结构及相关内容进行分析，当泵的入口过滤器没有滤芯的情况下，在还处于试运行阶段时，有杂质进入泵体，影响了磁力泵的自润滑效果，在上述 15 分钟时间内，内部摩擦损失加剧，电流上涨，此时泵体温度也将持续升高，当到达一定程度时，突破了承受极限，内部组件发生损坏断裂已停止工作，此时出口压力和流量也不会再有显示。

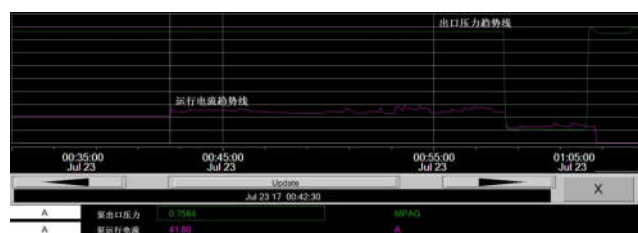


图 6 泵运行电流及出口压力趋势图

通过该事故我们总结到:

(1) 应加强操作人员运行操作磁力泵的培训, 不应只关注流量、压力等工艺参数, 还应重点关注泵的运行电流。

(2) 应尽快恢复磁力泵入口过滤器, 以减少泵体进入杂质的可能性。

4.2 R 型泵出口止回阀失效造成的事故

2017 年 10 月 11 日, 盐酸输送泵 P1203A 16:02 启动, 电流 31.20A, 现场切换 A、B 泵出口阀, 关小至关闭 B 泵出口阀过程中, B 泵欠功率保护跳停, 此时发现出口压力不足, 立即启动 B 泵, 在 16:04:44 现场停 A 泵后, 盘泵发现泵转子卡死。后面在对该泵的解体检修过程中, 发现泵体内部损坏程度与事故 1 相同, 内磁转子组件、泵轴及其支架、SiC 滑动轴承、前后推力环等部件已全部损坏。

通过对事故时段该泵的运行电流及泵出口压力趋势(参见图 7 泵运行电流及出口压力趋势图)进行分析, A 泵发生故障的时间应该在 B 泵跳车后, 然后在启动 B 泵打开 B 泵出口阀之后, 故障加剧直至损坏。经了解, A 泵的出口止回阀(翻板式), 由于以前的故障已经将阀板取出, 即止回阀已失效, 现场操作人员并不知情。倒泵过程中, 操作及对 A 泵的运行状态做出了误判, A 泵的打压状况并不正常。当 B 泵跳车时, A 泵处于低流量或干运转状态(注: A 泵的欠功率保护已在开泵前被取消), 运行状态从趋势图中可以看出, 当 B 泵又重新启动时, A 泵出口阀还没有关闭情况下, A 泵短时间内就产生了反流现象, 依照 3.2.3 中的分析和描述, 最终导致了事故的发生。

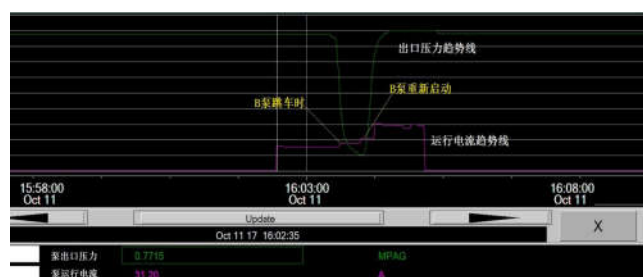


图 7 泵运行电流及出口压力趋势图

通过该事故我们总结到:

(1) 相关专业人员应该相互沟通, 确保操作人员对设备状态的熟悉和掌握, 并按规范操作程序。

(2) 应尽快恢复磁力泵出口止回阀, 当泵止回阀失效时, 应重新规范倒泵的相关操作程序, 杜绝泵反流现象发生的可

能性。

4.3 M 型泵装配原因造成的泵轴断裂事故

2017 年 8 月 3 日 9:51, 稀盐酸泵(M 型泵) P4320A 在经过一次检修后进行试泵, 工艺参数运行正常, 投入运行至 16:15, 流量突然下降, 然后电流也骤降, 现场人员立即停泵并启动备用泵, 维持了装置的正常运行。后面在对该泵的解体检修过程中发现, 泵轴端与叶轮连接处断裂, 并发现轴表面有明显的腐蚀痕迹, 参见图 8。



图 8 泵轴断裂实物照片

通过对事故时段该泵的运行电流及泵出口流量趋势(参见图 9 泵运行电流及出口流量趋势图)及解体检修发现的问题进行分析, 导致事故发生的直接原因是, 轴套与轴之间的键未安装到位, 落在轴套与内磁转子端面之间, 使得密封面间产生了较大间隙。在运行过程中, 稀盐酸介质流入轴套与泵轴之间, 由于泵轴材质为 Ck45 金属材质, 不耐盐酸腐蚀。叶轮与泵轴的连接部位为整个轴系的最薄弱环节, 运行过程中腐蚀的加剧及应力的集中, 严重削弱了泵轴的力学强度, 最终导致了泵轴的断裂。

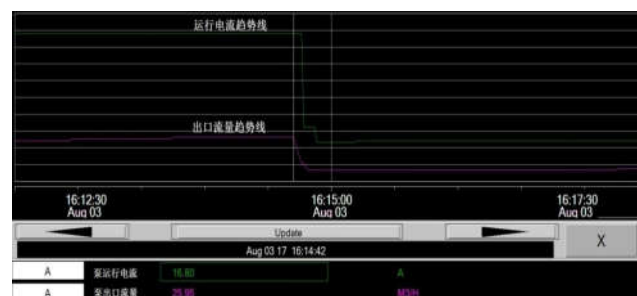


图 9 泵运行电流及出口流量趋势图

通过该事故我们总结到:

(1) 加强对磁力泵的检修管理, 严格把控检修质量, 规范检修质量控制程序。

(2) 加强对相关人员的培训, 确保检修维护人员对设备结构的熟悉和掌握。

5 总结

磁力泵是装置的重点设备, 频繁的出现故障对装置稳定运行构成了很大的威胁, 引起磁力泵故障的原因有多种, 通过本文的论述和分析, 并以案例为戒, 确定引起故障的原因,

及时、有效的消除和预防故障, 保证设备的安全稳定运行, 更大程度上将保证整个装置的安全、优质、稳定运行。

参考文献

- [1] Richter (瑞希特) 化工磁力泵操作维护手册, 2016.
- [2] Munsch (蒙奇) 化工磁力泵操作维护手册, 2016.