

磁力泵发展及使用的相关研究

孙振飞（大庆炼化公司炼油生产二部乙苯作业区，黑龙江 大庆 163000）

摘要：本文详尽介绍磁力泵使用的永磁材料和磁力泵本身的发展概况，简介了磁力泵结构及其原理，并结合日常生产案例，详尽的介绍了磁力泵的使用中的注意事项。

关键词：稀土钴永磁材料；磁力传动器；抽空

磁力泵作为一种将动密封转化为静密封的新型离心泵，很好的解决了普通离心泵机械密封容易泄漏的这一困扰石油化工企业安全生产的老大难问题。下面我们将对磁力泵的发展、结构、优缺点及使用中存在的问题等方面展开全面的研究。

1 国内外磁力泵的发展概况

1.1 国外磁力泵的发展概况

20 世纪 40 年代英国 HMD 公司推出了首台无泄漏磁力泵，并将其推向市场。1969 年荷兰人贝格尔研制成功新型稀土钴永磁材料^[1]，这进一步提高了泵的传动效率，为磁力泵的发展开辟了一个新时代。1979 年原联邦德国研制了新型的 MDF-100 型磁力泵，该型号磁力泵因结构紧凑、传动效率高、适用范围广、组装方便，得到了极大推广。1981 年德国 Klaus 公司研制出了 150kW 的大功率多级离心泵，开创了大功率磁力泵的先河。目前，国外磁力泵已达到一个很高的水准：流量 1150m³/h、扬程 500m、出口压力 4.5MPa、输送介质温度 450℃、电机功率达 350kW。

1.2 国内磁力泵的发展概况

20 世纪 70 年代末，随着 MDF-100 型磁力泵的推广，我国逐渐意识到磁力泵的巨大优势和未来发展的巨大潜力，开始引进、发展这项技术。由于当时西方对我国的技术封锁，我国只能拆卸进口电影设备中配套的微型磁力泵进行研究，1981 年，原航天部 510 研究所研制成功了全国首台磁力泵在兰州化学工业总公司聚苯乙烯装置中成功投入使用。目前，国内在磁力泵设计、制造、材料等方面有了长足进步，已经研究开发了多种型号的大型多级磁力泵、大型低汽蚀余量化工磁力泵、高转速磁力泵等。由于受我国磁力泵技术起步晚、永磁材料水平不高等因素限制，国产磁力泵在大功率、高可靠性方面与国外先进水平相比仍有较大差距。

2 磁力泵的工作原理及结构

2.1 工作原理

磁力泵是将永磁联轴器的工作原理应用于离心泵，当电动机带动外磁转子旋转时，磁场能穿透空气隙和非磁性物质，带动与叶轮相连的内磁转子作同步旋转，实现动力的无接触传递，将动密封转化为静密封^[2]。

2.2 磁力泵的结构组成

磁力泵由泵头、磁力传动器、联接架、电动机组成^[3]。

磁力传动器由连接电机转子的外磁钢总成、固定在泵轴上的内磁钢总成和不导磁的隔离套组成，它是磁力泵的最核心组件，是磁力泵的灵魂^[4]。稀土永磁材料制成的永磁体（内磁钢、外磁钢）工作温度范围广（-45~450℃），矫顽力高，磁场方向具有很好的各向异性，在同极相接近时也不会发生退磁现象，是一种很好的磁场源。隔离套采用金属材料时，处于一个正弦交变的磁场中，在垂直于磁力线方向的截面上感应出涡电流并转化成热量，造成温度过高永磁体失磁。选用高电阻率、高强度的非金属材料制作隔离套，在降低涡流方面效果十分明显。

3 磁力泵的使用中的注意事项

3.1 磁力泵投用及运行注意事项

①泵入口安装过滤器，防止铁磁杂质、颗粒进入磁力传动器和轴承摩擦副；②在规定温度条件下运行，严禁介质温度超标，温度过高，内、外磁转子极易失磁；③严禁空转。空转会造成磁力泵内大量非金属组件干磨、损坏；④严禁抽空，要定期清理入口过滤器，防止入口堵塞造成抽空（电流波动不能太大、出口压力波动不能太大）；⑤在出口阀关闭的情况下，泵连续运转时间不得超过 2min，以防内、外磁转子过热而失磁；⑥流量不能太小，短时间内最小流量不得小于额定流量的 30%，长期在小流量下使用，必须安装回流线；⑦日常巡检时，密切关注联接架下部卸放孔，卸放孔漏液，说明隔离套泄漏，需立即切泵。

3.2 常见的故障原因及处理方法

①泵流量或压力不足，电流、压力波动范围大。a. 机泵反转——联系电工，改变转向；b. 入口罐液位不足造成抽空——停泵或联系工艺调整操作补充入口罐液位；c. 泵入口过滤器堵塞——停泵、切除、放空，清理过滤器滤芯；d. 叶轮或口环磨损——停泵、切除、放空，更换叶轮或口环；e. 泵内截留空气——停泵后重新罐泵，充分排气；f. 叶轮脱落或泵轴断等极端故障——停泵检修，更换损坏配件；②电机电流高。a. 轴承损坏——停泵检修，更换轴承；b. 泵内杂质或物料聚集无法顺利输送介质——将杂质或物料清理干净；c. 流量过高——调节流量；③噪音及振动过大。a. 泵转反向——改变机泵转向；b. 联轴器对中不良——按照要求重新对中；c. 外磁缸没有正确固定在驱动轴上——将外磁缸安装到位，顶丝拧紧；d. 轴承损坏——更换轴承；e. 底座螺栓松动

或管道引起共振——紧固螺栓，消除共振缺陷；④机泵泄漏。a. 隔离套损坏——更换隔离套及隔离套轴承；b. 大盖、出入口法兰泄漏——紧固螺栓或停泵更换垫片。

4 典型案例分

4.1 案例一

故障设备概况：本次故障设备为大庆炼化公司 3 万 t/a 硫酸再生装置稀酸泵，属于离心磁力泵。主要性能参数：介质为浓度 $\leq 5\%$ 的稀硫酸、介质温度 40°C 、设计流量 $5.48\text{m}^3/\text{h}$ 、扬程 55.89m 。该泵叶轮材质为 F46、叶轮口环材质为碳纤维、壳体口环材质为碳化硅、轴材质为碳化硅。叶轮、叶轮口环材质均为易磨损、易变性材质；壳体口环、轴材质均为易磨损、易碎裂材质，因此该泵抗抽空能力较弱。机泵抽空情况下极易造成：叶轮及其口环磨损、变形，壳体口环、轴磨损、碎裂。

故障经过及存在问题：硫酸再生装置稀酸泵突然不上量，压力由 0.6MPa 降至 0.1MPa ，机泵运行振动、声音均正常，车间怀疑机泵叶轮脱落、轴（材质碳化硅）断裂或口环损坏，决定拆泵检修。机泵解体发现：①壳体口环破碎；②叶轮口环有所磨损；③拆卸入口过滤器发现，泵入口过滤器堵塞（活性炭颗粒）较严重。

措施：更换所有损坏配件。清洗过滤器滤芯和入口罐。



故障原因分析：①拆卸入口过滤器发现滤芯堵塞较严重，另外据副操反应：巡检发现泵出口压力表指针波动较大（ $0.55\sim 0.65\text{MPa}$ 间波动）。据此分析该故障主要原因是：机泵入口过滤器堵塞致使机泵抽空，造成壳体口环破裂损坏；②泵入口过滤器车间每两个月清理一次，以前清理时过滤器滤网较清洁，未发现堵塞现象，本次拆卸离上次清理不足 40 天，但堵塞严重，分析原因为：泵入口稀酸罐内活性炭颗粒较多，带入泵入口过滤器造成过滤器堵塞。

4.2 案例二

故障设备概况：本次故障设备为大庆炼化公司 3 万 t/a 硫酸再生装置酸产品泵，属于离心磁力泵。主要性能参数：介质为 98% 浓硫酸、介质温度 42°C 、设计流量 $2.5\text{m}^3/\text{h}$ 、扬程 66m 。该泵为钕钴永磁体磁力泵，该泵外磁转子通过联轴器由电机带动旋转，内磁转子、叶轮固定在副轴上，电机运行通过内外磁之间的磁力带动叶轮做功。该泵泵壳、叶轮、轴、平衡盘等重要组件

采用 904L 材质不锈钢，隔离套采用哈氏合金 C276，材质等级较高。该泵副轴轴承采用石墨轴承，机泵抽空情况下极易造成石墨轴承碎裂，因此该泵抗抽空能力较差。

故障经过及存在问题：硫酸再生装置酸产品泵突然不上量，压力由 1.1MPa 降至 0.1MPa ，机泵运行振动、声音均正常，车间怀疑机泵叶轮脱落、轴（材质碳化硅）断裂或口环损坏，决定拆泵检修。机泵解体发现：①内磁安装处副轴轴头断裂；②叶轮上的平衡孔（原 $\phi 5$ 冲刷腐蚀至 $\phi 9$ ）、平衡盘、泵轴均有明显的冲刷腐蚀，平衡盘、轴套的固定螺栓全部缺失（已被完全腐蚀）；③壳体口环、叶轮口环、平衡盘磨损；④止推石墨轴承组件、滑动石墨轴承组件破碎。

措施：更换泵轴、叶轮、内磁、隔离套、止推轴承组件、滑动轴承组件、轴套、泵体口环、大盖口环等全套组件。投用后，机泵运行正常。



故障原因分析：①泵轴加工不合格，车轴时轴肩处未做倒圆角，存在应力集中问题，受力易断裂；②叶轮上的平衡孔（原 $\phi 5$ 冲刷腐蚀至 $\phi 9$ ）、平衡盘、泵轴均有明显的冲刷腐蚀，平衡盘、轴套的固定螺栓全部缺失（已被完全腐蚀）。综上，介质对叶轮上的平衡孔以及平衡盘、轴套的固定螺栓的腐蚀，造成了轴向力的变化和轴的窜动，而泵的副轴因轴肩处未做倒角，造成轴肩处强度较低，受力断裂。

5 综述

磁力泵作为一种非接触传动的离心泵，因其有望解决普通离心泵存在的“跑、冒、滴、漏”问题，近几年备受石油化工行业的青睐，经过数十年的发展，取得了长足的进步。虽然现在存在一些问题，但我们相信随着新材料、新技术的发展，磁力泵必将有一个更加广阔的应用发展前景。

参考文献：

- [1] 翁兴园. 磁性材料的应用及其发展 [C]// 全国磁性材料及应用技术研发研讨会, 中国磁性材料与器件行业协会, 2003.
- [2] 关醒凡. 现代泵技术手册 [M]. 北京: 宇航出版社, 1995.
- [3] 杨武. 磁力化工泵的设计 [J]. 经营管理者, 2008(13): 285-285.
- [4] 杨建玲, 许伟, 耿殿荣. 磁力泵的特性与应用 [J]. 食品安全导刊, 2010(08): 68-69.