

高效无泄漏环保型磁力泵研究探讨*

李维斌¹ 于学娟¹ 吴雅丽¹ 张云凤²

(1. 江苏大学环境学院 江苏镇江 212013; 2. 镇江市排水管理处 江苏镇江 212001)

摘要 在流体输送过程中一直存在着泄漏问题,到目前为止所有的机械密封都没有很好地解决这一问题。磁力泵取消了泵的机械密封,完全消除了离心泵机械密封不可避免跑、冒、滴、漏的弊病,是实现无泄漏、零污染输送的较好选择,特别适用于易燃、易爆、易挥发及有毒介质的输送。分析了磁力泵特点及其在我国工业方面的应用前景,提出磁力泵的发展方向。

关键词 磁力泵 泄漏 流体输送

Study on Sealed Environmental Protection Efficient Magnetic Pump

LI Weibin¹ YU Xuejuan¹ WU Yali¹ ZHANG Yunfeng²

(1. School of Environment, Jiangsu University Zhenjiang, Jiangsu 212013)

Abstract There exists the problem of leakage in the process of fluid transportation, so far the problem hasn't been solved in all of the mechanical seals. Magnetic pump abolishes the mechanical seal of the pump and totally solves the inevitable problems of running, sending out, dripping and leakage in centrifugal pump mechanical seal, so it is a better choice to realize non-leakage and non-pollution transportation, especially adaptable to the transportation of flammable, explosive, volatile and toxic media. The paper analyzes the characters of magnetic pump, as well as the prospects of industrial application in China and points out the development direction of magnetic pump.

Key Words magnetic pump leakage fluid transportation

0 前言

磁力驱动泵(简称磁力泵)是应用磁力传动和新密封技术而设计的一种新型泵。磁力传动和传统的机械传动相比,其根本区别在于传动轴无需穿出机壳,而是利用磁隔离套传递扭矩。磁力泵也是一种特殊的屏蔽泵,它从根本上消除了轴封的泄漏。因此,磁力泵广泛应用于输送贵重、有毒、易爆或放射性较强的介质,是实现无泄漏、零污染输送的较好选择。

磁力泵由泵、磁力传动器、电动机 3 部分组成。关键部件磁力传动器由外磁转子、内磁转子及不导磁的隔离套组成。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。由于泵轴、内磁转子被泵体、隔离套完全封闭,从而彻底解决了“跑、冒、滴、漏”问题,消除了炼油化工行业易燃、易爆、有毒、有害介质通过泵密封泄漏的安全隐患。

1 磁力泵国内外发展概述

美国 HMD 公司在 20 世纪 40 年代就将第 1 台无泄漏磁力泵推向市场,由于当时磁力泵可靠性比较差,应用范围有限,价格昂贵,因此没有得到很好的推广。

作为磁力泵研发制造的先驱 HMD 公司,一直在磁力泵设计/制造这一领域处于世界领先地位,其产品代表了当今磁力泵的发展极限:流量 0.006~1 000 m³/h,扬程 10~1 000 m,温度 -100~450 ℃(无需冷却水),功率最大至 450 kW。品种包括单级、多级磁力离心泵,磁力滑片泵,

磁力传动漩涡泵,屏蔽磁力传动泵,特别是最新开发的 MAAG-MAX 屏蔽磁力传动泵,结合了磁力传动泵和屏蔽泵的优点,代表了无泄漏泵的未来发展方向。

我国有关磁力泵的研究始于 20 世纪 80 年代初,甘肃省科学院磁性器件研究所是国内最早开展磁力泵研制的单位之一,现已有单、多级磁力离心泵的系列产品投入使用。1989 年,温州工科所等 5 家泵厂组建了南方磁力泵联营公司,生产 18.5 kW 以下的耐腐蚀磁力泵系列产品。1992 年沈阳水泵厂设计制造 CIH 系列磁力泵,涉及 29 个规格,流量 2~150 m³/h,扬程 3.5~380 m,电机功率 100 kW 以下,工作温度低于 250 ℃。

2 目前磁力泵设计过程中主要问题

2.1 高温问题

为了解决因内磁钢在高温下退磁而引起的磁力联轴器失效问题,一种方法是将同步磁力联轴器的内磁转子改为类似于鼠笼式转子,外转子结构不变。其工作原理与鼠笼式异步电动机相似,即当外转子在电机驱动下旋转产生旋转磁场,内转子上铜条会切割磁力线而产生感应电流,感应电流产生的磁场和外转子上永磁体产生的磁场相互作用,使内转子随外转子一起转动并传递转矩。由于此种联轴器的内转子无需永磁材料,同时与同步磁力联轴器相同的是隔离套密封了输送介质,致使外转子与介质并不接触,因此介质的温度高低不会影响内转子的性能,从而避免了同步磁力联轴器中内转子磁体在高温下的退磁问题,故可用于输送较高温介质的泵中。实验测试和磁场分析结果表明,这种新型磁力

* 江苏大学学生科研项目,项目编号:08A166。

联轴器的设计方案是完全可行的,可彻底解决同步磁力联轴器内磁钢高温失效引起的问题。在具体设计过程中,还要考虑一些问题,如优化转子槽形结构,使之在任何旋转位置上磁力联轴器的内外转子间磁场作用力基本相等,从而尽量减小磁力联轴器中由齿槽效应引起的转速波动性和脉动力矩,进一步提高磁力联轴器的效率,等等,使这种新型磁力联轴器运行更加平稳可靠,生产成本进一步降低,维修更方便,经济效益更好^[1]。第2种方法是增加热障涂层。热障涂层(TBC)是一种陶瓷涂层,它沉积于耐高温金属或超合金表面,用于保护基底材料,使得用其制成的设备部件能在高温下运行。热障涂层能够阻止外部环境的热量向基体金属传递,提高基体的工作温度,并达到隔热的目的。热障涂层主要包括双层系统、多层系统和梯度系统3种结构形式。这3种结构形式各有特点,不同的环境要求可以采用不同结构体系,目前多数采用双层结构。近年来,随着制备技术的发展,热障涂层结构已由经典的 $MgCrAlY + YSZO$ 双层结构向成分结构连续变化的 $MgCrAlY + ZrO_2$ 梯度结构发展。连续梯度结构是金属粘层与陶瓷层之间的化学成分或结构呈连续性过渡,这种梯度涂层消除了金属基体与陶瓷间状结构的明显层间界面,使得涂层力学性能由基体向陶瓷表层连续过渡,各部分的热膨胀系数也连续变化,从而避免了热膨胀系数等不匹配所造成的陶瓷层过早剥落现象。据乌克兰Paton焊接研究所报道,采用EBPVD工艺制备的梯度热障涂层抗热震性能得到了改善,在 $-35^{\circ}C$ (24 h保温+风冷)至 $50^{\circ}C$ 的循环实验条件下,涂层能持续1500 h,使用寿命有了提高^[2]。

2.2 隔离套设计

隔离套的结构和材质是影响效率和安全可靠性的的重要因素之一。因此,设计一个结构合理,选材准确的隔离套,是磁力驱动离心泵设计的关键技术问题。

隔离套是位于内外转子之间的一个圆筒形密封部件,它使所传输的介质与外界隔离。由于磁力传动力矩与内外转子间工作气隙长度有关,气隙长度要求越小越好,因此在满足强度和刚度的前提下,应将隔离套的壁厚设计得尽量薄。在设计中,可按压力容器的设计计算方法进行壁厚计算。

在选材上,应考虑当外磁转子相对于隔离套转动时,隔离套处于交变磁场作用下,如隔离套采用金属材料制成,无疑会在隔离套中产生涡流使其发热,使得传递功率降低,所以,隔离套应选用电阻率大、机械强度高、耐腐蚀的非导磁材料。①在工作条件允许的情况下,隔离套应优先选用非金属材料,这样就可有效避免涡流产生。如用金属隔离套,应尽可能采用高电阻(电导率低)的材料来减小涡流损耗及对磁场的影响;②隔离套必须选用低磁导率的材料,以减小对内转子表面磁场的影响;③隔离套要选用高强度的材料,以减小隔离套的厚度,这样可减小涡流损耗(及)对磁场的影响。④发展新型隔离套,如复合型隔离套,即隔离套内壁采用高强度的金属薄壁材料以防破裂造成泄漏,而隔离套的外表面则采用硬度较高的非金属材料以防隔离套变形,这样可有效地减少隔离套的涡流损耗及对磁场的影响^[3]。

2.3 冷却措施

内磁转子在泵送流体中旋转,它直接受流体的热影响,再者扭矩波动和尖峰载荷时,内外磁联轴器发生滑动产生涡流热。为此,必须对其进行冷却。

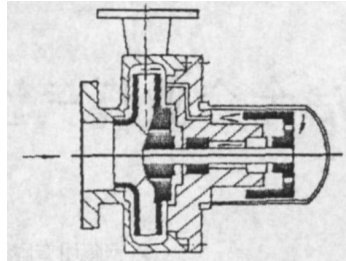


图1 磁力泵内流式冷却系统

图1给出一简单的内流式冷却系统。叶轮甩出的高压流体,经后盖板上的小孔分为2支,一支经内半联轴器外缘与隔离套之间,经轮辐上的孔与经内缘的另一支流在后轴承汇合,对轴承进行润滑冷却,后又经前轴承,由叶轮平衡孔流入叶轮入口低压区。如果流体温度很高,可在后盖板上铸出冷却室进行水冷^[4]。

2.4 涡流型磁联轴器

永磁联轴器分为2类:同步型与不同步型(涡流型)。我国生产的磁力泵均为同步型,美国磁力泵市场涡流型占8%。涡流型磁联轴器与电动机原理相类似,磁体用高温粘结剂粘在外转子上与电动机相连,而内转子没有永磁体,它是由平行于轴的铜条制成鼠笼型(称扭矩圈)。由于外磁转子旋转,建立了旋转磁场,铜条在磁场中产生感生电流、电磁场、扭矩。涡流联轴器的特点:①磁体不接触过程流体,所以工作温度可以很高;②联轴器由于超载造成的滑脱不会造成永磁体退磁,滑脱大产生转矩也大,因此涡流型磁力泵有较大的起动转矩;③输送含有铁成分的颗粒介质,不会吸附在内转子上;④内外转子不同步,存在滑差率,尺寸大、效率低,对于工作点要求严格的泵不宜选用^[5]。

3 磁力泵发展趋势

(1)开发智能化、高速小型化磁力泵。由于变频向小型、低成本、高可靠性等方面发展,新型磁力泵将实现无级变速,形成新的系列产品。

(2)开发各种形式的磁力泵。磁力驱动技术不仅广泛用于离心泵,也可广泛用于其他形式的泵。磁力驱动涡流泵、磁力驱动齿轮泵、磁力驱动污水泵、磁力驱动渣浆泵、磁力驱动液下泵等特殊用途的磁力泵均相继问世。磁力驱动的回转泵也会有较大展,如三螺杆泵、齿轮泵、滑片泵。

(3)磁力泵向高附加值、高效率方向发展。随着科学技术的进一步发展,磁力泵将发展为高效率、高可靠性、高安全性、低成本的理想型无密封泵,将具有更广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 孔繁余,刘建瑞,施卫东,等.高速磁力泵轴向力平衡计算[J].农业工程学报,2005,21(7):69-72.
- [2] 郑万军.高效磁力泵的设计与应用[J].炼油与化工,2004,14:14-15.
- [3] 冯忠明,陈存东.磁力泵涡流损失的计算分析与应用[J].通用机械,2005(4):81-84.
- [4] 贾静科,肖军,江泳英.磁力泵保护系统设计[J].石油化工设备,2001(2):29-31.
- [5] 符长军,薛宽荣.一种新型无泄漏磁力泵[J].中国设备工程,2005(2):57-58.

作者简介 李维斌,男,1976年生,辽宁沈阳人,博士,江苏大学环境学院工程师,主要从事环保设备设计、制造及噪声控制方面的研究。

(收稿日期:2009-07-09)