

# 异步永磁感应式传动技术的研究

吴剑武, 李海鹰, 何晓东

(温州市工业科学研究院, 浙江 温州 325028)

**摘 要:**介绍异步永磁感应式传动器的特点, 对该传动技术的主要内容, 包括结构设计、电磁转矩计算方法 and 传动器的机械特性, 进行了研究分析。

**关键词:**永磁感应传动; 异步传动; 电磁转矩

**中图分类号:** TQ05 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-8805(2005)02-0026-03

## 1 前言

无密封传动技术有三种: 磁力传动、异步永磁感应传动和屏蔽感应。1940年英国人 Charles 首次提出采用磁力驱动泵, 解决了具有危险性介质在化工泵中的泄漏问题。1947年英国 HMD 公司开发成功了磁力驱动离心泵。1983年高性能钕铁硼(NdFeB)磁性材料的问世, 为磁力驱动泵的发展提供了关键部件的材料。现在磁力传动技术在化学工业、石油化工、医药、食品工业中的泵、压缩机、搅拌反应釜和阀门上得到广泛应用, 流体机械大量使用的传统的机械密封正逐渐被磁力传动密封所取代。

屏蔽泵是成功应用屏蔽感应传动技术的产品, 同磁力泵一样可以实现零泄漏运转, 但是其屏蔽套必须做的很薄, 因而必须实时监测运转情况。屏蔽泵的结构复杂、价格昂贵、维修不便, 这些不利因素限制了其发展。然而, 磁力传动技术在应用中也遇到了一些难以逾越的困难。众所周知, 磁力传动是依靠内外磁环之间相互作用力传递动力的, 如果磁钢工作在其允许的温度之上便会引起退磁, 导致传递扭矩的能力降低直至失效。因此采用磁力传动, 其工作温度是受到限制的, 目前耐高温的磁钢是稀土钕钴磁钢, 温度极限是 302℃。

另外, 由于高转速带来的涡流热量的积聚同样会导致类似的后果, 所以即便工作温度不高, 而较高的转速却会使磁钢退磁失效, 这种情况在磁力传动反应釜上是比较难以克服的。正因为如此, 人们提出了异步永磁感应传动技术。

## 2 主要研究内容

异步永磁感应传动器的突出优点是适用于高温下操作, 并且具有适应粘性液体所特有的软启动性能。永磁感应传动器主要由永磁外转子、隔离套、感应内转子组成。感应内转子是一个由紫铜条构制的鼠笼式转子部件, 旋转的外转子永磁磁场在鼠笼转子线圈上产生感应电流, 带动内转子以略低的转速旋转。因此设计合理的转子结构和计算的准确电磁转矩是研究的重点。

### 2.1 内外转子和隔离套的结构设计

永磁感应传动器实现无密封传动的原理, 就是内外转子用隔离套完全分开, 两者是无接触传递动力。外转子座上粘贴有按一定规律排列成圆周的瓦形永磁体, 其在动力带动下形成旋转磁场。常用的磁极形状有同心瓦片形、等半径瓦片形和两边平行瓦片形三种, 充磁方式有平行充磁、径向充磁两种, 如图 1 所示。

在一般设计中永磁体多采用径向充磁阵列或平行充磁阵列, 其产生的磁场在永磁体两边是对称的, 如图 2 所示。文献[1]报道采用径向和平行充磁组合的排列方式称为海尔贝克永磁阵列(Halbach Array)结构, 可以有效提高传动扭力。

收稿日期: 2004-07-20; 修改稿收到日期: 2005-01-30。

作者简介: 吴剑武(1973-), 男, 温州市人。1995年毕业于沈阳建筑工程学院机械设计与制造专业, 获工学学士学位。现就职温州市工业科学研究院, 工程师, 主要研究磁力传动技术在实验室仪器上的应用。已发表论文 5 篇, 获发明专利 2 项, 并入选 2002 年度温州市“551 人才工程”第三层次培养人选。

从图 2 中可以看出, 海尔贝克永磁阵列结构, 可以使永磁体气隙侧的磁场得到有效增强。

另外, 外转子座的几何形状、磁钢种类、尺寸、

磁极对数等也不同程度地影响电磁转矩和传动效率, 这些可以通过耦合场的有限元分析方法进行优化。

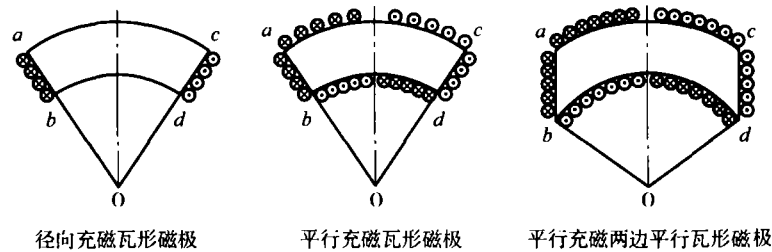


图 1 磁极形状和充磁等效面电流模拟

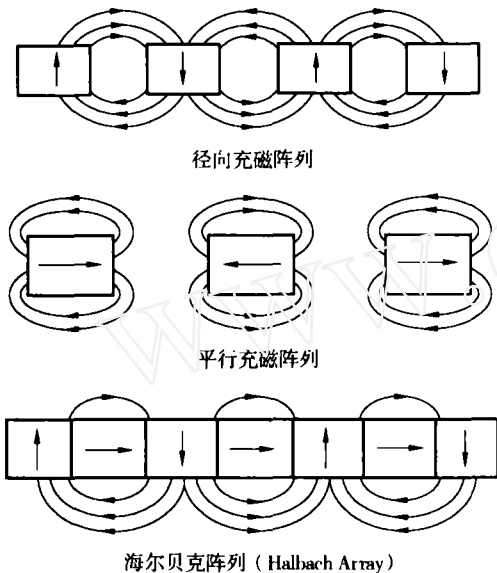


图 2 永磁体阵列结构示意图

心的槽内压进铜条, 铜条的两端焊接在两个端环上。如果介质有腐蚀性, 需要在转子外包覆耐腐蚀的非导磁材料, 如不锈钢。同时应考虑不锈钢包套产生的附加涡流损耗。

如果永磁感应传动器在工作转速很高时, 旋转磁场会在隔离套中产生较大的涡流损耗。在正常情况下, 当转速为 2900r/min 时, 金属隔离套的涡流损耗功率, 大约为总传动功率的 15% ~ 30%, 不仅消耗能源, 产生大量热量还导致磁钢退磁失效。所以, 金属隔离套涡流损耗功率问题, 不仅影响设备运行的经济性而且也会影响设备运行的可靠性。若消除涡流损失, 隔离套应尽可能选用非金属材料, 因为它不会产生涡流, 可以提高传动效率。但是, 非金属材料的隔离套受到输送介质温度、压力的制约, 在应用范围上受到一定的限制。在满足承压和变形设计要求的前提下, 金属隔离套应该尽可能薄。对于高压泵, 国外用的材

料多选用哈氏合金 C(Hastelloy C), 其电阻率为  $1.25\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。

### 2.2 气隙磁场分布

由于永磁磁极直接面向气隙, 具有较大的磁阻, 与气隙交界的磁极表面不再是等位面。文献 [2] 采用电磁场数值分析方法, 考虑磁路饱和、磁极结构和充磁方式的影响, 引入极弧系数的概念, 建立了永磁体等效求解模型, 给出了相应的变化曲线, 可在工程设计中应用。所谓的极弧系数定义为一个极距内气隙磁密平均值和气隙磁密最大值的比值。

然而采用等效磁路的分析方法存在一定的误差, 为保证计算准确快速, 目前在电机电磁路设计中, 已广泛应用 ANSYS 有限元分析软件, 对电磁场进行数值计算。ANSYS 能进行多耦合场计算, 并具有极为强大的前、后处理功能。只要模型建立得当, 处理后可以得到高精度的磁密分布、磁场强度分布、电磁力分布及转矩分布的彩色云图和单元列表。

### 2.3 电磁转矩和转矩特性曲线

类似于异步电动机的工作原理, 电磁转矩是依靠内转子绕组中的电流与外转子旋转磁场的相互作用产生的。由于转子导线不仅有电阻还有感抗, 因此当转子的某一导线被空气隙中最大磁感应强度切割时, 该导线中产生的感应电动势即为最大值, 但其中通过的电流并未达到最大值。因此, 永磁感应传动的电磁转矩不仅与旋转磁场、转子电流有关, 而且还与转子电路的功率因数有关。由功率因数的转差率的函数关系, 得到电磁转矩随转差率的曲线变化方程, 转矩特性曲线如图 3 所示。

$$M = f(s)$$

式中： $M$ ——电磁转矩；  
 $s$ ——转差率。

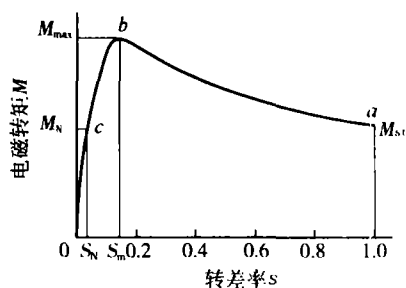


图 3 转矩特性曲线

从转矩特性曲线<sup>[3]</sup>可以看出,当转差率  $s$  等于临界转差率  $S_m$  时,异步永磁感应式传动器出现转矩最大值  $M_{max}$ 。与  $s$  等于 1.0 对应的电磁转矩称为启动转矩  $M_{st}$ ,只有启动转矩大于负载转矩  $M_L$  时,传动器才可以带动负载运转并加速至稳定工作状态。

### 2.4 异步永磁感应式传动器的机械特性

机械特性通常用电磁转矩  $M$  与转子工作转速  $n$  的关系曲线  $n = f(M)$  来表示。根据转差率定义  $s = (n_1 - n) / n_1$  可以从转矩特性曲线<sup>[3]</sup>  $M = f(s)$  找到  $s$  和  $n$  的对应关系,得到机械特性曲线  $n = f(M)$ ,如图 4 所示。

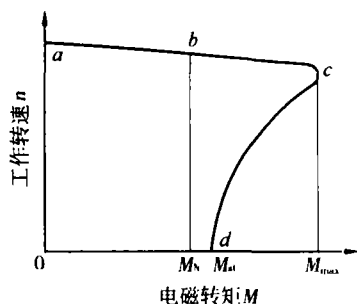


图 4 机械特性曲线

曲线上  $b$ 、 $c$ 、 $d$  三点对应传动器三个特定的电磁转矩,即额定转矩  $M_N$ 、最大转矩  $M_{max}$ 、启动

转矩  $M_{st}$ 。外转子启动后,若  $M_{st}$  大于  $M_L$ ,内转子的转速及转速沿  $n = f(M)$  曲线的  $d$  点开始上升,在曲线  $c-d$  段,随着转速升高,电磁转矩  $M$  也在增大,促使内转子转速  $n$  进一步提高。当工作点到达  $c$  点时,电磁转矩  $M = M_{max}$ ,此后转速再升高而电磁转矩  $M$  开始降低,但只要  $M$  仍然大于负载转矩  $M_L$ ,内转子转速  $n$  还会继续上升,直到电磁转矩  $M$  与负载转矩  $M_L$  平衡,内转子便稳定于该转速,此时传动器稳定运行在  $n = f(M)$  曲线  $a-b$  段的某一工作点上。由此可见内转子所产生的电磁转矩大小是根据负载的变动而自动调整的,所以永磁感应传动器具有能适应粘性液体所特有的软启动性能。

### 3 结束语

异步永磁感应传动技术在国外已经得到了很大的发展,英国 HMD 公司一种采用扭矩环技术的磁力泵,实际上就是应用异步永磁感应传动,能输送高达  $380 \sim 450^\circ\text{C}$  的高温液体。目前国内大、中型石化企业用于输送高温介质的磁力泵数以千计,国内的磁力泵产品由于技术等有关原因不能达到输送高温介质的要求,企业只能依赖国外进口产品。异步永磁感应传动器是永磁传动技术与电磁感应技术的结合,可以较好地解决高温流体的输送和搅拌难题,技术上是可行的,并且具有广阔的市场前景。

### 参考文献:

- 1 王凤翔. Halbach 阵列及其在永磁电机设计中的应用 [M]. 微特电机, 1999, (4)
- 2 赵振卫. 启磁直流电机计算极弧系数的确定 [M]. 山东工业大学学报, 2000, (6)
- 3 郑凤翼. 变压器电机及其应用 [M]. 人民邮电出版社, 1997

## · 技术信息 ·

### 催化油浆过滤芯清洗技术效果突出

长岭炼化公司设备研究所成功研究出一套重质油垢清洗技术(国家发明专利,专利号:88105662.6)。该技术以除油、转性和超声波清洗相结合的清洗除垢工艺,成功地解决了催化裂化装置油浆过滤器滤芯结垢、堵塞难题,

使其过滤管清洗后干净如新,水压试验达到设计指标,投入使用后其效果与新过滤器相近,大大降低了使用单位的生产成本,并可进行多次清洗使用。该技术已在长岭炼化、福建炼化、武汉石化等单位多次应用,受到好评。

(长岭炼化公司设备研究所 王海清供稿)

### PRISE AND ITS COUNTERMEASURE

*Xia Qiong. Changling refined and chemical company Xingchang group installation corrosion resistant engineering company, P. C 414012*

**Abstract** By means of analysis on the reason of various valves leakage in petrochemical enterprise, and the environmental and productive damages brought by the valves leakage, some countermeasures were given.

**Keywords** Valve, Leakage, Seal, Countermeasure

### RESEARCH ON ASYNCHRONOUS PERMANENT MAGNET INDUCTION TYPE TRANSMISSION TECHNOLOGY

*Wu Jianwu et al. Wenzhou city Industrial science research institute, P. C 325028*

**Abstract** The feature of asynchronous permanent magnet type transmission box was recommended. The main content of that transmission technology including structure design, electromagnetic torque calculation method and the mechanical feature of transmission box were researched and analyzed.

**Keywords** Permanent magnet induction transmission, Asynchronous transmission, Electromagnetic torque

### METHOD ON REDUCING THE OFF-STREAM RATIO OF HIGH PRESSURE HEATER FOR STEAM TURBINE GENERATOR SET

*Xu Hui. Shanghai petrochemical Co Ltd thermo-power complex, P. C 200540*

**Abstract** In accordance with the problem of high off-stream ratio for high pressure heater of 50 MV steam turbine set in Shanghai petrochemical steam power complex, the reason in it was analyzed. The measure adopted for repair operation was proposed. The economic benefit of electric power and management level of whole plant were raised.

**Keywords** High pressure heater, Off-stream ratio, Economic benefit, Management level

### THREE DIMENSION SIMULATION CALCULATION FOR THE INFLUENCE OF AIR EXCESS COEFFICIENCY ON THE GAS BURNER COMBUSTION AND THE NO<sub>x</sub> EXHAUST FEATURE

*Wu Defei et al. SINOPEC engineering incorporation, P. C 100101*

**Abstract** Taking one type of gas burner in a certain company as the geometry model, without simplified the complicated situation nearby the burner and the stable flame cone, taking actual gas as the fuel, by the use of standard k-

ε turbulence model, double δPDF gas phase combustion model and Montecarlo radiant heat transfer model, the full size numerical value simulation on burner flow and combustion property was carried out. The temperature distribution in burner, the flame length, and NO<sub>x</sub> concentration distribution were obtained. The calculation result denoted that: the influence of air excess coefficient on flame temperature, flame length and the amount of NO<sub>x</sub> resultant were very obvious. The amount of NO<sub>x</sub> resultant was mainly relevant to temperature distribution and oxygen concentration distribution.

**Keywords** Gas burner, Turbulence combustion, Air excess coefficient, Flame length, NO<sub>x</sub> exhaust, Numerical value simulation

### APPLICATION OF HIGH EFFICIENCY COMPRESSIVE AIR ATOMIZING OIL BURNER ON OIL-FIRED BOILER

*Ou Yangzijun. SINOPEC Jiujiang Branch Company, P. C 332004*

**Abstract** In accordance with the bad atomizing efficiency and easy coking of simple mechanical atomizing gun, and the situation of large flue gas humidity, low temperature dew point sulphuric acid corrosion existed in the heated area of tail part for steam atomizing oil burner, the mechanism and technical feature of high efficiency compressive air atomizing oil burner was mentioned. The advantage of that burner compared with steam burner was discussed emphatically. After using that burner, the boiler safety, economic and long period operation were secured further. Based on the actual operation situation, the disadvantage of that burner and the improvement suggestion were proposed.

**Keywords** Compressive air, Burner, Boiler, Dew point corrosion

### DAMAGE OF SOUR FUEL GAS ON FURNACE AND ITS REPAIR METHOD

*Huang Wenxia et al. Petroleum University, Shida science and technology group Shenhua teaching and studying experimental plant, P. C 257061*

**Abstract** The sour fuel gas-fired atmospheric and vacuum furnaces made both shell plate of two furnaces damage, lining fall away and the flue duct build ash. By means of analysis on reason, some measures were adopted. That were; anticorrosive paint was coated on the furnace shell; the insulation hanger was annealed treatment; the new type combined lining structure was adopted; the soot blower and air preheater were repaired. So that the normal productions of two furnaces were resumed.

**Keywords** Dew point corrosion, Lining