

文章编号:1007-6492(2001)03-0053-03

15千瓦圆筒形推拉式磁驱动器的优化设计

李廷占¹, 张明成², 王东升¹

(1. 郑州大学工程力学系, 河南 郑州 450002; 2. 郑州大学机械工程学院, 河南 郑州 450002)

摘 要: 磁驱动偶合器是一种非接触型动力传动装置, 在推导出磁驱动偶合器的磁力矩公式的基础上, 对磁偶合器的各主要部分进行各种因素分析比较, 提出优化设计思路, 解决了磁体长和气隙长之比问题、长径比问题、最大磁力矩和最短磁路问题、相对位移角和磁极张角的比率问题。

关键词: 磁驱动偶合器; 优化设计; 选择

中图分类号: O 482.52+3

文献标识码: A

0 引言

磁驱动器的设计思路是既要满足功率要求, 使机器能正常运转; 又要求造价低廉、使用方便、美观大方、轻巧灵便。我们已经设计出了圆筒形推拉式磁驱动器, 如图1所示。

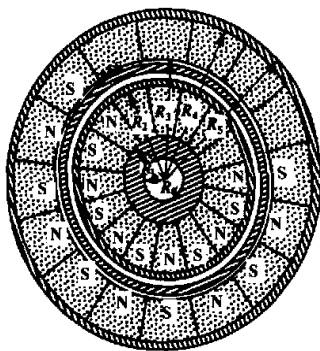


图1 磁驱动器磁路示意图

Fig.1 Magnetic coupling driver

并推导出磁力矩公式

$$T = \frac{1}{2} \cdot \frac{\alpha \pi z \left(\sum_{i=1}^4 R_i \right) B_r^2 R_3 \beta^2}{\mu_0} \cdot \frac{\sin \varphi \cos^2 \varphi}{(1 + \beta \cos \varphi)^2} \quad (1)$$

其中: $\beta = L_m / L_g$; z 为轴向长度; R_1, R_2, R_3, R_4 分别为内磁体内外半径及外磁体内外半径; B_r 为永磁材料的剩磁感应强度; φ 为内外磁极相对位移角度, 是产生磁力矩的必要条件; μ_0 为真空磁导

率; α 为永磁材料有效体积系数。

根据这些可以进行分析、优化设计, 找出优化设计思路。

1 磁材料的选择和磁驱动器磁路及尺寸的确定^[1,2]

1.1 磁材料的选择

选择大家公认的、目前世界上最优秀的永磁材料——钕铁硼, 可以使磁驱动器体积小、轻巧灵便。但是, 钕铁硼的造价比异性铁氧体永磁材料高得多。选择异性铁氧体永磁材料, 来源广泛, 造价低廉。然而, 磁材料用量提高, 体积增大, 显得笨重。经比较, 选择价格低廉的铁氧体(异性)永磁材料。

1.2 磁体尺寸的选择

磁体尺寸的设计是比较复杂的。在满足功率的条件下, 它还涉及到磁路设计、磁材料选择、气隙大小、磁极对数、同步性能好坏、磁材料失磁快慢、动态性能好坏等。

在传动力矩同样条件下, 若小磁体长度 L_m 与内外转子间气隙 L_g 比值较小, 即 L_m 较小时, 一方面使相对位移角 φ_m 减少, 使平滑角 θ_m 减少, 这样使偶合器的弹性减少, 刚度提高, 同步性能提高, 而且内外磁极极面积差距减少, 磁路变短, 这都是较有利的方面。其中, φ_m 和 θ_m 为磁力矩最大时的相对位移角和平滑角。但是, 另一方面, L_m 较小, 使退磁因子提高, 容易失磁, 而且这种非接触

收稿日期: 2001-01-01; 修订日期: 2001-02-27

基金项目: 河南省科技攻关项目(98460000)

作者简介: 李廷占(1944-), 男, 河南省新野县人, 郑州大学副教授, 主要从事磁学工程应用方面的研究。

型驱动器往往用在有毒、有害或珍贵流体的输送上,构成无泄露输送系统。 φ_m 过小时,磁力的切向力会减少,而且容易滑脱,因此,设计刚度不易过大。若选择 L_m 过长,可以使退磁因子降低,减少失磁速度,也可使 φ_m, θ_m 提高,但是 L_m 过大, φ_m 过大时,刚度降低同步性能降低,涡流损失提高,长径比降低,动态性能要求提高,内外磁极面积悬殊过大,磁路变长等,这是不利因素。我们要求同步性能适中,考虑选择 $\beta = \frac{L_m}{L_g} = 3.5, \varphi_m = 51.3^\circ, \theta_m = 6.3^\circ$ 。

1.3 长径比的选择

轴向长度 z 和外转子(主动磁体)的外直径之比,称为长径比。在给定传递力矩条件下,长径比增大时,可使磁路变短, L_m 减少,极面积差距降低,力学动态指标要求降低,这是有利一面。但是, L_m 减少,仍然具有1.1节中的有利和不利因素,而且长径比过大,外观细长且不美观。当长径比降低后, L_m 变大,极面积差别变大,磁路变长。这样,仍然出现1.1节中的有利和不利因素。同时,长径比变小后,显得粗大,这样除外观外,动态性能要求也要提高。最后,我们考虑同步性能和几何形状选择长径比为0.64。再考虑磁轭和端盖的尺寸,总长径比接近黄金分割为0.618。

2 磁极对数和磁极布置的确定

2.1 磁极对数的选择

在传递相同力矩的条件下,磁极对数过大,即磁极面积过小,虽然可以使磁路变短,退磁因子减少,但是相对位移角 φ_m 与磁极所张的圆心角的比率过大,边界效应提高,漏磁现象严重。而且设计刚度过大,容易滑脱。另外磁极对数过大,给加工制造安装也带来不便。当磁极对数降低时,即磁极面积增大,磁路变长,退磁因子增大,这是不利的。但是,也有有利的一面。相对位移角 φ_m 与极面张的圆心角的比率降低,边界效应降低,漏磁减少,而且设计刚度不致过大,不致于发生滑脱。经分析,选择16对即32块小磁体,内外各16块小磁体。

2.2 小磁体磁极的布置

对于磁体磁极的布置,应充分考虑磁路和同步性能,因此当内外转子磁体的16个磁极同向排列,即同性磁极都沿径向向里(或向外),内外转子磁极同性相对(或异性磁极相对),这可构成推式或拉式驱动。这样磁极配置是不好的。当外或内转

子磁体各磁极同性都向内和都向外时,这样极间互相排斥,容易失磁,实际上也是退磁因子提高了。若内外转子磁极是异性相对,构成拉式拖动被动磁体时,在拉的同时,有相对位移角 φ 存在,必然有一个使被动转子向相反方向转动的阻力矩存在,致使传动效率降低。同时,磁路结构也较长。当内外转子磁体的磁极是同性相对应时,这时构成推式驱动。这种驱动方法和拉式驱动相仿,但是比拉式更差,因为这种形式不仅使磁体永远处于排斥状态,容易失磁,而且,磁路也是最差的,磁阻大,漏磁多。两种情况下选择磁轭截面积也必然大,并且这两种情况下,各小磁体间必然留有相当大的间隙,这样又使驱动器的体积增大。经过磁路分析,设计为内外转子各小磁体的磁极交替排列,而且用粘合剂粘结而成,这样上述所有不利因素都可以解决。但是,也有不利因素,即内或者外转子各小磁体间,尤其是相邻小磁体间易发生磁短路现象,致使有效磁通减少,降低有效拖动。经过比较,选择内外磁体的磁极交错排列,形成推拉式磁力矩传递系统——磁驱动器。

3 隔离罩及内外转子间间隙的设计

3.1 隔离罩的设计

非接触型驱动装置主要是用在输送有毒有害珍贵流体的设备上,例如泵等。这样,必须将内外磁体进行隔离,用来隔离的部分称为隔离罩。内转子在隔离罩内部转动。由于隔离罩不动,内外转子磁体都转动。这样以来,转动间隙问题,隔离罩的涡流损失问题等等都是设计时必须考虑的问题。根据设计流体的压力,隔离罩还应满足强度和刚度的需要,又不能太厚,而且经得住一定的腐蚀,还不能使磁力线发生短路。因此,选择非导磁性奥氏不锈钢作为制造隔离罩的材料。

3.2 转动间隙的设计

当隔离罩厚度确定后,内外两磁体间的间隙还包括罩内外的间隙和内磁体外保护罩的厚度。内磁体外保护罩必须选择非导磁耐腐材料,以起到转动时保护内磁体的作用。可以由动力学方法确定其选择的厚度。罩内外间隙可根据设计精度要求来确定。内外转子磁体间总间隙 L_g 偏大时,磁路变长,磁阻变大,漏磁严重,磁力矩传递效果变差,但是制造方便。最后选择 $L_g = 6 \text{ mm}$ 。

4 内外轭铁及端盖的设计

4.1 轭铁的选择

内外轭铁是构成磁路的必不可少的部分,外轭铁不仅要求它构成磁路、磁密不能饱和或接近饱和,而且还要求它满足一定的强度和刚度,起到保护转子的作用.过大过厚太笨重,太小又不能满足要求.内轭铁也是主要满足上述两个方面的要求.因此根据设计计算,最后选择低碳钢为内外磁轭的轭铁,厚度分别为5.5 mm和6 mm.

4.2 端盖的设计

内外磁转子的两端盖的作用有两个,第一是机械保护作用,第二是电磁保护作用.对于电磁保

护作用,既不能发生磁短路,又不能使驱动器的磁场对外界其它设备产生影响,因此我们采取端盖分两层排列,靠里边用非导磁材料垫起来,使之不发生磁短路,外层用低碳钢导磁材料使微弱的边界磁力线发生短路,不致于外泄,从而屏蔽掉驱动器磁场对外部的影响.

参考文献:

- [1] 宛德福,马兴隆.磁性物理学[M].北京:电子工业出版社,1999.
- [2] 戴道生,钟文定,廖绍彬.铁磁学[M].北京:科学出版社,1998.

Optimization Design of 15 Kilowatt Columnar Push - pull Magnetic Driver

LI Ting - zhan¹, ZHANG Ming - cheng², WANG Dong - sheng¹

(1. Department of Engineering Mathematics, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China; 2. College of Mechanical Engineering, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Magnetic coupling driver is a kind of non - contact dynamical transmitting device, as an application of permanent - magnet material in engineering and technology. This paper gives the formula of moment of magnetic force and makes the optimization - design analysis of columnar push - pull magnetic driver. The problems under discussion include the length ratio of magnetic body and air aperture, the length ratio of axis length and diameter of magnetic body, the relation of maximal moment of magnetic force and magnetic circuit shortcut, the ratio of relative displacement angle and magnetic pole angular breadth. Moreover, the advantages and disadvantages are discussed.

Key words: magnetic coupling driver; optimization design; select