

商标纸门磁力联轴器的设计

段文龙, 蒋红涛, 张 熠

红塔集团玉溪卷烟厂, 云南 玉溪

收稿日期: 2022年2月15日; 录用日期: 2022年3月18日; 发布日期: 2022年3月25日

摘 要

针对商标纸门传动联轴器机械磨损展开研究, 采用磁性联轴器替换机械联轴器, 利用的是磁性物质同性相斥、异性相吸的原理, 通过磁耦合构成一个非接触、无摩擦的传递扭矩机构, 有效地解决了由于机械联轴器的磨损导致传动不稳定, 出现商标阻塞的问题。本研究主要确定替换商标纸门处的机械式联轴器的磁力联轴器的耦合类型, 并通过运用Ansoft工程电磁场有限元分析软件确定了磁力联轴器的磁极对数, 输出了端面耦合式磁力联轴器的转矩特性曲线。

关键词

磁性联轴器, Ansoft, 仿真分析, 过载保护

Design of Trademark Paper Door Magnetic Coupling

Wenlong Duan, Hongtao Jiang, Yi Zhang

Hongta Group Yuxi Cigarette Factory, Yuxi Yunnan

Received: Feb. 15th, 2022; accepted: Mar. 18th, 2022; published: Mar. 25th, 2022

Abstract

The mechanical wear of paper door coupling was studied, using Magnetic coupling to replace the mechanical coupling. Based on the principle that magnetic substances repel each other and attract each other, a non-contact and frictionless torque transmission mechanism is formed through magnetic coupling, which effectively solves the problem of transmission instability and trademark blockage caused by the wear of mechanical coupling. This study mainly determines the coupling type of magnetic coupling to replace the mechanical coupling at the trademark paper door, and determines the magnetic pole logarithm of the magnetic coupling by using Ansoft engineering electromagnetic finite element analysis software, and outputs the torque characteristic curve of the end face coupling magnetic coupling.

Keywords

Magnetic Coupling, Ansoft, Simulation Analysis, Overload Protection

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

GDX500 包装机稳定运行速度达到 500 包每分钟, 其中商标纸的输送、折叠成型等工艺是烟包小包成型的一个必不可少的环节。商标纸在输送过程中需要经过上胶系统, 携带胶点经过商标纸门。在商标纸门的传送环节, 纸门经过的商标纸会有少许的胶水残留在商标纸门中, 设备长期运行后胶水积累到一定程度会造成商标纸阻塞。在商标纸门中的动力传递是由一组联轴器连接传递进来的, 联轴器的选择对于设备的稳定运行十分重要, 采用传统的机械联轴器会在商标纸门发生阻塞是由于阻力过大导致联轴器损坏。采用具有过载保护的磁力联轴器比较适合, 因此设计了一种较为实用的磁力联轴器。

2. 确定磁力联轴器的耦合类型

磁力耦合器发展至今, 具有不同的分类形式, 包括耦合方式、运动形式、布局方式等。但是从结构角度来看, 永磁磁力耦合器主要可以分成三类: 同心轴式、平行轴式以及端面式[1], 如表 1 所示。

Table 1. Static and dynamic schematic diagrams of three kinds of permanent magnet coupling

表 1. 三种永磁磁力联轴器的静、动态示意图

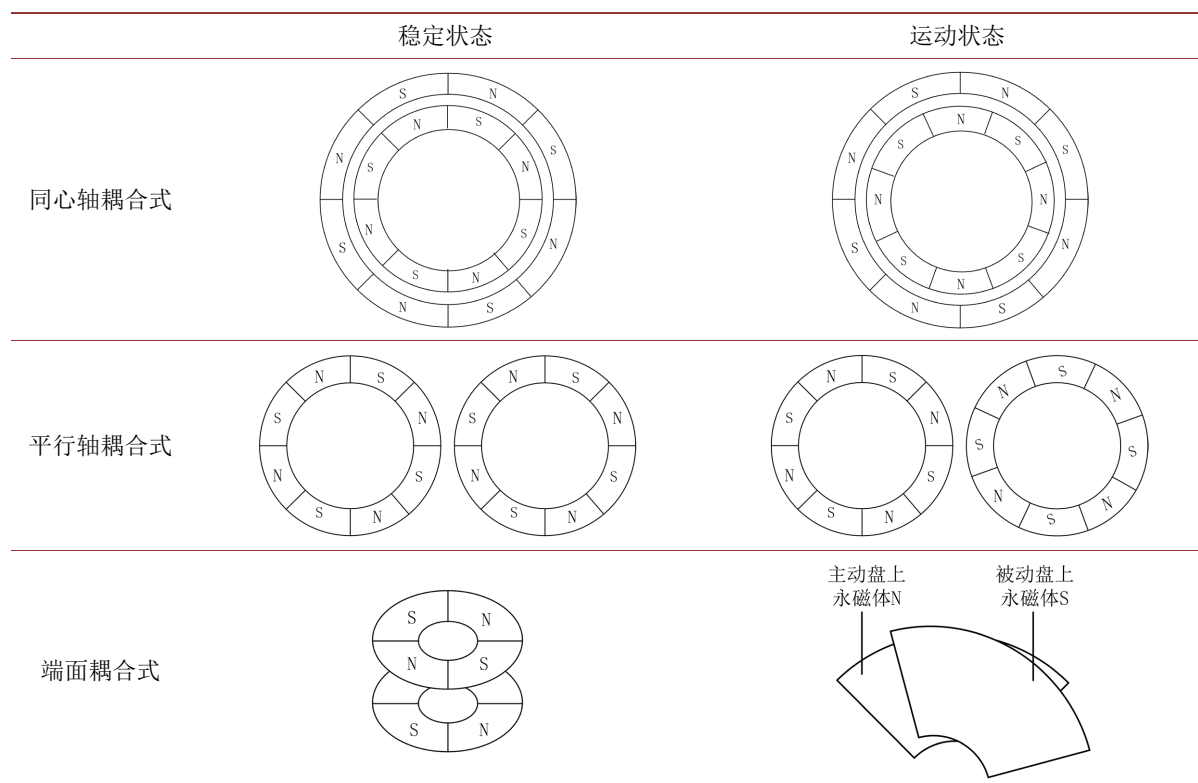


表 2 给出了三种耦合形式的磁力联轴器的优缺点的比较, 根据上面对比分析结果, 通过对三种耦合形式的磁力联轴器的结构及工作特征的比较, 在商标纸门处选用端面耦合式永磁磁力联轴器。

Table 2. Comparison of three types of magnetic couplers

表 2. 三种形式的磁力耦合器比较

结构类型	同心轴式	平行轴式	端面式
大转矩	最大	较小	较大
传动比	固定	可变	固定
结构特点	对称结构无磁拉力	有径向单向磁拉力	有轴向单向磁拉力
适用环境	隔离要求不高场合	一端密闭、真空等环境	

3. 端面式磁力耦合器结构及其工作原理

盘式磁力耦合器中, 把与电机相连的盘称为主动盘, 与负载相连的盘称为被动盘。永磁 - 永磁式磁力联轴器的工作原理如图 1 所示。主动盘与被动盘皆为永磁盘。此类耦合器利用的是磁性物质同性相斥, 异性相吸的原理, 通过磁耦合把磁能转变为机械能[2]。

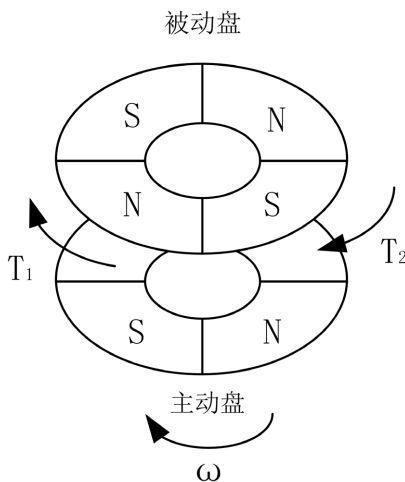


Figure 1. Principle of permanent magnet transmission in rotating motion

图 1. 旋转运动中永磁体传动基本原理

4. 端面耦合式永磁磁力联轴器极对数的确定

对于选用的端面耦合式永磁磁力联轴器具有两种结构形式, 即永磁 - 永磁式磁力联轴器和永磁 - 铜盘式磁力联轴器。

对磁力联轴器传递扭矩的仿真, 采用 Ansoft 工程电磁场有限元分析软件分别建立永磁体横截面为圆形, 磁极对数为 2、4、6、8 四种情况下的三维瞬态磁场的有限元模型, 模拟实际运行情况, 分别对四种磁极对数的磁力联轴器模型进行仿真分析。

4.1. 模型的建立及网格划分

在 SolidWorks 中对四种磁极对数的磁力联轴器进行建模，分别为磁力联轴器的不同部件设置不同的内部最大单元边长，为了保证计算结果的精确性，对磁极设置较精细的网格剖分，如图 2 所示。磁极及永磁盘结构参数如表 3 所示。

Table 3. Magnetic pole and permanent magnet disk structure parameters

表 3. 磁极及永磁盘结构参数

外径(mm)	内径(mm)	磁极直径(mm)	磁对数	磁钢厚度
31	5	10	4	5

将模型输出为.stp 文件，导入到 Ansoft 软件中。导入模型如图 2 所示。

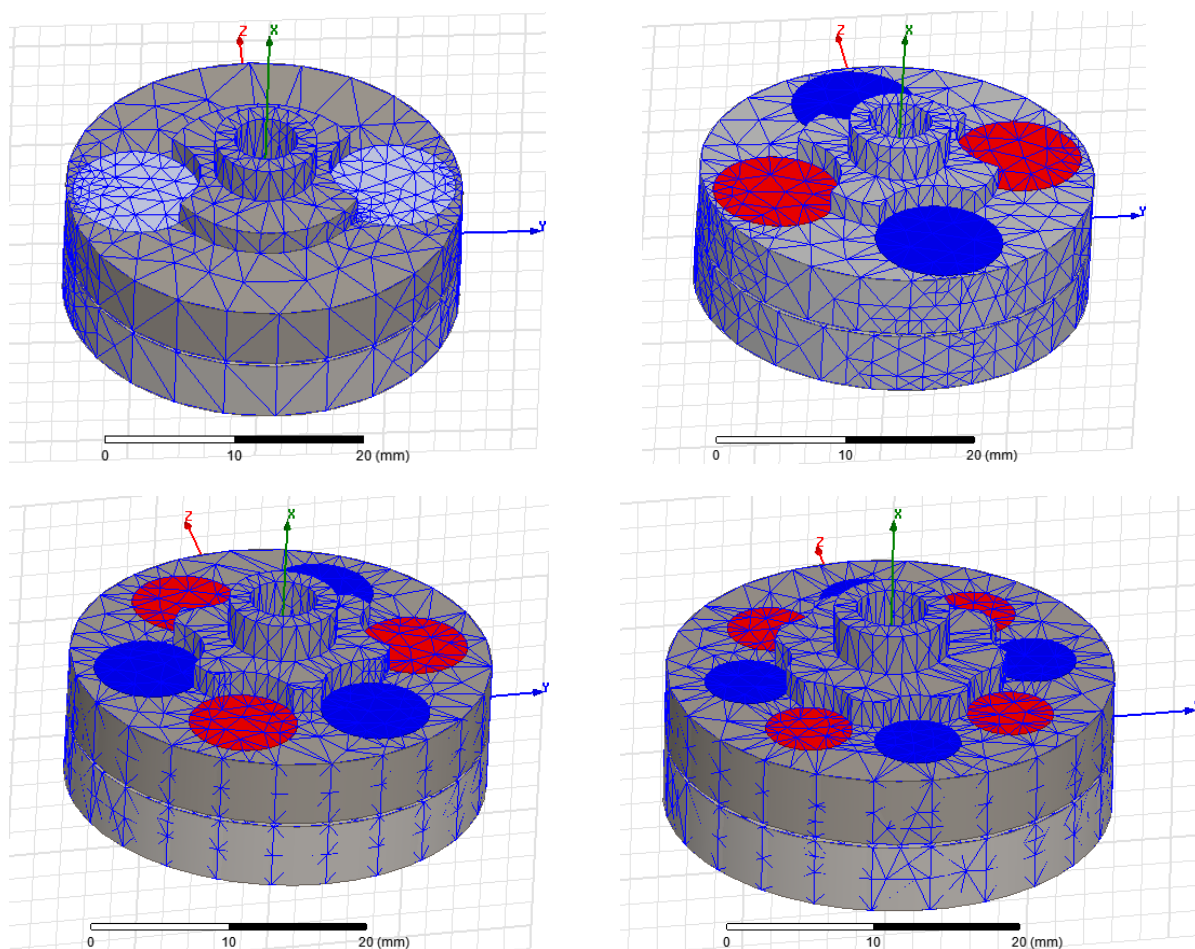


Figure 2. Models and meshing of magnetic couplings with different pole pairs

图 2. 不同极对数磁性联轴器模型及网格划分

4.2. 材料选择和激励给定

根据前文对磁力联轴器磁极材料的比较选择磁力材料为钕铁硼(NdFeB)，连接盘的材料为 40Cr，两零件的材料属性见表 4、表 5。40Cr 的 B-H 曲线如图 3 所示。

Table 4. Material properties of Ferro-boron (NdFeB)

表 4. 钕铁硼(NdFeB)材料属性

材料	剩磁 Br (G)	矫顽力 Hc (Oe)
钕铁硼(NdFeB)	11,500	-10,000

Table 5. B-H values of 40Cr

表 5. 40Cr 的 B-H 数值表

H (A/m)	B (T)
0	0
238.7	0.2003
318.3	0.3204
358.1	0.40045
437.7	0.50055
477.5	0.5606
636.6	0.7908
795.8	0.931
1114.1	1.1014

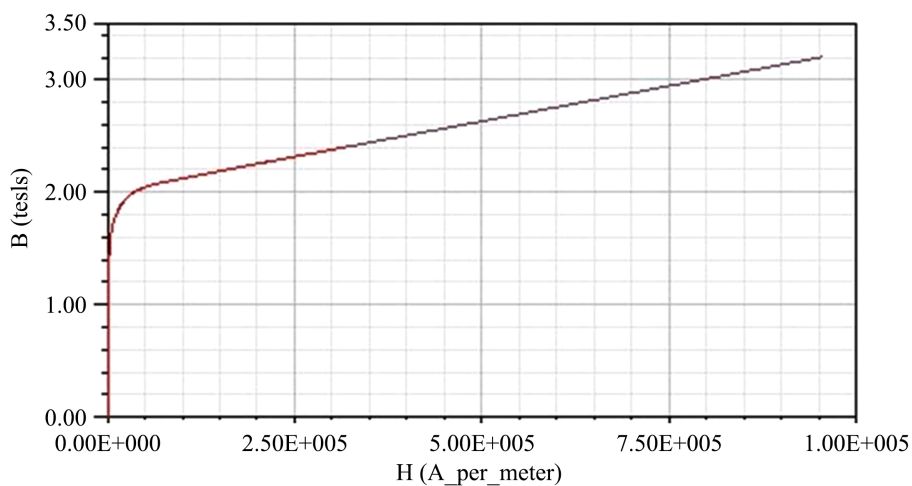


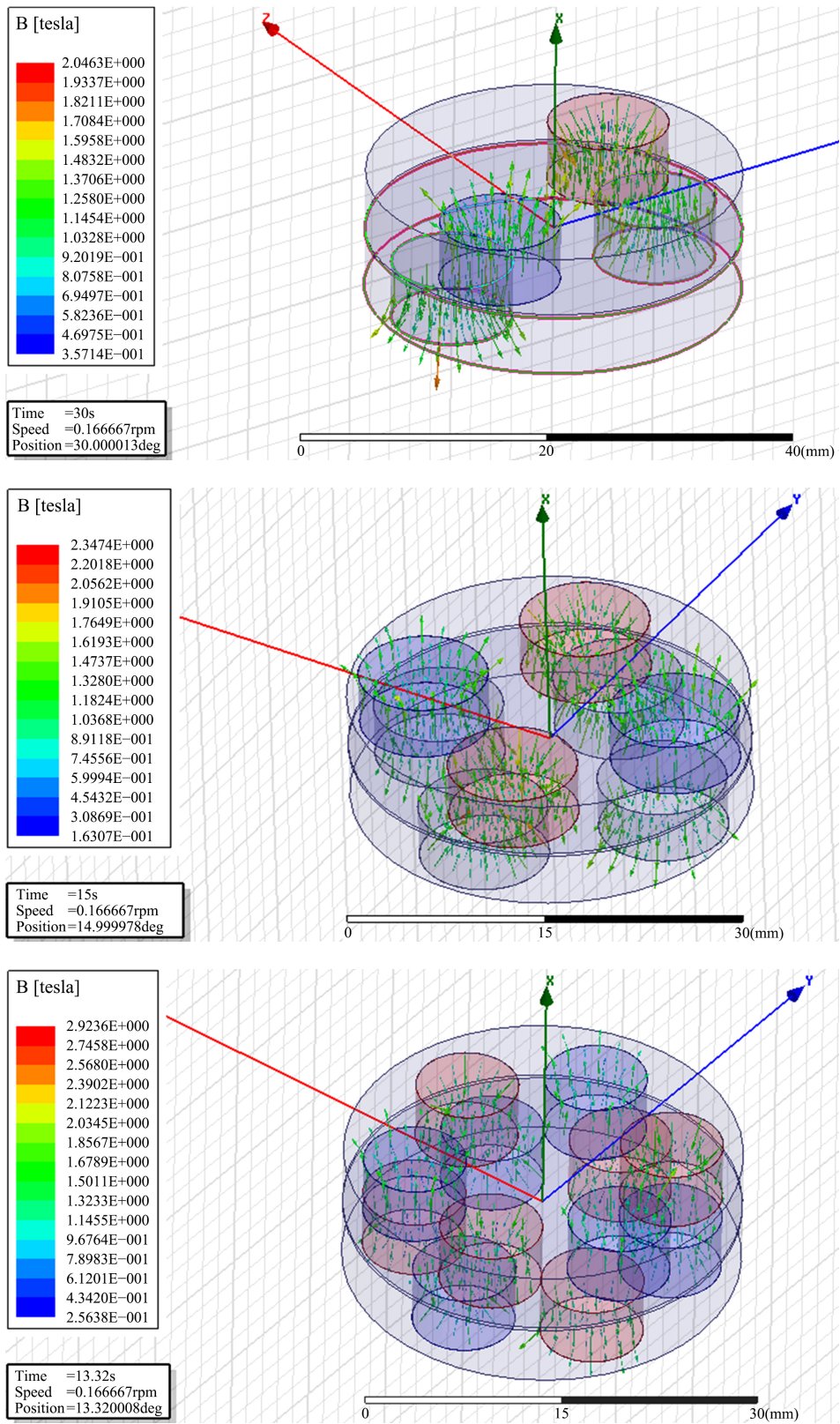
Figure 3. B-H curve of 40Cr

图 3. 40Cr 的 B-H 曲线

4.3. 求解及结果后处理

在对不同角度的转矩进行求解时，设置转速为 1 度/秒，然后设定时间求解不同转差角的转矩[3]。为了简化计算将不影响计算结果的模型特征压缩，求解后分别得到四种磁极对数的磁场分布及转矩特性曲线[4]。

1) 四种磁极对数的磁性联轴器的磁场分布(图 4)



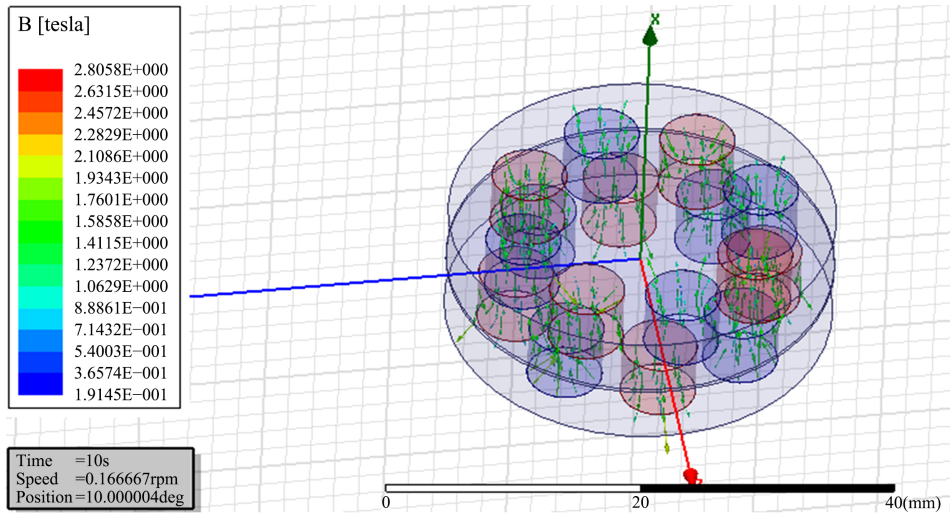


Figure 4. Magnetic field distribution of magnetic coupling with different polar logarithms
图 4. 不同极对数磁性联轴器磁场分布

2) 四种磁极对数的磁性联轴器的扭矩特性曲线(图 5~8)

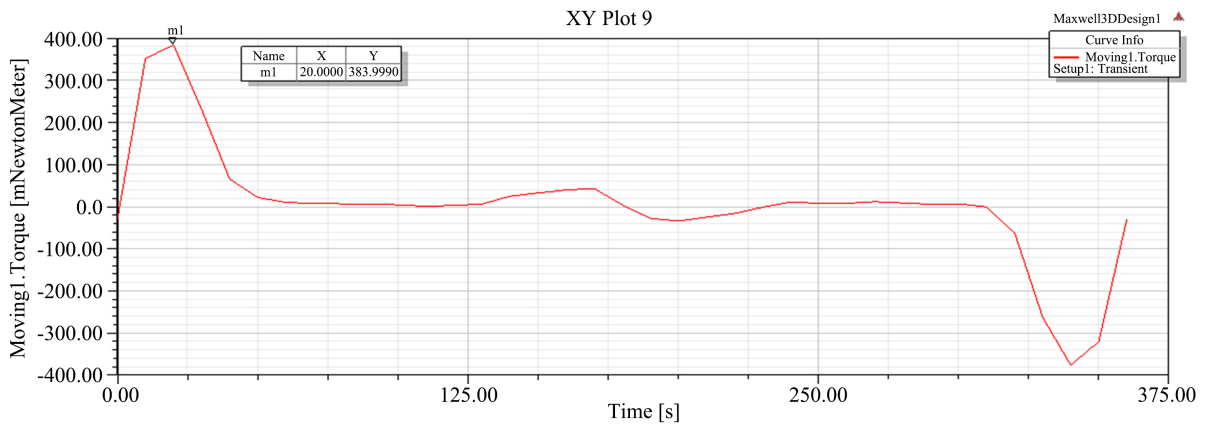


Figure 5. Torque characteristic curve of magnetic coupling (polar logarithm: 2)
图 5. 磁性联轴器扭矩特性曲线(极对数: 2)

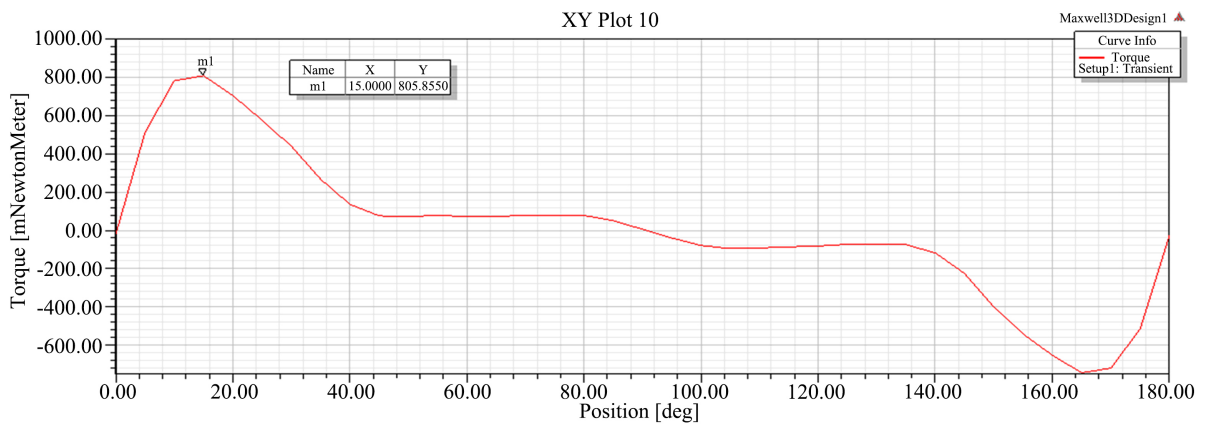


Figure 6. Torque characteristic curve of magnetic coupling (polar logarithm: 4)
图 6. 磁性联轴器扭矩特性曲线(极对数: 4)

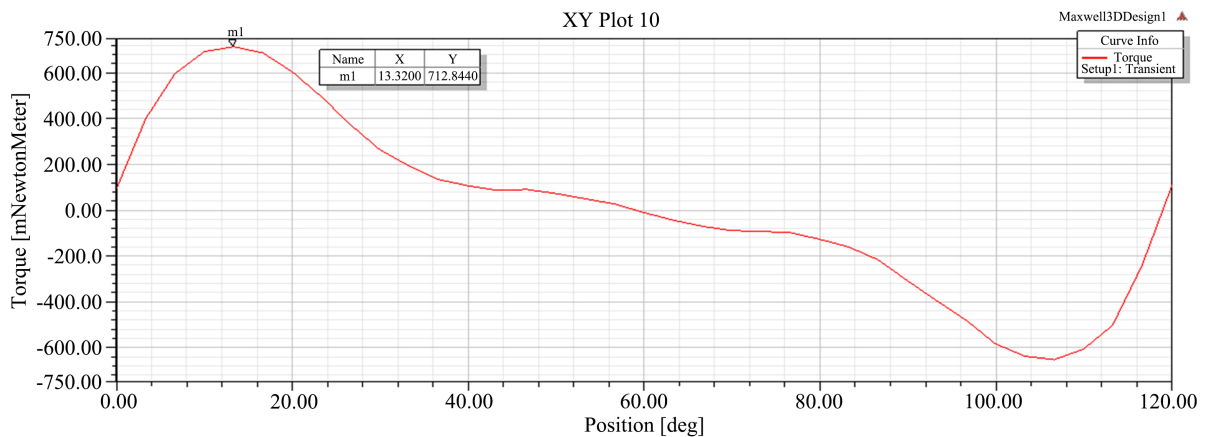


Figure 7. Torque characteristic curve of magnetic coupling (polar logarithm: 6)

图 7. 磁性联轴器扭矩特性曲线(极对数: 6)

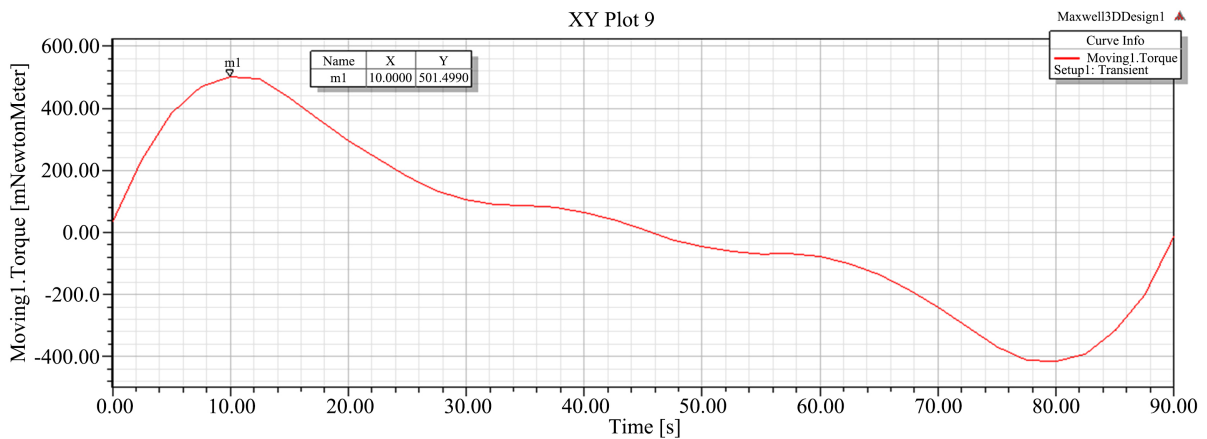


Figure 8. Torque characteristic curve of magnetic coupling (polar logarithm: 8)

图 8. 磁性联轴器扭矩特性曲线(极对数: 8)

如表 6, 通过对不同磁极对数的端面耦合磁性联轴器传递转矩的仿真确定磁极对数 $N = 4$ 为最佳方案, 此时磁性联轴器能传递的最大转矩为 $0.805 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。

Table 6. Maximum output torque of the end-face coupling magnetic coupling with different magnetic pole pairs

表 6. 不同磁极对数的端面耦合磁性联轴器最大输出转矩

极对数	2	4	6	8
最大转矩 NM	0.384	0.805	0.713	0.501

通过使用扭矩扳手, 测得送纸辊能正常输送商标纸的力矩为 $0.20 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。当商标纸阻塞, 机械式联轴器脱开时的扭矩为 $0.85 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。故磁力联轴器能传递范围 T 是: $0.20 \text{ N}\cdot\text{m} < T < 0.85 \text{ N}\cdot\text{m}$, 而且为了保证联轴器不发生频繁的脱离, 以靠近 $0.85 \text{ N}\cdot\text{m}$ 为宜。

因此最终确定的磁力联轴器的扭矩输出特性与商标纸门处联轴器传递扭矩的范围 $0.20 \text{ N}\cdot\text{m} < T_{\max} < 0.85 \text{ N}\cdot\text{m}$ 相符, 满足使用要求。

根据上面的分析, 最终选择磁极截面形状为圆形, 极对数 $N = 4$, 端面耦合磁性联轴器, 如图 9 所示。

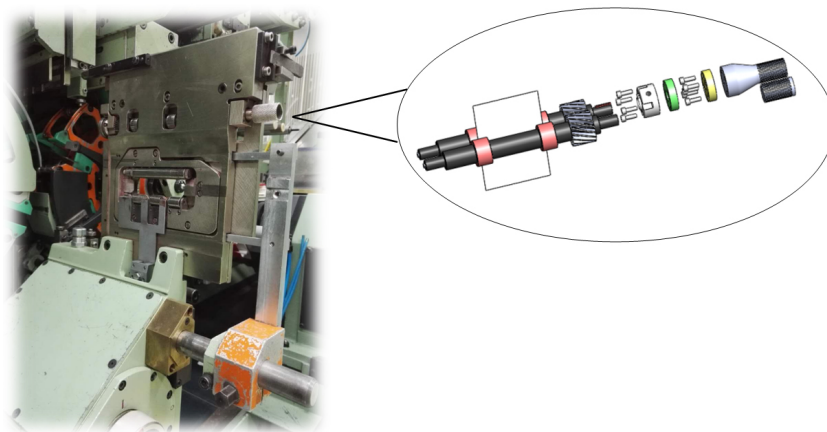


Figure 9. Installation diagram of improved trademark paper door
图 9. 改进后商标纸门安装示意图

5. 结论

完成磁力联轴器的安装后，通过扭力扳手测量磁力联轴器能够传递的最大扭矩，扭力扳手使得磁力联轴器推开时的扭矩为 $0.812 \text{ N}\cdot\text{m}$ ，与设计时的仿真结果相近，安装完成后的磁力联轴器传递的扭矩满足商标纸门正常工作时所需要扭矩大小的要求，能正常平稳输送商标纸。同时在纸门处一旦有商标纸阻塞，磁力联轴器能迅速脱开，实现过载保护的功能。

参考文献

- [1] 郑富磊, 靳峰雷, 杨孔雳. 磁性联轴器试验设计与验证[J]. 机械研究与应用, 2021, 34(2): 43-45.
- [2] 乌韦·沃尔默. 用于传递扭矩的磁性端面旋转联轴器[P]. 中国专利, ZL201980047424.4, 2021-03-26.
- [3] 曹善勇. Ansoft HFSS 磁场分析与应用实例[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010: 103-106.
- [4] 陈文波, 文思润, 唐定兵. 基于 Maxwell 的盘式永磁联轴器的数值模拟分析[J]. 磁性材料及器件, 2021, 52(3): 57-60.