

新型摩擦式无级变速器的开发及其 应力应变的改善性分析*

曾盛琦, 余劲松

(安徽工业职业技术学院 机械工程系, 安徽 铜陵 244000)

摘要: 为了解决目前实际生产中常用的单滚轮平盘摩擦式无级变速器(CVT)中出现的一些重要部件关键部位的受力不均匀问题,在单滚轮平盘摩擦式无级变速器结构的基础上,利用两个平盘和二次摩擦传动,开发了一种新型多滚轮摩擦式无级变速器。首先,叙述了该无级变速器的传动原理;然后,给出了4种无级变速器可以采用的具体传动结构形式;最后,利用有限元分析软件ANSYS计算出了在某一例数据下两种变速器相应的关键部位的应力和应变云图,并以其数据为依据进行了对比分析。研究表明,采用该新型变速器其相应部位的应力及应变情况都有了较大的改善,同时显示了该新型变速器在受力方面的优势。

关键词: 无级变速器; 有限元分析; ANSYS; 传动计算; 应力及应变分析

中图分类号: TH132.46 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2012)12-1386-05

Development of new friction CVT and analysis of its improvement with stress and strain

ZENG Sheng-qi, YU Jin-song

(Department of Mechanical Engineering, Anhui Industry Polytechnic, Tongling 244000, China)

Abstract: In order to solve the problems of uneven stress at key points on some important parts of the single-roller friction continuously variable transmission(CVT) now commonly used in practice, it was developed that a new type of multi-roller friction CVT inspired by the structure of single-roller friction type CVT and using motion transmission by friction two times. Firstly, its transmission principle was introduced, and then four kinds of concrete possible structure was given out. At last, it was calculated and compared that the data of the stress and strain, and their cloud pictures in these key points with the finite element analysis software ANSYS used as an example. After analyzing the dates, the results indicate that their stress and strain conditions have been improved and the results show its advantages of the new type of CVT than the old one.

Key words: continuously variable transmission (CVT); finite element analysis (FEA); ANSYS; transmission calculation; stress and strain analysis

0 引 言

摩擦式无级变速器是机械无级传动系统中的常用部件之一。它依靠摩擦力传递转矩和运动,所以它基本上由传递运动和动力的摩擦变速传动机构、保证产生摩擦力所需的加压装置和实现变速的调速机构3部分组成。根据摩擦变速机构中的不同结构类型又

可以将其分为3种类型:主、从动摩擦元件直接接触传动的直接传动式,主、从动元件通过中间元件进行传动的中间元件式,以及中间元件作行星运动的行星传动式。调速结构则分为一元件相对于另一元件沿接触面移动和转动(或偏转)两种形式。因此,合理地设计传动机构的结构和形式是提高传动构件受力的均匀性和传动平稳性及效率的关键。

收稿日期: 2012-07-03

基金项目: 2011年度安徽高校省级自然科学基金(一般项目第74号)

作者简介: 曾盛琦(1967-),男,安徽铜陵人,高级工程师,讲师,主要从事智能机械及新能源技术方面的研究. E-mail: zsq2621085@163.com

本研究从直接传动式中的滚轮平盘式摩擦式无极变速器的结构出发,利用二次摩擦传动开发出一种新型的中间元件式的多滚轮摩擦式无极变速器,以克服单滚轮平盘式摩擦式无极变速器结构上的缺陷。

1 设计内容

1.1 单滚轮平盘式摩擦无极变速器存在的缺陷

目前常用的单滚轮平盘式摩擦无极传动机构^[1-4]是多种摩擦式无极变速器中的一种,它结构简单,使用方便,但是仍然存在着以下几个无法克服的较大的缺点:

(1) 平盘受力不均。因为一只调速滚轮只在平盘面的某一侧,与平盘只有一个接触的切点传递运动和动力,切点处的压力对平盘中心的力矩造成平盘自身变形较大且与其后面的轴的联结处受力不均,从而导致该变速器不能传递较大的转矩和转速。

(2) 由于只有一个切点,所有的摩擦力都集中于这一个切点,故传动时滑动率提高,可靠性不是很好。

(3) 只能进行空间两垂直轴之间的传动。单滚轮平盘式摩擦无极变速器如图1所示。

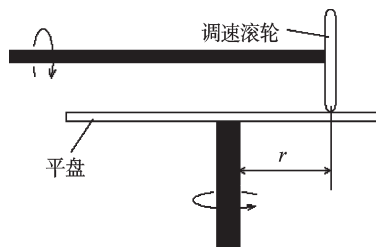


图1 单滚轮平盘式摩擦无极变速器

针对上述单滚轮平盘式摩擦无极传动机构的缺陷,本研究开发了均布多滚轮平盘式摩擦传动机构。

1.2 新设计的方案、组成、结构及安装

新设计所采用的技术方案是:提供一种多滚轮平盘式摩擦传动机构,该传动机构与图1的变速器相比,其输入平盘、输出平盘的盘面受力均匀,输入平盘、输出平盘与其轴的联结处不受偏心力,同时盘面受到的应力和应变也均匀,使整个传动机构的工作更加稳定,能够传递更大的功率。这种多滚轮平盘式摩擦传动机构包括输入平盘、输出平盘,输入平盘和输出平盘之间设有可在两平盘的盘面上滚动的调速滚轮3;调速滚轮3与其固连转轴4和其上的半光圈半齿轮环齿轮毂5组成一个调速滚轮单元,调速滚轮3的转轴4两端松配合插入安装在齿轮毂5的内壁孔内。整个变速器的调速滚轮单元为两个以上,且各单元均匀地分布在两平盘间的盘面上,它们中间设有使它们转向联动的调速齿轮12,分解结构示意图如图2所示。

上述方案中(如图2所示),还包括与调速滚轮单

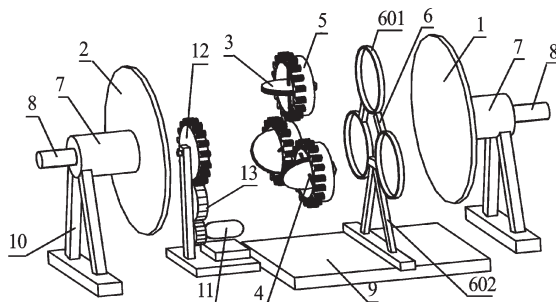


图2 分解结构示意图

1—输入平盘;2—输出平盘;3—滚轮;4—转轴;5—齿轮毂;6—支架;601—圆环;7—轴承座;8—与各自平盘固连的轴;9—底板;10—托架;11—电机;12—调速齿轮;13—过渡齿轮

元数量相同的圆环601,这几个圆环601固连在一个支架6;每个调速滚轮单元的齿轮毂5的光圈的部分松配合插入各自圆环601中,调速齿轮12插入3个齿轮毂5中,且与3个齿轮毂的齿轮部分啮合带动各齿轮毂同时转动形成联动机构,再把两个平盘紧贴3个滚轮3完成原理模型机构的安装,装配结构示意图如图3所示。

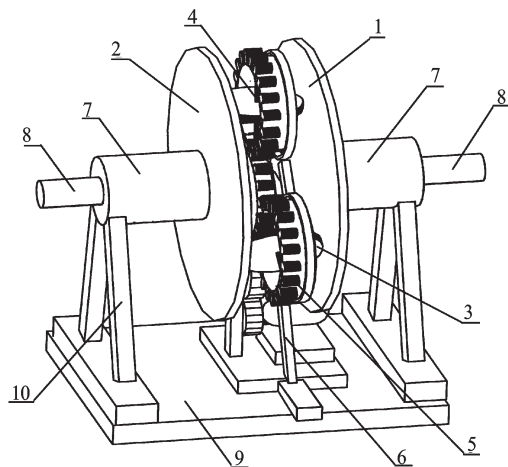


图3 装配结构示意图

1—输入平盘;2—输出平盘;3—滚轮;4—转轴;5—齿轮毂;6—支架;7—轴承座;8—与各自平盘固连的轴;9—底板;10—托架

图2和图3中的1、2为可以任选的输入平盘和输出平盘,它们的转轴中心线在一条平行于底板9的一条直线上,故可以实现直线轴传动,轴8为与平盘牢固连接的转轴,轴承座7和托架10是固连接的托架,7内有一孔和轴承使轴8穿过其中,11为步进电机,它上面安装了一个启动齿轮,与启动齿轮啮合的是过渡齿轮13。为了使计算和控制方便,选择中心齿轮12与齿5齿数相同。

图3的传动原理图如图4所示,为两个外齿轮带动中心齿轮12进行调节。

该变速器的转向联动机构还可以有其他几种形式,另外3种转向联动机构方案的结构原理图如图5~7所示。用同步带或者链条带动的转向联动机构如图

5所示;中心齿轮12演化为大内齿轮的联动机构如图6所示;去除齿轮12后用同步带或者链条带动3个齿轮5的联动机构如图7所示。图中的数字含义同前所述。

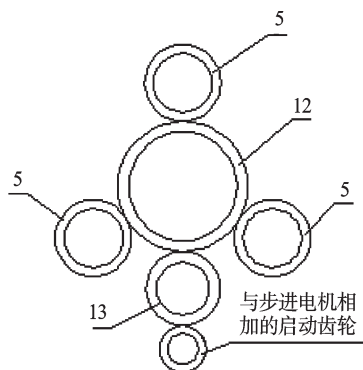


图4 齿轮传动原理图

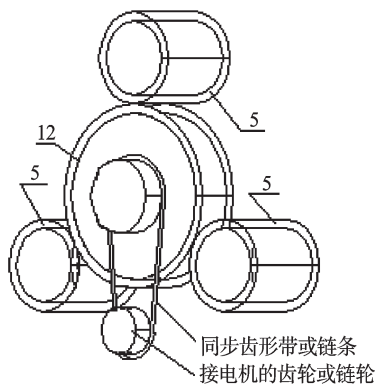


图5 同步带或链条传动原理图

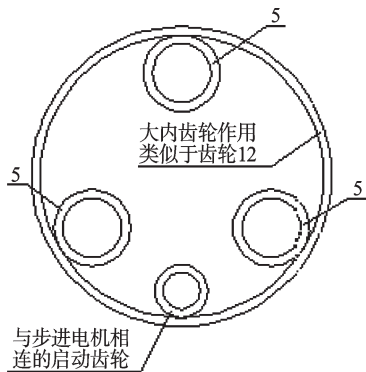


图6 大内齿轮传动原理图

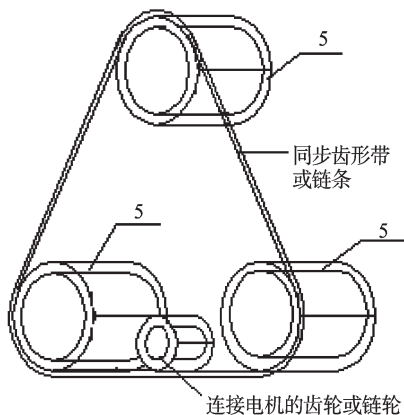


图7 同步带或链条传动原理图

该设计实例的结构原理图如图8所示,图8中数字含义同前所述。

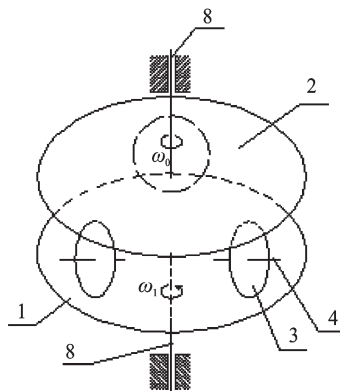


图8 传动结构原理图

2 新设计变速器的传动计算

本研究根据如图8所示的结构原理图可以得到该变速器的两次传动的运动关系,分别为输入平盘1(假设设定)与滚轮3之间的运动传递关系以及滚轮3与输出平盘2之间的运动传递关系,如图9~10所示。

根据图9、图10所示,该设计实例的输入平盘1和输出平盘2的转动中心线是同一直线,3个调速滚轮3对于输入平盘1和输出平盘2的转动中心线也是呈均匀分布,且都与输入平盘1和输出平盘2形成相同压力滚动接触。在平盘之间的滚动摩擦作用下,输入平盘1的转速 ω_1 通过调速滚轮3传递给输出平盘2,使输出平盘2以 ω_2 转动。此时,输出平盘2与输入平盘1之间的传动比关系取决于调速滚轮3相对于输入平盘1和输出平盘2的位形(即图中所示的角位移 θ)。由于齿轮5是一个外齿轮,它们同时与齿轮12构成外啮合传动、联动关系。新装配好时 $\theta=0$,当步进电机11带动两个传动齿轮使齿轮12转动一个角位移 θ 时,就可调整3个齿轮5同时转动,从而使调速滚轮3

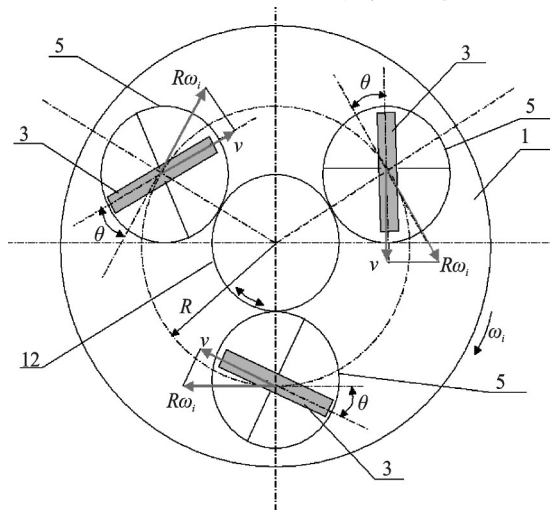


图9 输入平盘1与滚轮3之间的运动传递关系

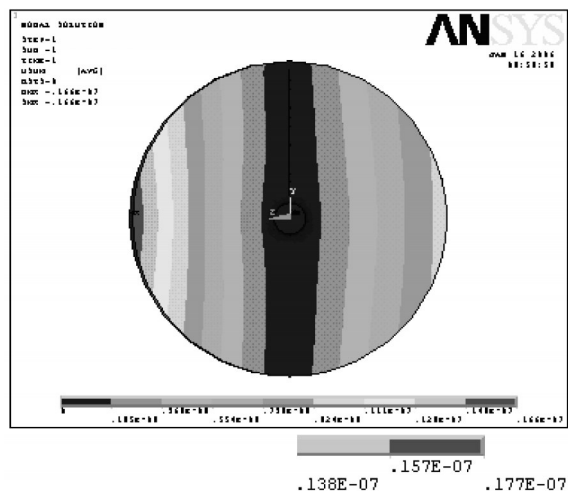


图13 单滚轮传动时的平盘盘面应变图

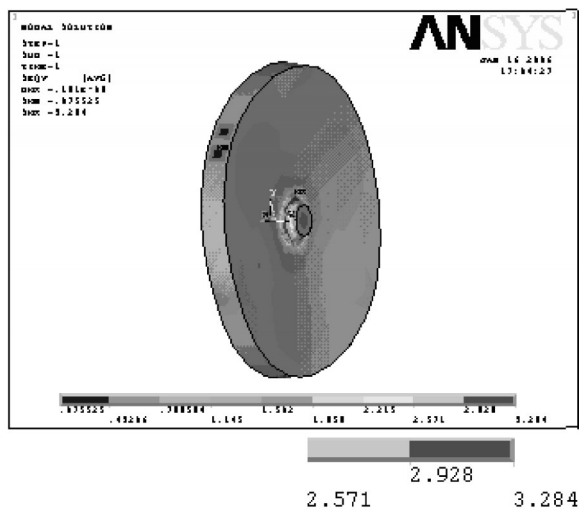


图14 三滚轮时平盘轴处的应力

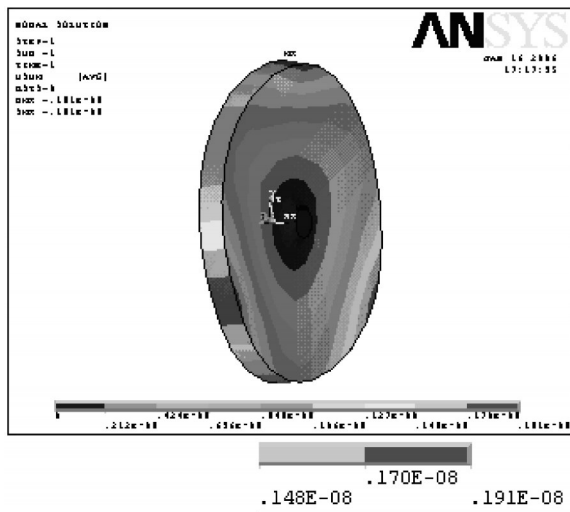


图15 三滚轮时平盘盘面的应变图

变速器最大应力值的相差16倍多(图12~15中,图下面的数字是图右下角图例数字的放大);从图13、图15两个应变图下方的数字看,两种情况下传动盘面的变形也相差约10倍,而且图12、图13是单侧受力和发生应变;由此可以看出这种设计在受力方面的优势所在。

4 结束语

本研究开发了一种新型的中间元件式多滚轮摩擦式无级变速器,并进行了应力应变分析。从上述该设计的可行性研究、原理方案图、结构设计图来看,该多滚轮摩擦式无级变速器产品的开发都是切实可行的,而且可以较好地克服单滚轮摩擦盘传动的三个缺点。

当然,由于变速器有了几个摩擦盘传动,它们之间的位置和角度需要较为精确一致,否则会产生互相干涉现象,也就是说对每个零部件的制造和安装精度要求较高;或者将零部件设计成微量可调的形式。因此,后续研究所需做的工作也很多。

参考文献(References):

- [1] IGARASHI H, WATANABE K, KOST A. A reduced model for finite element analysis of steel laminations[J]. *IEEE Transactions on Magnetics*, 2006, 42(4): 739-742.
- [2] JAIN A, RODRIGUEZ G. An Analysis of the kinematics and dynamics of underactuated manipulator [J]. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 1993, 9(4): 411-422.
- [3] LIU Yun-Hui, XU Yang-sheng, BERGERMAN M. Cooperation control of multiple manipulator with passive joints[J]. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 1999, 15(2): 258-266.
- [4] OHDACHI Y, TAINAKA T, YAMAGUCHI T, et al. Load characteristics analysis of coupling transformer using 3-D finite element method with edge elements[J]. *IEEE Transactions on Magnetics*, 1994, 30(5): 3721-3724.
- [5] DRAGO G, MOLFINO P, NERVI M, et al. A "local field error problem" approach for error estimation in finite element analysis[J]. *IEEE Transactions on Magnetics*, 1992, 28(2): 1743-1746.
- [6] LIU C M, LEE C C, CHIANG K N. Solder Joints Layout Design and Reliability Enhancement of Wafer Level Packaging [C]// *IEEE 6th. Int. Conf. on Thermal, Mechanical and Multiphysics Simulation and Experiments in Micro-Electronics and Micro-System, EumSimE*, 2005: 234-241.
- [7] JANG S M, CHOI J Y, CHO H W, et al. Thrust analysis and measurements of tubular linear actuator with cylindrical halbach array[J]. *IEEE Transactions on Magnetics*, 2005, 41(5): 2028-2031.
- [8] 谭跃刚, 曾盛琦. 多滚轮摩擦盘传动机构[P]. 中国: ZL 2005 1 0019823. X, 2005-11-17.
- [9] 潘丁丁. 基于正交试验的间歇传动链动力学仿真研究[J]. *轻工机械*, 2011, 28(1): 36-39.
- [10] 李黎明. ANSYS 10.0 有限元分析实用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [11] 周有强. 机械无级变速器[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.

[编辑: 张 翔]