文章编号:1672-7010(2012)02-0049-04

电动助力转向系统减速机构改进设计及试验分析

尹理才,刘志辉,陈志刚

(邵阳学院 机械与能源工程系,湖南 邵阳 422004)

摘　要:EPS 具有结构简单、节能环保等独特优势得以迅速发展.本文讲述了 EPS 的系统组成及工作原理,介绍了减速机构的改进设计,对比了结构改进前后的特点,最后通过试验进行了验证分析.

关键词:EPS;系统组成;减速机构;试验

中图分类号:U463.4　　**文献标识码**:A

The Improvement and Test Analysis to the Speed Reducing of Electronic Power Steering System

YIN Li-cai, LIU Zhi-hui, CHEN Zhi-gang

(Department of Mechanical and Energy Engineering, Shaoyang University, Shaoyang, Hunan, 422004, China)

Abstract: The EPS (Electronic Power Steering System) has developed fast due to its unique advantages, such as simple structure, energy saving and environmental protection. This paper deals with the composition and working principle of EPS, and introduces the improvement to the speed reducing of EPS and the characteristics before and after the improvement, finally the result is verified by experiment analysis.

Key words: EPS; composition; speed reducing; test

收稿日期:2012-03-04

项目资助:2011 年湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划项目(湘教通[2011]272 号)

通讯作者:陈志刚(1970-),男,湖南邵阳人,教授. E-mail:chenzg70@sina.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1 EPS 概述

在汽车转向系统中,最初为机械式的,但其机构相对笨拙,驾驶员负担较重,致使在公路用车中很少使用,目前只在一些工作载荷较小的场合中使用.1953 年液压助力转向系统在通用汽车公司中得到首次应用.在 80 年代后期,变减速比的液压助力转向系统得到成功应用,其相对液压转向系统来讲具有良好的操纵性能.之后出现了更能节能环保的变流量泵液压助力转向系统和电动液压助力转向(EHPS)系统.变流量泵助力转向系统在汽车处于比较高的行驶速度或者不需要转向的情况下,泵的流量会相应减少,从而达到节省能源的目的.EHPS 采用电动机驱动转向泵,转向泵无需再随发动机同步转动,不需要转向助力的时候转向泵关闭,可以在很大程度上节省能源.但由于液压转向系统的固有特性而难以实现效率上的突破,被电动助力转向系统(EPS)所替代已经成为一种必然趋势.与传统的液压转向系统相比,电动助力转向系统直接通过电动机的输出给驾驶员提供助力,电动机只有在转向时才工作,在不进行转向时几乎没有动力消耗,使汽车具有更好的燃油经济性;同时具有轻型小巧,装配迅速,易于调整,噪声及废油、废气污染小等优点.早在 1980 年,国外就已经研制成功 EPS 并装车使用.我国对 EPS 的研究起步较晚,但目前已有十多家高等院校和科研单位正在进行该项技术的研究,并已取得了较大的进展.EPS 的助力特性、电动机、传感器和 ECU 等关键技术也有了突破性的进展[1].

2 EPS 系统组成及工作原理

电动助力转向系统主要由车速传感器、转向盘转动传感器(包括扭矩传感器和转速传感器)、电子控制单元、功率驱动电路、离合器和直流电动机等组成.

工作原理:电子控制单元(ECU)根据各传感器输出的信号决定电动机的转动方向和最佳助力转矩,向电动机和离合器发出控制信号,通过功率驱动电路控制直流电动机的转动,电动机的输出经过减速机构减速增扭后,驱动齿轮齿条机构,产生相应的转向助力.其系统结构图如图 1 所示,控制系统的基本结构如图 2 所示[2-5].

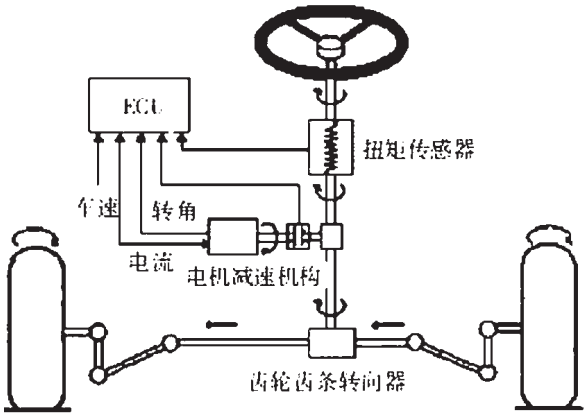


图 1 EPS 系统结构图
Fig.1 EPS System Structure

3 EPS 减速机构改进设计

EPS 系统关键部件主要有助力电机,减速机构,转角传感器,转矩传感器,车速传感器和电控单元(ECU)等.

目前国内生产的汽车电动助力转向器的电机减速装置大多数采用的是蜗轮蜗杆机构.由于制造误差和安装误差,蜗轮蜗杆在啮合时将会产生齿侧间隙.当蜗杆的转动方向发生改变时,由于齿侧间隙的存在,会导致反向间隙产生,使得蜗杆的反向转动不能立即传递给蜗轮,这样造成了机械传动的误差,同时会使蜗轮蜗杆产生冲击带来异常响声.为了提高机械传动的精度并消除异常响声,必须消除这种间隙.

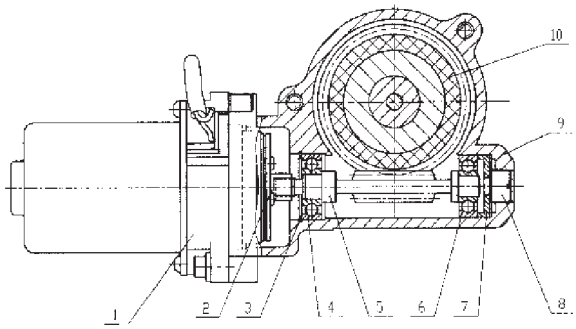
一种公知的消除间隙的方法是通过适当的(施力)装置将蜗杆向蜗轮(沿啮合方向)偏压以施加预压来实现.在向蜗杆施加预压时,有必要允许蜗杆轴相对于支撑轴承的内圈或外圈倾斜.

专利号为 200620051107.x 公开了这样一种装置:其中蜗杆预紧机构由压紧螺堵,螺母,前后轴承组成,压紧螺堵,螺母固定在蜗杆轴的前端,压紧螺堵与前轴承端面相接,后轴承刚性连接在蜗杆轴后端.通过旋紧压紧螺堵,可以实现一个方向的预紧.如图 2 所示.

然而此种方法,当蜗杆反复正反交替运转时,蜗杆与蜗轮齿面将会磨损,使得蜗轮蜗杆又会出现齿侧间隙,并且间隙随着磨损的增加而增大.另一方面,蜗杆轴与前后支撑轴承直接接触,在施加

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

预压时，为允许蜗杆轴相对支撑轴承的内圈或外圈倾斜，通常蜗杆轴与支撑轴承内圈彼此接触并有一个微小的间隙，如果由来自路面的输入等所致的轻负荷被施加到蜗杆轴上，则会产生一径向负荷而使蜗杆轴移动使得蜗杆轴与支撑轴承内圈直接接触而产生异常响声，同时严重影响轴承的使用寿命.

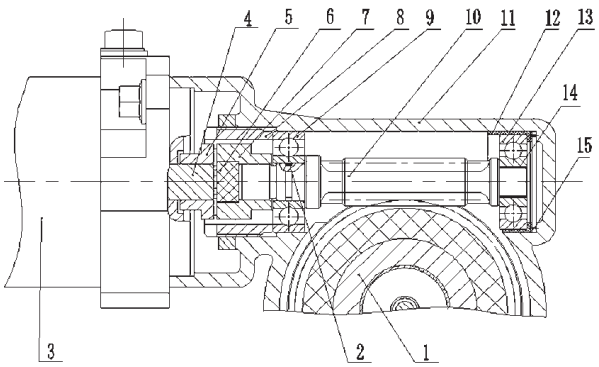


1-电机,2-花键轴,3-挡圈,4-前轴承,5-蜗杆轴,6-后轴承,7-压盖,8-调节螺钉,9-壳体,10-蜗轮

图 2　EPS 减速结构

Fig.2 EPS Speed- Reducing Structure

因此希望改进一种结构能方便调整并能保证蜗杆轴向压紧力,使蜗杆无轴向串动,同时在蜗轮蜗杆使用过程中能自动调整齿侧间隙，并且蜗杆轴可相对于支撑轴承的内圈倾斜，能可靠防止由蜗杆轴和轴承的内圈在他们之间的微小间隙中引起的金属撞击出现异常响声现象的汽车电动助力转向器蜗杆预紧装置.改进后的结构如图 3 所示.



1-蜗轮,2-缓冲件,3-电机,4-电机转子轴,5-软凸爪,6-弹性材料垫片,7-软凸爪,8-锁紧螺套,9-左端支撑轴承,10-蜗杆,11-壳体,12-轴承保持件,13-右端支撑轴承,14-轴承衬套,15-弹簧

图 3　改进 EPS 减速结构

Fig.3 Improved EPS Speed- Reducing Structure

从图 3 所示结构可知，改进后的减速结构包含有电机和壳体,壳体内包含有蜗轮、蜗杆、蜗杆轴向压紧装置；电机转子轴与蜗杆前端由一对牙嵌结构形式凸爪镶嵌连接；而蜗杆轴向压紧装置由锁紧螺套、左、右端支撑轴承、缓冲件、轴承保持件、轴承衬套、弹簧组成.蜗杆与左端支撑轴承的内圈之间形成有一微小间隙，以使蜗杆能相对于所述左端支撑轴承的内圈倾斜；右端支撑轴承通过一轴承保持件与弹簧固定安装在外壳上，在右端支撑轴承内圈上设置一轴承衬套，轴承衬套的内表面与蜗杆之间存在一间隙；左端支撑轴承右端面与蜗杆左端轴肩的左端面接触；锁紧螺套与壳体是螺纹连接，且锁紧螺套的右端面与左端支撑轴承的左端面接触；右端支撑轴承的左端面与蜗杆右端轴肩的右端面接触.

改进后结构与改进前相比有如下优点：

(1)　设置于蜗杆轴与左端支撑轴承内圈之间的周向沟里的缓冲件为一弹性元件,装配后,弹性元件被压缩，沿蜗杆的径向方向产生一个反作用力,当没有负荷作用时,蜗杆轴相对于左端支撑轴承内圈有一微小间隙彼此不会接触，能防止二者因碰撞产生异常响声；若由来自路面的输入等所致的轻负荷施加到蜗杆上，则会产生一径向负荷使蜗杆产生径向移动，此径向力可以被弹性元件所吸收，从而也可以可靠防止二者因碰撞产生异常响声,并可以增加轴承的使用寿命.

(2)　右端支撑轴承通过一保持件安装在外壳上,在右端支撑轴承内圈上设置一轴承衬套,衬套内表面与蜗杆之间存在一定间隙，当来自路面的输入等所致的负荷施加到蜗杆上时，可以防止蜗杆与右端支撑轴承内圈，右端支撑轴承外圈与壳体之间直接接触发生碰撞而产生异常响声，能消除来自路面的振动,保证传替的平稳性,并可以增加轴承的使用寿命.

(3)　轴承保持件右端面与壳体之间联接一弹簧，当调整锁紧螺套时可以给弹簧一个初始压缩量,可以消除蜗轮蜗杆初始齿隙,当齿面发生磨损后,在弹簧力作用下可以自动消除反向间隙[6].

4　减速结构试验分析

4.1 减速结构强度试验

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

首先对结构改进后的电动助力转向器进行减速机构强度试验,方法是固定蜗杆,在输出轴上施加190Nm的力矩时,输出轴是否无损坏及变形并符合性能标准要求,同时在输出轴上施加230Nm力矩时,输出轴无损坏及变形.试验数据如表1所示.

试验结果表明,在输出轴上施加230N.m力矩后,蜗轮蜗杆无损坏及变形,结论为合格,说明改进结构满足强度要求.

4.2 减速结构蜗杆轴向和径向窜动量试验

通过对蜗杆进行轴向和径向加载,加载范围为正负50N,分别记录位移值,若轴向窜动量小于等于0.05mm,同时径向窜动量小于等于0.015mm则为合格.通过对改进前和改进后进行测试对比,测试数据如表2,表3所示.

表1 总成性能

Tab.1 Overall Performance

名称	试验前	试验后
启动力矩N.m	1.3	1.37
转动力矩N.m	1.1	1.16
转动力矩波动N.m	0.71	0.77
输入轴轴向间隙	0.04	0.05
输入轴径向间隙	0.014	0.015
最大助力(左)N.m	23.58	23.23
最大助力(右)N.m	22.63	22.56
蜗轮蜗杆间隙	5'	7'
输入力矩波动N.m	0.49	0.56
输出为5N.m时的滞后	1.33	1.31

表2 改进前蜗杆窜动量

Tab.2 The axial movement of the original worm

	样本1	样本2	样本3
轴向窜动量	0.04	0.04	0.03
径向窜动量	0.015	0.015	0.01

表3 改进后蜗杆窜动量

Tab.3 The axial movement of the improved worm

	样本1	样本2	样本3
轴向窜动量	0.02	0.02	0.015
径向窜动量	0.01	0.01	0.005

通过对比可知,改进后的结构明显减小了轴向和径向窜动量.

5 结论

EPS系统涉及传感器技术、微电子控制、现代控制理论和传统的机械设计,EPS代表未来汽车动力转向技术的发展方向之一,将作为标配件装备到汽车上,并将在动力转向领域占据主导地位.所以EPS具有非常广阔的应用前景,我国有必要加大投入进行研究开发[7-8].

参考文献:

[1] 左建令.汽车电动助力系统的分类及应用特点[J].上海汽车,2009, 12:25- 27.

[2] 胡春花.汽车电动助力系统的设计[J].常州工学院学报,2009,22 (4):53- 56.

[3] 范心明, 程小华.汽车EPS系统用电动机综述[J].防爆电机,2006, 41(33):1- 5.

[4] 刘照.汽车电动助力转向系统动力学分析与控制方法研究用[D].武汉:华中科技大学, 2004.

[5] 周廷明,刘志辉,等.电动助力转向系统及其关键技术[J].机床与液压,2012,40(7):176- 179.

[6] 陈志刚,刘志辉,等.电动助力转向器蜗杆预紧装置[P].中国专利:201120211558.6,2012- 03- 11.

[7] 晋兵营,宁广庆, 等.汽车电动助力转向系统发展综述[J].拖拉机与农用运输车, 2010, 37(1):1- 5.

[8] 陈志刚,李梦奇,等.零件设计过程多学科协同优化[J].中南大学学报(自然科学版),2012,43(3):947- 952.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net