

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.03.016

汽车电动助力转向系统改装技术研究

程寿国, 陈小龙

(江阴职业技术学院 机电系, 江苏 江阴 214405)

摘要: 为解决传统液压助力转向系统引起的易漏油、结构复杂、拆卸困难等问题,以—种轻型车为试验样车,将电动助力转向技术应用到试验样车的转向系统中,从而替换原有的液压助力转向系统。以试验样车为研究对象,分析了原车的液压助力转向系统与电动助力系统之间的区别与联系,参考原车液压助力转向曲线,并通过分析计算地面最大阻力矩、最大助力转矩等实车参数,建立了针对电动助力转向系统的助力曲线,并确定了电动助力转向系统中电动机、减速机构、控制器、扭矩传感器等关键部件的主要参数;将关键部件组装为电动助力转向系统,并对实验样车做了改装,对改装后的样车进行了蛇形路面试验,并采集了试验过程中的助力电流与—手转矩的对应关系曲线。研究结果表明:改装后的电动助力转向系统可实现随速助力,并有一定的路感,转矩脉动小,具有较好的转向平顺性。

关键词: 电动助力转向系统; 汽车; 改装; 液压助力转向系统

中图分类号: TH39; U463.4 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2013)03-0314-04

Research of refit technology on electric power steering

CHENG Shou-guo, CHEN Xiao-long

(Department of Mechanical & Electrical Engineering, Jiangyin Polytechnic College, Jiangyin 214405, China)

Abstract: Aiming at resolving the problems of leaking, complicated structure, and not easy to assembling or disassembling on hydraulic power steering (HPS) system, a light vehicle acting was used as prototype vehicle, the electric power steering (EPS) technology was introduced to replacing the HPS. After the analysis of the prototype vehicle, the relationship between the hydraulic power steering system and the electric power steering system was established. The assistance characteristics curve of EPS was designed, and the key parameters of the motor, the gearbox, the ECU and the torque sensor of EPS were defined by references of the assistance characteristics curve of HPS, the analysis and calculation of the ground maximum moment resistance and the biggest assistance torque of HPS. The relations between the assistance curve and the manual torque were tested after the snake-like road experiment on the refitted vehicle with EPS. The results indicate that the EPS system can replace the traditional hydraulic steering system for its smooth operation, realize the of assistance power change by vehicle velocity, good ride comfort and good ride feeling.

Key words: electric power steering (EPS); automobile; refit; hydraulic power steering (HPS)

0 引 言

近年来能源紧张已成为全球关注的焦点,环保、节能产品的开发已成为汽车行业的发展趋势。而电动助力转向系统(EPS)是在液压助力转向系统(HPS)基础上发展起来的新型助力转向系统,与液压助力转向系统相比,它能够有效降低发动机功耗、具有更好的低温运行性能、电子集成度高、占用空间小

等优点^[1-4]。因此,必将在大部分车型中实现配套并取代现有的机械转向系统、液压助力转向系统和电控液压转向系统^[5]。

本研究针对把试验样车从液压助力转向系统改装成电动助力转向系统中的关键问题进行详细叙述,进而完成EPS系统改装匹配设计,并对改装后的样车做蛇形路面试验验证。

收稿日期: 2012-07-16

作者简介: 程寿国(1980-),男,吉林敦化人,讲师,主要从事机电控制与检测方面的研究。E-mail:chengshouguo@163.com

1 EPS 系统组成与工作原理

EPS系统主要包括助力电动机、控制器、扭矩传感器、减速机构四大部分。

1.1 EPS 系统组成

1.1.1 助力电动机

电动机是EPS系统的动力来源,研究者可根据不同的车型配备不同功率的助力电机。作为EPS系统的关键部件,EPS的助力电动机需能够在较低转速下输出较大的扭矩,且具有转矩脉动小、振动噪声小、转动惯量小等特点。现有国内外的助力电机主要为直流有刷电动机、直流无刷电动机、三相电动机等。但由于直流有刷电动机具有结构简单、成本低等优点,是目前国内常用的EPS助力电动机。

1.1.2 控制器

EPS控制器简称ECU。该控制器主要由微处理器、信号输入传感器及其预处理电路、PWM输出电路、由场效应管组成的桥式电机驱动和控制电路、电机电流反馈电路等组成。

电动助力转向系统ECU的关键技术为保证ECU在运行过程中对所在环境产生的电磁干扰不能超过所要求的限制,同时对所在环境存在的电磁干扰具有一定程度的抗干扰度,即电磁兼容性(EMC);另一个关键技术就是ECU的散热设计,ECU内部MOS管的发热将极大地影响控制器的稳定性及可靠性,所以需要专门的设计以保证ECU良好散热的机构。

1.1.3 扭矩传感器

扭矩传感器是用来检测人手施加在方向盘的转矩、转角大小,分为接触式与非接触式,由于成本原因国内大多采用只输出扭矩信号的接触式扭矩传感器。

1.1.4 减速机构

EPS系统的减速机构与电动机相连,主要起到减速增扭的作用。其主要有蜗轮蜗杆结构与行星齿轮

结构两种形式。国内大多采用蜗轮蜗杆结构。其减速机构减速比根据实车所需助力大小与方向盘转速等因素决定。

1.2 EPS工作原理

当汽车发动机正常启动后,这时EPS处于工作状态,驾驶员操纵方向盘转向时,扭矩传感器探测到方向盘转动产生的扭矩和转角的大小,同时接收车速信号和发动机转速的信号,并将所需信息转化成数字信号输入控制单元,再由控制单元对这些信号进行运算后得到一个与行驶工况相适应的力矩,最后发出指令以驱动电动机工作,电动机输出的转矩通过减速装置的减速增扭来完成助力。

2 EPS 系统分类

按照助力位置的不同,电动助力转向系统可分为转向柱式、小齿轮式、双小齿轮式和齿条式4种类型^[6]。

转向柱助力式EPS系统如图1(a)所示,其电动机固定在转向管柱一侧,通过减速机构与转向柱相连,直接驱动转向柱助力转向。该方案的助力输入经过EPS系统减速器减速增扭后经过方向机传递到转向轮,因此要求电动机的最大输出扭矩相对小。电动机常布置在驾驶室内,工作环境较好,对密封要求低。目前,国内大多采用转向柱助力式EPS系统,其大多安装在轻型车上。

小齿轮助力式EPS系统如图1(b)所示,其电动机和减速器与小齿轮相连,直接驱动方向机的小齿轮完成助力转向。该方案的助力输入也要经过系统减速器减速增扭后经过方向机传递到转向轮,因此要求电机的最大输出扭矩也相对较小;电动机安装在驾驶员踏板的下方,工作环境差、对密封要求高。其大多应用在中型车上。

双小齿轮式EPS系统如图1(c)所示,其与小齿轮式的区别在于,方向机上有两个小齿轮。其中一个小齿轮

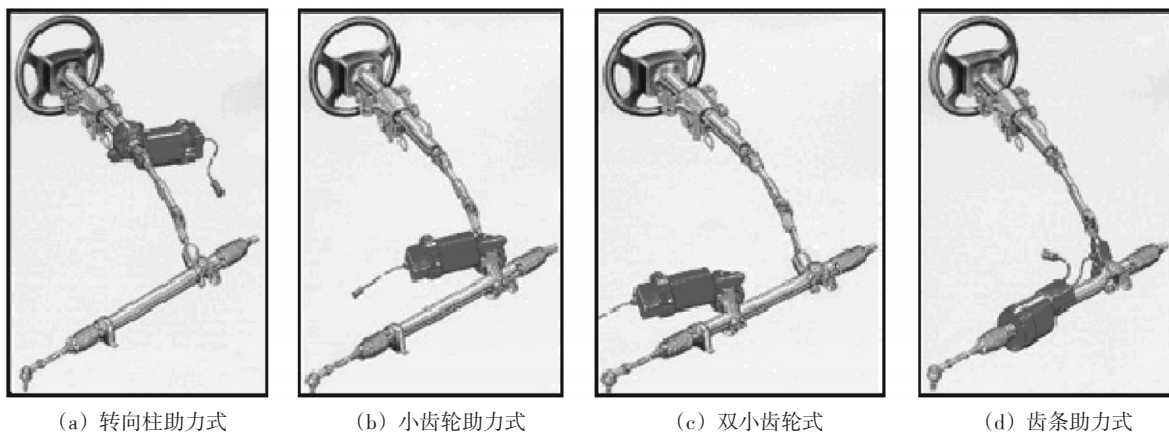


图1 电动助力转向系统分类

用于通过扭矩传感器接收驾驶员的扭矩信号,电动机通过减速器减速增扭驱动另一个小齿轮完成助力。

齿条助力式EPS系统如图1(d)所示,其电动机和减速机构与齿条相连,直接驱动齿条助力转向。该方案的助力输入点在齿条上,要求电动机的最大输出力矩相对大;电动机工作环境差,对密封要求高。其大多应用在重型车与卡车上^[7-9]。

3 EPS系统匹配设计及改装

因为不同车型的参数相差较大,EPS系统要根据目标车型对系统参数做相应配置。所以,研究者首先要获得目标车型的参数。而其中最重要的就是目标车型的地面阻力矩、车速信号、发动机转速信号等,而这些参数可由原车提供的资料或试验获取^[10-11]。

3.1 EPS系统匹配设计

本研究以某款已安装液压助力转向系统的小型车为例,将其改装为电动助力转向系统。其基本参数如表1所示。

表1 某车型基本性能参数

内容	参数
整备质量	1 125 kg
发动机排量	1.5 L
最大车速	150 km/h
轴距	1 600 mm
电压工作范围	10.5 V~15 V
车速信号	12 V方波信号(8 Hz/r·min ⁻¹)
发动机转速信号	12 V方波信号(1 Hz/1 r·min ⁻¹)

设计EPS系统改装方案时,首先要估算出所需助力值。本研究先利用方向盘转矩转角测试仪,测试无助力时(即发动机不工作,样车的液压助力转向系统不工作时)方向盘所需克服的地面最大阻力矩。经测试得出测得值为28 N·m。

另外,笔者由整车参数获得原车的液压助力转向系统参数,实车的原有液压助力曲线如图2所示。

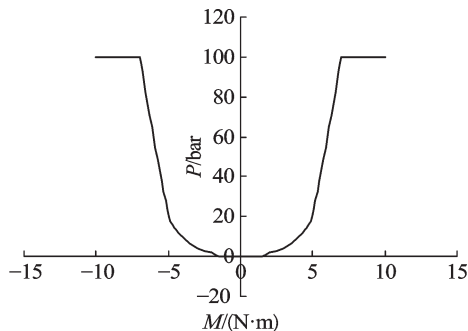


图2 原车液压助力曲线

原车齿条座套内径40 mm,齿条轴径28 mm,通过图2可知,最大液压值为100 bar即10 MPa时,计算出液压缸最大活塞力为5 183.6 N,由方向机小齿轮半

径6 mm可推出最大助力转矩为31.1 N·m。可见,其完全可以达到助力效果。原液压转向系统参数与计算结果如表2所示。

表2 原车液压转向系统参数计算

名称	数值	单位
齿条座套内径半径	19	mm
齿条座套内径面积	1 134.1	mm ²
齿条轴半径	14	mm
齿条轴横截面面积	615.8	mm ²
液压缸内液压截面积	518.4	mm ²
液压缸最大液压	10	MPa
液压缸最大活塞力	5 183.6	N
转向轴小齿轮半径	6	mm
最大助力转矩	31.1	N·m

根据以上计算所得,可选择EPS系统关键部件。

3.1.1 电动机选型

本研究选择国产直流有刷170 W电动机,当输入电流为30 A时,电机输出额定转矩为1.6 N·m。额定转速为1 050 r·min⁻¹。

3.1.2 减速机构计算

选用蜗轮蜗杆减速机构,其减速比为16.5:1,由经验知效率为80%,可知电动机输出助力转矩经减速机构的减速增扭达到 $1.6 \times 16.5 \times 80\% = 21$ N·m。又由于地面最大阻力矩为28 N·m,当电机输出额定转矩克服地面最大阻力矩时,所需人手施加转矩为 $28 - 21 = 7$ N·m,此时在驾驶员实现正常操作方向盘时所需施加的扭矩值范围内。并且,当电动机输出额定转矩时,最大转速可达到 $1 050 / 16.5 = 63.6$ r·min⁻¹,因此即使当驾驶员瞬间以 60 r·min⁻¹的转速快速转动方向盘时,电动机也可实现很好的跟随性。

3.1.3 控制器设定

根据获得的车速信号与发动机转速信号,笔者将其脉冲频率与转速的关系写入助力曲线中,并且设定助力曲线的纵坐标(电机最大输出电流)为30 A,此时为零车速时克服地面最大阻力矩所需电机输出扭矩。控制器可读取助力曲线值而实现EPS系统的实时助力功能。

3.1.4 扭矩传感器选型

研究者选择仅输出扭矩信号值的传感器即可,这样既可以降低成本,又可实现助力。控制器给传感器的供电电压为5 V,扭矩传感器将采集到的人手扭矩信号转换为电压信号,输入控制器。

EPS系统当检测到人手的扭矩值在1.5 N·m之内时不助力,即控制器不给电机供电,EPS无助力,这时处于助力曲线的死区之内;当检测到人手的扭矩值超

过 $1.5 \text{ N}\cdot\text{m}$, 但小于 $7 \text{ N}\cdot\text{m}$ 时, 助力值随检测到人手的转矩增大而增大; 当检测到人手的扭矩值超过 $7 \text{ N}\cdot\text{m}$ 时, 输出此车速下的最大助力。根据不同的车速输出的助力值而不同, 在零车速时实现最大助力, 这时的电流为 30 A , 电机输出额定转矩 $1.6 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。EPS 系统的助力最大值随车速的增大而降低, 当车速大于 90 km/h 时不助力。EPS 系统助力特性曲线如图 3 所示。

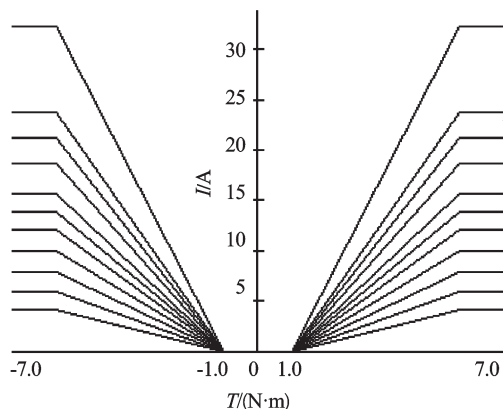


图3 EPS系统助力特性曲线

EPS 系统匹配参数如表 3 所示, 由于笔者采用转向柱助力式 EPS, 且助力电机与减速器接近驾驶室, 防护等级选择 IP54。

表3 电动助力转向系统参数

名称	数值
电动机额定输出功率	170 W
额定转速	$1\ 050 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$
最大电流	30 A
额定输出力矩	$1.6 \text{ N}\cdot\text{m}$
蜗轮蜗杆减速比	16.5:1
控制器工作电压	DC9 V~16 V
工作温度	$-30 \text{ }^{\circ}\text{C}\sim 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$
防护等级	IP54

3.2 EPS 系统改装

EPS 系统的优点在于其拆装方便、更换部件便捷。

由于样车为液压助力转向系统, 其方向机上有各种液压油路, 安装 EPS 系统前, 需将其拆除, 并将方向机上的油管口封死。然后本研究将原有的转向管柱拆除, 安装有 EPS 减速机构的转向管柱配置在实车的相应位置, 利用锁紧螺栓将 EPS 转向管柱输出轴端与转向系统的中间轴锁紧, 将 EPS 转向管柱输入端与方向盘锁紧, 即可完成安装。

4 EPS 系统试验

本研究对改装后的样车开展蛇形路面试验, 得到了试验过程中的助力电流与人手转矩的对应关系曲线 (EPS 系统测试结果如图 4 所示)。从获得的试验结果来看, 改装后的系统可满足助力要求, 并可获得好

的转向平顺性。

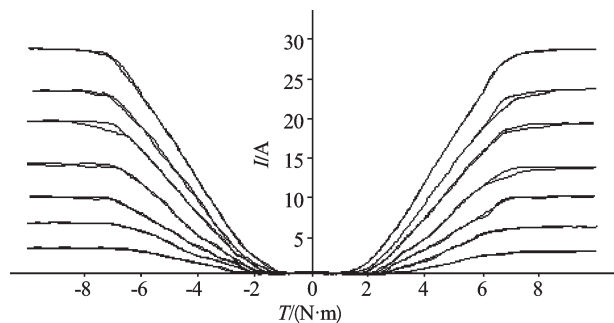


图4 EPS系统测试结果

5 结束语

通过对目标车型进行了测试、分析和计算等的基础上, 本研究获得了针对该车型的 EPS 系统关键部件所需参数, 并利用已确定的目标部件参数对已有液压助力转向系统的样车进行了改装, 实现了用电动助力转向系统取代现有的液压助力转向系统, 并在此基础上增加了随速助力等功能。

改装后的样车, 经过蛇形试验, 结果表明 EPS 系统可实现较好的助力效果。

参考文献 (References):

- [1] 施国标, 林逸, 邹常丰, 等. 电动助力转向系统匹配设计的研究[J]. 公路交通科技, 2003, 20(5): 125-128.
- [2] 康展权. 汽车工程手册(设计篇)[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001: 40-47.
- [3] OAKLEY A, ZHAO Hua, LADOMMATOS N, et al. Experimental Studies on Controlled Autoignition(CAI) Combustion of Gasoline in a 4-stroke Engine [N]. SAE Paper, 2001-01-1030.
- [4] SHIMIZU Y, KAWAI T. Development of Electric Power Steering [N]. SAE Paper, No. 910014.
- [5] KURISHIGE M, WADA S, KIFUKU T, et al. A New EPS Control Strategy to Improve Steering Wheel Returnability [N]. SAE Paper, No. 2000-01-0815.
- [6] GODFREY W M, TAGAVI K A, CREMERS C J, et al. Interactive thermal modeling of electronic circuit boards [J]. IEEE Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, 1993, 16(8): 978-985.
- [7] 赵景波, 陈龙, 江浩斌. 汽车电动助力转向控制器驱动电路可靠性设计[J]. 农业机械学报, 2008, 39(11): 22-25.
- [8] 徐翔, 宋文斌. 电动叉车的电动助力转向(EPS)应用[J]. 机电工程, 2010, 27(11): 33-35.
- [9] 邵建昂. 汽车电动助力转向控制器的研究[J]. 机床与液压, 2008, 36(7): 382-384.
- [10] 唐小琦, 关勇刚, 赵国庆. 汽车电动助力转向控制器系统的研究[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(7): 77-79.
- [11] 吴锋, 杨志家, 姚伟栋, 等. 电动助力转向系统控制策略的研究[J]. 汽车工程, 2006, 28(7): 676-680.

[编辑: 张翔]