

# 汽车转向技术现状与发展趋势

申荣卫, 陶炳全

(邢台职业技术学院, 河北 邢台 054035)

**摘要:** 本文概述了汽车不同类型转向系统的特点, 分析了国内外电动助力转向技术的发展现状, 展望了电动助力转向技术的发展趋势。

**关键词:** 汽车转向技术; 现状; 发展趋势

**中图分类号:** U463 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008—6129 (2006) 05—0001—04

## 一、汽车转向系统概述

汽车驾驶员通过转向系统来控制汽车的运动方向, 转向系统设计的好坏直接影响到汽车行驶的安全性、操纵稳定性和驾驶的舒适性。转向系统根据转向动力的来源可分为机械转向系统和动力转向系统。<sup>[1]</sup> 动力转向系统又分为液压动力转向系统、电控液压动力转向系统、电动助力转向系统、线控转向系统。

### 1. 机械转向系统

机械转向系统的转向力全部来自驾驶员的手力。机械转向系统结构简单, 性能可靠, 但转向盘操纵费力。另外, 为解决机械转向系统“轻”和“灵”的问题, 转向器还常设计成可变速比。在转向盘小转角范围内, 速比小, 解决转向灵活性的问题; 在转向盘大转角范围内, 速比大, 解决转向轻便性的问题。<sup>[2]</sup>

### 2. 液压动力转向系统

液压动力转向系统 (Hydraulic Power Steering System-HPS) 一般由储液罐、油泵、油管、转向控制阀、助力油缸及机械转向系统组件等组成, 如图1所示。

转向控制阀有滑阀式和转阀式两种结构。转向控制阀根据转向盘转动方向和力矩大小控制通向助力油缸的油压大小, 从而控制助力大小。虽然液压转向系统可提供转向助力, 但却存在很多缺点: 油泵由发动机驱动, 持续工作, 能量消耗多; 液压油泄漏、橡胶管污染环境; 助力特性与控制阀结构有关, 系统一旦定型, 助力特性便不能改变; 助力和车速无关, 不能协调转向轻便性和路感的矛盾; 系统元件较多, 所占空间大; 低温助力性能不好。

### 3. 电控液压动力转向系统

随着人们对汽车经济性、环保性、安全性的日益重视以及小排量轿车的发展, 人们开始对液压动力转向系统存在的不足进行改进, 并开发出一些新型电控液压动力转向系统 (Electro Hydraulic Power Steering System-EHPS), 如图2所示。其主要改进措施是将车速信号引入液压转向系统, 得到车速感应型助力特性, 并增加了控制器和执行机构。控制器根据车速信号改变电液转换装置的助力特性, 达到在低速或急转弯行驶时助力较大, 以满足转向轻便性的要求; 高速时



图1 液压动力转向系统



图2 电控液压动力转向系统

收稿日期: 2006-07-22

作者简介: 申荣卫 (1971—), 河北磁县人, 邢台职业技术学院汽车系副教授, 工学博士。

助力较小, 以满足路感和操纵稳定性的要求。电控液压动力转向系统虽然实现了车速感应型助力, 但由于仍然采用液压系统, 液压系统本身的缺点依然难以克服, 同时在液压系统的基础上增加了传感器和控制器, 使整个系统成本增加。<sup>[3]</sup>

#### 4. 电动助力转向系统

电动助力转向系统 (Electric Power Steering System-EPS) 是一种新型的、很有发展前途的动力转向系统。典型的轿车用电动助力转向系统组成如图 3 所示。电动助力转向系统完全取消了液压组件, 整个系统由转向盘转矩传感器、车速传感器、控制器、助力电机及其减速机构等组成。<sup>[4]</sup>其基本工作原理是: 驾驶员转动转向盘时, 转矩传感器检测转向盘上的转矩大小和方向, 控制器根据转向盘转矩的大小进行助力控制。转向盘转矩越大, 助力电机提供的助力转矩也越大, 从而解决了转向轻便性的问题。同时, 控制器根据车速的高低来控制路感。车速变高时, 控制助力适当减少, 从而保证了高速转向时驾驶员有合适的路感, 提高了驾驶的安全性和稳定性。另外, 为综合改善汽车转向系统的性能, 有的电动助力转向系统还进行阻尼控制和回正控制。

与液压动力转向系统和电控液压动力转向系统相比, 电动助力转向系统具有很多优点:

- (1) 可获得优化的助力特性, 转向轻便, 路感好, 提高了操纵稳定性;
- (2) EPS 助力特性通过软件设置和修改, 可以快速与车型匹配;
- (3) EPS 只在转向时电机才提供助力, 可节能 3~5%;
- (4) 结构紧凑, 便于模块化安装;
- (5) 对环境无污染;
- (6) 低温工作性能好。

#### 5. 线控转向系统

线控转向系统 (Steering by Wire-SBW) 是更新一代的汽车电子转向系统, 线控转向系统与上述各类转向系统的根本区别就是取消了转向盘和转向轮之间的机械连接 (也称柔性转向系统)。

图 4 所示为 ZF 公司开发的线控转向系统。该系统具有两个电机: 路感电机和驱动电机。路感电机安装在转向柱上, 控制器根据汽车转向工况控制路感电机产生合适的转矩, 向驾驶员提供模拟路面信息。驱动电机安装在齿条上, 汽车的转向阻力完全由驱动电机来克服, 转向盘只是作为转向系统的一个转角信号输入装置。

线控转向系统的主要优点:

- (1) 线控转向系统能消除转向干涉问题, 为实现多功能全方位的自动控制, 并为汽车动态控制系统和汽车平顺性控制系统的集成控制提供了先决条件;
- (2) 由于转向盘和转向轮之间是柔性连接, 使转向系统在汽车上的布置更加灵活, 转向盘的位置可以方便地布置在需要的位置;
- (3) 舒适性得到提高。在刚性转向系统中, 路面不平 and 转向轮的不平衡引起的冲击负荷会传递到转向盘, 而线控转向系统没有这样的问题;
- (4) 转向的回正力矩和转向传动比能通过软件进行调整。因此, 可以使转向系统对任何目标和环境进行调整, 而不需要对系统进行重新设计;
- (5) 消除了撞车事故中转向柱后移伤害驾驶员的可能性, 不必设置转向防伤机构;

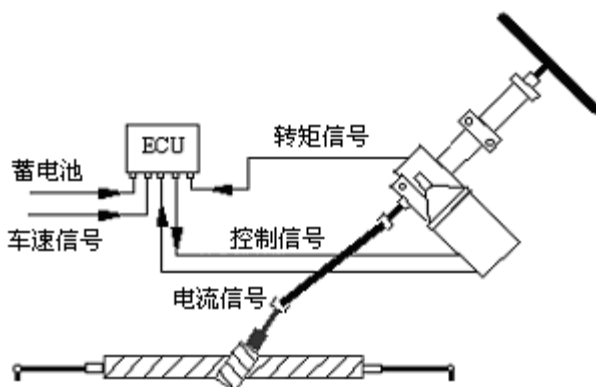


图 3 电动助力转向系统框图



图 4 ZF 公司开发的线控转向系统

(6) 驾驶员腿部活动空间增加, 出入更方便自由。

由于线控转向系统取消了转向盘和前轮之间的机械连接, 因此系统的可靠性就成为一个主要问题。为此, 人们在线控转向系统中设计了机械或电气冗余系统, 以提高线控转向系统的可靠性, 但冗余系统却大大提高了系统的成本。线控转向系统目前只是一个概念产品, 真正大批量装车还需要很长的时间。

## 二、电动助力转向系统发展状况与趋势

### 1. 国外发展状况

EPS 系统首先在微型轿车上发展起来, 其主要原因是狭小的发动机舱空间给液压动力转向系统的安装带来了很大的麻烦。EPS 由于部件少, 安装方便, 非常适合在微型轿车上安装。1988 年 2 月, 日本铃木公司首次在其 Cervo 轿车上安装了 EPS 系统, 随后还应用在 Alto 车上。此后, EPS 在日本得到迅速发展, 如大发汽车公司的 Mira 轿车、三菱汽车公司的 Minica 轿车、本田公司的 Accord 轿车等都先后安装了 EPS 系统。<sup>[5]</sup>

欧美等国的汽车公司对 EPS 的开发研究比日本晚 10 年左右, 但是开发的力度较大, 目前也有一些公司开发了 EPS 系统并装车销售。美国的 TRW 和 Delphi 等公司相继推出各自的产品。TRW 公司将航空技术应用于 EPS 系统的开发, 于 1996 年推出 EPS 系统, 并在福特 Fiesta 和马自达 323F 上进行试验。Delphi 属下的 Sagninaw 公司于 1999 年首次研制成功其电动助力转向系统产品 E\*SS。德国的 ZF 公司也研制出安装于不同类型轿车的 EPS 系统。最近, Mercedes-Benz 和 Siemens Automotive 两大汽车公司共同投资了 6 500 万英镑用于 EPS 的研究。<sup>[6]</sup>

### 2. 国内发展状况

目前, 国内部分高校和企业已经开始了 EPS 系统的研究和试验工作。

吉林大学在国内较早开展了电动助力转向系统的研究, 主要进行了助力特性和控制策略方面的研究, 开发了电动助力转向系统试验台。在国内较早开发出了电动助力转向样机和控制器, 并在捷达轿车上进行了实车试验, 取得了较好的试验效果。

北京理工大学自 2003 年开始对电动助力转向系统进行研究, 目前研究领域涉及电动客车电控液压动力转向系统、轿车电动助力转向系统和轿车线控转向系统, 并在国内率先开展了电动客车电动助力转向系统的开发。开发出的电动助力转向系统已在北斗星轿车和夏历 2000 纯电动轿车上进行了实车试验, 试验效果良好。

清华大学也在国内较早开展了电动助力转向系统的研究, 目前已开发出 EPS 样机并在昌河铃木 CH6350 轿车上进行了试验运行。另外, 天津大学、北京科技大学、华中科技大学、江苏大学、合肥工业大学、武汉理工大学等院校也在开展 EPS 的研究。

目前, 南方航空动力机械公司已开发出 EPS 系统, 并进行了小批量道路试验。上海汽车集团泛亚技术中心正在与国外公司进行 EPS 系统研究的立项工作。国内已有昌河铃木的北斗星、浙江吉利的豪情、广州本田的飞度、重庆长安的雨燕、天津丰田的皇冠、一汽大众的开迪和上海大众的途安等轿车装配了电动助力转向系统。

可以预见, 在未来几年内, 随着人们对汽车的环保、节能和安全性要求的进一步提高, 国内各大专院校、研究机构和企业对电动助力转向系统的研究将不断深入, 产业化进程也将快速推进。

### 3. 发展趋势

电动助力转向系统经过二十几年的发展, 技术日趋完善。今后, 电动助力转向系统主要从以下几个方面进一步发展:

#### (1) 传感器技术

性能完善的电动助力转向系统需要采集转向盘转角信号、转向盘转矩信号、转向盘转速信号、电机电压信号、电机电流信号等。目前, 传感器的成本是制约电动助力转向系统迅速市场化的主要因素, 因此, 设计和开发适合电动助力转向系统使用的性价比较高的传感器是未来技术发展的关键。

#### (2) 控制策略的研究

控制策略是影响电动助力转向系统性能的关键因素之一, 也是电动助力转向系统的核心技术之一。目前, 国内外许多学者都在探讨将先进的控制理论应用于电动助力转向系统的研究, 如鲁棒控制理论、模糊控制理论、神经网络控制理论和自适应控制理论等。今后, 控制策略研究的重点主要集中在如何抑制电机的力矩波动、如何获得较好的路感、如何抑制路面干扰和传感器的噪声等方面, 以进一步优化和

改善电动助力转向系统的动态性能和稳定性。

### (3) 助力电机的研究

助力电机是电动助力转向系统的执行元件,助力电机的特性直接影响到控制的难易程度和驾驶员的手感。目前,电动助力转向系统普遍采用成本较低的直流有刷电机。由于直流无刷电机采用电子换向,减少了换向时的火花,不需要经常维护以及具有较高的效率和功率密度等优点而受到越来越多的关注。因此,开发适合电动助力转向系统使用的低成本的直流无刷电机是今后助力电机的研究方向。

### (4) 电动汽车电动助力转向系统的研究

随着人们对环境保护的日益重视,电动汽车已经成为目前汽车技术研究的热点之一。电动助力转向系统目前只应用在转向阻力不是很大的轿车上,在重型车辆上(如客车、货车)还没有开展研究,主要的原因之一是重型车辆的转向阻力较大,需要较大功率的助力电机,这对现行 12V 或 24V 的汽车电压体制是一个巨大的挑战。而电动汽车采用动力蓄电池为驱动汽车的能源,可以方便地提供大功率助力电机需要的大电流,从而打破了传统汽车电源系统对助力电机功率的限制。

因此,随着电动汽车研究的不断深入,开展电动汽车(包括电动轿车、电动客车)电动助力转向系统的研究必将成为今后电动助力转向系统的一个新的研究热点。

### 参考文献:

- [1]张洪欣. 汽车设计[M]. 北京:机械工业出版社,1998.124~126.
- [2]施国标. 电动助力转向助力特性仿真与控制策略研究[D]. 长春:吉林大学博士学位论文,2003.
- [3]吴文江. 基于  $H_\infty$  控制理论的汽车电动助力转向系统研究[D].北京:北方交通大学博士学位论文,2004.
- [4]T.Nakayama, E.Suda. The Present and Future of Electric Power Steering[J]. Int.Journal.of Vehicle Design, 1994(15): 3~5.
- [5]A.OSUKA,Y.MATSUOKA,T.YSUTSU,et al. Development of Pinion-Assist Type Electric Power Steering System[J]. KOYO Engineering Journal, 2002,English Edition NO.161E.
- [6]郁强,张金华.电动转向系统开发与研究[J]. 轻型汽车技术,2002,(8):4-9.
- [7]赵燕,周斌等.汽车转向系统的技术发展趋势[J].汽车研究与开发,2003,(2): 22-24.

## Development Status and Trend of Automotive Steering Technology

SHEN Rong-wei, TAO Bing-quan

(Xingtai Polytechnic College, Xingtai, Hebei 054035,China)

**Abstract:**The characteristics of different kinds of automotive steering systems were summarized. The development status of electric power steering system at home and abroad was analyzed and the development trend of electric power steering system was also expatiated in the article.

**Key words:** automotive steering technology; development status; development tendency

(责任编辑 马 骅)