

现代汽车动力转向技术的现状与发展

张驰云, 谢 隽

(上海工程技术大学 汽车工程学院, 上海 200336)

摘要:现代汽车正面临着转向技术的革命。多年来,动力转向技术主要集中在液压系统上,但由于其燃油消耗和物流方面的缺陷,如今市场需求偏向于电子动力转向系统。

关键词:转向技术; 电子动力转向技术; 线控转向

中图分类号: U 463.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-444X(2003)04-0286-05

Current Situation and Development of Automotive Steering Technique

ZHANG Chi-yun, XIE Jun

(College of Automobile Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 200336, China)

Abstract: Nowadays automotive engineering is facing the revolution of steering technique. Attention has been focused on the hydraulic system in the field of power steering technique for many years. However, thinking in terms of the defect in fuel economy and logistics, the system of electric power steering tends to be prevail in demand of market.

Key words: Steering technique; Electric power steering; Steer-by-wire

为减轻驾驶员转动方向盘的操作力,利用动力产生辅助力的装置,称为转向助力机构(简称动力转向)。动力转向,它是一种以驾驶员操纵方向盘(转矩和转角)为输入信号,以转向车轮的角位移为输出信号的伺服机构。动力部分跟踪手动操作,产生于转向阻力相平衡的辅助力,使车辆进行转向运动。与此同时,把部分输出力反馈给驾驶员,使其获得适当的手感,构成所谓的双动伺服机构(bilateral servo),如图 1 所示。

汽车转向原理是:驾驶员转动方向盘①通过转向轴②转动转向器③的输入轴④,再由转向器的输出轴⑤使转向臂⑥绕其轴线摆动,然后经直拉杆⑦时转向车轮绕主销轴线转动,从而实现汽车转向。转向器是将来自方向盘的旋转力矩和旋转位移作适当变换后传给车轮而使汽车转向的核心部件,如图 2 所示。

1 现阶段动力转向系统的类型特点

1.1 传统液压动力转向系统(HPS)

传统液压式动力转向系统一般按液流的形式可分为:常流式和常压式两种类型。

收稿日期: 2003-07-04

作者简介: 张驰云(1963-),男,上海人,讲师. 主要研究方向为汽车发动机、汽车底盘结构.

常压式是指在汽车行驶中,无论方向盘是否转动,整个液压系统总是一直保持高压。常流式是指汽车在行驶中,不转动方向盘时,流量控制阀在中间位置,油路保持常通。

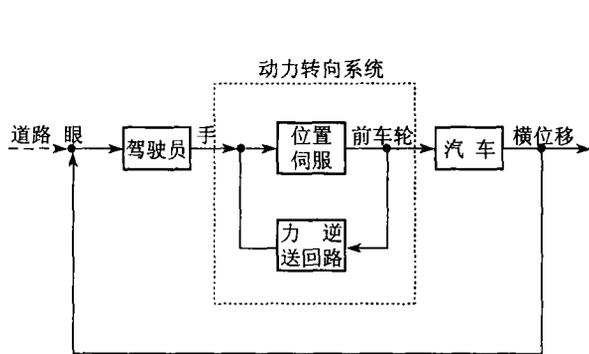


图1 双向伺服机构
Fig.1 Bilateral servo

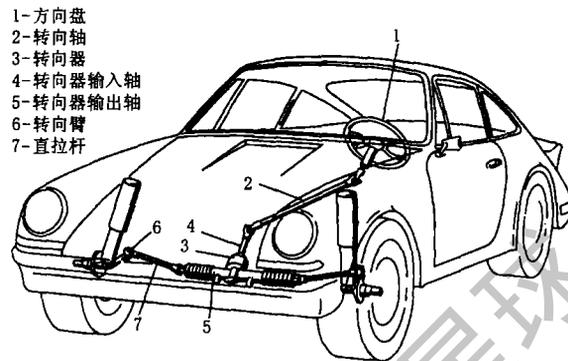


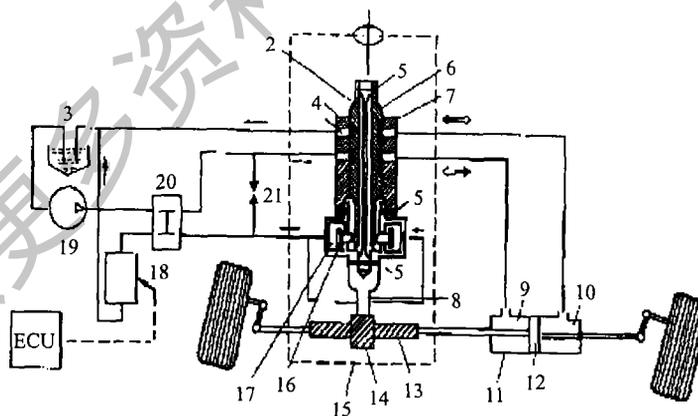
图2 汽车转向系统
Fig.2 Automobile steering system

随着高速公路的不断延伸与轿车车速的不断提高,传统的液压动力转向暴露出一个致命的缺点,即若在保证汽车在停车或低速掉头时转向轻便的话,那么当汽车在高速行驶时就会感到有“发飘”的感觉;反之若在保证汽车在高速行驶时操纵有适度感的话,那么当其要停车或低速掉头时就会感到转向太重,两者不能兼顾,这是由传统液压动力转向的结构所决定的^[1]。

由于动力转向在轿车上的日益普及,对其性能上的要求已不再是单纯的为了减轻操作强度,而是要求其在低速掉头时保证转向轻便性的同时又能保证高速行驶时的操纵稳定性。为了达到上述要求只有通过采用速度传感型的动力转向才能解决。所谓速度传感型的动力转向是一种随着车速变化而能自动调节操纵力的动力转向装置。车速传感型动力转向在提高车辆操纵稳定性、安全性方面的作用很大。目前所采用的多为车速传感型动力转向,有两种基本形式:①采用电子控制的液压式动力转向系统;②采用电子控制的电动助力转向系统。

1.2 电子控制式液压动力转向(EHPS)

1.2.1 电子控制式液压动力转向系统



1-转向盘; 2-扭杆; 3-储油罐; 4-通道; 5-锁子; 6-控制阀轴;
7-旋转阀; 8-小齿轮轴; 9-左室; 10-右室; 11-动力缸; 12-活塞;
13-齿条; 14-小齿轮箱; 15-转向器; 16-柱塞; 17-油压反力室;
18-电磁阀; 19-油泵; 20-分流阀; 21-阻尼孔

图3 电子控制式液压动力转向
Fig.3 Electronic hydraulic power-assistant steering

电子控制式液压动力转向系统如图 3 所示,主要由电子控制系统、转向齿轮箱、油泵、分流阀等组成。

电子控制式液压动力转向系统是通过控制电磁阀,使动力转向系统的油压随车速的变化而改变,在大转角或低速行驶时,转向轻便,在中高速时,能获得具有一定手感的转向力。

1.2.2 电子控制式液压动力转向工作原理

电子控制器(ECU)根据从轮速传感器传来的信号,判别汽车是处于停止状态还是处于低速行驶或高速行驶工况,再根据判别出的汽车状态,对电磁阀线圈的电流进行线性控制。从而达到控制动力转向的目的。

当汽车低速行驶或大转角时,由于流经电磁线圈的电流较大,经分流阀分流后的油液就通过电磁阀返回蓄油器。因此,作用在柱塞上的油压(油压反力室的压力)较小。这时作用在控制阀轴上的压力(反力)也就小,在转向盘的转向力作用下,扭杆就可能产生较大的扭转变形。控制阀就会随扭转相对于驱动小齿轮固定在一起的旋转转过一个角度,使两阀的通道口相互连通,动力缸的右室(左室)就受到油泵油压的作用,驱动动力缸内的活塞向左(右)移动。产生一个较大的辅助力,从而增大了转向力。

当汽车中高速直行时,直行时转向角较小,扭杆产生的扭转变形也很小,旋转阀与控制阀相互连通的通道口开度也减小,使旋转阀一侧的油压上升。由于分流阀的作用,此时电磁阀一侧的油量会增加。同时,伴随着车速的提高,电磁线圈内的电流会减小,电磁阀的节流开度也会缩小,使作用在油压反力室的反力油压增加,柱塞作用到控制阀轴上的压力也随之增大。因此增加了转向操纵力,使驾驶员的手感增强,从而获得良好的转向路感。

当汽车中高速转向行驶时,从存在油压反力的中高速直行状态开始转向时,扭杆的扭转角会进一步减小,旋转阀与控制阀相连的阀口开度也减小,使旋转阀一侧的油压进一步升高。伴随着旋转阀油压的升高,通过固定阻尼孔的油液也供给到油压反力室。通过分流阀向油压反力室供给的一定量的油液和通过固定阻尼孔的油液相加,进一步加强了柱塞的压紧力。使得此时的转向力相应于转向角呈线性增加,从而获得在高速行驶时的稳定转向操纵感。

目前在用的电控式液压动力转向系统无不例外地把普通的无助力的转向系统作为后备,一旦助力转向系统出现某种故障时,可以应急和用手转向把车开回。

迄今为止,电子控制液压动力转向系统已在轿车上获得应用。与此同时,也使得该系统结构更复杂、价格更昂贵、而且仍然无法克服液压力系统的一些大的缺点,如效率低、耗能大等。

2 动力转向的发展趋势

2.1 电动转向系统(EPS)

汽车工业正在面临着转向技术的革命。多年来,动力转向技术主要集中在液压系统上,但是由于具有燃油消耗和物流方面的优势,如今市场需求偏向于电子动力转向系统。根据德尔福公司的预期,到 2003 年全世界售出的车辆中有 10% 装配电子动力转向系统,日本精工株式会社(Koyo Seiko)也期望电子动力转向系统能有成指数倍的增长。据预测,到 2005 年,30% 以上的新车(约 2000 万辆)将装配电子动力转向系统。展望未来,TRW 公司预言,到 2010 年,全世界将有 50% 以上的轿车装配电子转向系统。

电动转向系统符合现代汽车机电一体化的设计思想,该系统由转向传感装置、车速传感器、电子控制装置、电动机、离合器、减速器、上下转向轴及手动齿轮齿条式转向器等组成。其中电动机、离合器与减速器往往结合成一个整体与转向轴承垂直布置。目前,EPS 有两种形式:转向轴助力式——减速器被直接安装在方向盘下方;小齿轮(齿条)助力式——减速器安装于齿轮齿条机构的小齿轮上^[3]。

该系统的工作原理是:当方向盘转动时,与转向轴相连的扭矩传感器不断的测出作用于转向轴上的扭矩,并由此产生一个电压信号;同时,由车速传感器测出的汽车车速,也产生一个电压信号。这两路信号均被传输到电子控制装置,经过其运算处理后,由电子控制装置向电动机和离合器发出控制指令,即向其输出一个适合的电流,在离合器结合的同时使电动机转动产生一个扭矩,该扭矩经与电动机连在一起的离合器、减速器降速增矩后,施加在下转向轴上,下转向轴的下端与齿轮齿条时转向器总成中的小齿轮相连,于是由电动机发出的扭矩最后通过小齿轮施加到转向器上,使之得到一个与工况相适应的转向助力。

2.1.1 电动转向系统的特点系统

如图4所示,电动动力转向系统(EPS)与液压动力转向系统(HPS)相比,EPS有很多优点。

1) 效率高。HPS为机械和液压连接,效率较低,一般为60%~70%;而EPS为机械与电机连接,效率高,有的可高达90%以上。

2) 耗能少。汽车在实际行驶过程中,处于转向的时间约占行驶时间的5%。对于HPS系统,发动机运转时,油泵始终处于工作状态,油液一直在管路中循环,从而使汽车燃油消耗率增加4%~6%;而EPS仅在需要时供能,使汽车的燃油消耗率仅增加0.5%左右。

3) “路感”好。由于EPS内部采用刚性连接,系统的滞后特性可以通过软件加以控制,且可以根据驾驶员的操作习惯进行调整。

4) 回正性好。EPS结构简单,内部阻力小,回正性好,从而可得到最佳的转向回正特性,改善汽车操纵稳定性。

5) 对环境污染少。HPS液压回路中有液压软管和接头,存在油液泄漏问题,而且液压软管不可回收,对环境有一定污染;而EPS对环境几乎没有污染。

6) 可以独立于发动机工作。EPS以电池为能源,以电机为动力元件,只要电池电量充足,不论发动机处于何种工作状态,都可以产生助力作用。

7) 应用范围广。EPS可是用于各种汽车,目前主要用于轿车和轻型载货汽车上;而对于环保型纯电动汽车,由于没有发动机,EPS为最佳选择。

8) 装配性好易于布置。因为EPS系统零部件数目少。主要部件均可以组合在一起,所以整体外形尺寸比HPS小,这为整车布置带来方便,且易于在装配线上安装。

2.2.2 EPS的发展趋势

电动助力转向系统仍有一些技术瓶颈,目前大部分系统使用的都是12伏特(或24伏特)的电动马达,所能提供的辅助动力仍然有限,因此仅能使用在轮胎直径较小、转向所需的辅助动力较小的较小型车种。目前需要攻克的是将12伏特电动马达加大到42伏特,以便成功应用在大型车种甚至是卡车上,其前提是必须将现有的汽车电力系统作大幅度的改变。

再者,EPS系统中的转向盘转矩传感器要求结构简单、工作可靠、价格便宜、精度适中。考虑到可靠性的问题,目前国外多采用非接触式,而接触式(如滑动电阻式)传感器应用较少。因而非接触式传感器技术将是动力转向技术的发展。

由于EPS系统在原有的机械式转向系统中增加了电机和减速器,使得转向操纵机构的惯性增大,为此需引入惯性控制和阻力控制,避免电机开始助力和终止助力时对转向操纵产生影响。同时,为了获得更好的“路感”,必须根据汽车的行驶速度和转向状态确定助力的大小和方向。

最后是EPS系统与整车性能的匹配:汽车本身是由各个子系统组成的既相互联系又相互制约的有机整体,当汽车某个子系统改变时,整车性能也产生相应的变化。因此,必须对EPS系统与汽车上的其他系统进行匹配,以利整车性能达到最优化^[2]。

2.2 线控转向(STEER-BY-WIRE)

线控转向如图5所示,用传感器记录驾驶者的转向数据,然后通过数据线将信号传递给车上的微电脑,电脑综合这些和其他信号作出判断后,再控制前轴的转向角度,如图6所示。

紧急情况下,为避免驾驶者的错误判断,这个系统还会忽略驾驶者的转向输入,平稳地将车保持在最安全的状态。它使用于轿车和大型汽车。当我们使用线控转向时,在方向盘和被驾驶着的轮胎之间,我们再也不需要任何的机械连接了,系统中转向力由电子或电控液压式的激励器提供。目前存在两种形式:前

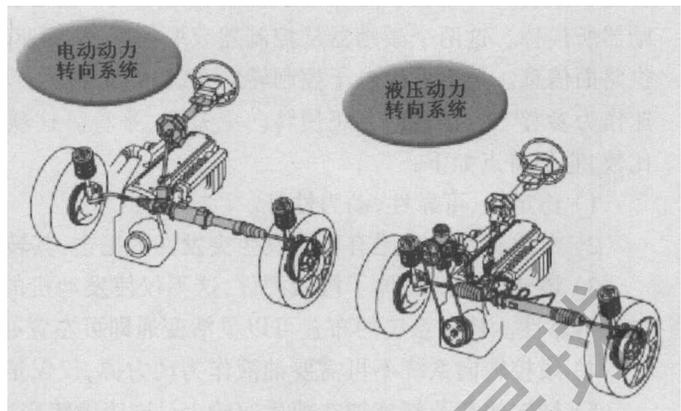


图4 电动动力转向系统和液压动力转向系统

Fig.4 Electric steering system and hydraulic steering system

轮电子控制转向系统和后轮电子控制转向系统。前者,传统的转向元件被两个布置在汽车前侧角落的激励器所代替。这两个激励器从控制器获取信息,从而驱动前轮。同时,该系统还利用电动马达向驾驶员提供路面信息。至于后轮电子控制转向系统,则是利用传感器来确定后轮的偏转,并以前轮的偏转角度和车速作为参考^[4]。该转向系统使转向更紧凑,平稳。这项发明现在已得到广泛关注,与传统的转向系统相比较,它的特点如下:

- 1) 稳定性、可靠性、动力性好。
- 2) 考虑到汽车首尾有可能发生突发性的撞击,其转向轴并不是对准驾驶员的。
- 3) 该转向系统去掉了机械硬件,这不仅使发动机的安装空间增大,也使安装简便、节省劳动力,更增加了可靠性。转向系统的布置可以灵活变通即可左置亦可右置。
- 4) 线控转向系统不再需要油液作为动力源,仅仅是用电驱动。因而是一种节能、环保的系统。
- 5) 转向的载荷都施加在前后车轮上,这使得转弯半径减小。
- 6) 线控转向的过人之处更有它对系统错误的检测诊断能力,当然这些都还在实验中。
- 7) 当主控制器失效时,与主控制器并联的备用控制器可以代替原控制器工作,以提高系统的工作安全性。
- 8) 但是线控转向也有不足之处:汽车内部没有机械回馈,给予驾驶员确实的驾驶状况。现在用的回馈系统必须在计算机软件控制下模仿汽车驾驶的真实情况。

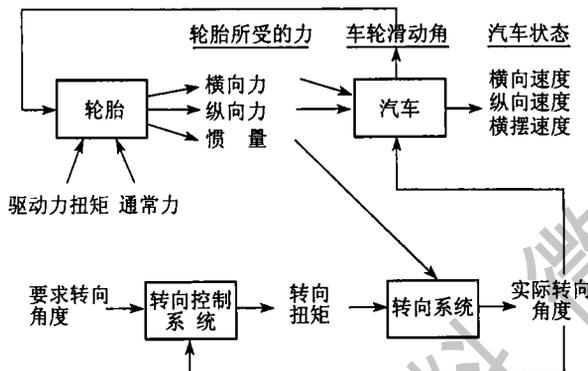


图 5 线控转向
Fig.5 Steer-by-wire

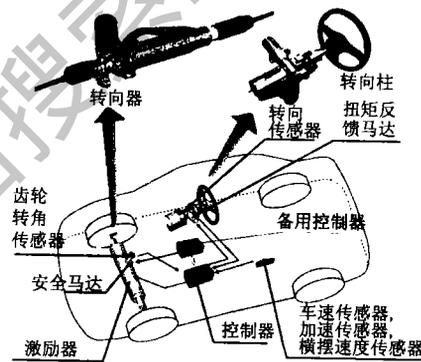


图 6 线控转向模型
Fig.6 Steer-by-wire model

3 结 语

当然,在汽车迈向全面线控转向之前,电动动力辅助转向系统是“中站”,是第一步,当汽车改装成电动动力辅助转向系统,其中的转向马达将接受一系列传感器信号,例如转向控制、动态稳定控制等等,最后机械的部分一个一个消失,逐渐变成了线控转向。

参考文献:

- [1] 郑校英. 汽车电动助力转向系统[C]. 汽车论文集. 北京:机械工业出版社,2000.
- [2] 邱 峰. 汽车转向系统的发展趋势与关键技术[J]. 技术纵横,2001,(5).
- [3] Yuji Kozaki, Goro Hirose, Shozo Sekiya, Yasuhiko Miyaura. Electric Power Steering (EPS), Motion&Control[J/OL]. http://www.nsk.com.cn/bsrweb/company_info.php, 1999-06.
- [4] PAUL Y, Toward Steer By Wire[J]. Dynamic Design Lab, 2001, (11).