

**本資料來自網絡僅供參考使用，有涉及版權請來信告知刪除處理！**

## 汽车电动转向器研究

[摘要] 汽车电动转向是汽车转向器的发展趋势，汽车电动转向是遵循一定规律进行计算机程序设计的，推出 B 氏模型作为汽车电动转向程序设计的依据，介绍了制订的我国第一个汽车电动转向标准和汽车电动转向试验台。

关键词：汽车电动转向原理 B 氏模型 标准 试验台

### 1 国内外电动转向发展概况

国外 20 世纪 80 年代以来在汽车上大力发展电动转向 (EPS)，已经取得相当大的成果，在轻微型轿车、厢式车上得到广泛的应用，并且每年以 300 万台的速度发展。随着 2000 年昌河汽车之北斗星厢式车安装电动转向器，掀开我国汽车转向器历史上新的一页。由于它在转向方面明显的优越性，很受广大客户欢迎。最初组装的 200 台电动转向试销车很快被抢购一空。这几年正逐年增加安装电动转向汽车的产量，今年将达到三万六千台。正是由于北斗星汽车在国内首装电动转向，带动了国内电动转向开发热。到现在已有 10 家大专院校和 10 家国营和民营企业立项或独自开发该产品，预计我国每年会以 10~20 万台速度发展。正是由于各方面电动转向研究的大量投入，该产品已接近成功，已有一部分产品开始装车调试。在汽车电动转向产品的开发中充分体现了我国市场经济竞争的特点，一些大专院校和企业相结合，国营、民营企业齐上阵，这种各方面竞争的结果加快了开发的进度。

电动转向所以称之为“精确转向”，就是在汽车转向过程中，该转向器根据不同车速、方向盘转动的快慢，准确的提供各种行驶路况下的最佳转向助力，这是在计算机 (ECU) 控制下实现的。电动转向器是在计算机控制下实施对电机电流大小的变化控制，实现不同的转向助力。所以它能精确的实现人们预先设置在不同车速、不同转弯角度所需要的转向助力。

电动转向的发展主要是针对解决纯液压助力转向的最大难题，高速行驶时方向盘发飘，这是汽车操纵稳定性的一大课题。液压助力转向虽然解决了汽车转向轻便性问题，但高速行驶时方向盘太轻，就造成了驾驶员发飘的感觉。新型转向油泵虽然可以作到高速转向时油泵流量可以下降，但高速行驶时并不保证发动机驱动

下的油泵亦处于高速转动工况。因此不能彻底解决汽车高速行驶发飘的问题。电动转向系统可通过控制助力电机，降低高速行驶时转向助力，增大转向手力，解决高速发飘问题，而且成本相对较低。但由于电机的功率、扭矩及尺寸的限制，故多用于轻微型轿车和厢式车。随着新的电动转向结构研发，未来将逐步推广到中高级轿车和卡车上。由于目前已有装电动转向器的市场，未来潜在的市场也较广大；该种转向器成本较低，必将受到汽车厂家的欢迎。

综合起来，电动转向的优点，有以下几方面：

- 提高了汽车操纵稳定性；
- 有较好的汽车转向轻便性；
- 有较好的汽车安全性；

- 降低了发动机功率损耗；
- 节省了油料；
- 减少了污染；
- 提高了转向系统低温工作性能。

电动转向器的分为四类：

- 轴助力式（电机和减速装置装在转向传动轴上）；
- 小齿轮助力式（电机和减速装置装在输入小齿轮一侧）；
- 另端小齿轮助力式（电机和减速装置装在输入小齿轮对称另一侧）；
- 齿条助力式（电机和减速装置套在齿条外侧）；

电动转向器主要包括以下五个部件：

——控制器（ECU）；

- 扭矩（角度）传感器；
- 直流电机（带电磁离合器）和减速装置；
  
- 转向传动轴；
- 机械转向器。

目前，我们应在大力提倡电动转向器的开发和研究的同时，尽快统一我国的电动转向标准，尽快开发标准试验设备。特别应在开发和研究阶段加强技术和信息交流，共同提高我国电动转向的技术水平。

## 2 汽车电动转向力模型探讨

汽车电动转向基本原理是方向盘的转动经扭矩传感器给控制器一个扭矩信号（也可以认为是角度信号或转动速度信号，这些都是可以通过计算机处理出来的）。通过车速传感器给控制器一个车速信号，控制器则根据此二信号根据预先设定的力模型对直流电机及电磁离合器实施控制。通过控制改变电机电流的大小，从而改变输出力矩。该输出力矩通过减速机构放大后直接作用于转向器输入轴，对操纵手力起助力作用。

汽车电动转向器动作原理框图如下：

采用电磁离合器对汽车电动转向器的工作更有利，电动转向器工作时吸合，在出现了故障时电磁离合器自动脱开，一方面对直流电机起保护作用，一方面不影响机械转向器正常工作。

汽车电动转向的关键在于控制器（ECU）控制程序的设计，而 ECU 控制程序应该按什么力模型来设计，这是我们要研究的。按车速调整助力一般有两种方式，我们认为全程调速比半程调速优越性更大，更有利于对转向全过程进行控制。

根据研究动力转向多年的经验，我们提出电动转向手力 **B** 氏模型。该模型遵循汽车转向原理和要求操纵稳定性，随方向盘转动手力变化和在不同车速时有以下规律：

- （1）随方向盘转角增大，电动电流（扭矩）按一定规律增大（见图 1）；
- （2）随方向盘转动速度增大，电机转速增加；

(3) 随方向盘转动方向不同，电机转动方向不同，换向时不得出现滞后现象。

随汽车车速增大，电机电流（扭矩）按一定规律减小（见图 2）

图 1 转向手力特性 图 2 速度特性性 图 1 就是我们设计的电动转向器任意车速时的手力特性。该特性是否合理就是看其形状是否利于驾驶员操纵。根据动力转向设计的经验知道，在等刚度载荷作用下，在较小角度转向时，此时地面转向阻力较小，助力应增加的较缓；在较大角度转向时，此时地面转向阻力较大，助力应增加的快一些，因此它仍然应是两个 2 次曲线的组合圆滑曲线，中间应有一段自由间隙。

图 2 就是我们设计的电动转向装置转向手力按速度变化的特性。该特性设计的是否合理就是看能不能在低速时转向轻便，在高速时应当加大转向手力，从而解决高速时操纵稳定性问题。曲线形状应为在 40"50km/h 以下车速时，助力均应较大，可有较小的下降；而在 70"80km/h 以上车速时，助力应较小，且有较小的下降。在中间车速过渡段应有一个圆滑双曲线的过渡，保证驾驶员全过程操纵平滑。其下降助力比应为 100:30，在高速时仍应保持 30%助力。

转向力特性和速度特性相结合应该是如图 3 所示的曲线图。它显示的就是我们提出的电动转向器的 B 氏模型。

图 3 B 氏模型  $x$  轴为扭矩座标， $y$  轴为车速座标， $z$  轴为负载座标。在每一个车速上都有一个转向特性，该模型就是不同车速下无数转向力特性组合成的。对于轿车低速时转向手力矩应控制在 5Nm 以内，而在高速时转向手力矩应控制在 7"8Nm 左右。这是一个比较合理的力模。

### 3 电动转向系统设计重点

#### 3.1 在控制器的设计中要保证对电机实现如下控制

- (1) 电机的随动性能。方向盘在包括中间位置在内的任意位置停止转动，电机能迅速停止转动。
- (2) 电机的中位控制。电机在方向盘中位进行阻尼控制，以保证中间位置路感。
- (3) 电机的惯性控制。电机在启动、换向或停止转动时应进行惯性控制或惯性补偿。
- (4) 电机的回正控制。保证电机在完成转向动作后迅速回正到中位。

### 3.2 电动转向系统设计重点

电动转向系统的设计可以有多种方案，关键要保证以下几点：

- (1) 系统的稳定与安全性控制。在受到地面冲击或外界横向力（如侧风）作用时产生反向力矩，保持方向稳定和恢复正常行驶。
- (2) 无故障保证设计。提高元器件安全系数，各部件必须经过严格出厂检测，实现误操作保护设计保护性电路设计，个别系统中个别部位电压、电流和温度保护。

(3) 失效保护设计。防止单个元件损坏影响其它元器件正常工作（采用各种保护电路），EC 失效后，可恢复机械转向器直接工作。

(4) 采用故障代码显示故障状况。

- 代码 1 系统正常
- 代码 2 扭矩传感器系统异常
- 代码 3 车速传感器信号系统异常
- 代码 4 电子控制器（ECU）工作异常
- 代码 5 电磁离合器异常
- 代码 6 电动机异常
- 代码 7 线路异常
- 代码 8 电源异常（蓄电池电压不足）

#### 4 汽车电动转向产品标准

我们已制定出我国第一个电动转向装置的标准“汽车电动转向装置技术条件与试验方法”。

关于其中产品部分技术条件说明如下：

由于电动转向目前有四种结构，因此标准主要针对安装电机和减速装置的部位进行检测。不同的电动转向装置试验总成和加载方式都是不一样的。如轴助力式电动转向检测的部位主要是带电机和减速装置的传动轴，而其它结构的电动转向主要检测的对象就是带电动机和减速装置的转向器本身了。因此称为汽车电动转向装置产品标准最为适宜。

该标准参考了汽车转向器总成的技术条件和台架试验方法，汽车传动轴总成性能及试验方法，汽车电气设备基本技术条件，电工电子产品基本环境试验规程和关于保护车载接收机的无线电骚扰特性的限制和测量方法。

该标准分为二个部份：技术条件与台架试验方法。

##### 4.1 技术条件规定了如下技术要求

###### 4.1.1 性能试验测试项目

###### (1) 功能试验

用手转动电动转向器在高、中、低车速下感觉在全行程内转动的平顺性。

#### (2) 负荷特性

测不同车速下左、右转向手力，与输出负荷的关系曲线，测出左右最大转向力矩值和对称度确定该曲线族是否符合设计要求。

#### (3) 电流特性

测不同车速下左右转向手力与电机电流的关系曲线，确定该曲线族是否符合设计要求。

#### (4) 反向冲击试验

反向冲击转向器输出端，检测电机在冲击下迅速反应制止方向盘转动，反向冲击时电流响应时间不超过 **10ms**，方向盘上不能产生大于 **3°** 的转动角度。

#### (5) 回正试验

在刚性面载下沉低速和高速行驶回正曲线，低速回正曲线应通过原点，高速回正曲线允许有残留角，该值在方向盘上残余不大于 **5°**。

#### (6) 噪声试验

进行标准噪声试验，被试总成应低于 **60dB**。

#### (7) 报警试验

对各元件及线路进行损坏测试，故障报警灯或故障代码显示灯应显示。

#### (8) 电磁骚扰特性

被试总成应作电磁兼容试验，分别测量电动转向器电机及电磁离合器工作时发出的电磁波和防外界电磁波对电子控制器的干扰，都不能超过限值。

### 4.1.2 可靠性试验测试项目

#### (1) 老化试验

类似 **30** 分钟机械启合试验，主要是使新电器元件工作稳定，确保正常运转。

#### (2) 寿命试验

经过 **10×10<sup>6</sup>** 换向操作，(可类比 **30** 万公里汽车行驶) 产品应正常工作。



### (3) 强制转向试验

反复通电源和切断电源分别找反复循环工作，检验强制转向情况。

### (4) 高温试验

保证在  $(65\pm 2)$  °C 温度下放 2 小时后工作正常

### (5) 低温试验

保证在  $(-40\pm 3)$  °C 温度下放 2 小时后工作正常

### (6) 盐雾试验

保证在盐雾箱中，按 GB/T2423.17 盐雾试验方法试验持续 16 小时后工作正常。

### (7) 试验分型式试验和出厂试验两种

#### 1) 型式试验

包括以上全部试验，被试总成不少于 3 台，分别进行全项目测试。

#### 2) 出厂试验

进行性能试验前 7 项试验和可靠性试验第 1 项老化试验。

## 5 电动转向试验台

我们研制的电动转向自动试验台采用的是模拟地面转向阻力等幅加载机构。设定地面转向阻力为线性变化。在此前提下，我们设计了平台式仿转向器实际安装布置的试验结构。包括转向传动轴在内和机械转向器一起安装在平台上，驱动装置是通过步进电机和减速装置、电磁离合器、驱动转向轴，外装编码器，可对角度进行测量。该减速装置既可机动亦可手动。

其加载机构为单弹簧装置，弹簧为圆柱弹簧，因此是一个等载荷加载机构，在转向传动轴与驱动装置之间装有扭矩传感器，在机械转向器输出齿条端与加载装置间装有负荷传感器，可对转向手力、输出负荷进行测量（见图 4）。

图 4 电动转向自动试验台 该试验台可以对功能试验、负载特性、电流特性、反向冲击试验、回正试验、噪声试验、报警试验等项目进行试验。由于试验台大部分试验项目都是可以自动操作、自动采取数据，所以可称之为电动转向自动试验台。同时该试验台还可以进行老化试验、寿命试验、强制转向试验，配上烘箱、冷冻箱、盐雾箱还可以作高低温试验和盐雾试验。

经我们对日本×××样机作的测试，已取得较理想的测试结果。所以可以说该试验台完全可以对国产电动转向器产品进行测试。