

# 电动转向

## 一、液控型电子控制动力转向系统

### 1. 流量控制式电子控制动力转向系统

流量控制式电子控制动力转向系统通过调节车速传感器为动力转向装置供应压力油，改变压力油的输入、输出流量，从而控制操纵力。这种控制操纵力的方法的优点是在原来液压动力转向基础上增加了压力油流量控制功能（即增加了一个旁通控制阀）。如图 1 所示为流量控制式电子控制动力转向示意图。

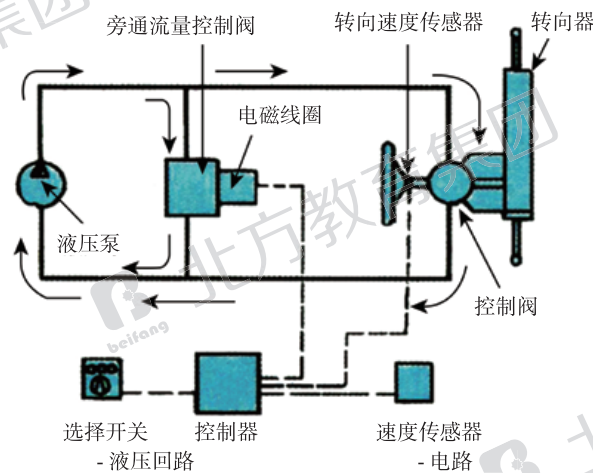


图 1 流量控制式电子控制动力转向系统

流量控制式电子控制动力转向系统由旁通流量控制阀、控制电路、车速传感器、转向盘角速度传感器、控制开关组成。在泵与转向器之间设有旁通道，在旁通道中又设有旁通流量控制阀，按照来自车速传感器和开关的信号，控制电路向旁通流量控制阀供应电流，控制旁通流量，从而调整向转向器供油的流量。当转向器供油流量减少时，转向器控制阀的灵敏度下降，转向操纵力增加。

如果系统中某一部分发生故障时，安全保险装置确保与一般动力转向装置或手动转向装置同等地转向操纵特性。如图 2 所示，在旁通流量控制阀内装有主滑阀和稳压滑阀，它们在主滑阀前端与电磁线圈的柱塞相连，由调节螺钉调节旁通流量。主滑阀与电磁线圈的推力成正比改变前端主孔的开口面积。稳压滑阀用于防止由于作用在动力转向装置的负荷变动而引起主孔前后压差变动，以经常保持一定压差。由此能随主孔开口面积变化控制旁通流量。当主孔前后压差偏离设定值时，即从左侧作用于稳压滑阀的挤压力  $F_1$  与从右侧来的挤压力  $F_2$  不平衡时，则稳定滑阀一直移动到规定的压力差为止，以调整向主滑阀供应的流量。规定旁通流量由主滑阀的开口面积决定，当主滑阀全开时，旁通流量为零，高速时则全关闭，以最大控制旁通流量。

流量控制式电子控制动力转向系统结构简单，但当流向动力转向机构的液压油降低到极限值时，转向控制部件的刚度下降到接近转向刚度：所以在低供给区域内对于快速转向会产生压力油不足。由于响应性降低，必须在折中范围内设定操纵力的变化特性，从而减少了操纵力选择的自由度。

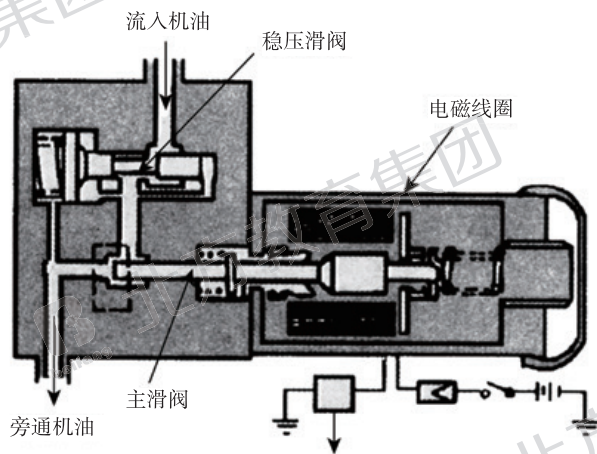


图2 旁通流量控制阀结构示意图

## 2. 反力控制式电子控制动力转向系统

反力控制式电子控制动力转向系统利用车速传感器、反力控制室油压、改变压力油输入、输出的增益幅度以控制转向操纵力。图3为反力控制式电子控制动力转向系统示意图。

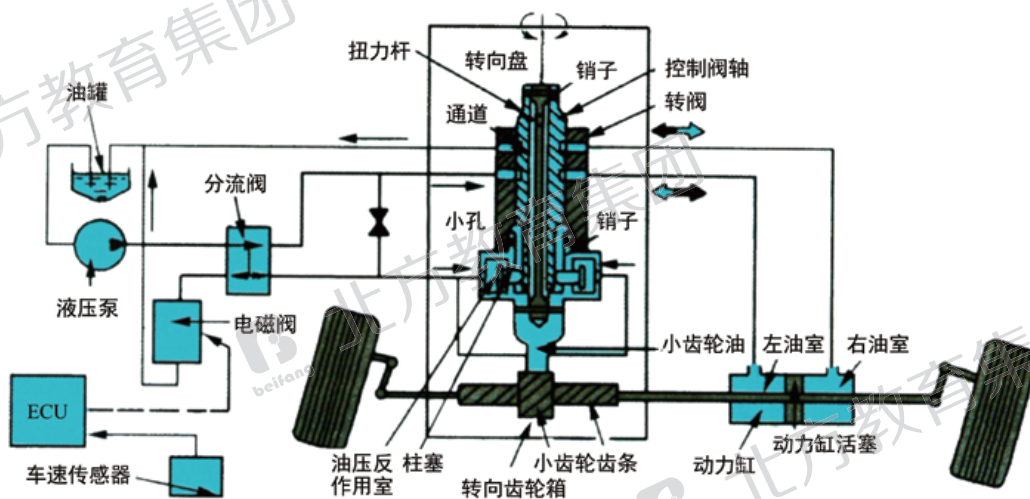


图3 反力控制式电子控制动力转向系统示意图

由图3可知，扭力杆的上部与控制阀轴连接，下部与小齿轮轴通过销子相连。扭力杆上部由销子与转阀连接，转向盘则与控制阀轴和转向轴相连。所以，转向盘的操纵力通过扭力杆及控制阀轴的作用被传向小齿轮轴。当扭力杆发出扭力时，转阀便绕控制轴作相对旋转，并改变与各个通道口的连通状态，以便控制动力缸油液流量并切换向动力缸左室和右室的油路。当高压作用于油压反作用室时，柱塞强制压住控制阀轴，这时，在扭力杆上即使发生扭力，柱塞压力作用也会限制控制阀轴与转阀之间的相对旋转。分流阀的作用是把来自转向油泵的压力油向转阀一侧和电磁阀一侧进行分流。根据车速与转向要求，改变转阀一侧与电磁阀一侧的油压，以确保向电磁阀一侧供应稳定的压力油。电磁阀的节流面积随通电电流的占空比而变化。当线圈电流大时，滑阀被吸引，阀的节流面积增大，油罐排出的油量增加。

当车辆低速行驶时，由于电磁线圈的通电电流大，利用分流阀进行分流的压力油通过电磁阀重新回流到油罐中。所以，作用于柱塞的背压（油压反作用室压力）降低，于是柱塞推动控制阀轴的力变小，利用转向盘操纵力增大扭力杆扭力。转阀被固定在小齿轮轴上，控制阀按照扭力杆的扭转角作相对旋转，连接两个阀的通道口，使转向油泵油压作用于动力缸的右室（或左室），动力活塞向左（向右）移动，从而增加了转向操纵力。

在汽车中高速行驶时，直线行驶转向角小，扭力杆的相对扭力也比较小，转阀与控制阀的连通

通道的开度响应减小，转阀一侧的油压升高。由于分流阀的作用，电磁阀一侧的油量增加。随车速增加，线圈电流变小，电磁阀的节流开度随之变小。而作用在油压反作用室的反压力增加，柱塞推开控制阀轴压力也变大，增加了驾驶员手的操纵力，具有良好的转向手感。

在汽车中高速行驶时，即从有油压反力的中高速直线行驶状态转向时，扭力杆扭转角变小，转阀与控制阀的连通口开度减小，在转阀一侧的油压进一步升高，于是，压力油从固定孔向油压反作用室供应，从分流阀向油压反作用室供应的压力油与从固定孔流出的压力油一起增加对柱塞的推压力，使转向操纵力随转向角线性增加，所以在高速时能获得稳定转向手感。

## 二、电动型电子控制动力转向系统

电动型电子控制动力转向系统是以电动机作为动力源，根据转向参数、车速信号、由电脑完成助力的转向控制。

### 1. 电动式 EPS 的特点

电动型 EPS 与液力型相比，具有如下特点：

#### (1) 助力性能好

能在各种行驶工况下提供最佳助力，减少由路面不平引起的对转向系统的扰动，改善汽车的转向特性，减轻汽车低速行驶时的转向操纵力，提高汽车高速行驶时的转向稳定性，进而提高汽车的主动安全性；并且可通过设置不同的转向特性来满足不同对象的需要。

#### (2) 效率高

电动式 EPS 为机械与电动机直接连接，效率高，有的可高达 90% 以上。

#### (3) 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%。对于液力式 EPS，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%；而电力式 EPS 仅在需要时功能，使汽车中的燃油消耗率紧增加 0.5% 左右。

### 2. 电动式 EPS 的类型

根据电机不同的安装位置，电动式 EPS 可分为转向轴助力式、齿轮助力式、和齿条助力式三种。

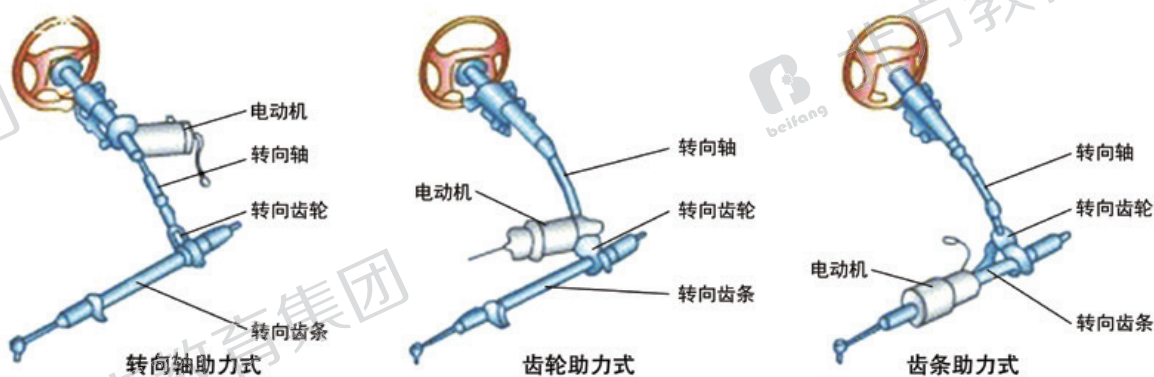


图 4 旁通流量控制阀结构示意图

转向轴助力式 EPS 是将电机安装在方向管柱上，通过减速机械与转向轴相连。其特点是结构紧凑，所获得的转矩信号与转向盘转矩在同一直线上，因此控制直流电机助力的响应性较好，但对电机的噪声和振动要求较高。这种类型一般在微型轿车上使用。

齿轮助力式 ESP 的转矩传感器、电机、离合器和转向助力机构仍为一体，只是整体安装在转向小齿轮处，直接给小齿轮助力，可获得较大的转向力。该形式可使各部件布置更方便，但当转向盘与转向器之间装有万向转向传动装置时，转矩信号的取得与助力车轮部分不在同一直线上，其助力特征难以保证准确。

齿条助力式 EPS 的转矩传感器单独安装在小齿轮处，电机与转向助力机构一起安装在小齿轮另一端的齿条处，用以给齿条助力。齿条助力式 EPS 又根据减速传动机构的不同分为两种：一种是电机做

成中空的，齿条从中穿过，电机的动力经一对斜齿和螺杆螺母两级传动副以及与螺母制成一体的铰接块传给齿条。这种结构是第一代电动助力转向系统，由于电机位于齿条壳体内，结构复杂，价格高，维修也困难。也有的是将电机与齿条平行放置，称为轴旁式。由于易于制造和维修，成本低，在一般汽车上已取代了第一代产品。同时齿条由电机带动一对齿轮副和求螺母驱动，所以轴旁式可以给系统较大的助力，主要用于转向轴负荷较大的汽车。另一种是电机与齿条的壳体相互独立，电机动力经另一小发条传给齿条，又称为双齿轮式。

### 3. 电动式 EPS 的组成

以齿条助力式 EPS 为例，电动式 EPS 由车速传感器、方向盘转角传感器、转向力矩传感器、电机、故障警报灯、控制单元、转向小齿轮、驱动小齿轮及其他转向机械机构组成，如图 5 所示。

#### (1) 方向盘转角传感器

方向盘转角传感器安装在方向盘下方，如图 6 所示，由光源、编码盘、光学传感器及整圈计数器组成。

光源和光学传感器固定在方向盘传感器基板上，编码盘算方向盘转动。编码盘有两个光栅，一个为不规则间隙光栅，另一个为相等间隙的光栅，它们分别对应两个传感器。控制模块通过比较两个传感器的信号计算方向盘转动的方向及移动的角度，并由圈数计数器计算转动的圈数。

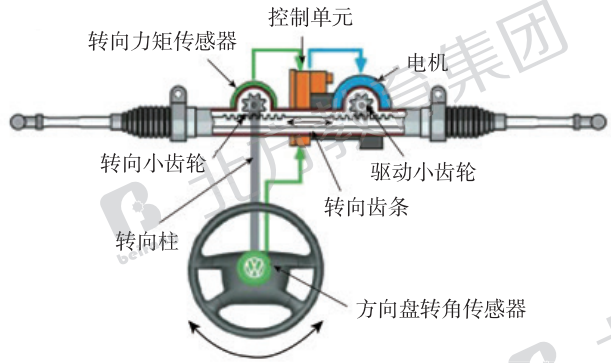


图 5

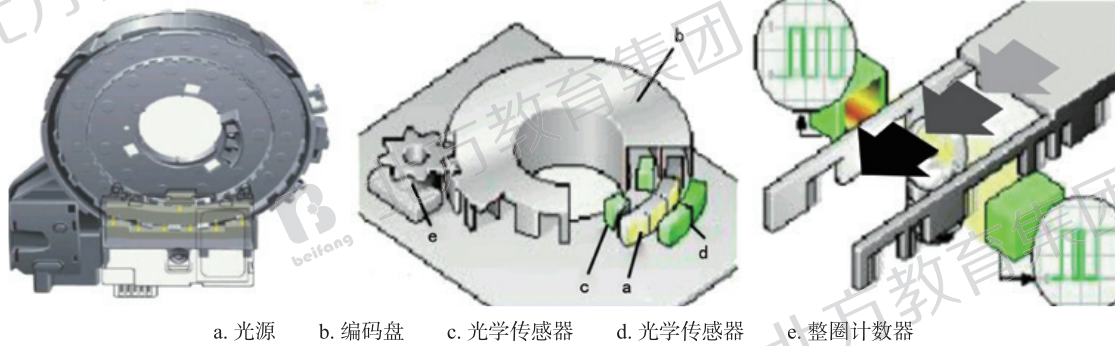


图 6 方向盘转角传感器

#### (2) 转向力矩传感器

转向力矩传感器安装转向柱与转向小齿轮之间，如图 7 所示，由转向柱连接块、转向小齿轮连接块、扭转杆、磁性转子、磁阻传感元件组成。

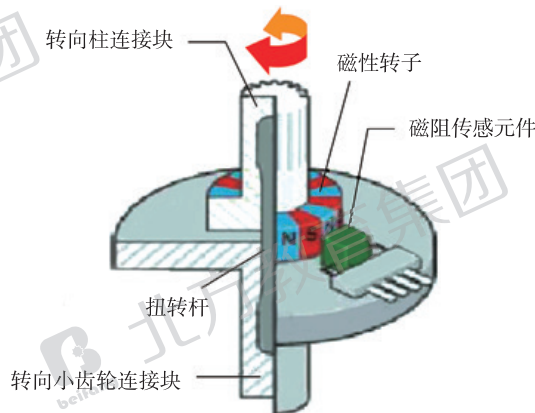


图 7 转向力矩传感器

转向力矩传感器的磁性转子与转向柱连接块安装在一起，磁阻传感器与转向小齿轮连接块连接在一起，扭转杆连接转向柱连接块和转向小齿轮连接块。

当转动方向盘，转向柱连接块和转向小齿轮连接块连接块产生相对位移，即磁性转子和磁阻传感器产生位移。此位移量通过磁阻传感器测量，并将检测的结果传给控制单元，控制单元据此得知转向的力矩。

### (3) 伺服电机

伺服电机为异步无刷电机，如图 8 所示。由于其为无磁性材料的无刷结构，因此其具有无扭矩波动、低噪音、抗泥污、无额外摩擦、转速范围宽等特点。



图 8 伺服电机

### (4) 控制单元

控制单元与电机直接相连，出现损坏后整体更换，如图 9 所示。

在控制单元内部存储着与转向力、发动机转速、车速、方向盘转角、方向盘转速等信息对应的助力力矩特征曲线图。

控制电源内部有一个温度传感器，当温度超过 100℃ 和衰减值低于 60% 时，故障警报灯点亮。

## 4. 电动式 EPS 的工作过程

当司机用力旋转方向盘时助力转向系统开始工作，作用在方向盘上的力引起了转向小齿轮上的扭转杆旋转，转向力矩传感器将转向力信息传给控制单元，方向盘转角传感器将正确的方向盘转动角度和转动速度传给控制单元。

根据转向力、发动机转速、车速、方向盘转角、方向盘转速以及存储在控制单元中的特征曲线图，控制单元据此计算出必要的助力力矩并控制电机开始工作。电机驱动第二小齿轮（驱动小齿轮）提供能量产生转向助力，电机式通过一个蠕动齿轮驱动小齿轮，从而驱动转向齿条产生助力。转向力矩和施加在方向盘上的力矩的总和是最终驱动转向齿条上的有效力矩。

当车辆静止时，应保证驾驶员可以迅速的转动方向。作用在方向盘上的力引起了转向小齿轮的扭转杆旋转，转向力矩传感器将转向力信息传给控制单元，指示出一个大的转向力施加在方向盘上。同时方向盘转角传感器将正确的方向盘转动角度和转动速度传给控制单元。根据转向力、发动机转速、车速为零、方向盘转角、方向盘转速以及存储在控制单元中的车速  $v=0$  的特征曲线图，控制单元据此计算出需要一个大的助力力矩并控制电机开始工作。

这样，在静止状态下，由电机驱动的第二小齿轮（驱动小齿轮）提供能量产生大的转向助力，驱动转向齿条。施加在方向盘上的力矩和大的助力力矩的总和是车辆在静止工况下最终驱动转向齿条上的有效力矩。

当车辆城市工况下行驶时，驾驶员转动方向盘。作用在方向盘上的力引起了转向小齿轮的扭转杆旋转，转向力矩传感器将转向力信息传给控制单元，指示出一个中等的转向力施加在方向盘上。同时



图 9 控制单元

方向盘转角传感器将正确的方向盘转动角度和转动速度传给控制单元。根据转向力、发动机转速、车速、方向盘转角、方向盘转速以及存储在控制单元中的相应车速的特征曲线图，控制单元据此计算出需要一个中等的助力力矩并控制电机开始工作。这样，在静止状态下，由电机驱动的第二个小齿轮（驱动小齿轮）提供能量产生中等的转向助力，驱动转向齿条。施加在方向盘上的力矩和中等的助力力矩的总和是车辆在静止工况下最终驱动转向齿条上的有效力矩。

当车辆在高速公路上变换车道时，驾驶员用轻微的力转动方向盘。作用在方向盘上的力引起了转向小齿轮的扭转杆旋转，转向力矩传感器将转向力信息传给控制单元，指示出一个小的转向力施加在方向盘上。同时方向盘转角传感器将正确的方向盘转动角度和转动速度传给控制单元。根据转向力、发动机转速、车速、方向盘转角、方向盘转速以及存储在控制单元中的相应车速的特征曲线图，控制单元据此计算出需要一个小的助力力矩并控制电机开始工作。这样，在静止状态下，由电机驱动的第二个小齿轮（驱动小齿轮）提供能量产生小的转向助力，驱动转向齿条。施加在方向盘上的力矩和中等的助力力矩的总和是车辆在静止工况下最终驱动转向齿条上的有效力矩。

当方向盘需要回正时，驾驶员减少了施加在方向盘上的力，扭转杆上扭转力也相应减少，转向角度和转向速度都相应减少，一个精确的回转速度也相应的计算出来，将其和转向角度和速度进行比较，其结果就是需要的回正力。作用在方向盘上的转向回正是由整个运动装置设计的结果，转向回正力经常很微弱，因为转向系统级悬挂系统的摩擦力就可以使车轮回到中心位置。根据转向力、发动机转速、车速、方向盘转角、方向盘转速以及存储在控制单元中的相应车速的特征曲线图，控制单元评估出电机需要的必要的回正力。电机工作促使车轮回到直线向前行驶的方向，回到中心位置。

当车辆直线行驶时，如果车辆受到持续的侧向力时，如侧向风，驾驶员给方向盘一个力使车辆保持直线行驶状态。根据转向力、发动机转速、车速、方向盘转角、方向盘转速以及存储在控制单元中的相应车速的特征曲线图，控制单元评估出要保持直线行驶状态电机需要提供的必要力。电机工作，车辆回到直线行驶状态，驾驶员不需要再用力保持方向盘了。