

奥迪A7电动机械式转向系统剖析

◆文/广东 黄关山

奥迪A7 Sportback是奥迪车系中的全新车型,其车身长度接近5m,车身尺寸介于A8与A6之间,是一款大中型房车。奥迪A7 Sportback搭载两款动力系统,分别是V6 3.0L TFSI机械增压发动机和2.8L自然进气发动机。

奥迪A7 Sportback转向系统的创新主要在于其采用了电动机械式转向系统。转向柱在基本装备工况下是机械可调的,电动调节转向柱属于选装装备。在标准配置中,车辆采用

四辐式多功能方向盘,而选装装备则可采用多种不同型号的三辐式多功能运动方向盘。

奥迪A7 Sportback使用的是新一代电动机械式转向系统,该系统各部件结构如图1所示,部件位置如图2所示。该电动机械式转向系统的转向助力是通过一个与齿条同心的电机来实现的。之所以选用这种结构是因为它占用空间小、效率高,齿条、电机和传动机构之间是通过滚珠丝杠驱动的。电子控制单元和相关传感器集成在一个

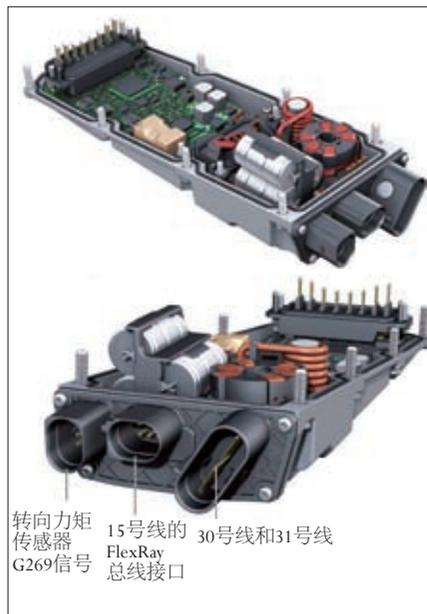


图3 转向助力控制单元J500的结构

小巧的结构单元内,因此,这套系统的质量只有大约16kg。因为采用电动机械的方式来产生转向助力,所以燃油消耗量最多可降低0.3L/100km,另外,系统可以按实际需要改变助力的大小。



图1 新一代电动机械式转向系统各部件的结构

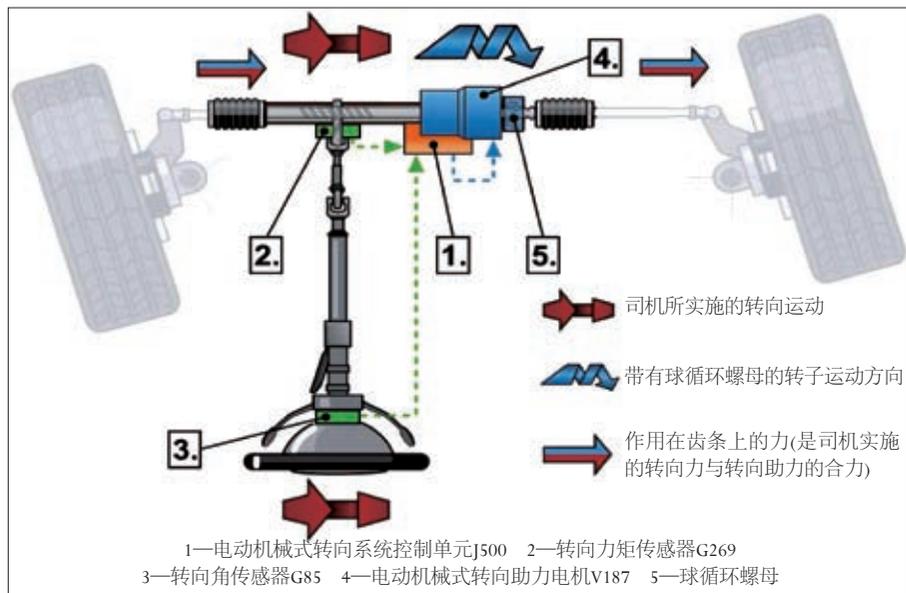


图2 电动机械式转向系统的组成

一、系统部件结构及功能

1. 转向助力控制单元J500

转向助力控制单元J500(见图3)根据转子位置和转向力矩确定出相电压的状态模型,根据该模型设定相电流,让电机产生扭矩,扭矩的大小取决于电流强度的大小。这些匹配关系存储在控制单元内的,该控制单元内还集成有用于激活电机的末级功放,并通过FlexRay数据总线进行通讯。转向助力控制单元J500外部有三个插头,用于连接各个触点,内部接口是电机和电机位置传感器。

2. 电动机机械式助力转向电机V187

电动机机械式助力转向电机V187(见图4)用于产生转向助力所需要的力矩,其电机是永久励磁式三相交流同步电机,该结构电机的优点在于体积小、功率大。



图4 电动机机械式助力转向电机V187结构图

(1)转向电机V187的结构

由于采用永久励磁式三相交流同步电机,所以省去了用于将励磁电流送往转子的滑环。控制单元会计算出所需要的相电压,并通过末级功放接通定子线圈,定子由12个励磁线圈构成,每4个励磁线圈串联在一起,接通正弦曲线的电流。三股电流彼此间的相位是错开的,并产生三个磁场,这三个磁场合在一起又产生一个旋转磁场,因此转子才会同步转动。转子带有10个永久磁铁,这些磁铁的南、北极是交互布置的,转子放在齿条上,呈空心轴状。

(2)滚珠丝杠的工作原理

滚珠丝杠能够将电机的旋转运动转换成齿条的直线运动。滚珠丝杠的工作原理类似于螺栓螺母系统,其结构和原理如图5所示。螺距变成了沟道,螺栓(螺杆)和螺母(球循环螺母)之间的连接是通过沟道中的球来实现的。这些球的滚动就像轴承内的滚子元件一样,在一个封闭的循环回路中运动。要想实现这种运动,球循环螺母内要有一个循环通道,将球循环螺母的沟道“起点”和“终点”连接在一起。

随着球循环螺母的反向转动以及球滚动方向的逆转,螺杆的运动方向也会跟着改变。滚珠丝杠在将旋转运动转换成直线运动时,因为摩擦减小了(球与沟道是点接触的),所以,功率的消耗只有普通螺杆传动功率的三分之一。整个结构具有磨损小、定位精度高(安装间隙很小)的特点。

球循环螺母被纵向固定,如果转动,那么螺杆就会按箭头指示的方向做直线运动。为了减少这些球之间的接触,循环通道越短越好,因此,在球循环螺母内采用两条彼此

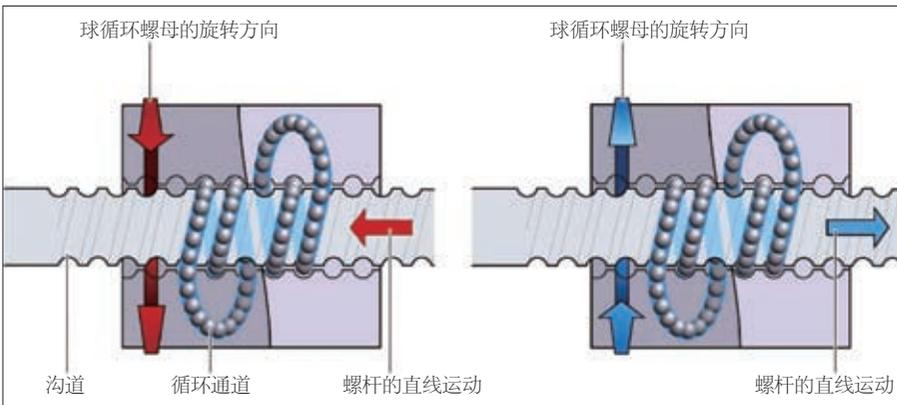


图5 滚珠丝杠的结构和原理图



图6 转向力矩传感器G269结构图

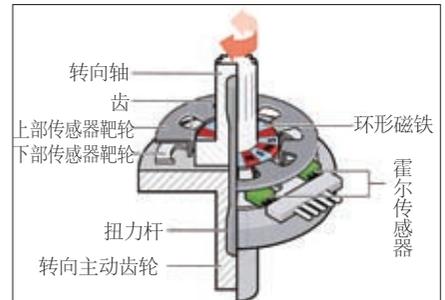


图7 转向力矩传感器G269的信号产生机理

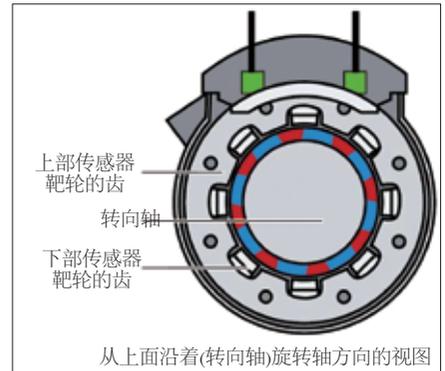


图8 没有转动方向盘时转向力矩传感器G269的转向判断示意图

分开的循环通道。

(3)滚珠丝杠在奥迪A7 Sportback上的应用

在奥迪A7 Sportback上,球循环螺母与转子空心轴是连在一起的,齿条的一端被设计成螺杆形。电机被启动时,转子空心轴连同球循环螺母开始转动,齿条也就开始直线运动了,其过程如图5所示。电机转动产生的力可为方向盘左转、右转提供助力。电机电流的大小决定转向助力力矩的大小。

3. 转向力矩传感器 G269

(1)转向力矩传感器G269的作用

在行车过程中,驾驶员通过转向力矩传感器G269(见图6)来确定其所施加的转向力矩的大小,从而得到其需要的转向助力力矩。转向主动齿轮与转向轴通过一个扭力杆连接,与带有转向阀的普通液压转向系统是一样的。如果司机转动方向盘,那么扭力杆和转向轴相对于转向主动齿轮的位置就发生了扭转,扭转程度取决于司机所施加的转动力矩的大小。转向力矩传感器G269可以测量出扭转程度。

(2)转向力矩传感器G269的信号产生原理

转向轴与带有8对极偶的环形磁铁、两

个传感器靶轮(各有8个齿)与转向主动齿轮都是刚性连接的。两个传感器靶轮的齿是错开分布的,从上面沿着旋转轴方向看,一个传感器靶轮的齿处在另一个传感器靶轮的齿隙中。在两个传感器靶轮中间是两个霍尔传感器,传感器与壳体是刚性连接的,传感器信号产生的原理如图7所示。

(3)转向力矩传感器G269的转向判断

如果没有转动方向盘,那么传感器靶轮与磁极的相对位置则位于每个传感器靶轮齿的南北极的正中间。所以,这两个传感器靶轮被磁力线穿过的方式是一样的,两个传感器靶轮之间没有磁场,两个霍尔传感器输出的信号也相同。图8为没有转动方向盘时,转向力矩传感器G269的转向判断。

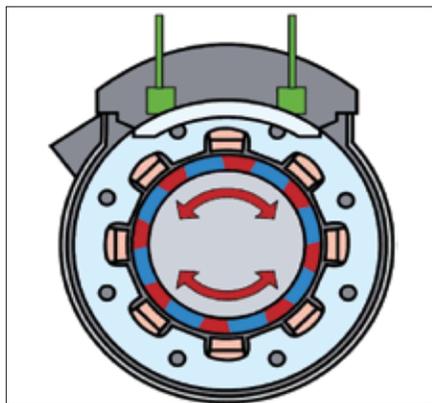


图9 转动方向盘时转向力矩传感器G269的转向判断

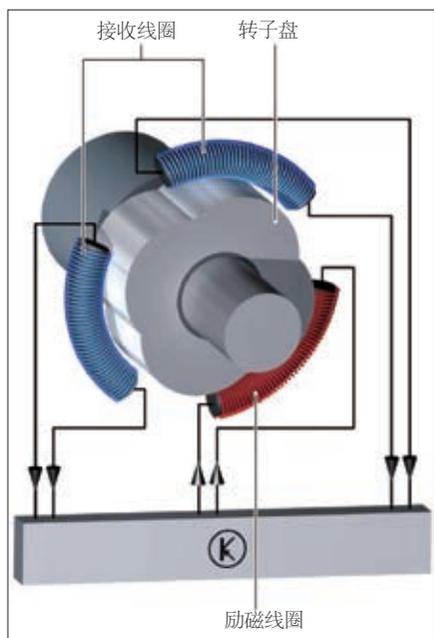


图10 转子位置传感器的工作原理示意图

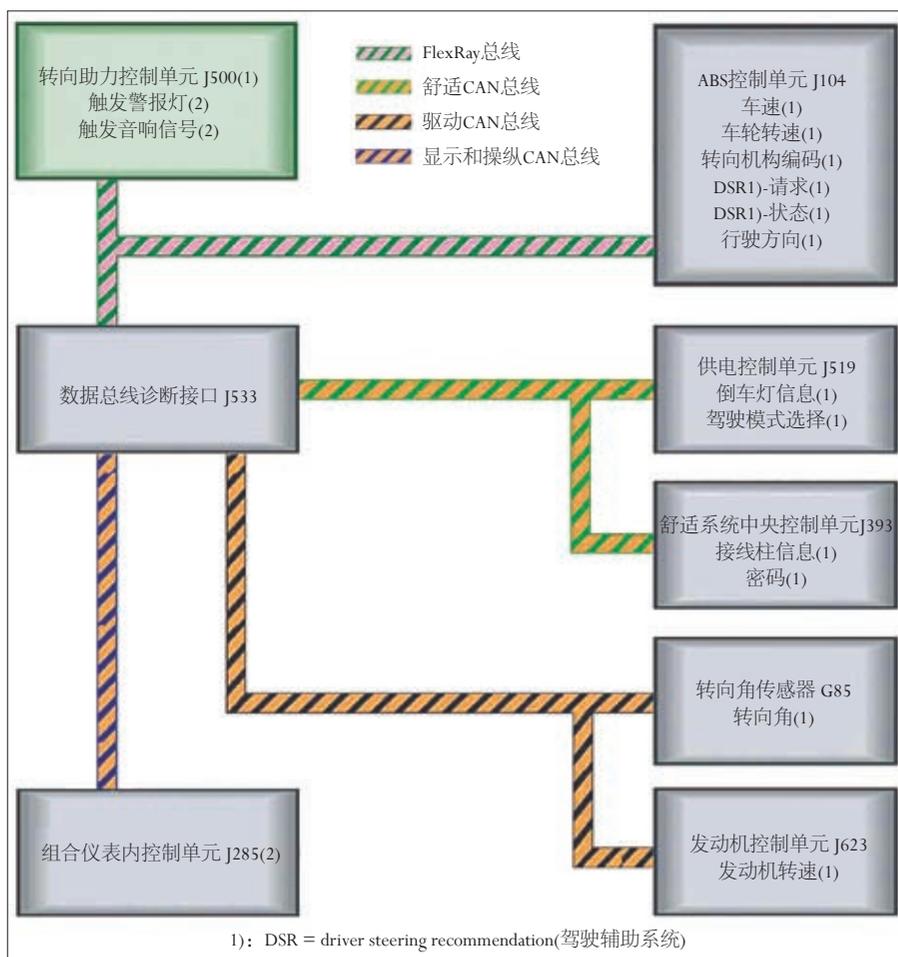


图11 数据交换图

转向运动使扭力杆发生扭动,因此也导致环形磁铁与传感器靶轮之间发生相对运动。环形磁铁的扭转使与传感器靶轮相对应的磁极位置也发生了变化,传感器靶轮上的齿会脱离北极和南极间正中的位置。根据方向盘转动的方向,一个传感器靶轮的齿更靠近北极一些,另一个传感器靶轮的齿更靠近南极一些,这就导致了磁路失调,相应的磁通量会被霍尔传感器检测到。图9为转动方向盘时转向力矩传感器G269的转向判断示意图。

4. 转子位置传感器

转子位置传感器用于探知转子的位置。传感器的控制单元必须知道转子的准确位置,以便计算出环绕的定子磁场所需要的相电压(电子传感器控制的整流)。转子位置传感器测得的相电压值也可以用于确定转向止点。为了出现避免硬的机械式止

点,通过电动机械式转向系统可以实现软的止点。

(1)转子位置传感器的结构

转子位置传感器的结构如图4所示,转子上有一个盘,是用透磁通的金属制成的。这个转子盘的形状像凸轮盘,该盘被一个固定在壳体上的电磁线圈环所包围,该电磁线圈环具有定子的作用。该电磁线圈环由三个单线圈构成,其中一个线圈具有励磁线圈的作用,另两个线圈作为接收线圈使用。

(2)转子位置传感器的工作原理

转子位置传感器的工作原理如图10所示。励磁线圈通入正弦曲线的励磁电压后,励磁线圈周围产生的交变磁场作用在转子盘上,转子盘将交变磁场的磁通引向接收线圈,接收线圈将感应到一个交变电压,该电压与转子盘的位置成一定的比例,与励磁电压存在相位差。

二、电动机械式转向系统的控制过程

1. 控制过程

(1)打开驾驶员车门后, FlexRay数据总线被唤醒, 控制单元之间开始通讯。控制单元J500开始初始化, 系统开始自检。

(2)接通点火开关(15号线接通), 组合仪表控制单元J285短时激活指示灯进行检查。如果确认系统无故障, 指示灯会在几秒钟后又熄灭。

(3)启动发动机(15号线接通), 如果发动机转速超过500r/min, 那么转向助力系统处于激活状态。如果扭杆未被方向盘上的作用力扭动(由转向力矩传感器G269来感知), 那么转向角传感器G85的信号就会自动与转子位置传感器的信号进行同步, 这两个测量值之间相互依赖的关系将作为特性曲线存储在控制单元J500中。随后, 在车辆行驶中, 转向助力系统通过分析转子位置传感器的信号来感知转向运动。该控制单元会考虑奥迪驾驶模式选择系统中相应的设置选择, 以便确定使用哪条助力转向特性曲线进行调节。

(4)在车辆行驶过程中, 转向助力的强度主要由转向力矩、转向角和车速来决定。电机的激活电流由控制单元计算, 定子绕组由未级功放通入相应的电流。电机通过滚珠丝杠作用到齿条上的力增大驾驶员施加在方向盘上的转向力。



图12 奥迪驾驶模式选择系统

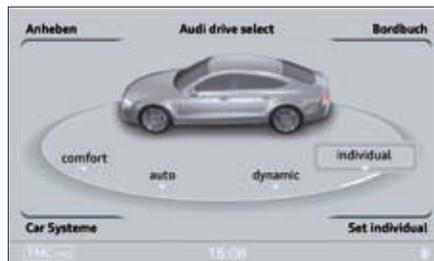


图13 中央显示屏上的文字信息

(5)如果在车辆行驶的过程中关闭发动机, 助力转向系统就会自动关闭。

2. 数据交换

图11是与电动机械式转向系统相关的信息, 这些信息由控制单元J500接收和发送, 每个信息后面的数字表示哪个控制单元需要使用该信息。

三、操纵和驾驶信息

与传统的转向系统相比, 电动机械式转向系统可以实现多种附加功能。在奥迪A7 Sportback上, 这些附加功能有标配的随速助力转向系统(servotronic)、驾驶辅助系统(driver steering recommendation)以及直线行驶校正。如果车上装有奥迪车道保持辅助系统, 那么该系统可有针对性地对方向盘施加转向助力, 以防止车辆无意离开车道。一般来说, 驾驶员可以在奥迪驾驶模式选择系统(见图12)中选用一种行驶模式, 这样也就选定了从舒适模式到运动模式的某种转向特性。状态信息由一个双色亮起的指示灯指示给驾驶员, 同时, 中央显示屏上还有文字信息(见图13)。

四、维修保养与故障诊断范围

奥迪A7 Sportback电动机械式转向系统各部件都有自诊断功能, 其自诊断功能如下。

1. 特殊的系统状态

(1)黄色指示灯亮起

黄色指示灯(见图14)在下述情况下会亮起: ①电动机械式转向系统没有进行止点位置的自适应, 在这种情况下, 故障存储器会记录下这个故障, 且助力转向功能会降至60%的水平, 中央显示屏上还会出现文字信息提醒驾驶员。在进行止点位置的自适应后, 黄色指示灯会自动熄灭, 故障存储器内的记录也会自动清除; ②在系统故障的情况下, 中央显示屏上会显示文字信息且故障存储器内会记录下这个故障。这时可以把车开到附近的服务站进行维修, 只是助力转向功能变弱了。

(2)红色指示灯亮起

红色指示灯(见图15)在下述情况下会



图14 黄色的转向系统指示灯



图15 红色的转向系统指示灯

亮起: ①15号线接通后, 会有一个内部系统检测过程。组合仪表内的控制单元J285会使该指示灯暂时亮起以检查其功能, 如果系统无故障, 几秒钟后该指示灯会再次熄灭; ②如果红色指示灯一直亮着, 说明系统有故障。在这种情况下, 中央显示屏上会显示文字信息且故障存储器会记下这个故障。这时车辆就不能继续行驶了, 因为, 助力转向功能已降至不足20%或者已经彻底失灵。

2. 拆装/更换系统元件及后续工作

电动机械式转向系统的部件是不能单独更换的(除了防尘套和转向横拉杆)。如果系统有故障, 则必须更换整个转向机构总成, 新控制单元在安装后要进行编码, 这个编码要在线进行。在车辆诊断仪上启动“给控制单元编码”功能后, 首先要下载数据包, 就是从中央数据库中将控制单元将要使用的必须的软件参数输入该控制单元中。随后的编码过程就是向控制单元输入有关车辆装备的信息。因为这个新控制单元尚未存储转向止点位置信息, 所以, 在编码结束后还要执行“转向止点自适应”这个功能。

(作者黄美山单位: 珠海理工职业技术学校)