

电动转向机异常

故障描述:

一辆行驶里程约 6.5 万 km, 配备 C7 电动转向机, 排量为 2.5L 的奥迪 A6L 轿车。客户反应: 该车在行驶中感觉转向变沉且没有助力, 同时仪表上红色方向盘指示灯报警并有转向系统故障, 提示请勿继续行驶的信息。

故障诊断:

- 1). 新奥迪 A6L 配备的 C7 与 C6 液压机械式助力转向系统完全不同, 它采用了电控机械助力转向系统, 该转向器的结构原理与奥迪 A7 Sportback 是一样的, 功能是通过一个与齿条同心的电机来实现转向助力。齿条、电机和传动机构是通过滚珠、丝杠来驱动的。电子控制单元和相关传感器都集成在转向机上, 转向机主要功能部件由转向力矩传感器 G269、电动机械式助力转向电机 V187 (带有转子位置传感器)、转子位置传感器、滚珠丝杠、转向助力控制单元 J500 等组成。
- 2). 转向力矩传感器 G269 的结构是八对极偶的环形磁铁与转向轴刚性连接, 两个传感器靶轮各有八个齿, 这两个传感器的靶轮齿是错开布置的。两个传感器靶轮的中间有两个霍尔传感器, 两个传感器与壳体是刚性连接的。转向机工作原理是如果没有转动方向盘, 每个传感器靶轮上的齿都在 N 极与 S 极的正中位置。因此这两个传感器靶轮被磁力线所穿过的方式是一样的, 两个靶轮之间没有磁场, 两个传感器输出信号也相同。如果发生转向运动会导致环形磁铁与传感器靶轮之间产生相对运动。环形磁铁的扭转使磁极位置相对于传感器靶轮发生了变化。传感器靶轮上的齿就会离开 N 极与 S 极的正中位置。根据方向盘的转向运动, 一个传感器靶轮上的齿按比例会靠近 N 极一些, 而另一个齿会靠近 S 极一些, 这就使得磁路发生失调, 产生的磁通量就被传感器测量到。转向机作用是驾驶员在任何时刻都可以获得转向助力, 依据驾驶员所施加的转向力矩的大小。G269 就是用来确定这个转向力矩大小的。
- 3). 电动机械式助力转向电机 V187 是用于产生转向助力所需力矩, 使用的是一个永久励磁式三相交流同步电机, 其优势是体积小、功率大。由于采用永久励磁式电机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的相电压, 并通过末级功放接通定子线圈。定子有 12 个励磁线圈组成, 每 4 个线圈串联在一起, 通上正弦曲线的电流, 三股电流彼此间的相位是错开形成三个磁场, 三个磁场合在一起又形成了一个旋转磁场, 于是转子就会产生同步转动。转子带有 10 个永久磁铁, 磁铁的 N 极和 S 极是交互布置的转子呈中心轴结构, 安装在齿条上。
- 4). 转子位置传感器是用于检测转子的位置。控制单元必须知道转子的位置, 以便计算出环绕定子磁场所需的相电压, 转子位置传感器的测量值也可以用于确定转向止点。为了避免硬的机械式转向止点, 通过电动式机械转向机构可

以实现软的止点。转子位置传感器结构为转子上有一个盘，使用透磁通的金属制成的。转子盘的形状像一个凸轮盘，该盘被一个固定在壳体上的电磁线圈环所包围，该电磁环线圈起着定子的作用。线圈有三个单线圈构成，其中一个线圈起着励磁作用，另两个作为接收线圈使用。转子盘的工作原理是励磁线圈通上正弦曲线的励磁电压，励磁线圈周围产生的交变磁场作用到转子盘上，转子盘将励磁线圈产生交变磁场的磁通引致接收线圈。于是接收线圈内就感应出了一个交变电压，该电压与转子盘的位置成一定比例，与励磁电压形成相位差。

- 5). 滚珠丝杠是将电机的旋转运动转换为齿条的直线运动，整个过程是由滚珠丝杠来完成的。滚珠丝杠类似于普通的螺栓螺母系统，螺距就变成了沟道，螺栓（齿条）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（通过电机转子）就像轴承内的滚子元件那样在一个封闭的循环回路里运动，想让循环螺母内有一个循环通道，必须要将循环螺母的起始点和终点连接在一块。随着球循环螺母的反向转动以及球滚动方向的逆转，螺杆（齿条）的运动方向也发生改变。球循环螺母固定在纵向，它如果转动螺杆就会按箭头方向做直线运动，为了限制这些球相互之间接触球的循环通道越短越好，因此在球循环螺母中采用了两条分开的循环通道。
- 6). 转向助力控制单元 J500 根据转子位置和转向力矩这些信息来确定相电压的状态模型。由此设定的相电流就会让电机产生出不同的扭矩，而扭矩大小取决于电流强度。这些匹配关系是储存在控制单元内的，该控制单元通过 FIexRay 数据总线来进行通讯的，控制单元内还集成有用于激活电机的末级功放。J500 外部有 3 个插接头，分别用于转向力矩传感器 G269 信号接口、15 号线和 FIexRay 总线接口、30 号线和 31 号线接口，内部分别接电机和电机位置传感器接口。J500 的工作原理是打开驾驶员侧车门，FIexRay 总线就被唤醒，控制单元之间开始通讯，J500 开始例行的初始化。接通点火开关组合仪表控制单元 J285 短暂激活指示灯进行检查，如果系统无故障，指示灯在几秒后熄灭。启动发动机如果发动机转速超过 500r/mIn，那么转向助力系统就处于激活状态。如果方向盘没有转动，那么转向角传感器（G85）的信号就会与转子位置传感器的信号同步。在车辆行驶中转向助力的强度主要是根据转向力矩、转向角和车速来确定的。电机通过滚珠丝杠上的力作用到齿条上会增大驾驶员施加在方向盘上的转向力。断开转向助力，车辆在行驶中如果关闭了发动机，那么当车速低于 7km/h 时转向助力就会自动关闭。
- 7). 案例中故障车辆的检修步骤为连接 VAS5052，读取故障码。由故障码可以判断出问题在转向助力控制单元上，同时马达位置传感器也集成在控制单元内。而此车上述部件都不可以单独更换，如果系统有故障则必须更换方向机。为了进一步确定问题，维修人员对控制单元线路做了检查。在 J500 上共有 3 个插头，1 为 J500 上的 G269 的插头，2 为 J500 上的车辆信号（FIexRay 总线和段子 15）插头，3 为供电电压连接（4 为 G269 的连接），均没有发现问题。尝试做端位匹配也不成功，只好更换转向机总成，更换后故障排除。

- 8). 维修人员更换转向机总成的步骤如下:
- A). 当新的转向机安装在车上以后必须对新的控制单元进行在线编码, 编码时必须运行程序, 将规定值与实际值比较(编码程序后台运行)。
 - B). 编码后要对 G85 进行校准, 校准方法是打开点火开关进入车辆自诊断, 选择地址码 16 转向柱电子设备, 点击访问授权输入登陆码“40168”, 选择基本设置 04 进入, 选择 01, 点击启动即可。
 - C). 进行端位匹配。启动发动机如果转向角还没有在 $\pm 360^\circ$ 的范围内, 必须将方向盘移动至该范围, 将方向盘移动至第一个机械止动位, 用大于 8Nm 的手动扭矩将方图 9 转向助力控制单元 J500 的 3 个插头; 向盘保持在全锁止位置至少 1~2s, 声音信号作为该端位正确匹配的标记。然后将方向盘转至另一个机械止动位同样以大于 8Nm 的扭矩将方向盘保持在全锁止位置至少, 1~2s, 声音信号作为该端位的正确匹配标记。朝中间位置移动方向盘, 同时故障指示灯熄灭, 故障码被清除。

维修总结:

现代轿车普遍采用电动助力转向系统。奥迪 A6L 轿车则采用了在转向齿条上集成电动机, 并且转向助力控制单元 J500 也直接与电动机相连。这使得控制单元 J500 与电动机间无需线束连接, 提高了电动助力转向系统的可靠性。本文作者全面介绍奥迪 A6L 轿车电动助力转向系统的工作原理, 对该系统的维修是有益的。电动助力转向系统的维修对故障诊断仪更为依赖。当仪表上红色的转向指示灯亮时, 首先读取故障码是对的, 而且也读得故障码“B200049 控制单元损坏”, 并且经检测不是控制单元线路故障。由于转向助力控制单元 J500 也与转向器为一体, 只好更换转向机总成。