

第 20 章 汽车转向系统

教学提示：汽车转向系统是改变汽车行驶方向的系统，对汽车的行驶安全至关重要，因此汽车转向系统的零件都称为保安件。本章主要介绍了机械转向系统、液压动力转向系统和电动助力动力转向系统的组成及工作原理等内容。

教学目标：要求学生掌握汽车转向基本特性、转向系统类型、组成及工作原理、液压式动力转向系统的组成与类型，了解电动助力转向系统和四轮转向系统的基本知识。

20.1 概 述

汽车在道路上行驶时，驾驶员根据道路情况和交通状况转动转向盘，使转向车轮偏转，改变汽车的行驶方向。用来改变或保持汽车行驶方向的机构称为汽车转向系统(steering system)。汽车转向系统的功能就是按照驾驶员的意愿控制汽车的行驶方向。汽车转向系统对汽车的行驶安全至关重要，因此汽车转向系统的零件都称为保安件。

若使汽车顺利并轻便转向，需要解决两个基本问题。一是汽车转向时，所有车轮需要绕着一个转向中心转动；二是必须通过某种方式增大驾驶员操纵转向盘的手力，从而有足够的的作用力使转向车轮偏转一定的角度，实现汽车转向。

20.1.1 汽车转向基本特性

若使汽车能顺利转向，各车轮不产生滑动，转向车轮须同向偏转，且所有车轮需要绕着一个转向中心转动，保证各车轮在转向过程中均为纯滚动。如图 20.1 所示，汽车四个车轮 A、B、C 和 D 转轴的延长线相交于一点 O，O 点即为车轮的转动中心，四个车轮的运动轨迹形成同心圆。这就是汽车转向基本特性。

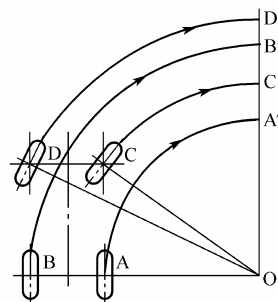


图 20.1 车轮的运动轨迹

当车轮转向机构的几何关系为平行四边形转向机构时，转向车轮的偏转角度相同(见图 20.2a)，四个车轮转轴延长线交汇点有两个，因而形成两个转动中心，转向车轮不能实现纯滚动，其转向过程异常。

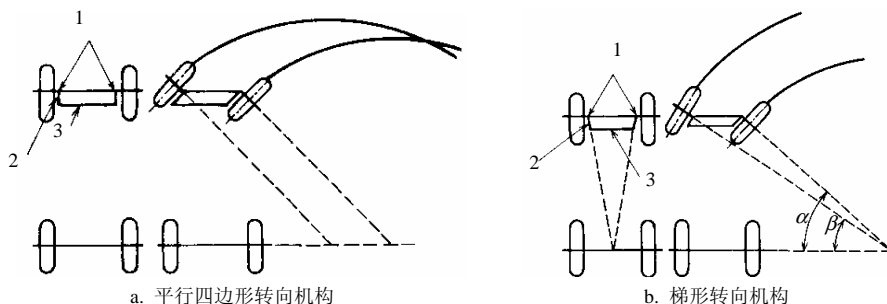


图 20.2 前轮的运动轨迹

1—转向主销 2—转向节臂 3—横拉杆

为满足汽车转向基本特性,运用阿克曼原理(ackerman principle),转向机构的几何关系呈梯形(见图 20.2b)。梯形转向机构由梯形臂和横拉杆组成。梯形转向机构使两侧转向车轮偏转时形成一个转向中心,即汽车的四个车轮均绕着一个点转动。此时内、外侧转向车轮偏转角度不相等,内侧车轮偏转角 α 比外侧车轮偏转角 β 大(见图 20.3)。在车轮为刚体的假设条件下,内、外侧转向车轮偏转角的理想关系式为:

$$\cot \beta = \cot \alpha + \frac{B}{L}$$

式中: B ——两侧主销轴线与地面交点之间的距离,也称为轮距;

L ——汽车轴距。

由转向中心 O 到外转向轮与地面接触的距离 R 称为汽车的转弯半径(Turning radius)。转弯半径越小,则汽车转向所需场地越小,其机动性越好。由图 20.4 可知,当前外转向轮偏转角达到最大值 β_{\max} 时,转弯半径 R 有最小值。在图示理想情况下,最小转弯半径 R_{\min} 与 β_{\max} 的关系为 $R_{\min} = \frac{L}{\sin \beta_{\max}}$ 。

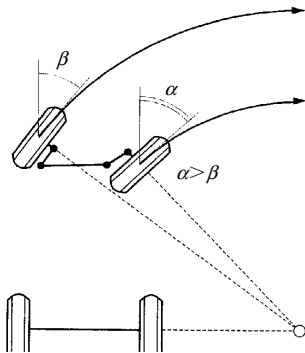


图 20.3 转向车轮偏转角的转角差

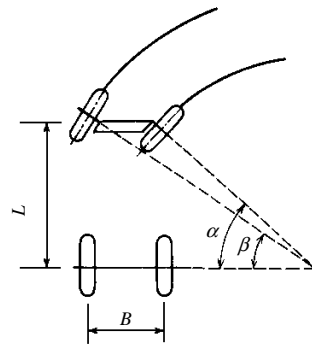


图 20.4 转向车轮偏转角的关系

20.1.2 转向系统类型、组成及工作原理

汽车转向系统分为两大类:机械转向系统和动力转向系统。完全靠驾驶员手力操纵的转向系统称为机械转向系统。借助动力来操纵的转向系统称为动力转向系统。动力转向系统又可分为液压动力转向系统和电动助力动力转向系统。

1. 机械转向系统(manual steering system)

机械转向系统主要由转向操纵机构、转向器和转向传动机构三部分组成(见图 20.5)。

转向操纵机构是驾驶员操纵转向器工作的机构,包括从转向盘到转向器输入端的零部件。

操纵汽车转向时,驾驶员对转向盘的操纵力是有限的,需要借助增力装置使转向车轮偏转。转向器就是把转向盘传来的转矩按一定传动比放大并输出的增力装置。

转向传动机构是把转向器的运动传给转向车轮的机构,包括从摇臂到转向车轮的零部件。

如图 20.5 所示,需要转向时,驾驶员对转向盘 1 施加转向力矩,该力矩通过转向轴 2 输入机械转向器 3。经转向器中的减速传动副将转向力矩放大并将转动减速后由转向摇臂 4 传到转向直拉杆 5,再传给固定于转向节上的转向节臂,使转向节和它所支承的转向车轮偏转,同时经梯形转向机构带动另一侧的转向车轮同时偏转,从而改变汽车的行驶方向。

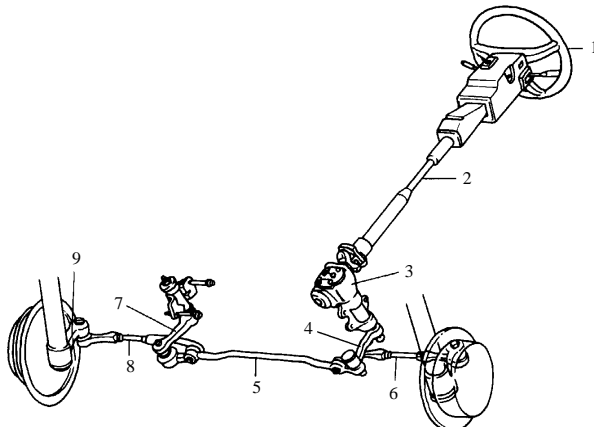


图 20.5 机械转向系统的组成和布置示意图

1—转向盘 2—转向轴 3—转向器 4—转向摇臂 5—直拉杆
6—左转向横拉杆 7—摇杆 8—右转向横拉杆 9—梯形臂

当转向盘直径一定时,驾驶员操纵转向盘手力的大小取决于转向系统角传动比的大小。转向系统角传动比 i_{ω} 是用转向盘转角增量与同侧转向节相应转角增量之比来表示。其数值是转向器角传动比 $i_{\omega 1}$ 和转向传动机构角传动比 $i_{\omega 2}$ 的乘积。转向器角传动比是转向盘转角增量与同侧摇臂轴转角相应增量之比。转向传动机构角传动比是摇臂轴转角增量与同侧转向节转角相应增量之比。

对于一般汽车而言, $i_{\omega 2}$ 大约为 1。由此可见,转向系统角传动比主要取决于转向器角传动比。转向系统角传动比越大,转向时加在转向盘上的力矩就越小,转向轻便。但转向系统角传动比大会导致转向操纵不灵敏。所以,转向系统角传动比的大小要协调好“转向轻便”与“转向灵敏”之间的矛盾。

2. 动力转向系统(power steering system)

使用机械转向装置可以实现汽车转向,当转向轴负荷较大时,仅靠驾驶员的体力作为转向能源则难以顺利转向。动力转向系统就是在机械转向系统的基础上加设一套转向加力装置而形成的。转向加力装置减轻了驾驶员操纵转向盘的作用力。转向能源来自驾驶员的体力和发动机(或电动机),其中发动机(或电动机)占主要部分,通过转向加力装置提供。正常情况下,驾驶员能轻松地控制转向。但在转向加力装置失效时,就回到机械转向系统状态,一般来说还能由驾驶员独立承担汽车转向任务。

(1) 液压式动力转向系统 图 20.6 所示为一种液压式动力转向系统的组成和液压转向加力装置的管路布置示意图。其中属于转向加力装置的部件是:转向液压泵 7、转向油管 8、转向油罐 6 以及位于整体式转向器 4 内部的转向控制阀及转向动力缸 5 等。当驾驶员转动转向盘 1 时,通过机械转向器使转向横拉杆 9 移动,并带动转向节臂,使转向轮偏转,从而改变汽车的行驶方向。与此同时,转向器输入轴还带动转向器内部的转向控制阀转动,使转向动力缸产生液压作用力,帮助驾驶员转向操作。由于有转向加力装置的作用,驾驶员只需比采用机械转向系统时小得多的转向力矩,就能使转向轮偏转。

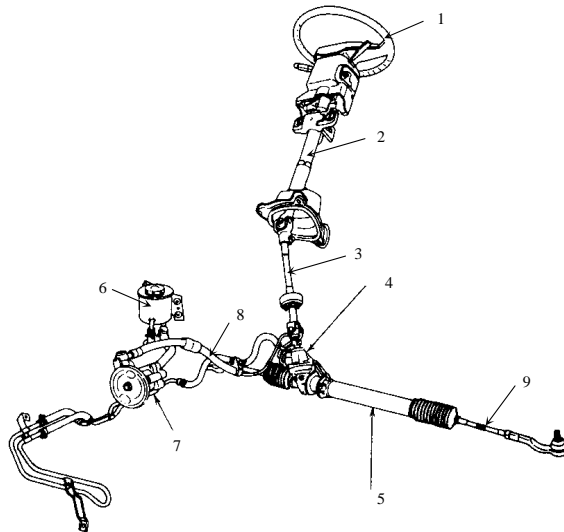


图 20.6 液压式动力转向系统的组成示意图

1—转向盘 2—转向轴及柱管 3—万向传动装置 4—整体式转向器
5—转向动力缸 6—转向油罐 7—转向液压泵 8—转向油管 9—转向横拉杆

(2) 电动助力动力转向系统 电动助力动力转向系统,简称电动式 EPS 或 EPS(Electronic Power Steering system)在机械转向机构的基础上,增加信号传感器、电子控制单元和转向助力机构。图 20.7 为电动式 EPS 组成示意图。

电动式 EPS 是利用电动机作为助力源,根据车速和转向参数等因素,由电子控制单元完成助力控制,其原理可概括如下:

当操纵转向盘时,装在转向盘轴上的转矩传感器不断地测出转向轴上的转矩信号,该信号与车速信号同时输入到电子控制单元。电控单元根据这些输入信号,确定助力转矩的大小和方向,即选定电动机的电流和转动方向,调整转向辅助动力的大小。电动机的转矩由电磁离合器通过减速机构减速增矩后,加在汽车的转向机构上,使之得到一个与汽车工况相适应的转向作用力。

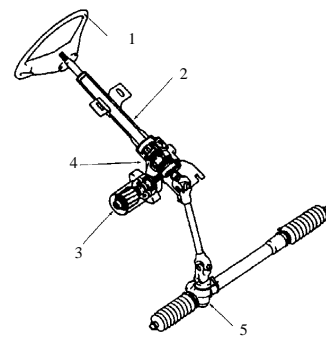


图 20.7 电动式 EPS 组成示意图

1—转向盘 2—转向轴及柱管 3—助力电机
4—减速机构 5—机械转向器

20.2 机械转向系统

前已述及,机械转向系统主要由转向操纵机构、转向器和转向传动机构三部分组成。

20.2.1 转向操纵机构

1. 转向操纵机构的功用与组成

转向操纵机构的功用是将驾驶员转动转向盘的操纵力矩传给转向器。它主要由转向盘

1、转向轴及转向柱管 2 和万向传动装置 3 等组成(见图 20.8)。转向轴上部与转向盘固定连接,下部装有转向器。转向轴与转向器的连接方式,一种是与转向器的输入轴直接连接,另一种是通过万向传动装置间接与转向器的输入轴相连接。

2. 转向盘(steering wheel)

转向盘主要由轮圈 1、轮辐 2 和轮毂 3 组成,其结构如图 20.9 所示。轮辐的形式有两根辐条式(见图 20.10a)、三根辐条式(见图 20.10b)和四根辐条式(见图 20.10c)。轮辐和轮圈的心部有钢或铝合金等金属制骨架,外层以合成树脂或合成橡胶包覆,下侧形成波浪状以利于驾驶员把持。转向盘与转向轴通常通过带锥度的细花键连接,端部通过螺母轴向压紧固定。

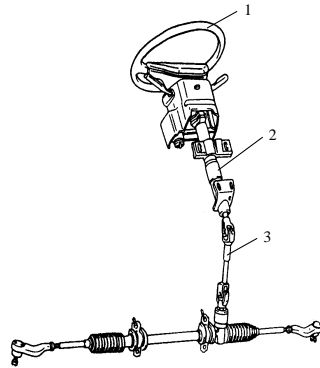


图 20.8 转向操纵机构示意图

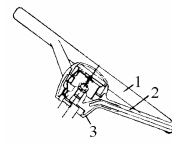
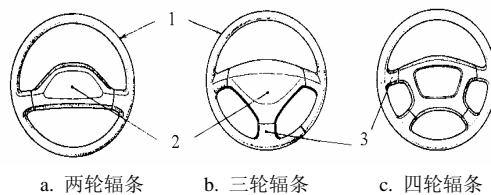


图 20.9 转向盘结构

1—转向盘 2—转向轴及转向柱管 3—万向传动装置

1—轮圈 2—轮辐 3—轮毂



a. 两轮辐条 b. 三轮辐条 c. 四轮辐条

图 20.10 转向盘轮辐的形式

1—轮圈 2—轮辐 3—轮毂

有的汽车喇叭开关按钮装在转向盘上,方便驾驶员操作。

因为在整个转向系统中,各传动件之间存在着装配间隙,这些间隙反映到转向盘上来就变成转动转向盘的空转角度。在空转角度阶段,驾驶员操纵转向盘,对各转向轮的偏转是不起作用的。转向轮在直线行驶位置时,转向盘的空转角度称为转向盘自由行程。转向盘自由行程对于缓和路面冲击及避免驾驶员过度紧张是有利的。转向盘自由行程应控制在转向轮处于直线行驶位置时转向盘向左或向右的自由行程不超过 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。

3. 转向轴(steering shaft)和转向管柱(steering column)

转向轴用来连接转向盘和转向器,并将转向盘的转向转矩传给转向器。转向轴分为普通式和能量吸收式。现代汽车更多地采用能量吸收式转向轴结构。

转向管柱安装在车身上, 支承转向轴及转向盘。转向轴从转向管柱内穿过, 靠转向管柱内的轴承和衬套支承。为方便不同体型驾驶员操纵转向盘, 转向管柱上装有能改变转向盘位置的装置。转向盘的安装角度和高度可以在一定范围内调整, 以适应驾驶员的体形和驾驶习惯, 如图 20.11 所示。

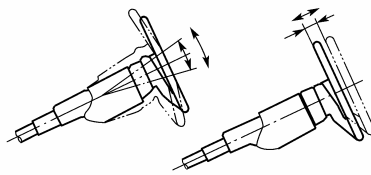


图 20.11 转向盘安装角度和高度的调整

4. 安全保护装置

为保证驾驶员的安全, 汽车主动安全技术 in 交通 安全中发挥着重要作用。尽管如此, 在行车中仍然不可避免地会发生意外事故, 出现汽车碰撞, 此时汽车的被动安全技术为减轻人员的伤害提供保障。在转向操纵机构上体现的汽车被动安全技术有安全气囊和能量吸收式转向轴。

(1) 安全气囊 安全气囊 SRS(Supplemental Restraint System)安装在转向盘上。它的结构主要由传感器、气体发生器、气囊系统等三部分组成。传感器检测汽车发生碰撞时的车速、冲击参数, 气体发生器根据传感器指令释放高压气体, 或引爆固体燃料, 瞬时产生高压氮气并迅速向气囊充气, 气囊膨胀, 达到保护乘员的目的。另外, 安全气囊还有一些排气孔, 使安全气囊撞到乘员时压力有所减小, 以达到缓冲效果。安全气囊只能在减速度足够大的碰撞中爆发(充气), 而且只能使用一次, 不能重复使用。

(2) 能量吸收式转向轴 除了能满足转向轴常规的功能外, 在汽车发生正面碰撞时, 能够有效地吸收碰撞能量, 防止或减少碰撞能量伤害驾驶员的转向轴叫做能量吸收式转向轴。

在汽车发生正面碰撞时, 会出现两次碰撞。即在汽车碰撞力作用下汽车的前部发生塑性变形, 转向轴向驾驶员胸部方向运动的首次碰撞; 随汽车减速, 驾驶员在惯性力作用下向转向轴方向运动的二次碰撞。首次碰撞的能量通过转向轴以机械的方式予以吸收, 防止或减少其直接作用于驾驶员身上, 避免造成人身伤害。二次碰撞即驾驶员本身的运动能量一部分由约束装置如安全带、安全气囊等加以吸收, 以防止超出人体承受能力的碰撞伤害驾驶员。图 20.12 所示为汽车发生正面碰撞时转向轴-驾驶员系统的碰撞关系。

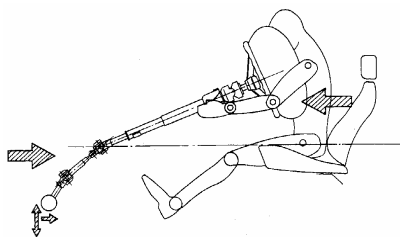


图 20.12 汽车正面碰撞时转向轴-驾驶员系统的碰撞关系

由于能量吸收的机理和形式的不同、转向管柱与车身受撞脱离方式以及转向轴受撞压缩的形式不同, 能量吸收式转向轴的种类很多。典型的能量吸收式转向轴有万向传动装置防撞结构、网状管轴式结构。

(1) 万向传动装置防撞结构 如图 20.13 所示, 隔绝首次碰撞影响的方法是通过转向轴中的万向传动轴防撞结构来实现的。防撞型万向传动轴除了要保证汽车正常行驶时传递转向转矩外, 当汽车发生正面碰撞、碰撞力达到一定值时万向传动轴随汽车前部发生塑性变形而向后弯曲。图中虚线为碰撞前的位置, 实线为碰撞后的位置。当万向传动轴向后弯曲变形时, 迫使上端转向轴及管柱连带转向盘前移。这种结构布置达到了隔绝首次碰撞、同时减轻二次碰撞影响的目的。另一种形式是将万向传动轴的中间轴制成轴—套管(图 20.14), 两者之间用销子连接, 当碰撞力达到一定值时连接销子被“冲”断, 轴可以伸缩至套管深处, 由此隔断首次碰撞的冲击能量(见图 20.15)。

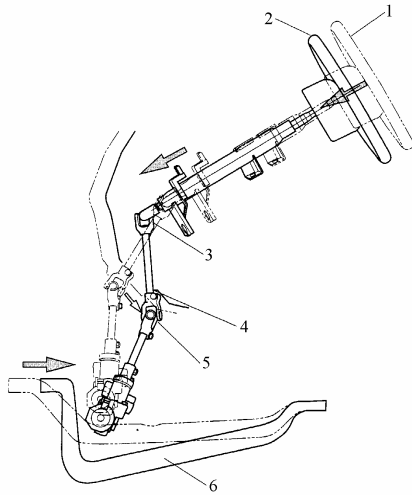


图 20.13 万向传动装置防碰撞结构示意图

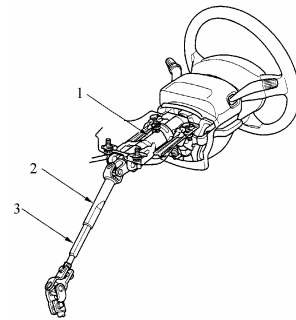


图 20.14 轴—套筒式能量吸收装置图

1—转向盘碰撞前位置 2—转向盘碰撞后位置 3—上万向节向前下方移动
4—支点 5—下万向节向后下方移动 6—悬架构件

1—转向柱管 2—中间轴套管 3—中间轴

(2) 网状管轴式结构 如图 20.16 所示, 转向轴管的部分管壁制成网状, 当汽车发生正面碰撞而受到压缩时很容易轴向变形, 吸收能量。

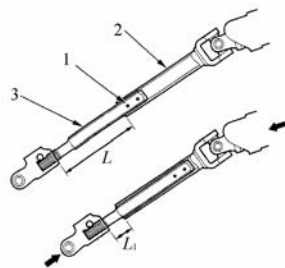


图 20.15 碰撞前后轴—套筒变化

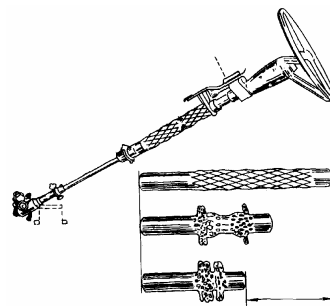


图 20.16 网状管轴式转向柱吸能装置示意图

1—销子 2—中间轴套管 3—中间轴
 L —碰撞前的长度 L_1 —碰撞后的长度

20.2.2 机械转向器

转向器是汽车上重要的安全部件。机械转向器是把转向盘的转动变为转向摇臂的摆动, 并按一定传动比放大转矩的机构。

1. 机械转向器的传动效率与类型

(1) 机械转向器的传动效率 机械转向器在转向系统中起到减速增矩作用, 并能改变转向力矩的传动方向。汽车行驶时, 驾驶员操纵转向盘的转向力通过转向器传到转向轮, 同时路面的冲击力也能够通过转向器反传到转向盘。机械转向器的传动效率是指转向器的输出功率与输入功率之比。转向摇臂输出功率与转向轴输入功率之比称为正效率(forward

efficiency)。而转向摇臂输入功率与转向轴输出功率之比称为逆效率(reverse efficiency)。为了减轻驾驶员操纵转向盘的体力消耗,应尽量提高转向器的传动效率,特别是其正效率。正效率与逆效率均很高的转向器叫做可逆式转向器;逆效率极低的转向器称为不可逆式转向器;逆效率略高于不可逆式转向器的称为极限可逆式转向器。

驾驶汽车时需要一定的逆效率,一方面有利于汽车转向结束后转向轮和转向盘的自动回正,另一方面可以使驾驶员获得路面反馈的信息,即“路感”。但逆效率过高、路面的冲击反力过大时,反馈给转向盘的冲击力也大,极易造成“打手”情况。

由于可逆式转向器不仅正效率高,而且逆效率也高,路面的冲击反力容易通过转向器传给转向盘,所以用于良好道路的汽车多采用可逆式转向器。不可逆式转向器在现代汽车上没有应用。在路面条件差的情况下使用的汽车多采用极限可逆式转向器。

(2) 机械转向器的类型 按力传动的可逆性及构造不同,机械转向器类型可分为:

- ① 可逆式转向器:循环球式,齿轮齿条式;
- ② 极限可逆式转向器:蜗杆滚轮式,蜗杆曲柄双销式;
- ③ 不可逆式转向器:蜗杆扇形齿轮式,球面螺杆式。

转向器的转向轻便性是由转向器传动比的大小来决定的。转向器传动比越小,转向操纵力越大。反之,传动比越大,转向操纵力越小。传动比小时,转向灵敏;反之,传动比大时,转向不灵敏。若不考虑转向沉重与汽车机动能力的问题,转向器传动比为等速比。若需要兼顾转向轻便与转向灵敏的要求,则将转向器的传动比设计成可变的,即在转向过程的不同阶段,转向器的传动比是不同的。对于需要保证在高速行驶时转向灵敏、低速行驶时转向轻便的汽车,其转向器的传动比为中间小、两头大,这就是变速比转向器。

在现代汽车上,广泛采用的是齿轮齿条式转向器(rack and pinion steering gear)和循环球式转向器(recirculating ball steering gear)。

2. 转向器的结构

(1) 齿轮齿条式转向器 它由转向齿轮 2、转向齿条 3、壳体和预紧力调整装置等组成(图 20.17)。转向齿轮通过轴承支承在壳体内,转向齿轮的一端与转向轴连接,将驾驶员的转向操纵力输入,另一端与转向齿条直接啮合,形成一对传动副,并通过转向齿条传动,带动横拉杆,使转向节转动。为保证齿轮齿条无间隙啮合,补偿弹簧 5 产生的压紧力通过压板 6 将转向齿轮(pinion)2 和转向齿条(rack)3 压靠在一起。弹簧的预紧力可以通过调整螺柱 4 进行调整。

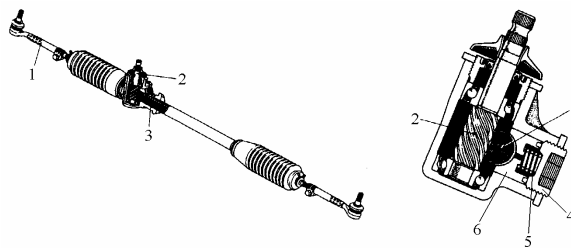


图 20.17 齿轮齿条式转向器示意图

1—转向横拉杆 2—转向齿轮 3—转向齿条 4—调整螺柱 5—补偿弹簧 6—压板

由于齿轮齿条式转向器属于可逆式转向器，其正效率与逆效率都很高，自动回正能力强。齿轮齿条式转向器结构简单、加工方便、工作可靠、使用寿命长、不需要调整齿轮齿条的间隙，因而得到了广泛的应用。

图 20.18 所示为可变传动比齿轮齿条转向器的啮合。转向齿轮处于中间位置时传动比小，在两端位置时传动比大。以满足汽车低速行驶时转向轻便、高速行驶时转向灵敏的需要。

(2) 循环球式转向器 它由两级传动副、壳体、钢球和间隙调整装置等组成。第一级传动副是螺杆—螺母传动副，第二级是齿条—齿扇传动副。

图 20.19 所示为一种循环球式转向器的整体结构。它的两级传动副分别是：一级传动副是转向螺杆(steering screw)和转向螺母(steering nut)，转向螺杆与转向轴连接；另一级传动副是齿条(rack)和齿扇(sector)，在转向螺母下平面上加工成齿条，齿扇与齿扇轴形成一体。转向螺母既是第一级传动副的从动件，又是第二级传动副的主动件。为了减少转向螺杆与转向螺母之间的摩擦与磨损，二者的螺纹不直接接触，而是做成内外滚道，滚道中间装有许多钢球，以实现滚动摩擦。转向螺母上装有两个钢球导管，钢球导管内装满了钢球，钢球导管与滚道连通，形成两条独立的供钢球循环滚动的封闭通道。

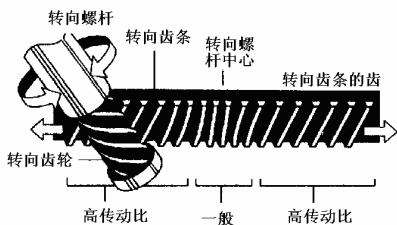


图 20.18 可变传动比齿轮齿条转向器示意图

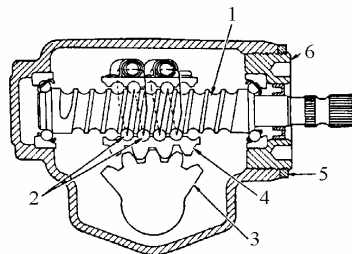
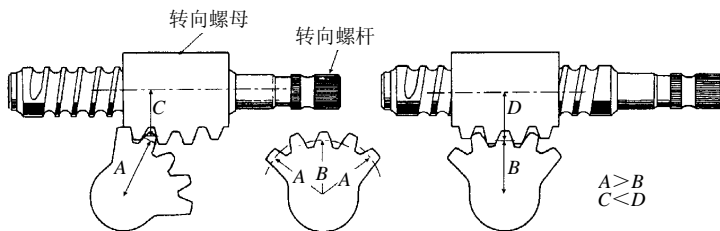


图 20.19 循环球式转向器

1—转向螺杆 2—钢球 3—齿扇
4—转向螺母 5—上盖 6—锁紧螺母

图 20.20 所示为可变传动比循环球式转向器齿轮机构。当转向盘转动时，转向轴带动转向螺杆旋转，通过钢球将力传给转向螺母，使得转向螺母沿轴向移动，钢球则在钢球导管与滚道通道内循环滚动；通过螺母上的齿条带动齿扇及轴转动，进而带动转向摇臂摆动，通过其他转向传动装置的传动，实现车轮的偏转。如果将齿条的齿顶面制成鼓形弧面，齿扇上的每一个齿的节圆半径也相应变化，使得中间齿节圆半径小，两端齿节圆半径大，便可得到变传动比的转向器，这样操纵省力，转向轻便。



a. 转向盘最大转角时齿轮传动比大 b. 转向盘直线行驶位置时齿轮传动比小

图 20.20 可变传动比循环球式转向器齿轮机构

循环球式转向器的正效率很高(最高可达 90%~95%),操纵轻便,使用寿命长,工作平稳可靠,但其逆效率也较高。对经常在良好道路上行驶的汽车而言,没有大的影响。循环球式转向器是目前国内外应用最为广泛的结构形式之一。

20.2.3 转向传动机构

转向传动机构是将转向器输出的力和运动传给转向桥两侧的转向节、且使两侧转向轮按一定关系偏转的机构。

前已述及,为满足汽车转向基本特性、实现汽车顺利转向,运用阿克曼原理,转向传动机构的几何关系呈梯形。梯形转向机构使两侧转向车轮偏转时形成一个转向中心,同时满足内、外侧转向车轮保持相应偏转角度差。

1. 转向传动机构的组成与布置形式

转向传动机构的组成与布置形式由转向器的位置和转向桥悬架的类型决定。

(1) 与非独立悬架配用的转向传动机构 如图 20.21 所示,包括由转向摇臂(drop arm)2、转向直拉杆(drag link)3、转向节臂(knuckle arm)4、转向横拉杆(tie rod)6 和两个梯形臂(steering arm)5 组成。转向横拉杆和梯形臂与前桥构成转向梯形结构(ackerman steering)。

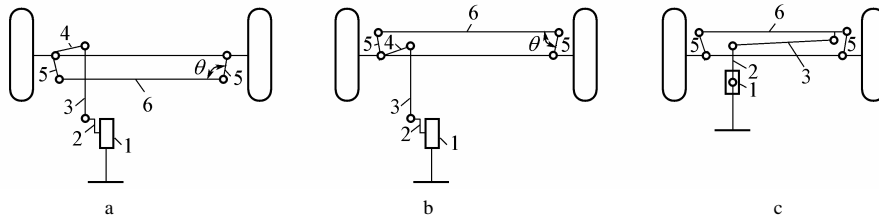


图 20.21 与非独立悬架配用的转向传动机构示意图

1—转向器 2—转向摇臂 3—转向直拉杆 4—转向节臂 5—梯形臂 6—转向横拉杆

这种转向传动结构的布置形式有三种:一是转向梯形结构后置(见图 20.21a),适合于前桥仅为转向桥的情况,国内中型载重汽车上大多采用这种结构。二是转向梯形结构前置(图 20.21b),适合于前桥为转向—驱动桥的情况,避免布置转向传动机构时的运动干涉。三是转向梯形结构前置且转向直拉杆横置(见图 20.21c),有的越野汽车上采用这种结构。

(2) 与独立悬架配用的转向传动机构 与独立悬架相配的转向桥是断开式转向桥,因而转向传动机构中的转向梯形也必须是断开式的,分成几段(见图 20.22)。

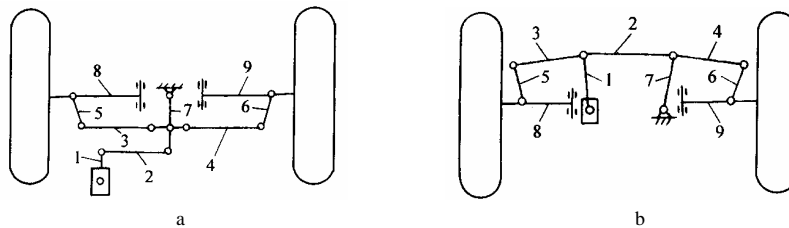


图 20.22 与独立悬架配用的转向传动机构示意图

1—转向摇臂 2—转向直拉杆 3—左转向横拉杆 4—右转向横拉杆 5—左梯形臂
6—右梯形臂 7—摇杆 8—悬架左摆臂 9—悬架右摆臂

图 20.22a 为循环球式转向器配用的转向传动机构的布置形式。图 20.22b 为齿轮齿条式转向器配用的转向传动机构布置形式。

2. 转向传动机构主要零部件的结构

转向传动机构的主要零部件包括：转向摇臂、转向直拉杆和转向横拉杆。这些杆件都是传动件并作空间运动，因此杆件之间的连接都采用球头销作空间铰链连接。杆件连接部分易磨损，需要定期加注润滑脂润滑。

(1) 转向摇臂(drop arm) 它是把转向器输出的力和运动传给转向直拉杆或转向横拉杆的传动件。其结构如图 20.23 所示。转向摇臂的上端具有锥形三角形细花键槽孔，与转向摇臂轴外端花键相连接。为保证装配关系正确，在转向摇臂轴的外端面 and 摇臂上孔的外端面上刻有装配标志。转向摇臂的小端锥形孔装有与转向直拉杆相连接的球头销，球头销的球面部分必须耐磨损，并能承受较大的冲击负荷，一般要经过表面的强化和硬化处理。

(2) 转向直拉杆(drag link) 它是把转向摇臂传来的力和运动传给转向梯形或转向节臂。其结构如图 20.24 所示。转向直拉杆的中间段为实心或空心杆件，两端则较粗，内装球头销座 5。球头销座分别将两个球头销的球头 1 夹住，通过球头销一端与转向摇臂连接，另一端与转向节臂(或梯形臂)连接。在球头销座的两侧或一侧有压缩弹簧 3、9 和端部螺塞 7，保证球头销和转向直拉杆的铰链连接不松旷。弹簧预紧力可由端部螺塞调节。

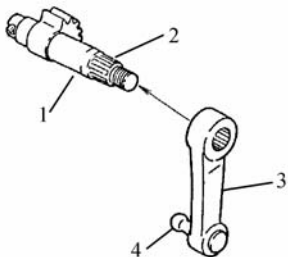


图 20.23 转向摇臂和摇臂轴

1—摇臂轴 2—带锥度的齿花键
3—转向摇臂 4—球头销

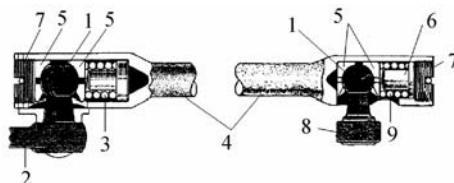


图 20.24 转向直拉杆

1—球头销 2—转向节臂 3、9—压缩弹簧 4—直拉杆体
5—球头座 6—弹簧座 7—端部螺塞 8—转向摇臂

(3) 转向横拉杆(tie rod) 它是连接左、右梯形臂的传动件。其结构如图 20.25 所示。转向横拉杆由转向横拉杆体(图中未画出)和两端的横拉杆接头 4 组成。球头销 3 的球头置于横拉杆接头的两球头座 2 内，球头销的尾部与梯形臂或转向节臂相连。

横拉杆接头靠螺纹与转向横拉杆体连接。横拉杆接头旋装到横拉杆体上后，用夹紧螺母夹紧。转向横拉杆体用钢管或钢杆制成，它的两端有正、反旋向螺纹。松开夹紧螺母，转动转向横拉杆体，可调整其长度，即调整转向轮的前束值。

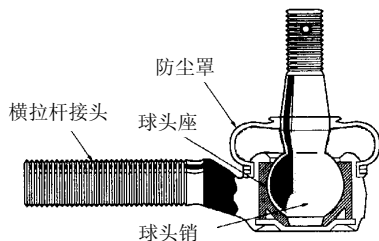


图 20.25 转向横拉杆接头

20.3 动力转向系统

当汽车前轴负荷增加到一定程度时,完全靠驾驶员手力操纵的机械转向系统已经不能满足转向要求,必须借助动力来操纵转向系统。这个动力来自发动机(或电动机)。在正常情况下,汽车转向时驾驶员提供小部分的能量,发动机(或电动机)则提供大部分能量。一方面减轻转向操纵力,另一方面采用较小的转向器角传动比,就能满足转向灵敏的要求。所以,动力转向系统兼顾了操纵省力和灵敏两方面的要求。

按传力介质不同,动力转向有气压式和液压式两种。气压式动力转向主要应用于前轴最大载质量为 3~7t 并采用气压制动系统的载货汽车。液压式动力转向的工作压力可超过 10MPa,其部件尺寸不大。液压系统工作时无噪声,工作滞后时间短,而且能吸收来自不平路面的冲击。因此,液压式动力转向已在各类各级汽车上获得广泛应用。由电动机提供大部分能量的动力转向系统的内容将在下节讨论。

20.3.1 液压式动力转向系统的组成与类型

液压式动力转向系统由机械转向装置和液压转向加力装置组成。液压转向加力装置包括转向液压泵、转向动力缸、转向控制阀、转向油罐和油管等。

根据机械式转向器、转向动力缸和转向控制阀三者转向装置中的布置和连接关系的不同,液压式动力转向装置分为整体式、组合式和分离式三种结构形式。

转向控制阀、转向动力缸和机械式转向器三者组合成一个整体的机构称为整体式动力转向器。这种转向装置结构紧凑,输油管路简单,在汽车上布置容易,但其拆卸修理较为困难。转向控制阀和机械式转向器组合成一个整体的机构称为半整体式动力转向器。转向动力缸、转向控制阀与机械式转向器都是单独设置的称为分离式动力转向装置。分离式动力转向装置应用范围很小,仅在结构紧凑、安装位置狭窄的轻型载货汽车和轿车上采用。

液压动力转向器分为常压式和常流式。常压式液压动力转向器是转向控制阀在中间位置时常闭,工作液压油一直处于高压状态的动力转向器。常流式液压动力转向器是转向控制阀在中间位置时常开,工作液压油一直处于高流状态的动力转向器。由于常流式液压动力转向器具有结构简单、泄露较少、消耗功率较少等优点,而广泛应用于各种汽车。

转向控制阀又分为转阀式和滑阀式。转阀式转向控制阀是转阀相对于阀体转动的转向控制阀。滑阀式转向控制阀是滑阀相对于阀体做直线运动的转向控制阀。

本书仅介绍整体式液压动力转向装置。

20.3.2 液压动力转向系统的工作原理

液压动力转向系统是在机械式转向系统的基础上加装一套转向加力装置而成的。以齿轮齿条式转向器为基础的液压动力转向系统为例,来说明其工作原理。如图 20.26 所示,该系统由转向盘 1、转向轴 2、齿轮齿条式整体动力转向器 3、转向液压泵(steering oil pump)8 和转向油罐(steering reservoir)7 等组成。齿轮齿条式整体动力转向器 3 又由转向控制阀 4、齿轮齿条式转向器 5、转向动力缸 6 构成。转向油罐 7 储存液压油,有进、出油管接头,通过油管分别与转向液压泵 8 和转向控制阀 4 连接。转向液压泵 8 安装在发动机上,由曲

轴通过皮带驱动,将油从转向油罐处吸入并向转向控制阀 4 供给液压油。转向控制阀 4 通过改变液压油路来改变动力传递路线。转向动力缸 6 内由活塞分隔成左右两个工作腔,工作腔通过油道分别与转向控制阀 4 连接。

汽车直线行驶时,转向控制阀 4 处于中立位置并将转向动力缸 6 的左右两个工作腔导通,转向液压泵 8 与转向油罐 7 的油路亦导通,从转向液压泵 8 泵出来的工作液可直接流回转向油罐 7,转向液压泵 8 处于卸荷状态,动力转向器不起助力作用。汽车需要右转弯时,驾驶员向右转动转向盘 1,转向控制阀 4 将转向液压泵 8 泵出来的工作液与转向动力缸 6 的右腔接通,将左腔与转向油罐 7 接通,在油压的作用下,转向动力缸中的活塞向左移动,通过转向传动机构使左、右轮向右偏转,从而实现向右转向;而左转弯时,情况与上述相反。

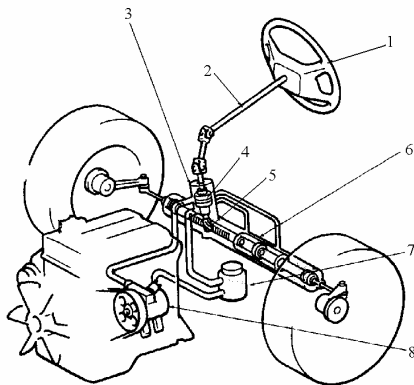


图 20.26 液压动力转向系统示意图

1—转向盘 2—转向轴 3—齿轮齿条式整体动力转向器
4—转向控制阀 5—齿轮齿条式转向器 6—转向动力缸
7—转向油罐 8—转向液压泵

20.3.3 整体式液压动力转向器

1. 整体式液压动力转向器的结构

如图 20.27 所示为整体式液压动力转向器的结构。转向控制阀 1、齿轮齿条式转向器 2 和 3、转向动力缸设计成一体,组成整体式动力转向器。该转向器的控制阀为转阀式结构。扭杆的一端通过花键与转向齿轮连接,扭杆的另一端与转阀的阀心用销子连接,阀心又与转向轴的末端固定在一起。转向轴的转动可以通过扭杆带动转向齿轮转动。转阀的阀心外圈与阀体相配合,阀心和阀体构成控制阀,置于转向器壳体内。转向器壳体上有油孔分别通向转向液压泵、转向油罐以及转向动力缸的左右两个工作腔。转向齿条与转向动力缸内的活塞制成一体,活塞将转向动力缸分隔为左右两个工作腔。转向动力缸上有油管通向转向器壳体内部的控制阀。

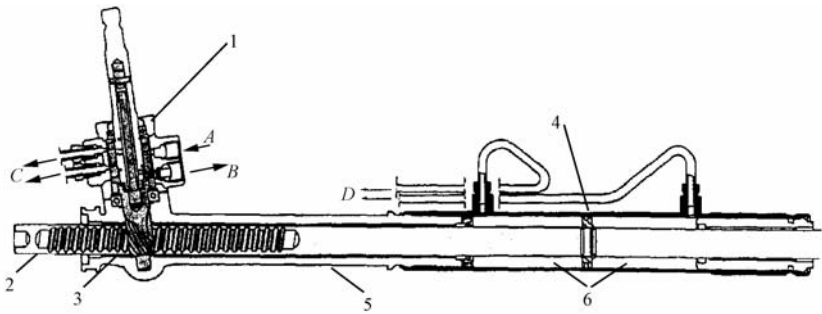


图 20.27 整体式液压动力转向器

1—转向控制阀 2—转向齿条 3—转向齿轮 4—转向动力缸活塞 5—转向器壳体 6—左右动力缸
A—接转向液压泵 B—接转向油罐 C—接转向动力缸 D—接转向控制阀

2. 转向控制阀(steering control valve)

转向控制阀组件如图 20.28 所示, 主要由阀体 11、阀芯 7 及扭杆 9 组成。控制阀体 11 呈圆筒形, 其表面上制有三道较宽且深的油环槽和四道较窄浅的密封环槽。各油环槽的底部开有与内壁相通的油孔, 中间油环槽的油孔是进油通道, 与转向液压泵相通; 两侧油环槽的油孔, 分别与转向动力缸的左腔、右腔相通。密封环槽用于安装密封圈组件。在阀体的内表面, 与左腔、右腔相通的油孔处制有六条不贯通的纵槽, 形成六道槽肩。阀芯 7 也制成圆筒形, 其外圆表面与阀体 11 滑动配合, 二者可以相对转动。阀芯与阀体配合间隙很小, 配合精度很高, 二者组成偶件, 不可更换。阀芯表面也制有六条不贯通的纵槽, 形成六道槽肩, 分别与阀体的槽肩和纵槽配合形成液体流动间隙, 在阀芯 7 的不同纵槽上开有三个等间隔的径向通孔, 用以流通液压油, 此油道通向转向油罐。

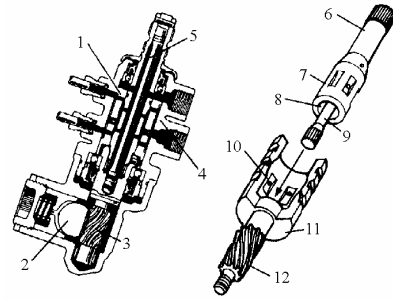


图 20.28 转向控制阀

- 1、4、11—阀体 2—转向齿条 3、12—转向齿轮
5、9—扭杆 6—转向齿轮轴 7—阀芯
8—与转向油罐相通 10—阀门孔

3. 动力转向器的工作过程

汽车直线行驶时, 转阀处于中间位置(图 20.29), 来自转向液压泵的工作液从转向器壳体的进油口 *C* 流到阀体 3 的中间油环槽中, 经过其槽底的三个通孔进入阀体 3 和阀芯 4 之间, 此时因阀芯处于中间位置, 进入的油液分别通过阀体和阀芯纵槽形成的两边相等的间隙, 再通过阀芯的纵槽和阀体的纵槽以及阀体的径向孔流向阀体外的上、下油环槽, 然后通过壳体中的两条油道分别流到动力缸的左腔(*A* 腔)、右腔(*B* 腔)中。同时, 通过阀芯纵槽的径向油孔流到阀芯内腔与扭杆组件之间的空隙(回油道 2)中, 经油管回到转向油罐中去, 形成了常流式油液循环。此时, *A* 腔、*B* 腔油压相等且很小, 齿条—活塞既没有受到转向齿轮的轴向推力, 也没有受到 *A* 腔、*B* 腔因压力差造成的轴向推力。所以齿条—活塞处于中间位置, 不产生助力作用。

汽车右转弯时(图 20.30), 转动转向盘使转向轴顺时针转动, 并带动阀芯同步转动。受到转向节臂传来的路面转向阻力作用, 动力缸活塞和转向齿条暂时不能运动, 所以转向齿轮暂时也不能随转向轴向转动。这样扭杆受转矩作用, 前、后端产生扭转变形, 转向阀芯和阀体之间转过一个角度。动力缸左腔(*A* 腔)进入高压油, 右腔(*B* 腔)泄压, 动力缸产生向右转向助力。

齿条在液压力作用下向右运动的同时, 转向齿轮本身也开始与转向轴同向转动。只要转向盘继续转动, 扭杆的扭转变形便一直保持不变, 转向控制阀所处的右转向位置不变。

一旦转向盘停止转动, 动力缸暂时还继续工作, 导致转向轮继续转动, 使扭杆的扭转变形减少, 转向助力减少。当转向助力刚好与车轮的回正力矩相平衡时, 齿条齿轮停止运动。此时, 转向阀即停驻在某一位置不动, 转向轮转角保持不变。

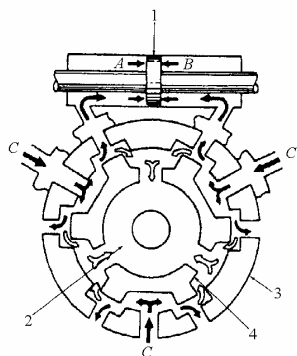


图 20.29 转阀式转向控制阀工作原理
(汽车直线行驶时)

1—活塞 2—回油道 3—阀体 4—阀芯
A、B—动力缸工作腔 C—来自转向油泵油液

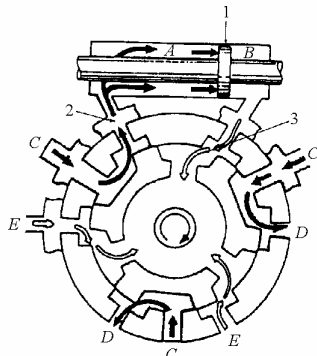


图 20.30 转阀式转向控制阀工作原理
(汽车右转弯时)

1—活塞 2、D—进入动力缸 A 腔油液
3、E—从动力缸 B 腔流出油液
A、B—动力缸工作腔 C—来自转向油泵油液

转向过程中,若转向盘转动的速度快,阀体与阀芯的相对角位移量也大,动力缸两腔压力差增大,转向助力也随之增大,车轮偏转的速度也快;若转向盘转动速度慢,助力就小,车轮偏转的速度慢;转向盘不动,转向轮转到某一相应的位置也不动,这称之为转向控制阀的“渐进随动原理”。

转向后回正时,若驾驶员放松方向盘,阀芯回到中间位置,失去助力作用,此时,车轮在回正力矩的作用下回位。若驾驶员同时逆时针回转转向盘,动力转向器反向助力,帮助车轮回正。

若汽车行驶偶遇外界阻力使车轮发生偏转,则阻力矩通过转向传动机构、转向齿条齿轮作用在阀体上,使阀体、阀芯产生相对角位移,动力缸产生与车轮偏转方向相反的助力作用。在此力的作用下,车轮迅速回正,保证了汽车直线行驶的稳定性。

一旦液压助力装置失效,助力缸不起作用,驾驶员需转动转向盘以较大的角度,使扭杆产生大的变形,传递更大的转矩,以驱动转向齿轮旋转。此时,该动力转向器变成机械转向器,驾驶员需施加很大的力,转向盘的自由行程增大。

20.3.4 转向液压泵

转向液压泵是动力转向的动力源,它由发动机通过 V 型皮带驱动或由曲轴或凸轮轴通过齿轮驱动,通过转向控制阀向动力缸的工作腔供油。其结构形式较多,有叶片式、齿轮式、转子式、柱塞式、滚子叶片式等。其中叶片式转向液压泵应用广泛。

转向油罐与转向液压泵制成一体的,称为潜没式转向液压泵。转向油罐与转向液压泵彼此独立安装的,称为非潜没式转向液压泵。

1. 叶片式转向液压泵的结构及工作原理

图 20.31a 所示为一种潜没式双作用叶片转向液压泵结构。它由转向油罐 1、转子 6、叶片 5、定子环 4、前配油盘 8、后配油盘 7、流量控制阀 2、驱动轴及皮带轮 9、泵体 10 等组成。转向油罐 1 置于泵体之上,泵体内的转子 6 由皮带轮 9 通过驱动轴驱动。转子两

侧有前配油盘 8 和后配油盘 7。转子上开有均匀分布的径向槽(见图 20.31b), 径向槽末端形成小油腔, 配油盘上有油槽与小油腔相通, 使小油腔内充满高压油。叶片安装在转子的径向槽内, 并可在槽内往复滑动。定子内表面有两段大半径的圆弧、两段小半径的圆弧和过渡圆弧组成腰形结构。转子 6 和定子环 4 同心。

图 20.32 所示为潜没式双作用叶片转向液压泵的工作原理。转子在驱动轴的带动下旋转时, 叶片在离心力和小油腔内高压油的作用下紧贴定子表面。叶片随转子顺时针转动, 使相邻叶片之间形成的密封腔容积由小变大、由大到小周期变化。转子每旋转一周, 每个工作腔各自吸油、压油两次, 即完成两次吸入行程和输出行程, 此称为双作用, 故将这种形式的叶片泵称为双作用叶片泵。当进行吸入行程时, 容积由小变大, 形成一定真空度吸油; 当进行输出行程时, 容积从大变小, 压缩油液, 由压油口向外供油。

2. 流量—安全组合阀

转向液压泵工作时要解决两个问题: 一是转子的转速随发动机转速升高时, 转向液压泵的流量将增大, 流量过大时会导致液压泵消耗功率过多和油温过高。因此, 必须设置用以限制转向液压泵最大流量的流量控制阀。二是当动力缸的负载过大, 使得转向液压泵的输出压力过高, 动力缸和液压泵均超载会导致零件损坏。因此, 液压系统中还必须设置用以限制系统最高压力的安全阀。在转向油泵内将两阀组合形成流量—安全组合阀, 限制液压动力转向系统的最高工作压力和最大流量。

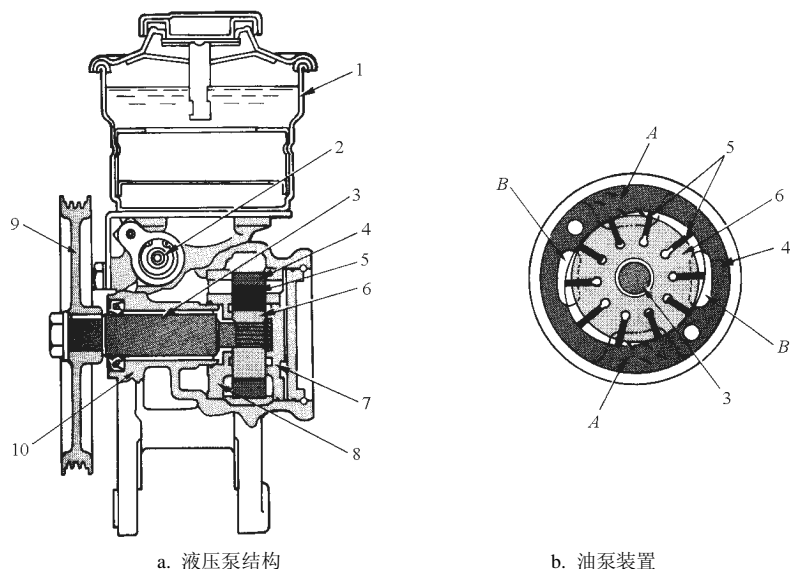


图 20.31 潜没式双作用叶片转向液压泵

1—转向油罐 2—流量控制阀 3—转子阀 4—定子环 5—叶片 6—转子 7—后配置盘
8—前配置盘 9—驱动轴及皮带轮 10—泵体 A—吸入口 B—输出口

流量—安全组合阀如图 20.33 所示, 流量阀由柱塞 6 和弹簧 2 组成; 在流量阀体内腔中由钢球 3、阀杆 4 和弹簧 5 组成安全阀。其工作原理为: 流量阀柱塞 6 右侧一端承受来自油泵出油腔 A 室油力, 左侧一端承受来自油泵出油口 B 室油压和弹簧的压力, 当流量不大时, 流量阀柱塞处在靠右侧位置, A 室与转向油罐不通; 当流量大到一定值时, 由于通

往 B 室的节流孔的作用, B 室油压低于右侧一端, 且流量越大, 节流作用越大, 压差越大, 当流量阀柱塞两侧的压差足以克服弹簧 2 的压力时, 柱塞向左运动, 油泵出油腔 A 室和转向油罐导通, 起到限制流量的作用(见图 20.34a)。当出油口压力大到一定值时, 克服安全阀弹簧 5 的压力, 推开单向阀钢球 3 使出油口与转向油罐相通, 限制液压动力转向系统的最大工作压力(见图 20.34b)。

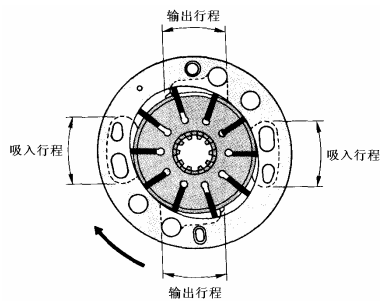


图 20.32 双作用叶片转向液压泵工作原理

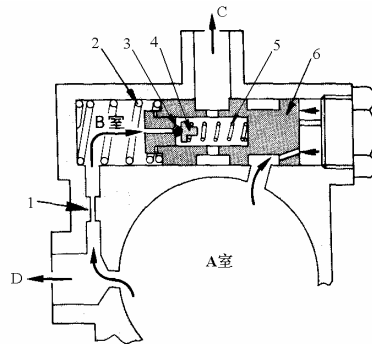
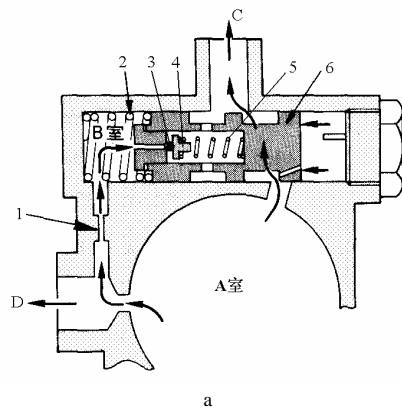
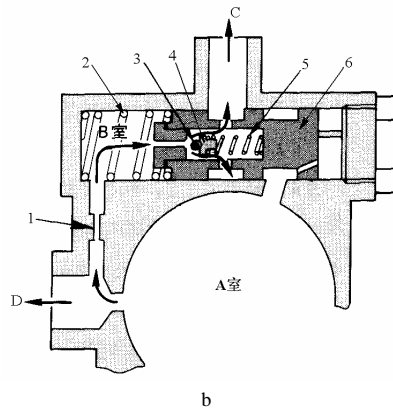


图 20.33 流量-安全组合阀

1—节流孔 2—弹簧 3—钢球 4—阀杆 5—弹簧
6—柱塞 C—流向转向油罐 D—流向转向控制阀



a



b

图 20.34 流量-安全组合阀工作原理

1—节流孔 2—弹簧 3—钢球 4—阀杆 5—弹簧 6—柱塞 C—流向转向油罐 D—流向转向控制阀

20.4 电子控制动力转向系统

动力转向系统由于使转向操纵灵活、轻便, 在设计汽车时对转向器结构形式的选择灵活性增大, 能吸收路面对前轮产生的冲击等优点, 因此动力转向系统在中型载货汽车、尤其在重型载货汽车上得到广泛使用。但传统的动力转向系统所具有的固定放大倍率不能随汽车不同工况予以调整, 其助力作用不协调。电子控制的动力转向系统在低速行驶时可使转向轻便、灵活; 在中高速区域转向时, 能保证提供最优的动力放大倍率和稳定的转向手感, 提高了高速行驶的操纵稳定性。发动机前置前轮驱动的轿车, 其前轴负荷的增加影响

转向轻便性的问题,所以电子控制动力转向系统被逐步移置到轿车上,这样不仅能很好地解决转向轻便与转向灵活的矛盾,还能提高行驶安全性和舒适性。

20.4.1 电子控制动力转向系统的组成与分类

电子控制动力转向系统,根据动力源不同可分为液压式电子控制动力转向系统(称为 EHPS)和电动式电子控制动力转向系统(简称 EPS—Electronic Control Power Steering,亦称 ECPS)。

EHPS 是在传统的液压动力转向系统的基础上增设控制液体流量的电磁阀、车速传感器和电子控制单元等。电子控制单元根据检测到的车速信号,控制电磁阀,使转向动力放大倍率实现连续可调,从而满足高、低车速时的转向助力要求。根据控制方式不同,将 EHPS 分为三类:流量控制式、反力控制式和阀灵敏度控制式。

EPS 是在传统的机械式转向系统的基础上,利用直流电动机作为动力源,电子控制单元根据转向参数和车速等信号,控制电动机转矩的方向和大小。电动机的转矩由电磁离合器通过减速机构减速增矩后,加在汽车的转向机构上,使之得到一个与工况相适应的转向作用力。按照转向助力机构位置的不同,将 EPS 分为三类:转向轴助力式,转向齿轮助力式和齿条助力式。

20.4.2 液压式电子控制动力转向系统的原理

液压式电子控制动力转向系统是在传统的液压动力转向系统的基础上增设电子控制装置而构成的。常见的两种液压式电子控制动力转向系统控制原理如下。

1. 流量控制式 EHPS

如图 20.35 所示为丰田凌志汽车上采用的流量控制式电控动力转向系统。该系统主要由车速传感器、电磁阀、整体式动力转向控制阀、动力转向液压泵和电子控制单元等组成。电磁阀安装在通向转向动力缸活塞两侧油室的油道之间,当电磁阀的阀针完全开启时,两油道就被电磁阀旁路。流量控制式动力转向系统就是根据车速传感器的信号,控制电磁阀阀针的开启程度,从而控制转向动力缸活塞两侧油室的旁路液压油流量来改变转向助力。车速越高,流过电磁阀电磁线圈的平均电流值越大,电磁阀阀针的开启程度越大,旁路液压油流量越大,液压助力作用越小,使转动转向盘的力也随之增加。这就是流量控制式动力转向系统的工作原理。

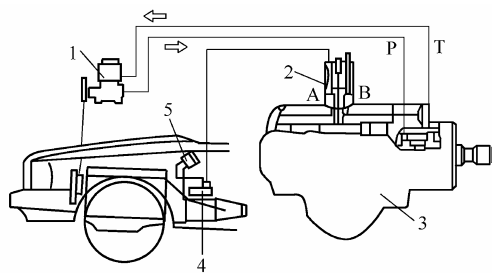


图 20.35 流量控制式动力转向系统 (丰田凌志轿车)

1—动力转向液压泵 2—电磁阀 3—动力转向控制阀 4—EHPS ECU 5—车速传感器

2. 反力控制式 EHPS

反力控制式动力转向系统主要由转向控制阀、分流阀、电磁阀、转向动力缸、转向液压泵、储油箱、车速传感器及电子控制单元等组成,其工作原理如图 20.36 所示。

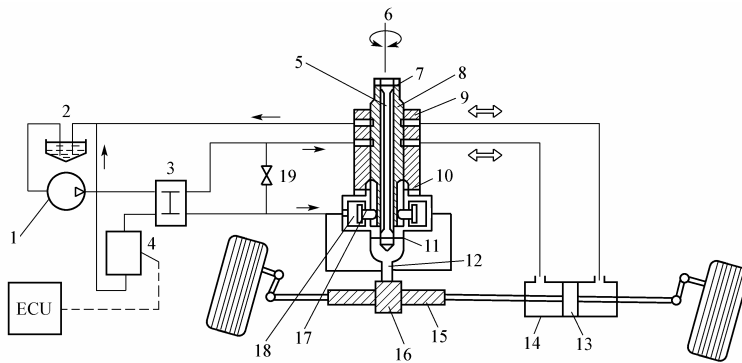


图 20.36 反控制式动力转向系统

1—液压泵 2—储油箱 3—分流阀 4—电磁阀 5—扭力杆 6—转向盘 7、10、11—销子 8—转阀阀杆 9—控制阀阀体
12—小齿轮轴 13—活塞 14—转向动力缸 15—齿条 16—小齿轮 17—柱塞 18—油压反力室 19—小孔

转向控制阀是在传统的整体转阀式动力转向控制阀的基础上增设了油压反力室而构成。扭力杆 5 的上端通过销子与转阀阀杆 8 相连,下端与小齿轮轴用销子连接。小齿轮轴的上端部通过销子与控制阀阀体相连。转向时,转向盘上的转向力通过扭力杆传递给小齿轮轴。当转向力增大、扭力杆发生扭转变形时,控制阀体和转阀阀杆之间将发生相对转动,于是就改变了阀体和阀杆之间油道的通、断关系统和工作油液的流动方向,从而实现转向助力作用。

分流阀是把来自转向液压泵的油液向控制阀一侧和电磁阀一侧分流,按照车速和转向要求,改变控制阀一侧与电磁阀一侧的油压,确保电磁阀一侧具有稳定的机油流量。固定小孔的作用是把供给转向控制阀的一部分流量分配到油压反力室一侧。

电磁阀根据需要开启适当的开度,将油压反力室一侧的油液流回储油箱。工作时,电子控制单元(ECU)根据车速的高低线性控制电磁阀的开口面积。当车辆停驶或速度较低时,ECU 使电磁阀线圈的通电电流增大,电磁阀开口面积增大,经分流阀分流的油液通过电磁阀重新回流到储油箱中,使作用于柱塞的背压(油压反力室压力)降低。于是柱塞推动控制阀转阀阀杆的力(反力)较小,因此只需要较小的转向力就可使扭力杆扭转变形,使阀体与阀杆发生相对转动而实现转向助力作用。当车辆在中高速区域转向时,ECU 使电磁阀线圈的通电电流减小,电磁阀开口面积减小,所以油压反力室的油压升高,作用于柱塞的背压增大,于是柱塞推动转阀阀杆的力增大,此时需要较大的转向力才能使阀体与阀杆之间作相对转动而实现转向助力作用,使得在中高速时驾驶员可获得良好的转向手感和转向特性。

20.4.3 电动式电子控制动力转向系统的原理

1. EPS 的组成与原理

EPS 在机械转向机构的基础上,增加电动式助力机构和转向助力控制系统。图 20.37 为电动式 EPS 简图。

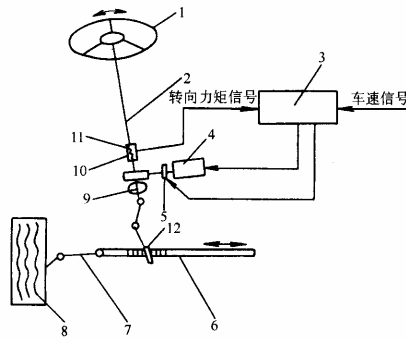


图 20.37 电动式 EPS 简图

1—转向盘 2—转向轴 3—EPS ECU 4—电动机 5—电磁离合器 6—转向齿条
7—横拉杆 8—转向轮 9—输出轴 10—扭力杆 11—转矩传感器 12—转向齿轮

EPS 是利用电动机作为助力源,电子控制单元根据转向操纵力、车速等参数,计算得到最佳的转向助力转矩,并向电动式助力机构输出控制信号,实现最佳的转向助力控制。EPS 的工作原理为当操纵转向盘 1 时,装在转向轴上的转矩传感器 11 不断地测出转向轴上的转矩信号,该信号与车速信号同时输入到电子控制单元 3。电控单元根据这些输入信号,确定助力转矩的大小和方向,即选定电动机的电流大小和方向,调整转向辅助动力的大小。电动机的转矩由电磁离合器 5 通过减速机构减速增矩后,加在汽车的转向机构上,使之得到一个与汽车工况相适应的转向作用力。

2. EPS 的特点

与 EHPS 相比,电动式 EPS 具有如下优点:

- (1) 能耗降低。EPS 只有转向时系统才工作,消耗较少的能量。因而与 EHPS 相比,在各种行驶工况下均可节能 80%~90%。
- (2) 轻量化显著。电动式 EPS 无液压式 EPS 必须具有的动力缸、液压油泵、转阀、液压管道等部件,因此其结构紧凑,质量减轻,无油渗漏问题,系统易于布置。
- (3) 优化助力控制特性。液压助力的增减有一定的滞后性,反应敏感性较差,随动性不够。电动式 EPS 由于采用电子控制,可以使转向系统的转向性能得到优化,增强随动性。
- (4) 系统安全可靠。当 EPS 出现故障时,可立即切断电动机与助力齿轮机构的动力传送,迅速转入人工-机械转向状态。

3. EPS 的类型

按照转向助力机构安装位置不同,将 EPS 分为三类:转向轴助力式,转向器小齿轮助力式和齿条助力式。

(1) 转向轴助力式 转向助力机构安装在转向轴上(图 20.37)。电动机的动力经离合器、电机齿轮传给转向轴的齿轮,然后经万向节及中间轴传给转向器。

(2) 转向器小齿轮助力式 转向助力机构安装在转向器小齿轮处(图 20.38)。与转向轴助力式相比,可以提供较大的转向力,适用于中型车。这种助力形式的助力控制特性方面比较复杂。

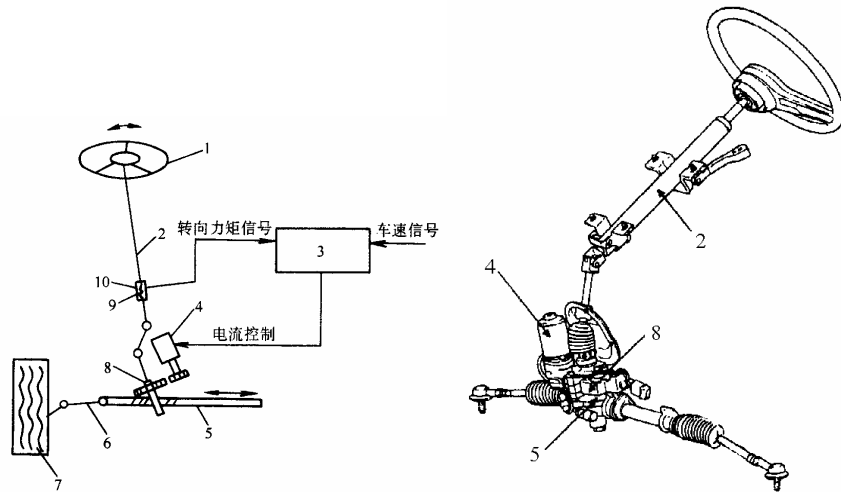


图 20.38 小齿轮助力式转向系统图

1—转向盘 2—转向轴 3—EPS ECU 4—电动机 5—齿条 6—拉杆
7—车轮 8—小齿轮 9—扭力杆 10—转向力矩传感器

(3) 齿条助力式 转向助力机构安装在转向齿条处(见图 20.39)。电动机通过减速传动机构直接驱动转向齿条。与转向器小齿轮助力式相比,可以提供更大的转向力,适用于大型车。这种助力形式对原有的转向传动机构有较大改变。

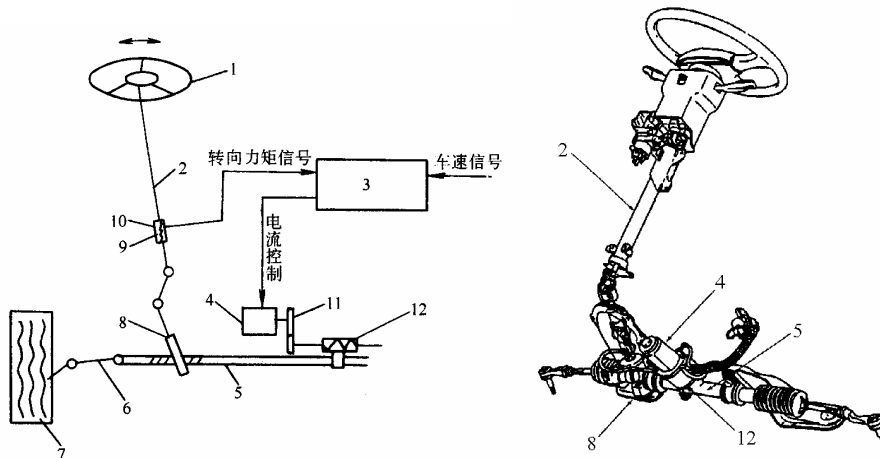


图 20.39 齿条助力式转向系统图

1—转向盘 2—转向轴 3—EPS ECU 4—电动机 5—齿条 6—拉杆 7—车轮
8—小齿轮 9—扭力杆 10—转向力矩传感器 11—斜齿轮 12—螺杆螺母

4. EPS 基本组成部件的结构与功能

以丰田 PRIUS 轿车的 EPS 为例(见图 20.40), 说明基本组成部件的构造与功能, 其组成框图如图 20.41 所示。

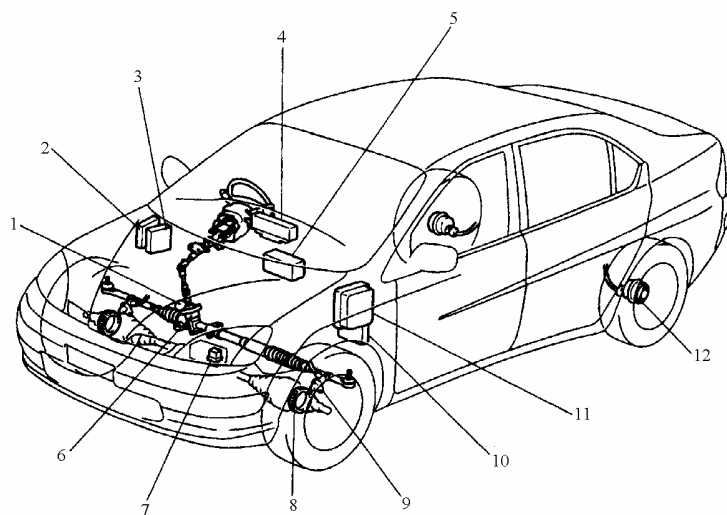


图 20.40 PRIUS 混合动力轿车的 EPS

1—转矩传感器 2—自动控制单元 3—转向控制单元 4—组合仪表 5—中心显示器
6—转向器 7—继电器 8—车轮速度传感器与转子(前轮) 9—车轮速度传感器
10—混合动力控制单元 11—发动机控制单元 12—车轮速度传感器与转子(后轮)

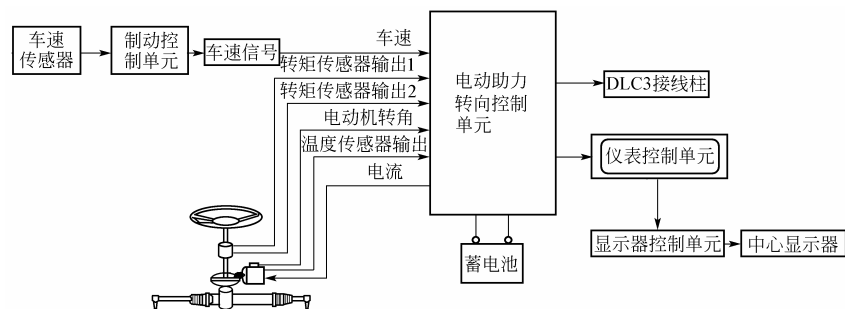


图 20.41 EPS 组成框图

EPS 是根据各种传感器的信号,靠电动助力转向控制单元控制装在转向齿轮壳上的直流电动机(即助力电动机),由该电动机驱动,增加转向操纵力的助力系统。

(1) 转向器 采用传统的齿轮齿条式转向机构。齿轮齿条式转向器由小齿轮驱动,使齿条左右移动,从而改变汽车行驶方向。

(2) 助力电动机总成 助力电动机总成由直流电动机和减速机构组成,它装置在齿轮齿条式转向器壳体上(见图 20.42)。这样布置是为了既避免对独立悬架结构造成干涉,又能确保齿条行程、车轮定位倾角以及车轮转向的性能。

助力电动机总成采用低惯性的直流电动机。电动机输出转矩经准双曲面减速机构传给转向器小齿轮轴,增大转向操纵力。

(3) 转矩传感器 采用电阻式传感器,检测来自转向盘的输入转矩。转矩传感器装在转向器小齿轮轴上(见图 20.43)。转矩的输入轴与输出轴靠扭杆连接。电阻式转矩传感器由两对电阻—触点构成(见图 20.44),触点与转向器小齿轮轴(转矩输出轴)固接,电阻与转矩输入轴固接。

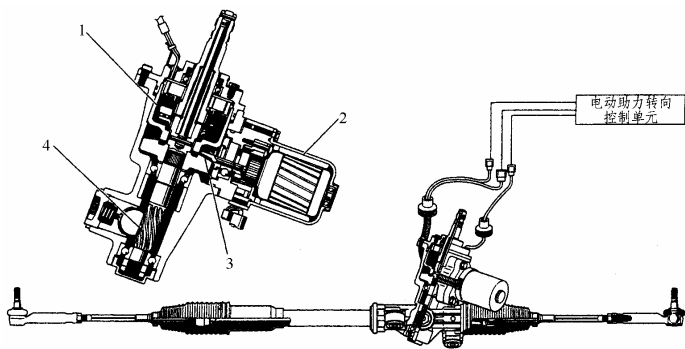


图 20.42 助力电动机总成装配位置图

1—转矩传感器 2—直流电动机 3—准曲面齿轮减速器 4—齿条与小齿轮

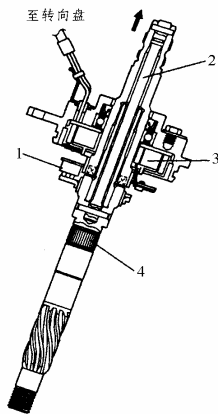


图 20.43 转矩传感器的安装位置

1—转矩传感器 2—扭杆
3—螺旋电缆 4—小齿轮轴

当转动转向盘时，扭杆扭转，输入轴与输出轴间产生相对位置变化。此位置变化由转矩传感器转换为电压变化，并向转向控制单元输出。

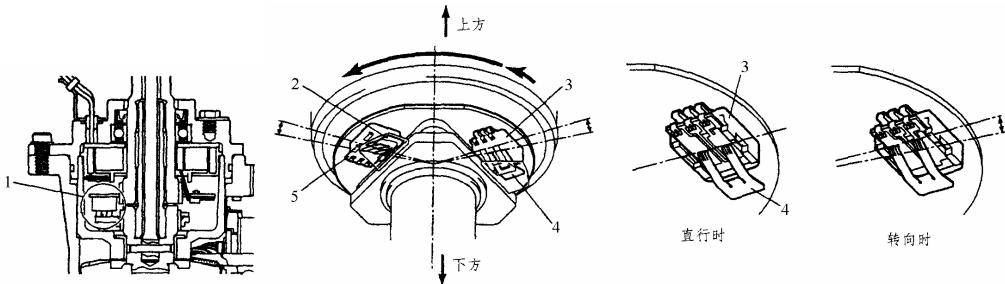


图 20.44 转矩传感器的结构

1—电阻式转矩传感器 2、4—触点 3、5—电阻

转矩传感器输出电压特性(图 20.45):

(1) 直行状态 汽车直行时，驾驶员不转动转向盘，因输入轴没有产生转矩，扭杆不扭转，转矩传感器的电阻不变化。

(2) 转向状态(右转向) 驾驶员向右转向时，输入轴转动，输入轴与小齿轮相连的扭杆扭转，直至与因路面反力作用形成的转矩达到平衡为止。固定在输入轴上的电阻与固定在小齿轮上的触点间发生相对位移。由于电阻的变化，转矩传感器输出 1、输出 2 的电压变化。转向控制单元根据这个电压差，经演算得出助力转矩值，向助力电动机输出电流，驱动助力电动机转动，经减速机构在转向器小齿轮上产生助力。

(3) 转向稳定状态 当驾驶员转动转向盘保持位置不动时，转向转矩与电动机助力转矩之和与路面反力达到平衡状态，扭杆仍处于扭转位置，此时系统保持转向稳定状态。

(4) 转向控制单元 转向控制单元根据各传感器的信号以及转向盘操纵力、车速等，

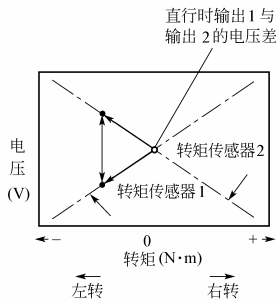


图 20.45 输出电压特性

计算助力电流值,向助力电动机输出。当各传感器出现异常时,一般情况下电源会被切断,助力停止,转向系统进入手动机械式转向状态。此外,若系统其他地方出现异常,则助力电流下降,助力大小固定在不考虑车速的范围内,保持助力状态。并且显示故障代码,让驾驶员知道系统已出现异常。

20.5 四轮转向系统

在汽车前轮设置转向装置的基础上,后轮也设置有转向装置,称为四轮转向系统(four wheel steering, 简称 4WS)。后轮转向装置对汽车转向是有利的,可改善汽车的转向性能。4WS 与只在汽车前轮设置转向装置(2WS)的性能相比较,其优点在于:缩短转向动作过程;提高转向时的稳定性;提高转向操作随动性和正确性;变换车道容易和缩短最小转弯半径。

20.5.1 概述

设置 4WS 的汽车根据前轮转向角和车速决定后轮转向角。其工作方式有机械式、液压式和电动式。前后转向轮的转向控制有同向和逆向两种情况,如图 20.46 所示。

四轮转向系统中若后轮的转向与前轮的转向方向相反,称逆向控制模式,其转弯半径比两轮转向的转弯半径小。低速时后轮逆向偏转角最大为 5° ,适用于汽车驶入车库和在狭窄的拐角处转弯。随着车速的升高,后轮转向角变小,在车速达到 40km/h 时转向角变成 0° 。这就提高了汽车停车或在狭小空间转向的机动性。

若后轮的转向与前轮的转向方向相同,则称同向控制模式。其转弯半径比两轮转向的转弯半径大。汽车在 40km/h 以上行驶时,后轮同向偏转角为 2.5° 。其作用是汽车在转向时车身与行驶方向的偏转角小,减少了汽车调整行驶转向时的旋转和侧滑,提高了操纵稳定性,且能保证汽车在潮湿路面上稳定地转向。

20.5.2 机械式四轮转向系统

图 20.47 所示为本田先驱汽车采用的机械式四轮转向系统。前后轮都设置有转向器,两转向器之间用机械装置连接,前轮转向角决定后轮转向角。

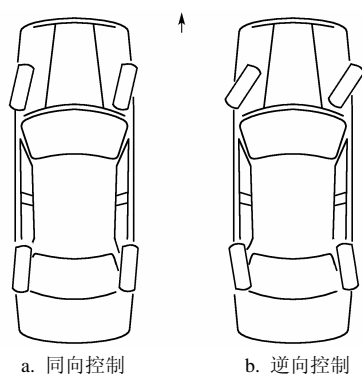


图 20.46 4WS 前后轮转向控制

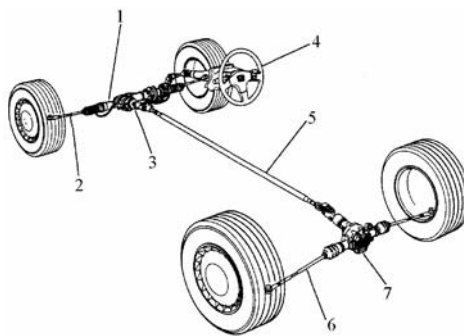


图 20.47 机械式四轮转向系统

1—前轮转向器 2—前横拉杆 3—输出齿轮轴
4—转向盘 5—中央轴 6—后横拉杆 7—后轮转向器

1. 系统组成

本田先驱汽车机械式四轮转向系统在二轮转向装置(2WS)的基础上,增设前轮转向器、后轮转向器和中央轴。

2. 系统工作原理与工作特性

当转动转向盘时,前轮转向器中的小齿轮由齿条—齿条式转向器的齿条带动,将齿条的左右运动再变换为小齿轮的转动,经中央轴使后轮转向器的转向齿轮产生动作。

当转向盘转动量小时,后轮与前轮同向偏转;当转向盘转动量大时,后轮与前轮反向偏转。这样可以提高汽车高速时的操纵稳定性,并可以减小汽车的转弯半径。其工作特性如图 20.48 所示。

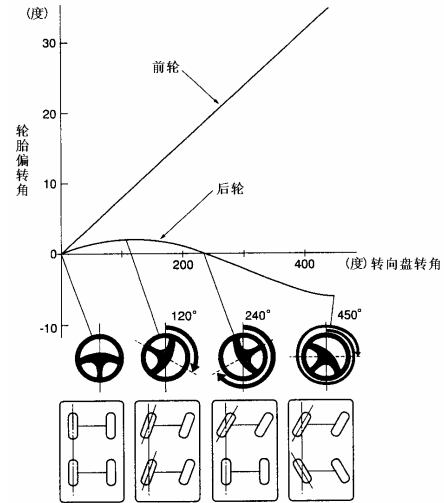


图 20.48 丰田 4WS 前后轮转向工作特性

20.5.3 液压式四轮转向系统

图 20.49 所示为一种液压式四轮转向系统。它由储油罐 1、油泵 2、后轮控制阀 3、节气门位置传感器 4、转向盘转角传感器 6、4WS-ECU7、车速传感器 8、轮速传感器 9、动力缸 11 和电磁阀 10 等组成。

这种液压式四轮转向系统对汽车的运行状况随时进行综合判断,可以精确控制后轮偏转角,从而提高汽车中、高速行驶过程中的操纵稳定性。如图 20.50 所示,液压油自油泵输入到电磁阀和后轮控制阀,根据 4WS-ECU 的指令,然后进入能控制后轮偏转角的动力缸。4WS-ECU 对后轮偏转角的控制分成两部分:基本控制和修正控制。基本控制包含稳定性控制和回正控制。

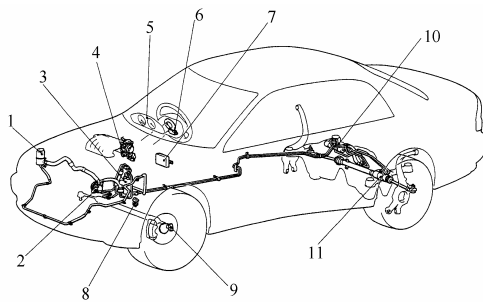


图 20.49 液压式四轮转向系统

1—储油罐 2—油泵 3—后轮控制阀 4—节气门位置传感器
5—指示灯 6—转向盘转角传感器 7—4WS-ECU 8—车速传感器
9—轮速传感器 10—电磁阀 11—动力缸

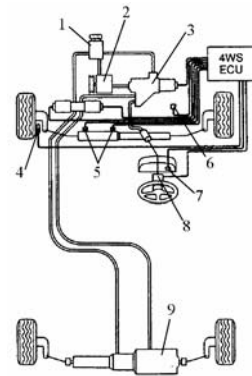


图 20.50 液压式四轮转向系统工作原理

1—储油罐 2—油泵 3—电磁阀 4—转速传感器
5—油压传感器 6—车速传感器 7—故障警示灯
8—转向传感器 9—动力缸

汽车高速行驶时, 慢速转动转向盘, 后轮与前轮同向偏转, 进行稳定性控制; 汽车低、中速行驶时, 在转动转向盘的最初阶段, 后轮与前轮逆向偏转, 然后逐渐回正, 即进行回正控制。修正控制则是根据道路交通状况和驾驶员的操作情况对后轮的同向偏转量或逆向偏转量进行修正, 使后轮达到期望的偏转角度。该转向系统的后轮最大偏转角较小, 汽车最小转向半径的减小有限。

20.5.4 电动式四轮转向系统

电动四轮转向系统前后轮转向器均为电动助力, 两转向器之间无任何机械连接装置及液压管道等部件, 直接对前后轮的转向进行控制, 具有前后轮转向角关系控制精确、控制自由度高、机构简单等优点。

电动四轮转向系统由微机控制单元、前后轮转向执行器、主副前轮转向传感器, 主、副后轮转向传感器、后轮转速传感器、车速传感器等组成。

后轮转向执行器包括一个通过循环球螺杆机械驱动转向齿条的电动机。执行器内的复位弹簧在点火开关关闭时或四轮转向系统失效时将后轮推到直线行驶位置。一个后轮转角传感器和一个副后轮转角传感器安装在后轮转向执行器的顶端。

发动机工作时, 如果转动转向盘, 四轮转向控制单元接收所有传感器的信息并进行分析, 通过内部预设的控制模式, 确定后轮的偏转角。然后控制后轮偏转机构中的电动机驱动球形滚道螺母转动, 推动球形滚道螺杆移动, 使后轮发生偏转, 电控单元再根据后轮偏转机构中的主、辅偏转角传感器反馈信号, 对后轮的偏转角进行修正。

上述的电动四轮转向系统属于车速、前轮偏转角及偏转角速度响应型四轮转向系统, 既可以改善汽车高速行驶转向时的稳定性, 又可以提高汽车高速转向时的转向响应, 还可以减小汽车低速行驶转向时的转弯半径。

思 考 题

1. 汽车转向系统的功用是什么? 汽车转向时, 若使四轮都做纯滚动, 应满足什么条件?
2. 简述汽车转向系统的基本工作原理。
3. 汽车转向系统分为哪几类? 各由哪几部分组成?
4. 为什么目前在轻型、微型轿车和货车上大多采用齿轮齿条式转向器?
5. 简述齿轮齿条式转向器的基本结构和工作原理。
6. 简述循环球式转向器的基本结构和工作原理。
7. 简述转向控制阀的工作原理。
8. 简述叶片式转向液压泵的工作原理。
9. 简述电子控制式电动助力转向系统的工作原理。
10. 电动助力转向系统是如何分类的? 与液压助力式相比较, 它有哪些优点?
11. 四轮转向有哪些优越性?