

## 5.1 传统车辆常见执行机构

### 5.1.1 EPS

电子助力转向系统(EPS)是未来转向系统的发展方向,如图 5-1 所示。该系统由电动机直接提供转向助力,省去了液压动力转向所必需的动力转向油泵、软管、液压油、传送带和装于发动机上的皮带轮。这既节省了能量,又保护了环境。另外, EPS 还具有调整简单、装置灵活及无论在何种工况下都能提供转向助力的特点。正是有了这些优点, EPS 作为一种新的转向技术,将挑战大家都非常熟知的已具有 50 多年历史的液压转向系统。

#### 1. 基本组成

EPS 符合现代汽车机电一体化的设计思路。该系统由转向传感器、车速传感器等组成,如图 5-2 所示。



图 5-1 电子助力转向系统

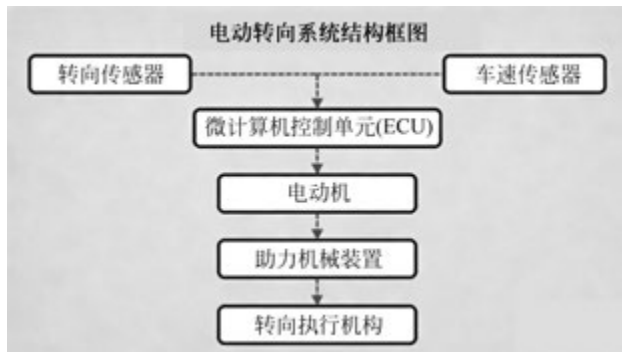


图 5-2 EPS 的基本组成

该系统工作时,转向传感器将检测到的转向轴上的转动力矩和转向盘位置两个信号,与车速传感器测得的车速信号一起不断地输入微计算机控制单元。该控制单元对这些数据进



13min

行分析以决定转向方向和所需的最佳助力值,然后发出相应的指令并传输给控制器,从而驱动电动机,通过助力装置实现汽车的转向。通过精确的控制算法,可任意改变电机的转矩大小,使传动机构获得所需的任意助力值。

电子控制单元(Electronic Control Unit,ECU)是 EPS 系统的核心部件,它接收来自传感器的信号,经过处理和计算后,向电动机发出控制指令。电子控制单元是由微处理器、A/D(数字/模拟)转换器、I/O(输入/输出)装置等组成的,如图 5-3 所示。

工作时,扭矩信号经 A/D 转换器输入微处理器,微处理器根据各传感器的输入信号确定助力转矩的幅值和方向,通过控制驱动电路来控制电动机,电子控制器还具有自诊断功能及通过控制离合器实现安全保护功能,如图 5-4 所示。

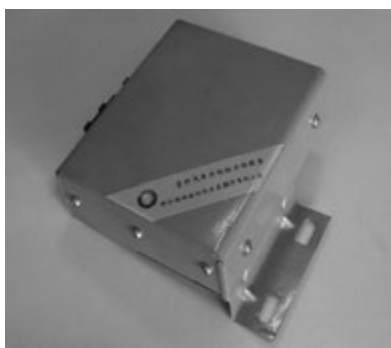


图 5-3 电子控制单元

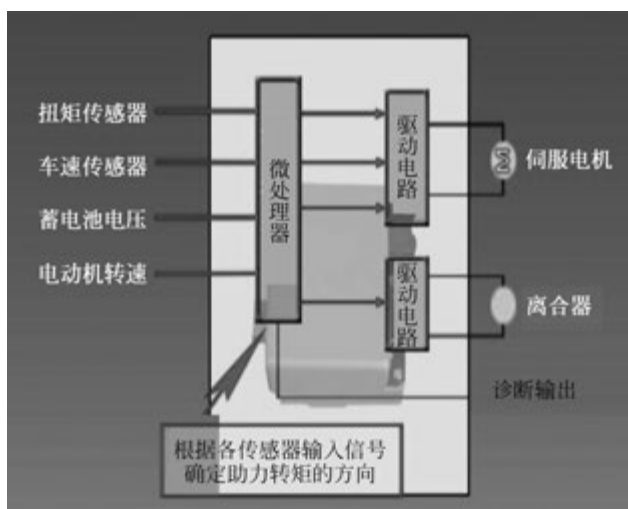


图 5-4 EPS 工作结构图

电动机与起动用的直流电动机原理相同,采用永磁磁场。EPS 中的直流电动机可实现正反转控制,并通过控制触发信号端电流大小来控制通过电动机的电流大小,即能够控制电动机输出转矩的大小,如图 5-5 所示。



图 5-5 电动机

离合器的作用是确保电动助力仅在预定的车速范围内起作用。当汽车行驶速度超过系统限定的最大值时,电磁离合器便会切断电动机的电源,使电动机停转,同时离合器分离,不再传递助力,如图 5-6 所示。

发动机转速传感器通过发动机点火线圈的点火信号,确定发动机的转速信号,并通过 ECU 转换成数字信号。该数字信号一端送往仪表,另一端输入 EPS 电子控制器,如图 5-7 所示。

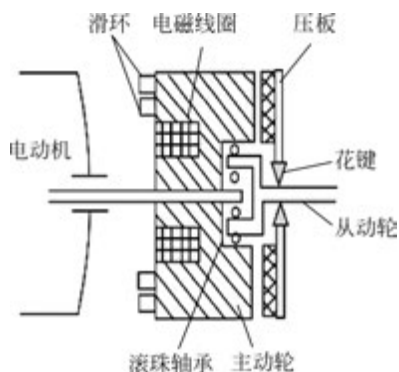


图 5-6 电离合器结构



图 5-7 转速仪表盘

传感器包括转矩传感器、车速传感器、转向角传感器等。

车速传感器根据车速大小产生成比例的信号,并将该信号转换为相应的车速读数,同时把它转化成双倍周期的方波信号输入 EPS 电子控制器,如图 5-8 所示。

转矩传感器安装在转向轴上。通过转向管柱机械部分滑套带动转向指销轴承转动,产生一个转向方向及转矩信号,并将该信号送给电子控制单元。电子控制单元利用该信号来控制电动机的电流大小及方向,如图 5-9 所示。



图 5-8 车速传感器



图 5-9 转矩传感器

## 2. 工作过程

EPS 的工作原理如图 5-10 所示,具体过程如下。

### 1) 信号采集

转矩传感器实时检测驾驶人作用在转向盘上的转矩信号,并将其传输给 ECU。同时,车速传感器和转向角传感器也将车辆的行驶速度和转向盘转角信息传递给 ECU。

### 2) 计算助力转矩

ECU 根据接收的传感器信号,结合预先存储的控制算法和参数,计算出所需的助力转矩大小和方向。

一般来讲,助力转矩的大小与驾驶人输入的转矩和车速有关。在低速行驶时,需要较大

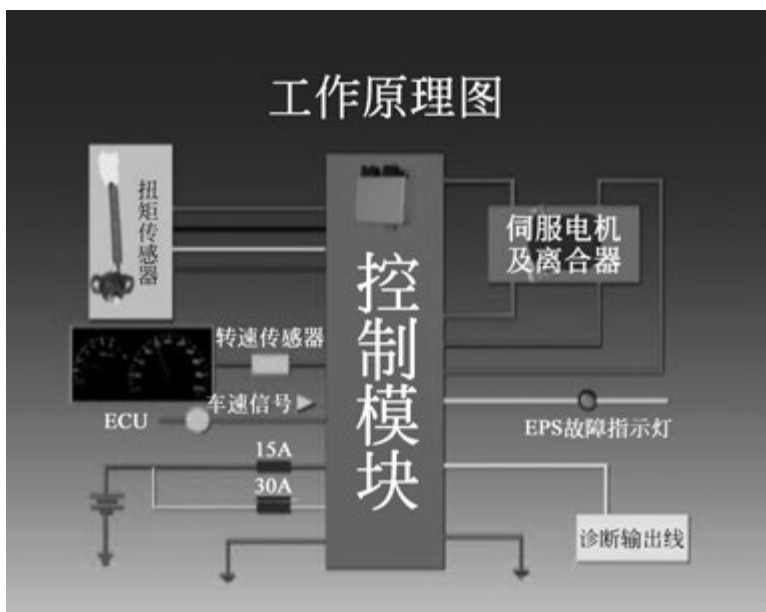


图 5-10 EPS 的工作原理图

的助力转矩以减轻驾驶人的转向负担,而在高速行驶时,助力转矩会相应减小,以提高行驶的稳定性和安全性。

### 3) 驱动电动机

ECU 向电动机发出控制指令,驱动电动机产生助力转矩。电动机的转速和转向由 ECU 根据计算得到的助力转矩进行控制。

### 4) 传递助力转矩

电动机产生的助力转矩通过减速机构传递到转向轴上,与驾驶人输入的转矩共同作用,实现车辆的转向。

例如,当驾驶人在低速行驶时转动转向盘,转矩传感器检测到较大的转矩输入,车速传感器检测到较低的车速。ECU 根据这些信号计算出较大的助力转矩,并控制电动机产生相应的助力。随着车速的增加,ECU 会逐渐减小助力转矩,以避免在高速行驶时转向过于灵敏。

总之,EPS 系统通过传感器检测驾驶人的转向操作和车辆行驶状态,由 ECU 计算出合适的助力转矩,驱动电动机提供辅助转向力,从而提高驾驶的舒适性和安全性。

## 5.1.2 ABS

防抱死制动系统(Anti-lock Braking System, ABS)旨在防止汽车在制动过程中车轮抱死,它通过对制动压力的自动调节,使车轮在制动时既能保持一定的制动力,又能维持转动状态,从而确保车辆在制动时的转向能力和稳定性,有效减少交通事故的发生概率。



12min

### 1. 基本组成

ABS系统由四大部件构成：电子控制器、轮速传感器、制动压力调节器等，如图 5-11 所示。

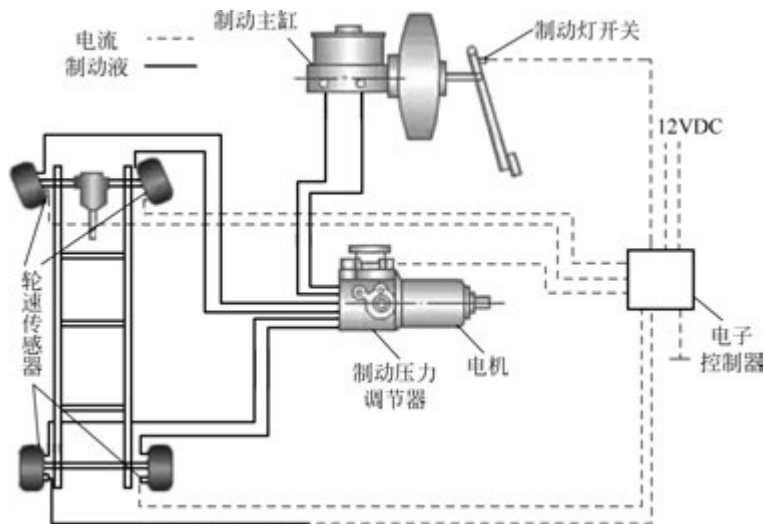


图 5-11 ABS 基本组成

#### 1) 车速传感器

车轮转速传感器一般简称轮速传感器，如图 5-12 所示，其功用包括检测车轮的转速，并将转速信号输入电子控制单元，以进行车轮状态控制。轮速传感器包括电磁感应式轮速传感器和霍尔效应式轮速传感器。

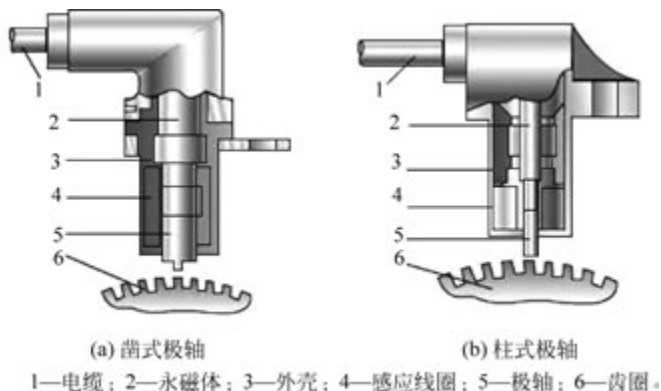


图 5-12 车轮转速传感器

#### 2) ABS 的控制系统 ECU

ECU 是 ABS 系统的控制中心，其本质是微型数字计算机，一般由两个微处理器和其他必要电路组成，是不可分解的整体单元。电子控制单元的基本输入信号是 4 个轮上传感器送来的轮速信号，输出信号包括给液压控制单元的控制信号、输出的自诊断信号和输出给

ABS 故障指示灯的信号。

功用：对车轮转速传感器传来的信号进行比较、分析和判别，通过精密计算得出制动时的滑移状况，并形成相应的指令，通过制动压力调节装置及其他装置对制动压力进行调节，让进入制动分泵的制动液以最合适的压力值来控制各个车轮的转速，以达到最佳的制动效果。

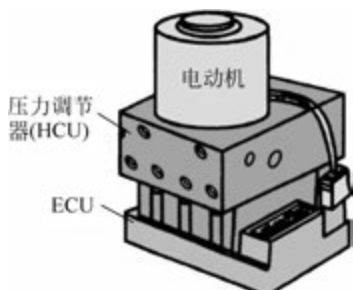


图 5-13 制动压力调节装置

### 3) 制动压力调节装置

制动压力调节装置在制动时根据 ABS 电子控制单元的控制指令，自动调节制动轮缸的制动压力大小，使车轮不被抱死并处于理想滑移率的状态。基本组成包括电磁换向阀、储液罐、电动机和液压泵，如图 5-13 所示。

## 2. 工作过程

ABS 的工作原理如图 5-14 所示，具体过程如下。

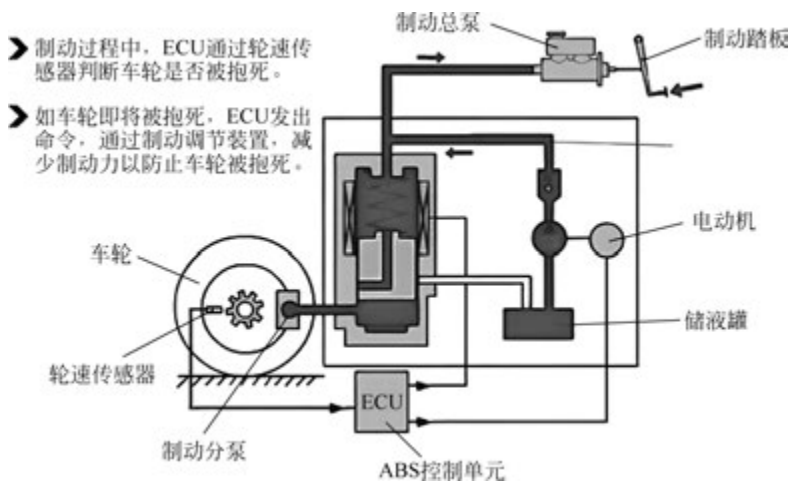


图 5-14 ABS 的工作原理图

### 1) 车轮速度监测

ABS 系统通过安装在每个车轮上的轮速传感器实时监测车轮的转速。这些传感器会不断地将车轮的转动速度信息以电信号的形式传输给电子控制单元。

### 2) 判断车轮是否趋于抱死

ECU 接收到轮速传感器的信号后会根据这些信号计算车轮的滑移率。滑移率是指车轮在制动过程中，实际车速与车轮线速度的差值与实际车速的比值。当滑移率超过一定阈值（一般在 15%~20%）时，ECU 判断车轮趋于抱死状态，例如，在紧急制动时，如果某个车轮的转速急剧下降，与其他车轮的转速差异较大，则 ECU 就会认为该车轮有抱死的趋势。

### 3) 压力调节

增压：当驾驶人踩下制动踏板进行制动时，制动液从制动主缸流入制动轮缸，使车轮产

生制动力。在 ABS 系统未介入工作的常规制动状态下,制动压力会随着驾驶人踩下制动踏板的力度逐渐增加。

**保压:**当 ECU 判断车轮趋于抱死时会立即控制制动压力调节器,使制动管路中的压力保持不变,例如,通过控制电磁阀的电流,使电磁阀处于一种中间状态,切断制动主缸与制动轮缸之间的通路,阻止制动液进一步流入或流出,从而保持当前的制动压力。

**减压:**如果车轮在保压状态下仍然继续趋于抱死,则 ECU 会进一步控制制动压力调节器,降低制动轮缸中的压力。这通常是通过打开电磁阀,使制动液从制动轮缸流回制动主缸或储液罐来实现的。这样可以减小车轮的制动力,使车轮的转速逐渐恢复。

#### 4) 循环调节

ABS 系统会不断地重复上述保压、减压和增压的过程,每秒可循环多次(一般为 60~120 次),使车轮的滑移率始终保持在最佳范围内。这样既能保证车轮有足够的制动力,使车辆尽快减速,又能防止车轮完全抱死,保持车辆的转向能力和稳定性。

#### 5) 故障监测与提示

在 ABS 系统工作过程中,ECU 还会持续监测系统各部件的工作状态。如果发现传感器、电磁阀、液压泵等部件出现故障,ECU 会点亮仪表盘上的 ABS 故障灯,提示驾驶人系统出现故障。同时,ABS 系统会自动关闭,车辆的制动系统将恢复到传统的制动模式,但此时车辆在制动时车轮可能会抱死,制动性能和安全性会受到一定影响。

### 5.1.3 EBS

电子制动系统(Electronic Brake Systems, EBS)是汽车领域中一项关键的主动安全技术,其设计的初衷在于预防车辆在刹车时发生侧滑、甩尾等不稳定状况。每当驾驶者进行刹车操作时,EBS 便会迅速分析车辆的行驶动态。一旦侦测到有任何失控风险,系统就会立即调整刹车力度与模式,确保驾驶者能够更平稳、更安全地降低车速或停车。

相较于传统的刹车系统,EBS 的优势在于其更高的感应灵敏度和更快的反应能力。系统能够在极短的时间内捕捉到车辆的行驶变化,并做出相应的调整,从而大大降低车辆失控的可能性。此外,EBS 还能与 ABS、TCS 等其他主动安全系统协同工作,共同提升车辆的整体安全表现。

在现代汽车中,EBS 系统已得到普遍应用。通过集成多种传感器,系统能够实时监控车辆的速度、转向角、侧倾角及侧滑角等关键参数。一旦检测到任何失控征兆,EBS 就会迅速介入,调整刹车策略,以协助驾驶者维持车辆的稳定性和控制力,防止出现侧滑、甩尾等危险状况。

#### 1. 基本组成

EBS 系统主要由传感器、电子控制单元、制动执行器等组成。

##### 1) 传感器

**轮速传感器:**安装在车轮上,用于测量车轮的转速。

**制动压力传感器:**检测制动系统中的压力。

加速度传感器：测量车辆的加速度和减速度。

#### 2) 电子控制单元(ECU)

ECU 是 EBS 系统的核心部件,接收来自传感器的信号,进行处理和分析,并根据预设的算法发出控制指令。

#### 3) 制动执行器

包括制动气室、制动阀等部件,根据 ECU 的指令执行制动操作。

### 2. 工作过程

#### 1) 信号采集

轮速传感器实时监测车轮的转速,并将信号传输给 ECU。制动压力传感器和加速度传感器也分别将制动系统压力和车辆加速度信息传递给 ECU。

#### 2) 制动需求

ECU 根据接收的传感器信号,结合车辆的行驶状态和驾驶人的制动操作,计算出所需的制动力大小,例如,当驾驶人踩下制动踏板时,ECU 会根据轮速变化、加速度等信息判断车辆的制动需求,并计算出相应的制动力分配方案。

#### 3) 控制制动执行器

ECU 向制动执行器发出控制指令,调整制动压力。在紧急制动情况下,EBS 可以实现快速响应,通过增加制动压力或启动防抱死制动系统等功能,确保车辆在最短的距离内停下来。

#### 4) 协调制动系统

EBS 还可以协调车辆的各个制动系统,如前后轴制动、挂车制动等,实现最佳的制动效果,例如,在制动过程中,ECU 可以根据车辆的载荷分布、路面状况等因素,动态调整前后轴的制动力分配,提高制动稳定性。

总之,EBS 系统通过传感器采集车辆的运行信息,由 ECU 进行分析和处理,控制制动执行器以实现精确的制动控制,提高了制动的安全性、可靠性和稳定性。

## 5.2 智能车辆特有执行机构

自动驾驶线控系统涵盖智能线控系统、电驱动系统和整车控制系统等部分。动力电池系统主要由动力电池及相关控制系统构成,为整车的正常运行提供电能源。

智能汽车智能线控系统如图 5-15 所示。该系统是将操纵意图(或通过环境感知得到的操纵指令)转换为电信号并通过总线传输到执行机构以实现精准控制的一种系统。智能线控系统包括线控转向系统、线控制动系统、电子驻车制动系统、线控油门系统及线控换挡系统等。在部分高档车上,还增加了线控悬挂系统。本书重点介绍线控转向系统与线控制动系统,其他部分可查询相关资料进行了解。

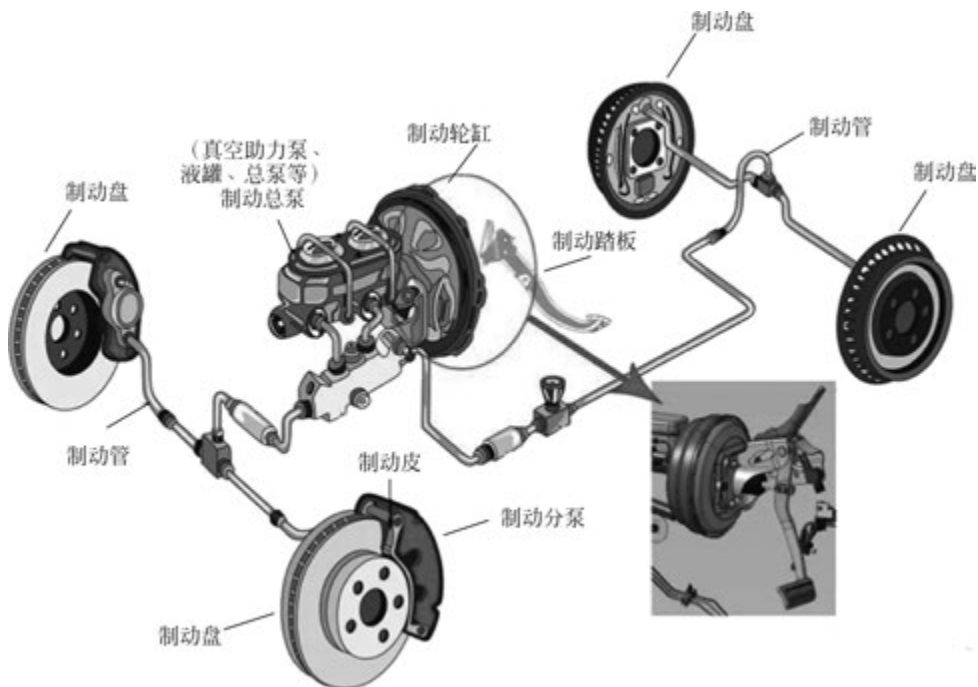


图 5-15 智能汽车智能线控系统

### 5.2.1 线控转向系统

线控转向系统对汽车的操控和安全性能具有重要意义。自 1886 年汽车诞生以来,各项汽车新技术层出不穷,线控转向系统就是其中一项有代表性的技术。线控转向系统从设想开发成功经历了 50 年左右发展历程。德国奔驰公司 1990 年开发了线控转向系统,并在概念车 F400-Cavring 上应用了此项技术,取得了非常良好的效果。2000 年以后,线控转向系统持续发展,当前线控转向系统已经在日产旗下的英菲尼迪 Q50 中得到实际应用。特斯拉 Cybertruck 于 2023 年 12 月正式上市,该车搭载了四轮转向和线控转向技术,其线控转向较为彻底,取消了方向盘和方向机之间的机械连接,在车辆启动前方向盘的转动不会驱动车轮转动。蔚来 ET9 在 2023 年发布,搭载了蔚来自研的 SkyRide·天行智能底盘系统,将线控转向、后轮转向和全主动悬架三大核心硬件系统集成在一起。线控转向方面,支持 6:1 到 14:1 的转向比范围调节。吉利路特斯 Eletre 是首款搭载采埃孚 cubix 软件系统的量产车(如图 5-16 所示),该软件系统控制所有底盘功能,虽不是完全意义上的线控转向系统应用车型,但底盘系统的智能化与线控技术相关。

汽车转向系统的基本性能是保证车辆在任何工况下转动方向盘时都有较为理想的操纵稳定性。随着现代汽车电子技术的快速发展,对汽车安全性、舒适性的要求也越来越高。汽车动力转向系统从传统的液压助力转向系统(Hydraulic Power Steering, HPS)发展到现在逐渐推广应用的电动液压动力转向系统(Electro Hydraulic Power Steering, EHPS)、电子



7min



图 5-16 路特斯 Eletre

助力转向系统(EPS)及操作性能更优的线控转向系统(Steering By Wire, SBW)。线控转向系统取消了方向盘和转向轮之间的机械连接,使质量减轻了大约 5kg,消除了路面的冲击,具有降低噪声和隔振等一系列特点。

线控转向系统作为新一代转向系统,它采用交流驱动电机和多传感器技术实现自主转向功能,并且可以实现转向系统传动比的调节,是智能辅助驾驶和无人车必不可少的组成部分。由于线控转向系统取消了方向盘和转向轮之间的机械连接,因此主要通过电信号直接控制转向电机来控制汽车转向。

### 1. 线控转向系统的结构

线控转向系统结构如图 5-17 所示,可分为 3 个主要部分:第一部分是方向盘总成,包括方向盘、转矩传感器、转向角传感器和转矩反馈电动机;第二部分是电子控制系统,包括电子控制单元和车速传感器,也可以增加横摆角速度传感器、加速度传感器以提高车辆的操纵稳定性;第三部分是转向系统,包括角位移传感器、转向电动机、齿轮齿条转向机构和其他机械转向装置等。

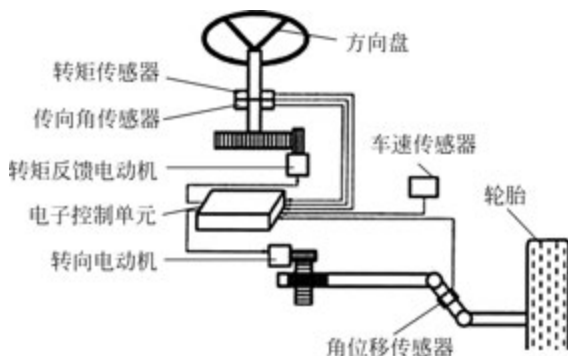


图 5-17 线控转向系统的结构

### 2. 线控转向系统的工作原理

当方向盘转动时,转矩传感器和转向角传感器将测量到的转矩和方向盘的转角转换成

电信号,输入 ECU。ECU 将根据车速传感器和安装在转向传动机构上的角位移传感器信号来控制转矩反馈电动机的旋转方向,并根据转向力模拟,生成反馈转矩。同时,ECU 控制转向电动机的旋转方向、转矩大小和旋转的角度,通过机械转向装置控制转向轮的转向位置,使汽车沿着期望的轨迹行驶。

当转动方向盘或由控制器局域网(Controller Area Network,CAN)总线发送方向转动指令时,方向盘的转动将带动转向角传感器的大齿轮转动,大齿轮带动装有磁体的两个小齿轮转动,产生变化的磁场。通过敏感电机检测这种变化产生的转角信号,再由 CAN 总线将数据发送到主控制器。主控制器根据内部的程序,计算出合适的前轮转角并发送到转向执行电机,实现车辆转向。

### 3. 线控转向系统的优点

线控转向系统除了具有普通转向系统的安全、轻便和控制精确等优点外,还可以通过控制程序实现变传动比控制甚至理想传动比控制,即提高在低速时转向的灵敏性和高速时转向的稳定性,控制汽车的横摆角速度和质心侧偏角,提高转向稳定性,其主要优点包括以下几点。

(1) 提高汽车安全性能:智能化的 ECU 会根据汽车的行驶状态判断驾驶人或者自动驾驶的操作是否合理,并做出相应的调整。当汽车处于极限工况时,能够自动对汽车进行稳定控制。

(2) 改善驾驶特性,增强操纵性:基于车速、牵引力控制及其他相关参数基础上的转向比率(方向盘转角和车轮转角的比值)不断变化。低速行驶时,转向比率低,可以减少转弯或停车时方向盘转动的角度;高速行驶时,转向比率变大,可以获得更好的直线行驶条件。

(3) 增加汽车舒适性:由于消除了机械结构连接,地面和转向轮的不平通常不会传递到转向轴上,从而使驾驶操控空间及汽车底盘空间明显增大。

(4) 智能安全辅助功能更好实现:线控转向系统更容易与车辆的其他电子控制系统,如电子稳定程序(ESP)、自动紧急制动系统(AEB)等进行集成和协同工作,例如,在车辆出现侧滑或失控的情况下,系统可以快速地调整转向角度,配合其他安全系统使车辆恢复稳定,提高车辆的整体安全性能。

## 5.2.2 线控制动系统

线控制动系统(Brake By Wire, BBW)也称为电子控制制动系统,结合线控技术和汽车制动系统而形成,将传统液压或气压制动执行元件改为电驱动元件,具有可控性好、响应速度快等特点,如图 5-18 所示。

线控制动系统主要分为液压式线控制动系统(Electric Hydraulic Brake, EHB)和机械式线控制动系统(Electric Mechanical Brake, EMB)两种类型。它主要由制动踏板、ECU 及各种传感器等组成。线控制动系统取消了制动踏板和制动器之间的液压(或气压)与机械连接,主要通过传感器接收制动踏板的行程和踏板力,并把信号传递给电子控制单元。制动意图通过制动踏板转角传感器的转角、角加速度等信号来识别。



13min

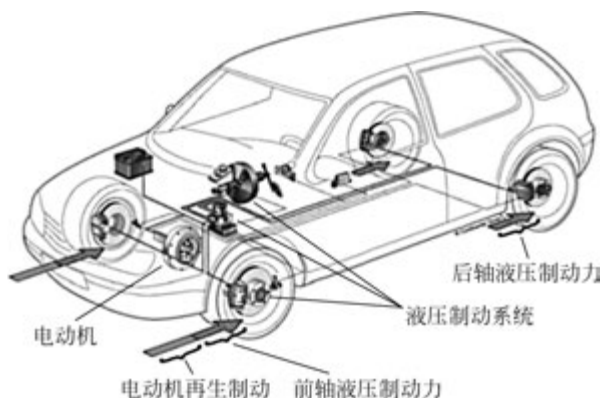


图 5-18 线控制动系统

## 1. 线控制动系统的分类

### 1) 液压式线控制动系统

液压式线控制动系统基本结构如图 5-19 所示,它是从传统的液压制动系统发展而来的,但与传统制动方式有很大不同。该系统以电子元件替代了原有的部分机械元件,取消了传统制动系统中的真空供给部件和真空助力部件,同时保留了成熟的液压部分,将电子系统和液压系统相结合。这样的设计可以在电子助力失效时提供备用制动,确保车辆安全,是一个先进的机电一体化系统。

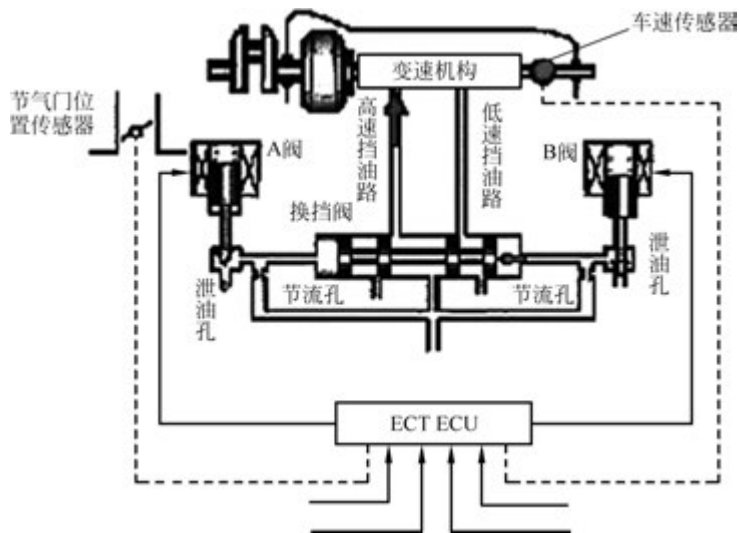


图 5-19 液压式线控制动系统基本结构

电子踏板由制动踏板和踏板传感器(踏板位移传感器)组成。踏板传感器用于检测踏板行程,然后将位移信号转换成电信号传给电子控制单元,实现踏板行程和制动力按比例进行调控。

星途瑶光 C-DM 是一款混动中型 SUV,除入门版车型外,均配备了液压式线控制动系统。该系统配合底盘液压隔振系统、CDC 电磁悬挂系统等豪华配置,能有效地抑制车辆在起步、刹车、转弯、颠簸等路况下的负面表现,提升车辆的行驶稳定性和乘坐舒适性,如图 5-20 所示。



图 5-20 星途瑶光 C-DM

(1) 液压式线控制动系统的构成: 液压式线控制动系统主要由传感器、电子控制单元及执行机构等核心部分所构成,各部分协同工作,共同保障制动系统的正常运行。

(2) 正常工作状态: 在正常工作情况下,制动踏板与制动器之间的液压连接会被断开,与此同时,备用阀处于关闭状态。电子踏板配置有踏板感觉模拟器及电子传感器,液压式线控制动系统能够凭借传感器所传输的信号精准地判断制动意图,随后依靠电机驱动液压泵来开展制动操作,以此实现对车辆制动的有效控制。

(3) 故障状态及特点: 一旦电子系统出现故障,备用阀就会开启,这时液压式线控制动系统便会转换为传统的液压系统。备用系统的存在显著地提升了整个制动系统的安全性,确保车辆在该线控制动系统无法正常工作时,依然具备制动的能力。不过,鉴于备用系统中仍旧包含较为复杂的制动液传输管路,这使液压式线控制动系统难以完全具备线控制动系统产品所具备的全部优势,也正因如此,液压式线控制动系统通常被看作线控制动系统在发展过程中的先期形态。

(4) 液压式线控制动系统的主要优点如下。

**精准压力调节与快速响应特性:** 电子液压制动系统借助电磁阀进行控制,能够实现对 4 个车轮独立且精确的压力调节,并且还具备快速制动响应反馈的能力。如此一来,在车辆实施制动的过程中,各个车轮都能够依据实际需求精准地分配到相应的制动力,同时也能够迅速地对制动操作做出反应,切实有效地提升了制动的效率及精准程度。

**结构简化与整车布局优势:** 电子液压制动系统去除了繁杂的真空助力装置,这一举措使其自身的结构得到了简化。结构的简化不仅更有利于整车进行内部空间的合理布局,而且还一定程度上降低了因真空助力装置而可能引发的故障风险,进一步地提高了整个制

动系统的可靠性。

出色的兼容性与功能集成能力：电子液压制动系统具备良好的兼容性，便于集成如TCS、ABS、ESP等诸多相关的辅助制动系统，并且能够实现车联网通信功能，有助于全方位提升车辆整体制动的协同性及智能化水平，让车辆制动更加安全、高效且智能。

解耦与制动能量回收功能：电子液压制动系统在主缸的前腔和后腔出液口配备了可断开的电磁阀，这些电磁阀能够有效地切断主缸和轮缸之间的关联，顺利完成轮缸和主缸的解耦操作，进而达成制动能量回收的目的，实现节能增效，契合目前汽车行业对节能环保的要求。

## 2) 机械式线控制动系统

机械式线控制动系统的基本结构如图 5-21 所示，其所有的液压装置，包括主缸、液压管路、助力装置等均被电子机械系统替代，液压盘和鼓式制动器的调节器也被电机驱动装置替代。机械式线控制动系统是名副其实的线控制动系统。该系统的电控单元需要根据制动踏板信号及车速等车辆状态信号驱动和控制执行机构电动机来产生所谓的制动力。

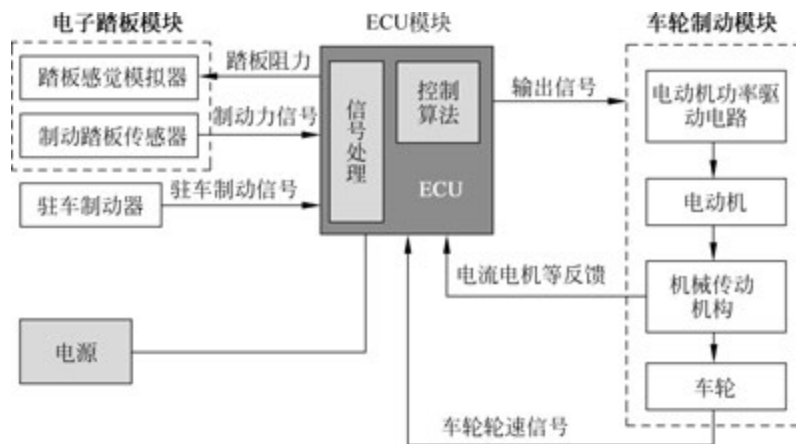


图 5-21 机械式线控制动系统的基本结构

截至 2024 年 11 月，目前已明确配备机械式 EMB 且被大家所熟知的具体量产车型还较少。不过据相关信息，京西集团的 EMB 产品已获凯翼汽车和悠跑科技战略合作，预计 2026 年实现量产，所以在当前市场上暂未大规模出现使用 EMB 的量产车型。未来随着技术的不断发展和相关标准的完善会有更多车型搭载机械式线控制动系统。

机械式线控制动系统的主要优点包括执行机构和踏板间无机械或液压连接，缩短了制动器的作用时间，有效地减小了制动距离；不需要助力器，减少空间、布局灵活；无须制动液，系统质量轻并且比较环保；在 ABS 模式下无回弹振动，可以消除噪声；便于集成电子驻车等附加功能。

## 2. 线控制动系统的工作原理

线控制动是线控系统中最关键也是技术难度最高的部分。要深入了解线控制动，首先需要知晓汽车刹车的一般原理，毕竟它是在此基础上发展而来的。大部分小型车采用液压

制动,原因在于液体几乎不能被压缩,能够近乎 100%地传递动力,其基本制动过程如下。

#### 1) 汽车液压制动的一般过程

(1) 驾驶人动作输入:当驾驶人踩下制动踏板时,凭借腿部力量对踏板施加向下的压力。踏板与制动系统中的推杆相连接,该压力便会通过推杆传递至制动主缸。

(2) 主缸工作:制动主缸内部包含活塞和回位弹簧等部件。推杆推动活塞在主缸内移动,致使主缸内的制动液受到挤压。由于液体具有几乎不可压缩的特性,活塞的移动会使制动液的压力升高。

(3) 压力传递:被加压后的制动液会通过制动管路迅速传递到各个车轮的制动轮缸。制动管路通常采用金属材质制成,以此确保压力能够稳定传递,并且不会因液体压强增大而出现扩张现象。

(4) 轮缸动作:制动轮缸内部同样设有活塞,当高压制动液进入轮缸后会推动轮缸活塞向外移动。

(5) 制动生效:轮缸活塞的移动会带动制动蹄片(针对鼓式制动器而言)或制动卡钳(针对盘式制动器而言)运动,使制动蹄片紧紧地压在制动鼓上,或者让制动卡钳的刹车片夹紧制动盘。借助制动蹄片与制动鼓,或刹车片与制动盘之间产生的摩擦所形成的强大阻力作用于车轮上,便能有效地减缓车轮的旋转速度,进而实现车辆的减速或停止。

#### 2) 线控制动系统的工作过程

(1) 信号采集:当驾驶人踩下制动踏板时,踏板位置传感器会精确测量踏板的行程、速度及所施加的力等信息,并将这些数据转换为电信号发送给电子控制单元,例如,踏板被踩下得越深,传感器发送给 ECU 的电信号强度往往就越高,意味着驾驶人期望获得更强的制动效果。

(2) 电子控制单元处理:ECU 接收到来自踏板位置传感器的电信号后会结合车辆的其他相关信息,像车速、车轮转速、车辆负载、制动系统的状态等,展开综合分析和计算。依据这些信息,ECU 会确定出契合当前驾驶需求的最佳制动策略,涵盖每个车轮需要施加的制动力大小等内容,并生成相应的控制指令,例如,倘若车辆在高速行驶时驾驶人突然大力踩下制动踏板,ECU 会考虑到高速下急刹车可能引发车辆失控的风险,在计算每个车轮制动力时会适当调整,或许会先对后轮施加相对较小比例的制动力,以避免车辆甩尾,而后再根据车辆的实际减速情况逐步调整各车轮的制动力。

(3) 执行器动作:在液压式线控制动系统中,执行器主要是液压控制单元(HCU)。HCU 接收到 ECU 发出的控制指令后会借助内部的电磁阀等部件来控制制动液的流向和压力,进而精确地调节通往各个车轮制动轮缸的制动液压力,使各个车轮获得相应的制动力,例如,当 ECU 判定某个车轮需要较大制动力时,HCU 会打开相应的电磁阀,让更多的制动液流入该车轮的制动轮缸,提高其压力,从而使该车轮产生更大的摩擦力以实现减速。部分液压式线控制动系统还配备了电动泵等辅助设备,用于在必要时补充制动液压力或维持系统压力稳定。

在机械式线控制动系统中,执行器通常是电机及相关的机械传动机构。当 ECU 发出

控制指令后,电机依据指令启动并带动机械传动机构运动。

### 3) 线控制动系统的优点

(1) 制动精度高:传统制动系统依靠机械或液压方式传递制动力量,不可避免地存在一定的延迟和误差。然而,线控制动采用电子信号传输和控制,能够即刻将驾驶人的制动意图转换为实际的制动动作,对制动力的调节也更精确、更细腻,例如,在湿滑路面行驶时,线控制动系统可以依据车轮的实际抓地力情况,精准地分配每个车轮的制动力,避免车轮抱死,确保车辆保持稳定的制动效果。

(2) 响应速度快:电子信号的传输速度极快,几乎不存在延迟。当驾驶人踩下制动踏板时,传感器能够迅速地将踏板的动作转换为电信号传递给控制单元,控制单元再快速操控执行器进行制动操作,这极大地缩短了制动反应时间。在紧急制动场景下,线控制动能够更快地使车辆减速,可以有效地避免碰撞事故的发生,为行车安全提供了更可靠的保障。

(3) 易于实现智能化和自动化驾驶:自动驾驶汽车要求对制动系统进行精确、快速控制,以应对各类复杂的路况和驾驶场景。线控制动系统能够与车辆的其他传感器和控制系统(如自动驾驶系统、电子稳定控制系统等)无缝集成,实现自动驾驶模式下的精准制动操作。通过与车辆的其他系统进行信息交互和协同工作,线控制动系统可以依照车辆的行驶状态、路况等因素自动调整制动力度,让车辆的行驶更平稳、更安全。

(4) 能量回收效率高:在电动汽车和混合动力汽车中,制动过程中的能量回收显得尤为重要。线控制动系统能够依据车辆的行驶状态和电池的充电需求,精确控制制动能量的回收程度,例如,在车辆减速时,系统可以自动地调整制动力,使电机在制动过程中能够更高效地将车辆的动能转换为电能并存储到电池中,提高能源利用效率,延长车辆的续航里程。

(5) 结构简单、质量轻:相较于传统制动系统繁杂的机械和液压部件,线控制动系统减少了零部件数量,降低了系统的复杂度。去除了庞大的制动管路、助力器等部件后,系统的体积和质量都大幅度减小。这不仅为车辆设计赋予了更大的灵活性,还有助于提升车辆的性能,降低整车的能耗(对于电动汽车而言,减轻质量可进一步地提高续航里程)。

(6) 可实现个性化设置和调整:线控制动系统能够通过软件编程的方式对制动性能进行设置和调整,例如,驾驶人可以依据自己的驾驶习惯和需求,选择不同的制动模式(如舒适模式、运动模式等),或者调整制动踏板的灵敏度等参数,以此获取更契合自己驾驶风格的制动体验。

(7) 安全性和可靠性高:线控制动系统通常配备了多重冗余机制和故障诊断功能,例如,当系统的某个传感器或执行器出现故障时,备用的传感器或执行器能够立即接替工作,保障制动系统的正常运行。同时,系统可以实时监测自身的工作状态,一旦察觉到异常情况就会及时发出警报并采取相应的安全措施,提高了制动系统的可靠性和安全性。

(8) 设计灵活性高:由于摆脱了传统制动系统中的机械连接和液压管路的限制,所以线控制动系统在车辆的设计和布局方面具备更高的灵活性。汽车制造商能够更自由地设计车辆的驾驶舱空间,提升车内空间的利用率和舒适性。



- A. 气压式线控制动系统  
B. 机械式线控制动系统(EMB)  
C. 电动式线控制动系统  
D. 电磁式线控制动系统
- (6) 液压式线控制动系统在电子系统发生故障时会变成( )来确保车辆安全。  
A. 传统的液压系统  
B. 传统的气压系统  
C. 机械式制动系统  
D. 电动式制动系统
- (7) 在机械式线控制动系统(EMB)中,当 ECU 发出控制指令后,执行器通常是( )及相关的机械传动机构。  
A. 电机  
B. 液压泵  
C. 真空泵  
D. 电磁阀
- (8) 在线控转向系统中,当汽车处于极限工况时,能够自动对汽车进行稳定控制的是( )。  
A. 转矩传感器  
B. 电子控制单元  
C. 转向电动机  
D. 角位移传感器
- (9) 在 EBS 系统中,负责接收来自传感器的信号并进行处理和分析,根据预设算法发出控制指令的核心部件是( )。  
A. 轮速传感器  
B. 电子控制单元  
C. 制动执行器  
D. 制动压力传感器
- (10) 在紧急制动情况下,EBS 系统可以通过( )等功能确保车辆在最短的距离内停下来。  
A. 增加制动压力或启动防抱死制动系统  
B. 降低制动压力或启动防抱死制动系统  
C. 增加制动压力或关闭防抱死制动系统  
D. 降低制动压力或关闭防抱死制动系统

### 3. 多项选择题

- (1) 在 ABS 系统中,负责根据相关信号对制动压力进行自动调节的部件是( )。  
A. 车速传感器  
B. 制动压力调节装置  
C. ECU  
D. 报警灯
- (2) EBS 系统主要由以下哪些部分组成?( )  
A. 传感器  
B. 电子控制单元(ECU)  
C. 制动执行器  
D. 制动压力传感器  
E. 轮速传感器
- (3) EBS 系统中的传感器包括( )。  
A. 轮速传感器  
B. 制动压力传感器  
C. 加速度传感器  
D. 转向角传感器  
E. 侧倾角传感器
- (4) 线控制动系统由以下哪些部分组成?( )  
A. 制动踏板  
B. ECU  
C. 各种传感器  
D. 液压管路

- E. 助力器
- (5) 液压式线控制动系统的主要优点包括( )。
- A. 由电磁阀控制实现四轮独立和准确的压力调节,具备快速制动响应的反馈  
B. 取消繁杂的真空助力装置,结构更简单,便于整车的布置  
C. 便于集成 TCS、ABS、ESP 相关的辅助制动系统,兼容性强,可达到车联网通信  
D. 主缸前和后腔出液口有断开的电磁阀,可有效切断主缸和轮缸的关联,完成轮缸和主缸的解耦,达到制动能量回收
- (6) 线控转向系统的结构可分为以下哪几个主要部分?( )
- A. 方向盘总成  
B. 电子控制系统  
C. 转向系统  
D. 液压助力系统
- (7) 线控转向系统的电子控制系统可以增加以下哪些传感器以提高车辆的操纵稳定性?( )
- A. 横摆角速度传感器  
B. 加速度传感器  
C. 轮速传感器  
D. 温度传感器
- (8) 电动转向系统由以下哪些部分组成( )。
- A. 转向传感器  
B. 车速传感器  
C. 助力机械装置  
D. 电动机  
E. 微计算机控制单元
- (9) 汽车防抱死制动系统的基本组成部件包括( )。
- A. 车速传感器  
B. 制动压力调节装置  
C. ECU  
D. 报警灯
- (10) 汽车防抱死制动系统的主要作用是( )。
- A. 加快汽车制动速度  
B. 防止汽车在制动过程中车轮抱死  
C. 增加汽车制动时的制动力  
D. 减少汽车制动系统的损耗

#### 4. 简答题

- (1) 简述 EPS 系统的基本组成。
- (2) 简述 ABS 系统的基本组成。
- (3) 简述 EBS 系统的基本组成。
- (4) 说明线控转向系统的主要优缺点。
- (5) 说明线控制动系统的主要优缺点。

#### 5. 分析题

通过查找相关资料,撰写一篇关于智能汽车执行机构的发展研究报告。