

# 第一章 汽车的行驶安全装置

## 1-1 汽车行驶安全装置的发展及应用

近年来，随着汽车数量的增加，汽车安全行驶成为人们普遍关注的问题，因为这直接关系到人身和财产的安全。汽车行驶中的平顺性和操纵稳定性，会随车速的提高、路面的复杂化和车辆直行、转弯、超车等不同行驶状态提出新的要求，来保证行驶的安全。因此各汽车厂家都极其重视在现代汽车上设置行驶安全装置。主要有：自动防撞装置、车身悬挂电控装置、动力转向装置以及四轮驱动装置等。自动防撞装置是为了防止高速公路上行驶的车辆之间或行驶车辆与路边停驶车辆间的碰撞，即防追尾控制装置。车身悬挂电控装置是既能满足汽车行驶平顺性要求，又能满足操纵稳定性要求的电子控制汽车悬架。汽车电控动力转向装置是根据不同的车速，自动调整方向盘的转向力，低速时只需较小的控制力，就能灵活地进行转向，而在高速时，则自动增大控制力，优化了操纵系统，提高了行驶舒适性及转向灵活性，保证了高速行驶的稳定性和安全性。四轮驱动装置是针对行驶状态，以电子控制实现最佳的前后轮驱动力的连续可变的分配，来提高轮胎与路面摩擦有关的各种性能，改善汽车起步、加速和回转时的稳定性和安全感。

## 1-2 汽车自动防撞装置

随着公路运输的普及和发展，高等级公路和高速公路将使交

通运输更为迅速、快捷。由于在高速的汽车行驶情况下，驾驶员的反应稍有不及时，就会造成交通事故的发生，其中追尾事故在交通事故中占有相当数量，严重危及驾驶员和乘客的安全。因此，研究和推广汽车防撞装置日益显得重要和迫切。常见的自动防撞装置具有以下三种功能，即环境监测、防碰撞判定和车辆控制。例如日本马自达公司研制开发出的自动控制防追尾系统设计电路是：在正常行驶情况下，系统处于非工作状态；当车头接近前车尾时，该系统发出防追尾警告；在发出警告后，若驾驶员没有采取制动、减速措施，该系统便启动紧急制动装置，以免发生追尾事故。防追尾碰撞系统框图如图 1-1 所示。行车环境监测是通过激光扫描雷达或微波多普勒效应，测量车距和前车方位，与判定的路面状况一起送入微处理机。

### 1-2-1 汽车激光扫描防撞系统

激光扫描雷达安装在车辆前端的中央位置，将测得的车距和前面车辆方位信号送入防碰撞预测系统。激光扫描雷达的扫描角和视域如图 1-2 所示，激光束的视域窄并呈肩形，即在水平面上较薄，在垂直面上呈肩形；激光束可在较宽的范围内快速扫描，并通过激光束的能量密度消除因车辆颠簸引起的误差。通常激光扫描雷达监测范围在 5~120m，以保证在潮湿路面上，后车减速制动后，不致碰撞前面暂停车辆。

在行车环境监测系统中采用微波多普勒效应的方法。提出了一种新的防撞方案，微波具有穿透力强，方向性优于红外、激光、超声波等波源，尤其是适合较远距离测距和雨、雾、雪天气。

采用扫描激光雷达的防碰撞控制系统工作流程如图 1-3 所示。其防碰撞的判断是先从激光扫描雷达所获车距与方位的数据组中抽取有用的数据，依据后车的动力学特性进行车辆路径的估算。行车路径估算的半径  $R$  是根据车速和转角第一次估算的半径  $R_1$  与根据车速和横向摆动速率第二次估算的半径  $R_2$  来确定的，

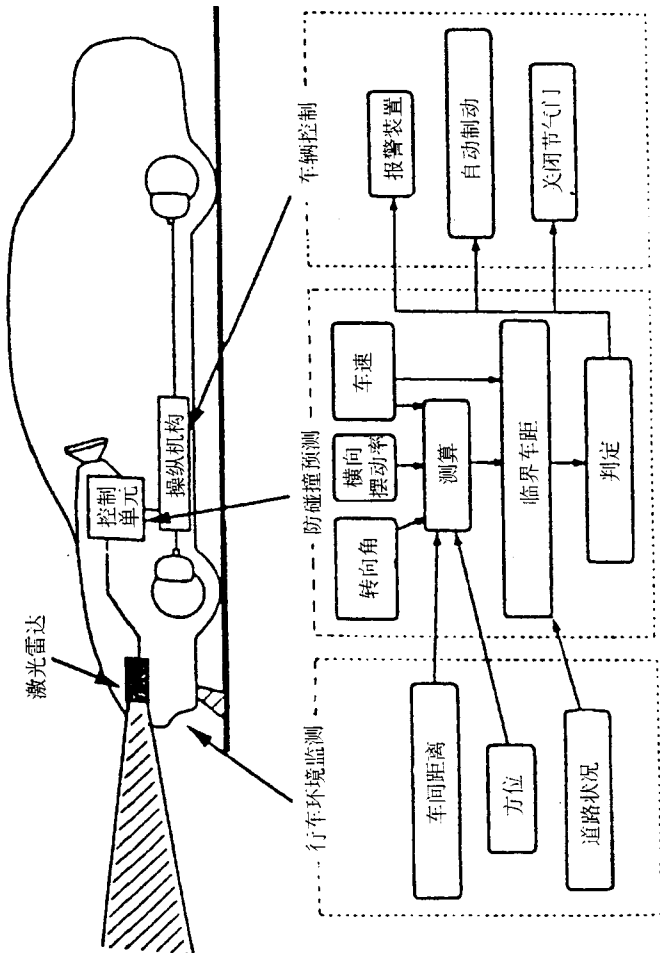


图 1-1 车尾防撞系统

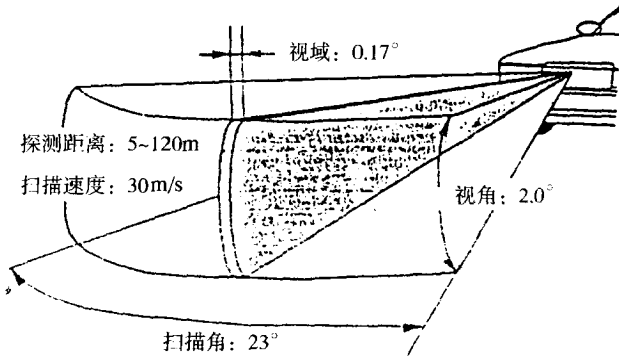


图 1-2 激光扫描雷达

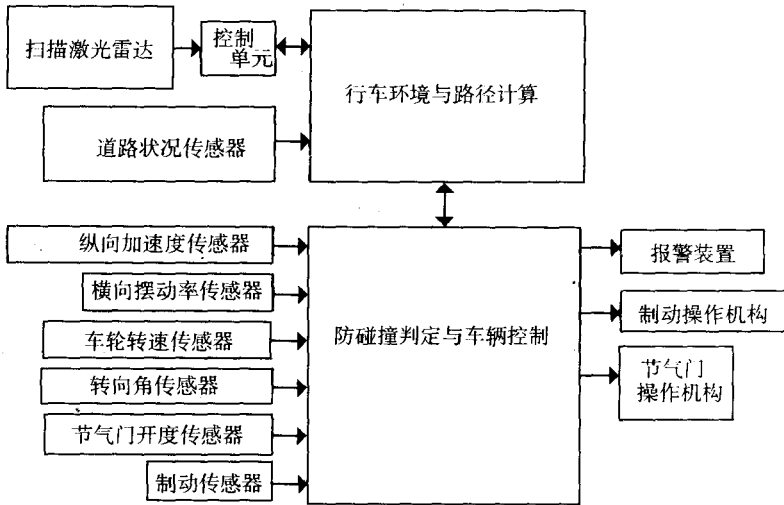


图 1-3 防碰撞系统工作流程图

具体计算方法如下：

$$R_1 = (1 + Av_0^2)ln/\theta \quad R_2 = v_0/r$$

式中  $A$  为稳定系数,  $l$  为车距,  $n$  为转向机传动比,  $\theta$  为转向角,  $r$

为横向摆动速率,  $v_0$  为车速。

通常选用估算  $R_1$  和  $R_2$  的较小值。在进行追尾碰撞危险程度即安全 / 危险的判定时, 是根据路面干湿情况, 后车车速及相对车速计算出临界车距, 其计算方法如下:

$$l_0 = \frac{1}{2} \left( \frac{v_0^2}{a_1} - \frac{(v_0^2 - v^2)}{a_2} \right) + v_0 t_1 + v t_2 + d$$

式中  $v$ ——相对车速;

$v_0$ ——车速;

$a_1$ ——自动控制系统减速度;

$a_2$ ——前面车辆的减速度;

$t_1$ ——减速时间;

$t_2$ ——延迟时间;

$d$ ——车间允许距离(后车停止时对前车最小车距)

计算出的临界车距, 就可以与实测的车距进行比较, 当实测车距接近临界车距时, 报警触发信号就会产生, 当计算出的临界车距等于或大于实测车距时, 自动制动的控制系统便开始启动。

### 1-2-2 汽车微波多普勒效应防撞系统

采用微波多普勒效应的防碰撞控制系统原理框图如图 1-4 所示。图中 A 为微波振荡源; B 为天线开关; C 为天线; D 为差频电路, 该电路对发射波与反射波差频, 产生多普勒信号  $f_a$  供微波处理器采集; E 为相移电路, 对发射波进行  $90^\circ$  相移; F 为鉴相器, 当后车比前车快时输出 1, 后车比前车慢时输出为 0; H 为报警电路, 可产生声光报警; G 为刹车控制电路。

由安全 / 危险预警信号控制的自动执行机构如图 1-5 所示, 该机构配有 ABS 防抱死制动系统, 并采用高速电磁阀, 进行纵向加速度反馈控制。当自动操作机构处于工作状态时, 如果驾驶

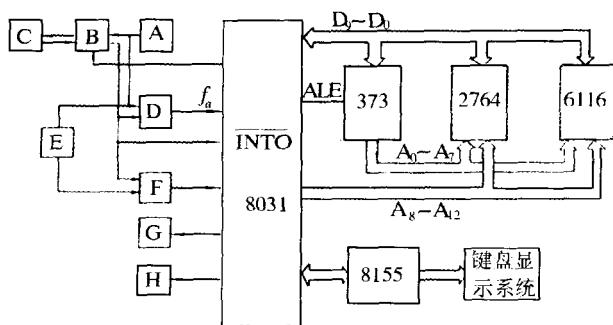


图 1-4 控制原理框图

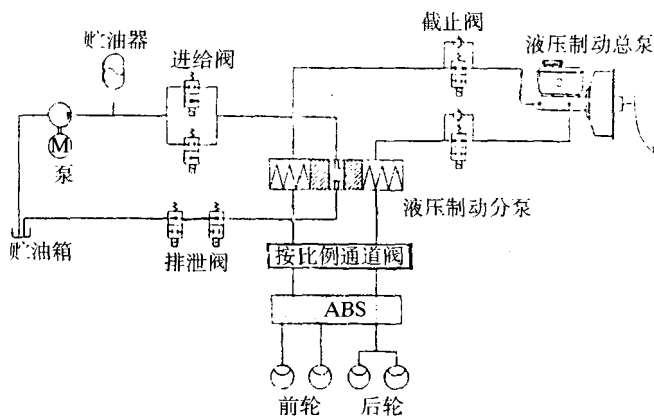


图 1-5 自动执行机构

员的脚制动力大于自动制动的控制力时，则驾驶员的脚制动有效，一旦自动制动操作失灵，脚制动系统并不受影响，而且采用液压制动分泵，不会使两液压回路间产生压差。图 1-6 的 (a) 和 (b) 分别示出了采用自动制动控制后，防止与前面暂时停车车辆和前面突然减速制动车辆之间发生追尾碰撞的实际试验测试结果。

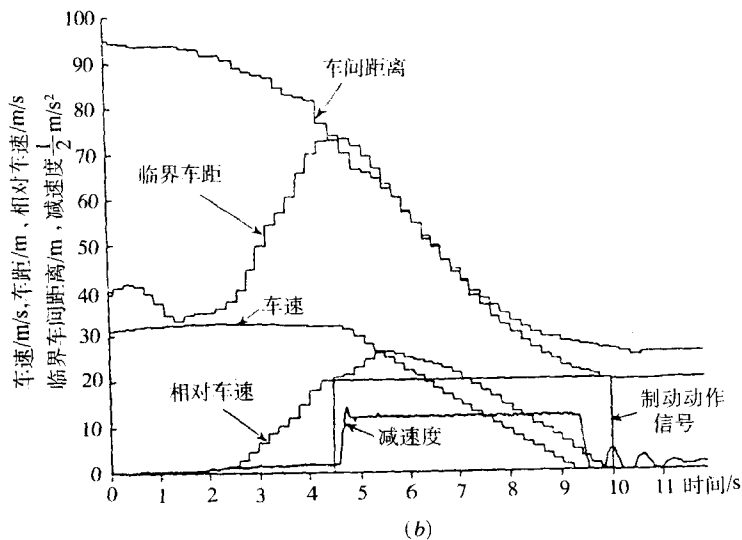
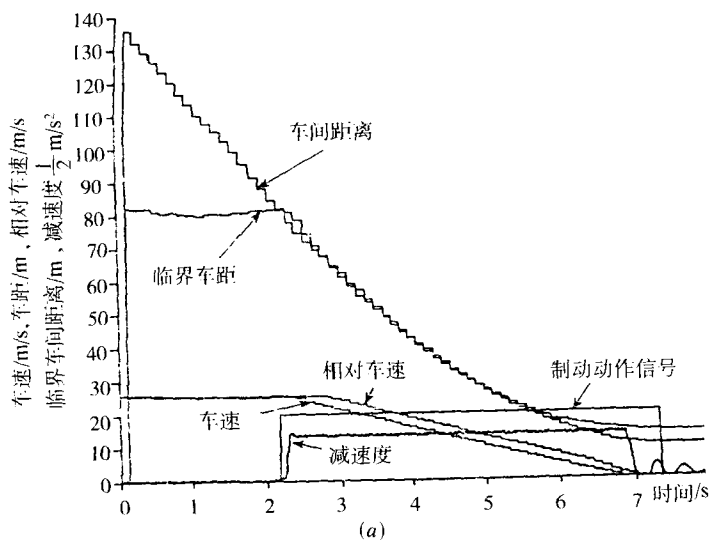


图 1-6 防撞测试结果

## 1-3 车身悬架电控装置

理想的汽车悬架应在不同的使用条件下具有不同的弹簧刚度和减振阻尼，既能满足平顺性要求又能满足操纵稳定性要求，达到安全行驶。传统被动悬架应具有固定的悬架刚度和阻尼系数，在结构设计上必须满足平顺性和操纵稳定性的要求，否则无法达到悬架控制理想目标。

### 1-3-1 车身悬架电控调平工作原理

电子控制车身悬架的基本目的是通过控制调节悬架的刚度和减振器阻尼，使汽车的悬架特性与行驶道路状况相适应，保证平顺性和操纵稳定性都能得到满足。当代汽车悬架的控制主要有弹簧刚度的控制、减振器阻尼控制和车高控制三个方面。汽车悬架弹簧刚度控制的目的是为了根据乘车人数或载重量、车速、道路等情况对汽车的高度和悬架刚度进行修正，实现“防前倾”、“防侧倾”和“前后轮相关”的控制操作。“前倾”一般是汽车高速行驶中突然制动时发生的现象，防前倾主要是防止紧急制动时由于惯性力造成的汽车前端下垂，通过刹车灯开关和车身加速度传感器或和车身高度传感器进行检测、判断，自动地将弹簧刚度增加，使在正常行驶条件下弹簧刚度的“中”设置变为“硬”设置。防侧倾主要是防止汽车紧急转向时由于离心力造成的侧倾，通过转向和车身加速度传感器进行检测、判断，自动地将弹簧由正常行驶的“中”刚度转为“硬”刚度。当汽车行驶在转弯或凸起路面时，通过前后轮弹簧刚度的相关控制并结合协调阻尼力大小的控制，使正常行驶时刚度从“中”的设置切换到“软”的设置以改善平顺性。但在高速运行时“软”的状态工作会导致汽车出现行驶不稳定的状态，因而只限于车速低于 80km/h 时使用。

在悬架中减振器的阻尼控制是半主动悬架中应用较多的形

式，主要有连续变化阻尼控制和开 / 关阻尼转换控制两类。前者又称为主动阻尼控制，后者则称为半主动阻尼控制。若实现连续阻尼控制，减振器中需安装一个可以在最大和最小流通面积之间连续变化的阻尼控制阀。开 / 关型阻尼控制则是在减振器结构上采用较为简单的控制阀，在最大、中等和最小流通面积间进行有级调节，其控制阀的结构和控制方法大为简单。这种半主动阻尼控制可根据不同路面条件和不同行驶需求实现阻尼的“软、硬”两种工况或“软、中、硬”三种工况有级转换。微机可根据车速传感器、转向传感器、刹车灯开关、自动变速器空挡开关和油门位置传感器等不同信号控制减振器的阻力，实现“软、中、硬”三种速度特性的有级转换，来完成防止加速和换挡后的车身后倾、高速制动时的前倾、急转弯时侧倾和保证高速时具有良好的附着力等控制功能，从而提高汽车行驶的舒适性和安全性。

车高控制是指汽车的高度可以根据乘员数量和载荷大小自动调整，这样就可以保持理想的汽车高度和不变的水平状态。微机根据汽车高度传感器信号来判断汽车的高度状况，通过执行机构，调整汽车高度，系统根据车速、车高和车门开关传感器信号监视汽车状态，控制执行机构调整不同行驶状态下的车身高度及水平状态，实现如下功能：一是自动水平控制功能，即控制车高不随乘员数量和载荷大小的变化而变化，由此抑制行车时空气的阻力和升力的增加，减小颠簸并保证平稳行驶；二是高速行驶时车高控制功能，即汽车高速行驶时操纵稳定性变得恶化，此时降低车高有助于抑制空气阻力和升力的增加，提高汽车直线行驶的稳定性；三是停车时车高控制功能，即乘员下车后自动降低车高有利于改善汽车整体外形，并便于在车库中存放。

### 1-3-2 车身悬架电控调平的控制系统

图 1-7 示出了电子悬挂系统的示意图，控制单元 ECU 由 I/O 接口、CPU、减振器执行机构驱动电路和存储器等组成，CPU 多为 8 位单片机。

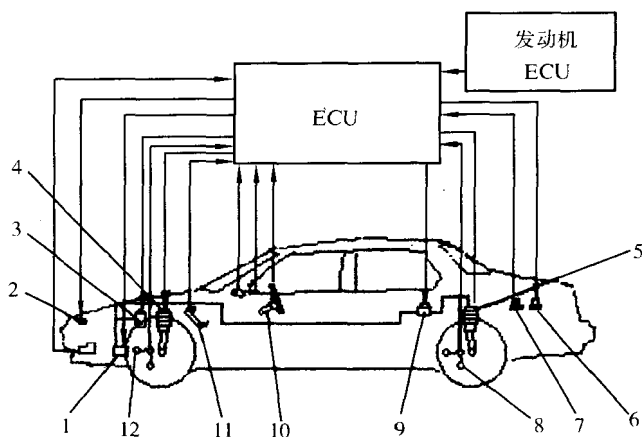


图 1-7 系统结构图

- 1—空气干燥器 ;2—继电器 ;3—空气阀 ;4,5—悬挂装置执行器 ;6—继电器 ;  
7—车身高度控制开关 ;8—车身高度传感器 ;9—空气阀 ;10—转向传感器 ;  
11—停车灯开关 ;12—车身高度传感器。

图 1-8 示出了电子控制空气悬挂系统的框图。系统由车辆高度传感器、车速传感器、制动信号开关、ECU 和两级阻尼减振器等部分组成。车辆高度传感器为直线式电位计，电位计中心臂通过活动杆件与悬臂相连，悬架相对前后桥的运动带动电位器上下活动，改变阻值大小，转换成电压变化送入 ECU。车速传感器是将车轮转速信号转换成车速送入 ECU 的，多采用电磁式车轮速度传感器。制动信号开关的作用，是把行车制动操作转换为电信号送入 ECU。执行机构是一个电磁阀，它装在减振器连杆的上端部，通过打开或关闭供、排气阀使减振器阻力在两级减振器中都能得到改变，起到改变辅助空气弹簧作用。

在控制过程中，根据车辆高度传感器测得的车辆平均高度绝对值，自动地选择“空载状态”或“负载状态”进行控制。据此建立悬架压缩控制常数和拉伸控制常数。准确地确定空载状态和负载状态的临界值，是执行悬架控制的关键。通过从高度传感器在汽车行驶过程中所产生的电压信号波动的大小来判断路面的好坏。如

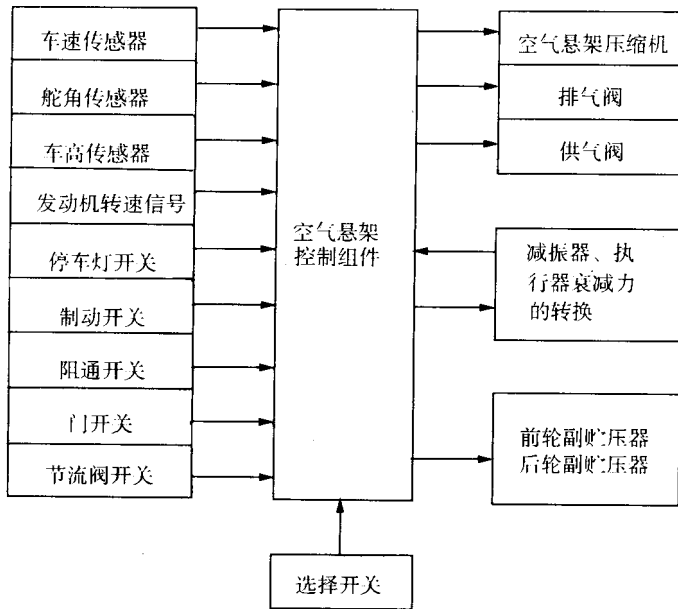


图 1-8 系统控制框图

果上下波动小，则在同一速度下路面质量就好，此时 CPU 就可以通过电磁阀控制减振器的高压空气的压力，使之空气弹簧变硬；反之，控制空气弹簧使其变软，以防振动加大，可以提高舒适性。如果车速小，而车高传感器输出的信号仍波动很大，说明路面通过性较差，此时控制车高增加。如果前后两个车高传感器输出信号大小相差较大，则反映汽车的负载不平衡，此时可以调整汽车的一边高度使前照灯的光轴不变。如果 CPU 接到汽车制动信号，立即控制减振器的阻尼力大小，以减少制动时点头现象。

电子悬挂控制系统是 70 年代发展起来的新型悬架系统，它基本解决了汽车行驶平顺性和操纵稳定性的矛盾，在国外一些高级轿车如日本的丰田 (TOYOTA)、日产 (NISSAN)、本田 (HONDA) 等公司都开发有自己的电子悬挂系统。图 1-9 示出了丰田公司凌志



汽车的电子悬架系统的安装位置图，而图 1-10 为电子悬架控制系统图。

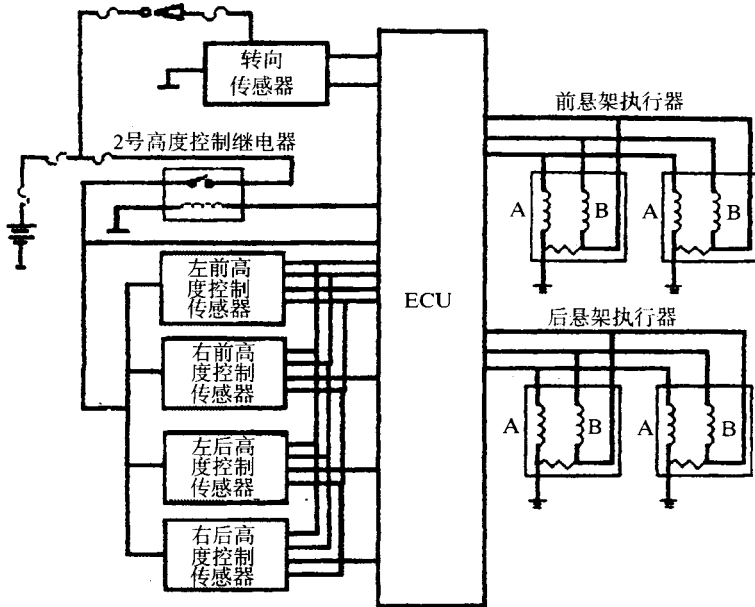


图 1-10 电子悬架控制系统

## 1-4 汽车电控式动力转向装置

传统的机械式动力转向装置经过 100 多年的发展，虽然达到了较高的水准，但为了满足逐步提高要求的灵敏性、稳定性与安全性，以实现在各种条件下方向盘所需要的力都是最佳值，近年来许多公司都在转向系统上开发并安装了电子控制系统。一般机械式动力转向装置在停车或车速很低时方向盘操纵很重，中速时较轻快，但到了高速时操作力就会变得很小。如果减小停车摆放时的操作力，在高速行车时操作力过小会造成操纵不稳定，转向“发飘”的不安全弊病；反之，如果加大高速时的操作力，则停车摆放及低

速时所需的操作力就过大了。当采用电控式动力转向装置后，能在各种不同车速时，通过转向微处理机的控制自动调整方向盘的操作力。在低速行驶或车辆就位时，驾驶员只需用较小的操作力就能灵活地进行转向；而在高速行驶时，则自动控制使操作力逐渐增大。这种（图 1-11）优化了的转向操作，既提高了驾驶舒适性及转向灵活度，又能克服转向‘发飘’的弊病，使驾驶操作有显著的转向路感，保证了高速行驶时的稳定性和安全性。

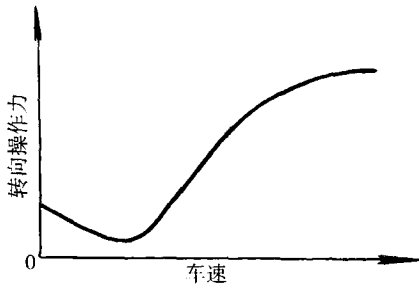


图 1-11 转向操作特性

当今在电控式动力转向装置中常见有电子液力转向助力系统和电子电动转向系统。前者多装于凌志、皇冠等高级轿车，后者则多装于铃木、大发等微型汽车上。

#### 1-4-1 电控液力转向助力

图 1-12 示出了电控调节转向助力的渐进式（PPS）动力转向系统。丰田公司的凌志 400 型车上就装有这种系统，它由机械和电气两部分装置组成。机械部分包括：方向盘、转向柱、转向机。转向机为齿轮齿条式，转向机中装有旋转控制滑阀、反力腔及助力缸。此外还包括油泵、油罐和连接管道等。电器部分包括车速传感器、转向控制单元（ECU）和装于转向机上的电磁阀等。在凌志 400 型车上的 ECU 接线如图 1-13 示。SPD 为来自车速表的车速信号；SOL 为电磁阀，它装于转向机上，控制流向转向反力控制系统液压油的流量大小，该阀根据车速高低由 ECU 控制，当车速低

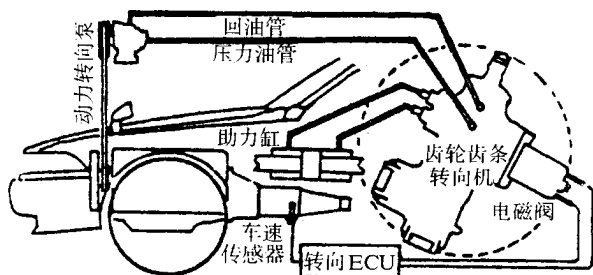


图 1-12 PPS 转向系统

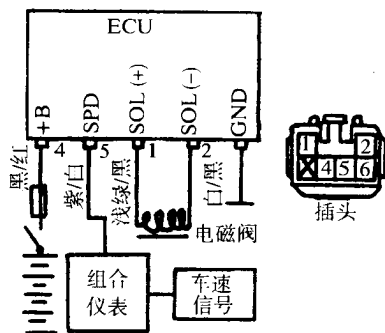


图 1-13 系统电路图

时，ECU 向电磁阀线圈提供较大的电流使电磁阀升度较大，通过的油液较多。反之，则油液通过较少。液压油的流量反映了车速的高低。

反作用力腔即反力腔，它装于转向器内，位于转向杆与旋转滑阀的下方、转向小齿轮的上方。这个反力腔内装有四个阻尼柱塞，其周围充满了液压油，中央有随转向柱而动的操纵杆，如图 1-14 所示。当车辆在中、高速行驶时，反力腔内的油压高，转向时转向杆带动操作杆触压柱塞，强迫柱塞克服油的反作用力而运动，形成较大的阻尼作用，使转向操作控制力增加，形成明显的转向路感。当车辆低速行驶时，由于反力腔内油压较低，在转向时柱塞基本上

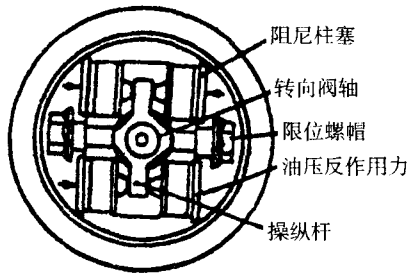


图 1-14 转向反力腔工作原理

不起阻尼作用。因此，反力腔就是阻尼腔，是 PPS 系统的执行单元。图 1-15 为 PPS 系统的油、电路。转向机上共有四个油路接口，P、Q 接口分别接回油和油泵压力油；R、S 则接助力缸的两端油口，起助力作用。当车辆低速行驶或停车泊位时，转向 ECU 接收由车速传感器送来的低速信号后，向电磁阀提供较大电流，使阀心开路增大，从转向油泵输出的液压油经流量分配阀后，一部分流向旋转阀，再经助力缸起转向作用；另一部分则经电磁阀旁路流回到贮液罐，这使得流向反力腔的油量大大减小，失去反力阻尼作用，

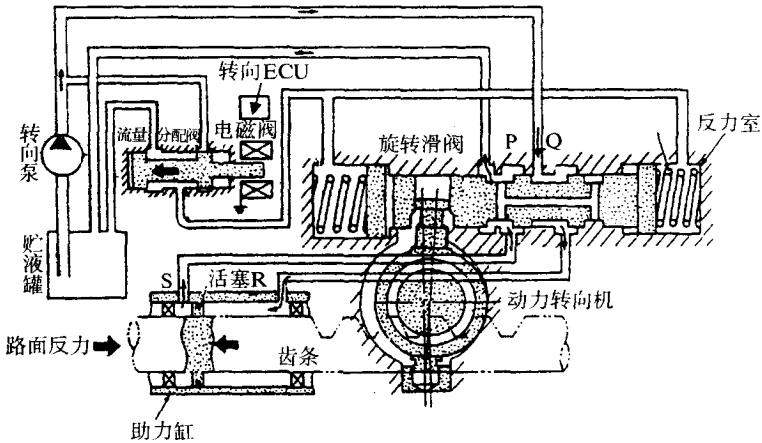


图 1-15 PPS 系统油电路

因此，转向操作力变小，转向轻便灵活，有利于低速转向和停车泊车。当车辆高、中速行驶时，转向 ECU 接收由车速传感器送来的高速信号后减小向电磁阀提供的电流，阀心位移很小，压力油旁通油量变小使得反力腔中油压上升，转向作用增强，转向操作时的路感明显 能有效地克服高速时的“发飘”和不易掌握的缺陷 提高了行驶的稳定性和安全性。

当转向角较大，助力缸油压升高较大时，反馈到进油管压力也升高，则通过旋转阀进入反力腔的油压上升，使阻尼作用增强。然而过分增强转向操作力对驾驶也不利，为此，油量分配阀具有限制反力腔流量的作用，当进入压力升至较高时，可推动油量分配阀下移，关小反力腔的液压油通道，使反力腔的阻尼作用得以抑制。

### 1-4-2 电控电动转向助力装置

电动转向系统如图 1-16 所示，一般由扭矩传感器、车速传感器、控制单元 (ECU)、电动机、离合器和减速机构组成。当转动方

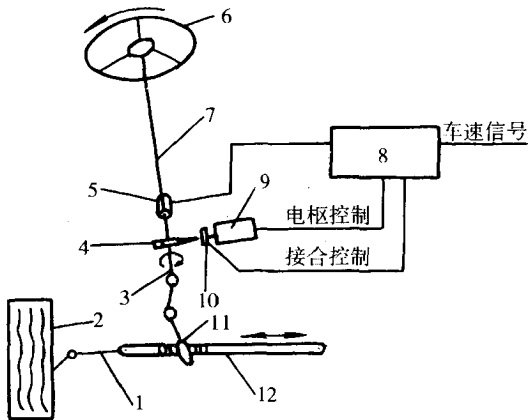


图 1-16 电动转向系统

- 1—横拉杆；2—车轮；3—转向轴；4—蜗轮蜗杆；5—扭矩传感器；6—方向盘；  
7—转向柱；8—控制单元；9—电动机；10—离合器；11—齿轮；12—齿条。