

# 4

## 项目 电子控制悬架系统



### 项目目标

#### 知识目标

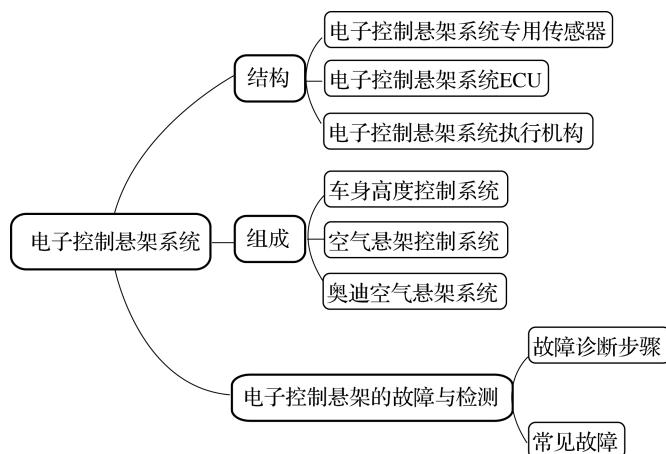
1. 了解电子控制悬架系统的作用。
2. 了解电子控制悬架系统的类型及优缺点。
3. 了解电子控制悬架系统的组成及工作原理。
4. 掌握电子控制悬架系统的故障诊断方法。

#### 能力目标

1. 能够正确认识常见车型电子控制悬架系统的组成、控制电路及常见故障。
2. 能够对常见车型电子控制悬架系统进行检修。
3. 能够分析常见车型电子控制悬架系统常见故障原因。
4. 能够排除常见车型电子控制悬架系统常见的故障。



### 知识脉络图



## 任务 4.1 电子控制悬架系统主要组成部分的机构与工作原理

### 任务引入

#### 客户报修

一辆林肯大陆高级轿车每次行驶 10 min 左右后, 仪表上“Ride Control”指示灯便点亮, 而且车辆后部车身严重下降。此时需将点火开关关闭, 重新运转发动机, 直到后部车身升起才可以行驶, 否则后保险杠就会碰到地面。

#### 故障原因分析

该故障车辆配置四轮电子空气悬架系统, “Ride Control”指示灯中文含义为行驶平顺性控制, 该指示灯点亮表明空气悬架电控组件出现故障。根据故障症状, 分析有两种可能性, 一是空气压缩机电机性能不良, 以至于行驶中得不到足够的压缩空气补充空气弹簧系统用来支撑车辆; 二是空气管路泄漏, 电控组件通过车身高度传感器检测到车身过低因而报警。

### 理论知识

传统汽车中的悬架是指车身或车架与车轮或车桥之间传力连接装置的总称, 一般由弹性元件、减振器和导向元件组成。它的作用主要有两个: 一个是通过悬架吸收从车轮传来的路面的冲击, 改善汽车的舒适性和平顺性; 另一个是通过悬架准确将力传给车轮, 稳定汽车行驶, 改善汽车的操纵稳定性。但是, 传统悬架系统一旦确定以后, 就固定了悬架刚度和阻尼系数。若悬架刚度和阻尼系数过小, 车辆的舒适性、平顺性会好, 但操纵稳定性差, 反之亦然。

电子控制悬架系统(Electronic Control Suspension System)则在传统悬架的基础上, 增加了电控的相关部件和控制, 可以根据不同的行驶速度、不同的载荷质量、不同的路面条件等, 来控制悬架系统的刚度、减振器的阻尼力以及车身高度, 从而使车辆的行驶平顺性和操纵稳定性在各种不同行驶条件下达到最优。

根据调节悬架刚度和阻尼系数的不同, 电子控制悬架系统可以分为半主动悬架系统和全主动悬架系统。像其他电控系统一样, 电子控制悬架系统同样也包含了传感器、电控单元(ECU)、执行器等部件。下面就对这些组成做以详细介绍。

#### 4.1.1 电子控制悬架系统专用传感器

##### 1. 车速传感器

车速传感器的作用是检测车辆的行驶速度, 并将该信号发送给 ECU, 为车辆防点头、防后坐、防侧倾、高度控制提供依据。安装位置一般在变速器输出轴附近的壳体上, 与仪表上车辆转速表信号一样。也有一些车辆将车速传感器安装在车轮上来检测车辆的转速信号。常见类型有光电式、舌簧开关式、磁脉冲式和磁阻元件式等。



## 2. 转角传感器

转角传感器的作用是检测转向盘的方向和角度，为车辆防侧倾提供信号。电子控制悬架系统通过收集转向盘转角和车速信号与标准值进行比对，当大于标准值时，认为车辆有侧倾的危险，会增加相关悬架系统刚度，防止侧倾。转角传感器一般安装在车辆转向器上。

转角传感器一般多为光电式。其结构由信号盘(有缝圆盘)和两个遮光器组成。每个遮光器有一个发光二极管和光敏三极管，两者位置相对，固定在转向柱管上。信号盘沿圆周均匀地开有光缝，它被固定在转向盘主轴上，随主轴转动而转动。相关位置如图 4-1 所示。

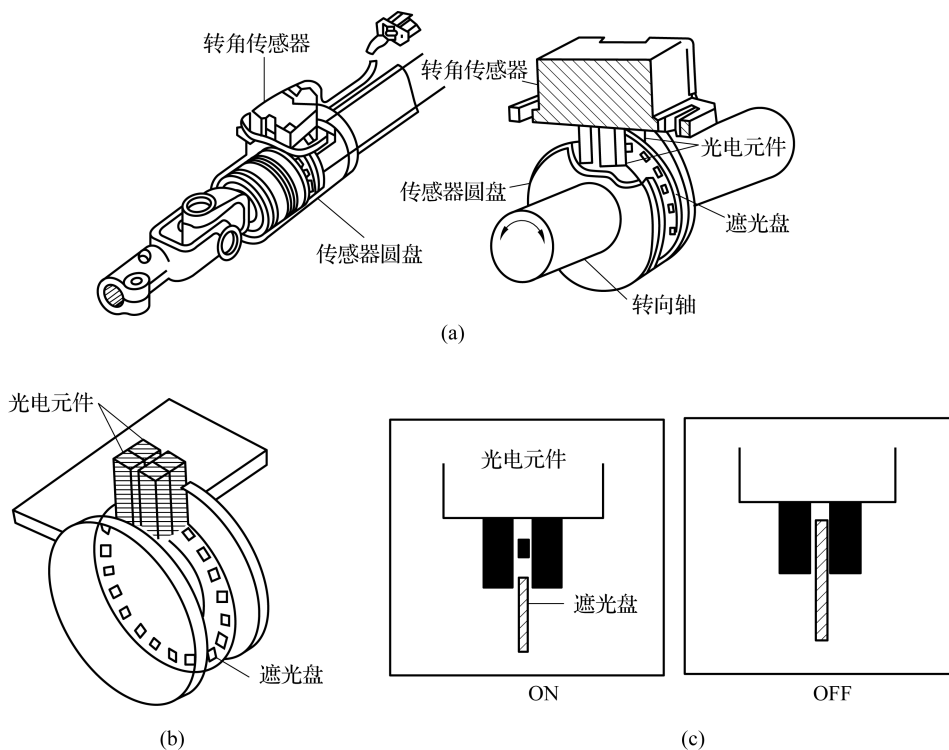


图 4-1 转角传感器

在车辆转弯时，转向盘随之转动，信号盘也一起转动。当信号盘在发光二极管和光敏三极管之间通过时，从发光二极管发出的光线被交替切断和通过，光敏三极管也就被这光线交替接通(ON)和切断(OFF)。这样每个遮光器就产生了信号，转角传感器中两个遮光器信号的相位角在设计时就错开了  $90^\circ$ 。如图 4-2 所示，将两个遮光器产生的信号称为信号 A 和信号 B。当汽车直线行驶时，信号 A 处于切断状态的中间位置，转向时，信号 A 由切断状态变为接通状态。如果信号 B 为接通状态，则为左转向；如果信号 B 为切断状态，则为右转向。

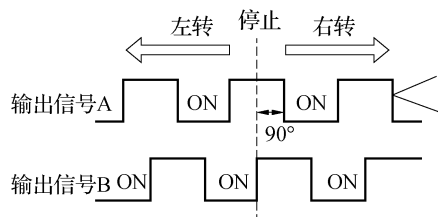


图 4-2 遮光器信号

信号盘随转向轴转动时，两个遮光器的输出的信号随之进行通(ON)、断(OFF)变换。电子控制悬架系统根据两输出信号通、断变换的速率，即可检测出转向轴的转动速率；通过统计通、断变换的次数，即可检测出转向轴的转角大小。

### 3. 加速传感器

加速度传感器的作用是检测车辆行驶时的横向加速度和纵向加速度，并将信号传递给电子控制悬架控制系统，为车辆车身姿态控制提供参数依据。不同车辆加速度传感器安装位置不同，横向加速度传感器一般在前悬架、驾驶员侧脚部空间上方等位置。纵向加速度传感器一般安装在汽车底盘上。常见的加速度传感器有差动变压器式和钢球位移式等。

(1) 差动变压器式加速度传感器。差动变压器式加速度传感器的结构如图 4-3 所示，工作原理如图 4-4 所示。在励磁线圈(一次绕组)通以交流电的情况下，当汽车转弯(或加、减速)行驶时，芯杆在汽车横向力(或纵向力)的作用下产生位移，随着芯杆位置的变化，检测线圈(二次绕组)的输出电压发生变化。检测线圈的输出电压与汽车横向力(或纵向力)一一对应，反应了汽车横向力(或纵向力)的大小，对车身姿势进行控制。

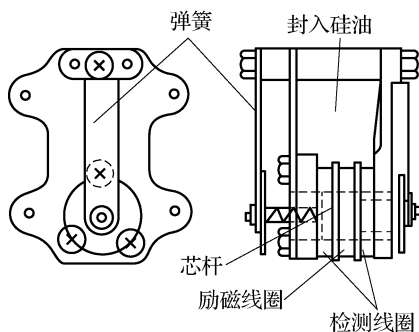


图 4-3 差动变压器式加速度传感器的结构

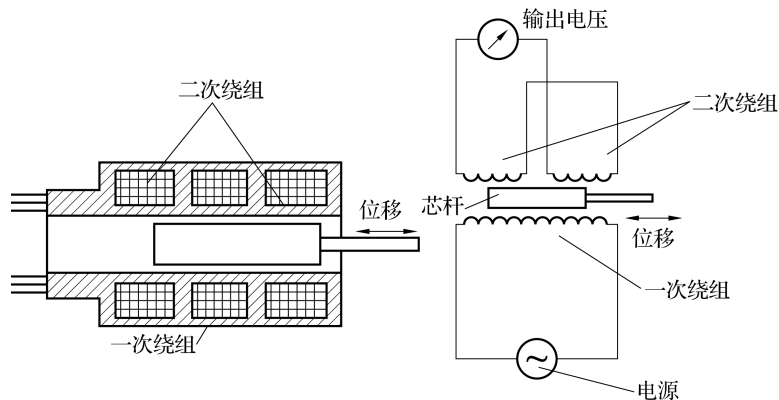


图 4-4 差动变压器式加速度传感器的工作原理

(2) 钢球位移式加速度传感器。钢球位移式加速度传感器的结构如图 4-5 所示。根据所检测的力(横向力、纵向力或垂直力)不同，加速度传感器的安装方向也不一样。如汽车转弯行驶时，钢球在汽车横向力的作用下产生位移，随着钢球位置的变化，造成线圈的输出电压发生变化。电子控制悬架系统根据加速度传感器输入的信号就可以正确判断汽车横向力的大小，从而实现了对汽车车身姿势的控制。

### 4. 车身高传感器

车身高传感器的作用是检测车身高度和车辆因路面不平引起的悬架垂直位移量，并将之转换成电子信号输入电子控制悬架系统。车身高传感器安装在车身和车桥之间，通过传感器轴外端的导杆与控



制杆相连。对于前悬架，控制杆的另一端与减振器下支承相连；对于后悬架，控制杆的另一端连接到悬架下摆臂。光电式车身高度传感器安装位置如图 4-6 所示。

车身高度传感器有片簧开关式、霍尔式和光电式。其中前两种是接触式传感器，在使用中易磨损而影响检测精度，后一种光电式传感器是非接触式传感器，不存在上述缺点，因而被广泛应用。光电式车身高度传感器结构如图 4-7 所示。

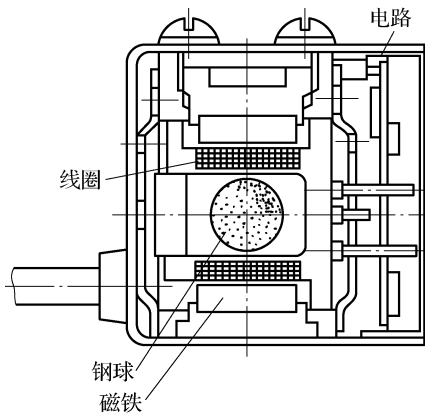


图 4-5 钢球位移式加速度传感器结构

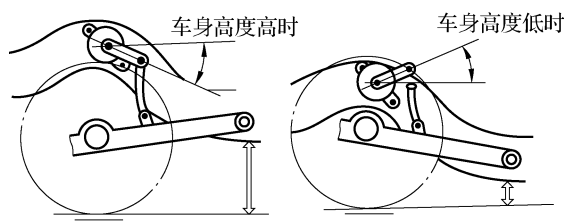


图 4-6 光电式车身高度传感器安装位置

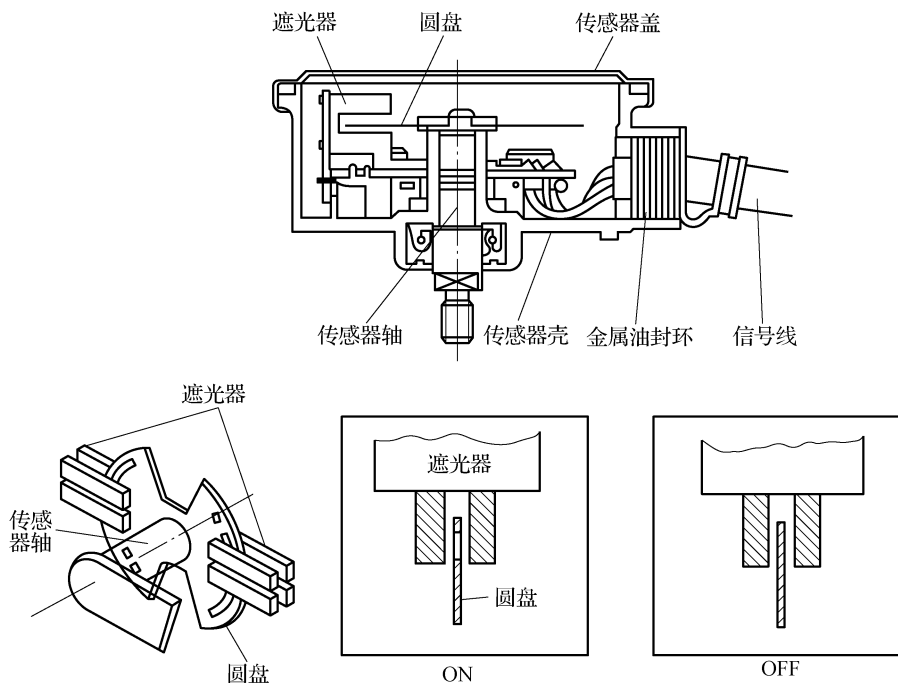


图 4-7 光电式车身高度传感器结构、工作原理示意图

在传感器内部，有一个靠连杆带动旋转的轴，在轴上装有一个开有许多槽的圆盘，圆盘的两侧装有 4 组光电耦合元件，光电耦合元件由发光二极管和光敏三极管组成。圆盘位于发光二极管与光敏管之间，当车身高度发生变化时，轴即驱动圆盘转动，发光二极管发出的光不断被通过/挡住，光电耦合元件的光敏管接受/不能接受到光线，这样就产生通/断信号，光敏三极管将产生的电信号发送给电子控制悬架系统，电子控制悬架系统接受到传感器信号的变化，可检测出圆盘的转动角度，进而检测出车身高度。

## 5. 节气门位置传感器

节气门位置传感器的作用是将节气门打开的角度转换成电信号发送给发动机 ECU，以此来判断车辆的加速情况。节气门位置传感器可以将节气门开度大小和开启的快慢程度转化为电信号发送给发动机 ECU，发动机 ECU 再将此信号传递给电子控制悬架系统，作为电子控制悬架系统车辆防下坐的一个重要参数。

节气门位置传感器安装在节气门体上，常见的形式有可变电阻式、开关式和综合式等。

### 4.1.2 电子控制悬架系统 ECU

电子控制悬架系统 ECU 接收来自各传感器、开关的输入信号，通过运算处理，向执行器发送指令调整其悬架刚度和阻尼系数，进而保持车辆的行驶平顺性和操纵稳定性。电子控制悬架系统 ECU 电路由输入电路、微处理器、输出电路和电源电路等组成，示意图如图 4-8 所示。

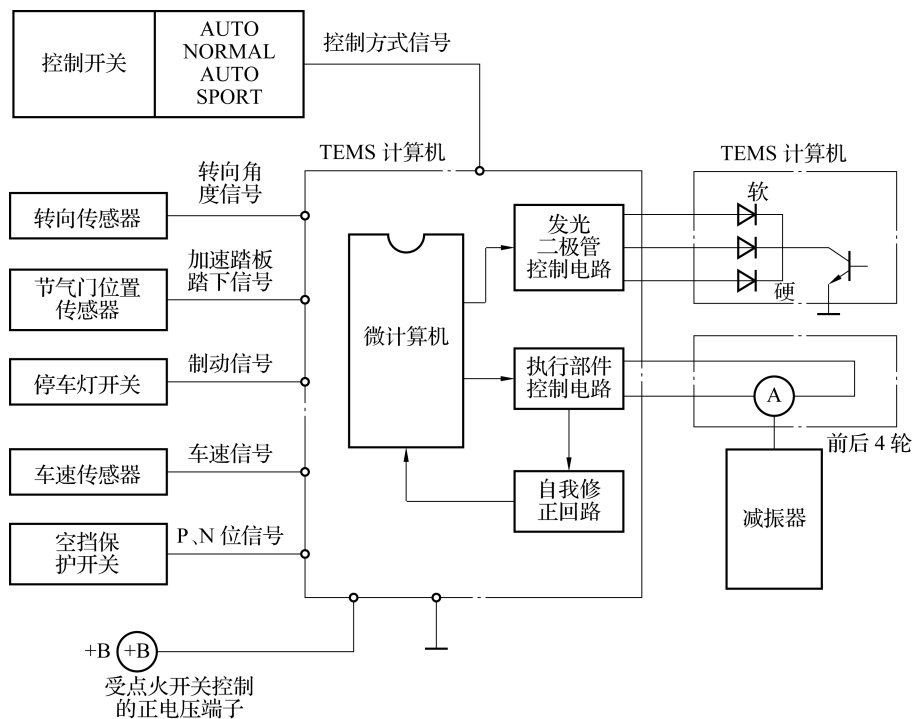


图 4-8 电子控制悬架系统 ECU 电路示意图

电子控制悬架系统 ECU 具有提供稳压电源、传感器信号放大、输入信号计算、驱动执行机构和故障检测等功能。

(1) 提供稳压电源。电子控制悬架系统 ECU 内部所用电源和供各种传感器的电源均由稳压电源提供。

(2) 传感器信号的放大。用接口电路将输入信号(如各种传感器信号、开关信号)中的干扰信号除去，然后放大、变换极值、比较极值，变换为适合输入控制装置的信号。

(3) 输入信号的计算。电子控制悬架系统 ECU 单元按照预先写入只读存储器 ROM 中的程序对各输入信号进行计算，并将计算结果与内存的数据进行比较后，向执行机构(电动机、电磁阀、继电器等)发出控制信号。当输入电子控制悬架系统 ECU 单元的信号为模拟信号时，还要进行 A/D 转换。



(4)驱动执行机构。电子控制悬架系统 ECU 用输出驱动电路将输出驱动信号放大,然后将指令发送给响应的执行器,进而控制悬架刚度和阻尼系数。

(5)故障检测。电子控制悬架系统 ECU 内部有故障检测电路,可以检测出传感器、执行器的线路和功能故障,便于后期维修,同时会根据故障情况选择启动应急模式,保证车辆正常行驶。

### ▶▶ 4.1.3 电子控制悬架系统执行机构 ▶▶ ▶

汽车悬架分为两部分,分别为弹簧系统和减振系统,电子控制悬架同样也包括这两个系统,为了满足车辆的行驶舒适性、操纵稳定性、工作安全性,其执行机构采用了空气弹簧、电子控制悬架减振器、车身高度控制装置等。

#### 1. 空气弹簧

空气弹簧是带有管状气囊的弹性元件,占用空间小,同时弹簧的行程又比较大。空气弹簧结构如图 4-9 所示,由上端盖、管状气囊、活塞和张紧环等组成。布置形式有与减振器同轴布置和单独布置两种形式,图 4-9(a)为空气弹簧与减振器同轴布置,图 4-9(b)为空气弹簧单独布置。

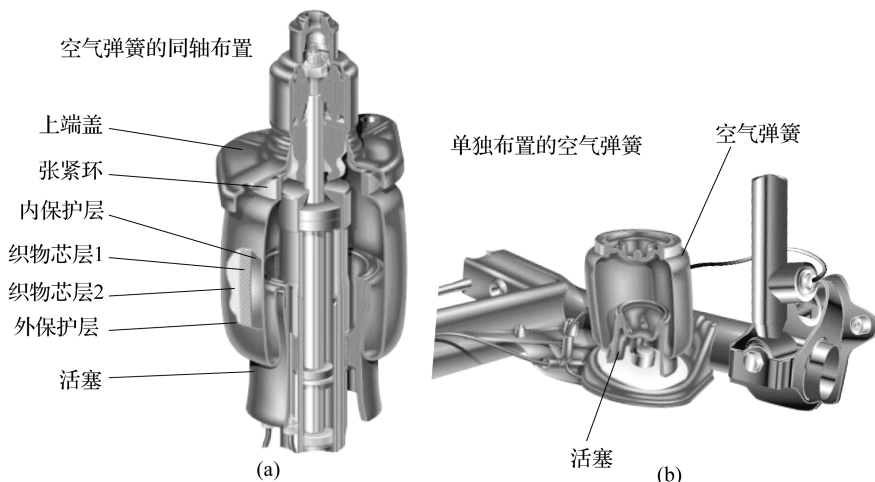


图 4-9 空气弹簧结构图

#### 2. 悬架控制执行器

悬架控制执行器装在各空气弹簧和可调减振器的上方。执行器是一个有 3 步动作的电磁阀。执行器由电磁力驱动,能够精确地对频繁变化的行驶工况做出快速响应。它由一个定子绕组(铁芯和线圈)和永久磁铁转子组成,如图 4-10 所示。电流流到定子绕组的线圈时,在定子铁芯中产生电磁力。流到两个定子线圈的电流由悬架 ECU 调节。悬架 ECU 通过控制流到定子线圈电流的流向,可以改变定子铁芯的极性,即从 N 极变到 S 极,或从 S 极变为 N 极,又或是变为非极性状态。永久磁铁转子由定子线圈产生的磁力而转动。永久磁铁转子与空气弹簧的连通阀控制杆连成一个整体,并通过一对齿轮与减振器的转向控制杆联动。

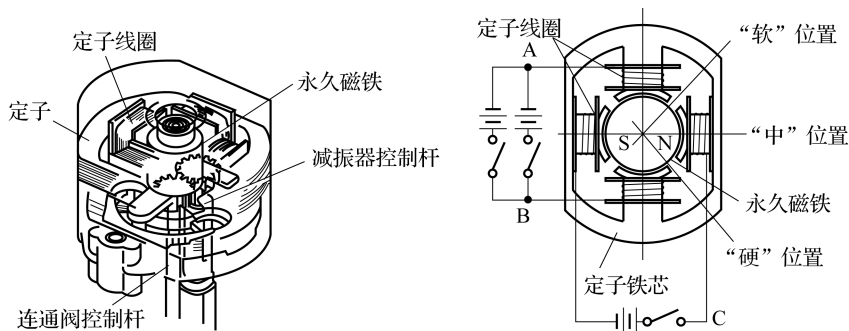


图 4-10 悬架控制执行器

悬架控制执行器电路如图 4-11。执行器分为前、后两组，前左、前右和后左、后右均同时动作。以后执行器为例：当电流从悬架 ECU 的 RS- 端子流到执行器，并经悬架 ECU 的 RS+ 端子流回时，执行器控制杆的位置从“中”或“硬”转至“软”；当电流从悬架 ECU 的 RCH 端子流到执行器，并从执行器的 4 端子接地时，执行器控制杆的位置从“硬”或“软”转至“中”；当电流从悬架 ECU 的 RS+ 端子流到执行器，并经悬架 ECU 的 RS- 端子流回时，执行器控制杆的位置从“软”或“中”转至“硬”。

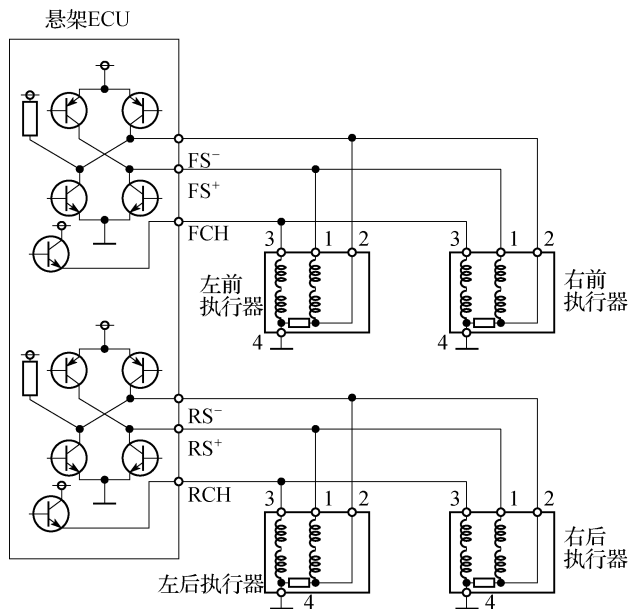


图 4-11 悬架控制执行器电路

### 3. 空气压缩机

空气压缩机用来产生供车身高度调节所需的压缩空气。如图 4-12 所示，空气压缩机采用单缸活塞连杆式结构，由直流电机驱动，其电路如图 4-13 所示。悬架 ECU 通过控制 1 号高度控制继电器来控制空气压缩机。当车内乘员人数或汽车载荷增加时，车身高度降低，悬架 ECU 控制 1 号高度控制继电器，启动空气压缩机，并打开高度控制电磁阀，给空气弹簧主气室充气，使车身高度升高；当车内乘员人数或汽车载荷减少时，车身高度会上升，这时悬架 ECU 打开高度控制电磁阀和排气电磁阀，使空气弹簧主气室内的空气排出从而使车身下降。

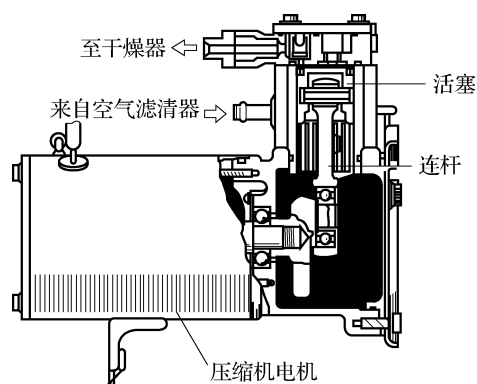


图 4-12 空气压缩机

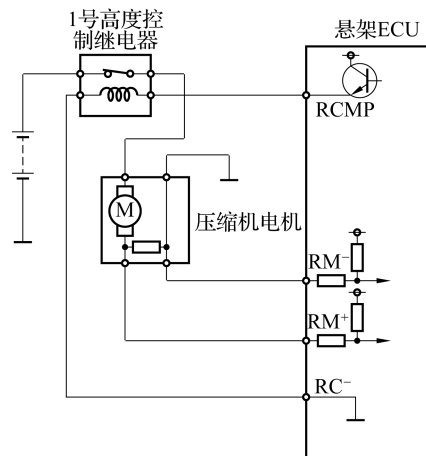


图 4-13 空气压缩机控制电路

此外，悬架 ECU 通过测量 RM+ 和 RM- 端子的电压来判断电机的运行状况，并在检测到异常情况时中止高度控制。

#### 4. 前后高度控制电磁阀

高度控制电磁阀的作用是根据悬架 ECU 的控制信号控制空气悬架的充气和排气。前高度控制电磁阀用于前悬架，它由两个电磁阀组成，分别控制左右空气弹簧。后高度控制电磁阀用于后悬架，也是由两个电磁阀组成，与前高度控制电磁阀不同的是，两个电磁阀不是单独工作，而是同时工作。后高度控制电磁阀中还装有一个减压阀，用来防止空气管道内压力过高。如图 4-14 所示。

如果悬架 ECU 让电流从 SLFR 端子流出，则对应的电磁阀打开，车辆左前侧高度升高或降低；如果悬架 ECU 让电流从 SLRR 和 SLRL 端子流出，则后高度控制电磁阀的两个电磁阀均打开，车辆后侧高度升高或降低。

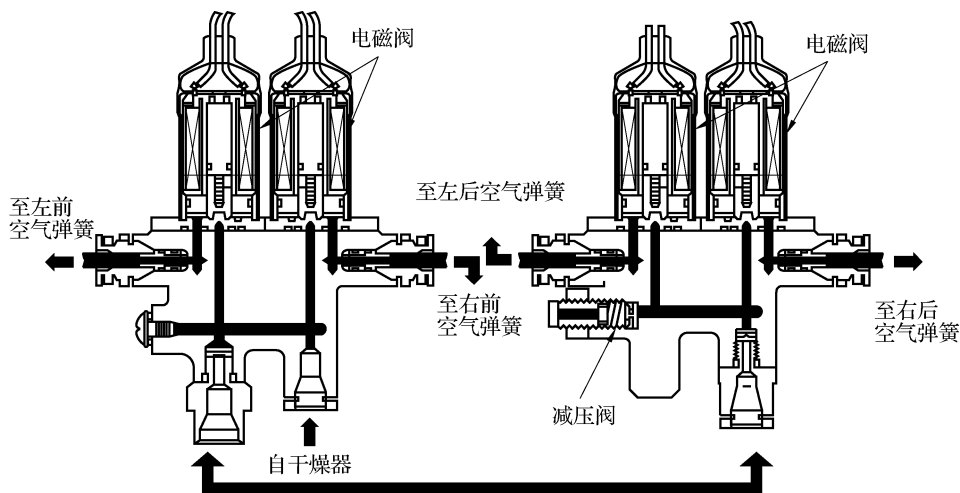


图 4-14 前后高度控制电磁阀



## 任务实施

环节	对应项目	具体程序
1	故障描述	一辆林肯大陆高级轿车每次行驶 10 min 左右后, 仪表上“Ride Control”指示灯便点亮, 而且车辆后部车身严重下降。此时需将点火开关关闭, 重新运转发动机, 直到后部车身升起才可以行驶, 否则后保险杠就会碰到地面
2	空气压缩机电机检查	检查位于发动机舱右前部的空气压缩机电机, 运转时可听到较大噪声, 而且机壳发热烫手。查阅资料, 该压缩机电机主题为一个单缸连杆活塞式气泵, 除了控制电机的线路, 还有一个放气电磁阀。拔下电机前端的储气罐, 检查从泵体泵出的气流, 有一定的强度, 另外考虑到该车四轮均为空气悬架, 行驶时两前轮并未出现高度降低的现象, 推断气泵壳体发热为运行时间过长导致。按照设计, 电机运转时间一般在 3 min 内, 如果管路气压一直达不到规定压力值, 气泵就会一直频繁运转, 出现过热现象, 应考虑主要原因为泄漏。
3	检查车身后部空气悬架	运转电机, 由储气罐管口向管路中充入压缩空气, 当车身后部升到正常高度, 封住管口, 然后按压晃动后备箱, 此时看到后部车身明显下降, 仔细听声音, 查找漏气部位, 发现左后轮悬架气囊附近有微弱的哧哧漏气声, 接着用肥皂水涂抹在气囊的胶皮表面, 确认具体部位, 但没有气泡出现, 考虑到漏气点可能在气囊与悬架支臂的结合部位
4	检查左后悬架气囊	拆卸左后悬架总成, 查阅资料得知该车型左后悬架气囊外空气充气软管连接处有单向电磁阀体, 该电磁阀在通电时才会接通。查阅电路图, 单独给电磁阀供电, 并通入压缩空气, 再次在气囊表面涂抹肥皂水, 仔细查找, 发现气囊胶皮表面有一道皱纹漏气, 至此找到故障部位。更换气囊总成, 再次试验不再漏气, 排除故障

## 【常见问题分析】

电子控制悬架系统检查时的注意事项:

(1)人为调整车高进行检查时, 必须将汽车停入水平场地上, 并将车高选择开关置于 NORM(悬架变更)位置。

(2)在迫使压缩机工作, 检查气路的限压阀时, 电控单元会记下 1 个故障代码。因此, 在检查完毕之后, 必须清除该故障代码。

(3)由于高度传感器、电子调平继电器、空气压缩机排气螺线管和充气定时继电器等随时都接通电源, 因此作系统检查时, 不必将点火开关转至接通(ON)位置。



## 知识拓展

## 悬架的发展趋势

在电子控制主动悬架系统还没有诞生前, 平衡运动性与舒适性这对不可调和的矛盾是困扰汽车厂商最大的难题。如今, 电子控制主动悬架系统已发展形成液压和空气支撑两大派系, 曾经运动性与舒适性无法兼顾的问题自然也得到了很好的解决。

在豪华轿车上采用电子控制主动悬架系统无疑是为追求更平稳、更舒适的乘坐感; 而在 SUV 上采



用, 则是为了平衡野外行驶与公路行驶的双重需要。通常一套控制堪称精密的电子控制主动悬架系统不论制造成本还是维护保养费用都非常高, 所以其更多时候只能应用在豪华车型上。

电子控制主动悬架系统在其结构中植入了可人工或自动控制发力的调节机构, 并能根据路面情况自动调节减振器刚度和阻尼, 以获得更好的行驶舒适性。从这种悬架系统的组成种类来看, 大致又可以分为两大类。一类是电子控制主动液压悬架系统, 它通过车载电脑计算出悬架受力大小和加速度, 利用液压减震器的伸缩来保持车身平衡; 另一类则是电子控制空气悬架系统, 它也是通过车载电脑计算悬架的受力及感应路面情况, 适时调整空气减振器的刚度和阻尼系数, 令车身的振动始终保持在一定范围内的。这两类电子控制主动悬架系统的共同点是: 都能实现车身高度调节, 能通过改变减振器阻尼来抑制车身姿态变化。

### 1. 电子控制主动液压悬架系统

最大特点在于可手动调节悬架高度, 并能自动调节减振器的刚度和阻尼作为研发电子控制主动液压悬架系统的佼佼者, 雪铁龙早在 20 世纪 50 年代初就将电子控制主动液压悬架系统运用在当时的雪铁龙 15 车型上, 不过真正实现量产则是在稍后推出的 DS 车型上。在 DS 车型上装备的电子控制主动液压悬架系统以液压球替代了传统的螺旋弹簧, 并且通过液压球实现人工控制车身高度。这在当时是相当先进的装备, 因为无论车辆装了多少人或行李, 行驶过程中车身高度都能始终保持不变。直到 1989 年推出 XM 车型后, 雪铁龙才正式将液压悬架命名为第一代主动液压悬架系统。

到目前为止, 雪铁龙的电子控制主动液压悬架系统已发展到第三代, 并已装备于 C5 和 C6 上。和以前的技术相比, 新一代系统在反应速度上更快, 在构成部件上也更精密, 除了装备最新的电子控制元件外还有全新设计的液压支撑结构。这套主动液压悬架系统包括: 一个电子液压集成模块(包括 ECU、电磁液压分配阀、液压泵和一个电动机)、4 个新型球状液压承重部件、前后减振器调压装置、储液缸、简化液压网和车内显示屏。其中, 电子液压集成模块是整个系统的核心部分, 它的作用是采集车速、减振器振动频率等数据信息来决定液压球是增高还是降低车身。而遍布全车的多个纵向、横向加速度以及横摆陀螺仪传感器, 还监控着车身跳动、高度、倾斜状态和加速度, 然后这些信号传向 ECU, 根据预设程序来控制液压减振器里的油缸是增压还是泄压, 以保持合适的减振器阻尼和足够支撑力。

### 2. 电子控制主动空气悬架系统

软硬程度和车身高度可以自行调节控制, 空气弹簧和减振器令舒适性更好。

早期的空气悬架并不是运用于乘用车和商用车辆, 并且也没有复杂的电子控制设备。在 19 世纪中期, 空气悬架中的空气弹簧作为一种隔离振动的设备运用于大型机械上, 到 20 世纪 40 年代, 通用汽车在其生产的客车上首次采用了装备空气弹簧的空气悬架, 并由此开始了长达 9 年的验证, 最终于 1953 年顺利装备到量产车上。和电子控制主动液压悬架系统不同的是, 空气悬架在世界范围内的最大客户为大型客车和商用车, 尤其在大型客车上采用空气悬架系统后较传统的钢板弹簧在舒适性上有较大改善, 当然出于成本和用途的考虑, 在这类大型车辆上空气悬架系统多半不具备电子控制功能, 更谈不上可升降底盘。

## 任务 4.2 电子控制悬架系统的种类、组成与工作原理



### 任务引入

#### 客户报修

一辆行驶了 12 万公里的宝马 X5 SUV 车身倾斜,左后车身高度明显比右后车身高度偏低,在启动工作模式下,左右两侧悬架均可工作,但静止后左后侧总是比右后侧车身低大约 15 cm。

#### 故障原因分析

该宝马 X5 SUV 后轴的车轮悬挂配置的是空气弹簧,该系统能够在车辆满载状态下,确保车身高度维持在设定值范围内,因此车身高度几乎是恒定的。经检查,该车底盘号为 E53,连接 GT1 诊断仪进行自诊断,选择 X 系 E53 底盘车型,点击“快速测试”键,对全车电控系统进行扫描,完成后点击“控制模块功能”键,选择“EHC 单轴空气弹簧”项目,并无故障代码显示。

根据 GT1 专用诊断仪无法扫描到任何故障,结合宝马 X5 电子控制空气悬架系统的控制原理分析,产生该故障的主要原因有如下几点:

- (1)空气弹簧电磁阀至空气弹簧某处漏气。
- (2)空气悬架故障。
- (3)空气弹簧电磁阀堵塞、卡滞或损坏。
- (4)电控系统故障。



### 理论知识

#### 4.2.1 车身高度控制系统

LS400 采用了气压式车高控制系统,该系统主要由压缩机、干燥器、排气阀、1 号高度控制继电器、2 号高度控制继电器、1 号高度控制阀、2 号高度控制阀、前后左右 4 个空气弹簧、4 个车身高度传感器及悬架 ECU 等组成。图 4-15 为车身高度控制系统示意图,图 4-16 为 1 号、2 号高度控制阀控制电路图,图 4-17 为空气压缩机控制电路图。

当点火开关接通时,ECU 使 2 号高度控制继电器线圈通电,2 号高度控制继电器触点闭合,使前、后、左、右 4 个高度传感器接通蓄电池电源。当车身高度需要上升时,从 ECU 的 RCMP 端子送出一个信号,使 1 号高度控制继电器接通,1 号高度控制继电器触点闭合,压缩机控制电路接通产生压缩空气。ECU 使高度控制电磁阀线圈通电后,电磁线圈将高度控制阀打开,并将压缩空气引向空气弹簧,从而使车身高度上升。

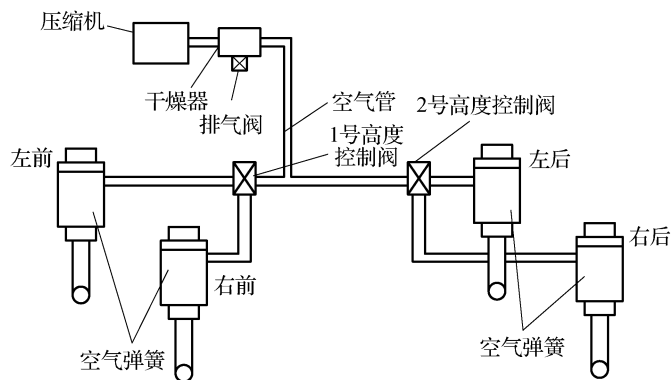


图 4-15 车身高度控制系统示意图

当车身高度需要下降时，ECU 不仅使高度控制阀电磁线圈通电，还使排气阀电磁线圈通电，排气阀电磁线圈使排气阀打开，将空气弹簧中的压缩空气排到大气中。1号高度控制阀用于前悬架控制，它有两个电磁阀分别控制左右两个空气弹簧。2号高度控制阀用于后悬架控制，它与1号高度控制阀一样，也采用两个电磁阀。为了防止空气管路中产生不正常的压力，2号高度控制阀中采用了一个溢流阀。

悬架系统的车身高度传感器采用光电式传感器，为了检测汽车高度和因道路不平而引起的悬架位移量，在每个悬架上都装有一只车身高度传感器，用于连续监测车身与悬架下臂之间的距离。图 4-18 为车身高度传感器与 ECU 之间的连接电路图。

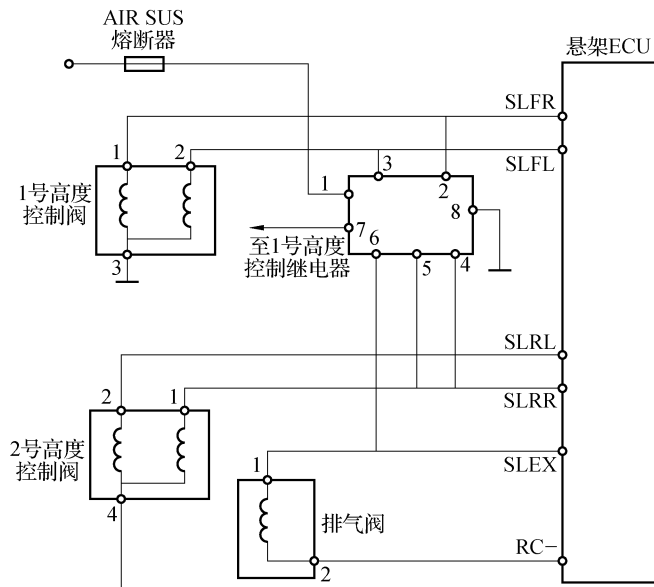


图 4-16 1号、2号高度控制阀控制电路图

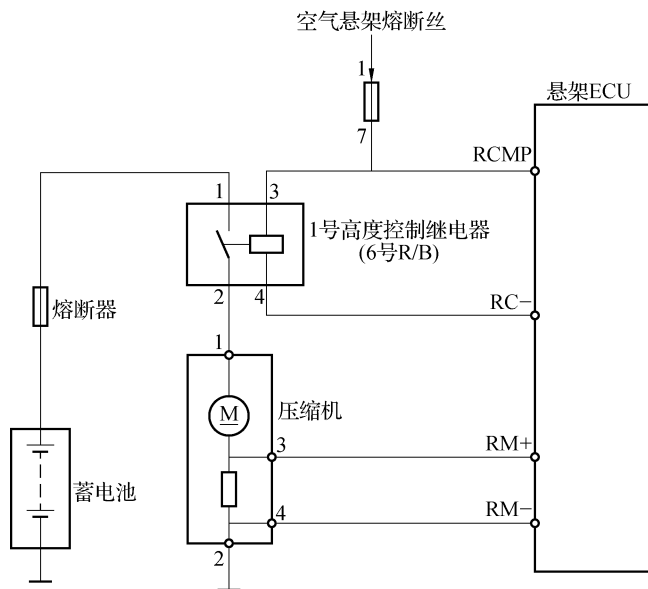


图 4-17 空气压缩机控制电路图

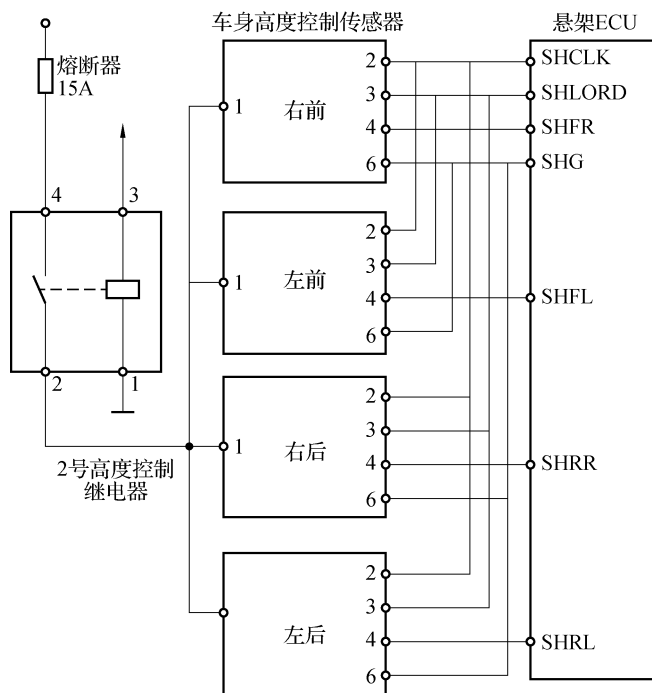


图 4-18 车身高度传感器与 ECU 之间的连接电路图

## ▶▶ 4.2.2 空气悬架控制系统 ▶▶ ▶

### 1. 悬架阻尼调节装置

(1) 可调阻尼式减振器。可调阻尼式减振器主要由缸筒、活塞及活塞控制杆、回转阀等组成，如图 4-19 所示。活塞杆是一空心杆，在其中心装有控制杆，控制杆的上端与执行器相连。控制杆的下端装有



回转阀，回转阀上有三个油孔，活塞杆上有两个通孔。缸筒中的油液一部分经活塞上的阻尼孔在缸筒的上下两腔流动，一部分经回转阀与活塞杆上连通的孔在缸筒的上下两腔流动。

当 ECU 促使执行器工作时，通过控制杆带动回转阀相对活塞杆转动，回转阀与活塞杆上的油孔连通或切断，从而增加或减少油液的流通面积，使油液的流动阻力改变，达到调节减振器阻尼力的目的。如图 4-19 所示，A-A、B-B、C-C 三个截面的阻尼孔全部被回转阀封住，此时只有减振器下面的主阻尼孔仍在工作，所以这时阻尼为最大，减振器被调节到“硬”状态。当回转阀从“硬”状态位置顺时针转动  $60^\circ$  时，B-B 截面的阻尼孔打开，A-A、C-C 两截面的阻尼孔仍关闭，因为多了一个阻尼孔参加工作，所以减振器处于“运动”状态。当回转阀从“硬”状态位置逆时针转动  $60^\circ$  时，A-A、B-B、C-C 三个截面的阻尼孔全部打开，这时减振器的阻尼最小，减振器处于“软”状态。

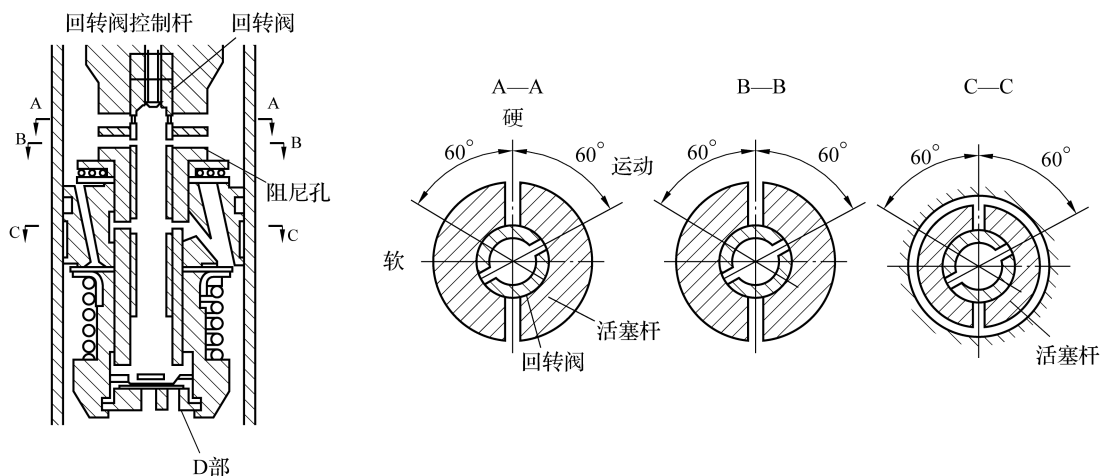


图 4-19 可调阻尼式减振器结构图

(2) 阻尼转换执行机构。阻尼转换执行机构装在减振器的上部，由直流电动机、减速齿轮、控制杆、电磁铁和挡块等组成，如图 4-20 所示。电子控制悬架 ECU 根据接收到的信号，使直流电动机驱动扇形的减速齿轮左右转动，通过控制杆带动减振器中的回转阀旋转，有级地改变阻尼孔的开闭，从而改变阻尼系数即减振阻力。

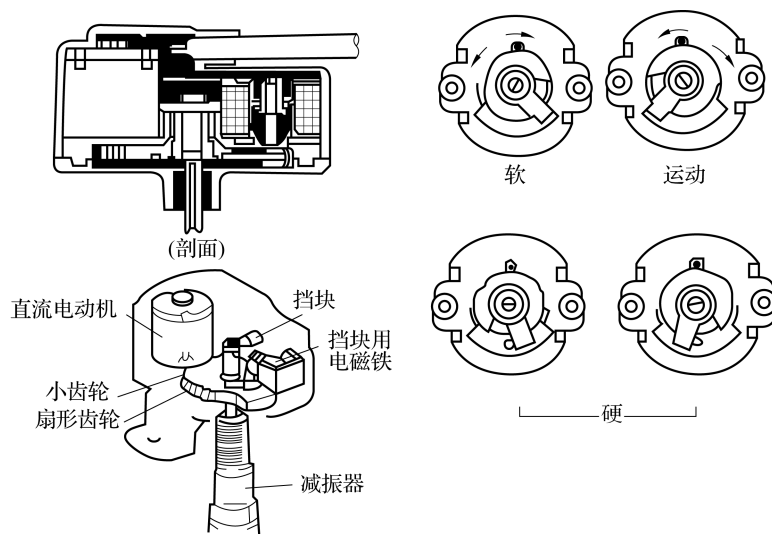


图 4-20 阻尼转换执行机构

## 2. 悬架刚度调节装置

悬架刚度调节是通过悬架刚度执行机构开闭主气室与副气室的隔板，改变气室的容积而实现的，即增大容积使刚度变小，减小容积使刚度增加。ECU 根据车辆状态信号及时调节悬架刚度：高速行驶转换为大刚度，低速行驶转换为小刚度；在制动时使前悬架刚度增加，在加速时使后悬架刚度增加；而转弯时调节左右悬架刚度以减少侧倾。一般减小空气弹簧刚度会使汽车增大侧倾、下坐或点头，因此悬架刚度的控制多数情况下是和汽车高度和阻尼系数的调节相结合使用，以便于从总体上改善平顺性。

悬架刚度执行机构由刚度控制阀和执行机构等组成，如图 4-21 所示。执行机构位于减振器的顶部，与阻尼系数控制机构组装在一起。刚度控制阀装在空气弹簧副气室的中部，如图 4-22 所示。由空气阀、阀体和空气阀控制杆组成，空气阀在截面上有一个空气孔，外部的阀体在截面上有不同大小的空气孔。

当空气阀由电机驱动的控制杆带动旋转到“软”的位置时，空气弹簧主气室的气体经过空气阀的中间孔，阀体侧面的大空气孔(大流通孔)与副气室相通，此时参与工作的气体容积最大，悬架刚度处于最小状态；当空气阀被旋转到“中”位置时，主气室与副气室的气体经过空气阀的中间孔与阀体侧面的小空气孔相互流通，主、副气室之间的气体流量较小，悬架刚度处于中等状态；当空气阀被旋转到“硬”位置时，主气室与副气室的空气通道被空气阀挡住，此时仅仅靠主气室中的气体承担缓冲任务，悬架刚度处于最大状态。

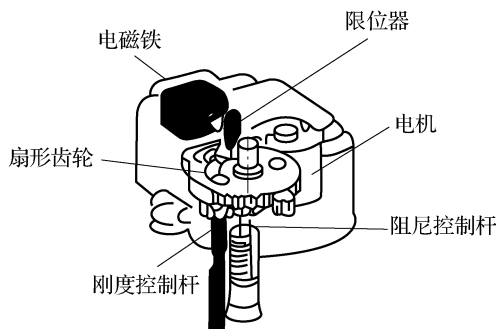


图 4-21 悬架刚度执行机构

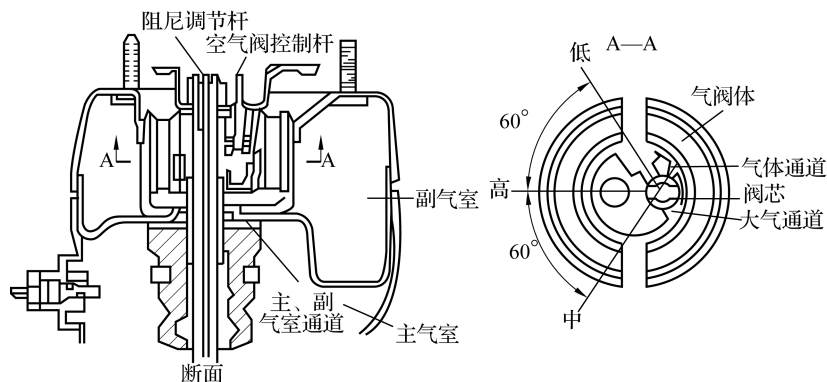


图 4-22 刚度控制阀

## 3. 弹簧刚度和减振器阻尼力控制

电子控制悬架系统空气弹簧的结构如图 4-23 所示。悬架系统弹簧刚度和减振器阻尼力控制执行器安



装在空气弹簧的上部，悬架控制执行器电路如图 4-24 所示，ECU 将信号送至悬架控制执行器以同时驱动减振器的阻尼调节杆和空气弹簧的空气阀控制杆，从而改变减振器的阻尼力和悬架弹簧刚度。

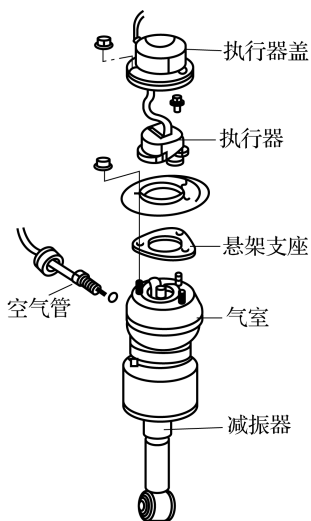


图 4-23 空气弹簧的结构

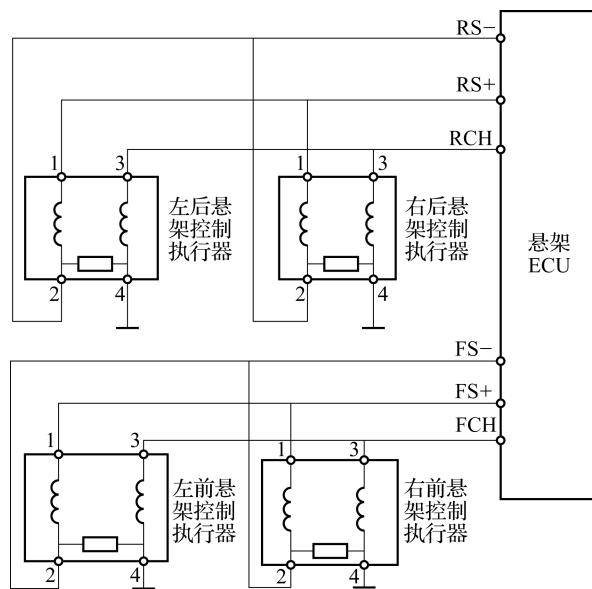


图 4-24 悬架控制执行器电路

### ▶▶ 4.2.3 奥迪空气悬架系统 ▶▶ ▶

奥迪采用了带自水平调节机构的空气悬架系统。

奥迪空气悬架是一种可调节式的车辆悬架。使用该空气悬架可以很容易实现车身自水平调节，自水平调节机构就集成在悬架系统内。奥迪自水平调节空气悬架系统有很多优点：一是静态压缩量与载荷无关，总保持恒定，可以大大减小车轮拱罩内为车轮自由转动而预留的空间。二是车身可以支承在较软的弹簧上，提高行车舒适性。三是不论载荷多大，均可以保证回弹和压缩的整个行程不变。四是不论载荷多大，均可保证相应的离地间隙。五是加载时不需变动前束和外倾角。六是不会恶化  $C_w$  值（风阻系数）和车辆外形。七是由于偏转角较小，所以球头连接的磨损也小。八是必要时载荷可以高一些。

自水平调节机构通过调节空气弹簧的压力，将车身（悬挂质量）始终保持在同一水平高度（设计位置）。由于自水平调节的作用，静压缩量总是保持不变，因此在设计轮胎与车架之间间隙时就不必再考虑它了。

奥迪采用带有管状气囊的空气弹簧来作为弹性元件。这种空气弹簧的特点是占用空间小、弹簧行程大。空气弹簧由上端盖、管状气囊、活塞（下端盖）组成。管状气囊内、外保护层采用优质弹性材料制成，这种材料可满足各种气候要求且耐机油。内保护层密封性非常好。高强度支架可吸收空气弹簧产生的内压力。

减振器采用了双筒式充气减振器。在双筒式充气减振器上，工作缸和壳体构成了两个腔。工作腔内充满了液压油，活塞和活塞杆就在工作腔内运动。工作缸和壳体之间有环形的机油储油腔，该腔用于补偿因活塞杆及液压油温度变化而产生的容积变化。机油储油腔内有机油，但未注满，工作压力为  $6 \sim 8$  bar，可减少气蚀。减振时使用的两个阻尼阀分别称为活塞阀和底阀，这个系统包含弹簧垫片、螺旋弹簧

和带有节流孔的阀体。

工作过程分为压缩阶段和回弹阶段，如图 4-25 所示，在压缩阶段，减振是由底阀和活塞运动阻力（只占一部分）来确定的。活塞杆挤出的机油流入机油储油腔，底阀对这些机油的流动会施加一定的阻力，从而就降低了流动的速度。在回弹阶段，活塞阀单独承担减振作用，对向下流动的机油施加一定的阻力。工作腔内所需要的机油可以通过底阀上的单向阀毫无阻碍地回流。

为了使得行驶性能在部分负荷和全负荷之间保持恒定，带有自水平调节机构的奥迪空气悬架在车辆的后桥上安装了无级式负荷识别装置，即 PDC-减振器，如图 4-26 所示。恒定不变的车身固有频率再加上空气弹簧，汽车车身的振动特性就基本与载荷无关了。因此在部分负荷时，可以达到良好的驾驶舒适性，而在全负荷时又可保证车身运动获得足够的减振刚度。

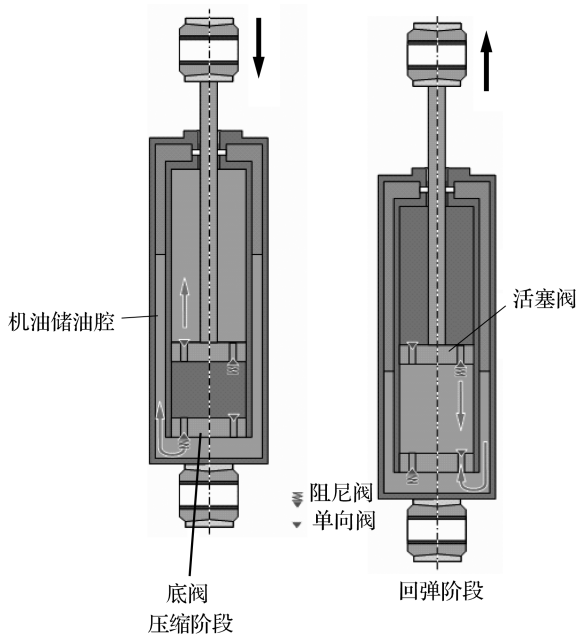


图 4-25 双筒式充气减振器示意图

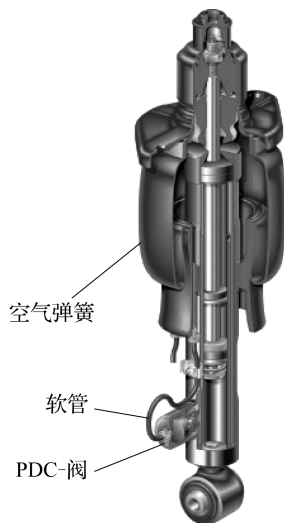


图 4-26 PDC-减振器

PDC-减振器阻尼力的变化是通过一个单独的 PDC-阀来实现的，该阀集成在减振器内，它通过一根软管与空气弹簧相连。空气弹簧压力（该压力与载荷成比例）作为可调参数来控制 PDC-阀上的可变节流口（图 4-27），这就影响了流动阻力，因而也就影响了回弹和压缩时的阻力。为了平衡空气弹簧中不希望出现的动态压力变化（压缩和回弹），PDC-阀的空气接口上装有一个节流阀。

PDC-阀的结构和功能如图 4-28 所示，PDC-阀会影响活塞杆一侧工作腔（工作腔 1）的液压油流动阻力。工作腔 1 通过一个孔与 PDC-阀相连。当空气弹簧压力较小时（空载或很小的部分载荷），PDC-阀所形成的液压油流动阻力也小，因此一部分减振液压油会流过阻尼阀，阻尼力减小。PDC-阀的流动阻力与控制压力（空气弹簧压力）有固定的对应关系：阻尼力由相应的阻尼阀（压缩/回弹）和 PDC-阀形成的流动阻力决定。

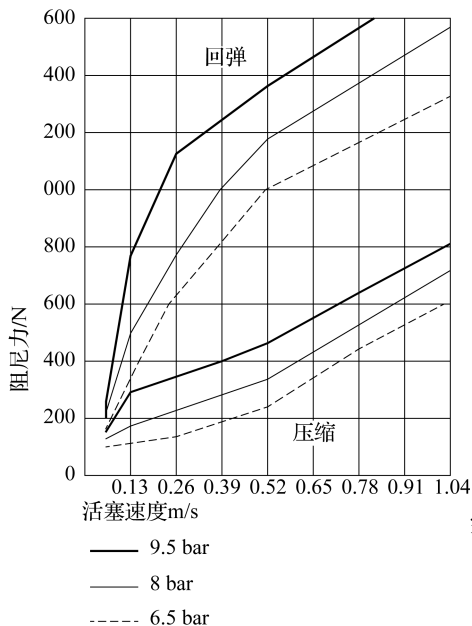


图 4-27 PDC-减振器阻尼力变化曲线

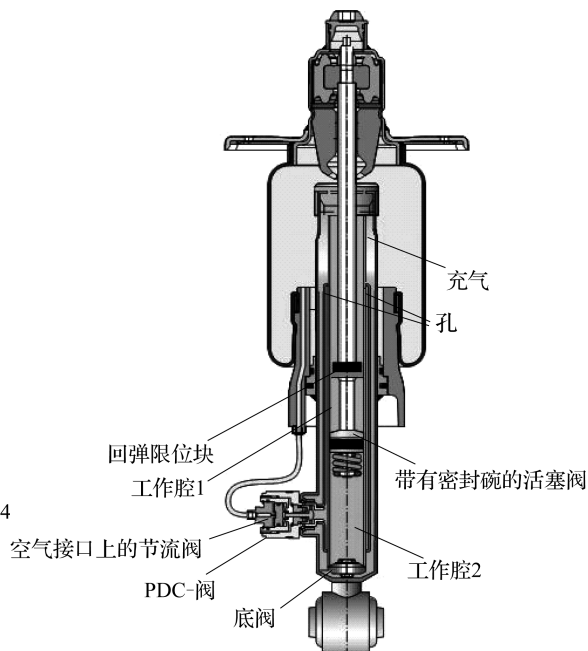


图 4-28 PDC-阀结构示意图

在空气弹簧压力较小时的伸长过程中活塞被拉着向上运动，如图 4-29 所示，一部分机油流过活塞阀，另一部分机油通过工作腔 1 内的孔流往 PDC-阀。由于控制压力(空气弹簧压力)及液体流过 PDC-阀的阻力变小了，因而减振力(阻尼力)就减小了。在空气弹簧压力较大时的伸长过程中由于控制压力(空气弹簧压力)及液体流过 PDC-阀的阻力增大了。大部分液体(取决于控制压力)必须流过活塞阀，因而减振力(阻尼力)就增大了。

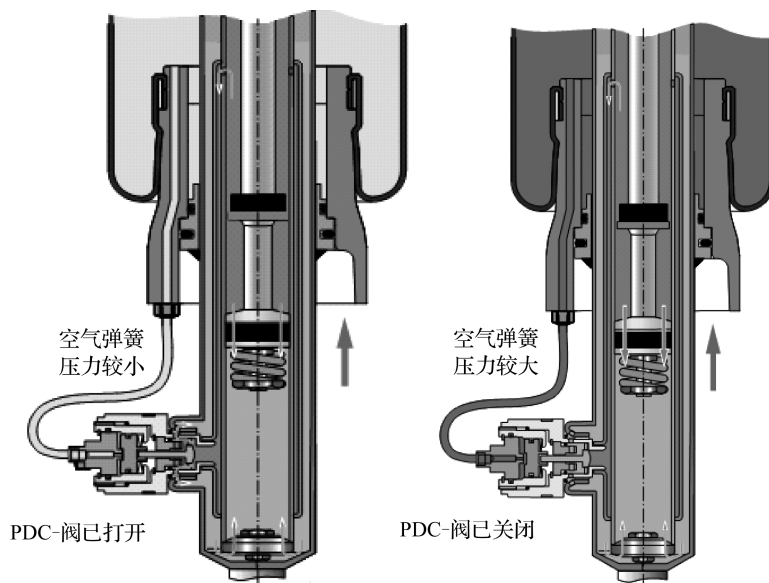


图 4-29 伸长过程

在空气弹簧压力较小时的压缩过程中活塞被向下压,如图 4-30 所示。阻尼力由底阀和(在一定程度上)液体流过该阀的阻力所决定。活塞杆压出的机油一部分经底阀流入储油腔,另一部分机油经工作腔 1 内的孔流向 PDC-阀。由于控制压力(空气弹簧压力)及液体流过 PDC-阀的阻力变小了,因而减振力(阻尼力)就减小了。在空气弹簧压力较大时的压缩过程中由于控制压力(空气弹簧压力)及液体流过 PDC-阀的阻力增大了,大部分液体(取决于控制压力)必须流到底阀,因而减振力(阻尼力)就增大了。

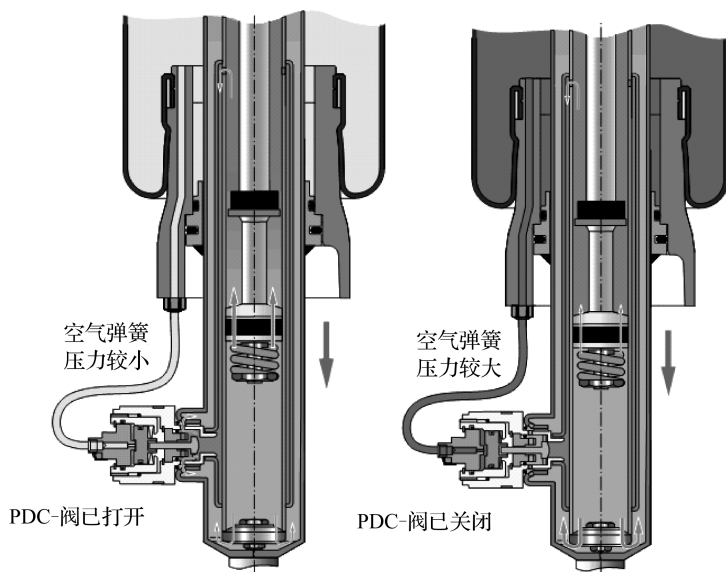


图 4-30 压缩过程



## 任务实施

环节	对应项目	具体程序
1	故障描述	一辆行驶了 12 万公里的宝马 X5 SUV 车身倾斜,左后车身高度明显比右后车身高度偏低,在启动工作模式下,左右两侧悬架均可工作,但静止后左后侧总是比右后侧车身低大约 15 cm。
2	气路和空气悬架的检查与分析	使用诊断仪的专项功能对气路进行检查,查找是否有漏气部位。选取“部件控制功能”中的“升高左后减振支柱”项目,点击“激活”键,此时可听到空气压缩机运转声,然后仔细聆听空气软管和空气气囊各部位,并无任何漏气声。对减震弹簧及其附属部件进行详细检查,均无任何损坏。说明电控悬架气路和空气悬架无故障。
3	空气弹簧电磁阀的检查与分析	根据空气悬架的控制原理,如果空气弹簧电磁阀有卡滞、堵塞或损坏的情况,空气弹簧便无法进行正常的充气,使车身位置过低。从左侧车身高度的测量值看,左侧车身位置是过低的,所以对左侧空气弹簧电磁阀进行了检查分析。首先检查电磁阀电阻,阻值正常;然后进行了反复的通电试验,电磁阀开闭正常且无卡滞现象,通电时电磁阀进排气流通畅,说明并无堵塞故障。

环节	对应项目	具体程序
4	电控系统的检查与分析 EHC 对空气弹簧电磁阀的控制信号的检查	连接 GT1 诊断仪, 让空气悬架工作, 通过 GT1 诊断仪读取左后和右后空气弹簧电磁阀的开启和关闭工作情况。通过读取的结果发现, 空气悬架每次工作时, 左侧开启的时间总是比右侧开启的时间短些。电磁阀的开启时间由 EHC 控制, 开启时间决定进气量, 而进气量决定了车身高度, 通过分析说明 EHC 电控单元可能有故障。于是更换了一个新的 EHC 模块, 故障现象却没有消失。说明问题不在 EHC 模块。
5	车身高度信号的检查	由于电控悬架主要是根据车身高度传感器反馈的信号对空气弹簧电磁阀进行控制, 当需要对车身高度进行调整时, 电控悬架 EHC 就会根据车身高度信号控制空气弹簧电磁阀开闭时间, 完成对空气弹簧的充气或放气, 使车身高度目标值和实际值达到一致。考虑是否为车身高度传感器信号失准。对左右两侧车身高度传感器的信号进行检查和分析。通过诊断仪读取左右两侧车身高度传感器的信号电压, 发现每次电控悬架调整结束后, 左右两侧车身高度信号值完全一样。但此时车身高度并不相同, 怀疑车身高度传感器损坏。更换新的高度传感器, 故障现象消失。

### 【常见问题分析】

#### 1. 故障现象

- (1) 减振器连接销(杆)脱落或橡胶衬套(软垫)磨损破裂。
- (2) 减振器油量不足或存有空气。
- (3) 减振器阀门密封不良。
- (4) 减振器活塞与缸筒磨损过量, 配合松旷。

#### 2. 故障诊断与排除

- (1) 检查减振器连接销(杆)、橡胶衬垫、连接孔是否有损坏、脱落、破裂, 若有应及时维修或更换。
- (2) 察看减振器是否有漏油和陈旧性漏油痕迹。
- (3) 用力按汽车保险杠, 手松开, 若车身能有 2~3 次跳跃, 说明减振器良好, 反之, 故障在减振器内部, 应拆下维修。
- (4) 车轮定位: 检查车轮定位情况, 使各定位参数在规定范围内。

#### 3. 其他

##### (1) 悬架弹簧。

弹簧耗损检查: 裂纹、磨损或损坏。

弹力检查。

弹簧安装: 安装位置、方向正确, 间隙符合规定。

##### (2) 车辆在不平路面上超载、超速运行, 或转弯时车速过快, 负荷突然增大。

车辆长期在超载或装载不均匀状况下使用, 在封存车辆时, 未按规定解除悬架弹簧的负荷。维护不及时, 悬架弹簧之间润滑不良或根本无润滑, 使悬架弹簧片间的相对移位能力降低, 造成承载能力下降而断裂。U 形螺栓松动, 负荷集中在钢板弹簧上面几片, 上面几片容易断裂。

更换的新悬架弹簧片曲率与原片曲率不同。汽车紧急制动过多(尤其是前制动好, 后制动差的情况下), 或在满载下坡时, 使用紧急制动使汽车负荷前移, 前悬架弹簧突受额外负荷, 造成悬架弹簧的一、

二片断裂。

(3) 悬架杆件。

撬动各悬架臂、支撑杆、稳定杆和控制杆的固定架，检查各个方向的间隙，如过大应重新紧固或更换衬套。对于撑杆式悬架，可用手推拉车轮顶部，检查上支架有无松动、损坏。检查悬架臂有无变形。



## 知识拓展

### 客车空气悬架系统(ECAS)的功能和优势

**车辆升降功能**——车辆行驶时，ECAS 维持正常底盘高度，在特殊路况和行驶条件下，可通过控制开关提升或者降低车辆的底盘高度，方便车辆轮渡或者通过隧道。ECAS 还允许 ECU 设置车辆速度，通过车速控制整车高度，比如当车速达到 20 km/h 时，车辆可自动恢复正常行车高度。

**侧倾功能**——此功能是用于城市公交车的专用功能。当车辆到站时，车门侧气囊放气，如只有前车门则将该侧前左右二个气囊同时放气，如有前、后两个车门，则该侧后气囊放气车门侧的踏步高度可自动降低，便于婴儿车、轮椅车的上下，方便老、幼年乘客和残障人士乘车。

ECAS 可以实现对侧倾高度的设定和控制，有单侧侧倾或单轴侧倾多种方式供选择。同时系统监视安装在车门下的接触开关来保证降低过程的安全性，如果接触开关在降低过程中有反应，客车将自动恢复到正常行车高度。

**车辆限高功能**：ECAS 可以设置车辆的最低和最高底盘高度。一旦达到设定的最低和最高位置，ECU 将自动结束高度调节。

**高度集成化的系统**：系统零部件少，安装简单降低装配成本。

**快速调节过程**：由于采用大截面进(出)气口的电磁阀(名义直径为 7 mm)而使所有升降过程变得非常迅速。

**减少空气消耗**：避免车辆正常行驶振动过程中的空气消耗。以低地板城市客车为例，与机械高度阀控制的空气悬架系统相比，ECAS 可节省大约 25% 的空气消耗。

**压力监视功能**：ECU 检测供气压力，出于安全的考虑，如果气压低于一定值，下降和侧倾功能将受限。

**安全控制**：ECU 根据当前车门开关信息，判断是否能提升/下降车辆。

**维修检测**：专用诊断软件和检测设备，可做到下线时快速检测及调整；方便的闪码功能，便于售后维修检测。

ECAS 系统自 1986 年问世以来，在市场上得到了迅速的推广和应用。威伯科公司作为全球最大的商用车控制系统开发和生产商，在电控空气悬架领域占据了全球 95% 的市场份额。

在我国，ECAS 已走进了高档公交车和旅游车市场，它的功能性和便利性越来越多地被市场所接受。在北京公交和杭州公交市场上，已经开始规模使用带 ECAS 的城市公交车。相信随着我国城市公交车的性能提升和产品换代，可以实现车身“侧倾”功能的 ECAS 系统，将越来越多地出现在城市公交市场，给公共交通事业增添人文色彩。

## 任务 4.3 电子控制悬架系统的故障与检测

### 任务引入

#### 客户报修

雷克萨斯 LS400 型轿车车身高度控制功能失灵，车身高度控制不起作用、车身高度出现不规则变化。

#### 故障原因分析

经维修技师检查，车辆其他系统技术状况良好，故障可能出现在电子控制悬架系统。经询问，顾客反映平时高度系统控制功能能正常工作，但是在车辆高速行驶时，车身高度控制失灵。考虑在低速时车身控制能工作，所有相关系统没有问题，那么一定是与只在高速车身控制起作用的部件相关，故考虑车身高度传感器和悬架控制系统 ECU 故障。

### 理论知识

#### 4.3.1 指示灯的检查

以凌志 LS400 轿车为例进行讲解。

(1) 打开点火开关(ON)。

(2) 排挡杆旁边有电控悬架模式选择开关(LRC 开关)和高度开关(图 4-31)，对应相关模式的指示灯即为 LRC 指示灯和 HEIGHT 指示灯。打开点火开关后，仪表进行自检，此时 LRC 指示灯(SPORT 指示灯)和 HEIGHT 指示灯(NORM 和 HI 指示灯)应点亮 2 s，指示灯的位置如图 4-32 所示。

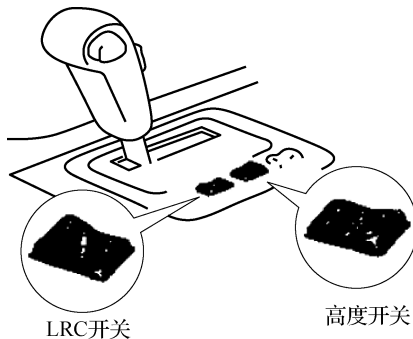


图 4-31 LRC 开关和高度开关位置图

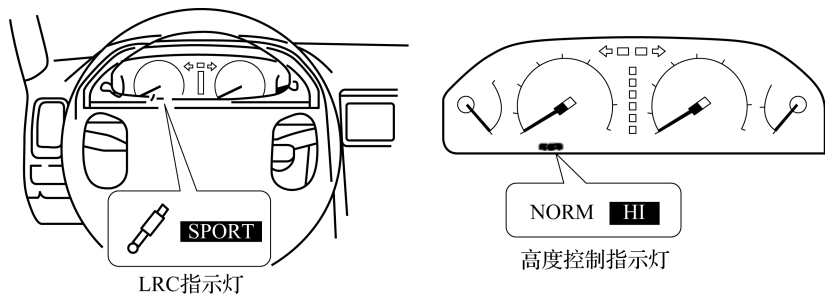


图 4-32 LRC 指示灯和 HEIGHT 指示灯

(3) 将 LRC 开关拨到 SPORT(运动)位置, LRC 指示灯应常亮。将 LRC 开关拨到 NORM(正常)位置, LRC 指示灯应亮 2 s, 然后熄灭。

(4) 将高度开关拨到 NORM(正常)位置, 高度指示灯 NORM 应常亮[如图 42-33(a)所示]。将高度开关拨到 HIGH 增高位置, 高度指示灯 HI 应常亮[如图 42-33(b)所示]。

(5) 如果指示灯以每 1 s 的间隔闪亮时, 表明 ECU 中存有故障代码; 如果出现故障, 应检查相应电路。

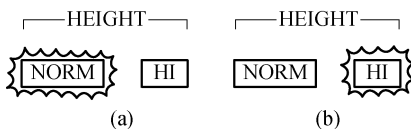


图 4-33 高度指示灯

### ▶▶ 4.3.2 读取故障代码 ▶▶ ▶

读取故障代码的步骤如下:

(1) 打开点火开关(ON)。

(2) 用跨接线将诊断连接器和 TDCL 的端子  $T_c$  和  $E_1$  短接[图 4-34(a)], 此时仪表盘上高度控制指示灯将按一定规律闪烁, 发出故障代码, 即可读出故障代码。如果没有故障代码, 车高指示灯每秒钟闪烁两次[图 4-34(b)], 如果出现故障, 车高指示灯的正常指示灯将显示故障代码 12 和 31[图 4-34(c)], 如果同时出现两个或两个以上的故障, 指示灯将首先显示码值小的故障代码。

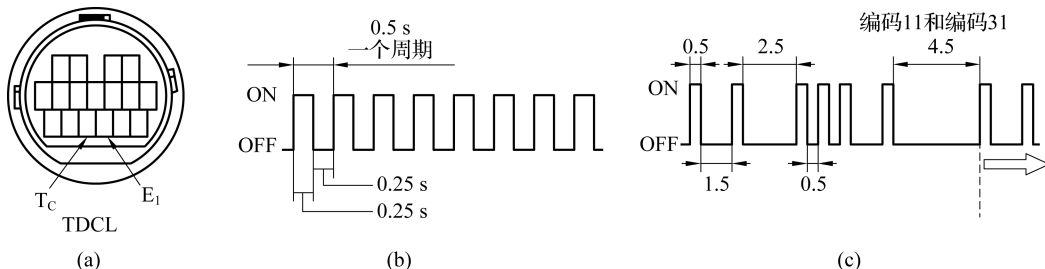


图 4-34 连接器示意图和故障代码原理示意图

### ▶▶ 4.3.3 故障代码的清除 ▶▶ ▶

故障代码的清除方法有两种。

第一种是关闭点火开关，拆下 1 号保险(驾驶室前右下侧)中的 ECU-B 熔丝 10 s 以上，即可清除故障代码。如图 4-35(a)所示。

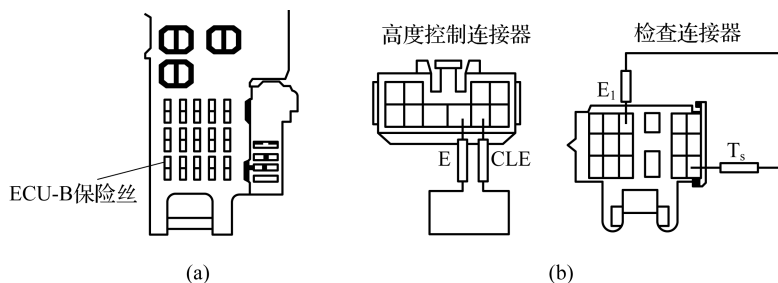


图 4-35 ECU-B 保险位置和跨接高度控制器位置

第二种是关闭点火开关，用跨接线跨接高度控制器(后备箱内右边)的 E 和 CLE 端子，同时再跨接 E<sub>1</sub> 和 T<sub>s</sub> 端子 10 s 以上，然后接通点火开关，拆下跨接线。如图 4-35(b)所示。

### ▶▶ 4.3.4 故障代码含义 ▶▶ ▶

LS400 电子控制悬架系统故障代码见表 4-1。

表 4-1 LS400 电子控制悬架系统故障代码表

故障代码	系统	故障部位	故障原因
11	右前车身高度传感器电路	车身高度传感器电路开路或短路	①ECU 与车身高度控制传感器之间的配线或插接器。 ②车身高度控制传感器。 ③ECU
12	左前车身高度传感器电路		
13	右后车身高度传感器电路		
14	左后车身高度传感器电路		
21	前悬架控制执行器电路	悬架控制执行器电路开路或短路	①ECU 与悬架控制执行器之间的配线或插接器。 ②悬架控制执行器。 ③ECU
22	后悬架控制执行器电路		
31	1 号高度控制阀电路	高度控制阀电路开路或短路	①ECU 与高度控制阀之间的配线或插接器。 ②高度控制阀。 ③ECU
33	2 号高度控制阀电路(用于右悬架)		
34	2 号高度控制阀电路(用于左悬架)		
35	排气阀电路	排气阀电路开路或短路	①ECU 与排气阀之间的配线或插接器。 ②排气阀。 ③ECU

(续表)

故障代码	系统	故障部位	故障原因
41	1号高度控制继电器	1号高度控制继电器电路开路或短路	①ECU与1号高度控制继电器之间的配线或插接器。 ②ECU
42	压缩机电动机电路	压缩机电动机电路短路； 压缩机电动机被卡住	①ECU与压缩机电动机之间的配线或插接器。 ②压缩机电动机。 ③ECU
51	至1号高度控制继电器的持续电流	向1号高度控制继电器的供电时间约8.5 min以上	①压缩机电动机。 ②压缩机。 ③空气管。 ④1号、2号控制阀。 ⑤排气阀。 ⑥车身高度传感器连接杆。 ⑦车身高度传感器。 ⑧溢流阀。 ⑨ECU
52	排气阀的持续电流	向排气阀的供电时间约6 min以上	①高度控制阀。 ②排气阀。 ③空气管。 ④车身高度传感器连接杆。 ⑤车身高度传感器。 ⑥ECU
61	悬架控制信号	ECU故障	
71	高度控制ON/OFF开关电路	高度控制ON/OFF开关位于OFF位置或高度控制ON/OFF开关电路短路	①ECU与高度控制开关之间的配线或插接器。 ②高度控制ON/OFF开关。 ③ECU
72	悬架控制执行器供电电路	悬架控制执行器供电电路开路或悬架熔丝烧断	①AIR SUS熔断丝。 ②ECU与发动机主继电器之间的配线或插接器。 ③ECU



## 任务实施



故障诊断基本步骤与故障诊断流程:

(1)基本步骤:凌志 LS400 轿车电子控制悬架系统的故障诊断基本步骤如下:

第 1 步:用户意见分析。填写悬架控制系统检查表,向用户询问有故障的细节。

第 2 步:检查和清除故障码(预先检查)。首先检查故障码,看看存储器里是否存在任何故障码。如果存在故障码,记录下来然后清除。

第 3 步:证实确有故障。

第 4 步:故障模拟试验。如果不能证明确有故障,可根据第 2 步提取的故障编码确定的电路,用模拟有故障电路的方法检查电路。

第 5 步:故障码的检查。检查故障码,检查传感器或电线束是否有异常。如果显示故障码,进入第 6 步“故障码表”。如果显示正常码,进入第 7 步“故障征兆行列表”。一定要完成第 2 步和第 3 步以后,进入第 6 步。如果只凭存储器中的故障码试图诊断故障,将会造成误诊。

第 6 步:故障码表。如果检查故障码时,发现了故障码,按照故障码表对故障码确定的故障进行检查。

第 7 步:故障征兆表。如果检查故障码时显示正常码,则按照“故障征兆表”的检查顺序查找故障。

第 8 步:电路检查。根据第 6 步和第 7 步确定的检查顺序检查相关电路。确定故障是在信息输入部分,还是在执行部分;是在电线束和插头,还是在计算机。

第 9 步:输入信号检查。通过转向传感器电路,LRC 开关电路等,判断信号是否正确输入计算机。按电路检查所述的方法进行检查。

第 10 步:修理。找到故障原因以后,按照书中给出的检查和更换步骤进行修理。

第 11 步:验证试验。修理结束以后,不仅要证实已消除了故障,还要进行路试,证明悬架控制系统工作正常。

(2)诊断流程:凌志 LS400 轿车电控系统的故障诊断流程如图 4-36 所示。

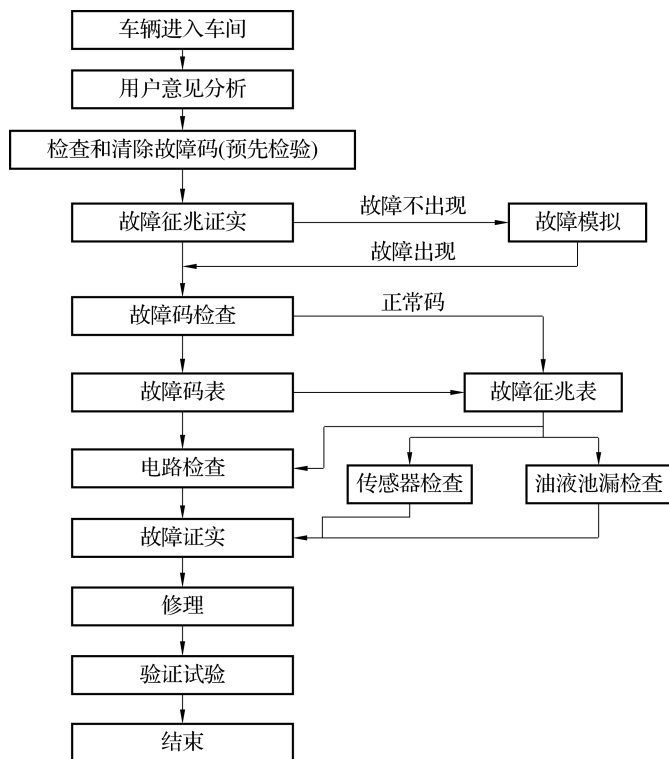


图 4-36 凌志 LS400 轿车电控系统的故障诊断流程图

【常见问题分析】

(1) 悬架刚度和阻尼系数控制失灵。悬架刚度和阻尼系数控制失灵故障分析见表 4-2。

表 4-2 悬架刚度和阻尼系数控制失灵故障分析表

序号	故障现象	故障部位
1	操作 LRC 开关时, LRC 指示灯的状态不变	a. LRC 开关电路。 b. 悬架控制系统 ECU
2	悬架的刚度和阻尼控制不起作用	a. 悬架控制执行器及电路。 b. T <sub>c</sub> 端子电路。 c. T <sub>s</sub> 端子电路。 d. LRC 开关电路。 e. 悬架控制执行器电源电路。 f. 悬架控制系统 ECU
3	只有防俯仰控制不起作用	a. 气压缸或减振器。 b. 悬架控制系统 ECU。 c. 节气门位置传感器及其电路
4	只有防侧倾控制不起作用	a. 悬架控制系统 ECU。 b. 转角传感器及其电路

序号	故障现象	故障部位
5	只有在高速时不起作用	a. 悬架控制系统 ECU。 b. 车速传感器及电路

(2) 汽车车身高度控制失灵。汽车车身高度控制失灵故障分析见表 4-3。

表 4-3 汽车车身高度控制失灵故障分析表

序号	故障现象	故障部位
1	汽车高度控制不起作用	①汽车高度控制电源电路。 ②汽车高度控制开关及其电路。 ③汽车高度控制 ON/ OFF 开关及其电路。 ④发电机调节器电路。 ⑤悬架控制系统 ECU
2	对车身高度控制, 指示灯不随高度控制开关的动作变化	①车身高度传感器。 ②发电机调节器电路。 ③车身高度控制开关及其电路。 ④汽车高度控制电源电路。 ⑤悬架控制系统 ECU
3	汽车车身高度出现不规则变化	①车身高度传感器。 ②有空气泄漏。 ③悬架控制系统 ECU
4	只有高速时不起作用	①车身高度传感器。 ②悬架控制系统 ECU
5	汽车高度控制功能作用, 但汽车高度变化不均匀	①车速传感器及其电路。 ②车身高度传感器调节杆。 ③高度控制阀、排气阀及其电路。 ④悬架控制系统 ECU
6	汽车高度控制 ON/ OFF 开关在“OFF”位置时, 汽车高度控制仍起作用	①高度控制 ON/ OFF 开关及其电路。 ②悬架控制系统 ECU
7	点火开关关断控制不起作用	①门控开关及其电路。 ②汽车高度控制电源电路。 ③悬架控制单元 ECU
8	车门打开时, 点火开关关断控制仍起作用	门控开关及其电路
9	汽车停车时车身高度很低	①有空气泄漏。 ②气压缸或减振器



### 电子控制悬架系统常见故障诊断

如果自诊断系统显示正常代码,可是汽车悬架系统故障仍然出现,此时就应该根据故障的现象进行人工判断排除。电子控制悬架系统常见故障就是悬架刚度和阻尼系数控制失灵和高度控制失灵。

#### 1. 悬架刚度和阻尼系数控制失灵

(1) LRC 指示灯显示状态不变。

现象: 不管如何操作悬架刚度和阻尼系数控制开关(LRC), LRC 指示灯显示状态始终保持原样不变。原因: 悬架刚度和阻尼系数控制开关(LRC)电路故障, 悬架电子控制单元(ECU)故障。

(2) 悬架刚度和阻尼系数控制失效。

现象: 汽车在行驶时, 悬架刚度和阻尼系数不随着行驶状况、路况、汽车姿态变化而调节。原因: 悬架控制执行器电路有故障, 悬架控制执行器电源电路故障,  $T_C$  与  $T_S$  端子电路有故障, 悬架刚度和阻尼系数控制开关(LRC)电路故障, 空气弹簧减振器故障, 悬架电控单元(ECU)故障。

(3) 只有防侧倾控制失效。

现象: 汽车在急转弯行驶时有侧倾现象, 其他方面正常。原因: 转向传感器电路故障, 悬架电控单元(ECU)故障。

(4) 只有防后坐控制失效。

现象: 汽车在急加速行驶时车身后部有下沉(后倾)现象。原因: 节气门位置信号电路故障, 悬架电控单元(ECU)故障。

(5) 只有防前倾控制失效。

现象: 汽车在紧急制动时车身前部有下沉(前倾)现象, 其他均正常。原因: 停车灯开关电路故障, 车速传感器电路故障, 悬架电控单元(ECU)故障。

(6) 只有高速控制失效。

现象: 汽车在高速行驶时明显感到悬架比较软, 操纵稳定性较差。原因: 车速传感器电路故障, 悬架电控单元(ECU)故障。

#### 2. 高度控制失灵

(1) 高度控制指示灯的显示不随高度控制开关操作而变化。

现象: 高度控制开关无论转换在何种模式, 高度指示灯显示模式不变。原因: 高度控制开关电路故障, 调节器电路故障, 高度控制电源电路故障, 高度控制传感器故障, 悬架电控单元(ECU)故障。

(2) 汽车高度控制功能失效。

现象: 汽车在行驶, 驻车, 乘员和行李质量变化时, 车高没有变化。

原因: 调节器电路故障, 高度控制电源电路故障, 高度控制开关电路故障, 高度控制开关 ON/OFF 故障, 高度控制传感器故障, 悬架电控单元(ECU)故障。

(3) 只有高速时汽车高度控制失效。

现象: 汽车在高速行驶时, 高度不降低而维持原样。

原因: 车速传感器电路故障, 悬架电控单元(ECU)故障。

(4)汽车高度变化不符合控制逻辑。

现象：汽车在行驶，驻车，乘员和行李质量变化时，车高变化不大或产生相反变化。原因：空气泄漏，高度控制传感器故障，悬架电控单元(ECU)故障。



## 思考与练习

### 一、填空题

1. 电子控制悬架系统的功能有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
2. 电子控制悬架系统按传力介质不同可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
3. 主动悬架根据频带和能量消耗的不同，可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
4. 汽车电子控制悬架系统主要由感应汽车运行状况的各种传感器\_\_\_\_\_、开关、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_组成。
5. 汽车电子控制悬架系统应用的传感器有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_等。
6. 汽车电子控制悬架系统应用的开关有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_等。
7. 汽车电子控制悬架系统的执行机构有\_\_\_\_\_，可调节弹簧高度和弹性大小的弹性元件等。
8. 加速度传感器常用的有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两种。
9. 车身高度传感器常用的有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
10. 电子控制悬架系统的 ECU 一般由\_\_\_\_\_、输出电路和电源电路等组成。

### 二、单项选择题

1. 全主动式悬架的频带宽为( )。
  - A. 大于 5Hz
  - B. 大于 15 Hz
  - C. 小于 15 Hz
  - D. 小于 5 Hz
2. 慢主动悬架的频带宽为( )。
  - A. 大于 6Hz
  - B. 3~6 Hz
  - C. 小于 3 Hz
  - D. 以上均不正确
3. 一般情况下，安装在汽车仪表盘上，与车速表装在一起，并用软轴与变速器的输出轴相连的传感器是( )。
  - A. 舌簧开关式和光电式车速传感器
  - B. 磁阻元件式
  - C. 磁脉冲式
  - D. 以上都正确
4. 一般情况下，装在变速器上通过蜗杆蜗轮机构与变速器的输出轴相连的传感器是( )。
  - A. 舌簧开关式
  - B. 光电式车速传感器
  - C. 磁阻元件式和磁脉冲式
  - D. 以上都正确

