

电控悬架

一、电控悬架系统的分类

电控悬架系统主要根据以下几个不同的方面进行分类：

1. 根据控制的目的不同

- (1) 车高控制系统；
- (2) 刚度控制系统；
- (3) 阻尼控制系统；
- (4) 综合控制系统。

现在的悬架系统，大多都是前三种控制的综合，以最大限度的提高行驶稳定性和乘坐舒适性。

2. 根据悬架的结构形式

- (1) 电控空气悬架系统；
- (2) 电控液压悬架系统（即油气式主动悬架）。

这两种悬架系统的具体结构和原理在后面将详细讲解。目前，我国进口汽车使用较多的是电控空气悬架系统。

3. 根据控制系统有源和无源

(1) 主动悬架

所谓主动悬架，就是根据汽车的运动状态和路面情况，主动调节悬架系统的刚度、减振器阻尼系数、车身高度和姿态，使悬架系统始终处于最佳的减振状态。这种主动调节消耗能量，所以需要有动力源提供能量，即系统是有源的。

如图 1 所示，主动悬架工作时，由传感器检测系统运动的状态信号，反馈到悬架控制模块（悬架 ECU），然后由悬架 ECU 发出指令给执行机构——主动力发生器，构成闭环控制。通常采用电液伺服液压缸作为主动力发生器，它由外部油源提供能量。主动力发生器产生的控制力作用于振动系统，自动改变弹簧刚度和减振器阻尼特性参数。

(2) 半主动悬架

半主动悬架只能对减振器的阻尼力进行调节，它是无源的，即不需要有专门的动力源提供动力。有些半主动悬架还对横向稳定器的刚度进行调节。

半主动悬架一般以车身振动加速度为控制目标参数，通过控制步进电动机来驱动阻尼减振器中的元件，调节阻尼值，从而实现对减振器阻尼力的控制。

半主动悬架系统采用的减振器为可调阻尼减振器。根据悬架 ECU 输出的控制信号，步进电动机带动驱动杆转动，从而改变减振器阻尼孔的流通面积，使减振器的阻力发生变化。

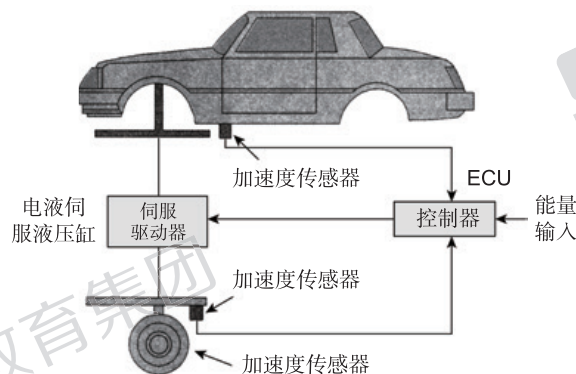


图 1 主动悬架系统

半主动悬架可以根据路面的激励和车身的响应，对悬架的阻尼进行自适应调整，使车身的振动被控制在一定的范围之内。但是，采用半主动悬架的汽车在转向、起步、制动等工况时不能对刚度和阻尼进行有效的控制，也不能对车身的高度进行控制。

二、电控悬架系统的组成

电子控制悬架系统由传感器、电子控制模块（悬架 ECU）、调节悬架的执行机构组成。

1. 传感器

传感器的作用是将汽车行驶的速度、起动、加速度、转向、制动和路面状况、汽车振动状况、车身高度等信号输送给电子控制模块。汽车悬架系统所用的传感器主要有车身加速度传感器、车身高度传感器、车速传感器、方向盘转角传感器、节气门位置传感器等。

2. 电子控制模块（悬架 ECU）

电子控制模块（悬架 ECU）接收各种传感器的输入信号并进行各种运算，然后给执行器输出控制悬架的刚度、阻尼力和车身高度的信号。同时，悬架 ECU 还监测各传感器的信号是否正常，若发现故障，则存储故障码和相关参数，并点亮故障指示灯。

3. 执行元件

通常所用的执行元件是电磁阀、步进电动机和气泵电动机等。当执行元件接受到悬架 ECU 的控制信号后，及时准确地动作，从而按照要求调节悬架的刚度，阻尼力和车身高度。

三、电控空气悬架系统的基本原理

电控空气悬架系统的工作原理如图 2 所示。它由悬架控制开关、制动灯开关、节气门位置传感器、车速传感器、方向盘转角传感器、车身高度传感器、悬架 ECU、高度控制电磁阀以及空气悬架等装置组成。图 3 所示为这些部件在汽车上的具体位置。系统工作时，控制模块根据车身高度、方向盘转角、车速、制动等传感器的信号，经过运算分析后输出控制信号，控制各种电磁阀和步进电动机，以便及时改变悬架的刚度、阻尼系数和车身高度，以适应各种复杂的行驶工况对悬架特性的不同要求，保证汽车行驶过程中的乘坐舒适性和操纵稳定性。

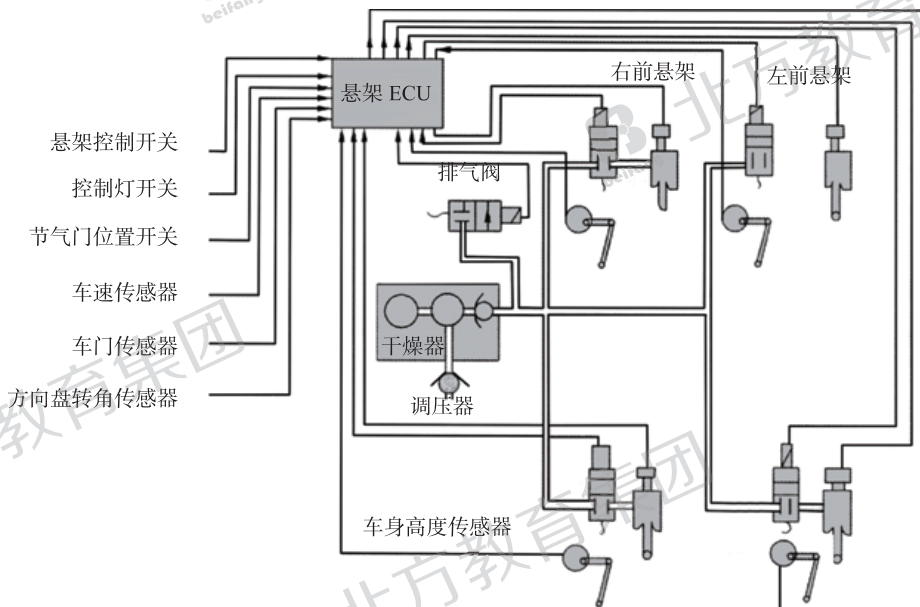


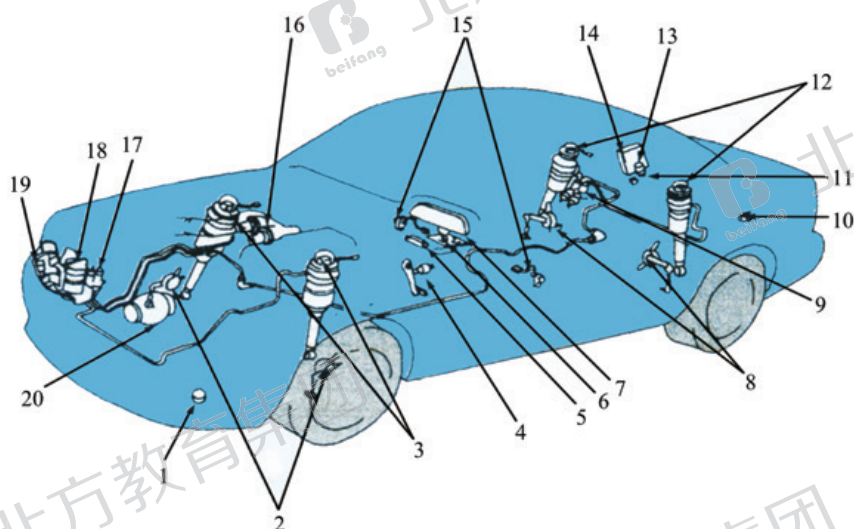
图 2 主动悬架系统

电控空气悬架系统中，悬架系统的刚度和阻尼有“软”和“硬”两种模式，每种模式下按照刚度与阻尼的大小依次又有低、中、高三种状态。“软”和“硬”模式可以通过手动开关选择，也有的悬

架系统是由控制模块通过计算后决定。一旦模式选定后，就由悬架 ECU 根据各种传感器的输入信号在低、中、高三种状态间自动调节刚度和阻尼系数。

一般汽车减振器在硬阻尼状态下会获得较好的汽车高度控制，软阻尼状态下会获得更好的乘坐舒适性。此外，在紧急制动、加速、减速、高速行驶和路面崎岖不平时，需要使减振器工作在硬阻尼状态下工作。

电控空气悬架系统的控制功能主要包括三方面的控制。



1. 号高度控制继电器
2. 车身高度传感器
3. 前悬架控制执行器
4. 停车灯开关
5. 转向传感器
6. 高度控制开关
7. LRC 开关
8. 后车身位移传感器
9. 2 号高度控制阀和溢流
10. 高度控制 ON/OFF 开关
11. 高度控制 lpr 连接器
12. 后悬架控制执行器
13. 2 号 ymr 调控控制继电器
14. 悬架控制模块
15. 门控灯开关
16. 主节气 a 门伴置传感器
17. 1 号高度控制阀
18. 空气压缩机
19. 干燥器和排气阀
20. IC 调节器

图 3 电子控制空气悬架系统部件位置图

1. 车速与路面感应控制

这种控制主要是随着车速和路面的变化，改变悬架的刚度和阻尼，使之处于低、中、高三种状态。车速和路面感应主要有以下三种。

(1) 高速感应

当车速很高时，控制模块输出控制信号，使悬架的刚度和阻尼相应增大，以提高汽车高速行驶时的操纵稳定性。

(2) 前后车轮关联感应

当汽车前轮在遇到路面单个的突起时，控制模块输出控制信号，相应减小后轮悬架的刚度和阻尼，以减小车身的振动和冲击。

(3) 坏路面感应

当汽车进入差路面行驶时，为了抑制车身产生大的振动，控制模块输出控制信号，相应增大悬架的刚度和阻尼。

2. 车身姿态控制

当车速急剧变化（起步、制动等）以及转向时，会造成车身姿态的急剧改变。这种车身姿态的改变既降低了汽车的乘坐舒适性，又由于车身的过度倾斜容易使汽车失去稳定性，所以应该对其进行控制。这种控制主要包括三个方面：

(1) 转向时车身的倾斜控制

当驾驶员急打方向盘使汽车急转弯时，转向角度传感器将方向盘的转角以及旋转速度信号输入悬架 ECU，悬架 ECU 经过计算分析向悬架执行元件输出控制信号，增大或减小相应悬架的刚度和阻尼，以抑制车身的倾斜。

(2) 制动时车身的点头控制

当汽车在紧急制动时，车速传感器将车速信号和制动灯开关信号输入悬架 ECU，悬架 ECU 经过计算分析后输出控制信号，增大相应悬架的刚度和阻尼，以抑制车身的点头。

(3) 起步或急加速时车身的后坐控制（抬头控制）

当汽车突然起步或急加速时，车速传感器将车速信号和节气门开度信号输入悬架 ECU，悬架 ECU 经过计算分析后输出控制信号，以增加相应悬架的刚度和阻尼，以抑制汽车的后坐抬头。

3. 车身高度控制

车身高度控制是在汽车行驶车速和路面变化时，悬架 ECU 对执行元件输出控制信号，控制调节车身的高度，以确保汽车行驶的稳定性和通过性。

车身高度根据高度控制开关的位置有两种控制模式，即“标准”和“高”，每一种模式又有低、中、高三种状态。在“标准”模式时，车身常处于“标准”状态；在“高”模式时，车身高度常处于“高”状态。

车身高度控制主要有两个方面：

(1) 高速感应控制

当车速高于某一设定值（如 90km/h 或 120km/h）时，为了提高汽车的行驶稳定性和减少空气阻力，控制器输出控制信号，降低车身的高度；当车速低于某一设定值（如 60km/h）时，汽车恢复原有的高度。

(2) 连续差路面行驶控制

汽车在连续颠簸不平的路面行驶，车身高度传感器连续 2.5s 以上输出大幅度的振动信号，如果此时车速在 40km/h ~ 90km/h，悬架 ECU 就会输出控制信号，以提高车身，减弱来自路面的突然起伏感，提高汽车的通过性能；但如果此时的车速在 90km/h 以上时，悬架 ECU 会输出控制信号，降低车身高度，以保证汽车行驶的稳定性的。

此外，有些悬架系统当点火开关处在运行位置超过 45s，还会有下列动作：

① 一个车门打开，制动踏板松开时，悬架 ECU 会输出控制信号提高车身高度。车门关好后，又降低车身高度。这样可以阻止开着的车门碰到人行道凸边或其他物体；

② 制动器工作且一个车门打开时，悬架 ECU 输出控制信号，提高车身高度。

四、电控空气悬架系统的部件

1. 车身高度传感器

车身高度传感器的作用是把车身与车桥之间的相对位置变化量转换为电信号送给悬架 ECU。高度传感器的数量与车上装备的电控空气悬架系统的类型有关。高度传感器的一端与车架连接，另一端装在悬架系统上，如图 4 所示。

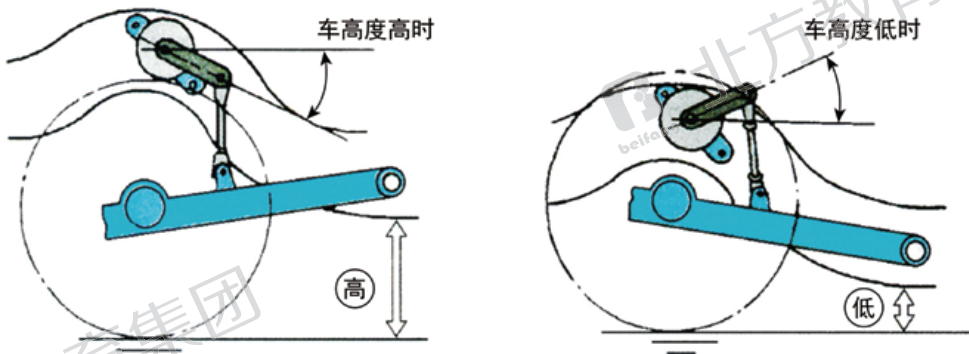


图 4 车身高度传感器的安装位置

在空气悬架上，高度传感器用于采集车身高度信息；在某些行驶平顺性控制系统上，高度传感器还用来探测悬架运动情况以确定是否需要硬阻尼。

车身高度传感器可以是模拟式的，也可以是数字式的；可以是线位移式，也可以是角位移式的。本章详细介绍模拟式高度传感器和数字式高度传感器。

(1) 模拟式高度传感器

模拟式高度传感器给悬架控制模块提供与车身高度相关的、连续的电压信号。每个高度传感器在悬架控制模块内都设定有一个基准电压值，该基准值是高度传感器在汽车处于正常行驶高度时传给控制模块的电压。悬架控制模块将高度传感器的实际电压信号与设定的基准值比较，并据此进行调整。

模拟式传感器有一个3线连接器，三线分别是地线、电源线和信号线。

如图5左所示为福特轿车中用的模拟式高度传感器。它的上端有一个磁性滑阀，当汽车的车身高度发生变化时，磁性滑阀就在传感器的下壳内上下运动。传感器的下壳内有两个电控开关（超高开关和欠高开关），电控开关通过线束与控制模块连接。如图5右所示为后悬架高度传感器在车身上的安装位置。

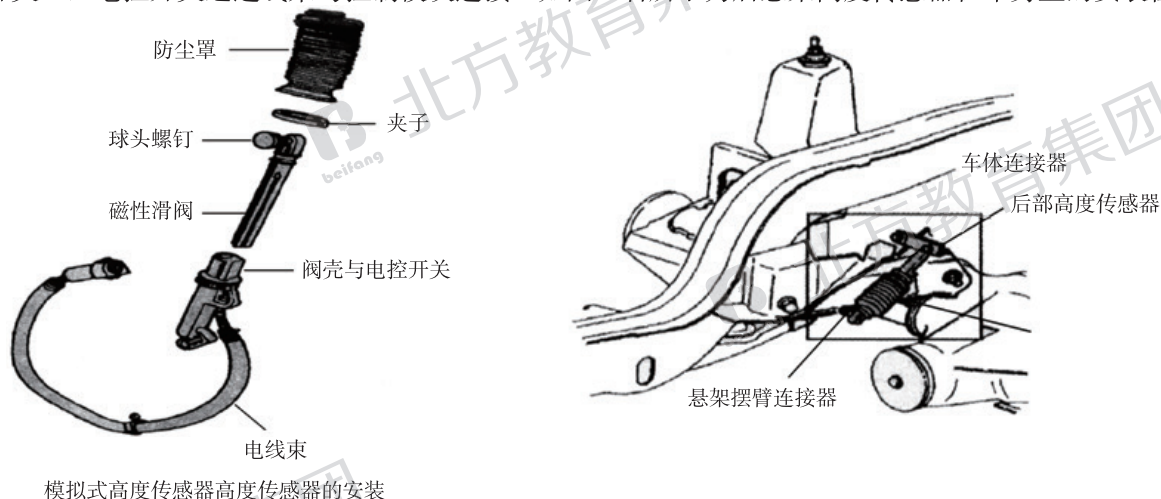


图5

模拟高度传感器的工作过程为：

- ① 当汽车高度正常时，电控开关关闭，控制模块接受到汽车高度为正常的信号。
- ② 当车身高度增加时，磁性滑阀上移，超高开关打开并向控制模块输送车身高度增加的信号。控制模块收到此信号后，控制空气弹簧电磁阀和排气电磁阀打开，使空气弹簧放气，以降低车身高度，使其达到标准高度（即平衡高度，是指汽车正常行驶时车身应该保持的高度）。
- ③ 当车身高度降低时，磁性滑阀下移，欠高开关打开并向控制模块输送车身高度降低的信号（即欠高信号），控制模块收到欠高开关的信号后，控制空气压缩机继电器接通，使空气压缩机工作，同时控制模块控制空气弹簧电磁阀打开，使空气压缩机产生的压缩空气充入空气弹簧，从而使车身高度增加，直至达到标准高度。

(2) 数字式高度传感器

现在应用最广泛的是光电式数字车身高度传感器，其工作原理如图6所示。在传感器内部有一个传感器轴，轴外端安装的连接杆与悬架臂相连接，轴上固定一个开有一定数窄槽的遮光盘。遮光盘两侧对称安装有四组发光二极管和光敏三极管，组成四对信号发生器（光电耦合器）。当车身高度变化时，车身与悬架臂作相对运动，连接杆带动传感器上的转轴和遮光盘一起转动。当遮光盘上的槽对准耦合器时，光敏三极管通过该槽感受到发光二极管发出的光线，信号发生器输出导通（ON）信号，反之则输出截止（OFF）信号。只要使遮光盘上的槽适当分布，就可以利用这四对光电耦合器导通和截止的组合，把车身高度的变化分成16个区域进行检测，具体划分见表1。这种高度传感器有一个六线连接器——电源线、地线及四个信号线。

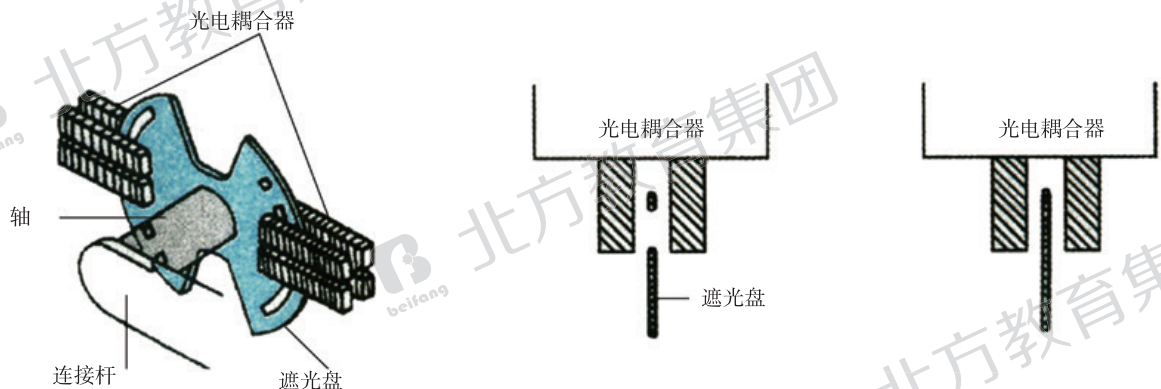


图6

表 1

光电耦合器				车高 区间	ECU 判 断结果	光电耦合器				车高 区间	ECU 判 断结果
1 号	2 号	3 号	4 号			1 号	2 号	3 号	4 号		
OFF	OFF	ON	OFF	14	高	ON	ON	ON	OFF	7	标准
OFF	OFF	ON	ON			ON	ON	ON	ON	7	
ON	OFF	ON	ON			OFF	ON	ON	ON	5	低
ON	OFF	ON	OFF			OFF	ON	ON	OFF	4	
ON	OFF	OFF	OFF			OFF	ON	OFF	OFF	3	
ON	OFF	OFF	ON			OFF	ON	OFF	ON	2	
ON	ON	OFF	ON	9	标准	OFF	OFF	OFF	ON	1	过低
ON	ON	OFF	OFF	8		OFF	OFF	OFF	OFF	0	

悬架 ECU 根据传感器输入的 ON、OFF 信号得到车身位移信息。根据车身高度变化的幅度和频率，可以判断车身的振动情况，根据一段时间（一般为 10ms）车身高度在某一区域的百分比来判断车身高度。

2. 方向盘转角传感器

方向盘转角传感器安装在转向轴上，其作用是检测方向盘的转角信号，从而得到汽车转向程度信息，即方向盘位置和方向盘转向速率信息。

光电式转角传感器的结构和工作原理见图 7 所示。在压入转向轴的遮光盘 3 上有一定数量的窄槽，遮光盘的两端分别有两个发光二极管和两个光敏三极管，组成两对信号发生器（光电耦合器）。当转动方向盘时，转向轴 4 带动遮光盘 3 旋转，当转到窄槽处时，光敏三极管感受到发光二极管发出的光，就会输出 ON 信号；当遮光盘转到除窄槽以外的其他位置时，光敏三极管感受不到发光二极管的光线，就会输出 OFF 信号。这样随着转向盘的转动，两个光电耦合器的输出端就形成 ON/OFF 的变换。悬架 ECU 根据两个光电耦合器输 ON/OFF 变换的速度，检测出转向轴的转向速度。此外由于两个光电耦合器变换的相位错开约 90 度，所以通过判断哪个遮光盘首先转变为 ON 状态，就可检测出转向轴的转动方向。

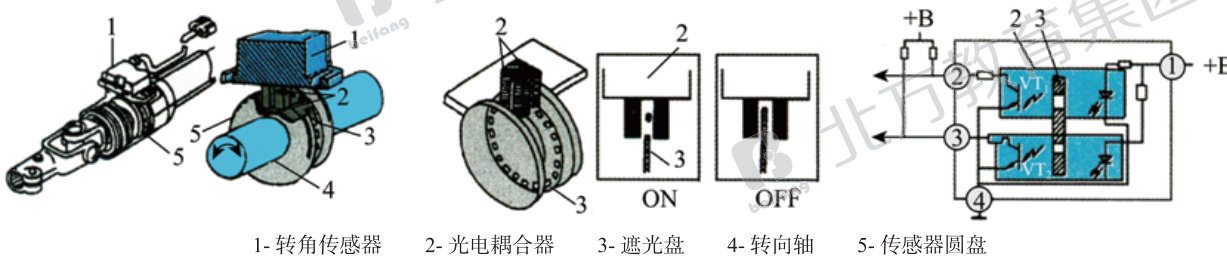


图 7 光电式方向盘转角传感器

3. 车速传感器

悬架控制模块可从车速传感器、各种其他控制模块或多路传输网络接收车速信号输入，如图 8 所示，用于实现系统的各种控制功能。

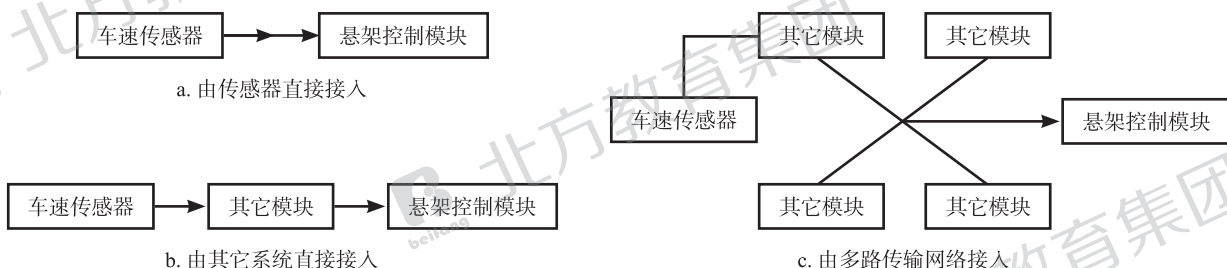


图 8 车速信号输入

变速器、驱动轴或分动箱的输出通过齿轮驱动车速传感器。车速传感器信号是交流波形信号，其频率和电压随车速提高而增加，由信号频率便可获知车速。

车速信号也可以由其他模块直接提供给电控悬架控制模块（直接连接），此信号为直流变化信号。车速信号也可以以数据信号形式从汽车多路传输网络提供给悬架控制模块。

4. 加速信号

当汽车起动或突然加速时，动力传动控制模块（PCM）根据节气门位置传感器信号（探测到节气门开度超过 90%）或质量空气流量信号生成加速信号，然后将加速信号提供给悬架控制模块，悬架控制模块控制执行器使其转换到硬阻尼状态，以便减少汽车抬头（后坐）。

5. 车门信号

悬架控制模块利用车门信号实现系统的某些功能，如在车门打开时防止排气或保持目前行驶高度等。当车门关闭时，系统恢复正常工作状态。

6. 制动开关

当汽车制动时，制动开关给悬架控制模块一个制动信号，悬架控制模块收到制动信号后，控制执行器将悬架由软转换到硬的状态，以防止汽车点头（翘尾）。

7. 悬架控制开关

悬架控制开关包括悬架刚度和阻尼选择（LRC）开关、车高控制开关和锁止开关（高度控制 ON / OFF 开关），前两个开关一般都装在驾驶室内变速器控制杆旁边，锁止开关一般装在后备箱内，如图 9 所示。



LRC 开关和车高控制开关

锁止开关的安装位置

图 9

（1）悬架刚度和阻尼选择（LRC）开关

LRC 开关用于选择悬架的刚度和阻尼力参数，它有两个档位：

- 1) 当 LRC 开关处于“NORM”（软）位置时，系统进入“常规行驶自动控制”；
- 2) 当 LRC 开关处于“SPORT”（硬）位置时，系统进入“高速行驶自动控”。

每一种模式下按照刚度与阻尼的大小依次又有低、中、高三种状态。当“NORM”（软）和“SPORT”（硬）模式通过悬架控制开关选定后，就由悬架 ECU 根据传感器的输入信号在低、中、高三种状态间自动调节刚度和阻尼系数。

（2）高度控制开关

高度控制开关也有两种控制模式，即“NORM”和“HIGH”，按照车身的高度从低到高的顺序，每一种模式又有低、中、高三种状态。

- 1) 在“NORM”模式时，车身高度常处于“低”状态，系统对车身高度进行“常规值自动控制”；
- 2) 在“HIGH”模式时，车身高度常处于“高”状态，系统对车身高度进行“高值自动控制”。

（3）锁、止开关（高度控制 ON/OFF 开关）

锁止开关（高度控制 ON/OFF 开关）一般装在后备箱内。当锁止开关位于“ON”时，系统按照驾驶员通过高度控制开关选定的模式进行车身高度控制；当锁止开关位于“OFF”时，系统不进行车身高度的调节。

注意：顶升或举升汽车时，如果锁止开关不在“OFF”位置，可能会损坏空气悬架系统。所以举升汽车前，必须将锁止开关置于“OFF”位置。

8. 悬架控制模块

控制模块是基于微处理器的电子模块，它根据各种传感器的输入信号控制空气压缩机（通过压缩机继电器）和所有电磁阀的工作，它还实施所有的故障管理和诊断策略。控制模块内包含系统自测试和通讯软件。根据车型和所采用系统的不同，悬架控制模块既可以是单独的模块，也可以是与其它系统模块集成的模块，它们的控制策略是一样的。

(1) 高度控制策略

正常策略：悬架控制模块根据高度传感器等输入元件的信号控制车身高度。对一些特殊情况，该模块可能使用其他系统的输入。

故障策略：当悬架控制模块检测到系统有故障时，模块将接通悬架故障指示灯，并在一个点火周期内停止所有的高度调整。

(2) 行驶平顺性控制策略

正常策略：悬架控制模块根据各种不同输入元件的信号控制减振器阻尼由软到硬和从硬到软的变换。

故障策略：当悬架控制模块探测到系统有故障时，控制模块给减振器执行器断电，并且使悬架故障指示灯点亮，并使悬架处在硬模式下。

9. 空气悬架（刚度调节系统部件）

空气悬架由空气弹簧、减振器、空气管路和执行器等组成，其构造如图 10 所示。其中通过空气弹簧可实现悬架刚度的调节，通过减振器可实现悬架阻尼的调节。

(1) 空气弹簧（实现刚度和高度的调节）

空气弹簧是利用空气被压缩时产生的弹性来工作的，其结构如图 11 所示。悬架的上端与车身相连，下端与车轮连接。空气弹簧有主、副气室，主气室和副气室之间有一个通道，供气体在主气室和副气室之间流动，通过改变这个通道的大小，就可以改变空气弹簧的刚度。这个通道的大小由空气阀阀心控制，而阀心的控制杆又是由悬架控制模块通过悬架控制执行器驱动控制。调节阀心的位置，就可以使空气弹簧对应于低、中、高三种不同的刚度。

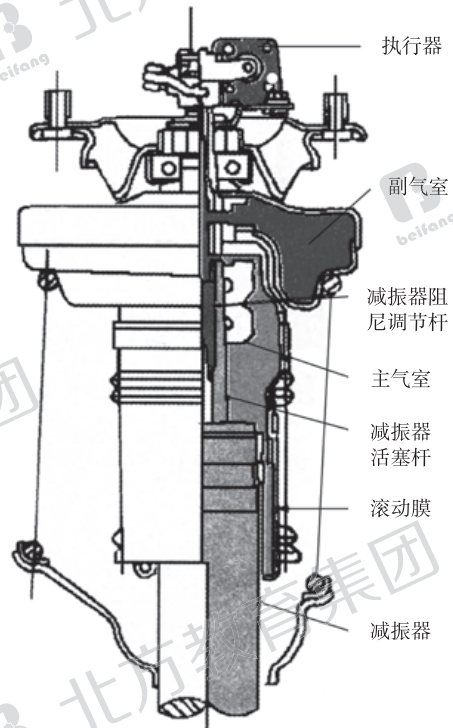


图 10 空气悬架的组成

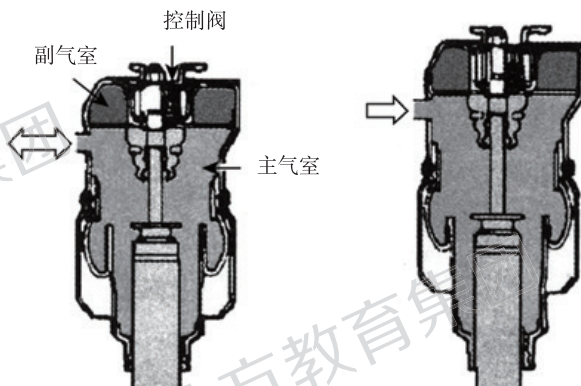


图 11 空气弹簧的结构

空气弹簧刚度的调节原理见图 12 所示。主气室和副气室之间的气阀体上有两个气体通道。当悬架控制模块控制执行器带动空气阀控制杆转动时，就会使空气阀阀心相应的转过一个角度，从而改变了气体通道的大小，也就改变了空气弹簧的刚度。空气弹簧的具体工作状态有低、中、高三种：

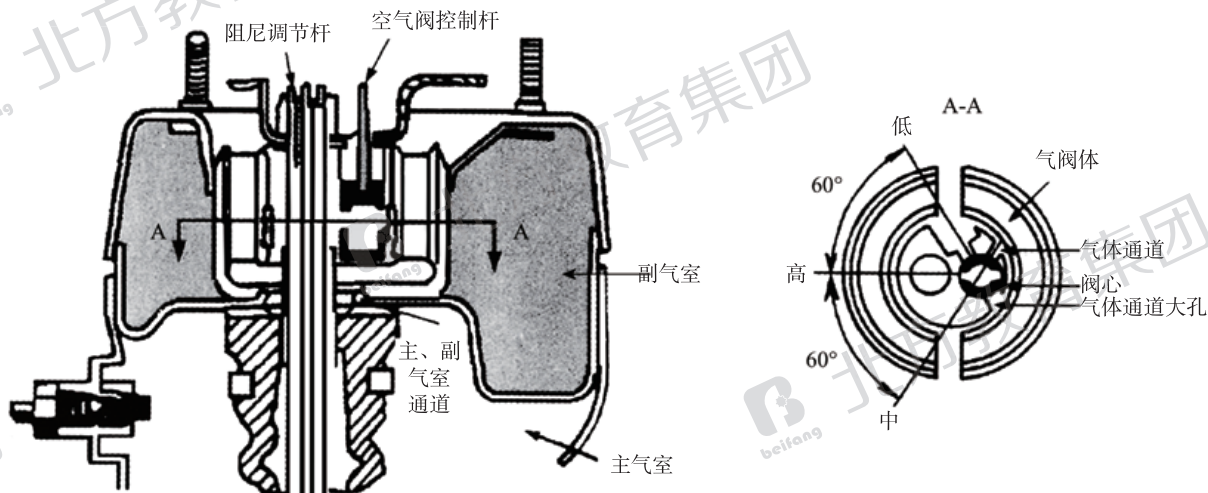


图 12 空气弹簧的结构

1) 当阀心的开口转到对准“低”的位置时，主、副气室的通道被打开到最大位置，主气室的空气经过阀心的中间孔，再经由阀体的侧面通道就可以进入副气室，主、副气室相通。此时，主、副气室之间的气体流量最大，相当于参加工作的气体体积增大，所以空气弹簧刚度处于“低”状态。

2) 当阀心的开口转到对准“中”的位置时，气体通路的小孔被打开，此时主、副气室之间的空气只能通过小孔流通，流量变小，所以空气弹簧刚度处于“中”状态。

3) 当阀心的开口转到对准“高”的位置时，主、副气室之间的通路被切断，此时只有主气室内的空气单独承担缓冲任务，所以空气被压缩的体积减小，空气弹簧刚度处于“高”的状态。

(2) 减振器（阻尼调节）

电子控制空气悬架系统阻尼的调节是通过改变减振器阻尼孔截面积的大小来实现的，其调节原理如图 13 所示。

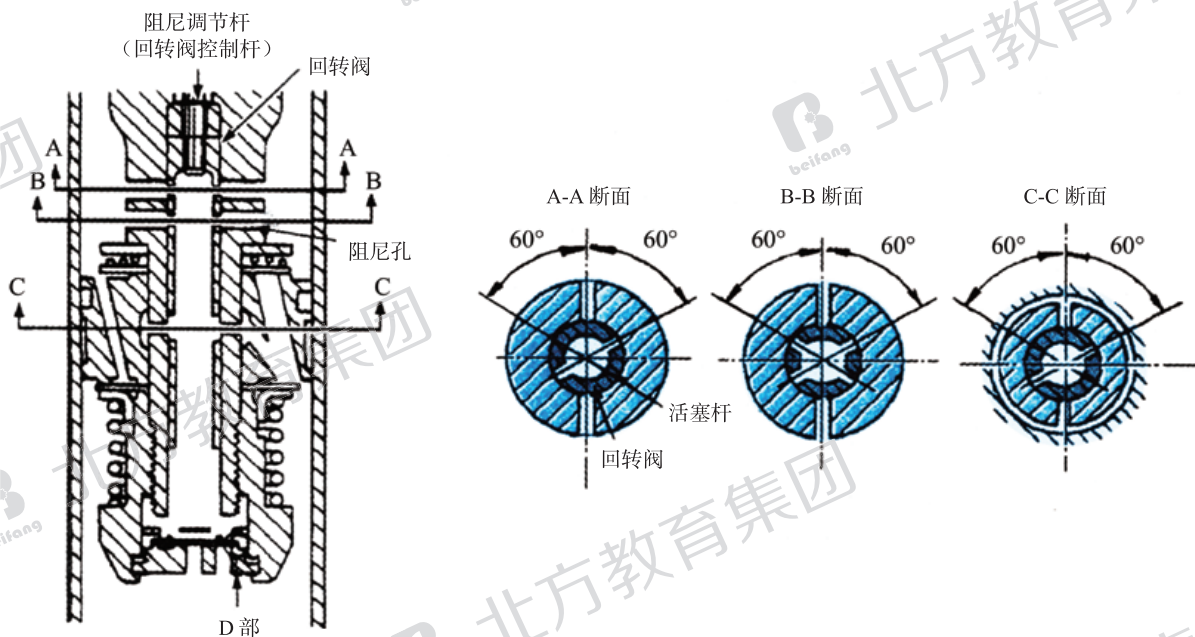


图 13 空气悬架阻尼的调节原理

减振器阻尼调节杆与回转阀连接，回转阀上有三个阻尼孔。悬架控制模块通过控制执行器驱动阻尼调节杆转动，就可使回转阀转动，从而可以控制三个阻尼孔的开闭，改变减振器内油路流通的截面积，实现对减振器阻尼能力高、中、低三种状态的调节。阻尼孔的开闭与减振器状态的对应关系为：

1) 当 A、B、C 三个截面的阻尼孔全部被回转阀封住时，减振器只有下面的主阻尼孔 D 打开，此时减振器阻尼处于“高”状态，减振器的阻尼值最大；

2) 当回转阀从“高”状态顺时针转动 60 度时，B 截面的阻尼孔打开，A、C 截面的阻尼孔关闭，减振器处于“中”状态；

3) 当回转阀从“高”状态逆时针转动 60 度时，A、B、C 截面的阻尼孔全部打开，此时减振器内油路的通道面积最大，减振器的阻尼最小，减振器处于“低”状态。

(3) 悬架控制执行器

悬架控制执行器的作用就是驱动主、副气室的空气阀阀心和减振器阻尼孔的回转阀，使其转动，从而实现对悬架刚度和阻尼的控制。

悬架控制执行器的结构和工作原理如图 14 所示。当控制模块控制步进电动机动作时，带动小齿轮转动，小齿轮驱动扇形齿轮转动。与扇形齿轮同轴的阻尼调节杆带动回转阀旋转，从而使阻尼孔开闭的数量发生变化，达到调节减振器阻尼的目的。

同时阻尼调节杆上通过齿轮带动空气阀控制杆转动，使空气阀阀心转动，随着阀心转动角度的改变，使空气弹簧的刚度也得到调节。

悬架控制执行器上还有一个电磁线圈，当电磁线圈不通电时，由它控制的制动开潮松开，制动杆处于扇形齿轮的滑槽内，扇形齿轮可以转动；当电磁线圈通电而吸合制动开关时，制动杆往回拉，各齿轮处于锁止状态，阻尼调节杆和空气阀控制杆都不能转动，此时悬架的刚度参数和阻尼参数都为固定值，悬架系统处于相对稳定的状态。

现在常见的有三种悬架控制执行器：4 线执行器；3 线执行器；2 线执行器。

1) 4 线执行器

4 线执行器是一个双向直流电机。执行器安装在减振器的顶部，执行器驱动减振器内的一根轴来改变减振器阀门。这类执行器由控制模块通过一对称为硬 / 软继电器的继电器来控制，4 线执行器可以从减振器总成上取下单独更换，4 线执行器内带位置传感器如图 15 所示。

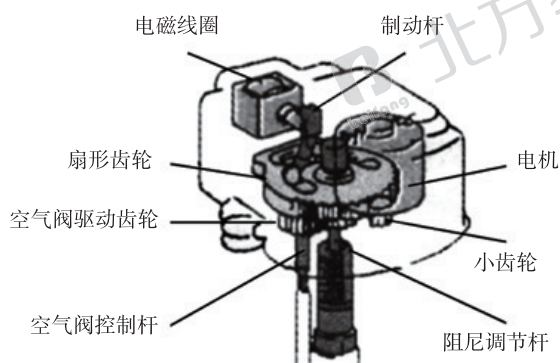


图 14 悬架控制执行器的结构和原理

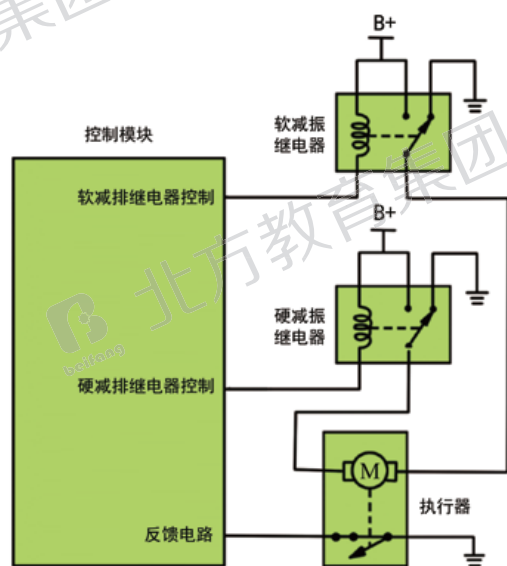


图 15 线执行器的原理图

2) 2 线执行器

2 线执行器是一个 ON/OFF（接通 / 断开）电磁阀。如果电磁阀处于 OFF（断开）位置，减振器处于硬阻尼状态；如果电磁阀处于 ON（接通）位置，减振器处于软阻尼状态。2 线执行器与减振器为一体式，不可单独维护，如图 16 所示。

3) 3 线执行器

3 线执行器是一个直流电机，位于减振器顶部，只能单向旋转。电机转动时，通过减速齿轮总成带动减振器内的活塞杆改变减振阻尼。3 线执行器与减振器也是一体化的，无法单独维护。3 线执行器也带有位置传感器，如图 17 所示。

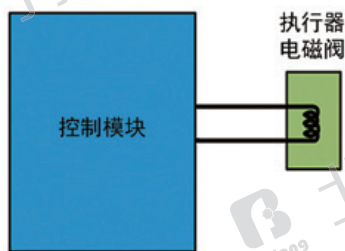


图 16 线执行器的原理图

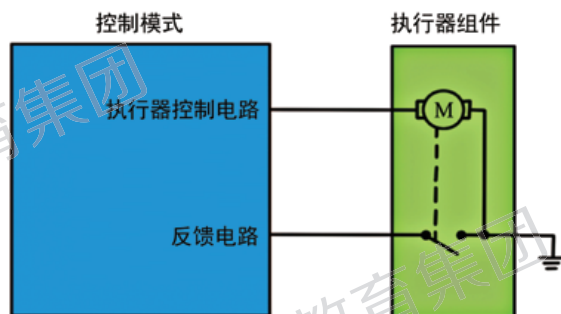


图 17 线执行器的原理图

10. 车身高度调节系统部件

车身高度控制系统能够根据车内乘坐人员或车辆载重情况自动对车身高度作出调整，以保持汽车行驶所需要的高度和汽车行驶姿态的稳定。

车身高度调节系统如图 18 所示，它由空气压缩机、直流电机、高度控制电磁阀、排气电磁阀、空气干燥器等组成。悬架控制模块根据车身高度传感器送来的信号和驾驶员设定的悬架控制模式，控制电磁阀的动作，以控制车身高度。

当需要升高车身高度时，直流电机带动压缩机工作，压缩空气通过空气干燥器后，由高度控制电磁阀进入空气悬架的主气室，使车身高度增加。

当达到规定的高度，高度控制电磁阀断电关闭，空气悬架主气室的空气量保持不变，车身高度维持在一定的高度。

当需要降低车身高度时，高度控制电磁阀和排气电磁阀同时通电打开，空气悬架主气室的空气通过电磁阀、空气管路、排气阀排出，车身高度下降。

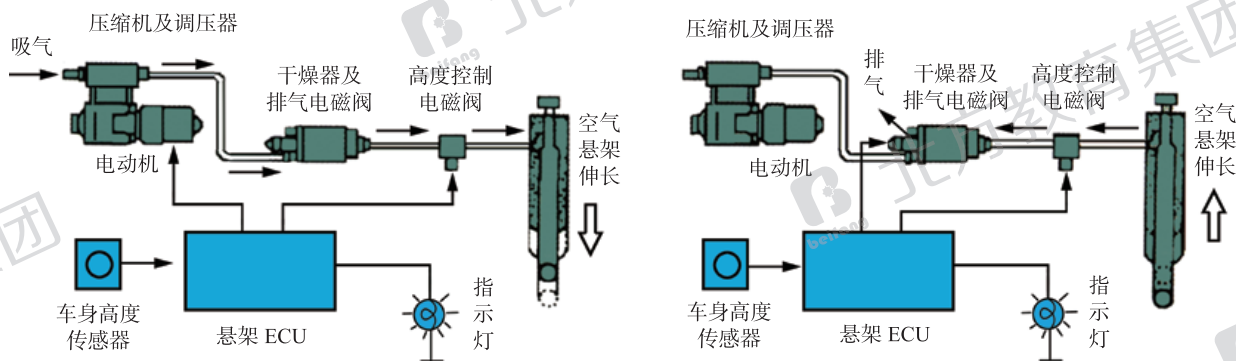


图 18 车身高度控制原理

(1) 空气压缩机

空气压缩机是一个电机驱动的单缸装置，压缩机中的活塞在压缩机曲轴和连杆的带动下在气缸内上下运动如图 19 所示，提供空气悬架系统所需的压缩空气。空气压缩机由控制模块控制的继电器供电，当驱动压缩机的电机输入端连接 12V 电源后，就可使电枢转动，从而通过曲轴和连杆带动压缩机的活塞上下运动使压缩空气压力升高。

当系统压力超过安全工作压力时，内部减压阀（或称放气阀）提供排气通道。空气压缩机的干燥器装在压缩机歧管上，压缩机推动压缩空气，使其通过干燥器中的干燥剂（硅胶）干燥，除去空气中的水分，然后才进入悬架系统。在排气过程中，排出的干燥过的空气通过干燥器又可带走干燥剂中的水分。干燥器可以单独更换，但更换干燥器不是定期维护项目。压缩机电路上装有热过载断路器，可探测电机内部的温度，当电机过热时，就会关闭压缩机。待压缩机冷却后再恢复正常工作。

(2) 压缩机继电器

压缩机继电器控制压缩机电机的供电。由于空气悬架控制模块无法直接向空气压缩机提供所需的

(大) 电流，因此需要压缩机继电器。压缩机继电器受控制模块的小电流信号控制，然后将大电流提供给压缩机，使其工作。

有的悬架控制系统使用固态继电器，也有的使用常规机械继电器，如图 20 所示。

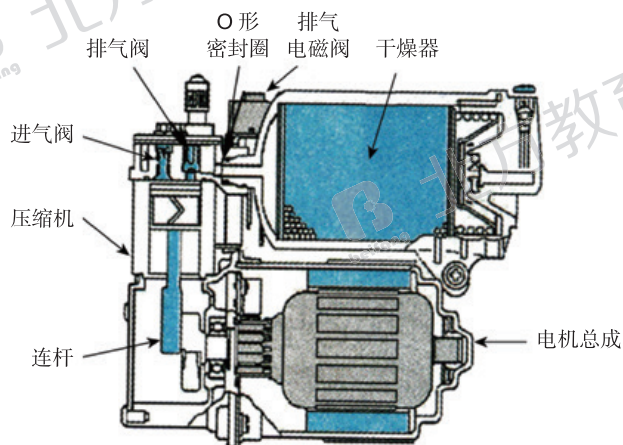


图 19 空气压缩机

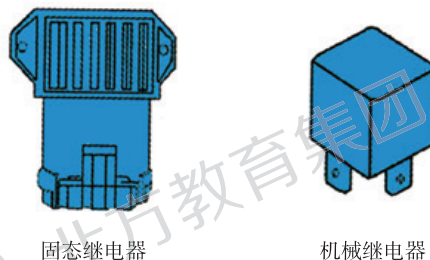


图 20 常用的压缩机继电器

(3) 排气电磁阀

排气电磁阀装在空气压缩机缸盖上，与压缩机共用一个线束连接器，如图 21 所示。在排气过程中，排气电磁阀使空气从空气弹簧中排出。当控制模块决定需要降低汽车高度时，排气电磁阀与空气弹簧电磁阀一起开启，为压缩空气提供排出通道。

(4) 高度控制电磁阀

高度控制电磁阀也叫空气电磁阀，它安装在空气管路内，用于控制进出空气弹簧和减振器的空气流量。其原理如图 22 所示，空气电磁阀常闭，不通电时，由弹簧加载挡住气流；当电磁阀通电时，电磁线圈克服弹簧压力，电磁阀打开，使空气流过电磁阀。

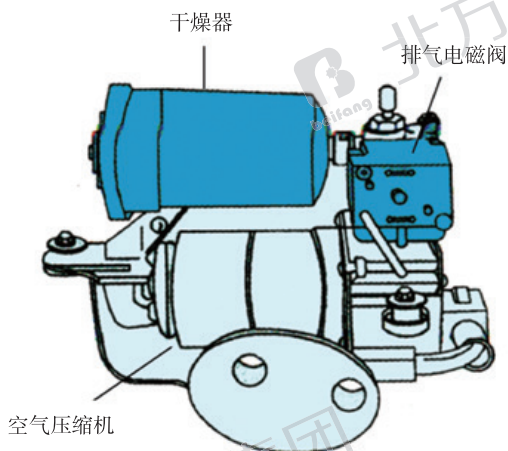


图 21 排气电磁阀

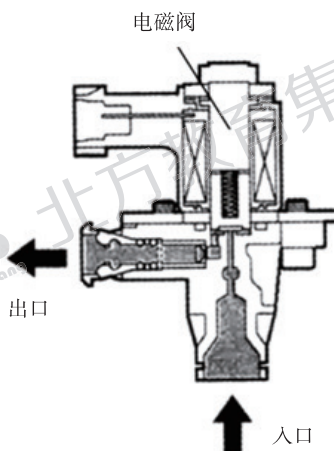


图 22 高度控制电磁阀

(5) 空气弹簧电磁阀

空气弹簧电磁阀，如图 23 所示，利用一种压卡和拧锁机构固定在空气弹簧上，并将空气压缩机的空气管路连接到空气弹簧上。这个阀是电磁滑阀，由悬架控制模块控制，通常是关闭的。当电磁阀通电时，气阀运动将空气弹簧的空气通道打开，允许空气弹簧充气或排气；当电磁阀断电时，气阀回落将空气弹簧的空气通道封闭，空气弹簧不能充气或放气。

注意：在空气弹簧内的空气全部排出之前，千万不要将空气弹簧电磁阀从空气弹簧上松开。关于空气弹簧排气的正确方法请参见有关维修手册或相关资料。

(6) 闸门电磁阀

闸门电磁阀将汽车左、右空气弹簧的空气压力隔开，这样，可以避免空气从一个空气弹簧流动到

另一个空气弹簧中去。当电磁阀断电（关闭）时，空气弹簧各自独立，允许空气弹簧之间存在压差。其工作状态一般为：

当汽车在平坦路面正常行驶时，电磁阀接通电源（打开）。此时两侧空气弹簧压力相同，允许空气在空气弹簧之间流动，减少车轮跳动阻力，使汽车行驶得更平稳。

当汽车转向时，阀门电磁阀断电（关闭），各空气弹簧内的压力保持不变，减少汽车侧倾。

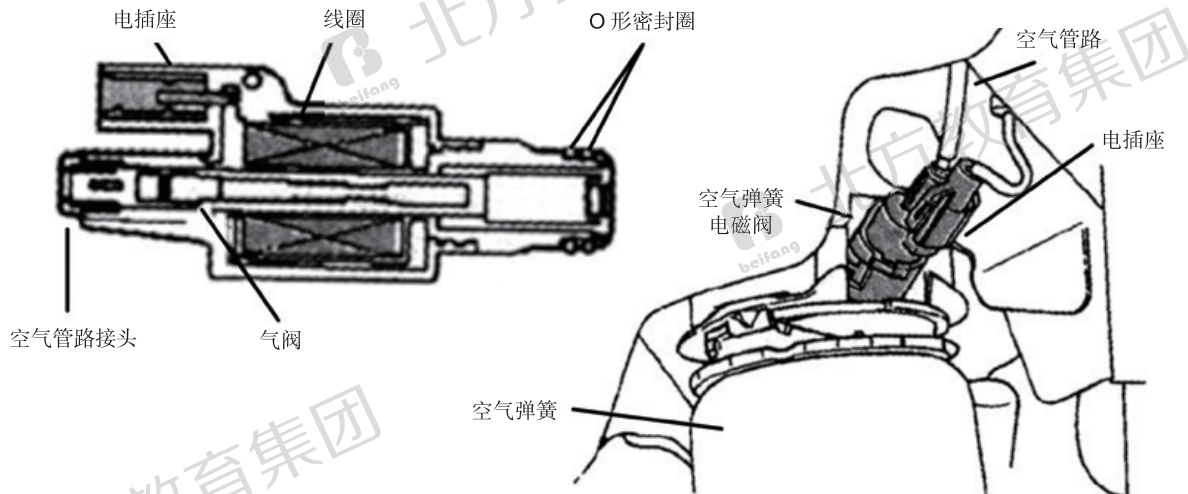


图 23 空气弹簧电磁阀

(7) 空气管路

空气压缩机内的空气通过尼龙空气管路输送给电磁阀、空气弹簧。空气管路使用快速接头与各部件连接。空气管路的数量与车型有关，系统越复杂，需要的空气管路越多。

11. 指示灯

电控空气悬架指示灯通常位于组合仪表上，如图 24 所示。当控制模块发现系统有故障时，就会点亮指示灯或使指示灯以一定的间隔时间闪亮。如果悬架系统工作正常，当点火开关从“OFF”转换到“ON”时，指示灯点亮 1s，然后自动熄灭。当点火开关在起动位置时，指示灯点亮。

12. 其他的系统指示灯

有的系统设有硬减震控制指示灯，指示何时处于硬减震状态。如果探测到故障，该灯闪烁。有些系统还设有系统状态指示灯，例如系统 OFF（关闭）指示灯。

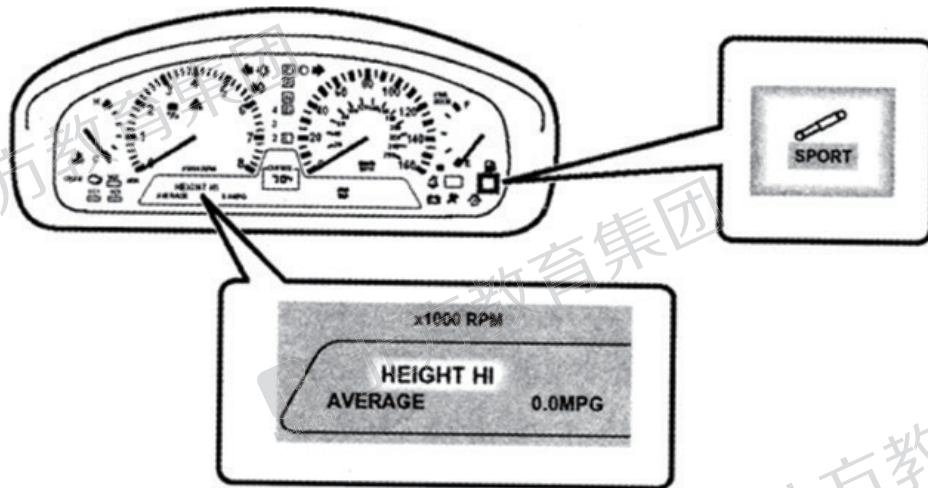


图 24 空气悬架系统指示灯