

# 第 19 章 悬 架

**教学提示：**悬架是车架(或承载式车身)与车桥(或车轮)之间的一切传力连接装置的总称。车架与车桥通过悬架弹性的连接在一起。本章重点介绍了悬架的组成、作用与分类；介绍了独立悬架和非独立悬架的类型、组成和工作原理；简介了电子控制悬架系统。

**教学目标：**要求学生熟练掌握悬架的组成、作用和工作原理；掌握弹性元件、减振器的结构、功用和工作原理，一般掌握独立悬架和非独立悬架的类型、组成和工作原理；了解电子控制悬架系统的类型及工作原理。

## 19.1 概 述

如图 19.1 所示，悬架(suspension)主要由弹性元件 1、导向装置 2、5 和减振器 3 等三部分组成。

悬架的主要作用是把路面作用于车轮上的垂直反力(支承力)、纵向反力(驱动力和制动力)和侧向反力以及这些反力所形成的力矩传递到车架(或承载式车身)上，以保证汽车的正常行驶。

弹性元件使车架与车桥之间作弹性联系，承受和传递垂直载荷，缓和及抑制不平路面所引起的冲击；导向装置是用来传递纵向力、侧向力及其力矩，并保证车轮相对于车架或车身有一定的运动规律；减振器用以加快振动的衰减，限制车身和车轮的振动。由此可见，上述三个组成部分分别起缓冲、导向和减振作用，三者联合起到共同传力的作用。为防止车身在不平路面行驶或转向时发生过大的横向倾斜，部分汽车还装有辅助弹性元件横向稳定器(stabilizer anti-roll bar)和平衡杆(stabilizer bar)。

需要指出的是：任何悬架只要具备上述功用，在结构上并非需要有以上全套装置。如一般汽车上广泛采用的多片钢板弹簧悬架，它既有缓冲、减振的功能，又担负起传力和导向的任务，因此，不需要再安装导向机构，甚至不要减振器(如后悬架)。

根据汽车两侧车轮运动是否相互关联，汽车悬架可分为非独立悬架(rigid axle suspension)和独立悬架(independent suspension)两种形式，如图 19.2 所示。

非独立悬架(见图 19.2a)的结构特点是汽车两侧车轮分别安装在一根整体式的车轴两端，车轴则通过弹性元件与车架相连接。这种悬架当一侧车轮因道路不平而跳动时，将要影响另一侧车轮的工作，因此称为非独立悬架或相关悬架。独立悬架(见图 19.2b)则是两侧车轮分别安装在断开式的车轴两端，每段车轴和车轮单独通过弹性元件与车架相连。这样当一侧车轮跳动时，对另一侧车轮不产生影响，因此称为独立悬架。

独立悬架的前轮可调整其定位，故在轿车上被广泛应用，而非独立悬架因结构简单、制造和维修方便，故中、重型汽车普遍采用。

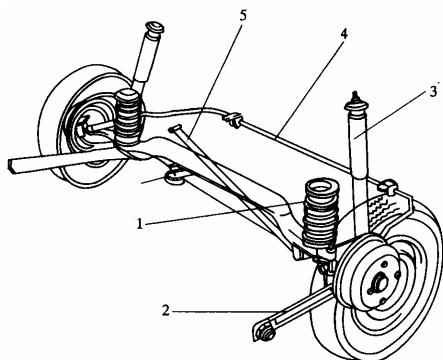


图 19.1 悬架组成示意图

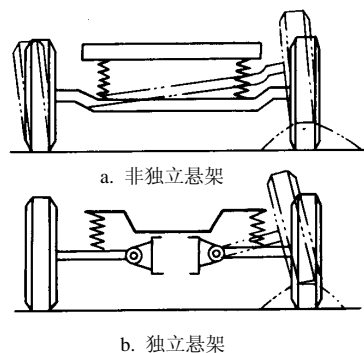


图 19.2 非独立悬架与独立悬架示意图

1—弹性元件 2、5—导向装置 3—减振器 4—横向稳定器

## 19.2 弹性元件

汽车悬架所用的弹性元件可分为钢板弹簧、螺旋弹簧、扭杆弹簧、气体弹簧和橡胶弹簧等。一般载货汽车的非独立悬架广泛采用钢板弹簧；大多数轿车的独立悬架应用螺旋弹簧和扭杆弹簧；而在重型载货汽车上气体弹簧得到广泛的应用。

### 19.2.1 钢板弹簧

钢板弹簧是汽车悬架中应用最广泛的一种弹性元件。它由若干片长度不等、曲率半径不同、厚度相等或不等的弹簧钢片叠合在一起组成的一根近似等强度的弹性梁(见图 19.3)。

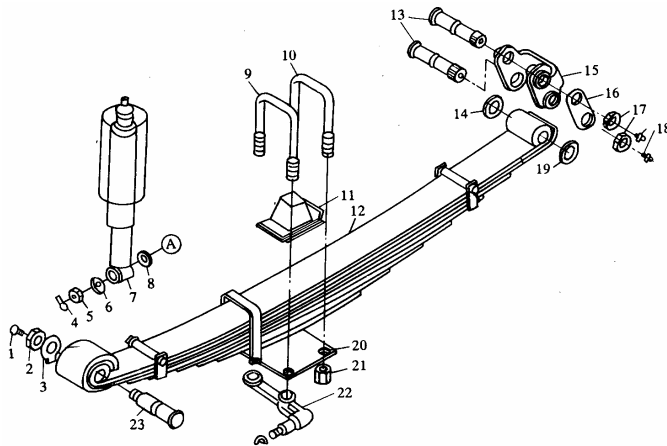


图 19.3 钢板弹簧

1、18—黄油嘴 2、17、21—锁紧螺母 3—防松垫圈 4—开口销 5—带槽口螺母 6、8—避振器垫圈  
7—避振器总成 9、10—U形螺栓 11—钢板弹簧减振垫 12—前钢板弹簧总成 13、23—钢板 弹簧销  
14、19—衬垫 16—钢板弹簧吊耳 16—锁紧片 20—底板 22—避振器支架

钢板弹簧的中部一般由 U 形螺栓 9、10 与车桥刚性固定, 其两端用钢板弹簧销 13、23 铰接在车架的支架上。

为加强第一片的卷耳, 常将第二片末端也弯成卷耳, 把第一片卷耳包住。弹簧受压变形时为防止它们之间产生相对滑动, 在第一片与第二片卷耳之间留有较大的空隙。

在车架加载弹簧变形时, 钢板弹簧各片之间产生相对滑动进而产生摩擦, 此时钢板弹簧本身具有一定的减振作用。如果钢板弹簧各片之间干摩擦时, 轮胎所受到的冲击要直接传给车架, 并直接使钢板弹簧各片磨损, 故安装钢板弹簧时, 应在各片之间涂上适量的石墨润滑剂。

为了进一步改善弹簧钢板的受力状况, 可采用不同形状的断面。矩形断面钢板弹簧(见图 19.4a)结构简单, 但受拉应力一面的棱角处易产生疲劳裂纹。图 19.4b、c 采用上下不对称的横断面, 由于断面抗弯的中性轴线上移, 不但可减小拉应力, 而且节省了材料。

钢板弹簧端部有三种结构形式(图 19.5)。图 19.5a 端部为矩形的钢板, 其制造简单, 广泛应用在载货汽车上。图 19.5b 端部为梯形的钢板, 其质量小、节省钢材, 较多的用在载货汽车上。图 19.5c 端部为椭圆形的钢板, 这种结构改善了应力分布状况, 片端弹性好, 片间摩擦小, 质量也较轻, 但制造工艺复杂, 成本较高, 一般在轿车上应用较多。

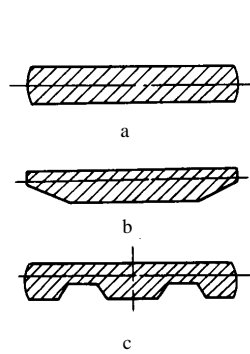


图 19.4 钢板弹簧的断面

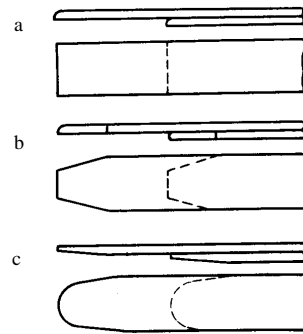


图 19.5 钢板弹簧端部形式

### 19.2.2 螺旋弹簧

螺旋弹簧广泛地应用于前独立悬架。螺旋弹簧(见图 19.6)与钢板弹簧相比, 具有无需润滑, 不忌泥污, 所占纵向空间不大, 弹簧质量小等优点。

螺旋弹簧本身没有减振作用, 因此在螺旋弹簧悬架中必须另装减振器。此外, 螺旋弹簧只能承受垂直载荷, 故必须装设导向机构以传递垂直力以外的各种力和力矩。螺旋弹簧常用弹簧钢棒料卷制而成, 可做成等螺距或变螺距的, 前者刚度不变, 后者刚度是可变的。

### 19.2.3 扭杆弹簧

扭杆弹簧是一根具有扭转弹性的直线金属杆件 2(见图 19.7)。其断面一般为圆形, 少数为矩形或管形。它的两端可以做成花键、方形、六角形或带平面的圆柱形等, 以便将一端固定在车架 3 上, 另一端通过摆臂 1 固定在车轮上。当车轮跳动时, 摆臂便绕着扭杆轴线而摆动, 使扭杆产生扭转弹性变形, 借以保证车轮与车架的弹性联系。有的扭杆由一些矩

形断面的薄扭片组合而成, 这样弹簧更为柔软。

扭杆本身的扭转刚度虽然是常数, 但采用扭杆的悬架刚度却是可变的。若将扭杆的固定端转过一个角度, 则摆臂的初始位置将改变, 借以可调节车架与车轮间的距离, 即调节车身高度。

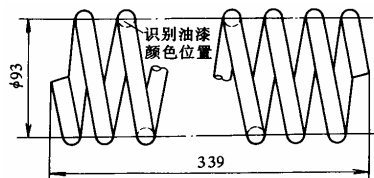


图 19.6 夏利 TJ7100 轿车前悬架螺旋弹簧(尺寸单位: mm)

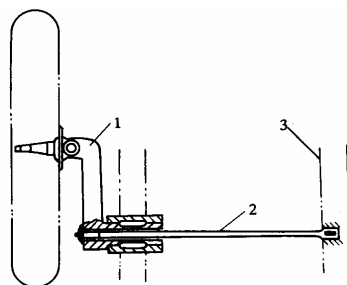


图 19.7 扭杆弹簧

1—摆臂 2—杆 3—车架

扭杆是用铬钒合金弹簧钢制成, 表面经过加工后很光滑。为了保护其表面, 通常涂以沥青和防锈油漆或者包裹一层玻璃纤维布, 以防碰撞、刮伤和腐蚀。扭杆具有预扭应力, 安装时左右扭杆预加扭转的方向都与扭杆安装在车上后承受工作载荷时扭转的方向相同, 不能互换, 为此, 在左右扭杆上刻有不同的标记。

扭杆弹簧与钢板弹簧相比较, 具有质量小, 不需润滑的优点。

#### 19.2.4 气体弹簧

气体弹簧是在一个密封的容器中充入压缩气体, 利用气体的可压缩性实现其弹簧作用的。这种弹簧的刚度是可变的, 因为作用在弹簧上的载荷增加时, 容器内的定量气体气压升高, 弹簧的刚度增大。反之, 当载荷减小时, 弹簧内的气压下降, 刚度减小, 故它具有较理想的弹性特性。

气体弹簧有空气弹簧和油气弹簧两种。

(1) 空气弹簧(air spring) 空气弹簧是利用压缩空气作弹簧的。根据压缩空气所用容器的不同, 又有囊式和膜式两种形式(见图 19.8)。囊式空气弹簧是由夹有帘线的橡胶气囊和密闭在其中的压缩空气所组成。气囊的内层用气密性好的橡胶制成, 而外层则用耐油橡胶制成。气囊一般做成图示的两节, 节与节之间围有钢质的腰环, 使中间部分不致有径向扩张, 并防止两节之间相互摩擦。气囊的上下盖板将气囊密封。膜式空气弹簧的密闭气囊由橡胶膜片和金属压制件组成。

(2) 油气弹簧(hydro-pneumatic spring) 在密闭的容器中充入压缩气体和油液, 利用气体的可压缩性实现弹簧作用的装置称油气弹簧。油气弹簧以惰性气体(氮气)作为弹性介质, 用油液作为传力介质, 一般是由气体弹簧和相当于液力减振器的液压缸所组成的。

根据结构的不同, 油气弹簧分为单气室、双气室以及两级压力式等三种形式。

单气室油气弹簧又分为油气分隔式和油气不分隔式两种(见图 19.9), 前者可防止油液乳化, 且便于充气。

单气室油气分隔式油气弹簧(见图 19.9a), 其球形气室固定在工作缸 4 上, 其内腔用橡

胶油气隔膜 2 隔开, 一侧充入高压氮气, 构成气体弹簧; 另一侧与工作缸的内腔相通, 并充满了工作介质(减振油液), 相当于液力减振器。油气隔膜的作用在于把作为弹性介质的氮气和工作液分开, 以避免工作液乳化, 同时也便于充气 and 保养。在球形气室上装有充气阀。油气弹簧上端的球形气室和下端的活塞分别通过上、下球座固定在车架和车桥上。

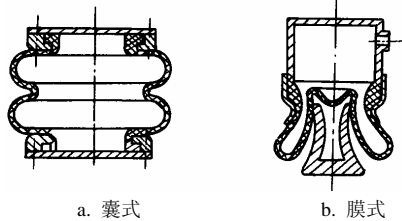


图 19.8 空气弹簧

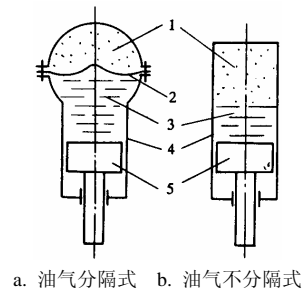


图 19.9 单气室油气弹簧示意图

1—气体 2—油气隔膜 3—油液  
4—工作缸 5—活塞

当载荷增加时, 车架与车桥之间的距离缩短, 活塞 5 上移使充满工作液的内腔容积减小, 迫使工作液推动油气隔膜 2 向具有一定压力的氮气室移动, 使气室容积减小, 氮气压力升高, 弹簧刚度增大, 车架下降缓慢。当外界载荷等于氮气压力时, 活塞便停止上移, 这时车架与车桥的相对位置不再变化, 车身高度也不再下降。

当载荷减小时, 油气隔膜在高压氮气压力的作用下向油室一侧移动, 推动活塞下移, 从而使弹簧刚度减小, 车架与车桥之间距离变长, 车架上升减缓, 当外部载荷与氮气压力相平衡时, 活塞停止下移, 车身高度也不再上升。

由于氮气储存在密闭的球形气室内, 其压力随外载荷的大小而变化, 故油气弹簧具有变刚度的特性, 同时又起液力减振器的作用。

单气室油气不分隔式油气弹簧(见图 19.9b)其缸体 4 的上端和活塞的下端分别固定在车架和车桥上。活塞的上面有一油层, 既可以润滑活塞又可以作为气室的密封。油层上方的空间即为高压气室, 其中充满高压氮气, 气体和工作油液间没有任何隔离装置。

当载荷增加时, 活塞在工作缸体内向上移动, 高压气室容积缩小, 氮气被进一步压缩, 此时油压升高。当载荷减小时(伸张行程), 活塞向下移动, 高压气室的容积增大, 气体压力和油压都下降。

空气弹簧和油气弹簧都同螺旋弹簧一样, 只能承受轴向载荷, 因此气体弹簧悬架中必须设置纵向和横向推力杆等导向机构, 同时还必须设有减振器。

气体弹簧可以通过专门的高度控制阀自动调节气室中的原始充气压力, 以调节车身与地面的高度。

### 19.2.5 橡胶弹簧

橡胶弹簧是利用橡胶本身的弹性来缓和冲击、减小振动的。它可以承受压缩载荷与扭转载荷。橡胶弹簧的优点是: 单位质量的储能量较金属弹簧多, 隔音性能好, 多用在悬架的副簧和缓冲块。

## 19.3 减 振 器

减振器的作用是吸收钢板弹簧起落时车辆的振动，使其迅速恢复平稳的状态，以改善汽车行驶的平稳性。

汽车悬架系统中广泛采用液力减振器。其作用原理是利用液体流动的阻力来消耗振动的能量。当车架与车桥相对运动时，活塞在缸筒内就上下移动，减振器壳体內的油液便反复地从一个内腔通过一些窄小的孔隙流入另一内腔。此时，孔壁与油液间的摩擦及液体分子内摩擦便形成对振动的阻尼，使车身和车架的振动能量转化为热能而被油液和减振器壳体所吸收，最后散到大气中去。减振器的阻尼力大小随车架与车桥的相对运动速度的增减而增减，并且与油液的黏度有关。

### 19.3.1 双向作用筒式减振器

图 19.10 为常见的双向作用筒式减振器。它有三个同心钢筒：防尘罩 21、储油缸筒 20 和工作缸筒 19。防尘罩与活塞杆 18 和用于连接车架的上吊环 26 焊接在一起。工作缸筒装于储油缸筒内，并用储油缸螺母 27 通过密封圈 25 和导向座 22 压紧。储油缸筒的下端与连接车桥的下吊环 10 焊接在一起。在减振器工作时，这两个缸筒作为一个整体一起随车桥而运动。储油缸筒与工作缸筒之间形成储油腔，内装减振油液，但不装满，工作缸筒内则充满减振油液。活塞杆 18 穿过储油缸筒和工作缸筒的密封装置而伸入工作缸筒内。在活塞杆的下

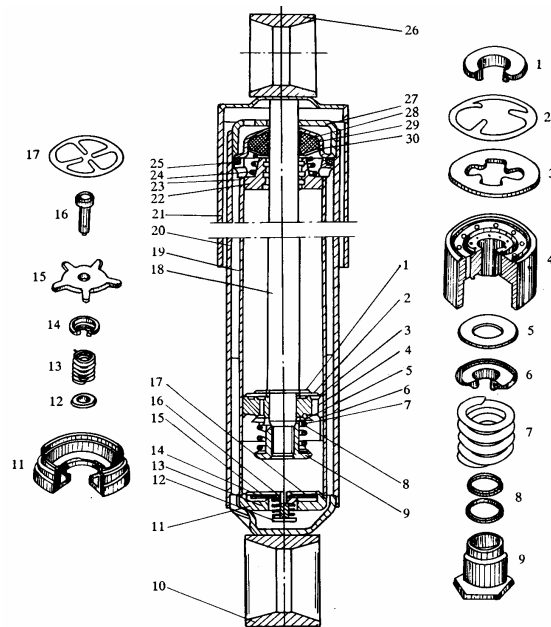


图 19.10 双向作用筒式减振器

- 1—流通阀限位座 2—流通阀弹簧片 3—流通阀 4—活塞 5—伸张阀 6—支承座圈 7—伸张阀弹簧 8—调整垫片  
 9—压紧螺母 10—下吊环 11—支承座 12—压缩阀弹簧座 13—压缩阀弹簧 14—压缩阀 15—补偿阀 16—压缩阀杆  
 17—补偿阀弹簧片 18—活塞杆 19—工作缸筒 20—储油缸筒 21—防尘罩 22—导向座 23—衬套 24—油封弹簧  
 25—密封圈 26—上吊环 27—储油缸筒螺母 28—油封 29—油封盖 30—油封垫圈

端用压紧螺母 9 固定着活塞 4。活塞 4 的头部有内外两圈沿圆周均布的轴向通孔,外圈孔大、内圈孔小。在外圈大孔上面盖着流通阀 3,并用流通阀弹簧片 2 压紧,再由流通阀限位座 1 限位。在内圈小孔下面,均布着四道小槽,其上面有伸张阀 5 和支承座圈 6。当伸张阀被压紧时便形成四个缺口,该缺口为常通的缝隙,在压缩或伸张行程时,油液均可通过此缺口流动。在伸张阀与压紧螺母 9 之间装有调整垫片 8,用于调整伸张阀弹簧 7 的预紧力。

在工作缸筒下端装有支承座 11,其上端面有两个小缺口被星形补偿阀 15 盖着,形成两道缝隙,作为工作缸筒与储油缸筒之间的常通缝隙。补偿阀中央有孔,孔中装着压缩阀杆 16,杆上有中心孔和旁通孔,其上滑套着压缩阀 14。不工作时,压缩阀在压缩阀弹簧 13 的作用下使其上端面压在补偿阀 15 上,使内部形成锥形空腔。此时,油液经阀杆上的中心孔,旁通孔仅能流到锥形空腔中,而不能进入储油缸筒。支承座 11 上端用翻边的方法将补偿阀弹簧片 17 紧压在压缩阀杆 16 顶端边缘。

由于流通阀和补偿阀的弹簧较软,当车轮跳动较小时,油液从这两个阀和一些孔缝中流过;而伸张阀和压缩阀的弹簧都较硬,预紧力也较大,故车轮剧烈跳动并使油压增大到一定程度时,才能压开它而流过。

工作缸筒的上部装有密封装置(橡胶密封圈 25、油封 28、油封盖 29、油封垫圈 30、油封弹簧 24 和储油缸螺母 27 等)和导向座 22。橡胶密封圈 25 用于密封工作缸筒周缘;而橡胶油封 28 用于密封活塞杆。当活塞杆往复运动时,杆上的油液被密封件刮下,经导向座 22 上的径向小孔流回储油缸。导向座 22 用来为活塞杆导向。

当双向作用筒式减振器被压缩(车轮靠近车架压缩悬架)时,活塞 4 下移,使其下腔室容积减小,油压升高,油液经流通阀 3 流到活塞上腔室。由于活塞杆 18 占去上腔室一部分容积,故上腔室增加的容积小于下腔室减小的容积,致使下腔室油液不能全部流入上腔室,而多余的油液则压开支承座圈 6 上的压缩阀 14 进入储油缸筒 20。这些阀对油液的节流便造成对悬架压缩运动的阻尼力,由于流通阀和压缩阀的特殊结构(弹簧较软,通道较小),能使油液流动的阻尼力不致过大,所以在压缩行程时能使弹性元件充分发挥它的缓冲作用。当悬架处在伸张行程(车轮离开车架、减振器被拉长)时,活塞上移使其上腔室容积减小、油压升高,流通阀 3 关闭。上腔室内的油液便推开伸张阀 5 流入下腔室。同样由于活塞杆的存在,自上腔室流来的油液不足以充满下腔室所增加的容积,下腔室内产生一定的真空度,这时储油缸筒内的油液在真空度的作用下推开补偿阀 15 流入下腔室进行补充。这些阀的节流作用即构成对悬架伸张运动的阻尼力。由于伸张阀弹簧的刚度和预紧力比压缩阀的大,且伸张行程时油液通道截面也比压缩行程小,所以减振器在伸张行程内产生的最大阻尼力远远超过了压缩行程内的最大阻尼力。减振器这时充分发挥减振作用,保护弹性元件不被拉坏。

### 19.3.2 充气式与阻力可调式减振器

(1) 充气式减振器(gas-filled shock absorber) 充气式减振器(见图 19.11)的结构特点是:在减振器缸筒的下部有一个浮动活塞 2,使工作腔形成三个部分。在浮动活塞与缸筒一端形成的腔室中充入高压氮气;浮动活塞的上面是减振器油液,浮动活塞上装有大断面的 O 形密封圈 3,把油和气完全隔开,形成封气活塞;工作活塞 8 上装有随其运动速度大小而改变通道截面积的压缩阀 4 和伸张阀 7,此二阀均由一组厚度相同,直径不等,由大到小而排列的弹簧钢片组成。

当车轮跳动时,减振器的工作活塞在油液中往复运动,使工作活塞的上腔与下腔之间产生油压差,压力油便推开压缩阀或伸张阀而来回流动。由于阀对压力油产生较大的阻尼力而使振动衰减。

由于下腔高压氮气的存在,便可以利用氮气的膨胀和压缩,借助浮动活塞的上下运动来补偿因活塞杆的进出而引起的缸筒容积的变化。因此不再需要储油腔,当然也就不需要储油缸筒了,所以这种减振器也称为单筒式减振器。而前述的双向作用筒式减振器既有工作缸筒,又有储油缸筒,故亦称双筒式减振器。

充气式减振器作为一种新型减振器,与双向作用筒式减振器相比,具有以下优点:①由于采用浮动活塞,不需要储油缸筒还减少了一套阀门系统,使结构大为简化;②在防尘罩直径相同的条件下,充气式减振器工作缸筒及活塞直径大,可以产生更大的阻尼力;③减振器中的高压氮气能减少车轮遇到冲击力时产生的高频振动,且有助于消除噪声;④充气式减振器由于浮动活塞的存在,消除了油液的乳化现象。充气式减振器的缺点是:对油封要求高;充气工艺复杂,修理困难;当缸筒受到冲击而变形时,减振器就不能工作。

(2) 阻力可调式减振器(adjustable shock absorber) 阻力可调式减振器(见图 19.12)的悬架系统采用了刚度可变的空气弹簧。其工作原理是,当汽车载荷增加时,空气囊中的气压升高,与之相通的气室 1 内的气压也随之升高,促使膜片 2 向下移动与弹簧 3 产生的压力相平衡。同时,膜片带动与它相连的柱塞杆 4 和柱塞 6 下移,因而使得柱塞相对空心连杆 5 上的节流孔 7 的位置发生变化,结果减小了节流孔的通道截面面积,也就是减小了油液流经节流孔的流量,从而增加了油液的流动阻力。当汽车载荷减小时,柱塞上移,增大了节流孔的通道截面面积,结果减小了油液的流动阻力,达到了随汽车载荷的变化而改变减振器阻力的目的,保证了悬架系统具有良好的振动特性。某些高级轿车上装用了阻力可调式减振器。

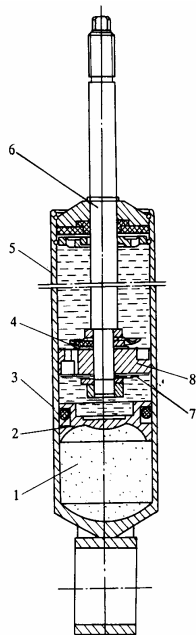


图 19.11 双向作用充气式减振器

1—密封气室 2—浮动活塞 3—O形密封圈 4—压缩阀  
5—工作缸 6—活塞杆 7—伸张阀 8—工作活塞

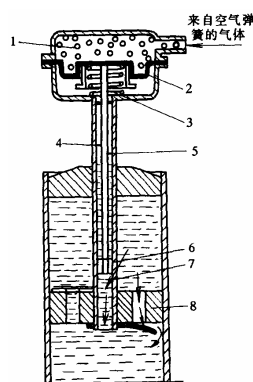


图 19.12 阻力可调式减振器

1—气室 2—膜片 3—弹簧 4—柱塞杆 5—空心连杆  
6—柱塞 7—节流孔 8—活塞



## 19.4 非独立悬架

一般载货汽车均采用钢板弹簧作为弹性元件的非独立悬架，因钢板弹簧既有缓冲、减振的功能，又起传力和导向的作用，使得悬架结构大为简化。而采用螺旋弹簧或气体弹簧则需要有较复杂的导向机构。

### 19.4.1 纵置板簧式非独立悬架

图 19.13 为日本日野 K2 型汽车的后悬架。它采用纵置板簧式非独立悬架结构。

在板簧式非独立悬架中，钢板弹簧一般是纵向安置的，它与车桥的连接绝大多数是用两个 U 形螺栓 10，将钢板弹簧的中部刚性固定在车桥上。钢板弹簧两端通过钢板弹簧销 4、13 与车架支座活动铰接，以起传力和导向作用。

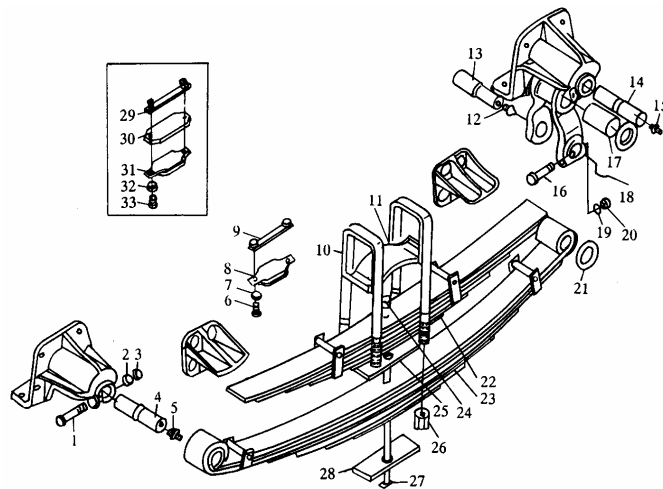


图 19.13 日本日野 K2 型汽车后悬架

1、6、16—螺栓 2、19、26、33—螺母 3、7、20—防松垫圈 4、13、14—钢板弹簧销 5、12、15—黄油嘴  
8、31—橡胶限制件 9、29—底座固定件 10—U 形螺栓 11、32—钢板弹簧减振垫 17—衬垫 18—钢板弹簧吊耳总成  
21、28、30—衬垫 22—后副钢板弹簧总成 23—后主钢板弹簧总成 24、27—中心螺栓 25—后钢板弹簧座

由于载货汽车后悬架载质量变化较大，为了保持悬架的频率不变或变化不大，广泛地在后悬架中采用后副钢板弹簧总成 22。副钢板弹簧总成一般装在主钢板弹簧总成上方，当后悬架负荷较小时，仅由主钢板弹簧起作用。在负荷增加到一定程度时，副钢板弹簧总成与车架上的支架接触，开始起作用。此时，主、副钢板弹簧一起工作，一起承受载荷而使悬架刚度增大，保证车身振动频率不致因载荷增加而变化过大。

钢板弹簧变形时，为保证车架两端与钢板弹簧连接的卷耳间的距离有伸缩的余地，钢板弹簧后端与车架的连接通常采用了以下几种结构形式：

- (1) 吊耳支架式，解放 CA1091 型载货汽车前悬架采用；
- (2) 滑板支承式，东风 EQ1090E 型载货汽车前悬架采用；
- (3) 橡胶块支承式，一汽早期生产的 2.5 t 越野汽车前悬架采用。

### 19.4.2 螺旋弹簧非独立悬架

螺旋弹簧非独立悬架一般只用作轿车的后悬架。图 19.14a 所示为一汽奥迪 100 型汽车后悬架。图 19.14b 所示为后悬架的放大图。减振器 8 下端是吊耳，通过螺栓 6、自锁螺母 16 和后桥相连。减振器外面装有防尘罩 11，保护套下端装有弹簧下座 9，保护套上端装有限位块。减振环(图中未画出)、弹簧上座 14 和螺旋弹簧 10 就固定在弹簧上、下座 14 和 9 之间。弹簧上座上端有座圈孔，弹簧上座橡胶支承 13 就装在里边。减振器 8 的活塞杆由弹簧上座和弹簧上座橡胶支承 13 中间的通孔穿出，然后将自锁螺母 15 拧入减振器活塞杆上的螺纹，将活塞杆上部固定在弹簧上座 14 上。弹簧上座法兰上有四个螺栓孔，以便通过螺栓、自锁螺母 15 固定在和车身相连的连接件 12 上。后悬架中，导向元件横向推力杆 5，下连后桥，上连车身，用来传递车桥和车身之间的横向作用力及其力矩。加强杆 4 也是下连车桥，上连车身，此杆的作用是加强横向推力杆的安装强度，并可减轻车重和使车身受力均匀。

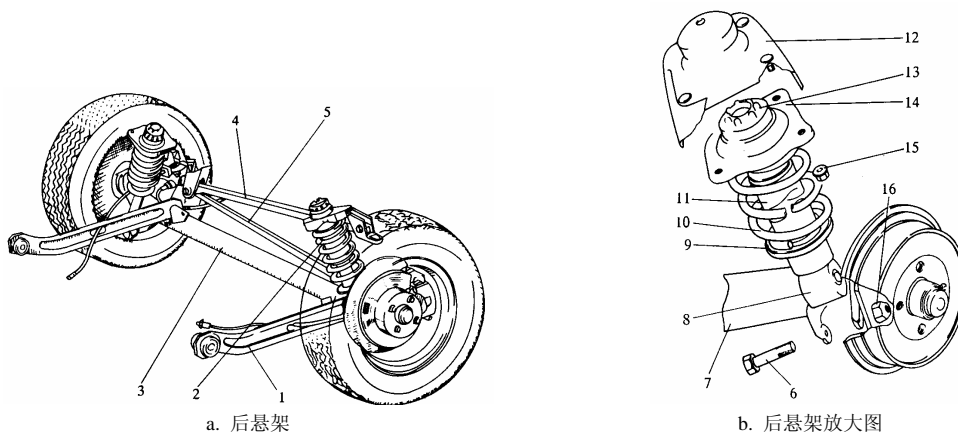


图 19.14 一汽奥迪 100 型轿车后悬架

1—纵摆臂 2—后悬架 3—后桥 4—加强杆 5—横向推力杆 6—螺栓 7—后桥 8—减振器 9—弹簧下座  
10—螺旋弹簧 11—防尘罩 12—连接件 13—弹簧上座橡胶支承 14—弹簧上座 15、16—自锁螺母

### 19.4.3 空气弹簧非独立悬架

图 19.15 为空气弹簧非独立悬架示意图。囊式空气弹簧 5 的上下端分别固定在车架和车桥上。从压气机 1 产生的压缩空气经油水分离器 10 和压力调节器 9 进入储气筒 8。压力调节器可使储气筒中的压缩空气保持一定的压力。储气筒 6 通过管路与两个空气弹簧相通。储气筒和空气弹簧中的空气压力由车身高度控制阀 3 控制。空气弹簧和螺旋弹簧一样只能传递垂直力；其纵向力和横向力及其力矩也是由纵向推力杆和横向推力杆(图中未画图)来传递。采用空气弹簧悬架时，可以通过车身高度控

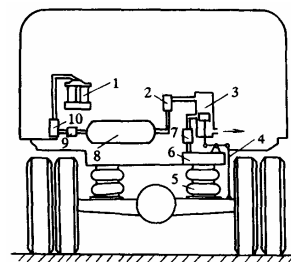


图 19.15 空气弹簧非独立悬架示意图

1—压气机 2、7—空气滤清器 3—车身高度控制阀  
4—控制杆 5—空气弹簧 6—储气筒 8—储气筒  
9—压力调节器 10—油水分离器

制阀来改变空气弹簧内的空气压力,从而自动调节车身高度,以保证车身高度不因载荷变化而变化。

#### 19.4.4 油气弹簧非独立悬架

图 19.16 为上海 SH3540 型汽车的油气弹簧非独立悬架示意图。油气弹簧 1 的两端分别固定在前桥上的支架 10 和纵梁上的支架 2 上。左、右两侧各有一根下纵向推力杆 11,装在前桥 6 和纵梁 4 之间。一根上纵向推力杆 8 安装在前桥上的支架 9 和纵梁 4 的内侧支架上。上、下两纵向推力杆构成平行四边形,既可传递纵向力,承受制动力引起的反作用力矩,又可保证车轮上下跳动时主销后倾角不变,有利于汽车操纵的稳定性。一根横向推力杆 3 装在左侧纵梁与前桥右侧的支架上,传递侧向力。在两纵梁下面装有缓冲块 7,以避免在很大的冲击载荷下前桥直接碰撞车架。采用油气弹簧的非独立悬架具有变刚度特性,特别适应用在其道路条件和装载条件都很恶劣的工地和矿山大型自卸汽车上。

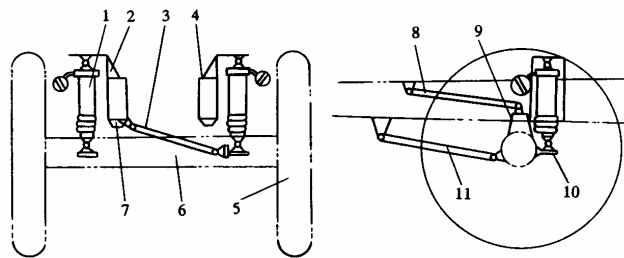


图 19.16 上海 SH3540 型汽车前轮油气悬架示意图

1—油气弹簧 2、9、10—支架 3—横向推力杆 4—纵梁 5—车轮  
6—前桥 7—缓冲块 8—上纵向推力杆 11—下纵向推力杆

### 19.5 独立悬架

独立悬架的结构特点是两侧的车轮各自独立地与车架或车身弹性连接(图 19.2b)。与非独立悬架相反,独立悬架很少用钢板弹簧作为弹性元件,而多采用螺旋弹簧和扭杆弹簧作为弹性元件,因而具有导向机构。独立悬架具有以下优点:①悬架弹性元件的变形在一定的范围内,两侧车轮可以单独运动而互不影响,这样可减少车架和车身在不平道路上行驶时的振动,而且有助于消除转向轮不断偏摆的现象。②减轻了汽车上非弹簧承载部分的质量(非簧载质量),从而减小了悬架所受到的冲击载荷,可以提高汽车的平均行驶速度。③由于采用断开式车桥,发动机位置可降低和前移并使汽车重心下降,有利于提高汽车行驶的稳定性。同时能给予车轮较大的上下运动空间,悬架刚度可设计得较小,使车身振动频率降低,以改善行驶平顺性。④可保证汽车在不平道路上行驶时,车轮与路面有良好的接触,增大了驱动力。此外具有特殊要求的某些越野汽车采用独立悬架后,可增大汽车的离地间隙,提高了汽车的通过性能。

独立悬架按车轮的运动形式可分为横臂式独立悬架(车轮在汽车横向平面内摆动的悬架)、纵臂式独立悬架(车轮在汽车纵向平面内摆动的悬架)烛式独立悬架和麦弗逊式悬架(车轮沿主销移动的悬架)4 种类型(见图 19.17)。

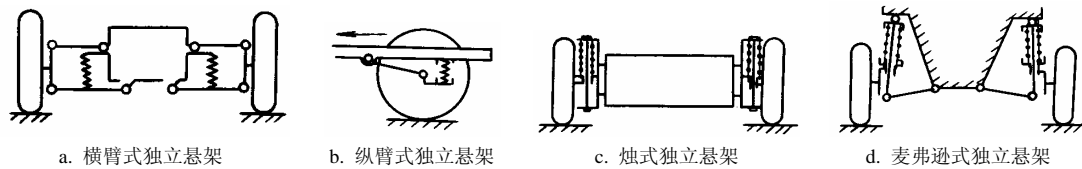


图 19.17 独立悬架分类示意图

### 19.5.1 横臂式独立悬架

横臂式独立悬架分为单横臂式独立悬架和双横臂式独立悬架两种。

(1) 单横臂式独立悬架(single transverse arm type) 图 19.18 为德国戴姆勒-奔驰轿车采用的单横臂式后独立悬架示意图。在该结构中, 后桥半轴套管 8 是断开的, 主减速器 5 的左侧有一个单铰链 4, 半轴可绕其摆动。在主减速器上面安装着可调节车身水平位置的油气弹性元件 2, 它和螺旋弹簧 7 一起承受并传递垂直力。作用在车轮上的纵向力主要由纵向推力杆 6 承受。中间支承 3 不仅可以承受侧向力, 而且还可以部分地承受纵向力。当车轮上下跳动时, 为避免干涉, 其纵向推力杆的前端用球铰链与车身连接。采用单横臂式独立悬架的车轮上下运动时, 车轮平面将产生倾斜而改变轮距的大小, 并使主销内倾角及车轮外倾角均发生较大变化。轮距变化使轮胎产生横向滑移, 破坏轮胎与地面的附着, 因此这种悬架很少在转向轮中采用。

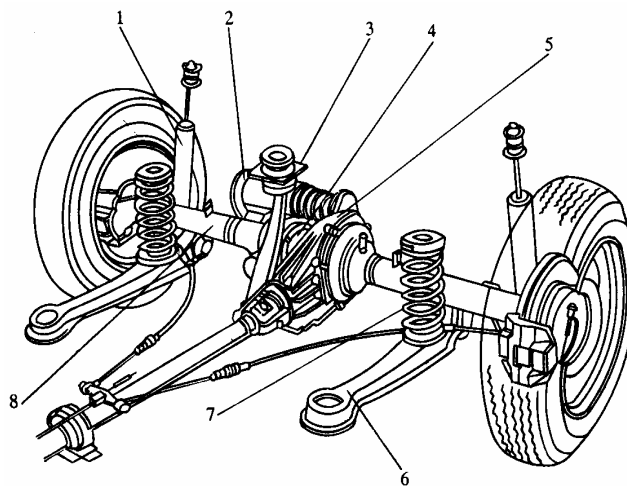


图 19.18 单横臂式后独立悬架示意图

1—减振器 2—油气弹性元件 3—中间支承 4—单铰链  
5—主减速器 6—纵向推力杆 7—螺旋弹簧 8—半轴套管

(2) 双横臂式独立悬架(double transverse arm type) 图 19.19 为双横臂式独立悬架示意图。这种悬架的两个横臂长度可以相等, 也可以不等长。等臂长的双横臂式独立悬架在车轮上下跳动时, 虽然车轮平面不发生倾斜, 却会使轮距发生较大的变化(见图 19.19a)。这将使车轮产生横向滑移。不等臂长的双横臂式独立悬架若两臂长度选择合适, 则可以使主销角度与轮距的变化均不过大(见图 19.19b)。因此不等长的双横臂式独立悬架在轿车的前轮

上应用较为广泛。

图 19.20 为一种典型的不等长双横臂式独立悬架。上横臂 2 和下横臂 6 为不等长横臂。螺旋弹簧 1 与减振器位于上、下横臂之间。

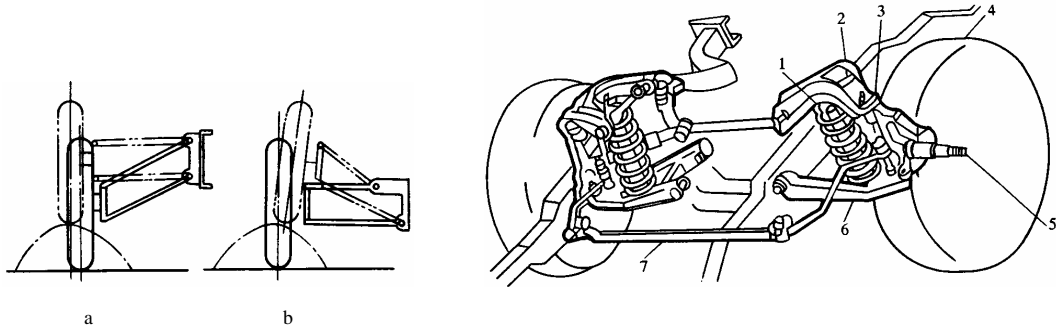


图 19.19 双横臂式独立悬架示意图

图 19.20 不等长双横臂式独立悬架

1—螺旋弹簧 2—上横臂 3—球关节 4—车轮  
5—转向节 6—下横臂 7—稳定杆

图 19.21 为日本丰田皇冠轿车前悬架示意图。

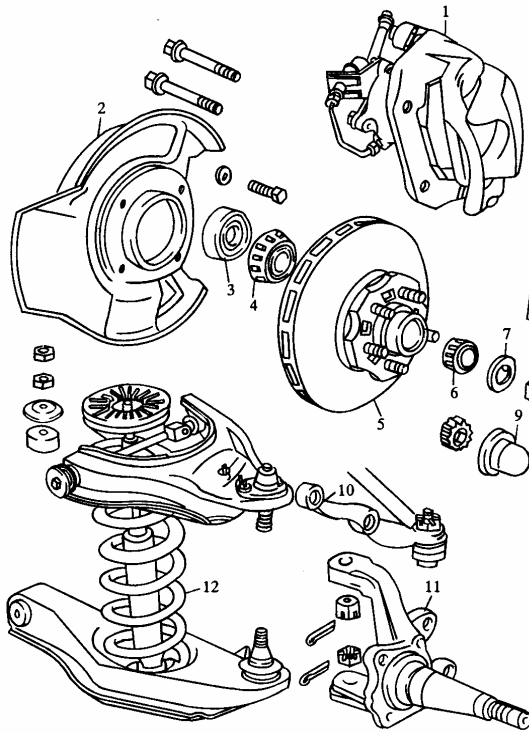


图 19.21 日本丰田皇冠轿车前悬架

1—制动钳 2—防尘罩 3—油封 4—内轴承 5—制动盘 6—外轴承  
7—止推垫圈 8—螺母 9—盖 10—转向节臂 11—上摆臂 12—螺旋弹簧

### 19.5.2 纵臂式独立悬架

(1) 单纵臂式独立悬架(single trailing arm type) 单纵臂式独立悬架在车轮上下运动

时,主销后倾角会产生很大变化,一般不用在前悬架中(图 19.22)。

图 19.23 为法国雷诺-5 型轿车装用的单纵臂式扭杆弹簧后独立悬架结构示意图。

悬架的纵臂 4 是一箱形构件,一端用花键与车轮的心轴 5 连接,而另一端与套管 1 固装成一体。扭杆弹簧 2 装在套管内,其外端用花键固定在套管内的花键套中,扭杆的另一端借花键与车架的另一侧纵梁连接。套管 1 的两端用宽橡胶衬套 3 支承在车架梁上套筒中,并以此作为活动铰链。当车轮上下跳动时,纵臂以套管和扭杆的轴线为中心摆动,使扭杆弹簧产生扭转变形以缓和不平路面产生的冲击。

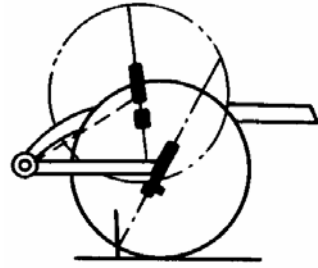


图 19.22 单纵臂式前独立悬架示意图

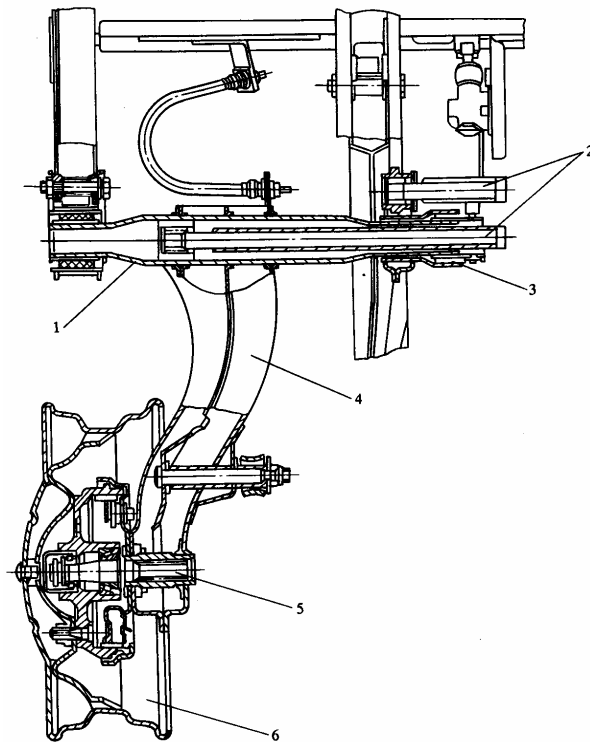


图 19.23 法国雷诺-5 型轿车的后悬架

1—套管 2—扭杆弹簧 3—橡胶衬套 4—纵臂 5—心轴 6—车轮

(2) 双纵臂式独立悬架(double-trailing arm type) 这种悬架的两个纵臂长度一般做成相等,形成平行四连杆机构。这样可使车轮上下运动时,主销后倾角不变,因而这种形式的悬架适用于转向轮。

图 19.24 为双纵臂扭杆弹簧式前独立悬架示意图。两根纵臂 1 的后端与转向节铰接,前端则通过各自的摆臂轴 2 支承在车架横梁 5 内部的衬套 3 中。摆臂轴与纵臂 1 刚性地连接,扭杆弹簧 4 由若干片矩形断面的薄弹簧钢片叠加而成。扭杆弹簧 4 外端插入摆臂轴 2 的矩形孔内,中部用螺钉 6 使之与管形横梁 5 相固定。这种悬架两侧车轮共用两根扭杆弹簧。

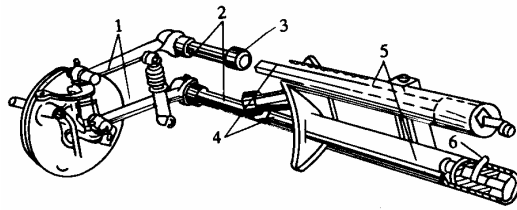


图 19.24 双纵臂式扭杆弹簧式前独立悬架

1—纵臂 2—摆臂轴 3—衬套 4—扭杆弹簧 5—横梁 6—螺钉

图 19.25 为四连杆型后独立悬架零件分解图。后稳定杆 7 可防止轿车转向时发生过大的横向倾斜。后桥及后悬架起着支持车架的作用，并将负荷自车架传至车轮。

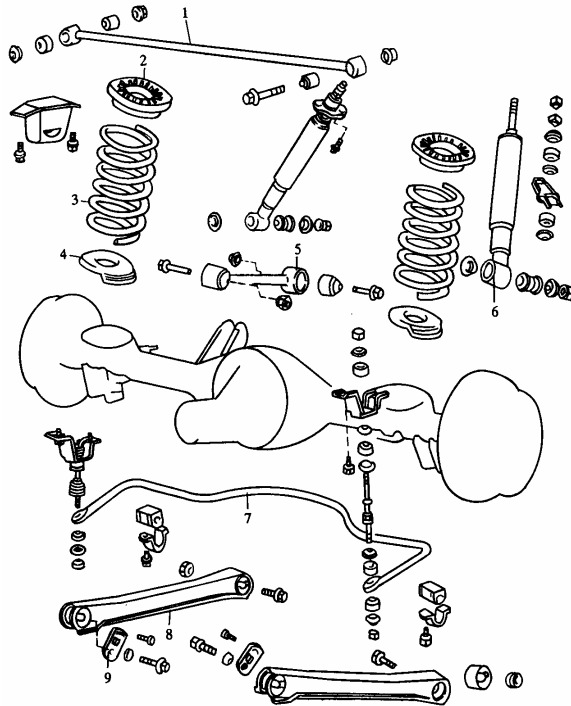


图 19.25 四连杆型后独立悬架零件分解图

1—侧控制杆 2—上隔热体 3—螺旋弹簧 4—下隔热体 5—上控制臂  
6—减振器 7—后稳定杆 8—下控制臂 9—锁止片

### 19.5.3 车轮沿主销移动的悬架

车轮沿主销移动的悬架包括两种形式：一种是车轮沿固定不动的主销轴线移动的烛式独立悬架；另一种是车轮沿摆动的主销轴线移动的麦弗逊式独立悬架。

(1) 烛式独立悬架(sliding pillar type) 烛式独立悬架的车轮沿固定不动的主销轴线移动(见图 19.26)。主销 1 刚性固定在车架上，转向轮、转向节则装在套筒 3 上。这种悬架的主销定位角不变化，使汽车转向操纵及行驶稳定性较好，但侧向力全部由套在主销 1 上的套筒 3 和主销承受，套筒与主销之间的摩擦阻力大，磨损严重。

(2) 麦弗逊式悬架(macPherson type) 这种悬架是车轮沿摆动的主销轴线移动(图 19.27)。横摆臂 1 以球铰链与转向节 3 相连接。外面套有螺旋弹簧 6 的减振器 4 上端通过螺栓与橡胶垫圈与车身 5 相连接, 下端固定在转向节 3 上。主销的轴线为上下铰链中心的连线。当车轮上下跳动时, 因减振器的下支点随横摆臂摆动, 故主销轴线的角度是变化的, 显然车轮是沿着摆动的主销轴线运动。因此, 这种悬架变形时, 使主销的定位角和轮距都有些变化。合理地调整杆系的布置, 可使车轮的这些定位参数变化极小。这种悬架的突出优点是两前轮内侧空间较大, 便于发动机等机件的布置。

一汽奥迪 100、捷达/高尔夫及上海桑塔纳型轿车均采用麦弗逊式独立悬架。

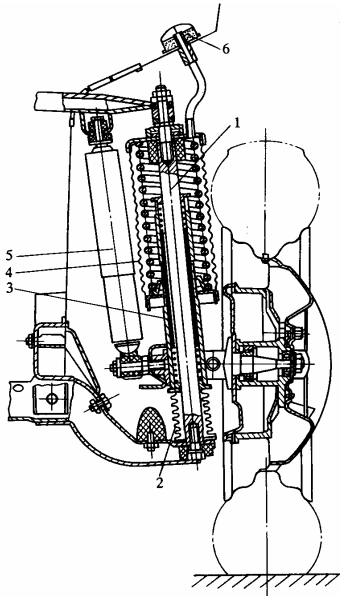


图 19.26 烛式悬架

1—主销 2—防尘罩 3—套筒  
4—防尘罩 5—减振器 6—通气管

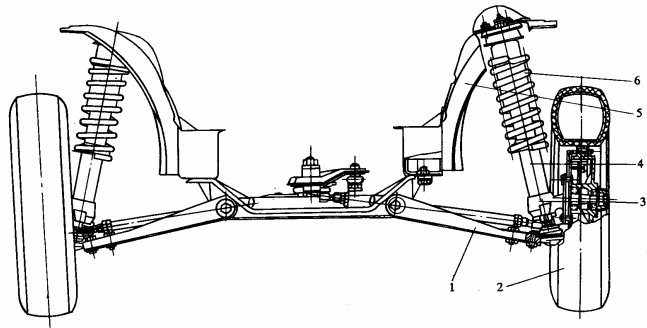


图 19.27 吉林 JL110 型汽车前悬架(麦弗逊式)

1—横摆臂 2—车轮 3—转向节  
4—减振器 5—车身 6—螺旋弹簧

## 19.6 多轴汽车的平衡悬架

多轴汽车的全部车轮如果都是单独刚性地悬挂在车架上, 则在不平道路上行驶时将不能保证所有的车轮同时接触地面(见图 19.28a)。当有弹性悬架而道路不平度较小时, 虽然不一定会出现悬空现象, 但各个车轮间的垂直载荷分配比例会有很大的改变。当车轮垂直载荷小甚至为零时, 车轮对地面的附着力也将随之变小甚至等于零。在这种情况下, 转向车轮将使汽车操纵能力大大降低以致失去操纵; 驱动车轮不能产生足够的(甚至为零)驱动力; 此外, 一个车轮上垂直载荷减小, 将引起其他车轮上垂直载荷的增加, 严重时还会发生车桥及车轮超载的危险。

为解决这一问题, 理论上, 全部车轮均采用独立悬架, 可以保证所有车轮与地面的良好接触, 但将使汽车结构变得相当复杂。为此, 常采用多轴汽车的平衡悬架解决这一问题。

若将两个车桥(如三轴汽车的中桥和后桥)装两根平衡杆的两端, 而将平衡杆中部与



车架铰链(见图 19.28b)。这样,当一个车桥抬高将使另一车桥降低。如果平衡杆两臂等长,则两个车桥上的垂直载荷在任何情况下都会相等,故不可能发生如图 19.28a 所示的情况。这种能保证中、后桥车轮垂直载荷相等的悬架,称为平衡悬架(equalizing suspension)。

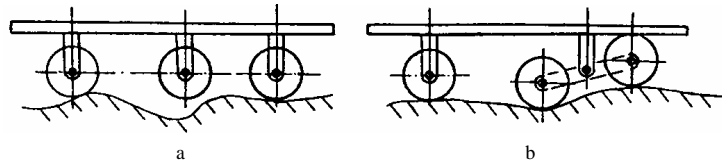


图 19.28 三轴汽车在不平道路上行驶情况示意图

钢板弹簧平衡悬架在三轴和四轴越野汽车中获得了普遍的应用。图 19.29 所示为三轴汽车的中、后驱动桥平衡悬架。

车架固装在心轴 4 上,心轴的两端用圆锥滚子轴承装在可动的心轴轴承壳 5 上。在心轴轴承壳的上方装置纵向钢板弹簧 2,钢板弹簧两端抵住半轴套管座架 6 上,半轴套管座架借反作用杆 1 及 3 借助球销连同橡胶衬套与车架连接。

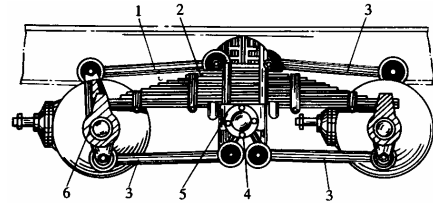


图 19.29 三轴汽车中、后桥平衡悬架

1、3—反作用杆 2—钢板弹簧 4—心轴  
5—心轴轴承壳 6—半轴套管座架

采用平衡悬架,可使中、后桥形成一个总的支承机构,能连同钢板弹簧一起绕心轴转动。另外,钢板弹簧变形时,中、后桥能各自单独移位,适应行驶在不平道路上的需要。并且在中、后桥载荷平均分配的条件,增强了汽车的行驶性能。

## 19.7 电子控制悬架系统

### 19.7.1 电子控制悬架系统(EMS)的组成及工作原理

#### 1. 电子控制悬架系统的功用

电子控制悬架系统(ECSS, Electronic Controlled Suspension System), 又称电子调节悬架系统(Electronic Modulated Suspension System), 简称为 EMS。

对于传统的悬架系统而言, 当其结构确定后, 就具有固定的悬架刚度和阻尼系数, 在车辆行驶过程中无法进行调节, 也就是在汽车行驶过程中不能人为地加以控制, 因此悬架减振性能的进一步提高受到了限制。这种车辆在行驶过程中悬架刚度和阻尼系数不能改变的悬架称为被动悬架。显然, 被动悬架在汽车行驶过程中平顺性和操纵稳定性不能兼而有之。为了满足汽车悬架系统平顺性和操纵稳定性两项性能要求, 克服被动悬架的刚度和阻尼系数不能调节的弱点, 便出现了汽车主动悬架的概念。主动悬架能够根据车辆的运动状态和路面状况主动做出反应, 抑制车体的运动, 使悬架始终处于最优的减振状态。车辆在行驶过程中悬架刚度和阻尼系数可人为地加以控制, 并不断变化的悬架称为主动悬架。所以主动悬架的特点就是能够根据外界输入或车辆本身状态的变化进行动态自适应调节。随着电子技术的发展, 在汽车悬架系统中采用了电子控制技术, 便形成了电子控制悬架系统, 简称电控悬架。显然, 电子控制悬架系统就是主动悬架系统。

因此，汽车电子控制悬架系统的功用是：根据汽车行驶路面状况、行驶速度和载荷变化，通过电子控制单元(EMS ECU)来控制相应的执行元件，自动调节车身高度、悬架刚度和阻尼系数，改善汽车的平顺性和操纵稳定性。

在装备电子控制悬架的汽车上，当汽车转弯、加速和制动时，乘员能够感到悬架较为坚硬，而在正常行驶时能够感到悬架比较柔软；电控悬架系统还能平衡地面反力，使其对车身的影响减小到最低程度。

2. 电子控制悬架系统的组成及工作原理

各种车型的电控悬架虽有一定的区别，但其基本结构和工作原理都是一样的。主要由前、后车身高度传感器、方向盘转向和转角传感器、节气门位置传感器和车速传感器、控制开关、电子调节悬架电控单元(EMS ECU)和执行器等组成。车身高度传感器采集前后车身的高度信号，方向盘转向和转角传感器采集汽车行驶方向信号，节气门位置传感器采集驾驶员加、减速信号，车速传感器采集汽车行驶速度信号。传感器和控制开关向 EMS ECU 输入车身以及汽车行驶的状态信息，EMS ECU 接受传感器和控制开关输入的电信号，并向执行元件发出控制命令，执行元件产生一定的机械动作，从而改变车身高度、弹簧刚度和减振器的阻尼力。

图 19.30 为丰田汽车控制调节悬架系统 TEMS 结构图。其各部件的功用见表 19-1。

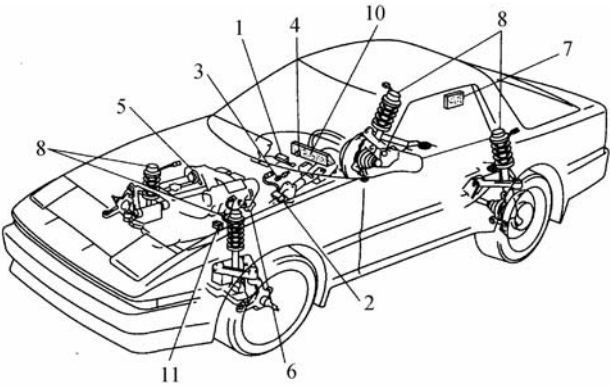


图 19.30 丰田汽车电子控制悬架系统结构图(TEMS)

表 19-1 电子控制悬架各部件功用

序号	部 件	功 用
1	选择器开关	由两个按钮(NORMAL 标准和 SPORT 跑车)组成。驾驶员用这两个按钮选择阻尼力方式
2	转向传感器	检测方向盘转向的方向和方向盘的最大转角
3	停车灯开关	将制动信号传送至 TEMS ECU
4	车速传感器	将车速信号传送至 TEMS ECU
5	节气门位置传感器 (发动机 ECU)	检测节气门开度并将信号经发动机 ECU 传送至 TEMS ECU
6	空挡启动开关 (仅限 A/T 车辆)	传送信号，通知 TEMS ECU 什么时间换挡在“N”或“P”位
7	TEMS ECU	根据来自各传感器的信号，按照所选择方式控制减振器的阻尼力

(续)		
序号	部 件	功 用
8	执行器	根据来自 TEMS ECU 的信号, 执行器驱动减振器控制杆(旋转滑阀), 从而改变阻尼力
9	减振器	减振器内置旋转滑阀, 分 3 级改变阻尼力
10	TEMS ECU 指示灯	指示所选择减振器的阻尼力(软、中、硬)
11	检查连接器	检查转向传感器电路和阻尼力

3. 电子控制悬架系统的类型

电子控制悬架系统有车高调整、阻尼力调整和弹簧刚度调整三个基本调整功能。根据基本功能的不同, 电子控制悬架系统主要有以下几种类型: ① 电子控制变高度空气弹簧悬架系统; ② 电子控制变刚度空气弹簧悬架系统; ③ 电子控制变阻尼悬架系统。

19.7.2 电子控制变高度悬架系统

1. 变高度控制悬架系统的组成

车身高度控制系统的主要功用是当车内乘员或载荷变化时, 自动调节车身高度, 使汽车行驶姿态稳定, 从而提高乘坐的舒适性。

汽车采用的车身高度控制系统的组成如图 19.31 所示, 由四只高度传感器(安装在每个减振器下面)、控制开关、电控单元 EMS ECU、高度调节执行器(包括四个气压缸、两只高度控制电磁阀、空气压缩机、干燥器和空气管路)等组成。

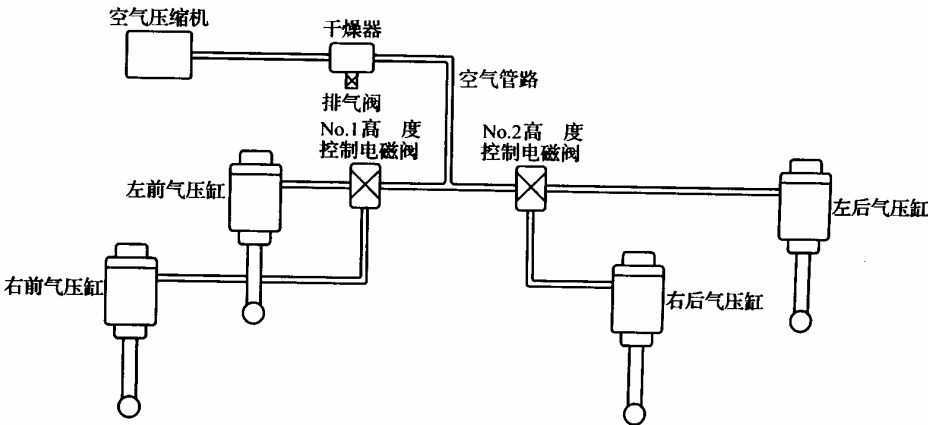


图 19.31 车身高度控制系统结构图

2. 变高度控制悬架系统的控制过程

变高度控制悬架系统在汽车乘员或载荷变化时, 能够自动调节车身高度。当乘员或载荷增加时, 系统将自动调高车身高度; 反之, 当乘员或载荷减小时, 系统将自动调低车身高度。变高度控制悬架系统的控制过程如图 19.32 所示。

(1) 车身高度不变时悬架系统的控制过程 当车身高度传感器输入 EMS ECU 的信号表示车身高度在设定高度范围内时, EMS ECU 将发出指令使空气压缩机停止转动, 空气减振器内空气量保持不变, 车身高度保持在正常位置。

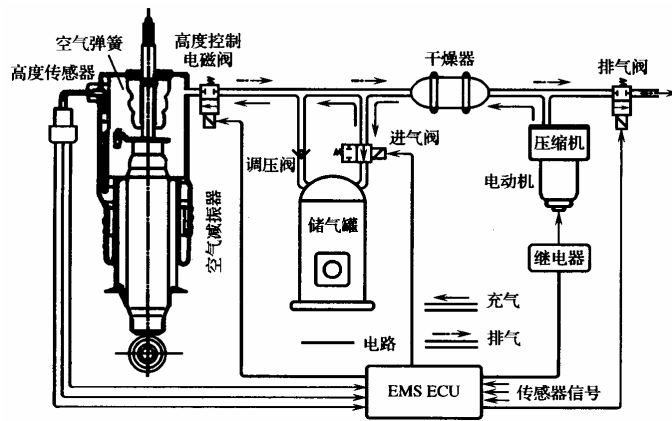


图 19.32 车身高度控制系统工作原理图

(2) 车身高度降低时悬架系统的控制过程 当汽车乘员或载荷增加使车身高度“偏低”或“过低”时，高度传感器将向 EMS ECU 输入车身“偏低”或“过低”的信号。EMS ECU 接收到车身高度降低的信号时，立即向压缩机继电器高度控制电磁阀发出电路接通指令，在接通高度控制空气压缩机继电器电路使压缩机运转的同时，接通高度控制电磁阀线圈电路使电磁阀打开，压缩空气进入空气弹簧的气压腔(气室)，气压腔充气量增加便使车身高度上升。

空气压缩机继电器触点接通时，直流电机带动空气压缩机运转，从压缩机输出的压缩空气进入干燥器干燥后进入储气筒，储气筒的气体压力由调压阀进行调节。

(3) 车身高度升高时悬架系统的控制过程 当汽车乘员或载荷减少使车身高度“偏高”或“过高”时，高度传感器将向 EMS ECU 输入车身升高的信号。EMS ECU 接收到车身高度升高的信号时，立即向空气压缩机继电器发出电路切断指令，并向排气阀和高度控制电磁阀发出电路接通指令，压缩机继电器触点迅速断开使电动机电路切断而停止运转，排气阀和高度控制电磁阀线圈电路接通使电磁阀打开，空气从减振器气压腔、经高度控制电磁阀、空气软管、干燥器、排气阀排出，气压腔空气量减少使车身高度降低。

(4) 系统保护措施 从减振器中放出的空气经过干燥器时，带走了干燥剂中的湿气。这样，干燥剂经过一段时间使用后不会被湿气浸透。这种保护干燥剂的再生干燥系统为许多空气悬架系统所采用。干燥器中空气的最小压力保持在 55~165kPa，从而保证系统中有一定量的空气。这样在乘员或载荷减少使减振器伸长时，空气弹簧的气压腔不致凹陷。

为了防止悬架系统正常运动时电控单元升高或降低车身，在高度传感器发出车身高度变化信号 7~13s 以后，电控单元才向执行元件发出控制信号。在这段时间内，如果高度传感器没有输入信号，系统就不会改变车身高度。

另一个预防措施是电控单元控制空气压缩机一次运转时间最长不超过 2min，排气电磁阀打开最长不超过 1min。这样可以防止在系统泄漏时压缩机不停地工作，并阻止排气孔不停地放气。

在行李厢中设有一个高度控制自动切断(ON / OFF)开关。当车身高度上升到极限值时，高度控制自动切断(ON / OFF)开关将切断系统控制电路，使高度调节系统停止工作，防止后部车身升高过多或拖车时产生意外运动。

### 19.7.3 电子控制变刚度悬架系统

#### 1. 变刚度悬架系统的组成

在汽车的每个车轮都安装有空气弹簧和普通减振器,通过改变空气弹簧气压腔中的压缩空气压力(实际上是改变空气密度),即可改变空气弹簧悬架的刚度。

变刚度空气弹簧悬架系统由高度传感器、控制开关、EMS ECU、刚度调节器(气压缸、高度电磁阀、空气压缩机、干燥器和空气管路)等组成。由此可见,变刚度空气弹簧悬架系统与变高度空气弹簧悬架系统的组成基本相同,主要区别在于空气弹簧气压缸的内部结构及其调节机构有所不同。

变刚度空气弹簧气压缸中的空气弹簧气压腔分为主、辅两个气压腔,并在主气压腔与辅气压腔之间设有一个由步进电机驱动的空气调节阀。主、辅气压腔设计为一体,不仅节省空间,而且质量减轻。悬架上端与车身相连,下端与车轴相连,随着车身与车轮的相对运动,主气压腔的容积将不断变化。因此,调节主气压腔的空气量(即空气压力和密度),即可调节空气弹簧的刚度。如果主气压腔与辅气压腔之间的气体可以流动,那么改变主、辅气压腔之间气体通路的大小,使主气压腔被压缩的空气量发生变化,就可改变空气弹簧悬架的刚度。

#### 2. 空气弹簧悬架刚度的调节原理

在汽车行驶过程中,为了防止或抑制车身出现“点头”“侧倾”“后坐”等现象,需要调节相应悬架的高度和减振器的阻尼力。当汽车紧急制动时,为了抑制点头现象,EMS ECU 将根据制动灯开关接通信号和车速传感器提供的车速高低信号,向前空气弹簧执行元件发出指令使其气压升高,增大前空气弹簧的刚度,同时控制后空气弹簧执行元件使后空气弹簧放气,减小其刚度。当控制单元计算的车速变化量表明无需抗点头控制时,就使前后空气弹簧恢复到原来的压力。

### 19.7.4 电子控制变阻尼悬架系统

#### 1. 变阻尼悬架系统的组成

在电子控制悬架系统中,变阻尼悬架系统应用最为广泛。变阻尼悬架系统与空气弹簧悬架系统相比,最突出的优点是质量轻,因空气弹簧悬架系统需要空气压缩机、气压缸和干燥器,使整车质量大大增加,而变阻尼悬架系统只增加了电子控制元件和可变减振器阻尼的执行元件,质量较轻。

变阻尼电子控制悬架系统由车速传感器、转向盘转角与转动方向传感器、节气门位置传感器、减振器工作模式选择开关(在仪表盘上)、制动灯开关、空挡启动开关(自动变速器汽车装用)、电控单元 EMS ECU 和阻尼力调节执行器等组成,其结构和位置如图 19.33 所示。节气门位置传感器的信号并不是直接传递给悬架系统的电控单元,而是首先传递给发动机电控单元,再由发动机电控单元向悬架系统电控单元发送指令。

变阻尼悬架系统采用的控制方式分为以下 3 种:① 根据汽车行驶状况进行控制;② 根据驾驶员选择的运行模式进行控制;③ 根据汽车行驶状况和驾驶员选择的运行模式进行控制。

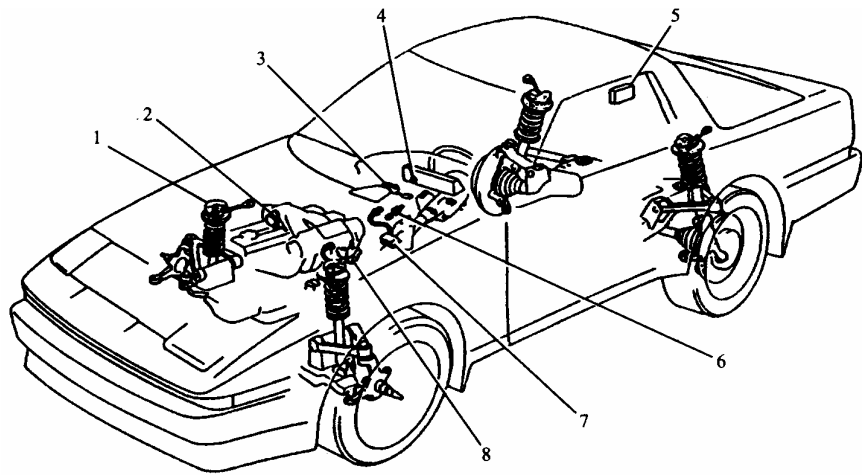


图 19.33 电子控制变阻尼悬架系统结构图

1—变阻尼执行元件 2—节气门位置传感器 3—工作模式选择开关 4—车速传感器  
5—EMS ECU 6—制动灯开关 7—方向盘转角与转动方向传感器 8—空挡启动开关

## 2. 变阻尼悬架系统的控制过程

汽车行驶过程中，变阻尼悬架系统的控制过程是通过选择减振器阻尼的工作模式进行的。电子控制悬架系统减振器阻尼的工作模式选择开关又称为运行模式选择开关，用于选择减振器阻尼的工作模式。驾驶员根据行驶需要选择不同的工作模式，减振器阻尼就处于相应的工作状态。减振器阻尼的状态一般设有“标准”“中等硬度”和“坚硬”三种形式。

当分别选择“标准”“中等硬度”和“坚硬”工作模式时，EMS ECU 就根据传感器和控制开关信号确定阻尼为“标准”“中等硬度”和“坚硬”三种相应状态，汽车在行驶过程中由于转弯、加速和制动所需要的合适阻尼力就可以得到自动调节，从而改善了不同工作条件下汽车的平顺性和操纵稳定性。

工作模式选定后，通过悬架系统指示灯显示在汽车仪表盘上。当减振器处于“柔软”阻尼状态时，控制左边一只指示灯发亮；当减振器处于“中等硬度”阻尼状态时，控制左边和中间两只指示灯发亮；当减振器处于“坚硬”阻尼状态时，三只指示灯全部发亮。如果悬架系统有故障时，指示灯将会闪烁，提示驾驶员系统有故障，显示出 EMS ECU 具有自诊断的功能。

## 19.7.5 变高度变刚度变阻尼悬架系统

汽车电子控制悬架系统有高度可变、刚度可变和阻尼力可变三种电子控制可变悬架系统。在实际使用过程中，往往采用两种或两种以上的组合电子控制悬架系统，即变高度变刚度变阻尼悬架系统。

### 1. 变高度变刚度变阻尼悬架系统的组成

在汽车电子控制悬架系统中，往往同时使用空气弹簧和变阻尼减振器。减振器的弹性元件用于支承汽车的质量，减振器控制系统用于调节减振器的阻尼，空气弹簧用于调节车身高度和刚度。图 19.34 所示为变高度变刚度变阻尼的电子控制悬架系统。

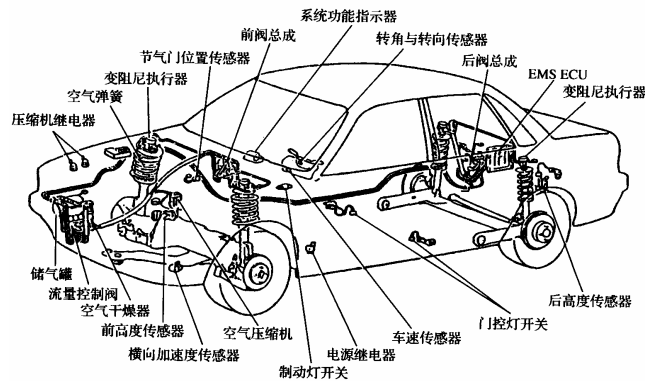


图 19.34 汽车变高度变刚度变阻尼悬架系统结构图

电子控制悬架系统的控制单元从各种传感器和控制开关接受信息，包括控制模式选择开关、方向盘转角与转向传感器、横向加速度传感器(侧向惯性力传感器)、节气门位置传感器、车速传感器、制动灯开关、车身高度传感器、车高选择开关、门控灯开关、倒车灯开关、前照灯开关、空气供给系统的压力传感器和压力开关等。依据这些信息，EMS ECU 能够知道驾驶员所选择或希望的车身高度、刚度、减振器的阻尼、汽车的转向方向及转向角度、转弯时侧向惯性力的大小、汽车是否在加速、驾驶员是否在踩制动踏板、实际车身高度、车门是否打开、汽车是否倒车行驶、前照灯是否接通等信息，并控制执行元件执行相应的动作，从而达到自动控制车身高度、刚度和减振器阻尼的目的。

### 2. 变高度变刚度变阻尼悬架系统的控制过程

在电子控制变高度变刚度变阻尼悬架系统的汽车上，驾驶员能够选择的车身高度工作模式有“高位”和“自动”两种状态、能够选择的减振器阻尼工作模式有“运动”“自动”和“柔软”三种模式。

当驾驶员选择车身高度为“自动”状态时，控制单元能根据道路状况决定空气弹簧高度。按一下仪表盘上的高度选择按钮，就可将悬架设置在“高位”状态，并给空气弹簧充气，使车身高度升高。当汽车在坏路面上行驶时，为了防止车身底部碰撞路面，应当选择“高位”工作模式。

当减振器阻尼工作模式选择在“运动”模式时，控制单元将使减振器阻尼在任何情况下都很“坚硬”。当选择在“自动”模式时，控制单元根据传感器和开关信号，可将减振器阻尼调节为“坚硬”“中等硬度”或“柔软”状态。当系统处于“自动”模式时，若再按“自动”按钮，系统将以“中等硬度”状态工作。当选择“柔软”模式工作时，控制单元能改变减振器阻尼硬度，使之在“坚硬”“中等硬度”和“柔软”之间变换，选择“柔软”模式工作要比“自动”模式稍微软一些。

### 3. 变高度变刚度变阻尼悬架系统的显示功能

电子控制悬架系统具有多种控制功能，并设有模式选择开关。工作模式选定后，通过悬架系统指示灯显示在汽车组合仪表盘中央。工作状态显示如图 19.35 所示。

左边一组(三个指示灯)为车身高度指示灯，三个指示灯旁边分别标有“HIGH”(高)、“NORM”(正常)和“LOW”(低)标记，表示车身(空气弹簧)的状态。

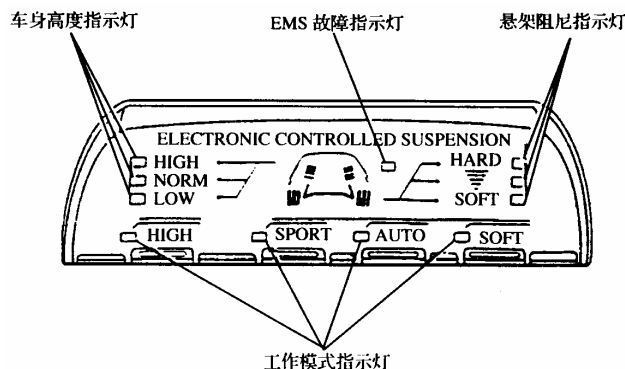


图 19.35 变高度变刚度变阻尼悬架系统工作状态显示图

右边一组(三个指示灯)为减振器阻尼指示灯，上面一个指示灯旁边标有“HARD”(坚硬)标记，下面一个指示灯旁边标有“SOFT”(柔软)标记，表示减振器阻尼的状态。

在“车身高度选择开关”左上方设有一个指示灯，标记为“HIGH”(高)，若驾驶员选择空气弹簧为“高位”模式时，则此灯发亮。

在“减振器工作模式选择开关”上方都设有相应的指示灯，分别标有“SPORT”(运动)、“AUTO”(自动)和“SOFT”(柔软)，用以显示驾驶员选择的减振器阻尼工作模式。

在面板中间偏右位置设有一个悬架系统故障指示灯，该指示灯未作任何标记。当控制单元检测到电子控制悬架系统发生故障时，将发出指令使故障指示灯发亮。

## 思考题

1. 汽车上为什么设置悬架总成？一般它是由哪几部分组成的？各部分的作用是什么？
2. 汽车悬架中的减振器与弹性元件为什么要并联安装？对减振器有哪些要求？
3. 双向作用筒式减振器的压缩阀、伸张阀、流通阀和补偿阀各起什么作用？压缩阀和伸张阀的弹簧为什么较强？预紧力为什么较大？
4. 常用的弹性元件有哪几种？试比较它们的优缺点。
5. 钢板弹簧上的弹簧夹起什么作用？安装时应注意什么？
6. 根据电子控制悬架系统的功能不同，电子控制悬架系统主要有哪几种类型？
7. 电子控制悬架系统的功用是什么？
8. 电子控制悬架系统采用的控制方式有哪几种？