

第二十二章 悬架

第1节 概述

- 1.1 悬架的功用和组成
- 1.2 悬架系统的自然振动频率
- 1.3 汽车悬架的类型

悬架是车架（或承载式车身）与车桥（或车轮）之间的所有传力连接装置的总称。



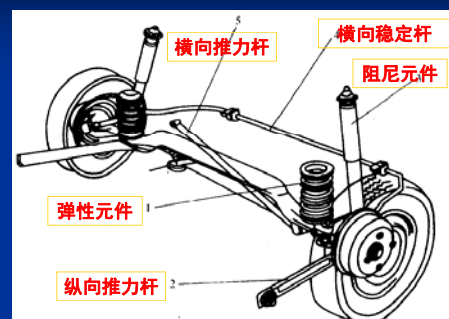
1.1 悬架的功用和组成

- 1) 悬架的功用
 - 把路面作用于车轮上的垂直反力、纵向反力和侧向反力以及这些反力所造成的力矩传递到车架（或承载式车身）上，保证汽车的正常行驶，即起**传力作用**；
 - 利用弹性元件和减振器起到**缓冲减振**的作用；
 - 利用悬架的某些传力构件使车轮按一定轨迹相对于车架或车身跳动，即起**导向作用**；
 - 利用悬架中的辅助弹性元件横向稳定器，防止车身在转向等行驶情况下发生过大的侧向倾斜（**防止侧倾**）。

■ 2) 悬架的组成

- 弹性元件——起缓冲作用；
- 减振元件——起减振作用；
- 传力机构或称导向机构——起传力和导向作用；
- 横向稳定器——转向时，减小车身的倾斜和横向角振动。

汽车悬架的组成示意图



1.2 悬架系统的自然振动频率

- 人体最舒适的频率范围为1~1.6Hz

$$n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{f}}$$

其中:

K → 悬架刚度;
 M → 悬架的簧载质量;
 f → 悬架的垂直变形。

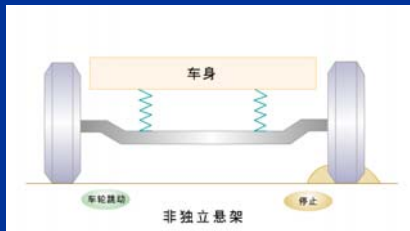
因为车辆的载荷一直是变化的, 因此需要悬架的弹簧具有变刚度特性, 以保证车辆在不同的载荷情况下具有相当的行驶平顺性。

1.3 汽车悬架的类型

- 按悬架的性能是否可控分:
 - 被动悬架: 悬架刚度、阻尼在行驶中不可调整
 - 主动悬架: 悬架的刚度、阻尼根据行驶状况不同, 可以自动调节的悬架。
 - 半主动悬架: 只有悬架阻尼可以自动调节的悬架。
- 按汽车悬架的结构特点分为:
 - 非独立悬架: 两侧车轮刚性的连接在一起, 只能共同运动的悬架。广泛应用于货车、客车和轿车后桥。
 - 独立悬架: 两侧车轮由断开式车桥连接, 车轮单独通过悬架于车架连接, 可以单独跳动。广泛应用于轿车前悬架。

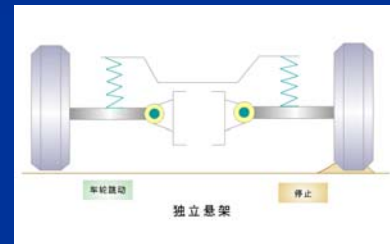
非独立悬架

- 特点: 两侧车轮通过整体式车桥相连, 车桥通过悬架与车架或车身相连。如果行驶中路面不平, 一侧车轮被抬高, 整体式车桥将迫使另一侧车轮产生运动。



独立悬架

- 特点: 车桥是断开的, 每一侧车轮单独地通过悬架与车架(或车身)相连, 每一侧车轮可以独立跳动。

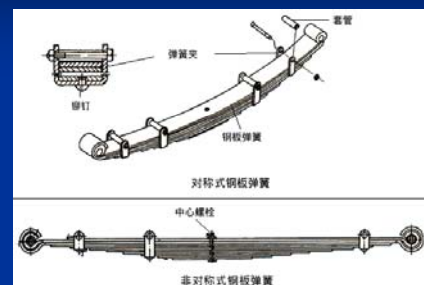


第2节 弹性元件

- **钢板弹簧:** 组成的悬架结构简单, 工作可靠, 刚度大, 适用于非独立悬架。
- **螺旋弹簧:** 制造工艺简单, 不需要润滑, 安装的纵向空间小, 质量小, 应用于独立悬架。
- **扭杆弹簧:** 单位质量的储能高, 结构简单, 不需要润滑, 方便布置。
- **空气弹簧;**
- **油气弹簧:** 和空气弹簧一起统称为气体弹簧, 具有变刚度特性, 可调整车身高度。可提高汽车的舒适性和平顺性。应用于高级大巴和高级轿车。
- **橡胶弹簧:** 单位储能高, 有阻尼特性、隔振。用于缓冲块。

2.1 钢板弹簧

- 由若干片等宽但不等长的合金弹簧片组合而成的近似等强度的弹性梁



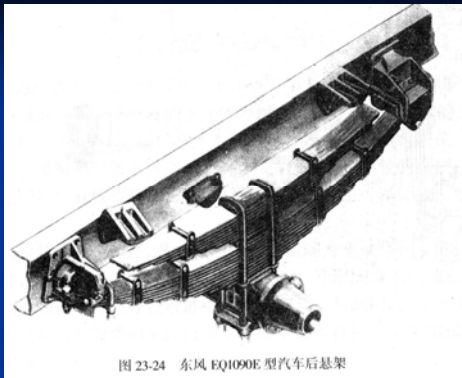
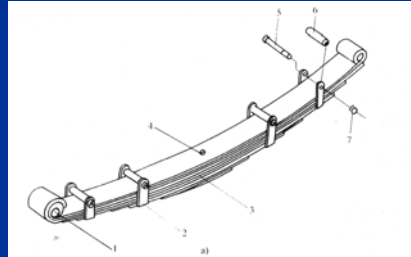


图 23-24 东风 EQ1090E 型汽车后悬架

弹簧夹保证在钢板弹簧反向变形时各片不致相互分开，保证共同承载。且使弹簧片相互横向定位。弹簧夹用铆钉铆接在与之相连的最下面弹簧片的端部。其上端以螺栓连接。螺栓上的套管顶在弹簧夹之间，以免弹簧片夹得过紧。螺栓套管与弹簧片之间留有间隙（1-1.5mm），以便各片之间的相对滑动。

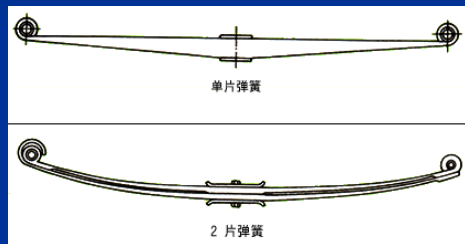


钢板弹簧在载荷作用下变形时，各片之间相对滑动而产生摩擦，促进车架的振动衰减。但各片间的摩擦，将使车轮受到的冲击在很大的程度上传给车架，降低了悬架缓和冲击的能力，而且加速磨损，一般需要在装配时，各片之间涂上较稠的润滑剂，并定期的保养。

钢板弹簧本身能起到导向的作用，同时各片之间的摩擦还起到一定的减振作用。一般在弹簧片之间夹入塑料垫片，以产生定值的摩擦力和消除噪音。

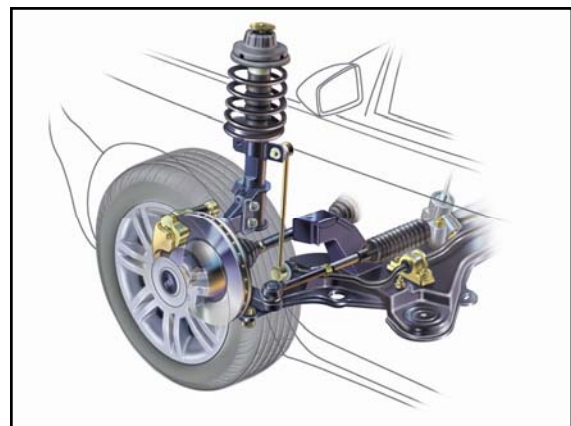
多片式钢板弹簧可以同时起到缓冲、减振、导向和传力的作用，用于货车后悬架可以不装减振器

- 目前中轻型载货车大量采用变截面的少片钢板弹簧。据有质量轻、结构简单、摩擦小、节省材料的特点，减少质量40%~50%。



2.2 螺旋弹簧

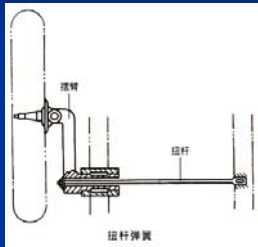
- 优点：无须润滑、不怕油污、纵向布置空间较小、质量小。
- 缺点：无减振作用；只能承受铅垂载荷，需装设导向机构。
- 目前汽车采用的通过变钢丝直径、螺距、弹簧直径的非线性螺旋弹簧，以获得更好的平顺性。





2.3 扭杆弹簧

- 扭杆弹簧：一根由弹簧钢制成的杆，通过沿轴向扭转变形来缓冲冲击。
- 材料：铬钒合金弹簧钢，表面涂环氧树脂和防锈漆。
- 扭杆弹簧的特点：
 - 加工时可以预先产生内应力。
 - 具有比钢板弹簧和螺旋弹簧都大储能能力，因此质量轻。
 - 结构比较简单，不需要润滑。
 - 和导向机构一起产生变刚度特性。
 - 方便布置。
 - 扭杆过短影响舒适性、平顺性。



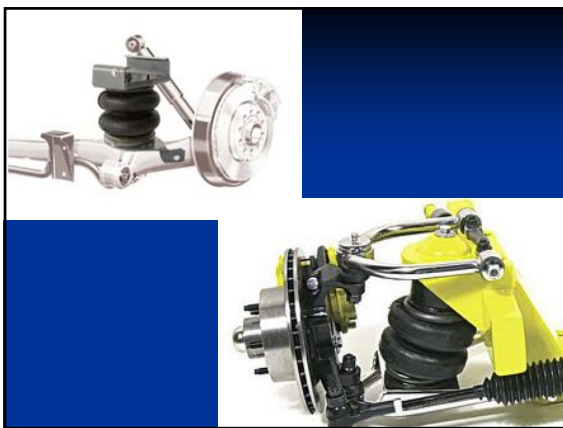
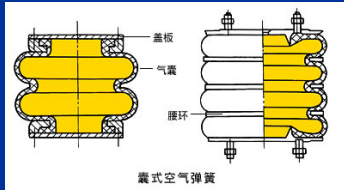
2.4 气体弹簧

- 气体弹簧是在一个密封的容器中充入压缩气体，利用气体可压缩性实现弹簧的作用。
- 特点：气体弹簧具有理想的变刚度特性。
 - 作用在弹簧上的载荷增加时，容器中气压升高，弹簧刚度增大；
 - 反之，当载荷减小时，气压下降，刚度减小。

2.4.1 空气弹簧

■ A 囊式空气弹簧

- 囊式空气弹簧由夹有帘线的橡胶气囊和密闭在其中的压缩空气所组成。气囊有单节和多节式，节数越多，弹性越好，但密封性越差。

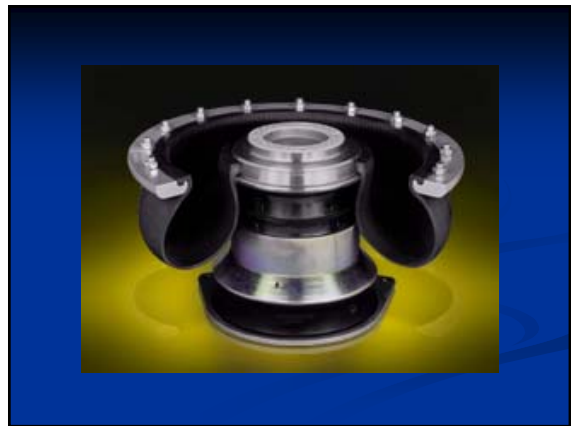
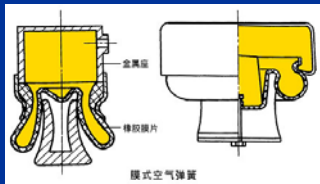




2.4.1 空气弹簧

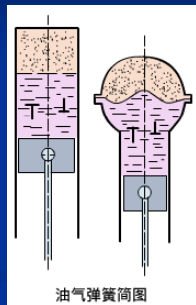
■ B 膜式空气弹簧

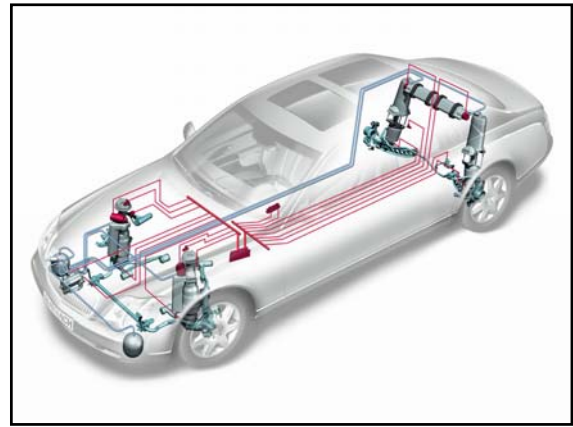
- 膜式空气弹簧的密闭气囊由橡胶膜片和金属压制件组成。与囊式相比，其刚度较小，车身自然振动频率较低；尺寸较小，在车上便于布置，故多用在轿车上。



2.4.2 油气弹簧

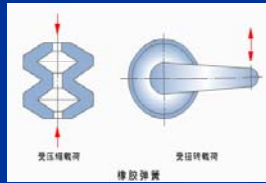
- 油气弹簧一般以惰性气体氮为弹性介质，用油液作为传力介质，由气体弹簧和相当于减振器的液压缸组成。





2.5 橡胶弹簧

- 利用橡胶本身的弹性起弹性元件的作用。它可以承受压缩载荷和扭转载荷，由于橡胶的内摩擦较大，橡胶弹簧还具有一定的减振能力。橡胶弹簧多用作悬架的副簧和缓冲块。



第三节 减振器

- 汽车减振器的作用：
 - 通过减振器自身的运动，消耗弹簧变形储存的能量，将其变为热能，并散发到空气中，以衰减弹簧的振动
- 减振器的类型：
 - 按工作方式分为：单向减振器和双向减振器。
 - 按结构形式分为：单筒减振器和双筒减振器；
 - 按阻尼是否可调分为：阻尼可调式和阻尼不可调式；
 - 按工作介质分为：油液减振器、气体减振器。
 - 按是否充气分为：充气减振器和不充气减振器。

目前广泛采用的是双向作用油液减振器。

第三节 减振器

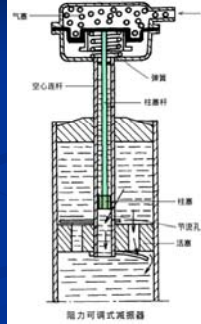
- 对减振器阻尼力的要求：
 - 在悬架压缩行程内，减振器的阻尼力要小，以便充分利用弹性元件的弹性，以缓和冲击；
 - 在悬架伸张行程内，减振器的阻尼力要大，以求迅速减振；
 - 在车架与车桥之间的运动速度过大时，减振器应该具有泄荷通道，使其阻尼力保持在一定的限度范围内。

油液减振器的工作原理

- 当车架与车桥作往复相对运动时，减振器中的活塞在缸筒内也作往复运动，减振器壳体内部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。孔壁与油液间的摩擦及液体分子内的摩擦便形成对振动的阻尼力，使车身和车架的振动能量转化为热能，被油液和减振器壳体所吸收，并散到大气中。

3.3 阻力可调式减振器

- 配合空气弹簧工作
- 工作过程：
 - 载荷增加
 - 空气囊中的气压升高
 - 气室内的气压也随之升高
 - 膜片向下移动
 - 膜片带动与它相连的柱塞杆和柱塞下移
 - 柱塞相对空心连杆上的节流孔的位置发生变化
 - 减小了节流孔的通道截面积
 - 即减少了油液流经节流孔的流量
 - 增加了油液流动阻力。



第四节 非独立悬架

- 非独立悬架的特点：
 - 结构简单；工作可靠；
 - 采用钢板弹簧的非独立悬架中，省却了导向结构，方便布置。
 - 广泛引用于货车的前、后悬架和轿车的后悬架。
- 非独立悬架的分类：
 - 钢板弹簧非独立悬架；
 - 螺旋弹簧非独立悬架；
 - 空气弹簧非独立悬架。

4.1 纵置板簧式非独立悬架

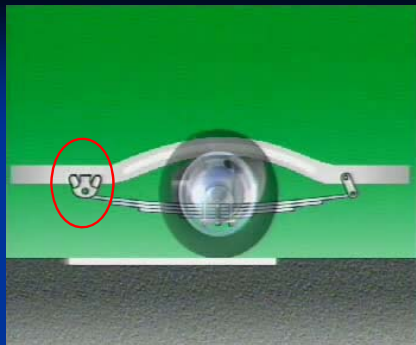


钢板弹簧式非独立悬架示意图

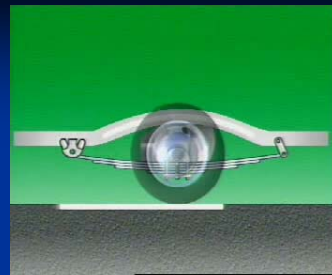
- 钢板弹簧通常纵向安置



- 钢板弹簧的中部用两个U形螺栓固定在车桥上



- 前端卷耳用钢板弹簧销与前支架相连，形成固定铰链支点



- 后端卷耳通过钢板弹簧吊耳销与吊耳相连接。由于吊耳可以前后摆动，保证了弹簧变形时两卷耳中心线间的距离可以改变。

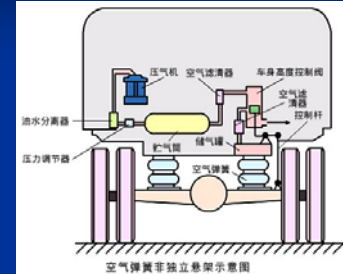
4.2 螺旋弹簧非独立悬架



- 螺旋弹簧非独立悬架由螺旋弹簧、减振器、纵向推力杆和横向推力杆组成。常用于轿车的后悬架

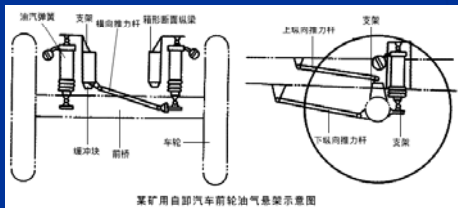
4.3 空气弹簧非独立悬架

- 组成：
 - 囊式空气弹簧
 - 压气机
 - 车身高度调节控制阀
 - 控制杆等
- 采用空气弹簧悬架容易实现车身高度的自动调节



4.4 油气弹簧非独立悬架

- 油气弹簧非独立悬架主要由油气弹簧（兼起减振器作用）、横向推力杆、纵向推力杆等组成，推力杆起导向和传力的作用。大吨位汽车使用。



第五节 独立悬架

- 优点：
 - 两侧车轮可以单独运动互不影响；
 - 减小了非簧载质量，有利于汽车的平顺性；
 - 采用断开式车桥，可以降低发动机位置，降低整车重心；
 - 车轮运动空间较大，可降低悬架刚度，改善平顺性
- 缺点：
 - 结构复杂、制造成本高，维护不便，车轮引起轮矩变化，加剧轮胎磨损。

独立悬架的分类

- 按车轮的运动方式分为：
 - 车轮在横向平面内摆动的悬架；（横臂式独立悬架）
 - 车轮在纵向平面内摆动的悬架；（纵臂式独立悬架）
 - 车轮沿主销移动的悬架；（烛式独立悬架和麦弗逊式）
 - 车轮在斜向平面侧摆动的悬架。（单斜臂式独立悬架）

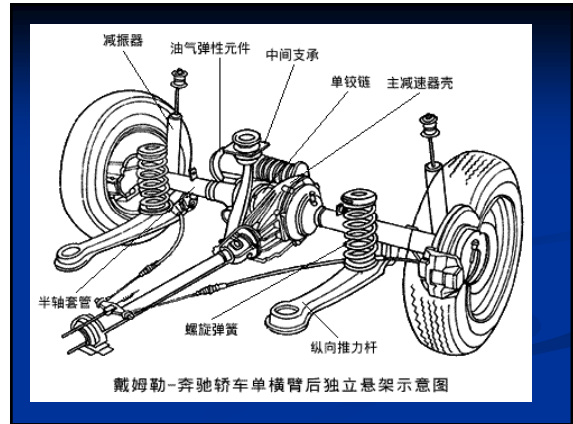
5.1 横臂式独立悬架

- 横臂式独立悬架分为
 - 单横臂式
 - 双横臂式

5.1.1 单横臂式独立悬架

■ 特点:

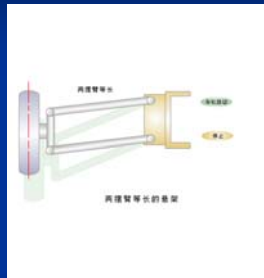
- 当车轮跳动时将改变轮距，致使轮胎相对于地面侧向滑移，破坏轮胎和地面的附着。
- 用于转向轮时，主销内倾角和车轮外倾角发生较大的变化，对于转向操纵有一定影响
- 故目前在前悬架中很少采用。



5.1.2 双横臂式独立悬架

■ 1) 两摆臂等长的悬架

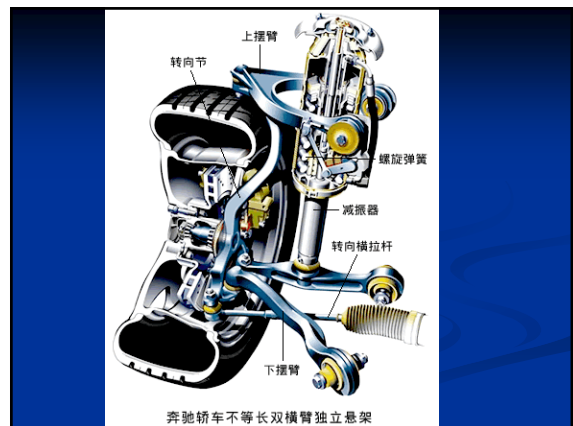
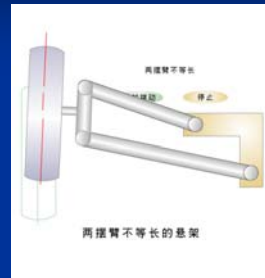
- 车轮跳动时车轮不倾斜但轮距变化较大，增加车轮测向滑移的可能性



5.1.2 双横臂式独立悬架

■ 2) 不等臂式单横臂悬架

- 车轮跳动时车轮倾斜但轮距变化可以较小。
- 两摆臂不等长的双横臂独立悬架广泛应用于中高级轿车。





5.2 纵臂式独立悬架

纵臂式独立悬架

<p>根据采用的纵臂数目可分为：</p> <ul style="list-style-type: none"> > 单纵臂独立悬架； > 双纵臂独立悬架。 	<p>根据采用的弹性元件可分为：</p> <ul style="list-style-type: none"> > 螺旋弹簧纵臂式 > 扭杆弹簧纵臂式
---	---

5.2.1 单纵臂式独立悬架

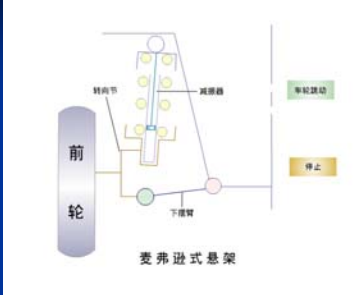
图 23-38 单纵臂式前独立悬架示意图

- 车轮上下跳动时，单纵臂式独立悬架将引起较大的主销后倾角变化。因此多用于后非专项轮。

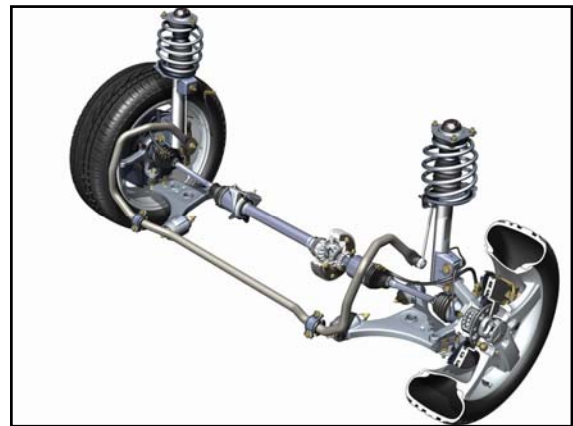
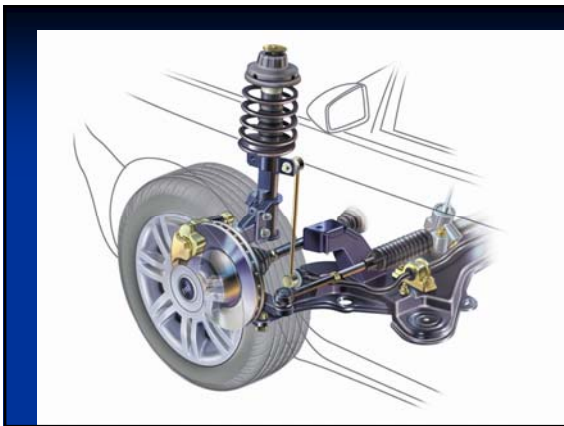
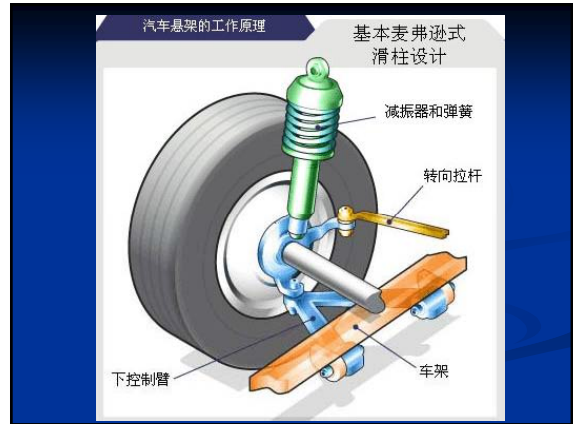
纵臂扭转梁式独立悬架



5.3.2 麦弗逊式悬架



麦弗逊式悬架是目前前置前驱轿车和某些轻型客车应用比较普遍的悬架结构形式。



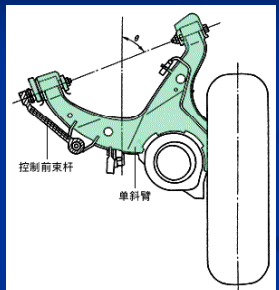
关于双叉臂悬架起源的误区：

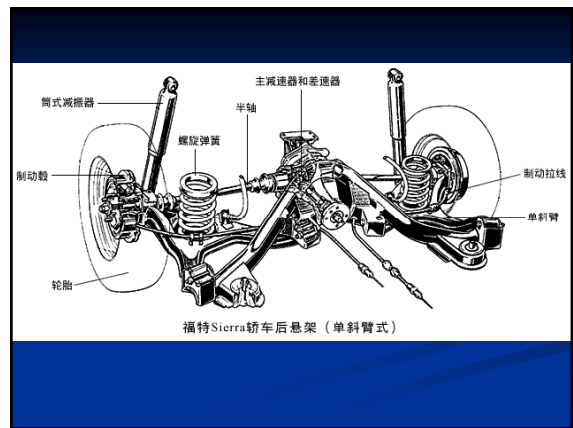
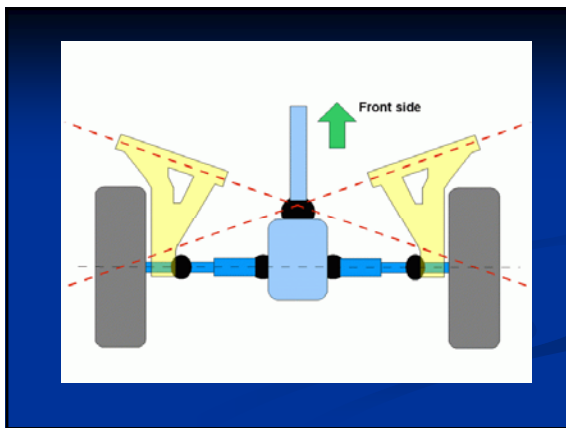


不少人误以为双叉臂悬架来源于麦弗逊悬架 (左: 麦弗逊, 右: 双叉臂) www.shehoo.com

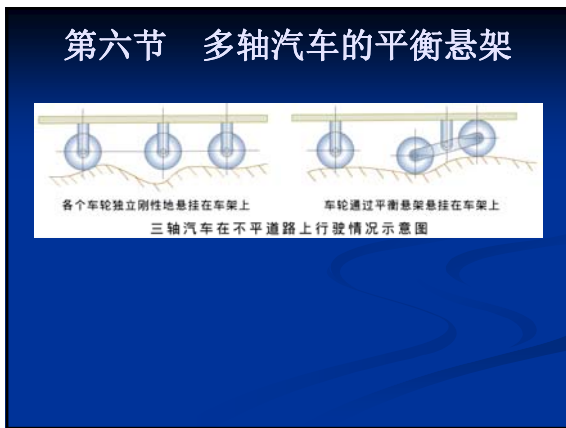
5.4 单斜臂式独立悬架

- 车轮在汽车的斜向平面内摆动的悬架。
- 结构介于单横臂和单纵臂之间，多用于后轮驱动汽车的后悬架上。





- 当车身只作垂直移动而两侧悬架变形相等时，横向稳定杆在支座的套筒内自由转动，横向稳定杆不起作用。
- 当两侧悬架变形不等而车身相对于路面横向倾斜时，稳定杆一端向上运动，另一端向下运动，从而被扭转。弹性稳定杆所产生的扭转内力矩妨碍了悬架弹簧的变形，因而减小了车身的横向倾斜和横向角振动。



- ### 第七节 主动悬架与半主动悬架
- 悬架系统可根据汽车的运动状态、路面状况以及载荷等参数的变化，对悬架的刚度和阻尼进行动态地自适应调节，使悬架系统始终处于最佳减振状态的称为主动悬架系统。
 - 包含动力源的主动悬架系统称为全主动悬架或有源主动悬架；不包含动力源的主动悬架系统称为半主动悬架或无源主动悬架。

