

动力传动系统及其 悬置系统的布置

1.1 动力传动系统的组成及其功能

当今汽车主要以内燃机为动力。内燃机的工作特点可由其外特性来反映,如图 1.1 所示。从图中可看到,在油门全开的情况下,转矩在整个转速范围内变化不大,而功率变化却很大;内燃机工作时,必须要有一最低转速(一般在 600 r/min 以上),才能稳定工作。从图 1.1 中还可以看到,随着转速的提高,输出功率急剧上升,通常要到 3500~6000 r/min 才能达到最大功率,这与汽车的使用要求有时很不适应。例如,汽车起步或上坡时阻力大,汽车速度不高,但要求有最大功率,以获得最大转矩,来克服加速阻力或上坡阻力;而在一般平坦道路上作等速巡航行驶时,由于此时行驶阻力不太大,所需的功率也不太大,如图 1.2 所示,图中直观地示出了内燃机在功率供需上的矛盾。因此单靠调节发动机本身功率输出,来适应汽车不同行驶状况时所需要的功率是不现实的。因此,必须通过传动系对发动机发出的动力作改造,使之能适应外界对其功率-转速特性的要求。其理想情况是等功率输出,即功率不随转速变化;或者说,其转矩随转速呈双曲线变化,转速低

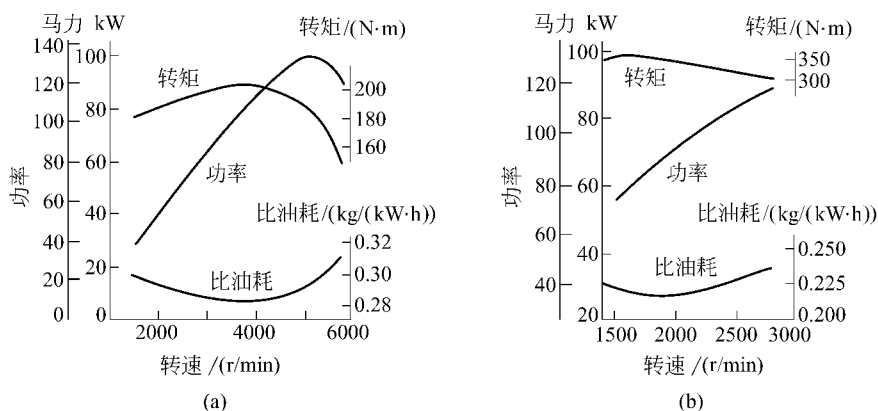


图 1.1 汽车发动机特性图

(a) 汽油机; (b) 柴油机

转矩大,转速高转矩小。

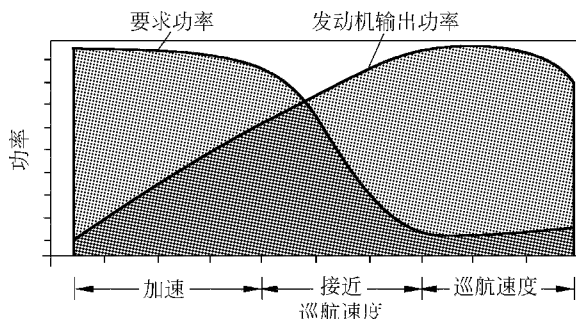


图 1.2 汽车要求功率与发动机输出功率对照图

从内燃机的万有特性图中可以看到,内燃机在不同功率、不同转速下工作时的燃油消耗率是不一样的,图 1.3 所示为汽车发动机的万有特性图(比油耗图)。从图中可以看到,在一定的输出功率下,相应只有在一定转速范围内,才能有较低的燃油消耗率。汽车要在不同速度下行驶,因此还要通过调整传动系的传动比与发动机很好地匹配,才有可能达到省油的目的。此外,汽车行驶中有停车、起步、倒驶、曲线行驶等多种情况。因此,以内燃机为动力的汽车传动系应具备以下几个方面的功能:

(1) 保证汽车在各种行驶条件下所必需的牵引力与车速,使它们之间能协调变化并有足够的变化范围;

(2) 使汽车具有良好的动力性和燃油经济性;

(3) 保证汽车能倒车,左右驱动车轮可以有不同的转速(差速作用);

(4) 使动力传递能根据需要顺利接合与分离。

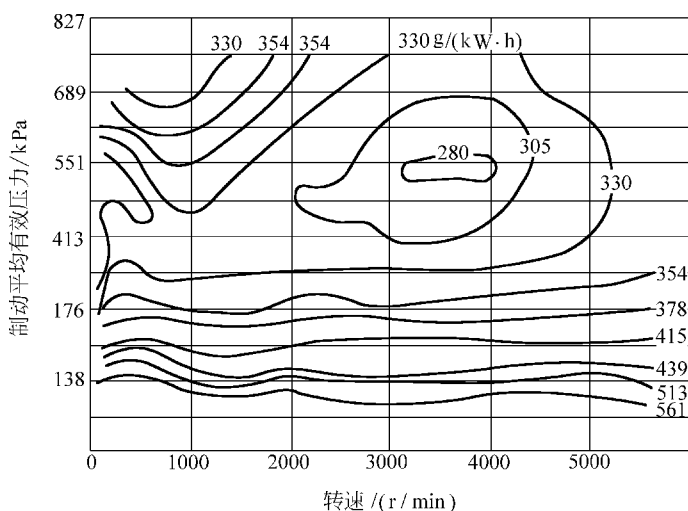


图 1.3 某 V8 发动机万有特性图

汽车传动系分成手动和自动两类。自动传动系统是在手动的基础上发展起来的,两

者的功能基本一样,区别的关键在操纵。手动传动系通常是机械式的,由于其传动效率高、工作可靠、价格便宜,直到今天仍然是汽车上最常用的传动系统。机械式传动系的结构最为典型,是学习的基础。

依据对以内燃机为动力的汽车传动系功能的要求,机械式传动系一般由离合器、变速器、传动轴、主减速器、差速器等部件组成。有些汽车,如四轮驱动的汽车或多轴汽车,其传动系中还会有分动器。

在通常的情况下,机械式传动系中的离合器、变速器(有时还会加上主减速器、差速器)和内燃机组装在一起,称为动力总成。而一般主减速器中都含有差速器,有时也称它们为主传动或最终传动。

传动系的布置形式很多,它对汽车车型的变化影响很大,1.2节将会做专门的描述。图1.4所示为汽车的典型动力传动系统布置的概貌图(图中未标出发动机及离合器)。

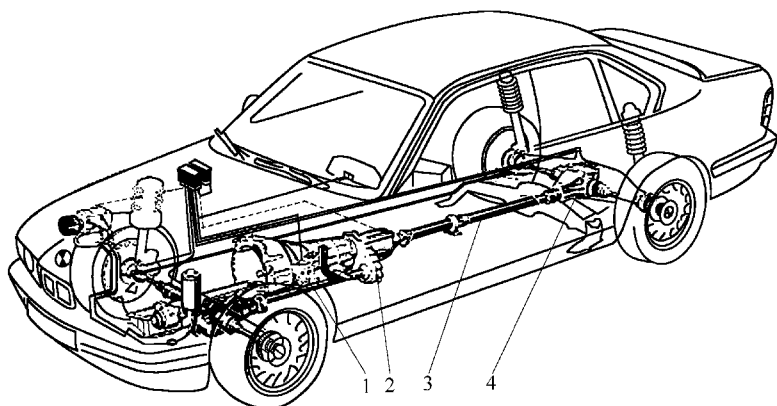


图 1.4 汽车传动系布置概貌

1-变速器; 2-分动器; 3-传动轴; 4-主减速器

这里要指出,以纯内燃机为动力的汽车,由于其排放的废气对大气造成污染和消耗的能源——石油不能再生等问题,遭到了其他类动力汽车的挑战。这类汽车中现今比较现实的是混合动力汽车,即内燃机+电驱动的所谓油电混合动力汽车。更远景的是燃料电池发动机(氢能源)+普通电池的所谓氢电混合动力汽车等。它们的传动系另有特色,将在第12章中专门介绍。

1.2 动力传动系统在汽车上的布置

发动机在汽车上的布置位置,特别是它相对于车身(或驾驶室)和驱动轴(车轴)之间的位置关系,对车身造型、车身内部布置和汽车的总体格局及汽车性能有着重大的影响。这些问题的深入分析会在“汽车理论”及“汽车设计”课程及其教材中展现。本书则从结构的角度,着力于对动力传动系统本身在车上布置的基本概况作扼要的叙述。

发动机在整车中位置的布置,基本上分成3种情况:前置、中置和后置。而推动汽车前进的驱动车轮,也有3种可能:前轮驱动、后轮驱动及四轮(或称作全轮)驱动。这样,它们之间相互组合,就有以下几种不同风格的组合类型。

1. 发动机前置汽车后轮驱动(front-engine, rear-wheel-drive, FR)

典型的 FR 布置如图 1.5(a)所示,其发动机都为纵向布置,传动系中的离合器、变速器和发动机组装成一体。主减速器(含差速器)装在后桥(或称后轴)上(此时通称为后驱动桥)。变速器和后驱动桥之间由带万向节的传动轴相连。

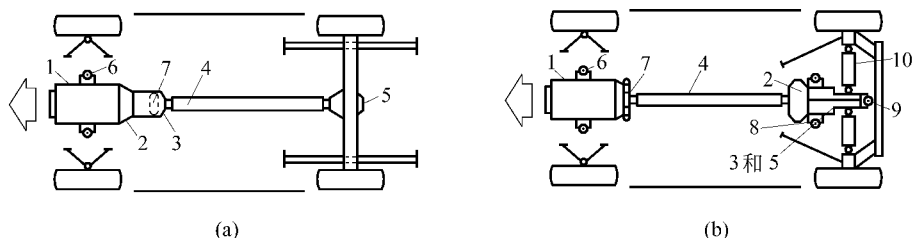


图 1.5 FR 型传动系布置形式

(a) 离合器、变速器布置在前; (b) 离合器、变速器布置在后

1-发动机; 2-离合器; 3-变速器; 4-传动轴(带万向节); 5-主减速器; 6-发动机动力总成前支承;
7-发动机动力总成后支承; 8-传动箱前支承; 9-传动箱后支承; 10-驱动轴(带万向节)

FR 型布置,长期以来一直是大多数各类汽车最为乐于采用的传动系统布置方案。因为它容易获得比较理想的轴荷分布和较佳的汽车性能。今天,FR 型的布置(图 1.5(a))普遍为商用载重汽车所采用。但也有汽车为了改善轴荷分配,采用图 1.5(b)的方案,将离合器、变速器挪到后部和主减速器组合在一起,但它应用得很少。

2. 发动机前置汽车前轮驱动(front-engine, front-wheel-drive, FF)

FF 型布置中,发动机可以横置也可以纵置。因此,它派生出 4 种形式,具体如图 1.6 所示。

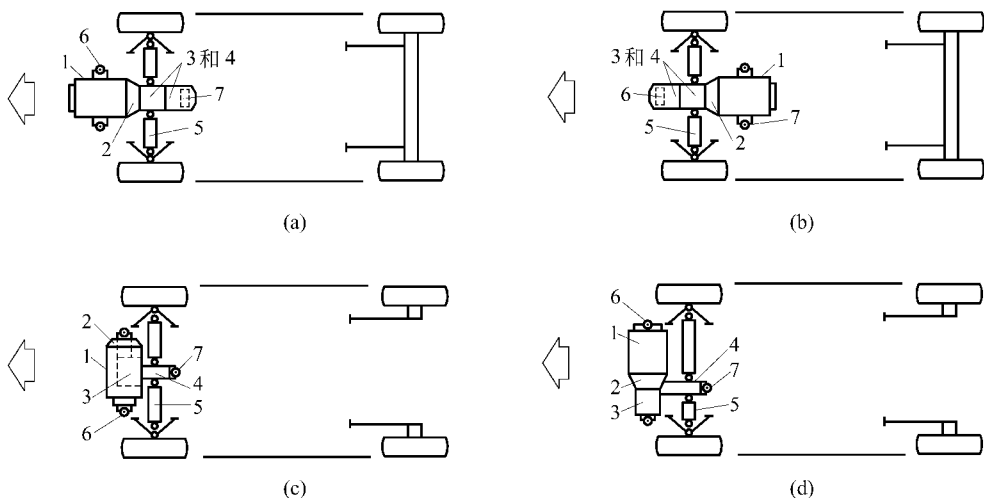


图 1.6 FF 型传动系布置形式

(a) 发动机纵置在前; (b) 发动机纵置在后;

(c) 发动机横置驱动轴左右等长; (d) 发动机横置驱动轴左右不等长

1-发动机; 2-离合器; 3-变速器; 4-主减速器; 5-驱动轴(带万向节);
6-发动机动力总成前(或前两侧)支承; 7-发动机动力总成后支承

无论发动机是纵置或横置,传动系中的各总成(离合器、变速器及主减速器)和发动机完全集成成为一整体,传统意义上的传动轴被取消了,取而代之的是主减速器与车轮之间的带万向节的驱动轴。

FF 型布置主要适用于轿车,而其中大多数采用发动机横置的如图 1.6(d)所示的方案。据资料报道,采用发动机横向布置 FF 方案,汽车轴距可以缩短达 10%,汽车自重可以减轻达 8%。但由于将动力总成传动系统全部集成在一起,安装在发动机舱内,因此,要求该集成的动力总成结构非常紧凑。所以发动机一般不采用比 V6 更多的汽缸,这也就是大排量轿车更愿意采用 FR 型布置的原因。采用 FF 型布置的另一好处是,取消了传动轴可以降低地板高度,有利于车身高度的下降。

3. 发动机后置汽车后轮驱动(rear-engine, rear-wheel-drive, RR)

RR 型布置在小轿车中有图 1.7 所示的 3 种布置形式。发动机和传动系中所有的总成(离合器、变速器及主减速器)全部集成在一起,这种布置结构很紧凑,早期在欧洲的小汽车中用过。但是由于整套动力传动系都在后部,后车轮负荷较大,对汽车的操纵性能不利,容易甩尾。因此,RR 型布置在小轿车中已基本不采用了。

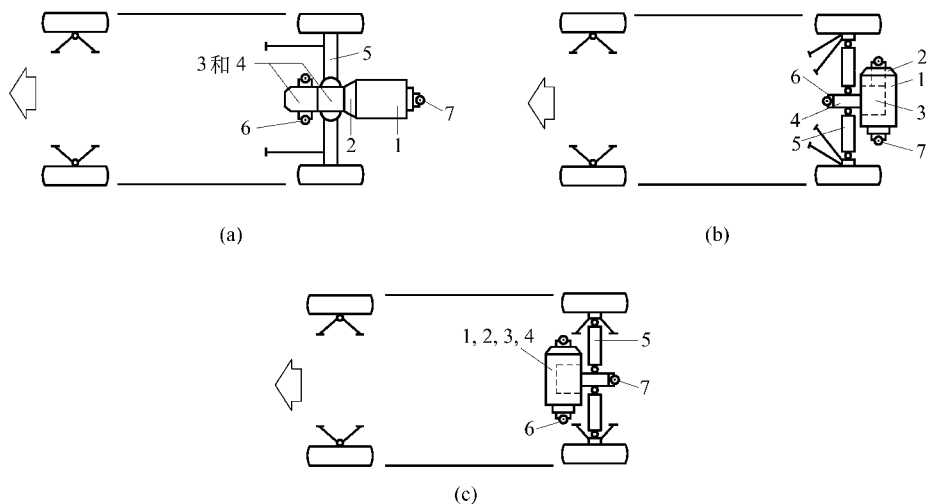


图 1.7 RR 型传动系布置形式(小轿车)

(a) 发动机纵置在后轴之后; (b) 发动机横置在后轴之后; (c) 发动机横置在后轴之前

1-发动机; 2-离合器; 3-变速器; 4-主减速器; 5-驱动轴;

6-发动机动力总成前支承; 7-发动机动力总成后支承

但是采用 RR 型布置,对于大、中型客车却非常有利。它们不存在操纵性变差的问题,相反其他方面优点很突出。由于发动机不在前部,使得汽车尤其是其前部车内地板可以大幅度降低,增大车内空间,使整个汽车的视野非常开阔,适合于旅游观光车和城市交通车。这一类客车的 RR 型布置有两种,如图 1.8 所示。发动机可以纵置或横置,离合器、变速器和发动机组装在一起,主减速器在后桥上,两者之间用传动轴相连。

以上 3 种布置类型各有特色,且形成了各自的主流车种。此外,目前还有并不太流行的第 4 种布置形式,即下面叙述的发动机中置汽车后轮驱动。

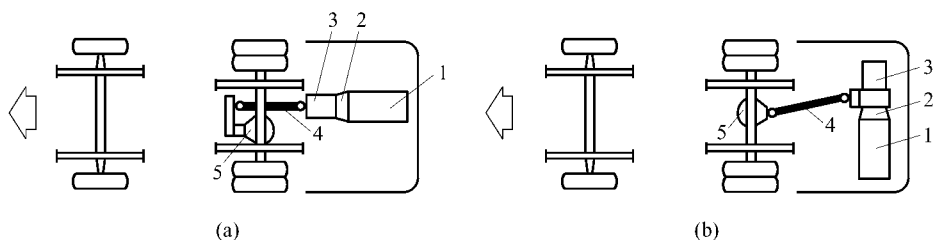


图 1.8 RR 型传动系布置(客车)

(a) 发动机纵置; (b) 发动机横置

1-发动机; 2-离合器; 3-变速器; 4-传动轴; 5-主减变速器

4. 发动机中置汽车后轮驱动

发动机中置后轮驱动布置如图 1.9 所示,一般很少采用,只见于少数城市铰接式大客车及长途大客车上。它的优点是,相对于 RR 型来说,由于发动机动力总成离驾驶员较近,操作起来更方便一些。

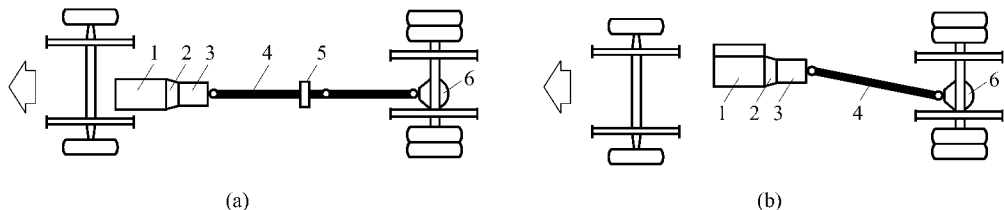


图 1.9 发动机中置后轮驱动传动系布置

(a) 传动轴带中间支承; (b) 传动轴不带中间支承

1-发动机; 2-离合器; 3-变速器; 4-传动轴; 5-中间支承; 6-主减变速器

以上介绍的 4 种类型的布置的共同之处是汽车上只有两个车桥(或车轴),其中一个车桥(即两个车轮)是不驱动的,也就是说只是两轮驱动。从汽车牵引性能的角度来看,两轮驱动不如 4 个车轮全都驱动好,下面就介绍四轮驱动的布置情况。

5. 四轮驱动(4-wheel drive, 4WD)

4WD 型方案本身不属于基本的布置,它是在 FR、FF、RR 等基本型的基础上变型而成的。通常是在这些基本型的基础上,在变速器后面增加一个分动箱,把变速器输出的功率分成两路,一路到前驱动桥,另一路到后驱动桥,就形成了四轮驱动。采用 4WD 的优点是汽车在坏路面上行驶时的通过能力更强。当然其结构复杂,传动效率较低。图 1.10 所示为在上述 3 类基本型基础上变型的四轮驱动传动系布置方案,仅供读者初步了解。

6. 多轴(桥)传动

大吨位载重汽车,为了降低车轮对地面的负荷,提高汽车的承载能力,必须采用多轴(多于两轴)传动。用得较多的为三轴汽车,也有用到四轴的。三轴或四轴汽车,其驱动轴数可以是全部也可以是其中一部分。为了表明汽车的总轴数和它的驱动轴数,技术上规定写成如下形式:比如 4×2 ,表示汽车有 4 个车轮 2 根车轴,其中只有 2 个车轮一根车轴为驱动; 4×4 就表示汽车有 2 根车轴,而 4 个车轮全部都驱动,也就是前面的 4WD 型。显然,对于三轴汽车可以有 6×4 或 6×6 两种布置。 6×4 的汽车表示汽车有 3 根轴,1 根

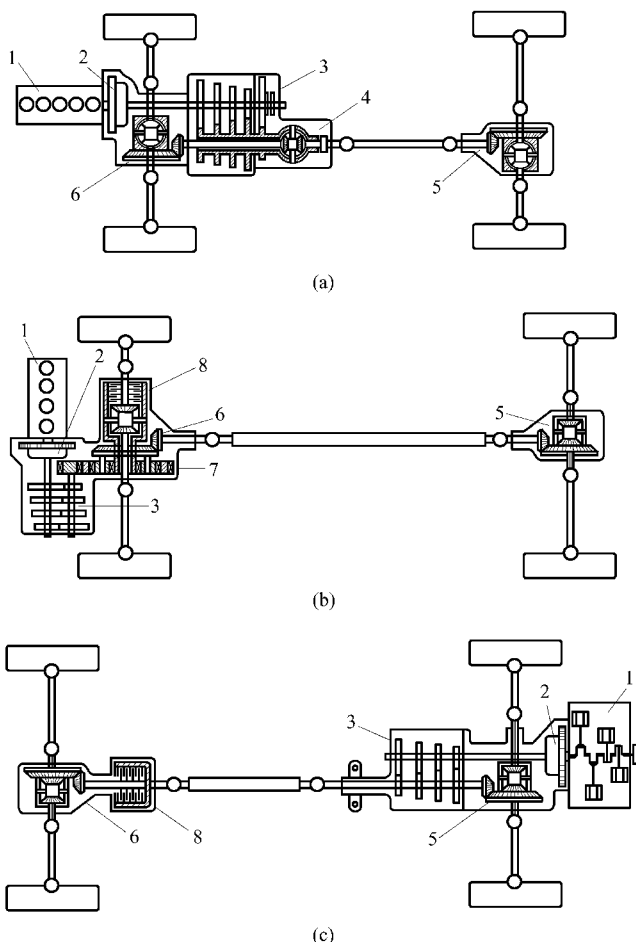


图 1.10 4WD 型传动系布置

(a) 在 FR 型基础上变型；(b) 在 FF 型基础上变型；(c) 在 RR 型基础上变型

1-发动机；2-离合器；3-变速器；4-分动器及轴间差速器；5-后驱动桥主减速器；

6-前驱动桥主减速器；7-轴间差速器(圆柱行星齿轮)；8-黏性联轴差速器

不驱动而另外 2 根车轴驱动。 8×8 表示汽车有 4 根轴而 8 个车轮全部都驱动。如图 1.11 所示为多轴汽车 6×6 、 8×8 的传动系布置。四轴 8×8 汽车大多用于军事目的，它们布置形式花样更多，图 1.12 中展示了侧边式布置和混合式布置的方案。

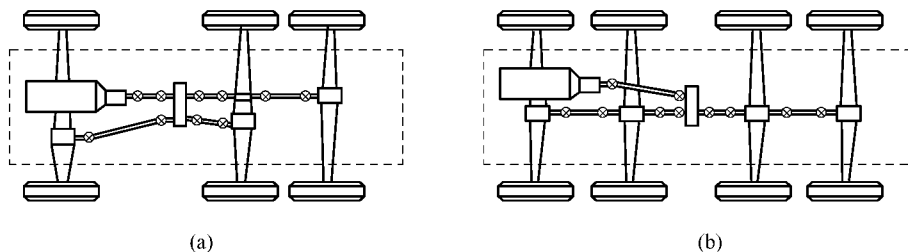


图 1.11 多桥驱动汽车的非贯通式布置与贯通式布置

(a) 6×6 汽车非贯通式驱动桥的布置；(b) 8×8 汽车贯通式驱动桥的布置

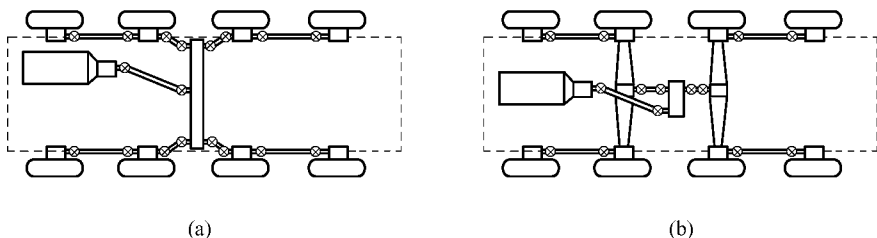


图 1.12 8×8 越野汽车的侧边式布置与混合式布置
(a) 侧边式；(b) 混合式

1.3 动力总成悬置系统

上面所描述的是对动力传动系统在汽车上所作的总体上的布局,图 1.5~图 1.7 中也大致标示出动力总成的支承点的位置。下面将就发动机动力总成(以下有时简称发动机)的支承作较为仔细的介绍。

发动机悬置系统是指发动机和车架(或车身)之间的连接元件及其所构成的弹性支承系统,这一系统包括支承的元件(悬置元件)及元件安装在车架上的相互位置和姿态,如图 1.13 所示。发动机悬置系统的构造并不复杂,但它严重影响汽车的振动和噪声,广泛受到人们的重视。

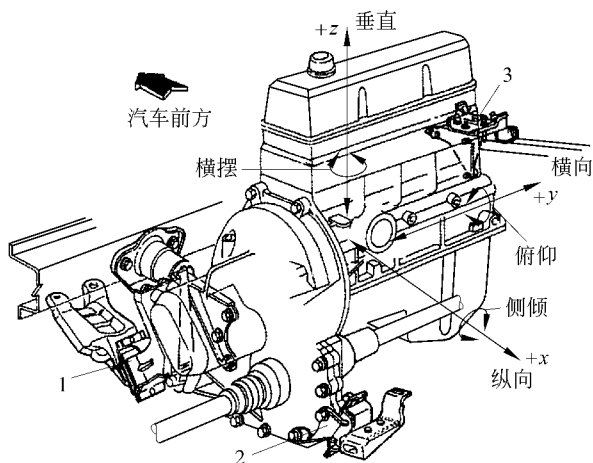


图 1.13 发动机悬置系统示意图
1-变速器处悬置；2-后部悬置；3-发动机处悬置

1.3.1 悬置系统的功能

在早期的汽车中,发动机直接刚性地固定在车架上,目的是利用发动机本身巨大的刚体来加强车架的刚性。由于当时整个汽车性能很差,发动机自身的振动所引起的不良反应并不突出。随着道路状况改善和汽车底盘性能的改进,来自道路的颠簸大为减轻,使得

发动机在车架上的振动变得十分突出,因此,要在发动机和车架之间加装若干弹性软垫以缓解发动机振动。这就形成了发动机早期的弹性支承系统——悬置系统。

随着汽车车速的提高,由地面或轮胎不平衡所形成的激励,通过悬置系统输入引发的发动机振动,也对汽车车体的振动发生影响,因此需要合理地配置发动机悬置系统,才能获得满意的隔振/防振效果。发动机悬置系统对汽车车内的噪声也有影响,一般来说有着良好隔振性能的悬置系统,对降低车内噪声是十分有利的。

归纳起来,悬置系统有以下这些功能。

(1) 支承动力总成质量及动态力。动力总成质量从几十公斤到几百公斤。悬置系统中的各元件,首先要能可靠承受动力总成的质量。动力总成有很大的惯性,当汽车加速或减速时,在动力总成上就会产生纵向的动态力。汽车转向时,作用于动力总成上的动态力为横向。汽车在不平的路面上行驶时,会有上下方向的垂直动态力。在各种动态力作用下,支承都应能可靠承受,且使发动机的位移不过大。

(2) 动力总成的隔振要求。要能有效地降低由于发动机的激励而引起的转向(方向)盘、乘员地板处的振动和车内噪声。

(3) 动力总成的振动控制。要能有效地控制由于路面不平而引起的动力总成的振动。

采用弹性悬置还有其他好处,比如防止车架(或车身)及动力总成等支架处的疲劳开裂。

1.3.2 悬置系统的布置结构形式

发动机采用弹性悬置支承,因弹性元件的变形,发动机在空间实际上可有6个方向的自由活动度(6自由度),如图1.14所示。一般情况下,发动机受到某一方向激励,6个方向都能产生振动,它可能发生6次共振。如果,布置上能使发动机6个方向上的运动互相独立互不牵连(技术上称为解耦),即发动机受到一个方向激励时,只在激励方向发生振动而其他方向没有振动,这样就可使得隔振问题变得比较简单(由多自由度隔振变成单自由度隔振)。

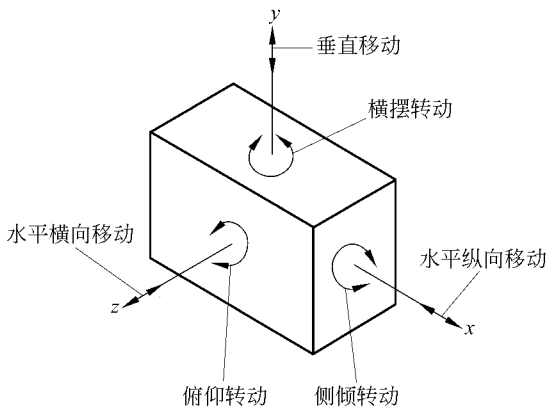


图 1.14 空间刚体 6 自由度运动图

此外,还有一种物理现象,即刚体在空间作自由转动时,总是围绕其主惯性轴转动。因此,如果将刚体的支承点布置在主惯性轴上,则支承将不会额外受到动反力。但是发动机的激励力(实际上为激励转矩)是绕曲轴方向的转动,发动机曲轴和主惯性(最小)轴间有一夹角 β ,如把这一转矩分解,则发动机应绕两根主惯性轴旋转,这两个旋转运动的合成使发动机绕空间某一轴转动,这一轴在技术上称为扭矩轴。发动机曲轴、主惯性轴及扭矩轴的位置如图 1.15 所示。

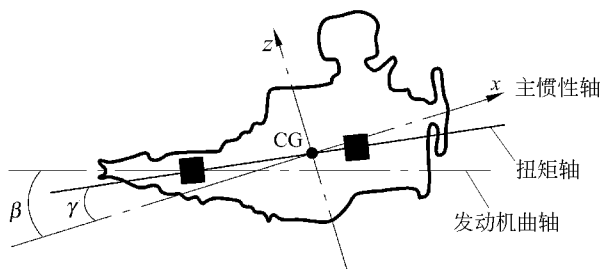


图 1.15 主惯性轴和扭矩轴位置示意图

发动机悬置系统布置的一个重要原则就是将悬置的弹性中心布置在扭矩轴上,如图 1.16 所示。这样就可使绕发动机曲轴方向的扭转振动和其他方向完全解耦。

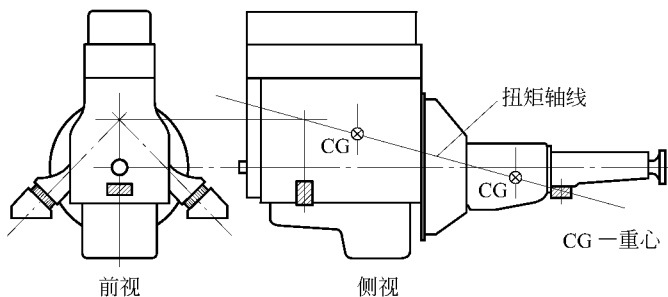


图 1.16 纵置发动机三点悬置系统

弹性中心指当外力作用于系统上某点 P 时(如图 1.17 所示),该系统仅能产生沿该力作用线 II 方向的位移,其他方向不能产生位移或转动,弹性中心 E_2 必在该力作用线 II 上。同理沿 III 线方向作用外力,也有类似现象,则 II、III 线的交点 E_2 即为弹性中心。

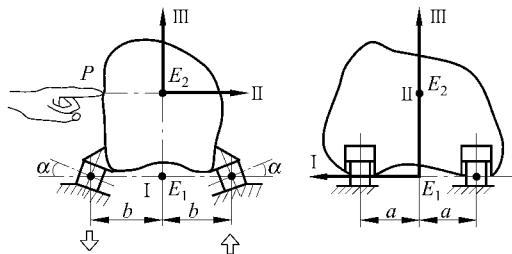


图 1.17 外力作用与弹性中心位置示意图

有了以上的基本概念,下面将进一步了解对发动机悬置布置。

1. 纵置发动机的悬置布置

无论是 FF 型或 FR 型汽车,若发动机作纵向布置且质量较轻,通常都采用三点支承布置,如图 1.16 所示。其中两个前悬置,各设置在发动机两侧,呈 V 形布置,其弹性中心位于动力总成的扭矩轴上。后面的一个悬置在变速器壳体下面,也基本处于扭矩轴线上。

三点式悬置受力状况最佳,对车架约束最小。

在商用车上,由于发动机较重,采用了四点悬置,如图 1.18 所示。当采用四点悬置时,前后悬置都采用 V 形布置,布置原则和三点悬置情况一样,使其弹性中心处于扭矩轴上。

2. 横置发动机的悬置布置

如今的 FF 型汽车的发动机大多为横向布置。早期布置采用图 1.13 所示的三点布置形式。其中右悬置在发动机的前端,布置位置较高,其余两个悬置在横置发动机动力总成的后部,前后各一个,三点悬置呈 V 形布置。这些悬置的布置也符合前述的原则——弹性中心处于扭矩轴上。

为了结构布置的方便,现在更流行的布置是如图 1.19 所示的三点布置式。左、右两个悬置采用套筒式元件(参见图 1.21(e)),其轴线与横置发动机机平面垂直,动力总成质量主要由它们承受。为了防止发动机绕曲轴方向的转动,在发动机中部的后方还有一个悬置,或者前后方各一个。前者为三点悬置式,后者为四点悬置。

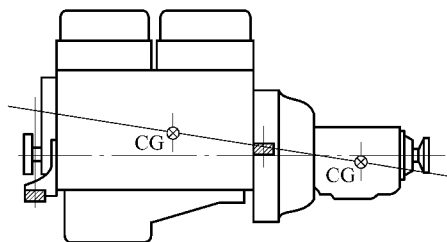


图 1.18 纵置发动机四点悬置系统

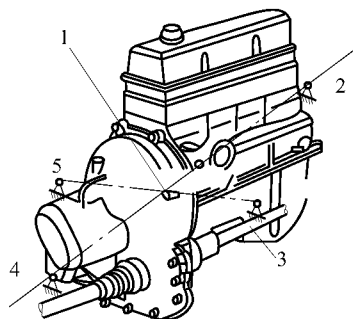


图 1.19 采用套筒式悬置元件三点或四点式布置方案

1-动力总成质心；2-右悬置；3-后悬置；4-左悬置；5-前悬置

由于动力总成质量较大等原因需要使用的支承多于 4 个以减少缸体的弯曲应力等,超过 4 个的支承都属于辅助支承。

1.3.3 悬置元件结构

悬置元件主要有以下两类：橡胶悬置和液阻悬置。

发动机悬置中,其弹性作用部分都为橡胶件。因此,橡胶悬置是悬置元件中的基本构件,目前大多数发动机的悬置也多采用橡胶悬置。液阻悬置性能较好,其阻尼也可做成可控式的,由于结构复杂,使用受到一定限制。液阻悬置可分为 3 类：被动式(不可控)、半主动式和主动式。现在的液阻悬置元件还是以被动式为主。

1. 橡胶悬置

橡胶悬置为最古老的悬置构件,其结构简单、价格便宜、使用可靠。早在 20 世纪 30

年代就有了专利并在汽车上应用,橡胶悬置均为金属——橡胶硫化件。

橡胶悬置的弹性和阻尼均由橡胶提供,它们和胶料(天然胶、合成胶)、配方(炭黑、硫磺等)及工艺条件、结构尺寸等有关。

橡胶悬置根据其结构及工作特点,分成3种工作类型:压缩型、剪切型和复合型,结构示例如图1.20所示。

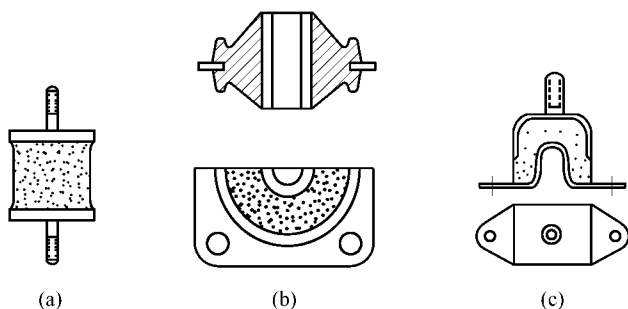


图 1.20 橡胶悬置工作类型

(a) 压缩型; (b) 剪切型; (c) 复合型

当橡胶件在主要载荷的作用下,处于压缩状态就是压缩型,处于剪切状态为剪切型,若元件同时又受剪又受压,就为复合型。一般来说,压缩型的橡胶件结构简单,但是其压缩与剪切刚度的比值有一定的限制;复合型结构复杂,制造成本高,但其各向刚度可以任意确定。图1.21给出了用于各类发动机橡胶悬置的主要结构形式。

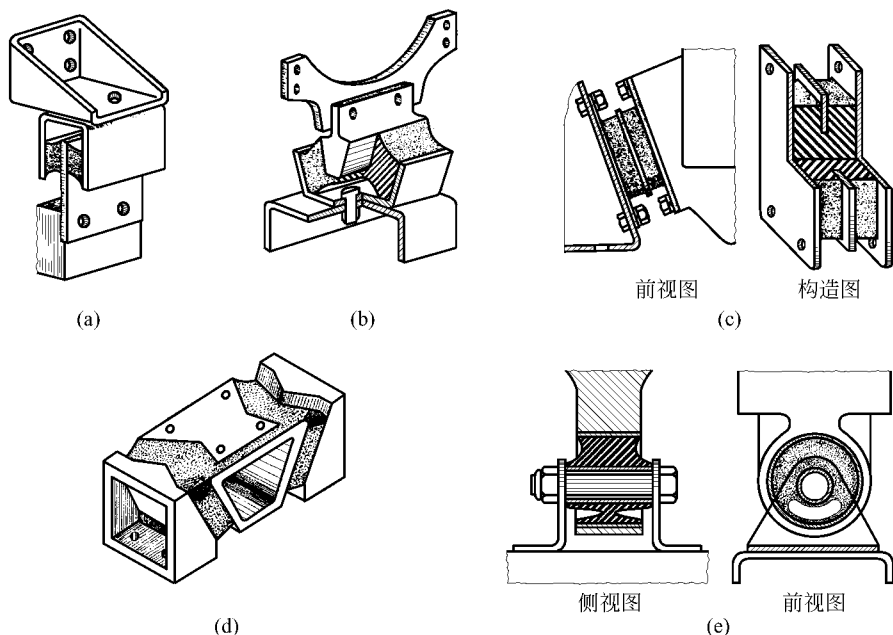


图 1.21 橡胶悬置的几类结构形式

(a) 双矩形块剪切型; (b) 双矩形块倾斜布置复合型; (c) 单矩形块倾斜布置复合型;

(d) 纵向移动受限制复合型; (e) 套筒式复合型

2. 液阻悬置

橡胶悬置元件的振动阻尼偏小,不能满足对汽车动力总成振动控制性能的要求。早在 20 世纪 60 年代初,美国通用汽车的工程师 Richard Rasmussen 就申请了有关液阻悬置的专利,但直到 20 世纪 70 年代末 80 年代初才开始推广、采用。采用液阻悬置的原因有二:①客观的需要,由于前驱动汽车发动机舱过于紧凑,软的橡胶悬置元件因阻尼小而使发动机因晃动太大无法包容;②液阻悬置结构、性能的进一步改善提高。下面介绍一种新型的液体阻尼型橡胶悬置隔振元件(简称液阻型橡胶隔振器或液阻悬置),它已在国内外汽车上推广应用。其结构特点是,在封闭的橡胶悬置元件内附设液体阻尼机构,这可在很大程度上弥补普通橡胶悬置元件在低频、大振幅激励下阻尼偏小的缺点,从而可大大改善汽车动力总成悬置系统的振动控制性能。

图 1.22 为一乘用车动力总成的惯性通道-解耦盘式液阻悬置的结构示意图,A 端与动力总成相连,B 端与车身或副车架相连。橡胶主簧起支承发动机质量和类似于活塞泵吸液体的作用,橡胶底膜为一个很薄(2.5 mm 左右)的橡胶膜,主要起密封液体的作用;惯性通道体由上下液室的隔板、惯性通道和解耦盘组成,解耦盘的运动受到上下液室隔板的限制;上下液室中充满液体(一般为乙二醇,并混有防冻剂),液体可以从上液室流经惯性通道到下液室,也可以随活动解耦盘的运动而在上下液室之间流动。

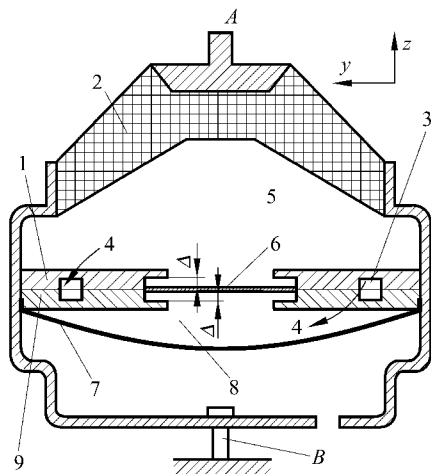


图 1.22 惯性通道-解耦盘式液阻悬置示意图

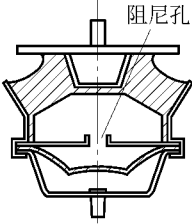
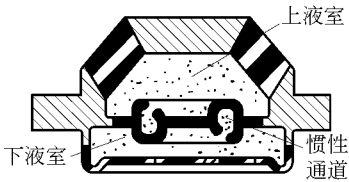
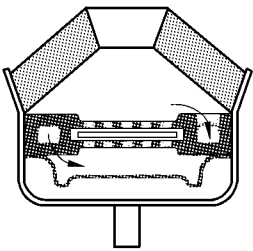
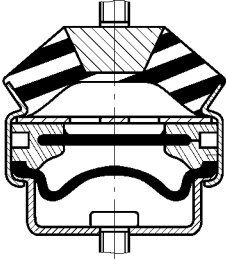
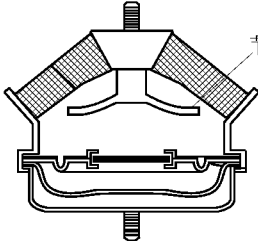
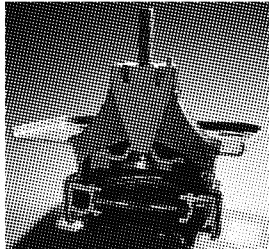
1-上下液室隔板(上); 2-橡胶主簧; 3-惯性通道; 4-液体流动; 5-上液室;
6-解耦盘; 7-橡胶底膜; 8-下液室; 9-上下液室隔板(下)

这种液阻悬置的结构和性能仍在不断完善。表 1.1 中以图示的方式给出了 3 代液阻悬置结构的发展。

第 2 代液阻悬置是在惯性通道式液阻悬置的基础上增加了解耦盘或者解耦膜结构。当发动机的激励为高频、小振幅正弦激励(50~200 Hz, 0.05~0.2 mm)时,对解耦盘式的液阻悬置,其解耦盘仅在其自由行程中运动(如图 1.22 所示),因而惯性通道中无液体流动(对于解耦膜式的液阻悬置,由于小位移时,解耦膜的刚度很小,此时上下液室之间液体的流动仅随解耦膜的变形而流动,而惯性通道中无液体流动)。与惯性通道式液阻悬置相

比较,第2代液阻悬置在高频(小于150 Hz)、小振幅激振工况下具有小阻尼、小刚度的特点。当发动机的激励为低频、大振幅正弦激励(1~50 Hz, 1~2 mm)时,解耦盘运动的位移会大于其自由行程,由于上下液室的隔板限制了解耦盘的运动,因而迫使液体流经惯性通道(对于解耦膜式的液阻悬置,由于解耦膜在大位移时的刚度很大,因而迫使液体流经惯性通道),此时液阻悬置表现出大刚度、大阻尼的特性。由此可知,由于解耦盘或者解耦膜的特性,使得液阻悬置的性能与激振振幅有关。

表 1.1 被动式液阻悬置的发展

第1代	 节流阻尼孔式	 惯性通道式
第2代	 惯性通道+解耦盘	 惯性通道+解耦膜
第3代	 惯性通道+解耦盘+节流盘	

第3代液阻悬置是在第2代液阻悬置的上液室中附加了一个节流盘,它提高了液阻悬置高频动态硬化频率,使它在很宽的振动频率范围内都具有良好的隔振性能。

虽然液阻悬置结构性能良好,但它仍不能适应汽车对其性能多变的要求,因此出现了半主动及主动悬置。以下作简单介绍供参考。

1) 半主动悬置

半主动悬置只有开/关两种工况,其控制形式有两种:第一种是改变悬置结构的特性,主要由电磁阀来控制悬置的部分结构;第二种是改变悬置中部分物质的性能。

(1) 改变悬置结构特性的半主动悬置

这种类型的半主动悬置是在被动式液阻悬置的基础上加上相应控制装置形成的,主要有两种形式。一种是在被动式液阻悬置的上液室中增加一个空气室,该空气室为可控制的,如图 1.23 所示。当发动机怠速运转时,空气塞向空气室充入空气,该空气室使得橡胶主簧的运动与液室中液体的运动解耦,即在发动机的小振动激励下,橡胶主簧的运动不会使液体在上下液室之间来回流动,而此时悬置的特性为橡胶主簧的特性,具有较小的刚度和阻尼。而当汽车在行驶工况时,控制装置将空气室抽成真空,此时橡胶膜与橡胶主簧成为一体,此时悬置的特性与液阻悬置的特性一致。这种类型的半主动悬置主要用于动力总成的怠速隔振。

图 1.24 所示为一种控制惯性通道数量的半主动式悬置。该半主动悬置是由具有两个惯性通道的液阻悬置和控制机构组成,两个惯性通道中的一个可由电磁阀控制。当发动机怠速时,液阻悬置中的两个惯性通道均工作,此时半主动悬置在发动机的激振频率附近具有很小的刚度,可以较好地解决怠速时转向盘、变速杆的抖动;而当汽车在正常行驶工况时,电磁阀关掉其中的一个惯性通道,此时半主动悬置提供较大的刚度和阻尼,可以有效地衰减在路面激励或者传动系统输出扭矩变化时,动力总成的振动。此类型的半主动悬置耗能低、结构简单、可靠性好,目前已在动力总成悬置系统中得到了广泛应用。

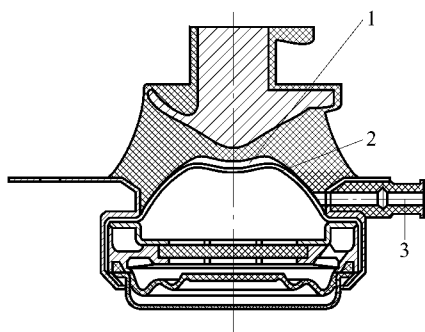


图 1.23 具有可控制气室的半主动悬置

1-可控气室; 2-橡胶膜; 3-空气室

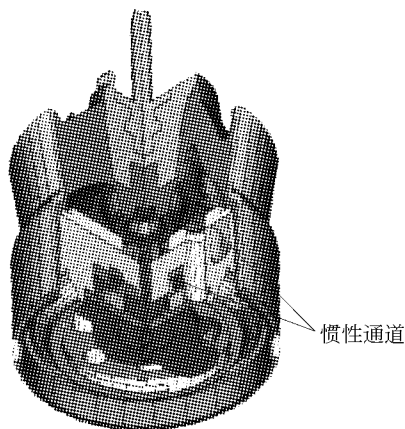


图 1.24 可控制惯性通道数量的半主动式悬置

(2) 电流变液或磁流变液式半主动悬置

这种类型的半主动悬置主要是改变液阻悬置中液体的性能。电流变液或磁流变液式半主动悬置的结构和液阻悬置的结构类似,所不同的是其中的液体不是常规的乙二醇,而是电流变液或者磁流变液液体,并且在液室的侧面有高压电极,如图 1.25 所示。在高压电场的作用下,液阻悬置中的流变液体在瞬间(通常小于 1 ms)会改变其黏度,可以从液体变成固体,从而使液阻悬置的性能发生变化。这种类型的半主动悬置主要用于调整悬置系统的高频动态性能。由于流变液的性能不稳定(使用一段时间后,液体会沉淀),成本高,并且流变液可能污染环境,因此这种类型的半主动悬置并未得到广泛的应用。

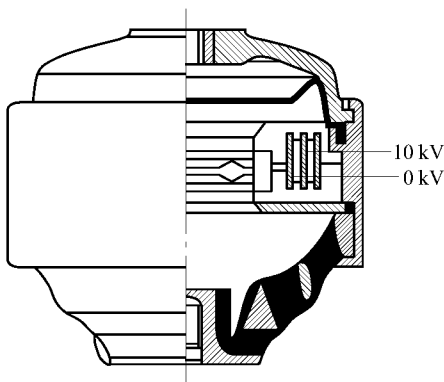


图 1.25 电流变液或磁流变液式半主动式悬置的结构

2) 主动悬置

主动悬置由以下几部分组成:被动悬置,一般采用液阻悬置作为基础;激振器,可以是电磁式的,也可以是伺服液压式的;传感器,一般为加速度传感器。

安装在车架或者车身上的传感器将振动信号传递到控制器上,控制器经过运算,对激振器发出指令;外界能量系统给激振器提供能量,产生一个与车架振幅相等,相位差为 180° 的力作用在车架上,这个力与振动的力互相抵消,从而达到减小振动的目的。在一些频率点上,主动悬置的动刚度可以很小,甚至为零,从而达到悬置系统隔振的要求。

和被动悬置比较,主动悬置的成本高、耗能大,并降低了悬置系统的可靠性,因而主动悬置在汽车动力总成振动控制中的应用非常有限,但它是一种非常有前途的悬置,在降低成本、耗能和提高可靠性以后,此类悬置将得到广泛的应用。

复习与思考

1. 根据以内燃机为动力的汽车传动系统的基本功能,分析机械传动系统的构成。
2. 说出动力传动系统在汽车上最为典型的 3 种布置形式,以及它们最为适用的车型,并说明理由。另外说出你还了解的其他布置形式。
3. 发动机悬置的功能是什么?说明它的重要性。试指出一般纵置发动机和横置发动机在悬置布置的方案以及布置的基本原则。
4. 悬置元件的种类大致有哪些?

2

摩擦式离合器

摩擦式离合器的整个系统应由两部分组成：离合器及其操纵系统，下面分别介绍。

2.1 离合器的基本功能、结构组成及其工作原理

离合器是汽车机械传动系统中重要的部件，它安装在发动机之后、变速器之前。离合器的功能是传递动力、切断动力，即要求它在汽车起步过程中能柔顺地完成动力的传递，而在变速器换挡或制动过程中要快速切断动力。此外，它有一附加功能，即防止传动系过载。

按上述功能要求，摩擦式离合器是理想的结构，它由下列几部分组成：主动件、从动件、压紧弹簧和分离装置。摩擦式离合器的结构组成及其操纵的原理，如图 2.1 所示。

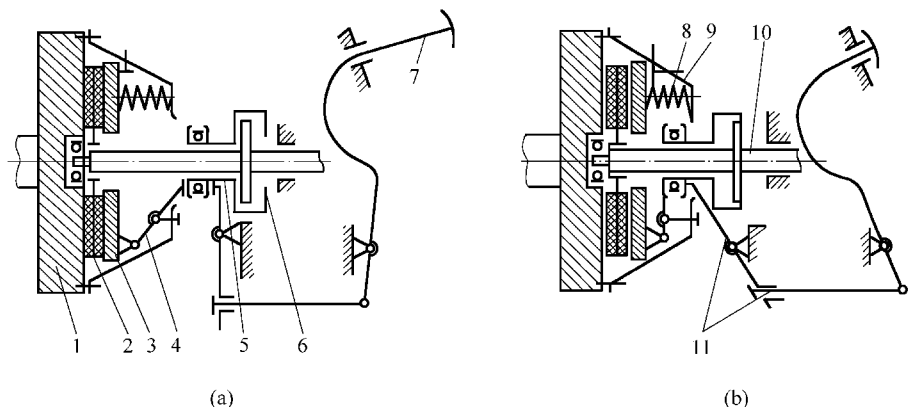


图 2.1 离合器结构原理图

(a) 接合；(b) 分离

1-飞轮；2-从动盘总成；3-压盘；4-分离杆；5-分离套筒；6-离合器制动滑套；7-离合器踏板；
8-压紧弹簧；9-离合器盖；10-离合器输出轴(变速器第一轴)；11-分离拨叉及操纵连接杆

从图 2.1 中可以看到，压盘 3、分离杆 4 和压紧弹簧 8 一起组装在离合器盖 9 内，称为离合器盖总成。离合器盖总成通过螺栓安装到发动机的飞轮 1 上，发动机的转矩由此输入。飞轮 1 和压盘 3 之间为从动盘总成 2，它通过摩擦接受由主动件传来的输入转矩，并

通过其中间的从动盘毂花键输出转矩(由变速器第一轴 10 接受),因此结构上压盘 3 必须也是主动件。压紧弹簧 8 通过压盘 3 把从动盘总成 2 紧紧压在飞轮 1 上,形成工作压力。当发动机工作带动飞轮 1 和压盘 3 一起旋转时,通过压盘上压紧弹簧 8 产生的工作压力所形成的摩擦力,带动从动盘总成旋转,完成转矩的输出。

由上可知,摩擦式离合器的基本结构是一种摩擦传动机构,它依靠摩擦来传递转矩。摩擦力 F_f 是一种耗散力,它的作用方向与运动方向相反(如图 2.2 所示),其大小和正压力 N 成正比,和摩擦面积无关,比例系数即为摩擦系数 μ ,用式子表示为

$$F_f = \mu N$$

摩擦力本质上是非线性的,它有多个值,其最大值为 μN 。如果作用力 $F < \mu N$,则摩擦力就只能等于 F ;

当 $F > \mu N$ 时,图 2.2 中的滑块就要产生滑动。若该滑块绕某作用半径 R_e 作等速转动时,此时最大的摩擦力 F_f 产生的摩擦力矩为

$$T_f = R_e F_e = R_e \mu N$$

上式中的 T_f 就是摩擦传动机构利用摩擦所能传递的转矩容量。转矩容量(或扭矩容量)可用来反映离合器依靠摩擦所能传递转矩的极限能力,但不一定是实际传递转矩的大小。

汽车离合器通常总是处于接合状态(如图 2.1(a)所示)。当需要切断动力时,驾驶员通过离合器操纵系统中的踏板 7,并经过操纵传动杆系及分离拨叉 11 推动分离套筒 5 向前,消除间隙 Δy ,使分离杆 4 绕其在离合器盖 9 上的支点转动,克服压紧弹簧 8 的工作压力后,压盘 3 向后移动,从动盘总成 2 和压盘 3 脱离接触。离合器分离时的状况如图 2.1(b)所示,此时从动盘总成 2 不再输出转矩。如分离套筒 5 向左移动时,在消除另一间隙 Δr 后,输出轴 10 受到了制动,转速很快下降。这种状况称为离合器制动,其目的是为了容易换挡。但这种离合器制动主要用在重型离合器上,一般离合器不一定采用。分离杆和分离轴承之间的间隙 Δy 通常是需要的,因为从动盘总成因摩擦面磨损后会使压盘 3 向左移动,如果这一移动受到分离轴承的限制,就会导致压盘 3 不能很好地压紧摩擦面,从而造成从动盘在传扭时发生打滑现象。离合器使用一段时间后由于摩擦片的磨损,间隙 Δy 逐渐消失,需要重新调整。现在许多离合器都设计有自动调整间隙的结构,此时间隙 Δy 就可以为零,并能在任何时候都保持零间隙而不影响离合器正常工作。这样就可省却使用中经常调整间隙的麻烦。

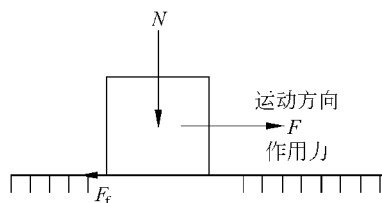


图 2.2 摩擦传动原理

2.2 摩擦式离合器的分类和基本要求

摩擦式离合器结构类型较多,且可有多种组合,汽车机械式离合器的结构大致分类如表 2.1 所示。

表 2.1 摩擦式离合器分类

分类方法	分类	结构特点
按从动盘片数分	单片式	从动盘为单片
	多片式	从动盘为多片
按压紧弹簧的分布分	周置弹簧	压紧弹簧沿从动盘圆周分布
	中央弹簧	压紧弹簧安装在从动盘中央
按压紧弹簧的结构形式分	螺旋弹簧	压紧弹簧为螺旋弹簧
	膜片弹簧	压紧弹簧为膜片弹簧
按离合器是否浸在油中分	干式	离合器不与油接触
	湿式	离合器浸入油中

离合器的结构形式可以不相同,但在使用上对它的基本要求是一致的,它们应该是:

- (1) 能可靠地传递发动机的最大转矩;
- (2) 接合过程要平顺、柔和,使汽车起步时没有抖动和冲击;
- (3) 分离时要迅速、彻底;
- (4) 离合器从动部分的转动惯量要小,以减轻换挡时变速器齿轮轮齿间的冲击并方便换挡;
- (5) 高速旋转时具有可靠的强度,应注意平衡并免受离心力的影响;
- (6) 应具有吸收振动、冲击和减小噪声的能力;
- (7) 操纵轻便,工作性能稳定,使用寿命长。

以上这些要求中最为重要的是使用性能良好可靠、寿命长以及有优良的技术经济指标和环保指标。下面对一些典型的离合器作进一步的结构分析。

2.3 摩擦式离合器的结构

2.3.1 周置弹簧离合器

周置弹簧离合器的典型结构如图 2.3 所示。在压盘 11 和离合器盖 1 之间有多个螺旋弹簧 10 在分离杆 3 之间均匀地沿着压盘 11 的圆周作同心圆布置,这样可保证压力在压盘 11 上均匀分布。各分离杆 3 通过带刃口的摆动支片 4 和压盘 11 相接触,并通过 3 个孔耳螺栓 2 和滚销 6 将它们组装到离合器盖 1 内,组成离合器盖总成。上述分离杆支承连接结构,可以确保分离杆作分离的弧线运动时不会和压盘 11 的平行移动相干涉,且有较小的摩擦损失。3 个孔耳螺栓 2 可用螺母 5 来调节轴向高度,这样可保证 3 个分离杆 3 的末端所决定的平面与飞轮面是平行的。分离杆的运动有推式拉式之分,推式分离结构简单,若要分离力小可用拉式方案,图 2.3 中的分离杆 3 的运动属推式。

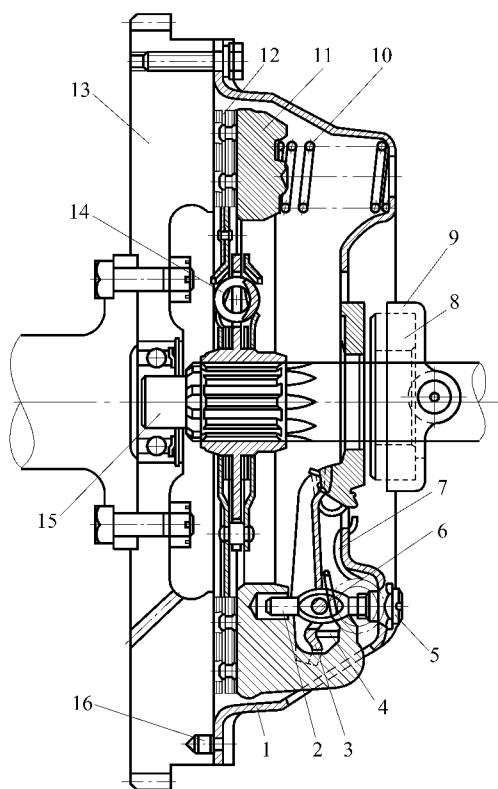


图 2.3 周置螺旋弹簧离合器结构图(单片、干式)

1-离合器盖；2-孔耳螺栓(柱)；3-分离杆；4-摆动支片；5-分离杆调整螺母；6-滚销；
7-分离杆弹簧；8-分离轴承；9-分离套筒；10-压紧弹簧；11-压盘；12-从动盘摩擦片；13-飞轮；
14-扭转减振器弹簧；15-变速器第一轴；16-离合器盖定位销

压盘 11 作为主动件应由发动机直接驱动,这是离合器结构中的重要一环。图 2.4 中所示的压盘 11 有 3 个凸台,将凸台嵌在离合器盖 1 的 3 个窗孔中,由飞轮经离合器盖带动。

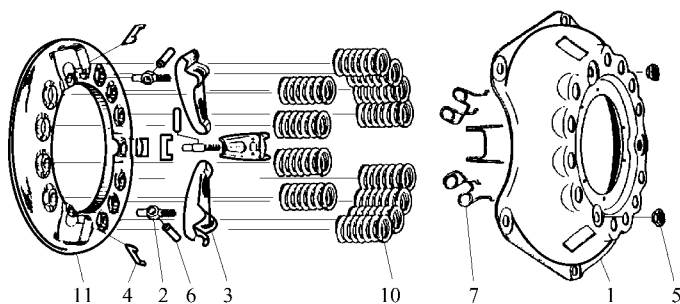


图 2.4 离合器盖总成分解示意图

图中标号同图 2.3

周置弹簧离合器所用的螺旋弹簧是线性的,当摩擦片磨损后,弹簧伸长,压紧力下降,这对离合器可靠传扭非常不利。采用刚度小的弹簧,压紧力 P 的下降就不会很明显。但