

模块 3 汽车发动机机械结构

3.1 机体组件

机体组件是发动机的骨架,其上安装着发动机的主要零件和附件,它主要由气缸体、气缸盖、气缸垫和油底壳等组成(见图 3-1)。

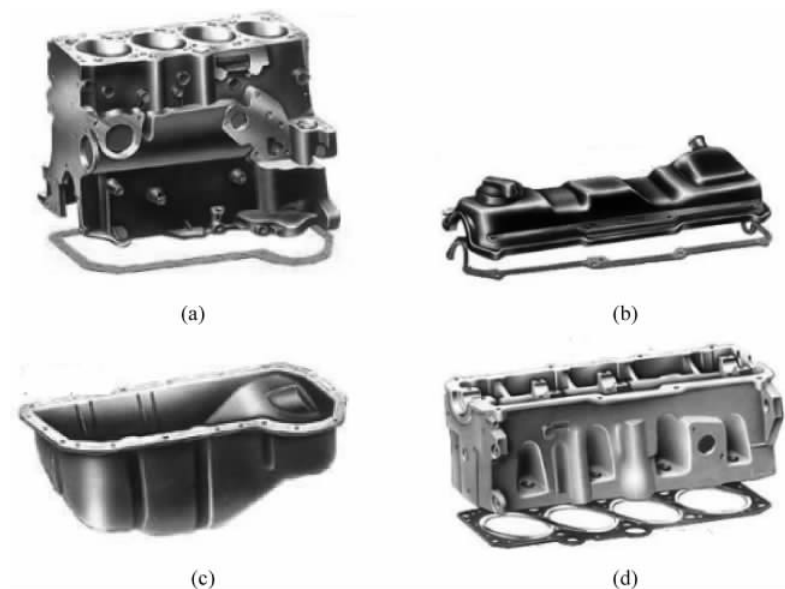


图 3-1 机体组件

(a) 气缸体; (b) 气缸盖罩; (c) 油底壳; (d) 气缸盖, 气缸垫

3.1.1 气缸体

气缸体是发动机的基体和骨架,发动机的所有零件几乎都安装在气缸体上,气缸体同时承受高温高压气体的作用力,因而要求气缸体具有足够的强度和刚度。

3.1.1.1 气缸体的类型

为了减轻发动机的整体质量,要求气缸体结构紧凑、质量较轻。根据机体与油底壳安装

平面的位置不同,气缸体通常分为 3 种形式。

1. 一般式气缸体

一般式气缸体的特点是油底壳安装平面和曲轴旋转中心在同一高度(见图 3-2(a))。这种气缸体的优点是机体高度小,质量轻,结构紧凑,便于加工,曲轴拆装方便;但刚度和强度较差。

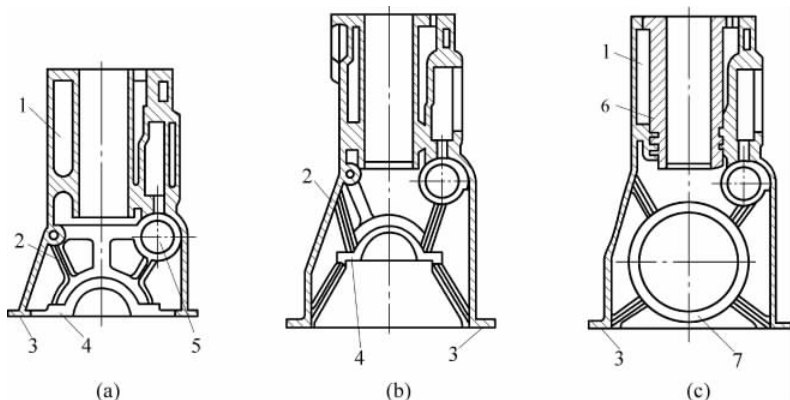


图 3-2 气缸体的结构形式

(a) 一般式气缸体; (b) 龙门式气缸体; (c) 隧道式气缸体

1—水套; 2—加强筋; 3—安装油底壳的加工面; 4—安装主轴承座孔加工面;

5—凸轮轴座孔; 6—湿式气缸套; 7—主轴承座孔

2. 龙门式气缸体

龙门式气缸体的特点是油底壳安装平面低于曲轴的旋转中心(见图 3-2(b))。它的优点是强度和刚度都好,能承受较大的机械负荷;但工艺性较差,结构笨重,加工较困难。

3. 隧道式气缸体

隧道式气缸体的特点是曲轴的主轴承孔为整体式,主轴承孔较大,曲轴从气缸体后部装入(见图 3-2(c))。其优点是结构紧凑,刚度和强度好;但加工精度要求高,工艺性较差,曲轴拆装不方便。

3.1.1.2 气缸套

气缸是气缸体内引导活塞往复运动的圆柱形空腔,是燃料燃烧做功的场所,活塞在其间高速往复运动,所以必须耐高温、耐磨损、耐腐蚀。其结构形式有 3 种:无气缸套、干式气缸套、湿式气缸套。

1. 无气缸套

在机体上直接加工出气缸的即为无气缸套形式(见图 3-3(a)),它结构紧凑,加工简单,但耗费了大量耐磨合金铸铁材料。为了节省贵金属材料,降低成本,方便维修,现代汽车广泛采用镶入气缸体内的气缸套,形成气缸工作表面。

按是否与冷却液接触,气缸套分为干式气缸套和湿式气缸套。

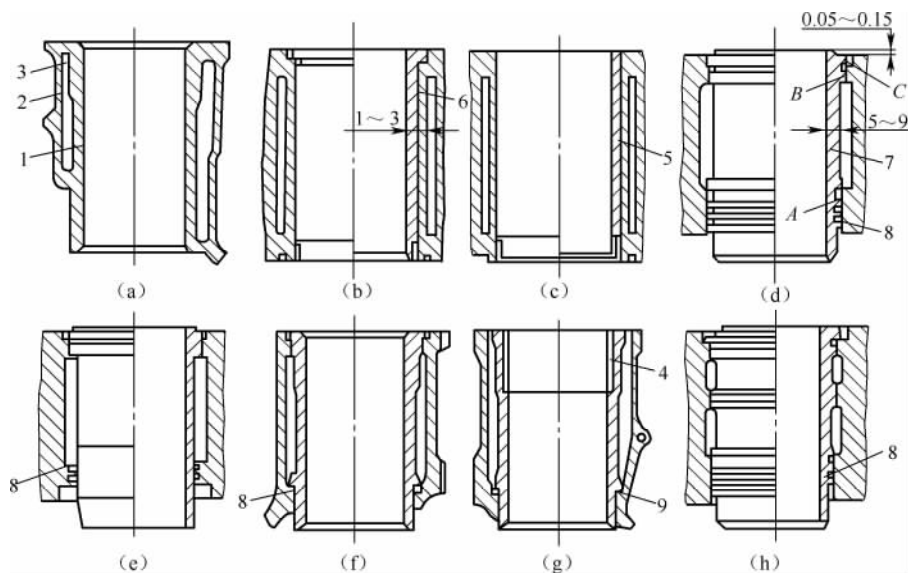


图 3-3 气缸套

1—气缸壁；2—冷却水套壁；3—冷却水套；4—上置半截缸套；5—干缸套；
6—可卸式干缸套；7—可卸式湿缸套；8—橡胶密封圈；9—铜密封圈

2. 干式气缸套

干式气缸套外壁不直接与冷却液接触,而和气缸体的壁面直接接触,壁厚较薄,一般为1~3mm(见图3-3(b),(c))。它具有整体式气缸体的优点,其强度和刚度都较好,但加工比较复杂,内、外表面都需要进行精加工,拆装不方便,散热不良。

3. 湿式气缸套

湿式气缸套与冷却水直接接触,壁厚一般为5~9mm(见图3-3(d)~(h))。缸套的外表面有两个保证径向定位的凸出圆环带B和A(见图3-3(d)),分别称为上支承定位带和下支承密封带。缸套的轴向定位是利用上端的凸缘C(见图3-3(d))。为了密封气体和冷却水,有的缸套凸缘C下面还装有纯铜垫片(见图3-3(h))。大多数湿式气缸套装入座孔后,通常缸套顶面略高出气缸体上平面0.05~0.15mm。这样,当紧固气缸盖螺栓时,可将气缸盖衬垫压得更紧,以保证气缸的密封性,防止冷却液和气缸内的高压气体窜漏。湿式气缸套的优点是在气缸体上没有密闭的水套,因而铸造方便,容易拆卸更换,冷却效果也较好;其缺点是气缸体的刚度差,易于漏气、漏水。湿式气缸套广泛应用于汽车柴油机。

3.1.1.3 气缸冷却方式

有的气缸不是采用冷却液冷却,而是采用风冷却(见图3-4)。在气缸体和气缸盖外表面铸有许多散热片,以增加散热面积,其结构简单,但冷却效果差。现代汽车发动机基本采用冷却液冷却。

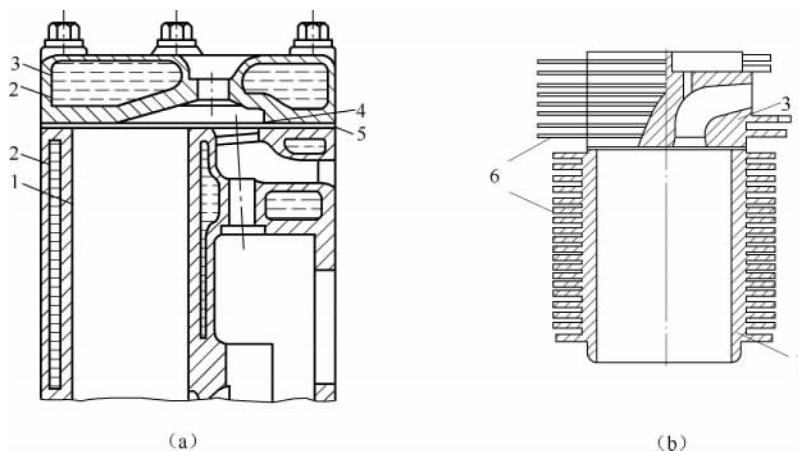


图 3-4 气缸体和气缸盖

(a) 水冷式发动机气缸体和气缸盖；(b) 风冷式发动机气缸体和气缸盖

1—气缸体；2—水套；3—气缸盖；4—燃烧室；5—气缸垫；6—散热片

3.1.2 气缸盖

3.1.2.1 气缸盖的功用

气缸盖安装在气缸体上面,从上部密封气缸。气缸盖下端面与活塞顶部和气缸壁一起构成燃烧室。它经常与高温高压燃气相接触,因此承受很大的热负荷和机械负荷。水冷发动机的气缸盖内部铸有冷却水套,缸盖下端面的冷却水孔与缸体的冷却水孔相通,利用循环水来冷却燃烧室等高温部分。

气缸盖上还装有进、排气门座和气门导管孔,用于安装进、排气门,还有进、排气道等。汽油机的气缸盖上加工有安装火花塞的孔,柴油机的气缸盖上加工有安装喷油器的孔。顶置凸轮轴式发动机的气缸盖上还加工有凸轮轴轴承孔。

气缸盖形状复杂,一般采用灰铸铁或合金铸铁铸成。铝合金的导热性好,有利于提高压缩比,所以近年来铝合金气缸盖越来越多。

气缸盖分单体式、块状和整体式 3 种。单体式气缸盖只覆盖一个气缸,块状气缸盖能覆盖部分(两个以上)气缸,整体式气缸盖能覆盖所有气缸。

3.1.2.2 燃烧室

气缸盖是燃烧室的组成部分,燃烧室的形状对发动机的工作影响很大。由于汽油机和柴油机的燃烧方式不同,燃烧室差别较大。

1. 汽油机的燃烧室

汽油机的燃烧室主要位于气缸盖中,目前常见的有以下 5 种形式,如图 3-5 所示。

1) 楔形燃烧室

楔形燃烧室的形状像楔块(见图 3-5(a)),其结构较简单、紧凑,散热面积小,热量损失

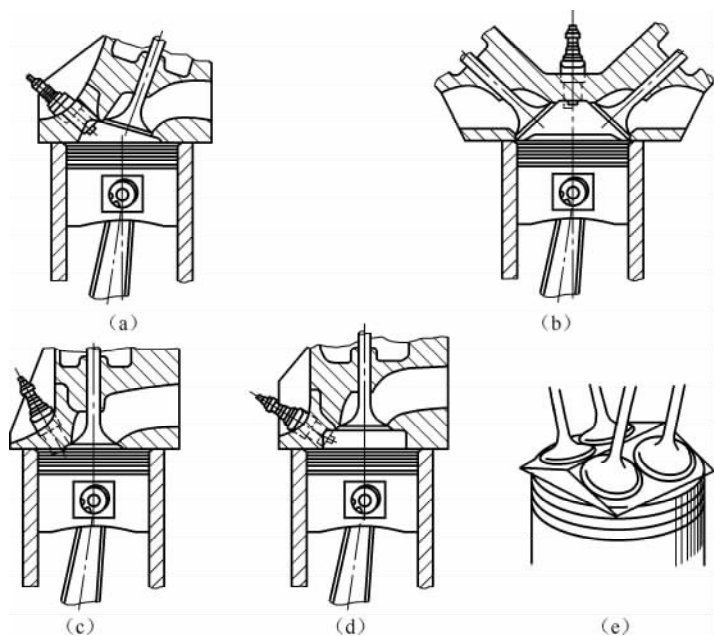


图 3-5 汽油机燃烧室形状

(a) 楔形；(b) 半球形；(c) 碗形；(d) 盆形；(e) 篷形

少,在压缩终了时能形成挤气涡流,有利于提高可燃混合气质量。但火花塞位于燃烧室高处,火焰传播距离较长;存在较大的激冷面积,对 HC 排放不利。

2) 半球形燃烧室

半球形燃烧室结构较楔形燃烧室更紧凑(见图 3-5(b)),火花塞位于中间,火焰传播距离最短,有利于燃烧,但因进、排气门分别置于缸盖两侧,故使配气机构比较复杂。由于其散热面积小,有利于促进燃料的完全燃烧和减少排气中的有害气体,故现代发动机上用得较多。

3) 碗形燃烧室

碗形燃烧室布置在活塞中的一个回转体上(见图 3-5(c)),采用平底气缸盖,工艺性好;但燃烧室在活塞顶内使活塞的高度与质量增加,同时活塞的散热性也差。

4) 盆形燃烧室

盆形燃烧室结构较简单(见图 3-5(d)),燃烧速度快,热效率较高,制造工艺性好,成本低,便于维修;但不够紧凑,进、排气效果较差。

5) 篷形燃烧室

篷形燃烧室性能与半球形相似(见图 3-5(e)),易实现多气门布置,组织缸内气流进行挤气运动要比半球形容易,燃烧室也可全部加工。

2. 柴油机的燃烧室

柴油机压缩比较大,与汽油机相比柴油机燃烧室结构较为紧凑。柴油机可燃混合气的形成与燃烧主要是在燃烧室内进行,因此燃烧室结构对混合气的形成与燃烧具有直接影响作用。

柴油机燃烧室可分为两大类：统一式燃烧室和分隔式燃烧室。根据活塞顶部凹坑的深浅不同，统一式燃烧室有浅盆形、 ω 形、球形等几种类型，如图 3-6 所示。

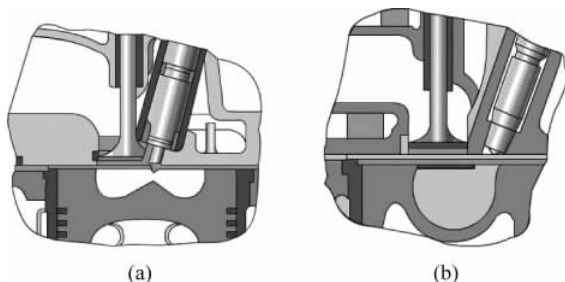


图 3-6 燃烧室形状

(a) ω 形燃烧室；(b) 球形燃烧室

1) 浅盆形燃烧室

浅盆形燃烧室的混合气形成方式属于“油找气”的空间混合方式。主要依靠燃油的喷射，油束与燃烧室形状的良好配合可以使燃油尽可能地均匀分布在整個燃烧室空间，对燃油喷射系统的要求很高，采用多喷孔的孔式喷油器和较高的喷油压力(100MPa 以上)，一般只有很弱的涡流。

浅盆形燃烧室的优点是：不依靠空气的流动来形成混合气，所以散热损失和流动损失均很小，雾化质量好，燃烧迅速，经济性好，容易起动。浅盆形燃烧室的缺点是：会在着火延迟期内形成较多的可燃混合气，造成最高燃烧压力和压力升高率很高，工作粗暴，燃烧温度高， NO_x 生成量多，排气温度高，噪声、振动及机械负荷均较大。浅盆形燃烧室适用于缸径较大($\geq 140\text{mm}$)、转速较低($\leq 2000\text{r/min}$)的柴油机。

2) ω 形燃烧室

ω 形燃烧室的混合气形成方式属于较均匀的“油气相互运动”的空间混合方式。利用燃油喷射和空气运动(以进气涡流为主，挤流为辅)两方面的作用形成混合气。

ω 形燃烧室的优点是：能够利用油与气的相互运动，形成均匀的油气混合气，空气利用率较高；可以在较小过量空气系数下实现完全燃烧，并且可以满足车用高速柴油机混合气形成以及燃烧速度更高的要求，燃油消耗率较低，起动性很好。 ω 形燃烧室的缺点是：空气运动强度对转速变化敏感，涡流强度过高或过低会造成油束的贯穿过度或不足，极大地影响混合气的形成和燃烧。 ω 形燃烧室常用于缸径 80~140mm、转速低于 4500r/min 的柴油机。

3) 球形燃烧室

球形燃烧室的混合气形成是以油膜蒸发为主。喷油器沿着球形燃烧室的壁面喷射，燃油喷涂在燃烧室壁面形成油膜。为了保证形成很薄、厚度均匀的油膜，需要很强的空气涡流运动。在强烈的涡流运动和适宜的壁面温度控制下，油膜按照蒸发、被气流卷走、混合、燃烧的顺序进行混合燃烧的过程。

球形燃烧室的优点是：空气利用率高，混合均匀，正常燃烧过量空气系数可降至 1.1；如果匹配良好，可以使发动机工作柔和，噪声低，碳烟和 NO_x 生成量少，动力性能和燃油经济性均较好。球形燃烧室的缺点是：冷起动性能差，随着工况的变化发动机动力性变化很

大；并且由于对涡流强度要求高，因而燃烧室的制造工艺性要求也很高。

3.1.3 气缸垫

气缸垫安装在气缸盖和气缸体之间，它的功用是保证气缸盖与气缸体接触面的密封，防止漏气、漏水和漏油。目前，应用较多的是金属-石棉结构的气缸垫（见图 3-7(a)~(d)），有的采用实心有弹性的金属片作为气缸垫（见图 3-7(e)），以适应发动机强化的要求。

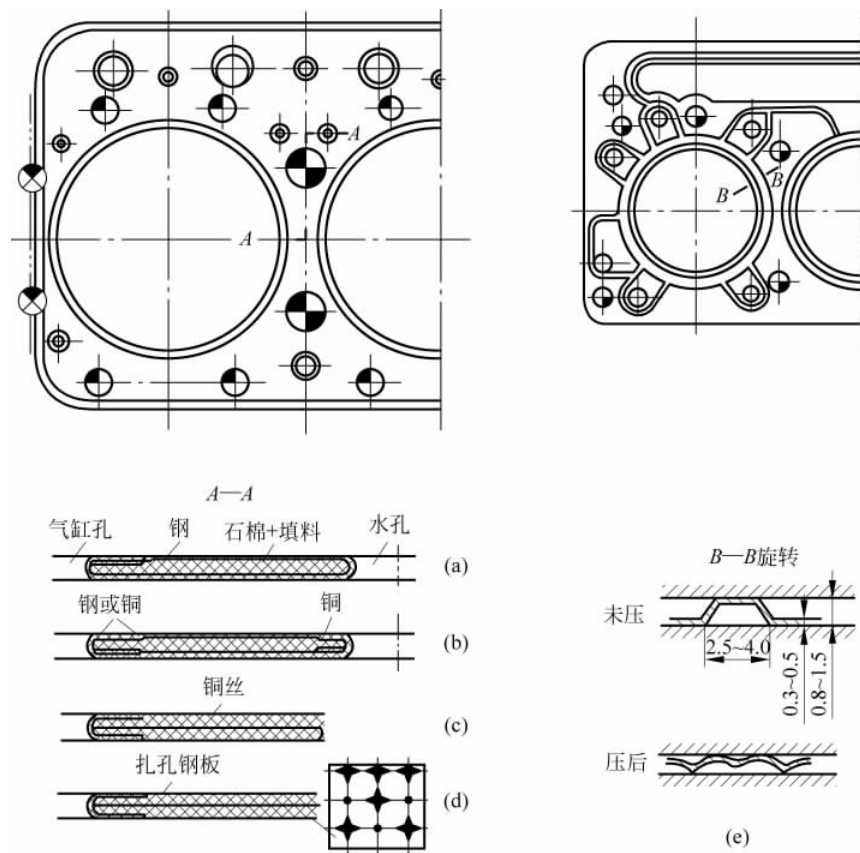


图 3-7 气缸垫

(a)~(d) 金属-石棉气缸垫；(e) 冲压钢板气缸垫

安装气缸垫时，应注意将光滑的一面朝向气缸体，否则容易被高压气体冲坏。所有气缸垫上的孔要和气缸体上的孔对齐。要严格按照说明书上的要求安装气缸盖螺栓。拧紧气缸盖螺栓时，必须按由中央对称地向四周扩展的顺序分 2~3 次进行，最后一次拧紧到规定的力矩。

3.1.4 油底壳

油底壳（见图 3-8）是曲轴箱的下半部，又称为下曲轴箱。它的主要作用是储存机油和

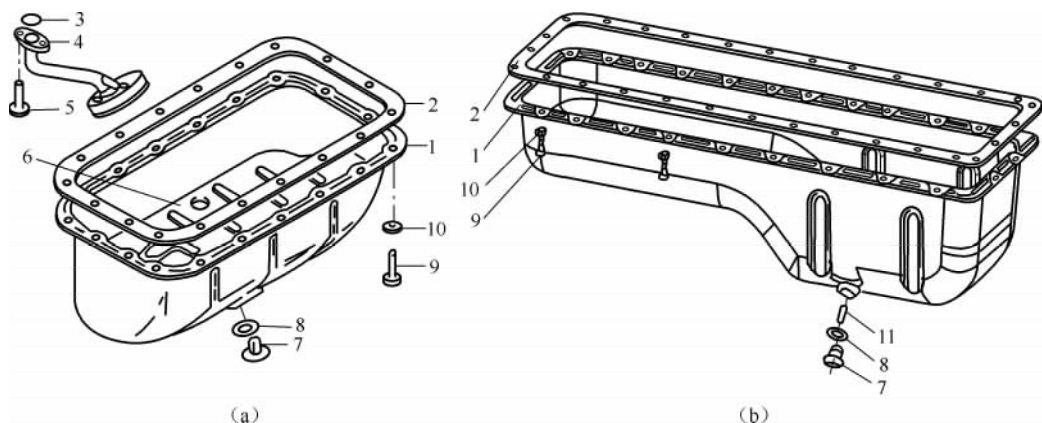


图 3-8 油底壳

1—油底壳；2—垫片；3—橡胶垫片；4—机油集滤器；5、9—螺钉；6—挡油板；
7—放油螺塞；8—密封垫圈；10—平垫圈；11—放油螺塞磁铁

封闭曲轴箱。

油底壳多由薄钢板冲压而成，内部装有稳油挡板，以避免汽车颠簸时造成油面波动过大。为了保证在发动机纵向倾斜时机油泵能经常吸到机油，采用集中储油的方法。油底壳后部一般做得较深(见图 3-8(b))。油底壳底部还装有放油螺塞，通常放油螺塞上装有永久磁铁，以吸附润滑油中的金属屑，减少发动机的磨损。在上、下曲轴箱接合面之间装有衬垫，以防止润滑油泄漏。

3.1.5 发动机的支承

发动机一般通过机体和飞轮壳支承在车架上。发动机的支承方法一般有三点支承和四点支承两种，如图 3-9 所示。三点支承可布置成前—后二或前二后一，四点支承一般是前后端各两点。

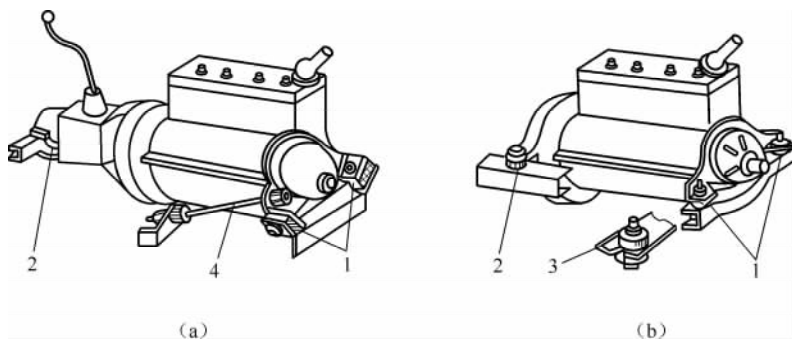


图 3-9 发动机的支承

(a) 三点支承；(b) 四点支承

1—前支承；2—后支承；3—橡胶垫；4—纵向拉杆

发动机在车架上的支承是弹性的(如橡胶等),以消除汽车行驶中车架的扭转变形对发动机的影响,减小传给底盘和乘员的振动和噪声。

3.1.6 机体组件实践训练

3.1.6.1 实践目的

通过机体组件实践训练,使学生快速熟悉机体组件的组成及类别形式,掌握机体组件各部件名称、作用和结构特点。进一步熟悉汽车发动机机体组件的内部构造。

3.1.6.2 实践准备

1. 课时安排

1 课时。

2. 实践设备

发动机机体组件总成一套。

3.1.6.3 实践内容及要求

通过对提供的机体组件总成结构认知,要求学生掌握机体组件每一个组成部分的结构名称、结构特点、类型。

1. 机体组件结构认知

实践项目要求:

(1) 能够准确识别发动机机体组件中气缸体、气缸盖、气缸盖罩、气缸衬垫、主轴承盖以及油底壳,熟悉各组件的组成结构。

(2) 能够熟练分析发动机机体组件各部件类型。主要包括气缸体结构类型、气缸套类型、发动机燃烧室形式、气缸衬垫标记、油底壳形式等。

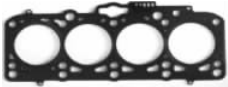
2. 实践记录

(1) 请在表 3-1 中填写图标的名称和功用。

表 3-1 机体组件实物认知

图 标	名 称	功 用
		

续表

图 标	名 称	功 用
		
		
		
		

(2) 根据实践设备识别机体组件参数,并填写表 3-2。

表 3-2 机体组件结构参数

发动机型号	
气缸盖材料	
气缸套类别形式	
气缸体结构形式	
燃烧室结构形式	
气缸的排列形式	
油底壳是否有导流板	
气缸罩盖上是否安装 PCV 阀	
气缸衬垫是否有安装标记,朝上或朝下	