

项目 1

发动机总体构造

学习目标

- ☞ 掌握发动机的结构；
- ☞ 了解内燃机的编号规则；
- ☞ 理解发动机常用术语的基本概念；
- ☞ 掌握四冲程发动机的工作原理；
- ☞ 能区分四冲程汽油机与四冲程柴油机工作循环的异同点；
- ☞ 能叙述二冲程发动机工作循环的特点。

任务 1.1



发动机的基本知识

一、发动机的概念

通俗来讲,发动机就是发出动力的机器,是汽车的“心脏”、汽车动力的源泉,是将一种能量(热能、电能、太阳能等)转变为机械能的装置,汽车发动机如图 1-1 所示。

目前,大部分汽车采用的是内燃机。它将燃料燃烧产生的热能转变为机械能,通过飞轮向外输出动力,并通过底盘的传动系统和行驶系统驱动汽车行驶。

内燃机的特点是将液体或气体燃料在发动机气缸外部或内部均匀混合后,最终在气缸内部燃烧而产生热能,然后转变成机械能。

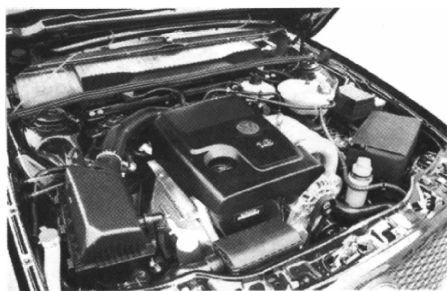


图 1-1 汽车发动机

内燃机具有质量轻、体积小、热效率高、便于移动及起动性能好等优点,因而广泛应用在飞机、舰船、汽车、拖拉机及坦克上。但一般要求内燃机使用石油燃料,同时排出的废气中所含有害气体成分较高。

内燃机根据其将热能转化为机械能的主要构件的结构形式不同可分为活塞式内燃机和燃气轮机两大类。

活塞式内燃机可按活塞运动方式分为往复式(见图 1-2)和旋转活塞式(见图 1-3)两种。目前,汽车上广泛采用的是往复式活塞式内燃机。



图 1-2 往复式活塞式内燃机

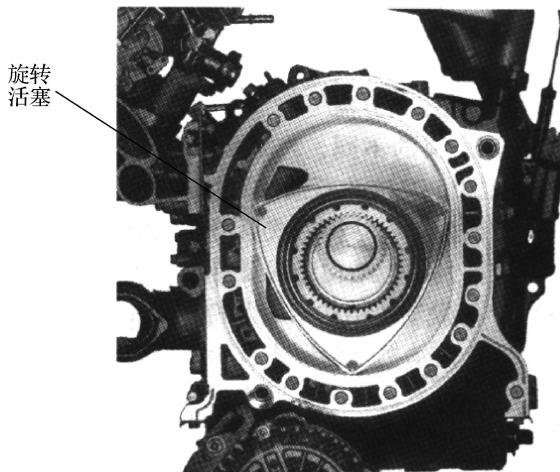


图 1-3 旋转活塞式内燃机

二、发动机的结构

汽车发动机是一部由许多机构和系统组成的复杂机器,它将燃料与空气混合,使混合气在气缸内燃烧,将热能转变为机械能,为汽车行驶提供动力。现代汽车发动机的结构形式很多,即使是同一类的发动机,其具体结构也是多种多样的。汽油机通常由两大机构和五大系统组成,柴油机由两大机构和四大系统组成。

1. 机体-曲轴连杆机构

(1) 机体。发动机的机体组包括气缸盖、气缸体及油底壳。有的发动机将气缸体分铸成上下两部分,上部称为气缸体,下部称为曲轴箱。机体的作用是作为发动机气缸各机构、各系统的装配基体,而且其本身的许多部分又分别是曲轴连杆机构、配气机构、供给系统、冷却系统和润滑系统的组成部分。气缸盖和气缸体的内壁共同组成燃烧室的一部分,是承受高温、高压的机件。在进行结构分析时,常把机体组列入曲柄连杆机构。

(2) 曲柄连杆机构。曲柄连杆机构包括活塞、连杆及带有飞轮的曲轴等。曲柄连杆机构

是将活塞的直线往复运动转变为曲轴的旋转运动并输出动力的机构。

2. 配气机构

配气机构包括进气门、排气门、摇臂、气门间隙调节器、凸轮轴及凸轮轴定时带轮(由曲轴定时带轮驱动)。其作用是使可燃混合气及时充入气缸,并及时从气缸排出废气。

3. 燃料供给系统

燃料供给系统包括燃油箱、燃油泵、燃油滤清器、空气滤清器、进气管、排气管及排气消声器等。其作用是将汽油和空气混合成成分合适的可燃混合气供入气缸以支持燃烧,并将燃烧生成的废气排出发动机。

4. 润滑系统

润滑系统包括机油泵、机油集滤器、限压阀、润滑油道及机油滤清器等。其作用是将润滑油供给做相对运动的零件,以减少它们之间的摩擦阻力,减轻机件的磨损,并部分地冷却摩擦零件,清洗摩擦表面。

5. 冷却系统

冷却系统主要包括水泵、散热器、风扇、分水管及气缸体和气缸盖里铸出的空腔(水套)等。其作用是将受热机件的热量散到大气中去,以保证发动机的正常工作。

6. 点火系统

点火系统的作用是保证按规定时刻及时点燃气缸中被压缩的混合气。点火系统包括供给低压电流的蓄电池和发动机,以及分电器、点火线圈及火花塞等。

7. 起动系统

起动系统包括起动机及附属装置,用于使静止的发动机起动。

车用汽油机一般都由上述两个机构和五个系统组成。车用柴油机一般都由除点火系统之外的其他机构及系统组成。

三、发动机的分类

汽车用发动机可以按使用燃料种类、行程、冷却方式、气缸数目及气缸排列方式等不同进行分类。

1. 按使用燃料种类分类

按使用燃料的不同,汽车发动机可以分为汽油发动机、柴油发动机、CNG(压缩天然气)发动机、LPG(液化石油气)发动机和双燃料发动机。

(1)汽油发动机结构形式如图 1-4 所示。汽油发动机转速高,噪声小,起动容易,制造成本低。

(2)柴油发动机结构形式如图 1-5 所示。柴油发动机压缩比大,热效率高,经济性能和排放性能都比汽油机好。

(3)CNG 发动机结构形式如图 1-6 所示。其使用压缩天然气为燃料,天然气的主要成分为甲烷,燃烧后生成二氧化碳和水,是一种非常安全环保的能源。

(4)LPG 发动机结构形式如图 1-7 所示。其使用液化石油气(LPG)为燃料。液化石油气具有热值高,燃烧充分,排气中一氧化碳、碳氢化合物和硫化物含量低等特点。

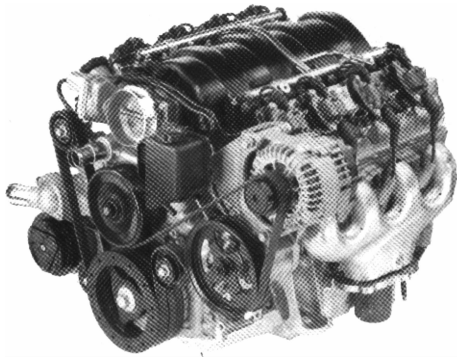


图 1-4 汽油发动机结构形式

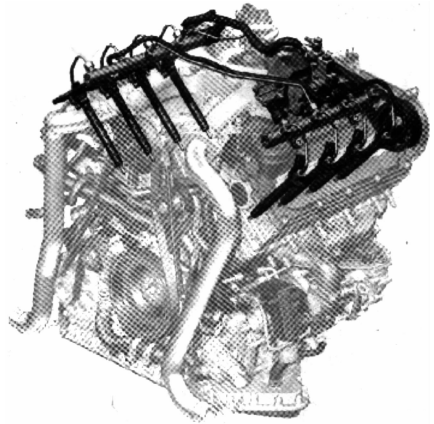


图 1-5 柴油发动机结构形式

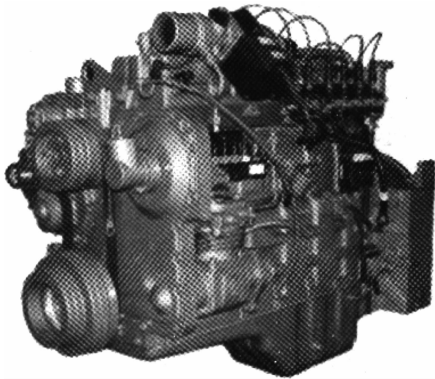


图 1-6 CNG 发动机结构形式

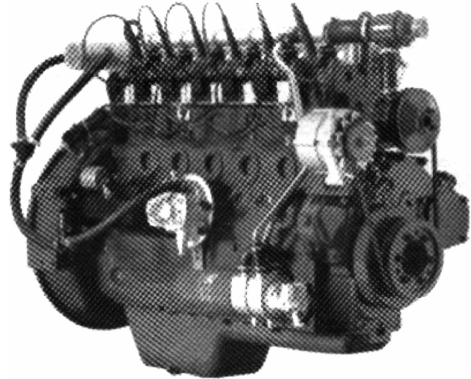


图 1-7 LPG 发动机结构形式



图 1-8 双燃料发动机结构形式

(5)双燃料发动机结构形式如图 1-8 所示。双燃料发动机可同时使用两种燃料的内燃机,如氢/汽油发动机、LPG/汽油发动机及 CNG/汽油发动机等。

2. 按行程分类

按发动机工作行程的不同,汽车发动机可分为四冲程发动机和二冲程发动机,如图 1-9(a)、(b)所示。

曲轴转两圈(720°),活塞在气缸内上下往复运动四个行程,完成一个工作循环的内燃机称为四冲程发动机。汽车发动机广泛采用四冲程发动机。其做功间隔时间长,但进、排气过程分界明显,利于制成多缸,且运转平稳。

曲轴转一圈(360°),活塞在气缸内上下往复运

动两个行程,完成一个工作循环的内燃机称为二冲程发动机。其做功间隔时间短,但进、排气过程分界不明显,不利于制成多缸,且运转不够平稳。二冲程发动机在摩托车上使用较多。

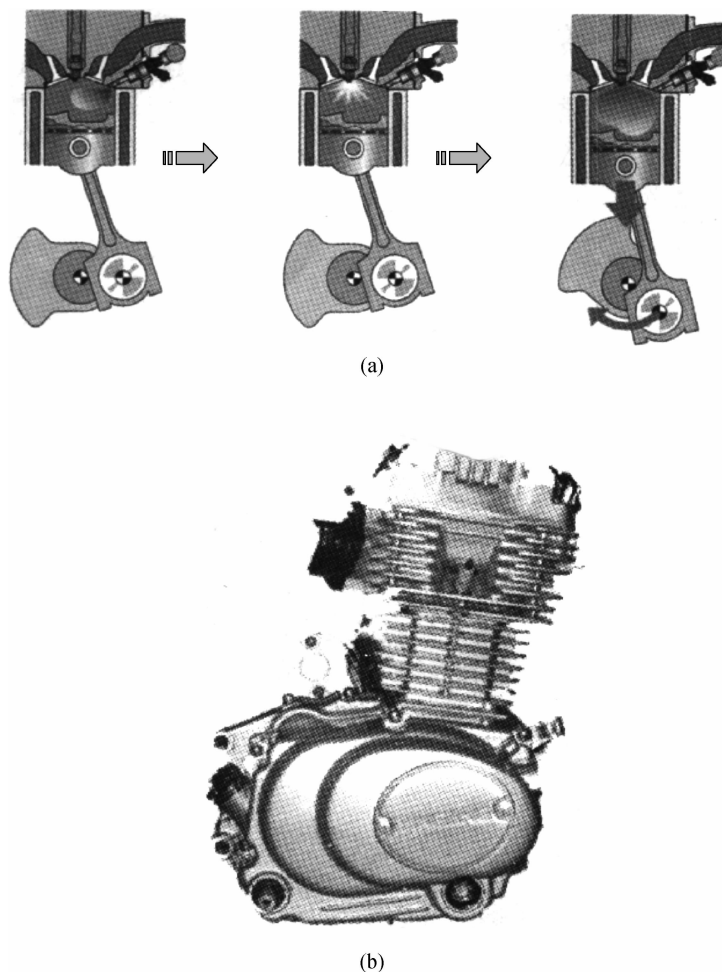


图 1-9 按行程分类的发动机
(a)四冲程发动机 (b)二冲程发动机

3. 按冷却方式分类

按冷却方式不同,发动机可分为水冷式发动机和风冷式发动机。

(1)水冷式发动机。水冷式发动机的气缸及气门周围有水套,其使用水作为冷却液,利用水将热量经水箱散发于空气中,大部分发动机均采用此形式,如图 1-10 所示。

(2)风冷式发动机。风冷式发动机的气缸周围装有很多散热片,以风扇、鼓风机或自然通风的方式使空气流过散热片四周,将发动机热量带走,一般小型发动机采用此种方式较多,如图 1-11 所示。

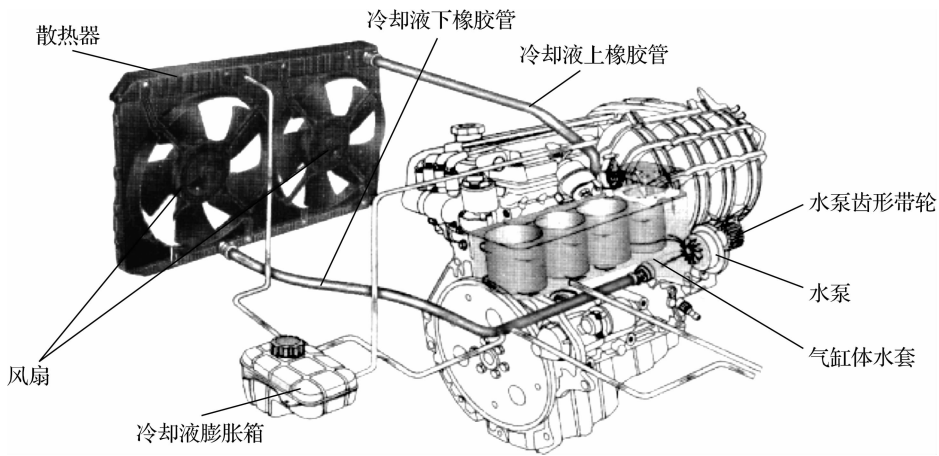


图 1-10 水冷式发动机

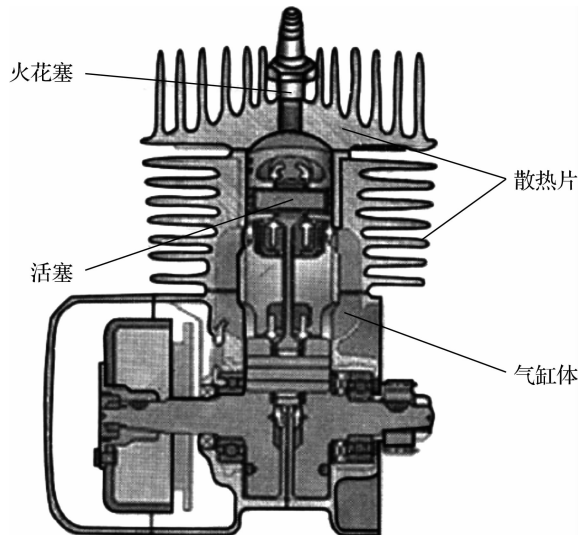


图 1-11 风冷式发动机

4. 按气缸排列方式分类

按气缸的布置(排列)方式不同,汽车发动机可分为直列式、斜置式、V形、对置式和W形五种常见形式。

(1)直列式发动机结构形式如图 1-12 所示。其优点是缸体和曲轴结构简单,比较紧凑,可以使用一个气缸盖,制造成本较低。直列式发动机稳定性高,低速转矩特性好,并且燃料消耗也较少,但机体较高,纵向稳定性稍差。

(2)斜置式发动机结构形式如图 1-13 所示。其优点是机体较矮,纵向稳定性较好,检修方便。但其设计制造比较复杂,横向稳定性稍差,且容易出现偏磨现象。

(3)V形发动机结构形式如图 1-14 所示。V形发动机机体较矮,曲轴长度短,刚性好,不易变形。气缸对向布置,可抵消一部分振动,使发动机运转更平顺、更稳定,且噪声低。但

其结构复杂,设计制造困难,维修成本高。

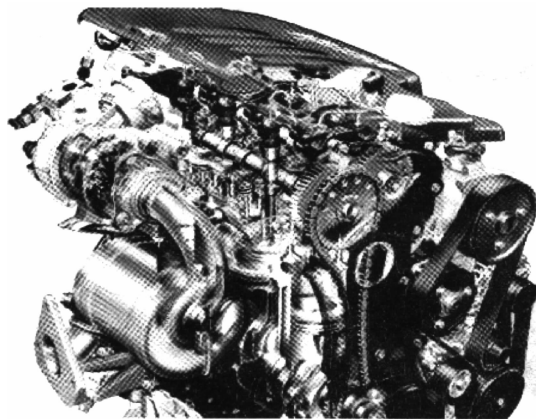


图 1-12 直列式发动机结构形式



图 1-13 斜置式发动机结构形式

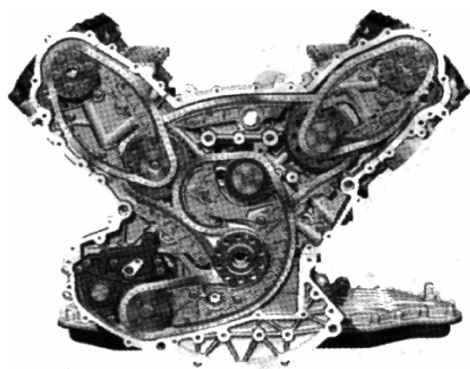


图 1-14 V形发动机结构形式

(4)对置式发动机结构形式如图 1-15 所示。对置式发动机活塞平均分布在曲轴两侧,在水平方向上左右运动,使发动机的整体高度降低、长度缩短、整车的重心降低,车辆行驶更加平稳。发动机安装在整车的中心线上,两侧活塞产生的惯性力矩相互抵消,大大降低车辆在行驶中的振动,使发动机转速得到很大提升,噪声较低。

(5)W形发动机结构形式如图 1-16 所示。其可使发动机做得更短一些,曲轴也更短些,这样就能节省发动机所占的空间,同时质量也可轻些。但它的宽度更大,使得发动机室更满,且结构更复杂,设计制造更困难,维修成本更高。W形发动机一般用于高档轿车、SUV、MPV 和一些跑车上。

5. 按气缸数目分类

按发动机气缸体气缸数目的不同,发动机可分为单缸发动机、双缸发动机及多缸发动机。如图 1-17 所示,分别列举了直列四缸、五缸、六缸发动机,V形六缸、八缸、十二缸发动机及 W形十二缸发动机。

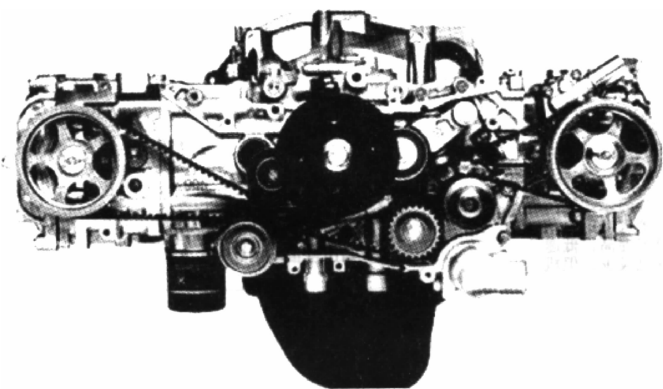


图 1-15 对置式发动机结构形式

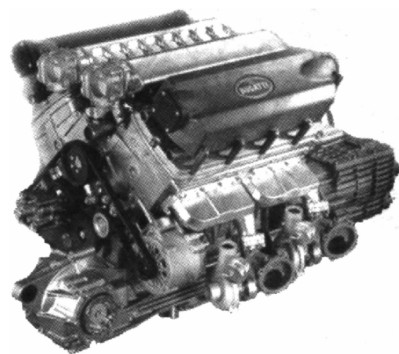


图 1-16 W形发动机结构形式

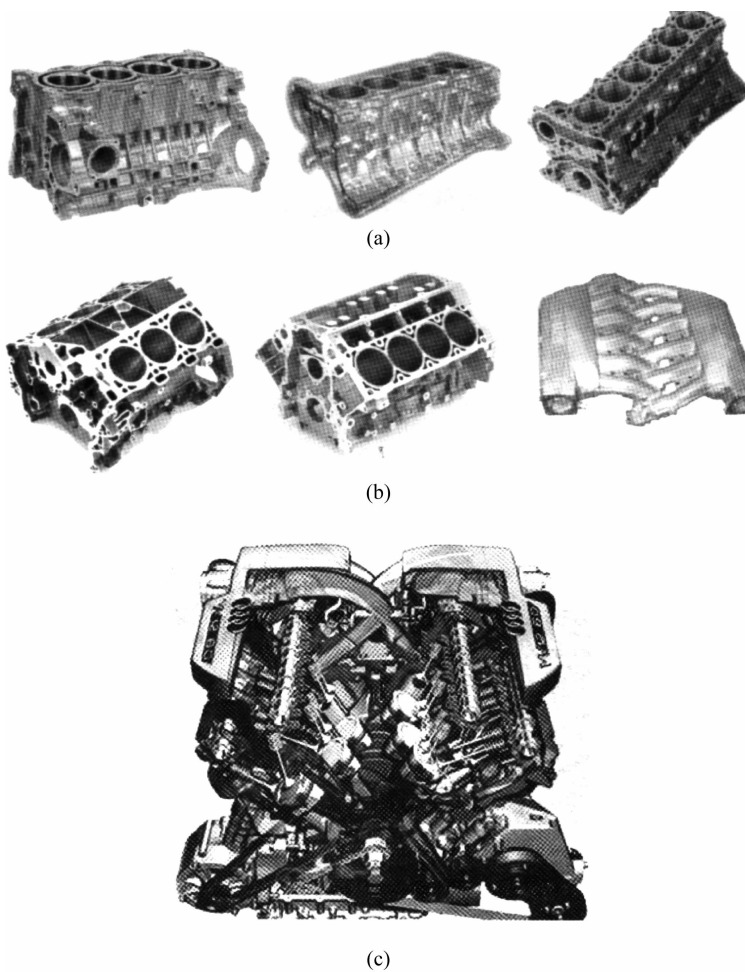


图 1-17 按气缸数目分类的发动机

(a) 直列四缸、五缸、六缸发动机 (b) V形六缸、八缸、十二缸发动机 (c) W形十二缸发动机

6. 按进气系统有无增压装置分类

按进气系统有无增压装置,发动机可分为自然吸气(非增压式)发动机和强制进气(增压式)发动机,分别如图 1-18 和图 1-19 所示。

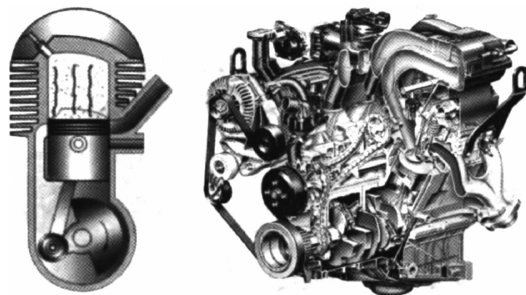


图 1-18 自然吸气发动机

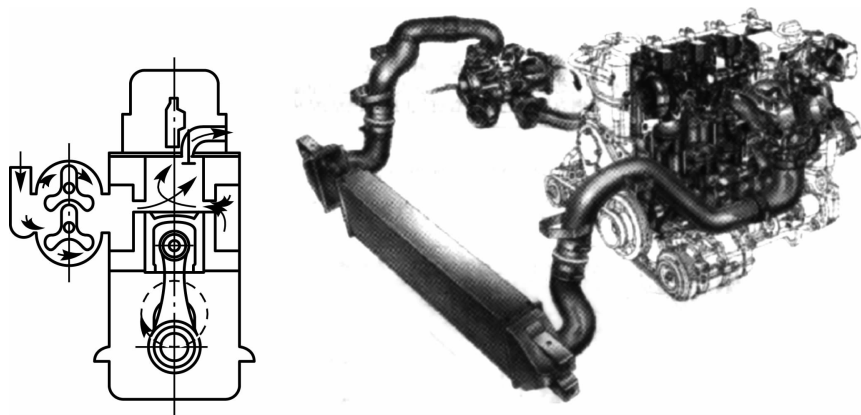


图 1-19 强制进气发动机

7. 按供油方式分类

按供油方式不同,汽油发动机还可分为化油器式发动机、电喷式发动机(又可分为缸外喷射式和缸内直喷式两种)等几种。

(1)化油器式发动机结构形式如图 1-20 所示。化油器式发动机具有利用进气负压吸取燃油的化油器结构和利用各种节流、卸压原理调节出油浓度的供油结构。其机械结构比较简单,肉眼可见,便于户外维修。但该化油器工作灵敏度差,一旦反应不及时,混合气浓度就不均匀。化油器式发动机的加速性、经济性和环保性均较差,目前已不再生产,只见于一些老式汽油发动机汽车上。

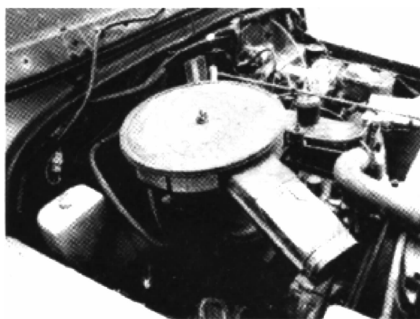


图 1-20 化油器式发动机结构形式

(2)缸外喷射式电喷发动机结构形式如图 1-21 所示。缸外喷射式电喷发动机使用多个

传感器测量进气流量与温度、发动机转速与负荷,用计算机来控制燃油输出量和点火角,电磁柱塞泵主动喷射燃油,实现自动化控制发动机运转,这样可以达到很精细的控制效果,节油环保效果比较显著。本例为缸外进气歧管进气门前喷射式结构。

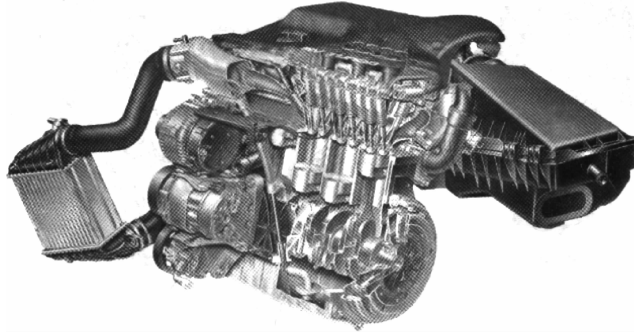


图 1-21 缸外喷射式电喷发动机结构形式

(3)缸内直喷式电喷发动机结构形式如图 1-22 所示。缸内直喷式电喷发动机的喷油器安装在气缸内,直接将燃油喷入气缸内,与空气混合。喷射压力也进一步提高,使燃油雾化更加细致,真正实现了精准地按比控制喷油,并与空气混合,消除了缸外喷射造成的燃油损失和产生的进气阻力。

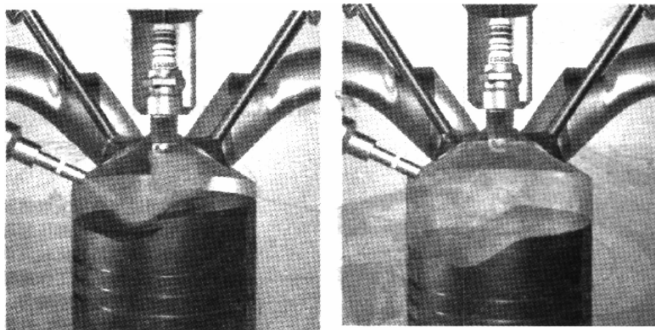


图 1-22 缸内直喷式电喷发动机结构形式

四、发动机中涉及的专业术语

汽车往复式活塞式发动机中涉及活塞行程、上止点、下止点、燃烧室容积、气缸工作容积、发动机排量、气缸总容积及压缩比等术语。

(1)活塞行程。活塞行程指活塞从一个止点到另一个止点时所走过的距离。

(2)上止点。上止点指活塞顶在气缸内的最高位置,即活塞顶部距离曲轴旋转中心最远的位置。

(3)下止点。下止点指活塞顶在气缸内的最低位置,即活塞顶部距离曲轴旋转中心最近的位置。

(4)燃烧室容积。燃烧室容积指活塞位于上止点时其顶部与气缸盖之间的容积,一般用 V_c 表示。

(5)气缸工作容积。气缸工作容积指活塞从一个止点运动到另一个止点时所扫过的容积,一般用 V_h 表示。

(6)发动机排量。发动机排量指多缸发动机各缸工作容积的总和。发动机排量与轿车等级的划分如表 1-1 所示。

表 1-1 发动机排量与轿车等级的划分

轿车等级	发动机排量/L	轿车等级	发动机排量/L
微型轿车	排量不大于 1.0	中高级轿车	2.5 小于排量不大于 4.0
普及型轿车	1.0 小于排量不大于 1.6	高档轿车	排量大于 4.0
中级轿车	1.6 小于排量不大于 2.5		

(7)气缸总容积。气缸总容积指活塞位于下止点时其顶部与缸壁及气缸盖之间所构成的容积。其容积为燃烧室容积和气缸工作容积之和,一般用 V_a 表示。

(8)压缩比。压缩比指气缸总容积与燃烧室容积之比,一般用 ϵ 表示。

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c}$$

通常,汽油机的压缩比为 6~10,柴油机的压缩比为 16~22。压缩比越高表明气体在气缸内被压缩到终了时,其温度和压力就越高,发动机功率就越大。

注意:若汽油机压缩比太高,则容易发生爆燃;若柴油机压缩比太低,则发动机很难起动。

(9)发动机工作循环。发动机每连续依次完成进气、压缩、做功和排气四个工作过程一次,称为发动机的一个工作循环。

五、汽车技术参数

汽车主要技术参数如图 1-23 所示。

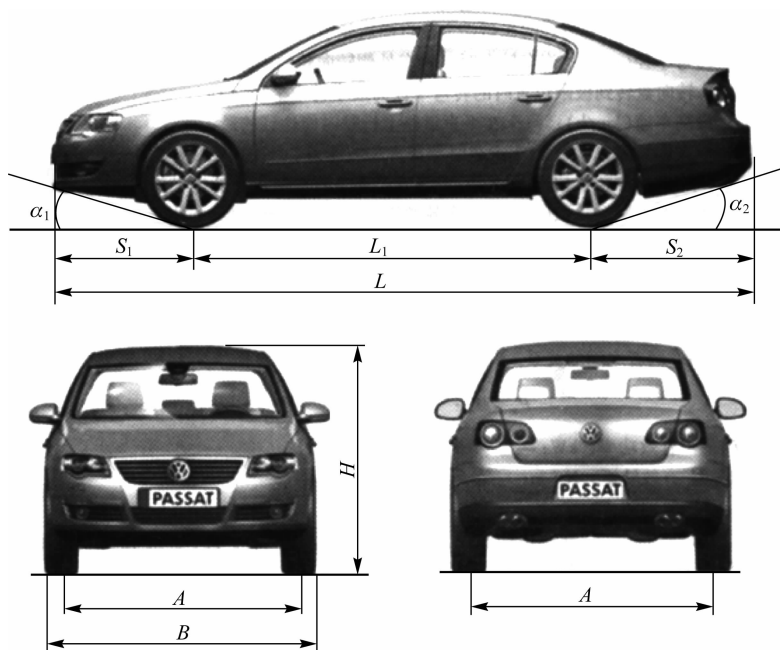


图 1-23 汽车主要技术参数

(1)整车装备质量。整车装备质量指汽车完全装备好的质量,包括润滑油脂、燃料、随车工具及备胎等所有装置的质量。

- (2)最大总质量。最大总质量指汽车满载时的总质量。
- (3)最大装载质量。最大装载质量指汽车在道路上行驶时的最大装载质量。
- (4)最大轴载质量。最大轴载质量指汽车单轴所承载的最大总质量,与道路通过性有关。
- (5)车长(L)。车长指汽车长度方向两端点间的距离。
- (6)车宽(B)。车宽指汽车宽度方向两端点间的距离。
- (7)车高(H)。车高指汽车最高点至地面间的距离。
- (8)轴距(L_1)。轴距指汽车前轴中心至后轴中心的距离。
- (9)轮距(A)。轮距指同一车桥左右轮胎胎面中心线间的距离。
- (10)前悬(S_1)。前悬指汽车最前端至前轴中心的距离。
- (11)后悬(S_2)。后悬指汽车最后端至后轴中心的距离。
- (12)最小离地间隙。最小离地间隙指汽车满载时最低点至地面的距离。
- (13)接近角(α_1)。接近角指汽车前端突出点向前轮引的切线与地面的夹角。
- (14)离去角(α_2)。离去角指汽车后端突出点向后轮引的切线与地面的夹角。
- (15)转弯半径。转弯半径指汽车转向时汽车外侧转向轮的中心平面在车辆支承平面上的轨迹圆半径。转向盘转到极限位置时的转弯半径称为最小转弯半径。
- (16)最高车速。最高车速指汽车在平直道路上行驶时能达到的最大速度。
- (17)最大爬坡度。最大爬坡度指汽车满载时的最大爬坡能力。
- (18)平均燃料消耗量。平均燃料消耗量指汽车在道路上行驶时每千米平均燃料消耗量。
- (19)车轮数和驱动轮数。车轮数以轮毂数为计量依据, n 代表汽车的车轮总数, m 代表驱动轮数。

任务 1.2



内燃机的编号

一、内燃机的编号规则

1. 内燃机型号的排列顺序及符号意义

内燃机型号的排列顺序及符号的意义如图 1-24 所示。

X	G	4	直列	四冲程	91	水冷	Q	ME
系列符号	换代标志符号	缸数符号	气缸排列形式符号	冲程符号	缸径符号	结构特征符号	用途特征符号	区分符号

图 1-24 内燃机型号的排列顺序及符号的意义

为了便于内燃机的生产管理和使用,国家标准(GB/T 725—2008)《内燃机产品名称和型号编制规则》对内燃机的名称和型号做了统一规定。

(1)内燃机的名称和型号。

内燃机的名称均按使用的主要燃料命名,如汽油机、柴油机及煤气机等。

内燃机的型号由阿拉伯数字和汉语拼音字母组成。

(2)内燃机的型号由以下四部分组成(见图 1-25)。

①首部。首部为产品系列符号和换代标志符号,由制造厂根据需要自选相应字母表示,但需主管部门核准。

②中部。中部由缸数符号、气缸排列形式符号、冲程符号和缸径符号等组成。

③后部。后部为结构特征符号和用途特征符号,用字母表示。

④尾部。尾部为区分符号。同一系列产品因改进等需要区分时,由制造厂选用适当符号表示。

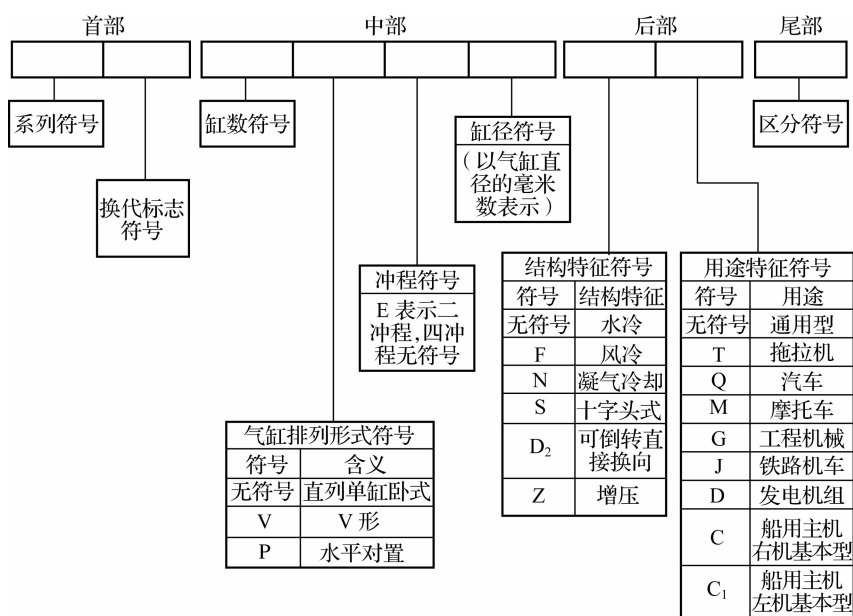


图 1-25 内燃机型号

2. 内燃机型号编制举例

内燃机型号编制示例如表 1-2 所示。

表 1-2 内燃机型号编制示例

汽油机		柴油机	
型号示例	意义	型号示例	意义
1E65F	单缸,二冲程,缸径为 65 mm,风冷通用型	195	单缸,四冲程,缸径为 95 mm,水冷通用型
4100Q	四缸,四冲程,缸径为 100 mm,水冷车用	165F	单缸,四冲程,缸径为 65 mm,风冷通用型

(续表)

汽油机		柴油机	
型号示例	意义	型号示例	意义
4100Q4	四缸,四冲程,缸径为 100 mm,水冷车用,第四种变型产品	495Q	四缸,四冲程,缸径为 95 mm,水冷车用
CA6102	六缸,四冲程,缸径为 102 mm,水冷通用型,CA 表示系列	6135Q	六缸,四冲程,缸径为 135 mm,水冷车用
8V100	八缸,四冲程,缸径为 100 mm,V形,水冷通用型	X4105	四缸,四冲程,缸径为 105 mm,水冷通用型,X 表示系列符号
TJ376Q	三缸,四冲程,缸径为 76 mm,水冷车用,TJ 表示系列符号		
CA488	四缸,四冲程,缸径为 88 mm,水冷通用型,CA 表示系列符号		

二、发动机有效性能指标和特性

1. 发动机有效性能指标

发动机有效性能指标主要用来评价发动机性能优劣和维修质量好坏。汽车发动机有效性能指标主要有动力性指标、经济性指标和排放性指标等。

(1) 动力性指标。动力性指标是指发动机有效转矩 M_e (曲轴输出转矩) 和有效功率 P_e (曲轴输出功率) 两者之间的关系。其关系式为

$$P_e = M_e \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} \times 10^{-3} = \frac{M_e n}{9\ 550}$$

式中, P_e 为有效功率(kW); M_e 为有效转矩(N·m); n 为曲轴转速(r/min)。

(2) 经济性指标。经济性指标主要用发动机燃油消耗率 g_e 表示。 g_e 指发动机每发出 1 kW 有效功率时所消耗的燃油量。燃油消耗率越小, 发动机经济性越好。其关系式为

$$g_e = \frac{1\ 000G_T}{P_e}$$

式中, g_e 为燃油消耗率[g/(kW·h)]; G_T 为发动机工作每小时燃油消耗量(kg/h); P_e 为有效功率(kW)。

2. 发动机特性

发动机特性是指发动机性能指标随调整情况和运转工况变化而变化的关系, 其变化规律曲线称为发动机特性曲线。发动机性能指标随调整情况而发生变化的关系称为调整特性, 随运转工况变化而发生变化的关系称为使用特性。下面主要介绍使用特性中常用的速度特性和负荷特性。

(1) 速度特性。发动机的速度特性曲线表示有效功率 P_e (kW)、有效转矩 M_e (N·m)、燃油消耗率 g_e [g/(kW·h)] 随发动机转速 n 变化而连续变化的表现。发动机的速度特性是在发动机制动试验台架上测出的。保持发动机在一定节气门开度的情况下稳定转速, 测取在这一工况下的有效功率、燃油消耗率等, 然后调整被测机载荷(转矩变化), 使发动机转速改变, 再测取另一转速下的有效功率、燃油消耗率等。按照一定转速间隔依次进行上述步骤, 就能测出在不同转速下的数值。将这些数值点连点组成连续曲线, 就产生了功率曲线、转矩曲线和燃油消耗率曲线, 它们与相

应的转速区域对应,如图 1-26 所示。

当调整特性为最佳状态时,节气门开度(喷油泵油量调节机构)位置固定不变,发动机有效功率 P_e 、有效转矩 M_e 和燃油消耗率 g_e 随发动机转速变化的关系称为发动机速度特性。当节气门开度最大(喷油泵油量调节机构达到标定功率的循环供油量位置)时,所得速度特性称为发动机外特性,在其他状况下所得的速度特性称为发动机部分负荷速度特性。

(2) 负荷特性。汽车发动机主要分为汽油机和柴油机两大类。汽油机是依靠节气门调节负荷的,因此,汽油机负荷特性又称为节流特性;柴油机是依靠改变喷油量来调节负荷的,通过喷油量变化改变混合气成分,因此,柴油机负荷特性又称为燃油调整特性。

由于发动机转速是经常变化的,需要测定发动机不同转速下的负荷特性,才能全面评价不同转速和不同负荷下发动机的燃油经济性。发动机负荷特性的读取试验须在试验台架上进行。以汽油机为例,起动发动机后逐渐开启节气门,直至最大;同时调节载荷使发动机在某一转速稳定运行,测定此工况下发动机的输出功率及燃油消耗率。然后关小节气门,调整载荷使发动机保持转速不变再测定。如此依次进行下去,直到发动机能保持稳定工作的最小节气门开度,得到不同负荷和转速下的燃油消耗率。不同转速下的发动机负荷特性曲线变化的趋势是相似的,只是具体数值不同。

汽油机负荷特性曲线如图 1-27 所示,开始起动时燃油消耗率 g_e 最大(需要浓混合气),但随着节气门逐渐开启负荷增大而 g_e 减少直至最低点,此时节气门接近全开。继续开大节气门, g_e 随之开始上升,呈现一条内凹抛物线。曲线 g_e 的最小值越低越好, g_e 随负荷的变化越平缓,发动机在不同负荷下工作的经济性越好。从曲线的形状可以分析出哪一个负荷区域是最经济的。

柴油机负荷特性曲线(见图 1-28)的走向特征与汽油机基本一致。但两者对比,柴油机的负荷特性曲线比较平坦,这也是柴油机比汽油机省油的重要原因。

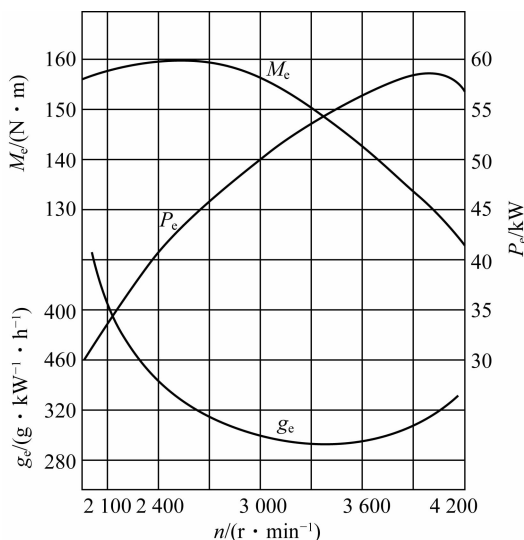


图 1-26 发动机速度特性曲线

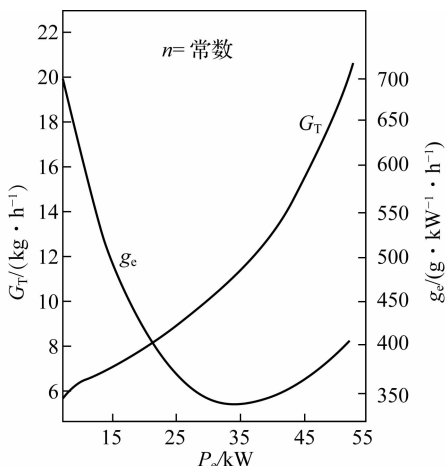


图 1-27 汽油机负荷特性曲线

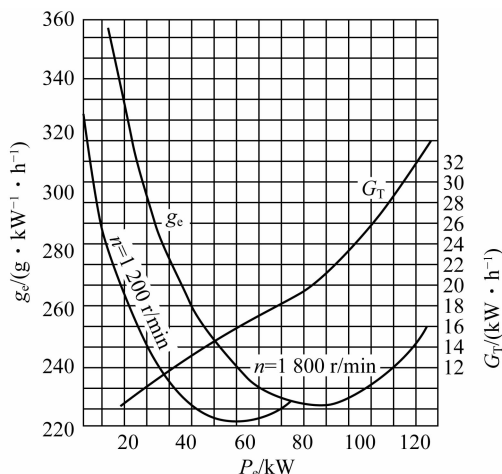


图 1-28 柴油机负荷特性曲线

任务 1.3



发动机的基本结构及工作原理

一、发动机的基本结构

汽车发动机(以电喷汽油发动机为例)主要由曲柄连杆机构、配气机构(两大机构)和燃料供给系统、润滑系统、冷却系统、点火系统、起动系统(五大系统)组成。

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构主要由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组三大部分组成。曲柄连杆机构是发动机实现工作循环、完成能量转换的主要运动机件。在做功行程中,活塞承受燃气压力在气缸内做直线运动,通过连杆转换成曲轴的旋转运动,并通过飞轮向外输出动力。在进气、压缩和排气行程中,飞轮释放能量又把曲轴的旋转运动转化成活塞的直线运动。

2. 配气机构

配气机构大多采用顶置气门式配气机构,一般由气门组、气门传动组和气门驱动组三部分组成,如图 1-29 所示。

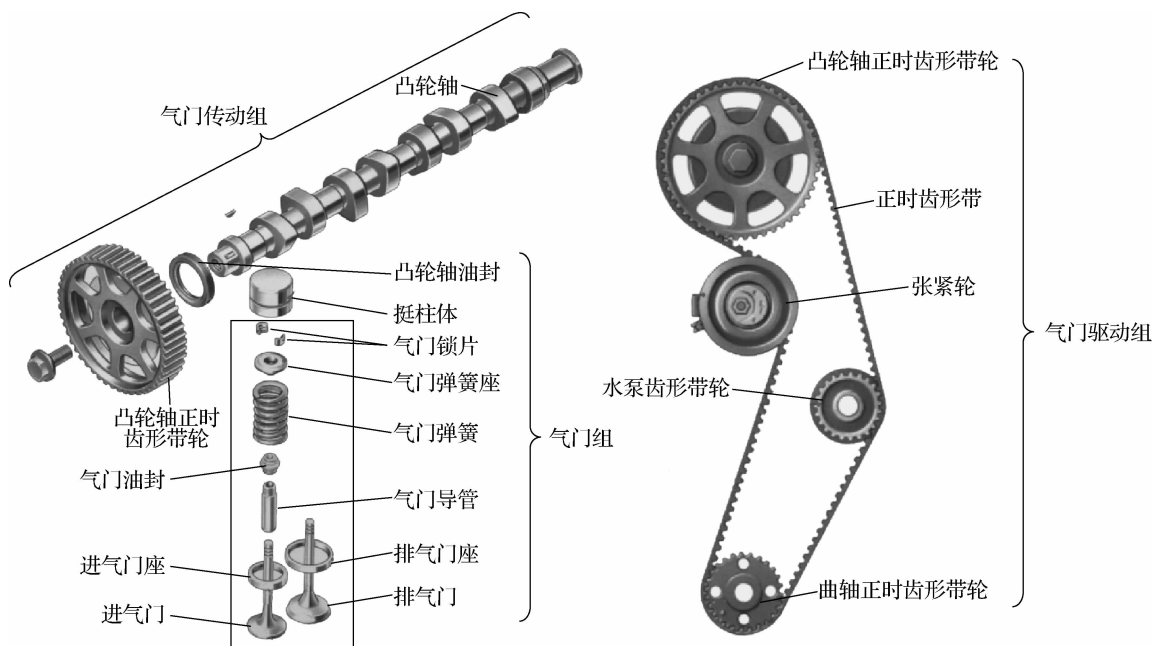


图 1-29 配气机构的组成

配气机构的作用是根据发动机的工作顺序和工作过程,定时开启和关闭进气门和排气门,使可燃混合气或空气进入气缸,并使废气从气缸内排出,实现换气过程。

现在轿车的发动机上,经常可以看见如 VVT-i、i-VTEC、VVL、VVTL-i 等技术标号。这些标号都代表了它们与普通的发动机不一样,这些发动机都采用了发动机可变配气正时技术。

可变配气正时技术包括可变气门正时和可变气门升程两大类,有些发动机只采用可变气门正时,如丰田的 VVT-i 发动机;有些发动机只采用可变气门升程,如本田的 VTEC 发动机;有些发动机既采用可变气门正时又采用可变气门升程。

3. 燃料供给系统

汽油机燃料供给系统的作用是根据发动机的要求配制出一定数量和浓度的混合气(以缸外喷射式电喷汽油机为例),供入气缸,并将燃烧后的废气从气缸内排出到大气中去。

柴油机燃料供给系统的作用是把柴油和空气分别供入气缸,在燃烧室内形成混合气并燃烧,最后将燃烧后的废气排出。电喷汽油机燃料供给系统的燃油供给部分和空气供给部分分别如图 1-30 和图 1-31 所示。

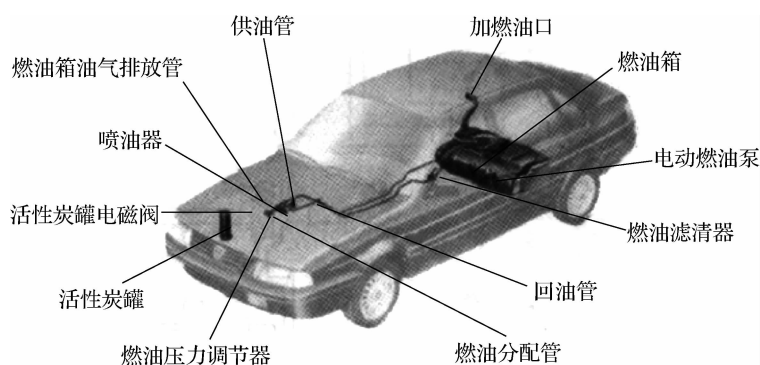


图 1-30 电喷汽油机燃料供给系统的燃油供给部分

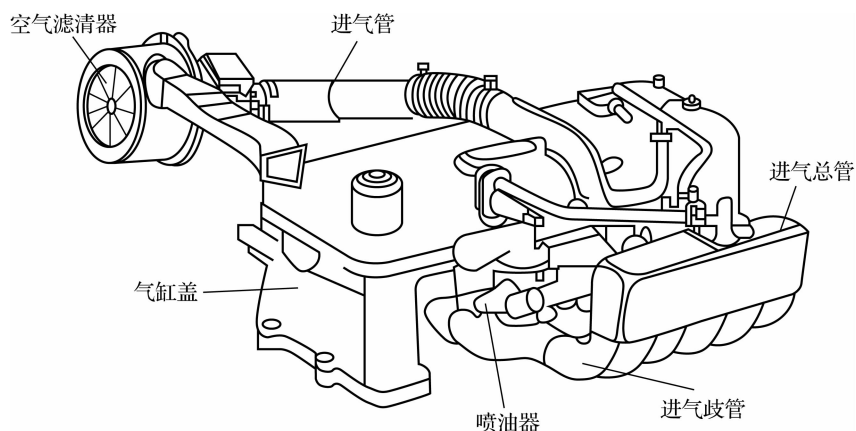


图 1-31 电喷汽油机燃料供给系统的空气供给部分

4. 润滑系统

发动机润滑系统通常由润滑油道、机油泵、机油滤清器和一些阀门等组成。它的作用是向做相对运动的零件表面输送定量的清洁机油,实现油膜摩擦,减小摩擦阻力,减轻机件的

磨损,并对零件表面进行清洗和冷却。图 1-32 为桑塔纳轿车润滑系统的组成示意图。

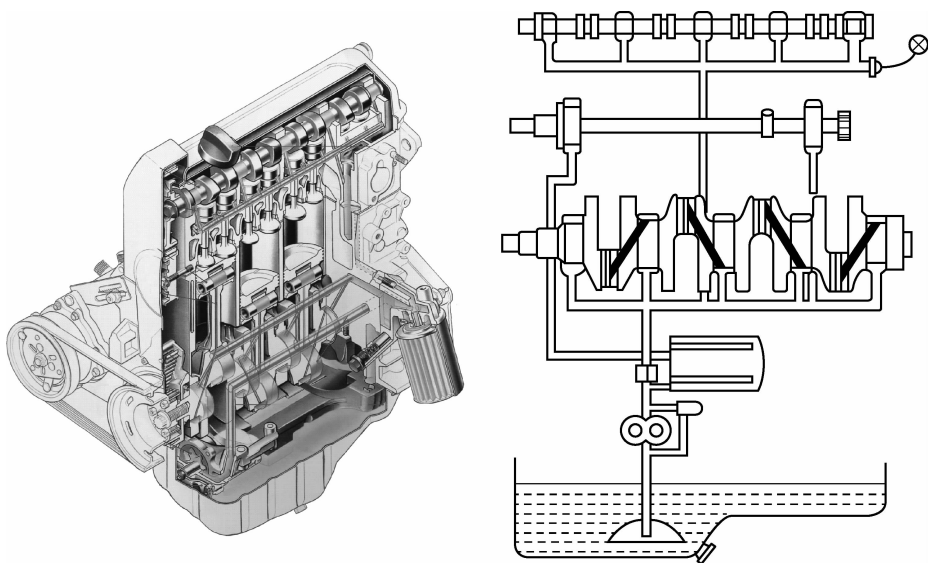


图 1-32 桑塔纳轿车润滑系统的组成示意图

5. 冷却系统

汽车发动机一般采用水冷式冷却系统,主要由散热器、水泵、风扇及节温器等组成。其作用是将受热零件吸收的部分热量及时散发出去,保证发动机在适宜的温度状态下工作。图 1-33 为桑塔纳轿车冷却系统的组成示意图。

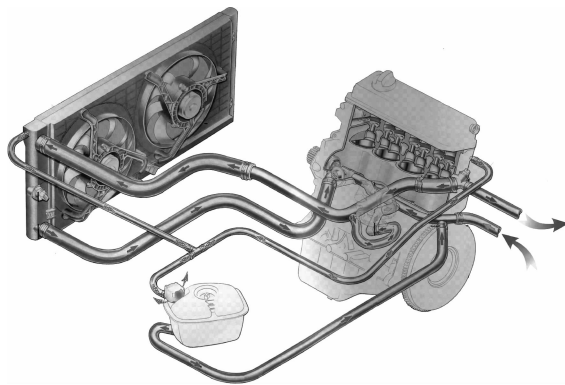


图 1-33 桑塔纳轿车冷却系统的组成示意图

6. 点火系统

汽油机点火系统通常由蓄电池、发电机、点火线圈及火花塞等组成。点火系统一般分为传统点火系统(带有断电器触点)和电子点火系统(分为有分电器式和无分电器式两种)两大类,分别如图 1-34~图 1-36 所示。

在汽油机中,气缸内的可燃混合气靠电火花点燃,在汽油机的气缸盖上装有火花塞,火花塞头部伸入燃烧室内,能够按时在火花塞电极间产生电火花以点燃可燃混合气。

注意:柴油机采用压燃方式,没有点火系统。

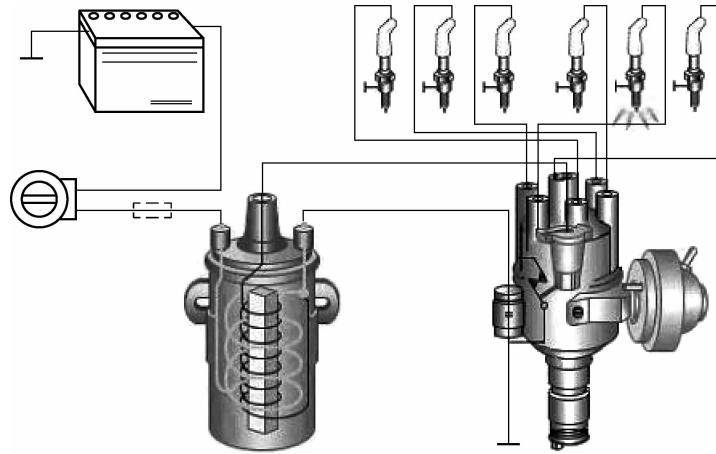


图 1-34 传统点火系统

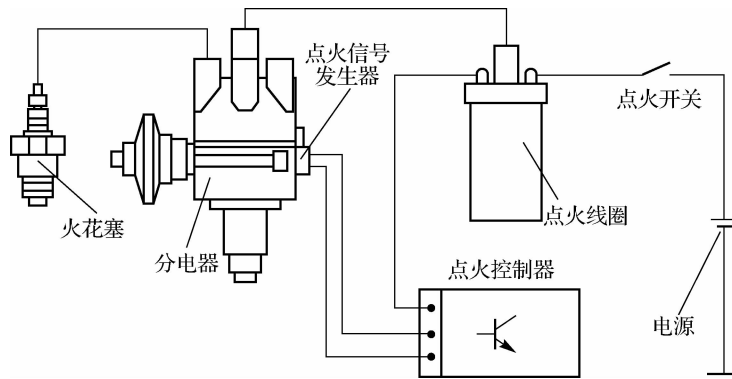


图 1-35 有分电器式电子点火系统

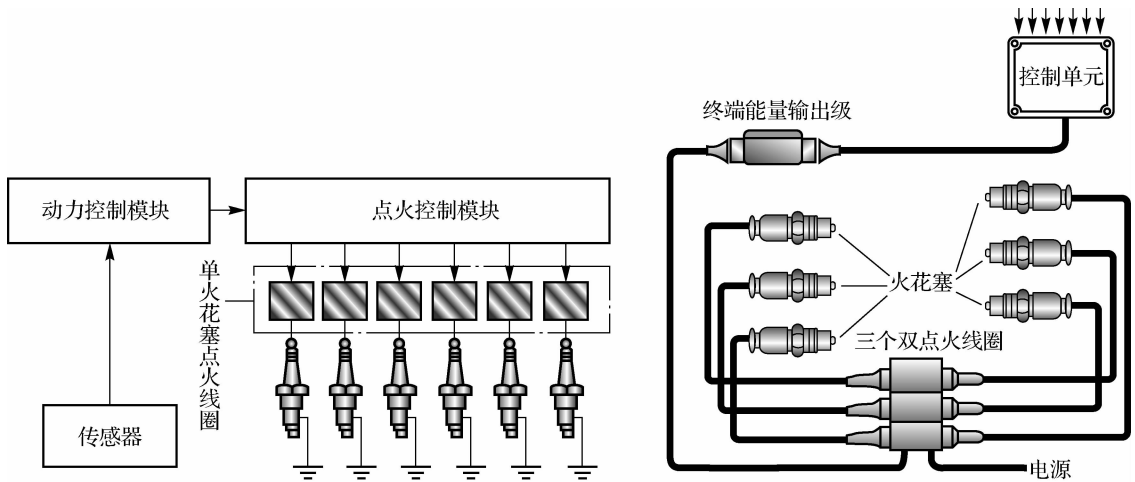


图 1-36 无分电器式电子点火系统

7. 起动系统

汽车起动系统一般由起动机、电磁开关及起动开关等组成,起动系统的工作原理图如图 1-37 所示。

要使发动机由静止状态过渡到工作状态,必须先用外力转动发动机的曲轴,使活塞做往复运动,气缸内的可燃混合气燃烧膨胀做功,推动活塞向下运动使曲轴旋转,发动机才能自行运转,工作循环才能自动进行。曲轴在外力作用下开始转动到发动机开始自动怠速运转的全过程,称为发动机的起动。完成起动过程所需的装置,称为发动机的起动系统。

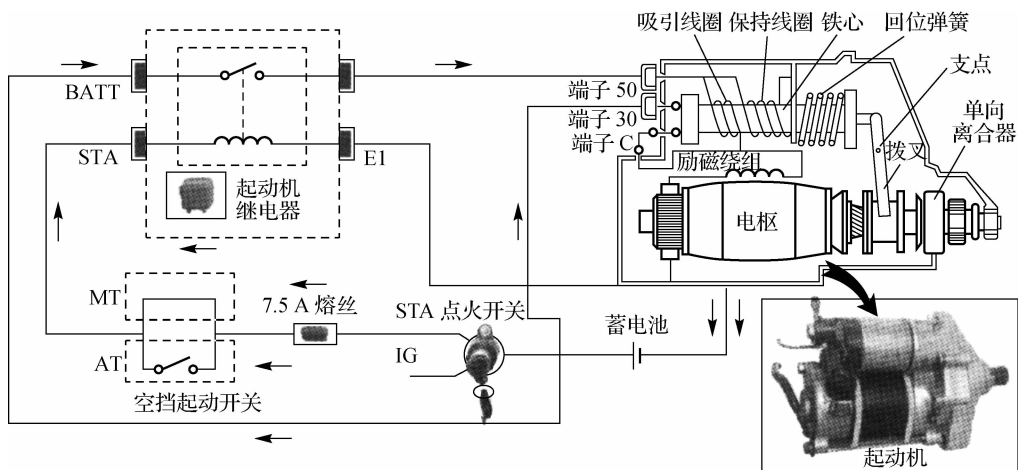


图 1-37 起动系统的工作原理图

二、发动机的工作原理

1. 二冲程汽油机的工作原理

二冲程汽油机的工作循环也是由进气、压缩、做功(燃烧膨胀)和排气过程组成,但它是在曲轴旋转一圈(360°)、活塞上下往复运动两个行程的情况下完成的。因此,二冲程发动机的工作原理与四冲程发动机的工作原理不同,结构也不一样,二冲程发动机的组成如图 1-38 所示。

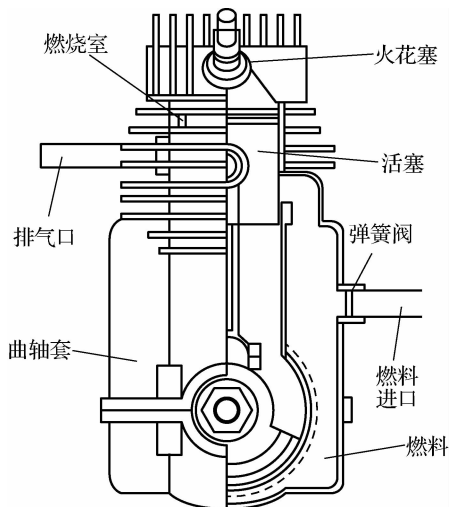


图 1-38 二冲程发动机的组成

例如,曲轴箱换气式(孔式换气)二冲程汽油机,其气缸上有三排孔,利用这三排孔分别在一定时刻被活塞打开或关闭进行进气、换气和排气。其工作原理如图 1-39 所示。

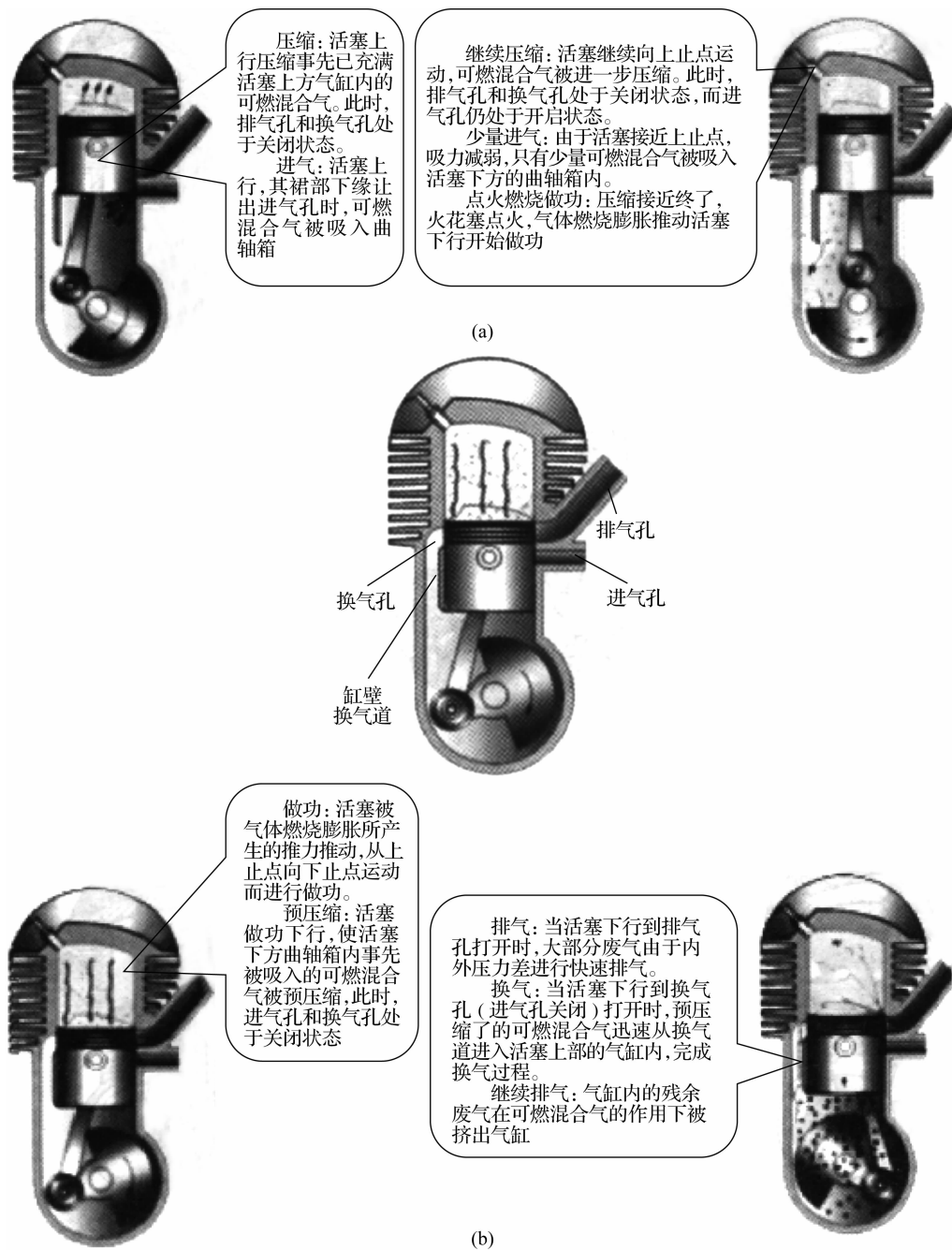


图 1-39 二冲程汽油机的工作原理

(a)二冲程汽油机活塞上行工作原理 (b)二冲程汽油机活塞下行工作原理

2. 二冲程柴油机的工作原理

二冲程柴油机的工作原理与二冲程汽油机的工作原理基本相同, 只是吸进气缸内的气体成分不同而已。二冲程柴油机吸进气缸内的气体为纯空气, 且往往需要增压。二冲程柴油机的工作原理如图 1-40 所示。

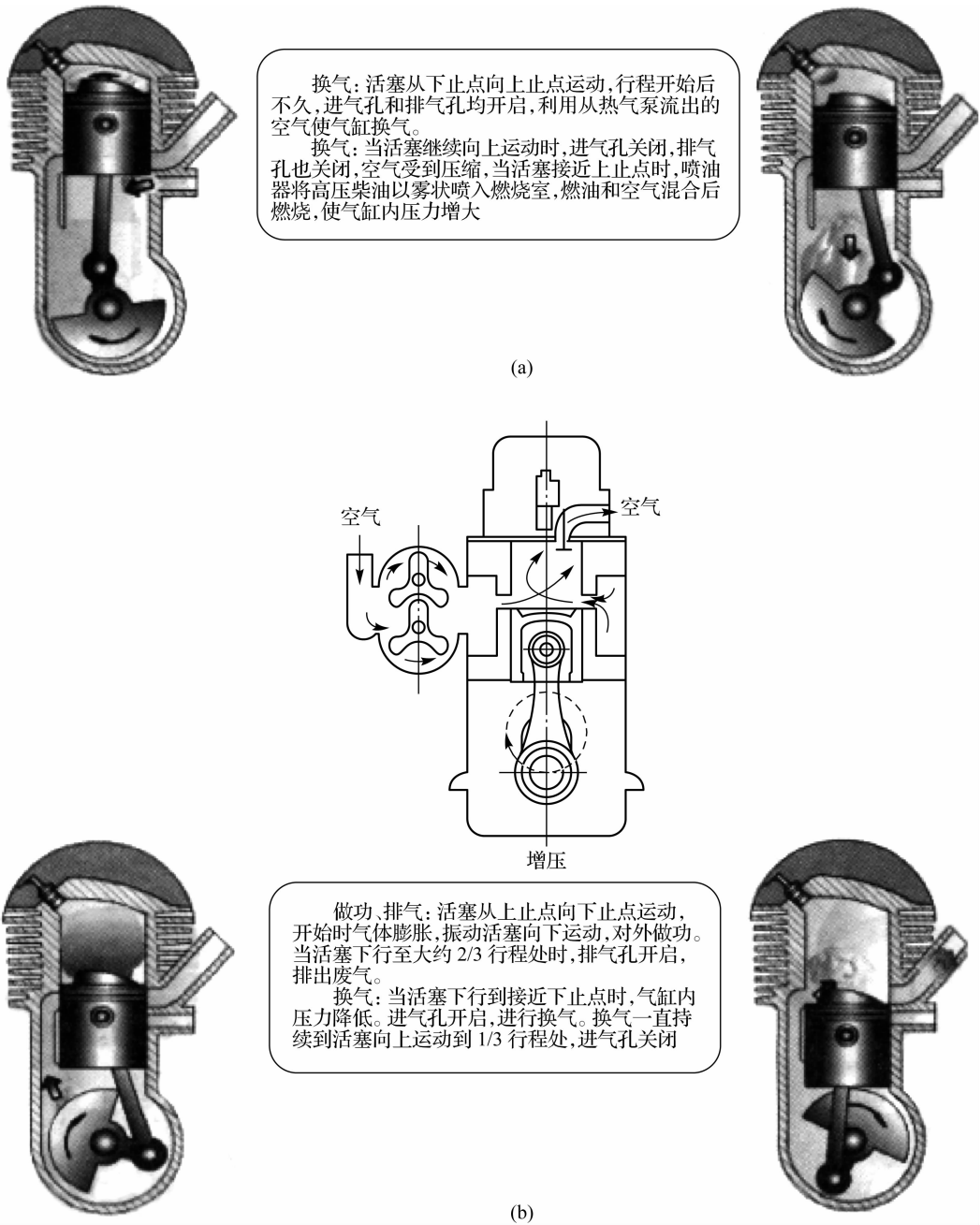


图 1-40 二冲程柴油机的工作原理

(a)二冲程柴油机活塞上行程工作原理 (b)二冲程柴油机活塞下行程工作原理

3. 四冲程汽油机的工作原理

四冲程汽油机的工作原理是将空气和汽油按一定比例混合成良好的可燃混合气(以缸外喷射式电喷汽油机为例),在进气行程被吸入气缸,经压缩点火燃烧而产生热能。燃烧后的气体产生的高温高压作用于活塞顶部,推动活塞做直线运动,同时通过连杆、曲轴飞轮机构将活塞的往复直线运动转换为旋转的机械能,通过飞轮向外输出做功。图 1-41 为直列四缸四冲程

汽油机的结构。由图可知,1、4缸活塞处于同一平面,2、3缸活塞处于同一平面,且处于同一平面内的两个活塞所做的工作不同。以1、4缸为例,1缸做功时,4缸正好在进气。

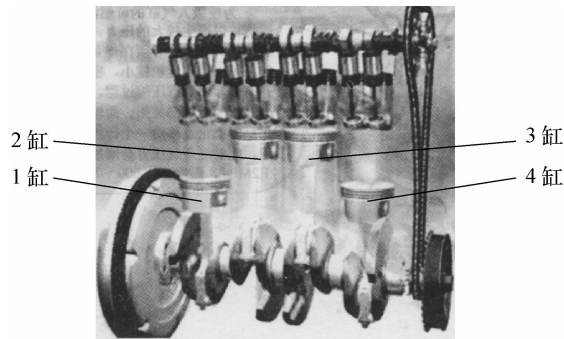


图 1-41 直列四缸四冲程汽油机的结构

在四冲程汽油机的工作过程中,曲轴转两转、活塞走四个行程完成发动机的一个工作循环,即发动机的进气、压缩、做功和排气四个工作过程分别占一个行程。其进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程分别如图 1-42~图 1-45 所示。在活塞的四个行程中,仅一个行程是做功的,其他三个行程都不做功。

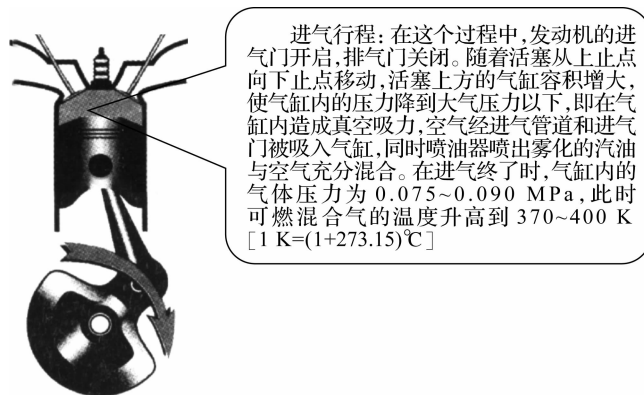


图 1-42 四冲程汽油机的进气行程

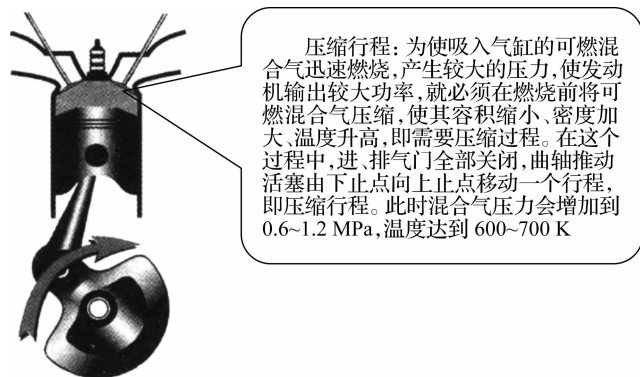
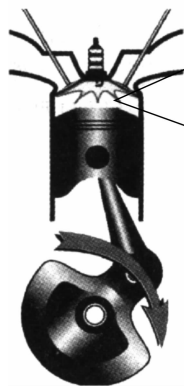
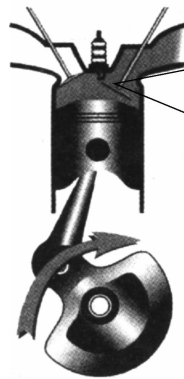


图 1-43 四冲程汽油机的压缩行程



做功行程: 在这个过程中,进、排气门仍旧关闭。当活塞接近上止点时,火花塞发出电火花,点燃被压缩的可燃混合气。可燃混合气燃烧后,放出大量的热能,燃气的压力和温度迅速增加。其所能达到的最大压力为 5 MPa,相应的温度高达 2 800 K。高温高压的燃气推动活塞由上止点向下止点运动,通过连杆使曲柄旋转输出机械能,除了维持发动机本身继续运转外,其余用于对外做功

图 1-44 四冲程汽油机的做功行程



排气行程:当膨胀行程(做功行程)接近终了时,排气门开启,靠废气的压力进行自由排气,活塞到达下止点后再向上止点移动时,强制将废气排到大气中。在此行程中,气缸内压力稍微高于大气压力,为 0.105~0.115 MPa。当活塞到达上止点附近时,排气行程结束,此时的废气温度为 900~1 200 K

图 1-45 四冲程汽油机的排气行程

4. 四冲程柴油机的工作原理

喷油泵和喷油器是柴油机燃料供给系统中最重要的部件,四冲程柴油机燃料供给系统的结构如图 1-46 所示。

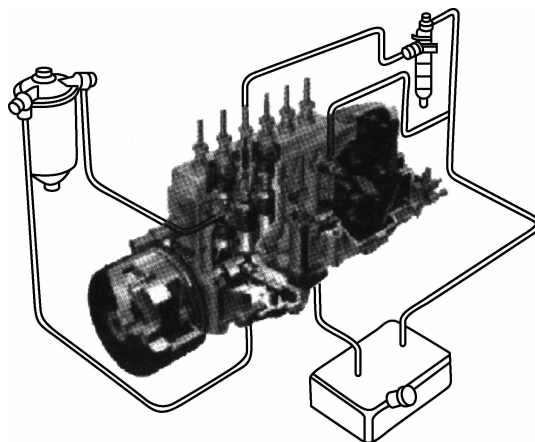


图 1-46 四冲程柴油机燃料供给系统的结构

四冲程柴油机的工作原理与四冲程汽油机的工作原理大同小异,只是柴油机在进气行程吸进气缸的是纯净的空气,在压缩行程压缩的也是纯净的空气。

由于柴油的黏度比汽油大,不易蒸发,且自燃温度低,因而其点火方式为压燃式。柴油机的压缩比比汽油机的高得多,一般为16~22。

四冲程柴油机的进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程分别如图1-47~图1-50所示。同样,在活塞的四个行程中,仅一个行程做功,其他三个行程都不做功。

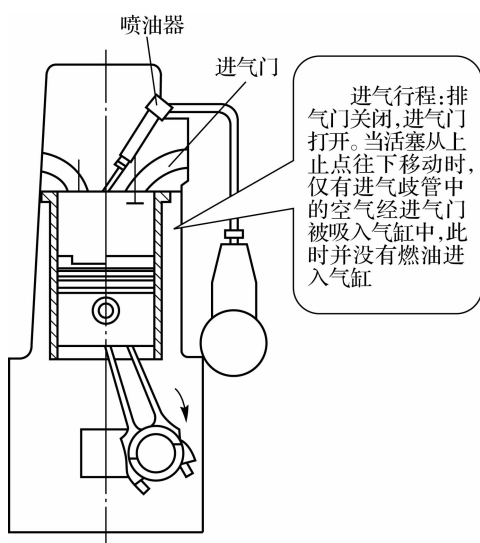


图 1-47 四冲程柴油机的进气行程

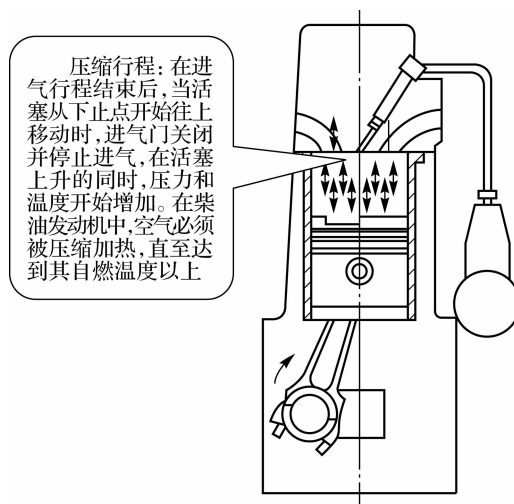


图 1-48 四冲程柴油机的压缩行程

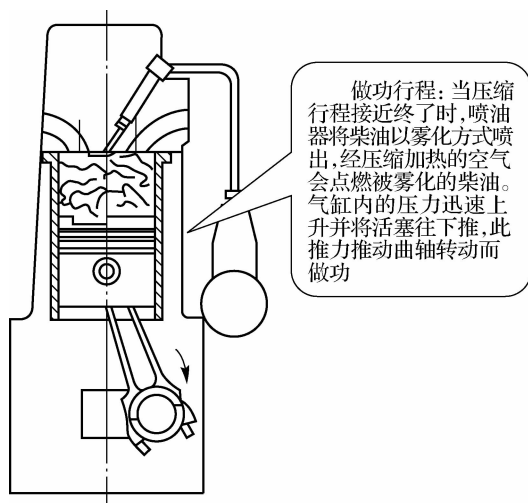


图 1-49 四冲程柴油机的做功行程

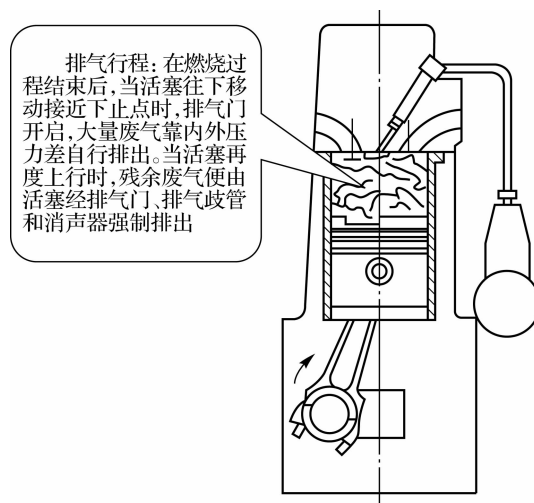


图 1-50 四冲程柴油机的排气行程

项目小结

(1) 发动机的作用是将燃料化学能通过燃烧转变为热能,再通过受热气体膨胀将热能转变为机械能。

(2) 往复活塞式内燃机按完成一个工作循环活塞往复次数的不同可分为二冲程发动机和四冲程发动机。

(3) 气缸的工作容积是指上、下止点间的气缸容积。

(4) 发动机的工作容积是指所有气缸工作容积的总和。

(5) 四冲程发动机活塞每运动四个行程便完成一个工作循环。四个行程分别是进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程。

(6) 发动机由两大机构、五大系统组成,即曲柄连杆机构、配气机构(两大机构)和燃料供给系统、润滑系统、冷却系统、起动系统、点火系统(柴油发动机无点火系统)(五大系统)。

(7) 内燃机型号由首部、中部、后部和尾部四部分组成,主要性能特征反映在中部。

(8) 汽车发动机有效性能指标主要有动力性指标、经济性指标和排放性指标。

(9) 发动机动力性指标主要有有效功率 P_e 和有效转矩 M_e 。

(10) 发动机经济性指标主要是燃油消耗率 g_e 。

(11) 发动机转速不变,发动机每小时燃油消耗量与燃油消耗率 g_e 之比随负荷变化的关系,称为发动机的负荷特性。

(12) 当发动机调整特性为最佳状态时,节气门开度(喷油泵油量调节机构)位置固定不变,发动机有效功率 P_e 、有效转矩 M_e 和燃油消耗率 g_e 随发动机转速变化的关系称为发动机速度特性。