

1

发动机基本知识

【项目导读】

发动机是汽车动力源，随着科学技术的发展，汽车上安装的发动机种类越来越多，其结构也各不相同，本项目主要介绍发动机的分类、发动机常用专业术语、发动机基本工作原理及发动机总体构造。

任务 发动机基本知识

【任务描述】

发动机种类多，结构复杂，本任务以单缸发动机为例介绍其基本构造以及术语，使学生掌握四冲程汽油机和与柴油机的基本工作原理，结合实车拆装掌握发动机的总体构造。

【相关知识】

将热能转变为机械能的发动机称为热力发动机（简称“热机”），包括内燃机和外燃机。内燃机是通过燃料与空气混合在发动机内部燃烧而将产生的热能转变为机械能的装置；外燃机是燃料在机器外部的锅炉内燃烧，将锅炉内的水加热，使之变为高温、高压的水蒸气，送到机器内部，使所含的热能转变为机械能，如蒸汽机等。内燃机与外燃机相比，具有热效率高，体积小，便于移动，起动性能好等优点，因而广泛应用于飞机、舰船以及汽车、拖拉机、坦克等各种车辆上。

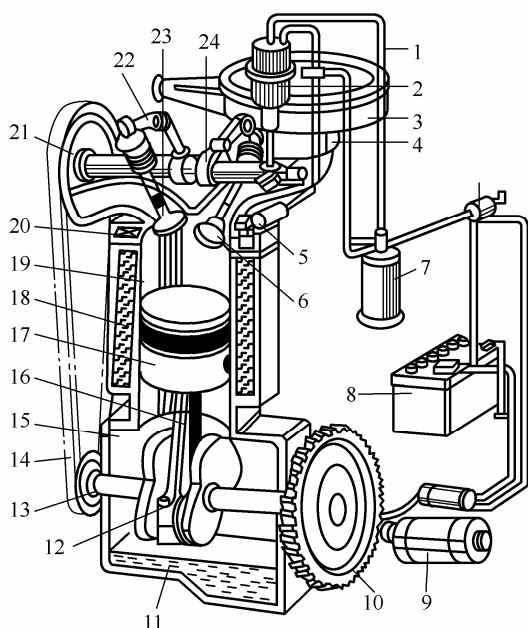
现代汽车所用的发动机，除个别转子式发动机外，绝大多数是往复式活塞式内燃机。其分类如下：按完成一个工作循环活塞的往复次数不同，分为四冲程与二冲程发动机；按冷却方式

不同，分为水冷式与风冷式发动机；按气缸数不同，分为单缸与多缸发动机（其中多缸发动机又可按气缸的排列形式分为直列、V形和对置式发动机）；按所用燃料不同，分为汽油机和柴油机（其中汽油机又可分为化油器式与汽油喷射式发动机）；按进气是否增压又可分为增压式与非增压式发动机。

现代汽车大多采用四冲程、多缸（直列或V形）、水冷式汽油机或柴油机。

一、基本构造

单缸汽油发动机的基本构造如图 1-1 所示。



1—高压线；2—分电器；3—空气滤清器；4—混合气形成装置；5—火花塞；6—进气门；7—点火线圈；8—蓄电池；9—起动机；10—飞轮；11—油底壳；12—曲轴；13—曲轴正时带轮；14—正时齿形带；15—曲轴箱；16—连杆；17—活塞；18—冷却水套；19—气缸；20—气缸盖；21—凸轮轴正时带轮；22—摇臂；23—排气门；24—凸轮轴

图 1-1 单缸汽油发动机的基本构造

气缸 19 内装有活塞 17，活塞通过活塞销、连杆 16 与曲轴 12 相连接。活塞在气缸内做往复运动，通过连杆推动曲轴转动。为了吸入气体和排出废气，发动机设有进气门 6 和排气门 23。

二、发动机的常用术语

图 1-2 为单缸发动机构造简图，描述发动机工作的基本术语有：

上止点（TDC）：活塞离曲轴回转中心最远处。

下止点 (BDC): 活塞离曲轴回转中心最近处。

活塞行程 (s): 上、下止点间的距离 (mm)。

曲柄半径 (R): 与连杆下端 (即连杆大头) 相连的曲柄销中心到曲轴回转中心的距离 (mm)。

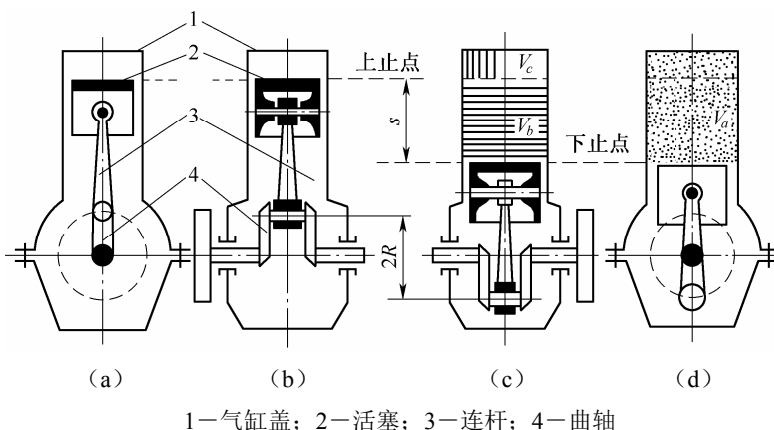


图 1-2 单缸发动机构造简图

显然, $s=2R$ 。曲轴每转一周, 活塞移动两个行程。

气缸工作容积 (V_h): 活塞从上止点到下止点所让出的空间容积 (L)。

$$V_h = \pi D^2 s / 4 \times 10^6 \quad (\text{L})$$

式中: D ——气缸直径, mm。

发动机排量 (V_L): 发动机所有气缸工作容积之和 (L)。设发动机的气缸数为 i , 则

$$V_L = V_h i \quad (\text{L})$$

燃烧室容积 (V_c): 活塞在上止点时, 活塞上方的空间叫燃烧室, 它的容积叫燃烧室容积 (L)。

气缸总容积 (V_a): 活塞在下止点时, 活塞上方的容积称为气缸总容积 (L)。它等于气缸工作容积与燃烧室容积之和, 即

$$V_a = V_h + V_c$$

压缩比 (ε): 气缸总容积与燃烧室容积的比值, 即

$$\varepsilon = V_a / V_c = 1 + V_h / V_c$$

压缩比表示活塞由下止点运动到上止点时, 气缸内气体被压缩的程度。压缩比越大, 压缩终了时气缸内的气体压力和温度就越高, 因而发动机发出的功率就越大, 经济性越好。一般车用汽油机的压缩比为 8~10, 柴油机的压缩比为 15~22。

发动机的工作循环: 在气缸内进行的每一次将燃料燃烧的热能转化为机械能的一系列连续过程 (进气、压缩、做功和排气) 称为发动机的工作循环。

三、发动机的基本工作原理

1. 四冲程汽油机的基本工作原理

四冲程汽油机是由进气、压缩、做功和排气完成一个工作循环的，图 1-3 所示为单缸四冲程汽油机工作原理示意图。

进气行程：活塞由曲轴带动从上止点向下止点运动。此时，进气门打开，排气门关闭（见图 1-3（a））。由于活塞下移，活塞上腔容积增大，形成一定真空度。空气与汽油的混合气，经进气门被吸入气缸，至活塞运动到下止点时，进气门关闭，停止进气，进气行程结束。

进气行程结束时，由于进气过程中进气管和进气门等有进气阻力，气缸内压力低于大气压力，为 $75\sim 90\text{kPa}$ 。由于气缸壁、活塞等高温机件及残留高温废气的加热，气体温度为 $370\sim 440\text{K}$ 。

压缩行程：进气行程结束时，活塞在曲轴的带动下，从下止点向上止点运动（见图 1-3（b））。此时，进、排气门均关闭，随着活塞上移，活塞上腔容积不断减小，混合气被压缩，至活塞到达上止点时，压缩行程结束。

在压缩行程过程中，气体压力和温度同时升高，混合气进一步混合，形成可燃混合气。

压缩比越大，压缩终了时可燃混合气的压力和温度越高，燃烧速度越快，热效率越高，发动机的动力性和经济性越好。

但是，对汽油机来说，压缩比的提高要受到爆燃的限制，在汽油机中，爆燃是一种不受控制的不正常燃烧，它是由于气缸内压力和温度过高，在燃烧室内离火花塞较远处的可燃混合气在正常的火焰传播的前锋面到达前就自燃而引起的。爆燃时，燃烧室内压力和温度急剧升高，产生具有音速的压力波，冲击燃烧室壁面，产生尖锐的金属敲缸声，它会导致发动机功率下降，转速下降，工作不稳定，发动机过热，排气冒黑烟， NO_x 排放量增加等，严重时，会导致活塞、缸盖、排气门被烧坏，轴承碎裂，火花塞绝缘被破坏等严重事故。因此，汽油机的压缩比通常要控制在一定的范围内。汽油机压缩终了时，气缸内压力为 $1\sim 1.6\text{MPa}$ ，可燃混合气的平均温度为 $625\sim 725\text{K}$ ，远高于汽油的点燃温度，因而很容易点燃。

做功行程：压缩行程末（见图 1-3（c）），火花塞产生电火花，气缸内的可燃混合气被点燃，并迅速着火燃烧，气体产生高温、高压，在气体压力的作用下，活塞由上止点向下止点运动，再通过连杆驱动曲轴旋转向外输出做功，至活塞运动到下止点时，做功行程结束。

在做功行程中，开始阶段气缸内气体压力、温度急剧上升，瞬时压力可达 $3\sim 5\text{MPa}$ ，瞬时温度可达 $2200\sim 2800\text{K}$ 。随着活塞的下移，压力、温度下降，做功行程终了时，压力为 $300\sim 500\text{kPa}$ ，温度为 $1500\sim 1700\text{K}$ 。

排气行程：在做功行程终了时，排气门被打开，活塞在曲轴连杆的带动下由下止点向上止点运动（见图 1-3（d））。废气在自身的剩余压力和活塞的驱赶作用下，自排气门排出气缸，至活塞运动到上止点时，排气门关闭，排气行程结束。

排气终了时，由于燃烧室的存在，气缸内还存有少量废气，气体压力也因排气门和排气

道等有阻力而高于大气压力。此时, 压力为 $105\sim 125\text{kPa}$, 温度为 $900\sim 1200\text{K}$ 。

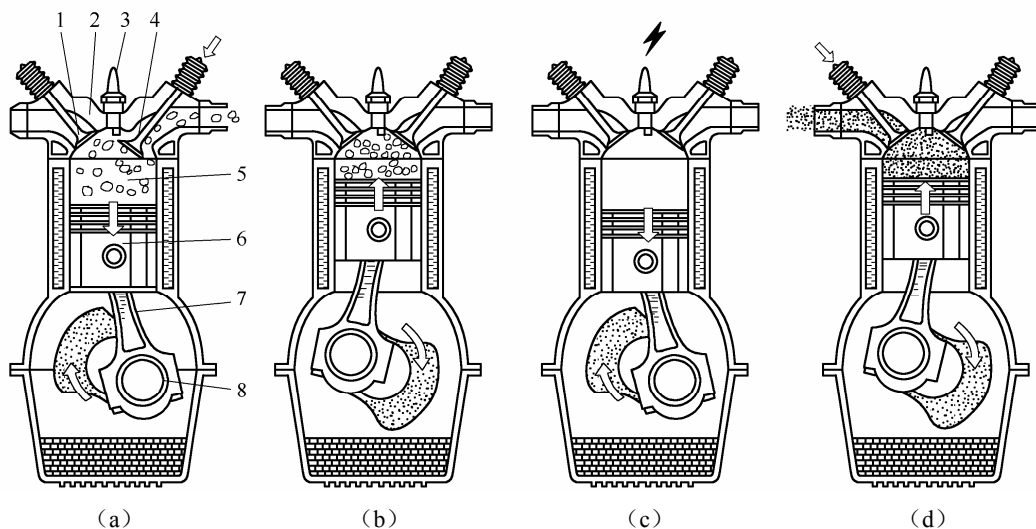


图 1-3 单缸四冲程汽油机工作原理示意图

排气行程结束后, 进气门再次开启, 又开始了下一个工作循环, 如此周而复始, 发动机就自行运转。

2. 四冲程柴油机的基本工作原理

四冲程柴油机和四冲程汽油机工作原理一样, 每个工作循环也是由进气、压缩、做功和排气四个行程组成的。但柴油和汽油性质不同, 柴油机在可燃混合气的形成、着火方式等方面与汽油机有较大区别。下面主要介绍柴油机与汽油机工作原理不同之处。如图 1-4 所示为单缸四冲程柴油机工作原理示意图。

进气行程: 进气行程如图 1-4 (a) 所示。它不同于汽油机的是进入气缸的不是混合气, 而是纯空气。

由于进气阻力比汽油机小, 上一冲程残留的废气温度比较低等原因, 进气终了时压力和温度与汽油机稍有不同, 压力为 $800\sim 900\text{kPa}$, 温度为 $320\sim 350\text{K}$ 。

压缩行程: 压缩行程如图 1-4 (b) 所示。不同于汽油机的是压缩纯空气, 且由于柴油机压缩比大, 压缩终了时的温度和压力都比汽油机高, 压力可达 $3\sim 5\text{MPa}$, 温度可达 $800\sim 1000\text{K}$ 。

做功行程: 做功行程如图 1-4 (c) 所示。此行程与汽油机有很大不同, 压缩行程末, 喷油泵将高压柴油经喷油器呈雾状喷入气缸内的高温空气中, 柴油迅速汽化并与空气形成可燃混合气。因为此时气缸内的温度远高于柴油的自燃温度 (500K 左右), 柴油自行着火燃烧, 且以后的一段时间内边喷边燃烧, 气缸内的温度、压力急剧升高, 推动活塞下行做功。

此行程中, 瞬时压力可达 $5\sim 10\text{MPa}$, 瞬时温度可达 $1800\sim 2200\text{K}$; 做功终了, 压力为 $200\sim$

400kPa，温度为 1200~1500K。

排气行程：柴油机排气行程如图 1-4（d）所示，与汽油机排气行程基本相同。排气终了，气缸压力为 105~125kPa，温度为 800~1000K。

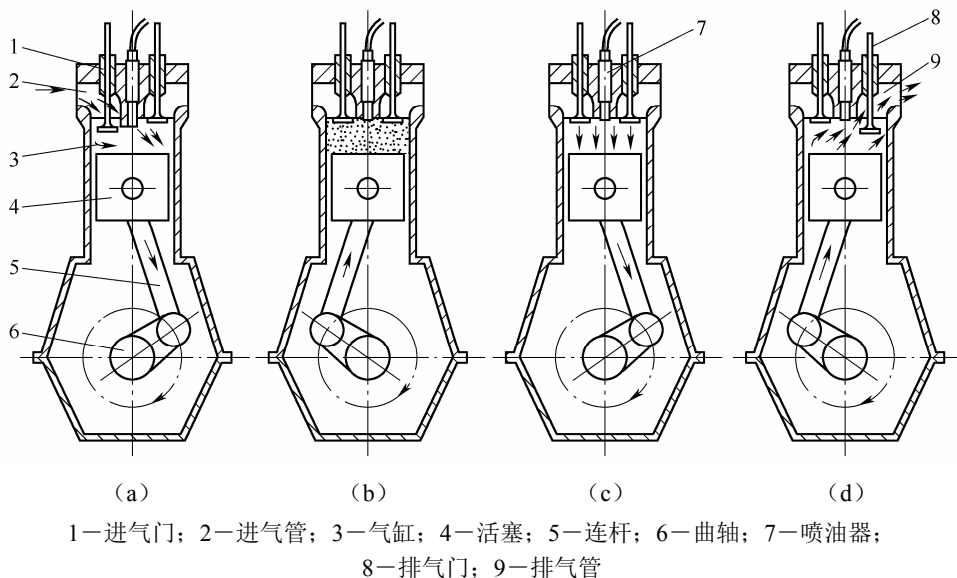


图 1-4 单缸四冲程柴油机工作原理示意图

四冲程汽油机和柴油机的基本原理相似，其共同的特点是：

（1）每个工作循环曲轴转两圈，每个行程曲轴转 180°，进气行程是进气门打开，排气行程是排气门打开，其余两个行程进、排气门均关闭。

（2）四冲程发动机，在其一个工作循环的四个行程中，只有做功行程产生动力，其余三个行程是为做功行程做准备工作的辅助行程，虽然做功行程是主要的，但其他的三个行程也是必不可少的。

（3）发动机运转的第一个循环，必须有外力使曲轴旋转完成进气、压缩行程，着火后，完成做功行程，依靠曲轴和飞轮储存的能量便可自行完成以后的行程，对于以后的工作循环，发动机无须外力就可自行完成。

两种发动机工作循环的主要不同之处是：

（1）汽油机的汽油和空气在气缸外混合，进气行程进入气缸的是可燃混合气。而柴油机进气行程进入气缸的是纯空气，柴油是在做功行程开始阶段喷入气缸，在气缸内与空气混合，即混合气形成方式不同。

（2）汽油机用电火花点燃混合气，而柴油机是用高压将柴油喷入气缸内，靠高温气体加热自行着火燃烧，即着火方式不同。所以汽油机有点火系，而柴油机无点火系。

3. 多缸发动机的工作

从单缸发动机工作原理可知,只有做功行程产生动力,其他三个行程都要消耗动力。为了维持运动,单缸发动机必须有一个储备能量较大的飞轮。即使如此,发动机运转仍然是不平稳的,做功行程快,其他行程慢。另外,单缸发动机还有其他缺点,使其在汽车上的应用受到了限制。

汽车上实际应用的是多缸发动机,它是由若干个相同的单缸排列在一个机体上组成的,多个单缸共用一根曲轴输出动力。现代汽车上用得较多的是四缸、六缸、八缸发动机。

多缸发动机在曲轴转角 720° 内(四冲程发动机)或曲轴转角 360° 内(二冲程发动机),各缸都要像单缸发动机一样完成一个工作循环。为了使发动机运转平稳,除少数发动机因结构限制外,各缸做功间隔角大都均等。如四冲程六缸发动机各缸做功间隔角为

$$\phi=720^\circ/6=120^\circ$$

即曲轴每转 120° 就有一个缸做功,各缸做功行程略有搭接,这样发动机运转较单缸发动机平稳得多。另外,由于各缸的做功行程为其他缸的准备行程提供动力,所以贮存能量的飞轮也较单缸发动机小得多。

多缸发动机各缸做功行程发生的顺序,称为发动机的工作顺序或点火顺序,应遵守一定的规律,这个规律将在项目 2 的任务 3 中介绍。

四、发动机总体构造

现代汽车发动机是一部由许多机构和系统组成的复杂机器,其结构形式多种多样,具体构造也千差万别,但由于基本工作原理相同,所以其基本结构也就大同小异。就往复活塞式发动机而言,它通常由曲柄连杆、配气两大机构和燃料供给系、润滑系、冷却系、起动系四大系统组成,如果是汽油机还应有点火系统,如果是增压发动机还应有增压系统。汽油机和柴油机的结构如图 1-5 和图 1-6 所示。

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构由机体、活塞连杆组和曲轴飞轮组三部分组成,其作用是将燃料燃烧所产生的热能,经机构将活塞的直线往复运动转变为曲轴旋转运动而对外输出动力。机体还是发动机各个机构、各个系统和一些其他部件的安装基础,并且机体许多部分还是配气机构、燃料供给系、冷却系和润滑系的组成部分。

2. 配气机构

配气机构由气门组和气门传动组两部分组成。其作用是按照发动机各缸工作顺序和工作循环的要求,定时地将各缸进排气门打开或关闭,以便发动机进行换气过程。

3. 燃料供给系

汽油机燃料供给系和柴油机燃料供给系由于供油系和燃烧过程不同,在结构上有很大区别。汽油机燃料供给系由空气供给系统、燃油供给系统和电子控制系统组成,其作用是根据发动机不同工况的要求,配制一定数量和浓度的可燃混合气供入气缸,并在混合气燃烧做功后将

燃烧后的废气排至大气中。

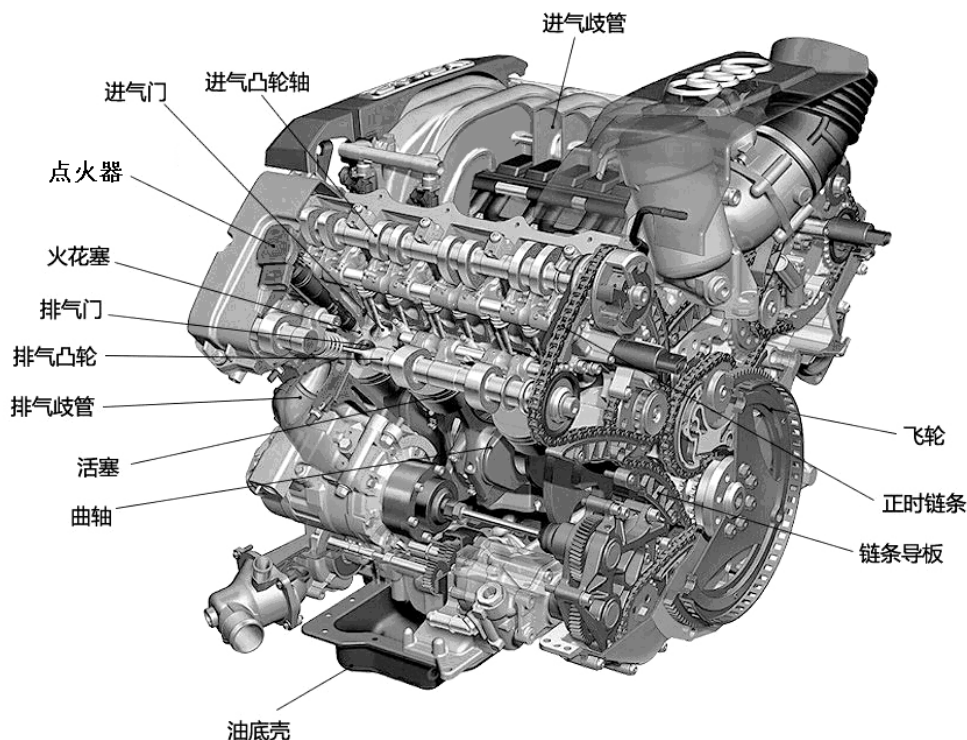


图 1-5 汽油机总成图

柴油机燃料供给系由燃油箱、输油泵、喷油泵、柴油滤清器、进排气管和排气消声器等组成，其作用是向气缸内供给纯空气并在规定时刻向缸内喷入定量柴油，以调节发动机输出功率和转速，最后，将燃烧后的废气排出气缸。

4. 冷却系

冷却系有水冷式和风冷式两种，现代汽车一般都采用水冷式。水冷式由水泵、散热器、风扇、分水管、节温器和水套（在机体内）等组成，其作用是利用冷却水冷却高温零件，并通过散热器将热量散发到大气中去，从而保证发动机在正常温度状态下工作。

5. 润滑系

润滑系由机油泵、限压阀、集滤器、机油滤清器、限压阀、油底壳等组成。其作用是将润滑油分送至各个摩擦零件的摩擦面，以减小摩擦力，减少机件磨损，并清洗、冷却摩擦表面，从而延长发动机使用寿命。

6. 起动系

起动系由起动机和起动继电器等组成，其作用是带动飞轮旋转以获得必要的动能和起动转速，使静止的发动机起动并转入自行运转状态。

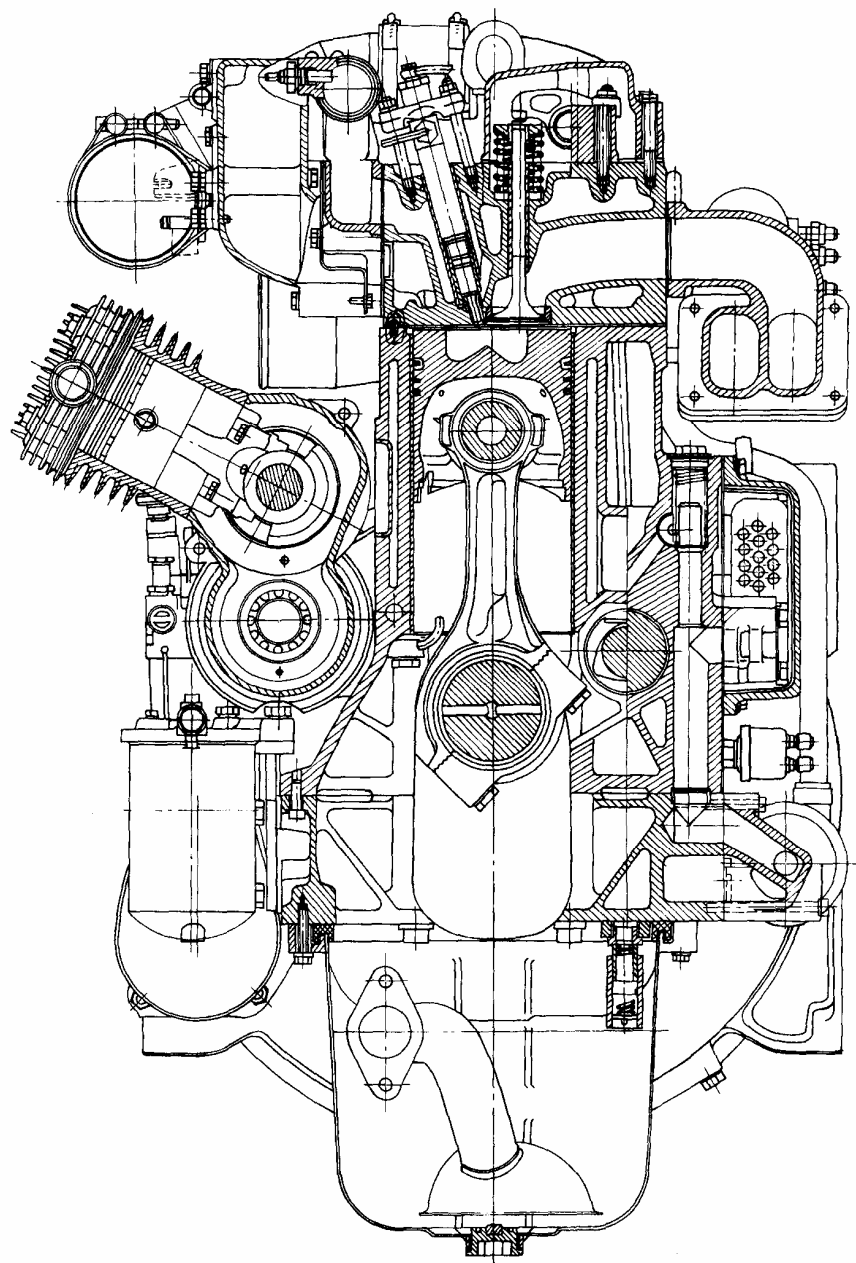


图 1-6 柴油机横剖面图

7. 点火系

汽油机点火系由电源（蓄电池和发电机）、点火线圈、分电器和火花塞等组成，其作用是按一定时刻向气缸内提供电火花以点燃缸内可燃混合气。

【案例】

发动机的振动

用户反映一辆桑塔纳 2000GSi 型轿车，发动机在怠速时有较大的振动。较高的转速下，也能感觉到全车的振动。

在排除发动机不存在点火或喷油问题的前提下，根据故障的描述，发动机的振动最可能的原因是发动机的弹性支座损坏或断裂。

对发动机的所有支座进行目视检查，发现确实存在问题，需要将发动机整体拆下，进一步检查，更换弹性支座。

【任务实施】

从整车上拆下发动机

一、实训的目的和要求

- (1) 学会正确使用起吊设备及工具。
- (2) 掌握从汽车上拆装发动机总成的方法。

二、实训的设备及工具

- (1) 设备：桑塔纳 2000GSi 型轿车一辆、一台车辆举升机。
- (2) 常用工具：旋具、扳手、鲤鱼钳、尖嘴钳、弯嘴钳、锤子、铜棒、撬棍及组合工具一套。
- (3) 专用工具：支架 VW313、吊具、发动机变速器固定支架、吊车及发动机/变速器千斤顶等。

三、步骤及操作方法

1. 要求

一般在拆卸发动机前，应断开或松开所有的电缆插头，为防止零件变形，必须在完全冷却的状态下进行发动机拆卸作业，并将发动机与变速器脱离，然后从前面将发动机拆下来。

2. 拆卸步骤

- (1) 打开点火开关，检查车上是否装有编码的收音机，如有则查取防盗密码。音箱防盗密码可通过询问车主索取。
- (2) 断开电动汽油泵的保险丝，起动发动机运转至自动熄火，卸掉燃油系统压力。
- (3) 在点火开关切断的情况下拆下蓄电池搭铁线，拆下蓄电池，注意先向外拉出后再取下。
- (4) 旋松蓄电池支架紧固螺栓，拆下蓄电池支架，如图 1-7 所示。
- (5) 在发动机下放置一个收集盘，旋开冷却液储液罐盖。
- (6) 如图 1-8 所示，松开散热器下水管夹箍，拔下散热器的下水管，放出冷却液。所抽取的冷却液必须用干净的容器予以收集，用于处理或再使用。

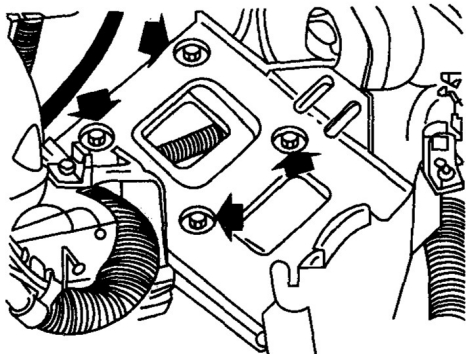


图 1-7 蓄电池支架的拆卸

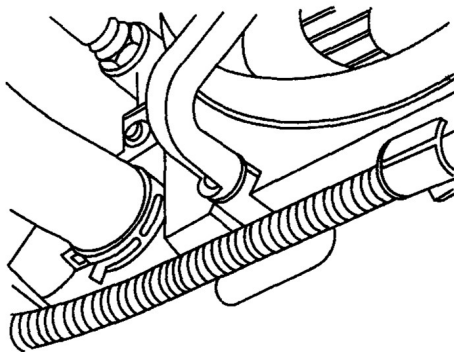


图 1-8 拔下散热器的下水管

(7) 拔下电动冷却风扇的电线插头，如图 1-9 所示。

(8) 拔下散热器左侧的热敏开关插头，如图 1-10 所示。

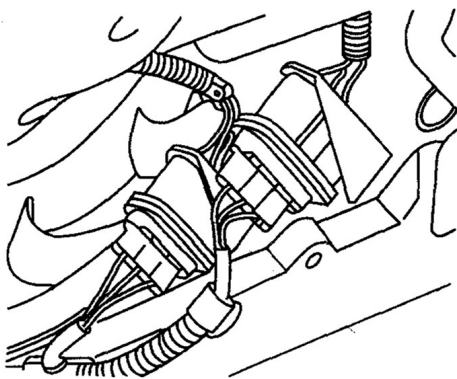


图 1-9 拔下电动冷却风扇的电线插头

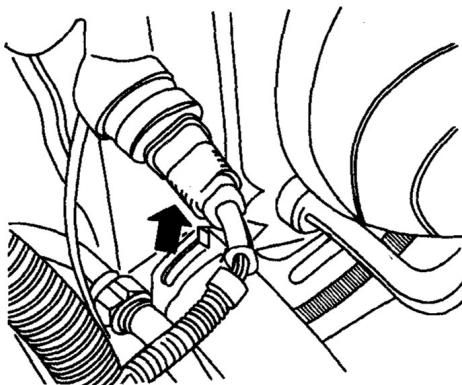


图 1-10 拔下散热器左侧的热敏开关插头

(9) 松开散热器的上水管的夹箍，拔下散热器的上水管。

(10) 旋松电动冷却风扇的 4 个紧固螺栓，拆下电动冷却风扇和散热器。

(11) 拔下空气流量计的电线插头，如图 1-11 所示。

(12) 拔下活性炭罐电磁阀（ACF 阀）的电线插头，如图 1-12 所示。

(13) 拆下空气滤清器至节气门控制器之间的空气管路，拆下空气滤清器罩壳。

(14) 将抹布放在燃油管路 with 分配管的分离点处，然后小心地拔软管以卸压，并用抹布擦净流出的燃油。

(15) 松开节气门拉索。拔下通向活性炭罐电磁阀的真空管和通向制动系真空助力器的真空管。

(16) 拔下位于发动机底部通向暖风热交换器的冷却液管。

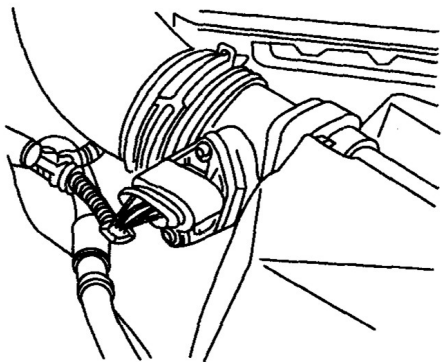


图 1-11 拔下空气流量计的电线插头

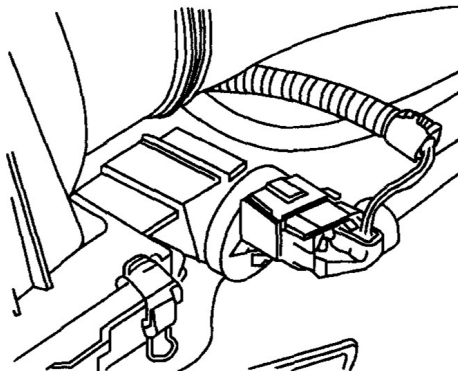


图 1-12 拔下活性炭罐电磁阀的电线插头

- (17) 拔下气缸盖通向暖风热交换器的冷却液管。
- (18) 拔下变速器上的车速传感器电线插头、倒车灯开关。
- (19) 松开空调压缩机与支架的联接螺栓、取下 V 带。
- (20) 移开空调压缩机并使用电线将其悬挂在副梁上。
- (21) 使用专用工具拆卸张紧轮，并用销钉固定张紧轮，从发动机上取下 V 带。
- (22) 松开动力转向液压泵 V 带轮的螺栓，拆下 V 带轮。拆下动力转向液压泵，将其固定于发动机舱内的一侧。
- (23) 旋下排气歧管和排气管的联接螺栓。
- (24) 拔下起动机导线，并从变速器壳体上拆下起动机。
- (25) 松开车身搭铁线。
- (26) 旋下所有使发动机与车身弹性支座连接的螺栓。
- (27) 使用变速器固定支架托住变速器的底部，或者将专用千斤顶固定在车身两侧，使用变速器吊装工具吊住变速器。
- (28) 旋下发动机与变速器的紧固螺栓，留下一个螺栓定位。
- (29) 使用小吊车吊住发动机的吊耳。
- (30) 松开最后一个紧固螺栓，小心地将发动机吊离发动机舱，安装在发动机支座上。
- (31) 检查发动机与车身弹性支座的连接情况，若连接不良，应更换弹性支座。

3. 将发动机总成安装到汽车上

按照与以上拆卸步骤相反的顺序进行。

注意：

- (1) 在安装时应检查发动机和变速器之间的定位销是否安装好。
- (2) 对于正式修理的汽车，应更换所有的自锁螺母、密封圈、衬垫。
- (3) 应在变速器输入轴上涂薄薄的一层润滑脂。
- (4) 检查曲轴后部滚针轴承是否安装上，必要时检查离合器压盘的对中程度。

- (5) 安装发动机支架后，摇动发动机使其安装到位。
- (6) 调整节气门拉索，使其活动灵活。

四、清洁整理

将实习场地所必要的物品留下，依照规定的合理位置放置，并明确标示，将不必要的物品清除掉；对垃圾进行分类处理；将实习场地清扫干净，并保持卫生；使每位成员养成良好习惯，遵守规则做事。

【知识拓展】

国家标准 GB 725—2008 对内燃机产品名称和型号编制方法重新进行了审定。该标准的主要内容如下：

- (1) 内燃机产品名称均按所采用的燃料命名，例如柴油机、汽油机、煤气机、沼气机、双（多种）燃料发动机等。
- (2) 内燃机型号由阿拉伯数字、汉语拼音字母或国际通用的英文缩写字母组成。
- (3) 内燃机型号由下列四部分组成，如图 1-13 所示。

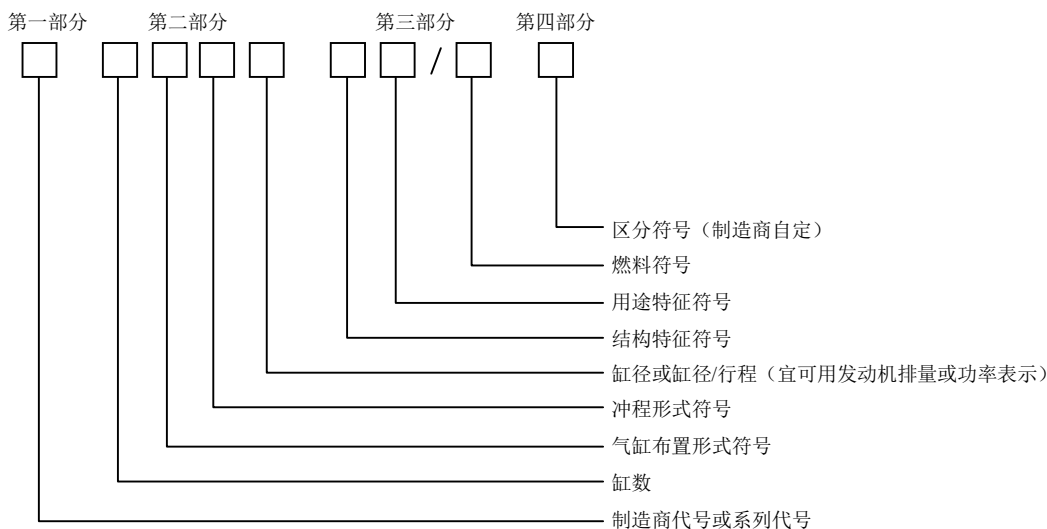


图 1-13 内燃机产品型号表示方法

- 1) 第一部分：由制造商代号或系列代号组成。本部分代号由制造商根据需求选择相应 1～3 位字母表示。
- 2) 第二部分：由气缸数、气缸布置形式符号、冲程符号和缸径符号组成。
气缸数用 1～2 位数字表示。
气缸布置形式：无符号表示多缸直列及单缸；V 表示 V 型；P 表示卧式；H 表示 H 型；X 表示 X 型。

冲程形式为四冲程时符号省略，二冲程用 E 表示。

缸径符号一般用缸径或缸径/行程数字表示，也可用发动机排量或功率表示，其单位由制造商自定。

3) 第三部分：由结构特征、用途特征符号组成。无符号表示冷却液冷却；F 表示风冷；N 表示凝气冷却；S 表示十字头式；Z 表示增压；ZL 表示增压中冷；DZ 表示可倒转。

4) 第四部分：区分符号。同系列产品需要区分时，允许制造商选用适当符号表示。第三部分与第四部分可用“-”分隔。

汽油机型号编制示例：

EQ6100-1——东风汽车工业公司生产，六缸，四冲程，直列，缸径为 100mm，冷却液冷却汽油机，区分符号 1 表示为第一种类型产品。

4100Q——四缸，四冲程，缸径为 100mm，冷却液冷却，汽车用汽油机。

TJ376Q——天津生产，三缸，四冲程，缸径为 76mm，冷却液冷却，汽车用汽油机。

CA488——第一汽车集团公司生产，四缸，四冲程，缸径为 88mm，冷却液冷却，通用型汽油机。

柴油机型号编制示例：

CA6110——第一汽车集团公司生产，六缸，四冲程，直列，缸径为 110mm，冷却液冷却，基本型柴油机。

YZ6102Q——扬州柴油机厂生产，六缸，四冲程，直列，缸径为 102mm，冷却液冷却，汽车用，基本型柴油机。

12VE230ZCZ——12 缸，二冲程，V 型，缸径为 230mm，冷却液冷却，增压，船用主机，左机基本型柴油机。

【项目小结】

现代汽车发动机基本都采用内燃机。内燃机是将燃料在气缸内燃烧所产生的热能转化为机械能的机器，它具有热效率高、体积小、质量轻、便于移动和起动性好等优点。

四冲程发动机是活塞在气缸内上、下止点间往复移动四个行程，完成进气、压缩、做功、排气一个工作循环的发动机。发动机按着火方式分为：点燃式和压燃式。汽油机采用点燃式，柴油机采用压燃式。

描述发动机工作的基本术语有：上止点（TDC）、下止点（BDC）、活塞行程（ s ）、曲柄半径（ R ）、气缸工作容积（ V_h ）、发动机排量（ V_L ）、燃烧室容积（ V_c ）、气缸总容积（ V_a ）、压缩比（ ϵ ）。

压缩比（ ϵ ）表示活塞由下止点运动到上止点时，气缸内气体被压缩的程度。压缩比越大，压缩终了时气缸内的气体压力和温度就越高，因而发动机发出的功率就越大，经济性越好。一般车用汽油机的压缩比为 8~10，柴油机的压缩比为 15~22。

四冲程汽油机工作原理如下：

进气行程：活塞由曲轴带动从上止点向下止点运动。进气门打开，排气门关闭。空气与汽油的混合物，经进气门被吸入气缸，至活塞运动到下止点时，进气门关闭，停止进气，进气行程结束。进气行程结束时，气缸内压力低于大气压力。

压缩行程：进气行程结束时，活塞在曲轴的带动下，从下止点向上止点运动。此时，进、排气门均关闭，随着活塞上移，活塞上腔容积不断减小，混合气被压缩，至活塞到达上止点时，压缩行程结束。气体压力和温度同时升高，混合气进一步混合，形成可燃混合气。

做功行程：压缩行程末，火花塞产生电火花，气缸内的可燃混合气被点燃，并迅速着火燃烧，气体产生高温、高压，在气体压力的作用下，活塞由上止点向下止点运动，再通过连杆驱动曲轴旋转向外输出做功，至活塞运动到下止点时，做功行程结束。

排气行程：在做功行程终了时，排气门被打开，活塞在曲轴带动下由下止点向上止点运动。废气在自身的剩余压力和活塞的驱赶作用下，自排气门排出气缸，至活塞运动到上止点时，排气门关闭，排气行程结束。

排气行程结束后，进气门再次开启，又开始了下一个工作循环，如此周而复始，发动机就自行运转。

四冲程柴油机与汽油机工作原理不同之处：

进气行程：柴油机不同于汽油机的是进入气缸的不是混合气，而是纯空气。

压缩行程：柴油机不同于汽油机的是压缩纯空气，且由于柴油机压缩比大，压缩终了时的温度和压力都比汽油机高。

做功行程：柴油机此行程与汽油机有很大不同，压缩行程末，喷油泵将高压柴油经喷油器呈雾状喷入气缸内的高温空气中，柴油迅速汽化并与空气形成可燃混合气。因为此时气缸内的温度远高于柴油的自燃温度，柴油自行着火燃烧，且以后的一段时间内边喷边燃烧，气缸内的温度、压力急剧升高，推动活塞下行做功。

排气行程：与汽油机排气行程基本相同。

发动机基本上由曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系、润滑系、冷却系、点火系和起动系组成。

汽油机一般都由上述两个机构和五个系统组成。对于汽车用柴油机，没有点火系，因此柴油机由两个机构和四个系统组成。

发动机拆卸要求：从汽车上拆卸发动机，将发动机与变速器脱离，然后从前面将发动机拆下来。

发动机拆卸步骤：打开点火开关，查取防盗密码；卸掉燃油系统压力，断电取下蓄电池，放出冷却液，拆下上、下水管，拆下电动冷却风扇和散热器，拔下空气流量计的电线插头，拔下活性炭罐电磁阀（ACF 阀）的电线插头，拆下空气管路和空气滤清器罩壳；将抹布放在燃油管路和分配管的分离点处，然后小心地拔软管以卸压，并用抹布擦净流出的燃油；松开节气门拉索；拔下活性炭罐电磁阀的真空管和真空助力器的真空管；拔下暖风热交换器的冷却液管；拔下变速器上的车速传感器电线插头、倒车灯开关；松开空调压缩机与支架螺栓，取下 V 带；

移开空调压缩机;拆卸张紧轮,拆下动力转向液压泵,将其固定于发动机舱内的一侧;旋下排气歧管和排气管的联接螺栓;拔下起动机导线,并从变速器壳体上拆下起动机;松开车身搭铁线;用固定支架托住变速器的底部,旋下发动机与变速器的紧固螺栓,留下一个螺栓定位;使用小吊车吊住发动机的吊耳;松开最后一个紧固螺栓,将发动机吊离发动机舱,安装在发动机支座上。

【练一练】

一、选择题

1. 四缸发动机的缸径为 90mm, 活塞行程为 90mm, 压缩比为 7, 则其气缸总容积为()。
A. 0.572L B. 0.667L C. 2.29L D. 6.67L
2. 排量为 1680mL 的四缸发动机, 其燃烧室容积为 60mL, 压缩比为()。
A. 6 B. 7 C. 8 D. 10
3. 某发动机活塞行程为 80mm, 其曲柄半径为() mm。
A. 20 B. 40 C. 80 D. 160
4. 柴油机用什么方法点燃燃油()。
A. 压缩能量 B. 火花塞 C. 燃油喷射 D. 点火器
5. 发动机的压缩比是指气缸()容积与()容积的比值。
A. 工作 燃烧室 B. 总 燃烧室
C. 总 工作 D. 燃烧室 工作
6. 气缸工作容积是指()的容积。
A. 活塞运行到下止点时活塞上方 B. 活塞运行到上止点时活塞上方
C. 活塞上、下止点之间 D. 进气门从开到关所进空气
7. 四冲程发动机一个工作循环中, 曲轴共旋转()。
A. 四周 B. 三周 C. 两周 D. 一周
8. 一般柴油发动机的压缩比为()。
A. 8 B. 9 C. 10 D. 20

二、判断题(对的打“√”, 错的打“×”)

1. 由于柴油机的压缩比大于汽油机的压缩比, 因此压缩终了时的压力及燃烧后产生的气体压力比汽油机压力大。 ()
2. 多缸发动机各气缸的总容积之和, 称为发动机排量。 ()
3. 发动机的燃油消耗率越小, 经济性越好。 ()
4. 发动机总容积越大, 它的功率也就越大。 ()
5. 活塞行程是曲柄旋转半径的 2 倍。 ()

三、填空题

1. 往复式活塞式点燃发动机一般由_____、_____、_____、_____、_____、和_____组成。
2. 四冲程发动机曲轴转二周，活塞在气缸里往复运动_____次，进、排气门各开闭_____次，气缸里热能转化为机械能_____次。
3. 二冲程发动机曲轴转_____周，活塞在气缸里往复运动_____次，完成_____工作循环。
4. 发动机的动力性指标主要有_____、_____等；经济性指标主要是_____。
5. 发动机的有效功率与指示功率之比称为_____。
6. 汽车用活塞式内燃机每一次将热能转化为机械能，都必须经_____、_____、_____和_____这样一系列连续行程，这称为发动机的一个_____。

四、简答题

1. 发动机通常由哪些机构与系统组成？它们各有什么功用？
2. 什么是发动机的工作循环？四冲程汽油发动机的工作循环是怎么进行的？它与四冲程柴油发动机的工作循环有什么不同？
3. 四冲程汽油发动机与四冲程柴油发动机相比较，各有哪些优缺点？
4. 通过发动机的解体，试述发动机的构造，及发动机每个机构或系统中的主要代表零部件。
5. 说明下列内燃机产品型号的意义？
柴油机：165F、6135Q、12V135ZG。
汽油机：EQ6100Q、CA488、TJ376Q、CA6102Q、BJ492。