



QICHE FADONGJI
GOUZAO YU JIANXIU



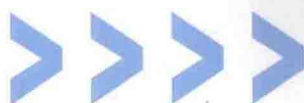
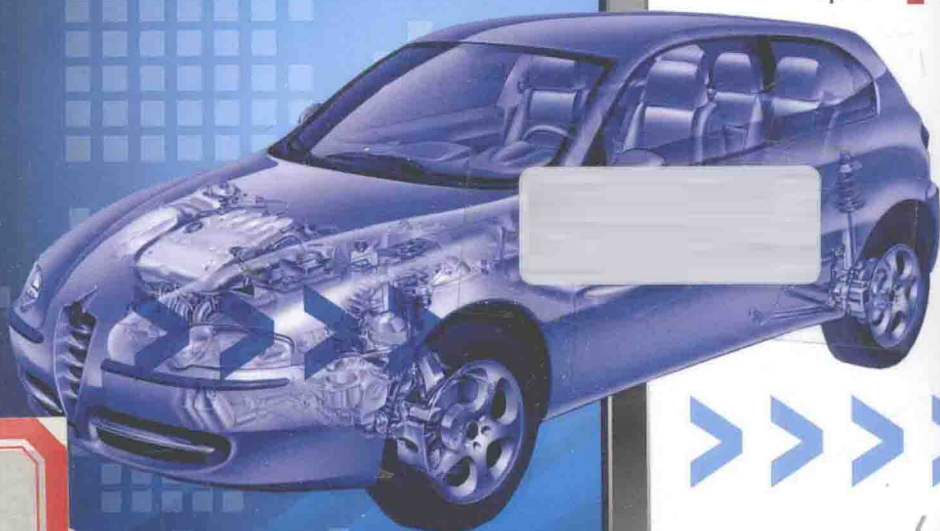
高职高专汽车类专业

项目化教育规划教材

汽车发动机

构造与检修

● 涂光伟 杨志勇 主编 ● 訾锟 主审



化学工业出版社

配套电子教案





高 职 高 专 汽 车 类 专 业

项目化教育规划教材

汽车发动机

构造与检修

涂光伟 杨志勇 主编
龙纪文 林妙山 副主编
嵇 锟 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书根据国家教育部对高职高专教学的有关规定及从事汽车类职业的在岗人员对基本专业知识、基本技能和基本素质的需求,结合汽车专业人才培养目标,着重介绍了汽车发动机构造知识与检修方法,主要内容包括认识汽车发动机、曲柄连杆机构的构造与检修、配气机构的构造与检修、汽油机燃料供给系统的构造与检修、柴油机燃料供给系统的构造与检修、冷却系统的构造与检修、润滑系统的构造与检修、点火系统的构造与检修和发动机装配与磨合等九个课题,共40个项目,每个项目均配有综合练习。

本书按照汽车维修作业项目的实际工艺过程,根据高职高专汽车专业一体化教学实际需要,理论知识与实践技能相结合,重视理论,突出实操。本书取材新颖,图文并茂,内容充实,通俗易懂,实用性强。

本书可作为高职高专汽车检测与维修、汽车技术服务与营销、汽车运用工程等相关专业教材,也可作为职业技能培训机构参考用书,并可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与检修/涂光伟,杨志勇主编. —北京:
化学工业出版社,2010.2
高职高专汽车类专业项目化教育规划教材
ISBN 978-7-122-07399-0

I. 汽… II. ①涂…②杨… III ①汽车-发动机-构造-
高等学校:技术学院-教材②汽车-发动机-车辆修理-高等
学校:技术学院-教材 IV. U472.43

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第001869号

责任编辑:韩庆利
责任校对:边涛

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张18 $\frac{3}{4}$ 字数499千字 2010年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:33.50元

版权所有 违者必究

前 言

今天,中国经济发展正处于重要的转型期,产业优化升级需要增强企业的自主创新能力,经济的持续高速增长需要数以千万计的既掌握技能又懂得理论的高素质高技能人才,高职教育面临前所未有的机遇。为了适应职业教育的发展,经过对高职高专汽车专业一体化教学改革探索和实践,编写了本教材,具有注重理论、突出实操的高职教育显著特色。

本教材的内容结构是“知行一体化,而非单一的知识系统化”,本教材的主要特点是以企业岗位工作任务为驱动方式,以岗位作业项目为载体,适合理实一体化的教学模式实施教学,突出现代职业教育特色,将汽车发动机结构与内燃机原理整合并有机地融入到发动机检测与维修技能训练之中,培养本专业学生必需的基础理论知识和基本技能;选材新颖,注意实用,每一课题均突出项目的重点和难点。每一项目又都是一个完整的工作过程,强调操作技能的训练和工作经验的应用,着重培养学生分析问题和解决问题的能力。

全书以汽车发动机结构为主线,融内燃机原理、发动机检测与维修于一体,介绍了汽车发动机曲柄连杆机构、配气机构、汽油机燃料供给系统、柴油机燃料供给系统、冷却系统、润滑系统、点火系统的基本结构、工作原理和检测维修方法,最后介绍了发动机总装配与大修磨合工艺。

本书由涂光伟和杨志勇主编,龙纪文、林妙山副主编,戴晓亮参编。由宁波工程学院瞿锬教授主审。本书在编写过程中得到了广东白云学院的大力帮助。在此向所有对本书编写有帮助的各位同仁和参考文献的作者致以诚挚的感谢。

本书有配套电子教案,可赠送给用本书作为授课教材的院校和老师,如果有需要,可发邮件至 hqlbook@126.com 索取。

由于编者水平和经验有限,加之时间紧迫,书中难免出现疏漏之处,恳请广大读者和同仁们批评指正。

编 者
2009 年 12 月

目 录

总论	1
课题一 认识汽车发动机	3
课题二 曲柄连杆机构的构造与检修	15
项目一 认识汽车发动机曲柄连杆机构	15
项目二 机体组零件的结构与拆装	18
项目三 机体组的检修	27
项目四 活塞连杆组的构造与拆装检修	34
项目五 曲轴飞轮组的构造与拆装检修	57
项目六 曲柄连杆机构异响故障的诊断与排除	70
课题三 配气机构的构造与检修	76
项目一 认识汽车发动机配气机构	76
项目二 气门组的构造与拆装	80
项目三 气门组零件的检修	84
项目四 气门传动组的构造与拆装	90
项目五 气门传动组的检修	99
项目六 气门间隙的检查与调整	101
项目七 可变配气相位与气门升程电子控制 (VTEC) 简介	104
项目八 配气机构异响的故障诊断与排除	107
课题四 汽油机燃料供给系统的构造与检修	112
项目一 认识汽油机燃料供给系统	112
项目二 汽油泵的构造与检修	122
项目三 化油器的工作原理与构造	125
项目四 典型化油器的结构与拆装检修	136
项目五 汽油机燃料供给系统常见故障的诊断与排除	140
课题五 柴油机燃料供给系统的构造与检修	144
项目一 认识柴油机燃料供给系统	144
项目二 柴油机燃烧室与可燃混合气的形成	147
项目三 喷油器的构造、检查与调试	151
项目四 喷油泵调速器总成的结构、原理与安装调试	157
项目五 柴油机燃料供给系统辅助装置的检修	174
项目六 柴油机燃料供给系统常见故障的判断与排除	181
项目七 柴油机电控燃油喷射技术简介	186
课题六 冷却系统的构造与检修	196
项目一 认识汽车发动机冷却系统	196
项目二 冷却系统零部件的拆装检修	207
项目三 发动机冷却系统常见故障的诊断与排除	211

课题七 润滑系统的构造与检修	215
项目一 认识汽车发动机润滑系统构造.....	215
项目二 机油滤清器的构造与拆装检修.....	222
项目三 机油泵的构造与拆装检修.....	225
项目四 润滑系统常见故障的诊断与排除.....	228
课题八 点火系统的构造与检修	231
项目一 认识汽车发动机点火系统.....	231
项目二 点火系统主要部件的结构原理与检修.....	242
项目三 分电器的安装及点火提前角的检查与调整.....	265
项目四 点火系统故障的诊断与排除.....	270
课题九 发动机装配与磨合	280
项目一 发动机装配.....	280
项目二 发动机的磨合和竣工验收.....	286
参考文献	290

总 论

自 1885 年全世界第一辆汽车问世以来，已有一百多年历史。在汽车发展过程中，各国竞相将各种新技术、新成果应用在汽车上，特别是 20 世纪 60 年代集成电路电子技术在汽车上应用以来，汽车工业更是日新月异，以前所未有的发展速度突飞猛进，从电子控制发动机系统到电子控制制动防滑（防抱死）装置、电控自动变速器，从驾驶辅助装置、警报安全装置、舒适性装置、通信娱乐装置，到近年来的混合动力汽车，使汽车的整体水平不断提高，性能日趋完善。

我国的汽车发展较发达国家落后，孙中山先生是我国最早提出来建立中国汽车工业的人，张学良将军是我国第一个组织生产国产汽车的人，但由于国力有限，加之受战乱影响，一直没有得到发展，主要依赖进口，从 1901 年第一辆奥兹莫比尔汽车进入皇宫，到 1930 年中国的汽车保有量仅为 38484 辆。

新中国成立后，我国的汽车工业才得到重视，1953 年 7 月 15 日第一汽车制造厂在长春奠基，1956 年 7 月 15 日第一批国产解放车下线，1958 年 5 月 5 日第一辆东风轿车下线，1958 年 7 月 CA72 型高级轿车下线。到 1966 年，我国汽车工业已形成第一汽车制造厂、南京汽车制造厂、北京汽车制造厂、上海汽车制造厂和济南汽车制造厂等五个汽车生产基地，奠定了中国汽车工业发展的基础。

自改革开放以来，我国的综合国力不断增强，汽车工业也有了长足发展。中国已于 2005 年开始步入世界汽车大国之列。

汽车是现代社会最主要的陆地交通工具，它自带动力，由上千万个零部件组成，尽管种类繁多，用途多异，但一般由发动机（动力装置）、底盘、车身和电器设备四部分组成，以

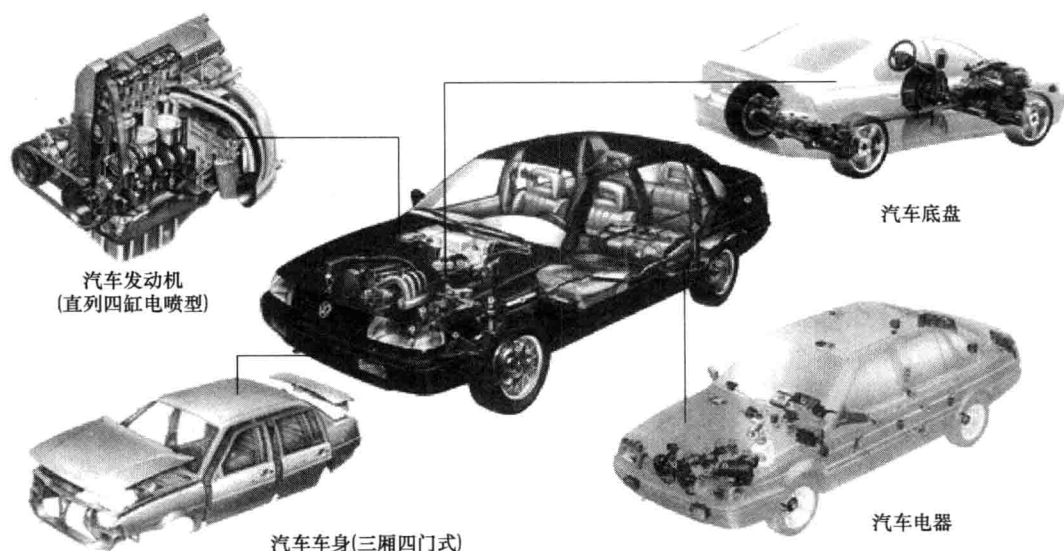


图 0-1 轿车总体结构

轿车为例，汽车总体结构如图 0-1 所示。

(1) 发动机 发动机是汽车的“心脏”，为汽车行驶提供动力。目前广泛采用的是往复式活塞式内燃机，常见的有汽油机和柴油机。

(2) 底盘 底盘是汽车各部件和总成安装的基体，发动机、车身、电器设备及各种附属设备都安装在底盘上。底盘包括传动系统、行驶系统、转向系统和制动系统等四部分。

(3) 车身 车身是用来容纳驾驶员、载运乘客和装载货物的空间结构。

(4) 电器设备 电器设备包括电源、启动系统、汽油机点火系统、仪表、照明与信号设备等。

课题一 认识汽车发动机

【能力培养目标】

应知理论

1. 发动机的作用及分类
2. 发动机的构造及发动机常用专业术语

应会技能

能认识发动机各部件

【学习内容】

发动机是汽车的动力源，大多数都安装在汽车的前部，也有安装在后部的（如大型客运

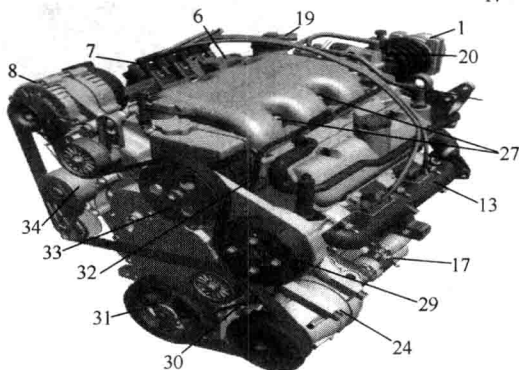
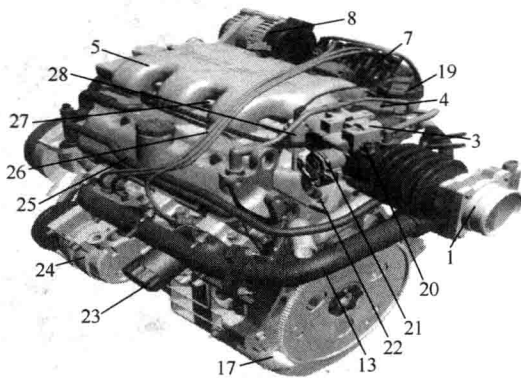
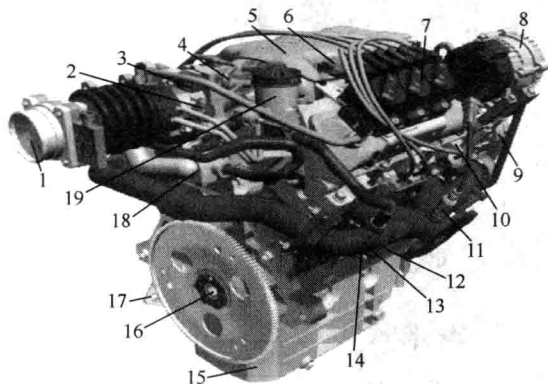
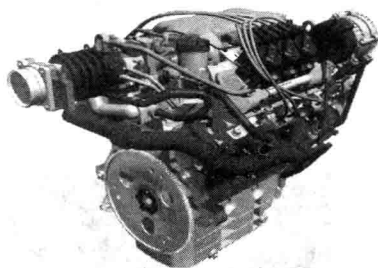


图 1-1-1 汽车发动机外观图

1—空气流量传感器；2—节气门位置传感器；3—怠速控制阀；4—活性炭罐电磁阀；5—上进气歧管；6—进气歧管绝对压力传感器；7—点火线圈/点火模块总成；8—发电机；9—前盖；10—气缸盖；11—加热型氧传感器；12—气缸体；13—排气歧管；14—曲轴位置传感器（7X）；15—油底壳；16—曲轴；17—启动机；18—冷却液出水管；19—废气再循环阀；20—进气温度传感器；21—节气门体；22—冷却液温度传感器；23—机油滤清器；24—空调压缩机；25—冷却液旁通管；26—点火高压线；27—燃油分配管；28—燃油压力调节器；29—水泵驱动带轮；30—曲轴位置传感器（24X）；31—曲轴带轮；32—凸轮轴位置传感器引出线；33—动力转向油泵驱动带轮；34—传动皮带张紧器

车辆), 是将某一形式的能量转变成机械能的机器, 从而使汽车获得行驶所必需的动力。图 1-1-1 是汽车发动机外观图, 图 1-1-2 是汽车发动机纵剖图。现代汽车所采用的发动机多数是内燃机, 它把燃料燃烧时产生的热能转变成机械能, 内燃机因能量转换过程是在发动机气缸内进行的而得名。

汽车上使用的内燃机主要有汽油机和柴油机。随着科技的发展和人类环保意识的增强, 现代汽车开始采用液化石油气、天然气、氢动力、电力和太阳能等新型能源的发动机。

汽油发动机主要由曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、点火系统、冷却系统、润滑系统和启动系统等七部分组成, 即“两大机构五大系”; 柴油发动机与汽油发动机相比, 除没有点火系统和燃料供给系统工作原理不同外, 其他基本相同。

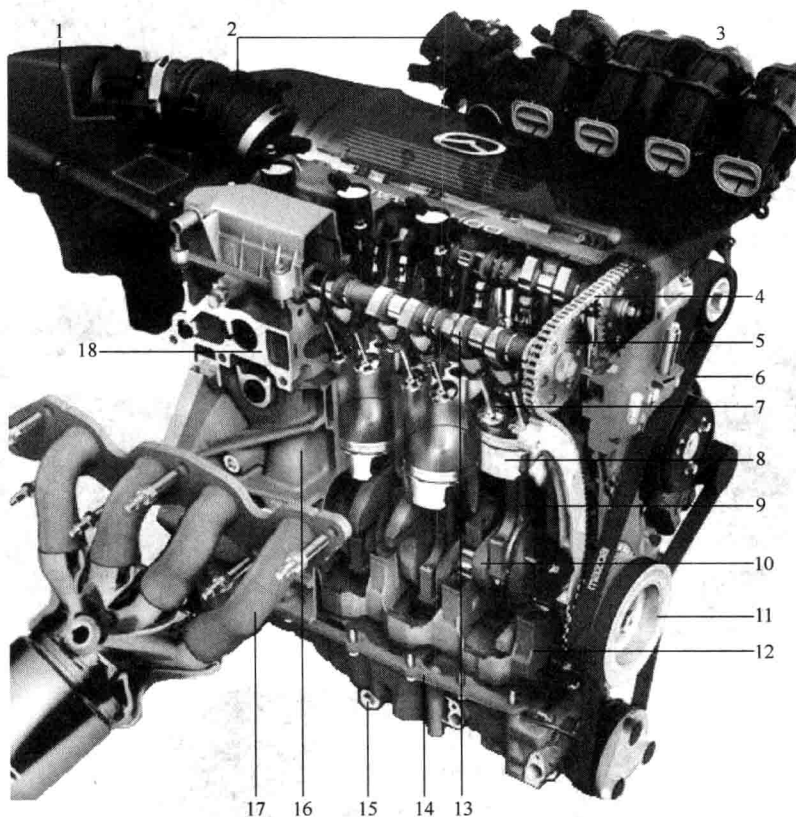


图 1-1-2 汽车发动机纵剖图

- 1—空气滤清器外壳; 2—进气总管; 3—进气歧管; 4—正时链条; 5—凸轮轴正时链轮;
6—传动皮带; 7—气门; 8—活塞; 9—连杆; 10—曲轴; 11—皮带轮; 12—曲轴轴承盖;
13—凸轮轴; 14—油底壳; 15—放油螺钉; 16—气缸体; 17—排气管; 18—气缸盖

一、发动机的分类

发动机的分类如图 1-1-3。

二、发动机的基本构造

图 1-1-4 为汽油发动机的基本组成, 表 1-1-1 为发动机基本构造。

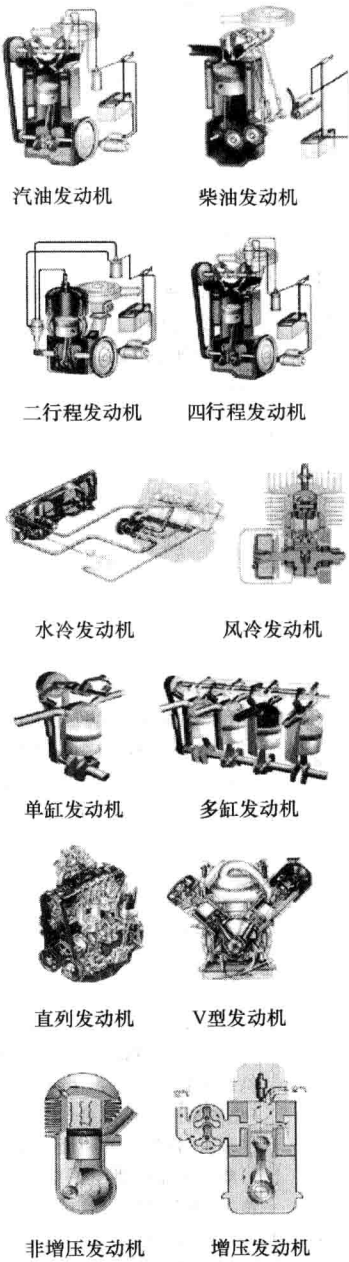
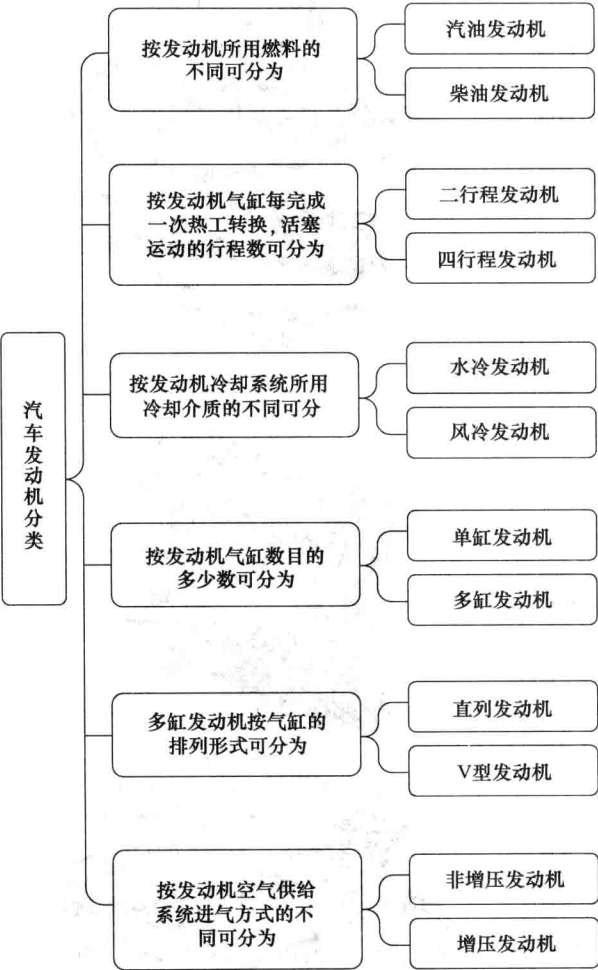


图 1-1-3 发动机的分类图

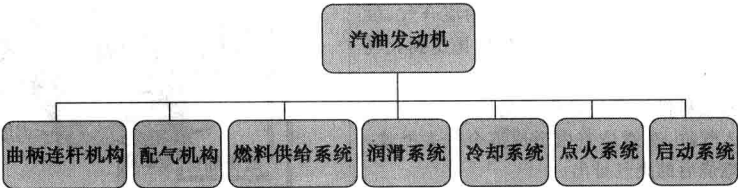


图 1-1-4 汽油发动机的基本组成

表 1-1-1 发动机基本构造

系统	组成及作用	构造图
曲柄 连杆 机构	组成:由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组等组成。 作用:将气缸内燃料燃烧后作用在活塞顶部的力转变成曲轴的转矩,将活塞的往复直线运动转变为曲轴的旋转运动,以向工作机械输出机械能。	
配气 机构	组成:由气门组和气门传动组组成。 作用: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(汽油机)或空气(柴油机)进入气缸,并使燃烧生成的废气从气缸内排出,实现换气过程。	
燃料 供给 系统	组成:汽油机燃料供给系统组成:燃油供给装置(汽油箱、汽油滤清器、汽油泵和油管等)、空气供给装置(空气滤清器)、可燃混合气形成装置(化油器)、可燃混合气供给和废气排出装置(进气歧管、排气歧管和消声器)。 柴油机燃料供给系统组成:燃油供给装置(油箱、输油泵、滤清器、喷油泵、喷油器和高压油管)、空气供给装置(空气滤清器和进气歧管)、混合气形成装置(燃烧室)、废气排出装置(排气歧管和消声器)。 作用: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,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。	

续表

系统	组成及作用	构造图
润滑系统	组成:由润滑油道、机油泵、机油滤清器和一些阀门等组成。 作用:向作相对运动的零件表面输送定量的清洁润滑油,以实现液体摩擦,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。	The diagram illustrates the lubrication system's internal components. It shows the camshaft at the top, connected to the oil pump. The oil pump is driven by the camshaft and pumps oil through a pressure relief valve and a safety valve. The oil then flows through a filter and a return valve back to the oil pan. The oil pan is located at the bottom of the engine, and the oil is collected there. The diagram also shows the oil filter and the oil pump's internal components.
冷却系统	组成:水冷发动机的冷却系统通常由冷却水套、水泵、风扇、散热器(水箱)和节温器等组成。 作用:是将受热零件吸收的部分热量及时散发出去,保证发动机在最适宜的温度状态下工作。	The diagram shows the cooling system components. It includes a water pump driven by the engine, which circulates water through the engine block and head. The water then flows into a radiator, where it is cooled by a fan. The cooled water then returns to the engine. The diagram also shows a thermostat and a water temperature gauge.
点火系统	组成:传统点火系统主要由蓄电池、点火开关、分电器、点火线圈和火花塞等组成。 作用:在汽油机中,将汽车电源提供的低压电转变为高压电,并按照发动机的做功顺序与点火时刻的要求,适时准确地将高压电送到各缸的火花塞,使火花塞跳火,点燃气缸内的混合气。柴油机中没有点火系统。	The diagram illustrates the ignition system. It shows a battery connected to an ignition switch. The ignition switch is connected to a distributor, which sends high voltage to the spark plugs. The distributor is also connected to a capacitor and a coil. The diagram also shows a spark plug and a distributor.
启动系统	组成:蓄电池、启动机、启动继电器和点火开关等组成。 作用:在点火开关和启动继电器的控制下,将蓄电池的电能转化为机械能,带动发动机飞轮齿圈使曲轴转动,完成发动机的启动。	The diagram shows the starting system components. It includes a battery connected to a starter motor. The starter motor is controlled by a starter relay, which is connected to the ignition switch. The starter motor is connected to the flywheel gear, which is part of the engine's crankshaft. The diagram also shows a starter relay and a flywheel gear.

汽油机由以上两大机构和五大系统组成，即由曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、润滑系统、冷却系统、点火系统和启动系统组成；柴油机由以上两大机构和四大系统组成，即由曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、润滑系统、冷却系统和启动系统组成，柴油机是压燃的，不需要点火系统。

三、发动机常用专业术语

图 1-1-5 中标示了发动机常用的专业术语，其注释见表 1-1-2。

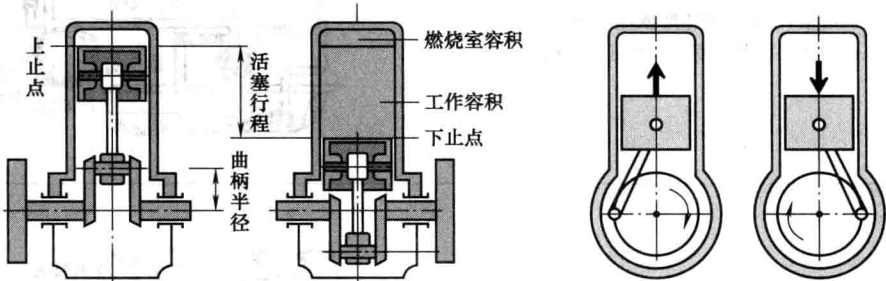


图 1-1-5 发动机常用专业术语示意图

表 1-1-2 发动机常用专业术语

专业术语名称	注 释
上止点	活塞在气缸里作往复直线运动时,当活塞向上运行到最高点位置,即活塞顶部距离曲轴旋转中心最远的极限位置,称为上止点。
下止点	活塞在气缸里作往复直线运动时,当活塞向下运行到最低点位置,即活塞顶部距离曲轴旋转中心最近的极限位置,称为下止点。
活塞行程	活塞从一个止点到另一个止点移动的距离,即上、下止点之间的距离称为活塞行程。一般用 S 表示,对应一个活塞行程,曲轴旋转 180° 。
曲柄半径	曲轴旋转中心到曲柄销中心之间的距离称为曲柄半径,一般用 R 表示。活塞行程为曲柄半径 R 的两倍,即: $S=2R$ 。
气缸工作容积	活塞从一个止点运行到另一个止点所扫过的容积,也称为气缸排量。一般用 V_h 表示; $V_h = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^6} S \text{ (L)}$ 式中 D ——气缸直径,mm; S ——活塞行程,mm。
燃烧室容积	活塞位于上止点时,其顶部与气缸盖之间的容积称为燃烧室容积。一般用 V_c 表示。
气缸总容积	活塞位于下止点时,其顶部与气缸盖之间的容积称为气缸总容积。一般用 V_a 表示,气缸总容积就是气缸工作容积和燃烧室容积之和,即: $V_a = V_h + V_c$ 。
发动机排量	多缸发动机所有气缸工作容积的总和,称为发动机排量。一般用 V_L 表示,设发动机的气缸数为 i ,则 $V_L = V_h i$ 式中 V_h ——气缸工作容积; i ——气缸数目。
压缩比	压缩比是发动机中一个非常重要的概念,压缩比表示了气体的压缩程度,它是气体压缩前的容积与气体压缩后的容积之比值,即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 $6 \sim 10$,柴油机的压缩比较高,一般为 $16 \sim 22$ 。
工作循环	每一个工作循环包括进气、压缩、做功和排气过程,即完成进气、压缩、做功和排气四个过程叫一个工作循环

四、发动机的工作原理

1. 四行程汽油机的工作原理

发动机是一种能量转换机构，四行程汽油机的工作过程包括进气、压缩、做功和排气四个行程。把这四个行程叫做发动机的一个工作循环，工作循环不断地重复，使发动机能够连续运转。下面介绍一下四行程汽油机的工作原理（见表 1-1-3）。

表 1-1-3 四行程汽油机的工作原理

行程	说 明	示 功 图
进气行程	由于曲轴的旋转，活塞从上止点向下止点运行，这时排气门关闭，进气门打开。随着活塞下移，气缸内容积增大，压力减小，在气缸内产生真空吸力，空气经空气滤清器并与化油器供给的汽油混合形成可燃混合气，通过进气门被吸入气缸，直至活塞向下运行到下止点。	
压缩行程	曲轴继续旋转，活塞从下止点向上止点运行，这时进气门和排气门都关闭，气缸内成为封闭容积，可燃混合气受到压缩，压力和温度不断升高，当活塞到达上止点时压缩行程结束。汽油机的压缩比一般为 $\epsilon=6\sim10$ 。	
做功行程	进气门和排气门仍然保持关闭。当活塞的压缩行程接近上止点位置时，火花塞产生电火花，点燃可燃混合气，可燃混合气燃烧后放出大量的热量，使气缸内气体温度和压力急剧升高，高温高压气体膨胀，推动活塞从上止点向下止点运行，气缸容积不断增大，气体压力和温度不断下降，通过连杆使曲轴旋转并输出机械功。当活塞运动到下止点时，做功行程结束。	
排气行程	当做功接近终了时，排气门开启，进气门仍然关闭，活塞从下止点向上止点运行，废气靠自身的压力先进行自由排气，然后活塞把废气强制排出到大气中去，活塞越过上止点后，排气门关闭，排气行程结束。	

2. 四行程柴油机的工作原理

四行程柴油机（如图 1-1-6 所示）和四行程汽油机的工作过程基本相同，每一个工作循环同样包括进气、压缩、做功和排气四个行程，柴油机可燃混合气的形成、着火方式、燃烧过程以及气体温度压力的变化都和汽油机不同。下面主要分析一下柴油机和汽油机在工作过程中的不同点（见表 1-1-4）。

表 1-1-4 柴油机和汽油机工作过程的不同点

不 同 点	汽 油 机	柴 油 机
进气过程	可燃混合气	纯空气
着火方式	点燃式	压燃式

柴油机与汽油机比较，柴油机的压缩比高，热效率高，燃油消耗率低，同时柴油价格较低，因此，柴油机的燃料经济性能好，而且柴油机的排气污染少，排放性能较好。但它的主要缺点是转速低，质量大，噪声大，振动大，制造和维修费用高。现代汽车柴油机已作了很大改进，在汽车上应用越来越广泛。

3. 二行程汽油机的工作原理

二行程汽油机的工作过程是由进气、压缩、燃烧做功和排气四个行程组成，但它是在曲轴旋转一圈（ 360° ），活塞上下往复运行两个行程内完成的，如图 1-1-7 所示。

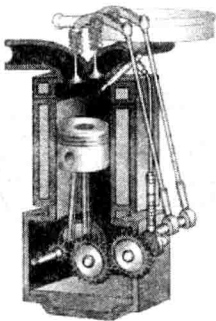


图 1-1-6 四行程柴油机示意图

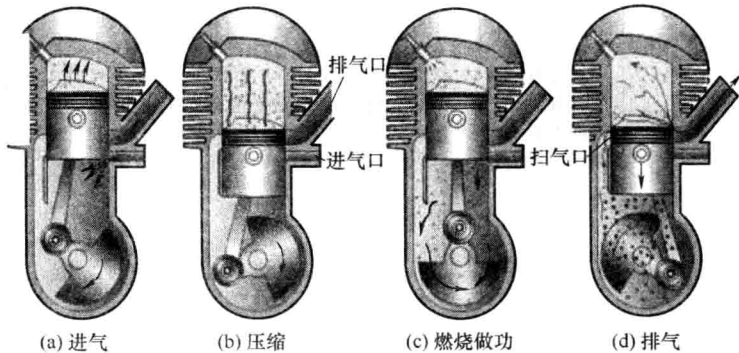


图 1-1-7 二行程汽油机的工作原理

（1）第一行程 活塞从下止点向上止点运动，事先已充满活塞上方气缸内的混合气被压缩，新的可燃混合气又从化油器被吸入活塞下方的曲轴箱内。

（2）第二行程 活塞从上止点向下止点运动，活塞上方进行做功过程和换气过程，而活塞下方则进行可燃混合气的预压缩。

4. 多缸发动机的工作原理

前面介绍的是单缸发动机的工作原理，而现代汽车发动机都是多缸四行程发动机，那么，多缸四行程发动机与单缸四行程发动机的工作原理有什么区别呢？就能量转换过程而言，发动机的每一个气缸和单缸发动机的工作原理是完全一样的，都要经过进气、压缩、做功和排气四个行程。但是单缸发动机的四个行程中只有一个行程做功，其余三个行程不做功，即曲轴转两圈，只有半圈做功，所以运转平稳性较差，功率越大，平稳性就越差。为了使运转平稳，单缸发动机一般都装有一个大飞轮。而多缸发动机的做功行程是错开的，即每个气缸按照自己的工作顺序，在曲轴旋转两圈内交替做功一次，因此，运转平稳，振动小。缸数越多，做功间隔角越小，同时参与做功的气缸越多，发动机运转越平稳。多缸发动机使用最多的有四缸发动机、六缸发动机和八缸发动机。

五、发动机的性能指标和特性

1. 发动机的主要性能指标

发动机的性能指标是用来衡量发动机性能好坏的标准。发动机的主要性能指标有：动力性能指标、经济性能指标和排放性能指标。

(1) 动力性能指标 动力性能指标常用的有效指标是指曲轴对外做功能力的指标，包括有效转矩、有效功率和曲轴转速。

① 有效转矩 指发动机通过曲轴或飞轮对外输出的转矩，通常用 T_e 表示，单位为 $N \cdot m$ 。有效转矩是作用在活塞顶部的气体压力通过连杆传给曲轴产生的转矩，并克服了摩擦、驱动附件等损失之后从曲轴对外输出的净转矩。

② 有效功率 指发动机通过曲轴或飞轮对外输出的功率，通常用 P_e 表示，单位为 kW 。它等于有效转矩和曲轴转速的乘积。发动机的有效功率可以用台架试验法测定，在测功器上测出有效转矩和曲轴转速，然后用下面公式计算出有效功率。

$$P_e = T_e \times \frac{2\pi n}{60} \times 10^{-3} = \frac{T_e n}{9550} \quad (kW)$$

式中 T_e ——有效转矩， $N \cdot m$ ；

n ——曲轴转速， r/min 。

③ 曲轴转速 指发动机曲轴每分钟的转数，用 n 表示，单位为 r/min 。发动机产品铭牌上标明的功率及相应转速称为额定功率和额定转速。按照汽车发动机可靠性试验方法的规定，汽车发动机应能在额定工况下连续运行 $300 \sim 1000h$ 。

(2) 经济性能指标 通常用燃油消耗率来评价发动机的经济性能。燃油消耗率是指单位有效功的燃油消耗量，也就是发动机每发出 $1kW$ 有效功率，在 $1h$ 内所消耗的燃油质量（以 g 为单位），燃油消耗率通常用 g_e 表示，其单位为 $g/(kW \cdot h)$ ，计算公式如下

$$g_e = \frac{1000G_T}{P_e} [g/(kW \cdot h)]$$

式中 G_T ——每小时的燃油消耗量， kg/h ；

P_e ——有效功率， kW 。

很明显，有效燃油消耗率越小，表示发动机曲轴输出净功率所消耗的燃油越少，其经济性越好。通常发动机铭牌上给出的有效燃油消耗率 g_e 是最小值。

(3) 环境保护指标 环境保护指标主要指发动机污染物（ CO ， HC 和 NO_x ）的排放量和噪声分贝量等。

2. 发动机的特性

发动机的主要性能指标（有效转矩 T_e 、有效功率 P_e 和有效燃油消耗率 g_e ）随其运转工况（负荷、转速）变化的关系称为发动机的特性。其性能指标随发动机曲轴转速变化的关系称为发动机的速度特性，而性能指标随负荷变化的关系称为发动机的负荷特性。用曲线来表示这些关系，称为发动机的特性曲线。发动机特性是对发动机性能进行全面评价和鉴定的依据。在发动机特性中，其速度特性最为常用。

发动机的速度特性是指发动机的性能指标 T_e 、 P_e 和 g_e 随发动机转速 n 变化的规律，用曲线表示，称为速度特性曲线。速度特性可以在发动机试验台上测得。当汽油机节气门开度保持不变时，或柴油机的油量调节机构（油门拉杆）位置一定，用测功器对发动机曲轴施加一定数值的阻力矩。当发动机运转稳定时即阻力矩和发动机发出的有效转矩相等时，可用转速表测出此时的稳定转速，同时在测功器上测出该转速下的有效转矩 T_e ，计算出有效功率 P_e ，另外可测出消耗一定量汽油所经历的时间，换算成每小时耗油量 G_T ，然后计算出有效