



职业教育精品实用教材

ZHIYE JIAOYU JINGPIN SHIYONG JIAOCAI

汽车发动机构造与维修

主 编 于正同 李 强



西北工业大学出版社



职业教育教材系列

CHANG CHENG JIAO YU JIAO KE SHU JIAO CAI

汽车发动机构造与维修

第二版



职业教育精品实用教材

汽车发动机构造 与维修

主 编 于正同 李 强

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书主要介绍了发动机工作原理与总体构造、曲柄连杆机构、配气机构、汽油机燃料供给系、电控燃油喷射系、柴油机燃料供给系、冷却系、发动机润滑系和发动机的装配、调整与磨合等内容。书后附有实验及各章复习思考题的答案。

本书可供各类职业院校汽车专业作为教材,也可供专业人士参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修/于正同,李强主编. —西安:西北工业大学出版社,2008.6

职业教育精品实用教材

ISBN 978-7-5612-2404-5

I. 汽… II. ①于…②李… III. ①汽车—发动机—构造—职业教育—教材②汽车—发动机—车辆修理—职业教育—教材 IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008)第 076035 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:18.5

字 数:449 千字

版 次:2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

定 价:28.90 元

出版说明

为了更好地贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,全面落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,职业教育精品实用教材编写组组织相关力量对实现职业教育培养目标、保障重点专业建设的主干课程的教材进行了规划和编写。

职业教育精品实用教材是面向职业教育的规范性教材,严格按照国家最新颁发的教学大纲编写,并通过了专家的审定。本套教材深入贯彻素质教育的理念,突出职业教育的特点,注重对学生的创新能力和实践能力的培养,在内容编排、例题设置和图示说明等方面努力创新,在满足不同学制、不同专业以及不同办学条件教学需求的同时,实现教学效果的最优化。

我们希望各地、各校在使用本套教材的过程中,及时提出改进意见和建议,使之不断地得到完善和提高。

职业教育精品实用教材编写组

前 言

本书根据教育部 2001 年颁发的《职业学校汽车运用与维修专业教学指导方案》中主干课程《汽车发动机构造与维修教学基本要求》，并参照有关行业的职业技能鉴定规定编写而成，是职业教育规划教材。

汽车结构复杂，种类繁多，更新换代的速度日益加快。本书力图以叙述基本结构和原理为主，淘汰基本上已经不用的结构、技术和工艺，增加了现在正在普遍应用的和即将普遍应用的新结构、新技术和新工艺。

本书在编写上力图体现以下特色：

- (1) 注意反映新概念、新技术和新方法，以体现教材的先进性。
- (2) 强化工程意识，培养学生的动手能力，突出职教特色。
- (3) 注重教材内容的实用性、时效性和可操作性。
- (4) 文字力求通俗易懂，插图形象生动，图文并茂，便于学生理解和自学。

经过评审专家审定，认为本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标，符合职业教育的课程教学基本要求以及有关岗位资格和技术等级要求，符合职业教育的特点和规律，具有明显的职业教育特色，符合国家有关部门颁发的技术质量标准。

本书教学共需 180 课时，课时分配建议如下：

章 次	课 时 数
绪 论	4
第一章 发动机工作原理与总体构造	10
第二章 曲柄连杆机构	44
第三章 配气机构	24
第四章 汽油机燃料供给系	10
第五章 电控燃油喷射系	10
第六章 柴油机燃料供给系	30
第七章 冷却系	10
第八章 发动机润滑系	16
第九章 发动机的装配、调整与磨合	6
实 验	6
机 动	10
合 计	180

在编写的过程中，编者参阅了大量的相关专业书籍和资料，在此向原著作者表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免有不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	1
第一章 发动机工作原理与总体构造	5
第一节 汽车发动机的类型	5
第二节 发动机基本构造和常用术语	6
第三节 发动机工作原理	9
第四节 发动机的总体构造	12
第五节 发动机的主要性能指标及型号编制规则	14
第二章 曲柄连杆机构	20
第一节 概述	20
第二节 机体组	23
第三节 活塞连杆组	36
第四节 曲轴飞轮组	57
第五节 曲柄连杆机构常见故障诊断与排除	68
第三章 配气机构	74
第一节 概述	74
第二节 气门组	82
第三节 气门传动组	91
第四节 配气相位	100
第五节 可变气门正时和升程电子控制系统	102
第六节 配气机构的常见故障诊断与排除	105
第四章 汽油机燃料供给系	110
第一节 概述	110
第二节 发动机不同工况对混合气成分要求	111
第三节 现代化油器的结构	116
第四节 典型化油器的结构	124
第五节 汽油机燃料供给系辅助装置	133
第六节 汽油机燃料供给系的常见故障诊断与排除	143

第五章 电控燃油喷射系	150
第一节 概述	150
第二节 电控喷油系统的构造和工作原理	151
第三节 电控燃油喷射系统故障的检查与诊断	163
第六章 柴油机燃料供给系	177
第一节 概述	177
第二节 柴油机可燃混合气的形成及燃烧室	179
第三节 喷油器	185
第四节 喷油泵	187
第五节 调速器	192
第六节 柴油机燃料供给系的辅助装置	201
第七节 柴油机燃料供给系的维修	204
第八节 柴油机燃料供给系的常见故障诊断与排除	212
第七章 冷却系	219
第一节 概述	219
第二节 水冷却系	221
第三节 发动机水冷却系的故障诊断与排除	233
第四节 风冷却系	235
第八章 发动机润滑系	242
第一节 概述	242
第二节 润滑系主要机件构造与工作原理	244
第三节 发动机润滑系的常见故障诊断与排除	254
第九章 发动机的装配、调整与磨合	261
第一节 发动机的装配	261
第二节 发动机的磨合	264
第三节 发动机总成修理竣工技术条件	267
实验	269
实验一 气缸体、气缸盖的平面度的检验	269
实验二 活塞连杆组的拆装	269
实验三 连杆变形的检验与校正	270
实验四 曲轴弯曲和扭曲的检验	271

实验五	气门组的检修及气门间隙调整·····	271
实验六	气门与气门座的研磨·····	272
实验七	化油器的检修·····	273
实验八	汽油泵拆装·····	273
实验九	喷油器的检修与调试·····	274
实验十	喷油泵的检修与调试·····	275
实验十一	散热器和节温器的检修·····	275
实验十二	检修机油泵·····	276
附录	复习思考题答案·····	277

绪 论

一、汽车技术发展概况

汽车的诞生,汽车的发展,在历史的长河中给我们留下了点点滴滴。从 1886 年世界上第一辆汽车问世至今,已有一百多年的历史。世界各工业发达国家几乎都把它作为国民经济的支柱产业,所有的科技新成果、新技术都应用在汽车上,特别是现代汽车上采用了大量的新材料、新工艺和新结构,大大提高了汽车的性能,所以说一个国家的工业是否发达,可以从该国的汽车工业是否发达看出。

汽车技术已有 100 多年的历史,自进入 20 世纪以来,汽车技术的发展有 6 个重要的里程碑:

第一:“梅塞德斯”汽车时代。19 世纪末,法国的纳尔-勒尔索公司将发动机装在汽车前部,通过离合器、变速装置和齿轮机构将动力传给后轮(这样的动力传动系统称为帕纳尔系统),形成了汽车结构的一种典型模式,直到现在很多载货汽车上还采用这种系统。1901 年 3 月,德国人埃米尔·那利内克在他设计的赛车上安装了这种系统参加比赛,并以他女儿的名字“梅塞德斯”作为汽车的牌号。从此,德国人就喜欢将德国的戴姆勒-奔驰汽车称为“梅塞德斯”汽车。

第二:福特“T 型”车。亨利·福特(Henery Ford)在 1908 年 10 月开始出售著名的“T 型”车,这种车产量增长惊人,短短 19 年,就生产了 1 500 万辆。此间的 1913 年,福特汽车公司还首次推出了流水装配线的大量作业方式,使汽车成本大大下降,汽车价格低廉,不再仅仅是贵族和有钱人的豪华奢侈品,它开始逐渐成为大众化的商品,也自此时开始,美国汽车便成为世界宠儿,福特公司也因此成为名副其实的汽车王国。所以人们说,汽车发明始于欧洲,但获得大发展是在 20 世纪初 30 年代的美国。福特采用流水作业生产汽车,在汽车发展史上树起了又一个里程碑。

第三:前轮驱动汽车。1934 年 3 月 24 日,一种新型的汽车结构出现了,这就是名称为 7A 的前轮驱动汽车,这是世界汽车发展的第三个里程碑。

第四:“甲壳虫”汽车。沃尔夫堡生产的“甲壳虫”汽车,其发动机是后置的,它不同于“T 型”车,这种结构可以制造成具有更大功率的后置发动机轿车,因此,当时被菲亚特、雷诺、西姆卡、斯柯达、雪佛兰等一些厂家采用。现在“甲壳虫”汽车已淡出市场,但仍有卷土重来的趋势,如大众汽车推出的“甲壳虫”汽车取名为“新甲壳虫”,引起了人们极大的兴趣,其最大优点是结实、耐用,不讲究豪华,而且价格大众化。

第五:“迷你”微型汽车。“迷你”微型汽车是 1959 年面市的,其英文名称为“Mini”。这种车长 3.05 m,宽 1.40 m,其装备质量仅 630 kg,是一种可乘坐 4 人的超微型车,其发动机功率

仅需 25 kW,横置。其设计观念是强调实用,这是一种在观念上的突破。由于车的质量轻,功率大,在三次赛车比赛中夺魁,更使其名噪一时。40 多年后的今天,人们根据“迷你”车方案生产出了各式各样的微型汽车。

第六:“多用途厢式车”。多用途汽车的英文名称是“Multi-Purpose Vehicle”,缩写为“MPV”,这种车型是由法国雷诺汽车公司在 20 世纪 80 年代创造的。其 Espace 牌 MPV,以它新颖的车厢布局设计引起车坛的轰动,这是由于以前汽车的后排座位是固定不动的,而 MPV 车内的每个座椅都是可以独立调节的,并可以形成多种形式的组合:既可以是乘车形式,又可以组合成有小桌的小型会议室,这标志着汽车使用概念上的变革。现代汽车又出现了运动型多用途车,英文全称为“Sport & Utility Vehicle”简称“SUV”,它具有轿车和轻型卡车的特点。随后在“MPV”和“SUV”的基础上,又开发出近年来风靡全球的休闲车,其英文名称为“Recreation Vehicle”,简称“RV”,它在外形上突破了传统轿车三厢式的布局,车厢空间具有多用途,富于变化和适应性广的特点。它在设计思想上承袭了 MPV 的基本设计概念,即可变的车厢空间组合。正是由于 MPV 的出现,才使汽车设计者突破了旧的框架,设计出由专用性到多样性的各种各样的家庭汽车。

二、汽车的类型

汽车的类型按其用途可分为载货汽车、载客汽车和轿车 3 类。载货与载客汽车中又可根据其总质量或车身尺寸分为微型、轻型、中型、重型 4 种。轿车则是根据发动机排量分为微型、普通级、中级、中高级和高级 5 种,详见表 1。

表 1 汽车的类型

	微型	轻型	中型	重型	
载货汽车	厂定最大总质量小于等于 1.8 t	厂定最大总质量大于 1.8 t 且小于等于 6 t	厂定最大总质量大于 6 t 且小于等于 14 t	厂定最大总质量大于 14 t	
	微型	轻型	中型	重型	
载客汽车	车长小于等于 3.5 m	车长大于 3.5 m 且小于等于 7 m	车长大于 7 m 且小于等于 10 m	车长大于 10 m	
	微型	普通级	中级	中高级	高级
轿车	发动机排量小于等于 1 L	发动机排量大于 1 L 且小于等于 1.6 L	发动机排量大于 1.6 L 且小于等于 2.5 L	发动机排量大于 2.5 L 且小于等于 4 L	发动机排量大于 4 L

三、汽车的配置

国外汽车的设计与配置从级别上可分为:A级、B级、C级、D级、E级、S级等,越往后级别越高,如宝马分为3系、5系、7系等;奥迪车分为A4、A6、A8等,它们的级别划分主要是依据车身尺寸,而不是以发动机排量为主,因此有低级别车型的发动机排量高于高级别的现象。在生产和销售中考虑到不同的消费人群,又对设计的每个级别进行了不同的配置,例如配置了不同的发动机、车身电器、附属电器以及外观颜色等,从而将同一级别又分出不同的款式,分为标准型、豪华型、顶级豪华型和超豪华型4种车型。例如宝马330i型车的标准配置为:电动加热外后视镜、电动车窗、6方向电动可加热座椅、后窗除霜、防盗报警、头部安全气囊、侧面气囊、稳定性控制、牵引力控制、ABS、制动助力、单碟CD机、12个扬声器、车外温度计、内部空气过滤、自动气候调节、转向助力、巡航定速等,其选择配置为:倒车雷达、卫星通信系统、DVD导航系统等。又例如奥迪A6 2.8行政级车的标准配置为:座椅腰部支撑、客舱照明、杯架、音响系统、客舱气候环境、可变式大容积行李舱、驻车加热、夏季通风功能、前大灯清洗装置、电动可加热座椅、电动座椅、电动外后视镜,其可选择的配置为:小冰箱、电动高级桃木办公桌板,TV/DVD系统显示屏,DVD操作系统等。

四、汽车的总体构造

汽车一般由发动机(动力装置)、底盘、车身和电气设备4部分组成,其总成结构如图0-1所示。



图0-1 汽车的总成结构

1. 发动机

发动机是汽车的动力装置,是汽车的最重要组成部分。发动机工作时,向外输出动力,通过底盘驱动汽车行驶。目前汽车上使用的发动机绝大多数是往复式活塞式内燃机。发动机一般

由曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系、润滑系、冷却系、点火系和启动系组成。柴油发动机为压燃式着火方式,所以没有点火系。

2. 底盘

底盘是汽车构成的基础,底盘接受发动机输出的动力,推动汽车行驶,由传动系、行驶系、转向系和制动系等组成。

(1)传动系。将发动机的动力传给驱动车轮,传动系统包括离合器、变速器等部分。

(2)行驶系。使汽车各总成及部件安装在适当位置,对全车起支承作用和对路面起附着作用,缓和道路冲击和振动。

(3)转向系。使汽车按驾驶员选定方向行驶,它包括带转向盘的动力转向器及转向传动机构。

(4)制动系。使汽车减速或停车,并可保证驾驶员离去后汽车可靠地停住,它包括前轮制动器、后轮制动器以及传动装置等。

3. 车身

汽车的车身用来安置乘员与货物,也是驾驶员工作的场所。车身的式样取决于汽车的用途,如货车的车身主要由驾驶室和货厢两部分组成,而客车和轿车的车身一般为一个整体,其车身兼有车架的作用。

4. 电气设备

汽车电气设备是指汽车上的用电设备和供给用电设备用的电源。电气设备由电源组、发动机启动系、点火系、照明、仪表和信号装置等组成。现代汽车上已广泛使用的电子控制装置也属于电气设备范围。

第一章

发动机工作原理与总体构造

第一节 汽车发动机的类型

发动机是将某种形式的能量转换为机械能的机器,它是汽车的动力源。汽车使用的发动机主要是往复式活塞式内燃机,即燃料在机器内部燃烧,产生的热量通过活塞作往复直线运动直接转化为机械能。内燃机具有效率高、结构紧凑、体积小、质量轻等优点,因而广泛用做汽车动力源。汽车发动机可根据不同的分类方法进行分类。

1. 根据所用燃料的不同分类

现代汽车发动机根据所用燃料的不同可分为汽油发动机和柴油发动机,以下简称汽油机和柴油机。我们通常把汽油和空气在化油器内混合成可燃混合气,再输入气缸加以压缩,然后用电火花点火使之燃烧而发热做功,这种发动机被称为化油器式汽油机。新式汽油机是把汽油直接喷入进气管或气缸内,与空气混合形成可燃混合气,再用电火花点燃,这种发动机被称为汽油喷射式发动机。汽车用柴油机使用的燃料一般是轻柴油,它由喷油泵和喷油器将柴油直接喷入气缸,与气缸内经过压缩的空气混合,使之在高温下自燃做功。

近年来,由于石油资源越来越匮乏以及环保等要求,开始研究用甲醇、乙醇、液化天然气、氢气、电力、太阳能等作为能源的发动机。

2. 根据各工作循环所需要的行程数分类

根据发动机完成一个工作循环所需要的行程数可分为四冲程发动机和二冲程发动机。完成一个工作循环活塞上下往复4个单程的发动机称为四冲程发动机。完成一个工作循环活塞上下往复两个单程的发动机称为二冲程发动机。目前,二冲程发动机在汽车上应用较少。

3. 根据冷却方式不同分类

根据冷却方式不同分为水冷式和风冷式发动机。以水或冷却液为冷却介质的发动机称为

水冷发动机。以空气为冷却介质的发动机称为风冷发动机。现代汽车发动机绝大多数采用的是水冷发动机。

4. 根据有无增压装置分类

根据有无增压装置可分为增压式发动机和非增压式发动机。利用增压器使进气压力高于大气压力输进气缸,称为增压式发动机。利用气缸的吸力把气体吸进气缸,称为非增压式发动机。

此外,发动机可根据气门装置位置、气缸排列方式、气缸数目等来进行分类。目前,汽车使用最广泛的是四冲程、水冷式、非增压、往复活塞式内燃机。

第二节 发动机基本构造和常用术语

一、基本结构

单缸四冲程汽油发动机如图 1-1 所示,气缸是发动机能量转换的工作腔,其内表面为圆柱形。在气缸内作往复运动的活塞通过活塞销与连杆的一端铰接,连杆的另一端与曲轴相连,构成曲柄连杆机构。因此,当活塞在气缸内作往复运动时,连杆便推动曲轴旋转,或者相反。同时,工作腔的容积也在不断地由小变大,或由大变小,如此往复。曲轴的前端装有齿形带轮,后端装有飞轮。气缸的上部盖有气缸盖,其上装有进气门和排气门。空气与燃油在混合器中混合形成可燃混合气,从进气道和进气门进入气缸,燃烧后的废气从排气门和排气管排出。曲轴通过齿

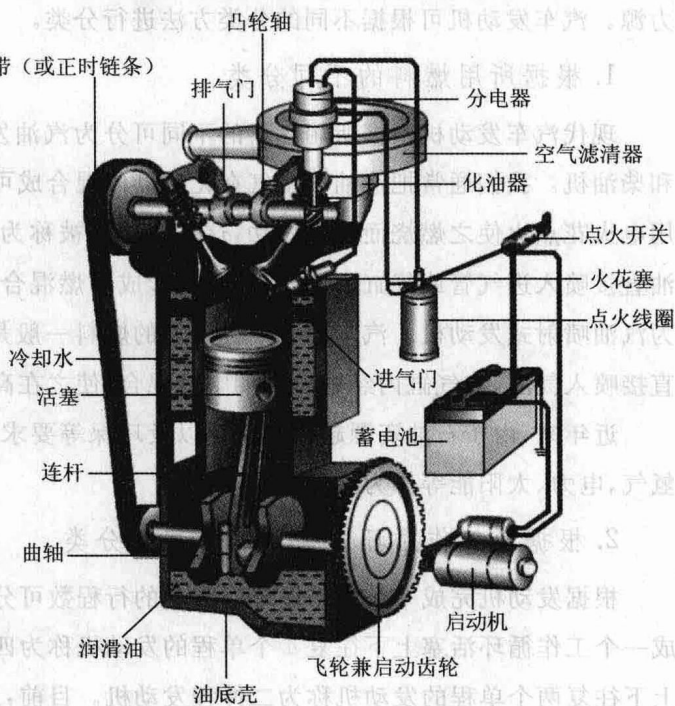


图 1-1 单缸四冲程汽油发动机示意图

形带轮和齿形带传动,带动凸轮轴转动控制进排气门的关闭和开启。点火线圈产生高压,电火花经分电器、火花塞使缸内的可燃混合气点燃。

单缸四冲程柴油机结构如图 1-2 所示,其结构与汽油机大体相同,但是由于使用的燃料、混合气形成和点燃方式的不同,柴油机没有火花塞、化油器,工作时由喷油泵和喷油器把高压柴油喷入气缸,与压缩后的高温空气混合而自燃。

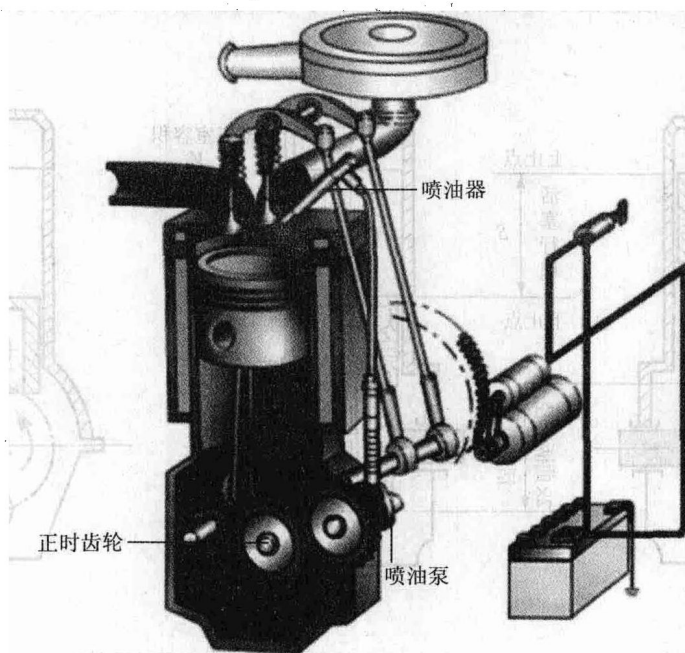


图 1-2 四冲程柴油机结构示意图

二、常用术语

发动机常用术语如图 1-3 所示。

(1)工作循环。活塞式内燃机的工作循环是由进气、压缩、做功、排气 4 个工作过程组成的。周而复始地进行这些过程,内燃机才能持续地做功。

(2)上、下止点。活塞在气缸里作往复直线运动时,当活塞向上运动到最高位置,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。活塞在气缸里作往复直线运动时,当活塞向下运动到最低位置,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。

(3)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° 。

(4)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。通常活塞行程为曲柄半径的两倍,即 $S=2R$ 。

(5)气缸工作容积。活塞从一个止点运动到另一个止点所扫过的容积,称为气缸工作容积。一般用 V_h 表示,即

$$V_h = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot S \times 10^{-6}$$

式中, D 为气缸直径, mm; S 为活塞行程, mm。

(6)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。

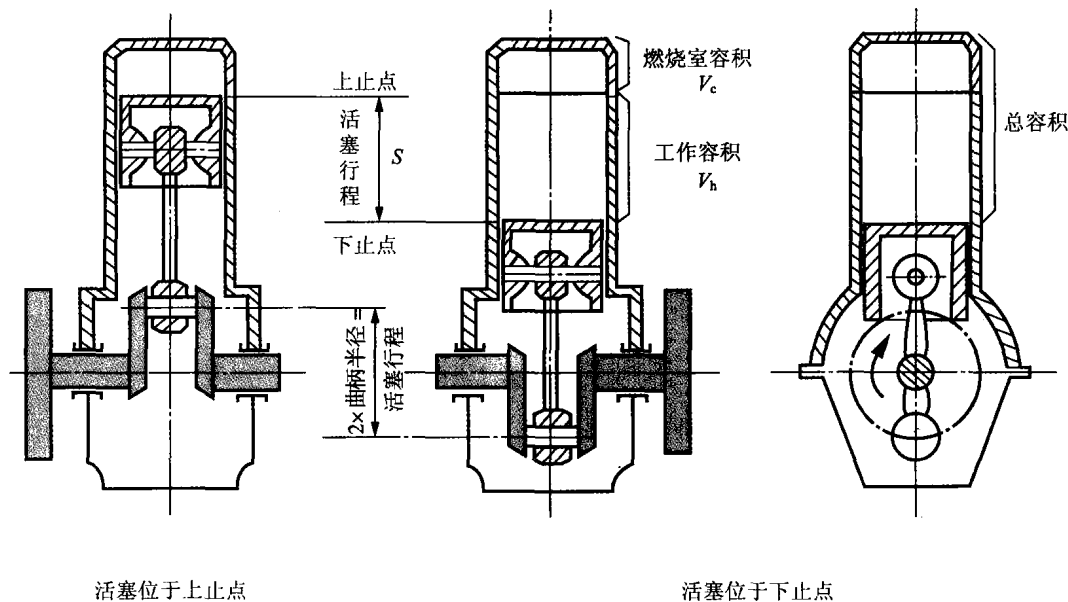


图 1-3 发动机常用术语

(7)发动机排量。多缸发动机各气缸工作容积的总和,称为发动机排量,一般用 V_L 表示,即

$$V_L = V_h \times i$$

式中, V_h 为气缸工作容积; i 为气缸数目。

(8)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,即气缸总容积与燃烧室容积之比,称为压缩比,一般用 ϵ 表示,即

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

式中, V_a 为气缸总容积; V_h 为气缸工作容积; V_c 为燃烧室容积。

通常汽油机的压缩比为 6~10,柴油机的压缩比较高,一般为 16~22。