

系统性强、定位明确。丛书各教材之间联系密切，符合各个学校的课程体系设置，为学生构建了完整、牢固的知识体系。
 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深、循序渐进的原则，采用以具体实操项目为单元的项目式编写方法，重点、难点突出，以提高学生的学习效率。
 先进性强。本套教材吸收最新的研究成果和企业的实际案例，使学生对当前专业发展方向有明确的了解。
 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力，并最大限度地将理论运用于实践中。本系列教材所选案例均贴合工作实际，以满足广大企业对汽车类专业应用型人才实际操作能力的需求，增强学生在就业过程中的竞争力。

MIANKIANG SHIERWU GAOJENG JIAOYU
 HECHENG BAISE XIANSHU YANJIU CHENGGUO

面向“十二五”
 高等教育课程改革项目研究成果

发动机 机械系统构造与维修

主编 信占莹

主审 刘志忠



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

发动机机械系统构造与维修

主 编 信占莹

副主编 杜 荣 杨朝英 张俊霞 李 宏 郭瑞平

主 审 刘志忠

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是为适应高等院校新一轮教学改革的需要而为汽车类专业编写的教材,全书共分五章,分别介绍了发动机的总体构造、曲柄连杆机构、配气机构、润滑系和冷却系的构造与维修。本书结合学生学习的特点与规律,努力做到理论知识适用、够用,专业技能适用、管用。本书图文并茂,理论与实际相结合,使学生易于掌握汽车发动机机械部分的结构与维修内容。

本书适合作为高等院校的汽车运用技术、汽车运用工程、汽车检测与维修技术、汽车电子技术、汽车制造技术、汽车技术服务与营销以及车辆类的机电控制技术和设备管理技术等专业教材,也可以作为汽车和汽车后服务行业广大技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

发动机机械系统构造与维修 / 信占莹主编. —北京:北京理工大学出版社, 2011.1
ISBN 978-7-5640-4176-2

I. ①发… II. ①信… III. ①汽车—发动机—构造—高等学校—教材 ②汽车—发动机—车辆修理—高等学校—教材 IV. ①U464 ②U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 005198 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 11.5

字 数 / 263 千字

责任编辑 / 陈莉华

版 次 / 2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

陈 竑

印 数 / 1~1500 册

责任校对 / 王 丹

定 价 / 26.00 元

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

随着汽车工业的快速发展,汽车已经逐步驶入家庭,被称为汽车心脏的发动机,是汽车的主要总成和动力源,其结构越来越复杂,性能越来越优越。在汽车的应用过程中,对汽车发动机的使用、维护、检测、故障诊断和维修的要求越来越高,发动机的维修能力已是汽车类人才能力评价的重要方面,汽车发动机的维修人才属于高技能型紧缺人才。现代汽车发动机采用了很多高新技术,具有良好的动力性、经济性和工作可靠性,但由于其工作条件恶劣,转速与负荷在经常变化,某些机件还处于高温、高压等苛刻条件下工作,因此它是汽车运行中故障较多的总成,也是汽车检测的重点。为适应高校汽车维修人才的培养,传授适用知识与技能的需要,本书在编写过程中注重技能的培养,以培养学生技能为核心,理论与实践相融合、教学过程与工作过程相融合,注重适用性的原则。

本书立足汽车发动机机械部分检修能力的培养,突出理论对实践的指导,并强化技能的培养,同时引导学生在发动机新技术方面扩展知识,养成持续学习的能力。注重汽车售后服务企业对于汽车发动机维修技术人才的知识与能力的要求,力求与相对应的职业资格标准相衔接,并较多地反映了国际汽车维修培养所采用的新知识、新技术、新工艺、新方法、新材料的内容,以现代主流汽车结构和技术为主,淘汰较为陈旧的知识和方法,使教材内容具有典型性和实用性。

随着汽车发动机技术的不断发展,其结构、原理、维修、保养的内容会不断更新。汽油发动机所产生的故障虽然有多种,但就汽油发动机组成结构以及控制过程来分析,是有章可循的。只要掌握发动机各零部件的变化规律、故障特征及其内在实质,并结合一定的维修技巧,故障的排除就能迎刃而解。本书的主要目标是使学生掌握和应用现有的汽车发动机原理、结构和维修技术,并为学习和吸收新的发动机技术知识打下基础。

本书在编写过程中广泛征求了汽车售后服务企业相关技术人员的意见,并充分考虑了目前高校教学的特点和维修企业对人才的需求,注重理论知识与实践技能的有机结合,突出了针对性、先进性、通用性和实践性。

本书由信占莹担任主编,杜荣、杨朝英、张俊霞、李宏、郭瑞平担任副主编,参加本书编写的同志还有尹江华、陈队永、董素丽、张建彬、张晓辉、何湘宁等。本书由刘志忠担任主审。

本书在编写过程中,参考了国内外相关的汽车发动机构造及发动机维修的著作和文献资料,参考了相关汽车生产企业部分维修手册和相关维修资料,在此一并向相关作者、编者和文献与资料的提供者表示真诚的感谢。

编 者

目 录

第一章 发动机总体构造	1
第一节 发动机简史	1
第二节 发动机的作用和基本工作原理	3
第三节 发动机的总体构造	10
第四节 发动机的主要性能指标和特性	16
小结	21
实训要求	22
复习与思考	22
第二章 曲柄连杆机构的构造与维修	24
第一节 曲柄连杆机构的功用、组成和工作原理	24
第二节 机体的构造和检修	28
第三节 活塞连杆组的构造和检修	42
第四节 曲轴飞轮组构造和检修	63
第五节 曲柄连杆机构常见故障诊断与排除	76
第六节 曲柄连杆机构的新型结构和检修特点	78
小结	83
实训要求	84
复习与思考	86
第三章 配气机构的构造与维修	88
第一节 概述	88
第二节 配气相位及其影响因素	93
第三节 发动机的换气过程	95
第四节 气门组的构造和检修	97
第五节 气门传动组的构造和检修	111
第六节 配气机构的检查与调整	130
第七节 配气机构常见故障的诊断与排除	135
小结	137

实训要求	138
第四章 润滑系的构造与维修	139
第一节 润滑系的作用、组成和工作原理	139
第二节 润滑系主要机件构造和检修	144
第三节 润滑系常见故障诊断与排除	153
小结	155
实训要求	155
第五章 冷却系构造与维修	156
第一节 冷却系作用、组成和工作原理	156
第二节 水冷系主要机件构造和检修	160
第三节 冷却系常见故障诊断与排除	173
小结	175
实训要求	175
参考文献	176

第一章 发动机总体构造

第一节 发动机简史

内燃机以其热效率高,结构紧凑,机动性强,运行维护简便的优点而著称于世。一百多年以来,内燃机的巨大生命力经久不衰。目前,世界上内燃机的拥有量大大超过了任何其他的热力发动机,在国民经济中占有相当重要的地位。现代内燃机更是成为了当今用量最大、用途最广、无一与之匹敌的最重要的热能机械。

当然,内燃机同样也存在着不少的缺点,主要是:对燃料的要求高,不能直接燃用劣质燃料和固体燃料;由于间歇换气以及制造的困难,单机功率的提高受到限制,现代内燃机的噪声和废气中的有害成分对环境的污染尤其突出;内燃机不能反转。可以说,内燃机的发展史就是人类不断革新、不断挑战克服这些缺点的历史。

内燃机发展至今,约有一个半世纪的历史了。同其他科学一样,内燃机的每一个进步都是人类生产实践经验的概括和总结。内燃机的发明始于对活塞式蒸汽机的研究和改进。在它的发展史中应当特别提到的是德国人奥托和狄塞尔,正是他们在总结了前人无数实践经验的基础上,对内燃机的工作循环提出了较为完善的奥托循环和狄塞尔循环,才使得他们为止的几十年间无数人的实践和创造活动得到了一个科学的总结,并有了质的飞跃,他们将前任粗浅的、纯经验的、零乱无序的经验,加以继承、发展、总结、提高,找出了规律性,为现代汽油机和柴油机热力循环奠定了热力学基础,为内燃机的发展做出了巨大的贡献。

内燃机是燃料在机器内部燃烧而将能量释放做功的,它的工质在燃烧前是燃油与空气的混合气,在燃烧后则是燃烧产物。

1. 煤气机——最早的内燃机

1860年,法国人雷诺依尔(J. J. E. Lenoir)制成了第一台实用内燃机(单缸、二冲程、无压缩和电点火的煤气机,输出功率为 $0.74 \sim 1.47 \text{ kW}$,转速为 100 r/min ,热效率为 4%)。

1862年,法国工程师得罗沙(Beau De Rochas)提出了著名的等容燃烧四冲程循环:进气、压缩、燃烧、膨胀和排气。

1876年,德国人奥托制成了第一台四冲程往复式内燃机(单缸、卧式、以煤气为燃料、功率大约为 2.21 kW 、转速为 180 r/min)。

1881年,英国的克拉克(Dugald Clerk, 1854—1913年)在法国巴黎展览会上展出其发明的二冲程内燃机。

2. 汽油机的出现

1883年,戴姆勒和迈巴赫制成了第一台四冲程往复式汽油机,此发动机上安装了迈巴赫设计的化油器,还用白炽灯管解决了点火问题。以前内燃机的转速都不超过200 r/min,而戴姆勒的汽油机转速一跃为800~1 000 r/min。它的特点是功率大,质量轻,体积小,转速快和效率高,特别适用于交通工具。

与此同时,本茨研制成功了现在仍在使用的点火装置和水冷式冷却器。

1886年,戴姆勒和本茨分别成功地把他们制造的高速汽油机装在车辆上运行,现在公认这一年为汽车诞生年。

20世纪最初的20年,为适应交通运输的要求,以提高功率和比功率为主。采取的主要技术措施是提高转速、增加缸数和改进相应辅助装置。对提高飞机的飞行性能和汽车的负载能力具有重大的意义。

在20世纪20年代,主要解决汽油机的爆震燃烧问题。

从20世纪20年代后期到40年代早期,主要是在汽油机上装备增压器。

从20世纪50年代至今,汽油机技术在原理重大变革之前发展已近极致。它的结构越来越紧凑,转速越来越高。其技术现状为:缸内喷射;多气门技术;进气滚流,稀薄分层燃烧;电子控制点火正时、汽油喷射及空燃比随工况精确控制等全面电子发动机管理;废气再循环及三元催化等排气净化技术等。

两个重要的进步:20世纪50年代兴起的增压技术在发动机上的广泛应用;20世纪70年代开始的电子技术及计算机在发动机研制中的应用。

3. 柴油机——内燃机家族的另一个明星

1892年,德国的工程师鲁道夫·狄塞尔(Rudolf diesel, 1858—1913年)提出了一种新型内燃机的专利,即在压缩终了将液体燃油喷入缸内,利用压缩终了气体的高温将燃油点燃。这种构想在5年之后终于变为一个实际的机器,即压燃式发动机——柴油机。热效率可以比当时其他的内燃机高一倍。

柴油机的高压缩比具有以下众多的优点。

(1)不但可以省却化油器和点火装置,提高了热效率,而且可以使用比汽油便宜得多的柴油做燃料。

(2)由于柴油机的压缩比大,所以最大功率点、单位功率的油耗低。

(3)因为柴油机的压缩比高,发动机结实,故经久耐用、寿命长。

柴油机的高压缩比同时也具有以下缺点。

(1)柴油机的结构笨重。

(2)在同一排量下,柴油机的输出功率约为汽油机的1/3。

近百年来,柴油机的热效率提高近80%,比功率提高几十倍,空气利用率达90%。当今柴油机的技术水平表现为:优良的燃烧系统;采用四气门技术;超高压喷射;增压和增压中冷;可控废气再循环和氧化催化器;降低噪声的双弹簧喷油器;全电子发动机管理等,集中体现在以采用电控共轨式燃油喷射系统为特征的新一代柴油机上。

4. 转子发动机的发明

1957年,汪克尔(F. Wankel)成功地试验了他发明的转子发动机,如图1-1所示。这种发动机在一定领域(如赛车和小型发电机组)获得较好的应用。目前,日本Mazda公司



还生产这种发动机，并应用于汽车上。

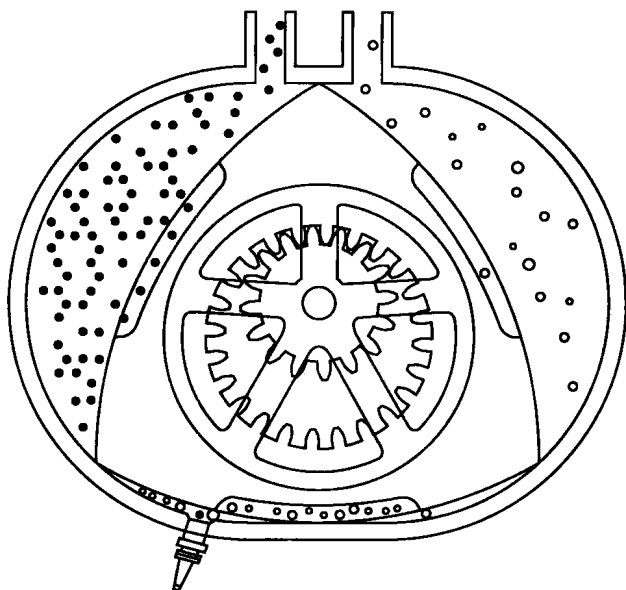


图 1-1 转子发动机原理简图

第二节 发动机的作用和基本工作原理

发动机是将燃料燃烧的热能转化为机械能的一种机器。其作用是将液体或气体的化学能通过燃烧后转化为热能，再把热能通过膨胀转化为机械能并对外输出动力。现代汽车用发动机多为往复式活塞式内燃机，简称活塞式内燃机。

图 1-2 为单缸四冲程发动机的简单结构示意图。

一、发动机的基本术语

如图 1-3 所示为发动机基本术语示意图。

1. 上止点

上止点是指活塞离曲轴回转中心的最远处，即活塞的最高位置。

2. 下止点

下止点是指活塞离曲轴回转中心的最近处，即活塞的最低位置。

3. 活塞行程 (S)

活塞行程是指上、下两止点间的距离，单位为 mm（毫米）。活塞由一个止点移到另一个止点运动一次的过程称行程。

4. 曲柄半径 (R)

曲柄半径是指与连杆大端相连接的曲柄销的中心线到曲轴回转中心线的距离（mm）。显然，曲轴每转一周，活塞移动两个行程，即 $S=2R$ 。

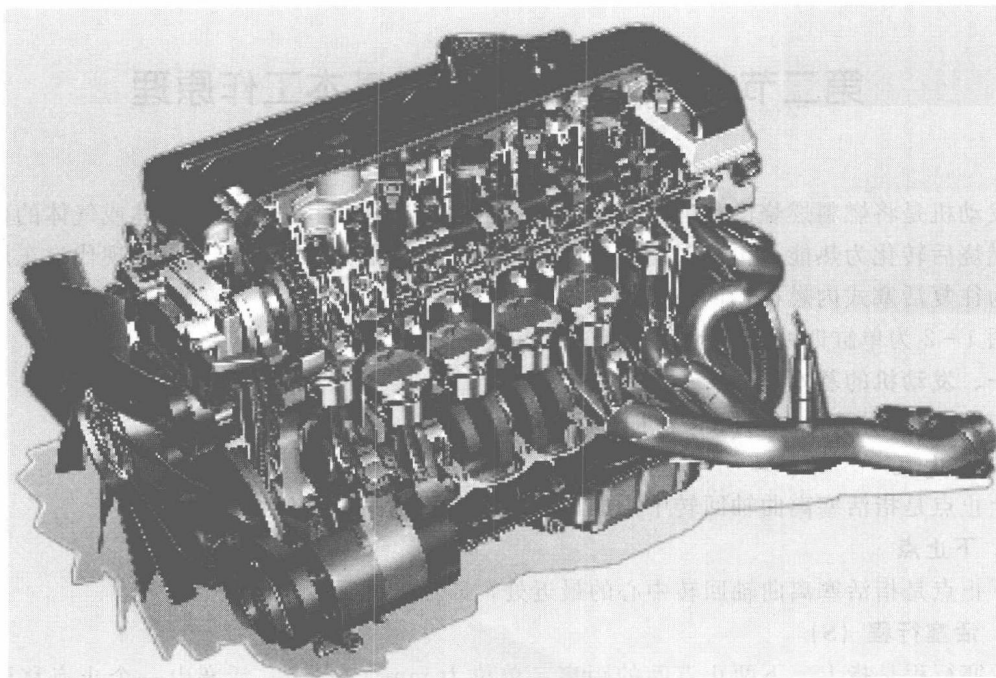
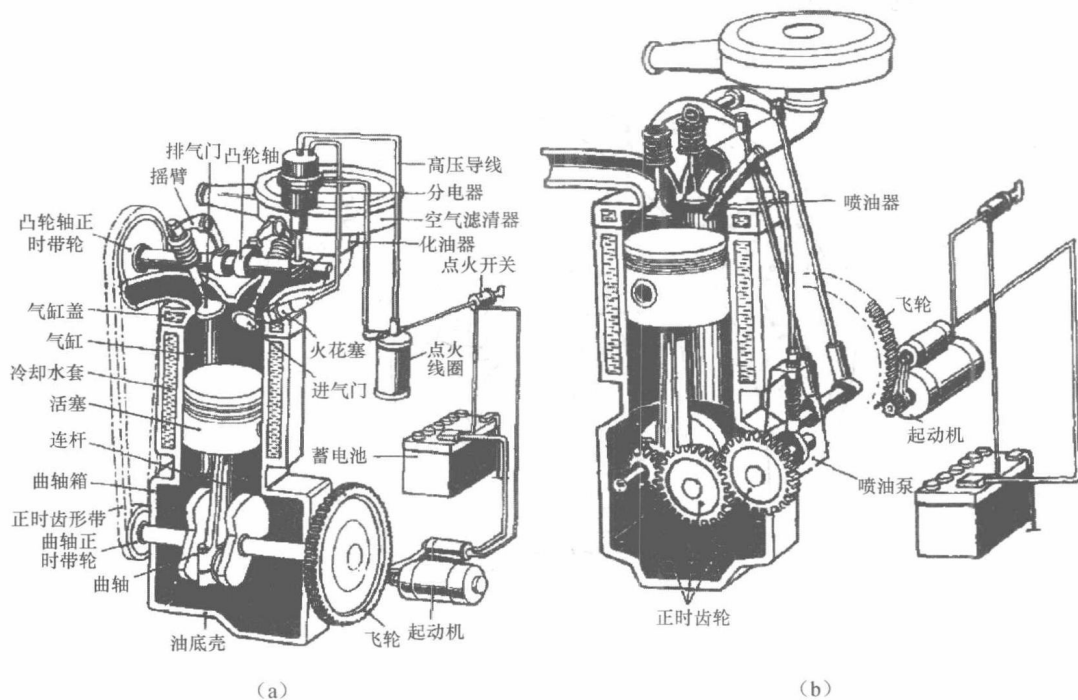


图 1-2 发动机的结构示意图

(a) 单缸四冲程汽油机简单结构示意图；(b) 单缸四冲程柴油机简单结构示意图；(c) 多缸发动机结构示意图

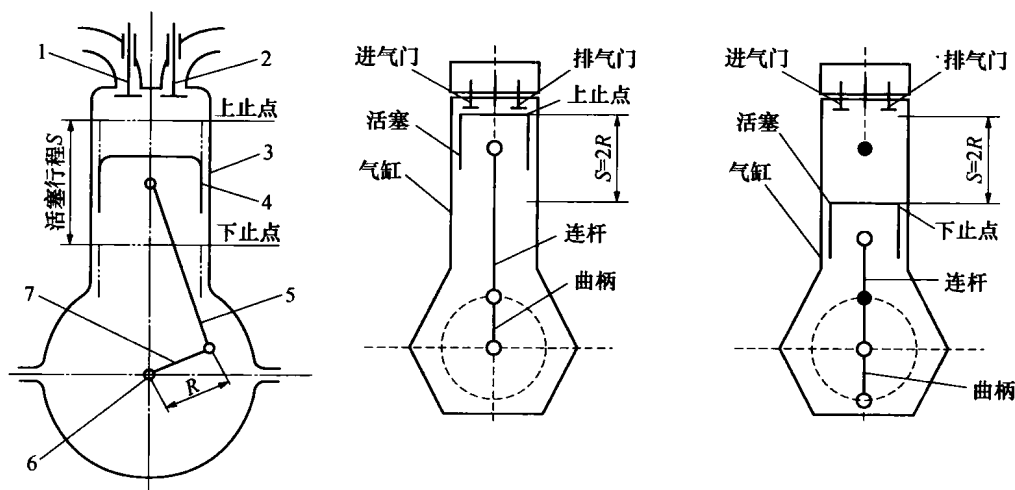


图 1-3 发动机基本术语示意图

1—进气门；2—排气门；3—气缸；4—活塞；5—连杆；6—曲轴中心；7—曲轴

5. 气缸工作容积 (V_h)

气缸工作容积是指活塞从上止点到下止点所让出的空间的容积。其计算公式为

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

式中 V_h ——气缸工作容积，L；
 D ——气缸直径，mm；
 S ——活塞行程，mm。

6. 发动机工作容积 (V_L)

发动机工作容积是指发动机所有气缸工作容积的总和，也称发动机的排量。若发动机的气缸数为 i ，则 $V_L = V_h i$

7. 燃烧室容积 (V_c)

燃烧室容积是指活塞在上止点时，活塞顶上面空间的容积，单位为 L。

8. 气缸总容积 (V_a)

气缸总容积是指活塞在下止点时，活塞顶上面空间的容积，单位为 L，它等于气缸工作容积与燃烧室容积之和，即 $V_a = V_h + V_c$ 。

9. 压缩比 (ϵ)

压缩比是指气缸总容积与燃烧室容积的比值，即

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

二、四冲程发动机的简单工作原理

发动机将热能转变为机械能的过程，是经过进气、压缩、做功和排气四个连续的过程来实现的，每进行一次这样的过程就叫一个工作循环。凡是曲轴旋转两周，活塞往复四个行程完成一个工作循环的发动机，称为四冲程发动机。

1. 四冲程汽油机的简单工作原理

四冲程汽油机的工作循环是由进气、压缩、做功和排气四个行程所组成的。图 1-4 所示为单缸四冲程汽油机工作循环示意图。

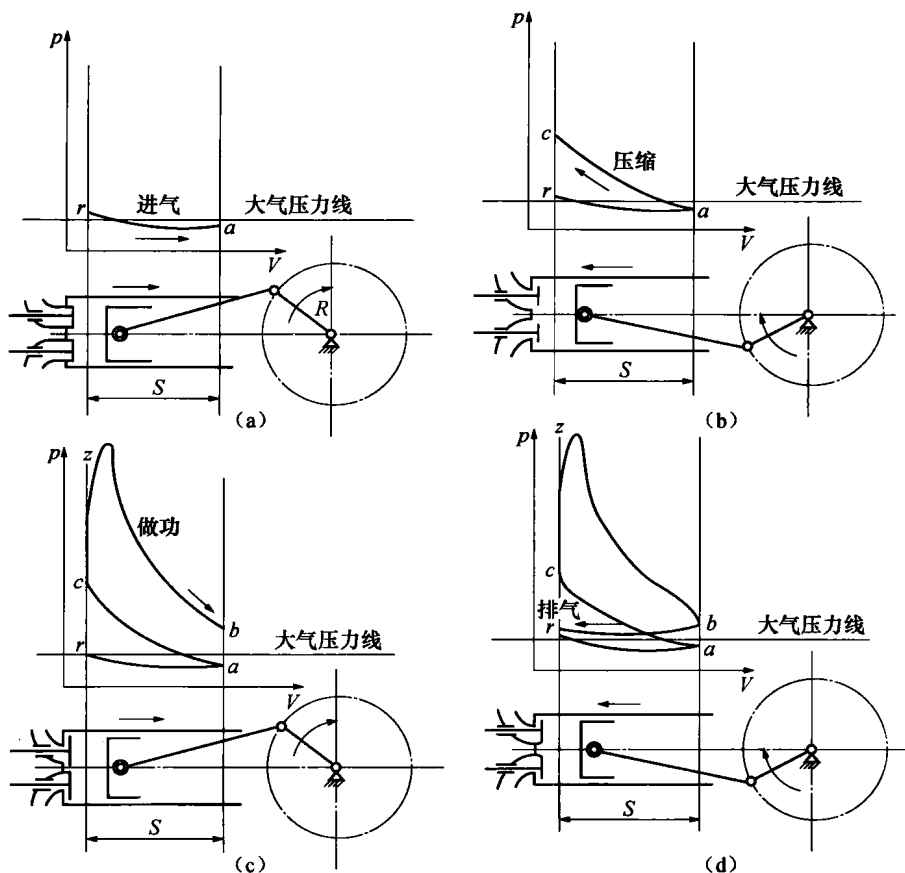


图 1-4 四冲程汽油发动机工作循环示意图

(a) 进气; (b) 压缩; (c) 做功; (d) 排气

(1) 进气行程。活塞由曲轴带动从上止点向下止点运动, 此时, 排气门关闭, 进气门开启。活塞移动过程中, 气缸内容积逐渐增大, 形成一定真空度, 于是经过滤清的空气与化油器供给的汽油混合成可燃混合气, 通过进气门被吸进气缸。至活塞到达下止点时, 进气门关闭, 停止进气。

由于进气系统存在进气阻力, 进气终了时气缸内气体的压力低于大气压力, 为 $0.075 \sim 0.09 \text{ MPa}$ 。由于气缸壁、活塞等高温件及上一循环留下的高温残余废气的加热, 气体温度升高到 $370 \sim 440 \text{ K}^{\text{①}}$ 。

(2) 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, 气缸内容积逐渐减小, 由于进、排气门均关闭, 可燃混合气被压缩, 至活塞到达上止点时, 压缩结束。气缸内气体被压缩的程度称为压缩比。压缩比越大, 则压缩终了时气缸内气体的压力和温度就越高, 燃烧速度也越快, 因而发动机发出的功率越大, 经济性也越好。现代汽油发动机压缩比一般为 $6 \sim 10$ 。

^① $T = t + 273.15$ 。其中 T 表示开尔文温度, 单位为 K ; t 表示摄氏温度, 单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

压缩行程中，气体压力和温度同时升高，并使混合气进一步均匀混合，压缩终了时，气缸内的压力为 $0.6 \sim 1.2 \text{ MPa}$ ，温度为 $600 \sim 800 \text{ K}$ 。

(3) 做功行程。在压缩行程末，火花塞产生电火花点燃混合气，并迅速燃烧，使气体的温度、压力迅速升高而膨胀，从而推动活塞从上止点向下止点运动，通过连杆使曲轴旋转做功，至活塞到达下止点时，做功结束。

在做功行程中，开始阶段气缸内气体压力、温度急剧上升，瞬间压力可达 $3 \sim 5 \text{ MPa}$ ，瞬时温度可达 $2\,200 \sim 2\,800 \text{ K}$ 。

(4) 排气行程。在做功行程终了时，排气门打开，进气门关闭，曲轴通过连杆推动活塞从下止点向上止点运动，废气在自身剩余压力和活塞推动下，被排出气缸，至活塞到达上止点时，排气门关闭，排气结束。排气行程终了时，由于燃烧室容积的存在，气缸内还存有少量废气，气体压力也因排气系统存在排气阻力而略高于大气压力。此时，压力为 $0.105 \sim 0.115 \text{ MPa}$ ，温度为 $900 \sim 1\,200 \text{ K}$ 。

2. 四冲程柴油机的简单工作原理

四冲程柴油机和四冲程汽油机一样，每个工作循环也是由进气、压缩、做功和排气四个行程组成。但由于所使用燃料的性质不同，可燃混合气的形成和着火方式与汽油机有很大区别。下面主要叙述柴油机与汽油机工作循环的不同之处。如图 1-5 为单缸四冲程柴油机工作循环示意图。

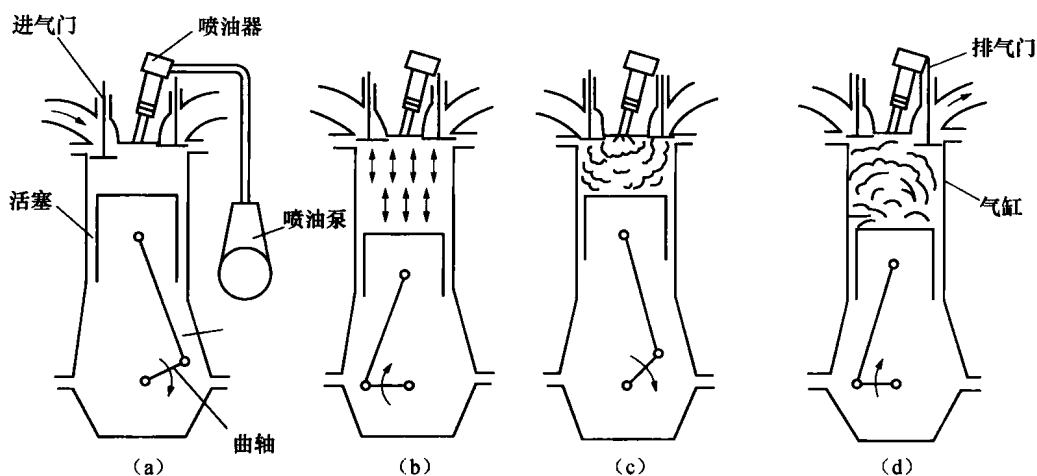


图 1-5 单缸四冲程柴油机工作循环示意图

(a) 进气行程；(b) 压缩行程；(c) 做功行程；(d) 排气行程

(1) 进气行程。进气行程不同于汽油机的是进入气缸的不是可燃混合气，而是纯空气。由于行程残留的废气温度也比汽油机低，进气行程终了的压力为 $0.075 \sim 0.095 \text{ MPa}$ ，温度为 $320 \sim 350 \text{ K}$ 。

(2) 压缩行程。压缩行程不同于汽油机的是压缩纯空气，由于柴油的压缩比大，为 $15 \sim 22$ ，压缩终了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 $800 \sim 1\,000 \text{ K}$ 。

(3) 做功行程。此行程与汽油机有很大差异，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高压空气中，被迅速汽化并与空气形成混合气，由于此时气缸内的

温度远高于柴油的自燃温度（约 500 K），柴油混合气便立即自行着火燃烧，且此后一段时间内边喷油边燃烧，气缸内压力和温度急剧升高，推动活塞下行做功。

做功行程中，瞬时压力可达 5~10 MPa，瞬时温度可达 1 800~2 200 K，做功行程終了时压力约为 0.125 MPa，温度为 800~1 000 K。

（4）排气行程。此行程与汽油机基本相同。排气行程終了时的气缸压力为 0.105~0.125 MPa。温度为 800~1 000 K。

由上述四冲程汽油机和柴油机的工作循环可知，两种发动机工作循环的基本内容相似。

每个工作循环曲轴转两周（720°），每一行程曲轴转半周（180°）。四个行程中，只有做功行程做功，其他三个行程是为做功行程作准备工作的辅助行程，都要消耗一部分能量。发动机启动时的第一个循环，必须有外力将曲轴转动，以完成进气和压缩行程；当做功行程开始后，做功能量便通过曲轴储存在飞轮内，以维持以后的行程和循环得以继续进行。

三、二冲程发动机的简单工作原理

1. 二冲程汽油机的简单工作原理

二冲程发动机工作循环也包括进气、压缩、做功和排气四个过程，但它是在活塞往复两个行程内完成的。图 1-6 为二冲程汽油机的工作循环示意图。

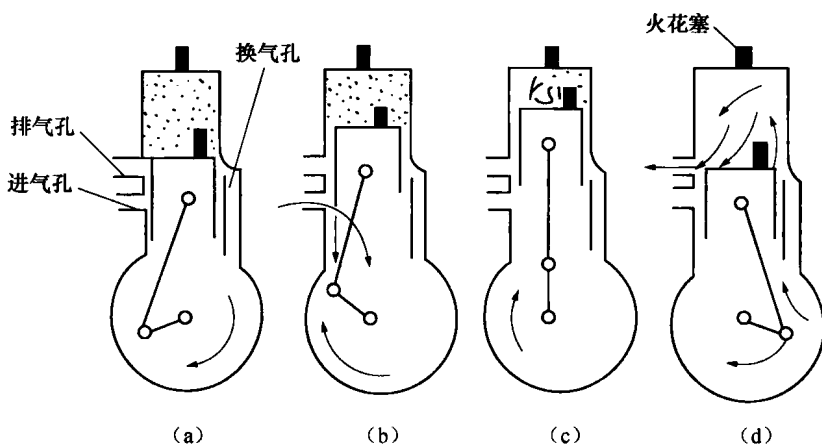


图 1-6 二冲程汽油机的工作循环示意图

（a）活塞上行至关闭换气孔和排气孔；（b）活塞上行至进气孔开启；

（c）活塞下行做功；（d）活塞下行至排气孔开启

（1）第一行程：活塞由曲轴带动从下止点向上止点移动，当活塞上行至关闭换气孔和排气孔时 [图 1-6 (a)]，已进入气缸的新鲜混合气被压缩活塞继续上移至上止点，压缩结束；与此同时，活塞上行时，其下方曲轴箱内形成一定真空度，当活塞上行到一定位置时，进气孔开启 [图 1-6 (b)]，新鲜的混合气被吸入曲轴箱。至此，第一行程结束。

（2）第二行程：活塞接近上止点时，火花塞产生电火花，点燃被压缩混合气，燃烧形成的高温高压气体推动活塞下行做功 [图 1-6 (c)]，当活塞下行到关闭进气孔后，曲轴箱内的混合气被预压，活塞继续下行至排气孔开启时 [图 1-6 (d)]，燃烧后废气靠自身压力经排气孔排出；紧接着，换气孔开启，曲轴箱内经预压的混合气进入气缸，并排除气缸内残余废气，这一过程称换气过程，它将一直延续到下一行程活塞再上行关闭换气孔和排气孔时为止。活塞下行到下止点时，第二行程结束。



由上两个行程可知，第一行程时，活塞上方进行换气、压缩，活塞下方进行进气；第二行程时，活塞上方进行做功、换气，活塞下方预压混合气。因此，换气过程跨越两个行程。

2. 二冲程柴油机的简单工作原理

二冲程柴油机工作循环与汽油机的主要不同之处是进入气缸的是纯空气，废气则由专设的排气门排出。带有换气泵的二冲程柴油机的工作循环示意图如图 1-7 所示。换气泵的作用是将新鲜空气压力提高到 $0.12 \sim 0.14 \text{ MPa}$ 后，经气缸外部的空气室和气缸壁上的一圈进气孔进入气缸内。

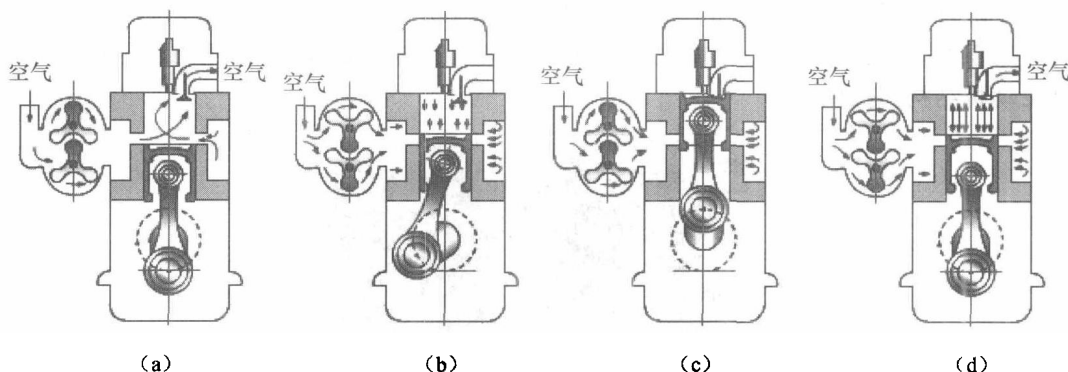


图 1-7 带有换气泵的二冲程柴油机工作循环示意图

(a) 换气；(b) 压缩；(c) 燃烧；(d) 排气

(1) 第一行程：活塞由下止点向上止点移动，在此前，进气孔和排气门均已开启，由换气泵提压后的新鲜空气进入气缸进行换气 [图 1-7 (a)]。当活塞上移至进气孔被关闭，排气门此时也关闭，于是进入气缸的空气开始被压缩 [图 1-7 (b)]。当活塞上移至接近上止点时，喷油器向气缸内喷入雾状柴油，并自行着火燃烧 [图 1-7 (c)]。

(2) 第二行程：活塞到达上止点后，着火燃烧的高温高压气体推动活塞下行做功。当活塞下行到 $2/3$ 行程时，排气门开启，废气靠自身压力排出气缸 [图 1-7 (d)]，此后，进气孔开启，进行与二冲程汽油机类似的换气过程。

3. 二冲程发动机的特点

(1) 由于进、排气过程几乎是完全重叠进行的，所以在换气过程中有混合气损失和废气难以排净的缺点，经济性较差，柴油机由于进入的是纯空气，因此没有混合气损失。

(2) 完成一个工作循环，曲轴只转一周，当与四冲程发动机转速相等时，其做功次数比四冲程多一倍。因此，运转平稳，与同排量四冲程发动机比较，在理论上发出功率应是四冲程发动机的两倍，但由于换气时的混合气损失，实际是 $1.5 \sim 1.6$ 倍。

(3) 二冲程汽油机在摩托车上应用较多，二冲程柴油机由于没有混合气损失，经济性比二冲程汽油机要好，在一些中型汽车上也有采用。

由于二冲程发动机对大气的污染较为严重，因此，这种发动机目前已基本上被淘汰。

四、多缸发动机的工作

从上述各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。

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共用一根

曲轴输出动力所组成。现代汽车上用得较多是四缸、六缸、八缸发动机。

多缸发动机是在曲轴转角 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，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

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

即曲轴每转 120° 就有一个缸做功，各缸做功行程略有搭接，这样多缸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，所以储存能量的飞轮也较单缸发动机小得多。四缸发动机从理论上讲做功冲程就已连续，而六缸、八缸发动机都有做功重叠，且缸数越多、重叠得就越大，发动机运转得就越平稳。图 1-8 所示为 V 形多缸发动机结构示意图。

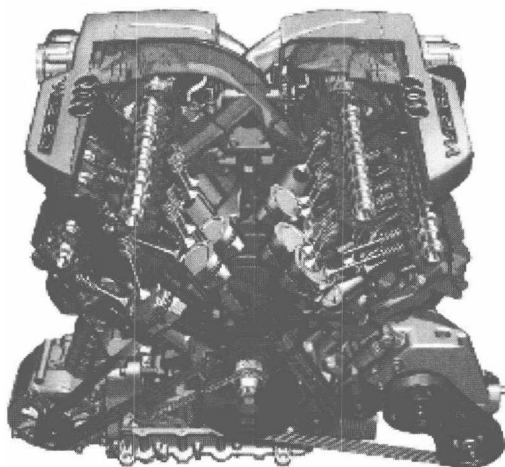


图 1-8 V 形多缸发动机结构示意图

第三节 发动机的总体构造

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。例如，现今最广泛使用的采用汽油和柴油作为燃料的往复式活塞式发动机，其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。汽油机通常由曲柄连杆、配气两大机构和燃料供给、润滑、冷却、点火、起动五大系统组成；柴油机通常由两大机构和四大系统组成（无点火系）。汽油机和柴油机的结构如图 1-9、图 1-10、图 1-11、图 1-12、图 1-13、图 1-14、图 1-15 所示。

一、发动机的组成

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是由机体、活塞连杆组和曲轴飞轮组三部分组成的，其作用是将燃料燃烧所产生的热能，经机构由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

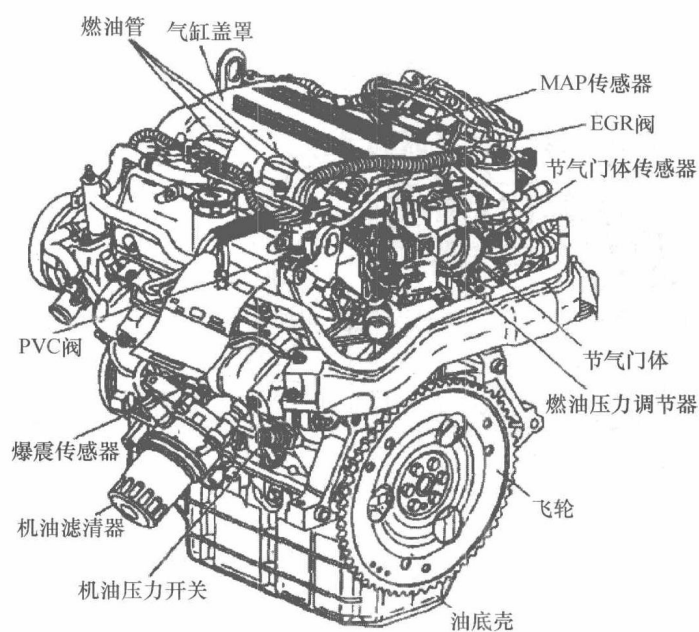


图 1-9 发动机全图

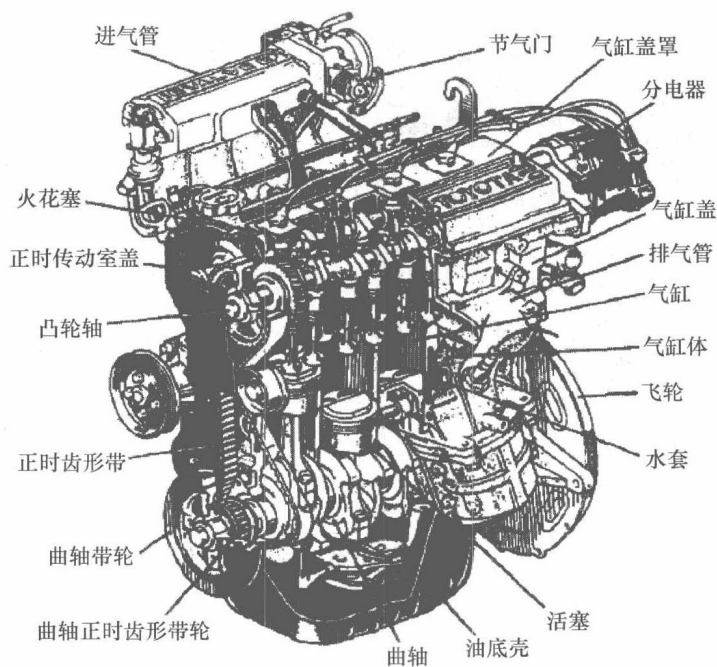


图 1-10 丰田 4E—FE 型四气门汽油喷射式发动机纵剖图