

汽车构造

于秀涛 主编



北京理工大学出版社



汽车构造

主 编 于秀涛
主 审 王殿坤

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

内 容 简 介

本书从汽车类专业毕业生行业领域和工作岗位群的需要出发,系统地介绍了现代汽车的基本结构和工作原理。内容主要包括概述、发动机基本知识、曲柄连杆机构与配气机构、汽油机燃料供给系统、柴油机燃料供给系统、发动机冷却与润滑系统、汽车传动系统、汽车行驶系统、汽车转向系统和汽车制动系统等部分,内容涉及面广,充分体现了汽车新结构、新技术和新工艺的应用。本书还结合安全和排放法规的要求,编写了汽油直接喷射和进气、排气系统及发动机有害排放物的控制以及安全转向柱和防抱死制动装置等内容。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车构造 / 于秀涛主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2018. 10

ISBN 978 - 7 - 5682 - 6389 - 4

I. ①汽… II. ①于… III. ①汽车 - 构造 IV. ①U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 222026 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

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)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 18

字 数 / 425 千字

版 次 / 2018 年 10 月第 1 版 2018 年 10 月第 1 次印刷

定 价 / 67.00 元

责任编辑 / 张鑫星

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言

汽车产业已经成为支撑和拉动我国国民经济持续快速增长的支柱产业，其发展日新月异，汽车产销量迅速增加。但是，汽车行业的发展凸显专业人才的匮乏，营销、维修以及服务等各方面人才长期处于供不应求的局面。

为了适应汽车市场对技术技能型人才需求增加的变化以及满足我国汽车行业技术技能型人才培养的需要，达到职业教育以就业为导向的办学目的，本书按照“知识、能力和素质并重”的要求，以“工学结合”为切入点，将“课堂理论教学、实验探究教学、实践体验教学”的教学体系落实在教材中，打破传统教材体系，引入了以情境导入为驱动的启发式教学模式，由实际工作情境开展教学内容，激发了学生的学习兴趣，提高了效率，使学生易于接受、易于吸收。

在汽车结构分析中将典型工作任务进行整合的基础上，以目前市场常见的车型为研究对象，以国家技术标准、原厂维修手册、技术培训资料 and 实际维修案例为编写依据，重新设立四个模块，以汽车结构特征为主线，采用情景模拟和任务驱动的教学方法，围绕汽车系统的结构、工作过程和机件的特征等制定与实施组织教学，在培养学生知识学习能力、实践操作技能的同时，更加注重学生结构分析、性能优化思维的形成。

本书有普遍适用性，可作为高等院校汽车工程类（车辆工程、汽车服务工程、汽车维修检测、汽车运用与维修及汽车营销与服务等专业）教材，也可以作为成人高等教育、汽车技术培训等相关课程的教材使用，还可供汽车行业工程技术人员阅读参考。根据教材内容各部分的学时安排（见下表），在实际教学过程中也可根据培养目标和教学计划做适当调整。

序号	学习内容	建议学时
知识领域 1	汽车发动机部分	26
知识领域 2	汽车传动系统	24
知识领域 3	汽车行驶系统	10
知识领域 4	汽车转向系统和制动系统	20
总计		80

本书由于秀涛主持编写并统编全书内容；由王殿坤主审，并提出宝贵修改意见。

本书编写过程中得到了广大汽修工作从业人员和职业教育一线教学人员的支持与帮助，并提供了大量的参考资料，在此表示感谢，同时参考了大量的国内外相关书籍资料，对此表示感谢。由于编写时间短、工作量大，书中如有不足之处，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

知识领域 1 汽车发动机部分 (AEP)	1
知识单元 1.1 汽车发动机的工作原理及总体构造	1
学习任务 1.1.1 汽车发动机的总体构造	1
学习任务 1.1.2 汽车发动机的工作原理	6
知识单元 1.2 机体组和曲柄连杆机构	11
学习任务 1.2.1 机体组	12
学习任务 1.2.2 活塞连杆组	17
学习任务 1.2.3 曲轴飞轮组	26
知识单元 1.3 配气机构	31
学习任务 1.3.1 气门组	31
学习任务 1.3.2 气门传动组	36
知识单元 1.4 发动机冷却系统	48
学习任务 1.4.1 冷却系统概述	48
学习任务 1.4.2 冷却系统的主要部件	50
知识单元 1.5 发动机润滑系统	58
学习任务 1.5.1 润滑系统概述	58
学习任务 1.5.2 润滑系统主要部件	60
知识单元 1.6 发动机供给系统	65
学习任务 1.6.1 燃油供给系统	66
学习任务 1.6.2 汽油供给系统的主要部件	68
知识领域 2 汽车传动系统 (ATS)	81
知识单元 2.1 离合器	81
学习任务 2.1.1 离合器概述	81
学习任务 2.1.2 摩擦式离合器	87
学习任务 2.1.3 离合器操纵机构	89
学习任务 2.1.4 汽车自动离合器	91
知识单元 2.2 变速器与分动器	92
学习任务 2.2.1 普通齿轮变速器的变速传动机构	92
学习任务 2.2.2 手动变速器的操纵机构	96
学习任务 2.2.3 液力变矩器与自动变速器	98
学习任务 2.2.4 自动变速器齿轮传动机构	103
学习任务 2.2.5 自动变速器操纵机构	108
学习任务 2.2.6 自动变速器控制机构	115

知识单元 2.3 驱动桥	128
学习任务 2.3.1 汽车驱动桥	129
学习任务 2.3.2 汽车万向传动装置	133
学习任务 2.3.3 半轴与桥壳	137
学习任务 2.3.4 四轮全轮驱动系统的驱动桥	139
知识领域 3 汽车行驶系统 (ARS)	143
知识单元 3.1 车架与车桥	143
学习任务 3.1.1 汽车车架	143
学习任务 3.1.2 车桥与车轮定位	148
知识单元 3.2 车轮与轮胎	155
学习任务 3.2.1 汽车车轮	155
学习任务 3.2.2 汽车轮胎	160
学习任务 3.2.3 轮胎改装简介	164
知识单元 3.3 悬架	165
学习任务 3.3.1 汽车悬架概述	165
学习任务 3.3.2 汽车减震器	173
学习任务 3.3.3 电子控制悬架	179
知识领域 4 汽车转向系统和制动系统 (ASB)	180
知识单元 4.1 汽车转向系统	180
学习任务 4.1.1 汽车转向系统概述	180
学习任务 4.1.2 汽车转向操纵机构	182
学习任务 4.1.3 汽车转向器	188
学习任务 4.1.4 动力转向系统	192
学习任务 4.1.5 动力转向器	196
学习任务 4.1.6 电控助力转向系统	198
学习任务 4.1.7 四轮转向系统	202
知识单元 4.2 汽车制动系统	208
学习任务 4.2.1 汽车制动系统概述	208
学习任务 4.2.2 车轮制动器	216
学习任务 4.2.3 液压制动系统	223
学习任务 4.2.4 制动操纵系统	247
学习任务 4.2.5 电磁刹车	262
学习任务 4.2.6 汽车防抱制动系统	263
学习任务 4.2.7 牵引力控制系统	269
参考文献	280

知识领域 1 汽车发动机部分 (AEP)

知识单元 1.1 汽车发动机的工作原理及总体构造

知识目标

1. 了解汽车发动机的总体构造；
2. 熟悉汽车发动机的基本组成与编号规则；
3. 掌握汽车发动机的工作原理。

学习任务 1.1.1 汽车发动机的总体构造

汽车发动机的结构复杂，种类繁多，一般由上万个零件组成。汽车发动机目前应用比较广泛的是汽油机和柴油机。但是，从总体上看，它们的结构基本相同。所有发动机的曲柄连杆机构和配气机构、润滑系统、冷却系统、进排系统和起动系统等六大构造基本相同，只是燃料供给、燃烧方式和结构不同。汽油机中化油器式的有燃料供给系统和点火系统，电喷式的汽油机有其独特的点火系统、燃油供给系统和电子控制系统。而柴油机有其独特的燃料供给系统，而没有点火系统。

下面分别介绍发动机的基本相同的构造和特有的基本构造。

1. 发动机基本相同的构造

以四缸四冲程为例，如图 1-1 所示。

(1) 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构主要是由气缸体、气缸盖、活塞和连杆总成、曲轴飞轮和油底壳等组成的。它是发动机的能量转换机构，又是发动机运动转换机构。它的主要作用是把燃气作用在活塞顶上的压力转变为曲轴的旋转运动并对外输出动力。

(2) 配气机构

配气机构主要有进气门、排气门、摇臂机构、推杆、挺柱、凸轮轴和凸轮轴正时齿轮等部分组成。它的主要作用是使新鲜的混合气或空气适时地充入气缸并及时把废气排出缸外。

(3) 冷却系统

冷却系统主要有水泵、风扇、节温器、水套、散热器等，其主要作用是冷却受热机件，保持发动机的正常工作温度。

(4) 润滑系统

润滑系统主要由机油泵、集滤器、限压阀、油道、机油滤清器和机油散热器等组成。其主要功用是冷却、清洗、润滑、密封和防腐蚀等。

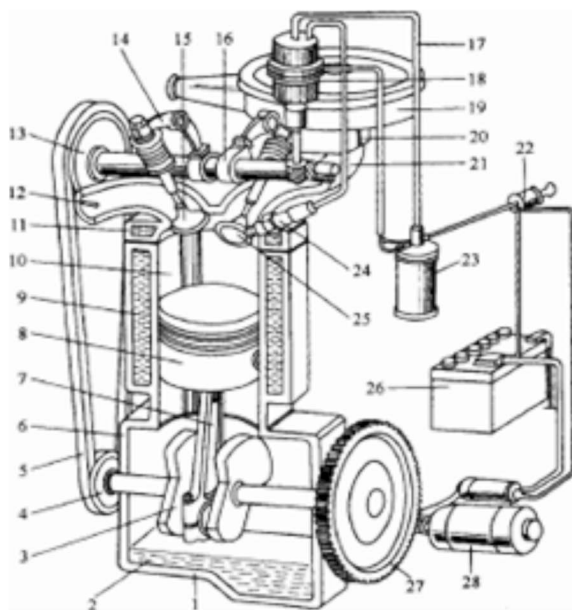


图 1-1 四缸四冲程发动机的基本结构

1—油底壳；2—机油；3—曲轴；4—曲轴同步带轮；5—同步带；6—曲轴箱；7—连杆；8—活塞；9—水套；10—气缸；11—气缸套；12—排气管；13—凸轮轴同步带轮；14—摇臂；15—排气门；16—凸轮轴；17—高压线；18—分电器；19—空气滤清器；20—化油器；21—进气管；22—点火开关；23—点火线圈；24—火花塞；25—进气门；26—蓄电池；27—飞轮；28—起动机

(5) 进排气系统

进排气系统主要由空气滤清器、进气管、排气管和排气消声器组成。其作用是使新鲜气体送入燃烧室，并将燃烧后的废气排到大气中，保持发动机的运转。

(6) 起动系统

起动系统主要由起动机和其他辅助装置组成，其作用是使发动机由静止起动到自行运转。

2. 发动机特有的构造

化油器式汽油机、电喷式汽油机和柴油机除了上述的基本相同的构造外，还各自有特有的构造。

(1) 化油器式汽油机

1) 点火系统。点火系统主要由电源、点火开关、点火线圈、分电器、火花塞组成。其主要作用是将电源提供的低压电流转变为高压电流，再将高压电流在各缸压缩行程接近上止点分配给各火花塞，产生电火花，点燃气缸内被压缩的气体。

2) 燃料供给系统。化油器是汽油机的燃料供给系统，主要由油箱、燃油泵、燃油滤清器和化油器等组成。其主要作用是将空气与汽油混合为合适的可燃混合气，送入气缸中燃烧。

(2) 电喷式汽油机

1) 燃油供给系统。电喷式燃油供给系统主要由汽油箱、电动汽油泵、汽油滤清器、燃油压力调节器和喷油器组成。

2) 电子控制系统。电喷式汽油机的电子控制系统由控制单元、传感器和执行器组成。

电控单元根据传感器的信号进行判断、运算和处理,然后与此有关的执行器发出指令,使发动机在各种工况下都得到最佳浓度的混合气和最佳的点火时刻。另外,电控单元还以故障代码的形式储存和显示电控系统某些元件的故障,具备自诊断功能。

3) 点火系统。电喷式汽油机的点火系统主要由电控单元控制低压电路的通断和高压电流的分配,使发动机在各种工况下都能获得最佳的点火时间和足够的点火能量。

(3) 柴油机的燃料供给系统

柴油机燃料供给系统与汽油机有很大的差别,它主要由柴油箱、输油泵、柴油机滤清器、喷油泵和喷油器等组成。输油泵从油箱内吸入柴油并经滤清器后输送到喷油泵,喷油泵将低压柴油提高压力,喷油器在压缩行程接近上止点时将高压柴油以雾状喷入气缸,柴油在高温空气中自行着火燃烧。

图 1-2 所示为上海桑塔纳轿车发动机的构造,其结构特点是凸轮轴安装在气缸盖上方,有凸轮轴直接驱动气门,省去了摇臂,简化了配气机构的传动。这种布置形式最适用于高速发动机。

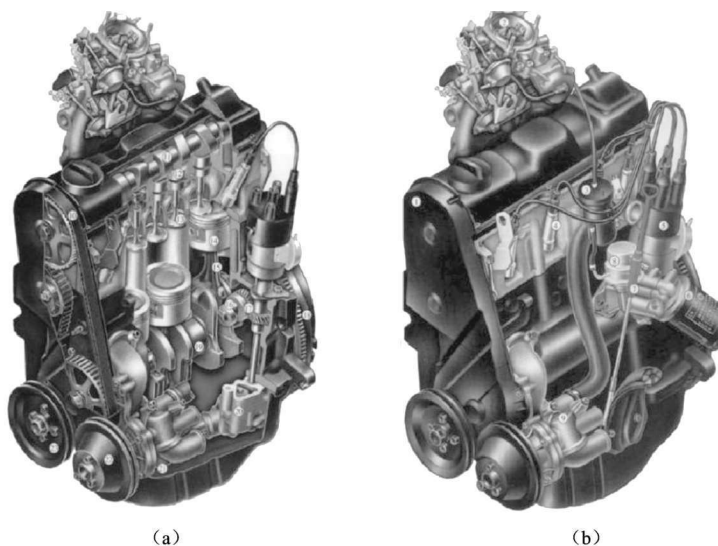


图 1-2 上海桑塔纳发动机的构造

(a) 发动机侧剖视图; (b) 发动机外部附件及总成布置

图 1-3 所示为黄河 JN1181C13 型汽车用的 6135Q 型六缸四冲程柴油机。6135Q 型柴油机与一般柴油机相比,其结构特点是曲轴为组合式曲轴且主轴承采用滚动轴承,其摩擦损失小,气缸体采用隧道式结构,刚度很大,与油底壳结合面的密封简单。

图 1-4 所示为南京汽车制造厂生产的依维柯 (IVECO) 轻型货车用的柴油机横剖面图。IVECO 柴油机是一种轻型的高速、高性能的四缸直喷式 ω 形燃烧室自吸式水冷柴油机,采用了顶置凸轮轴及同步齿形带,降低了噪声,在最大功率时转速可高达 4 200 r/min。我国重型汽车公司从奥地利斯太尔 (STEYR) 公司引进的 WD615 系列四冲程直列六缸增压中冷、直接喷射式柴油机的横剖面图。它采用 ω 形燃烧室,并对喷油系统与燃烧做了较好的匹配与调整,能使燃油在较短的时间内喷入燃烧室,使发动机具有良好的燃油经济性与低速转矩的特性。



图 1-3 黄河 JN 1181C13 型汽车用的 6135Q 型六缸四冲程柴油机

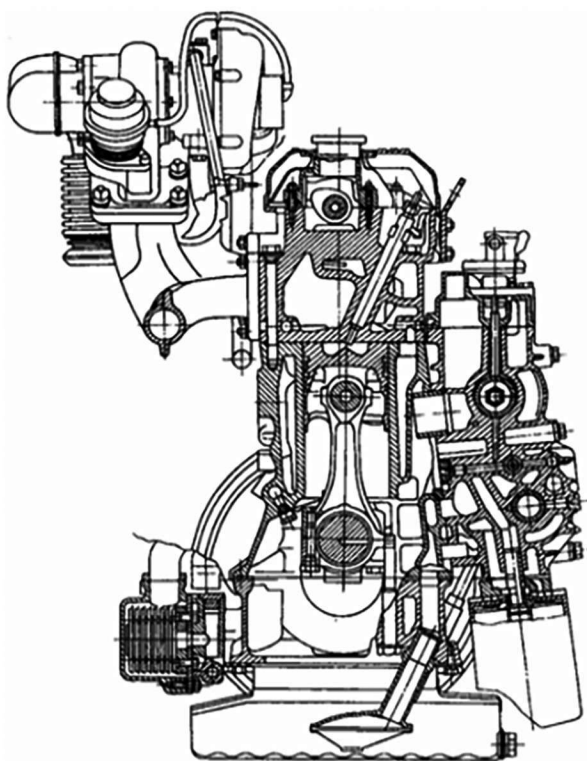


图 1-4 依维柯轻型货车用的柴油机横剖面图

3. 内燃机的名称和型号

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》中对内燃机的名称和型号都做了统一规定。

内燃机名称均按照所使用的主要燃料命名，如汽油机、柴油机和煤气机等。

内燃机型号由阿拉伯数字和汉语拼音字母组成。

内燃机型号由以下 4 部分组成。

- 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。
- 中部：由缸数符号、冲程符号、气缸排列形式符号和缸径符号等部分组成。
- 后部：结构特征和用途特征符号，以字母表示。
- 尾部：区分符号。同一系列产品因改进等原因需要区分时，由制造厂选用适当符号表示。

内燃机型号的排列顺序及符号所代表的意义规定如图 1-5 所示。

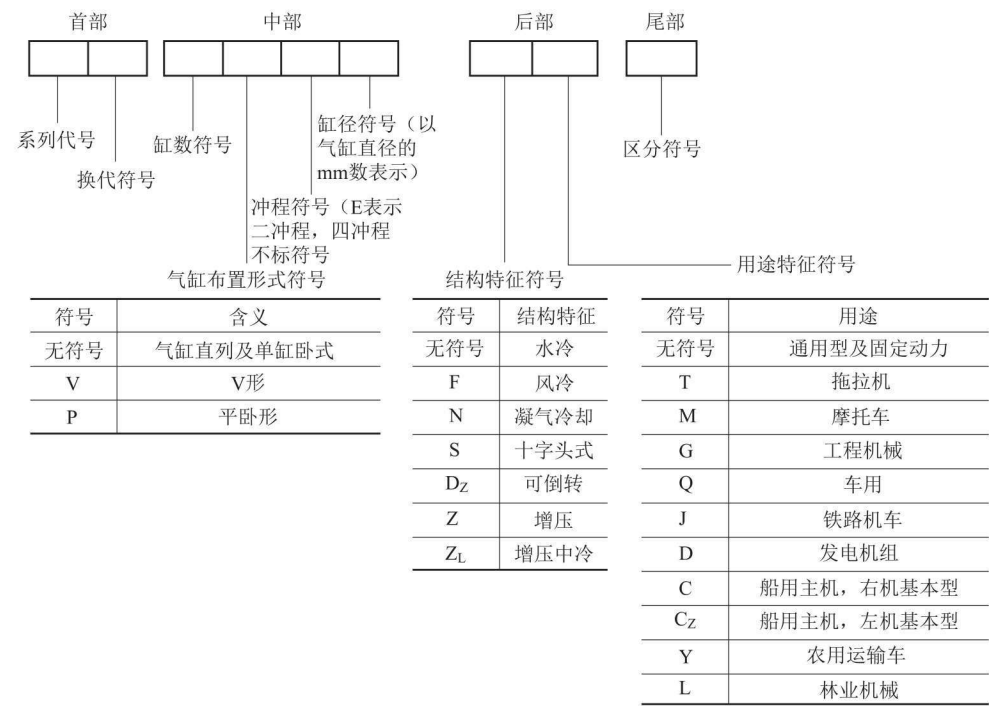


图 1-5 内燃机编号排列顺序

型号编制举例：

(1) 汽油机

1E65F——表示单缸，L 形（气缸布置形式，即直列），二冲程，缸径 65 mm，风冷，通用型汽油机。

CA6102——表示第一汽车制造厂制造，六缸，L 形，四冲程，缸径 102 mm，水冷，汽车用汽油机。

EQ6100-1——表示第二汽车制造厂制造，六缸，L 形，四冲程，缸径 100 mm，水冷，汽车用汽油机，第二代变型产品。

(2) 柴油机

6135Q——表示六缸，L 形（气缸布置形式，即直列），四冲程，缸径 135 mm，水冷，汽车用柴油机。

10V120FQ——表示十缸，V形，四冲程，缸径 120 mm，风冷，汽车用柴油机。

R175ND——表示单缸，L形，四冲程，缸径 75 mm，凝气冷却，发电用柴油机（R 表示 175 的换代标志符号）。

495T——表示四缸，L形，四冲程，缸径 95 mm，水冷，拖拉机用柴油机。

12VE230ZCz——表示十二缸，V形，二冲程，缸径 230 mm，水冷，增压，船用主机，左机基本型。

学习任务 1.1.2 汽车发动机的工作原理

1. 发动机的基本术语

• 工作循环：发动机每次将热能转化为机械能，都必须经过进气、压缩、做功及排气 4 个连续的行程来实现，每进行一次这样的行程就叫一个工作循环。

• 四冲程发动机：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。

• 二冲程发动机：曲轴旋转一周，活塞往复两个行程完成一个工作循环的发动机，称为二冲程发动机。

• 上止点：活塞顶部离曲轴回转中心最远处，即活塞的最高位置，如图 1-6 所示。

• 下止点：活塞顶部离曲轴回转中心最近处，即活塞的最低位置，如图 1-6 所示。

• 活塞行程（ S ）：上下止点之间的距离即为活塞行程，用 S 表示，如图 1-6 所示。

• 曲柄半径（ R ）：曲轴与连杆大头的连接中心至曲轴的回转中心的距离。显然，对于四冲程发动机来说，曲轴每转一周，活塞移动两个行程，对于气缸中心线通过曲轴回转中心的内燃机，其 $S=2R$ ，如图 1-6 所示。

• 气缸的工作容积（ V_h ）：活塞从上止点到下止点所扫过的容积称为气缸工作容积或气缸的排量，用符号 V_h 表示。

$$V_h = \pi d^2 S / 4 \times 10^6 \quad (1-1)$$

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。设发动机的气缸数为 i ，则

$$V_l = V_h \cdot i \quad (1-2)$$

• 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。

• 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。它等于气缸工作容积与燃烧室容积之和，即

$$V_a = V_h + V_c \quad (1-3)$$

• 压缩比（ ε ）：气缸总容积与燃烧室容积的比值，即

$$\varepsilon = V_a / V_c = 1 + V_h / V_c \quad (1-4)$$

它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

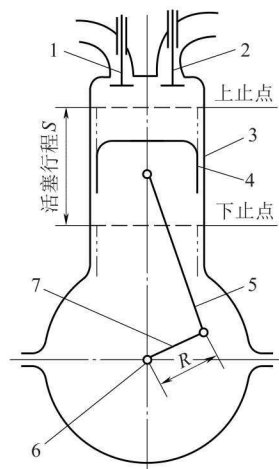


图 1-6 发动机工作示意图

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

度就越高。但是, 压缩比过大, 汽油机就会产生爆燃和表面点火等不正常的燃烧。一般车用汽油机的压缩比为 $7 \sim 10$, 柴油机的压缩比为 $15 \sim 22$ 。

- 工况: 内燃机在某一时刻的运行状况简称工况, 以该时刻内燃机输出的有效功率和曲轴转速表示。曲轴转速即为内燃机转速。

- 负荷率: 内燃机在某一转速下发出的有效功率与在相同转速下所能发出的最大有效功率的比值称为负荷率, 以百分数表示。负荷率通常简称为负荷。

2. 发动机的基本工作原理

往复活塞式内燃机所用的燃料主要是汽油或柴油。由于汽油和柴油具有不同的性质, 因而在发动机的工作原理和结构上有差异。

(1) 四冲程汽油机工作原理

汽油机是将空气与汽油以一定的比例混合成良好的混合气, 在进气行程中被吸人气缸, 混合气经压缩点火燃烧而产生热能, 高温高压的气体作用于活塞顶部, 推动活塞做往复直线运动, 通过连杆、曲轴飞轮机构对外输出机械能。四冲程汽油机在进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程内完成一个工作循环。

以气缸容积 V 为横坐标、气缸内气体压力 p 为纵坐标构成示功图 (见图 1-7), 表示活塞在不同位置时各个行程中 p 与 V 的变化关系。下面结合示功图来说明汽油机的工作过程。

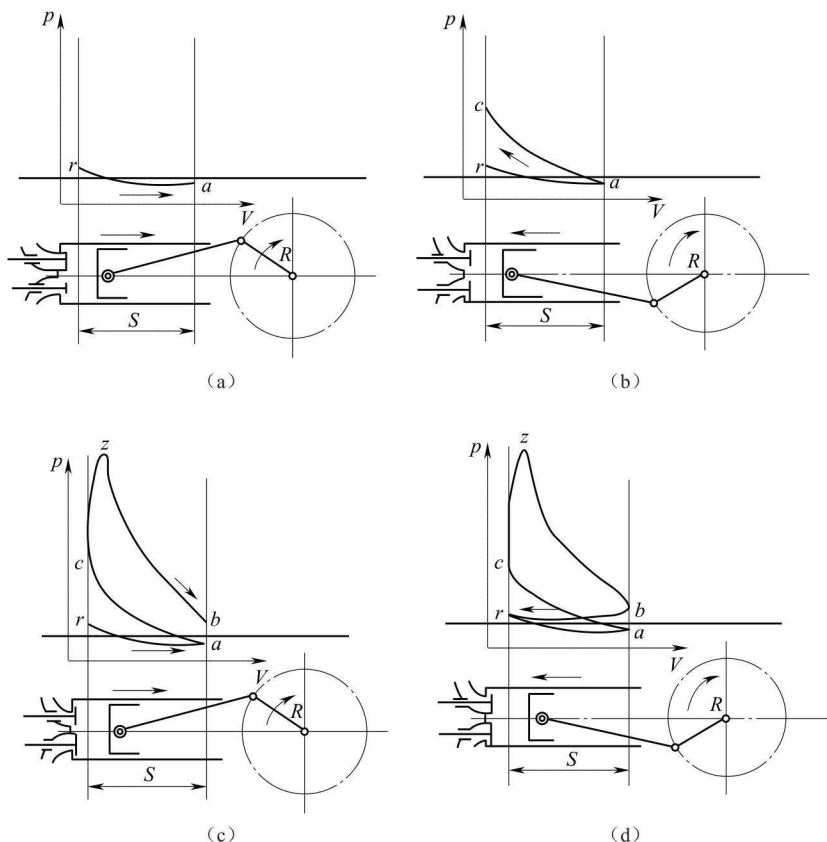


图 1-7 四冲程汽油机示功图

(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。在这个过程中, 发动机的进气门开启, 排气门关闭。随着活塞从上止点向下止点移动, 活塞上方的气缸容积增大, 从而使气缸内的压力将到大气压力以下, 即在气缸内造成真空吸力, 这样空气便由进气管道和进气门被吸进气缸, 同时喷油嘴喷出雾化的汽油与空气充分混合。在进气终了时, 气缸内的气体压力为 $0.075 \sim 0.09 \text{ MPa}$, 而此时气缸内的可燃混合气的温度已经升高到 $370 \sim 400 \text{ K}$ 。在示功图上, 进气行程为曲线 ra 。

2) 压缩行程。为使吸进气缸的可燃混合气能迅速燃烧, 以产生较大的压力, 从而使发动机发出较大功率, 必须在燃烧前将可燃混合气压缩, 使其容积缩小、密度加大、温度升高, 即需要有压缩过程。在这个过程中, 进、排气门全部关闭, 曲轴推动活塞由下止点向上止点移动一个行程, 即压缩行程。此时混合气压力会增加到 $0.6 \sim 1.2 \text{ MPa}$, 温度可达 $600 \sim 700 \text{ K}$ 。

在这一行程中, 一般压缩比越大, 在压缩终了时, 混合气的压力和温度便越高, 燃烧速度也越快, 因而发动机发出的功率越大, 经济性越好。一般轿车的压缩比在 $8 \sim 10$, 不过现在 Polo 就达到了 10.5 的高压缩比, 因此它的扭矩表现很不错。但是当压缩比过大时, 不仅不能进一步改善燃烧情况, 反而会出现爆燃和表面点火等不正常燃烧现象 (燃油质量的影响也是占有相对重要的地位, 这方面我们会在以后详细讲解)。

爆燃是由于气体压力和温度过高, 在燃烧室内离点燃中心较远处的末端可燃混合气自燃而造成的一种不正常燃烧。爆燃时火焰以极高的速率向外传播, 甚至在气体来不及膨胀的情况下, 温度和压力急剧升高, 形成压力波, 以声速向前推进。当这种压力波撞击燃烧室壁时就会发出尖锐的敲缸声。同时, 还会引起发动机过热, 功率下降, 燃油消耗量增加等一系列不良后果。严重爆燃时甚至会造成气门烧毁、轴瓦破裂、火花塞绝缘体被击穿等机件损坏现象。

除了爆燃, 过高压缩比的发动机还可能会面对另一个问题: 表面起火。这是由于缸内炽热表面与炽热处 (如排气门头、火花塞电极、积炭处) 点燃混合气产生的另外一种不正常燃烧 (也称作炽热点火或早燃)。在表面起火发生时, 也伴有强烈的敲缸声 (较沉闷), 产生的高压会使发动机负荷增加, 降低寿命。

3) 做功行程 (膨胀行程)。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。可燃混合气被燃烧后, 放出大量的热能, 此时燃气的压力和温度迅速增加。其所能达到的最大压力可达 $3 \sim 5 \text{ MPa}$, 相应的温度则高达 $2\,200 \sim 2\,800 \text{ K}$ 。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并输出机械能, 除了维持发动机本身运转外, 其余即用于对外做功。在活塞的运动过程中, 气缸内容积增加, 气体压力和温度都迅速下降, 在此行程终了时, 压力降至 $0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$, 温度则为 $1\,300 \sim 1\,600 \text{ K}$ 。

4) 排气行程。当膨胀行程 (做功行程) 接近终了时, 排气门开启, 利用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, 这就是排气行程。在此行程中, 气缸内压力稍微高于大气压力, 为 $0.105 \sim 0.115 \text{ MPa}$ 。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 $900 \sim 1\,200 \text{ K}$ 。

由此, 已经介绍完了发动机的一个工作循环, 四冲程汽油机经过进气、压缩、做功和排气四个行程完成一个工作循环。在这期间, 活塞在上、下止点间往复移动了四个行程, 相应地曲轴旋转了两周。

(2) 四冲程柴油机工作原理

柴油机的工作是由进气、压缩、燃烧膨胀和排气这四个行程来完成的,这四个行程构成了一个工作循环。四冲程柴油机和四冲程汽油机工作原理基本相同,但由于柴油和汽油有较大的差别(柴油黏度大,不易蒸发和自燃温度低),故可燃混合气形成、着火方式、燃烧过程及气体温度压力变化都和汽油机不同,活塞经过这四个行程才能完成一个工作循环的柴油机称为四冲程柴油机。四冲程柴油机的工作原理如图 1-8 所示。

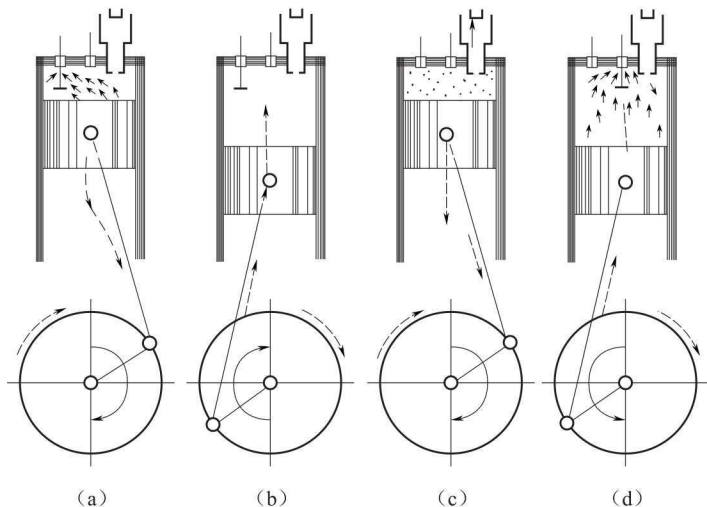


图 1-8 四冲程柴油机的工作原理

(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。进入气缸的工质是纯空气。由于柴油机进气系统阻力较小,进气终点压力 $p_a = (0.85 \sim 0.95) p_0$, 比汽油机高。进气终点温度 $T_a = 300 \sim 340 \text{ K}$, 比汽油机低。

2) 压缩行程。由于压缩的工质是纯空气,因此柴油机的压缩比比汽油机高(一般为 $\varepsilon = 16 \sim 22$)。压缩终点的压力为 $3\,000 \sim 5\,000 \text{ kPa}$, 压缩终点的温度为 $750 \sim 1\,000 \text{ K}$, 大大超过柴油的自燃温度(约 520 K)。

3) 做功行程。当压缩行程接近终了时,在高压油泵作用下,将柴油以 10 MPa 左右的高压通过喷油器喷入气缸燃烧室中,在很短的时间内与空气混合后立即自行发火燃烧。气缸内气体的压力急速上升,最高达 $5\,000 \sim 9\,000 \text{ kPa}$, 最高温度达 $1\,800 \sim 2\,000 \text{ K}$ 。由于柴油机是靠压缩自行着火燃烧,故称柴油机为压燃式发动机。

4) 排气行程。柴油机的排气与汽油机基本相同,只是排气温度比汽油机低,一般 $T_r = 700 \sim 900 \text{ K}$ 。对于单缸发动机来说,其转速不均匀,发动机工作不平稳,振动大。这是因为在 4 个行程中只有一个行程是做功的,其他 3 个行程是消耗动力为做功做准备的行程。为了解决这个问题,飞轮必须具有足够大的转动惯量,这样又会导致整个发动机质量和尺寸增加,采用多缸发动机可以弥补上述不足。

现代汽车多采用四缸、六缸和八缸发动机。在图 1-9 中,排气行程曲线表示在排气过程中,缸内的气体压力几乎是不变的,但比大气压力稍高一些。排气行程终点的压力 P_r 为 $0.105 \sim 0.115 \text{ MPa}$, 残余废气的温度 P_r 为 $850 \sim 960 \text{ K}$ 。

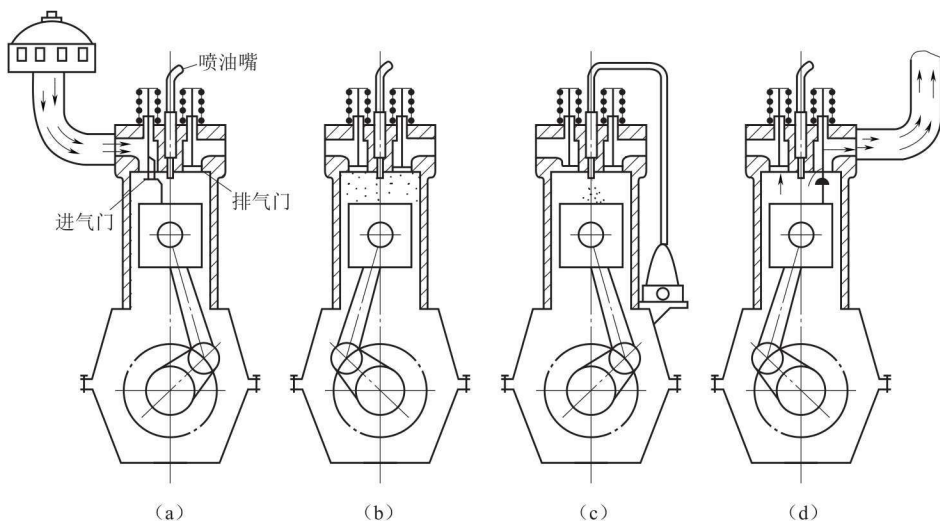


图 1-9 四冲程柴油机示意图

(a) 进气行程; (b) 压缩行程; (c) 做功行程; (d) 排气行程

在四冲程柴油机的四个冲程中,只有第三冲程即做功行程才产生动力对外做功,而其余三个冲程都是消耗功的准备过程。为此在单缸柴油机上必须安装飞轮,利用飞轮的转动惯性使曲轴在四个冲程中连续而均匀地运转。图 1-10 所示为柴油机的示功图。

(3) 四冲程汽油机和柴油机的异同分析

1) 四冲程汽油机和柴油机的共同点:

① 每个工作循环都包含进气、压缩、做功和排气 4 个活塞行程,每个行程各占 180° 的曲轴转角,即曲轴每转两周才能完成一个工作循环。

② 在 4 个活塞行程中,只有一个做功行程,其余 3 个都是耗功行程。显然,在做功行程中,曲轴转角的角速度要比其他 3 个要大得多,即在一个工作循环内曲轴的角速度是不均匀的。为了改善曲轴旋转的不均匀性,可在曲轴上安装转动惯量较大的飞轮和采用多缸内燃机并按照一定的工作顺序工作。

2) 四冲程汽油机和柴油机的不同点:

① 汽油机可燃混合气在气缸外部并持续到进气和压缩行程的终了,时间较长。但柴油机混合气是在气缸内部形成,从压缩行程接近终了时开始,并占一小部分做功行程,时间较短。

② 汽油机可燃混合气是靠火花塞点燃,而柴油机利用气缸内的高温高压而自燃,所以汽油机又称点燃式内燃机,柴油机为压燃式内燃机。

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。在其发展过程中,柴油机不断发扬其优点,克服缺点,提高速度,有望得到更广泛地应用。

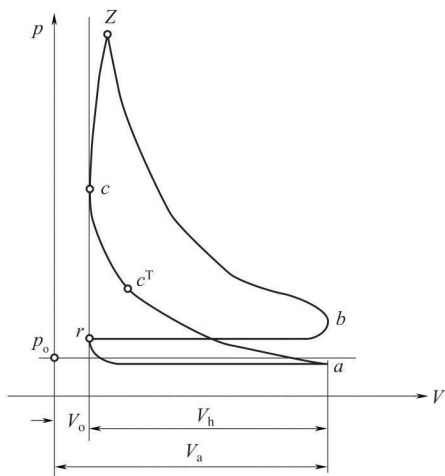


图 1-10 柴油机的示功图

知识单元 1.2 机体组和曲柄连杆机构

知识目标

1. 了解机体组和曲柄连杆机构的功用、组成；
2. 熟悉机体组和曲柄连杆机构的主要部件构造；
3. 掌握机体组和曲柄连杆机构的工作原理。

1. 曲柄连杆机构的功用及基本组成

曲柄连杆机构的功用：曲柄连杆机构是把燃料燃烧后发出的热能转变为机械能的装置。在做功行程中，把活塞的往复运动转变成曲轴的旋转运动，对外输出动力，而在其他三个行程中，即在进气、压缩、排气行程中，又把曲轴的旋转运动转变成活塞的往复直线运动。可概括为：

- 将气体的压力变为曲轴的转矩。
- 将活塞的往复运动变为曲轴的旋转运动。

曲柄连杆机构的主要零件可分为三组：机体组、活塞连杆组以及曲轴飞轮组。

曲柄连杆机构的工作条件：发动机在工作时，曲柄连杆机构直接与高温高压气体接触，曲轴的旋转速度又很高，活塞往复运动的线速度相当大，同时与可燃混合气和燃烧废气接触，曲柄连杆机构还受到化学腐蚀作用，并且润滑困难。因此，曲柄连杆机构工作环境的特点是高温、高压、高速和化学腐蚀。

曲柄连杆机构的受力情况很复杂，其中有气体作用力、运动惯性力以及摩擦力等。

(1) 气体作用力

气体作用力作用于活塞顶上，这在活塞的 4 个行程中始终存在，但只有做功行程中的气体作用力是发动机对外做功的原动力，其他 3 个行程都为阻力，阻碍活塞的运动，如图 1-11 所示。气体作用力 F_p 传到活塞销上，可分解为 F_{p1} 和 F_{p2} 。 F_{p1} 通过活塞销传给连杆，并沿连杆方向作用在曲柄销上，还可分解为两个分力 F_R 和 F_S ，分力 F_R 沿曲柄主轴颈与主轴承间产生压紧力；分力 F_S 垂直于曲柄除了产生压紧力，还对曲轴形成转矩 T ，推动曲轴旋转；力 F_{p2} 主要把活塞压向气缸壁，使活塞与缸壁间形成侧压力，有使气缸体翻倒的趋势，故气缸体下部的两侧应支撑在车架上。

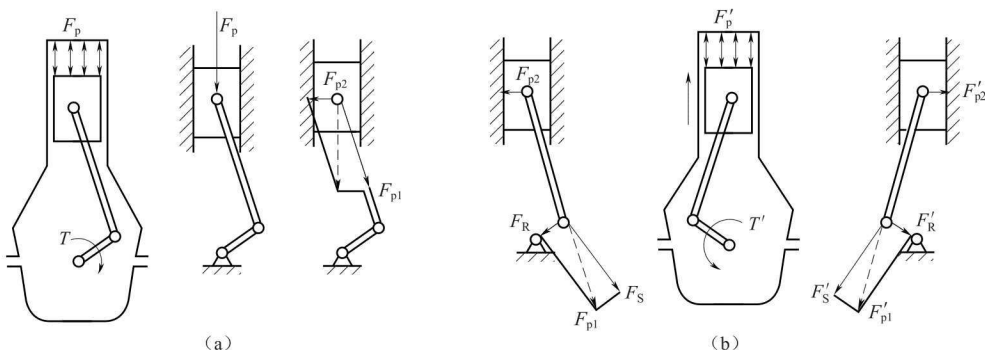


图 1-11 气体压力作用情况

(a) 做功行程；(b) 压缩行程