



中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

汽车发动机构造与维修

qiche fadongji gouzao yu weixiu

■主编 刘 猛 赵艳宏



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

21 世纪中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

汽车发动机构造与维修

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

内 容 提 要

本教材融入了全国各交通职业学校(院)汽车运用与维修专业近20年来的教学改革成果,并结合了汽车维修企业的生产实践,具有较强的针对性。

全书主要包括发动机总体构造、曲柄连杆机构的构造与维修、配气机构的构造与维修、冷却系构造与维修、润滑系构造与维修、汽油机燃料供给系的构造与维修、柴油机燃料供给系的构造与维修、发动机拆装工艺与磨合、发动机常见故障的判断与排除等方面。

本书可作为中等职业学校汽车运用与维修专业教材,也可作为汽车行业从业人员岗位培训用书,亦可供汽车检测和汽车维修人员学习参考。

版权专用 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修 / 刘猛, 赵艳宏主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2010. 7
ISBN 978 - 7 - 5640 - 3370 - 5

I. ①汽… II. ①刘… ②赵… III. ①汽车 - 发动机 - 构造②汽车 - 发动机 - 车辆修理
IV. ①U472. 43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 130276 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 (办公室) 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 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 10.25

字 数 / 262 千字

版 次 / 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

责任校对/张沁萍

定 价 / 19.00 元

责任印制/母长新

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言



为了贯彻《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》，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”，教育部全面启动了中等职业教育国家规划教材建设工作。

本套教材的编写融入了全国各交通职业学校（院）汽车运用与维修专业近 20 年来的教学改革成果，并结合了汽车维修企业的生产实践，具有较强的针对性。本教材较好地贯彻了素质教育的思想，力求体现以人为本的现代理念，从交通行业岗位群的知识和技能要求出发，并结合对培养学生创新能力、职业道德方面的要求，提出教学目标并组织教学内容，在教材的理论体系、组织结构、内容描述上与传统教材有了明显的区别。

为使教师和学生明确教学目的，培养学生的实践能力，在教材各章开始提出本章的教学目标，在各章教学内容之后，附有本章小结、复习与思考和实训要求，便于学生复习和各教学单位组织配套的实训课程。

《汽车发动机构造与维修》是中等职业教育汽车运用与维修专业国家规划教材之一，内容涉及发动机总体构造，曲柄连杆机构的构造与维修，配气机构的构造与维修，冷却系构造与维修，润滑系的构造与维修，汽油机燃料供给系的构造与维修，柴油机燃料供给系的构造与维修，发动机拆装工艺与磨合，发动机常见故障的判断与排除等方面。

限于编者经历及水平，教材内容很难覆盖全国各地的实际情况，希望各教学单位在积极选用和推广该教材的同时，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，以便再版修订时改正。

编 者

目 录

CONTENTS

第一章 发动机总体构造	1
第一节 发动机的基本术语和工作原理	1
第二节 发动机的总体构造	7
第三节 发动机的主要性能指标和特性	12
第二章 曲柄连杆机构的构造与维修	17
第一节 曲柄连杆机构概述	17
第二节 机体组的构造和检修	20
第三节 活塞连杆组构造与检修	28
第四节 AJR 型发动机曲柄连杆机构分解和组装	39
第五节 曲轴飞轮组的构造和检修	42
第三章 配气机构的构造与维修	53
第一节 配气机构的组成和工作原理	53
第二节 配气机构主要部件的构造与维修	54
第三节 配气相位	58
第四章 冷却系的构造与维修	61
第一节 冷却系的作用、组成和工作原理	61



第二节 水冷系主要机件的构造和检修	65
第五章 润滑系的构造与维修	80
第一节 概 述	80
第二节 润滑系统主要部件的拆装与检修	85
第三节 润滑系的维护	87
第六章 汽油机燃料供给系的构造与维修	89
第一节 燃料供给系统概述	89
第二节 电喷式发动机燃料供给系各主要部件构造及维修	91
第三节 化油器式汽油机燃料供给系简介	99
第七章 柴油机燃料供给系的构造与维修	101
第一节 柴油机燃料供给系的组成和燃料性能指标	101
第二节 柴油机燃烧特点和燃烧室	103
第三节 喷油器的构造与维修	108
第四节 调整器的构造和工作原理	119
第五节 柴油滤清器和输油泵的构造与检修	127
第六节 喷油提前角调节装置和供油正时的调整	131
第八章 发动机拆装工艺与磨合	141
第一节 发动机的装配与调整	141
第二节 发动机的磨合	148
第九章 发动机常见故障的判断与排除	151
第一节 发动机常见故障排除的一般规律	151
第二节 汽油发动机常见故障的判断与排除	152
第三节 柴油发动机常见故障的判断与排除	156

第一章 发动机总体构造



本章概述

发动机是将某一种形式的能量转换为机械能的机器，其作用是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。本章主要讲述发动机的总体构造方面的相关知识及其基本的工作原理。



教学目标

1. 了解发动机的作用、常用术语和基本工作原理；
2. 了解发动机的类型、编号规则和总体构造；
3. 了解发动机主要性能指标和工作特性。

* * * * *

第一节 发动机的基本术语和工作原理

图 1-1 为单缸四冲程汽油机的简单结构示意图，图 1-2 为单缸四冲程柴油机的简单结构示意图。

一、发动机的基本术语

如图 1-3 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. 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。显然，曲轴每转一周，活塞移动两个行程，即 $s = 2R$ 。

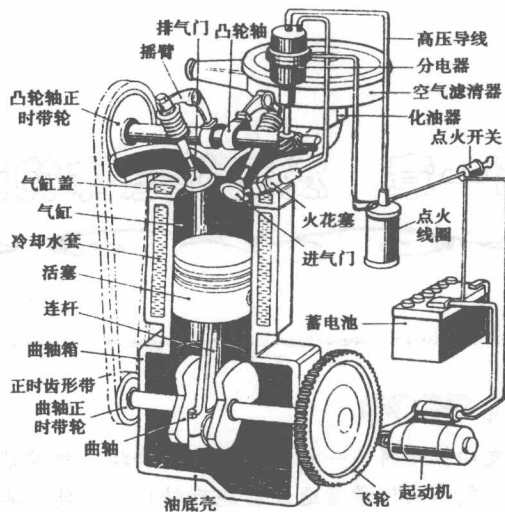


图 1-1 单缸四冲程汽油机的简单结构示意图

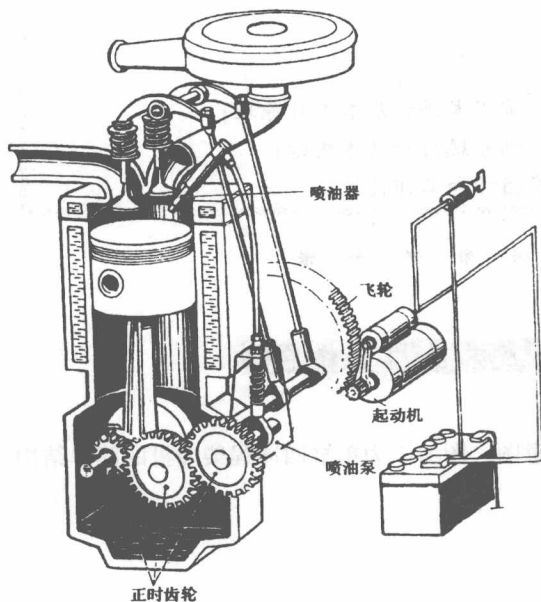


图 1-2 单缸四冲程柴油机的简单结构示意图

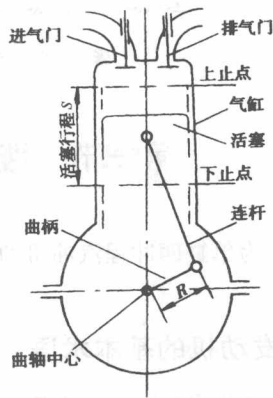


图 1-3 发动机基本术语示意图

4. 活塞行程 (s)

活塞行程是指上、下两止点间的距离，单位：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为行程。

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, 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 (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

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

二、四冲程发动机的简单工作原理

发动机经过进气、压缩、做功和排气四个连续的过程, 将热能转变为机械能, 每进行一次这样的过程就是一个工作循环。因此, 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, 就称为四冲程发动机。

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。如图 1-4 为单缸四冲程汽油机工作循环示意图。

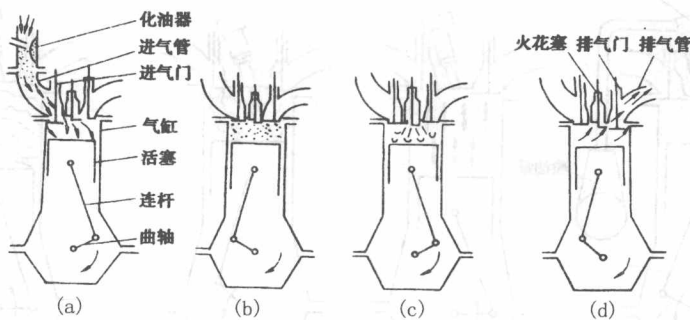


图 1-4 单缸四冲程汽油机工作循环示意图

(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。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, 形成一定的真空度, 于是经过滤清的空气与化



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。待活塞到达下止点时，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，约为 $0.075 \sim 0.09 \text{ MPa}$ 。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 $370 \sim 440 \text{ K}$ 。

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，待活塞到达上止点时，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 $6 \sim 10$ 。

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，待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，待活塞到达上止点时，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 $0.105 \sim 0.115 \text{ MPa}$ ，温度约为 $900 \sim 1\,200 \text{ K}$ 。

2. 四冲程柴油机的简单工作原理

四冲程柴油机与四冲程汽油机一样，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。

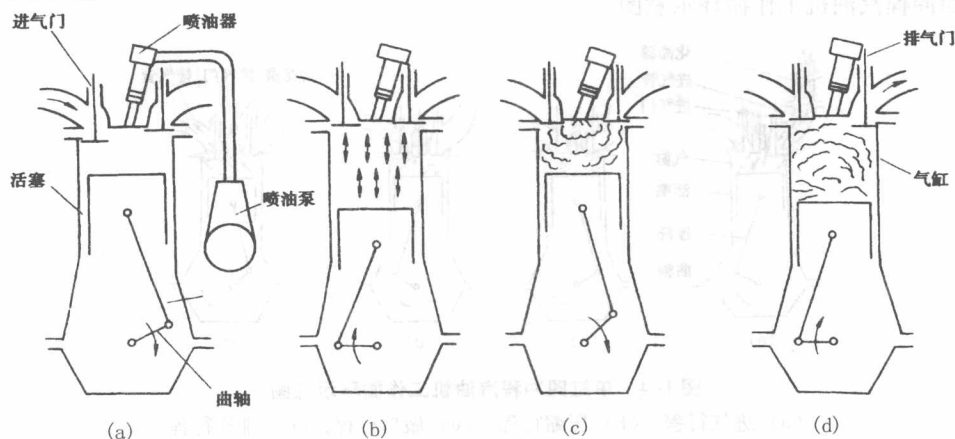


图 1-5 单缸四冲程柴油机工作循环示意图

(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。由于进气阻力比汽油机小，上一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 $0.075 \sim 0.095 \text{ MPa}$ ，温度约为 $320 \sim 350 \text{ K}$ 。

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然温度（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 $5 \sim 10 \text{ MPa}$ ，瞬时温度可达 $1\,800 \sim 2\,200 \text{ K}$ ，做功行程终了时压力约为 $0.2 \sim 0.4 \text{ MPa}$ ，温度为 $1\,200 \sim 1\,500 \text{ K}$ 。

④排气行程。此行程与汽油机基本相同。排气行程终了时的气缸压力为 $0.105 \sim 0.125 \text{ MPa}$ ，温度约为 $800 \sim 1\,000 \text{ K}$ 。

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 2 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做准备工作的辅助行程，都要消耗一部分能量。发动机起动时的第一个循环，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图。

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时，压缩结束；与此同时，活塞上行时，其下方曲轴箱内形成一定的真空度，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在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。换气过程跨越两个行程。

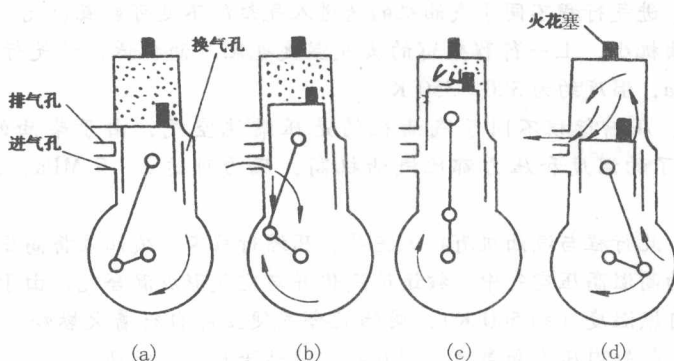


图 1-6 二冲程汽油机的工作循环图

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 0.12~0.14 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。

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)]。当活塞上移到进气孔被关闭，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，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。

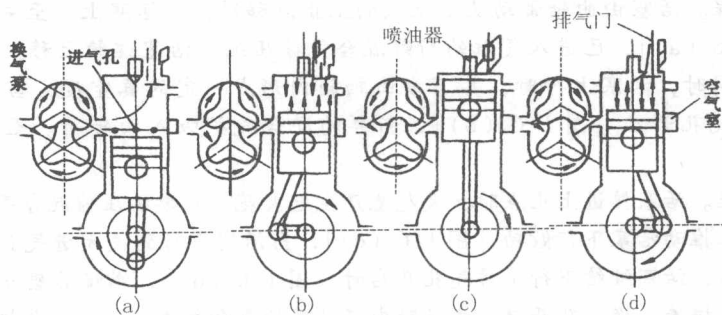


图 1-7 带有换气泵的二冲程柴油机工作循环图

- (a) 活塞由下止点向上止点移动；(b) 活塞上移到进气孔；
(c) 活塞上移至接近上止点；(d) 活塞到达上止点



二冲程发动机的特点

- 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。
- 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1.5~1.6倍。
- 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。

第二节 发动机的总体构造

一、发动机概述

发动机的结构形式多种多样，具体构造千差万别，因此，现代汽车发动机就是一部由许多机构和系统组成的复杂机器。但由于汽车发动机的基本工作原理相同，所以其基本结构也就大同小异。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，虽然具体构造也千差万别，但基本构造是类似的。

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1-8、图1-9、图1-10、图1-11、图1-12所示。

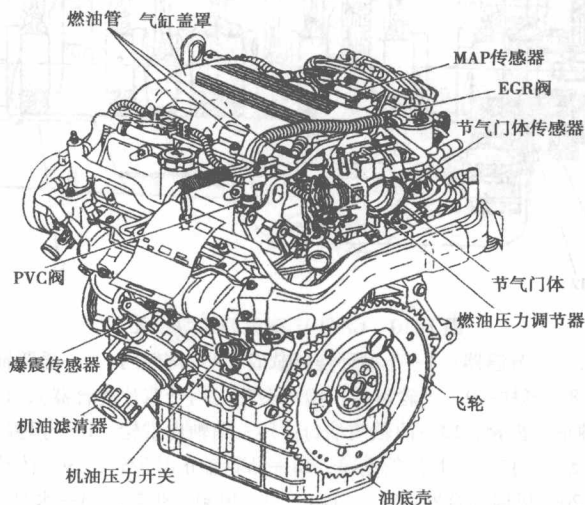


图 1-8 发动机

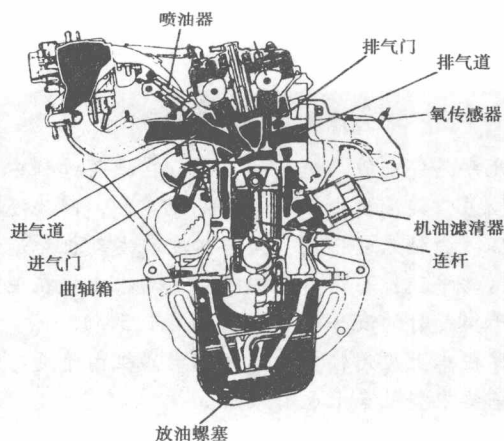


图 1-9 丰田 4E—FE 型四气门汽油喷射式发动机横剖图

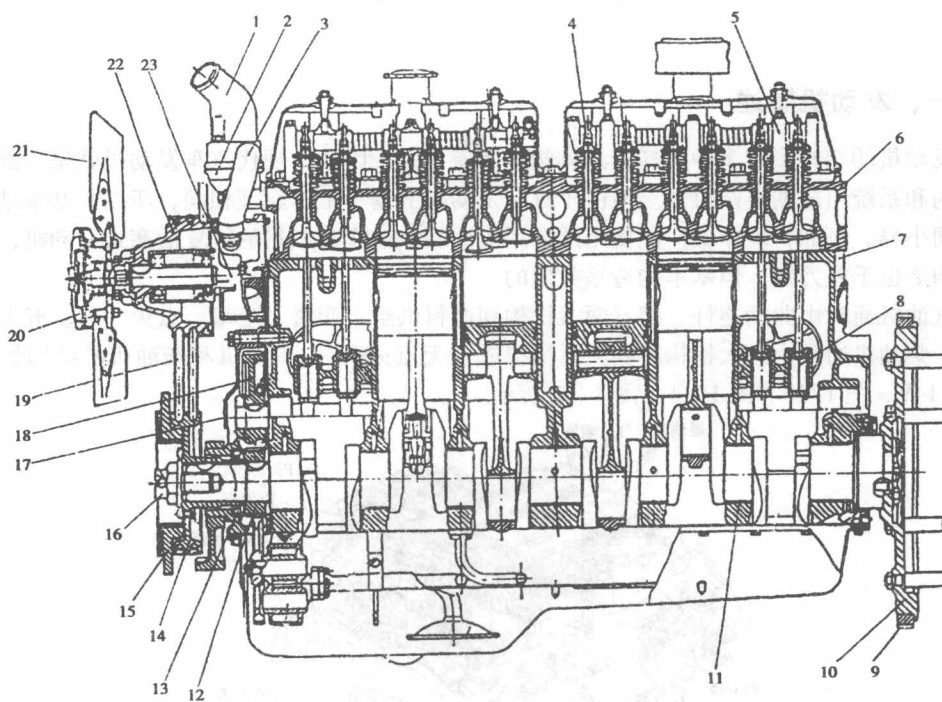


图 1-10 CA6102 型汽油机纵剖面

- 1—节温器出水管；2—节温器；3—小循环连接软管；4—排气门；5—摇臂轴座；6—气缸盖；
7—气缸体；8—挺柱；9—飞轮齿圈；10—飞轮（用于双片离合器）；11—主轴承；
12—曲轴正时齿轮；13—曲轴前油封；14—曲轴皮带轮；15—扭振减振器；
16—起动爪；17—正时齿轮室盖；18—凸轮轴正时齿轮；19—传动皮带；
20—风扇离合器；21—风扇；22—风扇皮带轮；23—水泵

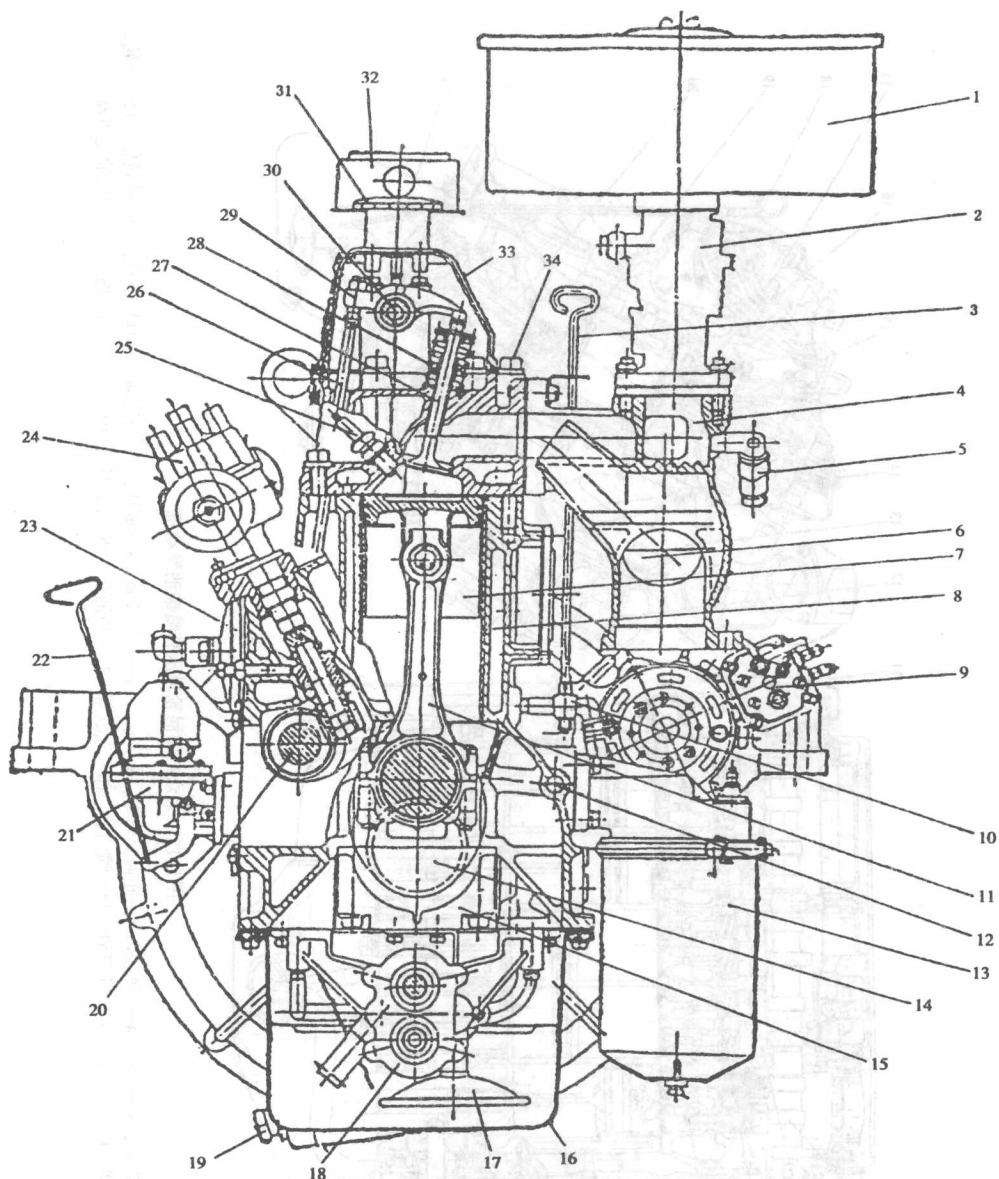


图 1-11 CA6102 型汽油机横剖面

- 1—气滤清器；2—化油器；3—气缸体放水阀操纵杆；4—进气歧管；5—曲轴箱通风管接头；
 6—排气歧管；7—活塞组；8—干式气缸套；9—起动机；10—气缸体放水阀；11—连杆组；
 12—气缸体主油道；13—机油粗滤器；14—曲轴；15—主轴承盖；16—油底壳；17—集滤器；
 18—机油泵；19—放油螺塞；20—凸轮轴；21—汽油泵；22—汽油泵操纵杆；23—分电器传动轴；
 24—分电器；25—火花塞；26—推杆；27—进气门；28—气门弹簧；29—摇臂；30—摇臂轴；
 31—加机油口盖；32—曲轴箱通风空气滤清器；33—气缸盖罩；34—气缸盖螺栓

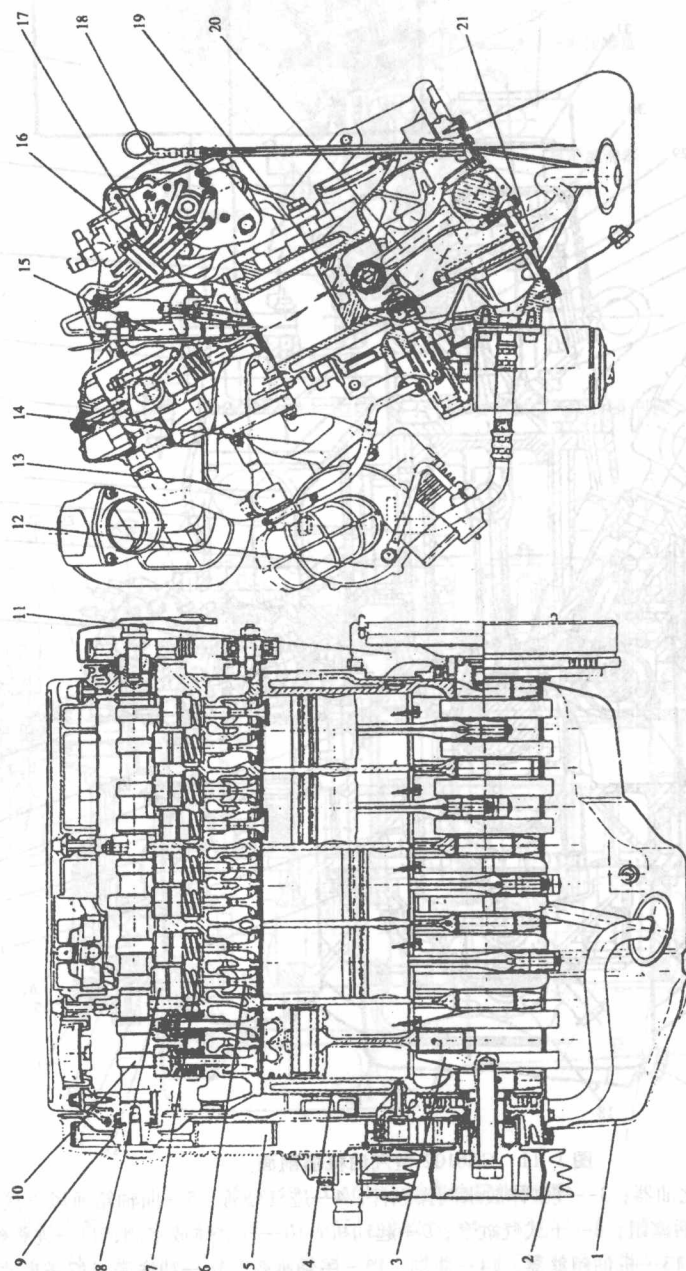


图1-12 大众Audi涡轮增压直喷柴油发动机

1—油底壳；2—曲轴带轮；3—曲轴；4—气缸体；5—正时具形带；6—气门；7—气门弹簧；8—挺杆；9—凸轮轴正时具形带轮；10—凸轮轴；11—飞轮；12—涡轮增压器；13—进气管；14—排气管；15—喷油器；16—气缸盖；17—燃油泵；18—机油尺；19—活塞；20—连杆；21—机油滤清器



二、发动机的基本构件

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

配气机构由进气门、排气门、气门弹簧、挺杆、凸轮轴和正时齿轮等组成。其作用是使新鲜气体及时充入气缸,并使燃烧产生的废气及时排出气缸。

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使用燃料和燃烧过程不同,在结构上有很大区别,汽油燃料供给系又分化油器式和燃油直接喷射式两种。

通常所用的化油器式燃料供给系由燃油箱、汽油泵、汽油滤清器、化油器、空气滤清器、进排气歧管和排气消声器等组成,其作用是向气缸内供给已配好的可燃混合气,并控制进入气缸内可燃混合气数量,以调节发动机输出的功率和转速,最后,将燃烧后的废气排出气缸。

柴油机燃料供给系由燃油箱、输油泵、喷油泵、柴油滤清器、喷油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工作。

5. 润滑系

润滑系由机油泵、润滑油道、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,减缓机件磨损,并清洗、冷却摩擦表面,从而延长发动机使用寿命。

6. 点火系

汽油机传统点火系由电源(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的可燃混合气。图 1-9 是丰田 4E—FE 型四气门汽油喷射式发动机的横剖图。

7. 起动系

起动系由起动机和起动继电器组成,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。