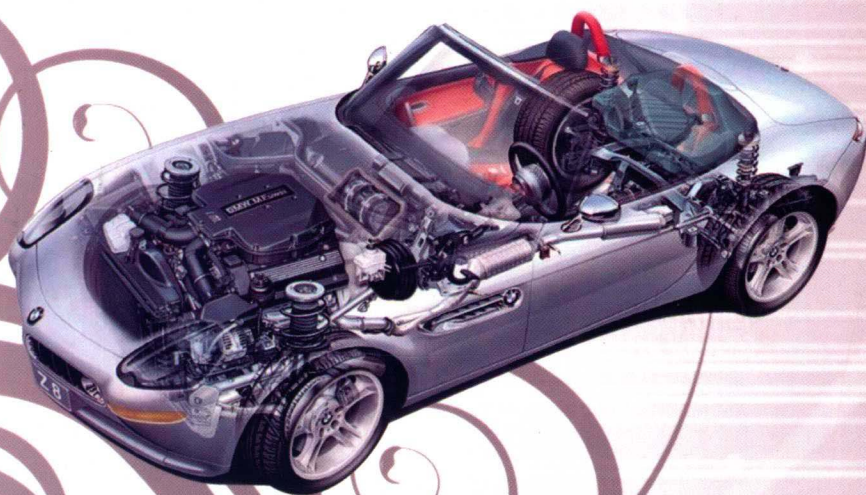




职业教育汽车类示范专业规划教材

汽车发动机 拆装与检修实训

晏初宏 胡祥梅◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费赠送电子课件

职业教育汽车类示范专业规划教材

汽车发动机拆装与检修实训

主编 晏初宏 胡祥梅
参编 曹 伟 晏 龙 黎 鹏 王泽坤
陈俊麾 黄 鹏 陈 度
主审 刘吉普



机械工业出版社

本书以“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”为编写特色，强化了知识性与实践性的统一，通过较为翔实的发动机应用实例、丰富的图画和深入浅出的文字描述，比较全面地叙述了发动机的拆装和发动机相关零部件检修的知识，具有较强的知识性、科学性和可读性。

全书共九个项目，围绕发动机拆装、发动机相关零部件检修的核心知识，主要介绍了常用工量具使用的一般知识、发动机的拆卸和解体、发动机的装配与起动、机体与曲柄连杆机构的检修、配气机构的检修、润滑系统主要部件的检修、冷却系统主要部件的检修、汽油机燃油系统和点火系统的检修、柴油机燃油系统的检修等内容。

本书可作为职业院校汽车检测与维修技术专业、汽车技术服务与营销专业和汽车制造与装配专业技能课的教材，也可供从事相关专业的工程技术人员参考或作为企业的培训教材。

为方便教学，本书配有电子课件，凡选用本书作为授课教材的教师均可登录 www.cmpedu.com 免费注册、下载，或来电咨询：010-88379865。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车发动机拆装与检修实训/晏初宏，胡祥梅主编. —北京：机械工业出版社，2016.3

职业教育汽车类示范专业规划教材

ISBN 978-7-111-52905-7

I. ①汽… II. ①晏… ②胡… III. ①汽车-发动机-装配 (机械)-职业教育-教材②汽车-发动机-检修-职业教育-教材 IV. ①U464.06②U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 024722 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：曹新宇 责任编辑：曹新宇 程足芬 版式设计：霍永明

责任校对：张 征 封面设计：马精明 责任印制：乔 宇

北京玥实印刷有限公司印刷

2016 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·9.75 印张·226 千字

0001—2000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-52905-7

定价：24.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线：010-88379833

读者购书热线：010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

教育服务网：www.cmpedu.com

金书网：www.golden-book.com

前 言

为了进一步明确技术技能型人才培养的专业定位和岗位指向,有效地对接区域产业与行业的发展,逐步构建起以职业能力为核心的课程体系,强化专业实践教学,更加注重职业素养与职业技术技能的培养,我们在“汽车检测与维修技术”专业技能训练研究(立项课题编号:2013ZD46)的基础上,编写了本书。本书理论联系实际,深入浅出,图文并茂,实用性强,适合职业学校相关专业的师生使用,同时也可供从事相关专业的工程技术人员参考或作为企业的培训教材。

随着材料、电子、机械等技术的不断发展,汽车发动机技术也有了很大的进步,新结构、新技术的应用越来越多,检修工艺也随之发生了很大的变化。本书将汽车维修手册中的图画和文字描述结合起来,融“教、学、做”为一体,力求体现“能力本位”的现代教育思想和理念,突出实践技能训练和动手能力培养的特色,注重实用性、通用性和典型性,使“理论为实践服务”和“理论够用为度”成为可能。

本书内容丰富、资料翔实、题材新颖,其内容涵盖了发动机拆装与检修的技能和知识要点,具有知识面广、实用性强的特点。本书参考教学时数为60学时,项目一至项目三是必修内容,项目四至项目九为选修内容。教师可以根据学生的实际情况和教学时数完成必修内容,如有多余的教学时数,还可以适当安排选修内容。总的来说,学时的安排以满足学生学习知识和培养动手能力为目的。

本书由晏初宏、胡祥梅担任主编,参加编写的有曹伟、晏龙、黎鹏、王泽坤、陈俊麾、黄鹏、陈度。其中,绪论、项目一由湖南应用技术学院晏初宏、中国农业大学陈度编写,项目二、项目三由中航工业成都飞机工业(集团)有限责任公司晏龙编写,项目四由中国航天科工二院二部结构总体室曹伟编写,项目五由湖南应用技术学院胡祥梅编写,项目六由湖南应用技术学院黎鹏编写、项目七由湖南应用技术学院王泽坤编写,项目八由澧县职业中专学校黄鹏编写,项目九由湖南应用技术学院陈俊麾编写。全书由晏初宏、胡祥梅老师负责统稿和定稿工作。

本书由湖南应用技术学院刘吉普教授担任主审,他对全书原稿进行了细致、详尽的审阅,提出了许多宝贵的建议和修改意见。另外,在编写本书的过程中得到了相关企业、科研院所的大力支持和帮助,在此谨向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中的缺点和错误在所难免,恳请读者给予批评指正。

编 者

目 录

前言

绪论 1

- 一、发动机的基本结构和常用术语 1
- 二、发动机的工作原理 2
- 三、发动机的总体构造 6
- 四、发动机的主要性能指标 12

思考题 16

项目一 常用工量具使用的一般知识 17

任务一 常用工具的使用 17

- 一、普通工具及专用工具 17
- 二、常用工具的使用方法 21
- 三、个人安全防护及设备安全 24

任务二 常用量具的使用 25

- 一、常用量具 25
- 二、常用量具的使用方法 29
- 三、其他常用诊断仪器 32

任务三 认识千斤顶 32

- 一、机械式千斤顶 32
- 二、立式液压千斤顶 32
- 三、卧式液压千斤顶 32

思考题 33

项目二 发动机的拆卸和解体 34

任务一 发动机的拆卸 34

- 一、发动机拆卸前的准备 34
- 二、工具和设备的应用 34
- 三、发动机拆卸的步骤及要点 35
- 四、螺纹紧固的拆卸 36
- 五、变速器内零部件的拆卸 38

任务二 发动机的解体 41

- 一、拆卸发动机的外围附件 41
- 二、拆卸正时链条 42
- 三、拆卸凸轮轴 42
- 四、拆卸气缸盖 43

五、拆卸油底壳 43

六、拆卸油封 44

七、分解气缸盖 45

八、分解气缸体 46

九、分解活塞连杆组 46

任务三 发动机零件的清洗 48

- 一、零件清洗的一般知识 48
- 二、发动机零件的清洗方法 50
- 三、发动机主要零件的清洗 50

思考题 51

项目三 发动机的装配与起动 52

任务一 发动机紧固件和密封件的使用及更换 52

- 一、发动机紧固件的使用及更换 52
- 二、变速器内零部件的装配 58
- 三、发动机密封件的使用及更换 63

任务二 发动机的组装 64

- 一、机体与曲柄连杆机构的组装 64
- 二、气缸盖与气门组的组装 66
- 三、气缸盖的安装 67
- 四、油封的安装 68
- 五、凸轮轴的安装 69
- 六、正时链条的安装 69
- 七、附件的安装 69

任务三 发动机大修后的起动和磨合 71

- 一、发动机大修后的初次起动 71
- 二、发动机大修后的磨合与试验 72
- 三、发动机维修后的验收标准 73
- 四、发动机大修后的使用 74

思考题 74

项目四 机体与曲柄连杆机构的检修 75

任务一 气缸盖与气缸体的检修 75

- 一、气缸盖和气缸体变形的检修 75
- 二、气缸磨损的检修 76



三、气缸体和气缸盖裂纹的检修	78	二、机油压力的测量	111
任务二 活塞连杆组的检修	79	三、机油散热器、机油冷却器及曲轴箱通风	112
一、活塞的检修	79	思考题	114
二、活塞环的检修	79	项目七 冷却系统主要部件的检修	115
三、连杆的检修	81	任务一 冷却水泵的检修	115
任务三 曲轴飞轮组的检修	83	一、泵壳的检修	115
一、曲轴的检修	83	二、水泵轴的检修	116
二、曲轴轴承的检修	85	三、水泵叶轮的检修	116
三、曲轴轴向间隙及径向间隙的调整	86	四、水封装置的检查	116
四、曲轴裂纹的检修	87	五、水泵装合后的检验	116
五、飞轮的检修	88	任务二 散热风扇的检修	116
思考题	88	一、水冷却系统	116
项目五 配气机构的检修	89	二、电动风扇的检修	117
任务一 气门组的检修	89	三、硅油风扇离合器的检查	118
一、气门的检修	89	任务三 散热器、散热器盖及节温器的检修	120
二、气门导管的检修	90	一、散热器的检修	120
三、气门座的检修	92	二、散热器盖的检修	121
四、气门弹簧的检测	95	三、节温器的检测	122
任务二 气门传动组的检修	96	思考题	123
一、凸轮轴的检修	96	项目八 汽油机燃油系统和点火系统的检修	124
二、液压气门挺柱的检修	98	任务一 汽油机燃油系统认知	124
三、气门推杆的检修	99	一、汽油及其使用性能	124
四、正时链条和链轮的检修	99	二、电控式燃油系统	124
五、正时带和带轮的检修	99	任务二 汽油机燃油系统的检修	125
任务三 气门间隙的检查与调整	101	一、燃油压力的检测	125
一、气门间隙的调整	101	二、电动汽油泵的检修	127
二、逐缸调整法	102	三、喷油器的检修	128
三、两次调整法	103	任务三 汽油机点火系统的检修	131
思考题	104	一、点火系统主要部件的检修	132
项目六 润滑系统主要部件的检修	105	二、高压火花的检查	136
任务一 机油泵的检修	105	三、点火正时的检查和调整	137
一、齿轮式机油泵的结构	105	思考题	137
二、齿轮式机油泵间隙的检测方法	106	项目九 柴油机燃油系统的检修	138
三、机油泵的检修	107	任务一 柴油机燃油系统认知	138
任务二 机油滤清器的检修	107	一、机械燃油系统	138
一、集滤器的维护	107	二、喷油器的构造与工作原理	139
二、全流式机油滤清器的维护	107	三、柱塞式喷油泵的基本结构	139
三、离心式细滤器的检修	109		
任务三 其他润滑部件的检修	110		
一、发动机润滑油道的清理	110		



任务二 喷油器的检修	140
一、喷油器的拆卸	140
二、喷油器的性能检测	140
三、喷油器零件的清洗和检查	142
四、喷油器零件的组装	142
五、喷油器的安装	143
任务三 喷油泵的检修	143

一、柱塞偶件的检验	143
二、出油阀偶件的检验	144
三、喷油泵的调试	145
四、RAD 调速器的调整	146
思考题	148
参考文献	149

绪 论

一、发动机的基本结构和常用术语

发动机是可以把某一种能量转变为机械能的机器。按照能源的不同，发动机可以分为风力机、水力机、电力机和热力机等。

热力发动机又可以分为外燃机和内燃机。直接将燃料燃烧的气体所含有的热能转变为机械能的机器称为内燃机。相对于外燃机而言，内燃机具有热效率高、结构紧凑、使用维修方便等优点，因而广泛应用于汽车、轮船及其他可移动的机械设备上。

内燃机主要有往复式活塞式发动机、旋转活塞式发动机和燃气轮机等。往复式活塞式发动机已有一百多年的历史，现在已发展到相当完善的程度，目前在汽车上占有优势地位的仍然是这种发动机，其中主要是汽油机和柴油机。

图 0-1 所示为发动机的基本结构和常用术语。发动机的工作腔称为气缸，气缸内表面为圆柱形。在气缸内做往复直线运动的活塞通过活塞销与连杆的一端铰接，连杆的另一端则与曲轴相连，构成曲轴连杆机构。因此，当活塞在气缸内做往复直线运动时，连杆便推动曲轴旋转。反之，当曲轴旋转时，也可以使活塞在气缸内做往复直线运动。同时，工作腔的容积也在不断地由最小变到最大，再由最大变到最小，如此循环不已。

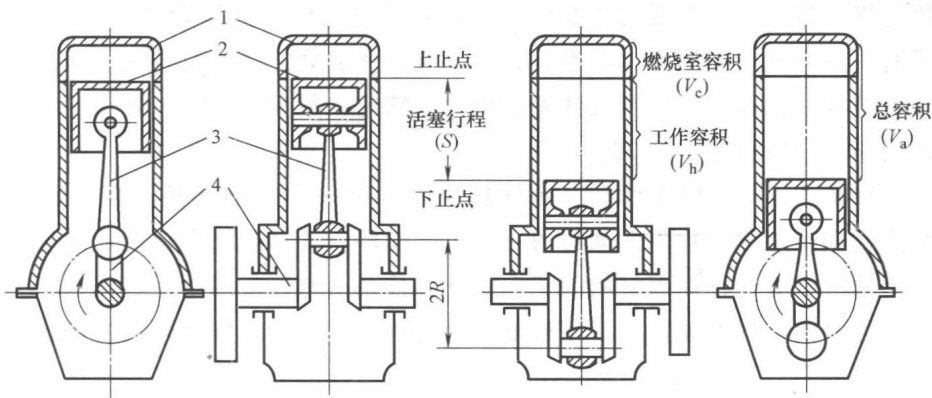


图 0-1 发动机的基本结构和常用术语

1—气缸 2—活塞 3—连杆 4—曲轴

在描述发动机的构造和工作原理时，经常要用到以下专用术语：

- (1) 上止点 上止点是指活塞离曲轴回转中心最远处，通常指活塞的最高位置。
- (2) 下止点 下止点是指活塞离曲轴回转中心最近处，通常指活塞的最低位置。
- (3) 活塞行程 活塞行程是指上、下止点间的距离 S 。



(4) 曲柄半径 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, 用 R 表示。显然, $S=2R$ 。曲轴每转一周, 活塞完成两个行程。

(5) 气缸工作容积 上、下止点间所包容的气缸容积称为气缸工作容积, 也称为气缸排量, 用 V_h 表示。其计算公式为

$$V_h = \frac{\pi D^2 S}{4 \times 10^6} \quad (0-1)$$

式中 V_h ——气缸工作容积, 单位为 L;

D ——气缸直径, 单位为 mm;

S ——活塞行程, 单位为 mm。

(6) 发动机工作容积 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, 用 V_L 表示。若发动机的气缸数为 i , 则

$$V_L = iV_h = i \frac{\pi D^2 S}{4 \times 10^6} \quad (0-2)$$

(7) 燃烧室容积 活塞在上止点时, 活塞顶上面的空间称为燃烧室, 其容积即为燃烧室容积, 用 V_c 表示。

(8) 气缸总容积 气缸总容积是指活塞在下止点时, 活塞顶上面空间的容积, 用 V_a 表示。它等于气缸工作容积与燃烧室容积之和, 即

$$V_a = V_h + V_c \quad (0-3)$$

(9) 压缩比 气缸总容积与燃烧室容积的比值称为压缩比, 它表示活塞从下止点移到上止点时, 气缸内气体被压缩的程度, 即

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c} \quad (0-4)$$

压缩比是发动机的一个重要结构参数, 它对发动机的性能有很大的影响。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, 混合气燃烧的速度也越快, 因而发动机发出的功率越大, 经济性也越好。现代汽油发动机的压缩比一般为 8~11; 柴油发动机的压缩比比汽油发动机高, 一般可达 18~23。

(10) 工作循环 发动机工作时, 各气缸内每进行一次能量转换, 均要经过进气、压缩、做功和排气四个过程, 称为发动机的一个工作循环。发动机之所以能连续运转, 就是因为各气缸内不断进行着这种周而复始的工作循环。凡是活塞往复四个行程完成一个工作循环的发动机, 均称为四冲程发动机; 活塞往复两个行程完成一个工作循环的发动机, 则称为二冲程发动机。

(11) 负荷率 发动机在某一转速下发出的有效功率与相同转速下所能发出的最大有效功率的比值称为负荷率 (通常简称为负荷), 以百分数表示。

(12) 工况 发动机在某一时刻的运行状况简称工况, 通常用该时刻发动机输出的有效功率和曲轴转速 (即发动机转速) 表示。

二、发动机的工作原理

发动机有四冲程发动机和二冲程发动机之分。四冲程发动机的运转是按进气行程、压缩



行程、做功行程和排气行程的顺序不断循环反复进行的，从而实现将燃料（汽油机和柴油机所用的燃料分别是汽油和柴油）燃烧产生的热能转变为机械能的目的。由于燃料的性质不同，因此汽油机和柴油机在混合气的形成方式和点火方式上有着本质的不同，其工作原理也有所不同。

二冲程发动机的工作循环也是由进气、压缩、做功和排气过程组成的，但它是在曲轴旋转一圈（ 360° ）、活塞上下往复直线运动两个行程内完成的。因此，二冲程发动机与四冲程发动机的工作原理不同，结构也不一样。

1. 四冲程汽油机的工作原理

图 0-2 所示为四冲程汽油机工作循环示意图。它的运转就是按进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程的顺序不断循环反复进行的。

(1) 进气行程 在进气行程中，活塞在曲轴的带动下从上止点向下止点运动（图 0-2a）。这时排气门关闭，进气门开启。进气过程开始时，活塞位于上止点，气缸内残存有上一循环未排净的废气，因而气缸内的压力稍高于大气压力。随着活塞下移，气缸内容积增大，压力减小，当压力低于大气压时，在气缸内产生真空吸力，将空气经空气滤清器吸入进气管道，与化油器或喷油器供给的汽油混合成可燃混合气，并通过进气门被吸进气缸，直至活塞向下运动到下止点。

在进气过程中，由于受到空气滤清器、节气门、进气管道、进气门等阻力的影响，进气终了时，气缸内的气体压力会略低于大气压力，为 $0.08 \sim 0.09 \text{ MPa}$ 。同时，受到残存废气和高温机件加热的影响，温度会上升到 $370 \sim 400 \text{ K}$ 。

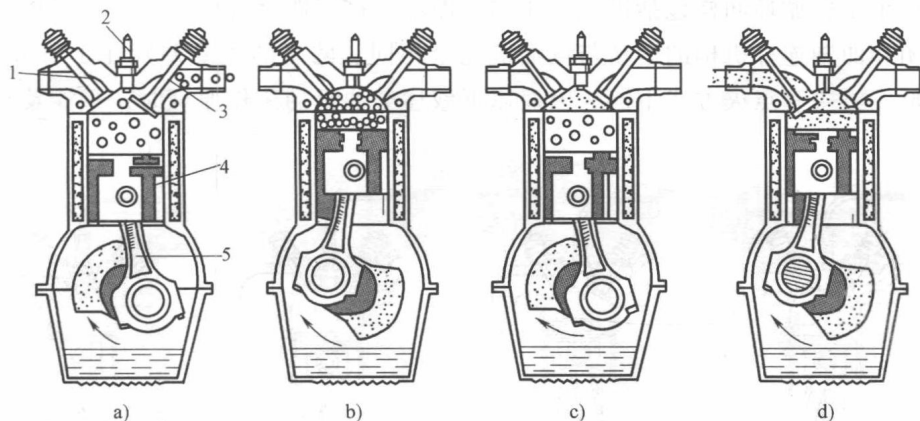


图 0-2 四冲程汽油机工作循环示意图

a) 进气行程 b) 压缩行程 c) 做功行程 d) 排气行程

1—排气门 2—火花塞 3—进气门 4—活塞 5—连杆

(2) 压缩行程 进气行程结束后，曲轴继续旋转，带动活塞从下止点向上止点运动（图 0-2b）。这时进气门和排气门都关闭，气缸成为封闭的容器，随着活塞的上行，可燃混合气受到压缩；其压力和温度不断升高。当活塞到达上止点时，压缩行程结束。这时气体的压力和温度主要取决于压缩比的大小，通常压力可达 $0.8 \sim 1.5 \text{ MPa}$ ，温度可达 $600 \sim 750 \text{ K}$ 。

(3) 做功行程 做功行程包括燃烧过程和膨胀过程。在这一行程中，进气门和排气门



仍然保持关闭。当活塞位于压缩行程接近上止点位置时,安装在气缸盖上的火花塞产生电火花,点燃气缸内的可燃混合气,可燃混合气燃烧后放出大量的热,使气缸内气体的温度和压力急剧升高,高温高压气体推动活塞从上止点向下止点运动,通过连杆使曲轴旋转并输出机械功(图0-2c)。机械功除了用于维持发动机本身继续运转外,还用于对外做功。

汽油机在做功行程中,气缸内燃烧气体的最高压力可达 $3.0 \sim 6.5 \text{ MPa}$,最高温度可达 $2200 \sim 2800 \text{ K}$ 。随着活塞向下运动,气缸内的容积增加,气体压力和温度不断降低。当活塞运动到下止点时,做功行程结束,气体压力降低到 $0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$,温度降低到 $1200 \sim 1500 \text{ K}$ 。

(4) 排气行程 可燃混合气在气缸内燃烧后生成的废气必须从气缸中排出去,以便进行下一个进气行程。因而当做功行程接近终了时,排气行程开始。这时排气门开启,进气门仍然关闭。活塞在曲轴的带动下由下止点向上止点运动,废气在自身的剩余压力和活塞的推动下,经排气门排出气缸,直至活塞运动到上止点,排气行程结束,排气门关闭(图0-2d)。

由于燃烧室容积的存在,不可能将废气全部排出气缸。排气行程结束时,在燃烧室内仍然残留少量废气,称为残存废气。受排气阻力的影响,排气终止时,气缸内废气的压力比大气压力略高,为 $0.105 \sim 0.12 \text{ MPa}$,温度为 $900 \sim 1100 \text{ K}$ 。

排气行程结束后,进气门再次开启,又开始了下一个工作循环。可见,四冲程汽油机经过进气、压缩、做功、排气四个行程完成了一个工作循环,这期间活塞在上、下止点间往复直线运动了四个行程,曲轴相应地旋转了两圈。

2. 四冲程柴油机的工作原理

图0-3所示为四冲程柴油机工作循环示意图。四冲程柴油机的工作过程与四冲程汽油机一样,每一个工作循环同样包括进气、压缩、做功和排气四个行程,在各个行程中,进、排气门的开闭和曲轴连杆机构的运动与汽油机完全相同。两者的主要差别在于所采用的燃料、混合气的形成方式和点火方式不同,因而以下叙述柴油机的工作原理时,只涉及与汽油机不同之处。

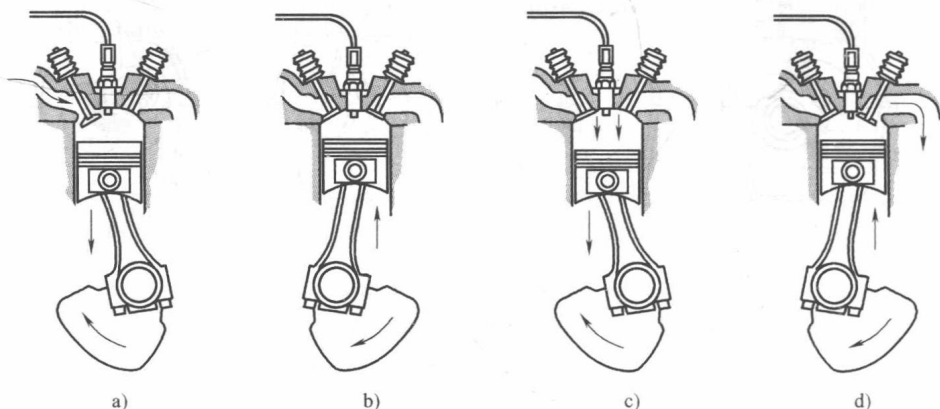


图0-3 四冲程柴油机工作循环示意图

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(图0-3a) 柴油机在进气行程中吸入气缸的是空气而不是可燃混合气。通常柴油机在进气通道中没有节气门,故柴油机的进气阻力较小,且其残存废气的温度较



低。因此进气终了时，气缸内的气体压力较高，为 $0.085 \sim 0.095 \text{ MPa}$ ，气体温度较低，为 $310 \sim 340 \text{ K}$ 。

(2) 压缩行程 (图 0-3b) 柴油机靠压缩自燃，为了创造柴油自燃的有利条件，柴油机的压缩比设计得较高，一般为 $18 \sim 23$ ，在压缩行程终了时，气缸内的空气压力可达 $3 \sim 5 \text{ MPa}$ ，温度可高达 $750 \sim 1000 \text{ K}$ 。

(3) 做功行程 (图 0-3c) 在压缩行程即将结束时，喷油器将来自喷油泵的高压柴油 (油压高达 10 MPa 以上) 以雾状喷入燃烧室，由于压缩行程终了时气缸内的气体温度大大超过柴油的自燃温度，柴油和空气在气缸内瞬间形成可燃混合气并点火燃烧，燃烧气体的压力、温度迅速升高，体积急剧膨胀。在气体压力的作用下，活塞推动连杆，连杆推动曲轴旋转做功。柴油机在做功行程中，燃烧气体的最大压力可达 $6 \sim 9 \text{ MPa}$ ，最高温度可达 $1800 \sim 2200 \text{ K}$ 。做功行程结束时，压力为 $0.2 \sim 0.5 \text{ MPa}$ ，温度为 $1000 \sim 1200 \text{ K}$ 。

(4) 排气行程 (图 0-3d) 柴油机在排气终了时，气缸内残存废气的压力为 $0.105 \sim 0.12 \text{ MPa}$ ，温度为 $700 \sim 900 \text{ K}$ 。

与汽油机比较，柴油机的压缩比高，热效率高，燃油消耗率低，同时柴油的价格较低，因而柴油机的燃料经济性较好。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。

3. 二冲程汽油机的工作原理

图 0-4 所示为二冲程汽油机工作循环示意图。二冲程汽油机在结构上没有进气门和排气门，而在气缸的中部设计有三个气孔，分别是与进、排气管相通的进气孔和排气孔，以及与曲轴箱相通的换气孔。这些气孔的开启和关闭均由活塞的位置决定，它的工作原理如下。

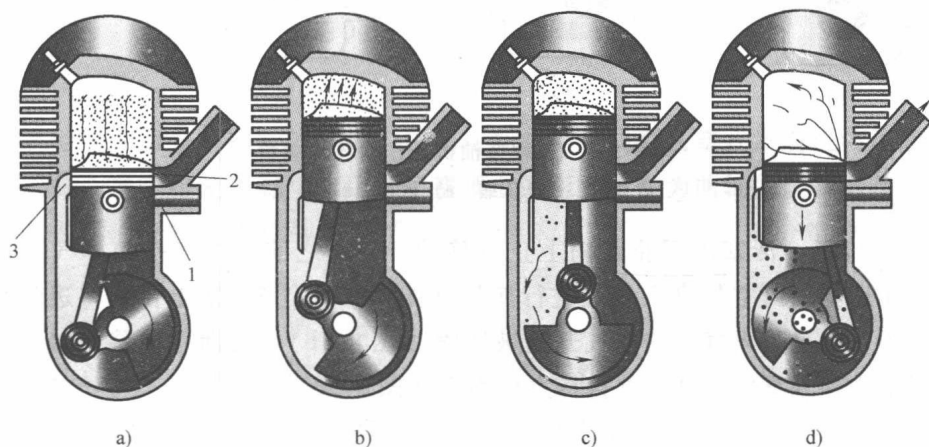


图 0-4 二冲程汽油机工作循环示意图

a) 压缩 b) 进气 c) 燃烧 d) 换气

1—进气孔 2—排气孔 3—换气孔

(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 0-4a)，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，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 0-4b），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，点燃被压缩的混合气，燃烧形成的高温、高压气体推动活塞下行做功（图 0-4c）。当活塞下行到关闭进气孔后，曲轴箱内的混合气被预压缩，活塞继续下行至排气孔开启时（图 0-4d），燃烧后的废气靠自身压力经排气孔排出；紧接着，换气孔开启，曲轴箱内经预压缩的混合气进入气缸，并排除气缸内的残存废气。这一过程称为换气过程，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。

由这两个行程可知，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。可见，换气过程跨越两个行程。

4. 二冲程柴油机的工作原理

图 0-5 所示为二冲程柴油机工作循环示意图。二冲程柴油机的基本结构是带有换气泵，而换气泵的作用是将新鲜空气的压力提高到 $0.12 \sim 0.14\text{MPa}$ 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，废气则由气缸盖上的排气孔排出。二冲程柴油机的工作循环与二冲程汽油机工作循环的主要不同之处，在于进入气缸的是纯空气。

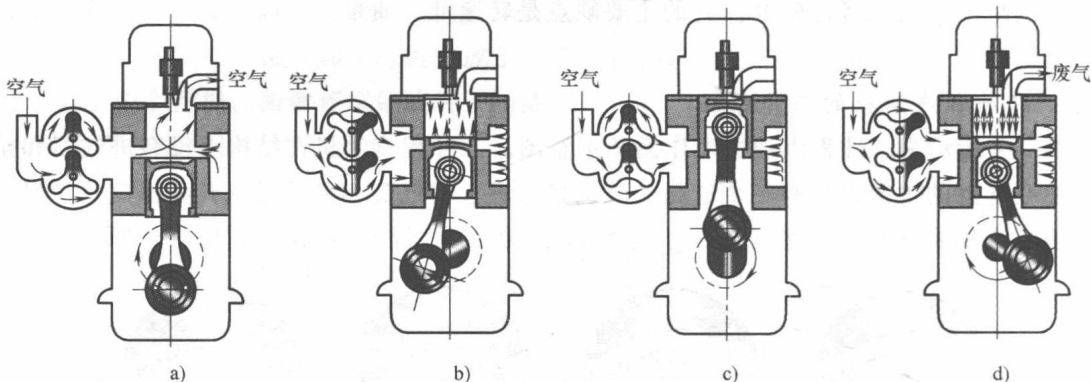


图 0-5 二冲程柴油机工作循环示意图

a) 进气 b) 压缩 c) 做功 d) 排气

（1）第一行程 活塞由下止点向上止点移动，在这之前，进气孔和排气门均已开启，由换气泵增压后的新鲜空气进入气缸进行换气（图 0-5a）。当活塞上行到将进气孔关闭时，排气门也关闭，于是进入气缸的空气开始被压缩（图 0-5b）。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，并自行点火燃烧（图 0-5c）。

（2）第二行程 活塞到达上止点后，点火燃烧的高温、高压气体推动活塞下行做功。当活塞下行到约 $2/3$ 行程时，排气门开启，废气靠自身的压力排出气缸（图 0-5d）。此后活塞继续下行，开启进气孔，来自换气泵的空气经进气孔进入气缸，自下而上将气缸内的废气挤出排气门，这个过程称为换气。换气过程将持续到活塞上移至将进气孔关闭为止。

三、发动机的总体构造

现代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，构造特点也千差万别。但由于其基本工作原理相同，所以基本结构也就大同小异，通常由机体与曲柄



连杆机构、配气机构、润滑系统、冷却系统、燃油系统、点火系统、起动系统等组成，如图 0-6 所示。此外，现代发动机还配有排放控制装置，增压发动机还配有增压系统。

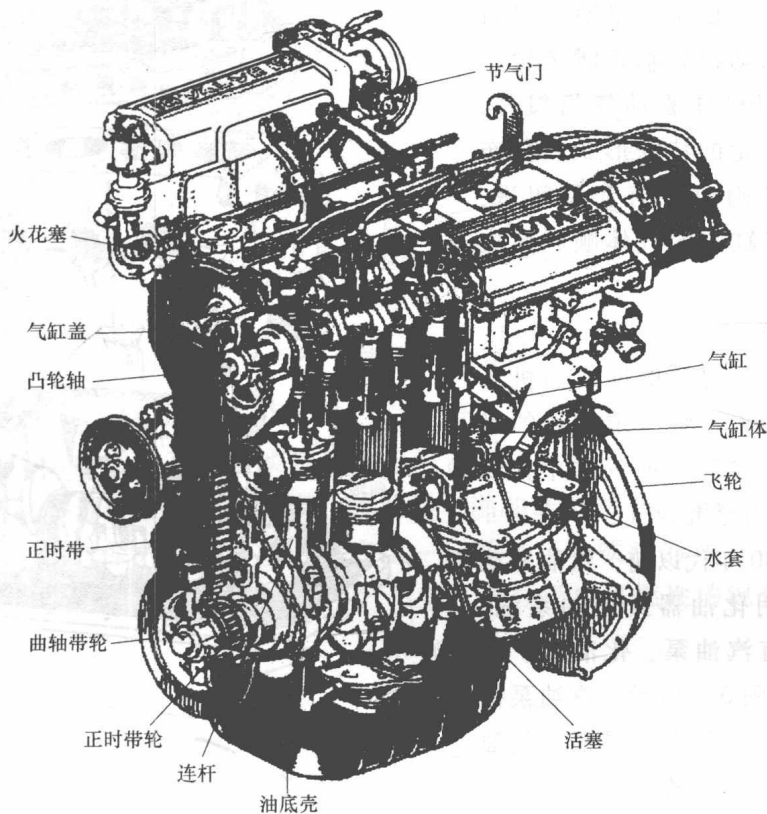


图 0-6 发动机的基本结构

1. 机体与曲柄连杆机构

机体是发动机安装各零部件的基础。曲柄连杆机构是往复式活塞式发动机将热能转变为机械能的主要机构，其功用是将燃气作用在活塞顶上的压力转变为曲轴的旋转运动而对外输出动力。机体与曲柄连杆机构由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组三部分组成，如图 0-7 所示。机体组包括气缸盖、气缸垫、气缸体、油底壳等零部件；活塞连杆组包括活塞、活塞环、活塞销、连杆等零部件；曲轴飞轮组包括曲轴、飞轮、带轮、正时齿轮等零部件。

发动机工作过程中，燃料燃烧产生的气体压力直接作用在活塞顶上，推动活塞做往复直线运动。活塞的作用力经活塞销、连杆传给曲轴，将活塞的往复直线运动转换为曲轴的旋转运动。

2. 配气机构

配气机构的功用是按照发动机各缸的工作循环和做功次序，定时地将各个气缸的进、排气门开启和关闭，以便使新鲜的可燃性混合气（汽油机）或空气（柴油机）及时进入气缸，并将各气缸中燃烧后的废气及时排出去。

配气机构由气门组和气门传动组两部分组成，如图 0-8 所示。气门组包括气门（进气门、排气门）、气门弹簧、气门座、气门导管等零部件。气门传动组包括凸轮轴、正时带轮



(或齿轮、链轮)、正时带(或正时链条)、气门挺柱等零部件。

发动机工作过程中,曲轴正时带轮通过正时带驱动凸轮轴正时带轮转动,并通过气门挺柱驱动气门组件,利用凸轮轴上凸轮的特殊形状和分布形式,适时、准确地开启和关闭进、排气门,达到气缸内的气体顺利换气的目的。

3. 燃油系统

燃油系统的功用是根据发动机各种不同工况的要求,将一定数量的燃油送入发动机的进气管或气缸中,以形成适当浓度的可燃混合气。

在20世纪80年代以前,汽油发动机基本上是采用化油器式燃油系统,其主要零部件有汽油泵、化油器、燃油滤清器等,如图0-9所示。汽油泵把油箱中的燃油泵入到化油器中,化油器安装在进气管的节气门体上,利用发动机进气气流在流经化油器时产生

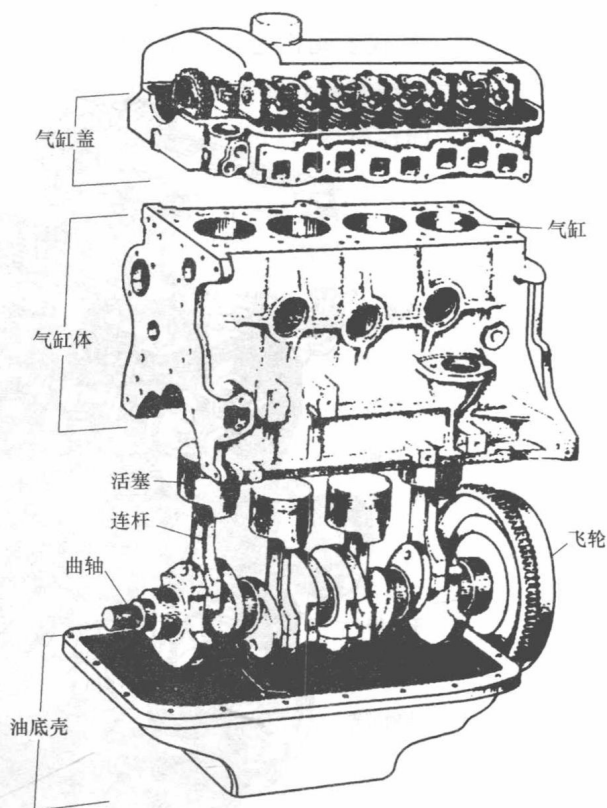


图0-7 机体与曲柄连杆机构

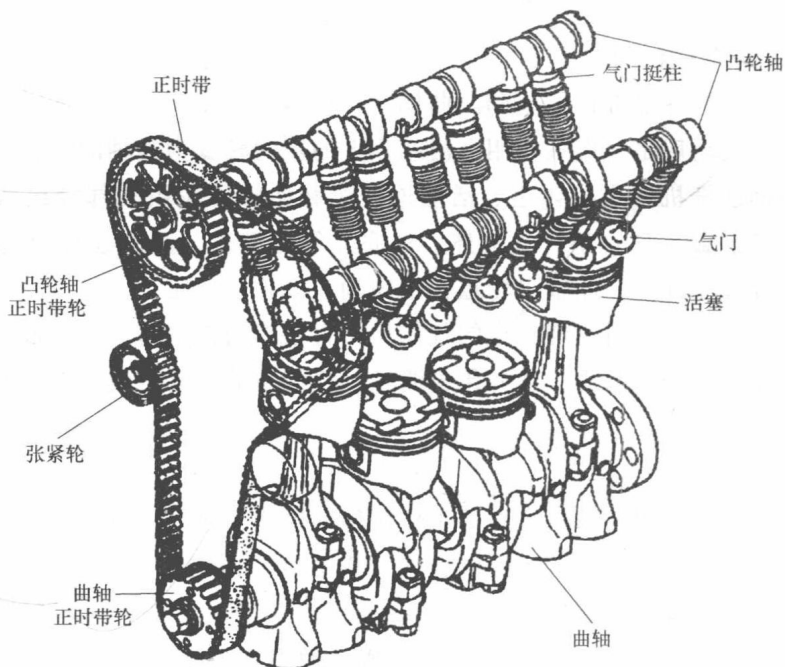


图0-8 配气机构

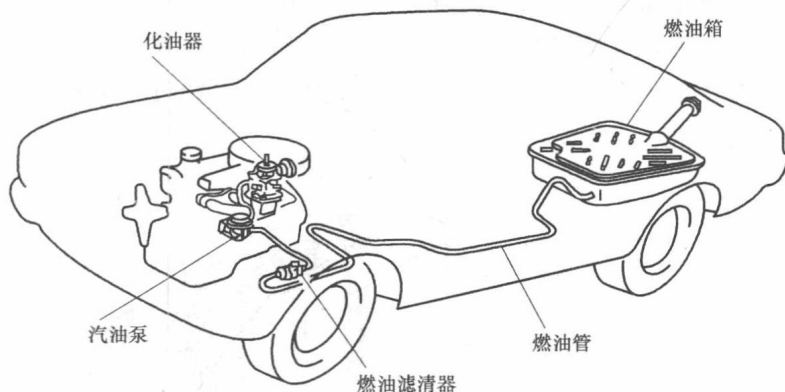


图 0-9 化油器式燃油系统

的真空吸力，将燃油吸入到进气歧管中，与空气混合，形成可燃混合气，进入气缸燃烧。

现代汽油发动机的燃油系统已实现了由化油器技术向电控燃油喷射技术的转变，电控燃油系统的主要零部件有电动汽油泵、喷油器、燃油滤清器等，如图 0-10 所示。电动汽油泵把油箱中的燃油泵入燃油管中，并产生一定的油压。喷油器在发动机计算机的控制下喷油，将适量的燃油喷入进气歧管中，与空气混合形成可燃性的混合气，进入气缸燃烧。

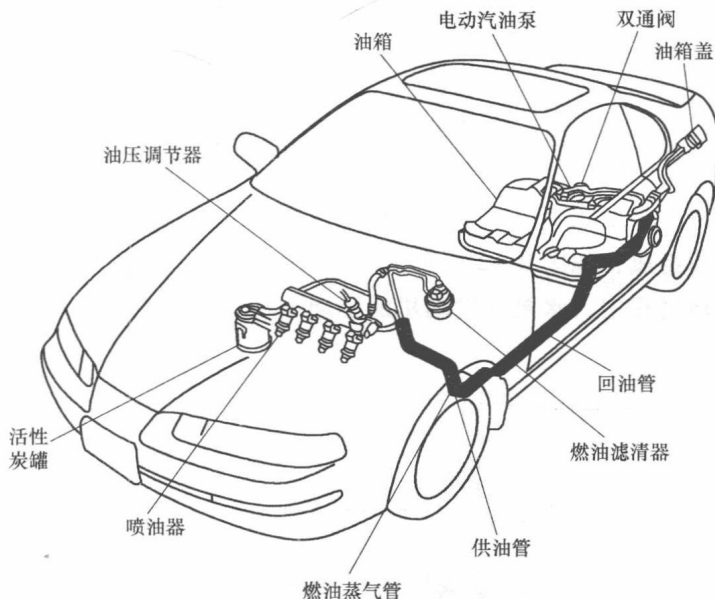


图 0-10 电控燃油系统

传统的柴油机燃油系统主要由输油泵、喷油泵、喷油器、燃油滤清器等组成。喷油泵的作用是根据发动机各缸的工作次序，适时地产生适量的高压燃油，并通过喷油器喷入气缸，与空气混合，形成可燃混合气并点火燃烧。

4. 汽油机点火系统

汽油机是点燃式发动机，点火系统的功用就是在适当的时刻让气缸内的火花塞产生电火



花，以点燃气缸内的可燃混合气。点火系统主要由蓄电池、点火开关、点火线圈、分电器、火花塞、点火器、高压导线等零部件组成，如图 0-11 所示。在发动机运转过程中，蓄电池的电源通过点火器控制点火线圈的工作，使之产生高电压，经过分电器将高电压传给火花塞，使火花塞产生电火花。

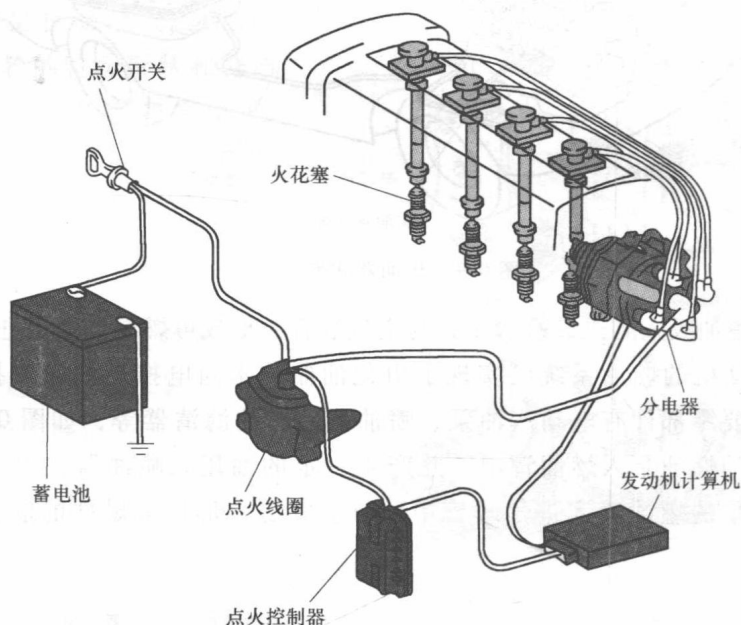


图 0-11 汽油机点火系统

5. 冷却系统

冷却系统的功用是利用冷却液冷却高温零件，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的温度状态下工作。冷却系统主要由水泵、节温器、散热器、冷却风扇和相关的冷却软管等组成，如图 0-12 所示。

在发动机的运转过程中，水泵在发动机的驱动下转动，使冷却系统中的冷却液不断地在

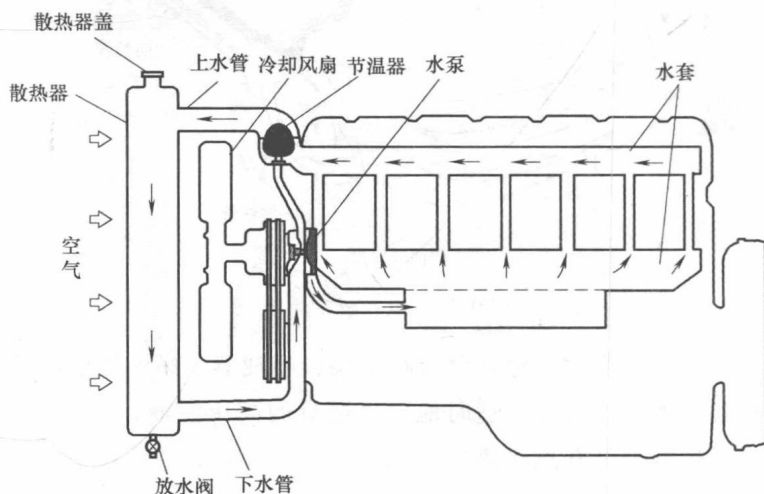


图 0-12 冷却系统