

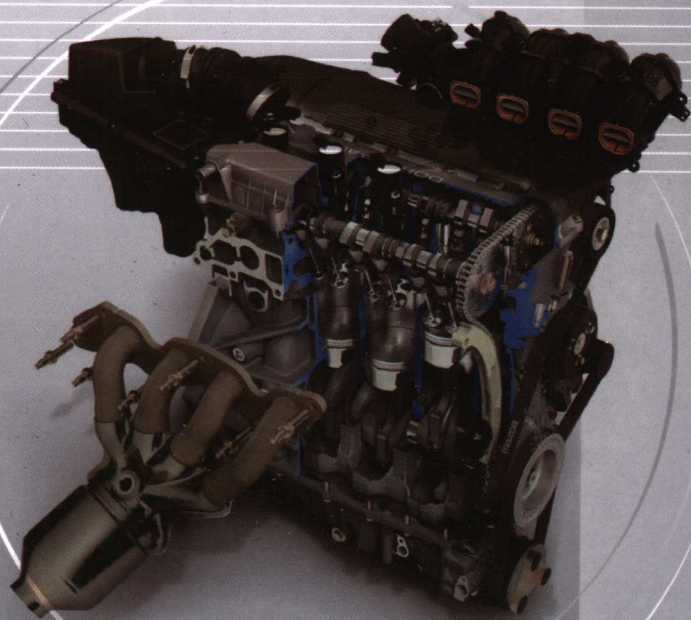


全国高职高专教育“十一五”规划教材

汽 车 运 用 与 维 修 专 业 系 列

汽车发动机构造 与维修

■ 焦传君 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

全国高职高专教育“十一五”规划教材

汽车发动机构造与维修

焦传君 主编

高等教育出版社

内容提要

本书为全国高职高专教育“十一五”规划教材。本书系统地介绍了汽车发动机的结构、工作原理、零部件检修及故障诊断与排除,主要包括:发动机基本知识、曲柄连杆机构、配气机构、汽油机电控燃油喷射系统、传统柴油机燃油供给系统、柴油机电控燃油喷射系统、发动机润滑系、发动机冷却系和发动机起动系等。

本书可作为高职高专院校汽车运用与维修技术类专业教材,也可作为相关行业培训教材,还可作为汽车维修技术人员自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修/焦传君主编. —北京:高等教育出版社,2007.8

ISBN 978 - 7 - 04 - 021980 - 7

I. 汽… II. 焦… III. ①汽车 - 发动机 - 构造 - 高等学校:技术学校 - 教材②汽车 - 发动机 - 车辆修理 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. U472.43

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第104203号

策划编辑 徐 进 责任编辑 李京平 封面设计 张志奇 责任绘图 朱 静
版式设计 张 岚 责任校对 张 颖 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 高等教育出版社印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 21.5
字 数 520 000

版 次 2007年8月第1版
印 次 2007年8月第1次印刷
定 价 26.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21980-00

前 言

近年来,我国的汽车工业出现了迅猛发展的势头,随着国民收入的提高,轿车正在步入百姓家庭。目前,汽车工业已成为我国国民经济的支柱产业。在今后的一段时期内,汽车的产量与保有量仍将持续高速增长,这就要求培养一大批能够适应汽车工业发展需要的汽车运用与维修人才,因而教育部将汽车运用与维修专业确定为高等职业教育技能型紧缺人才培养培训工程首批专业之一。为适应并推动高等职业教育的发展,在高等教育出版社的具体指导下,我们组织力量,编写了本教材。

本教材充分考虑了目前高等职业教育的特点以及汽车运用与维修行业对人才的需求,坚持以能力为本位,以就业为导向,面向市场、面向社会,为经济结构调整和科技进步服务为原则;注重理论知识与实践技能的有机结合,教学内容与现行行业标准紧密结合,有助于学生岗位职业能力的养成;充分体现汽车新知识、新技术、新工艺、新材料,使学生能够及时跟踪汽车发展趋势,与将来工作岗位紧密接轨。

本教材由长春汽车工业高等专科学校汽车专业教师及工程技术人员编写,编者在长期的教学、培训及生产实践中积累了一定的经验,编写过程中广泛征求各相关院校的意见,认真总结各院校的专业教学经验,并深入汽车运用与维修企业进行了大量的需求调研,形成了本教材。

本教材系统地讲解了发动机各组成部分的结构、工作原理、主要部件的检修及常见故障的诊断与排除,内容包括发动机基本知识、曲柄连杆机构、配气机构、汽油机电控燃油喷射系统(包括点火系统)、传统柴油机燃油供给系统、柴油机电控燃油喷射系统、润滑系、冷却系和起动系。

本书由焦传君主编,参加编写工作的人员有董长兴(第一章)、尹维贵(第二章、第五章)、邛艳芬(第三章)、焦传君(第四章第一节、第二节、第三节、第五节、第六节、第七节)、夏英慧(第六章)、韩东(第七章、第八章)、刘建华(第四章第四节,第九章)。

本书由北京吉利大学孙林高级工程师担任主审,他对本书提出了不少宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编者精力与水平有限,书中难免有不妥乃至错误之处,敬请广大读者提出宝贵意见,在此深表感谢。

编者

2007年1月

目 录

第一章 发动机基本知识	1	第五节 电子控制系统	151
第一节 概述	1	第六节 汽油机电控燃油喷射系	
第二节 四冲程发动机的工作原理	4	统的控制	173
第三节 发动机的总体构造	8	第七节 电控汽油喷射系统故障	
第四节 发动机主要性能指标		诊断	199
与特性	10	小结	209
第五节 内燃机名称与型号编制		习题	211
规则	12	第五章 传统柴油机燃油供给系统	214
第六节 混合动力汽车简介	13	第一节 概述	214
小结	18	第二节 柴油机燃油供给系统主要	
习题	18	部件	222
第二章 曲柄连杆机构	21	第三节 柴油机燃油供给系统故障	
第一节 概述	21	诊断	250
第二节 机体组	22	小结	257
第三节 活塞连杆组	39	习题	258
第四节 曲轴飞轮组	55	第六章 柴油机电控燃油喷射系统	260
第五节 曲柄连杆机构的故障诊断	70	第一节 概述	260
小结	75	第二节 分配泵式电控柴油喷射	
习题	76	系统	262
第三章 配气机构	79	第三节 泵喷嘴式电控柴油喷射	
第一节 概述	79	系统	266
第二节 配气相位	86	第四节 共轨式电控柴油喷射系统 ...	271
第三节 配气机构主要零部件	88	第五节 柴油机电控燃油喷射系统	
第四节 配气机构的检查与调整	106	常见故障	276
第五节 可变配气系统	109	小结	281
第六节 配气机构故障诊断	112	习题	281
小结	114	第七章 发动机润滑系	282
习题	115	第一节 概述	282
第四章 汽油机电控燃油喷射系统	117	第二节 润滑系的主要部件	287
第一节 概述	117	第三节 曲轴箱通风	296
第二节 进气与排气系统	123	第四节 润滑系常见故障诊断与	
第三节 燃油供给系统	127	排除	297
第四节 点火系统	137	小结	300

习题	300	第九章 发动机起动系	324
第八章 发动机冷却系	302	第一节 概述	324
第一节 概述	302	第二节 起动机	327
第二节 水冷系的主要部件	305	第三节 起动系常见故障	333
第三节 电控冷却系统	316	小结	335
第四节 水冷系常见故障	318	习题	336
小结	321	主要参考文献	337
习题	322		

第一章 发动机基本知识

学习目标:

- 了解发动机结构基本术语。
- 掌握四冲程发动机的工作原理。
- 了解发动机各总成的名称与安装位置。

考核标准:

- 明确发动机结构基本术语。
- 能够正确叙述四冲程发动机的工作原理。
- 清楚发动机的总体构造。
- 清楚发动机各部件的安装位置。

第一节 概述

发动机是汽车的动力源,它是将某一种形式的能量转换为机械能的机器。目前除为数不多的电动汽车外,汽车发动机都是采用将燃料燃烧所产生的热能转变为机械能的发动机,称为热力发动机,简称热机。热力发动机一般分为内燃机与外燃机。直接以燃料燃烧所生成的燃烧产物为工质的热机为内燃机,反之则为外燃机。内燃机包括活塞式内燃机和燃气轮机。外燃机则包括蒸汽机、汽轮机和热气机(也称斯特灵发动机)等。内燃机与外燃机相比,具有热效率高、体积小、起动性能好、便于移动和维修方便等优点,因而广泛应用于现代汽车及其他交通工具中,尤其是活塞式内燃机。

一、汽车发动机的分类

1. 按活塞运动方式分类

按活塞运动方式不同,活塞式内燃机可分为往复活塞式和旋转活塞式两种。前者活塞在气缸内作往复直线运动,后者在气缸内作旋转运动。汽车发动机多为往复活塞式内燃机。

2. 按活塞行程数分类

对于往复活塞式内燃机,每一次能量转换都必须经过将可燃混合气或空气吸人气缸,并对其进行压缩后,使可燃混合气着火燃烧而膨胀作功,再将生成的废气排出气缸这样一个连续的工作过程。该过程称为发动机的一个工作循环。根据每一个工作循环所需活塞行程数可将往复活塞式内燃机分为四冲程发动机与二冲程发动机。若完成一个循环需要活塞往复四个行程的称为四冲程发动机,完成一个循环需要活塞往复两个行程的便称为二冲程发动机。汽车发动机广泛采用的是四冲程发动机。

3. 按使用燃料分类

发动机按照所使用燃料的不同可分为汽油机、柴油机和气体燃料发动机等。以汽油和柴油为燃料的活塞式内燃机分别称为汽油机和柴油机,使用天然气、液化石油气和其他气体燃料的活塞式内燃机称为气体燃料发动机。

4. 按着火方式分类

发动机所使用的燃料不同,着火方式也不相同,具体可分为点燃式发动机(汽油机属于此类)和压燃式发动机(柴油机属于此类)。

5. 按冷却方式分类

发动机按照冷却方式的不同可分为水冷发动机和风冷发动机。水冷发动机利用在气缸体和气缸盖冷却水套中循环的冷却液作为冷却介质进行冷却;风冷发动机利用流动于气缸体和气缸盖外表面散热片之间的空气作为冷却介质进行冷却。水冷发动机冷却均匀、工作可靠、冷却效果好,被广泛应用于现代车用发动机。

6. 按气缸数分类

发动机按照气缸数可分为单缸发动机和多缸发动机。现代车用发动机多采用四缸、六缸、八缸、十二缸发动机。

7. 按气缸的布置分类

多缸发动机按照气缸的布置不同可分为直列式发动机、对置式发动机、V形式发动机、W形式发动机、斜置式发动机、卧式发动机等。直列式发动机的各个气缸排成一行,一般是垂直布置的。若为了降低高度,有时把气缸布置成倾斜的(斜置式发动机),甚至水平的(卧式发动机)。具有两列气缸,两列之间的夹角小于 180° (一般为 90°)呈V形的发动机,称为V形式发动机,两列之间的夹角等于 180° 时称为对置式发动机。

8. 按燃料供给方式分类

发动机按燃料供给方式可分为化油器式发动机(目前已很少采用)和直接喷射式发动机等。

9. 按进气状态分类

发动机按照进气状态可分为增压式发动机和非增压式发动机。

目前应用最广、数量最多的汽车发动机为水冷、四冲程往复活塞式内燃机,其中汽油机用于轿车和轻型客、货车上,而大客车和中、重型货车发动机多为柴油机。由于柴油机具有燃油经济性及排放性优异等特点,近年来在轿车和轻型客、货车发动机中应用越来越广。随着交通密度的不断增加,对汽车加速性能的要求越来越高,这意味着应该提高内燃机的功率。因此,近年来增压发动机应用越来越广。

另外,随着汽车保有量的增加,汽车排放法规也越来越严,混合动力汽车正是适应这种社会要求的产物。它与内燃机汽车和电动汽车相比,都有无可比拟的优点。

 操作:观察不同的发动机,说明分属于哪种类型。

二、发动机结构基本术语

往复活塞式内燃机的基本结构见图1.1。气缸6内装有活塞8,活塞通过活塞销与连杆9的小端铰接,连杆的另一端则与曲轴相连,构成曲柄连杆机构。因此,当活塞在气缸内作往复运动时,便通过连杆推动曲轴转动。

气缸的顶部用气缸盖密封。在气缸盖上装有进气门和排气门,进、排气门是头部朝下倒挂在气缸盖上的,属于气门顶置式配气机构。通过进、排气门的开闭实现向气缸内充气和向气缸外排气。进、排气门的开闭由凸轮轴控制。凸轮轴由曲轴通过同步带(俗称正时齿带)或齿轮或链条驱动旋转,凸轮轴与曲轴的转速比为1:2。

构成气缸的零件称为气缸体,支承曲轴的零件称为曲轴箱。现代发动机通常将气缸体与曲轴箱铸成一体,称为气缸体-曲轴箱,简称气缸体。

汽车发动机是一部复杂的能量转换机器,为了便于分析它的工作过程,图 1.2 示出了发动机能量转换机构的最基本组成及其运动关系和一些基本术语。这些术语如下:

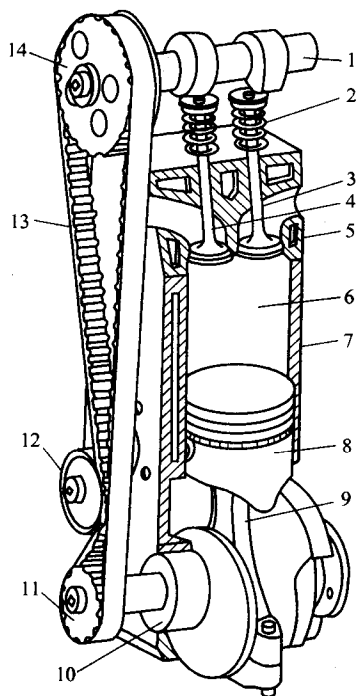


图 1.1 往复式内燃机的基本结构

1—凸轮轴;2—气门弹簧;3—进气门;4—排气门;
5—气缸盖;6、7—气缸;8—活塞;9—连杆;10—曲轴;
11—曲轴同步带轮;12—张紧轮;13—同步带;14—凸轮轴同步带轮

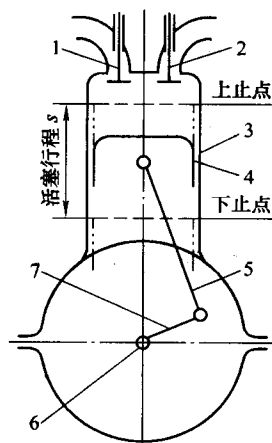


图 1.2 发动机示意图

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

- (1) 上止点 活塞顶部离曲轴中心的最远处。
- (2) 下止点 活塞顶部离曲轴中心的最近处。
- (3) 活塞行程 s 上止点与下止点间的距离。
- (4) 曲轴半径 R 曲轴与连杆下端的连接中心至曲轴中心的距离。
- (5) 气缸工作容积 V_s 活塞从上止点到下止点所扫过的容积,也称气缸排量(单位为 L)。

$$V_s = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^6} s$$

式中 D ——气缸直径,mm;

s ——活塞行程,mm。

- (6) 发动机工作容积 V_L 多缸发动机各气缸工作容积的总和,也称发动机排量(单位为 L)。

$$V_L = iV_s$$

式中 i ——气缸数;

V_s ——气缸工作容积, L。

(7) 燃烧室容积 V_c 。活塞在上止点时, 活塞顶上面的空间为燃烧室, 它的容积称为燃烧室容积(单位为 L)。

(8) 气缸总容积 V_a 。活塞在下止点时, 活塞顶上面整个空间的容积(单位为 L)。它等于气缸工作容积与燃烧室容积之和, 即

$$V_a = V_s + V_c$$

(9) 压缩比 ε 。气缸总容积与燃烧室容积的比值, 即

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

它表示活塞由下止点移动到上止点时, 气缸内气体被压缩的程度。压缩比愈大, 则压缩终了时气缸内的温度和压力就愈高。

目前, 一般车用汽油机的压缩比为 6~10, 也有高达 10 以上的。如一汽奥迪 A6 轿车的六缸 2.4 L 发动机压缩比为 10.5。柴油机的压缩比一般为 15~22。

第二节 四冲程发动机的工作原理

汽油机是将汽油和空气混合后的可燃混合气吸入发动机气缸内(也有的将汽油直接喷入气缸内), 用电火花强制点燃使其燃烧, 产生热能而膨胀作功的。柴油机是利用喷油泵、喷油器使柴油在高压下直接喷入发动机气缸内, 并与气缸内已经被压缩的高温高压空气混合形成混合气, 自燃后产生热能而膨胀作功的。

一、四冲程汽油机的工作原理

四冲程汽油发动机每完成一个工作循环需要经过进气、压缩、膨胀(作功)和排气四个过程, 如图 1.3 所示。对应活塞上下移动四个行程, 相应的曲轴旋转 720°(两圈)。为了分析工作循环中气缸内气体压力 p 与相应于活塞不同位置的气缸容积 V 之间的变化关系, 通常用发动机循环示功图表示它们的关系。示功图中曲线所围成的面积表示发动机一个工作循环中气体在单个气缸内所作的功。四冲程汽油机的示功图见图 1.4。

1. 进气行程(图 1.3a)

进气行程开始时, 进气门开启, 排气门关闭, 活塞被曲轴带动从上止点向下止点移动一个行程, 曲轴由 0°沿顺时针方向转到 180°。

当活塞从上止点向下止点移动时, 气缸内活塞上方的容积增大, 压力降低到小于大气压力, 产生真空度。这时, 可燃混合气经进气歧管、进气门被吸入气缸。由于进气系统有阻力, 且进气时间很短, 故进气终了时气缸内的气体压力略低于大气压力, 为 0.075~0.090 MPa。

流进气缸内的可燃混合气, 因与气缸壁、活塞顶等高温机件接触并与前一行程(排气行程)残留的高温废气混合, 所以它的温度上升到 353~403 K。在示功图上, 进气行程用曲线 ra 表示。

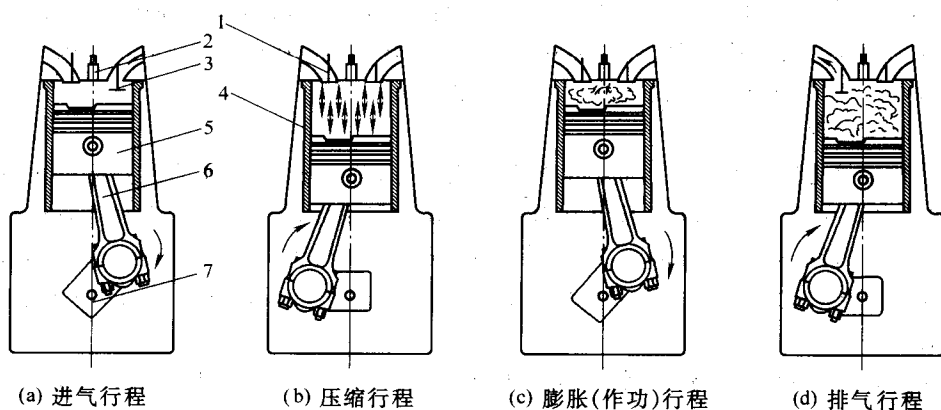


图 1.3 四冲程汽油机工作原理示意图

1—排气门;2—火花塞;3—进气门;4—气缸;5—活塞;6—连杆;7—曲轴

2. 压缩行程(图 1.3b)

为了使可燃混合气能迅速、完全、集中地燃烧,使发动机能发出更大的功率,燃烧前必须将可燃混合气压缩。在进气行程终了时,活塞自下止点向上止点移动,曲轴由 180° 转到 360° ,此时进、排气门均关闭。随着气缸容积的不断缩小,可燃混合气受到压缩,其温度和压力不断升高。压缩行程一直持续到活塞到达上止点时为止。此时,可燃混合气被压缩到活塞上方的很小空间,即燃烧室中。压缩终了时,可燃混合气的温度为 $600 \sim 700 \text{ K}$,可燃混合气压力为 $0.6 \sim 1.5 \text{ MPa}$ 。在示功图上,压缩行程用曲线 ac 表示。

压缩终了时可燃混合气的压力和温度取决于压缩比。压缩比愈大,燃烧速度愈快,因而发动机发出的功率便愈大,经济性愈好。但压缩比过大时,不仅不能进一步改善燃烧性,反而会出现爆燃和表面点火等不正常燃烧现象。

爆燃是由于气体压力和温度过高,在燃烧室内离点火中心较远及具有高温处(如排气门头部、火花塞电极和积炭处)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,在气体来不及膨胀的情况下,由于温度和压力急剧升高,形成压力波,以声速向外推进。这种压力波撞击燃烧室壁时便发出尖锐的敲击声。爆燃还会引起发动机过热、功率下降、工作不稳定、燃油消耗率增加等一系列不良后果。严重时会造成气门烧毁、轴承破裂、火花塞绝缘体击穿等机件损坏现象。

表面点火是由于燃烧室内炽热表面与炽热处(如排气门头部、火花塞绝缘体、零件表面炽热的沉积物等)点燃混合气的现象。表面点火发生时,会伴有沉闷的金属敲击声,所产生的高压会使发动机机件负荷增加、活塞和连杆损坏及气门、火花塞、活塞等零件过热,导致发动机寿命降低。

3. 作功行程(图 1.3c)

在这个行程中,进、排气门仍关闭。当活塞接近上止点时,装在气缸盖上的火花塞在高压电作用下产生电火花,点燃被压缩的可燃混合气。可燃混合气燃烧后,放出大量的热能,使燃气的压力和温度急剧升高。瞬时压力可达 $3 \sim 5 \text{ MPa}$,瞬时温度可达 $2200 \sim 2800 \text{ K}$ 。由于燃气体积迅速膨胀,从而活塞被高压气体推动由上止点下行,带动曲轴从 360° 旋转到 540° ,并输出机械

能,能量除了维持发动机本身继续运转消耗一部分外,其余部分都用于对外做功,所以该行程称为做功行程。在做功行程终了时,压力降到 $0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$,温度则降为 $1300 \sim 1600 \text{ K}$ 。示功图上的曲线 czb 表示做功行程气缸内气体压力的变化情况。

4. 排气行程(图 1.3d)

当做功行程接近终了时,进气门关闭,排气门开启,曲轴通过连杆推动活塞从下止点向上止点运动,曲轴由 540° 旋转到 720° 。废气在自身残余压力和活塞的推力作用下从气缸内排出。活塞到达上止点附近时,排气行程结束。由于排气系统存在排气阻力,所以在排气终了时,气缸内压力稍高于大气压力,为 $0.105 \sim 0.125 \text{ MPa}$,废气温度为 $900 \sim 1200 \text{ K}$ 。示功图上的曲线 br 代表排气行程。

因燃烧室占有一定容积,故排气终了时,不可能将废气排尽,留下的这一部分废气称为残余废气。

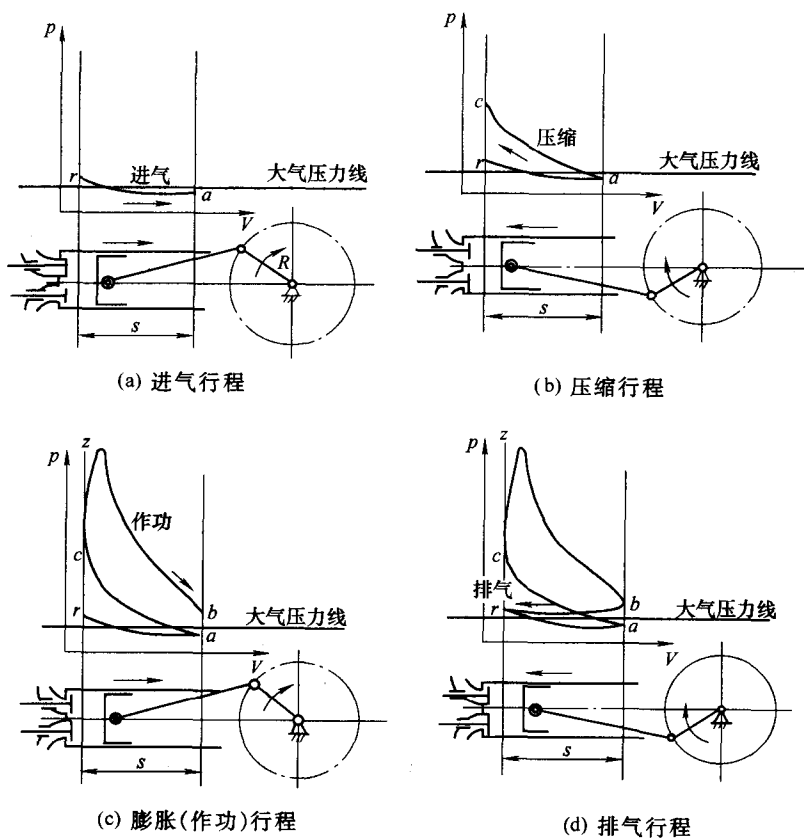


图 1.4 四冲程汽油机示功图

二、四冲程柴油机工作原理

四冲程柴油机(压燃式发动机)和四冲程汽油机一样,每个工作循环也经历进气、压缩、作

功、排气四个行程。由于柴油机用的柴油粘度比汽油大,不易蒸发,且自燃温度又较汽油低,因此可燃混合气的形成及着火方式不同于汽油机。

图 1.5 为四冲程柴油机工作示意图。柴油机在进气行程吸入的是纯空气。在压缩行程接近终了时,柴油经喷油泵将油压提高到 10 MPa 以上,通过喷油器的高压喷射,将柴油分散成数以百万计的细小油雾喷入气缸,在很短时间内与压缩后的高温高压空气混合,形成可燃混合气。因此,柴油机混合气的形成不同于汽油机,它是在气缸内形成的。

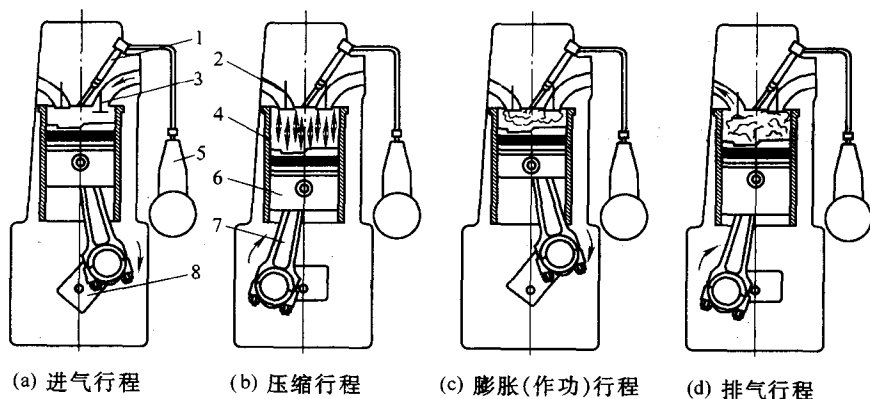


图 1.5 四冲程柴油机工作原理示意图

1—喷油器;2—排气门;3—进气门;4—气缸;5—喷油泵;6—活塞;7—连杆;8—曲轴

由于柴油机压缩终了时气缸内空气压力可达 3.5 ~ 4.5 MPa,同时温度高达 750 ~ 1 000 K,大大超过柴油的自燃温度,故柴油喷入气缸后,在很短时间内与高温高压空气混合后便立即自行发火燃烧。气缸内气压急剧上升到 6 ~ 9 MPa,温度也升到 2 000 ~ 2 500 K。在高压气体推动下,活塞向下运动并带动曲轴旋转而作功,废气同样经排气管排入大气中。

柴油机与汽油机相比,各有其特点。柴油机因压缩比高,燃油消耗率平均比汽油机低 30% 左右,故燃油经济性较好,且柴油机没有点火系统的故障。一般载质量在 7 t 以上的载货汽车多用柴油机。但柴油机转速较汽油机低(一般最高转速在 2 500 ~ 3 000 r/min)、质量大、制造和维修费用高(因为喷油泵和喷油器加工精度要求较高)。目前柴油机的这些弱点逐渐得到克服,其最高转速可达 5 000 r/min 以上,使它的应用范围已普及到中、轻型载货汽车,而且在乘用车中的应用也越来越多。

汽油机具有转速高(目前乘用车用汽油机最高转速达 5 000 ~ 6 000 r/min)、质量小、工作噪声小、起动容易、工作稳定、操作省力、适应性好、制造和维修费用低等特点,故在乘用车和中、小型载货汽车上及军用越野车上得到广泛的应用。但汽油机燃油消耗率较高,因而其燃油经济性差。

讨论: 汽油机与柴油机在工作原理与性能上的区别。

从四冲程发动机的工作循环可知,四个行程中只有一个行程是作功的,其他三个行程是消耗动力的,是为作功做准备的。因此,对于单缸发动机,使曲轴旋转的动力仅来自于作功行程,其余三个行程是靠储存能量的飞轮惯性维持转动的。显然,作功行程时,曲轴的转速比其他三个行程

转速要高,所以它的转速是不均匀的,因而发动机工作就不平稳,振动大。为了解决这个问题,通常将飞轮做成具有更大的转动惯量,但这样会使整个发动机质量和尺寸增加。采用多缸发动机便可弥补上述不足。现代汽车用得最多的是四缸、六缸和八缸发动机。

对于多缸四冲程发动机的每一个气缸,所有的工作过程完全相同,并按上述同样的次序进行,但所有气缸的作功行程并不同时发生。例如在四缸发动机内,曲轴每转半周便有一个气缸在作功,在八缸发动机内,曲轴每转四分之一周便有一个气缸在作功。多缸机作功行程的曲轴间隔角为 $720^\circ/i$ (i 为气缸数)。气缸数愈多,发动机的工作便愈平稳。但发动机缸数增加时,一般会使发动机结构复杂,尺寸及质量增加。

第三节 发动机的总体构造

发动机是一部复杂的机器,不同类型或即使同类型发动机,其具体结构也各不相同,但基本构造相似。通常,汽油机由两大机构五大系统组成,柴油机由两大机构四大系统组成(无点火系)。下面以大众公司四缸轿车发动机(图 1.6)为例,介绍四冲程汽油机的一般构造。

1. 机体组

发动机的机体组包括气缸盖 2、气缸盖罩盖、气缸体 31 及油底壳 7 等。气缸盖和气缸体的内壁共同组成燃烧室的一部分,是承受高温、高压的机件。气缸体作为发动机各机构、各系统的装配基体,其本身的许多部分又分别是曲柄连杆机构、燃料供给系、冷却系和润滑系的组成部分。在进行结构分析时,常把机体组看做曲柄连杆机构的一部分。

2. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是发动机借以产生动力,并将活塞的往复直线运动转变为曲轴旋转运动而输出动力的机构,包括活塞 8、连杆总成 10、曲轴 15 以及飞轮等。

3. 配气机构

配气机构的作用是使可燃混合气及时充入气缸并将燃烧后生成的废气及时从气缸排出。配气机构包括进气门 41、排气门 39、液力挺柱总成 42、凸轮轴 43、凸轮轴正时带轮 33、气门弹簧 40 等,其中凸轮轴正时带轮由曲轴正时带轮 18 通过正时同步带 29 驱动。

4. 燃料供给系

燃料供给系的作用是根据发动机各种工况要求,配制具有一定数量和浓度的可燃混合气供入气缸,并将燃烧后生成的废气排出发动机。

5. 润滑系

润滑系的功用是将润滑油不断地供给作相对运动的零件以减少它们之间的摩擦阻力,减轻机件的磨损,并部分地冷却摩擦零件,清洗摩擦表面,提高气缸密封性。润滑系包括油底壳 7、机油集滤器 11、机油泵、限压阀、润滑油道及油管、油温和油压传感器、油温和油压表、油标尺、机油散热器(柴油机)等。

 讨论:润滑系工作不良对发动机产生的影响。

6. 冷却系

冷却系的功用是将受热机件的热量散发到大气中去,使发动机在最适宜的温度下工作。冷

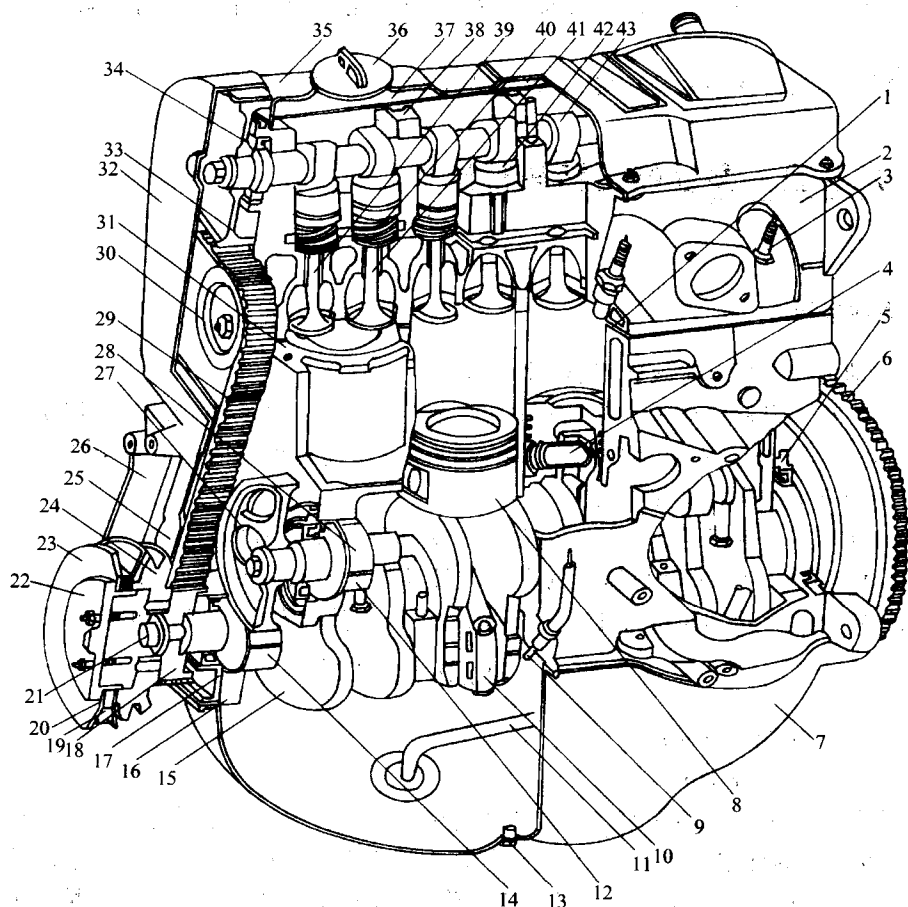


图 1.6 大众公司四缸轿车发动机

- 1—气缸垫;2—气缸盖;3—火花塞;4—活塞销;5—曲轴后端封油挡板;6—飞轮齿圈;7—油底壳;8—活塞;9—油标尺;
 10—连杆总成;11—机油集滤器;12—中间轴轴承;13—放油螺塞;14—曲轴主轴承;15—曲轴;16—曲轴轴承盖;
 17—曲轴前端封油挡板;18—曲轴正时带轮;19—空调压缩机带;20—调整垫片;21—正时带轮拧紧螺栓;
 22—压紧盖;23—空调压缩机带轮;24—水泵、发电机曲轴带轮;25—正时带轮下罩盖;26—空调压缩机支架;
 27—中间轴正时带轮;28—中间轴;29—正时齿带;30—偏心轮张紧机构;31—气缸体;32—正时带轮上罩盖;
 33—凸轮轴正时带轮;34—凸轮轴前端油封;35—凸轮轴罩盖;36—机油加油口盖;37—凸轮轴机油挡油板;
 38—凸轮轴轴承盖;39—排气门;40—气门弹簧;41—进气门;42—液力挺柱总成;43—凸轮轴

却系主要包括散热器、水泵、风扇、节温器、水温表以及气缸体 31 和气缸盖 2 里铸出的水套等。

讨论: 冷却系工作不良对发动机产生的影响。

7. 点火系

点火系的功用是保证按规定时刻及时点燃气缸中被压缩的可燃混合气。点火系包括电源(蓄电池和发电机)、分电器、点火开关、点火线圈、火花塞等。

提示: 柴油机没有点火系,柴油机是自行着火燃烧的。

8. 起动系

起动系包括起动机、冷起动加热器及其附属装置,用以使静止的发动机起动并转入自行运转。

 操作:通过对发动机的观察,认识发动机各主要部件。

第四节 发动机主要性能指标与特性

一、动力性指标

发动机的动力性指标有有效转矩、有效功率等。

(1) 有效转矩 发动机通过飞轮对外输出的转矩称为发动机的有效转矩,用 T_{iq} 表示,单位为 $N \cdot m$ 。发动机的转矩是由气体作用在活塞上的力通过连杆推动曲轴而产生的。有效转矩与外界施加于发动机上的阻力矩相平衡。

(2) 有效功率 发动机通过飞轮对外输出的功率称为发动机的有效功率,用 P_e 表示,单位为 kW 。它等于有效转矩与曲轴角速度的乘积。发动机的有效功率可以用台架试验方法测定。在测功器上测定有效转矩和曲轴转速,然后运用以下公式计算发动机有效功率(单位为 kW):

$$P_e = T_{iq} \frac{2\pi n}{60} \times 10^{-3} = \frac{T_{iq} n}{9550}$$

式中 T_{iq} ——有效转矩, $N \cdot m$;

n ——曲轴转速, r/min 。

发动机产品铭牌上标明的功率及相应的转速称为标定功率和标定转速。内燃机台架试验国家标准规定,发动机的标定功率分为 15 min 功率、1 h 功率、12 h 功率和持续功率四种。鉴于汽车发动机经常在部分负荷下,即较小的功率下工作,仅在克服上坡阻力和加速等情况下才短时间地使用最大功率,为了保证发动机有较小的结构尺寸和质量,汽车发动机经常用 15 min 功率作为标定功率。

二、经济性指标

发动机的经济性指标一般用燃油消耗率表示。燃油消耗率是指发动机每发出 1 kW 有效功率,在 1 h 内所消耗的燃油质量(以 g 为单位),用 b_e 表示。很明显,燃油消耗率越低,发动机的燃油经济性越好。

燃油消耗率[单位为 $g/(kW \cdot h)$]按下式计算:

$$b_e = \frac{B}{P_e} \times 10^3$$

式中 B ——发动机每小时的耗油量, kg/h , 由试验测定;

P_e ——发动机的有效功率, kW 。

三、发动机速度特性

发动机的速度特性是指负荷一定时,发动机的功率、转矩和燃油消耗率三者随曲轴转速变化的规

律。该特性可在发动机试验台(例如测功器试验台)上通过试验来测得。试验时,当节气门开度达到最大时,所得到的速度特性称为发动机外特性,相应地把在节气门其他开度情况下得到的速度特性称为部分特性。图 1.7 为汽油发动机外特性曲线。发动机外特性代表了发动机所具有的最高动力性能。

外特性曲线上标出的发动机最大功率和最大转矩及其相应的转速是表示发动机特性的重要指标。当分析发动机外特性是否符合使用要求时,要联系汽车使用条件,诸如道路情况、所要求克服的阻力、最高车速等。

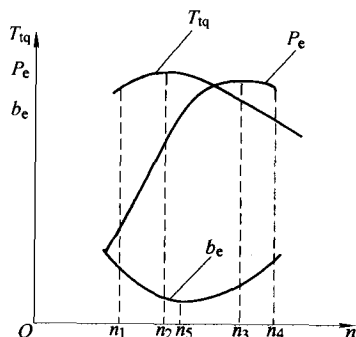


图 1.7 汽油发动机外特性曲线

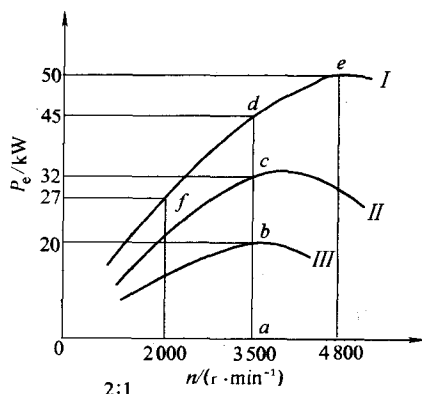


图 1.8 发动机的负荷

四、发动机工况与负荷

发动机工作状况(简称发动机工况)一般用它的功率与曲轴转速来表征,有时也用负荷与曲轴转速来表征。

发动机在某一转速下的负荷就是当时发动机发出的功率与同一转速下所可能发出的最大功率之比,以百分数表示。

图 1.8 所示为某汽油发动机的一组特性曲线。I 表示相应于节气门全开时的外特性曲线,II、III 分别表示节气门开度依次减小所得到的部分特性曲线。

由图可知,当 $n = 3\,500\text{ r/min}$ 时,由于节气门开度不同,则在该转速下该汽油发动机所可能发出的最大功率为 45 kW 。该转速下 II、III 位置所对应的功率分别为 32 kW 、 20 kW 。根据对负荷的定义,可求出 a、b、c、d 四个工况下的负荷值。

工况 a: 负荷为零(称为发动机空转工况);

工况 b: 负荷 $= \frac{20}{45} \times 100\% = 44.4\%$;

工况 c: 负荷 $= \frac{32}{45} \times 100\% = 71.7\%$;

工况 d: 负荷 $= \frac{45}{45} \times 100\% = 100\%$ (发动机全负荷)。

因此,外特性曲线上各点都表示在各转速下的全负荷工况,但在同一条部分特性曲线上各点的负荷值却不相同。在同一转速下,节气门开度愈大表示负荷愈大,但是二者并不成正比。