



高职高专**汽车专业**系列教材

汽车发动机 机械系统检修

刘志忠 主 编
赵雪永 副主编



赠送
电子课件



清华大学出版社

高职高专汽车专业系列教材

汽车发动机机械系统检修

刘志忠 主 编

赵雪永 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书以汽车维修企业典型工作过程为导向,学生完成工作任务为教学载体,理论实践一体化教学模式为基础,设计了 10 个项目,每个项目包含一个或若干个实际的工作任务,每一个工作任务又包含一个或几个理论和实践技能的核心知识点。

本书主要内容包括发动机的总体结构与工作原理、机体组的结构与检修、活塞连杆组的结构与检修、曲轴飞轮组的结构与检修、曲柄连杆机构的拆装、配气机构的结构与检修、配气机构的拆装与调整、冷却系统的结构与检修、润滑系统的结构与检修、发动机机械系统故障诊断。全书以工作任务为主线,介绍了发动机机械系统零部件的拆装、检测、调整及故障诊断,针对每个项目和工作任务详细讲解了其操作方法、步骤、规范、要求、结果分析及解决方法,突出了学生实践技能和动手能力的培养。

本书可作为高职高专汽车类各专业的教材,也可供从事汽车教学、汽车维修、汽车驾驶等人员以及汽车爱好者阅读参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机机械系统检修/刘志忠主编;赵雪永副主编. --北京:清华大学出版社,2012
(高职高专汽车专业系列教材)

ISBN 978-7-302-27795-8

I. ①汽… II. ①刘… ②赵… III. ①汽车—发动机—机械系统—车辆检修—高等职业教育—教材
IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 281665 号

责任编辑:桑任松

封面设计:山鹰工作室

版式设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:15.5 字 数:374 千字

版 次:2012 年 3 月第 1 版 印 次:2012 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:30.00 元

前 言

汽车工业在我国得到飞速发展,已成为我国的支柱产业。据报道,2010年,我国汽车产销量双超1800万辆,汽车保有量已突破7000万辆。而与之相适应的各类汽车营销人才缺口达60万左右。汽车保养修理人才每年需新增近30万从业人员。面对机、电、液一体的种类繁多的高科技集成物,现代汽车保养修理服务技术更新快,普遍应用各种汽车检测设备与仪器,由此提高了对汽车保养修理人员的从业要求,既懂得传统机械维修技术、又掌握现代电子维修技术,既受过高等教育、又有工作经验的汽车保养修理人才成为需求热点。

目前高等职业技术教育改革发展,要求以就业为导向,以培养高技能专门人才为目的。所以,要求高职课程建设以项目导向,任务驱动,工学结合为核心理念,教学过程融“教、学、做”为一体,强化学生能力的培养。

为适应课程改革要求,本书编写过程中,广泛征求了汽车售后服务行业相关管理人员、技术人员的意见,结合高职教育的特点,结合维修企业对技能型人才素质和能力的要求,以维修企业技术岗位典型工作过程为导向,学生完成工作任务为教学载体,理论实践一体化教学模式为基础,设计了10个项目,每个项目包含一个或若干个实际的工作任务,每一个工作任务又包含一个或几个理论和实践技能的核心知识点。突出了实践能力的培养。

本书以工作项目为主线,系统讲解发动机机械系统零部件的拆装、检测、调整及故障诊断,针对每个项目和工作任务详细讲解了其操作方法、步骤、规范、要求、结果分析及解决方法。内容力求深入浅出,语言通俗易懂,插图清晰,有助于初学者学习掌握。可满足高等职业院校汽车类各专业的教学。

本书由河北交通职业技术学院刘志忠任主编,负责拟定全书框架、提纲及各部分主要内容,并进行全书的统稿及审核。赵雪永任副主编(同时编写了项目十),杨朝英编写项目一,王爱兵编写项目二和项目三、张玉泉编写项目四和项目五、张利雯编写项目六和项目七、贾丽娜编写项目八、胡瑞雪编写项目九。本书编写人员在课程改革、教学改革方面进行了有益的尝试,特别在“教学做一体化”教学方面进行了大胆的探索。但限于编者的水平有限,书中难免存在不足之处,恳请各位专家、同行及读者批评指正。

本书编写过程中,参考了许多国内外相关汽车发动机结构及维修的著作及文献资料,参考了有关汽车生产企业维修手册的相关资料,在此一并向相关的作者、编者表示真诚的感谢。

编 者

目 录

项目一 发动机的总体结构与工作原理.....1

一、相关知识.....2	
(一)发动机常用术语和 基本的工作原理.....2	
(二)发动机主要性能指标和 工作特性.....6	
(三)发动机的总体结构.....9	
(四)国产内燃机型号编制规则.....11	
二、项目实施.....12	
(一)项目实施环境.....12	
(二)项目实施步骤.....12	
三、拓展知识.....13	
(一)二冲程汽油机工作原理.....13	
(二)二冲程柴油机的工作原理.....14	
(三)二冲程发动机的特点.....14	
小结.....15	
习题及实操题.....15	

项目二 机体组的结构与检修.....17

一、相关知识.....18	
(一)概述.....18	
(二)气缸体与曲轴箱的结构.....21	
(三)气缸盖的结构.....25	
(四)气缸垫的结构.....30	
(五)油底壳.....32	
二、项目实施.....32	
(一)项目实施环境.....32	
(二)项目实施步骤.....32	
三、拓展知识.....42	
(一)气缸镗削工艺.....42	
(二)气缸磨削工艺.....45	
(三)气缸激光淬火工艺.....48	
小结.....49	
习题及实操题.....49	

项目三 活塞连杆组的结构与检修.....51

一、相关知识.....52	
(一)活塞的结构.....52	
(二)活塞环的结构.....61	
(三)活塞销的结构.....66	
(四)连杆的结构.....68	
(五)连杆轴承的结构.....71	
二、项目实施.....72	
(一)项目实施环境.....72	
(二)项目实施步骤.....73	
小结.....90	
习题及实操题.....90	

项目四 曲轴飞轮组的结构与检修.....93

一、相关知识.....94	
(一)曲轴.....94	
(二)曲轴轴承.....101	
(三)飞轮.....102	
(四)曲轴飞轮组常见故障.....103	
二、项目实施.....104	
(一)项目实施环境.....104	
(二)项目实施步骤.....104	
三、拓展知识.....110	
小结.....111	
习题及实操题.....111	

项目五 曲柄连杆机构的拆装.....113

一、相关知识.....114	
(一)常用工具介绍.....114	
(二)拆装注意事项.....115	
二、项目实施.....115	
(一)项目实施环境.....115	
(二)拆卸计划与实施.....115	
(三)装配计划与实施.....118	



小结	121
习题及实操题	121
项目六 配气机构的结构与检修	123
一、相关知识	124
(一)配气机构功用与组成	124
(二)配气正时及气门间隙	127
(三)配气机构的零件和组件	129
二、项目实施	143
(一)项目实施环境	143
(二)项目实施步骤	144
三、拓展知识	153
(一)智能可变配气正时(VVT-i) 系统	153
(二)本田汽车气门正时和升程 可变的进气系统(VTEC)	155
(三)ANQ5 发动机可变气门 正时机构	157
小结	158
习题及实操题	159
项目七 配气机构的拆装与调整	161
一、相关知识	162
(一)气门间隙的大小与 调整部位	162
(二)气门间隙的调整方法	162
二、项目实施	164
(一)项目实施环境	164
(二)项目实施步骤	164
小结	174
习题及实操题	174
项目八 冷却系统的结构与检修	175
一、相关知识	176
(一)概述	176
(二)冷却系系统主要部件的 结构	180
二、项目实施	189
(一)项目实施环境	189
(二)项目实施步骤	189

三、拓展知识	194
(一)电控风扇及水温传感器 结构	194
(二)电磁风扇离合器的结构	195
小结	196
习题及实操题	196
项目九 润滑系统的结构与检修	199
一、相关知识	200
(一)概述	200
(二)润滑系统主要机件的结构	205
(三)曲轴箱通风	211
二、项目实施	212
(一)项目实施环境	212
(二)项目实施步骤	213
小结	216
习题及实操题	216
项目十 发动机机械系统故障诊断	219
相关知识	220
(一)汽车故障的分类	220
(二)汽车故障的变化规律	221
(三)汽车故障的诊断方法	223
任务一 气缸密封性能的检 测与诊断	225
一、相关知识	225
二、项目实施	226
(一)项目实施环境	226
(二)项目实施步骤	226
小结	228
习题及实操题	228
任务二 发动机机械系统异响诊断	229
一、相关知识	229
(一)概述	229
(二)发动机常见异响的 产生原因	230
二、项目实施	231
(一)项目实施环境	231
(二)项目实施步骤	231
小结	232

习题及实操题.....	232	一、相关知识.....	236
任务三 发动机过热的故障诊断.....	233	二、项目实施.....	238
一、相关知识.....	233	(一)项目实施环境.....	238
二、项目实施.....	235	(二)项目实施步骤.....	238
(一)项目实施环境.....	235	小结.....	238
(二)项目实施步骤.....	235	习题及实操题.....	238
小结.....	235	参考文献.....	240
习题及实操题.....	235		
任务四 发动机机油压力过低的			
故障诊断.....	236		



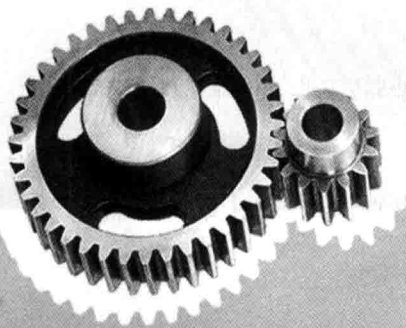
项目一 发动机的总体结构与工作原理

【知识要求】

- ① 掌握发动机作用、常用术语。
- ② 掌握四冲程发动机工作原理。
- ③ 掌握发动机编号规则和总体构造。
- ④ 了解二冲程发动机工作原理。

【能力要求】

- ① 认识发动机总体结构。
- ② 学会选用汽车常见拆装工具。



一、相关知识

发动机是将某一种形式的能量转化为机械能的机器,现代汽车发动机主要采用的是内燃机,它是将燃料在气缸(有的资料也将其写成“汽缸”)内部燃烧产生的热能直接转化成机械能的动力机械。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。

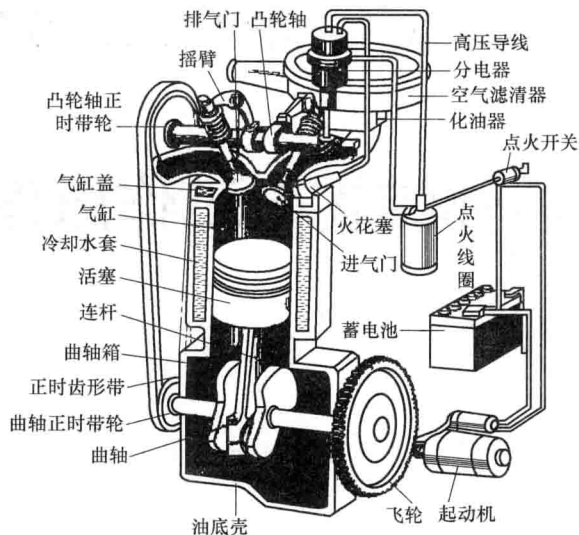


图 1-1 单缸四冲程汽油机简单结构

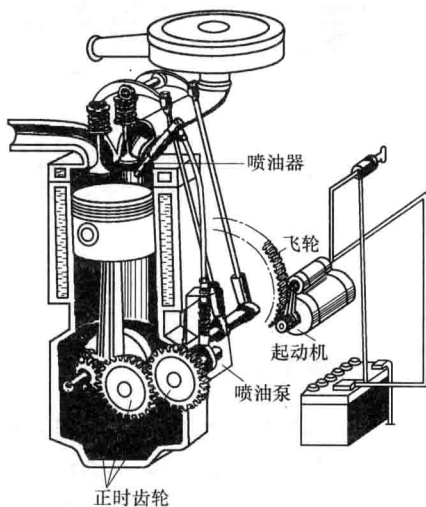


图 1-2 单缸四冲程柴油机简单结构

(一)发动机常用术语和基本的工作原理

1. 发动机常用术语

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

活塞行程(S)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一个冲程(或一个行程)。

4) 曲柄半径

曲柄半径(R)是指与连杆大端相连接的曲柄销中心线到曲轴回转中心线的距离(mm)。四冲程发动机的活塞每移动一个冲程,曲轴旋转半周,即 $S=2R$ 。

5) 气缸工作容积

气缸工作容积(V_b)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(升);

D ——气缸直径, mm;

S ——活塞冲程, mm。

6) 发动机工作容积

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

7) 燃烧室容积

燃烧室容积(V_c)是指活塞在上止点时, 活塞顶上面空间的容积, 单位: L。

8) 气缸总容积

气缸总容积(V_a)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

压缩比(ϵ)是指气缸总容积与燃烧室容积的比值, 即 $\epsilon = V_a / V_c = (V_h + V_c) / V_c = 1 + V_h / V_c$ 。

ϵ 表示活塞从下止点运动到上止点时, 气缸内气体被压缩的程度, 也表示气缸内气体膨胀时体积变化的倍数。各种不同类型发动机对压缩比的要求各不相同, 一般柴油机的压缩比高($\epsilon=16\sim22$), 汽油机则较低(一般 $\epsilon=6\sim9$, 轿车的 $\epsilon=9\sim11$)。

发动机的基本术语示意图如图 1-3 所示。

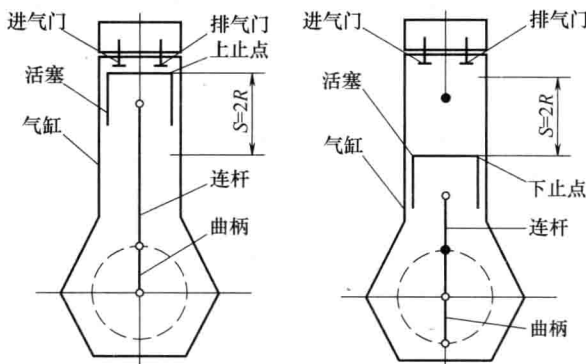


图 1-3 发动机的基本术语示意图

2. 四冲程发动机的工作原理

发动机是一种能量转换机构, 它将燃料燃烧产生的热能转化成机械能。要完成这个能量转换必须经过进气, 把可燃混合气(或新鲜空气)引入气缸; 然后将进入气缸的可燃混合气(或新鲜空气)压缩, 压缩接近终点时点燃可燃混合气(或将柴油高压喷入气缸内形成可燃混合气并引燃); 可燃混合气着火燃烧, 膨胀推动活塞下行实现对外做功; 最后排出燃烧后的废气。即经过进气、压缩、做功、排气四个过程。这四个过程叫做发动机的一个工作循环。工作循环不断地重复, 就实现了能量转换, 使发动机能够连续运转。完成一个工作循环, 曲轴转两圈(720°), 活塞上下往复运动四次, 称为四冲程发动机。而完成一个工作循环,



曲轴转一圈(360°), 活塞上下往复运动两次, 称为二冲程发动机。

1) 四冲程汽油机的工作原理

四冲程汽油机的工作循环由进气、压缩、做功和排气四个冲程组成。图 1-4 为单缸四冲程汽油机工作循环示意图。

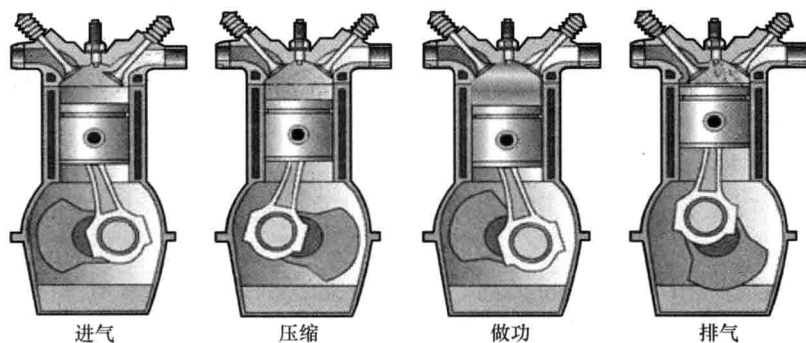


图 1-4 单缸四冲程汽油机工作循环示意图

(1) 进气冲程。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汽油混合成可燃混合气, 通过进气门被吸入气缸。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) 压缩冲程。进气冲程结束时, 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, 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。

压缩冲程中, 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, 气缸内的压力约为 $0.6 \sim 1.2 \text{ MPa}$, 温度约为 $600 \sim 800 \text{ K}$ 。

(3) 做功冲程。在压缩冲程末, 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。

在做功冲程中, 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 $2200 \sim 2800 \text{ K}$ 。

(4) 排气冲程。在做功冲程终了时, 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及活塞的推动下, 被排出气缸, 活塞到达上止点时, 排气门关闭, 排气冲程结束。排气冲程终了时, 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, 压力约为 $0.105 \sim 0.115 \text{ MPa}$, 温度约为 $900 \sim 1200 \text{ K}$ 。

排气冲程结束时, 排气门关闭, 进气门开启, 活塞继续向下运动, 又开始了下一个工

作循环。如此重复，循环不已。

四冲程汽油发动机的示功图如图 1-5 所示(注：示功图是指在活塞式机器的一个工作循环中，气缸内气体压力随活塞位移(或气缸内容积)而变化的循环曲线；该循环曲线所包围的面积可表示为机器所做的功或所消耗的功)。

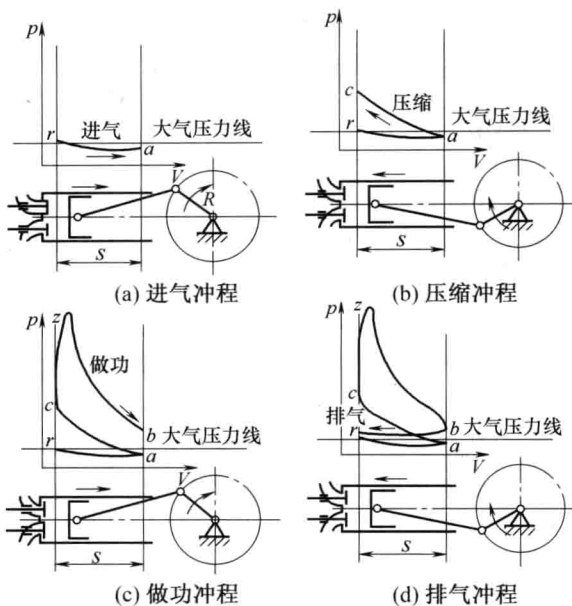


图 1-5 四冲程汽油发动机的示功图

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、做功和排气四个冲程组成。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。

(1) 进气冲程。进气冲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。上一冲程残留的废气温度也比汽油机低，进气冲程终了的压力约为 $0.075 \sim 0.095 \text{ MPa}$ ，温度约为 $320 \sim 350 \text{ K}$ 。

(2) 压缩冲程。压缩冲程不同于汽油机的是压缩纯空气，由于柴油的压缩比大(约为 $16 \sim 22$)，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 $800 \sim 1000 \text{ K}$ 。

(3) 做功冲程。此冲程与汽油机有很大差异，压缩冲程末，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 左右)，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。

做功冲程中，瞬时压力可达 $5 \sim 10 \text{ MPa}$ ，瞬时温度可达 $1800 \sim 2200 \text{ K}$ ，做功冲程终了时压力约为 0.125 MPa ，温度约为 $800 \sim 1000 \text{ K}$ 。

(4) 排气冲程。此冲程与汽油机基本相同。排气冲程终了时的气缸压力约为 $0.105 \sim 0.125 \text{ MPa}$ ，温度约为 $800 \sim 1000 \text{ K}$ 。

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内容基本相似。



每个工作循环曲轴转 2 周(720°)，每一冲程曲轴转半周(180°)。四个冲程中，只有做功冲程做功，其他三个冲程是为做功冲程做准备工作的辅助冲程，都要消耗一部分能量。发动机启动时的第一个循环(注：有的资料也将“启动”写成“起动”)，必须有外力将曲轴转动，以完成进气和压缩冲程；当做功冲程开始后，做功能量便通过曲轴储存在飞轮内，使得以后的冲程和循环得以继续进行。

(二)发动机主要性能指标和工作特性

1. 发动机的主要性能指标

发动机的性能指标用来表征发动机的性能特点，并作为评价各类发动机性能优劣的依据。发动机的性能指标主要有动力性指标、经济性指标、环境指标、可靠性指标和耐久性指标。

1) 动力性指标

动力性指标是表征发动机做功能力大小的指标，一般用发动机的有效转矩、有效功率、发动机转速等作为评价指标。

(1) 有效转矩 M_e 。转矩是指发动机运转时由曲轴输出给传动系的有效旋转力矩。

(2) 有效功率 P_e 。有效功率是指发动机运转时由曲轴输出的功率。其值可以由发动机测功机实际测得。

M_e 和 P_e 是有效动力性指标，用来衡量发动机动力性大小。 M_e 和 P_e 之间有如下关系

$$M_e = \frac{60 \times 1000 P_e}{2\pi n} = \frac{9550 P_e}{n} (\text{N} \cdot \text{m})$$

式中， n 表示发动机的转速(r/min)。

P_e 的单位是 kW。

(3) 转速 n ：指发动机曲轴每分钟的转数，单位为 r/min。发动机产品铭牌上标明的功率及相应转速称为额定功率和额定转速。按照汽车发动机可靠性试验方法的规定，汽车发动机应能在额定工况下连续运行 300~1000h。

2) 经济性指标

发动机经济性指标一般用有效燃油消耗率 g_e 表示。发动机每输出 1kW·h 的有效功所消耗的燃油量(以 g 为单位)称为有效燃油消耗率。

$$g_e = \frac{1000 G_T}{P_e} (\text{g/kW} \cdot \text{h})$$

式中， G_T 表示发动机工作每小时的耗油量(kg/h)。

3) 环境指标

环境指标主要指发动机排气品质和噪声水平。由于它关系到人类的健康及其赖以生存的环境，因此各国政府都制定出严格的控制法规，以削减发动机排气和噪声对环境的污染。当前，排放指标和噪声水平已成为发动机的重要性能指标。

排放指标主要是指从发动机油箱、曲轴箱排出的气体和从气缸排出的废气中所含的有害排放物的含量。对汽油机来说主要是废气中的一氧化碳(CO)和碳氢化合物(HC)含量；对柴油机来说主要是废气中的氮氧化物(NO_x)和颗粒(PM)含量。

噪声是指对人的健康造成不良影响及对学习、工作和休息等正常活动发生干扰的声音。由于汽车是城市中的主要噪声源之一，而发动机又是汽车的主要噪声源，因此控制发动机的噪声就显得十分重要。如我国的噪声标准(GB/T 18697—2002)中规定，轿车的噪声不得大于 79dB(A)。

4) 可靠性指标和耐久性指标

可靠性指标是表征发动机在规定的使用条件下，在规定的时间内，持续正常工作能力的指标。可靠性有多种评价方法，如首次故障行驶里程、平均故障间隔里程等。耐久性指标是指发动机主要零件磨损到不能继续正常工作的极限时间。

大体上，在用车生活中，我们主要注意到的是发动机的其中两个指标，一个是功率，另一个是扭矩。功率的单位是千瓦或马力，扭矩单位是牛·米(N·m)。

通俗地讲，功率反映的是车的绝对速度，或者说它可以跑多快；扭矩反映的是加速度，也就是提速行能。一般来说，功率大的发动机可以跑得很快，达到 300km/h 的速度都是可以做到的。扭矩大的发动机提速性能好，加速快，灵活。但有一个共同的特点，就是在表述这两项指标的时候，不能脱离发动机转速，性能高的发动机可以在一个相当宽泛的转速范围内保持高功率和高扭矩。比如说在 2800~5500r/min 的转速范围内，可以保持 95% 的功率或扭矩。在转速越低的位置出现高扭矩，说明发动机的提速性能越好。

2. 发动机的特性

发动机有效性能指标随调整情况和使用工况的变化而变化的关系称为发动机特性，通常用曲线表示它们之间的关系，这条曲线称为特性曲线。其中，有效性能指标随调整情况而变化的关系，称为调整特性，如汽油机的燃料调整特性、点火提前角调整特性、柴油机的喷油提前角调整特性等；随使用工况的变化而变化的关系称为使用特性，如速度特性、负荷特性等。

通过对特性曲线的分析，可以评价发动机在不同工况下的动力性、经济性及其他运转性能，为合理选择、有效利用发动机以及评价发动机维修后质量好坏提供依据。这里，介绍应用较多的发动机的速度和负荷两个使用特性。

1) 速度特性

在节气门开度(或喷油泵供油拉杆位置)一定的条件下，发动机的有效功率 P_e 、有效转矩 M_e 、有效耗油率 g_e 随发动机转速变化的规律，称为发动机速度特性。节气门开度最大时(或喷油泵供油拉杆在标定功率的循环供油量位置时)测得的速度特性称为外特性；部分开度时(或喷油泵供油拉杆所处位置供油量小于标定功率的循环供油量位置时)测得的速度特性称为部分特性。

如图 1-6 所示为某发动机的外特性曲线图。由图分析可知，当发动机转速 $n=2000\text{r/min}$ 时，发动机发出转矩最大；当 $n<2000\text{r/min}$ 或 $n>2000\text{r/min}$ 时，发动机转矩都将减少。当 $n=3500\text{r/min}$ 时，发动机发出功率最大；当 $n<3500\text{r/min}$ 或 $n>3500\text{r/min}$ 时，发动机功率都减小。当 $n=2000\text{r/min}$ 时，发动机有效耗油率最小；当 $n<2000\text{r/min}$ 或 $n>2000\text{r/min}$ 时，发动机有效耗油率将增大(图 1-6 中的 BFSC 的英文全称是 Brake Specific Fuel Consumption，含义是制动燃油消耗率)。

图 1-7 所示为 2.0TSI 发动机外特性曲线。由图可以看出，其在很宽的一个转速范围内

保持最大扭矩不变, 说明其动力性能好。

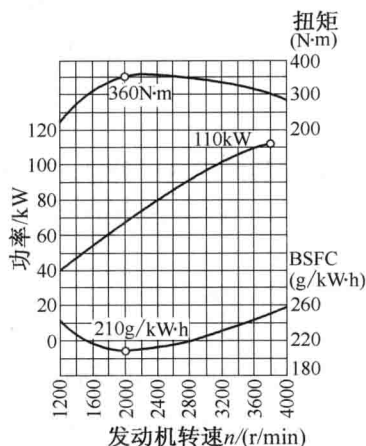


图 1-6 发动机的外特性曲线图

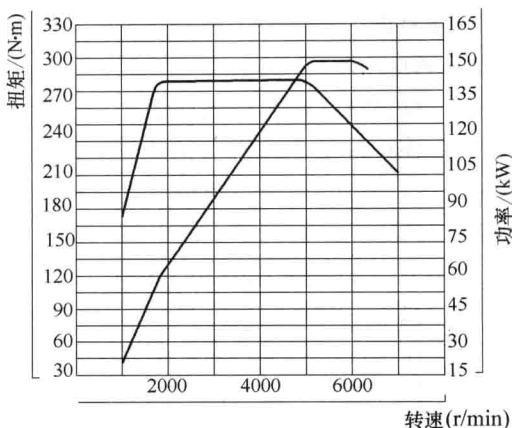


图 1-7 2.0TSI 发动机的外特性曲线图

2) 负荷特性

发动机转速一定, 逐渐改变节气门开度(或改变喷油泵供油拉杆位置), 发动机每小时耗油量 G_T 、有效耗油率 g_e 随有效功率 P_e (或有效转矩 M_e) 变化而变化的关系, 称为发动机负荷特性。负荷特性可用来评定不同转速及不同负荷下发动机的经济性。

如图 1-8 所示为汽油发动机负荷特性曲线图。由图分析可知, 随节气门开度增大, 有效功率 P_e 由小增大, 发动机每小时耗油量 G_T 随之上升, 当节气门开度达到全开的 80% 时, 加浓混合气, G_T 上升速度加快, 曲线变陡。

当发动机在怠速状态运转时, 输出有效功率 $P_e = 0$, 故有效耗油率 g_e 曲线趋向无穷大, 随节气门开度增大, P_e 由小变大, g_e 迅速下降, 直至降到最低值, 随 P_e 继续加大, 节气门开度增大到全开 80% 时, 混合气开始加浓, g_e 又有所上升。

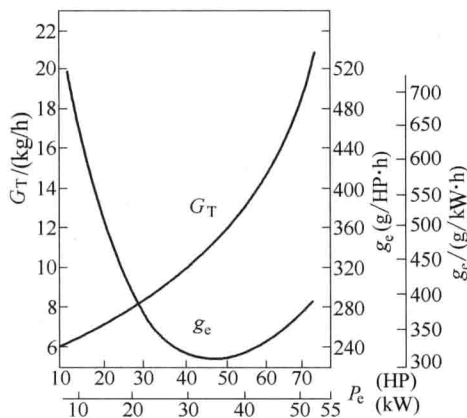


图 1-8 发动机负荷特性曲线图

图 1-9 为 6135Q 型柴油机的负荷特性曲线图, 其中标明 1200、1800 两条曲线分别是额定转速为 1200r/min 和 1800r/min 时的有效耗油率 g_e 曲线, 由图分析可知, G_T 随 P_e 增大而

近似直线上升,直至 P_e 增大到等于全负荷 90% 时,当负荷继续增大 G_T 迅速加大,曲线变陡。

有效耗油率 g_e 在怠速时趋向无穷大,随 P_e 增加, g_e 下降。当 P_e 增大到等于全负荷的 90% 时, g_e 达到最小值,如图中 1 点所示,再增加负荷, g_e 上升至曲线点 2 时,柴油机排放黑烟,至曲线点 3 时,柴油机发出最大功率。为了避免由排放黑烟引起的环境污染、易使燃烧室积炭和发动机过热现象等,采用由调速器来控制标定的循环供油量,可将标定功率限制在曲线点 2 以内。

从负荷特性曲线上可以看出,在接近全负荷时, g_e 最低。因此,为了提高汽车的燃料经济性,应使发动机经常处于 g_e 低、负荷又较大的经济负荷区运行。

3) 万有特性

汽车发动机的转速和负荷变化范围很广,要全面评价发动机性能,仅用速度特性和负荷特性很不方便,通常根据负荷特性曲线组经过转换画出多参数特性图,即万有特性图。利用万有特性图可以方便查出发动机各种工况下的性能指标。

以转速 n 为横坐标,以扭矩或平均有效压力 P_{ave} 为纵坐标,画出许多等油耗曲线和等功率曲线,就是发动机万有特性图,如图 1-10 所示。

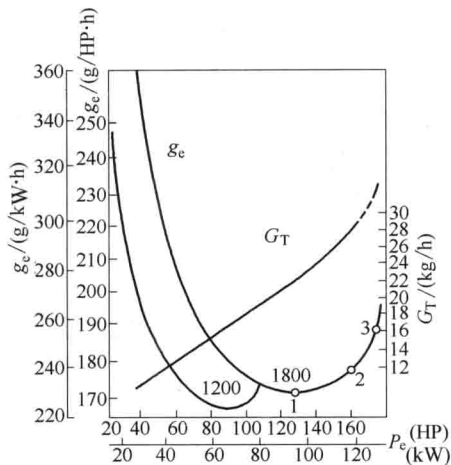


图 1-9 6135Q 型柴油机的负荷特性曲线图

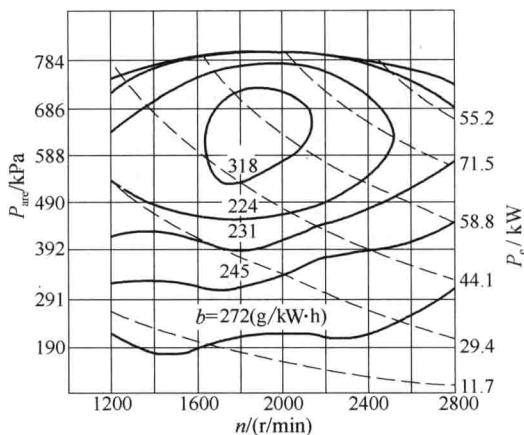


图 1-10 万有特性曲线图

(三)发动机的总体结构

现代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(图 1-11 所示为一汽奥迪 100 型轿车发动机的总体构造)。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、冷却、润滑、点火、启动五大系统组成;柴油机通常由两大机构和四大系统组成(无点火系统)。

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、燃料供给系统、冷却系统和润滑系统的组成部分。

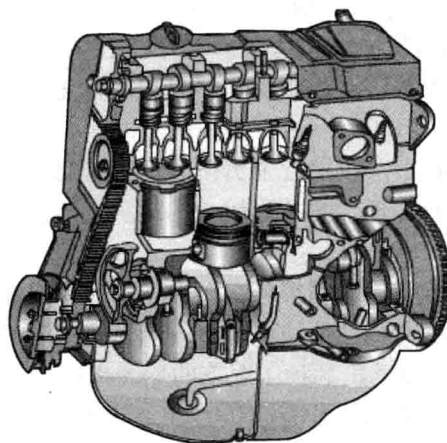


图 1-11 一汽奥迪 100 型轿车发动机总体构造

2. 配气机构

配气机构的功用是根据发动机的工作顺序和工作过程，定时开启和关闭进气门和排气门，使可燃混合气或空气进入气缸，并使废气从气缸内排出，实现换气过程。配气机构大多采用顶置气门式配气机构，一般由气门组、气门传动组和气门驱动组组成。

3. 燃料供给系统

汽油机燃料供给系统的功用是根据发动机的要求，配制出一定数量和浓度的混合气，供入气缸，并将燃烧后的废气从气缸内排出到大气中去；柴油机燃料供给系的功用是把柴油和空气分别供入气缸，在燃烧室内形成混合气并燃烧，最后将燃烧后的废气排出。

4. 冷却系统

冷却系统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、节温器和水套(在机体内)等部件组成，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下工作。

5. 润滑系统

润滑系统的功用是向作相对运动的零件表面输送定量的清洁润滑油，以实现液体摩擦，减小摩擦阻力，减轻机件的磨损，并对零件表面进行清洗和冷却。润滑系通常由润滑油道、机油泵、机油滤清器和一些阀门等部件组成。

6. 点火系统

汽油机传统点火系统由电源(蓄电池和发电机)、点火线圈、分电器和火花塞等部件组成，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。