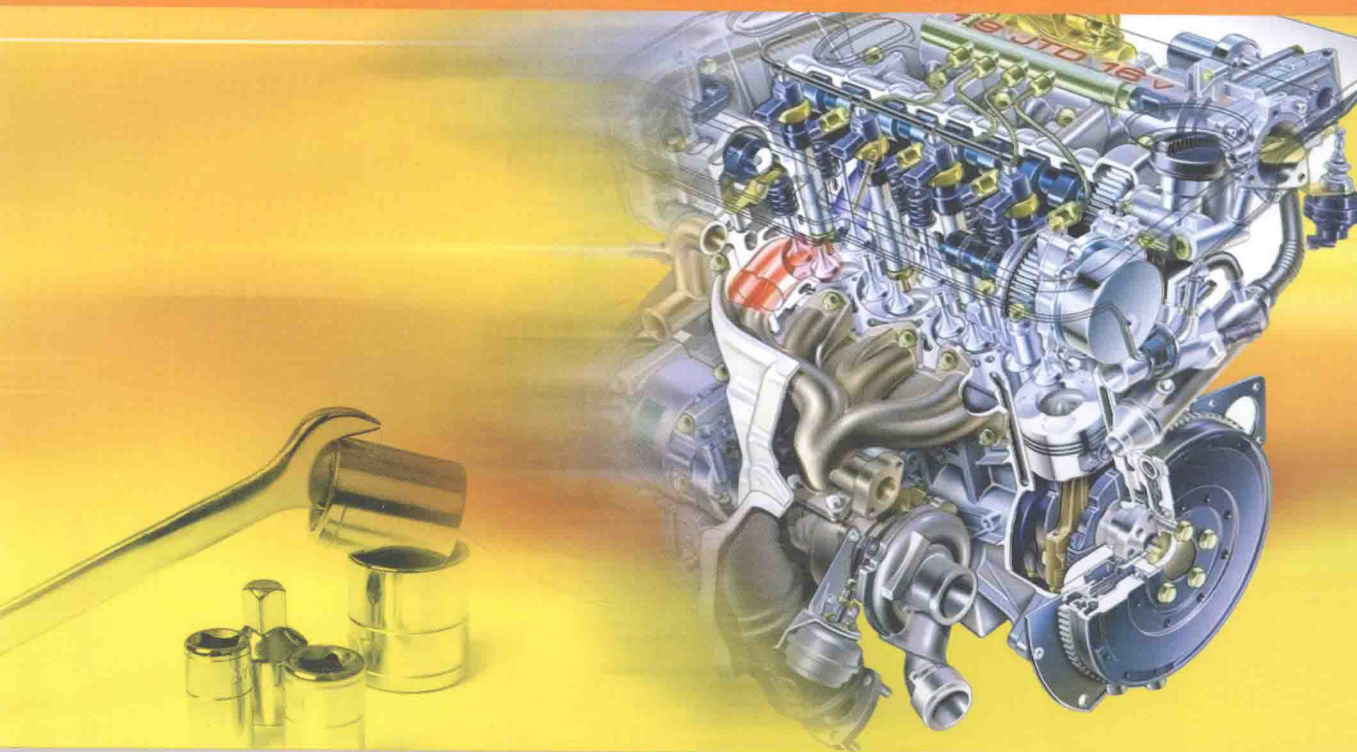


职业教育课程改革规划新教材
全国职业教育系列教材编委会专家审定



汽车发动机构造与维修

QICHEFADONGJI
GOUZAOYUWEIXIU

主编○刘甫勇 周德新



东北师范大学出版社
Northeast Normal University Press

职业教育课程改革规划新教材
全国职业教育系列教材编委会专家审定

汽车发动机构造与维修

主 编	刘甫勇	周德新		
副主编	李进强	叶敬军	于 军	于长春
编 委	(按姓氏笔画排序)			
	石学斌	李彬昌	许雪松	朱杨兴
	陈小旺	杨义然	张晓灵	苗其刚
	晏雄波	夏爱民	徐 兵	崔长炉
	常鹤晖	傅彦深	曾有为	熊陆平
	鞠建荣	濮春辉		

东北师范大学出版社
长 春

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修/刘甫勇,周德新主编. - 长春:
东北师范大学出版社,2011.6
ISBN 978-7-5602-6974-0

I. ①汽… II. ①刘… ②周… III. ①汽车—发动机
—构造—高等教育—教材②汽车—发动机—车辆修理
—高等教育—教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 111846 号

☐责任编辑:王春彦 ☐封面设计:丁元婷
☐责任校对:辛迪 ☐责任印制:林九华

东北师范大学出版社出版发行
长春净月经济开发区金宝街 118 号(邮政编码:130117)
电话:010-51263695

网址:<http://www.nenup.com>

东北师范大学出版社激光照排中心制版

电子函件:sdcbs@mail.jl.cn

北京彩虹印刷有限责任公司印装

北京顺义区顺平路南彩段 5 号(邮政编码 101300)

2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:18.75 字数:347 千

定价:32.00 元

如发现印装质量问题,影响阅读,可直接与承印厂联系调换

特别鸣谢

襄阳汽车职业技术学院

广东省河源理工学校

宜昌市机电工程学校

威海工业技术学校

广西交通运输学校

广西华侨学校

重庆五一高级技工学校

佛山市南海区信息技术学校

江苏省海安双楼中等专业学校

江苏省沐阳中等专业学校

武汉市第三职教中心

湖北郧县郧阳科技学校

江苏省扬州技师学院

如皋市第一职业高级中学

启东市职教中心

如皋市职教中心

射阳沿海中等专业学校

江苏省泗阳中等专业学校

江苏省张家港职教中心

湖北省沙洋县职业教育中心

前 言

随着我国汽车产业的迅速发展,对从事汽车维修行业人员的素质要求越来越高,因此,具有扎实的理论基础和熟练的实践技能的汽车技能人才,就业机会将增多,发展前景看好,并受到社会的广泛关注。

本书是汽车类专业的主干课程,其作用在于培养学生具备从事汽车行业多项专门化的基本职业能力,达到本专业学生获得的职业资格证书考证的要求,并为后续的汽车专业课程做好前期准备,同时培养学生具备相关专业基本知识、操作技能以及分析问题和解决问题的能力。

本书根据汽车维修企业的工作实际与职业教育的特点编写,全书共分9个模块,内容主要包括发动机的总体构造、曲柄连杆机构造与维修、配气机构的构造与维修、汽油机燃料供给系、汽车进排气系的构造与维修、柴油供给系的构造与维修、润滑系的构造与维修、冷却系的构造与维修、发动机拆卸装配与磨合。本书以发动机各功能系统为模块,各模块分项目进行知识和技能训练,有模块总结和复习思考题。

本书针对职业教育技术特点,力求做到内容的系统性、完整性,由浅入深、通俗易懂,图文并茂,理论与实践相结合。并且注重汽车新知识和新技术的介绍和应用,力争做到与汽车行业的技术发展上同步,体现职业和职业教育的发展趋势,满足学习人员的生涯发展和适应汽车行业发展的需要。注重学生实际动手能力的训练,用以加强操作技能和培养良好的职业习惯。

本书可作为职业院校汽车检测与维修技术、汽车装配与制造技术、汽车技术服务与营销、汽车电子技术等相关专业的教材,也可供汽车驾驶员、修理工、汽车行业工程技术人员使用和参考。

本书由襄阳汽车职业技术学院刘甫勇、广东省河源理工学校汽车教学部主任周德新担任主编。李进强编写模块一;周德新编写模块二;叶敬军编写模块三;于长春编写模块六;刘甫勇和于军编写模块八。全书由刘甫勇与周德新统稿。参与本教材编写审稿的还有其它编委。

本书在编写过程中参考了许多公开出版的资料和文献,在此对相关作者深表感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,希望广大读者给予批评指正。

编 者

目 录

模块一 发动机的总体构造	1
项目一 往复活塞式内燃机的基本术语	1
项目二 发动机的总体构造	6
项目三 发动机总成拆装	15
模块二 曲柄连杆机构的构造与检修	22
项目一 曲柄连杆机构的认识	22
项目二 机体组的构造与拆装	26
项目三 活塞连杆组的构造与拆装	38
项目四 曲轴飞轮组的构造与拆装	54
项目五 曲柄连杆机构常见故障诊断与排除	65
模块三 配气机构的构造与检修	73
项目一 配气机构的认识	73
项目二 气门组零件的构造与检修	93
项目三 气门传动组	101
项目四 配气机构常见故障诊断与排除	111
模块四 汽油机燃料供给系统	118
项目一 汽油供给系统的组成	118
项目二 燃油供给系统的检修	125
项目三 空气供给系统的组成与检查	132
模块五 进、排气系统的构造及维修	145
项目一 进气系统的构造与检修	145
项目二 排气系统的组成与检修	151
项目三 发动机的排气净化装置及增压机构的认知	158

模块六 柴油机供给系的构造与检修	166
项目一 柴油发动机燃料供给系构造认识	166
项目二 喷油器的构造与检修	170
项目三 喷油泵的构造与检修	174
项目四 调速器的构造与检修	182
项目五 柴油机供给系辅助装置的构造与检修	188
项目六 电控柴油机系统	196
项目七 柴油机燃料供给系统常见故障诊断与排除	202
模块七 润滑系的构造与维修	212
项目一 发动机润滑系的认识	212
项目二 润滑系的构造与维护	224
模块八 冷却系的构造与维修	247
项目一 发动机冷却系的认识	247
项目二 冷却系的构造与维护	253
模块九 发动机的拆卸、装配与磨合	278
项目一 发动机拆卸	278
项目二 发动机装配	283
项目三 发动机的磨合与验收	287

模块一 发动机的总体构造

学习目标

1. 了解发动机的类型,理解柴油机与汽油机的区别,掌握四冲程发动机的工作原理和总体构造。
2. 能解释国产内燃机型号的含义,能认知发动机各系统的组成名称。
3. 能查阅发动机维修技术资料,能按维修规范与他人合作进行发动机总体拆装。

项目一 往复活塞式内燃机的基本术语

一、基础知识

(一)汽车简述

1. 汽车的基本组成

汽车是由动力装置驱动,具有四个或四个以上车轮,可以单独行驶并完成载运任务的非轨道无架线车辆。现代汽车类型极多,根据国标 GB37 0.3—83 规定,汽车分为轿车、客车、货车、牵引车、特种车、工矿自卸车和越野车等。

汽车由各种工作装置和机构组成,通常分为发动机、底盘、车身及电气设备四个部分,如图 1.1 所示。其中,发动机是汽车的动力装置;底盘是构成汽车的基础,发动机通过底盘驱动汽车行驶;车身提供驾驶员工作的场所及安置乘客与货物的空间;电气设备包括汽车上的用电设备及供电电源、现代电子控制装置等。

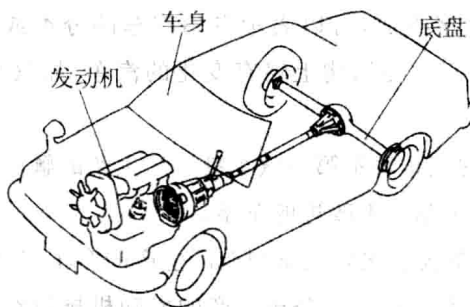


图 1.1 汽车典型的总体构造

2. 国产汽车产品型号

国产汽车产品型号由企业拼音字母代号和车辆类别数字代号、主参数数字代号、产品数字序号和企业自定代号组成,包括首部、中部和尾部三部分。如图 1.2 所示。

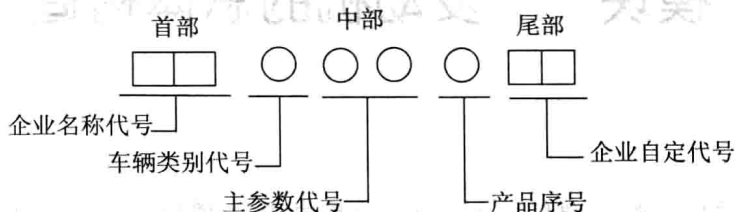


图 1.2 国产汽车产品型号

首部由 2 个或 3 个拼音字母组成,是企业代号。如 CA 代表第一汽车制造厂,EQ 代表第二汽车制造厂。

中间由四位数字组成,分为首位中间两位和末位数字三部分。其含义如表 1.1 所示。

表 1.1 汽车型号中部 4 位数字的含义

首位数字表示车辆类别		中间两位数字含义	末位数字
1	载货汽车	数字表示汽车的总质量 总质量 $>100\text{t}$ 允许用 3 位数字	企 业 自 定 序 号
2	越野汽车		
3	自卸汽车		
4	牵引汽车		
5	专用汽车		
6	客车	数字 $\times 0.1\text{m}$ 表示车辆的总长度 长度 $>10\text{m}$ 时,计算单位为 m	
7	轿车	数字 $\times 0.1\text{L}$ 表示汽车发动机工作容积	
8	暂无		
9	半挂车或专用半挂车	数字表示汽车的总质量	

尾部由拼音字母加数字组成,可以表示专用汽车的分类或变型车与基本车型的差别。变型车是指其与基本车型在结构上略有变化的汽车,如汽油、柴油发动机,长、短轴距,单、双排驾驶室等。

例:型号为 CA1092 的汽车表示第一汽车制造厂生产的解放牌货车,总质量 9000 kg,末位数字 2 表示在 CA1091 基础上改进的车型。

型号为 SY6480 的汽车表示沈阳汽车制造厂生产的客车,长为 4800mm。

TJ7131U 表示天津汽车工业有限公司生产的发动机排量约为 1.3L 的第 2 代轿车,U 为厂家自定义。

(二)汽车发动机概述

发动机是将某一种形式的能量转化为机械能的机器。其中,将液体或气体燃料与空气混合后输入机器内部燃烧而产生热能,再转变成机械能的热机称为内燃机,如汽油机和柴油机。内燃机具有热效率高、体积小、质量轻、便于移动及启动性好的优点。但是,由于内燃机使用石油燃料,排出的废气中含有较多的有害成分。为解决能源短缺和环境污染问题,目前世界各国正致力于排气净化及新能源发动机的研究。

内燃机按照活塞的运动形式分为往复式活塞式和转子式内燃机。现代汽车广泛采用往复式活塞式内燃机。

1. 往复式活塞式发动机的基本结构

发动机的工作腔称作汽缸,汽缸内表面为圆柱形,顶部用汽缸盖封闭。在汽缸盖上装有进、排气门,实现进气和排气。如图 1.3 所示。

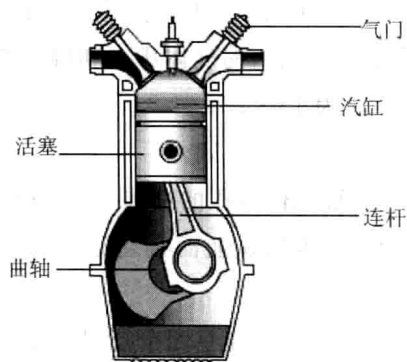
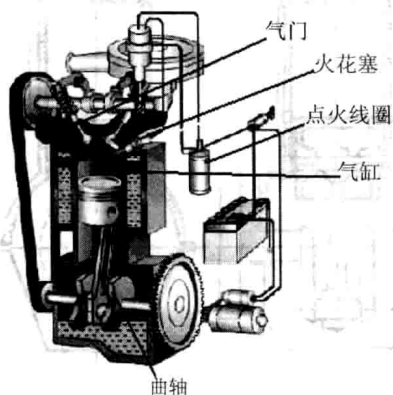


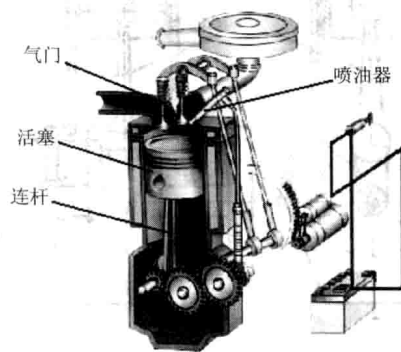
图 1.3 发动机基本结构示意图

活塞在汽缸内作往复直线运动,经连杆传给曲轴,变成旋转运动。

汽油机汽缸盖上安装能产生电火花的火花塞,柴油机汽缸盖上安装喷油器,如图 1.4 所示。



(a)单缸汽油机



(b)单缸柴油机

图 1.4 单缸发动机结构简图

2. 基本术语

发动机基本术语如图 1.5 所示。

上止点(TDC) 活塞顶离曲轴回转中心最远处即活塞上行到达的最高位置。

下止点(BDC) 活塞顶离曲轴回转中心最近处即活塞下行到达的最低位置。

活塞行程 上、下止点间的距离,用 S (单位:mm) 表示。

曲柄半径 曲轴的回转半径,用 R (单位:mm) 表示。显然, $S=2R$ 。

汽缸工作容积 上、下止点间所包容的汽缸容积,用 V_a (单位:L) 表示。

燃烧室容积 活塞位于上止点时,活塞顶、汽缸盖、汽缸壁所封闭的容积,用 V_c (单位:L) 表示。

汽缸总容积 汽缸工作容积与燃烧室容积之和为汽缸总容积,用 V_a (单位:L) 表示。

$$V_a = V_c + V_h \quad (\text{式 1-1})$$

压缩比 汽缸总容积与燃烧室容积之比,用 ϵ 表示。压缩比表示汽缸内的气体被压缩的程度。压缩比越大,压缩终了时汽缸内的气体压力和温度就越高。一般车用汽油机的压缩比为 6~10,柴油机的压缩比为 15~22。

$$\epsilon = V_a / V_c \quad (\text{式 1-2})$$

发动机排量 发动机所有汽缸工作容积的总和,用 V_L (单位:L) 表示。

工作循环 发动机将热能转变为机械能而必须经过的进气→压缩→做功→排气四个连续的过程。

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。

二冲程发动机 曲轴旋转一周,活塞往复二个行程完成一个工作循环的发动机。

发动机工况 发动机在某一时刻的运行状况简称工况,以该时刻发动机输出的有效功率和曲轴转速表示。曲轴转速(用 n 表示,单位 r/min)即为发动机转速。

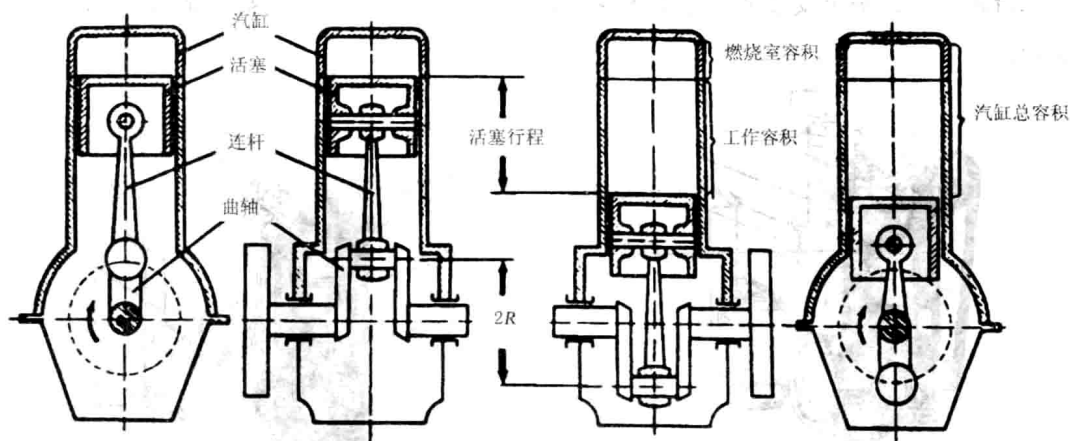


图 1.5 发动机基本术语示意图

知识链接

发动机排量的应用

轿车指乘坐 2~9 个成员(包括驾驶员)的载客汽车。轿车按照发动机排量分级,轿车的等级划分如下。

发动机排量(单位:L)	轿车分级
≤ 1.0	微型轿车
1.0~1.6	普及型轿车
1.6~2.5	中级轿车
2.5~4.0	中高级轿车
≥ 4.0	高级轿车

3. 发动机的分类

汽车发动机按其特征可分为很多不同的形式,如表 1.2 所示。

表 1.2 汽车发动机的分类

分类标准	点火方式	工作循环	凸轮轴位置	冷却方式	汽缸排列
第一类	点燃式 (汽油机)	二冲程	凸轮轴中置(OHV) 或气门顶置	水冷发动机	单列直立式
第二类	压燃式 (柴油机)	四冲程	凸轮轴顶置 (OHC)	风冷 发动机	双列 V 型或 对置式

二、项目实施

任务一 汽车总体结构认知

1. 观察汽车模型,认知汽车四大组成部分。
2. 观察实车(货车或轿车),认知发动机在汽车上的位置。

任务二 发动机基本结构认知

1. 观察解剖四缸发动机,认知汽缸盖、汽缸体、进排气门、活塞、连杆、曲轴等,观察各缸活塞上下止点位置关系,理解活塞直线运动与曲柄旋转运动的转化。
2. 测量第一缸活塞的活塞行程,并查阅该发动机的技术资料,找出相应参数(汽缸直径、压缩比),计算出工作容积及发动机排量。

三、知识拓展 双燃料汽车用发动机

目前汽车发动机使用的燃料有汽油、柴油、液化石油气(LPG)、天然气(CNG)等。以液化石油气或天然气为燃料的发动机污染气体排放量低,适合城区公交车辆采用。

根据使用燃料的不同,发动机分为汽油机、柴油机、LPG 发动机、CNG 发动机及双燃

料发动机。目前所用的双燃料汽车发动机具有两套燃料供应系统,一套供给汽油或柴油,一套供给液化石油气(LPG)或天然气(CNG),如 CNG 柴油汽车,能在单燃料燃烧与双燃料混合燃烧之间切换。

燃用 LPG 或 CNG 的发动机主要优点有:

①LPG 或 CNG 在常温下为气态,与空气混合均匀,燃烧完全,可以大大减少一氧化碳、碳氢气体和微粒的排放。

②燃烧界限宽,稀燃特性好,可以减少氮氧化物的生成,提高燃料经济性。

③不稀释润滑油,可以延长润滑油的更换周期和发动机的使用寿命。

④冷启动性和低温运转性能良好,暖机无须加浓。

项目二 发动机的总体构造

一、基础知识

(一)发动机的工作原理

现代汽车采用四冲程发动机,其能量的转换通过连续地、依次地、周而复始地进行进气→压缩→做功→排气四个过程来实现的,即在一个活塞行程内只进行一个过程。因此,活塞行程可分别用四个过程命名,如图 1.6 所示。

1. 四冲程汽油机的工作原理

(1)进气行程(如图 1.6(a)) 进气门打开,排气门关闭。活塞在曲轴的带动下由上止点移至下止点。在活塞移动过程中,汽缸内容积逐渐增大,形成一定的真空度。空气和汽油的混合物通过进气门被吸入汽缸,并在汽缸内进一步混合形成可燃混合气。活塞到达下止点时,进气门关闭,进气行程结束。进气终了汽缸内的温度为 $370\sim 400\text{ K}$,压力为 $0.07\sim 0.09\text{ MPa}$ 。

(2)压缩行程(如图 1.6(b)) 进、排气门均关闭。曲轴继续带动活塞由下止点向上止点运动。汽缸容积不断减小,汽缸内的混合气被压缩,其压力和温度同时升高,活塞到上止点时,压缩行程结束。压缩混合气的结果是可燃混合气进一步混合均匀,温度提高,燃烧迅速,以获得较大的动力。压缩终了时,汽缸内的温度可达 $600\sim 700\text{ K}$,远高于汽油的点燃温度(约 263 K),压力为 $0.6\sim 1.5\text{ MPa}$ 。

(3)做功行程(如图 1.6(c)) 进、排气门仍关闭。压缩行程结束时,火花塞产生电火花,点燃可燃混合气,迅速燃烧,压力和温度迅速升高而急剧膨胀,推动活塞由上止点向下止点运动,并通过连杆驱动曲轴旋转做功。活塞到达下止点时,做功行程结束。做功行程中汽缸的最大压力称为燃烧压力($3\sim 5\text{ MPa}$)。燃烧时汽缸的最高温度可达 $2200\sim 2800\text{ K}$ 。

(4)排气行程(如图 1.6(d)) 进气门关闭,排气门打开。活塞由下止点向上止点运动,废气在其自身剩余压力和活塞的推动下,经排气门排出汽缸。当活塞到达上止点时,进气门打开,排气门关闭,排气行程结束,进入下一个工作循环。排气行程终了时,由于燃烧室容积的存在,汽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,此时汽缸内温度为 $900\sim 1200\text{K}$,压力为 $0.105\sim 0.115\text{MPa}$ 。

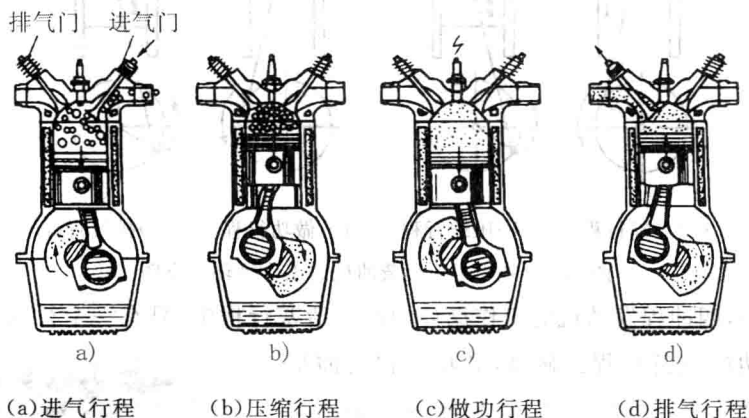


图 1.6 单缸四冲程汽油机的工作循环示意图

2. 四冲程柴油机的工作原理

四冲程柴油机的工作循环同样包括进气、压缩、做功和排气等四个过程,在各个活塞行程中,进排气门的开闭和曲柄连杆机构的运动与汽油机完全相同。只是由于柴油和汽油的使用性能不同,使柴油机和汽油机在混合气形成及着火方式上有着根本的差别。

(1)进气行程 如图 1.7 所示,在柴油机进气行程中,被吸入汽缸的只是纯空气。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约为 $0.075\text{MPa}\sim 0.095\text{MPa}$,温度约为 $320\text{K}\sim 350\text{K}$ 。

(2)压缩行程 不同汽油机的是,柴油机压缩的是纯空气,且柴油机的压缩比大,所以压缩终了时的温度和压力都比汽油机高。压缩终了时汽缸内温度为 $750\sim 1000\text{K}$,压力为 $3\sim 5\text{MPa}$ 。

(3)做功行程 压缩行程接近终了时,喷油泵将高压柴油经喷油器呈雾状喷入汽缸内的高温空气中,迅速汽化与空气混合形成可燃混合气。由于汽缸内的温度远高于柴油的自燃温度(约 500K),柴油立即自行着火燃烧。燃烧气体的压力、温度迅速升高,体积急剧膨胀,推动活塞下行并带动曲轴旋转做功。瞬时最高温度为 $2000\sim 2500\text{K}$,最大压力为 $6\sim 9\text{MPa}$ 。

(4)排气行程 如图 1.7 所示,与汽油机基本相同。排气终了时汽缸内温度为 $800\sim 1000\text{K}$,压力为 $0.105\sim 0.125\text{MPa}$ 。

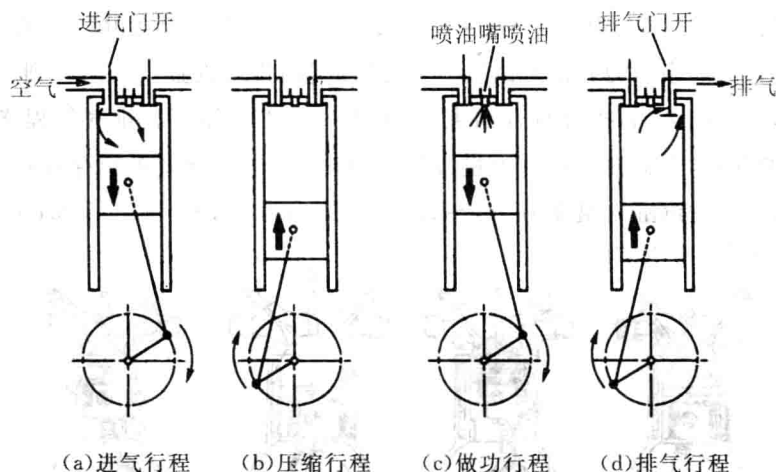


图 1.7 单缸四冲程柴油机的工作循环示意图

综上所述,四冲程发动机的工作循环的四个活塞行程中,只有一个行程做功,其余三个行程是做功的准备行程。显然,做功行程时曲轴转速要比其余三个行程快得多,即曲轴旋转是不均匀的。为了解决这个问题,在曲轴上安装转动惯量较大的飞轮或采用多缸内燃机并使其按一定的工作顺序依次进行工作。汽缸数越多,发动机的工作越平稳。故现代汽车基本不用单缸发动机,多采用多缸发动机。

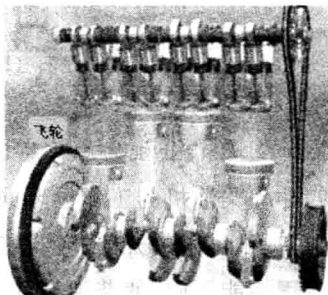


图 1.8 直列四缸发动机

多缸发动机是由若干个相同的单缸排列在一个机体上共用一根曲轴输出动力所组成,如图 1.8 所示。现代汽车上多用四缸、六缸、八缸发动机。

知识链接

发动机着火的基本条件——油、气、电

油:是否有浓度合适的油;

气:汽缸压力是否足够;

电:火花塞能否产生足够的电火花以点燃混合气(对于汽油机);

配气正时:进排气门开闭的时刻是否正确;

点火或喷油正时:点火或喷油的时刻是否正确。

3. 汽油机与柴油机的比较

(1) 汽油机的特点

①汽油与空气在缸外混合,进入汽缸的是可燃混合气,用电火花点燃,结构上需要点火系统,对混合气的要求高,燃烧后废气的成分除二氧化碳和水外,还含有一氧化碳、碳氢、氮氧气体等有害气体。

②具有转速高、噪声小、质量小、启动容易、制造维修费用低等优点,故广泛应用在轿车、中小型货车及越野车上。

③压缩比低于柴油机,油耗高,燃油经济性差。

(2) 柴油机的特点

①进入汽缸的是纯空气,燃油以高压形式喷入汽缸,在缸内形成高温高压混合气后自行着火燃烧,结构上需要提高油压的燃油泵。

②压缩比高于汽油机,油耗低且柴油价格便宜,燃油经济性好,重型货车多采用柴油机。

③转速低于汽油机,质量大、制造维修费用高。

(二) 发动机的总体构造

发动机是一种由许多机构和系统组成的复杂机器。无论是汽油机,还是柴油机,要完成能量转换,实现工作循环,保证长时间连续正常工作,都必须具备一些机构和系统。汽油机通常由两大机构和五大系统组成,柴油机则由两大机构和四大系统组成。

机体组 机体组是构成发动机的骨架,是发动机各机构和各系统的安装基础。机体组主要由汽缸体、曲轴箱、汽缸盖和汽缸垫等零件组成。

曲柄连杆机构(如图 1.9 所示) 曲柄连杆机构是发动机实现热能转换为机械能的核心机构,由活塞连杆组和曲轴飞轮组组成。在做功行程中,活塞承受燃气压力在汽缸内作直线运动,通过连杆转换成曲轴的旋转运动,并从曲轴对外输出动力。而在进气、压缩和排气行程中,飞轮释放能量又把曲轴的旋转运动转化成活塞的直线运动。

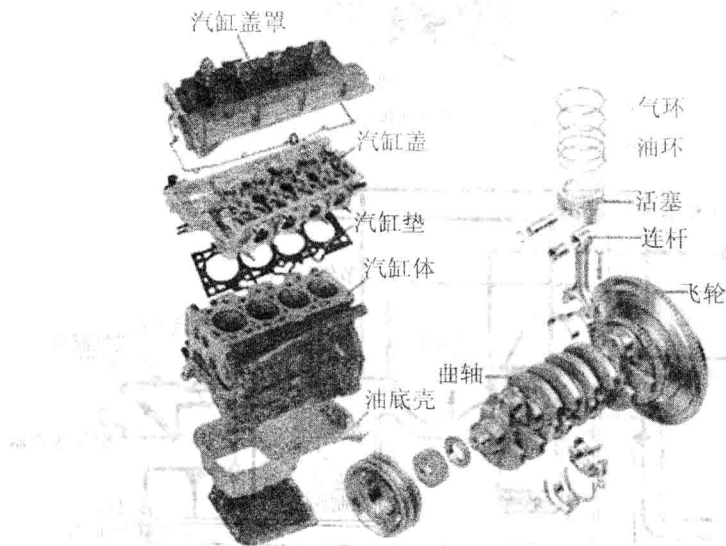


图 1.9 机体组及曲柄连杆机构

配气机构(如图 1.10 所示) 一般由气门组、气门传动组组成。其功用是根据发动机的工作顺序和工作过程,定时开闭进、排气门,使可燃混合气进入汽缸,并及时排出废气。

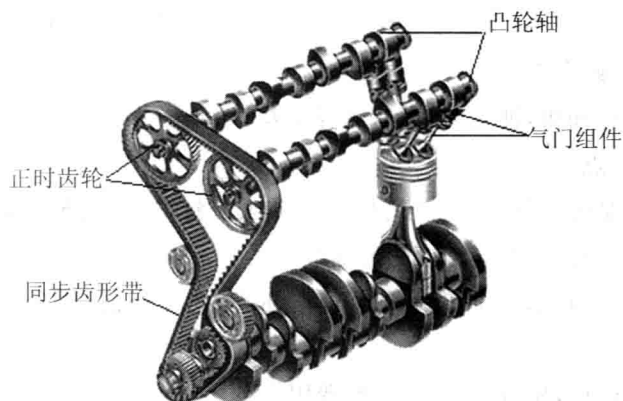
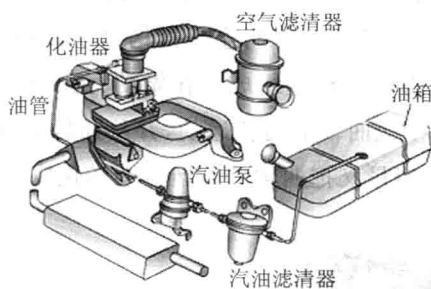


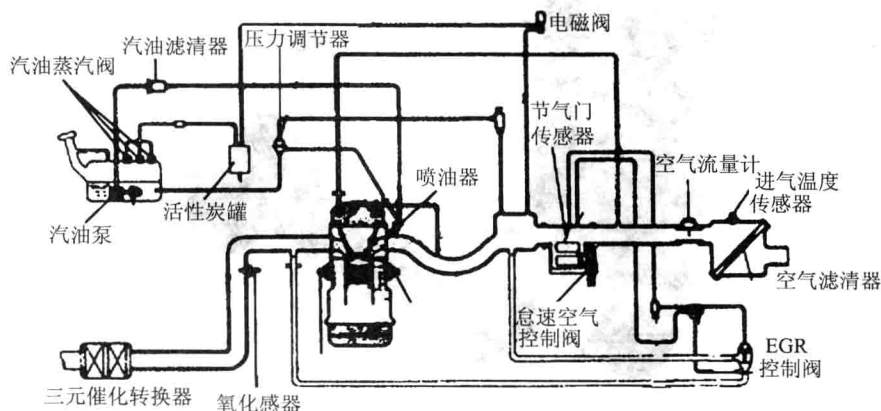
图 1.10 顶置式配气机构简图

燃油供给系 汽油机燃油供给系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,供入汽缸,并将燃烧后的废气从汽缸内排出到大气中去。分为化油器式和燃油喷射式汽油机供给系统。化油器式燃油供给系因耗油多、污染大、功率低而被淘汰。

电控汽油喷射系统主要包括汽油箱、汽油泵、油压调节器、喷油器、汽油滤清器、空气滤清器、进排气歧管、排气消声器等。如图 1.11。



(a) 化油器式燃油供给系



(b) 汽油喷射式燃油供给系

图 1.11 汽油机燃油供给系简图