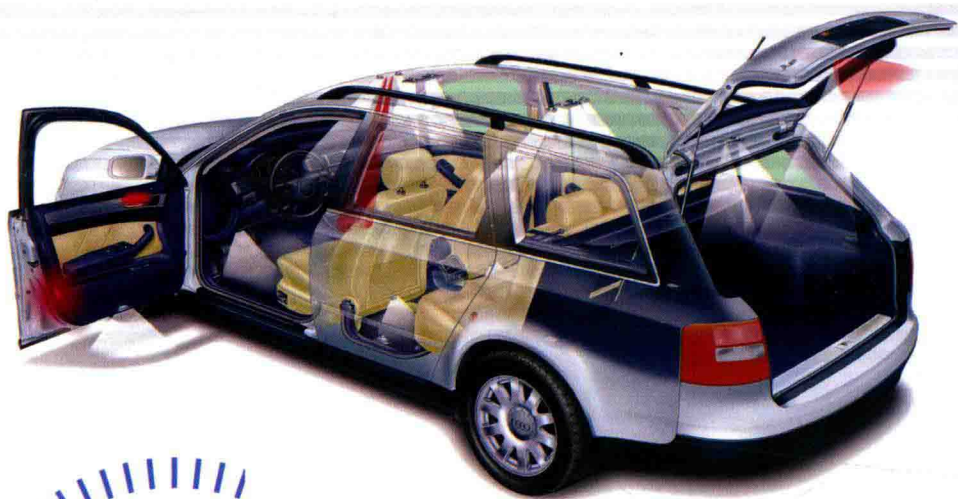


全国高等职业教育汽车类“十二五”规划教材



发动机

构造与维修

主 编 吴永建



黄河水利出版社

全国高等职业教育汽车类“十二五”规划教材

发动机构造与维修

主 编 吴永建

副主编 岳现杰 校振华 张 伟

黄河水利出版社

· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书以发动机构造与维修的知识为主线,主要内容包括发动机的基本构造与工作原理、曲柄连杆机构、配气机构、电控汽油喷射系统、柴油机燃料供给系统、冷却系统、润滑系统、发动机的装配磨合与调试等,共八个模块。

本书内容符合国家对技能型紧缺人才培养培训工作的要求,注重以就业为导向、以能力为本位,面向市场、面向社会,根据经济结构调整和科技进步服务的原则,体现了职业教育的特色,适用于高职高专院校汽车维修、汽车运用等专业教学使用,也可供汽车发动机构造与维修培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

发动机构造与维修/吴永建主编. —郑州:黄河水利出版社,2013. 12

全国高等职业教育汽车类“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5509 - 0440 - 8

I. ①发… II. ①吴… III. ①汽车 - 发动机 - 构造 - 高等职业教育 - 教材②汽车 - 发动机 - 车辆修理 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 046625 号

组稿编辑:王文科 电话:0371-66025273 E-mail:wwk5257@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:郑州海华印务有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:13.25

字数:322 千字

印数:1—3 000

版次:2013 年 12 月第 1 版

印次:2013 年 12 月第 1 次印刷

定价:29.00 元

前 言

为了响应国家对汽车运用技术领域高素质专业实用人才培养的需要,黄河水利出版社组织编写了本套教材,本书是其中一本。本书内容编写以高职高专教育人才培养模式和宗旨为导向,注重实践能力的培养,体现理实一体化的教学标准,采用模块化进行编写。本书详细讲解了汽车发动机构造与维修的基础知识、曲柄连杆机构和配气机构、汽油机和柴油机燃料喷射系统、冷却系统和润滑系统、发动机的装配磨合与调试等,使学生能够在本课程结束时掌握汽车发动机构造与维修的基础知识。

本书的编写人员及编写分工如下:河南交通职业技术学院岳现杰编写项目一、八,河南交通职业技术学院吴永建编写项目二,河南农业职业学院校振华编写项目三,安阳职业技术学院张伟编写项目四,河南交通职业技术学院张正华、李杨编写项目五、七,河南农业职业技术学院李韬、冯亚磊编写项目六。本书由河南交通职业技术学院吴永建担任主编,由河南交通职业技术学院岳现杰、河南农业职业学院校振华和安阳职业技术学院张伟担任副主编。

本书在编写过程中得到了很多同仁的帮助与支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者经历和水平有限,教材内容难免有许多不尽如人意之处,敬请广大读者及时提出修改意见和建议,以便再版修订时改正。

编 者
2013 年 10 月

目 录

前 言

项目一 发动机的基本构造与工作原理	(1)
单元一 发动机的分类与基本构造	(1)
单元二 发动机的常用术语与工作原理	(4)
单元三 发动机基本理论	(9)
小 结	(13)
技能训练	(14)
思考题	(14)
项目二 曲柄连杆机构	(16)
单元一 机体组的构造与检修	(16)
单元二 活塞连杆组的构造与检修	(25)
单元三 曲轴飞轮组的构造与检修	(38)
单元四 曲柄连杆机构常见故障的诊断与排除	(49)
小 结	(51)
技能训练	(51)
思考题	(52)
项目三 配气机构	(54)
单元一 概 述	(55)
单元二 配气机构的构造	(60)
单元三 配气机构的检修	(69)
单元四 气门间隙	(75)
单元五 可变气门配气相位	(79)
单元六 配气机构的故障诊断与排除	(82)
小 结	(84)
技能训练	(85)
思考题	(85)
项目四 电控汽油喷射系统	(86)
单元一 概 述	(86)
单元二 空气供给系统的结构与工作原理	(91)
单元三 燃油供给系统的结构与工作原理	(97)
单元四 电子控制系统的结构与工作原理	(101)
单元五 电控汽油喷射系统检测与故障诊断	(110)
单元六 汽油机的排气污染与检测	(121)
小 结	(127)

技能训练	(127)
思考题	(128)
项目五 柴油机燃料供给系统	(131)
单元一 概 述	(131)
单元二 混合气的形成及燃烧室	(132)
单元三 喷油器	(135)
单元四 柱塞式喷油泵	(138)
单元五 调速器	(143)
单元六 辅助装置	(150)
单元七 电控柴油喷射系统	(154)
单元八 柴油机燃料供给系统的维修	(157)
单元九 柴油机燃料供给系统的故障诊断	(164)
小 结	(169)
技能训练	(169)
思考题	(170)
项目六 冷却系统	(172)
单元一 概 述	(172)
单元二 冷却系统的主要部件	(175)
单元三 冷却系统的检修	(181)
单元四 冷却系统的故障诊断与排除	(183)
小 结	(184)
技能训练	(184)
思考题	(185)
项目七 润滑系统	(186)
单元一 概 述	(186)
单元二 润滑系统主要零件的构造与维修	(190)
单元三 润滑系统常见故障诊断与排除	(197)
小 结	(198)
技能训练	(198)
思考题	(199)
项目八 发动机的装配磨合与调试	(201)
单元一 发动机的磨合过程	(201)
单元二 发动机的磨合设备	(203)
单元三 发动机的调试	(204)
小 结	(205)
思考题	(205)
参考文献	(206)

项目一 发动机的基本构造与工作原理

【任务介绍】

通过认识发动机的内部构造,为学习发动机机械系统构造与维修课程奠定必要的基础,使学生掌握发动机各总成、各零部件及其相互间的连接关系。

【任务分析】

本任务的主要学习内容包括发动机基本知识。

学习完本任务后应能够:

1. 叙述发动机的基本构造与术语、工作原理、各总成的组成和作用;
2. 掌握发动机的分类、型号。

【相关知识】

发动机是一种将其他形式的能量转变为机械能的机械装置。现代发动机主要采用四冲程往复式内燃机,它具有功率大、热效率高、体积小、质量轻、操作简单、移动方便、启动性好等优点。

单元一 发动机的分类与基本构造

一、发动机的分类

任何机器都必须由动力驱动,汽车的动力来源于发动机。

目前,汽车所采用的发动机绝大多数是各种型号的往复式内燃机。发动机的分类方法很多,按照不同的分类方法可以将发动机分为不同的类型。

(一)按照所用燃料分类

发动机按照其所用燃料的不同可以分为汽油机和柴油机。以汽油为燃料的发动机称为汽油机;以柴油为燃料的发动机称为柴油机。

(二)按照冲程分类

发动机按照完成一个工作循环所需的冲程数可分为四冲程发动机和二冲程发动机。曲轴转动两周,活塞在汽缸内上、下往复运动四个行程完成一个工作循环的发动机称为四冲程发动机;曲轴转动一周,活塞在汽缸内上、下往复运动二个行程完成一个工作循环的发动机称为二冲程发动机。

(三)按照冷却方式分类

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。水冷发动机利用在汽缸体和汽缸盖冷却水套中进行循环的冷却液作为冷却介质进行冷却;风冷发动机利用空气作为冷却介质流动于汽缸体和汽缸盖外表面散热片之间进行冷却。水冷发动机冷却均匀、冷却效果好、工作可靠,因而广泛应用于现代车用发动机。

(四)按照汽缸数目分类

发动机按照汽缸数目不同可分为单缸发动机和多缸发动机。仅有一个汽缸的发动机称为单缸发动机;有两个以上汽缸的发动机称为多缸发动机。四缸发动机、六缸发动机、八缸发动机应用最为广泛。

(五)按照汽缸的排列方式分类

发动机按照汽缸排列方式的不同可分为单列式发动机(又称为直列式发动机)和双列式发动机。单列式发动机的各个汽缸排成一列,多是垂直布置,但为了降低高度,有时也会把汽缸布置成倾斜的,甚至是水平的;双列式发动机的汽缸排成两列,两列之间的夹角小于 180° 的称为V型发动机,夹角等于 180° 的称为对称式发动机,如图1-1所示。

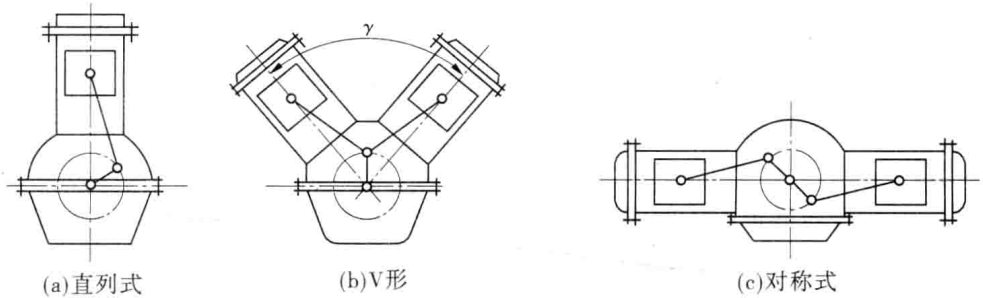


图1-1 多缸发动机的排列形式

(六)按照气门数目分类

发动机按照气门数目不同可分为双气门发动机和多气门发动机。一个汽缸中仅有一个进气门和一个排气门的发动机称为双气门发动机;一个汽缸中有两个以上气门的发动机称为多气门发动机。

(七)按照进气系统是否采用增压方式分类

发动机按照进气系统是否采用增压方式可分为自然吸气式发动机和强制进气式发动机。

二、发动机的基本构造

汽车发动机的类型很多,其具体结构也不尽相同,但为完成发动机工作循环所需的基本构造则大同小异。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。

下面以桑塔纳 AJR 型发动机(见图1-2)为例,介绍汽车发动机的一般结构。

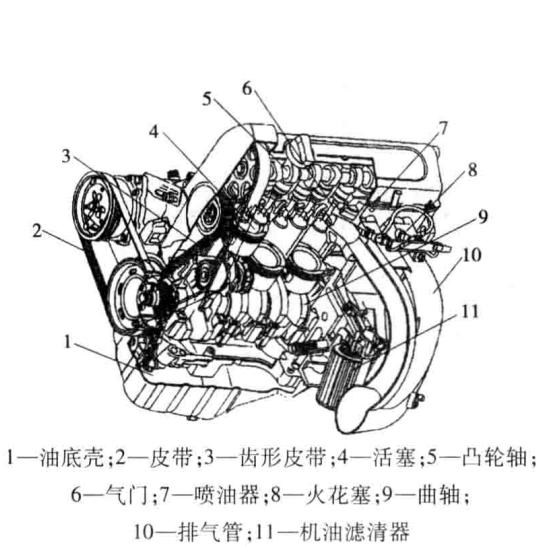
(一)曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是发动机实现工作循环、完成能量转换的主要运动零件。它由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组等组成。在做功行程中,活塞承受燃气压力在汽缸内作直线运动,活塞的直线运动通过连杆转换成曲轴的旋转运动,并由曲轴对外输出动力。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换成活塞的直线运动。曲柄连杆机构如图1-3所示。

(二)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,定时地开启和关闭进气门和排

气门,使可燃混合气或空气进入汽缸,并使废气从汽缸内排出,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,如图 1-4 所示。



1—油底壳;2—皮带;3—齿形皮带;4—活塞;5—凸轮轴;
6—气门;7—喷油器;8—火花塞;9—曲轴;
10—排气管;11—机油滤清器

图 1-2 AJR 型发动机的剖面图

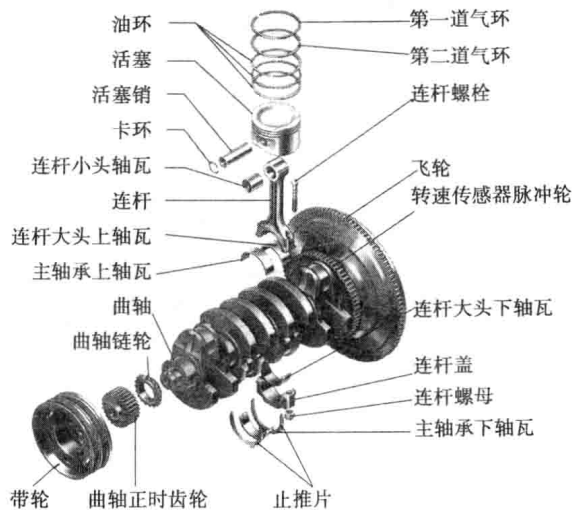


图 1-3 曲柄连杆机构

(三) 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并供入汽缸,然后将燃烧后的废气从汽缸内排出到大气中;柴油机燃料供给系统的功用是把柴油和空气分别供入汽缸,在燃烧室内形成混合气并燃烧,最后将燃烧后的废气排出。燃料供给系统如图 1-5 所示。

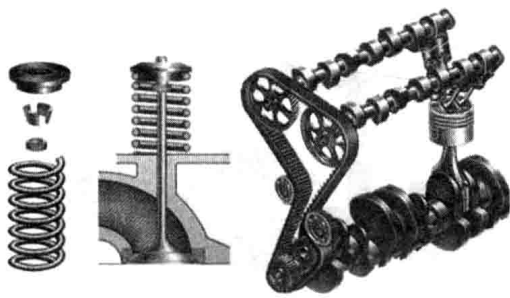


图 1-4 配气机构

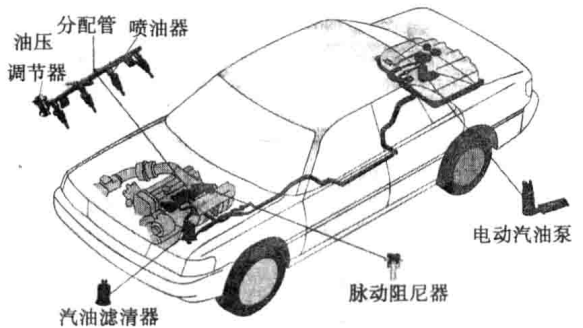


图 1-5 燃料供给系统

(四) 润滑系统

发动机的润滑系统包括机油泵、集滤器、限压阀、润滑油道、机油滤清器、油底壳等机件。其作用是向做相对运动的零件表面输送定量的清洁润滑油,以减小摩擦、降低机件磨损,并能部分冷却摩擦零件、清洗摩擦表面。润滑系统如图 1-6 所示。

(五) 冷却系统

水冷式发动机的冷却系统通常由散热器、风扇、水泵、节温器、水套等机件组成。其作用是将受热零部件吸收的部分热量及时散发到大气中,使发动机始终处于正常的工作温度。

冷却系统如图 1-7 所示。

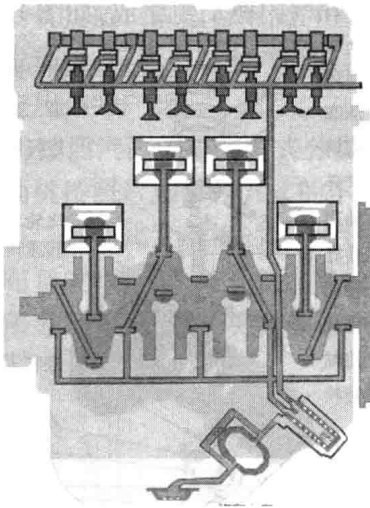


图 1-6 润滑系统

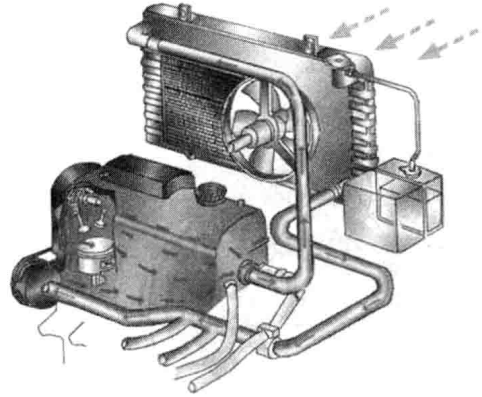


图 1-7 冷却系统

(六) 点火系统

汽油机汽缸内的可燃混合气是靠电火花点燃的,因此在汽油机的汽缸盖上安装有火花塞。火花塞头部伸入到燃烧室内,其作用是在压缩冲程接近结束时产生高压电火花点燃混合气。点火系统如图 1-8 所示。

(七) 启动系统

启动系统主要由起动机及附属装置组成,其作用是在任何温度下都能使静止的发动机启动并转入自行运转。启动系统如图 1-9 所示。

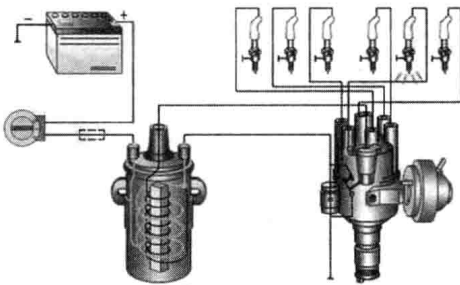


图 1-8 点火系统

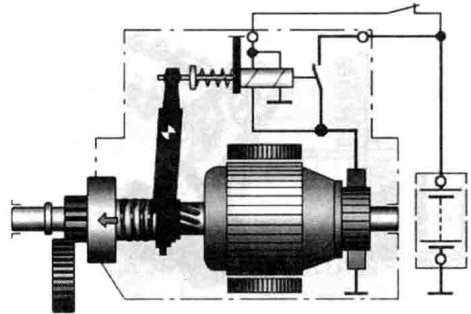


图 1-9 启动系统

单元二 发动机的常用术语与工作原理

一、发动机的常用术语

(一) 上、下止点与活塞行程

1. 上止点

活塞顶距离曲轴中心最远的极限位置称为上止点。

2. 下止点

活塞顶距离曲轴中心最近的极限位置称为下止点。

3. 活塞行程

上、下止点间的距离称为活塞行程,用 S 表示,如图 1-10 所示。四冲程发动机的活塞每移动一个行程,曲轴必旋转半周(即 180°)。若曲柄半径为 R ,则

$$S = 2R$$

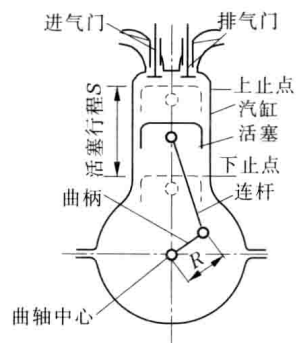


图 1-10 发动机的常用术语

(二) 汽缸容积

1. 燃烧室容积 V_c

活塞位于上止点时,活塞顶上方的空间称为燃烧室容积,用 V_c 表示。

2. 汽缸工作容积 V_h

活塞从上止点运动到下止点所扫过的容积称为汽缸工作容积,用 V_h 表示(单位为 L)。

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} \times S \times 10^{-6}$$

式中 D ——汽缸直径,mm;

S ——活塞行程,mm。

3. 发动机工作容积

多缸发动机各汽缸工作容积的总和称为发动机工作容积或发动机排量,用 V_L 表示。若发动机的汽缸数为 i ,则

$$V_L = iV_h$$

4. 汽缸总容积

活塞位于下止点时,活塞上方的整个空间称为汽缸总容积,用 V_a 表示。汽缸总容积等于汽缸工作容积与燃烧室容积之和,即

$$\hat{V}_a = V_h + V_c$$

5. 压缩比

汽缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比,用 ε 表示,即

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

ε 表示活塞从下止点运动到上止点时,汽缸内气体被压缩的程度,也表示缸内气体膨胀时体积变化的倍数。不同类型的发动机对压缩比的要求各不相同,一般柴油机的压缩比较高($\varepsilon = 16 \sim 22$),汽油机的则较低($\varepsilon = 6 \sim 9$,轿车 $\varepsilon = 9 \sim 11$)。

二、四冲程发动机的工作原理和工作特点

发动机每个汽缸内每产生一次动力,都要经过进气、压缩、做功和排气四个工作过程。这四个工作过程称为发动机的一个工作循环。如果发动机的一个工作循环是在曲轴旋转两周(即 720°),活塞在汽缸内上、下运动共四个活塞行程内完成的,则称之为四冲程发动机。

(一) 四冲程发动机的工作原理

单缸四冲程发动机气体进入汽缸燃烧产生动力,其具体工作过程如图 1-11 所示,

图 1-12 则为四冲程发动机示功图。

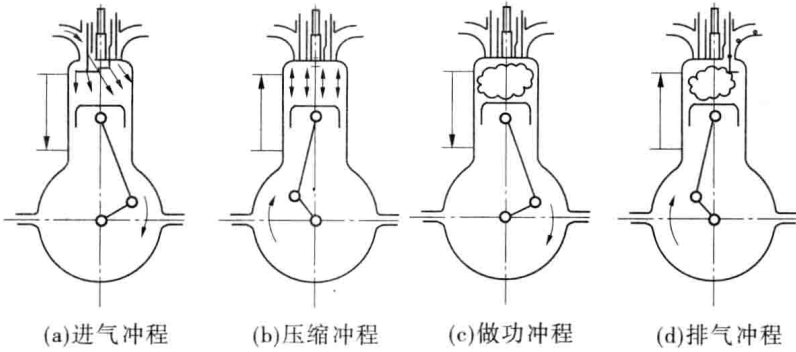
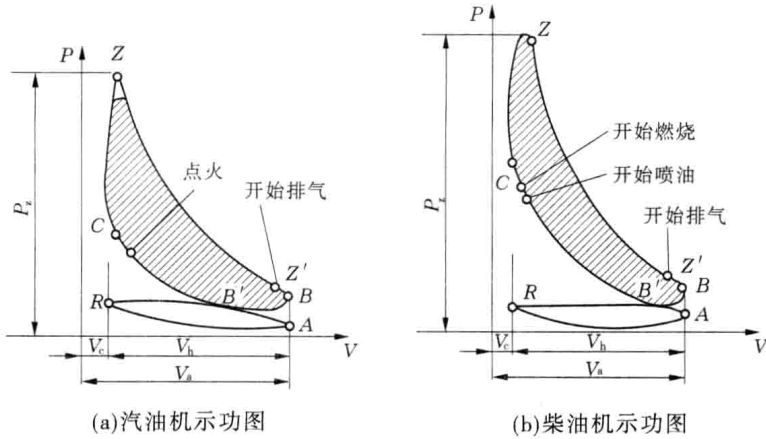


图 1-11 四冲程发动机的工作过程



V —汽缸容积; P —汽缸气体压力; V_c —燃烧室容积; V_h —汽缸工作容积; V_a —汽缸总容积;
 RA —进气冲程; AC —压缩冲程; CZ —燃烧过程; ZB —做功冲程; BR —排气冲程

图 1-12 四冲程发动机示功图

1. 进气冲程

进气冲程开始时,进气门打开,排气门关闭。曲轴旋转,通过连杆带动活塞由上止点向下止点运动,活塞顶部容积逐渐增大,汽缸内产生真空吸力,将可燃混合气经进气管、进气门吸入汽缸,如图 1-11(a) 所示。

当活塞运行到下止点时,曲轴转过半周(即转过 180°),进气门关闭,进气冲程结束。进气冲程结束时,汽缸内的压力略低于外界大气压力,如图 1-12(a) 中的 RA 曲线所示。

2. 压缩冲程

压缩冲程如图 1-11(b) 所示,进、排气门均保持关闭状态。活塞由下止点向上止点运动,汽缸内的可燃混合气被压缩。当活塞到达上止点时,曲轴转过第二个半周(即总共转过 360°),压缩冲程结束。压缩冲程结束时,燃烧室内的气体压力达到 $0.6 \sim 1.5 \text{ MPa}$,温度达到 $600 \sim 700 \text{ K}$ 。压缩冲程在示功图上用 AC 曲线表示,如图 1-12(a) 所示。

3. 做功冲程

做功冲程如图 1-11(c) 所示。压缩冲程结束后,进、排气门仍保持关闭状态。点火系统通过火花塞产生高压电火花,点燃燃烧室内的可燃混合气。混合气迅速燃烧,缸内气体温

度、压力急速升高(见图 1-12(a)中的 CZ 曲线),温度可达 2 200 ~ 2 800 K,压力达 3 ~ 5 MPa。燃烧后的高温高压气体推动活塞迅速向下运动(见图 1-12(a)中的 ZB 曲线),通过连杆使曲轴旋转,产生扭矩做功,完成一次将热能转变为机械能的过程。

当活塞到达下止点时,曲轴转过第三个半圈(此时已经转过 540°),做功冲程结束。做功冲程结束时,汽缸内的温度和压力分别降至 1 300 ~ 1 600 K 和 0.3 ~ 0.5 MPa。

4. 排气冲程

排气冲程如图 1-11(d)所示。在排气冲程接近完成(见图 1-12(a)中 Z'点)时,排气门开启。汽缸内做功后的废气在残余压力作用下,大部分经排气门自行排出。活塞从下止点向上止点运动时,进一步将废气排出。活塞到达上止点时,曲轴转过第四个半圈(即转过 720°),排气冲程结束(见图 1-12(a)BR 曲线)。排气冲程结束,汽缸内的废气温度为 900 ~ 1 200 K,压力降至 0.105 ~ 0.115 MPa。

排气冲程结束,排气门关闭,进气门开启,活塞继续向下运动,开始下一个工作循环,如此循环往复。

单缸四冲程汽油机工作时,曲轴转角、活塞运动、气门状态、汽缸内的温度及压力等情况如表 1-1 所示。

表 1-1 单缸四冲程汽油机的工作过程

曲轴转角	冲程	活塞运动	气门状态		汽缸内	
			进气门	排气门	压力(MPa)	温度(K)
0° ~ 180°	进气	向下	开启	关闭	进气结束:0.08 ~ 0.90 (0.80 ~ 0.95)	进气结束:370 ~ 440 (320 ~ 350)
180° ~ 360°	压缩	向上	关闭	关闭	压力结束:0.6 ~ 1.5 (3 ~ 5)	压缩结束:600 ~ 700 (800 ~ 1 000)
360° ~ 540°	做功	向下	关闭	关闭	最大压力:3 ~ 5(5 ~ 10) 做功结束:0.3 ~ 0.5 (0.2 ~ 0.4)	最高温度:2 200 ~ 2 800 (1 200 ~ 1 500)
540° ~ 720°	排气	向上	关闭	开启	排气结束:0.105 ~ 0.115 (0.11 ~ 0.115)	排气结束:900 ~ 1 200 (800 ~ 1 000)

注:括号内的数字表示柴油机对应的冲程的压力与温度。

(二) 四冲程发动机的工作特点

(1) 在四冲程发动机的一个工作循环中,曲轴转两圈(即转过 720°),每一个冲程曲轴转半圈(即转过 180°),进气冲程时进气门开启,排气冲程时排气门开启,其余两个冲程进、排气门均关闭。

(2) 发动机运转的第一个循环,必须有外力使曲轴旋转完成进气、压缩冲程,并且在着火燃烧完成做功冲程后,依靠曲轴和飞轮储存的能量便可自行完成以后的冲程,此后的工作循环发动机无须外力即可自行完成。

(3) 发动机在换气过程中若能做到进气充分、排气彻底,即可提高充气系数,增大发动

机输出的功率。

(4)单缸四冲程发动机只有做功冲程产生主动力,其他三个冲程则消耗动力,但不可或缺地为做功冲程做准备。因此,单缸发动机的工作很不平稳。为了提高发动机转速的均匀性,一般采取在单缸发动机的曲轴上安装一个质量和尺寸均较大的飞轮,或采用多缸发动机。

对于多缸四冲程发动机,在曲轴每转两圈的过程中,所有汽缸都要完成一个工作循环,且各汽缸所有的工作循环完全相同,并严格按进气、压缩、做功、排气的次序进行。在结构上采用适当型号的曲轴,可以使各汽缸的做功冲程间隔角(曲轴转角 $=720^\circ/i$)均匀,做功顺序相互交错,保证发动机运转平稳。例如,四缸发动机的各汽缸做功冲程间隔角为 $180^\circ(720^\circ/4)$,八缸四冲程发动机的各汽缸做功冲程间隔角为 $90^\circ(720^\circ/8)$,汽缸数越多,各汽缸做功间隔角越小,发动机的工作越平稳。但汽缸数越多,结构越复杂,结构尺寸和整体质量均增加。

三、内燃机的名称与型号编制

(一)国产内燃机的名称及型号编制

根据国家标准(GB/T 725—1991)规定,国产内燃机产品名称根据所采用的燃料命名,其型号由阿拉伯数字和汉语拼音组成,分为以下四个部分:

(1)首部:由制造厂根据需要自选相应的字母表示,经主管部门或由部门主管标准机构核准的产品系列符号或换代标志符号。

(2)中部:由缸数符号、冲程符号、汽缸排列形式符号和缸径符号组成。

(3)后部:用字母表示结构特征和用途特征的符号。

(4)尾部:为区分符号,同系列产品因改进等需要区分时,由制造厂选用适当符号表示。

内燃机产品型号的排列顺序及符号代表的意义规定,如图 1-13 所示。

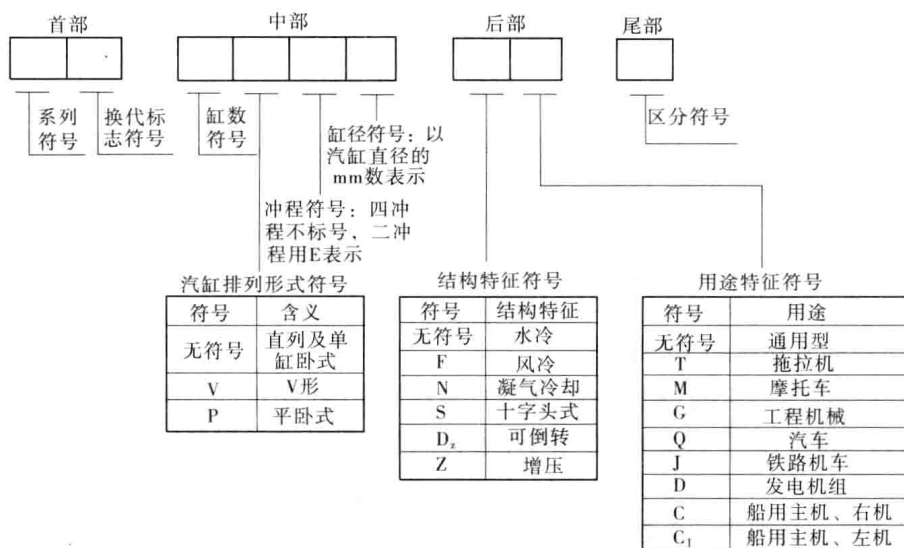


图 1-13 内燃机产品型号的排列顺序及符号代表的意义规定

(二) 型号编制示例

1. 柴油机

12V135ZG——12缸、V形、四冲程、缸径135 mm、水冷式、增压、工程机械用发动机。

2. 汽油机

(1)462Q——四缸、四冲程、缸径62 mm、水冷式、汽车用发动机。

(2)EQ6100Q-1——六缸、四冲程、缸径100 mm、水冷式、EQ6100Q的第一种变形产品、汽车用发动机。

单元三 发动机基本理论

一、发动机的性能指标

发动机的性能指标包括指示性能指标、有效性能指标、标定性能指标。

(一) 指示性能指标

指示性能指标是指以可燃混合气(工质)对活塞做功为基础建立的指标,常用指示功和指示热效率表示,是用以评定发动机工作循环优劣的指标。

1. 指示功 W_i

在发动机示功图(见图1-12)中的封闭曲线分别构成两个封闭的面积,阴影面积 $B'CZB'$ 的大小表示发动机内可燃混合气(工质)对活塞做功的多少,此时发动机做的功是正功,称为循环的指示功 W_i 。 $B'RAB$ 面积的大小表示进、排气冲程所消耗的能量,此时发动机做的功是负功,称为泵气损失。

2. 指示热效率 η_i

进入汽缸的可燃混合气在压缩冲程上止点附近开始着火燃烧,放出热量,使混合气的温度、压力急剧升高,混合气膨胀推动活塞移动而转换成机械功。在膨胀结束时,混合气的温度、压力仍高于大气的温度、压力。这样,相当数量的热量通过排气冲程排放到大气中,还有一部分热量通过汽缸壁传给冷却系统。所以,在整个实际循环中,混合气所放出的热量 Q 不可能全部转换为指示功。热能转换的百分率称为发动机实际循环的热效率或指示热效率,即

$$\eta_i = \frac{W_i}{Q}$$

式中 W_i ——发动机工作循环的指示功,kJ;

Q ——为得到指示功所消耗的燃料的热量,kJ。

实际情况表明,发动机的热效率均不高, η_i 值的大致范围:汽油机 η_i 为0.25~0.4,柴油机 η_i 为0.4~0.5。

(二) 有效性能指标

发动机有效性能指标主要包括有效功率 P_e 、有效转矩 M_e 、平均有效压力 p_e 、有效燃油消耗率 g_e 。它是以前述发动机曲轴输出的净功率为基础建立的指标,同时它综合反映了发动机的工作情况,对描述发动机的性能特点、检测发动机性能有着重要的指导意义。

1. 有效功率 P_e

有效功率是指发动机运转时曲轴输出的功率,用 P_e 表示。其值可由发动机测功机实际测得。

2. 有效转矩 M_e

有效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,用 M_e 表示。由试验测得,转矩 M_e 、功率 P_e 、转速 n 三者的关系可用下式表示,即

$$M_e = 9\,550 \frac{P_e}{n}$$

式中 M_e ——有效转矩, N·m;
 P_e ——有效功率, kW;
 n ——发动机转速, r/min。

3. 平均有效压力 p_e

发动机在单位汽缸容积中所做的有效功,称为平均有效压力 p_e 。平均有效压力可由下式计算:

$$p_e = \frac{30\tau P_e}{iV_h n} \times 10^3$$

式中 p_e ——平均有效压力, kPa;
 τ ——发动机冲程数;
 P_e ——有效功率, kW;
 V_h ——汽缸工作容积, L;
 i ——汽缸数, 个;
 n ——发动机转速, r/min。

平均有效压力越高,发动机单位汽缸工作容积中所做的有效功越大。因此,可用平均有效压力来比较各种不同排量发动机的动力性。 p_e 值的大致范围:汽油机 p_e 为 588 ~ 981 kPa;柴油机 p_e 为 588 ~ 883 kPa。

4. 有效燃油消耗率 g_e

单位有效功的燃油消耗量称为有效燃油消耗率或有效耗油率,用 g_e 表示,即

$$g_e = \frac{G_T}{P_e} \times 10^3$$

式中 G_T ——发动机单位时间内的实际耗油量, kg/h;
 P_e ——发动机的有效功率, kW。

g_e 越小,发动机曲轴输出的净功率所消耗的燃料越少。发动机产品说明书中通常给出发动机的最低燃油消耗率。 g_e 实际上随发动机的工作状况的改变而发生变化。 g_e 值的大致范围:汽油机 g_e 为 270 ~ 410 g/(kW·h),柴油机 g_e 为 215 ~ 285 g/(kW·h)。

(三) 标定性能指标

发动机铭牌上标示的有效功率、有效转矩、有效燃油消耗率等性能指标即为标定性能指标。铭牌上所给出的有效功率和有效转矩都是最大值,有效燃油消耗率则为最小值。

在标定发动机的有效功率时,考虑到发动机运用场合,通常给出两种或两种以上的标定功率,如 15 min 功率、1 h 功率、12 h 功率及 24 h 功率等,分别表示发动机连续工作 15 min、

1 h、12 h 和 24 h 允许发动机发出的最大功率。

根据国家有关标准规定,在标定有效功率和有效转矩时,应同时注明相应转速。

二、充气系数

(一) 充气系数

在一个工作循环中,实际充入汽缸的空气质量 ΔG 与大气状态下汽缸工作容积内能够充入的空气质量 ΔG_0 之比称为充气系数,用 η_v 表示,即

$$\eta_v = \frac{\Delta G}{\Delta G_0}$$

充气系数 η_v 恒小于 1。不同类型的发动机的充气系数有较大的差别。汽油机 η_v 为 0.7 ~ 0.85,柴油机 η_v 为 0.75 ~ 0.9。

(二) 提高充气系数的措施

提高充气系数是提高发动机动力性的先决条件,提高充气系数除在结构上有合理的气道结构形式与尺寸、合理的进排气歧管的配置、适宜的配气相位以及采用多气门结构外,在使用过程中还应注意:定期清洗空气滤清器,以减小进气系统的阻力;定期检查调整配气相位,以消除因配气机构零件磨损导致的配气相位变化,从而提高充气系数。

三、混合气的浓度及燃烧过程

(一) 混合气的浓度

燃料在燃烧过程中,空气与燃料之间有一定的浓度要求,混合气的浓度通常用空燃比和过量空气系数表示。

空燃比是指混合气中所含空气质量(单位为 kg)与燃料质量(单位为 kg)之比,用 R 表示,即

$$R = \frac{\text{空气质量}}{\text{燃料质量}}$$

理论上,1 kg 汽油完全燃烧大约需要 14.7 kg 空气,即空燃比 $R = 14.7$ 。这种混合气称为理论混合气。若 $R < 14.7$ 则称为浓混合气,而 $R > 14.7$ 的混合气则称为稀混合气。对于不同的燃料,其理论空燃比是不同的。

过量空气系数是指燃烧过程中实际供给的空气质量(单位为 kg)与理论上燃料完全燃烧时所需要的空气质量(单位为 kg)之比,用 a 表示,即

$$a = \frac{\text{燃烧过程中实际供给的空气质量}}{\text{理论上燃料完全燃烧时所需要的空气质量}} = \frac{\text{实际空燃比}}{\text{理论空燃比}}$$

由上述定义可知,无论使用何种燃料, $a = 1$ 时可燃混合气即为理论混合气(又称为标准混合气); $a < 1$ 时则为浓混合气, $a > 1$ 时则为稀混合气。

在发动机的实际循环过程中,发动机对混合气的浓度要求是随发动机的各种负荷工作状态的变化而变化的。

(二) 燃烧过程

燃料在汽缸内从着火到燃烧是极其复杂的热反应过程。由于汽油机和柴油机中混合气形成过程和形成原理的不同,其燃烧过程、特点也大不一样。