

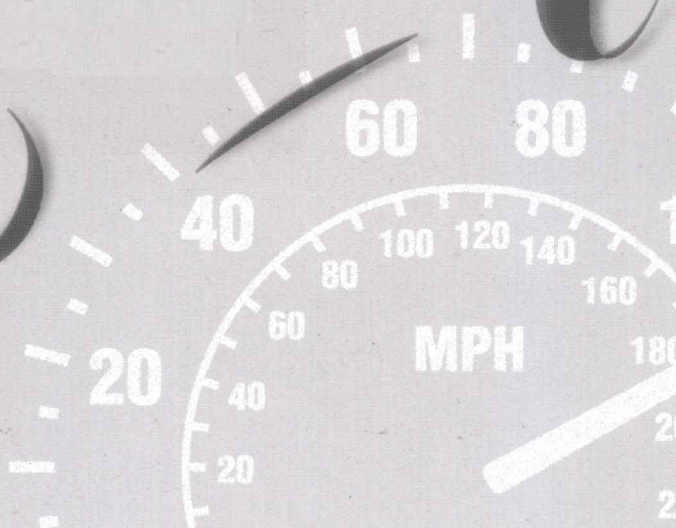


21世纪中等职业教育特色精品课程规划教材

汽车发动机构造与维修

凌凯汽车资料编写组 组编
朱金勇 主编

Qiche
Fadongji Gouzao
Yu Weixiu



21世纪中等职业教育特色精品课程规划教材

汽车发动机构造与维修

QI CHE FA DONG JI GOU ZAO YU WEI XIU

凌凯汽车资料编写组 组编

主 编：朱金勇

参 编：郑 路 陈 波 蔡志乾 徐银泉
张崇敏 秦 敬 黎正云 郭艳先
朱松森 吕立波 任建生 陈建波
石 兵



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书根据国家教育部对中等职业教育的有关规定及从事汽车职业的在岗人员对基础知识、基本技能和基本素质的需求,结合汽车专业人才培养的目的,重点介绍发动机构造与维修,主要内容包括发动机工作原理、曲柄连杆机构、配气机构、润滑系统、冷却系统、供给系统、点火系统、启动系统,最后还有发动机总装总检的完整工序,以及发动机常见故障的分析与诊断方法。全书讲解清晰、简练,配有大量实物图片,明了直观。本书按照汽车维修作业项目的实际工艺过程,结合目前中职中专院校流行的模块化教学的实际需求,理论联系实际,重视理论,突出实操。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修 / 朱金勇主编. —北京:北京理工大学出版社, 2011.6(2011.7重印)

ISBN 978-7-5640-4305-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 029491 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京高岭印刷厂

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 11.75

字 数 / 201 千字

版 次 / 2011 年 6 月第 1 版 2011 年 7 月第 2 次印刷

印 数 / 1501~6000 册

责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 23.00 元

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

近年来,随着我国汽车行业的不断发展,汽车保有量呈现出迅猛增加的趋势,汽车维修、售后服务以及汽车销售人才所存在的缺口问题也越发明显。特别是建立在先进传感技术基础上的故障诊断系统在各种汽车上大量应用之后,各种现代化检测诊断仪器和维修技术也应运而生,现代汽车已发展成为机电一体化的高科技载体。这给汽车维修业带来了极大的机遇和挑战,同时也对汽车维修人员的技术水平提出了更高、更新的要求。

为适应企业和市场对人才需求的变化,满足社会对技能型人才的需求,北京理工大学出版社特邀请一批知名行业专家、学者以及一线教学名师,规划出版了本套“21世纪中等职业教育特色精品课程规划教材”。

作者在编写之际,广泛考察了各校学生的学习实际,本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格,着力培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持有序工作的应用型人才。

本系列教材坚持如下定位:

- * 以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用为目的;
- * 以科学性、实用性、通用性为原则,以使教材符合汽车类课程体系设置;
- * 以提高学生综合素质为基础,充分考虑对学生个人能力的提高;
- * 以内容为核心,注重形式的灵活性,以便学生易于接受。

本系列教材配有大量的插图、表格和大量的图片资料,介绍了大量的故障诊断、维修服务和营销案例。

■ 在内容上强调面向应用、任务驱动、精选案例、严把质量;

■ 在风格上力求文字简练、脉络清晰、图表明快、版式新颖;

■ 在理论阐释上,遵循“必需”、“够用”的原则,在保证知识体系相对完整的同时,做到知识讲解实用、简洁和生动。

本系列教材适合中等职业院校汽车类相关专业的课程教学用书,也可作为相关行业从业人员的培训和参考用书。

前 言

随着人民生活水平的日益提高，汽车的保有量不断增加，汽车维修行业急需大量懂技术、高素质的人才。鉴于此，我们编写了本书。汽车结构虽然复杂、类型繁多，但目前世界各国生产的商业化汽车，仍然是以活塞式内燃机为动力的传统结构，各个组成系统或部件的结构形式虽然不同，但功能要求相同。本书通过对典型汽车的实例进行结构和原理的分析阐述，在讨论整车及各个组成系统或部件时，都特别注意阐述整体功能要求，以及各组成部件之间在结构和功能上的有机联系。在介绍各种不同结构形式时，首先以一种比较常见的典型实例为代表做介绍，然后再介绍一些特殊的结构及功能特点。从而使读者在较为深入地掌握汽车结构一般规律的基础上，能够举一反三、触类旁通。

本书共分8个课题。第一课题为认识发动机，简要介绍了汽车发动机分类、整体构成及发动机的工作原理；第二课题为曲柄连杆机构，主要介绍了机体组、活塞连杆组、曲轴飞轮组的结构与工作原理；第三课题为配气机构，主要介绍了配气机构功用、组成及分类、气门组及气门传动组的结构、工作原理及维修、气门正时的原理；第四课题为冷却系统，主要介绍了冷却系统形式与原理，冷却系统部件的结构、工作原理及维修；第五课题为润滑系统，主要介绍了润滑系统功用与组成，润滑系统部件的结构、工作原理及维修；第六课题为汽油机燃油系统，主要介绍了汽油机燃油系统的功用与燃料，化油器式汽油机燃油系统、汽油喷射式汽油机燃油系统部件的结构、工作原理及维修；第七课题为进排气系统，主要介绍了进、排气系统及排气净化装置结构及工作原理；第八课题为发动机综合维修，主要介绍了发动机总装与总检，发动机机械部件损坏判别与原因分析。

本书图文并茂，通俗易懂，适合做中等职业学校及专科院校的教材，也可作为职业培训机构或汽车维修从业人员自学的参考用书。

由于编者水平所限，书中不妥和错误之处，敬请读者指正。

编 者

目 录

认识发动机

→ 课题一 1

任务一 发动机的分类 1

- 一、按照使用燃料分类 1
- 二、按照行程分类 3
- 三、按照冷却方式分类 3
- 四、按照气缸数目分类 4
- 五、按照气缸排列形式分类 4
- 六、按照进气状态分类 5
- 七、按照活塞的工作方式分类 5
- 八、按照供油方式分类 6

任务二 发动机基本术语 7

任务三 发动机的工作原理 10

- 一、四行程汽油机工作原理 10
- 二、四行程柴油机工作原理 12
- 三、二行程汽油机工作原理 14
- 四、二行程柴油机工作原理 15
- 五、汽油机与柴油机、四行程与二行程内燃机的比较 15

任务四 发动机的总体构造 17

- 课题小结 20
- 思考与练习 20

曲柄连杆机构

→ 课题二 21

任务一 机体组 22

- 一、机体组的功用与组成 22
- 二、气缸盖 22
- 三、机体 26
- 四、气缸垫 30
- 五、油底壳 31

任务二 活塞连杆组 32

- 一、活塞连杆组的功用与组成 32
- 二、活塞组 33
- 三、连杆组 40

任务三 曲轴飞轮组 44

- 一、曲轴飞轮组的功用与组成 44
- 二、曲轴 44
- 三、飞轮 52
- 四、发动机滑动轴承 53
- 五、曲轴前、后端密封 55
- 六、曲轴扭转减振器 55
- 七、平衡机构 56
- 课题小结 57
- 思考与练习 57

配气机构

→ 课题三 58

任务一 配气机构的功用与组成及分类 58

- 一、功用 58
- 二、组成 58
- 三、分类 58

任务二 气门组 61

一、气门组的功用与组成	61
二、气门	61
三、气门组组件	63
四、气门组检修	65

任务三 气门传动组 70

一、气门传动组的功用与组成	70
二、凸轮轴	70
三、挺柱	73
四、推杆	74
五、摇臂组件	75
六、摆臂与气门间隙自动补偿器	75
七、气门传动组的检修	76

任务四 气门正时 82

一、换气过程	82
二、配气定时	84
三、可变气门正时与升程	85

课题小结	89
思考与练习	89

冷却系统

→ 课题四 90

任务一 冷却系统的形式与原理 90

一、冷却系统的功用	90
二、冷却形式	90
三、水冷却系统的组成与原理	90

任务二 水泵 92

一、水泵的功用	92
二、水泵的基本结构及工作原理	92
三、水泵的检修	93

任务三 节温器 94

一、节温器的功用	94
----------	----

二、节温器的结构及工作原理	94
三、节温器的检查	95

任务四 冷却系统其他部件 96

一、散热器	96
二、冷却风扇	97
三、冷却液	99

课题小结	100
------	-----

思考与练习	100
-------	-----

润滑系统

→ 课题五 101

任务一 润滑系统的功用与组成 101

一、润滑系统的功用与方式	101
二、润滑系统的组成及油路	102

任务二 润滑剂 103

一、机油的功用	103
二、机油的使用特性及机油添加剂	104
三、机油的选用与使用	105
四、润滑脂	105

任务三 机油泵 106

一、机油泵的结构与工作原理	106
二、安全阀	108
三、机油泵的检修	108

任务四 机油滤清器 111

一、机油滤清器的功用	111
二、机油滤清器的分类	111
三、机油滤清器的检修	112

任务五 润滑系统其他部件·····114

- 一、机油集滤器·····114
- 二、机油散热器和冷却器·····115
- 三、机油标尺·····116
- 四、机油压力表·····117
- 五、曲轴箱通风装置·····117

课题小结·····118

思考与练习·····118

汽油机燃油系统

→ 课题六 119

任务一 汽油机燃油系统的功用与燃料·····119

任务二 化油器式汽油机燃油系统·····123

- 一、化油器式燃油系统的组成·····123
- 二、化油器·····123
- 三、附加装置·····127
- 四、辅助装置·····130
- 五、化油器式燃油系统的检修·····132

任务三 汽油喷射式汽油机燃油系统·····134

- 一、汽油喷射系统的分类·····134
- 二、电控汽油喷射系统的主要部件·····136
- 三、电控汽油喷射系统部件的检修·····142

课题小结·····146

思考与练习·····146

进排气系统

→ 课题七 147

任务一 进气系统·····147

- 一、进气系统的功用与组成·····147
- 二、谐振进气系统·····150
- 三、可变进气歧管·····150

任务二 排气系统·····151

任务三 排气净化装置·····154

- 一、恒温进气系统·····154
- 二、二次空气喷射系统·····155
- 三、催化转换器·····155
- 四、废气再循环(EGR)系统·····156
- 五、柴油机微粒过滤器·····156
- 六、强制式曲轴箱通风系统·····156
- 七、汽油蒸发排放(EVAP)控制系统·····157

课题小结·····158

思考与练习·····158

发动机综合维修

→ 课题八 159

任务一 发动机的总装与总检·····159

- 一、发动机的装配·····159
- 二、发动机的磨合·····161
- 三、发动机的验收·····162

任务二 发动机机械部件的损坏判 别与原因分析.....164

- 一、气缸体与气缸盖.....164
- 二、气缸的磨损规律及其原因.....165
- 三、活塞的损伤现象及其原因.....166
- 四、活塞环损伤原因及表现.....167
- 五、连杆与连杆螺栓的常见损伤及其原因
.....167
- 六、曲轴的常见损伤及其原因.....167
- 七、轴承的常见损伤及其原因.....168
- 八、飞轮的常见损伤及其原因.....168

- 九、凸轮的常见损伤及其原因.....169
- 十、气门的常见损伤及其原因.....170
- 十一、气门弹簧的常见损伤及其原因170
- 十二、气门座的常见损伤的原因...170
- 十三、润滑系统技术状况变化的标志及
原因分析.....170
- 十四、机油滤清器的损坏现象及故障结
果.....171

→ 参考答案172



课题一 认识发动机

○ [学习任务]

1. 了解发动机的分类。
2. 掌握发动机的基本术语与工作原理。

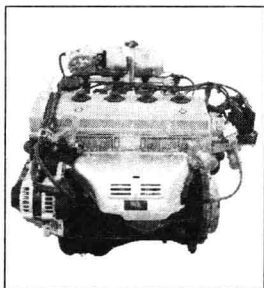
○ [技能要求]

掌握发动机的总体构造。

任务一 发动机的分类

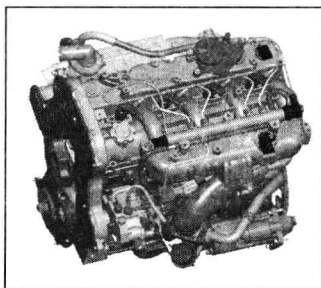
一、按照使用燃料分类

根据所用燃料的种类,汽车发动机可以分为:液体燃料发动机,主要有汽油发动机(图1-1)、柴油发动机(图1-2)、醇类燃料发动机(图1-3);气体燃料发动机,主要有压缩天然气(CNG)发动机(图1-4)、液化石油气(LPG)发动机(图1-5)、液化天然气(LNG)发动机(图1-6);液-气双燃料发动机,如图1-7所示。



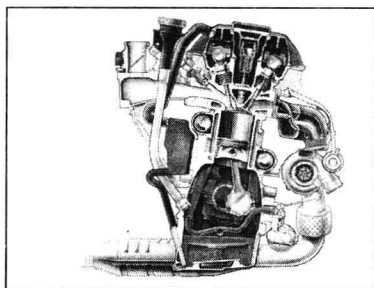
使用汽油为燃料的内燃机称为汽油机;汽油机转速高,质量小,噪声小,启动容易,制造成本低。

图1-1 汽油发动机



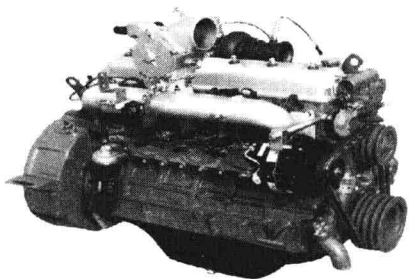
使用柴油机为燃料的内燃机称为柴油机。柴油机压缩比大,热效率高,经济性能 and 排放性能都比汽油机好。

图1-2 柴油发动机



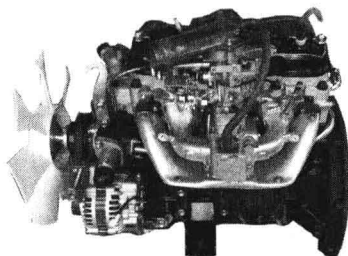
醇类燃料有甲醇和乙醇。醇燃料与汽油的理论空燃比、混合气热值较接近,醇燃料的流化热高,有内冷及提高容积效率的作用。醇燃料相对汽油燃料的优点是燃烧迅速及时、燃烧温度较低、排气温度较低,辐射热、排气及冷却水的热损失少。

图1-3 乙醇发动机



使用压缩天然气 (CNG) 燃料的内燃机称为CNG发动机, 天然气主要成分为甲烷, 燃烧后生成二氧化碳和水, 是一种非常安全和环保的能源。

图1-4 CNG发动机



使用液化石油气 (LPG) 为燃料的内燃机为LPG发动机。液化石油气具有热值高, 热效率高, 燃烧充分, 排气中一氧化碳、碳氢化合物和硫化物含量低等特点。

图1-5 LPG发动机

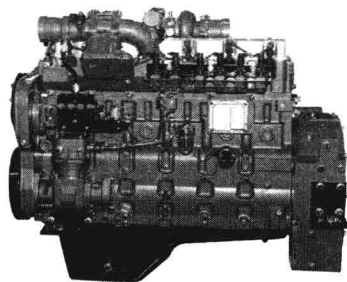


图1-6 LNG发动机

LNG即液化天然气, 是一种低温液态燃料, 可常压存储运输, 主要成分是甲烷, 在零下165℃时由气体变成液态, 需在低温下保存, 保存压力低, 安全性比较好, 但是保存设备需要耐低温。液化天然气汽车是继CNG汽车和LPG汽车之后于近年才开始发展起来的一种新型环保汽车, 从本质上讲也是天然气汽车, 但由于汽车携带的LNG比CNG具有更高的燃料密度、压力低、所需燃料箱自重轻, 汽车一次充气的行驶里程较CNG远得多, LNG同时又能像油品一样运输, 同时具有CNG和LPG的优点, 而又克服了它们的不足, 因此具有更强的实用性。

可分别使用液、气两种燃料的内燃机为双燃料发动机, 如氢/汽油发动机, LPG/汽油发动机, CNG/汽油发动机等。双燃料目前主要是指汽油和压缩天然气CNG做燃料的汽车, 它们不能同时使用, 要么用汽油, 要么用压缩天然气。

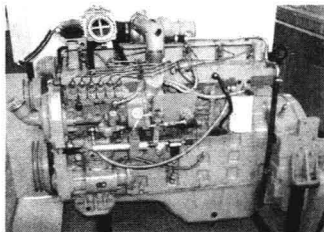


图1-7 双燃料发动机

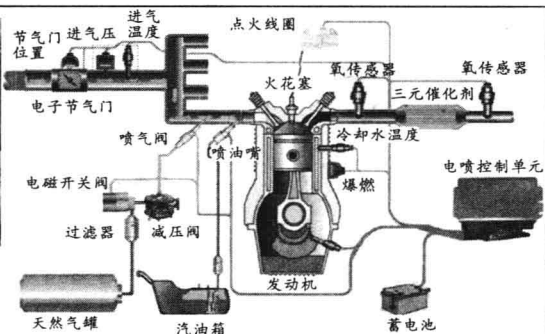


图1-7 双燃料发动机



二、按照行程分类

发动机按其在一个工作循环期间活塞往复运动的行程数进行分类,可分为四行程发动机和二行程发动机。活塞式内燃机每完成一个工作循环,便对外做功一次,只有不断地完成工作循环,才使热能连续地转变为机械能。在一个工作循环中活塞往复四个行程的发动机机称为四行程发动机,如图1-8所示;而活塞往复两个行程便完成一个工作循环的则称为二行程发动机,如图1-9所示。

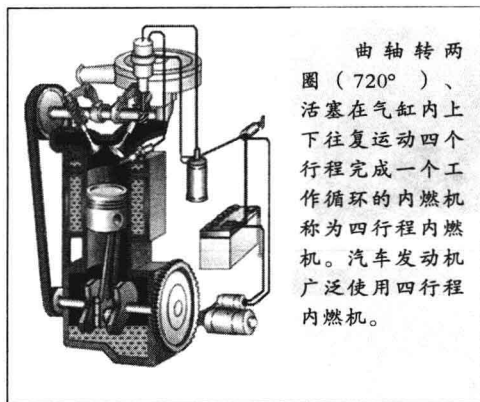


图1-8 四行程发动机

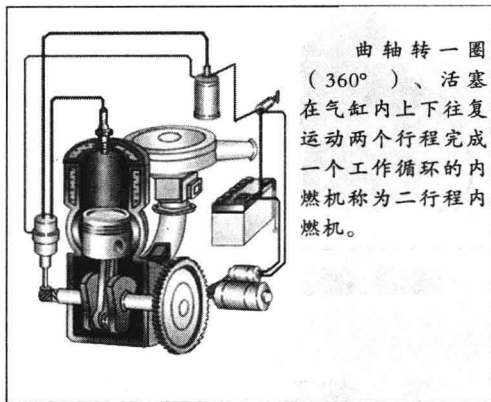


图1-9 二行程发动机

三、按照冷却方式分类

按发动机冷却方式的不同,汽车发动机分为水冷式发动机和风冷式发动机。以水或冷却液为冷却介质的称为水冷式发动机,如图1-10所示;而以空气为冷却介质的则称为风冷式发动机,如图1-11所示。

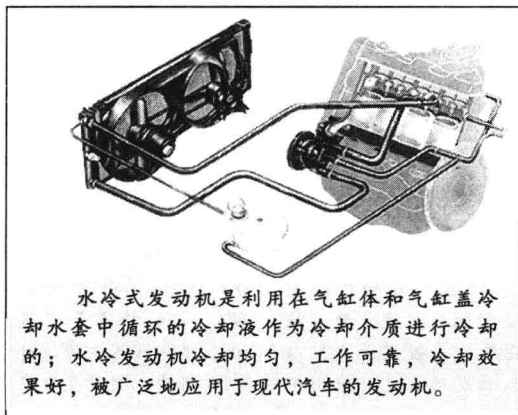


图1-10 水冷式发动机

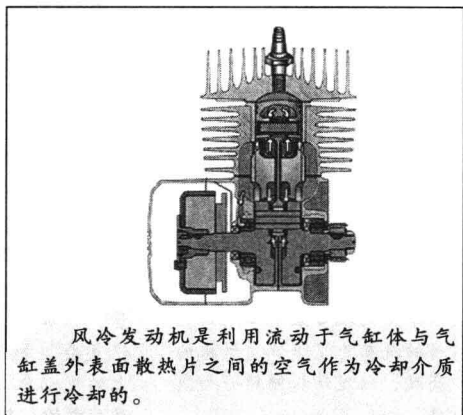


图1-11 风冷式发动机



四、按照气缸数目分类

按照发动机气缸体气缸数目的不同,分为单缸发动机和多缸发动机。仅有一个气缸的发动机称为单缸发动机,如图1-12所示;有两个以上气缸的发动机称为多缸发动机,如双缸、三缸、四缸、五缸、六缸、八缸、十二缸等都是多缸发动机,如图1-13所示。现代车用发动机多采用四缸、六缸、八缸发动机。

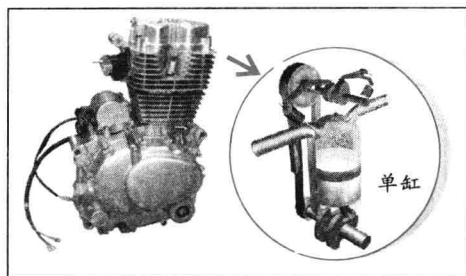


图1-12 单缸发动机

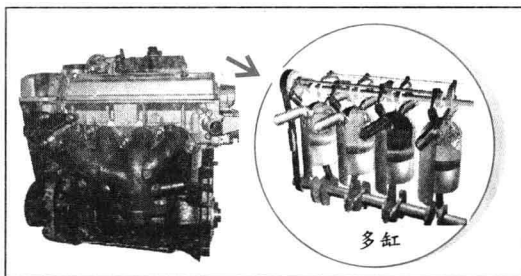


图1-13 多缸发动机

五、按照气缸排列形式分类

按发动机气缸的布置方式,汽车发动机有直列式、V形、对置式三种常见形式,如图1-14所示。

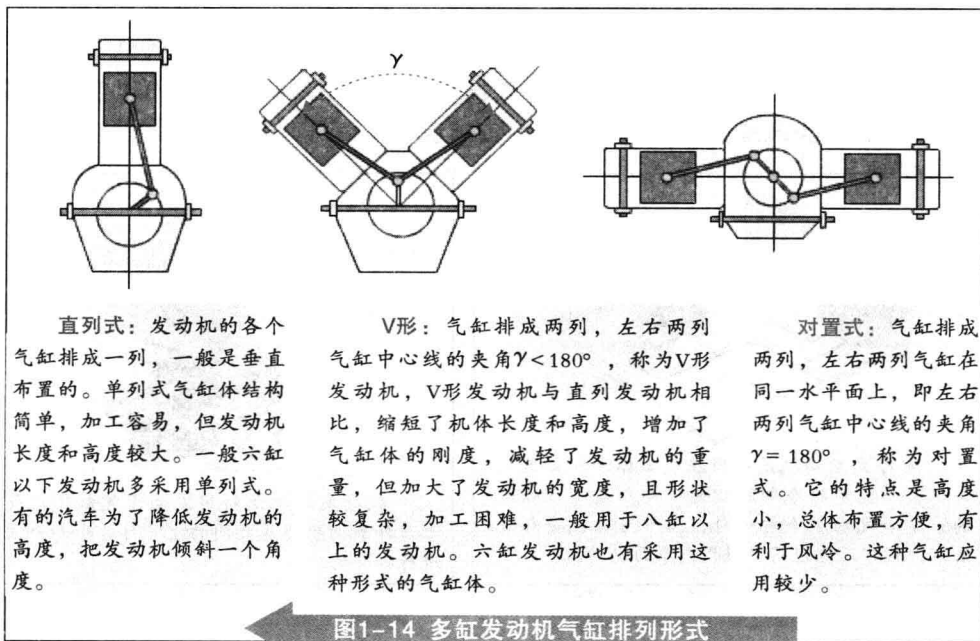


图1-14 多缸发动机气缸排列形式



六、按照进气状态分类

按进气状态不同,发动机分为自然吸气(非增压)式发动机(图1-15)和强制进气(增压)式发动机(图1-16)。

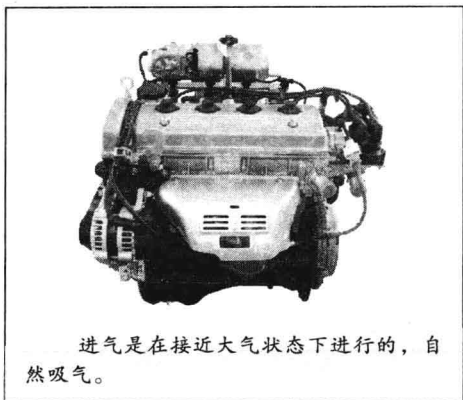


图1-15 自然吸气(非增压)式发动机

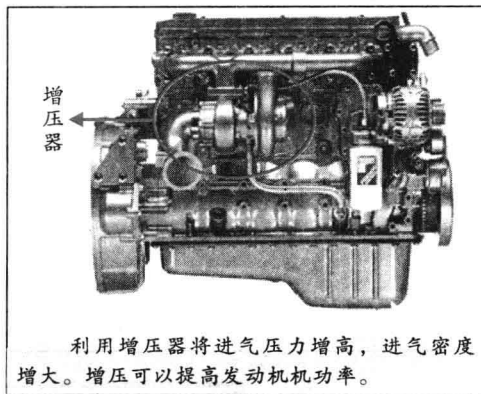


图1-16 强制进气(增压)式发动机

七、按照活塞的工作方式分类

按活塞工作方式的不同,发动机可分为往复活塞式(图1-17)和转子活塞式(图1-18)。

往复活塞式发动机也叫活塞发动机,是一种利用一个或者多个活塞将压力转换成旋转能的发动机。活塞往复运动形式的发动机的活塞在气缸内作往复的直线运动,通过曲轴把活塞的直线运动转化为曲轴的旋转。一般的发动机都采用这种形式。

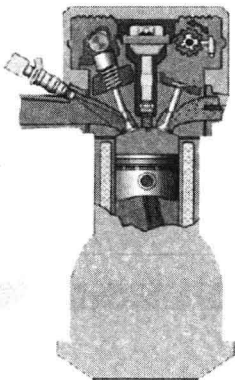
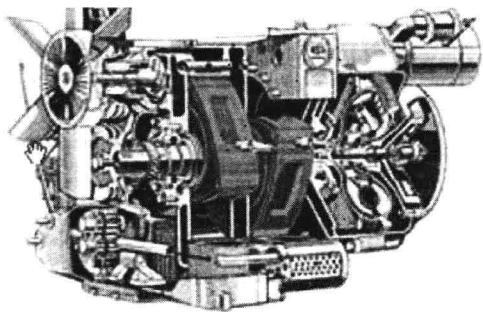


图1-17 往复活塞式



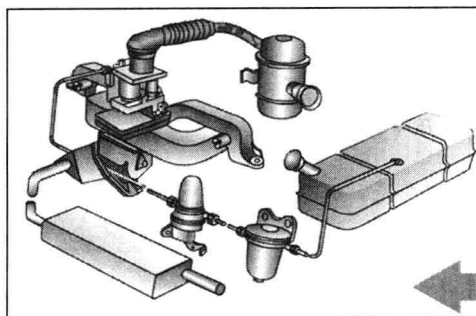
转子活塞式发动机是通过活塞在气缸内的旋转来带动发动机主轴(即普通发动机的曲轴,因为不是弯曲的故不再叫曲轴)旋转的。

图1-18 转子活塞式



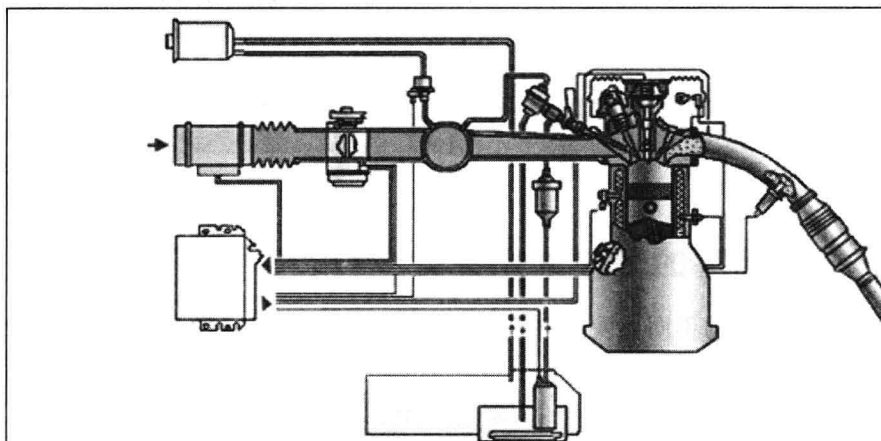
八、按照供油方式分类

汽油发动机按供油方式不同，还可分为化油器式（图1-19）和电喷式（图1-20）。



化油器式发动机靠发动机进气流形成的负压吸取并雾化汽油用于燃烧做功；化油器式发动机供油是利用设置在节气门上方的喉管，气流通过喉管时产生负压，将汽油从主喷管连续吸出，进入发动机进气歧管，流入气缸。

图1-19 化油器式汽油机燃油供给系统



电喷式发动机全称为电子控制汽油喷射式发动机，它由进气系统、燃油系统、电控系统等组成。它是将安装在发动机进气系统及机体上的传感器所感知的信息，提供给计算机控制系统，精确计算出发动机在各种工况下所需的供油量，并向喷油器提供所需脉冲频宽，然后将有一定压力的燃油通过喷油器喷入进气歧管或气缸。它与化油器式发动机相比，突出的优点是能准确控制混合器的质量，保证气缸内的燃料燃烧完全，使废气排放物和燃油消耗都能降下来，使它具有比化油器发动机强很多的环保性。同时它还提高了发动机的充气效率，增加了发动机的功率和转矩。

图1-20 电喷式汽油机燃油供给系统



任务二 发动机基本术语

1. 工作循环 (图1-21)

活塞式内燃机的工作循环是由进气、压缩、做功和排气四个工作过程组成的封闭过程。周而复始地进行这些过程，内燃机才能持续地做功。

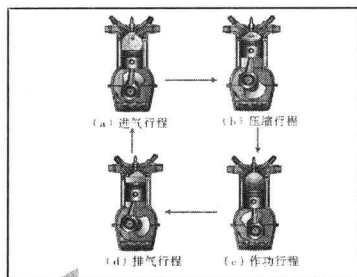


图1-21 工作循环

2. 上、下止点 (图1-22)

活塞顶离曲轴回转中心最远处为上止点；活塞顶离曲轴回转中心最近处为下止点。在上、下止点处，活塞的运动速度为零。

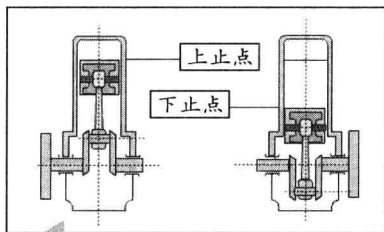


图1-22 上、下止点

3. 活塞行程 (图1-23)

上、下止点间的距离 s 称为活塞行程。曲轴的回转半径 R 称为曲柄半径。显然，曲轴每回转一周，活塞移动两个活塞行程。对于气缸中心线通过曲轴回转中心的内燃机， $s=2R$ 。

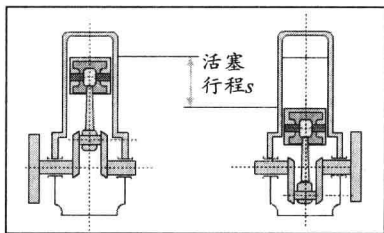


图1-23 活塞行程

4. 气缸工作容积 (图1-24)

上、下止点间所包容的气缸容积称为气缸工作容积。

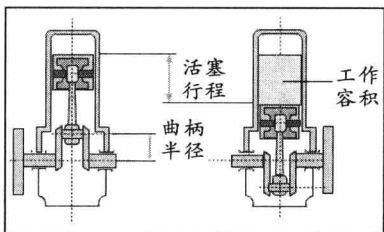


图1-24 气缸工作容积



5. 发动机排量 (图1-25)

发动机所有气缸工作容积的总和称为发动机排量。

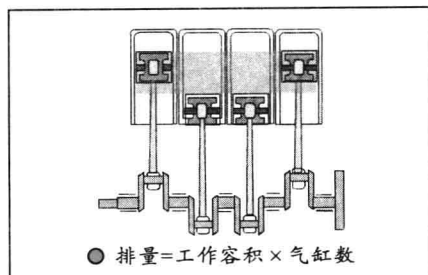


图1-25 发动机排量

6. 燃烧室容积 (图1-26)

活塞位于上止点时，活塞顶面以上气缸盖底面以下所形成的空间称为燃烧室，其容积称为燃烧室容积，也叫压缩容积。

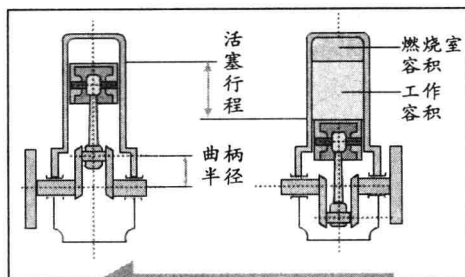


图1-26 燃烧室容积

7. 气缸总容积 (图1-27)

气缸总容积为燃烧室容积与气缸工作容积之和。

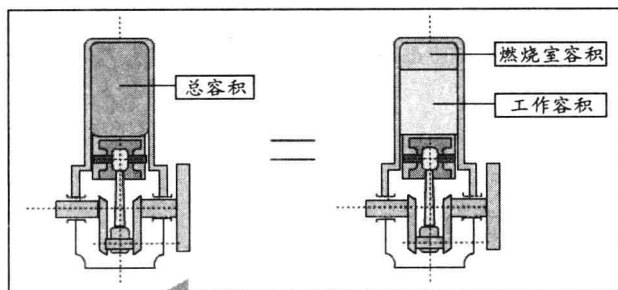


图1-27 气缸总容积

8. 压缩比 (图1-28)

气缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比 ϵ 。压缩比的大小表示活塞由下止点运动到上止点时，气缸内的气体被压缩的程度。压缩比越大，压缩终了时气缸内的气体压力和温度就越高。

压缩比大的发动机，燃烧更迅速更充分，发出的功率越大，经济性也好一些。但压缩

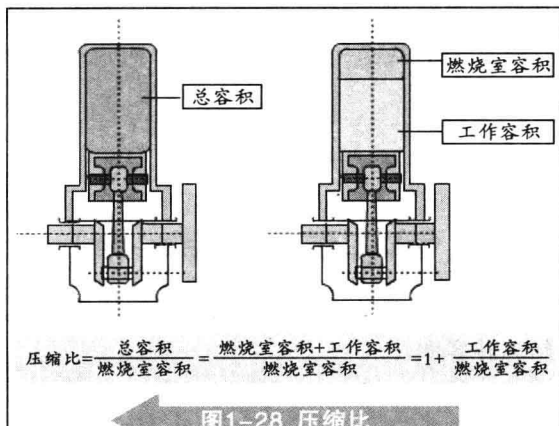


图1-28 压缩比