

高职高专教育“十二五”规划教材



QICHE FADONGJI GOUZAO YU WEIXIU

汽车发动机构造与维修

主 编 徐艳民

中国建材工业出版社

高职高专教育“十二五”规划教材

汽车发动机构造与维修

主 编	徐 艳 民	
副主编	徐 晋	马志民
	刘 岩	王月雷
	王建军	李秀玲
	张庆良	
参 编	严景明	陈建华

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修/徐艳民主编. —北京:
中国建材工业出版社, 2011. 10
ISBN 978-7-5160-0027-4

I. ①汽… II. ①徐… 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(2011)第 193704 号

汽车发动机构造与维修

主 编:徐艳民
封面设计:华盛英才
出版发行:中国建材工业出版社
地 址:三河市宏兴印刷厂
邮 编:100044
经 销:全国各地新华书店
印 刷:北京天宇万达印刷有限公司
开 本:787 mm×1 092 mm 1/16
印 张:19.75
字 数:468 千字
版 次:2011 年 10 月第 1 版
印 次:2013 年 1 月第 2 次印刷
书 号:ISBN 978-7-5160-0027-4
定 价:42.00 元

本社网址:www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010)88386906

前 言

随着汽车工业的快速发展,作为汽车心脏的发动机,其结构越来越复杂,性能越来越优越。在使用过程中,对发动机的使用、维护、检测、故障诊断和维修要求越来越高,发动机的维修能力已是汽车类人才能力评价的重要方面。本书针对汽车维修企业、行业普遍采用的发动机机械系统检测与维修工艺进行了剖析,对典型工作项目和任务进行了归纳整合,以汽车维修企业、行业典型故障检测与排除的工作过程进行设计编写而成。

本书以完成发动机机构与系统检修工作过程,符合学生学习的认知规律为依据对授课内容进行重构,选取了维修实例、职业资格考核内容、交通部机动车专业技术人员职业水平评价考试中检测维修人士的理论和实操内容等。教学以学生未来岗位的职业能力培养为宗旨,突出知识和技能点,培养学生可持续发展的能力,在满足社会需求的同时,充分考虑学生的个性发展。在课程内容上,对纯理论性的课程知识,事先给出任务引入,任务分析,主要相关知识的介绍;然后给出考评方式和获取资料的方法与途径,并以教师引导、学生分组讨论的形式为主完成。对于实物、实际操作技能等,在完成任务的工作过程中学习。

本书具有如下特点。

(1)以故障检修及排除工作过程为主线,按照发动机机构与系统检修工作过程中的活动与知识的关系来设计课程,以工作任务为中心整合理论与实践,为学生提供完整工作过程的学习。

(2)以职业能力为基础,按照工作的相关性划分项目单元,注重职业情景和实践操作技能的培养,开发学生参与活动的的能力,提升学生的知识应用能力和技能的迁移能力。

(3)以工作实践为起点,用真实或模拟环境和问题培养学生观察、思维能力,以真实现场任务情境及真实系统实施教学,提高学生操作技能,并通过组织学生小组活动,培养学生团队合作精神,提高学生“与人合作”“与人沟通”的素质。

由于编写水平有限,加之编写时间紧迫,书中误漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

项目一 发动机总体构造的认识	1
项目二 发动机异响、动力不足的检修	20
任务一 曲柄连杆机构的检修	20
任务二 配气机构的检修	79
项目三 发动机冷却液温度过高故障的检修	114
项目四 发动机机油压力异常故障的检修	132
项目五 汽油机燃油系统工作不良故障的检修	154
任务一 传统燃油供给系统的检修	154
任务二 电子控制汽油喷射系统的检修	164
项目六 柴油机燃油供给系统故障造成起动困难故障的检修	221
项目七 汽油机点火异常故障的检修	269
任务一 传统的点火系的检修	269
任务二 电子控制点火系的检修	280
附 录	297
附录一 预约流程	297
附录二 接车制单工作流程	298
附录三 故障问诊的工作流程	299
附录四 咨询服务的工作标准	300
附录五 故障诊断的流程	301
附录六 维修工作总体作业流程	302
附录七 故障诊断工作标准	303
附录八 质量控制流程	304
附录九 维修质量控制的工作标准	305
附录十 交车工作流程	306
附录十一 修后交车工作标准	307
附录十二 修后跟踪工作流程	308
附录十三 修后跟踪服务标准	309

项目一

发动机总体构造的认识

教学能力目标

- (1)掌握汽车发动机的总体构造并分析其工作过程；
- (2)分析并比较汽车发动机性能指标；
- (3)了解汽车维修工作的流程以及各类规范化工作的标准。

任务引入

发动机是汽车的核心部件，发动机的性能指标直接决定整车的性能指标，如燃油经济性、动力性、舒适性以及排放量等。汽车故障的分析和排除是对发动机工作状态从宏观结构到微观结构分析和判断，层层剖析，直到查找出故障具体部位的过程。因此，要学会判断汽车产生故障的原因，必须掌握发动机的总体构造。发动机的性能指标是判断发动机性能高低的依据，也是判断汽车整车性能的基本依据，无论是从事汽车检测维修等较复杂的技术职业，还是从事与汽车相关的汽车贸易、汽车驾驶等应用性职业，都必须了解发动机的性能指标，并进行比较分析。现代汽车维修和服务行业广泛推广标准化操作、规范化管理的国际成功经验、汽车服务流程标准是汽车维修企业基本的标准之一，作为未来从事汽车服务工作的人们，必须理解并认真执行。

任务分析

本任务以认识汽车发动机的总体构造、性能指标以及汽车维修流程为核心。汽车发动机结构复杂，学习中采取由表及里、从大到小等方法，首先从发动机的作用、工作过程、系统组成等整体上进行理解掌握，进而了解其工作原理并分析其性能。

相关知识

一、发动机总体构造

现代汽车发动机主要使用内燃机作为动力，内燃机是将燃油燃烧放出的热能转变为机械能的一种热机。往复式活塞式内燃机在汽车上应用最为广泛，是本课程研究的对象。

(一) 发动机的分类

汽车发动机是由多个机构和系统构成的复杂机器。发动机的结构形式很多，也就构成了各

种类型的发动机。往复式活塞式内燃机可按不同方式进行分类。

1. 按照所用燃料分类

内燃机按照所使用燃料的不同可以分为汽油机和柴油机，如图 1-1 所示。使用汽油为燃料的内燃机称为汽油机；使用柴油为燃料的内燃机称为柴油机。汽油机与柴油机比较各有特点。汽油机转速高，质量小，噪音小，起动容易，制造成本低；柴油机压缩比大，热效率高，经济性能和排放性能都比汽油机好，但排放颗粒物较大，噪音也大。

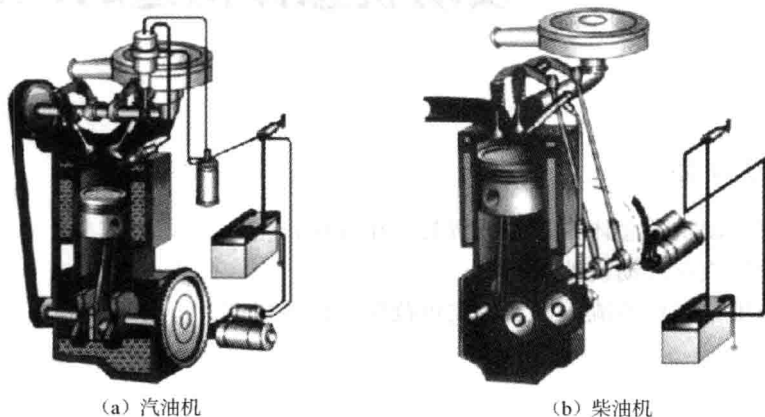


图 1-1 汽油机和柴油机

2. 按照行程分类

内燃机按照完成一个工作循环所需的行程数可分为四行程内燃机和二行程内燃机，如图 1-2 所示。把曲轴转两圈（ 720° ），活塞在气缸内上下往复运动四个行程（进气、压缩、做功、排气），完成一个工作循环的内燃机称为四行程内燃机；把曲轴转一圈（ 360° ），活塞在气缸内上下往复运动两个行程，完成一个工作循环的内燃机称为二行程内燃机。汽车发动机广泛使用四行程内燃机。一些小型摩托车使用二行程发动机。

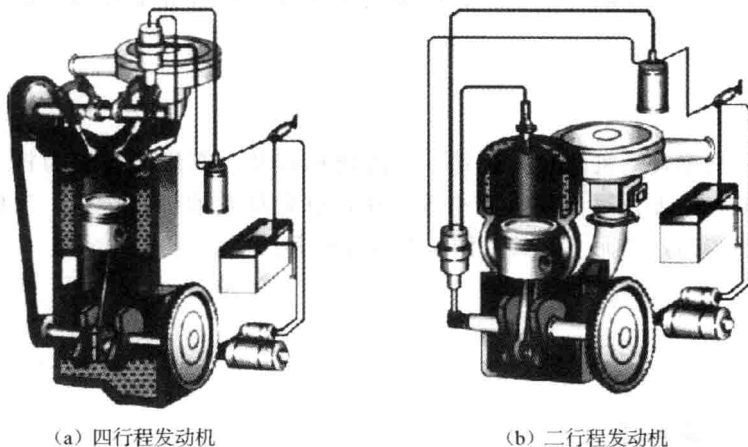


图 1-2 四行程和二行程内燃机

3. 按照冷却方式分类

内燃机按照冷却方式不同可以分为水冷发动机和风冷发动机，如图 1-3 所示。水冷发动机是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的；而风冷发动机是利

用流动于气缸体与气缸盖外表面散热片之间的空气作为冷却介质进行冷却的。水冷发动机冷却均匀,工作可靠,冷却效果好,被广泛地应用于现代车用发动机,它比风冷发动机增加了冷却循环系统。

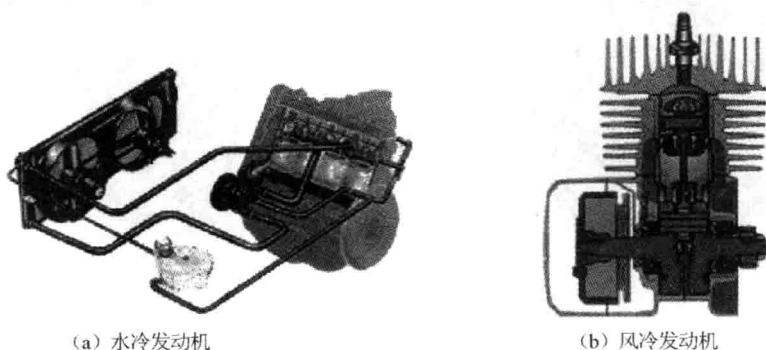


图 1-3 水冷发动机和风冷发动机

4. 按照气缸数目分类

内燃机按照气缸数目不同可以分为单缸发动机和多缸发动机,如图 1-4 所示。仅有一个气缸的发动机称为单缸发动机;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。现代车用发动机多采用四缸、六缸、八缸发动机。

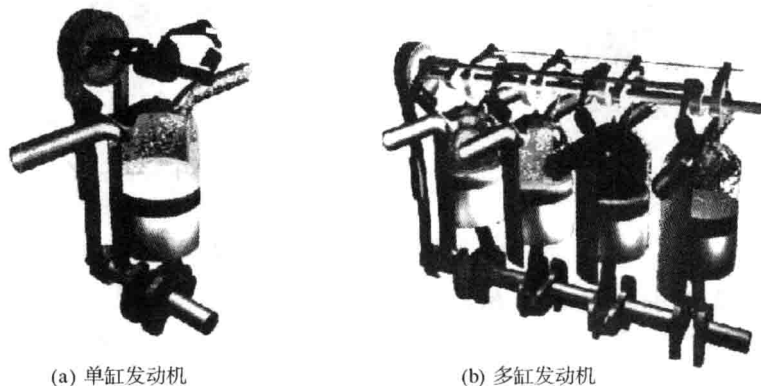


图 1-4 单缸发动机和多缸发动机

5. 按照气缸排列方式分类

内燃机按照气缸排列方式不同可以分为单列式和双列式,如图 1-5 所示。单列式发动机的各个气缸排成一列,一般为垂直布置,但为了降低高度,有时也把气缸布置成倾斜的甚至水平的,单列式发动机也称直列式发动机;双列式发动机把气缸排成两列,两列之间的夹角小于 180° (一般为 90°),也称 V 型发动机。若两列之间的夹角为 180° ,称为对置式发动机。缸数更多时也采用 W 型布置。

6. 按照进气系统是否采用增压方式分类

内燃机按照进气系统是否采用增压方式可以分为自然吸气(非增压)式发动机和强制进气(增压)式发动机,如图 1-6 所示。汽油机常采用自然吸气式;柴油机为了提高功率有采用强制进气式的。但近年来开始出现小排量增压汽油机,增压方式又可分为单增压、双增压、机械增压、废气涡轮增压。

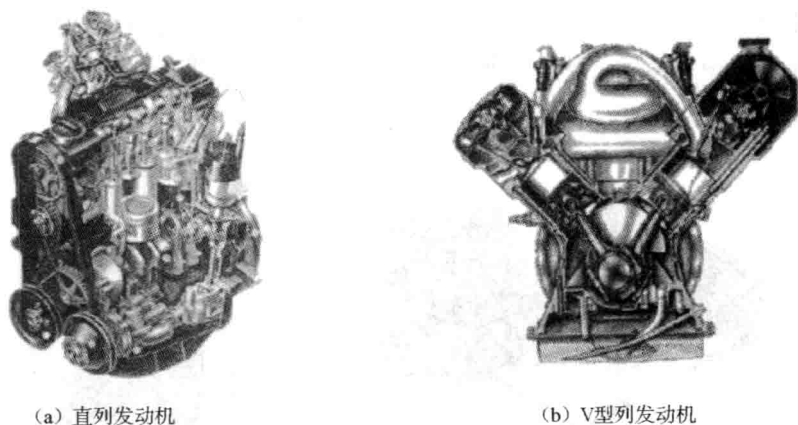


图 1-5 直列发动机和 V 型列发动机

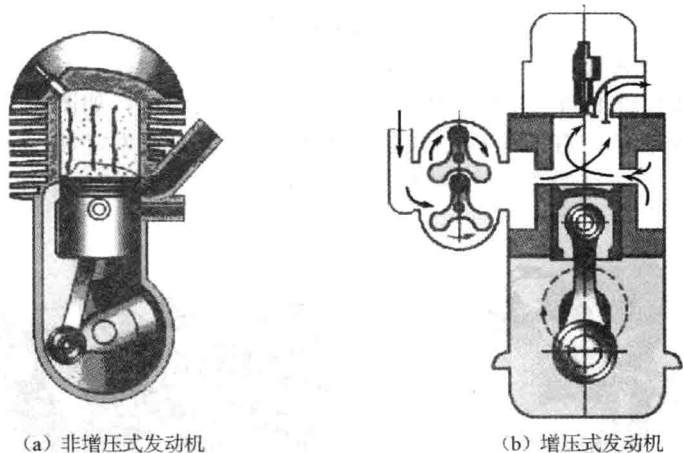


图 1-6 非增压式和增压式发动机

(二) 发动机名称和型号编写规则

为了便于内燃机的生产管理和使用,国家标准(GB 725—91)《内燃机产品名称和型号编制规则》中对内燃机的名称和型号作了统一规定。

1. 内燃机的名称和型号

(1) 内燃机名称均按所使用的主要燃料命名,例如汽油机、柴油机、煤气机等。

(2) 内燃机型号由阿拉伯数字和汉语拼音字母组成,主要有以下四部分。

①首部:为产品系列符号和换代标志符号,由制造厂根据需要自选相应字母表示,但需主管部门核准。

②中部:由缸数符号、冲程符号、气缸排列形式符号和缸径符号等组成。

③后部:结构特征和用途特征符号,以字母表示。

④尾部:区分符号。同一系列产品因改进等原因需要区分时,由制造厂选用适当符号表示。

2. 内燃机型号的排列顺序及符号所代表的意义

内燃机型号的排列顺序及符号所代表的意义如图 1-7 所示。

3. 型号编制举例

(1) 汽油机。

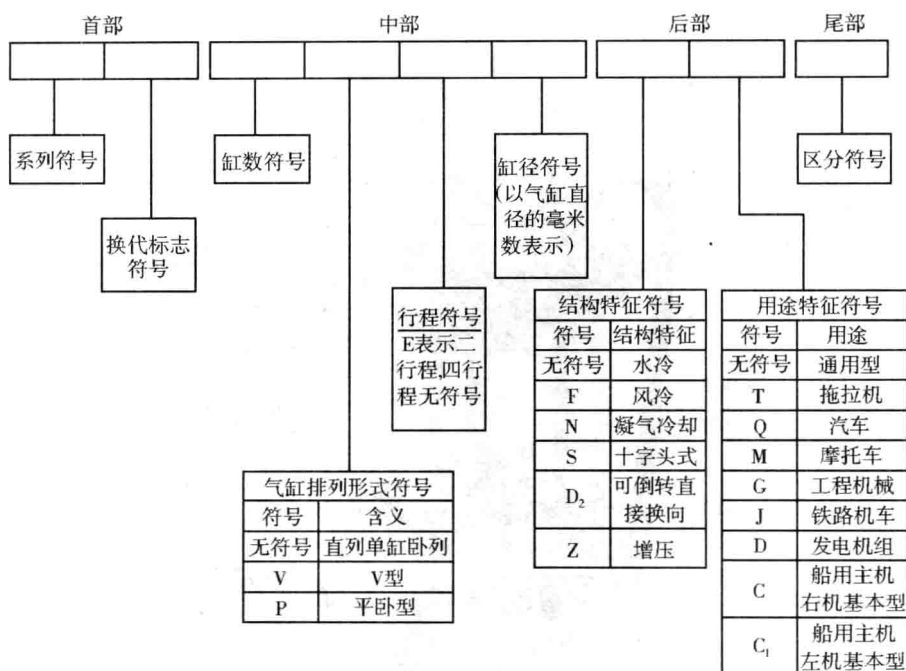


图 1-7 内燃机型号的排列顺序及符号所代表的意义

1E65F：表示单缸，二行程，缸径 65 mm，风冷通用型。

4100Q：表示四缸，四行程，缸径 100 mm，水冷车用。

4100Q-4：表示四缸，四行程，缸径 100 mm，水冷车用，第四种变型产品。

CA6102：表示六缸，四行程，缸径 102 mm，水冷通用型，CA 是系列符号。

8V100：表示八缸，四行程，缸径 100 mm，V 型，水冷通用型。

TJ376Q：表示三缸，四行程，缸径 76 mm，水冷车用，TJ 是系列符号。

CA488：表示四缸，四行程，缸径 88 mm，水冷通用型，CA 是系列符号。

(2) 柴油机。

195：表示单缸，四行程，缸径 95 mm，水冷通用型。

165F：表示单缸，四行程，缸径 65 mm，风冷通用型。

495Q：表示四缸，四行程，缸径 95 mm，水冷车用。

6135Q：表示六缸，四行程，缸径 135 mm，水冷车用。

X4105：表示四缸，四行程，缸径 105 mm，水冷通用型，X 是系列符号。

(三) 发动机总体构造

发动机是一种由许多机构和系统组成的复杂机器，对往复式活塞式内燃机，一般都由两大机构五大系构成。两大机构是曲柄连杆机构和配气机构；五大系是：①燃料供给系；②润滑系；③冷却系；④起动系；⑤点火系（柴油机无点火系），如图 1-8 所示。

现代汽车发动机的结构型式有很多，但就其总体功能而言，基本上都是由以下的机构和系统组成。

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组等组成。机体组既是发动机各机构和各

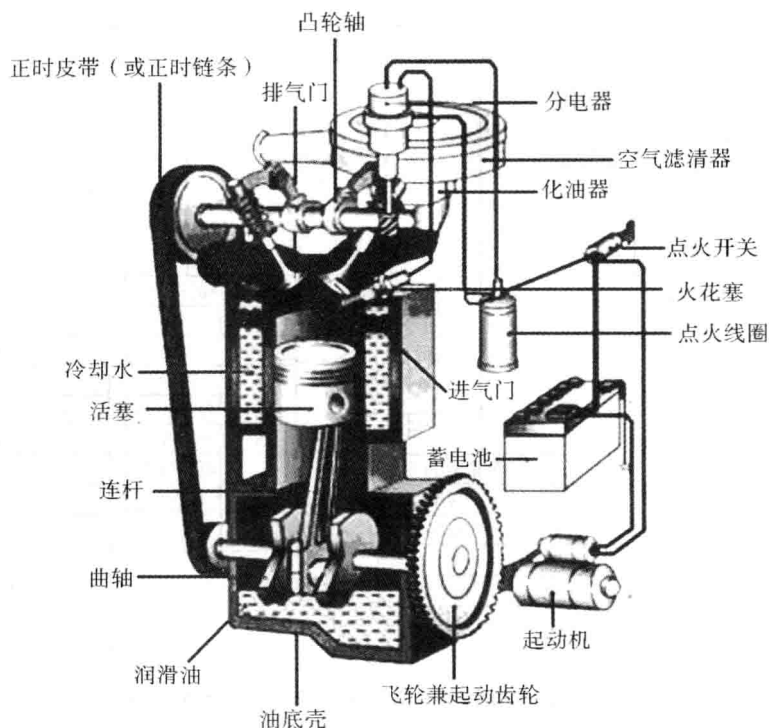


图 1-8 单缸汽油机的结构

系统的装配基体，其许多部分又是其他机构和系统的组成部分。活塞连杆组和曲轴飞轮组是发动机实现工作循环、完成能量转换的主要运动部件，如图 1-9 所示。在作功行程中，活塞受燃气压力在气缸内作往复直线运动，通过连杆转换成曲轴的旋转运动，并从曲轴对外输出动力，同时飞轮存储能量。而在进气、压缩和排气行程中，飞轮释放能量，通过曲柄连杆机构将旋转运动转化成活塞的往复直线运动。

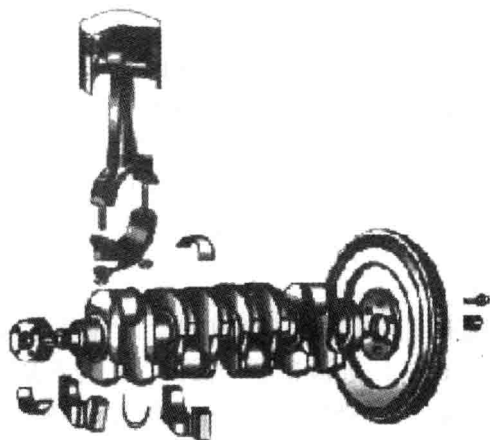


图 1-9 活塞连杆组和曲轴飞轮组

2. 配气机构

配气机构如图 1-10 所示，它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、气门传动组组成。

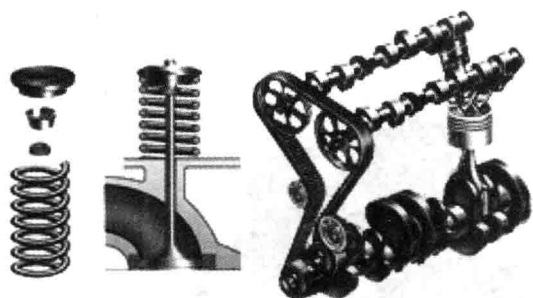


图 1-10 配气机构

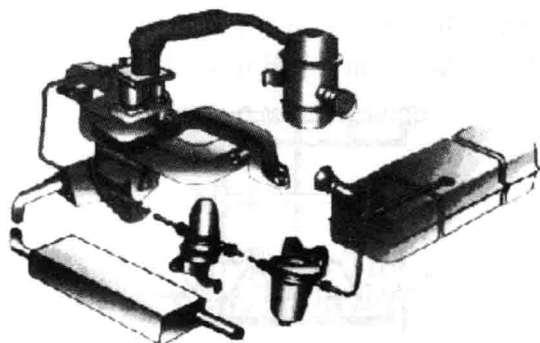
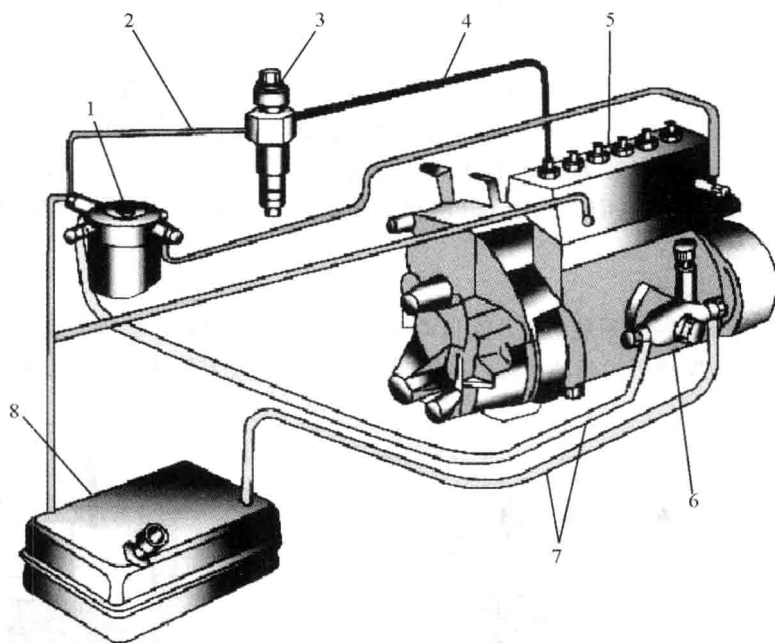


图 1-11 汽油机燃油供给系

3. 汽油机燃料供给系统

汽油机燃料供给系统如图 1-11 所示，它的功用是根据发动机的工况要求，配制出一定数量和浓度的油气混合气，供入气缸；柴油机燃料供给系统如图 1-12 所示，它的功用是把柴油和空气分别供入气缸。



1—柴油滤清器；2—回油管；3—喷油器；4—高压油管；
5—喷油泵；6—输油泵；7—低压油管；8—柴油箱

图 1-12 柴油机供给系统

4. 润滑系统

润滑系统如图 1-13 所示，它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。润滑系统通常由润滑油道、集滤器、机油泵、机油滤清器和限压阀等组成。

5. 冷却系统

冷却系统如图 1-14 所示，它的功用是将受热零件吸收的部分热量及时散发出去，保证发动机在较恒定的温度状态下工作，这样确保润滑良好。水冷发动机的冷却系统通常由冷却水套、水泵、风扇、水箱、节温器等组成。

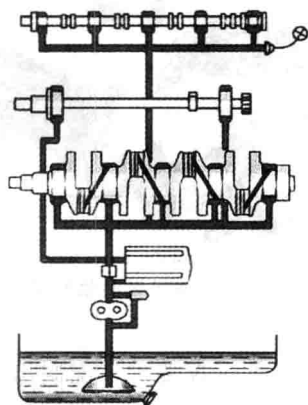


图 1-13 润滑系统

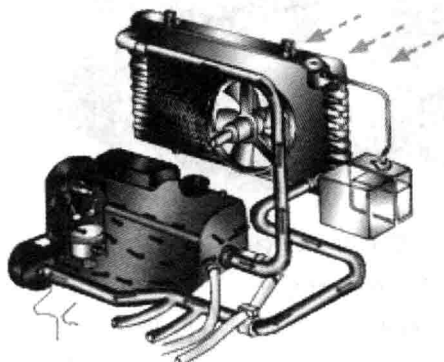


图 1-14 冷却系统

6. 点火系统

在汽油机中，由于汽油自燃点较高，气缸内的可燃混合气是电火花点燃的，为此在汽油机的气缸盖上装有火花塞，火花塞头部伸入燃烧室内。能够按时在火花塞电极间产生电火花的全部设备称为点火系统，点火系统通常由蓄电池、发电机、分电器、点火线圈和火花塞等组成，如图 1-15 所示。其功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。柴油机属于压燃式，无点火系统。

7. 起动和做功顺序系统

曲轴在外力作用下开始转动到发动机开始自动地怠速运转的全过程，称为发动机的起动。完成起动过程所需的装置，称为发动机的起动系统，如图 1-16 所示。起动系统由起动机及其附属装置组成。

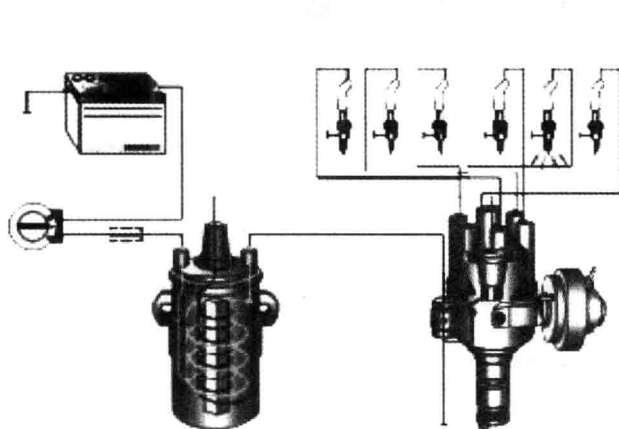


图 1-15 点火系统

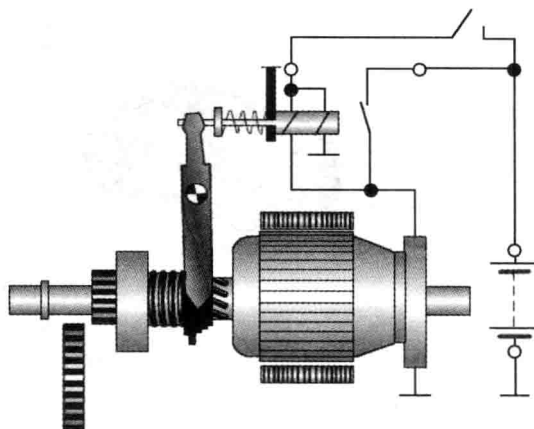
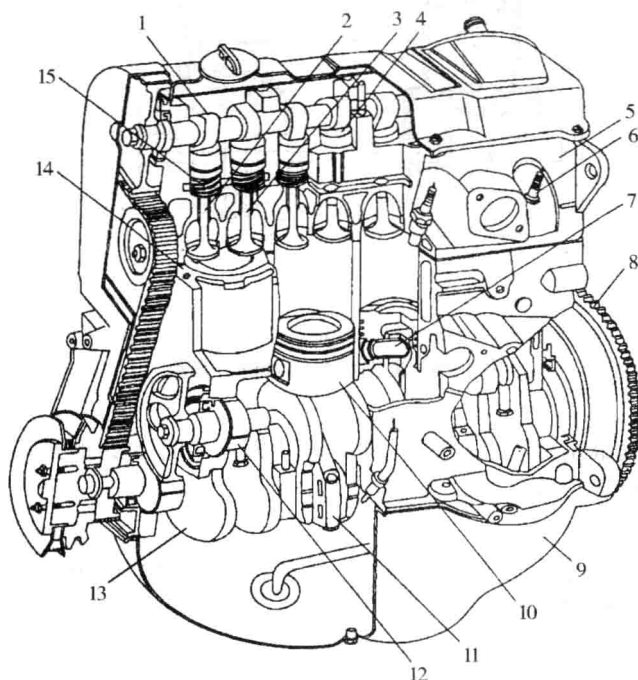


图 1-16 起动系统

汽油机由以上两大机构和五大系统组成，即由曲柄连杆机构，配气机构、燃料供给系统、润滑系统、冷却系统、点火系统和起动系统组成；柴油机由以上两大机构和四大系统组成，即

由曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、润滑系统、冷却系统和起动系统组成，由于柴油机是压燃的，不需要点火系统。

图 1-17 所示为发动机的基本结构。图 1-18 所示为上海桑塔纳轿车发动机结构。



1—凸轮轴；2—排气门；3—进气门；4—气门挺杆；5—气缸；6—火花塞；7—活塞销；8—飞轮；
9—油底壳；10—活塞；11—连杆总成；12—中间轴；13—曲轴；14—气缸体；15—气门弹簧

图 1-17 发动机的基本构造

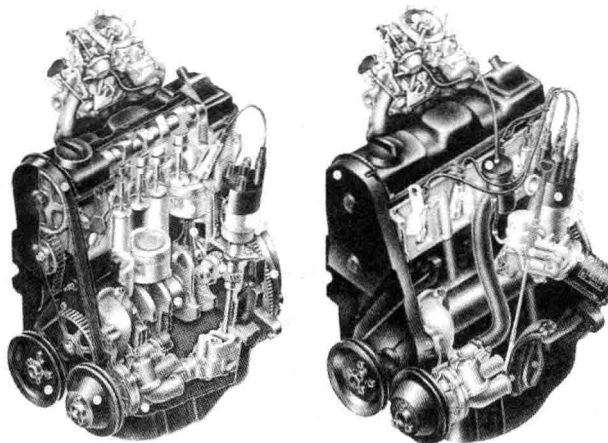
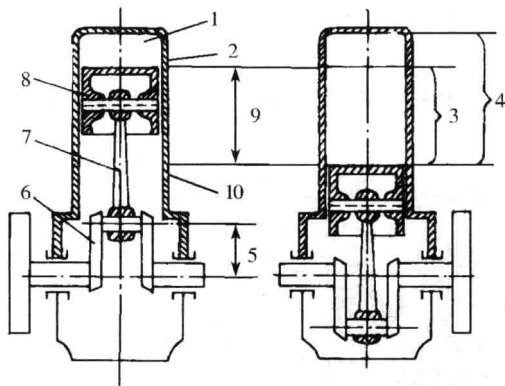


图 1-18 上海桑塔纳轿车发动机结构

二、发动机的工作过程分析

(一) 发动机常用术语

发动机的常用术语如图 1-19 所示。



1—燃烧室容积；2—上止点；3—工作容积；4—总容积；5—曲轴半径；6—曲轴；
7—连杆；8—活塞；9—活塞行程；10—下止点

图 1-19 发动机常用术语示意图

1. 上止点

上止点是指活塞在气缸里作往复直线运动时，活塞向上运动到的最高位置，即活塞顶部距离曲轴旋转中心最远的极限位置。

2. 下止点

下止点是活塞在气缸里作往复直线运动时，活塞向下运动到的最低位置，即活塞顶部距离曲轴旋转中心最近的极限位置。

3. 活塞行程

活塞行程是指活塞从一个止点到另一个止点移动的距离，即上、下止点之间的距离，一般用 S 表示，对应一个活塞行程，曲轴旋转 180° 。

4. 曲拐半径

曲拐半径是指曲轴旋转中心到连杆轴颈中心之间的距离，一般用 R 表示。通常活塞行程为曲拐半径的两倍，即 $S=2R$ 。

5. 活塞冲程

活塞冲程是指活塞由一个止点到另一个止点运动一次的过程。

6. 气缸工作容积和发动机工作容积

活塞从一个止点运动到另一个止点所扫过的容积，称为气缸工作容积，也称气缸排量，一般用 V_h 表示。

发动机的工作容积是指各气缸工作容积的总和，也称发动机排量，一般用 V_L 表示。

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} \times S \times 10^{-3}$$

$$V_L = V_h i$$

式中： D 为气缸直径； S 为活塞行程； i 为气缸数。

7. 燃烧室容积和气缸总容积

燃烧室容积是指活塞在上止点时，活塞顶上面的空间容积，一般用 V_c 表示。

气缸总容积是指活塞在下止点时，活塞顶以上的空间容积，一般用 V_a 表示。气缸总容积就是气缸工作容积和燃烧室容积之和，即 $V_a = V_c + V_h$ 。

8. 压缩比

气缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比。一般用 ϵ 表示。

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

式中： V_a 为气缸总容积； V_h 为气缸工作容积； V_c 为燃烧室容积。

ϵ 表示活塞从下止点移到上止点时，气缸内气体被压缩的程度。通常汽油机的压缩比为 6~10，柴油机的压缩比较高，一般为 16~22。

9. 工作循环

每一个工作循环包括进气、压缩、做功和排气过程，即完成进气、压缩、做功和排气四个过程叫一个工作循环。

(二) 四行程汽油机的工作循环过程分析

发动机是一种能量转换机构，它将燃料燃烧产生的热能转变成机械能。那么，它是怎样完成这个能量转换过程的呢？也就是说它是怎样把热能转换成机械能的呢？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，再进行下一次做功。即进气、压缩、做功、排气四个行程工作循环的过程。

1. 进气过程

进气过程如图 1-20 所示。进气过程中，进气门打开，排气门关闭。由于曲轴的旋转带动活塞从上止点向下止点运动，随着活塞下移，气缸内容积增大，压力降低，当压力小于大气压时，在气缸内形成真空，空气经空气滤清器并与化油器供给的汽油混合成可燃混合气，通过进气门被吸进气缸，直至活塞向下运动到下止点。由于受到进气系统阻力的影响，进气终了时气缸内气体压力略低于大气压，为 0.075~0.09 MPa，①由于进气门是在活塞到达上止点之前打开；②同时受到残余炽热废气和高温机件加热的影响；③进气终了燃烧温度达到 370~400 K；④实际进气门在越过下止点向上止点运行时才关闭。以便吸入更多的可燃混合气。

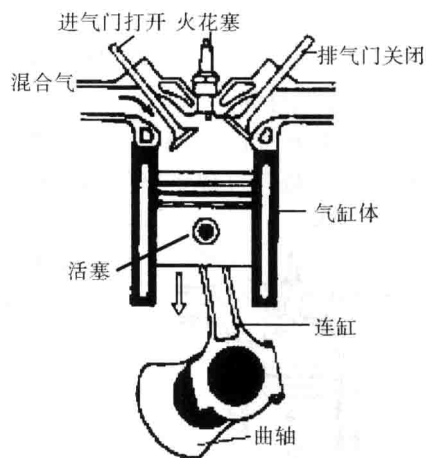


图 1-20 进气过程

2. 压缩过程

压缩过程如图 1-21 所示。曲轴继续旋转，活塞从下止点向上止点运动，这时进气门和排气门都关闭，气缸内成为封闭容积，可燃混合气受到压缩，压力和温度不断升高，当活塞到达上止点时压缩行程结束。此时可燃混合气压力最高可达 1.2 MPa，温度可达 700 K。压缩比越大，压缩终了时气缸内的压力和温度越高，则燃烧速度越快，发动机功率也越大。但压缩比太高，容易引起爆燃。所谓爆燃就是由于气体压力和温度过高，可燃混合气在没有点燃的情况下由于残余火星引起自行燃烧，且火焰以高于正常燃烧数倍的速度向外传播，造成尖锐的敲缸声，导致发动机过热，功率下降，汽油消耗量增加以及机件损坏的现象。

3. 作功过程

作功过程如图 1-22 所示，包括燃烧过程和膨胀过程。在这一过程中，进气门和排气门仍然保持关闭。当活塞位于压缩过程接近上止点（即点火提前角）位置时，火花塞产生电火花点燃

可燃混合气，可燃混合气燃烧后放出大量的热使气缸内气体温度和压力急剧升高，最高压力可达 9 MPa，最高温度可达 2 800 K。高温高压气体膨胀，推动活塞从上止点向下止点运动，通过连杆使曲轴旋转并输出机械功，除了用于维持发动机本身继续运转外，其余用于对外作功。随着活塞向下运动，气缸内容积增加，气体压力和温度降低，当活塞运动到下止点时，作功过程结束，气体压力降低到 0.3~0.5 MPa，气体温度降低到 1 300~1 600 K。

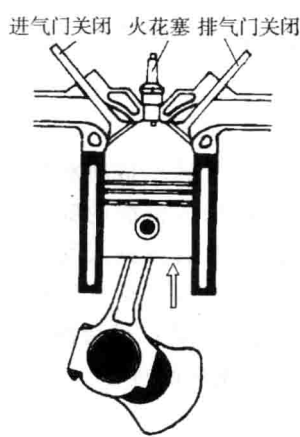


图 1-21 压缩过程

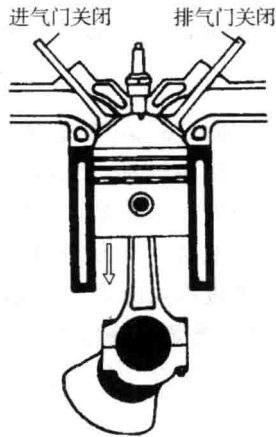


图 1-22 作功过程

4. 排气过程

排气过程如图 1-23 所示。可燃混合气在气缸内燃烧后生成的废气必须从气缸中排出去以便进行下一个进气过程。当作功接近终了时，排气门开启，进气门仍然关闭，靠废气的压力先进行自由排气，活塞到达下止点再向上止点运动时，继续把废气强制排到大气中去，活塞越过上止点后，排气门关闭，排气过程结束。

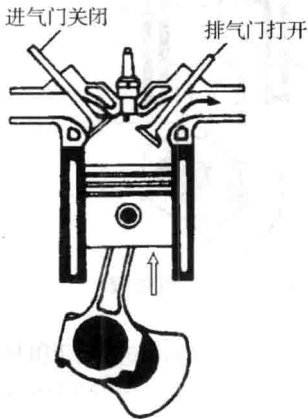


图 1-23 排气过程

实际汽油机的排气过程也是排气门提前打开，延迟关闭，以便排出更多的废气。受排气阻力的影响，排气终止时，气体压力仍高于大气压力，为 0.105~0.115 MPa，温度约为 900~1 200 K。

排气过程结束后，进气门再次开启，又开始了下一个工作循环，如此周而复始，发动机就连续运转。可见四行程汽油机经过进气、压缩、作功、排气四个过程完成一个工作循环，这期间活塞在上、下止点往复运动了四个行程，相应地曲轴旋转了两圈。

(三) 四行程柴油机的工作过程分析

四行程柴油机和四行程汽油机的工作过程相同，每一个工作循环同样包括进气、压缩、作功和排气四个过程，但柴油机使用的燃料是柴油。柴油与汽油有较大的差别，柴油黏度大，不易蒸发，自燃温度低，故可燃混合气的形成，着火方式，燃烧过程以及气体温度、压力的变化都和汽油机不同，以下主要分析柴油机和汽油机在工作过程中的不同点。

1. 进气过程

进气过程如图 1-24 (a) 所示。柴油机在进气过程中吸入气缸的是纯空气而不是可燃混合气。(现代电控汽油机进的也是纯空气。) 在进气通道中进气阻力较小，进气终了时气体压力略