



21世纪职业教育立体化精品教材

QICHE
FADONGJI GOUZAO
YU WEIXIU

汽车发动机构造与维修

主 编 袁尉铭 宋学彬
参 编 罗钦中 杨 柳



北京工业大学出版社

内 容 提 要

本书主要内容包括汽车维修常用工量具及设备仪器的使用,汽车发动机两大机构、五大系统的机构组成、工作原理及检查与更换、保养知识等。

本书可作为职业院校汽车类相关专业教材,也可供从事汽车维修的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修/袁尉铭,宋学彬主编. —
北京:北京工业大学出版社,2020.9
ISBN 978-7-5639-7280-7

I. ①汽… II. ①袁… ②宋… III. ①汽车—发动机—构造—职业教育—教材②汽车—发动机—车辆修理—职业教育—教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 297268 号

汽车发动机构造与维修

QICHE FADONGJI GOUZA0 YU WEIXIU

主 编:袁尉铭 宋学彬

责任编辑:钱子亮

封面设计:易 帅

出版发行:北京工业大学出版社

(北京市朝阳区平乐园 100 号 邮编:100124)

010-67391722(传真)bgdcbs@sina.com

经销单位:全国各地新华书店

承印单位:天津市蓟县宏图印务有限公司

开 本:787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张:14

字 数:314 千字

版 次:2020 年 9 月第 1 版

印 次:2020 年 9 月第 1 次印刷

标准书号:ISBN 978-7-5639-7280-7

定 价:39.80 元

版权所有 翻印必究

(如发现印装质量问题,请寄本社发行部调换 010-67391106)

为深入贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》以及教育部门《关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》精神，参照教育部、人社部颁发的《关于实施职业院校制造业与现代服务业技能型紧缺人才培养培训指导方案》以及职业技能鉴定和技术工人标准，我们编写了本系列教材，供职业院校汽车运用与维修专业使用。

本书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，以为产业结构调整 and 科技服务为原则，满足高素质的初、中级汽车专业实用型人才的培养。在编写过程中，我们认真总结了全国职业院校多年来的专业教学实践经验，注重吸收先进的职教理念和方法，形成本系列教材的特色。

(1)面向职业院校。本书作者都来自教学一线，有多年的企业实践经验和专业教学经验，因此能根据职业教育的培养目标，结合目前职业学校教学实际编写。

(2)图文并茂，通俗易懂。本书删繁就简，按先易后难的原则编写，注重产业发展对人才需求规格与学校培养目标的衔接与交流，注重企业现有操作规程与维修经验的引导。

(3)在内容选择上，注重汽车售后服务职业岗位对人才的知识要求、能力要求，力求与相应的职业资格标准衔接，并较多地反映了新技术、新知识、新工艺、新方法、新材料的内容。

(4)在难易程度上，简化烦琐的理念分析，突出职业能力培养。注重强调能力培养、运用性强的内容，使整体的理论难度降低，同时保障了相应的理论基础，又能使学生在分析和解决实际问题的同时有一定理论依据，有较强的专业针对性和实用性，力求把传授专业知识与培养专业技术应用能力有机结合，使学生的基本素质能够得到

提升,从而使学生举一反三,触类旁通,为今后的学习奠定基础。

(5)为培养学生对学习的兴趣,我们在体例上采用了比较先进的教材编写方式,本书后半部分设有工作页,对应前文各个项目,既能让学生在学习理论的时候感到趣味无穷,又能使学生在实践学习中接受理论的指导,这是本书的特色。

由于编者水平有限,加之时间比较仓促,书中的不足之处在所难免,恳请使用本书的读者和同行老师不吝指教,以便下次修改。

编 者

CONTENTS

目 录

项目一 发动机总体构造与维修安全知识 1

| | |
|------------------------|----|
| 任务一 发动机总体构造和工作原理 | 1 |
| 任务二 汽车维修个人安全知识 | 17 |
| 任务三 工具设备的使用及注意事项 | 21 |
| 巩固与提高 | 30 |

项目二 曲柄连杆机构的构造与维修 33

| | |
|------------------------|----|
| 任务一 曲柄连杆机构的认知 | 33 |
| 任务二 水泵 V 带的检查与更换 | 45 |
| 任务三 气缸盖衬垫的更换 | 48 |
| 任务四 活塞连杆组件的检查与更换 | 60 |
| 巩固与提高 | 67 |

项目三 配气机构的构造与维修 70

| | |
|-------------------|----|
| 任务一 配气机构的认知 | 70 |
| 任务二 正时齿带的更换 | 84 |

| | |
|----------------|-----|
| 任务三 正时链条的检查与更换 | 89 |
| 任务四 气门间隙的检查与调整 | 102 |
| 巩固与提高 | 105 |

项目四 冷却系统的构造与维修 107

| | |
|---------------|-----|
| 任务一 冷却系统的认知 | 107 |
| 任务二 冷却液的检查与更换 | 113 |
| 任务三 水泵的检查与更换 | 116 |
| 任务四 节温器的检查与更换 | 117 |
| 巩固与提高 | 119 |

项目五 润滑系统的构造与维修 122

| | |
|--------------------|-----|
| 任务一 润滑系统的认知 | 122 |
| 任务二 机油及机油滤清器的检查与更换 | 129 |
| 巩固与提高 | 133 |

项目六 燃油供给系统的构造与维修 135

| | |
|---------------|-----|
| 任务一 燃油供给系统的认知 | 135 |
| 任务二 燃油滤清器的更换 | 142 |
| 任务三 喷油器的检查与更换 | 145 |
| 巩固与提高 | 146 |

项目七 空气供给系统和排气系统的构造与维修 148

| | |
|-------------------|-----|
| 任务 空气供给系统和排气系统的认知 | 148 |
| 巩固与提高 | 154 |

| | | |
|-------------|-------------------------|------------|
| 项目八 | 汽车发动机的保养 | 156 |
| 任务一 | 发动机保养的认知 | 156 |
| 任务二 | 汽车发动机保养的内容 | 157 |
| 巩固与提高 | | 162 |
| 工作页 | | 165 |
| 任务一 | 认识汽车维修常用的手工工具及其使用 | 167 |
| 任务二 | 认识汽车维修的专用工具及其使用 | 169 |
| 任务三 | 认识汽车维修的常用量具及其使用 | 171 |
| 任务四 | 观察汽车的总体构造 | 174 |
| 任务五 | 发动机拆装和总体结构的认识 | 176 |
| 任务六 | 认识并拆装机体组 | 179 |
| 任务七 | 认识并拆装活塞连杆组 | 181 |
| 任务八 | 认识并拆装曲轴飞轮组 | 184 |
| 任务九 | 认识并拆装气门组 | 186 |
| 任务十 | 认识并拆装气门传动组 | 188 |
| 任务十一 | 调整气门间隙 | 191 |
| 任务十二 | 拆装并检修机械式汽油泵 | 193 |
| 任务十三 | 认识并检修汽车发动机传感器 | 195 |
| 任务十四 | 拆装并调整传统柴油喷射系统的喷油器 | 198 |
| 任务十五 | 拆装并检修水泵 | 201 |
| 任务十六 | 拆装并检修节温器 | 204 |
| 任务十七 | 拆装并检修机油泵 | 207 |
| 任务十八 | 点火系统的维护 | 210 |
| 任务十九 | 清洗发动机水套和散热器中的水垢 | 214 |
| 参考文献 | | 216 |

项目一

发动机总体构造与维修 安全知识

任务一 发动机总体构造和工作原理



一、发动机的分类

发动机就是将某种能量转化为机械能的机器，现代汽车发动机一般都属于内燃机。内燃机与外燃机相比，具有热效率高、体积小、便于移动、起动性好等优点，因而被广泛应用。

1. 按照使用燃料分类

按使用燃料的不同，汽车发动机可以分为汽油发动机、柴油发动机、CNG 发动机、LPG 发动机、双燃料发动机，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；另外，还有以液化石油气或天然气为燃料的其他代用燃料发动机。汽油机与柴油机比较各有特点，汽油机转速高，质量小，噪声小，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。

2. 按照点火方式分类

按照点火方式的不同，汽车发动机可分为点燃式和压燃式两种。点燃式发动机是利用高压电火花点燃气缸内的可燃混合气来完成做功的，如汽油机；压燃式发动机是利用高温、高压使气缸内的可燃混合气自行着火燃烧来完成做功的，如柴油机。

3. 按照行程分类

发动机按照其完成一个工作循环所需的行程数可分为四冲程发动机和二冲程发动机，如图 1-2 所示。把曲轴转两圈，活塞在气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；而把曲轴转一圈，活塞在气缸内上下往复运动两

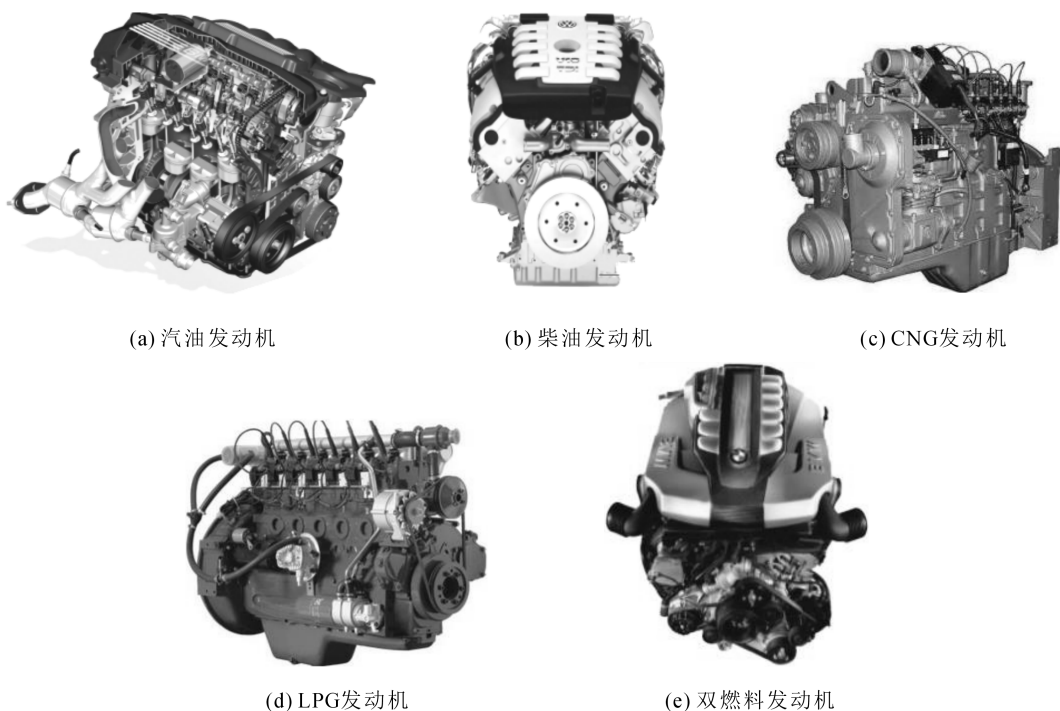


图 1-1 发动机按照使用燃料分类

个行程，完成一个工作循环的发动机称为二冲程发动机。汽车发动机广泛使用四冲程发动机。

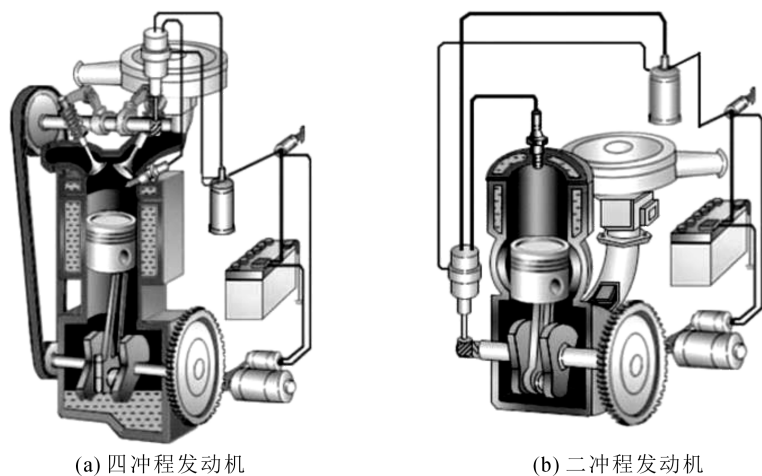


图 1-2 发动机按照行程分类

4. 按照冷却方式分类

发动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进行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。

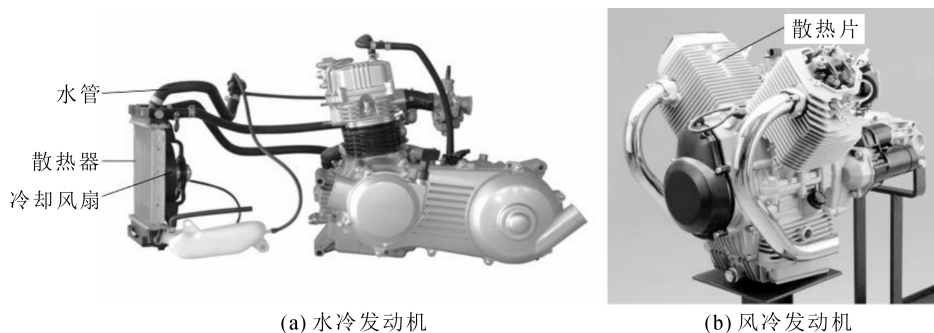


图 1-3 发动机按照冷却方式分类

5. 按照气缸数目分类

发动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；有两个或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、六缸或八缸发动机。

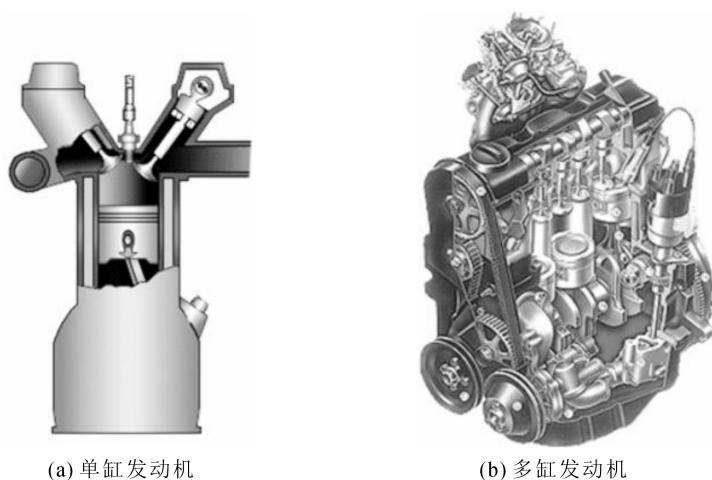


图 1-4 发动机按照气缸数目分类

6. 按照气缸排列方式分类

发动机按照气缸排列方式不同，可分为直列式发动机、V形发动机、对置式(卧式)发动机和W形发动机，如图 1-5 所示。将V形发动机的每侧气缸再进行小角度的错开(如帕萨特W8的小角度为15度)，就成了W形发动机，或者说W形发动机的气缸排列形式是由两个小V形组成一个大V形。

Chapter 01

Chapter 02

Chapter 03

Chapter 04

Chapter 05

Chapter 06

Chapter 07

Chapter 08

Appendix



图 1-5 发动机按照气缸排列方式分类

7. 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，可以分为自然吸气式（非增压式）发动机和强制进气式（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增压式的。

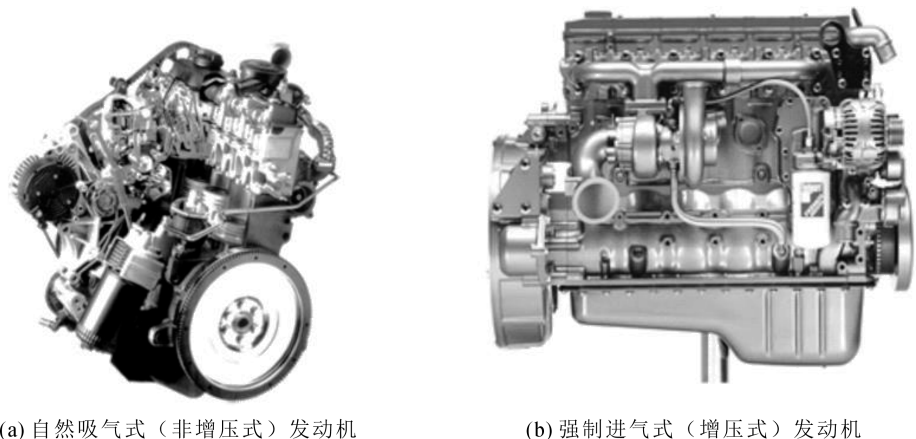


图 1-6 发动机按照进气系统是否采用增压方式分类



二、发动机的总体构造

发动机是汽车的心脏，现代汽车发动机的基本结构都是相似的。汽油机通常由“两大机构、五大系统”组成，柴油机通常由“两大机构、四大系统”组成。如图 1-7 所示为一台汽油机解剖图。

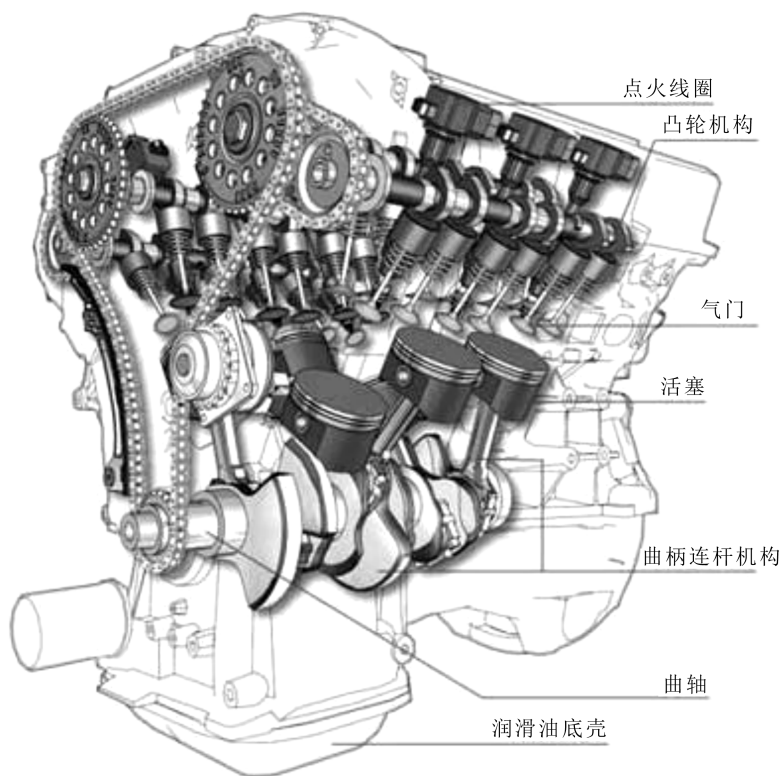


图 1-7 汽油机解剖图

1. 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，如图 1-8 所示。在做功行程中，活塞承受燃气压力在气缸内做直线运动，通过连杆转换成曲轴的旋转运动，并通过曲轴对外输出动力，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。

2. 配气机构

配气机构的作用是根据发动机的工作顺序和工作过程，适时地打开和关闭气门，使可燃混合气或新鲜空气进入气缸，并使废气从气缸内排出。配气机构一般由气门组和气门传动组组成，如图 1-9 所示。

3. 燃料供给系统

汽油机燃料供给系统的作用是根据发动机的要求，配制出一定数量和浓度的混合

Chapter
01Chapter
02Chapter
03Chapter
04Chapter
05Chapter
06Chapter
07Chapter
08

Appendix

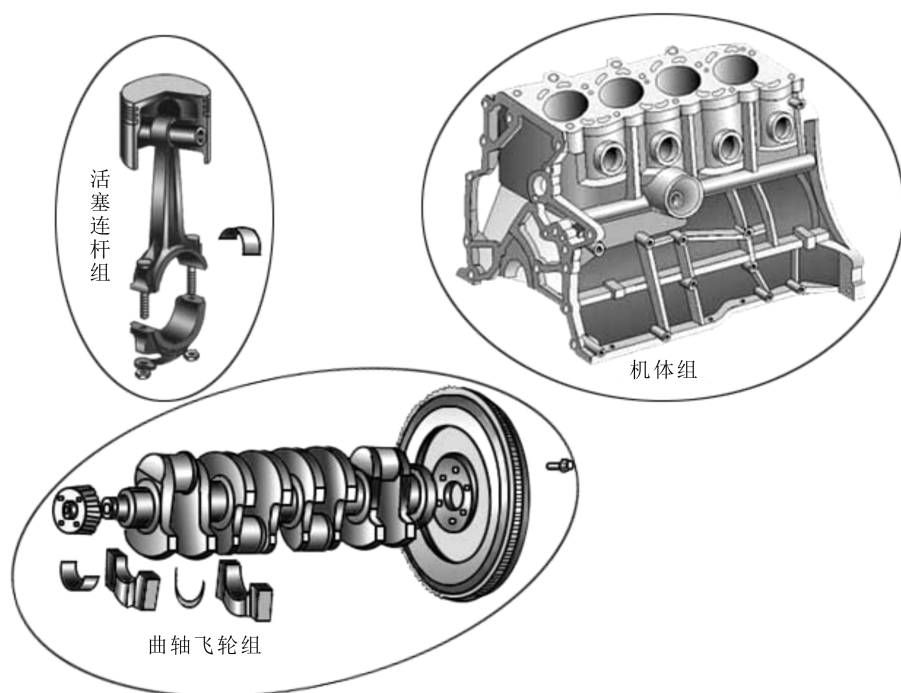


图 1-8 曲柄连杆机构的组成

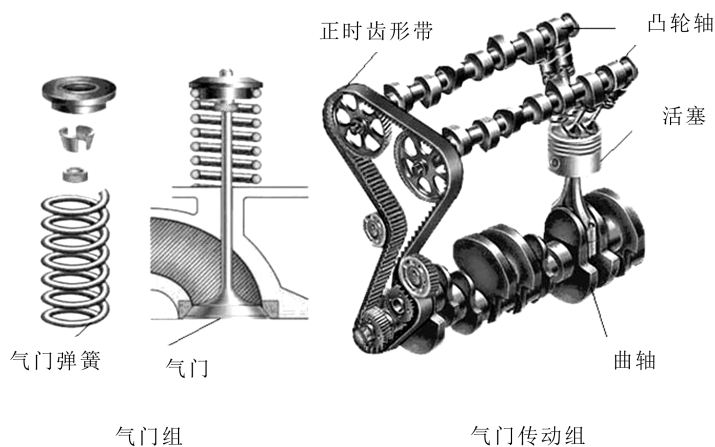
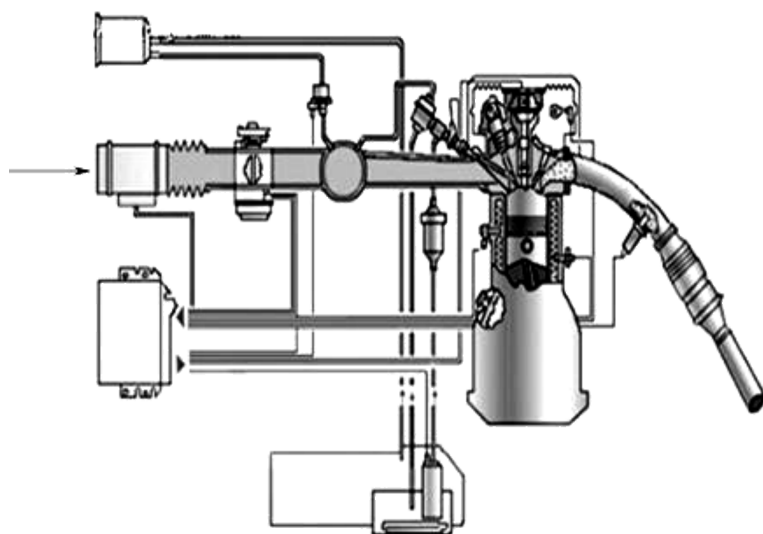
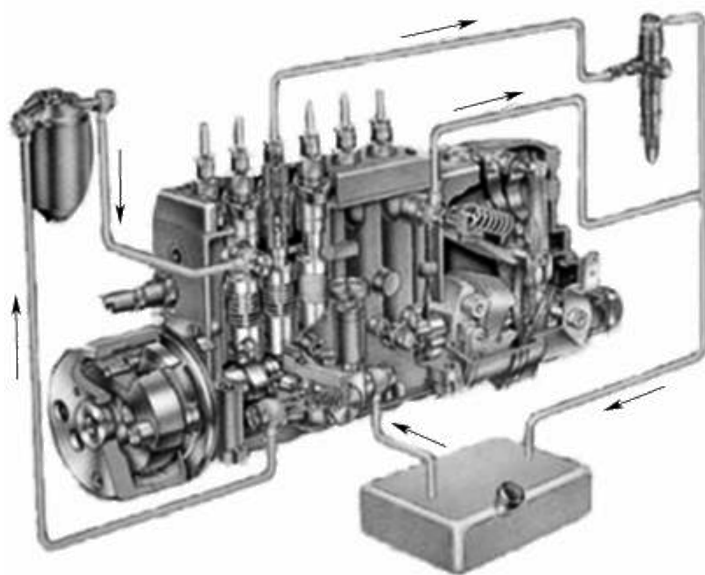


图 1-9 配气机构

气供入气缸，并将燃烧后的废气从气缸内排出到大气中去；柴油机燃料供给系统的作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。发动机燃料供给系统，如图 1-10 所示。汽油机燃料供给系统分化油器式燃油供给系统和汽油喷射式燃油供给系统，柴油机燃料供给系统分传统机械式柴油喷射系统和电控柴油喷射系统。



(a) 汽油机燃料供给系统



(b) 柴油机燃料供给系统

图 1-10 发动机燃料供给系统

4. 润滑系统

润滑系统的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、机油集滤器、机油泵和机油滤清器等组成，如图 1-11 所示。

5. 冷却系统

冷却系统的作用是将受热零件吸收的部分热量及时散发出去，以保证发动机在最

Chapter
01Chapter
02Chapter
03Chapter
04Chapter
05Chapter
06Chapter
07Chapter
08

Appendix

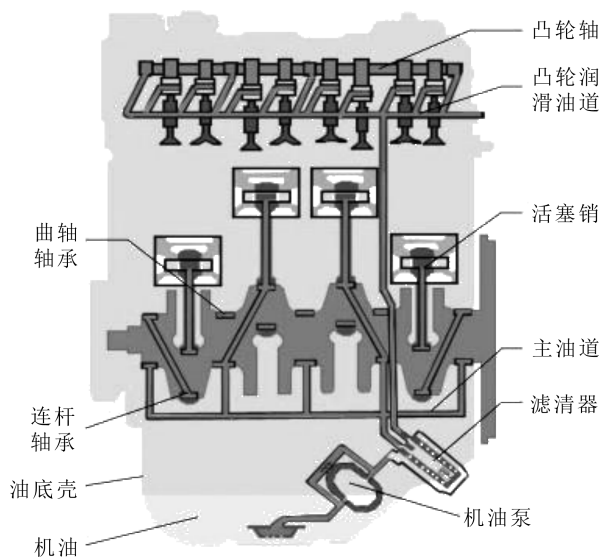


图 1-11 润滑系统

适宜的温度状态下工作。冷却系统有水冷式和风冷式两种，水冷发动机的冷却系统通常由冷却水套、水泵、风扇、散热器、膨胀散热器和节温器等组成，如图 1-12 所示。

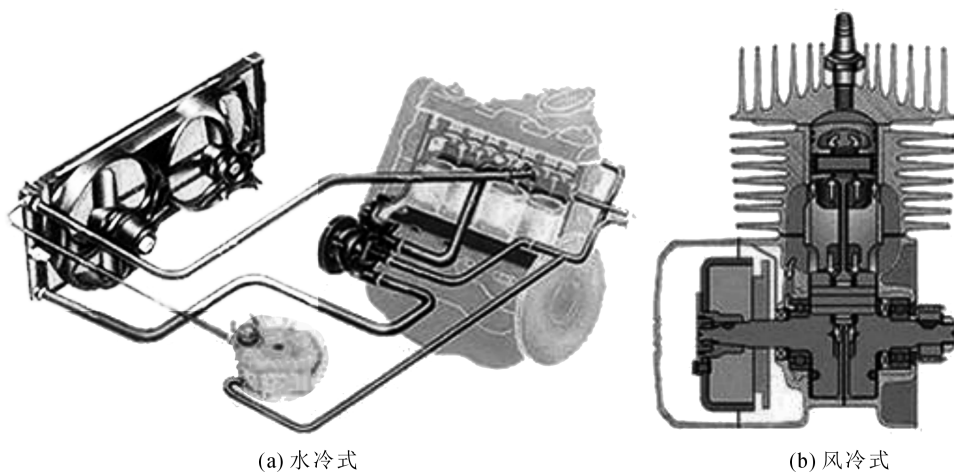


图 1-12 冷却系统

6. 点火系统(仅汽油机有)

在汽油机中，气缸内的可燃混合气是靠电火花点燃的，为此在汽油机的气缸盖上装有火花塞，并将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。点火系统的作用是根据发动机的工作需要，及时地点燃气缸内的混合气。点火系统通常由蓄电池、分电器、点火开关、点火线圈和火花塞等组成，如图 1-13 所示。

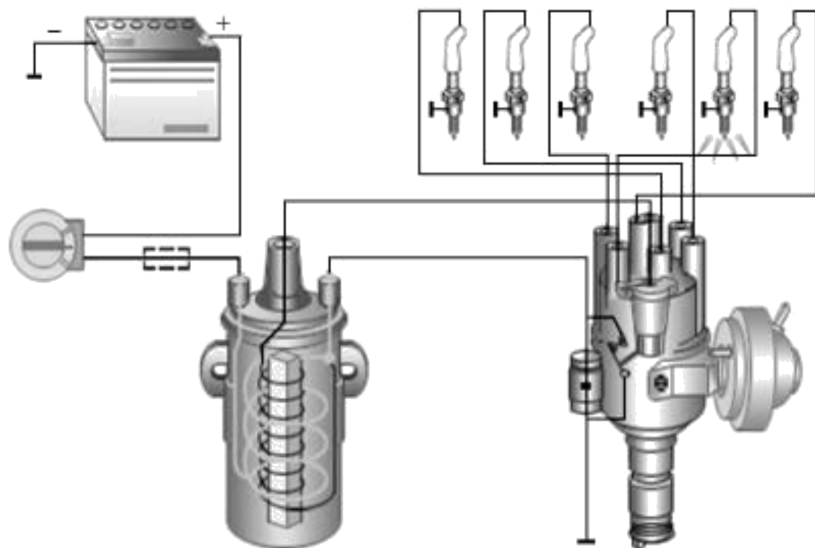


图 1-13 点火系统

7. 起动系统

要使发动机由静止状态过渡到工作状态，必须先用外力转动发动机的曲轴，使活塞做往复运动，气缸内的可燃混合气燃烧膨胀做功，推动活塞向下运动使曲轴旋转。发动机才能自行运转，工作循环才能自动进行。因此，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。起动系统主要包括起动机和其他附属装置，如图 1-14 所示。

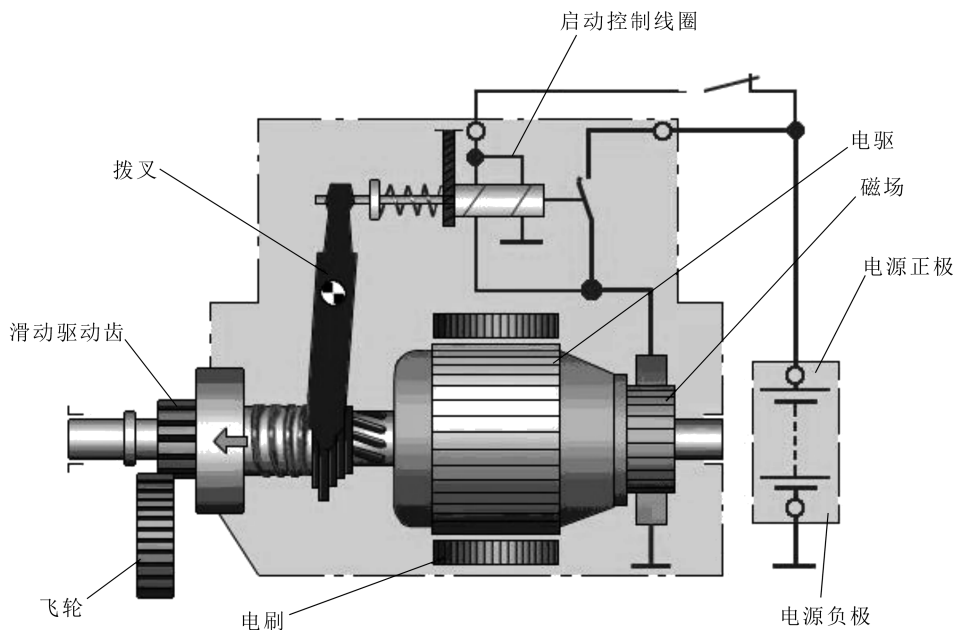


图 1-14 起动系统

Chapter
01Chapter
02Chapter
03Chapter
04Chapter
05Chapter
06Chapter
07Chapter
08

Appendix



三、单缸发动机结构及常用术语

单缸四冲程汽油机的基本结构如图 1-15 所示，单缸四冲程柴油机的基本结构如图 1-16 所示。气缸体内圆柱形腔体称为气缸，内装有活塞，活塞通过活塞销、连杆与曲轴相连接。活塞在气缸内做往复直线运动，通过连杆推动曲轴做旋转运动。在气缸盖上装有进、排气门，通过凸轮轴控制进、排气门的开启和关闭，实现向气缸内充入新鲜可燃混合气(汽油机)或纯空气(柴油机)，并将燃烧后的废气排出气缸。

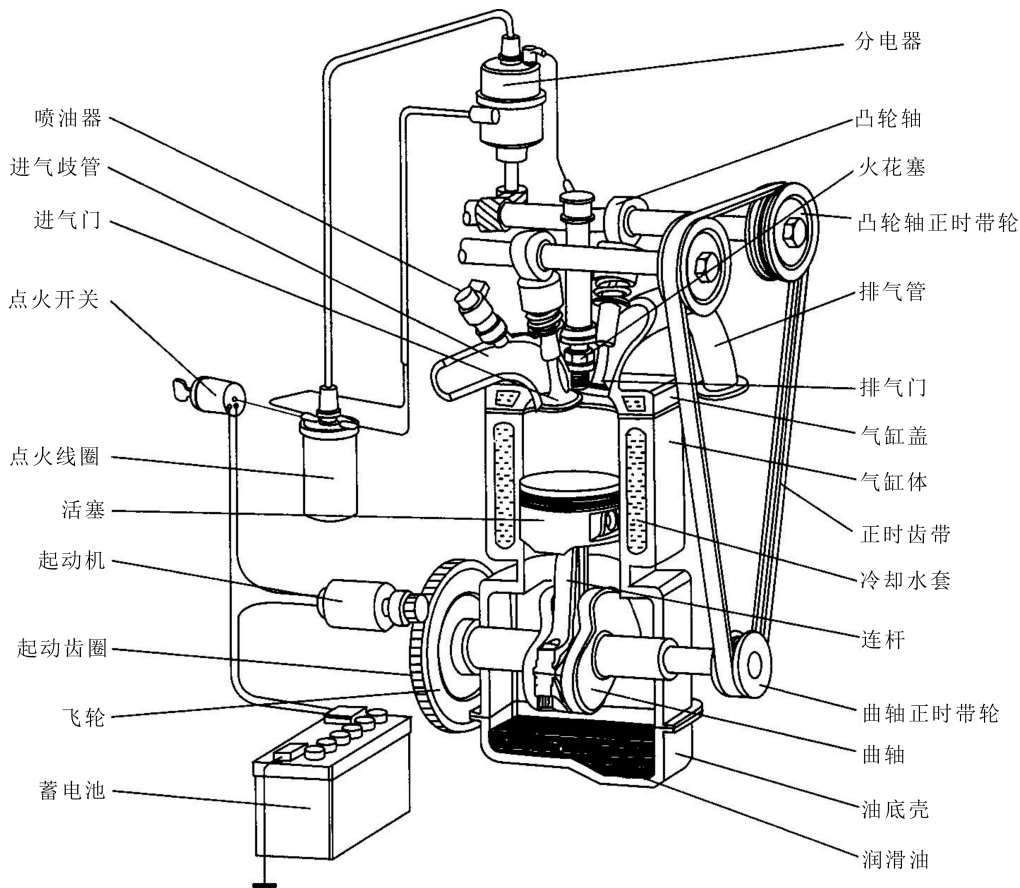


图 1-15 单缸四冲程汽油机结构示意图

发动机基本术语如图 1-17 所示。

- (1) 上止点。上止点是指活塞离曲轴回转中心最远处，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最近处，即活塞的最低位置。
- (3) 活塞行程(S)。上止点与下止点之间的距离称为活塞行程。
- (4) 曲柄半径(R)。曲轴与连杆下端的连接中心至曲轴中心的距离(曲轴的回转半径)称为曲柄半径。活塞行程为曲柄半径的两倍，即 $S=2R$ 。
- (5) 气缸工作容积(V_h, L)。活塞从一个止点运动到另一个止点所扫过的容积称为

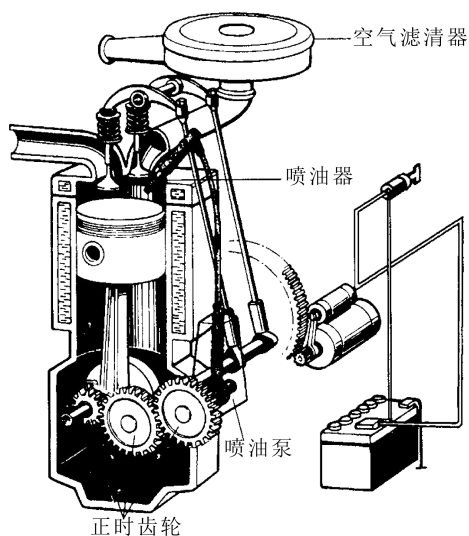


图 1-16 单缸四冲程柴油机结构示意图

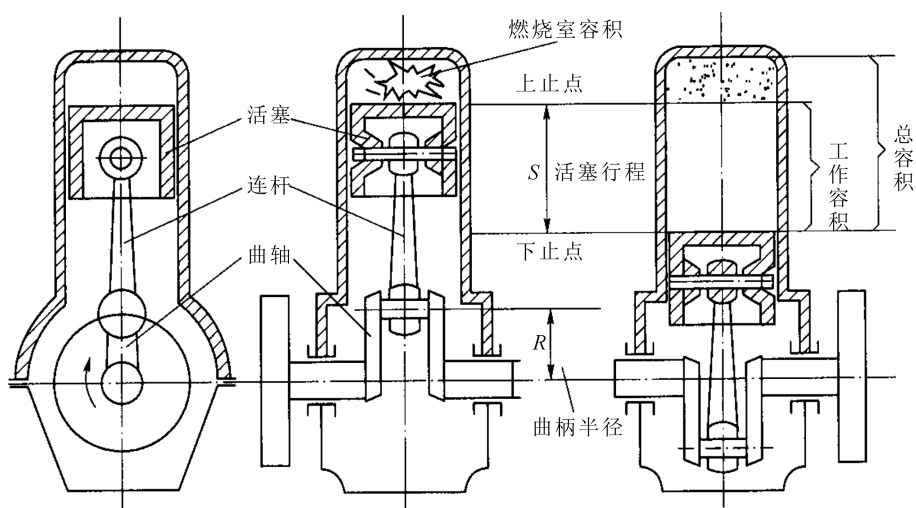


图 1-17 发动机基本术语

气缸工作容积或气缸排量，即

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

式中： D ——气缸直径(mm)；

S ——活塞行程(mm)。

(6) 燃烧室容积(V_c , L)。活塞在上止点时，活塞顶与气缸盖之间的容积称为燃烧室容积。

(7) 气缸总容积(V_a , L)。活塞在下止点时，活塞顶上方的容积称为气缸总容积。

Chapter
01

Chapter
02

Chapter
03

Chapter
04

Chapter
05

Chapter
06

Chapter
07

Chapter
08

Appendix

显然，气缸总容积是气缸工作容积与燃烧室容积之和，即

$$V_a = V_c + V_h$$

式中： V_c ——燃烧室容积(L)；

V_h ——气缸工作容积(L)。

(8) 发动机排量(V_L , L)。多缸发动机各气缸工作容积的总和称为发动机排量。即

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

式中： V_h ——气缸工作容积(L)；

i ——气缸数目。

(9) 压缩比(ϵ)。气缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比。

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

式中： V_a ——气缸总容积(L)；

V_h ——气缸工作容积(L)；

V_c ——燃烧室容积(L)。

压缩比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，压缩终了时气缸内气体的压力和温度越高。目前，一般车用汽油机的压缩比为6~11，柴油机的压缩比一般为16~22。

(10) 工作循环。在气缸内进行的每一次将燃料燃烧的热能转变成机械能的一系列连续过程(进气、压缩、做功、排气)称为发动机的一个工作循环。

四、发动机的基本工作原理

1. 四冲程汽油机的工作原理

四冲程汽油机每一个工作循环包括4个活塞行程，即进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程，如图1-18所示。

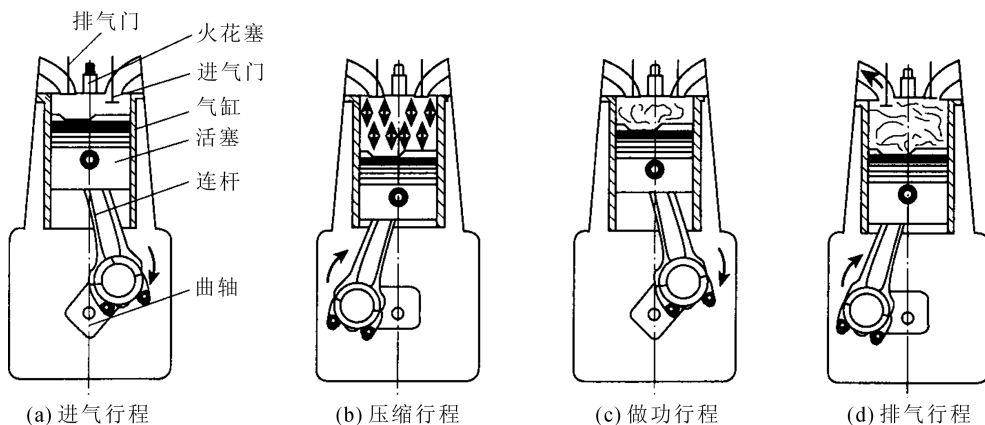


图 1-18 四冲程汽油机工作原理示意图

(1)进气行程。在进气行程中,活塞在曲轴和连杆的带动下由上止点向下止点运行,这时进气门开启、排气门关闭。在活塞由上止点向下止点运动过程中,由于活塞上方气缸容积逐渐增大,形成一定的真空度。这样,可燃混合气通过进气歧管、进气门被吸入气缸。当活塞到达下止点时,进气门关闭,停止进气。由于进气系统有阻力,进气终了时,气缸内的气体压力略低于大气压力,为 $0.074\sim 0.093\text{MPa}$ 。由于气缸壁、活塞等高温机件及上一循环残留的高温残余废气的加热,气体的温度上升到 $80\sim 130^{\circ}\text{C}$ 。

(2)压缩行程。活塞在曲轴和连杆的带动下由下止点向上止点运动,此时进、排气门处于关闭状态。由于活塞上方气缸容积逐渐减小,进入气缸内的可燃混合气被压缩,温度和压力不断升高,直到活塞到达上止点为止。此时,可燃混合气被压缩到活塞上方的很小空间,即燃烧室中。压缩终了时,可燃混合气压力为 $0.6\sim 1.5\text{MPa}$,可燃混合气的温度为 $330\sim 430^{\circ}\text{C}$ 。

压缩终了时,可燃混合气的压力和温度取决于压缩比。压缩比越大,燃烧速度越快,因而发动机输出的功率便越大,经济性越好。但压缩比过大,不仅不能进一步改善燃烧,反而会出现爆震和表面点火等不正常燃烧现象。

爆震是由于气体压力和温度过高,在燃烧室内离点火中心较远及具有高温处(如排气门头、火花塞电极和积碳处)可燃混合气自燃而造成的一种不正常燃烧。爆震时,火焰以极高的速率向外传播,由于燃烧室温度和压力急剧升高,火焰形成压力波,并以声速向外推进。这种压力波撞击燃烧室壁时便发出尖锐的敲击声。爆震还会引起发动机过热、功率下降、工作不稳定、燃油消耗率增加等一系列不良后果。严重时会造成气门烧毁、轴承破裂、火花塞绝缘体击穿等机件损坏现象。

表面点火是由于燃烧室内炽热表面与炽热处(如排气门头、火花塞绝缘体、零件表面炽热的沉积物等)点燃混合气的现象。表面点火发生时,会伴有沉闷的金属敲击声音,所产生的高压会使发动机机件负荷增加,活塞和连杆损坏及气门、火花塞、活塞等零件过热,导致发动机寿命降低。

(3)做功行程。当活塞运动到接近压缩行程上止点附近时,火花塞跳火点燃气缸内的可燃混合气。这时由于进气门和排气门均处于关闭状态,使缸内气体温度和压力同时升高,高温高压的气体膨胀,推动活塞由上止点向下止点运动,并通过连杆带动曲轴旋转输出机械能,直到活塞到达下止点时,做功行程结束。做功行程中,瞬时最高压力可达 $3\sim 5\text{MPa}$,瞬时最高温度可达 $1930\sim 2530^{\circ}\text{C}$ 。做功行程终了时,由于活塞下移,气缸内容积增加,气体压力和温度都在降低,压力降低到 $0.3\sim 0.5\text{MPa}$,温度则降到 $1030\sim 1330^{\circ}\text{C}$ 。

(4)排气行程。在做功行程结束后,气缸内的可燃混合气通过燃烧转变为废气。此时排气门开启,进气门处于关闭状态,活塞在曲轴和连杆的带动下由下止点向上止点运动,废气在自身残余压力和活塞的推力作用下从气缸内经排气门排出,直到活塞到达上止点时,排气行程结束。由于排气系统存在排气阻力,所以在排气终了时,气缸内压力稍高于大气压力,为 $0.102\sim 0.120\text{MPa}$,废气温度为 $630\sim 930^{\circ}\text{C}$ 。

因燃烧室占有一定容积,故排气终了时,不可能将废气全部排尽,留下的这一部分废气称为残余废气。

排气行程结束后,进气门再次开启,又开始下一个工作循环。如此周而复始,发动机就连续运转。发动机工作时,需要连续不断地进行循环,在每个循环中都是依次完成进气、压缩、做功、排气4个活塞行程。

2. 四冲程柴油机的工作原理

四冲程柴油机工作原理如图1-19所示。与四冲程汽油机一样,四冲程柴油机每个工作循环也是由进气、压缩、做功和排气4个活塞行程组成。但由于柴油和汽油使用性能的不同,柴油机在可燃混合气的形成方式、着火方式等方面与汽油机有着较大的区别。这里主要介绍四冲程柴油机与四冲程汽油机工作原理的不同之处。

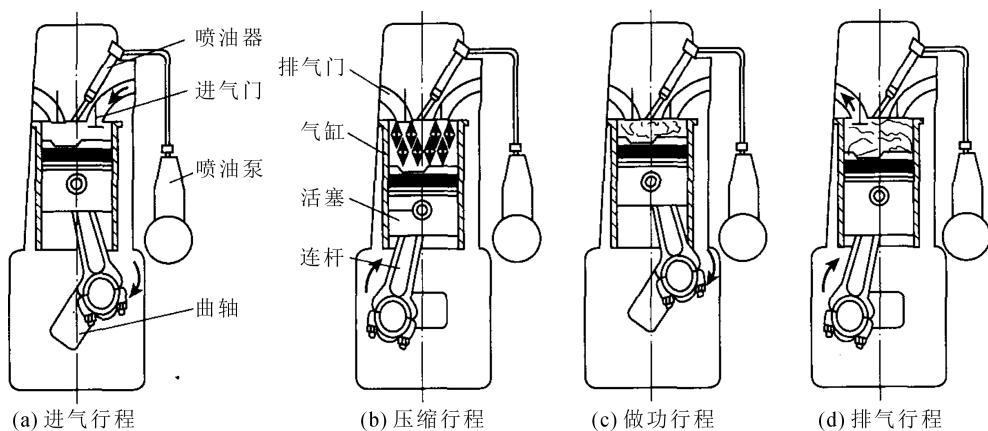


图 1-19 四冲程柴油机工作原理示意图

(1) 进气行程。柴油机在进气行程中进入气缸的是纯空气,而不是可燃混合气。

(2) 压缩行程。柴油机在压缩行程中压缩的是进气行程进入气缸内的纯空气。由于柴油机压缩比高,压缩终了时,缸内气体的温度和压力均高于汽油机,气缸内空气压力可达 $3.5 \sim 4.5 \text{ MPa}$, 温度可达 $480 \sim 730^\circ\text{C}$ 。

(3) 做功行程。柴油机做功行程与汽油机有很大区别。在压缩行程接近上止点时,喷油泵泵出的高压柴油(10 MPa 以上)经喷油器呈雾状喷入气缸内的高温空气中,柴油迅速吸热、蒸发、扩散,与空气混合形成可燃混合气。由于此时气缸内的温度远高于柴油的自燃温度(220°C 左右),因此形成的可燃混合气自行着火燃烧,并在随后的一段时间内边喷油边混合边燃烧,气缸内气压急剧上升到 $6 \sim 9 \text{ MPa}$, 温度也升到 $1730 \sim 2230^\circ\text{C}$ 。在高压气体推动下,活塞向下运动并带动曲轴旋转而做功。

(4) 排气行程。柴油机与汽油机的排气行程基本相同。

柴油机与汽油机相比,柴油机压缩比高,燃油消耗率低,故燃油经济性较好,环保性也较好,且柴油机没有电气和点火系的故障。但柴油机转速低、质量大、制造和维修费用高。柴油机的这些缺点逐渐得到克服,其应用越来越广,目前部分轿车也采用柴油机。

3. 工作循环的特点

由上述单缸四冲程汽油机和单缸四冲程柴油机的工作原理可知，四冲程发动机工作循环具有以下特点。

(1) 每完成一个工作循环，曲轴旋转 2 圈(720°)；每一行程，曲轴旋转半圈(180°)。进气行程中，进气门开启、排气门关闭；排气行程中，排气门开启、进气门关闭；其余两个行程，进、排气门均关闭。

(2) 在 4 个活塞行程中，只有做功行程产生动力，其余 3 个活塞行程则是为做功行程做准备的辅助行程，且要消耗动力。虽然做功行程是主要的，但其他 3 个行程也是必不可少的。

(3) 发动机启动时(第一个工作循环)，必须借助外力带动曲轴旋转以完成进气、压缩行程，在混合气着火做功行程开始后，曲轴和飞轮储存的能量使发动机转入正常运转状态。

4. 多缸四冲程发动机的工作原理

在单缸四冲程发动机每个工作循环所经历的 4 个活塞行程中，只有做功行程为有效行程，其他 3 个行程为消耗机械能的辅助行程。这样，发动机曲轴在做功行程中的转速快，在其他行程中转速慢。所以一个工作循环中，曲轴的转速是不均匀的。为了保证发动机运转平稳，现代汽车发动机都采用多缸四冲程发动机，应用最多的是四缸、六缸和八缸发动机。

多缸四冲程发动机每个气缸所经历的工作循环与单缸四冲程发动机相同，但各缸的做功行程并非同时进行，而是按一定顺序进行。因此，对于多缸四冲程发动机来说，曲轴每转两周，各缸分别做功一次，且各缸做功间隔角(以曲轴转角表示)保持一致。对于缸数为 i 的四冲程直列式发动机而言，做功间隔角为 $720^\circ/i$ 。气缸数越多，发动机工作越平稳，但结构也越复杂。

五、发动机主要性能指标

发动机的性能指标是用来衡量发动机性能好坏的标准。发动机的主要性能指标有：动力性能指标、经济性能指标和排放性能指标。

1. 动力性能指标

动力性能指标是指曲轴对外做功能力的指标，包括有效转矩、有效功率和曲轴转速。

(1) 有效转矩：指发动机曲轴对外输出的净转矩。通常用 T_e 表示，单位为 $N \cdot m$ 。

(2) 有效功率：指发动机曲轴对外输出的净功率。通常用 P_e 表示，单位为 kW 。它等于有效转矩与曲轴角速度的乘积，即

$$P_e = \frac{T_e \cdot n}{9550}$$

式中： T_e ——有效转矩($N \cdot m$)；

n ——曲轴转速(r/min)。

(3) 转速 n ：指发动机曲轴每分钟的转数，单位为 r/min 。

Chapter
01Chapter
02Chapter
03Chapter
04Chapter
05Chapter
06Chapter
07Chapter
08

Appendix

2. 经济性能指标

通常用燃油消耗率来评价发动机的经济性能。燃油消耗率是指单位有效功率的燃油消耗量，也就是发动机每发出 1kW 有效功率在 1h 内所消耗的燃油质量(以 g 为单位)，燃油消耗率通常用 g_e 表示，其单位为 $g/(kW \cdot h)$ 。很明显，有效燃油消耗率越小，表示发动机曲轴输出净功率所消耗的燃油越少，其经济性越好。

3. 排放性能指标

排放性能指标包括排放烟度、有害气体(CO, HC, NO_x)排放量、噪声等。



六、国产内燃机型号编制规则

1. 国产内燃机产品名称和型号编制规则

2008 年 6 月 3 日原中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会联合发布了 GB/T 725—2008《内燃机产品名称和型号编制规则》，内燃机型号由四部分组成，如图 1-20 所示。

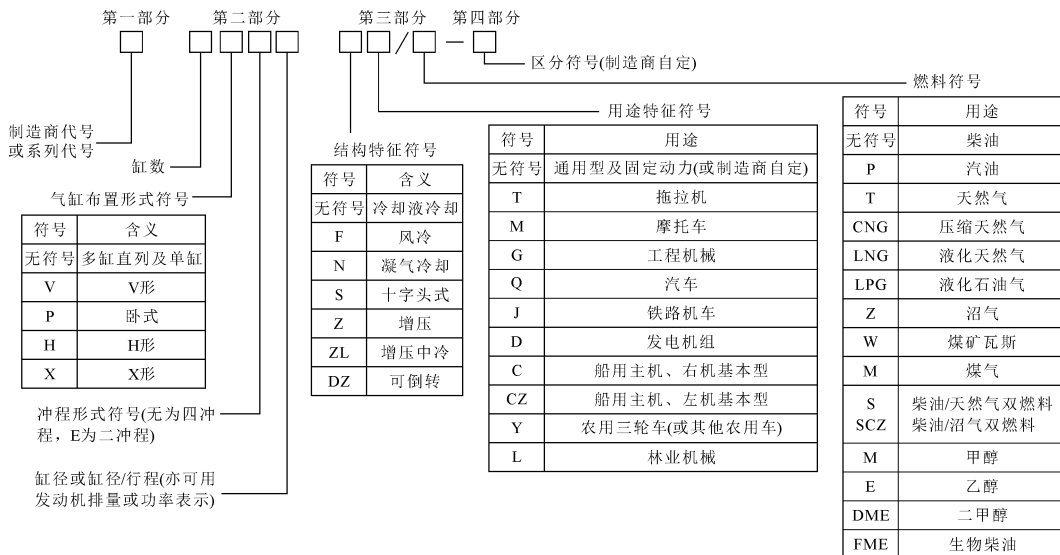


图 1-20 国产内燃机型号的组成

2. 国产内燃机型号实例

(1) 汽油机。

1E65 F/P: 单缸、二冲程、缸径 65mm、风冷、通用型。

492 Q/P-A: 四缸、直列、四冲程、缸径 92mm、冷却液冷却、汽车用(A 为区分符号)。

(2) 柴油机。

G12V190ZLD: 12 缸、V 形、四冲程、缸径 190mm、冷却液冷却、增压中冷、发电用(G 为系列代号)。

Y26102Q: 六缸、直列、四冲程、缸径 102mm、冷却液冷却、车用(YZ 为扬州柴

油机厂代号)。

R175A: 单缸、四冲程、缸径 75mm、冷却液冷却(R 为系列代号, A 为区分符号)。

8E150C-1: 8 缸、直列、二冲程、缸径 150mm、冷却液冷却、船用主机、右机基本型(1 为区分符号)。

JC12V26/32ZLC: 12 缸、V 形、四冲程、缸径 260mm、行程 320mm、冷却液冷却、增压中冷、船用主机、右机基本型(JC 为济南柴油机股份有限公司代号)。

12VE230/300ZCZ: 12 缸、V 形、二冲程、缸径 230mm、行程 300mm、冷却液冷却、增压、船用主机、左机基本型。

G8300/380ZDZC: 8 缸、直列、四冲程、缸径 300mm、行程 380mm、冷却液冷却、增压、可倒转、船用主机、右机基本型(G 为系列代号)。

(3) 燃气机。

12V190ZUT: 12 缸、V 形、四冲程、缸径 190mm、冷却液冷却、增压中冷、燃气为天然气。

16V190ZLD/MJ: 16 缸、V 形、四冲程、缸径 190mm、冷却液冷却、增压中冷、发电用、燃气为焦炉煤气。

(4) 双燃料发动机。

G12V190ZLS: 12 缸、V 形、缸径 190mm、冷却液冷却、增压中冷、燃料为柴油/天然气双燃料(G 为系列代号)。

12V26/32ZU SCZ: 12 缸、V 形、缸径 260mm、行程 320mm、冷却液冷却、增压中冷、燃料为柴油/沼气双燃料。

任务二 汽车维修个人安全知识

汽车维修个人安全就是保护好自己免受伤害, 包括使用防护装置、穿戴安全、职业行为和正确使用工具和设备。

一、眼睛的防护

在维修车间中, 若操作不慎会使工作人员的眼睛发生感染或永久损伤。有些作业(如磨削)会散发出高速运动的细小金属颗粒和尘埃。这些金属颗粒和尘埃很容易进入作业者的眼睛中, 将眼球擦伤或割伤。从有裂纹的管子或管接头中泄漏出的压力气体和液体可以喷射很远距离, 这些化学品进入眼睛会导致失明。在汽车底下进行作业时, 从腐蚀的金属上脱落下来的碎屑很容易落入眼睛中。

当工作环境存在损伤眼睛的风险时, 就要戴上安全眼镜, 以对眼睛进行保护。可供使用的护目器材有多种, 如图 1-21 所示。为了对眼睛进行足够的保护, 安全眼镜的镜片要用安全玻璃制成, 还要对眼部侧面进行防护。普通眼镜不能对眼睛提供足够的防护, 因此, 普通眼镜不能作为安全眼镜使用。在车间里戴普通眼镜时, 应该配上侧面护罩。

Chapter
01Chapter
02Chapter
03Chapter
04Chapter
05Chapter
06Chapter
07Chapter
08

Appendix