

巍巍交大 百年书香
www.jiaodapress.com.cn
bookinfo@sjtu.edu.cn



策划编辑 闫洪一
责任编辑 胡思佳
封面设计 黄燕美

汽车发动机 系统与检修

Q ICHE FADONGJI XITONG YU JIANXIU



扫描二维码
关注上海交通大学出版社
官方微信

ISBN 978-7-313-24568-7



定价: 49.80元



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

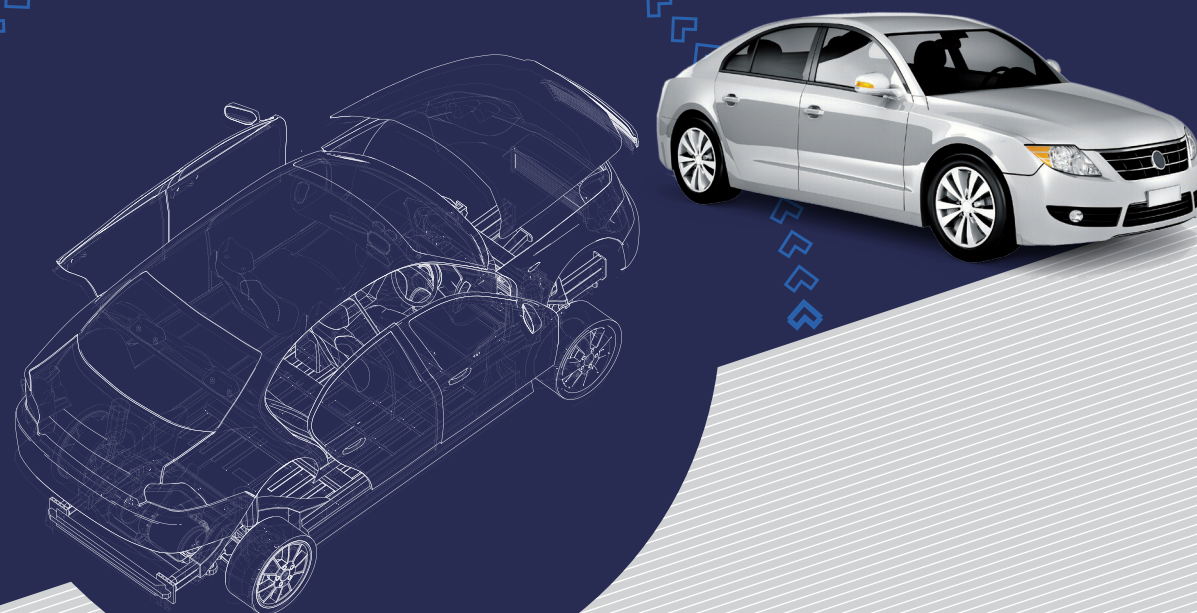
X-A



“十四五”职业教育河南省规划教材

汽车发动机 系统与检修

● 主编 闫 伟 高 琳
● 主审 朱 强 祁可前



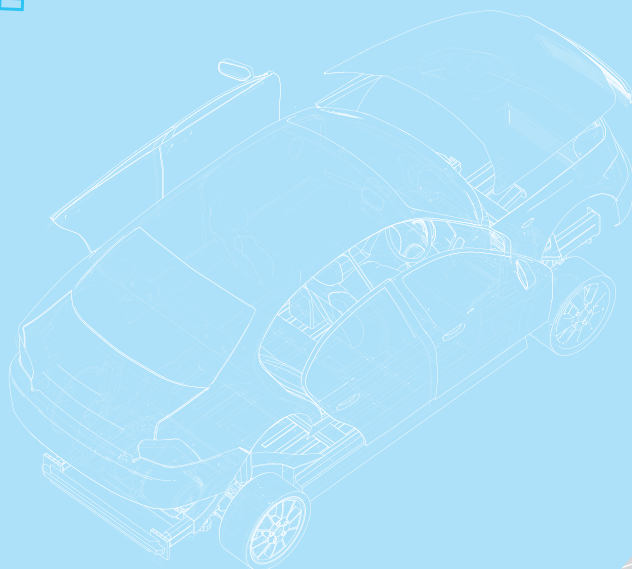
上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



“十四五”职业教育河南省规划教材

汽车发动机 系统与检修

主 编 闫 伟 高 琳
副主编 侯爱民 李 郁 张志强 周志鹏
主 审 朱 强 祁可前



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书共 7 章,内容包括汽车发动机概述、曲柄连杆机构的结构与检修、配气机构的结构与检修、润滑系统的结构与检修、冷却系统的结构与检修、汽油机燃料供给系统、柴油机燃料供给系统。
本书可作为中等职业学校汽车类专业的教材,也可供企业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机系统与检修 / 闫伟, 高琳主编. — 上海:
上海交通大学出版社, 2022. 12(2025. 8 重印)
ISBN 978-7-313-24568-7

I. ①汽… II. ①闫… ②高… III. ①汽车—发动机
—机械系统—车辆检修—教材 IV. ①U472. 43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 238896 号

汽车发动机系统与检修
QICHE FADONGJI XITONG YU JIANXIU

主 编:闫 伟 高 琳

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

印 制:三河市龙大印装有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

字 数:296 千字

版 次:2022 年 12 月第 1 版

书 号:ISBN 978-7-313-24568-7

定 价:49.80 元

地 址:上海市番禺路 951 号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:16.5

印 次:2025 年 8 月第 3 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0316-3655788

随着汽车行业的不断发展和职业教育改革的不断深入,企业对汽修从业人员的综合素质提出了更高的要求。随着双高建设和“1+X”证书在中职学校的开展,汽车运用与维修专业需要在课程内容及教学方法方面进行优化改革。

本书是一本针对汽车类专业学生学习和实训的教材。全书共7章,包含24个模块,其中设置了9个情境任务模拟企业真实工作场景。每个部分都经过学校专业教师和企业专家严格论证,充分秉承“企业需要什么,学生就学什么”的理念,让学生学有所用。

本书编写特色如下:

(1)9个情境任务都是汽修企业经营过程中经常受到的工作委托,能够强化学生的职业能力素养,提高学生的实战技能水平。随着时间的推移和市场的变化,9个情境任务可以随时替换为新的符合企业经营环境的新任务。

(2)教师实训教学主要基于完整行动模式(六步法)来开展,将学生分为若干小组,以角色轮换扮演为突破点激发学生的实训兴趣,提高其行动能力,只有学生先动起来,才有可能将技能转变为职业能力,强化团队合作意识,提高创新能力;引入现场评价机制,进一步提高实训质量。

(3)本书涉及的理论知识遵循由易到难、循序渐进的学习规律,既可满足中职学生进入企业岗位的基本要求,也能满足部分中职学生向更高层次发展的需求。



本书由安阳市中等职业技术学校闫伟和高琳任主编,侯爱民、李郁、张志强、周志鹏任副主编。具体编写分工如下:第一章和第二章由李郁编写,第三章和第四章由闫伟编写,第五章和第六章由高琳编写,第七章由侯爱民、张志强和周志鹏编写。

本书由安阳市中等职业技术学校朱强高级讲师和祁可前高级讲师主审,他们对书稿提出了很多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者



目录

Contents

第一章	汽车发动机概述	/ 1
	模块一 发动机的作用与分类	/ 1
	模块二 发动机的构造和基本原理	/ 4
第二章	曲柄连杆机构的结构与检修	/ 29
	模块一 机体与曲柄连杆机构的结构	/ 29
	模块二 发动机机体组	/ 30
	模块三 活塞连杆组	/ 36
	模块四 曲轴飞轮组	/ 49
第三章	配气机构的结构与检修	/ 74
	模块一 配气机构概述	/ 74
	模块二 配气机构的主要零部件	/ 79
	模块三 配气相位	/ 87
	模块四 配气机构检修项目及内容	/ 90
第四章	润滑系统的结构与检修	/ 129
	模块一 润滑系统的结构	/ 129
	模块二 润滑系统的主要零部件	/ 132
	模块三 曲轴箱通风	/ 139
	模块四 润滑系统检修项目及内容	/ 141

第一章

汽车发动机概述



图文：学习目标一

模块一

发动机的作用与分类

一、发动机的作用

发动机是汽车主要的总成之一，它是汽车动力的来源。发动机是将某一形式的能量转化为机械能的机器。

现在绝大多数汽车采用内燃机作为发动机。内燃机的作用是将燃料与空气进行混合并在气缸内燃烧，推动活塞往复运动，再带动曲轴旋转，从而将化学能转变为机械能向汽车提供动力。由于燃料在气缸中燃烧，因此称其为内燃机。

二、发动机的分类

现在大多数发动机是活塞式内燃机，活塞式内燃机可根据不同的特征进行分类。

1. 按照所用燃料分类

发动机按照所用燃料可分为汽油发动机和柴油发动机，如图 1-1 所示。

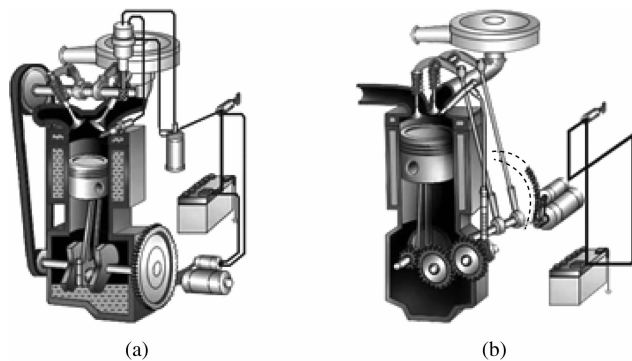
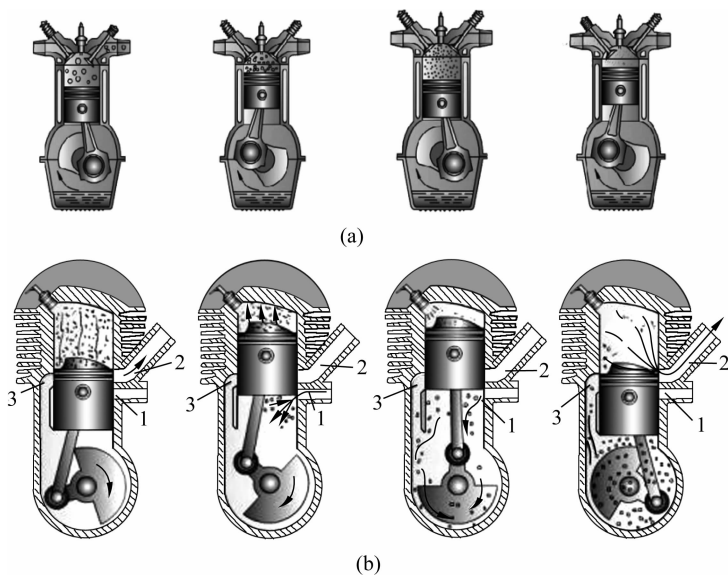


图 1-1 汽油发动机和柴油发动机

(a)汽油发动机；(b)柴油发动机

2. 按照冲程分类

发动机按照冲程(又称行程)可分为四冲程发动机和二冲程发动机。在发动机内每一次将热能转化成机械能,都经过可燃混合气体的吸入、压缩、做功、排气这样一系列连续的过程,这称为发动机的一个工作循环。活塞往复四个单程完成一个工作循环的发动机称为四冲程发动机,活塞往复两个单程即完成一个工作循环的发动机则称为二冲程发动机,如图 1-2 所示。



1—进气道；2—排气道；3—扫气孔。

图 1-2 四冲程发动机和二冲程发动机

(a)四冲程发动机；(b)二冲程发动机

3. 按照冷却方式分类

发动机按照冷却方式可分为水冷型发动机和风冷型发动机,如图 1-3 所示。

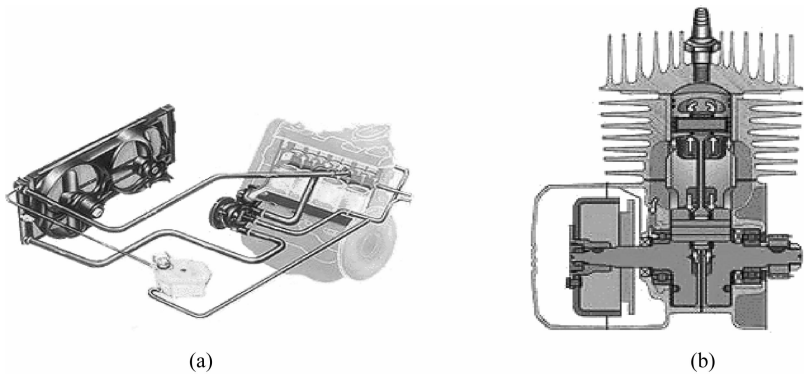


图 1-3 水冷型发动机和风冷型发动机

(a)水冷型发动机；(b)风冷型发动机

水冷型发动机的缸体内铸造有复杂的冷却水道(干式缸套),或与缸套形成冷却水道(湿式缸套),活塞在缸套内工作,热量通过缸套传递给水道中的冷却水来实施冷却。这种方式常用于四冲程发动机上。

风冷型发动机的缸体与缸套是一体或接合成无间隙的整体的。内部是活塞滑动的工作区域,外部则均匀有序地密布散热片,一般采用导热系数较高的材料压铸而成,活塞的工作热直接通过缸体传出,由散热片间的流动空气带走。这种方式常用于二冲程发动机上。

4. 按照点燃方式分类

发动机按照点燃方式可分为点燃式发动机和压燃式发动机。汽油机多为点燃式,柴油机多为压燃式。

5. 按照有无增压器分类

发动机按照有无增压器可分为自然吸气型发动机和增压型发动机,如图 1-4 所示。

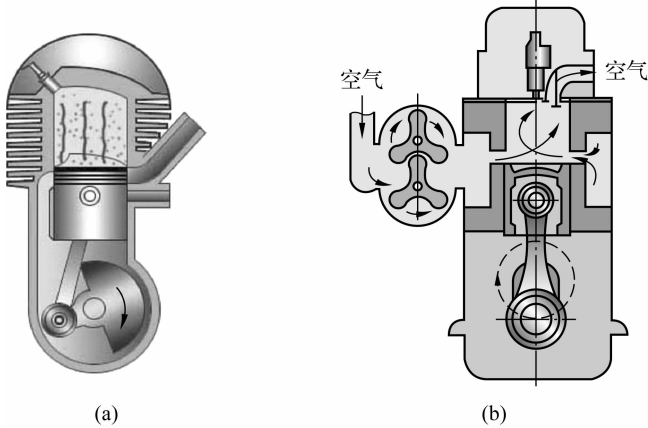


图 1-4 自然吸气型发动机和增压型发动机

(a)自然吸气型发动机；(b)增压型发动机



模块二

发动机的构造和基本原理

一、发动机的基本术语

发动机的基本术语如图 1-5 所示。

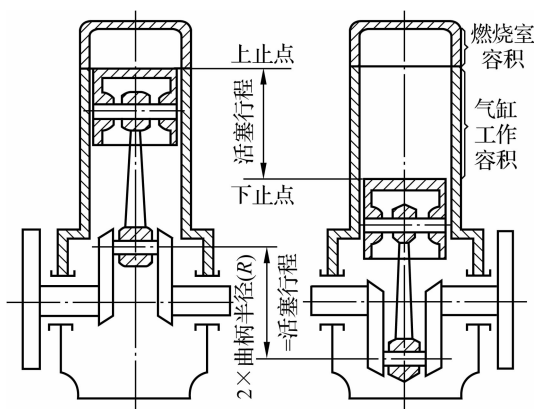


图 1-5 发动机的基本术语

1. 上止点

活塞顶距离曲轴旋转中心最远的位置称为上止点。上止点即活塞在气缸内做往复直线运动时向上运动到的最高位置。

2. 下止点

活塞顶距离曲轴旋转中心最近的位置称为下止点。下止点即活塞在气缸内做往复直线运动时向下运动到的最低位置。

3. 活塞行程

上止点、下止点之间的距离称为活塞行程,用 S 表示,单位为 mm。

$$S=2R$$

式中, R 为曲柄半径。

曲轴每转一周,活塞完成两个行程。

4. 燃烧室容积

活塞在气缸内做往复直线运动,当活塞位于上止点时,活塞顶上面的气缸空间为燃烧室容积,用 V_c 表示,单位为升(L)。



5. 气缸工作容积

活塞从一个止点移到另一个止点所扫过的容积称为气缸工作容积,用 V_h 表示,单位为升(L)。

6. 气缸总容积

活塞位于下止点时,活塞顶上部的全部气缸容积称为气缸总容积,用 V_a 表示,即 $V_a = V_c + V_h$ 。

7. 发动机排量

多缸发动机所有气缸工作容积的总和称为发动机排量,用 V_L 表示,单位为升(L)。

$$V_L = V_h \cdot i$$

式中, i 为发动机的气缸数。

8. 压缩比

气缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比,用 ϵ 表示。

$$\epsilon = V_a / V_c = 1 + V_h / V_c$$

压缩比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。

现代汽油机的压缩比一般为 9~11,柴油机的压缩比一般为 16~22。

二、发动机的总体构造

发动机是由许多机构和系统组成的复杂机器。一般四冲程汽油发动机由曲柄连杆机构、配气机构、燃油系统、进排气系统、电子点火系统、冷却系统、润滑系统、起动系统和控制系统组成。

机体组主要由气缸体、气缸盖和油底壳等组成,如图 1-6 所示。气缸体通常与上曲轴箱铸成一体,是发动机各机构和系统的装配基体。气缸体上有冷却水道、润滑油道,有的发动机机体上还有凸轮轴孔。

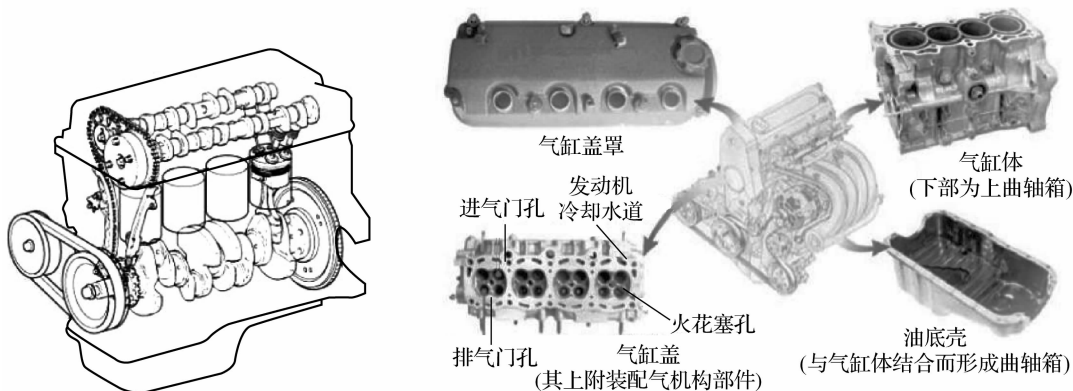


图 1-6 发动机机体组的总体构造



1. 曲柄连杆机构

1) 组成

曲柄连杆机构由活塞连杆组和曲轴飞轮组两部分组成,如图 1-7 所示。

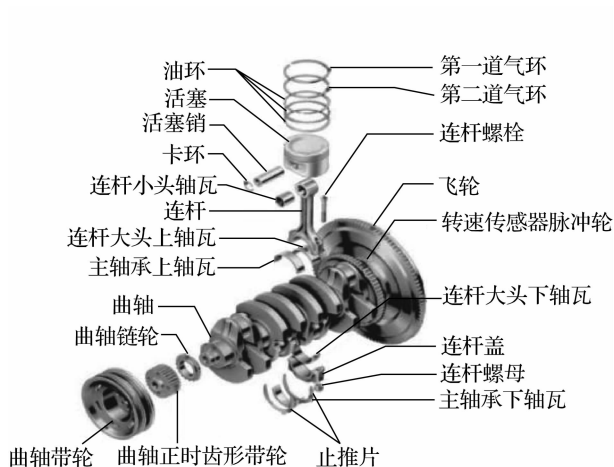


图 1-7 曲柄连杆机构的组成

(1) 活塞连杆组由活塞、油环、气环、活塞销、连杆等组成。

(2) 曲轴飞轮组由曲轴、飞轮、曲轴带轮、曲轴正时齿形带轮等组成。

2) 功用

曲柄连杆机构将活塞的往复运动转变为曲轴的旋转运动而对外输出动力。

2. 配气机构

1) 组成

配气机构由进气门、排气门、挺柱、张紧轮、凸轮轴及凸轮轴正时齿形带轮(由曲轴正时齿形带轮驱动)等组成,如图 1-8 所示。

2) 功用

配气机构使可燃混合气适时充入气缸并适时把废气从气缸排出。

3. 燃油系统和进排气系统

1) 汽油机燃油系统和进排气系统

(1) 组成。如图 1-9 所示,汽油机燃油系统由汽油箱、汽油泵、汽油滤清器、汽油喷射系统等组成。进排气系统由空气滤清器、进气管、排气管、排气消声器等组成。

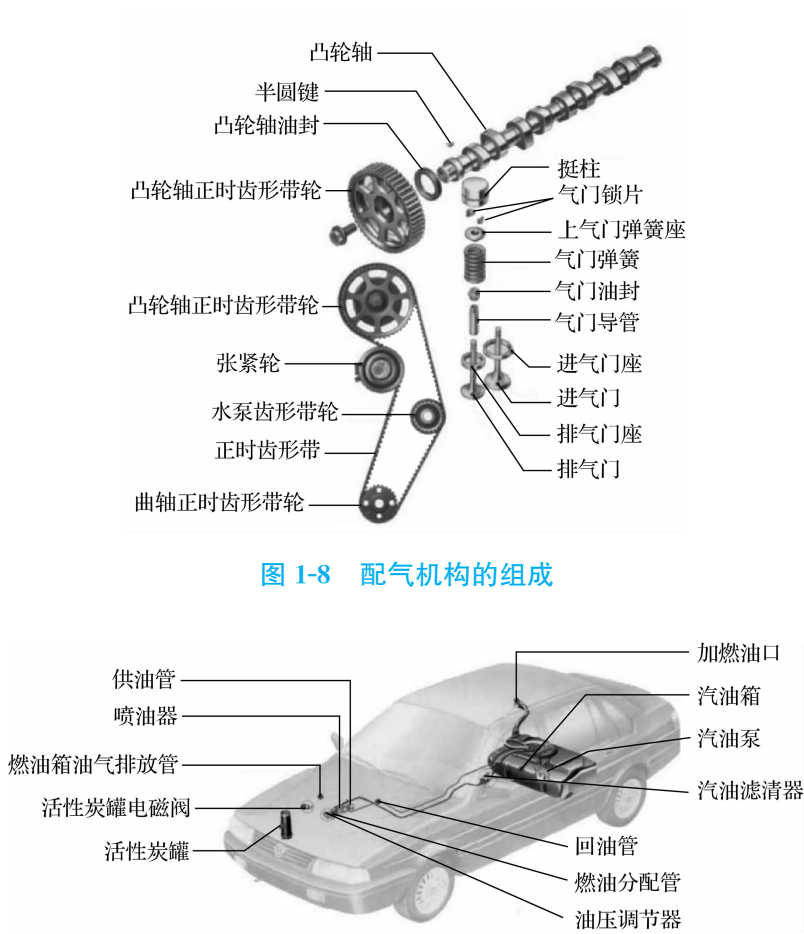


图 1-8 配气机构的组成

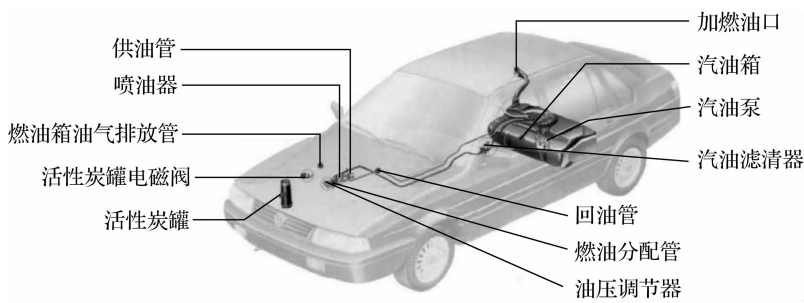


图 1-9 汽油机燃油系统

(2)功用。燃油系统和进排气系统的功用是把汽油和空气混合成合适的可燃混合气供入气缸,以供燃烧,并将燃烧生成的废气排出发动机。

(3)供给路线。发动机工作时,汽油泵将汽油从油箱里泵出,经汽油滤清器除去杂质及水分后通过供油管进入燃油分配管,分配到各缸喷油器。进入发动机气缸的燃油流过的路径为:汽油箱—汽油泵—供油管—汽油滤清器—燃油分配管—喷油器—进气门附近(缸外喷射系统)。当喷油器接收到电控单元(ECU)发出的喷油指令时,电磁线圈通电开始喷油,并与空气供给系统提供的空气混合形成雾化良好的可燃混合气。当进气门打开时,混合气被吸入气缸燃烧做功。

当汽油泵泵入供油系统的燃油增多或油路中的油压升高时,油压调节器将自动调节燃油压力,保证供给喷油器的油压基本不变。供油系统过剩的燃油由回油管流回油箱,回油路径为:汽油箱—汽油泵—供油管—汽油滤清器—燃油分配管—油压调节器—回油管—汽油箱。



2) 柴油机燃油系统和进排气系统

(1) 组成。柴油机燃油系统由柴油箱、柴油预滤器(粗滤器)、输油泵、柴油滤清器(细滤器)、喷油泵、喷油器等组成,如图 1-10 所示。进排气系统由空气滤清器、进气管道(增压器及中冷器)、排气管、消声器等组成。

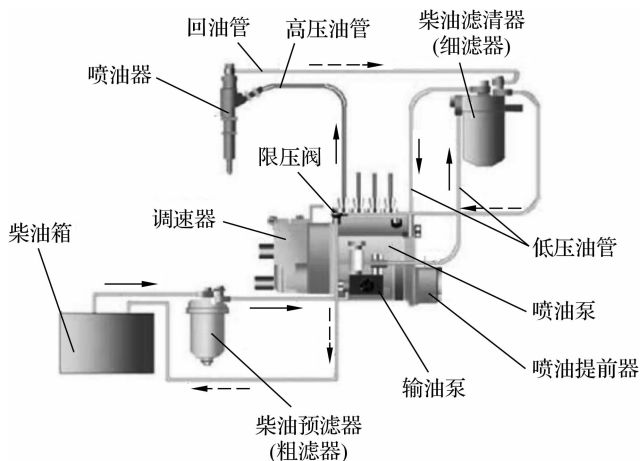


图 1-10 柴油机燃油系统

(2) 功用。柴油机燃油系统的功用是根据柴油机的工作要求,适时、适量地在高压下将柴油呈雾状喷入气缸,使这些燃油与空气迅速混合并自行着火燃烧。适时就是按照供油正时的要求,在适当时刻把燃油喷入气缸;适量则是根据进气压力、发动机转速和负荷,喷入适量燃油,满足动力输出和排放的要求。燃油系统的工作对柴油机的功率和油耗有重要的影响。

3) 废气涡轮增压与中间冷却系统

(1) 组成。废气涡轮增压与中间冷却系统是现代发动机广泛采用的一种进气系统,由废气涡轮增压器,包括涡轮机、压气机、中间冷却器等组成。

(2) 功用。废气涡轮增压与中间冷却系统的功用是利用废气能量由涡轮机带动压气机来提高进气压力,再经中间冷却器冷却提高进气密度,以利于在缸内燃烧更多的燃油,发出更大的功率。

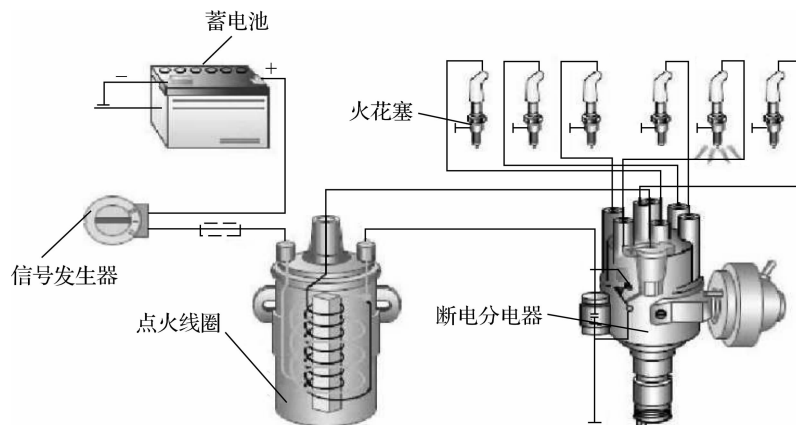
4. 电子点火系统

1) 组成

电子点火系统由蓄电池、信号发生器、断电分电器、点火线圈和火花塞等组成,如图 1-11 所示。



视频:点火线圈和火花塞的检测与更换(一)



视频:点火线圈和
火花塞的检测与
更换(二)

图 1-11 汽油机点火系统组成

2) 功用

电子点火系统的功用是保证在适当时刻产生高压火花,点燃气缸中被压缩的混合气。

5. 冷却系统

1) 组成

冷却系统由水泵、散热器、电动风扇、进水管、节温器、气缸体放水阀以及气缸体和气缸盖里铸出的空腔——水套等组成,如图 1-12 所示。

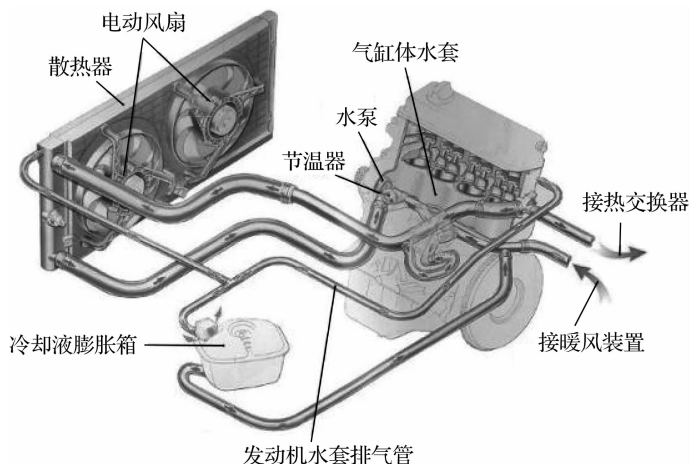


图 1-12 发动机冷却系统的组成

2) 功用

发动机工作时,由于燃料的燃烧,气缸内气体温度可高达 $2\,200\sim 2\,800\text{ K}$,使发动机的零件温度升高,特别是高温气体接触的零件,如不及时冷却则难以保证发动



机正常工作。过热或过冷都会给发动机带来危害。冷却系统的功用是保证发动机在适宜的温度下工作。

汽车发动机冷却方式有水冷却和风冷却两种,多数发动机采用水冷却。水冷却发动机是以冷却液作为冷却介质,把发动机受热零件吸收的热量散发到大气中。目前汽车发动机上采用的水冷却系统大都是强制循环式水冷却系统,利用水泵强制冷却液在冷却系统中循环流动。

6. 润滑系统

如图 1-13 所示,为了减轻磨损,减少摩擦阻力,延长使用寿命,发动机上设置了润滑系统。润滑系统将清洁的润滑油不断供给运动零件的摩擦表面润滑,润滑运动零件表面,减小摩擦阻力和磨损,减小发动机的功率消耗。润滑系统使用的润滑油具有清洗、冷却、密封、防锈蚀、液压等作用。润滑油可用作液压油,起液压作用,如液压挺柱、减振缓冲面。润滑系统一般由机油泵、机油滤清器、限压阀及旁通阀、机油散热器、油底壳、压力开关(传感器)和机油压力指示灯等组成。

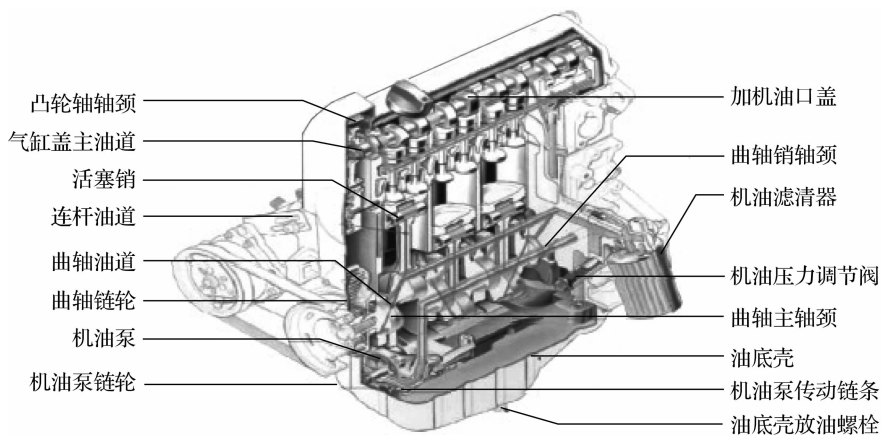


图 1-13 润滑系统的组成

7. 起动系统

1) 组成

起动系统由起动机及其附属装置等组成,如图 1-14 所示。

2) 功用

起动系统的功用是拖动静止的发动机以便其转入自行运转。

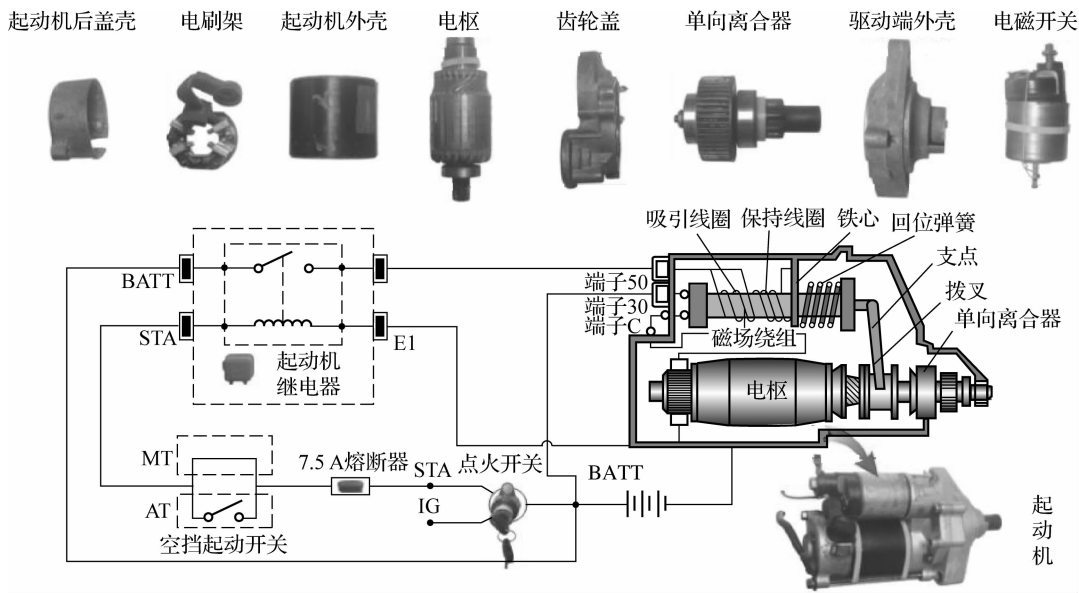


图 1-14 起动系统的组成

三、发动机的工作原理

1. 四冲程汽油发动机的工作原理

如图 1-15 所示,活塞在气缸内往复四个行程(曲轴旋转两周)完成一个工作循环的发动机,称为四冲程发动机。四冲程发动机每个工作循环中的四个活塞行程分别为进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程。

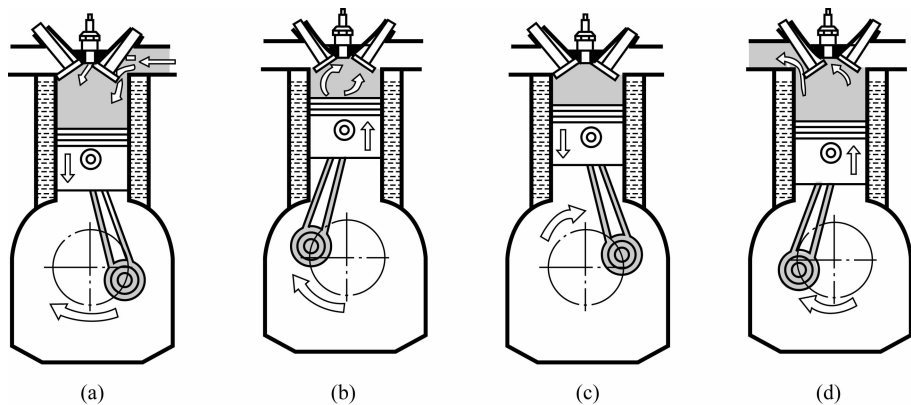


图 1-15 四冲程汽油发动机的工作循环

(a)进气行程；(b)压缩行程；(c)做功行程；(d)排气行程

1) 进气行程

随着曲轴的旋转,活塞从上止点向下止点运动。此时,排气门关闭,进气门打



开,可燃混合气或纯净空气进入气缸。该过程中,由于受空气滤清器、进气管、气门等处阻力的影响,进气终了时,气缸内气体压力略低于大气压力,同时受残余废气和高温机件加热的影响,气体温度上升。进气量的多少对发动机的工况有较大影响。近年来,人们不断采用各种新技术来提高发动机的充气效率,如废气涡轮增压技术、进气歧管可变技术、可变配气相位技术。

2) 压缩行程

曲轴继续旋转,进、排气门关闭,活塞由下止点向上止点运动,气缸内气体受到压缩,压缩气体的温度、压力不断上升,当活塞到达上止点时,压缩行程结束。压缩终了时刻的气体温度与压力的大小取决于压缩比的大小。压缩比越大,终了时刻气体的温度与压力越高。但如果压缩比太高,容易引起爆震,造成尖锐的敲缸声,同时会使发动机过热、功率下降、油耗增加及机件损坏。

3) 做功行程

做功行程也称为燃烧和膨胀行程。行程中进、排气门仍然关闭,当活塞运行到上止点附近时,混合气被点燃或自燃。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上升,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。随活塞向下运动,气缸容积增加,气体温度和压力下降。当活塞运行到下止点时,做功行程结束。

4) 排气行程

混合气在气缸内燃烧产生的废气必须从气缸内排出,以便进行下一个工作循环。当做功接近终了时刻,排气门打开,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,继续把废气强制排出气缸。活塞越过上止点后,排气门关闭,排气行程结束。为排出更多的气体,排气门提前打开。由于燃烧室容积的存在,不可能将废气全部排出气缸。受排气阻力的影响,排气终了时,气体压力仍高于大气压力。

2. 四冲程柴油发动机的工作原理

四冲程柴油机和四冲程汽油机的工作原理相似,每个工作循环也经历进气行程、压缩行程、做功行程、排气行程四个行程。但气缸在进气行程中吸入的是纯空气,在压缩行程接近终了时高压柴油呈雾状喷入气缸。那些细小的油雾与空气中的氧接触,经过一个复杂的物理化学过程自行着火燃烧,气缸内压力和温度急剧升高,推动活塞下行做功,如图 1-16 所示。

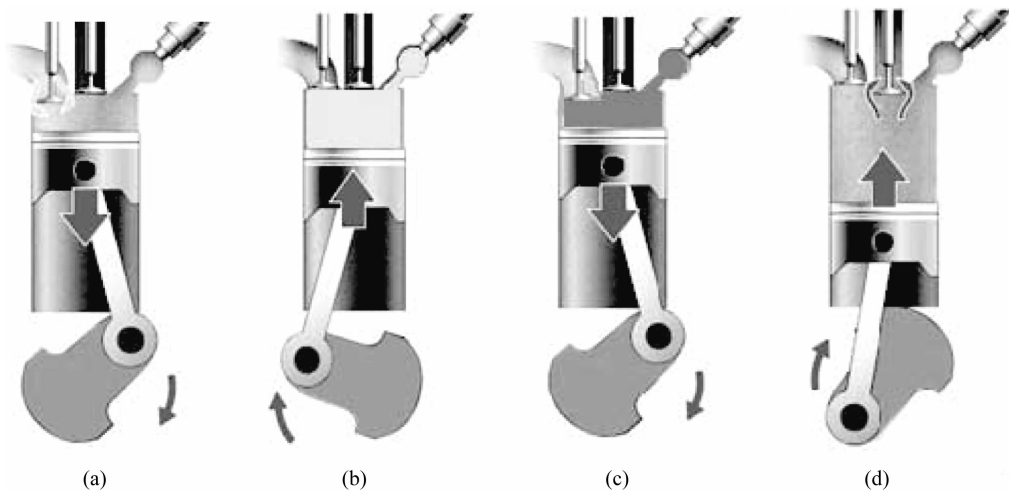


图 1-16 四冲程柴油发动机的工作原理

(a)进气行程；(b)压缩行程；(c)做功行程；(d)排气行程

1) 进气行程

柴油机的进气行程不同于汽油机的是进入气缸的不是可燃混合气，而是纯空气。

2) 压缩行程

柴油机的压缩行程不同于汽油机的是压缩的是纯空气，且由于柴油机压缩比高，压缩终了的温度和压力都比汽油机高，压力可达 $3 \sim 5 \text{ MPa}$ ，温度可达 $800 \sim 1\,000 \text{ K}$ 。

3) 做功行程

柴油机的做功行程与汽油机有很大不同。在柴油机压缩行程末尾，高压柴油经喷油器呈雾状直接或间接喷入气缸内的高温空气中。由于此时气缸内的温度远高于柴油的自燃温度（约 500 K ），柴油便迅速自行着火燃烧，且此后一段时间内边喷油边燃烧，气缸内压力、温度急剧升高，推动活塞下行做功。

此行程中，瞬时压力可达 $5 \sim 10 \text{ MPa}$ ，瞬时温度可达 $1\,800 \sim 2\,200 \text{ K}$ 。做功行程终了时压力为 $0.2 \sim 0.4 \text{ MPa}$ ，温度为 $1\,200 \sim 1\,500 \text{ K}$ 。

4) 排气行程

柴油机的排气行程与汽油机基本相同。排气终了时气缸内压力为 $0.105 \sim 0.125 \text{ MPa}$ ，温度为 $800 \sim 1\,000 \text{ K}$ 。

3. 四冲程发动机的工作特点

(1) 每一个发动机工作循环，曲轴转两周（ 720° ），每一个行程曲轴转半周（ 180° ）。



进气行程时进气门开启,排气行程时排气门开启,其余两个行程进、排气门均关闭。

(2)四个行程中,只有做功行程产生动力,其他三个行程是为做功行程做准备工作的辅助行程。虽然做功行程是主要行程,但其他三个行程也必不可少。

(3)在发动机运转的第一循环,必须有外力使曲轴旋转,完成进气、压缩行程。着火后,完成做功行程,并依靠曲轴和飞轮储存的能量自行完成以后的行程。以后的工作循环发动机无须外力就可自行完成。

4. 柴油机与汽油机的不同之处

(1)汽油机的混合气通常是在气缸外部形成的,而柴油机的混合气是在气缸内部形成的。汽油机在进气行程时,被吸入的通常是汽油和空气混合气(现在很多发动机制造厂商都在大力发展直接把汽油喷入气缸内燃烧的发动机技术),而柴油机在进气行程时,被吸入的是纯空气。

(2)汽油机在压缩终了时,靠火花塞强制点火,使汽油和空气的混合气着火燃烧;而柴油机则靠柴油微滴在气缸内吸收热量自行着火燃烧。

四、发动机的性能指标与特性

1. 发动机的性能指标

评价发动机工作性能的指标有指示指标和有效指标。以工质在气缸内对活塞做功为基础的指标称为发动机的指示指标。指示指标用来评价发动机实际工作循环进行的好坏,以及燃料的热能转变为功的完善程度。指示指标在生产和使用中应用不多。以发动机曲轴对外输出功率为基础的指标称为有效指标。两种指标的主要区别在于有效指标扣除了发动机在热功转换过程中为维持实际循环工作过程中所消耗掉的功。有效指标的动力性指标显示了发动机对外输出实际能被利用的功的大小,而经济性指标则显示了燃料的热能有多少转为能被利用的有效功。在实际生产和使用中,评价发动机性能好坏,以及评价发动机维修质量好坏,都使用有效指标。这里介绍常用的几个发动机有效指标。

1)有效转矩 M_e 和有效功率 P_e 。

M_e 和 P_e 是有效动力性指标,用来衡量发动机动力性的大小。 M_e 和 P_e 之间有如下关系:

$$M_e = \frac{60 \times 1\,000 P_e}{2\pi n} \approx \frac{9\,550 P_e}{n} (\text{N} \cdot \text{m})$$

式中, n 为发动机转速,r/min。

P_e 的单位是 kW,可利用测功机和转速计来测定 P_e 的大小。



2) 有效耗油率 g_e

g_e 是有效经济性指标。它是指发动机每发出 1 kW 的有效功率, 在 1 h 内所消耗的燃油量。

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

式中, G_T 为发动机工作每小时耗油量, kg/h。

2. 发动机的特性

发动机有效性能指标随调整情况和使用工况而变化的关系称为发动机特性。通常用曲线表示它们之间的关系, 称为特性曲线。其中, 随调整情况而变化的关系称为调整特性, 如汽油机的燃料调整特性、点火提前角调整特性, 柴油机的喷油提前角调整特性等。随使用工况而变化的关系称为使用特性, 如转速特性、负荷特性等。

通过对特性曲线的分析, 可以评价发动机在不同工况下的动力性、经济性及其他运转性能, 为合理选择、有效利用发动机, 以及评价发动机维修后质量好坏提供依据。这里介绍应用较多的发动机的转速和负荷两个使用特性。

1) 汽油机外特性曲线分析

由图 1-17 分析可知, 当发动机转速 $n = n_M$ 时, 发动机发出转矩最大; 当 $n < n_M$ 或 $n > n_M$ 时, 发动机转矩都将减小。

当 $n = n_p$ 时, 发动机发出功率最大; 当 $n < n_p$ 或 $n > n_p$ 时, 发动机功率都减小。当 $n = n_g$ 时, 发动机有效耗油率最小; 当 $n < n_g$ 或 $n > n_g$ 时, 有效耗油率都将增大。

由以上分析可知, 一般汽油机工作范围应在 n_p 与 n_M 之间。当 $n > n_p$ 时, 汽油机的动力性、经济性和可靠性均大大下降, 因而不能使用; 当 $n < n_M$ 时, 汽油机工作不稳定, 也不能使用。在 $n_p \sim n_M$ 转速范围内, 经济性较好。这个转速范围可作为汽油机常用转速范围的参数依据。

2) 汽油机负荷特性曲线分析

由图 1-18 分析可知, 随节气门开度增大, 有效功率 P_e 由小增大, 发动机每小时耗油量 G_T 随之上升。当节气门开度达到全开的 80% 时, 化油器加浓装置开始工作, G_T 上升速度加快, 曲线变陡。

当发动机在怠速状态运转时, 输出有效功率 $P_e = 0$, 故有效耗油率 g_e 曲线趋向无穷大, 随节气门开度增大, P_e 由小变大, g_e 迅速下降, 直至降到最低值, 随 P_e 继续加大, 节气门开度增大到全开的 80% 时, 化油器加浓装置开始工作, g_e 又有所上升。

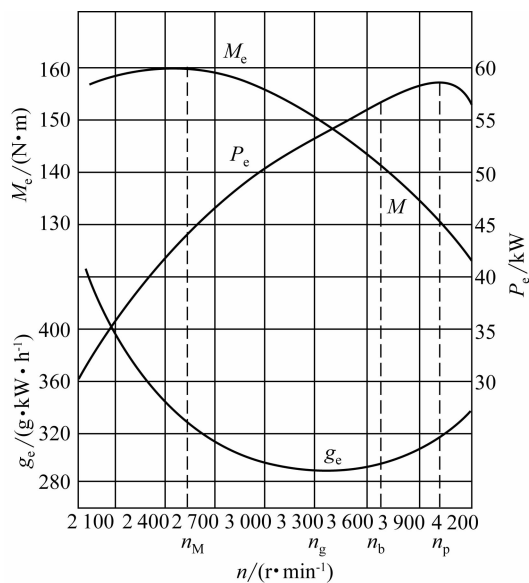


图 1-17 汽油机外特性曲线

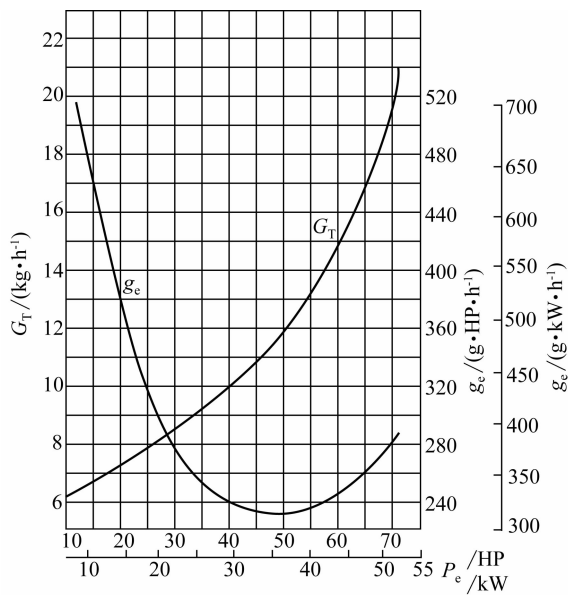


图 1-18 汽油机负荷特性曲线

五、国产内燃机型号编制规则

我国于 2008 年对内燃机产品名称和型号编制规则重新审定并颁布了国家标准 (GB/T 725—2008)。标准中规定：

(1) 内燃机名称应符合 GB/T 1883.1—2005 的规定，均按所采用的燃料命名，如汽油机、柴油机、天然气机。

(2) 内燃机型号应能反映内燃机的主要结构特征及性能，型号由表示以下四项内容的符号组成：

第一部分：由制造商代号或系列符号组成，此部分代号由制造商根据需要选择相应 1~3 位字母表示。

第二部分：由气缸数、气缸布置型式符号、冲程型式符号、缸径符号组成。

① 气缸数用 1~2 位数字表示。

② 气缸布置型式符号：无符号，多缸直列及单缸；V，V 形；P，卧式；H，H 形；X，X 形。

③ 冲程型式符号：无符号，四冲程；E，二冲程。

④ 缸径符号：一般用缸径或缸径/行程数字表示，也可用发动机排量或功率数表示，其单位由制造商自定。

第三部分：由结构特征符号、用途特征符号组成。冷却液冷却时符号省略，风冷用 F 表示。

第四部分:区分符号。同系列产品需要区分时,允许制造商选用适当符号表示。
第三部分与第四部分可用“-”分隔。

内燃机型号表示方法如图 1-19 所示。

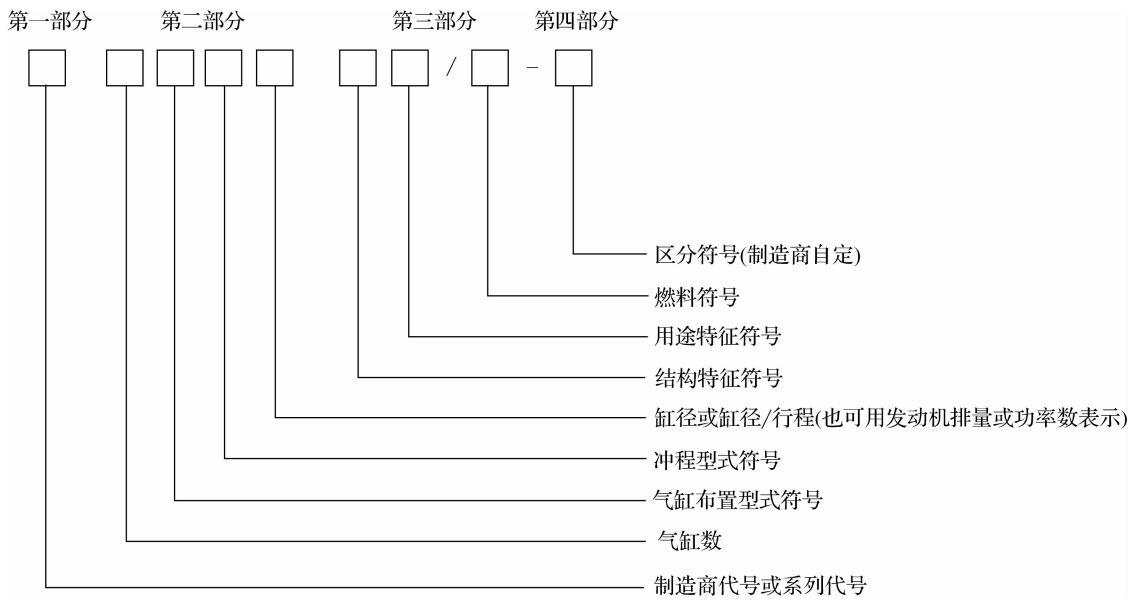


图 1-19 内燃机型号表示方法

内燃机型号示例如下:

- (1)柴油机型号 YZ6102Q,表示六缸直列、四冲程、缸径 102 mm、冷却液冷却、汽车用(YZ 为扬州柴油机厂代号)。
- (2)汽油机型号 492Q/P-A,表示四缸直列、四冲程、缸径 92 mm、冷却液冷却、汽车用(A 为区分符号)。

小结

- (1)发动机(内燃机)的作用是将燃料与空气进行混合并在气缸内燃烧,推动活塞往复运动并带动曲轴旋转,从而将化学能转变为机械能向汽车提供动力。
- (2)活塞顶距离曲轴旋转中心最远的位置称为上止点;活塞顶距离曲轴旋转中心最近的位置称为下止点;上、下止点之间的距离称为活塞行程。
- (3)活塞顶上面的气缸空间为燃烧室容积;活塞从一个止点移到另一个止点所扫过的容积称为气缸工作容积;活塞位于下止点时,活塞顶上部的全部气缸容积称为气缸总容积;多缸发动机所有气缸工作容积的总和称为发动机排量;气缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比。



(4)一般四冲程汽油发动机由曲柄连杆机构、配气机构、燃油系统、进排气系统、电子点火系统、冷却系统、润滑系统、起动系统和控制系统组成。

(5)活塞在气缸内往复四个行程(曲轴旋转两周)完成一个工作循环的发动机,称为四冲程发动机。四冲程发动机每个工作循环中的四个活塞行程分别为进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程。

(6)四冲程柴油机的气缸在进气行程中吸入的是纯空气,在压缩行程接近终了时高压柴油呈雾状喷入气缸。那些细小的油雾与空气中的氧接触,经过一个复杂的物理化学过程自行着火燃烧,气缸内压力和温度急剧升高,推动活塞下行做功。



情境任务

车辆检修前的初步检测

一、工作委托

一辆 2015 款 1.6LDE 雪佛兰科鲁兹轿车,已经行驶 4 万多千米,到店进行定期维护。售后服务顾问/维修技师接待客户,并与客户进行交流,了解车辆使用的近况。在车辆进车间维修前,需要对车辆进行初步检查及登记,协助客户确定检修项目并确认签字。结合维修作业内容,准备相关工具。

二、工作任务

- (1)做好送修车辆的初步检查及登记,并协助客户确定维修项目。
- (2)准备好维修所需工具。
- (3)检查工具状态,并熟悉工具的使用方法。

三、职业能力

- (1)能够准确辨识发动机维修及检测的常用工具。
- (2)能够根据生产实际,正确选择和使用工具。
- (3)能够制订详细的工作方案并保持创新精神。
- (4)能够进行规范操作,时刻保持安全意识。
- (5)能够与客户进行交流,了解客户需求,帮助客户解决送修/检车辆的故障。

四、学习目标

- (1)掌握各类常见通用维修工具的使用方法。



- (2)掌握常用举升机的使用方法。
- (3)掌握通用维修工具的种类。
- (4)逐步提升安全生产、规范操作、文明上岗的意识。

五、实训方案

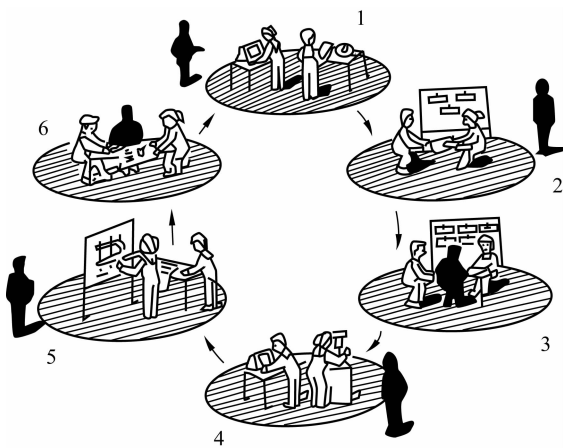
1. 实训准备

科鲁兹故障车一辆、工具车一辆,车内五件套,车身三件套,线手套若干,抹布若干,维修工单若干,手锤、螺丝刀、钳子、扳手、活塞套筒、活塞环装卸钳、气门弹簧装卸钳、千斤顶、世达 120 件一套,扭力扳手一把,维修具体操作步骤记录表若干。

2. 活动组织

- (1)以 30 个学生规模的班级为例,将学生分成 6 组,每组 5 人(2 个操作员,1 个安全员,1 个记录员,1 个评价员)。
- (2)学生搜集信息。
- (3)学生制订工作计划(不唯一)。
- (4)引导和启发学生做出决定。
- (5)学生进行行动实施。
- (6)学生进行检查。
- (7)引导和启发学生进行评估。
- (8)学生每完成 1 轮,进行角色轮换实训。
- (9)反馈总结。

完整行动模式如图 1-20 所示。



1—搜集信息; 2—计划; 3—决定; 4—实施; 5—检查; 6—评估。

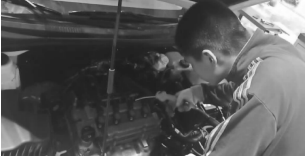
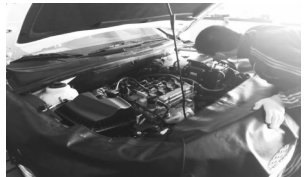
图 1-20 完整行动模式



3. 规范操作及演示

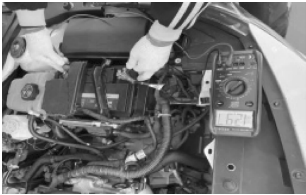
序 号	操 作 步 骤	图 片
1	车辆外部检查	
2	铺设车内五件套并进行车内检查	
3	检查 MIL、AIRBAG、ABS 故障指示灯和充电、机油压力报警灯的工作情况,需要启动发动机	
4	将车辆移动到指定工位(由教师帮助进行)	
5	安装车轮挡块	
6	安装尾气收集器	

(续表)

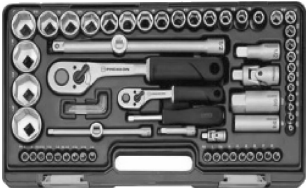
序 号	操 作 步 骤	图 片
7	在维修工单内记录车辆识别号	
8	打开发动机舱盖	
9	安装翼子板布和前格栅布	
10	用高压空气对发动机舱进行清洁	
11	检查发动机冷却液液位	
12	检查制动液液位	
13	检查发动机冷却液软管	



(续表)

序 号	操 作 步 骤	图 片
14	检查发动机机油液位及有无杂质	
15	测量并记录蓄电池静态电压	
16	整理工位,拆卸翼子板布和前格栅布,关闭发动机舱盖,清洁工量具,使设备归位,检查维修工单	
17	关闭发动机舱盖	
18	取出车内五件套	
19	将工具整理完毕并打扫场地,最后通知接车员取车	

(续表)

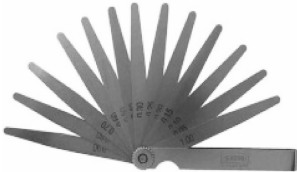
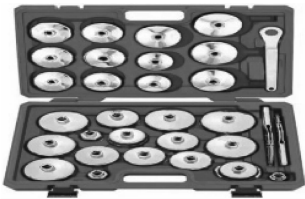
序 号	操 作 步 骤	图 片
20	发动机维修相关工具的认知与使用： 螺丝刀：螺丝刀的规格按杆部长度区分。使用螺丝刀时，要求刃口端应平齐，并与螺钉槽的宽度一致。螺丝刀上无油污。让刀口与螺钉槽完全吻合，螺丝刀的中心线与螺钉中心线同心后，拧转螺丝刀，即可将螺钉拧紧或旋松	
21	鲤鱼钳：用于夹持扁的或圆柱形的零件，带刃口的可以切断金属。使用时，擦净钳子上的油污，以免工作时打滑。夹牢零件后，再弯曲或扭切；夹持大零件时，将钳口放大	
22	尖嘴钳：用于在狭小地方夹持零件	
23	开口扳手：开口宽度为 6～24 mm，适用于拆装一般标准规格的螺栓和螺母	
24	梅花扳手：适用于拆装 5～27 mm 的螺栓或螺母。梅花扳手两端似套筒，有 12 个角，能将螺栓或螺母的头部套住，工作时不易滑脱。有些螺栓和螺母受周围条件的限制，梅花扳手尤为适用	
25	套筒扳手：每套有 13 件、17 件、24 件三种，适用于由于位置所限，普通扳手不能工作的地方。拆装螺栓或螺母时，可根据需要选用不同的套筒和手柄	



(续表)

序 号	操 作 步 骤	图 片
26	活络扳手:开度可以自由调节,适用于不规则的螺栓和螺母。使用时,应将钳口调整到与螺栓或螺母的对边距离同宽,并使其贴紧,让扳手可动钳口承受推力,固定钳口承受拉力。 活络扳手的长度为 100~600 mm	
27	预置式扭力扳手:也就是常说的油压脉冲定扭扳手,通过事前预置好扭力再进行作业,用于要求大扭力定扭、需要手持操作(或安装到机械手)的场合,如发动机组装、碟刹组装等作业	
28	棘轮扳手:配合套筒扳手使用。一般用于狭窄地方的螺栓或螺母的拧紧或拆卸,不变更扳手角度就能拆卸或装配螺栓或螺母	
29	火花塞套筒:用于拆装发动机火花塞。套筒内六角对边尺寸为 22~26 mm 的,用于拆装 14 mm 和 18 mm 的火花塞;套筒内六角对边为 17 mm 的,用于拆装 10 mm 的火花塞	
30	卡簧钳:用来取出或者安装卡在孔间或者轴上的防止机件轴向窜动的定位卡簧的专用工具。常态时钳口打开的是孔用卡簧钳,即内卡簧钳;常态时钳口闭合的是轴用卡簧钳,即外卡簧钳	
31	活塞环装卸钳:用于装卸发动机活塞环,避免活塞环受力不均匀而折断。使用时,将活塞环装卸钳卡住活塞环开口,轻握手柄,慢慢收缩,活塞环就慢慢张开,将活塞环装入或拆出活塞环槽	

(续表)

序 号	操 作 步 骤	图 片
32	塞尺:又称测微片或厚薄规。使用前必须清除塞尺和工件上的污垢与灰尘。使用时可将一片或数片重叠插入间隙,以稍感拖滞为宜。测量时动作要轻,不允许硬插,也不允许测量温度较高的零件	
33	帽式机油滤清器扳手:拆卸不同车型的滤清器需要不同尺寸的扳手,多为组套形式。使用时将扳手套在机油滤波器顶部的多棱面上,使用方法同套筒扳手	
34	超声波清洗机:用于发动机喷油器的清洗	
35	燃油免拆清洗吊瓶:用于清洗发动机燃油油路及喷油嘴,也可用于清洗发动机进气系统和排气系统	
36	机油压力表:用于测量发动机润滑系统机油的压力,确定机油的压力是否正常	
37	气门弹簧钳:用于装卸气门弹簧。使用时,将钳口收缩到最小位置,插入气门弹簧座下,然后旋转手柄。左手掌向前压牢,使钳口贴紧弹簧座。装卸好气门锁(销)片后,反方向旋转气门弹簧装卸手柄,取出装卸钳	



(续表)

序 号	操 作 步 骤	图 片
38	液压千斤顶:用于举升汽车及其他重物。使用过程中,先把开关拧紧,放好千斤顶,对正被顶部位,压动手柄,会将重物顶起。当落下千斤顶时,将开关慢慢旋开,重物就逐渐下降	
39	使用千斤顶前,用三角木垫好汽车。举升时,千斤顶应与重物垂直对正。千斤顶支牢前及回落时,禁止在车下工作。使用过程中,先把开关拧紧,放好千斤顶,对正被顶部位,压动手柄,会将重物顶起。当落下千斤顶时,将开关慢慢旋开,重物就逐渐下降	
40	黄油枪:用于对各润滑点加注润滑脂,由油嘴、压油阀、柱塞、进油孔、杆头、杠杆、弹簧、活塞杆组成	
41	活塞环压缩器:将活塞环包紧在环槽内,以便于活塞及活塞环装入气缸内	
42	游标卡尺:能直接测量工件的内外直径、宽度、长度、深度等	
43	千分尺:又称螺旋测微仪、分厘卡,是比游标卡尺更精密的测量长度的工具,用它测长度可以精确到 0.01 mm,测量范围为几厘米	
44	百分表:用来测量形状和位置误差等机械测量,如圆度、圆跳动、平面度、平行度、直线度等	

4. 活动评价

评价标准(100 分)	成 绩	记 录
安全意识 (10 分)		
仪器使用熟练程度 (10 分)		
工具使用熟练程度 (10 分)		
规范操作 (25 分)		
排除故障逻辑清晰程度 (15 分)		
团队合作能力 (10 分)		
创新意识 (10 分)		
社交(与车主沟通)能力 (10 分)		
总分		

课后练习

1. 填空题

(1)现在绝大多数汽车采用内燃机作为汽车发动机。内燃机的作用是将_____与_____进行混合并在气缸内燃烧,推动_____往复运动,再带动_____旋转,从而将_____转变为_____向汽车提供动力。由于燃料是在气缸中燃烧,因此称其为内燃机。

(2)发动机按照点燃方式可分为_____式和_____式。

(3)活塞顶距离曲轴旋转中心最远的位置称为_____,即活塞在气缸内做往复直线运动时_____运动到的_____位置。活塞顶距离曲轴旋转中心最近的位置称为_____,即活塞在气缸内做往复直线运动时_____运动到的_____位置。

(4)气缸_____与_____之比称为压缩比,用 ϵ 表示。

(5)一般四冲程汽油发动机由_____机构、_____机构、燃油系统、_____系统、_____系统、冷却系统、_____系统、起动系统和_____系统组成。



2. 选择题

(1) 发动机是将某一形式的能量转化为()的机器。

- A. 热能 B. 机械能 C. 化学能 D. 以上都对

(2) 多缸发动机所有气缸工作容积的总和称为发动机()。

- A. 排量 B. 容积 C. 工作容积 D. 压缩比

(3) 发动机中,使可燃混合气适时充入气缸并适时把废气从气缸排出的机构是()。

- A. 曲柄连杆机构 B. 燃油系统和进排气系统
C. 配气机构 D. 冷却系统

(4) 活塞在气缸内往复()个行程(曲轴旋转两周)完成一个工作循环的发动机,称为四冲程发动机。

- A. 4 B. 3 C. 5 D. 2

(5) 废气涡轮增压与中间冷却系统的功用是利用废气能量由涡轮机带动压气机来提高进气压力,再经中间冷却器冷却提高进气(),以利于在缸内燃烧更多的燃油,发出更大的功率。

- A. 量 B. 密度 C. 压力 D. 温度

3. 判断题

(1) () 发动机按照有无增压器可分为自然吸气型和增压型。

(2) () 曲轴每转一周,活塞完成一个行程。

(3) () 汽车发动机的冷却方式有水冷却和风冷却两种,多数发动机采用风冷却。

(4) () 四冲程发动机每个工作循环中的四个活塞行程分别为进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程。

(5) () 汽油机在压缩终了时,靠火花塞强制点火,使汽油和空气的混合气着火燃烧;而柴油机则靠柴油微滴在气缸内吸收热量自行着火燃烧。

4. 简答题

(1) 简述四冲程汽油发动机的工作过程。

(2) 汽油发动机各组成部分的作用是什么?

(3) 汽油发动机和柴油发动机的主要区别是什么?