



总主编 吴光强

汽车发动机常见故障及检修

主 编 谭丕强



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press



总主编 吴光强

汽车发动机常见故障及检修

主 编 谭丕强



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车发动机常见故障及检修 / 谭丕强主编. — 上海:
上海科学技术文献出版社, 2016.3
(合众汽车馆 / 吴光强总主编)
ISBN 978-7-5439-6964-3

I . ①汽… II . ①谭… III . ①汽车 — 发动机 — 构造②
— 汽车 — 发动机 — 车辆修理 IV . ① U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 035544 号

责任编辑: 祝静怡 胡欣轩
封面设计: 林 勤

书 名: 汽车发动机常见故障及检修

谭丕强 主编

出版发行: 上海科学技术文献出版社

地 址: 上海市长乐路 746 号

邮政编码: 200040

经 销: 全国新华书店

印 刷 厂: 上海出版印刷有限公司

开 本: 710×1000 1/16

印 张: 15

字 数: 245 000

版 次: 2016 年 3 月第 1 版 2016 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5439-6964-3

定 价: 59.80 元

<http://www.sstlp.com>

第一章 发动机的总体构造与维修基础 / 1

第一节 发动机的总体构造与工作原理认识 / 3

第二节 常用检修工具、量具 / 13

第二章 曲柄连杆机构 / 25

第一节 机体组的结构与检修 / 27

第二节 活塞连杆组的结构与检修 / 42

第三节 曲轴飞轮组的结构与检修 / 57

第三章 配气机构 / 71

第一节 气门组的结构与检修 / 73

第二节 气门传动组的构造与检修 / 79

第三节 可变配气机构 / 94

第四章 汽油机电控燃油喷射系统 / 103

第一节 电控汽油机燃油供给系统的结构与检修 / 105

第二节 电控汽油机控制系统的结构与检测 / 114

第五章 柴油机燃油供给系统 / 133

第一节 柴油机传统燃油供给系统的结构与检修 / 135

第二节 柴油机高压共轨燃油喷射系统的结构与检修 / 148

第六章 发动机进排气系统 / 161

第一节 发动机进气系统结构与检修 / 163

第二节 发动机排气系统结构与检修 / 169

第三节 增压系统的结构与检修 / 177

第七章 发动机冷却系统和润滑系统 / 183

第一节 发动机冷却系统的结构与检修 / 185

第二节 发动机润滑系统的结构与检修 / 194

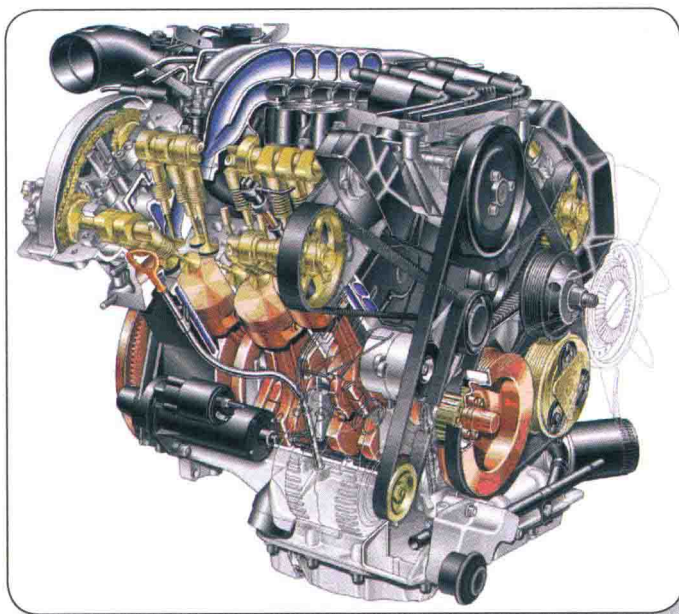
第八章 发动机的拆装与检验 / 205

第一节 发动机的拆装 / 207

第二节 发动机的检验 / 223

第一章

发动机的总体构造与维修基础



第一节 发动机的总体构造与工作原理认识

一、汽车发动机的典型分类

一般而言，汽车发动机可以根据如下特征进行分类：

1. 按所用燃料分类

按所用的燃料分类，可分为液体燃料发动机（汽油机、柴油机等）和气体燃料发动机（如天然气发动机、液化石油气发动机等）。

2. 按气缸数及其排列方式分类

只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。

按照气缸排列方式分类，发动机可分为直列式、V型、对置式等。直列式发动机的各个气缸排成一列，一般是垂直布置的；V型发动机把气缸排成两列，两列之间的夹角一般小于 180° ，通常为 90° ，若两列之间的夹角为 180° ，则称为对置式发动机。

3. 按工作循环的冲程数分类

对于往复式活塞式发动机，可以根据每一工作循环所需活塞冲程数来分类。在发动机内，每一次将热能转变为机械能，活塞都必须经过进气、压缩、做功、排气这样四个冲程，完成一个工作循环，简称四冲程。把曲轴转两圈（ 720° ），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；把曲轴转一圈（ 360° ），活塞往复两个单程即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。

4. 按发火方式分类

按发火方式分类，可分为压燃式发动机与点燃式发动机，如图1-1-1所示。柴油的特性是在同样的条件下其自燃点比汽油的自燃点低，因此采用压燃式发火。一般可通过高压喷油泵和喷油器将柴油直接喷入发动机的气缸内，使柴油在气缸内与压缩空气均匀混合后，在高温高压下得以自燃，这种发动机称为压燃式发动机，以柴油机最为典型。

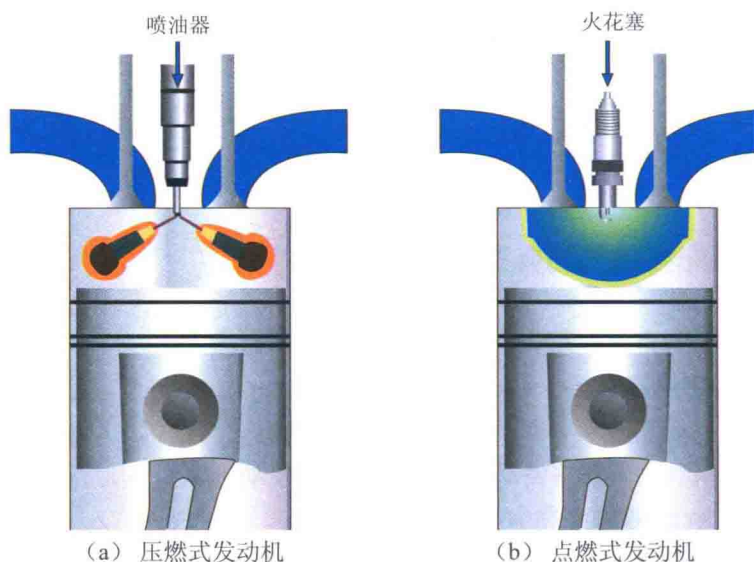


图 1-1-1 压燃式发动机和点燃式发动机

汽油的特性是其自燃温度要比柴油高，因此常采用点燃式发火。利用火花塞发出的电火花强制点燃汽油与空气的混合气，使其发火燃烧，这种发动机称为点燃式发动机，以汽油机最为典型。

汽油机与柴油机各有特点：汽油机转速高，质量小、噪音小；柴油机压缩比大，热效率高，动力性能、经济性能比汽油机好。

5. 按冷却方式分类

根据冷却方式不同，发动机可以分为水冷式和风冷式两种。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，被广泛应用于现代车用发动机。

二、发动机的组成

汽油机通常包括曲柄连杆机构、配气机构、燃油供给系统、冷却系统、润滑系统、点火系统、进排气系统、启动系统等，柴油机无点火系统。如图 1-1-2 所示。

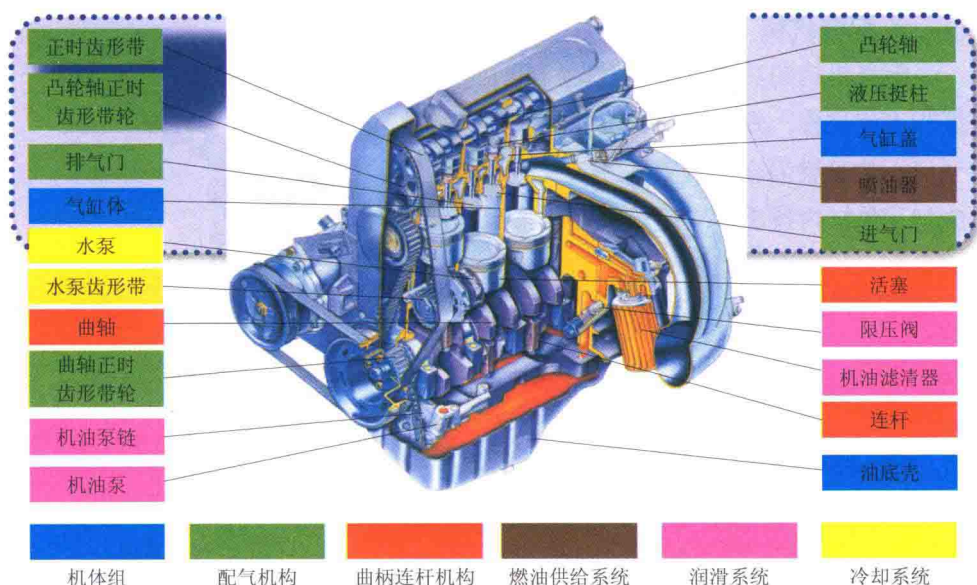


图 1-1-2 发动机的组成

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构的功能是实现发动机的工作循环，完成能量转换过程。它由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组等组成，如图1-1-3所示。在做功冲程中，活塞承受气缸内燃气压力并做直线运动，通过连接到曲轴上的连杆，将该直线运动转换成曲轴的旋转运动，从曲轴对外输出动力。

机体组中，气缸体是构成发动机的骨架，是发动机各机构和各系统的安装基础。缸盖安装在气缸体的上面，密封气缸上部并与活塞顶部和气缸一起构成燃烧室，此外还有气缸盖罩、油底壳等共同构成了机体组。

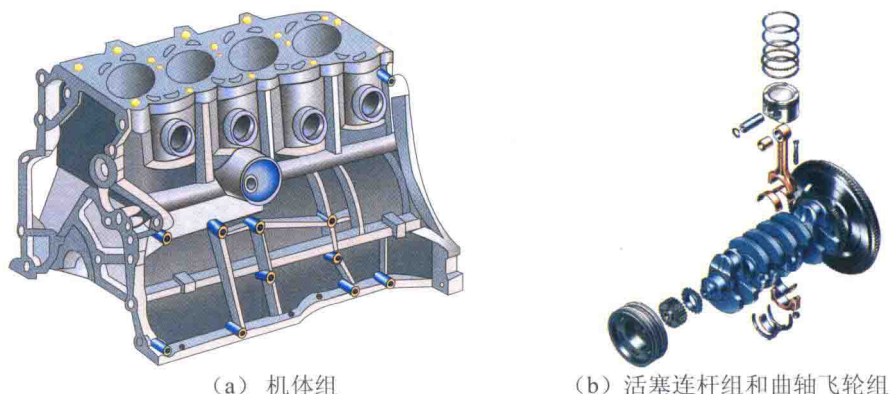


图 1-1-3 曲柄连杆机构

2. 配气机构

配气机构的功能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，一般由气门组和气门传动组组成，如图1-1-4所示。



图 1-1-4 配气机构

3. 燃油供给系统

燃油供给系统的功能是根据发动机工况的需求，定时定量供应合适的燃油进入发动机气缸。对于汽油机而言，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，供入气缸，并将燃烧后的废气从气缸内排到大气中去；而对于柴油机而言，其燃料供给系统的功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。如图1-1-5所示。

4. 冷却系统

冷却系统的功能是将受热零件吸收的部分热量及时散发出去，保证发动机在最适合的温度状态下工作。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。如图1-1-6所示。

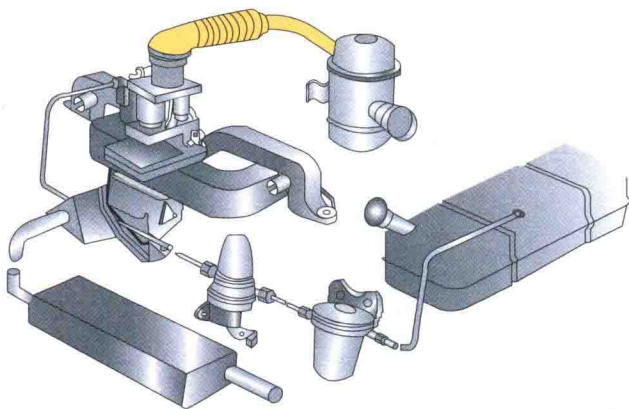


图 1-1-5 汽油机燃油供给系统

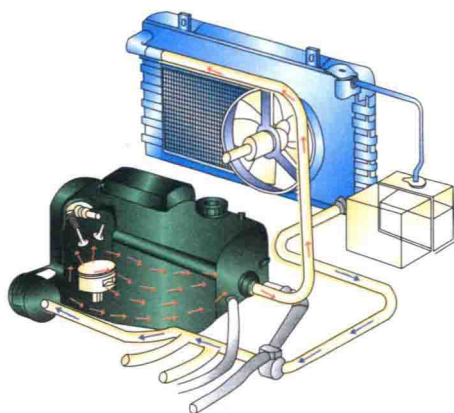


图 1-1-6 冷却系统

5. 润滑系统

润滑系统的功能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。润滑系统通常由油底壳、润滑油道、机油泵、机油滤清器等组成。如图1-1-7所示。

6. 点火系统

点火系统的功能是确保汽油机在压缩接近上止点时，在气缸内适时、准确、可靠地产生电火花，以点燃可燃混合气，从而燃烧对外做功。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，火花塞头部伸入燃烧室。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。电子点火系统由点火开关、点火信号发生器、点火线圈、火花塞等部件组成。如图1-1-8所示。

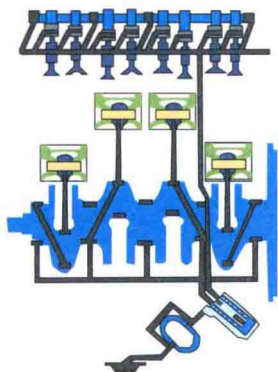


图 1-1-7 润滑系统

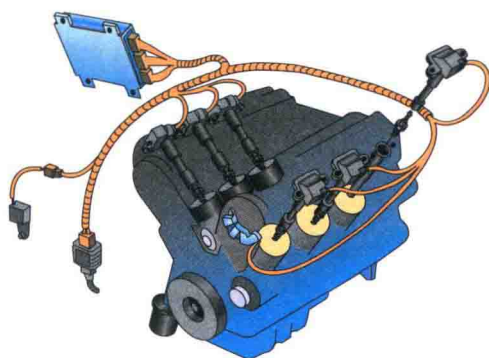


图 1-1-8 点火系统

7. 进排气系统

进气系统的功能是尽可能均匀地向各缸供给可燃混合气或纯净的空气，通常由空气滤清器、空气流量计、进气总管、进气歧管等部件组成。排气系统要收集废气，并且以尽可能低的排气阻力、噪声和污染，将废气排到大气中，一般由排气歧管、排气管、排气净化装置、排气消声器和排气尾管等组成。如图1-1-9所示。

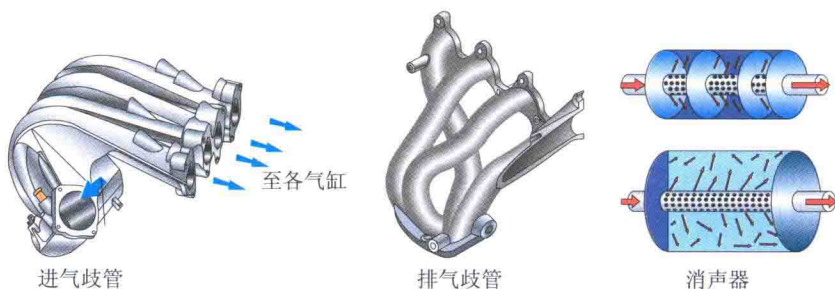


图 1-1-9 进排气系统

8. 启动系统

启动系统的功用是将电动机的动力传递给发动机飞轮以启动发动机，而发动机启动后则靠单向离合器自动断开发动机对起动机器的逆向驱动。启动系统主要由蓄电池、起动机、启动继电器、点火开关、单向离合器等组成。如图1-1-10所示。

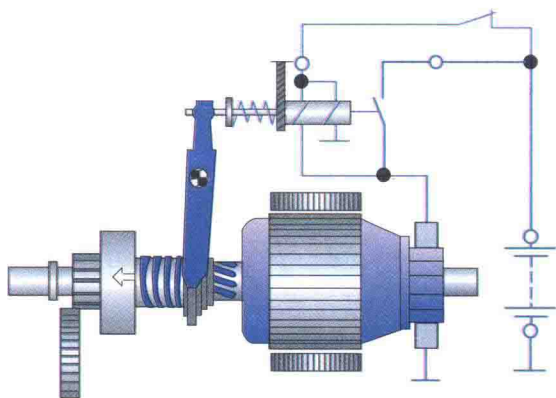


图 1-1-10 启动系统

三、发动机的工作原理及性能指标

1. 基本术语

如前所述，发动机气缸内装有活塞，活塞通过活塞销、连杆与曲轴相连接。活塞在气缸内做往复运动，通过连杆推动曲轴转动。如图1-1-11所示。

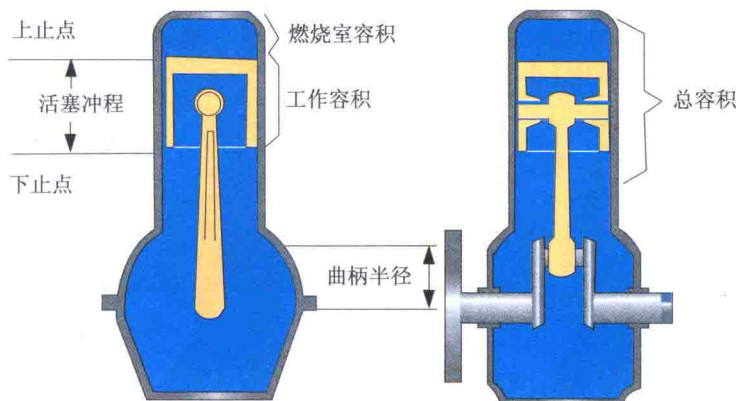


图 1-1-11 发动机的基本术语

其中几个关键术语如下：

上止点：活塞顶部离曲轴中心最远处，即活塞最远位置。

下止点：活塞顶部离曲轴中心最近处，即活塞最近位置。

活塞冲程：气缸上、下止点间的距离，一般用 s 表示。

曲柄半径：曲轴与连杆下端的连接中心至曲轴中心的距离，一般用 R 表示。

活塞每走一个冲程相应于曲轴转角 180° 。对于气缸中心线与曲轴中心线相交的发动机，活塞冲程 s 等于曲柄半径 R 的两倍。

气缸工作容积（气缸排量）：活塞从上止点到下止点所扫过的容积，称为气缸工作容积，用 V_h 表示。多缸发动机各气缸工作容积的总和，称为发动机排量，用符号 V_L 表示，即

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

式中 V_h ——单个气缸工作容积；

D ——活塞直径；

s ——活塞冲程；

i ——气缸数。

燃烧室容积：活塞到达上止点时，活塞顶上部的容积，可用 V_c 表示。

气缸总容积：活塞到达下止点时，活塞顶上部的容积，用 V_a 表示，即 $V_a = V_h + V_c$ 。

压缩比：气缸总容积与燃烧室容积之比，用 ε 表示，即 $\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$ ，汽油机一般为7—11，柴油机一般为15—22。

2. 发动机的工作原理

(1) 四冲程汽油机的工作原理

四冲程汽油机的运转按进气冲程、压缩冲程、做功冲程和排气冲程的顺序不断循环往复。如图1-1-12所示。

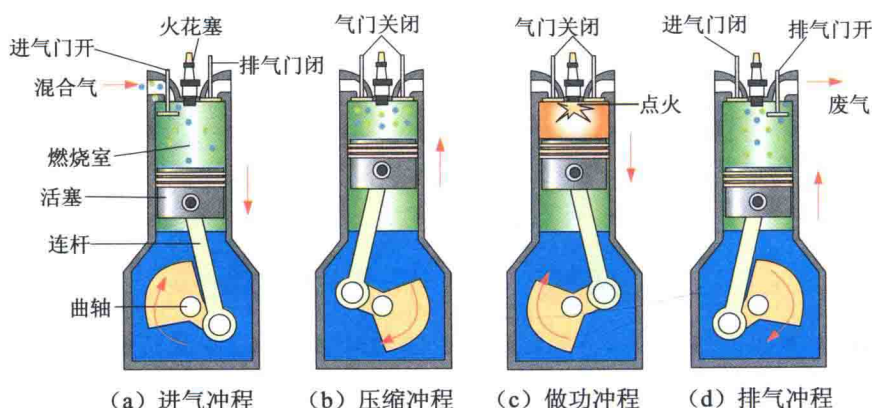


图 1-1-12 四冲程汽油机工作原理

其工作原理如下：

①进气冲程

曲轴带动活塞从上止点向下止点移动，进气门开启，排气门关闭。气缸内压力降低到小于外界大气压。空气和汽油经混合形成的可燃混合气通过进气管道、进气门被吸入气缸。

②压缩冲程

进气结束，进排气门都关闭。曲轴带动活塞由下止点向上止点运动，活塞顶部的可燃混合气被压缩。

③做功冲程

当压缩冲程接近上止点，进排气门处于关闭状态，电火花点燃可燃混合气，混合气燃烧产生的气体压力推动活塞向下止点运动，经连杆使曲轴旋转做功，对外输出功率。

④排气冲程

曲轴带动活塞从下止点向上止点运动，排气门打开，进气门关闭。在活

塞和废气自身的压力作用下，废气经排气门排出气缸。

(2) 四冲程柴油机的工作原理

与汽油机类似，四冲程柴油机也是按进气冲程、压缩冲程、做功冲程和排气冲程的顺序不断循环往复的。如图1-1-13所示。

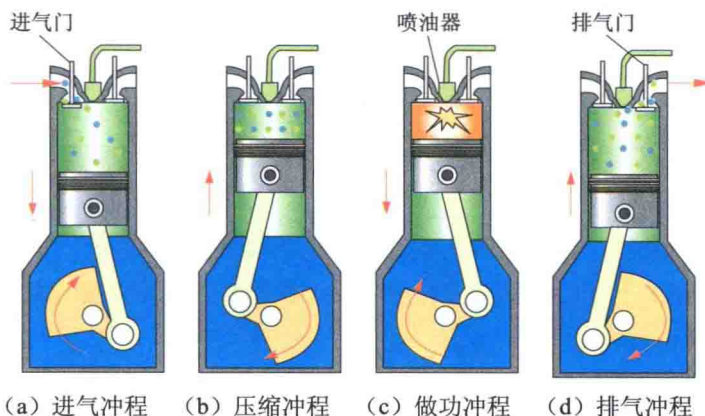


图 1-1-13 四冲程柴油机工作原理

其工作原理如下：

①进气冲程

汽油机在进气冲程中吸入的是可燃混合气，而柴油机吸入的是纯空气。

②压缩冲程

汽油机在压缩冲程中压缩的是可燃混合气，而柴油机压缩的是空气。

③做功冲程

压缩冲程末期，喷油泵将高压柴油经喷油器呈雾状喷入气缸高压、高温的气体中，迅速形成混合气。混合气在高温高压下自行着火燃烧，保持边喷射边燃烧的状态，高温、高压气体推动活塞下行做功。

④排气冲程

排气冲程和汽油机基本相同，进气门关闭，排气门开启，活塞上行，废气由排气管排出。

相对于汽油来说，柴油自燃温度低，所以柴油机在混合气形成、着火方式上和汽油机有明显不同。

3. 发动机的主要性能指标

发动机的性能指标用来表征发动机的性能特点，并作为评价各类发动机性能优劣的依据。发动机的性能指标主要有动力性指标、经济性指标和运转

性能指标等。

(1) 动力性指标

动力性指标一般包括发动机的有效转矩、有效功率和发动机转速等。

发动机通过飞轮对外输出的转矩称为有效转矩，用 T_e 表示，单位为 $N \cdot m$ 。有效转矩与外界施加于发动机曲轴上的阻力矩相平衡。

发动机通过飞轮对外输出的功率称为有效功率，用 P_e 表示，单位为kW。它正比于有效转矩与发动机转速的乘积。发动机的有效功率可以用台架试验方法测定，也可用测功器测定有效转矩和发动机转速，然后用公式计算出发动机的有效功率。

发动机曲轴每分钟的旋转次数称为发动机转速，用 n 表示，单位为 r/min 。发动机产品铭牌上标明的功率及相应转速，称为额定功率和额定转速。

(2) 经济性指标

通常用燃油消耗率来评价发动机的经济性能。燃油消耗率是发动机每发出1kW有效功率在1小时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。通常发动机铭牌上给出的有效燃油消耗率 g_e 是最小值。

(3) 运转性能指标

运转性能指标包括废气排放、噪声和启动性能等。由于这些性能不仅影响发动机的正常工作，更关系到人类的健康，因此，必须制定共同遵守的统一标准，并给予严格控制。

废气排放：发动机排放的废气中含有对人体有害的物质，它对大气的污染已形成公害。为此，各国采取了许多对策，并制定相应的控制法规。发动机排出的有害排放物，主要有氮氧化合物（ NO_x ）、碳氢化合物（HC）、一氧化碳（CO）和排气颗粒等。由于各国条件不同，限制的标准也不一样。

噪声：发动机的噪声会刺激神经，使人心情烦躁，反应迟钝，甚至导致耳聋，诱发高血压和神经系统方面的疾病。汽车是城市主要的噪声源之一，发动机又是汽车的主要噪声源，因此必须加以控制。

启动性能：启动性能好的发动机在一定温度下能可靠启动，启动迅速，启动消耗的功率小，启动期磨损少。发动机启动性能的好坏除与发动机结构有关外，还与发动机工作过程有关。

第二节 常用检修工具、量具

一、汽车检修通用工具

汽车检修通用工具是维修汽车必备的物质条件。在修理工作中,工具的使用正确与否,对提高工作效率和汽车的修理质量有重要意义。因此,修理人员必须熟悉汽车检修常用工具和工具的维护保养知识。汽车检修通用工具主要包括套筒、扳手、钳子和螺丝刀等。

1. 套筒

套筒是拆卸螺栓最方便、灵活且安全的工具。使用套筒不易损坏螺母的棱角。套筒呈短管状,一端内部呈六角形或十二角形,用来套住螺栓头;另一端有一个正方形的头孔,该头孔用来与配套手柄的方榫配合。如图1-2-1所示。



图 1-2-1 套筒

(1) 套筒的规格

按所拆卸螺栓的扭矩和使用的工作环境不同,可将套筒分为大、中、小三个系列,并以配套手柄方榫的宽度来区分。常见的有6.3mm系列、10mm系列和12.5mm系列,如使用英寸表示,则对应为1/4in系列、3/8in系列和1/2in系列。如图1-2-2所示。