

Contents



项目一

发动机基础知识及检修工量具的认识

- 任务一 发动机的分类及总体构造 / 2
- 任务二 发动机的工作原理及性能指标 / 14
- 任务三 发动机拆卸工具及检修量具的认知 / 26



项目二

曲柄连杆机构的检修

- 任务一 机体组的检修 / 50
- 任务二 活塞连杆组的检修 / 69
- 任务三 曲轴飞轮组的检修 / 86



项目三

配气机构的检修

- 任务一 气门组的检修 / 100
- 任务二 气门传动组的检修 / 111



项目四

燃油供给系统的检修

- 任务一 汽油机电控燃油喷射系统的检修 / 124
- 任务二 电子控制系统主要元件的检修 / 150



项目五

起动、点火系统的检修

- 任务一 起动系统的检修 / 162
- 任务二 点火系统的检修 / 177



项目六

润滑、冷却系统的检修

任务一 润滑系统的检修 / 202

任务二 冷却系统的检修 / 219



项目七

发动机的拆卸、装配与调试

任务一 发动机的拆卸与装配 / 234

任务二 发动机的磨合 / 250

参考文献 / 256

项目一

发动机基础知识及 检修工量具的认知

汽车发动机是为汽车提供动力装置，是汽车的“心脏”，其构造复杂。在维修发动机之前，必须熟悉发动机的基本构造、发动机的类型；由于发动机型号众多，还需要了解发动机型号的含义及其如何识别。其维修的工具及量具众多，需要基本掌握维修工具及其专用工具的使用方法，掌握量具的使用及其如何读数，下面我们来一一讲解这些知识。





任务

发动机的分类及总体构造

学习目标

完成本学习任务后，你应当达到以下目标：

●知识目标

1. 了解发动机的定义。
2. 掌握发动机的总体构造。
3. 熟悉发动机的分类。

●能力目标

1. 能认识发动机的两大机构和五大系统。
2. 会区分发动机的类型。

任务引入

发动机的种类繁多，在日常学习中，我们需要了解发动机的定义、发动机的分类、发动机的总体构造及发动机编号的含义，下面我们就来学习这些知识。

任务实施

一、发动机的定义

发动机是将自然界中某一种能量转变为机械能的机器，而汽车发动机则是将某种能量转变为驱动汽车行驶动力的一种机器。广义地讲，目前地球上存在的大部分能量形式，如太阳能、风能、水能、热能、原子能、化学能等都可以直接或间接地通过某种形式的发动机转换为机械能来驱动汽车。然而，100多年的汽车发展历史表明，迄今为止，在实用中的汽车几乎都是应用将燃料中的化学能，通过燃烧转换成热能，再转换为机械能的热力发动机。

二、发动机的分类

根据内燃机将热能转化为机械能的主要构件的形式不同，可分为活塞式内燃机和燃气轮机两大类。前者又可按活塞运动方式分为往复活塞式和旋转活塞式两种。往复活塞式发动机为现代内燃机的主流。活塞在气缸中做往复直线运动，经连杆、曲轴等转变为旋转运动。往复活塞式发动机按照点火方式、工作循环、热力循环、凸轮轴的位置及凸轮轴数、气缸排列、使用燃料、冷却方式等，又可分为很多不同的形式。

下面主要以往复活塞式内燃机的不同特征来分类。



1. 按每工作循环活塞行程数分类

在发动机内每一次热能转换为机械能的过程为发动机的一个工作循环。为此，曲轴转两圈（ 720° ），活塞在气缸内上下往复运动四个冲程，完成一个工作循环的内燃机称之为四冲程发动机，如图 1-1 所示；曲轴转一圈（ 360° ），活塞在气缸内上下往复运动两个行程的内燃机称之为二冲程发动机，如图 1-2 所示。

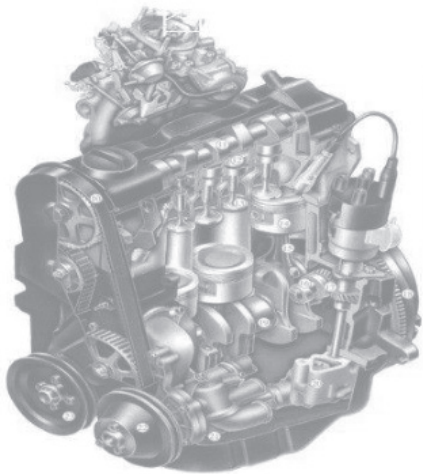


图 1-1 四冲程发动机

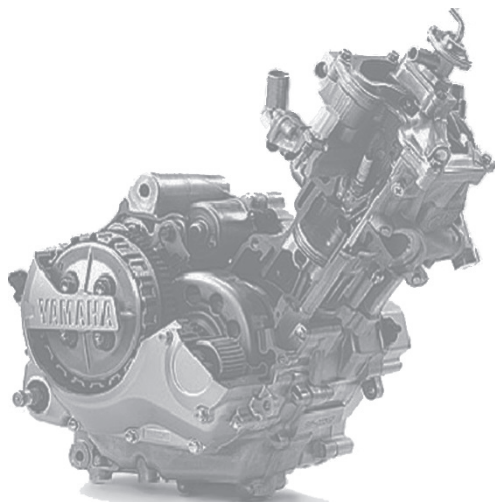


图 1-2 二冲程发动机

2. 按所使用的燃料分类

使用汽油作燃料的称之为汽油发动机，如图 1-3 所示；使用柴油作燃料的称之为柴油发动机机，如图 1-4 所示。

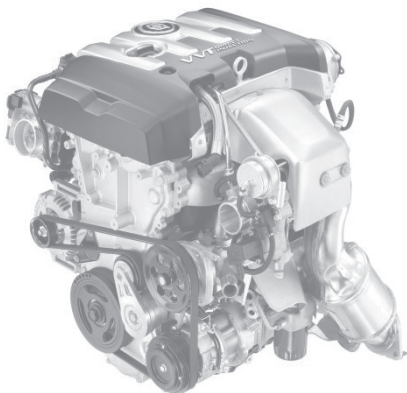


图 1-3 汽油发动机

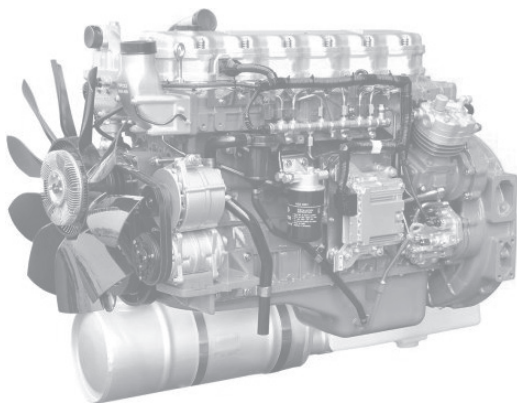


图 1-4 柴油发动机

采用各种代用燃料如甲醇、乙醇、液化石油气、压缩天然气等则分别称为甲醇、乙醇、液化石油气发动机，如图 1-5 所示、压缩天然气发动机，如图 1-6 所示。

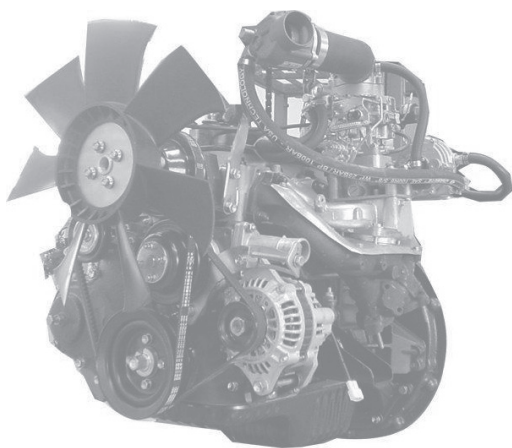


图 1-5 液化石油气发动机 (LPG)

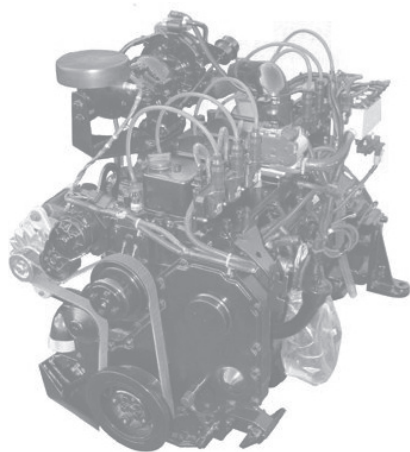


图 1-6 压缩天然气发动机 (CNG)

3. 根据发动机气缸排列方式的不同分类

气缸排列成一字形的称直列式发动机，如图 1-7 所示；两列气缸成 V 形布置的称 V 型发动机，如图 1-8 所示；V 形夹角为 180° 的发动机称为对置式发动机，如图 1-9 所示。

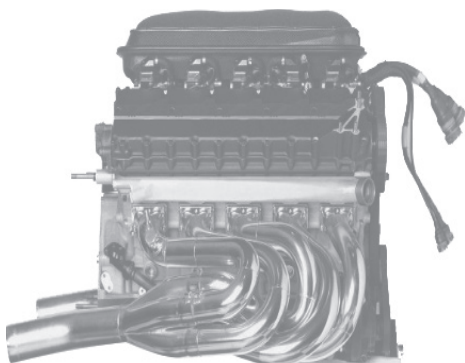


图 1-7 直列式发动机

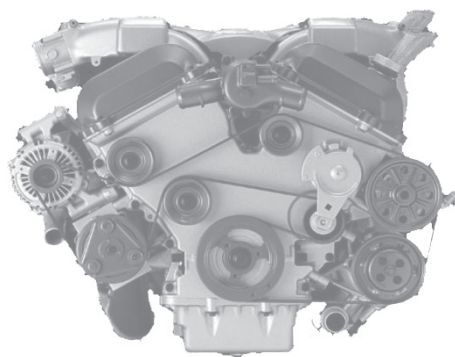


图 1-8 V 型发动机

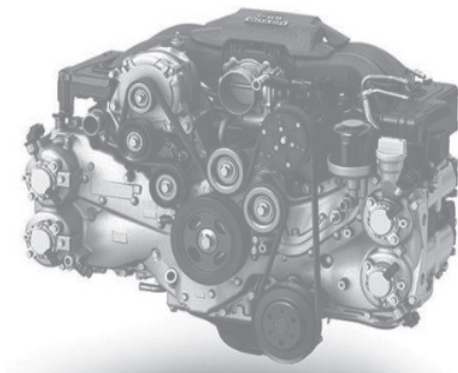


图 1-9 对置式发动机



4. 根据冷却方式的不同分类

采用冷却液冷却的发动机称为水冷式发动机，如图 1-10 所示；采用流动的空气直接冷却的发动机称为风冷式发动机，如图 1-11 所示。

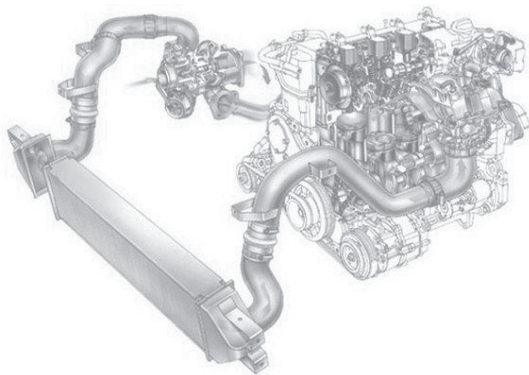


图 1-10 水冷式发动机

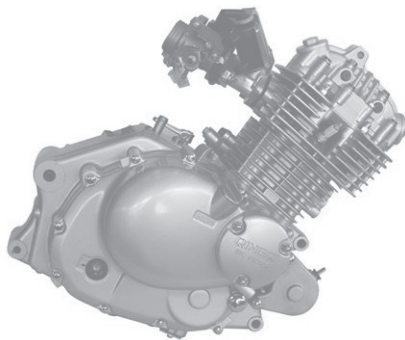


图 1-11 风冷式发动机

5. 根据进气有无增压分类

无增压的称自然吸气（或非增压）发动机，所谓非增压发动机是指进入气缸前的空气或可燃混合气未经压缩的发动机就称为自然吸气发动机，如图 1-12 所示；有增压的称增压发动机，所谓增压发动机是指进入气缸的空气或可燃混合气先经过压气机增压，然后在进入发动机内的就称为增压式发动机，如图 1-13 所示。目前，汽油机使用较多的是自然吸气式发动机。柴油机为了提高功率，部分使用增压型的发动机。

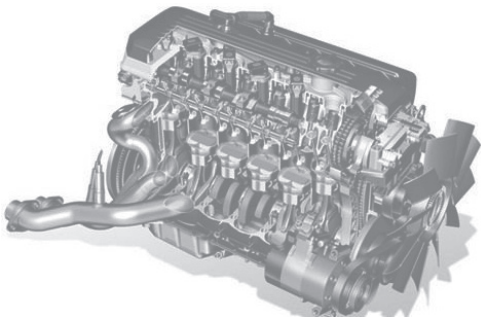


图 1-12 自然吸气式发动机

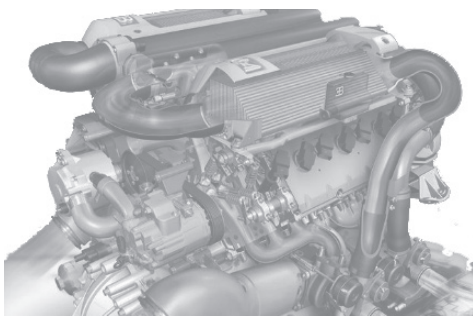


图 1-13 增压式发动机

除上述分法外，带有电控单元的称电控发动机（目前大部分汽车上装配的是此类发动机）。采用化油器方式形成可燃混合气的汽油机称化油器式汽油机（此类发动机已是淘汰产品）；而采用汽油喷射方式形成可燃混合气的汽油机称汽油喷射汽油机。



三、发动机的总体构造

发动机是将某一种形式的能量转换为机械能的机器，现代汽车发动机的结构形式很多，即使是同一类型的发动机其具体构造也是多种多样的。由于工作原理相似，发动机的基本结构也就大小异同。汽油发动机通常是由五大系统（点火系统、润滑系统、冷却系统、燃油供给系统、起动系统）两大机构（曲柄连杆机构、配气机构）组成，而柴油发动机通常是由四大系统两大机构组成（柴油发动机的气缸中的混合气是压燃的，而非点燃的，因此无点火系统），下面主要以汽油发动机来说明。

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构（图 1-14）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。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，并从曲轴对外输出动力。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（图 1-15）通常包括进气门、排气门、摇臂、气门间隙调节器、凸轮轴以及凸轮轴定时带轮等，其作用是使可燃混合气及时进入气缸并及时从气缸排出废气。

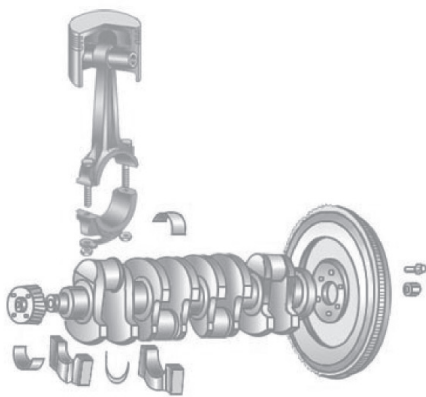


图 1-14 曲柄连杆机构示意图

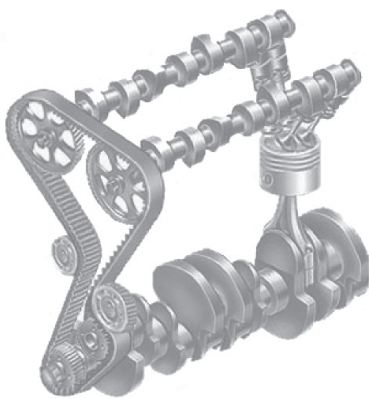


图 1-15 配气机构示意图

3. 燃油供给系统

燃油供给系统（图 1-16）包括汽油箱、汽油泵、汽油滤清器、化油器（目前轿车上无化油器，属于淘汰产品）、空气滤清器、进气管、排气管、排气消声器等，其作用是把汽油和空气混合为成分合适的可燃混合气进入气缸，以供燃烧，并将燃烧产生的废气排出气缸内。

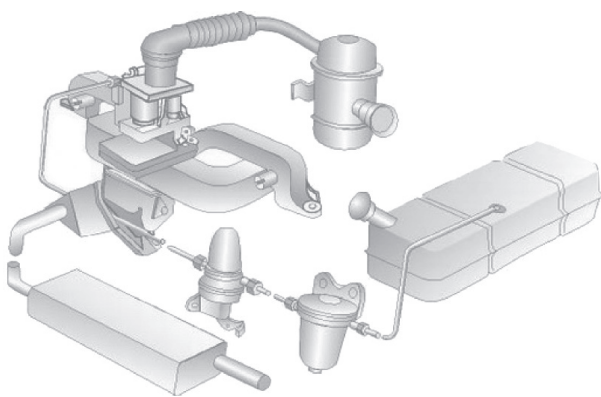


图 1-16 燃油供给系统示意图

4. 点火系统

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（图 1-17），点火系统通常由蓄电池、发电机、分电器（目前大部分发动机无分电器）、点火线圈和火花塞等组成。

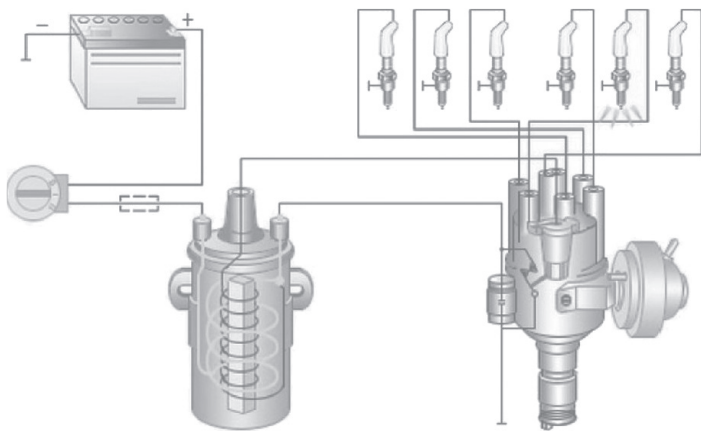


图 1-17 点火系统示意图

5. 冷却系统

冷却系统（图 1-18）主要包括水泵、散热器、风扇、分水管以及气缸体和气缸盖里铸出的空腔（水套）等。其功用是把受热机件的热量散到大气中去，以保证发动机正常工作。

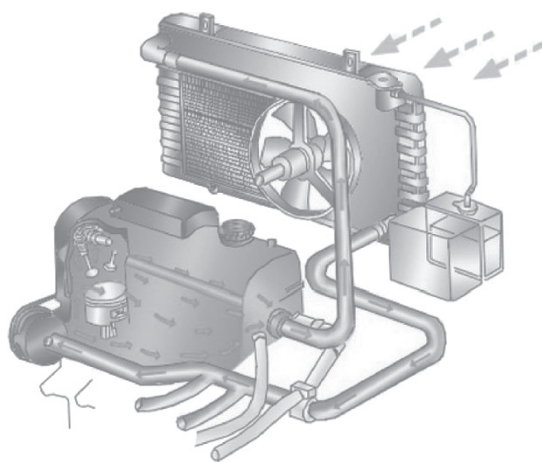


图 1-18 冷却系统示意图

6. 润滑系统

润滑系统（图 1-19）包括机油泵、机油滤清器、限压阀、润滑油道、机油滤清器等，其功用是将润滑油供给做相对运动的零件，以减少它们之间的摩擦阻力，减轻机件的磨损，并部分地冷却摩擦零件，清洗摩擦表面等功用。

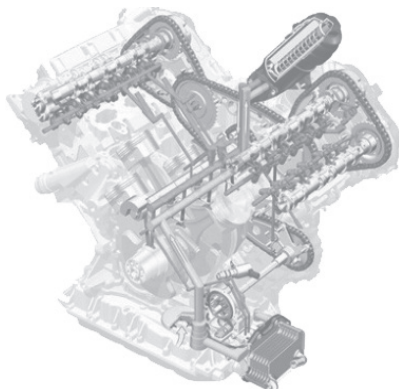


图 1-19 润滑系统示意图

7. 起动系统

起动系统（图 1-20）由起动机及其附属装置组成，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怠速运转的全过程，称为发动机的启动。完成起动过程所需的装置，称为发动机的起动系统。

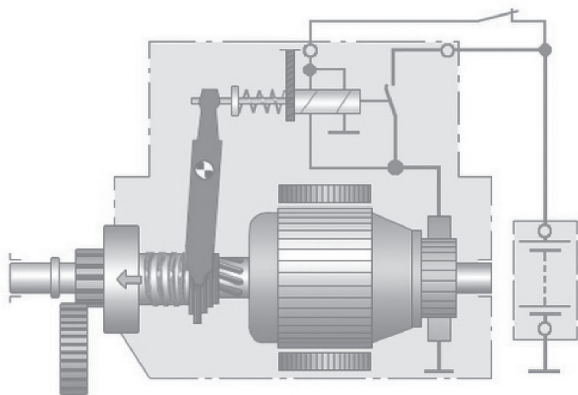


图 1-20 起动系统示意图

四、国产发动机型号的识别

1. 发动机型号的位置

发动机型号位于机油滤清器右侧、发动机轴瓦盖和缸体结合处，如图 1-21 所示。

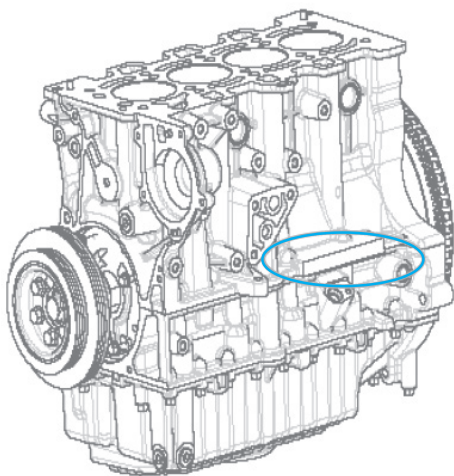


图 1-21 发动机型号位置图

2. 国产发动机型号的组成

国产发动机型号的编制主要包括下列四部分，其含义如图 1-22 所示。

(1) 第一部分

由制造商代号或系列符号组成（其部分代号由制造商根据需要选择相应 1~3 位字母表示）。

(2) 第二部分

由气缸数、气缸布置形式符号、冲程形式符号、缸径符号（单位 mm）组成。



笔记

- 气缸数用 1~2 位数字表示。
- 气缸布置形式符号如图 1-22 所示。
- 冲程形式为四冲程时无符号表示，二冲程用 E 表示。
- 缸径符号一般用缸径或缸径 / 行程数表示，宜可用发动机排量或功率数表示（其单位由制造商自定，一般都用 mm 表示）。

(3) 第三部分

由结构特征符号、用途特征符号组成，如图 1-22 所示。燃料符号如表 1-1 所示。

(4) 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。

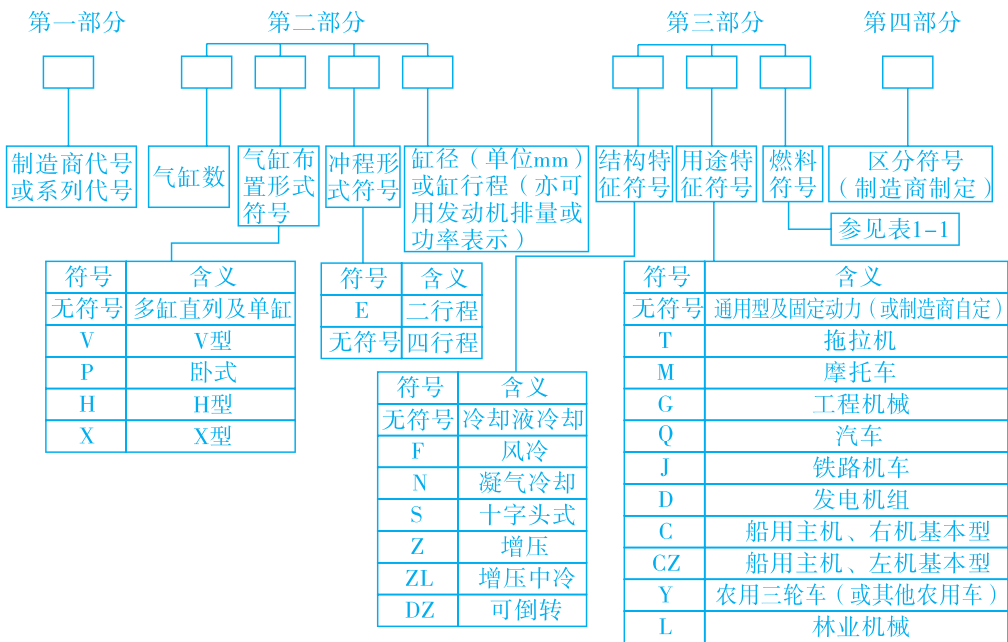


图 1-22 国产发动机型号标识的含义

表 1-1 发动机常用燃料符号表

符号	含义	符号	含义
无符号	柴油	M	煤气
P	汽油	S	柴油 / 天然气双燃料
T	天然气（煤层气）	SCZ	柴油 / 沼气双燃料
CNG	压缩天然气	M	甲醇
LNG	液化天然气	E	乙醇
LPG	液化石油气	DME	二甲醇
Z	沼气	FME	生物柴油
W	煤矿瓦斯		



注意：①一般用 1~3 个拼音字母表示燃料，亦可用成熟的英文缩写字母表示。
②其他燃料允许制造商用 1~3 个字母表示。

3. 型号示例

（1）汽油机型号

- ① IE65F/P——单缸、二冲程、缸径 65 mm、风冷、通用型。
- ② 492Q/P-A——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）。

（2）柴油机型号

- ① G12V190ZLD——12 缸、V 型、四冲程、缸径 190 mm、冷却液冷却、增压中冷、发电用（G 为系列代号）。
- ② R175A——单缸、四冲程、缸径 75 mm、冷却液冷却（R 为系列代号、A 为区分符号）。
- ③ YZ6102Q——六缸直列、四冲程、缸径 102 mm、冷却液冷却、车用（YZ 为扬州柴油机厂代号）。
- ④ 8E150C-1——8 缸、直列、二冲程、缸径 150 mm、冷却液冷却、船用主机、右机基本型（1 为区分符号）。
- ⑤ 12VE230/300ZCZ——12 缸、V 型、二冲程、缸径 230 mm、行程 300 mm、冷却液冷却、增压、船用主机、左机基本型。

（3）燃气机型号

- ① 12V190ZL/T——12 缸、V 型、四冲程、缸径 190 mm、冷却液冷却、增压中冷、燃气为天然气。
- ② 16V190ZLD/MJ——16 缸、V 型、四冲程、缸径 190 mm、冷却液冷却、增压中冷、发电用、燃气为焦炉煤气。

（4）双燃料型号

- ① G12V190ZLS——12 缸、V 形、缸径 190 mm、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）。
- ② 12V26/32ZL/SCZ——12 缸、V 形、缸径 260 mm、行程 320 mm、冷却液冷却、增压中冷、燃料为柴油 / 沼气双燃料。

笔记

任务实训

根据任务要求，确定所需要的实训场地、设备及工具，以小组讨论的方式制定详细的工作计划（操作流程或工序），对小组成员进行合理分工，实施计划，完成任务并记录。

任务	发动机的分类及总体构造			
学生姓名		班级		学号
实训场地		学时		日期
设备及工具				
小组成员及分工				
工作计划（操作流程或工序）				测试结果
发动机的两大机构和五大系统				
发动机型号表示的含义				
根据测试结果写出学习计划				



任务练习

一、填空题

1. 发动机是将_____转变_____的机器。
2. 内燃机将热能转化为机械能的主要构件的形式不同，可分为_____和_____两大类。
3. 目前使用最多的发动机是_____发动机。
4. CNG 是_____发动机。
5. LPG 是_____发动机。

二、简答题

什么是二行程发动机？什么是四行程发动机？

笔记



任务

发动机的工作原理及性能指标

学习目标

完成本学习任务后，你应当达到以下目标：

●知识目标

1. 熟悉发动机的基本结构。
2. 掌握发动机的工作原理。
3. 掌握二冲程发动机和四冲程的发动机的区别。
4. 掌握汽油发动机和柴油发动机的区别。
5. 掌握发动机的基本术语名称的含义。
6. 熟悉发动机的性能指标。

●能力目标

1. 能认识发动机结构组成及部件名称。
2. 能理解发动机性能指标的含义。
3. 会说出发动机基本术语名称的含义。
4. 会说柴油发动机和汽油发动机在工作原理上的区别。

任务引入

发动机是由多个零部件组成的复杂机器，其结构形式多种多样。要想更全面的了解发动机，必须要了解发动机的工作原理，虽然发动机基本原理相同（都经过：进气、压缩、做功、排气四个行程），但是发动机分四冲程和二冲程、柴油机和汽油机，细节上还是有所差异的，下面将重点介绍发动机的工作原理、发动机的性能指标及发动机专业术语的含义。

任务实施

一、发动机基本原理

发动机的基本结构如图 1-23 所示。

一般发动机设计有多个气缸，每个气缸都有一个活塞，每个活塞通过活塞销、连杆与一个共用的曲轴相连接，活塞在气缸内做往复运动，共同连续不断地实现曲轴的转动，从而对外做功。

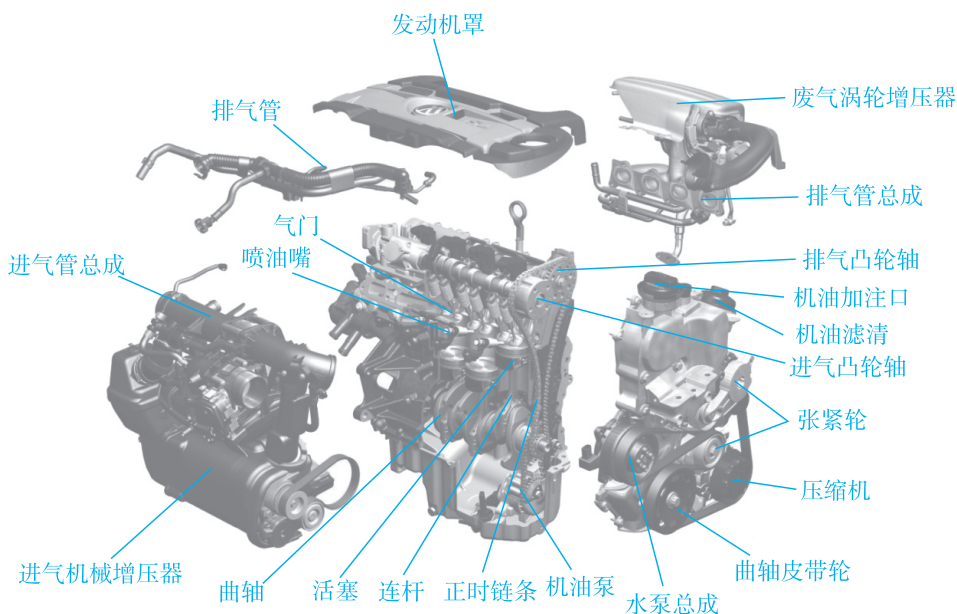
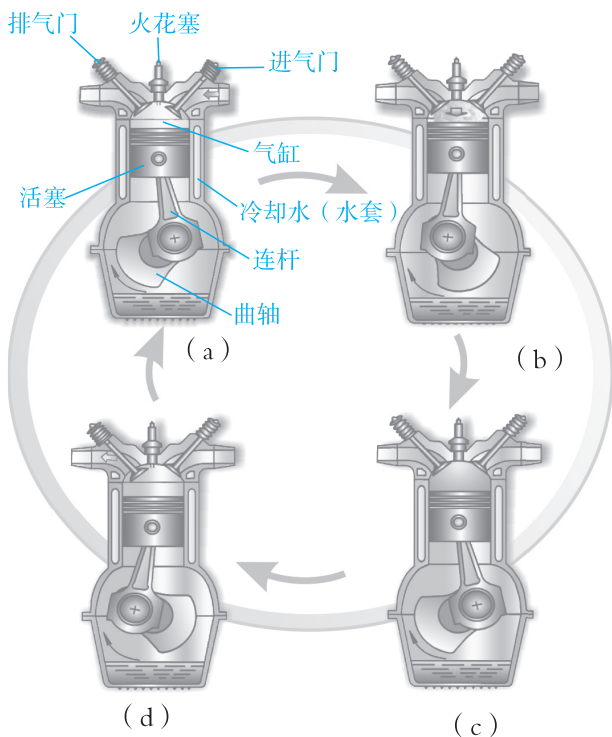


图 1-23 发动机的基本结构

1. 四冲程汽油发动机的工作原理

四冲程汽油机的活塞每运动四个冲程（曲轴旋转 720° ），完成一个工作循环的发动机，称为四冲程发动机。

四个行程的工作顺序依次是进气→压缩→做功→排气四个行程。在此循环中，发动机的曲轴旋转两周，进、排气门各开闭一次。如图 1-24 所示。



(a) 进气行程；(b) 压缩行程；(c) 做功行程；(d) 排气行程

图 1-24 四冲程汽油机的工作原理



笔记

(1) 进气行程

进气行程如图 1-24 (a) 所示, 曲轴带动活塞从上止点向下止点运动, 进气门开启, 排气门关闭, 气缸内活塞上方容积增大, 气缸内压力小于外界大气压, 形成一定真空度, 可燃混合气经进气歧管、进气门吸入气缸。由于进气时间短且进气系统存在压力, 进气终了时气缸压力略低于大气压力, 为 $0.074 \sim 0.093 \text{ MPa}$ 。由于气体与气缸壁之间存在摩擦, 同时高温机件和残余废气加热下, 它的温度上升到 $97 \sim 127^\circ\text{C}$ 。实际上汽油发动机的进气门是在活塞到达上止点之前打开, 并且延迟到下止点之后关闭的, 这样以便吸入更多的可燃混合气。

(2) 压缩行程

压缩行程中, 为了使可燃混合气能迅速、完全、集中地燃烧, 使发动机能发出更大的功率, 燃烧前必须将可燃混合气压缩。如图 1-24 (b) 所示, 在进气行程终了时, 活塞自下止点向上止点移动, 曲轴由 180° 转到 360° , 此时, 进排气门均关闭。随着气缸的容积不断缩小, 可燃混合气受到压缩, 其温度和压力不断升高。压缩行程一直持续到活塞到达上止点时为止。压缩终了时, 可燃混合气的温度为 $327 \sim 427^\circ\text{C}$, 可燃混合气压力为 $0.6 \sim 1.5 \text{ MPa}$ 。

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, 压缩终了时气缸内的压力和温度就越高, 则燃烧速度越快、发动机功率也越大, 动力性和经济性越好。但压缩比太高, 容易引起爆燃, 爆燃会使发动机过热, 功率下降, 汽油消耗量增加以及容易造成机件的损坏。所谓爆燃是指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自行燃烧, 且火焰高于正常燃烧数倍的速度向外传播, 造成尖锐的敲击声。

(3) 做功行程

做功行程如图 1-24 (c) 所示, 在这个行程中进排气门仍关闭。当活塞在压缩行程接近上止点时, 装在气缸盖上的火花塞在高压电作用下产生电火花, 点燃被压缩的可燃混合气。可燃混合气燃烧后, 放出大量的热能, 使燃气的压力和温度急剧升高, 其最高压力可达 $3 \sim 5 \text{ MPa}$, 相应的温度为 $1927 \sim 2527^\circ\text{C}$, 且体积迅速膨胀。此时, 活塞被高压气体推动从上止点下行, 带动曲轴从 360° 旋转到 540° , 并输出机械能, 能量除了维持发动机本身继续运转消耗一部分外, 其余部分都用于对外做功, 所以该行程称为做功行程。

(4) 排气行程

排气行程可燃混合气体燃烧后生成的废气, 必须从气缸中排除, 以便进行下一个进气行程, 如图 1-24 (d) 所示, 当膨胀过程接近终了时, 进气门关闭, 排气门开启, 曲轴通过连杆推动活塞从下止点向上止点运动, 曲轴由 540° 旋转到 720° 。废气在自身残余压力和活塞的推力作用下从气缸中排出。活塞到上止点附近时, 排气行程结束。实际汽油发动机的排气行程也是排气门提前打开、延迟关闭, 以便排除更多



的废气。残余废气量占总气量的比例一般用残余废气系数表示，残余废气系数是表征排气是否彻底的一个非常重要的参数。

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 $0.105\sim 0.115\text{MPa}$ ，废气温度为 $627\sim 927^{\circ}\text{C}$ 。曲轴继续旋转，活塞从上止点向下止点运动，又开始了下一个新的循环过程。

2. 四冲程柴油发动机的工作原理

四冲程柴油机和汽油机一样，每个工作循环也经历进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程 4 个行程。但由于柴油机用的燃料是柴油，其黏度比汽油大，不易蒸发，而其自燃温度却比汽油低，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变化都与汽油机不同。

如图 1-25 所示为四冲程柴油发动机的工作原理图。柴油机在进气行程吸入的是纯空气，在压缩行程终了时，柴油机喷油泵将油压提高到 $10\sim 15\text{MPa}$ 以上，通过喷油器喷入气缸，在很短时间内与压缩后的高温空气混合，形成可燃混合气。因此，这种发动机的可燃混合气是在气缸内部形成的。

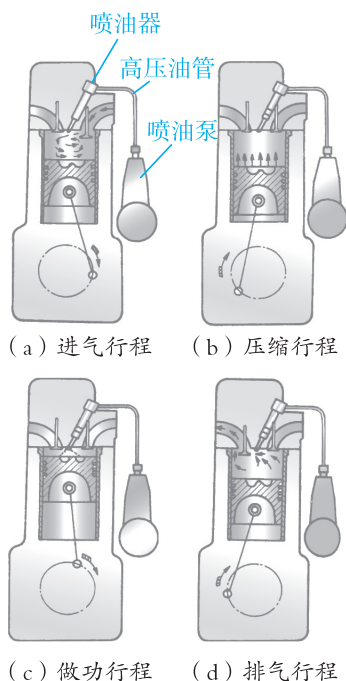


图 1-25 四冲程柴油发动机的工作原理

(1) 进气行程

如图 1-25 (a) 所示，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。进气终了压力约为 $0.078\sim 0.093\text{MPa}$ ，温度约为 $300\sim 370\text{K}$ 。



笔记

(2) 压缩行程

如图 1-25 (b) 所示, 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大, 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 $750\sim 1000\text{K}$ 。在压缩行程接近上止点时, 喷油器将柴油以高压雾状形式喷入燃烧室, 柴油与空气在气缸内形成可燃混合气并着火燃烧。

(3) 做功行程

如图 1-25 (c) 所示, 做功行程与汽油机的有很大不同, 喷入气缸内的燃料在高温空气中着火燃烧, 缸内气体温度急剧上升, 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 $6\sim 10\text{MPa}$, 瞬时温度可达 $2000\sim 2500\text{K}$; 做功行程终了时压力约为 $0.2\sim 0.4\text{MPa}$, 温度约为 $1200\sim 1500\text{K}$ 。

(4) 排气行程

如图 1-25 (d) 所示, 排气行程开始, 排气门开启, 进气门仍然关闭, 燃烧后的废气排出气缸。排气终了时气缸内的压力约为 $105\sim 125\text{KPa}$, 温度约为 $800\sim 1000\text{K}$ 。

3. 二冲程汽油发动机的工作原理

二冲程发动机的工作循环是在两个活塞行程即曲轴旋转一周的时间内完成的。

如图 1-26 所示, 表示一种用曲轴箱扫气的二冲程汽油机的工作示意图。

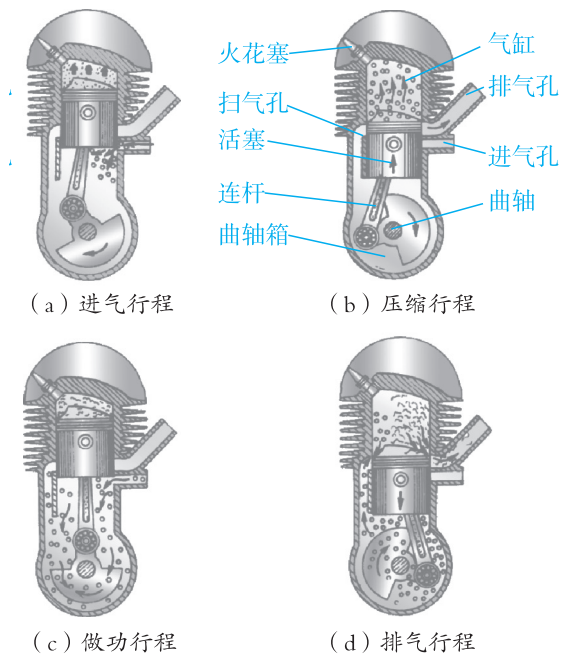


图 1-26 二冲程汽油发动机的工作原理



发动机气缸上有3个孔（进气孔、排气孔、扫气孔），这3个孔可分别在一定的时刻为活塞所开闭，可燃混合气经进气孔流入曲轴箱，继而可经扫气孔进入气缸内，而废气则可经过与排气管连通的排气孔排出。

如图1-26（a）所示，活塞向上移动，到活塞将扫气孔都关闭时，开始压缩在上一循环即已吸入缸内的可燃混合气，同时在活塞下面的曲轴箱内形成真空度。当活塞继续上行时，进气孔开启，在大气压力作用下，可燃混合气流入曲轴箱，如图1-26（b）所示。活塞接近上止点时，火花塞发出电火花，点燃被压缩的混合气，如图1-26（c）所示，高温、高压气体膨胀迫使活塞向下移动。进气孔逐渐被关闭，流入曲轴箱的混合气则因活塞的下移而被预先压缩。当活塞接近下止点时，排气孔开启，废气经过排气孔、排气管、消声器流到大气中，受到预压的新鲜混合气便由曲轴箱经进气孔流入缸内，并扫除废气，如图1-26（d）所示。废气从气缸内被新鲜混合气扫除并取代的过程，称为气缸的换气过程，故这个孔被称为扫气孔或换气孔。

由上述可知，在二冲程发动机内，一个工作循环所包含的两个行程分别是：

（1）第一行程

活塞在曲轴带动下由下止点移至上止点。

当活塞上行至关闭扫气孔和排气孔时，已进入气缸的新鲜混合气被压缩，活塞继续上移至上止点时，压缩结束；与此同时，在活塞上行时，其下方曲轴箱内形成一定真空度，当活塞裙部将进气孔开启时，新鲜的混合气被吸入曲轴箱，开始进气。

（2）第二行程

活塞在曲轴带动下由上止点移至下止点。

在压缩过程结束时，火花塞产生电火花，将气缸内的压缩混合气点燃。燃烧气体膨胀做功。此时进气孔仍然开启，混合气继续进气到曲轴箱，直至活塞裙部将进气孔关闭为止。随着活塞向下止点运动，曲轴箱内的混合气被预压缩。当活塞下行至排气孔开启时，膨胀后的燃烧气体已成废气，经排气孔排出。至此做功过程结束，开始先期排气。随后活塞又将扫气孔开启，经过预压缩的可燃混合气从曲轴箱经扫气孔进入气缸，扫除其中的废气，开始扫气过程。这一过程将持续到下一个活塞行程中扫气孔被关闭时为止。

4. 二行程柴油发动机的工作原理

二冲程柴油机的工作过程和二冲程汽油发动机的工作过程相似，不同点是进入柴油发动机气缸内的是纯空气，而不是可燃混合气。如图1-27所示，带有扫气泵的二冲程柴油发动机的工作示意图。

空气由扫气泵提高压力以后，经过装在气缸外部的空气室和气缸壁（或气缸套）上的许多小孔进入气缸内，废气经由气缸盖上的排气门排出。



笔记

(1) 第一行程

活塞自下止点向上止点移动。行程开始前不久,进气孔和排气门均已开启,利用扫气泵流出的空气(压力为 $0.12\sim 0.14\text{MPa}$)使气缸换气,如图1-27(a)所示。当活塞继续向上移动,进气孔被遮盖,排气门也被关闭,空气受到压缩,如图1-27(b)所示。当活塞接近上止点时,气缸内的压力增到 3MPa ,温度升至 $850\sim 1000\text{K}$,燃油在高压($17\sim 20\text{MPa}$)下喷入气缸内,这时,燃油自行着火燃烧,使气缸内压力增高,如图1-27(c)所示。

(2) 第二行程

活塞受燃烧气体的膨胀作用自上止点向下止点移动而做功。活塞下行 $2/3$ 行程时排气门开启,排出废气,如图1-27(d)所示。此后,气缸内压力降低,进气孔开启,进行换气。换气一直继续到活塞向上移动 $1/3$ 行程的距离、进气孔完全被遮盖为止。

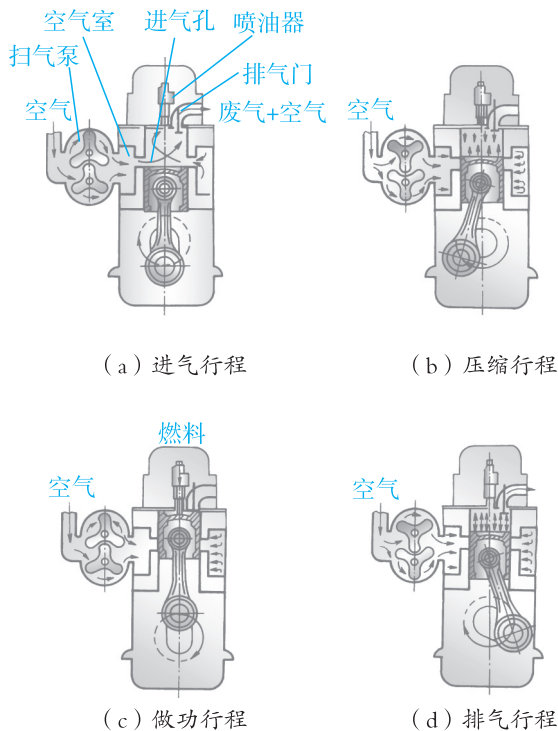


图 1-27 二行程柴油机的工作原理

5. 汽油机和柴油机的比较

(1) 四冲程汽油机和四冲程柴油机工作原理的比较

①相同点

● 每一个工作循环,曲轴转两周,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。



● 4 个行程中，只有做功行程对外做功，其他 3 个行程是为做功行程做准备，都需要外界提供能量。多缸机进气、压缩、排气行程所需要的能量由其他正处在做功行程的气缸提供。单缸发动机，能量由较大的飞轮提供，即在做功行程时，曲轴带动飞轮加速旋转，依靠飞轮的旋转惯性带动发动机完成其他 3 个行程。

● 在发动机运转的第一循环时，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，并依靠曲轴和飞轮贮存的能量便可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。

②不同点

● 所用燃料不同。

● 汽油机的混合气是在气缸外部的进气管中开始形成的，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，吸进的是可燃混合气；柴油机在进气行程时，被吸入气缸内的是纯空气。

● 汽油机在压缩终了时，靠火花塞强制点火，而柴油机则靠压缩自燃。

● 汽油机压缩比小，一般为 7~10；柴油机压缩比大，一般为 14~22。

汽油机和柴油机在结构和工作原理上存在一定差别，因此使用性能、应用场合也有所不同，汽油机具有转速高、质量轻、噪声小、易起动、舒适性好等特点，在轿车和小型货车得到广泛应用，柴油机转速低、结构笨重、噪声大、压缩比大、功率大。一般大型货车、客车等都用柴油机。

(2) 二冲程汽油发动机和四冲程汽油发动机的比较

二冲程发动机与四冲程发动机相比较，其主要优点如下：

① 曲轴每转一周就有一个做功行程，因此，当二冲程发动机的工作容积和转速与四冲程发动机相同时，在理论上它的功率应等于四冲程发动机的 2 倍。

② 由于发生做功过程的频率较高，故二冲程发动机的运转比较均匀平稳。

③ 由于没有专门的换气机构，所以其构造较简单，质量也比较小。

④ 使用方便。因为附属机构少，所以易受磨损和经常需要修理的运动部件数量也比较少。

由于构造上的关系，二冲程发动机的最大缺点是气缸内的废气不易排除干净，并且在换气时减少了有效工作行程。因此，在同样的工作容积和曲轴转速下，二冲程发动机的功率并不等于四冲程发动机的 2 倍，只等于 1.5~1.6 倍；而且在换气时有一部分新鲜可燃混合气随同废气排出，因此二冲程发动机不如四冲程发动机经济。

由于上述的缺点，二冲程发动机在汽车上较少被采用。但这种发动机的制造费用低廉，构造简单，质量小，所以在摩托车（化油器式二冲程发动机）上广泛应用。