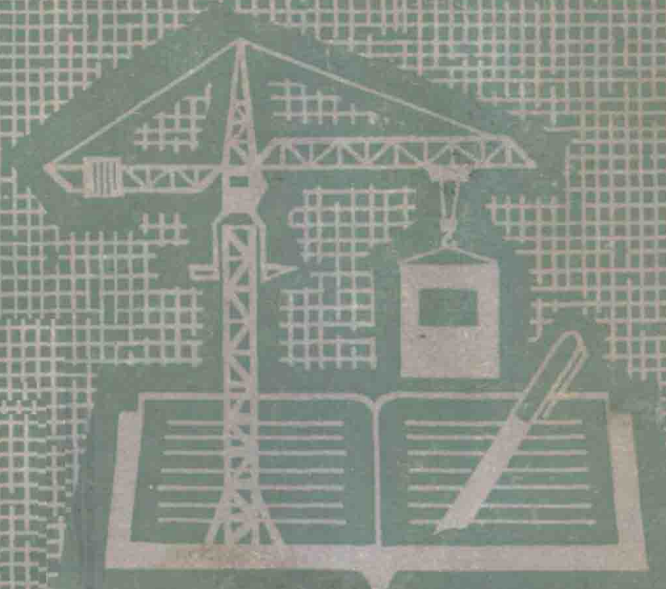


532575

建筑安装技工学校教材

# 内燃机构造学

机械施工教材编写组



上海科学技术出版社

## 内 容 提 要

本书共分十二章,比较系统的介绍了内燃机的构造和工作原理。书中以国产4146型、4125型、6135型、6120型柴油机和CA10B型汽油机为基本机型,对其典型结构和新技术(如PT燃油喷射系统、废气涡轮增压、排气污染净化)作了阐述,还对CA10B型发动机的改造和节油等作了简介。

本书可作建筑机械驾驶与修理专业和建筑机械专业技工培训教材,亦可供同类专业人员和机务人员使用。

建筑安装技工学校教材

内 燃 机 构 造 学

机械施工教材编写组

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

总发行所上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张14.5 字数344,000

1984年5月第1版 1984年5月第1次印刷

印数 1-7,200

统一书号: 15119·2333

定价: 1.20元

## 出 版 说 明

为了适应建筑安装技工学校教学工作的需要,从一九八〇年起,原国家建筑工程总局委托北京市建筑工程局、上海市建筑工程局等单位共同组织编写了一套机械施工专业课教材,计有《建筑机械构造学》、《建筑机械修理学》、《内燃机构造学》、《挖掘起重机构造学》、《挖掘起重机使用学》、《推土铲运机构造学》和《推土铲运机使用学》,上述七种教材将陆续出版。

城乡建设环境保护部劳动工资局

一九八三年

# 前 言

本书是根据原国家建工总局制定的建筑安装技校建筑机械驾驶与修理专业教学计划和教学大纲的要求而编写的。

在编写过程中,参考了有关学校的教科书和资料,根据建筑安装技工学校建筑机械驾驶与修理专业和建筑机械两种技工培训的特点,力求反映国内外先进水平,通俗易懂,简明扼要,以利教学。

本书是山西省机械施工公司杨逢铭、詹厚之两同志主编。由原国家建工总局第四工程局技校冯俊仕同志主审。参加审稿的有天津市建工局技校和广东省土石方机械施工公司的有关同志。

由于时间仓促,水平有限,书中缺点和错误在所难免,热忱地希望同志们批评指正。

本书在编写、审稿过程中,得到了许多省、市、自治区建筑技工学校,特别是上海市建筑工程局、上海市建筑工程学校以及山西省机械施工公司大力支持和帮助,对此,谨致诚挚谢意。

机械施工教材编写组

一九八三年

# 目 录

概论	1
第一章 内燃机总体构造与工作原理	4
第一节 内燃机的结构和组成	4
第二节 内燃机的工作原理	5
第三节 内燃机的主要性能指标和特性	14
第二章 机体与曲柄连杆机构	19
第一节 曲柄连杆机构的运动和受力分析	19
第二节 运转平稳性和惯性力平衡	21
第三节 气缸体曲轴箱组	24
第四节 活塞连杆组	30
第五节 曲轴飞轮组	42
第三章 配气机构	48
第一节 配气机构的组成和布置	48
第二节 配气机构组成部分的构造	50
第三节 配气相角	59
第四节 气门间隙	61
第四章 汽油机供给系	64
第一节 汽油机供给系的组成和燃料	64
第二节 简单化油器和可燃混合气的形成	66
第三节 可燃混合气的成分与汽油机工作的关系	67
第四节 化油器的主供油装置和辅助供油装置	71
第五节 化油器的构造	75
第六节 汽油供给装置	85
第七节 空气滤清器及进、排气管	88
第五章 柴油机供给系	92
第一节 柴油机供给系的组成和燃料	92
第二节 混合气的形成燃烧和燃烧室	96
第三节 喷油泵	100
第四节 喷油器	108
第五节 供油提前角调节装置	111
第六节 调速器	115
第七节 分配式油泵和油泵-喷油器	121
第八节 PT 燃油喷射系统	125
第九节 柴油机供给系的辅助装置	137
第六章 废气涡轮增压	143

第一节	发动机增压的作用和方法	143
第二节	废气涡轮增压器的工作原理和类型	144
第三节	废气涡轮增压器的主要性能参数和构造	146
第四节	汽油机增压系统简介	149
<b>第七章</b>	<b>汽油机点火系</b>	<b>152</b>
第一节	点火系的作用和类型	152
第二节	蓄电池点火系的工作原理	152
第三节	点火提前角	156
第四节	蓄电池点火系的主要部件	157
第五节	半导体晶体管点火系的简介	163
第六节	蓄电池点火系的电源	164
第七节	磁电机点火系	168
<b>第八章</b>	<b>冷却系</b>	<b>171</b>
第一节	冷却系的功用和型式	171
第二节	水冷系	171
第三节	风冷系	183
<b>第九章</b>	<b>润滑系</b>	<b>184</b>
第一节	润滑系的作用和润滑方法	184
第二节	润滑系的组成和油路	188
第三节	润滑系主要部件的构造	192
第四节	曲轴箱通风	202
<b>第十章</b>	<b>起动装置</b>	<b>203</b>
第一节	起动装置的作用和起动方法	203
第二节	电动机起动	205
第三节	汽油机起动	208
第四节	便于柴油机起动的辅助装置	211
<b>第十一章</b>	<b>排气污染与净化</b>	<b>215</b>
第一节	排气的有害物质及其危害	215
第二节	排气有害物质发生变化的情况	216
第三节	排气污染的净化措施	216
<b>第十二章</b>	<b>发动机的试验</b>	<b>219</b>
第一节	发动机试验的必要性和技术要求	219
第二节	发动机定期检查试验的方法	221

## 概 论

将燃料燃烧后产生的热能转化为机械能的机器，称为热力发动机(简称热机)。凡是热能转化为机械能的过程在发动机气缸内进行的，就称为内燃机；相反，将燃料放在发动机外的专用设备(如锅炉等)内燃烧的，就称为外燃机。内燃机是指汽油机、柴油机、煤气机和燃气轮机等，但通常所说的内燃机，是指汽油机、柴油机而言。外燃机是指蒸气机、蒸气轮机等。

内燃机是一种动力装置，与蒸气机相比，它具有热效率高、体积小、重量轻、起动迅速和使用方便等优点。与电动机相比，它不受工作地点(电源)限制，无须拖带电缆。因此，内燃机在工农业、基本建设、交通运输和国防等各部门得到了广泛应用。

内燃机由于能量转换方式方法不同而有多种型式，目前在汽车、农业机械和工程机械上广泛应用的是活塞式内燃机。

建筑机械主要包括：土、石方机械；起重运输机械；压实机械；打桩机械等，它们属于工程机械范畴，但是在建筑行业中习惯统称为建筑机械。

建筑机械上的动力装置，除电动机外，在内燃机中几乎全部采用柴油机。建筑机械的技术性能，在很大程度上取决于动力装置的类型、特性和技术水平，因此，建筑机械用的柴油机有其特殊要求。如建筑机械工作时，经常遇到急剧地变速、变负荷工况，有时经常超负荷运行；台柴油机经常受到很大的冲击和振动；在不同气温条件下工作，要保证燃油、润滑油、冷却水及起动系统工作的可靠性；施工现场空气含尘量很大；以及经常在倾斜地面上工作等，所以建筑机械使用的柴油机应有专用系列。过去，选用柴油机往往是将汽车、拖拉机或工业用柴油机经过选型、改装代用，使其性能受到一定的影响。现在国内外都为工程机械设置了专用柴油机系列，以适应其需要。

近二十多年来，国内外柴油机的性能指标有了很大的提高。涡轮增压技术的迅速发展，平均有效压力的提高，以及由于混合和燃烧过程的改善，相应的提高了活塞平均速度。现在建筑机械选用的柴油机正在向大型化、高速化和增压化发展，同时，还要求不断提高可靠性、可维修性、使用寿命及降低燃油、润滑油的消耗等。

随着世界各国极为广泛应用内燃机，噪声和排气污染就成为非常突出的问题。世界一些工业发达的国家都先后颁布了保护环境的法律。目前，我国也很重视这个问题，在各大、中城市成立了环境保护局，并制订了有关规定。

目前使用的内燃机可根据下列主要特征进行分类：

- 一、按内燃机结构分：往复式活塞式和旋转活塞式。
- 二、按使用燃料分：汽油机、柴油机及煤气机等。
- 三、按完成工作过程的行程分：四行程和二行程发动机。
- 四、按可燃混合气形成方式分：外配剂式(汽油机)；内配剂式(柴油机)。
- 五、按着火方式分：点燃式(汽油机)、压燃式(柴油机)。

六、按进气方式分：自然吸气式(又称非增压式)、增压式发动机。

七、按冷却方式分：水冷式、风冷式发动机。

八、按气缸排列方式分：

(一)直列卧式(图 1-a)，气缸排成一列卧置，建筑机械中翻斗车用的 195 型柴油机，是单缸卧式的。

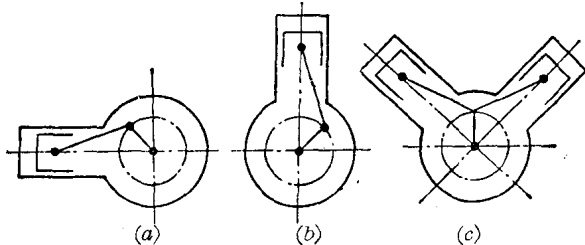


图 1 气缸排列方式

(a) 直列卧式；(b) 直列立式；(c) V 型

(二)直列立式(图 1-b)，气缸排成一列立置，气缸数为六缸以下的发动机常用这种排列方式。

(三)V 型式(图 1-c)，气缸排成两列，两列气缸之间夹角常取  $90^\circ$  或  $60^\circ$ ，气缸布置成 V 型时，可缩短发动机的长度，所以气缸数为六缸以上时常用这种排列方式。

如 12V150 型柴油机就是 12 缸 V 型发动机。

九、按旋转速度分：

(一)高速发动机(额定转速 1000 转/分以上)；

(二)中速发动机(额定转速 600~1000 转/分)；

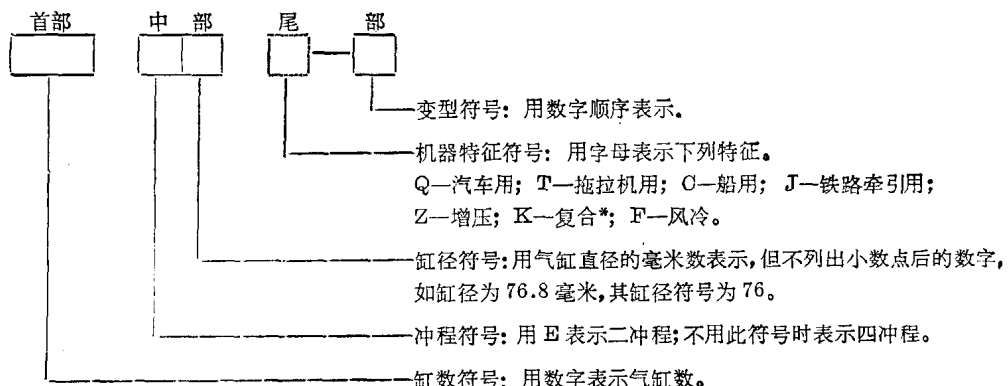
(三)低速发动机(额定转速 600 转/分以下)。

此外，还可以按气缸数目、起动方式和用途等特点来进行分类。

内燃机的型号：

内燃机型号是由阿拉伯数字(简称数字)和汉语拼音文字的首位字母(简称字母)组成的。它是区别内燃机的不同规格和特点的主要标志，国家制订了统一的标准。为了避免字母重复，可借用其它汉语拼音字母，但不得用其它文字或代号。例如，工厂可根据机器特征选用一个字母表示机器特征符号，若工厂还需选用其它字母时，必须经主管部门批准，不得擅自选用。

通过型号我们可以了解内燃机的一些简要技术参数和特征，各种内燃机有何不同之处，从而做到合理选用，充分发挥其特点。下面是国家标准(GB725-65)中的型号排列顺序和符号的规定，依次由首、中、尾三部分组成。



\* 符号 K 除作为复合含意外，上海柴油机厂和贵州柴油机厂又作为工程机械用柴油机的特征符号。另外，贵州柴油机厂在工程机械用柴油机的特征符号 K 前，又增加了一个 A 字(即 AK)。例如 4135K-2 或 4135AK-2，均表示四缸、四冲程、缸径 135 毫米，工程机械用，第二种变型产品。



按上述规定举例如下:

1E56F 汽油机——表示单缸,二冲程,缸径 56 毫米,风冷。

195 柴油机——表示单缸,卧式,四冲程,缸径 95 毫米,水冷,通用式。

6135 柴油机——表示六缸,四冲程,缸径 135 毫米,水冷,通用式。

6135Z 柴油机——表示六缸,四冲程,缸径 135 毫米,水冷,有增压装置。

6135C-1 柴油机——表示六缸,四冲程,缸径 135 毫米,船用,第一种变型产品。

# 第一章 内燃机总体构造与工作原理

## 第一节 内燃机的结构和组成

内燃机又称发动机,是一种比较复杂的机器,它由许多机构和系统组成。由于它们的互相配合,使内燃机能很好地实现燃烧放热、膨胀作功的能量转换,保证内燃机能长期正常工作。尽管内燃机的型式有多种,具体结构也有所区别,但它们都必须由下列机构和系统组成。图 1-1 为单缸四行程汽油机构造示意图。

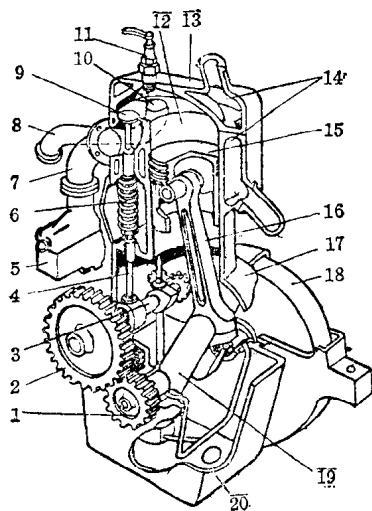


图 1-1 单缸四行程汽油机构造示意图

1—曲轴齿轮; 2—凸轮轴齿轮; 3—凸轮轴; 4—挺杆; 5—化油器; 6—弹簧; 7—进气管; 8—排气管; 9—进气门; 10—排气门; 11—火花塞; 12—气缸; 13—气缸盖; 14—水套; 15—活塞; 16—连杆; 17—气缸体; 18—飞轮; 19—曲轴; 20—油底壳

### 一、机体

机体包括气缸盖、气缸体和油底壳等。它是内燃机的装配基体,用以支承和固定曲柄连杆机构、配气机构及其他附件。气缸盖和气缸体的内壁共同组成燃烧室的一部分,承受燃烧气体产生的高温和高压。

### 二、曲柄连杆机构

曲柄连杆机构包括活塞组、连杆组及曲轴飞轮组等运动件。其作用是接受气体膨胀作功时产生的动力,并通过它把活塞的往复直线运动变换为曲轴的旋转运动而输出动力。

### 三、配气机构

配气机构包括气门组、传动组以及凸轮轴等。其作用是把干净的可燃气体及时充入气缸,并适时从气缸排除废气。

### 四、供给系

供给系因使用燃料不同,其供给方式及机构也有很大的差别。

汽油机供给系包括汽油箱、汽油泵、汽油滤清器、空气滤清器、化油器及进、排气管等。其作用是把汽油和空气按一定比例混合成可燃混合气送入气缸,以供燃烧。并将燃烧后产生的废气排出发动机。因为汽油机属于强制点火燃烧,所以它设有点火系统。

柴油机供给系包括油箱、滤清器、输油泵、喷油泵、喷油器及进、排气管等。其作用是根据发动机的负荷要求,定时,定量地向气缸内供给雾化了的柴油,使之与气缸内的高压空气混合,形成可燃混合气并充分燃烧。燃烧后产生的废气排出气缸之外。

### 五、点火系

点火系分为磁电机点火和蓄电池点火两种。磁电机点火包括磁电机和火花塞;蓄电池点火包括蓄电池、发电机、点火线圈、分电器及火花塞等。其作用都是保证按规定时间及时产生强烈火花来点燃气缸中被压缩的混合气。

## 六、润滑系

润滑系包括机油泵、限压阀、油道、滤清器及冷却器等。其作用是将润滑油送至运动件的摩擦表面，减小它们之间的摩擦阻力，减轻零件的磨损，并部分地冷却摩擦零件，清洗摩擦表面。从而延长机器使用寿命，具有较高的机械效率。

## 七、冷却系

冷却系包括水泵、散热器、风扇、水管及气缸体和气缸盖的冷却水套等。其作用是将受高温的零件的热量通过冷却水散发到大气中去，以保证内燃机正常工作温度。

## 八、起动系

起动的的方法有多种：手摇起动、电起动、汽油机起动及压缩空气起动等。除手摇起动外，一般都包括起动机构及其附属装置。其作用都是使静止的内燃机起动并转入自行运转。

此外，内燃机还有测量仪表装置，用来表示内燃机的工作状态。

综上所述，一般汽油机由两个机构（即机体与曲柄连杆机构、配气机构）和五个系统（即供给系、点火系、冷却系、润滑系和起动系）组成。而柴油机则由两个机构和四个系统（无点火系）组成。

## 第二节 内燃机的工作原理

单缸内燃机主要结构，如图 1-2 所示。曲轴 2 旋转时，带动活塞 6 上下往复运动。活塞 6 距离曲轴中心 1 最近的位置，即活塞在最高位置，称为上止点。活塞 6 距离曲轴中心 1 最近的位置，即活塞在最低位置，称为下止点。上下止点之间的距离（即活塞由一个止点到另一个止点的移动距离），称为活塞行程（或冲程），用  $S$  表示。曲轴 2 每旋转半周（ $180^\circ$ ），活塞在气缸中移动一个行程，经过上下止点，改变其运动方向。曲轴上的连杆轴颈中心与曲轴旋转中心的距离称为曲轴旋转半径，用  $R$  表示。可见对于气缸中心线通过曲轴中心的内燃机，活塞行程  $S$  等于曲轴旋转半径  $R$  的两倍，即

$$S=2R$$

内燃机工作时，须先将干净的空气或可燃混合气吸入气缸，经压缩后使之燃烧产生热能，再经互相配合的机构变换为机械能，最后将燃烧后所产生的废气排出气缸。这样每完成一次上述一系列的连续工作过程（即进气、压缩、做功、排气），称为一个工作循环。凡是活塞往复四个行程而完成一个工作循环的，称为四行程内燃机；活塞往复两个行程而完成一个工作循环的，称为二行程内燃机。

在多缸内燃机的各气缸内，都有着相同的工作过程和运动规律，只要研究一个气缸内所发生的变化，就可以了解多缸机的工作原理。

### 一、单缸四行程汽油机工作原理

图 1-3 所示为单缸四行程汽油机工作原理。

图 1-4a、b、c、d 分别表示汽油机在一个工作循环中所进行的进气、压缩、做功、排气四个过程。活塞在气缸中不停地上下往复运动，气缸内的容积和气体的压力则相应的发生变化。

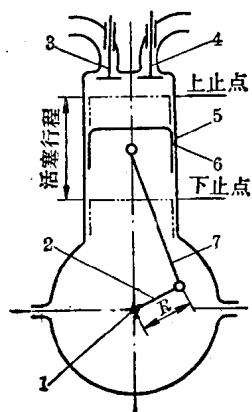


图 1-2 内燃机主要结构示意图

1—曲轴中心；2—曲轴；  
3—进气门；4—排气门；  
5—气缸；6—活塞；7—  
连杆

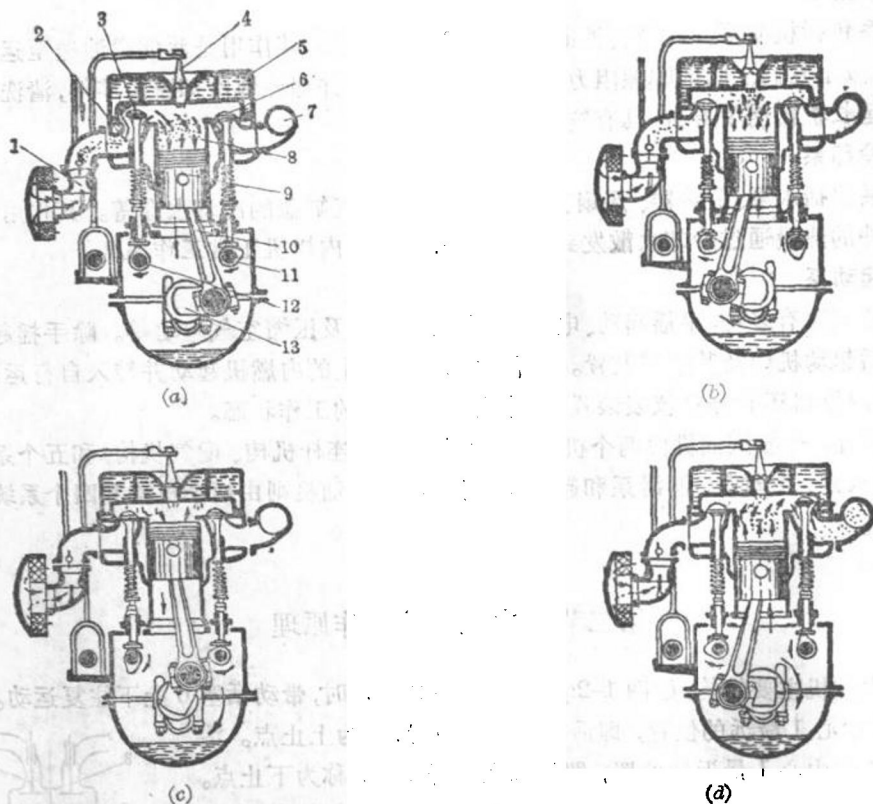


图 1-3 单缸四行程汽油机工作原理

(a) 进气行程; (b) 压缩行程; (c) 作功行程; (d) 排气行程

1—化油器; 2—进气道; 3—进气门; 4—火花塞; 5—气缸盖; 6—排气门; 7—排气管;  
8—气缸; 9—活塞; 10—连杆; 11—排气凸轮; 12—进气凸轮; 13—曲轴

这种容积和压力的变化关系,可以用实验方法测定发动机的曲线图来表示,气缸中的气体容积取决于活塞所处的位置,因此,这种图不仅取决于容积和压力的变化规律,同时,又可表示内燃机整个工作循环中气体在气缸内作功多少,故称为示功图,如图 1-4 所示。

示功图中的曲线是与内燃机的实际工作过程相对应的,现分述如下:

#### (一) 进气行程

图 1-3a 和图 1-4a 所示。此时,排气门关闭,进气门开启,活塞被曲轴带动从上止点向下止点移动一个行程。当活塞下移时,活塞上方的空间增大,压力降低,产生真空(吸力或压力降)。这时,在化油器中形成的汽油和空气的混合气(可燃混合气)经进气管、进气门吸入气缸。由于进气系统的阻力和进气时间很短,故进气终了时,气缸内的压力低于大气压力,约为  $0.75 \sim 0.9$  公斤力/厘米<sup>2</sup>。

流进气缸内的可燃混合气,因为与气缸壁、活塞顶等高温零件接触,并与前一行程(排气行程)留下的高温废气混合,所以它的温度约升高到  $90 \sim 130^{\circ}\text{C}$ 。

在示功图中,进气行程用曲线  $r \sim a$  表示。曲线  $r \sim a$  位于大气压力线下,它与大气压力线纵坐标之差,即表示气缸内的真空度。

在进气过程中,进入气缸的混合气体量越多,燃烧时所能放出的热量越多,因而内燃机

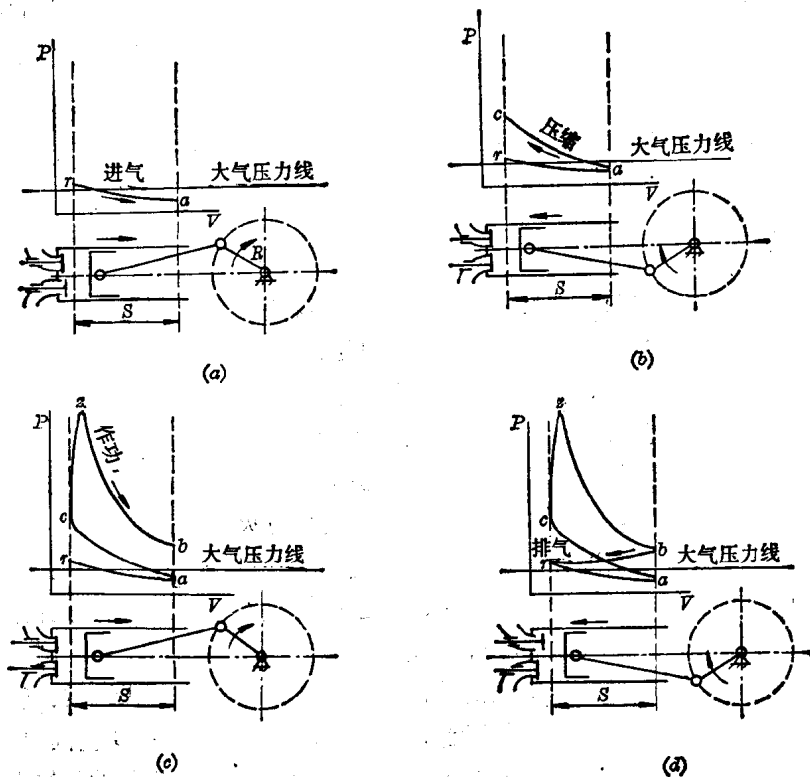


图1-4 四行程汽油机示功图

(a) 进气行程; (b) 压缩行程; (c) 作功行程; (d) 排气行程

的功率大。进入气缸的混合气体的重量,与活塞从上止点移动到下止点时所让出的容积大小有关,这个容积就称为气缸工作容积,用符号  $V_h$  表示:

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

式中:  $D$ ——气缸直径(厘米);

$S$ ——活塞行程(厘米)。

多缸机的工作容积,为各缸工作容积的总和(或称排量)。用符号  $V_L$  表示。气缸数用符号  $i$  表示。

$$V_L = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^3} \cdot S \cdot i \text{ 升}$$

内燃机的排量越大,其输出的功率也越大。因此,排量常作为表征内燃机尺寸大小和性能的主要结构参数之一。气缸工作容积一定时,混合气体充满气缸的程度常用充气系数来评定。充气系数是在进气行程中实际进入气缸的混合气体的重量与在进气时的环境压力和温度条件下充满气缸工作容积的混合气体的重量之比,用符号  $\eta_v$  表示。减少进气阻力,降低进气温度,减少残余废气量,均使实际进气量增加,因而充气系数  $\eta_v$  高。一般汽油机充气系数约为 0.7~0.85(柴油机约为 0.75~0.9)。

## (二) 压缩行程

图 1-3b 和图 1-4b 所示。在这一行程中,进、排气门均关闭,曲轴带动活塞由下止点向上止点运动,由于活塞上方的空间逐渐减少,气体压力逐渐升高,在示功图上压缩行程用曲

线  $a \sim c$  表示。压缩终了时，活塞位于上止点，此时混合气被压缩到活塞上方很小的空间，称为压缩容积。用符号  $V_c$  表示。混合气体的压力升高到  $6 \sim 12$  公斤力/厘米<sup>2</sup>，温度达到  $300 \sim 430^\circ\text{C}$ 。

可见压缩终了气体的压力和温度，与它被压缩的程度有关这个压缩程度是用压缩比  $\varepsilon$  表示：

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$$

式中： $V_a$ ——活塞在下止点时，活塞上面的空间容积，称为气缸总容积。即气缸工作容积与燃烧室容积之和 ( $V_a = V_h + V_c$ )。

目前汽油机的压缩比  $\varepsilon = 6 \sim 9$ ，CA10B 型汽油机的压缩比为 6。

一般来说，压缩比越大，在压缩终了时混合气的压力和温度越高，燃烧速度越快，因而发动机发出的功率也越大，经济性越高。但是，压缩比提得过高，不仅不能进一步改善燃烧情况，反而会出现爆燃等不正常燃烧。爆燃又称突爆，就是当点火以后，在火焰传播的中途，火焰前面的未燃混合气，因受已燃混合气的影响，压力、温度升高，火焰未传播到即自行燃烧。其火焰以极高的速度向四周传播，产生压力波，撞击燃烧室壁，发出尖锐的敲击声。爆燃出现以后，发动机功率下降，耗油量增加，零件磨损严重，甚至损坏发动机。

爆燃的产生，与燃料质量和燃烧室的结构等因素有关。目前，我国一般车用汽油辛烷值已提高到 70 (最高为 100，表示其抗爆性能)，再加上对解放牌 CA10B 型汽油机气缸盖结构的改进，所以 CA10B 型汽油机在改造中一般可换用压缩比  $6.8 \sim 7.2$  的气缸盖。

### (三) 作功行程

图 1-3c 和图 1-4c 所示。在压缩行程终了，燃烧室中可燃混合气的温度和压力均较高，当火花塞发出电火花后，混合气立刻被点燃，气体的温度和压力迅速增高。压力增长情况如图中曲线  $c \sim z$  所示，最高压力约达到  $30 \sim 45$  公斤力/厘米<sup>2</sup>；最高温度约达  $2000 \sim 2500^\circ\text{C}$ 。此时，进、排气门均关闭，高温高压气体作用于活塞顶部，推动活塞迅速下移。并通过连杆使曲轴加快旋转，再经过曲轴后端的飞轮将动力输出并有一部分动能储存在飞轮中。储存的动能将在以后的一系列非作功行程 (即排气、进气、压缩) 里起作用，即以此带动活塞完成非作功行程。

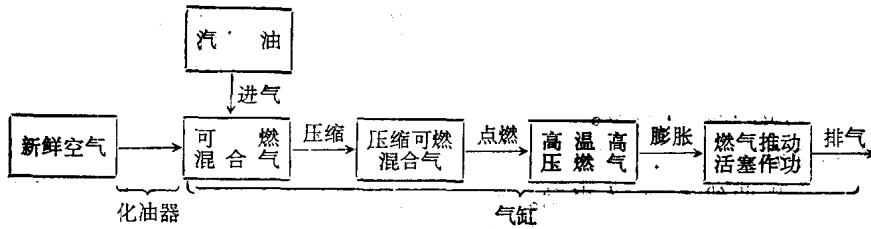
示功图上曲线  $z \sim b$  表示活塞下移过程中气缸内容积增加，气体的压力逐渐降低。在气体膨胀终了的  $b$  点时，压力降至  $3 \sim 4$  公斤力/厘米<sup>2</sup>，温度降至  $900 \sim 1200^\circ\text{C}$ 。

### (四) 排气行程

图 1-3d 和图 1-4d 所示。作功完了，就进行排气。这时进气门关闭，排气门开启。活塞由曲轴带动自下止点向上止点运动，把燃烧后产生的废气，在其本身的压力及活塞的推动下，由排气门迅速排出。在示功图上用曲线  $b \sim r$  表示。由于排气管路的阻力及排气时间很短，所以排气行程终了时，气缸内的压力仍高于大气压力，约为  $1.05 \sim 1.25$  公斤力/厘米<sup>2</sup>，此时废气的温度约为  $500 \sim 800^\circ\text{C}$ 。

当排气行程终了，活塞运动到上止点时，燃烧室容积内还存在着一部分废气，留下来的这部分废气称为残余废气。此后，在飞轮惯性力的作用下，活塞又向下运动，重复图 1-3a 的情况，又开始进气。

为了便于掌握比较，现列以下方框图来表示汽油机的能量转变过程。



从上述四行程汽油机的工作原理中，我们可以知道：

1. 在整个工作循环中，曲轴共旋转两周(720°)，进、排气门各开启一次。每一个行程即活塞在两个止点间移动一次，曲轴旋转半周(180°)。

2. 所有四个行程中，只有第三个行程是作功行程，其余都是浪费功的辅助行程。

3. 可燃混合气是利用电火花点燃的。

4. 发动机的运转，开始时必须有外力将曲轴转动，使气缸进行吸气和压缩行程，当作功行程后，依靠曲轴和飞轮储存的能量使以后各行程得以继续进行。

## 二、单缸四行程柴油机工作原理

四行程柴油机和四行程汽油机的工作过程一样，每个工作循环也由进气、压缩、作功和排气等四个行程所组成。但由于柴油机使用的燃料是柴油，其粘度大、挥发性差，不可能象汽油那样在化油器中与空气均匀混合，因此，柴油机混合气的形成方法与汽油机完全不同。柴油机采用了一套专用的燃油喷射装置和一定形状的燃烧室，混合气直接在燃烧室内形成。另外，混合气点燃的方法也不同，柴油机取消了点火系统。由于柴油的自然温度低，柴油机则利用空气被压缩后产生的高温，使喷入燃烧室内的柴油在高温下自行点火燃烧。

图 1-5 为单缸四行程柴油机示意图

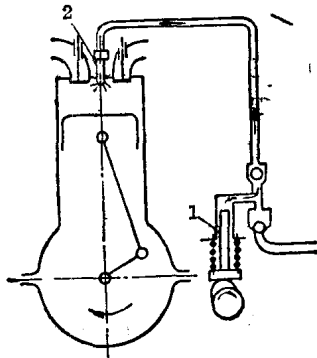


图 1-5 四行程柴油机示意图

1—喷油泵(高压油泵)；2—喷油器

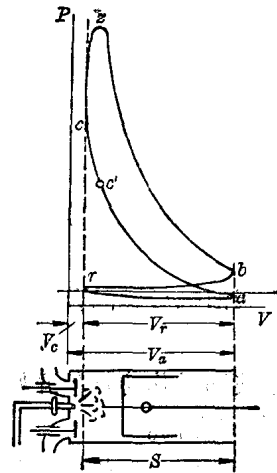


图 1-6 四行程柴油机示功图

具体工作过程结合示功图(图 1-6) 说明如下：

### (一) 进气行程

在图 1-6 中用曲线  $r \sim a$  表示，吸入气缸的是纯空气。一般进气终了时的压力约为 0.8 ~ 0.93 公斤力/厘米<sup>2</sup>，温度约为 50~70°C。

### (二) 压缩行程

在图 1-6 中用曲线  $a \sim c$  表示。此时，气缸内的容积逐渐减小，已进入气缸内的空气受

到压缩,其压力和温度逐渐上升。为了提高压缩终了时的温度,保证柴油自燃以及改善柴油机的性能,一般都采用较高的压缩比( $\epsilon=16\sim 22$ ),当压缩至终点时,压力约为 $30\sim 50$ 公斤力/厘米<sup>2</sup>;温度可达 $500\sim 700^{\circ}\text{C}$ 。

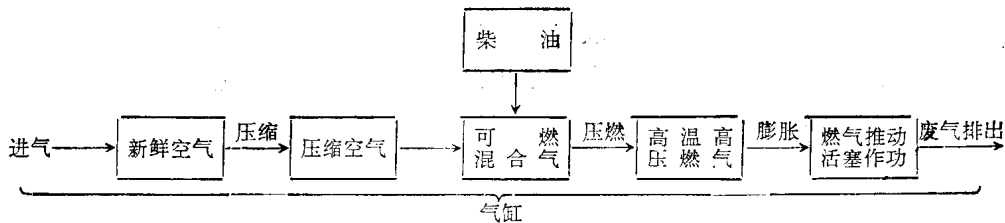
### (三) 作功行程

在图 1-6 中用曲线  $c\sim z\sim b$  表示。在压缩行程接近终了时,在示功图上  $c'$  点喷油器向燃烧室内喷油。为了能在短时间内形成较均匀的混合气,一般利用高压油泵将柴油的压力提高到  $100\sim 200$  公斤力/厘米<sup>2</sup>。经过喷油器以雾状喷出。喷入燃烧室内的细小的油雾,与高温空气很快混合并开始燃烧。因为此时的压缩空气温度高于柴油的自燃温度( $300^{\circ}\text{C}$ 左右),所以很快发生自燃。在燃烧的最初阶段,气缸内的压力和温度迅速升高,在示功图上以  $c\sim z$  表示。此时,压力约为  $60\sim 120$  公斤力/厘米<sup>2</sup>;温度约达  $1500\sim 2000^{\circ}\text{C}$ 。高温高压气体推动活塞下移而作功。随着活塞的运动,气缸内的压力和温度逐渐降低,在示功图上以曲线  $z\sim b$  表示。当活塞接近下止点时,压力降为  $3\sim 4$  公斤力/厘米<sup>2</sup>;温度降到  $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 。

### (四) 排气行程

在示功图 1-6 中以曲线  $b\sim r$  表示。排气过程与汽油机基本相同,由于柴油机压缩比高,气体膨胀充分,排气终了时废气温度降低为  $300\sim 500^{\circ}\text{C}$ ;压力为  $1.05\sim 1.25$  公斤力/厘米<sup>2</sup>。

为了便于掌握比较,下面列有柴油机能量转变过程方框图



通过以上四行程汽油机和四行程柴油工作原理的叙述,我们可以了解:

1. 由于两种发动机工作循环基本相似,完成四个行程主要机件运动也基本相同,因此,决定了它们的结构基本相同,只有可燃混合气的形成和点燃方法不同,而使个别装置有所区别。

2. 由于柴油机可燃混合气的点燃依靠压缩后的高温,所以需要比汽油机为高的压缩比。

3. 由于柴油机作功行程开始时,压力比汽油机大得多,因而工作状况恶劣,各部机件的强度也必须相应提高。

4. 单缸四行程内燃机曲轴的转速是很不均匀的。因为一个工作循环中,只有一个行程作功,其余三个行程是作功的准备行程。显然,作功行程曲轴转速高,而其它行程转速则逐渐降低,因而内燃机运转不平稳,有较大的振动。虽然靠飞轮惯性对减少振动起到一定的作用,但仍不能彻底解决。为了克服这个缺点,功率较大的内燃机都采用多缸式,因为各缸的作功行程是按特定顺序互相交替进行的。所以它不仅可使飞轮体积减小、重量减轻,而且使其运转更加平稳。

5. 从示功图上的曲线所包围的大面积,它是代表整个循环内所做的功,而下面所包围的小面积则表示在进、排气过程中的能量损失。所以对尺寸相同的发动机来比较,示功图环



形的大面积越大,则说明发动机燃烧好、作功多、热能利用率高。

此外,汽油机具有比柴油机转速高、重量轻、工作噪声小,起动容易、制造和维修费用低等优点。主要缺点是耗油率高、经济效益差。所以汽油机一般用于小客车、中、小型载重汽车及军用越野车等。

柴油机因压缩比高,燃气膨胀充分,热能利用好,耗油率平均比汽油机低30%左右,又因柴油价格低,所以经济效益较好。一般大型载重汽车、拖拉机、工程机械等普遍选用柴油机。柴油机与汽油机相比,其缺点是,转速较低、重量大、起动困难,制造和维修费用高(因高压油泵和喷油器加工要求高)。这些缺点目前正在逐渐克服中,因而其应用范围在不断扩大。

### 三、二行程内燃机工作原理

二行程内燃机的工作循环,不论是汽油机或柴油机,都与四行程内燃机一样,也包括进气、压缩、作功和排气四个行程。但二行程内燃机的工作循环是在曲轴旋转一周( $360^\circ$ )内完成的。

#### (一)二行程汽油机工作原理

图1-7是一种用曲轴箱换气的二行程汽油机工作示意图。

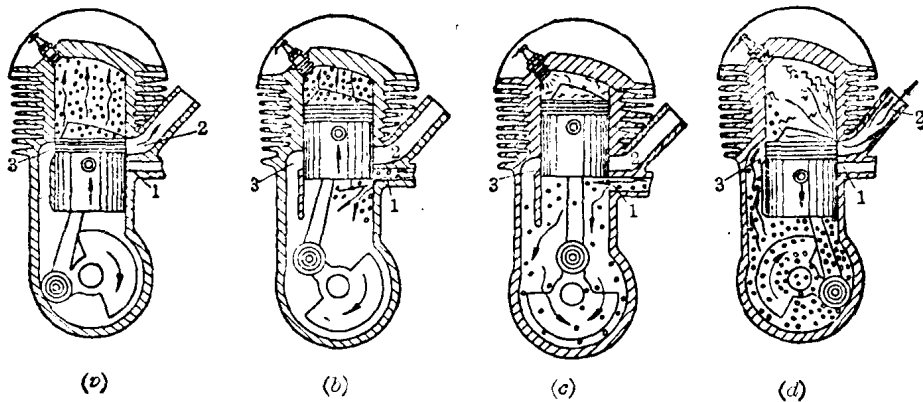


图1-7 二行程汽油机工作示意图

1—进气孔; 2—排气孔; 3—换气孔

这种内燃机的曲轴箱是封闭的,在气缸侧壁上有三个孔,这三个孔随着活塞运动的位置而启、闭。孔1与化油器连通,称为进气孔,可燃混合气即经此孔流入曲轴箱。孔2是排气孔,废气由此孔排出。孔3称为换气孔,已进入曲轴箱的混合气,在一定时间经由此孔进入活塞上方的气缸内。

现将其工作过程分述如下:

1. 第一行程 活塞由下止点向上移动,当到图1-7a的位置时,活塞将三个孔都关闭,开始压缩在上次循环已被吸入气缸的可燃混合气。与此同时,由于活塞上行曲轴箱内形成一定的真空。当活塞继续上升到图1-7b的位置时,进气孔1开启,在其压力差的作用下,可燃混合气自化油器流入曲轴箱。当活塞将要接近上止点时,如图1-7c所示。火花塞发出火花,点燃被压缩的混合气。在此行程中完成了压缩与进气两个工作过程。

2. 第二行程 高温高压气体膨胀,推动活塞向下移动而作功。随着活塞下移到一定距离后,进气孔被关闭,流入曲轴箱内的混合气则因活塞继续下移而被压缩。当活塞接近下止点时,排气孔开启,废气在本身压力作用下,经孔2排出。活塞继续下移,换气孔3也开启了,