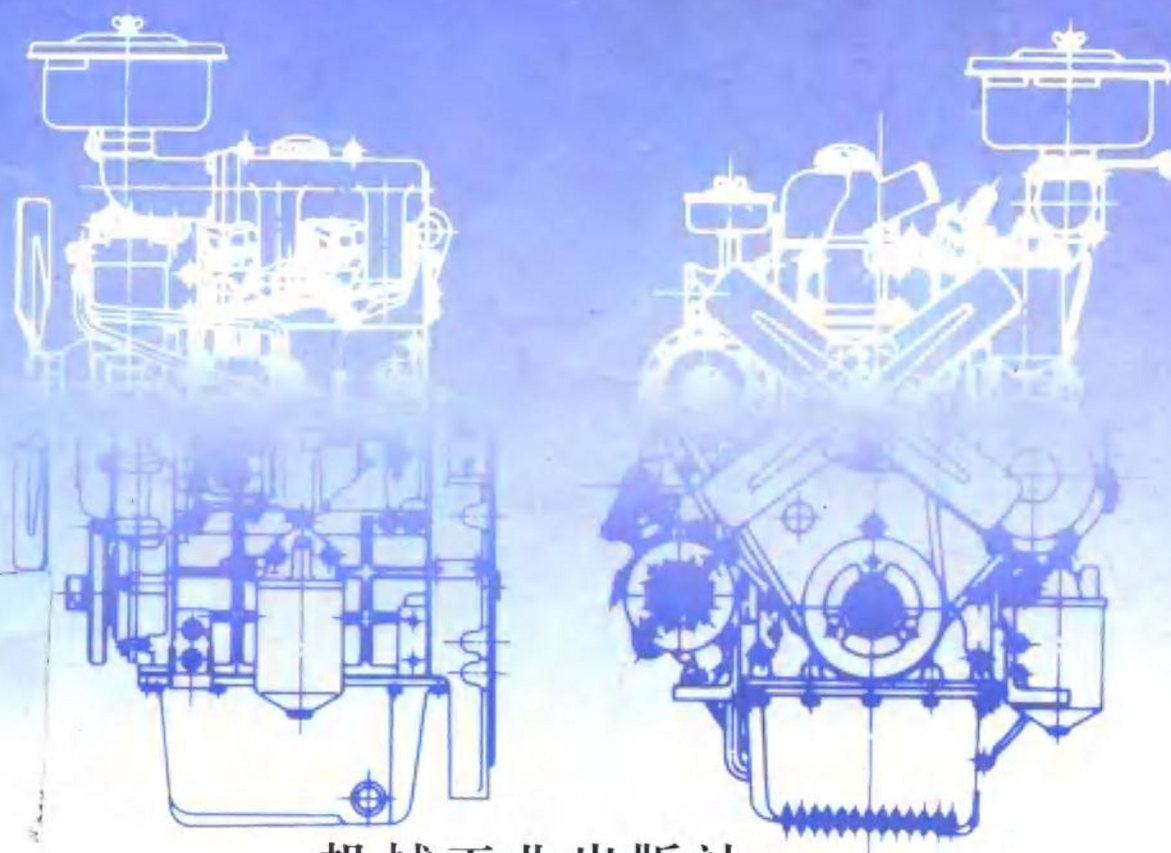


农用车发动机的 结构、原理及故障排除

蔡忆昔 袁银南 等编著



机械工业出版社

农用车发动机的结构、原理 及故障排除

蔡忆昔 袁银南 等编著



机械工业出版社

本书以通俗、简练的文字论述了农用车发动机的基本工作原理,详细介绍了各组成系统的结构、功用、特点以及常见故障的排除方法。

本书的主要内容为:基本工作原理、总体构造、燃料和燃烧、曲柄连杆机构、机体和气缸盖、配气机构、燃料供给系统、润滑系统、冷却系统、起动系统、发动机特性、运转中的故障及排除、操作和使用等,共 13 章。

本书适用于农用车驾驶员、维修人员、有关学校的师生及农用车专业工厂的工人、技术人员等广大读者使用。

图书在版编目(CIP)数据

农用车发动机的结构、原理及故障排除/蔡忆昔 袁银南等编著.
—北京:机械工业出版社,1998.6
ISBN 7-111-06129-2

I. 农… II. 蔡… III. 农用运输车-发动机-基本知识
IV. S229

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 01049 号

出 版 人:马九荣(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:孙慧波 版式设计:霍永明 责任校对:唐海燕
封面设计:方 芬 责任印制:路 琳
北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
1998 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·14 印张·339 千字
0 001—3 500 册
定价:21.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

近年来,农用运输车工业作为汽车工业的一部分得到了迅速的发展,目前农用运输车的市场保有量已达 1000 万辆,可见农用运输车在经济建设中发挥着巨大的作用。作为农用车动力的发动机,其性能状况直接影响到农用车整车的状况,为了帮助用户、维修人员及广大读者掌握农用车发动机的结构特点和工作原理,了解农用车发动机常见故障的排除方法,特编写此书。

本书由江苏理工大学的蔡忆昔、袁银南、王忠、孙平和苏州林业机械厂的黄钢、惠德华等同志编写,其中第 1、2、3 章由袁银南教授编写,第 4、5、12、13 章由蔡忆昔副教授编写,第 6、7、8 章由王忠副教授编写,第 9、10、11 章由孙平副教授和黄钢、惠德华高级工程师编写。

由于编写时间仓促,编者的水平有限,书中的疏漏及错误之处在所难免,特恳请读者、同行不吝赐教。

编 者

1997 年 11 月

目 录

前言

第1章 发动机的基本工作原理和主要

参数..... 1

- 一、热力发动机的基本概念 1
- 二、发动机的分类 1
- 三、活塞式发动机的基本名词术语 2
- 四、发动机的工作原理和热力循环 5
- 五、发动机的性能指标 15
- 六、机械损失和机械效率 18

第2章 发动机的总体结构 21

- 一、发动机的总体结构 21
- 二、发动机的名称和型号编制规则 24
- 三、多缸发动机的工作顺序 26

第3章 燃料和燃烧 32

- 一、燃料 32
- 二、柴油的牌号与选用 36
- 三、柴油机中混合气的形成和燃烧 36
- 四、柴油机燃烧室 39

第4章 发动机的曲柄连杆机构 43

- 一、曲柄连杆机构的功用与组成 43
- 二、曲柄连杆机构的运动 43
- 三、曲柄连杆机构的受力分析与力的传递 45
- 四、活塞连杆组 48
- 五、曲轴飞轮组 68
- 六、内燃机的平衡 74
- 七、曲柄连杆机构的故障与排除 77

第5章 发动机的机体和气缸盖 81

- 一、机体 81
- 二、气缸盖和气缸垫 84
- 三、风冷式发动机的机体和气缸盖 87
- 四、机体和气缸盖的故障与排除 90

第6章 配气机构 93

- 一、配气机构的功用与组成 93
- 二、气门传动组 99
- 三、配气相位与气门间隙 103

四、配气机构的故障与排除 104

第7章 柴油机的燃料供给系统 107

- 一、燃料供给系统的功用与组成 107
- 二、喷油泵 108
- 三、喷油器 114
- 四、调速器 116
- 五、供油提前角调节器 127
- 六、燃料供给系统的辅助装置 129
- 七、燃料供给系统的故障与排除 131

第8章 发动机的润滑系统 143

- 一、润滑方式和润滑系统的组成 143
- 二、润滑油 149
- 三、曲轴箱通风 151
- 四、润滑系统的故障与排除 152

第9章 发动机的冷却系统 158

- 一、散热器 159
- 二、风扇 161
- 三、水泵 162

第10章 发动机的起动系统 168

- 一、起动机与传动控制机构 168
- 二、起动辅助装置与低温起动设备 172

第11章 农用车发动机的特性 175

- 一、发动机工况 175
- 二、发动机的负荷特性 178
- 三、发动机的速度特性 180
- 四、发动机的调速特性 184
- 五、发动机的万有特性 188

第12章 农用车柴油机运转中的故障与排除 190

- 一、起动中的故障和运转不稳定 190
- 二、功率不足 193
- 三、柴油机冒烟 195
- 四、柴油机敲缸 198
- 五、柴油机过热 199
- 六、柴油机飞车 200
- 七、自行停车和不能停车 202

第13章 农用车柴油机的操作

与使用	206	四、柴油机的运转管理	208
一、起动前的准备	206	五、柴油机的停车	210
二、柴油机的起动	206	六、柴油机的调整	211
三、新装配柴油机或大修后柴油机的 磨合	207	七、柴油机的维护保养	214
		参考文献	217

第 1 章 发动机的基本工作原理和主要参数

一、热力发动机的基本概念

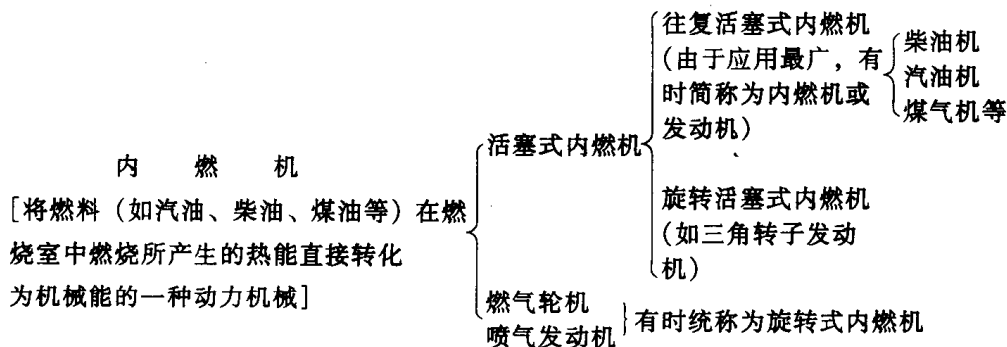
任何机械或系统均由动力部分、传动部分和作业部分构成。以农用车为例，发动机提供动力，通过离合器、变速箱、传动轴等的传动，带动作业部分——车轮旋转。发动机有各种类型，如热力发动机（包括内燃机、蒸汽机、燃气轮机、喷气发动机等）、水力发动机（水轮机）、风力发动机、电动机等。热力发动机是将煤、油、气等燃料的化学能通过燃烧转化为热能，再把热能转变为机械能的一种动力机械。若燃料直接在发动机内部燃烧，则这种热力发动机称为内燃机。若内燃机所用燃料为柴油、汽油，则分别称为柴油机、汽油机。柴油机具有功率大、耗油少、成本低、使用方便可靠等特点，在农用车上得到了广泛应用，因而也是本书论述的主要对象。

对农用车而言，整车性能在很大程度上取决于发动机的性能。根据农用车的使用情况，农用车发动机应具有如下特点：

- (1) 工作可靠，寿命长，以提高农用车的可靠性和耐久性。
- (2) 起动方便，加速性好，以满足农用车负荷、转速经常变化及频繁起动的需要。
- (3) 动力性好，有较大的转矩储备，以满足用户对农用车负荷的需要。
- (4) 经济性好，耗油少，以增加车辆的最大行驶距离，减少油料费用。
- (5) 造价低廉，使用、维护方便，配附件易于购置或生产。
- (6) 结构简单，便于操作和保养。
- (7) 有害物排放少，以减少对环境的污染。

二、发动机的分类

1886 年世界上出现了第一台汽油机，1897 年世界上第一台柴油机问世，1901 年，我国广州均和安机器厂制造出了第一台煤气机。100 年来，内燃机无论结构、性能、用途还是产量，均已发生了质的变化，分类方式也在不断调整。一般来说，内燃机的分类如下：



内燃机还可按下列方式分类：

- (1) 按工作循环，可分为四冲程和二冲程。
- (2) 按冷却方式，可分为液冷（水冷）、风冷和复合冷却。
- (3) 按用途可分为车用、船用、农用、发电用、工程机械用、拖拉机用、机车用等。
- (4) 按进气方式，可分为非增压（即自然吸气）和增压。一般来说，增压比（增压后的压力和大气压力之比）小于 1.7 为低增压，高于 2.5 为高增压，在 1.7~2.5 之间为中增压。
- (5) 按发动机转速，可分为高速发动机（转速高于 1 000r/min）、中速发动机（转速为 350~1 000r/min）和低速发动机（转速低于 350r/min）。
- (6) 按气缸数，可分为单缸和多缸发动机。
- (7) 按气缸排列方式，把一列气缸呈直线排列的发动机称为直列式发动机。在直列式发动机中，把气缸中心线垂直地面的称为立式，平行地面的称为卧式。两列倾斜的气缸对称布置成 V 形，则称为 V 型发动机。此外，还有所谓对置气缸、对动活塞等型式，见图 1-1。

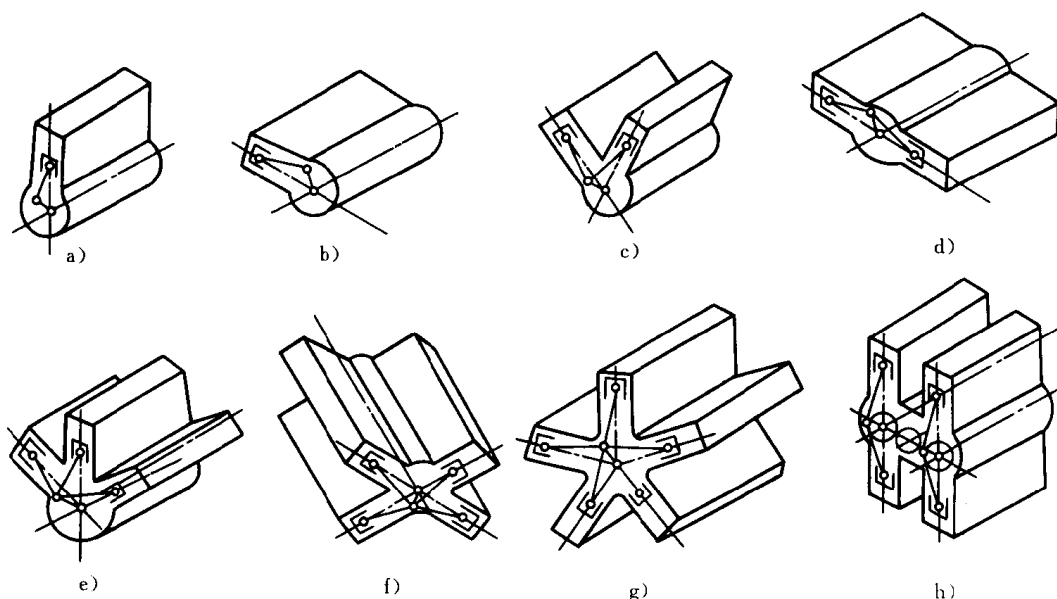
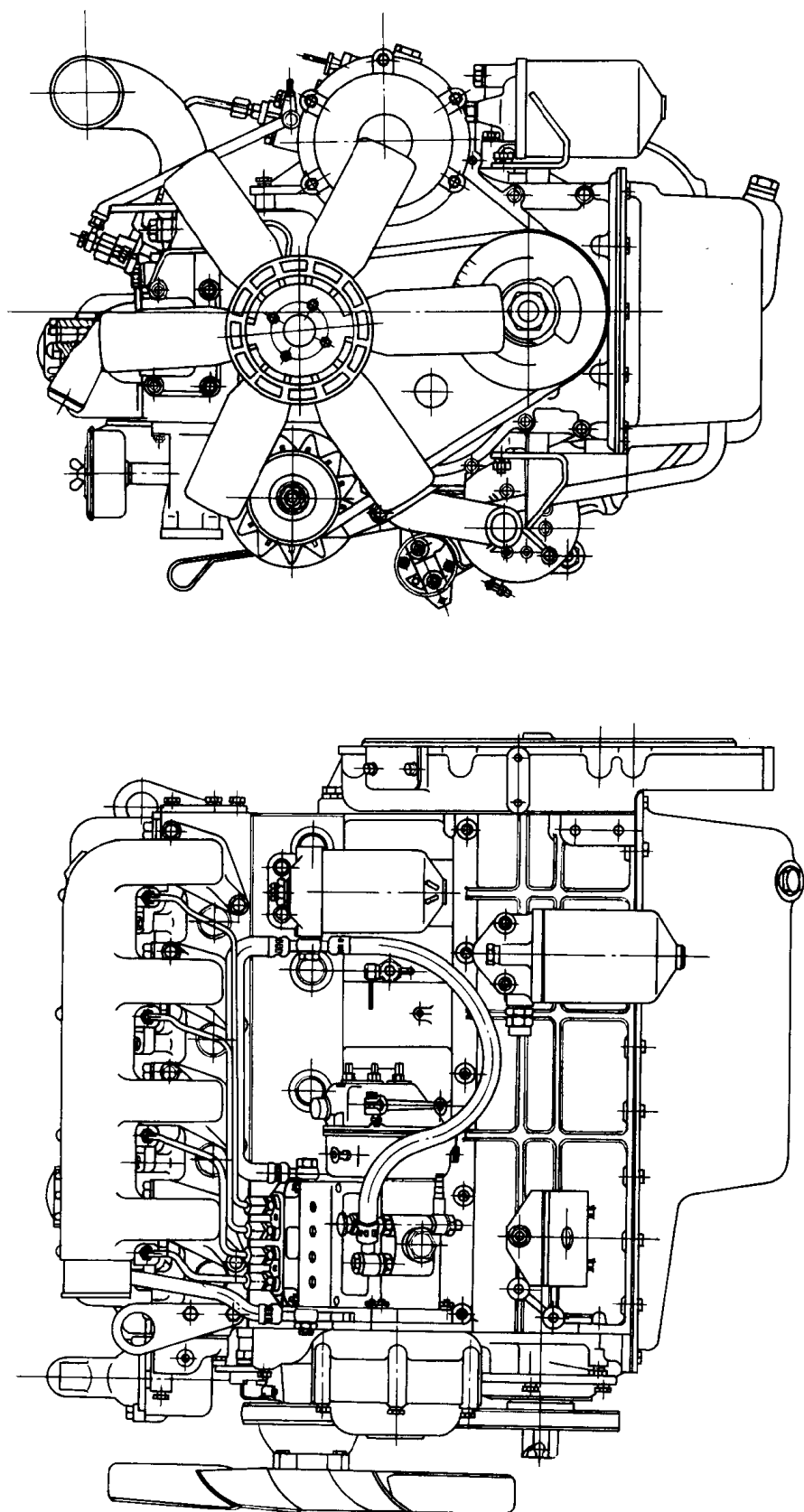


图 1-1 发动机气缸排列方式

a) 立式 b) 卧式 c) V 型 d) 对置气缸 e) W 型 f) X 型 g) 星型 h) H 型

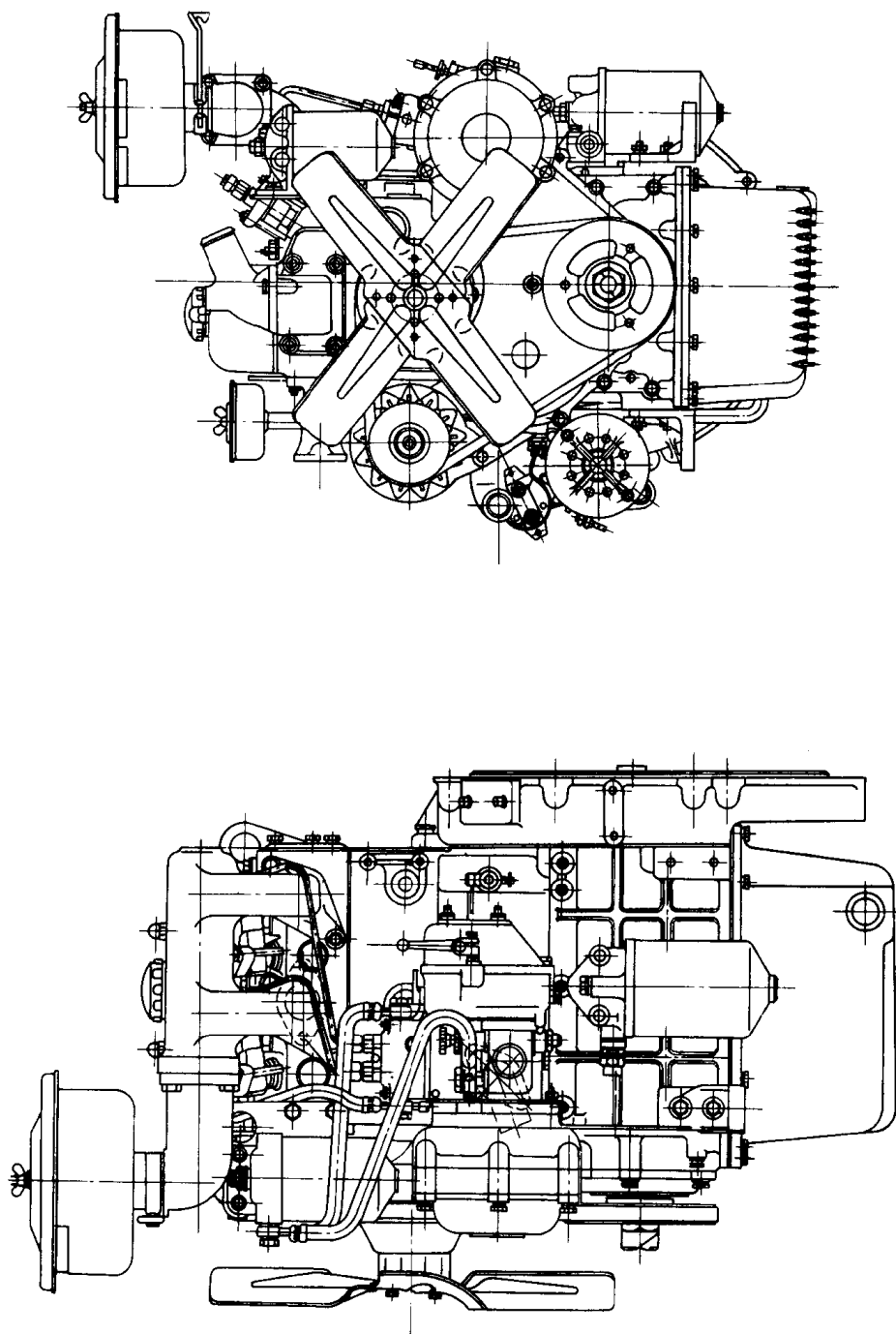
三、活塞式发动机的基本名词术语

常用的农用车发动机有 490、485、480、380 型柴油机等，其外形如图 1-2 所示。为了掌握农用车发动机的结构、功用、特点及故障排除方法，有必要理解并熟悉有关名词术语（图 1-3）。



a)

图 1-2 农用车发动机的外形图
a) 490Q 柴油机



b)

图 1-2 农用车发动机的外形图 (续)
b) 290Q 柴油机

(1) 气缸和气缸直径 气缸是由气缸套、活塞顶部和气缸盖下平面围成的一个空间。一般把气缸套的内径作为气缸直径, 简称缸径, 用符号 D 表示 (单位为 mm)。

(2) 上、下止点 活塞离曲轴旋转中心最远的位置称为上止点 (常用 TDC—Top Dead Center 表示), 离曲轴旋转中心最近的位置称为下止点 (常用 BDC—Bottom Dead Center 表示)。上、下止点是活塞在气缸内作往复运动时的两个极限位置。

(3) 活塞行程和曲柄半径 上、下止点间的距离即为活塞行程, 用符号 S (Stroke) 表示 (单位为 mm)。曲轴旋转中心到曲柄销中心的距离称为曲柄半径, 用符号 R 表示 (单位为 mm)。显然, $S=2R$ 。

(4) 气缸工作容积与排量 活塞从下止点运动到上止点, 活塞顶部所扫过的容积称为气缸工作容积, 用符号 V_h 表示 (单位为 L)。若发动机有 i 个气缸, 则把 $V_L = iV_h = i \frac{\pi}{4} D^2 S \times 10^{-6}$ (单位为 L) 称为发动机的排量。

(5) 余隙容积 活塞位于上止点时, 活塞顶部上方的所有容积称为余隙容积, 用符号 V_c 表示 (单位为 L)。

(6) 气缸最大容积 活塞位于下止点时, 活塞顶部上方的容积称为气缸最大容积, 也称气缸总容积, 用符号 V_a 表示 (单位为 L), $V_a = V_h + V_c$ 。

(7) 压缩比 气缸最大容积与燃烧室容积之比称为压缩比, 用符号 ϵ 表示, $\epsilon = V_a / V_c$ 。压缩比表示进入气缸的气体被压缩的程度。目前, 汽油机的压缩比一般为 7~10, 高速柴油机的压缩比一般为 18~22。

(8) 工况 指内燃机在某一时刻所处的工作状况, 一般用内燃机的转速、负荷来表示。

(9) 工作循环 发动机在连续运转, 向外输出动力时, 要不断重复进气、压缩、燃烧、膨胀、排气的工作过程, 就是发动机的工作循环。

(10) 功率和转速 发动机运转时, 曲轴实际对外输出的功率称为发动机的有效功率, 曲轴的转速称为发动机转速。功率以 kW 为单位, 转速以 r/min 为单位。

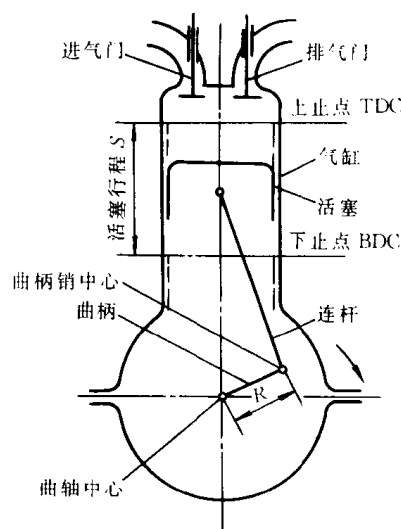


图 1-3 发动机基本名词术语

四、发动机的工作原理和热力循环

1. 四冲程内燃机工作循环

四冲程内燃机由进气冲程、压缩冲程、作功冲程和排气冲程组成一个工作循环, 如图 1-4 所示。

在进气冲程 (第一冲程) 中, 曲轴的曲柄由 0° 转到 180° (活塞位于第一冲程上止点时, 曲柄转角定为 0°), 活塞由上止点移动到下止点。在此期间, 进气门打开, 新鲜充量 (也称工作介质——工质) 被吸入气缸。

在压缩冲程 (第二冲程) 中, 活塞由下止点移动到上止点, 曲柄由 180° 转到 360° 。该冲程中进、排气门均关闭, 密闭在气缸内的工质被压缩, 温度和压力上升。

在作功冲程 (第三冲程) 中, 曲柄由 360° 转到 540° , 活塞从上止点移动到下止点。该

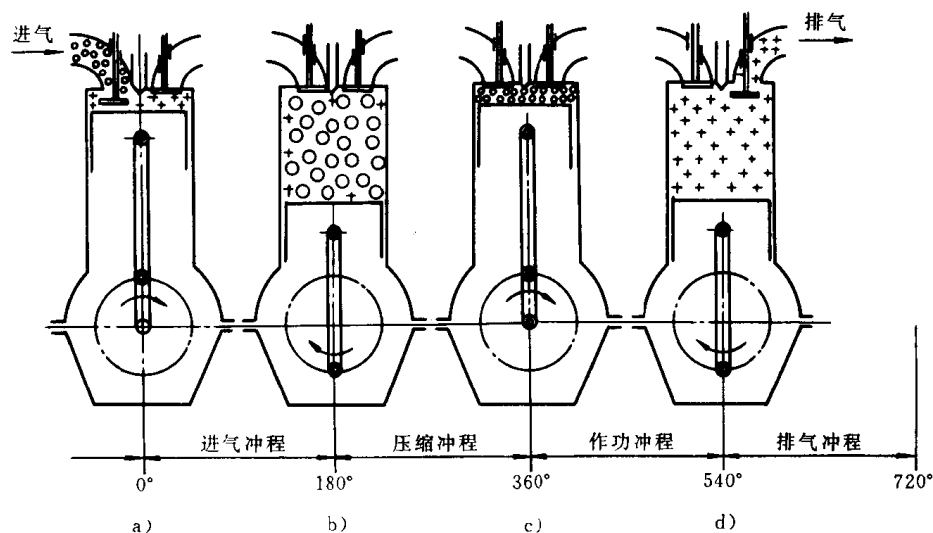


图 1-4 发动机的四个冲程

冲程中活塞的运动和曲柄的转动是由气缸内工质的燃烧膨胀做功产生的，所以做功冲程也称膨胀冲程。

在排气冲程（第四冲程）中，曲柄由 540° 转到 720° ，活塞又从上止点移动到下止点。该冲程中排气门打开，燃烧后的废气经排气门排出气缸。

这样，曲轴旋转两周，活塞经过四个冲程（两次往复运动），各部分完成一个工作循环后又回复到了循环的初始状态。这就是四冲程内燃机工作循环的基本原理。对柴油机或汽油机，其基本工作原理是一样的，只是工质有所区别而已，下面分别介绍。

2. 四冲程柴油机工作过程

四冲程柴油机的四个冲程包含了进气、压缩、燃烧、膨胀做功和排气过程。

(1) 进气过程 进气过程从进气门开启开始，到进气门关闭为止。因为气门是逐步开启的，不可能做到瞬间开闭，为了获得较多的进气量，活塞在到达上止点前进气门就开始开启了，这个角度称为进气提前角（图 1-5）。活塞越过上止点向下止点运动时，由于活塞的抽吸作用，在气缸内形成真空，空气在大气压力的作用下经空气滤清器、进气道、进气门充入气缸。为了利用空气的流动惯性（流动动能）继续向气缸内充气，进气门在活塞越过下止点后关闭，这个角度称为进气迟闭角（图 1-5）。由于进气系统对气流有阻力，所以进气过程中气缸内压力要低于大气压力 p_0 ，进气终了压力 p_a 约为 $(0.8 \sim 0.95) p_0$ 。由于吸入气缸的新鲜空气要受到气缸套、活塞顶等的加热，同时上一循环中残留在余隙容积内的高温废气会与新鲜空气混合，所以在进气终点，气缸内工质（空气与上一循环废气的混合物）的温度可达 $300 \sim 340\text{K}$ 。

(2) 压缩过程 在进气过程终了时，进排气门均关闭，活塞往上止点运动，气缸容积逐步缩小，被密封在气缸内的工质受到压缩，压力和温度不断升高。由于柴油机的压缩比较大，因此，在压缩过程终了时，气缸内的工质的温度 T_c 将达到 $750 \sim 950\text{K}$ ，相应的压力 p_c 将达到 $3 \sim 5\text{MPa}$ 。在压缩过程初期，气缸壁面温度高于工质温度，因此壁面对工质加热；随着压缩过程的进行，当工质的温度高于壁温时，工质向壁面散热。因此压缩过程中工质和

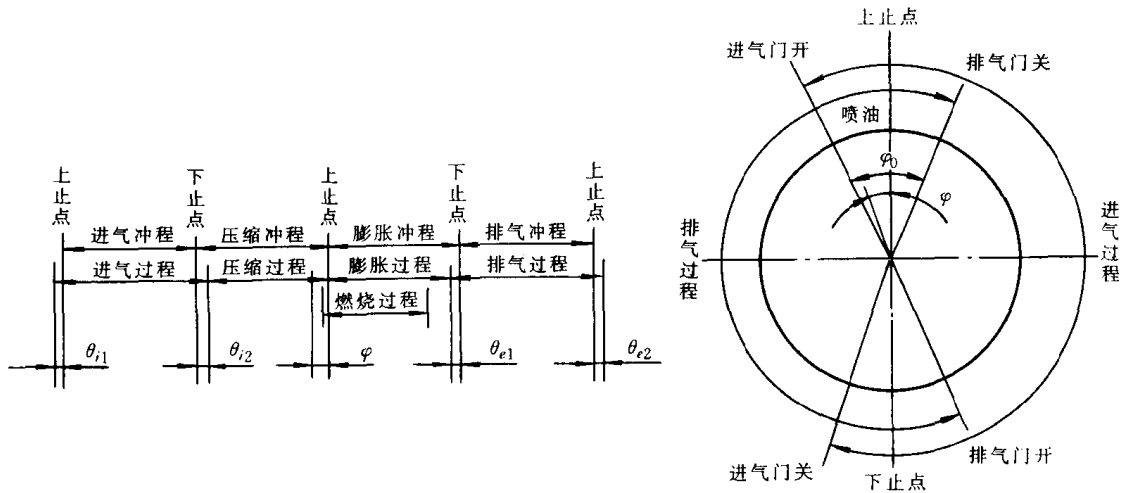


图 1-5 四冲程柴油冲程与过程的关系

φ_0 —气门叠开角 φ —喷油提前角 θ_{i1} —进气提前角 θ_{i2} —进气迟闭角 θ_{e1} —排气提前角 θ_{e2} —排气迟闭角

气缸壁面之间存在热交换。

(3) 燃烧过程 为了充分利用柴油燃烧后产生的热能，要求燃烧过程能够在做功膨胀冲程的起始上止点后迅速完成，以便使燃烧后的气体充分膨胀做功。同时考虑到柴油被喷入气缸后必须经过与空气的混合，作好着火准备后才能燃烧，因此，在活塞到达压缩上止点前 ($10^\circ \sim 35^\circ$) 曲柄转角 (Crank-Angle, 一般以 CA 表示) 时，柴油在喷油泵产生的高压 (一般为十几 MPa，有的高达几十甚至上百 MPa) 的作用下，由喷油器喷入燃烧室，柴油雾化蒸发并与运动着的高温高压气体迅速混合，形成可燃混合气。喷油开始瞬间对应的上止点前曲轴转角称为喷油提前角。由于此时压缩气体的温度已超过了柴油的自燃温度 (约 $500 \sim 600\text{K}$)，可燃混合气体将在条件适宜的部位 (温度条件及浓度条件) 自行着火燃烧。此时，气缸内 (燃烧室内) 的压力和温度急剧升高。在活塞运动到上止点后不久，气缸内压力达到最大值 (称为最高爆发压力 p_z) 约为 $6 \sim 9\text{MPa}$ ；温度也达到最大值，最高温度 T_z 约为 $1800 \sim 2200\text{K}$ (最高压力和最高温度不一定同时达到)。由于柴油、空气和上一循环的废气形成的混合气 (此时的工质) 不可能很均匀，因而不可避免地有少量混合气没有氧化燃烧或没有完全氧化燃烧，将在后面的过程中继续混合燃烧。其燃烧过程在膨胀过程中某点结束，如图 1-5 所示。

(4) 膨胀做功过程 活塞到达压缩上止点后，随着曲轴的旋转，燃气开始膨胀做功，即高温高压的燃气把活塞推向下止点，容积逐步扩大，燃气自身的压力温度逐步降低。燃烧过程主要发生在膨胀做功过程的起始阶段，大部分柴油在膨胀做功过程初期燃烧完毕，有少部分柴油在膨胀过程的中后期边混合边燃烧，这种燃烧现象称为后燃。如果后燃持续时间较长，说明混合气形成质量较差，燃烧组织不佳，在燃烧的主要阶段混合气燃烧不完全，将造成柴油机膨胀终点温度升高，排气温度升高，柴油机过热，从而使热效率下降，经济性变差。

膨胀过程从上止点开始，到排气门开启结束。排气门开启时，气缸内压力 p_b' 约为 0.5MPa 。到下止点时，气缸内压力 p_b 约为 0.3MPa ， T_b 约为 $1000 \sim 1200\text{K}$ 。

(5) 排气过程 如果活塞到达排气下止点时排气门才开始开启, 则由于排气门是逐步打开的, 在开启的初始阶段排气门流通截面过小, 会使排气阻力增大, 排气不畅, 增加排气过程中消耗的功。因此, 排气门在排气下止点前 ($30^{\circ} \sim 80^{\circ}$) CA 就开始开启, 废气开始排出, 这个角度称为排气提前角, 见图 1-5。在排气初始阶段, 由于气缸内压力大大高于大气压力, 因此废气可自行排出, 而在排气后期, 主要靠活塞把废气推出气缸。在排气终了阶段, 可利用废气流动的惯性将残留在余隙容积内的废气继续排出气缸。因此, 当活塞到达排气上止点 (即下一循环的进气上止点) 时, 排气门并不关闭, 而是在上止点后 ($10^{\circ} \sim 35^{\circ}$) CA 才关闭, (这个角度称为排气迟闭角, 见图 1-5)。在排气上止点, 气缸内压力 p_r 约为 $0.105 \sim 0.12\text{MPa}$, 废气温度 T_r 约为 $700 \sim 900\text{K}$ 。排气过程从排气门开启持续到排气门关闭。

排气冲程结束时活塞又回到上止点位置。到此, 活塞在上、下止点间往复运动了 2 次, 经历了 4 个行程, 完成了由进气、压缩、燃烧、膨胀和排气 5 个过程组成的工作循环。从工作循环可以看出, 只有在膨胀做功过程中, 活塞受到外力作用, 推动曲柄旋转并对外做功。在进气、压缩和排气过程中, 曲轴要依靠飞轮的旋转惯性作用才能克服阻力, 继续旋转。

四冲程柴油机周而复始的工作循环使柴油机连续不断地运转并输出功率。

从图 1-5 还可以看出, 在排气门关闭之前, 进气门已经开启, 所以有一段时间 (进气初始及排气末了阶段,) 进、排气门同时处于开启状态, 称为气门叠开期, 所对应的曲轴转角称为气门叠开角。一般来说增压柴油机的气门叠开角较大, 一般柴油机次之, 汽油机的气门叠开角较小。

3. 四冲程汽油机工作原理

四冲程汽油机在工作原理上类似于四冲程柴油机, 也是曲轴旋转 2 周, 活塞经历 4 个行程, 完成由进气、压缩、燃烧、膨胀做功和排气 5 个工作过程所组成的一个工作循环。但在混合气形成方式及着火燃烧方面, 汽油机有自身的特点。

首先, 由于汽油粘度小, 所含馏分轻、易于蒸发, 因此, 汽油机进气过程中吸入气缸的是汽油和空气的混合气, 而不是纯空气。在进气过程中, 空气流经化油器的喉管处时, 在喉管处形成一定的真空度, 化油器浮子室内的汽油在大气与喉管处压力差的作用下从喷管喷出 (见图 1-6) 并雾化成细小的油滴, 油滴进一步蒸发并与空气混合, 形成可燃混合气 (对于采用汽油喷射的汽油机, 汽油由喷油器喷入进气总管或歧管中与空气混合, 形成可燃混合气)。由于化油器中装有节气门 (用于控制可燃混合气的流量), 所以汽油机的进气阻力较大, 进气终点压力 p_a 较低, 约为 $0.075 \sim 0.09\text{MPa}$ 。由于汽油机机件温度高于柴油机, 受高温机件的加热, 汽油机进气

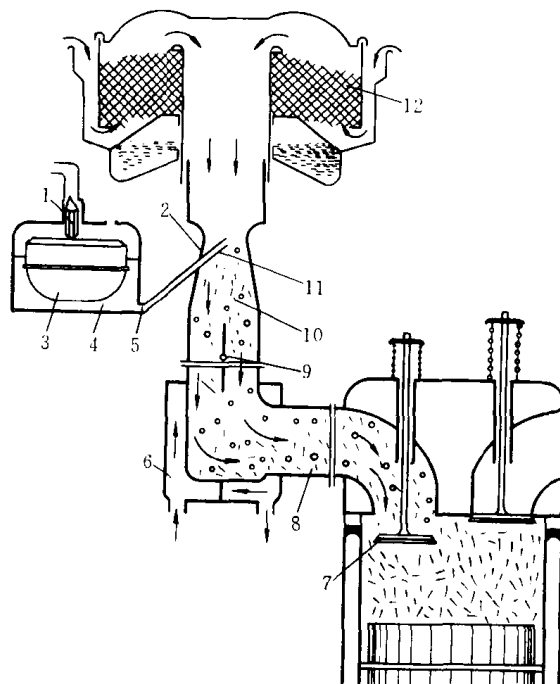


图 1-6 汽油机混合气形成示意图

- 1—针阀 2—喉管 3—浮子 4—浮子室
5—量孔 6—进气预热 7—进气门 8—进气管
9—节气门 10—混合室 11—喷管 12—空气滤清器

终点温度 T_a 比柴油机的 T_a 高, 约为 $370\sim 440\text{K}$ 。

在压缩过程中, 可燃混合气被压缩, 温度、压力升高, 汽油汽化加速, 汽油蒸汽与空气组成了比较均匀的可燃混合气。因为对汽油机而言, 混合气的自燃会产生许多弊端, 所以汽油机要采用外源点火, 且压缩比也较低 (压缩比过高, 压缩终点压力温度过高, 会引起混合气自燃)。在压缩终了时, 气缸内气体压力 p_c 为 $0.8\sim 1.4\text{MPa}$, 温度 T_c 约为 $600\sim 700\text{K}$ 。

由于从外源点火到气缸内混合气开始剧烈燃烧需要一定时间, 混合气的燃烧过程也要持续一定的曲轴转角, 为了提高热量利用率, 燃烧过程应在上止点前开始, 在上止点后较早结束, 所以在压缩过程中, 当活塞接近压缩上止点时, 可燃混合气即被火花塞点燃。点火瞬间到活塞运动到上止点的曲轴转角, 称为点火提前角。汽油机的点火提前角与柴油机的供油提前角有对应的意义。

气缸内混合气被火花塞点燃后即开始燃烧, 放出大量的热, 使燃气温度与压力急剧升高, 最高温度 T_z 达 $2\,200\sim 2\,700\text{K}$, 最高压力 p_z 可达 $4\sim 4.5\text{MPa}$ 。高温高压燃气的膨胀把活塞从上止点推向下止点。由于汽油机形成的混合气比较均匀, 所以混合气的燃烧速度快, 燃烧过程结束较早。汽油机的压缩比小, 因此膨胀比也小, 膨胀终点温度 T_b 和压力 p_b 都比柴油机高, p_b 为 0.4MPa 左右, T_b 则为 $1\,200\sim 1\,500\text{K}$ 。

汽油机的排气过程与柴油机相似。排气终点压力 p_r 为 $0.105\sim 0.12\text{MPa}$, 温度 T_r 约为 $800\sim 1\,100\text{K}$ 。

从以上柴油机及汽油机的工作过程可以看出, 柴油机与汽油机的主要区别体现在以下几个方面:

(1) 混合气形成方式不同 柴油机在进气过程中进入气缸的是空气, 柴油在接近压缩过程终了时喷入气缸, 然后与空气混合, 因此是在气缸内形成可燃混合气。而汽油机则通过化油器或汽油喷射装置喷射, 吸入气缸时汽油与空气已基本混合, 因此是在气缸外形成可燃混合气。

(2) 着火方式不同 在柴油机内, 混合气在高压压缩引起的高温高压下自行着火燃烧, 属自燃方式。汽油机内, 混合气需在火花塞的外源点火下才能着火燃烧, 是点燃方式。

(3) 功率调节方式不同 柴油机在各种负荷下每循环吸入的空气是基本相当的, 通过改变每循环喷入气缸的柴油的多少来调节柴油机发出的功率, 因此混合气浓度变化范围较大, 功率通过混合气的质来调节。对汽油机而言, 混合气浓度变化范围不大, 通过化油器上的节气门调节进入气缸的混合气量来控制汽油机发出的功率大小; 功率通过混合气的量来调节。

(4) 结构不同 如前所述, 柴油机的压缩比较高, 汽油机的压缩比较低。柴油机上有喷油泵、高压油管、喷油器组成的供油系统。汽油机上有化油器, 还有火花塞、分电器、点火线圈 (或磁电机) 等组成的点火系统。

(5) 性能特点不同 与汽油机相比, 柴油机的优缺点如下: a. 压缩比高, 热效率高, 燃油消耗率比汽油机低 $30\%\sim 40\%$, 因此经济性较好; b. 柴油密度大, 不易蒸发, 易于储存、保管、运输, 因此安全性较好; c. 柴油机经过改装, 易于采用多种燃料, 对燃料的适应性较好; d. 便于采用增压方式提高功率, 降低油耗, 即增压适应性好; e. 最高爆发压力高, 因此要求有较高的零部件强度、刚度, 结构尺寸、质量比汽油机大; f. 柴油不易蒸发, 因此低温起动性较差; g. 工作粗暴, 噪声较大; h. 柴油机的制造成本较高。

柴油机的这些特点，也是农用车使用柴油机作为发动机的主要原因。

4. 二冲程发动机工作原理

二冲程柴油机主要用作大型船舶发动机。二冲程汽油机主要用作摩托车发动机等小型动力。所谓二冲程发动机，顾名思义，是活塞在上下止点间运动一个来回，即曲轴旋转 360° 曲柄转角，就完成一个工作循环的发动机。

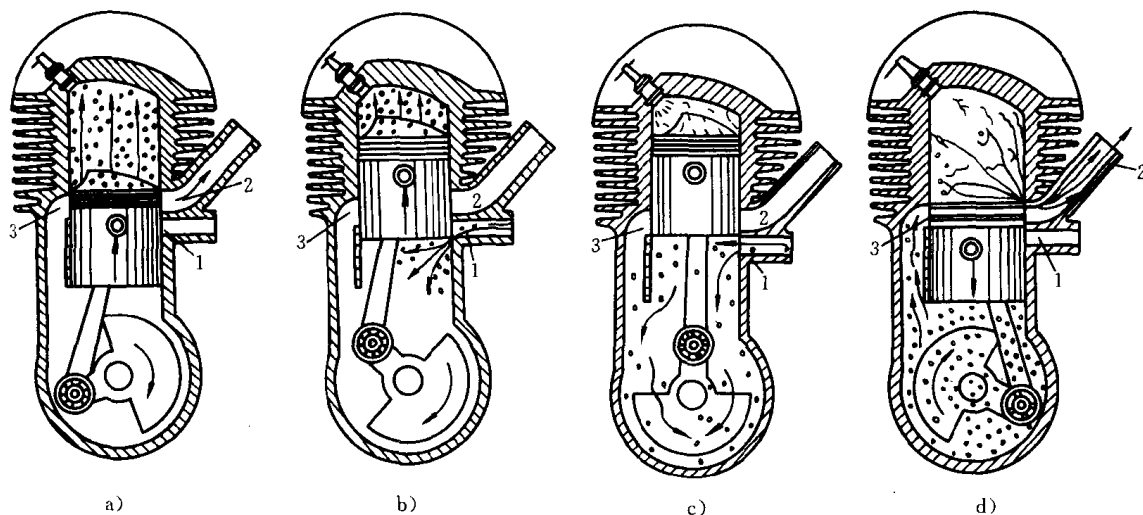


图 1-7 二冲程汽油机的工作原理

1—进气口 2—排气口 3—扫气口

从图 1-7 可以看出，二冲程汽油机的工作循环也是由进气、压缩、燃烧、膨胀、排气 5 个工作过程所组成。在二冲程汽油机的气缸套上开有进气口 1、排气口 2 和扫气口 3。进气口与化油器相连通，排气口与排气管道相连通，扫气口通曲轴箱。活塞运动的不同位置，决定了这些气口的开闭。在第一冲程中，活塞从下止点往上止点运动，活塞运动到某一位置时先把扫气口关闭，然后再把排气口关闭（活塞处于下止点时，扫气口和排气口均是敞开的），使活塞上方的气缸成为一个密闭的空间，气缸内的可燃混合气被压缩（图 1-7a）。同时，活塞往上止点的运动在活塞下方的曲轴箱内形成真空（因为二冲程汽油机的曲轴箱是密闭的）。当活塞底部将进气口打开时（图 1-7b），真空使空气流经化油器并与汽油形成可燃混合气后从进气口流入曲轴箱。此后在活塞上方进行的是压缩过程，活塞下方进行的是进气过程。活塞接近上止点时，火花塞产生电火花，点燃被压缩的可燃混合气（图 1-7c），燃烧使气缸内工质的压力温度急剧升高，高温高压气体的膨胀使活塞从上止点向下止点移动并作功（曲轴对外输出功），开始第二冲程。

在第二冲程中，活塞从上止点运动到下止点。当活塞移动到某一位置时，活塞底部将进气口 1 关闭，然后活塞下行把曲轴箱内可燃混合气压缩，使之压力升高。活塞进一步下移使活塞顶部将排气口打开，气缸内的废气从排气口排出，气缸内压力迅速下降。当活塞移动到接近下止点时，活塞顶将扫气口打开（图 1-7d），曲轴箱内被压缩的可燃混合气从曲轴箱经扫气口流入气缸。活塞移动到下止点时，扫气口全开，大量可燃混合气充入气缸，并将留在气缸内的废气经排气口扫出气缸。废气从气缸内被可燃混合气驱除并取代的过程称为扫气过

程。活塞越过下止点后，又从下止点往上止点运动，扫气口 3 先关闭，气缸内废气继续经排气口 2 往外排（注意：此时气缸内已充入可燃混合气，因此废气中含有一部分新鲜的可燃混合气），直到排气口也关闭为止。活塞继续往上止点运动，上述各过程又重复进行。

二冲程汽油机冲程和工作过程的对应关系见图 1-8。对二冲程汽油机，为了防止可燃混合气与废气混合并一起排出气缸，必须选择适当的排气口和扫气口的关闭时刻。同时，要将活塞顶部做成导流形状，以有利于扫气过程的进行。

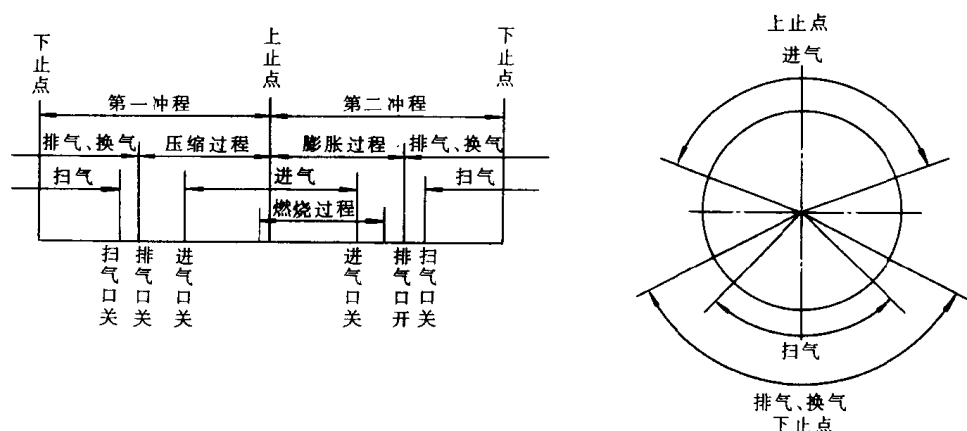


图 1-8 二冲程汽油机工作过程与冲程的对应关系

对二冲程柴油机，工作过程与二冲程汽油机类似。主要区别在于二冲程柴油机上装有扫气泵，提供扫气用的压力为 $0.12 \sim 0.14 \text{ MPa}$ 的新鲜空气。而二冲程汽油机则是先让可燃混合气进入曲轴箱，靠活塞的下行来提高可燃混合气压力，为扫气作准备。同时二冲程柴油机是靠压缩产生的高温高压使可燃混合气自燃的。

需要指出的是，二冲程发动机在 360°CA 内完成一个工作循环，而四冲程内燃机在 720°CA 内完成一个工作循环。因此，若发动机的工作容积和转速相同，则采用二冲程时发动机的输出功率理应是采用四冲程时的 2 倍。事实上，由于气口的布置损失了有效工作容积，换气品质也较差，因此功率只能增加 $50\% \sim 60\%$ 。

5. 增压柴油机工作原理

如前所述，柴油机在进气过程中吸入气缸的是新鲜空气。如果把进入气缸的空气预先压缩，或加以冷却，那么充入气缸的空氣的密度就可以提高，空气量就增加。此时，就可以相应增加每工作循环柴油的供给量，并使燃料获得充分燃烧，从而达到提高功率、降低耗油率的目的。按照增压的程度，可分为低增压、中增压、高增压和超高增压四种；按照驱动增压器的动力的来源，可分为废气涡轮增压（利用柴油机排出的废气作为动力驱动废气涡轮增压器）、机械增压（利用柴油机输出的一部分动力或其他动力驱动机械增压器）和复合增压。目前，广泛应用的是废气涡轮增压。

废气涡轮增压器的工作原理如图 1-9 所示。

增压器与柴油机的排气管 1 和进气管 10 相连。当排气门打开时，压力和温度较高的废气经排气管 1 流入废气涡轮 3 的涡壳 4，废气的流动冲击和膨胀使涡轮 3 高速旋转（最高转速达每分钟十几万甚至二十几万转），从而带动压气机叶轮 8（与废气涡轮 3 安装于同一根