

车用内燃机

孙业保 主编



北京理工大学出版社

北京理工
工

TKA
S97

社

TK4

S 7

438077

车用内燃机

孙业保 主编

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书以汽车发动机为主,详细介绍了现代内燃机结构特点。全书共分十三章,对车用内燃机的结构及工作原理、使用特性、平衡与扭振特性等都作了系统的介绍。特别是针对当前车用内燃机上日益广泛采用的汽油喷射、电控点火、废气排放控制、增压技术也都作了详细的介绍。

本书可供高等院校汽车专业教学用,也可供有关工程技术人员、使用维修人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

车用内燃机/孙业保主编. —北京:北京理工大学出版社, 1997. 10

ISBN 7-81045-313-0

I. 车… II. 孙… III. 机动车-内燃机 IV. TK4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 14820 号

责任印制: 毋长新 责任校对: 陈玉梅

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 7 号)

邮政编码 100081 电话 (010) 68912824

各地新华书店经售

国防科工委印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 13.25 印张 318 千字

1997 年 10 月第 1 版 1997 年 10 月第 1 次印刷

印数: 1—2 000 册 定价: 15.60 元

※图书印装有误,可随时与我社退换※

前 言

本书以孙业保编写的《车用内燃机概论》原有讲义为基础，并作了较大的改进编写而成的。原书主要供车辆工程专业教学用，已连续使用多年。

随着改革开放的深入和国民经济的调整，车辆工程专业的主要培养方向也经历着以军用为主、军民结合到以民用汽车为主的不断转变，为适应这种转变，本书对原讲义中的有关专门军用的部分内容作了删改。

随着科学技术的不断发展，在车用内燃机上也日益不断的得到反映，如电控燃油喷射、电控点火、排气净化等，本书对这些新技术力图加以反映。

此外，为了对车用内燃机从面上有整体的了解，本书对汽车电源和发动机平衡的有关知识作了相应的增补。

本书共分十三章，全书由孙业保教授主编。第六、七、十三章由张付军编写；第九、十章由葛蕴珊编写，第五章由黄英编写，其余七章内容由方球编写。全书由汪长民教授主审。

由于编者水平有限，书中难免有不当之处，欢迎读者批评指正。

编 者

1997年2月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 发动机的定义和分类	1
第二节 内燃机的优缺点及应用范围	1
第三节 车用内燃机的要求与基本类型	2
第四节 内燃机的常用术语	3
第五节 内燃机的简单工作原理	4
第六节 内燃机的总体构造	8
第二章 内燃机的实际工作过程与性能指标	13
第一节 进气过程	13
第二节 压缩过程	17
第三节 燃烧过程	17
第四节 膨胀过程与排气过程	24
第五节 内燃机的示功图	25
第六节 内燃机的性能指标	26
第三章 曲柄连杆机构	31
第一节 曲柄连杆机构的工作条件	31
第二节 曲柄连杆机构的结构	32
第三节 曲柄连杆机构中的作用力与力矩	46
第四节 内燃机的平衡与扭转振动	48
第四章 配气机构	59
第一节 配气机构的功用与组成	59
第二节 配气机构的结构	60
第三节 二冲程内燃机的换气	67
第四节 驱动机构	69
第五章 汽油机燃油供给系	72
第一节 汽油机燃油供给系的功用与组成	72
第二节 可燃混合气成份与汽油机性能的关系	73
第三节 现代化油器	76
第四节 汽油泵及汽油滤清器	86
第五节 进、排气装置	87
第六节 汽油喷射式燃油供给系	90
第六章 柴油机燃油供给系	99
第一节 柴油机燃油供给系的功用与组成	99
第二节 混合气的形成与燃烧室和喷油器	100
第三节 直列式喷油泵	103
第四节 转子式分配泵	112
第五节 柴油机燃油供给系的电子控制	116

第七章 汽油机的点火系	123
第一节 点火系与汽油机性能	123
第二节 点火系的类型与性能要求	124
第三节 蓄电池点火系的主要部件	126
第四节 电子点火系	132
第五节 电容放电式无触点磁电机点火系	139
第六节 汽车电源	141
第八章 冷却系	147
第一节 冷却系的功用与类型	147
第二节 冷却水	148
第三节 水冷系	148
第四节 冷却系的主要部件	149
第五节 冷却系的调节	154
第六节 风冷系	155
第九章 润滑系	158
第一节 内燃机润滑系的组成	158
第二节 润滑系的油路	160
第三节 润滑系的主要部件	161
第四节 曲轴箱通风	166
第十章 起动系	168
第一节 概述	168
第二节 电动机启动	168
第三节 改善起动性能的措施	172
第十一章 内燃机特性与调节	174
第一节 概述	174
第二节 速度特性	174
第三节 负荷特性	180
第四节 万有特性	181
第十二章 内燃机增压	183
第一节 概述	183
第二节 内燃机增压	183
第三节 废气涡轮增压器	185
第四节 增压内燃机的结构特点	188
第十三章 内燃机的污染与控制	189
第一节 概述	189
第二节 影响汽油机排放的因素	190
第三节 汽油机排污的机内净化措施	191
第四节 汽油机排污的机外净化措施	195
参考文献	203

第一章 绪 论

第一节 发动机的定义和分类

凡是将燃料燃烧所释放的热能转变为机械功的装置称为热力发动机（通常简称为发动机）。蒸汽机、汽轮机、热气机、活塞式内燃机、燃气轮机等都属于这个范畴。

热力发动机按其能量转换型式及运动规律的不同可以分成若干种类型。

按其能量转换型式不同可以分成内燃机与外燃机。凡是燃料燃烧后的产物直接推动机械装置作功的发动机称为内燃机，如活塞式发动机、燃气轮机都属于这一类；另一种是利用燃料对某一中间物质进行加热，再利用中间物质所产生的气体推动机械装置作功，这一类发动机称为外燃机，如蒸汽机、汽轮机、热气机都属于这一类。

若按运动规律分，则有往复运动式和旋转运动式两大类。往复运动式的有往复式活塞式发动机、蒸汽机和热气机；旋转运动式的有旋转活塞式发动机、汽轮机和燃气轮机。

第二节 内燃机的优缺点及应用范围

往复式活塞式内燃机（简称为内燃机）从产生到如今已有一百多年的历史，经过不断的改进和发展，已经达到相当完善的程度，在工作可靠性和经济性上比之其它几种热机具有很大的优越性。

内燃机的主要优点是：

1. 经济性好。它是热效率最高的热机，现有各种热机的有效热效率 η_e 如下：

蒸汽机 $\eta_e = 4\% \sim 8\%$

中型汽轮机 $\eta_e = 14\% \sim 20\%$

大型汽轮机 $\eta_e = 18\% \sim 38\%$

燃气轮机 $\eta_e = 18\% \sim 32\%$

内燃机 $\eta_e = 20\% \sim 46\%$

2. 外形尺寸小、质量轻，便于移动。内燃机的比质量 G_D （单位有效功率所占有的质量）约在 $0.22 \text{ kg/kW} \sim 22 \text{ kg/kW}$ 范围内，随不同的用途而定，较之相同功率的蒸汽机要小很多。

3. 功率范围广。单机功率可从零点几千瓦到上万千瓦，适用范围广。其他热机都达不到这种适应性。

4. 启动迅速。正常启动只需几秒钟，并能很快地达到全负荷。而蒸汽机从启动并转变到全负荷往往需要相当长的时间。

5. 水的消耗量少，特别是风冷机根本不需要水，这在缺水地区使用具有绝对的优势。

6. 维护简单，操作方便。

内燃机目前仍存在着如下一些缺点：

1. 燃料限制。在内燃机中只能直接使用液体燃料或气体燃料。若采用固体燃料，则必须

加上煤气发生器，这将使整个动力装置的体积和质量大为增加，而且启动准备时间加长，热效率也降低了。

2. 废气中的有害成分是大气污染的主要来源。

3. 运转时噪声大。内燃机噪声是城市噪声的重要来源。

4. 低速时难以获得大扭矩。而且当内燃机转速低于标定转速 $1/3 \sim 1/4$ 时，就不能保证正常工作。因此以内燃机为动力的车辆，必须设置变速机构才能满足要求。

内燃机的应用范围极其广泛，交通运输、工程机械、农业机械、矿山、石油、发电、船舶等国民经济重要部门与军用领域所需动力，绝大多数来自内燃机。

第三节 车用内燃机的要求与基本类型

内燃机作为车辆的动力，它的性能的好坏，对车辆使用性能有着极大的影响。为此，作为车用动力的内燃机必须满足以下的基本要求：

1. 经济性好，即燃油消耗率低。

2. 外廓尺寸小、质量小。

3. 工作可靠。

4. 启动性与加速性好。

5. 废气污染小、噪声低。

6. 使用、维修、保养简便。

7. 成本低、寿命长。

车用内燃机的型式很多，根据其所使用的燃料、气体循环与曲柄连杆机构运动的对应关系、进气方式及冷却方式大致可分成以下几种类型：

一、按所使用燃料的不同可分成汽油机与柴油机

以汽油为燃料的内燃机称为汽油机，以柴油为燃料的内燃机称为柴油机。

汽油机相对于柴油机来说，其主要优点是：

1. 在相同功率条件下，其尺寸与质量都较小，使用转速较高。

2. 扭矩特性好，启动、加速性能较好。

3. 运转噪声较低，工作较柔和。

4. 制造成本较低。

柴油机相对于汽油机来说，其主要优点是：

1. 燃油消耗率低，而且在变工况的条件下燃油消耗率的变化较小，可以在较大的负荷变化范围内取得较低的燃油消耗率。

2. 柴油的闪点较高，在运输、贮存过程中较为安全。

3. 废气中的有害成分含量较低。

由于各具优点，因此在现代车辆中，汽油机与柴油机都获得了广泛的使用。一般地说，重型载重汽车、拖拉机、工程机械及农用内燃机出于经济性的考虑，绝大多数都采用柴油机；小轿车由于考虑到要求尺寸、质量小，启动、加速性能好，舒适性好等条件，广泛地采用了汽油机；在中型载重汽车上，则是汽油机与柴油机并重。

二、按气体循环与曲柄连杆机构运动的对应关系可以分成四冲程内燃机与二冲程内燃机

所谓四冲程内燃机是指汽缸中气体完成一个工作循环，在此期间内活塞在汽缸中进行了四个行程（即：曲轴旋转 720° ）的内燃机。二冲程内燃机是指汽缸中气体完成一个工作循环，在此期间内活塞在汽缸中进行了两个行程（即：曲轴旋转 360° ）的内燃机。

二冲程内燃机由于其工作可靠性及经济性不如四冲程内燃机，其使用远不如四冲程内燃机那么广泛。

三、按进气方式可分成非增压（自然进气）内燃机与增压（强制进气）内燃机

增压内燃机比起非增压内燃机在相同结构参数条件下可以提高其功率。由于燃烧条件的限制，增压措施在汽油机上还未得到广泛使用。增压柴油机已在大型载重汽车上得到广泛的采用，在其他车辆上也正逐步扩大其使用范围。

四、按冷却方式可分成水冷内燃机和风冷内燃机

水冷内燃机是利用在汽缸及汽缸盖水套中进行循环的水作为冷却介质；风冷内燃机是利用流动于汽缸与汽缸盖外表面的散热片之间的空气作为冷却介质。

水冷机与风冷机由于各具优点，都得到广泛的应用。从我国情况来看，由于生产传统的因素，目前车用内燃机上还是以水冷机居多。

第四节 内燃机的常用术语

内燃机常用的基本术语有以下一些：

1. 上止点——活塞在汽缸中运动所达到的距离曲轴旋转中心最远的位置称上止点。
2. 下止点——活塞在汽缸中运动所达到的距离曲轴旋转中心最近的位置称下止点。
3. 活塞行程——活塞上、下止点之间的距离称活塞行程，以 S 表示。对应一个活塞行程，曲轴旋转 180° 。

4. 曲柄半径——曲轴旋转中心到曲柄销中心之间的距离称为曲柄半径，以 R 表示。

由图 1-1 可见，活塞行程与曲柄半径之间有如下的关系：

$$S = 2R \quad (1-1)$$

即：活塞行程为曲柄半径的两倍。

5. 燃烧室容积——活塞在上止点时，其顶部以上与缸盖底平面之间的空间容积称燃烧室容积，以 V_c 表示。燃烧室容积是活塞在汽缸中运动所能达到的最小容积。

6. 汽缸总容积——活塞在下止点时，其顶部以上与缸盖底平面之间的空间容积称汽缸总容积，以 V_a 表示。汽缸总容积是活塞在汽缸中运动所能达到的最大容积。

7. 汽缸工作容积——活塞在上止点运动到下止点（或由下止点运动到上止点）所扫过的容积称为汽缸工作容积，以 V_h 表示。

由图 1-1 可见，燃烧室容积 V_c 、汽缸总容积 V_a 和汽缸工作容积 V_h 之间存在着如下的关系：

$$V_h = V_a - V_c \quad (1-2)$$

即：汽缸总容积与燃烧室容积之间的差值就是汽缸工作容积。

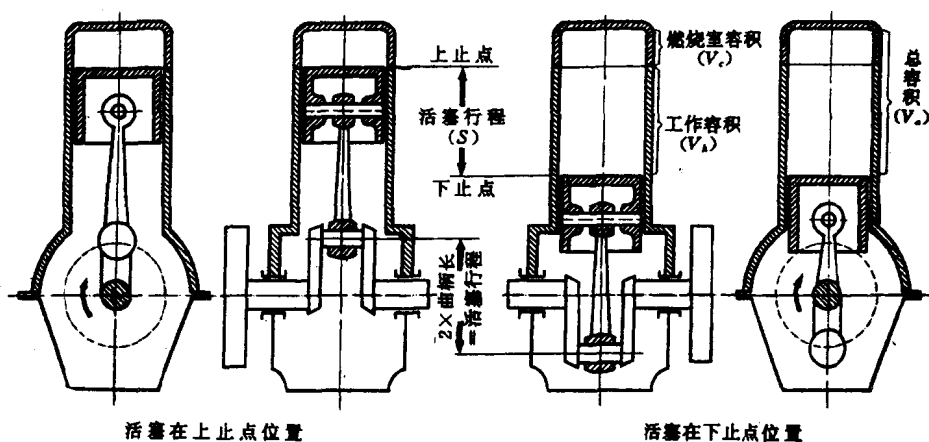


图 1-1 内燃机基本术语图

8. 内燃机排量——汽缸工作容积与汽缸数的乘积就是内燃机排量。以 V_H 表示：

$$V_H = V_h \times i = \frac{\pi}{4} D^2 S \cdot i \times 10^{-6} \quad (\text{L}) \quad (1-3)$$

式中 D ——汽缸直径，mm；

S ——活塞行程，mm；

i ——汽缸数。

9. 压缩比——汽缸总容积与燃烧室容积的比值称为压缩比，以 ϵ 表示。

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} = \frac{V_h}{V_c} + 1 \quad (1-4)$$

压缩比表示在进气冲程中进入汽缸中的气体到压缩冲程终了时被压缩的程度。压缩比是一个重要的参数，它对内燃机的性能指标有着举足轻重的影响。

一般车用内燃机的 ϵ 值为：汽油机 6~9，最高可达 10；柴油机 13~20，最高可达 22。

10. 工作循环——内燃机汽缸中的气体由进气开始，历经压缩、燃烧、膨胀及排气等一系列的连续过程，这一系列连续过程统称为一个工作循环。

第五节 内燃机的简单工作原理

由于四冲程内燃机与二冲程内燃机的工作原理从汽缸中气体的工作循环来说是相同的，但从气体的工作循环与曲柄连杆机构运动的配合关系来说又是不同的，必须将它们分别进行介绍。

一、四冲程内燃机的工作原理

根据四冲程内燃机的工作循环的顺序：进气、压缩、燃烧、膨胀作功及排气，分别分析

如下：

1. 进气过程。进气过程是向汽缸内充填新鲜气体的过程。在此过程中，活塞在汽缸中由曲轴通过连杆带动从上止点向下止点移动。此时进气门打开，排气门关闭。随着活塞由上止点向下运动，活塞顶上面的汽缸容积逐渐加大，汽缸内气体压力逐渐下降，形成了一定的真空度。在外界大气压力和汽缸内真空度的压差作用下，新鲜气体通过进气通道进入汽缸。当活塞到达下止点时，进气门关闭，进气过程终了。

2. 压缩过程。当活塞到达下止点时，进气门关闭，进气过程终了。由于曲轴连续旋转，通过连杆推动活塞继续由下止点向上运动，此时进、排气门都关闭。随着活塞上行，活塞顶上面的汽缸容积不断减小，汽缸中气体被压缩，气体的压力和温度不断上升。当活塞到达上止点，汽缸容积减小到燃烧室容积，此时汽缸中气体的压力和温度达到了压缩过程中的最大值，至此压缩过程终了。

3. 燃烧与膨胀作功过程。在压缩过程终了时，气体在燃烧室中被点燃，快速的燃烧使燃烧室中的气体压力与温度急剧上升，从而推动活塞由上止点向下运动，通过连杆而推动曲轴旋转作功，直到活塞到达下止点，膨胀作功过程结束。

4. 排气过程。活塞到达下止点、膨胀作功结束，由于曲轴连续旋转而推动活塞继续上移，此时排气门打开，开始了排气过程。

随着活塞上移，将汽缸中的废气通过排气道推出汽缸外，活塞到达上止点，排气门关闭，排气过程终了。

随着曲轴旋转，活塞继续由上止点往下运动，开始下一次的进气过程，使工作循环连续不断进行。

二、汽油机与柴油机工作原理上的差别

由上述的四冲程内燃机简单工作原理分析可知，汽油机与柴油机的工作循环是相同的，都是由进气、压缩、燃烧、膨胀与排气等过程组成。但由于它们所使用的燃料（汽油与柴油）的物理、化学性质（如粘度、蒸发性、燃点等）的差别，在促使燃料蒸发、组织燃料蒸气与空气的混合方法上，在使混合气着火的方式上，都有着重大的区别。

首先，在使燃料雾化并与空气形成混合气的方式上，汽油机是将燃料与空气分别引入专门的装置——化油器中，在化油器中将燃料喷散、雾化并与空气进行混合，在进气过程中经进气管道将混合好的燃料与空气的混合气送入汽缸。由于燃料的喷散、雾化及与空气的混合是由专门的装置来完成的，因此送入汽缸里的混合气是非常均匀的。柴油机的混合气形成方法与此完全不同。柴油机所需要的空气在进气过程中由进气管道直接送入汽缸，进气过程完了后，随着活塞的运动，空气在汽缸中被压缩，在压缩过程终了时，汽缸中空气的压力和温度达到了较大值（ $p_c = 3.5 \text{ MPa} \sim 4.5 \text{ MPa}$ 、 $T_c = 750 \text{ K} \sim 1000 \text{ K}$ ），此时由燃料供给系通过喷油器将燃料喷入汽缸，由于喷射压力很高（10 MPa 以上），喷孔直径很小，喷入的油珠极细，在空气的高温下很快蒸发成燃料蒸气，并迅速与空气混合成混合气。由于柴油与空气形成混合气的时间很短（在压缩上止点附近很小的曲轴转角范围内），混合空间很小（在燃烧室容积内），因此柴油机混合气的混合质量比汽油机的要差，是很不均匀的。

其次，在点火方法上，汽油机与柴油机也是完全不同的。汽油机有专门的点火系。在压缩终了时，点火系中的火花塞发出火花，点燃可燃混合气。而柴油机没有专门的点火装置。在

压缩终了时，边喷油、边混合。由于柴油机压缩比大，压缩终点汽缸里气体温度比汽油机高出许多，它已超出了柴油的自然温度，在汽缸中某些区域（在此区域内燃料与空气的混合比最适合着火）就自行着火燃烧。由于柴油机是压缩后自行着火的，因此柴油机又称压燃式内燃机。

三、二冲程内燃机的工作原理

二冲程内燃机的工作循环与四冲程内燃机相同，也是由进气、压缩、燃烧、膨胀做功与排气等过程组成。但是二冲程内燃机的工作循环是在曲轴旋转 360° 、活塞进行两个行程的期间内完成的。

在内燃机的汽缸上有三个气孔，左侧有一个孔为换气孔，右侧有两个孔，下面的孔为进气孔，它与化油器相通，新鲜混合气由此进入曲轴箱，上面的孔为排气孔，它与排气管相连。此三个孔的开、闭由活塞控制。

在第一行程，活塞由下止点开始向上运动。当活塞在下止点时，进气孔被关闭，排气孔与换气孔被打开，上一循环的废气通过排气孔排出，汽缸压力降至最低，此时曲轴箱容积最小，曲轴箱内压力上升，在压差作用下，新鲜混合气经换气孔由曲轴箱流入汽缸，开始了换气过程（图 1-2d 所示）。随着活塞上行，换气孔与排气孔相继关闭，混合气在汽缸中被压缩（图 1-2a 所示）。压缩过程一直延续到活塞到达上止点为止，此时火花塞跳火点燃混合气，开始了燃烧过程（图 1-2c 所示）。

在第一行程中，当活塞向上运动到一定位置时，活塞下端让开了进气孔（图 1-2b 所示）。由于曲轴箱容积增大，压力下降，新鲜混合气便由进气孔进入曲轴箱。

在第二行程，活塞由上止点向下运动。在混合气被点燃后，开始了燃烧过程，汽缸中压力迅速上升，推动活塞向下运动进入了膨胀做功过程。在活塞下行到一定位置时，活塞上端让开了排气孔（图 1-2d），燃烧后的废气由此孔排出汽缸外，紧接着换气孔打开，新鲜混合气由曲轴箱经换气孔进入汽缸。此时，向汽缸填充新鲜混合气和向汽缸外排除废气同时进行，这就是换气过程。换气过程可以利用新鲜混合气充入汽缸来进一步驱除废气。

在第二行程开始时，活塞在上止点附近（图 1-2c），活塞下端尚未完全盖住进气孔，此时，向曲轴箱进气的过程继续进行，

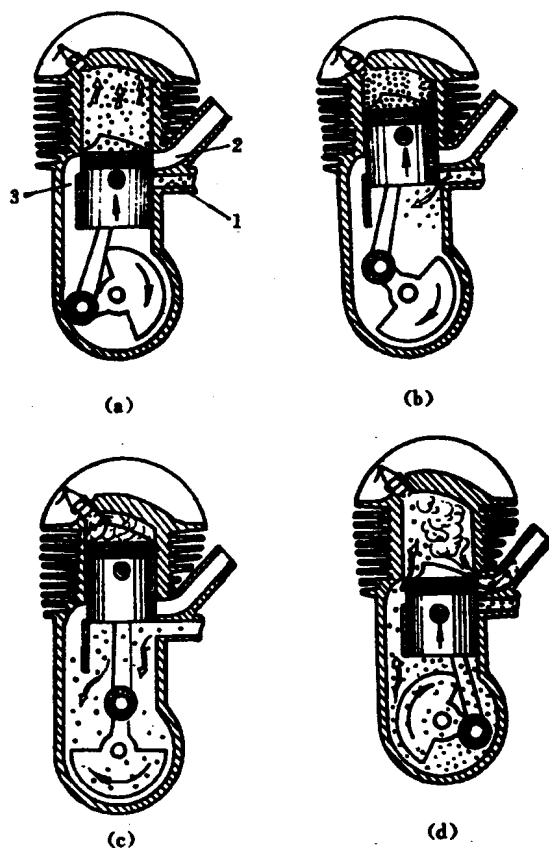


图 1-2 二冲程汽油机工作示意图

1—进气孔；2—排气孔；3—换气孔

直到活塞向下运动完全挡住进气孔时才停止。

由上述分析可见，在排气孔与换气孔同时开启的换气过程中，这既有利于驱除废气，同时也不可避免地造成一部分新鲜混合气在换气过程中随同废气一同被排出汽缸外。为了减少这部分损失，将活塞顶部作成特殊的导流形状，借以将进入汽缸的新鲜混合气引向上部，这项措施对减少新鲜混合气的流失有所改善，但并没有从根本上解决问题。

图 1-3 所示为带有扫气泵的二冲程柴油机的工作示意图。

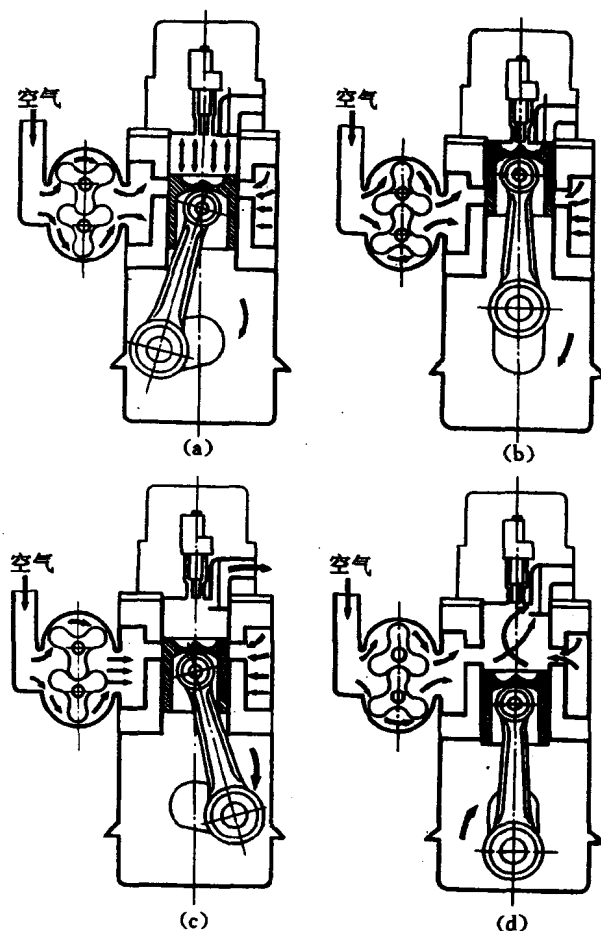


图 1-3 二冲程柴油机工作示意图

二冲程柴油机的结构与四冲程柴油机有较大的不同。它的进气是由开在汽缸上的一圈进气孔来实现。为了提高进气压力，增加进气量，在这些进气孔外围有空气室，此空气室与外面的扫气泵相连。二冲程柴油机的排气是由安装在汽缸盖上的排气门通过配气凸轮和推挺摆机构来控制的。

在第一行程，活塞由下止点开始向上运动（图 1-3a）。当活塞在下止点时，进气孔是全开的，扫气泵将经过滤清的新鲜空气送入空气室，再由进气孔进入汽缸。与此同时，排气门

也是开启的，上一循环的废气由排气门排出汽缸外，由于进气与排气同时进行，可以利用进入汽缸的新鲜空气进一步驱除废气，这就是扫气过程。为了加强扫气效果并改善燃料与空气的混合条件，汽缸上的进气孔作成切向的，使进入汽缸的新鲜空气绕汽缸轴线形成旋转运动。

当活塞向上运动到将进气孔盖住，进气終了。紧接着排气门也关闭。随着活塞的继续上移，汽缸中的气体开始了压缩过程（图 1-3b），直到活塞到达上止点，汽缸内气体温度和压力都上升到一定值，此时供油系的喷油器以很高的压力向汽缸内喷射燃油（图 1-3c），燃油在汽缸中边蒸发，边与空气混合，开始着火燃烧。

在第二行程，活塞由上止点向下止点移动。在第一行程末，燃油喷入汽缸着火燃烧后，汽缸中气体压力上升，推动活塞向下运动开始了膨胀作功过程（图 1-3d）。在活塞下移到大约 60%~70%行程时，排气门打开，废气被排出汽缸，活塞继续下行到将进气孔打开，进行换气过程。此换气过程一直要进行到下一个行程活塞上行 30%~40%行程时结束。

二冲程内燃机与四冲程内燃机相比较，具有如下的优、缺点：

1. 升功率高。当汽缸数 i 、汽缸直径 D 、活塞行程 s 与转速 n 相同时，二冲程内燃机所发出的功率理论上是四冲程内燃机的两倍（实际上由于行程损失，二冲程内燃机所发出的功率约为四冲程内燃机的 1.5 倍~1.7 倍）。

2. 由于作功频率是四冲程内燃机的两倍，工作平稳性较好，可以采用较小的飞轮。

3. 全部或部分采用气口换气，使配气机构简化，因而结构简单、使用维修方便。

4. 热损失较小，冷启动比较容易。

但是，二冲程内燃机也存在着一些严重的缺点：

1. 由于换气质量差，燃烧条件变坏，使燃油消耗率偏高。特别是二冲程汽油机，有一部分新鲜混合气在换气过程就随废气排出汽缸外。二冲程柴油机虽然在扫气过程中排出的是空气，但由于要带动扫气泵，也要消耗一部分功率，比之四冲程柴油机经济性也较差。

2. 由于作功频率高，热负荷较高，机体与活塞工作温度高（活塞顶的平均温度要比四冲程内燃机的高出 50℃~60℃）。

3. 由于作用于曲柄连杆机构上的力总是朝向一个方向，这对于清除积碳及润滑都是极其不利的。由于 2、3 两点原因，二冲程内燃机的工作寿命和工作可靠性都不如四冲程内燃机。

4. 工作噪声及排气污染等方面也比四冲程内燃机要严重些。

由于存在着上述的缺点，二冲程内燃机在车辆上的使用远不如四冲程内燃机那样普遍。尤其是近些年来四冲程柴油机采用的增压技术不断完善，有逐步取代二冲程柴油机的趋势。至于二冲程汽油机，在一般车辆上根本不予采用，但由于它结构简单、质量轻、维修方便而被广泛用于摩托车上。

第六节 内燃机的总体构造

一、内燃机的总体组成

作为车用动力，各种类型的内燃机（汽油机或柴油机、四冲程或二冲程、水冷或风冷）其基本工作原理都是相同的。要完成进气、压缩、燃烧、膨胀和排气等一系列过程，并且要保

证工作可靠，必须要通过一些机构和系统来实现，因此车用内燃机必须具备以下一些机构和系统才能保证正常的工作：

曲柄连杆机构——是内燃机实现两个“转换”的主要部分。它的作用是将燃料的热能转换成机械功；将活塞的直线运动转换成曲轴的旋转运动，以达到向车辆传动装置输出功率的目的。曲柄连杆机构包括固定件（机体）与运动件（活塞连杆、曲轴）两大部分，它占据内燃机零件数的大多数。

配气机构——其作用是按时开启或关闭气门或气口，以保证新鲜混合气或空气充入汽缸或将废气排出汽缸外。

燃料供给系——汽油机燃料供给系是将汽油和空气加以混合，并将组成的可燃混合气供入汽缸；柴油机燃料供给系是将柴油按时喷入汽缸，与进入汽缸的空气组成可燃混合气。另外，将燃烧以后的废气排出汽缸。

润滑系——其作用是保证不间断地将机油输送到内燃机所有需要润滑的部位，以减少机件的磨损，降低摩擦功率的损耗，并对零件表面进行清洗和冷却。

冷却系——其作用是将受热机件的热量散发到大气中去，以保证内燃机在最佳温度状况下工作。

起动系——其作用是将内燃机由静止状态启动到自行运转的状态。

点火系——其作用是按时将汽油机汽缸中的可燃混合气点燃。

二、多缸内燃机的汽缸排列

现代车用内燃机，除了小功率的手扶拖拉机、摩托车或小型翻斗车采用单缸外，其他多采用多缸机。所谓多缸机，是指两个或两个以上汽缸所组成的内燃机。

当功率相同时，采用多缸机比使用单缸机具有更多的优越性：

1. 缸数增多后，缸径减小，有利于内燃机的总体布置，并减小外廓尺寸。
2. 由于缸径减小，活塞与连杆的尺寸与质量可相应减小，导致内燃机工作中所产生的惯性力大幅度下降，这就可以提高曲轴的转速，进而提高内燃机的升功率。
3. 由于缸数增多，曲轴输出的扭矩均匀性较好，内燃机运转平稳。
4. 缸数增多，有利于改善内燃机的平衡性，减少振动。
5. 缸数多有利于启动。

多缸机的主要缺点在于：结构复杂化，零件数增多，调整量增大，维修较复杂。另外，多缸机由于散热表面积较大，热量损失较单缸机要多些，对内燃机的有效效率有所影响。

多缸机缸数的选择要适当，并不是越多越好。缸数选择的主要依据是内燃机的有效功率，目前车用内燃机采用较多的是4缸、6缸、8缸及12缸。其中汽车用内燃机功率约为55 kW~170 kW之间，一般采用4缸、6缸、8缸；大型载重车用内燃机功率约为200 kW以上，一般采用8缸、10缸或12缸；排量在1 000 ml以下的微型面包车大多采用2缸或3缸，少数采用4缸。

多缸内燃机的汽缸排列型式可以分成单列式和多列式两大类（图1-4）。单列式多缸机各缸并排排成一行，又称直列式；多列式多缸机各汽缸的排列可以有V形、对置式等。

直列式内燃机（图1-4a）结构简单、维修方便，但当汽缸数超过6时，长度太大会引起一系列的问题（如刚度不足、扭转振动等），因此直列式一般用于汽缸数不超过6的内燃机上，

当缸数超过 6 时, 则应考虑采用多列式。

“V” 型机是将汽缸分成两列, 两列汽缸以 “V” 形夹角相连于同一根曲轴上 (见图 1-4b)。其中 V 型夹角 γ 可以是多种的, 这与内燃机的总体布置、汽缸数或某些特殊要求有关。V 型结构紧凑, 长度、宽度和高度都比较适当。同样缸数的直列机改成 V 形后, 总长度可缩小 30%~40%, 宽度有所增加, 高度则随 V 形夹角的不同也有不同程度的降低。V 形夹角 γ 的选择要根据汽缸数、车内总布置对内燃机长、宽、高的要求、内燃机的平衡性、曲轴系统的扭转振动及内燃机发火均匀性等方面的要求来确定, 一般 γ 为 60° 、 90° 、 120° 等。

对置式 (图 1-4c) 实际上是 V 形机的一种特例, 当 V 形夹角 $\gamma=180^\circ$ 时就是对置式。对置式内燃机高度很小, 但由于宽度太大而不便于车内布置及维护保养, 一般仅用于具有特殊要求的车辆上, 如为了改善汽车的面积利用、视野好及机动性而将其安装在底盘中部或车厢的底板下面。

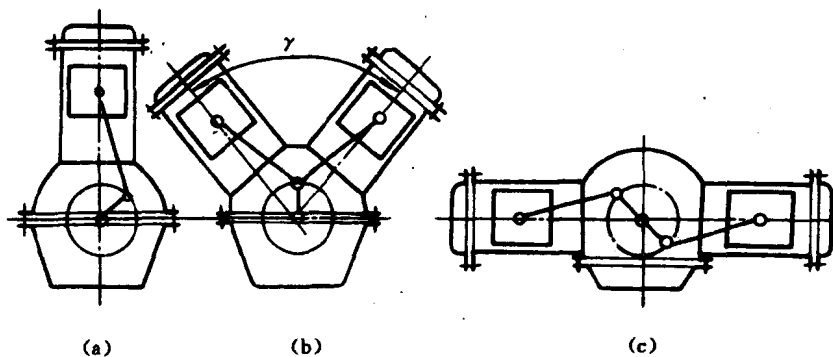


图 1-4 汽缸的排列型式

三、内燃机的名称与型号

为了在生产、使用与维修中便于识别各种机型, 国家标准 (GB-725-82)《内燃机产品名称和型号编制规则》中对内燃机的名称和型号作了统一规定。它适用于各种类型的活塞式内燃机。特殊用途的内燃机需经主管部门批准后方可另行编号。该规定的主要内容如下:

1. 内燃机名称按其所使用的主要燃料命名, 例如汽油机、柴油机、煤气机等。
2. 内燃机型号由阿拉伯数码与汉语拼音字母组成。
3. 内燃机型号应能反映它的主要结构, 由以下四项内容组成:

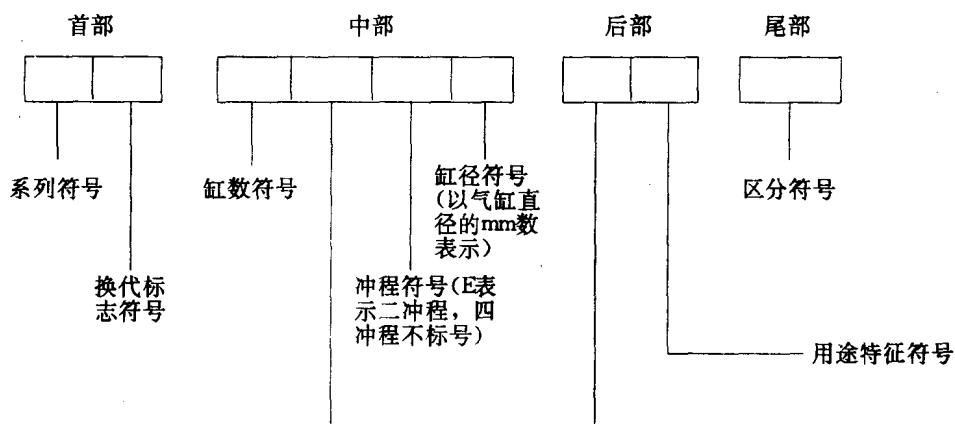
(1) 首部: 产品系列符号和换代标志符号, 由制造厂根据需要自选相应字母表示, 但需经主管部门核准。

(2) 中部: 由缸数符号、冲程符号、汽缸排列形式符号及缸径符号组成。

(3) 后部: 结构特征和用途特征符号, 以字母表示。

(4) 尾部: 区分符号。同一系列产品因改进需要区分时, 由制造厂选用适当符号表示。

内燃机型号的排列顺序及符号所代表的意义规定如下:



汽缸排列形式符号

符号	含 义
无符号	直列及单缸卧式
V	V 形
P	平卧形

结构特征符号

符号	结构特征
无符号	水冷
F	风冷
N	凝气冷却
S	十字头式
D _z	可倒转(直接换向)
Z	增压

符号	用 途
无符号	通用型
T	拖拉机
M	摩托车
G	工程机械
Q	车用
J	铁路机车
D	发电机组
C	船用主机, 右机基本型
C ₁	船用主机, 左机基本型

型号编制举例如下:

195 柴油机——表示单缸、四冲程、缸径 95 mm、水冷、通用型。

1E56F 汽油机——单缸、二冲程、缸径 56 mm、风冷。

6135Z 柴油机——六缸、四冲程、缸径 135 mm、水冷、增压。

12V135Q 柴油机——十二缸、V 型、四冲程、缸径 135 mm、水冷、车用。

4100Q-4 汽油机——四缸、四冲程、缸径 100 mm、水冷、汽车用、第四种变型产品。

由于历史或地域上的原因, 有些内燃机型号的编制与上述规定不符。例如:

CA-10B 汽油机——CA 为长春第一汽车厂的企业代号, 10 代表货车用 (车型的种类代号), B 表示第二种变型车。

NJ-70 汽油机——NJ 为南京汽车厂的企业代号, 70 表示作车用时其标定功率为 70 马力。

CA-72 汽油机——CA 表示第一汽车厂, 7 代表轿车用 (车型种类代号), 2 表示排量范围的汽车参数代号。