

# 內燃机构造



吉林工业大学內燃机教研室编

吉林人民出版社

# 内燃机构造

(修订本)

吉林工业大学内燃机教研室 编

\*

吉林人民出版社出版 吉林省新华书店发行

长春新华印刷厂印刷

\*

787×1092毫米16开本 17印张 17插页 390,000字

1975年3月第1版

1982年1月第2版 1982年1月第2次印刷

印数：80,001—84,670册

书号：15091·122 定价：2.06元

## 前 言

1975年，为了适应汽车、拖拉机、内燃机工业发展的需要，我们深入到有关内燃机方面的工厂、学校和科研单位进行调查和学习，结合教学经验、体会，由黎志勤、杨宗麟、吴淑美、金一秀等四位同志执笔编写了这本《内燃机构造》，供初学内燃机的高等学校内燃机专业学生和广大读者参考。

本书的内容主要以我国目前大量生产的解放牌CA—10B型汽油机和东方红—75型拖拉机的4125A型柴油机为基本机型，叙述了内燃机的基本构造与工作原理，并适当地充实了内燃机附件和使用方面的知识。对国内常用的其他机型也做了介绍。在内容的叙述上，力求由浅入深，通俗易懂。

本书第一次出版后，广大读者提出了许多宝贵的建议，再加上我们在教学中的新体会，为这次修订重版提供了依据。这次由金一秀同志执笔，在本书的章节安排和内容上，做了调整和修改，增加了一些新内容，重新绘制和补充了部分插图。

在编写和修改过程中，承蒙许多同志和读者给予热情帮助和积极支持，在此谨表感谢。

由于编者水平有限，深入实际不够，掌握资料不足，书中缺点和错误在所难免，欢迎读者批评指正。

吉林工业大学《内燃机构造》编写组

# 目 录

## 第一篇 内燃机总体构造及其主要机构

第一章 工作原理和总体构造 .....1	第二节 多缸内燃机工作次序.....31
第一节 往复式内燃机的工作原理 .....1	第三章 曲柄连杆机构 .....36
第二节 转子发动机的工作原理 .....8	第一节 气缸体——曲轴箱组.....36
第三节 内燃机的总体构造 .....9	第二节 活塞连杆组.....42
第四节 内燃机的主要工作指标.....18	第三节 曲轴飞轮组.....54
附录一 内燃机产品名称和型号编制规则 (GB725—65) .....20	第四节 曲柄连杆机构的故障与排除.....62
附录二 汽车、拖拉机型号说明.....21	第四章 配气机构.....64
附录三 新的国际计量单位简介.....23	第一节 配气机构的组成.....64
第二章 主要机构的运动 .....29	第二节 气门组.....66
第一节 单缸内燃机主要机构的运动.....29	第三节 气门传动组.....68
	第四节 配气机构的故障与排除.....72

## 第二篇 内燃机的燃料供给与点火

第五章 汽油机的燃料供给系.....74	第三节 蓄电池点火系主要元件的构造 .....124
第一节 汽油机燃料供给系的组成.....74	第四节 磁电机点火系 .....133
第二节 汽油 .....75	第五节 半导体晶体管点火系 .....135
第三节 可燃混合气的成分及其对于汽油 机工作的影响.....77	第六节 点火系的故障、使用和保养 .....139
第四节 简单化油器和可燃混合气的形成 .....78	第七章 柴油机的燃料供给系 .....145
第五节 汽油机的工作情况对于化油器性 能的要求.....80	第一节 柴油机燃料供给系的组成和柴油 .....146
第六节 典型化油器.....83	第二节 柴油机混合气形成的特点及燃烧 室 .....147
第七节 燃料供给装置 .....101	第三节 喷油器 .....152
第八节 空气滤清器及进、排气装置 .....106	第四节 喷油泵 .....154
第九节 燃料供给系的故障、使用和保养 .....113	第五节 调速器 .....162
附录 化油器和汽油泵型号说明 .....117	第六节 II号喷油泵调速器的调整 .....179
第六章 汽油机的点火系 .....119	第七节 分配式喷油泵 .....182
第一节 可燃混合气的点燃 .....119	第八节 柴油机进排气装置及燃料供给系 的辅助装置 .....189
第二节 蓄电池点火系的组成和工作原理 .....120	第九节 柴油机燃料供给系常见的故障 .....197

### 第三篇 内燃机的辅助系统

第八章 冷却系 .....	201	第十章 起动系 .....	226
第一节 水冷却系的组成 .....	201	第一节 起动系的功用及起动方法 .....	226
第二节 水冷却系的主要机件 .....	203	第二节 电动机 .....	227
第三节 水冷却系的保养 .....	210	第三节 4125 A型柴油机的起动装置 .....	230
第四节 空气冷却系 .....	212	第四节 柴油机的起动辅助装置 .....	232
第九章 润滑系 .....	214	第五节 内燃机的运行 .....	234
第一节 润滑系的组成与润滑油 .....	215	第十一章 电源设备及指示仪表 .....	235
第二节 内燃机的润滑油路 .....	216	第一节 蓄电池 .....	235
第三节 润滑系主要机件 .....	218	第二节 汽车、拖拉机用发电机 .....	242
第四节 曲轴箱通风 .....	224	第三节 指示仪表 .....	261
第五节 润滑系的保养 .....	225		

# 第一篇 内燃机总体构造及其主要机构

凡是把燃料燃烧时所放出的热能转化为机械能的机器，称为热力发动机（简称热机）。内燃机是热机的一种，它区别于其他型式热机的特点，是燃料在机器内部燃烧，燃料燃烧时放出大量的热量，使燃烧后的气体（简称燃气）膨胀推动机械做功。燃气是实现热能向机械能转化的媒介物质，这种媒介物质称为工作介质（简称工质）。蒸汽机与内燃机不同，燃料在机器外部燃烧，将锅炉内的水加热，使之变为高温、高压的蒸汽，再送至机器内部膨胀做功。燃料在机器外部燃烧，以蒸汽为工质，是蒸汽机的特点，所以蒸汽机又称为外燃机。

内燃机有许多不同型式，但目前在汽车、拖拉机和农业机械上广泛应用的是活塞式内燃机。本篇主要介绍常用的活塞式内燃机的总体构造及其主要机构。

## 第一章 工作原理和总体构造

活塞式内燃机有许多不同的型式：按所用的燃料不同分为汽油机和柴油机；按点火方式不同分为点燃式和压燃式内燃机；按工作过程的行程数不同分为四行程和二行程内燃机；按活塞的运动方式不同分为往复式活塞式和旋转活塞式内燃机（或称转子发动机）等。以后为叙述方便起见，各种型式的内燃机都简称为内燃机或发动机。

不同型式的内燃机虽然都有它的特点，但它们都是将热能转化为机械能的机械。内燃机将热能转化为机械能的过程，是由一系列的机构和系统来完成的。它们的工作原理和基本构造有许多共同点。

本章着重介绍应用最早、最广泛的往复式活塞式内燃机的工作原理和总体构造，转子发动机是近年来在国内外出现的一种内燃机，本章只介绍简单的工作原理。

### 第一节 往复式活塞式内燃机的工作原理

内燃机按气缸数不同可分为单缸内燃机和多缸内燃机。根据由简到繁、由浅入深的认识规律，先弄清了单缸内燃机的工作原理，多缸内燃机的工作原理也就迎刃而解。

单缸内燃机主要机构，如图1—1所示。曲轴旋转时，活塞做上下往复运动。活塞距离曲轴中心最远的位置叫做上死点，活塞距离曲轴中心最近的位置叫做下死点，上下死点之间的距离叫做活塞行程（或冲程），用符号 $S$ 表示。曲轴每旋转半周（ $180^\circ$ ），活塞在气缸中移动一个行程，经过上下死点时，改变其运动方向。可见活塞行程等于曲轴旋转半径 $R$ 的两倍，即

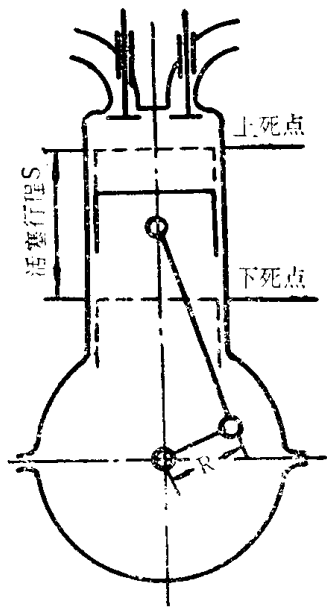


图1—1 主要机构简图

$$S = 2R。$$

在内燃机中，为了将热能转化为机械能，其气缸内部进行进气、压缩、做功、排气等过程。排气过程结束，又紧接着开始下一个进气过程，就这样周而复始的进行循环。每进气、压缩、做功、排气一次，叫做一个工作循环。四行程内燃机是活塞每走四个行程，即曲轴每转两转完成一个工作循环。二行程内燃机是活塞每走两个行程，即曲轴每转一转完成一个工作循环。汽油机和柴油机都可以制成按四行程循环或二行程循环工作。

### 一、四行程汽油机的工作原理

汽油机的燃料是汽油。汽油具有粘度小、挥发性好、点燃温度低（ $-10^{\circ}\text{C}$ ）、自燃温度高（ $380^{\circ}\text{C}$ 左右）等性质（燃料在空气中移近火焰时，其表面上的燃料蒸汽能够燃烧的最低环境温度，称为点燃温度。自燃温度是指燃料在空气中不用火焰去点燃而能自行燃烧的最低环境温度）。

在汽油机中，利用汽油的这些性质，在气缸外部的化油器中使汽油与空气混合而形成可燃混合气，再送至气缸中用电火花点燃。

下面研究汽油机工作循环具体进行情况，为此要利用示功图，它是表示气缸内压力  $P$  和气缸容积  $V$  之间关系的图形。气缸容积取决于活塞的位置，因此示功图也就是表示活塞在不同位置时气缸内压力的变化情况。四行程汽油机示功图，如图1—2所示。

进气过程是向气缸内吸入可燃混合气的过程。在这个过程中，活塞由上死点向下死点移动，活塞上面气缸容积增大，形成部分真空。这时进气门打开，排气门关闭着。在大气压力作用下，在化油器中形成的可燃混合气，通过进气管进入气缸。活塞移动到下死点附近时，进气门关闭，进气过程结束。

进气过程中，由于进气管、气门等对气体的流动产生阻力，故进气终了气缸内压力  $P_c$  低于大气压力  $P_0$ ，一般  $P_c = 0.7 \sim 0.9$  公斤/厘米<sup>2</sup>。另外，可燃混合气由于受气缸壁等高温零件的加热，并与上一循环的残余废气混合，因而其温度上升，进气终了温度一般在  $80 \sim 130^{\circ}\text{C}$  范围内。

在示功图上进气过程用曲线  $ra$  表示， $ra$  曲线在大气压力线以下。

在进气过程中，进入气缸的新鲜气体量越多，燃烧时所能放出的热量越多，因而内燃机的功率越大。进入气缸的新鲜气体的重量，与活塞从上死点移动到下死点时所让出的容积大小有关，这个容积称为气缸工作容积，用符号  $V_h$  表示；

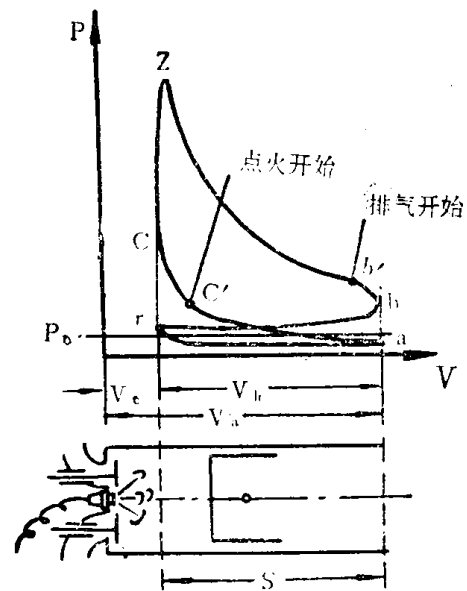


图1—2 四行程汽油机示功图

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

式中：D—气缸直径（厘米）；S—活塞行程（厘米）。

多缸内燃机，所有气缸的工作容积之和，称为内燃机的工作容积（或称排量）。大排量内燃机尺寸大，输出功率也大。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，新鲜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新鲜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新鲜气体的重量之比，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0.70~0.85，柴油机约为0.75~0.90。

压缩过程在示功图上用曲线ac表示。在这个过程中，进、排气门均关闭，活塞由下死点向上死点移动。进入气缸内的可燃混合气被压缩，其压力和温度便提高。一般压缩终了气体压力 $P_c = 6 \sim 15$ 公斤/厘米<sup>2</sup>，温度达250~300℃。

可燃混合气被压缩后，压力和温度升高，使汽油进一步在气缸内汽化与空气混合更加均匀，有利于可燃混合气的燃烧。

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

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

式中 $V_a$ —活塞在下死点时，活塞上面的空间容积，称为气缸总容积。

$V_c$ —活塞在上死点时，活塞上面的空间容积，称为压缩容积。

压缩比越大，压缩终了时气体的压力和温度便越高，有利于可燃混合气的燃烧和膨胀，因而内燃机的功率越大，经济性也越好。但是实践证明，压缩比过大时，便有可能产生极端有害的爆燃等不正常燃烧。爆燃是由于气体压力和温度过高，因而在燃烧室内离点燃中心较远处的可燃混合气自燃而造成的不正常燃烧。这种燃烧过于迅速，燃气的压力和温度局部急剧上升，带有爆炸性，对活塞顶的作用象用锤子敲击，不能有效地推动活塞做功。因此，爆燃不仅产生金属敲击声和振动，而且引起汽油机的过热、功率下降和油耗增加等一系列不良后果，甚至严重损坏汽油机。爆燃等不正常燃烧，与燃料的品质和燃烧室的结构等密切相关。因此，压缩比的提高，有待于燃料和结构的发展。目前汽油机的压缩比 $\varepsilon = 6 \sim 9$ 。解放牌CA—10B型汽油机的压缩比为6，压缩终了的压力可达6~7公斤/厘米<sup>2</sup>。

对压缩比一定的内燃机来说，压缩终了气体压力和温度，显然与进气情况和主要机构的技术状态密切相关。如果进气不足，或在压缩过程中有漏气的部位，其压缩压力降低，功率也降低。

做功过程是可燃混合气燃烧和燃气膨胀做功的过程。在这个过程中，进、排气门仍旧关闭。装在气缸盖上的火花塞，当活塞接近上死点附近时发出电火花，点燃被压缩的可燃混合气。可燃混合气燃烧时，放出大量的热量（如完全燃烧1公斤汽油能发出10.500千卡的热量）。因此，燃气的压力和温度迅速增加。高温高压的燃气推动活塞从上死点向下死点运动，通过连杆使曲轴旋转而对外做功。

在示功图上，可燃混合气在C'点被点火，曲线C'Z部分表示可燃混合气燃烧时燃气压



力剧增。燃烧时最高压力  $P_z$  可达30~50 公斤/厘米<sup>2</sup>，最高温度可达 2000~2500℃。曲线 Zb 表示随着活塞向下移动，气缸内容积增加，气体压力降低，到下死点时膨胀过程结束。膨胀終了气体压力降到3~6公斤/厘米<sup>2</sup>，温度降到1100~1500℃。

在这个过程中，燃料的燃烧是否完全以及燃烧产生的热量能否利用得有效，对于内燃机的功率和油耗有重要关系。

排气过程是从气缸中排出废气的过程。膨胀接近終了时排气门打开，靠废气的压力进行自由排气，活塞到达下死点后再向上死点移动时，继续将废气强制排到大气中。活塞到上死点附近时，排气过程结束。由于有一定的压缩容积，因此在排气过程中不可能将废气排除干净，气缸内仍留有少量的废气，这部分废气称为残余废气。残余废气对于下一工作循环的进气过程有妨碍，因此应将废气尽可能排除干净。

在示功图上，排气门在  $b'$  点打开，曲线  $b'b$  表示自由排气过程，曲线  $br$  表示强制排气过程。废气在排除过程中，遇有排气门、排气管道等的阻力， $br$  曲线仍高于大气压力线。一般排气終了废气压力达1.1~1.2公斤/厘米<sup>2</sup>，温度为700~800℃。

上述连续的四个过程，构成了一个工作循环。排气过程结束后，紧接着开始下一个工作循环的进气过程，这样周而复始的工作。

如上所述，可燃混合气在气缸外部（主要在化油器中）形成，用电火花强制点火，这是汽油机的特点。因此，按可燃混合气形成的特点，这种内燃机又称为外部形成可燃混合气的内燃机，或称为化油器式内燃机；按可燃混合气燃烧的特点，又称为强制点火式或点燃式内燃机。

内燃机使用煤油、酒精、煤气等燃烧时，也可以按上述方式工作，但构造上有所不同。

## 二、四行程柴油机的工作原理

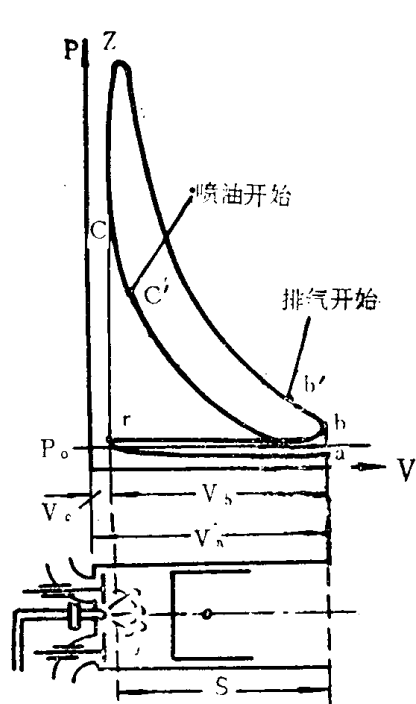


图1-3 四行程柴油机示功图

柴油机的结构和工作原理与汽油机不同，其根本原因在于所用的燃料不同。柴油机使用的燃料是柴油。柴油具有粘度大、挥发性差、点燃温度高（40~86℃）、自燃温度低（300℃左右）等性质。挥发性差、粘度较大的柴油不能象汽油那样在化油器中与空气均匀混合。柴油的点燃温度高，也不易点燃。因此，在柴油机中可燃混合气的形成和燃烧方式与汽油机不同，这是柴油机区别于汽油机的本质所在，而其他工作过程则与汽油机基本相同。

下面着重讨论四行程柴油机工作过程的特点，其示功图，如图1-3所示。

进气过程在示功图中用  $ra$  曲线表示。在这个过程中，进入气缸的是纯空气。一般进气終了压力  $P_a = 0.75 \sim 0.95$  公斤/厘米<sup>2</sup>，温度为50~70℃。

压缩过程在示功图中用  $ac$  曲线表示。在这个过程中，进入气缸的空气受到压缩后，其压力和温度升高。

活塞移动到接近上死点附近，即在示功图的  $C'$  点，喷油器向气缸喷油。为了使喷入气缸的柴油和空气很好的混合，喷油泵将柴油压到  $100\sim 200$  公斤/厘米<sup>2</sup> 的压力，然后经喷油器向气缸喷射。这样，柴油被气缸中空气击碎成极细的雾状，而与高温空气很好的混合并燃烧。为了使柴油能够自燃，压缩终了空气温度必须高于柴油的自燃温度，一般压缩终点压力  $P_c = 35\sim 45$  公斤/厘米<sup>2</sup>，温度达  $500\sim 700$  °C。因此，柴油机的压缩比比汽油机大，一般  $\epsilon = 16\sim 20$ ，有的甚至更高。

喷入气缸的柴油与高温空气接触而自行燃烧。燃烧放出大量的热（如完全燃烧一公斤柴油能放出 10,170 千卡的热量），燃气的压力和温度迅速升高，示功图中曲线  $C'Z$  表示这个过程。燃气的最高温度达  $1700\sim 2000$  °C，最高压力  $P_z$  达  $50\sim 100$  公斤/厘米<sup>2</sup>。燃气膨胀推动活塞做功，随着活塞的移动，其压力和温度降低，曲线  $Zb$  段表示这一过程。活塞移动到下死点，做功过程结束时，燃气的温度下降到  $800\sim 900$  °C，压力下降到  $3\sim 4$  公斤/厘米<sup>2</sup>。

排气过程基本上与汽油机相同，只是由于压缩比高而膨胀充分，排气终了废气温度较低，一般为  $400\sim 700$  °C。示功图中曲线  $br$  表示这一过程。

四行程内燃机示功图上几个特殊点的压力和温度范围，如表1—1所列。

表1—1 四行程内燃机示功图上几个特殊点的压力和温度

行程名称	汽 油 机		柴 油 机	
	压 力 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	温 度 (°C)	压 力 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	温 度 (°C)
进气行程 (终了)	0.7~0.9	80~130	0.75~0.95	50~70
压缩行程 (终了)	6~15	250~300	35~45	500~700
做功行程	(开始)	30~50	2000~2500	1700~2000
	(终了)	3~6	1100~1500	800~900
排气行程 (终了)	1.1~1.2	700~800	1.1~1.2	400~700

如上所述，柴油机中可燃混合气在气缸内部形成，喷入气缸内的柴油与压缩后的高温空气接触而迅速自燃。根据这些特点，这种内燃机又叫做内部形成可燃混合气的内燃机，或压燃式内燃机。这种内燃机，还可以使用重油等燃料。

柴油机与汽油机相比，由于压缩比高，燃气的膨胀充分，膨胀终了燃气温度低，热量利用较好，故柴油机较省油，加之柴油的价格比汽油低，使之经济性好。但是压缩压力和最高燃烧压力比汽油机大得多，使柴油机工作声音大，工作粗暴。这就要求受力零件强度要高，结果使零件尺寸大，比较笨重。

通过单缸四行程工作过程的分析可以看出，只有一个行程做功，其余三个行程需要由曲轴带动，因而在曲轴一端装有沉重的圆盘，即飞轮。在做功行程中，曲轴带动飞轮旋转，飞轮储存能量。在其他三个行程中，靠飞轮的旋转惯性放出的能量，使曲轴继续旋转。显然，曲轴在做功行程中旋转得快，而在其余行程中旋转得慢。为了使曲轴旋转均匀，飞轮的尺寸要比较大。另外，根据功率和结构的需要，功率较大的内燃机都采用多缸。

现代汽车和拖拉机上使用较多的是二缸、四缸、六缸内燃机，甚至有十二缸的。多缸内

燃机各气缸中所进行的工作过程，完全与单缸机相同，但各气缸的作功过程并不同时进行，而是按一定的顺序和间隔交替进行，而且多缸内燃机曲轴每转两转各缸都作功一次。这样，多缸内燃机曲轴每旋转两转时，作功次数比单缸机多。因此，多缸内燃机的旋转比较均匀，飞轮的尺寸和重量做得比较小。

### 三、二行程内燃机的工作原理

二行程内燃机的工作循环和四行程内燃机一样，也包括进气、压缩、膨胀（作功）和排气四个过程，但它具有自己的特点，主要是由于它具有特殊的配气系统，故其工作循环是在曲轴转一转或两个活塞行程内完成的。二行程内燃机按照它所用的燃料不同可分为二行程汽油机和二行程柴油机。

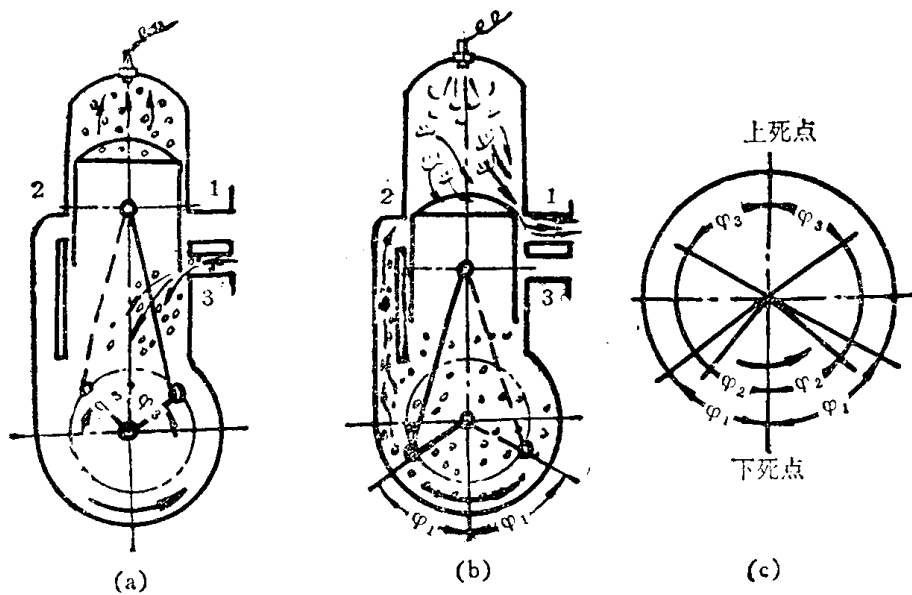


图1—4 二行程内燃机主要机构简图

1—排气孔；2—扫气孔；3—进气孔； $\varphi_1$ —排气相位角； $\varphi_2$ —换气相位角； $\varphi_3$ —进气相位角。

具有曲轴箱扫气的二行程汽油机主要机构简图如图1—4所示（并参看图10—4中起动机工作示意图）。它的气缸壁上三个窗孔：排气孔1，废气由此排出；扫气孔2，曲轴箱内的可燃混合气由此进入气缸；进气孔3，可燃混合气由此进入曲轴箱。前二者均由活塞头部控制开闭，后者则由活塞裙部控制开闭。

第一行程，活塞由下死点向上移动（图1—4a相当于图10—4中的第一冲程），首先关闭扫气孔（相当于示功图1—5中的h点），随后又关闭排气孔（相当于示功图1—5中的a点），而开始压缩过程。与此同时，由于活塞上行曲轴箱内产生真空，当活塞到达上死点前某一角度 $\varphi_3$ 时，进气孔3由活塞裙部打开，可燃混合气从化油器经此孔进入曲轴箱。当活塞经过上死点后 $\varphi_3$ 时，进气孔关闭，进气过程结束。可见，第一行程中活塞上方进行压缩过程，活塞下方进行进气过程。

第二行程，活塞由上死点向下移动（图1—4b，相当于图10—4中的第二冲程），活塞上方的燃气膨胀作功（示功图1—5中Zb曲线表示），膨胀至活塞到达下死点前某一角度 $\varphi_1$ （图1—

4c) 时, 排气孔 1 打开 (示功图 1—5 中的 b 点), 排气开始, 至到下死点后的  $\varphi_1$  (图 1—4c) 时, 排气孔关闭 (示功图 1—5 中的 a 点), 排气结束, 即示功图中排气过程用 b d a 表示。随着排气孔开启, 气缸内压力很快下降, 再经某一角度后, 即活塞到达下死点前某一角度  $\varphi_2$

(图 1—4c) 时, 扫气孔又打开 (示功图上的 f 点), 此时早已进入曲轴箱并被活塞下行而压缩的可燃混合气进入气缸, 并延续到下死点后  $\varphi_2$  (图 1—4c) 时结束 (即扫气孔关闭, 相当于示功图上的 h 点)。这样, 在曲轴旋转  $2\varphi_2$  的时间内 (即示功图中的 f d h 曲线), 同时进行着两个过程: 气缸中废气排出, 可燃混合气从曲轴箱进入气缸。这两个过程, 统称为换气过程 (或扫气过程)。活塞到上死点时, 活塞下方的进气孔全开, 而排气孔和扫气孔被活塞裙部关闭。活塞下移到上死点后  $\varphi_3$  (图 1—4c) 时进气孔关闭, 随后曲轴箱内的可燃混合气受压缩到扫气孔打开 (相当示功图 1—5 中的 f 点) 时为止。可见, 第二行程中活塞上方进行膨胀做功过程和换气过程, 活塞下方曲轴箱内则进行可燃混合气的预压。

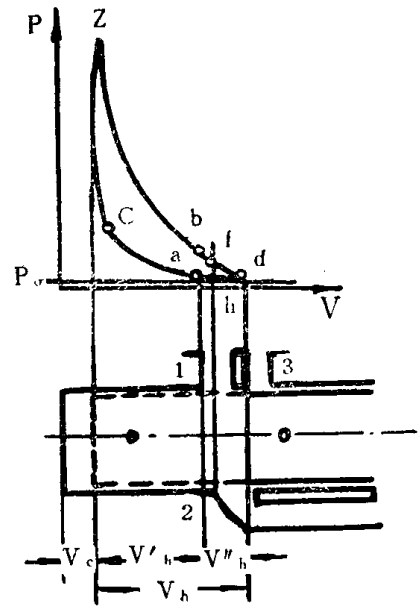


图 1—5 二行程内燃机示功图

这样二行程汽油机的工作循环就在曲轴旋转一周内完成了, 而不象四行程内燃机曲轴两转才能实现。

二行程柴油机的工作原理与上述基本相同。区别在于进入曲轴箱和气缸的是新鲜空气, 接近压缩终了时才喷入雾状柴油形成可燃混合气, 并自行着火燃烧。

由于这种内燃机换气时间很短, 同时又不象四行程内燃机那样由活塞来排除废气, 而是靠进入气缸的新气来排除, 所以气缸中的废气清除程度较差, 而且还有部分新气随废气一起排除。其结果使燃料燃烧速度下降, 内燃机的经济性变坏, 功率降低。

由图 1—5 可知, 在活塞的全部行程中, 要用一部分来进行换气。相当于这部分行程的容积,  $V''_h$  称为“损失”容积, 常用行程损失系数  $\psi$  来表示, 它是损失容积  $V''_h$  与气缸全部工作容积  $V_h$  之比, 即

$$\psi = \frac{V''_h}{V_h}$$

这样, 二行程内燃机的有效工作容积  $V'_h$  和全部工作容积之间可建立如下的关系:

$$V'_h = V_h - V''_h = V_h (1 - \psi)。$$

因为二行程内燃机的有效工作容积  $V'_h$  与  $V_h$  有区别, 所以二行程内燃机的压缩比也有实际压缩比  $\epsilon$  与几何压缩比  $\epsilon'$  之分:

$$\epsilon = \frac{V'_h + V_c}{V_c} = \frac{V_a}{V_c}; \quad \epsilon' = \frac{V_h + V_c}{V_c}。$$

几何压缩比  $\epsilon'$  与实际压缩比  $\epsilon$  之间的关系为:

$$\epsilon = \epsilon' (1 - \psi) + \psi。$$

二行程内燃机曲轴每转一转, 就作一次功。若当内燃机的排量、转速及其他条件相同

时，在理论上它应比四行程内燃机的功率大一倍。但是，由于它废气清除程度差，同时在换气过程中有部分新鲜气体被排除和容积损失等原因，实际只有四行程内燃机的1.5~1.6倍左右，且经济性还较差。虽然如此，但是由于二行程内燃机单位时间内的工作循环数提高了一倍，实际功率输出比四行程内燃机要高60%左右，因此与同功率四行程内燃机相比体积小，重量轻。曲轴箱扫气或所谓回旋扫气二行程内燃机，由于没有配气机构，因而结构简单。故二行程小型汽油机在摩托车、喷雾机和割草机上应用极广。

## 第二节 转子发动机的工作原理

转子发动机的结构简图，如图1—6所示。在缸体1的内壁有“8”字形型面（或称双弧长短幅外旋轮线曲面），其中装有弧边三角形柱体的转子2。转子的一端固定有与转子同心的内齿轮5，外齿轮4固定在缸体的侧盖上，主轴3的主轴颈支承在与外齿轮同心的轴承上，偏心轴颈穿在与内齿轮同心的转子轴承孔内。转子在气缸中旋转时，一方面绕其本身的中心（主轴偏心轴颈中心）自转，另一方面通过内齿轮围绕外齿轮中心（主轴主轴颈中心）公转，因而驱动偏心轴。根据运动学分析证明，这对内、外齿轮的齿数比为3:2时，转子的自转速度与公转速度比是1:3。也就是说，主轴的转速为转子绕偏心轴颈中心的转速的3倍。

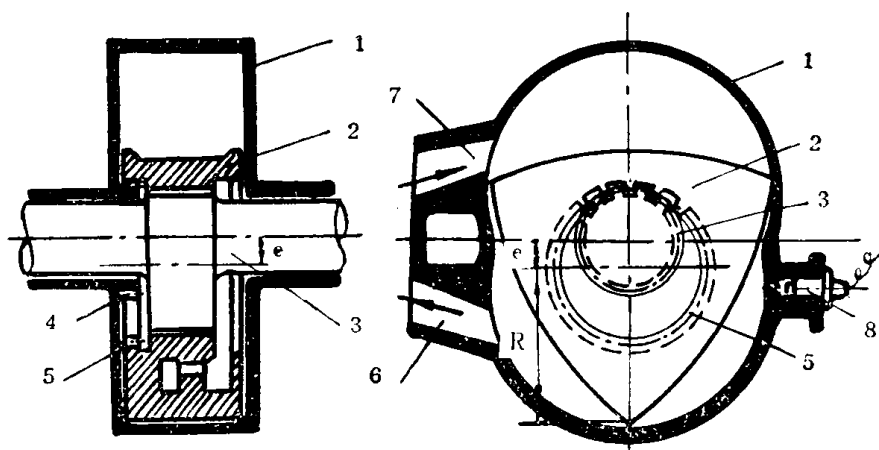


图1—6 转子发动机结构简图

1—缸体；2—转子；3—主轴；4—外齿轮；5—内齿轮；6—排气道；7—进气道；8—火花塞。

转子的顶角与缸体型面紧密接触。它的三个侧表面与气缸型面之间形成三个工作腔。气缸体的一侧布置有排气道6和进气道7，另一侧装有火花塞8。转子转动时工作容积大小发生变化，正好符合一般内燃机中的四个行程（进气、压缩、膨胀做功和排气）容积变化的要求。

图1—7是转子发动机工作过程简图。图中1—4表示进气行程，5—7为压缩行程，8—10为作功行程，11—12为排气行程，A、B、C表示转子的三个顶角。

当转子上的顶角A刚转过进气道，随即开始了进气行程，如位置I，此时CA工作腔容积最小，C点对应为排气末了，A点对应为进气开始，进、排气道互相连通，是进、排气重叠时期，相当于往复式内燃机的上死点位置。当主轴转过90°，转子自转30°到II的位置时，工

作腔 CA 容积逐渐增大，可燃混合气继续吸入。当主轴转过  $270^\circ$ ，转子自转  $90^\circ$  到位置 IV 时，CA 腔容积最大（相当于下死点位置），进气行程结束。当主轴转过  $540^\circ$ ，转子自转  $180^\circ$ ，CA 腔处于如位置 III 的 AB 腔位置时，工作腔容积最小（相当于压缩上死点位置），混合气被点燃，开始了膨胀作功行程。当 A 点转过排气道后，CA 工作腔就开始排气行程。当主轴转三周，转子自转  $360^\circ$  时，CA 腔又回到初始位置 I，排气行程结束，并随即进行新的循环。BC 腔和 AB 腔则分别落后 CA 腔重复上述过程。

综上所述，在转子每转一周的时间内，转子的三个侧面与气缸型面构成的三个工作腔，每一个均从最小容积到最大容积又从最大到最小变化四次。转子每转过  $90^\circ$ ，或主轴转过  $270^\circ$ ，变化一次。这样，转子旋转一周，转子的每一个工作表面与气缸型面所形成的工作腔都完成一个四行程

行程循环，此时主轴则旋转了三周，而且转子发动机的气缸中经常地保持着三个工作腔在同时进行着这种循环。也就是说，转子每转一周，或主轴每转三周，每一个工作腔中均完成了一个四行程工作过程。对应主轴每一转，就有一次爆发，因此一台单缸转子发动机就相当于一台四行程两缸往复式发动机，或一台单缸两行程往复式发动机。

由此可见，转子发动机的工作过程的原理基本上和往复式发动机是相同的。但是由于转子发动机的气缸形状和活塞运动规律的不同，决定其工作过程的特点是各个工作行程总是在气缸的同一个地方进行的，而且每一个行程占有偏心轴转角  $270^\circ$ 。

转子发动机与往复式发动机比较，它的优点是：结构简单，体积小，重量轻，发动机振动很小，运转平稳；此外制造成本也较低。特别是在要求发动机高转速功率大的使用场合，转子发动机的优越性就更为突出。但是，转子发动机也还存在着不少问题，例如低速动力性和经济性较差，起动性能和耐久性也有待进一步提高等等。

### 第三节 内燃机的总体构造

内燃机虽然有许多不同型式，但它的工作原理和总体构造也有许多共同点。要认识这些共同点，首先应从认识个别具体的内燃机总体构造开始。本节主要介绍解放牌 CA—10B 型载重汽车用汽油机和东方红—75 型拖拉机用的 4125A 型柴油机的总体构造。

解放牌 CA—10B 型载重车用汽油机的总体构造，如图 1—8 和 1—9 所示，由下列机构和

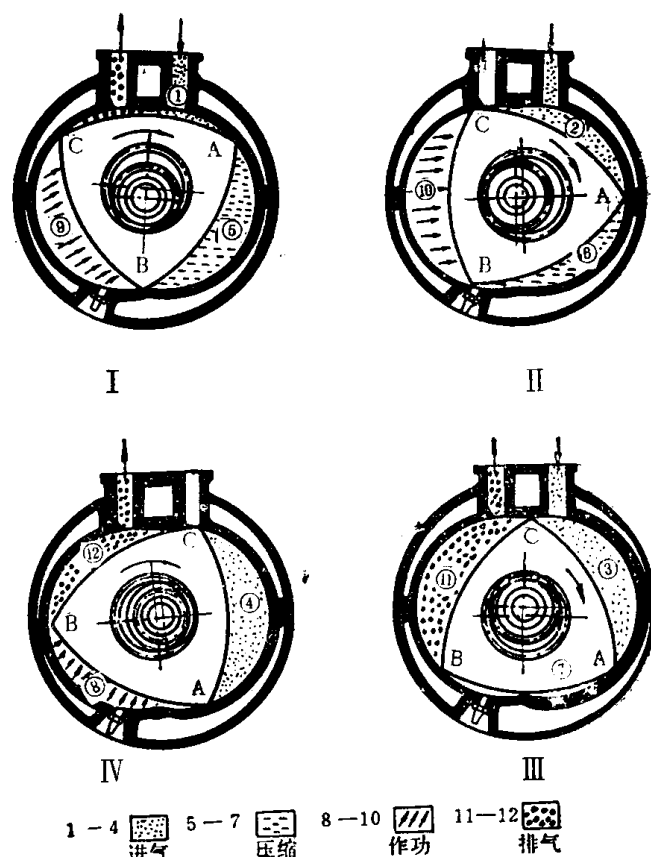


图1—7 转子发动机工作过程简图

系统组成。

**主要机构** 主要机构包括曲柄连杆机构和配气机构。

曲柄连杆机构主要零件包括：气缸体曲轴箱、气缸盖、活塞、连杆、曲轴和飞轮等。气缸体中空的圆筒形部分称为气缸，其中装有活塞，气缸盖封闭着其上部。活塞通过连杆与曲轴相连。活塞在气缸中往复运动时，连杆使曲轴作旋转运动。反之，曲轴旋转时，可使活塞在气缸中作往复直线运动。燃料在气缸中燃烧时，燃气膨胀作用在活塞上的压力，借助于连杆转变为曲轴的旋转力矩，使曲轴带动工作机械做功。固定在曲轴上的飞轮是沉重的圆盘，它能使曲轴均匀地旋转。

配气机构主要包括：进气门、排气门、凸轮轴及其驱动零件等。汽油机为了连续不断地工作，必须把膨胀做功后的废气从气缸中排除，吸入由汽油和空气组成的可燃混合气，即要进行换气。配气机构是根据工作过程的需要，适时地开闭进气门和排气门，完成换气过程。

可见，上述两个机构是内燃机中实现将热能转化为机械能所需要的主要机构。但是必须向气缸供给可燃混合气，使之燃烧。不然，内燃机中不能有热能向机械能的转化。因此，为了使内燃机运转，还有燃料供给系统与点火系统。

**燃料供给系** 燃料供给系担负着向气缸供给可燃混合气的任务。主要包括：汽油箱、汽油泵、化油器和进排气管等。

**点火系** 点火系主要起点燃可燃混合气的作用，它包括：火花塞、点火线圈、分电器及电源设备等。

内燃机运转时，与高温燃气直接接触的零件，必须要适当地加以冷却，运动零件的摩擦表面要进行润滑，否则不仅会影响内燃机的性能和使用寿命，甚至不能正常运转。在内燃机运转以前，要进行起动才能由静止转入运转状态。因此，内燃机中还有其他辅助系统。

**润滑系** 润滑系主要用来润滑零件的摩擦表面，减少摩擦和磨损。它主要包括：机油泵、机油滤清器、润滑油道等。

**冷却系** 冷却系用来冷却高温零件，保持内燃机正常工作温度。它主要包括：水泵、散热器、风扇和水套等。

**起动系** 起动系用来起动内燃机。它主要包括：起动爪和起动机等。

东方红—75型拖拉机用的4125A型柴油机的总体构造，如图1—10所示。其结构特点，简要说明如下。

它的主要机构及其他零件与解放CA—10B型汽油机大体相同，只是在配气机构中多了摇臂和推杆等传动零件。

柴油机由于可燃混合气的形成和燃烧方式与汽油机不同，其燃料供给系与汽油机有很大的不同，而且没有点火系。在柴油机中，将柴油用一定的压力喷射到气缸内，与压缩后的高温空气混合而形成可燃混合气，高温空气使柴油迅速自燃，即一般所说“压燃”。因此，柴油机不象汽油机那样，它没有化油器，也不需要点火装置。但是，需要喷油器、喷油泵等喷油装置。其它部分与汽油机大体相同。

4125A型柴油机是用小汽油机起动，因而不用起动的电动机。其余辅助系统与汽油机大体相同。

一般内燃机的总体构造，与上述两个典型机型大致相同。只是由于气缸数、气缸的排列

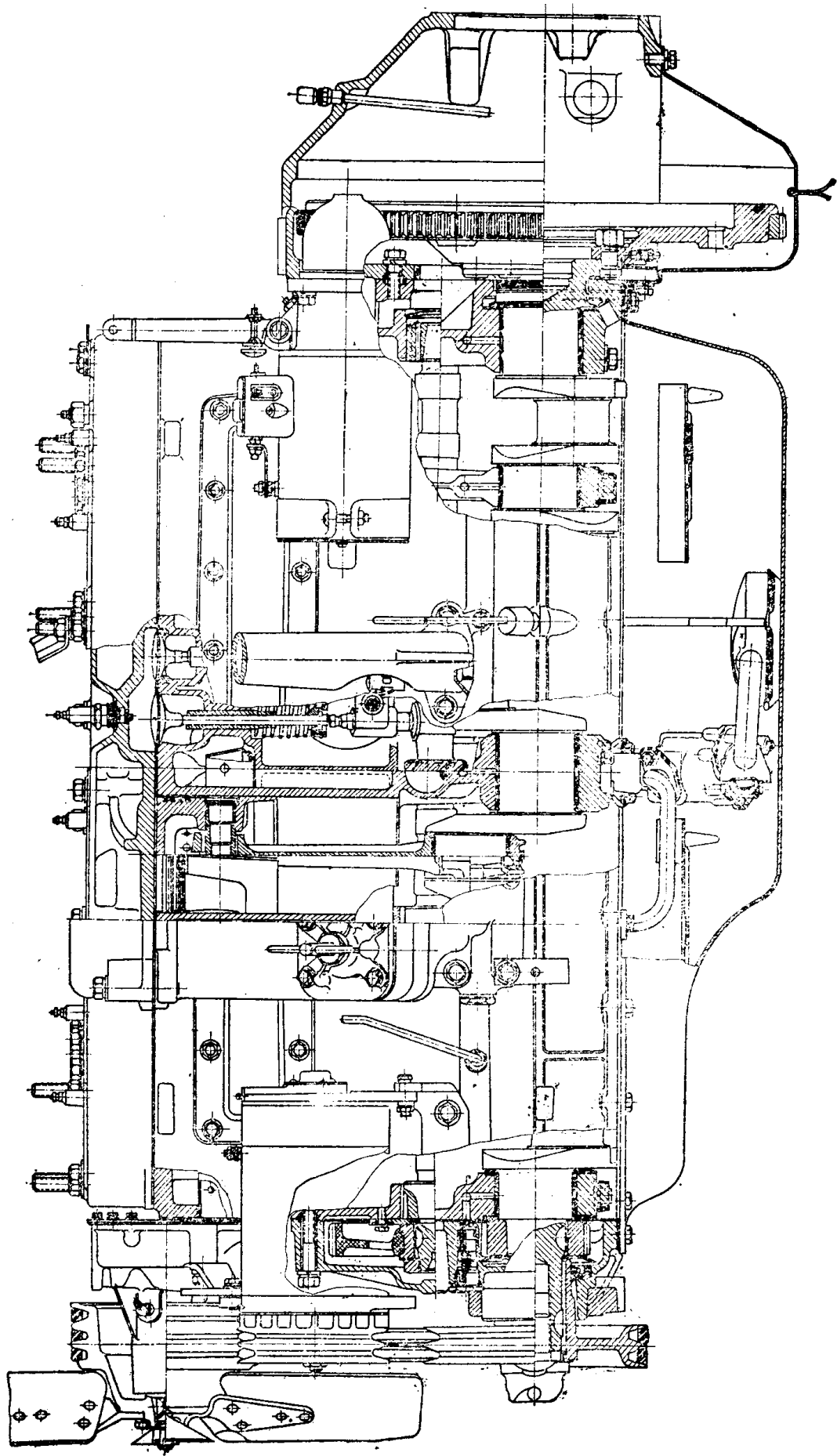


图1-11 解放牌CA-103 型汽油机纵剖面图



方式和气缸的冷却方式等不同，其具体构造上有些差异。  
若干国产内燃机的总体构造，见图1—11至图1—18。

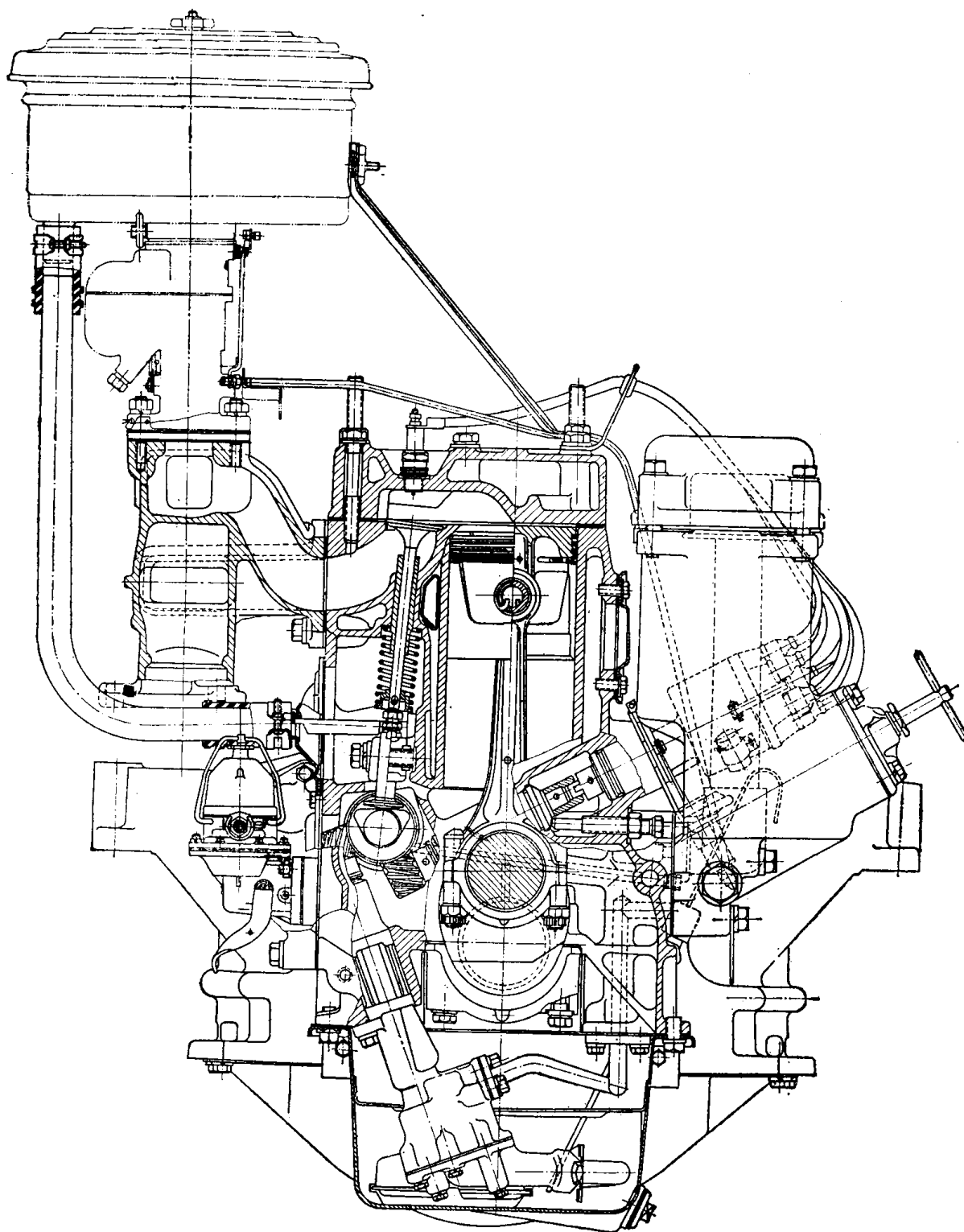


图1—12 解放牌CA—10B型汽油机横剖面图