

内燃机构造与原理

上册

长沙铁道学院 主编

高等学校试用教材

中国铁道出版社

3.

内 容 简 介

本书是按照施工及养路专业《内燃机构造与原理》课程教学大纲编写的,分上、下两册出版。上册为构造部分,下册为原理部分。

本上册分十章,较详细地介绍了工程机械用内燃机各机构、系统的构造及其基本工作原理,对一些新型结构和发展趋势也作了适当阐述。

本书第一、二、五、七、八、九章由铁道兵工程学院赵位西编写;第三、六章由长沙铁道学院李飞鹏编写;第四章由长沙铁道学院谢逢申编写;第十章由长沙铁道学院孙绵光编写。

参加本书审稿或教材大纲讨论的还有工程兵工程学院、华北水利水电学院等单位。西南交通大学倪志钢教授审阅了全书。本书由李飞鹏、负责主编,由沈权、赵位西主审。

长沙铁道学院赵敬业、马坤荣、张荣华、龙力强对本书的编写工作曾给予大力支持和帮助。

高等学校试用教材
内燃机构造与原理 上册

长沙铁道学院主编

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 15 字数: 365千

1981年7月 第1版 1981年7月 第1次印刷

印数: 0001—9,500册 定价: 1.55元

目 录

第一章 内燃机的分类与总体构造	1
第一节 内燃机及其分类	1
第二节 基本定义	1
第三节 内燃机的总体构造	2
一、曲柄连杆机构	2
二、配气机构	3
三、供给系	3
四、点火系	3
五、润滑系	3
六、冷却系	3
第二章 内燃机的基本工作原理	8
第一节 四冲程内燃机的工作过程	8
一、四冲程汽油机的工作过程	8
二、四冲程柴油机的工作过程	10
第二节 二冲程内燃机的工作过程	11
一、二冲程汽油机的工作过程	11
二、二冲程柴油机的工作过程	12
第三章 曲柄连杆机构	14
第一节 固定件	14
一、气缸体	15
二、气缸盖	18
三、气缸垫	21
四、油底壳	21
五、发动机的支承	22
第二节 活塞连杆组	22
一、活塞	22
二、活塞环	28
三、活塞销	32
四、连杆	33
第三节 曲轴飞轮组	38
一、曲轴	38
二、飞轮	45
第四章 配气机构	47
第一节 气门式配气机构的组成及其布置形式	47
一、侧置式气门机构	47
二、顶置式气门机构	47
第二节 配气机构的零件	49
一、气门组	49
二、气门传动组	53
第三节 配气相位	57
第四节 气门间隙的调整	58
第五章 汽油机的供给系	60
第一节 汽油机供给系的组成	60

第二节 汽油	60
一、辛烷值	61
二、馏程	61
三、胶质含量	61
四、酸碱含量和含硫量	62
五、机械杂质和水分	62
第三节 可燃混合气的质量和成分	63
一、获得良好混合气质量的主要条件	63
二、可燃混合气的成分	63
三、残余废气对混合气的影响	64
第四节 化油器的基本工作原理	64
一、简单化油器	64
二、化油器中的真空度	66
第五节 可燃混合气成分与发动机性能的关系	67
一、可燃混合气成分对发动机性能的影响	67
二、发动机在不同工况下对可燃混合气成分的要求	69
第六节 化油器的主供油装置和辅助供油装置	70
一、主供油装置	70
二、辅助供油装置	70
第七节 化油器的构造与工作	75
一、231型化油器	75
二、562型化油器	77
三、K-37型化油器	78
四、化油器的分类	79
第八节 汽油供给装置	82
一、汽油泵	83
二、汽油箱	84
三、汽油滤清器	84
四、油管 and 油管接头	85
第九节 空气滤清器及进、排气装置	85
一、空气滤清器	85
二、进气管和排气管	86
第六章 柴油机的供给系	87
第一节 柴油机供给系的组成和柴油	87
一、柴油机供给系的组成	87
二、柴油	88
第二节 柴油机的燃烧室	89
一、直接喷射式燃烧室	90
二、分开式燃烧室	93
第三节 喷油器	96
一、孔式喷油器	96
二、轴针式喷油器	98
三、喷油嘴型号编制说明	100
第四节 喷油泵	100
一、柱塞式喷油泵的工作原理	101
二、出油阀的工作原理	103
三、国产系列喷油泵	104
四、4146A型柴油机喷油泵	110
五、P型喷油泵简介	111

第五节 调速器	112
一、柱塞式喷油泵的速度特性	112
二、柴油机使用调速器的必要性	113
三、调速器的工作原理	114
四、几种常用的调速器	116
五、调速器的性能指标	128
第六节 喷油提前角调节装置	129
第七节 柴油机供给系的进、排气装置及辅助装置	131
一、进、排气装置	131
二、燃料供给系的辅助装置	133
第八节 PT燃油喷射系统	136
一、概述	136
二、PT泵	137
三、喷油器	142
四、PT燃油喷射系统的特点	144
第七章 润滑系	146
第一节 概述	146
一、润滑系的功用	146
二、润滑原理	146
三、润滑剂	147
第二节 发动机的润滑系	151
一、复合式润滑系	151
二、CA10B型汽油机润滑系	151
三、NJ70型汽油机润滑系	153
四、6135ZG型柴油机润滑系	154
五、4146A型柴油机润滑系	154
第三节 润滑系的主要机件	156
一、机油泵	156
二、机油滤清器	157
三、机油散热装置	161
第四节 曲轴箱通风	161
第八章 冷却系	163
第一节 概述	163
第二节 水冷系的构造和工作	164
一、自然循环式水冷系	164
二、强制循环式水冷系	164
第三节 水冷系的机件	166
一、散热器	166
二、风扇	167
三、水泵	169
四、水套	170
五、冷却强度调节装置	171
第四节 风冷系	172
第九章 起动装置	174
第一节 发动机的起动	174
第二节 电动机起动装置	175
一、直接操纵强制啮合式起动机	176
二、电磁操纵强制啮合式起动机	177
第三节 汽油机起动装置	179

一、离合器	180
二、减速箱	180
三、结合机构	181
四、调速器	182
第四节 柴油机的起动辅助装置	182
一、减压机构	182
二、预温装置	183
第五节 改善柴油机低温起动性能的途径	183
第十章 电气设备	185
第一节 电源	185
一、蓄电池	186
二、发电机	190
第二节 点火系统	209
一、蓄电池点火系的组成及工作原理	209
二、蓄电池点火系的元件	211
三、磁电机点火系	220
四、晶体管点火装置	224
第三节 仪表	226
一、电流表	227
二、机油压力表	227
三、水温表	228
四、燃油表	230
附 录	231
一、内燃机的产品名称和型号	231
二、内燃机的旋转方向和气缸编号	231
三、汽车和拖拉机的型号	232
四、国内、外主要润滑油牌号对照表 (供参考)	233

第一章 内燃机的分类与总体构造

第一节 内燃机及其分类

内燃机是发动机的一种。发动机是把某种形式的能转变为机械能的机器。将燃料中的化学能经过燃烧过程转变为热能，并通过一定的机构使之再转化为机械能的发动机称为热力发动机（简称热机）。如燃料的燃烧是在产生动力的空间（通常就是气缸）中进行的，这种热机就称为内燃机。内燃机根据活塞的运动方式可分为往复活塞式和旋转活塞式两种。汽车和工程机械多以往复活塞式内燃机为动力，本书所说的内燃机（或发动机）即指此种内燃机而言。

内燃机的类型和分类方法很多。按所用燃料的不同，可分为汽油机、柴油机和煤气机等。根据着火方式的不同，内燃机又可分为压缩着火的（压燃式）和强制点火的（点燃式）两类。柴油机属于前者；汽油机和煤气机则属于后者。

内燃机还可按照其气缸冷却方式的不同分为水冷式和风冷式两种。汽车和工程机械用内燃机多数是水冷式的。

按照完成一个工作循环（工作循环指把热能转变为机械能的一系列连续过程）所需的行程数来分，有四冲程内燃机和二冲程内燃机。汽车和工程机械用内燃机多为四冲程的。

按照进气时是否增压，内燃机又有非增压式和增压式之分。

内燃机还可按照其气缸数或气缸布置形式来分类。

第二节 基本定义

图 1—1 示出内燃机的基本机构，它包括气缸、气缸盖、活塞、活塞销、连杆、曲轴、飞轮、曲轴箱和进、排气门等。

活塞可在气缸内上下往复运动。活塞销穿过活塞和连杆的上端，使活塞和连杆成为铰链似的连接。连杆下端套在曲轴弯曲部分的曲柄销（连杆轴颈）上，也是铰链似的连接。

曲轴两端由曲轴箱上的轴承来支承，曲轴可在轴承中转动。

活塞在气缸中往复运动时，曲轴则绕其轴心线作旋转运动。很明显，曲轴每转一周，活塞向上向下各行一次（两个行程）。

活塞离曲轴中心最大距离的位置称为上止点（图 1—2）；活塞离曲轴中心最小距离的位置称为下止点。在上、下止点时，活塞的运动方向改变，同时它的速度等于零。

上止点与下止点间的距离称为活塞行程 S 。由图 1—2 可见，活塞行程 S 等于曲柄半径 r 的两倍，即

$$S = 2r$$

在一个气缸中，活塞从上止点到下止点所扫过的容积称为气缸工作容积 V_h 。如气缸直径 D 和活塞行程 S 都以厘米为单位，则以升（1 升 = 1000 厘米³）为单位的气缸工作容积可

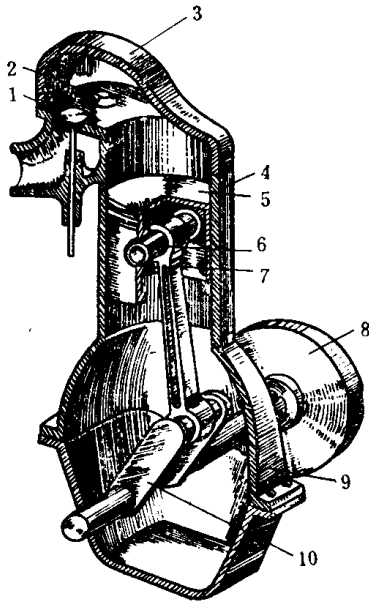


图 1-1 内燃机的基本机构

- 1 — 进气门； 2 — 排气门； 3 — 气缸盖； 4 — 气缸；
- 5 — 活塞； 6 — 活塞销； 7 — 连杆； 8 — 飞轮；
- 9 — 曲轴箱； 10 — 曲轴。

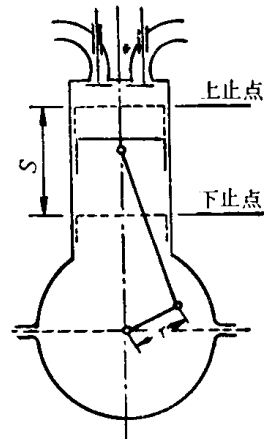


图 1-2 内燃机示意图

用下式计算：

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

如内燃机有 i 个气缸， i 个气缸的工作容积的总和称为内燃机的总排量，用 V_H 表示，则

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

当活塞在下止点时，活塞上方的气缸容积称为气缸总容积并以 V_a 表示。当活塞在上止点时，活塞上方的气缸容积称为燃烧室容积并以 V_c 表示。

因此，气缸总容积

$$V_a = V_h + V_c$$

气缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比：

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

压缩比 ε 表示气缸中的气体被压缩后体积缩小的倍数，它对内燃机的性能有重要影响。

第三节 内燃机的总体构造

现以四冲程汽油机为例，说明内燃机的总体构造。图1-3、1-4为CA10B型汽油机纵、横剖视图。

四冲程汽油机主要由下列机构和系统组成：曲柄连杆机构、配气机构、供给系、点火系、润滑系和冷却系。

一、曲柄连杆机构

曲柄连杆机构的主要机件是：气缸体、气缸盖、活塞、连杆、带有飞轮的曲轴和曲轴箱。

曲柄连杆机构是内燃机的基本机构。在燃油燃烧时，活塞承受气体膨胀的压力，并通过连杆使曲轴旋转，将活塞的往复直线运动变为曲轴的旋转运动而输出动力。

二、配气机构

配气机构的功用是使燃油与空气所组成的可燃混合气可以在一定的时刻被吸进气缸，并使燃烧后的废气可以在一定的时刻被排出。配气机构包括进气门、排气门、挺柱以及凸轮轴等。

气门的开闭是由凸轮轴上的凸轮控制的，凸轮轴通常由曲轴通过齿轮来驱动。

根据气门安装位置的不同，配气机构的布置形式主要有侧置式（顺装气门）和顶置式（倒装气门）两种。

三、供给系

供给系的功用是供给气缸空气和燃油（可燃混合气），并排出燃烧后的废气。

汽油机工作时，汽油泵将汽油箱中的汽油吸出，经汽油滤清器滤清后压送到化油器；同时空气经空气滤清器滤清后也进入化油器。在化油器中汽油被喷散，并在很大的程度上被蒸发，汽油与空气混合后形成可燃混合气经进气管被吸进气缸。燃烧形成的废气经排气管和排气消声器排入大气。

四、点火系

混合气在气缸内被压缩后要用电火花来点火。供给低压电流的电源（蓄电池和发电机），将低压电流变为高压电流的设备（点火线圈和断电器），以及将高压电流分配给火花塞（装在气缸盖上）的设备（分电器）组成汽油机的点火系。

五、润滑系

润滑系的功用是向内燃机的摩擦零件供给润滑油，以减少零件磨损和零件间的摩擦阻力。润滑系包括油底壳、机油泵、机油滤清器、机油管路和通道以及机油标尺等。

由于机油在润滑系中的环流和飞溅，内燃机的运动件就得到了润滑。

六、冷却系

冷却系的功用是将内燃机受热零件的热量传出，以保持内燃机正常的工作温度（水温约 $80\sim 90^{\circ}\text{C}$ ）。

多数内燃机采用水冷系，它包括气缸周围和气缸盖中的水套、散热器（水箱）、水泵和风扇。由于水泵的作用，冷却水就在水套和散热器间循环流动，将内燃机需要散出的热量通过散热器散入大气中。

也有少数内燃机采用风冷系（空气冷却）。

除上述机构和系统外，在内燃机上还装有起动装置（如起动电动机）。

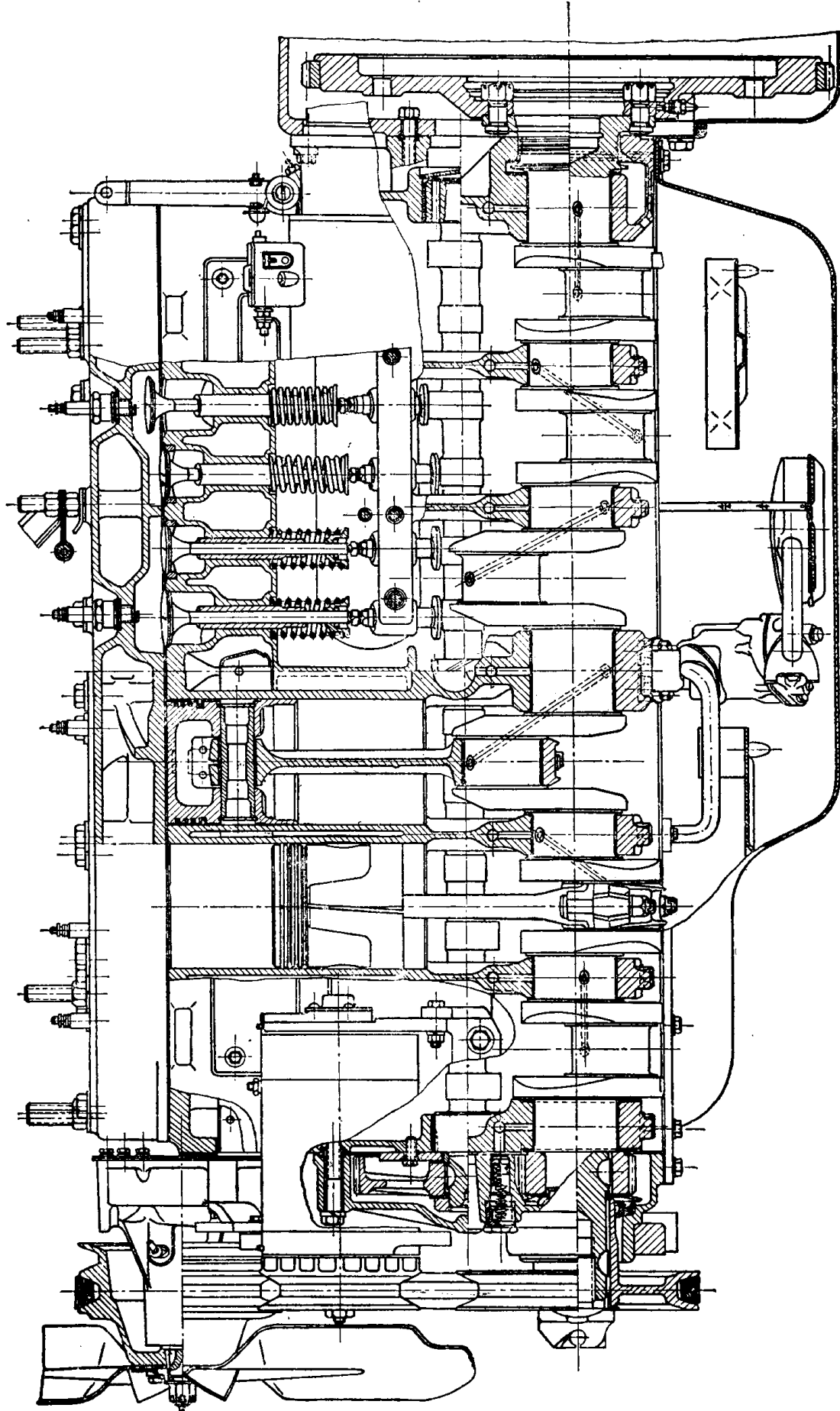


图 1—3 CA10B型汽油机纵剖视图

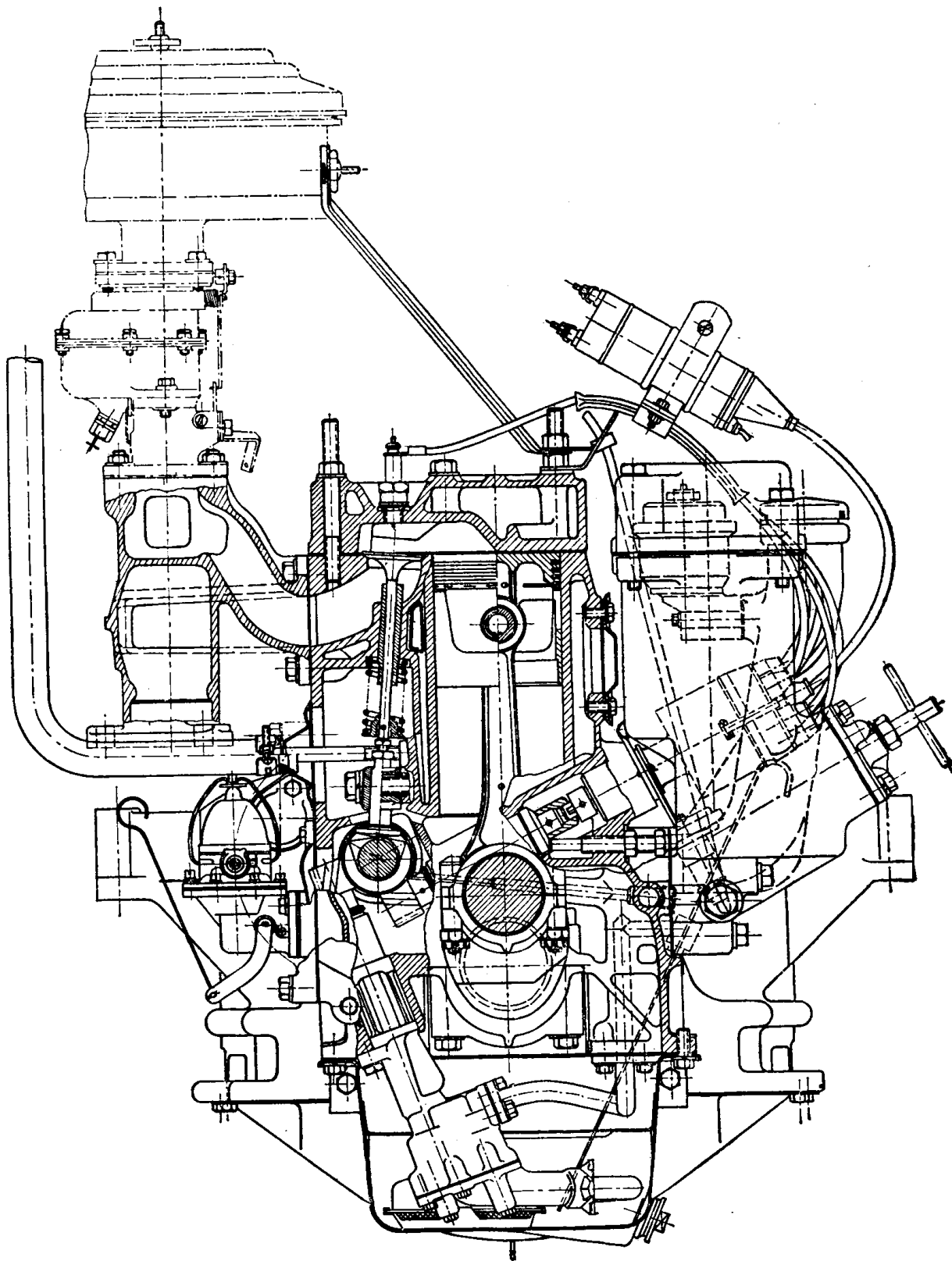


图 1-4 CA10B型汽油机横剖视图

四冲程柴油机的构造除点火系和供给系外，和汽油机的大体相同。

柴油机是用气缸内空气被压缩后的高温来发火的（压缩着火），所以没有点火系。柴油机的燃油供给部分也和汽油机的不同。在柴油机中是用输油泵将柴油箱中的柴油吸出，经柴油滤清器滤清后送到喷油泵，喷油泵再将柴油以很高的压力压出经高压油管由喷油器喷入气缸。

图 1—5 和 1—6 为 4135 型柴油机的剖视图。

表 1—1 中列出了几种常用内燃机的主要技术数据。

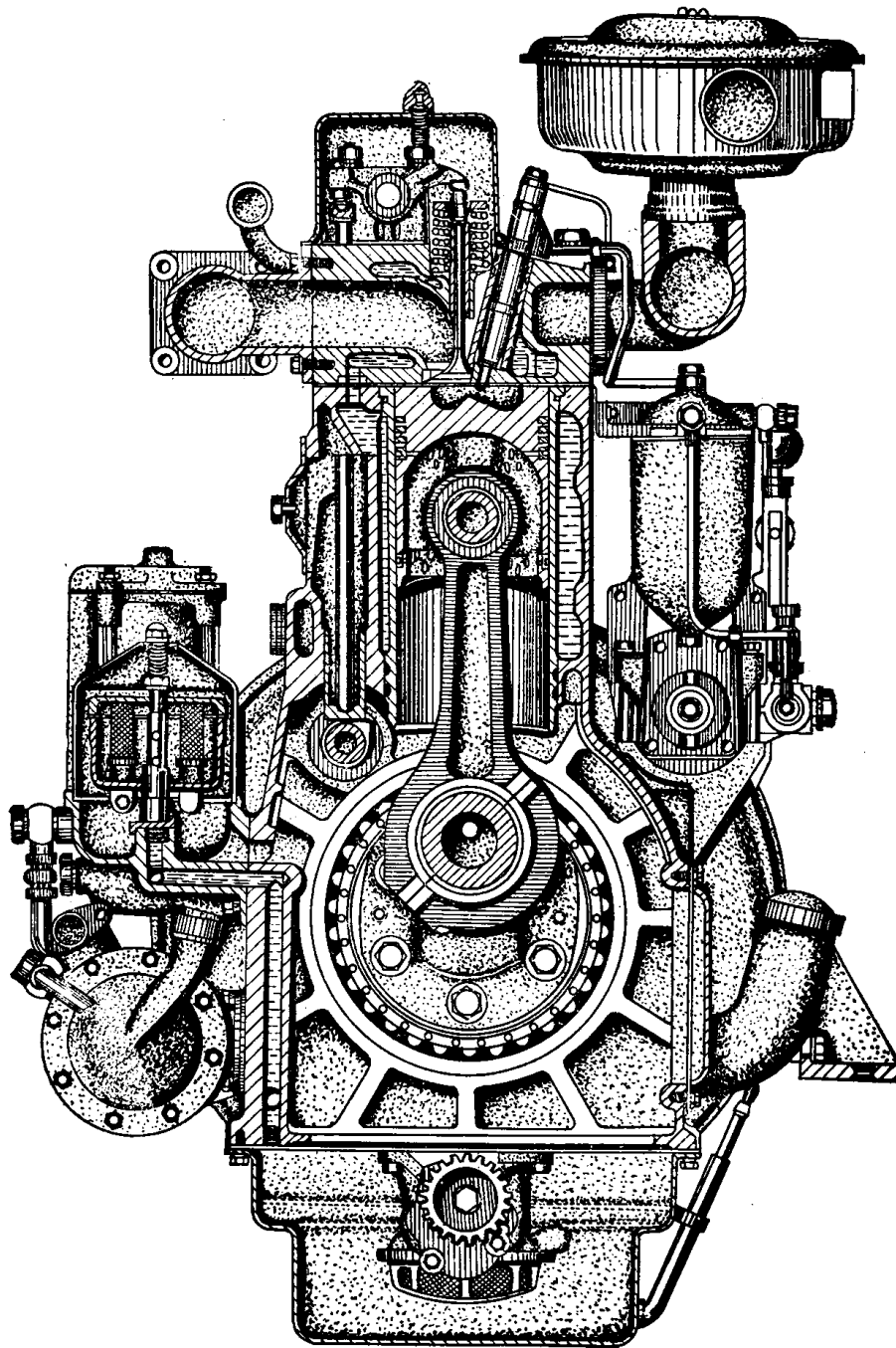


图 1—5 4135 型柴油机横剖视图

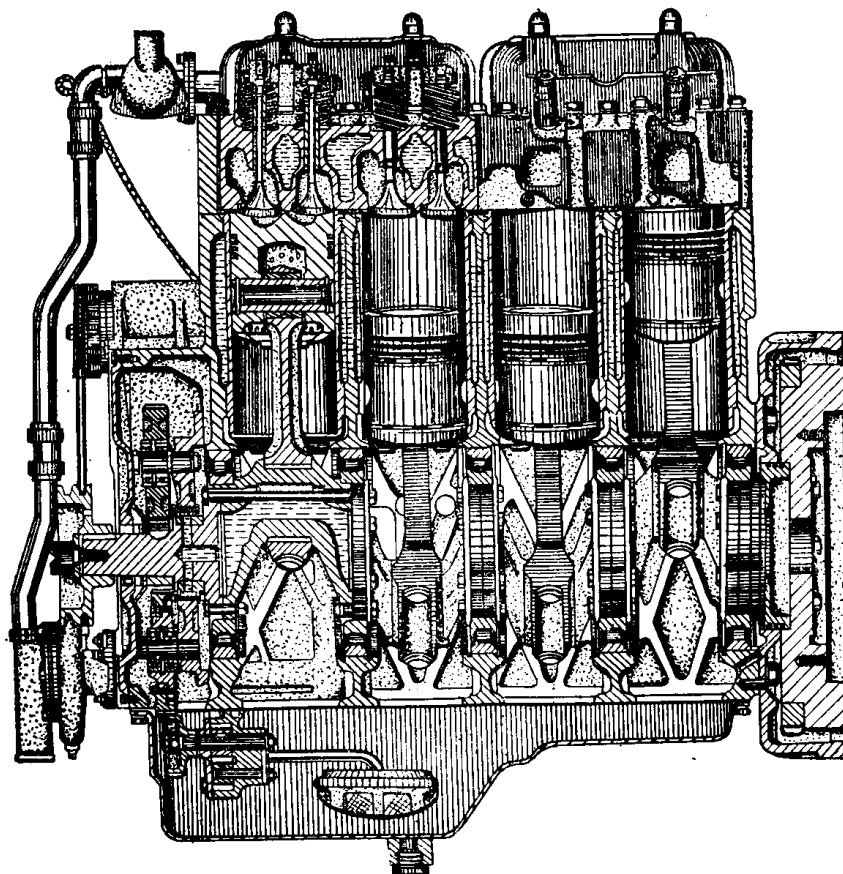


图 1—6 4135型柴油机纵剖视图

几种常用内燃机的主要技术数据

表 1—1

内燃机型号		缸径×行程 (毫米)	气缸数	总排量 (升)	压缩比	标定功率 (马力/转/分)	最大扭矩 (公斤力·米 /转/分)	燃油消耗率 (克/马力· 小时)	附 注
汽 油 机	CA10B	101.6×114.3	6	5.55	6	95/2800	31/1100~1200	<255	侧置气门
	NJ70	82×110	6	3.48	6.5	70/2800	20.5/1500~1700	245	侧置气门
	492Q	92×92	4	2.445	6.6	75/3800~4000	17.5/2200~2500		顶置气门
	Q6100-1	100×115	6	5.42	6.5	135/3000	36/1200~1400	245	顶置气门
	长江-750	78×78	2	0.746	5.7	22/4500~4800	4/2750~3500	300	侧置气门 卧式对置
柴 油 机	6135Q	135×140	6	12	16.5	160/1800	70/1200~1300	165	ω型燃烧室
	4146A	146×204	4	13.68	15.8	90/1050	75/ 800~ 850	<205	预燃室燃烧室
	4125A	125×152	4	7.46	16	75/1500	40/ 850~1050	<200	涡流室燃烧室
	6120Q	120×140	6	9.5	17	160/2000	62/1200~1400	<175	球型燃烧室
	6160A	160×225	6	27	16	135/750	142/ 700~ 800	180	浅ω型燃烧室

第二章 内燃机的基本工作原理

第一节 四冲程内燃机的工作过程

内燃机气缸中进行的每一次将热能转变为机械能的一系列连续过程称为内燃机的一次工作循环（作一次功）。

每一次工作循环都包括进气、压缩、燃烧-膨胀和排气等四个过程。四冲程内燃机的工作循环是在曲轴旋转两周，即四个行程中完成的；而二冲程内燃机的工作循环则是在曲轴旋转一周，即两个行程中完成的。

下面先研究四冲程汽油机的工作过程。

一、四冲程汽油机的工作过程

图 2—1 为四冲程汽油机的简图。

研究内燃机的工作循环时，可以利用一种表示气缸内气体压力 P 和相当于活塞不同位置时的气缸容积 V 之间的变化关系图。此图能表示一个工作循环中气体在气缸内所作的功，所以称为示功图。图 2—2 是四冲程汽油机的示功图。

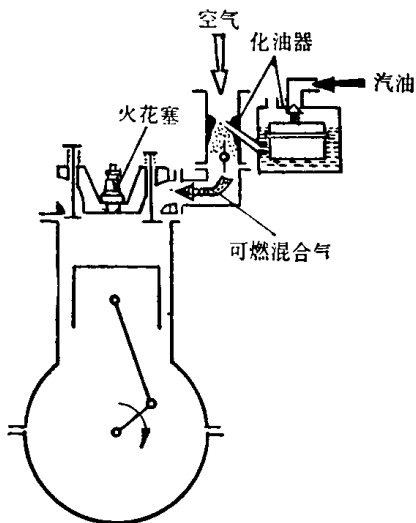


图 2—1 四冲程汽油机简图

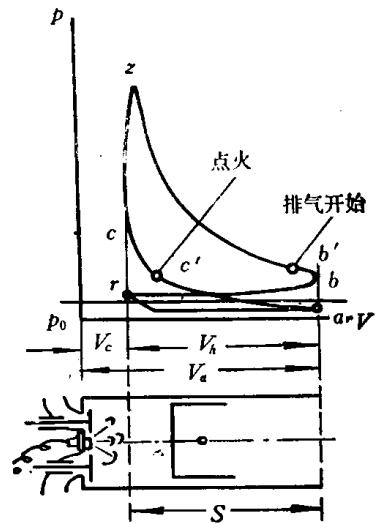


图 2—2 四冲程汽油机的示功图

(一) 进气过程

在进气过程中，活塞从上止点向下止点移动，进气门开启，排气门关闭。这时活塞上方的气缸容积增大，于是压力降低到小于大气压力，也就是产生了真空度。在外界大气压力的作用下，空气经空气滤清器进入化油器，在化油器中与汽油混合而成可燃混合气，经进气管和进气门进入气缸。由于进气系统对气流有阻力，所以进气终了时气缸内的气体压力低于大

气压力 P_0 。进气过程在示功图上以曲线 ra 表示。

流入气缸的新鲜混合气，因为与气缸壁、活塞顶等高温机件接触并与前一循环留下来的高温残余废气混合*，因而温度升高，密度减小。

当活塞到达下止点时，进气終了，这时气缸中的气体压力约为 $0.75\sim 0.90$ 公斤力/厘米²（当节气门完全开启时），温度为 $80\sim 130^\circ\text{C}$ 。

可燃混合气充满气缸的程度可用充量系数 η_v 来表示。充量系数是每工作循环实际进入气缸的新气重量与理论上可充入气缸的新气重量之比。汽油机的充量系数约为 $0.70\sim 0.85$ 。充量系数随化油器节气门的开启程度、发动机转速、进气系统阻力、可燃混合气进入气缸前的受热程度以及残余废气的压力和温度等而变化。

充量系数较大，表明进入气缸的可燃混合气的量较多，因而发动机的功率也可以较大。

（二）压缩过程

为使气缸中的混合气能迅速燃烧以产生较大的压力，从而使发动机发出较大的动力，必须在燃烧前将混合气压缩，使其容积缩小，密度增大，温度升高，即需要有压缩过程。

在进气过程終了后，进、排气门都关闭，曲轴继续旋转，活塞自下止点向上止点移动，将气缸中的混合气压缩，进行压缩过程。压缩过程在示功图上以曲线 ac 表示。随着气体容积的缩小，它的压力和温度就升高。压缩終了时气体的压力和温度主要视压缩比的大小而定，压力约为 $8.5\sim 20$ 公斤力/厘米²，温度可达 $300\sim 450^\circ\text{C}$ 。

压缩比愈大，压缩終了时混合气的压力和温度也愈高，混合气的燃烧速度以及燃烧过程的最高温度和压力就愈高；因此，在其他条件相同时，发动机的功率愈大，而经济性也愈好。

但是，汽油机压缩比的提高受到一定的限制。当压缩比过大时，不但不能进一步改善燃烧情况，反而会出现不正常的燃烧——爆震燃烧（简称爆燃）。

正常燃烧时，燃烧室中火焰传播的速度约为 $30\sim 40$ 米/秒。在正常火焰的传播过程中，最后一部分未燃的混合气由于受到正常火焰面的压缩和辐射，其温度和压力不断升高。如压缩比过高，则这部分混合气的温度和压力可能升高到这样的程度，即不等火焰传到就自行燃烧；这时，其火焰以极高速度（约 $1500\sim 2000$ 米/秒）传播，产生冲击波。冲击波往复地撞击气缸壁和活塞，引起振动，发出清脆的金属敲击声，这种现象称为爆燃。爆燃时，发动机功率和经济性下降，缸壁磨损加剧，冷却系过热，排气中出现黑烟和火星。严重时可使活塞、气门和火花塞损坏。

爆燃是一种有害的现象，汽油机是不允许在爆燃的情况下工作的。

所以，汽油机压缩比的提高主要受到爆燃的限制。目前，汽油机的压缩比约为 $6\sim 10$ 。

（三）燃烧-膨胀过程

燃烧-膨胀过程是混合气燃烧、膨胀而作功的过程。

当压缩过程接近上止点时（图2—2中的 c' 点），火花塞发出电火花，将混合气点燃。混合气燃烧时放出大量的热，气缸内气体的温度和压力骤增（这时进、排气门都是关闭的），如曲线 cz 所示。在气体压力的作用下，活塞向下止点移动，并通过连杆使曲轴旋转而作功。

在燃烧开始时，气缸中气体的压力约为 $30\sim 50$ 公斤力/厘米²，温度可达 $2000\sim 2500^\circ\text{C}$ 。随着活塞的下移，气缸内容积增大，气体的压力和温度都随之下降（曲线 zb ）。到膨胀终

*可燃混合气与气缸内残余废气的混合物称为工作混合气。

了时，压力降到 3 ~ 5 公斤力/厘米²，温度则降为 1100 ~ 1300 °C。

(四) 排气过程

气缸中的混合气燃烧后成为废气。为了使发动机能够继续不断地工作，就需要把废气排出气缸，这才有可能进行下一个进气过程。所以在燃烧-膨胀过程后应该是排气过程。

排气过程中，活塞由下止点向上止点移动，排气门开启，进气门保持关闭。由于燃烧室的存在，气缸中的废气是不可能被完全清除的。残余废气约占进入气缸的新鲜混合气的 5 ~ 15% (以重量计)。

示功图上的曲线 *br* 表示排气过程。由于有排气阻力，排气过程中气缸内气体的压力总是稍高于大气压力，约为 1.05 ~ 1.20 公斤力/厘米²，此压力随发动机压缩比的增大和转速的降低而降低。排气终了时的废气温度约为 600 ~ 800 °C。

汽油机工作时，在气缸中连续不断周而复始地进行着上述过程。

二、四冲程柴油机的工作过程

四冲程柴油机和汽油机一样，每个工作循环也经历进气、压缩、燃烧-膨胀和排气四个过程。其工作过程与汽油机的不同之处，在于可燃混合气的形成和着火的方法。在柴油机中吸进和压缩的是空气，燃油以很高的压力被喷入压缩后的高温空气中形成混合气而自行着火燃烧。因此，柴油机的可燃混合气是在气缸内部形成的，而不是象汽油机那样在气缸外面靠化油器形成的。

柴油机的混合气形成和着火之所以采用了与汽油机不同的方法，是由于柴油机所用的燃料(柴油)与汽油有着不同的性质。柴油的粘度比汽油大，不易蒸发，而自燃温度却比汽油低。

图 2-3 和 2-4 分别为四冲程柴油机的简图和示功图。

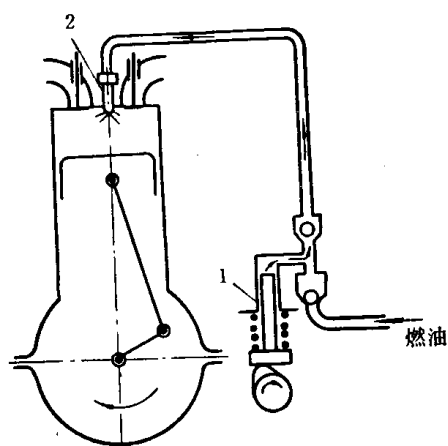


图 2-3 四冲程柴油机简图
1——喷油泵； 2——喷油器。

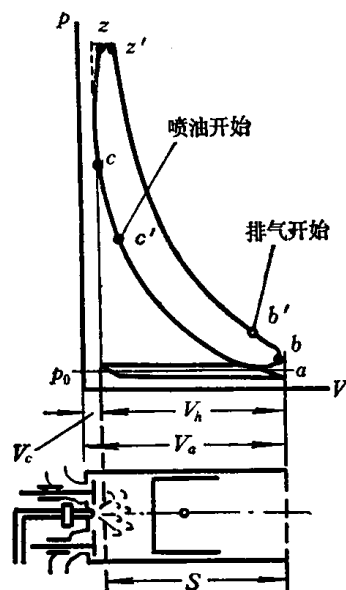


图 2-4 四冲程柴油机的示功图

进气过程中柴油机吸入的是新鲜空气。柴油机由于没有化油器，而且进气时受热较少，所以其充量系数较汽油机的为大，高速柴油机的 $\eta_v = 0.75 \sim 0.90$ 。

由于柴油机是用压缩着火的，为使喷入气缸的柴油可以迅速着火燃烧，空气被压缩后的

温度必须大大高于柴油的自燃温度。因此柴油机需采用较大的压缩比（12~22）。压缩终了时，柴油机气缸内气体的压力达30~50公斤力/厘米²，温度约500~700°C。

在压缩过程中活塞接近上止点时（图2-4中c'点），柴油经喷油泵1（图2-3）将油压提高到100公斤力/厘米²以上，通过喷油器2以雾状喷入气缸，在很短的时间内与高温空气混合，形成混合气并迅速自行着火燃烧。气缸内的气体压力急速上升到60~90公斤力/厘米²，温度也升高到1500~2000°C。在高压气体推动下，活塞下行并推动曲轴旋转而作功。

示功图（图2-4）上刚过z点以后的压力下降不像汽油机那样急速。这是由于喷油不可能在一瞬间完成，而是要延续一段时间。此时，虽然活塞已向下移动，气缸容积增大，但因柴油还在继续喷入和燃烧，所以压力在短时间内并不显著下降。

在排气过程中，废气经排气管排入大气。排气终了时的废气温度约为400~600°C。

由上述可见，四冲程内燃机在四个行程中只有一个行程是作功的，其他三个则是准备的行程。因此，在单缸发动机，曲轴每转两周中只有半周是由于膨胀气体的压力使曲轴旋转的，在其余的一周半中，曲轴是利用飞轮在作功行程中所储存的能量而旋转的。

很明显，作功行程中内燃机的转速将大于其他三个行程中内燃机的转速，所以单缸内燃机的工作是不平稳的。同时由于单缸机活塞往复运动所引起的惯性力难以平衡，所以工程机械上大多使用两缸以上的内燃机——多气缸内燃机。用得最多的是四气缸和六气缸内燃机。

在多气缸四冲程内燃机的每一个气缸内，所有的工作过程是相同的并以同样的顺序进行，但各气缸中的作功过程并不是同时发生的，而是把它们尽可能均匀地分布在曲轴旋转两周中。曲轴每转两周，每个气缸作功一次。气缸数愈多，内燃机的工作就愈平稳。

柴油机与汽油机相比，各有特点，有其各自的适用范围。

汽油机具有转速高（通常可到3000转/分，最高可达6000转/分左右）、重量轻、起动容易、工作时噪声小以及制造维修费用低等特点。其弱点主要是燃油消耗率较高，而且它可采用的最大缸径较小，单机功率相对较小。所以汽油机多用在一些小型工程机械和中小型载重汽车上。

柴油机因压缩比高，燃油消耗率平均比汽油机低30%左右，且柴油价格较廉，所以柴油机的燃料经济性较好，这是它突出的优点。所以，柴油机在工程机械和中型以上载重汽车上获得广泛的应用。柴油机的弱点主要是转速低（一般不超过2000~3000转/分）、重量大、起动较难，但这些弱点正在逐渐得到改进。因而可以预料，柴油机将获得日益广泛的应用。

第二节 二冲程内燃机的工作过程

一、二冲程汽油机的工作过程

二冲程内燃机的工作循环是在两个行程内，即曲轴旋转一周中完成的。

图2-5为一种曲轴箱扫气的二冲程汽油机的工作示意图。

这种汽油机的气缸上有三个气口，它们分别在一定的时刻被活塞所开闭。进气口1与化油器相连通，可燃混合气可经进气口1流入曲轴箱，继而经扫气口3进入气缸内。废气则经与排气管连通的排气口2被排出。

在第一行程中，活塞由下止点向上止点移动。在活塞上方，事先已进入气缸的混合气被