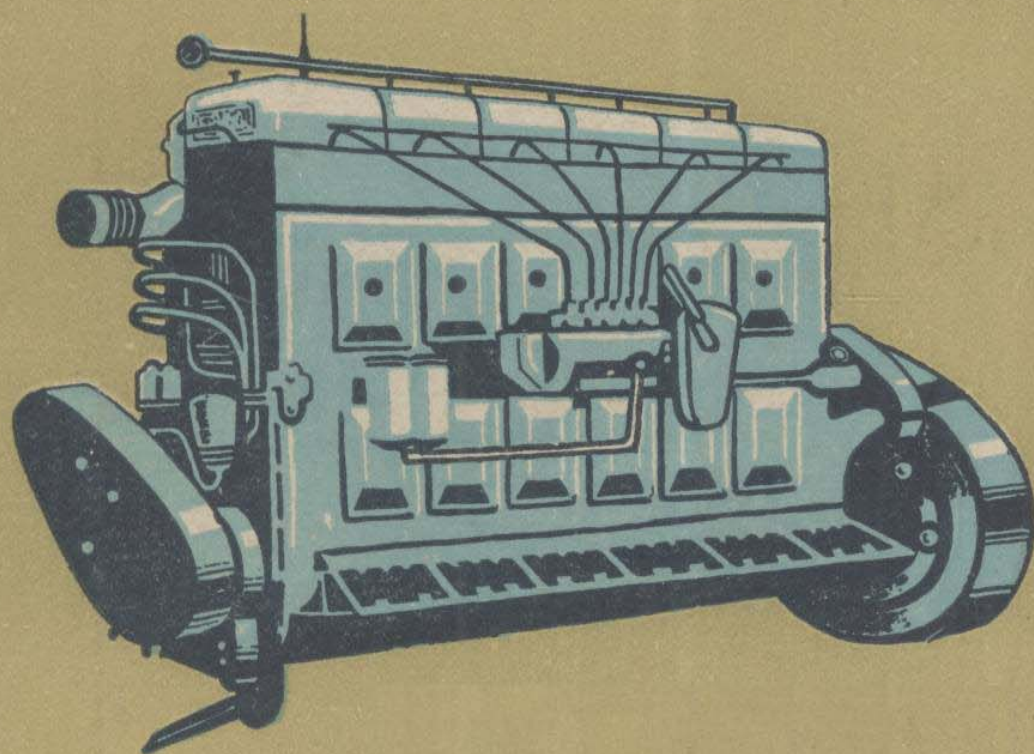


内 燃 机

农业机电排灌技术课本



湖南省水利电力厅机电排灌局編
湖 南 人 民 出 版 社

前 言

在农业集体化的基础上实现农业的机械化和电气化，这是关系我国农业现代化的一件大事。因此，党的八届十中全会明确地指出：“要动员和集中全党全国的力量，在物质方面、技术方面、财政方面，在组织领导方面、人才方面，积极地、尽可能地支援农业，支援人民公社集体经济，分批分期地、因地制宜地实现农业的技术改革”。

从我省的具体情况出发，现阶段推行农业技术改造的重点之一是在一切可能的地方，首先在滨湖地区和湘、资、沅、澧四水流域，积极发展水利排灌机械，以满足发展农业生产需要。为了实现排灌机电化，积极培养技术人才，就成为当前的一项重要任务。为此，我们编写了这套“农业机电排灌技术课本”，共分三册，书名为“农业排灌电气设备”、“内燃机”、“水泵与排灌站”，供各地机电排灌技术干部、抽水机手和举办抽水机技工训练班学习之用。

由于编写时间匆促，加以编者水平有限，不当之处一定难免，希望读者多多提出宝贵意见，以便及时补充修正。

湖南省水利电力厅机电排灌局

1963年8月

目 录

第一章	內燃机概述.....	(1)
第一节	概說.....	(1)
第二节	內燃机的主要机构和作用.....	(2)
第三节	內燃机的分类.....	(4)
第四节	几个常用名詞解釋.....	(5)
第二章	內燃机的工作原理	(7)
第一节	四冲程煤气机、汽油机的工作过程.....	(7)
第二节	四冲程柴油机的工作过程.....	(10)
第三节	二冲程內燃机的工作过程.....	(11)
第四节	多缸內燃机的工作.....	(13)
第五节	內燃机的功能指标和經濟指标.....	(17)
第三章	曲柄連杆机构	(20)
第一节	气缸体和气缸盖.....	(20)
第二节	活塞、活塞环和活塞銷.....	(24)
第三节	連杆.....	(29)
第四节	曲軸和飞輪.....	(31)
第五节	曲軸箱.....	(35)
第六节	曲柄連杆机构的保养和故障.....	(36)

第四章	配气机构.....	(39)
第一节	配气机构的型式及工作原理.....	(39)
第二节	进排气門开閉時間.....	(41)
第三节	配气机构的机件.....	(43)
第四节	配气机构的保养.....	(47)
第五章	內燃机的冷却系统	(50)
第一节	內燃机冷却的重要性.....	(50)
第二节	冷却系統的分类.....	(51)
第三节	冷却系統的机件.....	(53)
第四节	冷却系統的保养.....	(55)
第六章	內燃机的潤滑系统	(56)
第一节	潤滑的功用.....	(56)
第二节	潤滑油及其性質.....	(58)
第三节	潤滑的方法.....	(59)
第四节	潤滑系統的机件.....	(63)
第五节	潤滑系統的保养和故障.....	(68)
第七章	內燃机的燃料供应系统	(70)
第一节	柴油机燃料供应系統.....	(70)
第二节	汽油机燃料供应系統.....	(94)
第三节	煤气机燃料供应系統.....	(103)
第八章	內燃机的调速装置	(121)
第一节	調速器的功用和种类.....	(121)
第二节	单制式离心調速器.....	(122)

第三节	全制式离心调速器	(123)
第四节	调速器的保养及故障	(125)

第九章 内燃机的点火系统 (126)

第一节	工作混合气的点火	(126)
第二节	蓄电池点火系统	(127)
第三节	磁电机点火系统	(163)
第四节	其他点火方法	(173)

第十章 内燃机的起动设备 (174)

第一节	手起动法	(175)
第二节	电起动法	(175)
第三节	压缩空气起动法	(181)
第四节	辅助汽油机起动法	(185)

附 录

一、	煤气机安全操作规程和保养制度	(185)
二、	柴油机安全操作规程和保养制度	(190)
三、	我省排灌机械的几种主要内燃动力规格性能	(193)
四、	常用国产柴油机规格性能表	
五、	常用国产煤气机规格性能表	

第一章 內燃机概述

第一节 概 說

自然界能利用的能量来源很多,有水能、风能、热能等。內燃机就是利用燃料的热能轉变为机械能的一种发动机,由于燃料是在它的內部——气缸內燃燒,所以叫做內燃机。

內燃机在国民經济和我們日常生活中应用的范围很广,不論工业、农业、交通运输以及国防事业等均需大量的內燃机来作为原动力。概括起来,大致有以下几种用途:

(1) 农田排灌和其他农业作业: 如作抽水机、拖拉机、农副产品加工机械的动力。

(2) 发电: 如作农村小型发电、城鎮工矿发电以及地質勘探和船舶上发电等动力之用。

(3) 交通运输: 如汽車、內燃機車、船舶、飞机等用的发动机。

(4) 国防事业上需要性能优良的內燃机,作軍艦、潛水艇和坦克等方面用的发动机。

目前我国的农业生产正在逐步地以机械操作代替人力、畜力的操作,而实现机电排灌又是当前我省农业技术改革的迫切任务。由于我省年降雨量分布不均匀,且与农作物需水季节、需水量不相适应,加上地形复杂,因此很多地方經常遭受旱澇威胁,需靠机械提水来抗旱排澇,特別是一些少雨的丘陵地区和低洼的洞庭湖区,对机电排灌的要求更为急迫。使用內燃机作为排灌动力,可以克服旱澇灾害,保障农业的丰收,同时,內燃机不受燃料来源的限制,能得到广泛应用。

內燃机在我国的使用历史还很短。解放后由于党的正确领导,特別自1958年大跃进以来,我国的机械工业已經有了巨大的发展,內燃机的制造無論在数量上、品种上均有了急剧的增加,并且产品的质量也有很大提

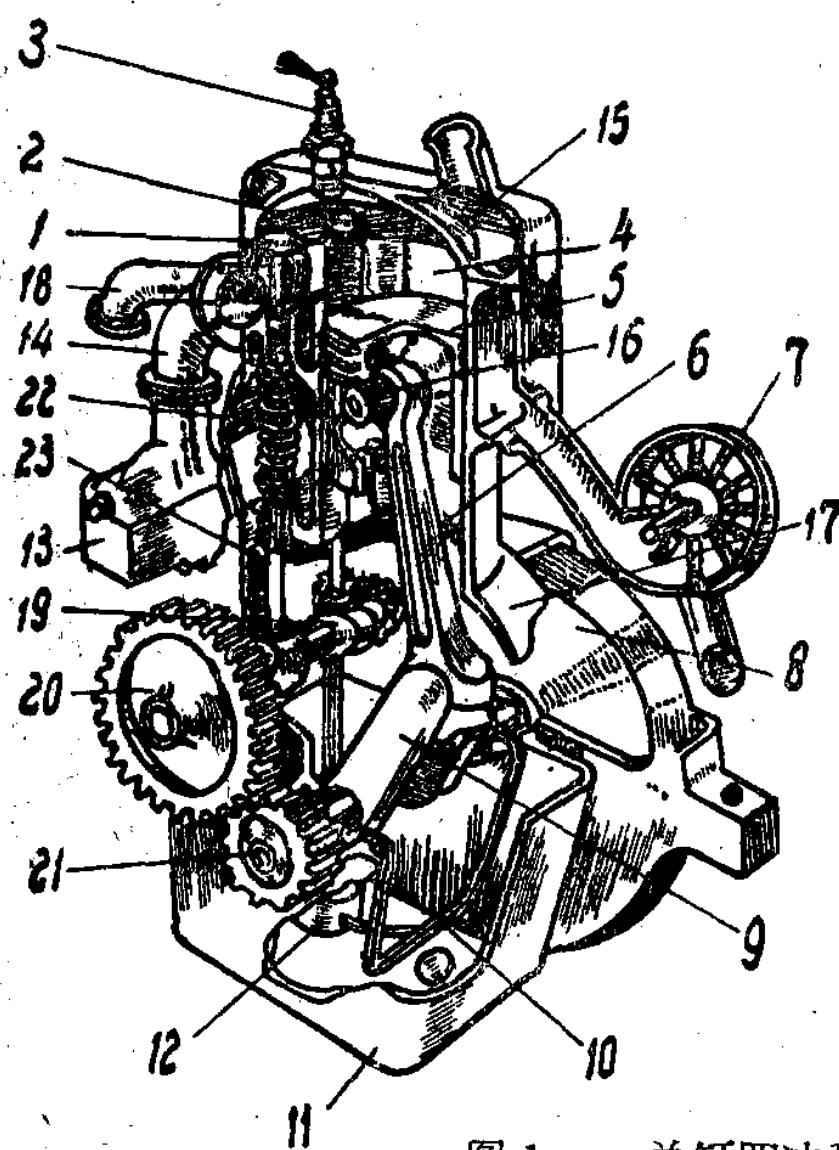
高,現在已有不少产品赶上了国际水平。随着农业技术改革的向前发展,可以肯定,今后将有更多的质量优良、工作性能可靠、經濟性能良好的內燃机供应农业上的需要。

第二节 內燃机的主要机构和作用

內燃机是一种复杂的机械,它由許多机构組合而成。这些机构都分別起着不同的作用,以保証发动机的正常运行。概括起来,內燃机的主要机构包括如下几个部分:曲柄連杆机构、配气机构以及燃料、潤滑、冷却、点火系統和調速、起动的设备等。图1是一单缸內燃机的构造簡图。

(一) 曲柄連杆机构

曲柄連杆机构是內燃机的主要运动机件。它的作用是将燃料热能轉变为机械能,使在气缸內所产生的气体压力推动活塞,并使活塞的直綫往复运动变为曲軸的旋轉运动,同时将机械功能传递出去。本机构由气缸、气缸盖、活塞、連杆、曲軸、飞輪以及曲軸箱等組成。



- | | |
|---------|---------|
| 1—进气門 | 13—气化器 |
| 2—排气門 | 14—进气管 |
| 3—火花塞 | 15—气缸盖 |
| 4—气缸 | 16—活塞銷 |
| 5—活塞 | 17—上曲軸箱 |
| 6—連杆 | 18—排气管 |
| 7—冷却水泵 | 19—凸輪軸 |
| 8—飞輪 | 20—正时齿輪 |
| 9—曲軸 | 21—曲軸齿輪 |
| 10—潤滑油管 | 22—气門彈簧 |
| 11—下曲軸箱 | 23—气門推杆 |
| 12—潤滑油泵 | |

图1 单缸四冲程汽油机

(二) 配气机构

配气机构的作用是按时地开启和关闭进、排气門，使可燃混合气(汽油机、煤气机)或新鲜空气(柴油机)被吸入气缸，并使燃料燃烧工作后的废气排出气缸。配气机构主要由气門、气門彈簧及一些传动机件：搖臂、气門挺杆、推杆、凸輪軸和正时齿輪等组成(配气机构有两种型式，图 1 的汽油机配气机构，无搖臂和挺杆机件)。

(三) 冷却系統

为了使燃烧着的高温气体所传给机件的热量不断散走，以免发动机机件的溫度不断增高而无法工作，发动机上都設有冷却系統。冷却系統有水冷式和风冷式两种。水冷式系由水套(气缸体及气缸盖中的夹层)、冷却水泵、散热水箱(或水桶)、水管等组成。风冷式系由风扇、散热片等组成。

(四) 潤滑系統

为了减少各运动零件表面間的摩擦損失及磨損，同时使零件摩擦表面冲洗清洁和得到局部冷却，发动机上設有潤滑系統，以保証发动机各运动机件之間不断地有潤滑油流过。潤滑系統主要有滑油儲存器(或曲軸箱油底壳)、滑油泵、油管和滤清器等组成。

(五) 燃料供应系統

燃料供应系統的功用是保証供給发动所需的一定量的可燃混合气或燃料。发动机的燃料供应系統的組成，根据其所燃用的燃料种类而各不相同。汽油机的可燃混合气主要由汽化器来产生；煤气机由全套煤气发生爐設備和混合器来获得；柴油机則由高压油泵、噴油嘴、高压油管等组成来供应燃料。

(六) 点火系統

在汽油机及煤气机中，为了使气缸中被压缩了的工作混合气能保証按时着火燃烧，发动机上設有点火系統。点火系統有蓄电池点火、磁电机点火及其他等几种方法。蓄电池点火系統包括蓄电池、发电机、感应綫圈、配电器、火花塞等部分组成；磁电机点火系統的主要机件即磁电机和火花

塞。由于柴油机燃料着火是利用空气压缩产生的高温而使柴油自燃的，故没有点火系统。

（七）调速装置

● 调速装置的作用是使发动机在负荷变动情况下，仍能保持一定的转速范围。调速装置的主要机件是调速器。

（八）起动设备

内燃机的起动，必须先使曲轴很快地旋转，以使气缸内的燃料获得第一次点燃。因此，发动机上都有使曲轴旋转的起动设备。发动机的起动方法很多，根据发动机的不同机型，有手起动、电起动、压缩空气起动及辅助动力起动等方法。不同的起动方法，其起动装置设备也不同。

第三节 内燃机的分类

内燃机的种类很多，按照它的不同特征，其分类方法也甚多，但一般常有以下几种分法：

（一）按所用燃料分类

1. 汽油机：燃用汽油的内燃机称为汽油机。例如汽车、飞机上用的发动机，大都是汽油机。

2. 柴油机：燃用柴油的内燃机称柴油机。

3. 煤气机：燃用煤气的内燃机称煤气机。

（二）按完成工作循环所需冲程数分类

1. 四冲程内燃机：以活塞经过四个冲程完成一个工作循环的叫四冲程内燃机。

2. 二冲程内燃机：以活塞经过二个冲程完成一个工作循环的叫二冲程内燃机。

（三）按燃料点燃的方式分类

1. 电火花点火内燃机：利用火花塞的电火花来使气缸内燃料点燃的，叫电火花点火内燃机。

2. 压燃式内燃机：利用进入气缸的新鲜空气压缩后的高温，使喷入

气缸的燃料自行着火的内燃机。如柴油机。

3.火管点火内燃机：利用一根烧得红热的钢管伸入气缸来点燃气缸内的可燃混合气。

4.烧球式发动机：利用固定在气缸盖上的一个称为烧球的高温零件使压缩终了的可燃混合气点燃。

(四) 按冷却方法分类

1.水冷式：用水来冷却的内燃机。

2.风冷式：以空气来冷却的内燃机。如飞机和摩托车发动机。

(五) 按燃烧过程的性质分类

1.燃料在等容(即容积不变)状态下燃烧，这种燃烧过程的工作循环又称为奥图循环。汽油机和用电火花点燃的煤气机接近于这种工作过程。

2.燃料在等压(即压力不变)状态下燃烧，这种燃烧过程的工作循环又称狄塞尔循环。旧式压燃式发动机(柴油机)接近于这种工作过程。

3.一部分燃料在等容下燃烧，余下的燃料在等压下燃烧，称为混合循环。近代压燃式发动机(柴油机)均按这个过程工作。

(六) 按气缸数目分类

1.单缸机。

2.多缸机：如普通有二缸、三缸、四缸、六缸、八缸等。

(七) 按气缸排列形式分类

1.直立式：气缸为垂直排列的。

2.卧式：气缸为卧式水平的。

3.V型及星型排列式：如汽车上发动机和飞机发动机有V型和星型排列式的。

第四节 几个常用名词解释

为了便于了解内燃机的工作过程，我们先讲述几个常用名词的定义(见图2)。

(一)上死点和下死点：活塞在气缸中作往复运动的两个极端位置称

死点。活塞离曲轴中心最远的位置叫上死点，又称上止点；离曲轴中心最近的位置叫下死点，又称下止点。

(二)活塞行程：活塞从上死点走到下死点，或从下死点走到上死点所经过的距离称为活塞行程，又称冲程。

(三)燃烧室：当活塞在上死点的位置时，活塞与气缸盖、气缸之间的空间称为燃烧室，又称压缩室。

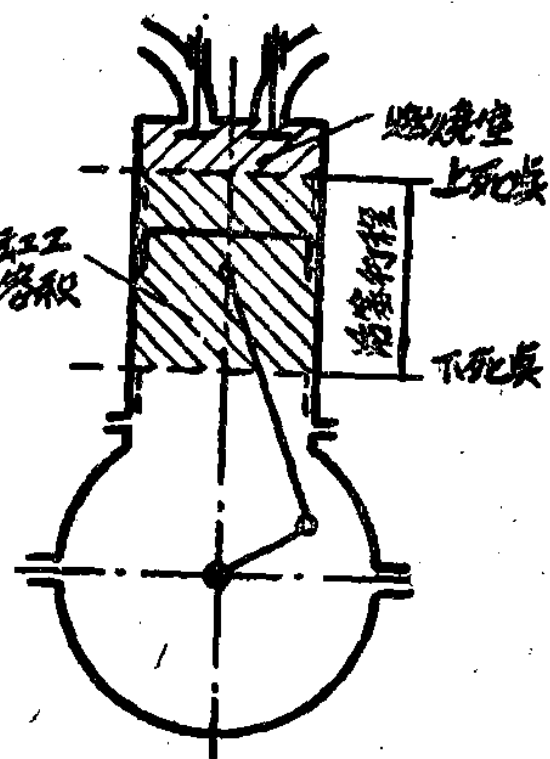


图2 发动机的参数

(四)气缸工作容积：活塞从上死点走到下死点所让出来的容积称为气缸工作容积。气缸工作容积的单位通常以公升表示，其大小可以下式计算：

$$\text{气缸工作容积} = \frac{3.1416 \times (\text{气缸直径})^2}{4} \times \text{活塞行程} \times \frac{1}{1000} (\text{公升})$$

(式中气缸直径和活塞行程的单位均以厘米计算)

(五)发动机工作容积：即发动机所有各个气缸工作容积的总和，通常称为发动机的“排量”。

$$\text{排量} = \text{发动机气缸数} \times \text{每缸工作容积(公升)}$$

(六)气缸总容积：活塞在下死点时，活塞与气缸盖及气缸之间的全部空间称气缸总容积，即：

$$\text{气缸总容积} = \text{燃烧室容积} + \text{气缸工作容积(公升)}$$

(七)压缩比：气缸总容积与燃烧室容积的比值称为压缩比。

$$\text{压缩比} = \frac{\text{气缸总容积}}{\text{燃烧室容积}}$$

压缩比表示活塞自下死点走到上死点时，气体在气缸内被压缩了多少倍。压缩比愈大，气体被压缩得愈厉害，压缩终了的温度和压力就愈高，

发动机的热效率也愈高，工作經濟性則愈好。

(八)工作循环：燃料进入气缸燃燒作功后，燃燒产物——废气便被排出，为了使內燃机繼續工作，必須再次吸入新鮮燃料，不断地循环下去。从燃料进入气缸到废气排出，这个过程称为內燃机的一个工作循环。內燃机的工作循环，有以活塞四个往复冲程来完成的或以二个冲程来完成的两种，即前者为四冲程內燃机，后者为二冲程內燃机。

第二章 內燃机的工作原理

不論是煤气机、汽油机或是柴油机，它們的工作原理基本上都是相同的。虽然它們的燃料和点燃方法不同，但都是活塞在气缸中作往复直綫运动，而曲軸在軸承上作旋轉运动。当活塞向下运动时，在气缸內造成压力降，可燃混合气或空气(柴油机)进入发动机的气缸，以后当活塞向上运动时，工作混合气(可燃混合气与殘余废气混合而成)或空气被压縮到一定容积，然后点燃或压燃，于是气缸中的压力急剧上升，推动活塞下行，活塞通过連杆、曲柄使曲軸旋轉。当活塞在飞輪的慣性作用下再次向上运动时，废气便經排气門排出缸外。这样，就完成了—个工作循环。

第一节 四冲程煤气机、汽油机的工作过程

煤气机和汽油机的工作原理很相似，所不同的是它們的可燃混合气的准备方式。煤气机的燃料——煤气，是在一称为混合器的装置中与空气混合；而汽油机的燃料汽油是在称为汽化器的特殊装置中霧化。現將它們的工作过程分述如下(見图 3)：

(一)进气冲程(图 3 甲)：

当曲軸 5 順时針轉动时，活塞 7 由上死点向下死点方向移动，凸輪 4 将气门推杆 3 頂起，压縮彈簧，使进气門开启。由于活塞下行时，使气缸內形成真空，产生吸力，可燃混合气就从混合器(或汽化器)經過进气管进

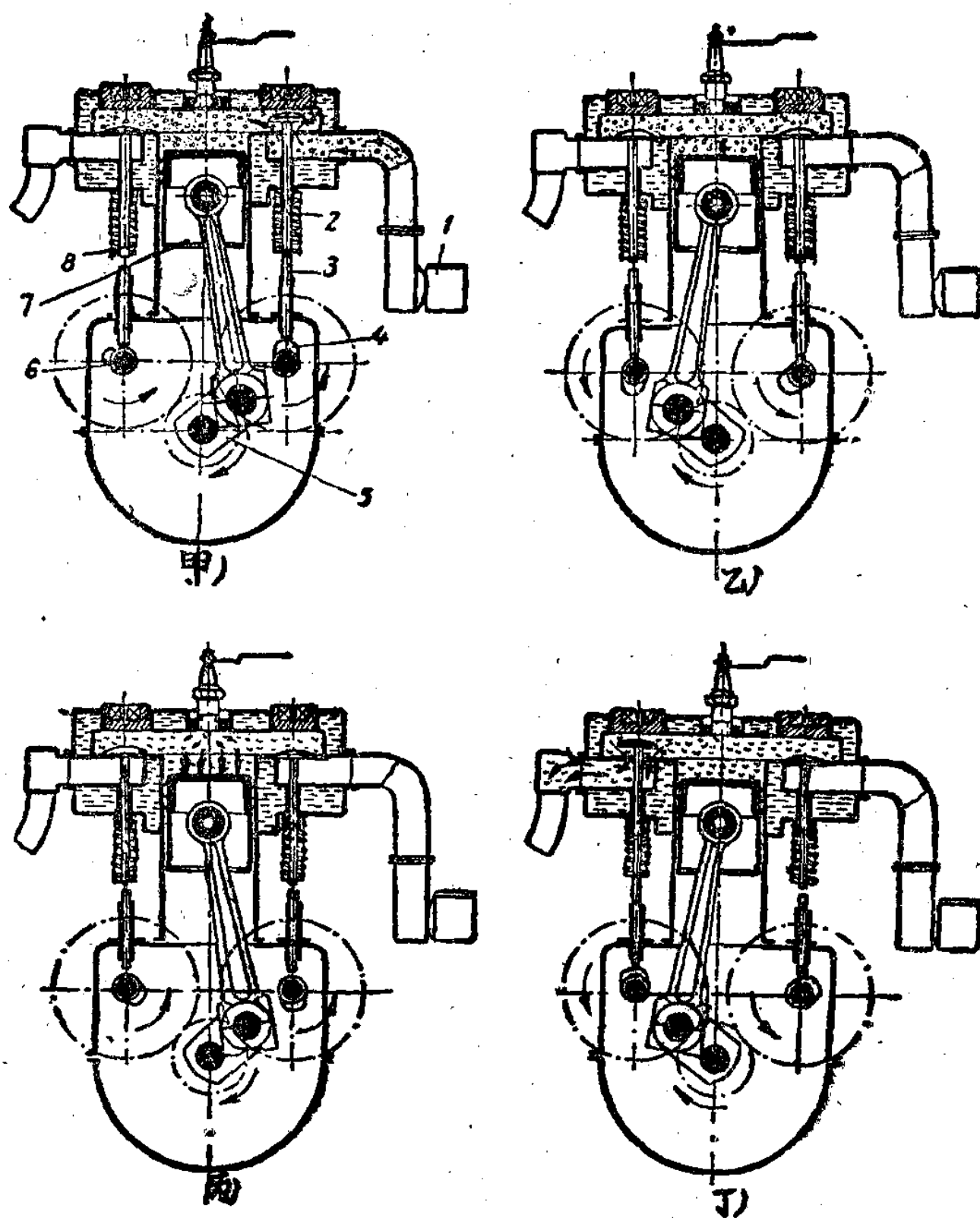


图 3 四冲程汽化器发动机工作原理图

入气缸。进气冲程一直到活塞走到下死点附近为止，此时，凸轮 4 的凸起部分转到下边，在气门弹簧作用下，进气门自动关闭。

由于进气时，混合器或汽化器、进气管及进气门等都有阻力，所以在进气冲程完成后，气缸中的压力总是小于大气压力，约为 $0.7-0.95$ 公斤/厘米²。此外，因发动机在进气冲程前，气缸内还存有上次燃烧后未排尽的残余废气，因此，可燃混合气一进入气缸即与高温的废气相混合，并与高温零件接触，吸收热量，温度上升到 $70-130^{\circ}\text{C}$ 。

(二)压缩冲程(图 3 乙)

当曲轴继续旋转时,活塞开始自下死点向上死点方向运动,这时,由于两个气门都是关闭的,因此进气冲程时充入气缸中的可燃混合气便受到压缩,同时,随着气体体积的缩小,混合气的压力和温度均迅速上升,造成燃料燃烧的有利条件。混合气压缩終了时的压力和温度主要取决于压缩比,发动机的压缩比越高,则压缩后的混合气压力和温度也越高。一般煤气机的压缩比在6—10的范围,压缩后气缸中混合气的压力约为12—18公斤/厘米²,温度为400—550℃;汽油机压缩比比煤气机低,一般为4.5—7.5之间(这是因为汽油的抗爆性能差,过高的压缩比会引起早燃或爆燃现象,使发动机的功率降低,经济性变差,严重时会使发动机机件遭到损害,影响它的寿命)。压缩后混合气的压力约在8—14公斤/厘米²,温度为350—450℃。

(三)工作冲程(图 3 丙)

压缩冲程结束后,活塞刚好位于上死点附近,于是火花塞 9 的电极间发出火花,将混合气点燃,混合气迅速燃烧,几乎是瞬时烧完。此时气缸内压力和温度急剧上升。压力可骤然增加到30—50公斤/厘米²。温度,汽油机高达2000—2500℃;煤气机为1700—2100℃。高温高压的燃烧产物力图膨胀,迫使活塞向下死点运动,活塞通过连杆便使曲轴旋转做功。

随着活塞的下行,气体的膨胀,气缸内气体的压力和温度逐渐下降,当活塞到达下死点附近时,膨胀过程结束,此时气缸内气体压力约在3—6公斤/厘米²,温度为1100—1500℃。

(四)排气冲程(图 3 丁)

可燃混合气在气缸中燃烧后变成了废气,为了排除废气,在工作冲程结束活塞到达下死点附近时,凸轮 6 便把排气门顶开,同时活塞自下死点向上死点运动,迫使废气通过排气管排到气缸外面。排气終了时,气缸内的温度约为700—800℃左右,而压力仍稍高于大气压力(因为发动机排气门、排气管、消音器等均有阻力,废气不能全部排尽)。

排气冲程完毕后,发动机便完成了一个工作循环。发动机为了连续工

作,就必须再重复以上四个冲程,即不断地循环下去。

从上述中可以知道,在活塞的四个冲程中,也就是发动机的整个循环中,只有一个冲程是对外做功,而其他三个冲程都是辅助冲程,其目的是为了可燃混合气吸入气缸和进行压缩,并最后使废气排出气缸,而这些冲程都是借助发动机的飞轮惯性来完成,必须消耗发动机的一部分功率。

第二节 四冲程柴油机的工作过程

柴油机的工作过程与煤气机、汽油机的主要区别是:进气冲程吸入气缸的是空气,而不是可燃混合气,它在压缩冲程終了时,由喷油嘴向气缸喷入燃料——柴油,这时由于气缸内被压缩的气体处于高温状态,就使燃料自燃起来。现将单缸四冲程柴油机的工作过程简述如下(见图4):

(一)进气冲程(图4甲):

活塞从上死点下行,进气门开启,纯净空气通过进气管、进气门被吸入气缸,直至活塞走到下死点附近为止。由于柴油机只吸进纯净空气,进气机构较简单,阻力较小,故当进气冲程完成后,气缸中压力要比煤气机、汽油机稍高一些。

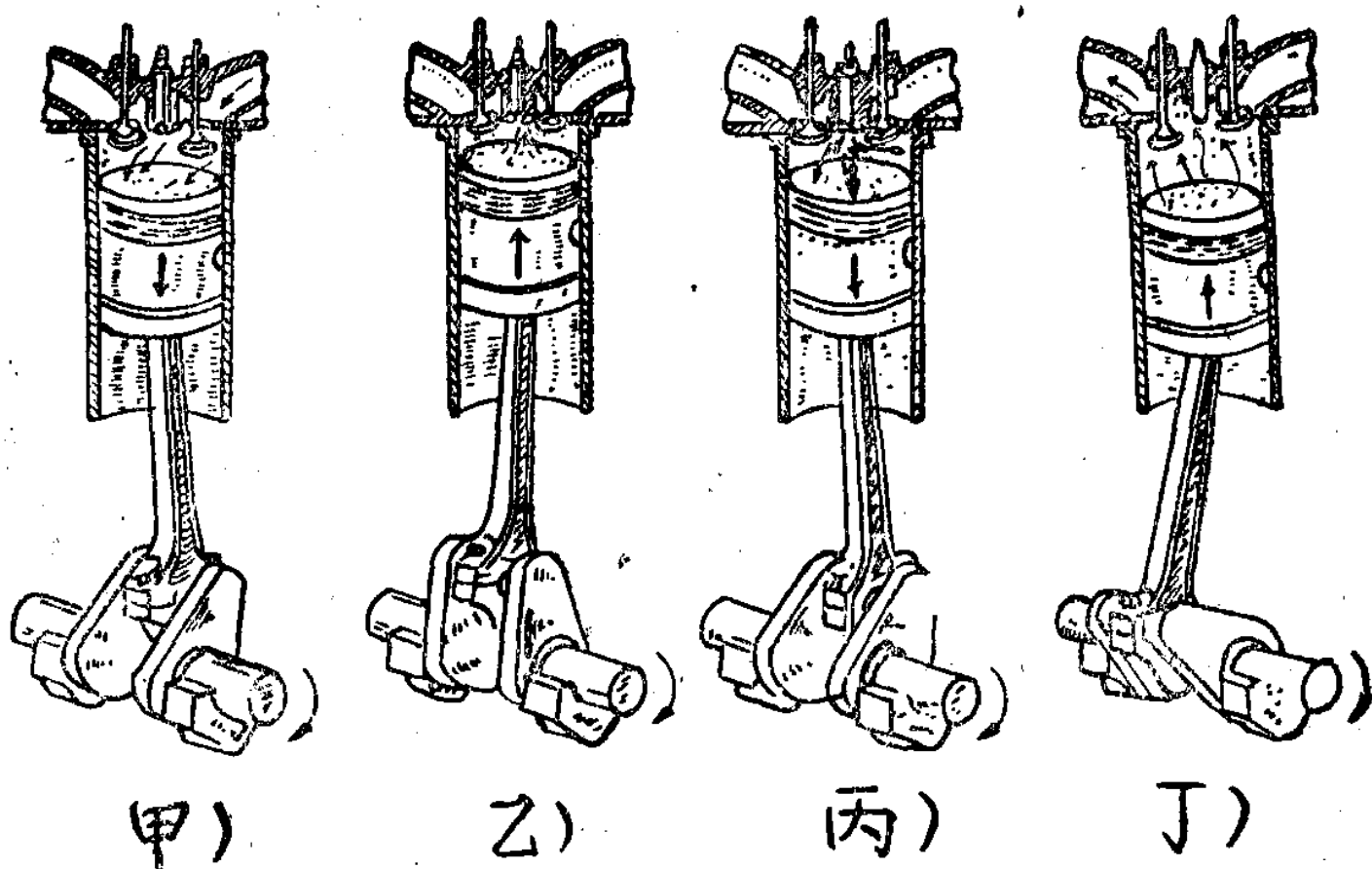


图4 四冲程柴油机工作原理图

(二) 压缩冲程(图 4 乙):

进气门关闭后,活塞从下死点上行,这时气缸内的空气,因气门都完全关闭被上行的活塞压缩,随着气体体积逐渐缩小,空气的温度和压力便迅速增高。由于柴油机不用电火花点火,而是利用压缩終了时气体的高温使喷入缸内的柴油自燃。故为创造良好的燃烧条件,发动机的压缩比很高,通常约为12—20,压缩終了气缸内的压力可达30—50公斤/厘米²,温度约为500—700°C。

(三) 工作冲程(图 4 丙):

当压缩冲程结束,活塞到达上死点附近时,喷油嘴开始向气缸喷油,由于喷入的柴油是雾状的,一遇到高温的空气便马上被点燃燃烧,燃油燃烧后,气缸内压力和温度均急剧上升,压力可高达60—100公斤/厘米²,温度约1900—2300°C,高温高压的燃烧产物膨胀后,便猛烈地推动活塞向下死点运动。

(四) 排气冲程(图 4 丁):

工作冲程将活塞推到下死点附近时,排气门被顶开,同时活塞又开始向上死点方向运动,于是废气便排出气缸。柴油机的这个冲程与煤气机、汽油机无多大区别。

第三节 二冲程内燃机的工作过程

二冲程内燃机通常有燃用柴油的和燃用汽油的二种。因为在排灌机械上很少接触到这种动力,所以这里我们只简单地介绍一下它的工作过程(见图 5):

(一) 第一冲程: 燃烧——膨胀——排气——换气

当活塞位于上死点时(图 5 甲),被压缩的混合气或纯净空气(柴油机),由电火花点燃或喷入柴油点燃,燃料燃烧后,气缸内压力和温度急剧上升,燃烧产物膨胀推动活塞迅速向下死点方向运动。当活塞下行到接近下死点时,排气口 8 被打开(图 5 乙),压力很高的废气经排气口排出缸外;活塞再继续下行时,扫气口 2 也接着被打开,这时,已经在曲轴

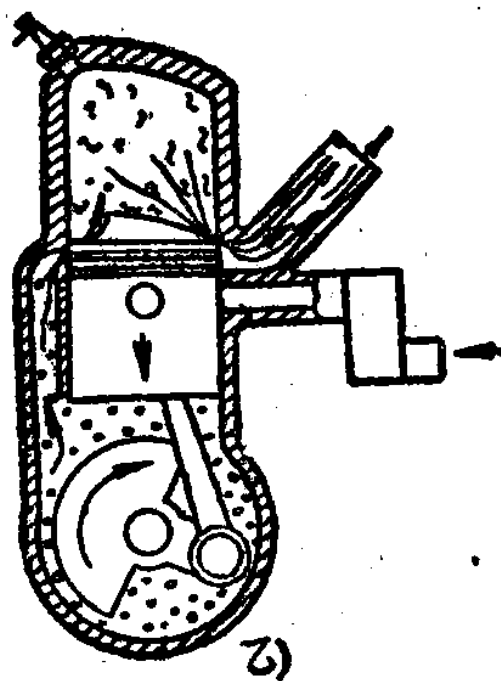
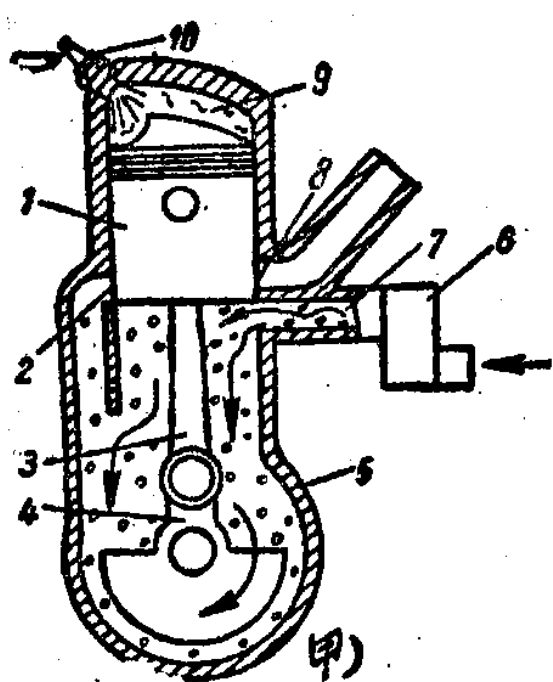


图5 二冲程内燃机工作原理图

箱内准备好了的混合气或空气便经扫气口压入气缸（因活塞下行时，曲轴箱的容积缩小，箱中气体由于受到压缩而具有一定的压力），进入气缸中的混合气或空气，一方面帮助扫除气缸

中未排尽的残余废气，同时，又充满气缸。此时可燃混合气或空气的一部分可能随同废气跑出。

二冲程内燃机的活塞形状往往较特殊，如图示活塞的头部为凸形，它的作用是为了在换气时使新鲜气体先冲向上方，然后再回流向下，驱出废气。以避免新鲜气体从排气孔过多逸出或与废气相混。

（二）第二冲程：压缩

当活塞由下死点向上运动时，在一段时间内，换气还在继续进行，直到扫气口和排气口全部关闭时才终止。换气终止后，活塞便开始压缩工作混合气或空气，直到走到上死点时止。

在活塞上行的同时，曲轴箱由于容积增加，产生压力降，进气口7开放，使可燃混合气或空气充入曲轴箱，以备下一个工作循环用。

从上面讲的工作过程中可看出，在二冲程内燃机中，活塞每二个冲程或曲轴每转一转即完成一个工作循环。在活塞每一个下行的冲程中，依次发生工作、排气以及可燃混合气和空气充入气缸。在第二个活塞冲程中，进行工作混合气或空气的压缩，并使可燃混合气或空气充入曲轴箱。

由于二冲程内燃机只有一个活塞冲程为纯粹的辅助冲程，因此它消耗的能量较小。一台与四冲程柴油机有同样大小和同样转速的二冲程柴