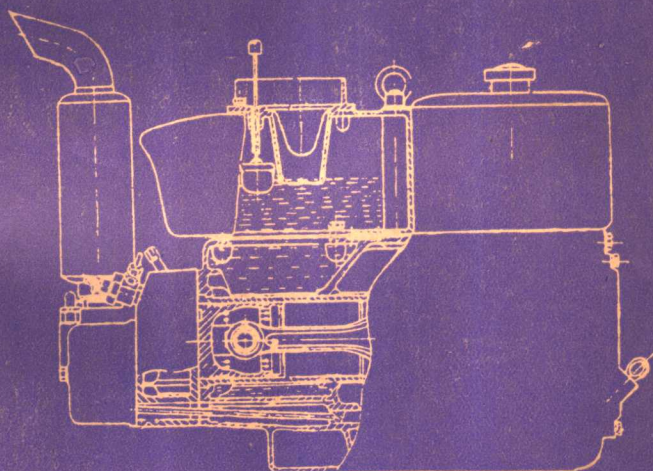


农用内燃机的构造与使用

江苏工学院 申屠淼 编



上海科学技术出版社

农用内燃机的构造与使用

江苏工学院 申屠森 编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

排灌机械是农业机械化的主要机械。为了帮助机电排灌战线上的同志掌握基本原理和使用技术,更好地管好、用好现有机电排灌设备,特地分机、电、泵三个组成部分,编著三个分册出版。以实用为主,理论计算为辅。

本书是其中的一个农用内燃机分册,以柴油机为主,系统地介绍了各种农用柴油机的构造、工作原理、使用保养和故障排除等内容。特点是文字通俗,切合实用,主体图多,清晰易懂,并附有很多实用数据表,可供参考应用。

本书可供农用内燃机机手、农机工人、农机厂修理工人和有关的技术人员参考,并可作为这方面的培训教材。

封面设计 蒋文立

农用内燃机的构造与使用

江苏学院 申屠霖 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 江苏扬州印刷厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 5.5 字数 141,000

1983年8月第1版 1983年8月第1次印刷

印数: 1—13,000

统一书号: 16119 790 定价: (科四) 0.64元

前 言

内燃机是一种动力机械,它可以与多种工作机械配套使用。

解放三十余年来,我国内燃机的研究、生产与使用方面,突飞猛进。据1976年不完全统计,我国内燃机的年产量已近三千万马力。不仅已形成我国内燃机生产的工业体系,而且还自行设计、制造出一批适合我国使用特点的内燃机产品,广泛地应用于交通运输与农业生产等方面。

现在,我国农村中内燃机的使用量数以百万计,如何用好、管好这些内燃机,是一个非常突出和具有重要意义的问题。作者有鉴于此,故着手编写了这本书,根据我国农村中大部分使用中小型柴油机的特点,即以此为主要叙述对象。

为了满足农村读者的需要,所以本书内容力求理论联系实际,深入浅出,插图大部分采用立体图,图文对照,通俗易懂,帮助初学者入门,使已有初步实践经验者能进一步提高。本书可供农村内燃机司机手、修理工以及有关的管理人员参考。

在编写过程中,曾得到江苏、浙江、上海等地区的有关制造厂、修理厂、农机站与基层社队等单位的大力支持与帮助,在此一并致谢。本书所引用的资料,也以江、浙、沪农村中常见的机型为主。

由于作者水平有限,实践经验更少,书中谬误之处,请广大读者批评指正。

编 者

一九八三年七月

目 录

第一章 内燃机的工作原理	1
第一节 内燃机的工作过程	1
第二节 压缩过程的作用	4
第三节 内燃机常见名词的介绍	6
第四节 评价内燃机性能的主要指标	8
第五节 内燃机的使用工况与主要特性	9
一、内燃机的使用工况	9
二、内燃机的特性	11
第六节 内燃机的公害	14
第二章 内燃机的固定件	18
第一节 气缸盖与气缸垫	18
一、气缸盖	18
二、气缸盖罩壳或气门室罩盖	20
三、气缸垫或气缸床	20
四、气缸盖螺母	21
第二节 机体	22
一、机体的结构型式	22
二、气缸体与气缸套	24
三、曲轴箱	29
第三章 内燃机的主运动件	31
第一节 活塞与活塞销	31
一、活塞的功用与结构型式	31
二、活塞与活塞销的安装	33
三、活塞销挡圈	34
四、活塞与气缸间隙的测量	34

五、活塞的更换	34
第二节 活塞环	35
一、活塞环的构造与功用	35
二、活塞环的测量与安装	39
第三节 连杆	42
第四节 曲轴、飞轮与单缸内燃机的平衡机构	44
一、曲轴与飞轮的结构和功用	44
二、曲轴、飞轮的拆装与调节	47
三、单缸内燃机的平衡机构	49
第五节 轴瓦	51
一、轴瓦的结构	51
二、轴瓦的刮配	52
三、轴瓦与轴颈间隙的测量及调整	54
第四章 配气系	55
第一节 空气滤清器	55
第二节 配气系的工作原理	57
一、配气系的分类	57
二、顶置式气门机构的构造原理	58
三、配气相位	59
第三节 配气正时的机件	59
第四节 气门机件	61
一、气门机件的组成	61
二、气门的研合	64
三、气门的装拆	65
第五节 传动机件	66
第六节 气门间隙、减压机构及其调整	68
一、气门间隙	68
二、气门间隙的调节方法	69
三、减压机构	70
第七节 配气相位的测量	70
第五章 燃油供给系	72

第一节 油箱、油管及滤清器	73
一、燃油箱	73
二、低压油管	73
三、燃油滤清器	73
四、高压油管	73
第二节 输油泵	75
第三节 高压油泵的工作原理	77
第四节 调速器的工作原理	80
第五节 喷油泵的类型与主要配件	82
一、喷油泵的主要类型	82
二、主要配件	82
第六节 单体泵	84
第七节 系列泵的简介	87
第八节 单缸柴油机的喷油泵与调速器	90
第九节 供油提前角	93
一、供油提前角的作用	93
二、供油提前角的调整机构	93
三、供油提前角的检查方法	95
第十节 喷油器	96
一、喷油器的工作原理与构造	96
二、喷油器的拆装与清洗	98
三、喷油器的检查与调试	101
第六章 润滑系与冷却系	103
第一节 润滑油	103
一、润滑油的使用	103
二、润滑油的鉴定	104
第二节 润滑系	105
第三节 机油滤清器	106
一、机油滤清器的功用与构造	106
二、机油滤清器的拆洗	110
第四节 机油泵	112

第五节 冷却系的功用	115
第六节 冷却系的类型	116
一、水冷式	116
二、风冷式	120
第七节 冷却系的使用与保养	122
第七章 电起动系	124
第一节 蓄电池的构造	125
第二节 蓄电池的使用与保养	126
第三节 蓄电池的故障	129
一、蓄电池硫化	129
二、蓄电池短路	130
第四节 蓄电池的贮放	131
一、湿存法	131
二、干存法	131
第五节 起动电机的使用与保养	131
第八章 内燃机的使用与维护及常见故障的检查与排除	137
第一节 新机的验收与启用	137
第二节 内燃机的磨合	138
第三节 维护、保养与封存	138
第四节 常见故障的检查与排除	140
一、起动困难与不能起动	140
二、柴油机运行无力,烟色异常与过热	142
三、柴油机运行中突然发生的故障	144
第五节 运行中异常音响的诊听	145
【附录】	147
附表1 内燃机名称与型号的编制规则	147
附表2 部分农用小型内燃机的简要技术规格	148
附表3 部分农用小型内燃机的主要零件配合尺寸及磨损极限	156
附表4 油料表	167

第一章 内燃机的工作原理

燃料直接在气缸内燃烧而产生动力的机器称为内燃机。根据使用燃料的不同，内燃机可分为柴油机、汽油机、煤气机等。根据传递动力的机件的结构形式的不同，又可分为往复活塞式内燃机、旋转活塞式内燃机等。

本书主要介绍农用往复活塞式柴油机。柴油机是一种动力机械，它的用途很广。柴油机在农业上的应用更加广泛，但以小型为主。由于小型柴油机结构简单、工作可靠、轻巧灵活、维修方便，深受广大农民的欢迎。诸凡手扶拖拉机、排灌水泵、小型发电机组、农副产品加工机械、小型车辆、船舶等，都以小型柴油机作为配套动力，如图 II-1-1 所示。

第一节 内燃机的工作过程

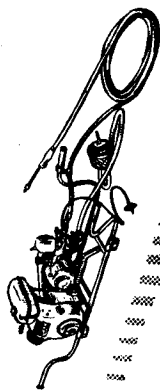
往复活塞式内燃机最基本的工作原理很象一门大炮。气缸好象是炮筒，活塞好象是弹头，而燃料就是炸药。燃料迅猛地燃烧就会形成爆炸。

要使液体燃料迅猛地燃烧，必须满足以下四个要求：

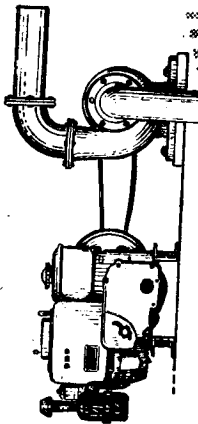
1. 必须使液体燃料汽化，变成油汽，因为液态的燃料是烧不着的；
2. 要有足够的新鲜空气，即氧气；
3. 要使油汽与新鲜空气合理地混合；
4. 必须使上述混合气处在高温、高压的状态下。

在满足了这四个条件的情况下，燃料能作一次爆炸。但是，只有使燃料在气缸内作连续的爆炸，才能使内燃机具有向外做功的

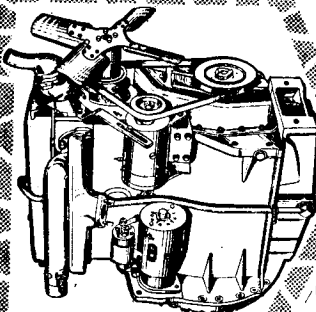
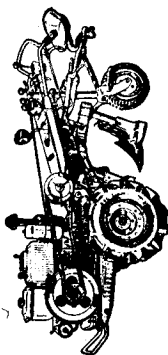
机 动 喷 雾 机



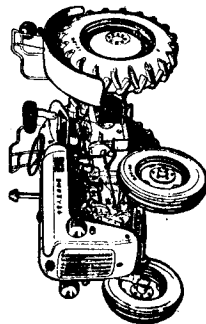
配 套 农 用 水 泵



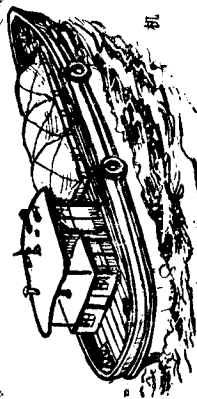
手 扶 拖 拉 机



轮 式 拖 拉 机



机 动 船



小 型 发 电 机 组

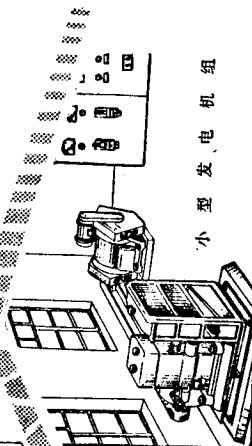
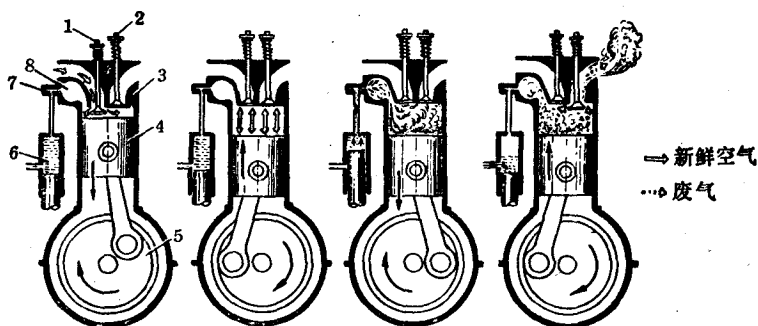


图 II-1-1 柴油机在农业上的应用

实际价值。

内燃机要连续地工作必须先把新鲜空气与燃料吸进气缸内来；再压缩空气与燃料的混合物，使它处在高温、高压的状态下进行爆炸；然后把这爆炸力传出去，带动别的机器；最后，把烧过的废气排出去，为下一次再吸进新鲜空气作好准备。这四个动作通常称为内燃机的吸气、压缩、作功、排气四个过程。用活塞的往复运动来完成这四个过程的内燃机，称为往复式内燃机。

图 II-1-2 为四冲程柴油机进行这四个过程的示意图：



a) 进气过程 b) 压缩过程 c) 燃烧与作功过程 d) 排气过程

图 II-1-2 内燃机的吸气、压缩、作功、排气四个过程

1-进气门；2-排气门；3-气缸盖；4-活塞；5-曲轴；

6-喷油泵；7-喷油器；8-燃烧室

1. 进气过程 进气门打开，排气门关闭，活塞依靠曲轴飞轮的惯性作用向下运动，把新鲜空气吸进气缸。

2. 压缩过程 进排气门都关闭，活塞依靠曲轴飞轮的惯性作用向上运动，压缩气缸内的空气。在活塞接近上止点时喷入燃料，使燃料汽化并与空气合理混合。混合气受压缩后，压力与温度都大大升高了，从而引起了爆发。

3. 作功过程 进排气门仍关闭，燃料爆发，将活塞向下推，通过曲柄连杆机构把这个爆发力变成旋转的机械力传递出去，带动别的工作机械。

4. 排气过程 进气门关闭, 排气门打开, 活塞依靠曲轴飞轮的惯性作用向上运动, 把烧过的废气排出气缸外。

上述吸、压、功、排四个过程, 合称为一个工作循环。这样周而复始地循环四个过程, 内燃机便能连续运转了。

以上所述是单缸内燃机的基本工作原理。多缸内燃机实际上是几个单缸内燃机的组合。根据不同用途的需要, 多缸内燃机可以排列成单列式、V 型、对置式等多种形式。为了减轻多缸内燃机曲轴与轴承所受的爆发冲击力, 必须有合理的发火次序。如单列式四缸内燃机的发火次序是 1—3—4—2; 单列式六缸内燃机的发火次序是 1—5—3—6—2—4。

第二节 压缩过程的作用

内燃机的每一工作循环都有吸、压、功、排四个过程。其中的压缩过程有什么作用呢?

在这个过程中气缸内的气体受到压缩, 并产生流动。气体受压缩就提高了它的温度与压力; 而气缸内气体的流动, 则对液体燃料的蒸发、汽化以及与空气合理地均匀混合都是很有利的。

柴油机在压缩终了时, 气缸内气体的温度可达 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$, 而柴油的自然温度是 400°C 左右, 这样, 依靠压缩来提高气体的温度, 柴油就能着火燃烧了。所以柴油机又称为压燃式内燃机。

汽油机在压缩终了时, 气缸内气体的温度可达 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ 。气体温度过高会使汽油产生早燃或爆震等不正常的现象。汽油机是用电火花来点火的, 所以汽油机又称为点燃式内燃机。

我们知道, 把火药摊开点火, 火药着火, 但不爆炸; 如把火药紧紧地塞在爆竹里, 点着后便会使爆竹爆炸。这是因为火药塞紧后燃烧更迅猛了, 同时产生急剧的体积膨胀, 形成有力的爆发。所以, 在内燃机中为使燃料燃烧迅速, 爆发有力, 以及作功过程中膨胀充分, 不论是压燃式的柴油机还是点燃式的汽油机, 都必须有压缩过程。

为什么气体受压缩后温度会升高呢？

我们知道，物质是由分子组成的，例如新鲜空气就是由氧、氮等分子组成的。分子永远不停地杂乱地运动着。分子很小又很多，因此人的感觉器官不能直接察觉单个分子的存在，但是人的感觉器官能够直接感受到大量分子的存在。压力与温度便是大量气体分子杂乱运动的集体表现。气体的压力就是气体的分子对容器壁面不断碰撞的结果，是气体分子碰撞力的宏观表现。温度是分子运动激烈程度的集体反映。如果气体分子的运动很激烈，气体的温度就高；如果气体分子的运动比较缓慢，则气体的温度就低。

分子之间都有空隙，尤其是气体分子之间的空隙，要比液体、固体分子之间的空隙大得多。所以气体是比较容易改变体积的。当气体在容器内受压缩时，体积变化，分子间的空隙也变小，分子间相互碰撞的机会也就增多，于是分子运动就比原来体积大时激烈，温度也就升高了。越是把气体的体积压缩得小，气体分子的运动就越激烈，温度就越高。把常温下的气体压缩到原来容积的 $1/16$ 左右，气体的温度就可以升高到 600°C 左右。

在压缩过程中，一方面气体由于受压缩，温度在升高；同时另一方面，气体也在通过气缸、活塞等机件的壁面把热量散发掉。在同样压缩比的情况下，外界温度不同，转速不同，压缩终了时的气体温度是不同的。转速低，气体通过机件壁面传出热量的时间就长，压缩过程中损失的热量多，压缩终了时的温度就低。因此，如果天气太冷或起动转速太低，压缩终了时的温度就低，起动就困难或运转不稳。

如果在压缩过程中有气体泄漏，被压缩的气体数量减少了，同样使压缩终了时的气体的温度与压力降低，从而使起动困难或运转不稳。

第三节 内燃机常见名词的介绍

图 II-1-3 是内燃机曲柄连杆机构主要位置的示意图。

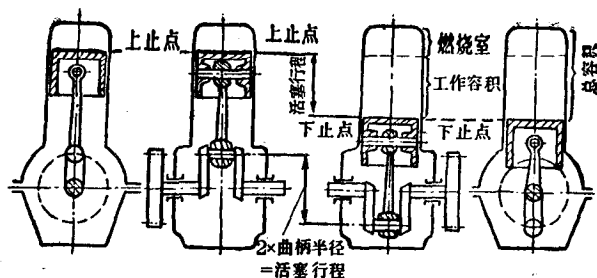


图 II-1-3 曲柄连杆机构主要位置图

上止点与下止点 活塞在往复运动中最接近气缸盖时，活塞所在的位置叫上止点；最远离气缸盖时，活塞所在的位置叫下止点。

行程 上、下止点间的距离叫活塞行程，简称行程，也叫冲程。

缸径 气缸筒内的直径叫气缸内径，简称缸径。

排量 活塞在上、下止点间扫过的容积称工作容积，也称活塞排量，简称排量。多缸内燃机各缸排量的总和称总排量。

余隙容积 活塞在上止点时，活塞顶面与气缸盖底面之间的间隙称余隙；余隙占有的容积称余隙容积。

压缩室容积 活塞在压缩上止点时，活塞与气缸盖所包含的全部互相沟通的容积。

总容积 等于活塞工作容积加压缩室容积。

压缩比 压缩过程中，气缸内气体的容积被缩小的倍数，它等于总容积除以压缩室容积。一般柴油机的压缩比为 14~22；而一般汽油机的压缩比为 5~8。

功率 单位时间内所作的功称功率。它的值反映了内燃机做功的能力，它与内燃机单位时间内爆发作功的次数有关，所以功率与转速成正比。在工程制单位中功率的单位是马力。1 秒钟内将 75 公斤重的物体举高 1 米，称为 1 马力。国际单位制中功率的单位是瓦，1 瓦 = 1.36 马力。

扭矩 内燃机曲轴输出的扭力矩，它反映了内燃机克服阻力的能力。它的值是每一次爆发力的平均值有关，而与爆发次数

无关。所以扭矩的大小与转速无关，它的单位是公斤·米。

比燃油消耗量 简称比油耗。是指以 1 马力功率运转 1 小时所消耗的燃油克数，单位是克/马力小时。

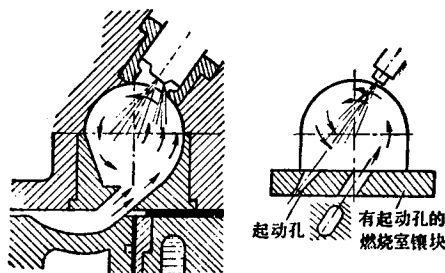
四冲程发动机 吸气、压缩、做功、排气四个过程是活塞在气缸内走四个行程才完成的，称四冲程发动机。这种发动机曲轴每转两转才爆发一次。

二冲程发动机 吸、压、功、排四个过程是活塞在气缸内走两个行程就完成的，称二冲程发动机。这种发动机曲轴每转一圈就爆发一次。

开式燃烧室 又称直接喷射式或统一式燃烧室，它的特点是在活塞顶上有一个大敞口的凹入容积，依靠多孔喷油嘴将柴油均匀地喷撒在整个燃烧室内。有一些燃烧室在活塞顶上虽然也有一个凹入的容积，但入口处有明显的缩小，有时也称这一类燃烧室为半分开式燃烧室。它们常常以凹坑的形状来命名，如 ω （欧米嘎）形、球形、四方形等燃烧室。

分开式燃烧室 这种燃烧室分成二部分，一部分在活塞顶上，称主燃烧室；另一部分在气缸盖内，称辅助燃烧室。分开式燃烧室以辅助燃烧室的特点来命名，较常见的是涡流室与预燃室以及介于二者之间的预燃涡流室（或称预涡室）。

涡流室的容积为压缩容积的 50~80%，一般只有一个通道与主燃烧室相通。经过通道进入涡流室的气流，形成强烈的、有规则



a) 镶块结构 b) 镶板结构

图 II-1-4 两种涡流室燃烧室

的涡流(图 II-1-4)。

预燃室容积比涡流室小,为压缩容积的 25~40%。与主燃烧室相通的通道数目一般在三孔以上。经过这些通道进入预燃室的气流,形成强烈的不规则的紊流(图 II-1-5)。

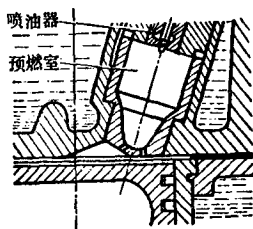


图 II-1-5 预燃室燃烧室

第四节 评价内燃机性能的主要指标

在内燃机的标牌和说明书上看到的功率 N_e , 转速 n , 比油耗 g_e 等项目,是粗略评价内燃机的动力性与经济性的主要指标。

一台内燃机不可能长期在它所能发出的最大功率情况下工作,因为那样会很快引起机件早期损坏,缩短内燃机的使用寿命。所以内燃机的使用功率不能标定得太高,但也不能标定得太低,因为这样会限制了内燃机动力的充分利用,例如某些工作机械(如汽车等),它的最大功率的使用仅在很短一段时间内。因此,1974 年颁发的国家标准 GB1105—74 规定,内燃机铭牌功率的名称和定义,应根据其用途和使用特点来区分。

一般分为下列四种:

1. 15 分钟功率 为内燃机允许连续运转 15 分钟的最大有效功率。

适用于汽车、摩托车、摩托艇等功率标定。

2. 1 小时功率 为内燃机允许连续运转 1 小时的最大有效功率。

适用于工业用拖拉机、工程机械、内燃机车、船舶等功率标定。

3. 12 小时功率 为内燃机允许连续运转 12 小时的最大有效功率。

适用于农业用拖拉机、农业排灌、内燃机车、内河船舶等功率标定。

4. 持续功率 为内燃机允许长期连续运转的最大有效功率。适用于农业排灌、船舶、电站等功率标定。

在标定任一功率时，必须同时标定出相应的转速。

试验测定标定功率时，内燃机应装有本身正常运转时所必须的全部附件。

一般内燃机铭牌上都标有上述四种功率中的 1~2 种功率及其相应的转速。根据它的功率标定情况，我们便可以初步知道这种内燃机的主要用途。

过去出厂的内燃机的铭牌上，是应用“额定功率”这一名称的。对于大部分农用柴油机，过去所称的额定功率大体相当于现在国标定的 12 小时功率；它的 90% 大体相当于持续功率；它的 110% 大体相当于 1 小时功率。

第五节 内燃机的使用工况与主要特性

一、内燃机的使用工况

内燃机是一种动力机械，它只有与工作机械配合，如带动水泵、发电机、螺旋桨、汽车等时，才能在生产中起实际的作用。内燃机与工作机械配合时所发出的功率 Ne 与曲轴转速 n 表示了它们的工作状况，称为工况。

与内燃机相配的工作机械种类极多，也各有其特性。根据它们在工作时所需要的功率 Ne 随转速 n 变化的情况，大致可以分为三类：

(一) 要求转速保持不变的工作机械 如水泵、发电机、压气机等。如图 II-1-6 所示，用 $Ne-n$ 坐标来表示，这种工况表现为一条垂直于 n 轴的直线；即表示这些机械在工作时转速不变，而所需功