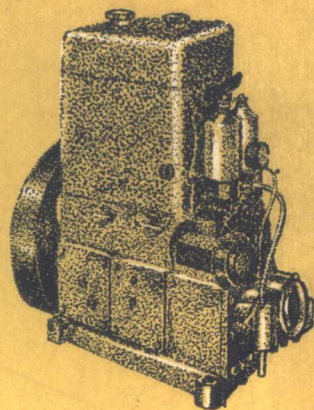


宋苏民 姚家杰 編



农用内燃机

农村机电工人培训教材

农 用 内 燃 机

宋苏民 姚家杰 编

馮 汉 民 校訂

中国工业出版社

本书首先介绍农用内燃机的基本知识，然后叙述内燃机的燃料、主要零部件、配气机构和进排气系统、燃料供给系统和辅助系统等。最后介绍各种内燃机的使用和保养，常见故障的分析和处理，以及内燃机的特性。

本书是“农村机电工人培训教材”中的一册，可作县和公社级的机工训练班教材。对农村原有机工和希望学习内燃机知识的读者，也可作为自学进修的读物。

农村机电工人培训教材

农用内燃机

宋苏民 姚家杰 编

冯汉民 校订

*

水利电力部办公厅图书编辑部编辑（北京阜外月坛南街5号）

中国工业出版社出版（北京住棚胡同西10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $7\frac{1}{16}$ ·字数149,000

1965年12月北京第一版·1965年12月北京第一次印刷

印数0001—80,120·定价(科二)0.55元

*

统一书号：K 15165·4284(水电-586)

农村机电工人培訓教材出版說明

这套农村机电工人培訓教材，是为培訓县和公社级的电工、机手編写的；同时，对要求提高技术水平的原有农村机电工人，以及希望学习机电技术的农村知識青年，也可作为自学进修的讀物。

这套教材是按农村目前常用的主要机电設備分冊，現在先出版下列各冊，以后将根据需要，陸續編写新冊出版。

1. 电工基础
2. 农村架空輸配電綫路的架設
3. 农村架空輸配電綫路的运行和維修
4. 变压器和开关設備
5. 电动机和起動設備
6. 电气测量和电工仪表
7. 屋內布綫和民用电器
8. 农村供用电安全技术
9. 农用水泵
10. 农用內燃机

編写各冊教材时，考虑了讀者对象的特点，尽量做到条理清楚，解說詳透，文字通俗，插图丰富。使具有高小毕业或初中文化水平的讀者，在学完“电工基础”一冊以后，都容易接受。

这套教材的內容，是根据大多数地区农村的电力应用范围，現有設備情况，以及讀者对象的工作需要来選擇材料和

IV

确定标高的。编写时以理論結合实际、解决问题为原则，对农村供用电設備和排灌机具的构造、安装、运行和維修作了系統的叙述，以帮助讀者掌握技能，担任具体工作；同时又介绍了必要的浅显理論知識，使讀者明了各项具体操作規定的原因，从而提高理性認識，巩固所学技术，并为今后深入学习打下基础。

鉴于目前各地农村所用机电設備类型复杂，教材中对常見的各型設備都作了适当的介绍。书中层次清楚，段落分明，讀者可按当地設備情况和自己的需要刪减选学。

由于这种成套教材是初次出版，調查研究工作不夠深入，可能存在不少缺点，难以滿足讀者的要求。誠懇希望对各册教材的安排和书中的具体問題提出寶貴的意見，寄北京水利电力部办公厅图书編輯部，以便重版时修訂补充。

1965年9月

目 录

农村机电工人培训教材出版说明

第一章 內燃机基本知識	1
第一节 概述	1
第二节 四冲程內燃机的工作原理	3
第三节 內燃机的分类	7
第四节 內燃机的主要参数和技术經濟指标	8
第二章 內燃机的燃料	11
第一节 概述	11
第二节 汽油	12
第三节 柴油	14
第四节 煤气发生炉用燃料	16
第三章 內燃机的主要零部件	19
第一节 曲柄連杆机构	19
第二节 固定零件	36
第四章 配气机构和进排气系統	46
第一节 配气机构概述和分类	46
第二节 气閥組	49
第三节 气閥的驱动零件	52
第四节 配气相图和点火(噴油)提前	57
第五节 进排气系統	60
第五章 燃料供給系統	64
第一节 柴油机的燃料供給系統和可燃混合气的形成	64
第二节 汽油机的燃料供給系統和可燃混合气的形成	86
第三节 煤气机的燃料供給	98

VI

第六章 內燃机的輔助系統	110
第一节 冷却系統	110
第二节 潤滑系統	117
第三节 点火系統	127
第四节 起动設備与充电設備	142
第五节 內燃机电气設備总线路图	150
第六节 調速裝置	152
第七章 內燃机的使用和保养	156
第一节 常用內燃机的系列	156
第二节 內燃机的选型	158
第三节 传动裝置	160
第四节 內燃机的安裝	164
第五节 柴油机的运行	165
第六节 煤气机的运行	168
第七节 汽油机的运行	172
第八节 內燃机的保养	172
第八章 內燃机常見故障的分析与处理	195
第一节 柴油机的故障分析与处理	195
第二节 煤气机的故障分析与处理	203
第三节 汽油机的故障分析与处理	208
第四节 充电发电机的故障分析与处理	209
第五节 起动电动机的故障分析与处理	210
第九章 內燃机的特性	213
第一节 負荷特性	213
第二节 速度特性	216
第三节 調速特性	218

第一章 內燃机基本知識

第一节 概 述

內燃机是一种将热能变为机械功的机器。热能如何能变为机械功呢？要回答这个问题，让我们先举一个生活中常见的例子。比如当向热水瓶冲开水没有完全冲满时，即使将瓶塞塞得很紧，瓶塞仍会被热气冲起来。这是因为被瓶塞密封在水瓶中的一部分空气受到热开水的加热，温度升高，体积膨胀，也就是说开水的一部分热量传给了空气，使瓶内空气压力提高，将瓶塞顶出。在工程实际中就利用这种现象来制造机器。如图 1-1 中，在一个带底的圆筒中（常称为气缸）放入一个可以移动的圆柱体（常称为活塞），

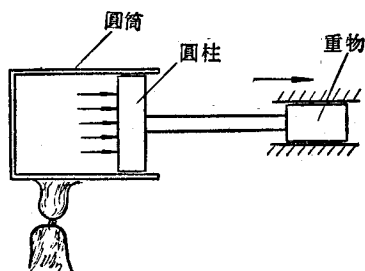


图 1-1 将热能变为机械功的简单机器

再加热其中的气体，气体就会膨胀，将活塞向筒外推开，也就将与活塞连在一起的重物推向右方，这个简单的机器使重物作了直线运动，而热能就变成了机械功。如果我们再装上一套曲柄连杆机构，就可将直线运动变成旋转运动。如图 1-2，其中有一个形状象 J 形的轴，称为曲轴，它的左右二端放在轴承上。另有一个连

杆，它的一头套在曲軸中間軸頸上（称为連杆軸頸），另一头利用活塞銷和活塞連在一起，这样它們就連在一起互相帶动，这套机构称为曲柄連杆机构。当活塞上面气体膨胀推动活塞向下运动时，就会帶动連杆向下，因而推动曲軸在軸承中旋轉，得到我們要求的旋轉运动。

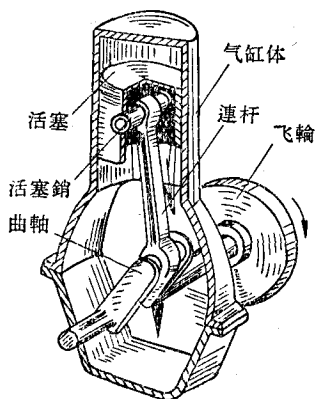


图 1-2 曲柄連杆机构

这种利用热能轉化为机械功的机器，总称为热力发动机（简称热机）。热机又可分为內燃机和外燃机。如果先在炉子中将气体加热，提高它的溫度和压力，然后再通入气缸中膨胀作功，这就是外燃机，例如鍋駝机。如果将燃料（如柴油或煤气）和空气直接通入气缸，让燃料在气缸內燃烧，得

到溫度、压力都很高的气体（即燃烧后的烟气），利用烟气在气缸內膨胀推动活塞下移，帶动曲軸旋轉，这就是往复活塞式內燃机，简称內燃机。

內燃机在工业、农业、交通運輸和其他国民經济各部門中都用得很多，例如汽車、拖拉机中都毫无例外地采用內燃机作为动力。在农业上为了和自然灾害做斗争，爭取农业丰收，一方面大力兴修水利，同时还积极发展机械排灌。由于內燃机体积小，机身輕，便于搬运，机动灵活，不受电网限制，所以它在移动式抽水装置中用得較广。排灌用的內燃机馬力数近年有很大的增长，今后还将得到进一步发展。

第二节 四冲程内燃机的工作原理

内燃机是将燃料直接在气缸内燃烧，利用燃烧烟气膨胀做功的机器。为了使内燃机能连续工作，必须将已燃烧的烟气排出，重新将燃料和空气通入，再进行第二次燃烧。因此内燃机工作是间断的，吸进新鲜空气和燃料、燃烧排出烟气是重复进行的，也就是说它是由吸气、压缩、燃烧膨胀、排气四个过程组成的。

在内燃机中这四个过程可以在活塞上下二次中完成，这时活塞走过四个冲程，所以叫四冲程内燃机。所谓冲程是指活塞在距曲轴中心最远的位置（称为上止点）和距曲轴中心最近的位置（称为下止点）之间的距离，活塞从上止点走到下止点或从下止点走到上止点叫做走过一个冲程。有的内燃机中上述四个过程在活塞上下一次（二个冲程）中完成，这就称为二冲程内燃机。

对于各种四冲程内燃机来说，由于所用燃料不同，四个过程进行情况也有一定差别：在汽油机和煤气机中，是先将汽油或煤气和空气在气缸外边混合好再一起通入气缸，并用电火花来将混合气体点火燃烧；在柴油机中，是先单独的将空气通入气缸，再在压缩过程终了将柴油喷到气缸里，利用受压空气的高温使燃料自己着火燃烧。

四冲程内燃机的四个过程进行情况如下（图1-3）：

一、进气冲程 对汽油机和煤气机，这是气缸吸进新鲜空气和燃料混合气的过程，在柴油机中，在这个冲程内只是吸进新鲜空气。内燃机这时依靠曲轴飞轮的转动惯性，通过连杆带动活塞从上止点走向下止点，气缸中容积随活塞下移不断增大，气缸中压力下降产生吸气作用。这时进气阀门开

启，新鲜气体便通过进气阀吸到气缸中。当活塞走到下止点，进气阀关闭，进气过程结束。在进气过程中排气阀门是关闭的。

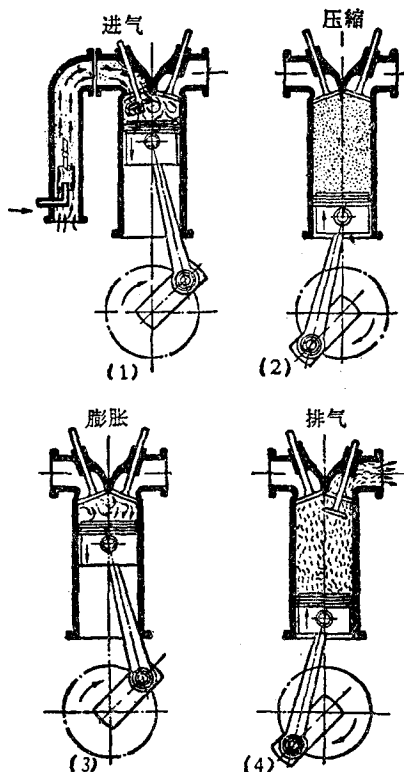


图 1-3 四冲程内燃机工作原理图

进气结束后，进排气阀都关闭着，活塞依靠曲轴转动惯性带着从下止点移向上止点。这样气缸容积不断减小，气体被压缩，气体的温度和压力不断提高。在压缩冲程終了，活塞走到上止点，气缸内的温度和压力都达到很高数值。在柴油机中由于压缩程度很大，气体的温度和压力更高，柴油机中也正是利用这样高的温度和压力才能保证柴油自己着火燃烧。

由于进气过程中，气体流入受到一定阻力，进入气缸的气体的压力要比外界大气压力低一些。又由于进入的气体受到高温零件加热，并和气缸中未排净的烟气混合，使得进入气体的温度升高，大于外界大气的温度。

二、压缩冲程

进气结束后，进排气阀都关闭着，活塞依靠曲轴转动惯性带着从下止点移向上止点。这样气缸容积不断减小，气体被压缩，气体的温度和压力不断提高。在压缩

三、燃烧膨胀冲程 压缩冲程終了，活塞接近上止点时，燃料便开始燃烧。在汽油机和煤气机中，这时装在气缸頂上的火花塞进行跳火，将空气和燃料的混合气点燃。在柴油机中，这时将柴油噴入气缸，柴油在高温受压空气作用下自己烧起来。

气缸内燃料烧起来以后发出大量热量，气缸内气体的温度和压力大大升高，烟气开始膨胀。因为这时进、排气阀仍关闭着，烟气便推动活塞向下运动，通过连杆带动曲轴旋轉。这时内燃机才真正对外做功。随着活塞向下运动，气缸容积不断增大，压力、温度也不断降低。当活塞走到下止点时排气阀开启，膨胀过程結束。

四、排气冲程 活塞走到下止点，排气阀开启，曲轴繼續旋轉带动活塞从下止点走向上止点，气缸中的烟气被活塞推挤通过排气阀流入外界大气中。

当活塞走到上止点，排气阀关闭，排气过程結束，进气阀开启，开始新的一次进气过程。这样繼續下去，内燃机就能連續運轉。

这四个过程合起来称为一个循环。由上面讲的可知，内燃机在一个循环中只有膨胀冲程才对外做功，而其他三个冲程都是由曲轴轉动惯性带动，它不但不做功，反而还消耗一部分曲轴的旋轉能量。

通常内燃机有几个气缸（二个、三个……等）。采用多缸内燃机除可以增大单机馬力外，更主要的还有下边二个原因：

一、增加发动机運轉的平稳性 四冲程内燃机在工作时只有膨胀冲程才真正做功，即曲轴轉过二轉中只有一个冲程对外做功，其余三个冲程反要消耗一部分曲轴轉动能量，这

样內燃机轉动便是时快时慢，運轉不均匀。因而要求在內燃机上装一个很大的飞輪，让飞輪一起轉动，利用飞輪积蓄能量的作用，使內燃机轉速波动小些。

当采用多个气缸时，各缸隔开一定時間輪流进行点火燃烧。如四缸四冲程內燃机中第一缸点火后，等曲軸轉过半轉第二缸再点火，再轉过半轉又有另一缸点火，依次类推。即在第一缸二次点火中間（曲軸轉过 720° ）插入其他各缸的点火。这样，对四缸四冲程內燃机來說，曲軸每轉过半轉便有一次对外做功的冲程，由于做功次数的增多，曲軸的轉速就平稳得多了。当缸数越多，內燃机对外功更为頻繁，轉速就越平稳，要求的飞輪也可小些。

二、改善了內燃机的平衡性 为了弄清这个問題，先說明两个現象：第一，当一个物体做直线运动时，我們要它停下来或改变运动速度和方向，就必须要用一定的力来拉住它，同时这物体也有一个反作用力作用到拉它的物体上；第二，当我們將一个小球用绳子系住在空中轉动，則必須要有一个力拉住绳子，同时小球也有一个反作用力作用到拉它的手上。在內燃机中活塞上下运动，运动速度和方向都在改变，这时必須有連杆来拉住它，因而連杆也受到反作用力的作用（这力称为往复慣性力），連杆受的力一直传到地基上。此外，曲軸轉动也須要力来拉住它，所以主軸承上也受到反作用力的作用（这力称为离心力），这力也传到地基上。这二个力的大小、方向都是在变化的，它們就会引起內燃机工作中的振动。

在多缸內燃机中由于曲柄錯开排列，即不布置在一个平面上，使得各缸的慣性力和离心力可相互抵消一部分。如在两缸內燃机中，两个曲柄是布置成一个向上，一个向下，这

时两个气缸的力正好相反，互相抵消，这样就沒有不平衡的力传到地基。

在多缸內燃机中，各缸交替发火燃烧。为了使曲軸工作更均衡，各缸发火相隔的角度应该均匀相同，所以曲軸的各个曲柄錯开的角度也应均匀相同。

在多缸內燃机中的发火，并不是从一端向另一端順次进行。为了发动机零件受力均匀，应该尽量避免相邻二缸接連发火，也就是希望一缸发火后能在相距較远的气缸接着发火。按照发火順序将气缸編号写出，便称为內燃机的发火次序。如四缸四冲程內燃机的发火次序为1—2—4—3，即先在第一缸发火，然后依次第二、第四、第三缸发火。又如六缸四冲程內燃机的发火次序是1—5—3—6—2—4。

第三节 內燃机的分类

內燃机的种类很多，按照不同出发点有不同的分类方法。一般常見的分类方法如下：

一、按照所用燃料来分：有柴油机、汽油机、煤气机……等。

二、按实现一个循环所需工作冲程数来分：有四冲程內燃机、二冲程內燃机。

三、按可燃混合气形成方法来分：

1. 外部形成混合气的內燃机 如汽油机、煤气机，燃料和空气是先混合好后再通入气缸。

2. 内部形成混合气的內燃机 如柴油机，燃料是在压缩冲程終了噴入气缸，在气缸內和空气混合。

四、按气缸中可燃混合气发火的方法来分：

1. 电火花点火式 它是利用高压电在火花塞間隙中跳

火，将混合气点燃，如汽油机、煤气机。

2. 压燃式 它利用压缩终了的高温气体来使燃料自行着火，如柴油机。

3. 烧球式 它利用气缸盖中的一个高温零件(称为烧球)来使燃料着火。这时柴油直接喷在烧球的内表面上。

五、按气缸数目来分：有单缸机、二缸机、三缸机……等。

六、按气缸布置方式来分：有立式、卧式等。

七、按冷却方式来分：有水冷的、气冷的(用空气冷却)。

八、按用途来分：

1. 固定式内燃机 这名称的意思并不是内燃机装置固定不动，而是表示它的转速保持不变。排灌用的内燃机就属于这一类。对这类发动机的要求是经济性好，燃油消耗量小，坚固耐用，使用寿命长，而单位马力重量一般可以大一些。

2. 船用内燃机 它用来驱动船舶螺旋桨。

3. 汽车拖拉机内燃机 它用在汽车、拖拉机、坦克上。

其他还有用来驱动火车头的机车内燃机和飞机上用的航空发动机。

九、柴油机还可按燃烧室形式分为直接喷射式(统一室)、涡流室式、预燃室式等几种。

第四节 内燃机的主要参数和技术经济指标

内燃机的基本参数和指标，是衡量内燃机的结构和工作情况的依据，它包括结构参数和工作指标。

结构参数

1. 气缸直径 D (毫米) 我国内燃机编号也以气缸直径

为依据。內燃机型号中第一个数字表示气缸数目，后几个数字表示气缸直径，如2105表示二缸，气缸直径是105毫米。

2. 气缸工作容积（又称气缸排量）它是活塞从上止点走到下止点时扫过的容积。气缸工作容积越大，則在其他条件一样时，可以吸进更多的气体，也就可以发出更多的功率。

3. 压缩比 ε 它是一个重要的结构参数，表示气体在气缸中被压缩的程度。

$$\varepsilon = \frac{\text{活塞在下止点时气缸的总容积}}{\text{活塞在上止点时燃烧室的容积}},$$

式中气缸总容积等于气缸排量加上燃烧室的容积。压缩比越大，气体压缩得越厉害，压缩后的温度和压力也越大，內燃机工作也就越经济。柴油中为了保证柴油自己着火，需要较高的温度，其压缩比在14~18范围内。汽油机和煤气机中为了防止爆燃，压缩比就取得较低，一般汽油机的压缩比在6~9范围中，煤气机的压缩比在8~10范围内。

工作指标

1. 有效功率 N 。它是內燃机軸上输出的功率，也就是带动工作机(如水泵)的功率。內燃机名牌上的馬力数就是在正常运转情况下，在额定转速时可以获得的有效功率。

2. 转速 n 它表示內燃机每分钟的转数，转速增高，每分钟做功的次数增多，发出的功率也增大。內燃机发出的功率是和转速大小有关。所以在运行中应该将內燃机开到名牌上规定的转速，否则发出的功率就达不到规定值。

3. 有效油耗量 g 。这个概念适用于汽油机和柴油机。它是每一匹有效馬力在每小时内消耗的燃料量，单位是克/馬力·小时。对液体燃料的內燃机讲，油耗量越小，表示內燃机工作越经济。

另外还有一些評定內燃机的結構参数和工作指标，这里不詳細介紹。

复 习 題

1. 什么是內燃机？
2. 怎样把往复直线运动变为旋轉运动？
3. 試說明四冲程內燃机中各个过程是如何进行的。
4. 多缸发动机有什么优点？为什么？
5. 解释名詞：活塞的上止点和下止点，冲程，发火次序，燃烧室，压缩比，有效功率，油耗量。