

柴油机的结构与使用

甘肃人民出版社

出版说明

在伟大领袖毛主席关于“农业的根本出路在于机械化”的光辉思想指引下，我省的农业机械化事业正在蓬勃发展。特别是经过史无前例的无产阶级文化大革命，加快了农业机械化的步伐，广大农村的柴油机不断增加，新的柴油机源源送到贫下中农手里，有力支援了“农业学大寨”的群众运动。为了适应农业机械化发展的大好形势和满足农村机务人员的需要，管好、用好柴油机，充分发挥机器的效用，我们组织编写了这本《柴油机的结构与使用》一书，以供农村柴油机手、拖拉机手和机务人员、柴油机制造厂和农机修理厂的青年工人、农机管理干部等在实践中参考。

这本书以介绍我省农村常见的中小型高速柴油机为主，前半部分（1~11章）介绍柴油机的工作原理和各部分的结构，后半部分（12~16章）介绍柴油机的使用和维修知识。

本书由甘肃省机械局、甘肃省农业机械科学研究所、天水动力机械厂、甘肃农业大学、甘肃省农业机械化学学校等单位抽调有关同志组成《柴油机的结构与使用》编写组，在各单位党组织的关怀和大力支持下编写而成。

由于水平所限和时间仓促，书中难免存在不少缺点和错误，希读者批评指正。

一九七四年十月

450632



目 录

第一章 柴油机的工作原理	(1)
§ 1 柴油机的应用范围及优点.....	(1)
§ 2 柴油机的基本结构与工作原理.....	(2)
§ 3 评价和选择柴油机的标准.....	(11)
第二章 柴油机的换气过程及配气机构	(15)
§ 1 柴油机的换气过程和配气相.....	(15)
§ 2 柴油机的配气机构.....	(19)
§ 3 气门间隙.....	(35)
第三章 燃油的燃烧过程	(36)
§ 1 工质的压缩过程.....	(36)
§ 2 混合气的形成过程.....	(37)
§ 3 燃油的燃烧过程.....	(46)
第四章 柴油机的供油设备	(52)
§ 1 柴油机供油系统的组成.....	(52)
§ 2 喷油泵.....	(54)
§ 3 喷油咀.....	(70)
§ 4 燃油的输送和滤清.....	(73)
§ 5 调速器在柴油机上的应用.....	(81)
第五章 机体零件	(93)
§ 1 气缸体.....	(94)

§ 2	气缸盖	(97)
§ 3	油底壳与曲轴箱	(99)
第六章	曲柄连杆机构	(101)
§ 1	活塞组	(101)
§ 2	连杆组	(110)
§ 3	曲轴飞轮组	(113)
§ 4	滑动轴承	(117)
第七章	冷却系统	(118)
§ 1	冷却系统的功用和类型	(118)
§ 2	水冷系统的总体布置和主要 部件的结构	(120)
§ 3	空气冷却系统简介	(128)
第八章	润滑系统	(132)
§ 1	润滑系统的作用及总体布置	(132)
§ 2	机油的压力、温度和循环量对柴油机 工作的影响	(135)
§ 3	润滑系统的主要机件	(138)
第九章	柴油机的起动装置	(144)
§ 1	柴油机的起动过程	(144)
§ 2	柴油机的起动方式	(145)
§ 3	AK—10型汽油起动机	(146)
§ 4	便于起动的辅助设备	(154)

第十章 柴油机的电气设备	(156)
§ 1 柴油机电气设备的组成和线路图	(156)
§ 2 直流电源	(157)
§ 3 起动电动机	(165)
§ 4 磁电机与火花塞	(169)
第十一章 国产中小型高速柴油机主要机型简介 ..	(173)
§ 1 175型柴油机	(174)
§ 2 85系列柴油机	(175)
§ 3 90系列柴油机	(178)
§ 4 95系列柴油机	(180)
§ 5 100系列柴油机	(188)
§ 6 105系列柴油机	(190)
§ 7 110系列柴油机	(193)
§ 8 115系列柴油机	(195)
§ 9 125系列柴油机	(195)
§ 10 135系列柴油机	(197)
第十二章 柴油机的使用	(199)
§ 1 柴油机的安装	(199)
§ 2 柴油机的验收与磨合	(200)
§ 3 柴油机的起动	(205)
§ 4 柴油机使用中应注意的问题	(210)
§ 5 柴油机的停车方法	(211)
§ 6 柴油机停车后应做的工作	(211)
§ 7 冬季使用柴油机	(212)

§ 8	柴油机的长期存放	(213)
§ 9	柴油机禁止使用的几种情况	(215)
第十三章	柴油机的技术保养	(216)
§ 1	常用柴油机的技术保养规范	(216)
§ 2	柴油机主要机构的检查与调整	(231)
第十四章	柴油机常见故障的分析	(264)
§ 1	柴油机整机性能方面的常见故障	(265)
§ 2	柴油机主要零部件常见故障的分析	(276)
§ 3	起动系统的常见故障	(288)
第十五章	柴油机主要零、部件的检修	(291)
§ 1	气缸盖、气缸体的检修	(291)
§ 2	曲轴的检修	(294)
§ 3	轴承的刮配	(295)
§ 4	缸套的检修	(299)
§ 5	活塞连杆组的检修	(300)
§ 6	配气机构主要零件的检修	(305)
§ 7	机油泵的检修	(307)
§ 8	机内和机外“搭铁”发电机的改接	(309)
第十六章	柴油机所用油料的选择与使用	(313)
§ 1	柴油的选择与使用	(313)
§ 2	车用汽油的牌号及选用	(315)
§ 3	机油的选用	(316)
§ 4	润滑脂的牌号及选用	(317)

第一章 柴油机的工作原理

§ 1 柴油机的应用范围及优点

柴油机的马力可大可小，使用成本较低，因此在国民经济的各个领域如农业机械化、交通运输、矿山和建筑工程以及国防建设方面，都得到广泛的应用。柴油机作为农业机械的主要动力之一，除了用作拖拉机、农用汽车和推土平地机械的动力外，还大量地作为农业排灌、农副业加工、小型发电机组和钻井等装置的配套动力。经过史无前例的无产阶级文化大革命，我国农机战线广大革命职工认真贯彻毛主席提出的“备战、备荒、为人民”的伟大战略方针，深入开展“工业学大庆”的群众运动，使柴油机制造工业得到迅速发展。大量的农用柴油机源源不断地送到贫下中农手里，为巩固工农联盟和实现农业机械化提供了物质基础，有力地支援了社会主义建设。

柴油机为什么发展得这样快、应用这么广泛呢？这是由于：

1. 柴油机具有良好的经济性。首先，柴油机本身的热效率可高达46%，就是说，每烧掉100公斤柴油，其中有46公斤可转化为我们所需要的动力。而汽油机和燃气轮机装置的热效率不超过30%，蒸汽机不超过16%，蒸汽涡轮发动机不超过35%；其次，与汽油机相比，柴油机所使用的燃料比

较便宜，这就使它的使用成本大大降低。

2. 柴油机起动方便，可随时投入工作，并且安全可靠。

3. 柴油机的功率范围宽广。目前最小的柴油机功率仅1.5马力，单机最大功率可达18,000马力，能适应不同用途的需要。

4. 结构比较紧凑，外形尺寸小。

当然，柴油机也还有许多急待解决的问题，主要是：

1. 不能带负荷起动，超载能力也比较低。

2. 噪音及振动比较大，排气容易冒黑烟。

3. 要求较高的制造和维护保养水平。

4. 对燃料品质有较严格的要求。

§ 2 柴油机的基本结构与工作原理

柴油机是一种热力发动机。自然界中存在着许多运动形式，如机械运动、发热、发光、化分、化合等等，它们在一定条件下可以互相转化。柴油机就是把柴油在它的气缸内部进行燃烧后，将燃料的化学能转化为热能，并进一步将热能转化为我们所需要的机械能的原动机。为了实现这种能量的转化工作，柴油机就必须具备一系列的机构和设备。

一 柴油机的一般构造

图1—1所示为柴油机的一般构造，它由机体部分、曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、润滑系统、冷却和起动系统等部分组成。

1. 机体部分

机体包括气缸体4，气缸盖2和油底壳10等机件，它们是柴油机的主体零件和骨架。

2. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构包括活塞组3、连杆6、曲轴9等主要运动零件，它们的作用是形成压缩及燃烧的空间，并传递动力。

3. 配气机构

配气机构包括气门机构1、凸轮轴8及相应的传动部件，它们定时地开放和关闭气门，以便吸入新鲜空气和排除燃烧后的废气。

4. 燃料供给系统

燃料供给系统由喷油泵12、喷油咀11及柴油滤清器等组成，它们根据柴油机负荷的大小和转速的变化，定时、定量地向气缸内输送燃料。

5. 冷却系统

冷却系统的作用是对柴油机某些过热的零件进行冷却，由水泵、散热器和设于机体内的水套5等组成。

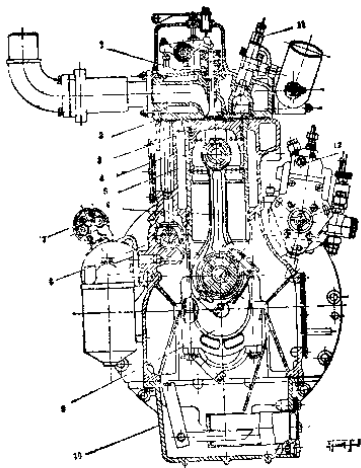


图 1-1 柴油机的一般构造

6. 润滑系统

润滑系统的任务是不断地把润滑油输送到各个摩擦表面以减少摩擦阻力和零件的磨损。润滑系统由机油泵、机油滤清器和设于柴油机各部位的油孔油道所组成。

7. 起动系统

起动系统用来起动柴油机。中小型高速柴油机一般用直流电动机 7 来起动，也有用小汽油机或手摇起动的。

二 柴油机的基本概念

当我们知道了柴油机的基本结构以后，为了进一步研究柴油机的工作过程，还需要熟悉一些基本的名词和概念。

1. 活塞运动的止点

如图 1—2 所示，当曲轴 8 绕其中心旋转时，活塞 5 便

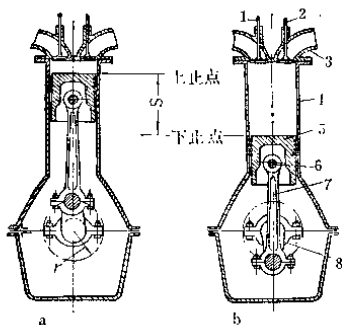


图 1—2 柴油机简图

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—曲轴

在气缸内作往复运动。活塞在运动时有两个极限位置，我们称它为止点（或叫死点）。

上止点：活塞与曲轴中心距离最大时的位置，这时气缸内活塞顶面以上的容积最小。

下止点：活塞与曲轴中心距离最小时的位置，这时气缸内活塞顶面以上的容积最大。

2. 活塞冲程

如图 1—2 所示，当活塞沿气缸中心线运动时，它在上、下止点间所走过的路程叫做活塞的冲程（或叫活塞行程），通常以字母 S 来表示。由图 1—2 可知，活塞从上止点到下止点走完一个冲程，则曲轴相应地转过半周（ 180° ），若曲轴的曲柄半径为 r ，则

$$S = 2r$$

3. 压缩容积、工作容积、气缸总容积

当活塞位于上止点时，活塞顶面以上的空间称为燃烧室，其容积称为压缩容积或燃烧室容积，以 V_c 表示。

当活塞位于下止点时，其顶面以上的空间容积称为气缸总容积，以 V_a 表示。

活塞上、下止点间所包含的空间，称为气缸工作容积，以 V_h 表示。显然，工作容积等于气缸截面积与活塞行程的乘积，实际上也等于气缸总容积与压缩容积之差：

$$\text{即 } V_h = \frac{1}{4}\pi D^2 \cdot S = V_a - V_c$$

式中 D —气缸直径

S —活塞行程

柴油机的工作容积，通常称为柴油机的排量，对多缸发动机来说，排量是指各缸工作容积之和。

4. 压缩比

活塞从下止点运动到上止点时，气缸内的空气便受到压缩，空气压缩后其容积减小的倍数称为压缩比。它等于气缸总容积 ∇_a 与燃烧室容积 ∇_c 的比值，习惯上以字母 ϵ 表示：

$$\epsilon = \frac{\nabla_a}{\nabla_c} = 1 + \frac{\nabla_h}{\nabla_c}$$

5. 工质

我们把充入气缸的空气和燃料燃烧后的产物，称为柴油机的工作介质，简称工质。

三 柴油机的工作原理

柴油机是怎样工作的呢？从以上介绍可以知道，活塞只能在气缸内作上、下往复运动，它与气缸壁和气缸盖共同组成一个容积可以变化的密封空间。在它内部进行的能量转化包含着两个阶段，第一阶段通过柴油在气缸里的燃烧，把燃料所含的化学能转化为热能，第二阶段通过工质（空气及燃烧产物）状态的变化即膨胀，把热能转化为我们所需要的机械能。为了形成燃料燃烧的条件（高温、高压，一般温度在 500°C 以上，压力为 $30\sim 50$ 公斤/厘米²），必须把工质首先进行压缩，使其压力大大提高，温度也升到高于柴油的自燃温度（在 30 公斤/厘米²的压力下，柴油的自燃温度约为 205°C ）。在这种条件下，柴油以雾状喷入气缸，与高温的空气混合而着火燃烧。由于柴油的燃烧，工质在很短的时间内接受大量的热能，使温度和压力急剧升高，从而膨胀推动活塞作功，并借助于曲柄连杆机构，带动曲轴旋转。这样，就把热能转化为我们所需要的机械能。由此可见，柴油机有两个

基本的工作过程，即工质的压缩过程和燃烧膨胀的作功过程。此外，为了保证柴油机能连续正常的工作，还必须新鲜空气的吸入和把膨胀作功后的废气排出气缸的两个辅助过程。

实际上，柴油机内部进行的上述能量转换过程，可以在活塞的两个冲程(曲轴相应地转过一圈)内完成，这种柴油机叫做二冲程柴油机；也可以在活塞运动的四个冲程内完成，叫做四冲程柴油机。下面分别介绍这两种柴油机的具体工作过程。

(一) 四冲程柴油机的工作过程

1. 进气冲程

如图 1—3a 所示，在这个冲程中完成新鲜空气吸入气缸的过程。当活塞由上止点向下止点运动时，进气门打开，活塞顶上气缸容积逐渐增大，使气缸内的压力低于大气压力，在这种压力差的作用下，空气被吸入气缸。

2. 压缩冲程

压缩冲程的任务是将吸入气缸的新鲜空气进行压缩，如图 1—3b 所示。当活塞到达下止点后转而向上运动时，进、排气门都关闭，进入气缸的空气随即受到压缩，温度和压力迅速升高，为燃料的燃烧创造了必要的条件。

3. 作功冲程

如图 1—3c 所示，当活塞到达上止点时，即压缩冲程接近终了，柴油经过喷油泵 2 和喷油咀 1 在高压下以雾状喷入气缸，它和气缸里高温的热空气混合后，立即着火燃烧，释放出大量的热能，使气体的温度和压力急剧升高，高温高

压的气体便进行膨胀而迫使活塞向下运动做功。

4. 排气冲程

如图 1—3 d 所示，当作功冲程终了，即活塞越过下止点而向上止点运动时，排气门打开，膨胀做功后的废气被排入大气，从而使气缸恢复到进气冲程开始的状态，以便重新吸入新鲜空气，开始新的工作过程。

我们把在气缸里发生的从进气、压缩到做功、排气这样一个连续的过程，称为柴油机的工作循环。可以看出，在四冲程柴油机中，曲轴旋转两圈即活塞往复运动四个冲程——进气、压缩、做功、排气，才能完成一个工作循环。

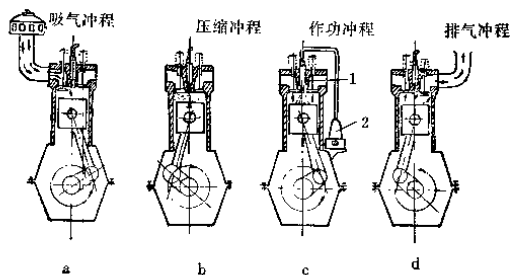


图 1—3 四冲程柴油机工作过程简图

(二) 二冲程柴油机的工作过程

在二冲程柴油机中，活塞只要往复运动两个冲程，即曲轴旋转一圈，就能完成一个工作循环。在结构方面，这种柴油机设有进气门，而在气缸套上设有进气孔，进气是用活塞在气缸内运动时开启或盖住气孔的办法来实现的，它的排气

有两种办法，一种和四冲程柴油机一样，利用装在气缸盖上的排气门排气，另外一种是在气缸套上设有专门的排气孔，同样也是利用活塞在气缸里的往复移动来完成排气。其具体工作过程如下：

1. 第一冲程

如图 1—4 a 所示，活塞从下止点向上止点移动，渐渐将气缸套上的进气孔盖起来，设在气缸盖上的排气门也被关闭。所以，已进入气缸内的空气便受到压缩（参看图 1—4 b）。当压缩终了时（活塞到达上止点），空气的温度和压力都大大提高。

2. 第二冲程

如图 1—4 c 所示，当活塞到达上止点时，燃油以雾状喷入气缸，和高温高压的空气混合后立即着火燃烧，由于气体的膨胀，便推动活塞向下移动而作功。活塞向下运动到如图 1—4 d 所示的位置时，气缸盖上的排气门打开，气缸套上的进气孔也被开启，由专门的换气泵（也叫扫气泵）压送来的新鲜空气便进入气缸内，膨胀作功后的废气从排气门排入大气。当活塞继续下行到达下止点时，气缸内重新恢复到第一冲程开始的状况，而柴油机又开始下一个工作循环。

显然，在二冲程柴油机中，曲轴旋转一圈即在活塞运动的两个冲程内就能完成一个工作循环。实际上，在第一冲程内完成进气与压缩过程，在第二冲程中完成燃烧作功和排气过程。我们已经知道，在四冲程柴油机内，全部四个冲程中只有第三个燃烧膨胀冲程才是作功冲程，其它三个冲程都是给作功辅助的冲程，并且靠作功冲程中贮存在飞轮上的能量来完成其工作。但是在二冲程柴油机的两个冲程中，就有一

个是做功冲程。所以，在其它条件相同的情况下，二冲程柴油机的功率理论上应该比四冲程柴油机大一倍。实际上，由于气体流动损失、工作过程的不完善以及扫气泵的功率消耗等等，只能大0.7~0.8倍。二冲程柴油机不但马力大重量轻，而且运转平稳振动小。但二冲程柴油机进排气时间短，

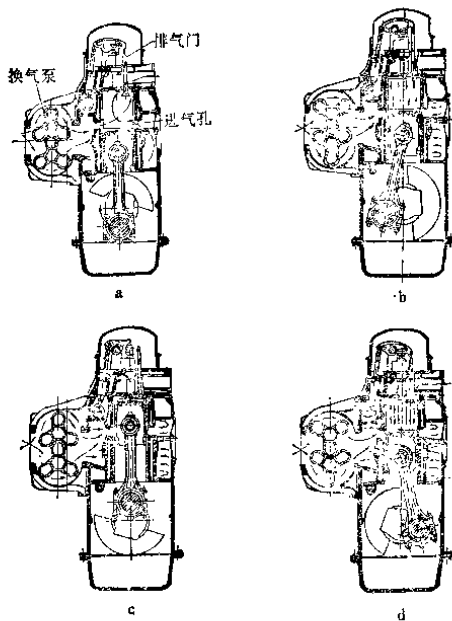


图 1-4 二冲程柴油机工作过程简图

工作过程难以组织得完善。另外，做功次数频繁，柴油机所承受的机械热力负荷较大，影响柴油机的使用寿命和工作可靠性。所以，目前国内外的中小型高速柴油机，仍以四冲程柴油机为主。

以上介绍的都是只有一个气缸的柴油机的工作过程。以四冲程单缸机为例，由于在四个冲程中只有一个是作功的，所以运转不平稳，振动也大。为克服这些缺点，就在曲轴末端装一个较大的飞轮。但仍不能彻底解决问题，加之单缸机功率又小，所以实际上应用的大多数是具有两个、四个或六个以上气缸的多缸柴油机。多缸机不但可以得到较大的功率，而且各缸的工作冲程可以互相交替，使柴油机的运转比较平稳，并可采用尺寸较小的飞轮。多缸机每个气缸的工作是按一定的顺序进行的，这个固定的顺序称为“气缸工作顺序”。如四缸四冲程柴油机常用的工作顺序为1—3—4—2，就是第一缸工作后第三缸工作，接着是第四缸，最后工作的是第二缸。六缸四冲程柴油机的工作顺序一般为1—5—3—6—2—4。

§3 评价和选择柴油机的标准

随着我国社会主义建设的蓬勃发展，使柴油机的品种规格不断增加，各项性能指标也在逐步改进提高。目前，国产民用柴油机已有一百多种，有综合利用程度高的通用机型，也有为特定用途服务的专用机型。为此，如何正确地评价和合理地选择柴油机是个很重要的问题。

对柴油机的基本要求是功率大（劲大）、经济性能好