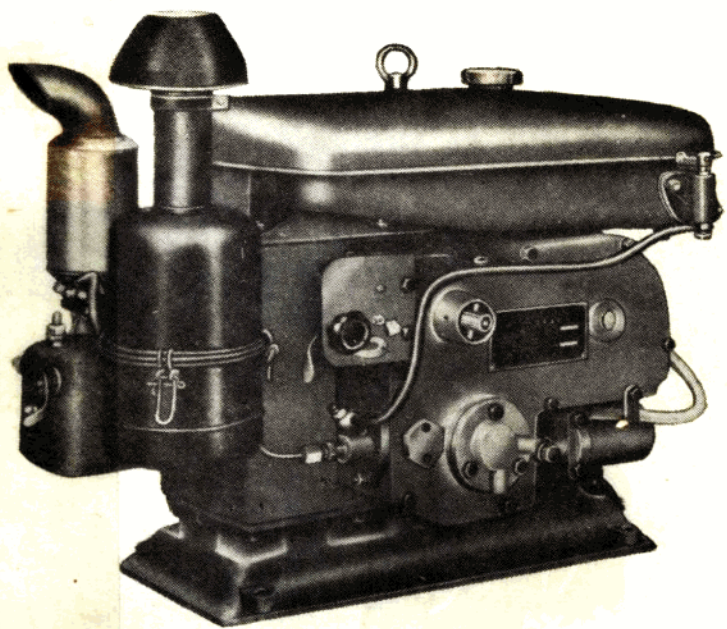


柴油机的构造与使用



山东科学技术出版社

前 言

为了正确使用、维修柴油机，使柴油机充分发挥效能和延长使用寿命，达到高效、优质、低消耗的目的，作者根据多年来的经验和体会，编写了《柴油机的构造与使用》一书。

本书介绍了柴油机的性能、构造、使用、维修技术、故障排除，可供拖拉机驾驶员、柴油机司机手、修理工参考。

本书在编写过程中，承曹振纲、宋洪官、莫明君、顾常庆等同志的大力支持，在此表示感谢。

编 者

一九七九年四月

目 录

第一章 柴油机的性能.....	1
一、热能怎样转变为机械能	1
(一) 吸气行程	2
(二) 压缩行程	2
(三) 作功行程	3
(四) 排气行程	3
二、柴油机的性能	6
(一) 柴油机的动力性	6
(二) 柴油机的经济性.....	13
(三) 柴油机的起动性.....	15
第二章 柴油机的寿命	17
一、柴油机性能降低与磨损的关系.....	18
(一) 磨损对气缸严密性的影响.....	18
(二) 磨损对传动能力的影响.....	19
(三) 磨损对柴油供给的影响.....	19
二、柴油机的磨损.....	20
(一) 磨损的形式.....	20
(二) 柴油机零件的磨损情况.....	23
第三章 曲柄连杆机构	25
一、曲柄连杆机构的构造.....	25
(一) 曲柄连杆机构的功用.....	25

(二) 曲柄连杆机构的构造.....	26
二、曲柄连杆机构的损坏和修理.....	36
(一) 密封零件的损坏和修理.....	36
(二) 气缸盖与气缸垫的损坏和修理.....	39
(三) 传动零件的损坏和修理.....	40
(四) 曲柄连杆机构的修理原则.....	44
三、曲柄连杆机构的装配.....	45
(一) 装配工作注意事项.....	45
(二) 气缸套的装配.....	46
(三) 活塞连杆组件的装配.....	47
(四) 曲轴和轴承的装配.....	52
(五) 曲柄连杆机构的总装.....	53
第四章 配气机构.....	56
一、配气机构的构造.....	56
(一) 工作零件.....	56
(二) 驱动零件.....	58
(三) 传动零件.....	58
(四) 减压机构.....	58
(五) 配气相.....	60
(六) 气门间隙.....	62
(七) 空气滤清器.....	62
二、配气机构的修理和装配.....	64
(一) 气门和气门座的损坏与修理.....	64
(二) 气门组零件的装配.....	68
(三) 定时齿轮的装配.....	68
(四) 气门间隙的调整.....	73
(五) 配气相的检查.....	76
(六) 1140 型柴油机配气机构的装配特点.....	76

第五章 燃料供给系	79
一、柴油机的燃烧过程	79
(一) 柴油机的燃烧过程	79
(二) 混合气形成和燃烧室	81
二、柴油机燃料供给系的构造	83
(一) 喷油泵	83
(二) 喷油器	91
(三) 柴油滤清器	92
(四) 输油泵	93
三、调速器	96
(一) 195 型柴油机的调速器	96
(二) 1140 型柴油机的调速器	99
(三) 系列泵的调速器	100
四、供给系的损坏、故障和修理	103
(一) 供给系的损坏和故障	103
(二) 供给系的装配和调整	108
(三) 柴油清洁是延长精密偶件使用寿命的关键	117
第六章 润滑系	119
一、摩擦和润滑	119
(一) 摩擦和润滑	119
(二) 润滑方式和润滑油	121
二、润滑系的构造	122
(一) 机油泵	122
(二) 机油滤清器	124
三、润滑系的保养、故障和修理	127
(一) 润滑系的保养	127
(二) 润滑系的修理	129
(三) 润滑系的故障	130

第七章 冷却系	133
一、冷却系的构造	133
(一) 水泵和风扇	133
(二) 散热器	136
(三) 温度调节装置	137
二、冷却系的使用和保养	138
(一) 冷却用水	138
(二) 适当控制水温	139
(三) 冷却系的保养	139
第八章 柴油机的使用和故障排除	140
一、柴油机的磨合	140
(一) 磨合的意义	140
(二) 磨合工艺	141
二、柴油机的技术保养	143
(一) 保养的重要性	143
(二) 柴油机的技术保养	143
三、柴油机的运转	145
(一) 柴油机的负荷	145
(二) 柴油机的转速	146
四、柴油机的故障排除	146
(一) 故障的现象	147
(二) 故障产生的原因	147
(三) 判断故障的一般原则	149
(四) 检查故障的方法	151

第一章 柴油机的性能

柴油机作功的能力，来源于柴油燃烧放出的热。燃烧柴油的数量、燃烧的完全程度、适时性和有效性，都明显地影响柴油机作功的能力。柴油机与工作机的配套、柴油机的转速等因素，也影响柴油机工作能力的发挥。要使柴油机多、快、好、省地为农业机械化服务，必须充分利用柴油燃烧的热能，以保证柴油机正常的作功能力。

柴油机的作功能力，是以一定的扭矩和转速表现出来的。作功能力的大小，用功率表示，单位为马力。

在自然界中，能量既不能消灭，也不能创造，只能从一种形式转变为另一种形式。柴油机将柴油燃烧放出的热能中的一部分，转变为机械能，以一定的扭矩和转速对外作功，其余热能通过排气、冷却水等损失掉了。如果柴油燃烧得不完全，还会损失一部分热能。由此看来，使柴油燃烧完全，并充分地利用热能，确实是很重要的。要做到这一点，必须了解柴油在柴油机中怎样燃烧和热能怎样转变为机械能。

一、热能怎样转变为机械能

柴油在柴油机气缸内燃烧，并将热能转变为机械能的过程，叫做柴油机的工作过程。它由以下五个过程组成：吸气

过程、压缩过程、燃烧过程、膨胀过程和排气过程。柴油机工作时，不断地重复这五个过程，因此将这五个过程叫做一个工作循环。在我们所用的柴油机中，每一个工作循环，都是由活塞的四个行程完成的。

活塞在气缸内往复运动，通过连杆而使曲轴转动。当活塞走到曲轴最上位置时，柴油机所处的状态叫做上死点状态；当活塞走到曲轴最下位置时，柴油机的状态叫做下死点状态。活塞从上死点走到下死点的距离，叫做活塞行程。当活塞处于上死点位置时，气缸内的空间叫做燃烧室。上下死点之间的气缸容积叫做工作容积。燃烧室容积与工作容积之和同燃烧室容积之比，叫做压缩比。压缩比表示工作容积比燃烧室容积大多少倍。

柴油机的吸气、压缩、燃烧、膨胀和排气五个过程，在活塞的四个行程中完成，即活塞两上、两下，曲轴旋转两圈，完成一个工作循环，对外作功一次。活塞的这四个行程，相应地叫做吸气行程、压缩行程、作功行程和排气行程。

（一）吸气行程：活塞从上死点向下死点移动，进气门打开，气缸容积增大，压力降低，将空气吸入气缸。吸入空气的数量，不加限制，越多越好。

（二）压缩行程：活塞经过下死点向上移动，这时进、排气门都关闭，气缸内与外界隔绝。因活塞上行，气缸容积减小，空气被压缩。空气被压缩时，压力和温度都要升高。压缩终了时，气缸内空气的压力达到 $30\sim 40$ 公斤/厘米²，温度达到 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 。这时，喷油器向燃烧室喷射一定数量良好的柴油。柴油喷到高温高压的空气中，很快着火燃烧。由于柴油燃烧，放出大量热能，使气缸内的温度和压力急剧升

高。燃烧最高压力达到 $60\sim 80$ 公斤/厘米²，燃烧最高温度达到 2000°C 。

(三) 作功行程：活塞在高温高压燃气的推动下，从上死点向下死点移动，并通过连杆，将这一推动力传给曲轴，变为推动曲轴旋转，带动负荷的扭矩，对外作功。随着活塞下行，燃气膨胀，其压力和温度也随着降低，最后变为无用的废气。废气虽然无力作功，但仍具有一定能量，它的压力约为 $3\sim 4$ 公斤/厘米²，温度约为 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 。

(四) 排气行程：排气门打开，活塞从下死点向上死点移动，将废气排出。活塞走到上死点，排气门关闭，进气门打开，活塞越过上死点下行，又进入下一个循环的吸气行程。

上述四个行程中，柴油燃烧一次，推动活塞作功一次，完成了由热能转变为机械能的一个完整过程，所以叫做一个工作循环。

在一个工作循环中，只有作功行程是活塞推动曲轴旋转，对外作功的，其余三个行程，是为作功做准备的，由曲轴经过连杆推动活塞移动来完成。因为柴油机具有这个特点，使它自己不能起动，不象电动机那样，通电后即可自行运转，柴油机必须以外力旋转，完成吸气、压缩行程，使气缸内发生燃烧，才可以起动，这是柴油机的缺点。柴油机另一个缺点是，因为曲轴旋转两圈才有一次作功，所以曲轴旋转的扭矩和转速也不均匀。为了使转速比较均匀，曲轴上必须安装很重的飞轮。柴油机气缸直径越大，气缸数越少，转速越低，飞轮也越大。例如，695 型柴油机的飞轮比 195 型柴油机的要小，而 750 转/分 1140 型柴油机的飞轮要比 2000 转/分 195 型柴油机的大得多。

多缸柴油机可以获得较大的功率。为了使运转均匀、平稳,各气缸的作功行程应按一定的顺序进行,称为多缸柴油机的工作顺序。目前,农用柴油机功率不大,为使结构简单,一般采用二缸 四缸和六缸。

二缸柴油机的曲轴为自身平衡,必须使两个连杆轴颈分别位于曲轴中心线的两侧,相隔 180° ,因此它的工作顺序只能是 1-2-0-0 或 1-0-0-2,即在曲轴旋转的某一圈内,两个气缸连续作功(可以是一缸先作功,也可以是二缸先作功),而在下一圈中都不作功。在曲轴旋转的每个半圈中,各缸活塞行程的内容有固定的关系,见表 1 和表 2。

表 1 295 型柴油机的工作顺序

曲 轴 转 角	气 缸		工 作 顺 序
	I	II	
第一半周 $0^\circ \sim 180^\circ$	作 功	压 缩	1
第二半周 $180^\circ \sim 360^\circ$	排 气	作 功	2
第三半周 $360^\circ \sim 540^\circ$	吸 气	排 气	0
第四半周 $540^\circ \sim 720^\circ$	压 缩	吸 气	0

表 2 290 型柴油机的工作顺序

曲 轴 转 角	气 缸		工 作 顺 序
	I	II	
第一半周 $0^\circ \sim 180^\circ$	作 功	排 气	1
第二半周 $180^\circ \sim 360^\circ$	排 气	吸 气	0
第三半周 $360^\circ \sim 540^\circ$	吸 气	压 缩	0
第四半周 $540^\circ \sim 720^\circ$	压 缩	作 功	2

四缸柴油机相当于两个二缸柴油机相连,它的工作顺序可以作成 1-3-4-2 或 1-2-4-3,即在曲轴旋转的每个

半圈内都有一个气缸处于做功行程。各缸做功行程的间隔相等，对柴油机运转的均匀性有利。我国四缸柴油机多采用 1-3-4-2 的工作顺序，各缸活塞行程之间的关系，见表 3。

表 3 495 型和 4125 型柴油机的工作顺序

曲 轴 转 角	气 缸				工作顺序
	I	II	III	IV	
第一半周 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$	作 功	排 气	压 缩	吸 气	1
第二半周 $180^{\circ} \sim 360^{\circ}$	排 气	吸 气	作 功	压 缩	3
第三半周 $360^{\circ} \sim 540^{\circ}$	吸 气	压 缩	排 气	作 功	4
第四半周 $540^{\circ} \sim 720^{\circ}$	压 缩	作 功	吸 气	排 气	2

六缸柴油机为了实现各缸做功行程的间隔相等，其间隔角必须是 120° ，曲轴各缸连杆轴颈也必须相隔 120° 。这样，柴油机的工作顺序应是 1-5-3-6-2-4。这样安排工作顺序，不但可以使各缸做功行程的间隔角相等，而且可以避免相邻两缸连续做功，使柴油机运转更加平稳。六缸柴油机各缸活塞行程的相互关系，见表 4。

表 4 695 型柴油机的工作顺序

曲 轴 转 角	气 缸						工作顺序
	I	II	III	IV	V	VI	
第一半周 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$	作 功	排 气	压 缩	排 气	压 缩	吸 气	1
第二半周 $180^{\circ} \sim 360^{\circ}$	排 气	吸 气	压 缩	排 气	作 功	压 缩	5
第三半周 $360^{\circ} \sim 540^{\circ}$	吸 气	压 缩	作 功	吸 气	排 气	作 功	3
第四半周 $540^{\circ} \sim 720^{\circ}$	压 缩	作 功	排 气	压 缩	吸 气	作 功	6
			吸 气	作 功		排 气	2
							4

二、柴油机的性能

柴油机的性能有动力性、经济性、起动性等几个方面。这些性能是以工作循环为基础的，因此，这些性能的好坏，首先决定于工作循环进行的好坏。

（一）柴油机的动力性：动力性反映柴油机的作功能力，其主要指标是功率。功率的单位为马力。柴油机的额定功率标注在铭牌上。柴油机铭牌上标注的功率，是在柴油机技术状态正常的情况下才能达到的指标。技术状态不良的柴油机，实际发出的功率就要降低。需要大修的柴油机，实际能发出的功率可能只有额定功率的60%。柴油机发生故障时，可能根本不能运转，而完全失去工作能力。这就是说，要使柴油机功率充足，达到铭牌功率，就必须保持柴油机有良好的技术状态。柴油机作功的机械能，是从柴油燃烧放出的热能转变而来的，因此，柴油机发出机械能的多少，就决定于柴油燃烧放热的多少和其中多少热能转变成了机械能，这两个方面都决定于工作过程进行的情况。要使柴油机发出充足的功率，就必须了解工作过程与功率的具体联系，在实际上创造必要的有利条件。

1. 功率与放热量的关系：柴油在燃烧室中燃烧放热，放热量与燃烧柴油的数量和燃烧的完全程度有关。

（1）燃烧柴油的数量：燃烧柴油的数量即每次喷入燃烧室的柴油供应量。由于农用柴油机都装有全制式调速器，所以喷油泵柱塞的转角与柴油机的转速有固定的相互关系，即在油门（调速手柄）位置不变时，有一个柴油机转速，就有

一个相应的柱塞转角。而柱塞转角就决定了供油量。但是实际上供油量还与以下一些因素有关：

① 喷油泵的调整：单缸柴油机的喷油泵，由正确的装配保证正常的供油量。多缸柴油机的喷油泵，则由正确的调整保证正常的供油量和供油均匀性（各缸供油量均匀一致）。供油量调整得过小或不均匀，柴油机的功率就会减小。若供油量小，空气相对偏多，燃烧完全，当柴油机克服不了过大的负荷，而转速下降时，也不冒黑烟；若供油不均匀，可能供油量过大的缸冒黑烟，供油量小的缸仍然供油不足，此时柴油机各缸工作不均匀。在空转时，供油量小的缸，可能根本不供油，从而不工作，柴油机表现缺缸。

② 喷油泵的技术状态：喷油泵的柱塞和套筒（合称柱塞偶件）是供给高压柴油的泵油元件。如果磨损，严密性降低，在泵油时，漏油严重，供油量必然减少，柴油机功率因而降低。转速越低，柱塞供油越慢，漏油越多，供油量越少。

③ 喷油器的喷油压力：喷油器喷油压力的调整，对柴油喷射过程有多方面的影响，对于喷油量也有一定影响。在柱塞转角不变的情况下，喷油压力越高，柱塞供油的压力也越高，因此漏油越严重，供油量越少。对于严密性很好的柱塞偶件，这种影响不大，如果柱塞偶件已有磨损，影响明显增大。例如，在柱塞严重磨损，柴油机难以起动时，将喷油压力大幅度降低，就可使供油量加大，从而改善起动性能。但是，喷油压力过低，会使雾化质量变坏，燃烧速度慢，燃烧不完全，柴油机功率减小，冒黑烟，因此这种做法是不合理的。然而，它证明了喷油压力对供油量的影响。

④ 柴油滤清器的通过能力：随着柴油滤清器滤芯的脏

污，通过能力下降，阻力增大，单位时间内通过滤芯的柴油数量减少。当此数量减少到不能满足喷油泵的需要时，柱塞套筒进油不足，供油量因而减少，柴油机功率就要降低。这种供油量的减少，必然是无规律和不稳定的，因此柴油机运转也不稳定。

⑤ 柴油低压油路不严密：柴油低压油管有破损及管接头不严密，在运转时就可能吸入空气，特别是在加大油门或加大负荷时，更易吸入空气而使供油不足。此时柴油机功率严重降低，加速缓慢，甚至不能加速，无力承受负荷。

还有其它若干原因也会造成供油不足。凡是供油不足，柴油燃烧的发热量少，都必然造成柴油机功率降低。但这绝不是说供油量越大，柴油机功率也越大。因为柴油机吸入气缸的空气数量大体上是不变的，喷油稍多一点，还不致于严重冒黑烟，这时尽管耗油率有所升高，但功率可以有所增大。这样过大的供油量，会给柴油机造成过大的热负荷和机械负荷，使冷却水温度过高，机油和排气温度也会过高，加速零件磨损，缩短柴油机寿命。如果喷油量再增大，冒烟会十分严重。这时尽管因空气不足而燃烧不完全，耗油率大大升高，但功率仍可稍有增大。但是再继续增大供油量，燃烧会严重恶化，功率就要开始下降。由此看来，柴油机的供油量，以开始冒黑烟为极限，不能过大。

(2) 燃烧的完全程度：排气管冒黑烟，表明柴油燃烧不完全。柴油的化学成分很复杂，但归根到底，是由碳和氢构成的。燃烧时，柴油分解，碳和氢分别与氧化合，生成二氧化碳和水蒸汽。柴油中还有少量硫磺等杂质，其燃烧产物是有毒的。碳和氢相比，碳较难燃烧，如果燃烧不完全，碳粒

从排气管排出，就成为黑烟。排气管冒白烟，是由于柴油没有分解，以雾状或蒸汽状排出，即柴油完全不燃烧。喷入燃烧室的柴油没有完全燃烧，造成浪费，并会使柴油机功率降低。

要使柴油燃烧得完全，必须满足一定的燃烧条件：

① 喷油器雾化良好，能使柴油以细雾状喷入燃烧室，才利于和空气相混合，这是燃烧完全的基本条件。因此，要求喷油器针阀偶件（喷油头）技术状态良好，喷油压力调整正常。

② 柴油必须喷于燃烧室内适当的位置，才利于利用燃烧室内的空气涡流，使柴油与空气充分混合。因此，针阀偶件不能随便代用，必须安装正确。

③ 空气滤清器和进气管的阻力，应尽可能小，以保证足够数量的空气进入气缸。因此空气滤清器应定期保养，不使堵塞。

④ 供油量不应过大，也不应使柴油机在超负荷情况下运转。

从功率与放热量的关系可以看出，要使柴油机有充足的功率，必须保持燃油供给系统有良好的技术状态和正确的调整。

2. 功率与燃烧时机的关系：柴油在气缸内燃烧，放出热能，使气缸内燃气的温度剧烈升高。由于温度升高，气体能量增大，压力随之升高，这个压力作用在活塞顶上，推动活塞下行作功。柴油燃烧放出的热能，就是通过燃气压力的形式，推动活塞，转变为机械能的。因此，柴油燃烧的时机，以利于提高燃气压力为准，燃烧得过早和过晚，都是不利的。一

般以柴油在压缩上死点前 5° 时开始燃烧,至作功行程 45° 时基本结束,比较合适。

燃烧开始得过早,活塞未到上死点,气缸内的压力已大大升高,势必阻碍活塞上行,使柴油机功率减小,耗油率升高,而且出现敲缸,加剧机器磨损,缩短使用寿命。同时,供油过早,不易着火燃烧,使柴油机起动困难。

如果供油过晚,燃烧开始得也晚,燃烧也就结束得更晚。这时活塞已经下行了较大的距离,气缸容积已大大增加,柴油燃烧放热就不能有效地提高燃气压力,而主要是提高燃气温度。后燃烧的柴油放出的热能,推动活塞作功的距离也缩短了,这使热能变为机械能的部分减少,造成柴油机的功率降低,排气温度升高。由于燃气向冷却水大量散热,使冷却水温度升高,甚至沸腾。这样,机油温度也随之升高,使机油粘度降低,加剧机器磨损。排气温度过高,容易烧坏气门、涡流室镶块和使气缸盖挠曲和裂纹,冷却水沸腾,加速了气缸盖的损坏。

在正常情况下,柴油燃烧放出的热能,只有 $40\sim 50\%$,以压力的形式作用于活塞顶,其余一大半热能随排气、冷却水等损失掉了,这称为热损失。假若燃烧时机不当,就会有更多的热能损失掉,甚至造成机件损坏,使柴油机不能工作。

燃烧开始的时刻,主要决定于供油提前角。燃烧延续时间,由喷油延续时间、喷油量、雾化质量、混合情况、吸气是否充足等因素决定。由此可知,正确地调整供油提前角,保证柴油机燃油供给系统、配气机构和曲柄连杆机构等各部分有良好的技术状态,对于适时燃烧,保证柴油机功率是十分

重要的。

3. 功率与机械损失的关系:上述的 40~50% 的热能,以压力的形式作用于活塞顶,但是仍然不能全部用于对外做功。因为活塞、活塞环与气缸套有摩擦,曲轴与主轴瓦、连杆瓦有摩擦,这些摩擦阻力和驱动气门、喷油泵、机油泵、水泵、风扇等,都要消耗机械能,这称为机械损失,约占燃气传给活塞的机械能的 30%。这样,传至曲轴,可以用于对外做功的机械能,就相当于柴油燃烧放出热能的 30~35% 了。换句话说,从柴油机得到的机械能,仅为加入柴油机热能的 $\frac{1}{3}$,其余 $\frac{2}{3}$ 都作为热损失和机械损失丢掉了。对于汽油机,可以利用的机械能,还不到加入热能的 $\frac{1}{4}$ 。

机械损失与柴油机各运动零件的配合间隙、表面光洁度、润滑状况等因素直接相关。

在全部机械损失中,活塞、活塞环与气缸套的摩擦损失,约占 50%,曲轴和轴承的摩擦损失,约占 10~15%,这两项在机械损失中是主要的。摩擦生热,消耗的能量大,产生的热量也多,发生熔合、烧坏的可能性也大。因此,对于缸套活塞、曲轴轴瓦的配合和润滑必须十分注意。

4. 功率与气缸严密性的关系:在压缩过程中,空气不能泄漏,才能有尽可能多的空气参加燃烧,使柴油燃烧完全。燃气膨胀做功时,如果不泄漏,才能使压力全部作用于活塞顶,以获得尽可能多的机械能。由此可见,气缸的严密性对功率的影响非常大。气缸漏气的部位,不外下面三个地方:

(1) 活塞环:在正常情况下,活塞环外缘贴紧气缸壁,活塞环下端面贴紧环槽端面,都不会漏气,只有开口间隙处,有一个很小的漏气通道,装三道气环,就可保证基本上不漏气。