

学 · 工 · 学 · 农 · 丛 · 书 ·

CHAI

YOU

JI

柴 油 机

上 海 教 育 出 版 社



柴 油 机

南汇农机修造厂
上海市农业学校 合编

上海教育出版社

学工学农丛书

柴 油 机

南汇农机修造厂 合编
上海市农业学校

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

新华书店上海发行所发行 江苏太仓印刷厂印刷

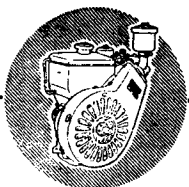
开本 787×1092 1/32 印张 3.125 字数 49,000

1978年5月第1版 1978年5月第1次印刷

统一书号: 7150·1798 定价: 0.20元

目 录

1. 工作原理·····	1
2. 曲柄连杆机构·····	11
3. 配气机构·····	27
4. 供给系统·····	40
5. 调速器·····	58
6. 润滑系统·····	67
7. 冷却系统·····	71
8. 起动装置·····	75
9. 使用与保养·····	76
10. 故障分析与排除·····	88



工 作 原 理

伟大领袖毛主席教导我们：“人们要想得到工作的胜利即得到预想的结果，一定要使自己的思想合于客观外界的规律性”。我们要想正确地使用、保养好柴油机，就必须掌握它的结构原理，了解它的工作规律性。本书着重介绍 165F 型柴油机。

第一节 发动机的基本组成

凡是把某种形式的能转变为机械能的机器都叫做发动机。如利用电能的叫电动机；利用热能的叫热力发动机即简称为热机。燃料在气缸外部燃烧的热机叫做外燃机，如蒸汽机；燃料在气缸内部燃烧的热机叫做内燃机。在内燃机中，根据所用的燃料不同，可分为柴油机、汽油机等；从每完成一个工作循环活塞所经的行程（即冲程）数不同，又可分为四冲程和二冲程发动机。此外，按结构布置上不同有直立式与卧式，单缸与多缸

以及风冷与水冷之分。

165F 型柴油机是属于单缸四冲程风冷式柴油机，气缸直径为 65 毫米。它的基本组成有：曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、调速系统、润滑系统、冷却系统以及起动装置等。

图 1-1 是四冲程柴油机示意图。活塞在圆筒形的气缸内作往复直线运动，连杆连接活塞和曲轴，曲轴作旋转运动。在气缸顶部有进气门、排气门和喷油嘴。

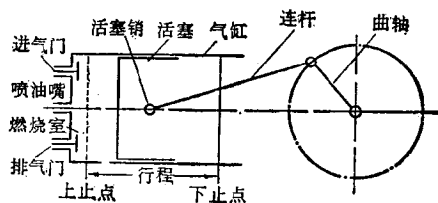


图 1-1 四冲程柴油机示意图

为了能看懂四冲程柴油机的工作原理，将有关名词解说如下：

上止点——活塞离曲轴中心最远时，活塞顶部的位置。

下止点——活塞离曲轴中心最近时，活塞顶部的位置。

活塞行程——上止点和下止点之间的距离叫活塞行程，通常用 S 表示。活塞每一行程等于曲轴半径的

两倍，并相当于曲轴转过 180° 角。165F 型柴油机的活塞行程 $S = 70$ 毫米。

气缸直径——表示气缸大小，通常作为表示发动机型号的参数，用 D 表示。如 165F 型发动机的“165”表示一个气缸， $D = 65$ 毫米。

燃烧室容积——活塞在上止点时，活塞顶部上方的气缸容积，通常用 V_c 表示(图 1-2)。

气缸工作容积——气缸中上止点和下止点之间的容积叫气缸工作容积，气缸工作容积就等于活塞排量，通常用 V_h 表示。

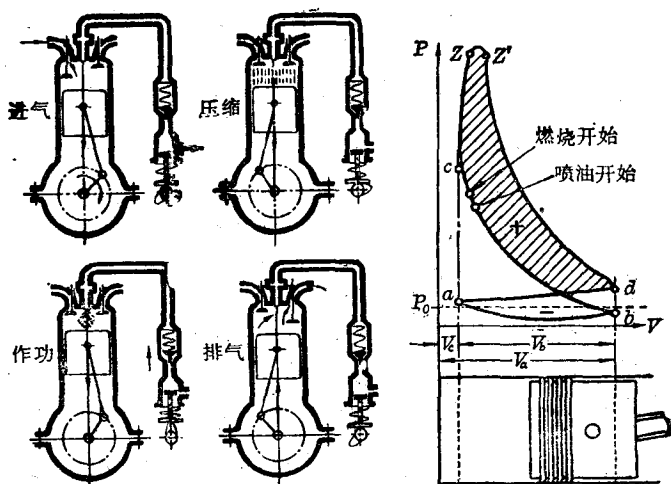


图 1-2 四冲程柴油机示功图

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} \times S \times 10^{-3} (\text{升})$$

165F 型发动机活塞排量约为 0.232 升。

气缸总容积——活塞在下止点时，活塞顶部上方的气缸容积叫气缸总容积，通常用 V_a 表示。

$$V_a = V_c + V_h$$

压缩比——表示气缸的总容积 V_a 和燃烧室容积 V_c 之比，通常用 ε 表示。

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} \quad 165F \text{ 型发动机 } \varepsilon = 20 \sim 21。$$

第二节 四冲程柴油机的工作原理

柴油机的基本工作原理，是让柴油在气缸中燃烧，形成高温、高压的燃气，推动活塞，并通过连杆带动曲轴旋转变成发动机的动力，将热能转变成机械能。柴油机的工作可分为四个过程即：“进气”、“压缩”、“做功”、“排气”。完成四个过程叫做一个工作循环，每一个工作循环，活塞往复各二次，即四个冲程。工作循环不断地进行，柴油机就连续运转。

为了掌握发动机工作的内部的规律，可以用实验的方法测取和记录整个工作循环中气缸内压力的变化数值，把它绘成曲线，就得到示功图。图 1-2 就是四冲

程柴油机的示功图，横座标表示气缸容积或冲程的大小，纵座标表示压力的大小。 $a-b$ 、 $b-c$ 、 $c-d$ 、 $d-a$ 分别是进气冲程、压缩冲程、作功冲程、排气冲程中气缸内压力 P 随气缸内容积 V (或活塞位置) 的变化规律曲线。 P_0 表示大气压力，约 1 公斤/厘米²。

进气冲程，如 $a-b$ 曲线所示。在这个冲程中，活塞从上止点向下止点运动，排气门关闭，进气门打开。在上止点 a 的时候，由于上一循环的废气不可能排除干净，燃烧室内残余废气的压力略高于大气压力 P_0 。随着活塞向下止点运动，气缸内容积不断增大，使气缸中压力低于大气压力 P_0 ，在压力差作用下，新鲜空气被吸进气缸，直到活塞运动到下止点 b 。因为进气流有阻力，所以 b 点气缸压力略低于大气压力，约为 0.8~0.9 大气压力。从这条曲线可以看到，在进气过程中，气缸内压力从稍大于 P_0 逐渐变到略低于 P_0 。

压缩冲程，如 $b-c$ 曲线所示。这个冲程中，活塞从下止点向上止点运动，进气门和排气门都关闭，新鲜空气就被压缩，气缸内压力和温度不断升高。从这条曲线可以看到，在压缩冲程中，气缸内压力从略低于 P_0 较快地上升，空气的压缩程度主要决定于压缩比，柴油机的压缩比数值应当保证柴油的自燃和工作的效率。在压缩过程终点 c ，气缸内的压力达到 30~50 大

气压力,温度达到 $500^{\circ}\sim 700^{\circ}\text{C}$ 。

作功冲程,如 $c-z-z'-d$ 曲线所示。在压缩冲程后期,柴油被喷入气缸并与空气混合,由于气缸中压缩空气的温度超过了柴油的自燃温度(柴油的自燃温度约 $300^{\circ}\sim 350^{\circ}\text{C}$),活塞未到上止点,柴油就开始自燃。这时活塞位于上止点附近,气缸内容积很小,进气门和排气门都关闭,因此气缸内的温度和压力急剧上升,其最高温度达 $1600^{\circ}\sim 2000^{\circ}\text{C}$,压力达 $60\sim 90$ 大气压力。随着活塞向下止点运动,气缸内容积不断增大,燃烧也逐渐完成,因此气缸中的温度和压力就不断下降,当活塞到达下止点 d 时,气缸内温度为 $800^{\circ}\sim 1000^{\circ}\text{C}$,压力为 $3\sim 4$ 大气压力。从这条曲线可以看到在作功冲程开始时,气缸内压力急剧上升, $z-z'$ 处压力最高, z' 点之后气缸内容积增大,燃烧也逐渐完成,气缸内压力也就不断下降。在这个过程中,燃料燃烧产生的高温、高压燃气推动活塞运动作功,把燃料的热能转变为机械能,所以叫作功冲程。

排气冲程,如 $d-a$ 曲线所示。这个冲程中,活塞从下止点向上止点运动,进气门关闭,排气门打开。在下止点 d 的时候,由于气缸中废气的压力高于大气压力,在压力差的作用下,废气冲出气缸,而后随活塞向上止点运动,进一步把废气排出去,直到活塞运动到上

止点 a 。因为排气流有阻力,废气不可能排除干净,所以排气终点(也就是下一个工作循环的进气始点)压力略高于大气压力,约为 $1.05 \sim 1.2$ 大气压力,温度为 $400^{\circ} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 。从这条曲线可以看到,在排气冲程中,气缸内压力从做功冲程终点压力逐渐降低到略高于大气压力。

这样,柴油机完成了一个循环,活塞下、上共四次,曲轴相应转两圈。各个工作冲程各有其特性和规律,但又是相互联系和影响着的,其中只有做功冲程推动活塞做功,其他三个冲程都要消耗功。发动机示功图曲线所包围的面积,就表示发动机气缸中的功,有“+”号的是燃烧气体推动活塞所做的功;有“-”号的是进气和排气所消耗的功,“+”减去“-”就相当于活塞输出的功。发动机曲轴、飞轮输出的功,显然要比活塞输出的功小,因为要克服活塞、连杆、曲轴等运动摩擦阻力,还要带动油泵、气门等机构。我们应尽量减少各个工作冲程的损失,合理、有效地增大示功图中“+”部分的面积。一般柴油机的机械效率 η_m 为 0.8 左右。

第三节 发动机的热平衡

一、发动机的热平衡

柴油喷入气缸燃烧并放出热能,但是这些热能中

只有一部分可以转变成有用功，而大部分则由于各种原因耗费掉了。为了提高发动机工作效率，就要了解这些柴油的热能是被消耗在哪些方面，尽量减少其中不必要的损耗。柴油热能的这种分配关系就叫做发动机的热平衡。

$$Q = Q_e + Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

Q —— 喷入气缸的柴油所能产生的总热能 100 %

Q_e —— 转变为发动机输出马力的热能 30 ~ 40 %

Q_1 —— 冷却带走的热能 25 ~ 30 %

Q_2 —— 废气带走的热能 20 ~ 30 %

Q_3 —— 摩擦、振动、带动辅助机构等所消耗的热能 10 ~ 20 %

Q_4 —— 柴油燃烧不完全所损失的热能 2 ~ 4 %

Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 的热损失，或多或少是难以避免的。对于使用、维修工作来说，了解发动机的热平衡，就能有的放矢地提高发动机工作的有效性。例如，喷油质量不好，燃烧不完全， Q_4 就增大；运动零件间隙调整不当，润滑不良或任意调高发动机转速，使摩擦、振动增大， Q_3 就增大；喷油时间太迟，燃烧时间推迟，废气带走热量， Q_2 就增大；发动机工作温度太低，冷却带走热量， Q_1 就增大。热能消耗增加，势必造成马力降低，油耗增大，而且由于在不正常的热平衡状态下运转，很

快就会出现故障或事故。

二、发动机的指标

反映发动机性能的指标有许多种，在发动机使用说明书上常标有发动机的额定转速 n ，发动机功率 N 。（包括：15 分钟、1 小时、12 小时和持续功率）、发动机油耗率 g_e 。了解这些指标的含义，对正确的使用、维修和调整是很有必要的。

发动机可以在一定的转速范围和功率范围内工作。在油泵额定供油量下，发动机能够经济地、有效地，连续工作的转速称额定转速。例如，165F 型柴油机的额定转速为 2600 转/分。一定时间内，在额定转速下，可以发出的最大功率称为一定时间内的最大功率，如 165F 型柴油机在一小时内，转速在 2600 转/分，可发出的最大功率为 3.5 马力。长期持续工作，在一定转速下，发出的最大功率称为持续功率，如 165F 型柴油机持续功率为 3 马力（在转速为 2600 转/分时）。在使用时应该充分发挥发动机的工作能力，但是也不得超负荷和调高转速。

发动机的功率，说明了它做功的能力。另外，我们还应该了解发动机耗油情况。 G_T 表示发动机工作一个小时的耗油量。为了便于比较柴油机的经济性，常采用油耗率 g_e ，它表示发动机每一个马力工作一个小

时的柴油消耗量。

$$g_o = \frac{G_T}{N_t} \times 1000 (\text{克/马力} \cdot \text{小时})$$

在发动机说明书上都标有该发动机的油耗率。例如,165F 型柴油机为:不大于 225 克/马力·小时(持续功率)。

三、发动机的工作特点

从发动机工作过程中,可以看到它的三个工作特点:

高温。气缸中燃烧时的最高温度可达 2000°C , 超过了一般材料的熔化温度。

高压。气缸中燃烧时的最高压力达 80 个大气压力,一个 65 毫米直径的活塞会受到约 3000 公斤的力。

高速。中、小型柴油机转速一般均在 1700 转/分以上,这时活塞运动的平均速度可达 6 米/秒以上。



第

2

章

曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是内燃机的重要机构。在作功冲程中,高温、高压的燃气推动活塞作直线运动,曲柄连杆机构则把活塞的直线运动变为曲轴的旋转运动。在其他冲程中,曲轴靠飞轮的惯性旋转,通过曲柄连杆机构则把曲轴的旋转运动变为活塞的直线运动。曲柄连杆机构既通过飞轮或皮带轮输出动力,又赖以实现工作循环。

曲柄连杆机构主要由机体、气缸套、气缸盖、活塞连杆组、曲轴飞轮组等组成。

第一节 机体、气缸套、气缸盖、缸垫

一、机体

机体是发动机的基架,发动机所有的部件和零件均直接或间接地安装在机体的内部与外部,它的承载大,形状也较复杂,图 2-1 是 165F 型柴油机的机体。

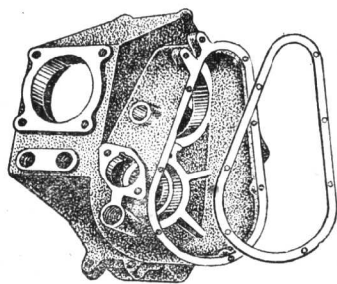


图 2-1 165F 型柴油机机体

机体的底部安装平面上有四个底脚螺栓孔，可将整台机器安装在配套机具上。机体上有一个平面与水平面成 45° ，在它上面有一个大的圆孔，用于安装气缸套。用四个螺栓可以把气缸套以及气缸盖固

定在机体上。

机体的一侧为齿轮箱，箱内装一对定时齿轮、调速器部件等，齿轮箱上方一个平面的圆孔上装喷油泵，另一小孔装量油尺，在齿轮箱上部装调速手柄，盖上装有起动装置。

机体的另一侧（在图 2-1 的左后方，图上看不见）装有曲轴轴承座。安装曲轴轴承座的四个螺栓同时也用以固定导风罩底板。曲轴轴承座与机体间装有垫片，一方面可以防止漏油，另一方面可以调整曲轴的轴向间隙。

机体的后面（与图 2-1 中 45° 斜面大孔对称的一面，在图的右后方）装有后盖及呼吸器（图 2-2）。呼吸器可以保证机体内腔与外界大气相通，以免机体内有过高的气压而引起表面渗漏机油，所以在使用时切不

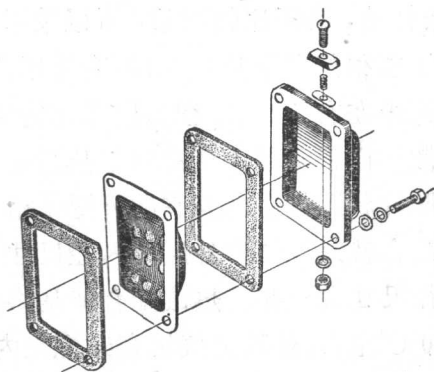


图 2-2 机体后盖及呼吸器

可把呼吸器堵死。另外，在安装时要注意后盖滤网孔应向下，同时还应注意呼吸器帽上的螺钉在安装时不要拧得过紧。

机体下部称为曲轴箱(油底壳)，它贮存着润滑油。润滑油量的多少可通过量油尺来检查。在齿轮箱有一放油螺塞，用于放尽润滑油。

二、气缸套

气缸套(图 2-3)是发动机燃烧膨胀而作功的地方，也是活塞作往复运动的导轨。

气缸套在高温、高压条件下工作，还受到高速运动的活塞侧向压力的作

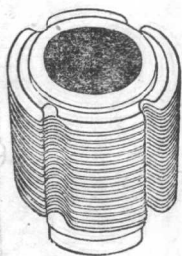


图 2-3 气缸套