

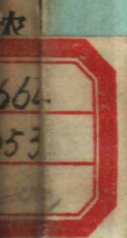
全国高等水产院校试用教材

渔船机械

湛江水产学院主编

渔业机械 海洋捕捞专业用

农业出版社



全国高等水产院校试用教材

渔 船 机 械

湛江水产学院 主编

渔业机械专业用
海洋捕捞

农 业 出 版 社

主编 湛江水产学院 陈秉光
编者 浙江水产学院 林载亮
湛江水产学院 唐文模
上海水产学院 王云章

全国高等水产院校试用教材

渔 船 机 械

湛江水产学院 主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 22.5印张 3插页 487千字

1983年5月第1版 1983年5月北京第1次印刷

印数 1—2,000册

统一书号 15144·639 定价 2.40元

前 言

本书系全国高等水产院校渔业机械和海洋捕捞两个专业使用的统编教材。其内容及广度、深度是按照专业的要求而编写的。

本书包括渔船主机、辅机、制冷装置及推进装置等四个部分，而授课时数仅有 60—80 学时。因此，只能着重讲述上述各类机械和装置的结构、工作原理及其特性，为上述专业的学生提供渔船机械方面的基本知识。

由于本书同时用于两个不同的专业，各院校有关专业对本课程的要求又有所不同，为了适应有关专业的需要，本书取材较为广泛。使用本教材时，可根据不同专业的要求，有所侧重。

本书渔船柴油机原理部分（第一章至第五章）由上海水产学院讲师王云章同志编写；渔船柴油机动力学和构造部分（第六章至第十二章）由浙江水产学院讲师林载亮同志编写；渔船辅机和渔船推进装置部分（第十三章至第十五章和第十九、二十章）由湛江水产学院讲师陈秉光同志编写；渔船制冷装置部分（第十六章至第十八章）由湛江水产学院讲师唐文模同志编写。全书由陈秉光同志担任主编。由于水平有限，错漏之处请读者予以指正。

本书由上海交通大学副教授顾宏中、陈大荣同志担任主审。尚有上海交通大学副教授蔚迟斌、朱树文、任文江同志，讲师杨承参、高鹗同志；上海水产学院讲师詹庆成同志；上海市渔业公司工程师孙作成同志参加审稿，提供了许多宝贵的意见，在此谨向上述单位的同志致以诚挚的感谢。

《渔船机械》编写小组

一九八〇年十一月十七日

目 录

前言

第一章 柴油机的工作原理	1
第一节 柴油机的结构参数、型号表示法及分类	1
第二节 柴油机工作原理	4
第三节 二冲程柴油机工作原理	6
第二章 柴油机的主要工作参数	9
第一节 指标参数	9
第二节 有效指标	11
第三章 柴油机中燃油的燃烧	15
第一节 柴油机的燃油	15
第二节 燃油的燃烧过程	19
第三节 雾化和混合	21
第四节 燃烧室	22
第四章 船用柴油机的工作特性	26
第一节 外特性	26
第二节 负荷特性	29
第三节 推进特性	30
第五章 柴油机的增压	32
第一节 一般介绍	32
第二节 废气涡轮增压器	38
第三节 废气涡轮增压对柴油机的一些影响	45
第四节 柴油机与涡轮增压器的配合	47
第六章 运动学和动力学	51
第一节 活塞的位移	51
第二节 活塞的速度和加速度	54
第三节 作用在曲柄连杆机构的力	55
第四节 作用在发动机的力矩	57
第五节 发动机的平衡	60
第七章 柴油机的主要部件	65
第一节 主要固定部件	65
第二节 主要运动机件	72
第八章 燃油系统和喷油设备	85
第一节 燃油系统	85
第二节 喷油设备	88
第三节 调速器	96

第九章 润滑系统和冷却系统	107
第一节 润滑的基本原理	107
第二节 循环润滑系统	109
第三节 冷却系统的作用	111
第四节 冷却系统	112
第十章 换气机构及进排气系统	114
第一节 换气机构	114
第二节 进气和排气系统	119
第十一章 起动、换向、操纵系统	123
第一节 起动原理、方式、结构	123
第二节 换向原理、方式、结构	129
第三节 操纵系统	131
第四节 船用柴油机程序控制操纵系统	138
第十二章 渔船柴油机构造实例	148
第一节 135 系列柴油机	148
第二节 160 系列柴油机	149
第三节 260 系列柴油机	150
第四节 300 系列柴油机	153
第五节 G 300 系列柴油机	153
第六节 E 135 系列柴油机	155
第七节 E 150 系列柴油机	155
第十三章 渔船用泵	159
第一节 往复泵	161
第二节 回转泵	164
第三节 离心泵	170
第四节 漩涡泵	180
第五节 喷射泵	183
第十四章 热交换器、废气锅炉和制淡装置	185
第一节 热交换器	185
第二节 辅助锅炉和废气锅炉	193
第三节 制淡装置	197
第十五章 舵机及锚机	202
第一节 操舵系统概述	202
第二节 人力舵机	204
第三节 液压操舵系统	206
第四节 锚机	216
第十六章 制冷原理与制冷剂	219
第一节 渔船制冷的目的和方法	219
第二节 焓和熵	224
第三节 单级压缩制冷原理	229
第四节 制冷剂	235

第十七章	制冷装置主要部件	240
第一节	压缩机	240
第二节	冷凝器与蒸发器	251
第三节	辅助设备	254
第十八章	制冷系统自动化简介	260
第一节	制冷装置自动化的组成及意义	260
第二节	自动化元件	261
第十九章	渔船推进系统	276
第一节	对渔船动力装置的要求	276
第二节	渔船推进传动型式及其比较	277
第三节	轴系组成及结构	281
第四节	船用齿轮箱	291
第五节	渔船管系	304
第六节	渔船机舱布置	318
第二十章	船机桨工况与配合	325
第一节	渔船船机桨工况配合概述	325
第二节	推进装置各组成部件的特性	327
第三节	几种典型的工况简述	331
第四节	几种典型渔船推进装置的工况与配合	338

第一章 柴油机的工作原理

柴油机是一种热机，它的基本特点是燃油喷入机器内部燃烧，使燃油的化学能转变为热能，然后再将热能转变为机械能。这种能量转换过程是通过气缸内的气体来实现的。燃油燃烧时发出的热量，使气缸内的气体压力和温度急剧升高，高压高温的气体在气缸内膨胀做功，推动活塞运动，通过曲柄——连杆机构将机械能传至外面。与其他热机相比，它具有热效率比较高，功率范围比较大，单位马力重量轻，启动迅速，操纵灵活等优点。所以目前渔船上的主机和副机都普遍采用柴油机。

第一节 柴油机的结构参数、型号表示法及分类

一、柴油机的几个结构参数

柴油机的基本构件及名称如图 1—1 所示。

现将柴油机常用的几个结构参数介绍如下：

1. 气缸直径 D 指气缸套内部直径。
2. 曲柄半径 R 曲柄销中心与主轴颈中心之间的距离。
3. 活塞行程 S 活塞在上止点与下止点位置之间的距离。活塞行程等于曲柄半径的一倍，即 $S = 2R$ 。活塞移动一个行程，曲轴相应转了半圈。
4. 气缸工作容积 V_h 活塞移动一个行程所扫过的气缸容积称为气缸工作容积。即：

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} S$$

通常柴油机活塞总排量，就是柴油机的缸数乘以气缸的工作容积。

5. 压缩容积 V_c 活塞在上止点时，活塞顶与气缸盖之间的容积。

气缸总容积 V_a ： $V_a = V_c + V_h$

6. 压缩比 ϵ 气缸总容积 V_a 与压缩容积 V_c 的比值

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c}$$

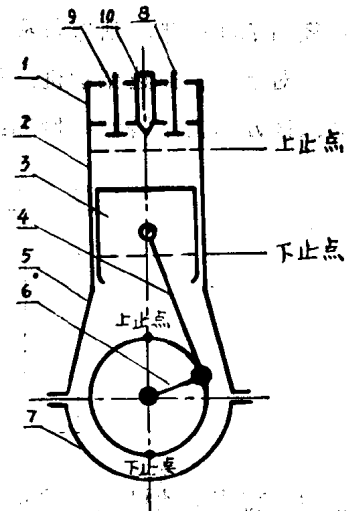


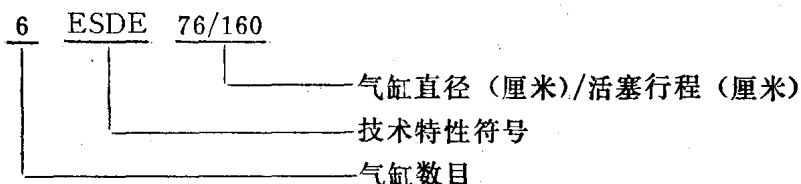
图 1—1 柴油机构造原理

1. 气缸盖 2. 气缸 3. 活塞 4. 连杆
5. 机架 6. 曲轴 7. 机座 8. 进气阀
9. 排气阀 10. 喷油嘴

压缩比的大小表征了气体在气缸内受压缩的程度。 ϵ 值愈大, 气体被压缩得愈厉害。它是柴油机的一个重要参数。

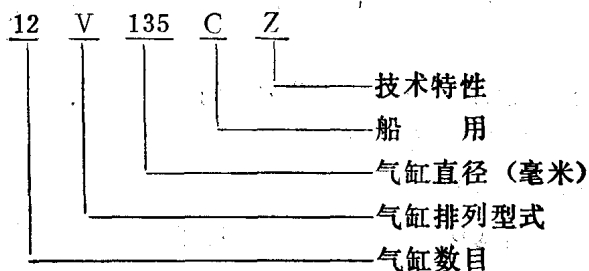
二、柴油机的型号表示法

柴油机的型号通常用一些数字和符号来表征, 从这些数字和符号上可反映出柴油机的某些特征。我国柴油机的型号表示, 由以下三部分组成, 对于低速柴油机: 首部表示缸数; 第二部分为技术特性符号; 第三部分为气缸直径和活塞行程数值。例如:



技术特性符号是各从汉语拼音第一个字母来代表其含义: 即 E(Er)——二冲程。如不用 E 符号者表示四冲程; S(Shi)——十字头式, 如不用 S 符号者表示筒形活塞式; D(Dao)——可以直接倒转。如不用 D 符号者表示不可直接倒转, Z(Zeng)——增压式, 如不用 Z 者, 表示非增压式。如上例为: 6 缸、二冲程、十字头式、可逆转、增压式船用柴油机, 气缸直径为 760 毫米, 活塞行程 1,600 毫米。

对于中、高速柴油机: 第一部分为缸数, 第二部分为气缸排列型式, 第三部分为缸径, 第四部分为技术特性, 例如:



其中, 高速柴油机气缸排列型式及技术特性符号, 目前尚未明确规定, 现只就有关工厂的通用规定介绍如下, 供参考:

V——气缸排列为 V 型, 如不用 V 符号者为直列式机型; E——表示二冲程, 如不用 E 者为四冲程。

技术特性符号中: E、S、D、Z——表示意义与船用低速柴油机相同。C——船用, 如不加 C 符号者为陆用。G——表示原机型稍加改进的机型。有些厂则表示基本型, 在其后加 1 或 2 等, 则表示在基本型的基础上改进的符号。

例如: 上例为 12 缸 V 型, 气缸直径为 135 毫米, 四冲程, 船用、增压式柴油机。

柴油机的旋转方向和气缸编号 (GB726—65 规定): 旋转方向均从柴油机功率输出端朝

自由端看，凡输出轴以顺时针方向旋转者称为右旋，逆时针旋转者为左旋。对本身可正反转的柴油机，其旋转方向应以柴油机正转方向（船舶前进时的柴油机转向）为准。

三、柴油机分类

柴油机应用非常广泛，不同用途时对柴油机有不同的要求。它的种类繁多，工作能力差别很大。按其基本特征可分成几大类，现就与渔船有关的，作如下介绍：

按工作循环可分为四冲程和二冲程柴油机。目前我国渔船主机，大多采用四冲程柴油机，如 6260，6300，6135 等，在部分机帆渔船上采用二冲程柴油机，如 4E135 等。

按进气方法可分为增压和非增压柴油机。用废气涡轮增压器（或其他方法）提高气压力的柴油机叫增压柴油机，如用作渔船主机的 6300EC、12V135EC_{A/B}、6260EC、6160EC 等柴油机都已实行增压，废气涡轮增压是发展方向，现在渔船上增压柴油机已得到广泛应用。

按速度可分低速、中速和高速柴油机。柴油机的速度可以用活塞平均速度或曲轴转速作为区分标准，活塞平均速度用 C_m 表示：

$$C_m = \frac{S n}{30} \text{ 米/秒}$$

式中：S——活塞行程，n——曲轴转速，转/分。

按照活塞平均速度与柴油机曲轴转速分类：

1. 低速柴油机 活塞平均速度为 6—7 米/秒，相应的曲轴转数小于 350 转/分；
2. 中速柴油机 活塞平均速度为 7—10.5 米/秒，相应的曲轴转数为 300—1350 转/分；
3. 高速柴油机 活塞平均速度为 10.5—13 米/秒，相应的曲轴转数大于 1,000 转/分。

按气缸进气方法分：

1. 非增压柴油机 进气完全依靠本身运动吸入空气的四冲程柴油机，或用扫气泵供给较低压力的空气去扫除废气的二冲程柴油机。

2. 增压柴油机 用专设的压气机增加进气压力来提高功率的柴油机。

按气缸的排列方法分：

1. 直列式柴油机 各缸排列成一条直线，气缸中心线垂直于水平面的柴油机。
2. 卧式柴油机 所有各缸中心线为水平方向的柴油机。
3. V型柴油机 气缸成V型排列，两个或两列气缸的中心线成V型的柴油机。

按照曲柄连杆机构的构造分：

1. 筒形活塞式柴油机，活塞通过活塞销与连杆相连的柴油机。
2. 十字头式柴油机，活塞通过活塞杆及十字头与连杆相连的柴油机。

第二节 柴油机工作原理

一、四冲程柴油机工作原理

柴油机连续不断工作，实际上工作循环不断地重复，作为四冲程柴油机的工作循环，是由进气、压缩、燃烧、膨胀和排气过程所组成，分别在四个行程内完成。现对每一过程分别介绍如下，这些过程都可以在 $P-v$ 图上表示，在 $P-v$ 图上纵座标表示气缸内的气体压力，横座标表示气缸容积。如图 1—2 所示。

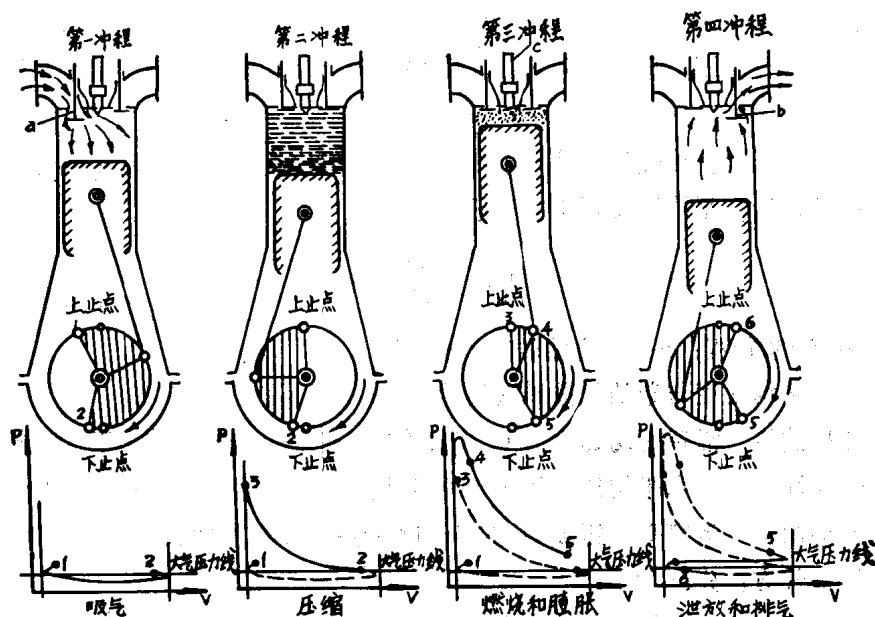


图 1—2 四冲程柴油机的工作原理

第一行程——进气行程：活塞从上止点向下止点移动，进气阀打开，由于活塞下行时的抽吸作用，气缸内的压力低于进气管内的压力，空气在气缸内外的压差作用下，经过进气阀充入气缸内。

为了减少吸气阻力，增加吸入缸内的空气量。活塞在上止点开始吸气时，进气阀就需要有一定的开启，所以进气阀应该在活塞到达上止点前就提前打开。气阀开启的时刻可用曲柄位置来表示。曲柄在点 1 时，进气阀开，同样道理，曲柄转到下止点后点 2 时进气阀才关闭。整个进气过程中缸内的压力变化，如 $P-v$ 图上曲线 1—2 所示。

第二行程——压缩行程：曲轴转至点 2，进气阀就关闭，活塞自下止点向上止点移动时，空气在密封空间中受压缩，直至上止点位置。压缩终了的压力 P_c 可达 30—80 公斤/厘米²（或更高些），压缩终了的温度 t_c 可达 600—700℃，而燃油的自然发火温度为 210—270℃。所以空气压缩终了的温度足以保证喷入缸内雾化的柴油能很快自行燃烧。

P_c 、 t_c 的大小取决于空气被压缩的程度，即取决于压缩比 ϵ 值， ϵ 值愈大，相应的 P_c 、 t_c 值也愈大，此外柴油机的经济性、工作性能等都与 ϵ 值有关，所以压缩比是柴油机的一个重要结构参数。

在现有船用柴油机中，压缩比一般为：

低速非增压柴油机 $\epsilon = 13-14$

中速非增压柴油机 $\epsilon = 14-15$

高速非增压柴油机 $\epsilon = 15-19$

增压柴油机 $\epsilon = 11-15$

压缩过程由于存在着复杂的热交换，反映在 $P-v$ 图上是一条多变压缩曲线 2—3。

第三行程——膨胀行程：这个行程包括燃烧过程、膨胀过程及部分排气。

压缩终了喷油器开始喷油，开始喷油的时刻发生在曲柄离上止点前某一角度，这个角度称之为喷油提前角。燃油喷入气缸后很快就强烈燃烧，气缸内的压力和温度随之急剧升高，燃烧后的气体最高爆炸压力 P_z 达 50—100 公斤/厘米²（或更高些），最高温度 t_z 达 1,400—1,900℃，高温高压的气体作用在活塞上，推动活塞下行而做功。当曲柄转到上止点后某一时刻（点 4），燃烧基本结束。缸内高压的燃气继续对外膨胀做功，在膨胀过程中气体压力和温度很快下降，膨胀终了排气阀开始打开时，气体压力降至 2.5—6 公斤/厘米²，温度降至 600—900℃，排气阀在曲柄转至下止点前某一角度开始打开，这可使排气更为干净并减少排气行程中消耗的功。

燃烧过程反映在 $P-v$ 图上是曲线 3—4，膨胀过程表示在 $P-v$ 图上为曲线 4—5。

第四行程——排气行程，由于排气阀的提前开启，气缸内外气体的压差比较大。大量的废气在较大压差的作用下，经过排气阀排出气缸外。缸内的气体压力和温度迅速下降。留下废气在活塞自下而上的行程中，被活塞排出气缸外，此时气缸内的压力略高于排气管内的压力。为了使排气干净，排气阀延后至上止点后点 6 才关闭。

排气过程表示在 $P-v$ 图上为曲线 5—6。

上述四个冲程就构成了柴油机的一个工作循环，把每一过程表示在 $P-v$ 图上的曲线综合起来就可得到柴油机工作循环的 $P-v$ 图，这个 $P-v$ 图不仅反映了缸内压力随着活塞位置的变化关系，而且它的面积表示了这个循环做功的大小，所以通常把 $P-v$ 图也称之为示功图。

在实际示功图上，由于进排气过程压差与最高爆炸压力相比非常小，在图上很难区分开来，至于吸气与排气消耗功所造成的损失，一般都算入机械损失内。所以把表示在图 1—2 上的进气过程曲线 1—2 和表示排气过程的曲线 5—6 精简掉，精简后得的示功图曲线 12341 如图 1—3 所示。

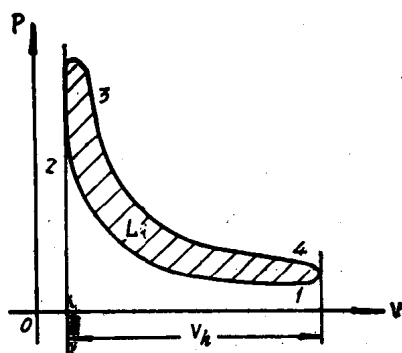


图 1—3 实际循环的示功图

二、配气定时

为了能更多地充入新鲜空气和使排气时消耗的功最小,气阀开启和关闭都不是正好在上、下止点,而是在上、下止点前某一时刻,即提前或延后,这种提前或延后的时刻通常都用曲柄转角表示,以曲柄转角表示的气阀定的图称之为配气定时图,如图 1—4 所示。图上 φ_1 为进气阀提前开启角, φ_2 为进气阀延后关闭角,进气过程进气阀开启的角度为 $\varphi_{1-2} = 180 + \varphi_1 + \varphi_2$, φ_3 为排气阀提前开启角, φ_4 为排气阀延后关闭角,排气过程排气阀开启的角度为 $\varphi_{3-4} = 180 + \varphi_3 + \varphi_4$ 。

配气定时对于柴油机的工作具有重要的影响,它不仅会减少进、排气的阻力,同时由于排气阀延后关闭,利用气体流动的惯性作用,使排气干净。由于进气阀的延后关闭,利用气流的惯性,可增加充入气缸内的新鲜空气量。最合适的配气定时需经试验来确定。在柴油机修理和装配过程中必须严格保证柴油机的配气定时,否则会影响柴油机工作,甚至会使机器无法启动。

从图 1—4 可看到,进气阀和排气阀在上止点前后的一段转角 $\varphi = \varphi_3 + \varphi_4$ 范围内同时开启,这段曲柄转角称为气阀重叠角。在增压柴油机中利用进、排气管中的压差,可把压缩容积中的废气清扫,有利于气缸充气量对气缸、活塞等零件的冷却。

气阀定时的一般范围,列于下表:

名 称	非 增 压		增 压	
	开 启	关 闭	开 启	关 闭
进 气 阀	上止点前 15—30°	下止点后 10—30°	上止点前 40—80°	下止点后 20—40°
排 气 阀	下止点前 35—45°	上止点后 10—20°	下止点前 40—55°	上止点后 40—50°
重 叠 角	25—50°		80—130°	

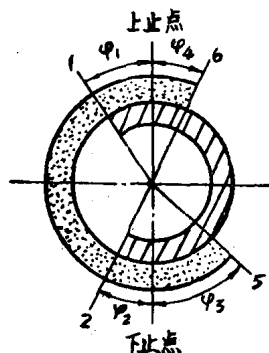


图 1—4 配气定时图

第三节 二冲程柴油机工作原理

与四冲程柴油机相比,二冲程柴油机在结构、原理方面都有所不同。四冲程柴油机一个循环由四个冲程所组成,其中只有一个冲程作功,即曲轴每旋转二周只有半转是做功的。在二冲程柴油机中,一个工作循环只需二个冲程就可完成,气体的压缩、燃烧、膨胀作功在二个冲程内完成,而废气的排除、新鲜空气的充入只是利用进排气口在活塞靠近下止点的部分行程内完成。

二冲程柴油机的工作原理图如图 1—5 所示。在二冲程柴油机气缸下部开有一圈气口,

在图上边为排气口，下边为进气口，排气口的高度比进气口略高。气口高度一般约占整个行程的10—20%，气口的开启、关闭均由活塞本身控制，二冲程柴油机附设有扫气泵，新鲜空气预先在扫气泵内压缩，压力一般为1.1—1.5 公斤/厘米²。压缩后新鲜空气经进气口进入气缸内。

现将二冲程柴油机的工作过程介绍如下：

活塞从下止点开始向上移动，活塞在遮住进气口之前，新鲜空气在压力的作用下通过进气口进入气缸，与此同时气缸内的废气被新鲜空气从排气口挤出。活塞继续上行，进气口先被活塞关闭（点2），于是气缸中的空气就开始被压缩。压缩过程与四冲程柴油机相同，压缩终点为3，此时压力可达40—50 公斤/厘米²，温度可达700—750℃，在这一行程中，初期进行一段扫气过程，主要进行压缩过程，表示在P—v图上，扫气过程为曲线012，压缩过程为曲线23。

第二行程：燃烧、膨胀、排气及扫气。

在压缩终了时，燃油喷入气缸内进行燃烧，活塞经过上止点向下移动，燃烧过程延续到点4基本结束。高温高压的燃气在缸内膨胀作功，推动活塞下行。当活塞下行到点5时，排气口先打开，由于此时气缸内的气压较高，压力达2.5—6 公斤/厘米²，在很大的压差作用下，大量废气从排气口排出。活塞继续下行，行至点6时，进气口打开，新鲜空气经进气口进入气缸，同时将留在气缸内的废气扫除出去。这一过程一直延续到下一行程初期进气口关闭为止，此过程称之为换气过程。

因此在第二行程中，气缸内除了进行燃烧和膨胀过程外，还进行了排气和一部分扫气过程，燃烧和膨胀过程表示在P—v图上为曲线345，排气和扫气过程为曲线560。

下面介绍一下二冲程柴油机换气的几种基本形式。

1. 横流式换气 如图1—6a所示，扫气口与排气口设置在气缸周围的两对面，排气口高于扫气口，活塞下行时排气口比扫气口先打开，大量的废气冲出气缸外，缸内的压力迅速下降，使扫气口开启时气缸内的压力低于扫气压力，以便进行扫气。扫气口沿垂直和水平方向均有倾斜角，以控制气流的方向，提高换气质量。在换气过程中，新鲜空气从气缸一侧沿倾斜的扫气口进入气缸并向上流动把废气推向上行，然后又从气缸上部转向下行，经气缸另一侧的排气口排出，这样，气体在气缸中是横向流动，故称横流换气。

2. 回流式换气 如图1—6b所示，在这种换气方式的气缸上，扫气口在排气口的两侧，气口沿垂直

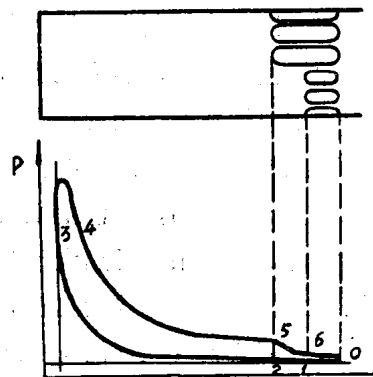


图 1—5 二冲程柴油机
工作原理图

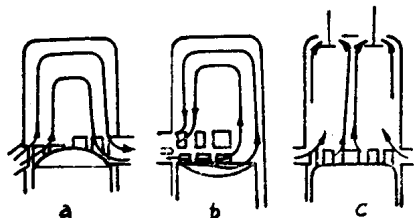


图 1—6 三种换气形式

和水平方向均有倾斜角，以控制气流方向，当换气时新鲜空气从向下倾斜的扫气口进入气缸，流过活塞顶部，驱废气上行，在气缸顶部转向下行，最后由倾斜的排气口排出。气体在流动中呈回线状，因此称之为回流换气。

以上两种换气形式，结构简单，管理方便，但都有一些额外扫气损失，因当活塞上行时先把扫气口关闭，当活塞继续上行时，必然有一部分空气从排气口挤出。但由于结构上不断改进，如在某些低速大型柴油机上，装设排气回转阀机构，这一矛盾可得到解决。一般回流式换向比横流式的扫气质量好，所以目前在高、中速柴油机上应用比较广泛。

3. 直流式换气 如图 1—6c 所示，这是一种气口——气阀直流式换气，扫气口布置在气缸整个圆周上，而排气由排气阀控制，装在气缸头上，由凸轮传动予以控制。当活塞下行打开扫气口前，通过排气阀传动机构先把排气阀打开，进行自由排气，随后，扫气口开启，新鲜空气经扫气口进入气缸扫气，强迫废气由下而上经排气阀排出气缸。这样，气体在气缸中的流动方向自下而上地直线流动。这种换气的优点是排气干净，换气质量好，但结构比较复杂，需增加一套排气阀机构。

二冲程柴油机与四冲程柴油机两种工作循环相比，有如下特点：

(1) 功率：从理论上讲，在柴油机的缸径 D 、冲程 S 和转速 n 都相同的情况下，二冲程的功率比四冲程的功率大一倍。但实际上，只是大 50—70%，因为二冲程柴油机缸套上开有气孔，损失了有效行程 10—20%，其次二冲程扫气不如四冲程干净，所以功率只增加 50—70%。

(2) 换气：与四冲程相比，二冲程换气的时间要短得多，一般曲柄转角不大于 130—150°。而四冲程的换气时间约为曲柄转角 400—450°。所以一般来讲，二冲程柴油机的换气质量要比四冲程差。

(3) 热负荷：在相同转速下，二冲程柴油机比四冲程的燃烧次数多一倍，故二冲程柴油机的热负荷比较大。

目前，二冲程柴油机在大型低速船用柴油机领域内占绝对优势，而在其他领域内也有一定应用。相对来讲，四冲程柴油机发展则更为有利，应用面更为广泛，在机型和数量上占多数，在我国，渔船上大多采用四冲程柴油机作为主、副机，在部分渔船上也采用二冲程柴油机作为主机，如 E135, E150 系列柴油机。

第二章 柴油机的主要工作参数

柴油机的工作参数是表征柴油机工作循环的能力与好坏的重要指标,通过这些参数可以明确看出柴油机工作能力的大小,经济性的好坏。所以熟悉这些参数是很有必要的。

第一节 指标参数

所谓指标参数是以示功图为基础,只考虑气体对活塞做功的性能指标,它反映工作循环的好坏,而不涉及柴油机本身的一系列机械损失。

1. 平均指示压力 从示功图上可以看到气缸内气体的压力是随着活塞位置而变化的,现假定有一个在整个活塞行程内不变的压力作用在活塞上,推动活塞在一个行程内所做的功与实际循环所做的功相等。这个假定不变的压力称之为平均指示压力。一般以 p_i 表示之。从图上来看高度为 p_i 宽度为 V_h 的这块矩形面积,应和工作循环曲线所包围的面积 W_i 相等,如图 2—1 所示。根据这一关系,则 $p_i V_h = W_i$ 即 $p_i F S = W_i$ 公斤米。式中,

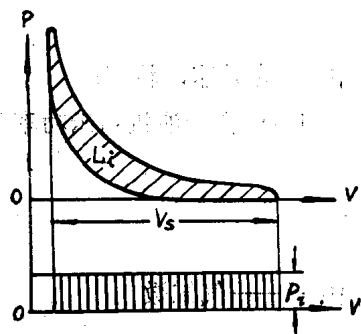


图 2—1 平均指示压力图

W_i 为工作循环曲线所包围的面积,也就是示功图面积,即指示功; F 为活塞面积, 米^2 ; S 为活塞行程, 米 ; p_i 为平均指示压力, 公斤/米^2 。从上式看出, p_i 表示一个工作循环内每单位气缸容积所做的功,即:

$$p_i = \frac{W_i}{FS} = \frac{W_i}{V_h} \quad \text{公斤/米}^2$$

在一般使用中压力的单位常用 公斤/厘米^2 , 则

$$p_i = \frac{W_i}{V_h \times 10^4} \quad \text{公斤/厘米}^2$$

p_i 值是衡量发动机工作循环的动力性能的一个重要指标,它表征了发动机的气缸工作容积利用率的高低。在相同的气缸容积下, p_i 值愈大,机器发出的指示功愈大。因此可以用 p_i 来对比不同尺度的柴油机的做功能力。

现有船用柴油机在标定情况下的 p_i 值的范围如下:

四冲程非增压柴油机 $p_i = 6.5-10 \text{ 公斤/厘米}^2$

四冲程增压柴油机 $p_i = 9-25 \text{ 公斤/厘米}^2$

二冲程非增压柴油机 $p_i = 5.5-7$ 公斤/厘米²

二冲程增压柴油机 $p_i = 7-13$ 公斤/厘米²

p_i 值主要决定于单位气缸容积每一循环的喷油量的多少, 与工作循环进行的完善程度。如换气质量、燃烧质量等。另外在负荷变化时 p_i 值也随之而变化。

2. 指示功率 N_i 柴油机每个气缸在每一循环中可做的指示功为:

$$W_i = p_i V S \quad \text{公斤} \cdot \text{米}$$

每秒所做的功称为功率, 故对于二冲程单缸指示功率为:

$$N_i = \frac{p_i V_h n}{60} \quad \text{公斤米/秒}$$

功率常用单位为马力, 一马力等于每秒做功 75 公斤米, 将上式换成马力单位, 则单位指示功率为:

$$N_i' = \frac{p_i V_h n}{60 \times 75} \quad \text{马力}$$

式中: n 为转速, 转/分。

因而整台柴油机指示功率的一般公式为:

$$N_i = \left(\frac{p_i V_h n}{60 \times 75} \right) i m$$

式中: i ——气缸数

m ——每转工作循环数, 四冲程 $m = \frac{1}{2}$, 二冲程 $m = 1$

p_i 的单位是公斤/米², 换成常用单位, 公斤/厘米², 则:

$$N_i = \left(\frac{p_i \times 10^4 V_h n}{60 \times 75} \right) i m = \frac{p_i V_h n i m}{0.45} \quad \text{指示马力}$$

3. 指示耗油率 g_i 对比柴油机经济性时, 不能只看到消耗的总油量多少, 还应考虑到做功的多少, 因此应以单位时间内消耗的油量与作功量的比值衡量。指示耗油率就是每小时的耗油量与指示功率的比值, 即每指示马力每小时的油耗量。

$$g_i = \frac{G_T}{N_i} \quad \text{公斤/指示马力小时}$$

式中: G_T 为整台柴油机在每小时内消耗的油量。

现有船用四冲程柴油机在标定工况下的 g_i 为 0.12—0.15 公斤/指示马力小时, 二冲程柴油机为 0.130—0.165 公斤/指示马力小时。

4. 指示效率 η_i 指示效率 η_i 表明柴油机工作循环的热量利用程度。它反映了实际完成工作循环时所具有的一切热损失。按照效率的定义, 指示效率 η_i 是实际循环功的当量与每循环加入的热量的比值, 即