

交通系统中等专业学校试用教材

船舶柴油机

上册

(轮机管理专业用)

重庆河运学校 关湘 陈太文 主编

人民交通出版社

交通系统中等专业学校试用教材

船 舶 柴 油 机

上 册

(轮机管理专业用)

重庆河运学校 关 湘 陈太文 主编

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书分上、下两册，主要从我国内河船舶实际出发，着重介绍中、小型柴油机的构造、原理、性能和管理维修。

上册着重介绍柴油机的主要机件和各系统的功用、工作原理、工作条件、材料和结构特点。书中搜集了较多型式的调速器、换向装置和操纵机构资料，供选择讲授。

下册着重介绍柴油机的原理、增压、性能和管理维修。

本书为内河中等专业学校轮机管理专业试用教材，也可供轮机管理人员和船机修理人员参考。

交通系统中等专业学校试用教材

船舶柴油机

上 册

(轮机管理专业用)

重庆河运学校 关 湘 陈太文 主编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 12 插页: 1 字数: 290 千

1979年8月 第1版

1979年8月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—20,400 册 定价: 1.00 元

前 言

本书系根据1978年3月交通部教育局在北京召开的全国水运中等专业学校教材编写会议所确定的编审分工，以及同年5月有关学校在南宁共同制订的教材编写大纲编写而成。

全书分上、下两册，由重庆河运学校关湘、陈太文主编，黑龙江省交通学校梁承学、施明毅主审，所有编写人员共同审定。

上册编写人为：第一、二、三章关湘；第四、六、九章和第十章中的7~9节陈太文；第五、七、八章和第十章中的1~6节武汉河运学校徐文华。

下册编写人为：第十一、十五章江苏省河运学校朱炳坤；第十二、十三、十六章广东省航运学校常益广；第十四章广西交通学校覃国雄；第十七至二十一章梁承学、施明毅。

在本书编写过程中，重庆河运学校陈沃堂、王俊荣和江苏省河运学校宗棣华等作了大量具体工作，在此表示感谢。由于时间仓猝，水平有限，错误之处在所难免，恳切希望读者批评指正。

编 者

1979年元月

绪 论

将热能转变为机械功的机器称为热力发动机（简称热机）。它是目前应用最广的一种原动机。按燃料的不同燃烧场所，热机可分为外燃机和内燃机两大类。

在外燃机中，燃料的燃烧在发动机外部进行，用水作介质，产生蒸汽，再将蒸汽引入发动机内膨胀做功，如往复蒸汽机、汽轮机等。在内燃机中，燃料直接在发动机内部燃烧，产生高温高压燃气推动发动机做功，如柴油机、汽油机、燃气轮机等。

以柴油作燃料的内燃机称为柴油机。由于它具有很多优点，所以目前得到了迅速的发展和最广泛的应用。柴油机的优点如下：

1. 热效率高，往复蒸气机为11~16%，而柴油机则高达30~46%；
2. 可用重质柴油作燃料，而且耗油率较低，因此，经济性高；
3. 功率范围广，约为1.1~35,328千瓦（1.5~48000马力）；
4. 动力装置总尺寸和总重量小，不需要一套锅炉之类的设备，起动灵活方便，因此能节省人力和便于管理；
5. 燃料携带方便，安全性高，且动力装置附近的温度较低，改善了工作环境。

由于柴油机具有上述优点，因此在船舶上的应用与日俱增。据统计，世界上在各类船舶动力装置中，柴油机船舶的比例，在1927年只有4%，而到1955年就达55%。1971年世界建造船舶的艘数和吨位是历来最高纪录，而柴油机船舶就占91%。1972年世界商船队有船舶50000艘，其中80%以上是由柴油机驱动的。所以，柴油机在船舶动力中占有绝对优势，它是最经济和最合理的一种船舶动力装置。

解放前，我国船舶柴油机事业是很落后的，不用说制造，就是连修理所需的零部件也要进口，在使用技术方面也是非常落后的。

解放后，我国船机制造业有了较快的发展，以135系列为代表的小型船舶柴油机，其部分性能指标已达较先进水平。各种中型船舶柴油机各地相继制造成功，有些已定型批量生产。大型柴油机也已相继安装在我国自行设计制造的某些远洋船舶上。

我国内河多，海域宽，海岸线长，石油资源丰富，有发展船舶柴油机的优越自然条件，在实现四个现代化的过程中，我国船舶柴油机事业必将获得高速发展。

目前，柴油机动力装置应考虑下述几个问题，以适应船舶发展的需要：

1. 继续改善增压系统以提高平均有效压力 P_e ，进一步提高单缸功率；
2. 采用重油作燃料以提高经济性；
3. 使用单轴多台或双轴多台的布置，以提高船舶功率的适应性和安全性；
4. 进一步降低噪音和减振；
5. 采用自动化和遥控技术，实现机舱无人化，大量地应用电子计算机集中控制、监视发动机的运转，并为检修工作提供可靠的资料和数据。

目 录

绪论

第一章 柴油机的工作原理	1
§1-1 基本结构组成.....	1
§1-2 四冲程柴油机的工作原理.....	2
§1-3 二冲程柴油机的工作原理.....	4
§1-4 增压柴油机的工作原理.....	6
§1-5 国产柴油机的分类和型号表示法.....	8
第二章 主要部件	10
§2-1 机座.....	10
§2-2 机体.....	10
§2-3 主轴承.....	12
§2-4 气缸套.....	13
§2-5 气缸盖.....	15
§2-6 活塞组件.....	16
§2-7 连杆组件.....	21
§2-8 曲轴组件.....	23
第三章 配气系统	24
§3-1 四冲程柴油机的配气机构.....	25
§3-2 二冲程柴油机的配气方式.....	29
§3-3 进气和排气管路.....	31
第四章 燃油系统	34
§4-1 燃油.....	34
§4-2 燃油系统的功用、组成和要求.....	40
§4-3 输油泵.....	43
§4-4 喷油泵.....	44
§4-5 喷油器.....	56
§4-6 喷油泵-喷油器.....	57
§4-7 燃油系统的管理维护.....	59
第五章 调速装置	64
§5-1 柴油机的调速.....	64
§5-2 机械式调速器.....	66
§5-3 油压操纵机械式调速器.....	69
§5-4 油压式调速器.....	73
§5-5 超速保险装置.....	83

第六章	润滑系统	86
§6-1	摩擦与润滑.....	86
§6-2	润滑油.....	88
§6-3	润滑系统的分类和布置.....	90
§6-4	润滑系统的管理维护.....	95
第七章	冷却系统	97
§7-1	冷却系统的作用和布置.....	97
§7-2	冷却系统的设备.....	101
§7-3	冷却系统的管理维护.....	103
第八章	起动系统	104
§8-1	柴油机的起动.....	104
§8-2	电力起动的离合机构.....	104
§8-3	压缩空气起动装置.....	109
§8-4	压缩空气起动系统的主要设备.....	111
§8-5	辅助起动的装置和方法.....	116
第九章	换向装置	117
§9-1	柴油机的换向.....	117
§9-2	双凸轮换向装置.....	118
§9-3	单凸轮换向装置.....	123
§9-4	换向阀换向装置.....	127
§9-5	油压式离合换向装置.....	129
§9-6	气胎式离合换向装置.....	138
第十章	操纵系统实例	141
§10-1	NVD36 型柴油机操纵系统.....	141
§10-2	8NVD48 型柴油机操纵系统.....	146
§10-3	6L 350 型柴油机操纵系统.....	154
§10-4	350型柴油机操纵系统.....	158
§10-5	6300 型柴油机操纵系统.....	161
§10-6	ESDZ 30/50 型柴油机操纵系统.....	168
§10-7	8E350 ZDC 型柴油机操纵系统.....	170
§10-8	GM16-278A 型柴油机操纵系统.....	173
§10-9	FM38D 型柴油机操纵系统.....	181

第一章 柴油机的工作原理

§1-1 基本结构组成

一、四冲程柴油机的基本结构组成

船舶柴油机的构造比较复杂，而且型式很多，但大体上均由主要部件和辅助机构两大部分所组成。图 1-1 为一台四冲程柴油机的主要部件横剖视图。

主要部件有曲轴 1、主轴承 2、连杆螺栓 4、连杆 5、气缸盖 17、活塞 18、活塞销 19、气缸套 20、机体 21、机座 22 等。

辅助机构有配气系统的凸轮轴 6、推杆 8、摇臂 12、气阀弹簧 14、进气阀 10、排气阀 15、进气管 9、排气管 16 等和燃油系统的喷油泵 7、高压燃油管 11、喷油器 13 等。

其它的辅助机构还有冷却系统、润滑系统、操纵系统（起动、调速、换向）等，图中未予标出。

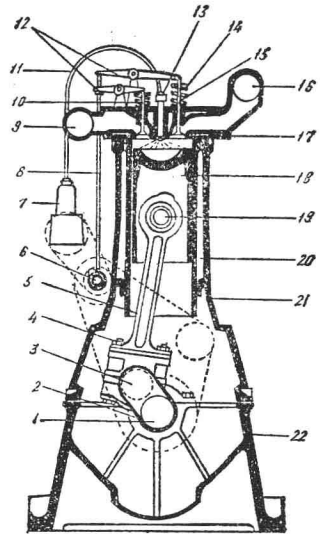


图1-1 四冲程柴油机的主要部件和辅助机构

- 1-曲轴；2-主轴承；3-曲柄销；4-连杆螺栓；5-连杆；6-凸轮轴；7-喷油泵；8-推杆；9-进气管；10-进气阀；11-高压燃油管；12-摇臂；13-喷油器；14-气阀弹簧；15-排气阀；16-排气管；17-气缸盖；18-活塞；19-活塞销；20-气缸套；21-机体；22-机座

二、二冲程柴油机的基本结构组成

二冲程柴油机与四冲程柴油机基本结构相同，所不同的是二冲程柴油机需用扫气泵进行扫气，因此，需增加扫气泵装置，但由于扫气口都是开在气缸套上，所以进气阀及其传动机构可以全部省去。若是采用横流式或回流式扫气的二冲程柴油机，排气口也开在气缸套上，

这样，排气阀及其传动机构也不需用，从而可以大大简化柴油机的构造。图 1-2 为一台二冲程柴油机的横剖视图。

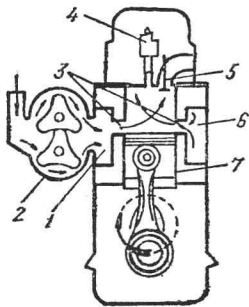


图1-2 二冲程柴油机的结构

- 1、6-扫气室；2-扫气泵；3-扫气口；4-喷油器；5-排气阀；7-活塞

三、柴油机的几何名称

如图 1-3 所示，柴油机的主要几何名称如下。

- 1. 上死点 活塞在气缸中运动所达到的最高位置。
- 2. 下死点 活塞在气缸中运动所达到的最低位置。
- 3. 冲程 上下死点之间的距离，常用 S 表示，等于曲柄半径 R 的两倍，即 $S = 2R$ 。一个冲程相当于曲柄回转 180° 。
- 4. 曲柄半径 曲轴的曲柄销轴线与主轴颈的轴线间的距

离，常用 R 表示。

5. 气缸直径 气缸的通称直径，常用 D 表示。

6. 压缩容积 活塞位于上死点时，活塞顶与气缸盖底面之间的气缸容积，又称燃烧室容积，以“ V_c ”表示。

7. 工作容积 活塞从上死点到下死点所经过的空间，以 V_s 表示，它等于

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D^2 S$$

8. 气缸总容积 活塞在下死点时，活塞顶以上的全部空间称气缸总容积，它是压缩容积与工作容积之和，以 V_a 表示，即

$$V_a = V_c + V_s$$

9. 压缩比 气缸总容积与燃烧室容积之比值称为压缩比，以 ϵ 表示，即

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_c + V_s}{V_c} = 1 + \frac{V_s}{V_c}$$

压缩比表明了气缸内空气被活塞压缩的程度，压缩比越大，压缩终了时的压力与温度就越高，它是柴油机的一个重要性能参数，其值一般在11~20之间。

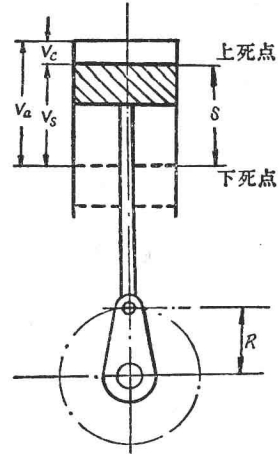


图1-3 柴油机的几何名称

§1-2 四冲程柴油机的工作原理

柴油机是一种压燃式的内燃机，它的作功过程必须具备这样的条件，即：有足够数量的空气并被压缩到一定的程度，以达到燃料燃烧所需的温度；定时定量地往气缸中喷入燃料，最后将作过功后的废气排出气缸外。

综上所述，柴油机每作一次功都必须经过进气、压缩、作功、排气这四个过程。这四个过程进行一次称为一个工作循环，循环不断地进行，柴油机即能连续地工作。

活塞运动四个冲程完成一次工作循环的叫做四冲程柴油机，只用二个冲程完成一次工作循环的叫做二冲程柴油机。

一、四个冲程的进行情况及其压容图

图1-4为四冲程柴油机的工作原理图。

图下方表示气缸内的压力随活塞移动（即气缸容积变化）而变化的情况，其纵座标表示气缸内气体压力 P ，横座标表示相当于活塞移动的气缸容积 V ，通常称为压容图，即 $P-V$ 图。

第一冲程——进气冲程。这一冲程的任务是使气缸内充满新鲜空气。

进气冲程开始时，活塞由上死点往下移动，进气阀打开，气缸内容积增大，压力下降，产生了真空度，外界新鲜空气在压力差的作用下经进气阀进入气缸。这时，排气阀和喷油器等均关闭着。

由于外界新鲜空气在进入气缸过程中需要经过一些部件如空气滤清器、进气管、特别是进气阀而存在流阻损失，所以从上死点开始，进入气缸中的气体压力始终低于大气压力，其

值约为80~95千帕 (0.80~0.95千克力/厘米²)。

为了使柴油机能发出较大的功率, 必须在每个进气过程中更多地吸入新鲜空气。为此, 整个进气过程是超过曲柄转角180°的, 即超过一个冲程的时间。图中进气阀是在上死点前 a_1 点打开, 这样可以保证当活塞到达上死点时, 进气阀能有较大的通道面积, 进气提前角 φ_{a_1-r} 与柴油机的类型有关, 其值约为15~48°。

进气阀的关闭时间在下死点之后点 a_2 , 这时气缸压缩已经开始, 气缸内的压力已经高于大气压力, 但由于气流的惯性作用, 仍然可以保持一定的进气时间,

$\varphi_{a_1-a_2}$ 称为进气阀关闭延迟角, 其值也同柴油机的类型有关, 约为20~40°。

因此, 全部进气过程所占的总角度 $\varphi_{a_1-a_3}$ 约为215~268°曲柄转角。

第二冲程——压缩冲程。这一冲程的任务是提高热效率、增大膨胀比, 并使气缸内的空气达到一定的温度, 以便柴油机着火燃烧。

当活塞从下死点上行时, 进气阀关闭, 气缸内的容积逐渐变小, 气体即被压缩, 其压力和温度随之升高。在活塞到达上死点时, 气体温度约为600~700°C, 压力达到3.0~4.5兆帕 (30~45千克力/厘米²), 整个压缩角度 φ_{a_2-c} 约为140~160°曲柄转角。

第三冲程——工作冲程。这个过程是柴油机的作功过程。

活塞在上死点稍前 (约5~30°即图1-4中的 d_1 点, 称喷油提前角), 燃油经喷油器以雾状喷入气缸的高温高压空气中, 并与其混合后爆发燃烧, 使气缸内气体温度迅速上升到1400~1800°C, 压力增至5~8兆帕 (50~80千克力/厘米²)。燃烧的终止约在上死点后40~60° ($\varphi_{d_1-d_2}$) 点4处。在这阶段中, 燃油边燃烧边膨胀, 此时压力变化不大, 燃烧终止后, 燃气即进入膨胀阶段。

在燃烧膨胀过程中, 高压气体直接推动活塞作功, 燃烧产物的膨胀一直进行到排气阀打开为止 (点 e)。在膨胀终止时, 气缸内压力降低到250~450千帕 (2.5~4.5千克力/厘米²), 温度降低到600~700°C。

第四冲程——排气冲程。这个冲程的任务是将作过功后的废气排出气缸外。

排气阀提前在工作冲程末期的 e 点打开, 利用废气与大气的压力差进行排气, 以降低活塞越过下死点后往上行时的背压力, 其提前开启角度约在下死点前20~45°曲柄转角。

活塞越过下死点后往上行的过程中, 气缸容积变小, 废气被活塞排出气缸外。为了使废气排除干净, 排气阀在上死点后10~15° (f 点) 才关闭, 以利用气流的惯性作用继续排气。因此, 排气冲程的角度为210~240°。排气终了时气缸内的压力约为105~115千帕 (1.05~

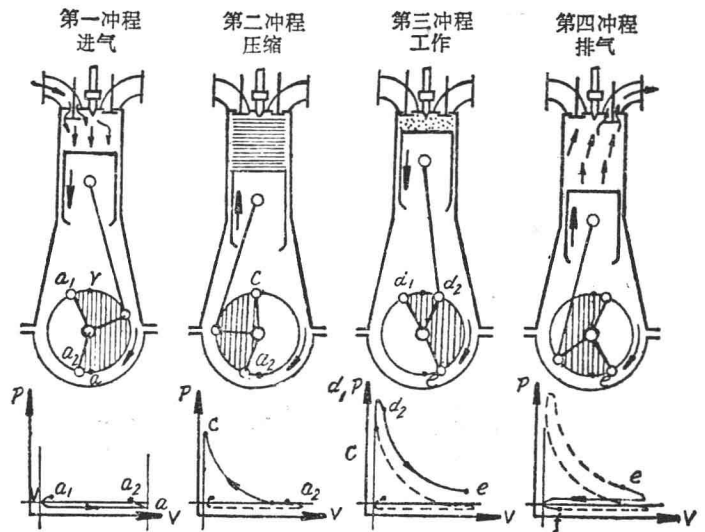


图1-4 四冲程柴油机工作原理

注: 本书采用国际单位制, 同时根据需要, 适当并用工程单位制。在国际单位制中, 压力(压强)单位为帕, 即牛/米²或N/m²; 在工程单位制中, 其单位为千克力/厘米²或公斤力/厘米², 代号为kgf/cm²。二者换算关系为1千克力/厘米²=9.80665×10⁴帕, 为使叙述简便起见, 本书取1千克力/厘米²=10⁵帕。

1.15千克力/厘米²), 温度约为300~400°C。

柴油机经过进气、压缩、工作和排气四个过程, 完成一个工作循环。以后活塞继续运动, 另一个新的循环又按同样顺序重复进行, 周而复始, 连续不断, 使柴油机不断运转。在每个工作循环中, 气缸的进排气都不是恰在上下死点开始和结束, 而是有一定的提前和延迟角度, 这就产生了重叠角, 其值约为25~60°。

二、四冲程柴油机的定时图

柴油机在运转中, 进气、排气和喷油都是在一定的时刻开始和结束的。柴油机各过程开始和结束的时刻叫做定时。柴油机的定时用曲柄偏离上下死点的角度来表示, 把各种定时集中反映在一个图上, 就构成了柴油机的定时图, 如图 1-5 所示。

不同类型的柴油机都有各自的定时, 当柴油机制造出厂时, 说明书上均附有定时图。图 1-5 为 135 系列四冲程柴油机的定时图, 其定时情况如下:

进气阀开	在曲柄转到上死点前20°
关	在曲柄转到下死点后48°
排气阀开	在曲柄转到下死点前48°
关	在曲柄转到上死点后20°
喷油器开	在曲柄转到上死点前28°

用压缩空气起动的柴油机, 除了上述定时外, 还有起动空气阀的开闭定时。

柴油机飞轮的轮缘上一般均刻有360°角度等分线, 以检查柴油机的各种定时。该角度线是以第一缸活塞的上死点位置作为0°, 若是多缸柴油机, 则按发火次序即能找到各缸的定时位置。如某一六缸柴油机, 其发火次序是1-5-3-6-2-4, 相邻曲柄的夹角为120°, 柴油机顺时针方向旋转, 如图 1-5 所示, 则第5缸的上死点位置应在飞轮顺时针转过120°的角度上, 按此方法即能找到其各定时的相应角度。

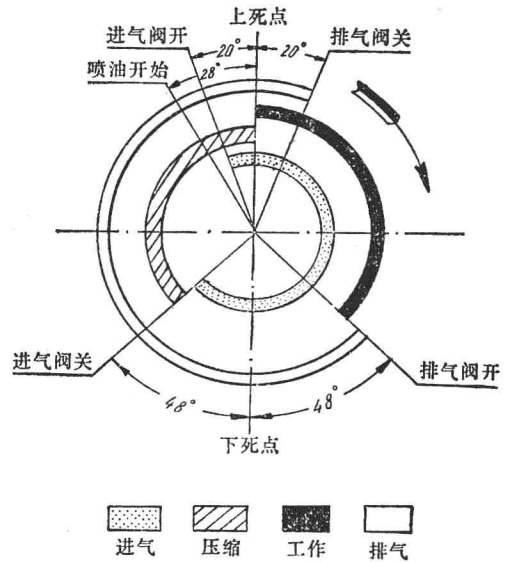


图 1-5 四冲程柴油机的定时图

§1-3 二冲程柴油机的工作原理

一、二个冲程的进行情况及其压容图

二冲程柴油机的全部工作循环是在活塞的二个冲程内即曲轴旋转一周(360°)完成的。它的进气和排气不像四冲程柴油机那样有单独的冲程, 而是在压缩和作功二个冲程内进行的。

在二冲程柴油机中, 新鲜空气是由扫气泵压入气缸的。废气除了一部分依靠废气与大气的压力差自由地排出外, 其余部分是由压入气缸中的新鲜空气所挤出, 这个挤出的过程称为扫气过程。

二冲程柴油机有直流扫气和弯流扫气等类型, 但它们的工作原理都是相同的。现以气口-气阀直流扫气二冲程柴油机为例说明二冲程柴油机的工作原理, 如图 1-6 所示。

第一冲程——扫气和压缩。活塞从下死点上行时，在遮闭扫气口之前，新鲜空气通过扫气泵、扫气口压入气缸内，把气缸中的废气挤出。随着活塞的上行，扫气口逐渐被遮闭，当活塞把扫气口完全遮闭时（ $P-V$ 图中的点1），排气阀也差不多在这时关闭，压缩过程开始进行。当活塞到达点2'时，喷油开始，到达上死点时，气缸内的空气压力达到3.5~4.5兆帕（35~45千克力/厘米²），温度达到700~800℃。

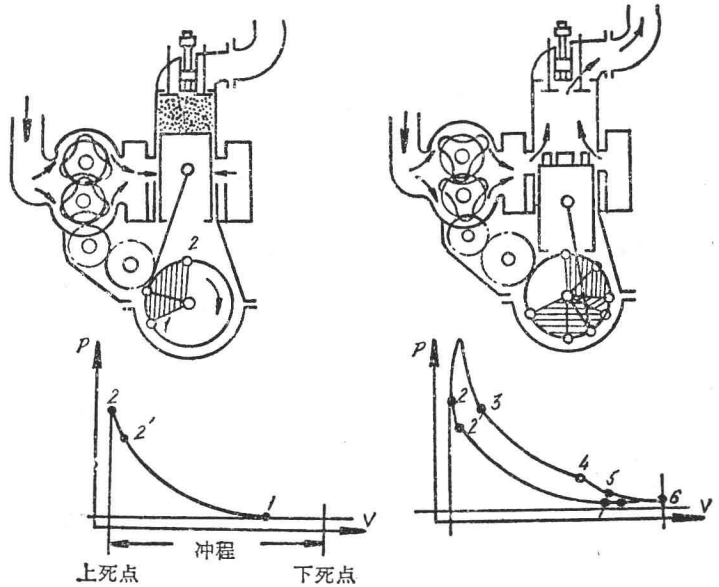


图1-6 气口-气阀式直流扫气二冲程柴油机工作原理

第二冲程——工作和排气。当活塞到达上死点前10~30°的位置时，柴油开始从喷油器以雾状喷入气缸，与气缸内的高温气体混合后，即自行发火燃烧（ $P-V$ 图中2~3曲线），燃烧所产生的燃气推动活塞下行做功。燃烧时最高压力达5~8兆帕（50~80千克力/厘米²），最高温度达1600~1800℃。

在以后的运动中，燃烧产物发生膨胀，直到排气阀打开时为止（点4）。排气阀打开的时间，比活塞掀开扫气口的时间稍早，这样就有一段自由排气过程（点4~5）。当扫气口打开时，气缸内压力可以从300~500千帕（3~5千克力/厘米²）降低到接近大气压力。

当曲轴从点5经过点6（下死点）转到点1的期间内，气缸内进入了扫气空气，继续进行残余废气的排除工作。

气缸内充气过程的终点（点1）是由扫气口和排气阀关闭的时刻来决定的，排气阀有的与进气口同时关闭，有的或稍早一点。在二冲程柴油机中，进气过程终点气缸内压力一般都高于大气压力，其值与扫气空气压力有关。

活塞再往上行时，第一冲程又开始，工作循环依上述程序重复进行。

二、二冲程柴油机的定时图

图1-7为一台二冲程柴油机的定时图：

进气口开	在上死点前46.5°
关	在下死点后46.5°
排气阀开	在下死点前91°
关	在下死点后58.5°
起动阀开	在上死点前5°
关	在上死点后105°
喷油器开	在上死点前7°

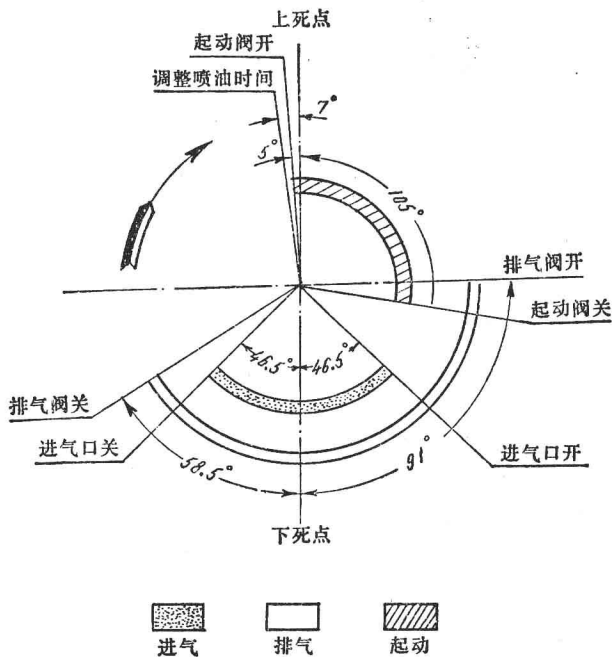


图1-7 二冲程柴油机定时图

三、四冲程与二冲程柴油机的比较

1. 因为四冲程柴油机曲轴回转二次作一次功，二冲程柴油机曲轴回转一次作一次功，所以两台气缸尺寸和转速相同的柴油机，二冲程的功率似乎应比四冲程的大一倍，但由于二冲程柴油机在气缸上开有气口，使工作容积有所减小，而且机械传动的扫气泵要消耗6~12%的功率，所以实际上功率只增大了60~80%。因此，如果功率相同，则二冲程机单位功率所占的体积和重量均比四冲程机要小。

2. 由于二冲程柴油机曲轴回旋一转就有一个工作冲程，因此转矩均匀，柴油机运转比较平稳。

3. 在制造方面，二冲程柴油机可省去一些气阀及其传动机构，因此构造上比较简单，维修管理比较方便。

但是，四冲程柴油机也有它的一些优点，如换气过程比较完善，热能利用较充分，因此热效率比较高，单位功率的耗油量也较低。而二冲程柴油机的热负荷大，因此活塞、气缸套、气缸盖等部件的受热比较严重，同时二冲程柴油机换气不完善，新鲜空气被残留废气掺混而影响燃烧质量，尤其是转速越高越明显。因此，高速柴油机采用二冲程是不很理想的。

§1-4 增压柴油机的工作原理

喷入气缸中的柴油越多，柴油机发出的功率就越大。但是喷油量的增加是有一定限度的，因为燃烧一定量的燃料，是需要有一定量的空气。为了更大地提高柴油机的功率，就必须设法增加充入气缸中的空气量，使在同样的气缸容积下能往燃烧室喷入更多的燃料。假如利用压气机把新鲜空气提高压力后再输入气缸，就能达到这个目的。利用这种方法工作的柴油机，叫做增压柴油机。

利用机械的方式来带动压气机，要消耗一定的功，增压压力越高，消耗的功就越多，当超过一定数值时，柴油机所提高的功率几乎全部消耗在带动压气机本身上，显然这是得不偿失的。假若利用废气所带走的热量（约为柴油燃烧所放出热量的 1/3）来驱动一个涡轮机，再用它来带动压气机，这样既可增加柴油机的功率，又可提高柴油机的经济性。这种增压方式称为废气涡轮增压。它不需要在构造上作很大的改变，重量也未增加多少（一般增加了 5~10%），而功率却可提高 50~100%，热效率甚至可提高到 46%。

一、增压柴油机工作原理及其压容图

图 1-8 是一台废气涡轮增压四冲程柴油机工作原理图。增压器是由离心式压气机 7 和与它装在同一轴上的废气涡轮 2 所组成。当柴油机工作时，涡轮从柴油机排出的废气中获得能量而带动压气机一起转动。这时，空气从进气口 6 吸入，在压气机中被压缩到 130~300 千帕（1.3~3.0 千克/厘米²），然后经进气管 5 到达进气阀 9 处，以便进入气缸。气缸内各个过程的进行情况与非增压四冲程柴油机基本一样，只是由于增压，使各工作过程的压力和温度有所增高。

图 1-9 为这种增压柴油机的压容图。其中曲线 1-2 表示进气过程，2-3 表示压缩过程，3-4-5 表示工作过程，5-6 表示排气过程。

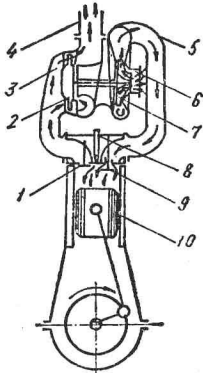


图1-8 废气涡轮增压四冲程柴油机简图

1-排气阀；2-废气涡轮；3-排气管；4-排气口；5-进气管；6-进气口；7-压气机；8-喷油器；9-进气阀；10-活塞

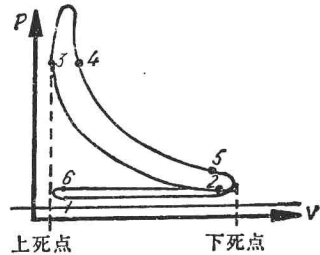


图1-9 四冲程增压柴油机压容图

二、增压柴油机的定时图

图 1-10 为 8350ZC 型增压柴油机定时图。其定时情况如下：

进气阀开	上死点前 $70^{\circ} \pm 3^{\circ}$
关	下死点后 $36^{\circ} \pm 5^{\circ}$
排气阀开	下死点前 $50^{\circ} \pm 5^{\circ}$
关	上死点后 $50^{\circ} \pm 3^{\circ}$
起动阀开	上死点
关	下死点前 $56^{\circ} \pm 5^{\circ}$
喷油器开	上死点前 $12^{\circ} \pm 3^{\circ}$

废气涡轮增压二冲程柴油机的工作原理与非增压二冲程柴油机基本相同，而废气涡轮增压器的工作原则与四冲程废气涡轮增压柴油机的一样，只是它常常还带有机传动的压气

机，否则在起动和低速运转时工作将发生困难。

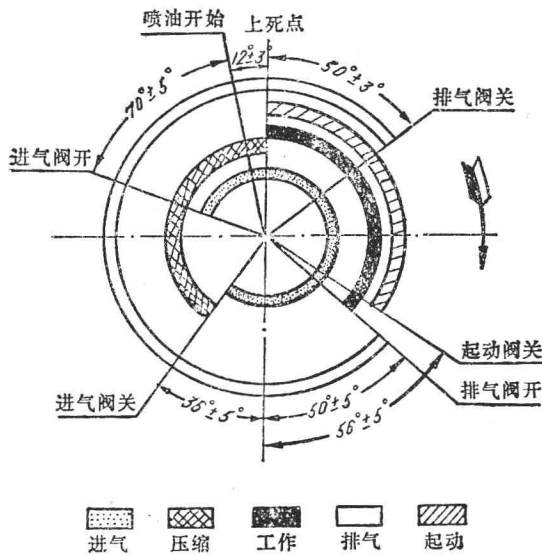


图1-10 8350ZC型增压柴油机定时图

§1-5 国产柴油机的分类和型号表示法

一、船用柴油机的分类

1.按工作循环可分为四冲程和二冲程两种。二冲程柴油机按其扫气方法又分为直流扫气和弯流扫气两种，弯流扫气又分为横流扫气和回流扫气等。

2.按进气压力可分为非增压式和增压式两种。增压柴油机按增压压力又分一般增压与高增压两种。前者增压压力为120~150千帕（1.2~1.5千克力/厘米²），后者高达160~300千帕（1.6~3.0千克力/厘米²）以上。

3.按构造特点可分为有筒形与十字头式两种。

图1-11 a)为筒形柴油机，其中活塞1直接与连杆6连接，活塞的导向作用由活塞本身下部的筒形部分来承担，在运动时活塞与气缸壁之间产生侧压力 N ，所以柴油机活塞与缸套的磨损较大。但是，这种结构简单、紧凑、轻便，适用于高中速柴油机，为目前内河船舶柴油机所广泛采用。

图1-11 b)是十字头式柴油机，其中活塞1通过活塞杆2以及十字头3而与连杆6相连接，活塞的导向作用主要由十字头承担，当柴油机工作时，十字头上的滑块4在导板5上滑动，侧压力 N 产生在滑块与导板之间。这种柴油机活塞与气缸之间允许有较大的间隙，同时，由于两者之间没有侧压力 N 的作用，因此它们之间的磨损较小，不易擦伤和卡死。此外，由于活塞

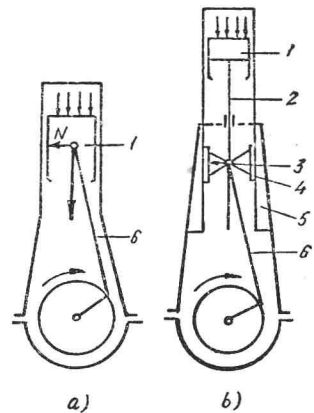


图1-11 筒形与十字头式柴油机的构造简图
1-活塞；2-活塞杆；3-十字头；4-滑块；5-导板；6-连杆

杆只在垂直方向作直线运动，因此能在气缸下部添设一隔板（如图中虚线所示），这样就把气缸与曲轴箱空间隔开，以免气缸内的脏油、烟灰和燃气等漏入曲轴箱，污染其底部的润滑油（这对于烧重油的柴油机十分重要）。然而，由于采用十字头式的结构，柴油机的高度和重量都要增大，构造也较复杂，所以只用于大型低速柴油机上，内河船舶很少采用。

4.按气缸排列可分为单列式和V型。前者用得最广，后者紧凑，长度短，高度也较低，但宽度稍大，如图1-12所示。

5.按柴油机的速度可分为高速、中速和低速三种。可以用活塞平均速度和曲轴转速作为指标。如果柴油机的转速为 n 转/分，活塞冲程为 S 米，则活塞平均速度 C_m 为

$$C_m = \frac{Sn}{30} \text{ 米/秒}$$

目前，船舶柴油机的活塞平均速度为3.5~13米/秒，曲轴转速为100~3000转/分。

高速柴油机的转速 $n > 1000$ 转/分， $C_m = 9 \sim 12$ 米/秒或以上，多用作发电机的原动机，若作主机则需有减速装置，以提高螺旋桨的效率。

中速柴油机的转速 n 为500~1000转/分， $C_m = 6 \sim 8$ 米/秒。

低速柴油机的转速 $n < 500$ 转/分， $C_m < 6$ 米/秒，一般用作主机，与螺旋桨连接时无需减速装置。

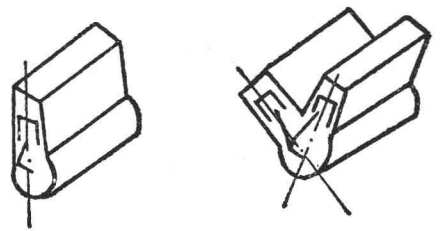


图1-12 单列和V型排列柴油机

二、国产柴油机的型号表示法

1.船用大型柴油机

这类柴油机的表示方法分三个部份，第一部份表示缸数，第二部份表示技术特性（分别以汉语拼音的第一个字母表示），第三部份表示气缸直径和活塞行程。例如6ESDZ43/82，其中：6-气缸数目；E-二冲程；S-十字头；D-可反转；Z-增压；43/82-缸径/行程（厘米）。

这个型号表示这部柴油机为6缸，二冲程，十字头式，可反转的增压柴油机，它的气缸直径是43厘米，活塞行程是82厘米。

2.中小型柴油机

第一部份表示缸数，第二部份表示缸径，第三部份表示特性，例如6135Z，其中：6-缸数；135-缸径（毫米）；Z-增压。又如6300C，其中：6-缸数；300-缸径（毫米）；C-船用。

若是二冲程柴油机，则在缸数后面加一个E字。如8E350ZDC型，表示8缸，二冲程，缸径为350毫米，增压，可反转的船用柴油机。

若是V型排列柴油机，往往在缸数后加一V字，如12V135型。

第二章 主要部件

§2-1 机座

一、机座的功用和工作条件

机座位于柴油机的底部，是柴油机的基础，上面支承着机体、气缸套和气缸盖等。柴油机的运动部件和附属机构的重量均由机座承受，并通过机座紧固在船体的骨架上。

机座在工作中还承受气体最高燃烧压力以及各个运动机件的惯性力。若遇到风浪颠簸，还要受到额外的扭转、拉伸和弯曲变形作用力。因此，柴油机曲轴、活塞等运动机件能否保持正确位置，在很大程度上决定于机座是否有足够的刚性。如果机座刚性不足，或因其它原因而变形，就可能引起运动机件失中，柴油机便不能连续运转。

机座还起着收集并贮存润滑油的作用。为了使柴油机工作时曲轴箱空间内飞溅着的润滑油点和油雾不致外逸，机座本身应该是封闭的，它的底面有一定的倾斜度，并在最低处设有放油口，以便在需要时能很容易地把润滑油放干净。

二、机座的结构和材料

常见的机座如图 2-1 所示，大多为长方形，用铸铁铸成一体。四周边缘凸出，边缘上有螺孔，以使用螺栓把机座固定在船体骨架上。中部凹下如槽形，槽内铸有筋条和横隔板，以安装主轴承并增加它的强度。槽内贮存润滑油，并有进出油孔。

大型柴油机的机座为了制造方便，可采取分段制造的组合式结构，每段连接处有凸缘，用螺栓连接起来，在连接处并加防漏垫片，以防润滑油外逸。

目前在大中型柴油机中已广泛应用钢板焊接结构，它具有简单的几何形状，重量轻，制造方便，如图 2-2 所示。

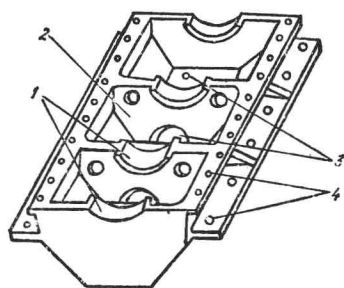


图2-1 铸铁机座

1-主轴承座；2-横隔板；3-油孔；4-螺孔

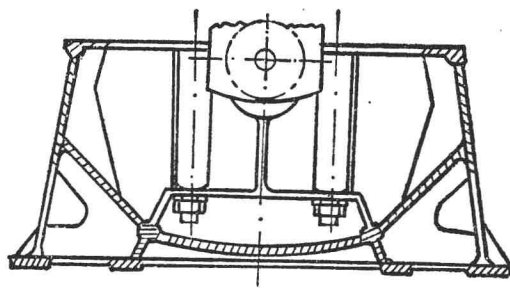


图2-2 焊接机座

§2-2 机体

机体装设在机座上，它的上端支承气缸套并安置气缸盖，有些结构中还组成了气缸的冷却空间。它的两侧可供安装进、排气阀和喷油设备的驱动机构。机体的下半部与机座连接，形成曲轴回转的密封空间，如图 2-3 所示。