

高等学校教材

船舶柴油机

◎ 韩雪峰 主编

◎ 修长发 主审



人民交通出版社

高等学校教材

Chuanbo Chaiyouji

船舶柴油机

(航海类专业用)

韩雪峰 主编
修长发 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要介绍现代船舶柴油机的工作原理、典型结构及系统、主要性能、调试、管修要点和常见故障的诊断与处理等。全书共 13 章,包括柴油机的基本知识、主要部件、配气系统、燃油系统、润滑系统、冷却系统、操纵系统、实际工作循环、主要工作指标及其测定、柴油机的特性、增压、轴系振动的基本知识及常见故障和应急处理等。

本书系高等职业技术学院轮机工程专业的教材。本书还可作轮机员培训班和轮机员业务学习的教材,也可作轮机工作者的自学读物。

图书在版编目(CIP)数据

船舶柴油机/韩雪峰主编. —北京:人民交通出版社,
2004.9
ISBN 7-114-05168-9

I. 船… II. 韩… III. 船用柴油机
IV.U664.121

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 075033 号

高等学校教材

书 名: 船舶柴油机(航海类专业用)

主 编: 韩雪峰

责任编辑: 钱悦良

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京明十三陵印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17.5

插 页: 1

字 数: 436 千

版 次: 2004 年 9 月第 1 版

印 次: 2004 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

书 号: ISBN7-114-05168-9

印 数: 0001—2000 册

定 价: 35.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

本教材以高等职业技术学院轮机工程专业的船舶柴油机教学大纲为依据,并参考江、海高级船员适任证书的考试要求而编写。教材突出以培养技术应用能力为主线,具有较强的针对性。对当前船舶柴油机的发展和先进技术的应用也作了一定的介绍。论述由浅入深,循序渐进,理论联系实际,深广度适中,语言精练,易于接受掌握。既能满足高等职业技术教育以培养学生具有必要的基础理论知识和较强实践能力的技术应用性人才的需要,又能满足广大轮机人员提高业务技术水平的冀求。

本书的第一、四、十、十一章由重庆交通学院韩雪峰副教授编写,第二、三、七、十二、十三章由重庆交通学院讲师宿靖波编写,第五、六、八、九章由重庆交通学院讲师印洪浩编写。全稿由韩雪峰主编,由交通部长江海事局高级工程师修长发主审。

本教材旨在满足高等职业技术教育发展的急需,因时间仓促,加之编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 柴油机的基本知识	1
§ 1-1 概述	1
§ 1-2 柴油机基本结构和常用术语	1
§ 1-3 柴油机的工作原理	3
§ 1-4 船舶柴油机的分类和型号	8
第二章 柴油机的主要机件	11
§ 2-1 主要机件的工作条件	11
§ 2-2 气缸盖	13
§ 2-3 气缸套	17
§ 2-4 活塞组件	20
§ 2-5 十字头组件和导板	28
§ 2-6 连杆组件	29
§ 2-7 曲轴组件	34
§ 2-8 机体与机座	46
§ 2-9 柴油机轴承	51
第三章 配气系统	57
§ 3-1 气阀式配气机构	57
§ 3-2 二冲程柴油机的换气型式	71
第四章 燃油系统	73
§ 4-1 船用燃油简介	73
§ 4-2 燃油系统概述	79
§ 4-3 回油孔调节式喷油泵	83
§ 4-4 回油阀调节式喷油泵	90
§ 4-5 喷油泵的主要故障	95
§ 4-6 喷油器	96
§ 4-7 燃油的喷射过程和喷油规律	100
§ 4-8 喷射系统的检查与调整	105
§ 4-9 低质燃油的使用	114
§ 4-10 燃油系统管理要点	115
第五章 润滑系统	118
§ 5-1 润滑油的性质及选用	118
§ 5-2 润滑系统	119
§ 5-3 气缸润滑	123
第六章 冷却系统	126
§ 6-1 冷却系统的功用与组成	126

§ 6-2	冷却系统的设备	127
§ 6-3	冷却系统的维护管理	129
第七章	柴油机的操纵系统	130
§ 7-1	起动装置	130
§ 7-2	换向装置	141
§ 7-3	调速装置	153
§ 7-4	操纵系统	174
第八章	实际工作循环	184
§ 8-1	换气过程	184
§ 8-2	压缩过程	188
§ 8-3	可燃混合气的形成过程	189
§ 8-4	燃烧过程	194
§ 8-5	膨胀过程	197
第九章	柴油机的主要工作指标及其测定	199
§ 9-1	柴油机的指标及测定	199
§ 9-2	柴油机的有效指标	204
§ 9-3	柴油机的有效指标及机械损失的测定	206
第十章	柴油机的特性	209
§ 10-1	柴油机的工况与特性	209
§ 10-2	柴油机的负荷特性	210
§ 10-3	柴油机的速度特性	211
§ 10-4	柴油机的推进特性	213
§ 10-5	柴油机的调速特性	215
§ 10-6	柴油机的限制特性及运转范围	216
§ 10-7	各种航行条件下主机的操纵要求	217
第十一章	柴油机的增压	221
§ 11-1	柴油机的增压系统	221
§ 11-2	两种废气涡轮增压系统	224
§ 11-3	废气涡轮增压器的分类和结构	229
§ 11-4	增压器与柴油机的配合	235
§ 11-5	废气涡轮增压柴油机的特点	243
§ 11-6	废气涡轮增压系统常见故障及维护管理	244
第十二章	柴油机和轴系振动的基本知识	249
§ 12-1	曲柄连杆机构上的作用力	249
§ 12-2	柴油机的振动和平衡	251
§ 12-3	柴油机推进轴系的扭转振动及减振	252
第十三章	柴油机的常见故障及应急处理	258
§ 13-1	运转中发生故障时的处理原则及分析判断	258
§ 13-2	各种应急情况下的操作和管理	258
§ 13-3	运转中的常见故障及排除	270

第一章 柴油机的基本知识

§ 1-1 概 述

柴油机自 1897 年问世,经历了一个多世纪的发展,各种性能都有很大的提高,在动力机械中占据极为重要的地位,在船舶动力中更是占统治地位。目前,在内河及沿海中小型船舶中,都采用柴油机作为主机与副机;远洋民用船舶绝大部分也以柴油机作为主机。

柴油机是一种以柴油作为燃料的热力发动机(简称热机)。热机是进行二次能量转换的机械。其基本工作原理是:燃料在一个特设的装置中燃烧,将燃料中所含的化学能转变为热能并用来加热工质,然后在发动机中将这种工质的热能转变为机械能。热机是目前应用最广的一种原动机。

按照燃料燃烧场所的不同,热机可分为外燃机和内燃机两大类。外燃机的燃料在发动机外部的锅炉中燃烧放热,利用水为介质产生高压蒸气,再引入发动机内膨胀作功,往复式蒸汽机和蒸汽轮机就属于外燃机;内燃机中燃料的燃烧和热能的放出以及热能转变为机械能都在发动机的内部进行,如柴油机、汽油机和燃气轮机等。与外燃机相比,内燃机无需经过中间工质来传递热能,其热损失小,热效率高,在能源紧张的当今世界,外燃机无法与它竞争。另外在尺寸、质量、操纵性等方面,它也具有优势。随着科学技术的高速发展,各种新材料、新技术和新工艺越来越多地运用在船舶柴油机上,尤其是近年来自动化遥测和遥控技术的发展以及电子计算机的使用日益广泛,船舶中无人机舱的出现和增多,使船舶柴油机的各种性能和对它的操纵管理技术都提高到新的水平。

§ 1-2 柴油机基本结构和常用术语

一、柴油机的基本工作原理

柴油机是以柴油作为燃料的压燃式内燃机,其原理就是空气在气缸内被压缩而产生高温,喷入气缸的燃油在高温条件下自行着火燃烧,生成高温高压的燃气,并由燃气膨胀作功。其过程涉及两次能量转换:化学能转化为热能;热能转化为机械能。柴油机中燃油的化学能要经过燃烧才能转变成热能。要燃烧就必须有空气。因此,在喷入燃油之前必须先使空气进入气缸。但仅有空气和燃油若无点火源(热源)还是不能燃烧。柴油机是靠压缩发火的,将从大气中吸入柴油机气缸内的室温空气,先依靠活塞上行压缩,使之达到足够高的温度和压力。此时再将燃油以雾状喷入,即可在高温高压的空气中自燃。燃油燃烧后放出大量的热能,使燃气的压力、温度急剧增高,在气缸内膨胀,推动活塞作功,并通过曲柄连杆机构对外作功,使热能转化为机械能。燃气膨胀作功后变成废气,排出气缸。

由此可见,柴油机一个完整的工作循环是由进气、压缩、喷油着火燃烧、膨胀作功和排气五个过程组成。

二、柴油机基本结构

图 1-1 是四冲程柴油机基本结构图,可分为如下机件及系统。

(一)主要运动机件

由曲轴 1、连杆 5、连杆螺栓 4、活塞环 19、活塞 21、活塞销 22 等组成。运动机件把气缸内燃烧气体作的功,以曲轴回转形式输出。

(二)主要固定机件

由主轴承座 2、气缸盖 18、气缸套 23、气缸体 24、主轴承盖 25、机座 26、曲轴箱 27 等组成。固定机件构成工质能量转换空间,并形成柴油机躯干和安装基体。

(三)主要工作系统

按功能划分可分为配气系统、燃油系统、冷却系统、润滑系统和操纵系统等。

1. 配气系统

它包括进气系统和排气系统。

进气系统主要由空气滤清器、进气管件、气缸盖内的进气道、进气阀 11、气阀弹簧 15、摇臂 13、顶杆 9、凸轮轴 7 和凸轮轴传动机构等组成,用来在规定的时间内向气缸内充入足够的新鲜空气。

排气系统主要由排气阀 16、气阀弹簧 15、摇臂 13、顶杆 9、凸轮轴 7 和传动机构以及排气管、排气消音器等组成。用来在规定时间内将气缸内作功后的废气排入大气。

2. 燃油系统

它包括供应和喷射两个系统。前者由日用油柜、燃油滤清器、输油泵及管路等组成,后者由喷油泵 8、高压油管 12 和喷油器 14 组成。其功用是供给柴油机燃烧作功所需的燃油。

3. 冷却系统

它是将柴油机机件所吸收的热量传出,保证机件在正常温度范围内工作。

4. 润滑系统

它向柴油机各摩擦副提供滑油,减少机件磨损,降低摩擦功率损耗。

5. 操纵系统

包括使柴油机从停车状态进入工作状态的起动装置;改变曲轴旋转方向的换向装置;使柴油机根据外界负荷大小自动改变喷油量从而在选定转速下稳定运转的调速装置;以及实现各种操纵协调动作的操作机构等。

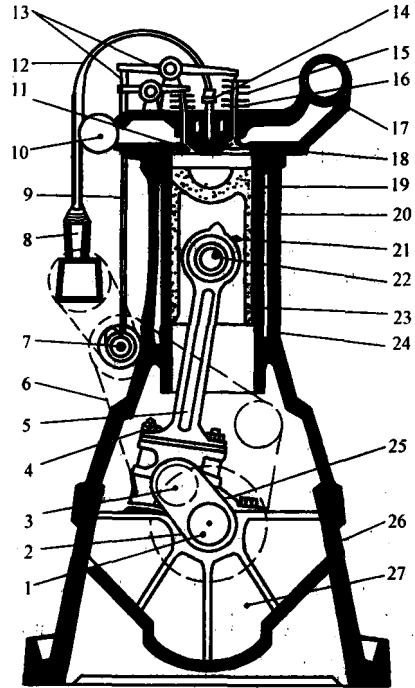


图 1-1 四冲程柴油机的主要部件

1-曲轴;2-主轴承座;3-曲柄销;4-连杆螺栓;5-连杆;6-凸轮轴传动装置;7-凸轮轴;8-喷油泵;9-顶杆;10-进气总管;11-进气阀;12-高压油管;13-摇臂;14-喷油器;15-气阀弹簧;16-排气阀;17-排气总管;18-气缸盖;19-活塞环;20-水套;21-活塞;22-活塞销;23-气缸套;24-气缸体;25-主轴承盖;26-机座;27-曲轴箱

三、柴油机的主要几何名称

柴油机的主要几何名称如图 1-2 所示。

(一)气缸直径 D

气缸套的名义内径。

(二)曲柄半径 R

曲柄的曲柄销轴线与主轴颈轴线之间的距离。

(三)上止点

活塞在气缸中运动的最上端位置,也就是活塞离曲轴中心最远的位置。

(四)下止点

活塞在气缸中运动的最下端位置,也就是活塞离曲轴中心最近的位置。

(五)冲程 S

上、下止点之间的距离。活塞运动一个冲程,曲柄回转 180° ,所以冲程等于曲柄半径的两倍,即 $S = 2R$ 。

(六)压缩容积 V_c 。

活塞位于上止点时,活塞顶与气缸盖底面之间的气缸空间,又称燃烧室容积。

(七)气缸工作容积 V_h

活塞从上止点到下止点所扫过的气缸空间,又称活塞排量或冲程容积。

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

(八)气缸总容积 V_a

活塞在下止点时,活塞顶以上的所有气缸空间,它是压缩容积与气缸工作容积之和。

$$V_a = V_c + V_h$$

(九)压缩比 ϵ

气缸总容积与压缩容积的比值。

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

压缩比实际上是空气被压缩前最大体积与被压缩后最小体积之比,它表明了气缸内空气被活塞压缩的程度。压缩比愈大,压缩终点时气缸内空气的压力和温度就愈高,燃油就愈容易燃烧。反之,压缩比愈小,压缩终点的压力和温度就愈低,燃油就不易燃烧,柴油机起动就困难。压缩比 ϵ 对柴油机的燃油燃烧、效率、起动性能和机械负荷等影响很大。

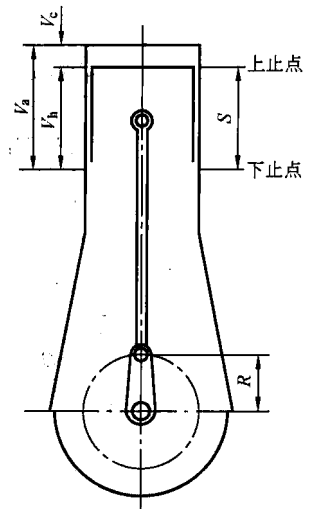


图 1-2 柴油机的主要几何名称

§ 1-3 柴油机的工作原理

一、四冲程柴油机(非增压)的工作原理

用四个冲程,即曲轴回转两转完成一个工作循环的柴油机称为四冲程柴油机。四个冲程

分别是:进气冲程、压缩冲程、燃烧膨胀冲程和排气冲程。

图 1-3 的四个简图分别表示柴油机工作循环四个冲程进行的情况及活塞、连杆、曲柄的位置的相应变化情况。

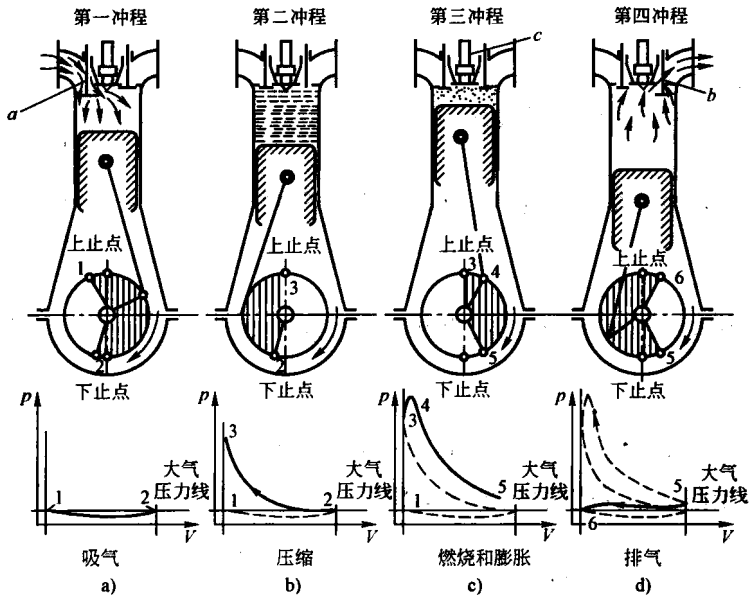


图 1-3 四冲程柴油机的工作原理

p - V 图表示气缸内气体压力随气缸容积的变化情况。

第一冲程:进气冲程

这一冲程的任务是让气缸内充满新鲜空气。进气冲程开始时,活塞从上止点向下移动,这时进气阀 a 已经打开,排气阀 b 关闭。随着活塞下移,气缸容积增大,缸内压力下降,低于外界大气压,利用气缸内外的气压差作用,新鲜空气经进气阀进入气缸。由于受流阻等影响,在进气过程的大部分时间里,气缸内压力低于大气压力,到下止点时,缸内气压为 $0.08 \sim 0.095\text{MPa}$,温度约为 $30 \sim 70^\circ\text{C}$ 。这时,排气阀和喷油器均关闭着。

为了使柴油机做功更完善,必须在进气过程中尽可能多地吸入新鲜空气。为此,整个进气过程是超过曲柄转角 180° 的(图 1-3a),曲柄位于点 1 时进气阀已打开,曲柄位于点 2 时进气阀才关闭。进气阀开启始点至止点的曲柄转角叫进气提前角。进气阀提前开启的目的是为了新鲜空气进入气缸时,进气阀已有足够的开度。下止点到进气阀关闭位置的曲柄转角叫做进气延迟角。进气阀延迟关闭的目的是为了利用进气流的惯性,尽可能多地向气缸充入新鲜空气。整个进气过程所占的总角度 ϕ_{12} (图中阴影线所示的角度)约为 $220^\circ \sim 250^\circ$ (曲柄转角,下同)。进气热力过程变化见图 a) 中 1-2 曲线。

第二冲程:压缩冲程

这一冲程的任务是提高缸内新鲜空气的压力及温度,为喷入气缸的柴油自行着火燃烧及燃气膨胀做功创造条件。活塞从下止点向上运动,自进气阀 a 关闭(曲柄到达点 2)时开始压缩,一直到活塞到达上止点(曲柄到达点 3)为止。活塞上行,气缸容积减少,缸内气体压力和温度随之升高,到达压缩终点时,压力增高到 $3 \sim 6\text{MPa}$,温度升至 $600 \sim 700^\circ\text{C}$ (柴油的自然温度为 270°C 左右),通常压缩终了的气体压力和温度分别用 p_c 和 T_c 表示。压缩过程总角度约为

140°~160℃A。压缩热力过程变化见图 b)中 2-3 曲线。

第三冲程:燃烧和膨胀冲程

这一冲程将完成两次能量转换,是柴油机对外作功的冲程。在活塞到达上止点前,燃油经喷油器 c 以雾状喷入气缸的高温高压空气中,并与其混合,在上止点附近自燃,由于燃油强烈燃烧,使气缸内气体温度迅速上升到 1400~1800℃或更高些,压力增加至 5~8MPa,甚至 13MPa 以上。燃烧产生的最高压力称最高爆发压力,用 $p_{\max}$ 表示,最高温度用 $T_{\max}$ 表示。高温高压燃气(即工质)膨胀推动活塞下行作功。在上止点后的某一时刻(曲柄位于点 4)燃烧基本结束,燃气继续膨胀,到排气阀 b 在下止点前点 5 开启时膨胀过程结束。膨胀终了时气缸内气体压力 p_b 约为 0.25~0.45MPa,温度 t_b 约为 600~700℃。

四冲程机燃烧膨胀过程所占的总角度 $\phi_{3,4,5}$ 约为 130°~160℃A。热力过程变化如图 c)中 3-4-5 曲线。

第四冲程:排气冲程

这一冲程的任务是尽可能充分地将作功后的废气排出气缸。排气阀也是提前开启,延迟关闭。排气阀 b 开启时,活塞尚在下行,废气靠气缸内外压力差进行自由排气。从排气阀开启到下止点的曲柄转角叫做排气提前角。当活塞从下止点上行时,废气被活塞推出气缸,此时排气过程是在略高于大气压力(约 1.05~1.1 倍大气压),且在压力基本不变情况下进行的。排气阀一直延迟到活塞到达上止点之后(曲柄位于点 6)才关闭,这样可利用气流的惯性作用,继续排出一些废气。上止点到排气阀关闭位置的曲柄转角叫作排气延迟角。

四冲程机排气冲程所占的总角度 $\phi_{5,6}$ 约为 210°~240℃A。其热力过程变化如图 d)5-6 曲线。

进行了上述四个冲程,柴油机就完成了一个工作循环,如此循环往复使柴油机得以连续运转。

柴油机各过程开始和结束,排气阀的启闭、喷油泵供油开始、起动阀启闭等各时刻都可用该时刻曲柄位置相对于上、下止点的角度来表示并反映在一个圆形图中。这个图称为柴油机定时图。以上、下止点为基准,用曲柄转角表示的进排气阀、喷油器、起动阀开始开启和完全关闭的时刻总称为柴油机的定时(正时)。气阀启闭时刻称为配气定时,喷油器开启时刻称为喷油定时。起动阀启闭时刻称为起动定时。

图 1-4 为 6350C 型柴油机定时图。曲柄转向(自飞轮端看)为顺时针。如图在进气上止点前后 36°,进排气阀同时开启着,这段重叠的曲柄转角称为进排气重叠角。在这一角度范围内,进气阀开度尚小,废气因流动惯性排出气缸,不会向进气管内倒灌,且在惯性排气时,燃烧室内形成低压,可将新鲜空气吸入气缸并更好地将废气扫出。

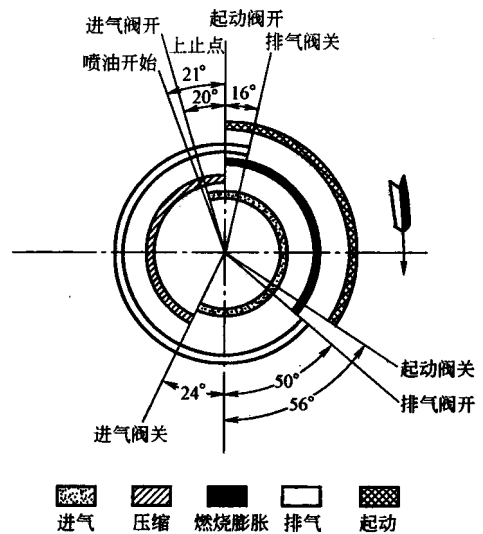


图 1-4 6350C 型柴油机定时图

二、二冲程柴油机的工作原理

通过活塞的两个冲程完成一个工作循环的柴油机称为二冲程柴油机,二冲程柴油机完成

一个工作循环曲轴只转一圈,即 360° 。与四冲程柴油机相比,它提高了作功能力,在具体结构及工作原理方面也存在较大差异。

二冲程柴油机与四冲程柴油机基本结构相同,主要差异在配气机构方面。二冲程柴油机没有进气阀,有的连排气阀也没有,而是在气缸下部开设扫气口及排气口;或设扫气口与排气阀机构。并专门设置一个由运动件带动的扫气泵及贮存压力空气的扫气箱,利用活塞与气口的配合完成配气,从而简化了柴油机结构。

图 1-5 是二冲程柴油机工作原理图。扫气泵 b 附设在柴油机的一侧,它的转子由柴油机带动。空气从泵的吸入口 a 吸入,经压缩后排出,储存在具有较大容积的扫气箱 d 中,并在其中保持一定的压力。现以图 1-5 说明二冲程柴油机的工作原理。

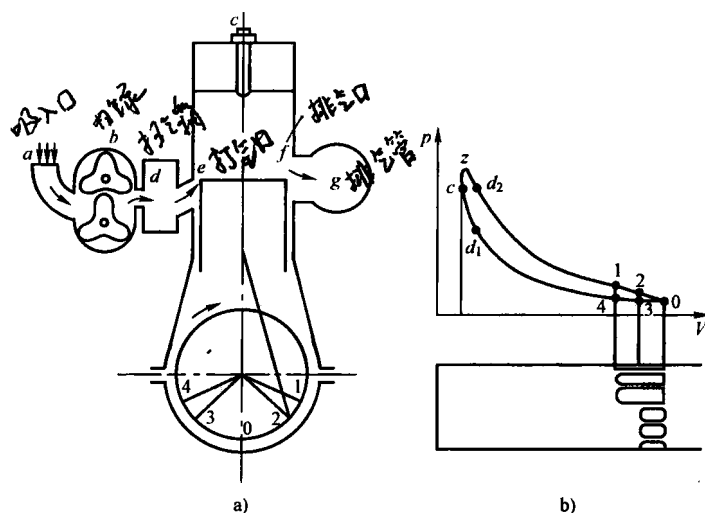


图 1-5 二冲程柴油机工作原理示意图

燃烧膨胀及排气冲程:

燃油在燃烧室内着火燃烧,生成高温高压燃气。活塞在燃气的推动下,由上止点向下运动,对外作功。活塞下行直至排气口 f 打开(此时曲柄在点 1 位置),此时燃气膨胀作功结束,气缸内大量废气靠自身高压自由排气,从排气口 f 排入到排气管 g 。当气缸内压力降至接近扫气压力时(一般扫气箱 d 中的扫气压力为 $0.105 \sim 0.140\text{MPa}$),下行活塞把扫气口 e 打开(此时曲柄在点 2 的位置),扫气空气进入气缸,同时把气缸内的废气经排气口 f 赶出气缸。活塞运行到下止点,本冲程结束,但扫气过程一直持续到下一个冲程排气口关闭(此时曲柄在点 4 位置)为止。

扫气及压缩冲程:

活塞由下止点向上移动,活塞在遮住扫气口 e 之前,由扫气泵供给储存在扫气箱内的空气,通过扫气口进入气缸,气缸中的残存废气被进入气缸的空气通过排气口 f 扫出气缸。活塞继续上行,逐渐遮住扫气口,当扫气口完全关闭后(此时曲柄在点 3 位置),空气停止充入,排气还在进行,这阶段称为“过后排气阶段”。排气口关闭时(此时曲柄在点 4 位置),气缸中的空气就开始被压缩。当压缩至上止点前 d_1 点时,喷油器将燃油喷入气缸,与高温高压的空气相混合,随即在上止点附近发火,自行着火燃烧。本冲程结束,并与前一冲程形成一个完整的工作循环。

二冲程柴油机示功图见图 1-5b), 其中, d_1 为喷油始点, c 为活塞上止点, d_2 为燃烧终点。
二冲程柴油机定时图及进排气重叠角范围见图 1-6 及表 1-1。

ESDZ43/82B 型柴油机定时图

表 1-1

名 称	定 时	
	开 启	关 闭
扫气口	下止点前 39.5℃A	下止点后 39.5℃A
排气阀	下止点前 90℃A	下止点后 56℃A
重叠角	79℃A	
起动阀	上止点 0℃A	下止点前 90℃A
喷油器	上止点前 10.5℃A	随喷油量大小而异

三、二冲程与四冲程柴油机的比较

二冲程柴油机与四冲程柴油机相比具有一些明显优点,当然也存在本身固有的缺点。

(一) 优点

1. 提高了柴油机的作功能力

完成一次工作循环,四冲程柴油机要占用四个冲程,而二冲程柴油机只占用两个冲程,对于两台气缸尺寸及转速相同的柴油机,二冲程柴油机的功率似乎应比四冲程大一倍。但是实际上,由于二冲程柴油机在气缸套上开有气口而使工作容积有所减少,机械传动的扫气泵也要消耗一定的功率等原因,因此,功率只能增大 60% ~ 80%。显然,若两者功率相同,则二冲程柴油机的尺寸较小,质量较轻。

2. 简化了柴油机结构

省去了进气阀及其传动装置。对有些二冲程柴油机,还省去了排气阀及其传动装置,所以,其维护保养工作就简单方便得多。

3. 改善了柴油机的动力性

由于二冲程柴油机是在两个冲程内完成一个工作循环,比四冲程柴油机的转矩要均匀,所以运转较平稳。

(二) 缺点

1. 换气质量较差,热效率较低

二冲程柴油机不像四冲程柴油机那样有独立的进、排气过程,而换气过程是附设在膨胀过程之末和压缩过程之初,使得换气时间很短;扫气过程新鲜空气与废气又掺混严重;新鲜空气还随废气一起泄出一部分,增加了空气消耗量,所以换气质量差,燃油燃烧不完善,热能利用不充分,热效率比四冲程柴油机低。

2. 热负荷较高

在转速相同时,气缸内每单位时间的燃烧次数,二冲程机是四冲程机的两倍,因此,与气缸

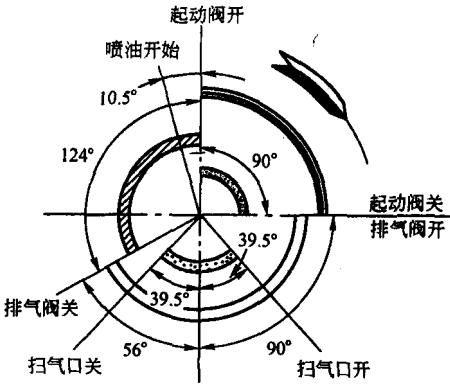


图 1-6 ESDZ43/82B 型柴油机定时图

内高温燃气相接触部件热负荷比较高。

二冲程柴油机的上述缺点,随转速的增加,会变得更加严重。所以,大型低速柴油机采用二冲程;小型高速柴油机采用四冲程;中型中速机,四冲程、二冲程均有采用,但以四冲程机为主。

四、增压柴油机的工作原理

在柴油机尺度和质量不变的情况下,向气缸内多喷燃油显然能提高柴油机功率。但是,喷油量的增加必然需要空气量相应增加,否则喷入气缸的过量燃油会由于空气量不足而燃烧不完全,致使热量不能完全释放出来。要增加每循环的进气量,应设法提高进气压力,即提高进入气缸的空气密度。这种用增加进气压力来提高功率的方法称为柴油机的增压。

提高进气压力可以借助柴油机直接带动的扫气泵来实现,这种方式称为机械增压。但使用这种方式增压,当进气压力超过一定值时,柴油机因增压而提高的功率将全部消耗在带动扫气泵上,甚至出现“得不偿失”的情况。因此,机械增压通常只用于扫气压力不超过 $0.16 \sim 0.17\text{MPa}$ 的场合。

实践中发现,燃油燃烧所放出的热量约 $1/3$ 随同废气排出。如果把废气中的能量利用起来,使之带动扫气泵工作,既能增加柴油机的功率,又可提高柴油机的经济性。为此,将柴油机排出的废气送入涡轮机中,使涡轮机高速回转来带动一离心式压气机,由它把压力较高的空气送入气缸,以实现增压。我们称这种增压方式为废气涡轮增压。这是目前在柴油机上被广泛使用的增压方式。

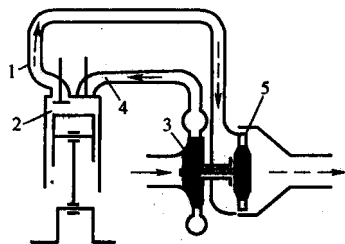


图 1-7 废气涡轮增压系统

图 1-7 是一废气涡轮增压系统工作原理图。柴油机工作时,气缸内废气经排气阀,通过排气管 1 进入废气涡轮 5, 1-排气管; 2-柴油机气缸; 3-压气机; 4-进气管; 5-涡轮

离心式压气机 3 与涡轮 5 同轴安装,它在涡轮带动下等速旋转。新鲜空气被吸入压气机 3,被压缩加压后经进气管 4 进入气缸,达到增压目的。

§ 1-4 船舶柴油机的分类和型号

一、船舶柴油机的分类

船舶柴油机分类方法较多,现将主要分类方法叙述如下:

(1)按工作循环特点分:有四冲程柴油机和二冲程柴油机。

(2)按柴油机进气方式分:有增压柴油机和非增压柴油机。

压比 $\pi_k < 1.7$ 的增压柴油机称为低增压柴油机。

压比 $\pi_k = 1.7 \sim 2.5$ 的增压柴油机称为中增压柴油机。

压比 $\pi_k > 2.5$ 的增压柴油机称为高增压柴油机。

(3)按柴油机转速和活塞平均速度分:

柴油机的速度可以用曲轴转速 n 或活塞平均速度 C_m ($C_m = S \cdot n / 30$, S 为冲程) 来表示。现有船舶柴油机的转速范围是:

低速机 $n \leq 300 \text{ r/min}$, $C_m = 6.0 \sim 7.2 \text{ m/s}$;

中速机 $300 \text{ r/min} < n \leq 1000 \text{ r/min}$, $C_m = 7.0 \sim 9.4 \text{ m/s}$;

高速机 $n > 1000 \text{ r/min}$, $C_m = 9.0 \sim 14.2 \text{ m/s}$ 。

(4) 按结构特点分: 有筒形活塞式柴油机和十字头式柴油机。

图 1-8a) 所示为筒形活塞式柴油机的构造简图。活塞通过活塞销直接与连杆连接, 活塞的导向作用由活塞本身下部的筒形裙部来承担, 在运动时, 活塞与气缸壁之间产生侧推力 F_N 。图 b) 为十字头式柴油机。活塞 1 通过活塞杆 2 和十字头 3 与连杆 6 相连接, 导向作用主要由十字头来承担。当柴油机工作时, 十字头上的滑块 4 在导板 5 上滑动, 侧推力 F_N 产生在滑块与导板之间。

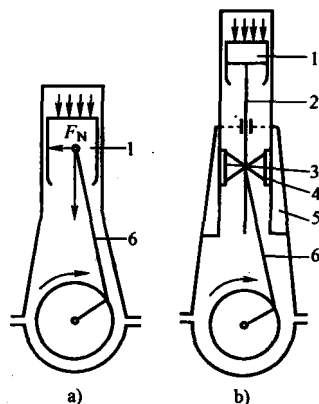


图 1-8 筒形与十字头式柴油机的构造简图

1-活塞; 2-活塞杆; 3-十字头; 4-滑块; 5-导板; 6-连杆

(5) 按气缸排列分: 有直列型(单列式)柴油机, 如图 1-9a) 所示; V 形柴油机, 如图 1-9b) 所示。

船用柴油机往往要求有较大的单机功率, 若采用单缸型式, 必须将气缸直径做得很大, 这在结构上难以实现, 因此出现了多缸柴油机。多缸柴油机按气缸排列型式分为直列型与 V 形柴油机。

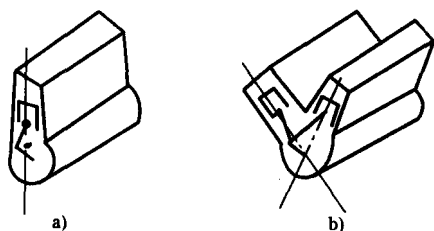


图 1-9 单列和 V 形排列柴油机

柴油船舶动力装置有时布置成双机双桨式, 布置在机舱右舷的柴油机称为右机, 布置在机舱左舷的柴油机称为左机。

二、船舶柴油机的型号解释

国产柴油机型号通常是由汉语拼音字母和阿拉伯数字组成, 包含了气缸数目、直径, 活塞行程, 技术特性等信息。

(一) 中、小型柴油机

如 6135ZCa 柴油机(图 1-10)。

又如: 6250ZC 为 6 缸四冲程 250mm 缸径, 增压, 船用右机。8E350ZDC 为 8 缸, 二冲程, 350mm 缸径, 增压, 可倒转, 船用右机。

(二) 大型低速柴油机

如 12VESDZ30/55B 柴油机(图 1-11)。

(6) 按柴油机能否倒转分: 可倒转式和不可倒转式。

曲轴直接可倒转的柴油机为可倒转柴油机。它可以带动螺旋桨。

曲轴不能倒转的柴油机称为不可倒转柴油机。作为主机使用, 它需带有倒顺车离合器、倒顺车齿轮箱或可变螺距螺旋桨装置。

(7) 按动力装置的布置分: 左机和右机。

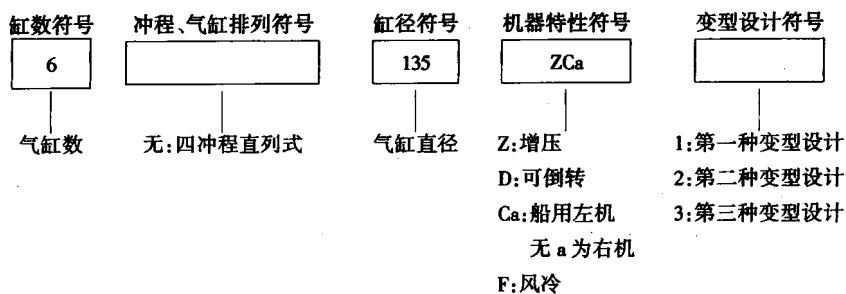


图 1-10

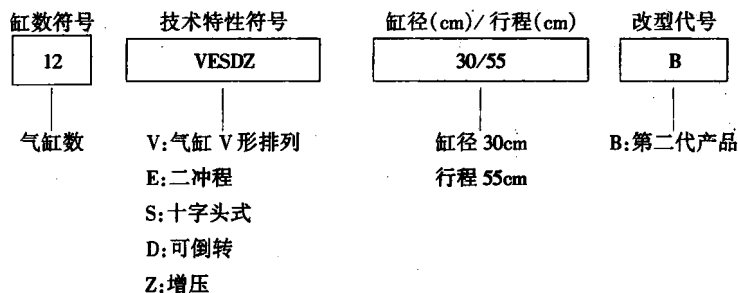


图 1-11

关于柴油机的型号表示,国际上尚无统一标准,但各国柴油机厂家有自行规定和说明。常见国外厂家有“瑞士苏尔寿公司”(SULZER)、“德国曼恩公司(MAN)”、“丹麦柏玛斯特—韦恩公司(B&W)”、“美国康明斯(COMMINS)”等。

第二章 柴油机的主要机件

柴油机主要机件是指构成柴油机主体结构的零部件。主要机件是柴油机完成两次能量转换的依靠。主要机件的技术状态对柴油机寿命和工作性能起决定性影响。

§ 2-1 主要机件的工作条件

柴油机工作中各种负荷均会对机件产生危害。通常把力和热对机件的作用分别称为机械负荷和热负荷。主要机件的负荷,不仅决定着他们的结构特点,还决定对它们的维护管理方面的要求。

一、机械负荷

机械负荷来源于工作循环中的气体作用力,机件的运动惯性力和机件联接件产生的预紧力。

(一) 气体作用力

工作循环中,活塞顶(或缺盖底)面所获的气体总压力 F_g 等于气体压力 p_g 与活塞面积 F 的乘积。 p_g 的最大值称为最高爆发压力 p_{max} ,简称爆压。

如图 2-1 所示,气体压力 p_g 在工作循环中是呈周期变化的。对于四冲程机来说,它的变化周期是 4π 。对于二冲程机来说,变化周期是 2π 。其变化频率正比于转速。最大幅值是出现最高爆发压力 p_{max} 时。

周期变化的气体力对机件产生脉动应力,并会使其材料疲劳。柴油机机件疲劳破坏程度正比于转速 n 、最高(爆发)压力值 p_{max} 和燃烧压力升高率。通常将最高(爆发)压力 p_{max} 作为柴油机机械负荷的主要标志。

(二) 运动惯性力

活塞组件及连杆小端在变速往复运动时会产生往复惯性力 p_j ,该惯性力也是呈周期性变化的(图 2-1)。连杆大端及曲柄销和曲柄绕曲轴中心回转时会产生离心惯性力。这两种运动惯性力随运动质量和转速的平方增大而增大,它们亦呈周期变化,同样会引起机件疲劳,不平衡的运动惯性力和力矩还会引起柴油机振动。

(三) 联接紧固预紧力

联接紧固件对被联接件施加的预紧力使机件材料产生的应力称安装应力。其一般为静应力。

各种机械负荷使机件产生变形甚至破坏,故对柴油机性能和寿命有决定性影响,管理维护

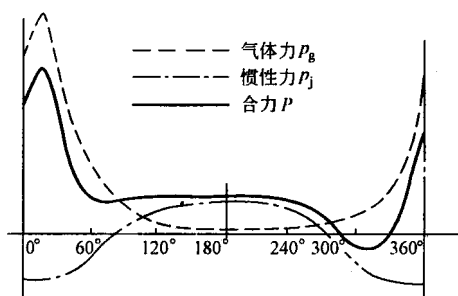


图 2-1 活塞上的作用力随曲柄转角变化曲线