

中国造船工程学会人才与教育学术委员会
教材建设学组推荐

船舶工人培训丛书

CHUANBO GONGREN PEIXUN CONGSHU

船舶柴油机拆装修理工艺

陈珍加 罗振辉 陈欣 编

船舶工业教材编审室 审



哈尔滨工程大学出版社

选题策划 张 奎 刘江明
责任编辑 高 申
封面设计 桉梓文化

船舶工人培训丛书

CO₂ 气体保护半自动焊工艺基础
船舶概论
船舶识图
船舶结构
船舶电站与电力拖动
船舶电气设备
船舶坞工知识和技能(中级)
船舶建造安全技术
船舶管系工工艺学(初级)
船舶管系工工艺学(高级)
初级船舶电工操作技能
船舶电工操作技能(中级)
高级船舶电工操作技能
船舶电工技师操作技能
初级船舶钳工操作技能
中级船舶钳工操作技能
船舶木塑工工艺
船舶电气工程概论
船舶辅机与轴系
船厂工人实用英语(系列)
船体冷加工工艺学(初级)

船体冷加工工艺学(中级)
船体冷加工工艺学(高级)
初级船体装配工工艺学
中级船体装配工工艺学
埋弧自动焊焊工培训教材
坞修钳工知识和技能(中级)
船舶建造工艺
初级船舶气割工工艺学
初级船舶除锈涂装工工艺学
质量管理小组理论与方法
起重机械与司索指挥
搭架工
起重工艺学(初级)
高级船舶除锈涂装工艺
船体火工初级工培训教程
船体火工中级工培训教程
船体火工高级工培训教程
船舶工业典型事故案例
船舶修造安全基础知识
船舶焊接工培训教程
船舶柴油机拆装修理工艺

ISBN 978-7-81133-005-2



9 787811 330052 >

ISBN 978-7-81133-005-2

定价:21.00 元

船舶柴油机拆装修理工艺

陈珍加 罗振辉 陈欣 编

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书全面、系统地总结了国内外大、中、小型船用柴油机的基本原理、结构特点,重点突出了拆装与修理工艺、调试方法和故障分析及排除方法。

全书共分为九章,讲述了船用柴油机各主要零部件的拆装和修理工艺流程,以及柴油机最新的电子调速器和电喷技术,收集了国内主要船厂工程技术人员、轮机钳工以及船舶轮机员的生产技术和经验,体现了当前修理柴油机的主要技术标准及工艺水平。内容切合实际、通俗易懂、深入浅出、图文并茂。

本书可作为专业人员的培训教材,亦可供广大修船钳工和工程技术人员作为生产工作中的手册。对于从事柴油机工作的人员及有关专业的师生,也是一本较好的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

船舶柴油机拆装修理工艺/陈珍加,罗振辉,陈欣编.

哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2007.8

ISBN 978-7-81133-005-2

I. 船… II. ①陈…②罗…③陈… III. ①船用柴油机-装配(机械)②船用柴油机-维修 IV. U664.121

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 126676 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东粮食印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 12.5
字 数 260 千字
版 次 2007 年 8 月第 1 版
印 次 2007 年 8 月第 1 次印刷
定 价 21.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

序 言

改革开放以来,我国的柴油机制造业已有了很大的发展,除国产机型外,合资品牌(例如HHM-MAN-B&W长冲程MC系列)也有了较大的增长。我国的上海、大连已成为船用柴油机制造中心,他们制造的柴油机已大量安装在国产船和外国定造的船舶上,质量稳定可靠。国外各柴油机制造公司都通过增大缸径、提高增压度和平均有效压力等途径提高柴油机的单缸功能。他们相继设计制造了超大缸径的长冲程低速重型柴油机,并已装船使用。德国、丹麦、瑞士、意大利、日本都已制造了单缸功率4 000 kW以上的柴油机。

中速柴油机的发展相当迅速,平均有效压力已提高到3 MPa以上。它与长行程低速柴油机(其最大特点是转速低、耗油少,如MAN-B&W公司的L90MC-E型超长行程柴油机,转速60 r/min,最低油耗157 g/(kW·h))的竞争相当剧烈。各大型柴油机在技术上的发展主要表现在以下几个方面。

- 1.降低柴油机的油耗。这是世界各柴油机制造公司的课题,他们主要从长行程化、提高最高爆发压力、改进燃油喷射系统、减少冷却损失、降低转速、使用劣质燃料油、改善增压器与柴油机的配化等方面进行研究与改进,并取得了优良的效果。

- 2.改进柴油机的性能,即提高平均有效压力以提高单缸功率。为此对扫气、增压系统以及燃油系统等都进行了相应的改进,例如电喷技术的应用等。

- 3.解决随功率的增大机械负荷也增大的问题,即解决燃烧室部件和运动部件以及轴承等的强度。

- 4.降低热负荷,即改进燃烧室部件的结构、冷却等。

- 5.改进磨损和润滑。随着无人机舱和机舱集中控制的发展,需要改进汽缸套与活塞组、排气阀与阀座及十字头轴承的结构与润滑方法。

- 6.改进保养维修,即提高易损部件的可靠性与耐久性、简化整体与部件的结构及制造各种专用维修装置和工具。

- 7.改进操纵,即解决柴油机运转时的自动监控技术,从而达到自动化、集中化、遥控化。

船舶柴油机之所以得到如此迅速的发展和广泛的应用,主要是因为它具有以下特点。

- 1.船舶柴油机的热效率的利用比其他发动机高。高压汽轮机为24%~35%,汽油机为22%~30%,燃气轮机为20%~30%,而柴油机则为36%~50%。

- 2.船舶柴油机的燃油可用中质或重质柴油以及其他混合燃油,而且耗油较低。柴油机的耗油比汽油机低了30%左右。二行程超长行程型柴油机的单位耗油量达到了157 g/(kW·h),甚至更低,中、小型柴油机的单位油耗一般为160~260 g/(kW·h)。

- 3.船舶柴油机的功率和单位功率质量已经得到很大的发展。柴油机单缸功率已发展到6 000 kW以上,单位千瓦质量最轻的已达到0.6 kg/kW。

- 4.船舶柴油机动力装置的总尺寸及质量,特别是大功率中速柴油机的发展,使总尺寸和总质量大大缩小。功率相等的机器本身的质量,中速柴油机只有低速柴油机的30%~40%。对于机器本身的体积来说,中速柴油机的高度只有低速柴油机的40%左右,因而体积小得多。质量小、体积小,这对于船舶来说具有重要的意义。

目 录

第一章 船舶柴油机基本结构和工作原理	1
第一节 概述	1
第二节 柴油机基本结构特点	1
第三节 柴油机的工作原理及特点	3
第四节 船舶柴油机的分类	9
第二章 船舶柴油机的主要部件及检验修理工艺	11
第一节 机座	11
第二节 机架	13
第三节 汽缸	16
第四节 汽缸盖	24
第五节 活塞组件	31
第六节 连杆组件	49
第七节 曲轴组件	57
第八节 主轴轴承和推力轴承	69
第九节 滑动轴承	72
第三章 柴油机燃油和润滑系统的组成、原理、拆检工艺与调试	75
第一节 燃油系统	75
第二节 润滑系统	92
第四章 柴油机冷却和配气系统的组成、拆检工艺与调试	97
第一节 冷却系统	97
第二节 配气系统	98
第五章 柴油机的控制系统	103
第一节 启动装置	103
第二节 换向装置	109
第三节 调速装置	112
第四节 操纵系统	122
第六章 废气涡轮增压器	126
第一节 增压柴油机的概念	126
第二节 废气涡轮增压器的原理与结构	127
第三节 涡轮增压器的拆装工艺	131
第四节 涡轮增压器的检修工艺	134
第五节 涡轮增压器的常见故障及排除方法	137
第七章 柴油机主要部件的拆装工艺	139
第一节 拆装前的准备	139
第二节 柴油机主要部件的拆装工艺	139

第三节	柴油机主要部件的安装工艺	146
第四节	运动部件装配中心线校正工艺	151
第八章	柴油机曲轴开档差的调整工艺	158
第一节	曲轴开档差的基本概念	158
第二节	影响曲轴开档差的因素	161
第三节	根据开档差分析主轴承高低的方法	165
第四节	曲轴开档差调整工艺	173
第九章	柴油机的试验和故障分析	176
第一节	概述	176
第二节	柴油发电机的试验	176
第三节	主机系泊试验	180
第四节	主机航行试验	183
第五节	柴油机常见故障及排除方法	184

第一章 船舶柴油机基本结构和工作原理

第一节 概 述

柴油机是由燃料在汽缸内部,在一定量的空气被压缩并在一定压力、温度下直接燃烧做功,并通过曲柄连杆机构转变为回转运动,输出功率并使工作循环周而复始的一种发动机。柴油机与汽油机的区别在于燃料的燃烧是否需要外界点火。

船舶柴油机,是以柴油作为燃料的内燃机。船舶柴油机与其他热力机相比,有以下主要优点:一是热效率高;现代船舶柴油机的热效率高达约 50%,确实遥遥领先于其他热力机;二是燃烧系统组织得合理;现代船舶柴油机已采用耐热合金钢为材料的燃烧室部件,因此在中、低速船用柴油机中,能使用劣质柴油为燃料;三是现代船舶柴油机有着广阔的功率范围,可以为各种功能的船舶提供动力;此外,动力装置附属设备数量少,中小型船舶柴油机的附属设备,大多数为柴油机本身驱动;这样,它可适用于机舱容积小的船舶;并且它的质量轻,便于集中管理和远距离操纵。正由于船舶柴油机具有上述优点,其需求在船舶的应用上与日俱增,在动力装置中占绝对优势。当然,船舶柴油机在技术上也有制造精度要求较高、结构较为复杂等难点。目前船舶柴油机的主要发展趋势具体如下。

1. 降低柴油机的油耗;在低速及中速柴油机采用劣质重油以降低航运成本;在低速柴油机中采用长冲程降低转速以提高推进效率。
2. 近代船舶柴油机已开发了集中化、遥控化、操作自动化的技术,以适应无人机舱的需要。
3. 提高柴油机易损件的使用周期,简化更换过程。

第二节 柴油机基本结构特点

柴油机的结构形式繁多,具体结构也不完全一致,但大体上均由主要部件和辅助机构组成。而柴油机的主要部件又可分为固定部件和运动部件两大类。图 1-1 和图 1-2 分别为四冲程和二冲程柴油机的横剖视图。

一、四冲程柴油机的基本结构

四冲程柴油机的主要部件如图 1-1 所示。它由如下部件组成。

固定部件——如图中的机座 1、机身 4、主轴承 3、汽缸套 6、汽缸盖 7 等。

运动部件——活塞 8、活塞销 9、连杆 10、连杆螺栓 11、曲轴 13 等。

配气机构——凸轮轴 14、顶杆 15、摇臂 16、进气阀 17、排气阀 18、气阀弹簧 19 等。

燃油系统——高压燃油泵 20、高压油管 21、喷油器 2 等。

辅助部件——进气管 5、排气管 12 等。

此外,柴油机还必须具有润滑、冷却、控制、调速等系统的零部件。

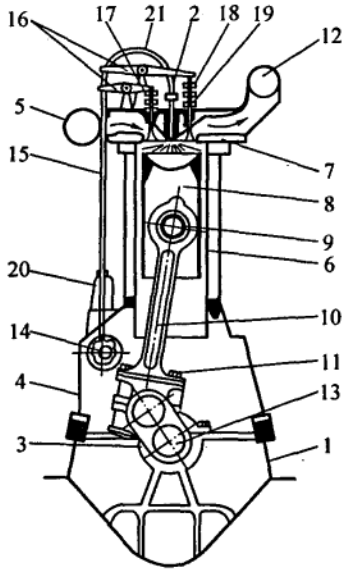


图 1-1 四冲程柴油机的主要部件

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

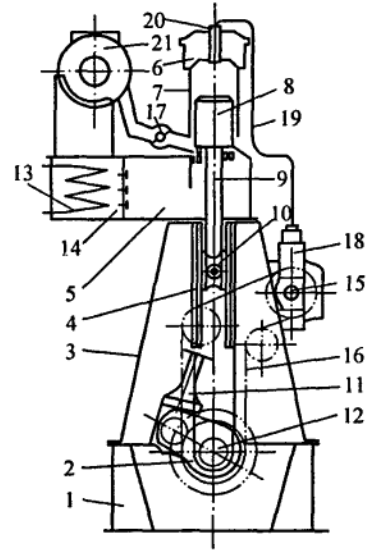


图 1-2 二冲程柴油机的主要部件

1—机座;2—主轴承;3—机架;4—导板;5—扫气箱;6—汽缸盖;7—汽缸体;8—活塞;9—活塞杆;10—十字头;11—连杆;12—曲轴;13—空气冷却器;14—口琴阀;15—凸轮轴;16—凸轮轴传动链;17—排气转阀;18—燃油泵;19—燃油管;20—喷油器;21—增压器

二、二冲程柴油机的基本结构

图 1-2 是一台十字头式增压二冲程柴油机,它的组成部件与图 1-1 所示的筒式四冲程柴油机不同。

固定部件——比四冲程机增加了机架 3、汽缸体 7、导板 4、扫气箱 5 等。

运动部件——比四冲程机增加了活塞杆 9、十字头 10 等。

配气机构——凸轮轴传动系统只有排气转阀 17,进气阀被扫气口所取代,直流扫气式只有排气阀装置。

燃油系统——与四冲程机相同。

增加了增压系统——有增压器 21、单向阀(口琴阀)14、空气冷却器 13 等。

三、柴油机的常用名词解释

柴油机的常用名词术语如下(见图 1-3)。

1. 上止点

活塞在汽缸内运动到最上端的位置,也就是活塞顶面离曲轴中心线最远的位置,俗称上死点。

2. 下止点

活塞在汽缸内运动到最下端的位置,也就是活塞顶面离曲轴中心线最近的位置,俗称下死点。

3. 冲程(行程)

指活塞从上止点移动到下止点的直线距离,常用 S 表示。它等于曲轴半径 R 的 2 倍 ($S = 2R$)。活塞移动一个冲程,相当于曲柄转动 180° 。

4. 缸径

汽缸内径,常用 D 表示。

5. 汽缸工作容积

活塞在汽缸中从上止点移动到下止点所扫过的空间容积,如图 1-3(b) 所示,也可称为活塞的排量,以 V_i 表示。 $V_i = 0.25\pi D^2 S$ 。

6. 压缩容积

活塞在上止点时,在活塞顶上的全部空间(活塞顶与汽缸盖底面之间所包含的空间),称为压缩容积,或称为燃烧室容积,以 V_c 表示,如图 1-3(a) 所示。

7. 汽缸总容积

活塞在下止点时,活塞顶上的汽缸容积,就是汽缸的总容积,以 V_a 表示。它是工作容积和压缩容积之和,即 $V_a = V_i + V_c$ 。

8. 压缩比

汽缸总容积与压缩容积之比值,称为压缩比。一般用字母 ϵ 表示。即

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

压缩比越大,压缩终了时的气体压力和温度就越高,燃油着火就容易,启动性能好。压缩比大,燃气有足够的膨胀做功的余地,可以提高柴油机的热效率。压缩比的大小随柴油机的机型而异,大型低速柴油机的 ϵ 值一般为 11~13,它是柴油机的一个重要性能参数。

9. 压缩压力

进入汽缸的空气被活塞压缩到上止点时,所具有的压力称为压缩压力。压缩压力依机型的不同而有差异,一般约为 3~6 MPa。

10. 爆炸压力

柴油机在额定功率下工作冲程之初,燃油强烈燃烧,使汽缸内的压力急剧升高,此时的压力称为爆炸压力(或叫爆发压力)。爆炸压力依机型的不同而有差异,一般约为 6~15 MPa。

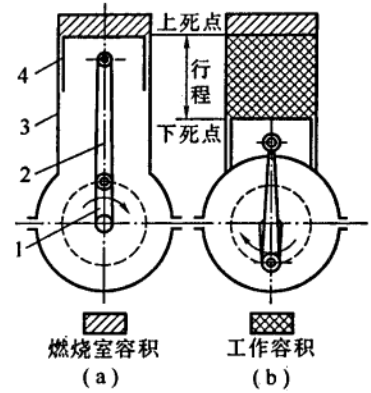


图 1-3 曲柄连杆机构原理图

第三节 柴油机的工作原理及特点

柴油机把燃油的化学能转变为机械能,一般经过四个过程:进气(吸入空气)、压缩(将空气压缩)、燃烧(喷入柴油燃烧)及膨胀(燃气做功)、排气(将废气排出)。这四个过程构成了一个工作循环,周而复始地连续进行。上述工作过程的具体实现可分为四冲程和二冲程两

种。

一、四冲程柴油机的工作原理

柴油机工作循环中的进气、压缩、燃烧及膨胀、排气四个过程,是通过活塞、连杆、曲轴等部件之间相互配合的动作来进行的。

1. 四冲程柴油机的工作循环

参照图 1-4 对四冲程柴油机的工作循环加以说明。

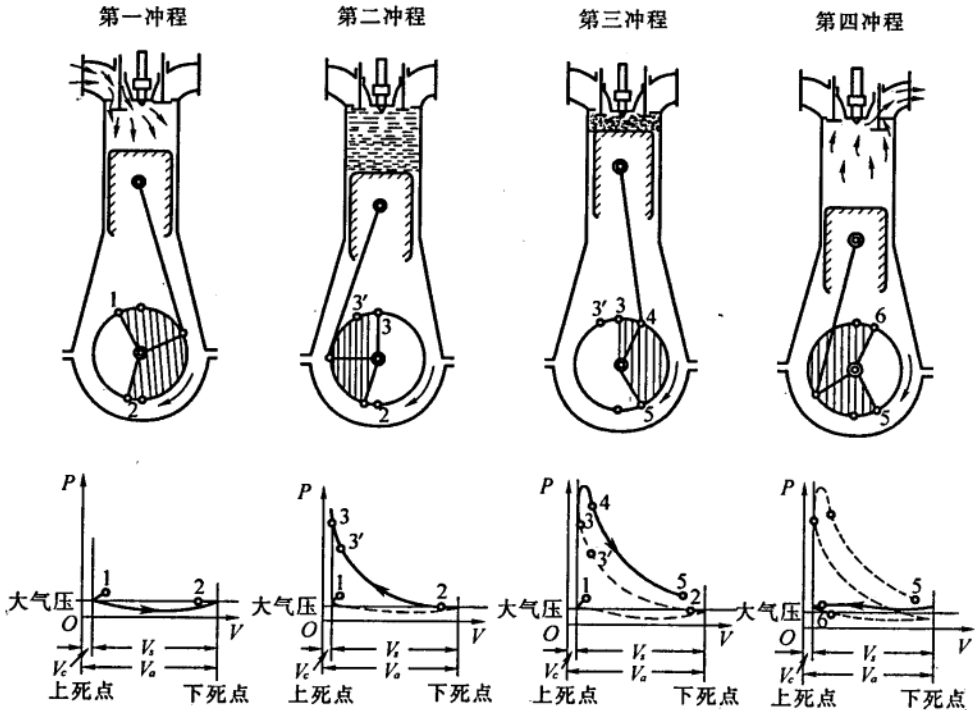


图 1-4 四冲程柴油机工作过程示意图与压容示功图

(1) 第一冲程——吸气冲程

活塞从上止点下行,进气阀打开,排气阀关闭。由于汽缸容积增大,缸内压力下降到大气压力以下(其值约为 $0.085 \sim 0.095 \text{ MPa}$),靠着汽缸内外的压力差和活塞下行时的抽吸作用,新鲜空气经进气管,由进气阀进入汽缸,直至下止点。气阀的开启由凸轮轴上的凸轮来带动。凸轮轴的转速是曲轴转速的一半。进气阀在活塞到达上止点前 $15^\circ \sim 20^\circ$ 曲轴转角时就提前打开,目的是保证当活塞到达上止点时,阀口能有较大的通路面积。进气阀的关闭不在下止点,而是在下止点后 $20^\circ \sim 40^\circ$ 曲轴转角,目的是延长充气时间。进气阀提前开启、迟后关闭的角度大小与柴油机的转速有关。一般来说,柴油机的转速越高,角度越大。这个冲程的总角度约为 $220^\circ \sim 250^\circ$ 曲轴转角。

(2) 第二冲程——压缩冲程

空气的压缩过程是活塞从下止点向上运动,自进气阀关闭开始(点 2)至活塞到达上止

点(点3)的期间进行的。活塞将在第一冲程中吸入的新鲜空气压缩到4~6 MPa(或更高一些),温度升至600℃~700℃。这个温度保证了喷入汽缸内的柴油自行发火(柴油的自然发火温度为210℃~270℃)。第二冲程的总角度约为140°~160°曲轴转角。

(3)第三冲程——工作(燃烧及膨胀)冲程

这个冲程是柴油机的工作冲程。当活塞上行至距离上止点约为10°~30°曲轴转角时(点3'),喷油器将柴油以雾化状态射入汽缸,同高温高压的空气混合,自行发火燃烧。汽缸内的气体温度上升到1400℃~1800℃,压力升高到5~13 MPa(最高达22 MPa)。燃烧终止约在活塞越过上止点后40°~50°曲轴转角(点4)处。从上止点(点3)起的短促时间内,缸内边喷油燃烧,边膨胀做功,气体压力几乎保持不变。其后就是燃烧产物的膨胀过程。

在燃烧和膨胀的过程中,气体的压力推动活塞下行,通过连杆和曲轴完成对外机械能的输出。这个膨胀过程一直进行到排气阀打开时为止(点5),此时缸内的压力下降到0.25~0.45 MPa,气体温度下降到600℃~700℃。在这个冲程末期,排气已经开始。

(4)第四冲程——排气冲程

在上一冲程末,活塞尚在下行,当活塞下行到距离下止点前20°~45°曲轴转角时,排气阀即提前打开。缸内废气经排气阀排出汽缸,缸内压力下降到0.105~0.11 MPa,气体温度下降到350℃~450℃。当活塞绕过下止点上行时,将废气推出汽缸。为了将废气排除干净,排气阀延迟到上止点后约10°~15°曲轴转角才关闭,但废气总是无法全部排除干净。

活塞上行到上止点,又从上止点往下行,开始了另一个工作循环。

可见,四冲程柴油机每完成一个工作循环,曲轴要转两周(720°),活塞往复运动了四个行程,每个工作循环只有第三冲程是做功的,其他三个冲程都是为工作冲程服务的,都需要消耗一定的能量。多缸式柴油机这三个冲程(进气、压缩和排气)所需要的能量是由其他正在做功的汽缸供给。对于单缸机则由飞轮供给。

2. 四冲程柴油机的示功图

在图1-4的下面绘出了每一个冲程的示功图,其中纵坐标表示工作压力 P ,横坐标表示汽缸容积 V 。在 $P-V$ 图中,表示出汽缸在一个工作循环中,燃气压力随活塞位移的变化情况。汽缸内气体的压力和容积是同时变化的,这种变化可以用示功器测绘出来。表示汽缸内压力随容积变化的 $P-V$ 图形,又称为示功图。

在图1-4下面的示功图,线1—2表示进气过程中汽缸内压力随容积变化的情况。在进气过程中,缸内压力低于大气压力。2—3线段表示压缩过程中,压力随汽缸容积减少而增高的情况,点3处的压力就是压缩终点压力。3—4—5线表示燃烧和膨胀过程。5—6线表示排气过程。

3. 四冲程柴油机的正时图

四冲程柴油机的气阀、喷油定时,可用正时圆图来表示,如图1-5所示。将四冲程柴油机的工作过程按曲轴转角依次画在一个圆图上,直线表示气阀启闭时刻,圆弧表示工作过程。从图中就可以看出各阶段提前和移后的角度以及它们所占的总角度。表1-1为四冲程柴油机一般正时角度表,高速柴油机取大



图 1-5 四冲程柴油机的正时圆图

数,低速柴油机取小数。

表 1-1 四冲程柴油机一般正时角度表

名 称	非 增 压 式		增 压 式	
	打 开	关 闭	打 开	关 闭
进气阀	上止点前 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$	下止点后 $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$	上止点前 $40^{\circ} \sim 80^{\circ}$	下止点后 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$
排气阀	下止点前 $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$	下止点后 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$	下止点前 $40^{\circ} \sim 55^{\circ}$	上止点后 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$
喷油器	上止点前 $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$	上止点	上止点前 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$	上止点

气阀定时的特点如下。

(1)四冲程柴油机的进气阀和排气阀的启闭都不在上、下止点,而是在上、下止点的前后某一时刻。它们的开启时间都大于 180° 曲轴转角,如图 1-5 所示。

(2)进、排气阀的早开晚关,能增加新鲜空气的吸入量,把废气排除得更干净。此做法的原理是气阀的开度是随凸轮转动逐渐加大的,另外则是气体在流动时具有惯性。

(3)气阀提前和延后开、关的时间并不是越长越好。进气阀过早打开,废气将通过进气阀冲入进气管,产生废气倒灌;进气阀关闭过晚,将造成新气流失。排气阀打开过早,将使有效功损失增加;排气阀关闭过晚,会造成废气重新吸入汽缸。

(4)从图 1-5 中可看出,进气阀和排气阀在上止点前后的一段时间里同时打开,此时的曲轴转角,称为气阀重叠角。适当的气阀重叠角,不仅不会使废气倒灌入进气管,而且还有助于废气的清除和新气的充入。

合适的气阀定时和气阀重叠角随机型而异,一般都是通过多次实验调整才能得出的。

二、二冲程柴油机的工作原理

二冲程柴油机的工作过程是将四冲程柴油机的吸气、排气过程,分别合并在压缩、燃烧膨胀这两个冲程之内完成的。因此,其进、排气布置有很大不同。

二冲程柴油机在结构上由于扫气和排气布置的不同,有直流扫气式、横流扫气式、回流扫气式和横回流扫气式四种类型。

1. 直流扫气式二冲程柴油机

图 1-6 是 MAN-B&W-S46MC-C 直流扫气式二冲程柴油机。图 1-7 是直流扫气式柴油机简图。这种类型的柴油机结构上的主要特点是:在汽缸盖上装有排气阀,排气阀由液压驱动,压力油是由凸轮轴上的凸轮推动油缸而提供的;汽缸盖两侧装有喷油器;汽缸下部设有一圈扫气口,扫气口倾斜向上,扫气口周围设有扫气箱;凸轮轴的转速与曲轴的转速相等。

(1) 直流扫气式二冲程柴油机的工作循环

第一冲程——进气压缩冲程

柴油机的活塞自下止点向上运动,在遮闭扫气口之前,具有一定压力的新鲜空气从扫气口进入汽缸,把缸内的废气扫出,同时充满汽缸。随着活塞上行,扫气口逐渐被遮闭,此时位于下止点后 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 曲轴转角。至下止点后约 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 曲轴转角,排气阀关闭。活塞开始压

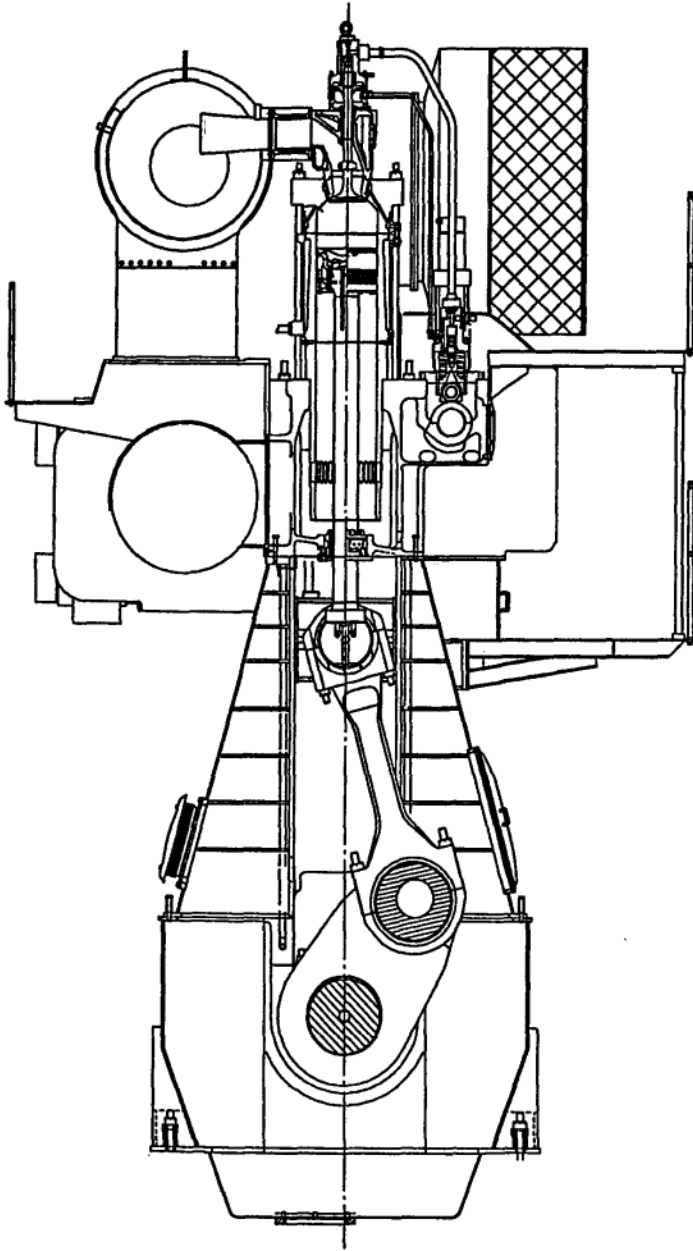


图 1-6 MAN-B&W-S46MC-C 直流扫气式柴油机

缩空气,压缩终了的空气压力达到 4~6 MPa(或更高),温度升至 700 °C~800 °C。

第二冲程——工作(燃烧膨胀)和排气

当活塞行至上止点前 10°~30°曲轴转角时,高压油泵开始供油,柴油从喷油器以雾化状态射入汽缸中,随即着火燃烧,此时气体的压力和温度急剧升高,爆发压力达到 5~12 MPa

(或更高),燃烧温度达到 $1600\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 1800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。高温高压气体推动活塞向下运动做功。活塞下行到下止点前 $70^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 曲轴转角时,排气阀打开,废气经排气阀冲出。当活塞下行至下止点前 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 曲轴转角时,扫气口打开,新鲜空气(经两次增压和冷却后)进入汽缸,推出残余废气,清扫汽缸,同时新鲜空气充满整个汽缸。活塞绕过下止点,下一个工作循环又开始。

这样,柴油机的曲轴只转了一圈就完成了个工作循环。排气阀与扫气口有的同时关闭,有的排气阀稍早一点关闭。

(2)二冲程柴油机的示功图 图 1-8 是二冲程柴油机压容示功图。从此图可以看出,二冲程柴油机中汽缸内气体压力和容积变化的情况。活塞从下止点(点 6)上行至点 7 时,便遮住扫气口,充气结束。当活塞行至点 1 时,排气阀关闭,排气停止,压缩开始,汽缸内气体的压力逐渐升高。当活塞到达 2' 点时(上止点 2 之前),燃油喷入汽缸,自行发火燃烧(曲线 2~3)。燃烧膨胀的气体,推动活塞下行做功(曲线 3~4),活塞行至点 4,排气阀打开,汽缸内的气体(压力为 $0.3 \sim 0.5\text{ MPa}$,温度为 $600\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$)由排气管排出。活塞继续下行至点 5,扫气口打开,开始清扫、充气,当活塞回到下止点 6 时,曲轴转了一周,完成了个工作循环。

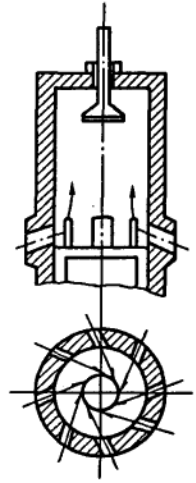


图 1-7 直流扫气式柴油机简图

(3)二冲程柴油机的正时图 图 1-9 为直流扫气式二冲程柴油机圆形正时图。从图中可看到,扫气口开闭的时间在下止点前后是对称的,而且是不可改变的。排气阀开关的时间是可以改变的。

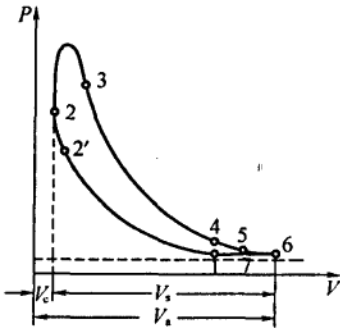


图 1-8 二冲程柴油机压容示功图

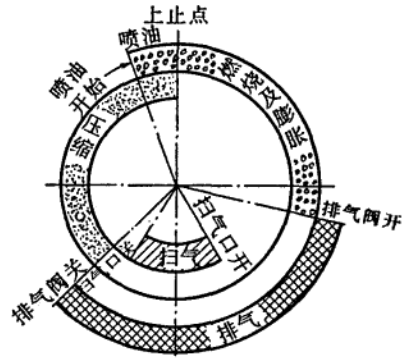


图 1-9 直流扫气式二冲程柴油机圆形正时图

(4)二冲程柴油机的换气 二冲程柴油机的换气过程,只占活塞冲程的一部分,一般不大于 $130^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 曲轴转角,且在大部分换气时间里,充气、排气是同时进行的,即一方面进行排气,另一方面进行充气,换气时间较短。如果换气过程进行得不完善,容易产生空气与废气的掺混,使新鲜空气与废气一起排出,这样会降低柴油机的功率和经济性。为此,除了提高扫气压力外,还需有效控制气体的换气流动路线。按气口(阀)启闭的时间,通常将换气过程分为三个时期。

①先期排气期 排气阀(口)领先于扫气口开启的时期,也叫自由排气阶段。此时,废气

借助于汽缸与排气管道间的气压差以高速流出。先期排气期的时间虽然很短,但排出的废气体量却占总排量的一半左右,对换气过程影响很大。

②扫气时期 是排气口扫气口同时开启的时期。此时,扫气流入汽缸,驱赶废气排出,也叫强制排气阶段。

③后期排气期(或称后期扫气期) 在进排气口对称扫气中,扫气口关闭后的排气期。此时,排气口开着,继续排气,将导致新气流失,对换气不利;而在对非对称扫气中,排气口关闭早于扫气口,可以使汽缸内充气量增加,对换气有利,实现过后充气。

直流扫气式二冲程柴油机有 MAN - B&W、B&W、6ESDZ75/160A、B 型等。

2. 弯流扫气式的二冲程柴油机

弯流扫气型式的二冲程柴油机的基本特点是,汽缸盖上没有排气阀装置,进、排气都是通过汽缸下部的扫气口与排气口进行的,扫气空气在汽缸内的流动路线是由下向上,当气流到达汽缸顶部后,又转向由上而下流动。弯流扫气式分为横流式和回流式两种,这两种柴油机都具有结构简单,动作可靠,管理方便的优点,但是,容易引起新气与废气的掺混,空气未能流过的一些死角,都得不到可靠的清扫,所以,换气质量比直流扫气式差些。现代的大型二冲程柴油机都采用气口一气阀式直流扫气系统。

第四节 船舶柴油机的分类

船舶柴油机的应用广泛,形式繁多,一般可根据它们不同的特点进行分类。

一、按工作循环特点分类

1. 四冲程柴油机

柴油机活塞往复四个行程(即曲轴回转两周)完成一个工作循环。

2. 二冲程柴油机

柴油机活塞往复二个行程(即曲轴回转一周)完成一个工作循环。

二、按进气压力分类

1. 非增压式柴油机

自然吸入新鲜空气的柴油机。

2. 增压式柴油机

柴油机带有增压器,将新鲜空气预先加压冷却后送入汽缸,可提高柴油机的功率。增压柴油机,按增加压力来分,又有一般增压(增压压力为 0.12 ~ 0.15 MPa)与高增压(增压压力为 0.16 ~ 0.30 MPa)两种。

三、按构造特点分类

1. 筒形活塞式柴油机

如图 1-1 所示,活塞与连杆直接连接,活塞本身下部的筒形部分作为活塞的导向,运动时,活塞与汽缸壁之间会产生侧推力。一般适用于中速、高速柴油机。

2. 十字头式活塞柴油机

如图 1-2 所示,活塞通过活塞杆以及十字头与连杆相连接,活塞的导向主要由十字头承担。柴油机工作时所产生的侧推力由十字头的滑板与机架上的导板承担。这类柴油机只适用于大型低速柴油机。

四、按速度分类

1. 高速柴油机

柴油机转速 $n > 1\,000$ r/min, 活塞平均速度 $C_m \geq 9$ m/s。

2. 中速柴油机

柴油机转速 $n = 250 \sim 1\,000$ r/min, 活塞平均速度 $C_m = 7 \sim 9$ m/s。

3. 低速柴油机

柴油机转速 $n < 250$ r/min, 活塞平均速度 $C_m < 7$ m/s。

五、按汽缸排列分类

1. 单列式柴油机

该柴油机汽缸直立单列排列,是应用最广泛、最常见的一种。

2. V 形柴油机

该柴油机的二列汽缸共用一根曲轴,形成 V 字形。这种柴油机的外形、尺寸较紧凑,长度短,高底较低,宽度稍大,是应用比较多的一种机型。

3. 多列式柴油机

该柴油机汽缸排列成 W 形(三列)、X 形(四列)、星形(五列)等。