


新版

全国海船船员适任考试培训教材

主推进动力装置

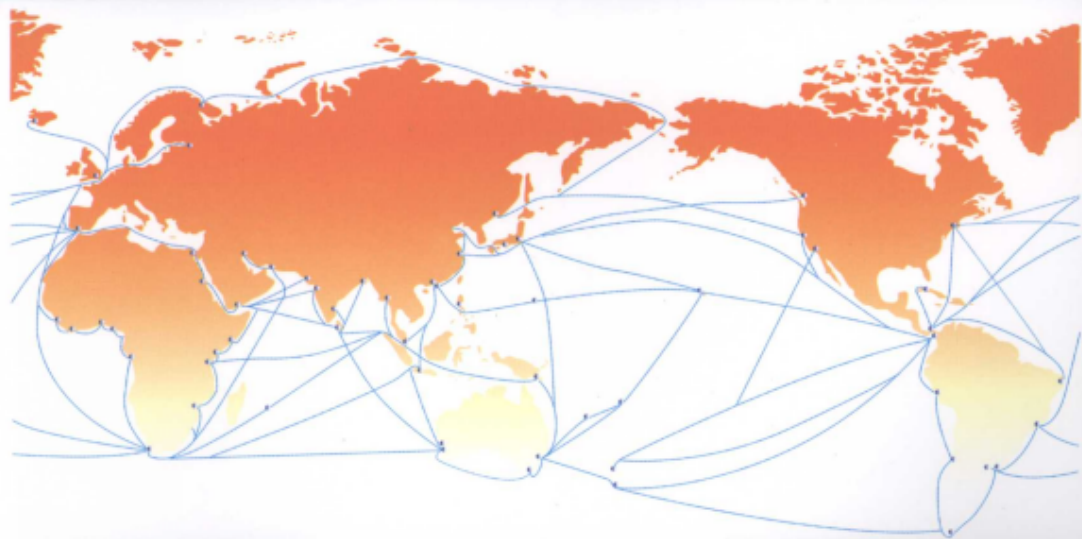
 中国海事服务中心组织编审



大连海事大学出版社
Dalian Maritime University Press



人民交通出版社
China Communications Press



新版全国海船船员适任考试培训教材

驾驶专业
(人民交通出版社)

航海学
船舶值班与避碰
航海气象与海洋学
船舶操纵
海上货物运输
船舶结构与设备
船舶管理
船长业务
航海英语

轮机专业
(大连海事大学出版社)

轮机工程基础(上、下册)
轮机维护与修理
主推进动力装置
船舶辅机
船舶电气
轮机自动化
船舶管理
轮机长业务
轮机英语

ISBN 978-7-5632-2177-6



9 787563 221776 >

定价: 64.00元

新版

全国海船船员适任考试培训教材

ISBN 978-7-114-18813-6

主推进动力装置

中国海事服务中心组织编审



大连海事大学出版社

大连海事大学出版社

大连海事大学出版社

人民交通出版社

ISBN 978-7-114-18813-6
定价: 64.00元

© 李春野,付克阳 2008

图书在版编目(CIP)数据

主推进动力装置 / 李春野,付克阳主编. —大连:大连海事大学出版社;北京:人民交通出版社, 2008. 5

全国海船船员适任考试培训教材

ISBN 978-7-5632-2177-6

I. 主… II. ①李…②付… III. 船舶推进—动力装置—技术培训—教材
IV. U664.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 078228 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路1号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail:cbs@dmupress.com

大连天正华延彩色印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2008年5月第1版 2008年5月第1次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:24.75

字数:627千 印数:1~5000册

责任编辑:沈荣欣 版式设计:晓寒

封面设计:王艳 责任校对:杨子江

ISBN 978-7-5632-2177-6 定价:64.00元

前 言

《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》(简称 04 规则)已于 2004 年 8 月 1 日生效,新的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》也自 2006 年 2 月 1 日实施。为了更好地帮助、指导船员进行适任考前培训和进一步提高船员适任水平,在交通部海事局的领导下,中国海事服务中心组织全国有丰富教学、培训经验和航海实际经验的专家共同编写了与《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》相适应的培训教材。本教材的编写将改变长期以来船员适任培训使用本、专科教材的现状,消除由于教材版本众多所造成知识内容上存在的混淆和分歧,对今后的船员适任培训具有重要的指导意义。

本套教材知识点紧扣考试大纲,具有权威、准确、系统、实用的特点,重点突出船员适任考前培训和航海实践需掌握的知识,旨在培养船员在实践中应用知识的能力,并可作为工具书为船员上船工作使用。本套教材在着重于航海实践的同时,紧密结合现代船舶的特点,考虑到将来有关船舶技术的发展,教材内容涉及到最新的航海技术,与时俱进,进一步拓展船员的知识层次。

本套教材由航海学、船舶值班与避碰、航海气象与海洋学、船舶操纵、海上货物运输、船舶结构与设备、船舶管理(驾驶)、船长业务、航海英语、轮机英语、轮机长业务、轮机工程基础、主推进动力装置、船舶辅机、船舶电气、轮机自动化、轮机维护与修理、船舶管理(轮机)组成。

本套教材在编写、出版工作中得到中华人民共和国海事局、各航海院校、海员培训机构、航运企业、人民交通出版社、大连海事大学出版社等单位的关心和大力支持,特致谢意。

中国海事服务中心

2008 年 2 月

编者的话

《主推进动力装置》海船船员适任培训教材,是在中国海事服务中心组织指导下,由大连海事大学和上海海事大学共同承担编写任务,按照中华人民共和国海事局 2005 年颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》的要求编写的。参加编写人员都是具有多年教学和实船工作经验的教师。

本教材内容严格按照大纲章节编写,突出适任培训和航海实践的特点,适用于全国海船船员考试、培训和学习,并可作为船员上船工作的工具书。为了便于读者学习和掌握,本教材在最后附有各章的练习题。

本教材共有十三章。第一、二、三、四章由付克阳编写;第五、六、七、八、九、十、十一、十二、十三章由李春野编写。全书由大连海事大学李春野、上海海事大学付克阳共同主编(排名不分先后),由李春野统稿。中国海事服务中心考试中心张凤羽、武汉理工大学王克参与了主要审定工作。

由于教材内容广泛,编者水平有限,不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者
2008 年 2 月

目 录

第一章 柴油机的基本知识	1
第一节 柴油机的工作原理	1
第二节 柴油机的热力循环	12
第三节 柴油机的性能指标	14
第四节 提高有效功率和经济性的途径	20
第二章 柴油机的结构和主要零部件	23
第一节 柴油机的结构特点	23
第二节 活塞	25
第三节 气缸	35
第四节 气缸盖	38
第五节 燃烧室部件承受的负荷	40
第六节 燃烧室部件的故障及其管理	43
第七节 连杆	48
第八节 曲轴和主轴承	51
第九节 曲柄连杆机构的故障与管理	58
第十节 推力轴承的工作原理及调整	61
第十一节 十字头组	63
第十二节 机架、机座和贯穿螺栓	66
第三章 燃油喷射与燃烧	70
第一节 燃油	70
第二节 燃烧过量空气系数	74
第三节 喷射过程	76
第四节 可燃混合气的形成	82
第五节 喷油设备	85
第六节 柴油机的燃烧过程	107
第七节 柴油机的热平衡	112
第八节 柴油机的废气排放与净化	114
第四章 柴油机的换气与增压	119
第一节 柴油机的换气过程	119
第二节 柴油机的换气机构	124
第三节 废气涡轮增压	132
第五章 柴油机的润滑	152
第一节 润滑和润滑油	152
第二节 气缸润滑	156
第三节 曲轴箱油和气缸油的选用	158
第四节 气缸注油设备	164

第五节	曲轴箱油变质与检验	168
第六章	柴油机系统	170
第一节	燃油系统	170
第二节	低质燃油的处理及使用	175
第三节	滑油系统	178
第四节	分油机	182
第五节	冷却系统	188
第七章	柴油机特性	194
第一节	船舶柴油机的工况和运转特性的基本概念	194
第二节	速度特性	195
第三节	负荷特性	199
第四节	推进特性	200
第五节	柴油机的调速特性和限制特性	203
第六节	柴油机和螺旋桨的配合	205
第七节	柴油机的功率和转速的使用范围	207
第八章	柴油机调速装置	212
第一节	调速的必要性和调速器的类型	212
第二节	超速保护装置	214
第三节	调速器性能指标	214
第四节	机械调速器工作原理与特点	216
第五节	液压调速器	217
第六节	电子调速器的工作原理及组成	226
第七节	调速器的调整与管理	236
第九章	启动、换向和操纵系统	243
第一节	柴油机的启动	243
第二节	柴油机的换向	252
第三节	柴油机的操纵系统	256
第十章	示功图测录与分析	269
第一节	示功图的测录	269
第二节	电子示功器	272
第三节	示功图的种类和用途	276
第四节	示功图的分析	278
第五节	$p-V$ 示功图的计算及多缸柴油机功率的计算	285
第十一章	船舶推进装置	287
第一节	推进装置的传动方式	287
第二节	传动轴系	290
第三节	中间齿轮减速箱和联轴器	301
第四节	定距螺旋桨和调距螺旋桨装置	306
第十二章	柴油机及推进轴系的振动和平衡	313
第一节	活塞、连杆的运动及受力	313

第二节	柴油机的振动与平衡	317
第三节	轴的扭转振动	325
第四节	轴系扭转振动的减振措施	331
第五节	轴系的纵向振动与消减	334
第十三章	柴油机运转管理与应急处理	340
第一节	柴油机运转管理	340
第二节	柴油机运行的应急处理	345
练习题		357



第一章 柴油机的基本知识

第一节 柴油机的工作原理

一、柴油机的基本概念

(一) 柴油机的定义

1. 外燃机

外燃机如蒸汽机(往复式蒸汽机、蒸汽轮机等)。在蒸汽机中,燃料的燃烧是在机器外部特设的锅炉中进行的,燃料燃烧时放出的热能加热水,使水变成蒸汽,再将蒸汽引入蒸汽机内膨胀作功,推动机械运动。

2. 内燃机

内燃机有柴油机、汽油机、燃气轮机等。在内燃机中,燃料的燃烧是在工质内部进行的,直接加热空气成燃烧产物(燃气),工质被加热后压力和温度急剧上升具有了作功的能力,从而推动机械运动。

外燃机由于燃烧(将燃料的化学能转变成热能,即第一次能量转换)发生在工质的外部(锅炉),热能需经工质(蒸汽)传递,必然存在热损失;而在内燃机中,由于采用内部燃烧,从能量转换观点看,内燃机能量损失小,具有较高的热效率。另外,内燃机在尺寸和重量等方面也均具有优越性,因而在与外燃机的竞争中处于有利地位。

3. 柴油机

在内燃机中根据所用燃料的不同,大致可分为汽油机、柴油机、煤气机、燃气轮机等。它们都具有内燃机区别于外燃机的基本特点,但又都具有各自的工作特点,因而它们在工作原理、工作经济性以及使用范围上均有差异。

表 1-1 柴油机与汽油机的比较

	柴油机	汽油机
燃料(燃烧工质)	柴油或劣质燃油	汽油
点火方式	压缩自行燃烧	电火花塞点燃
混合气形成方式	气缸内混合	气缸外混合
压缩比	12~22	6~10
有效热效率	0.30~0.55	0.15~0.40

由表 1-1 可以看出,柴油机是一种压缩发火的往复式内燃机。它与汽油机相比除了所用燃料的性质不同外,在结构上的主要差异在于供油系统的不同或者说是混合气形成的方式不同,而在工作原理上的最大区别在于发火方式的不同,采用压缩发火的着火方式是柴油机不同于其他内燃机的本质特征。由于柴油机采用的是压缩发火,再加之内部燃烧,使得它在内燃机中的热效率最高。柴油机除了经济性好外,还具有功率范围大、机动性好、尺寸小、重量轻等优点,因而柴油机在工程界应用十分广泛。尤其在船用发动机中,柴油机取得了绝对优势地位。



但是,柴油机也具有振动大、噪声响、燃烧室部件承受较大热负荷和曲柄连杆机构承受较大的机械负荷等缺点。

(二) 柴油机基本结构参数

1. 上止点(TDC)

立式柴油机活塞在气缸中运动的最上端位置,也就是活塞离曲轴中心线最远的位置。

2. 下止点(BDC)

立式柴油机活塞在气缸中运动的最下端位置,也就是活塞离曲轴中心线最近的位置。

3. 活塞行程 s

指活塞从上止点运行到下止点间的直线距离,简称行程。它等于曲轴曲柄半径 R 的两倍。活塞运行一个行程时曲轴转动 180° 。

4. 气缸直径 D

气缸的内径,简称缸径。

5. 余隙高度(顶隙)

上止点时活塞最高顶面与气缸盖底平面之垂直距离。

6. 压缩容积 V_c

活塞在气缸内位于上止点时,在活塞顶上方的全部空间容积。

7. 气缸工作容积 V_h

活塞在气缸中从上止点运行到下止点时所扫过的容积。

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

8. 气缸总容积 V_a

活塞在气缸内位于下止点时,活塞顶以上的气缸全部容积。

$$V_a = V_h + V_c$$

9. 压缩比 ε

气缸总容积 V_a 与压缩容积 V_c 之比值,亦称几何压缩比。

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

目前柴油机的压缩比 ε 的一般选用范围见表 1-2。

表 1-2 柴油机压缩比 ε 的选用范围

低速机	中速机	高速直喷式	高速分开式	增压机	非增压机
12 ~ 13	14 ~ 15	14 ~ 18	18 ~ 22	12 ~ 15	15 ~ 22

(三) 柴油机基本工作过程

燃油在柴油机气缸中燃烧作功必须通过进气、压缩、燃烧、膨胀和排气五个过程。包括上述五个过程的全部热力循环过程称为柴油机工作过程,包括上述五个过程的周而复始的循环叫工作循环。对往复式柴油机还可用 $p - V$ 示功图清楚地描绘其工作循环中各过程的进行情况。四冲程柴油机的工作过程如图 1-2 所示。

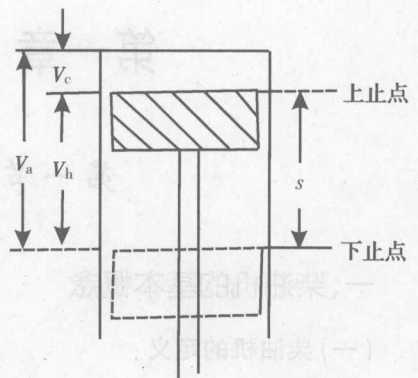


图 1-1 柴油机基本结构参数

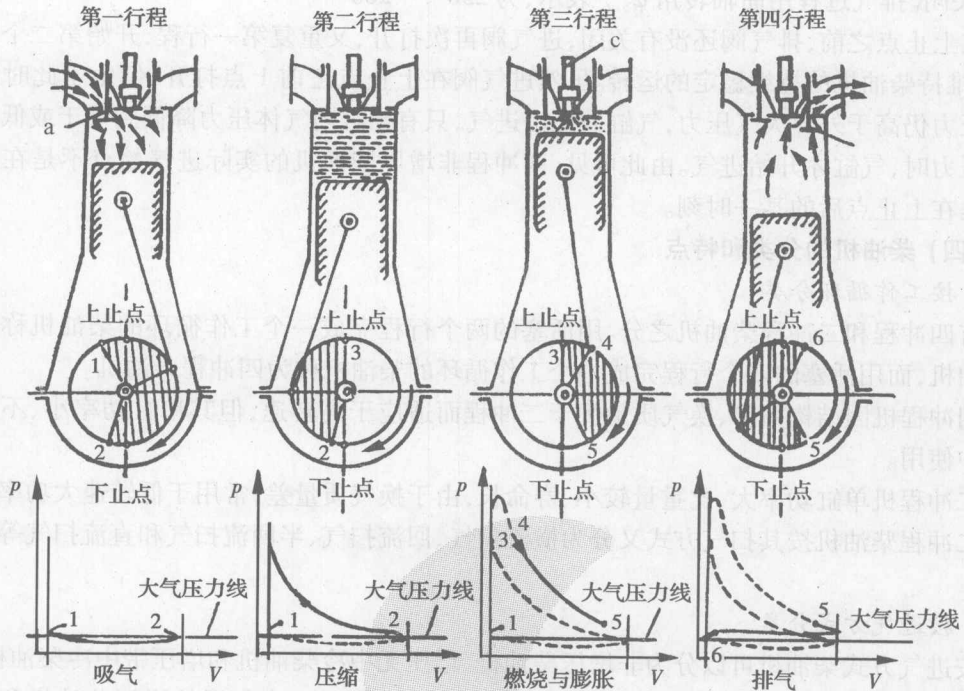


图 1-2 四冲程柴油机工作原理

1. 进气行程

活塞从上止点下行,进气阀 a 已打开。由于活塞下行的抽吸作用,新鲜空气充入气缸。为了能充入更多的空气,进气阀一般在上止点前提前开启(曲柄位于点 1),在下止点后延迟关闭(曲柄位于点 2),进气阀开启的延续角度 φ_{1-2} (图中阴影线部分) 为 $220^\circ \sim 250^\circ$ 。

2. 压缩行程

活塞从下止点向上运动,自进气阀 a 关闭(曲柄到达点 2)开始压缩,一直到活塞到达上止点(曲柄到达点 3)为止。第一行程吸入的新鲜空气经压缩后,压力增高到 $3 \sim 6 \text{ MPa}$,温度升至 $600 \sim 700^\circ \text{C}$ (燃油的自燃温度为 $210 \sim 270^\circ \text{C}$)。将压缩终点时的压力和温度分别用符号 p_c 和 t_c 表示。影响 p_c 和 t_c 的主要因素为压缩比 ε ,压缩比 ε 越大, p_c 和 t_c 越高。在压缩过程的后期,由喷油器 c 喷入气缸的燃油与高温空气混合、加热,并自行发火燃烧。曲轴转角 φ_{2-3} 表示压缩过程,为 $140^\circ \sim 160^\circ$ 。

3. 燃烧和膨胀行程

活塞在上止点附近,由于燃油猛烈燃烧,使气缸内的压力和温度急剧升高,压力达 $5 \sim 8 \text{ MPa}$,甚至 13 MPa 以上,温度为 $1400 \sim 1800^\circ \text{C}$ 或更高些。将燃烧产生的最高压力称最高爆发压力,用 p_z 表示,最高温度用 t_z 表示。高温高压的燃气(工质)膨胀推动活塞下行而作功。由于气缸容积逐渐增大使压力下降,在上止点后的某一时刻(曲柄位于点 4)燃烧基本结束。膨胀一直到排气阀开启时结束。与进气阀相同,排气阀总是在活塞到达下止点前提早开启(曲柄位于点 5),曲轴转角 φ_{3-4-5} 表示燃烧和膨胀过程。

4. 排气行程

在上一行程末,排气阀开启时,活塞尚在下行,废气靠气缸内外压力差经排气阀排出。当活塞由下止点上行时,废气被活塞推出气缸,排气阀一直延迟到活塞到达上止点后(曲柄位于点



6) 才关闭。排气过程用曲轴转角 φ_{5-6} 表示,为 $230^\circ \sim 260^\circ$ 。

在上止点之前,排气阀还没有关闭,进气阀再次打开,又重复第一行程,开始第二个工作循环,以维持柴油机的持续稳定的运转。虽然进气阀在上止点之前1点打开,但由于此时缸内的气体压力仍高于外界大气压力,气缸内无法进气,只有当缸内气体压力降低到等于或低于外界大气压力时,气缸才开始进气。由此可见,四冲程非增压柴油机的实际进气始点不是在上止点前而是在上止点后的某一时刻。

(四) 柴油机的分类和特点

1. 按工作循环分类

有四冲程和二冲程柴油机之分。用活塞的两个行程完成一个工作循环的柴油机称为两冲程柴油机,而用活塞的四个行程完成一个工作循环的柴油机称为四冲程柴油机。

四冲程机因结构简单、换气质量优于二冲程而适应于高转速,但其单缸功率小、不宜在大功率中使用。

二冲程机单缸功率大、比重量较小、寿命长,由于换气质量差,常用于低转速大功率。

二冲程柴油机按其扫气方式又分为横流扫气、回流扫气、半回流扫气和直流扫气等类型柴油机。

2. 按进气方式分类

按进气方式柴油机可以分为非增压柴油机、增压无中冷柴油机和增压带中冷柴油机。

增压柴油机按压气机的驱动方式又分为机械增压柴油机、废气涡轮增压柴油机和复合增压柴油机。按增压压力 p_k 又可分为低增压、中增压、高增压和超高增压四级。

低增压柴油机 $p_k \leq 0.17 \text{ MPa}$

中增压柴油机 $p_k = 0.17 \sim 0.25 \text{ MPa}$

高增压柴油机 $p_k = 0.25 \sim 0.35 \text{ MPa}$

超高增压柴油机 $p_k > 0.35 \text{ MPa}$

3. 按曲轴转速及活塞平均速度分类

按曲轴转速 n 将船舶柴油机分为低速、中速及高速时,其范围为:

低速柴油机 $n \leq 300 \text{ r/min}$

中速柴油机 $300 < n \leq 1\,000 \text{ r/min}$

高速柴油机 $n > 1\,000 \text{ r/min}$

按活塞平均速度 v_m 划分,其范围为:

低速柴油机 $v_m < 6 \text{ m/s}$

中速柴油机 $v_m = 6 \sim 9 \text{ m/s}$

高速柴油机 $v_m \geq 9 \text{ m/s}$

4. 按结构特点分类

(1) 筒形活塞式柴油机与十字头式柴油机

图 1-3 表示筒形活塞式柴油机和十字头式柴油机的构造示意图。

图 1-3(a) 为筒形活塞式柴油机,它的特点是活塞上下运动时的导向作用由活塞下部的筒形裙部来承担。这种结构的优点是结构简单、紧凑、轻便,发动机高度较小。它的缺点是由于运动时有侧推力,活塞与气缸壁之间的磨损较大。目前高速及中速柴油机都采用这种构造形式。

图 1-3(b) 是十字头式柴油机。它的特点是活塞 1 通过活塞杆 2 与十字头 3 相连。由于活塞不起导向作用而且与气缸套壁之间没有侧推力,它们之间间隙较大,磨损较小,不易擦伤或卡



死。它的缺点是柴油机高度和重量增大,结构复杂。目前大型低速二冲程柴油机都采用十字头式柴油机形式。

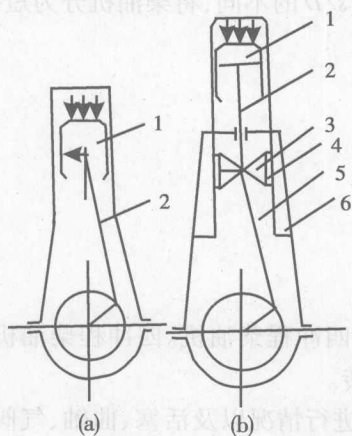


图 1-3 筒形活塞式和十字头式柴油机简图

1—活塞;2—活塞杆;3—十字头;4—滑块;
5—连杆;6—导板

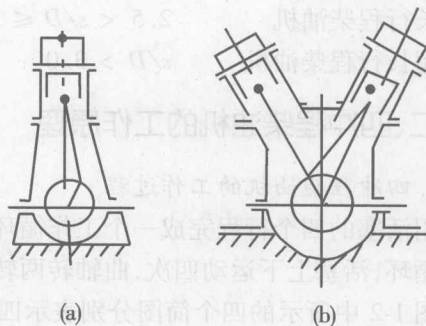


图 1-4 直列式与 V 形柴油机简图

(2) 直列式柴油机与 V 形柴油机

具有两个或两个以上的直立气缸并呈一列布置的柴油机称为直列型柴油机,如图 1-4(a)所示。船用柴油机均为多缸机,通常多为直列纵向排列。其最多缸数由于受曲轴刚性限制一般不超过 12 缸,对超过 12 缸者多采用 V 形布置,即把两个气缸中心线布置在同一平面内,其气缸中心线呈 V 形并用一根曲轴输出功率,可采用并列式连杆或主副连杆,如图 1-4(b)所示。V 形柴油机的气缸夹角为 90° 、 60° 或 45° ,其缸数可高达 18 甚至 24 个。采用 V 形结构,缩短了气缸间距和整机长度,具有较高的单机功率和较小的比重量,通常用于中、高速柴油机。

(3) 可倒转柴油机与不可倒转式柴油机

船用柴油机可分成可倒转柴油机与不可倒转柴油机两类。大型低速二冲程柴油机作为船舶主机时,通常皆具有倒转机构,由于它与螺旋桨直接连接,船舶倒退时即用倒车机构使发动机旋转方向倒转,以驱动螺旋桨倒转。中速大功率柴油机作为船舶主机时多设计成可倒转柴油机,它通过或不通过减速齿轮箱与螺旋桨连接。由于中速大功率柴油机还可用做发电机原动机,只要减少或更改少数部件,就可改为不可倒转柴油机。高速大功率船用柴油机由于本身结构紧凑,不易安装倒转机构,都设计成不可倒转柴油机。它通过传动装置中的倒顺车离合器、减速齿轮箱和液力耦合器与螺旋桨连接,由倒顺车离合器完成螺旋桨的倒转动作要求。

(4) 左旋柴油机和右旋柴油机

柴油机转向按我国国标规定,从船尾向船首看(由功率输出端向自由端看),曲轴运转时正车方向朝顺时针方向旋转,称“右旋”柴油机或称“右型”柴油机;反之即为“左旋”柴油机或称“左型”柴油机。一般常用的为“右型”柴油机。当船舶采用双桨时,则常采用两螺旋桨对称向内旋转形式,以提高船舶的操纵航行性能,此时常采用一左、一右两台柴油机。国外某些柴油机的转向与我国规定相反,应予以注意。

(5) 左单列机和右单列机

由飞轮端向自由端看,排气管位于气缸中心线所在平面右侧的单列柴油机称为右单列柴



油机;排气管位于气缸中心线所在平面左侧的单列柴油机称为左单列柴油机。

5. 按行程缸径比 s/D 分类

s/D 对柴油机的结构和运行性能有较大的影响,按照 s/D 的不同,将柴油机分为短行程、长行程和超长行程,其 s/D 范围分别为:

短行程柴油机 $s/D \leq 2.5$

长行程柴油机 $2.5 < s/D \leq 3.0$

超长行程柴油机 $s/D > 3.0$

二、四冲程柴油机的工作原理

1. 四冲程柴油机的工作过程

用活塞的四个行程完成一个工作循环的柴油机称为四冲程柴油机。四冲程柴油机每完成一个循环,活塞上下运动四次,曲轴转两转,凸轮轴转一转。

图1-2中所示的四个简图分别表示四个活塞行程的进行情况以及活塞、曲轴、气阀等部件的有关动作位置。

2. 四冲程柴油机的气阀定时

将四冲程柴油机的工作过程按曲柄所在的位置及旋转的角度依次绘在一个圆图上,则可得到柴油机的“定时圆图”,如图1-5所示。

由图1-5可见,为了提高进排气量,进排气阀的开启和关闭均不在上下止点,而是提前开启、延后关闭。进气阀在点1开启、点2关闭;排气阀在点5开启、点6关闭。进气阀开启瞬时,曲柄位置与上止点之间的曲轴转角称为进气提前角,如图中的 φ_1 ;进气阀关闭瞬时,曲柄位置与下止点之间的曲轴转角称为进气滞后角,如图中的 φ_2 ;依此类推,排气提前角为 φ_3 ,排气滞后角为 φ_4 。进气持续角为 $\varphi_1 + 180^\circ + \varphi_2$,排气持续角为 $\varphi_3 + 180^\circ + \varphi_4$,显然,四冲程柴油机的进排气行程所占曲轴转角均大于 180° ,换气总曲轴转角角度一般为 $450^\circ \sim 500^\circ$,而压缩与膨胀行程所占曲轴转角均小于 180° 。凸轮作用角为相应各过程持续角的 $1/2$ 。

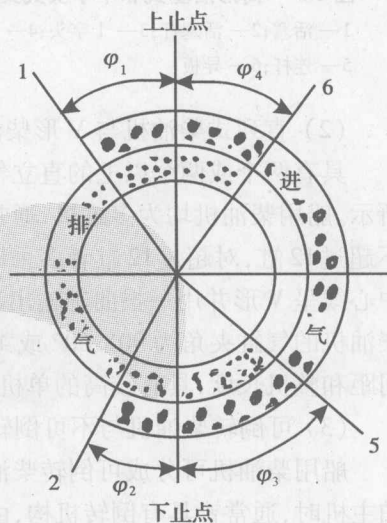


图1-5 气阀定时圆图

3. 四冲程柴油机的气阀重叠角

表1-3 四冲程柴油机气阀重叠角度

名称	非增压		增压	
	开启	关闭	开启	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 $35^\circ \sim 45^\circ$	上止点后 $10^\circ \sim 20^\circ$	下止点前 $40^\circ \sim 55^\circ$	上止点后 $40^\circ \sim 50^\circ$
重叠角	$25^\circ \sim 50^\circ$		$80^\circ \sim 130^\circ$	

由图1-5还可看到:在上止点前后的一段曲轴转角内,进、排气阀有一个同时打开的角度,称为进、排气重叠角(气阀重叠角),它等于进气提前角加排气滞后角,即 $\varphi_1 + \varphi_4$ 。在气阀叠开期间,进、排气管与气缸相通,此时利用废气的流动惯性,除可避免废气倒冲入进气管外,尚可抽吸新鲜空气进入气缸。增压柴油机还可实现燃烧室扫气,此时不但可提高换气质量,还可利



用进气冷却燃烧室的有关部件。因而,四冲程柴油机均有一定的气阀重叠角,而且增压柴油机的气阀重叠角均大于非增压柴油机。

气阀定时不仅取决于柴油机类型、转速、进排气阀凸轮的形状,在实际运转中还由于磨损、间隙以及振动等原因而发生改变,轮机管理人员必须定时的进行测量和调整。柴油机气阀定时和气阀重叠角的范围列于表 1-3。

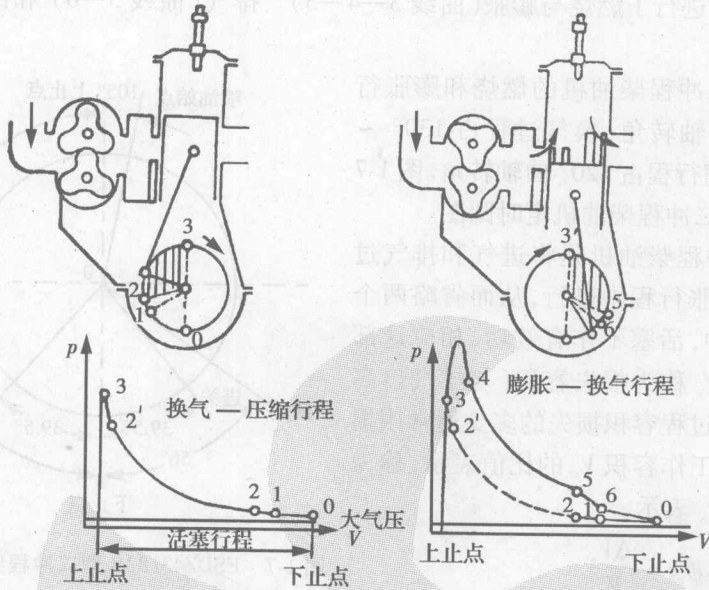


图 1-6 二冲程柴油机工作原理

三、二冲程柴油机的工作原理

二冲程柴油机把进气、压缩、燃烧、膨胀、排气过程紧缩在活塞的两个行程内完成,即曲轴旋转一周就完成一个循环。

二冲程柴油机与四冲程柴油机不同,其气缸上设有气口,图 1-6 中气缸右侧为排气口,左侧为扫气口。排气口比扫气口略高,气口的开关均由活塞控制。此外,二冲程柴油机设有扫气泵,扫气泵预先将空气压缩并送入扫气箱中,扫气箱中的空气压力(扫气压力)要比大气压力稍高。

1. 换气—压缩行程

活塞由下止点向上运动。在活塞遮蔽扫气口之前,新鲜空气通过扫气口继续充入气缸并将气缸内的废气经排气口驱除出去。当活塞上行到将扫气口全部遮蔽时(点 1),新鲜空气就停止进入气缸。当排气口被活塞遮蔽后(点 2),气缸内的空气就被上行的活塞压缩,压力和温度亦随之升高。在活塞到达上止点前的某一时刻(点 2'),柴油经喷油器喷入气缸,并与高温高压空气混合后着火燃烧。

在这一行程中,进行了换气(曲线 0—1—2)、压缩(曲线 2—3)和喷油着火燃烧诸过程。

2. 膨胀—换气行程

活塞由上止点向下运动。在此行程的初期,燃烧仍在继续猛烈地进行,到点 4 才基本结束。高温高压的燃气膨胀推动活塞下行作功。当活塞下行将排气口打开时(点 5),由于此时缸内的



燃气的压力和温度仍较高,分别为 0.5 ~ 0.6 MPa 和 600 ~ 800 °C,因而气缸内燃气借助气缸内外的压差经排气口高速排出,缸内的压力也随之下降。当缸内压力下降到接近扫气压力时,下行的活塞将扫气口打开。新鲜空气便通过扫气口充入气缸,并对气缸内进行扫气,将气缸内的废气经排气口驱除出去。这个过程一直要延续到下一个循环活塞再次上行将进气口关闭时为止。

在这一行程中,进行了燃烧与膨胀(曲线 3—4—5)、排气(曲线 5—6)和部分扫气(曲线 6—0)过程。

通常情况下,二冲程柴油机的燃烧和膨胀行程占 90° ~ 120° 曲轴转角;换气过程占 130° ~ 150° 曲轴转角;压缩行程占 120° 曲轴转角。图 1-7 为 ESDZ43/82B 型二冲程柴油机定时圆图。

由此可见,二冲程柴油机是将进气和排气过程合并到压缩与膨胀行程中进行,从而省略两个行程。在换气过程中,活塞不作有效功,相应这部分活塞行程容积 ΔV_s 称为损失容积(与排气口高相对的容积)。换气过程容积损失的多少通常用损失容积 ΔV_s 对几何工作容积 V_s 的比值表示,称为行程损失系数,用 ψ_s 表示。

$$\psi_s = \frac{\Delta V_s}{V_s}$$

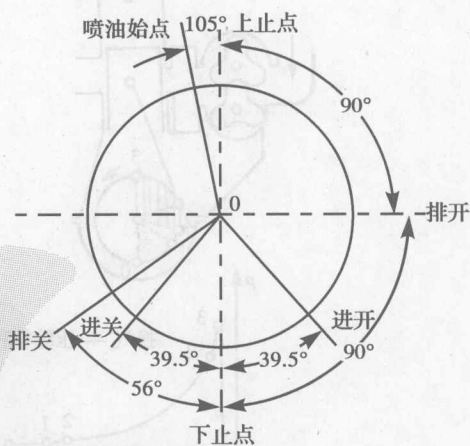


图 1-7 ESDZ43/82B 型二冲程柴油机定时圆图

3. 二冲程柴油机的换气形式

在二冲程柴油机中,不同的换气形式对换气质量有重要影响。至今已出现多种换气形式。

根据气流在气缸中的流动路线,二冲程柴油机的换气形式可分为弯流(扫气空气由下而上,然后由上而下清扫废气)与直流(气流在气缸内呈直线由下而上清扫废气)两大类。每一大类中又有不同的换气形式,即弯流包括横流(简单横流和扫气口装有单向阀)、回流和半回流(简单半回流、扫气口有阀控制和排气口有阀控制);直流包括排气阀—扫气口式和排气口—扫气口式。

(1) 简单横流扫气

扫、排气口位于气缸中心线的两侧,空气从扫气口一侧沿气缸中心线向上,然后在靠近燃烧室部位回转到排气口一侧,再沿气缸中心线向下把废气从排气口清扫出气缸,如图 1-8 所示。通常,为了使扫气进行得完善,扫气口与排气口沿水平和垂直方向均有倾斜角以控制气流方向,防止进气直接流向排气口。

(2) 回流式扫气

扫、排气口在气缸下部同一侧且排气口在进气口的上方。进气流沿活塞顶面向对侧的缸壁流动并沿缸壁向上流动,到气缸盖再转向下流动,把废气从排气口中清扫出气缸。气流在缸内作“回线”流动,如图 1-9 所示。在船用大型机中,MAN、KZ 型柴油机即为回流扫气形式。

(3) 半回流扫气

扫气口布置在排气口的下方及两侧,气流在气缸内的流动特征兼有横流与回流的特点。某些早期的半回流扫气形式,在排气管中装有回转控制阀,该回转阀可在活塞上行活塞裙开启排气口前关闭排气管,防止新鲜空气经排气口流失,如图 1-10 所示。在船用大型柴油机中 Sulzer