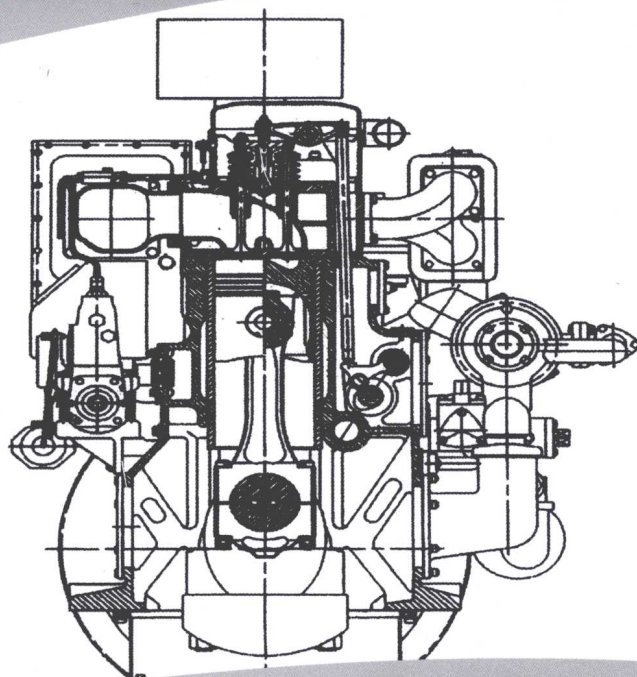


海洋渔业船舶职务船员考试教材

轮机

(上册)

浙江省海洋与渔业局 编



 中国农业出版社

海洋渔业船舶职务船员考试教材

轮 机

(上 册)

浙江省海洋与渔业局 编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

轮机/浙江省海洋与渔业局编. —北京: 中国农业出版社, 2010.4

海洋渔业船舶职务船员考试教材

ISBN 978 - 7 - 109 - 14221 - 3

I. 轮… II. 浙… III. 轮机 - 技术培训 - 教材
IV. U676.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 215735 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100125)
责任编辑 林珠英

杭州余杭人民印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行
2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月杭州第 1 次印刷

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 56
字数: 1 468 千字

定价: 78.00 元 (上、下册)

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

勤學苦練確保安全
遵紀守法致富康樂

二〇一〇年三月
趙村民題

海洋渔业船舶职务船员考试教材 编委会

主 任：赵利民

副主任：林东勇 宋志俊

委 员：栗倩云 阮成宗 吴建平 陈军民 郭 薇 潘建忠
张福祥 丁天明 陶一澜

轮 机

总 编：陶一澜

主 编：《船舶柴油机》 陶一澜

《船舶辅机》 王伟军

《船舶电气》 卢金树

《轮机管理》 王家宏

《轮机基础》 刘友康

《轮机英语》 刘敬竹

参 编：《船舶电气》 胡志明（第六～九、十一章）

《轮机基础》 陈云霞（第一章）沈孝钢（第二章）

钟华良（第五章）

主 审：潘建忠 吕学良 朱敬华

序

规范渔业职务船员培训教育，这是全面建设平安渔区，加强渔业安全生产基础管理的一个重要内容，反映了渔业系统贯彻落实科学发展观的态度，是以人为本理念的具体体现。当前，我省渔业安全生产管理正处在规范提升的关键时期，出版符合浙江实际的渔业职务船员培训教材，对加强渔业职务船员职业技能教育有着极其重要的现实意义。

海洋渔业是高风险行业，渔民职业技能的高低与渔业安全生产密切相关，制定配套管理制度，规范配套教材，引导渔民职业教育向规范化方向发展，形成公正、公开、公平的渔业船员培训考试机制，是提高渔民职业技能水平的迫切要求。为此，我局根据《中华人民共和国海洋渔业船员发证规定》和《海洋渔业职务船员考试大纲》要求，组织编写了这套教材。教材总结提炼了我省多年渔业船员培训工作的经验，融进了许多渔业安全管理的内容，教材的推出，必将对全面提高渔民职业技能水平和渔业安全生产水平有积极的促进作用。

这套教材的编写，时间紧，要求高，参与编写的人员付出了辛勤的劳动。值此付梓之际，谨向教材编写人员和关心、支持教材出版的相关单位表示诚挚的谢意，共同祝愿我省渔业安全跨上一个新台阶。

浙江省海洋与渔业局 林东勇

2010年3月

前 言

为适应海洋渔业职务船员教学培训和考试工作的需要，根据《中华人民共和国海洋渔业船员发证规定》和《海洋渔业职务船员考试大纲》的要求，浙江省海洋与渔业局组织编写了这套教材。教材针对海洋渔业职务船员实际情况和特点，结合新的知识和技术，既重视必要的理论知识，又重视实用的操作技能，内容覆盖面大，知识体系较为完整，具有较强的应用性。教材经上海海洋大学、浙江海洋学院、上海海事职业技术学院、东海区渔政渔港监督管理局、中国渔业协会、农业部远洋渔业培训中心等单位专家审查通过，适用于海洋渔业职务船员考试培训。

教材编写由浙江海洋学院承担，农业部远洋渔业培训中心、台州市船员培训中心、普陀区渔业技术培训中心、舟渔职业技术学校等单位参加。在教材编写过程中，得到了农业部渔业局等有关部门的大力支持，省内外渔业系统、海事系统的有关专家给本书提出了许多宝贵的意见、建议，在此深表感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

海洋渔业船舶职务船员考试教材编委会

2010年3月

目 录

序

前言

第一篇 船舶柴油机

第一章 柴油机基本理论知识	1
第一节 基础知识和基本术语	1
第二节 四冲程柴油机工作原理及特点	5
第三节 二冲程柴油机工作原理及特点	8
第四节 柴油机的理论循环与实际工作循环	11
第二章 燃烧室部件的工作条件与受力分析	14
第一节 燃烧室部件的工作条件	14
第二节 燃烧部件的受力类型	15
第三节 摩擦与磨损	18
第三章 柴油机主要部件的构造及维修管理	20
第一节 气缸盖的构造及维修管理	20
第二节 气缸套的构造及维修管理	22
第三节 活塞组件的构造、故障类型及维修管理	26
第四节 连杆组件的构造及维修管理	39
第五节 曲轴组件的构造及维修管理	43
第六节 主轴轴承和推力轴承的故障类型及其原因分析	52
第七节 机架、机座和贯穿螺栓	59
第八节 活塞的校中方法	64
第四章 燃油的燃烧与燃油系统	66
第一节 燃烧的基本理论要点	66
第二节 燃油的喷射过程及影响因素	67
第三节 燃油的雾化质量及影响因素	68
第四节 可燃混合气的形成与燃烧室型式	70
第五节 燃油的燃烧过程分析	72
第六节 喷油设备的结构特点、工作原理和调整方法	74
第七节 燃油系统的运行管理要点	86

第八节 燃油的性质与燃油的理化性能指标	89
第九节 油分离机的构造与工作原理	91
第五章 柴油机配气系统	99
第一节 四冲程柴油机配气机构的结构特点	99
第二节 二冲程柴油机扫气系统的型式和结构特点	102
第三节 凸轮轴及其传动机构	103
第四节 配气机构的主要故障、原因及其维修	105
第五节 配气机构的检查与调整方法	107
第六节 柴油机换气质量评定指标	113
第七节 配气系统的管理维护要点	113
第六章 柴油机增压系统	114
第一节 柴油机的增压概念	114
第二节 定压增压与脉冲增压的结构特点	115
第三节 废气涡轮增压器结构与工作原理	117
第四节 增压器实例分析	120
第五节 废气涡轮增压器的拆装及间隙调整	122
第六节 增压器的喘振和消除	124
第七节 增压系统的故障和维护管理	126
第七章 润滑与冷却系统	129
第一节 润滑系统基本概念	129
第二节 润滑油的性能指标及含义	130
第三节 系统的润滑	131
第四节 润滑系统的常见故障与维护管理	136
第五节 冷却系统	138
第六节 冷却系统的维护管理要点	141
第八章 柴油机的起动系统	143
第一节 压缩空气起动装置的工作原理及主要部件	143
第二节 压缩空气起动系统实例	146
第三节 起动马达的组成和工作原理	151
第四节 压缩空气起动装置的管理和常见故障分析	154
第九章 柴油机的换向系统	156
第一节 直接换向装置的要求和换向方案	156
第二节 四冲程柴油机两种换向方案及工作原理	157
第三节 二冲程柴油机双凸轮换向图	159

第四节 单凸轮换向原理及装置	160
第五节 换向装置的常见故障及排除	163
第十章 柴油机的调速系统和操纵系统	164
第一节 调速器的类型及性能指标	164
第二节 机械调速器的结构、特点及工作原理	166
第三节 液压调速器的结构及调整方法	168
第四节 液压调速器实例	170
第五节 调速器的故障类型和管理	176
第六节 柴油机的操纵系统	178
第十一章 柴油机特性及主要工作指标	180
第一节 柴油机运转特性	180
第二节 柴油机和螺旋桨的配合	183
第三节 柴油机的功率和转速使用范围	186
第四节 柴油机主要工作性能指标	187
第五节 示功图及其测量	189
第六节 柴油机的动力性、经济性分析及影响因素	190
第十二章 柴油机故障分析方法和处理原则	192
第一节 概述	192
第二节 故障原因及分析判断方法	192
第十三章 柴油机运转管理及应急处理	199
第一节 备车和机动操纵	199
第二节 运转管理和完车操作	202
第三节 柴油机的应急处理	204
参考文献	210

第二篇 船舶辅机

第一章 船用泵	211
第一节 往复泵	212
第二节 齿轮泵	216
第三节 叶片泵	220
第四节 离心泵	223
第五节 旋涡泵	230
第六节 喷射泵	231

第二章 活塞式空气压缩机	233
第一节 空压机的基本结构和工作原理	233
第二节 空压机的管理	237
第三章 渔船甲板机械	240
第一节 液压传动系统的工作原理和基本组成	240
第二节 电动液压操舵装置	250
第三节 液压操舵装置的管理	256
第四节 锚机	257
第五节 液压绞纲机	261
第四章 渔船制冷装置	267
第一节 压缩制冷的原理和基本组成	267
第二节 制冷剂 and 冷冻机油	268
第三节 制冷压缩机	269
第四节 压缩制冷系统的主要组成部分	275
第五节 制冷装置的自动控制与调节	278
第六节 制冷装置的管理和故障分析	284
第五章 船用海水淡化装置	291
第一节 真空蒸馏海水淡化装置类型及工作原理	291
第二节 真空蒸发式海水淡化装置的组成和构造	292
第三节 海水淡化装置的管理	295
第四节 常见故障及排除	296
第六章 船用辅助锅炉和废气锅炉	297
第一节 辅助锅炉和废气锅炉的构造及工作原理	297
第二节 锅炉附件	299
第三节 锅炉的水质要求和处理	302
第四节 辅助锅炉和废气锅炉的管理	303
参考文献	305

第三篇 船舶电气

第一章 直流电路	306
第一节 电路的组成	306
第二节 电路的基本物理量	306
第三节 欧姆定律	309

第四节 电阻的连接	310
第五节 电路的三种状态	312
第六节 基尔霍夫定律	314
第二章 电与磁	317
第一节 磁场的基本物理量	317
第二节 铁磁材料的性质和用途	319
第三节 直流电磁铁	320
第四节 电流在磁场中的力效应	321
第五节 电磁感应	323
第三章 交流电路	326
第一节 单相正弦交流电的产生	326
第二节 正弦交流电的三要素	327
第三节 单一性质参数的交流电路	329
第四节 三相对称正弦交流电及其产生	334
第五节 三相负载的连接	336
第六节 三相正弦交流电路的功率	339
第四章 半导体电路	340
第一节 半导体和 PN 结	340
第二节 半导体二极管	342
第三节 半导体三极管	347
第五章 船舶电机	354
第一节 直流电机	354
第二节 变压器	360
第三节 异步电动机	365
第四节 同步发电机	375
第五节 特种电机	378
第六章 电力拖动控制线路及系统	383
第一节 常用控制电器的结构原理、功能和电路符号	383
第二节 电动机的基本保护环节	387
第三节 控制线路图示法	389
第四节 控制电路的基本控制环节	390
第五节 典型控制电路	393
第七章 船舶电站	402
第一节 船舶电力系统	402

第二节 船舶主配电板的组成及其功能	404
第三节 应急电源系统组成及其功用	404
第四节 发电机主开关的基本结构及功能	406
第五节 交、直流发电机并车和解列	410
第六节 并联运行发电机组的有功功率分配与调节	417
第七节 自励恒压装置及其发电机组的无功功率分配	419
第八节 电站运行的安全保护环节	425
第八章 蓄电池	430
第一节 蓄电池的构造和工作原理	430
第二节 蓄电池的容量	431
第三节 蓄电池的使用、维护保养	432
第九章 船舶照明系统	434
第一节 照明系统的分类和特点	434
第二节 船舶常用灯具和电光源	436
第三节 照明控制线路	441
第十章 报警系统	443
第一节 火警报警系统	443
第十一章 船舶电气设备管理和安全用电	445
第一节 电气设备的船用条件	445
第二节 电气设备接地的意义和要求	447
第三节 电气设备绝缘的意义和要求	448
第四节 电缆的安全使用与维护	450
第五节 安全用电的基本知识	452
参考文献	455

第一篇 船舶柴油机

第一章 柴油机基本理论知识

第一节 基础知识和基本术语

一、热机是把燃料的热能转换成机械能的机械动力装置

1. 热机分类

- (1) 内燃机：燃烧发生在机械动力装置气缸里——如柴油机、汽油机、燃气轮机。
 - (2) 外燃机：燃烧发生在机械动力装置气缸外——如蒸汽轮机，燃烧发生在蒸汽锅炉里。
- 按运动方式分类：柴油机、汽油机属于往复式内燃机，燃气轮机属于回转式内燃机。

2. 内燃机完成作功需要经过二次能量转换

- (1) 第一次能量转换——将燃料的化学能通过燃烧转变成热能。
 - (2) 第二次能量转换——热能通过燃气的膨胀作功再转变成机械能。
- 两次能量转换均在气缸内部进行的机械动力装置称为内燃机。

二、柴油机——一种压燃式的往复式内燃机

1. 柴油机的特点

- (1) 采用内部混合法——燃油与空气混合发生在气缸内部。
- (2) 燃烧采用压燃式——燃烧所需的着火温度是依靠气缸内空气被压缩时产生的高温而自行发火。柴油机采用压燃式这种燃烧方式，使其在热机范畴内具有最高的热效率。

2. 柴油机的优点

①采用压燃式，即柴油燃烧所需温度由活塞压缩空气产生的温度提供；②利用内部混合法形成可燃混合气；③经济性好，可使用劣质燃油，有效热效率可达 50% 以上；④在热机范畴内具有最高的热效率；⑤尺寸小，重量轻，有利于机舱布置；⑥机动性好，起动方便，加速性好，调速范围广，可直接反转。

3. 柴油机的缺点

①存在着振动扭转和噪音；②某些部件的工作条件恶劣，承受着高温、高压的燃气作用，并伴有冲击性的负荷。

三、柴油机的基本结构与基本术语

1. 柴油机的基本结构（图 1-1-1）

柴油机的主要部件按工作时所处状态的不同，可分为固定部件和运动部件两大类。

- (1) 固定部件：包括机座、机体、气缸套、气缸盖和主轴承等。
- (2) 运动部件：包括活塞、活塞销、连杆、曲轴和飞轮等。

柴油机系统按不同的功能，可分为配气系统、喷油系统、润滑系统、冷却系统、压缩空气起

动系统、调速系统、换向系统、增压系统和操纵系统。

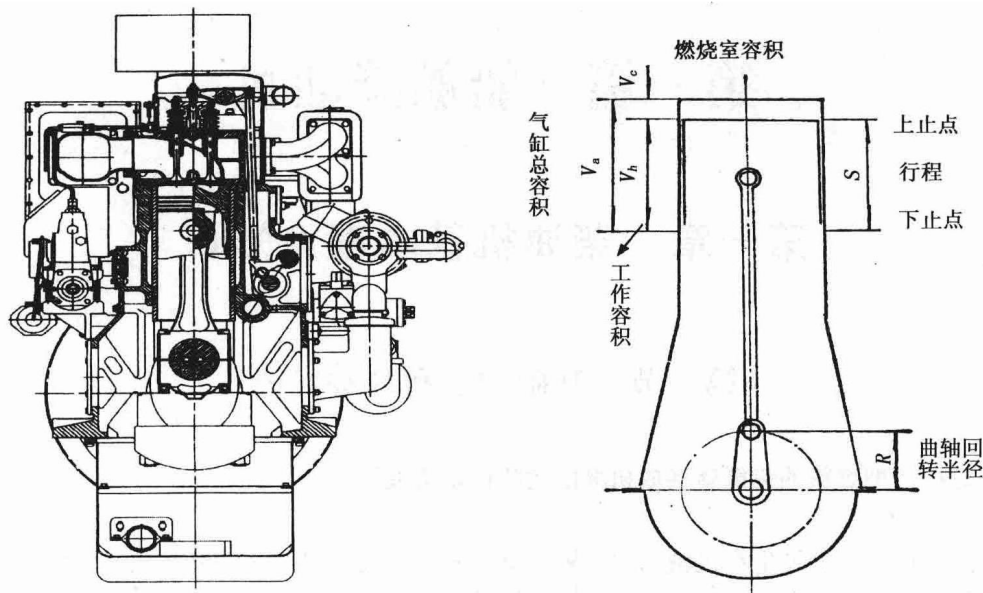


图 1-1-1 柴油机结构示意图及基本术语

2. 柴油机的基本术语

(1) 上止点——活塞在气缸中运动所能达到的最高位置。下止点——活塞在气缸中运动所能达到的最低位置。上、下止点也可以分别表示为活塞离曲轴中心线最远和最近的位置。

(2) 活塞行程 (S)——活塞上、下止点之间的直线距离。行程也等于曲轴回转半径的 2 倍。

(3) 气缸直径 (D)——缸套内圆的直径。

(4) 压缩容积 (V_c)——当活塞位于上止点时，活塞顶平面与气缸盖底平面之间的空间，又称余隙容积或燃烧室容积。该空间的高度即为存气间隙或燃烧室高度。

(5) 工作容积 ($V_h = \pi D^2 S / 4$)——活塞上、下止点之间的空间。也叫活塞排量。

(6) 气缸总容积 ($V_a = V_c + V_h$)——当活塞位于下止点时，活塞顶平面与气缸盖底平面之间的空间。气缸总容积 = 工作容积 + 压缩容积

(7) 压缩比 ($\epsilon = V_a / V_c = 1 + V_h / V_c$)——气缸总容积与压缩容积的比值，表示进入气缸的空气被活塞压缩后，体积所缩小的倍数。

如果压缩比过大，将会导致压缩冲程末期气缸内的温度和压力过高，使发火燃烧提前，机械负荷、热负荷过大，工作粗暴，冲击载荷大，磨损严重，减少部件使用寿命。如果压缩比过小，则会导致压缩冲程末期气缸内的温度和压力达不到要求，发火燃烧困难，导致柴油机起动困难，功率下降。

① 压缩比 ϵ 值范围：12~22。为保证压缩终点的压力和温度，确保柴油的正常燃烧，必须保证一定的压缩比。最低要求应满足柴油机冷车起动和低负荷运转。但压缩比也不能过高，限制压缩比提高的因素，主要是防止柴油机的机械负荷和热负荷过高。

② 中高速机压缩比 $\epsilon >$ 低速机压缩比 ϵ ($\epsilon_{\text{高}} > \epsilon_{\text{低}}$)：中高速机的气缸散热面积大，为增加热效率，允许强载工作，因此压缩比可适当提高。而低速机的气缸散热面积小，机械负荷和热负荷很高，所以压缩比不能过高。

③四冲程机压缩比 ϵ 比二冲程机压缩比 ϵ 高 ($\epsilon_{四} > \epsilon_{二}$): 二冲程机在转速相同情况下, 其工作循环比四冲程机几乎多 1 倍, 产生的机械负荷和热负荷均大于四冲程机, 所以二冲程机的压缩比不能过高。

④非增压机压缩比 ϵ 比增压机压缩比 ϵ 高 (即 $\epsilon_{非增} > \epsilon_{增}$): 增压机压缩终点和温度很高, 爆压和排温均高于非增压机, 为减少机械负荷和热负荷, 所以增压机的压缩比不能过高。

⑤影响压缩比的因素:

- a. 连杆大端的垫片增减程度。
- b. 连杆弯曲程度, 连杆轴承磨损的大小。
- c. 活塞顶的积炭或烧蚀的情况。
- d. 缸盖底平面烧蚀程度。
- e. 缸套与机体安装平面垫片的厚薄。

(8) 压缩压力——额定转速下, 油泵不供油时, 气缸内所能达到的最高压力。测量和比较各缸压缩压力, 主要用于判别燃烧室密封情况的好坏。也是用于判断是否要进行吊缸保养的依据之一。正常情况下各缸压缩压力相差不超过 $\pm 2.5\%$, 柴油机各缸压缩压力通常在柴油机达到额定转速且切断气缸供油时进行测量。

(9) 爆炸压力——燃料燃烧时气缸内气体所能达到的最高压力。主要用于判断气缸内燃烧质量的好坏。测量和比较各缸的爆炸压力, 可以判断柴油机各缸喷油提前角是否合适和雾化质量的好坏。一般各缸爆炸压力相差不超过 $\pm 4\%$, 爆炸压力通常在柴油机全负荷运转 2 小时后, 各运行参数稳定时测量较为准确。

(10) 气阀重叠角——在排气冲程末期、进气冲程初期, 当活塞处于上止点附近, 进排气阀同时开启时曲轴所转过的角度, 又叫进排气重叠角。

(11) 工作循环——从新鲜空气进入气缸起, 到燃烧后的废气排出气缸为止 (即完成进气、压缩、作功、排气四个过程), 这一完整的工作过程称为柴油机的一个工作循环。

(12) 喷油提前角——在活塞压缩行程末期, 燃油在活塞尚未到达上止点前就开始向气缸内喷油, 此时曲柄与上止点之间的夹角。——也叫几何喷油提前角。

(13) 临界转速——柴油机运转中, 使柴油机发生共振时的曲轴转速。一般在转速表上用红线表示。柴油机在临界转速下运转将会造成很大的噪声和震动, 对柴油机产生致命的损坏。

共振的原因——当干扰力的振动频率 (决定于柴油机的转速) 与柴油机本身系统固有的自振频率相等时, 振幅将达到最大值。

共振的危害——柴油机产生剧烈的震动, 曲轴的扭转变形和扭转应力将大大超过正常值, 轻则产生很大的噪声, 使磨损剧增, 重则产生很大的应力使主要机件如曲轴断裂。

(14) 柴油机扭矩——柴油机输出轴的旋转力矩, 亦称转矩。

(15) 定时图——以上、下止点为基准, 按一定的转向和冲程数, 用曲柄转角位置把各种定时表示在同一个圆上的图形 (图 1-1-2)。

(16) 进气提前角——进气过程开始时, 进气阀在活塞尚未到达上止点前就已提前打开, 此时曲柄相应的位置与上止点之间的夹角, 称为进气提前角。

(17) 进气延迟角——进气过程结束时, 进气阀在活塞到达下止点后还要延迟一段时间才关闭, 此时曲柄相应位置与下止点之间的夹角, 称为进气延迟角。

(18) 排气提前角——排气过程开始时, 排气阀在活塞尚未到达下止点前就已提前打开, 此时曲柄相应位置与下止点之间的夹角, 称为排气提前角。

(19) 排气延迟角——排气过程结束时, 排气阀在活塞到达上止点后还延迟一段时间才关闭, 此时曲柄相应位置与上止点之间的夹角, 称为排气延迟角。

(20) 柴油机的转向——确定柴油机的转向时, 面朝飞轮, 从功率输出端向自由端看, 正车时飞轮顺时针方向旋转的称为右转机, 反之, 就称为左转机。

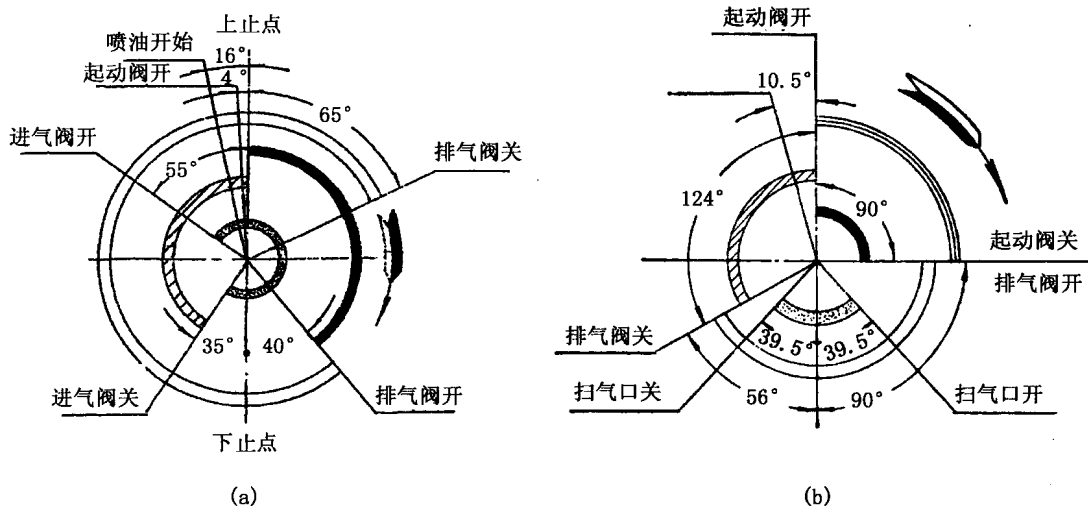


图 1-1-2 柴油机定时图

(a) 某型四冲程柴油机定时图 (b) 某型二冲程柴油机定时图

四、柴油机的型号和分类

1. 柴油机型号的含义

依据 GB725—65 规定, 柴油机的型号由数字和汉语拼音文字的首位字母组成, 包括三个部分。首部为缸数符号用数字表示气缸数目; 中部是机型系列代号, 由冲程符号和缸径符号组成, 其中由字母表示冲程数, 用数字表示气缸直径; 尾部是变型符号 (用数字顺序表示) 和机器特征 (用字母表示)。

S——十字头式 D——可倒转 C——船用右机 Ca——船用左机 Z——增压型

G——高增压 F——风冷 ZL——中冷 E——二冲程 L——立式

最后的数字一般表示柴油机的设计变型符号, 缺位为标准设计。如 Z6170ZLC-8 表示: 直列 6 缸四冲程增压中冷船用右转机, 缸径 170mm, 设计序列号是 8。

2. 柴油机的分类

(1) 按转速分类。

① 低速柴油机: $n \leq 300 \text{ r/min}$; $C_m = 6.0 \sim 7.2 \text{ m/s}$ 。

② 中速柴油机: $300 < n \leq 1000 \text{ r/min}$; $C_m = 7.0 \sim 9.4 \text{ m/s}$ 。

③ 高速柴油机: $n > 1000 \text{ r/min}$; $C_m = 9.0 \sim 14.2 \text{ m/s}$ 。

活塞平均速度计算公式: $C_m = S \cdot n / 30$ 单位: m/s

式中: C_m 为活塞平均速度 (m/s), S 为活塞行程 (m), n 为转速 (r/min)。

(2) 按结构型式分类 (图 1-1-3)。

- ① 筒形活塞柴油机——a. 活塞导向作用由活塞裙部承担, 缸壁承受侧推力;
b. 活塞销直接与连杆联接。