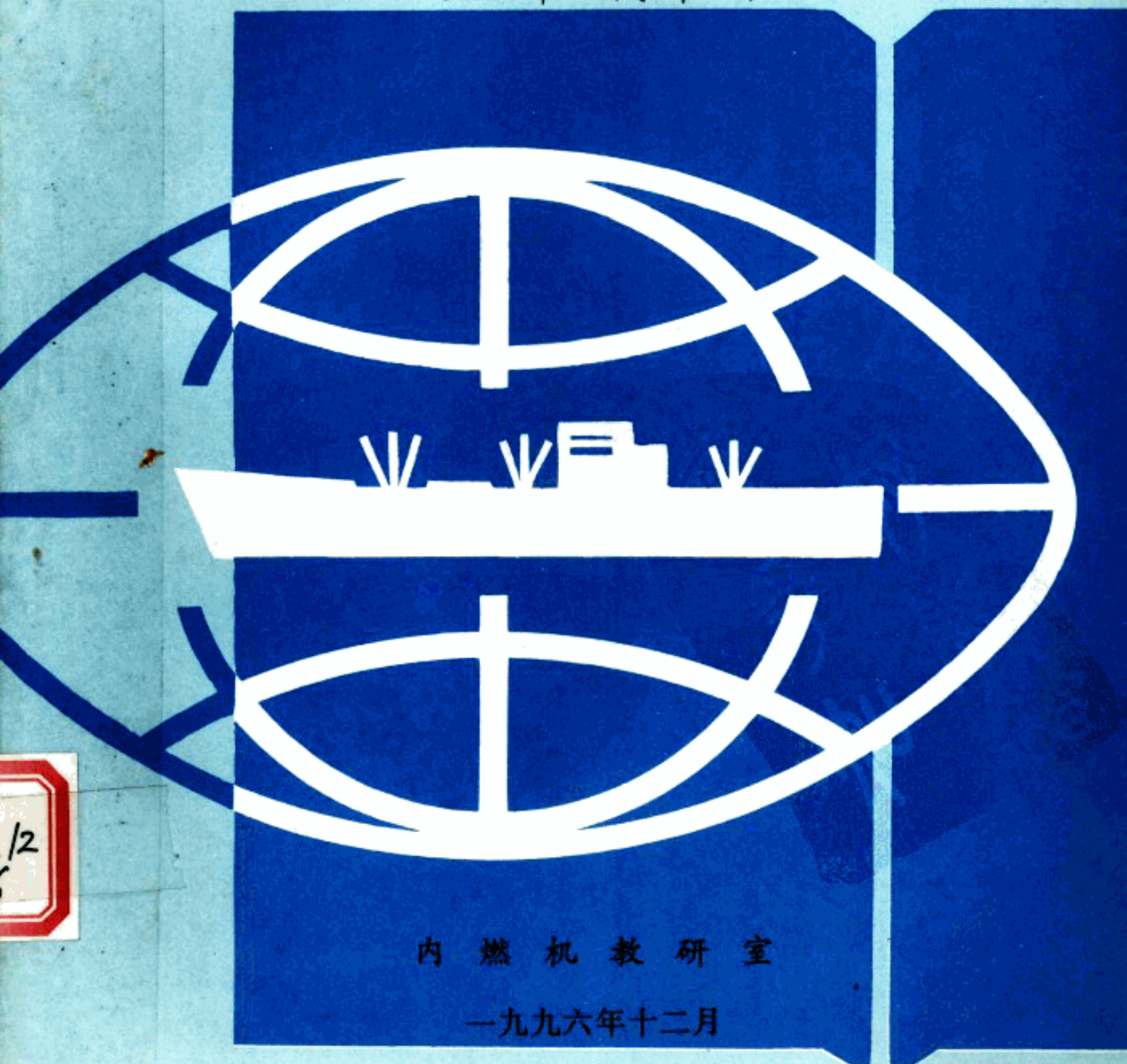


大连海事大学自编讲义

# 船舶内燃动力装置

主 编 吴 宗 晃  
参 编 夏 治 发  
主 审 钱 耀 鹏



内 燃 机 教 研 室

一 九 九 六 年 十 二 月

12

# 目 录

第一章 概 论 .....	1
第一节 内燃机船舶及其动力装置 .....	1
第二节 柴油机及其在船上的应用 .....	6
第三节 内燃机船上的辅助机械 .....	10
第二章 柴油机的基本工作原理 .....	13
第一节 柴油机的基本构造 .....	13
第二节 柴油机的工作原理 .....	22
第三节 柴油机的主要性能指标 .....	31
第四节 柴油机功率的测定方法 .....	37
第三章 柴油机的换气与增压 .....	43
第一节 换气设备及其工作特点 .....	43
第二节 增压与增压系统 .....	49
第三节 影响换气质量的因素 .....	60
第四章 燃油喷射与燃烧 .....	66
第一节 喷油设备及其工作特点 .....	66
第二节 燃油与燃烧过程 .....	76
第三节 影响燃烧质量的因素 .....	87
第五章 柴油机的主要系统 .....	93
第一节 燃油系统 .....	93
第二节 滑油系统 .....	104
第三节 冷却系统 .....	110
第六章 柴油机的操纵与管理 .....	117
第一节 柴油机的起动与换向 .....	117
第二节 柴油机的调速与调速器 .....	128
第三节 柴油机的操纵系统 .....	142
第四节 柴油机的特性 .....	148

第五节	柴油机的管理 .....	162
第六节	柴油机主要故障分析 .....	169
第七章	船用泵 .....	172
第一节	综述 .....	172
第二节	往复泵 .....	175
第三节	回转泵 .....	180
第四节	离心泵 .....	192
第八章	甲板机械 .....	206
第一节	电液舵机 .....	206
第二节	变向油泵 .....	215
第三节	舵机操纵系统 .....	219
第四节	起锚机和绞缆机 .....	232
第五节	起货机 .....	246
第九章	船舶制冷和空气调节装置 .....	253
第一节	概述 .....	253
第二节	压缩蒸发制冷装置 .....	255
第三节	活塞式制冷压缩机 .....	262
第四节	船舶食物冷库制冷装置及其自动化 .....	266
第五节	舱室空气调节的基本知识 .....	275
第六节	空调系统的主要设备 .....	279
第十章	船舶辅助锅炉 .....	284
第一节	船舶辅助锅炉主要型式及其结构 .....	284
第二节	废气锅炉 .....	293
第三节	辅助锅炉的燃烧设备 .....	296
第四节	辅助锅炉的自动调节 .....	302
第五节	辅助锅炉的日常管理 .....	308

# 第一章 概 论

## 第一节 内燃机船舶及其动力装置

### 一、船舶的类型

船舶是航行或停泊在水上的运载、作战或作业工具。随着生产的发展、科技的进步，现代船舶愈来愈趋向专门化，因此船舶的种类繁多。船舶有各种分类法，但主要是按用途和推进方式分类。

1. 按用途分类：有军舰、运输船、工程船、渔业船、海洋调查船、港作船等。

2. 按推进方式分类：有内燃机船、汽轮机船、蒸汽机船、核动力船、电力推进船、机帆船等。

其中，吨位最大、应用最广的船舶是运输船，或称商船。商船是专门从事运输的船舶的统称，它包括客船、客货船、货船、渡船和驳船等。

客船是专门载运旅客和行李、邮件等的船舶。客货船以载运旅客为主、兼运一定数量的货物。由于客船多数为定期、定线航行，故称为班轮。有些专门担负运载两地间定期邮政业务的船又称为邮船。

货船是专门运输货物的船舶，但允许搭乘不超12人的旅客。货船按货物的性质和装运的方式有以下几种：

1. 杂货船，又称统货船。统货是指机器、日用百货等各种商品包装成包、成箱、成捆的货物。杂货船又有沿海杂货船（多在5000吨左右）和远洋杂货船（一般为万吨级）之分。万吨级杂货船船长为130~170米，船宽为17~20米；吃水为8.5米上下；船速多在14.5~16节；航程在12000海里以上。目前动力装置多采用大功率低速柴油机、单机单桨推进。在结构布置上，一般有2~3层甲板，5~6个货舱。在起货设备上，多数以吊杆为主。

2. 散货船。散货船是用来运输不需要包装成包、成箱就可以运输的货物，如谷物、煤炭、矿砂、木材等。采用这种船舶运输散货比一般船舶装的多、卸得快、运输成本低，它比一般杂货船的载重量大，目前各国建造的散货船平均载重吨为25000吨，最大的50万吨级。其起货设备

多采用液压回转式起重机。散货船虽然优点很多，但总避免不了空放损失。为此，近代又有建造矿砂、石油、散货二用或三用船的趋势。

3. 集装箱船。是把各种杂货集装在一种标准箱内（每箱货重10~30吨），专门装运这种集装箱的船舶。用于集装箱装卸的专用起重机每小时可装卸约1千吨箱货，或设在船上、或设在码头。它要求专用码头、机具和设备。集装箱装卸效率高，停港时间短，装载货物多，具有较高的船速（一般在20节以上，有的高达25~33节）。

4. 滚装船。是将带有液车底盘的集装箱或装在托盘上的其它货物作为一个货物单元，用拖车或叉车带动直接进、出船舱的船舶。

5. 载驳船。是设有专用吊驳起重机、在江海联运中专运货驳船的船舶。船到港后用推轮将驳船送到交货地点。

6. 冷藏船。是设有冷藏设备、专运冷藏货物的船舶。其特点是船舱设有冷藏设备，舱口比较小，载重吨位不太大。

7. 液货船。是专运散装液态货物的船舶。属于这一类的船有油船、液体化学品船、液化天然气或石油气船等。其中油船数量最大，货源充足，装卸油速度很快。油船的载重量最大，通常多为10万吨级；航速多在14~18节；货油能力很强，通常在10~20小时内即可全部卸完；货油舱内多装设蒸汽加热设备，以便泵浦在冬季或对粘度很大的油类的抽吸。油船设有足够的通风、防火装置和多种灭火设备。

除了上述运输船舶之外，与之有密切关系的另一种专用船舶是拖船。拖船是用途广泛的小型船舶，它用以拖曳非自航船舶、打撈、救助、协助大型船舶进出坞和离靠码头等。拖船按航区可分为远洋、沿海、港口和内河拖船。现代拖船均采用内燃机，其功率很大，以便推进器能发出强大的顶、推能力。拖船具有极好的操纵性能，并设有良好的拖曳设备。

## 二、船舶动力装置的种类

由于历史的原因，以上所述船舶又统称为“轮船”，即使用动力推进的船舶的通称。同样，又把驱动船舶推进器转动的及其有关成套机器设备和系统称为“轮机”。现在普遍认为轮机工程所研究的对象包括下列内容：

1. 推进系统。产生推进力的有关设备，如主机、传动设备、轴系、螺旋桨；机舱内部服务于主机的设施；油类的贮存和处理等。

2. 全船系统。供、配电的动力设备；供汽（气）及加热设备；通

风及空调系统；消防及安全设施；供水及排水系统；救生设施等。

3. 设备系统。收、放锚设备；操舵设备；装卸干货的起货设备；油轮货油系统；冷藏系统；特种技术设备等。

4. 自动化系统。主、辅机械的自动控制和集中操纵；机器设备工作状态的监控；各种系统的自动化工作等。

由此可知，“轮机”是一个范围很广的工程技术概念，它包含着多学科的综合内容，为了研究问题的方便起见，将轮机工程分成各种专业部门，如船舶主机、船舶辅助机械、船舶自动化装置一词，既可以用于专业名称，又可以作为一个学科；既可以指船舶动力，又可以指为船舶动力服务的装置。总之，它包括向全船供应能量的设备和主要利用这些能量的设备。

动力装置中有三种能量供应设备：主机、发电机组和辅锅炉。主机与传动设备、轴系和推进器构成了推进装置。推进装置的推进力就是船舶动力，也是船舶主要生命力。发电机组是由柴油机或燃(蒸汽轮机与发电机所组成，它发出的电能供全船使用。锅炉则是利用热能产生蒸汽供全船使用。其中，最重要的是推进装置。推进装置的特点则体现在：发动机的类型、推进器的类型、发动机能量传给推进器的方式和发动机所用的燃料等四个方面。最早的推进装置是以煤为燃料，所用的发动机为蒸汽机。这种蒸汽机船现在已所剩无几。

现代船舶的推进装置可分为五大类：

1. 柴油机推进装置。分有低速柴油机直接传动式，中、高速柴油机齿轮箱减速式和中、高速柴油机电传动式。

2. 汽轮机推进装置。分有汽轮机齿轮减速式和汽轮机电传动式。

3. 燃气轮机推进装置。分有燃气轮机齿轮减速式和燃气轮机电传动式。

4. 联合式推进装置。分有柴油机、燃气轮机齿轮减速式和燃气轮机、汽轮机齿轮减速式。

5. 核动力推进装置。

根据发动机的特点，适当配用定距桨、调距桨或采用可反转齿轮式以取得反向推力，即可实现船舶的倒航。各种船舶均使用舵装置以确定船舶的航向。

动力装置的性能直接影响船舶的使用效果。第一位的是工作的可靠

性。如果它的部分设备失去功能或工作稳定性，则船舶将失去部分活动能力和作业能力，甚至危及船舶的安全。动力装置的经济性也是十分重要的。以运输船舶为例，在安全可靠的基础上，必须以运得多、消耗少为总目标。因此，运输船舶的动力装置无论在设计、建造、使用、管理上都要注重经济效益，即设备投资少，燃料消耗少，停航维修时间少、维修费用少等等。这样，节能一自然成为任何船舶动力装置的重要课题。此外，动力装置的自动化，即机舱管理工作自动化以及集中遥控等技术的应用，不仅可以简化管理工作、减少机舱管理人员数量、改善机舱工作条件，还可以提高设备运转的性能、减少操作失误。因此，动力装置的自动化在提高船舶的可靠性和经济性方面都有重大的意义。

### 三、课程的内容与任务

本书主要介绍内燃机船舶的动力机械和附属装置以及为内燃机船舶服务的各种辅助机械与装置。本书的主要任务是为船电专业的初学者奠定学习专业课程所必须的轮机知识。

内燃机船舶主要指柴油机船舶，它的特点是以燃油为能源，通过柴油主机转化为推进装置的动力，通过柴油副机转化为全船所需要的电能，通过锅炉转化为全船所需要的蒸汽。通常，在内燃机船舶上可提供各种动力源，除了上述机械能、电能和热能之外，还有流体压力能（压缩空气和液压油）。后两种动力源可由柴油机或电机拖动空压机和液压油泵而获得。因此，内燃机船舶的正常运行可以看作是以燃油为能源，以柴油机为核心，随时在进行着多种能量转换的过程。图1-1所示为一艘杂货船的机舱布置图。该船的推进主机为一台功率为6066千瓦的五缸二冲程低速柴油机（标定转速为150转/分）。推进装置采用普遍应用的单机单桨直接传动形式，推进器为定距螺旋桨，机舱置于艉部。该船的发电副机为二台高速柴油机（工作转速为1200转/分）电站由二台功率各为375千瓦的交流柴油发电机组组成。正常航行时的用电量为220千瓦，进出港机动航行时的最大电站负荷为320千瓦。因此，在航行和进出港时的正常条件下只用一台发电机组即应满足需要，另一台则为备用。机舱中设有废热锅炉和燃油辅锅炉各一台，容量各为3000公斤/时。正常航行时一台废气锅炉的供汽量即可满足需要。用汽量的变化由自动调节锅炉水位来适应。当废热锅炉不能满足需要时，辅锅炉自动点火与废热锅炉并行工作。图中的制淡装置是利用主机冷却水的热量来蒸

发海水以制造淡水。

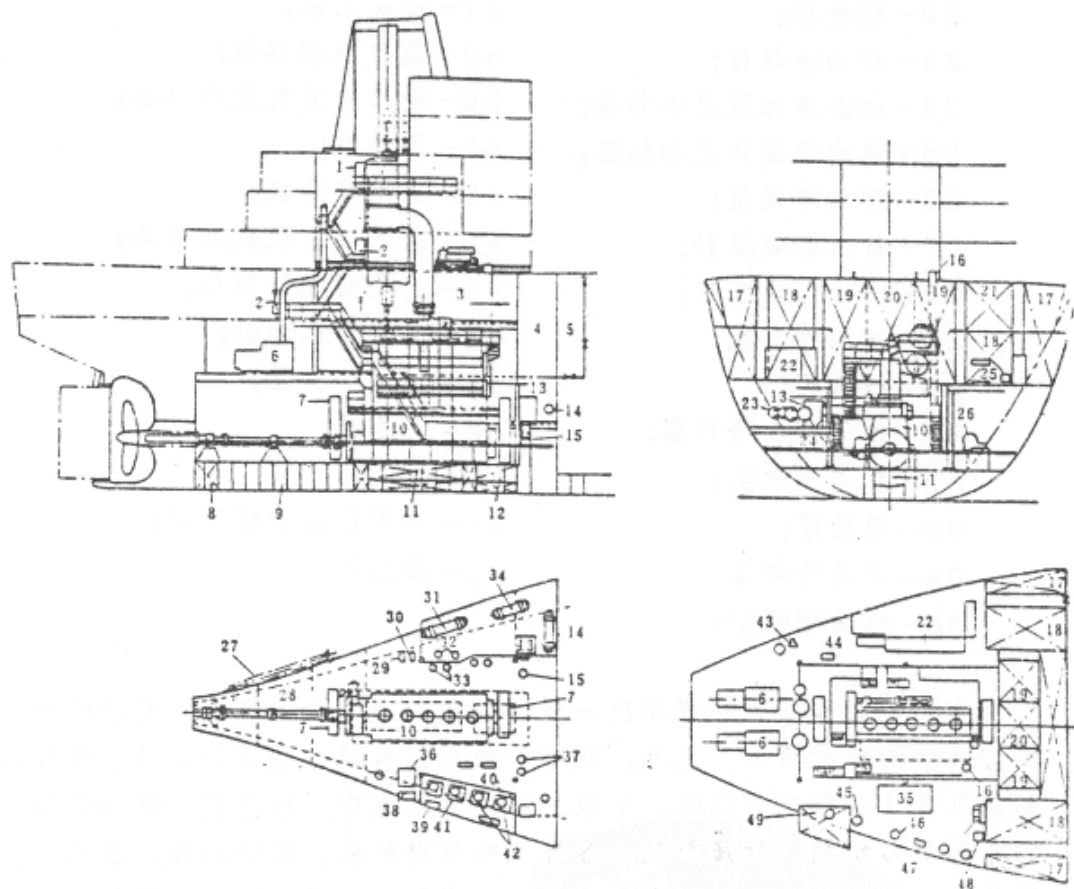


图 1 - 1 一艘杂货船的机舱布置

- |               |               |
|---------------|---------------|
| 1 - 废热锅炉;     | 11 - 滑油收集柜;   |
| 2 - 机舱门;      | 12 - 活塞冷却水柜;  |
| 3 - 应急发电柴油机;  | 13 - 制淡装置;    |
| 4 - 重油沉淀柜;    | 14 - 活塞淡水冷却器; |
| 5 - 重油贮存柜;    | 15 - 主机海水泵;   |
| 6 - 交流柴油发电机组; | 16 - 燃油循环柜;   |
| 7 - 平衡机构;     | 17 - 淡水柜;     |
| 8 - 舱底水井;     | 18 - 柴油贮存柜;   |
| 9 - 给水舱;      | 19 - 重油日用柜;   |
| 10 - 主机;      | 20 - 重油沉淀柜;   |



- |                |                |
|----------------|----------------|
| 21- 柴油日用柜;     | 36- 给水泵及热水井;   |
| 22- 配电屏;       | 37- 舱底水泵;      |
| 23- 滑油冷却器;     | 38- 疏水柜观察器;    |
| 24- 缸套淡水泵及冷却器; | 39- 滑油净油机及加热器; |
| 25- 燃油增压泵及加热器; | 40- 污油柜;       |
| 26- 重油净油机;     | 41- 柴油净油机;     |
| 27- 备用螺旋桨轴;    | 42- 重油净油机及加热器; |
| 28- 制冷机淡水泵;    | 43- 应急空气压缩机;   |
| 29- 油头冷却泵;     | 44- 主空气压缩机;    |
| 30- 污水柜;       | 45- 油水分离器;     |
| 31- 缸套淡水冷却器;   | 46- 热水器;       |
| 32- 缸套淡水泵;     | 47- 除氯器;       |
| 33- 滑油泵;       | 48- 杂用油压力柜及泵;  |
| 34- 滑油冷却器      | 49- 污水柜。       |
| 35- 燃油辅锅炉;     |                |

上列机舱布置图中仅示出一艘以柴油机为推进主机的杂货船的全部动力装置的机舱部分。此外，还有一些甲板机械（主要是舵机、锚机和起货机等）分布在舵机舱、甲板上和其它舱室中。以上包括柴油机在内的各种动力机械、附属装置，各种船舶辅助机械、船舶系统，在操纵、调节和监控方面都与船舶电气设备发生密切地联系。因此，从船电专业出发，了解和掌握足够的有关柴油机、辅机的知识，实在是学习和工作的需要。

## 第二节 柴油机及其在船舶上的应用

### 一、柴油机的基本概念

柴油机是以柴油或重油为燃料的压燃式内燃机。燃料在柴油机的气缸中形成可燃混合气，被气缸中的活塞压燃发火，燃料燃烧后释放化学能转化为热能，热能膨胀推动活塞转化为机械能。这种能量的转换是在瞬间进行的，同时在柴油机的工作过程中又是连续进行的。这个工作过程是一种热力循环，在理论上近乎混合循环。混合循环可用图1-2所示的P

- V图表示。

图中纵座标  $P$  表示气缸中的压力 (兆帕), 横座标  $V$  表示气缸中的容积 (米<sup>3</sup>)。  $P$  的变化是由气缸中工质的热力状态的改变所决定的,  $V$  的变化是由气缸中活塞的位移所造成的。循环进行的方向是顺时针的, 所包容的面积表征了一个工作循环所作的功。图中  $ac$ 、 $cz'$ 、 $z'z$ 、 $zb$ 、 $ba$  分别为绝热压缩、定容加热、绝热膨胀、定容放热等热力过程。这

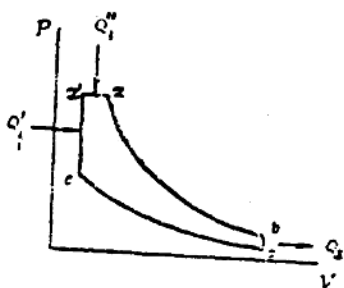


图 1 - 2 柴油机的理论循环

样的理论循环虽然与柴油机气缸中实际进行的工作过程有一定的差异, 但在定性方面是非常接近的。

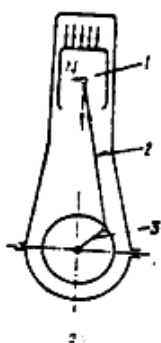
柴油机的主要运动机构叫曲柄连杆机构, 由活塞、连杆 (或活塞杆、连杆) 和曲轴所组成, 如图 1 - 3 所示。该机构的工作特点是可以进行运动规律的转化, 即将活塞的往复运动转化为曲轴的回转运动, 或反之。借助于曲柄连杆机构, 柴油机的热力过程可以抽象为这样的模型: 通过曲轴的惯性回转带动连杆、推动活塞沿  $ac$  线压缩封闭在气缸中的空气, 遂将空气状态由  $a$  点改变为  $c$  点, 即气缸内的压力和温度迅速上升。由于曲轴的转速较高和活塞与气缸的密封性较好, 缸内的空气既来不及泄漏也来不及散热, 所以压缩过程接近绝热过程。在压缩终点的瞬间迅速加入热量  $Q_1'$ , 活塞的位移来不及改变, 致使压力迅速上升至  $z'$  点。此后, 虽然活塞已产生位移, 但由于又加入了热量  $Q_1''$ , 致使缸内的压力可保持不变。实际的吸热过程是由喷入气缸的雾状燃油迅速与高温高压的空气形成可燃混合气, 并急剧发火和燃烧所造成的。  $z'$  点之后, 高温高压燃气膨胀迫使活塞带动连杆推动曲轴回转, 即产生输出功。  $z'b$  与  $ac$  线相似, 据于同样的原因可视为绝热过程。在膨胀终点的瞬间迅速放出热量  $Q_2$ , 活塞的位移尚未改变, 气缸内的压力自然由膨胀终点压力迅速降至压缩始点压力,  $ba$  可视为定容过程。实际的放热过程是将

燃烧、膨胀作功后的所谓“废气”由气缸内排出的排气过程；由于废气带有热量且排出迅速，所以可抽象为定容放热。

上述理论循环非常接近地表征了柴油机所完成的一个工作循环。在外界条件适当时，柴油机按此模型连续工作，即实现了正常运转。不难看出，从这个模型出发，所需的外界条件正是吸放热条件；从实际出发，所需的外界条件则一是适时、适量的往缸内喷入雾状燃油，二是适时启闭气门（或气口）使气缸及时吸入新气、排出废气。

综上所述，关于柴油机的概念可作如下概括：其理论循环是混合循环，其运动机构是曲柄连杆机构，其主要的工作过程是换气（进排气）和燃烧过程。

- 1 - 活塞；
- 2 - 连杆；
- 3 - 曲轴。



- 1 - 活塞；
- 2 - 活塞杆；
- 3 - 十字头；
- 4 - 连杆；
- 5 - 滑块；
- 6 - 导板；
- 7 - 曲轴。

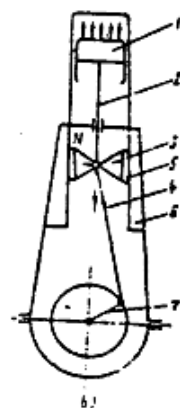


图 1 - 3 柴油机的曲柄连杆机构

## 二、柴油机的优越性

柴油机的诞生已有百年的历史，伴随着生产的发展、科技的进步，其性能日臻完善，其地位日趋显赫。当今世界，作为交通工具、工程机械、农业机械以及小型电站的发动机，柴油机居于绝对的统治地位。这是由于柴油机有着比其它发动机较多优越性的缘故。

### 1. 热效率最高

柴油机的热效率目前可高达60%，这是汽油机、燃气轮机等任何热机所望尘莫及的。热效率高即可节约能源，再加上柴油（尤其是重油）的燃料费用低，因而使用柴油机的经济性好。

### 2. 功率、转速范围宽广

目前，柴油机的单机功率最大可达35294千瓦（48000马力），最小可至0.735千瓦（1马力）；最高转速可达6000转/分，最低转

速可至50转/分。如此宽阔的功率、转速覆盖面，为各种工作机械选配发动机提供了优越条件。

### 3. 尺寸、重量适度

柴油机的尺寸、重量因功率、转速而异。以重量而论，大功率低速机可重至几千吨，小功率高速机可轻至几公斤。以尺寸而论，高达10米，小至0.1米。

### 4. 造价不高、寿命很长

柴油机的造价略高于汽油机，但低于其它回转式发动机。柴油机（尤其是船机）的寿命高于任何热机（已淘汰的蒸汽机除外）。

### 5. 工作可靠、使用方便

发动机的工作可靠性，主要取决于零部件的可靠性。柴油机的重要易损件的修理周期可长达6000~12000小时。发动机的使用性能包括操纵性能和维修工艺。柴油机操纵性能优越，起动迅速、调节灵活，对变工况的适应性强；柴油机的维修也十分方便。

当然，柴油机也有和其它热机相比所存在的明显缺点，其中主要是在振动、噪音和排放方面。这些缺点在性能良好的柴油机上已经得到了相当的克服，效果是令人满意的。

柴油机尽管优越，但优越的东西亦需不断进步，这是无止境的。自柴油机诞生以来，其各种性能不断提高。特别是自六十年代普遍采用了增压技术以后，其进步的速度是相当可观的。

## 三、柴油机在船舶上的应用

柴油机的优越性决定了它在船舶上的广泛应用。在各类船舶中，以柴油机作为主机和副机的占统治地位。绝大部分内河及沿海小型船舶都以柴油机作为动力。在远洋船舶中，30000吨以下的船舶几乎全部采用柴油机；30000~100000吨的船舶也以柴油机为主。在海军方面，轻型水面舰艇大多数以柴油机作为动力装置，大型水面舰艇也有相当数量采用柴油机或柴油机与燃气轮机联合动力装置，而潜艇则除核潜艇外全部以柴油机作为主机。

柴油机的种类很多，分类法也很多，但主要分类如下：

1. 按工作原理分。柴油机分有二冲程和四冲程两大类，曲轴回转一周完成一个工作循环的叫二冲程；曲轴回转两周完成一个工作循环的叫四冲程。

2. 按运动机构分。柴油机分有箱式和十字头式两大类，图 1-3 a) 为箱式；b) 为十字头式。

3. 按进气方式分。柴油机分有非增压和增压式，前者进入气缸的空气压力（相当于图 1-2 中的  $P_a$ ）接近大气压力；后者高于大气压力。

4. 按功率转速分。按功率范围分有大、中、小型柴油机，其功率档为 3000 千瓦、1000 千瓦；按转速范围分有高、中、低速柴油机，其转速档为 1000 转/分、250 转/分。

5. 按回转方向分。柴油机分有不可逆转式和可逆转式两种，前者回转方向不能改变；后者可直接正、倒车。

海船上的推进主机大多采用大型、低速、二冲程、可逆转的十字头式增压柴油机。这是因为海船对主机的第一位要求是经济、可靠、寿命长，而重量、尺寸的要求则是第二位的。同时，大型低速机可采用直接传动方式，有利于简化传动装置、提高传动效率。六十年代后崛起的大型中速四冲程高增压柴油机发展迅速，打破了上述主机的统治局面，比较适用于宽甲板的滚装船和客轮。中速机在尺寸、重量指标上比较优越，其未来的竞争力有赖于缸径的大型化、寿命的延长和低质燃料的使用。

海船上的发电副机大多采用小型中速四冲程不可逆转的箱式增压柴油机。这是因为海船对副机的第一位要求是重量、尺寸和转速范围必须适用；而其它方面的要求则是次要的。

海船上除了主机、副机采用柴油机之外，还有一些小型高速四冲程机用来作为应急发动机，例如用来驱动应急发电机、空压机、消防泵、救生泵以及救生艇等。因此，一艘柴油机船舶，采用的柴油机台数达 5~10 台之多。

### 第三节 内燃机船舶上的辅助机械

#### 一、船舶辅机及其功用

船舶辅机包括：各种船用泵、甲板机械、船舶制冷与空调、船舶锅炉与造水装置等。

泵是用来输送和转换液体能量的机械。船用泵按其功用可分为三大类。

1. 船舶通用泵。它是用来为船舶营运及船上人员生活服务的，是各种海轮均需装备的通用机械。属于船舶通用泵的主要有：用于调驳压载液体的压载泵，用于排除前后尖舱、货舱、机舱和推进轴弄中积水的舱底泵；用于提供消防系统用水和救生排水的消防泵、救生泵；用于输送海水以作清洁舱室和甲板的卫生水泵以及用于输送淡水以供船员和旅客生活需要的淡水泵；等等。以上通用泵必要时有些是可以通用的。

2. 船舶动力装置用泵。它是为满足船舶动力装置正常运行的需要而设置的。也是各种海轮装备的专用机械，并可分为为主动力装置服务和为辅动力装置服务两大类。属于为主动力装置服务的主要有：用于向主机供应冷却淡水的冷却水泵；用于向主机各冷却器供应海水的海水泵；用于供应主机低压燃油的低压燃油输送泵；用于驳运各种舱柜主机燃油的燃油驳运泵；用于向主机各摩擦部位供应润滑油的润滑油泵以及为辅助锅炉服务的给水泵、燃油泵和循环水泵（通称辅助锅炉用泵）；等等。

3. 船舶专用泵。它是指某些专用船舶所用的泵，如捕鱼泵、挖泥船上的挖泥泵、破冰船上的压载泵、深水打捞船上的打捞泵、消防船上的消防泵以及油船上的货油泵、扫舱泵等等。

甲板机械包括：舵机、起货机、起锚机、自动系缆机以及滚装船上的启闭舱门和升降跳板设备等。

舵机是一艘船舶用来操纵船舶航向的转舵变向设备。全套的舵机除提供转舵动力外，还包括操舵设备和转舵设备。目前，大多数舵机为液压舵机，液压油是由电机拖动的油泵提供的。

起货机是商船自行装卸干货的起重设备。起货机的动力源有电力和液力两大类，但液力也是由电力转换的。

起锚机是所有海船用来控制停泊或移泊的起放锚设备。起锚机的动力源有电力和液力两大类，同样大多数液力也是由电力转换的。自动系缆机与起锚机相仿。

滚装船上的启闭舱门和升降跳板设备，多为电力驱动的液压设备。

船舶制冷与空调设备是为了冷藏运输、保鲜食品和改善船员的工作与生活条件而配置的设备。该设备主要是制冷机和风机，均为电机所驱动。

船舶锅炉是船舶上的汽源设备。锅炉产生的蒸汽用于蒸汽动力、油水加热、炊事以及消防等方面。

造水装置是用来将海水淡化的一种设备。淡化海水的目的在于当船舶淡水不足时作为锅炉补给水、洗涤水、饮用水以及柴油机冷却水的应急之用。目前，多数造水装置为真空蒸发式，用以分离海水中的盐分和杂质。造水装置中的海水泵、凝水泵和排污泵等均采用电机拖动。

## 二、船舶辅机的驱动特点

综上所述，船用电动机是驱动船舶辅机的主要动力，其主要驱动对象是泵。因此，电动泵（包括各种型式的水泵和油泵）则成为机电结合的重要研究课题。此外，非泵类的驱动对象还有：起货机、锚机、缆机绞盘、制冷机和空压机、风机等。就船舶辅机的总体来看具有如下驱动特点。

1. 主要传动型式为直接传动。如各种泵、部分甲板机械、制冷机空压机和风机即是。

2. 少数辅机要求变速传动。如起货机和锚机等。

3. 多数辅机连续运行时间较长。如动力装置用泵。

4. 部分辅机工况变化较大。如起货机起停频繁、负荷突变，舵机的负荷波动，锚机的短时过载等。

5. 很多辅机要求满载起动。如船用水泵、油泵即是。

上述驱动特点均指船舶辅机正常运行而言。当辅机出现异常、甚至发生故障时，也必然导致电力拖动的异常和故障。由于船舶这种海上交通工具的特殊性，各种机电设备的异常和故障是难免的。重要的是实行科学管理和计划检修，使事故消除在萌芽状态。

## 第二章 柴油机的基本工作原理

### 第一节 柴油机的基本构造

#### 一、柴油机的部件与系统

纵观柴油机的复杂构造，若将其全部零部件、机构和装置归纳在相应的部件与系统之中，则可将柴油机的基本构造分为：两大部件和五大系统。

两大部件是运动部件和固定部件。

五大系统是换气系统、燃油系统、冷却系统、润滑系统和操纵系统。

运动部件包括：活塞组、连杆组和曲轴组。各组件均由若干零部件所组成。在箱式柴油机中，活塞组包括：活塞本体、活塞环、活塞销等主要零部件；连杆组包括：连杆本体、大小端连杆轴承等主要零部件；曲轴组包括：曲轴、飞轮、凸轮轴传动零件、油封结构以及曲轴轴承等主要零部件。在十字头式柴油机中，活塞组还包括活塞杆部件；连杆组还包括十字头机构等。无论是箱式柴油机，还是十字头式柴油机，其运动机件的主要功用都在于传递动力和转换运动；即将燃烧室中燃气的膨胀功通过活塞组、连杆组传递给曲轴组，将活塞的往复运动转换为曲轴的旋转运动。

固定部件包括：气缸盖、气缸体、机架和机座，它们也都是由若干零部件所组成的组件。因柴油机的换气型式、冲程数、功率、转速等的差异，上述组件有多种结构型式。例如，气缸盖与气缸体有单体式、组合式或半组合式。又例如，小型柴油机的气缸体、机架和机座组合成一体铸件，称之为机体；再附以仅起盛油作用而不起机座作用的油底壳。而在大型十字头式柴油机中，机架多为焊接结构，内设十字头导板；机架的下部为容纳曲轴回转的空间，称之为曲柄箱（或曲轴箱）。固定部件是柴油机的骨架，各运动部件以及各种机构与设备均容纳其中或固定其上。固定部件的主要功用是：

1. 气缸盖、气缸套上部与活塞形成容积变化的燃烧室空间；
2. 气缸盖和（或）气缸套下部布置柴油机的配气器官和部分换气



系统；

3. 十字头导板用来支撑和导向十字头滑块的运动；
4. 机座（或机体）内承装曲轴；
5. 布置附件、管路和冷却与润滑通道。

柴油机的换气系统又称进排气系统。该系统包括：换气设备、配气器官及其传动机构、换气通道及其附件等。四冲程柴油机的配气器官是气阀（门）；气阀由凸轮轴上的配气凸轮经一系列的传动件而启闭；凸轮轴由曲轴来驱动。二冲程柴油机的配气器官无论有无气阀，均设有气口；气口布置在气缸套下部，由活塞顶部的位移决定启闭。增压柴油机的增压器以及非增压的二冲程柴油机的扫气泵属于柴油机的换气设备。此外，进排气通道、管路以及进气空气滤清器、排气消音器等亦属该系统的组成部分。换气系统的主要功用是适时地将一定质和量的新鲜空气充入气缸并适时地排出气缸中的废气。

燃油系统包括：燃油的净化、加热、输油、供油和喷油等设备。其中主要是由喷油泵、高压油管和喷油器等组成的供油和喷油设备。此外，燃油箱柜、各种型式的燃油滤清器、分油机、重质燃油的加热设备以及输油泵浦和管路等都是燃油系统的重要组成部分。

冷却系统包括：冷却介质的循环、调节及其处理等设备。该系统主要由泵浦、冷却器、过滤器、箱柜、管路和阀件等所组成。柴油机所用的冷却介质有海水、淡水、润滑油、空气和燃油等。柴油机中需要冷却的主要部位是气缸套、气缸盖、活塞、增压器以及喷油泵与喷油器等。系统的功用是使柴油机的受热机件和设备维持适宜的工作温度。

润滑系统包括：润滑油的循环、净化和冷却等设备。该系统主要由泵浦、滤清器、分油机、冷却器、箱柜、管路和阀件等所组成。柴油机所用的润滑剂有柴油机机油、气缸润滑油、汽轮机油以及各种润滑油脂。柴油机中的全部运动付均应予以润滑。系统的功用除了作为润滑的主要目的—减磨之外，尚兼有冷却、密封、减振、清洗和防锈作用。

操纵系统包括：起动、换气、调速设备和操纵机构等。起动、换向设备（又称装置）因机型而异，与起动、换向力源有关。该设备主要由力源（压缩空气瓶或蓄电池）、回路（电路或气路或油路）、相应的控制元件和一些机构所组成。调速设备主要是调速器。操纵机构是综合起动、换向和调速设备的控制机构。操纵系统的综合功用无非是“驾驭”