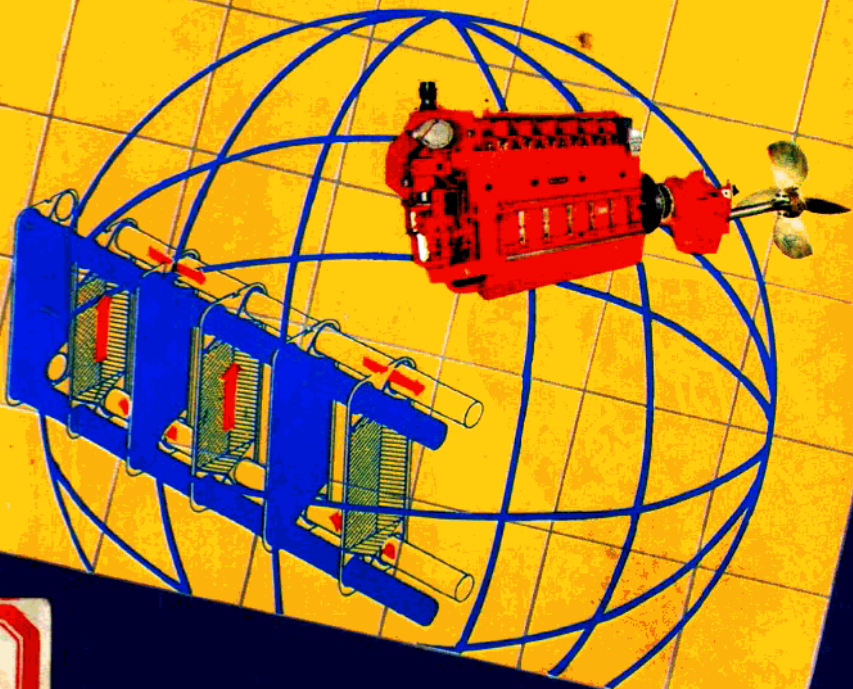


未满 750kW 海船考试用轮机培训教材

船舶辅机

张存有 编



大连海事大学出版社

前 言

为提高船员业务技术水平和有利于 B 类三等船员培训考试工作,受辽宁省港航监督委托,根据中华人民共和国港务监督局 1992 年颁发的“海船轮机长、轮机员考试大纲”中有关主推进动力装置未满 750kW 海船轮机长、轮机员考试科目和考试大纲,由大连海运学校组织有教学和实践经验的教师编写了主推进动力装置未满 750kW 海船考试用轮机培训教材。该教材在内容的选择上具有较强的针对性、实用性,且紧扣大纲、简明扼要,具有一定的系统性。书中还设有有一定数量的思考题,便于船员学习时加深理解与消化。

此套培训教材分为五册,第一分册《船舶柴油机》,由杨铁时编写;第二分册《船舶辅机》,由张存有编写;第三分册《轮机管理》,由李春野编写;第四分册《轮机基础知识》,包括两门课程,其中《制图、量具与计量单位》由吕赫新编写,《造船知识》由李文双编写;第五分册《船舶电气》,由武云晶、尹水隆编写。全书由杨铁时高级讲师主编,李延顺高级工程师主审。

本培训教材在编审、出版和征订工作中得到大连海运学校、大连海事大学出版社以及辽宁、福建、海南、山东、广西、广东、江苏、上海、大连、天津等省、市港航监督及各航运企事业单位的关心与支持,在此一并表示由衷的感谢。

由于教材内容涉及面较广,并要适应较多层次读者要求,加之编写时间仓促,定有不妥之处,敬请各位同仁赐教,以便再版时修订完善。

未满 750kW 海船考试用轮机培训教材编委会

编者的话

船舶辅机是一门包括多种机械、装置、设备和系统的学科。按其作用不同可分成为主、辅动力装置服务的机械和设备；为船舶营运服务的机械和设备；为旅客和船员生活服务的机械和设备；以及特种船舶所用的特种机械和设备等。因此，对不同类型、不同规模的船舶，其辅机也不尽相同。本书是专门为未满 750kW 海船轮机员考证编写的培训教材，是在参考有关的船舶辅机教材，考虑中、小型船舶的特点，结合实际经验，根据考试大纲的内容要求编写的。主要包括船用泵、甲板机械、船舶制冷装置、空气压缩机、船舶辅助锅炉等。本书是一本普及与提高相结合的读物。在设备介绍中，主要介绍结构、基本工作原理及管理要点。在问题探讨过程中，尽量减少定量分析而以定性分析为主，力图通俗易懂、简单明了。每种设备及系统选取 1~2 个典型实例供学习参考，希望能起到举一反三之作用。在管理要点讨论中，以常规要求为主结合收集到的实际工作经验，介绍了设备的保养、检修、操作及运行管理，旨在对实际管理工作起指导作用。

本书在编写过程中得到了有关人士的大力支持，在此一并表示谢意。

由于编者水平有限、时间仓促，不当之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

1994 年 10 月

未满 750kW 海船考试用轮机培训教材

编 委 会

(按姓氏笔划为序)

主任委员:于宝忱

副主任委员:王玉洋 刘宗德 邢生文 许鼎生

严政 严俊 李延顺 陆卫东

张元生 张兴芝 张基杰 徐志明

章友根 谭克勤 颜慧明

委 员:尹永隆 吕赫新 安志华 李文双

李春野 张存有 杨铁时 杨华

武云晶 袁林新 钱 闵

目 录

第一章 船用泵	1
第一节 概述	1
第二节 离心泵工作原理	3
第三节 离心泵的种类	5
第四节 离心泵的受力分析与平衡	14
第五节 离心泵工况调节及故障分析	20
第六节 齿轮泵的工作原理、种类及故障分析	29
第七节 往复泵	39
复习思考题	51
第二章 甲板机械	52
第一节 液压传动基础	52
第二节 舵机	73
第三节 锚机	99
第四节 起货机	105
复习思考题	115
第三章 船舶制冷	116
第一节 压缩制冷基本原理	117
第二节 压缩制冷装置组成	118
第三节 压缩制冷装置管理要点	173
复习思考题	193
第四章 空气压缩机	194

第一节	空气压缩机的基本结构及工作原理	194
第二节	空气压缩机的管理	199
	复习思考题	202
第五章	船舶辅助锅炉	203
第一节	燃油辅助锅炉的构造	204
第二节	辅助锅炉的燃烧设备及系统	208
第三节	辅助锅炉的附件	218
第四节	锅炉水位、汽压自动控制及调节	226
第五节	辅助锅炉的管理	231
	复习思考题	239
	主要参考书目	240

第一章 船用泵

第一节 概述

一、泵的分类

泵是一种输送液体的机械,是船舶上广泛使用的设备,主要用来运送海水、淡水、燃油、滑油等。根据工作原理不同可将泵分成以下几类:

1. 容积式泵

容积式泵就是通过运动部件的位移,使泵的工作空间容积发生变化以唧压液体来实现液体输送的泵。根据唧压液体部件的特点,容积式泵又可分为往复泵、回转泵等。

2. 叶轮式泵

叶轮式泵就是通过叶轮的高速回转将机械能传给液体以实现液体输送的泵。如离心泵、旋涡泵等。

3. 喷射泵

通过工作流体的高速射流来吸引周围液体,并进行能量交换以实现液体输送的泵。

二、泵的性能参数

为了表征泵的性能和便于泵的选用、比较,通常用排量、压头、功率、效率和允许吸上的真空高度等来表征泵的性能特点,这些称为泵的性能参数。

1. 排量

它是指泵在单位时间所能输送的液体量。分为容积排量 Q 和重量排量 G , 单位分别为 m^3/s 和 N/s 。

2. 压头

压头又称扬程, 它是指泵传给单位重量液体的能量, 即单位重量液体通过泵后其能量的增加值。通常用 H 表示, 单位是 m 液柱。

$1m$ 的压头表示重力为 $1N$ 的液体通过泵后获得 $1J$ 的机械能。当泵的压头较高时, 通常用压力 p 来代表泵的压头 H 。它们之间的关系是:

$$p = \gamma \cdot H \quad (N/m^2) \quad (1-1)$$

事实上, 泵所产生的压头并不能完全用于液体提升高度, 也消耗于克服吸排管路中各种水力损失及吸排液面压差上。

3. 转速

泵的转数就是指泵轴每分钟回转数, 用 n 表示, 单位是 r/min 。往复泵通常用每分钟完成的双行程次数来表示。泵的转速高低对其它参数有较大影响。

4. 功率和效率

泵的功率分为输出功率和输入功率两种。泵的输出功率即泵单位时间内传给液体的能量, 用 N_e 表示。

$$N_e = \gamma Q H \quad (W) \quad (1-2)$$

式中: γ ——液体重度, N/m^3 ;

H ——压头, m ;

Q ——容积排量, m^3/s

泵的输入功率也称轴功率, 是指泵轴处实际从原动机获得的功率, 通常用 N 表示。

由于存在各种能量损失,所以泵的有效功率 N_e 总是小于轴功率 N , 并可用有效功率与轴功率的比值 η 来表示,称之为效率。

$$\eta = \frac{N_e}{N} \quad (1-3)$$

5. 允许吸上真空高度

允许吸上真空高度用来衡量泵的汽蚀性能的好坏,即保证泵工作中不发生汽蚀的最大几何吸入高度,也就是吸入液面到泵入口中心的液柱高度。一般泵的允许吸上真空高度在 2.5~9m 之间。

第二节 离心泵工作原理

一、离心泵的基本组成和工作原理

图 1-1 为单吸式离心泵的结构图。

泵的主要工作部件是叶轮 1 和泵壳 3。叶轮通常由若干弧形叶瓣 2 和两侧圆盘所构成。叶轮用键和螺母固定在泵轴上,轴的另一端通过泵壳的填料箱由原动机带动高速回转。泵壳 3 呈螺旋形,吸入管 4 和排出管 5 则分别接在泵壳中心和螺壳出口上。

泵工作时,预先充满于壳内的液体在旋转叶轮作用下,因离心力而向泵壳周围甩出,并汇集于螺壳,从扩压管(出口)流出。显然,在泵壳中心处就会产生真空,在吸入液面压力作用下,吸水池中液体即会到泵壳中心处补充,这就是吸入。只要泵轴能连续均匀回转,离心泵即可连续均匀地吸排液体。

液体流经叶轮后其速度和压力都相应提高了许多,为了

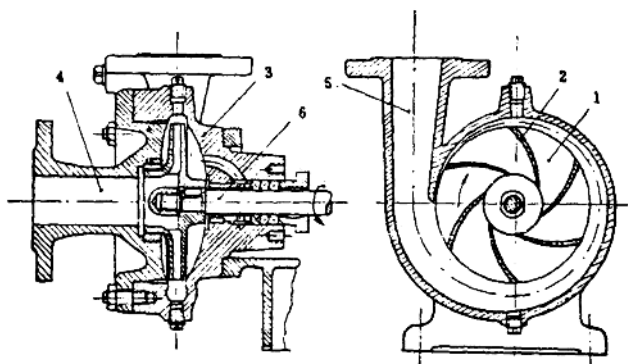


图 1-1 离心泵基本结构

1-叶轮;2-叶瓣;3-泵壳;4-吸入管;5-扩压管;6-泵轴

减少液体流过排出管时的阻力损失,需将部分动能转变为压力能。所以需要流通面积逐渐加大的能量转换装置——扩压管。

二、离心泵的压头和排量

在理想情况下,离心泵的压头和排量可根据泵的几何尺寸及转速通过理论计算求得。但由于实际存在各种水力损失,所以压头和排量只能通过经验公式进行估算。

1. 压头近似估算

$$H = kn^2D_2^2 \quad (\text{m 水柱}) \quad (1-4)$$

式中: $k=0.00010\sim 0.00015$;

n ——泵的转速, r/min ;

D_2 ——叶轮外径, m

对于多级泵来说,应乘以泵的级数 i 。

2. 排量近似估算

$$Q = 5D_1^2 \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

式中: D_1 ——离心泵吸入口直径, in(英寸)。

三、离心泵的特点

(1)离心泵工作中,排量均匀,压头稳定。

(2)离心泵能直接与高速原动机相连,无需任何减速装置,因而重量较轻而外形尺寸小。

(3)构造简单,工作可靠,易于修理。

(4)可以运送污秽的液体。

(5)离心泵无自吸能力,适宜装于吸入液面以下。如装于吸入液面以上,起动前必须将吸入管和泵壳内灌满水,或者采用具有自吸装置的离心泵。

第三节 离心泵的种类

一、离心泵的一般构造

1. 叶轮

叶轮是将原动机的机械能传递给液体的最重要部件,它对泵的工作特性有极大影响。

图 1-2 所示为几种常见的叶轮。其中 1-2(a)所示的叶轮由前后盖板及中间叶瓣(通常为 5~7 瓣)和轮毂组成,称为闭式叶轮。闭式叶轮叶瓣间形成闭式流道,工作时漏泄较少,效率较高,船用海、淡水离心泵的叶轮绝大多数为闭式叶轮;图 (b)所示的叶轮没有前盖板只有后盖板,称为半开式叶轮;图 (c)的叶轮无前、后盖板,称为开式叶轮。开式叶轮和半开式叶

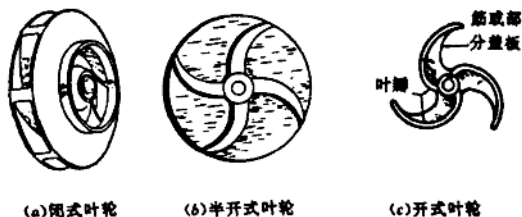


图 1-2 离心泵的叶轮

轮工作时漏泄较多,效率较低,但较适合于运送污水以及具有粘性和含有固体颗粒的液体。

2. 能量转换装置

在离心泵中,液体通过转动的叶轮后,即获得了一定的能量。其中一部分是以压力的形式表现出来,称为静压头。另一部分以速度的形式表现出来,称为动压头,其流速有时可达每秒几十米。在排出管中不允许这么高的流速,否则将产生很大的流动阻力损失,因此需将部分动能转换为压力能。

常见的离心泵能量转换装置主要有螺线形涡室和导轮两种。

1) 螺线形涡室

螺线形涡室通常作为泵壳使用,所以也称为螺壳或涡壳,见图 1-3。在设计螺线形涡室时,通常认为液体是从叶轮中均匀流出的,并在涡室中做等速流动,而涡室仅起汇集液体的作用。设计时使液体无撞击地进入,其截面沿流动方向均匀加大,其后部的扩压管部分将部分速度能转变为压力能。为尽量减少扩压管中水力损失,扩压管的扩散角一般取 $6^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。如

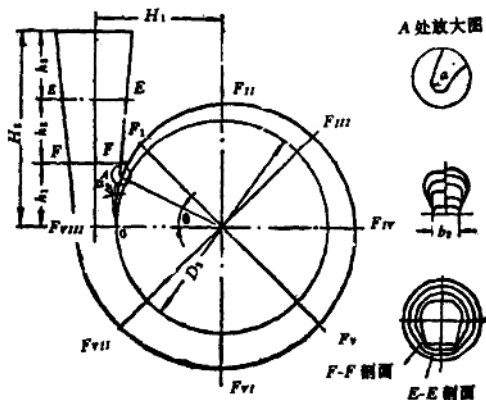


图 1-3 螺旋形蜗室

果扩压管太长,为了便于制造和运输,也可将其外端制成与泵壳分开的短管,然后再与泵壳相连。

2) 导轮

多级离心泵通常利用导轮作为能量转换装置,如图 1-4 所示。导轮都安装于叶轮的外周,由两个圆环形壁面及夹在其中的若干个导叶所构成,并可按导叶所形成的流道的不同特点而分为径向导叶、流道式导叶和扭曲叶瓣式导叶等多种。

导叶的 BH 段其形状是一条对数螺旋线,以便平顺地汇集从叶轮流出的液体;而 HC 以后才是扩压段,将部分动能转变为压力能。扩散角一般为 $7^{\circ} \sim 14^{\circ}$ 。液体在扩压段中流速降低,离开扩压段时的流速一般为叶轮出口流速的 $15 \sim 30\%$ 。为能以最小的能量损失把液体均匀地引向下一级叶轮,在导叶后

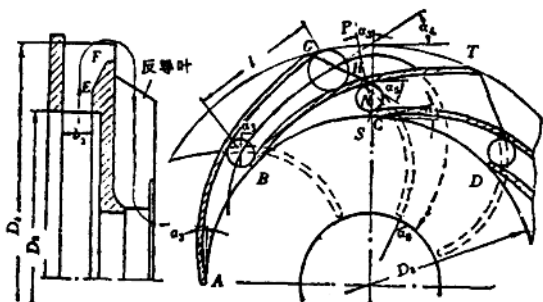


图 1-4 带径向导叶的导轮

壁背面还设有若干反导叶，液体离开导叶扩压段后，经一环形空间即进入反导叶间的流道。反导叶的出口角一般取为 90° ，有时也使液体在进入下一级时具有一定的预旋。

3. 离心泵阻漏装置

叶轮与泵壳之间及泵轴与泵壳之间都存在一定间隙，而间隙两侧压力不等，所以在这些位置易产生漏泄。在叶轮与泵壳间，由叶轮排出的液体又从间隙部分漏回泵的吸入口，称为内漏泄；在泵轴的出轴处也产生一定的漏泄，使液体漏出泵外，称为外漏泄。有时叶轮中心处压力低于一个大气压，也容易使外界空气内漏。不论是内漏还是外漏，都将使泵的容积效率下降，破坏泵的吸入性能，因而需在相应位置设置密封装置。通常在叶轮进口处设密封环、在泵出轴处设轴封装置。

1) 阻漏环

阻漏环也叫口环或密封环,安装在叶轮入口处,常由铸锡青铜、铸铅青铜或磷青铜制成,可分为平环和曲径环两种,如图1-5所示。根据它是装在叶轮上还是泵壳上分别称为动环和定环。一般压头较低的泵用平环,压头较高的泵用曲径环。阻漏环径向间隙应适当,间隙过大,漏泄量大、间隙过小则易产生摩擦甚至咬死。

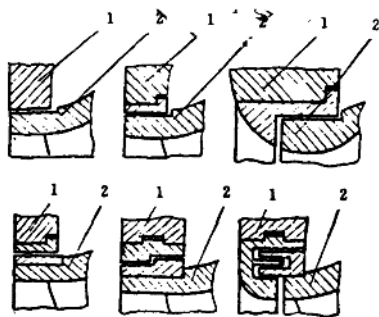


图1-5 阻漏环的各种形式

1-泵体;2-叶轮

阻漏环径向间隙,可按以下经验公式估算:

当环径 $D < 150\text{mm}$ 时,如泵是采用滑动轴承支承,那么最小间隙 $\delta_{\min} = 0.25\text{mm}$;如果采用定位较精确的滚动轴承,则 $\delta_{\min} = 0.20\text{mm}$;当液体高度大于 200mm 时, $\delta_{\min} = 0.30\text{mm}$ 。

当环径 $D > 150\text{mm}$, $\delta = \delta_{\min} + (D - 150) \times 0.001\text{mm}$

阻漏环最大许用间隙可取 $\delta_{\max} = 0.3 + 0.004D$

当阻漏环径向间隙超过许用极限时,应修复或换新。

2) 轴封

旋转的泵轴与固定的泵壳之间的密封装置称为轴封,通常有填料轴封和机械轴封等。

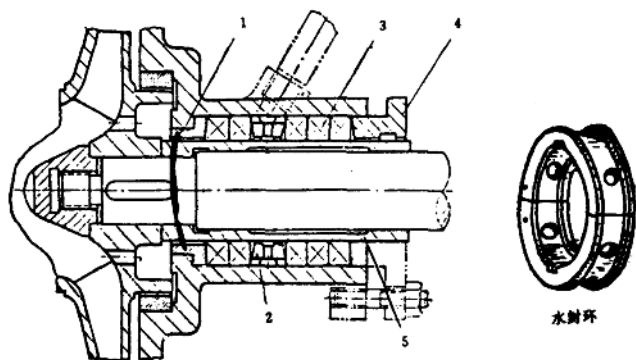


图 1-6 离心泵的填料密封

1-填料箱内盖;2-水封环;3-填料;4-填料压盖;5-轴套

填料密封是一般离心泵中最常用的一种轴封形式。图1-6示出一离心泵中带水封环的填料箱结构。离心泵是高速回转机械,为了保护泵轴不受磨损,通常在轴封部分装有轴套。采用水封管和水封环的填料箱可防止外界空气漏入破坏泵的吸入性能,又可起润滑和冷却作用。

水封环是由两个半圆合成的圆环,放在软填料中间,断面呈“H”形,内径稍大于轴外径,以免擦伤泵轴。在水封环外侧的泵壳上设有水封管,高压水从离心泵内某一压力适中的部位引出,从这里进入水封环,沿转轴向两侧渗出,以保证较好的水封和冷却效果。安装水封环时要注意使之放在对准水封管的位置。填料压盖松紧应适当,防止过松漏泄量太大或过紧机械磨损加剧。

二、单吸离心泵

单吸式离心泵是船上应用较多的一种泵,如冷却水泵,日用海、淡水泵等。图 1-7 为一单级单吸悬臂式离心泵。

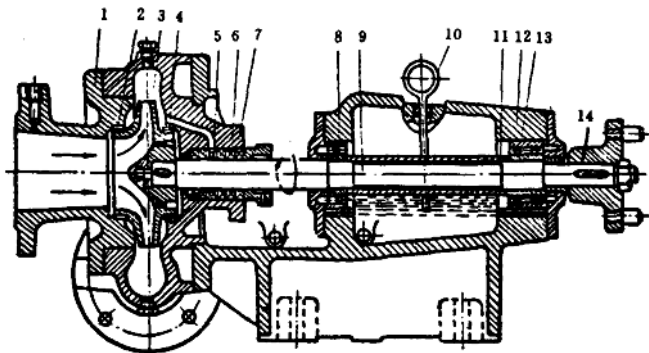


图 1-7 BA 型离心泵

1-入口接管;2-前阻漏环;3-叶轮;4-后阻漏环;5-水封环;6-填料;7-泵体;8-轴承;9-轴;10-油尺;11-定距套;12-轴承架;13-轴承;14-联轴器

此种泵排量为 $5.5 \sim 300 \text{ m}^3/\text{h}$, 压头为 $8 \sim 150 \text{ m}$ 。泵轴的一端在轴承架内由两个轴承支承, 轴承用机油润滑。轴的另一端旋出安装叶轮, 在叶轮的背面做出与前面相同的阻漏环, 叶轮中间开平衡孔用以平衡轴向力。轴封一般用填料密封, 中间加水封环。

三、双吸式离心泵

图 1-8 为 6CBLZ-7 型离心泵结构图, 它是一个带有水环引水器的自吸式离心泵, 泵有两个对称布置的单吸叶轮, 可以