

舰船辅助机械

高翔 编著



国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

舰船辅助机械

高翔 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

舰船辅助机械/高翔编著. —北京:国防工业出版社,
2005.3

ISBN 7-118-03758-3

I. 舰... II. 高... III. 船舶机械 IV. U664

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 002151 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 25 $\frac{3}{4}$ 600 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

印数: 1—2000 册 定价: 46.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

本书是为轮机工程和动力工程专业本科生编写的教材,也可作为从事舰船机电管理、操纵使用与维修人员的参考书。

本书所涉及到的舰船辅助机械包括 6 个方面的内容:第一篇是泵,第二篇是液压传动装置,第三篇是空气机械,第四篇是冷藏装置与空气调节装置,第五篇是海水淡化装置,第六篇是离心净油机与舰船防污染装置。

本书是在海军工程大学舰船辅助机械教研室自 1956 年以来编写的《舰船辅助机械》教材的基础上,补充加入新型辅机的内容,进一步完善理论体系,编写而成的。本书的主要想法和观点是作者在从事舰船辅助机械课的 16 年教学工作中形成的,并且得到了同事们的认同。在本书的编写过程中,一直有幸得到许多同事、师长和朋友们的帮助、建议和支持。本书除封面署名作者外,吴钢、李光华、陈金增、钟民军等也参与了部分章节的编写工作。本书由李光华审阅,何国辉和文习桃负责校对工作,在此一并表示感谢。

由于时间仓促,本书中难免有遗漏和错误之处,欢迎读者批评指正。

作者

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 泵

概述	4
第一章 转动泵	6
1.1 离心泵	6
1.1.1 离心泵的基本组成和工作原理	6
1.1.2 离心泵的基本方程式	8
1.1.3 离心泵的主要部件	14
1.1.4 离心泵的特性曲线	21
1.1.5 离心泵的流量和流量调节	25
1.1.6 离心泵的汽蚀	28
1.1.7 比较数	32
1.1.8 汽轮给水泵与汽轮凝水泵和增压泵	33
1.1.9 消防水系统和串并联离心泵	37
1.2 轴流泵和自流式循环水系统	41
1.2.1 轴流泵	42
1.2.2 自流式循环水系统	49
1.3 旋涡泵	51
1.3.1 旋涡泵的基本结构和工作原理	51
1.3.2 旋涡泵的典型结构	54
第二章 容积式泵	58
2.1 往复泵	58
2.1.1 往复泵的基本结构和工作原理	58
2.1.2 往复泵的性能特点	59
2.2 齿轮泵	62
2.2.1 齿轮泵的基本结构和工作原理	62
2.2.2 齿轮泵的特性	63
2.2.3 齿轮泵的类型	66
2.2.4 高压齿轮泵	69
2.3 螺杆泵	72

2.3.1 螺杆泵的基本结构和工作原理	72
2.3.2 螺杆泵的特性	75
2.3.3 五螺杆滑油泵	77
2.4 叶片泵	79
2.4.1 单作用叶片泵	79
2.4.2 双作用叶片泵	80
第三章 喷射泵	82

第二篇 液压传动装置

概述	88
第四章 液压传动基础	89
4.1 液压传动概述	89
4.1.1 液压传动的工作原理	89
4.1.2 液压传动系统的组成	90
4.1.3 液压系统的图形符号	91
4.1.4 液压传动系统的分类	91
4.1.5 液压传动的特点	92
4.1.6 液压油	93
4.2 液压泵和液压马达	96
4.2.1 液压泵和液压马达的工作原理	96
4.2.2 液压泵的主要性能参数	97
4.2.3 液压马达的主要性能参数	98
4.2.4 液压泵和液压马达的类型和符号	99
4.2.5 轴向柱塞泵	100
4.2.6 液压马达	109
4.3 液压缸	115
4.3.1 油缸的分类	115
4.3.2 密封装置	119
4.4 液压控制阀	123
4.4.1 方向控制阀	123
4.4.2 压力控制阀	131
4.4.3 流量控制阀	137
4.4.4 逻辑阀	141
4.4.5 比例控制阀	144
4.4.6 液压伺服控制系统和电液伺服阀	147
4.5 辅助元件	152
4.5.1 滤油器	152
4.5.2 油箱与热交换器	155

4.5.3 油管与管接头	157
4.5.4 蓄能器	157
第五章 典型舰用液压系统	159
5.1 液压舵机装置	159
5.1.1 舵的工作原理	159
5.1.2 25吨·米舵机液压系统	163
5.1.3 40吨·米舵机液压系统	166
5.2 液压减摇鳍装置	171
5.2.1 减摇鳍的工作原理	171
5.2.2 NJ5型减摇鳍装置	174
5.3 液压锚机装置	179
5.3.1 25吨液压尾锚机	180
5.3.2 $\Phi 40/34$ 液压锚机	184

第三篇 空气机械

概述	190
第六章 离心式风机	191
6.1 离心式风机的主要性能参数	191
6.2 离心式风机的基本结构和工作原理	192
6.3 离心式风机的基本方程式	193
6.4 离心式风机的特性曲线和喘振现象	193
6.5 QGF-I型汽轮鼓风机	195
第七章 往复式空气压缩机	198
7.1 往复式压缩机的基本结构和工作原理	198
7.1.1 单级往复式压缩机的基本结构和工作原理	198
7.1.2 往复式压缩机的主要性能参数	200
7.1.3 多级压缩、中间冷却和压后冷却	200
7.1.4 往复式压缩机的排量和功率	202
7.1.5 往复式压缩机的可靠工作和气阀的一般故障分析	209
7.2 66-10型空压机	212
7.2.1 66-10型空压机的性能	212
7.2.2 66-10型空压机的基本结构	213
7.2.3 66-10型空压机的系统组成	219
7.2.4 66-10型空压机的检修注意事项	227
7.3 空气干燥装置	228
7.3.1 空气干燥方法	228
7.3.2 高压空气干燥过滤装置	229
7.4 电动往复式空压机的管理要点	230

第四篇 冷藏装置与空气调节装置

概述	234
第八章 冷藏装置	236
8.1 冷藏装置的工作原理	236
8.1.1 食品冷藏条件	236
8.1.2 冷藏装置的基本组成及任务	237
8.1.3 冷库热负荷及减少热负荷的措施	237
8.2 蒸汽压缩式制冷装置的基本组成和工作原理	239
8.3 蒸汽压缩式制冷循环在 $P-h$ 图中的表示和主要性能参数	241
8.3.1 制冷剂的 $P-h$ 图	241
8.3.2 蒸汽压缩式制冷循环在 $P-h$ 图上的表示	242
8.3.3 蒸汽压缩式制冷循环的主要性能参数	243
8.4 蒸汽压缩式制冷循环和制冷量的影响因素	245
8.4.1 蒸汽压缩式制冷循环	245
8.4.2 制冷量的影响因素	248
8.4.3 制冷装置的名义工况	251
8.5 制冷剂、载冷剂和冷冻机油	252
8.5.1 制冷剂	252
8.5.2 载冷剂	256
8.5.3 冷冻机油	256
8.6 制冷压缩机	257
8.6.1 活塞式制冷压缩机	257
8.6.2 螺杆式制冷压缩机	268
8.7 蒸发器	273
8.7.1 蒸发盘管	274
8.7.2 冷风机	275
8.7.3 空气冷却器	275
8.7.4 干式壳管蒸发器	275
8.7.5 蒸发器的融霜	276
8.8 冷凝器	277
8.9 制冷装置附件	278
8.9.1 贮液器	278
8.9.2 干燥器和过滤器	279
8.9.3 回热器	279
8.9.4 油分离器	280
8.10 舰用冷藏装置的自动化控制	281
8.10.1 冷藏装置的自动化控制	281

8.10.2	冷藏装置的自动调节元件	283
8.10.3	冷藏装置的自动工作过程	297
8.11	舰用冷藏装置的使用与管理	299
8.11.1	冷藏装置的运行管理	299
8.11.2	制冷装置的常见故障	301
第九章	空气调节装置	307
9.1	空气调节概述	307
9.1.1	空气调节的作用和任务	307
9.1.2	适宜的人工气候	307
9.1.3	舰船空气调节装置的组成	308
9.2	湿空气的物理性质和热湿处理过程	310
9.2.1	湿空气的物理性质	310
9.2.2	焓湿图的应用及热湿处理过程	314
9.2.3	舰船空调中空气的实际处理过程	316
9.3	舰船空调装置系统	321
9.3.1	舰船空调系统的类型	321
9.3.2	集中式空调系统	322
9.3.3	半集中式空调系统	322
9.3.4	分散式(局部式)空调系统	324
9.3.5	舰船空调装置实例	324
9.3.6	空调装置的自动工作过程	333

第五篇 海水淡化装置

概述	336
第十章 蒸馏式海水淡化装置	338
10.1 蒸馏式海水淡化装置的工作原理	338
10.2 水质与造水量	341
10.3 水垢	347
10.4 50t/d 真空沸腾式海水淡化装置	350
10.5 55t/d 真空沸腾式海水淡化装置	356
第十一章 反渗透海水淡化装置	361
11.1 反渗透海水淡化装置的工作原理	361
11.2 反渗透海水淡化装置的组成	363
11.3 反渗透海水淡化装置的膜组件	364
11.4 MFI06 型反渗透海水淡化装置	365

第六篇 离心净油机与舰船防污染装置

概述	370
第十二章 离心净油机	371
12.1 离心净油机的工作原理	371
12.1.1 沉淀槽的净油原理	371
12.1.2 离心净油机的工作原理	371
12.1.3 净油质量	372
12.2 DRY-15 型离心净油机	375
第十三章 舰船防污染装置	378
13.1 舱底油污水处理系统	379
13.1.1 舱底油污水处理系统的组成	379
13.1.2 舱底油污水的分离方法	379
13.1.3 油水分离装置	382
13.2 生活污水收集及处理系统	386
13.2.1 生活污水收集及处理系统的组成	386
13.2.2 真空式生活污水收集系统	387
13.2.3 生物化学处理方法	387
13.2.4 物理化学处理方法	389
13.2.5 WCE 型生活污水处理装置	389
13.2.6 生活污水粉碎与消毒装置	390
13.3 生活灰水收集及排放系统	391
13.4 焚烧炉	392
参考文献	394

绪 论

在舰船机电设备中,除主动力装置、电站和消磁设备外,统称为舰船辅助机械,简称辅机。辅机用途广、类型多,根据其工作原理和性能不同,辅机可分为下列 6 大类:

1. 泵

泵是提高液体能量并在导管中输送液体的机械。在舰船上数量相当多,用于输送海水、淡水、污水、燃油和润滑油等。

2. 液压传动装置

液压传动装置是用液体作为工作介质,以液体的压力能来进行能量和信息传递的机械装置。舰船上装备的液压传动装置有液压舵机、液压锚机和减摇鳍装置等。

3. 空气机械

舰船上使用的空气机械主要是风机和空气压缩机。

风机是指在导管中输送空气的机械。按工作原理不同可分为离心式风机和轴流式风机;按其排出的风压大小又可分为通风机和鼓风机。

空气压缩机是一种提高空气压力的机械,简称空压机。舰船上装备的高压往复式空压机主要用于向压缩空气系统和气瓶充气,保证有足够的压缩空气储量,用于启动柴油机、发射鱼雷、潜艇均衡和失事排水等。

4. 冷藏装置与空气调节装置

冷藏装置用于低温冷藏食物,保证舰船海上航行时携带的肉类和蔬菜等食品不腐烂变质,使舰员能经常获得新鲜、味美和有营养的食品。

空气调节装置为各舱室创造适宜的人工气候条件,改善舰员的工作、生活条件和某些仪器设备及弹药的环境条件。

5. 海水淡化装置

海水淡化装置可将舷外海水转变成满足一定水质要求的淡水,供应锅炉补水和满足舰员生活需要。根据其工作原理之不同,海水淡化装置可分为蒸馏式海水淡化装置和反渗透海水淡化装置等。

6. 离心净油机与舰船防污染装置

离心净油机主要用于清除润滑油中的水分和杂质,保证润滑油质量良好,使轴承和传动齿轮等得到可靠的润滑。离心净油机还用于清除燃油中的水分与杂质。

舰船防污染装置用于防止舰船上的油污水和生活污水对海洋及环境造成污染。它包括油污水处理系统、生活污水真空收集及处理系统、生活灰水收集及排放系统和焚烧炉等。

第一篇

泵

概 述

泵由原动机驱动给液体增加能量,从而通过导管输送需要数量的液体到达要求的高度或一定压力的目的处。

舰船上,经常需对海水、淡水、燃油和润滑油等液体进行输送和导移,因而需要许多泵。这些泵有的是为其他机械服务的,如为主动力装置服务的燃油泵、润滑油泵和冷却水泵等;有的是为舰船系统服务的,如消防水泵、淡水泵、卫生水泵、燃油和润滑油输送泵等。

舰船上泵的种类繁多,有很多分类方法。除上述按用途分类外,还可按原动机的型式分为电动泵、汽轮机驱动泵等;也可按安装方式分为立式和卧式泵等;但最重要的是按工作原理分类,因为不同的工作原理代表着不同的增加能量方式,因而也就具有不同的性能特点和不同的使用管理要求。泵按工作原理可分为3大类:

①转动能泵:依靠高速转动的叶轮对液体做功,使液体增加能量,从而达到吸排和输送的目的。按照液流在泵内运动情况的不同,又可分为离心泵、轴流泵和旋涡泵等。

②容积式泵:利用泵的工作机件(例如,往复泵的活塞和齿轮泵的齿轮)的运动,造成泵体内密封空间的容积变化(容积变大时抽吸液体,容积变小时压排液体),从而达到输送液体的目的。根据工作机件和运动形式的不同,容积式泵还可分为往复泵和回转泵两种。其中,回转泵又可分为齿轮泵和螺杆泵等。

③喷射泵:利用具有一定压力的工作流体,通过喷嘴产生高速运动,与被抽吸的流体混合,使被抽吸的流体提高能量,从而达到排送的目的。这类泵有水喷射泵和蒸汽喷射泵等。

泵的工作性能可用以下几个主要性能参数来表示,这些性能参数一般都标明在泵的铭牌上。

1. 流量

指泵在单位时间内所输送液体的量。流量有容积流量和质量流量之分,前者用 Q 表示,单位是米³/小时(m^3/h);后者用 G 表示,单位是千克/小时(kg/h)。

质量流量与容积流量的关系是

$$G = \rho \cdot Q$$

式中, ρ 为流体的密度,单位是千克/米³(kg/m^3)。

2. 扬程

是单位重量流体经过泵后所提高的能量,常用 H 表示,单位是米(m)。

根据定义,可写出扬程的表达式。扬程 H 应为泵出口处的总水头 H_2 和进口处的总水头 H_1 之差,记为

$$H = H_2 - H_1 = \left(\frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \right) - \left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 \right)$$

式中, g 为重力加速度;下标 1 表示泵吸入口状态;下标 2 表示泵排出口状态; P_1 和 P_2 为吸排口压力; v_1 和 v_2 为吸排口流速; Z_1 和 Z_2 为水源表面到泵吸排口处的高度,即泵的吸排位头。

也就是说,泵的扬程是泵吸排口之间压头的增加、速头的增加和位头的增加之和。实际上,位头的增加($Z_2 - Z_1$)是很小的,速头的增加 $\left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}\right)$ 也很小(这是因为泵的吸排管粗细一般差不太多,所以 v_1 和 v_2 也就相差很小),因此,泵的扬程主要是压头的增加,故可近似表示为

$$H \approx \frac{P_2 - P_1}{\rho g} \quad (\text{m})$$

3. 转速

转速是泵轴每分钟的回转数,常用 n 表示,单位是转/分(r/min)。

4. 功率

泵是由原动机通过轴来带动的,原动机传给泵的功率称为轴功率 N_g ,也就是泵的输入功率。

泵将转动的机械能转变为液体的能量。液体单位时间内获得的能量称为泵的输出功率 N_e ,也叫有效功率或水功率,可表示为

$$N_e = \rho g QH \quad (\text{W})$$

5. 效率

由于泵在工作中不可避免地有各种各样的损失,如水力损失、容积损失和摩擦损失等,因此输入功率(即轴功率 N_g)必然大于输出功率(水功率 N_e),两者的比值定义为泵的效率 η ,即

$$\eta = \frac{N_e}{N_g} = \frac{\rho g QH}{N_g}$$

效率是表示泵内损失大小或者经济性高低的参数。

第一章 转动能泵

1.1 离心泵

舰船上离心泵使用很广,各种水泵都采用离心泵,因为离心泵具有结构简单和使用方便的优点。

1.1.1 离心泵的基本组成和工作原理

离心泵是一种转动能泵。图 1-1 是一离心泵简图。它主要是由叶轮 1、蜗形管 2、扩大管 3、吸入室 4 和泵轴组成的。叶轮上有叶片,叶片在前后轮盘夹持下形成流道。叶轮也称工作轮,用键固定在泵轴上,由原动机带动高速旋转。除叶轮是运动部件外,其余部件都是固定不动的,它们构成泵壳,内部充满液体,并支持运动部件运转。泵与吸入管路系统和排出管路系统相连接,构成泵装置。从吸入管路引进的液体经吸入室 4 后进入叶轮 1 的中心。叶轮外侧的蜗形管与扩大管部分合称压出室。从压出室排出的液体经排出管路输送到需要液体的目的处。

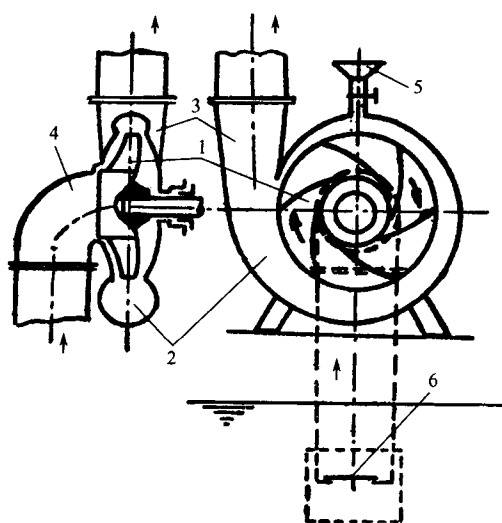


图 1-1 离心泵简图

1—叶轮; 2—蜗形管; 3—扩大管; 4—吸入室; 5—漏斗; 6—止回阀。

在启动泵之前,要求从漏斗 5 将液体灌满泵壳,从而将泵壳和吸入管路中的空气全部排出(吸入管路底部装有止回阀 6 可防止液体漏掉)。当叶轮转动时,叶轮中的液体就在叶片的推动下产生转动,并且自叶轮中心向外甩出。在此液体流经叶轮的过程中,液体的能量(压能和动能)得到提高。同时,在叶轮中心处会因液体的甩出而使压力降低,于是,水

源的液体会在液面压力作用下,靠压差作用经吸入管路补充到泵里来。

液体在叶轮中增加的能量包括压能和动能两部分,而位能的增加可忽略不计(对于卧式离心泵来说,液体流进流出叶轮的高度是不变的;对于立式离心泵来说,液体流进流出叶轮的高度变化很小)。离心泵的设计希望尽可能多地提高压能,但在叶轮中总会伴随有动能的提高。因为液体流动中的损失与流速的平方成正比,所以,为了减少液体在排送过程中的损失,就要设法将叶轮出口处的高流速以较小的损失降低到排出管中所要求的低流速。这一要求是在压出室中完成的。

高速液流从叶轮甩出后,进入压出室。液体首先被蜗形管的蜗形流道收集起来,并使流速部分降低(由流道截面积的设计决定)。流速的降低自然转化成压能,这一转化过程叫转能。由于在蜗形流道中的流速降低还达不到排出管所要求的低流速,因此,在蜗形管的后面还装有扩大管(有些离心泵加装导轮),进一步降速转能。所以压出室的功用是收集液体和转能。

吸入室的作用是把液体均匀地和损失比较小地引进叶轮的进口。

综上所述,只要原动机带动叶轮不停地旋转,液体就会不断地从吸入管路吸入泵内。经吸入室引进叶轮,在叶轮中增加能量,再经压出室将液体收集起来并转能,最后经排出管排出泵外。离心泵就是这样连续吸排液体和输送液体的。液体经过离心泵的各部件后的速度、压力和扬程变化过程如图 1-2 所示。液体从泵进口到叶轮进口的速度一般不变或稍有增加,所以在叶轮中液体的速度和压力都得到提高;在蜗形管和扩大管中流速降低而压力增加。液体只在叶轮中增加能量,而在蜗形管和扩大管中没有能量的增加,只是把部分动能转变成压能。

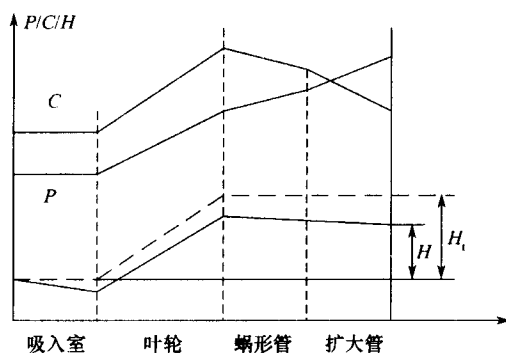


图 1-2 液体在离心泵各部件中的速度、压力和扬程变化过程

图 1-3 为 2BA-6 型离心泵的结构图。除叶轮、蜗形管、扩大管等基本部件外,还设有轴承等部件。因为叶轮排出液体的压力高于泵的吸入室的压力,为了减少液体经叶轮前轮盘与泵盖之间的间隙向吸入室的漏泄,在两者之间装有密封环。密封环与叶轮吸入口外圆之间只有很小的径向间隙,从而使漏泄减少到允许的范围内。为了阻止液体经泵轴与泵体之间的间隙外漏,在泵轴穿出泵体处装有轴封装置。该型泵的轴封装置采用填料密封,它主要由位于泵体填料箱内的浸透黄油的棉织填料和填料压盖等组成。调节填料压盖的压紧螺母,可改变填料的压紧程度。离心泵运转时,应允许泵内经填料向外有一滴一滴的液体外漏,但不允许把填料压盖压得太紧或压歪;否则,填料发热严重,会加速泵轴的磨损