

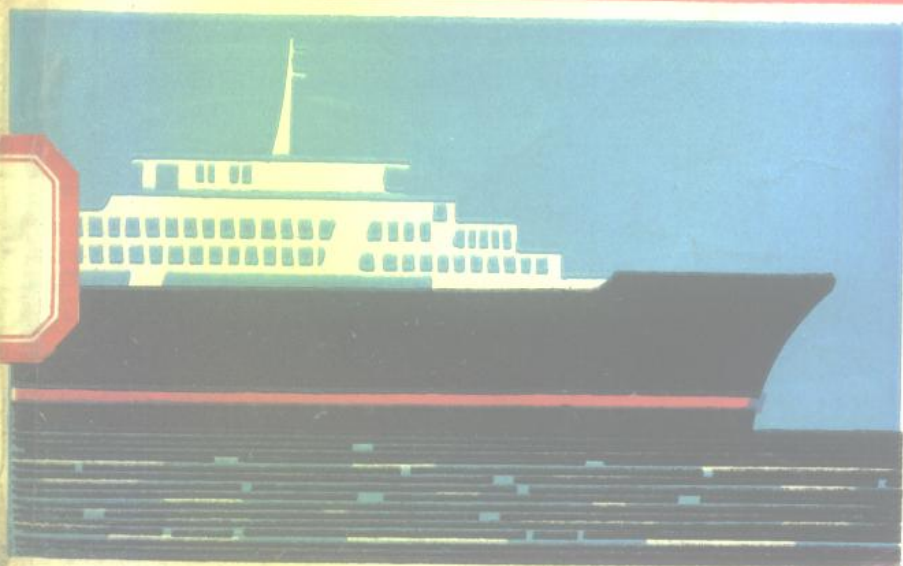
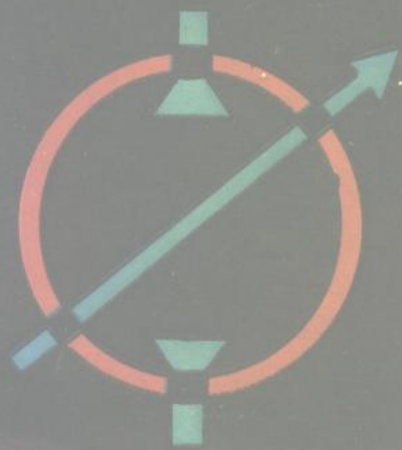
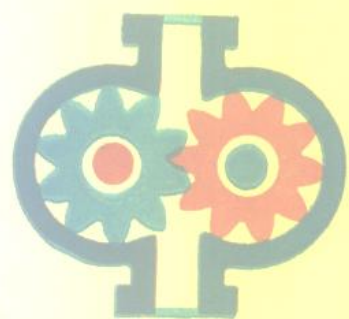
CHUAN BO  
FU JI

# 船舶辅机

(上册)

阎永阁 梁继昌 费千 编

人民交通出版社



# 船 舶 辅 机

上 册

大 连 海 运 学 院

阎 永 阁

梁 继 昌 费 千 编 著

人 民 交 通 出 版 社

船舶辅机

上册

大连海运学院

阎永阁

梁继昌 费千 编著

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{4}$  印张: 23.75 字数: 560千

1980年12月 第1版

1980年12月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—10,700册 定价: 2.45元

## 内 容 提 要

本书从我国远洋船舶实际出发,比较系统地介绍了各种船舶辅机的工作原理,主要性能,具体构造和典型系统,同时阐明了各种船舶辅机的使用与管理。

全书共计五篇,分上、下两册出版。

上册包括第一、二两篇。第一篇共分六章,分别介绍各种船用泵;第二篇共分三章,依次介绍船舶舵机,船舶起货机和船舶锚、绞机械。

下册包括第三、四、五篇。第三篇为船舶冷藏与空调装置;第四篇为船舶造水装置;第五篇为船舶防污染装置。

本书主要供有关院校师生以及远洋和沿海船舶轮机员阅读,也可供船舶机务部门和修造船厂等有关部门的工程技术人员参考。

## 前 言

本书是在大连海运学院辅机教研室以往所用教材的基础上，参照轮机专业新订《船舶辅机》教学大纲而编写的。

鉴于我国远洋运输事业的飞速发展，新技术在船上的不断应用以及学生来源与学制年限的相应改革，本书也在内容上着重从扩大读者视野、加强基本理论、反映最新技术以及结合我国远洋船舶实际和紧密适应教学特点等方面出发，作了精心的选择和较多的更新，同时增编了有关船舶防污染装置的篇章。全书在基本叙述方面采用了国际单位制，同时从船上目前习用的计量单位出发，在各种船舶辅机的实例介绍等方面，保留了广大船员所熟悉的工程单位制，并在许多方面给出了两种单位制的换算和对比。此外，在电气元件与液压控制元件的代表符号上，也同样采用了以国标符号为主，同时适当保留了一些国外的常见符号以资对比，从而有利于实际工作。

本书由大连海运学院辅机教研室阎永阁、梁继昌、费千共同编写，并由阎永阁主编和最后定稿。在编审过程中，辅机教研室殷佩海曾帮助翻译过部分日文资料；杨春龄、唐克峰、金以铨、汪育才协助校审过部分稿件；吴晓光、李希贺描绘过部分插图。

在本书编写过程中，曾承兄弟院校和有关单位热情支持，提供不少宝贵资料，谨在此一并表示感谢。

由于业务水平所限，编写时间短促，书中缺点和不当之处在所难免，希望广大读者批评指正。

# 目 录

## 第一篇 船 用 泵

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| <b>第一章 船用泵概述 .....</b>        | <b>1</b>   |
| 第一节 泵在船上的功用和分类 .....          | 1          |
| 第二节 泵的性能参数 .....              | 4          |
| <b>第二章 往复泵 .....</b>          | <b>7</b>   |
| 第一节 往复泵的基本结构和工作原理 .....       | 7          |
| 第二节 往复泵的分类 .....              | 8          |
| 第三节 往复泵的排量和排量的不均匀度 .....      | 11         |
| 第四节 往复泵的特性 .....              | 16         |
| 第五节 往复泵的吸排过程 .....            | 17         |
| 第六节 往复泵的空气室 .....             | 27         |
| 第七节 往复泵的水阀 .....              | 30         |
| 第八节 往复泵的功率和效率 .....           | 39         |
| 第九节 泵缸主要尺寸的确定和管路直径的选择 .....   | 45         |
| 第十节 往复泵实例 .....               | 49         |
| <b>第三章 回转泵 .....</b>          | <b>66</b>  |
| 第一节 齿轮泵 .....                 | 66         |
| 第二节 螺杆泵 .....                 | 79         |
| 第三节 叶片泵 .....                 | 87         |
| 第四节 水环泵和其它回转泵 .....           | 94         |
| <b>第四章 离心泵 .....</b>          | <b>99</b>  |
| 第一节 离心泵的工作原理 .....            | 100        |
| 第二节 离心泵的一般构造 .....            | 106        |
| 第三节 离心泵的特性及其在管路中的工作 .....     | 115        |
| 第四节 离心泵的相似原理和比转数 .....        | 124        |
| 第五节 离心泵的自吸和离心货油泵的自动扫舱装置 ..... | 127        |
| 第六节 离心泵的管理和检修 .....           | 139        |
| <b>第五章 旋涡泵 .....</b>          | <b>149</b> |
| 第一节 旋涡泵的工作原理和性能特点 .....       | 149        |
| 第二节 旋涡泵的典型结构 .....            | 151        |
| <b>第六章 喷射泵 .....</b>          | <b>154</b> |
| 第一节 水射水泵 .....                | 154        |
| 第二节 其它喷射泵 .....               | 160        |

## 第二篇 甲板机械

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>第七章 船舶舵机</b> .....        | 163 |
| 第一节 总述 .....                 | 163 |
| 第二节 液压舵机的基本组成和工作原理 .....     | 170 |
| 第三节 液压舵机的转舵机构 .....          | 174 |
| 第四节 变向油泵 .....               | 185 |
| 第五节 控制阀 .....                | 210 |
| 第六节 操纵系统 .....               | 224 |
| 第七节 液压舵机实例 .....             | 245 |
| 第八节 液压舵机的管理 .....            | 259 |
| <b>第八章 船舶起货机和舱口盖</b> .....   | 266 |
| 第一节 船舶起货设备概述 .....           | 266 |
| 第二节 电动起货机 .....              | 277 |
| 第三节 液压起货机 .....              | 284 |
| 第四节 舱口盖装置 .....              | 319 |
| <b>第九章 起锚机和系缆机</b> .....     | 329 |
| 第一节 锚设备概述 .....              | 329 |
| 第二节 锚机的构造 .....              | 333 |
| 第三节 锚机所受拉力和锚机功率 .....        | 341 |
| 第四节 系缆机 .....                | 344 |
| 第五节 自动调整张力系缆机 .....          | 348 |
| <b>附录：液压系统图图形符号对照表</b> ..... | 363 |

# 第一篇 船用泵

## 第一章 船用泵概述

### 第一节 泵在船上的功用和分类

在船上经常需要输送水、油以及其它各种液体。泵就是用来输送液体的一种机械。

我们知道，液体是不可能自发地从低处流向高处的，也不可能从压强较低的地方进入压强较高的场所，这是由于前者所具有的液体能要比后者为小的缘故。因此，只有对液体输送了足够的机械能，泵才能完成运送液体的目的。从这个意义上来说，泵也是一种向液体传递机械能的机械。

船用泵名称繁多，种类各异，为便于学习，我们可按用途和工作原理的不同而将其分类如下：

#### 一、泵按用途的分类

##### 1. 船舶通用泵

船舶通用泵用来为船舶营运及船上人员的生活需要服务，是任何机动船舶都须装备的泵。属于这一类的泵主要有：

##### 1) 压载泵

压载泵用于调驳压载液体，充满或排空各压载水舱和尖舱，以保证船舶的正常吃水和营运性能。压载泵有时亦用于排出各货舱中的积水或兼作救火和卫生系统的备用泵。

##### 2) 舱底水泵

用于排除前后尖舱、货舱、机炉舱和推进轴弄中的积水。舱底泵应为自吸式或具有其它设备以保证可靠地吸水。通常，舱底泵至少有一台采用往复泵。

##### 3) 消防泵

消防泵是为了保证消防系统用水的需要而设置的。我国船舶检验局钢质海船建造规范规定：大于或等于1000总吨的货船，应设两台消防泵。小于1000总吨的货船可设一台消防泵。1000总吨以上的货船，当二台消防泵同时工作并通过总管由任何相邻的水枪输出要求的水量时，在所有出水的消火栓上应维持的压力不得小于：

2.8千克力/厘米<sup>2</sup>（大于或等于6000总吨的货船）；

2.6千克力/厘米<sup>2</sup>（小于6000总吨但大于1000总吨的货船）。

对于小于1000总吨的货船消防泵工作时，应满足两股水流射程不小于12米。所有的消防泵均应由独立的原动机驱动。卫生泵、压载泵和舱底水泵或通用泵，如符合消防泵的有关要求，也可作为消防泵使用。

##### 4) 卫生水泵

卫生水泵用于将海水输往日用卫生水柜，以供船员和旅客在卫生和生活方面的需要。卫

生水泵通常都由独立的原动机驱动。

#### 5) 淡水泵

淡水泵用于自淡水舱向日用淡水柜输送淡水，以供船员和旅客的生活需要。淡水泵通常都由独立的原动机驱动，也可和卫生水泵一起由同一原动机驱动。

### 2. 船舶动力装置用泵

这类泵是为船舶动力装置的工作需要而设置的，并可分为为主动力装置服务和为辅动力装置服务等两类。

#### 1) 为主动力装置服务的泵

对蒸汽机船舶来说，主动力装置所用的泵主要有：

##### (1) 湿空气泵

湿空气泵用来使冷凝器产生真空，并抽除其中的凝结水。湿空气泵可用独立的原动机驱动，也可由主机来带动。在现代透平动力装置中，湿空泵已被专门产生真空的抽逐器和从冷凝器中吸取凝结水的活塞式或离心式水泵所代替。

##### (2) 循环水泵

循环水泵用于向冷凝器供应冷却水，以冷却来自主辅机的乏气。

##### (3) 锅炉给水泵

锅炉给水泵用来从热水井或补给水柜向锅炉供应炉水。根据我国船舶检验局法规的规定，主锅炉和重要用途的辅锅炉，至少应有两台独立的给水泵，其中任一停止使用时，其余泵的能量，应能足够供给所有锅炉满负荷工作时的需要。

##### (4) 燃油调驳泵

燃油调驳泵装设在有燃油锅炉的蒸汽机船上，用于自主燃油舱向常用油柜供应燃油。

##### (5) 润滑油泵

润滑油泵用于向机器的各摩擦部位供应润滑油，以防摩擦部件发热烧毁。

内燃机船主动力装置所用的泵主要有：

##### (1) 冷却水泵

冷却水泵用于向主机供应冷却淡水，以冷却主机的气缸套、气缸头和活塞。

##### (2) 海水循环泵

海水循环泵用于向主机各冷却器（主机活塞水冷却器、气缸水冷却器和滑油冷却器等）供应海水，以冷却主机淡水和滑油。

##### (3) 燃油低压输送泵

燃油低压输送泵用于自主机日用燃油柜向喷油泵输送燃油。

##### (4) 燃油驳运泵

燃油驳运泵用于驳运主机各燃油舱间的燃油以及向燃油沉淀柜供应燃油。

##### (5) 润滑油泵

润滑油泵用于自主机润滑油柜向主机各摩擦部件，如主轴承、十字头轴承等供应润滑油，以进行润滑和冷却。

##### (6) 润滑油驳运泵

润滑油驳运泵用于自润滑油储存柜向主机润滑油柜补充滑油以及对润滑油进行驳运。

##### (7) 辅助锅炉用泵

如，辅助锅炉的给水泵、燃油泵和冷凝器的循环水泵等，其作用与蒸汽机船舶的锅炉给

水泵、燃油泵和冷凝器循环水泵等类同。

## 2) 为辅动力装置服务的泵

- (1) 柴油发电机的冷却水泵和海水泵等;
- (2) 蒸发造水装置中的附属泵, 如给水泵、淡水泵、排污泵、真空泵等;
- (3) 空气压缩机和制冷装置中的冷却水泵;
- (4) 液压舵机、液压起货机和液压起锚绞缆机所用的油泵等;
- (5) 污水、污油以及粪便处理装置中所用的泵等。

## 3. 船舶专用泵

船舶专用泵是指某些特殊用途船舶所用的泵, 如捕鱼船上的捕鱼泵、挖泥船上的挖泥泵、破冰船上的压载泵、深水打捞船的打捞泵、消防船上的消防泵以及油船上的货油泵等。根据我国船舶检验局法规的要求, 货油泵的结构应能防止在运转中产生火花。带动货油泵的原动机, 如采用温度不超过 $230^{\circ}\text{C}$  的蒸汽来驱动的蒸汽机或汽轮机, 原动机可装设在泵舱内; 而其他种类的原动机则均应装设在泵舱以外的舱室中。

船用泵的运用虽然很多, 但为便于学习起见, 我们常按工作原理的不同将其分为如下四类:

## 二、泵按工作原理的分类

### 1. 容积式泵

容积式泵主要是通过运动部件的位移, 使泵工作空间的容积发生变化, 以唧压液体, 并把机械能传给液体, 从而达到输送液体的目的。根据唧压液体部件的运动特点, 容积式泵又可分为往复泵和回转泵两类。

### 2. 叶片式泵

叶片式泵主要是通过工作叶片的转动, 把机械能传给液体, 以使其压力和流速增加, 然后再将部分动能转变为压力能, 从而达到输送液体的目的。属于这一类的泵有各种离心泵、轴流泵和旋涡泵等。

### 3. 喷射泵

喷射泵是通过喷射工作流体所产生的高速射流来吸引周围流体, 并进行动量交换, 以便把动能传给被输送的流体, 然后再转换为压力能, 从而达到排送流体的目的。

### 4. 电磁泵

电磁泵是在电磁力作用下用于输送液态金属的一种泵。它的特点是什么运动部件, 但却能以相当高的速度运送大量的液态金属。

图1-1表示电磁泵的工作原理。它由电磁铁A, 两个导体B和一根管C所组成。为使管C能与A、B接触良好, 管C的中部被压成矩型, 如图1-1a)所示。

当向导体B通入例如1伏特、20000安培的低压大电流时, 电流就会穿过管C和液态金属。这样, 根据左手定则, 液体金属也就会按箭头所示方向沿管C连续

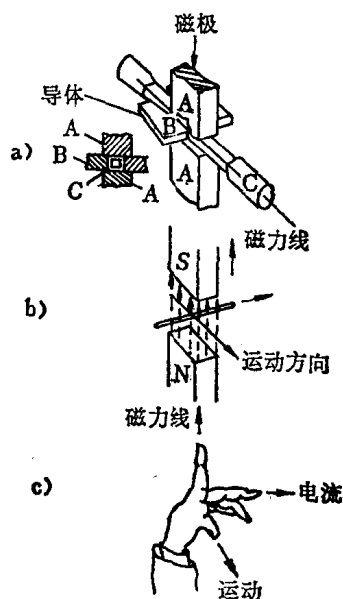


图1-1 电磁泵工作原理  
A-电磁铁; B-铜导体; C-管子

流动, 如图1-1b)和c)所示。

电磁泵只适用于导电率很高的液态金属, 不适用于水, 而且效率较低, 约为50%左右。在船上, 电磁泵仅用作原子锅炉的循环泵。

## 第二节 泵的性能参数

为了表征泵的性能和完善程度, 以便于选用和比较, 在泵类产品的样本、目录和其它一些书刊中, 经常可以看到排量、压头、转速、功率、效率和允许吸上真空高度等工作参数。这些参数就称之为泵的性能参数。

### 一、排 量

它是指泵在单位时间内所能输出的液体量, 可用容积或重量加以表示, 分别称之为容积排量或重量排量。前者通常用  $Q$  来表示, 单位是米<sup>3</sup>/秒; 后者常用  $G$  来表示, 单位是牛/秒。重量排量和容积排量间的关系为:

$$G = \gamma Q \quad \text{牛/秒} \quad (1-1)$$

式中:  $\gamma$ ——液体的重度, 牛/米<sup>3</sup>;

$Q$ ——容积排量, 米<sup>3</sup>/秒。

泵的排量和工作条件有关。铭牌上所标出的排量是指它在额定工况下的排量。

### 二、压 头

压头又称扬程。它是指泵传给单位重量液体的能量, 亦即每单位重量液体通过泵后其总能量的增加值。压头常用符号  $H$  来表示, 单位是牛·米/牛 = 米液柱。

一米的压头相当于1牛顿液体在泵中获得1焦耳的机械能。而1焦耳的机械能恰好可以使1牛顿液体克服重力上升1米的高度。

当泵的压头较高时, 也常用压力  $p$  来代替泵的压头  $H$ , 它们之间的关系是:

$$p = \gamma H \quad \text{牛/米}^2 \quad (1-2)$$

通常1千克力/厘米<sup>2</sup>相当于10米水柱。

单位重量液体具有的能量称为比能, 因此, 泵所产生的压头即可用泵吸排口处的比能之差来表示。这样, 如取图1-2中的  $A-A$  为比较平面, 则

液体在泵吸入口处的比能

$$E_1 = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1$$

液体在泵排出口处的比能

$$E_2 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + (Z_1 + \Delta Z)$$

式中:  $p_1$ ——泵吸入口处的压力, 牛/米<sup>2</sup>;

$p_2$ ——泵排出口处的压力, 牛/米<sup>2</sup>;

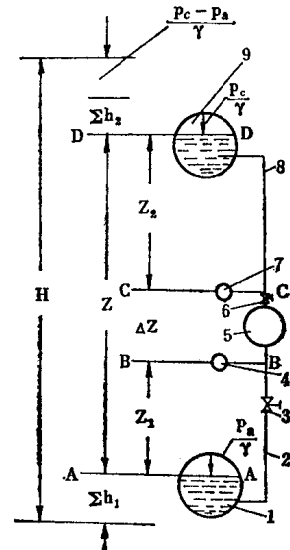


图1-2 泵装置简图

1-吸入水柜; 2-吸入管; 3-吸入停止阀; 4-吸入压力表; 5-泵; 6-排出停止阀; 7-排出压力表; 8-排出管; 9-排出水柜

$v_1$ ——液体在吸入管中的流速，米/秒；

$v_2$ ——液体在排出管中的流速，米/秒；

$Z_1$ ——吸入几何高度，米；

$\Delta Z$ ——吸入压力表与排出压力表间的垂直距离，米。

由此可见，泵的压头：

$$H = E_2 - E_1 = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \Delta Z \quad (1-3)$$

如果知道泵吸排口处的压力和速度以及吸入压力表与排出压力表间的垂直距离，那么，根据上式即可求得泵的压头。当泵的吸排管径相同且吸入压力表与排出压力表间的垂直距离很近时，则泵压的头  $H$  就可近似地由吸排压差来决定，这时

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\gamma}$$

泵在管路中的压头，实际上取决于管路的工作特性。

事实上，如取  $A-A$  为基准面，那么就可对  $B-B$  列出伯诺里方程：

$$\frac{p_a}{\gamma} = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 + \Sigma h_1$$

式中： $p_a$ ——吸入液面上的压力，牛/米<sup>2</sup>；

$Z_1$ ——吸入几何高度，在吸入液面低于泵的吸入口或泵轴中心线时，取为正值，称为净正吸高，而当吸入液面高于泵的吸入口时，取为负值，称为流注高度，米液柱；

$\Sigma h_1$ ——吸入管中各种水力损失之和，米液柱。

这样，吸入压头

$$\frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma} - \left( Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \Sigma h_1 \right) \quad (1-4)$$

同样，如以  $C-C$  为基准面对  $D-D$  列出伯诺里方程：

$$\frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} = \frac{p_c}{\gamma} + Z_2 + \Sigma h_2$$

即可得到排出压头

$$\frac{p_2}{\gamma} = \frac{p_c}{\gamma} + Z_2 + \Sigma h_2 - \frac{v_2^2}{2g} \quad (1-5)$$

式中： $p_c$ ——排出容器中的压力，牛/米<sup>2</sup>；

$Z_2$ ——排出几何高度，米液柱；

$\Sigma h_2$ ——排出管中的各种水力损失之和，米液柱。

将式(1-4)和式(1-5)代入(1-3)中，并使  $v_1 = v_2$ ，于是可得：

$$\begin{aligned} H &= \frac{p_c - p_a}{\gamma} + (Z_1 + Z_2 + \Delta Z) + (\Sigma h_1 + \Sigma h_2) \\ &= \frac{p_c - p_a}{\gamma} + Z + \Sigma h \end{aligned} \quad (1-6)$$

式中:  $Z = Z_1 + Z_2 + \Delta Z$ ——吸入液面到排出液面间的总几何高度, 米液柱;

$\Sigma h = \Sigma h_1 + \Sigma h_2$ ——吸排管中的总水力阻力损失, 米液柱。

显而易见, 泵所产生的压头, 被用来克服吸排管路中的各种水力阻力, 吸排液面的压差, 并将液体提升到一定的高度。至于消耗在每项中能量的多寡, 则视泵的功用及其工作条件而定, 例如锅炉给水泵的压头, 主要消耗在克服锅炉的反压上; 压载泵的压头主要消耗在克服管路的水力阻力上; 而淡水泵的压头, 则主要用在自下而上的唧压液体中。

### 三、转 速

泵的转速就是指泵轴的每分钟回转数, 用  $n$  表示, 单位是转/分。往复泵由于结构上的特点, 其转速也可用活塞在每分钟所完成的双行程数来表示, 单位是次/分。一般说来泵轴的转速和原动机轴的转速并不都是一致的, 泵铭牌上标出的转速是指泵轴的额定转速。泵的转速对泵的重量和尺度有很大影响。

### 四、功率和效率

泵的功率有输出功率和输入功率两种。泵的输出功率 (也称有效功率) 是指单位时间内泵传给液体的能量, 用  $N_e$  表示, 并可由下式求得:

$$N_e = GH = \gamma QH \text{ 瓦} \quad (1-7)$$

式中:  $\gamma$ ——液体重度, 牛/米<sup>3</sup>;

$H$ ——压头, 米;

$Q$ ——容积排量, 米<sup>3</sup>/秒。

泵的输入功率也称轴功率, 是指原动机传给泵的功率, 常用  $N$  表示。

由于泵在实际工作中存在着能量损失, 所以泵的有效功率  $N_e$  总小于轴功率  $N$ , 并可用效率  $\eta$  来衡量。所谓效率实际就是有效功率与轴功率的比值;

$$\eta = \frac{N_e}{N} \quad (1-8)$$

效率  $\eta$  表示泵性能的好坏以及动力的利用程度。效率越高, 说明泵的工作越经济。泵效率的高低与泵本身设计的好坏有关, 也和木模、铸造、加工等工艺过程有关。各种泵的工作原理不同, 它们的效率范围也不同。一般来说, 往复泵的效率大致在75~95%的范围内, 而一般离心泵的效率则介于60~90%。

泵的效率仅是对泵本身而言的, 并没有把原动机的效率包括在内。如果计及原动机的损失, 那么泵实际上所消耗的功率就要比泵的轴功率要大。

### 五、允许吸上真空高度

允许吸上真空高度表示泵的最大几何吸入高度。即在保证泵正常工作而不产生汽蚀<sup>①</sup>的情况下, 将液体从吸入液面吸到泵入口中心的液柱高度。允许吸上真空高度越高, 说明泵的吸入性能越好, 也就是汽蚀性能越好。

泵样本或铭牌上标出的允许吸上真空高度, 是由泵制造厂在标准大气压 (760毫米汞柱) 下、输出常温 (20°C) 清水时通过试验得到的。通常是以临界状态下 (即泵刚好由于汽蚀而

① 所谓汽蚀, 就是指泵在吸入过程中因液体汽化破坏了正常吸入, 并由此产生一系列不良后果的一种现象, 详见第四章中的有关说明。

不能正常工作时) 的吸入几何高度减去 0.3 米液柱, 作为泵的允许吸上真空高度, 以符号  $H_s$  表示, 单位是米液柱。一般泵的允许吸上真空高度约在 2.5~9 米之间。

## 第二章 往 复 泵

往复泵是人类应用最早的一种机械。到 19 世纪, 随着钢铁工业的发展和蒸汽机的出现, 往复泵就有了完整的型式和品种, 并获得了广泛地应用。现今, 往复泵虽然在很多场合已被结构简单、造价低廉和排量范围更大的离心泵所代替, 但因往复泵本身具有一些特殊的优点, 诸如: 工作可靠、效率较高、压头不受排量的影响且能干吸等。因此, 在小流量、高压头以及要求自吸等场合, 往复泵仍有其无法取代的独特作用。所以往复泵大多属于专用的特殊产品, 这也是往复泵今后的发展方向。

### 第一节 往复泵的基本结构和工作原理

图 2-1 表示一往复泵的示意图。它主要由泵缸 4、活塞 5、吸入阀 3 和排出阀 8 等所组成。活塞 5 与活塞杆 6 相连, 可由原动机经传动机构带动在泵缸中作直线往复运动。泵缸 4 借吸入阀 3 和排出阀 8 可分别与吸入管 2 和排出管 9 相联通。吸入管伸入到被运送的液面以下, 下端装有吸入滤器 1, 而排出管 9 则一直通到需要用水的处所。

为了便于研究往复泵的工作原理, 我们假定下列符号:

$p_a$ ——作用在被运送液面上的大气压力, 牛/米<sup>2</sup>;

$\gamma$ ——被运送液体的重度, 牛/米<sup>3</sup>;

$h$ ——活塞经历一个吸入行程后, 进入吸入管的液面高度, 米;

$V_c$ ——吸入管及阀箱中的空气体积, 米<sup>3</sup>;

$S$ ——活塞行程, 米;

$F$ ——活塞面积, 米<sup>2</sup>;

$p_s$ ——作用在活塞上的吸入压力, 牛/米<sup>2</sup>。

当活塞处在极左位置时, 吸入管内的压力和管外自由液面上的作用压力都将等于一个大气压力。这时吸入管内外的液面高度相等。

当活塞向右运动, 泵缸 4 中的容积就会增大, 使其中的压力下降。与此同时, 阀 3 上的压力也将减少。这时, 吸入阀下方的大气压力, 即会克服作用在吸入阀上的压力, 将吸入阀顶开, 使吸入管与泵缸相联通。因此, 吸入管内的空气即因增加了泵缸空间 4 的体积而膨胀, 并使自己的压力较前减少。于是, 吸入管中的液面就会上升, 直到管内液柱面升高所对应的压力值  $\gamma h$  和泵缸内空气压力 (此时即为作用在活塞底面上的吸入压力)  $p_s$  之和重新与

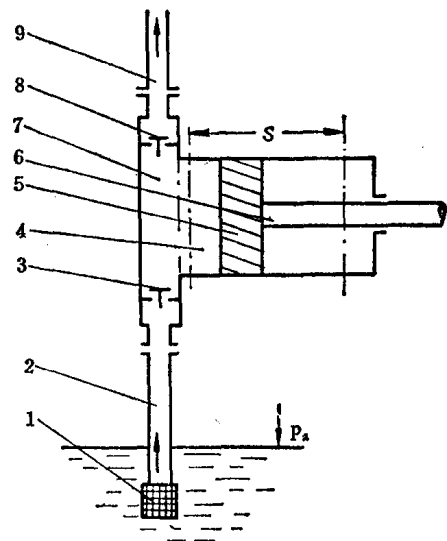


图2-1 往复泵结构简图  
1-吸入滤器; 2-吸入管; 3-吸入阀; 4-泵缸; 5-活塞; 6-活塞杆; 7-阀箱; 8-排出阀; 9-排出管

自由液面上的大气压力达到平衡时为止, 即:

$$p_a + \gamma h = p_s \quad (2-1)$$

$$h = \frac{p_a - p_s}{\gamma} \quad (2-2)$$

当活塞向右移动了一个吸入行程的距离  $S$  而处于极右位置后, 吸入管内的空气压力即可根据波义耳—马略特定律求得。即:

$$(FS + V_c) p_s = p_a V_c$$

$$p_s = \frac{p_a V_c}{(FS + V_c)} \quad (2-3)$$

将  $p_s$  代入 (2-2) 式, 可得:

$$h = \frac{p_a - p_s}{\gamma} = \frac{p_a - \frac{p_a V_c}{FS + V_c}}{\gamma}$$

$$= \frac{p_a (FS + V_c) - p_a V_c}{\gamma (FS + V_c)}$$

$$= \frac{FS p_a}{\gamma (FS + V_c)}$$

$$= \frac{p_a}{\left(1 + \frac{V_c}{FS}\right) \gamma} \quad (2-4)$$

从这里显见, 如果吸入管内的体积和液体的重度越小, 则液柱在一个活塞行程之后也就升得越高。

当活塞开始排出行程时, 吸入阀 3 在阀的自重、阀上弹簧张力以及泵缸内增长着的空气压力的作用下, 开始关闭。此后, 泵缸内的空气就将被向左运动的活塞所压缩而达到足以打开排出阀的压力。当排出阀打开后, 空气即被从排出管挤出, 直至活塞到达极左位置时为止。只有在活塞完成排出行程到达极左位置, 并开始吸入时, 排出阀才能因阀的自重、弹簧的张力和排出管内的空气压力 (这种压力将大于泵缸内下降着的空气压力) 的作用而开始关闭。当排出阀关闭后, 遗留在泵缸中的空气即开始膨胀, 直到泵缸内的空气作用在吸入阀上的压力, 加上阀本身的重量和阀上弹簧的张力小于从吸入管方向作用于吸入阀下的压力时, 吸入阀重新开启, 上述循环也就开始重新进行。

这样, 吸入管内的液体, 在活塞每一个新的吸入行程后, 都将升高, 终于使液体开始进入泵缸, 并在活塞向左运动时进入排出管。直至最后, 液体将能在吸入终了时, 充满整个泵缸, 并在排出行程中将其从排出管排出, 使泵开始正常工作。

## 第二节 往复泵的分类

往复泵构造式样的繁多已经发展到很难对其进行精确分类的程度。一般可按以下几种方式进行分类。

### 一、按活塞的构造型式

#### 1. 盘状活塞式往复泵 (见图 2-1)

在这种往复泵中, 泵缸内的活塞采用盘状。活塞的长度常取  $0.8 \sim 1.0 D$  ( $D$  为活塞直

径)。因此,采用盘状活塞时,泵缸的长度可以较短,而且排量较大。但由于它把泵缸分成两个空间,而这两个空间在工作中始终存在压差,使泵缸内部发生漏泄,故不适用于高压。

盘状活塞常由铸铁、钢、青铜或塑料等制成,在活塞上多装设活塞环,以保持活塞与缸壁间的密封,从而防止漏泄。

## 2. 柱塞式往复泵

在这种往复泵中,泵缸内的主要工作部件采用柱塞,如图2-2所示。

柱塞可由铸钢、铸铁、青铜或合金钢制成。当柱塞直径小于100毫米时都做成实心,而大于100毫米时,为减轻重量起见,则都制成空心。柱塞式往复泵因柱塞不需装用活塞环,仅加装外填料,故维修方便,并能承受较高压力。但柱塞表面必须精密加工,并应具有较高的硬度。

## 3. 隔膜式往复泵

隔膜式往复泵是往复泵中比较特殊的一种型式。图2-3即表示一液压传动的隔膜泵。

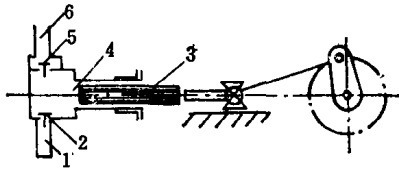


图2-2 柱塞式往复泵  
1-吸入管; 2-吸入阀; 3-柱塞;  
4-泵缸; 5-排出阀; 6-排出管

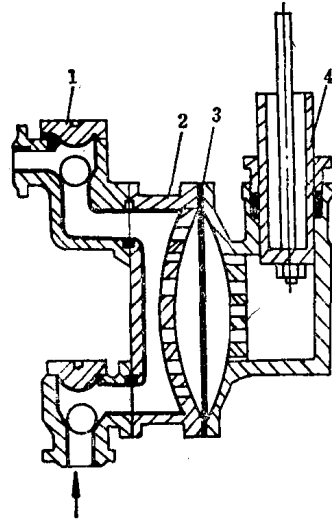


图2-3 液压传动隔膜泵  
1-泵阀部分; 2-隔膜缸头; 3-隔膜; 4-柱塞

由图可见,这种泵主要由传动机构和隔膜缸头两大部分所组成。传动部分是带动膜片来回鼓动的驱动机构。它的传动型式有机械传动、液压传动和气动传动等。其中应用最广的是液压传动,即柱塞的往复运动通过液体(一般为油液)传给隔膜,以使隔膜反复鼓动。

在隔膜缸头2中,装有隔膜片3,它可将被运送液体与柱塞4隔开。当隔膜向内运动时,泵缸工作室形成负压,吸入液体,而当隔膜向外运动时,则排出液体。由于被运送的液体只与泵缸、吸排阀以及隔膜的一侧相接触,而与柱塞以及密封装置等相隔离,故当输送泥浆一类的杂质时,即可减少泵缸、柱塞和密封装置等零件的磨损。在挖泥船上,隔膜泵可作为泥浆泵。

## 4. 阀式活塞泵

阀式活塞泵又称唧子泵,如图2-4所示

当活塞4上行时,活塞阀5关闭,吸入阀2开启,液体经吸入管1被吸进到活塞下部的泵缸空间。此时活塞上部空间中的液体则经排出阀6被排送到所需处所。

当活塞下行时,阀2和阀6关闭,而阀5开启,将活塞下部的液体压入上部,接着在活塞上行时即会再次经排出阀6排出。

在老式蒸汽机船上,阀式活塞泵多用作作为湿空气泵。

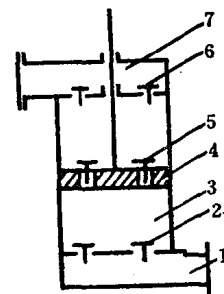


图2-4 阀式活塞泵  
1-吸入管; 2-吸入阀; 3-泵缸;  
4-活塞(或唧子); 5-活塞阀;  
6-排出阀; 7-排出管

## 二、按活塞每一往复运动中的排水行程数

### 1. 单作用泵

在这种泵中，活塞每往复一次，只有一个吸入行程和一个排出行程。象前述的柱塞泵和阀式活塞泵即属单作用泵。

单作用盘状活塞泵用于要求中小排出压力、排量不大和供水不是特别均匀的地方。在同样条件下，如要求产生较高的排出压力，则通常都采用柱塞泵。

### 2. 差动作用泵（差动泵）

如图2-5所示，当活塞5向右运动时，泵缸的左侧空间经吸入阀2吸入液体，此时排出阀3是关闭的。当活塞走完吸入行程而向左运动时，吸入阀2关闭，排出阀3开启，被吸入到泵缸中的液体，一部分被驱赶到活塞的右侧空间，而其余部分则被压送到排出管，这样，当活塞再次向右运动时，排出阀3关闭，充满活塞右侧空间的液体就会经排出管排出。由此可见，在上述的差动泵中，活塞在一个吸入行程内吸入的液体将要在活塞的两个行程内排出，故比单作用泵供液均匀。显然，如使活塞的面积两倍于活塞杆的面积，则活塞在两个行程中排出的液体量就将相等。

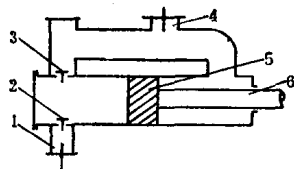


图2-5 两次排出的差动泵  
1-吸入管；2-吸入阀；3-排出阀；  
4-排出管；5-活塞；6-活塞杆

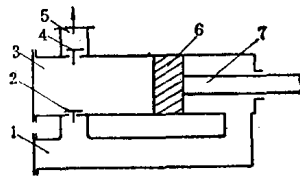


图2-6 两次吸入的差动泵  
1-吸入管；2-吸入阀；3-泵缸；4-排  
出阀；5-排出管；6-活塞；7-活塞杆

在吸入管路较长的情况下，管内必须保证有比较均匀的流动，这种要求在一定程度上可用如图2-6所示的差动泵来满足。这种泵的吸入发生在活塞的两个行程，而排出则在一个行程内完成。

### 3. 双作用泵

双作用泵的主要特点是具有两个工作空间，每个空间都有它自己的吸入阀和排出阀，如图2-7所示。

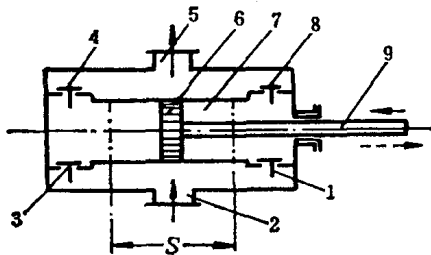


图2-7 双作用往复泵  
1-吸入阀；2-吸入管；3-吸入阀；4-排出阀；5-  
排出管；6-活塞；7-泵缸；8-排出阀；9-活塞杆

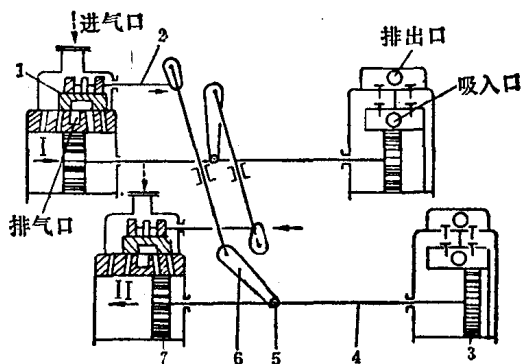


图2-8 直接作用式四作用泵  
1-配汽滑阀；2-滑阀杆；3-泵缸活塞；4-  
活塞杆；5-联接销；6-摇臂；7-汽缸活塞