

轮机员实用手册

张葆华 卢士勋 主编

上册



人民交通出版社

轮机员实用手册

Lunjiyuan Shiyong Shouce

上册

张葆华 卢士勋 主编

人民交通出版社

内 容 简 介

本书是我社1982年出版的《船用柴油机实用手册》的姊妹篇，是轮机管理人员在工作中需要经常查阅的手册。

全书分上、下两册，共11章。前4章为上册，内容包括船用泵、甲板机械、其它辅助机械、船舶制冷和空气调节装置。后7章为下册，内容包括船用燃油、船用润滑油、液压元件、传动件、通用量具、材料、计量单位。书中叙述了工作原理、各种典型结构、基本计算公式和运行管理问题，用较多的表格给出了各种技术性能参数和规格，并附有大量的插图。

本书主要供船舶轮机管理人员阅读，亦可供水运院校轮机管理专业师生参考。

轮机员实用手册

上 册

张葆华 卢士勋 主编

人民交通出版社出版发行

(北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：37.5 插页：4 字数：917千

1990年6月 第1版

1990年6月 第1版 第1次印刷

印数：0001—2110册 定价：29.00元

ISBN7-114-00781-7

U·00465

前 言

为轮机管理人员写一套实用的工具书是我们多年的愿望。这套工具书计划出三个分册。1982年已出版了《船用柴油机实用手册》。由于得到读者的偏爱，它于1985年又第二次印刷。本书是其姊妹篇。我们希望广大轮机管理人员能喜欢它。

本书内容涉及面广，它包括船舶上除柴油机以外的所有辅助机械，以及燃油、润滑油、液压元件、传动件、通用量具、材料和计量单位等。

本书侧重于远洋和沿海大型船舶，由于篇幅较大，分上、下两册。

本书的后续篇《船舶测量仪表实用手册》不久也将与读者见面。

关于船舶电气方面，由于社会上已有这方面的工具书出版，我们暂不打算求全再编写出版了。

本书编写人：第一章侯增源、江彦桥，第二章侯增源、郑士君，第三章鲁农安、吴甲斌，第四章卢士勋，第五章章宗麟，第六章阮锦江，第七章侯增源、郑士君，第八、九、十章濮龙根，第十一章孙善秋。全书由张葆华、卢士勋主编定稿。

编 者

志于上海海运学院

1989年1月

目 录

第一章 船用泵	1
第一节 离心泵	6
第二节 往复泵	51
第三节 回转泵	63
第四节 旋涡泵	69
第五节 喷射泵	75
第二章 甲板机械	78
第一节 舵机	78
第二节 起货机	184
第三节 舱口盖	192
第四节 锚机	210
第五节 绞缆机	244
第六节 救生设备	262
第七节 拖带设备	275
第三章 船舶其它辅助机械	280
第一节 辅锅炉和废气锅炉	280
第二节 分油机	342
第三节 海水淡化装置	356
第四节 空气压缩机	375
第五节 船舶防污染设备	382
第四章 船舶制冷和空气调节装置	437
第一节 船舶制冷装置	437
第二节 船舶空气调节装置	533
第三节 船舶制冷和空气调节的自动控制	563
第四节 船舶通风和货舱干燥	588

第一章 船用泵

船用泵名目繁多，类型各异，各有其适用场所。船用泵的基本功能一般不外乎三个方面：

1) 输送液体

泵将机械能转化为液体（包括水、油和其它各种液体）的动能和压力能，用以克服液体流动和传送过程中的各项阻力，使液体能够沿管道流向所需要的地方，以满足船舶压载、消防、卫生以及机械设备的冷却、润滑、供液和各种液体的驳运等需要。

2) 作为液压能源

泵将机械能主要转化为液体的压力能，通过液压系统中的各种控制元件和执行元件，转化为机械功输出，完成各项机械动作。对于在船舶上日益得到发展的各种液压设备，如液压舵机、液压起货机来说，泵是一种液压能源装置。

3) 抽吸或压送气体

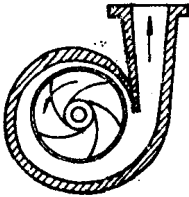
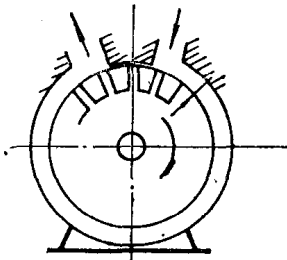
如喷射泵、水环泵等用来引水或在造水装置中抽吸气体，形成真空等。

此外，特种船舶还有各种专用泵，如捕鱼泵、挖泥泵、打捞泵等，各有其专用功能。

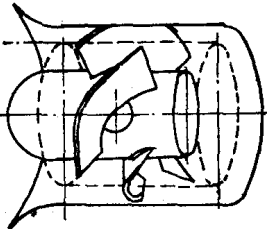
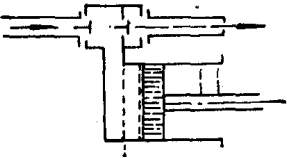
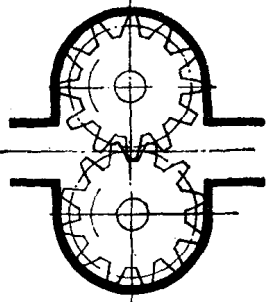
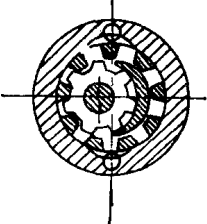
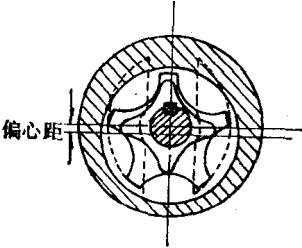
船用泵按其工作原理和结构型式分类见表1-1。

船用泵的结构类型和基本工作原理

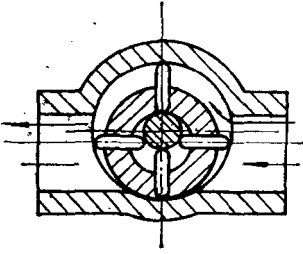
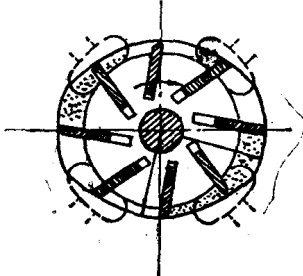
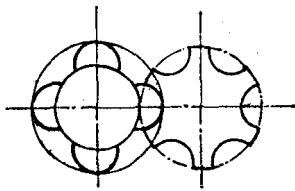
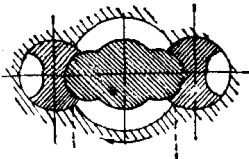
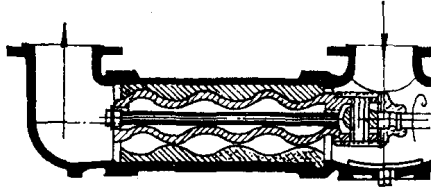
表1-1

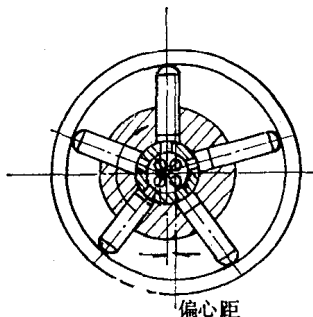
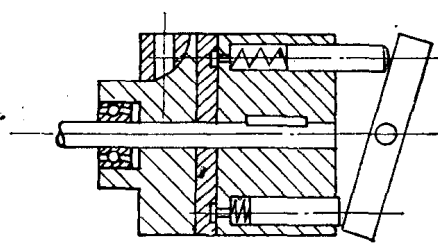
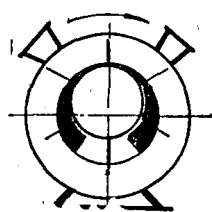
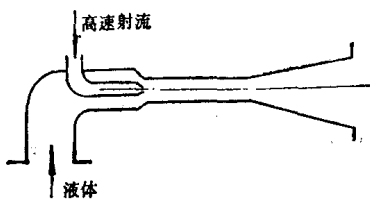
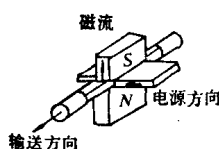
类	型	结构示意图	基本工作原理
动 力 式 泵	离 心 泵		依靠旋转叶轮对液体所产生的动力作用，将机械能传给液体，使液体的动能增加，然后通过扩压作用，将一部分动能转化为压力能，从而将液体输送到需要的地方
	旋 涡 泵		

续表 1-1

类	型	结构示意图	基本工作原理
动 力 式 泵	轴 流 泵		
	往 复 泵		利用活塞（或柱塞）的往复运动造成工作空间的容积变化，并通过吸、排阀门进行液体的吸入和排出
	回 转 式 泵	外 啮 合 齿 轮 泵 	利用泵内部件所构成的工作空间，在回转运动时产生容积变化。容积由小变大，形成真空，吸入液体；容积由大变小，将液体排出。并将机械能传给液体，提高液体的压力能，从而起到输送液体的作用 同时也可以作为提供压力油的液压能源
		内 啮 合 齿 轮 泵 	
	摆 线 转 子 泵		

续表4-1

类 型			结 构 示 意 图	基 本 工 作 原 理
容 积 式 泵	叶 片 泵	单作用		
		双作用		
	螺 杆 泵	双螺杆		
		三螺杆		
		单螺杆		
	转 泵			

类 型				结 构 示 意 图	基本工作原理
容 积 式 泵	回 转 泵	柱 塞 泵	径 向		
		柱 塞 泵	轴 向		
其 它 型 式 泵	水 环 泵				依靠旋转叶轮将机械能传递给工作液体，形成水环。叶轮转动时，它与水环所构成的工作空间产生容积变化，抽吸和压送气体
	喷 射 泵				利用高速射流产生的真空吸引周围液体，并进行动量交换，将动能传给被输送的液体，再转换为压力能，使液体排送出去
	电 磁 泵				在电磁力作用下，以相当高的速度输送液态金属。泵本身没有任何运动部件

船用泵按其在船上的用途分类见表1-2。

船用泵的名称和用途

表1-2

名 称		用 途	
通 用 泵	压 载 泵	调驳或充排各压载舱、尖舱的压载液体，保证船舶的正常吃水和航行性能 可兼作排除货舱积水、消防、卫生系统备用泵	
	舱 底 水 泵	排除前、后尖舱、货舱、机炉舱和推进轴隧中的积水。通常舱底泵至少有一台往复泵	
	消 防 泵	保证消防系统用水。所有消防泵都应由独立的原动机驱动。其总排量应不少于全部舱底泵计算排量的2/3，但货船消防泵的总排量不必大于180m³/h。消火栓处的压力：≥4000总吨的客船，0.32MPa；≥6000总吨的货船，0.28MPa	
	卫 生 水 泵	将海水输送到日用卫生水柜，供船员和旅客在生活中使用，一般由独立的原动机驱动	
	淡 水 泵	自淡水舱向日用淡水柜输送淡水，供船员和旅客生活使用。它通常由独立的原动机驱动，也可与卫生水泵由同一台原动机驱动	
动 力 装 置 用 泵	主 机、柴油发电机	海水循环泵	向主机各冷却器——活塞水冷却器、气缸水冷却器、滑油冷却器等供应海水，冷却主机淡水和滑油
		冷 却 水 泵	向主机供应冷却淡水，冷却主机的气缸套、气缸头和活塞
		燃油低压输送泵	自日用燃油柜向喷油泵输送燃油
		燃油驳运泵	驳运主机各燃油舱间的燃油。向燃油沉淀柜输送燃油
		润 滑 油 泵	自主机润滑油柜向主机各摩擦部件、主轴承、十字头轴承 供应 润滑油，进行润滑和冷却
		润滑油驳运泵	自润滑油储存柜向主机润滑油柜补充滑油和驳运润滑油
辅 助 装 置 用 泵	辅 锅 炉	给 水 泵	自热水井或补给水柜向锅炉供水
		燃 油 泵	自日用燃油柜吸油输送到喷油嘴，燃油泵排出压力即为喷油嘴喷射工作压力
	液 压 甲 板 机 械	主 油 泵	向液压系统提供压力油，通过执行元件转变为机械功
		辅 助 油 泵	向主压力油系统补偿油液，提供冷却、润滑、操纵用辅助压力油
		应 急 泵	紧急情况下启用应急
	造 水 装 置	给 水 泵	向造水装置蒸发器供水
		凝 水 泵	自冷凝器中抽吸凝水，并压送至淡水柜
		排 污 泵	将蒸发器中残存的高浓度污水排至舷外
		真 空 泵	不断抽吸蒸发造水装置中的空气，造成高真空度
	压 制 冷 装 置	冷 却 水 泵	输送冷却水，用来冷却压缩机 输送冷却水到冷凝器 冷凝制冷剂，取走制冷剂吸收的热量
		润 滑 油 泵	润滑压缩机的摩擦部位、曲轴、活塞、销、轴等部件
	排 污 装 置	污 水、污 油 泵	将经过处理的污水柜中的污水排至通岸接管或舷外
		排 渣 泵	将经过处理的粪尿排至舷外
特 殊 用 泵		货 油 泵	在油船上输送货油
		捕 鱼 泵	供捕鱼使用
		泥 浆 泵	输送泥浆

第一节 离 心 泵

一、离心泵的工作原理、类型和结构

(一)工作原理

离心泵依靠旋转叶轮对液体的动力作用,使机械能转化为液体的动能和压力能。原动机通过泵轴带动安装在轴上的叶轮旋转。由于离心力作用,液体由叶轮中心沿叶片流道向外流动。在从中心流向出口的过程中,液体的动能和压力能都增加。被叶轮甩到泵壳中的液体,沿着面积逐渐增大的蜗壳通道流动,大部分速度能(动能)转化为压力能,然后输送到排出管路中排出。由于水池液面通常作用着大气压力,而叶轮中心进口处由于液体向外排出而产生一定的真空,因此水池中的液体在压差作用下进入离心泵的吸入口。离心泵就是这样依靠旋转叶轮连续不断地从水池中吸入液体,并将液体从排出管排出去。图1-1所示是离心泵的工作原理。

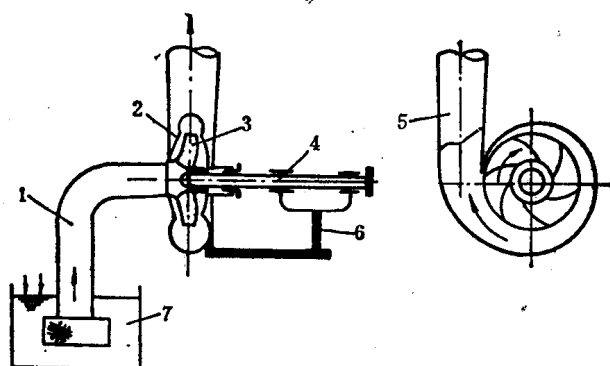


图1-1 离心泵工作原理

1-离心泵吸入管; 2-泵壳; 3-叶轮; 4-泵轴; 5-排出管; 6-支承座; 7-水池

(二)类型

离心泵的类型列于表1-3。

(三)主要零部件结构

1. 叶轮

在离心泵中,叶轮的形状、尺寸和制造精度对泵的性能起着决定作用。它是将原动机的机械能转化为液体的动能最关键的工作部件。

叶轮有闭式、半开式和开式三种结构型式。

在闭式叶轮中,叶片的前面有前盖板,后面有后盖板。中间弧形叶片一般采用后弯式,通常有5~7片。它们和轮毂共同组成闭式叶轮。由于中间形成的封闭流道,在工作时液体流失较少,效率较高,因此闭式叶轮是应用最普遍的一种,见图1-2a)。

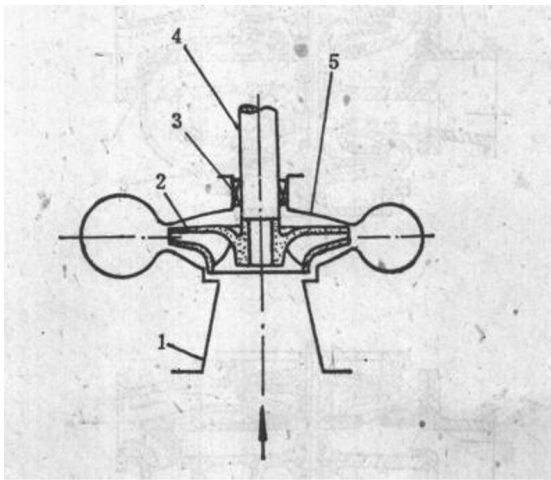
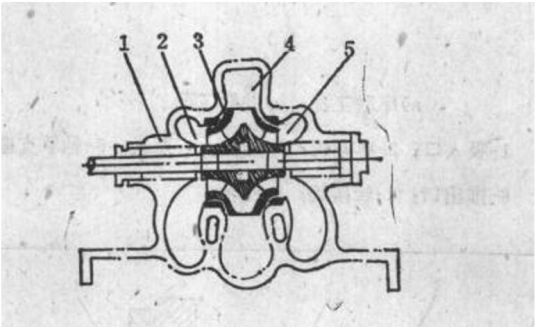
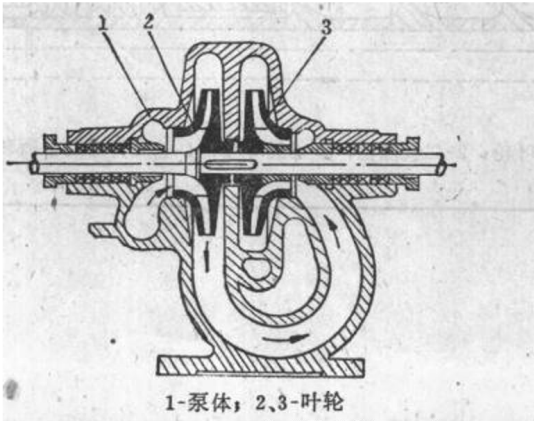
半开式叶轮有后盖板而没有前盖板,见图1-2b)。

开式叶轮是没有前、后盖板的叶轮,见图1-2c)。

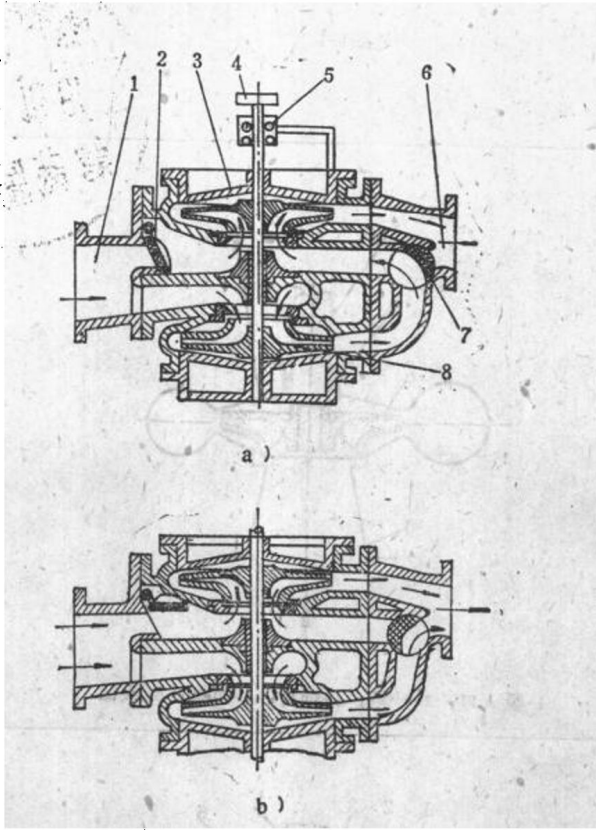
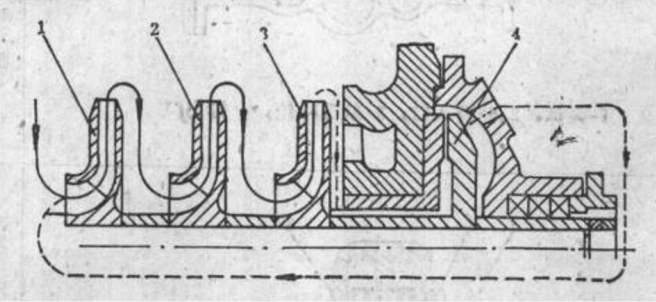
半开式和开式叶轮铸造工艺简便,但工作时液体漏失较多,效率低,一般多用于输送污水、粘性液体和含有固体颗粒的液体。

离心泵类型

表1-3

类 型	简 图	说 明
1. 卧式单级单吸离心泵	见图1-1	泵轴水平放置，叶轮装在泵轴的一端，成悬臂式。叶轮中心孔与吸入管相通，从中心吸入液体，经叶轮甩到泵壳内排出
2. 立式单级单吸离心泵	 1-吸入口；2-叶轮；3-轴封；4-泵轴；5-泵体	泵轴垂直放置，较符合船舶机舱布置
3. 卧式单级双吸离心泵	 1-泵体；2、5-吸入口；3-双吸叶轮；4-排出口	泵轴带动一个双吸叶轮，液体可从叶轮两端同时吸入，并从叶轮中间一起排出，适宜用作大排量水泵。双吸叶轮的吸入口对称布置，可使轴向推力获得平衡
4. 卧式双叶轮对称布置离心泵（两级）	 1-泵体；2、3-叶轮	泵轴带动两个相同的对称布置的叶轮。第一级叶轮2从吸入管吸入液体，经旋转叶轮提高动能、压头后进入第二级叶轮3的进口，再一次增加动能、压头后排出。叶轮对称布置，可消除或减小轴向不平衡推力

续表1-3

类 型	简 图	说 明
5.立式串并联转换离心泵	 a) 串联工况; b) 并联工况 1-吸入口, 2-单向阀, 3-端盖, 4-泵轴, 5-轴承支座, 6-排出口, 7-转换阀, 8-叶轮	泵轴同时带动两个相向对称布置的叶轮8。泵轴垂直放置, 可利用转换阀7位置的变化, 使两个叶轮成为串联或并联。前者可增大排出压头, 后者可增大排出流量。叶轮对称布置是为了平衡轴向力
6.多级离心泵	 1-一级叶轮, 2-二级叶轮, 3-三级叶轮, 4-轴向力自动平衡装置	多级离心泵可提高泵的排出压头。轴向不平衡推力大, 通常需采用液力自动平衡装置予以平衡

2. 泵体

泵体又称泵壳。叶轮放置在泵壳的空间中，液体通过旋转的叶轮后被甩到泵壳中。为了减少水力损失，泵壳起着降低速度，将一部分动压头转化为静压头的作用，然后由排出口排出液体。

泵体主要有蜗壳形和带导叶装置的两种基本型式。

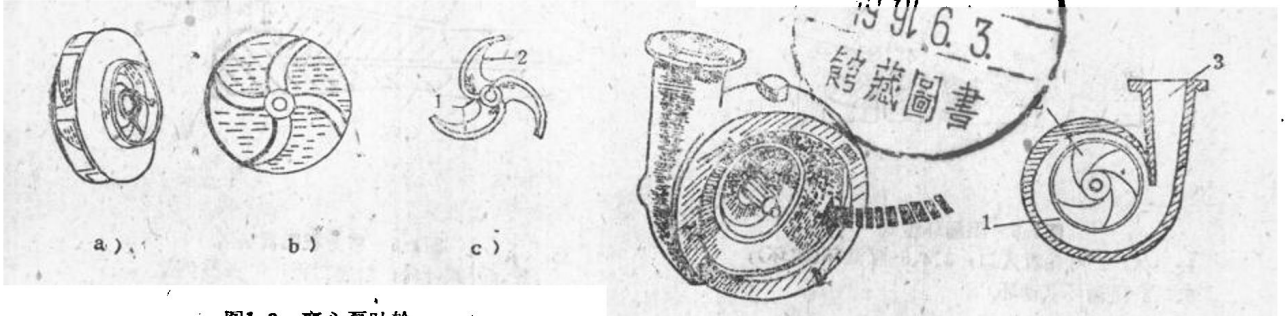


图1-2 离心泵叶轮

a) 闭式叶轮；b) 半开式叶轮；c) 开式叶轮
1-叶瓣；2-筋



图1-3 蜗壳形泵体

1-蜗壳流道；2-叶轮；3-扩压管

蜗壳形泵体又称螺线形泵体，如图1-3所示。泵壳内具有截面逐渐扩大的流道，起收集流体和减速扩压的作用。这种泵体制造方便，泵性能曲线的高效率区较宽。另外，这种泵采用切削叶轮法改变工作特性时，对泵的效率影响较小。

在泵壳中，将液体动能部分地转化为压力能的作用，主要由蜗壳后面的扩压管完成。扩压管的扩散角一般为 $6 \sim 8^\circ$ 。有时为了制造和运输方便，扩压管可单独制造，然后再组装到泵壳上。

带导叶装置的泵体如图1-4所示。在离心泵叶轮外围的泵体上，装有圆环形导轮。导轮由若干导叶做成。导叶有径向、流道式等不同型式。由导叶和导轮构成的流道主要用来收集叶轮流出的高速液体，并加以减速扩压。

一般单级泵都采用蜗壳形泵体，多级泵采用带导叶装置的泵体。

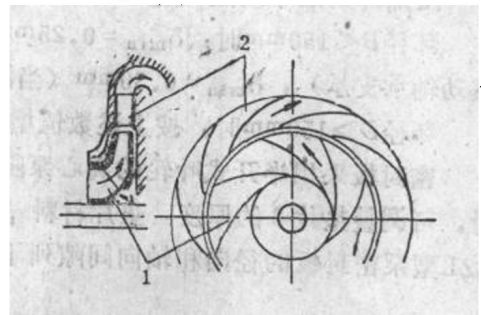


图1-4 带导叶装置的泵体

1-叶轮；2-导叶装置

3. 阻漏装置

在离心泵内，叶轮吸入口外径与泵壳之间是动配合，具有一定的间隙。由于从叶轮出口排出的液体压力高于吸入口处的压力（后者有一定的真空度），因此当离心泵工作时，不可避免会有一部分液体从泵体内回流到吸入口，使泵的容积效率降低。严重泄漏时，还会破坏泵的正常工作。因此在该处装有阻漏装置——阻漏环。

阻漏环俗称口环，又称密封环、减漏环、承磨环。它除了用来减少由高压区向低压区的液体泄漏外，还起到叶轮的承磨作用。因此它是泵的易损件之一。

阻漏环的具体结构有多种型式，基本上是圆柱平环和曲径环两种。图1-5所示是几种阻漏环的型式。

阻漏环常用铸锡青铜、铅青铜或磷青铜制成。装在泵壳上的称定环，装在叶轮上的称动环。

阻漏环的径向间隙直接影响泵的性能和工作可靠性。间隙小，泄漏少。但是间隙过

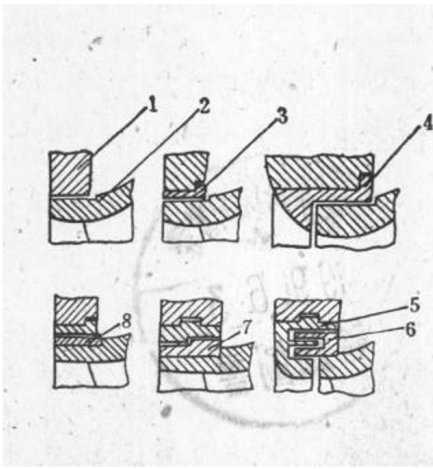


图1-5 阻漏环型式

1-泵体；2-叶轮吸入口；3、4、5-阻漏环(定环)，
6、7、8-阻漏环(动环)

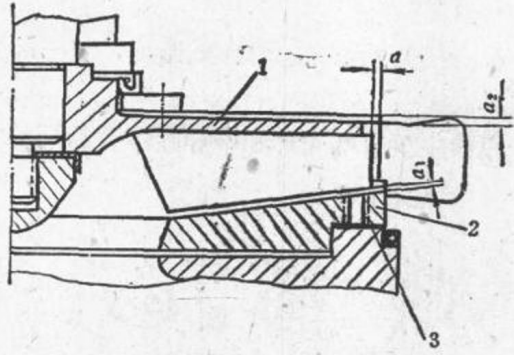


图1-6 密封板阻漏装置

1-半开式叶轮；2-密封板；3-调整垫片

小，则容易产生摩擦甚至咬死。间隙大，泄漏大，容积效率低。当磨损间隙过大时，应及时更换。

从制造和装配方便来说，采用圆柱平环较好。曲径环的曲径越多，阻漏效果越好，但制造和装配工艺要求高。因此一般离心泵大多采用平环，只有高压离心泵中采用曲径环。

阻漏环的径向间隙可按经验公式估算。

阻漏环的最大许用间隙 δ_{max} 可取为

$$\delta_{max} = 0.3 + 0.004D \quad \text{mm}$$

式中： D ——环径，mm。

阻漏环的最小间隙 δ_{min} 如下：

环径 $D < 150\text{mm}$ 时： $\delta_{min} = 0.25\text{mm}$ （泵轴用滑动轴承支承）， $\delta_{min} = 0.20\text{mm}$ （泵轴用滚动轴承支承）， $\delta_{min} = 0.30\text{mm}$ （当液温 $> 200^\circ\text{C}$ 时）

环径 $D > 150\text{mm}$ 时，按上述数值增加 $\Delta\delta$ ， $\Delta\delta = (D - 150) \times 0.001 \quad \text{mm}$

密封板采用半开式叶轮的离心泵阻漏装置，其结构如图1-6所示。当磨损间隙 a_1 过大时，可调整垫片3的厚度。垫片材料一般采用纸垫或胶质石棉纸，最大可以垫2mm厚度。CZL型泵密封板的径向和轴向间隙列于表1-4中。

密封板的径向和轴向间隙(mm)

表1-4

泵 型 号	a	a_1	a_2
2CZL-6	0.2~0.34	0.2~0.3	1~1.5
3CZL-9	0.2~0.345	0.2~0.3	1~1.5
4CZL-12	0.2~0.345	0.2~0.3	1~1.5

4.轴封装置

泵轴与泵壳间的密封称为轴封装置。它是离心泵运行中需要经常维护的部位。一般离心泵常用的轴封装置有两种型式：填料密封和机械密封。

填料密封常见的结构如图1-7所示。它主要由填料内盖、填料、水封环，压盖和调整螺

栓、螺母组成。轴封的严密性可以通过调节填料压盖的位置和填料的压紧程度来调整。若将填料压紧，则泄漏可能减少，但填料与轴的摩擦损失增大，严重时要发热，烧坏填料。对于货油泵来说，这还可能引起火灾。如果填料压得太松，则泄漏增加或使空气侵入离心泵内，破坏泵的正常工。填料密封的合理泄漏是：液体从填料中渗漏出来成滴状，每分钟泄漏量为60滴左右。

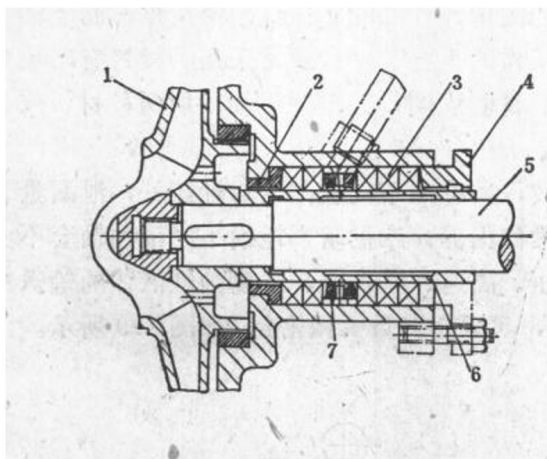


图1-7 填料密封

1-叶轮；2-填料内盖；3-填料；4-压盖；
5-泵轴；6-轴套；7-水封环

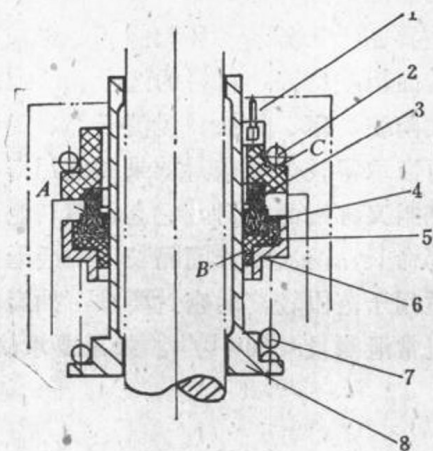


图1-8 机械密封

1-防转销；2-O形密封圈；3-静环；4-动环；5-橡胶密封圈；6-动环座；7-弹簧；8-轴套

泵轴上装有轴套。轴套的作用是保护泵轴，使轴不与填料直接摩擦而受磨损。一般更换轴套比更换泵轴经济。

填料函中间位置处设有水封环。它是由两个半圆合成的圆环，断面呈H形，环上有孔。环槽位置应对准泵壳上开设的水封管进水口，以便引入高压水。高压水沿泵轴向两端渗出，起冷却和润滑作用。

常用的填料有下列三种：

- 1) 石墨或油浸棉织填料，用于低压离心泵中输送常温清水 ($t < 60^{\circ}\text{C}$)；
- 2) 石墨浸透的石棉填料，用于中压离心泵 ($\leq 1\text{ MPa}$) 中输送温度 $< 250^{\circ}\text{C}$ 的清水；
- 3) 金属箔包石棉芯子填料，允许工作压力为 2.5 MPa ，最高温度为 400°C ，用于输送水和石油产品。

安装填料密封应注意以下事项：

1) 每圈填料接头必须错开，一般交错 120° ，应一圈一圈地放进填料腔中，注意平整服贴。

2) 将水封环对准进水口。若填料堵死进水口，则水封环会失去水封作用。

机械密封常见的结构如图1-8所示。它的主要组成件有动环密封圈、静环密封圈、橡胶密封圈、O形密封圈、压紧弹簧、座圈和防转销等。机械密封有三个密封面：

1) 动环与静环间的端面密封，见图中密封面A。它是依靠动环座上的弹簧压紧力和液体压力，使动环端面与静环端面贴紧而构成的密封面。动环随泵轴一起转动，静环靠在端盖内不动。两个端面都是经过精密加工、表面精度极高和表面粗糙度极小的平面，压紧后具有良好的密封性，相对滑摩时摩擦阻力甚小。因此，两端面之间既能保持良好的动密封性能，摩擦损失又极小。

2) 动环与轴套间的径向静密封, 见图中密封面 B 。它是依靠装在动环座上的橡胶密封圈 5 来实现的, 可防止液体沿轴套向外泄漏。橡胶密封圈与轴套和动环座之间是过盈配合, 有一定的压缩量。

3) 静环与端盖间的静密封, 见图中密封面 C 。它利用压紧的 O 形密封圈阻止液体沿静环与端盖间的装配间隙处泄漏。

担任主要密封任务的动环和静环是机械密封中的关键元件。除了保证两个滑摩端面的加工精度和表面粗糙度外, 材料的选择和匹配是良好工作的重要条件。通常采用的材料有硬质合金、金属陶瓷、钢、铸铁、浸渍石墨、铅青铜等。试验表明, 采用硬质和软质两种材料成对匹配, 可以取得较好的密封效果和使用寿命。

机械密封又称端面密封。它与软填料密封相比较, 具有如下优点: 密封性能好, 泄漏量小; 使用寿命长, 两次维修间隔长, 一般无需日常维修保养; 摩擦功率耗损小, 轴和轴套不受磨损; 适用于范围较广的密封要求, 如高温、高压、高速、高真空、强腐蚀性液体的输送等。一般正常泄漏量 $< 10 \text{ mL/h}$ 。如果要求滴液不漏, 可采用双重机械密封, 如图 1-9 所示。

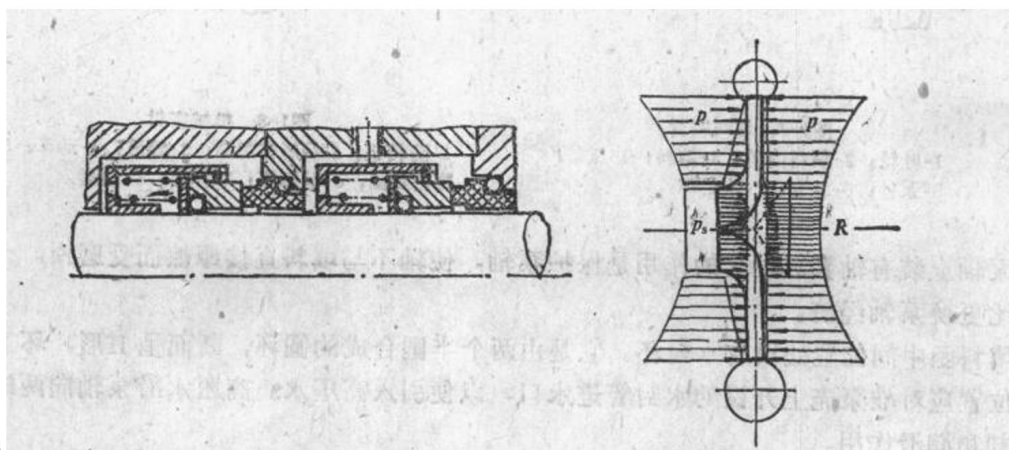


图1-9 双重机械密封

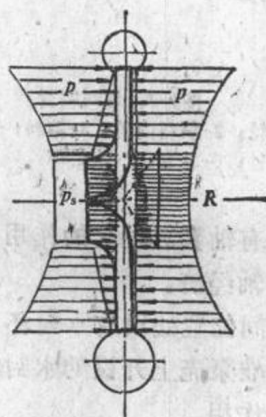


图1-10 轴向不平衡力的产生

P_1 —吸入压力; P_2 —泵内叶轮两侧分布的压力; R —轴向不平衡力

(四) 轴向力的平衡

1. 轴向不平衡力的产生

单级单吸离心泵叶轮在泵内转动时, 两侧盖水上水压力的分布情况如图 1-10 所示。一般认为, 离心泵内的液体在旋转叶轮的影响下, 压力自中心到叶轮出口是按抛物线规律分布的, 两侧应是对称的。但是由于离心泵是从中心吸入, 吸入侧阻漏环直径以内的压力是吸入压力, 低于大气压力。这就使叶轮两侧压力失去平衡, 因而产生轴向不平衡力 R , 其方向由叶轮背面指向吸入口端。

轴向力的大小与泵的扬程、吸入压力和吸入口径等有关, 一般可按下列经验公式计算:

$$R = KH\rho g\pi(r_1^2 - r_2^2) \quad \text{N}$$

式中: K ——轴向力系数;

H ——单级扬程, Pa ;

ρ ——液体的密度, kg/m^3 ;

g ——重力加速度, m/s^2 ;