

船
舶
辅
机

上
册

人

版
社

船舶辅机

上册

大连海运学院辅机教研组编



人民交通出版社



33598

船舶辅机

上册

大连海运学院辅机教研组编



人民交通出版社

1974年·北京



船 舶 辅 机

上 册

大连海运学院辅机教研组编

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一厂印

开本:787×1092 $\frac{1}{8}$ 印张:14.25 插页:1 字数:323千

1974年2月 第1版

1974年2月 第1版 第1次印刷

印数:0001—18,000册 定价(科三):1.15元

毛主席语录

无产阶级认识世界的目的，只是为了改造世界，此外再无别的目的。

自然科学是人们争取自由的一种武装。人们为着要在社会上得到自由，就要用社会科学来了解社会，改造社会进行社会革命。人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

内 容 提 要

本书共有四篇，分为上、下两册。

上册包括第一、二篇。第一篇为船用泵及系统；第二篇为甲板机械。内容力求结合我国远洋船舶实际，着重叙述远洋柴油机干货轮的辅机使用管理工作，分别对各种船用泵、船舶舱底和压载系统及其遥控、电动液压舵机和液压起货机等的工作原理、结构特点、主要性能和使用管理作了较为系统的介绍，在各章中并选用了一定数量的典型实例和有关技术资料。

本书主要供给远洋和沿海船舶轮机员以及有关院校师生阅读，也可供修造船厂和船舶辅机配套厂等有关部门的工程技术人员参考。

本书下册包括第三、四篇。第三篇为船舶冷藏与空调装置；第四篇为船舶辅助锅炉与造水装置。

目 录

第一篇 船用泵及系统

前 言	1
第一章 往复泵	3
第一节 往复泵的基本结构、工作原理和排量	3
一、往复泵的基本结构和工作	3
二、往复泵的排量和容积效率	4
三、往复泵的排量不均匀度	6
四、往复泵的工作特性	7
第二节 往复泵的正常工作条件	7
一、往复泵的正常吸入工作条件	7
二、往复泵的正常排出工作条件	11
三、空气室及其作用	11
四、往复泵的工作特性	12
五、水阀的工作	13
第三节 电动往复泵	15
一、电动往复泵的工作和基本结构	15
二、电动往复泵的检修	17
三、电动往复泵的管理	18
第四节 蒸汽直接作用泵	19
一、双缸蒸汽直接作用泵及其配汽调整	19
二、单缸蒸汽直接作用泵及其配汽调整	22
三、蒸汽直接作用泵的管理	28
第二章 回转泵	31
第一节 齿轮泵	32
第二节 螺杆泵	43
第三节 滑片泵	53
第四节 其他回转泵	58
第三章 离心泵	61
第一节 离心泵的工作原理	61
一、离心泵的基本组成和吸排原理	61
二、离心泵的压头和排量	62
第二节 离心泵的阻漏装置和轴向推力平衡装置	65
一、离心泵的阻漏装置	65

二、离心泵的轴向推力及其平衡装置	67
第三节 离心泵的工作性能	69
一、离心泵的吸入性能	69
二、离心泵的定速特性	70
三、离心泵的特性变换和变速特性	70
第四节 船用离心泵实例	75
一、单级离心泵	75
二、自吸式离心泵	76
三、串联式离心泵	84
四、离心—旋涡泵	87
五、多级离心泵	90
第五节 离心泵的管理和检修	91
一、离心泵的运行操作	91
二、离心泵的常见故障和排除方法	95
三、离心泵的装配与检修	96
第四章 舱底、压载系统及其遥控	99
第一节 舱底水系统	99
一、舱底水系统的布置原则	99
二、舱底水系统管路布置实例	101
三、喷射式舱底水泵	103
第二节 压载系统	104
一、压载系统的布置原则	104
二、压载系统的管路布置实例	107
第三节 含油污水分离设备	108
一、舱底水分油器	108
二、舱底水分油器的工作	111
第四节 舱底、压载系统的遥控与自动化	112

第二篇 甲板机械

第五章 电液舵机	118
第一节 舵机总述	118
第二节 电液舵机的主要组成和基本工作原理	120
第三节 转舵油缸的结构和工作	122
一、撞杆式转舵油缸	122
二、转叶式转舵油缸	123
第四节 变向油泵	127
一、变向油泵的结构和工作	127
二、变向油泵的故障分析	134
第五节 操纵系统	136
一、追随机构	137

二、远距离操纵机构	138
三、操纵系统的调整	146
四、舵角的指示与限制	147
第六节 电液舵机实例	147
一、撞杆式(或活塞式)电液舵机实例	147
二、转叶式电液舵机实例	162
第七节 电液舵机的管理	169
第六章 船舶起货机	173
第一节 液压起货机的主要组成及其基本工作原理	174
第二节 油马达	175
一、活塞连杆式油马达	177
二、静力平衡式油马达	178
三、内曲线式油马达	179
四、滑板式油马达	181
第三节 控制阀	182
一、压力控制阀	183
二、流量控制阀	186
三、方向控制阀	191
第四节 液压起货机实例	196
一、闭式液压起货系统实例——VJN4型液压起货机	197
二、开式液压起货系统实例——VCW5型液压起货机	202
第五节 液压油	204
第六节 电动起货机	209
一、单吊杆式电动起货机	209
二、回转式起货机	210
第七章 起锚机和绞缆机	214
第一节 起锚机和绞缆机总述	214
第二节 $\phi 57/62$ 电动起锚机	214
第三节 起锚机的维护与保养	217

第一篇 船用泵及系统

前 言

泵在船上的功用和分类

在船上，经常地需要输送水和油以及其他各种液体，例如：要经常地将污水排出船外，以免船舱积水；要不断地向主机输送燃油，以保证它的连续运行；要使锅炉持续送汽，也须及时补送给水；而滑油的供应、冷却水的循环、压载水的调驳乃至饮用水和卫生用水的供应等等，同样也都离不开运送这个环节。所以运送液体也就成了船上的一个专门问题，并且通常都是通过设置一种专门的机械——“泵”来解决的。譬如，为了排出舱底污水，就设置舱底水泵；为了输送燃油，就设置燃油输送泵；为了补充炉水，就设置锅炉给水泵；其他如滑油泵、冷却水泵、压载水泵等等，它们也都是为了运送液体才设置的。所以，船用泵尽管名称繁多，但就它们的基本功能来说主要就是一个，那就是运送液体。就这个意义来讲，泵就是一种运送液体的机械。

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地方。这是因为前者所具有的液体能要比后者为小的缘故。事实上，处于低处的舱底积水，绝不能自动地流向船外，除非通过舱底水泵向它传送机械能。所以说，泵也是一种向液体传送机械能的机械。只有对液体传送了足够的机械能，泵才能担负起运送液体的任务。

液体能可以表现为三种形式，即位能、压力能和动能（速度能）。而且根据能量不灭定律，三者可以互相转换。例如，日用水柜里的水，在沒有加压之前，由于所处位置较低，位能较小，所以无法流向高处。但是，如果将水柜封闭，并使柜内压力增加到足够大，做成所谓的压力水柜，那么柜里的水就可从所获得的压力能转换为位能和动能，而以一定的流速流到高处。

能量不灭定律还表明，泵可以通过加压或加速（增加动能）的形式，对液体增加能量。按照能量传送方式的不同，泵可分为容积式、叶片式和喷射式等几类。

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，唧压液体，把机械能传给液体，使其压力升高，从而达到输送的目的。属于这一类的有各种往复泵和回转泵。

叶片式泵主要是通过工作叶片的转动，把机械能传给液体，使其压力和流速增加，然后再使部分动能转换为压力能，从而使泵的工作获得进一步地改善。属于这一类的有各种离心泵、轴流泵和漩涡泵。

喷射式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，进行动量交换，并把动能传给被输送的流体，然后再转换为压力能，从而完成排送任务。

泵的这种分类法，揭示了各类泵工作原理的异同，有助于了解泵的特性。

在实际应用中，为了确切了解原动机的类型，常在泵前冠以原动机的名称。如：

- 由电动机带动的泵就称为电动泵；
- 由汽轮机带动的泵就称为汽轮泵；
- 由蒸汽活塞直接推动的泵就称为蒸汽直接作用泵；
- 而由主机带动的泵，则简称为随车泵。

目前，在船上广泛使用着各种电动泵，如电动往复式舱底水泵、电动回转式滑油泵以及电动离心式冷却水泵等等。

泵的性能参数

为了说明泵的基本工作性能，以便于选用和比较，通常都把表征泵工作性能的排量、压头等几个主要工作参数，称作泵的性能参数。

1. **排量** 是指泵在单位时间内所能输送的液体量，可以用容积或重量来表示，分别称之为容积排量和重量排量。前者一般用 Q 来表示，单位是公升/秒、公升/分或米³/时；后者则常用 G 来表示，单位是公斤/秒、公斤/分或吨/时。重量排量和容积排量间的关系为：

$$G = \gamma Q \text{ 公斤/时} \quad (1-1)$$

式中：

- γ ——液体的比重，公斤/米³；
- Q ——容积排量，米³/时。

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。

2. **压头** 也叫扬程。是指泵传给单位重量液体的能量，用 H 表示。单位是公斤·米/公斤=米（液柱高）。

一米压头就意味着泵使一公斤液体增加了 1 公斤·米的机械能，而 1 公斤·米的机械能恰好可以使 1 公斤的液体克服重力上升 1 米的高度。所以压头也可以理解为输送液体的高度，也就是所谓的扬程。

泵铭牌上所给出的压头，是指泵在额定工况下所能产生的压头。

压头有时也用压力 p 来代替。 p 与 H 间的关系可写成：

$$p = \gamma \cdot H \quad (1-2)$$

3. **功率和效率** 泵的功率分为输出和输入两种。

泵的输出功率（也称有效功率）是指单位时间内传给液体的能量，用 N_e 表示。并可表示如下式：

$$\begin{aligned} N_e &= GH = \gamma QH \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} & (1-3) \\ &= \frac{\gamma QH}{75} \text{ 马力,} \\ &= \frac{\gamma QH}{102} \text{ 千瓦。} \end{aligned}$$

泵的输入功率也称轴功率，是指原动机传给泵的功率，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 η 这个参数来衡量。所谓效率，实际就是有效功率与轴功率的比值：

$$\eta = \frac{N_e}{N} \quad (1-4)$$

这个比值仅仅是对泵本身而言，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当然就比泵的轴功率要大。

4. **转速** 是指泵轴每分钟回转数，用 n 表示，单位是转/分。往复泵由于结构上的特点，它的转速也可用活塞在每分钟内所完成的双行程数来表示。一般说来，泵轴转速和原动机轴转速并不都是一致的，泵铭牌上所指出的是泵轴的额定转速。

复习思考题

1. 什么叫泵？在船上有什么用处？
2. 泵可分成几类？彼此间有何异同？
3. 怎样表示泵的工作性能？
4. 泵铭牌上所指的压头和排量是否就是实际的工作压头和排量？
5. 为什么在船舶机舱里的各种泵，它们的型式都往往互不相同？

第一章 往 复 泵

第一节 往复泵的基本结构、工作原理和排量

一、往复泵的基本结构和工作

往复泵是一种依靠运动部件的往复运动，引起工作腔室的容积变化以啣压液体，从而实现能量传递的一种机械。

图 1—1 是一个往复泵的示意图。它包括泵缸 1、活塞 2、吸水阀 3 和排水阀 4 等四种基本部件。

当活塞被原动机所带动从极左位置向右移动时，活塞左侧空间的容积就不断增大，其中压力也就随着降低。当压力低到一定程度时，吸入阀 3 就被推开（这时排出阀 4 则关闭），液体就沿吸入管而进入泵缸。这就是吸入过程。吸入过程将一直延续到活塞到达自己行程的终点。

活塞在到达终点（也称右死点）后，即开始向左回行，左侧空间的体积将逐渐减小，其中的液体就会受到挤压，使压力迅速增高，以致阀门两侧形成一个内高外低的压差，迫使排出阀 4 升起，将液体沿排出管送向需用的地方。这时吸入阀 3 则始终处于关闭状态。

泵的排水作用将一直继续到活塞的左死点。在这之后，活塞又重新向右移动，开始一个新的吸入行程。这样，活塞在一个往返行程中将向外排水一次，这样的泵称为单作用活塞泵。

如果使活塞的右侧空间封闭起来，并且也象左侧那样配置二只阀门，做成如图 1—2 的

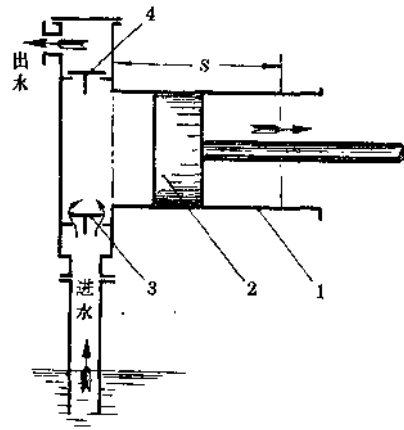


图 1—1 往复泵的结构简图

- 1——泵缸； 2——活塞； 3——吸水阀；
- 4——排水阀

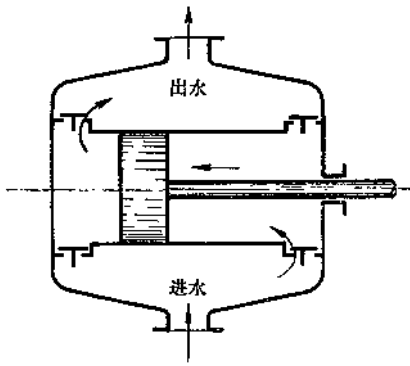


图 1-2 单缸双作用泵

形状，那么活塞在一个往返行程中，将能排水两次。这样的泵就称为双作用泵。

所以，所谓往复泵的作用数，就是指泵在一个相当于 360 度的回转时间内所能排水的次数。这种次数只与泵工作腔室的数目有关。

往复泵不但能够排送液体，而且也能排送气体，这就给工作带来很多方便。因为，在实际装置中，泵和吸入管路可能不是经常都充满液体的，也就是说，有时将充满空气。由于往复泵具有排送气体的能力，这些空气将在泵开始工作后被逐渐抽出，造成低压，让液体“自行吸入”。往复泵的这种工作能力就称为泵的“干吸能力”。

这种能力是容积式泵所特有的。但这也并不是说任何一个容积式泵都一定能够“自吸”，而要看泵的技术状态和具体工作条件而定。

二、往复泵的排量和容积效率

按照排量的定义，往复泵的排量就可以表达为活塞在单位时间内在泵腔中所扫过的容积。

假设：

F ——活塞的有效工作面积，米²；

S ——活塞的工作行程，米；

n ——活塞每分钟的往复次数或泵轴每分钟的回转数，次/分；

K ——泵的作用数。

那么，泵的理论排量，也就是它在没有泄漏等容积损失时的排量就等于：

$$Q_t = 60KFSn \text{米}^3/\text{时} \quad (1-5)$$

上式表明：泵的排量取决于活塞在一个排出行程中所扫过的容积、活塞每分钟的往复次数、以及泵的作用次数。事实上，活塞的面积 F 是固定不变的；行程 S 也是一个定值（变程泵除外）；作用数 K 在既定结构中也是一个常量，只有转速 n 在某些泵如蒸汽直接作用泵中，才可以改变。因此，对一般往复泵来说，它的排量都是恒定不变的。只有象蒸汽直接作用泵那样的变速泵和一些结构特殊的变程泵是例外。

当引用上式计算单缸双作用泵的排量时，要注意活塞有效面积的数值。对于泵的右侧空间，亦即有活塞杆穿行的空间，活塞的有效面积 F_e 就将等于：

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{\pi}{4} D^2 - \frac{\pi}{4} d^2 \\ &= \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \text{米}^2 \end{aligned} \quad (1-6)$$

式中：

D ——泵缸直径，米；

d ——活塞杆直径，米。

而整个泵的理论排量也就成为：

$$Q_t = 60 \times 2 \times \frac{1}{2} \left[\frac{\pi}{4} D^2 + \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \right] S n$$

$$= 30\pi \left(D^2 - \frac{d^2}{2} \right) S n \text{ 米}^3/\text{时} \quad (1-7)$$

上面讨论的泵排量，都没有把漏泄或其他容积损失考虑在内，所以它是一个理论值，并称为理论排量。实际上，泵所排出的液体量总少于理论排量。因为：

1. 泵的阀门、活塞环以及填料等处，都不能绝对保持严密，而是有所泄漏。
2. 泵工作时阀门的运动总不能和活塞的运动完全适应，而是有某种程度的迟滞，因而减少了泵的排量。
3. 在吸入行程中，由于压力降低，首先，溶解在液体中的气体就会逸出；其次，液体本身也可能汽化；而外界空气也有可能从填料箱或吸入管路的不严密处漏入。所有这些都将占据一部分容积，减少泵的排量。

为了表示这些损失对泵排量的影响，引用了容积效率 η_v 的概念：

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_t} \quad (1-8)$$

亦即，容积效率就是泵的实际排量 Q 和理论排量 Q_t 的比值。

容积效率 η_v 是泵总效率 η 的一个组成部分，也是经常用到的一个技术经济指标。正如上面所说，这个指标将随泵的工作条件和技术状况而定。表1—1列出了由电动机带动的往复泵的容积效率的一般数值，可供参考。

电动往复泵的容积效率

表 1—1

泵缸直径 毫米	排 量 米 ³ /时	容 积 效 率	
		新 泵	已工作过的泵
小于50	小于20	0.85~0.95	0.80~0.85
50~150	20~60	0.90~0.97	0.85~0.92
150以上	60以上	0.95~0.99	0.90~0.95

蒸汽直接作用泵的容积效率，除与泵的型式、大小、新旧程度有关外，还与使用排量与额定排量的百分比有关。表1—2列出了新泵容积效率的一般数值。

蒸汽直接作用泵的容积效率

表 1—2

使用排量 额定排量	单 缸 泵		双 缸 泵	
	大 中 型	小 型	大 型	小 型
25%	0.86	0.845	0.835	0.83
50%	0.93	0.915	0.905	0.89
75%	0.965	0.95	0.93	0.92
100%	0.97	0.95	0.935	0.925

通过容积效率，就可在理论排量的基础上进而算出泵的实际排出能力，以确定是否符合工作场所的需要；也可根据泵的实际容积效率，来判断泵的漏泄损失是否过大。

三、往复泵的排量不均匀度

上面关于泵排量的讨论，只涉及到它的数量大小，而没有考虑到它们的瞬时变化，因而就不能解释为什么由水泵排出的水，有的会显得多寡不均而呈现明显的脉动现象，也不能得出正确的解决办法。

要解决这些问题，需要引进瞬时排量的概念。我们已经知道，排量可以表示为泵在单位时间内所排出液体的体积，对往复泵来说，也就是活塞在单位时间内的位移容积。因此，当一个有效面积为 F (米²) 的活塞，以速度 C (米/秒) 排挤液体时，它的排量 q 就可写成：

$$q = FC \text{ 米}^3/\text{秒} \quad (1-9)$$

用这种方法求得的排量，就是瞬时排量。

从瞬时排量的表示式中可以看到， q 值的大小将只随活塞瞬时速度 C 的高低而变，因为面积 F 在既定的水泵中是固定不变的。

活塞的运动速度是按一定规律变化的。例如，当活塞被电动机通过曲柄连杆机构带动作等速回转时，它的运动速度就将随正弦曲线而变，如图 1—3 所示。

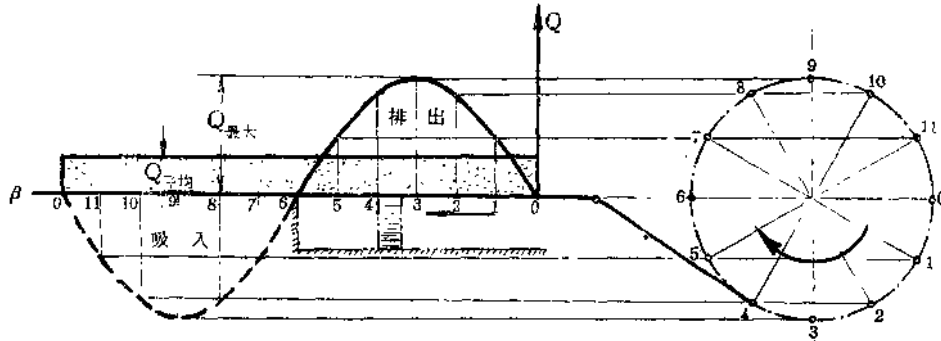


图 1—3 活塞运动速度曲线

从图上可以看到，这时的活塞运动速度是很不均匀的。

当曲柄转角 $\beta = 0$ ，亦即活塞在死点上，它的运动速度 $C = 0$ ，活塞静止不动。

当曲柄由 0° 转至 90° ，亦即当活塞从死点推向中央位置时，速度 C 将由 0 增到最大，而当 β 从 90° 转至 180° 时，速度 C 也就从最大值递减为 0。

这种情况说明，泵的活塞速度在一个排出行程内，经历着一个从零升到最大然后又降为零的变化。活塞的速度既然如此，那么它的 F 倍，也就是排量 q ，必然也存在着同样的变化。因为，只要把速度曲线纵坐标的比例缩小 F 倍，速度曲线正好就变成了排量曲线。所以它的排量也是很不均匀的。

泵排水不均匀的程度，可用不均匀度 δ 来表示。它说明最大瞬时排量是平均排量的几倍，亦即：

$$\delta = \frac{q_{\max}}{q_m} \quad (1-10)$$

q_{\max} ——泵的最大瞬时排量，米³/秒；

① 当以活塞的平均排出速度 $C_{md} = 2Sn \times 60 \times \frac{1}{2}$ 米/时代入时，即可得单作用泵的排量 $Q = 60FSn$ 米³/时。

q_m ——泵的平均排量，米³/秒。

各种泵的排量不均匀度可如下表所列：

表 1—3

各种泵的排量不均匀度

泵	单作用	双作用	三作用	四作用	蒸汽直接作用
δ	3.14	1.57	1.047	1.10	1.05~1.10

泵的排量不均匀度，是排出液流稳定与否的一个指标。往复泵的 $\delta > 1$ ，说明液流的稳定性不好，这是活塞作不等速运动的结果。为了克服这个缺点，可以采用适当增加作用次数或装设空气室的方法来补救。

活塞的不等速运动也还会给泵的工作带来其他麻烦，所以这是往复泵的一个很大的缺点。

四、往复泵的工作特性

从往复泵的基本结构和工作原理可以看到，泵的基本特点就在于依靠活塞（盘状或柱状）的往复运动，形成容积变化，从而达到排送液体的目的。它们的性能特点是：

1. 具有干吸能力。
2. 理论排量只取决于泵缸的几何尺寸（缸径和行程）、作用次数和活塞每分钟的双行程数，而与泵的工作压头无关。不论泵在任何压头下工作，它的理论排量都是一样的。
3. 泵所能产生的最高压头与本身尺度、转速、作用次数无关，而只取决于泵原动机的功率、泵的强度和有关构件的密封性能。因此，往复泵可以做成高压头、低排量的型式。
4. 往复泵的供液是不均匀的。
5. 往复泵不宜用来运送污秽的尤其是带硬颗粒的液体，以免各摩擦偶件产生过速的磨损。
6. 往复泵的工作转速，因受往复部件惯性力（包括被带动的液体）的影响，一般不能太高，否则就会影响泵的正常工作的，除非采用特殊的辅助措施。

第二节 往复泵的正常工作条件

在上一节中，我们已经对往复泵工作的一般情况作了介绍，但对它的具体工作过程，特别是有关泵正常工作的一些必要条件，仍然没有涉及。毛主席说：“人们要想得到工作的胜利即得到预想的结果，一定要使自己的思想合于客观外界的规律性，如果不合，就会在实践中失败。”因此，我们就有必要对泵的实际工作情况作进一步的认识。

一、往复泵的正常吸入工作条件

图 1—4 表示泵装置的一个简图。

正象前面所说过的一样，当活塞向右运动时，左侧泵腔内就会形成低压。这个低压，对泵的正常吸入工作关系极大。

首先，如果由于泵本身的种种原因，使低压不能达到一定的数值或者根本不能建立，那么，液体就无法利用所形成的压差而进入缸内，因此吸入工作自然也就无法进行。其次，如

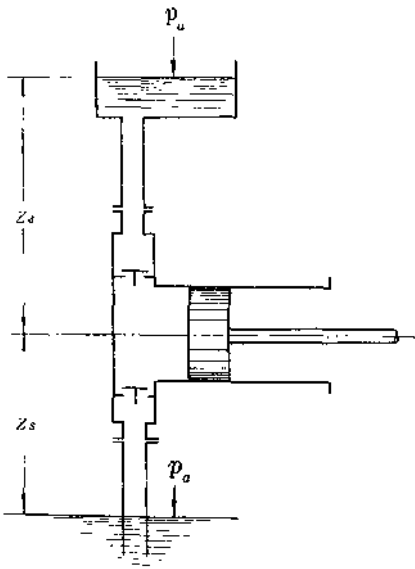


图 1-4 泵装置简图

果泵能建立低压，而在实际工作中由于外界条件的影响，以致这个压力低于所输送液体的饱和蒸汽压力，那么液体就会汽化，活塞将只能吸入蒸汽，液流因而中断，吸入工作也不能继续进行。

为了确定泵缸中的压力以判断泵的工作，可以在吸入液面和活塞工作面前（对臥式泵，可以粗略地以泵缸中心线的工作面为准）写出每公斤液体的能量关系式：

$$\frac{p_a}{\gamma} = \frac{p_s}{\gamma} + z_s + \frac{c^2}{2g} + h_{s,p} + h_{s,v} + h_i \quad (1-11)$$

式中：

- p_a ——作用在吸入液面上的压力（公斤/米²），在开口容器中，也就是大气压力；
- p_s ——作用在活塞工作面上的压力，常称为吸入压力，公斤/米²；
- γ ——液体的比重，公斤/米³；
- z_s ——吸入液面至泵缸中心线的距离，常称为几何

吸高，米；

c ——缸内液体的流动速度，在正常工作情况下，缸内液体流速与活塞的运动速度相等，米/秒；

$h_{s,p}$ ——液体流过吸入管路时的阻力损失，米（液柱高）；

$h_{s,v}$ ——液体通过吸入阀时的阻力损失，米（液柱高）；

h_i ——液体作不等速运动时的惯性阻力损失，米（液柱高）。

亦即吸入压力 p_s 等于：

$$\frac{p_s}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma} - \left(z_s + \frac{c^2}{2g} + h_{s,p} + h_{s,v} + h_i \right) \quad (1-11a)$$

根据前面的分析，为了保证泵装置的工作，吸入压力必需同时满足下面两个条件，即：

$$\frac{p_s}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma} - \left(z_s + \frac{c^2}{2g} + h_{s,p} + h_{s,v} + h_i \right) > \frac{p_v}{\gamma} \quad (1-12)$$

$$\frac{p_s}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma} - \left(z_s + \frac{c^2}{2g} + h_{s,p} + h_{s,v} + h_i \right) > \frac{p_{s,p}}{\gamma} \quad (1-13)$$

式中： p_v ——液体在运送温度下的饱和蒸汽压力，公斤/米²；

$p_{s,p}$ ——泵本身所固有的吸入压力，公斤/米²。

为了满足 1-13 式的要求，管理人员就须保持泵的良好技术状态，保证各密封元件的密封性能并消除系统中的泄漏。

为了满足 1-12 式的要求，在泵工作时就需确切掌握液体的温度。因为 p_v 的大小是随温度而变的。表 1-4 列出水在各种温度下的饱和压力。

从表上可以看出，当水温等于 100°C 时，它的饱和压力 p_v 就等于 p_a ，这样 (1-12) 式显然就无法成立。在这种情况下即使泵具有极好的吸入性能，也无法从泵以下的自由液面上吸进水来。但是如果把吸入液面移到泵中心线以上，象有些锅炉给水泵装置中所常见到的

那样，那么，(1—12)式将仍可以得到满足。这时，吸高 z_s 将变成一个负值，并称之为流注高度。

水在各种温度下的饱和压力

表 1—4

水 温 °C	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
饱和压力 米水柱	0.09	0.12	0.24	0.43	0.75	1.26	2.03	3.18	4.83	7.15	10.33

为了满足(1—12)式的要求，保证正常工作，还应顾及：

1. 吸入液面上压力 p_a 的影响。因为 p_a 越小， p_s 也就越低（假定这时的损失不变），泵不能正常工作的可能性也就越大。因此，当 p_a 很低或是可能发生变化时，管理人员就需格外予以注意。例如，由于冷凝器中的压力很接近于凝水的饱和压力，所以对凝水泵的工作就应格外注意。一旦冷凝器中的压力进一步降低（真空度过高），凝水泵的工作就有失常的可能。

2. 吸高 z_s 的影响。当其他条件不变时， z_s 越大，吸入压力 p_s 就越小，要满足(1—12)式的要求也就越困难。当吸入液面上仅作用着大气压力时， z_s 值一般都不宜超过5~6米。如果计及较长的吸入管路中的损失，那么 z_s 的值还需降低，否则就有可能使泵的工作失常。因此，当泵的吸入液位变化时，管理人员就需注意调节泵的工作（如改变泵转速），以适应 z_s 的变化。

3. 活塞速度及管路阻力的影响。活塞速度的大小，影响着跟活塞一起运动的液体的速度和管路中的阻力。从水力学中已经知道，液体的速度头亦即动压头可以写成 $\frac{c^2}{2g}$ （对于动力泵 $c = r\omega(1 - \cos\beta)$ 是一个变量，当 $\beta = 90^\circ$ 时有最大值）

而管路阻力则等于：

$$h_{s,p} = \lambda \frac{L_e}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = \lambda \frac{L_e}{d} \cdot \frac{F}{f} \cdot \frac{G^2}{2g} = K \frac{G^2}{2g} \quad (1-14)$$

式中： L_e ——包括弯头等管路附件在内的吸入管的当量长度^①，米；

d ——吸入管内径，米；

v ——吸入管内流速，米/秒；

λ ——流阻系数；

F/f ——泵缸工作面积与吸入管通流面积之比。

可见，活塞速度愈高， $\frac{c^2}{2g}$ 及 $h_{s,p}$ 的损失就愈大，而 $\frac{p_s}{\gamma}$ 则就愈小，在极端情况下，甚至可使泵不能吸水。为此就应经常地采取措施，以尽量减少管路阻力损失。如定时清洗过滤器；清除被污秽或是被局部堵塞的管段，以及使各停止阀保持足够的开度等等，如有必要，还应采取降速措施，以适应(1—12)式的需要。

4. 吸入阀阻力的影响。阀的阻力包括通流阻力和开启阻力两方面。前者是指阀开启后的流阻，常包括在管路损失 $h_{s,p}$ 中，后者即为打开阀门所需的力，并可写成：

$$h'_{s,v} = \frac{G + p_c}{f_v \gamma}$$

① 所谓当量长度，就是指一段直管的长度，它的流阻，相当于同口径的某一附件（包括异径管段）。这里所指的当量长度，包括吸入管水身的长度在内。