

黄世桥 编

化工用离心泵

化学工业出版社

化 工 用 离 心 泵

黄世桥 编

517610

化学工业出版社

本书系统、完整地叙述了化工常用离心泵的工作原理、结构、性能，选型及使用维修等方面的基本知识；简要地阐明了离心泵基本理论，并从理论上对其性能及性能曲线进行分析。对化工用泵的类型、特殊泵的结构特点和性能及输送特殊液体时的性能换算也做了适量的介绍。书中各章均有例题和复习题；附录中还收集了部分选泵资料。

本书可供从事化工泵工作的工人、管理干部阅读，也可供有关学校师生教学参考。

化 工 用 离 心 泵

黄世桥 编

化学工业出版社 出版

(北京和平里七区十六号楼)

兰州新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $11^{7/8}$ 字数262千字 印数1—6,500

1982年5月北京第1版 1982年5月甘肃第1次印刷

统一书号15063·3310 定价0.95元

序 言

离心泵是国民经济各部门广泛使用的输送液体介质的设备，而化工系统使用的离心泵又有许多特殊的要求。为了使化工生产战线上从事这方面工作的工人，尤其是广大青年工人，尽快掌握这方面的基本知识特编写此专业读物。

编者认为，我国很多泵的制造和使用部门，长期来存在着不重视泵效率的现象，这是违背企业管理的经济核算原则的。产生这些现象的原因可能是由于对离心泵的基本知识不了解，但这种现象所引起的后果是严重的。编写此读物也是为了使有关管理人员了解这方面的基础知识。尽快改变那种不合理的状况。

此读物在介绍了泵的各种类型后，着重讲述了离心泵的工作原理、结构、性能、选型、使用诸方面的基本知识和泵的维修等专业基础知识。并介绍了有关流体力学知识和离心泵的基本理论。至于将有关液体知识放在首章，是为了有一个共同的语言，以便分析讨论；基本理论列于末尾，旨在使读者有了一定的实际知识后再在理论上予以总结，提高一步。

“泵”是化工装置的主要机器之一，是化工工人，尤其是化工机械工作者的重要工作对象，学习掌握上述化工泵知识对他们来说，是甚为必要的。

鉴于目前我国不少老厂中所使用的特殊泵由自己制造的实际情况，本书扼要地介绍了自制泵性能指标的测定和特性

曲线的绘制及实验方法。

本书在编写时，力求语言上通俗易懂，内容上由浅入深。为帮助理解，安排了较多的插图。公式推导、单位换算也尽量详细。此外，还附有一定数量的例题、习题、复习思考题，以加深、巩固对各个内容的理解。附录中还附有习题答案，便于自学者比较对照。

由于水平有限，缺点、错误在所难免，恳切期待广大读者批评指正。

编 者

1979年12月

常用符号和单位

符 号	意 义	单 位
V	体积	米 ³
G	重量	公斤
γ	重度	公斤/米 ³
m	质量	千克
g	重力加速度, $g = 9.81$	米/秒 ²
ρ	密度	千克/米 ³ , 公斤·秒 ² /米 ⁴
t	温度	℃
p	压力	公斤/厘米 ²
h	液柱高度	米(毫米)
P_v	饱和蒸气压	公斤/厘米 ²
c	流速	米/秒
Q	流量	米 ³ /秒
d	管径	米
F	液柱断面, 活塞截面	米 ² , 厘米 ²
μ	动力粘度	厘泊
ν	运动粘度	厘沲
λ	摩擦系数	
l	直管长度	米
Re	雷诺准数	
ζ	局部阻力系数	
$h_{损}$	阻力损失	米
π	圆周率, $\pi = 3.1416$	
Σ	相加的总和	
Σh_1	泵吸入侧总的阻力损失	米液柱
Σh_2	泵排出侧总阻力损失	米液柱

符 号	意 义	单 位
Z	几何高度(位能)	米(液柱)
E	能量	米液柱
H	泵扬程	米液柱
P	离心力	公斤
n	转速	转/分
n_1	比转数	
ω	角速度	弧度/秒
D	直径	米
R	半径	米
η	效率	%
[Hs]	允许吸上真空度	米
[Δh]	允许汽蚀余量	米
K	系数	
w	相对速度	米/秒
u	圆周速度	米/秒
b_2	叶片出口宽度	米
S	行程	厘米
i	叶片数	
α	绝对速度与圆周速度 的夹角	
β	相对速度与圆周速度 的夹角	
A	功	公斤·米
q	流量损失或活塞杆所占 工作容程	
N	功率	千瓦
δ	间隙或叶片厚度	厘米

目 录

序言

常用符号和单位

第一章 液体基本知识	(1)
第一节 重度、温度、压力	(1)
第二节 流速、流量、流量平衡	(7)
第三节 粘度	(10)
第四节 阻力、能量平衡	(14)
复习、练习题	(23)
第二章 化工用泵的类型和工作原理	(25)
第一节 叶片式泵	(26)
第二节 容积式泵	(44)
第三节 流体动力泵	(58)
复习、练习题	(65)
第三章 化工常用离心泵结构	(66)
第一节 离心水泵	(66)
第二节 离心油泵	(80)
第三节 耐腐蚀泵	(84)
第四节 杂质泵	(93)
第五节 机械密封	(98)
复习题	(111)
第四章 离心泵装置的性能	(112)
第一节 离心泵的性能	(112)
第二节 输送系统性能	(136)
第三节 装置性能和工作点	(143)

第四节	离心泵基本性能测试和曲线绘制	(147)
复习、练习题		(151)
第五章	化工用特殊离心泵	(153)
第一节	拉波泵	(153)
第二节	玻璃泵	(156)
第三节	塑料泵	(162)
第四节	陶瓷泵	(167)
第五节	石墨泵	(170)
第六节	管道泵	(173)
第七节	屏蔽泵	(176)
第八节	高速液氨泵	(179)
第九节	低温泵	(184)
第十节	专用水泵	(188)
复习题		(190)
第六章	化工用泵的选型	(192)
第一节	选型依据	(192)
第二节	选型步骤	(195)
复习、练习题		(214)
第七章	离心泵的使用与维护	(215)
第一节	离心泵的并、串联工作	(215)
第二节	泵装置设计中有关问题	(221)
第三节	安装注意事项	(229)
第四节	离心泵的运行和维护	(238)
复习题		(248)
第八章	离心泵的拆装与检修	(250)
第一节	离心泵的拆卸与装配	(250)
第二节	离心泵的检查与修理	(258)
复习题		(272)
第九章	离心泵的基本理论	(273)
第一节	所谓速度三角形	(273)

第二节 离心泵的基本方程式	(278)
第三节 离心泵性能曲线的理论分析	(285)
第四节 离心泵的吸入性能	(293)
第五节 离心泵的相似和比转数	(296)
复习、练习题	(312)
附录	(314)
一 单位换算	(314)
二 水的物理性质	(316)
三 某些液体的重度和粘度 (20℃)	(318)
四 常用管子规格	(321)
五 离心泵常用材料	(322)
六 BA(B)型离心泵性能	(326)
七 Sh型离心水泵性能	(336)
八 DA型离心式多级泵性能	(341)
九 Y型油泵性能 (摘录)	(345)
十 F型耐腐蚀泵性能 (摘录)	(351)
十一 FY型耐腐蚀液下泵性能 (摘录)	(356)
十二 GC型离心水泵性能 (摘录)	(358)
十三 N·NL型冷凝水泵性能 (摘录)	(360)
十四 R型热水循环泵性能 (摘录)	(361)
十五 PW型污水泵性能	(364)
十六 YG型离心管道泵性能 (摘录)	(367)
十七 练习题答案	(369)

第一章 液体基本知识

泵是输送液体的。液体在泵内获得能量的同时不仅其物理性质（如压力、温度等）要发生变化，还伴有阻力、流量等等问题。为了深入了解泵的性能，以及在讨论泵的工作过程中、进行一些理论计算时有一个共同的语言，有必要首先介绍一下液体的有关名词术语和液体的基本物理现象。

第一节 重度、温度、压力

每个物体总有一些能标志它特征的物理量，就拿我们人来说，也有身長、体重等等之别。这些特征量，在工程上叫参数。液体的重度、温度、压力等就是表示液体所处状态的基本参数。

一、重度和密度

液体是流体的一种，具有流动性。它的体积可按容器的充盛部分来确定，如容器是矩形的，按立方体计算，是圆桶形的，按圆柱体计算等等。

液体的重度，是1立方米（米³）液体的重量。设液体的体积为V米³，重量为G公斤，则G和V之比就是重度，以符号 γ 表示之，即

$$\gamma = \frac{G}{V} \text{ 公斤/米}^3 \quad (1-1)$$

例如0.5米³浓度为98%的浓硫酸重915公斤，则该浓硫酸的重度为915公斤 $\div$ 0.5米³=1830公斤/米³。

工程上所讲的重度跟物理学中的比重，其意义是一样的，只不过它们的单位表示法不同而已，后者的单位为克/厘米³。而工程上有时也讲比重，那是指该液体的重度与水的重度之比值，如上列浓硫酸，比重 = $\gamma_{\text{硫酸}}/\gamma_{\text{水}} = 1830/1000 = 1.83$ 。

如又设液体的质量为 m 千克（注意此质量不是标志好和坏的质量，而是物质的含量），则单位体积液体所具有的质量称为密度，以 ρ 表示之

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ 千克/米}^3 \quad (1-2)$$

在工程计算中密度的单位除了千克/米³或克/厘米³以外，还有以公斤·秒²/米⁴表示的，那是“工程单位制”中 ρ 的单位（参见图 1—6），此时质量 m 的单位不是千克，而是公斤·秒²/米。

众所周知，物体的质量 m 等于其重量 G 除以重力加速度 g （ g 是一个不变的数值 9.81 米/秒²）这就是说，质量与重量的关系，是成正比的，重度 γ 大的液体，它的密度 ρ 也大，据此就有：

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{G/g}{V} = \frac{G}{V} \cdot \frac{1}{g} = \frac{\gamma}{g} \text{ 公斤秒}^2/\text{米}^4 \quad (1-2)'$$

二、温度

温度对液体体积影响不大，但它对液体的粘度、腐蚀性、以及泵的轴封等均有影响，所以有时也得指明温度。

温度常常以 $t^\circ\text{C}$ 表示，“ $^\circ\text{C}$ ”是百度温标，即以标准大气压下水的冰点为 0°C ，水的沸点为 100°C 。

三、压力

工程上讲的压力实际上是单位面积上的力，是压力强度（压强），用符号 p 表示。这单位面积一般是厘米²，所以压

力的单位为公斤/厘米²，但计算时为了统一单位，通常用公斤/米²。由于1米=100厘米，所以

$$1 \text{ 公斤/厘米}^2 = 10000 \text{ 公斤/米}^2 = 10^4 \text{ 公斤/米}^2$$

1 公斤/厘米²也叫1个大气压。我们周围空气的大气压力不一定是一个大气压，大气压力 $P_{\text{大气}}$ 随地势高低而变化（参见表1—1），地势高（即海拔高），大气压力低，但我国大部分平原地区，均可近似地取大气压力为1个大气压。

表1—1 不同海拔高度时的大气压力

海拔高度,米	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000
大气压力 $P_{\text{大气}}$ 公斤/厘米 ²	1.03	1.02	1.01	1.00	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.86	0.84

液柱高度也可用来表示压力，如图1—1所示。尤其是压力很低的地方，如用液柱高度表示的压力计读数反而比金属压力表准确。从图可见，液体比重大的，液柱低，液体比重小的，液柱高。我们可以选择适当比重的液体来测量压力。

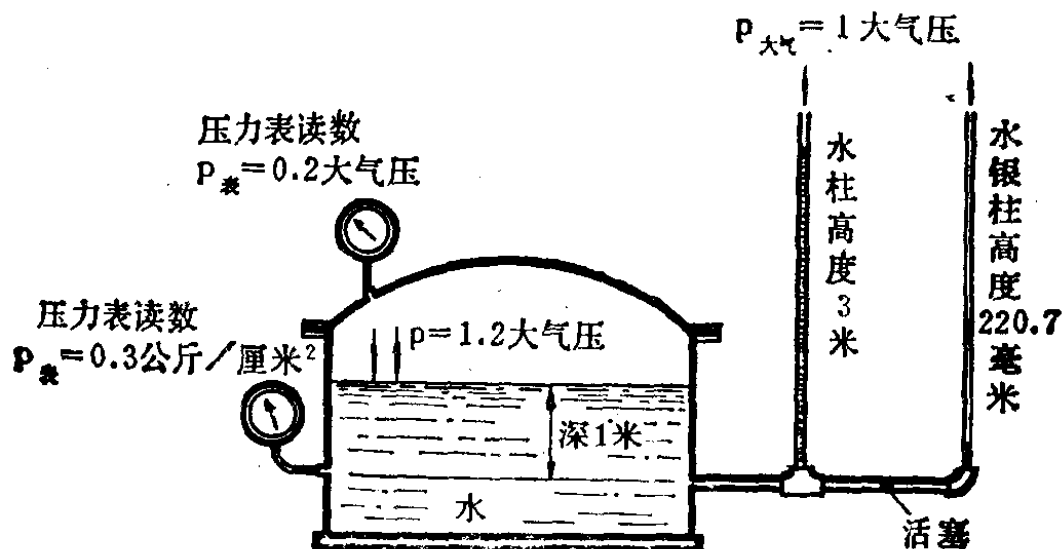


图1—1 压力表读数和液柱高度示意图

因为10米高的水柱（或735.6毫米水银柱）的重量作用在1厘米²底面上的力正好是1公斤，所以有：

1 大气压（公斤/厘米²）= 10米水柱 = 735.6毫米水银柱。

即液柱和大气压公斤/厘米²之间，有如下关系：

$$p = h\gamma \quad (1-3)$$

式中 h —液柱高度，米；

γ —该液体的重度，公斤/米³；

p —压力，公斤/米²，换算时要注意单位的统一。

从图 1—1 还可见，压力表只能读出容器内外压力的差值0.2和0.3大气压，这个差值叫表压，用 $p_{\text{表}}$ 表示。而容器内液面的1.2大气压或液下1米深处的1.3大气压，才是实际压力，叫绝对压力。

如果容器内压力比外界大气压力低，那么，低多少这个差值叫真空度，用 $p_{\text{真}}$ 或液柱高度 $h_{\text{真}}$ 表示，如图1—2所示。

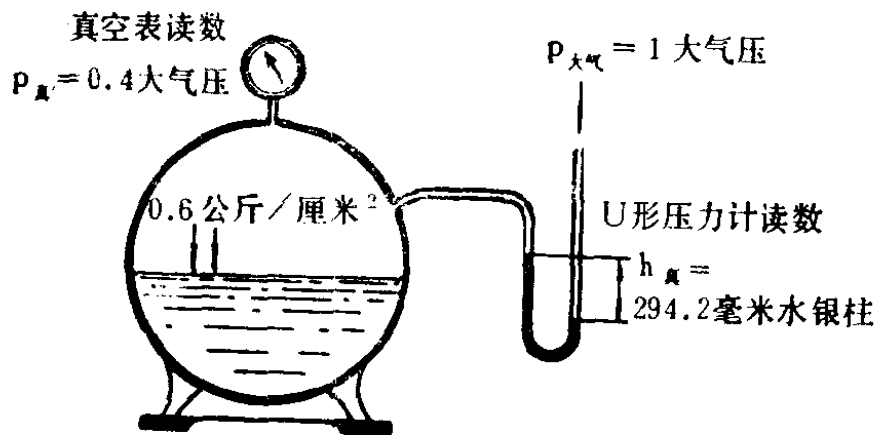


图 1—2 具有真空度时压力关系示意图

同样，器内的0.6大气压是绝对压力，而1大气压 $-0.6 = 0.4$ 大气压，或 $735.6 - 0.6 \times 735.6 = 294.2$ 毫米水银柱则是真空度。

综合上面两种情况的讨论，可以归纳为：

当容器或管路内压力大于外界大气压力时

绝对压力 = 大气压力 + 表压

即
$$p = p_{\text{大气}} + p_{\text{表}} \quad (1-4)$$

当容器或管路内压力低于外界大气压力时

则
$$p = p_{\text{大气}} - p_{\text{真}} \quad (1-5)$$

〔例 1—1〕在一台离心泵的排出口处的压力表读数为 3 公斤/厘米²，吸入口处真空计读数为 200 毫米水银柱，若当地大气压力为 770 毫米水银柱，试问泵的排出口和吸入口绝对压力各是多少？

解 根据题意，已知条件为：

泵排出口： $p_{\text{表}} = 3$ 公斤/厘米²

泵吸入口： $p_{\text{真}} = 200$ 毫米水银柱 $= \frac{200}{735.6}$ 公斤/厘米²

大气压力： $p_{\text{大气}} = 770$ 毫米水银柱 $= \frac{770}{735.6}$ 公斤/厘米²

分别代入公式 (1—4) 和 (1—5)，可求得
泵排出口的绝对压力：

$$\begin{aligned} p_{\text{排}} &= p_{\text{大气}} + p_{\text{表}} = \frac{770}{735.6} + 3 = 1.05 + 3 \\ &= 4.05 \text{ 公斤/厘米}^2 \end{aligned}$$

泵吸入口的绝对压力：

$$\begin{aligned} p_{\text{吸}} &= p_{\text{大气}} - p_{\text{真}} = 1.05 - \frac{200}{735.6} = 1.05 - 0.27 \\ &= 0.78 \text{ 公斤/厘米}^2 \end{aligned}$$

〔例 1—2〕 已知 1 公斤/厘米² 相当于水银柱高度 735.6 毫米，试求水银的比重为多少？

解 按公式(1-3), $\gamma = \frac{p}{h}$,

其中: $p = 1 \text{ 公斤/厘米}^2 = 10000 \text{ 公斤/米}^2$,

$h = 735.6 \text{ 毫米} = 0.7356 \text{ 米}$,

所以水银重度为

$$\gamma = \frac{p}{h} = \frac{10000}{0.7356} = 13600 \text{ 公斤/米}^3$$

即比重为13.6克/厘米³。

在此,我们还必须明确一个名词,叫“饱和蒸气压”。大家知道,液体同别的物质一样,也是由分子组成的,且分子是在不停地运动着。在液面上,有些动能较大的液体分子既会从液体中跳出来,跑到空间去,成为蒸气分子;有些气分子也会从空间又一头钻入液体中,成为液体分子。对应于一定温度,液面上就有一定数目的蒸气分子。这些蒸气分子对容器壁的撞击力,就是饱和蒸气压,简称饱和蒸气压。一般说来,温度愈高,饱和蒸气压也愈高。如果液面压力等于或小于该液体温度时的饱和蒸气压,则不仅液体表面分子能跳出来,就是液体内部的液体分子也会成为蒸气分子,形成气泡,即所谓“水开了”,液体“沸腾”了。此时因为液体汽化了,所以这时的饱和蒸气压也叫汽化压力。

饱和蒸气压用 p_v 表示,不同温度时水的饱和蒸气压参见附录二“水的物理性质”。对应于一定饱和蒸气压的温度叫饱和温度或沸点,用 t_v 表示。前面讲的一个标准大气压*时水的沸点为100℃,这100℃是一个标准大气压的水的饱和温度,也可说这一个标准大气压是100℃水的饱和蒸汽压。饱和

* 标准大气压也称物理大气压,它等于1.0332公斤/厘米²。

蒸气压是一个很重要的概念，后面常常提到它。

第二节 流速、流量、流量平衡

一、流速和流量

液体当受到外力（如重力、压力、离心力等）作用并失去平衡时，便会产生流动。流动的快慢，是用流速 C ，即每秒钟流过的距离来表示的，单位为米/秒。

如果与流速方向相垂直的管路横截面（也叫液流断面）面积为 F 平方米，那末在单位时间内液体流过该横截面的量便是流量 Q ，

$$\text{即 } Q = CF \text{ 米}^3/\text{秒} \quad (1-6)$$

Q 是体积流量，离心泵中常用到它，其单位也可有米³/时或升/秒，换算关系为：

$$1 \text{ 米}^3/\text{秒} = 1000 \text{ 升/秒}$$

$$1 \text{ 升/秒} = \frac{0.001 \text{ 米}^3}{\frac{1}{3600} \text{ 时}} = 3.6 \text{ 米}^3/\text{时}$$

流量是由生产任务，泵的送液量决定的，是一个已知的数值，我们只要选定一个液体的适宜速度，就能用公式（1—6）确定管道的截面。对于水及低粘度液体，一般取流速为 1～3 米/秒，对高粘度液体，则不超过 0.5～1.0 米/秒。

如果管道是圆形的，则管内径 $d_{\text{内}}$ 可以这样推得：

$$\text{由 } Q = CF = C \frac{\pi}{4} d_{\text{内}}^2 = 0.785 C d_{\text{内}}^2$$

$$\text{所以 } d_{\text{内}} = \sqrt{\frac{Q}{0.785 C}} \text{ 米} \quad (1-7)$$

〔例1—3〕 有一离心水泵，将水池中的水输送至冷却