

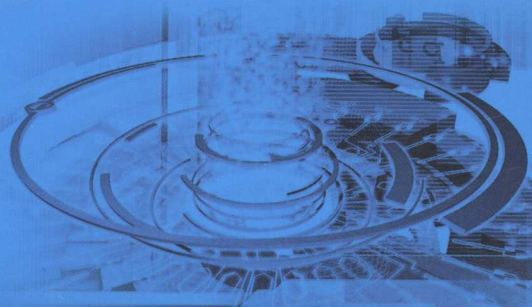


普通高等教育“十二五”创新型规划教材

化工机器

HUAGONG JIQI

主 编 孟根其其格



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十二五”创新型规划教材

化 工 机 器

主 编 孟根其其格
副主编 闫秀芳 贾叶芬
参 编 马文龙 路 宏
王文婷 王 欣

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书以能力培养为目标,以应用为目的,贴近生产实际,具有很强的实用性。

全书共4章,包括离心泵、离心机、活塞式压缩机、离心式压缩机,并附有思考题。

本书可作为高等院校化工设备维修技术专业和化工设备与机械专业的必修课教材,也可作为各专业学生公共选修课教材,还可作为石油化工类其他专业的工程技术人员自学用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

化工机器 / 孟根其其格主编. —北京:北京理工大学出版社, 2013. 1
ISBN 978 - 7 - 5640 - 7258 - 2

I. ①化… II. ①孟… III. ①化工机械 IV. ①TQ05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 005766 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京市通州富达印刷厂

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 15.25

字 数 / 282 千字

版 次 / 2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 42.00 元

责任编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题,本社负责调换



前 言

本书以培养能力为目标,以应用为目的,贴近生活实际,具有很强的实用性。

本书分为离心泵、离心机、活塞式压缩机、离心式压缩机四个部分,重点介绍了机器的结构、工作原理、主要零部件、运转特性、安装修理和应用,具有很强的实用性。学生通过对本书的学习,能具备化工机器的正确使用、维护保养以及技术改造的能力。

本书可作为高等院校化工设备维修技术专业和化工设备与机械专业的必修课教材,也可以作为各专业学生公共选修课教材,还可以作为石油化工类其他专业的工程技术人员自学用书。

全书共分4章,第1章由孟根其其格、马文龙编写,第2章、第4章由贾叶芬、路宏、王文婷编写,第3章由闫秀芳、王欣编写,全书由孟根其其格统稿。在编写过程中,得到许多专家、同仁的帮助和支持,并参考了众多专家、学者的教材、论文等研究成果。在此一并表示衷心的感谢!

书中不妥或错误之处,敬请读者批评指正!

编 者



目 录

第一章 离心泵	1
第一节 概述	4
一、离心泵的分类与基本结构	4
二、离心泵的主要性能参数	6
三、离心泵的型号编制	8
第二节 离心泵的工作原理及基本方程	9
一、离心泵的工作原理	9
二、离心泵的基本方程	11
第三节 离心泵和管路的性能曲线	14
一、离心泵的性能曲线	14
二、离心泵性能曲线的换算	17
三、管路的性能曲线	24
第四节 离心泵的工作特性	25
一、离心泵的汽蚀及预防措施	25
二、离心泵的运转特性及调节	32
第五节 离心泵的主要零部件	36
一、叶轮	36
二、蜗壳与导轮	38
三、密封环	39
四、轴向力及其平衡装置	40
五、轴封装置	43
第六节 离心泵的安装与修理	47
一、离心泵的拆卸与装配	47
二、离心泵的修理	49
三、离心泵的安装	54
思考题	58
第二章 离心机	59
第一节 概述	59
一、离心机的分离过程及分类	59

二、分离因数和离心力	61
三、离心机的型号编制	62
第二节 离心机的类型、结构及工作原理	64
一、过滤式离心机	64
二、沉降式离心机	74
三、分离机	77
第三节 离心机的安装与修理	85
一、离心机的拆卸	85
二、离心机的修理	86
三、离心机的安装	92
第四节 离心机的选择	94
思考题	95
第三章 活塞式压缩机	96
第一节 概述	96
一、压缩机的用途、分类及应用	96
二、活塞式压缩机的总体结构及工作过程	99
三、活塞式压缩机的分类、优缺点及型号编制	100
第二节 活塞式压缩机的热力学基础	103
一、气体的状态和过程方程式	103
二、活塞式压缩机的工作循环	105
三、排气量及影响因素	109
四、压缩机的功率和效率	114
五、多级压缩	117
第三节 活塞式压缩机的排气量调节	120
一、切断进气口法	120
二、顶开吸气阀法	121
三、补充余隙容积法	122
第四节 活塞式压缩机的主要零部件	123
一、汽缸组件	123
二、活塞组件	131
三、密封组件	137
四、气阀组件	140
五、曲轴—连杆机构	145
第五节 活塞式压缩机的辅助装置	151
一、缓冲器	151

二、冷却器	152
三、油水分离器	152
四、安全阀	154
第六节 活塞式压缩机的安装与修理	155
一、活塞式压缩机的拆卸与测量	156
二、活塞式压缩机的修理	158
三、活塞式压缩机的安装	163
四、活塞式压缩机的试车	167
思考题	170
第四章 离心式压缩机	171
第一节 概述	171
一、离心式压缩机的发展概况	171
二、离心式压缩机在化工生产中的应用	172
三、离心式压缩机的优缺点	172
四、离心式压缩机的分类及型号编制	173
五、离心式压缩机的主要性能参数	174
第二节 离心式压缩机的总体结构及工作特性	175
一、离心式压缩机的总体结构	175
二、离心式压缩机的功率和效率	177
第三节 离心式压缩机的性能及工况调节	181
一、离心式压缩机的性能	181
二、离心式压缩机的工况调节	184
第四节 离心式压缩机的主要零部件	189
一、转动元件	189
二、固定元件	194
三、密封装置	206
第五节 离心式压缩机的安装与修理	209
一、离心式空气压缩机的拆卸	210
二、离心式空气压缩机的修理	210
三、离心式空气压缩机机组的安装	214
四、离心式空气压缩机的试车	217
第六节 石油化工生产中常用的离心式压缩机	219
一、丙烯压缩机	219
二、氮氢气压缩机	220
三、氧气压缩机	221

思考题	223
附录	224
附录一 法定单位及换算	224
附录二 泵的型号和性能表	226
附录三 各种海拔高度的大气压	228
附录四 水的饱和蒸汽压	229
附录五 离心机型号	230
附录六 活塞式压缩机型号	232
参考文献	234

第一章

离 心 泵

► 教学要求

- ① 熟悉离心泵的分类、基本结构、性能参数；
- ② 了解离心泵的基本方程、性能曲线以及工作特性；
- ③ 掌握离心泵的基本原理、主要零部件的作用原理；
- ④ 掌握正确使用和安装修理离心泵的基本知识。

泵是用来输送液体并增加液体能量的一种机器，属于流体机械。

泵的应用广泛，如农业的灌溉和排涝；城市的给排水；机械工业中机器的润滑和冷却；热电厂的供水和灰渣的排除；原子能发电站中输送具有放射性的液体等都需要使用泵。尤其在石油化工生产中，应用更加广泛。如炼油厂的各类油泵；化工厂的各类酸泵、碱泵；氮肥厂的熔融尿素泵及各种给排水用的清水泵、污水泵等。如果将管路比作人体的血管，那么泵就好比是人体的心脏。

泵的用途广泛，种类繁多，分类方法也各不相同。

1. 按照泵的工作原理分类

(1) 容积泵

容积泵主要是通过运转时机械内部工作容积的改变对液体做功，使液体获得能量。根据工作容积结构的不同，又可分为往复泵和转子泵。属于往复泵的有活塞式往复泵、柱塞式往复泵和隔膜式往复泵等；属于转子泵的有齿轮泵、螺杆泵和滑板泵等。

(2) 叶片泵

叶片泵主要是通过高速旋转的叶轮对液体做功，使液体获得能量。叶片泵具有效率高、启动方便、工作稳定、性能可靠及容易调节等优点，用途最为广泛。此种类型的泵可按叶轮结构的不同分为离心泵、轴流泵、混流泵及旋涡泵等，如图 1-1 所示。

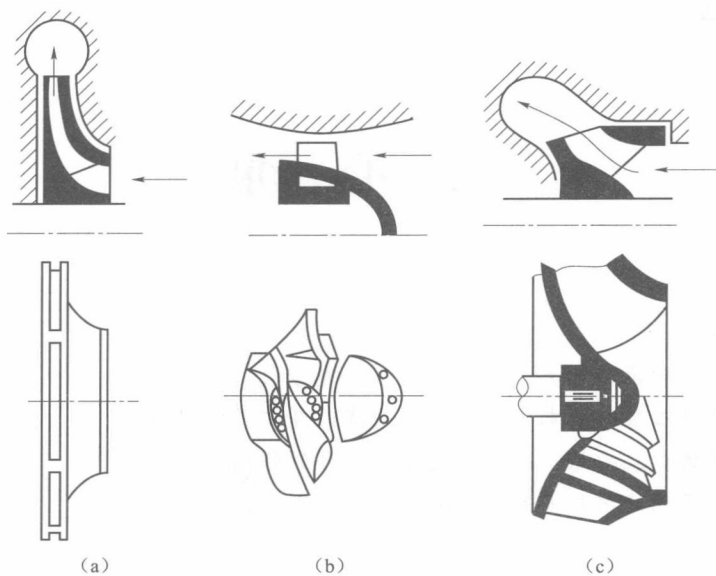


图 1-1 叶片泵

(a) 离心泵; (b) 轴流泵; (c) 混流泵

(3) 其他类型泵

除容积泵和叶片泵以外的特殊泵,主要有流体动力泵和电磁泵等。流体动力泵中有利用高速流体工作的喷射泵(如图 1-2 所示)和气升泵、利用螺旋推进原理工作的螺旋泵、利用有压管道水击原理工作的水锤泵。

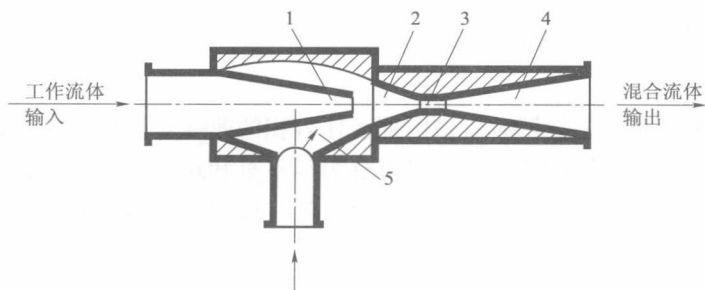


图 1-2 喷射泵结构示意图

1—喷嘴; 2—混合室; 3—喉管; 4—扩散管; 5—真空室

按照工作原理分类出来的各类泵的分类关系如表 1-1 所示。

表 1-1 各类泵的分类关系



2. 按泵的用途分类

(1) 供料泵（增压泵）

将液态原料从贮池等装置中吸进，加压后送至工艺流程装置中去的泵。

(2) 循环泵

在工艺流程中用于循环液增压的泵。

(3) 成品泵

将装置中液态成品或半成品输送至贮池或其他装置时使用的泵。

(4) 高温和低温泵

输送 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上高温液体和接近凝固点 ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下) 低温液体时使用的泵。

(5) 废液泵

将装置产生的废液连续排出的泵。

(6) 特殊用途泵

如液压系统的动力油、水泵。

图 1-3 所示为各类泵的流量和能量大的适用范围。由图 1-3 可知，离心泵主要适用于大、中流量和中等压力的场合；往复泵主要适用于小流量和高压力的场合；转子泵和旋涡泵则适用于小流量和高压力的场合。其中，离心泵在石油化工生产中应用最广。因为离心泵具有适用范围广、结构简单及运转可靠等优点。容积泵只在特定场合下使用，其他类型泵则较少使用。

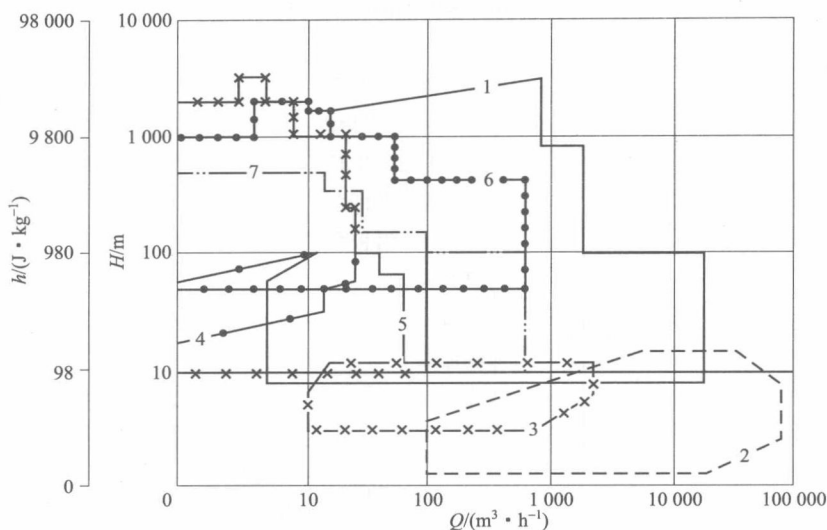


图 1-3 各类泵的流量和能量头的适用范围

1—离心泵；2—轴流泵；3—混流泵；4—旋涡泵；5—动力往复泵；6—螺杆泵；7—蒸汽往复泵

第一节 概 述

一、离心泵的分类与基本结构

1. 离心泵的分类

离心泵的分类方法，通常有下列几种：

(1) 按叶轮吸入方式分类

① 单吸式离心泵。如图 1-4 所示，叶轮只在一侧有吸入口。此类泵结构简单，应用最为广泛，但有轴向力。这种泵的流量为 $4.5 \sim 300 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程为 $8 \sim 150 \text{ m}$ 。

② 双吸式离心泵。液体从叶轮两侧同时进入叶轮，这种泵称为双吸泵，如图 1-5 所示。该泵有较大的吸液能力，而且轴向力可以互相抵消。目前我国生产的双吸泵流量为 $2000 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程为 $10 \sim 110 \text{ m}$ 。

(2) 按级数分类

① 单级离心泵。泵中只有一个叶轮，单级离心泵是一种应用最为广泛的泵。由于液体在泵内只有一次增能，所以扬程较低。图 1-4 所示为单级单吸离心泵。

② 多级离心泵。同一根轴上串联两个以上叶轮，称为多级离心泵。级数越多压力越高，图 1-6 所示为一台分段式多级离心水泵。这种泵的叶轮一般为单

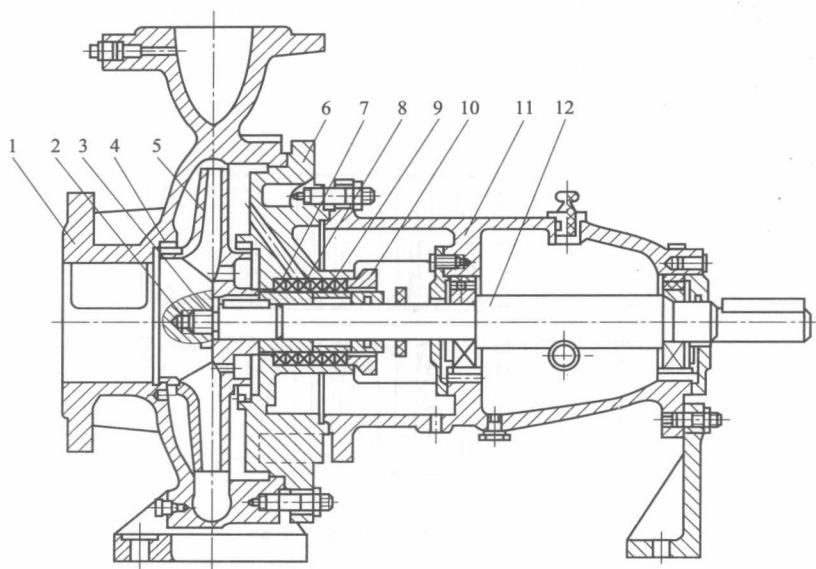


图 1-4 IS 型单级单吸离心泵结构

1—泵体；2—叶轮螺母；3—制动垫片；4—密封环；5—叶轮；6—泵盖；7—轴套；
8—填料环；9—填料；10—填料压盖；11—轴承悬架；12—轴

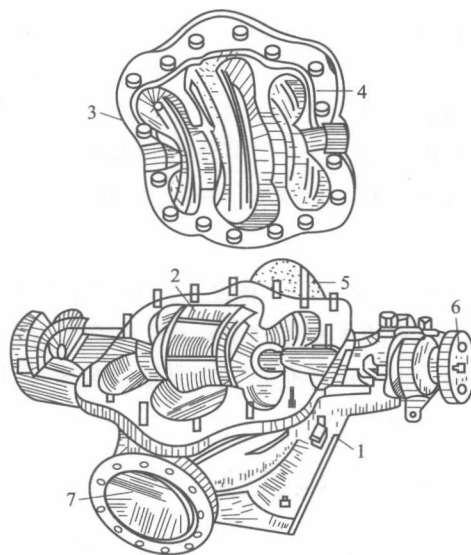


图 1-5 单级双吸离心泵

1—泵体；2—叶轮；3—泵盖；4—水封槽；
5—出口；6—联轴器；7—进口

吸式，也有将第一级设计为双吸式的。其扬程可达 $100 \sim 650 \text{ m}$ ，甚至更高，流量为 $5 \sim 720 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

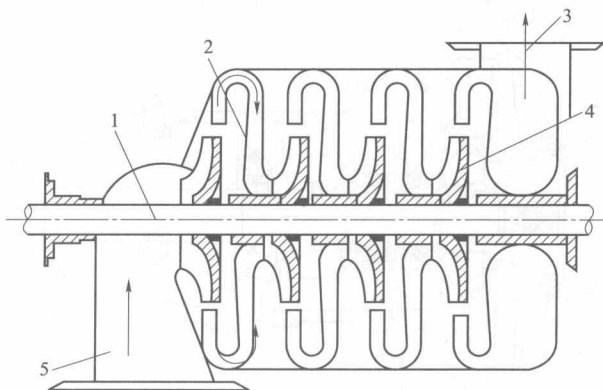


图 1-6 分段式多级离心水泵

1—泵轴；2—导轮；3—排出口；4—叶轮；5—吸入口

(3) 按扬程分类

按扬程离心泵分为以下三种：

- ① 低压离心泵。扬程 $< 20 \text{ m}$ 。
- ② 中压离心泵。扬程 $20 \sim 100 \text{ m}$ 。
- ③ 高压离心泵。扬程 $> 100 \text{ m}$ 。

(4) 按泵的用途和输送液体性质分类

按泵的用途和输送液体的性质，泵可分为清水泵、酸泵、碱泵、泥浆泵、污水泵、油泵、砂泵、耐腐蚀泵、低温泵、高温泵及屏蔽泵等。

2. 离心泵的基本结构

离心泵基本构造如图 1-4 所示。该图是结构最简单的单级单吸卧式离心泵的构造剖面图。可见离心泵的主要零件由转动、固定及交接三大部件组成，其中转动部件有叶轮和泵轴；固定部件有泵体和泵盖；交接部件有轴承、轴封、联轴器、密封环及轴向力平衡装置等。

二、离心泵的主要性能参数

离心泵的主要性能参数有流量、扬程、转速、功率、效率等。

1. 流量

单位时间内泵所排出的液体量称为泵的流量。有体积流量和质量流量。体积流量用 Q 表示，单位为 m^3/s 、 m^3/h 或 L/s 。质量流量用 G 表示，单位为 kg/s 。

或 t/h 。

质量流量与体积流量的关系为：

$$G = \rho Q \quad (1-1)$$

式中 ρ ——输送温度下液体的密度， kg/m^3 。

单位时间内流入叶轮内的液体体积量称为理论流量，用 Q_{th} 表示，单位与 Q 相同。

2. 扬程

单位质量的液体，从泵进口到泵出口的能量增值称为泵的扬程，即单位质量的液体通过泵所获得的有效能量。扬程常用符号 h 表示，单位为 J/kg 。

目前，在实际生产中，习惯将单位重量的液体，通过泵后所获得的能量称为扬程，用符号 H 表示，其单位为 m ，即用高度来表示。应当注意，不要把泵的扬程与液体的升扬高度等同起来，因为泵的扬程不仅要用来提高液体的位高，而且还要用来克服液体在输送过程中的流动阻力，以及提高输送液体的静压能和保证液体具有一定的流速。

泵的扬程是指全扬程或总扬程，包括吸上扬程和压出扬程。吸上扬程包括实际吸上扬程和吸上扬程损失；压出扬程包括实际压出扬程和压出扬程损失。

3. 转速

离心泵的转速是指泵轴每分钟的转数，用符号 n 表示，单位为 r/min 。在 SI 制中转速为泵轴每秒钟的转数，用符号 n_f 表示，单位为 $1/\text{s}$ ，即 Hz 。

4. 功率

功率是指单位时间内所做的功，有以下几种表示法。

(1) 有效功率

单位时间内泵对输出液体所做的功称为有效功率，用 N_e 表示，计算公式为：

$$N_e = \frac{QH\rho g}{1\,000} \quad (\text{kW}) \quad (1-2)$$

(2) 轴功率

单位时间内由原动机传递到泵主轴上的功率，用 N 来表示，单位为 W (瓦)，即 J/s 。

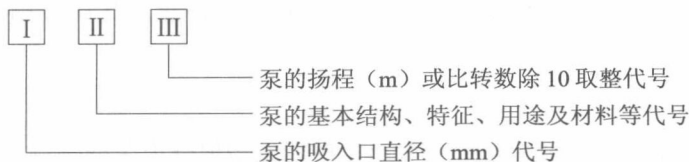
5. 效率

效率是衡量离心泵工作经济性的指标，用符号 η 来表示。由于离心泵在工作时，泵内存在各种损失，所以泵不可能将驱动机输入的功率全部转变为液体的有效功率。 η 值越大，则泵的经济性越好。其定义式为：

$$\eta = \frac{N_e}{N} \quad (1-3)$$

三、离心泵的型号编制

型号是表征性能特点的代号，我国的离心泵型号尚未完全统一。现在大部分采用以汉语拼音与阿拉伯数字组合的编制方式，通常由三个单元组成：

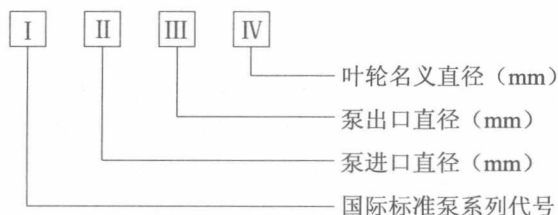


有时在Ⅲ后面还附有字母 A、B、C，表示泵是经切割过的叶轮，A 表示第一次切割；B 表示第二次切割；C 表示第三次切割（极限切割）。对于多级离心泵，Ⅲ由两部分组成，中间以乘号隔开，乘号前的数字表示泵的单级扬程，乘号后的数字表示泵的级数。其他特殊表示方法、泵样本或标准都会有较详细的介绍。表 1-2 列出了离心泵基本型号代号。

表 1-2 离心泵基本型号代号

型号	泵的名称	型号	泵的名称
IS	ISO 国际标准型单级单吸离心水泵	S 或 sh	单级双吸式离心泵
B 或 BA	单级单吸悬臂式离心清水泵	DS	多级分段式首级为双吸叶轮
D 或 DA	多级分段式离心泵	KD	多级中开式单级叶轮
DL	多级立式筒形离心泵	KDS	多级中开式首级为双吸叶轮
Y	离心式油泵	Z	自吸式离心泵
YG	离心式管道油泵	FY	耐腐蚀液下式离心泵
F	耐腐蚀泵	W	一般旋涡泵
P	屏蔽式离心泵	WX	旋涡离心泵

近年来，我国泵行业采用国际标准 ISO 2858—1975 (E) 的有关标记及额定性能参数和系列尺寸，设计制造了新型号的泵，其型号组成如下。



离心泵型号示例：

80 Y-100 B
 叶轮第二次切割
 原型泵扬程为100 m
 单级、单吸悬臂油泵
 吸入口直径为80 mm

IS 80-65-160
 叶轮名义直径160 mm
 排出口直径为65 mm
 吸入口直径为80 mm
 单级、单吸悬臂式清水离心泵

200 D-43×6
 一级数为6级
 单级扬程约为43 m
 多级分段式离心泵
 吸入口直径为200 mm

1H 50-32-160
 叶轮名义直径160 mm
 排出口直径为32 mm
 吸入口直径为50 mm
 单级、单吸悬壁式化工离心泵

第二节 离心泵的工作原理及基本方程

一、离心泵的工作原理

离心泵的工作原理可以通过日常生活中的现象加以说明。

在日常生活中，雨天打伞外出时，如果将伞柄急速旋转，伞上的雨点由于离心力的作用便沿着伞的周围飞溅出去，如图 1-7 所示。伞越大或旋转得越快，雨点飞溅得越远。

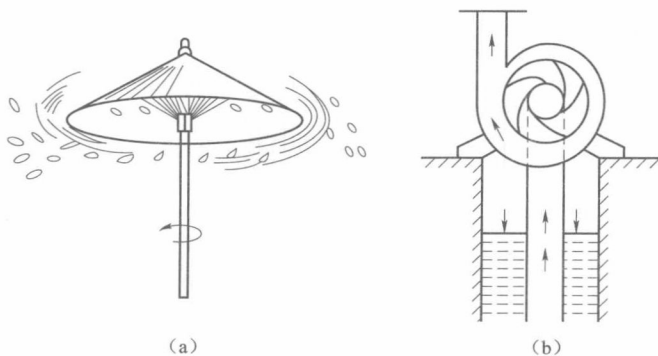


图 1-7 离心泵的工作原理

(a) 雨水在旋转的伞上被离心力甩出；(b) 离心泵压水原理

离心泵的工作原理与该现象相似，如图 1-8 所示。取一圆形水桶，里面盛一半水，取一长木棍用力回转搅动，水便以较高的转速在桶内旋转，结果出现水