



第二章 流体输送机械

概述

输送机械的作用：

对流体做功，使流体 $E \uparrow$ ，成果——流体的动能 \uparrow ，或位能 \uparrow ，静压能 \uparrow ，克服沿程阻力，或兼而有之



流体输送机械分类

介质：

液体——泵

气体——风机、压缩机

工作原理：

离心式

正位移式：往复式、旋转式

其他（如喷射式）

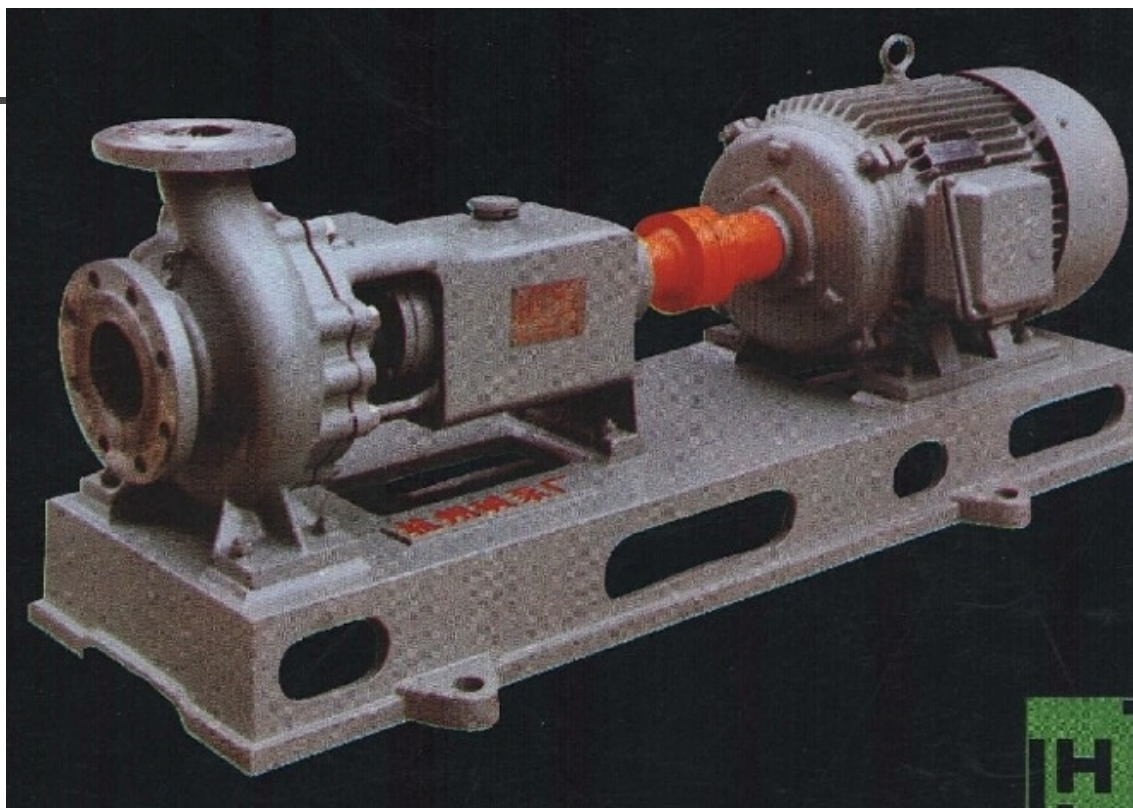


第二章 流体输送机械

- 离心泵 **(要点)**
- 其他化工用泵
- 气体输送机械
 - 离心式通风机 **(要点)**
 - 鼓风机和压缩机
 - 真空泵

第一节 离心泵

- 1 离心泵的主要部件
- 2 离心泵的工作原理
- 3 离心泵的性能参数与特征曲线
- 4 离心泵的工作点和流量调整
- 5 离心泵的安装高度
- 6 离心泵的类型、选用、安装与操作



离心泵的外观



一、离心泵主要部件

1) . 叶轮——叶片 (+盖板)

4-8个叶片 (前弯、后弯, 径向) → 液体通道。

前盖板、后盖板, 无盖板

闭式叶轮 半开式 开式

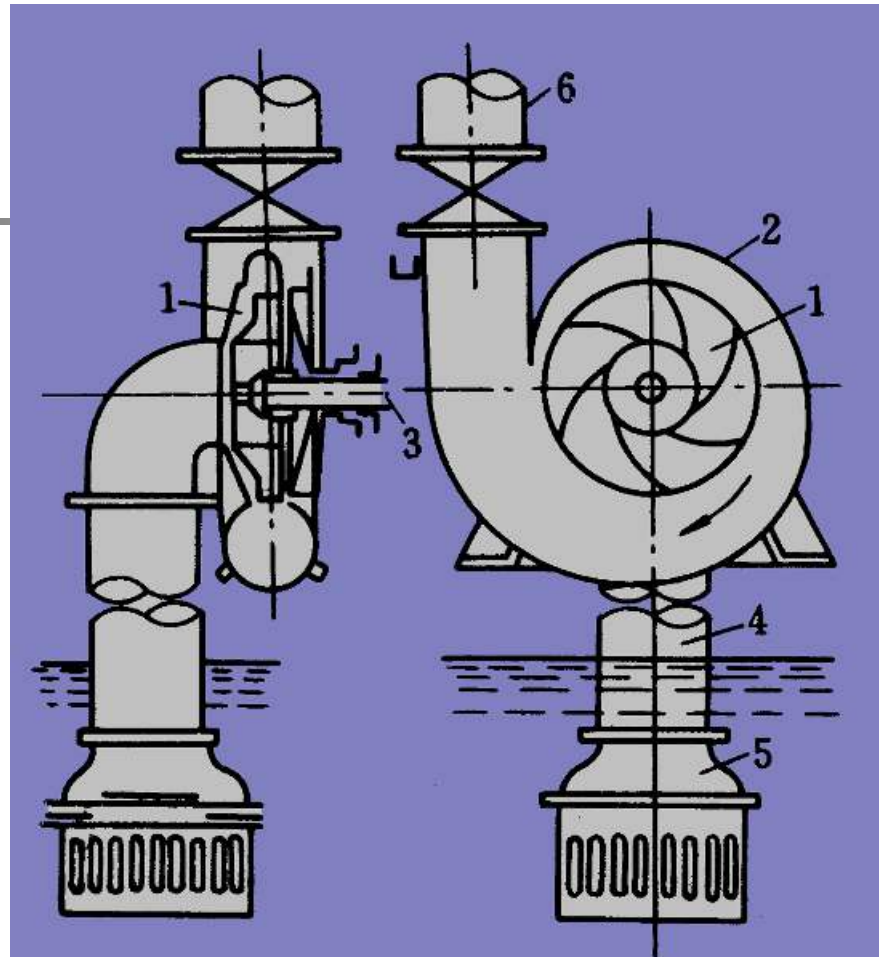
2) . 泵壳——泵体的外壳, 包围叶轮

截面积逐渐扩大的蜗牛壳形通道

液体入口——中心; 出口——切线

3) . 泵轴——垂直叶轮面, → 叶轮中心

离心泵装置简图



离心泵装置简图

1-叶轮；2-泵壳；3-泵轴

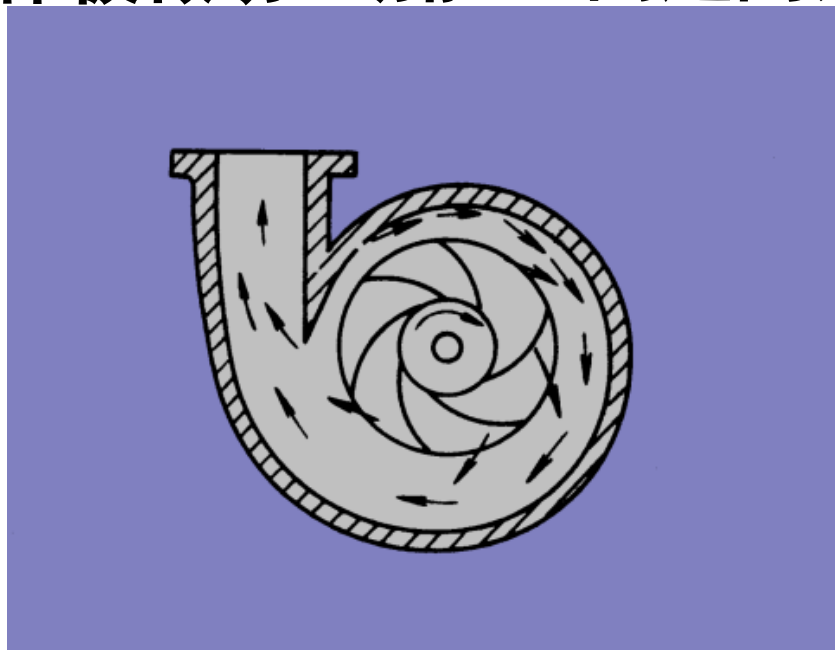
4-吸入管；5-底阀；6-压出管

二、离心泵的工作原理

1) . 原动机——轴——叶轮，旋转

离心力→叶片间液体 中心→外围

——液体被做功 动能↑ 高速离开叶轮



2) . 排出管：液体的汇集与能量的转换（动→静）



3) 吸上原理与气缚现象

叶轮中心低压的形成 — 液体高速离开

$\Delta p \propto \rho$ 泵内有气, 则 $\rho \downarrow$

泵入口压力 \uparrow 液体不能吸上 —— 气缚

开启前灌泵

三、离心泵的性能参数与特征曲线

1、离心泵的性能参数

1) 流量：

单位时间内泵所输送的流体体积。 M^3/s

2) 扬程：

指单位重量的流体流经泵所取得的能量。 $J/N=m$

取截面1、2列伯努力方程：

$$0 + \frac{p_v}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + H = h_0 + \frac{p_m}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + \sum H_f$$

$$H = h_0 + \frac{p_m - p_v}{\rho g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \sum H_f$$

化简得：

$$H = h_0 + \frac{p_m - p_v}{\rho g}$$

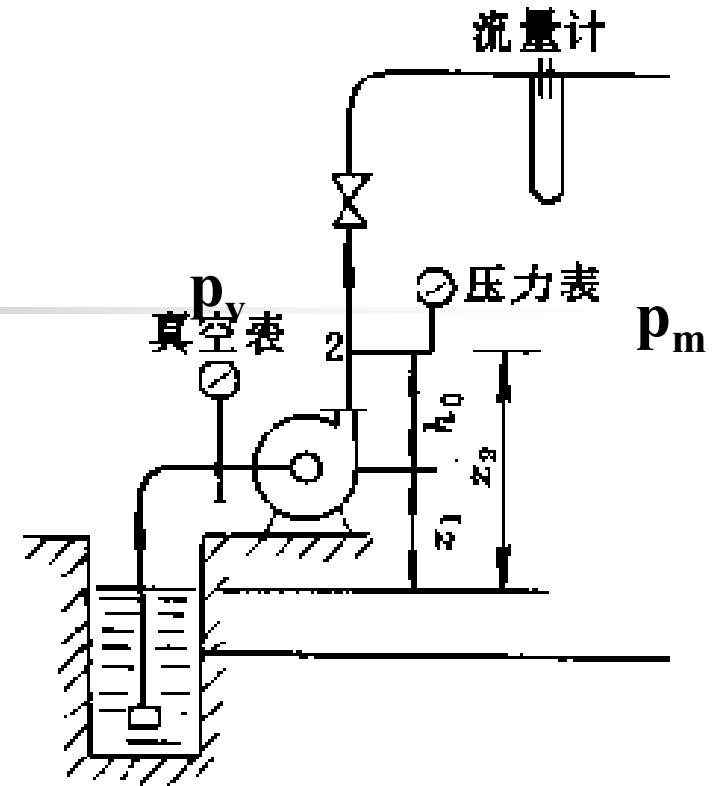


图 2-5 压头的测定

3、功率

- **输入功率**：电机传给泵轴的功率P。 **（轴功率）**
- **输出功率**：单位时间内液体从泵中叶轮取得的有效能量。 **（有效功率）**

$$P_e = \rho \cdot g \cdot q_v H$$

- **功率损失**：水力损失、容积损失、机械损失。

4、效率：有效功率与轴功率之比。

一般为0.6~0.65、大型泵0.9

$$\eta = \frac{P_e}{P}$$

四、离心泵的特征曲线

$H \sim Q$ $N \sim Q$ $\eta \sim Q$

↑
厂家试验测定 → 产品说明书

20°C清水

1、特征曲线：离心泵的扬程、功率、效率与流量之间的关系曲线。

$H-q_v$ 曲线： q_v 上升、 H 下降

$P-q_v$ 曲线： q_v 上升、 P 上升

$\eta-q_v$ 曲线：开始 q_v 上升、 η 上升，至最高点；
 q_v 上升、 η 下降。

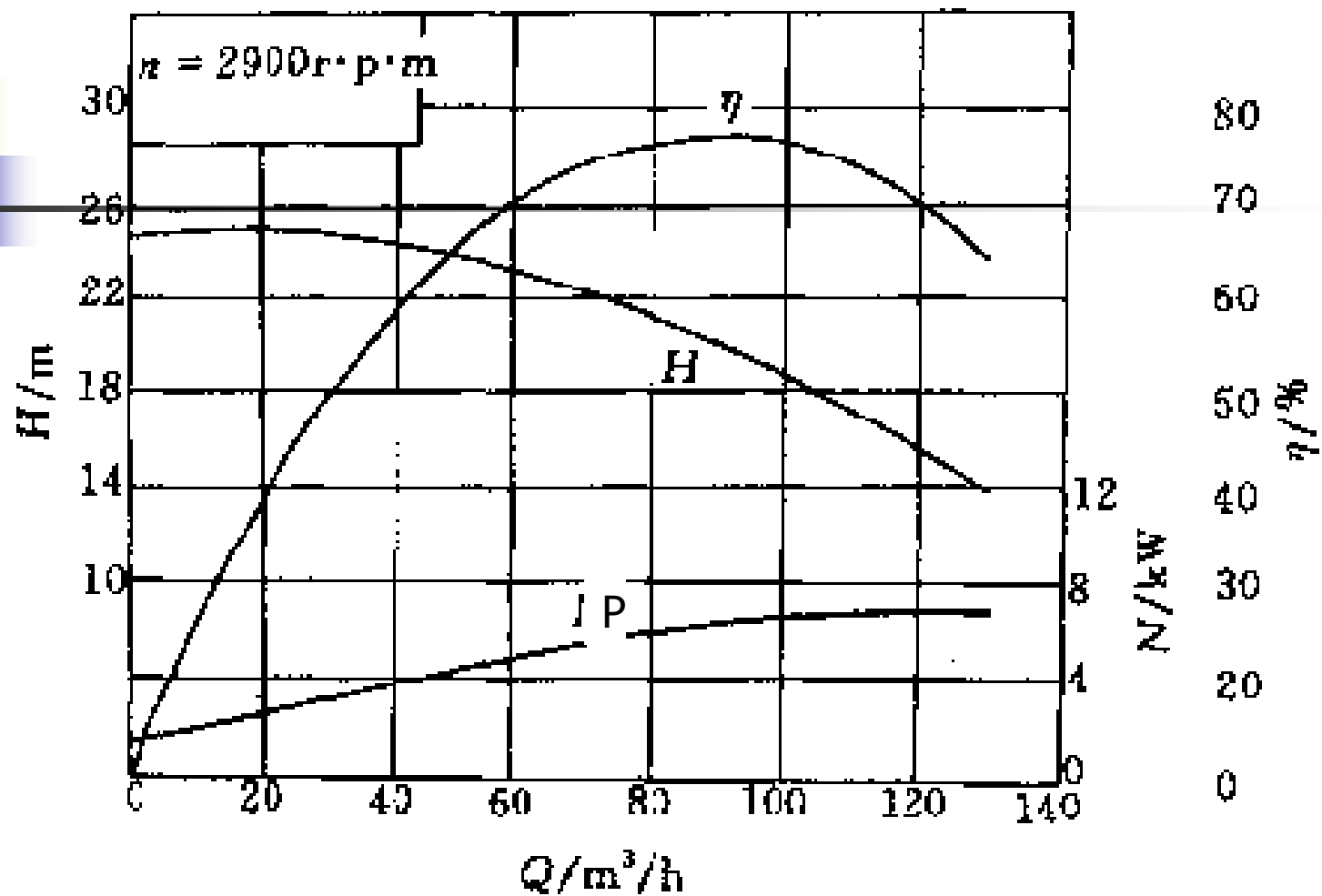


图 2-6 某离心水泵的特性曲线
($1 \text{ r.p.m} = 1 \text{ r/min}$)

2、离心泵特征的影响原因

1) 转速——百分比定律:

- 转速的影响：对同型号、同一种液体、效率不变。

$$\frac{q_{v2}}{q_{v1}} = \frac{n_2}{n_1} \quad \frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \quad \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$$

——百分比定律

- 泵的转速变化<20%，效率基本不变。

2、流体性质

粘度的影响：粘度大、流量、扬程减小、轴功率增大、效率下降。

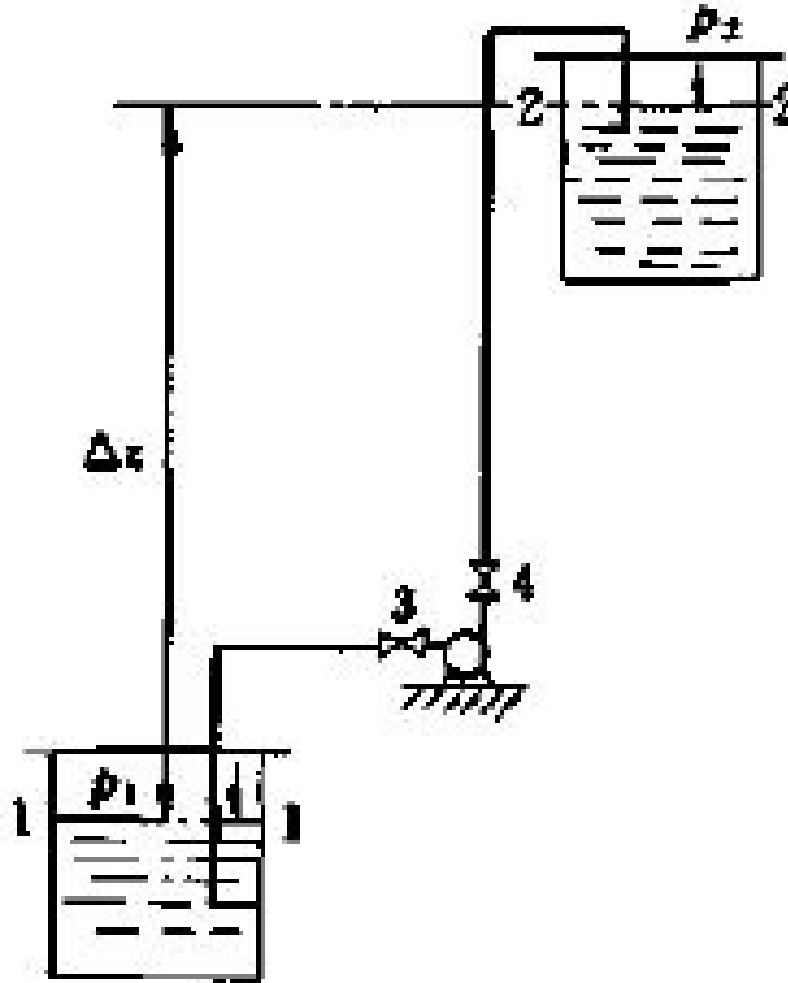
黏度： $\mu \uparrow$, $(H, q_v, \eta) \downarrow$; $P \uparrow$

密度的影响：同种流体，密度变、扬程、流量不变。

密度： (H, q_v, η) 与 ρ 无关; $\rho \uparrow$, $(P, P_e) \uparrow$

五、离心泵的工作点与流量调整

1、管路特征曲线（阻力曲线）



外加压头

$$H = \Delta z + \frac{\Delta p}{\rho g} + \frac{\Delta u^2}{2g} + \Sigma H_f$$

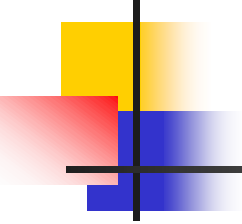
管路&流体一定

令 $H_0 = \Delta z + \frac{\Delta p}{\rho g}$ 、 Δp 两截面的位置差和压差

管路压头损失

$$\Sigma H_f = \left[\lambda \left(\frac{l + \Sigma l_e}{d} \right) + \Sigma \zeta \right] \frac{u^2}{2g} = \frac{8\lambda}{\pi^2 g} \left(\frac{l + \Sigma l_e}{d^5} + \frac{\Sigma \zeta}{d^4} \right) q_v^2$$

$$k = \frac{8\lambda}{\pi^2 g} \left(\frac{l + \Sigma l_e}{d^5} + \frac{\Sigma \zeta}{d^4} \right) \text{ 管路特征系数 (管阻)}$$


$$H = H_0 + kq_V^2 \quad \text{——管路特征方程(曲线)}$$

阐明：

- 1) **K 为管路特征系数，与管路长度、管径、摩擦系数及局部阻力系数有关。**
- 2) **高阻管路，曲线较陡；低阻管路曲线较平缓。**

2、工况点：

离心泵特征曲线与管路特征曲线的交点。

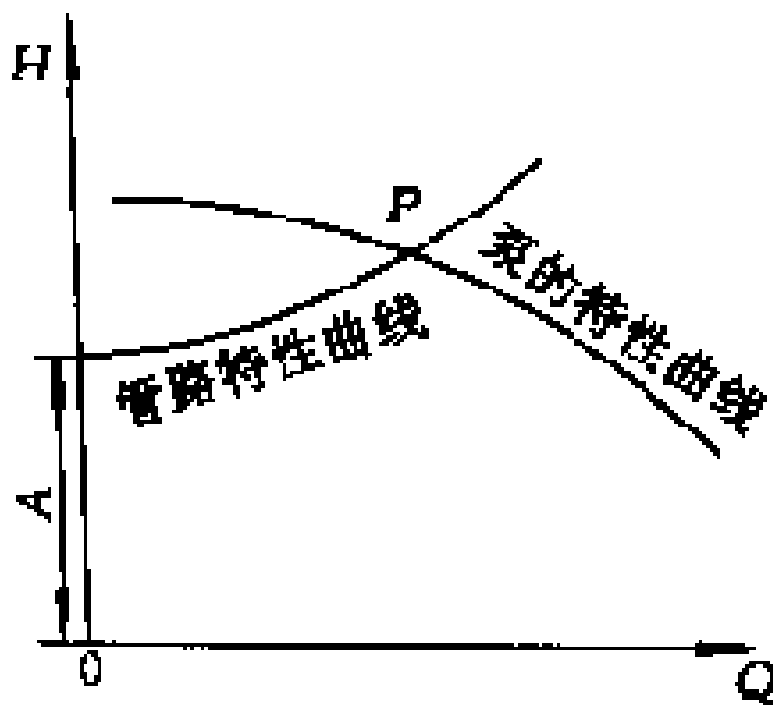


图 2-8 离心泵的工作点

阐明

① 工作点 ← 泵的特征 & 管路特征

工作点拟定： 联解两特征方程

作图，两曲线交点

② 泵装于管路 工作点 $\sim (H, q_v)$

$q_v = \text{泵供流量} = \text{管的流量}$

$q_v = \text{泵供压头} = \text{流体的压头}$

③ 工作点 $\sim (q_v, H, N, \eta)$ \sim 泵的实际工作状态

3、离心泵的流量调整

变化流量 ← 变化工作点 ← $\left\{ \begin{array}{l} \text{变化泵的特征} \\ \text{变化管路特征} \end{array} \right.$

1. 变化出口阀开度 → 管路特征

关小出口阀 → $\Sigma l_e \uparrow$ → 管特线变陡 → 工作点左上移
→ $H \uparrow$, $q_v \downarrow$

开大出口阀 → $\Sigma l_e \downarrow$ → 管特线变缓 → 工作点右下移
→ $H \downarrow$, $q_v \uparrow$

2. 变化叶轮转速 → 变化泵的特征

$n \uparrow$ → 泵 $H \sim q_v$ 曲线上移 → 工作点右上移, $H \uparrow$, $q_v \uparrow$

4、离心泵的串、并联操作

1) 并联操作:

两台泵的扬程
相同、总流量为
每台泵的流量之
和（理论上）。
实际如图：

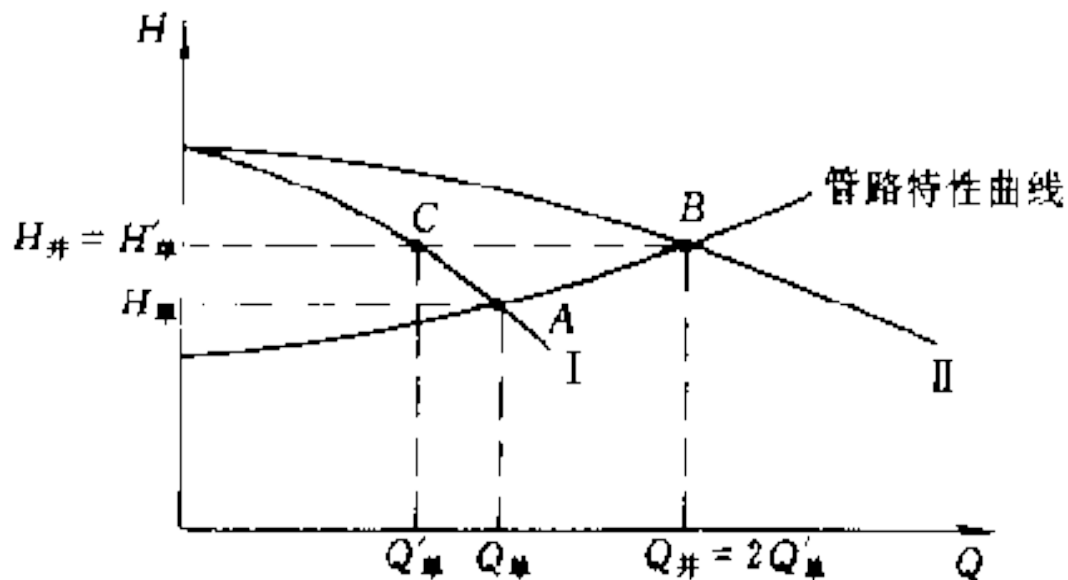


图 2-11 泵的并联操作

2) 串联操作:

两台泵的流量相同、
总扬程为每台泵的
扬程之和（理论上）。

实际如图:

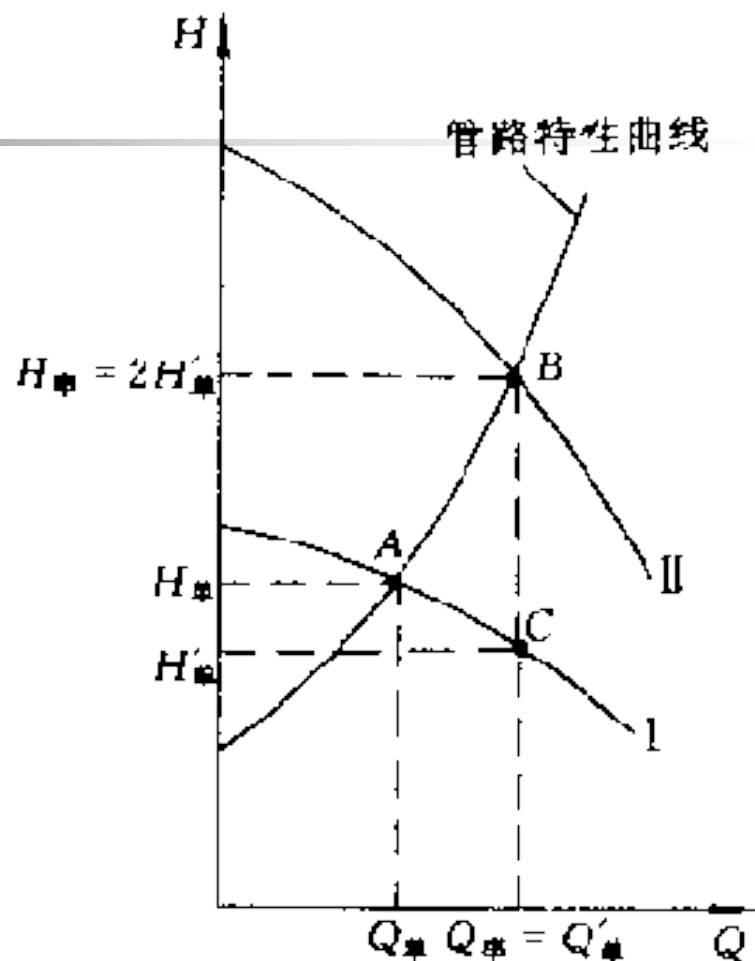


图 2-12 泵的串联操作

六、离心泵的汽蚀现象与安装高度

1、汽蚀现象：

$$\frac{p_1}{\rho g} = \frac{p_0}{\rho g} - H_R - \frac{u_1^2}{2g} - \sum H_l$$

液面到泵入口处的垂直距离 (H)

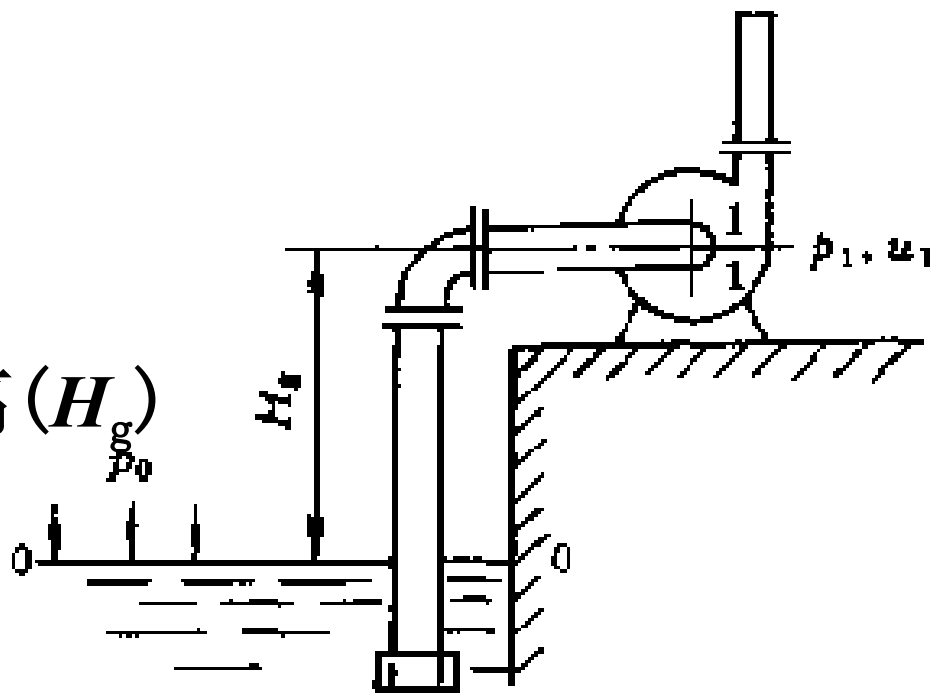


图 2-13 离心泵吸液示意图

$$0-0 \sim 1-1, \quad \frac{p_1}{\rho g} = \frac{p_0}{\rho g} - H_g - \frac{u_1^2}{2g} - \sum H_f$$

$H_g \uparrow$, 则 $p_1 \downarrow$

当 $p_1 \leq p_v$, 叶轮中心汽化 → 汽泡被抛向外围 → 压力升高
→ 凝结 → 局部真空 → 周围液体高速冲向汽泡中心
→ 撞击叶片(水锤)

伴随现象:

① 泵体振动并发出噪音

② $H \downarrow \downarrow$, $Q \downarrow \downarrow$, 严重时不送液;

③ 时间长久, 水锤冲击和化学腐蚀, 损坏叶片
安装高度 $\uparrow \uparrow$, → 汽蚀

2、汽蚀余量与允许安装高度

1). 三个基本概念:

① (有效) 汽蚀余量 h_a :

泵入口处: 动压头+静压头-饱和蒸汽压 (液柱)

$$\Delta h_a = \left(\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} \right) - \frac{p_v}{\rho g}$$

②必须汽蚀余量 Δh_r :

——发生汽蚀时的(有效)汽蚀余量

汽蚀时，1处：动压头+静压头= $\left(\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} \right)_{\min}$

$$\Delta h_r = \left(\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} \right)_{\min} - \frac{p_v}{\rho g}$$

——由试验测定

③允许汽蚀余量 Δh

比必须汽蚀余量大0.3米 $\Delta h = \Delta h_r + 0.3$

正常运转的泵 $\Delta h_a > \Delta h = \Delta h_r + 0.3$

2). 由 h 计算允许安装高度 $H_{g\max}$

$$H_g = \frac{p_0}{\rho g} - \left(\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} \right) - \sum H_f$$

$$= \frac{p_0}{\rho g} - \left(\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} - \frac{p_v}{\rho g} \right) - \frac{p_v}{\rho g} - \sum H_f$$

$$= \frac{p_0}{\rho g} - \Delta h_a - \frac{p_v}{\rho g} - \sum H_f$$

$$< \frac{p_0}{\rho g} - \Delta h_r - \frac{p_v}{\rho g} - \sum H_f = H_{g\max}$$

即当有效汽蚀余量 Δh_a 减小到允许汽蚀余量 Δh_r 时，开始发生汽蚀的安装高度。

最大允许安装高度计算式

$$H_g = \frac{p_0}{\rho g} - \Delta h - \frac{p_v}{\rho g} - \sum H_f$$

3) 汽蚀条件判断:

$$\Delta h_a > \Delta h_r$$

不汽蚀

$$\Delta h_a = \Delta h_r$$

开始发生汽蚀

$$\Delta h_a < \Delta h_r$$

严重汽蚀

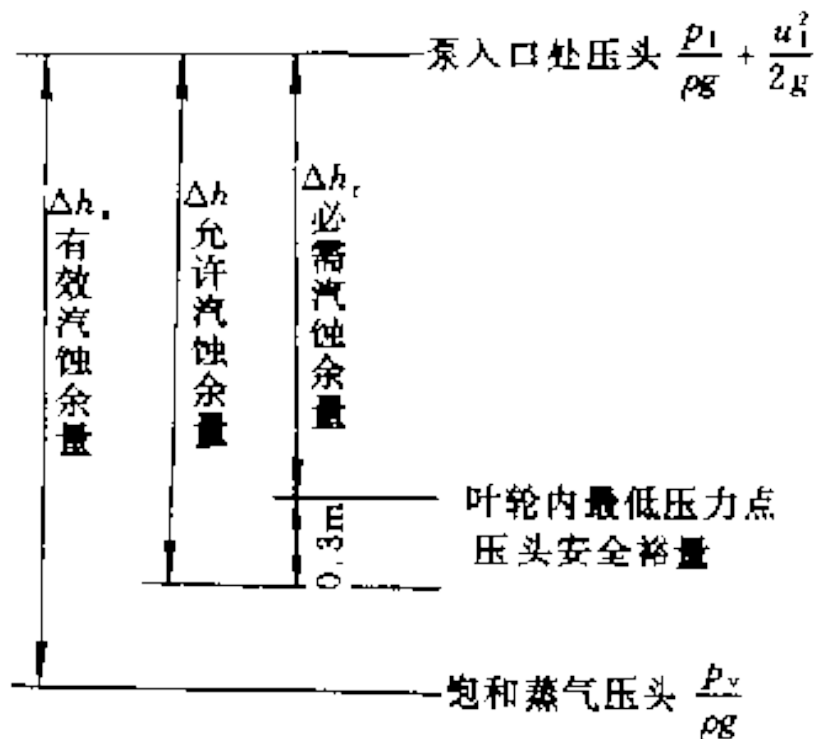

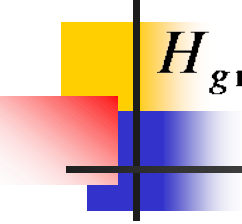


图 2-14 Δh_a 、 Δh 与 Δh_r 三者关系 31



例1. 用离心泵从真空度为360mmHg的容器中
输送液体，所用泵的必需汽蚀余量为3m。该液
体在输送温度下的饱和蒸汽压为200mmHg，密
度为900kg/m³，吸入管路的压头损失为0.5m，
试拟定泵的安装位置。若将容器改为敞口，该
泵又应怎样安装？（本地大气压为100kPa）

解：（1）当容器内真空度为360mmHg时，


$$H_{g \max} = \frac{p_0 - p_v}{\rho g} - \Delta h_r - \sum h_{\text{吸入}}$$
$$= \frac{(100 \times 10^3 - \frac{360}{760} \times 101325) - \frac{200}{760} \times 101325}{900 \times 9.81} - 3 - 0.5 = -0.63 \text{m}$$

故泵宜安装在液面下列 $(0.63 + 0.5) = 1.13 \text{m}$ 更低的位置。

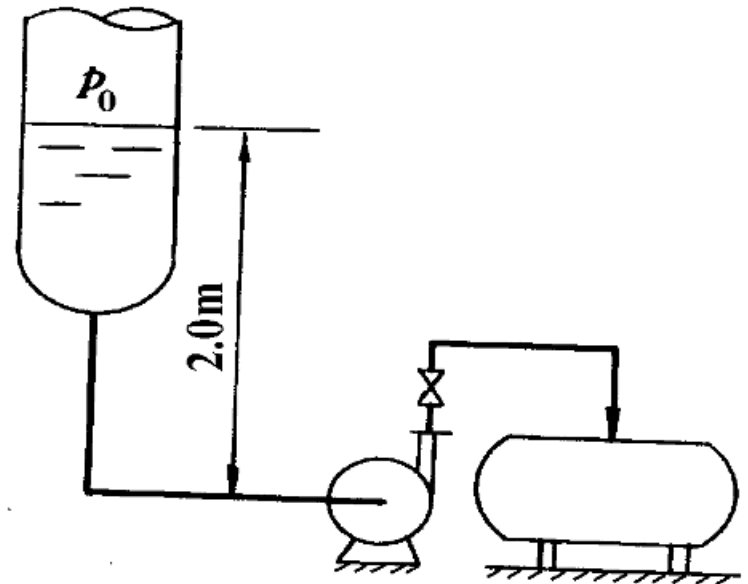
（2）当容器敞口时，

$$H_{g \max} = \frac{p_0 - p_v}{\rho g} - \Delta h_r - \sum h_{\text{吸入}}$$
$$= \frac{100 \times 10^3 - \frac{200}{760} \times 101325}{900 \times 9.81} - 3 - 0.5 = 4.8 \text{m}$$

故泵宜安装在液面以上低于 $(4.8 - 0.5) = 4.3 \text{m}$ 的位置。

例2. 如附图所示，用离心泵将某减压精馏塔塔底的釜液送至贮槽，泵位于贮槽液面下列2m处。

已知塔内液面上方的真空度为500mmHg，且液体处于沸腾状态。吸入管路全部压头损失为0.8m，釜液的密度为 $890\text{kg}/\text{m}^3$ ，所用泵的必需汽蚀余量为2.0m，问此泵能否正常操作？



解：因塔内液体处于沸腾状态，则液面上方的压力即为溶液的饱和蒸汽压，即

$$P_0 = P_V$$

该泵的最大安装高度：

$$H_{g \max} = \frac{P_0 - P_V}{\rho g} - \Delta h_r - \sum h_{f \text{吸入}} = -2.0 - 0.8 = -2.8 \text{m}$$

$$Hg_{\text{实}} = -2.0 \text{m} > H_{g \max}$$

阐明此泵安装不当，泵不能正常操作，会发愤怒蚀现象。

2.2.5 离心泵的类型、选用、安装与操作

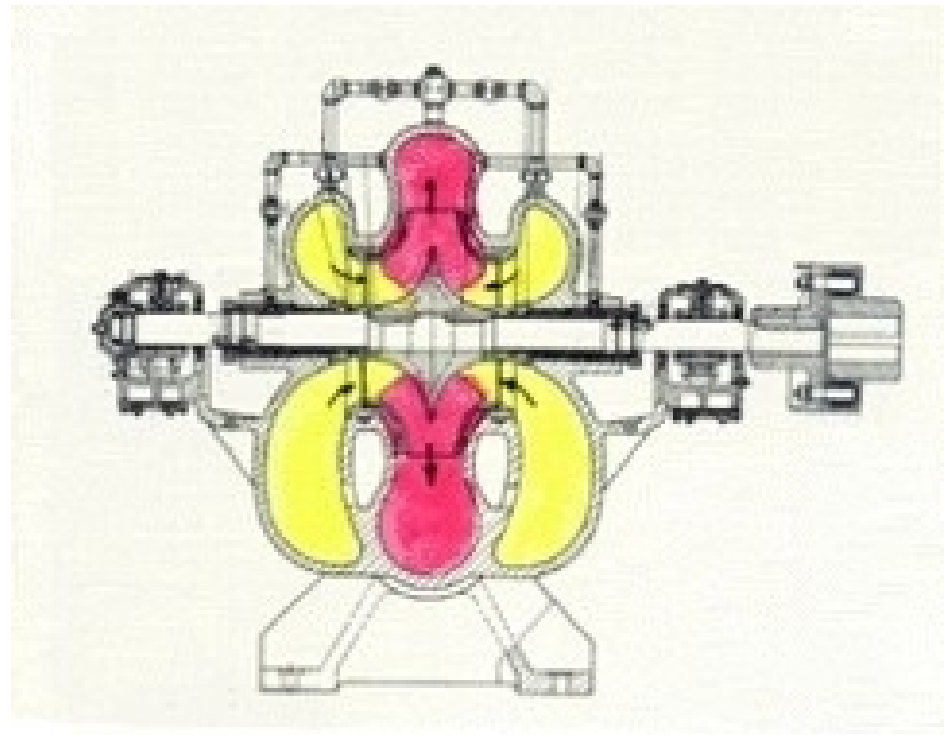
1、离心泵的类型

按输送液体的性质不同

- 1. 清水泵：**输送清水或相近、无腐蚀性、杂质较少的液体。构造简朴，造价低。——IS
- 2. 耐腐蚀泵：**输送腐蚀性的液体，用耐腐蚀材料制成，要求密封可靠。——F
- 3. 油泵：**输送石油产品，要求有良好密封性。——Y

4. **杂质泵：** 输送含固体颗粒的液体、稠厚的浆液，叶轮通道宽，叶片数少。 ——P

单吸泵；双吸泵



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/468136053120006116>