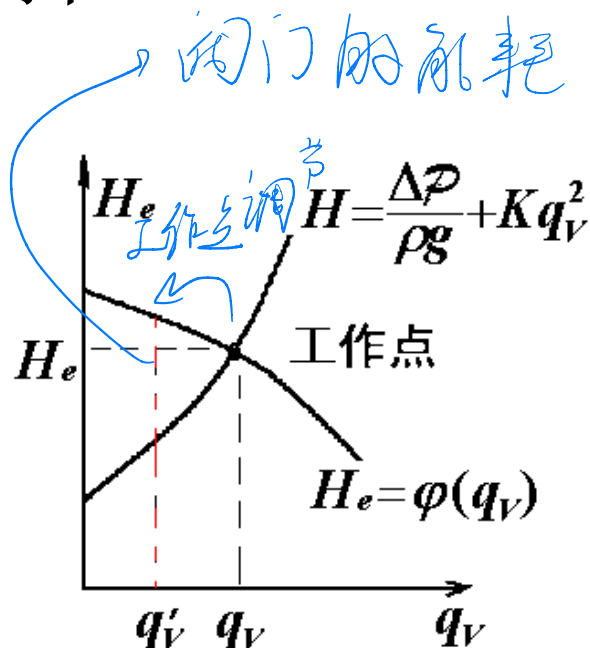
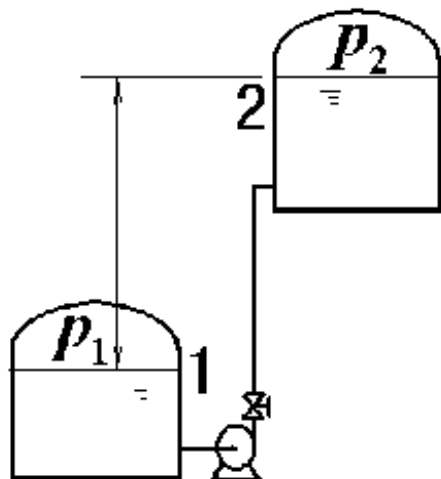


习题: 7~10

2.2.3 离心泵的流量调节

1. 离心泵的工作点



管路特性曲线:

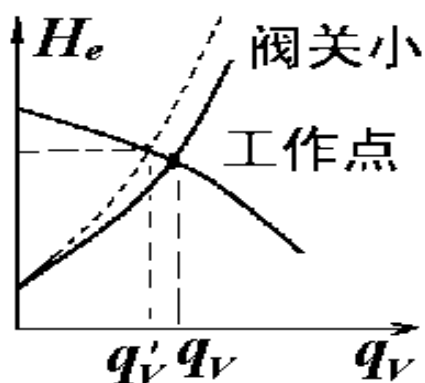
$$H = f(q_V) = \frac{\Delta \mathcal{P}_{21}}{\rho g} + K q_V^2 \quad \left(K = \frac{8\lambda \Sigma l}{\pi^2 g d^5} \right)$$

泵特性曲线: $H_e = \varphi(q_V) = A - B q_V^2$

2. 流量调节

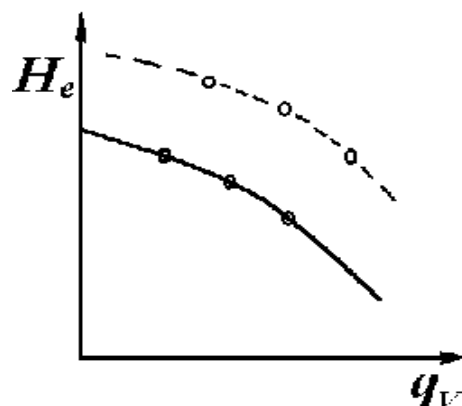
办法: 调节需方(管路)——出口阀

调节供方(泵)——改变 n' , 改变 D'



实用方便, 能耗大

调需方(管路) ↓



能耗少, 不方便

调供方(新老泵问题)

用 n' 或 D' 调节应注意:

(1) 适用条件与范围(p71)

(2) 必须符合等效原则

新老泵特性曲线关系 \rightarrow 泵的特性调节

$$\frac{q_V'}{q_V} = \frac{n'}{n} \quad \frac{H_e'}{H} = \left(\frac{n'}{n}\right)^2 \quad \therefore \frac{H_e'}{H} = \left(\frac{q_V'}{q_V}\right)^2$$

$$\therefore H_e' = (A - Bq_V^2) \left(\frac{q_V'}{q_V}\right)^2 = \left(\frac{n'}{n}\right)^2 A - Bq_V'^2$$

例: 某台离心泵在 n (1480r/s) 时,

$$H_e = A - Bq_V^2 = 38.4 - 40.3q_V^2 \quad (q_V - \text{m}^3/\text{min})$$

将此泵接在管路方程 $H = 16.8 + 644q_V^2$ 中, 问:

(1) 其输液能力多大? (q_V) \rightarrow 一定是方程联立的结果

(2) 若 n' (1700r/s) 输液能力又多大? 结果

解: (1) 工作点 $H = 16.8 + 644q_V^2$

$$H_e = 38.4 - 40.3q_V^2$$

联立解得: $q_V = 0.178 \text{ m}^3/\text{min}, H = 37.1 \text{ m}$

(2) 错误解法:

$$\frac{q_V'}{q_V} = \frac{n'}{n} \quad (\text{p71})$$

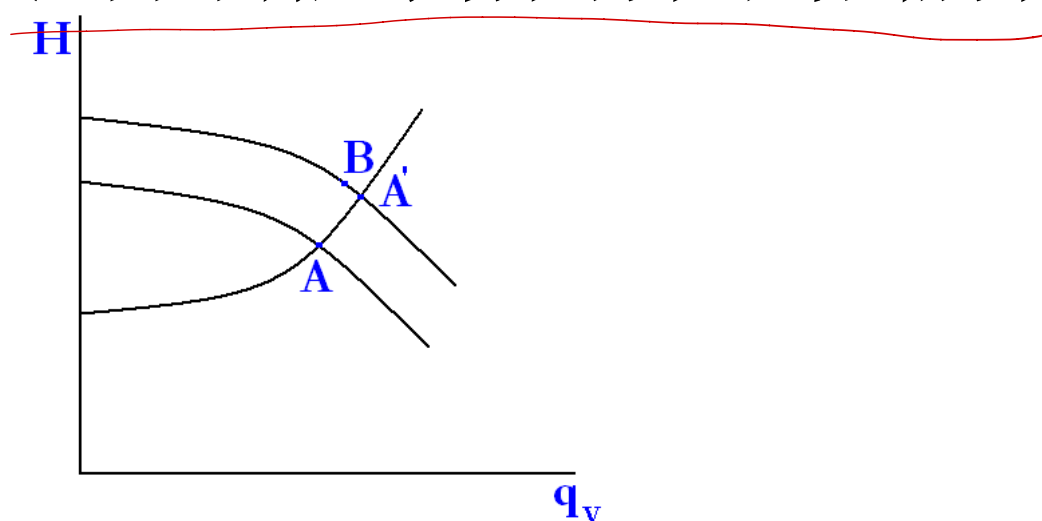
$$\therefore q_V' = n' \cdot \frac{q_V}{n} = \frac{1700}{1480} \times 0.178 = 0.204 \text{ m}^3 / \text{min}$$

又有 $H_e' = \left(\frac{n'}{n}\right)^2 H_e = \left(\frac{1700}{1480}\right)^2 \times 37.1 = 48.9m$

管路: $H_e' \neq H \rightarrow$ 一定不是工作点.

$$H = 16.8 + 644q_V^2 = 16.8 + 644 \times 0.204^2 = 43.6m$$

显然 B 点不是 n 改变后的新工作点, 工作点应同时满足泵特性方程和管路方程。



正确解法:

首先求出 n 变化后泵的特性方程

根据等效性, 比例定律:

$$\frac{q_V'}{q_V} = \frac{n'}{n} \quad \frac{H_e'}{H} = \left(\frac{n'}{n}\right)^2$$

$$\therefore \frac{H_e'}{H} = \left(\frac{q_V'}{q_V}\right)^2$$

$$\therefore H_e' = (A - Bq_V^2) \left(\frac{q_V'}{q_V}\right)^2 = \left(\frac{n'}{n}\right)^2 A - Bq_V'^2$$

代入数值

$$H_e = \left(\frac{1700}{1480}\right)^2 \times 38.4 - 40.3q_V^2$$

新工作点:

$$H = 16.8 + 644q_V'^2 \rightarrow \text{管路不变}$$

$$H_e = 50.66 - 40.3q_V'^2$$

解得 $q_v' = 0.222 \text{ m}^3/\text{min}$, $H' = 48.5\text{m}$

注意: A (0.178, 37.1), B (0.204, 48.9) 两点为等效点

因为满足: $\frac{H_e}{q_V^2} = \frac{H_e'}{q_V'^2} = K$

但实际离心泵的工作点都是 $H=f(q_v)$, $H_e = \phi(q_v)$ 两条曲线方程的交点。

∴ 两工作点 A (0.178, 37.1), A' (0.222, 48.5) 不等效的理由很简单 H 不正比于 q_v^2 。

等效必须满足比例定律

$$\text{即 } \frac{H_e'}{H} = \left(\frac{n'}{n}\right)^2 = \left(\frac{q_V'}{q_V}\right)^2$$

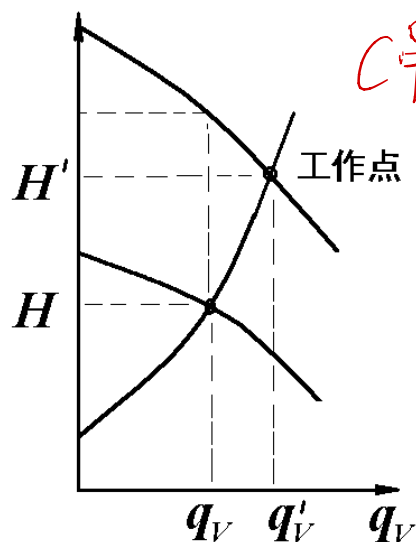
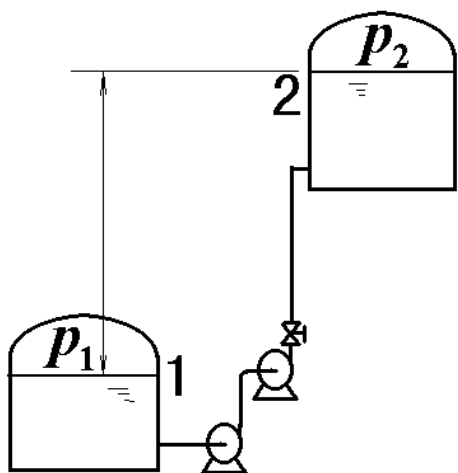
若 B 点既是等效点又是工作点, 管路一定是特殊情况 $H = Kq_V^2$

3. 离心泵的组合操作

(1) 串联组合

同样流量下，两泵压头相加

q_v 同 $H' = 2H$
(串联)



$$H_{\text{单}} = \varphi(q_v), \quad H_{\text{串}} = 2\varphi(q_v)$$

例如: $H_{\text{单}} = 20 - 2q_v^2$

$$H_{\text{串}} = 40 - 4q_v^2$$

工作点 $H' \neq 2H$ (一定是联立解出)

(2) 并联组合

同样压头下，两泵流量相加

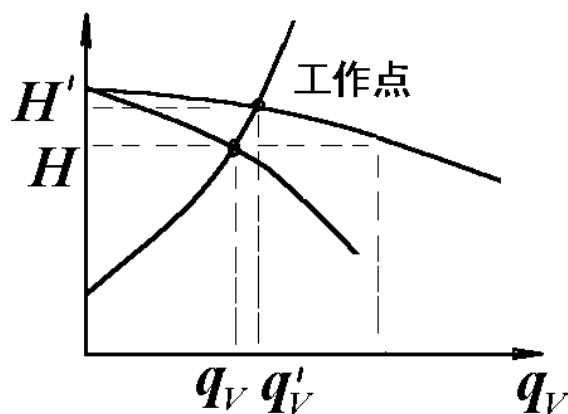
$$H_{\text{单}} = \varphi(q_v)$$

$$H_{\text{并}} = \varphi\left(\frac{q_v}{2}\right)$$

例如: $H_{\text{单}} = 20 - 2q_v^2$

$$H_{\text{并}} = 20 - 0.5q_v^2$$

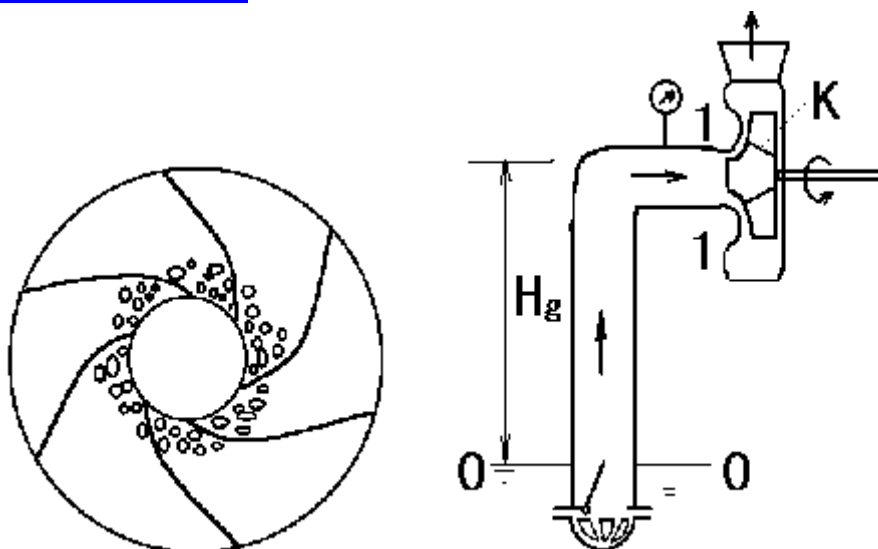
工作点 $q_v' \neq 2q_v$



2.2.4 离心泵的安装高度

汽蚀现象

→ 最大高度



列泵入口 1 截面，水面 0 截面伯努利方程

$$H_g = \frac{p_0 - p_1}{\rho g} - \frac{u_1^2}{2g} - \Sigma H_{f0-1}$$

在一定流量下 $H_g \uparrow$ $p_1 \downarrow$

p_K 处压强最低

当 $p_K \leq p_v$ 时，发生汽蚀

后果：叶轮、泵壳出现剥落，轴强烈振动，甚至振断。因而安装高度是受限制的。

最大安装高度：

$$H_{g,\max} = \frac{p_0 - p_{1,\min}}{\rho g} - \left(\frac{u_1^2}{2g} + \Sigma H_{f0-1} \right)$$

→ 难以获得

工程上处理的方法： **汽蚀余量** **NPSH**

由 1 至 K 截面列伯努利方程：

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = \frac{p_K}{\rho g} + \frac{u_K^2}{2g} + \Sigma H_{f1-K}$$

$p_K = p_v$ 时，此时 $p_1 = p_{1\min}$ 定义 临界汽蚀余量

$$(NPSH)_c = \frac{p_{1,\min}}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} - \frac{p_v}{\rho g} = \frac{u_K^2}{2g} + \Sigma H_{f1-K}$$

测量依据

定义

$$H_{g,\max} = \frac{p_0 - p_{1,\min}}{\rho g} - \left(\frac{u_1^2}{2g} + \Sigma H_{f0-1} \right)$$

$$H_{g,\max} = \frac{p_0 - p_v}{\rho g} - \Sigma H_{f0-1} - (NPSH)_c$$

规定必需汽蚀余量

$$(NPSH)_r = (NPSH)_c + \Delta$$

写进泵样本，它与流量有关。

实际汽蚀余量：

$$NPSH = \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} - \frac{p_v}{\rho g}$$

$$NPSH \geq (NPSH)_r + 0.5$$

必需汽蚀余量

∴ 最大允许安装高度 $[Hg]$

$$\star [Hg] = \frac{p_0 - p_v}{\rho g} - \Sigma H_{f0-1} - [(NPSH)_r + 0.5]$$

如何提高 $[Hg]$

出厂

吸入压
环境要素

流速

管路

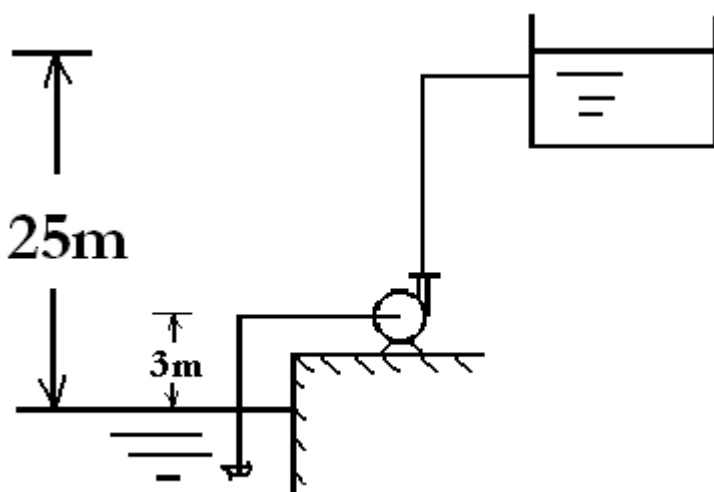
使 $\Sigma H_{f0-1} = (\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta) \frac{u_1^2}{2g} \downarrow \rightarrow$ 最佳调整值

(1) $l \downarrow$, 近水源

(2) $d \uparrow$ 泵进口管比出口管粗

(3) $\Sigma \zeta \downarrow$, 减少不必要阀门等 \rightarrow 不用进口阀 会有汽蚀

* 例：如图示常压， 20°C 甲苯， $\rho=867\text{kg/m}^3, p_v=2.94\text{kPa}$, 用离心泵输送，泵铭牌 $q_v=43.2\text{m}^3/\text{h}, H=35\text{m}, (NPSH)_r=4.7\text{m}$ 。且已知管路所需送液量 $43.2\text{m}^3/\text{h}, \Sigma H_{f\text{压}}=5\text{m}, \Sigma H_{f\text{吸}}=0.5\text{m}$ 。



试问：流量 压头 高度
(1) 该泵适用理由
(2) 泵正常运转时有效功率

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

$\rightarrow q_v$
 \rightarrow 题给

解：(1) 列池面与槽面伯努利方程：

$$H = \frac{\Delta P}{\rho g} + \Sigma H_{f\text{吸}} + \Sigma H_{f\text{压}} \rightarrow H_e > H$$

$$= 25 + 0.5 + 5 = 30.5 < 35\text{m}$$

符合要求，
所以的H加一个

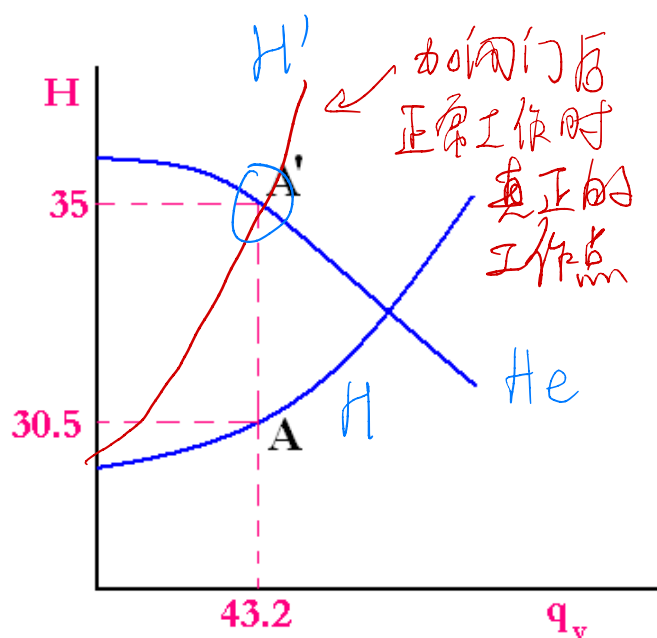
$q_v=43.2\text{m}^3/\text{h}$ 与铭牌一致

流程如图，必须校核安装高度 \rightarrow 阀门就好了) \rightarrow 直接加能耗

$$\begin{aligned}
 [Hg] &= \frac{p_0 - p_v}{\rho g} - \Sigma H_{f吸} - [(NPSH)_r + 0.5] \\
 &= \frac{1.013 \times 10^5 - 2.94 \times 10^3}{867 \times 9.81} - 0.5 - [4.7 + 0.5] \\
 &= 5.86 \text{m} > Hg_{实} = 3 \text{m}
 \end{aligned}$$

根据以上三点核算，该泵适用

(2) 要符合 $q_v = 43.2 \text{m}^3/\text{h}$ ，必须调小阀门

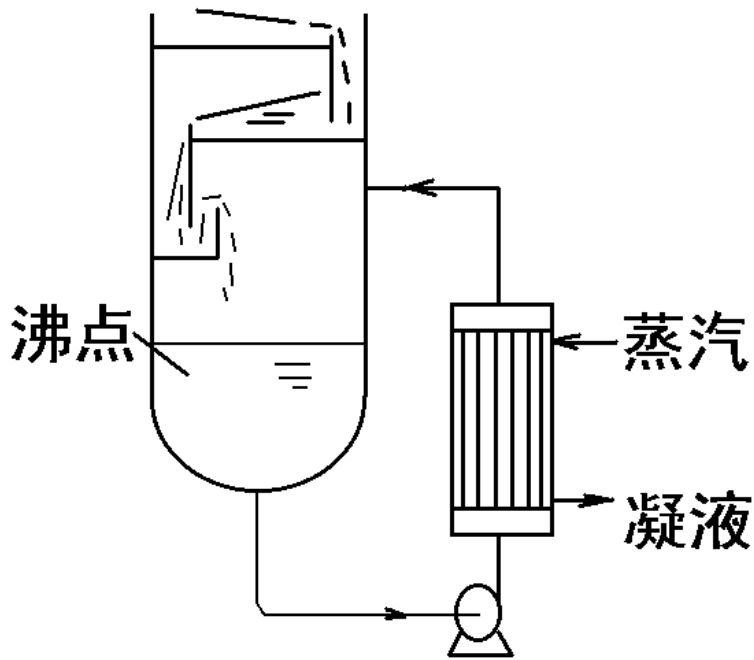


$$H_e = 35 \text{m (A' 点)}$$

$$\therefore P_e = q_v H_e \rho g$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{43.2}{3600} \times 867 \times 9.81 \times 35 \\
 &= 3572 \text{(W)}
 \end{aligned}$$

再沸器循环泵



$$[H_g] = \frac{p_0}{\rho g} - \frac{p_v}{\rho g} - \sum H_{f0-1} - [(NPSH)_r + 0.5]$$

$$p_0 = p_v, [H_g] < 0$$

→ 设备放在二楼，抬高管路
泵放在一楼

2.2.5 离心泵的类型与选用

1、泵型介绍

原：3B19A(B)——叶轮车削

新：IS80-65-160——叶轮名义直径（mm）

例：输送水

要求 $H=30\text{m}, q_v=40 \text{ m}^3/\text{h}$

查 p78 图 2—23 得型号

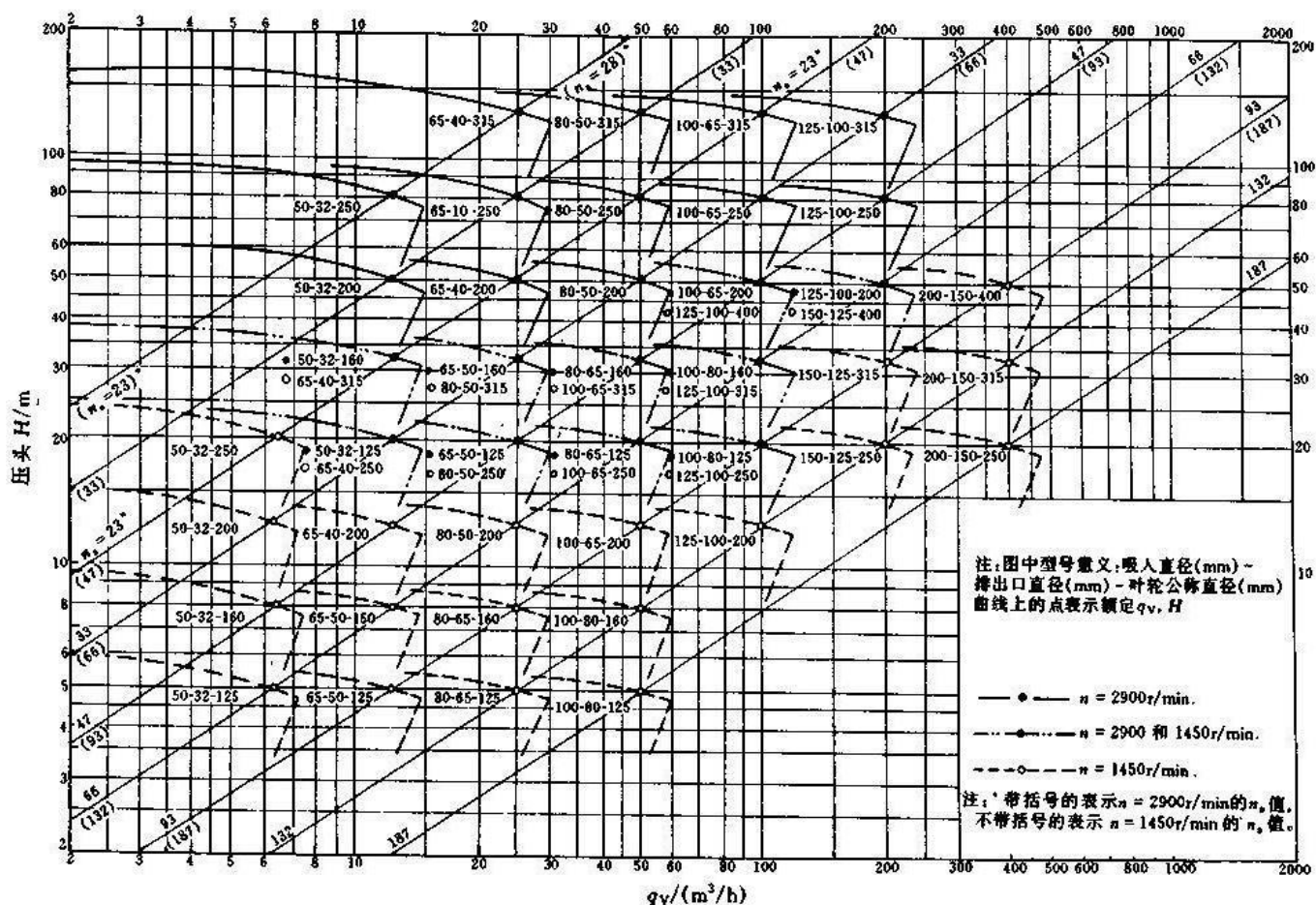


图 2-23 IS 型离心泵性能曲线

IS80-65-160 (2900r/min)

IS100-65-315(1450r/min)

2、选泵原则—合理选

(1)确定泵型

根据被输送流体的性质和操作条件

(2)由工艺要求（通过管路计算）的 q_v , H 选泵型号

(3)在满足 q_v , H 条件下，注意选 η 高

(4)先定泵，再配电机 \rightarrow 求 P_a (轴功率)

一般步骤: 根据 q_v , H 在泵系列谱(如图 2-23)中进行初选，再根据样本确定。