

泵装置手册

〔日〕 泵装置手册编辑委员会 编

机械工业出版社

78.641
9201369

泵 装 置 手 册

〔日〕 泵装置手册编辑委员会 编

张树荫 于富禄 译
滕征本 校



机 械 工 业 出 版 社

(京)新登字054号

本书是一部给、排水用泵及其附属设备的综合性技术手册。全书分三个部分：第一部分介绍泵与原动机的基础知识。从泵的性能入手分析其运转与调节的原理和方法。此外还介绍了电动机与柴油机的选择与控制，第二部分是本书的重点，论述了泵站的设计，附属设备的选择计算，泵站自动控制，第三部分是泵运行和维护的方法与经验。本书还汇集了大量的常用数据。

本手册是泵站设计、维护、运行人员不可缺少的工具书，也是泵制造厂技术人员的一部重要参考书。

ポンプ設備便覧

羽田工場水力機械部

ポンプ設備便覧編集委員会

1981年4月

株式会社荏原製作所

* * *

泵装置手册

〔日〕泵装置手册编辑委员会 编

张树荫 于富禄 译

滕征本校

*

责任编辑：孙瑞 版式设计：乔玲

封面设计：姚毅 责任校对：熊天荣

责任印制：路琳

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张 16¹/₂·字数 403 千字

1992年4月北京第1版·1992年4月北京第1次印刷

印数 0,001—3,150·定价：12.50元

*

ISBN 7-111-02863-5/TH·300

序 言

本书不仅局限于对泵自身的论述，而且还着眼于泵系统和泵站的整体规划。

20多年前荏原制作所就已编著过《泵装置手册》，并受到用户和从事泵专业的各类人员的高度评价。近几年来，随着泵的大型化和使用条件的复杂化，选择进一步满足使用目的的泵型和附属装置显得越来越重要；综合地规划泵站装置，使之发挥各类装置的效率，已受到人们的高度重视。因此，在原有的《泵装置手册》基础上，作者作了进一步的充实与补充，编著成了现在的《泵装置手册》。

本书第Ⅰ篇是泵和原动机的基础知识；第Ⅱ篇泵站的设计是本书特别强调的部分，第Ⅲ篇以方便用户为出发点，在泵的使用维护和管理方面论述了泵站全部装置的试验、安装、使用、故障分析及运行管理等问题。

读者如能充分利用本手册，定能受益不小。书中欠妥之处，请读者指正。

荏原制作所羽田工场水力机械部
泵装置手册编辑委员会

目 录

序言

I 泵与原动机的基础知识	1
A 泵	1
IA-1 泵的比转数及特性	1
IA-2 管道阻力和泵送水状态的调节	9
IA-3 泵的吸入性能	15
IA-4 管道内的过渡现象	19
IA-5 泵的材料与耐蚀性	27
IA-6 泵的结构	35
IA-7 泵的振动和噪声	46
B 电动机	52
IB-1 电动机的分类和型式选定	52
IB-2 电动机的起动方法和转速控制	59
C 内燃机	66
IC-1 内燃机的分类和型式选定	66
IC-2 内燃发动机的附属装置和辅机系统	70
II 泵站的设计	78
II-1 泵站的站址条件	78
II-2 泵的分类与型式的选择	79
II-3 泵的配备容量与台数	85
II-4 阀、闸门的选择	91
II-5 各部位的流速和流道断面尺寸的决定	100
II-6 吸入、排出水槽	102
II-7 流道损失的计算及泵扬程的决定	111
II-8 原动机的选择与功率传递方式的决定	127
II-9 泵站布置及配管	136
II-10 小配管和配线	143
II-11 基础和配管	146
II-12 除尘装置	156
II-13 泵站、辅机、容器类	163
II-14 厂房、吊车、照明、换气及防噪声措施	174
II-15 输配电设备和自备发电设备的容量及型式的选定	181
II-16 机器的运转方式	189
II-17 泵的自动控制	200
II-18 测量仪器	203
II-19 涂漆	208
II-20 泵装置设计的检查项目	212

Ⅲ 使用、维护和管理	214
Ⅲ-1 泵装置的试验方法	214
Ⅲ-2 机器安装的注意事项	227
Ⅲ-3 泵的起动及停车	232
Ⅲ-4 运转管理	233
Ⅲ-5 故障原因和措施	241
附录	249
I 基础数据	249
II 相关的法规和标准	256

I 泵与原动机的基础知识

A 泵

I A-1 泵的比转数及特性

§ 1 泵的性能参数

泵的性能参数有：

泵流量 Q (m^3/min)

泵全扬程 H (m) (参考 II-7)

泵转速 N (r/min)

这里， Q 和 H 是根据使用要求确定的，而 N 则是针对给定的 Q 和 H ，同时考虑吸入性能（参考IA-3），在选定泵型时确定的。 N 确定后，可按下式决定比转数 N_s ：

$$N_s = N \cdot \frac{Q^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}} \quad (\text{IA-1-1-1})$$

上式的主要参数 Q 和 H 在不同情况下具有不同含意：对双吸叶轮， Q 为单侧流量；对多级泵， H 为一级的扬程。

比转数 N_s 是决定叶轮形状、泵特性的重要指标 (IA-1-1-1)。

表IA-1-1-1 N_s 的换算表

Q	m^3/min	l/s	m^3/s	ft^3/min	Usgal/min	gal/min
H	m	m	m	ft	ft	ft
N_s	1	4.083	0.129	2.438	6.68	6.10
	0.245	1	0.0316	0.597	1.635	1.492
	7.746	31.6	1	18.82	51.50	47.20
	0.410	1.673	0.0581	1	2.730	2.500
	0.150	0.613	0.0194	0.366	1	0.915
	0.164	0.670	0.0212	0.400	1.092	1

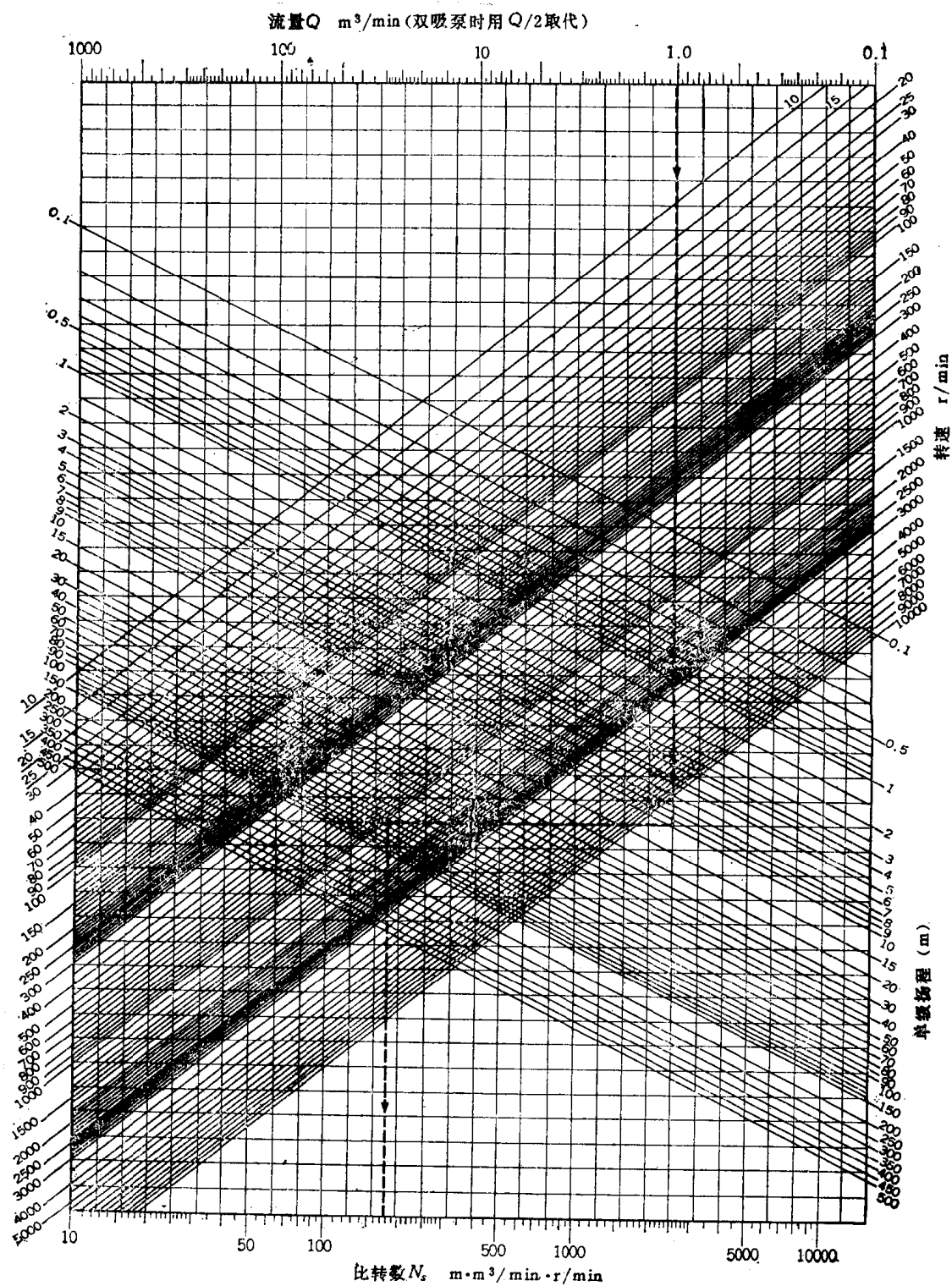
注：转速单位为 r/min 。

§ 2 泵的类型与比转数

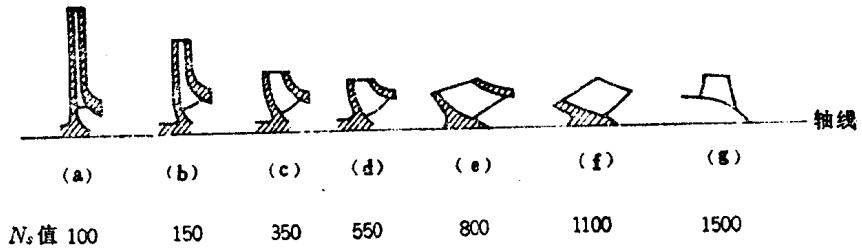
2-1 N_s 及叶轮的形状

在泵叶轮的设计中， N_s 的常用范围约在100~2000之间，如图IA-1-2-1所示。不同的 N_s 值对应于不同的叶轮形状。此外，泵的种类和用途不同，则叶轮形状也有所不同。

2-2 N_s 及泵的种类



图IA-1-1-1 比转数 N_s 的诺模图



图IA-1-2-1 N_s 与叶轮的形状

泵一般分为离心泵、混流泵和轴流泵三类。

离心泵主要是借助叶轮的离心力将压力能和动能传给水，其 N_s 约在100~600之间。由于多数离心泵都是在涡壳中将水的动能转换成压力能，故这种泵又称为涡壳泵。

混流泵则是由于叶轮内水流与泵轴线倾斜而得名。水从叶轮流出的动能转换成压力能，采用了导叶和蜗室二种结构。蜗室结构是将混流型叶片置于蜗壳之中，因此又称为混流蜗壳泵。混流泵主要采用 $N_s = 400 \sim 1400$ 的叶轮，这种泵虽然 N_s 很大，但许多泵可设法使关闭功率不过分增大。

N_s	100	500	1000	1500	2000
泵的种类	离心式		混流式		轴流式

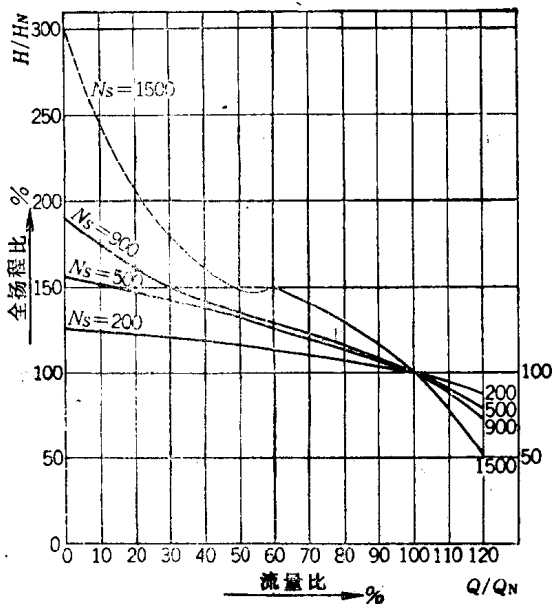
图IA-1-2-2 N_s 与泵的种类

轴流泵是因为水在轴向流动而得名，它是利用叶片的升力使水具有压力能和动能。水从叶轮流出的动能只能借助导叶变为压力能。轴流泵叶轮的 $N_s = 1200 \sim 2000$ 。

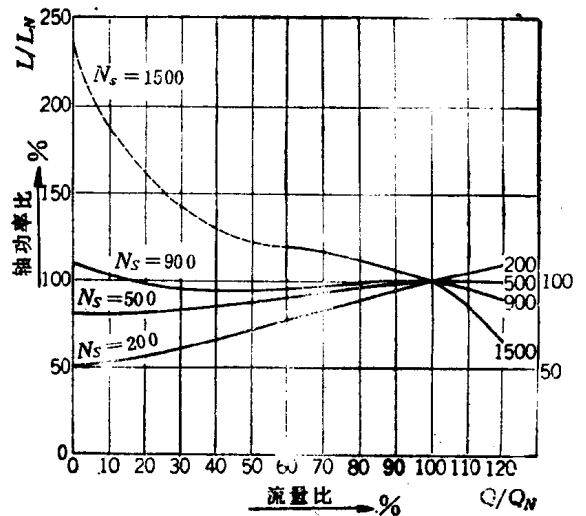
上述的 N_s 与泵类型间的关系如图IA-1-2-2所示。

§ 3 泵的一般特性

3-1 一般特性



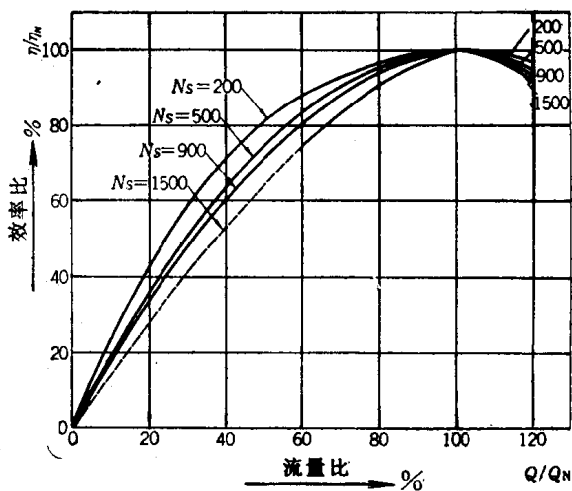
图IA-1-3-1 扬程曲线



图IA-1-3-2 轴功率曲线

以横坐标表示流量，纵坐标表示全扬程、效率、轴功率所描绘的曲线通称为泵的特性曲线。另外，有的特性曲线还给出吸程限度或转速。一般用百分率对泵的特性进行比较，泵的特性曲线是以最高效率点的流量、全扬程、效率、轴功率等作为100%，其形状随 N_s 的不同而异，图IA-1-3-1~1-3-3给出了泵的简要百分率特性。

可调叶片泵的特性曲线如图IA-1-3-4所示，在使用过程中，注意改变叶片的角度，可以获得最佳的状态特性。图IA-1-3-4中，用虚线表示的曲线就是改变叶片角度而保持轴功率为定值时的扬程曲线。



图IA-1-3-3 效率曲线

§ 4 泵性能的改变

4-1 转速的改变

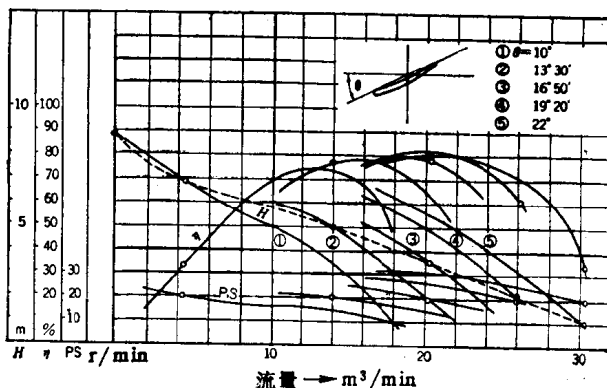
改变泵转速时的性能变化如下：

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (\text{IA-1-4-1})$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad (\text{IA-1-4-2})$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \quad (\text{IA-1-4-3})$$

式中 η —— 泵效率；
 Q —— 泵流量 (m^3/min)；
 H —— 泵全扬程 (m)；
 N —— 泵转速 (r/min)；
 L —— 泵轴功率 (kW)。



图IA-1-3-4 可调叶片轴流泵特性曲线

如以 γ 表示泵输送液体的单位体积重量 (kgf/l)[⊖]，

则

$$L = 0.163\gamma QH / \eta \quad (\text{IA-1-4-4})$$

脚标1、2分别表示转速为 N_1 、 N_2 时的状态。如果转速变化太大，则泵的各项损失不仅只是与 N^2 成正比增大，同时，严格地说，相似法则在此已不适用。因此，日本工业标准(JISB8301)规定，只允许在转速差为 $\pm 20\%$ 的范围内进行泵试验。

另外，还必须注意的是，当转速增大时会引起汽蚀的发生和轴功率的增加。

4-2 改变外径

改变叶轮的外径也可使泵性能发生变化。

改变叶轮外径时，泵性能按下式变化：

⊖ $1\text{kgf} = 9.80665\text{N}$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^m \tag{IA-1-4-5}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^n \tag{IA-1-4-6}$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{m+n} \tag{IA-1-4-7}$$

式中 Q ——泵流量 (m³/min);
 H ——泵全扬程 (m);
 L ——泵轴功率 (kW);
 D ——叶轮外径 (mm)。

式中 m 、 n 是各泵的特有常数, 对小 N_s 的泵, 即使是外径不同, 只要出口宽度相等, 均可取 $m = 2$, $n = 2$ 。图IA-1-4-1给出了 $m = 2$, $n = 2$ 时的变化。另外, 一般 N_s 增大, 且叶轮出口宽度与 D 呈反比例变化, 并改变滑润性, 则趋向 $m < 2$, $n > 2$ 。但特别要注意的是, 此时关死点扬程和关死点功率并不呈规律性变化。

4-3 叶片安装角 (叶片角) 的变化

轴流泵的叶片比转数 N_s 大, 则叶片角可以改变, 即可以用改变叶片角的方法来改变泵的特性。对于导叶入口角和叶轮出口水流的微小角度的改变, 可使流量 Q 在保持扬程 H 不变的情况下按正比例变化:

$$\frac{\Delta Q}{Q} \approx \frac{\Delta \theta}{\theta} \tag{IA-1-4-8}$$

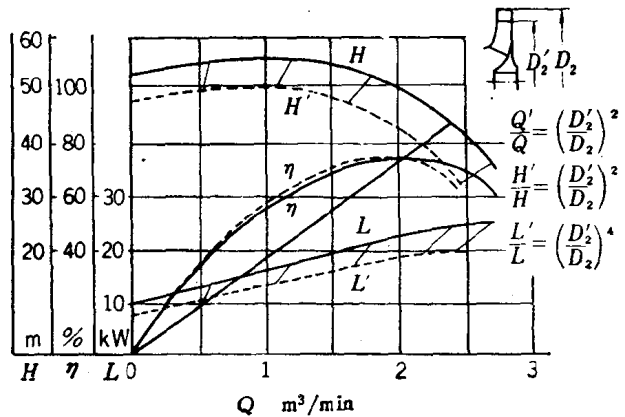
叶片角的变化范围不超过 $\pm 6^\circ$, 但以不超过 $\pm 3^\circ$ 为最佳 (图IA-2-3-4所示)。

4-4 泵的效率

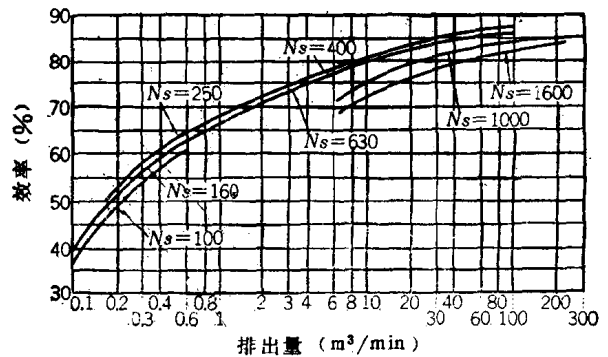
$$\eta = \frac{\text{水功率}}{\text{轴功率}} = \frac{0.163\gamma QH}{L(\text{kW})} = \frac{0.222\gamma QH}{L(\text{PS})} \tag{IA-1-4-9}$$

式中 η ——泵效率;
 γ ——泵输送液体的重度 (kgf/l);
 Q ——泵流量 (m³/min);
 H ——泵全扬程 (m);
 L ——泵轴功率。

泵的效率是在泵设计时用来决定原动机功率的。图IA-1-4-2给出的所设计泵的最高效



图IA-1-4-1 叶轮外径改变时的性能变化



图IA-1-4-2 N_s 及流量与泵最高效率值的关系

率值, 可供参考。

§ 5 泵的全特性

在研究泵的特殊运转状态及分析过渡现象时, 要用到泵的全特性。全特性随比转数而变化。这里列举三个例子来说明。

试算实例:

$N_s = 164$ 的泵在 90% 全扬程的落差下, 连续逆流、逆转时, 泵的逆流量、逆转速度可从图 IA-1-5-1 中, $T = 0$ 和 $H = 90$ 的二线交点得到:

$$Q = -56\% \quad N = -105\%$$

N_s 略小于 400 的泵以等于最高效率点全扬程的落差连续逆流、逆转时, 其逆转速度可以认为在正常转速的 130% 以下。

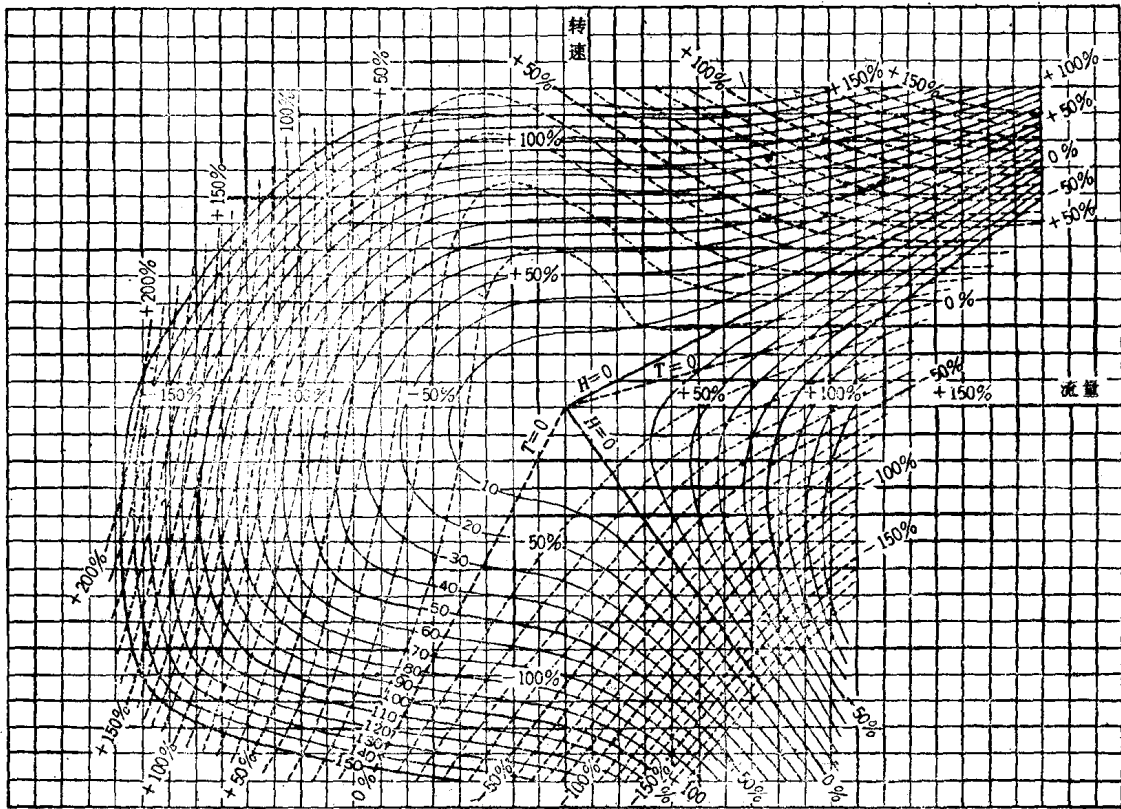
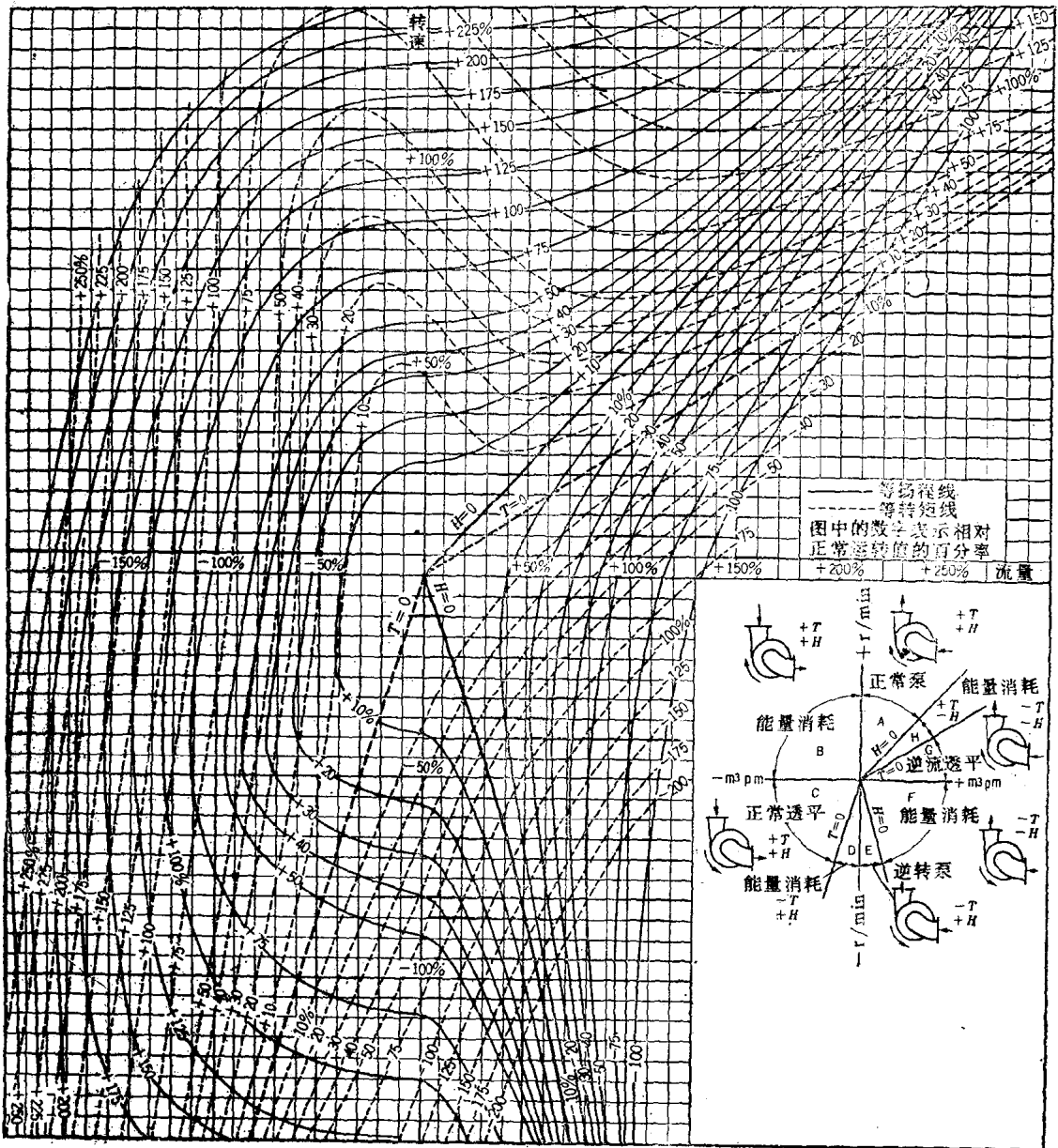


图 IA-1-5-1 全特性曲线 (荏原, $N_s = 164$)

——等扬程曲线 - - - -等扭矩曲线



图[A-1-5-2 全特性曲线 (R.T科纳波, $N_s = 270$)

+ $m_3 \rho m$ 从吸入口流入

- $m_2 \rho m$ 从排出口流入

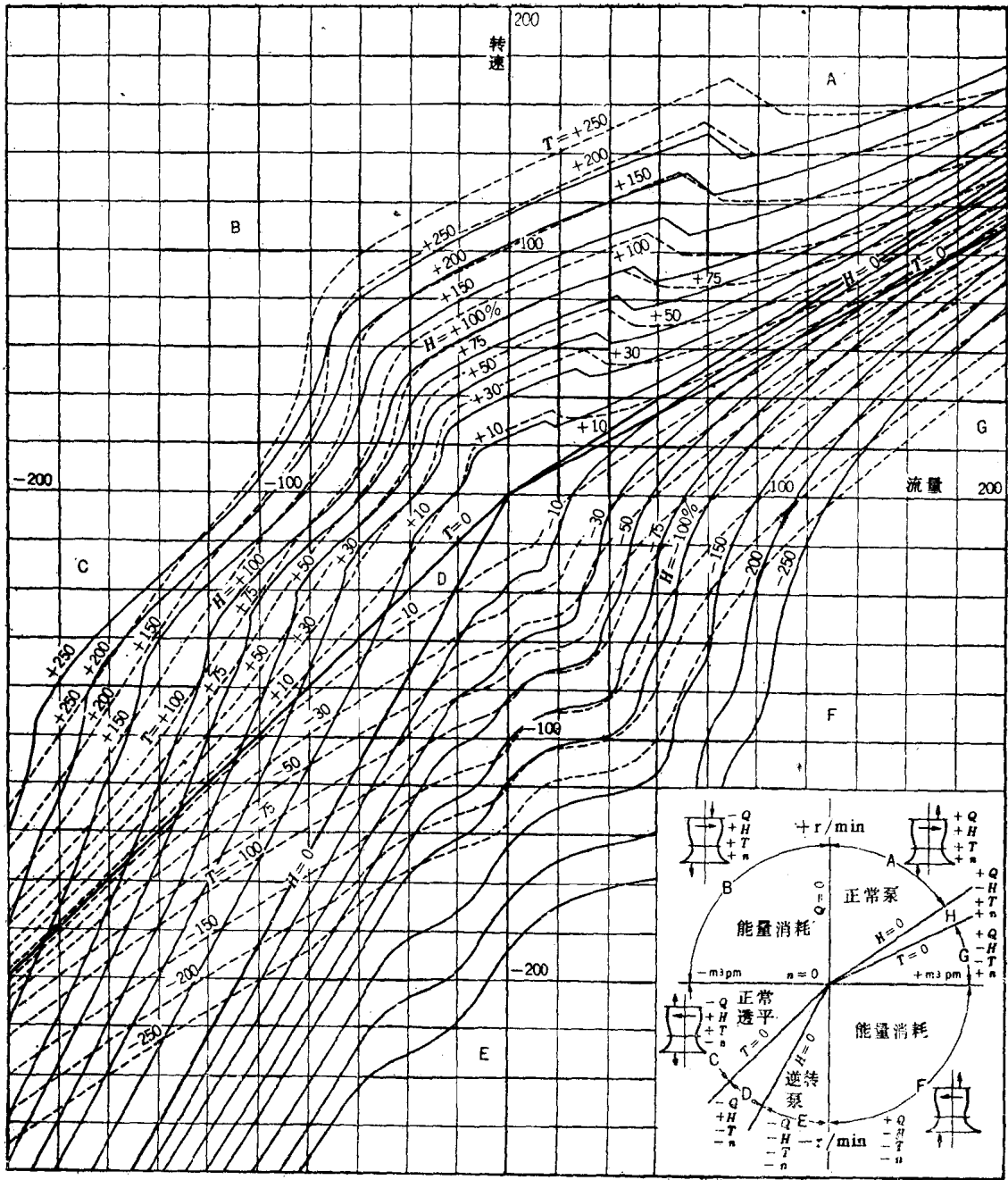
+ H 在排出口的水头高

- H 在吸入口的水头高

+ r/min 正转; - r/min 逆转

$$+ T = c \left(\frac{+h_p}{+r/\text{min}} \right) \text{ 或 } C \left(\frac{-h_p}{-r/\text{min}} \right) + h_p \text{ 输入功率}$$

$$- T = c \left(\frac{-h_p}{+r/\text{min}} \right) \text{ 或 } C \left(\frac{+h_p}{-r/\text{min}} \right) - h_p \text{ 输出功率}$$



图[A-1-5-3] 全特性曲线 (W. M. 斯瓦索, $N_s = 1140$)

I A-2 管道阻力和泵送水状态的调节

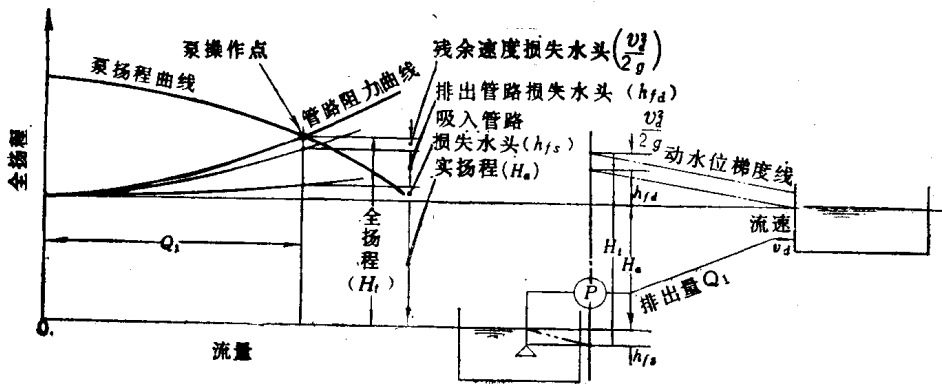
§ 1 泵的操作点

泵的操作点是在以流量为横坐标，扬程为纵坐标的坐标系上所求得的泵扬程曲线和管道阻力曲线的交点（图IA-2-1-1）。

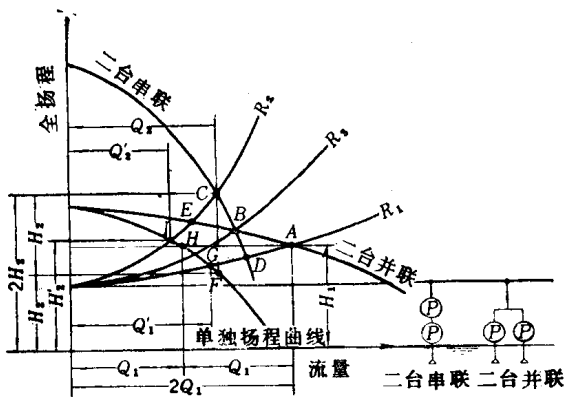
多泵并用时的扬程曲线可采用组合扬程曲线（图IA-2-1-2）。至于泵站中利用阀门控制的情况，也可考虑采用控制特性的组合扬程曲线（图IA-2-1-3）。

管道的阻力曲线是按自吸入槽水面至排出槽水面之间的高差求得的，也就是按实际扬程与送水管系的损失水头之和求得的（图IA-2-1-1）。对于由多根管子组成的管道，管道阻力曲线可采用组合合成阻力曲线（图IA-2-1-4~IA-2-1-6）。

在对扬程曲线或阻力曲线进行组合时，如果是并联，则在流量方向将单个特性叠加起来；如果是串联，则在扬程方向将单个特性叠加即可。

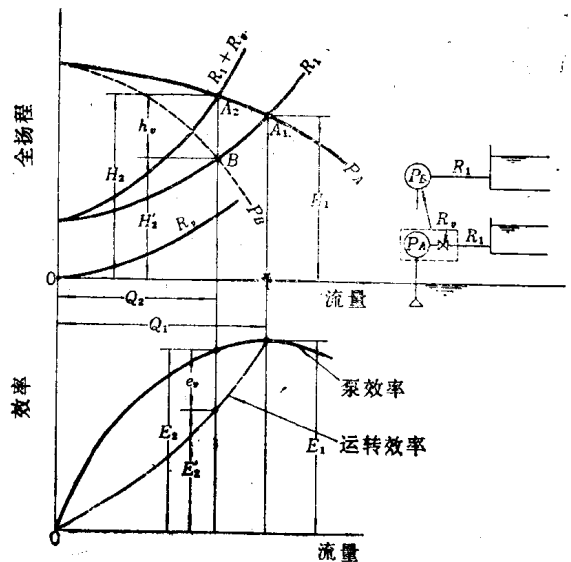


图IA-2-1-1 泵的操作点

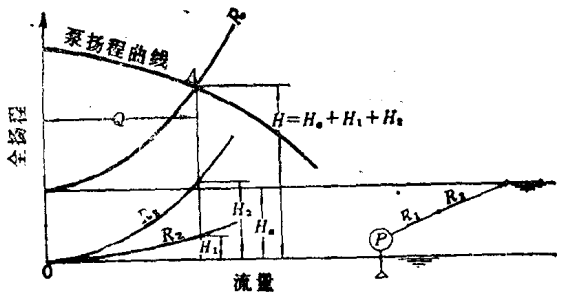


图IA-2-1-2 特性相同的二台泵串联、并联的运行

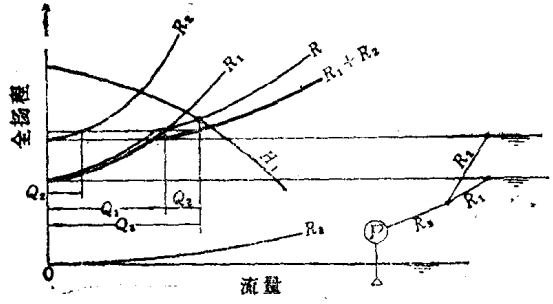
R_1, R_2, R_3 表示每个管道的阻力曲线， R 表示组合阻力曲线



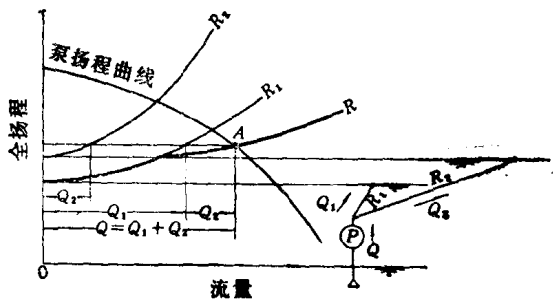
图IA-2-1-3 阀的开度调节和泵的运行效率



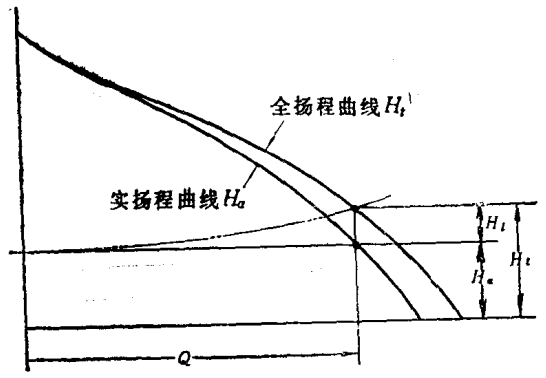
图IA-2-1-4 用一台泵向阻力不同的二根串联管输送水



图IA-2-1-5 用一台泵向阻力不同的二根并联管输送水



图IA-2-1-6 管道有分支的情况



图IA-2-1-7 实际扬程曲线

对于用于雨水排水等泵的吸入水槽与排出水槽之间，当每一台泵都用单独的管子（或流道）扬水时，由于吸入、排出管道的损失水头可分别按每台泵的流量单值加以确定，所以，如图IA-2-1-7所示，可先画出实际扬程曲线 H_0 （从全扬程曲线中的 H_1 减去管道损失 H_1 ），然后按实际扬程再画一条水平线与实际扬程曲线相交，则该交点所对应的流量就是泵操作点流量 Q 。

§ 2 泵操作点的限制

泵的操作点是用上述方法确定的，所以不一定能与泵标牌上所标记的流量、全扬程相吻合。但是由于不同的泵有不同的限制，因而操作点的位置也不能随意选择。

表IA-2-2-1所列出的各项能给泵造成实际损害的因素，对于不同的泵是各不相同的，因此，应与生产厂家协商将操作点设定在正确的位置上。

表IA-2-2-1 泵运转点的限制

原因	泵种	限制量	问题
汽蚀	NPSH没有余量的泵	流量过大 流量过小	振动、噪声、叶轮的侵蚀
轴功率过大	低比转速泵 高比转速泵	流量过大 流量过小	原动机超负荷
内部水流得异常，不稳定	一般中型以上的泵	流量过小	振动、噪声
水温上升	一般泵	关死运转（高扬程泵允许时间短）	泵壳内产生水蒸汽，容易发生事故
效率降低	轴功率大的泵	偏离设计点的流量	动力费用高，泵各部分寿命降低

§ 3 流量（压力）的调节

为了满足用水的要求并使泵保持在适宜的操作点工作，可采用多种控制流量的方式，概要情况列于表IA-2-3-1中。

表IA-2-3-1 流量控制法

控制方式	特 性	优 点	缺 点	适用范围
<p>阀 参考图IA-2-1-3、图IA-2-3-1、图IA-2-3-2</p>	<p>关闭阀产生 P'的阻力</p> $Q' = Q$ $H' = H - KQ^2$ $L' = L$ <p>K: 由阀开度确定的系数</p>	<p>操作简单，设备 费用低</p>	<p>动力费用高。阀 振动、噪声，特别 是低水位侧得压力 低时，有发生汽蚀 的危险</p>	<p>中、小型泵的一般 流量控制法 适用于相对于全扬 程，管路损失小的情 况</p>
<p>转 速 参考图IA-2-3-3</p>	$Q' = \frac{N'}{N} \cdot Q$ $H' = \left(\frac{N'}{N}\right)^2 \cdot H$ $L' = \left(\frac{N'}{N}\right)^3 \cdot L$ <p>N, N'为转速</p>	<p>可节省动力费 用。在部分流量下 泵不会有不合理的 运行</p>	<p>设备费用稍高。 相关机器的占地面 积略有增加</p>	<p>功率超过400kW， 连续运行的泵。适用 于扬程变动范围大的泵</p>
<p>叶 片 角 参考图IA-2-3-4</p>	$Q' = KQ$ $H' = H$ $L' = KL$ <p>K: 根据叶片角确定的系数</p>	<p>轴流泵、混流泵 大的流量范围内可 高效使用</p>	<p>增加叶片角的操作 机构，从而限制了 驱动部分的设计</p>	<p>轴流泵、混流泵 对于流量的变化有良 好的适应性</p>