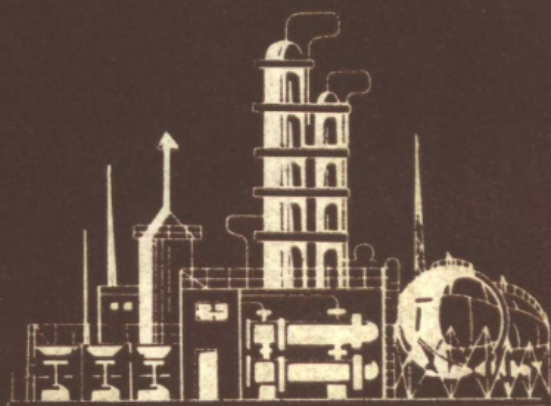


Q055.2  
J489

# 石油化工用泵

第一分册

——离心泵的特性换算与抗汽蚀途径——



Q055.2

/1

兰州石油机械研究所

# 石 油 化 工 用 泵

第 一 分 册

——离心泵输送粘液时特性换算——

顾永泉编

\*

——离心泵的汽蚀及抗汽蚀途径——

兰州石油机械研究所编

1 9 7 3 兰 州

# 石 油 化 工 用 泵

第 一 分 册

——离心泵输送粘液时特性换算——

顾永泉编

\*

——离心泵的汽蚀及抗汽蚀途径——

兰州石油机械研究所编

1 9 7 3 兰 州

## 内 容 提 要

本书是《石油化工用泵》参考资料中的一个分册。资料主要介绍国外石油化工用泵的发展概况、结构特点及工业应用。

本书包括“离心泵输送粘液时特性换算”和“离心泵的汽蚀及抗汽蚀途径”两部分，主要叙述离心泵输送粘液时的特性变化、国外常用的换算方法及其比较；叙述特殊液体的汽蚀、国外采用的抗汽蚀途径及材料耐浸蚀的评定方法。书中提供了一些国外的试验数据和图表。

本书可供从事石油化工用泵的工人、技术人员及高等院校师生参考。

## 石 油 化 工 用 泵

### 第 一 分 册

——离心泵的特性换算与抗汽蚀途径——

\*

兰州石油机械研究所出版  
(兰州市七里河区敦煌路125号)  
中国人民解放军第七二一九工厂印刷

\*

开本 $787 \times 1092$ 毫米 $\frac{1}{16}$ ·印张 $4\frac{1}{8}$ ·字数9.5万字

1973年8月出版 定价0.40元

# 前 言

石油化学工业，是五十年代迅速发展起来的新兴工业，它在国民经济中占有十分重要的地位。预计七十年代仍将继续获得迅速发展。在国外，它的发展速度超过了工业平均发展速度。

石油化学工业的迅速发展，对石油化工用泵提出了新的更高的要求。例如，要求泵能够长期连续运转，并且安全可靠；一旦发生故障，要能很快排除；制造成本和运转费用要低。为了满足这些要求，欧美各国都很重视石油化工用泵的试验研究工作。近年来，国外的石油化工用泵正向着大型化、高速化、特殊化和自动化方向发展。如流量为每小时6000立方米、功率为1900马力的大型屏蔽泵；转速为每分钟24700转的高速泵；压力为每平方厘米4500公斤的高压计量泵等特殊用泵相继出现。

我国的石油化工用泵的生产，在毛主席的无产阶级革命路线指引下，从无到有，发展迅速，很多产品已有了具有我国自己特点的系列。但是，目前有的产品技术水平较低，有些特殊用泵仍还是空白，因此，还不能满足我国石油化学工业发展的需要。

为了促进我国石油化工用泵的发展，努力赶上和超过世界先进水平，我们遵照毛主席关于“洋为中用”的教导，组织有关单位搜集了国外有关文献，并编译了《石油化工用泵》参考资料，供从事这方面工作的工人、工程技术人员和高等院校师生参考。

资料包括“离心泵的特性换算与抗汽蚀途径”、“泵轴的密封装置”、“耐腐蚀泵”、“计量泵”、“屏蔽泵”、“高粘度泵”和“低温泵、高温泵与高速泵”等分册，并将陆续出版。其中除“耐腐蚀泵”结合我国材料资源情况，介绍了一些我国材料试验数据和选用原则外，其余分册均为国外资料。

资料中的“离心泵的特性换算”部分和“高粘度泵”分册由华东石油学院顾永泉同志编写，“泵的轴封装置”分册由北京化工学院化机教研室编写，其余分册均由甘肃工业大学水机教研室和兰州石油机械研究所编写。在编写过程中，我们曾得到兰州化工机械研究所顾兆元同志、兰州石油化工机器厂工人大学郑正平同志以及有关院校同志的协助，特在此致谢。

由于我们搜集到的资料有限，加上编写时间仓促，缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

兰州石油机械研究所

一九七三年八月

# 目 录

## 前言

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| 离心泵输送粘液时特性换算 .....           | ( 1 )  |
| 一、离心泵输送粘液时特性的变化 .....        | ( 1 )  |
| 二、离心泵输送粘液时特性换算的方法 .....      | ( 3 )  |
| (一) 修正系数法 .....              | ( 4 )  |
| (二) 无因次特性法 .....             | ( 9 )  |
| (三) 扬程损失算法 .....             | ( 10 ) |
| 三、离心泵输送粘液时的一些问题 .....        | ( 12 ) |
| (一) 特性换算的修正系数法 .....         | ( 12 ) |
| (二) 特性换算时的比例定律和切割定律 .....    | ( 12 ) |
| (三) 盘面损失 .....               | ( 14 ) |
| (四) 汽蚀余量 .....               | ( 14 ) |
| (五) 泵内温升引起液体粘度变化 .....       | ( 16 ) |
| 四、对输送粘液用泵的要求 .....           | ( 16 ) |
| 五、常用的特性换算方法、图表和比较 .....      | ( 18 ) |
| (一) 美国水力学会的特性换算图表 .....      | ( 18 ) |
| (二) 美国英格索兰特公司的特性换算图表 .....   | ( 21 ) |
| (三) 苏联石油机械设计研究院的特性换算图表 ..... | ( 21 ) |
| (四) 苏联希辛柯的特性换算法 .....        | ( 24 ) |
| (五) 日本日机装高速泵的特性换算表 .....     | ( 25 ) |
| (六) 几种特性换算方法比较 .....         | ( 27 ) |
| 参考文献 .....                   | ( 32 ) |

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| 离心泵的汽蚀及抗汽蚀途径 .....                 | ( 34 ) |
| 一、汽蚀和汽蚀参数 .....                    | ( 34 ) |
| (一) 特殊液体的汽蚀 .....                  | ( 36 ) |
| (二) 汽蚀余量及特殊液体汽蚀余量的修正 .....         | ( 38 ) |
| (三) 汽蚀参数 .....                     | ( 40 ) |
| 二、抗汽蚀途径 .....                      | ( 45 ) |
| (一) 避免汽蚀 .....                     | ( 45 ) |
| (二) 允许有一些汽蚀并减弱其危害 .....            | ( 47 ) |
| (三) 允许汽蚀存在并抵制其危害 ( “超汽蚀” 问题) ..... | ( 51 ) |
| 三、材料的耐浸蚀及评定方法 .....                | ( 53 ) |
| (一) 加速试验 .....                     | ( 54 ) |
| (二) 材料浸蚀性的评价 .....                 | ( 56 ) |
| 四、结束语 .....                        | ( 59 ) |
| 参考文献 .....                         | ( 60 ) |

# 离心泵输送粘液时特性换算

在各个工业部门里，都采用离心泵输送粘性液体，而在石油化学工业中应用尤为广泛。用离心泵输送粘液，泵的特性要随着液体粘度而变化。因此，要能正确选用离心泵输送粘液和合理确定泵的结构形状与尺寸，必须掌握离心泵输送粘液时的工作过程、工作参数的变化和特性换算的方法。

离心泵工作机构（如叶轮、吸入室和压出室）的流道较一般管道短，且而截面变化较厉害，流道内液体流速变化剧烈，液体流动过程比较复杂。粘性液体在离心泵的流道内的流动是非线性的，很难应用流体力学中一般粘性液体的流动方程来定量地确定输送粘液时泵内能量损失的绝对值。因此，在实际工作中广泛采用相似定律，利用相似准数总结试验数据的方法，对输水时泵特性进行修正来确定输送粘液时泵的特性。

目前，国外所采用的离心泵输送粘液时特性换算的相似方法都是近似的，这不仅是受到所试验的泵及试验的条件限制，且而在方法上也只是某些相似准数做到相同，还不能达到流体动力完全相似和在几何上完全相似。因此，根据现有的国外资料对一些换算方法进行初步的比较，并建议采用较接近实际的换算方法，以供使用时参考。但是，离心泵输送粘液时特性换算的方法，还有待于进一步研究，以便更完善地解决泵特性换算的问题。

## 一、离心泵输送粘液时特性的变化

离心泵输送粘液时，由于液体粘度比水大，泵流道内液体流动情况改变，各处的液体流速和压力重新分配，使泵的流量和扬程降低，并使泵的效率剧烈地下降，轴功率也有所变化。

图1所示为某油田用的80Y-100×2型离心油泵输水（ $\nu = 0.01 \text{厘米}^2/\text{秒}$ ）和输送原油（ $\nu = 1.024$ 及 $6.71 \text{厘米}^2/\text{秒}$ ）时的特性<sup>[1]</sup>。从图中可以看出，随着液体粘度的增加， $Q-H$ 特性和 $Q-\eta$ 特性下降，而 $Q-N$ 特性上升，液体粘度愈大，这一现象愈明显。

离心泵输送粘液时特性的变化与泵内液体的流动过程是密切相关的。

泵的叶轮流道内，粘液沿边壁流动时形成较厚的边界层，在边界层内出现了切向粘性力，阻止沿叶片流动的液流，形成较大的速度梯度。

随着液体粘度的增加，切向粘性力的阻滞作用逐渐扩散到叶片间的液流中，使叶轮内液体的流速降低，从而使泵的流量减少。

同时，要克服粘性摩擦力，使需要的水力损失增加，从而使泵的扬程降低。

然而，输送粘液时与输送水时比较，不是所有的损失都增加。由于液体粘度的增加，通过叶轮口环和填料函的液体漏损减少，克服泵内速度头和液流突然扩散的水力损失也有所减少。但是，总的说来，泵的流量和扬程的绝对值减少， $Q-H$ 特性下降。

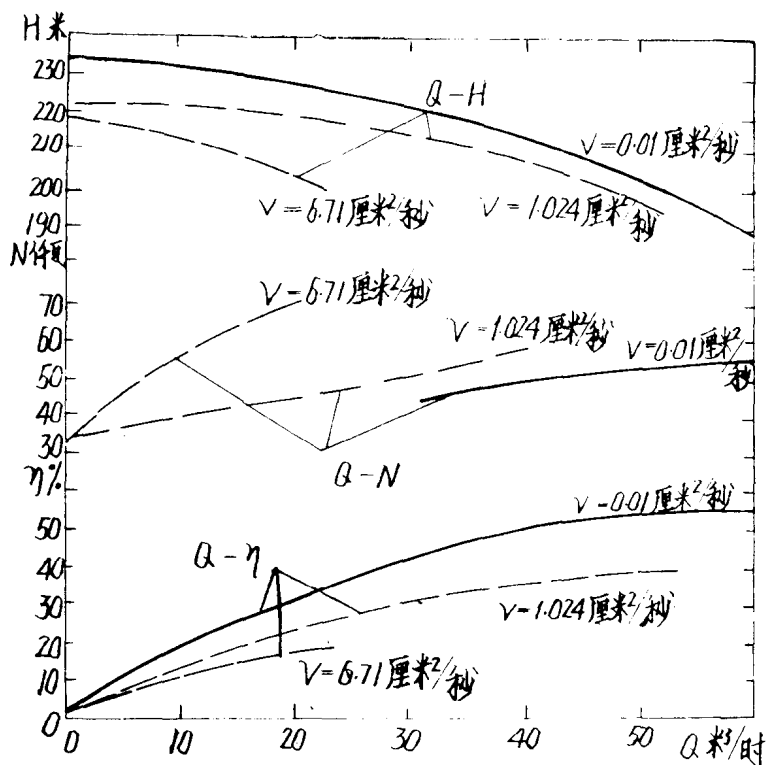


图1 80Y—100×2型泵的特性

输送粘液时，叶轮外盘面与液体摩擦所引起的盘面损失大大地增加，使泵的机械效率下降。虽然，泵的容积效率略有提高，但是由于水力效率也降低，泵输送粘液时的效率则降低，并且其值主要取决于盘面损失。

当输送粘液的重度与水较接近时，由于泵的效率降低，使泵的轴功率增大。但是，在输送液体的重度比水小得多而粘度变化又不大时，泵的轴功率降低。

离心泵在输送粘液时出现下列现象：

1. 随着液体粘度的增加，泵的流量和扬程的降低较缓慢，而效率下降较快。在粘度大于1~20厘沱时，泵的效率开始下降，而粘度大于4.3~43厘沱时泵的扬程开始下降，而粘度大于10~66厘沱时泵的流量开始减少。泵的效率先开始下降是因在液体粘度不大时泵的盘面损失较大，而这时水力损失却较小（低值为小流量泵，高值为大流量泵）〔2〕。

2. 在利用相似准数反映液体流动特性时，液体粘度对泵特性的影响主要取决于雷诺数，雷诺数愈小，泵的特性与输送水时泵的特性差别就愈大。

在低雷诺数下，泵的特性主要取决于工作机构流道内的水力损失，同时，与盘面损失也有关系。由于液体粘度较大，流动阻滞作用较大，液体流速降低较厉害。此时，泵流量的减少要比泵扬程降低较快，而效率下降反而较缓。

在中等雷诺数下，泵内水力损失与输送水时差别不大，而盘面损失剧烈地增加。因此，尽管Q—H特性降低不多，而Q—η特性降低较厉害。

在雷诺数很大时，泵工作处于阻力平方区内，泵的特性与液体粘度几乎无关。

3. 泵的结构和大小对输送粘液时泵的特性有一定的影响。

双吸式泵对粘度的影响不如单吸式泵敏感, 因为双吸式泵的盘面损失相对地较少, 而且雷诺数也比单吸式泵大。

多级泵输送粘液时, 液体粘度的影响不如单级泵大。因为多级泵的效率较低, 产生热量, 使通过泵的液体粘度较入口时低, 所以泵内损失减少, 特性降低较少。

大流量、低扬程的大泵对液体粘度的影响不敏感; 而小流量、高扬程的小泵对液体粘度的影响较敏感。前者的 $Q-H$ 特性变化较平坦; 而后者的 $Q-H$ 特性变化较陡降。这是由于大泵的雷诺数在其它条件相同的情况下比小泵大的缘故(其影响见图5) [3]。

4. 泵的转数不同, 液体粘度对特性的影响也不同。高转数泵由于雷诺数比低转数泵大, 高转数泵的 $Q-H$ 特性下降比低转数泵要少。

5. 输送水时泵额定效率较高, 输送粘液时泵的额定效率值也较高(其影响见图3及4) [4][5]。

6. 在液体粘度不大时, 输送粘液时泵的 $Q-H$ 特性在流量低于额定工况的区域内比输送水时高。

关于这一现象, 有下列不同的解释:

(1) 通过密封处液体漏损减少, 使相应流量下泵的扬程有所提高, 形成 $Q-H$ 特性在低于额定工况区域内升高 [6][7];

(2) 液体粘度大, 对盘面摩擦使泵的扬程增大 [6][8];

(3) 叶轮与蜗壳泵舌的间隙比正常值小 [9];

(4) 叶轮流道内相对环流减少, 即叶片的有限数影响减少, 从而使泵的扬程增高 [9];

(5) 泵从输送水转到输送粘液, 由阻力平方区过渡到混合摩擦区, 对已知粗糙度的流道, 液流摩擦系数减小, 使泵的扬程增高 [10]。

7. 泵流量等于零(关闭出口阀)时, 泵的扬程在输送粘液时与输送水时不重合; 而且在输送粘液时随着粘度的增加, 泵的扬程降低。但是, 与流量大于零时比较, 其变化不大。

关于这一现象, 有两种不同的看法

(1) 流量等于零时, 泵的扬程与液体粘度无关 [6][8][9]。泵的叶轮外径与蜗壳配合合适时, 流量等于零时泵的扬程与液体粘度无关; 只有在叶轮外径与蜗壳的间隙很大的场合下, 流量等于零时泵的扬程随着输送粘液时液体粘度的增加而降低。

(2) 流量等于零时泵的扬程与液体粘度有关, 但是与流量大于零时比较变化不大 [11]。

8. 泵的流量等于零时, 轴功率由于在输送粘液时液体被加热, 液体粘度降低, 轴功率下降(与粘度不降时比较) [12]。

最后, 必须指出, 随着液体粘度的增加, 泵所需要的汽蚀余量增大, 使泵的吸入性能恶化, 从而引起泵特性的变化 [8]。

## 二、离心泵输送粘液时特性换算的方法

到目前为止, 离心泵输送粘液时特性换算的方法甚多, 大致可归纳成以下几类:

## (一) 修正系数法

这类方法是利用输送水时和输送粘液时的试验数据作对比, 总结出泵的流量、扬程和效率的修正系数。在实际中利用这些修正系数可以将泵输送水时的特性换算成预期的输送粘液时泵的特性。

### 1. 根据液体粘度求修正系数的方法

最初, 只是利用某些泵的试验数据, 综合成流量修正系数、扬程修正系数和效率修正系数与液体粘度的关系曲线或计算公式 (见图 2 及表 1) [13][14]。显然, 这种换算方法比较简单、粗略, 所考虑的影响因素只是液体的性质, 因而不够全面。

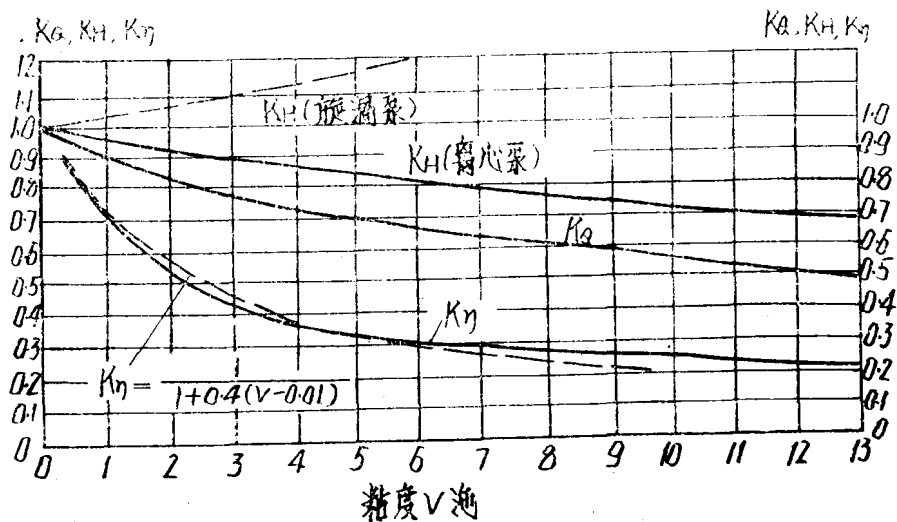


图 2 根据液体粘度求修正系数的曲线图

( $K_Q = f_1(\nu)$ ;  $K_H = f_2(\nu)$  及  $K_\eta = f_3(\nu)$ )

以后, 又有主要考虑液体粘度, 同时还考虑泵的额定效率的求特性换算系数的曲线图或计算公式 (见图 3、4 及表 1) [4][5], 还有既考虑液体粘度, 又考虑泵的大小的求特性换算系数的曲线图和计算公式 (见图 5 及表 1) [8]。除此之外, 还有除液体粘度外考虑泵的流量、叶轮外径等求修正系数的曲线图 (表 1) [16][17]。

从表 1 中可以看出, 这些修正系数的曲线图和计算公式的区别在于所考虑的影响因素不同。因为这些方法, 一方面受到所试验的泵的限制, 另一方面所考虑的影响因素又不够全面, 所以这些方法的计算结果不是偏高, 就是偏低, 只有在与试验相近的场合下应用其结果才比较相近。

### 2. 根据相似准数求修正系数的方法

这种方法是利用相似定律综合试验的数据得出流量修正系数、扬程修正系数和效率修正系数与相似准数的关系曲线或计算图表。利用相似定律总结试验结果, 可以减少试验次数, 得出带有规律性而且比较接近实际的换算关系。

表1

根据液体粘度求修正系数的方法

| 序号 | 影响因素                     | 关系曲线或公式                                                                       | 适用范围                                           | 资料来源 |
|----|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------|
| 1  | 液体粘度 $\nu$               | $K_Q=f_1(\nu)$<br>$K_H=f_2(\nu)$<br>$K_\eta=f_3(\nu)$                         | 离心泵和旋涡泵<br>$\nu \leq 12$ 沱                     | [13] |
| 2  |                          | $K_\eta = \frac{1}{1+0.4(\nu-0.01)}$                                          | $\phi 100 \sim \phi 250$ 离心泵<br>$\nu \leq 2$ 沱 | [14] |
| 3  | 液体粘度 $\nu$               | $K_Q=f_1(\nu, \eta_0)$<br>$K_H=f_2(\nu, \eta_0)$<br>$K_\eta=f_3(\nu, \eta_0)$ | 离心泵<br>$\nu \leq 11$ 沱                         | [4]  |
| 4  | 泵的额定效率 $\eta_0$          | $K_\eta = 1 - \frac{0.2\sqrt{\nu}}{\eta_0}$                                   | $\phi 50 \sim \phi 200$ 离心泵                    | [5]  |
| 5  | 液体粘度 $\nu$               | $K_\eta=f_3(\nu, d_s)$                                                        | $\phi 200 \sim \phi 600$ 离心泵<br>$\nu \leq 4$ 沱 | [15] |
| 6  | 泵的吸入管径 $d_s$             | $K_\eta = \frac{1}{(\nu+0.99)^m}$                                             | $\phi 50 \sim \phi 300$ 离心泵                    | [3]  |
| 7  | 液体粘度 $\nu$<br>泵的流量 $Q$   | $K_Q=f_1(\nu)$<br>$K_H=f_2(\nu)$<br>$K_\eta=f_3(\nu, Q)$                      | $\nu \leq 22$ 沱                                | [16] |
| 8  | 液体粘度 $\nu$<br>叶轮外径 $D_2$ | $K_H=f_2(\nu, D_2)$<br>$K_\eta=f_3(\nu, D_2)$                                 | $D_2 \leq \phi 350$ 的离心泵<br>$\nu \leq 4$ 沱     | [17] |

在这许多换算方法中,都采用了与圆管内表示液体流动特性的通用雷诺数作为相似准数,不仅如此,还综合考虑了无因次的流量系数( $\varphi = \frac{Q}{n \nu^3}$ )和扬程系数( $\psi = \frac{gH}{n^2 D^2}$ )的修正雷诺数 $Re_p$ 作为综合和比较的相似准数。

表2中所列为目前现有的特性换算法中应用的相似准数,归纳一下,这些相似准数共有六类,各类的相似准数中只是所取的示性线度尺寸和示性速度有所不同。但是,尽管这些相似准数形式上各不相同,却都是主要取决于通用的雷诺数。

第一类:采用通用的雷诺数 $Re = \frac{DC}{\nu}$ 作为相似准数,其中采用叶轮外径 $D_2$ (或外半径 $r_2$ )或叶轮出口宽度 $b_2$ 作为示性线度尺寸,采用叶轮外圆的圆周速度 $u_2$ 、转数 $n$ 或角转速 $\omega$ 作为示性速度。这是所有这类方法中最早采用的一种相似准数,其中苏联水力机械研究所的换算方法较为常用。

第二类:采用通用的雷诺数并以流量系数修正的相似准数——修正雷诺数 $Re_p = \frac{Q}{D\nu}$ ,其中采用输水或输送粘液时额定流量 $Q_{ow}$ 或 $Q_{ov}$ ,叶轮外径 $D_2$ ,叶轮入口直径 $D_0$ 或当量直径 $De = \sqrt{4D_2 b_2 K}$ ( $K$ —叶轮出口断面的叶片厚度影响系数,一般取 $K = 0.9$ )。其中苏联石油机械设计研究院的换算方法较为常用。

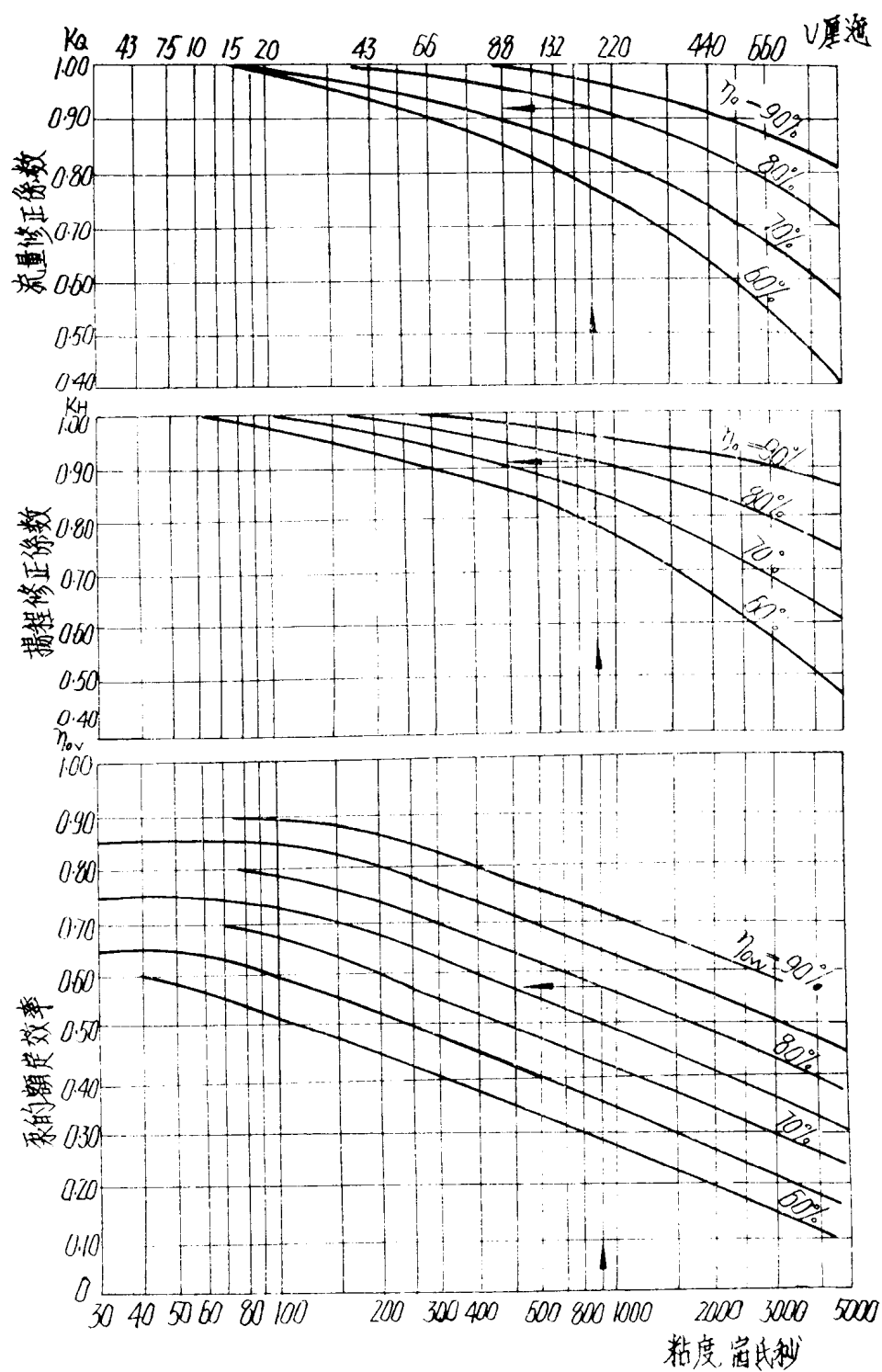


图 3 根据粘度和泵效率求修正系数曲线图[4]

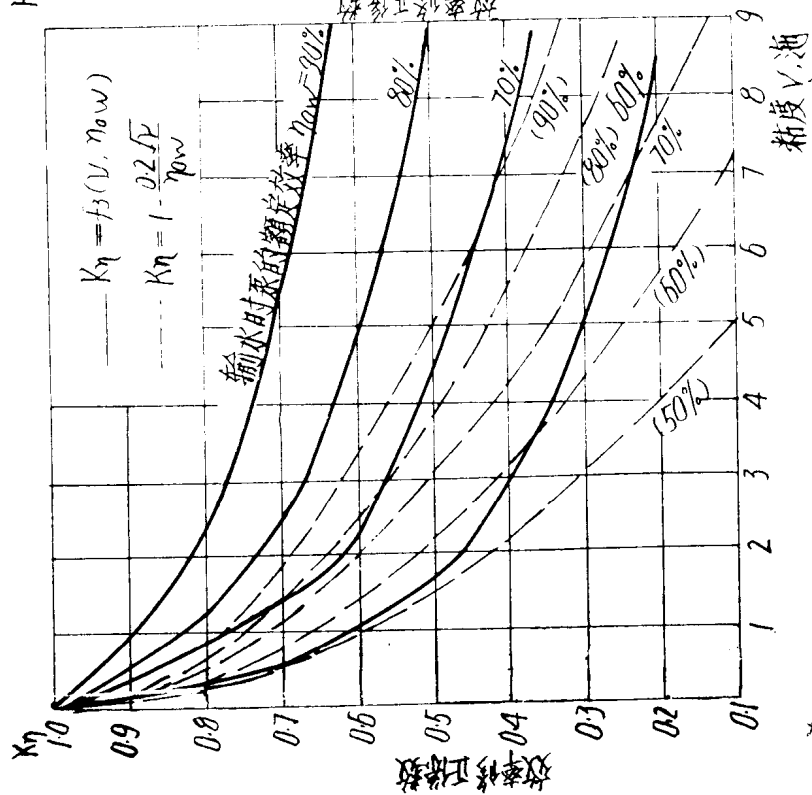


图4 根据液体粘度和泵效率求修正系数  
 $[K_\eta = f_3(V, \eta_{0w})]$  [5]

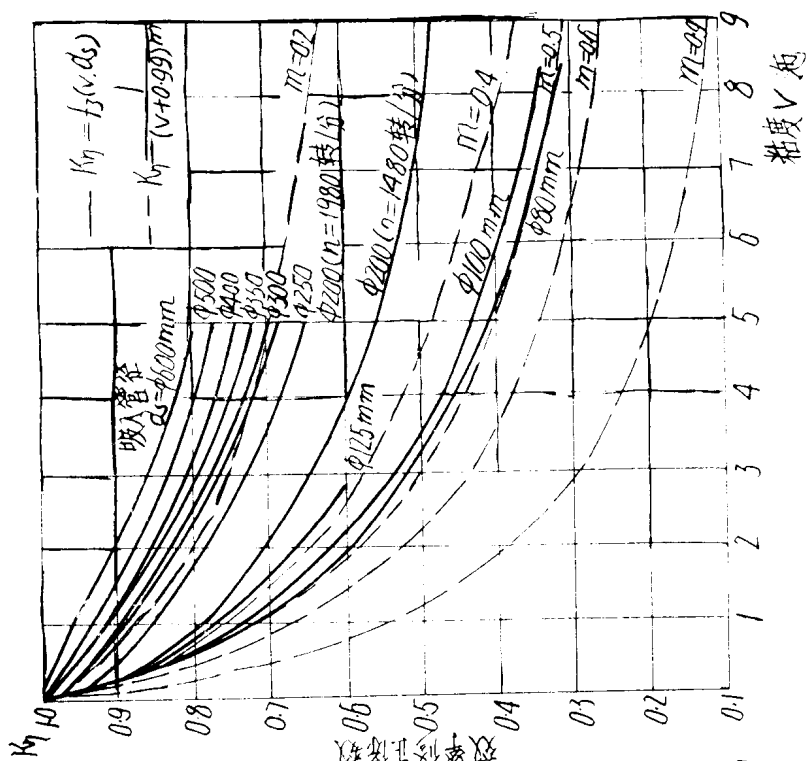


图5 根据液体粘度和泵吸入管径求修正系数  
 $[K_\eta = f_3(V, ds)]$  [9][15][24]

表2

离心泵输送粘液时特性换算用的相似准数

| 序号 | 类别  | 相似准数                                          |                                                      | 资料来源 |
|----|-----|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|------|
|    |     | 一般形式                                          | 修正雷诺数 $Re_F$                                         |      |
| 1  | I   | $Re$<br>( $=\frac{DC}{\nu}$ )                 | $\frac{D_2 u_2}{\nu}$                                | [18] |
| 2  |     |                                               | $\frac{r_2^2 \omega}{\nu}$                           | [6]  |
| 3  |     |                                               | $\frac{D_2^2 n}{\nu}$                                | [6]  |
| 4  |     |                                               | $\frac{r_2 b_2 \omega}{\nu}$                         | [19] |
| 5  | II  | $Re_\varphi$                                  | $\frac{Q_0 \nu}{D_2 \nu}$                            | [20] |
| 6  |     |                                               | $\frac{Q_0 \omega}{D_2 \nu}$                         | [14] |
| 7  |     |                                               | $\frac{Q_0 \nu}{D_0 \nu}$                            | [21] |
| 8  |     |                                               | $\frac{Q_0 \omega}{D_0 \nu}$                         | [8]  |
| 9  | III | $Re\psi^{\frac{1}{2}}$                        | $\frac{D_2 \sqrt{H_0 \nu}}{\nu}$                     | [20] |
| 10 | IV  | $Re\psi^{\frac{2}{3}}$                        | $\frac{\sqrt[3]{n Q_0^2}}{\nu}$                      | [11] |
| 11 | V   | $\frac{Re\psi}{\psi^{\frac{1}{2}}}$           | $\frac{n Q_0 \nu}{\nu \sqrt{H_0 \nu}}$               | [22] |
| 12 |     |                                               | $\frac{n Q_0 \nu}{\nu \sqrt{H_0 \omega}}$            | [23] |
| 13 | VI  | $Re_\varphi^{\frac{1}{2}} \psi^{\frac{1}{4}}$ | $\frac{Q^{\frac{1}{2}} H^{\frac{1}{4}}}{\nu}$        | [24] |
| 14 |     |                                               | $\frac{Q^{\frac{1}{2}} H^{\frac{1}{4}} \gamma}{\mu}$ | [25] |

注:  $\varphi = \frac{Q}{n D^3}$ —流量系数,  $\psi = \frac{g H}{n^2 D^2}$ —扬程系数,  $Q_{0w}$ ,  $Q_{0v}$ ,  $H_{0w}$ ,  $H_{0v}$ —相应地为输水和粘液时的额定流量和额定扬程,  $D_2$ ,  $b_2$ ,  $r_2$ —叶轮出口直径、宽度及半径。

第三类: 采用通用的雷诺数并以扬程系数修正的相似准数——修正雷诺数  $Re_F = \frac{D \sqrt{H}}{\nu}$ 。

其中采用输送粘液时额定扬程  $H_{0v}$  和叶轮外径  $D_2$  作为示性值。

第四类: 采用通用的雷诺数并以扬程系数修正的相似准数——修正雷诺数  $Re_F = \frac{\sqrt[3]{n Q^2}}{\nu}$ 。

其中采用额定流量  $Q_0$  作为示性值。这一准数被用来总结吸入特性的换算系数。

第五类：采用通用的雷诺数并以流量系数和扬程系数来修正的相似准数——修正雷诺数

$Re_p = \frac{nQ}{v\sqrt{H}}$ ，实际上是第二类与第三类相似准数的综合。其中美国斯吉潘诺夫换算法较为常用。

第六类：采用通用的雷诺数并以流量系数和扬程系数来修正的相似准数——修正雷诺数

$Re_p = \frac{Q^{\frac{1}{2}} H^{\frac{1}{4}}}{v}$ 。这类换算法中美国水力研究所的换算法较常用。

前三类换算法在使用中必须知道结构尺寸，而后三类换算法在使用中只要知道性能参数就可以换算。因此，后三类换算方法使用较方便。

在这些换算法中都有各自的方法前提，综合起来有以下几个条件，即：

(1) 流量等于零时的泵扬程  $H_0 = \text{常数}$  或  $H_0 \neq \text{常数}$ ；

(2) 采用不同的总结条件：

1) 额定工况按下列条件变化：

(i) 按  $ns = \text{常数}$  变化即按  $\frac{Q_{ov}}{H_{ov}^{\frac{3}{2}}} = \frac{Q_{ow}}{H_{ow}^{\frac{3}{2}}}$  关系变化；

(ii) 按  $\frac{Q_{ov}}{H_{ov}^{\frac{1}{2}}} = \frac{Q_{ow}}{H_{ow}^{\frac{1}{2}}}$  条件变化

2) 不仅额定工况，而且非额定工况也进行换算——假设  $\frac{Q}{Q_0} = \text{常数}$ ，可以得出较宽的  $0.6Q_0 < Q < 1.2Q_0$  的换算范围。

3) 在相同流量下换算，即： $Q_v = Q_w$ （忽视漏损量的变化）。

(3) 假设各相似准数为定值，即： $Re = \text{定值}$ ； $\varphi = \text{定值}$ ； $\psi = \text{定值}$ 。

到目前为止，在修正系数法中根据相似准数求修正系数的方法比较完善，换算结果比较接近实际，因为它有充分的试验数据作为基础，并且通过带有规律性的相似定律的处理。

在所有的根据相似准数求修正系数方法中，各种方法的基础虽有不同，但有的方法中互相引用试验结果，换算精度差别不是很大。一般说来，在液体粘度不是很大时，美国水力研究所的换算方法的换算结果与实际比较接近，应用方便，而且特性的换算范围也比较大。有些方法对于某些结构的泵特性换算比较合适，例如：美国水力学会、苏联石油机械设计研究院和水力机械研究所的换算法对蜗壳泵的特性换算比较合适；而苏联的希辛柯换算法和捷克的索洛契克的换算法对带导流器的透平泵的特性换算比较合适。几种常用换算法的计算图表、用法、使用范围和校核结果列于附录中。

## (二) 无因次特性法

这类换算法是利用相似准数方程来表示特性，比修正系数法更严格些，同时不限于离心泵，对其它泵也可以作出准数方程，但此法只限于扬程和流量的换算，而且也必须具有该台泵的试验数据。因此目前此法应用不多[26]。

利用相似准数 $\psi = f(\text{Rep}, \varphi)$ 关系, 得出准数方程

$$\psi = a\varphi^2 + b\varphi + c$$

若取对 $\text{Rep}$ 的算术平均值, 则准数方程可写成

$$\psi = a_m\varphi^2 + b_m\varphi + f(\text{Rep})$$

例如: 对于某些泵的试验结果(图6)处理, 得出

$$\text{N0.1 泵 } \psi = 0.0316\varphi^2 - 0.154\varphi + 2095 \times 10^{-6} \text{Rep} + 0.668$$

$$\text{3HK 泵 } \psi = 0.0459\varphi^2 + 0.12\varphi + 2.093 \times 10^{-6} \text{Rep} + 0.444$$

$$\text{1L-21泵 } \psi = 0.156\varphi^2 + 0.001\varphi + 2.16 \times 10^{-6} \text{Rep} + 0.523$$

式中:  $\psi = \left(\frac{60}{\pi}\right)^2 \frac{gH}{n^2 D^2}$  —— 扬程系数;

$$\varphi = \left(\frac{60}{\pi}\right) \frac{Q}{nFD} \text{ —— 流量系数;}$$

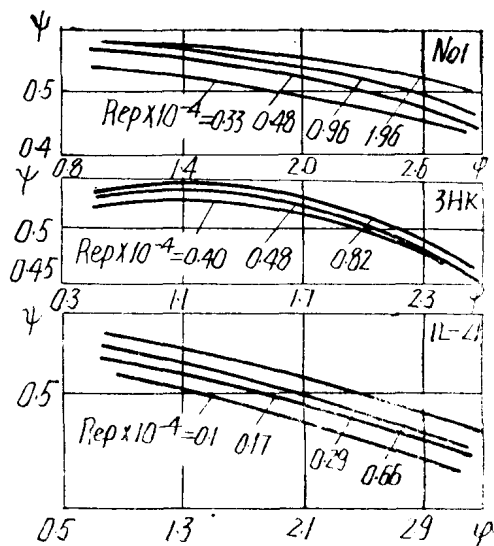
$$\text{Rep} = \frac{\pi}{60} \frac{\rho n D d}{\mu} \text{ —— 雷诺数;}$$

$\rho, \mu$  —— 液体密度与重度;

$n, D$  —— 转子的转数和直径;

$d$  —— 水力直径。

据介绍换算结果扬程误差不超过 $\pm 5\%$



6 无因次特性

### (三) 扬程损失计算法

这类方法是根据试验结果和理论论证液体粘度对离心泵扬程损失的计算方法, 也有利用相似法计算泵输送粘液时扬程损失的方法。

#### 1. 分析法

利用离心泵的理论扬程方程, 考虑泵内扬程损失<sup>[27]</sup>

$$\Delta H = k_v \frac{v_v - v_w}{81 - (v_v - v_w)} Q$$

式中:  $k_v$  —— 输送粘液时泵的反冲系数, 可以根据一个工作条件或制造厂通过试验来确定的常数。

$v_v, v_w$  —— 粘液和水的粘度

例题: 确定1L-11泵输送粘液时的 $k_v$ 值, 液体粘度为 $855 \text{ 厘米}^2/\text{秒}$ 。已知泵输水时和输送粘度为 $1.487 \text{ 厘米}^2/\text{秒}$ 时泵的特性。

解: 根据已知特性求 $k_v$ 值: (取点1, 2及3的数据)