

离心泵

苏联 М.Д. 爱傑施欽著

石油工业
出版社

內 容 提 要

本書專門敘述最新式的輸送各種石油產品（冷的、熱的、帶腐蝕性的和粘性的）、液化石油氣體、供潤鍋爐熱水用的各種高壓離心泵，以及抽深井或深罐里的水或石油用的各種泵的水力計算和機械設計計算，和各種泵的構造。

本書供離心泵研究、設計、製造和操作工程師閱讀參考。

М.Д.АЙЗЕНШТЕИН

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ ДЛЯ
НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社（ГОСТОПТЕХИЗДАТ）

1957年莫斯科版翻譯

統一書號：15037·792

離 心 泵

黃 宗 鑫 譯

石油工業出版社出版（地址：北京六鋪炕石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可證出字第083號

石油工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

850×1168 $\frac{1}{2}$ 開本 * 印張15 $\frac{1}{2}$ * 353千字 * 印1—2,500冊

1959年11月北京第1版第1次印刷

定價(10)2.35元

前 言

本書的目的是：根据作者在苏联国民經济中輸送水、石油产品和各种特殊液体用的最新式离心泵的經驗，写出石油工业各部門用离心泵的計算、設計和操作等方面的詳細材料。

輸送水和石油产品的标准系列离心泵的工作，以及設計和精研这些泵的工作，都是在作者的指导和直接参与下在加里宁泵制造厂，在全苏水力机械研究所所附設的中央設計局，和在国家石油机械制造研究所里完成的。

泵工作机构的計算法是作者根据欧拉的一元理論和模型化定律提出的。

为了便于使用計算公式，書内还列举了数字例題，以供讀者参考。

此外，在第四十一章里还介紹了其他的叶輪計算法：普菲烈节尔的計算法和斯切潘諾夫的計算法。

序

离心泵的作用原理非常简单：叶輪在旋轉时利用叶片将液体吸入，传給它以相当大的速度和压力，然后将液体向外抛出，这样便給予了液体可以进一步沿着和泵相連的管路流动的可能性。

离心泵的整个工作，虽然看起来很简单，但总的說，是复杂的；这在于它包括无数初看起来是很小的因素，如果违反了这些因素便可能使得整个泵装置的工作不正常或者使工作变成为无用的。

由于离心泵的作用和整个装置都很简单，所以它和往复泵及其他类型泵比較起来，我們都喜欢采用离心泵。

因此，应有一个手册，在这个手册里不但应講明离心泵計算的所有細节，同时还应詳細說明这种泵的零件其所以能保証在各种重要的泵装置中能連續工作的构造上的特点。

目 录

前言

序

第一章 泵的类型及石油工业用泵的要求	1
泵的分类	1
各种泵的应用范围	2
对用在石油工业上的泵的要求	4
影响泵工作的因素	4
决定泵构造的因素	5
泵的类型	5
螺旋泵和分段泵的比较	7
标准系列的离心泵	14
第二章 比轉数和泵的級数的选择	16
比轉数的定义	16
叶輪的形式和尺寸与比轉数的关系	18
水力損失、容积損失和机械損失与比轉数的关系	19
特性曲綫的形式和比轉数的关系	21
泵的比轉数和級数的选择	23
第三章 离心泵的許可吸入高度	25
汽蝕現象	25
离心泵的必要灌注头或許可吸入高度的計算法	31
有害的汽蝕影响的消滅法	36
第四章 离心泵的特性曲綫	38
特性曲綫的定义	38
泵和管路的特性曲綫	39
特性曲綫的型式	39
第五章 叶輪的水力計算	42
計算的各种方法	42
离心泵的基本方程式	44

水力損失.....	48
叶輪进口处的速度图.....	49
冲角.....	49
引导液体流入叶輪的吸入室.....	51
出口速度图.....	52
叶輪尺寸的确定法.....	52
装径流式叶片叶輪的繪法.....	63
所設計叶輪的弹性曲綫的求法.....	63
装径流式叶片叶輪的举例計算.....	66
装双曲率叶片的叶輪.....	70
双曲率叶片的繪法.....	74
双曲率叶片模型的制造.....	80
装双曲率叶片叶輪的举例計算.....	82
特性曲綫的繪法.....	92
第六章 吸入室	93
吸入室的作用和类型.....	93
螺壳形吸入室尺寸的确定法.....	94
举例計算.....	98
第七章 螺壳式排出室	100
作用和工作原理.....	100
螺壳排出室的計算.....	101
螺壳排出室里所产生的径向推力.....	104
径向推力的平衡法.....	106
螺旋排出室的举例計算.....	108
第八章 回流流道	111
第九章 按照相似法的泵的計算	112
第十章 叶輪参数的改变	115
叶片寬度的改变.....	115
叶輪外直径的旋小.....	119
叶片安装角的变化.....	120
用减少叶片数的方法来改变 n	121
第十一章 軸向推力的平衡法	123

軸向推力的产生	123
一級泵上軸向推力的平衡法	123
多級泵上軸向推力的平衡法	126
第十二章 縫隙漏失	133
縫隙漏失的产生	133
縫隙漏失的大小	133
防漏环的型式	134
防漏环上的間隙值	135
縫隙漏失值的計算法	136
用于含磨擦質点液体的防漏裝置	137
防漏裝置的磨損	137
液体黏度对漏失的影响	137
第十三章 板面摩擦損失	138
第十四章 泵在 $Q=0$ 时消耗的功率	139
第十五章 离心泵的調节	141
泵工作状况的改变法	141
节流排出管的調节法	142
节流吸入管的調节法	143
改变轉数的調节法	144
修改叶輪的調节法	147
第十六章 离心泵的并連工作和串連工作	147
并連工作	147
串連工作	148
第十七章 盘根箱	149
工作原理和构造	149
密封液体的注入方式	152
盘根	156
密封液体	158
盘根箱的装填法	159
第十八章 軸承	160
离心泵上采用的軸承	160
滾珠軸承	160

滑動軸承	164
分塊式止推軸承	165
第十九章 离心泵轉子的平衡	169
第二十章 軸的計算	171
临界轉數	171
最小临界轉數	172
影响临界轉數的因素	173
临界轉數的求法	174
軸的强度計算	176
第二十一章 泵的强度計算	187
承受內压的泵的圓柱形外壳壁的厚度	187
法兰連接的計算	188
泵壳壳壁和泵盖的計算	200
加强孔的計算	202
承受外压的泵壳壳壁厚度的計算	204
推荐用强度安全系数	204
第二十二章 离心泵輸送黏性液体时特性曲綫的換算法	206
关于黏性液体輸送問題的一般結論	211
、叶輪的尺寸	214
第二十三章 輸送热石油产品用的泵	218
高压泵的构造	218
操作上的基本要求	233
泵在部分負荷下的工作	233
泵在开勁前的預热	235
泵的开勁	237
泵的停車	238
冷却盘根箱所需的油量	239
安装地点的选择	239
管路	239
泵裝在底板上的安装法	240
中压的多級泵	241
中压热油泵的举例計算	243

中压二級泵	269
悬臂式一級泵	271
双吸式一級泵	274
泵在工作中可能发生的毛病	275
第二十四章 耐酸泵	278
决定构造的因素	278
材料	278
泵的操作	279
制造輸送硫酸和碱的泵所用的材料	281
輸送硫酸的循环泵	283
无盘根箱式低压立式泵	284
陶瓷泵	284
用派拉克斯玻璃制成的泵	285
輸送硫酸用的泵的特性曲綫	286
第二十五章 輸送液化石油气用的泵	288
泵的构造和操作	288
第二十六章 給水用的泵	293
第二十七章 輸送热水用的泵	299
鍋爐給水泵	299
調节法	304
吸入高度	305
构造型式	307
单級式透平泵	308
热水循环泵	311
冷凝水泵	311
冷凝水泵灌注高度的計算	315
冷凝器上用的循环泵	316
第二十八章 鑽井排水用泵	316
构造描述	316
排出泵柱里的水力損失和机械損失	327
安装	329
故障	329

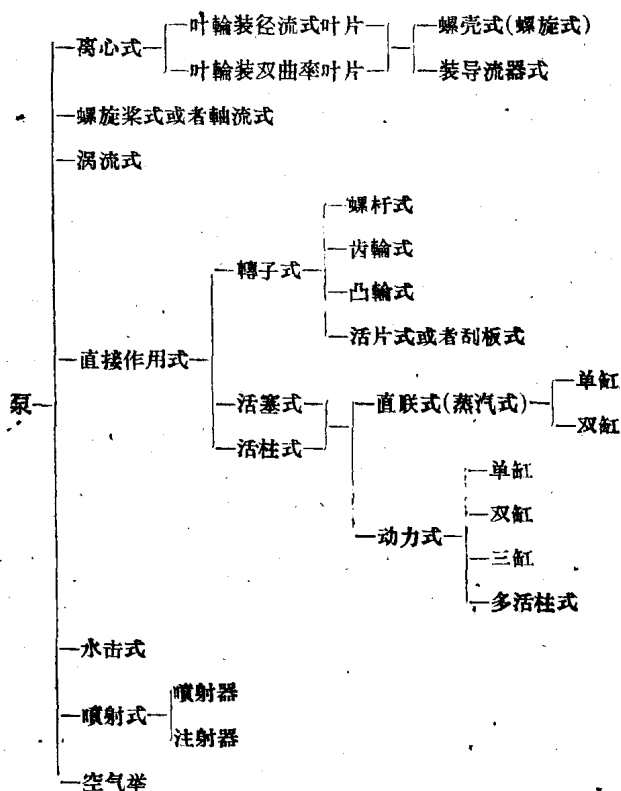
操作.....	330
埋藏式油罐用泵.....	331
沉沒式深井泵的构造.....	341
第二十九章 列达型沉沒式深井泵	343
第三十章 与电动机装在同一根軸上的泵	349
第三十一章 石油和石油产品干綫輸油管用泵	352
工作概況.....	352
构造.....	352
举例計算.....	356
軸的临界轉数.....	381
移动式装置.....	389
第三十二章 离心泵的試驗	389
試驗的目的.....	389
特性曲綫的确定.....	390
泵的汽蝕性質的測定.....	390
泵机械工作的检查.....	393
流量的測定法.....	393
压头的測定法.....	398
功率的測定法.....	398
結果的整理.....	400
关于离心泵試驗的一般說明.....	400
第三十三章 泵的灌注法	402
灌注原理.....	402
吸入端灌注头.....	402
灌泵用的底閥.....	403
灌泵用的桶.....	404
利用注射器的灌泵法.....	405
真空泵.....	405
第三十四章 标准型石油离心泵上用的电动机	407
电动机的类型.....	407
轉子的型式.....	409
綫圈的絕緣和保护接地法.....	410

閉式防爆式(防塵式)电动机	410
起动力矩	413
第三十五章 装屏蔽式电动机的无盘根箱式泵	414
第三十六章 端面式密封装置	417
第三十七章 作者式无盘根密封装置	423
第三十八章 軸流式或者螺旋桨式泵	432
概述	432
工作原理	435
迎面阻力	438
边界层	439
升力系数	441
叶輪叶片元素的計算	442
扩散器和整流器	454
特性曲綫	454
軸流泵的汽蚀特性	456
“战士”工厂型軸流泵的审核計算	457
导流器的計算法	461
构造的描述	461
第三十九章 离心泵在使用中所遇到的特殊工作情况	463
泵变作水力透平的工作	463
与其他泵并联工作的泵的停車	463
与其他泵串联工作的泵的停車	463
轉子向相反方向旋轉时泵的起動	463
第四十章 鑽井用泵	464
第四十一章 普非烈节尔和斯捷潘諾夫的叶輪水力計算法	466
普非烈节尔的叶輪主要尺寸确定法	466
斯捷潘諾夫的叶輪計算法	471

第一章 泵的类型及石油工业用泵的要求

泵 的 分 类

根据对液体的作用特点，泵可分成如下的类型：



离心泵和轴流泵的作用是液体的压力和速度由于叶轮的旋转而提高的结果。

涡流泵，或者再生泵，也是一种离心式的泵。在这种泵里，

液体連續地从头一个叶片流經以后的各个叶片，一直流到和排出管相連的出口为口（所走的距离近于 360° ）。当液体流过一个紧跟一个的每个叶片时，压头就逐漸地提高。当涡流泵和离心泵的叶輪直径和轉数相同时，涡流泵产生的压头要比离心泵所产生的大几倍。

在直接作用式泵里，排出过程或者是靠在汽缸里作往复运动的活塞来完成（活塞泵和活柱泵），或者是靠排挤液体的旋轉的齒輪，凸輪、或者向外滑动的小活片——刮板——来完成（轉子泵）。

水击泵系根据利用水力冲击的原理进行工作的。

在噴射泵里，系利用滴状液体流、蒸汽流或者气体流的活力。

在空气举里，系利用压缩空气的能量。

各种泵的应用范围

在石油工业里，主要是使用活塞泵、活柱泵、轉子泵和离心

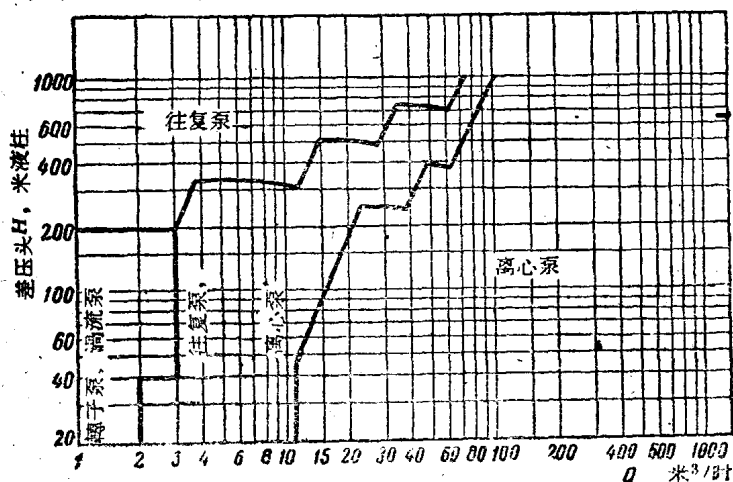


图1 輸送条件粘度小于 3°BY 的热的和冷的石油产品的往复泵、轉子泵、涡流泵和离心泵的推荐应用范围

泵。

图1上给出了輸送条件粘度(BY)小于 3° 的热的和冷的石油产品的往复泵、轉子泵、渦流泵和离心泵的推荐应用范围。

对于小的流量說，离心泵的使用是受限制的，因为：

(1) 随同流量的降低而增加級数时，在尺寸的比例上特別不好；

(2) 鑄造帶狹流道的多級泵泵壳很复杂；

(3) 效率(К. П. Д.)低。

离心泵和往复泵之間的主要区别如下：

离 心 泵

1. 液流不跳动。
2. 最高压头值决定于叶輪直径和軸的轉数，而且不会超过由这些参数所确定的一定值。
3. 在大流量下尺寸并不大。
4. 开动前需要灌泵。
5. 是和电动机或蒸汽透平直接連接的很理想的设备。
6. 当流量小于30公尺³/时时，效率相当低。
7. 維护人員数量不多。
8. 液体粘度增加时，流量、压头和吸入能力降低得很快。
9. 可以和其他泵串連地工作，同时該泵产生的压头可以很好地利用。

往 复 泵

1. 液流跳动。
2. 最高压头值决定于发动机的功率和泵的强度。
3. 在大流下尺寸非常大。
4. 开动前不需灌泵。
5. 和电动机或蒸汽透平相連需要很复杂的传动装置。
6. 小流量的，效率相当高。
7. 需要熟練維护的人員較多。
8. 液体粘度对泵的工作影响很小。
9. 不能直接地用在串連工作上。

渦流泵由于效率低只限于在不大的流量下使用，除此之外，它們只能輸送不含杂質的液体，因为叶輪和泵壳壁之間必須保証很小的間隙。

轉子泵适用于輸送粘度在 $1-1000^\circ$ BY 范围内的不含杂質的液体，压力可达100大气压，流量可达100米³/时。

噴射泵、空气举和水击泵，它們的效率都很低，因此，一般的它們只限制在不大的流量下使用。

对用在石油工業上的泵的要求

用在石油工业上的泵应满足如下的要求:

- (1) 工作中安全可靠并且經久耐用;
- (2) 操作經濟;
- (3) 安装和拆卸都方便;
- (4) 零件数目最少, 同时它們全部都是可互換的;
- (5) 重量和尺寸最輕最小;
- (6) 特性应在很寬的范围内可以变化, 因为生产条件可能改变, 同时設備也可能調动;
- (7) 能够在尽可能小的灌注头下进行工作。

影响泵工作的因素

泵的連續工作决定于 4 个因素: (1) 正确的設計; (2) 制造的精度; (3) 良好的安装; (4) 正确的操作。

这些要求中的每一項都是同等重要的, 其中一項不能滿足便可能使整个机組发生事故。

在泵的制造阶段里, 应对制造泵用的金屬进行化学分析并对所用的各种材料进行机械試驗, 还应檢驗零件的最后的熱处理。

鋼随着熱处理的條件具有不同的物理性質。貴重的合金鋼, 在原料的形态下, 具有比一般炭素鋼要坏的机械性質。因此, 在选择制造泵零件用的材料时, 应确切地說明零件应受到的熱处理。

因此, 在制造离心石油泵时, 应具备一个設備完善的熱处理車間。

由于制造石油泵用的優質鋼, 堅韌而且硬, 因此, 为了获得合乎規定公差的光滑表面, 各零件都应在精密机床上加工。

决定泵构造的因素

决定石油炼制工业所用离心泵构造的主要因素为：

- (1) 級数；
- (2) 各級的布置；
- (3) 各級之間通过減漏环間隙的和中間軸套間隙的漏失的減少方法；
- (4) 关于降低通过盘根裝置的漏失的知識，以及关于軸密封裝置的安全工作的知識；
- (5) 法兰連接处严密性的保証方法；
- (6) 避免泵由于温度膨胀而产生弯曲的措施；
- (7) 轉子和泵壳的个别零件温度膨胀的計算法以及它們的抵銷法；
- (8) 泵在无汽蝕現象下工作的保証法；
- (9) 考虑到所輸送介質的腐蝕性同时具有适当的热处理性的制造泵用的材料的选择；
- (10) 工作中的可靠性和結構上的耐久性；
- (11) 在运轉时，安装拆卸方便和迅速；
- (12) 防火的安全性。

泵 的 类 型

石油炼制工业用的离心泵基本上可分成如下的几类：

- (1) 冷油泵——所輸送石油产品的温度可达 250°C ；
- (2) 热油泵——所輸送石油产品的温度为 250°C 到 400°C ；
- (3) 酸泵和碱泵；
- (4) 輸送气体油用的泵；
- (5) 水泵；

以上各类泵又可分为低压头式的(单級的)、中等压头式的

(兩級的和多級的)和高压头式的(多級的)。

另外，每一种又可分成小流量式泵(达100 米³/时)和大流量式泵(100 米³/时以上)。

高轉数的大流量泵和小流量泵相比，不同的地方是：它的头一級叶輪是双吸式的；这是因为要改善这类离心泵的吸入能力而这样作的(參閱第三章)。

离心泵外壳的构造决定于三个主要的因素：所輸送液体的温度、压力和特性。

当温度超过 250°C 时，泵零件和管路的温度膨胀会使得：泵壳是沿中心綫橫剖的泵很难保証各連接部分的必要的严密性。因此，当温度超过 250°C 时，应采用带立剖式法兰連接的构造，法兰上应装鋁制的、石棉-鋁制的、阿尔莫柯鉄制的或者退火合金鋼制的圓柱形垫料，这种垫料装在泵壳法兰的小槽里。

由于在高温高压下工作的离心泵很难获得合乎要求密度的复杂形状的鋼鑄件，因此，对于这种泵应采用装双层泵壳的构造，双层泵壳就是：一个具有全部流道的橫剖的，或者由各个段所組合成的，鑄造的內部泵壳；和一个立剖式的由鋼鍛件制成或鑄造成的圓柱形外部泵壳。

图 2 表明泵的型式和温度压力的关系。

表 1 中給出了推荐的用来制造高温和低温下輸送各种液体的

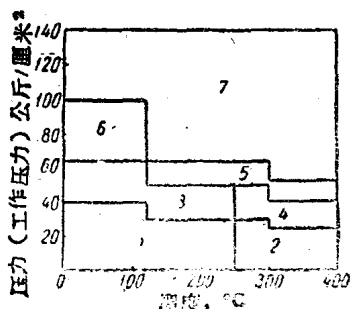


图 2 根据温度和压力的离心泵构造型式的选择

- 1—鑄鉄制单层泵壳的；
- 2—鋼制单层泵壳的；
- 3—鋁制或优质鑄鉄制橫剖式单层泵壳的；
- 4—鋼制立剖式，双层泵壳或单层泵壳的；
- 5—鋼制立剖式双层泵壳的；
- 6—鋼制立剖式双层泵壳的，或者鋼制橫剖式单层泵壳的；
- 7—立剖式双层泵壳的，外壳为鍛造。