

化 工 泵

〔日〕好川纪博著



机械工业出版社

化 工 泵

〔日〕好川纪博著

兰州石油机械研究所 译
甘 肃 工 业 大 学



机 械 工 业 出 版 社

本书根据日本好川纪博著《ケミカルポンプ》一书的1971年版译出。

书中叙述化工泵的分类、结构、性能、材料及其选用。特别对特殊液体（如油、药液、泥浆、纸浆等）的性质及其对泵特性的影响、泵运转特性、故障、汽蚀、轴封、腐蚀和磨损等问题有较详细的叙述。最后，列举了各种型式化工泵的结构特点。

本书旨在用流体力学理论系统分析和解释化工泵使用上的问题，并附有大量图表，有一定实用价值。

本书可供化工泵设计和使用人员参考，也可作为有关泵专业的教学参考。

本书1~8章由关醒凡译，9~12章由于华译。全书经江宏俊、罗延武、顾永泉校对。

ケミカルポンプ

〔日〕好川纪博著

（株）産業開発社 1971 年第一版

* * *

化 工 泵

〔日〕好川纪博著

兰州石油机械研究所

甘 肃 工 业 大 学 译

*

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 787×1092 $1/32$ · 印张 $87/8$ · 字数 192 千字

1978 年 1 月北京第一版·1978 年 1 月北京第一次印刷

印数 00,001—25,000 · 定价 0.71 元

*

统一书号：15033·4429

目 录

1. 化工泵概要	1
1.1 化工泵及其分类	1
1.1.1 一般清水泵	2
1.1.2 药液泵	2
1.1.3 油泵	3
1.1.4 泥浆泵和砂泵	4
1.1.5 纸浆泵	4
1.2 泵的选用条件	5
1.3 结构上的问题	6
1.3.1 药液泵和油泵	6
1.3.2 泥浆泵和砂泵	7
1.3.3 纸浆泵	9
2. 泵的性能规格及其确定	11
2.1 泵的性能规格	11
2.1.1 流量和口径	12
2.1.2 总扬程	12
2.1.3 泵的效率和原动机输出功率	15
2.1.4 转速和比转数	19
2.2 化工泵的型式	20
2.2.1 泵型式的分类	20
2.2.2 泵的型式和特性	27
2.3 泵性能规格的确定	30
2.3.1 装置给定的性能	30
2.3.2 确定泵性能规格的途径	32
2.4 计算例题	34
3. 特殊液体	37

3.1	流体的分类	37
3.2	特殊液体的性质	40
3.2.1	特殊液体的蒸汽压	40
3.2.2	石油的温度和饱和蒸汽压	46
3.2.3	石油的温度和比重	48
3.2.4	石油的温度和体积	49
3.2.5	特殊液体的粘度	50
3.2.6	油的温度和粘度	51
3.2.7	粘度换算	52
3.3	特殊液体的流动	53
3.3.1	牛顿流体的流动	54
3.3.2	牛顿流体的摩擦损失	55
3.3.3	非牛顿流体的流动	62
3.4	固体颗粒混合液的流动	66
3.4.1	固体混合液的特性	66
3.5	纸浆的流动	71
4.	特殊液体引起泵特性的变化	78
4.1	泵的一般特性	78
4.1.1	流量-扬程曲线	79
4.1.2	轴功率曲线	80
4.2	影响性能变化的因素	81
4.3	粘度引起特性的变化	83
4.4	浓度引起特性的变化	90
4.5	纸浆引起特性的变化	93
4.6	特殊液体引起运转特性的变化	99
5.	汽蚀	101
5.1	汽蚀	101
5.2	离心泵的汽蚀	103
5.2.1	叶轮内发生汽蚀的情况	103

5.2.2 流量和汽蚀	105
5.3 特殊液体的汽蚀	108
5.4 泵的 NPSH (净正吸入水头)	111
5.4.1 NPSH 是什么	111
5.4.2 必需的 NPSH 和有效的 NPSH 的关系	112
5.5 必需的 NPSH	116
5.5.1 由托马汽蚀系数求泵必需的 NPSH 的方法	117
5.5.2 由吸入比转数求泵必需的 NPSH 的方法	118
5.5.3 部分流量下必需的 NPSH 的变化	121
5.6 特殊液体必需的 NPSH 的修正	122
5.7 运转特性和 NPSH	126
5.8 NPSH 的选定及其例题	128
5.8.1 NPSH 的选定	128
6. 运转特性问题	132
6.1 泵的运转特性	132
6.2 泵的稳定特性	133
6.3 喘振现象	136
6.4 并联串联运转	138
6.4.1 具有下降特性泵的并联运转	138
6.4.2 相同特性泵的并联和串联运转	139
6.4.3 不同特性泵的串联运转	140
6.5 泵在分支和汇合管路中运转的特性	140
6.5.1 向阻力不同的串管路送水时的运转	141
6.5.2 向阻力不同的分支管路送水时的运转	141
6.5.3 向阻力和实扬程不同的分支管路送水时的运转	142
6.5.4 经一根管路向分支管路送水时的运转	142
6.5.5 从两根管路向汇合管路送水时的运转	143
6.6 泵特性的控制	144
6.6.1 排出阀控制	145

6.6.2	台数控制	145
6.6.3	转速控制	146
7.	故障及其防止措施	147
7.1	化工泵故障的趋势	147
7.1.1	事故的分类	147
7.1.2	腐蚀及磨损	149
7.2	运转时的故障现象	150
7.3	泵的振动及噪音	152
7.4	振动的原因	153
7.4.1	汽蚀现象	153
7.4.2	喘振现象	154
7.4.3	水击现象	155
7.4.4	泵内流动不平衡引起的振动	156
7.4.5	转子不平衡引起的振动	156
7.4.6	临界转速引起的振动	157
7.4.7	固体摩擦引起的振动	161
7.4.8	轴承的油压引起的振动	161
7.4.9	泵的固有振动频率引起的振动	162
7.4.10	对中心不良引起的振动	164
7.4.11	基础薄弱引起的振动	165
7.4.12	原动机引起的振动	166
7.5	防止振动的措施	167
8.	结构上的问题	170
8.1	离心泵的一般结构	170
8.2	叶轮	171
8.2.1	叶轮的形状	171
8.2.2	叶片数	173
8.2.3	密封环间隙	176
8.3	轴向力	178

8.3.1 轴向力	178
8.3.2 轴向力的平衡方法	182
8.4 泵体	184
8.4.1 泵体的剖分型式	184
8.4.2 按支承方法分类	186
8.4.3 泵管口方向	188
8.4.4 径向力	189
8.5 石油炼制用离心泵的问题	191
8.5.1 泵体	191
8.5.2 叶轮	192
8.5.3 泵轴及轴套	192
8.5.4 轴封装置	192
8.5.5 联轴器及其他	193
9. 轴封装置	195
9.1 泵的轴封装置	195
9.2 压盖式填料密封	196
9.2.1 结构型式	197
9.2.2 材料及其选用	199
9.3 机械密封	202
9.3.1 机械密封的密封特性	203
9.3.2 结构	206
9.3.3 型式	207
9.3.4 冷却和润滑方法	211
9.3.5 材料及其选用	212
9.3.6 波纹管密封	216
9.3.7 非接触式密封	217
9.3.8 保护装置	218
9.4 浮动环密封	220
10. 腐蚀、磨损和泵的材料	223

10.1	腐蚀及磨损	223
10.1.1	腐蚀现象的机理	223
10.1.2	腐蚀原因和腐蚀的种类	226
10.1.3	磨损	228
10.2	化工泵的腐蚀	229
10.2.1	全面腐蚀	229
10.2.2	浸蚀及汽蚀浸蚀	229
10.2.3	应力腐蚀	230
10.2.4	腐蚀疲劳	231
10.2.5	电池作用腐蚀	231
10.2.6	点腐蚀	232
10.2.7	间隙腐蚀	232
10.2.8	晶间腐蚀	233
10.3	防腐蚀	233
10.3.1	防腐蚀原理	233
10.3.2	防腐蚀方法	234
10.4	化工泵的材料	236
10.4.1	药液泵	246
10.4.2	高温及低温泵	246
10.4.3	泥浆泵	246
11.	化工用特殊泵	247
11.1	耐腐蚀离心泵	247
11.1.1	衬胶泵	249
11.1.2	陶瓷耐酸泵	250
11.1.3	不透性石墨泵	251
11.2	屏蔽泵	252
11.2.1	结构	252
11.2.2	特点及适用范围	253
11.3	柱塞泵	254

11.3.1 概要	254
11.3.2 结构	256
11.3.3 附件	258
11.3.4 NPSH	259
12. 各种用途的泵	261
12.1 石油炼制和石油化工用泵	261
12.1.1 用途和泵的种类	261
12.1.2 离心式流程泵	263
12.2 化工用泵	264
12.2.1 药液泵	265
12.2.2 高温及低温泵	265
12.2.3 泥浆泵	266
12.3 纸浆工业用泵	267
12.3.1 纸浆泵	268
12.3.2 黑液泵	271
参考文献	274

1. 化工泵概要

1.1 化工泵及其分类

化学工业的发展，很多方面有赖于生产过程中生产率的提高。而在化工装置系统中，使用着各种各样的泵，这些泵作为装置的一个要素，有助于生产过程的流动化和化学反应的进行，对生产率的提高起着重要的作用。

另外，随着化工技术的发展，泵的使用条件也提高了，当然趋势是越来越苛刻。与此相适应，泵的技术也通过对性能、结构、材料等不懈的研究而不断进步。目前生产出了不但在任何使用条件下都十分耐用，而且符合装置经济要求的化工泵，从而促进了化学工业的发展。

概括说来，化学工业涉及石油炼制、石油化工、油脂、化肥、普通化学、药品、纤维、造纸工业等许多方面，泵所抽送的液体，也随这些工业的种类或制造过程的差异等而有不同。就粘度而言，从蒸馏水、工业用水之类的液体到油脂工业等中的雷氏5000秒左右的高粘度液体；就温度而言，从零下40~50℃左右的盐水、液化石油气，到500℃左右的热油或锡、铅等高温熔融金属。另一方面，关于pH，也涉及到酸、碱、普通盐类、有机溶剂等，范围很广。此外，还有含微细颗粒的悬浊液，直到造纸工业中构成两相流的浆料，其种类之多，难以数计。

化工泵由于所输送的液体的种类和性质不同，当然必须选择其结构和材料均适合的产品。因此，化工泵根据由其用

途和液体性质所决定的结构和材料方面来分类，有如下几种。

1.1.1 一般清水泵

在化学工业中，除了生产过程主要系统中使用的特殊液体泵之外，作为化工厂的一般用泵，有生产过程所必须的蒸汽发生装置或自用发电站使用的锅炉给水泵、冷凝泵等所谓输送纯水的泵；抽送工业用水的给水泵和冷却水泵等清水泵；化工厂各种用途使用的消防泵、排水泵等，以及抽送海水的海水冷却水泵、冲洗泵等。

这些泵主要采用离心泵，而且扬程高的用多级泵；抽送高温水的，泵体采用中心支承式等。为了同其他类型的泵相比较，图 1.1 中举出作为一般清水泵使用的单吸离心泵的例子。总之，这类泵的形式和一般广泛使用的泵相同，其详细情况在很多参考书中均有叙述，故这里从略。

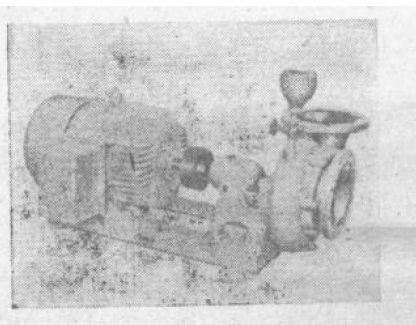


图 1.1 一般清水泵

1.1.2 药液泵（参照图 1.2）

在石油化工和一般化工等化学工艺流程中，用来输送酸、碱、有机溶剂等药液和各种液化气等的泵，即为药液泵[⊖]。因为这些泵所输送的液体大多具有腐蚀性，在泵的结构和材料上，必须充分考虑耐腐蚀、耐磨损或维护等方面的问题。

⊖ 我国称为耐腐蚀泵，下又分酸泵、碱泵等——译者注。

关于泵的型式，多为结构上容易操作的悬臂式单吸离心泵。根据考虑了耐腐蚀性的材料种类或结构等，有以下各种泵：

- 1) 不锈钢泵；
- 2) 高硅铸铁泵；
- 3) 陶瓷耐酸泵；
- 4) 不透性石墨泵；
- 5) 硬氯乙烯泵；
- 6) 衬硬胶泵；
- 7) 屏蔽泵。

1.1.3 油泵（参照

图1.3）

在炼油和石油化工等装置中，作为输送油等的流程泵使用的油泵，首要的问题是由液体粘度引起的性能下降问题。

因此，使用最多的是不易因粘度而引起性能下降、结构简单的离心泵。但粘度更高时，因离心泵输送有困难，要使用螺杆泵、齿轮泵及其他各种转子泵等。此外，作为高压

送油泵，可采用柱塞泵；对于高压特殊用途，则采用变量泵。最近，作为流量非常小的特殊液体流程泵，开始使用以前广泛作为家用井泵使用的旋涡泵。

这种泵其次的问题，是输送高温和低温液体的问题。对此，不但要慎重地选择材料，而且结构上要充分考虑温度的影响。

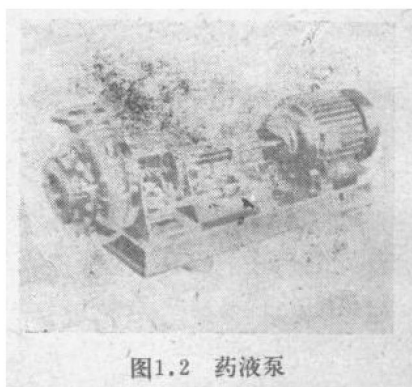


图1.2 药液泵

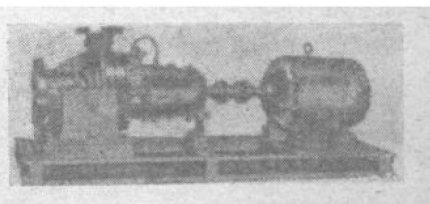


图1.3 油泵

1.1.4 泥浆泵和砂泵 (参照图1.4)

在化肥厂、碱厂、铝厂等工厂里，泵所输送的酸、碱药液中，含有大量的从数十目到数百目的固体颗粒。另外，在水泥厂中，水泥浆是在60~65%的浓度下用水来输送的。

像这样不溶解的固体颗粒和液体一起用泵来输送的方法，随着化学工业的进步将日益增多。

一般来讲，输送平均直径小于0.3毫米（84目）的颗粒的泵，称为泥浆泵；输送大于这种颗粒的泵，称为砂泵。泵的型式，几乎都采用卧式单吸离心泵，有时也采用离心泵的变型无（单）叶片泵。

1.1.5 纸浆泵 (参照图1.5)

在造纸厂和制浆厂中，作为原料的纸浆纤维，几乎都用水来输送，故其所使用的纸浆泵具有特殊的重要性。这种纸浆泵，从前大都使用柱塞泵，现在大部分为离心泵所取代。

纸浆纤维的流动近似于宾厄姆流体或假塑胶流体的流动，但因这种固体颗粒是纤维状的和水混合时会引起显著的润胀，其流动状态相当复杂。

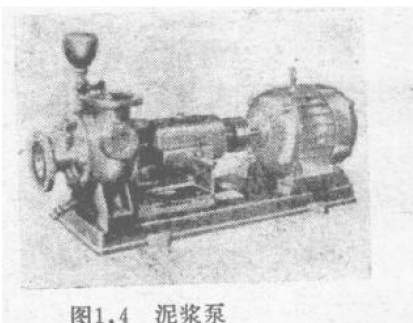


图1.4 泥浆泵

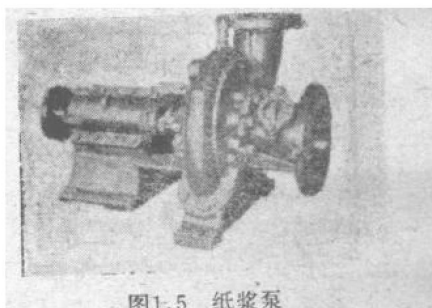


图1.5 纸浆泵

作为纸浆泵，当输送重量浓度小于1%的混合液时，使用一般的清水离心泵即可，但超过这一浓度时，应使用具有不堵塞型叶轮的所谓纸浆用离心泵。不过，用离心泵抽送的浓度为7~8%左右，超过这种浓度（约8~14%）时，应使用特殊齿型的齿轮泵。

1.2 泵的选用条件

化工泵所抽送的液体性质是千差万别的，因之，泵的型式和结构种类也相当多，而且这些泵在化工装置中起着重要作用，泵若出了故障，就要中断工艺流程中的流动，使装置不得不停工。

因为泵是如此重要，在进行化工装置的规划设计时，为了选用化工泵，必须充分考虑泵的结构和特性，以使装置能够安全且平稳地运转。另外，这些泵的运转费占装置运转费的一半以上，所以从整个装置的经济方面考虑，需要使选用的泵的性能规格符合装置的运转特性。

基于这些原因，对化工泵的要求有以下几点：

- 1) 结构简单，易于操作；
- 2) 能长期运转，机械的可靠性高；
- 3) 耐液体腐蚀、磨损，寿命长；
- 4) 性能良好；
- 5) 泵的性能符合装置的运转特性；
- 6) 零部件互换性高，容易更换；
- 7) 价格低廉。

以上各点，当然也是选用一般泵时所必须考虑的事项，但因多数化工泵所抽送的液体性质和一般泵不同，故因腐蚀和磨损引起损坏的危险性也大。另外，化工装置的特点是要

求长期连续运转，其使用条件往往也苛刻得多。

因此，不论泵的效率多么高，性能多么好，短时间内就发生腐蚀和磨损或运转中容易出故障，拆卸装配困难，零部件更换费时，当然是不行的。归根到底，结构上容易操作，机械上可靠性高，是化工泵最重要的问题。

1.3 结构上的问题

化工泵按其用途来分类，已如 1.1 节所述。如按泵的型式设计将主要使用的泵加以区分，则如表 1.1。

表 1.1 化工泵的型式分类

叶 片 泵	离心泵	斜流泵	轴流泵	不堵塞泵
	无(单)叶片泵	管道泵	屏蔽泵	
转子泵	齿轮泵	螺杆泵	滑片泵	
往复泵	柱塞泵	隔膜泵	变量泵	
特殊泵	旋涡泵(Wesco泵)	粘液泵		

这些泵作为化工泵，在选择和使用时，不消说，对 1.2 节所记述的几点要求必须特别予以考虑。

因为这些泵中使用最多的是离心泵，故本书也以离心泵的性能、结构、材料等问题为中心进行叙述。为了掌握化工泵的概要，这里首先讨论一下各种用途的泵结构上的问题。

1.3.1 药液泵和油泵

如上所述，在各种化学工业中作为药液泵和油泵使用的泵，约 80% 是离心泵。另一方面，输送的液体从各种浓度的酸、碱、有机溶剂等以及挥发性强的液化气，直到高粘度液体或热油，其性质涉及的范围很广，但都可作为牛顿流体来考虑。

为了输送这些性质的液体，泵结构上应当具备的要素有以下各点：

- 1) 结构简单, 操作方便, 腐蚀零部件等易于更换;
- 2) 叶轮、泵体等过流部分, 应选用耐腐蚀的材料;
- 3) 轴封装置运转可靠, 结构上维护、检修方便;
- 4) 对于高温或低温泵, 结构上要充分考虑温度的影响。譬如说, 热油泵的泵体应采用中心支承式; 轴封部分、填料压盖、泵轴都要用水冷却, 此外, 还要采取防止泵轴和轴套热膨胀的措施, 并考虑运转中不要产生偏心。另外, 泵的吸入口和排出口都要朝上, 以便液体中分离出来的气体不致积存在泵内。

图1.6所示, 为一热油泵的结构图。此泵作为流程泵的一个例子, 在结构上考虑了上述问题。

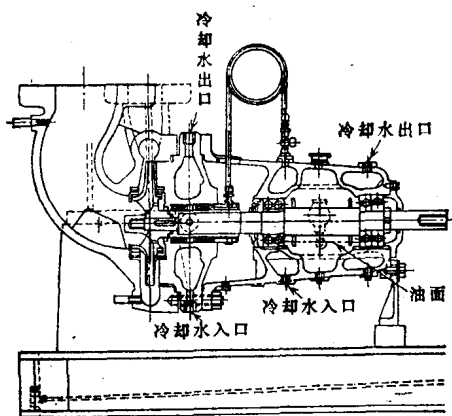


图1.6 热油泵结构图

1.3.2 泥浆泵和砂泵

在化学工业中, 泥浆泵和砂泵也有各种用途。而且, 这些泵的使用条件非常苛刻, 磨损亦多严重, 故为使其能长期耐用, 需要考虑以下几点: