

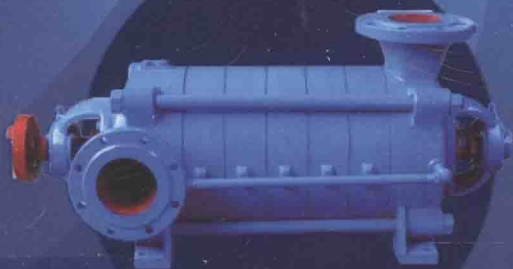
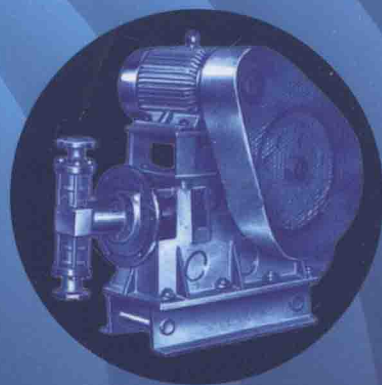
BENG YUNXING YU WEIXIU
SHIYONG JISHU



泵

运行与维修 实用技术

魏龙 主编



化学工业出版社

**BENG YUNXING YU WEIXIU
SHIYONG JISHU**



运行与维修 实用技术

魏龙 主编



化学工业出版社

·北京·

本书从实用性出发,全面系统地介绍了化学和石油工业生产中常用泵的运行与维修技术,主要内容包
括离心泵、往复泵、转子泵和其他形式泵。

本书引用与泵相关的最新标准、规范,内容新颖、文字简练、通俗易懂、实用性强。

本书适合于化工、石油等行业从事泵运行、维修及管理的技术工人和工程技术人员使用,也可供大专
院校、职业院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

泵运行与维修实用技术/魏龙主编. —北京:化学工
业出版社,2014.9

ISBN 978-7-122-21286-3

I. ①泵… II. ①魏… III. ①泵-运行②泵-维修
IV. ①TH3

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第153660号

责任编辑:辛田

责任校对:王素芹

文字编辑:冯国庆

装帧设计:尹琳琳



出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张17¼ 字数465千字 2014年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:68.00元

版权所有 违者必究



前言

泵是把原动机的机械能转换为所抽送液体能量的机器，用来输送并提高液体的压力。泵是一种使用量非常大的流体机械，在国民经济的各个部门中得到了广泛的应用。泵作为化工和石油生产中的关键设备，对液体起着输送、加压等功能。泵长期可靠地运行是化工和石油企业连续生产至关重要的先决条件之一。

本书从内容上，全面系统地介绍了化学和石油工业生产中常用泵的运行与维修技术，重点介绍了离心泵、往复泵和转子泵的运行与维修技术，简要介绍了其他形式泵的运行与维修技术，并给出了大量的常用泵结构图，符合工程实际应用的需要和要求。本书以工程实际应用出发，较全面地反映了泵运行与维修技术在实际工程应用中涉及的主要方面和环节，有较强的针对性和实用性。本书引用与泵相关的最新标准、规范，内容新颖、文字简练、通俗易懂、实用性强。本书不但体现了系统性、通俗性，而且逻辑性强，层次分明、条理清楚，便于读者自学。同时还体现了在工程应用中的适用性，较全面地反映了泵运行与维修技术的最新进展，具有较强的先进性。

本书适合于化工、石化等行业从事泵运行、维修及管理的技术工人和工程技术人员使用，也可供大专院校、职业院校相关专业师生参考。

本书由魏龙任主编，张鹏高任副主编。编写分工如下：第1章、第5章张鹏高，第2章魏龙，第3章房桂芳，第4章赵强。全书由陶林颀高级工程师主审。本书在编写过程中得到了李春桥、孟宝峰、张磊、常新中、王迎军、滕文锐、刘其和、张国东、蒋李斌、金良、杜存臣、涂中强、魏文彬、曾焕平、李强等的大力帮助，在此一并表示衷心的感谢。

因编者水平所限，书中不足之处在所难免，敬请同行和读者予以批评指正。

编者

目录

第1章 概述

1

1.1 泵的分类和适用范围	1
1.1.1 泵的分类	1
1.1.2 泵的适用范围	3
1.2 泵的主要性能参数	3
1.2.1 流量	3
1.2.2 排出压力	4
1.2.3 能头	5
1.2.4 吸入压力	5
1.2.5 功率与效率	5
1.2.6 转速	6
1.2.7 汽蚀余量	6
1.2.8 介质温度	7
1.3 化工生产对泵的特殊要求	7
1.4 典型化工用泵的特点	9

第2章 离心泵

13

2.1 离心泵的工作原理、分类和型号	13
2.1.1 离心泵的工作原理与特点	13
2.1.2 离心泵的分类	14
2.1.3 离心泵的型号编制	17
2.2 离心泵的结构	17
2.2.1 离心泵主要零部件的结构	17
2.2.2 常用离心泵的总体结构	21
2.3 离心泵的运行	29
2.3.1 离心泵的运行特性	29
2.3.2 离心泵的日常运行与维护	47
2.4 离心泵的检修	53
2.4.1 单级悬臂式离心泵的检修	53
2.4.2 分段式多级离心泵的检修	68
2.4.3 其他离心泵的检修	76
2.5 软填料密封	77
2.5.1 软填料密封的基本结构与密封原理	78
2.5.2 填料压紧力的分布与压盖螺栓的计算	79
2.5.3 填料函的主要结构尺寸	81

2.5.4	常用软填料密封材料	82
2.5.5	软填料密封的安装、拆卸、使用与保管	85
2.5.6	软填料密封存在的问题与改进	93
2.5.7	软填料密封常见故障及处理措施	97
2.6	机械密封	98
2.6.1	机械密封的基本结构、密封原理及分类	98
2.6.2	机械密封的主要性能参数	104
2.6.3	机械密封的主要零件	112
2.6.4	机械密封常用材料	119
2.6.5	泵用机械密封典型结构	125
2.6.6	机械密封的循环保护系统	145
2.6.7	机械密封的保管、安装与运转	152
2.6.8	机械密封的维护与检修	158
2.6.9	机械密封的失效及分析	163

第3章 往复泵

185

3.1	往复泵的工作原理、分类和适用范围	185
3.1.1	往复泵的工作原理与特点	185
3.1.2	往复泵的分类	186
3.1.3	往复泵的适用范围	189
3.2	往复泵的结构	189
3.2.1	往复泵主要零部件的结构	189
3.2.2	常用往复泵的总体结构	194
3.3	往复泵的运行特性	198
3.3.1	工作过程	198
3.3.2	主要性能参数	199
3.3.3	往复泵的流量调节	202
3.4	往复泵的日常运行与维护	203
3.4.1	运行中的注意事项	203
3.4.2	维护与保养	203
3.4.3	常见故障及其处理方法	203
3.5	往复泵的检修	204
3.5.1	蒸汽往复泵的检修	204
3.5.2	卧式三柱塞泵的检修	208
3.5.3	立式五柱塞泵的检修	210

第4章 转子泵

215

4.1	螺杆泵	215
4.1.1	螺杆泵的工作原理与特点	215
4.1.2	常用螺杆泵的性能与结构	219
4.1.3	螺杆泵的日常运行与维护	226
4.1.4	螺杆泵的检修	227

4.2 齿轮泵	230
4.2.1 齿轮泵的工作原理及结构	230
4.2.2 齿轮泵的主要性能参数	231
4.2.3 化工齿轮泵	233
4.2.4 齿轮泵的日常运行与维护	234
4.2.5 齿轮泵的检修	235

第5章 其他形式泵

239

5.1 隔膜泵	239
5.1.1 隔膜泵的工作原理及结构	239
5.1.2 隔膜泵的分类与特点	240
5.1.3 计量精度、流量调节与控制	240
5.1.4 隔膜泵的运行与维护	242
5.1.5 隔膜泵的检修	245
5.2 旋涡泵	247
5.2.1 旋涡泵的工作原理与分类	247
5.2.2 旋涡泵的运行特性	250
5.2.3 旋涡泵的日常运行与维护	251
5.3 真空泵	251
5.3.1 真空泵的分类与基本性能参数	252
5.3.2 常用真空泵的工作原理、结构及特点	253
5.3.3 真空泵的维护与检修	257
5.4 无泄漏泵	264
5.4.1 屏蔽泵	264
5.4.2 磁力泵	270

参考文献

277

第 1 章

概述

泵是把原动机的机械能转换为所抽送液体能量的机器，用来输送并提高液体的压力。泵在国民经济的各个部门中得到了广泛的应用，如农业的灌溉和排涝；城市的给水和排水；化学工业中输送液体原料和半成品；机械工业中机器润滑和冷却；热电厂的供水和灰渣的排除；原子能发电站中输送具有放射性的液体等。不论是重工业还是轻工业，不论是尖端科学技术还是日常生活，到处都需要用泵。

1.1 泵的分类和适用范围

1.1.1 泵的分类

泵的类型很多，常见的有以下几种分类方法。

(1) 按工作原理和结构特征分类

按其工作原理和结构特征可分为三大类。

① 容积式泵 它是利用泵内工作室的容积作周期性变化而提高液体压力，达到输送液体的目的。容积式泵根据增压元件的运动特点，基本上可分为往复式和转子式（又称回转式）两类，每类容积式泵又可以细分为如表 1-1 所示的几种形式。

表 1-1 容积式泵的主要形式

往复式								
活塞式、柱塞式				隔膜式				
蒸汽双作用式		电动式			单缸	双缸		
单缸	双缸	单作用	双作用	液体作用式、机械作用式				
		单缸、双缸、三缸、多缸						
转子式								
单转子式					多转子式			
滑片式	活塞式	挠性元件式	螺杆式	蠕动式	齿轮式	凸轮式	旋转活塞式	螺杆式

② 叶片式泵 它是一种依靠泵内作高速旋转的叶轮把能量传给液体，进行液体输送的机械。叶片式泵又可分为如图 1-1 所示的几种类型。

叶片式泵具有效率高、启动方便、工作稳定、性能可靠、容易调节等优点，用途最为广泛。

③ 其他类型的泵 指上述两种类型泵以外的其他泵。如利用螺旋推进原理工作的螺旋

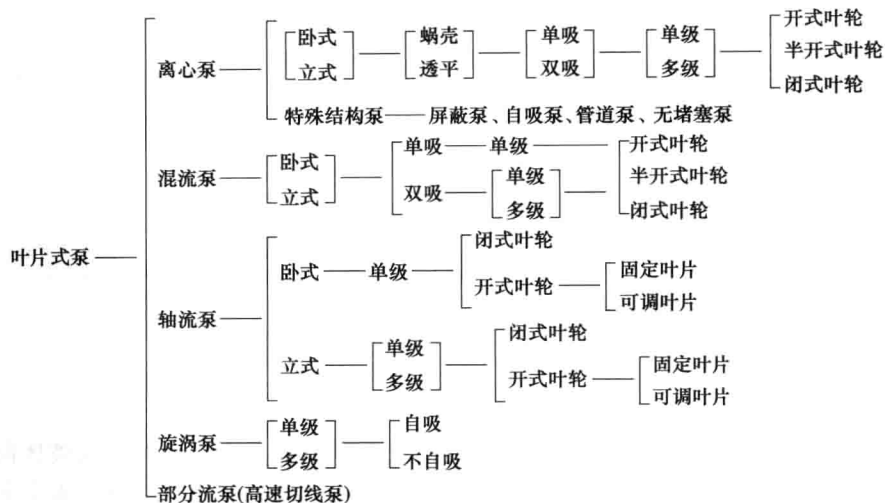


图 1-1 叶片式泵的分类

泵，利用高速流体工作的射流泵和气升泵，利用有压管道水击原理工作的水锤泵等。

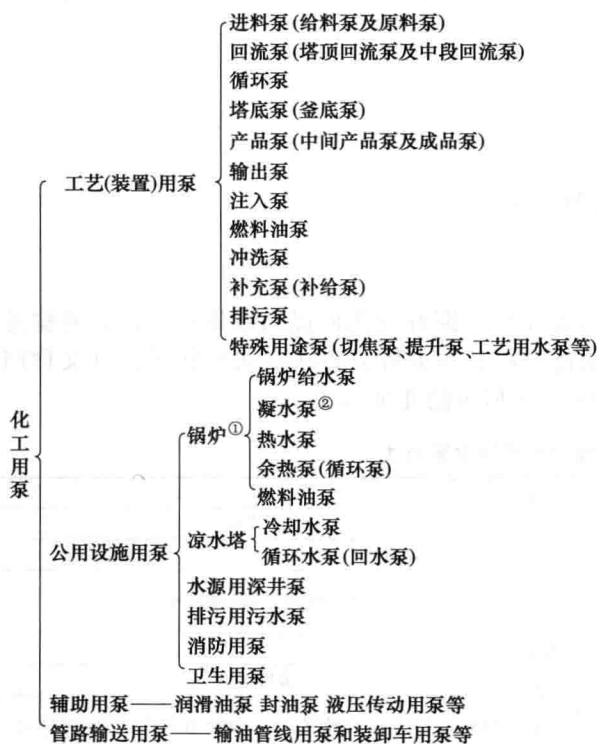


图 1-2 化工用泵的分类

① 废热锅炉用泵属于工艺装置；② 汽轮机辅助用凝水泵未列入

(2) 按化工用途分类

按其用途来分，化工用泵有如图 1-2 所示的几种类型。

(3) 按使用条件分类

- ① 大流量泵与微流量泵 流量分别为 $300\text{m}^3/\text{min}$ 与 $0.01\text{L}/\text{h}$ 。
- ② 高温泵与低温泵 高温达 500°C ，低温至 -253°C 。
- ③ 高压泵与低压泵 高压达 200MPa ，真空度为 $2.66\sim 10.66\text{kPa}$ 。
- ④ 高速泵与低速泵 高速达 $24000\text{r}/\text{min}$ ，低速为 $5\sim 10\text{r}/\text{min}$ 。
- ⑤ 高黏度泵 黏度达数万泊 ($1\text{P}=0.1\text{Pa}\cdot\text{s}$)。
- ⑥ 计量泵 流量的计量精度达 $\pm 0.3\%$ 。

(4) 按输送介质分类

- ① 水泵 清水泵、锅炉给水泵、凝水泵、热水泵等。
- ② 耐腐蚀泵 不锈钢泵、高硅铸铁泵、陶瓷耐酸泵、不透性石墨泵、衬硬氯乙烯泵、屏蔽泵、隔膜泵、钛泵等。

③ 杂质泵 浆液泵、砂泵、污水泵、煤粉泵、灰渣泵等。

④ 油泵 冷油泵、热油泵、油浆泵、液态烃泵等。



1.1.2 泵的适用范围

各类泵的特性比较见表 1-2。各种类型泵的适用范围是不同的，常用泵的适用范围如图 1-3 所示。由图可以看出，离心泵所占的区域最大。流量在 $5 \sim 2000 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程在 $8 \sim 2800 \text{ m}$ ，使用离心泵是比较合适的。因为在此性能范围内，离心泵具有转速高、体积小、重量轻、效率高、流量大、结构简单、性能平稳、容易操作和维修等优点。国内外生产实践证明，离心泵的产值在泵类产品中是最高的。

表 1-2 各类泵的特性比较

指标	叶片泵			容积式泵		
	离心泵	轴流泵	旋涡泵	往复泵	转子泵	
均匀性	均匀			不均匀	比较均匀	
流量	不恒定,随管路情况变化而变化			恒定		
	范围 $/(\text{m}^3/\text{h})$	1.6~30000	150~245000	0.4~10	0~600	1~600
扬程	对应一定流量,只能达到一定的扬程			对应一定流量可达到不同扬程,由管路系统确定		
	范围	10~2600m	2~20m	8~150m		
效率	在设计点最高,偏离越远,效率越低			扬程高时,效率降低较小	扬程高时,效率降低较大	
	范围 (最高点)	0.5~0.8	0.7~0.9	0.25~0.5	0.7~0.85	0.6~0.8
结构特点	结构简单,造价低,体积小,重量轻,安装检修方便			结构复杂,振动大,体积大造价高	同离心泵	
操作与 维修	流量调节方法	出口节流或改变转速	出口节流或改变叶片安装角度	不能用出口阀调节,只能用旁路调节	同旋涡泵,另外还可调节转速和行程	
	自吸作用	一般没有	没有	部分型号有	有	
	启动	出口阀关闭	出口阀全开		出口阀全开	
	维修	简便			麻烦	简便
适用范围	黏度较低的各种介质	特别适用于大流量、低扬程、黏度较低的介质	特别适用于小流量、较高压力的低黏度清洁介质	适用于高压、小流量的清洁介质(含悬浮液或要求完全无泄漏可用隔膜泵)	适用于中低压力、中小流量,尤其适用于黏性高的介质	
性能曲线形状						

1.2 泵的主要性能参数

1.2.1 流量

泵在单位时间内所输送的流体量，称为流量。可用体积流量 q_v 表示，常用单位为 $\text{m}^3/$

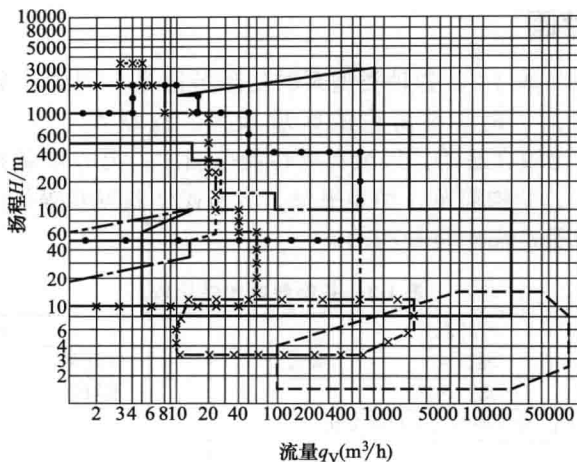


图 1-3 常用泵的适用范围

——离心泵；---轴流泵；-x-x-混流泵；
 ----旋涡泵；*-*-*电动往复泵；●-●-三螺杆泵；-□-气动往复泵

s、 m^3/h 或 L/s ；也可用质量流量 q_m 表示，常用单位为 kg/s 或 kg/h 。

质量流量和体积流量之间的关系为：

$$q_m = \rho q_v \quad (1-1)$$

式中 ρ ——输送温度下的液体的密度， kg/m^3 。

按照化工生产工艺的需要和对制造厂的要求，化工用泵的流量有以下几种表示方法。

- ① 正常操作流量 在化工生产正常操作工况下，达到其规模产量时，所需要的流量。
- ② 最大需要流量和最小需要流量 当化工生产工况发生变化时，所需的泵流量的最大值和最小值。

③ 泵的额定流量 由泵制造厂确定并保证达到的流量。此流量应等于或大于正常操作流量，并充分考虑最大、最小流量而确定。一般情况下，泵的额定流量大于正常操作流量，甚至等于最大需要流量。

④ 最大允许流量 制造厂根据泵的性能，在结构强度和驱动机功率允许范围内而确定的泵流量的最大值。此流量值一般应大于最大需要流量。

⑤ 最小允许流量 制造厂根据泵的性能，在保证泵能连续、稳定地排出液体，且泵的温度、振动和噪声均在允许范围内而确定的泵流量的最小值。此流量值一般应小于最小需要流量。

1.2.2 排出压力

排出压力是指被送液体经过泵后，所具有的总压力能（单位为 MPa）。它是泵能否完成输送液体任务的重要标志，对于化工用泵其排出压力可能影响到化工生产能否正常进行。因此，化工用泵的排出压力是根据化工工艺的需要确定的。

根据化工生产工艺的需要和对制造厂的要求，排出压力主要有以下几种表示方法。

- ① 正常操作压力 化工生产在正常工况下操作时，所需的泵排出压力。
- ② 最大需要排出压力 化工生产工况发生变化时，可能出现的工况所需的泵排出压力。
- ③ 额定排出压力 制造厂规定的并保证达到的排出压力。额定排出压力应等于或大于



正常操作压力。对于叶片式泵应为最大流量时的排出压力。

④ 最大允许排出压力 制造厂根据泵的性能、结构强度、原动机功率等确定的泵的最大允许排出压力值。最大允许排出压力值应大于或等于最大需要排出压力，但应低于泵承压件的最大允许工作压力。

1.2.3 能头

泵的能头（扬程或能量头）是单位质量液体从泵进口处（泵进口法兰）到泵出口处（泵出口法兰）能量的增值，也就是单位质量液体通过泵以后获得的有效能量，以符号 h 表示，单位为 J/kg。

过去在工程单位制中，使用扬程来表示单位质量液体通过泵以后获得的有效能量，用符号 H 表示，单位为 kgf·m/kgf 或 m 液柱。

能头 h 和扬程 H 之间的关系为：

$$h = Hg \quad (1-2)$$

式中 g ——重力加速度，其值取 9.81m/s^2 。

扬程是叶片泵的关键性能参数。因为扬程直接影响叶片泵的排出压力，这一特点对化工用泵非常重要。根据化工工艺需要和对制造厂的要求，对泵的扬程提出以下要求。

① 正常操作扬程 化工生产正常工况下，泵的排出压力和吸入压力所确定的泵扬程。

② 最大需要扬程 化工生产工况发生变化，可能需要的最大排出压力（吸入压力未变）时泵的扬程。

化工用叶片泵的扬程应为化工生产中需要的最大流量下的扬程。

③ 额定扬程 是指额定叶轮直径、额定转速、额定吸入和排出压力下叶片泵的扬程，是由泵制造厂确定并保证达到的扬程，且此扬程值应等于或大于正常操作扬程。一般取其值等于最大需要扬程。

④ 关死扬程 叶片泵流量为零时的扬程。为叶片泵的最大极限扬程，一般以此扬程下的排出压力确定泵体等承压件的最大允许工作压力。

泵的能头（扬程）是泵的关键特性参数，泵制造厂应随泵提供以泵流量为自变量的流量-能头（扬程）曲线。

1.2.4 吸入压力

指进入泵的被送液体的压力，在化工生产中是由化工生产工况决定的。泵吸入压力值必须大于被送液体在泵送温度下的饱和蒸气压，低于饱和蒸气压泵将产生汽蚀。

对于叶片式泵，因其能头（扬程）取决于泵的叶轮直径和转速，当吸入压力变化时，叶片泵的排出压力随之发生变化。因此叶片泵的吸入压力不能超过其最大允许吸入压力值，以避免泵的排出压力超过允许最大排出压力而引起泵超压损坏。

对于容积泵，由于其排出压力取决于泵排出端系统的压力，当泵吸入压力变化时，容积式泵的压力差随之变化，所需功率也随之变化，因此，容积式泵的吸入压力不能太低，以避免因泵压力差过大而超载。

泵的铭牌上都标有泵的额定吸入压力值，以控制泵的吸入压力。

1.2.5 功率与效率

泵的功率通常是指输入功率，即原动机传递到转轴上的轴功率，以符号 P_e 表示，单位



是 W 或 kW。泵的输出功率，即液体单位时间内获得的能量，称为有效功率 P 。

$$P = q_m h = \rho g q_v H \quad (1-3)$$

式中 P ——有效功率，W；

q_m ——质量流量，kg/s；

q_v ——体积流量，m³/s。

由于泵在工作时存在各种损失，所以不可能将驱动机输入的功率全转变为液体的有效功率。轴功率和有效功率之差为泵的损失功率，其大小用泵的效率 η 来衡量，其值等于有效功率和轴功率之比，即：

$$\eta = \frac{P}{P_e} \quad (1-4)$$

泵的效率也就表示了泵输入的轴功率被液体利用的程度。

1.2.6 转速

泵轴每分钟的转数称为转速，用符号 n 表示，单位为 r/min。在国际标准单位制 (SI) 中转速的单位为 s⁻¹，即 Hz。泵的额定转速是泵在额定的尺寸（如叶片泵叶轮直径、往复泵柱塞直径等）下，达到额定流量和额定扬程的转速。

在应用固定转速的原动机（如电动机）直接驱动叶片泵时，泵的额定转速与原动机额定转速相同。

当以可调转速的原动机驱动时，必须保证泵在额定转速下，达到额定流量和额定扬程，并要能在其额定转速的 105% 的转速下长期连续运行，此转速称最大连续转速。可调转速原动机应具有超速自动停车机构，自动停车的转速为泵额定转速的 120%，因此，要求泵能在其额定转速 120% 的转速下短期正常运行。

在化工生产中采用可调转速的原动机驱动叶片泵，便于通过改变泵的转速来变更泵的工作，以适应化工生产工况的变化。但泵的运行性能必须满足上述的要求。

容积式泵的转速较低（往复泵的转速，一般小于 200r/min；转子泵的转速，小于 1500r/min），因此，一般应用固定转速的原动机。经过减速器减速后，达到泵的工作转速，也可用调速器（如液力变矩器等）或变频调速等方法改变泵的转速，以适应化工生产工况的需要。

1.2.7 汽蚀余量

为防止泵发生汽蚀，在其吸入液体具有的能量（压力）值的基础上，再增加的附加能量（压力）值，称此附加能量为汽蚀余量。

在化工生产装置中，多采用增加泵吸入端液体的标高，即利用液柱的静压力作为附加能量（压力），单位以米液柱计。在实际应用中有必需汽蚀余量 $NPSH_r$ 和有效汽蚀余量 $NPSH_a$ 之分。

(1) 必需汽蚀余量 $NPSH_r$

实质是被送流体经过泵入口部分后的压力降，其数值是由泵本身决定的。其数值越小表示泵入口部分的阻力损失越小。因此， $NPSH_r$ 是汽蚀余量的最小值。选用化工用泵时，被选泵的 $NPSH_r$ 必须满足被送液体的特性和泵安装条件的要求。订购化工用泵时， $NPSH_r$ 也是重要的采购条件。

(2) 有效汽蚀余量 $NPSH_a$

表示泵安装后，实际得到的汽蚀余量，此值是由泵的安装条件决定的，与泵本身无关。



$NPSH_a$ 值必须大于 $NPSH_r$ 。一般为 $NPSH_a \geq (NPSH_r + 0.5m)$ 。

1.2.8 介质温度

介质温度是指被输送液体的温度。化工生产中液体物料的温度，低温可达 -200°C ，高温可达 500°C 。因此，介质温度对化工用泵的影响较一般泵类更为突出，是化工用泵的重要参数之一。化工用泵的质量流量与体积流量的换算，压差与扬程的换算，泵制造厂以常温清水进行性能试验与输送实际物料时泵的性能换算、汽蚀余量的计算等，必然要涉及介质的密度、黏度、饱和蒸气压等物性参数，这些参数均随温度变化而变化，只有以准确的温度下的数值进行计算，才能得到正确的结果。化工用泵的泵体等承压零部件，应根据压力和温度确定其材料和压力试验的压力值。被送液体的腐蚀性也与温度有关，必须按泵在操作温度下的腐蚀性确定泵的材料。泵的结构和安装方式都因温度而异，对高温和低温下使用的泵，都应从结构、安装方式等方面减少和消除温度应力及温度变化（泵运行和停车）对安装精度的影响。泵轴封的结构、选材、是否需要轴封辅助装置等也需考虑泵的温度而确定。

1.3 化工生产对泵的特殊要求

化工生产对泵的特殊要求大致有以下几点。

(1) 能适应化工工艺需要

泵在化工生产流程中，除起着输送物料的作用外，它还向系统提供必要的物料量，使化学反应得到物料平衡，并满足化学反应所需的压力。在生产规模不变的情况下，要求泵的流量及扬程要相对稳定，一旦因某种因素影响，生产波动时，泵的流量及出口压力也能随之变动，且具有较高的效率。

(2) 耐腐蚀

化工用泵所输送的介质，包括原料和产品中间产物，多数具有腐蚀性。如果泵的材料选用不当，在泵工作时，零部件就被腐蚀失效，不能继续工作。

对于某些液体介质，如没有合适的耐腐蚀金属材料，则可采用非金属材料，如陶瓷泵、塑料泵、橡胶衬里泵等。塑料具有比金属材料较好的耐化学腐蚀性能。

在选用材料时，既要考虑到它的耐腐蚀性，还必须考虑到它的力学性能、切削性和价格等。

(3) 耐高温、低温

化工用泵处理的高温介质，大体上可分为流程液和载热液。流程液是指化工产品加工过程和输送过程的液体。载热液是指运载热量的媒介液体，这些媒介液体，在一个封闭的回路中，靠泵的工作进行循环，通过加热炉加热，使媒介液体温度升高，然后循环到塔器中，给化学反应间接提供热量。

水、柴油、道生油、熔融金属铅、水银等，均可作为载热液。化工用泵处理的高温介质温度可达 900°C 。

化工用泵抽送的低温介质种类也很多，如液态氧、液态氮、液态氩、液态天然气、液态氢、甲烷、乙烯等。这些介质的温度都很低，如泵送液态氧的温度约为 -183°C 。

作为输送高温与低温介质的化工用泵，其用材必须在正常室温、现场温度和最后的输送温度下都具有足够的强度和稳定性。同样重要的是，泵的所有零件都能承受热冲击和由此产生的不同的热膨胀和冷脆性危险。

在高温情况下，要求泵装有中心线支架，以保证原动机和泵的轴心线总是同心。在高温



和低温泵上，要求装有中间轴和热屏。

为了减少热能损失，或者为了防止被输送介质大量失热后物理性质起变化（如重油的输送，不保温，会使黏度增加），应在泵壳外面设置保温层。

低温泵所输送的液体介质，一般处于饱和状态，一旦吸收外界热量，就会迅速汽化，使泵不能正常工作。这就需要在低温泵壳体上采取低温隔热措施。低温隔热材料常采用膨胀珍珠岩。

（4）耐磨损

化工用泵的磨损是由于输送高速液流中含有悬浮固体造成的。化工用泵的磨损破坏，往往加剧介质腐蚀，因不少金属及合金的耐腐蚀能力依靠表面的钝化膜，一旦钝化膜被磨掉，则金属便处于活化状态，腐蚀情况就很快恶化。

提高化工用泵的耐磨损能力有两种方法：一种是采用特别硬的、往往是脆性的金属材料，如硅铸铁；另一种是在泵的內部和叶轮上衬覆软的橡胶衬里。如输送诸如钾肥原料的明矾矿料浆等磨损性很大的化工用泵，泵用材料可采用锰钢、陶瓷衬里等。

从结构上来考虑，输送磨损性液体时可采用开式叶轮。光滑的泵壳和叶轮流道，对化工用泵的抗磨损也有好处。

（5）无泄漏或少泄漏

化工用泵输送的液体介质，多数具有易燃、易爆、有毒的特性；有的介质含有放射性元素。这些介质如果从泵中漏入大气，可能造成火灾或影响环境卫生，伤害人体。有些介质价格昂贵，泄漏会造成很大浪费。因此，化工用泵要求无泄漏或少泄漏，这就要求在泵的轴封上下工夫。选用好的密封材料及合理的机械密封结构，能做到轴封少泄漏；选用屏蔽泵、磁力传动密封泵等，则能做到轴封不向大气泄漏。

（6）运行可靠

化工用泵的运行可靠，包括两方面内容：长周期运行不出故障及运行中各种参数平稳。运行可靠对化工生产至关重要。如果泵经常发生故障，非但造成经常停产，影响经济效益，有时会造成化工系统的安全事故。例如，输送作为热载体的道生油泵运行中突然停止，而这时的加热炉来不及熄火，有可能造成炉管过热，甚至爆裂，引起火灾。

化工用泵转速的波动，会引起流量及泵出口压力的波动，使化工生产不能正常运行，系统中的反应受到影响，物料不能平衡，造成浪费；甚至使产品质量下降或者报废。

对于要求每年一次大检修的工厂，泵连续运转周期一般不应小于 8000h。为适合三年一次大检修的要求，API 610 和 GB/T 3215 规定石油、重化学和天然气工业用离心泵连续运转周期至少为 3 年。

（7）能输送临界状态的液体

临界状态的液体，当温度升高或压力降低时，往往会汽化。化工用泵有时输送临界状态的液体，一旦液体在泵内汽化，则易于产生汽蚀破坏，这就要求泵具有较高的抗汽蚀性能。同时，液体的汽化，可能引起泵内动静部分的摩擦咬合，这就要求有关间隙取大一些。为了避免由于液体的汽化使机械密封、填料密封、迷宫密封等因干摩擦而破坏，这类化工用泵必须有将泵内产生的气体充分排除的结构。

输送临界状态液体介质的泵，其轴封填料可采用自润滑性能较好的材料，如聚四氟乙烯、石墨等。对于轴封结构，除填料密封外，还可采用双端面机械密封或迷宫密封等。采用双端面机械密封时，两端面之间的空腔内，充以外来的密封液体；采用迷宫密封时，可从外界引入具有一定压力的密封气体。当密封液体或密封气体漏入泵内时，对泵送介质应该是无妨的，如漏入大气也无害。如输送临界状态的液氨时，双端面机械密封的空腔内可用甲醇做



密封液体；输送易汽化的液态烃时，迷宫密封中可引入氮气。

(8) 寿命长

泵的设计寿命一般至少为10年。API 610和GB/T 3215规定石油、重化学和天然气工业用离心泵的设计寿命至少为20年。

(9) 泵的设计、制造、检验应符合有关标准、规范的规定

泵的设计、制造、检验常用的标准和规范见表1-3。

表 1-3 泵的设计、制造、检验常用标准和规范

泵类型	标准、规范	泵类型	标准、规范
离心泵	ANSI/API 610《石油、重化学和天然气工业用离心泵》	计量泵	API 675《计量泵》
	ASME B73.1《化工用卧式端吸式离心泵规范》		GB/T 7782《计量泵》
	ANSI/ASME B73.2《化学工艺用立式管线离心泵规范》		SH/T 3142《石油化工计量泵工程技术规定》
	ISO 2858《端吸离心泵(16bar)标记、性能、尺寸》	往复泵	API 674《往复泵》
	ISO 5199《离心泵的技术规范 2类》		GB/T 9234《机动往复泵》
	ISO 13709《石油、石油化工和天然气工业用离心泵》		GB/T 7784《机动往复泵试验方法》
	GB/T 3215《石油、重化学和天然气工业用离心泵》		GB/T 14794《蒸汽往复泵》
	GB/T 3216《回转动力泵 水力性能验收试验 1级和2级》		SH/T 3141《石油化工往复泵工程技术规定》
	GB/T 5656《离心泵技术条件(II类)》		API 676《转子泵》
	SH/T 3139《石油化工重载荷离心泵工程技术规定》	转子泵	SH/T 3151《石油化工转子泵工程技术规定》
	SH/T 3140《石油化中、轻载荷离心泵工程技术规定》		JB/T 8644《单螺杆泵》
			GB/T 10886《三螺杆泵》

注：表中部分标准代号的含义：API——美国石油协会标准；ANSI——美国国家标准协会标准；ASME——美国机械工程师协会标准；ISO——国际标准化组织。

1.4 典型化工用泵的特点

化工生产工艺流程中的典型用泵有：进料泵、回流泵、循环泵、塔底泵、产品泵、输出泵、注入泵、燃料油泵、冲洗泵、补充泵、排污泵、润滑油泵和封液泵等。对于这些工艺用泵的特点，分述如下。

(1) 进料泵

装置中输送原料或中间加料的泵，前者称为原料（进料）泵，后者称为给料（加料）泵。一般采用高压柱塞泵和多级或单级离心泵。

① 泵的流量要求稳定，以满足产品方案的要求。原料泵的流量一般较大，而中间加料或其他装置进料的泵流量不如原料泵大。

② 原料泵的输送介质黏度较大，采取热进料则输送介质的黏度降低。对于黏度达 $20 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 的泵，要考虑黏度的影响。

③ 一般进料泵的排出压力较高，具体取决于工艺进程（反应过程压力要求最高，而罐、槽输送压力最低）和泵后设备的反压及阻力。

由于工作条件苛刻，泵的扬程要求有裕量（一般为5%）。通常，希望采用关死扬程 $H_{\text{SO}} = 1.1$ 倍额定扬程 H_{D} 的离心泵。

一般采用入口压力不低于常压的进料泵。

④ 进料泵的吸入温度大都是常温，只有某些中间进料（或来自其他装置未经冷却）的



泵或接力泵的吸入温度高于 100°C 。

⑤ 进料泵的工作非常重要，一般备用率为 100%。

⑥ 当泵的压力高或距装置较远时，可采用两台泵串联工作（也即采用接力泵），接力泵的吸入压力和温度较一般进料泵高，应注意泵体、轴封能否承受较高的压力和温度，以及使用中能否正常操作等问题。

(2) 回流泵

装置中打塔顶、中段及塔底冷、热回流用的泵。通常用于液体分离过程（如精馏、解吸和抽提等）打回流，以控制产品的纯度。一般采用单级或两级离心泵。

① 泵的流量变化范围大（回流量取决于装置的热平衡和产品要求的纯度），驱动力功率应富裕些。

回流量与产品量的比值往往由几倍到 20 倍（如铂重整苯精馏塔中回流量为十几倍）。回流量与进料量的比值为 1.1~1.4。

② 泵的扬程较低（只是克服冷凝器、容器与塔之间的压力差），但要求压力稳定。不宜选用具有驼峰的不稳定特性的离心泵。为此，宜用 $H_{SO}/H_D \geq 1.1$ 的离心泵。

③ 泵所输送介质的温度不高，一般为 $30\sim 60^{\circ}\text{C}$ （经冷凝-冷却器后的冷回流，多半是塔顶回流），还有高于 100°C 的热回流（多半是精馏塔的中段回流）和达 -98°C 的低温回流（如乙烯装置的脱甲烷塔回流泵）。

回流量通常用温度控制。

④ 泵的工作可靠性要求高，一般备用率为 50%~100%。

(3) 循环泵

装置中输送反应、吸收、分离、吸收液再生的循环液用泵。一般采用单级离心泵。

① 泵的流量中等，在稳定工作条件下，泵的流量变化较小。宜稳定在泵设计点附近工作，较经济。

② 泵的扬程较低，只是用来克服循环系统的压力降。可采用低扬程泵。

③ 一般工作条件较缓和，但反应和吸收系统的循环量控制要求较苛刻。此外，有些在高温下工作的循环泵的工作条件较苛刻，不仅高温而且还含有催化剂的浆液（如油浆泵、回炼油泵等），冲蚀和磨损问题较特殊。处于高温操作的循环泵应采用高温泵（如热油泵等）。

④ 由于循环泵的输送介质较多，应根据介质的性质使用耐久的材料。

(4) 塔底泵（釜底泵）

装置中输送塔底的残油泵或热漏与塔底之间的液体循环泵。一般采用吸入性能好的离心泵（如双吸式离心泵）或蒸汽泵。

① 流量变化较大，一般用液面控制流量。炼油装置中所用的塔底泵的流量较大。

② 泵输送的液体温度一般较高，需要采取冷却措施，采用热油泵和热载体泵（低温泵如脱甲烷塔底泵除外）。

③ 塔底泵多半处于饱和状态（汽液两相平衡状态）下抽吸液体。通常，需要较高的灌注头，特别是减压塔底泵（处于负压下工作），漏入空气容易使泵抽空。对于泵来说，应具有较好的吸入性能。一般使装置有效净正吸入压头（也称为有效汽蚀余量）为泵所需要的净正吸入压头的 1.3~1.4 倍。

④ 泵的工作条件较苛刻，如塔底液体脏，有污垢，又处于高温下工作。

(5) 产品泵

装置中输送塔顶、塔底产品和中间产品用的泵。一般采用单级离心泵。

① 流量较小，往往随原料和产品的方案不同而变化。