

第6篇 目 录

6.1 液体和气体的输送	6-6
6.1.1 液体输送原理	6-6
一、造成流体流动的方法	6-6
二、性能测定	6-7
三、泵的吸入限	6-9
例题1	6-9
6.1.2 泵的选择	6-10
泵的费用	6-11
6.1.3 离心泵	6-12
6.1.4 螺旋桨泵及透平泵	6-17
6.1.5 容积式泵	6-19
一、往复泵	6-19
二、活塞泵	6-20
三、转子泵	6-22
四、流体排容泵	6-23
6.1.6 喷射泵	6-24
6.1.7 电磁泵	6-25
6.1.8 气体压缩	6-25
一、压缩理论	6-25
二、绝热计算	6-26
三、压气机选择	6-30
四、压气机费用	6-31
6.1.9 通风机	6-31
6.1.10 离心压气机和轴流压气机	6-33
6.1.11 回转式鼓风机和压气机	6-37
6.1.12 往复压气机	6-38
6.1.13 抽气器	6-44
6.1.14 真空系统	6-47
6.1.15 旋转轴密封	6-47
6.2 工艺管道	6-54
6.2.1 规范和标准	6-54
一、单位：管子尺寸和等级	6-54
二、受压管线规范	6-54
三、国家标准	6-54
四、政府条例：职业安全及卫生条例	6-55
6.2.2 规范内容及范围	6-55
6.2.3 管系材料	6-55
一、总则	6-55
二、专用材料使用说明	6-55
6.2.4 金属管系：碳钢和不锈钢	6-59
一、输送管和工艺管	6-59
二、连接	6-59
三、弯管和管件	6-77
四、阀件	6-81
五、铸铁、延性铸铁和高硅铸铁	6-91
六、有色金属管系	6-93
6.2.5 非金属管系和非金属衬里管系	6-99
一、石棉水泥	6-99
二、受压管	6-99
三、重力排污管	6-99
四、不透性石墨	6-99
五、钢衬水泥	6-101
六、化学陶瓷管	6-101
七、釉面陶土排污管	6-102
八、混凝土	6-102
九、玻璃管	6-103
十、衬玻璃钢管	6-104
十一、化学瓷管	6-104
十二、熔融硅石或熔融石英	6-105
十三、木质和衬木钢管	6-105
十四、衬塑料和衬橡胶钢管	6-105
十五、衬橡胶管	6-106
十六、塑料管	6-106
6.2.6 管系设计	6-109
一、安全保护	6-109
二、流体用途分类	6-110
三、设计条件	6-110
四、设计准则：金属管线	6-116
五、金属构件受压设计：壁厚	6-117
六、热膨胀和柔度：金属管线	6-134
七、管架	6-144
八、设计准则：非金属管	6-147
6.2.7 预制、装配和安装	6-149
一、焊接：硬钎焊和软钎焊	6-149
二、弯管和成型	6-152
三、预热和热处理	6-153

四、非金属管连接.....	6-153	6.3.2 气体的贮存	6-166
五、装配和安装.....	6-154	6.3.3 贮存设施的费用	6-168
6.2.8 检验、检查和试验	6-155	6.3.4 流体的散装运输	6-170
一、检验和检查.....	6-155	6.3.5 受压容器	6-173
二、检验方法.....	6-155	一、规范管理机构.....	6-173
三、要求检验的方式和范围.....	6-156	二、ASME规范第Ⅲ篇第1分篇	6-174
6.2.9 管系费用比较	6-160	三、ASME规范第Ⅲ篇第2分篇	6-179
6.3 贮存和工艺容器.....	6-161	四、ASME规范附加说明	6-180
6.3.1 液体的贮存	6-161	五、其它条例和标准.....	6-182
一、常压罐.....	6-161	六、特殊结构容器.....	6-183
二、受压罐.....	6-162	七、ASME规范以外的容器规范	6-185
三、贮罐容积计算.....	6-162	八、容器设计和制造.....	6-185
四、容器材料与安全.....	6-164	九、受压容器的维护.....	6-185
五、贮存池和地下贮存.....	6-166	十、受压容器的费用和重量.....	6-187

第6篇 流体的输送和贮存

作者:

Raymond P. Genereaux	篇主编
Charles J. B. Mitchell	液体和气体的输送
C. Addison Hempstead	工艺装置管线
Bruce F. Curran	贮存和工艺容器

译者:

赵正修	工艺装置管线
顾永泉	液体和气体的输送, 贮存和工艺容器

1 34026006)

31007/0106

第6篇 目 录

6.1 液体和气体的输送	6-6
6.1.1 液体输送原理	6-6
一、造成流体流动的方法	6-6
二、性能测定	6-7
三、泵的吸入限	6-9
例题1	6-9
6.1.2 泵的选择	6-10
泵的费用	6-11
6.1.3 离心泵	6-12
6.1.4 螺旋桨泵及透平泵	6-17
6.1.5 容积式泵	6-19
一、往复泵	6-19
二、活塞泵	6-20
三、转子泵	6-22
四、流体排容泵	6-23
6.1.6 喷射泵	6-24
6.1.7 电磁泵	6-25
6.1.8 气体压缩	6-25
一、压缩理论	6-25
二、绝热计算	6-26
三、压气机选择	6-30
四、压气机费用	6-31
6.1.9 通风机	6-31
6.1.10 离心压气机和轴流压气机	6-33
6.1.11 回转式鼓风机和压气机	6-37
6.1.12 往复压气机	6-38
6.1.13 抽气器	6-44
6.1.14 真空系统	6-47
6.1.15 旋转轴密封	6-47
6.2 工艺管道	6-54
6.2.1 规范和标准	6-54
一、单位：管子尺寸和等级	6-54
二、受压管线规范	6-54
三、国家标准	6-54
四、政府条例：职业安全及卫生条例	6-55
6.2.2 规范内容及范围	6-55
6.2.3 管系材料	6-55
一、总则	6-55
二、专用材料使用说明	6-55
6.2.4 金属管系：碳钢和不锈钢	6-59
一、输送管和工艺管	6-59
二、连接	6-59
三、弯管和管件	6-77
四、阀件	6-81
五、铸铁、延性铸铁和高硅铸铁	6-91
六、有色金属管系	6-93
6.2.5 非金属管系和非金属衬里管系	6-99
一、石棉水泥	6-99
二、受压管	6-99
三、重力排污管	6-99
四、不透性石墨	6-99
五、钢衬水泥	6-101
六、化学陶瓷管	6-101
七、釉面陶土排污管	6-102
八、混凝土	6-102
九、玻璃管	6-103
十、衬玻璃钢管	6-104
十一、化学瓷管	6-104
十二、熔融硅石或熔融石英	6-105
十三、木质和衬木钢管	6-105
十四、衬塑料和衬橡胶钢管	6-105
十五、衬橡胶管	6-106
十六、塑料管	6-106
6.2.6 管系设计	6-109
一、安全保护	6-109
二、流体用途分类	6-110
三、设计条件	6-110
四、设计准则：金属管线	6-116
五、金属构件受压设计：壁厚	6-117
六、热膨胀和柔度：金属管线	6-134
七、管架	6-144
八、设计准则：非金属管	6-147
6.2.7 预制、装配和安装	6-149
一、焊接：硬钎焊和软钎焊	6-149
二、弯管和成型	6-152
三、预热和热处理	6-153

四、非金属管连接.....	6-153	6.3.2 气体的贮存	6-166
五、装配和安装.....	6-154	6.3.3 贮存设施的费用	6-168
6.2.8 检验、检查和试验	6-155	6.3.4 流体的散装运输	6-170
一、检验和检查.....	6-155	6.3.5 受压容器	6-173
二、检验方法.....	6-155	一、规范管理机构.....	6-173
三、要求检验的方式和范围.....	6-156	二、ASME规范第Ⅳ篇第1分篇	6-174
6.2.9 管系费用比较	6-160	三、ASME规范第Ⅳ篇第2分篇	6-179
6.3 贮存和工艺容器.....	6-161	四、ASME规范附加说明	6-180
6.3.1 液体的贮存	6-161	五、其它条例和标准.....	6-182
一、常压罐.....	6-161	六、特殊结构容器.....	6-183
二、受压罐.....	6-162	七、ASME规范以外的容器规范	6-185
三、贮罐容积计算.....	6-162	八、容器设计和制造.....	6-185
四、容器材料与安全.....	6-164	九、受压容器的维护.....	6-185
五、贮存池和地下贮存.....	6-166	十、受压容器的费用和重量.....	6-187

术语和单位

本表内所规定的第6篇采用的符号大体上配以相适应的美国惯用单位和国际制单位。特殊的定义在使用之处加注。本篇的某些专用符号在使用之处给予规定。

符号	定义	SI单位	美国惯用单位	符号	定义	SI单位	美国惯用单位
A	面积	m^2	ft^2	M_1	扭矩	$N \cdot mm$	$in \cdot lbf$
A	确定最小 R_1 值的系数			$NPSH$	净正吸入压头	m	ft
C	机械裕量(螺纹或槽深)与腐蚀或冲蚀裕量之和	mm	in	n	多变指数		
C	预拉伸系数			N	当量全部温度循环数		
C	常数			P ①	功率	kW	hp
C_1	估计的自拉伸或松弛系数			p	压力	Pa	lb/ft^2
c_p	定压比热	$J/(kg \cdot K)$	$Btu/(lb \cdot ^\circ F)$	P	设计表压	kPa	lbf/in^2
c_v	定容比热	$J/(kg \cdot K)$	$Btu/(lb \cdot ^\circ F)$	P_{ad}	绝热功率	kW	hp
d	直径, 截锥体小头直径	cm 或 m	in	q	体积流量	m^3/s	ft^3/s
D, D_o	管子外直径	mm	in	Q	体积流量(气体)	m^3/h	$ft^3/min(cfm)$
D	筒体直径	m	ft	Q	体积流量(液体)	m^3/h	gal/min
E	质量系数			R	柔度分析中的反力或反力矩范围	N 或 $N \cdot mm$	lbf 或 $in-lbf$
E	弹性模量	MPa	$kip/in^2(ksi)$	R	筒体半径	in	ft
E_s	安装后弹性模量	MPa	$kip/in^2(ksi)$	R	通用气体常数	$J/(kg \cdot K)$	$(ft-lbf)/(lbm \cdot ^\circ R)$
E_c	铸件质量系数			R_a	在安装温度下估计的瞬时反力或反力矩	N 或 $N \cdot mm$	lbf 或 $in \cdot lbf$
E_w	焊缝质量系数			R_m	在金属最高或最低温度下估计的瞬时最大反力或反力矩	N 或 $N \cdot mm$	lbf 或 $in \cdot lbf$
E_m	最小弹性模量	MPa	$kip/in^2(ksi)$	R_1	斜接弯头的有效半径	mm	in
f	应力范围缩减系数			r_2	采用名义壁厚 \bar{T} 的管子平均半径	mm	in
g	重力加速度	m/s^2	ft/s^2	r_t	过渡半径	m	in
H, h	压头(液柱高度)	m	ft	s	比重		
H	液体深度	m	ft	S	金属基本许用应力(不包括系数 E)或螺栓设计应力	MPa	$kip/in^2(ksi)$
h	柔度特性			S_A	位移应力的许用应力范围	MPa	$kip/in^2(ksi)$
h	截锥体高度, 封头深度	m	in	S_E	计算的位移应力范围	MPa	$kip/in^2(ksi)$
i	应力增强系数			S_L	纵向应力之和	MPa	$kip/in^2(ksi)$
i_1	平面内应力增强系数			S_T	试验温度下的许用应力	MPa	$kip/in^2(ksi)$
i_o	平面外应力增强系数			S_b	合成弯曲应力	MPa	$kip/in^2(ksi)$
k	柔度系数			S_c	预期的金属最低温度下的基本许用应力	MPa	$kip/in^2(ksi)$
k	绝热指数 c_p/c_v			S_h	预期的金属最高温度下的基本许用应力	MPa	$kip/in^2(ksi)$
K_1	经验柔度方程中的常数			S_t	扭转应力	MPa	$kip/in^2(ksi)$
L	筒体长度	m	ft	T_s	支管有效壁厚	mm	in
L	管线固定点间展开长度	m	ft	\bar{T}	管子名义壁厚	mm	in
L	碟形头盖半径	m	in	\bar{T}_b	支管名义壁厚	mm	in
M_1, m_1	平面内弯矩	$N \cdot mm$	$in \cdot lbf$				
M_o	平面外弯矩	$N \cdot mm$	$in \cdot lbf$				

续表

符号	定义	SI单位	美国惯用单位	符号	定义	SI单位	美国惯用单位
T_s	总管名义壁厚	mm	in	x	表示 $[(P_2/P_1)^{\frac{k-1}{k}} - 1]$ 的值		
t	受压设计壁厚	mm	in				
t_m	最低要求壁厚 (包括机械、腐蚀和冲蚀裕量)	mm	in				
t_r	垫板或鞍座板厚	mm	in				
r	封头或壳体半径	mm	in	y	合成总位移	mm	in
U	固定点间直线距离	m	ft	s	管子截面模量	mm ³	in ³
V	体积	m ³	ft ³	s_o	支管有效截面模量	mm ³	in ³
v	速度	m/s	ft/s	希腊字母			
W	功	J	ft·lb	σ	半夹角	.	.
w	质量流量	kg/s	lb/s	α, β, θ	角	.	.
				ρ	密度	kg/m ³	lb/ft ³

① 原文误为 p 。——译者注

6.1 液体和气体的输送

6.1.1 液体输送原理

一、造成流体流动的方法

流体输送是由于将流体通过管道或渠道从一处移到另一处的需要而产生的。流体是靠能量转换通过管道或渠道而流动。用来造成流体流动的方法有：重力法、排容法、离心力法、电磁力法、动量传递法、机械冲量法以及这六种基本方法的组合。除了重力法外，现在常用的方法是离心力法。

1. 排容法

以另一种流体或用机械方法，部分地或全部地排代容器内部容积，将一种流体排出容器，是很多流体输送机械的工作原理。属于这类机械的有往复式活塞型机械与隔膜型机械、回转式滑片型与齿轮型机械、流体活塞型压气机、酸蛋和气举。

容积式流体输送机械的种类繁多，因此难以列出各种机械所共有的特点。然而，对于多数型式的机械，可以认为：（1）可以在高压下工作，（2）通过泵的流量是变化的（要用辅助缓冲系统来减少压力脉动和流量变化的幅度），（3）机械条件限制了最大流量，（4）这类机械在很小的体积流量下可得到有效的性能。

2. 离心力法

离心力是用离心泵或离心压气机来施加的。尽管许多型式离心泵和离心压气机的物理现象大不相同，但是它们各自的基本功能还是相同的，即由于离心力的作用产生动能，然后依靠流体流速的有效降低，将此动能转变为压力能。

总的说来，离心式流体输送机械具有其特点：（1）相对地说流量无脉动现象，（2）机械结构适用于大流量，流量限制很少是问题，（3）甚至在恒速运转下这类机械在很宽的压力和流量范围内可得到有效的性能，（4）排出压力是流体密度的函数，（5）这类机械相对地说是小型高速机械，而且费用不大。

轴流压气机或轴流泵是一种兼用离心力和机械冲量来产生压力增量的流体输送机械。在这种流体输送机械中，流体大致与轴平行且交替地流过一系列有机翼剖面的径向动叶和静叶。流体依靠动叶的机械冲量沿轴向加速，同时依靠离心力在各级产生正的径向压力梯度。每级净的增压是由于两种效应引起的。

3. 电磁力法

当流体为电导体，例如熔融金属时，可能在流体管道周围外加一电磁场，造成产生流动的驱动力。这种泵已研制出，用于导热液输送，特别是用在核反应堆中。

4. 动量传递法

使一种流体（动力流体）减速将其动量传递给另一种流体（被输送流体）是一种普通原理。常用于有腐蚀性物料的输送，还用于从难以到达的深处抽送物料或用于抽真空。属于这类的有喷射器和抽射器。

无运动部件和结构简单常常被认为是使用喷射器和抽射器的理由。然而，这些机械的效

率是相当低的。当采用空气或蒸汽作为动力流体时，其操作费为其它型式流体输送机械的几倍。此外，现今化工厂的环境条件通常禁止使用它。

5. 机械冲量法

机械冲量原理用于流体时通常与其它一种传递运动的方法合用。早已提到过，轴流压气机和轴流泵就是这种情况。透平泵或旋涡泵则是机械冲量起部分作用的另一种输送机械。

二、性能测定

任何一种流体输送机械所作的功都是两个数量的乘积：(1) 通过输送机械流体流动的质量流量和(2) 在流体输送机械前、后直接测量出的总压差。总压差通常用相当于绝热条件下的流体柱高度表示。第一个量通常称为流量，而第二个参数称为压头^①。

1. 流量

此参数用下列单位表示。在SI单位制中液体和气体的流量都用 m^3/h 表示。在美国惯用单位制中液体的流量用美制加仑每分钟 (gal/min) 表示，而气体的流量用 ft^3/min 表示。因为所有这些都是体积单位，所以换算到质量流量时必须乘以密度或比重。当输送气体时，流量与压力和温度有关，通常采用机器的入口状态。值得注意的是在后面的公式中所有压头与其它各项都用液柱高度表示。

2. 总(动)压头

泵的总压头 H 等于排出总压头 h_d 减去吸入总压头 h_s 。

3. 吸入总压头

吸入总压头是泵吸入法兰处(校正到泵中心线^②)的压力表读数 h_{gs} 加上气压计读数和装压力表处的速度头 h_{vs} ：

$$h_s = h_{gs} + atm + h_{vs} \quad (6-1)$$

如果吸入法兰的表压低于大气压，需要采用真空表，那么式(6-1)中 h_{gs} 用的读数就具有负的符号：

安装前可能按下式估算吸入总压头：

$$h_s = h_{ss} - h_{fs} \quad (6-2)$$

式中 h_{ss} = 吸入静压头；

h_{fs} = 吸入摩擦压头损失；

4. 吸入静压头

吸入静压头等于液体来源的自由液面到泵中心线测得的垂直距离加上液面处的绝对压力。

5. 排出总压头

排出总压头 h_d 等于泵排出法兰处(校正到泵中心线^③)的压力表读数 h_{gd} 加上气压计读数和装压力表处的速度头 h_{vd} ：

$$h_d = h_{gd} + atm + h_{vd} \quad (6-3)$$

再次，如果排出法兰的表压低于大气压，那么式(6-3)中 h_{gd} 用的真空表读数就具有负的符号。

① 压头俗称扬程或能量头。——译者注

② 在立式泵中应校正到叶轮吸入口处。——译者注

③ 在立式泵中应校正到叶轮入口处。——译者注

安装前可能按下式由排出静压头 $h_{s,d}$ 和排出摩擦压头损失 $h_{r,d}$ 来估算排出总压头:

$$h_d = h_{s,d} + h_{r,d} \quad (6-4)$$

6. 排出静压头

排出静压头 $h_{s,d}$ 等于贮罐内自由液面到泵中心线●测得的垂直距离加上液面处的绝对压力。总静压头 $h_{s,i}$ 等于排出静压头与吸入静压头之差

7. 流速

因为大多数液体实际上是不可压缩的,所以在给定时间内流经某处的流量与流速的关系可以用下式表示:

$$Q = Av \quad (6-5)$$

在SI单位制中此关系式如下所示

$$\text{对于圆管} \quad v = 3.54Q/d^2 \quad (6-6)$$

式中 v = 平均流速, m/s; Q = 流量, m³/s; d = 管内直径, cm。

在美国惯用单位制中此关系式为:

$$\text{对于圆管} \quad v = 0.409Q/d^2 \quad (6-7)$$

式中 v = 平均流速, ft/s; Q = 流量, gal/min; d = 管内直径, in。

8. 速度头

速度头等于获得速度 v 的落体垂直距离, 即

$$h_v = v^2/2g \quad (6-8)$$

9. 粘度 (详见第5篇)

在流动液体中必须考虑到内摩擦或流体质点相对运动的内部阻力的存在。这种阻力称为粘度。液体的粘度通常随温度上升而减小。粘性液体会使泵的需用功率增大、使泵效率、压头和流量下降,而使管线内摩擦损失增大。

10. 摩擦压头损失

摩擦压头损失是克服管子和管件内流动阻力所需要的压头。这在第5篇中已作详细讨论。

11. 输送功

要使液体流动,必须消耗功。泵可以将液体升举到较高的高度,将液体压入较高压力的容器中,提供克服管线摩擦需要的压头或完成这三种功能的任何组合功能。与泵要求的用途无关,必须考虑将赋予液体的全部能量用于实现这一用途;在所得的输送功或功率时,所有数量均采用一致的单位。

要得到泵的性能时,通常计算其输出功率。输出功率等于(1)总压头和(2)给定时间内输送液体的质量的乘积。在SI制中功率用千瓦表示,马力用于美国惯用单位制中。

在SI单位制中

$$\text{kW} = HQ\rho/3.670 \times 10^5 \quad (6-9)$$

式中 kW = 泵的输出功率, kw; H = 总压头, m(液柱); Q = 流量, m³/h; ρ = 液体密度, kg/m³。

如果总压头 H 用帕斯卡表示,则

$$\text{kW} = HQ/3.599 \times 10^6 \quad (6-10)$$

在美国惯用单位制中

$$h_p = HQS/3.960 \times 10^3 \quad (6-11)$$

●在立式泵中应校正到叶轮入口处。——译者注

式中 h_p = 泵的输出功率, h_r ; H = 总压头, ft (液柱); Q = 流量, 美制 gal/min; S = 液体比重。

如果总压头 H 用 lbf/in^2 表示, 则

$$h_p = HQ/1.714 \times 10^3 \quad (6-12)$$

泵的输入功率大于输出功率, 因为有摩擦、泄漏等造成的各种内部损失。因此, 泵的效率和率可以定义为

$$\text{泵效率} = (\text{输出功率}) / (\text{输入功率}) \quad (6-13)$$

三、泵的吸入限

只要液体内的压力下降到低于液体相应温度下的蒸汽压, 液体就将气化。当在运转泵中发生这种情况时, 气泡将被带到高压处, 在该处气泡突然破灭。这种现象称为气蚀(空蚀)。泵内应避免发生气蚀, 因为气蚀会带来金属剥离、振动、流量减小、效率降低和噪音。当吸入绝对压力很低时, 气蚀会发生在泵入口, 导致泵吸入部分和叶轮叶片入口边缘附近的损坏。为了避免这种现象, 需要保持一必需的净正吸入压头 (NPSH)_R, 其值等于泵中心线处液体的总压头减去蒸汽压 p 。每种泵的制造厂公布泵的 (NPSH)_R 与流量和转速的关系曲线。

在设计泵装置时, 应使有效净正吸入压头 (NPSH)_A 等于或大于要求的流量下的 (NPSH)_R。有效净正吸入压头 (NPSH)_A 可以按下式计算

$$(\text{NPSH})_A = h_{s1} - h_{t1} - p \quad (6-14)$$

如果对现有泵装置校核 (NPSH)_A, 可以按下式计算

$$(\text{NPSH})_A = \text{atm} + h_{s1} - p + h_{v1} \quad (6-15)$$

实际上, 泵内无气蚀和振动工作时需要的净正吸入压头稍微大于理论值。实际的 (NPSH)_R 取决于液体性质、总压头、泵的转速、流量和叶轮结构。使 (NPSH)_A 降低到小于要求流量下防止气蚀所需 (NPSH)_R 值的任何吸入工况都会造成泵装置不合格, 并导致机械故障

离心热水泵的净正吸入压头曲线 图 6-1 和 6-2 为热液泵的典型吸入限。图中表示出不同流量和不同转速下所需要的净正吸入压头, 它包括水温超过 100°C (212°F) 时要求附加的 NPSH。

对于热液泵, 采用吸入液源的压力绝大多数相当于相应温度下的蒸汽压, 有效净正吸入压头等于液源液面与泵中心线的差值减去吸入管线内入口损失与摩擦损失。

例题 1 若有一台泵在温度为 176.7°C (350°F) 及吸入管接处压力为 1.064 MPa (150 lbf/in²) 表压即 1.136 MPa (164.7 lbf/in²) 绝压下以 3.66 m/s (12 ft/s) 的流速输送热水, 试问有效净正吸入压头 (NPSH)_A 有多大?

解

176.7°C (350°F) 下水的蒸汽压 = 0.928 MPa (134.6 lbf/in²)

176.7°C (350°F) 下水的比重 = 0.89

速度头 $v^2/2g = 0.68 \text{ m} (2.22 \text{ ft})$

$g = 9.81 \text{ m/s}^2 (32.17 \text{ ft/s}^2)$

在 SI 单位制中

$$(\text{NPSH})_A \bullet = (1.136 - 0.928) 102 / 0.89 + 0.68 = 24.52 \text{ m}$$

● (NPSH)_R 为了内容明确而加注。——译者注

● 原文误为 NPSH_A, 应改为 (NPSH)_A。——译者注

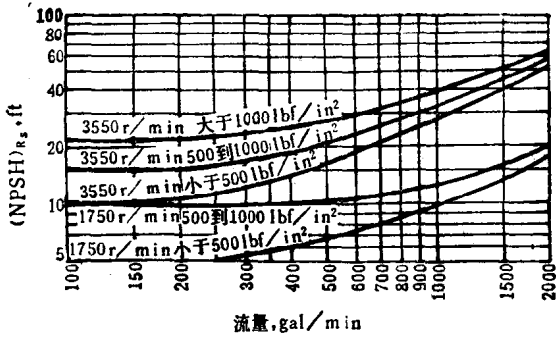


图 6-1 单吸式离心热水泵的净正吸入压头 (由典型公司数据编成)

本曲线适用于水温达100℃(212°F) 的场合。温度高于100℃时可使用温度校正图(图6-2)。对于转速变化在所示值±25%范围内可根据 $r/\text{min} \sqrt{\text{gal}/\text{min}} = \text{常数}$ 校正流量。gal/min换算成 m^3/h 时乘以0.2271; ft换算成m时乘以0.3048; lbf/in²换算成kPa时乘以6.895

在美国惯用单位制中

$$(NPSH)_A = (164.7 - 134.6)2.31/0.89 + 2.22 = 80.32\text{ft}$$

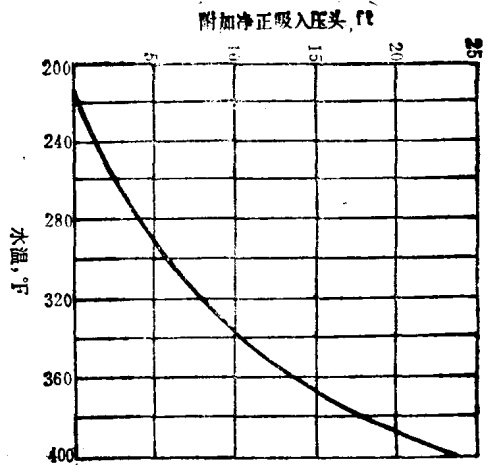


图 6-2 单吸式与双吸式离心热水泵的温度校正图; 图6-1的附加吸入压头值 ($(^{\circ}\text{F}-32)5/9 = ^{\circ}\text{C}$; ft换算成m时乘以0.3048

6.1.2 泵的选择

当选择任何用途的泵时, 必须知道所输送的液体、总压头、吸入压头和排出压头, 在多数情况下还必须知道温度、粘度、蒸气压和比重。在化学工业中, 因液体中存在固体颗粒和液体腐蚀性而要求特殊结构材料, 常常会使选泵工作进一步复杂化。固体颗粒会加速冲蚀和腐蚀, 具有聚集的倾向性, 或要求谨慎地处理以防不合要求的粉粹。

1. 工作范围

因为泵的型式很不相同而且确定指定装置选用任何一种型式的因素也是各种各样的, 所以除了那些合理可行的型式以外, 设计师首先应将其它类型全部排除掉。因为工作范围通常是一重要依据, 所以图6-3应有所帮助。所示的各种型式泵的边界线也不过是近似的, 当出现例外的应用时, 会使最佳选择与图表发生矛盾。然而, 在大多数的情况下, 图6-3在限于考虑两种或三种型式泵时将证明是有用的。

2. 泵的结构材料

在化学工业中, 泵结构材料的选择取决于腐蚀、冲蚀、人身安全和液体污染的考虑。泵制造厂的经验常常对材料选择是很有价值的。请参阅第23篇。

3. 固体颗粒的存在

当泵需要输送含固体颗粒悬浮液时, 有着必须考虑的特殊要求。足够洁净液体的水力性能和使用仔细选择的结构材料, 这对满足选泵来说可能不是全都需要。所有内部流道的尺寸很重要。必须避免固体颗粒会集积的空穴和死水区。因有磨损, 不希望有窄的内部间隙。应具备连续或断续使用的冲洗接头。

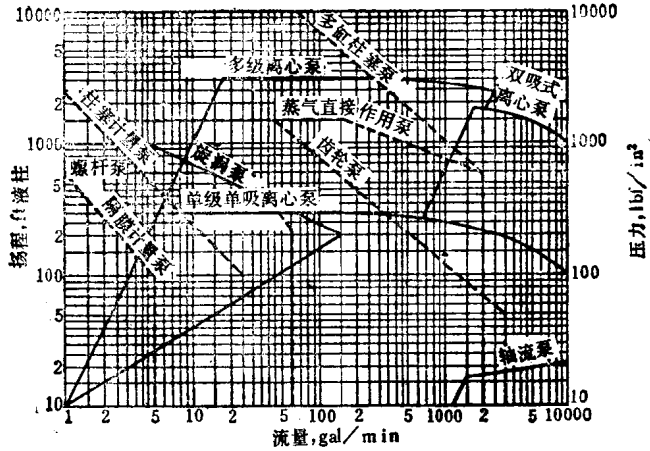


图 6-3 泵有效工作范围图 (根据工业上有效型式泵的正常工作范围绘制)

实线：使用左边压头纵座标；虚线：使用右边压力纵座标。gal/min 换算成 m³/h 时乘以 0.2271；ft 换算成 m 时乘以 0.3048 和 lb/in² 换算成 kPa 时乘以 6.895

对于悬浮的固体颗粒输送,泵装置中必须使固体颗粒的损耗或粉碎为最小值。例如,压滤机的给料泵,需要特别注意;要求用剪切作用小的容积式泵或开凹槽叶轮的离心泵。

在今天的经济中易维护性越来越重要。需要的年维护费为原投资两到三倍的化工泵装置是常见的。在大多数情况下,这样的花费是由于选择不当的结果。

泵的费用

由于篇幅所限,不允许充分介绍本章所讨论的许多型式泵的费用数据。然而,对于两种最常用的品种,给出有代表性的数值还是有可能的。图 6-4 为轴承架支撑安装的单级和两级离心泵的费用曲线图以及使用非标准材料时所用的修正系数表。图 6-5 可以用来近似估计通用结构齿轮泵的费用。

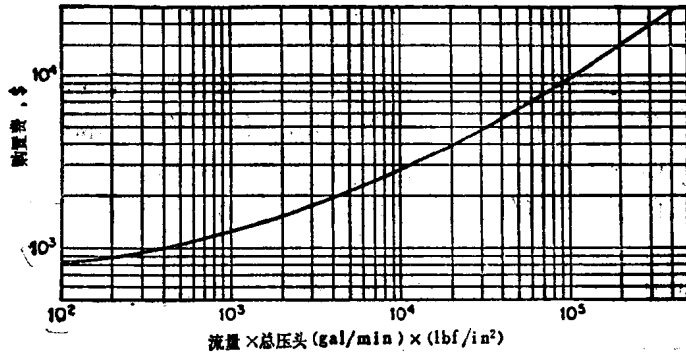


图 6-4 通用单级和两级的单吸式延性铸铁离心泵的费用 (1979年第一季度)

费用中包括泵、驱动器、机座和联轴器。对于其它结构材料以及高吸入压力的场合,可以乘上下表的系数值;

材料系数 ^①			
延性铸铁	1.0	Durimet 20 (奥氏体不锈钢) ^②	1.7
304不锈钢	1.4	钛	3.0
316不锈钢	1.5	Hastelloy C (耐蚀耐高温镍基合金) ^②	3.7
CD-4	1.6	Hastelloy B	4.1

吸入压力系数 ^①	
达 150 lbf/in ²	1.0
150 到 500 lbf/in ²	1.6
500 到 100 lbf/in ²	2.1

注：①gal/min换算成m³/h时乘以0.2271，lbf/in²换算成kPa时乘以6.895。

②Durimet 20的成分为碳<0.07%，镍29%，铬20%，钼2.5%，铜3.5%，硅1%的奥氏体不锈钢；Hastelloy为耐蚀耐高温镍基合金。——译者注

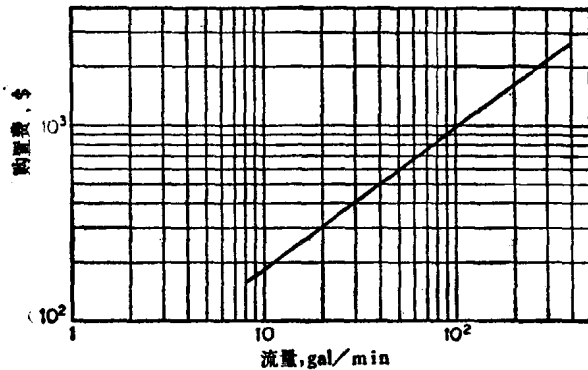


图 6-5 容积式延性铸铁齿轮泵的费用

该泵输送非粘性液体，最高排出压力为 $6.895 \times 10^2 \text{ kPa}$ (100 lbf/in^2) (1979 年第一季度)。费用中包括泵、驱动器、机座、联轴器、防护罩、标准机械密封和安全阀。对于其它结构材料的泵，可参照图 6-4 的“材料系数”。gal/min 换算成 m³/h 时乘以 0.2271，lbf/in² 换算成 kPa 时乘以 6.895。

6.1.3 离心泵

离心泵是化学工业中使用型式最广泛的泵，可用来输送各种类型的液体，如原料、加工物料和成品，以及作为供水、锅炉给水、冷凝器循环、凝液回输等一般用途。这些泵备有广阔的尺寸范围，流量从 $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 到 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ (2 gal/min 到 10^5 gal/min)，排出压头（压力）从几米到大约 48 MPa (7000 lbf/in^2)。适合于特殊用途的尺寸和型式只能通过问题的工程研究来确定。

离心泵的主要优点是简单、投资费用低、流量均匀（无脉动）、占地面积少、维修费用低、运转平稳以及对电动机或透平驱动适应性强。

1. 叶轮●

●标题为译者加。——译者注

形式最简单的一台离心泵具有一只旋转叶轮和泵体。叶轮中有许多叶片，叶轮是开式或闭式的，安装在伸出泵体的轴上。泵的旋转轴中心线可以是水平或垂直的，以适应所做的工作。闭式叶轮或带轮盖的叶轮通常效率最高。开式叶轮或半开式叶轮用于粘性液体或含固体物料的液体以及用于许多一般用途的小泵中。叶轮可以是单吸式或双吸式。当液体单侧进入时用单吸式叶轮，当液体从两侧进入时用双吸式叶轮。

2. 泵体

一般泵体有三种型式，而每种泵体都有叶轮在其中旋转的泵室，有输送液体的入口和出口。形式最简单的是**环形泵体**，在叶轮周围有环形泵室。当液体以较高的速度离开叶轮进入环形泵室时，无法克服涡流和冲击造成的损失。这种泵体很少采用。

涡形泵体（蜗壳）的形状为截面均匀增大到出口的螺旋形。蜗壳有效地将叶轮赋予液体的速度能转变成压力能。

第三种泵体是用于扩压器型泵或透平泵。在这种泵体中，**导轮或扩压器**放在叶轮出口与泵室中间。在设计良好的这种型式泵内各种损失可保持为最小值，而且在较宽的流量范围获得效率改善。这种结构常用于高压头多级泵中。

3. 离心泵的作用原理

离心泵的作用原理可以用图6-6来简单说明。外来功率施加在轴A上，轴使叶轮B在固定的泵体C内旋转。叶轮的叶片在旋转时造成叶轮进口或叶轮吸入口的压力降低。这就导致液体从吸入管D流动进入叶轮。这部分液体在越来越增大的切向速度下沿着叶片被压出。当液体流入涡形室而后从排出口E流出时，离开叶尖时获得的速度头变成压（力）头。

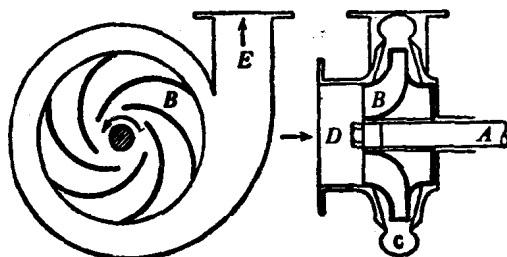


图 6-6 简单的离心泵

4. 离心泵特性

图6-7所示为一台离心泵的典型特性曲线。值得注意的是在任何固定转速下离心泵将沿着此特性曲线而在其它点运转。例如，曲线上所示在流量为 $45.5\text{m}^3/\text{h}$ ($200\text{gal}/\text{min}$)时泵将产生 26.5m (87ft)的压头。如果压头增高到 30.48m (100ft)，则流量将为 $27.25\text{m}^3/\text{h}$ ($120\text{gal}/\text{min}$)。在压头为 26.5m (87ft)时，流量是不可能下降到 $27.25\text{m}^3/\text{h}$ ($120\text{gal}/\text{min}$)的，除非排出口采取节流措施，这样泵内实际产生的压头为 30.48m (100ft)。在带变速驱动机（例如汽轮机驱动）的泵中，如图6-8所示，改变特性曲线是可能的。

对于粘度相同的任何洁净液体，所产生的压头是相同的，记住这点是很重要的。然而，其压力将与比重成正比地增加。粘度低于 $50\text{kPa}\cdot\text{s}$ (50cP)实际上不影响压头。

单级离心泵的有效流量在压头（压力）为 488m (1600ft)时可达（或超过） $1.136 \times 10^4\text{m}^3/\text{h}$ ($50,000\text{gal}/\text{min}$)。单级离心泵还用于特殊用途的各种不同结构（见图6-3）。

5. 工艺泵

此专用名词通常用于具有单吸式悬臂叶轮并只有单个轴封箱●的单级轴承箱支承机组。这种泵的结构坚固，易于拆装和检查，配有机械密封或软填料密封，并且主要是为腐蚀液或其它难以输送的液体专门制造的。

● 俗称填料函或填料箱。——译者注

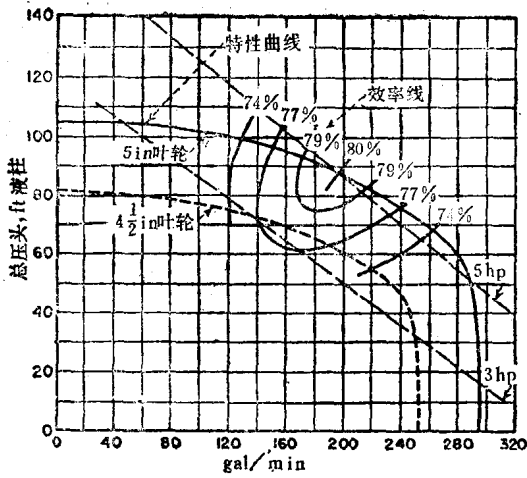


图 6-7 3450r/min恒速下运转的离心泵特性曲线
 将gal/min换算到m³/h时乘以0.2271; ft换算成m时乘以0.3048; hp换算成kW时乘以0.746; in换算成cm时乘以2.54

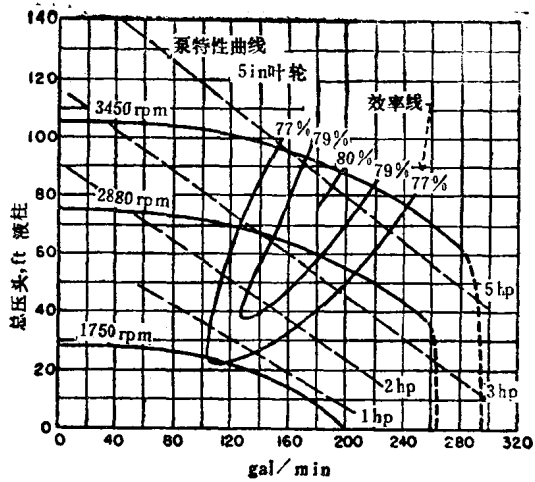


图 6-8 变速下离心泵的特性曲线
 gal/min换算到m³/h时乘以0.2271; ft换算到m时乘以0.3048; hp换算成kW时乘以0.746; in换算成cm时乘以2.54

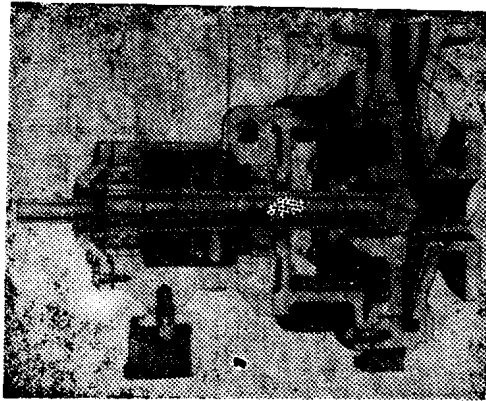


图 6-9a 符合美国国家标准协会 (ANSI) 标准B73.1-1977的卧式工艺泵

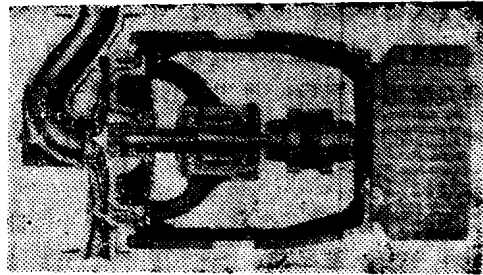


图 6-9b 符合美国国家标准协会 (ANSI) 标准B73.2-1975的立式工艺管道泵

图中所示泵是通过挠性联轴器由电机驱动。图中未表示但也符合ANSIB73.2-1975的还有带刚性联轴器和不带联轴器(叶轮安装在电机伸长轴上)的立式管道泵

现在,大多数的泵制造厂专门又不仅仅是为化学工业而按国家标准制造卧式工艺泵和立式工艺泵。美国国家标准协会 (ANSI) 标准B73.1-1977和B73.2-1975相应地适用于卧式泵 (图6-9a)和立式管道泵 (图6-9b)。

卧式泵用于流量达900m³/h (4000gal/min), 而立式管道泵用于流量达320m³/h (1400 gal/min)。不论是卧式泵或者是立式管道泵都适用于压头达120m (400ft)。ANSI每种技术规格的意图就是要所有卖主按给定转速下给定额定流量和总压头销售的泵,在吸入管接与排出管接、输入轴、座板和地脚螺栓的安装、尺寸和布置方面,应具有尺寸互换性。

立式管道泵虽然是较新补充的,但在美国的化工厂和石油化工厂中正在获得大量的应用。检查一下两种结构,就可以清楚每种结构有关的优缺点。

在化工泵中用着各种各样的材料。金属泵使用最广泛。尽管这些金属泵可以用铁青铜和

铁与青铜配件来获得，但是用延性铸铁、钢和镍合金制造的泵的数量开始日益增多。这些泵也可以利用玻璃、铁衬玻璃、碳石墨、橡胶、衬橡胶金属、陶瓷和各种各样塑料制造，这样的机组常用作特殊用途。

6. 化工离心泵的轴封

尽管轴封的详细论述在《旋转轴密封》一节作介绍，这里提到化工离心泵轴封的特殊问题是合适的。现行实践要求轴封箱设计成既适合于软填料密封又适合于机械密封。用任何一种轴封时，在化工用途中值得考虑的最重要条件是在密封面处的液体中应该无固体颗粒。因此，只要工艺液体不是绝对洁净的话，就需要提供与工艺液体相容的辅助液体来冲洗轴封或填料。

使用软填料密封时需要连续不断地有液体通过轴封泄漏，来减少并带走所产生的摩擦热。当废液有毒性或腐蚀性时，通常采用背冷格兰或盛酸盘。虽然软填料密封可以在泵运转时调整，但是机械密封泄漏，就需要停泵来纠正。机械密封只要使用得当和维护恰当通常表现为无泄漏。一般说来，由于机械密封的性能较为有效，故机械密封几乎得到普遍的承认。

7. 单级双吸式泵

这些泵用于一般供水和循环水，并在输送液对铁或青铜无腐蚀性时用作化工用途。这些泵可用于流量大约从 $5.7\text{m}^3/\text{h}$ (25gal/min) 高到 $1.136 \times 10^4\text{m}^3/\text{h}$ (50,000gal/min) 而压头达304m (1000ft)。这种机组可以用铁、青铜和铁与青铜配件制造，用其它材料会增大费用，当需要时，通常用标准化工泵较为经济。

8. 直联泵 (图6-10)

配备内装电动机或有时用汽轮机驱动 (即泵的叶轮和驱动机在同一根轴上) 的泵称为直联泵。这种机组极其紧凑，当标准的铁和青铜材料能满足时可适用于各种各样的用途。直联泵适用于流量约 $450\text{m}^3/\text{h}$ (2000gal/min)，压头约达73m (240ft)。尺寸小的两级机组适用于压头约为150m (500ft)。

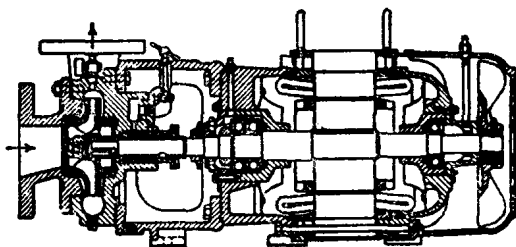


图 6-10 直联泵

9. 屏蔽电机泵 (图6-11)

这类泵在化学工业中引起很大的重视。这类泵是装电动机的内腔与泵体相互连通的直联泵。因此，电动机轴承在工艺液体中运转，所有轴封全部免除。因为工艺液体要用作轴承润滑剂，所以磨削性固体颗粒是不允许含有的。标准单级屏蔽电机泵适用于流量达 $160\text{m}^3/\text{h}$ (700gal/min)，而压头达76m (250ft)。两级机组适用于压头达183m (600ft)。屏蔽电机泵广泛用于输送有机溶剂、有机载热液、轻油以及许多有毒性或易爆 (燃) 性的清液或用于泄漏成为经济问题的泵装置中。

10. 立式泵

在化学工业中，立式工艺泵 (图6-12) 这一技术名词通常用于立轴从驱动端到叶轮的长度最少约为1m (3.1ft)到20m (66ft)或更长的泵。立式泵可用作湿坑泵 (浸没) 或干坑泵 (外装)，与内装难以处理的液体的固定罐或移动罐相连。这类泵具有下列优点：液面高出叶轮，泵能自吸，轴封在液面以上，不为输送液体所湿润，这就使轴封工作简化。当罐上不允许有底部连接时 (考虑高腐蚀性或毒性液体的安全问题)，立式湿坑泵是唯一合适的选择对象。