

79.5073
152

化工机械手册

化工机械手册编辑委员会

天津大学出版社

内 容 提 要

《化工机械手册》是一部化工、石油、轻工、食品、医药、环保以及湿法冶金等领域的实用工具书。

本手册共17篇，内容分三部分：1.与化工机械有关的一般资料及基础知识，如物性数据、制图、力学、机械制造、机械工程材料、腐蚀及防护的技术资料；2.化工机械选型的技术资料，如化工管路、阀门、密封、密封泵、风机、压气机的选型技术资料；3.介绍化工机械设计的基本知识、计算方法、技术资料。本手册内容广泛，包括中低压容器、换热器、蒸发器、结晶器、干燥器、除尘器、精馏和吸收设备、离子交换及吸附设备、真空设备、制冷设备、过滤机、离心机、破碎机、粉粒体输送机械，以及筛分、混合、搅拌机械等。

本手册是工程技术人员及大专院校有关专业师生的有益工具书。

责任编辑：胡文华、陈家修、尚丽娜、刘 铁

技术设计：孟凡友

封面设计：庞恩昌

(津)新登字012号

化 工 机 械 手 册

化工机械手册编辑委员会

*

天津大学出版社出版

(天津大学内)

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：75.5 字数：2427千字

1991年5月第一版 1992年12月第二次印刷

印数：6 501-10 500

ISBN 7-5618-0205-6

TQ·6

定价：45.00元

编辑委员会

主任委员 余国琮

委 员 (按姓氏笔画排列)

庄逸荣 李克永 吴文林

张 鎏 官日彬 胡修慈

胡文华 赵忠祥 薛祖源

魏 忠

主 编 李克永

编辑说明

(1) 本手册以化工、石油、轻工方面的技术人员以及大专院校师生为主要读者对象。

(2) 本手册介绍各类化工机械的型式及选型依据；化工工艺计算；机械计算、结构分析及结构设计。编辑了绝大部分化工机械及设备的技术资料及其设计计算内容，参照本手册可设计、选用绝大部分化工单元操作中常用的机器和设备。因篇幅所限，有关工业炉、化学反应器及萃取设备的内容未能编入。

(3) 手册各篇视具体内容不同侧重也不同。例如，机械工程材料篇侧重于选材所需的资料介绍；泵、风机、压气机篇侧重于选型；钢制压力容器设计篇侧重于机械强度设计；换热器等则侧重于化工设计。部分章节还有设计计算举例。

(4) 本手册根据内容需要，收集了最新国家标准和规范作为设计资料。没有新的国家标准时，则适当地采用了部标、专业标准，厂标以及产品目录。

(5) 最新的国家标准中，公称通径以 DN 表示，公称压力以 PN 表示。在尚无新标准时，仍沿用较早制订的标准。此时公称通径仍以 D_g 表示，公称压力以 P_g 表示。本手册 DN 与 D_g 通用、 PN 与 P_g 通用。

(6) 本手册一律采用《中华人民共和国法定计量单位》。由于资料来源所限，有些数据是由工程单位换来的。采用的换算因子是 $1\text{kgf}=10\text{N}$ ， $1\text{mmHg}=133\text{Pa}$ 。第一篇提供了计量单位之间的换算关系。

(7) 为了读者查找方便，本手册将详细目录列于各篇之前。为了沟通设计人员与生产厂家的联系，最后附有《部分化工机械厂家及其产品索引》。

(8) 本手册在编写过程中经化工部第一设计院、天津市化工局、天津克兰密封有限公司、天津轻工业学院、河北工学院等单位的专家教授审阅，提出了不少宝贵意见，在此深表谢意。

由于水平所限，编写时间仓促，手册中存在的缺点和错误，欢迎读者批评、指正。

《化工机械手册》篇目

	篇 名
第 1 篇	基本知识及常用数据
第 2 篇	机械工程材料
第 3 篇	腐蚀与防护技术
第 4 篇	钢制压力容器设计
第 5 篇	化工管路
第 6 篇	流体输送机械
第 7 篇	粉粒体输送
第 8 篇	搅拌与混合机械
第 9 篇	转轴密封技术
第 10 篇	换热器
第 11 篇	蒸发器、结晶器、干燥器
第 12 篇	精馏、吸收及塔设备
第 13 篇	离子交换与吸附
第 14 篇	液相非均一系的分离装置
第 15 篇	粉碎与除尘设备
第 16 篇	真空设备
第 17 篇	制冷设备
附 录	部分化工机械厂家及其产品索引

第 1 篇

基本知识及常用数据

编者 王淑娥
李树勋

目 录

第1章 标准代号和计量单位

- 1 国、内外部分标准代号 1-1
- 2 中华人民共和国法定计量单位 ... 1-1
- 3 常用计量单位及其换算 1-3

第2章 化工常用数据

- 1 无量纲参数及定义 1-6
- 2 化工常用数据 1-8
 - 2.1 粘度 1-8
 - 2.2 密度 1-11
 - 2.3 热容 1-16
 - 2.4 热膨胀系数 1-20
 - 2.5 表面张力 1-20
 - 2.6 导热系数 1-24
 - 2.7 水的性质 1-26

第3章 机械基础知识

- 1 常用数据 1-28
 - 1.1 常用材料的密度 1-28
 - 1.2 材料的弹性模数及波松比 1-29
 - 1.3 摩擦系数 1-29
 - 1.4 金属材料的熔点、导热系数及比热 1-30

- 1.5 材料线膨胀系数 1-31
- 1.6 黑色金属硬度及强度换算 1-32
- 2 机械制图 1-35
 - 2.1 图纸幅面 1-35
 - 2.2 比例 1-35
 - 2.3 图线及其画法 1-35
 - 2.4 标题栏及明细栏 1-35
 - 2.5 产品工作图样的基本要求 1-35
 - 2.6 视图 1-41
 - 2.7 简化画法 1-44
 - 2.8 螺纹的画法和标注 1-45
 - 2.9 焊缝的标注 1-47
 - 2.10 带控制点工艺流程图 1-47
- 3 材料力学常用公式 1-60
 - 3.1 常用几何体的面积、体积、形心位置 1-60
 - 3.2 截面的几何及力学特性 1-60
 - 3.3 梁的反力、弯矩、挠度及转角计算公式 1-60
 - 3.4 平板计算 1-65
 - 3.5 立柱稳定性计算 1-65
- 4 制造技术要求 1-68
 - 4.1 零部件的通用技术条件 1-68
 - 4.2 公差、配合及表面粗糙度 1-71
- 参考文献 1-96

第1章 标准代号和计量单位

1 国内、外部分标准代号

表1-1-1 国外部分标准代号

代 号	表 示 意 义	代 号	表 示 意 义
ISO	国际标准化组织标准	ABC	英、美、加联合标准
ASA	美国国家标准(1969年前)	DIN	西德国家标准
ANSI	美国国家标准(1970年后)	NF	法国国家标准
ASME	美国机械工程师学会标准	UNI	意大利国家标准
ASTM	美国材料试验协会标准	EN	欧洲(共同体)标准
IFI	美国紧固件协会标准	ГОСТ	苏联国家标准
CSA	加拿大国家标准	MH	苏联机器制造通用标准
BS	英国国家标准	JIS	日本国家标准

表1-1-2 国内部分标准代号

标 准 代 号	标准类别	标 准 代 号	标准类别
GB	国家标准	HG, HGB	化 工
JB, N, JB/Z	机电, 仪表	SY	石 油
NJ, NJ/Z	农业机械	MT, MT/Z	煤 炭
TH, THZ	通用机械	JG, JC	建筑材料
ZJ	重型机械	QB, SG	轻 工
YB, YB/Z	冶 金	QJ, QJ/Z	航 天

说明: 1980年后专业标准, 编号为N, 斜线后有“Z”的是指导性技术文件。

位。词头见表1-1-7。

2 中华人民共和国法定计量单位

计量单位包括:

- ①国际单位制的基本单位, 见表1-1-3。
- ②国际单位制的辅助单位, 见表1-1-4。
- ③国际单位制中具有专门名称的导出单位, 见表1-1-5。
- ④国家选定的非国际单位制单位, 见表1-1-6
- ⑤由以上单位构成的组合形式的单位。
- ⑥由词头和以上单位构成的十进倍数和分数单

表1-1-3 国际单位制的基本单位

量 的 名 称	单位名称	单位符号
长 度	米	m
质 量	千克(公斤)	kg
时 间	秒	s
电 流	安[培]	A
热力学温度	开[尔文]	K
物质的量	摩[尔]	mol
发光强度	坎[德拉]	cd

表1-1-4 国际单位制的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号
平面角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

表1-1-5 国际单位制中具有专门名称的导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其它表示式例
频率	赫[兹]	Hz	s^{-1}
力, 重力	牛[顿]	N	$kg \cdot m/s^2$
压力, 压强, 应力	帕[斯卡]	Pa	N/m^2
能量, 功, 热	焦[耳]	J	$N \cdot m$
功率, 辐射通量	瓦[特]	W	J/s
电荷量	库[仑]	C	$A \cdot s$
电位, 电压, 电动势	伏[特]	V	W/A
电容	法[拉]	F	C/V
电阻	欧[姆]	Ω	V/A
电导	西[门子]	S	A/V
磁通量	韦[伯]	Wb	$V \cdot s$
磁通量密度, 磁感应强度	特[斯拉]	T	Wb/m^2
电感	亨[利]	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏[度]	$^{\circ}C$	
光通量	流[明]	lm	$cd \cdot sr$
光照度	勒[克斯]	lx	lm/m^2
放射性活度	贝可[勒尔]	Bq	s^{-1}
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	J/kg
剂量当量	希[沃特]	Sv	J/kg

表1-1-3—表1-1-7说明:

- (1) 周、月、年(年的符号为a)为一般常用时间单位;
- (2) []内的字, 是在不致混淆的情况下, 可以省略;
- (3) ()内的字为前者的同义语;
- (4) 角度单位度、分、秒的符号不处于数字后时, 用括弧,
- (5) 升的符号中, 小写字母l为备用符号;
- (6) r为“转”的符号;
- (7) 人民生活和贸易中, 质量习惯称重量;
- (8) 公里为千米的俗称, 符号为km;
- (9) 10^4 称为万, 10^8 称为亿, 10^{12} 称为万亿, 这类数词的使用不受词头名称的影响, 但不应与词头混淆。

表1-1-6 国家选定的非国际制单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时间	分	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
	[小]时	h	$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$
	天, (日)	d	$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$
平面角	[角]秒	($''$)	$1'' = (\pi/648000) \text{ rad}$ (π 为圆周率)
	[角]分	($'$)	$1' = 60'' = (\pi/10800) \text{ rad}$
	度	($^{\circ}$)	$1^{\circ} = 60' = (\pi/180) \text{ rad}$
旋转速度	转每分	r/min	$1 \text{ r/min} = (1/60) \text{ s}^{-1}$
长度	海里	n mile	$1 \text{ n mile} = 1852 \text{ m}$ (只用于航程)
速度	节	kn	$1 \text{ kn} = 1 \text{ n mile/h}$ $= (1852/3600) \text{ m/s}$ (只用于航行)
质量	吨	t	$1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}$
	原子质量单位	u	$1 \text{ u} \approx 1.6605655 \times 10^{-27} \text{ kg}$
体积	升	L, (l)	$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$
能	电子伏	eV	$1 \text{ eV} \approx 1.6021892 \times 10^{-19} \text{ J}$
级差	分贝	dB	
线密度	特(克斯)	tex	$1 \text{ tex} = 1 \text{ g/km}$

表1-1-7 用于构成十进倍数和分数单位的词头

所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{18}	艾[可萨]	E
10^{15}	拍[它]	P
10^{12}	太[拉]	T
10^9	吉[咖]	G
10^6	兆	M
10^3	千	k
10^2	百	h
10^1	十	da
10^{-1}	分	d
10^{-2}	厘	c
10^{-3}	毫	m
10^{-6}	微	μ
10^{-9}	纳[诺]	n
10^{-12}	皮[可]	p
10^{-15}	飞[母托]	f
10^{-18}	阿[托]	a

3 常用计量单位及其换算

表1-1-8 常用法定计量单位及其换算

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
长度	米 海里	m nmile	费密	°	1 费密 = 1 fm = 10^{-15} m
			埃	Å	1 Å = 0.1 nm = 10^{-10} m
			英尺	ft	1 ft = 0.3048 m
			英寸	in	1 in = 0.0254 m
			英里	mile	1 mile = 1609.344 m
			密耳	mil	1 mil = 25.4×10^{-6} m
面积	平方米	m ²	公亩	a	1 a = 10 ² m ²
			公顷	ha	1 ha = 10 ⁴ m ²
			平方英尺	ft ²	1 ft ² = 0.0929030 m ²
			平方英寸	in ²	1 in ² = 6.4516×10^{-4} m ²
			平方英里	mile ²	1 mile ² = 2.58999×10^6 m ²
体积、容积	立方米 升	m ³ L, (l)	立方英尺	ft ³	1 ft ³ = 0.0283168 m ³
			立方英寸	in ³	1 in ³ = 1.63871×10^{-5} m ³
			英加仑	UKgal	1 UKgal = 4.54609 L
			美加仑	USgal	1 USgal = 3.78541 L
质量	千克、(公斤) 吨 原子质量单位	kg t u	磅	lb	1 lb = 0.45359237 kg
			英担	ewb	1 ewb = 50.8023 kg
			英吨	ton	1 ton = 1016.05 kg
			短吨	sh ton	1 sh ton = 907.185 kg
			盎司	oz	1 oz = 28.3495 g
			格令	gr, gn	1 gr = 0.06479891 g
			夸特	qr, qtr	1 qr = 12.7006 kg
			米制克拉		1米制克拉 = 2×10^{-4} kg
温度	开[尔文] 摄氏 度	K °C	华氏度	°F	表示温度差和温度间隔时: 1°C = 1K 表示温度的数值时: 摄氏温度值 °C = (热力学温度值K - 273.15) 表示温度差和间隔时: 1°F = $\frac{5}{9}$ °C, 表示 温度数值时: K = $\frac{5}{4}$ (°F + 459.67), °C = $\frac{5}{9}$ (°F - 32)
			兰氏度	°R	表示温度数值时: °C = $\frac{5}{9}$ °R - 273.15 K = $\frac{5}{9}$ °R
旋转速度	每秒 转每分	s ⁻¹ r/min		rpm	1 rpm = 1 r/min = (1/60) s ⁻¹
力、重力	牛[顿]	N	达因	dyn	1 dyn = 10 ⁻⁵ N
			千克力	kgf	1 kgf = 9.80665 N
			磅力	lbf	1 lbf = 4.44822 N
			吨力	tf	1 tf = 9.80665 × 10 ³ N

续表1-1-8

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
压力, 压强, 应力	帕[斯卡]	Pa	巴 千克力每平方厘米 毫米水柱 毫米汞柱 托 工程大气压 标准大气压 磅力每平方英尺 磅力每平方英寸	bar kgf/cm ² mmH ₂ O mmHg Torr at atm lbf/ft ² lbf/in ²	1 bar = 10 ⁵ Pa 1 kgf/cm ² = 0.0980665 MPa 1 mmH ₂ O = 9.80665 Pa 1 mmHg = 133.322 Pa 1 Torr = 133.322 Pa 1 at = 98066.5 Pa = 98.0665 kPa 1 atm = 101325 Pa = 101.325 kPa 1 lbf/ft ² = 47.8803 Pa 1 lbf/in ² = 6894.76 Pa = 6.89476 kPa
能量, 功, 热	焦[耳] 电子伏 千瓦小时	J eV kW·h	尔格 千克力米 英马小时 卡 热化学卡 马力小时 电工马力小时 英热单位	erg kgf·m hp·h cal cal _{th} Btu	1 erg = 10 ⁻⁷ J 1 kgf·m = 9.80665 J 1 hp·h = 2.68452 MJ 1 cal = 4.1868 J 1 cal _{th} = 4.1840 J 1 马力小时 = 2.64779 MJ 1 电工马力小时 = 2.68560 MJ 1 Btu = 1055.06 J = 1.05506 kJ 1 kW·h = 3.6 MJ
功率, 辐射通量	瓦[特]	W	千克力米每秒 马力, 米制马力 英马力 电工马力 卡每秒 千卡每小时 热化学卡每秒 伏安 乏 每小时英热单位	kgf·m/s 法ch, CV, 德PS hp cal/s kcal/h cal _{th} /s VA var Btu/h	1 kgf·m/s = 9.80665 W 1 ch = 735.499 W 1 hb = 745.700 W 1 电工马力 = 746 W 1 cal/s = 4.1868 W 1 kcal/h = 1.163 W 1 cal _{th} /s = 4.184 W 1 VA = 1 W 1 var = 1 W 1 Btu/h = 0.293071 W
电导	西[门子]	S	姆欧		
磁通量	韦[伯]	wb	麦克斯韦	Mx	1 Mx = 10 ⁻⁸ Wb
磁通量密度, 磁感应强度	特[斯拉]	T	高斯	Gs, G	1 GS = 10 ⁻⁴ T
光照度	勒[克斯]	lx	英尺烛光	lm/ft ²	1 lm/ft ² = 10.76 lx
速度	米每秒 节 千米每小时 米每分	m/s kn km/h m/min	英尺每秒 英寸每秒 英里每小时	ft/s in/s mile/h	1 ft/s = 0.3048 m/s 1 in/s = 0.0254 m/s 1 mile/h = 0.44704 m/s 1 km/h = 0.277778 m/s 1 m/min = 0.0166667 m/s
加速度	米每二次方秒	m/s ²	英尺每二次方秒 伽	ft/s ² Gal	1 ft/s ² = 0.3048 m/s ² 1 Gal = 10 ⁻² m/s ²

续表1-1-8

物 理 量 名 称	法定计量单位		非法定计量单位		单 位 换 算
	单位名称	单位符号	单 位 名 称	单位符号	
线密度, 纤度	千克每米 特[克斯]	kg/m tex	旦 磅每英尺 磅每英寸	lb/ft lb/in	1 旦 = 0.111112×10^{-6} kg/m 1 lb/ft = 1.48816 kg/m 1 lb/in = 17.8580 kg/m
密度	千克每立方米	kg/m ³	磅每立方英尺 磅每立方英寸	lb/ft ³ lb/in ³	1 lb/ft ³ = 16.0185 kg/m ³ 1 lb/in ³ = 37979.9 kg/m ³
比容(比体积)	立方米每千克	m ³ /kg	立方英尺每磅 立方英寸每磅	ft ³ /lb in ³ /lb	1 ft ³ /lb = 0.0624280 m ³ /kg 1 in ³ /lb = 3.61273×10^{-6} m ³ /kg
质量流率	千克每秒	kg/s	磅每秒 磅每小时	lb/s lb/h	1 lb/s = 0.453592 kg/s 1 lb/h = 1.25998×10^{-4} kg/s
体积流率	立方米每秒 升每秒	m ³ /s L/s	立方英尺每秒 立方英寸每小时	ft ³ /s in ³ /h	1 ft ³ /s = 0.0283168 m ³ /s 1 in ³ /h = 4.55196×10^{-9} m ³ /s
转动惯量	千克二次方米	kg·m ² /s	磅二次方英尺 磅二次方英寸	lb·ft ² lb·in ²	1 lb·ft ² = 0.0421401 kg·m ² 1 lb·in ² = 2.92640×10^{-4} kg·m ²
动量	千克米每秒	kg·m/s	磅英尺每秒	lb·ft/s	1 lb·ft/s = 0.138255 kg·m/s
角动量	千克二次方米 每秒	kg·m ² /s	磅二次方英尺每秒	lb·ft ² /s	1 lb·ft ² /s = 0.0421401 kg·m ² /s
力矩	牛顿米	N·m	千克力米 磅力英尺 磅力英寸	kgf·m lbf·ft lbf·in	1 kgf·m = 9.80665 N·m 1 lbf·ft = 1.35582 N·m 1 lbf·in = 0.112985 N·m
动力粘度	帕斯卡秒	Pa·s	泊 厘泊 千克力秒每平方米 磅力秒每平方英尺 磅力秒每平方英寸	P, Po cP kgf·s/m ² lbf·s/ft ² lbf·s/in ²	1 P = 10 ⁻¹ Pa·s 1 cP = 10 ⁻³ Pa·s 1 kgf·s/m ² = 9.80665 Pa·s 1 lbf·s/ft ² = 47.8803 Pa·s 1 lbf·s/in ² = 6894.76 Pa·s
运动粘度, 热扩散率	二次方米每秒	m ² /s	斯托克斯 厘斯托克斯 二次方英尺每秒 二次方英寸每秒	St cSt ft ² /s in ² /s	1 St = 10 ⁻⁴ m ² /s 1 cSt = 10 ⁻⁵ m ² /s 1 ft ² /s = 9.29030×10^{-2} m ² /s 1 in ² /s = 6.4516×10^{-4} m ² /s
比内能	焦耳每千克	J/kg	千卡每千克 热化学千卡每千克 英热单位每磅	kcal/kg kcal _{th} /kg Btu/lb	1 kcal/kg = 4186.8 J/kg 1 kcal _{th} /kg = 4184 J/kg 1 Btu/lb = 2326 J/kg
比热容, 比嫡	焦耳每千克开 尔文	J/(kg·K)	千卡每千克开尔文 热化学千卡每千克 开尔文 英热单位每磅华氏 度	kcal/(kg·K) kcal _{th} /(kg· K) Btu/(lb·°F)	1 kcal/(kg·K) = 4186.8 J/(kg·K) 1 kcal _{th} /(kg·K) = 4184 J/(kg·K) 1 Btu/(lb·°F) = 4186.8 J/(kg·K)

续表1-1-8

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
传热系数	瓦特每平方米 开尔文	$W/(m^2 \cdot K)$	卡每平方米秒开尔文	$cal/(m^2 \cdot s \cdot K)$	$1 cal/(cm^2 \cdot s \cdot K) = 41868 W/(m^2 \cdot K)$
			千卡每平方米小时开尔文	$kcal/(m^2 \cdot h \cdot K)$	$1 kcal/(m^2 \cdot h \cdot K) = 1.163 W/(m^2 \cdot K)$
			英热单位每平方英尺小时华氏度	$Btu/(ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F)$	$1 Btu/(ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F) = 5.67826 W/(m^2 \cdot K)$
热导率	瓦特每米开尔文	$W/(m \cdot K)$	卡每厘米秒开尔文	$cal/(cm \cdot s \cdot K)$	$1 cal/(cm \cdot s \cdot K) = 418.68 W/(m \cdot K)$
			千卡每米小时开尔文	$kcal/(m \cdot h \cdot K)$	$1 kcal/(m \cdot h \cdot K) = 1.163 W/(m \cdot K)$
			英热单位每英尺小时华氏度	$Btu/(ft \cdot h \cdot ^\circ F)$	$1 Btu/(ft \cdot h \cdot ^\circ F) = 1.73073 W/(m \cdot K)$

第2章 化工常用数据

1 无量纲参数及定义

表1-2-1 无量纲参数及定义

项 号	符 号	名 称	定 义	备 注
1	Re	雷诺(Reynolds)数	$Re = \frac{\rho v l}{\eta} = \frac{v l}{\nu}$	
2	Eu	欧拉(Euler)数	$Eu = \frac{\Delta p}{\rho v^2}$	
3	Fr	弗劳德(Froude)数	$Fr = \frac{v}{\sqrt{lg}}$	
4	Gr	格拉晓夫(Grashof)数	$Gr = \frac{l^3 g \gamma \Delta \theta}{\nu^2}$	$-\frac{\Delta \rho}{\rho} = \gamma \Delta \theta$
5	We	韦伯(Weber)数	$We = \frac{\rho v^2 l}{\sigma}$	
6	Mo	马赫(Mach)数	$Ma = \frac{v}{c}$	
7	$ Fo$	傅里叶(Fourier)数	$ Fo = \frac{\lambda t}{C_p \rho l^2} = \frac{at}{l^2}$	
8	Pe	贝克来(Peclet)数	$Pe = \frac{\rho C_p v l}{\lambda} = \frac{v l}{a}$	$Pe = Re \cdot Pr$
9	Ra	瑞利(Rayleigh)数	$Ra = \frac{l^3 \rho^2 C_p g \gamma \Delta \theta}{\eta \lambda}$ $= \frac{l^3 g \gamma \Delta \theta}{\nu a}$	$Ra = Gr \cdot Pr$

续表1-2-1

项 号	符 号	名 称	定 义	备 注
10	Nu	努塞尔(Nusselt)数	$Nu = \frac{hl}{\lambda}$	
11	St	斯坦顿(Stanton)数	$St = \frac{h}{\rho v C_p}$	$St = Nu/Pe$ 有时称为马古利斯(Margoulis)数. 符号: Ms $j = St \cdot Pr^{2/3}$ 称为传热因子
12	Fo^*	传质傅里叶数	$Fo^* = \frac{Dt}{l^2}$	$Fo^* = Fo/L_e$
13	Pe^*	传质贝克来数	$Pe^* = \frac{vl}{D}$	$Pe^* = Re \cdot Sc = Pe \cdot Le$
14	Gr^*	传质格拉晓夫数	$Gr^* = \frac{l^3 g \beta \Delta T}{\nu^2}$	
15	Nu^*	传质努塞尔数	$Nu^* = \frac{kl}{\rho D}$	有时称为舍伍德(Sherwood)数, 符号: Sh
16	St^*	传质斯坦顿数	$St^* = \frac{k}{\rho v}$	$St^* = Nu^*/Pe^*$
17	Pr	普朗特(Prandtl)数	$Pr = \frac{\eta c_p}{\lambda} = \frac{\gamma}{\alpha}$	
18	Sc	施密特(Schmidt)数	$Sc = \frac{\eta}{\rho D} = \frac{\gamma}{D}$	
19	Le	路易斯(Lewis)数	$Le = \frac{\lambda}{\rho c_p D} = \frac{\alpha}{D}$	$Le = Sc/Pr$

表1-2-2 表1-2-1中各符号的意义

符 号	量 的 名 称	符 号	量 的 名 称
l	特征长度	f	特征频率
v	特征速度	c	声速
$\Delta\theta$	特征温度差	t	特征时间间隔
Δp	压力差	g	重力加速度
θ	温度	c_p	定压比热容
ρ	密度	Δx	特征摩尔分数差
η	[动力]粘度	β	$\beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial x} \right)_{T, p}$
ν	运动粘度: η/ρ	D	扩散系数
σ	表面张力	k	传质系数: 质量/(时间×面积×摩尔分数差)

续表1-2-2

符 号	量 的 名 称	符 号	量 的 名 称
γ	体膨胀系数: $-\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial \theta} \right)$	a	热扩散率: $\lambda / \rho C_p$
λ	平均自由程	h	传热系数
	热导率(导热系数)	D	扩散系数

- 用于克努森数时 λ 为平均自由程。

2 化工常用数据

2.1 粘度

气体粘度从图1-2-1和表1-2-3查取。液体粘度从图1-2-2和表1-2-4查取。

表1-2-3 图1-2-1 中的 X 和 Y 值

名 称	分子式	X	Y	名 称	分子式	X	Y
氩	Ar	10.5	22.4	乙醚	C ₄ H ₁₀ O	8.9	13.0
溴	Br ₂	8.9	19.2	乙酸丙酯	C ₅ H ₁₀ O ₂	6.0	15.7
氯	Cl ₂	9.0	18.4	戊烷	C ₅ H ₁₂	7.0	12.8
氟里昂-12	CCl ₂ F ₂	11.1	16.0	苯	C ₆ H ₆	8.5	13.2
氟里昂-11	CCl ₃ F	10.6	15.1	环己烷	C ₆ H ₁₂	9.2	12.0
四氯化碳	CCl ₄	9.0	15.5	正己烷	C ₆ H ₁₄	8.6	11.8
氟里昂-22	CHClF ₂	10.1	17.0	甲苯	C ₇ H ₈	8.6	12.4
氟里昂-21	CHCl ₂ F	10.8	15.3	2,2,3-三甲基丁烷	C ₇ H ₁₆	9.7	10.6
氯仿	CHCl ₃	8.9	15.7	2,3,3-三甲基丁烷	C ₇ H ₁₆	9.5	10.5
氯甲烷	CH ₃ Cl	8.7	16.8	氟	F ₂	7.3	23.8
甲烷	CH ₄	9.9	15.5	溴化氢	HBr	8.8	20.9
甲醇	CH ₄ O	8.5	15.6	氯化氢	HCl	8.8	18.7
一氧化碳	CO	11.0	20.0	氰化氢	HCN	9.8	14.9
二氧化碳	CO ₂	9.5	18.7	氮	He	10.2	20.5
二硫化碳	CS ₂	8.0	16.0	汞	Hg	5.3	22.9
乙炔	C ₂ H ₂	9.8	14.9	碘化氢	HI	9.0	21.3
乙烯	C ₂ H ₄	9.5	15.1	氢	H ₂	11.2	12.1
醋酸	C ₂ H ₄ O ₂	7.7	14.3	水	H ₂ O	8.0	16.0
氯乙烷	C ₂ H ₅ Cl	8.5	15.6	硫化氢	H ₂ S	8.6	18.0
乙烷	C ₂ H ₆	9.1	14.5	氢氮混合气	3H ₂ + 1N ₂	11.2	17.2
乙醇	C ₂ H ₆ O	9.2	14.2	碘	I ₂	9.0	18.4
氟里昂-113	C ₂ Cl ₃ F ₃	11.3	14.0	氖	Ne	11.4	25.8
丙烯	C ₃ H ₆	9.0	13.8	氮	N ₂	10.6	20.0
丙酮	C ₃ H ₆ O	8.9	13.0	氧	NCCN	9.2	15.2
乙酸甲酯	C ₃ H ₆ O	8.0	14.0	氨	NH ₃	8.4	16.0
丙烷	C ₃ H ₈	9.7	12.9	一氧化氮	NO	10.9	20.5
丙醇	C ₃ H ₈ O	8.4	13.4	亚硝酸氯	NOCl	8.0	17.6
丁炔	C ₄ H ₆	8.9	13.0	一氧化二氮	N ₂ O	8.8	19.0
丁烯	C ₄ H ₈	9.2	13.7	氧	O ₂	11.0	21.3
2-丁烯	C ₄ H ₈	8.5	13.2	二氧化硫	SO ₂	9.6	17.0
乙酸乙酯	C ₄ H ₈ O	8.5	13.2	氙	Xe	9.3	23.0
正丁烷	C ₄ H ₁₀	8.7	14.3	空气		11.0	20.0

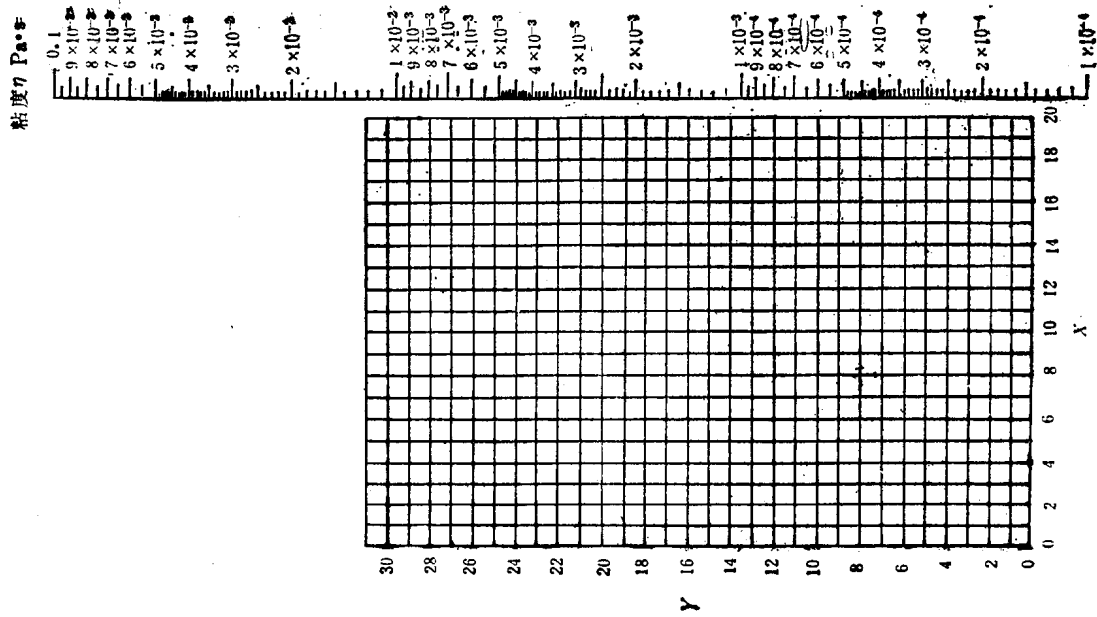


图1-2-2 在0.1MPa下液体的粘度值 (图中X、Y值见表1-2-4)

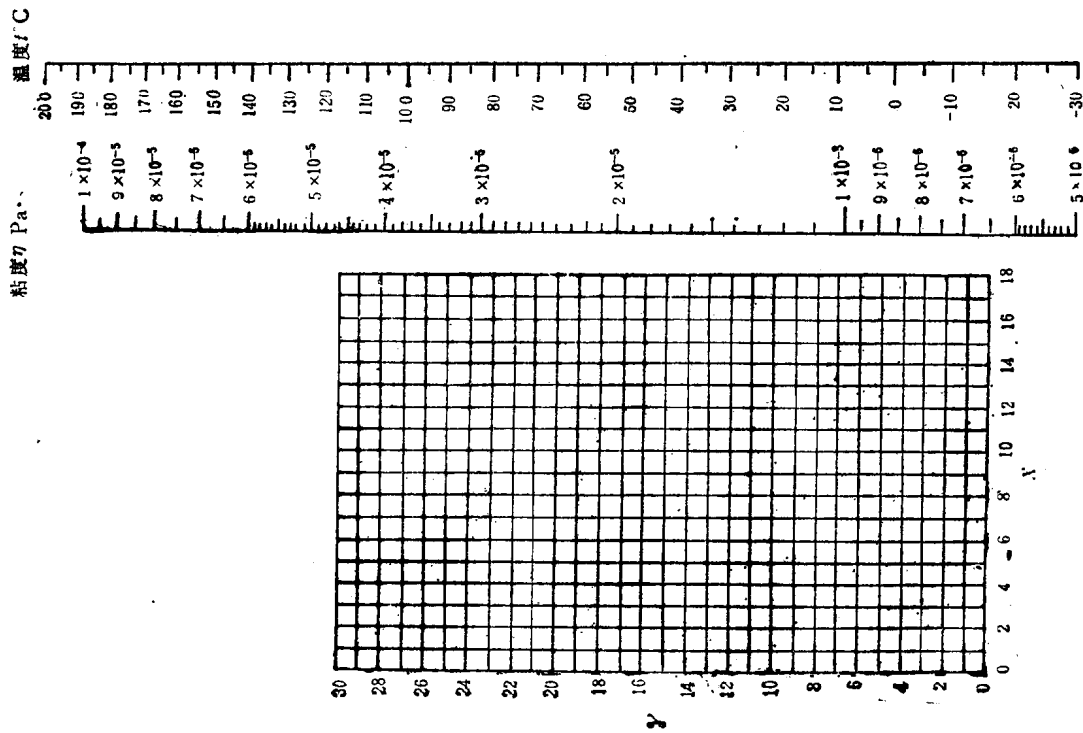


图1-2-1 在0.1MPa下气体的粘度值 (图中X、Y值见表1-2-3)

表1-2-4 图1-2-2中的X和Y值

名 称	分 子 式	X	Y	名 称	分 子 式	X	Y
三氯化砷	AsCl ₃	13.9	14.5	丙酮(100%)	C ₃ H ₆ O	14.5	7.2
溴	Br ₂	14.2	13.2	丙酮(35%)	C ₃ H ₆ O	7.9	15.0
氯化钙溶液(25%)	CaCl ₂	6.6	15.9	烯丙醇	C ₃ H ₆ O	10.2	14.3
氟里昂—12	CCl ₂ F ₂	16.8	15.6	乙酸甲酯	C ₃ H ₆ O ₂	14.2	8.2
氟里昂—11	CCl ₃ F	14.4	9.0	丙酸	C ₃ H ₆ O ₂	12.8	13.8
四氯化碳	CCl ₄	12.7	13.1	甲酸乙酯	C ₃ H ₆ O ₂	14.2	8.4
氟里昂—22	CHClF ₂	17.2	4.7	异丙基溴	C ₃ H ₇ Br	14.1	9.2
氟里昂—21	CHCl ₂ F	15.7	7.5	1-溴丙烷(丙基溴)	C ₃ H ₇ Br	14.5	9.6
溴仿	CHBr ₃	13.0	16.7	异丙基氯	C ₃ H ₇ Cl	13.9	7.1
氯仿	CHCl ₃	14.4	10.2	1-氯丙烷(丙基氯)	C ₃ H ₇ Cl	14.4	7.5
二溴甲烷	CH ₂ Br ₂	12.7	15.8	异丙基碘	C ₃ H ₇ I	13.7	11.2
二氯甲烷	CH ₂ Cl ₂	14.6	8.9	1-碘丙烷(丙基碘)	C ₃ H ₇ I	14.1	11.6
甲酸	CH ₂ O ₂	10.7	15.8	异丙醇	C ₃ H ₈ O	8.2	16.0
氯代甲烷	CH ₃ Cl	15.0	3.8	正丙醇	C ₃ H ₈ O	9.1	16.5
碘代甲烷	CH ₃ I	14.3	9.3	甘油(丙三醇)(100%)	C ₃ H ₈ O ₃	2.0	30.0
甲醇(100%)	CH ₄ O	12.4	10.5	甘油(50%)	C ₃ H ₈ O ₃	6.9	19.6
甲醇(90%)	CH ₄ O	12.3	11.8	丁二腈	C ₄ H ₄ N ₂	10.1	20.8
甲醇(40%)	CH ₄ O	7.8	15.5	噻吩	C ₄ H ₄ S	13.2	11.0
二氧化碳	CO ₂	11.6	0.3	丙烯酸甲酯	C ₄ H ₆ O ₂	13.0	9.5
二硫化碳	CS ₂	16.1	7.5	醋酸乙烯酯	C ₄ H ₆ O ₂	14.0	8.8
四氯乙烷	C ₂ Cl ₄	14.1	12.4	醋酸酐	C ₄ H ₆ O ₃	12.7	12.8
氟里昂—113	C ₂ Cl ₂ F ₄	12.5	11.4	丁酮	C ₄ H ₈ O	13.9	8.6
三氯乙烷	C ₂ HCl ₃	14.8	10.5	丁酸	C ₄ H ₈ O ₂	12.1	15.3
五氯乙烷	C ₂ HCl ₅	10.9	17.3	乙酸乙酯	C ₄ H ₈ O ₂	13.7	9.1
四氯乙烷	C ₂ H ₂ Cl ₄	11.9	15.7	异丁酸	C ₄ H ₈ O ₂	12.2	14.4
乙腈	C ₂ H ₃ N	14.4	7.4	丙酸甲酯	C ₄ H ₈ O ₂	13.5	9.0
1,2-二溴乙烷	C ₂ H ₄ Br ₂	11.9	15.7	甲酸丙酯	C ₄ H ₈ O ₂	13.1	9.7
1,2-二氯乙烷	C ₂ H ₄ Cl ₂	12.7	12.2	异丁基溴	C ₄ H ₉ Br	13.6	10.9
1,1-二氯乙烷	C ₂ H ₄ Cl ₂	14.1	8.7	异丁基氯	C ₄ H ₉ Cl	13.5	9.0
乙醛	C ₂ H ₄ O	15.2	4.8	异丁基碘	C ₄ H ₉ I	13.5	12.5
乙酸(100%)(醋酸)	C ₂ H ₄ O ₂	12.1	14.2	丁醇	C ₄ H ₁₀ O	8.6	17.2
乙酸(70%)(醋酸)	C ₂ H ₄ O ₂	9.5	17.0	乙醚	C ₄ H ₁₀ O	14.5	5.3
甲酸甲酯	C ₂ H ₄ O ₂	14.2	7.5	异丁醇	C ₄ H ₁₀ O	7.1	18.0
溴乙烷	C ₂ H ₅ Br	14.5	8.1	二乙二醇醚	C ₄ H ₁₀ O ₃	5.0	24.7
氯乙烷	C ₂ H ₅ Cl	14.8	6.0	二乙基硫醚	C ₄ H ₁₀ S	13.8	8.9
碘乙烷	C ₂ H ₅ I	14.7	10.3	异戊二烯	C ₅ H ₈	15.0	4.8
乙醇(100%)	C ₂ H ₆ O	10.5	13.8	丙烯酸乙酯	C ₅ H ₈ O ₂	12.7	10.4
乙醇(95%)	C ₂ H ₆ O	9.8	14.3	戊酮-3	C ₅ H ₁₀ O	13.5	9.2
乙醇(40%)	C ₂ H ₆ O	6.5	16.6	戊酮-2	C ₅ H ₁₀ O	14.3	9.5
乙二醇	C ₂ H ₆ O ₂	6.0	23.6	丙酸乙酯	C ₅ H ₁₀ O ₂	13.2	9.9
二甲基硫醚	C ₂ H ₆ S	15.3	6.4	正丁酸甲酯	C ₅ H ₁₀ O ₂	13.2	10.3
丙烯酸	C ₃ H ₄ O ₂	12.3	13.9	异丁酸甲酯	C ₅ H ₁₀ O ₂	12.3	9.7
烯丙基溴	C ₃ H ₅ Br	14.4	9.6	乙酸丙酯	C ₅ H ₁₀ O ₂	13.1	10.3
烯丙基氯	C ₃ H ₅ Cl	14.2	7.1	正戊酸	C ₅ H ₁₁ O ₂	11.0	16.4
烯丙基碘	C ₃ H ₅ I	14.0	11.7	戊烷	C ₅ H ₁₂	14.9	5.2
丙醛	C ₃ H ₆ O	13.0	8.4	戊醇	C ₅ H ₁₂ O	7.5	18.4