

谢永亮 谢建波 等编

中小化工企业 生产实用技术

手册



机械工业出版社
China Machine Press

中小化工企业生产 实用技术手册

谢永亮 谢建波 等编



机械工业出版社

本手册简明地介绍了中小化工企业生产所急需的最新实用技术资料。对中小化工企业的生产工艺设计、生产操作、分析化验、安全生产、化工污染的治理及环境保护标准、化工设备的选型与设计、化工测量仪表、化工原料的性能与生产厂、产品的质量标准与包装储运等相关技术提供了较完整、全面的实用信息,基本能解决中小化工企业所经常碰到的问题。

本手册内容丰富,图文结合,深入浅出,通俗易懂,专业面广,是中小化工企业生产必备的综合性工具书。

本手册供从事中小化工、精细化工、医药、轻工生产的管理人员、技术人员、技术工人和广大城乡初、高中读者,及化工相关专业的院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中小化工企业生产实用技术手册/谢永亮等编. —北京:机械工业出版社, 2001.1

ISBN 7-111-08673-2

I. 中… II. 谢… III. 化学工业—工业企业. 中小企业—技术手册 IV. TQ-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 85310 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:沈 红 版式设计:霍永明 责任校对:韩 晶

封面设计:姚 毅 责任印制:路 琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·37.125 印张·3 插页·1292 千字

0 001—3 500 册

定价:68.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

前 言

化学工业是国民经济的重要支柱产业，中小化工是化学工业不可缺少的重要组成部分。在我国市场经济蓬勃发展的大好形势下，中小化工企业如雨后春笋，遍布全国城镇乡村。为了适应广大城镇中小化工企业“小而全”的特点，及缺乏技术人员和技术资料的情况，本手册专门针对中小化工企业所经常碰到的各种问题提供详细而实用的技术资料。内容包括：中小化工企业的化工工艺设计、生产操作、分析化验、安全生产、原料供给、产品质量标准、环境保护标准及“三废”治理、化工设备的设计与选型，及其防腐保温、化工测量仪器仪表、产品包装运输等整套生产技术资料。内容丰富、系统而又简明，图文并茂，通俗易懂，是中小化工企业管理人员、技术人员、技术工人及广大城乡初中、高中读者适用的必备工具书。

本手册尽量采用新技术、新标准、新设备及法定计量单位。同时考虑乡镇的特殊性，也介绍了因地制宜、就地取材、简易方便、投资小的简易设备以代替“洋”设备，达到“小而全、短平快”的要求。随着产品和技术的迅速发展、设备的更新换代，注意在引用本手册资料时，请随时参阅有关技术和标准的新发展及变化。

由于编者水平有限，漏误之处敬请指正。

本书主要由谢永亮、谢建波组织编写及负责统稿，欧阳礼教授审稿。还有马志和、林焕志、于霆、韦萍、张新生、钱威、文德安、龚丁保、秦梦旭、黎水保、刘最义、苏多福、吴幸、朱珊珊、吴美美、吴宝琴、胡颖、曾兵、韦强、吴茜、刘养娥、谢冬琳、李宏兰、王国富、丁石生、黄汉华、喻天其、陈怀中、何建跃、潘冬梅、劳添强、敖芷华、黄胜民、景淑芳、刘业娴、王家

IV

壁、王秀清、邢利苹、魏绿湘、唐松云等提供资料及参与编写，在此表示衷心的感谢！并对本手册所引用资料的原编著者表示感谢！

编 者

目 录

前言

第 1 章 基础知识与常用理化数据	1
1.1 基础知识	1
1.1.1 化学元素	1
1.1.2 化工建设项目大、中、小型划分标准	5
1.1.3 常用面积与体积的计算	5
1.1.4 常用计量单位及换算	12
1.2 常用理化数据	27
1.2.1 常用的理、化性质基本概念	27
1.2.2 空气与水的基本理化性质	31
1.2.3 物理性质	46
1.2.4 热力学数据	145
第 2 章 化工单元操作及化工设备	204
2.1 机械过程与设备	204
2.1.1 固体的机械处理	204
2.1.2 流体的输送	223
2.1.3 气体的压缩与输送	246
2.1.4 气固非均相混合物的机械分离方法	265
2.1.5 液固非均相混合物的机械分离方法	285
2.1.6 液体的搅拌	302
2.2 传热过程与设备	312
2.2.1 传热	312
2.2.2 蒸发	353
2.2.3 结晶	366
2.3 传质过程与设备	371
2.3.1 吸收	372
2.3.2 蒸馏	399
2.3.3 萃取	418

2.3.4 干燥	428
2.3.5 吸附	447
2.4 化工机械	463
2.4.1 化工设备的常用材料	463
2.4.2 管路及容器	530
第3章 化工分析与化工测量仪表	609
3.1 化验室常用仪器、器材及设备	609
3.2 溶液的配制	634
3.2.1 溶液浓度的计算	634
3.2.2 常用试液的配制	639
3.2.3 指示剂、指示液及试纸的配制	644
3.2.4 缓冲液的配制	650
3.2.5 标准溶液的配制与标定	651
3.2.6 器皿、仪器常用洗涤液的配制	669
3.3 取样及试样的分解	670
3.3.1 取样	670
3.3.2 制备试样	672
3.3.3 试样分解	676
3.4 通用检测方法	687
3.4.1 一般鉴别试验	687
3.4.2 基本理化性质的测定	691
3.5 动火分析	701
3.6 化工生产常用测量仪表	706
3.6.1 流量测量仪表	706
3.6.2 压力测量仪表	710
3.6.3 温度测量仪表	719
第4章 化工安全生产、包装储运及环境保护	728
4.1 化工企业的安全管理及危险化学品	728
4.1.1 化工企业安全管理制度	728
4.1.2 安全生产的部分规定	734
4.1.3 危险货物分类和品名编号	737
4.1.4 常用危险化学品的分类及标志	740
4.1.5 常用危险化学品安全性质数据	751

4.2 防火防爆	791
4.2.1 燃烧与爆炸	791
4.2.2 生产的火灾危险性分类	793
4.2.3 点火源的控制	796
4.2.4 化工生产中工艺与安全措施	799
4.2.5 防爆电气设备及安全用电	800
4.2.6 防止火灾、爆炸的扩散	812
4.2.7 消防	814
4.3 防毒	818
4.3.1 工业毒物的毒性分级方法	818
4.3.2 防毒综合措施	822
4.3.3 中毒的急救	825
4.4 化工产品的包装	828
4.4.1 常用的包装技术	828
4.4.2 包装基本要求	836
4.4.3 气瓶包装	836
4.4.4 包装标志	844
4.5 储运	848
4.5.1 仓库	848
4.5.2 贮存	852
4.5.3 运输	863
4.6 环境保护法规与制度	868
4.6.1 环境保护法	868
4.6.2 大气污染防治法	869
4.6.3 水污染防治法	870
4.6.4 固体废物污染环境防治法	871
4.6.5 化工建设项目环境保护设计规定	873
4.6.6 化工环境保护 41 项技术政策	875
4.6.7 征收排污费的有关规定	878
4.7 主要环境标准	882
4.7.1 大气环境质量标准	882
4.7.2 水质标准	911
4.7.3 废渣控制标准	927

4.7.4 噪声标准	930
4.8 废水的治理	932
4.8.1 化学工业污染物排放系数	932
4.8.2 化工污水的一般处理方法	935
4.8.3 中小化工生产排出废水的治理	948
4.8.4 部分废水处理设备	958
4.9 废气的治理	961
4.9.1 废气的一般治理方法	961
4.9.2 中小化工生产排出废气的治理	966
4.9.3 部分废气处理设备	977
4.10 废渣的治理	978
4.10.1 废渣的一般处理方法	979
4.10.2 中小化工生产排出废渣的治理	984
4.10.3 部分废渣处理设备	987
4.11 噪声污染的防治	988
4.11.1 振动的控制	988
4.11.2 噪声传播途径的控制	989
4.11.3 接受者的噪声防护	995
4.11.4 噪声控制措施的选择	996
第5章 化工原料和产品	997
5.1 无机化工原料及产品	997
5.1.1 无机酸	997
5.1.2 氢氧化物	1003
5.1.3 单质	1007
5.1.4 氧化物	1011
5.1.5 硫化物及硫酸盐	1018
5.1.6 氯化物及氯酸盐	1030
5.1.7 碳酸盐	1042
5.1.8 硝酸盐	1050
5.1.9 磷酸盐	1054
5.1.10 其它无机盐	1060
5.1.11 化学矿物	1073
5.2 有机化工原料及产品	1080

5.2.1	有机酸类	1080
5.2.2	酯类	1094
5.2.3	烷烃及衍生物类	1100
5.2.4	烯烃、炔烃及衍生物类	1104
5.2.5	胺及衍生物类	1107
5.2.6	醚、苯、蒽、酚及衍生物类	1112
5.2.7	醇及衍生物类	1122
5.2.8	醛、酮及衍生物类	1134
5.2.9	其它有机物	1137
参考文献		1176

第 1 章 基础知识与常用理化数据

1.1 基础知识

1.1.1 化学元素

1. 化学元素周期表（见书末插页）

化学元素周期表是将所有元素按照原子序数排列而成的表，其元素性质呈周期性变化。

化学元素周期表（长式）每一横行为一个周期，共 7 个横行，即 7 个周期。1、2、3 周期叫短周期，4、5、6、7 周期叫长周期。周期的序数即为该周期元素的电子层数。每一个周期的元素，从左到右随着核电荷数的递增，元素的金属性逐渐减弱，非金属性逐渐增强。同一周期内元素的正化合价从 +1 递增到 +7，负化合价从 -4 递增到 -1。正负价的绝对值之和等于 8。

化学元素周期表（长式）共有 18 个竖行，除第 8、9、10 三个竖行叫第Ⅷ族元素外，其余 15 个竖行各叫一族，共 16 族元素。由短周期与长周期共同构成的族叫主族，主族元素在族的序数后面标注下角标 A 字，如 I_A 、 II_A ……；完全由长周期元素构成的族叫副族，在族的序号后面则标注下角标 B 字，如 I_B 、 II_B ……。惰性气体元素构成的族叫 0 族。习惯上把 I_A 族元素通称为碱金属元素； II_A 族元素通称为碱土金属元素； VII_A 族元素通称为卤族元素或卤素； VI_A 族元素通称为氧族元素； V_A 族元素通称为氮族元素； IV_A 族元素通称为碳族元素； III_A 族元素通称为硼族元素；0 族元素通称为惰性气体、稀有气体。把 III_B 、 IV_B 、 V_B 和Ⅷ族列为过渡元素，也有把Ⅷ族和所有副族都列为过渡元素的。

从 III_A 族的硼开始到 VII_A 族的砷为止，在长式周期表中构成了一条斜对角线，它将周期表中的元素分成两大类，右上角部分为非金属元素，左下角部分为金属元素。右上方是非金属性最强的元素；左下方是金属性最强的元素；分界线附近的元素介于金属与非金属之间，它的金属性与非金属性强弱相仿。常温常压下呈气体状的非金属元素名称为“气”字头，如氧、氯等；呈固体状的非金属元素名称为“石”字旁，如碳、磷等；金属元素名称为“钅”字旁，如铁、铜等。

同一族元素的性质基本相似。同一主族元素，从上而下，随核电荷数的递增，金属性逐渐增强，而非金属性逐渐减弱。主族元素的最高正化合价等于它所在的族序数，非金属元素的最高正化合价和它与氧化合时的负化合价的绝对值之和等于 8。

副族元素性质的递变规律很复杂。它的位置介于Ⅱ_A族与Ⅲ_A族之间，所以叫过渡元素。它的最外层电子只有 1 个或 2 个，因此容易丢失最外层的电子而显金属性。它的次外层电子也可以丢失。它们的最高正价也等于族数。同一副族元素，从上而下，随着核电荷数的递增，元素的金属性略为减弱。

所谓金属性，主要指元素的单质具有金属光泽，能传热、导电，且有良好的延展性，容易与氧、氯等非金属化合，它们的氧化物的水化物呈碱性等。

所谓非金属性，主要指元素的单质没有金属光泽，不能传热，不能导电，没有延展性，能够与金属直接化合，能够和氢化合生成气态氢化物，它们的氧化物的水化物呈酸性等。

2. 元素的熔点、沸点和密度

元素的熔点、沸点和密度见表 1-1。

表 1-1 元素的熔点、沸点和密度

符号	中文名	原子序	熔点/℃	沸点/℃	密度/(g·cm ⁻³)
Ac	锕	89	1050	3200 ± 300	—
Ag	银	47	961.93	2212	10.5
Al	铝	13	660.37	2467	2.702
Am	镅	95	994 ± 4	2607	—
Ar	氩	18	-189.2	-185.7	1.784g/L
As	砷	33	817(28 大气压)	613(升华)	5.727 (灰)
At	砹	85	302	337	—
Au	金	79	1064.43	2807	19.3
B	硼	5	2300	2550(升华)	2.34
Ba	钡	56	725	1640	3.51
Be	铍	4	1278 ± 5	2970	1.85
Bi	铋	83	271.3	1560 ± 5	9.80
Bk	锫	97	—	—	—
Br	溴	35	-7.2	58.78	3.119
C	碳	6	3652(升华) ~3550	4827	2.25 (石墨) 3.51 (金刚石)
Ca	钙	20	839 ± 2	1484	1.54
Cd	镉	48	320.9	765	8.642

(续)

符号	中文名	原子序	熔点/℃	沸点/℃	密度/(g·cm ⁻³)
Ce	铈	58	798 ± 3	3257	6.657 (立方) 6.757 (立方)
Cf	锎	98	—	—	—
Cl	氯	17	-100.98	-34.6	3.214g/L
Cm	锔	96	1340 ± 40	—	—
Co	钴	27	1495	2870	8.9
Cr	铬	24	1857 ± 20	2672	7.20
Cs	铯	55	28.40 ± 0.01	678.4	1.8785
Cu	铜	29	1083.4 ± 0.2	2567	8.92
Dy	镝	66	1409	2335	8.5500
Er	铒	68	1522	2510	9.006
Es	镱	99	—	—	—
Eu	铕	63	822 ± 5	1597	5.2434
F	氟	9	-219.62	-188.14	1.69g/L
Fe	铁	26	1535	2750	7.86
Fm	镄	100	—	—	—
Fr	钫	87	(27)	(677)	—
Ga	镓	31	29.78	2403	5.904
Gd	钆	64	1311 ± 1	3233	7.9004
Ge	锗	32	937.4	2830	5.35
H	氢	1	-259.14	-252.87	0.0899g/L
He	氦	2	-272.2 (26大气压)	-268.934	0.1785g/L
Hf	铪	72	2227 ± 20	4602	13.31
Hg	汞	80	-38.87	356.58	13.5939
Ho	钬	67	1470	2720	8.7947
I	碘	53	113.5	184.35	4.93
In	铟	49	156.61	2080	7.30
Ir	铱	77	2410	4130	22.421
K	钾	19	63.65	774	0.86
Kr	氪	36	-156.6	-152.30 ± 0.10	3.736g/L
La	镧	57	920 ± 5	3454	6.1453 (α) 6.17 (β)
Li	锂	3	180.54	1347	0.534
Lr	镱	103	—	—	—
Lu	镥	71	1656 ± 5	3315	9.8404
Md	钔	101	—	—	—
Mg	镁	12	648.8 ± 0.5	1090	1.74
Mn	锰	25	1244 ± 3	1962	7.20
Mo	钼	42	2617	4612	10.2
N	氮	7	-209.86	-195.8	1.2506g/L
Na	钠	11	97.81 ± 0.03	882.9	0.97

(续)

符号	中文名	原子序	熔点/℃	沸点/℃	密度/(g·cm ⁻³)
Nb	铌	41	2468 ± 10	4742	8.57
Nd	钕	60	1010	3127	7.004 (立方) 6.80 (立方)
Ne	氖	10	-248.67	-246.048	0.9002g/L
Ni	镍	28	1453	2732	8.90
No	锫	102	—	—	—
Np	镎	93	640 ± 1	3902	20.45 (α) 19.36 (β) 18.0 (γ)
O	氧	8	-218.4	-182.962	1.429g/L
Os	锇	76	3045 ± 30	5027 ± 100	22.48
P	磷	15	44.1 (白) 590 (红)	280(白)	1.82 (白) 2.34 (红)
Pa	镤	91	<1600	—	15.37
Pb	铅	82	327.502	1740	11.3437
Pd	钯	46	1552	3140	12.02
Pm	钷	61	~1080	2460(?)	—
Po	钋	84	254	962	9.4 (β)
Pr	镨	59	931 ± 4	3212	6.773
Pt	铂	78	1772	3827 ± 100	21.45
Pu	钚	94	641	3232	19.84
Ra	镭	88	700	1140	5
Rb	铷	37	38.89	688	1.532
Re	铼	75	3180	5627	20.53
Rh	铑	45	1966 ± 3	3727 ± 100	12.4
Rn	氡	86	-71	-61.8	9.73g/L
Ru	钌	44	2310	3900	12.30
S	硫	16	112.8 (α) 119.0 (β) 120(γ)	444.674	2.07 (α) 1.96 (β) 1.92 (γ)
Sb	锑	51	630.74	1750	6.684
Sc	钪	21	1539	2832	2.9890
Se	硒	34	217	684.9 ± 1.0	4.81
Si	硅	14	1410	2355	2.32~2.34
Sm	钐	62	1072 ± 5	1778	7.520
Sn	锡	50	231.9681	2270	5.75 (灰)
Sr	锶	38	769	1384	2.6
Ta	钽	73	2996	5425 ± 100	16.6
Tb	铽	65	1360 ± 4	3041	8.2294
Tc	锝	43	2172	4877	—
Te	碲	52	449.5 ± 0.3	989.8 ± 3.8	6.00
Th	钍	90	1750	~4790	11.7

(续)

符号	中文名	原子序	熔点/℃	沸点/℃	密度/(g·cm ⁻³)
Ti	钛	22	1660±10	3287	4.5
Tl	铊	81	303.5	1457±10	11.85
Tm	铥	69	1545±15	1727	9.3208
U	铀	92	1132.3±0.8	3818	19.05
V	钒	23	1890±10	3380	5.96
W	钨	74	3410±20	5660	19.35
Xe	氙	54	-111.9	-107.1±3	5.887g/L
Y	钇	39	1523±5	3337	4.4689
Yb	镱	70	824±5	1193	6.9654
Zn	锌	30	419.58	907	7.14
Zr	锆	40	1852±2	4377	6.49

1.1.2 化工建设项目大、中、小型划分标准

我国化工建设项目大、中、小型划分标准如表 1-2 所示。

表 1-2 化工建设项目大、中、小型划分标准

部门、项目	计算单位/万 t	大 型	中 型	小 型
合成氨厂	年产合成氨	15 以上	4.5~15	4.5 以下
硫酸厂	年产硫酸	16 以上	8~16	8 以下
烧碱厂	年产烧碱	3 以上	0.75~3	0.75 以下
纯碱厂	年产纯碱	40 以上	4~40	4 以下
磷肥厂	年产磷肥	50 以上	20~50	20 以下
乙烯厂	年 产 量	4 以上	2~4	2 以下
化学纤维单体	年产本体	4 以上	0.5~4	0.5 以下
合成橡胶厂	年 产 量	3 以上	0.5~3	0.5 以下
塑料厂	年 产 量	3 以上	1~3	1 以下
橡胶轮胎加工厂	年 产 量	100 以上	20~100	20 以下
农药厂	年 产 量	3 以上	0.3~3	0.3 以下
磷 矿	年产磷矿	100 以上	30~100	30 以下
硫 铁 矿	年产硫铁矿	100 以上	20~100	20 以下
化工联合企业		三个品种都达到中型标准即为大型		
其他化学工业	总投资(万元)	2000	800~2000	800 以下

注：摘自化工部环境保护办公室《环境保护法规汇编》。

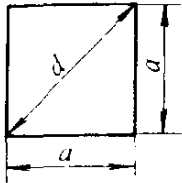
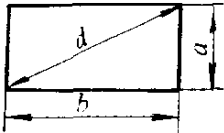
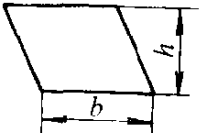
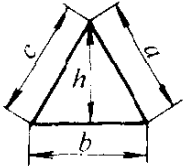
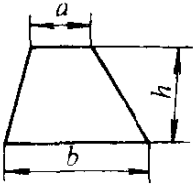
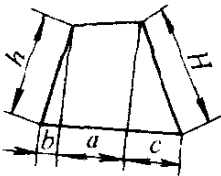
1.1.3 常用面积与体积的计算

1. 面积

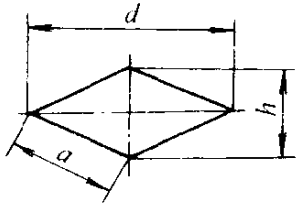
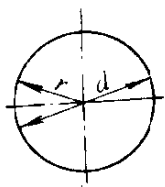
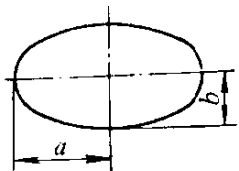
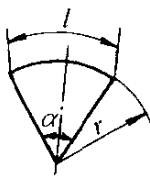
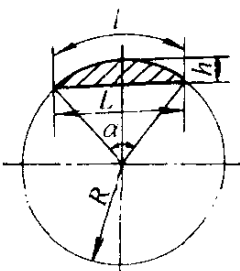
常用面积的计算如表 1-3 所示。

表 1-3 常用面积的计算

(A 面积 P 半周长 L 圆周长 R 外接圆的半径)

名 称	简 图	计 算 公 式
正方形		$A = a^2$ $a = 0.707d = \sqrt{F}$ $d = 1.414a = 1.414 \sqrt{F}$
长方形		$A = ab = a \sqrt{d^2 - a^2}$ $= b \sqrt{d^2 - b^2}$ $d = \sqrt{a^2 + b^2}$
平行四边形		$A = bh$ $h = \frac{F}{b}$ $b = \frac{F}{h}$
三角形		$A = \frac{bh}{2}$ $P = \frac{1}{2} (a + b + c)$ $F = \sqrt{P (P - a) (P - b) (P - c)}$
梯 形		$A = \frac{a + b}{2} \cdot h$ $h = \frac{2F}{(a + b)}$ $a = \frac{2F}{h} - b$ $b = \frac{2F}{h} - a$
斜梯形		$A = \frac{(H + h)}{2} \frac{a + bh + ch}{2}$

(续)

名 称	简 图	计 算 公 式
菱 形		$A = \frac{dh}{2}$ $a = \frac{1}{2} \sqrt{d^2 + h^2}$ $h = \frac{2F}{d}$ $d = \frac{2F}{h}$
圆 形		$A = \pi r^2 = 0.7854d^2 = \frac{1}{4}\pi d^2$ $L = 2\pi r = 6.2832r = \pi d$ $r = \sqrt{F/3.1416} = 0.564\sqrt{F}$ $d = \sqrt{F/0.7854} = 1.128\sqrt{F} = 0.318L$
椭圆形		$A = \pi ab$ $2P \approx \pi \sqrt{2(a^2 + b^2)}$ $2P = 3.1416 \times \sqrt{2(a^2 + b^2) - \frac{(a-b)^2}{4}}$
扇 形		$\widehat{l} = \frac{\pi r \alpha}{180} = 0.01745 r \alpha$ $A = \frac{1}{2} r \widehat{l} = 0.008727 r^2 \alpha = \frac{\pi r^2 \alpha}{360}$
弓 形		$A = \frac{\widehat{l} R}{2} - \frac{L(R-h)}{2}$ $L = 2\sqrt{h(2R-h)}$ $R = \frac{L^2 + 4h^2}{8h}$ $\widehat{l} = 0.0174 r \alpha$ $h = R - \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 - L^2}$