

# 化工工艺手册

HUAGONG  
GONGYI  
SHOUCE

江体乾主编  
上海科学技术出版社

81.17073

186

# 化工工艺手册

江体乾 主编

上海科学技术出版社

**(沪)新登字108号**

**化 工 工 艺 手 册**

江体乾 主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 江苏如东印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 26.5 插页 4 字数 934,000

1992 年 2 月第 1 版 1992 年 2 月第 1 次印刷

印数: 1—7,100

ISBN 7-5323-2444-3/TQ·52

定价: 17.10 元

## 内 容 简 介

本书系按化工产品编写的。每一个条目下有产品中英文名称、性质、用途、生产工艺、产品质量标准、产品分析、毒性防护及贮运等内容,其中尤以生产工艺为重要。入选的产品特别适用于中、小型化工厂和乡镇企业生产。

本书的读者对象为广大乡镇企业及中、小型化工厂的厂长和技术人员,亦可供各类学校的创收人员阅读,对广大化工工艺类的学生亦具参考价值,可作为工艺课的参考书使用。

**主 编 江 体 乾**

**主要编写人员**

**黄 颂 安      孙 文 粹**

**何 勤 伟      虞 鑫 红**

**刘 斯 螽      颜 湧 捷**

**沈 自 法      吴 俊 生**

**责任编辑      吕 修 悟**

# 序

我国自从实行对外开放、对内搞活政策以来，一大批中小企业，尤其是乡镇企业应运而生，蓬勃发展，其势如雨后春笋，不可遏止。近来，由于某些产品市场疲软，有些企业又处于转产之中。不管是当初办厂的，还是现在筹划转产的，广大企业家迫切需要化工产品生产工艺过程的知识，以开发新产品和应付商品市场的风云变幻。这是社会需求的一个方面。另一个方面是广大高等院校师生亦迫切需要组织创收。从事创收的人员原来是学无机的不熟悉有机产品的生产工艺；学有机的又不见得熟悉高聚物的生产。综合这两方面的社会客观需要，这就要求出版界能提供一本可以满足这种愿望的书。上海科学技术出版社有鉴于此，倡议编写一本《化工工艺手册》，这就是本书的由来。

在我们编写本书时，考虑到上述社会客观上的需要，决定打破学院式的常规，尽量便于应用，采取按化工产品为条目编写。每个条目均包括该产品的名称、物理化学性质、用途、生产工艺过程、产品质量标准、单耗、产品分析、毒性防护及包装贮运等内容，其中以生产工艺为本书的重点。

本书是靠集体力量编写而成的，没有哪一个人可以单独写成这本手册。参加本书编写人员来自精细化工、基本有机化工、无机化工、煤化工、生物化工以及高聚物材料化工等专业。所选条目以及化工工艺过程自然是根据各人对技术市场的了解和预测以及多年参加教学、创收的心得、体会。在本书所介绍的生产工艺过程中，有的一项其技术市场价格就高出本书定价的数十倍，甚至更多。

本书的读者对象为广大乡镇企业或中、小型化工厂的厂长和技术人员。此外,亦可供各化工类高等或中等专业学校的创收人员阅读,对广大化工工艺类的学生亦有参考价值,可作为学习“工业化学”或“工艺课”时的参考书使用。

本书编写人员的具体分工为:基本有机化工由吴俊生、何勤伟负责,黄祖耀、李庭琛参加了部分编写工作;精细化工由虞鑫红负责;煤化工由颜湧捷负责;无机化工由黄颂安、孙文粹负责;生物化工由沈自法负责,袁勤生等也参加了编写工作。高聚物材料化工由刘斯鑫负责,严芬媛参加了部分编写工作;全稿的主持与统编工作由江体乾负责。

由于本书是利用业余时间写成,从定大纲到定稿这中间时间又不长,无论是所选条目或者工艺过程介绍中难免有疏漏、不妥、甚至错误之处,如蒙读者赐教,则预致谢忱,以便再版时更正。

**江 体 乾**

于上海,九十年代第一春

## 编写说明

本手册系按照化学产品条目编写的。一个条目说明一个化工产品的别名、性质、用途、生产工艺、产品质量标准、产品分析和毒性防护及贮运等内容。条目的选择原则为：

(1) 根据本书为中、小型化工企业而编写的目的，入选化工产品必须能为中、小型企业所生产。

(2) 为了照顾到化学工业的系统性，各专业的基本化工产品，如合成氨等多为大型化工厂所生产，也必须包括在内，不过写法从简。

(3) 为了概括整个化工领域，如无机化工、基本有机化工、精细化工、煤化工、高分子化工及生物化工等产品，均在收集之列。

(4) 为了使本书更具有实用性和适用性，在所选条目中约有10%左右为目前技术市场热销产品的工艺介绍，如草酸、胆红素、肌醇等。这些产品又特别适用于中、小型化工厂，尤其是乡镇企业生产。

(5) 虽然我们按照上述原则组织各方面的专业人员进行了编写工作，但是，由于化工产品范围极广，就目前而论，在已知的40000~45000个无机化合物中，工业上已能生产300种以上。在已知的400000~450000个有机化合物中，工业上已经生产出10000种以上；在如此广阔的化工产品中挑选条目自然是仁者见仁，智者见智，几乎是不可避免地带有主观性和随意性。这个问题只有靠实践来检验和校正。

(6) 本手册正文条目按学科分六类。每一类又按中文名称

汉字第一字笔画数目分先后排列；笔画数目相同的，按笔顺横“一”、竖“丨”、撇“丿”、点“丶”、折“乚”的顺序排列。第一字相同而字数不同时，少的在前，多的在后；字数相同的，再按照第二字的笔画和笔顺排列。依此类推。

如果条目的第一字（第二、第三字等）不是汉字而是代表基（根）位置或构型的阿拉伯数字或外文，则该数字或外文不作正式字数计算，而排列在相同的汉字下面。

为了方便读者查阅，本手册正文之后又编有中文名称和英文名称索引。

# 目 录

## 无 机 化 工

|          |    |          |     |
|----------|----|----------|-----|
| 氟.....   | 2  | 铬酸锶..... | 71  |
| 氨.....   | 3  | 硝酸钠..... | 72  |
| 碘.....   | 9  | 硝酸钾..... | 77  |
| 溴.....   | 12 | 硝酸铵..... | 82  |
| 电石.....  | 15 | 硫化钠..... | 86  |
| 尿素.....  | 20 | 硫化钡..... | 89  |
| 盐酸.....  | 26 | 硫酸钡..... | 90  |
| 黄磷.....  | 28 | 硫酸铝..... | 94  |
| 硝酸.....  | 30 | 硫酸铜..... | 96  |
| 硫脲.....  | 35 | 硫酸铵..... | 98  |
| 硫酸.....  | 38 | 硫酸锌..... | 100 |
| 磷酸.....  | 41 | 硫酸锰..... | 103 |
| 白炭黑..... | 47 | 氰化氢..... | 106 |
| 氟化钠..... | 51 | 氮化硼..... | 109 |
| 氟硅酸..... | 54 | 氯化钙..... | 112 |
| 氢氟酸..... | 56 | 氯化钡..... | 116 |
| 硅酸钠..... | 58 | 氯化钾..... | 119 |
| 铬酸钠..... | 61 | 氯化铵..... | 124 |
| 铬酸酐..... | 62 | 氯化锌..... | 127 |
| 铬酸钾..... | 66 | 氯化镁..... | 129 |
| 铬酸铅..... | 68 | 氯酸钾..... | 131 |
| 铬酸铵..... | 70 | 碳酸钠..... | 134 |

|            |     |              |     |
|------------|-----|--------------|-----|
| 碳酸钾 .....  | 139 | 硫酸亚铁 .....   | 219 |
| 碳酸锰 .....  | 144 | 氯气-液氯 .....  | 222 |
| 碳酸锶 .....  | 148 | 焦磷酸钠 .....   | 224 |
| 二氧化钛 ..... | 153 | 磷酸三钠 .....   | 226 |
| 二氧化锰 ..... | 158 | 磷酸氢钙 .....   | 228 |
| 二硫化钼 ..... | 161 | 磷酸氢铵 .....   | 232 |
| 二硫化碳 ..... | 164 | 三聚磷酸钠 .....  | 234 |
| 过氧化氢 ..... | 166 | 无水硫酸钠 .....  | 237 |
| 过碳酸钠 ..... | 171 | 六偏磷酸钠 .....  | 241 |
| 过磷酸钙 ..... | 173 | 轻质氧化镁 .....  | 244 |
| 多聚磷酸 ..... | 175 | 轻质碳酸钙 .....  | 249 |
| 次氯酸钙 ..... | 176 | 重过磷酸钙 .....  | 251 |
| 钙镁磷肥 ..... | 181 | 重质碳酸钙 .....  | 252 |
| 氟硅酸钠 ..... | 182 | 活性碳酸钙 .....  | 255 |
| 氟硅酸铵 ..... | 184 | 硫代硫酸钠 .....  | 256 |
| 氟铝酸钠 ..... | 186 | 焦亚硫酸钠 .....  | 259 |
| 氢氧化钠 ..... | 189 | 碱式氯化铝 .....  | 261 |
| 重铬酸钠 ..... | 195 | 磷酸二氢钠 .....  | 269 |
| 重铬酸钾 ..... | 200 | 磷酸二氢钾 .....  | 270 |
| 重铬酸铵 ..... | 203 | 磷酸二氢铵 .....  | 274 |
| 氧化铁红 ..... | 206 | 磷酸氢二钠 .....  | 277 |
| 氧化铁黄 ..... | 211 | 无水亚硫酸钠 ..... | 278 |
| 高锰酸钾 ..... | 213 | 连二亚硫酸钠 ..... | 281 |
| 黄血盐钠 ..... | 217 |              |     |

## 基本有机化工

|          |     |          |     |
|----------|-----|----------|-----|
| 乙苯 ..... | 286 | 乙醚 ..... | 295 |
| 乙炔 ..... | 289 | 丙烯 ..... | 298 |
| 乙烯 ..... | 291 | 丙酮 ..... | 299 |
| 乙醛 ..... | 292 | 甲胺 ..... | 302 |

|               |     |                        |     |
|---------------|-----|------------------------|-----|
| 甲酸 .....      | 304 | 环己烷 .....              | 381 |
| 甲醇 .....      | 308 | 环己酮 .....              | 384 |
| 甲醛 .....      | 311 | 环己醇 .....              | 387 |
| 呋喃 .....      | 314 | 苯乙烯 .....              | 389 |
| 苯酐 .....      | 316 | 癸二酸 .....              | 394 |
| 苯胺 .....      | 319 | 硝基苯 .....              | 396 |
| 苯酚 .....      | 322 | 氰乙酸 .....              | 399 |
| 氯仿 .....      | 328 | 氯乙烯 .....              | 401 |
| 氯苯 .....      | 331 | 乙二醇醚 .....             | 404 |
| 醋酐 .....      | 333 | 乙烯基醚 .....             | 408 |
| 醋酸 .....      | 337 | 2-丁炔-1, 4-二醇 .....     | 411 |
| 糠醛 .....      | 341 | 工业 J 酸 .....           | 414 |
| 乙二胺 .....     | 344 | 工业草酸 .....             | 419 |
| 乙二醇 .....     | 347 | $\epsilon$ -己内酰胺 ..... | 424 |
| 乙二醛 .....     | 350 | 四氟乙烯 .....             | 429 |
| 1,3-丁二烯 ..... | 353 | 对苯二酚 .....             | 431 |
| 1,4-丁二醇 ..... | 356 | 异戊二烯 .....             | 435 |
| 己二腈 .....     | 358 | 邻苯二酚 .....             | 438 |
| 己二酸 .....     | 362 | 环氧乙烷 .....             | 440 |
| 1,2-丙二醇 ..... | 364 | 环氧丙烷 .....             | 444 |
| 丙烯腈 .....     | 366 | 季戊四醇 .....             | 448 |
| 丙烯酸 .....     | 368 | 醋酸乙烯 .....             | 450 |
| 丙烯醇 .....     | 371 | 醋酸乙酯 .....             | 454 |
| 丙烯醛 .....     | 374 | 对苯二甲酸 .....            | 456 |
| 异丙苯 .....     | 376 | 环氧氯丙烷 .....            | 460 |
| 异丙醇 .....     | 378 |                        |     |

## 精 细 化 工

|            |     |           |     |
|------------|-----|-----------|-----|
| 双酚 A ..... | 466 | 己二胺 ..... | 470 |
| 乙醇胺 .....  | 467 | 水杨酸 ..... | 471 |

|                 |     |                  |     |
|-----------------|-----|------------------|-----|
| 苯甲酸 .....       | 474 | 对氨基苯乙醚 .....     | 550 |
| 苯甲醇 .....       | 478 | 对氨基苯甲醚 .....     | 552 |
| 硬脂酸 .....       | 480 | 对羟基苯甲酸 .....     | 554 |
| 氯化苄 .....       | 484 | 对硝基苯甲酸 .....     | 558 |
| 增塑剂 DBP.....    | 487 | 邻苯二甲酸酐 .....     | 560 |
| 增塑剂 DEP.....    | 491 | 邻氨基苯甲醚 .....     | 563 |
| 增塑剂 DMP.....    | 493 | 顺丁烯二酸酐 .....     | 566 |
| 增塑剂 DOP.....    | 495 | 癸二酸二辛酯 .....     | 568 |
| 对氯甲苯 .....      | 501 | 对氨基乙酰苯胺 .....    | 571 |
| 对氯氯苄 .....      | 502 | 邻硝基对甲苯胺 .....    | 573 |
| 邻甲苯胺 .....      | 504 | 橡胶硫化促进剂 D .....  | 578 |
| 间苯二酚 .....      | 508 | 橡胶硫化促进剂 DM ..... | 581 |
| 2,4-二硝基氯苯 ..... | 511 | 橡胶硫化促进剂 M .....  | 583 |
| 对氨基苯酚 .....     | 516 | 橡胶硫化促进剂 S .....  | 589 |
| 环氧大豆油 .....     | 521 | 橡胶硫化促进剂 TBTD ... | 591 |
| 苯甲酸甲酯 .....     | 524 | 橡胶硫化促进剂 TETD ... | 594 |
| 苯甲酸苄酯 .....     | 525 | 橡胶硫化促进剂 TMTD ... | 597 |
| 草酸二乙酯 .....     | 527 | 对羟基苯甲酸乙酯 .....   | 600 |
| 氰乙酸乙酯 .....     | 529 | 对羟基苯甲酸丁酯 .....   | 603 |
| 氰乙酸甲酯 .....     | 532 | 对羟基苯甲酸丙酯 .....   | 605 |
| 氯乙酸乙酯 .....     | 535 | 对羟基苯甲酸甲酯 .....   | 607 |
| 氯乙酸甲酯 .....     | 537 | 对羟基苯甲酸苄酯 .....   | 609 |
| 二氟一氯甲烷 .....    | 538 | 邻苯二甲酸二(十三)酯 ...  | 612 |
| 二氟二氯甲烷 .....    | 540 | 邻苯二甲酸二仲辛酯 .....  | 614 |
| 己二酸二辛酯 .....    | 541 | 邻苯二甲酸二异丁酯 .....  | 616 |
| 壬二酸二辛酯 .....    | 543 | 邻苯二甲酸二异癸酯 .....  | 618 |
| 六亚甲基四胺 .....    | 545 | 邻苯二甲酸二环己酯 .....  | 621 |
| 丙二酸二乙酯 .....    | 547 | 邻苯二甲酸二庚酯 .....   | 623 |

## 煤 化 工

|          |     |             |     |
|----------|-----|-------------|-----|
| 萘 .....  | 626 | 噻吩 .....    | 651 |
| 蒽 .....  | 632 | 异喹啉 .....   | 653 |
| 吡啶 ..... | 636 | 磺化煤 .....   | 655 |
| 呋唑 ..... | 640 | 焦炉煤气 .....  | 656 |
| 粗苯 ..... | 644 | 发生炉煤气 ..... | 658 |
| 焦炭 ..... | 648 |             |     |

## 高 分 子 化 工

|               |     |                         |     |
|---------------|-----|-------------------------|-----|
| 尼龙 6 .....    | 662 | 聚氯乙烯 .....              | 712 |
| 尼龙 612 .....  | 666 | 聚酰亚胺 .....              | 714 |
| 尼龙 1010 ..... | 667 | 聚碳酸酯 .....              | 716 |
| 聚砒 .....      | 669 | 醇酸树脂 .....              | 721 |
| 聚乙烯 .....     | 671 | 古马隆树脂 .....             | 723 |
| 聚丙烯 .....     | 677 | 聚四氟乙烯 .....             | 726 |
| 乙丙橡胶 .....    | 680 | 脲(甲)醛胶粘剂 .....          | 727 |
| 丁苯橡胶 .....    | 682 | 聚乙烯醇纤维 .....            | 730 |
| 丁基橡胶 .....    | 685 | 聚丁二烯橡胶 .....            | 733 |
| 丁腈橡胶 .....    | 686 | 聚三氟氯乙烯 .....            | 735 |
| 环氧树脂 .....    | 689 | 聚己二酸己二胺 .....           | 736 |
| 酚醛树脂 .....    | 693 | 聚甲基丙烯酸甲酯 .....          | 738 |
| 氯丁橡胶 .....    | 697 | 软质聚氨酯泡沫塑料 .....         | 741 |
| 氯醇橡胶 .....    | 700 | 聚对苯二甲酸乙二醇酯 .....        | 743 |
| 聚乙烯醇 .....    | 702 | 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯<br>树脂 ..... | 748 |
| 聚丙烯腈 .....    | 706 |                         |     |
| 聚苯乙烯 .....    | 710 |                         |     |

## 生 物 化 工 (附食品添加剂)

|          |     |          |     |
|----------|-----|----------|-----|
| 乙醇 ..... | 754 | 肌苷 ..... | 758 |
|----------|-----|----------|-----|

|             |     |                     |     |
|-------------|-----|---------------------|-----|
| 肌醇 .....    | 759 | L-胱氨酸 .....         | 794 |
| 味精 .....    | 763 | 黄原胶 .....           | 796 |
| 乳酸 .....    | 765 | $\alpha$ -淀粉酶 ..... | 798 |
| 胰酶 .....    | 766 | 维生素C .....          | 799 |
| 辅酶A .....   | 767 | 链霉素 .....           | 803 |
| 酵母 .....    | 769 | 薄荷油 .....           | 805 |
| 山梨酸 .....   | 770 | 糖化酶 .....           | 806 |
| 丙酸钙 .....   | 775 | 细胞色素C .....         | 808 |
| 丙酸钠 .....   | 779 | 原卟啉钠 .....          | 809 |
| 四环素 .....   | 780 | 胰蛋白酶 .....          | 811 |
| 赤霉素 .....   | 781 | 胞二磷胆碱 .....         | 812 |
| 青霉素 .....   | 783 | “2709”碱性蛋白酶 .....   | 815 |
| 柠檬酸 .....   | 786 | 葡萄糖异构酶 .....        | 817 |
| 胆红素 .....   | 787 | 超氧化物歧化酶 .....       | 817 |
| 胆酸钠 .....   | 790 |                     |     |
| L-亮氨酸 ..... | 791 | 中文名称索引 .....        | 820 |
| 核黄素 .....   | 792 | 英文名称索引 .....        | 825 |

# 无机化工

## 氟 Fluorine

分子式  $F_2$ , 分子量 39.00

【性质】有不愉快气味的微带黄绿色气体。氟是电负性最强的元素,其标准电位为 2.9V, 具有极强的反应能力, 除惰性气体和氮外, 可以和任何元素直接化合。几乎能和所有的有机化合物反应, 但不与一氧化碳和二氧化碳作用。氟分解水而生成臭氧和氟化氢。

氟在标准状态下密度为  $1.695\text{ g/cm}^3$ , 熔点为 53.54 K, 沸点为  $85.02 \pm 0.02\text{ K}$ 。临界温度为 144 K, 临界压力是 5.5 MPa。

氟的腐蚀性强, 且有剧毒。应贮存于钢瓶中。

【用途】元素氟用于制取某些氟化物, 如六氟化铀, 六氟化硫、氟化钴、铬、锑等。是制取含氟塑料, 含氟橡胶等高分子化合物的原料, 又是制造火箭燃料中氧化剂的原料。

【生产工艺】元素氟是以电解法生产。以氟化氢钾为电解质, 进行无水氢氟酸的电解, 再经净化而得。生产中, 温度为  $260^\circ\text{C}$  左右的为高温法, 在  $95^\circ\text{C}$  左右的为中温法。

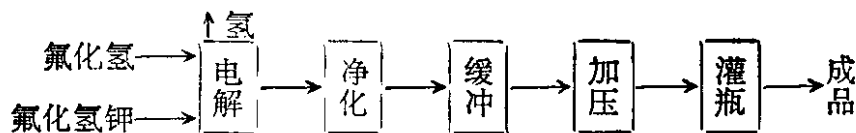
1. 反应式 电解时两极反应为:

阳极  $2F^- - 2e \rightarrow F_2 \uparrow$

阴极  $2H^+ + 2e \rightarrow H_2 \uparrow$

总反应  $2HF \rightarrow 2H^+ + 2F^- \rightarrow F_2 \uparrow + H_2 \uparrow$

2. 工艺流程



无水氟化氢要求  $HF \geq 99.9\%$ ,  $SO_2 < 0.001\%$ ,  $H_2O < 0.0025\%$ ,  $SO_4^{2-}$  及  $K_2SiF_6$  极少或无。

氟电解槽是在  $750\text{ A}$  (电流密度为  $0.05\text{ A/cm}^2$ ) 下进行电解。氟化氢由钢瓶连续补充, 维持在  $30 \sim 40^\circ\text{C}$ 。电解槽用夹套热水或蒸汽维持温度在  $90 \sim 100^\circ\text{C}$ 。槽内氟化氢浓度为  $38.5 \sim 39.5\%$ , 电流效率达  $90 \sim 95\%$ 。电解质组成应为  $KF \cdot 2HF$ 。如为  $KF \cdot HF$  时温度高于  $250^\circ\text{C}$  为高温法, 而若为  $KF \cdot 12HF$  时为低温法, 电解是在  $-30 \sim -50^\circ\text{C}$  下进行。

电解后的氟气由阳极室逸出, 氢气则由阴极室导出去综合利用。氟气