

中等专业学校交流讲义

工业化学

上册

上海市化学工业学校等编



中国工业出版社

81
115
1.1

中等专业学校交流讲义



工 业 化 学

上 册

上海市化学工业学校等編



中国工业出版社

本书系根据各校自编教材及有关书籍选编而成，作为中等专业学校的试用教材。参加选编工作的有：上海市化工学校、合肥化工学校、乌溪江化工学院、兰州化工学校等四个学校。

本书分上下两册出版。上册包括：绪论、工业用水、石油加工、煤及其加工、电石、农药、硫酸、合成氨、硝酸、肥料、纯碱、电解食盐水、基本有机合成、橡胶、塑料、合成纤维、中间体与染料等17章。下册篇幅较小，是为化工中等专业学校分析专业编写的。在下册中以化工机械为主，并适当地介绍了流体力学、传热、传质过程，使读者对化工原理基本知识有一个概括的了解，对主要仪表的构造与应用也做了简单介绍。

本书适用于三年制的化工中等专业学校，做为工业化学课程的教材。

工 业 化 学

上 册

上海市化学工业学校等编

中国工业出版社出版（北京东黄根路丙40号）

（北京市书刊出版事业登记证出字第1192号）

铁道出版社印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行，各地新华书店经售

·开本 $350 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $13^{9/16}$ ·字数335,000

1961年8月北京第一版，1961年8月北京第一次印刷

印数0001—9033·定价（9—4）1.50元

统一书号：16165·978（化工—77）

工业化学上册目录

第一章 緒論	11
第一节 工业化学的范围	11
一、工业化学的意义	11
二、工业化学研究的范围	11
三、工业化学的学习目的	12
第二节 化学工业在国民經济中的重要性	12
第三节 化学工业的发展簡史	13
一、世界化学工业的发展簡史	13
二、我国化学工业发展簡史	14
第四节 实验室的过程与工业生产	16
第五节 工业化学的基本概念	18
一、原料、成品、半成品、副产品和废物	18
二、生产能力和生产强度	19
三、产率、转化率和劳动生产率	19
四、再生	20
五、間接过程与連續过程	20
六、順流、逆流与錯流	21
七、劳动保护与安全生产	22
第二章 工业用水	24
第一节 天然水和工业用水的特性	24
一、用水的来源	24
二、水中的杂质	24
第二节 水的处理	25
一、水淨化的目的及其重要性	25
二、硬水	26
三、水的处理方法	28
第三节 污水处理	35
第三章 石油加工	38
第一节 燃料概述	38
一、燃料的意义和分类	38

二、燃料的加工及其分类	39
第二节 石油	41
一、石油工业发展简史和在国民经济中的重要性	41
二、我国石油工业的发展概况	42
三、石油的成因和组成	42
四、石油的性质	45
五、石油的开采	46
第三节 石油的加工	46
一、原油的蒸馏	46
二、石油产品的裂化	55
三、石油产品的精制	62
第四章 煤及其加工	65
第一节 概述	65
一、煤炭工业在国民经济中的重要性及我国煤炭工业的发展概况	65
二、煤的形成和组成	66
三、煤的分类	69
第二节 煤的干馏	70
一、干馏的一般概念	70
二、煤的低温干馏简述	74
三、煤的高温干馏——炼焦	76
第三节 炼焦化学产品的回收与加工	83
一、炼焦化学产品的回收	83
二、炼焦油的加工	92
三、炼焦废水的浮化和酚的提取	97
四、炼焦化学产品的用途	99
第四节 煤的液化与油母页岩的干馏	100
一、煤的液化概述	101
二、油母页岩的干馏简述	104
第五章 电石	106
第一节 概述	106
一、电热工业的特点	106
二、电石工业的重要性和发展概况	109
第二节 电石的制造	108
一、原料及其配料	108
二、生产原理	109

三、电爐的構造及其操作条件	110
四、生产流程	111
第三节 成品规格和安全生产	112
一、成品规格	112
二、安全生产	113
第六章 农药	115
第一节 概述	115
一、农药对农作物的作用及我国农药生产的发展情况	115
二、农药的分类	115
第二节 六六六的生产	116
一、主要性质、用途及产品规格	116
二、生产原理	117
三、生产流程	118
四、六六六的加工方法	120
第三节 滴滴涕的生产	121
一、主要性质、用途及产品规格	121
二、生产原理	121
三、生产流程	123
四、滴滴涕的加工方法	126
第四节 2,4-滴的生产	127
一、主要性质、用途及产品规格	127
二、生产原理	127
三、生产流程	129
第五节 α -萘乙酸的生產	131
一、主要性质、用途及产品规格	131
二、生产原理	131
三、生产流程	132
第七章 硫酸	135
第一节 概述	135
一、硫酸工业在国民经济中的重要意义	135
二、硫酸工业的发展概况	135
三、硫酸的主要性质	136
四、硫酸制法的概述	139
五、工业硫酸的规格	140
第二节 生产硫酸的原料	140

一、天然硫	140
二、硫酸矿	140
三、硫酸盐	141
四、含硫工业废物与副产品	141
第三节 硫酸的制造	142
一、二氧化硫气体的制备	142
二、二氧化硫气体的除膜	154
三、硝化法制硫酸	159
四、接触法制硫酸	166
第四节 硫酸生产中的安全技术和防火规则	184
第五节 硫酸的贮藏与运输	185
第八章 合成氨	187
第一节 概述	187
一、合成氨的重要性及其发展简史	187
二、氨的性质及其生产概述	188
三、自半水煤气合成氨的概述	189
第二节 煤气的制造	190
一、煤气制造的反应原理	190
二、煤气发生炉设备	195
第三节 煤气的脱硫	196
一、砷碱法	197
二、碱液法	198
第四节 一氧化碳的变换	198
一、一氧化碳变换的理论	198
二、变换催化剂	201
三、主要变换设备	202
四、一氧化碳变换生产流程	204
第五节 气体的压缩与洗涤	205
一、气体的压缩原理	205
二、气体的水洗	206
三、气体的碱洗	207
四、气体的醇洗	208
五、变换气的压缩与洗涤的生产流程	209
第六节 氨的合成	211
一、概述	211

二、氨合成的生产原理	212
三、合成氨催化剂	215
四、合成塔设备	215
五、合成氨的生产流程	216
六、氨的储存和安全技术	217
第九章 硝酸	220
第一节 概述	220
第二节 氨氧化法制稀硝酸	221
一、氨氧化的理论	221
二、一氧化氮的氧化	225
三、用水吸收二氧化氮	226
四、常压法合成稀硝酸的生产流程及设备	227
五、稀硝酸的浓缩	230
第三节 直接合成浓硝酸	232
一、直接合成浓硝酸的成酸反应理论	232
二、直接合成浓硝酸的生产流程	234
第十章 无机肥料	237
第一节 概述	237
一、肥料的意义及我国肥料工业发展概况	237
二、肥料的分类	238
三、肥料对植物的作用	238
第二节 肥料的生产	239
一、氮肥	239
二、磷肥	249
三、钾肥	253
四、微量元素肥料	255
五、颗粒肥料	257
第十一章 纯碱	259
第一节 概述	259
一、纯碱工业在国民经济中的重要性	259
二、纯碱工业发展简史	259
三、我国纯碱工业概况	260
第二节 氨碱法	261
一、生产原理	261
二、制造过程	262

三、氨碱法制碱总流程	270
四、氨碱法的缺点	271
第三节 联合制碱法	272
一、生产原理	272
二、特点	272
三、生产流程	272
第四节 纯碱的包装、储运及安全技术	273
一、包装和储运	273
二、安全技术	273
第五节 纯碱的加工	274
一、碳酸氢钠	274
二、烧碱	275
第十二章 食盐溶液的电解	277
第一节 概述	277
第二节 理论基础	277
一、电解工业的基本概念	277
二、电解食盐溶液的理论基础	279
第三节 电解槽	280
一、隔膜式电解槽	281
二、汞阴极式电解槽	283
三、隔膜式与汞阴极式电解槽的优缺点	284
第四节 食盐电解的生产	285
一、食盐溶液的精制	285
二、食盐溶液的电解与氯气的干燥	286
三、烧碱的浓缩及食盐的分离回收	286
四、食盐水溶液电解的生产流程	287
五、电解部分的操作规则及安全技术	287
第五节 电解产品的加工	288
一、固体烧碱的生产	288
二、液氯的生产	289
三、合成盐酸	290
四、漂白粉	293
第十三章 基本有机合成工业	296
第一节 概述	296
一、基本有机合成工业的范围	296

二、基本有机合成工业在国民经济中的地位	296
三、我国基本有机合成工业概况	297
四、基本有机合成工业的原料	297
第二节 基本有机合成主要产品的生产	307
一、以 CO 与 H_2 为基础的基本有机合成工业	307
二、以乙炔为基础的合成	313
三、以乙烯为基础的合成	322
四、丁二烯的生产	329
五、糠醛的生产	335
第十四章 橡胶	338
第一节 概述	338
一、高分子化合物的一般概念	338
二、橡胶工业在国民经济中的重要意义	341
三、我国橡胶工业的发展概况	341
第二节 天然橡胶	342
一、天然橡胶的来源及乳胶的加工	342
二、天然橡胶的组成和性质	345
第三节 合成橡胶	346
一、合成橡胶的主要品种、组成、性能和用途	346
二、合成橡胶生产示例	350
第四节 橡胶制品的加工	358
一、橡胶制品的原料(配合剂)	358
二、橡胶制品的加工过程	361
三、再生胶	365
第十五章 塑料	367
第一节 概述	367
一、塑料工业在国民经济中的重要意义及我国塑料工业概况	367
二、树脂、塑料的含义及其组成	368
三、塑料的特性	369
四、塑料的分类	370
五、常用塑料的特性与用途	371
第二节 主要塑料的生产	373
一、酚醛塑料	373
二、聚氯乙烯塑料	380
三、硝化纤维及其塑料	383

四、醋酸纖維	384
第三节 塑料制品成型	386
一、压塑法	386
二、注塑法	387
三、挤塑法	387
四、层压材料	388
第十六章 合成纤维	389
第一节 概述	389
一、合成纖維的定义	389
二、合成纖維的种类	389
三、合成纖維的特性及其用途	389
第二节 聚酰胺纖維的生产	390
一、卡普隆的生产	390
二、尼龙 66 的生产	395
三、制絲与拉伸	398
第十七章 染料中間体及染料	401
第一节 概述	401
一、染料、顏料与染料中間体	401
二、染料及染料中間体工业在现代工业系統中的意义	401
三、我国染料工业的发展	402
第二节 中間体的生产	403
一、中間体合成方法	403
二、硝化	403
三、还原	413
四、磺化	417
五、碱熔	421
六、氯化	424
第三节 染料的生产	426
一、基本理論及染料前分类	426
二、偶氮染料的制备	429

第十一章 純 碱

第一节 概 述

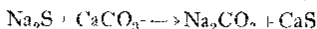
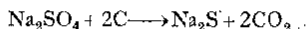
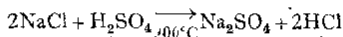
一、純碱工业在国民經济中的重要性

純碱(碳酸鈉) Na_2CO_3 为白色粉末, 俗称苏打, 它的用途极广, 和硫酸一样, 是各种工业的必需品。例如鋼鐵、有色冶金、石油、化学纤维、有机合成、塑料、纺织、玻璃、紙浆、肥皂等等, 无论重工业、轻工业都需要它。因此純碱被认为是基本化工原料之一。純碱和硫酸的产量构成一国工业化的衡量标准之一, 在国民經济中占有极重要的地位。

二、純碱工业发展簡史

(一)天然碱时期 在1791年前, 純碱主要来源于大自然, 其纯度较低, 主要用于日常生活中作洗涤剂, 但天然碱经过精制后, 纯度可达98%以上, 可供工业使用。我国的内陆湖含大量 Na_2CO_3 , 天然碱的开采利用仍不失其一定之价值。

(二)路布兰法时期 在18世纪下期, 由于纺织、制皂工业的迅速发展, 天然碱已远不能满足需要。1775年法国医生路布兰研究出人工制碱法, 路布兰法主要是将芒硝(Na_2SO_4)与石灰石、煤以一定的比例配合, 在反射炉中煅烧, 所得的熔合物经萃取后制得純碱产品。主要反应如下:



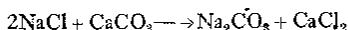
路布兰制碱法在 18 世纪末叶 19 世纪上中期盛极一时，对化学工业的兴起有很大的贡献，然而路布兰法还是存在着相当大的缺点。

1. 耗用多量硫酸；
2. 机械设备庞大，耗费人力多；
3. 反应温度高，燃料耗用量大。

因此，在 19 世纪下期和 20 世纪初，逐渐被后起之氨碱法所取代。

路氏制碱法虽有缺点，但制造方法比较简单，在因地制宜的情况下，尚有采用价值。

(三)氨碱法时期 1861 年，比利时工程师索尔未研究设计出新的制纯碱方法，故又称索尔未制碱法。其生产原理及过程为利用食盐与氨及二氧化碳起作用，先生成碳酸氢钠，再经过煅烧而得纯碱。其总反应式可用下式表示。



总反应式虽可以这样表示，但是不能直接认为按此式发生作用，而必须通过氨的中间作用才能完成此反应制得纯碱，所以称此方法为氨碱法。

氨碱法取代路布兰法后，在纯碱工业中占有重要的地位，亦为本章的主要内容。

三、我国纯碱工业概况

我国天然碱的采制加工，历史悠久；人工合成制碱始创于二十世纪二十年代的天津永利制碱厂，采用氨碱法生产。但在帝国主义和国内反动政权的摧残打击下，制碱工业长期停滞不前，直到解放后才得迅速的发展。

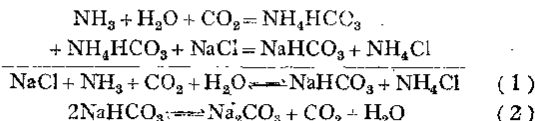
1942 年我国制碱专家侯德榜研究成功的侯氏制碱法，对氨碱法作了重大的改革，和合成氨工业联合设置，可同时生产纯碱和氯化铵 (NH_4Cl)，食盐利用率提高到 88% (氨碱法只 72%)，对世界

制碱工业具有巨大的贡献。

第二节 氨碱法(索尔法)

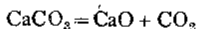
一、生产原理

氨碱法系将氨通入饱和食盐水溶液,制成氨化盐水,然后再吸收二氧化碳,先产生碳酸氢铵,碳酸氢铵与食盐水发生置换,生成了氯化铵和碳酸氢钠,其主要反应式如下:

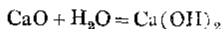


可逆反应(1)在低温下(30°C左右)则按我们所要求的方向进行,即从左向右,因为在此温度下 NaHCO_3 之溶解度很小而沉淀析出,使反应继续进行。在约70°C以上的温度下,该反应就按逆向进行。反应(2)也是可逆的,在高温下反应从左向右,但在低温下就可能因为纯碱吸收二氧化碳和水而生成碳酸氢钠。

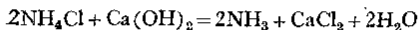
过程所需的二氧化碳,由焙烧石灰石或白垩而制得,此外在过程中亦可以利用煅烧 NaHCO_3 时生成的二氧化碳(见方程式(2)),焙烧石灰石或白垩使用连续式石灰窑,焙烧时的反应如下:



焙烧时除二氧化碳外还得到石灰,石灰与过剩水分作用就变成石灰乳:

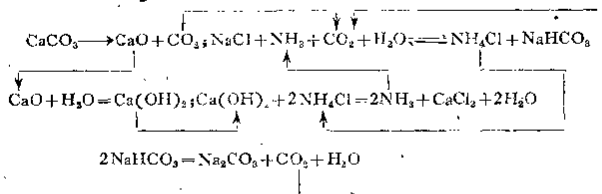


石灰乳可用来从氯化铵溶液再生氨。



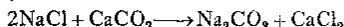
再生氨又可送回过程中使用。

氨碱法中各阶段的相互联系可由下列简图来表示:



由此可知，氨碱法制碱的原料是食盐的天然浓溶液或人造浓溶液和石灰石(或白堊)，就理论而言处于循环中的氨是不会损耗的，然而实际上都要在过程中加入适量(10~20%)氨水以补偿不可避免的氨的少量损耗。

如果用最初物质和最终物质来写方程式，很容易看出氨碱法可简化为下列总式：



实际上食盐和石灰石，是不能直接起反应的，而氨碱法的过程中是借助于氨的中间作用来完成上列反应而制得 Na_2CO_3 的，这也是氨碱法名称的由来。

二、制造过程

氨碱法制造纯碱共分六个主要过程和二个辅助过程。

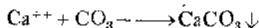
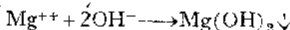
1. 食盐水的制备和净化；
2. 氨盐水的制取(吸氨)；
3. 氨盐水的碳酸化(吸 CO_2)；
4. 碳酸氢钠的过滤；
5. 碳酸氢钠的焙烧；
6. 氨的回收。

辅助过程：1. 煅烧石灰石(CaCO_3)制取二氧化碳(CO_2)和石灰(CaO)。此过程在氨碱法生产纯碱中起着极其重要的作用；

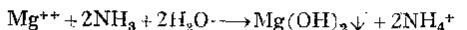
2. 石灰消化制取石灰乳[$\text{Ca}(\text{OH})_2$]。

(一) 盐水的制备和净化 氨碱法制碱系利用天然盐水或溶解

固体食盐,制成 NaCl 305~310 克/升浓度的溶液,每制纯碱 1 吨须用 5.5~5.7 米³食盐水,其中所含钙、镁杂质必须预先除去,以免在碳酸化过程中生成钙、镁碳酸盐沉淀,堵塞设备管道和造成产品不纯。其杂质的除去与硬水软化原理相同。

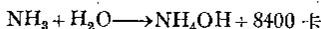


此外,亦可利用碳酸化塔排出的废气 (NH_3 , CO_2) 进行净化,同时生成 NH_4^+ 溶于盐水中:



沉淀出的 CaCO_3 和 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 用静置法或过滤分离,最后得的净化食盐水送入吸氨塔中进行吸氨操作。

(二)氨盐水的制取(吸氨) 将净化食盐水通入吸氨塔,吸入必要数量的氨即成氨盐水,氨在盐水中形成游离氨 (NH_3) 或 NH_4OH



按上式吸氨过程有许多热量放出,而气体的吸收宜在低温进行,故氨进入吸氨塔前,须先经冷却,吸氨塔本身亦须具有冷却装置,以利氨的吸收。但氨的来源为由 NH_4Cl 在蒸氨塔内回收而得,同时含有一定量 CO_2 ,如温度过低则生成 NH_4HCO_3 结晶堵塞设备管道,因而吸氨的最适当温度为控制 56°C 左右。

吸氨塔的构造是一个泡罩式吸收塔(图 11-1),盐水由上经溢流管逐层而下,而氨气则由下通入,经泡罩分散入盐水中被吸收,操作时,塔内具微弱真空,整个系统须装置严密不漏气,吸氨塔排出的废气中当含少量 NH_3 时,必须再以盐水吸收,减少浪费。吸氨后的盐水,每升中约含 NH_3 83 克和 NaCl 267 克及少量 CO_2 ,冷却至 25°C ,即送入碳酸化塔进行 CO_2 的吸收。

(三)碳酸化 碳酸化是氨碱法生产过程中重要的一环,这一反应终了时生成碳酸氢钠 NaHCO_3 。

大型的碳酸化塔，如图 11-2 所示，是一个高约 20~25 米、内径 2.3 米铸铁塔，塔共分 30~40 节，每节都有泡罩装置，使液体和气体良好接触和混和，延长气体在塔内通过路途达到更好吸收气体的功效。塔下部 2~9 节配有冷却箱用来吸收反应产生的热，因为二氧化碳被吸收过程中是放热，使液体温度升高，影响了二氧化碳吸收，碳酸化过程缓慢，所以要降低内部温度。

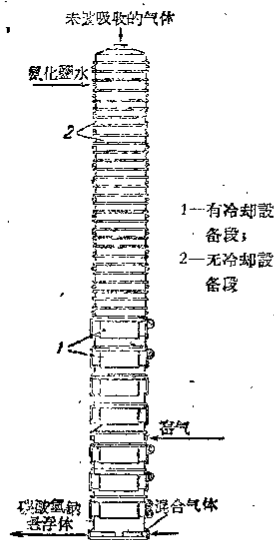


图 11-2 I 碳酸化塔全图

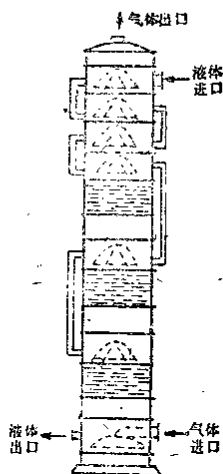


图 11-1 吸氨塔简图

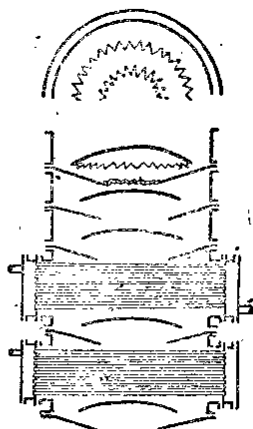


图 11-2 II 碳酸化塔构造之一部分