

索尔维法 制碱

〔西德〕Z.兰特 著



化学工业出版社

索尔维法制碱

[西德]Z. 兰特 著

彭承美 译

化学工业出版社

本书详细地阐述了索尔维法制纯碱和苛化法制烧碱的全部生产过程、原理、热量和物料平衡及主要设备。

本书还叙述了生产过程中供水、供能、生产检验、废物处理及碱厂设计等方面的内容。

本书可供化工技术人员和技术工人使用。也可供化工专业院校师生及有关人员学习参考。

本书译稿分别由郭炳琛、姜国珍审、校。

Z. RANT

Die Erzeugung Von Soda Nach dem Solvay-Verfahren

Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1968

索尔维法制碱

彭承美 译

*

化学工业出版社 出版

(北京和平里七区十六号楼)

煤炭工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $850 \times 1168^{1/2}$ ，印张 $14^{1/2}$ ，字数 403 千字印数 1—2,300

1983年2月北京第1版1983年2月北京第1次印刷

统一书号15063·3348定价1.80元

符号和缩写

A	面积, 表面积, 断面积 [米 ²]
Alk	碱度 [DN]
a	比表面积 [米 ²]
alk	碱性的
aq	水
B	无效能 [千卡] 润湿度
b	比无效能 [千卡/公斤]
c	浓度 [公斤分子/米 ³]
DN	$\equiv \text{mval}/20\text{ml}$
D	直径 [米, 毫米]
d	直径, 厚度 [米, 毫米] 日
E	有效能 [千卡] 萃取剂
e	比有效能 [千卡/公斤]
F	自由度
G	气体
Gew-%	重量百分率
grd	度 (用于温度差)
H	高度 [米] 亨利常数 [公斤·米/公斤分子] 热值 [千卡/公斤]
h	高度, 深度 小时
I	焓 [千卡]
i	比焓 [千卡/公斤]
Ja	Zavoronkov 数

K	组分数 化学反应的平衡常数
K	传热系数[千卡/米 ² ·小时·度]
L	液体, 溶解了的
l	长度[m]
M	公斤分子数, 用公斤分子表示的物质数量
MO	甲基橙
MOT	甲基橙滴定度[DN]
m	质量[公斤]
ṁ	质量流量[公斤/秒]
n	数目
p	压力[公斤/米 ² , 公斤/厘米 ²]
p'	过饱和压力, 有效压力[公斤/米 ² , 公斤/厘米 ²]
P	相的数目
Q	热量[千卡]
QS	断面
QG	断面线
q	质量流量[公斤/米 ² ·秒]
S	熵[千卡/K] 断面积[米 ²]
s	比熵[千卡/K·公斤] 厚度, 距离[米, 毫米]
T	一般温度, 绝对温度[K] (开尔温)
t	时间[秒, 小时]
u	= 相图中的 $\xi_{\text{NH}_3, \text{L}}$ 见附图9.1到附图9.3 见附图9.5到附图9.7
V	容积[米 ³]
$\dot{V}$	流量, 容积流速[米 ³ /秒]
Vol.-%	容积百分率
v	比容积[米 ³ /公斤] = 相图中的 $\xi_{\text{CO}_2, \text{L}}$, 见u的附图
x	横坐标

	界膜有效厚度〔米, 毫米〕
	= 相图中的 $\xi_{\text{NH}_3.G}$, 见u的附图
y	纵坐标
	= 相图中的 $\xi_{\text{CO}_2.G}$, 见u的附图
Z	= 相图中的 $\xi_{\text{H}_2\text{O}.G}$, 见u的附图
β	传质系数〔米/秒〕
r	比重〔公斤/米 ³ 〕
ΔNH_3	过剩 NH_3 (第6.2节)
δ	粒度〔毫米, 微米〕
	厚度〔米, 毫米〕
δ_{NH_3}	过剩 NH_3 比值 (第6.2节)
ε	CL, DCB, SC的变化率, 转化率
	自由比容〔米 ³ /米 ³ 〕
	形状系数 (石灰石的煅烧)
ζ	有效能量效率
	制碱塔CL的中段气和下段气的比值
η	能量效率
	动力粘度〔公斤秒/米 ² 〕
θ	温度〔°C〕
λ	摩擦系数
ν	运动粘度〔米 ² /秒〕
ξ	浓度, 含量〔某物料公斤数同整个物料公斤数之比〕
(ξ)	局部浓度〔公斤/公斤〕
π	面
	溶解度积〔第6.1.23节〕
ρ	比重, 容重〔公斤/米 ³ 〕
σ	塔板效率
Φ	气流密度〔公斤分子/米 ² ·秒〕
φ	过滤机〔FL〕重碱的烧成率
	考虑制碱塔CL化学反应的常数 (第6.6.1节)
x	比值 (第6.2.32节)
ψ	浓度, 分子分数〔某物料公斤分子/总物料公斤分子〕
	(Na_2SO_4):(Na_2CO_3)比值 (第17.4.2节)

(16)

ψ^*	系统分量中某物质的分子分数[公斤分子/公斤分子]
ω	CO ₂ 饱和度, 碳化度 泥渣相对容积 (第15.2节)
旁标	
a	外面
B	燃料 塔板, 交换塔板
C	生成, 形成, (焓)
end	吸热的, 吸能的
ex	放热的, 放能的
G	气体
g	气态的 几何的
geb	结合的
h	流体力学的
id	理想的
K	冷却
L	液体
l	液态的 在水溶液中
m	平均
max	最大值, 最大的
min	最小值, 最小的
o	与周围环境有关的热平衡状态, 以自由断面为基准
R	反应, 反应——(焓)
S	固体 系统
s	饱和 沸腾的 固态的 (固体)
sch	表观的
Schl	沉淀泥渣

sink	沉降
th	热的
	理论的
theor	理论的
tr	干的
u	最低 (热值)
V	预热
W	水
w	有效的, 实际的
u	以公斤分子为基准
	用公斤分子表示

符号的含义, 也有超出上述旁标的含义。

特殊符号

除了正常规定的数学符号以外, 还采用:

	同……处于平衡 (状态)
	同……处于不平衡 (状态)
	同……处于接近平衡 (状态)

(A), (B), …表示同图形点A, B, …相应的状态。当必须避免混淆时, 才对图形点和状态加以区别。否则, 点和相应状态光用简单字母和数字来表示。

化学式

反应方程式中, 每个“化学式”相当于该物质 1 公斤分子。

放在圆括号内的化学式, 表示该物质的任意数量, 单位用公斤分子表示。

放在方括号内的化学式, 表示溶质浓度, 单位为毫克当量/20毫升, 即滴度。

正负号

凡是进入系统的物质和能量均用正号表示, 凡是从系统出来的物质和能量用负号表示。

吸热反应的反应焓用正号,

$$I_{\text{Rend}} = \Sigma I_{C_2} - \Sigma I_{C_1} > 0$$

放热反应的反应焓用负号,

$$I_{\text{Rex}} = \Sigma I_{C_2} - \Sigma I_{C_1} < 0$$

式中 ΣI_{C_1} 为反应参加物的生成热之和 (反应式的左边), ΣI_{C_2} 为反应生成物 (反应式的右边) 的生成热之和。如果把“反应热”移项写在方程式的右侧, 并

(18)

作为右侧的一项，那么从上式得到

$$\Sigma I_{C1} = \Sigma I_{C2} - I_R$$

对于 $I_R = I_{R_{end}} > 0$ ，也就是对于吸热反应，则

$$\Sigma I_{C1} = \Sigma I_{C2} - |I_R|$$

同样， $I_R = I_{R_{ex}} < 0$ 时，即放热反应时，则

$$\Sigma I_{C1} = \Sigma I_{C2} + |I_R|$$

将 ΣI_{C1} 和 ΣI_{C2} 改写为反应参加物和反应生成物的化学式，则旁边加写的反应热的符号为：

吸热过程为正号，

放热过程为负号。

目 录

符号和缩写

第一篇 引言和原料制备

第一章 引言	1
第二章 生产流程	9
2.1 纯碱	9
2.1.1 NH_3 的回收	12
2.1.2 二氧化碳	13
2.2 烧碱	13
2.2.1 泥渣、析出盐的洗涤	15
2.3 设备名称缩写	15
第三章 盐水的精制	17
3.1 盐水精制的任务	17
3.2 盐水纯度的要求	18
3.3 精制方法	18
3.3.1 石灰纯碱法	18
3.3.2 烧碱纯碱法	20
第四章 石灰石的煅烧和石灰的消化	21
4.1 引言	21
4.2 原料	22
4.3 煅烧石灰石	23
4.3.1 纯 CaCO_3 的分解	23
4.3.2 石灰石中的杂质	37
4.3.3 热效率和气体组成	38
4.4 石灰窑	41
4.4.1 石灰窑的选型	41
4.4.2 混烧竖窑	41

(2)

4.4.3 烧油竖窑或烧气竖窑	45
4.4.4 回转窑	45
4.4.5 窑的台数	46
4.5 窑的操作	46
4.6 窑的生产能力	48
4.7 石灰的消化	49
4.7.1 消化过程	49
4.7.2 石灰消化设备	52

第二篇 纯 碱

第五章 氨的吸收	55
5.1 引言	55
5.1.1 补充说明	56
5.2 氨的物料流程	56
5.3 吸收过程的理论	59
5.3.1 反应	59
5.3.2 $\text{NaCl-NH}_3\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系统	60
5.3.3 吸收过程	63
5.3.4 吸收的传质过程	65
5.3.5 逆流吸收与并流吸收	67
5.3.6 反应热的导出	68
5.4 吸收装置的配置	70
5.4.1 淡水蒸馏气体的吸收	74
5.5 设备构造	74
5.5.1 吸收塔 AB	74
5.5.2 尾气洗涤塔和过滤净氨塔	77
5.6 冷却器	78
5.6.1 外装冷却器	78
5.6.2 内装冷却器	79
5.7 管道	80
5.8 结疤	81
第六章 碳酸氢钠结晶析出	82
6.1 $\text{H}_2\text{O-NaCl-NH}_3\text{HCO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$ 系统	82

6.1.1	主要反应	82
6.1.2	正方形相图	82
6.2	碳酸氢钠生成和析出的正方形相图	92
6.2.1	过程中的状态变化	92
6.2.2	转化率	96
6.2.3	工业过程的偏离	97
6.2.4	影响过程的进程	104
6.3	用棱柱形相图精确表示 NaHCO_3 沉淀析出过程	105
6.3.1	棱柱形相图	105
6.3.2	沉淀过程的棱柱形相图	107
6.4	补充饱和过程	109
6.5	温度的影响	109
6.6	二氧化碳的吸收	114
6.6.1	物理吸收和化学吸收	114
6.6.2	CO_2 蒸气压和过饱和度	117
6.6.3	化学过程	118
6.6.4	温度对 CO_2 吸收的影响	121
6.7	析出 NaHCO_3	121
6.7.1	结晶速度	121
6.7.2	晶粒大小	122
6.7.3	结晶中的 NH_3	123
6.8	改进过程的途径	123
6.9	碳化塔的构造和尺寸	125
6.9.1	结构型式	125
6.9.2	碳化塔的冷却	127
6.9.3	碳化塔能力	129
6.10	碳化塔的作业	129
6.10.1	碳化塔的组合	129
6.10.2	清洗塔	131
6.10.3	换塔操作	133
6.10.4	碳化洗涤塔 SB-CL	134
6.10.5	气体分配	135
6.10.6	制碱塔CL的冷却	137

6.10.7 结疤和堵塞	138
6.11 塔内反应过程	138
6.12 碳化塔作业故障	141
第七章 二氧化碳	142
7.1 CO_2 来源和用量	142
7.2 含 CO_2 气体的质量	144
7.3 气体流程	145
7.4 气体净化	146
7.5 压缩机	148
7.5.1 活塞式压缩机	148
7.5.2 透平压缩机	151
7.6 压缩气体的冷却	151
第八章 碳酸氢钠的过滤	152
8.1 悬浮液和粗碳酸氢钠	152
8.2 过滤机	153
8.3 滤饼洗涤	158
8.4 操作要点	160
8.5 过滤工序的流程	160
8.6 离心机	162
第九章 氨的回收	163
9.1 概述	163
9.2 化学变化	163
9.3 溶液的特性	164
9.3.1 汽-液平衡	164
9.3.2 平衡相图	165
9.3.3 $\text{NH}_3\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系统	166
9.3.4 $\text{NH}_3\text{-CO}_2\text{-(蒸馏预热器 RH-残留液)}$ 系统	167
9.3.5 蒸馏塔 DS 的液体	169
9.4 蒸馏流程	170
9.5 蒸馏步骤的操作过程	172
9.5.1 温度和压力	172
9.5.2 蒸馏塔 DS	172
9.5.3 预灰桶 PLM 和蒸馏预热器 RH 的操作	177

9.5.4	蒸馏气体冷凝器 RH-CD	184
9.5.5	蒸馏气体冷却器 RG-RH	187
9.6	冷凝液的蒸馏 (淡液的蒸馏)	188
9.6.1	设备的配置	188
9.6.2	闪发器 DT	190
9.6.3	淡液蒸馏塔 CC	190
9.6.4	淡液蒸馏塔 CC 的操作方法	192
9.7	杂水中 NH_3 的回收	194
9.8	设备构造	194
9.8.1	蒸馏塔 DS	194
9.8.2	预灰桶 PLM	198
9.8.3	蒸馏预热器 RH	200
9.8.4	蒸馏气体冷凝器 RH-CD	207
9.8.5	蒸馏气体冷却器 RG-RH	211
9.8.6	闪发器 DT 和淡液蒸馏塔 CC	211
9.8.7	汇总	212
9.9	蒸馏作业	213
9.9.1	任务	213
9.9.2	结疤	214
9.9.3	蒸馏塔 DS 换塔	215
第十章	碳酸氢钠的分解	216
10.1	干法分解	216
10.1.1	反应	216
10.1.2	水分	216
10.1.3	分解速度	217
10.1.4	炉气组成	219
10.1.5	煅烧设备	220
10.1.6	炉气的除尘	226
10.1.7	煅烧设备操作	227
10.1.8	蒸汽煅烧炉的优缺点	229
10.2	湿法分解	230
10.2.1	反应	230
10.2.2	碳酸氢钠悬浮液	231

10.2.3 湿法“煅烧”设备DCB	232
10.2.4 湿法“煅烧”(DCB)的气体组成和蒸汽消耗量	233
10.3 炉气的冷却	234
10.4 干法煅烧和湿法“煅烧”的比较	236
第十一章 重质纯碱	237
11.1 轻质纯碱和重质纯碱	237
11.2 重质纯碱的制造	237
11.3 挤压纯碱	239
第十二章 过程的自动调节	241
12.1 两种调节方式	241
12.2 一个反应器的调节	242
12.3 过程的调节	243
12.3.1 直流过程和有回流的过程	243
12.4 纯碱生产过程的调节	245
12.4.1 生产过程的考察	245
12.4.2 流量调节系统图	246
12.4.3 制碱塔的调节	247
12.4.4 调节的动态过程	250
12.4.5 测量值	250
第十三章 生产检验(纯碱)	253
13.1 引言	253
13.2 石灰石煅烧	253
13.3 吸收	255
13.4 碳酸氢钠结晶析出	257
13.5 过滤	259
13.6 氨的回收	259
13.7 碳酸氢钠的分解	263
第十四章 物料平衡和能量平衡(纯碱)	266
14.1 引言	266
14.2 反应和反应热	266
14.3 物料平衡和能量平衡	268
14.3.1 石灰石煅烧和二氧化碳	269
14.3.2 吸收	271

14.3.3 碳酸氢钠析出	276
14.3.4 过滤	278
14.3.5 NH_3 的回收	280
14.3.6 碳酸氢钠的分解	289

第三篇 烧 碱

第十五章 碱液的制备和精制	293
15.1 Na_2CO_3 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的苛化作用	293
15.1.1 反应	293
15.1.2 平衡和转化率	295
15.1.3 碱性钠的利用率	297
15.1.4 过量灰	301
15.2 泥和液的分离	302
15.3 设备	303
15.3.1 溶液制备	303
15.3.2 苛化	304
15.3.3 泥渣的分离	307
15.4 操作	310
第十六章 泥渣的处理	312
16.1 第二次苛化	312
16.2 泥渣的洗涤	313
16.2.1 机理	313
16.2.2 连接方式	317
16.3 返回液	318
16.4 设备	318
16.4.1 第二次苛化	318
16.4.2 泥渣的洗涤	318
16.5 泥渣的煅烧	322
16.6 操作	323
第十七章 烧碱液的蒸发	324
17.1 蒸发的目的	324
17.2 烧碱液的物理性质(1)	325
17.2.1 沸腾情况	326

17.2.2 固化点	329
17.2.3 其他性质	329
17.3 烧碱液的物理性质(2)	329
17.3.1 i - ξ 图的绘制	329
17.3.2 Na_2CO_3 和 Na_2SO_4 在 NaOH 水溶液中的溶解度	330
17.4 蒸发	332
17.4.1 蒸发器的配置方法	334
17.4.2 析出盐的分离	339
17.4.3 设备	342
17.4.4 出厂 NaOH 溶液	347
17.5 操作	347
第十八章 烧碱的熔熬	349
18.1 过程的目的	349
18.2 能的需要量	349
18.3 设备和工艺过程	350
18.3.1 管道	350
18.3.2 熔碱锅	351
18.3.3 新系统	354
18.3.4 包装	355
18.4 操作	356
第十九章 生产检验(烧碱)	358
19.1 引言	358
19.2 表格	358
19.2.1 碱液的制备和精制	358
19.2.2 泥渣的处理	360
19.2.3 蒸发	361
19.2.4 熔碱	363
第二十章 物料平衡和能量平衡(烧碱)	365
20.1 引言	365
20.2 反应和反应热	365
20.3 物料平衡和能量平衡	366
20.3.1 苛化和泥渣分离	366
20.3.2 蒸发	369