

碱工业手册

(日) 碱工业协会 编

1986

化工部锦西化工研究院 译
江苏省氯碱工业协会

本书是由化工部锦西化工研究院和江苏省氯碱工业协会联合组织翻译的。

该书内容丰富,对纯碱及烧碱工业生产中的原材料、生产方法、仪表自动化、安全卫生、产品标准和分析方法以及贮运问题等都作了详细的叙述,并附有大量图表和数据,可供从事氯碱及纯碱的设计、生产、科研人员和大专院校的师生参考。

碱 工 业 手 册

化工部锦西化工研究院
译

江苏省氯碱工业协会

无锡县人民印刷厂 印 刷

江苏省氯碱工业协会 发 行

16开本 印张43.5 插页1 字数800千字

1986年8月第一版 印数 00001—03000

译 者 的 话

氯碱工业和纯碱工业在我国的国民经济中占有重要的位置。解放以来,我国的制碱工业得到了巨大的发展,技术水平也有了很大提高。但是,制碱工业,特别是氯碱工业的有关参考书都很缺乏,广大科研、生产及设计人员早就希望能有一本综合性的制碱工业手册问世。在开展中日氯碱技术交流中,日本碱工业协会把该会编辑出版的《碱工业手册》赠送给了我们,经过仔细阅读和分析,我们发现这是一本实用性很强,内容非常丰富的小型百科全书,对我国制碱工业的发展将具有很大的影响。参加该书编写工作的共有七十余人,都是日本有关专业的专家。该书虽然于一九七五年出版,但是至今仍畅销不衰,一九八五年四月的日本《碱与氯》杂志上新书介绍中将该书列为第一本。另据最近来华的日本专家称,在最近20年内该书不会修订。考虑到该书对离子膜电解技术的叙述较少,我们另外补写了一节。我们深信本书的翻译出版,必将受到广大设计、研究、教学和现场管理人员的欢迎。但是由于我们的技术水平和翻译能力不高,肯定会存在缺点和错误,请广大读者指正。

译者谨借此机会向参加本书出版和印刷工作的单位及个人致谢。

译者全体

1986年5月

参加本书翻译的有:

杨维驿 张幼良 岳剑英 施霞玉 单梦林同志

参加本书校对工作的有:

杨维驿 李同福 徐洪志 陈 卿同志

序

本会在1954年6月出版了《碱工业袖珍手册》，在集以往碱工业之大成的同时，还介绍了第二次世界大战后欧美的管理和技术。此后为了把逐步提高到世界水平的我国独有的技术也写入其中，在1960年6月发行了修订增补版。进入被称为高度成长时代的昭和四十年代（1955——1965）正是制碱工业的发展时期，这本比较合适的参考书博得了从事制碱工业以及有关行业的人们的好评。

但是后来又有了显著的技术进步和情况的明显变化，就拿电解制碱部门来说，就有电解槽的大容量化、金属电极的开发、电子计算机控制电解槽、关于水银的环境改善等课题。为了进行技术的开发，迫切需要将《袖珍手册》的内容进行根本的改写，于是在1971年7月为重新修订和增补成立了编委会。

然而就在同时，制碱工业的水银对海水污染问题日益引起重视，1972年在斯德哥尔摩召开的联合国人类环境会议、探讨今后制碱工业发展的通产省产业结构审议会的成立、以及全部制碱业界都参加的关于水银法的指导方针的制定等，而且1973年5月又正值所谓“第三水俣病”之说流传之际，因此政府决定了迅速将水银法实行系统封闭化，并要在1978年3月末全面转换成隔膜法的方针。这项政策无论在经济方面或技术方面都是古今历史上未见过的大规模的并且是根本的产业变革，而且这一政策对于今后的产品质量、制造成本等也不能带来多大好处，因而产生了很大的问题。

在这样的时期发行的本书，与旧版相比较增加了关于环境保护、安全卫生等内容，其它项目也进行了全面的修订和补充。执笔者由会员公司第一线的人员担任，此外，得到了有关工程技术公司和商社等等的大力协助，虽然力争把最新资料都添进去，但是现在科学技术发展迅速，本书不足之处在所难免，衷心希望诸位惠顾并不吝指正。

日本碱工业协会

会长 仓田元治

1975年1月

碱工业手册

1975

日本碱工业协会

目 录

1 原材料、辅助材料	
1.1 原盐	(1)
1.1.1 氯化钠的性质	(1)
1.1.2 供需状况	(1)
1.1.3 产地及平均成分	(1)
1.1.4 制碱工业对原盐的要求	(1)
1.1.5 运输、贮存	(4)
1.1.6 关于国内制盐	(4)
1.2 石灰石、生石灰、消石灰	(6)
1.2.1 石灰石	(6)
1.2.2 生石灰、消石灰	(7)
1.3 氨	(8)
1.3.1 氨的性质	(8)
1.3.2 供需现状	(8)
1.3.3 氨与氯化铵生产的关系	(9)
1.3.4 运输、贮存	(9)
1.4 二氧化碳	(10)
1.4.1 二氧化碳的性质	(10)
1.4.2 用途	(10)
1.4.3 制法	(10)
1.5 焦炭、重油	(10)
1.5.1 焦炭	(10)
1.5.2 重油	(11)
1.6 电力	(14)
1.6.1 电力现状	(14)
1.6.2 电力费用制度概要	(14)
1.6.3 联合企业的电力问题	(15)

1.6.4 碱工业的电力特性	(19)
1.6.5 未来的电力	(20)
1.7 电极材料	(24)
1.7.1 石墨电极	(24)
1.7.2 金属电极	(28)
1.8 石棉隔膜	(30)
1.8.1 石棉纤维	(30)
1.8.2 隔膜用石棉布	(35)
1.8.3 隔膜用石棉纸	(35)
1.8.4 试验方法	(37)
1.9 离子交换膜、树脂	(37)
1.9.1 引言	(37)
1.9.2 离子交换膜	(37)
1.9.3 离子交换树脂	(45)
1.9.4 展望	(48)
1.10 水银	(48)
1.10.1 性质	(48)
2 制 造 法	
2.1 天然碱	(50)
2.1.1 马加迪天然碱	(50)
2.1.2 美国的天然碱	(51)
2.2 氨碱法	(53)
2.2.1 纯碱、氯化铵	(53)
1) 苏尔维法	(53)
i) 概要	(53)
ii) 制造原理	(54)
iii) 设备和操作	(56)
iv) 消耗定额	(62)
2) 联碱法	(62)
i) 概要	(62)
ii) 制造原理	(63)
iii) 设备和操作	(64)
3) 氢氧化钠的碳化	(67)
i) 概要	(67)
ii) 湿法	(68)
iii) 干法	(69)
iv) 与其他过程的结合法	(69)

4) 其他方法	(69)
i) 熬煮法	(69)
ii) Zahn法	(69)
iii) 氨碱法	(70)
2.2.2 烧碱	(70)
1) 概要	(70)
2) 石灰法	(70)
i) 制造理论	(70)
ii) 设备和操作	(71)
3) 其它方法	(74)
i) 氧化铁法	(74)
ii) 硅氟化物法	(74)
2.2.3 联产品	(74)
1) 碳酸氢钠	(74)
2) 碳酸氢三钠	(76)
3) 氯化钙	(76)
4) 碱性碳酸镁	(77)
5) 氢氧化镁	(78)
6) 水泥	(79)
2.3 电解法	(79)
2.3.1 整流	(79)
1) 半导体整流器	(80)
2) 半导体整流器的优点	(81)
3) 半导体整流器的缺点	(82)
4) 可控硅整流器和半导体整流器的特性比较	(82)
5) 整流设备的大容量化	(82)
6) 整流设备的使用状况	(82)
2.3.2 盐水精制	(82)
1) 原盐的洗涤和溶解	(82)
2) 钙、镁和铁的去除	(85)
3) 硫酸根的去除	(86)
i) 氯化钙法	(86)
ii) 钡盐法	(87)
4) 微量重金属的去除	(88)
5) 除游离氯	(89)
6) 沉淀分离	(90)
i) 沉淀生成的条件	(90)
ii) 沉降、浮上的促进剂	(91)

iii) 沉降分离·····	(91)
iv) 浮上分离·····	(93)
v) 过滤·····	(95)
7) 盐泥的处理·····	(96)
i) 防止水银向盐泥中转移·····	(96)
ii) 盐泥的过滤和水银的提取·····	(97)
iii) 处理盐泥的其它措施·····	(97)
8) 测量仪表·····	(97)
2.3.3 电解·····	(97)
1) 水银法电解·····	(97)
i) 理论及电槽的化学工程学·····	(97)
a) 电解原理和电压·····	(97)
甲) 水银法的原理·····	(99)
乙) 理论分解电压·····	(99)
丙) 阴极电位·····	(100)
丁) 阳极电位·····	(101)
戊) 溶液电阻电压降·····	(102)
己) 电压平衡·····	(103)
b) 电流效率·····	(104)
c) 能量平衡·····	(109)
d) 水银的流向·····	(116)
e) 解汞及解汞能的回收·····	(119)
f) 最佳化·····	(125)
ii) 电槽的种类与特性·····	(127)
a) 水银法电槽的演变及历史·····	(127)
b) 名牌电槽的特征和特性·····	(131)
甲) 电槽的各部件·····	(131)
乙) 各种电槽的特征·····	(131)
· 东洋曹达式东曹—V 型电槽·····	(131)
· 三菱瓦斯化学(单式)电槽·····	(132)
· 吴羽式UC—26型电槽·····	(133)
· Uhde式350—15M型电槽·····	(135)
· Olin式E—812型电槽·····	(136)
· DeNora 式33M2型电槽·····	(137)
iii) 运行的要点·····	(139)
a) 电槽气体中氢气含量的控制·····	(141)
甲) 与盐水的关系·····	(141)
乙) 与水银的关系·····	(143)

丙) 与电气要素的关系	(144)
b) 电槽电压的管理	(144)
iv) 产品的质量和用途	(145)
v) 消耗定额和成本	(147)
vi) 水银法和隔膜法的经济比较	(147)
a) 原盐	(148)
b) 精制费	(148)
c) 防止公害费	(149)
d) 劳动生产率	(149)
e) 能源费用及食盐分离	(149)
f) 设备费和特种材料费等	(149)
vii) 防止汞害的指导方针	(153)
a) 基本措施	(153)
b) 具体的处理方法	(155)
c) 参考	(157)
2) 隔膜法电解	(162)
i) 序言	(162)
ii) 理论和电槽工程学	(163)
a) 理论分解电压	(163)
b) 阳极	(164)
甲) 人造石墨电极	(165)
乙) 金属阳极	(168)
c) 阴极	(171)
d) 隔膜	(172)
甲) 紧密式隔膜	(175)
乙) 过滤式隔膜	(178)
e) 电压平衡	(179)
f) 电流效率	(179)
g) 物料平衡 热量平衡 其他	(182)
h) 构造及材料	(184)
iii) 电槽的种类及特性	(185)
a) 老式的电槽	(185)
b) 近年来使用的电槽	(185)
iv) 操作管理	(194)
a) 单耗	(195)
b) 安全操作	(195)
c) 效率的测定法	(196)
d) 产品质量	(196)

3) 海水电解	(196)
i) 研究海水直接电解的历史	(196)
a) 专卖局铃木的研究	(196)
b) 帝国人造丝公司井上的研究	(196)
c) 其它	(197)
ii) 最近的海水电解	(197)
a) 海水直接电解生产次氯酸钠	(197)
b) 用水银阴极直接电解海水	(200)
c) 其它	(201)
iii) 海水的淡化及其中所含物质的充分利用	(201)
a) 多段闪蒸型造水法概要	(202)
b) 多段闪蒸造水装置的优点	(203)
c) 双重—多重目的海水淡化装置	(203)
d) 多段闪蒸型造水装置规格举例	(203)
e) 多段闪蒸型蒸发装置的浓缩海水组成举例	(203)
f) 海水浓缩所得副产物的回收	(203)
g) 离子交换膜法电渗析	(203)
h) 浓缩海水的精制	(207)
i) 隔膜法电解	(208)
j) 浓碱液中的钾	(208)
k) 隔膜法电解实验中液体的组成	(208)
2.3.4 蒸发、精制	(209)
1) 蒸发	(209)
i) 理论(蒸发装置的平衡)及蒸发效数	(209)
a) 热量平衡	(209)
b) 效数	(211)
ii) 设备	(211)
a) 蒸发器的构造	(212)
b) 材料	(212)
c) 进液方式及蒸汽消耗量	(212)
iii) 运行	(215)
a) 运行方法	(215)
b) 洗罐	(217)
2) 精制	(217)
i) 除盐	(217)
a) 复盐法	(217)
b) 水合物法	(217)
c) 液氨萃取法	(221)

ii) 除铁	(222)
iii) 脱色	(223)
2.3.5 液氯	(223)
1) 液化理论	(223)
i) 冷冻的基本单位	(223)
a) 显热和潜热	(223)
b) 热焓	(223)
c) 熵	(224)
d) 冷冻单位	(224)
ii) 氯气的性质	(224)
iii) 液化氯气需要的理论热量	(224)
a) Q_1 (显热量)	(227)
b) Q_2 (潜热量)	(227)
iv) 氯气浓度与液化效率以及液化温度、压力的关系	(228)
a) 液化效率	(228)
b) 出口气体浓度与液化温度、压力的关系	(229)
v) 氯气液化器的传热理论	(229)
a) 氯气侧的传热机理	(230)
b) 冷冻剂的传热机理	(231)
c) 锅垢系数	(231)
d) 温差	(231)
vi) 二段压缩机的冷冻理论	(232)
a) 冷冻能力的基本公式	(232)
b) 体积效率、中间压力	(233)
c) 冷冻能力的简易计算法	(235)
vii) 制造液氯所必要的动力计算	(236)
a) 压缩氯气所必要的动力	(236)
b) 冷冻机所必要的动力	(237)
c) 气体精制和包装工段所必要的动力	(237)
viii) 制造液氯所必要的冷却水量	(237)
a) 氯气冷却水的计算	(237)
b) 冷冻机的冷却水计算	(238)
c) 其它	(238)
2) 设备和操作	(238)
i) 气体的精制	(238)
ii) 液化	(242)
a) 氯气的送风机、压缩机	(242)
b) 液化方式和设备	(244)

甲) 空气稀 释 法.....	(245)
乙) KNZ-Diamond法.....	(245)
丙) 霍克斯特—伍德(Höchst Uhde)法.....	(247)
c) 贮槽和液面计的改进.....	(247)
iii) 液氯包装.....	(249)
a) 容器种类和特征.....	(249)
b) 包装方式.....	(249)
c) 包装时的注意事项.....	(249)
iv) 操作时的注意事项.....	(250)
a) 氯气的毒性.....	(250)
b) 防爆.....	(250)
3) 将稀氯气回收为浓氯气.....	(250)
2.3.6 盐酸、氯化氢.....	(251)
1) 盐酸合成的理论.....	(251)
i) 氯化氢的制 备.....	(251)
a) 直接合成法.....	(251)
b) 副产品.....	(252)
c) 木炭法.....	(252)
d) 食盐和硫酸分解法.....	(252)
e) 哈格里夫斯(Hargreaves)法.....	(252)
f) 其它方法.....	(252)
ii) 吸 收.....	(253)
iii) 吸收速度.....	(254)
2) 设备和操作.....	(254)
i) 直接合成法.....	(254)
ii) 副产盐酸.....	(258)
a) 膜式吸收塔和精馏装置的组合.....	(258)
b) 填料式吸收塔和萃取蒸馏装置的组合.....	(258)
c) 其它.....	(259)
iii) 木炭法.....	(259)
iv) 除去杂质的 方法.....	(259)
a) 游离氯.....	(259)
b) 铁离子.....	(260)
3) 无水氯化氢气体的制造.....	(260)
i) 直接合成法.....	(260)
ii) 由液氯和氢气燃烧制取无水氯化氢.....	(260)
iii) 蒸馏法.....	(261)
iv) 吸 附 法.....	(261)

4) 液态氯化氢的制造	(261)
i) 氯化氢的物理性质	(261)
ii) 液态氯化氢的制造设备和操作	(263)
iii) 包装容器	(264)
2.3.7 漂白剂	(264)
1) 次氯酸钠	(264)
i) 次氯酸钠的制造	(266)
ii) 次氯酸钠的质量及处理	(266)
a) 产品的规格	(267)
b) 分解反应	(267)
c) 贮存	(298)
2) 漂白液	(268)
i) 漂白液(次氯酸钙)的制造	(268)
ii) 产品及其贮藏	(271)
3) 漂白粉	(271)
i) 漂白粉(普通漂白粉)	(271)
a) 制法	(271)
b) 性质	(272)
ii) 稳定性漂白粉	(272)
iii) 含锂漂白粉	(273)
iv) 氯化磷酸钠	(273)
4) 漂粉精	(273)
i) 制造理论	(274)
ii) 制法	(274)
a) 碱式盐法	(274)
b) 中性盐法	(275)
iii) 质量及其它	(277)
2.3.8 氢气	(278)
1) 氢气的精制	(278)
i) 水银的除去及回收	(278)
a) 凝缩法	(279)
b) 吸附法	(279)
c) 药液洗涤吸收法	(280)
d) 氧处理法	(280)
ii) 除去其它杂质的方法	(280)
2.3.9 不产氢氧化钠的氯气制造方法	(280)
1) 使用硝酸的制法	(281)
i) 食盐和硝酸反应法	(281)

ii) 氯化钾和硝酸反应法·····	(281)
2) 使用无水硫酸的制法·····	(281)
i) 食盐和无水硫酸反应法·····	(281)
ii) 氯化氢和无水硫酸反应法·····	(281)
3) 电解法·····	(281)
i) 盐水电解法·····	(281)
ii) 熔融盐电解法·····	(282)
iii) 盐酸电解法·····	(282)
4) 氯化氢的氧化·····	(284)
5) 其它方法·····	(287)
2.3.10 电解工厂的设备费·····	(287)
1) 建设费估计·····	(287)
i) 估计范围的要点·····	(287)
ii) 估计条件、估计范围的明细·····	(287)
iii) 建设费估计结果·····	(288)
iv) 设备费的规模系数·····	(296)
补充 离子交换膜电解法·····	(297)
3 测量仪表·····	(314)
3.1 各工序的测量仪表·····	(314)
3.1.1 氨碱法·····	(314)
3.1.2 电解法·····	(315)
3.1.3 合成盐酸·····	(321)
3.1.4 液氯·····	(321)
3.1.5 漂白液及次氯酸钠·····	(321)
3.2 应用计算机进行工程管理·····	(323)
3.2.1 基本方针·····	(323)
3.2.2 在碱工业上的应用·····	(323)
3.2.3 实例·····	(325)
4 安全卫生·····	(328)
4.1 劳动安全·····	(328)
4.1.1 概况·····	(328)
4.1.2 安全卫生管理责任制·····	(331)
4.1.3 生产过程中的潜在危险·····	(331)
4.1.4 安全设计方针·····	(334)
4.1.5 人类工学·····	(336)
4.1.6 紧急措施·····	(339)

4.1.7 安全管理的方法	(342)
4.2 劳动卫生	(344)
4.2.1 有害的工作环境	(344)
4.2.2 防护措施	(345)
4.2.3 健康管理	(350)
4.2.4 职业病、中毒及其急救处理	(353)
5 制品	(359)
5.1 主要制品的性质	(359)
5.2 用途和联产品生产	(362)
5.2.1 用途	(362)
5.2.2 主要联产品的制法及单耗	(363)
5.3 二次、三次产品	(385)
5.3.1 碱的衍生物	(385)
5.3.2 无机氯产品	(397)
5.3.3 有机氯产品	(405)
5.3.4 原料有机药品	(412)
6 标准和分析方法	(417)
6.1 原材料	(417)
6.1.1 原盐	(417)
6.1.2 石灰石	(418)
6.1.3 工业用石灰	(419)
6.1.4 芒硝	(420)
6.1.5 工业用稀硫酸	(420)
6.1.6 工业用浓硫酸	(421)
6.2 产品	(421)
6.2.1 纯碱	(421)
6.2.2 烧碱	(423)
6.2.3 碳酸氢钠	(430)
6.2.4 液氯	(430)
6.2.5 盐酸	(431)
6.2.6 漂白粉及漂粉精	(433)
6.2.7 氯化钙	(435)
6.2.8 氯化铵(肥料用)	(436)
6.2.9 氯化铵(工业用)	(437)
6.3 食品添加剂	(439)
6.3.1 无水碳酸钠(纯碱)	(439)
6.3.2 氢氧化钠(烧碱)	(440)

6.3.3 氢氧化钠溶液(烧碱溶液).....	(440)
6.3.4 碳酸氢钠.....	(441)
6.3.5 盐酸.....	(441)
6.3.6 漂白粉.....	(442)
6.3.7 漂白精.....	(442)
6.3.8 次氯酸钠.....	(442)
6.3.9 氯化钙.....	(442)
6.3.10 氯化铵.....	(443)
6.4 工厂分析.....	(443)
6.4.1 氨碱法.....	(443)
6.4.2 电解法.....	(445)
6.5 各种分析法.....	(450)
6.5.1 各种分析方法的适用范围和界限.....	(450)
6.5.2 代表性的微量元素分析法的检出限度.....	(450)
6.6 环境保护.....	(465)
6.6.1 大气污染.....	(465)
6.6.2 水质污染.....	(469)
6.6.3 噪音.....	(475)
6.6.4 工厂排水分析法.....	(476)
7 包装、贮藏、运输.....	(487)
7.1 包装.....	(487)
7.2 贮藏.....	(487)
7.2.1 烧碱.....	(487)
7.2.2 液氯.....	(487)
7.2.3 盐酸.....	(487)
7.2.4 漂白液、漂白粉、次氯酸钠及漂粉精.....	(487)
7.2.5 氯化钙.....	(487)
7.3 运输.....	(490)
7.3.1 铁路.....	(490)
7.3.2 船舶.....	(495)
7.3.3 卡车.....	(497)
7.4 防灾的注意事项.....	(497)
7.4.1 处理碱工业制品的注意事项.....	(497)
7.4.2 剧毒品和高压气体的管理及运输中的注意事项.....	(497)
8 图表.....	(500)
8.1 溶解度(氯化钠、碳酸钠、碳酸氢钠、硫酸钠、氯化铵).....	(500)
8.2 烧碱中氯化钠的溶解度(温度、比重、溶解度之间的关系).....	(501)
8.3 氯化钠—氢氧化钠溶液的比重和浓度.....	(502)

8.4	盐水的比重	(503)
8.5	海水浓缩碱水及盐水的密度(与温度的关系)	(504)
8.6	盐水上的蒸汽压(附 氯化钾溶液)	(505)
8.7	海水、碱水、盐水的冰点	(506)
8.8	碱水、卤水的沸点上升(与温度的关系, 大气压)	(507)
8.9	盐水的比热	(508)
8.10	盐水的表面张力	(508)
8.11	盐水的粘度	(509)
8.12	盐水的电导率	(510)
8.13	沉淀洗涤	(511)
8.14	碳酸钠溶液的比重	(512)
8.15	氢氧化钠的相图	(513)
8.16	烧碱溶液的比重、浓度	(514)
8.17	烧碱溶液的比重、浓度、温度	(515)
8.18	烧碱溶液的沸点	(516)
8.19	烧碱溶液的比热	(517)
8.20	烧碱溶液的温度、浓度、焓	(518)
8.21	烧碱溶液的粘度	(519)
8.22	碱的PH值	(520)
8.23	蒸发水量	(521)
8.24	氯在水、盐水、盐酸中的溶解度	(522)
8.25	液氯的温度、蒸汽压、比重之间的关系	(523)
8.26	氯气的温度、粘度的关系	(524)
8.27	液氯的温度、蒸发潜热	(525)
8.28	液氯输送时的压力降	(526)
8.29	氯化氢的溶解度	(527)
8.30	盐酸的比重和浓度	(528)
8.31	盐酸的比重、浓度、温度之间的关系	(529)
8.32	盐酸的沸点	(530)
8.33	盐酸的冰点	(530)
8.34	盐酸上的氯化氢气体分压	(531)
8.35	盐酸的比热	(532)
8.36	盐酸的粘度	(532)
8.37	漂白液的比重、有效氯浓度	(533)
8.38	次氯酸钠溶液的比重与浓度	(534)
8.39	氯化铵溶液的比重	(534)
8.40	水溶液的稀释	(535)
8.41	硫酸的比重、浓度、温度	(536)