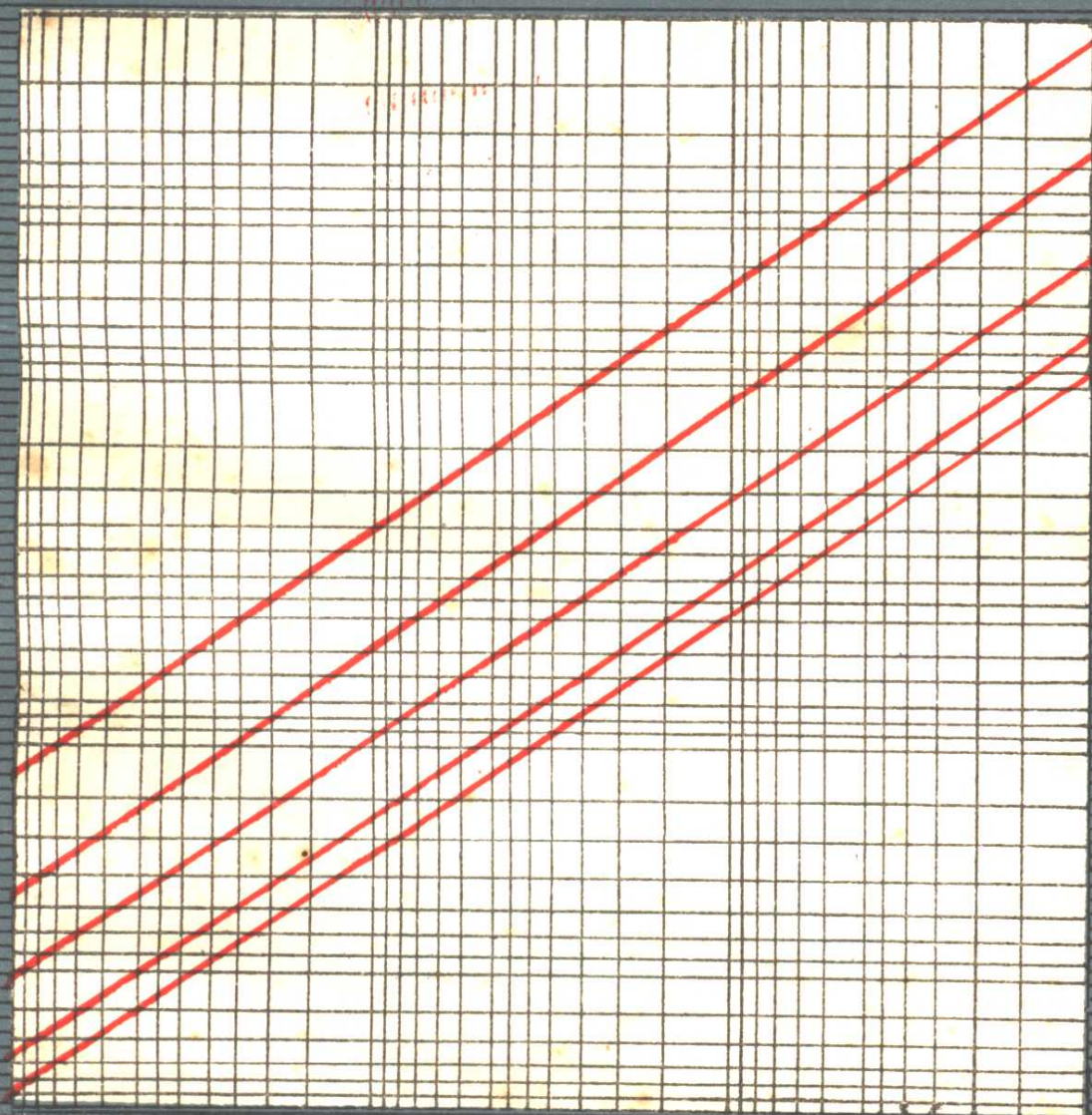


真空制盐



真空制盐

苏家庆	余南震	范天与	编著
欧阳城	王朝印	姚树华	
周家健	陈尚桢	简茂先	

轻工业出版社

内 容 提 要

本书较为详细地介绍了真空制盐生产过程，内容包括，卤水净化、卤水蒸发、盐的分离与干燥、加热管的结垢与处理、运输机械及仓储、加热管的腐蚀与防腐、仪表及自动调节等，并收编了制盐常用图表。本书力求理论联系实际，对一些生产现象提出了新的见解。

本书主要供从事真空制盐生产的技术人员使用，也可供盐业学校、设计、研究单位技术人员参考。

真 空 制 盐

苏家庆 余南振 范天与
欧阳城 王朝印 姚树华 编著
周家健 陈尚桢 简茂先

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米1/32 印张,12²⁸/₃₂ 插页,4 字数,282千字

1983年2月 第一版第一次印刷

印数: 1-2000 定价: 1.20元

统一书号, 15042·1725

前 言

本书是我国真空制盐专业第一部较完整的技术书籍。资料主要来源于生产实践，是生产、设计、科研的初步总结，是盐业工作者多年劳动的结晶。本书力求通俗易懂，加强了基础理论的叙述，并列出必要的工艺计算。对于真空制盐的发展方向和国外制盐技术，亦以作者之浅见推荐给各位读者，仅供参考。

本书在编写过程中，得到全国各有关盐厂、设计科研单位和有关院校的大力支持、帮助。自贡市盐务局熊明镜总工程师、自贡市井盐设计研究所吴麓苹副总工程师、钟仁工程师、轻工业部盐务局李伯年工程师对本书进行了审阅并提出了不少宝贵的修改意见，谨此表示衷心的感谢。

由于我们经验不足，水平有限，欢迎读者批评指正。

编者

目 录

绪论	(1)
第一章 卤水净化	(6)
第一节 卤水的种类及成分	(6)
第二节 净化卤水重要性	(14)
第三节 净化卤水的方法	(18)
第四节 主要设备的选用和计算	(42)
第二章 卤水蒸发	(48)
第一节 传热基础	(48)
第二节 蒸汽冷凝给热系数	(61)
第三节 对流给热系数 α_2	(67)
第四节 传导热阻力	(73)
第五节 传热系数的计算	(75)
第六节 传热推动温差	(80)
第七节 蒸发流程	(86)
第八节 蒸发设备	(91)
第九节 各效蒸发的计算	(99)
第十节 冷凝水的排除	(110)
第十一节 排盐	(122)
第十二节 真空系统	(125)
第十三节 提高设备生产能力的主要措施	(160)
第十四节 生产查定	(161)

第十五节 制盐母液	(163)
第三章 盐的分离与干燥	(165)
第一节 离心分离	(165)
第二节 盐的干燥	(174)
第三节 沸腾干燥器的计算	(195)
第四节 气流干燥器	(222)
第五节 转筒干燥器	(238)
第四章 加热管的结垢与处理	(240)
第一节 垢的种类及生成原因	(240)
第二节 垢的防止	(248)
第三节 垢层的处理	(253)
第五章 运输机械及仓储	(257)
第一节 胶带运输机	(257)
第二节 螺旋输送机	(282)
第三节 簸动运输机	(287)
第四节 斗式提升机	(290)
第五节 仓储	(299)
第六节 防止盐固结的方法	(302)
第六章 加热管的腐蚀与防腐	(304)
第一节 腐蚀的现象及原因	(305)
第二节 碳钢加热管的防腐措施	(314)
第三节 加热管材质的选择	(326)
第七章 仪表及自动调节	(332)
第一节 概述	(332)
第二节 压力测量仪表	(333)
第三节 温度测量仪表	(337)
第四节 流量测量仪表	(341)

第五节	液位测量仪表	(349)
第六节	自动调节概述	(350)
第七节	真空制盐中的自动调节	(353)
附录		(355)

- 一、食盐部颁标准（井矿盐部分）
- 二、饱和水及饱和水蒸汽性质表
- 三、水的物理性质
- 四、干空气在压力为 760 毫米汞柱时的物理参数
- 五、水在不同温度下的粘度
- 六、水的硬度换算
- 七、氯化钠的性质
- 八、氯化钠在水中溶解度
- 九、硫酸钠在水中溶解度
- 十、硫酸钙在水中溶解度
- 十一、硫酸钙在氯化钠水溶液中溶解度
- 十二、硫酸钙在卤水中溶解度
- 十三、硫酸钙在硫酸钠溶液中溶解度
- 十四、硫酸钠在不同温度下的氯化钠水溶液中溶解度
- 十五、氯化钠水溶液的沸点温度
- 十六、氯化钠水溶液的沸点与冰点关系
- 十七、氯化钠水溶液的比热
- 十八、盐类溶液的传热率
- 十九、卤水的粘度
- 二十、卤水的相对粘度
- 二十一、盐硝共饱点简表
- 二十二、Gerlach表
- 二十三、自贡地区各种卤水波美度与含盐量对照表
- 二十四、某些固体物质的导热系数
- 二十五、卤水波美度按15℃换算时的校正表

- 二十六、氯化钠水溶液的沸点上升曲线
- 二十七、氯化钠水溶液的溶解度及相律平衡曲线
- 二十八、水、海水、卤水粘度与温度的关系
- 二十九、盐类溶液的沸点上升图
- 三十、盐类的溶解度图
- 三十一、空气的焓湿图

绪 论

食盐是人类生活中必不可少的营养素，又是若干化学工业的基本原料。因此，制盐工业在各国的国民经济中，均占有重要的地位。

一、盐的种类和性质

盐有各种分类法。以不同原料而言，可分为海盐、湖盐、井盐和矿盐；以制取方法而言，可分为真空盐（包括再制盐）、平锅盐、日晒盐和粉碎盐；以盐的纯度和用途而言，可分为一般食用盐、餐桌盐、精盐和工业盐等。此外，大多数化工厂直接使用卤水作原料，称为液体盐。各种盐的成分要求及氯化钠的性质详见附录。

二、盐在国民经济中的重要意义

盐对于人类生活之必需为人所共知，它是生命不可缺少的一部分。人需要它，其它生命也需要它。可以说，没有盐就没有生命，没有人类。早在旧石器时代（距今约五千年），我们的祖先已经懂得了用盐佐食。古代，食盐作为极其珍贵的礼品用于奉贡，作为物质交换的媒介，起着货币的作用，甚至用于支付工资。如我国西藏和内蒙古，就将盐块充当流通的货币，罗马帝国军队的薪水也用盐来支付，叫“盐钱”（Salarium），英语的盐字（Salt）即由此演变而来。在

历史上，有些国家还因盐的生产和销售而爆发了激烈的战争。

盐在古希腊被誉为神圣的东西 (Divine)，对于表现不好的人被斥为“没有吃盐资格的人”而受鄙弃。盐对于城镇的形成和人口的集居起着特殊的作用，据说，最早的村落建于盐源丰富的死海北岸约旦河河口。

在古代，盐如此珍贵而重要，以致古罗马帝国派出了精锐的部队守卫在运盐道路上，以确保运盐的安全。

在我国一些朝代，盐还和铁、农业一起，成为国民经济三大支柱，起着稳定经济、巩固政权的作用。

近代，盐用途越来越广，除食用外，还是化学工业的重要原料。在工业发达国家，化工用盐可占 90% 以上。据估计，盐和盐的衍生物，全世界有一万五千种之多。纯碱、烧碱、合成盐酸、氯气、合成橡胶、塑料、合成纤维、农药、医药等，盐都是必不可少的基本原料。而这些化工产品又相应地影响着其它工业的发展。

盐还广泛用于溶化道路冰雪以及皮革、食品、水处理、冷冻、防冻，甚至火箭用的固体燃料也离不开制盐工业。

此外，盐在农业、畜牧业、渔业等领域里用途亦甚广。

制盐工业的副产物，如硼、钾、溴、碘、锂、铯、钡、镁、钙、铷、铯等盐类或其单质，都是极其重要的化工产品。冶金、染料、油漆、玻璃、造纸、化肥、照相、军工都程度不同地依赖于这些化工产品。

因此，从某种意义上讲，没有发达的制盐工业，就不可能有发达的化学工业，也就不可能有国民经济的全面发展。

三、真空制盐发展史

制盐工业是历史悠久的工业。蒸发卤水制盐的初始阶段是日晒制盐，相传我国虞舜时期已始，欧洲的意大利也在安卡斯，马特斯时期开始日晒制盐。制盐工业的第二阶段是敞口锅直接火加热，此法历史悠久，一直沿用至今。真空制盐是蒸发制盐发展的第三阶段，一般是多效加压和真空并用蒸发制盐的简称。单效真空蒸发器，一八一二年由霍华德(Howard)在英国利物浦(Liverpool)一家制糖厂初建。直至一八八七年，单效真空蒸发罐才由约瑟夫·M·邓肯(Joseph M Duncin)于纽约州银泉(Silver Springs, N.Y)首次用于制盐工业。第一套多效蒸发罐于一八三四年已用于制糖工业，但直至一八九九年多效蒸发罐才在美国曼尼斯蒂(Manistee)首次用于制盐工业。其它国家则使用更晚。一九〇〇年以后，多效真空蒸发制盐才得到大力发展。

从真空制盐的发明到现在，多效蒸发仍是主要的制盐方法，只不过在下列诸方面不断地改进而已。

(1) 发展离子交换膜浓缩海水，使淡化与制盐相结合。迄今日本采用离子交换膜制盐(卤)的已有八家公司，年生产能力已占日本总产量的五分之一。在国外，已有二十个日产四千吨以上的海水淡化厂，有十几个国家的一百多个单位在研究海水淡化和综合利用问题。

(2) 设备大型化、操作自动化。目前，国外最大的真空制盐厂建于意大利的希罗·马纳里·卡拉布里亚，产盐量为每年一百五十万吨，每班定员仅三人。美国计划建立最大的制盐蒸发罐直径为十五米，每个罐有四台加热室，每台加

热面积二千六百平方米，饱和卤水制盐的年生产能力约四百万吨。美国里特曼盐场，从卤水进罐到成品盐包装，完全是自动化操作，每班定员仅二人。

(3) 采用体积小，效能高的单元设备。罗马尼亚 佛尔恰化工联合企业氯碱车间制盐工段采用瑞士埃切维斯制造的离心机，转鼓直径五百毫米，生产能力高达每小时二十二吨。对于蒸发设备也在不断改进，力求提高生产强度。

(4) 努力提高热经济。国外真空制盐厂普遍采用 供热式发电机组和真空蒸发制盐配套，利用背压蒸汽，作制盐蒸发罐的加热蒸汽，使蒸汽二次使用，提高热利用率，降低生产成本。

(5) 解决严重的腐蚀问题。卤化物在高温下腐蚀严重，目前，世界上一般倾向采用耐腐蚀性强的金属或合金作加热管和设备衬里材料，如铜、铜镍合金、钛材等。

(6) 重视卤水净化，以提高盐质和产盐量，并结合 卤水净化，发展综合利用。

我国制盐工业亦有着悠久的历史，据史书所载，早在两千多年以前就有“……有盐池，积薪以齐，水灌而后焚之成盐”之说，开始了用火加热熬盐的制盐工业。而真空制盐在我国则是近代才出现，解放以后才逐步发展起来的。一九五八年，我国制盐工作者在青岛首建一座中央循环管式四效蒸发罐，真正开始了我国真空制盐历史。一九六四年，四川省盐务局设计研究所，一九六六年三月四川五通桥盐厂，一九六六年五月云南一平浪盐矿，一九六七年五月云南磨黑盐矿，一九六七年四川贡井盐厂分别建成中央循环管式四效蒸发罐。此后，湖北、湖南、四川、云南、新疆、东北以及上海、天津陆续新建许多真空制盐厂。制盐工艺不断革新，制

盐设备不断改进，自控水平不断发展，生产强度不断提高，我国真空制盐像雨后春笋蓬勃地发展，我国的制盐技术正向世界先进水平迈进。

第一章 卤水净化

第一节 卤水的种类及成分

真空制盐的原料是卤水,笼统地讲,卤水是一种含氯化钠(NaCl)为主的水溶液,一般还包含其他化合物,称为杂质。但是,析盐后的水溶液,其氯化钠含量小于总固形物的50%时,不再算作卤水,而叫做母液或苦卤。卤水由于制取方法不同,可分为天然卤水和人工卤水。

一、天然卤水

我国天然卤水盛产于四川及其附近各省,因其形成条件之异,其成分,色泽亦大不相同。天然卤水的分类法按地质学要求比较复杂,若按使用这些卤水的习惯而言,可以分为以下几种:在三迭系海相地层(距地表约1000米)带黑色悬浮物液体称为黑卤。在侏罗、白垩两系陆相地层(距地表约500米)带黄色悬浮物溶液称为黄卤。黄卤因其有含钡和无钡之分,又可分为有钡黄卤和无钡黄卤两种。近年来,由于我国石油工业和天然气工业的蓬勃发展,在油气田边界地带,附产一种含氯化钠较低的卤水,统称油田水和气田水。此外,一些天然咸水湖亦可称作天然卤水。大海里的水亦含有氯化钠,但其单独分类,称为海水,不归属天然卤水之列。

天然卤水的成因本书不作研究,但一般认为是亿万年前溶解有各种化学元素的海水经桑海之变,形成陆地咸水湖

(例如四川在古生代寒武纪时期,原是一海湾,经云南和南海相通)。一部分海水被埋藏于地下,形成原生天然卤水。由于地壳运动等外界条件(如温度、压力的变化及其它物质的渗入)的变化,使原生卤水发生变质作用,形成变质卤水。与大海隔离的海水,随着水分蒸发析出晶体,并随着地壳的变化而成岩盐、湖盐。同时,地下水流经盐岩层,溶化一部分岩盐,亦能形成天然卤水。

天然卤水的浓度,成分各不相同,浓的天然盐卤几乎接近饱和,如英国却什尔郡地下天然卤水;有的略淡,如我国四川省自贡市的各种黑卤,含氯化钠约12~18%;有的更淡,如五通桥牛华溪一带的黄卤,含氯化钠仅8~12%,五通桥葡萄井黄卤只含氯化钠6.5%;油田水和气田水含盐量更低,威远气田水只含氯化钠3~6%;四川巫溪县盐厂所使用的天然卤水,氯化钠含量低至只有4%左右。

天然卤水除含氯化钠而外,还含大量化学元素,如钙、镁、锶、钡、溴、碘、硼、钾、锂、铷、铯等。根据光谱分析,黄黑卤中尚含有痕量的钛、锆、银、镓、铬、钒、钼、镍、铋、铍、铀、镭等。这些都是极为有用的化学元素。

四川的自贡、五通桥一带天然卤水的开采,已达两千年之历史,四川蓬莱一带天然卤水近期也大量开采,其成分如下:

表 1-1 四川天然卤水成分

含 成分	样品名 称及 单位	黑 卤 (克/100克固体)	自贡无领黄卤 (克/100固体)	梁山黑卤 (克/升)	蓬萊有领黄卤 (克/升)	自贡有领黄卤 (克/100固体)	五通桥有领黄卤 (克/升)
Na ⁺		35.10	35.05	75.26	39.35	32.8	42.66
Mg ⁺⁺		0.27	0.45	1.16	1.302	0.58	1.09
Ca ⁺⁺		1.41	1.98	6.02	13.273	3.98	5.229
Sr ⁺⁺		0.04	0.16		1.969	0.27	0.46
K ⁺		1.21	0.66	7.34	1.026	0.36	0.267
NH ₄ ⁺		0.03	0.04	0.24	0.122	0.03	
Cl ⁻		58.8	59.30	136.47	122.22	60.20	75.38
SO ₄ ⁻		0.98	0.47	1.37	—	无	—
HCO ₃ ⁻		—	—	—	—	—	—
Br ⁻		0.29	0.38	0.37	1.472	0.49	0.661
I ⁻		67.1 × 10 ⁻⁴	84 × 10 ⁻⁴	0.038	0.03215	102 × 10 ⁻⁴	0.013
B(OH) ₃		1.64	1.43	—	—	—	—
Ba ⁺⁺		无	无	无	1.574	0.82	0.69
平均比重		1.145	1.091	1.156	1.131	1.099	1.180

湖北利川亦有天然卤水，其成分如下：

表 1-2 湖北利川天然卤水成分（单位：克/升）

NaCl	105	MgCl ₂	5.3
CaCl ₂	31.2	LiCl	0.0105
KCl	0.553	Br ⁻	0.927
SrCl ₂	0.88	I ⁻	0.017
BaCl ₂	1.859		

一些气田水，油田水虽浓度很低，但其产量颇大，此种卤水若不处理，不但浪费盐业资源，而且会污染环境，影响农业生产。我国油、气田水的利用已广泛开展，有的已设立了或正在建立制盐车间。其主要成分如下：

表 1-3 四川某地气田水主要成分表（单位：毫克/升）

氯化钠	65810	总硼酸	2690
氯化钾	6064	溴素	158
氯化钙	5926	碘素	14
氯化镁	3838	氯化铷	9
氯化锶	367	氯化铯	28
氯化钡	1856	氯化锂	825

实际上，此种卤水和有钡黄卤很相似。

此外，我国还有一种由于地下水流经盐岩层，溶解部分盐而形成的天然卤水，它随之带出地面，浓度极低，且随季节变化而变化。其主要成分如下：