



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

LIZIMO
SHAOJIAN
SHENGCHAI
JIS

离子膜烧碱生产技术



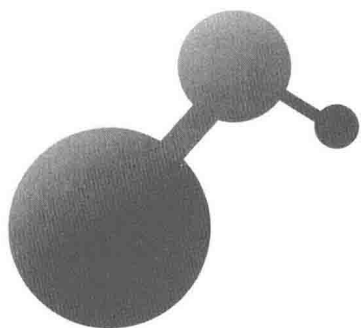
○ 王世荣 高 娟 主编



化学工业出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定



LIZIMO
SHAOJIAN
SHENGCHAN
JISHU

离子膜烧碱生产技术



○ 王世荣 高 娟 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是以真实产品离子膜法烧碱生产工艺流程为内容设计主线,阐述了当今离子膜法烧碱生产典型工艺过程,主要包括一次盐水制备、二次盐水精制、精制盐水电解、氯氢气处理和液氯生产五个方面的生产任务。在一次盐水制备过程中融入了流体输送、流体输送典型机械、膜分离技术、非均相物系分离化工单元操作技术以及岗位操作等基本技能;在二次盐水精制过程中介绍了传热化工单元操作技术和螯合树脂的使用、再生以及岗位操作技能;在精制盐水电解过程中,介绍了典型离子膜电解槽的工作原理、结构以及电解生产单元的开停车操作过程;在氯氢气处理过程中,把气体输送单元操作与典型输送设备的结构、性能与装置的开停车操作相结合;在液氯生产过程中,针对液氯生产岗位上的冷冻技术以及氯气液化技术进行了分析。本书内容具体、生动,更加注重学习过程与生产实际应用环节上的结合,是一次传统知识体系与现代生产岗位技能需求学习方式上有益融合的探索与实践。

本书满足了高职高专化工技术类专业学生学习专业课程用书的需要,适用于化工企业进行员工岗位技能培训与提高的培训用书,还可作为高职高专院校中从事化工类教学的专业教师和化工企业的技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

离子膜烧碱生产技术/王世荣,高娟主编. —北京:
化学工业出版社, 2015.3

“十二五”职业教育国家规划教材
ISBN 978-7-122-22708-9

I. ①离… II. ①王… ②高… III. ①烧碱生产-离
子膜电解-离子交换法-高等职业教育-教材 IV. ①TQ114.26

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 002163 号

责任编辑: 窦 臻
责任校对: 王素芹

文字编辑: 孙凤英
装帧设计: 刘剑宁

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延凤印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 15¼ 字数 393 千字 2015 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本教材建设的依据是教育部[2006年]16号文件关于《全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》精神,是在全面提升高职高专教学理念,明确高职教育的特色内涵、根本任务和中心工作,明确人才培养模式的基本特征;进一步加大课程建设与改革力度,大力推行校企合作,工学结合,切实加强实验实训基地建设,树立全新的教育教学质量观,大力提高教育教学质量的基础上建设的。本教材由校企人员联合编写,是省级精品课程“典型化工产品生产——离子膜烧碱生产”的配套特色教材,也是高等职业教育教学资源中心应用化工技术专业教学资源库中的课程资源库“离子膜烧碱生产操作”进行网络学习的配套教材,具备了前瞻性、实用性和代表性。被教育部审定为“十二五”职业教育国家规划教材。

本教材的建设充分体现了现代化工生产过程的岗位职业能力培养与提升,把化工总控工和无机反应工的职业资格标准所要求的能在本门课程中涵盖的职业能力要素融入教材建设中,使应用化工技术专业的学生与化工生产企业岗位上的操作人员通过学习本教材后,能达到中、高级化工总控工和无机反应工职业资格技能所具备的专业核心技能。

在教材建设过程中,依据工作过程系统化原则,将真实的典型化工产品离子膜烧碱生产工艺过程作为学习知识与技能的主线。在进行企业调研的基础上,认真分析了为完成离子膜烧碱生产岗位典型工作任务所必须具备的职业能力,研究了需要具备这些职业能力所对应的职业操作技能和必要的基本理论。在教材内容选取上,我们把完成这些岗位工作任务所需要的岗位技能和理论知识进行了归纳总结分类,并进行了解构与重构,选取了贴近离子膜烧碱生产工艺实际过程的五个典型工作任务作为教材内容学习的载体,通过采用“任务驱动、过程导向、理实一体”的教学模式,使学生能够在完成具体的工作任务的实践过程中,充分体验获取知识与技能的乐趣,感受理论知识与实际工作任务结合的使用效果,从而达到学以致用的目的。

在教材编写的过程中,我们充分考虑了高职高专学生和社会企业生产岗位员工的特点,将陈述性的知识转化为过程性知识,通过“做中学、学中做、做中教”的教学模式,采用化工管路与设备拆装训练、化工单元操作综合训练、化工仿真实训、化工生产性实训和生产现场教学的实施,以保证学生能通过该教材的学习,就可以完成岗位操作必需的应有的专业能力、社会能力和方法能力,从而实现提高就业竞争力和迁移发展潜力的人生目标。

本教材由王世荣、高娟联合主编。参编人员分工:王世荣、张善民负责离子膜烧碱生产任务与操作的编写;赵静负责任务1中流体输送方面内容的编写;洪淑翠负责任务1中膜分离技术的编写,曲慧负责传热部分的编写。李杰、高娟负责任务2、任务3、任务4、任务5中工业案例、原始记录、冷冻的编写。全书由王世荣统稿。李宗木、王晓莉、王玉芝等对书中的部分图片进行了绘制。

本教材在编写过程中得到了中国石化公司齐鲁分公司氯碱厂、烟台万华集团公司氯碱厂、淄博永大化工有限公司、淄博金柯工程设计有限公司等多位企业技术专家的热情帮助与

支持，淄博职业学院化学工程系的同行们也在编写过程中给予了大力支持。

谨向对本教材编写工作提供过帮助与支持的单位和个人表示衷心的感谢！

由于时间仓促及编写人员的水平有限，可能存在许多不足之处，请多提宝贵意见。

编 者

2014 年 10 月

目 录

工作任务概述	1
0.1 产品介绍	1
0.1.1 氯碱工业的基本特点	2
0.1.2 离子膜法电解制碱的历史	3
0.1.3 离子膜法与隔膜法、水银法制碱方法比较	5
0.2 工作计划任务安排	5
0.3 完成工作任务的生产工艺流程说明	5
0.4 生产过程中的技术管理与工作要求	6
0.5 安全环保与健康文明生产原则	7
0.6 课程性质与地位	8
0.7 做中学、学中做岗位能力训练题	8
任务 1 一次盐水制备	10
1.1 生产作业任务——一次盐水制备	10
1.2 一次盐水制备子任务——盐水溶液输送	11
1.2.1 流体力学研究对象	11
1.2.2 化工流体的流动	12
1.2.3 液体输送工作过程——流体输送机械	31
1.2.4 岗位操作技能训练	46
1.2.5 做中学、学中做岗位技能训练题	47
1.3 一次盐水的生产过程	49
1.3.1 生产原料——原盐	49
1.3.2 粗制盐水制备与 Mg^{2+} 去除的工艺流程	50
1.3.3 Ca^{2+} 去除的工艺流程	53
1.3.4 SO_4^{2-} 的去除	72
1.3.5 盐泥的洗涤与处理	73
1.3.6 一次盐水生产的开停车操作	97
1.4 工作任务总结与提升	101
1.5 做中学、学中做岗位技能训练题	102
任务 2 二次盐水精制	103
2.1 生产作业计划——二次盐水精制生产任务	103
2.2 二次盐水精制过程	103
2.2.1 二次盐水精制工艺流程图	103
2.2.2 二次盐水精制工艺流程叙述	104

2.2.3	二次盐水精制工序对一次盐水的质量指标要求	104
2.2.4	完成二次盐水精制任务的基础工作——传热操作	105
2.2.5	螯合树脂精制盐水的工作过程	128
2.2.6	螯合树脂塔的开停车操作	129
2.3	盐水二次精制的工艺操作要点	130
2.4	二次盐水精制过程中常见的异常原因及处理方法	130
2.4.1	ClO^- 未被去除	130
2.4.2	二次精制盐水 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 超标	131
2.5	二次盐水精制后盐水的质量控制指标	131
2.6	二次精制工艺操作岗位原始记录	131
2.7	二次精制岗位工艺操作仿真实训	133
2.8	工作任务总结与提升	133
2.9	做中学、学中做岗位技能训练题	133
任务3	精制盐水电解	135
3.1	生产作业计划——精制盐水电解工作任务	135
3.2	精制盐水电解的基本过程	135
3.2.1	电解过程的基本定律	135
3.2.2	重要概念解读	136
3.2.3	工业应用案例——离子交换膜电解槽	140
任务4	氯氢气处理	176
4.1	生产作业计划——氯氢气处理任务安排	176
4.2	氯气处理工艺生产过程	177
4.2.1	氯气物化性质	177
4.2.2	氯气处理过程工艺流程示意图	177
4.2.3	氯气处理过程的工艺流程叙述	180
4.2.4	事故氯气处理	193
4.2.5	氢气的洗涤冷却	193
4.2.6	氢气压缩输送	194
4.3	氯氢气处理开停车操作	194
4.4	氯氢气处理过程的正常工艺条件	196
4.5	氯氢气处理过程的生产正常控制指标	197
4.6	氯氢气处理过程的不正常现象的原因和处理方法	197
4.7	氯氢气处理工作过程的原始记录	198
4.8	氯氢气处理工作岗位上的安全要领	200
4.9	氯氢气处理工作过程化工仿真实训	200
4.10	工作任务总结与提升	200
4.11	做中学、学中做岗位技能训练题	201
任务5	液氯生产	202
5.1	生产作业计划——液氯生产工作任务	202
5.2	液氯生产任务完成工作过程	202
5.2.1	液氯液化目的与方法	202

5.2.2 氯气液化工艺流程	203
5.2.3 氯气液化工作条件	204
5.2.4 液氯生产的开停车操作	227
5.3 生产岗位正常操作控制工艺条件	229
5.4 不正常现象原因和处理方法	229
5.4.1 不正常现象之一的原因和处理方法	229
5.4.2 不正常现象之二的原因和处理方法	230
5.4.3 不正常现象之三的原因及处理方法	230
5.4.4 不正常现象之四的原因及处理方法	230
5.4.5 不正常现象之五的原因及处理方法	231
5.4.6 不正常现象之六的原因及处理方法	231
5.4.7 不正常现象之七的原因及处理方法	231
5.5 液氯生产工艺操作岗位原始记录	231
5.6 液氯生产工艺仿真操作实训	233
5.7 完成岗位的工作任务总结与提升	234
5.8 做中学、学中做岗位技能训练题	234
参考文献	235

工作任务概述



能力目标

- 能正确表述化工生产过程需要完成的基本工作任务与要求。
- 能结合实际生产运行指标运行情况，分析离子膜法烧碱生产与其他几类烧碱生产方法的区别。



知识目标

- 了解氯碱工业的基本特点。
- 掌握离子膜法制碱的优点。
- 了解工作计划任务的制订方法。
- 了解工作任务完成的生产工艺过程。
- 了解本课程的性质和地位。

0.1 产品介绍

(1) 产品的名称 离子膜法电解制碱的主要产品是烧碱，其化学名称为氢氧化钠，又叫火碱、烧碱、苛性钠，英文名称为 caustic soda。其副产品有氯气和氢气，其英文名称分别为 chlorine 和 hydrogen。

(2) 产品的规格 氢氧化钠：分子式 NaOH，相对分子质量 39.997，常温下纯的无水氢氧化钠为白色半透明结晶状、有光泽或略带颜色的固体，具有强腐蚀性，易溶于水，溶解时放出大量的热，并随水温度上升，其溶解度明显增加，固体烧碱暴露在空气里容易潮解，可作为干燥剂，但不能干燥二氧化硫、二氧化碳和氯化氢等气体。烧碱水溶液有滑腻感觉，能腐蚀人的皮肤，溶液越浓，烧伤力越强。固体烧碱的密度为 2130kg/m^3 ，熔点 318.4°C ，沸点 1390°C ，比热容为 $158\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。其化学性质极为活泼，烧碱溶液能使石蕊指示剂变蓝，使酚酞指示剂变红；与酸反应生成盐和水；与酸性氧化物反应生成盐和水；与卤族元素反应生成盐和水。工业用液体氢氧化钠的质量标准（GB/T 11199 一级 I 型）如表 0-1 所示。

表 0-1 我国工业用液体氢氧化钠的质量标准（GB/T 11199—89）

项目名称	产品级别					试验方法
	优级	一级		二级		
		I 型	II 型	I 型	II 型	
氢氧化钠/% $\geq$	32.0	32.0	29.0	32.0	29.0	GB 11213.1（甲法） GB 4348.1（乙法）
碳酸钠/% $\leq$	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06	GB 7698（甲法）

项目名称	产品级别					试验方法
	优级	一级		二级		
		I 型	Ⅱ 型	I 型	Ⅱ 型	
氯化钠/%≤	0.004	0.007	0.007	0.01	0.01	GB 11213.2
三氧化二铁/%≤	0.0003	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	GB 4348.3
氯酸钠/%≤	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	GB 11200.1
氧化钙/%≤	0.0001	0.0005	0.0005	0.001	0.001	GB 11200.3
三氧化二铝/%≤	0.0004	0.0006	0.0006	0.001	0.001	GB 11200.2
二氧化硅/%≤	0.0015	0.002	0.002	0.004	0.004	GB 11213.4
硫酸盐（以 Na ₂ SO ₄ 计）/%≤	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	GB 11213.6

外观颜色：溶液为无色透明液体

- 注：1. 甲法为仲裁或国际间贸易时采用。
2. 氢氧化钠溶液中碳酸钠测定必须采用甲法。
3. 两种试验方法未注明“甲”、“乙”时，可按适用范围选用。

0.1.1 氯碱工业的基本特点

氯碱工业是用电解饱和氯化钠溶液的方法来制取烧碱、氯气和氢气，并以它们为原料生产一系列化工产品。氯碱工业属于基本有机化工原料工业。基本化工原料通常是指“三酸两碱”，即盐酸、硫酸、硝酸、烧碱和纯碱，其中盐酸和烧碱是氯碱工业中的两种产品，再加上氯气和氢气可以进一步生产许多化工产品，所以氯碱工业及其相关的产品涉及国民经济和人民生活的诸多领域，除了应用化学工业外，在轻工、纺织、石油化工、冶金和公用事业等领域也均有很大用途，耗用烧碱和耗用氯气的产品已达数千种。据测算，每 10kt 烧碱生产装置可带动创造 6 亿~10 亿的工业产值，氯碱产量的高低，在一定程度上反映了一个国家的工业化水平。因此，氯碱工业在国民经济中占有重要位置。

氯碱工业属于化学工业企业的一类，它除了具备化工生产的易燃易爆、有毒有害、高温高压和易腐蚀等特点外，还有三个突出特征。

(1) 能源消耗大，主要是用电量大。

电能是氯碱工业的重要能源消耗之一，其耗电量仅次于电解法生产铝。每生产 1t 100% NaOH 所需要的交流电耗需要 2200~2400kW·h。在美国，氯碱工业用电量占总发电量的 2%；在我国氯碱工业耗电量占总发电量的 1.5%。各国始终把降低能耗作为电解法生产烧碱的核心问题来解决，把降低能源消耗、实现循环经济作为氯碱工业可持续发展的目标要求。

(2) 氯气与烧碱的市场用量要平衡。

电解饱和氯化钠溶液时，其产物按固定质量比例（1：0.885：0.0252）同时产出烧碱（NaOH）、氯气和氢气联产品。在一个国家和地区内，由于烧碱和氯气的供给结构不同，因而会出现烧碱和氯气的供需平衡问题。而产品氢气可以根据需要进行利用，多余的氢气可以排空处理，对环境不会造成危害。一般情况下，发展中国家，工业发展的初期用氯量较少，因为氯气是有毒有害的物质，不宜远距离输送，所以要以氯气需要量来决定烧碱产量，往往出现烧碱短缺；而石油化工和基本有机化工发展较快的国家和地区用氯量较大，同时会出现

烧碱过剩的问题。长期以来,烧碱与氯气的平衡问题始终是氯碱工业发展中的一对矛盾,如何协调氯碱平衡一直是氯碱行业长期面对的问题,业内人士认为关键在于围绕氯碱平衡这个核心,大力调整产品结构,由于精细化工对资源的依赖性小、投资少、见效快、附加值高、利润大、出口创汇率高,因此发展精细化工成为我国氯碱企业实现经济增长方式根本性转变的关键。通过发展精细化工,不断延伸产业链,实现行业的可持续发展。

(3) 腐蚀与污染。氯碱产品烧碱、氯气和盐酸及其中间产品如次氯酸钠等,均具有强腐蚀性,在生产、输送、储存和产品运输过程中,都需要按照每一类物质的物化性质考虑防腐问题。同样氯碱生产过程中的废渣如盐泥;废水如氯水、次氯酸钠;废气如氯气液化后的废氯气等“三废”问题,如果不能很好地解决,就会对环境造成污染。因此,防止腐蚀和防止环境污染问题一直是氯碱工业努力创新发展的方向。

0.1.2 离子膜法电解制碱的历史

烧碱和氯气生产使用具有悠久的发展历史,早在中世纪就发现了存在于盐湖中的纯碱,后来就发明了以纯碱和石灰为原料制取 NaOH 的方法即苛化法:



因为苛化法过程需要加热,因此就将 NaOH 称为烧碱,以别于天然碱 (Na_2CO_3)。直到 19 世纪末,世界上一直以苛化法生产烧碱。采用电解法制烧碱始于 1890 年,隔膜法和水银法几乎同时发明,隔膜法于 1890 年在德国首先出现,第一台水银法电解槽是在 1892 年取得专利,并于 1897 年在英国柴郡的朗科恩和美国实现工业化生产。食盐电解工业发展中的困难是如何将阳极产生的氯气与阴极产生的氢气和氢氧化钠分开,不致发生爆炸和生成氯酸钠,以上两种生产方法都成功地解决了这个难题。前者采用以多孔石棉隔膜将阴阳两极隔开;后者则以生成钠汞齐的方法使氯气分开,钠汞齐是产生于水银电解法过程中,利用流动的水银层作为电解的阴极,在直流电作用下使电解质溶液的阳离子成为金属析出,与水银形成钠汞齐而实现与阳极的产物氯气分开,水银电解槽是由电解槽、解汞器和水银泵三部分组成,形成两个环路,钠汞齐在解汞器中生成氢氧化钠和氢气,这样水银电解槽内就不需要隔膜。这样就奠定了两种不同的生产工艺的基础,并一直沿用至今,但是由于水银电解法排出的废气、废水和废渣中均含有水量的水银,往往会带来一定的环境污染,所以现在国内新建的氯碱厂一般不再采用水银电解法制取烧碱。

我国氯碱工业是在 20 世纪 20 年代才开始创建的。第一家氯碱厂是上海天原电化厂。1930 年正式投产,采用爱伦-摩尔电解槽,开工电流 1500A,日产烧碱 2t。到 1949 年为止,全国仅有氯碱厂 9 家,年产量 1.5 万吨。

新中国成立后,我国氯碱工业和其他工业一样,发展速度很快,烧碱年产量在 20 世纪 50 年代末为 37.2 万吨,平均年增长率为 36.1%;在 60 年代末为 70.4 万吨,平均增长率为 6.28%;在 70 年代末为 182 万吨,平均年增长率为 8.29%;80 年代末烧碱的年产量为 320.8 万吨,平均年增长率为 5.82%。1990 年全国烧碱产量为 331.2 万吨,仅次于美国、日本,占世界第三位。以后每年增加,1991 年为 345.1 万吨,1992 年为 373.5 万吨,1993 年达 390 万吨,均居第三位,烧碱由原来的进口国转为出口国。

我国在 20 世纪 70 年代初成功开发了金属阳极电解槽,1973 年上海桃浦化工厂小试成功后,1974 年即在上海天原化工厂投入工业化生产,到 1986 年金属阳极电解槽的产量已占烧碱总产量的 40% 以上。

离子膜电解制碱技术是 20 世纪 70 年代中期出现的具有划时代意义的电解制碱技术,与隔膜电解制碱技术相比,已被世界公认为技术最先进和经济最合理的氢氧化钠生产方法,是当今电解制碱技术的发展方向,因此离子膜电解制碱及其技术在国内外发展极为迅速。该法

具有节能、产品质量高、无环境污染，运行费用低、经济效益显著的特点，而被世界各国烧碱生产厂家广泛采用。

离子膜代替石棉隔膜在电解槽内的使用是一次划时代意义的技术性的革命，早在 20 世纪 50 年代和 60 年代，一些著名公司对这项崭新技术着手研究，但未能获得具有实用性的成果，其失败的主要原因在于其所选择的材料（当时研究的是带碳酸或羧酸基团的烃类阳离子交换膜），不能耐电解产物（原子氯和次氯酸）的侵蚀，尤其是氯的侵蚀，因此无法实现工业化。1966 年美国杜邦（Du Pont）公司开发了化学稳定性较好、用于宇宙燃料电池的全氟磺酸阳离子交换膜，即 Nafion 膜，并于 1972 年以后生产转为民用。这种膜能耐食盐水溶液电解时的苛刻条件，为离子膜法制碱奠定了基础。

日本旭化成公司于 1975 年 4 月在延岗建立了年产 4 万吨烧碱的电解工厂，当时使用的是杜邦公司的 Nafion315 膜，为离子膜法电解食盐水溶液工艺的工业化铺平了道路。1976 年旭化成公司自主研发了全氟磺酸、全氟羧酸膜取代了 Nafion 膜。

1985 年世界上已有 90 家氯碱厂应用了离子膜的烧碱生产工艺技术，烧碱生产能力达到万吨级。

1987 年 3 月，全世界离子膜法制碱装置烧碱生产能力 460 万吨/年，占总能力的 11%。

1987 年末，日本烧碱生产方法中，隔膜法占 29%，离子膜法占 71%。

1990 年，全世界离子膜法生产烧碱的能力已达 860 万吨/年，约占总烧碱生产能力的 18%。

经过 1990~2007 年的离子膜生产技术和设备制作技术的创新发展，电解槽和电解条件的合理设计等，从而使离子膜法的电流效率由过去的 80% 左右提高到目前的 95%~97%，槽电压也有很大降低。直流电耗由 20 世纪 70 年代的 $2700\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ 降到目前的 $2100\sim 2200\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ ，电解 NaOH 浓度也由过去的 23% 提高到 30%~37%。

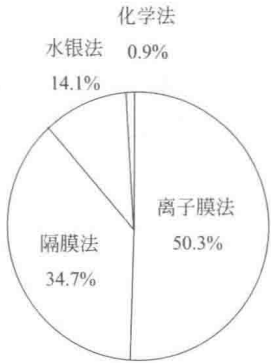


图 0-1 2007 年世界烧碱生产方法比例

至 2007 年，受美国次贷危机的影响，世界经济增长速度下降至 1.5%，但是以中国为主的新型发展中国家的经济持续景气，弥补了美国经济发展下降所带来的影响，维持了全球经济的繁荣。2007 年全球烧碱生产能力达到了 6777 万吨/年，其中中国占 32.2%，美国占 19.5%，日本占 7.4%，印度占 3.8%。全球的烧碱消费量为 5913 万吨/年，其中中国占 26.5%，美国占 19.1%，日本占 6.5%，印度占 3.5%。在烧碱生产方法中，离子膜法烧碱生产能力所占比例已超过 50%。见图 0-1。

我国烧碱生产能力 2008 年已达到 2200 万吨/年，离子膜法烧碱与隔膜法烧碱生产的规模大致相当。截止到 2012 年年底，全国烧碱装置生产能力达 3736 万吨/年，其中离子膜法产能为 3407 万吨，占总产能的 91.2%，隔膜法产能为 329 万吨，占总产能的 8.8%，隔膜法所占比例继续下降。自 2008 年到 2012 年，5 年内全国烧碱产能由 2472 万吨/年扩大到 3736 万吨/年，增加了 50%，产量由 1852 万吨增加到 2698.6 万吨，增加了近 46%。假如依此类推，到 2015 年全国烧碱产能将达到 4391 万吨/年。抑制产能过快增长，调整优化产业结构势在必行。随着新扩建项目投产，近几年中国氯碱行业产能扩张出现了新的特点——产能不断增加的同时，落后、老旧生产装置也在逐渐被淘汰退出市场，以产能置换方式淘汰相对落后的隔膜碱生产装置的产业内部结构调整仍在继续。在国家一系列政策的引导下，在日趋激烈的市场竞争的推动下，中国氯碱工业通过淘汰落后，创新发展，兼并重组，推动产业结构调整，提高产业集中度，实现氯碱行业的转型升级。以科学发展观和

循环经济理念为指导,以技术进步推动行业节能降耗,以精细化管理提高企业经济效益将成为行业未来的发展趋势。

0.1.3 离子膜法与隔膜法、水银法制碱方法比较

离子交换膜法制烧碱与传统的隔膜法、水银法相比,有如下优点。

(1) 投资省 离子膜法比水银法投资节省 10%~15%,比隔膜法节省 15%~25%。目前国内离子膜法投资比水银法或隔膜法反而高,其主要原因是离子膜法电解技术和主要设备均从国外引进,因而成本较高。随着离子膜法装置国产化率的提高,其投资成本会逐渐降低。

(2) 出槽的碱液浓度高 离子膜电解槽的出槽 NaOH 质量分数为 30%~35%,预计今后出槽浓度将会达到 40%~50%。

(3) 能耗低 离子膜法制碱吨碱直流电耗仅为 2000~2300kW·h,比隔膜电解法可节约 150~250 kW·h,综合能耗同隔膜电解法制碱相比,可节约 20%~25%。

(4) 碱液质量好 离子膜法电解制碱出槽碱液中一般含 NaCl 为 20~35mg/L,质量分数为 50%的成品 NaOH 中含 NaCl 一般为 45~75mg/L;质量分数为 99%固体的 NaOH 中含 NaCl<100mg/kg,可用于合成纤维、医药、水处理及石油化工等需要质量纯度高的方面。

(5) 氯气与氢气纯度高 离子膜法电解所得氯气纯度高达 98.5%~99%,含氧 0.8%~1.5%,含氢 0.1%以下,能够满足氧氯化法聚氯乙烯生产的需要,也有利于液氯的生产;氢气纯度高达 99.99%,有利提高合成盐酸和 PVC 生产所用氯化氢纯度。

(6) 无污染 离子膜法电解可以避免水银和石棉对环境的污染。离子膜具有较稳定的化学性能,几乎无污染和毒害。

(7) 离子膜法电解存在的不足 ① 离子膜制碱对盐水质量的要求远远高于隔膜法,因此要增加盐水的二次精制,即增加设备的投资费用;② 离子膜本身的费用非常昂贵,且容易损坏。目前国内尚不能制造,需要仔细维护,精心操作。

0.2 工作计划任务安排

目前无论是国内烧碱产品生产企业,还是国际上的烧碱生产企业,都越来越倾向于离子膜法制取烧碱。因为离子膜烧碱生产的产品质量、几乎对环境无污染和节能降耗效果明显等方面都比其他烧碱生产方法具有更多的优越性,所以离子膜烧碱受到了青睐。使用烧碱的用户也越来越倾向于使用离子膜法制取烧碱。为此,国内某离子膜烧碱生产企业接到了离子膜法烧碱产品需求订单合同一份,需要在一年内完成供货合同要求数量烧碱和液氯产品。该离子膜烧碱厂根据市场形势的变化情况,经经理办公会研究决定接受这份供求合同,并要完成生产任务,生产调度处和综合计划处联合下发了烧碱和液氯生产作业计划书。

0.3 完成工作任务的生产工艺流程说明

电解氯化钠饱和溶液生产的烧碱、氯气和氢气,除了应用于化学工业本身外,作为基础化工原料被广泛使用在其他行业,而且氯气和氢气还可以进一步加工成许多化工产品。

离子膜法烧碱生产任务主要可分为:① 一次精制盐水制备;② 二次盐水精制;③ 精制

盐水电解；④ 氯氢气处理；⑤ 液氯生产等工作任务。其基本工艺过程见图 0-2。

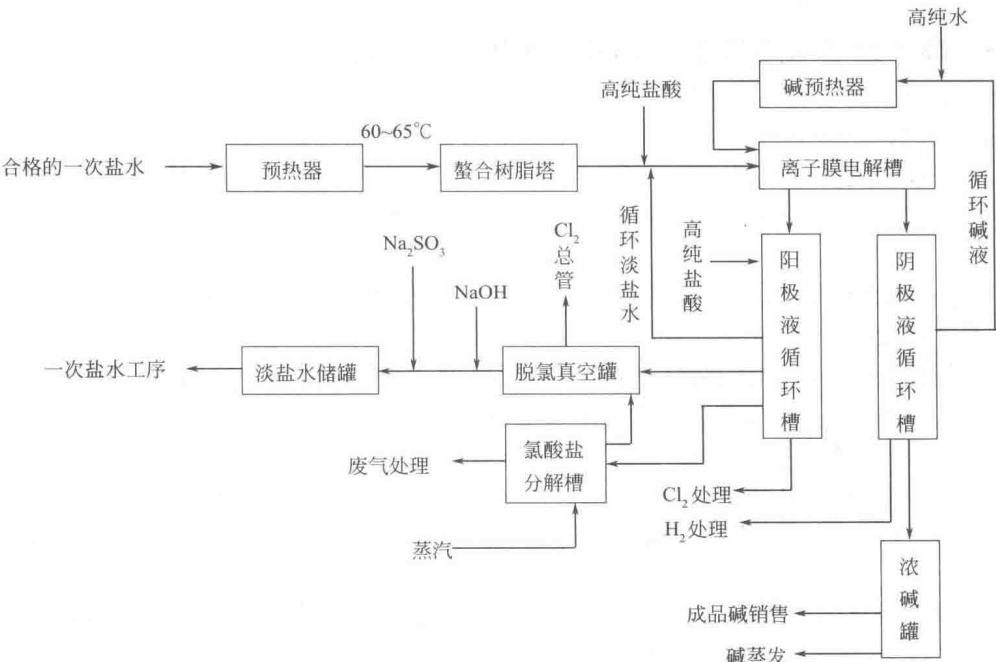


图 0-2 离子膜法烧碱生产工艺流程图

其中精制盐水电解是整个工艺生产过程的核心岗位，而盐水的制备则是保证电解盐水生产顺利进行的关键，也被氯碱生产技术人员称为“精制盐水是电解槽的血液，从本质上说电解制碱生产就是盐水质量的生产”。

0.4 生产过程中的技术管理与工作要求

生产调度室的工作人员要将本年度的生产作业计划书下达到公司各相关部门，各部门接到生产作业计划任务书后，要根据生产装置运行的实际情况，把生产任务分解到每个月内完成，并做好与相关部门的协调准备工作，包括原盐、纯碱、硫酸、三氯化铁等原料的采购；自来水、工艺气、仪表气、循环水和动力电等能源筹备；同时还要准备产品的计量、包装、运输等后续工作。

生产过程中的生产指挥人员、技术人员和操作人员要严格执行离子膜烧碱工艺技术规程。这是指导企业生产活动的重要依据，是生产技术管理的重要内容和各项工艺文件的核心。工艺技术规程是用文字、表格和图示等将产品、原料、工艺过程、化工设备、工艺指标、安全技术要求等主要内容进行具体的规定和说明，是一个综合性的技术文件，对企业具有法规作用。对每一种产品的生产都应当制定相应的工艺技术规程，否则生产就很难平稳安全运行。

在岗位进行具体操作的过程中，要依据岗位操作法操作。岗位操作法是根据目的产品的生产过程的工艺原理、工艺控制指标和实际生产经验编写而成的各生产岗位的操作方法和要求。其中对工艺生产过程的开、停车步骤，维持正常生产的方法及工艺流程中每一个设备、每一项操作都要明确规定具体的操作步骤和要求。对生产过程中可能出现的事事故隐患、原因和处理方法都要一一列举。操作人员必须严格按照岗位操作法进行操作，

确保安全生产，完成生产任务。岗位操作法编制依据是工艺设计给定条件和批准生效的工艺技术规程。

化工生产的连续性比较强，且一般为倒班生产，许多事故往往发生在岗位交接班期间，所以严格交接班管理，也是化工企业生产技术管理中的一个重要环节。交接班制度是化工连续性生产岗位上下班之间交接管理的基本工艺管理制度。交接班制度对生产的连续、平稳、安全运行起着有效的保证作用。交接班必须严肃认真、对口交接，要求岗位人员对口询问与交待有关工作。

化工生产有很多过程是在高温高压条件下进行，工艺流程复杂，存在很多不安全因素，危险大，安全生产要求高。在生产正常运行过程中，操作人员一定要做到巡回检查到位，建立巡回检查制度。巡回检查制度是指操作人员与设备管理人员按照规定的时间和路线对设备运行状况进行检查和控制的基本管理制度，是及时发现设备异常、排除设备隐患、防止设备事故、确保装置安全经济运行的重要手段和保证。严格巡回检查可更好地保证设备长周期运行，及时排除设备故障，能够贯彻“维护为主，检修为辅”的设备管理原则，不断提高设备管理水平。

加强岗位操作记录管理，提高操作记录的管理水平，确保生产正常运行的基础性原始资料的完整性。岗位操作记录是生产技术管理的原始资料，是抓好生产运行总结与分析和加强生产技术管理的重要依据。岗位操作记录应满足生产工艺技术管理的要求，包括生产过程中的控制、数量、质量等工艺参数，生产中发生的不正常现象及处理过程、主要设备的开停车等。岗位操作记录必须如实、完整、准确、清洗和及时，项目内容应该按不同生产特点和要求填写，做到简明易懂、直观、便于掌握和易于执行。

要切实抓好生产工艺技术管理，真实反映生产的客观实际，便于生产情况分析和不正常情况预测，建立规范的生产工艺技术管理台账，生产工艺技术管理台账的内容一般应包括：各产品主要工艺控制参数；各项技术经济指标完成情况；各主要产品产量、质量完成情况；各产品主要原料、燃料、动力及能源消耗情况；重要生产变化、调整及重大操作事故情况等。

加强生产消耗定额管理。产品消耗定额管理是生产技术管理的重要内容，是计划管理和经济核算的基础。生产过程中的原材料、辅助材料、燃料、水、电、汽等的消耗均属于消耗定额管理范围，必须加强控制与管理。消耗定额的制定应保证定额的先进性和可考核性，产品消耗定额的编制依据一般是本年度及历史的平均先进水平。要建立消耗定额的各种台账，加强统计核算分析，及时找出消耗升降的原因，并积极地采取措施，及时总结推广先进经验。通过节能降耗等一系列的管理工作，把各项生产管理措施通过操作人员的精心操作，就必然会生产出来产品质量高、生产成本低、能够满足市场客户需求的离子膜烧碱和液氯产品，促进国民经济的快速发展，并通过技术和管理的创新发展，提高氯碱工业的自主创新的能力。

0.5 安全环保与健康文明生产原则

今后化工标准化和质检工作的重点是以科技创新为动力，加强节能减排标准体系、消费品安全标准体系、食品安全标准体系、检测方法标准体系 4 大标准体系建设。加大采用国际标准力度，积极参与国际交流活动，提高标准质量，加强标准化技术委员会建设。化工标准化工作主要是近期围绕安全、健康、环保，做好化工标准制（修）订工作，加强 4 大标准体系建设（包括节能减排标准体系）。2008 年 9 月，中国石油和化学工业协会提出了 144 项标

准制（修）订要求，主要内容涉及节能减排产品、清洁生产、取水定额、单位产品能耗定额等标准与消费品安全标准体系。在国家标准委正在修订的《消费品安全标准体系框架》中，协会将制（修）订涂料、胶黏剂、染料等标准 41 项；食品安全标准体系。协会参与编制了《食品标准化“十一五”发展规划》，并提出制（修）订食品添加剂标准 113 项；检测方法标准体系。目前，协会已组织申报制（修）订检测方法标准 46 项，转换 REACH 法规检测方法标准 32 项，制定 PFOS 检测方法标准 6 项。

安全、环保、健康和文明清洁生产即实现生产方式安全、环境保护达标、生产现场清洁、员工行为文明、厂区环境美好。

实现安全生产，保护职工在生产劳动过程中的安全与健康，是企业管理的一项基本原则，是我国一切经济部门和生产企业的头等大事，是实现经济效益的客观需要，又是社会主义制度的要求。因此，在执行“生产必须安全，安全促进生产”这一方针时，必须树立“安全第一”的思想，贯彻“管生产必须同时管安全”的原则。

“安全第一”是指考虑生产时，必须考虑安全条件，落实安全生产的各项措施，保证职工的安全与健康，保证生产长期地、安全地进行；“安全第一”是各级领导干部的神圣职责，在工作中要处理好生产与安全的关系，确保职工的安全和健康；“安全第一”对广大职工来说，应严格地自觉地执行安全生产的各项规章制度。从事任何工作，都应首先考虑可能存在的危险因素，应注意些什么，该采取哪些预防措施，防止事故发生，避免人身伤害或影响生产的正常进行。

加强技术改造，依靠科技进步，实现环境保护措施力度与深度治理能力的逐步增强。环境保护工作只有紧密结合企业的生产经营实际，依靠科技进步，不断进行技术更新和技术改造，才能逐步增强环境保护措施力度和深度的治理能力，适应经济建设不断发展对环境保护工作的更高要求。

0.6 课程性质与地位

本课程是一门应用化工技术专业核心必修课。同时本课程更加贴近于无机化工生产操作工作指导书，适用于化工企业进行员工岗位技能培训。

通过本课程的学习使学生能熟练阅读工艺流程图；掌握工艺控制参数的控制方法；懂得典型化工单元设备的工作原理、结构特征、工作性能；能完成典型化工单元设备与生产工序的开停车与正常运行的操作方法；能读懂工序的生产作业计划书、明白三废处理的办法；掌握上、下工序生产协调的程序，并能及时发现生产问题，按照要求向相关人员汇报。能初步让学生树立生产清洁文明、遵章守纪的意识。

本课程的前续课程为《基础化学》、《化工仪表与自动控制》、《化工产品分析与检验》和《化工识图与绘图》，并与《典型化工产品生产（Ⅱ）——氯乙烯生产操作》课程相衔接，以实现学生的专业核心技能。

本课程在应用化工技术专业教育教学过程中，引领其他专业核心课程，是不可缺少的专业核心能力培养的支柱性课程。

0.7 做中学、学中做岗位能力训练题

- (1) 氯碱工业的基本特点是什么？
- (2) 氯气与烧碱的用量为什么要保持平衡？

- (3) 离子膜法制碱比隔膜法、水银法制碱，有哪些优越性？
- (4) 完成离子膜烧碱生产工作任务可分为哪几个主要任务？
- (5) 电解氯化钠饱和溶液生产的产物有哪几种？
- (6) 简述完成离子膜烧碱生产过程，需要做好哪些日常管理工作？