

CHUNJIAN GONGXUE

纯碱工业

中昊（大连）化工研究设计院有限公司 主编



中国化学工业出版社

纯碱工业

第三版

中昊（大连）化工研究设计院有限公司 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

《纯碱工学》是一部大型工学专著，第一版曾获得国家优秀科技图书奖和化学工业部科技进步奖。本书为第三版，内容全面修订。本书以氨碱法、联合制碱法、天然碱开采和加工为主要生产体系，并对其他生产方法作简要介绍。全书共分五篇 34 章，全面论述制造纯碱及其关联产品的生产原理、技术理论、过程控制、原材料、物热衡算、装置设备、储运包装、总图设计、供能供水、环保安全及其他有关工程方面的内容，书末有附录和索引。全书除纯碱工业专用单位外，全部采用法定计量单位。

本书既反映了中国纯碱工业的水平和特点，也介绍了国外纯碱工业技术经济的进展。内容丰富，系统性强，具有较高的学术水平和实用价值。

本书可供从事化学、化工的科技人员和相关院校师生学习参考。



图书在版编目 (CIP) 数据

纯碱工学/中昊 (大连) 化工研究设计院有限公司主编.

—3 版. —北京: 化学工业出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-122-20116-4

I. ①纯… II. ①中… III. ①纯碱生产 IV. ①TQ114.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 054870 号

责任编辑: 靳星瑞

文字编辑: 刘志茹

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 关 飞

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 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 67¼ 字数 1804 千字 2014 年 9 月北京第 3 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: 268.00 元

版权所有 违者必究

《纯碱工学》第三版编委会

- | | | | | | |
|-----|-----|---------------------------------|-----|-----|-----|
| 顾问 | 付孟嘉 | 叶铁林 | 王锡岭 | 张晨鼎 | 王金福 |
| 主任 | 周光耀 | 中国工程院院士、中国成达工程公司首席技术专家 | | | |
| 副主任 | 王化举 | 原中国纯碱工业协会会长、教授级高级工程师 | | | |
| 委员 | 周光耀 | 中昊(大连)化工研究设计院有限公司总经理、教授级高级工程师 | | | |
| | 付孟嘉 | 原《化工学报》主编、编审 | | | |
| | 王化举 | 中国纯碱工业协会会长、高级工程师 | | | |
| | 叶铁林 | 原内蒙古工业大学校长、教授 | | | |
| | 王锡岭 | 中昊(大连)化工研究设计院有限公司总经理助理、教授级高级工程师 | | | |
| | 张晨鼎 | 中国纯碱工业协会名誉会长、教授级高级工程师 | | | |
| | 王金福 | 大连理工大学教授 | | | |
| | 底同立 | 中国纯碱协会副秘书长、高级工程师 | | | |
| | 吕秉玲 | 原《纯碱工业》主编、高级工程师 | | | |
| | 齐玉娥 | 原龙山化工厂厂长、高级工程师 | | | |
| | 陈歆文 | 中昊(大连)化工研究设计院有限公司总工程师、研究员 | | | |
| | 包友兴 | 大化集团大连化工股份有限公司总经理、高级工程师 | | | |
| | 邵玉昌 | 江苏华昌化工股份有限公司总经理、高级工程师 | | | |
| | 张 伟 | 昊化骏化集团有限公司董事长、教授级高级工程师 | | | |
| | 胡 波 | 青岛碱业股份有限公司董事长、高级工程师 | | | |
| | 汤广斌 | 江苏井神盐化股份有限公司副总经理、高级工程师 | | | |
| | 郭汉光 | 内蒙古博源控股集团有限公司总裁、高级工程师 | | | |
| | 丁超然 | 中国天辰工程有限公司副总工程师(设计大师)、教授级高级工程师 | | | |
| | 贺占海 | 天津渤海化工集团规划设计院院长、高级工程师 | | | |
| | 李相福 | 大连大化工程设计有限公司总经理、高级工程师 | | | |
| | 王春凡 | 中昊(大连)化工研究设计院有限公司副总经理、教授级高级工程师 | | | |
| | 任明秋 | 郑州大学化工与能源学院副院长、教授 | | | |
| | 窦进良 | 大化集团大连化工股份有限公司副总经理、高级工程师 | | | |
| | 任保增 | 中国石化南化有限公司连云港碱厂总工程师、高级工程师 | | | |
| | 高志兴 | 原《纯碱工业》主编、教授级高级工程师 | | | |
| | 黄建华 | | | | |
| | 陈 萍 | | | | |

编审人员

- 周光耀 中国工程院院士、中国成达工程公司首席技术专家教授级高级工程师
- 王金福 中昊(大连)化工研究设计院有限公司总经理助理、教授级高级工程师
- 包友兴 杭州龙山化有限公司原化工厂厂长、高级工程师
- 刘晓莉 青岛碱业股份有限公司、高级工程师
- 齐玉娥 中国纯碱工业协会副秘书长、高级工程师
- 曾松峰 广东南方碱业股份有限公司开发部部长、高级工程师
- 王福航 大化集团大连化工股份有限公司质管科科长、高级工程师
- 王永飞 中昊(大连)化工研究设计有限公司防腐研究所所长、教授级高级工程师
- 赵晓舒 中昊(大连)化工研究设计有限公司高级工程师
- 俞文光 浙江中控技术股份有限公司工程副总、高级工程师
- 吴化楠 山东海化股份有限公司纯碱厂技术部部长、工程师
- 高志兴 大化集团大连化工股份有限公司副总经理、高级工程师
- 张合营 河南金山化工集团郑州金豫化工技术有限公司副总经理
- 张平安 河南金山化工集团郑州金豫化工技术有限公司部长、高级工程师
- 金晓明 浙江大学智能系统与控制研究所教授
- 董文林 石家庄双联化有限公司总工程师教授级高级工程师
- 胡书亚 中国天辰工程有限公司主任工程师、教授级高级工程师
- 李相福 中国天辰工程有限公司副总工程师、教授级高级工程师
- 胡浩德 杭州龙山化工有限公司副总经理、高级工程师
- 王春凡 天津渤海化工集团规划设计院院长、高级工程师
- 陈建如 江苏化工股份有限公司工艺总工程师、高级工程师
- 胡 波 江苏化工股份有限公司总经理、高级工程师
- 窦进良 中昊(大连)化工研究设计院有限公司副总经理教授级高级工程师
- 陈 萍 原《纯碱工业》主编、教授级高级工程师
- 丁超然 江苏井神盐化股份有限公司副总经理、高级工程师
- 王 远 江苏井神盐化股份有限公司副厂长、教授级高级工程师
- 郜长水 中昊(大连)化工研究设计院有限公司工程开发设计部主任、高级工程师
- 任保增 郑州大学化工与能源学院副院长、教授

张晨鼎 内蒙古工业大学原校长、教授
 任秋明 大连化工程设计有限公司总经理、高级工程师
 叶铁林 《化工学报》原主编、编审
 徐晓辉 中昊(大连)化工研究设计有限公司工程开发设计部副主任、高级工程师
 于英明 青岛碱业股份有限公司总经理、高级工程师

组 稿 陈 萍
 统 编 叶铁林
 审 定 周光耀

附：第一版编写人员

王 楚	吕秉玲	刘季芳	卢作德	蒋坤良	方天钺	孙锡吾
张大钧	刘玉其	程京波	叶铁林	罗蜀生	李国瑞	孟昭明
华士珏	张 震	段志骅	陈宝庆	华克刚	郭正翰	王玉田
王克仁	陈耀汉	陈学勤	刘金山	刘美华	门 闯	涂尚勤
刁金英	戴福生	禹振襄	蒋震旦	张浦大	彭素珍	郭炳琛

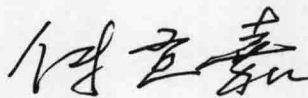
第二版编写人员

周光耀	王 楚	吕秉玲	叶铁林	蒋坤良	卢作德	方天钺
程京波	刘季芳	包友兴	李国瑞	王金福	陈 萍	王永飞
赵晓舒	徐志明	贺占海	张德燕	王红旺	罗蜀生	张晨鼎
戴连荣	铁金山	谭 洽	王清明	赵建国	容 维	俞文光
夏 亭	周世斌	赵仁清	石小川	贾海林	于 俊	吕径春
张润江	张福进	赵立志	王春凡			

序 言

一九九〇年为纪念我国化工先驱、世界著名制碱权威侯德榜诞辰 100 周年，我国部分纯碱专家通力合作，出版了第一版《纯碱工学》，并且获得了国家优秀科技图书奖和化学工业部科技进步奖，至今已逾 23 年，经历了两个版本，跨越了两个世纪。《纯碱工学》的出版促进了纯碱工业的发展，受到了业内外广大读者的欢迎，也传承了中国纯碱工业的业绩。中国在世界纯碱工业中占有重要地位，这是工业生产技术与其著述共同打造的。而今《纯碱工学》第三版即将问世，与其前两版相比，第三版又注入了新的内容，数据全面更新，有望成为一部与时俱进、不断更新的传世之作。《纯碱工学》第三版的出版，必将为纯碱工业的发展产生积极影响。我作为一名老的纯碱工作者，对《纯碱工学》第三版的出版表示祝贺。也借此机会向《纯碱工学》三版编写过程中所有作出贡献的组织者和编写者表示致谢。在侯德榜先生逝世 40 周年之际，2014 年出版《纯碱工学》第三版，以此缅怀这位制碱工业的先驱。我作为侯德榜先生的学生，有机会为此书作序，深感荣幸，也借此表示对侯德榜先生的深切怀念。希望此著作不断更新，继续传承，科学发展，不断再版，为纯碱工业的发展继续作贡献。

中国纯碱工业协会原理事长



2013 年 10 月 20 日

第一版序言

化学工业在现代工业体系中占有非常重要的地位，而制碱工业又是化学工业的基础部门之一，其产品纯碱是重要的基本化工原料，与钢铁、有色金属冶炼等重工业和造纸、玻璃、纺织，食品等轻工业部门以及科学文化事业、人民生活均有十分密切的关系，在国民经济中地位显著。

纯碱工业是我国创建最早的化学工业，在基础研究、工业技术、生产规模等方面均有雄厚的基础。近十年来的发展尤为可观，生产能力和产量均在世界各国中名列前茅。纯碱工业的不断发展带动了化学工业的发展，也为化学工业乃至其他科技领域培养了大批工程技术人才。

侯德榜博士是我国化学工业的奠基人，纯碱工业的创始人。他发明的“侯氏制碱法”使合成氨和制碱两大生产体系有机地结合起来，在人类化学工业史上写下了光辉的一页。在学术界也获得了相当高的评价。

侯老是继路布兰 (Leblanc)、索尔维 (Solvay) 之后世界著名的制碱专家。他学识渊博，不仅在化工技术方面才华出众，而且对基础化学研究也有较深的造诣。在这之前，制碱技术一直为少数人所垄断，处于绝对保密阶段。侯老以他渊博的知识，扎实的基础，过人的才智，把化学工业的基础理论和工程技术巧妙地融合在一起，经过艰辛的努力，发明了具有国际先进水平的“侯氏制碱法”，并将全部心血公布于众，一举打破了制碱技术的垄断局面，表现了一个科学家为科学事业、为全人类无私奉献的高尚情操。他在 1933 年发表的英文版专著《Manufacture of Soda》(《纯碱制造》，美国化学专著丛书)，是世界上公认最早的制碱权威著作，多次再版并译成其他文本广为流传。1959 年，他的中文版新作《制碱工学》出版，成为迄今为止的大型制碱专著。

在合成氨工艺的设计上，再一次显示了侯老渊博、扎实的知识功底和丰富的实践经验，他不是简单的从国外引进整套的技术设备，而是博采众家之长，亲自动手，精心设计，呕心沥血，独具匠心，不仅使工艺设计达到最先进水平，而且投资成本也大大降低。

侯老不仅仅是一个杰出的科学家和工程技术专家，还是一个乐于关心、帮助青年后代的好老师和品德高尚、令人敬佩的爱国企业家，抗战胜利的前一年，我急于想回到阔别多年的祖国，为振兴祖国的科技、教育事业贡献力量，为此，我给素未识荆的侯老写了一封信，希望得到他的指点和帮助。没想到他很快地就约见了，给予我极大的帮助和鼓励，这件事使我终生难忘。

20 世纪 60 年代初，在福州大学和中国科学院福建物质结构研究所创建初期，侯老不顾当时当地恶劣的经济环境和生活条件，欣然应邀前来指导工作，他这种乐于奉献、不求索取的献身精神至今仍然铭记在我们的心中。

侯老数十年如一日地从事科学技术活动，将自己的毕生精力都献给了科技事业，他一生刻苦钻研、勇于探索、勇于开拓，为科学技术的发展做出了巨大贡献。

在侯老诞辰 100 周年之际，为了纪念这位科学巨匠，缅怀和继承他的业绩，我国部分制碱专家通力合作撰著了《纯碱工学》这部大型工学著作，全面、系统地讲述了纯碱及其关联产品的生产原理、技术理论、工艺过程、设备及工程方面的有关内容，反映了我国纯碱工业的技术水平，是目前国内外同类书中内容较为丰富、具有较高学术水平和实用价值的大型工学专著。这部大型著作的出版对推动纯碱工业的发展一定会产生积极作用，对其他基础工业和新技术、高技术产业的发展也会起到推动作用。同时，相信对其他专业大型工学著作的撰著出版也将产生积极影响。

《纯碱工学》全体撰著者邀我作序，作为侯老的晚辈和学生，出于对他的崇敬和钦佩之情，我欣然命笔，写下了以上的话，意在纪念这位化学化工界老前辈诞辰 100 周年，弘扬他的业绩，学习他一生奉献的精神。同时，也与科技界的同行们共勉，让我们以侯老为榜样，面向四化，面向世界，面向未来，立足改革，立足竞争，立足创新。为促进我国的社会主义现代化建设，为人类进步和科学技术的发展贡献力量！

盧嘉錫

1990 年 3 月于中国科学院

前言

我国纯碱工业的开拓者侯德榜 1933 年在美国发表世界首部纯碱技术专著——英文版《Manufacture of Soda》(《纯碱制造》), 打破了西方在纯碱生产技术方面的垄断, 在世界产生深远影响。该书 1942 年第二版发行, 被许多国家译成多种文本, 侯德榜也为此成为世界制碱权威。到 1960 年, 侯德榜的又一部专著《制碱工学》在国内出版发行。促进了纯碱工业和化学工业的发展, 同时也为国内科技人员撰著技术专著打开了局面, 树立了榜样。《制碱工学》出版 14 年后, 侯德榜院士病故。为传承侯德榜创下的基业, 他的学生和同事们通力合作, 为纪念侯德榜诞辰 100 周年, 1990 年出版了《纯碱工学》。此书内容专一, 并突出了中国纯碱工业特色, 重点讲述了联合制碱技术, 成为一部系统、全面的纯碱工业大型工学专著。此书深受读者青睐, 两次印刷, 并获得国家优秀科技图书奖和化工部科技进步奖。随着世界科技进步和纯碱工业的发展,《纯碱工学》的内容也得到更新, 到 2004 年第二版《纯碱工学》问世。至此, 纯碱技术专著已不断更新, 跨越了两个世纪 70 年的历程, 成为一部与时俱进, 不断更新, 永葆青春的传世之作。为此, 当时的《中国新闻出版报》作为头条书评刊登在 2004 年 11 月 2 日第 3452 期。在这条纯碱工业技术专著的主线之下, 50 余部纯碱工业方面的著述陆续问世。伴随着纯碱技术专著的不断出版, 中国纯碱工业也不断壮大。到 2004 年, 中国纯碱产量已跃居世界首位。到 2012 年不仅产量稳居首位, 而且技术水平也是世界领先。中国纯碱工业作为中国化学工业的开端和先驱, 与其著述相互依存, 相伴发展, 相得益彰。

2004 年《纯碱工学》第二版出版后, 不久售罄, 至今又有 10 年过去了。10 年中纯碱工业与其他科学技术一样, 又有很大发展, 新技术、新工艺、新设备和新的生产控制方法不断涌现。而且一些老厂迁新址, 扩大规模, 新厂、矿也不断建设, 新读者也就随之增多。为了满足技术更新的需要和读者的需求, 为了适应新时期生产的发展, 为了保持《纯碱工学》的不断传承。2012 年开始组织修订, 2014 年将出版发行《纯碱工学》第三版。

第三版《纯碱工学》的内容保持了原有的风格, 而数据全面更新。重点放在“联合制碱”和“天然碱的开发和生产”。尤其是热法联碱, 将期望更加接近现实工程和生产实际。其他部分重点放在新工艺、新技术、新设备及其原理。生产控制也将是重点讲述的内容。本版内容仍分为五篇, 分别为绪论、氨碱法制碱、联合法生产纯碱和氯化铵、天然碱的开采和加工、公用设施与碱厂设计。但其中的章、节、段落有所增加。其中不同篇章中的通用内容将不重复介绍。此外, 关于纯碱生产过程中的物热衡算, 为了数据集中和便于比较, 不同方

法的物热衡算也都集中在氨碱篇中讲述。无法合并的新增内容，将另辟新章。由上版的三十二章增至三十四章，全书篇幅也相应增加。

本版仍由中昊（大连）化工研究设计院有限公司主编；编委会主任仍由中国工程院周光耀院士担任。修订者有二版作者延聘，也有部分新的纯碱专家加盟。在修订过程中，全体作者通力合作，力求反映纯碱工业在技术理论、工艺过程及控制、装置设备、工程设计、原料材料及天然碱开采和加工技术等方面的新成果、新进展，并且反映我国纯碱工业的特色和水平。力求保持侯德榜首创世界首部纯碱技术专著的领先地位，成为我国常备、传承的精品专著。然而，限于修编者的局限和水平，书中有不妥和疏漏之处，还望读者批评指正。倘蒙倾心赐教，深表谢意。

《纯碱工学》第三版的修订和出版过程中，得到了中昊（大连）化工研究设计院有限公司、中国成达工程有限公司、大化集团大连化工股份有限公司、江苏华昌化工股份有限公司、昊华骏化集团有限公司、青岛碱业股份有限公司、江苏井神盐化股份有限公司、内蒙古博源控股集团有限公司、中国天辰工程有限公司、大连大化工程设计有限公司、天津渤海化工集团规划设计院、成都天宝公司、大连化机设备有限公司、北京广厦环能科技有限公司、广东科进尼龙管道制品有限公司、上海费希尔阀门制造有限公司等单位的大力支持。中国纯碱工业协会原理事长付孟嘉先生为本书第三版作序，全体修编人员一并深表谢意。

2014 年是我国纯碱工业的开拓者侯德榜先生逝世 40 周年。此时出版《纯碱工学》第三版，以此作为我们对他的深切怀念和敬意。

叶铁林

2014 年 1 月

第一版前言

我国纯碱工业在化学工业中历史最久，生产技术、理论研究、生产能力均有雄厚基础。近 10 年来，生产能力成倍增长，在世界各国中已名列前茅。我国科学家侯德榜教授撰著的英文版《纯碱制造》、中文版《制碱工学》，被国内外学术界公认为制碱工业的权威论著。英文版《纯碱制造》是世界上出版最早的制碱专著，多次再版并评为其他文本，在世界广为流传，打破了当时世界纯碱生产技术的垄断局面，影响深远。这两部著作均年世已久，英文版《纯碱制造》距今已近 60 年，中文版《制碱工学》距今也已 30 余年。许多制碱工作者和关心科技出版事业的同志，希望新编《纯碱工学》，以使纯碱工业技术的发展得到系统总结，促进纯碱工业的发展，继承和发扬侯德榜的业绩。

化学工业部的领导同志十分重视此项工作，在秦仲达部长的关怀和指示下，于 1988 年 6 月召开了全国的关生产、设计、科研、教学等单位 and 化工部及出版社负责同志参加的《纯碱工学》编写会。并组成了编委会和编写组，拟定了编写大纲。秦仲达部长对编写大纲作了批示，并且对章节内容的安排提出了宝贵意见。按会议和编写大纲要求，会后即开始编写，计划在侯德榜教授诞辰 100 周年之际，1990 年 8 月正式出版发行，以此作为纪念活动之一，缅怀我国制碱工业的先驱侯德榜教授。

本书系工学体著作，内容以生产原理、技术理论、工艺过程和控制、物热衡算、装置设备、原料材料、储运包装以及其他有关工程方面的问题为主体，共分为五篇 32 章，另有附录、索引，100 余万言。本书本着集思广益的精神组织了有关专家参加编写。在编写过程中通力合作，并力求内容丰富，可读性强，既有学术水平又有实用价值，能反映我国纯碱工业水平和特点。然而，编写者在人才济济的纯碱行业中也只是微小部分，更限于编写人员的水平和撰著能力，加之编审时间也较仓促，书中有不妥和疏漏之处还望读者指正，以臻完善。倘蒙不吝珠玉，倾心赐教，深表敬意。

在编写过程中得到了化工部及有关厂所院校的大力支持，得到了纯碱行业同仁的通力协作，使本书得以按计划出版发行，全体编写者对此表示衷心感谢。

中国科学技术协会副主席中国科学院院长卢嘉锡院士，为纪念侯德榜诞辰 100 周年为本书作序，全体编写人员深受鼓舞，在此深表谢意。

本书全体编写人员对侯德榜院士表示深切的怀念。

编者

1989 年 12 月

第二版前言

我国纯碱工业在化学工业中历史最久，生产技术、理论研究、生产能力、工程设计和施工及装备制造均有雄厚基础，在世界各国中名列前茅。我国已故科学家侯德榜 1932 年发表的英文版专著《Manufacture of Soda》（《纯碱制造》），是世界最早的制碱专著，是当时世界公认的权威著作。此书多次再版并被译成多种文字的版本，在世界各国广为流传，影响深远。为纪念侯德榜诞辰 100 周年，继承他的业绩，我们集中了全国部分专家新编了《纯碱工学》，于 1990 年出版。该书出版后得到广大读者的好评，两次印刷，并获得了国家优秀科技图书奖和化学工业部科技进步奖。该书的出版对纯碱工业的发展和大型工学著作的编纂均有重要促进作用。为了适应十多年来科学技术的发展和保持我国在这一领域的优势，于 1996 年列入修订计划，2002 年开始在第一版的基础上进行全面修订。在 2004 年 8 月 26 日侯德榜逝世 30 周年之际，出版《纯碱工学》第二版，以此缅怀制碱工业的先驱侯德榜。

《纯碱工学》第二版，是在第一版的基础上补充了近十多年来科研、设计、生产以及天然碱资源勘测、加工、开采等方面的新成果和开发的新工艺、新产品、新设备、新理论，并有机地结合到有关章节。对陈旧内容适当删节，修订而成一部大型工学专著。以氨碱法、联合制碱法和天然碱加工法为主要生产体系。全书共分五篇 32 章，主要讲述生产原理、技术理论、工艺过程和控制、物料衡算、装置设备、原料材料、总图运输、供水供能以及其他有关工程方面的内容。另有附录、索引，共 160 余万字。本书二版修订者多属延聘一版作者，并聘请部分纯碱专家作为二版新作者加盟修订。作者代表广泛，有高等院校（如浙江大学、大连理工大学等）、设计研究院所（如大连化工研究设计院、中国成达化学工程公司、天辰化学工程公司等）、生产企业（如大连化工有限公司碱厂、天津碱厂、杭州龙山化工有限公司、内蒙古远兴天然碱股份有限公司等）的制碱专家，其中包括中国工程院院士、教授、高级工程师。在修订过程中全体新老作者通力合作，并力求理论联系实际，使读者得到从理论到实践的完整概念。反映纯碱工业在技术理论、工艺过程及控制、装置设备、工程设计、原料材料及天然碱开采和加工技术等方面的成果。并且反映了我国纯碱工业的特色和水平，具有较高的学术水平和实用价值，力求保持侯德榜首创世界第一部制碱专著的领先地位，成为我国常备保留的精品专著。然而，编写者在人才济济的纯碱行业中也只是微小的一部分，更限于编写人员的水平和撰著能力，书中有不妥和疏漏之处还望读者指正，以臻完善。倘蒙不吝珠玉，倾心赐教，深表谢意。

《纯碱工学》第二版出版过程中，得到了大连化工研究设计院、唐山三友集团有限公司、内蒙古伊科科技有限公司、天津碱厂、大连化工有限公司、杭州龙山化工有限公司、中国成达化学工程公司、湖北双环科技股份有限公司、内蒙古远兴天然碱股份有限公司等单位的大力支持，对此表示衷心感谢。

本书二版仍以卢嘉锡先生为一版所作之序为序言，以表对卢先生的怀念。对一版作者中已故的老专家也借此表示缅怀和敬意。

编者

2003 年 8 月

目 录

第一篇 绪 论 / 1

第一章 纯碱工业概述 / 3

第一节 纯碱工业的发展和现状	3	七、一水碳酸钠	33
一、纯碱工业在国民经济中的地位	3	八、十水碳酸钠	33
二、纯碱工业发展的国际背景	4	九、水玻璃	34
三、中国纯碱工业发展史	6	十、复混肥料	36
四、世界纯碱工业现状	11	十一、过氧碳酸钠	36
第二节 纯碱工业产品	20	第三节 纯碱工业设备名称、符号及专用 单位	37
一、纯碱	20	一、纯碱工业设备名称及国际符号	37
二、氯化铵	25	二、中国纯碱工业规模的划分	40
三、苛化法烧碱	26	三、纯碱工业专用单位及换算	40
四、小苏打	28	参考文献	41
五、氯化钙	30		
六、碳酸氢铵	32		

第二章 纯碱生产方法 / 42

第一节 概述	42	第四节 其他制碱方法	51
第二节 霞石制碱	42	一、钾钠矿盐生产纯碱及氮钾混肥	51
一、霞石和霞石制碱过程	42	二、有机胺制纯碱	52
二、霞石加工产品	45	三、阿克苏法制纯碱	56
三、霞石制碱与氨碱法比较	45	四、烧碱碳酸化法制纯碱	57
第三节 芒硝制碱	46	五、日本新旭法制纯碱	57
一、湿法 (ТИПХА 法)	46	六、离子交换法制纯碱	60
二、干法	47	七、井下循环盐钙联产制碱工艺	61
三、循环制碱法 (НИУИФ 法)	49	参考文献	63
四、芒硝有机胺制碱	51		

第三章 制碱原料 / 64

第一节 食盐	64	二、天然碱矿物及矿石	73
一、食盐的性质	64	三、中国常见的几种天然碱矿石及产品的 俗称	75
二、资源	65	四、天然碱的伴生矿物	76
三、中国工业用盐标准	70	五、天然碱矿物性质	76
第二节 石灰石和二氧化碳	70	六、天然碱矿物资源分布	78
一、石灰石	70	第五节 其他制碱原料	81
二、二氧化碳	71	一、芒硝	81
第三节 氨	72	二、霞石	83
第四节 天然碱	72	参考文献	83
一、天然碱的基本概念	72		

第四章 氨碱法制纯碱的理论基础 / 87

第一节 氨碱法生产纯碱的主要过程	87	要求	95
第二节 Na^+ 、 NH_4^+ // HCO_3^- 、 Cl^- 、 H_2O 体系相图分析	89	二、工业上所能达到的氨盐水浓度对碳酸化母液温度的要求	96
一、П. П. Федотьев 等人的工作	89	三、冷却不足时,可提高 $\text{TNH}_3/\text{TCI}^-$ 比来	98
二、 NaHCO_3 - NH_4HCO_3 - NH_4Cl 三固相点的数据	93	提高钠利用率 U_{Na}	98
三、 NaHCO_3 - NH_4HCO_3 二固相线的数据	94	四、氨盐水的最佳氨盐比	100
四、 NaHCO_3 结晶区的数据	95	五、盐水精制时生成的结合氨对钠利用率的影响	102
第三节 生产过程条件的相图分析	95	参考文献	103
一、不同温度的 P_1 母液对氨盐水浓度的			

第五章 石灰石的煅烧和石灰的消化 / 104

第一节 石灰石煅烧和石灰消化的工艺		一、混烧竖窑构造的主要要求	117
过程原理	104	二、石灰窑的主要结构	117
一、石灰石煅烧过程中的化学反应	104	第五节 石灰乳的制备	120
二、立式石灰窑煅烧过程中区段的划分	106	一、石灰的消化	120
三、影响石灰窑生产能力的因素	108	二、化灰机	122
第二节 工艺流程及控制条件	110	第六节 电石渣浆在纯碱生产中的应用	125
一、工艺流程	110	第七节 窑气的净化与冷却	126
二、控制条件	111	一、窑气成分及含尘量	126
第三节 石灰窑的工作指标及其计算	113	二、窑气的冷却与净化	126
一、碳酸钙的分解率	113	三、填料式窑气洗涤塔	127
二、石灰窑的生产能力	113	四、筛板式泡沫除尘器	127
三、窑气中二氧化碳含量	114	五、复合筛板洗涤塔	128
四、石灰窑热效率	115	六、梯形固阀多级洗涤塔	129
五、石灰窑物料和热量衡算	115	七、电除尘器	130
第四节 石灰窑	116	参考文献	131

第六章 盐水精制 / 132

第一节 盐水精制的目的及方法	132	一、精制原理	138
一、盐水精制的目的	132	二、工艺流程	139
二、精制盐水纯度的要求	132	三、工艺控制条件(以每吨纯碱为基准)	140
三、盐水精制方法	132	第五节 沉降原理及影响沉降的因素	141
第二节 粗盐水的制备	133	一、沉降原理	141
一、粗盐水的制备方法	133	二、影响沉降速度的因素	141
二、制备粗盐水的设备	134	第六节 盐水澄清设备和盐泥处理	142
第三节 石灰-纯碱法精制盐水	135	一、道尔式澄清桶	142
一、精制过程的原理	135	二、斜板式澄清桶	143
二、工艺流程	136	三、斯堡丁式澄清桶	144
三、工艺控制条件(每吨纯碱为基准)	137	四、蜂窝式澄清桶	145
四、石灰-纯碱法的优点	138	五、其他澄清设备	145
第四节 石灰-碳酸铵法精制盐水	138	六、盐泥处理	146

第七节 除钙塔	148	第八节 盐水精制过程中的结疤及处理	156
一、除钙塔的作用	148	一、结疤产生的原因	156
二、除钙塔的主要结构	148	二、预防及消除结疤的措施	157
三、除钙塔内吸收 NH_3 和 CO_2 情况	149	参考文献	157
四、除钙塔工艺计算举例	150		
五、除钙塔除钙热量衡算计算举例	155		

第七章 精制盐水的氨化 / 158

第一节 盐水氨化过程的原理	158	一、概述	165
一、盐水氨化过程中的化学反应	158	二、吸氨塔结构的设计原则	166
二、精制盐水氨化过程的吸收速度	159	三、吸氨塔的结构	167
三、精制盐水氨化过程的汽液平衡	160	四、吸氨净氨器	168
四、精制盐水的氨化效应	161	五、吸氨冷却设备	168
五、盐水氨化过程中的传质	162	六、氨盐水澄清桶及钛泵	171
第二节 工艺流程和控制条件	162	第四节 精制盐水氨化过程的物热衡算	171
一、吸氨流程的特点	162	一、查定数据	171
二、工艺流程	163	二、物料衡算	172
三、工艺控制条件	165	三、热量和换热面积衡算 (以 1t 碱计)	173
第三节 精制盐水氨化的设备	165	参考文献	174

第八章 氨盐水碳酸化 / 175

第一节 氨盐水碳酸化工艺过程原理	175	二、结疤及清洗	188
一、 $\text{NH}_3\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 体系的汽液平衡和液相中 各种组分的浓度分配	175	三、硫化物在碳酸化过程中的作用和 变化	191
二、氨盐水的碳酸化动力学	178	第四节 碳酸化塔	193
三、 NaHCO_3 的结晶动力学	180	一、索尔维碳酸化塔	193
第二节 氨盐水碳酸化的工艺流程、工艺 条件及操作控制	181	二、筛板式碳酸化塔	201
一、工艺流程	181	三、异径碳酸化塔	201
二、工艺条件	183	第五节 物料衡算和热量衡算	202
三、操作控制要点	184	一、物料衡算	202
第三节 碳酸化塔的工作状况和操作条件	186	二、热量衡算和冷却面积计算	205
一、各种参数的变化	186	参考文献	207

第九章 重碱 (粗碳酸氢钠) 的过滤 / 208

第一节 过滤工艺过程原理和流程	208	一、水平带式真空过滤机工作原理	225
一、概述	208	二、水平带式真空过滤工艺	227
二、过滤过程的理论基础	208	三、水平带式真空过滤机结构与操作系统	235
三、过滤工序的工艺流程	210	四、带式水平滤碱系统真空尾气洗涤装置	242
第二节 转鼓真空过滤机与真空装置	211	五、离心式真空装置	245
一、转鼓 (滤鼓) 式真空过滤机	211	第四节 重碱离心式分离装置	246
二、真空装置及吹风装置	220	一、重碱离心分离与真空过滤的比较	246
第三节 水平带式真空过滤机与离心式 真空机装置	225	二、重碱二次离心机过滤	249
		参考文献	251

第十章 重碱的煅烧 / 253

第一节 重碱煅烧的物化基础	253	第二节 重碱煅烧的工艺流程	254
---------------------	-----	---------------------	-----

一、炉气母液洗涤流程	256	一、重碱沸腾煅烧工艺流程	278
二、返碱预混流程	256	二、重碱沸腾煅烧炉	279
三、热碱回收流程	256	三、重碱沸腾煅烧工艺控制	279
第三节 煅烧设备的演变及其结构	257	四、沸腾煅烧炉的特点、存在的问题和 改进方向	280
一、煅烧设备的演变	257	第八节 凉碱装置	281
二、外热式回转煅烧炉	257	一、粉体流凉碱	282
三、无返碱煅烧炉	261	二、回转凉碱炉	286
四、蒸汽煅烧炉	262	三、流化床凉碱	287
五、自身返碱蒸汽煅烧炉	264	四、桨叶式凉碱	288
六、其他辅助设备	267	第九节 重碱湿分解	289
第四节 煅烧炉的操作控制	270	一、反应原理	289
一、出碱温度	270	二、重碱湿分解工艺流程	290
二、返碱量控制	270	三、分解塔	291
三、炉伸胀度	271	四、湿分解操作控制	292
四、炉头压力	271	第十节 重质纯碱的制造	293
第五节 蒸汽煅烧炉物料和热量衡算 实例	272	一、固相水合法	293
一、物料衡算	272	二、液相水合法	297
二、热量衡算	274	三、水溶法	299
第六节 工艺设计	277	四、挤压法	300
第七节 重碱沸腾煅烧	278	参考文献	311

第十一章 母液和淡液蒸馏 / 313

第一节 蒸氨过程的汽液平衡	313	第五节 母液蒸馏的操作控制	349
一、 $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ 系统	314	一、蒸馏温度	349
二、 $\text{NH}_3\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系统	315	二、废液含 NH_3 和过剩灰	349
第二节 母液蒸氨工艺流程	318	三、操作负荷	350
一、典型的正压蒸馏流程	320	四、停、开塔方法	350
二、真空蒸馏流程	320	五、扫塔方法	350
三、干石灰蒸馏流程	321	第六节 蒸氨塔物料和热量衡算	350
四、固体氯化铵蒸馏流程	324	一、物料衡算	351
五、工艺技术评述	324	二、热量衡算	353
第三节 蒸氨设备	329	第七节 蒸馏废液热量闪发回收	355
一、典型综合蒸氨塔	330	一、喷射法闪发回收流程	355
二、不带冷凝器的蒸氨塔	332	二、闪发器工艺计算	356
三、改良型蒸氨塔	334	三、蒸馏废液热量闪发回收操作	358
四、带机械搅拌装置的蒸氨塔	336	第八节 淡液蒸馏	359
五、筛板型蒸氨塔	337	一、淡液蒸馏工艺流程	359
六、预灰桶	340	二、淡液蒸馏操作控制	360
第四节 蒸氨塔工艺计算	342	三、淡液蒸氨塔设备	361
一、理论塔板	342	第九节 蒸氨塔的结垢及其处理	364
二、塔体设计	345	一、操作温度的影响	365
三、泡罩设计	345	二、晶态的影响	365
四、溢流管设计	347	三、过饱和值的影响	365
五、流体阻力计算	348	参考文献	366

第十二章 二氧化碳气的压缩 / 367

第一节 二氧化碳气压缩过程原理	367	一、等温压缩功的计算	367
------------------------------	-----	------------------	-----