

天然碱

— 第三版 —

资源·地质·开采·加工

叶铁林 编著



化学工业出版社

天然碱

— 第三版 —

资源·地质·开采·加工

叶铁林 编著

Tianranjian
Ziyuan Dizhi Kaicai Jiagong



化学工业出版社

· 北京 ·

此书为第三版,是在第二版的基础上注入新的内容,包括新的资源、地质状况和开采、加工、利用的新技术、新方法、新设备,以及天然碱工业新进展信息。

全书分为6章,主要包括四部分内容。1.天然碱资源,主要介绍了世界天然碱资源的分布、储量及资源开发状况;2.天然碱矿床地质,其中包括天然碱矿物、矿床类型、地质特征、矿床实例及矿床成因等;3.天然碱的开采,主要讲述了开采方法、原理、工艺过程和设备;4.天然碱加工,主要介绍了加工制纯碱、烧碱、小苏打等产品的生产方法、原理、工艺过程和设备等。

本书内容全面,实用性强,是目前国内、外天然碱领域中最系统、最为完善、最为权威的一部天然碱专著。可供有关工程技术人员、管理人员及大专院校师生学习参考。也可作为天然碱工业企业的职工培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

天然碱:资源·地质·开采·加工/叶铁林编著. —3版.
北京:化学工业出版社,2013.3
ISBN 978-7-122-16399-8

I. ①天… II. ①叶… III. ①天然碱 IV. ①P578.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第018299号

责任编辑:靳星瑞

文字编辑:孙凤英

责任校对:宋 玮

装帧设计:韩 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

710mm×1000mm 1/16 印张18 插页2 字数359千字 2013年6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:98.00元

版权所有 违者必究

第三版序言

世界天然碱资源丰富，开发和利用得到广泛关注。近几十年发展迅速，一些国家（如美国）天然碱已全部取代了合成纯碱。我国天然碱资源也很丰富，而且种类齐全，近些年也有长足发展。2010年我国天然碱加工产能已达180万吨，而且生产技术达到世界先进水平，并能承担国外天然碱矿的开采和加工厂的工程设计及建设。

1988年《天然碱》第一版出版，当年我国天然碱工业刚刚起步，作为首部天然碱的专著，以其内容全面、系统、翔实、理论联系实际、可读性强、实用价值高等特点，博得了广大天然碱开发者和读者的欢迎及好评，成为从事天然碱工作人员的必备书。在十几年的应用中对科研、设计、生产、教学和天然碱工业的整体发展均起到了积极作用。第一版经过修订，第二版至今到第三版出版已有24年了。《天然碱》成为跨世纪的传世之作，值得祝贺。此书不仅是国内外天然碱领域最为系统、全面的经典专著，而且也反映了21世纪的新资源、地质状况和开采、加工、利用的新技术、新信息。此书成为了解和学习天然碱不可或缺的必备书。《天然碱》第三版的出版，将对天然碱工业的发展产生积极影响。希望此书不断传承、再版。

中国工程院院士



2012. 11. 15

第三版前言

《天然碱》一书，于1988年首次出版。当年，中国天然碱工业规模化刚刚起步。作为首部关于天然碱的专著，以其内容全面、系统、翔实、理论联系实际、可读性强、实用价值高等特点，博得了广大天然碱开发者的欢迎和好评，成为从事天然碱工作人员的必备书和了解天然碱的参考书。在十几年的应用中，该书对设计、研究、生产、教学、管理和天然碱工业的整体发展，起到了积极作用。随着天然碱工业的发展和新读者的需求，2003年对《天然碱》第一版进行了修改补充，出版了第二版。至今，又有十年过去了，世界和我国天然碱工业都有了很大发展变化。许多新的天然碱矿产资源被发现、开采，世界天然碱工业成为纯碱的主要生产方法。一些国家已由天然碱加工代替了合成纯碱。一些国家加大了天然碱开发力度，完善了天然碱工业。我国已经形成了完整的天然碱工业体系，并由碱湖开采加工为主，转为以地下碱矿开采加工为主的天然碱工业体系。年产能已达180万吨以上，而且生产技术已经达到国际先进水平，并可承担国外天然碱厂矿的开采、加工设计和建设。在此情况下，又有新的天然碱工作者需要补充新内容的《天然碱》。

为了满足广大读者的需求，笔者结合21世纪以来天然碱工业的发展，更新了第二版的部分内容，修订发行第三版《天然碱》。其更新内容包括新的资源、地质状况和开采、加工、利用的新技术以及有关信息。本次出版力求为促进天然碱工业的发展做出新贡献。保持该书成为国内外天然碱领域最为系统、完善、权威的专著。

《天然碱》第一、二、三版编著过程中，承蒙刘群研究员、钱自强教授、张晨鼎教授、王红旺教授、李武高工、门闯高工、戴连荣高工、贺占海高工等专家的参与和指导。也参考了其近期发表有关天然碱方面的文献，在此一并致谢。中国工程院周光耀院士为《天然碱》第三版作序，为本书增辉。本人深受鼓舞，深表谢意。

由于笔者水平有限，书中有不妥之处，还望读者及各位专家指正。

叶铁林

2012年9月

第二版前言

《天然碱》一书，于1988年首次出版。当年，中国天然碱工业规模化刚刚起步。作为首部关于天然碱的专著，以其内容全面、系统、翔实、理论联系实际、可读性强、实用价值高等特点，博得了广大天然碱开发者的欢迎和好评，成为从事天然碱工作人员的必备书。14年来，对科研、设计、生产、教学和天然碱工业的整体发展起到积极作用，并被多次、广泛引用。如今，14年过去了，世界和我国的天然碱工业都有很大发展，我国已经形成了完整的天然碱工业体系，世界天然碱工业成为纯碱生产的主要方法，甚至有代替合成纯碱的趋势。在此情况下，又有一批新的天然碱工作者需要此书，成为《天然碱》新的读者，他们希望再度出版发行该书，而《天然碱》第一版书，也需要补充新的内容。

为了满足广大读者的需求，笔者结合21世纪天然碱工业的发展，使首部《天然碱》专著注入新的内容，再度出版。其中包括新的资源、地质状况和开采、加工、利用的新技术及天然碱新的需求变化等信息。本次出版，将以崭新面貌出现，为促进矿产资源的开发和利用，为天然碱工业的发展作出新贡献。

《天然碱》第一版和第二版编著过程中，承蒙刘群研究员、钱自强教授、郭炳琛教授、张晨鼎教授、王红旺教授、门闯高工、铁金山高工的审阅和指导，并吸收了他们近期有关天然碱方面报道的文献，在此一并致谢。

由于笔者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者指正。

叶铁林

2002年6月于北京

第一版前言

世界天然碱资源丰富，开采和利用的历史源远流长，但是大规模地开发和利用还是在 20 世纪 50 年代以后。随着大规模的天然碱矿床的不断发现，天然碱的开发和利用得到世界各国的广泛关注。尤其是近十几年，得到很大发展。我国天然碱资源也很丰富，开采和使用有悠久历史，近些年也有很大发展，但是，目前仍处于年轻的发展阶段，为了适应和促进天然碱开发和利用的发展，编著此书以求有所裨益。

此书较全面地概述了世界天然碱资源；矿床地质；开采和加工方法、原理，工艺过程及设备，以及开发和利用状况。在此之前，国内外尚无同类书出版，有者多属散在报道。此书的问世是国内外天然碱工作者工作之概述，笔者不过是其中一员。在对我国内蒙古、青海、宁夏、吉林、甘肃、河南等地天然碱及其他盐类矿床进行考察、开发和研讨工作的基础上，并吸收了国内外有关天然碱开发和利用的生产、科研、设计报道，编著而成此书。限于水平和撰著能力，不妥和挂漏之处还望读者斧正，以臻完善。

本书编著过程中，承蒙同行们的大力支持和鼓励。完稿后承蒙中国地质科学院研究员刘群同志和北京化工学院教授郭炳琛同志全面审阅并提出宝贵意见，在此一并致以衷心谢意。

叶铁林
1987 年 5 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 碱类产品概述	1
第二节 含钠碱类产品的来源和天然碱生产的发展	2
一、人工合成纯碱	2
二、天然碱加工工业及其生产的发展	3
参考文献	8
第二章 天然碱资源	9
第一节 天然碱的基本概念	9
第二节 天然碱资源类型	10
第三节 天然碱资源的分布	11
一、各大洲天然碱资源概况	11
二、世界天然碱资源的分布	25
第四节 我国天然碱资源	25
一、我国天然碱资源概况	25
二、我国天然碱资源的分布及特点	25
三、中国两大盐湖区	54
第五节 天然碱资源分布规律	58
一、古代地下深层天然碱矿床的分布规律	58
二、地表碱湖和浅层天然碱沉积矿床（沙下湖）的分布 规律	59
三、各类天然碱矿床分布的现代和古代环境	59
四、地下含碱水体的分布	59
五、浅层天然碱（沙下湖）及现代碱湖的伴生矿物或其矿床的 交替带状分布	60
六、世界天然碱的三大分布地带	60
七、天然碱矿床分布规律的控制因素	60
参考文献	61



第一节 天然碱矿物、矿石特征和经济价值	62
一、天然碱矿物特征	62
二、天然碱矿物及其经济价值	62
三、中国常见的天然碱矿石及其产品俗称	66
第二节 天然碱矿物性质及其鉴定	67
一、天然碱矿物的鉴定	67
二、天然碱矿物性质	67
三、天然碱矿物显微照片和标本照片(矿岩芯)	77
四、天然碱矿物结晶结构图	79
参考文献	81



第一节 天然碱矿床类型	82
一、按天然碱矿物的赋存状态分类	82
二、按天然碱矿的埋藏深度分类	82
三、按天然碱矿床成矿地质年代分类	82
四、按天然碱矿物的化学成分分类	83
五、按天然碱矿床沉积形式分类	83
六、按天然碱矿成矿物质来源分类	83
七、按天然碱矿床成因分类	84
第二节 天然碱矿床地质	84
一、天然碱矿床形成的地质时代	84
二、天然碱矿床与构造的关系	86
三、天然碱矿床的基本特征	86
四、天然碱矿床的水文地质及水化学特征	91
五、天然碱矿石品位及工业要求	97
六、天然碱矿床实例	98
第三节 天然碱矿床成因	112
一、天然 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 的形成	113
二、天然碱的成矿条件	118
三、天然碱矿床成因实例	120
参考文献	125



第一节 概述	127
第二节 旱采法	128
一、规模露天开采	128
二、人工露天开采	133
三、井巷开采	134
第三节 溶解开采法原理	141
一、溶解开采法简介	141
二、溶解开采法原理	142
第四节 地下深层天然碱溶解开采工艺	150
一、建井	151
二、建槽	154
三、采卤	155
四、溶采实例	161
第五节 浅层天然碱矿的溶解开采工艺	163
一、围堰	163
二、剥离排土	164
三、溶采生产	164
第六节 碱田日晒工艺	164
一、碱田日晒工艺的主要特点	165
二、碱田日晒工艺生产的基本条件	165
三、碱田建造	165
四、碱田生产工艺	167
五、碱湖卤水自然蒸发析盐规律	169
参考文献	174



第六章 天然碱加工

175

第一节 概述	175
第二节 天然碱加工的物化基础	176
一、溶解与结晶的基本概念	176
二、天然碱矿物的水盐体系相平衡	179
第三节 天然碱矿物原料的精制	191
一、天然碱矿石的破碎	191
二、溶解与结晶	192
三、澄清和过滤	193
四、有机质的清除	197
五、铁的清除	198
第四节 天然碱加工制纯碱和小苏打及芒硝碱	198

一、纯碱、小苏打和芒硝碱的性质、用途和产品标准	198
二、碳酸化法加工制纯碱和小苏打及芒硝碱	203
三、蒸发法加工制纯碱	236
四、天然碱加工制纯碱的其他方法	249
第五节 天然碱加工制烧碱	254
一、烧碱的性质、用途和产品标准	254
二、天然碱苛化制烧碱的原理	256
三、天然碱苛化制烧碱的工艺过程及设备	257
四、天然碱苛化制烧碱的发展前景	268
参考文献	268

符号及缩写说明	270
----------------	------------

索引（以词条首字母汉语拼音排序）	271
-------------------------	------------

后记	275
-----------	------------

第一章 绪论

第一节 碱类产品概述

在国民经济许多生产部门和日常生活中都要使用碱。碱类产品包括的种类很多，其中含钠碱类应用最为广泛，如：纯碱（碳酸钠） Na_2CO_3 、烧碱（氢氧化钠） NaOH 、洁碱（碳酸氢钠） NaHCO_3 俗称小苏打、硫化碱（硫化钠） Na_2S 或 $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 俗称臭碱、泡花碱（硅酸钠） $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ 俗称水玻璃、晶碱（十水碳酸钠） $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 、倍半碱（倍半碳酸钠） $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、芒硝碱 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4$ 等。这些都是含钠的化合物，溶于水呈碱性。除此之外还有钾碱（ KOH ）、桐碱（ K_2CO_3 ）也称柴碱以及有机碱、超强碱等碱类产品。

碱类产品是基本化学工业中大量生产的产品，也是基本化工原料。尤其是纯碱，它广泛地应用于化学工业，如：化肥、农药、无机盐、基本有机原料、合成橡胶、化纤、医药、染料、化学试剂等。纯碱是碱类中最基本的品种，以纯碱为原料可以制取其他品种的碱和无机盐等。例如：

- (1) 用石灰苛化法可以制取苛化烧碱；
- (2) 以碳酸化法可以用来生产洁碱（小苏打）；
- (3) 纯碱与硅砂在熔融条件下，可以制得泡花碱（硅酸钠）；
- (4) 以再结晶法可以制得晶碱；
- (5) 以硫化钡法和石灰硫化氢法，均可用纯碱制取硫化碱；
- (6) 以纯碱为原料可以制得各种含钠盐类。

纯碱还大量地用于玻璃、冶金、纺织、合成洗涤剂、印染、搪瓷、造纸、石油化工、食品等工业部门及民用。因此，纯碱被认为是基本工业原料之一，在国民经济中占有重要地位。由于它直接影响炼铝、玻璃、无机盐等重要工业部门的发展，所以在某种意义上讲，它的产量和用量可以标志一个国家工业发达的水平。

世界各国的纯碱使用情况大致相同，均以玻璃工业的消耗量最大。欧洲、美国、日本和我国纯碱用途的消耗量现状比较如表1-1。

表 1-1 纯碱各种用途的消耗量比较

单位：%

用 途	欧洲、美国、日本	中 国
玻 璃	40~55	40~50
化工产品	15~26	15~20
洗 涤 剂	5~10	5~10
造 纸	约 3	约 3
水 处 理	约 3	约 3
其 他	15~20	20~25

世界纯碱产量和用量逐年增加，2010 年总产量已达到 4600 万吨。其中，中国产量 2021 万吨，占 43.9%，2004 年以来稳居世界第一。全球天然纯碱产量（即天然碱加工制纯碱）1800 万吨，占纯碱总产量的 28.6%。其中美国全部纯碱产量来自天然碱加工，居世界首位。2011 年我国纯碱产量 2236 万吨，其生产方法、产量及所占比例如表 1-2。

表 1-2 2011 年中国纯碱产量及生产方法

生 产 方 法	产量/万吨	比率/%
合成法纯碱	2056	92
索尔维法	902	40
联合法	1154	52
天然碱加工	180	8
纯碱总产量	2236	100

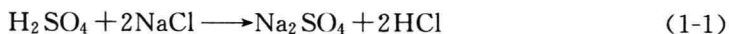
在世界纯碱总产量中，有近 1/3 是来自天然碱。因为天然碱的主要成分是碳酸钠（纯碱）及碳酸氢钠，所以天然碱是制造其他碱类产品 and 盐类产品的原料。品质较纯的天然碱也可直接代替某些碱使用。第六章将介绍以天然碱为原料加工生产纯碱、烧碱、洁碱、芒硝碱等碱类产品的主要工艺过程及设备。

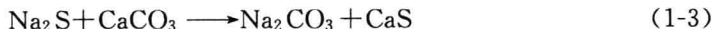
第二节 含钠碱类产品的来源和天然碱生产的发展

我们使用的含钠碱类产品来源于两部分。一部分是属于人工合成的；另一部分则取自于自然界里的天然形成的含碳酸钠及碳酸氢钠的矿物，即取自于天然碱，由天然碱加工制得其他碱类产品。

一、人工合成纯碱

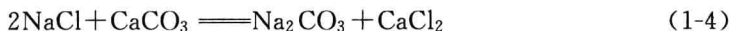
以人工合成的方法制造纯碱，始于 1791 年的路布兰法（Le Blanc Process）。它是以食盐、硫酸和石灰石为原料制得碳酸钠。其主要反应为：





后来路布兰法得到了发展,不再先用硫酸和食盐制取硫酸钠,开始采用天然硫酸钠制造纯碱。但是,由于此法主要反应是在固相间进行的,因而需要高温和大量的劳力,而且劳动条件又很恶劣,原料的利用也不充分,产品质量差,成本高。因而在1863年被新兴的索尔维法所代替。

索尔维法是以食盐(NaCl)和碳酸钙(CaCO_3)为原料生产纯碱(Na_2CO_3)。可用下面的总物料平衡方程式表示:



由于索尔维法生产纯碱较路布兰法成本低、质量好,适于大规模生产。因此得到迅速发展,到1900年索尔维法已控制了全部合成纯碱生产。至今,索尔维法生产纯碱仍占很大比例。

针对索尔维法原料利用率仍然很低,能耗很高,排出大量废渣、废液等缺点。20世纪40年代,我国科学家侯德榜博士发明了“侯氏碱法”,联合生产纯碱和氯化铵。此法较索尔维法,在综合利用原料资源、减少能耗、保护环境等方面,有很大进步。此法工业化生产后成为“联合法”,进而发展实现了与合成氨紧密联合的“联碱”。该法更为先进,制碱与合成氨过程交叉,节能、环保、零排放。是我国独创的先进生产方法。我国科学家对此作出巨大贡献,为合成法制碱和化学工业走向联合生产开辟了新路。

此外,还有芒硝和霞石制纯碱、烧碱碳酸化制纯碱等。以人工合成得到的纯碱,进一步加工,可以得到烧碱、洁碱、泡花碱等产品。这些产品从原料来源分析,均可谓合成法。

二、天然碱加工工业及其生产的发展

1. 世界天然碱工业的发展

利用自然界里天然形成的含碳酸钠及碳酸氢钠的矿物(或卤水),即天然碱,经过加工精制得到纯净的纯碱,品质较纯的天然碱也可直接使用。天然碱加工业的生产规模和产品品种不断扩大,逐步形成了与合成法制碱相对应的天然碱工业。

天然碱的开发和使用有着悠久的历史,早在合成纯碱尚未出现之前,在许多国家之中,人们所使用的纯碱主要是取自于天然碱。据考证,7000多年以前,天然的碳酸钠首先是从幼发拉底河边生长的芦苇的灰烬中提取的。大约5500年以前埃及人也开始用一种从湖水中提取的天然碱制造装饰玻璃和肥皂的原料。到18世纪,世界许多有碱湖资源的国家和地区,都有天然碱的开采和加工。我国的“口碱”就是最早天然碱加工产品之一。据记载,1773年以前,在内蒙古地区就有许多碱湖被开发。到19世纪,1894年开采量达2000t以上。冬春两季开采,运往包头、神木、张家口等地熬制成铤子碱再运往其他地出售。在《绥远通志稿》中记述了当时的情况“每岁冬春两季,池水干涸时,池中遍结厚尺余至二尺之结晶碱层(片碱),状如冰块,采取时,先将浮面之疏松碱质刮除,后用铁镢刨掘,裁成大块,

重约一百数十斤，作长方形，密排成垛，以待出售。”“其在水底者（二层碱），厚约一尺至二尺不等，每年十月淖水干涸，即开始采挖，可延至次年春。每人日可挖5~10块，每块重一百五十斤。”对一些质次不成大块的天然碱，须熬制成锭子碱。“其熬制方法，先用井水溶化碱末成波美三十二度内外之浓度，俟其溶液澄清，取其清汁入器，用大火熬煎。适水分蒸发，渐成浓汁，即灌入长二尺八寸，宽一尺二寸，厚六寸之木模，模上刻有制造之字号，俟定型取出，此即所谓碱锭也。”当时天然碱销路很广，除内蒙古外，还有山西、陕西、甘肃、宁夏、北京、天津、河北等地。除制锭子碱外，还有制取烧碱等。美国第一个天然碱厂，1868年建于内华达州，以后是1887年建于加利福尼亚的欧文斯湖和1895年建于太平洋联湖的天然碱厂。此外，墨西哥及非洲的一些国家和地区也建有规模不大的天然碱开采和加工企业。

20世纪前，世界各国天然碱开采和加工的规模都不大。由于索尔维法大规模生产纯碱的发展，使天然碱的开采和加工在世界各地的重要性有所减弱。但是，在第二次世界大战时期，合成纯碱产量下降，也一度刺激了天然碱的开采和加工制纯碱。特别是在美国加利福尼亚的锡尔斯湖和非洲肯尼亚的马加迪湖，以及前苏联的彼图霍夫天然碱湖群。在前苏联卫国战争期间，列宁同志亲自签署了开发彼图霍夫和米哈依洛夫天然碱和建设彼图霍夫天然碱加工厂的紧急文件，并迅速建成投产。解决了前苏联卫国战争期间缺乏纯碱的问题，并且使那里的天然碱生产出现了高潮，达到了年产15万吨。中国受抗日战争的影响，也一度使天然碱的开采和加工大幅度增加，以解决用碱之需。年开采量最多达4万吨以上，加工产品纯碱、小苏打和烧碱达万吨以上。

随着天然碱资源的不断探明，品质优、储量大的天然碱矿床的不断发现，尤其是地下天然碱矿床的开发，20世纪以后世界天然碱的开采和加工有很大发展。由于利用质地优良的天然碱加工制纯碱、烧碱等的工艺简单、流程短、成本低（见表1-3）、品质优（其产品质量比较见表1-4），并且在生产过程中无大量废渣、废液排出，并且还可以不经加工直接用于某些生产部门，因此，天然碱的开采和加工产量不断增加，而合成纯碱的产量相对下降。尤其索尔维法生产纯碱，由于有大量废渣、废液排出，污染环境，原料利用率低，成本高，能耗大等缺点，所以下降的幅度较大，有天然碱资源的国家和地区，改营天然碱加工。

表 1-3 纯碱（重质）成本估算比较

制碱方法	索尔维		新 旭			天然碱-M ^①	天然碱-S ^②
地点	北美	西欧	日本	北美	第三世界	美国怀俄明州	美国怀俄明州
年生产量/×1000t	400	400	400	400	400	1000	1000
工厂类型	老厂	老厂	改建	新厂	新厂	新厂	新厂
钠的来源	盐水	盐水	日晒盐	岩盐	日晒盐	天然碱	天然碱
钠成本/(美元/t)	3.00	5.00	30.00	16.00	20.00	3.50 ^③	3.50 ^③
主要燃料	天然气	煤	煤	天然气	天然气	煤	煤
燃料费/(美元/10 ⁶ Btu)	3.27	3.50	2.46	3.27	2.5	0.90	0.9

续表

制碱方法	索尔维		新 旭			天然碱-M ^①	天然碱-S ^②
燃料费/(美元/t)	60.88	73.16	73.46	66.72	65.38	27.10	21.80
固定费/(美元/t)	41.34	38.34	32.50	24.79	23.13	23.10	15.40
操作费/(美元/t)	102.22	111.50	105.99	91.51	88.51	50.20	37.20
折旧 10 年/(美元/t)	7.50	7.50	22.50	37.50	45.00	30.00	22.00
总费/(美元/t)	109.72	119.00	128.46	129.01	133.51	80.20	59.20

① M—机械开采；② S—溶液开采；③ 开采每吨天然碱的专利权税。

注：1Btu=1055.06J，下同。

表 1-4 美国天然碱与合成碱产品质量比较

单位：%

组 成	规 格	天然碱产品		合成碱产品	
		轻质纯碱	重质纯碱	轻质纯碱	重质纯碱
Na ₂ CO ₃	≥99.2	99.9	99.9	99.5	99.5
NaCl	≤0.4	0.01	0.02	0.2	0.25
Na ₂ SO ₄	—	0.01	0.02	0.015	0.015
SiO ₂	—	0.010	0.014	0.003	0.003
Fe ₂ O ₃	≤0.003	0.0002	0.001	0.002	0.002
CaO	—	0.0057	0.0027	0.016	0.016
MgO	—	0.001	0.000	0.003	0.003
水不溶物	≤0.04	—	—	0.02	0.02

目前，美国是世界天然碱产量最大的国家。除 1931 年建的塞尔斯湖卤水天然碱加工厂一直保持生产外，自 1937 年在怀俄明州的绿河发现倍半碱 (Na₂CO₃ · NaHCO₃ · 2H₂O) 天然碱矿床以后，天然碱的开采和加工受到了广泛关注。1947 年由万斯特瓦科化学公司打了一口直径为 3.6 m 的深井，把第一批倍半碱运到地面。一年后该矿被 FMC (食品机械化学公司) 收购，使天然碱进入了大规模的开采。1953 年 FMC 公司建设了第一座年产 30 万吨纯碱的天然碱加工厂。此后，使天然碱的开采能力增加到年开采 800 万吨以上。开采和加工的生产能力不断扩大，现已成为世界最大的纯碱生产企业。此外，美国还有建于 1962 年的斯陶福化学公司 (现为 OCI 公司)；建于 1968 年的阿兰德化学公司 (现为联合化学公司)；建于 1976 年的 Tg 纯碱公司 (现为 FMC 所有) 和建于 1982 年的特尼科矿业公司 (现为索尔维矿业公司) 等天然碱工业企业。到 1986 年，美国最后一座合成纯碱厂关闭，全部合成纯碱产品为天然碱所代替。其合成纯碱与天然碱加工制纯碱的产量变化对比如表 1-5 所示。到 2001 年美国纯碱工业总装置生产力已达 14.4 Mt/a，占全世界纯碱总生产能力的 30%，是历史最高水平。到 2011 年美国仍然保持 14.4Mt/a 的生产能力，而产量根据需求而在能力以下变动，2011 年产量为 10846kt。

表 1-5 美国天然碱加工制纯碱与合成纯碱产量增减变化情况

单位：kt/a

年 度	1970	1972	1974	1976	1983	1987
合成法	4000	3700	3160	2000	650	0
天然碱加工	2430	3040	3680	4410	6640	8065
合计	6430	6740	6840	6410	7290	8065

我国天然碱工业,在1975年以后步入快速发展的轨道。大力开发内蒙古伊克昭盟和锡林郭勒盟天然碱。在此期间还相继在河南省发现吴城和安棚两大碱矿,两矿初步探明储量达8000万吨以上。到1985年全国已形成了包括勘探开发、研究设计、开采加工的完整天然碱工业体系。此后不断注入新技术、新装备,产量也不断提升。更可喜的是以安棚碱矿为首的大储量的油碱田的开发,走出了一条以油(气)田为依托,发展天然碱和石油化工的道路。目前安棚和吴城两大碱矿采用先进的溶采法开采也日趋成熟,产量也不断攀升。天然碱工业以其本身的优势,随着对它认识的不断加深,我国天然碱工业必将有良好的发展前景。

世界其他有天然碱资源的国家和地区,其开采量和加工量均在不断增加。目前合成纯碱与天然碱生产能力的比率低于2:1,有合成纯碱逐步被天然碱所取代的趋势。除距天然碱资源产地较远、运输费用相对较高的国家和地区尚可保留合成纯碱生产外,其他国家和地区以天然碱代替合成纯碱是十分有益的。如今世界纯碱生产装置的能力已达46Mt/a。其中天然碱加工生产纯碱能力为18Mt/a,占总能力的28.6%。预计到2015年天然碱产能均有较大增长。

以天然碱为原料除可加工制取纯碱以外,还可以直接苛化法制烧碱;直接碳酸化制小苏打;此外,按天然碱成分的不同,还可以制取芒硝碱等。这些产品从原料来源的意义上讲,可以认为是来自于天然碱。除此之外,还有霞石制碱。其各种纯碱生产方法比例如表1-6所示。

表 1-6 世界各种纯碱生产工艺相对比率

工 艺	工艺/矿物类别	比率/%
合成法	氨碱法(索尔维法)	57
	联合法(侯氏制碱法)	8
	霞石制碱	2
天然碱	倍半碱矿	27
	卤水	4
	碳酸钠石	2

全世界除天然碱产量最大的美国以外,中国、博茨瓦纳、肯尼亚、俄罗斯、墨西哥、埃及、土耳其等国都有天然碱的开采和加工,而且都在扩大规模。近几年来,许多国家对天然碱的普查、勘探、开发和利用都给予了应有的重视。如澳大利亚、泰国以及非洲一些国家等均有开发天然碱的计划。

我国天然碱资源十分丰富,分布地区也较为广泛,矿床、矿物也比较齐全,而且不断发现新的矿床。因此,大力开发和利用天然碱资源,对解决国民经济发展中纯碱及烧碱日益增长的需要、充分利用我国自然资源、保护环境和实现四个现代化都有十分重要的意义。

2. 中国天然碱工业发展史

中国是世界上使用天然碱最早的国家之一,但加工工业起步较晚。作为天然碱工业,笔者认为可以由20世纪开始记述。