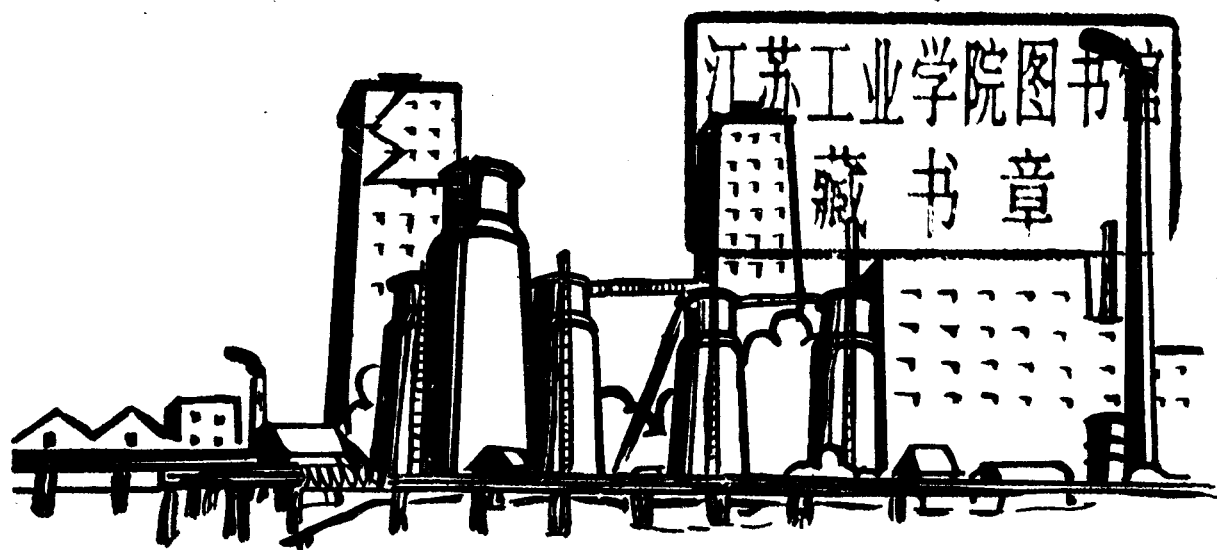


业余大学四年一贯制制碱专业

純 碱 制 造

上 册

(試用教材)



永 久 沽 厂 編

目 录

第一章 緒 論

第一节	純碱制造工业簡史	(1)
第二节	純碱成份規格要求及用途	(5)
第三节	純碱制造用的原料性质成份及規格要求	(8)
第四节	純碱生产檢驗上常用的浓度表示与換算	(14)

第二章 盐水制备及盐水精制

第一节	盐水精制的目的	(17)
第二节	盐水精制的四种方法	(18)
(一)	碳酸鈉法 (即氨与二氧化碳法)	(18)
(二)	石灰碳酸鈉法 (即石灰、氨与二氧化碳法)	(19)
(三)	石灰純碱法	(19)
(四)	石灰芒硝法	(12)
第三节	石灰碳酸鈉法盐水精制的流程叙述及操作控制条件	(22)
第四节	除鈣塔的除鈣效率及吸收情况	(28)
第五节	盐水澄清桶与洗泥桶的原理作用及构造	(29)
第六节	三层洗泥桶洗滌效率的簡易計算	(34)
第七节	盐水精制过程中鎂及鈣盐类的溶解度	(31)
第八节	盐水精制过程中可能发生的不正常現象原因及处理办法	(40)

第三章 石灰石煨燒, 石灰乳制备及窖气淨化

第一节	流程叙述及操作控制条件	(42)
第二节	石灰石煨燒过程的理論	(45)
(一)	石灰石煨燒过程中的化学反应	(45)
(二)	石灰窑煨燒过程中的各个热区	(47)
(三)	石灰窑的工作指标及其計算	(49)
(四)	影响石灰窑生产能力的因素	(55)
第三节	石灰窑	(58)
(一)	石灰窑的生产能力	(58)
(二)	石灰窑結構的主要要求事項	(59)

(三) 石灰窑的主要构造.....	(60)
第四节 石灰乳的制备及返砂回收.....	(62)
第五节 窑气的净化及冷却.....	(68)
(一) 窑气成份及含尘量.....	(68)
(二) 窑气洗涤塔.....	(70)
(三) 泡沫除尘器.....	(71)
(四) 电除尘器.....	(72)
第六节 可能发生的不正常现象原因及处理办法.....	(75)
第七节 石灰窑的开停工步骤.....	(76)

第四章 氨的回收(蒸馏)

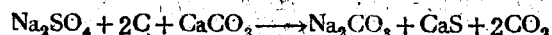
第一节 流程叙述及操作控制条件.....	(79)
第二节 蒸氨过程中的物理化学知识.....	(83)
(一) 母液蒸馏过程中的化学反应.....	(83)
(二) 蒸氨过程中的气——液相浓度关系.....	(84)
第三节 蒸氨设备的主要构造及作用.....	(93)
(一) 母液贮桶.....	(93)
(二) 蒸氨塔.....	(94)
(三) 预灰桶.....	(100)
(四) 蒸氨废液的排出.....	(102)
(五) 蒸氨塔的结疤成份.....	(103)
(六) 几种蒸氨塔的比较.....	(106)
第四节 蒸氨的计算.....	(106)
(一) 物料计算.....	(108)
(二) 蒸氨所需蒸汽量的计算.....	(108)
(三) 蒸氨塔加灰蒸馏段理论塔板数及塔板效率的计算.....	(108)
第五节 可能发生的不正常现象原因及处理办法.....	(115)
第六节 倒用开停蒸氨塔的步骤.....	(119)

純 碱 制 造

第一章 緒 論

第一节 純碱制造的发展簡史

工业上大规模制造純碱是十八世紀（一七八三）年法国的路布兰法，用芒硝、石灰石、煤为原料，其配合比以重量計为：芒硝100份，石灰石100份，煤35.5份；研磨、搅拌均匀后，在反射炉和旋轉炉內燒之，操作是間断的，其所发生的化学反应如下：



熔化的碱料倒入模中，冷后取出，将块子打碎放在池中以水溶解之。純碱溶解于水中，称为黑灰液。硫化鈣（CaS），未反应完的碳酸鈣（CaCO₃）和其它杂质，則不溶解于水，在底部沉淀出来，称为黑灰渣。将所得之純碱黑灰液，通入二氧化碳气，使溶液內少量的苛性鈉 NaOH 变为純碱（Na₂CO₃）。澄清后，再将澄清之純碱溶液蒸发得的純碱結晶，經煅烧烘干成为純碱。

在不产天然芒硝的国家，則需先用硫酸处理食盐，先制成芒硝，其化学反应如下：



放出的氯化氢（HCl）气体，用水洗滌回收制成盐酸为副产品。有的路布兰法工厂則自設硫酸厂，用黄铁矿为原料，以鉛室法做成硫酸。

至一八八六年时，英、德两国应用路布兰法制出大量純碱約达五、六十万吨。路布兰法极盛时期是一八二五年——一八九〇年間的六十余年。世界各国均用此法生产純碱。

一八六一年比利时人苏尔維（一八三八——一九二二）将前人曾經研究过的旧制碱法重新提出，加以研究，即今日的氨碱法。以食盐，石灰石为原料，氨为中間輔助原料。一八六三年在比利时的古耶建厂，一八六五年开工，屢遭失败。后經克服困难，逐步改良，扩充設備。一八七二年日产量达十吨。从此，肯定氨碱法确已成功。同年又在法国頓巴斯尔建一大厂。一八七四年英国卜內門公司在英国溫守敦設厂。从此，氨碱法迅速发展，各国相继建厂。因氨碱法制造純碱，原料简单，品种單純，成本低廉，品质純淨，故至一八八五年左右，路布兰法即不能与之抗衡，日益被淘汰。純碱价格亦降低很多。

路布兰法制碱虽已日漸衰落，但在当时供制苛性鈉，却有許多优点：1. 浸液槽內白碱液可直接用于苛化；2. 所得碱液已含有一部份苛性鈉；其成份占总碱量的20%，因此在苛化时，所需石灰可減至标准用量的80%。但自电解法发明后，路布兰法又遭到另一次严重的打击。电解只需一步操作（食盐溶液通电）即可制得氯气与苛性鈉，且其品质

純，濃度高，而路布蘭法則經若干複雜的步驟方能制出苛性鈉。至此路布蘭法遂真正被淘汰。

路布蘭法雖被淘汰，但對一般化學工業發展起了很大的作用：如由於主要原料的芒硝是用食鹽與硫酸製成，硫酸為間接原料，使硫酸工業發展很快。硫酸與食鹽制芒硝（ Na_2SO_4 ）時，鹽酸（ HCl ）是副產物，鹽酸也是一種重要的化工產品。由此可知路布蘭法制鹼工廠也必然是鹽酸製造工廠。在發展初期鹽酸用途不廣，因此所產的鹽酸大部分轉化為氯氣，用以製造漂白粉，以供纖維工業和造紙工業漂白之用，從此促使了纖維和造紙工業的發展（以前纖維用陽光漂白，需幾個月時間，用漂白粉漂白只須幾小時即可）。製造玻璃所用的芒硝亦係由路布蘭法鹼廠供給。制鹼殘余物黑渣如硫化鈣，每製造純鹼一噸，須排出一噸以上黑渣，原是氣味惡劣有毒性的廢物，後來從殘渣硫化鈣（ CaS ）中提取純淨的硫磺，因此硫磺又成為路布蘭法鹼廠的產品。又路布蘭法所用硫酸採用黃鐵礦為原料，更可借以提煉銅和鐵。故圍繞路布蘭法為中心，製造出許多重要工業品：硫磺、銅、鐵、鹽酸、芒硝、漂白粉等一系列產品。茲將路布蘭法制鹼工業產品系統列成下圖（第1~1圖）。（見下頁）

另外，與路布蘭法相關的各種設備的發展，促使許多重要化工設備不斷的發明與完善。如回收芒硝製造過程中發生鹽酸煙氣，發明了氣體洗滌器、洗滌器內用焦炭塊填充，以淨化放出的氣體，此種洗滌器即為現代化工上所用各式洗滌器的基礎。為了煅燒黑灰渣的需要，又發明了旋轉爐。此種旋轉爐即為現代化工上各式煅燒爐，煅燒窯等的前身。為了浸出黑灰液，應用逆流原理。此種原理已為現代化工上廣泛採用了一切溶解及浸漬操作。這些重要化工設備及化工原理皆由路布蘭法所促成的，也是前輩化工界所創造的寶貴經驗。

蘇爾維法製造純鹼與路布蘭法相比，雖然優點很多，但本身尚有四大缺點：

第一，物資利用率低，及廢液廢渣成為“白海”之患，如原料食鹽利用率一般只有70%左右，約有30%的食鹽未被利用損失掉，70%左右的食鹽成份中只有鈉被利用，全部氯未被利用。石灰石中全部鈣亦未利用，鈣與氯在蒸氨過程中生成氯化鈣（ CaCl_2 ），從廢液中排出丟去。另外，排出的廢渣廢液除在海濱建廠可排入海中之外，一般鹼廠皆需用很大面積的地方來堆成白灰堆，成為“白海”之患。清液又需排入流量很大的江河中；否則影響下流用水及農地灌溉，因此在廠址選擇上大受限制。有些地方雖有豐富與品質很高的食鹽及石灰石等資源，由於廢渣廢液限制不能建廠。

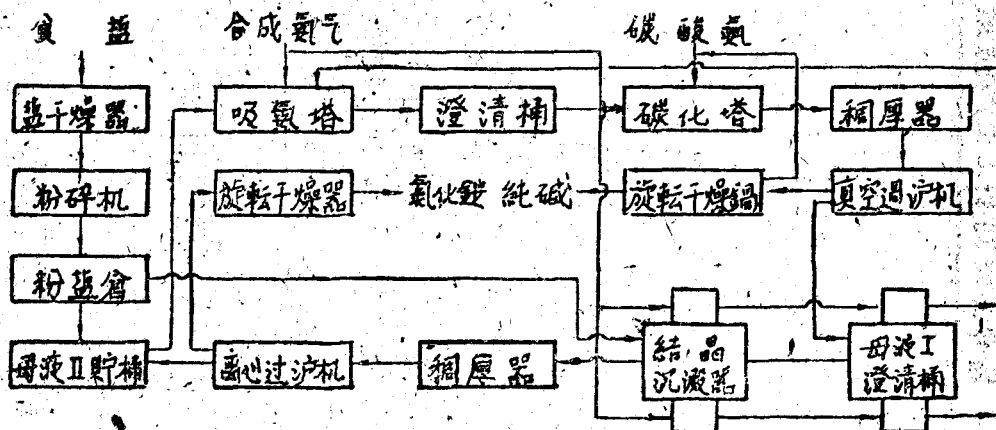
第二，熱能損失大。如蒸氨需用大量蒸汽，大部分皆隨廢液排出，很難回收利用，因此煤的消耗很大。

第三，設備高大笨重，鋼鐵用量多，投資也很大。如石灰窯、化灰桶，各種澄清等皆高大笨重，需用鋼材很多。如蒸氨塔高達四十餘米，廠房亦高。

第四，流程複雜，工序繁多。

因此，有人提出純鹼廠與氮肥廠（一般多和硫酸銨廠）合併，聯合生產純鹼與氯化銨，即所謂聯合制鹼法，較早提出此法的有法國Potazet法，德國察安（ ZaAHn ）法，後來有蘇聯法，及我國侯氏法。其中最完善的為我國化工界前輩侯德榜發明的侯氏法。中國

侯氏联合制碱法流程简图，如第1~2图所示。



第1-2图 中国侯氏联合制碱法生产流程图

我国联合制碱厂的设计，离心过滤后的氯化铵不用干燥办法烘干，而采用造粒做成片状或粒状氯化铵。粗盐则经洗涤，离心过滤后，成为洗涤盐加入结晶器内，而不干燥。另外，重碱及氯化氨过滤时加入洗涤水较多，母液循环制碱后，其体积增加，及处理各种含氨淡液，故仍有蒸氨工序，但蒸母液量极少，每吨约0.3~0.4米³，主要是蒸馏各种淡液。

联合生产纯碱与氯化铵的方法，其主要优越性如下：

第一，高度的物资综合利用：

氮肥产品为氯化铵，以纯碱生产中的废物氯代替硫酸铵生产所用的硫酸。因此，氮肥生产中主要的原料黄铁矿不用了，纯碱生产中所用的食盐利用率高达92%以上。而且食盐成份中，绝大部分氯份皆被利用。所用的石灰石只需极少量即可，每吨纯碱只需0.1吨左右。氨碱法制纯碱，则需石灰石1.4吨左右。合成氨生产中放出的二氧化碳废气，全部被利用做成了纯碱。故纯碱厂与氮肥厂联合生产后，几乎无废物，达到了物资的高度综合利用。并且消减了纯碱生产中废渣废液所造成的“白海”之患。

第二，热能利用率高，联合制碱中蒸馏母液量极少，主要是蒸馏淡液。因此蒸汽用量少。每吨纯碱只需蒸汽0.7~0.8吨左右，氨碱法则需蒸汽1.8~2.0吨。

第三，纯碱与氯化铵联合生产，两者的生产流程与工序大大简化了，氮肥厂省去了硫酸（或硝酸）及硫酸铵（或硝酸铵）两个大车间；纯碱厂则省去了石灰石煅烧，灰乳制备等。

第四，由于联合生产纯碱与氯化铵，简化了生产流程与工序后，氮肥厂不建硫酸车间（或硝酸车间）及硫酸铵车间（或硝酸铵车间）；纯碱则不建石灰车间。因此钢铁用量大量减少，厂房建筑，投资等大量节约。劳动人员亦随之减少，劳动生产率大大提高。

純碱成本約降低30%多，氮肥成本約降低40%左右。这是完全符合多、快、好、省的生产原則。我国今后应朝这个方向发展。

联合生产純碱与氯化铵的优越性虽然很多，但也有一定的局限性；有些农作物如甘蔗、甜菜、水果等不能使用氯化铵施肥，有些土壤性质也不适合使用氯化铵。其次是純碱厂必須与合成氨厂同时合併建設，如不需要合成氨时就无法使用此法制造純碱。

除上述各种純碱制造方法外，如苏联、中国等天然芒硝很丰富，可建立以芒硝为原料的联合生产純碱与硫酸铵，或联合生产純碱与硫酸。苏联貝洛波立斯基（Белопольский）教授及其助手，研究出无水芒硝（ Na_2SO_4 ）或十水芒硝（ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ）与合成氨厂联合生产純碱与硫酸铵的方法。我国亦已有中間厂进行生产試驗，成功后即可建厂正式生产。另外，我国天然碱资源亦很丰富，已建厂利用天然提純制成碱及小苏打。总之，純碱制造工业发展之方向与前途是很广闊的，有待大家努力。

第二节 純碱成份規格要求及用途

工业上所用的碱，一般为鈉碱及鉀碱两大类，鈉碱較經濟用量最多。鉀碱价格較貴，用量較少。鈉碱主要有輕质碳酸鈉（ Na_2CO_3 ），重质碳酸鈉（ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ），七水碳酸鈉（ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ），十水碳酸鈉（ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ），倍半碳酸鈉（ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ），小苏打（ NaHCO_3 ），及氢氧化鈉（ NaOH ）。鉀碱主要有碳酸鉀（ K_2CO_3 ）及氢氧化鉀（ KOH ）等。

茲将純碱的性质，成份，規格要求及用途分述如下：

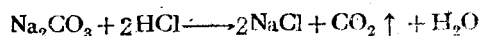
（一）純碱性质

純碱为白色結晶粉末，真比重为2.53。粉状純碱的假比重随制造方法不同而异；輕质純碱假比重約0.50~0.60，重质純碱假比重約0.8~0.9，最重达到1.0。

純碳酸鈉（ Na_2CO_3 ）是一种正盐，可由氢氧化鈉（ NaOH ）与碳酸（ H_2CO_3 ）中和而成：



这是可逆反应，意即由于它是在水溶液中强碱与弱酸生成的盐，发生水解作用（中和作用的反面），使溶液呈碱性反应。同时碳酸鈉容易被强酸所分解，将碳酸置换逸出。其作用与酸碱的中和作用相似。

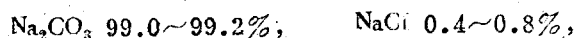


因此，碳酸鈉又称为純碱。

碳酸鈉的分子量为106.0，比热为0.256大卡/公斤，/°C。熔点为845°C。有吸水性，在儲存时自空气中吸收水分和 CO_2 ，生成 NaHCO_3 。碳酸鈉溶解于水中而放热，溶解热为+5.570大卡/千克-分子（“+”号为放热反应）。

（二）純碱成份与規格要求

氨碱法生产的純碱成份，一般可达到下列情况：



Na_2SO_4 0.02~0.03%, Fe_2O_3 0.002~0.004%,

水不溶物 0.10~0.15%, NaHCO_3 微量。

純碱中含 NaCl 的高低, 主要是与重碱过滤洗水用量多少有关系, 用洗水多, 則含 NaCl 低。但用洗水量过多, 会造成 NaHCO_3 損失大, 不經濟。含 Fe_2O_3 的高低, 主要是与氨盐水中含 S 高低及吸氨与碳化过程中的设备与管道等腐蝕情况而定。水不溶物的高低, 主要是盐水精制与吸氨过程的澄清情况好坏, 及重碱过滤时洗水清浊情况而定。如澄清好, 重碱过滤洗涤水清, 則水不溶物低。 Na_2SO_4 的高低, 是由所用的粗盐成份而定, NaHCO_3 成份高低是由重碱煅烧时出碱温度的高低而定。出碱温度 160°C 以上, 在干燥鍋內停留45分钟以上, 則純碱內含 NaHCO_3 几乎没有。但包装后, 存放若干天, 由于 Na_2CO_3 吸收空气中的 CO_2 及水分則生成 NaHCO_3 , 存放時間愈长 NaHCO_3 生成量愈多。其化学反应如下:



工业上所需用的純碱, 只要符合以下成份即可。

Na_2CO_3 大于 95%, NaCl 少于 1.0%, Na_2SO_4 少于 0.05%, 水不溶物少于 0.2%, Fe^{+++} 少于 0.02%, 灼烧損失量不多于 3.5%。固定标准如下:

Na_2CO_3 大于 98.5%, NaCl 少于 1.0%, Na_2SO_4 少于 0.05%, Fe^{+++} 少于 0.02%, 溶于水中容許带有輕微渾浊的現象。

純碱中含 Fe^{++} 大于 0.02% 时, 炼鍊工业不能用。

純碱中含 Na_2SO_4 大于 0.05% 时, 对紡織工业有影响。

(三) 純 碱 用 途

純碱不論在冶金工业, 化学工业, 石油工业以及輕工业和日用品工业生产原料都占着很大的比重, 也是各种工业生产所不可缺少的原料之一, 日常生活中如发面等也需要純碱。因此它在国民經济中占据了极其重要的地位。今將純碱用途及用量列表如下:

純碱在冶金工业方面的用量

(第 1—1 表)

名 称	公 斤 / 吨	名 称	公 斤 / 吨
鋼	15~20	电解鋁	0.5
生鉄	15~20	精鋁	42
鋁	410	碳酸鋁	3
硬質合金	1350	三氧化鋁	900
黄金 (公斤)	27	氧化鋁	310
合成金鋁	2000	鋁錠 (炼鋁)	180
合成白鋁	116	冰晶石 (炼鋁)	621
电解鋁	150	氯化鈉 (炼鋁鋁)	1.4
电解鋁	80	鋼錠模	1293

純碱在化学工业方面的用量

(第 1—2 表)

名 称	公 斤 / 吨	名 称	公 斤 / 吨
聚氯乙烯 (乳液法)	4	汽巴藍灰	200
环氧树脂 7—37	470	酸性玫瑰紅	332
环氧树脂 7A—6	367	环氧有丙烷	785
H 酸	332	活性染精	500
Y 酸	182	防老剂 MB	1340
萘酚AS—D	203	鉻黃	709
萘酚—AS	270	丁酸	308
硫化藍	767	合成洗滌剂	300
硫化深藍	36	2~4滴鳥 (农場)	691
直接藍 RM	288	合成氨 (焦爐氧化)	11.3
猩紅基	986		
汽巴藍紅 (青蓮同)	330		

純碱在医药方面的用量

(第 1—3 表)

名 称	公 斤 / 吨	名 称	公 斤 / 吨
磺胺噻唑	1120	菸 酸	4560
磺胺脒	550	如瓦尔精	40
匹拉米同	1260	鏈霉素	21000
金霉素	11400	四环素	25000
巴达妥	510	合霉素	42
安乃近	1630		

4. 純碱在建筑工业方面的用量。

- (1) 平板玻璃 (每箱为50公斤): 10公斤/箱 (即每吨玻璃用純碱200公斤)。
 (2) 卫生陶器: 40公斤/吨。

5. 純碱在炸药方面的用量:

- (1) 涕恩涕 (T.N.F.): 47公斤/吨。
 (2) 60%胶质炸药: 13公斤/吨。

6. 純碱在造纸工业方面的用量:

- (1) 牛皮紙: 97公斤/吨
 (2) 包装紙: 2.1公斤/吨
 (3) 印刷紙: 1.55公斤/吨
 (4) 书写紙: 1.7公斤/吨
 (5) 有光紙: 1.26公斤/吨
 (6) 新聞紙: 0.6公斤/吨

7. 純碱在紡織印染工业方面的用量:

- (1) 絹、綢 (千公尺): 2.7公斤
- (2) 絨衣褲 (千打): 70公斤
- (3) 秋衣褲 (千打): 35公斤
- (4) 袜子 (千打): 34公斤
- (5) 毛巾 (千打): 22.2公斤
- (6) 背心 (千打): 14公斤
- (7) 印染布 (千公尺): 1.6公斤

8. 純碱在食品工业及日用品工业方面的用量:

- (1) 醬油: 81.9公斤/吨
- (2) 醬油精: 174公斤/吨
- (3) 罐頭 (千个): 81公斤
- (4) 搪瓷面盆 (千个): 54公斤
- (5) 热水瓶 (千个): 260公斤
- (6) 自行車 (千辆): 97公斤

純碱除上述各种工业上的用途外, 如石油精炼, 油漆, 食盐精制, 軟水, 烧碱, 肥皂等用純碱量也很多。因此《純碱为工业之母》言之不謬。我国社会主义建設以飞快的速度进行, 各种工业发展一日千里, 純碱需要量与生产量必須要相适应。故在純碱生产崗位上工作的全体人員均应为增加純碱产量与改进技术而貢獻出一切力量, 以尽可能的加快社会主义建設速度。

第三节 純碱制造用的原料性質成分及規格要求

純碱制造所用的原料燃料成分高低, 关系着生产操作順利与否, 成本高低, 消耗定額大小, 及設備效能等。因此对所用的食盐、石灰石、焦炭或无烟煤等原燃料成份規格选择上应有一定的要求, 以便达到生产操作順利, 消耗少, 成本低, 設備效能高的目的, 使其符合多、快、好、省的精神。

(一) 食 盐

食盐資源有岩盐、湖盐、池盐及海盐等数种。

1. 岩盐: 亦称矿盐, 我国岩盐以新疆最为丰富, 主要产地是溫宿县及拜城县, 盐层厚度約40~250公尺, 薄的也有在10公尺以下的。岩盐开采方法有两种: 一是由地下用采矿方法挖出 (通常的方法); 另外, 在制碱工业上, 只需要盐卤即可, 故多采用地下化盐方法开采, 这样可以节省设备与人工, 十分經濟。地下化盐方法, 是钻孔到岩盐层。卤开套管直径 $\phi 10 \sim 12''$, 下部縮小到 $\phi 6 \sim 8''$ 。套管下到岩层上面时, 在套管底下外围灌入水泥浆以封住管底外围, 不使地下水漏入。水泥浆干后也就是套管的支承点。再由套管往下打 $\phi 3 \sim 4''$ 孔直到岩盐层的底部, 然后在 $\phi 6 \sim 8''$ 套管中插入 $\phi 3 \sim 4''$ 管子。更在这

φ3~4" 管内插入φ1½~2" 吹风管子(吹风管子直接插入岩盐层底部为止)为吹入压缩空气之用。在φ6~2"管子内压入化盐用的水。这样地下岩盐被水溶解成为饱和盐卤。盐卤被压缩空气由φ3~4" 的中间管子压出地面,送到碱厂应用。这样在地下化成的盐卤浓度一般含NaCl 298~304克/升。不再加入固体食盐,直接打入制碱系统应用。地下化盐一般可不用压缩空气,套管内只有一条φ3~4" 同心管,化盐水由中心管打入,盐卤由套管与中心管环形空间压出至地面上,送至碱厂应用。

我国新疆岩盐成份如下:

(1) 成份较好的岩盐: NaCl 92~95%, CaSO₄ 1.0~2.0%, MgCl₂ 0.4~0.6%, MgSO₄ 0.3~0.4%, 水不溶物 2~3.2%, 水份 0.6~2.8%。

(2) 成份较差的岩盐: NaCl 73~86%, CaSO₄ 0.7~0.9%, MgCl₂ 0.2~0.3%, CaCl₂ 0.6~0.7%, 水不溶物 9~22.5%, 水份 3.0~3.5%。

国外岩盐成份有的很高, NaCl 97~98%, CaSO₄ 1.0~1.5%, MgCl₂ 0.1~0.2%, Na₂SO₄ 0.4~0.6%, 水不溶物 0.2~0.3%。

2. 湖盐及池盐, 我国湖盐及池盐以青海、内蒙、新疆最为丰富, 成份好坏相差较大, 盐质以新疆池盐为最佳, 成分如下:

NaCl 96~98.9%, Na₂SO₄ 0.5~1.7%, CaSO₄ 0.10~0.3%, 水不溶物 0.2~1.0%, MgCl₂ 及 MgSO₄ 微量。

青海茶卡湖盐的平均成分如下: NaCl 84.34%, Na₂SO₄ 2.27%, CaCl₂ 1.02%, KCl 0.12%, MgSO₄ 1.08%, MgCl₂ 0.86%, CaSO₄ 1.63%, 水分 6.67%。

青海珂珂盐湖, 盐的平均成份如下:

NaCl 70.81%, KCl 0.15%, CaSO₄ 3.35%, CaCl₂ 0.13%, MgSO₄ 1.16%, MgCl₂ 0.98%, Na₂SO₄ 1.84%, 水不溶物 9.84%, 水份 11.74%。

青海, 察尔汗盐湖, 储量最大, 估计约 250 亿吨, 成份如下:

K⁺ 0.40%, Na⁺ 31.44%, Ca⁺⁺ 1.04%, Mg⁺⁺ 1.09%, Cl⁻ 48.83%, SO₄⁻ 0.53%, NO₃⁻ 0.02%, Br₂ 0.10%, H₂O 8.05%。

湖盐及池盐的采掘方法简便, 只要将表面上一层卤盖扒掉, 下面就是盐层。盐层厚薄各地不同, 薄的 0.3 公尺, 厚的达于十余公尺, 挖出破碎后, 运至使用地即可。

3. 井盐: 我国四川富有井盐, 以自贡井盐最为有名。有卤水及岩盐两种状态存在, 储量约 300 万吨, 开采方法, 岩盐状态存在的与前述岩盐开采相同, 卤水状态存在的用深井泵抽出或用压缩空气压出均可。自流井岩盐水分如下:

K⁺ 0.569 克/升, Na⁺ 77.76 克/升, Ca⁺⁺ 3.48 克/升, Mg⁺⁺ 0.40 克/升, Cl⁻ 121.77 克/升, 水不溶物 319 P.P.M. SO₄⁻ 73 P.P.M. SiO₂ 2.7 P.P.M. Fe⁺⁺ 12 P.P.M. H₂S 38.4 P.P.M. HCO₃⁻ 2.8 P.P.M.

4. 海盐

我国沿海辽宁, 河北, 山东, 江苏, 浙江, 福建, 广东, 海南岛均盛产海盐, 其中以河北省产量最多。其制取海盐方法, 一般用泵将海水打至盐滩, 以太阳与自然蒸发。海水在盐滩浓缩至 15~16° 波美时, 即有石膏 (CaSO₄·2H₂O) 析出, (这种石膏可扒

出回收，作为水泥制造中的原料），海水浓缩至 25~26° 波美时，即有固体食盐析出。剩下的液体即为苦卤，可供提出溴素 (Br_2) 硫酸镁 (MgSO_4)，碱性碳酸镁 ($3\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)，及氯化钾 (KCl) 等。盐水晒盐过程即为海盐的精制过程，大部分杂质因溶解度不同都在晒盐过程中析出，或残留在苦卤中，以得到较纯的食盐。因此制碱一般采用固体盐。若用浓缩海水化盐制碱，则盐水含杂质多。盐水精制时需要澄清面积大，消耗石灰乳量多。碳化时食盐转化率低等缺点。但成本可稍降低。

海盐成分与晒盐时结晶过程关系很大，若结晶时间长，食盐结晶粒子大，则含 NaCl 成分高，杂质少。结晶扒出后的堆存时间长短，对食盐成分关系也很大，堆存时间长，则水分低，部分氯化镁 (MgCl_2) 被沥滤掉，氯化钠 (NaCl) 可达 92% 以上。一般海盐成分如下：

NaCl 86~92%， MgCl_2 0.8~1.5%， MgSO_4 0.24~0.7%， CaSO_4 0.4~0.9%，水不溶物 0.5~1.0%，水分 5~10%。

食盐成分中，杂质多少，在纯碱制造过程中关系很大，氯化镁 (MgCl_2)，硫酸镁 (MgSO_4)，硫酸钙 (CaSO_4) 等在盐水精制，吸氨及碳化时，生成碳酸镁 (MgCO_3)，碳酸钙 (CaCO_3) 及其他复盐如 $\text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaCl} \cdot \text{MgCO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 等，使塔器与管道堵塞。尤其是对吸氨系统影响最大，缩短了设备使用日期，降低了设备能力，降低冷却排管的冷却效率。增加了冷却水用量，增加了设备及管道的清理工作量。另外，食器中含杂质多造成氨盐水中含固定铵高，降低了碳化过程中的食盐转化率，使食盐消耗定额增加。因此含杂质高的食盐对纯碱制造带来极不利的条件，故用于纯碱制造的食盐，含氯化镁 (MgCl_2) 应低 1.5%，硫酸镁 (MgSO_4) 应低于 0.8%，硫酸根 (SO_4) 应低于 0.8%。

NaCl 分子量为 58.46 无色结晶，比重 2.17，熔点 800°C 。溶解热 -1164 大卡/千克一分子。因此， NaCl 溶解于水时吸收热量，使温度降低，化成饱和盐水，可使水温降低 6°C 多。

NaCl 在水中的溶解度 (每 100 克水溶解 NaCl 的克数)。

第1—4表

温度 $^\circ\text{C}$	NaCl (克)	温度 $^\circ\text{C}$	NaCl (克)	温度 $^\circ\text{C}$	NaCl (克)	温度 $^\circ\text{C}$	NaCl (克)
— 15	32.73	9	35.74	60	37.25	109.7	40.35
— 10	33.49	14	35.87	70	37.88		
— 5	34.22	25	36.13	80	37.22		
	35.52	40	36.64	90	38.27		
5	35.62	50	36.98	100	39.61		

由上表可看出，温度高低对 NaCl 溶解度的影响不太大。在盐水精制过程中，化盐盐水温度维持在 $40\sim 46^\circ\text{C}$ ，主要是 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 等容易沉淀。若温度过高，进除钙塔后，对氨回收不利，使尾气含氨损失大。在吸氨过程中又需冷却，不但浪费冷却用水，也需要增加冷却排管面积。

NaCl 溶液的冰点

第1—5表

NaCl %	2	4	6	8	10	12	16	20	22	24	26
冰点 (°C)	-1.52	-3.03	-4.58	-6.0	-7.4	-8.9	-11.2	-14.4	-15.8	-17.1	-18.4

由此表中可查出盐水管等结冰的温度，在北方天冷的地方，可事先加以保温，以免管子冻坏。

NaCl 在氨水中的溶解度（固相—NaCl）平衡溶液的组成：

第1—6表

温度 (°C)	NH ₃ (克/升)	NaCl (克/升)	比重
35	24.2	300.1	1.1741
35	48.7	285.1	1.1566
35	86.5	262.8	1.1254
35	126.4	240.6	1.0923
35	170.7	22.6	1.0613
60	48.6	292.2	1.1619
60	85.2	272.2	1.1309

(二) 石灰石

石灰石主要成分是碳酸钙 (CaCO_3)。它用于制碱时，其所含的碳酸镁 (MgCO_3)，二氧化硅 (SiO_2)，三氧化二铁 (Fe_2O_3)，三氧化铝 (Al_2O_3) 等皆为杂质，世界各国皆有石灰石，我国石灰石也很丰富，但高成份的碳酸钙不普遍。浙江，长兴县的石灰石含碳酸钙97%左右，是可贵的制碱资源。兹将我国制碱用的石灰石成份列于下面：

1. 我国某碱厂用的石灰石成份：

CaCO_3 93~96%， MgCO_3 1.2~2.6%， SiO_2 1.2~2.4%， R_2O_3 0.3~0.5%。

2. 我国另一碱厂的石灰石成份：

CaCO_3 92.3%， MgCO_3 2.7%， SiO_2 4.5%， R_2O_3 0.42%。

在制碱工业中，亦有用白垩代替石灰石。但白垩易吸收水份，消耗焦炭多，二氧化碳浓度低，且易碎裂成小块，妨碍灰窑通风，使灰窑操作不正常，降低了灰窑的生产能力。在美国南方的碱厂，多用牡蛎壳代替石灰石，但灰窑不能用竖式窑，须用卧式旋转窑，燃料则用柴油或煤粉喷烧。所得窑气含 CO_2 浓度最高，只达到35%，低时只达28%。

用于碱厂的石灰石，含 CaCO_3 应不少于90%，一般最好能达到93%以上，但品质

好的石灰石不多。品质低的石灰石会使灰窑操作混乱，燃料（焦炭或无烟煤）消耗增加，二氧化碳浓度降低，易结瘤块等。因此，用于碱厂的石灰石成份，根据经验要求如下：

CaCO_3 90%以上， SiO_2 5.5%以下，
 MgCO_3 3.5%以下， Fe_2O_3 0.5%以下。

原因：

(1) 二氧化矽含量在3%以上，在窑内煅烧时，就易结瘤块，操作工人不熟练时，更易造成结瘤块。大的瘤块达2~3公尺，有时在灰窑内壁结成环形瘤块。熟练的操作工人，当石灰石含 SiO_2 大于5.5%以上，也极易造成灰窑结瘤现象。

(2) 氧化铝 Al_2O_3 含量高时，对苛化烧碱成份影响很大。烧碱成份规定含铁铝氧化物不能大于0.03%， Al_2O_3 可溶解于 NaOH 溶液中，生成铝酸钠。苛化时灰乳含 Al_2O_3 多，则烧碱液含铝酸钠亦高，使成品烧碱含铁铝氧化物大于0.03%（主要是含铝最多）。故要求石灰石含 Al_2O_3 低。 Al_2O_3 对石灰石煅烧没有特殊影响，在1400℃以上才与 CaO 作用生成铝酸钙（水泥），而石灰煅烧温度最高也不会超过1250℃。

(3) 石灰石含碳酸镁（ MgCO_3 ）成份高低，对石灰石煅烧不会引起不良作用，但 MgCO_3 分解温度低，在400℃即开始分解。而 CaCO_3 在900℃左右开始分解。故 MgCO_3 在灰窑内很容易过烧，使石灰生成量少。另外 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 溶解度低，在蒸氨塔内因时间短，几乎不与氯化铵（ NH_4Cl ）及硫酸铵起化学反应。故石灰石中的 MgCO_3 在纯碱制造过程中是不起作用的废物，因此要求石灰石含 MgCO_3 成份愈低愈好。

石灰石一般皆为露天开采，与其他采矿方法相同。石灰石矿表面一层含 CaCO_3 低，而 SiO_2 及 Fe_2O_3 等高，故须将表面一层“山皮”弃去。高品质的石灰石，断面里淡灰色，很均匀。若含 SiO_2 成份高，则断面有闪光透明的结晶。含 Fe_2O_3 成份高，则断面呈红棕色。这是观察石灰石品质高低的粗略方法。

（三）焦炭或无烟煤（亦称白煤）：

石灰石煅烧用的焦炭或无烟煤成份要有一定的要求。其中有些成份的高低，直接影响石灰石的煅烧操作，有些成份则影响窑气成份。

我国某厂用的焦炭成份如下：

固定碳83~84.5%，挥发物1.2~2.5%，

水分0.8~1.5%，灰份12.5~13.5%，

发热量7000~7150大卡/公斤，

总硫量0.35~0.6%，

灰熔点1380~1480℃。

为了解决焦炭供应困难，及降低成本，采用无烟煤代替焦炭煅烧石灰石的试验，经过四个多月试验获得成功。此后就全部用无烟煤代替焦炭煅烧石灰石，适为我国新建碱厂采用无烟煤煅烧石灰石提供了可贵的经验。

煅烧石灰石用的无烟煤成份根据经验要求如下：

河南焦作无烟煤成份

、第1—7表

名 称	二 炭	三 炭
固定炭 (%)	78~84	73~79
挥发物 (%)	26~3	3.2~8
灰 份 (%)	10~14.3	14~18
水 份 (%)	1.2~4.0	3~4.0
发 热 量 (大卡/公斤)	6900~7300	6700~3000
总 热 量 (%)	0.3~0.55	
灰 熔 点 (C°)	1380~1420°C	

山西阳泉无烟煤成份

第1—8表

名 称	二 矿	三 矿	四 矿
固定炭 (%)	76~81.6	72~81.6	72~85.6
挥发物 (%)	7.2~10.2	6.2~7.0	6.9~11
灰 份 (%)	8.3~10.5	5.2~8.4	7.2~15.3
水 份 (%)	1.2~4.0	1.4~6.2	1.4~3.0
发 热 量 (大卡/公斤)	7400~8700	8480~8780	1700~8700
总 热 量 (%)	0.35~1.20	0.37~1.0	0.4~1.5
灰 熔 点 (C°)	1360~1500	1350~1500	1320~1500

固定碳：74%以上。固定碳低，则挥发物大或灰份大。

挥发物：10%以下。大于10%，则窑气 CO₂ 浓度低，窑气管道被煤焦油堵塞。

灰 份：不规定。

水 份：5%以下。水份大，则配煤率高，使窑气 CO₂ 浓度低，费煤。

总硫份：1%以下。大于1%，则易结瘤块。

灰熔点：1350°C以上。低于1350°C，则易结瘤块。

焦炭成份一般皆能符合以上要求，仅要求灰熔点大于1350°C。

用无烟煤或焦炭煅烧石灰石，除化学成份要符合上述规定外，物理性能也要注意。

太脆的无烟煤在灰窑上石过程中易被砸碎。其他是块子大小应在20~50毫米之间，太大的块子无烟煤或焦炭与石灰石接触面积小，造成石灰石部份过烧，另一部分则有生烧现象；太小的块子则使窑内通风阻力大，另外决不能掺有碎末，否则使窑内通风不畅，及窑气含尘量高，使压缩机易被磨损，进口易被堵塞等问题。

(四) 氨：

一般碱厂用氨的来源，有炼焦厂副产品浓氨水（19~21% NH₃），硫酸铵，液氨，及氨气四种。靠近合成氨厂的碱厂，可利用氨气以供碱厂应用，由合成氨厂直接供给氨