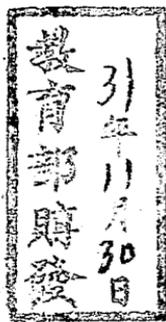


44
312
應用科學叢書

工業藥品 製造法

顧毓珍 吳守忠
編 著



正中書局印行

MG
TQ42
3

應用科學叢書

工業藥品製造法

著者

顧毓珍

美國麻省理工大學科學博士
金陵大學教授，中央工業試驗所技正

吳守忠

中央大學理學士
中央工業試驗所技佐



正中書局印行



3 1762 4569 8

總 序

我們集合了許多研究自然科學和實用科學的人，想把科學知識，送到民間去，使牠成爲一般人民的共同智慧。更希冀這種知識散播到民間之後，能夠發生強烈的力量，來延續我們已經到了生死關頭的民族壽命，復興我們日漸衰頹的中華文化。這樣，才大膽地向社會宣告開始我們科學化運動的工作。

這是中國科學化運動協會，於民國二十一年發起旨趣書的開宗明義，同時復在本會章程內，揭示宗旨爲：

‘研究及介紹世界科學之應用，並根據科學原理，闡揚中國固有之文化，以致力於中國社會之科學化。’

爲要使本會的目標，簡單起來，所以又做十個大字的標語，即：

‘科學社會化，
社會科學化’

自從本會的宗旨，漸漸爲本國科學界與整個社會，容納進去，已能喚起國人對於科學的興趣，暨轉移從事科學者對於科學本身的觀念。

爲要推廣本會的工作，所以又於二十四年確定本會第二期工作計劃大綱，分爲：

- (1)‘以科學的方法，整理我國固有的文物；’
- (2)‘以科學的知識，充實我們現在的社會；’
- (3)‘以科學的精神，創造我國未來的生命。’

同時對於‘工作之對象’，‘工作之信仰’，‘工作之方針’，和‘工作之步驟’，分別做了很詳密的規定，使全體會員以及各地分會支會，得以個人或集團的力量，去實施‘科學化’的工作。

本會科學化‘工作之範疇’，除‘檢閱過去’，對於過去的知識資料，如何整理，使合於現代之用，又‘準備將來’，對於未來之科學進步，如何薰陶，使其有益於人羣外，更要‘把握現在’，即：

‘對於現代之科學知識及方法，應充分利用以解決目前之國防生產生活問題，同時用極淺近的譬喻與理解，灌輸於一般民衆。’

正中書局，很誠懇底接受‘科學化’的使命，要發行應用科學叢書，委託本會南京分會，主持編輯事宜，並以編輯大綱請示本會。本會以應用科學的範圍，包括甚廣，各種科學的內容，同牠的應用，也沒有一定的限制，要在編輯同審查的專家，都能切實認識同一的目標，就能夠領導閱讀的人，進到康莊的大道——科學化。爰把本會歷次決定的宗旨 趣向，和目標，以及工作計劃大綱；簡括起來，做個序言，刊於每部叢書的前面。希望同情於本會的人，隨時加入本會，共同迎頭趕上現代科學化的文明；有志於本叢書的人，隨時向該書局或該分會，貢獻其著述。更希望一般社會中的人們同讀者，對於本叢書有任何意見時盡量不容氣的提出來！

中國科學化運動協會 廿五年五月五日於首都藍家莊園本會

編輯凡例

- 一 本書所用化學名詞，概照國立編譯館出版的化學命名原則。
- 一 本書所列外國人名譯音，概照商務印書館所出版的余祥森編標準漢譯外國人名地名表。
- 一 本書所取工程名詞，概依國立編譯館所擬的化學工程名詞。
- 一 本書所列度量衡，除特別註明外，概遵照部頒新制。
- 一 本書所用溫度制，概用攝氏百度計。

目 次

第一編 概論	1
第二編 無機工業藥品	5
第一章 元素工業藥品	5
第一節 碳	5
第二節 磷	7
第二章 酸類工業藥品	10
第一節 硫酸	10
第二節 硝酸	27
第三節 鹽酸	38
第四節 氫氟酸	42
第五節 磷酸	44
第六節 硼酸	45
第三章 鹼類工業藥品	46
第一節 氫氧化鈹	46
第二節 氫氧化鈉	56
第三節 氫氧化鉀	65
第四章 鹽類工業藥品	66

第一節 硫酸鹽類工業藥品和亞硫酸鹽類工業藥品	66	
(1) 硫酸銨	(2) 硫酸鈉	(3) 硫酸鉀
(4) 硫酸鈣	(5) 硫酸鎂	(6) 硫酸鋇
(7) 硫酸鋅和明礬	(8) 硫酸鉻	(9) 硫酸亞鐵
(10) 硫酸銅	(11) 硫酸錳	(12) 硫酸錳
(13) 亞硫酸氫鈉	(14) 亞硫酸鈉	
第二節 鹵化鹽類工業藥品和鹵酸鹽類工業藥品	72	
(1) 氯化銨	(2) 氯化鈉	(3) 氯化鉀
(4) 氯化鈣	(5) 氯化鎂	(6) 溴化鉀和碘化鉀
(7) 氫酸鈉	(8) 次氯酸鈉	(9) 次氯酸鈣
第三節 硝酸鹽類工業藥品和亞硝酸鹽類工業藥品	86	
(1) 硝酸銨	(2) 硝酸鈉	(3) 硝酸鉀
(4) 亞硝酸鈉		
第四節 磷酸鹽類工業藥品	87	
(1) 磷酸鈣	(2) 過磷酸鈣	
第五節 硼酸鹽類工業藥品	88	
第六節 碳酸鹽類工業藥品	88	
(1) 碳酸鈉	(2) 碳酸鉀	(3) 碳酸鉀
(4) 碳酸鈣和碳酸鎂		
第七節 矽酸鹽類工業藥品	100	
第八節 鉻酸鹽類工業藥品	101	
(1) 鉻酸鉀	(2) 重鉻酸鉀	
第九節 錳酸鹽類工業藥品	102	
(1) 錳酸鉀	(2) 高錳酸鉀	
第十節 硫代硫酸鹽類工業藥品	103	

第十一節 氰化鹽類工業藥品	105	
(1)亞鐵氰化鉀	(2)氰化鉀	
第五章 氧化物類工業藥品	107	
(1)過氧化氫	(2)氧化鈣	(3)氧化鎂
(4)氧化鋅	(5)氧化鉛	(6)二氧化錳
第六章 硫化物類工業藥品	111	
(1)硫化鈉	(2)硫化鈣	(3)二硫化碳
(4)硫化錫	(5)硫化鋅	
第七章 碳化物類工業藥品	114	
第三編 有機工業藥品	117	
第一章 烴類和烴類同系物工業藥品	117	
(1)苯	(2)甲苯	(3)萘
(4)蔥	(5)汽油	(6)石蠟和凡士林
第二章 烴類衍生物工業藥品	134	
(1)三氯甲烷	(2)四氯化碳	(3)三溴甲烷和三碘甲烷
(4)四氯乙烷	(5)硝基苯	(6)三硝基甲苯
(7)苯磺酸	(8)氯化苄基	(9)苯胺
(10)胺基苯磺酸	(11)硝基三氯甲烷	
第三章 醇類工業藥品和酚類工業藥品	143	
(1)甲醇	(2)乙醇	(3)丁醇
(4)戊醇	(5)丙三醇	(6)酚
(7)苯二酚和羥酚	(8)甲苯酚	(9)苯三酚
第四章 醇類衍生物工業藥品	175	
(1)硝化甘油	(2)三硝基酚	
第五章 醚類工業藥品	170	

	(1)乙醚	(2)二氯乙硫醚	
第六章	醛類工業藥品	.....	173
	(1)甲醛	(2)乙醛	(3)苯甲醛
第七章	酮類工業藥品和醃類工業藥品	.....	178
	(1)丙酮	(2)意醃	(3)溴丙醇
	(4)苯氧乙醃		
第八章	酸類工業藥品	.....	181
	(1)甲酸	(2)乙酸	(3)十八醃和油酸
	(4)乙二酸	(5)苯甲酸	(6)苯二甲酸
第九章	複能物類工業藥品	.....	190
	(1)2-羥丙酸	(2)二羥丁二酸	(3)羥基戊三酸
	(4)磷羥基苯甲酸	(5)二羥基草酸	(6)三羥基苯酸
第十章	酸類衍生物工業藥品	.....	193
	(1)乙酐	(2)過氧化苯甲酸	(3)氯化碳醃
	(4)乙醃乙醃	(5)乙醃戊醃	(6)丁醃乙醃
第十一章	有機鹽類工業藥品	.....	195
	(1)乙醃鎂	(2)乙醃鈣	(3)乙醃鋁、乙醃鐵、 乙醃銅、乙醃鎳
	(4)乙醃鋇	(5)二羥丁二醃錫	(6)雷酸汞
	(7)氫氨基化鈣		
第十二章	醃類工業藥品	.....	198
	(1)葡萄糖	(2)麥芽糖	(3)蔗糖
	(4)澱粉	(5)糊精	(6)纖維素
第十三章	醃類衍生物工業藥品	.....	203
	(1)硝化纖維素	(2)硝化澱粉	
第十四章	砷碳化合物類工業藥品	.....	207

	(1)二氯化甲脒	(2)二氯化乙脒	(4)二苯氯脒	
附錄一	參考書籍	...	...	213
附錄二	中英法度量衡核算表	...	...	214
附錄三	波美比重推算式,華氏攝氏溫度推算式	...	...	216
索 引	...	...	...	217

第一編 概 論

(一)大意 工業藥品，就是指化學工業中所需要的原料，或是化學工業所生產的成品而言。藥品並非真正所謂醫藥的‘藥’，實際就是所謂‘化學物’。那麼本書所討論的，便是‘一切工業中的化學物的製造方法’。因為工業藥品的範圍，很是廣泛，本書祇能挑選其最重要的，加以敘述。

(二)歷史 化學工業，肇始極早，幾千年前，便有人發明火藥和紙張了。但是應用科學方法，創立大規模的工廠來生產，這不過是最近幾百年裏的事吧？工業藥品的工業，是化學工業中的一部份，它的歷史，當然更比較幼稚了。1791年，法人勒布隆 (Nicolas Le Blanc) 發明由食鹽製鹼的方法以後，工業藥品的老祖，這才降生。此後三酸工業、電化工業、氮素工業、煤膏工業等等，相繼發達，直到現在，風起雲湧，一日千里，差不多超乎別種工業之上了。

(三)重要 近世以來，生活程度，一天高似一天，國際競爭，一天劇烈一天。從前的天然產物，現在已經不夠供給了，從前的農工出品，現在已經覺得太不精巧了。方法的改進，新奇的發明，副產的亟謀利用，成本的力求經濟等等，這許多問題，我們都應當想法解決的。尤其是在今日的中國，農村破產，經濟衰落，民生凋敝，國務艱

難，要求一時工業的發達，抵制外貨，不獨很困難，就是專心仿造，也要着實努力哩！

(四)製造概要 化學製造方法很多，五花八門，實合初學人們應接不暇，茫無頭緒，然而我們仔細歸納起來，無論那種工業藥品的製造，不外下列諸手續：

(1)軋碎和研磨 製造所需的固體原料，或是生產的固體成品要達一定的細度時，須經適當的軋磨機或研磨機來研磨，這差不多是普通工業化學製造中的重要步驟。

(2)分離 軋碎的物品，常常是大小不勻，要用篩子來分離取捨。或製造過程中固體物和氣體物，固體物和液體物，以及液體物和液體物等等的離析，都需要相當的分離器來分別檢取。

(3)過濾 溶液中的不溶物，或是溶液中的結晶物，要使它和溶液分離，常用過濾方法來過濾，譬如壓濾器、離心器、吸濾器等等器械，都是一般化學工廠裏的基本機械，尤其是鹽類工業藥品製造廠裏，這是少不了的一個手續。

(4)蒸發 溶液中溶解物的結晶，換句話說，成品中大部水份的去除，是要靠着蒸發的方法來解決的，這也是各項藥品製造中千篇一律的階段。不過所用的蒸發器不同罷了。

(5)乾燥 蒸發掉大部水份而結出的成品，或是一般潮溼的原料，需要乾燥的時候，這少量水份的去除，不再用蒸發而行烘乾的手續了。

(6)蒸餾 沸點不同的物質，相互混在一起的時候，我們要把

它分離，分別捕集，以上分離、過濾、蒸發等等手續，都不能應用，惟有蒸餾的方法，才可以辦到。蒸餾法有分解蒸餾、蒸汽蒸餾、分級蒸餾等等，都是隨時應用的。

以上六項手續，各項機械，詳細情形，請參考本叢書中化學工程一書，當能瞭解，現在不過籠統解說一遍罷了。

(五)工廠原則 工廠製造，是含着商業的性質，所以要達到這個目的，至少要依下列諸原則，才可以謀發展，圖興盛。

- (1) 成本輕而經濟。
- (2) 方法簡捷、連續、且新穎。
- (3) 設廠地點要適當。
- (4) 產品精良、豐盛、且易銷。
- (5) 副產善自利用。

(六)分類 因為工業藥品很繁，種類很夥，我們為簡單研究，便利讀者起見，也依照普通化學的分類法，分成無機工業藥品和有機工業藥品兩編。凡一般非碳化合物的工業藥品，都包括在無機編中，碳的化合物工業藥品，便歸納在有機編中。而各編之中，更依照藥品的種類，分章列節，詳細討論。我們在無機工業藥品裏，分成下列七章：

- (1) 元素工業藥品，
- (2) 酸類工業藥品，
- (3) 鹼類工業藥品，
- (4) 鹽類工業藥品，

(5) 氧化物類工業藥品，

(6) 硫化物類工業藥品，

(7) 碳化物類工業藥品。

我們在有機工業藥品裏，分成下面十四類：

(1) 烴類和烴類同系物工業藥品，

(2) 烴類衍生物工業藥品，

(3) 醇類工業藥品和酚類工業藥品，

(4) 醇類衍生物工業藥品，

(5) 醚類工業藥品，

(6) 醛類工業藥品，

(7) 酮類工業藥品和醣類工業藥品，

(8) 酸類工業藥品，

(9) 複能物類工業藥品，

(10) 酸類衍生物工業藥品，

(11) 有機鹽類工業藥品，

(12) 酯類工業藥品，

(13) 酯類衍生物工業藥品，

(14) 矽碳化合物類工業藥品。

第二編 無機工業藥品

第一章 元素工業藥品

第一節 碳(Carbon)

(一) 產源：碳素是地球上分佈最廣的元素，成游離態而存在的，像煤、炭、石墨、以及金剛石等等。一切動植物體的主要成份，石灰石、石油礦等礦物，還有空氣裏的二氧化碳，都是自然界裏碳的化合物，不過在工業藥品裏，卻並不佔若何重要位置，其中重要的，要算是活性碳和石墨，這是我們要詳細討論的。

(二) 活性碳 (Active Carbon) 活性碳是工業的製品，沒有天然的產物。發明的歷史，也不過幾十年。它的製造方法很多，統計最精良的方法，不外三種，而三種方法的手續，不外兩步。

(1) 原料 一切果核果殼，尤其是椰子殼、胡桃殼，做出來的成品最精良。此外一般堅硬木材，像紅柏、松枝、杉木等等，還有白煤、骸骨，也勉強可以應用，不過品質要比較差些。

(2) 方法

第一步製基本碳 把原料壓碎成大小適當的顆粒，薄薄地鋪在碳化爐裏，增高溫度到五、六百度，保持五、六小時，就成了。碳化爐

是鐵鑄的錫閉器，頂上有小孔，就是原料碳化時碳氫化合物的逸出口。碳化時的溫度和時間 都很重要，過高或過久，就會氧化過度，否則，碳化不能完全。碳化爐絕對不可漏氣，因如有空氣滲入，足使碳素氧化，而減少產量。

第二步活化碳 上面所得的基本碳，雖然已經變成了多孔性，但是還有一部份碳氫化合物沒有完全去除，還要經過活化的手續，來增加孔隙。

(A)過熱空氣活化法 把上面的基本碳經碾碎過篩後，便放在活化爐的活化管裏，流過大約 300 或 400 度左右的過熱空氣，藉以氧化剩餘的碳氫化合物。

(B)過熱蒸汽活化法 用 80 磅的壓力，800 度到 900 度的過熱蒸汽通入活化爐，使基本碳裏的碳氫化合物，繼續氧化。12 小時到 16 小時後，方始完成。假使原料是用胡桃殼，那麼 40 磅壓力，650 度的過熱蒸汽，活化 8 小時，便足夠了。過熱蒸汽活化爐的式樣也有許多種。比較普通的，是屋斯脫古 (Osterjko) 氏過熱蒸汽活化爐，這爐子所用的燃料，就利用它蒸汽通過基本碳所生的水煤氣來應用，很是經濟。爐子的構造，有直立式和橫臥式兩種，實際和煤氣廠中的煤氣爐差不多。

還有一種是德雷斯勒隧道窯 (Dressler Tunnel Kiln)，和普通陶瓷窯差不多，窯身是用磚，而內部是用耐火磚砌成的。長約 58 公尺 (即米 Meter)，高約 3 公尺。爐裏有一小車，車上可載 120 個淺盤，就是裝盛基本碳的器具，推進拉出，很是方便。而且推進之後，位

置很是適當，被通進的過熱蒸汽和燃燒氣來活化。因為通進過熱蒸汽的壓力，較準得很適當，所以外面的空氣是不會滲入的。

(C)藥品活化法 和以上兩法手續差不多相同，不過所用的核殼原料，經碾碎後，先用百分之 60 濃度的氯化鋅溶液來浸漬三天三夜，撈出烘乾後，碳化製成基本碳。而在第二步活化之前，須先用鹽酸來洗滌，去除剩餘的氯化鋅，繼用清水洗滌去酸，再經烘乾、壓碎、過篩等等手續，而行活化。

以上所討論的方法，要算第二個最好。因為第三個方法太耗費，手續煩，成本大。而第一個方法，用過熱空氣，雖然在低溫時活化，可以省掉許多燃料，但是總不免要氧化掉一部份碳質啊！

(3)用途 活性碳的用途，在軍事上，固然大部份做防毒面具的吸收劑，就是在工業上，譬如在製糖工業裏，用來做脫色劑，在油脂工業裏，用做去臭物，還有自來水廠濾水，煤氣廠除氫，以及接觸劑、除醇料等等，也是常須應用的。

(三)石墨(Graphite) 自然界裏，有天然的石墨碳存在。但是也可以用煤、石油蒸餾殘渣、煤膏以及瀝青等等，在電爐裏以1100度下製成人造石墨。天然石墨大半用做製造鉛筆，機器塗滑和防銹。人造石墨幾乎完全用做電極和坩鍋。

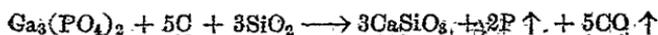
第二節 磷 (Phosphorus)

(一)產源 自然界裏沒有游離的磷存在，可是磷的化合物，生產得很多。譬如磷灰石、磷灰土、磷酸鐵等礦石，蘊藏在巖石土壤裏，

到處都有。一般動物骨骼，也含着幾乎達百分之 60 以上的磷酸鈣。所以要製造游離的磷，就可以利用這許多天然礦物。

(二)製法 製造黃磷，從前多用骨灰、木炭、和砂，混合均勻，入電爐來製造。

電爐是鐵鑄的桶，築在內壁用耐火磚所砌的爐裏，深約 0.9 公尺，截面積約 116 平方公尺。兩極用石墨，通電後，爐內溫度可以到 1400 度左右。爐頂有漏斗狀原料加入口，碾碎的原料堆積在上面，慢慢落下，這樣就可以密閉爐口。爐側設一導管，放出一氧化碳和磷，導入一組凝結管裏。第一個凝結管，用熱水循環流着，其餘用冷水流着，游離的磷，便凝結在冷水裏。在爐裏的反應，可用下式來表示：



(三)精製 這樣所得的黃磷，灰黑棕紅，很不純粹，還要加以清理。清理時，把這粗磷放在一個鍍鉛並具有攪拌設備的鍋裏，用百分之 3 到 4 濃度的重鉻酸鉀液來處理。鍋底用蛇形蒸汽管通蒸汽加熱，熔化以後，再加適當濃度的硫酸，繼續攪拌加熱二小時，黃磷便變成灰黃透明的物質了。這時使用虹吸法把溶液吸去，而換熱水來攪洗，循環幾次以後，立刻經濾布袋過濾，再經壓模手續，壓成相當形式，裝入瓶中，澆以煤油，以備應用。

(四)紅磷 把黃磷放在密閉鐵釜中，熱到 240 至 250 度，一週後，便變成紅磷了。作用完全後，冷卻，在氫氧化鈉液裏煮沸，用水洗濯，乾燥後裝瓶。這個方法，溫度不可高過 260 度，否則仍舊變成

黃磷了。

(五)用途 磷在工業上的用途，紅磷遠較重要，譬如製造火柴、火藥，都用紅磷做原料。而在軍事上使用黃磷製造燃燒彈，做引燃物。

第二章 酸類工業藥品

第一節 硫酸 (Sulfuric Acid)

第一法 鉛室法

(一)原料

(1) 二氧化硫(Sulfur Dioxide) 製造硫酸,無論鉛室法,或是接觸法,都用硫化礦如黃鐵礦、方鉛礦、方鋅礦等等做原料,或用自然硫燃燒而得二氧化硫。

一般硫化礦的採掘,和普通礦石一樣,沒有什麼特殊。自然硫(Natural sulfur)的取掘現在都採用赫爾曼夫拉許(Hermann Frasch)的方法。法用四同心鋼管,深深地鑽進硫磺床裏,外層最大管子直徑約 20 公分 (Centimeter),第二層直徑約 15 公分,這兩層都用 170 度的過熱蒸汽打入。第三層直徑約 7.6 公分,而最裏的管子直徑,約 2.5 公分,170 度的熱蒸汽,大約每平方吋有 250 磅的壓力,便從這最裏的管子壓進去。礦裏的自然硫,便因熔化而被壓進管底,經第三管吸出後凝固。

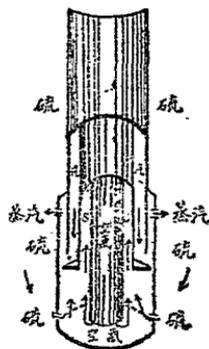


圖 1.

夫拉許氏硫磺採掘器

除掉直接用硫化礦,或是自然硫做原料之外,還有利用煤氣廠

的副產硫黃，鋼鐵廠的二氧化硫氣，以及蘇打廠的副產硫化鈉，來做二氧化硫原料的。歐戰時候，有許多交戰國，因為原料的缺乏，便用石膏被碳還原而得二氧化硫，不過這都不是經濟的辦法。

(2) 氧化氮(Nitrogen Oxide) 鉛室硫酸法裏，除掉主要原料以外，還需要氧化氮，用來做傳氧劑。氧化氮的原料，普通都用硝石和硫酸，或直接用硝酸。在近代工業發達的國家，有從氮氧化而得的，這似乎還不十分普遍。

(二) 機械和手續

(1) 二氧化硫發生爐 用自然硫做原料的二氧化硫發生爐，普通有兩種：一種像旋轉爐式的圓筒爐，像圖 2，還有一種是美國式的未修維阿斯(Vesuvius) 爐，構造像圖 3。這爐子高約 1.7 公尺，爐裏共築鑄鐵盤五層，最上層中央有一孔，插了一個可上下移動的錘。自然硫從爐頂倒進，落入第一盤而燃燒熔融，便從孔隙流進第二盤。二氧化硫從爐旁導管通進洗氣室而入格拉弗塔(Glover Tower)。燃燒的速率，從爐旁小門流進的空氣來校準。

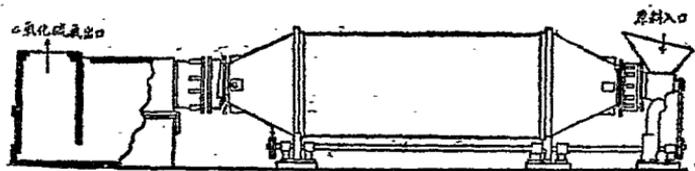


圖 2. 硫黃爐

硫化礦的燃燒爐，比較複雜，種類也多，因為礦石有大小粗細不同，所以應用的爐子構造也不同。礦石採掘了輸運到廠裏，要先經壓

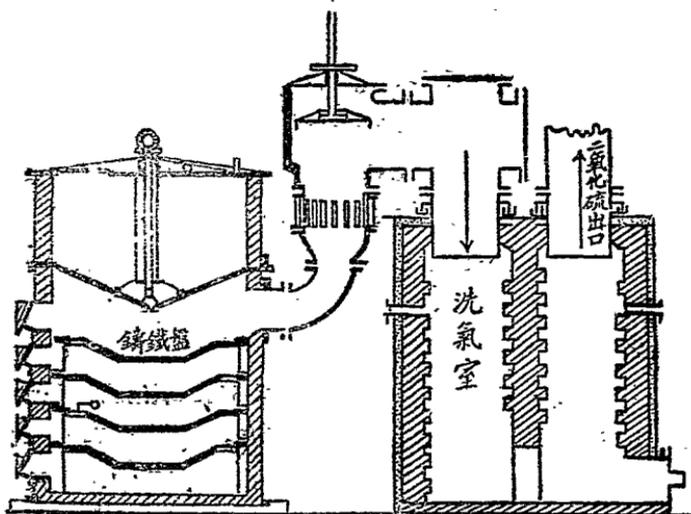


圖3. 未修維阿斯氏硫磺爐

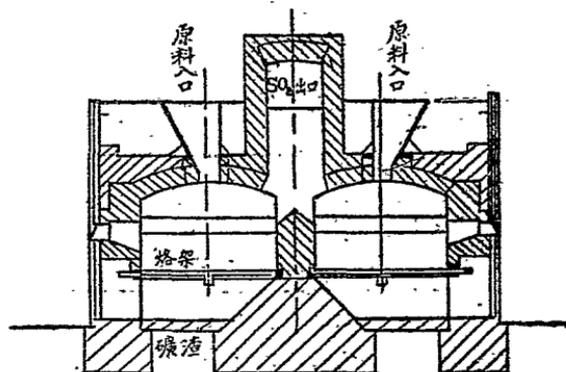


圖4. 粗塊燃燒爐側截面

碎機碾碎，而後入爐燃燒。

粗塊礦石的燃燒爐，構造像圖 4 和圖 5，這是由幾個並立的低烘腔所組成的，各個烘腔都用半腔高的短牆隔離着。全爐的正面，祇有一個工作門，所以實際這爐都是由兩爐背向連接的，每個爐腔的頂上，設着一個漏斗，可以添加原料，落入爐中熔架上。這熔架是用許多四角柱形的鐵條排列的，它的前端，裝着一個總柄，可以旋轉活動，因此可以把燃燒後的礦渣，從這熔架縫落入爐底，耙出後，用車裝運送出，供給鋼鐵廠做原料。燃燒所需的空氣，從工作門或另築的通氣門流進，所得的二氧化硫便升入爐頂匯集在中央總導管而入除塵室。這種爐子的爐腔，是輪流應用的。所用燃料，祇要開始用一次，以後便可不必添加。每一爐腔每隔 8 到 12 小時，加新礦石一次。

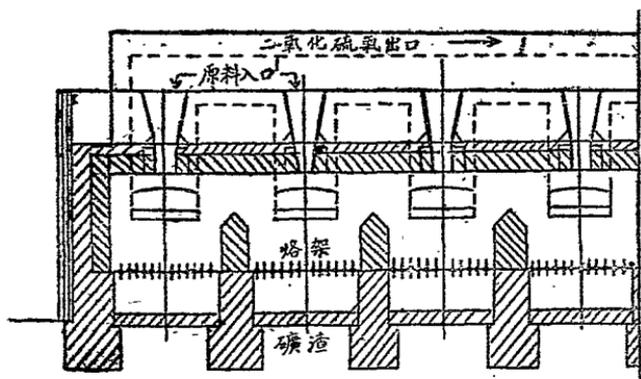


圖 5. 粗塊礦石爐正截面

精屑礦石的燃燒爐，種類更多，現在都採用機械攪拌的焙灼爐

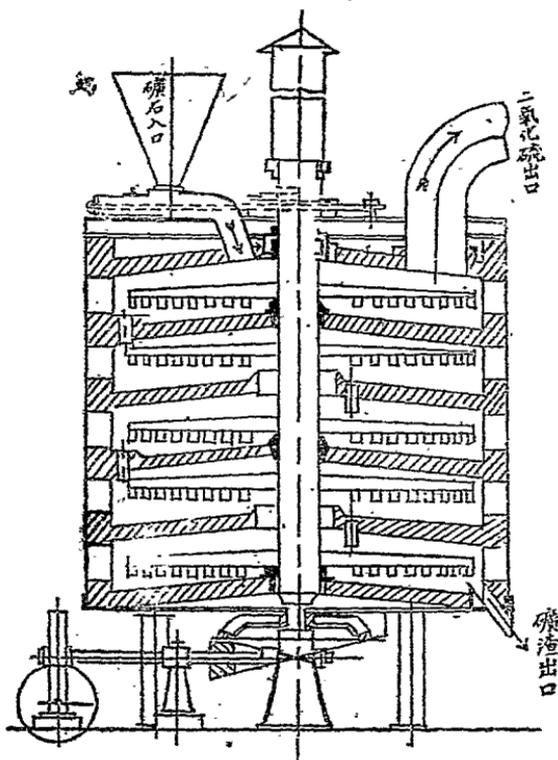


圖 6. 馬克杜加爾氏精層礦燃燒爐

最普通的是馬克杜加爾 (MacDougall) 氏和韋奇 (Wedge) 氏式兩種，如圖 6 及圖 7。馬克杜加爾爐的直徑約 0.7 公尺到 0.3 公尺。爐中插着一個空心，可以通空氣或冷水的旋轉軸。軸的兩旁，裝着許多攪拌臂，臂的下面，又裝着許多齒，在兩臂的中間，築一隔層板，

這板是一個築在中央，一個築在爐邊，互相間隔銜接着的。而在板端，都有一孔，精細的礦石，從爐頂側部漏斗裏加入，逐漸落入爐中隔層板上，因為攪拌臂的轉動，便把板上的礦石，慢慢地耙動，曲折的落入爐底出口卸去。而一方因燃燒變成二氧化硫，從爐右頂導出管，通到除塵室。這種爐子每天可以燒礦石 12 公噸 (Metric ton) 到

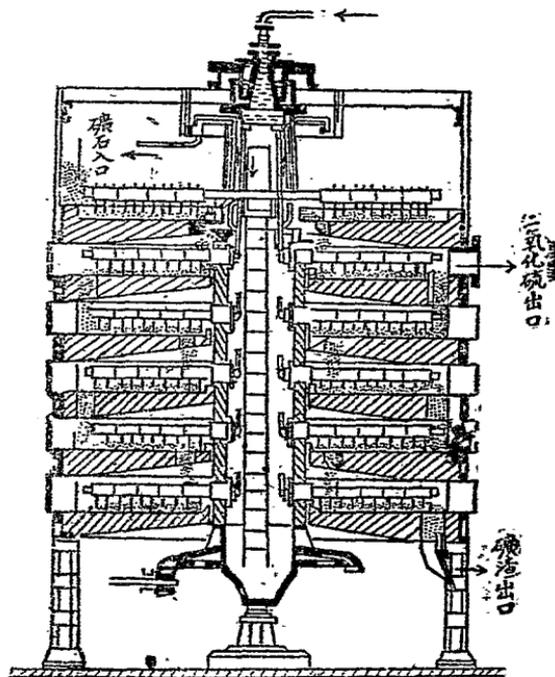
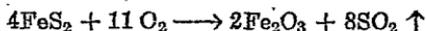


圖 7. 韋登氏精屑礦燃燒爐

25 公噸，這旋轉軸每 2 分鐘旋轉一次。其反應式如下：



(2) 氧化氮發生器 氧化氮發生器，不過用一個適當的鐵釜，安置在二氧化硫氣進除塵室的通道地方。釜上有漏斗裝置在爐外，可以加入硫酸和硝石。釜的前面有門，以便清理鐵釜。

(3) 除塵器。從二氧化硫發生器所跑出的氣體，時常附帶着許多塵埃，尤其是精屑礦焙灼爐所帶來的更多。假使這氣體不先經清理，那麼將來格拉弗塔和鉛室，都要弄得一蹋糟，而且所產生的硫酸，也混淆不清！所以要先經除塵器除塵。除塵器的式樣很多，通常有機械除塵和電力除塵兩種。機械除塵有用吸收塔，使氣體滲入高塔，而用活性碳或木炭來濾除塵埃的。有用減速設備，使氣體流速減少，因此可以使塵埃慢慢沉積下來，附着在室壁或室中曲折的隔層上。

(4) 格拉弗塔 二氧化硫和氧化氮經過除塵器後，直接流入格

氏塔。格氏塔是一種耐酸磚、石英粉、和水玻璃黏砌的反應塔。高 13 公尺，廣 7.9 公尺，成圓柱形或六角柱形，或八角柱形等等，

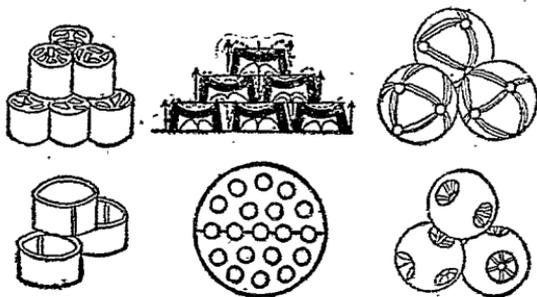


圖 8. 反應塔中所用的充填料

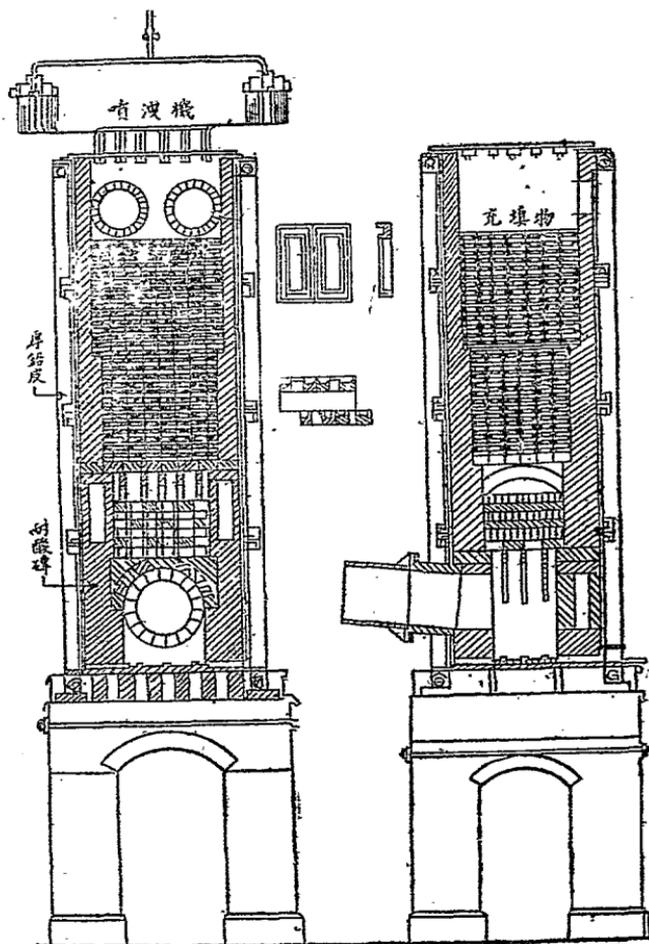
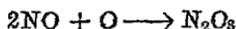


圖9. 格拉弗塔

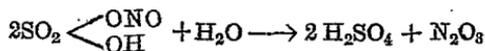
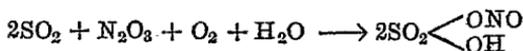
外面包着厚厚的鉛皮。塔裏貯滿着環狀、三角狀、盤狀、球狀等等充填物，這樣可以使頂上噴下的液體，和下面升上的氣體接觸嚴密。充填物料如圖 8，格氏塔構造外形如圖 9 所示。塔頂裝着稀硫酸噴洩機，可以把鉛室裏的稀硫酸和給呂薩克塔 (Gay-Lussac Tower) 裏所得的亞硝酸磺酸 (Nitrosyl sulfuric acid)，由唧筒吸上而噴下。這裏二氧化硫的溫度在 300 度左右，因此一方可以濃縮硫酸，分解亞硝酸磺酸，而一方可以氧化二氧化硫。所生的硫酸，便滴落在塔底而流出。噴洩機是由分酸機、溢導管、旋轉扇、和分配器等組成，絕對使稀酸噴洩的滴子均勻精細，速度適當。這塔裏的作用很複雜，惟可簡單的用方程式表示，如下：



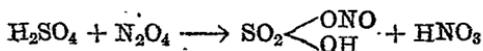
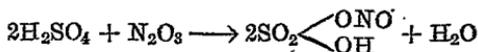
(5) 鉛室 鉛室是鉛室硫酸製造廠裏的主要部份。因為這是用 2 到 3 公厘 (即毫米 Milli-meter) 左右厚的鉛板，用氫氧焰焊接，所以稱為鉛室。普通這鉛室是一個 10 到 16 公尺高的四方形鐘罩，沒有底，樹在一鐵架上，而下部承着一個皿狀的底，名叫室船 (Chamber boat)。鉛室酸便盛在裏面，因此可以避免漏氣。鉛室的容積，隨着燃燒爐的容量而變更，通常 1 公斤 (即仟克 Kilogram) 硫鐵礦，需要 1.2 立方公尺鉛室容積。1 公斤自然硫，需要 0.9 立方公尺容積。而實際工廠裏是用幾個鉛室連成一系列，最普通的是三個同容積或不同容積的鉛室相連應用。室頂設着噴汽裝置，可以隨時校準噴汽速度。室壁備着溫度計、壓力計、通風計等等，可以隨時測得

鉛室裏的作用物狀態。室底的室船更裝着汲酸器，用來汲出硫酸。此外還有窺視窗、採樣孔、以及工作門等等檢驗硫酸純度和濃度的設備。

鉛室裏的作用更是複雜，綜合起來，可用下面幾個方程式來表示：



(6) 給呂薩克塔 給呂薩克塔的一般構造，完全和格拉弗塔相同。高約 9 公尺到 16 公尺，廣 1.5 公尺到 3 公尺。容積隨鉛室而變更，通常拿鉛室全部容積的百分之十來計算，實際也不是單獨一個的。塔的腹部，也充填着相當的充填料。這塔的主要功用，完全是來吸收鉛室裏跑出的氧化氮，而送到格拉弗塔來重複應用。所以鉛室裏的廢餘氣，便通進這塔底，同時塔頂用 60 到 62 度波美的硫酸噴下來，使其吸收廢餘氣體。所得的亞硝酸硫酸，更導入格拉弗塔頂。至於沒用的廢餘氣，最後便在塔肩煙囪逸去。吸收作用，可用下面兩式來表示：



全部手續如圖 10，便可以明白，現在不繁述了。

(三) 精製和蒸濃 因為鉛室硫酸所用的原料，燃燒後所得的二

氧化硫，祇經過除塵的手續，對於礦裏所含的砷、銻等等雜質，並沒有加以注意，而且所用的傳氧劑——氧化氮，和硫酸所成的亞硝酸磺酸或是游離二氧化硫，在調節工作上，絕對不能精確。就是鉛室，雖然在理論上，和硫酸沒有多大作用，然而在實際上，多少總有些問題。所以鉛室硫酸裏，鉛也是免不了的一種雜質。這些雜質在應用上，很多妨礙。譬如用來做醫藥、食物製造原料，含砷含鉛的硫酸，絕對不可採用。譬如提煉煤油，用含銻的硫酸，便會發生黃色。電池顏料，含砷或是氯化物的硫酸，也毫不適用。因為這些關係，以上所說的雜質，不得不設法除去。砷與鉛等等雜質，在工業上可以用硫化氫

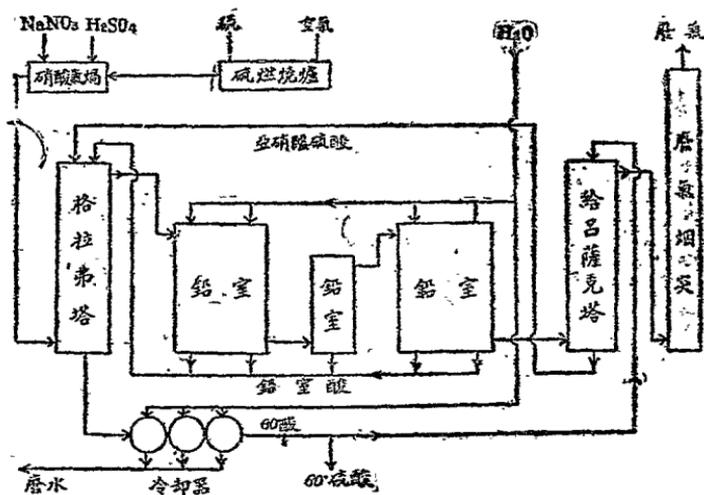
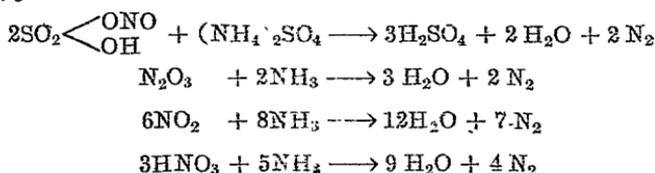


圖 10. 鉛室硫酸製造手續

來去除。方法是這樣的：把硫酸稀釋到 40 至 50 度波美，使從塔頂噴下，而在塔底通進（用硫酸與黃鐵礦相作用而生成的）硫化氫，這時硫酸裏的砷、鉛、銅等等雜質，都可以成硫化物沉澱出來，祇要澄清以後，便可以分離了。至於氧化氮、亞硝酸、硫酸、和硝酸等等的清理，方法更較簡單，祇要用千分之五的硫酸銨粉末撒在熱的硫酸裏，硫酸銨便分解成氨，和氧化氮、亞硝酸、硫酸、硝酸等等作用，便成氮而跑掉。



從本法所得的硫酸，可以分成兩種，一種是鉛室酸，濃度約在 50 度波美左右。還有一種是格拉弗塔酸，濃度約在 60 度波美上下。因為通常多數工業，還需要 66 度波美的硫酸。所以在清理手續以

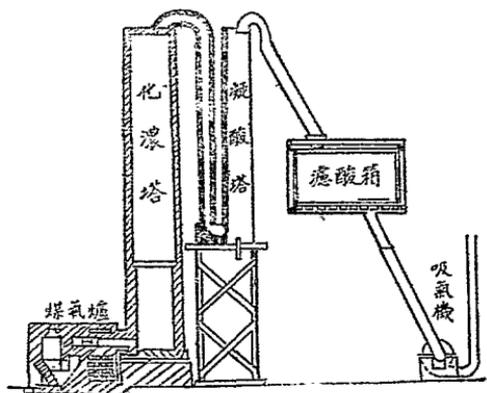


圖 11. 加羅氏塔

後，還得要行蒸濃的手續。蒸濃的方法很多，最普通的機械有加雅氏塔(Gaillard Tower)(圖 11)和凱式婁(Kessler)法兩種。加氏塔是由蒸濃塔和精餾塔兩部合成。蒸濃塔是用火山石砌成，外面包着鉛皮，約高 15 公尺，底部廣 2 公尺，頂部廣 1.7 公尺，塔裏也用火山石隔着許多薄間壁，稀硫酸從塔頂噴下，煤氣從塔底吹入，這樣硫酸便可以蒸濃到 66 度波美，落在塔底貯酸器裏。蒸汽另從塔頂通出，而入高 8 公尺到 10 公尺，廣 1.3 公尺的精餾室，冷卻凝結。剩餘的酸氣，更引進焦炭木槽裏，完全吸淨。

第二法 接觸法

(一)原料

(1)二氧化硫 二氧化硫的來源，和鉛室法可說完全相同；不過因為普通硫化礦裏，都雜有砷，這是對於將來製造硫酸時，所用的鉛棉接觸劑，很有妨礙的。所以用自然硫來做原料，實在比較適宜，否則在除塵手續的時候，便應當同時經除砷的步驟。

(2)接觸劑 接觸法用二氧化硫製造硫酸，要用鉛棉或氧化鐵和鉬酸銀來做接觸劑，此外像三氧化二鉻、一氧化銅、二氧化矽、硫酸鈷、硫酸鎳等等也可以應用，可是效力比較低得多了。鉛棉是把鉛粉散布在硫酸鎂裏，或長纖維石棉等托襯基上。托襯基都要用鉛氣氫酸浸溼，烘乾再用。鉬酸鹽類接觸劑，是用 60 克(Gram)的一縮原鉬酸鉀，加相當量的氯化鈣溶液和 475 立方公分的矽酸鈉 (1:10) 而製成，經過濾、烘乾、研碎、過篩、活化等手續而得。

(二)機械和手續

(1) 二氧化硫發生器 和鉛室法同。

(2) 除塵室和冷卻室 接觸硫酸廠裏的除塵室和鉛室硫酸廠裏的除塵室略有不同，因為這裏運帶要除砷和降冷。所以這除塵室裏還附帶着除砷設備。因為從燃燒爐出來的二氧化硫溫度在 700 或 800 度以上，對於接觸作用溫度太高，所以還得要冷卻。在現在有許多工廠，就利用燃燒爐裏新卸出的礦渣做除塵除砷的材料，這真是廢物利用，不過冷卻設備，要另外裝置。除塵除砷和冷卻，三部工作一并進行的工廠，實際比較多，其法用冷水從冷卻塔頂噴下，而二氧化硫氣從塔底通入，這樣，一方面氣體的塵埃和砷素，可以洗除，而一方面又可降低熱度，那真是一舉兩得！

(3) 乾燥室 因為用冷水冷卻和除塵，所以二氧化硫氣體裏，不免含着許多蒸汽，將來用以製造硫酸時便發生困難，而且所產硫酸比較稀淡，所以在引進接觸爐以前，先要乾燥才行。乾燥的方法，很是簡單，祇要用濃硫酸做吸水劑，從乾燥室頂噴下，氣體從室底鼓入，這樣進行便可以了。

(4) 接觸爐 接觸爐的種類很多，最普遍的有三種：

(A) B. A. S. 式接觸爐 這是一個很大的鐵鑄圓筒，裏面裝着許多直立的鐵管，管裏裝着百分之 10 的鉛棉。如圖 12，二氧化硫經除塵、除砷、冷卻、乾燥等手續後，便從先溫器熱到 300 或 400 度，而從筒底通進接觸爐，包圍着接觸管的外部而上升，直達爐頂曲折進接觸管慢慢下降。這時二氧化硫和空氣，因受接觸作用，便發生反應變

成三氧化硫。不過有時還有一部份二氧化硫未受作用，所以要循環折入接觸管再繼續反應。循環幾次後，便從導出管引到吸收塔裏去。接觸管裏的溫度，靠着幾個調節二氧化硫通進速度的活門來校準。

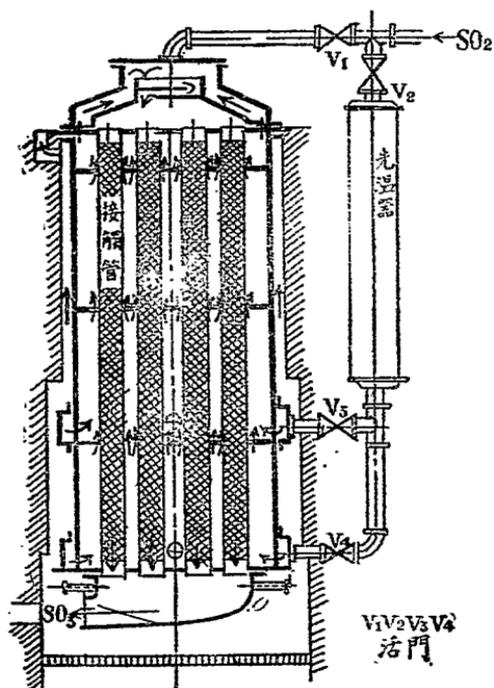


圖 12. B. A. S. 廠接觸鍋爐

(B) 頓忒斐 (Tente Lew) 式接觸鍋 1 公尺直徑的鍋子，裝着

許多節板，板上鋪着很均勻的鉛棉。鍋上接着約 4 公尺直徑的溫度校準器，這器裏又掛着一個大節板，也鋪着厚厚的鉛棉。在鉛棉裏，裝着許多小孔塔，藉此可以使作用的時候所生的熱量向上反射。二氧化硫和空氣從器頂引入，通過校準器，因此可以到適當的溫度。逢着大節板上接觸劑，便開始作用，逐漸向下到鍋裏。作用完畢，所得的三氧化硫，就從鍋底導出。

(C)曼海姆 (Mannheim) 式接觸爐 此法先用黃鐵礦渣做第一步接

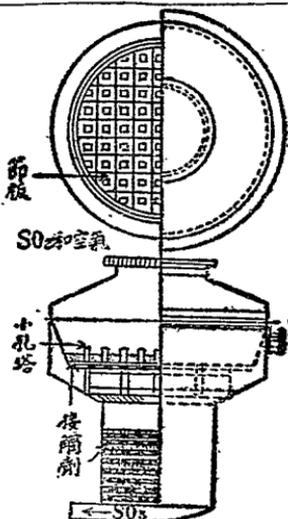


圖 13. 曼海姆式接觸爐

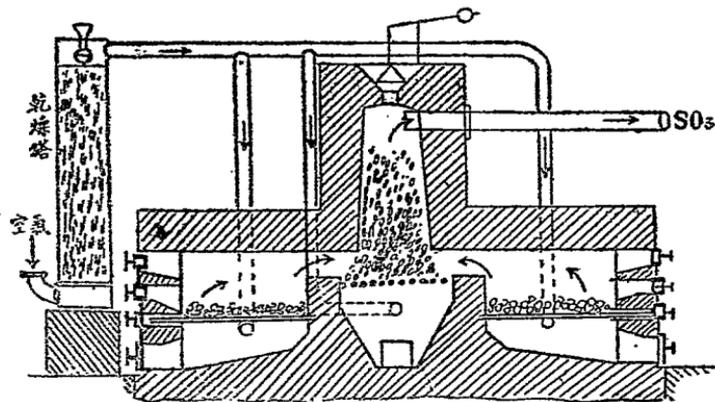


圖 14. 曼海姆式接觸爐

觸劑，而後再用鉛棉做剩餘二氧化硫的接觸劑。爐子的構造如圖 14 所表示，作用情形，看圖中箭頭方向便可明瞭。

(5) 吸收塔 從接觸爐裏所產生的三氧化硫祇要通進水裏，便可以吸收而成硫酸了。可是普通接觸硫酸工廠，都用稀硫酸來吸收，因此可得着百分之 97 濃度的硫酸，要比較鉛室硫酸濃得多了。也可以用更濃硫酸來吸收，從此可以得着發煙硫酸(Oleum)。吸收塔的構造，完全同格拉弗塔一樣，不過大小不同罷了。

詳細手續如圖 15。

用途 硫酸

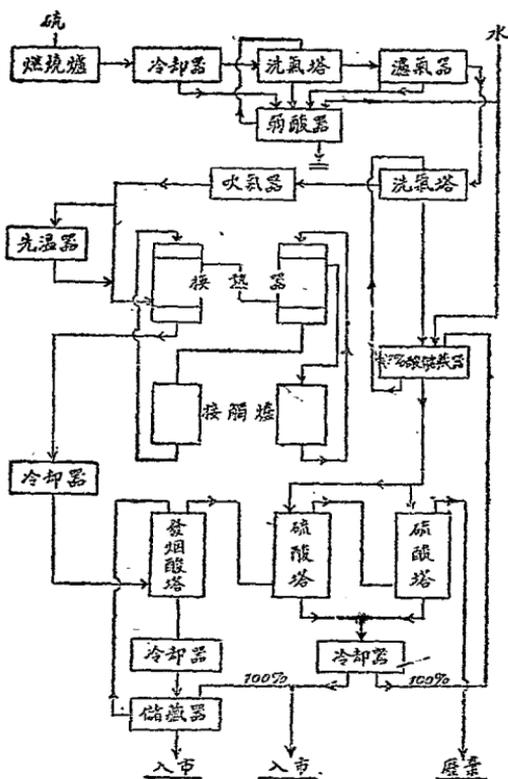


圖 15. 接觸硫酸製造手續

可說是一切工業藥品的基本原料，效用的廣大，真是不可以言喻！一切酸、鹼、硫酸鹽的製造；磷、溴、碘等元素的提製；肥料、顏料、炸藥、漂粉等等工業；銀、銅、鉛、鎳的冶金；氣體乾燥；石油提煉；油脂苯蠟精煉；電鍍染織等等；都是需要硫酸，或做原料，或做煉劑。所以一個國家，硫酸工業的發達與否，就可以代表整個國家化學工業發達的程度。

第二節 硝酸 (Nitric Acid)

第一法 由硝石製造

(一)原料

(1)硝石 硝酸鹽類，在地球上天然存在的，要算是硝石 (Salt-petre) 和智利硝石 (Chili salt-petre) 了。製造硝酸的最老方法，就是利用這種天然礦產。硝石便是硝酸鉀，智利硝石便是硝酸鈉，前者廣佈在德國，後者盛產在智利。

(2)硫酸 本來用無機酸和硝石作用，蒸餾都可以得硝酸。但是一般無機酸，除掉硫酸之外，沸點都不高，有的且容易分解，在蒸餾的時候，很容易伴同硝酸一起蒸餾出來，所以在酸類裏要選擇沸點高而價值低的才可以應用，硫酸便是因了這兩層原因當選的。製造硝酸的硫酸，濃度須要在 60 度到 66 度波美。鉛

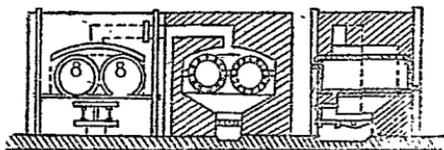


圖 16、硝酸蒸餾爐

室硫酸，經清理與濃縮後可以應用。

(二)機械和手續

(1)蒸餾器 新式的蒸餾器，如圖 16 的一種，是鐵鑄的橫臥筒狀式，長 1.5 公尺到 3 公尺，直徑 0.9 公尺到 1.5 公尺。全部砌在圓筒式爐裏，四週各部都可以被火焰包圍灼熱。兩端用砂石板和鐵夾做蓋子，蓋上有兩孔，一小一大，前端用以加入原料，後端用以通出氣體，和卸出硫酸氫

鈉。全鍋容量約可裝硝石 300 公斤到 900 公斤。圖 17 的一種，是成鍋子形，鍋底和中身，以及蓋子，都是用鐵鑄的。鍋的中身，內壁用耐酸磚保護着。鍋頂有兩口，一個直徑約 20 公分到 25 公分，用為原料入口，一個直徑約 7 公分到 15 公分，用做氣體的出口。鍋底設孔道，可以除去硫酸氫鈉。鍋子容量，約可容納原料一公噸。

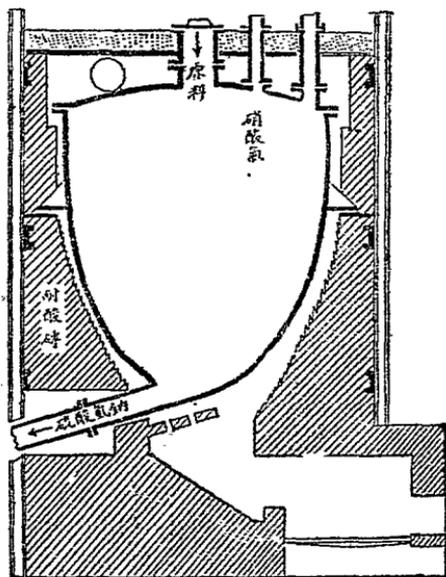


圖 17. 硝酸蒸餾器

工作時，先開原料口，加入原料，而後生火灼燒，到 300 度左右，

便開始作用，發生硝酸氣體，從出口導入凝結管。約一週夜，作用完全，便停火待冷，卸出硫酸氫鈉，再加新原料繼續工作。

以上兩種蒸餾器，都不能繼續製造，現在新式連續的蒸餾器，普通有兩種，簡單介紹在下面：

(A) 於倍爾 (Uebel)

式 這是三鍋鼎立而相互連續製造的一種 (圖 18)。工作時先把原料裝入第一鍋和第二鍋，蒸餾到 170—180 度約四小時，差不多大部份硝酸，可以蒸出。賸餘的硫酸氫鈉，便流入第三鍋，加入新硫酸。而第一第二兩鍋中，重新裝新原料，繼續蒸餾。再四小

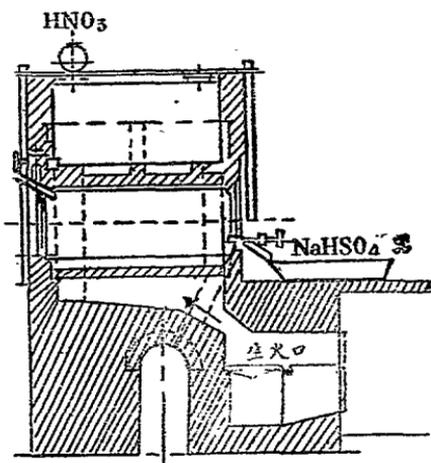


圖 18. 於倍爾蒸餾爐

時，便可卸出第三鍋中硫酸鈉，而移第一和第二兩鍋中硫酸氫鈉入第三鍋。再加新原料，繼續再蒸餾，這樣連續進行，終年終月，可以不停止的。

(B) 發楞丁勒 (Valentiner) 氏式 大概情形，和前面一法相同，所異者，不過在蒸餾器凝結器的尾端，另外裝設一個真空唧筒，以吸引蒸餾器裏的空氣，使器裏氣壓減低到 65 公分。然後加熱到 80 度，

把大部份硝酸先蒸出，再繼續增高溫度到 120 度至 130 度。等待硝酸完全蒸出後，再升高溫度到 170 度，使硫酸氫鈉熔化，因此易於洩出。這方法絕對可以避免硝酸分解，而且製造迅速，燃料節省，所得的硝酸，也比較純粹。

(2) 凝結器 硝酸從蒸餾器逸出的時候是氣體，用凝結器凝結後，便成液體。凝結器的種類很多，通常有迴流式、哥脫孟 (Guttannann) 導管式、給利斯海姆蛇管式，以及吸收器等等。給利斯海姆蛇管式成蛇管形，是把精製和凝結兩部手續合併進行。凝結溫度校準在 40 度到 60 度間，

凝結的硝酸從上面流下，而氣體從管底上升。因為凝結的溫度很高，所以一般雜質，

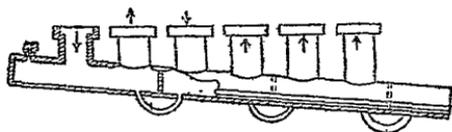


圖 19. 哥脫孟氏凝結管

很容易去除。哥脫孟氏導管式是六枝陶器管，長約 2.5 公尺，厚 8 公厘，管頂互相接着彎引管，可以互相流通，管底連着一個三段不相通的總導管，而全部築在水池裏。

(3) 吸收塔 硝酸氣經凝結器凝結而成液體後，沒有凝結的氣體，便和着過量空氣通進吸收塔底，吸收塔裏充填着陶製充填料，塔頂用水或稀硝酸噴下，吸收氣體中的剩餘硝酸和氧化氮。通常這塔一連須用兩個，在第二塔肩開着廢氣導出口，通出廢氣。

(4) 漂白 從這方法所得硝酸，因為蒸餾時不免有一部份硝酸分解，所以硝酸中免不了含着低級氧化氮，因此顏色混濁，須經漂白

的手續。漂白硝酸，是用熱的壓縮空氣鼓入硝酸，一方面可以吹出硝酸裏的游離氣體，而一方面可以氧化低級氧化氮，藉此硝酸得以漂白。

全部手續如圖 20。其反應式如下：

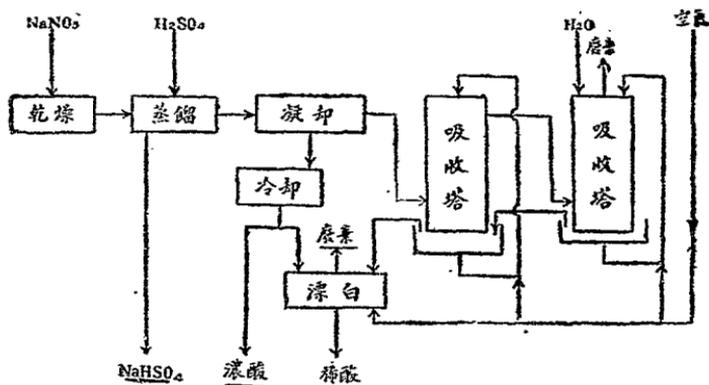
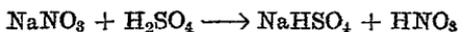


圖 20. 硝酸製造手續

第二法 由空氣製造

(一) 柏克蘭 (Birkeland) 和埃特 (Eyde) 氏法 柏氏和埃氏的電爐構造如圖 21，爐身用耐火磚所砌成。爐裏裝着兩個電極，和兩個強大的磁鐵，互成直角。電極相距約 8—10 公厘，裝置在一個鋼管裏，可以流通冷水，降低熱度。當兩極通以 5000 伏特電壓的交流電，便發生一電弧，因有磁鐵的磁力關係，便把電弧引成一直徑約 3

公尺的弧盤(圖22)。爐底有許多小導溝，用以流通空氣和一氧化氮的。這種爐子熱度，可以達到3500度左右，產生一氧化氮約含百分之二。一仟瓦小時，可以得硝酸70克。

(二) 薰赫爾 (Schönherr) 氏法 薰赫爾氏電弧爐，是用四支圓套筒所套成，最外一筒是鐵質，內壁用耐火磚砌着，直徑約

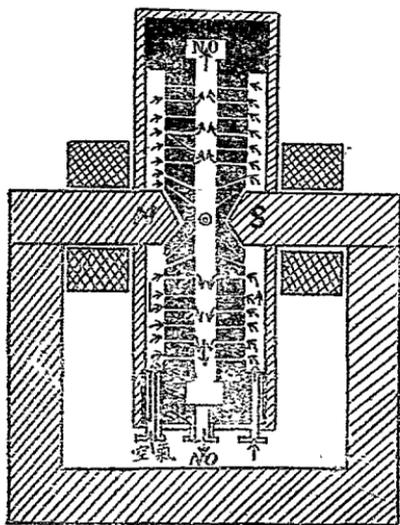


圖 21. 柏克蘭和埃特氏電爐

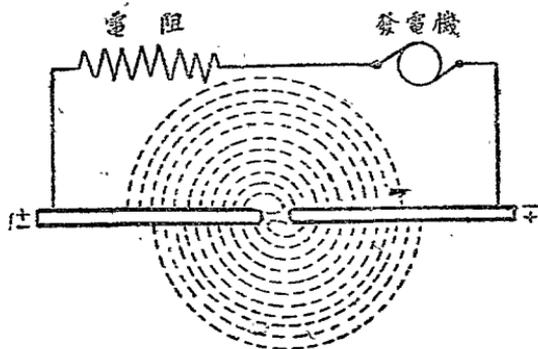


圖 22. 弧 盤

1 公尺。最裏的一筒便是作用筒，直徑約 45 公分。這筒的兩端，插入電極，電極也是鐵質，外面包着有冷水流通的鋼管，不過下面一極，呈活動式，可以隨時拆下修理或換新，頂上一極，固定旋在觀測孔裏。當通強電壓的交流電後，便發生一靜止的電弧，長約 5 至 6 公尺。空氣從最外套下側經壓縮器打入，便經狹小的隔層曲折升上，一方因急流而生旋渦式流動，一方受電弧餘熱得以熱到 500 度左右。曲折流入最裏的作用管內，而產生一氧化氮，再曲折經外管逸出。空氣流入的速度，有校準器可以節制。一氧化氮的出口，有冷卻設備，突然冷卻，不致損壞導管和分解，設備很是週密！這種爐子每 1 仟瓦小時，可得硝酸 75 克。

(三) 普令 (Pauling) 氏法 普氏式電弧爐是一個高 3 公尺，用耐火磚砌的方形爐，內部很像一個李子，頂部縮小像鈍錐狀，連着一個導管。電極也是銅或鐵鑄的空心管子，中通冷水，防熱

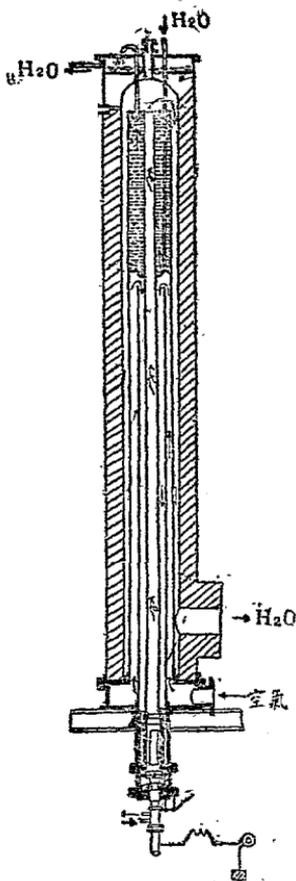


圖 23. 普令氏電弧

高熱，保護電極。兩極相距的一端，互成V字狀，通電後所生電弧，本來很短，而下部用預溫的空氣從氣管吹上，因此把電弧吹散成漏斗形，而空氣裏的氮和氧便作用變成一氧化氮，從頂上導管通出。普通工廠

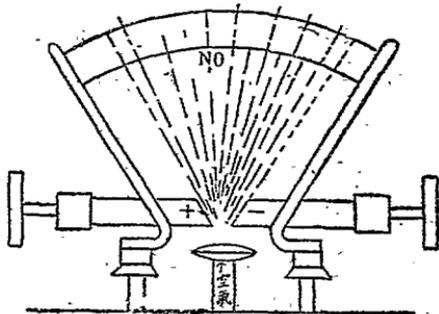


圖 24. 普令氏電爐

用這種爐子至少在十個以上，每個電壓約在 4000 至 5000 伏特間，電流 140 安培。弧焰約高 1 公尺到 1.75 公尺。所產生的一氧化氮，約含百分之 1.5，溫度祇能升高到 700 至 800 度上下。這種爐子每費 1 仟瓦小時，可得硝酸 27 公斤。

(四) 西貝

(Siebert) 氏法

直徑 4 公尺，高 2 至 3 公尺，爐身用耐火磚砌成。爐裏裝着兩個鐵電極，三個鼓氣管，互相間隔

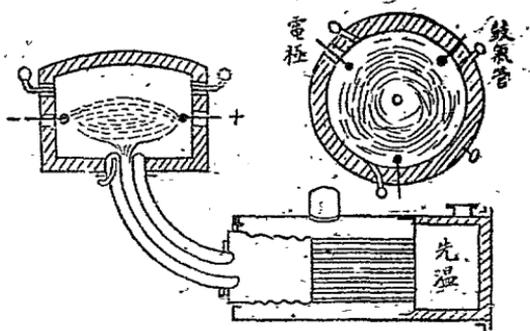
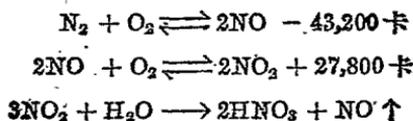


圖 25. 西貝氏電爐

裝置着，每個都裝着冷卻設備。當三極通電後，便在中央發生電弧，同時用鼓氣管把已行先溫的空氣鼓入，因此把電弧旋成一個圓盤狀。所生的一氧化氮，從爐底通出冷卻。這爐子工作費電 1 仟瓦小時，便可得硝酸 90 克。它的效率，實在超過以上所述的各種爐子，所以在德國，很多固定氮廠都用這方法來製造液態四氧化二氮的。

從空氣製造硝酸，一般的手續，都用壓縮機把空氣打入電弧爐裏。所生的一氧化氮，由出口導出，立刻經冷卻室冷卻到 500 度左右，再導進蒸氣室，冷卻到 200 度，由此入氧化室，被空氣裏的氧，氧化而成二氧化氮。最後通入吸收塔，被水吸收而成硝酸。這吸收塔的構造，和普通吸收塔沒有什麼差別。不過多數工廠，至少用五個連接應用，這是恐怕一個吸收塔的吸收效率太小。最末一個吸收塔頂，用碳酸鈉液來做吸收劑，或用石灰乳來吸收，因此可以製成硝酸鈉、硝酸鈣等等副產物。

全部反應方程式表如下：



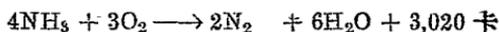
第三法 氮的氧化法

(一)原料 由氮氧化(Oxidation of ammonia)而製硝酸，所需要的原料是氨。氨在自然界裏沒有天然生產，必須要用工業方法來製造，製造的方法，詳述在下章裏。

(二)接觸劑 棉狀白金、苔狀白金、鉑網，以及氧化鐵、氧化鉍等，都可以做接觸劑。

(三)機械和手續

(1)俄斯特發爾特 (Ostwald) 氏法 俄氏法中之氨的氧化爐，是用兩套管，互相套着，內壁附着一層薄薄接觸劑。空氣和氨，從外套通入，經兩套隔層，曲折導入內套。因有接觸劑的存在，所以溫度可以維持在 500 度上下，發生反應如下式：



由上面四式看來，空氣愈充足，氧化愈完全。從反應所生的熱量，逸散到兩套隔層裏，因此可以先溫氨和空氣。所得的一氧化氮和二氧化氮，立刻經冷卻室而入吸收塔，一切手續，和前法一樣。

(2)夫郎克 (Frank) 和卡羅 (Caro) 法 夫氏和卡氏之氨的氧化機構造，也很簡單。這是用兩個鋁製的四角鈍形箱拼合而成的。兩箱之間，夾着一塊 15 平方公分到 20 平方公尺的極精細的鉑網。機裏用電爐生熱，可以到 500 或 600 度。機底一面有氨的入口管，一面有空氣入口管，兩氣混合後，便上升通過鉑網，產生一氧化氮和二氧化氮，從機頂洩出。機裏附設着冷卻設備，以防溫度太高，發生逆反應。其他手續，也和上法相同。

濃縮 老法所得的硝酸，已經很濃，不必濃縮便可以應用了。

但是新式的方法，所得的硝酸，其成份不過在百分之 35 左右，就是由氨的氧化法，所得濃度，也不過百分之 55 到百分之 58，所以需要經過濃縮的手續。普通濃縮硝酸的方法，有乾法和溼法兩種。

(一)乾法 所謂乾法，便是用蒸餾甌蒸餾，或另外加真空機以免硝酸分解。也有熱空氣鼓入蒸濃塔，而把硝酸從塔頂噴下，因此得以蒸濃的。

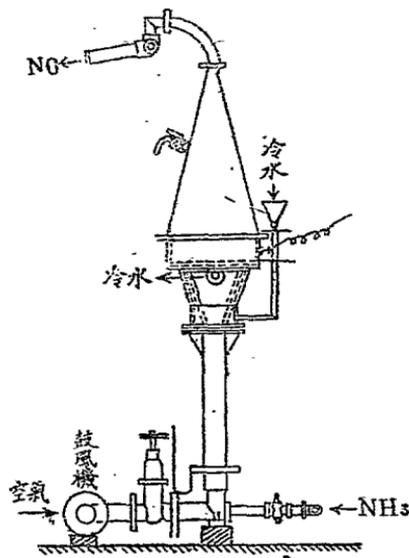


圖 26. 夫耶克和卡羅氏機

(二)溼法 把硫酸和入硝酸裏，從蒸濃塔頂噴下，而在塔底用水蒸汽或二氧化氮通入，因此可以把硝酸蒸濃。塔底洩出的稀硫酸，可以重新化濃，重新應用。用二氧化氮通進而蒸濃的，濃度最大，這便是發烟硝酸。

用途 硝酸的用途，和硫酸幾乎不相上下。最重要的是做各種硝化火藥，像硝化甘油，硝化棉花，三硝基甲苯等等。含氮染料和硝酸鹽的製造，金銀冶金，蝕刻銅版、電鍍、焰火等，也是非用硝酸不可的。

第三節 鹽酸 (Hydrochloric Acid)

(一)原料 鹽酸就是氯化氫 (Hydrogen chloride) 的水溶液，所以製造鹽酸，祇要用氯化物的鹽類，和高沸點的酸來製造氯化氫。在自然界的氯化物鹽類，當然首推食鹽是最多而且到處可以取得的。高沸點的酸，自然要推硫酸。食鹽的採製方法，本書第三章要詳細討論的。製造鹽酸所用的食鹽，疎鬆小粒的海鹽，比較適宜，大塊堅硬的巖鹽，須要先經研磨後，才可應用，否則製造時，作用很慢，攪拌也着實困難！至於硫酸，以 60 度波美的格拉弗塔酸已很合格了。過濃過稀，都是不十分適宜的。

(二)機械和手續

(1)老式 用食鹽和硫酸來製造鹽酸，最老式的爐子是一個用鑄鐵所造的半圓狀烘腔爐。爐身用耐火磚砌成，外面爐腔都被火焰包圍着，燃料用煤或煤氣，原料從爐頂加入，落入鍋裏。時時須用鐵耙從腔側工作穴以人工攪拌。火焰依圖中矢向進行。所生的氯化氫，從鍋頂引出。每隔兩小時，把鍋中餘渣，從腔側工作穴耙到爐腔裏去繼續作用，而鍋中重加新原料來製造。

這種方法，工作手續是連續的，每一晝夜，可以添加原料 12 次，每次大約 400 公斤到 600 公斤。

(2)新式 老式方法，所感不便的，是人工攪拌的工作，因為人工攪拌，終有攪拌不勻，損失產量。新式的機械爐，係用機械攪拌。這種爐子，種類很多，主要的有兩種。

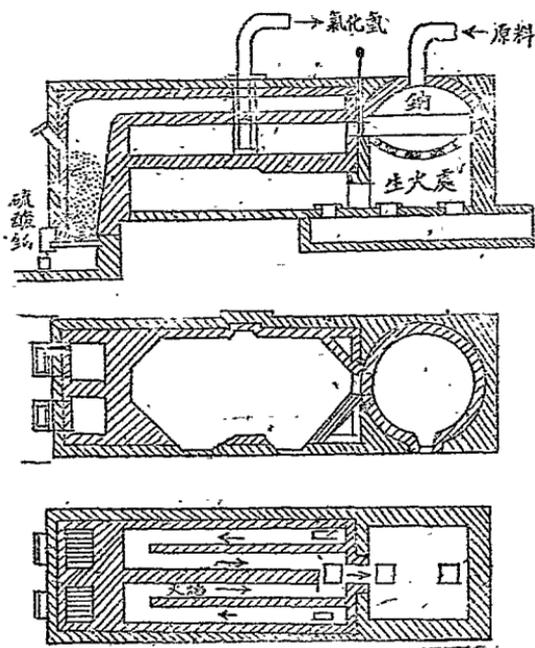


圖 27. / 老 式 鹽 酸 爐

(A) 曼海姆 (Mannheim) 式 曼海姆式機械爐構造，如圖 28，反應鍋用鑄鐵所造，外面包着鐵套，鍋上有鐵蓋，蓋上有原料加入口，和氯化氫導出口。鍋的直徑約 3.7 公尺，深度約 1 公尺。鍋底中央突起，裝着一個適當的鐵製攪拌機，由電動機帶動，每分鐘旋轉約半週。攪拌機軸上，裝着四臂，每臂裝着刮錘三至四個，轉動時可以攪拌原料。火焰從燃燒室逸出，經反應鍋面，折入鍋底，引進烟

突出。鍋中的硫酸鈉剩渣 (Salt cake)，可從鍋側耙出。完全工作，約需一小時又 45 分，便可耙出剩渣，重裝原料。每天可製硫酸鈉 6000 公斤。

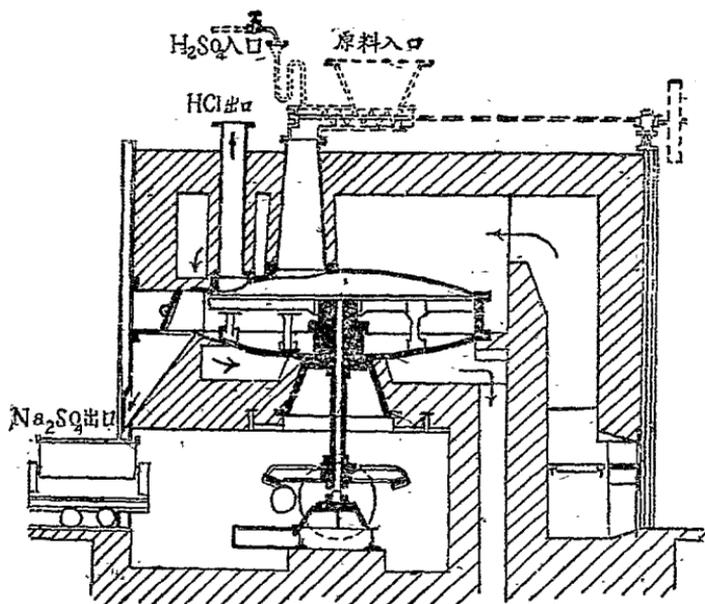


圖 28. 曼海姆氏機械爐

(B) 哈爾格羅夫斯 (Hargreaves) 氏製造爐 這是一個鐵製的圓筒，約高 3.5 公尺到 5.5 公尺。普通用許多個排成一列，連貫應用，每一筒約可容食鹽 5 公噸。所用食鹽原料，是用 4 分之 3 的普通

食鹽，和 4 分之 1 的岩鹽配合，做成鹽磚，放入爐裏焙鬆後，再應用的。製造的時候，先把鹽裝入筒裏，通進蒸汽和二氧化硫，在 500 度下，處理三星期，便可完全了。

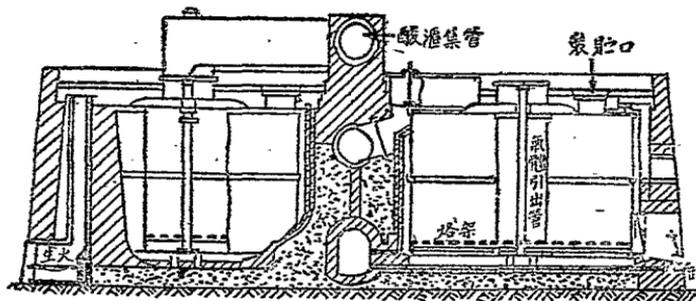


圖 29. 哈爾格羅夫斯氏鹽酸爐

(3) 合成法 電解食鹽水，可得氯和氫，氯和氫相混便化合而成氯化氫了。不過在化合時很易爆炸。現在利用這方法來製造鹽酸，已像雨後春筍，然而工廠機械，至今還保守着祕密。

由以上幾個方法所得的氯化氫，經冷卻塔而引入吸收器，溶解於水，便成鹽酸。冷卻塔是用煤膏煮過的砂石所建築的。四週環抱着蛇形管，流通冷水，因此得以冷卻。吸收的器械，種類很多，也和製造硫酸或硝酸時所用的吸收塔、吸收瓶等一樣，可是在鹽酸工廠裏，大都用下面的兩種：

一、吸收瓶 吸收瓶的式樣如圖 30，此陶瓷質雙口瓶，普通用許多個連接成串，接着吸收塔一起應用。兩瓶之間，用 U 字形導管

連接，瓶裏裝着水或稀鹽酸。
 腰部開着口，接在第二個瓶的腰部，鹽酸便可反着氯化氫的流向而進行，因此得以化濃。

二、西來琉 (Cellarius)；

氏吸收瓶 半圓形磁質體，背部有兩大口，氯化氫就從這裏進出。前部也有兩個小

口，水或稀鹽酸便從這裏壓進抽出，這種瓶的吸收效力很強，一個可以替代普通吸收瓶三個。它的外形，如圖 31。

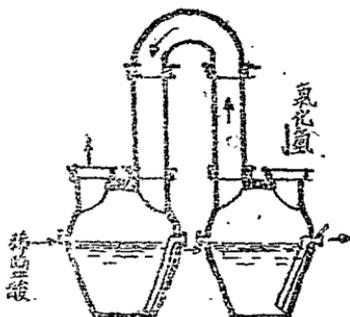


圖 30. 吸收瓶

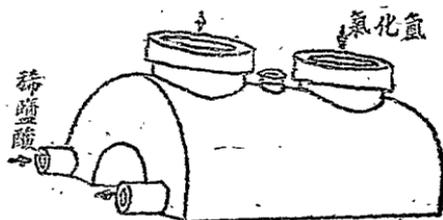


圖 31. 西來琉氏吸收瓶

用途 鹽酸的

用途，也並不亞於硫酸或硝酸。氯化鹽類的製造，...的精煉，染色，漂白，冶金，製膠，染料工業，醫療藥劑，都是需要鹽酸的。

第四節 氫氟酸 (Hydrofluoric Acid)

(一)原料 氟的化合物，在自然界裏存在得很少，氟化鈣 (Calcium fluoride) 要算是首屈一指了。所以在工業上製造氫氟酸，便

用它來做原料。第二個主要原料，便是硫酸，這裏硫酸的濃度，須用百分之 99 或發烟硫酸。新式的連續方法，是把發烟硫酸吸收在無水硫酸鈣裏，而後和着氟化鈣的碎粒來製造。

(二)機械和手續

(1)老式 老式方法製造爐，是一個長約 3.6 公尺，直徑 0.9 公尺的鑄鐵甌，可以旋轉，因此攪動原料。甌的周圍，環燒着火焰。原料從漏斗加入，溫度約在 120 度左右。因爐子旋轉，原料便一面反應，一面慢慢前進，直到甌的後身，溫度也逐漸升高到 320 度左右，所以大部已經反應完結。所得的氟化氫，從出口逸入吸收塔，被水吸收。爐中剩渣，可以提煉硫酸鈣。

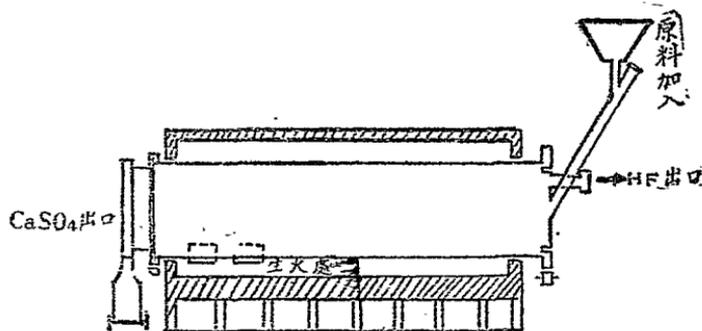


圖 32. 氫氟酸製造爐

(2)新式 新式方法，所用的機械，完全和鹽酸製造所用的曼荷姆爐一樣。

用途 氫氟酸在玻璃工業上用來刻篆花紋，此外用處很小，

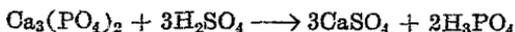
在工業上並不佔重要位置。

第五節 磷酸 (Phosphoric Acid)

(一)原料 製造磷酸的原料，是磷灰石和硫酸。但是最新的方法，祇用磷酸鈣和沙及炭做原料，似乎更經濟了。

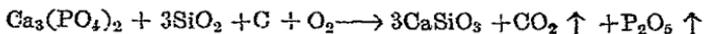
(二)機械和手續

(1)老式 用稀硫酸和精細的磷酸鈣礦石，放在壓氣攪拌機裏，一面加熱，一面攪拌，以發生反應：

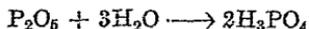


所產生的硫酸鈣，沉澱在下面。磷酸便在溶液裏，經澄清和過濾。這樣所得的磷酸，比較稀淡，可以再經化濃機化濃。

(2)新式 把磷酸鈣礦、砂石、和炭，先經研磨機研細調和，放入三極電爐裏來製造。這三極電爐是一個鋼殼筒，外面砌着耐火磚，筒上有蓋，蓋上有導管。筒裏插着三個電極。通了電後，溫度升高，發生反應如下式：



所生氣體由蓋上導管引入除塵器，和電力沉積器，去除塵埃。最後便入吸收塔，被水吸收，而成磷酸。



普通 20 公分的管子，可通 75000 伏特的電流。

用途 磷酸的最大功用，是製造磷酸鹽類藥品，尤其是製造磷酸肥料。

第六節 硼酸 (Boric Acid)

硼酸在自然界裏火山附近，溫泉裏存在着，尤其是溫泉噴出的水蒸汽裏，含量最多。工業上提取的方法，很是簡便，祇在溫泉周圍，建築了許多石池，使噴出的蒸汽，順次通過池裏，被水吸收。每池大約通汽一晝夜，便可停止靜待澄清，入蒸發器蒸發，濃縮到 1.07 比重，倒入鉛桶冷卻，硼酸便結晶出來。濾去水份，重複結晶，精製烘乾。

硼酸在醫藥上用作消毒藥，在陶瓷工業裏用做釉質料，此外用途便很少了。

第三章 鹼類工業藥品

第一節 氫氧化銨 (Ammonium Hydroxide)

氫氧化銨便是氨的水溶液，所以製造氫氧化銨的先決問題，是怎樣製造氨。氨的工業製造法，在現代工業上，已經達到完滿的解決了。現在分別來討論。

第一法 哈柏普斯 (Haber-Bosch) 綜合法

(一)原料 哈柏普斯氏綜合法，是綜合法中最老的一個。所謂綜合，便是使氫和氮在相當情形下，直接化合。至於氫和氮的來源，德國工廠是用水煤氣 (Water gas) 和清煤氣 (Producer gas) 做原料。水煤氣裏約含百分之 50 的氫，清煤氣裏約含百分之 60 的氮，此外大部份是一氧化碳。這兩種氣的原料，不過是焦煤、水蒸汽、和空氣，都是很不值錢的。但是所用的煤氣，絕對不可含着硫、磷、硒、砷、以及碲等等雜質，否則便要損傷接觸劑。煤氣裏所含的一氧化碳，也是接觸劑的毒物。在工業上除去一氧化碳的方法是：用 95 度的蒸汽氧化，使成二氧化碳，再通入氫氧化鈉液以吸收二氧化碳，再用甲酸亞銅液來吸收殘餘的一氧化碳就是了。此外所需要的接觸劑，一般鐵金屬都可以應用，尤其以含着百分之 1 的氧化鉀和百分

之3的氧化鋁的更加有效。氧化鐵可以用純鐵放在電爐裏熔化氧化，等待冷卻後研碎，篩出，即可應用。

(二)機械和手續

(1)原料製造設備

(A)水煤氣爐 水煤氣爐的構造，大概有兩種，一種是台爾維克弗拉虛 (Dellwik-Fleischer) 式，發生器是一個耐火磚砌的筒狀體，外面包着鋼殼。爐床爐格，是扁平的鐵棒，爐格下有門，可以耙出爐灰，和鼓入空氣。爐頂有門，可以加入原料。爐側有上下兩口，通進每平方吋 150 至 160 磅的過熱水汽，或上或下的經過 760 度白熱的焦煤，因此發生氫 (Hydrogen) 和一氧化碳 (Carbon monoxide)：



所產生的氣體便在爐頂和爐底兩方溢出，而經過一環狀的過熱管，藉以交換熱量，使煤氣冷卻，而使蒸汽過熱，過熱管底設着水管，煤氣通過因此更可以冷卻，而且得以除塵。最後煤氣便導入儲蓄器裏，等待應用。全部導管出入口，都裝着活門，利用一個連鎖齒輪來啓閉活門，假使這裏所產生的水煤氣專門用來製造氫，那麼通進水汽的速度儘可以增加，因為這樣可以減少一氧化碳的成份：



還有一種水煤氣爐，簡稱 K 和 A 式，這是兩個並立的筒狀發生器，和一個重生塔，相互連貫着。重生塔也是一個圓柱塔，塔中用耐火磚砌着一道牆，可是不砌到塔頂，這樣便分塔成左右兩室，但在塔

頂仍舊互相串通，塔裏更用耐火磚建築了許多方格層，這樣可以使氣體流通得慢些。塔頂有烟突，設着活門可以隨便開關。兩個發生爐裏，鋪着 1.5 公尺到 2 公尺厚的焦煤，燒紅以後，關閉烟突，從爐側通進水汽，產生水煤氣，引入重生塔的右室底，慢慢上升，折入左室而下降，再從左室底逸出，離重生塔而入第二個發生器的環狀過熱室裏。在重生塔裏，通進空氣或蒸汽來氧化一氧化碳。這方法似乎特別適用在製氫廠裏。環狀過熱室的作用也和上法一樣，不過構造略有不同，全部導管口，也都裝着活門，用一個總連鎖的齒輪來開關，這爐子差不多平均每鼓入空氣一分鐘，便通進過熱蒸汽四分鐘。每公噸焦煤，可生水煤氣 2,000,000 公升 (Litre)。

(B) 清煤氣爐 清煤氣爐的種類也很多，特富 (Duff) 式的一種，差不多要算是最簡單的了，這是一個內徑 2 公尺到 3 公尺用火磚所砌的圓筒爐，外面包着鋼殼。在這火磚牆底，裝置着一個圓錐形的鐵錘，掛在室底，剛剛浸在水溝裏，這樣可以避免爐底漏氣。爐格成倒 V 式，用橫臥的釘齒構成，而中部隆起成脊，架在水槽上。空氣從爐格下面鼓入。爐床約高 1 公尺，爐灰從爐格掉下，便可落入水槽裏。鋼殼的下部，和爐格成水平的地方，開着一個門，爐頂有漏斗口，和鐘罩開關，可以隨意啓閉以加入原料。爐的上側，設着一口以導出氣體，爐肩更有攪拌焦煤的工作門。

此外比較普通的清煤氣爐，便是蒙德 (Mond) 式，爐身也是用耐火磚砌成，外面也包着鋼殼。不過在這鋼套和爐身的隔層裏，便是空氣和水汽的通道。這樣吹入的空氣，便可以先溫了。空氣從爐腋

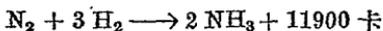
入隔層，再從爐底爐格通入。爐格成倒切圓錐式。爐釘活動，可以隨時轉動卸出爐灰。爐頸有一個大鐘罩掛着，而上面承接着一個大漏斗。原料加滿時，剛可以閉塞爐口，但是可以利用爐裏上升的熱度，烘乾焦煤，蒸去揮發物。可惜這不是連續式。

連續的清煤氣爐，有一種稱為摩爾根 (Morgan) 式的，爐口原料的加入設備，更比較周密。爐頸成葫蘆式，共有三口，第一口是用懸錘開關，第二口是用圓板和托架來支配開關，第三口是唇嘴狀張閉而行開關。三口開關都用槓桿設備，很是方便。爐身設備，沒有什麼特別，不過比較扁些，空氣鼓入口是在爐底正中汽腔口。

從上面兩爐所得的氣體，要先使水煤氣二體積，清煤氣一體積和水蒸汽混和，通進接觸室除去一氧化碳後，才可引入作用室製造氫。接觸室的構造很簡單，作用溫度在 500 度上下，接觸劑也可用氧化鐵。這已經除去一氧化碳的混合氣，便通進壓縮室使氣壓壓縮到 27 大氣壓，而後導入吸收塔，用水或氫氧化鈉液來吸收二氧化碳，繼續壓縮到 200 大氣壓，再通進甲酸銅和氫氧化銅來吸收殘餘的一氧化碳。精製後的混合氣，最後經乾燥，便可通進作用爐來製造。

(2) 作用爐 最老式的作用爐，主要的部份是一個薄鐵管，直徑約 9 公厘到 13 公厘。全部放在石棉紙裏，用以保溫，管周繞着鎂絲，通電便可灼熱管子到 700 度左近。鐵管的裏面，插着一個沒底的石英管，管裏貯滿着接觸劑。管端比較窄狹，接連着一個蛇形凝結器。已經精煉的氫和氮，從儲氣室受壓縮器 200 以上的大氣壓，由鐵

管和石英的隔層壓入，直入管底而折進作用管，反應後便生氨：



氨出作用爐後，便入凝結器，凝結變成液態氨，至於沒有作用完結的氣體，出凝結管導入壓縮器，重新壓入作用爐來應用。爐身的最外層，包着耐壓套，所以避免爆炸的危險。

按照歐、美大多數工廠的合成爐，是 15 個循環式裝置着，主要部份是用特殊鋼鑄的圓筒，內徑約 0.8 公尺，外徑 1.1 公尺，長約 12 公尺，壁厚 0.12 公尺，筒壁鑿着許多小孔，防禦爆炸。全器分為兩部，上半部便是接觸室，下半部是熱交換室。有的合成器，每個附着兩個獨立的高 8 公尺，外徑約 1 公尺的熱交換器來冷卻氨，而預熱新原料。

美國式的合成器，耐壓設備更較安全。構造如圖 33 所示。這是直徑半尺，高 2 公尺，3 公斤容量的爐子，用獨塊鉻鎳鋼所鑄的圓筒體。頂部直徑略寬大，約 0.6 公尺，裝着活動的蓋子，壁厚 7 公分，氣體從底部中央壓入，曲折經過最外隔層而升入頂部中央，由一小嘴管壓入中央作用室。所產的氨，曲折經過三層的熱量交換室，而從爐頂中央離去。這三層熱交換室的作用，一方面既可預熱原料，而一方面又可相互抵抗高壓。氣體入口處，設着一個高電阻的電熱

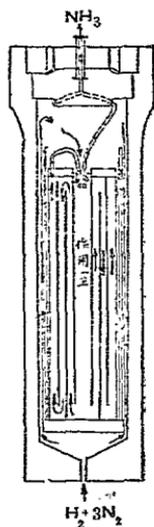


圖 33.
美國合成氨器

器，以供給熱量。因為這爐子的耐壓效力特大，所以製造時所應用的壓力，可以增高到 300 大氣壓。

(3) 凝結器或吸收器 從以上作用爐所產生的氨，有的工廠用凝結器凝結液化而製成液態氨，有的工廠用吸收器把它吸收在水裏，而製成氫氧化銨；也有吸收在硫酸裏來製成硫酸銨的。吸收器普通用三段蛇形管，上端用 200 氣壓的水流下，氨便從下端引入，這樣氨便溶解在水裏，而成百分之 30 左右的氫氧化銨。

第二法 克勞德 (Claude) 氏綜合法

(一) 原料 綜合氨的原料氫和氮，來源本來很多，法國克勞德所用氫的原料，便用煤氣或水煤氣。因為煤氣的成份，含氫百分之 54·甲烷百分之 29，此外便是氮、一氧化碳、二氧化碳以及少量苯和乙炔等物。至於所需要的氮，本法便直接取給於空氣。

氫的原料從煤氣中提取，也有相當的麻煩，手續是這樣的：先將煤氣中所含的苯除去，然後壓縮到 25 大氣壓，通進水塔和石灰水裏以吸收二氧化碳，再引入液化室，降低溫度到零下 180 度，這時除氫以外，都可以液化，從此氫便可以分離抽出了。

(二) 機械和手續 綜合手續，差不多和哈柏蓋斯法相同，不過所應用的壓力，超過於任何方法以上，大約有 900 大氣壓。作用爐是用鉻鎳的特殊鋼所鑄成，內徑約 0.1 公尺，外徑約 0.24 公尺，長 2.13 公尺，普通用四個連貫應用，全部建築在鋼筋混凝土小屋裏，以防危險。原料氣體依 3:1 的體積混合後，先用電熱爐加熱到 500 度上

下，而後通入第一和第二的兩個作用器裏已經熱到 600 度左右的接觸劑上，發生作用。產生約 4 分之 1 的氨，立刻引入凝結器，使其液化。其他氣體繼續導入第三和第四個作用爐裏，來繼續製造，這兩爐裏的熱度，單靠作用所生的熱，已經很夠維持了。至於剩餘的氣體，便通出室外，廢棄不再循環應用了。900 大氣壓的壓力，是用八級壓縮器壓縮的，馬力當然不小了。因此之故，產生氨的速度，幾乎 12 倍於前法。

第三法 卡乍雷(Casale)氏綜合法

(一)原料 意國綜合氨時所用的氫原料，是用水電解而得，氮原料便從空氣除氧後來應用，空氣的除氧是很簡單，單獨在有限空氣裏燃燒碳使成二氧化碳，再被鹼水吸收便得了。

(二)機械 卡氏綜合爐也沒有什麼特別，不過電熱爐是裝在爐的中心部份，因此外層耐壓套，不致受高溫，而容易損壞，並且消散熱量。本法所用壓力是 600 大氣壓，溫度是 600 度，這是和以上諸法都不同的。

第四法 夫郎克(Frank)和卡羅(Caro)氏法

(一)原料 夫郎克和卡羅氏製造氨的方法，似乎比較簡單得多，所用原料是氰氨基化鈣(CaCN_2)，實際上也很經濟。不過氰氨基化鈣在自然界裏沒有天然生產，非得從工業上製造不可。所以一般夫郎克和卡羅氏法製氨工廠，都附帶自己直接製造。至於怎樣製法，

請參考下一編第十一章。

(二)手續 把氰氨基化鈣先磨成精細粉末，鋪在高壓攪拌器裏。加壓到 15 大氣壓左近，通進過熱蒸汽，一面攪拌，這時便生反應如下式：



所生氨氣，立刻通入吸收塔，被水吸收，不過大都工廠，用這方法來製造氨，多半是吸收在硫酸裏而製造硫酸銨的。

第五法 由煤氣提取法

(一)原料 在綜合法沒有發明之前，大部份氨的生產，都從煤氣廠而來，因為煤氣廠裏所生的煤氣，經過水的洗滌，一般塵埃和溶解物，都被水洗去。氨也佔着成份中的大半部，所以這種煤氣水，便是提煉氨的無上原料。

(二)機械和手續 從煤氣水提煉氨的機械，俗稱解化塔(圖34)。這是用鑄鐵所造的蒸餾塔，總含大小兩塔，塔裏都建築着許多隔層，隔層上都設着導汽管和溢導管。導氣管的內部，裝着一個內面屈折的長鐘。煤氣水從大塔頂注下，慢慢地流過各隔層，經過長鐘便流進隔層裏面，可是同時用蒸汽從塔底壓入，經過大塔底石灰水而上升，入導汽管而落到鐘的下面，因為內面曲折，受着抵抗，便分散成許多汽流，透進水裏，這樣煤氣受着蒸汽的蒸餾，所溶解在裏面的銨鹽，便可以解化逸出。等到煤氣水剛剛滴落到大塔的中部的時候，大部份銨鹽差不多都可解化掉，這時便從一個很長的洩水管引到大塔下

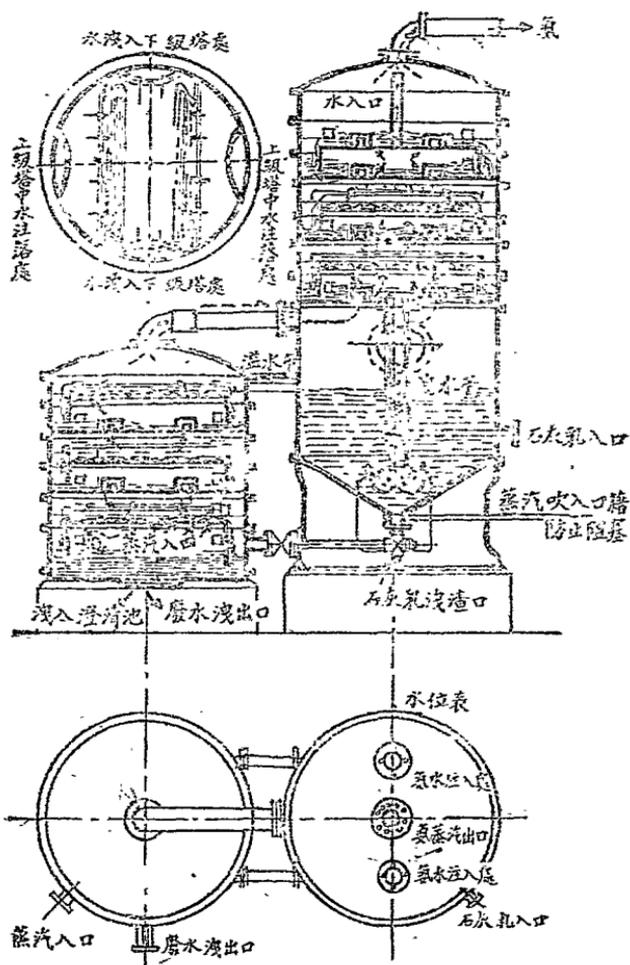


圖34 煤鹼水解化塔

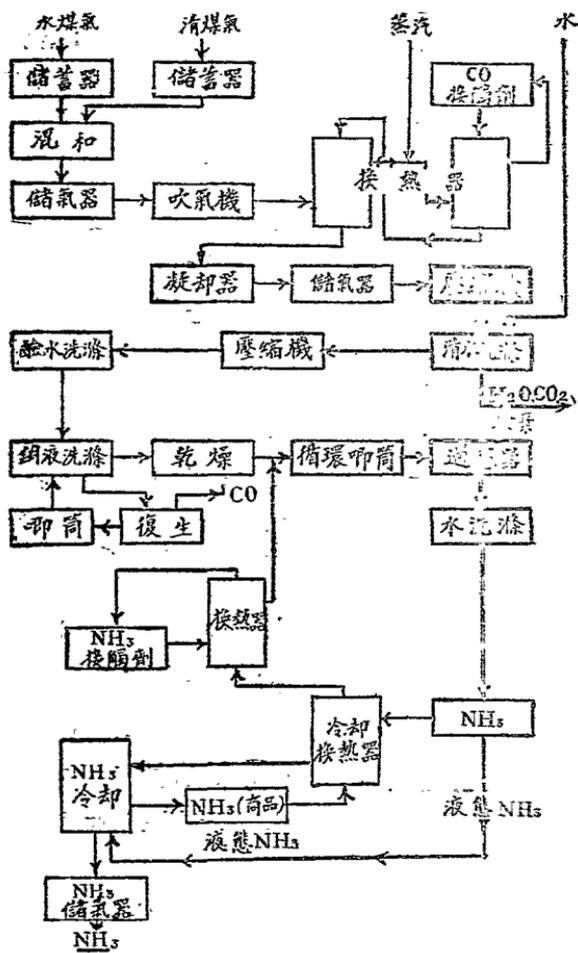


圖 35. 綜合製氨手續

部和石灰水相和，等到滿過小塔下側的溢水管時，便流進傍面的小塔裏來解化殘餘的銨鹽。所解化逸出的氨，慢慢和蒸汽一同上升，由大塔頂通出而入迴流冷卻器，以除去水份。至於廢餘的煤氣，便從小塔底洩出，流入澄清槽。

(三)精製 從煤氣水來提煉氨，雖然可以說是煤氣廠的額外副產，可是所得的成品，很不純粹，祇能製造硫酸銨，用來做肥料。假若要製造純粹的氫氧化銨，那麼非得另外精製不可。精製的方法，可以把氨通入石灰水或氫氧化鈉液裏，除去二氧化碳和硫化氫。冷卻，去水份，再通進用木炭或活性碳所充填的塔裏，來去除一般煤膏中的揮發物以及焦性物，最後用蒸餾水來吸收。

用途 氫氧化銨的用途，雖然在鹼類藥品中，並沒有氫氧化鈉重要，可是一般紡織工業、染色工業、冷凍工業裏，都是少不了它的。尤其在現代工業，索爾未 (Solvay) 法製碳酸鈉，由氨的氧化法製硝酸，和硫酸銨肥料製造等等，都是須要用氨做主要原料的。

第二節 氫氧化鈉 (Sodium Hydroxide)

第一法 石灰乳法

(一)原料 最老式的工業製造氫氧化鈉，是用碳酸鈉和石灰乳來製造的。勒布隆 (Le Blanc) 法製造碳酸鈉中，石灰石也是原料的一種，所以在勒布隆法碳酸鈉工廠裏，同時製造氫氧化鈉，是絕對沒有問題的。

(二)手續 把碳酸鈉液或勒布隆碳酸鈉廠中的黑灰液 (Black

ash) 注入球形鍋中，加入適量的石灰。通進蒸汽，一方面用來蒸發，一方面用來攪拌。等溶液沸騰後，便可停止通汽，而移到澄清池來靜待澄清，使和碳酸鈣以及一般不溶物分離。用虹吸法把上層澄清的溶液吸到真空蒸發器裏來蒸發，先使蒸發到 26 度波美，再吸到第二蒸發器裏來蒸發到 40 度波美。這時溶液裏的食鹽、碳酸鈉，以及硫酸鈉等等雜質，都開始結晶出來，濾去後，再移入球形鍋裏，加熱到 400 至 500 度左右，放進少量硝酸鈉，以氧化一般硫化物。這時鐵與硫等等雜質，就可以除去了。澄清以後，繼續把溶液蒸濃，而注入模型內，使由冷卻而凝固。作用式如下：



第二法 電解法

(一)原料 目前製造氫氧化鈉的工廠，都向電解的一途發展。因為電解法所用原料，不過是食鹽罷了。而且所得的氫氧化鈉成品，要精良得多，工作也遠較簡捷。一切普通精製後的海鹽或井鹽溶液，都可以應用。在工業上直接用蒸濃到適當濃度的鹽水來電解也可以。不過在最後所得的氫氧化鈉，須經精製的手續。

(二)電解器 電解器普通有四種，就是所謂隔膜法、鐘罩法、汞極法、和塔鹽法。各法構造更多，各式各樣，不能盡述；但是主要的原理，都是在預防陽極所發生的氯 (Chlorine) 和氫氧化鈉相遇，而生氯酸鈉。

(1)隔膜法 所謂隔膜法，就是在陽極和陰極之間，另外用一

多孔性的隔膜隔離，使陰極部所產生的氫氧化鈉，不能擴散到陽極去。因此可以使陽極所生的氯，不致和氫氧化鈉相接觸。隔膜式的電池，不下數十，而最普遍的，大概有下面的四種：

(A) 格里斯哈姆 (Griesheim) 式電解池 格氏電解池的電槽是用鑄鐵做成的，一方面用作陰極，陽極用碳。陰陽兩極之間，用水泥板做隔膜。這水泥板是用水泥 10:0 份，20 度波美食鹽液 720 份，和 20 度波美鹽酸 320 份捏和澆入模型，而在 70 度下，經過一晝夜凝結後，鑲入鐵框做成的。槽頂有塗水泥的鐵板做蓋，碳極便穿插在這蓋子裏，而浸在鹽水裏。蓋上設着濾篩管，裝貯着食鹽，隨時可以加入液中，而保持食鹽液的飽和度。陽極部上套着導管，用來引導所發生的氯。槽底設着導管，可以隨時開着活門通出氫氧化鈉液。在鐵槽之外，有一蒸汽套，通進蒸汽，加熱於鹽水，保持 80 至 90 度上下。

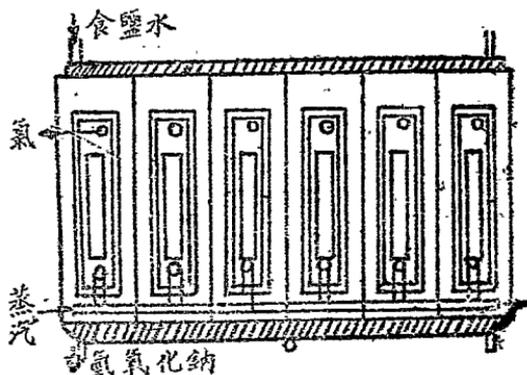


圖 36. 格里斯哈姆電解池

新式的格氏電解槽，是用許多個四氧化三鐵板做陽極，插在水泥箱裏，裏面盛着飽和鹽液，而掛在鐵槽內。水泥箱的正中，有一個貯鹽筒，鐵槽約長 4.8 公尺，闊 3.8 公尺，高 1 公尺。每十個大槽，計裝陰陽電極各 12 個。

本電解槽所需電壓，約在 367 伏特間，通過電流 2500 安培，每工作三天，便開槽底導管放出氫氧化鈉液一次，而重新裝新原料，繼續電解。所得氫氧化鈉液濃度，約在百分之 5 左右，因為過了這濃度之上，陽極上便發生氧，就要消耗電流了。

(B) 畢烈德 (Billiter) 式電解池 畢氏電解池成橫臥隔膜式，大都由德國西門子 (Siemens) 電料廠所製造。內部構造大概有兩種，一種是一個方淺盤，上面鋪着一層石棉布和石棉粉、硫酸鋇粉相混和的隔膜。膜的下部，襯着鐵絲網陰極，膜的上部，便是陽極部，用許多石墨條或四氧化三鐵板做陽極，每兩陽極之間，用水泥砌着一

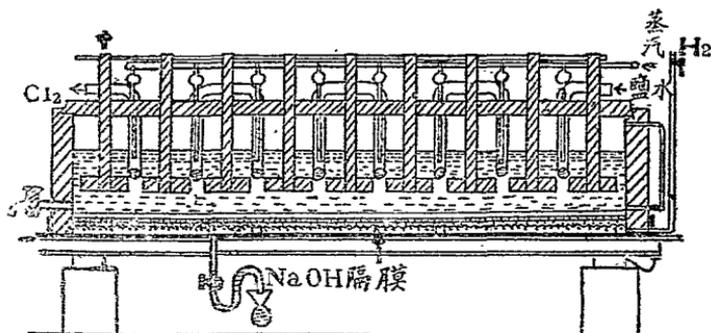


圖 37. 畢烈德氏隔膜式電解池

個隔牆，踏腳和隔膜密切接合，淺盆的側面和底部，並有一個導管，側面的一個，剛好在陰極鐵絲網的地方，藉此通出氫。底部的一個，是U字管，是用來放出氫氧化鈉液的。陽極部側面，有一水平管，用來窺測槽裏鹽水的水面。頂蓋上有三個導管，一個通着各陽極，藉以通導氣，一是鹽水加入管，還有一個是蒸汽蒸餾管。

還有一種墨氏電解器，是一個鑄錫的鐘狀器，內壁塗着水泥，掛在槽裏，支持在隔膜上。隔膜的下面，接着便是陰極。陰極部設管通氫。鐘蓋的中央，插着一個倒个字形的石墨條陽極。旁開一口便是通氣的導管，鐘壁有一管子加入鹽水，另一管子流通蒸汽加熱鹽水。外槽本來是空的，當通電以後，逐漸發生的氫氧化鈉溶液，滲透隔膜而流到槽裏，等到液面達到出口的管子時，便流出而入蒸發器。可是鐘裏立刻流入新鹽水，因此可以繼續電解，絕不中止。這種電解器的電流密度，大約是 45 安培，電壓在 363 伏特時，可得每公升 130 克的氫氧化鈉。

(C) 道孫德 (Townsend) 氏電解池 直立式，長 2.43 公尺，高 0.9 公尺，闊 0.3 公尺。用石墨做陽極，插在電解池的中央。用鐵板做陰極，一面附着石棉或水泥做隔膜，和陽極部隔離，一面

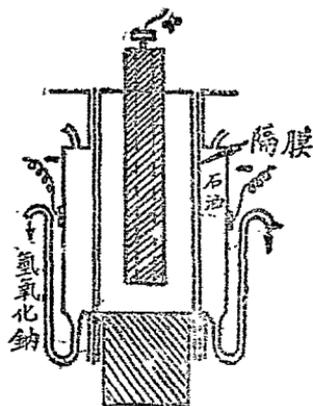


圖 35. 道孫德電解池

浸在石油裏，陽極部每小時注入鹽水 15 公升，電解時因為鹽水的滲透壓作用，便慢慢地流到陰極部。所產生的氫氧化鈉液，滲過隔膜，因比重較大，沉到石油下面。它的濃度，大約 1 公升含 150 克。這種電解池，普通用 66 個連接合用，總電力，約 5000 馬力，電流強度在 100 到 150 安培之間。

(D) 虎克 (Hooker) 氏電解池 虎氏電解池，可說是現代電解池中最大的一種。它的形式和道氏式差不多，約 4.3 公尺長，0.9 公尺高，0.46 公尺闊，普通用 60 個組並用。電壓 300 伏特，電流 4000 到 4500 安培。電解溫度祇要 60 度便夠了，每天產量在 10,000 公斤以上，產品純度約百分之 98。

除掉以上所說的四種電解池以外，還有芬雷 (Finlay) 氏式、阿楞 (Allen) 氏式、奇北浮思 (Gibbs-Vorce) 氏式、納爾孫 (Nelson) 氏式等等，也是現代各國所通行的。各種式樣，各種構造，差得不多，現在不能一一詳述了。

(2) 鐘罩式 所謂鐘罩式的電解池，它的構造原理，其實和隔膜式的一樣。不過陰陽兩極間，用一鐘罩來隔離，使陰極部所產生的氫氧化鈉液阻滯在鐘罩部而不能流到陽極部來。普通這種鐘罩式的電解池，也有許多種，現在介紹兩種在下面：

(A) 奧西喜 (Aussig) 氏電解池 奧氏式鐘罩電解池裏的鐘罩，是用水泥或陶磁做的四方形匣子狀，長 150 公尺，高 15 到 20 公尺。每一個電解槽裏，大約有這種大鐘罩 25 個，平行排列着。每個鐘罩裏面，插着一個 T 字形的多孔碳條做陽極。鐘罩的四週，圍

着鐵板用做陰極，各個陽極部所產生的氯，都從罩頂出口，通進總導管。陰極部所產生的氫氧化鈉液，因為比

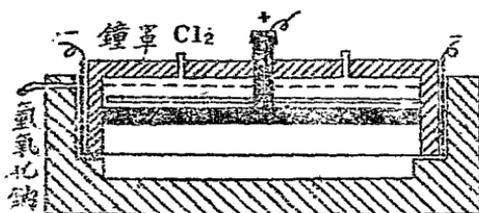


圖 39. 奧西喜電解池

重較大，所以沉在下面，逐漸由槽旁導管流出。這種電解池的電壓力，約在 45 伏特左右，電力在 3000 馬力上下，電流強度是 300 安培。

(B) 畢烈德-來得開 (Billiter-Leytkam) 氏電池。鐘罩法中，效率比較大的，除掉奧氏式之外，要算是畢氏式了。畢氏式電解池的外形，和奧氏式差不多，不過陰極不在鐘罩的旁面，而在鐘罩的下面。這種電解池的電流強度，不過 60 安培。

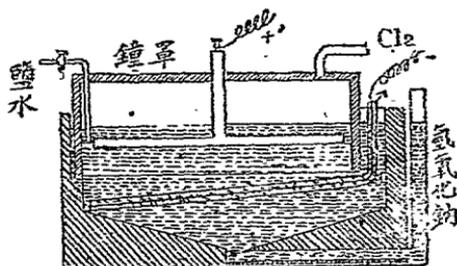


圖 40. 畢烈德-來得開氏電解池

(3) 汞極式。汞極式電解池的陰極，是用汞的，因為用汞做陰極，一方面可以使所生的鈉，立刻和汞合成汞齊，不致馬上變成氫氧化鈉而流到陽極去，一方面汞是液體，容易流動，可以使這汞齊流到

別的地方去，和水接觸而變成氫氧化鈉。

(A) 卡斯脫納-開爾納(Castner-Kellner)氏式電解池 電槽長

1.2 公尺，深 15

公分，闊和長一

樣，用黏板岩石

片做成，池中有

兩個隔壁，把全

池分成三室。可

是這兩個隔壁

腳，並不緊觸槽底，剛好在底下槽口的地方，如圖 41 便明白了。這樣，在池底鋪着汞，恰巧把三室隔絕。這電解池建築在偏心輪盤上，偏心輪旋轉的時候，便可使電解池上下振盪，因此可以使槽底水銀在室底上往來流動。但是三室中的液體，因為隔壁和底部水銀的隔絕，絕對不會流到別室裏來。中室裏盛着稀氫氧化鈉溶液或淨水，裝着鐵耙做陰極。兩旁兩室，盛着飽和鹽水，裝着 T 字形碳條做陽極，室頂都有蓋子，設着導管通出所發生的氯和氫。當通電後，兩旁兩室底的水銀陰極，和鈉合成汞齊，因為槽的擺動，汞便左右流動，流到中室時，汞齊和稀氫氧化鈉液或淨水接觸，生解化而變為氫氧化鈉。這樣繼續不斷，一面繼續加入原料，一面繼續電解，而電解槽成週期運動，因此可以直到氫氧化鈉液的濃度達到比重 1.3 時，便可停止工作，洩出氫氧化鈉液。普通這種電解器的電壓，僅在 4 伏特左右，電容量小號約 600 到 900 安培，大號約 1200 到 3400 安培。偏心輪

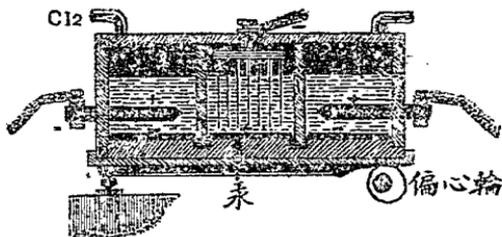


圖 41. 卡斯脫納氏電解池

每分鐘旋轉一次，可以使電解池高低振盪 1.5 公分。電力利用率在百分之 95 上下。所得的氫氧化鈉液很是純潔，濃度最高可達 30 度波美。而電解溫度，僅 40 度就夠了。

(B) 索爾未 (Solvay) 氏電解池 14 公尺長，0.5 公尺闊，用水泥塗成的鐵匣做成。底部成傾斜式，汞從高的一面慢慢流入，一方面當作陰極，一方面用做吸鈉劑，變成汞齊。陽極用許多碳條，排列掛在鹽水裏。汞齊流到底的低處，從出口流入別室清水裏，解化變成氫氧化鈉。解化後的汞，仍舊注入池的上游。像這樣繼續進行，可以終年不停。本電解池的最高電壓也不過在 5 伏特左近，可是電流在 6000 安培到 12000 安培間。

(C) 維特曼 (Widermann) 氏電解池 維氏電解池也可以產生百分之 20 濃度的氫氧化鈉液。內部的構造，和上面兩種完全不同。這是直立式的一種，全部外槽是用鐵板造成，內壁附着富硫的硬橡皮和百分之 10 的石墨，用來抵抗氯和氫氧化鈉。池的中央，設着一個攪拌器，攪拌器的左面，便是汞槽，成 V 字形。攪拌器的右傍，便是陽極部。汞槽的左方，便是解化室。汞槽裏的汞，可以和兩面液體接觸，但是兩方不能互相流通。通電後，鈉和汞變成汞齊而沉入汞底，但是因有攪拌器攪拌，仍舊升到汞面，和解化室的液體接觸，立刻解化而成氫氧化鈉。

(4) 熔鹽法 因為把食鹽在 770 度下溶化變成液體，也成良導體，可以電解而得氯和鈉。因此間接可以來製造氫氧化鈉。這個方法雖然不常見，但是所得的產品比較好的多，差不多純度可在百分

之 97 以上。最有名的熔鹽電解池是亞克 (Acker) 氏式。亞氏電解池是用鑄鐵鑄成，內壁塗着氧化鎂或耐火土。底部成一溝形，用四條石墨做陽極，用熔化的鉛做陰極。食鹽裝在溝裏；通過 8400 安培電流後，食鹽開始熔化，電解隨之而生，陽極便發生氯，陰極便發生鈉，和鉛變成合金；流到別一室裏，從室底噴進蒸汽，解化鉛鈉齊而成氫氧化鈉，鉛便沉落在液體下面，仍舊取出應用。

(三)濃縮和精製 從上面任何種電解池所產生的氫氧化鈉溶液，差不多最濃也不過在百分之 20 左右，而且溶液裏至少含着百分之 50 以上的食鹽。所以從電解池裏流出來後，立刻要濃縮和精製，這兩步手續，和第一法完全相同。

用途 氫氧化鈉在市場上通稱苛性鈉，或苛性蘇打 (Caustic soda)。普通用來製造肥皂和雪花膏；在維斯加斯 (Viscose) 法人造絲工業裏，做鹼性纖維；造紙工業裏用作消化紙漿；此外精煉油脂、絲光棉紗，精緻皮革等等。總之，氫氧化鈉是鹼類工業藥品裏的重要藥品，用途着實不少！

第三節 氫氧化鉀 (Potassium Hydroxide)

氫氧化鉀的工業製法，可說完全和氫氧化鈉相同，不過用氯化鉀來做原料。一切製造情形，請參考上節。

氫氧化鉀的用途，似乎要比較氫氧化鈉次些，因為氫氧化鈉的價值便宜得多，有許多地方，都可以用氫氧化鈉來代替，在肥皂工業裏，氫氧化鉀，僅用來製造軟肥皂和香皂。

第四章 鹽類工業藥品

第一節 硫酸鹽類工業藥品和亞硫酸鹽類工業藥品

(一)硫酸銨 (Ammonium Sulfate) 硫酸銨是用氨吸到硫酸裏，經過蒸發、結晶、過濾、乾燥而製得。上章氨工業裏，曾經提及，現代一般煤氣水提煉氨，大都用來製造硫酸銨。祇要把煤氣水在鍋中煮沸，通導蒸汽到稀硫酸槽裏，直到中和以後，便可以把這硫酸銨液蒸發，使達飽和溶液，冷卻結晶，再經離心機把晶體離析。積留母液，可以加入新硫酸來仍舊用以吸收氨。粗硫酸銨可以溶解在水裏，重新結晶，重新離析，再在真空乾燥器裏乾燥。

硫酸銨的最大用途是做肥料，此外一般銨鹽藥品，也都用硫酸銨來做原料，在鹽類工業藥品裏，似乎並不佔着重要的地位。

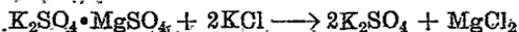
(二)硫酸鈉 (Sodium Sulfate) 含結晶水的硫酸鈉，商場上名叫芒硝 (Glauber salt)，成粉末狀的又叫元明粉。這是鹽酸廠裏的副產品，自然界裏也有天然的存在。它的製法，除掉用食鹽和硫酸共熱而製造以外，一般也有用硫酸鎂和食鹽，溶解在水裏，用人工冷卻劑冷到零下 6 度，硫酸鈉便可以結晶出來。過濾後，重複結晶便得。

鹽酸廠裏的鹽渣，硫酸鈉幾乎佔到百分之 95 以上。把這鹽渣溶解在熱水裏，一面攪拌，一面加入石灰或苛性鈉來中和硫酸，藉此

可以沉出鐵和鋁等雜質。澄清後，用虹吸法把上面的澄清液流入結晶器。而中和器底的沉渣，可以用壓濾法把殘留的溶液濾出，和澄清液一同蒸發、結晶、過濾、乾燥而精製。

硫酸鈉在染色工業和玻璃工業裏應用得很廣。硫化鈉和勒布隆法製造碳酸鈉，有時也直接用硫酸鈉做原料。其他像醫用藥劑，紡織工業，硫酸鈉的消耗，也佔着相當的數量。

(三)硫酸鉀 (Potassium Sulfate) 硫酸鉀在自然界裏和氯化鎂、硫酸鎂混和在一起，而成複鹽存在。像德國所產的鉀鹽鎂礬 (Kainite, $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$)、輕鉀鎂礬 (Schoenite, $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$)、和雜鹵石 (Polyhalite, $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$) 等等，便是頂著名的。提煉的方法，很是簡單，祇要把這類礦物先溶解在有限的水裏。因為氯化鎂的溶解度比較大，所以先行溶解，這時便可以把大部份氯化鎂除去，而沒有溶解的硫酸物，可以加入適量的氯化鉀，共同溶解在清水裏，蒸發結晶，硫酸鉀便可以統統結晶出來了。



硫酸鉀也可從氯化鉀和硫酸作用而製造，方法完全和硫酸鈉一樣。此外像水泥窯灰、葡萄糖渣、羊毛洗液、食鹽滷汁等等，都可以提取硫酸鉀，可說是廢物利用。

硫酸鉀是烟草的最好肥料和一般植物的鉀肥料，所以硫酸鉀是肥料中的重要工業品。

(四)硫酸鈣 (Calcium Sulfate) 硫酸鈣俗稱石膏 (Gypsum)，

自然界裏，一般食鹽礦床區域，就有存在。可以直接把它和開礦法一樣的掘出來，碾成相當的塊，就可以應用在工業上了。要是精鍊製成純石膏，那祇要把礦石溶解在有限的水裏，因為石膏的溶解度很小，所以就可以把全部的溶解物像食鹽、硫酸鈉、硫酸鎂等等雜質洗去。經過澄清以後，把澄清的液體濾去，賸餘的固體，再用稀硫酸來沖洗，用石灰水來中和，再行澄清，再行過濾，這樣便得純粹的硫酸鈣了。

把石膏經軸碾機碾成卵狀，送進旋轉乾燥器，在 65 度下烘乾。再送到研磨機和拋擲磨機裏研成粉末，篩過後，用運輸器運進直立圓筒焙灼爐裏，在 130 度下，一面攪拌，一面焙灼，約一小時，便成燒石膏 (Plaster of Paris)。

石膏是水泥工業中的重要原料，無水酒精的吸水劑，捏製粉筆，粉刷牆壁，以及製造模型，藝術裝飾和硫化鈣原料，功用也很廣大。

(五) 硫酸鎂 (Magnesium Sulfate) 硫酸鎂就是醫藥上所稱的瀉利鹽 (Epsom salt) 在自然界裏和硫酸鉀成複鹽共存着，一般鹽滷和礦泉裏也有存在。在工業上製造純粹的硫酸鎂，大概有三途：

(1) 從白雲石 ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgSO}_4$) 和硫酸來製造，其方法和機械，與硫酸鈉製造相同，不過所用的白雲石，從礦床裏掘出來後，要先碾碎而後才可應用，不然將來製造時，一方面攪拌困難，一方面作用很慢。

(2) 用硫酸苦土石 (Kieserite) 礦，溶解在水裏，把一般不溶物濾去，而溶液便可蒸發結晶，再重複結晶精製。

(3)把鹽滷(Brine)在三級真空蒸發器裏蒸發到比重 1.28 附近，先使大部份食鹽除去，而後再繼續蒸發到比重 1.306 左右，用人造冷卻劑使全部硫酸鈉、硫酸鎂、和殘餘的食鹽都結晶出來。這混合結晶物重新溶解在淨水裏，重新蒸發到 34 度波美，所殘餘的食鹽都可以結晶出來。過濾以後，再繼續蒸發，一面用試管採取樣品，冷卻試驗，假若在全試管的 4 分之 1 可以結晶出來，這時便可停止蒸發，冷卻後，硫酸鎂便全部結晶出來，再用重複結晶法精製。

硫酸鎂大部份用在醫藥上做瀉藥，在染色工業上有時也應用到。

(六)硫酸鋇 (Barium Sulfate) 天然產的稱為毒重石。工業製造，都用氯化鋇和硫酸做原料。過氧化氫製造廠也有副產品生產。

硫酸鋇可以用做白色顏料。做碳酸鉛的代替品很好，因為硫酸鋇不會吸收硫而變黑，市上銷售的 Blanc Fixe，就是這種藥品。此外在橡皮工業、漆布工業裏，都用它做充填物。

(七)硫酸鋁和明礬 (Aluminium Sulfate and Alum) 硫酸鋁在工業上都用鐵礬石 (Bauxite) 和硫酸製造。手續上先把鐵礬石磨成精細粉末，裝入解化器裏，和入百分之 62 濃度的硫酸。一面攪拌，一面蒸煮到 85 度。一刻鐘後，便完全溶解了。於是倒入澄清槽中，用水沖淡，同時加入硫化鈉，或通進二氧化硫，澄清過濾。把溶液蒸濃到氧化鋁百分之 16 濃度時，便流入木淺鍋裏，等待過夜。普通淺鍋深 10 公分，口徑 6 公尺到 11 公尺。明晨淺鍋邊便有厚厚的晶體結晶出來，可以用棒或耙子取出，重新溶解，重複結晶。次第把

晶體用離心法去水，烘乾裝包，運售到市上去。

明礬在自然界裏有礬石 (Alunite) 存在，成份是 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 。提煉方法，祇要把礬石溶解在水裏，氧化鋁的部份，不能溶解，可以濾去，明礬便可在溶液裏經蒸發結晶的手續製得。工業上製造明礬，都用鋁頁岩 (Alum shale) 來提製。先把鋁頁岩碾碎，入焙灼爐焙灼，露置在空氣和蒸汽裏，把全部硫化物都氧化掉。溶解在水裏，濾掉不溶物，蒸濃溶液，加入適量氯化鉀或硫酸鉀，攪拌待冷，明礬便大塊結晶出來了。

硫酸鋁和明礬，在工業上佔着很重要的位置，製革造紙、媒染收斂、防水防滲，以及甘油工業、製糖工業等等，硫酸鋁和明礬，都消耗着很大的數量。

(八) 硫酸鉻 (Chromium Sulfate) 氫氧化鉻 (Chromium Hydroxide) 溶解在百份之 52 的鉛室硫酸裏，擱置幾天，硫酸鉻便結晶出來，可以濾出，溶解在冷水裏，重複結晶，或在酒精溶液裏精製。在工業上，純粹的硫酸鉻沒有多大用處，所有用的是鉻明礬，就是硫酸鉻和硫酸鉀的複鹽，鉻明礬是用重鉻酸鉀溶解在水裏，加濃硫酸，並通二氧化硫氣，便生還原反應：

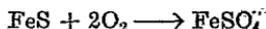
$$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 3\text{SO}_2 + 23\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$$

鉻明礬 (Chromium alum) 便可依照普通鹽類藥品的精製法結晶而得。

鉻明礬也用在製革工業和染色工業裏。

(九) 硫酸亞鐵 (Ferrous Sulfate) 大規模的製造硫酸鐵，是用

硫化亞鐵在適量空氣和蒸汽裏氧化，溶解在水裏，加入鐵屑和硫酸，使還原而成硫酸亞鐵，由重複結晶，精製而得。



硫酸亞鐵在市上通稱綠礬 (Green vitriol)，在墨水工廠裏消耗得最多，此外用做煤染劑、消毒劑，製造普魯士藍、鐵丹等等。

(十) 硫酸銅 (Cuppric Sulfate) 製造硫酸銅的工業方法，也和硫酸亞鐵製法一樣，也有時直接用銅屑和硫黃在反射爐裏先焙成硫化銅，再通入空氣以氧化製成硫酸銅。

硫酸銅又稱膽礬 (Blue vitriol)，在電鍍工業上用途最大，也可以代替硫酸鋁做煤染劑，在農業上用做殺蟲劑。

(十一) 硫酸鋅 (Zinc Sulfate) 商名皓礬 (White vitriol)，也可用做煤染劑、收斂劑。工業上製法和硫酸鐵一樣。

(十二) 硫酸鉛 (Lead Sulfate) 硫酸鉛在自然界裏有天然存在，不須用人工製造。除作白色顏料外，沒有多大用處。

(十三) 亞硫酸氫鈉 (Sodium Bisulfite) 碳酸鈉廠的蘇打灰濃溶液，通入二氧化硫氣，使達飽和度，便得亞硫酸氫鈉溶液，過濾結晶就好了：



亞硫酸氫鈉的用途，大都用做還原劑，像毛、麥的漂白，照相的顯像，以及合成染料與染色等等。

(十四) 亞硫酸鈉 (Sodium Sulfite) 製造亞硫酸鈉，便用亞硫酸氫鈉做原料。祇要把亞硫酸氫鈉溶液，用碳酸鈉或氫氧化鈉中和，

同時通蒸汽加熱，促進二氧化碳的發生。所得亞硫酸鈉液，移入結晶池冷卻結晶，過濾乾燥。

亞硫酸鈉也用在照相藥和染料製造裏，在甘油發酵工業上，用做補助劑。

第二節 鹵化鹽類工業藥品和鹵酸鹽類工業藥品

(一)氯化銨 (Ammonium Chloride) 氯化銨俗稱鹵砂，直接用氨吸收在鹽酸裏，從昇華的精製法而製得。在索爾末碳酸鈉廠裏，有副產品出售。

氯化銨的工業用途是做乾電池原料，擦創金屬器等零星用途也很多。

(二)氯化鈉 (Sodium Chloride)

(1)產源 氯化鈉在自然界裏存在得很多，天然產的，俗稱食鹽。存在的地方，大概可以分做兩種：一種是成固體岩塊存在在大陸區的，名為岩鹽。一種是溶解在水裏而成溶液的，就是鹹水，像海鹽、井鹽、池鹽三種。

(2)製法 製鹽方法，可以分做採瀝、濃縮、結晶、和乾燥四步手續：

(A)採瀝 所謂採瀝，便是怎樣使大量的海水、池水、或井水製成瀝汁，而用來做原料。因為來源不同，所以方法也各異，

(a)海水、鹹湖水、或鹹池水 海水和鹹湖水採瀝的方法，普通都在海岸湖濱，低窪的地方，闢成廣田。廣田的旁邊，都築着大堤，

堤上設着閘。田的四周，更挖着許多水溝，利用海潮的升漲，把海水從一個大溝引經大堤的水閘，而導入田裏；從水溝再分佈到各田畝。田裏的水，達到適當的深度時候，便可以關閉水閘，被堤的當禦，儲蓄在田裏，不得外流。等待風吹日曝，蒸去大部水份，而成濃液。

(b)井鹽或岩鹽床 岩鹽礦床區域，假使是多雨量的，地質裏的岩鹽，便可以溶解在泉水裏，祇要鑿地成井，汲出鹹水，蒸發水份，便可以了。要是雨量稀少的區域，那麼直接和開礦法一樣，掘出碾碎。不過也有在低窪的地方，先掘許多壑，而在高山頂，掘一深窪，灌進清水，溶化鹽質，歸到脈道裏，因此低地這許多地壑，都得着鹽水，祇要汲出蒸發便得了。

(B)濃縮 無論那種鹽水，水份都很大，必須使蒸發達飽和溶液，再使它結晶，這就是所說的濃縮的手續。濃縮的方法，大都用曝曬或煎熬兩法。而寒帶和多風區域，還有冰凍和風吹的方法。寒帶的鹽田，儲滿了鹽水，在夜裏，冰凍以後，水份都結晶成冰，浮在上面，鹽質便殘留在田底，很方便的可以把冰去除，因此鹽水也自然濃縮了。多風區域，把鹽水汲到高樓上，使它慢慢的從特式的板，像百葉窗門的樣子，流下來，大風吹過，鹽水裏的水份，便可以慢慢兒蒸去，這樣循環不息，鹽水便濃縮了。利用太陽的熱度來曝曬鹽水，普通是把鹽水從鹽田再導到砂盤裏，一方面因太陽熱力而蒸發，一方面因砂土毛細管作用而滲入地土裏，這樣格外濃縮得快了。這砂盤總厚一公尺，用細砂、粗砂、和煤灰三層鋪蓋的，每年須換新一次，不然吸水效力要逐漸減退的。直接煎熬鹽水使濃縮，老式方法都用爐灶

熬煮，新式的方法，便用各種蒸發器來蒸發。

(C)結晶 鹽水蒸濃到飽和液時，流入木製而內壁塗水泥的結晶槽裏。冷卻以後，硫酸鈣便先結晶出來，隨時可以把它去掉，再繼續加熱，蒸發到飽和濃度，食鹽便統統可以結晶出來了。直接用鐵絲杆子撈出，或用離心機過濾，和母液分離(母液就是鹽滷)。

(D)乾燥 從上面結晶槽裏結出的鹽粒，雖然用杓子或過濾法和母液分離，但是終不免多少附着水份，所以還得要烘乾，才可以裝袋。我國土法，把鹽裝在竹器或蒲包裏，擱置在貨場上許多時日，任水份自己滲出流去，並不經烘乾的手續。不過也有放在爐灶烟道的旁邊利用餘熱而烘乾的。至於新式方法，便很講究的用乾燥器來乾燥。

(3)精製 加石灰水在已經濃縮的鹹水裏，把大部份的鎂鐵沉出，過濾，煮沸，加入鹽酸，使溶液變成酸性，加進適量的氯化鋇溶液，把硫酸鹽沉出，立刻用鹼液中和，同時通入二氧化碳，把所有的鹼土金屬，統統沉澱出來，經壓濾法過濾，繼續再行濃縮、結晶、乾燥等等手續。

(4)用途 食鹽可說是現代化工業裏的一切藥品的基本原料。除涼烹飪調味之外，在工業上，製造鹽酸、漂白粉、氫氧化鈉、碳酸鈉、碳酸氫鈉、硫酸鈉、硫化鈉，以及氯化鈣等等鈉化合物，和氯化化合物的藥品，都用食鹽做主要原料。此外像肥皂鹽析、魚肉防腐、醫藥冷卻劑等，真是不勝枚舉。

(三)氯化鉀(Potassium Chloride) 氯化鉀在自然界裏，存在

得也很多，大概可以分三種來源：

(1) 從砂金鹵石 (Carnallite) 提製 這種礦產，在德國出產得很多，大約含砂金鹽 $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$ 百分之 40。氯化鉀便可從此提製，方法並不繁複。祇要把碾碎的砂金礦溶解在有限的熱水裏，和百分之 20 的氯化鎂溶液相作用。這時食鹽、硫酸鈣，和一般雜質都不能溶解，很方便的可以濾掉。溶液裏的氯化鉀，在冷卻的時候，便結晶出來了，祇要再經重複結晶，精製而得。

(2) 從鹽滷提製 把鹽滷裏的食鹽、硫酸鈉，和硫酸鎂，抽去以後，母液裏還剩留着砂金鹽，這便可以用來提製氯化鉀，方法和上面相同。

(3) 從藻灰提取 一般海藻，像指藻、甘藻、鋸齒藻、昆布等等氯化鉀的含量都很不少。用人工或割伐機把海藻割獲上岸，碾成相當大小。利用風吹日曝，或旋轉式乾燥器乾燥。新式的方法，也有不必乾燥的，也有先用壓榨機把水份先行壓去的，種種方法，都隨着各工廠，各提取方法而不同。最老式的方法，把已經半乾燥的藻枝莖葉，堆積在釜爐裏，直接舉火燃燒，用它燃燒後的灰燼，溶解在水裏，浸出溶解物，濾掉不溶物，把溶液蒸發到比重 1.325 的時候，硫酸鈉和食鹽以及硫酸鉀，便先結晶出來。去除之後，繼續再蒸發，到飽和度冷卻以後，那所有的氯化鉀便和盤結出，重複結晶，精製便是了。比較新式的提取方法，大概有兩種：一種是乾餾法；一種是發酵法。乾餾的方法，祇要用溼的海藻，先行壓榨碾碎，再壓入密閉的蒸餾甕裏，撒入石灰，加熱而蒸餾。殘留的焦炭，依照前面浸漬結晶的

方法，便可以把氯化鉀提製出來。所謂發酵法，便是直接用溼藻碾碎，壓去水份後，裝在發酵桶裏，加入水和酸，使達到一定的氫游子濃度，假使太濃，就用碳酸鈣中和。放在保溫室裏，使它發酵，大約兩週以後，發酵便完全了。這時所有的海藻，都成漿狀，用粗篩篩去殘渣，再經過濾。濾下的濾液，立刻倒入蒸發器來蒸發，把大部水份去除。這時液面，便有膜衣結出，隨時括掉，差不多到沒有膜衣再發生的時候，氯化鉀和乙酸鈣便混合結晶出來。過濾，放在甌裏，加熱蒸餾，乙酸鈣便分解變成乙酮而餾出。殘留着碳酸鈣和氯化鉀在甌裏，祇要用水溶解，用器過濾，氯化鉀便可以與碳酸鈣分離，再經結晶的手續便得了。這個方法所得的氯化鉀純度，大約在百分之 98 以上。

氯化鉀的用途，差不多和食鹽一樣。一切鉀的鹽類，都用氯化鉀做基本原料，它的用途的廣大，便可想而知了。

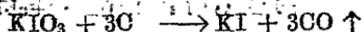
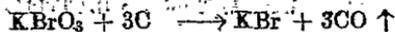
(四)氯化鈣 (Calcium Chloride) 氯化鈣是現代索爾未鹼廠裏的副產物。因為在索爾未鹼廠裏的氨原料，一部份是直接用它廠裏副產物的氯化銨和石灰乳來製造而收回的。積留下來的石灰乳和氯化鈣，用鹽酸中和，蒸發結晶，精製而得。一般老式方法，用石灰石碾成細粒，和稀鹽酸作用來製造，或用食鹽和石灰乳而製取，方法都並不複雜。

氯化鈣的主要用途，在工業上常見用做寒劑和乾燥劑，譬如製冰，乾燥氣體，此外在豆腐工業裏用作凝結劑，建築工程裏混入水泥來防禦冰結。

(五)氯化鎂 (Magnesium Chloride) 氯化鎂和氯化鉀成砂金鹽存在自然界裏，在提製氯化鉀的時候，同時便可以提取氯化鎂。當把氯化鉀結晶出來以後，殘留的母液，祇要再繼續蒸發到飽和度，立刻冷卻，那所有的氯化鎂便結晶出來了。此外在鹽滷裏所提得的砂金鹽，也可以用來做原料。

氯化鎂的用途，似乎更小了；在工業上僅用來製造苦土水泥，以及製煉金屬鎂，此外在豆腐工業裏，也用作凝結劑。

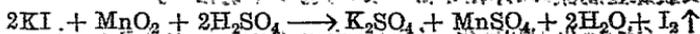
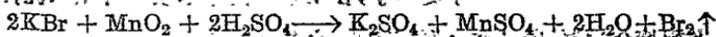
(六)溴化鉀和碘化鉀 (Potassium Bromide and Potassium Iodide) 溴化鉀和碘化鉀，存在在鹽滷和海藻裏。不過普通工業製造，都直接用溴或碘的蒸氣通入熱的氫氧化鉀溶液裏，達飽和以後，蒸乾，和碳共熱，把溴酸鉀或碘酸鉀還原：



這樣，重複結晶便得了。蒸發時蒸出的蒸汽，含着過量的溴或碘，可以通入新氫氧化鉀裏。要是直接從鹽滷或藻灰或智利硝石礦提取智利硝石的母液來提製，方法並不繁複，不過所得的成品，很不純粹，要經多次的精製才可以。方法，祇要把一切硫酸鹽、氯化鹽等等鹽類，完全提出之後，最後的母液，便可提取溴化鉀或碘化鉀了。醫藥上所用的純粹溴化鉀或碘，製造時，先用溴或碘和鐵屑作用，製成溴化鐵或碘化鐵，再和碳酸鉀液作用而製成。總之，溴化鉀或碘化鉀

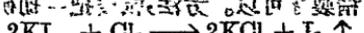
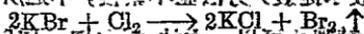
的基本原料，在現代都用純溴 (Bromine) 或純碘 (Iodine)。那麼純溴或純碘怎樣製得的呢？原料，也不外以上所述的三種，就是硫酸鹽、氯化鹽等等鹽類已經提盡的鹽滷或藻灰 (Kelp) 或智利硝石液等的最後母液。提鍊的方法，可有下面的三種：

(1) 氧化法 注母液入鑄鐵鍋內，加入適量的濃硫酸和二氧化錳，鍋中用蛇形鉛管，通汽蒸氣，使起作用：



鍋上加鉛蓋，有孔隙，接土罐，罐上更連冷卻器和接受器。鍋中所生氣體，由孔逸入罐中，導入冷卻器而凝結，流入接受器。等到熱度超過 60 度，所有的溴，就都可以提淨了。再繼續加二氧化錳，另換粗冷卻管來凝結碘質。直到鍋裏逸出的氣體，達到沒有顏色的時候，便可停止工作。

(2) 置換法 先把母液煮熟到 60 度，用唧筒打入吸收塔頂而噴下，慢慢地穿過充填物的空隙，而下流到塔底，再由導管通入作用池。同時在池的一端，鼓入氯氣，因為池裏設着交互隔層，氯氣可以在池底曲折盤旋而上升，又因有蒸汽管加熱，保持在 60 度左右，因此母液裏的溴化物或碘化物，被氯置換而排出溴或碘：



所產生的溴或碘，和過量的氯一同從母液導管回到塔裏，升到塔頂，由出口跑出，入凝結器凝結。這時在塔底的氯，又可和噴下的熱母

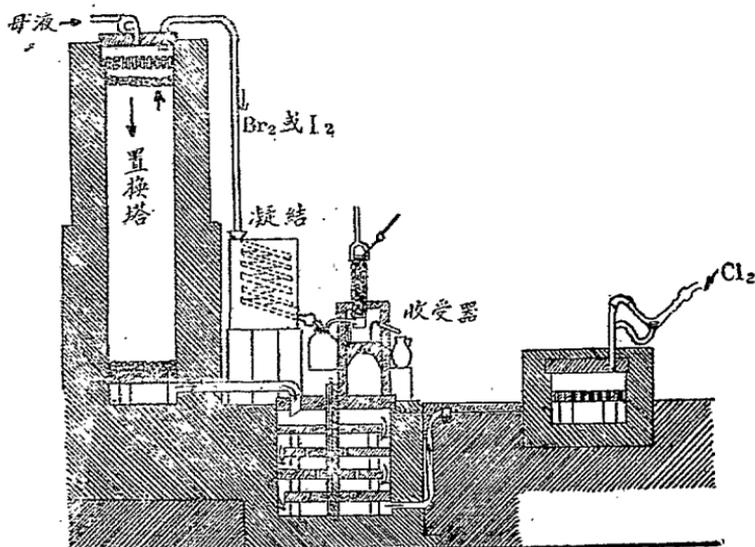
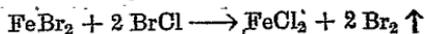


圖 42. 置换法製溴碘裝置

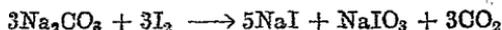
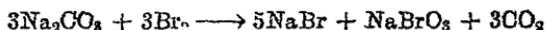
液,再起作用。所以在凝結器的氣體裏,氯是簡直很少的。沒有凝結的氣體,更入除氯塔,塔中鋪着鐵屑,用來吸收溴而成溴化鐵。因為所通入的氯或太速,量太多,勢必和溴化合而生氯化溴,混雜在裏面,這時溴化鐵便可和氯化溴作用,而游離溴素了。



除氯後的溴,便可再凝結而收集。

(3) 電解法 用 60 度的母液來電解,照樣也可以得溴或碘。電解的電解槽,和電解法製造氫氧化鈉時所應用的一樣。

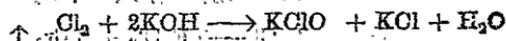
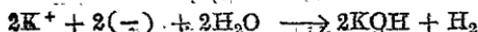
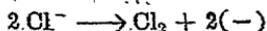
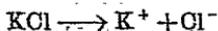
溴或碘從以上三法製得的，未免總多少含着氯或溴或碘，還要經分餾法來分離，分離後再各單獨精製。精製的方法，可把它吸收在碳酸鈉液裏：



再用硫酸來蒸餾，氧化游離溴素或碘質，此後溴素可以用溴化鈉液來吸收，更經二次蒸餾便得純溴。至於碘素，祇要用昇華法來精製。

(七)氯酸鉀 (Potassium Chlorate) 氯酸鉀一部份可說是氫氧化鉀製造廠中的副產物，因為在工業上大規模的製造，便是利用氫氧化鉀電解池裏所生的氯，通入氫氧化鉀液裏，直接製得的。在現代氯酸鉀工業製造方法，大概有下面二種：

(1)電解法 電解氯化鉀溶液，在陰極部得氫氧化鉀，慢慢地擴散到陽極去，和那所生的氯相遇，作用生成次氯酸鉀。而這新生的氯，一方面和氧以及水作用變成次氯酸。因此這次氯酸和次氯酸鉀相作用而成氯酸鉀和鹽酸：



電解池的構造，和製造氫氧化鉀的電解池約略不同，在現代工

廠裏，普通用的不下有幾十種，但是原理均出一轍，外形都大同小異。

(A) 加拿大國立電解公司式 這是五個直立電解池，互相排列拼合所組成，見圖 43，每個電解池，都用附着鉛板的木框做底和蓋子。右側壁都砌着一個鉛板，和隣槽接觸的一面，附着一層鉛和銅條，而兩個之間，則用 0.4 公厘厚的絕緣體隔離。電解槽長 63 公分，闊 46 公分，每小時用 28 公升的 60 至 70 度左右的氯化鉀溶液，慢慢地從槽頂漏斗加入。陰極所生的氫和氯酸鉀、氯化鉀混合液，逐漸從槽的上部設口通出。這種電解槽的電壓，約在 5 伏特上下，陽極電流強度，約 55 安培左右。



圖 43. 加拿大國立電解公司電解池

(B) 可爾平 (Corbin) 和 萊台林 (Lederlin) 式。水泥所砌成的電解槽，槽的中央設着一個人造樹脂所做的框室較準器。框室的中央，插着一枝雙極式鉛極，和兩枝銅或鐵條做陰極。因這較準器的設備，可以隨時校準電極的位置。電解液的成份，是每一立方公尺液裏含 240 公斤氯化鉀，和 13 公斤的重鉻酸鉀，溫度在 75 度左右，從槽的左側導管流入。右側槽口有流出成品液的槽唇。當通電電解

後，電解液濃度逐漸達 32 度波美時，便可停止通電，流出溶液，冷卻下來，氯酸鉀便立刻結晶出來，可以濾去。而母液裏的重鉻酸鉀，一部份已還原變成鉻酸鉀，可以加入適量鹽酸來使它回復變成重

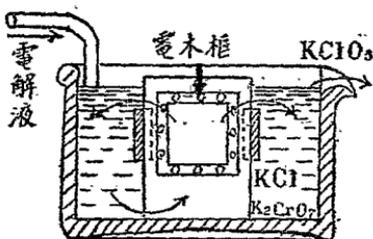


圖 44. 可爾平和萊台林氏電解池

鉻酸鉀，再繼續電解。在這裏，重鉻酸鉀，所以要加入的原因，就是來避免所產生的氯酸鉀，被陰極所生的氫還原，因此減少產量，消耗電流。

(2) 利比喜 (Liebig) 法 本法可在氫氧化鉀廠裏附設製造。用製造氫氧化鉀電槽裏所生的氯，先通入石灰乳裏，製成氯酸鈣。作用完全後，澄清而流入濃縮器，加入氯化鉀，再使作用而成氯酸鉀。蒸去大部水份，使氯酸鉀結晶出來，和溶解度比較大的氯化鈣分離，最後再重複結晶，精製而得。石灰乳吸氯器是用許多個鑄鐵所做的筒狀槽，連接應用的，每個槽的中央裝着一個機械攪拌器，用來攪拌石

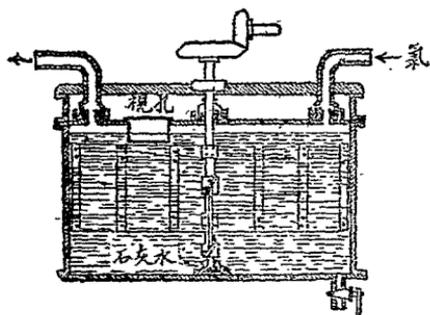
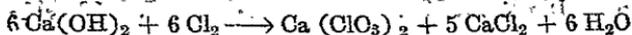


圖 45. 利比喜氯酸鉀製造器。

灰乳。槽的兩肩，有導管供氯進出之用，側壁開着一個視孔，裝着一個短而粗的鉛管，浸在石灰乳裏，可以隨時採取樣品，來檢驗它吸收氯是否完全。已經吸收完全的石灰乳，便從槽底導管開放活門，流到澄清器裏去（構造如圖 45），再行第二步製造。反應如下式：



氯酸鉀的主要用途，要算是做火柴原料，在烟火炸藥裏，有時也用來做促燃劑。

（八）次氯酸鈉（Sodium Hypochlorite）次氯酸鈉，市上稱叫漂白液（Bleaching liquid）。工業製法，和氯酸鉀的製法完全相同。不過使氯在低溫下吸收在氫氧化鈉液裏，而不使變成氯酸鉀罷了。所以一般次氯酸鈉的電解器，也和氯酸鉀電解器一樣，不過多裝一個冷卻裝置而已。

次氯酸鈉在棉麻紡織業裏應用做漂白劑，市稱漂白液的原因，就是爲了這一點。

（九）氯次氯酸鈣（Calcium Chlorohypochlorite）市名漂白粉（Bleaching powder）的藥品就是這個東西。工業上製造，把氯吸收在石灰乳（Slaked lime）裏就是了，所以有時稱叫氯石灰。

（1）原料 氯在現代工廠裏，多半取給於電化廠，就是電解食鹽製造氫氧化鈉的方法。可是電化工業沒有發達的國家，便用很老式的韋爾登（Weldon）法和提肯（Deacon）氏法。韋氏法用二氧化錳氧化鹽酸而製造，提氏法就是用氯化氫經乾燥塔和除硫酸酐塔

清理後，通入 430 度的氧化銅接觸劑裏，因此分解成氮。

石灰乳的獲得，很是方便，祇要把灼透過的石灰，先經消化，處理，濾掉水份就是了。

(2) 製造器 老式的方法，是用吸氮室。室的壁用厚約 3 公分的鉛板築成，大約長 10 公尺到 20 公尺，寬 7 公尺到 12 公尺，高 12 公尺到 25 公尺，完全建築在一個高約 2 公尺的牆基上。四週開着許多嚴密的窗戶，用來隨時察看室內作用的程度。室內溫度，絕對保持在 45 度下。室底塗着很均勻的瀝青，上面鋪着厚約 20 公分的石灰乳。普通一個工廠，像這樣的製造室，祇少要用五六個。一連應用，才夠吸收完全。氮氣從儲氣器裏導出，由室頂通進室中，順次用陶製導管通到第二室裏去。每工作 20 到 60 小時，所有各室石灰乳都達飽和度，便可以停止工作，等待過剩的氮吸收完全，再從室底卸出，而裝進新石灰乳來製造。

新式的製造器，像圖 46 所表示。這是用六個 4 公尺長的橫臥鐵圓筒，上下排列成一排。每個中間，都有一個旋轉軸，軸上裝着許多小鏟，可以使石灰乳慢慢推進。石灰乳從第一個圓筒右端漏斗器慢慢加入，逐漸被輪軸旋轉，小鏟推進，因此慢慢兒順次經過第一筒右端向左前進，到頭落入第二筒，再向右推進，到極端而落入第三筒，這樣成蛇形狀進行，到最後一筒右端落出，裝入木桶。可是氮氣便從最後一筒的右端通進，剛和石灰乳的行程成反向前進。這方法是哈孫克雷弗 (Hasenclever) 所發明，差不多是終年不壞的連續法。推進的速度，和氮的流速，都可以從落出的成品而決定。每天產

量，當然很可觀。製造反應如下方程式：

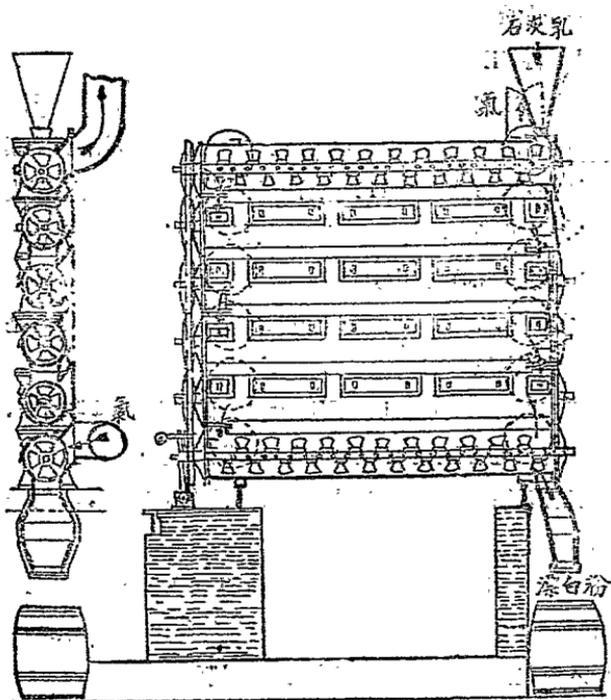
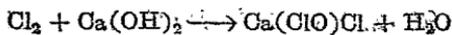


圖46. 哈孫克雷弗製石灰園

漂白粉的用途很大，一切棉毛織物，製紙製革，都須用漂白粉來漂白，此外也可以用做殺菌劑、消毒劑、氧化劑等等。

第三節 硝酸鹽類工業藥品和亞硝酸鹽類工業藥品

(一)硝酸銨(Ammonium Nitrate) 用硝酸中和氫氧化銨，蒸發結晶而得，工業上用來製造特種炸藥。

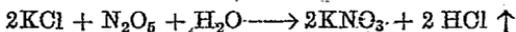
(二)硝酸鈉(Sodium Nitrate) 硝酸鈉就是智利硝石，在南美智利國出產得很多。純粹的硝酸鈉，便可用智利硝石礦碾成小粒後，溶解在水裏，蒸餾到 112 度。澄清，去除一般不溶物，蒸餾到濃度每公升含硝酸鈉 1.3 公斤時，移入結晶器，靜待結晶，大約要耽擱四五天，硝酸鈉纔都可結出，經離心機去水便成。

硝酸鈉是老式製造硝酸和硝酸鉀的主要原料，也可說是一切硝酸鹽類的基本原料。

(三)硝酸鉀(Potassium Nitrate) 硝酸鉀簡稱叫硝石，天然存在的很少。但是在工業上用途很大，所以非從工業製造不可。工業製造都用培植法，實在就是複分解氯化鉀和智利硝石，分別結晶精製而得。

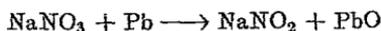


在智利硝石缺乏的國家，可以用氫經氧化後所得的五氧化二氮，通入氯化鉀的熱飽和溶液裏，便可以製得了。

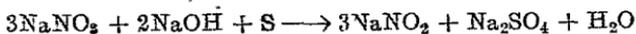


硝酸鉀是製造黑色火藥和焰火的重要原料；應用在肥料方面，也佔着相當的消費量。

硝石而得。在 340 度上下，將智利硝石在鐵釜裏，加入薄鉛片，等待完全熔化後，繼續加熱 20 分鐘，冷卻，溶解在水裏，氧化鉛殘留不溶，澄清後，吸取澄清液，蒸發結晶就是了。



近代工廠，也有用硫黃和氫氧化鈉來還原智利硝石的，成本恐怕反而較高，提取手續反而要困難得多。



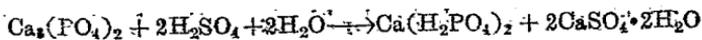
亞硝酸鈉應用在染色工業和染料製造裏，此外有時用來做還原劑。

第四節 磷酸鹽類工業藥品

(一) 磷酸鈣 (Calcium Phosphate) 磷酸鈣在自然界裏存在的，有磷灰石和磷灰土；動物骨骼、魚鱗、鳥糞裏，也都存在着，在工業上無須人工製造。

磷酸鈣用做製造磷和磷酸的原料，此外大量的用做肥料。

(二) 過磷酸鈣 (Calcium Superphosphate) 把天然生產的磷酸鈣，經軸碾機碾碎，球磨機研細，送入鋼製的攪拌機裏，加入適量的百分之 70 濃度的鉛室硫酸，攪拌片時，立刻卸入桶裏，等它自己乾燥便得了。



過磷酸鈣完全用來做肥料。

第五節 硼酸鹽類工業藥品

硼酸鹽類工業藥品中的唯一代表，就是硼砂 (Borax)。科學上名爲偏硼酸鈉 (Sodium pyro-borate)，自然界裏有粗硼砂存在，工業上製造純粹硼砂，常從硼酸鈣 (Calcium borate) 溶在熱水裏，混入適量碳酸鈉，碳酸鈣便沉澱出來，硼砂和偏硼酸鈉 (Sodium meta-borate) 溶解在水裏。



過濾以後，蒸濃母液，硼砂便含十個結晶水結晶出來，可以和偏硼酸鈉分離。再通入二氧化碳氣，偏硼酸鈉也統統變成硼砂了。再以重複結晶法精製。

硼砂在陶瓷工業裏，用做釉藥、搪瓷，在玻璃工業裏常時用做接合劑，醫藥上用作外科消毒。此外還可供硬水、媒染劑、布匹防火、木質硬化、紙布光化等用途。

第六節 碳酸鹽類工業藥品

(一) 碳酸鈉 (Sodium Carbonate) 碳酸鈉俗稱純鹼，因爲它溶解於水裏呈鹼性，所以普通當它鹼類看待，其實依它分子式來講，應當屬於碳酸鹽。碳酸鈉在自然界裏，也有天然的存在，不過爲量太少，而碳酸鈉在工業上的用途太大，單靠天然產的，不夠供給，所以非從工業生產不爲功。現代工廠製造的方法，不外兩途：

第一法 勒布隆法

(1)原料 勒布隆法製造碳酸鈉的原料，都是很合經濟原則的。主要的原料是硫酸鈉、石灰石、和焦炭或煤。硫酸鈉也可直接用食鹽和硫酸來製造。硫酸鈉須要疏鬆的細屑，不宜用大塊，大約含硫酸鈉在百分之96以上的才可以。石灰石的質料，最好含有鐵鎂等等雜質愈少愈妙。至於焦炭，當然要用灰份少的，才可應用。原料的配合，約硫酸鈉100份，石灰石100份，和焦炭45份。

(2)機械和手續 老式的製造爐，是用人工攪拌的，構造很簡單，像圖47；這一種是兩個爐腔的焙灼爐，前腔比後腔高，前腔的頂上，裝着一個漏斗，原料便從這裏加入。一面攪拌，一面燒灼，在900度熱度下，灼燒40至50分鐘，慢慢移入後腔，因後腔更接近於生火處，熱度更可以升到950度。最後看見爐腔裏，熔化的物體面上，有小火花發生時，這時便是有一氧化碳產生的景象，表示反應已完全，便可用耙從後腔旁小門開啓耙出來。所發生的反應表示在下式：

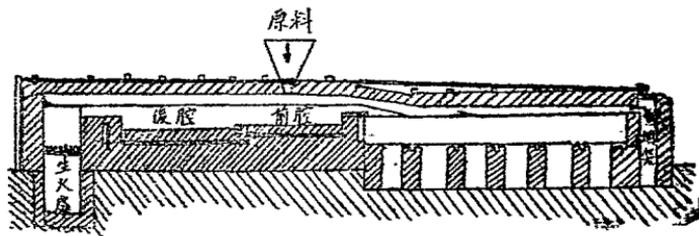
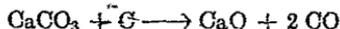


圖47. 手工攪拌製碱爐



新式的旋轉式製造爐，是一種用鐵板釘合的旋轉筒，大約長 5 公尺，直徑 3 公尺。筒的中央，有一方孔，全部橫臥在平穩下，工人可以站在平穩上，把混合好的原料，從這方孔套上漏斗加入，加滿約四分之三個筒容積時，便關閉方孔。筒的兩端，有一個減阻環，架在滾輪上，可以旋轉圓筒，使原料搖動攪拌。火焰從筒的一端通入，在另一端引出。製成的粗碳酸鈉，可以把旋轉筒旋轉，使方孔向下，因此可以把它卸出，而倒入輸送車裏，送到製部。這種新式旋轉筒，普通每天可以製造 15 公噸，大號的也有可以製造 89 公噸的。

以上所製得的粗碳酸鈉，差不多含碳酸鈉百分之 41 到百分之 46，硫化鈣百分之 30 到百分之 34，其餘還有沒有作用的原料，和食鹽、硫化鈉、鐵、砂等等雜質。所以把它卸出以後，立刻要送到浸漬器裏，用水浸出。浸漬器是一個鐵匣，裏面用分隔板，分成四室或

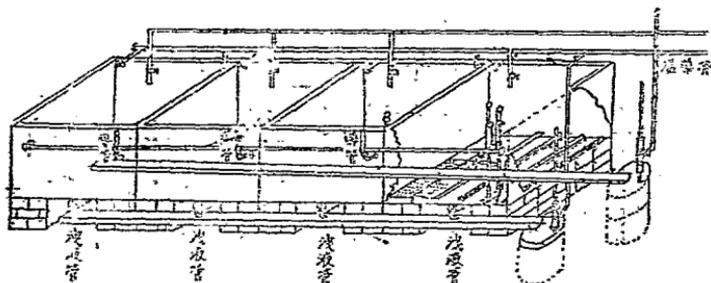


圖 48. 粗碳酸鈉浸液器

六室，各室的底部，都有一個洩液管和濾板。室中共有四導管，一個通着蒸汽，一個通着清水，其餘的兩個，是用以導浸漬液到別一室裏去的，粗碳酸鈉放置在槽裏後，通入淨水和蒸汽，一般溶解物都溶入水裏去，浸漬液慢慢從導管由第一室流入第二室，順次流入第二第三等各室，最後從導管流入澄清器。假如這流出的浸漬液逐漸變稀，那麼便可以循環流入第一室，溶解新裝入的粗碳酸鈉。

從浸漬器裏流出的浸漬液，先經澄清器澄清，把一般懸置物去除。然後通入充填着焦炭的塔頂注落下來，而在塔底鼓入二氧化碳，

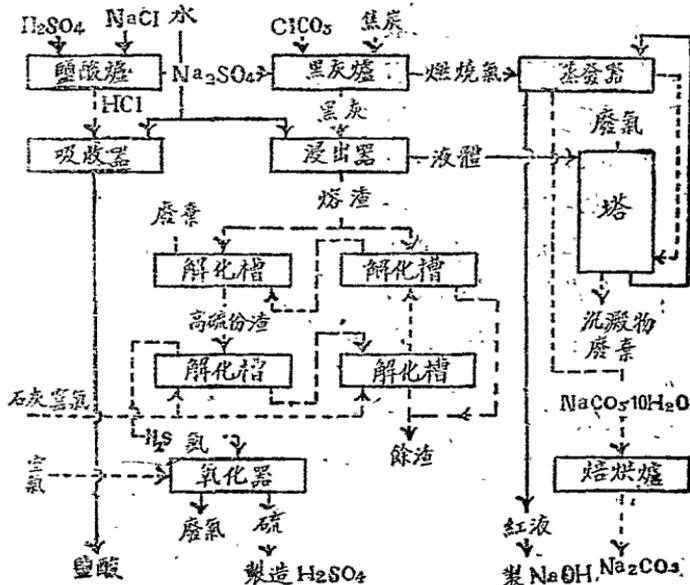


圖 49. 勒布隆法碳酸鈉製造手續

這樣可以把一般硫化物去除。清理後的碳酸鈉液，便可以流入蒸發器，蒸發結晶，得十分子結晶水的洗濯鹼 (Washing soda)，入焙烘爐烘焙，去水便得無水碳酸鈉了。

全部詳細手續，參看圖 49。

第二法 索爾未法

(1)原料 索爾未法，又稱氨鹼法，大概因為所用的主要原料，是氨的關係。這裏氨的來源，除掉一部份由製氨法單獨製得外，一部份是利用本廠所得的氯化銨液收回而製得。主要原料，除掉氨以外，還有飽和食鹽液以及二氧化碳。飽和食鹽液，須要絕對去除鹼土金屬物。二氧化碳 (Carbon dioxide) 乃用石灰石鍛燒而得的，一部份從碳酸銨鈉解化爐裏而來。這也是工廠裏地無棄材之道。

(2)機械和手續

(A) 氨吸收塔 索爾未法 製造碳酸鈉的第一部手續，是把氨吸收在飽和鹽水裏。小規模的氨吸收器，像圖 50 所示。成直

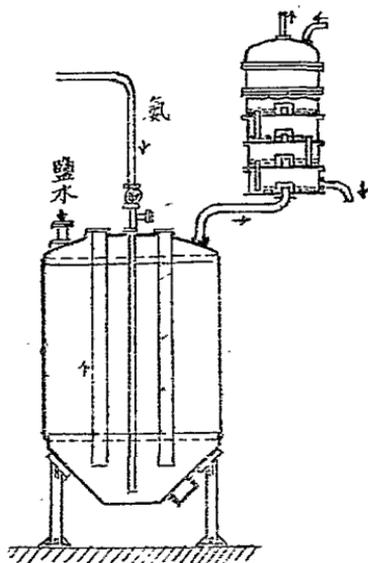


圖 50. 吸收塔

立式囊狀體，約高 5 公尺，直徑 3 公尺，因為氨通入鹽水時，溫度愈低，吸收愈多，所以裝着冷卻設備。囊的正中，插着一個導管，直觸到底，氨便從這裏鼓入。囊肩接着一个小塔，用來迴縮沒有吸了的氨氣。塔的構造，和普通精餾塔差不多。

(B) 碳酸化器 以上所得鹼性鹽液，再通入二氧化碳，便得碳酸鈉。這步手續，就是所謂碳酸化。所用的機械，小規模的工廠，用圖 51 式樣的洪尼孟 (Honigmann) 式碳酸化機。這種機械，是由三個到六個鑄鐵所製互相連接的錐形底圓筒所組成，每個筒的直徑是 3 公尺，4 公尺到 5 公尺高。工作時先在第一個筒裏裝貯已經快

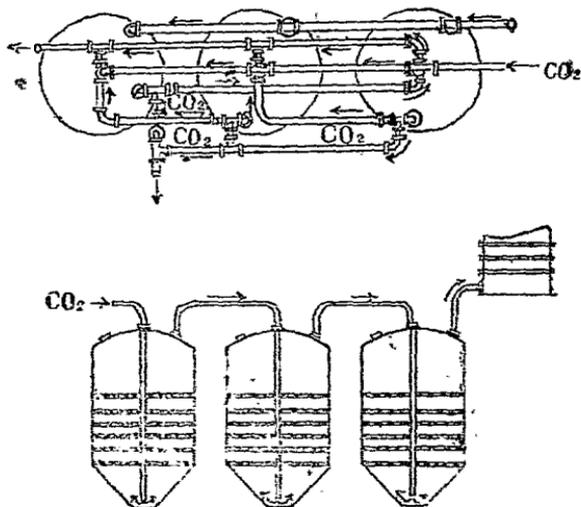
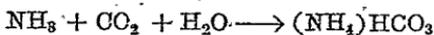


圖 51. 洪尼孟碳酸化器

達飽和的碳酸化氫性鹽液，而其他各筒，都裝貯着氫性液，於是通入由石灰窯爐導來的已行清理的二氧化碳，直通入筒底，經多層的多孔隔板而上升。作用而生碳酸氫鈉：



沒有吸收了的二氧化碳，便流入第二個筒，再被第二個筒中的氫性鹽液來吸收，這樣順次經第三、第四、直到最後一筒而轉入精溜塔來精溜餘氣。等到第一筒達飽和時，二氧化碳氣便改從第二個筒通入，而第一筒中的碳酸氫鈉與食鹽液便可以由器底卸出，改裝新氫性鹽液，開第一次通氣時的最後一筒的连接管和這筒連通，因此這時這第一筒又成最後筒，而第二筒變成第一筒了。這樣繼續進行，始終不停。

大規模的碳酸化器，就是索爾末塔（圖 52），大約高 18 公尺到 20 公尺，闊 2 公尺，都是用最新式的 1 公尺高，直徑 1.7 公尺的鐵圈套 15 個到 25 個所聯成。每在一連接的地方，便裝着一個傘狀濾板，但是並不和鐵

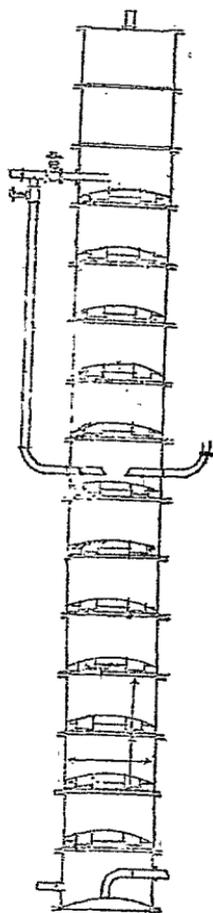


圖 52. 索爾末塔

圈接觸，中間剛好留著一縫，可以流通鹽水。塔的外週腹部，環裝著 8 個到 10 個冷卻管。鹼性鹽水，從塔的中央或塔高 3 分之 2 的地方通進去，塔底用 3 磅壓力的二氧化碳壓進去，經過濾板的小孔，分散成許多小氣泡而上升，像這樣情形，二氧化碳因此就大大的溶解在溶液裏去，殘餘的氣體，便從塔頂逸出，而再經第二個塔，被新鹽水吸收。漿狀的重碳酸鈉和氯化銨液，逐漸流到塔底，隨時卸出，由鼓式連續的抽濾器來過濾，把液體部份去除。這濾出來的殘渣，便是碳酸銨鈉和一部份氯化銨，以及碳酸銨銨等雜質，可以用淨水洗攪，洗濯一二次後，就可得比較純粹的碳酸銨鈉了。至於碳酸銨銨的去除，祇要在將來解化塔裏，通入二氧化碳，便可以使分解而發生銨，仍舊收集通到銨吸收器來重複應用。

以上兩步手續，有許多大規模的工廠裏，都合併着進行。就是應用一個偉大的什賴植 (Schreib) 吸收塔，構造見圖 53。塔裏有吸收圈八個，冷卻管兩套，分佈的情形，看圖便明瞭了。20 度的飽和鹽水，從塔頂注落下來，落在吸收板上，再由溢導管流入下層吸收板上。這樣慢慢的下流，降入塔

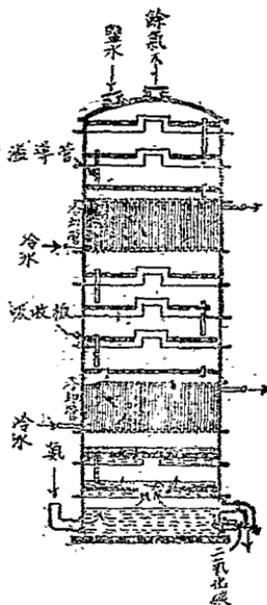


圖 53. 什賴植吸收塔

底。氨氣從塔底壓入，二氧化碳氣也從塔底另外一個導管鼓入，經吸收板的中央洩氣口而向上擴散，和鹽水剛成逆流流向，因此可以透澈的被吸收而成碳酸氫鈉和氯化鈣。降入塔底後，有導管直接導到吸濾器裏，來去除溶液。殘餘的氣體，可從塔頂，循環導入塔底，重複應用。

(C)碳酸氫鈉解化器 以上所得的碳酸氫鈉，經清理後，一部份也可以裝包出售，大部份便用來解化製造碳酸鈉。解化的方法，普通有乾法和溼法兩種。現代一般大工廠，都用乾的一法，很少見用溼的方法。乾法解化器，式樣也很多，其中尤以泰倫 (Thelen) 氏解化鍋，比較更通行。這是一個半圓形，長約 10 公尺，闊約 2 公尺到 2.5 公尺的鐵鍋。鍋的右腰，開着一個門，碳酸氫鈉便在這裏裝進去，頂上封閉着，而在中央裝着一個導管，以便通出二氧化碳和氨，可以收集重複應用。鍋裏裝設着一個半圓週運動的拌攪機，一方攪

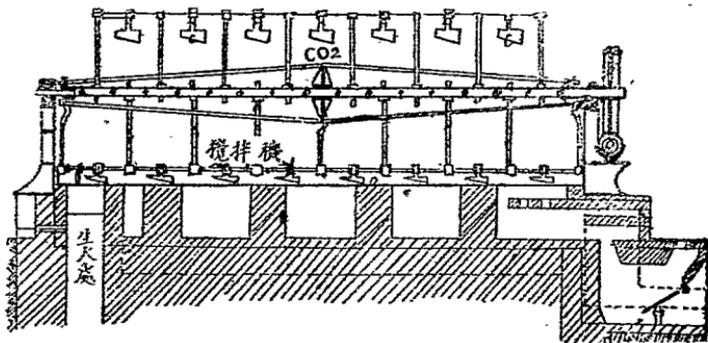
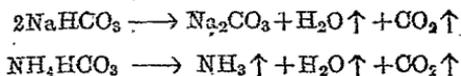


圖 54. 泰倫氏解化鍋

拌，一方把鍋壁附着的硬塊刮落下來。所用燃料，不論煤、炭、木材、煤氣，都可以取用。這種鍋子，每天可以生產碳酸鈉十公噸。



(D) 氨重生塔 濾掉碳酸氫鈉後所殘餘的母液和洗滌液，含着氯化鈉和碳酸氫鈉很多。有許多工廠，利用它來提製氯化鈉，不過多半工廠用來重生氨。重生塔的構造，和氨廠裏的蒸餾塔有些不同，如圖 55，這塔分上下兩部，約高 20 公尺到 27 公尺，直徑在 2.5 公尺到 3 公尺間。上部塔裏，分着八層，母液從塔頂注落下來，經過各層而流到塔的腹部，由塔旁導管引入下部。下部比較闊廣，構造和上部有些不同。塔裏也分着八至九層，而各層都裝着一個通氣管和一個溢導管，石灰水從塔的腹部通進去。蒸汽由塔底導入。母液中的鈉鹽，逢着石灰水而分解，生氨上升，從塔頂導上應用，殘餘的溶液，落在塔底流出，可以用來提取氯化鈣。塔裏的溫度，要保持在 65 度到 75 度左右。解化方程式如下：

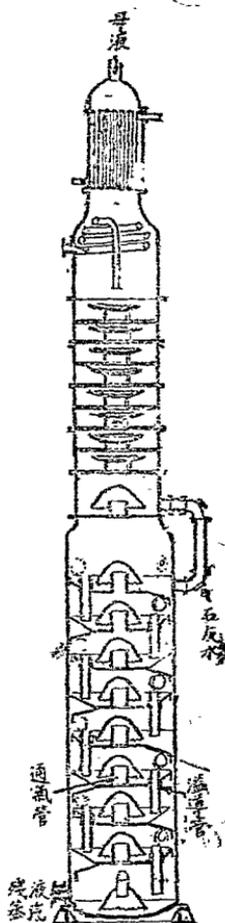


圖 55. 氨重生塔

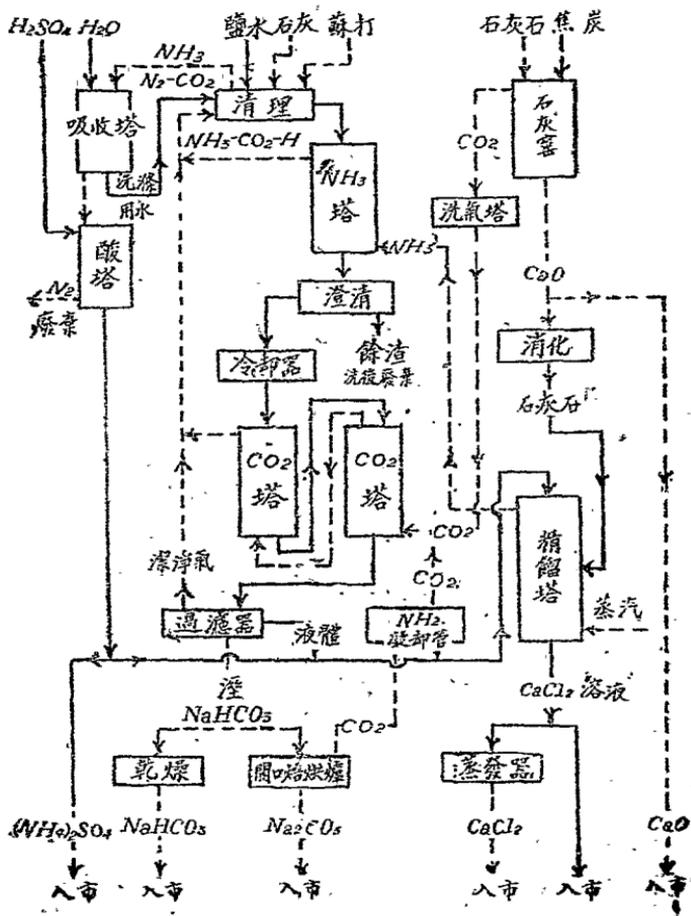
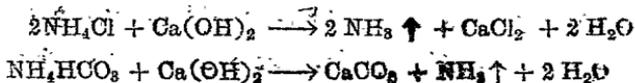


圖 56. 索爾未法碳酸鈉製造手續



全部詳細手續如圖 56。

用途 碳酸鈉是一個重要的鹼類工業藥品。在玻璃工業和肥皂工業上，用量幾佔大部。此外如氫氧化鈉、硼砂、矽酸鈉、鉻酸鈉等等鈉鹽工業藥品，都需用碳酸鈉做原料。漂白、造紙、家用洗濯、硬水軟化，以及硝化棉花製造時的棉花去油，也須應用碳酸鈉。

(二)碳酸氫鈉 (Sodium Bicarbonate) 碳酸氫鈉亦名重碳酸鈉，商業上通稱為小蘇打，普通發氣粉和焙粉，就是這種化學物。在工業上，碳酸氫鈉是索爾未法製造碳酸鈉廠裏的副產品。精製的碳酸氫鈉，可用粗碳酸氫鈉溶解在 60 度的溫水裏，在高壓鍋中，施行結晶手續，經離心機去水，再在二氧化碳氣裏來乾燥。

碳酸氫鈉除作麵包發酵之外，滅火機藥水、夏天消暑飲料等等二氧化碳的來源，也都是碳酸氫鈉。

(三)碳酸鉀 (Potassium Carbonate) 碳酸鉀存於草木餘燼裏，祇要把草木的灰燼，浸漬在水裏，碳酸鉀便全部溶解出來。經結晶手續，就可以得着了。但是在工業上，單靠這有限來源，實供不應求。工廠的製法，和碳酸鈉一樣，不過用氯化鉀來做原料。

碳酸鉀的用途，似乎比較碳酸鈉，要差得多。製肥皂、光學玻璃，用碳酸鉀做原料，這是碳酸鉀在工業上的最大用途了。

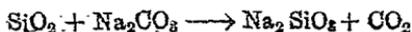
(四)碳酸鈣和碳酸鎂 (Calcium Carbonate and Magnesium Carbonate) 碳酸鈣在自然界裏到處有得存在，像方解石、大理石、

酸石，以及石灰石等等。因為它的存量多，價值賤，所以在工業上，一般製造碳酸鹽、二氧化碳、石灰，以及鈣的工業藥品，沒有不用它做主要原料的。

碳酸鎂在自然界裏，存在得也很多，差不多和碳酸鈣伴存着。白雲石、苦土礦就是其中最主要的。碳酸鎂用在裝飾品製造和橡皮工業裏，同時也是氧化鎂的原料。

第七節 矽酸鹽類工業藥品

矽酸鹽類工業藥品，可指矽酸鈉 (Sodium silicate) 做代表。矽酸鈉或稱水玻璃 (Water glass)，又名泡花鹼。工業上製造，是用 45 公斤石英，和 23 公斤碳酸鈉配合，在高熱電爐裏，於 1100 度到 1500 度間熔化變成液體，立刻倒入冷水裏，使凝結成粉末體。溶解在過熱蒸汽裏，澄清以後，壓入一個備着很細小開關的室裏，把冷空氣吹過，去除水份，乾燥而得。



老式方法，
也有用砂 100
份，硫酸鈉 65
份，和木炭 8 份，
配合熔融而製
成。

爐子構造，

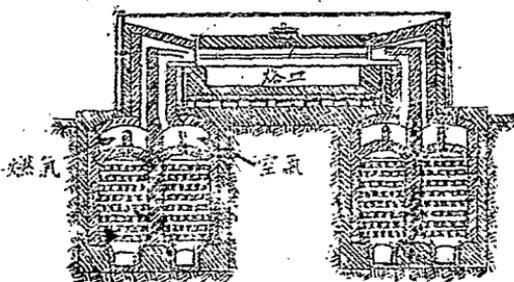


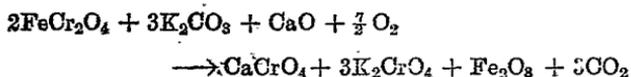
圖 57. 矽酸鈉製造爐

如圖 57 所示，建築材料，和一般玻璃熔融爐相同，普通爐床長 9 公尺，闊 3 公尺，一日夜可產成品 22 公噸。

矽酸鈉的用途很大，玻璃接合、陶瓷密接、厚紙黏膏、顏料和劑、填質肥皂、增重絹絲、染色媒染、澄清果汁、蛋品儲藏、以及磚塊免滲、耐酸水泥等等都用之。

第八節 鉻酸鹽類工業藥品

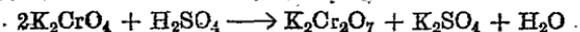
(一) 鉻酸鉀 (Potassium Chromate) 用鉻鐵礦先碾成八十篩孔的粉末，和着適量的碳酸鉀、石灰，在反射爐裏，灼熱到 1200 度，經作用而成鉻酸鉀：



冷後打破，浸入熱的硫酸鉀溶液裏，使鉻酸鈣變成硫酸鈣而沉澱，濾過以後便得和硫酸鈣和氧化鐵分離，於是由結晶手續製得。

鉻酸鉀並不佔若何工業重要位置，不過是做重鉻酸鉀的原料罷了。間或用做媒染劑。

(二) 重鉻酸鉀 (Potassium Bichromate) 直接用鉻酸鉀液，加入硫酸，至溶液達酸性時，鉻酸鉀變成重鉻酸鉀液，溶液也從黃色氧化而成紅色了。冷卻後，重鉻酸鉀便立刻完全結晶出來。所剩餘的母液，就是硫酸鉀液，仍舊可以循環應用。



重鉻酸鉀在染色工業裏做媒染劑，倒也佔着相當的重要地位，

此外照相術上、電油製造上、油脂漂白等等，都要仰給於重鉻酸鉀的。

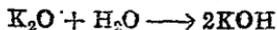
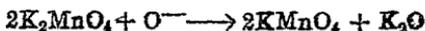
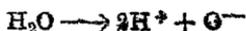
第九節 鉻酸鹽類工業藥品

(一) 鉻酸鉀 (Potassium Manganate) 自然界裏的褐石，是鉻礦中的主要礦石，鉻酸鉀的製造，便直接用它做原料。把這礦石碾碎研成粉末，配和適量的氫氧化鉀在絕不漏氣的釜裏溶化。鉻酸鉀可在水中浸出來。



鉻酸鉀是高鉻酸鉀的原料，工業上並不單獨製造。

(二) 高鉻酸鉀 (Potassium Permanganate) 電解鉻酸鉀液，氧化而得，電解器如圖 58 所示。電解的原理，可用下面幾個方程式來表示：



工業上的製造手續，多半直接用百分之 5.0 純度的褐石礦，碾碎研磨而放置在鐵盆裏，慢慢地加入比重 1.5 左右的碳酸鉀溶液，好好攪拌，同時加熱蒸乾，約需十二小時。慢慢停止攪拌，用木槌把大塊打碎，再入球磨機研碎，而後送到高壓蒸餾器裏，在 260 至 270

度下加熱，壓入壓縮空氣，再 12 小時，便可停止工作。冷後浸入水中，溶出溶解物。澄清過濾，濾液倒入鐵桶裏，送到電解池來電解。

電解池的構造很普通。用可以旋轉的鐵絲網套做陽極，而用鐵管從槽底插入槽的中央，剛正被套在陽極裏，一面做陰極，一面做電解液的通道。陽極網外，所成的高錳酸鉀和氫氧化鉀液，從槽底出口通出。經濃縮以後，高錳酸鉀便結晶出來，由離心機除掉母液，用水沖洗，再送入真空乾燥機乾燥。這種電池可通 2.5 到 2.7 伏特電壓的電流 50 到 40 安培，保持溶液在 30 度。每十小時可出品一次。

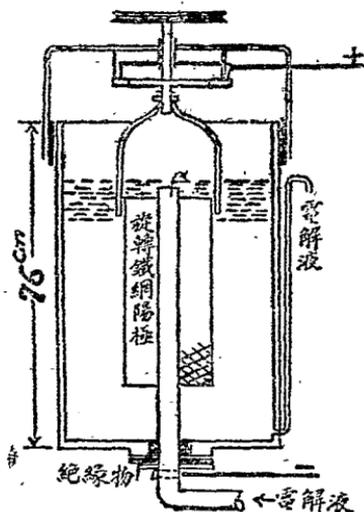


圖 58. 高錳酸鉀電解池

第十節 硫代硫酸鹽類工業藥品

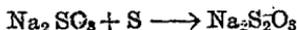
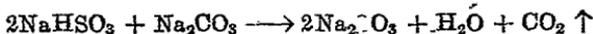
硫代硫酸鈉 (Sodium thiosulfate)，是硫代硫酸鹽類裏的唯一重要的工業藥品。市名大蘇打 (Hypo)，向來是勒布隆法碳酸鈉廠的副產物，現今製造方法大概有兩種：

(一) 碳酸鈉硫黃法 用碳酸鈉溶解在熱水裏，使濃度達 26 度

波美，而用唧筒打入吸收塔的塔頂，塔裏充填着相當的充填料，普通都用兩個塔連接應用。第一個塔底通進從硫黃燃燒爐發生的二氧化硫，慢慢上升和從塔頂流下的碳酸鈉液相遇，被吸收而成酸性亞硫酸鈉：



廢餘氣便導入第二個塔底而上升，再被吸收。酸性亞硫酸鈉液從塔底流出，歸入包有鉛皮的儲蓄桶裏，然後倒入鑄鐵鍋裏，加入適量硫黃粉末，一面加熱，一面攪拌。經反應後，生成硫代硫酸鈉：



濃縮到 33 度或 51 度波美左右，澄清以後，流入包有鉛皮的鋼質結晶器裏，等待冷卻，約兩三天，硫代硫酸鈉便結晶出來，經離心機把母液濾掉，用水噴洗，烘乾過篩，包裝入市。

(二) 硫化鈉液副產法 在勒布隆鹼廠裏，浸出碳酸鈉後，廢留的殘渣，經過兩次的溶解和過濾，這第二次的過濾溶液裏，約含百分之 6 的碳酸鈉，和百分之 80 的硫化鈉，這是很好的硫代硫酸鈉的原料。把它很迅速的打入吸收塔頂，同樣在塔底通入二氧化硫，吸收後，便成硫代硫酸鈉。和第一法同樣精製就得了。



這裏所用的吸收塔，最好比較高大一些，除非用許多循環式；低小的塔，也可以代用。普通大約高 6 公尺，直徑 1 公尺，再小便似乎不方便工作了。

硫代硫酸鈉用在漂白工業裏做去氯劑，照相術上用作定像藥。

第十一節 氰化鹽類工業藥品

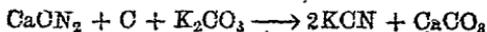
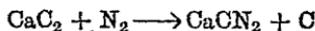
(一)亞鐵氰化鉀 (Potassium Ferrocyanide) 商名黃血鹽，工業上雖然不是重要的藥品，但是在氰化鹽類裏卻是一個重要代表。工廠裏大量的製造，是用碳酸鉀放在鐵器裏熔融，慢慢地加入鐵屑、角、爪、皮、毛髮等等含鐵的物質，繼續加熱。溶解在水裏，亞鐵氰化鉀，便浸出了。在現代煤氣廠裏，也有黃血鹽副產物出售，因為在煤氣裏，起先常常含着氫氰酸，用洗滌塔裝置，應用硫酸亞鐵液來循環噴注而吸氫氰酸和氨，化合成泥漿狀的錯鹽，它的分子式是： $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ，把這沉澱收集，用碳酸鉀來處理，便起複分解而變成黃血鹽了。

黃血鹽的最大功用，當准製造顏料，實際製造顏料所用的黃血鹽，都從氰化鉀來製造。

(二)氰化鉀 (Potassium Cyanide) 氰化鉀本來可以在高溫度下分解亞鐵氰化鉀而得：



但是在工業上，大都從氫氨基化鈣和碳屑以及碳酸鈣來製造。因為這裏氫氨基化鈣和碳祇要用碳化鈣，稍和些氯化鈣做溶劑，在 1100 度下熔融，通進空氣便得：

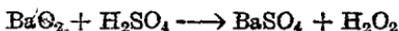
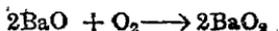


這氟化鉀和碳酸鈣，很方便的可在水裏溶解而分離。精製方法，和一般鹽類同。

第五章 氧化物類工業藥品

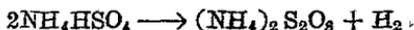
(一) 過氧化氫 (Hydrogen Peroxide)

(1) 過氧化鋇法 把氧化鋇 (Barium oxide) 加熱到 600 度，通入乾燥的空氣而製成過氧化鋇。用蒸汽處理，倒入大桶裏，混入適量的稀硫酸，便得過氧化氫 (Barium peroxide) 液和硫酸鋇沉澱：



經壓濾器過濾；把硫酸鋇濾掉。過氧化氫溶液，可由蒸餾使成相當濃度。

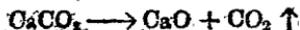
(2) 電解法 適量配合硫酸銨和硫酸，使成硫酸銨鈣的硫酸溶液。電解時，在陽極便得高硫酸銨，陰極發生氫：



高硫酸銨逢着溶液中的硫酸而成高硫酸 (Persulfuric acid) 再行水解便生過氧化氫。在低壓力下蒸餾，可以製成百分之 30 的過氧化氫水溶液，裝瓶銷售到市上去。

過氧化氫的氧化力很強，所以用做消毒劑和漂白劑等等。

(二) 氧化鈣 (Calcium Oxide) 氧化鈣俗稱生石灰 (Lime)，從石灰石 (Lime stone) —— 碳酸鈣 —— 煅灼而成：



鍛灼窯爐，種類很多，我國老法，就石灰石礦附近，掘地成大坑，坑上四周用耐火磚砌成圍牆，漸上漸陡，頂上留空，二氧化碳便從這裏通出去。牆腳設一門，做加薪通風的用途。石灰石先用爆炸藥炸碎，從窯頂裝入窯中，加滿後，坑裏架着松木或煤炭等燃料，坐火鍛灼，約 1000 度，石灰石便分解了。等到全窯石灰石都分解完畢，停止鍛灼，冷卻後，把出石灰。

現在新式的窯爐，都和長腰爐差不多，大約高 12 公尺，最闊的地方，約 5 公尺，像圖 59 所表示。沒有底，石灰石也從窯頂加下，窯肩有兩口，可以加入煤炭，落在窯裏，和石灰石混和而燃燒。燒成的石灰，從窯底卸出。煤灰落在窯底爐格下面，不致和石灰相混。不過所燒成的石灰，終有些不潔白，那也可以把燃料在另外一個燃燒爐裏燃燒，而使燃燒氣通進窯裏，來鍛灼石灰石。

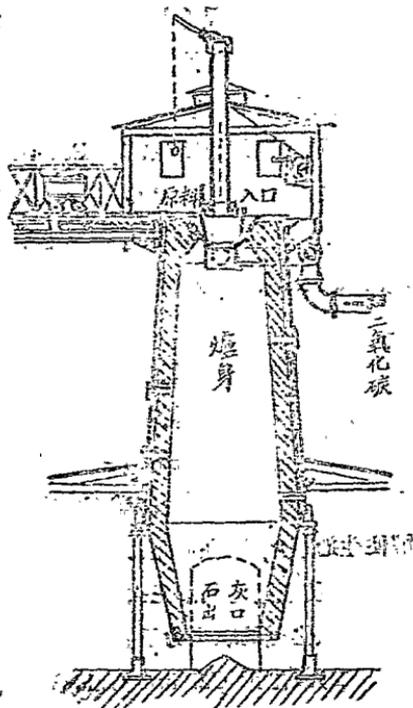


圖 59. 長腰石灰爐

分解出來的二氧化碳，普通都隨便使它逸散棄掉。在精鹽廠，索爾未碳酸鈉廠裏，便收集用來碳酸化鹽水。從經濟方面來着想，收集用來加壓製造乾冰 (Dry ice)，也很可以收作。

石灰普通用做製造水泥，砌牆飾壁，乾燥消毒，製造漂白粉、氫氧化鈣等等。在造紙工業、輕質工業裏也用得很多，此外做肥料，清理氣體，差不多的工廠，都少不了石灰的。

(三) 氧化鎂 (Magnesium Oxide) 氧化鎂也從碳酸鎂煅灼而製造。在德國因為氯化鎂生產得很多，所以便用氯化鎂來製造，那是先使氯化鎂變成碳酸鎂，再行煅灼而成的。

氧化鎂在高熱下不容易溶化龜裂，所以能做耐火品，像坩鍋、火磚等等。又因為它和砂混和，慢慢地堅硬，很是耐水，所以用做耐水性水泥。

(四) 氧化鋅 (Zinc Oxide) 氧化鋅的製法很多，最老式的方法，所謂法國法。用鋅片在爐裏燃燒，鋅便變成蒸氣而逸入燃燒室，遇着空氣而氧化成白色精粉末，沉積在室周，冷卻後可以括出。現在新式的方法，是直接用鋅粉和溼的焦炭，在 1000 度下在 Weatherill 式爐子裏燃燒。蒸汽和氧化鋅進入直徑 1.2 公尺，長 182 公尺的 V 字式煙突裏，冷卻到 140 度，再經 6 公尺高，60 公分闊的棉花濾器來收集。

氧化鋅供作白色塗料，醫藥上也可做藥劑。

(五) 氧化鉛 (Lead Oxide) 在這裏我們要討論的氧化鉛有兩種：一種是所謂密陀僧 (Litharge)，一種是紅鉛 (Red lead)。密陀

備的製造方法，很不少。比較老式的方法，直接熔鉛在低弧形迴轉爐裏。爐子的構造，和硫化鈉所用的爐子一樣，所生成的氧化鉛，都浮在面上，用鏟括在一旁，等待產生多量之後，便鏟出冷卻，磨成粉末。新式的方法，都把鉛熔化在卵形爐裏，用噴管吹射壓縮空氣在鉛的面上，一方面氧化鉛質，一方面刮取氧化鉛在一旁。新熔化的鉛在爐尾時時流入，而氧化鉛時時流入錐形收受器裏。冷卻後，破裂磨成粉末。此外氧化鉛在亞硝酸鈉製造廠裏，有副產品出售。

紅鉛是把密陀僧繼續鍛灼在圓熱爐裏，在 340 度下，保持兩晝夜，吹進空氣，氧化而成。

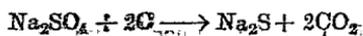


紅鉛用做顏料和鉛玻璃原料。

(六) 二氧化錳 (Manganese Dioxide) 二氧化錳在自然界裏存在得很多，就是褐石礦，或稱標錳礦。普通用做氧化劑，像乾電池裏用做去極劑，老式氯工業裏用來做副原料，此外在玻璃工業、溴碘工業上，也用得很多。

第六章 硫化物類工業藥品

(一) 硫化鈉 (Sodium Sulfide) 硫化鈉可說是勒布隆碳酸鈉廠裏的副產品。要是直接用食鹽和硫酸來做原料，那麼在鹽酸廠裏所得的硫酸鈉，便可間接應用。製造手續，用硫酸和煤，移入低弧式迴轉爐裏，加熱焙化，立刻取出，溶解在水裏，或等冷卻碾碎，再用熱水浸漬出來。濃縮而冷卻，濾掉一般沉澱物，過了一夜，硫化鈉便含九分子水結晶出來，再行重複結晶，精製。這樣大約可得百分之 60 純度的硫化鈉：



低弧式迴轉爐的構造，如圖 60。爐身全部用耐火磚砌成，爐中

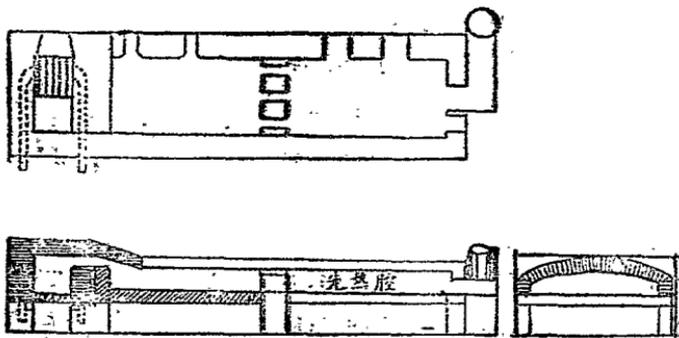


圖 60. 低弧式迴轉爐

(111)

有橋梁式的隔牆兩個分成三個爐腔，每個爐腔約2.4公尺闊，6.4公尺長。可以裝盛硫化鈉500公斤，煤250公斤。爐頂都用經矽酸鈣液浸過而包着石棉紙板的鉛酸物磚砌成，這樣可以防禦硫化鈉的侵蝕。這種爐子大約可以工作一年左右，便須拆掉重築，不然就很危險了。製造時，原料先送入爐尾先溫熱，預先被逸出的燃燒氣溫熱，一小時後，再用鋤耙入爐腹，一面攪拌，一面加熱。再一小時，就可以耙到前腔來，等待冷卻了。這種方法，是連續的，在溫熱的原料自尾腔耙入腹腔時，便可在尾腔裏加入新原料，預先溫熱了。

硫化鈉在硫染料染色工業裏，用途很大，此外用做硫代硫酸鈉的原料。

(二) 硫化鈣 (Calcium Sulfide) 硫化鈣也是勒布隆碳酸鈉廠裏的副產品，不過因為它在工業上不佔怎樣有用的位置，所以把它直接用來製造硫代硫酸鈉。

(三) 二硫化碳 (Carbon Disulfide)

將焦炭末在電爐裏灼紅，在爐底灌進硫黃蒸氣，即起化學作用，而生揮發性二硫化碳，從爐頂導管逸出。導管裝得稍有些傾斜，如圖61，這樣可以使一同逸出的硫黃蒸氣，一部份凝結後，仍舊從導管下狹管落下，入爐底繼續加熱，大部份集合在另外收受器裏。至於二硫化碳，導入蛇形凝結管凝結成液

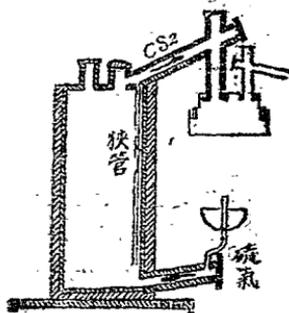


圖 61. 二硫化碳製造機

體粗製品，沒有凝結的二硫化碳和硫化氫氣，可通入洗氣塔和吸收器，被石灰吸收。新炭末從攪拌原料加入口加入。因為恐怕有二硫化碳氣逃出，所以這加入口的設備須很安全。

二硫化碳在維斯加斯人造絲工業裏是很重要的溶劑，橡皮硬化，香料提製，精製油脂，製造四氯化碳，功用還算不小。

(四) 硫化銻 (Antimony Sulfide) 自然界裏有輝銻礦存在，不用工業製造。

硫化銻在工業上用來製造火柴、焰火、和顏料。

(五) 硫化鋅 (Zinc Sulfide) 自然界裏有方鋅礦存在，工業上用做白色顏料和塗料。

第七章 碳化物類工業藥品

碳化鈣 (Calcium Carbide)

(1) 原料 碳化鈣俗稱電石，用石灰和焦炭在電爐裏 2000 度下作用而製成。所用原料，石灰可以直接用 3 公分大小的石灰石，不過所含雜質，要愈少愈妙，尤其是磷質，須要絕對分離。至於焦炭須要灰份和水份兩項越少越好。大小約 0.5 公分到 1 公分。

(2) 機械和手續 電爐的構造，大概有二種：一種是用一個或幾個頂電極，和一個底電極，還有一種是不用底電極。電極是用石墨條所做成。原料依照數量配合後，先在乾燥室裏乾燥，而後送入電爐裏，通電生高熱，而發生作用：

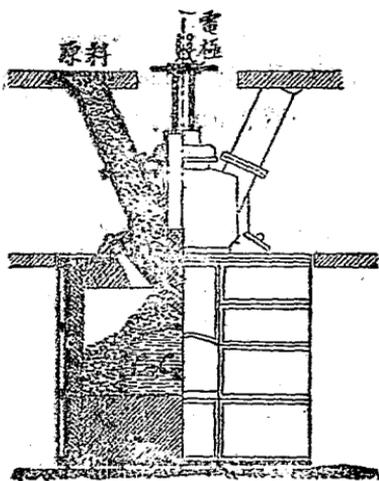
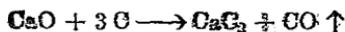


圖 62 碳化鈣電爐



所製成的碳化鈣，熔融變成液體，從爐旁刺空流出。普通電爐須要 1500 馬力，23000 安培電流，50 伏特電壓，每天可產碳化鈣大約 7 至 8 公噸。

美國荷來 (Horry) 式電爐是一種不用底電極而是旋轉式的。爐底設着旋轉輪，每小時可以使爐子移動 15 公分左右，電極因此可以上下移動，使原料勻和作用。這種爐子直徑約 3 公尺，闊 6 公分。3500 安培電流，110 伏特電壓，500 馬力。每天可出二公噸碳化鈣。

英國馬斯爾索爾斯 (Muscle Shoals) 廠，可說是世界碳化鈣廠的代表。該廠總共有電爐 12 個，每個都成矩形形式，長 6.7 公尺，闊 3.7 公尺，深 1.2 公尺。成開口式，用鋼骨耐火磚砌成，底電極用 40 公分正方形，1.2 公尺長的石墨條橫臥在爐底，三個 40 公分正方形，2 公尺長的石墨頂電極平行掛在金屬架上，而插在爐腹裏。上部設着冷卻設備。在爐外的部份，用鐵絲網包裹着，外層塗着石棉和水泥，差不多共重 3.5 公噸左右。通過電流，用三相交流電，130 伏特電壓，20000 安培電流，每天每爐可出碳化鈣約 43 公噸。而消耗原料大約 62 公噸石灰和 44 公噸焦炭。在工作開始時，爐底先鋪着一層假成卵形大小的焦炭，而後插入頂電極，再充滿石灰焦炭混合原料。通電後，大約六小時，便可刺空流出成品。此後每 45 分鐘加入新原料，刺空卸出成品一次。

(3) 用途 碳化鈣普通用來製造乙炔 (Acetylene) 做點燈、氧炔焰等等用途。氫氨基化鈣的製造，也可直接用碳化鈣做原料，因此可以間接製造氨和硝酸等重要藥品。

第三編 有機工業藥品

第一章 烴類和烴類同系物工業藥品

(一) 苯 (Benzene)

(1) 產源 煤氣廠裏所產的煤氣，含着一部份的苯和甲苯。經過除氫手續之後，繼續通入鋼築的高塔底裏，塔裏充填着相當的充填料。塔頂用油類噴下，藉以吸收氣裏的苯和甲苯，祇要再行蒸餾就可以得着了。但是市上大量的苯，都是從乾餾煤或是煤膏時，在 80 度到 170 度間的輕油蒸餾物，再行分級蒸餾而得到的。

(2) 機械和手續

(A) 煤膏蒸餾 煤膏是製造煤氣時，伴着煤氣揮發而凝結下來的膠狀體，當然也從煤氣廠裏取得。煤膏蒸餾機大概有兩種：一種是有先溫設備的，如圖 63；還有一種是沒有先溫設備而有析水器的，如圖 64。蒸餾方法有連續法和間斷法兩種。間斷法蒸餾甌，是用鋼板釘合而成的，大約容量在 10000 公斤到 50000 公斤左右。上部成圓頂的樣子，而底部底板，向內穹灣着，底邊設着一個瀝青排洩管，並且裝着一個鑄鐵所造的塞子，可以隨時開關。頂上有安全瓣、蒸汽管、溫度計、和視孔。中央有一個鑄鐵曲管，旁邊有原料加入管。連續

的蒸餾瓶，至少要有這種蒸餾鍋二個或三個連續應用。

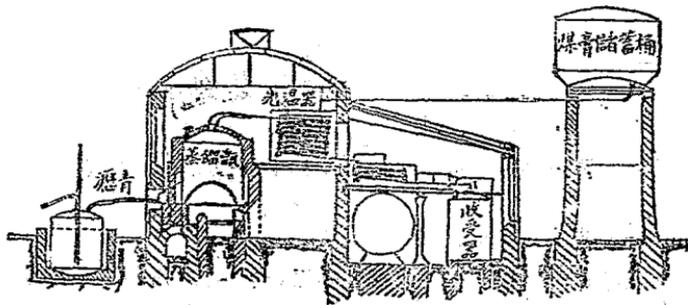


圖 63. 煤膏蒸餾附設先溫器

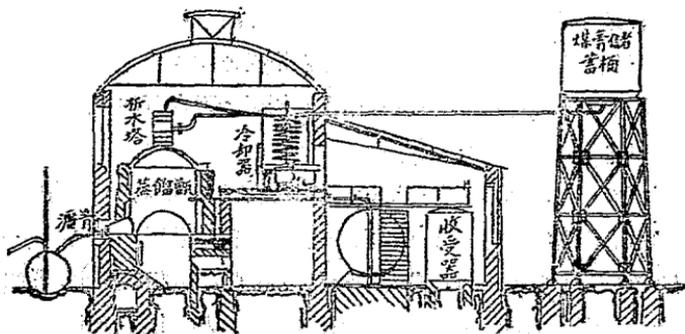


圖 64. 煤膏蒸餾附設析水器

原料先裝在一個供給槽裏，用特別裝置使煤膏在每一單位時間內，經凝結槽而流入蒸餾器，煤膏因此得被先溫，可以蒸去水份。沒有先溫器設備的蒸餾機，蒸餾瓶頂上接着一個除水塔，這塔約高 1.56 公尺，塔底有三層鐘式隔層，煤膏從塔的腰部注入。塔頂也有鐘

式隔層兩個。外形如圖 65，在蒸餾器裏的溫度，是 170 度上下。裏面的水份和輕油，都從塔頂逸出而入凝結管凝結，收集在收受器裏。

(B) 輕油 (Light Oil) 蒸餾
輕油從收受器導出，先入洗滌器，把一般氫和粗石炭酸去除。洗滌器是用鍛鐵或柔鋼板釘合造成的，成直立或橫臥的圓筒狀。筒上有視孔和蓋子，以及輕油和氫氧化鈉液導管，中部設着一個機械攪拌器，筒底備着導管和活瓣，可以放出酚鹽和輕油。經洗滌而澄清之後，輕油和雜質分離，而流入蒸餾器分餾。蒸餾器是由圓筒蒸餾鍋，和分餾塔兩部合成。蒸餾鍋是用柔鋼板釘成，有的成橫臥式，有的成直立式，底部設着殘渣放出口，頂端設着輕油導管。器裏下半部，有蛇形蒸汽管。此外對於一切鍋爐設備，像溫度計、安全瓣、玻璃管水面表、視察孔等等，都應有盡有。器頂接着分餾塔。分餾塔內部的構造，並不複雜，差不多和普通精餾塔一樣，每隔相當距離，便有一多孔鐵板層。塔頂接着凝結器和收受器。

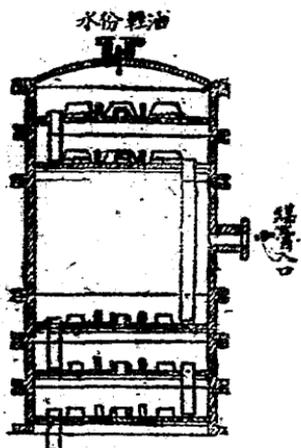


圖 65. 析水塔

在粗輕油經洗滌之後，便由輕油導管裝入鍋中，裝滿約全鍋高度 3 分之 2，便開始通汽到蒸汽管裏，蒸餾輕油。輕油裏含有沸點比較低的物質，便先揮發而入分餾塔，因溫度降低，所以一部份凝結

在粗輕油經洗滌之後，便由輕油導管裝入鍋中，裝滿約全鍋高度 3 分之 2，便開始通汽到蒸汽管裏，蒸餾輕油。輕油裏含有沸點比較低的物質，便先揮發而入分餾塔，因溫度降低，所以一部份凝結

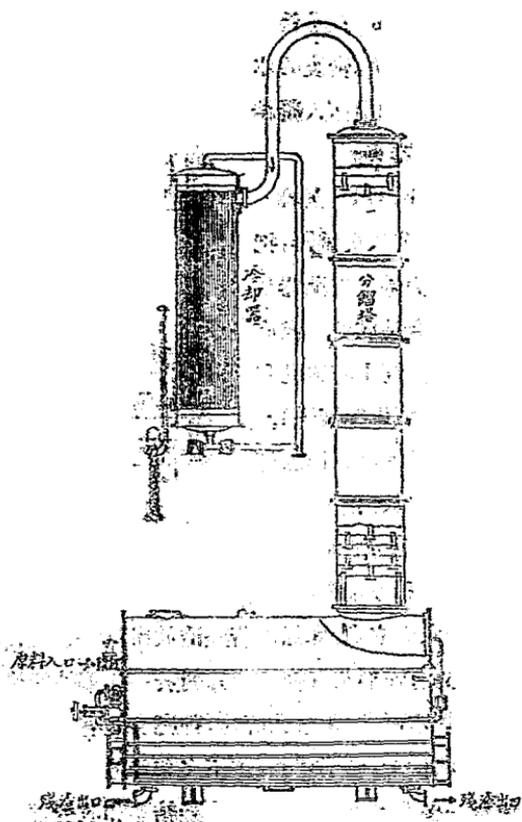


圖 66. 粗製油蒸餾器。

成液體，留在多孔板上，一部分凝結流回鍋裏，沸點低的物質，不能凝結，而上升入凝結管，凝結流入收集器。這樣情形蒸餾下去，每逢

溫度驟然升高時，便是表示一物蒸完之證，另換收受器收集次步蒸出物。如此便可把輕油裏各成份物質粗粗地分別餾得。這步手續，可以把輕油裏含有的中油和重油等雜質分離。所得的次輕油，差不多大部是粗苯，此外還含着焦油酸、吡啶 (Pyridine)、和不飽和烴類雜質。可用氫氧化鈉液來攪洗，除掉焦油酸，次第用濃硫酸攪洗，去除吡啶，再用頂濃的硫酸攪洗，洗去不飽和烴。最後用水沖洗，用鹼中和，三番四複，幾次以後，輕油便可重新流入分餾器分餾。這步分餾所應用的分餾器，和上次所應用的大同小異。所不同的，就是在分餾塔和凝結器間，多裝一個分析塔。分析塔的構造，和凝結器的構造相同，也是用鐵造成的，成圓柱狀。裏面用許多微管垂直充填着，而上下兩端，固着在多孔板上，這樣從分餾塔流來的蒸汽，經過管的迴餾，而從凝結器流出的水流入微管裏，因此得以冷卻凝結。一般沸點比較高的物質，仍舊迴餾入分餾塔裏。蒸餾的

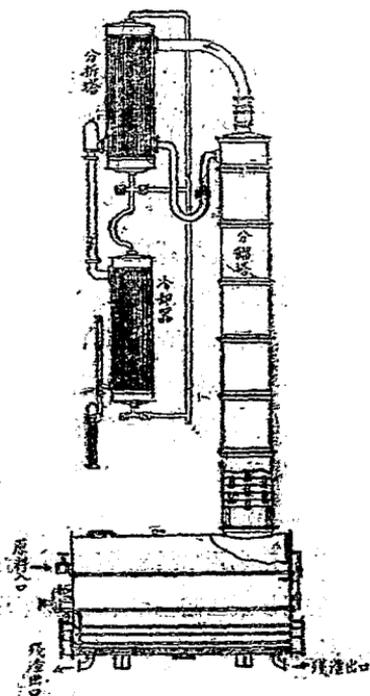


圖 67. 索箱器

時候，沸點比較高的物質，先揮發入分餾塔，把大部份沸點比較高的帶出來的物質凝結流回去，而沸點比較低的蒸汽，逸入分析塔，再把沸點頂低的蒸汽抽出，流入凝結管凝結，而流入收受器裏。至於不能通過分析塔的氣體，便凝結從迴流管流回入分析塔。這樣繼續下去，在 100 度以上，商業上純粹的苯，便可以餾到百分之 80 純度左右。此外在 100 度以下，甲苯、二甲苯都可以分別餾出。

純苯的製造，就用商業純度的苯着手精製。精製手續，也不外洗滌分餾二步，情形和上面所述一樣。不過所蒸餾出來的蒸汽，須要絕對在 80.5 度時，才是純苯，收集裝瓶。

用途 苯的功用很大，差不多一切苯的衍生物類藥品，都可以直接用苯做原料，像硝基苯、苯磺酸、苯胺、鹵化苯等等。此外製造香料，綜合製造石炭酸，以及無水酒精去水，也是苯的重要用途。

(二) 甲苯 (Toluene) 甲苯也從輕油分餾而得。在第二次分餾輕油時，餾得粗苯後，所積留下來的蒸餾液，以及精餾粗苯後所剩下的蒸餾液，都可以蒸出粗甲苯來。粗甲苯再依照前面清理苯的方法一樣，用硫酸、氫氧化鈉、和水攪洗，最後再行分餾，收受它在 101 度時的蒸出液。

甲苯也用來製造各種甲苯衍生物藥品，綜合藥材，製煉染料，造製香料以及三硝基甲苯炸藥。所以甲苯也佔着有機工業藥品裏的重要位置。

(三) 萘 (Naphthalene) 萘又稱駢苯，也是煤膏蒸餾工業裏的產物。在蒸餾煤膏，蒸出輕油之後，把溫度升高，收受 170 度到 225

度間所蒸出的中油，或稱石炭油。把中油冷卻到水的冰點，萘便慢慢地結晶出來，經離心機析去中油，便得粗萘。這粗萘裏含着許多石炭酸一類的雜質，還得要精製才好。先用水力壓榨機壓榨，去除殘留的液體。然後放在鑄鐵鍋裏，用蒸汽管加熱溶化，次第加少量硫酸、淨水、氫氧化鈉三種，各次攪洗，循環幾次以後，就可以用昇華精製的方法煉純。昇華精製器是一個大磚室，和溶化鍋兩部連合構成的。在溶化鍋蓋上，接連通一導管，引入大磚室。溶化的萘，化氣從導管入大磚室，因溫度降低，萘便結晶附着在室壁，每隔相當時間後，可以停止工作，收集萘體。

萘更是一切煤膏染料的主要原料，功用更是不小。賽璐珞的製造，也用萘來代替樟腦。醫藥上用做防腐、消毒、殺菌、外科藥膏。最近年來，更有發明用來充代汽油，做發動機燃料的促效劑。假使真正能夠成功，那功用更不可思議了。

(四) 蒽(Anthracene) 蒽就是參苯，可在蒸餾煤膏 270 到 320 度間所得的綠腦油中，提煉得到。普通大約含有百分之 30，也很豐富了。不過因為蒸餾溫度已經很高，而且油質黏性很強，所以提煉方法，很是遲緩，着實困難。提煉的方法可以先用人工冷劑冷卻，使固體物和液體物顯明的分開，澄清分離大部液體，再經壓濾機濾掉殘留的液體，這時粗蒽便成餅狀，留在濾袋裏，可以取出研碎，和入中油或丙酮或吡啶鹽基，入攪拌洗滌器裏，一面用蒸汽管加熱，一面由機械攪拌機攪拌。然後再入壓濾機濾掉洗液。研碎烘乾，就得粗蒽。可和氫氧化鉀，共同蒸餾，用二硫化碳洗滌，最後在過熱蒸汽裏，施

行昇華純煉，就得精製的葷了。

葷的最大用途，是製造茜草色精，和其他許多煤膏染料。

以上所述的煤膏蒸餾物，輕油還可以用來提煉吡呢、重石油腦、二甲苯 (Xylene) 等物。中油更可以提取石炭酸。至於重油和葷油，在社會上用作木材防腐。最後蒸餾剩下的瀝青，工業上用做油漆、金屬防銹、絕緣體、和電極等等。市場上更用來鋪路防水工程等等，都是很有用的。

全部煤膏蒸餾產物，列表於下：

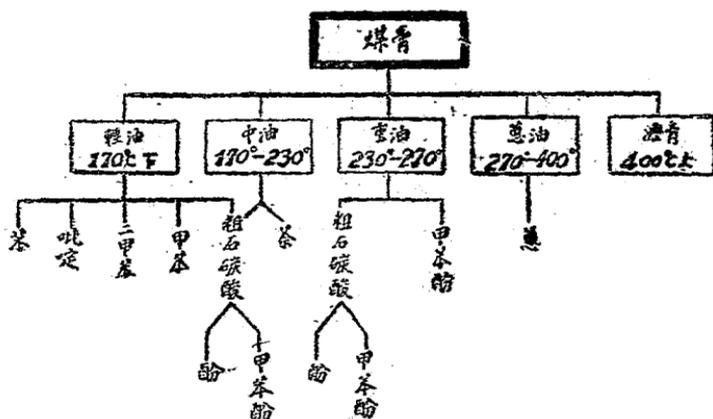


圖 68. 煤膏蒸餾產物

(五)汽油 (Gasoline)

第一法 石油蒸餾法

(1) 產源 汽油存於石油礦裏，可以從分餾原油，收受它在 20 度到 150 度間的蒸餾物，再行精餾而得。講到石油蒸餾工業，事實上也和煤的蒸餾一樣煩雜。現在約略敘述它大概的情形在下面。

(2) 機械和手續

(A) 去水 從天然石油礦裏汲出的原油，水份很多，不能立刻取來就蒸餾，應當首先經去水的手續。煤油去水所應用的方法，普通有三種：一種是加熱法，就是使原油的黏度減小，靜待油和水的分層，因此得以分離。或加熱原油到 100 度以上，先使水份和低沸點的物質化氣蒸出，凝結而收集在桶裏。等待些時，水份和低沸點物質便很容易分層，很簡捷的分開了。第二種方法是通高壓交流電到原油裏，水份便因電力而沉降到油底，這樣也很容易分離了。最後一法，所謂機械法，就是用離心機使油和水分層。

(B) 原油蒸餾 除水後的原油，可以馬上入蒸餾器蒸餾。蒸餾器或用水平式圓筒鍋，底部是用獨塊鋼板釘成，兩端用凸鋼板打造，向外凸出，一切關於蒸餾鍋的設備，多很完備。它的直徑，普通是長的 3 分之 1。或用連續式蒸餾器，這是由幾個水平式圓筒鍋連接合用的，也有用許多鐵管串連而成。管狀蒸餾鍋，大概有三種，在這種蒸餾原油所應用的，最好用福斯忒 (Foster) 氏式，裝置如圖 69。這是由常壓裝置和減壓裝置兩部合組而成。把原油用唧筒順次送入汽油蒸汽熱交換器，和輕油蒸汽熱交換器，以及殘油熱交換器各部。原油流過，因此得以先溫。然後再入常壓管狀蒸餾器中。蒸出氣體，逸

入常壓精餾塔，低沸點成份，便上升到塔的頂部而進入熱交換器，先行冷卻，再入凝結器凝結。高沸點的物質，便在塔的下部凝結，然後入冷卻器。這樣情形蒸餾下去，在塔中各部，可以餾得各種沸點不同的油，粗汽油便在塔的頂部餾得。積留在蒸餾器裏的殘油，可以用熱油唧筒從導管經熱交換器打入減壓蒸餾器裏，再加熱繼續蒸餾。蒸汽入減壓精餾塔，因塔裏用注射式真空唧筒抽到 50 公厘，所以在塔中各部也餾得各種沸點不同的輕油、塗滑油。而鍋底殘留的便是土瀝青。

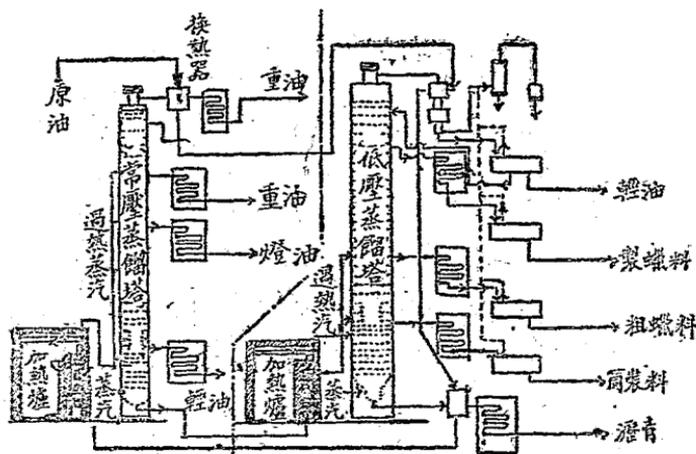


圖 69. 羅斯忒原油蒸餾裝置式

(C) 汽油精餾 前法由羅斯忒氏式裝置所餾得汽油，已經很是純粹。假使用單獨水平式圓筒蒸餾器蒸餾，那麼所蒸餾出來的粗汽

油，還得要精餾才可以。汽油精餾，可用斯密斯雷斯利 (Smith Leslie) 式管狀蒸餾器裝置。用唧筒把粗汽油打進熱交換器先溫，而後送入管狀蒸餾器裏，受熱到相當溫度，汽化逸入精餾塔，低沸點部份物質，升入塔頂，經熱交換器而入冷卻器凝結。沸點比較高的部份，剛在塔的腹部，匯流入分離器，送入水蒸汽把低沸點的物質，再迴餾入塔。重汽油就在分離器的下部，用唧筒分離而送到冷卻器凝結。至於沸點最高的部份，則在塔底凝結，再用唧筒打入蒸餾鍋裏，重新蒸餾。如此循環蒸餾，汽油便受精餾，可以達到很純粹的程度。

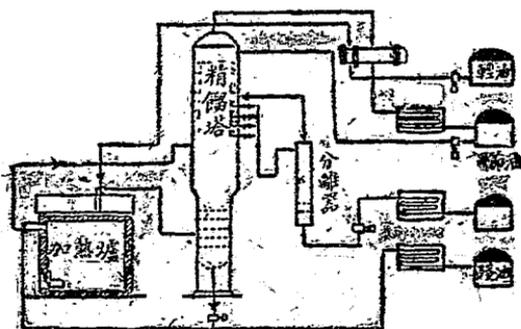


圖 70. 斯密斯雷斯利汽油精餾裝置

(D) 精製 從上面精餾出來的汽油，雖然已經達到很純粹的程度，已夠做發動機的燃料；可是要用做工業藥品的話，那就還要經化學精製手續，去除一般意料之外的雜質。所謂化學精製，就是用硫酸和氫氧化鈉液攪洗。洗滌器和上面煤膏蒸餾節裏所述的一樣。攪洗的手續是連續的。汽油由唧筒打入混和器裏，另外由硫酸槽用唧筒

打入 66 度波美濃度的硫酸和汽油混和，攪洗約五分鐘，便輸送到廢酸分析槽裏，把廢酸分離，依次再入水槽加水沖洗，入氫氧化鈉液槽用 15 到 30 度波美的氫氧化鈉液攪洗，約五、六分鐘，就可以入廢鹼分離槽來分離，再入水槽沖洗。最後假使是必要的話，再經硫黃油和脫硫油的混和油來攪洗，入脫硫油分離器除去廢油。精製後的汽油，就可裝桶入市。此外還有氧化銅液、亞鉛酸鈉液、次氯酸鈉、亞硫酸鈉等等的精製法。還有流通過濾、混合過濾等等吸着法，方法雖新而且多，但是都不很普通。

第二法 石油分解蒸餾法

分解蒸餾石油，使一般重質油分解而成輕質油，汽油產量因此大可增加。分解蒸餾方法很多，但是原理如同一轍，現在略述幾種在下面：

(1) 克羅斯(Cross)氏法 全部裝置如圖 71。用輕油或燈油做原料。蒸餾器也是用管狀鍋，不過加熱方式是利用輻射法的。原料由唧筒打入蒸餾管，在 45 公斤壓力下加熱到 475 度左右，便噴入分解室。這分解室是由厚約 7.6 公分，直徑約 0.9 公尺，重約 27 公噸，破壞力約 64 公斤的鋼板打成，長約 13 公尺。原料在這室裏，起分解作用，降低壓力到 7 公斤氣體逸入蒸餾塔。一部份蒸汽升入塔頂，塔頂設着蒸汽管，藉以調節蒸汽溫度，這塔約高 12 公尺，直徑在 1.0 公尺左右，用厚約 1.27 公分的鐵板釘成的。油蒸汽經蒸餾塔後，更入巴布爾(Babble)塔，把一部份蒸汽凝結，流入混合槽，

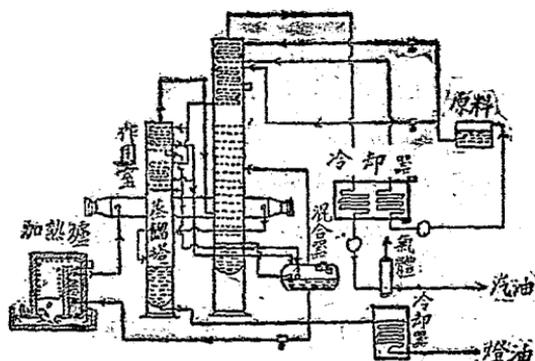


圖 71. 克羅斯石油分解裝置

和蒸餾塔上部的原料油混和，再用熱油唧筒打入蒸餾器裏。巴布爾塔高約 18 公尺，直徑約 2.2 公尺。在巴氏塔裏沒有凝結的蒸汽，再引入格累(Gray) 氏塔，因為格氏塔裏充填着酸性漂白泥土，蒸汽裏的一般雜質，便被吸收。精製後的汽油，在凝結器裏凝結，在分離器裏和煤氣分離。

(2) 達布斯(Dubb) 法 達氏蒸餾裝置，和克氏裝置差不多，所不同的，就是壓力和溫度兩項，在達氏蒸餾時的壓力，約在 12 公斤上下，加熱溫度在 465 度左右，並用輕油或重油來做原料。原料由唧筒打入管狀蒸餾鍋裏，在加壓加熱到相當時候，蒸汽逸入分解室，分解變成輕質油蒸汽，游離碳素便附着在室壁和室底。蒸汽入分離器，被原料油冷卻到 250 度；再入冷卻器凝結貯入受器裏。至於沒有凝結的氣體，便導入爐裏做燃料。

(3) 荷姆斯曼利 (Holmes-Manley) 氏法 荷氏蒸餾分解壓力，大約在 40 公斤以下，溫度也不過在 425 度附近。原料油先從迴流凝結器被蒸餾鍋中逸出的蒸汽先溫，順次入節熱器再受熱，又入先溫器加熱到 435 度到 460 度間，最後入分解蒸餾鍋裏。分解生成的蒸汽，導入巴布爾塔，再入迴流凝結器和冷卻器，沒有分解的部份，從塔底流入先溫器，仍舊流到蒸餾鍋裏，重新蒸餾。而最後蒸餾完畢，鍋中殘油，可供鍋底出口洩出，導入減壓器，一方面減低壓力，一方面導入蒸汽，把輕油部份蒸餾出來，引入巴布爾塔和冷卻器裏凝結。重油部份，便在塔底流出。

第三法 氫化分解蒸餾法

把原料油和 200 大氣壓以上的氫混和，經熱交換器，得被先溫，再入加熱管加熱到 400 至 500 度，用適當的接觸劑，使重質油氫化便成汽油，經熱交換器稍稍冷卻，再入凝結器凝結。

第四法 氣相分解蒸餾法

氣相分解蒸餾的意義，就是在高壓之下，分餾石油，使它蒸餾出來的蒸汽，很快的通過加熱管，因此氣化而成輕質油。氣相分解蒸餾，可以把原料油先通過熱交換器而入混和室，和由蒸餾器分解氣化來的蒸汽相混，接連引進蒸餾塔。汽油部份，從塔頂逸出，經過凝結器凝結，再入分離器把煤油分離。在蒸餾塔裏凝結的重油，從塔底導入熱交換器而入冷卻器凝結，同時在蒸餾塔的中部，分餾出一部

份的重油，合併匯集在儲蓄槽裏，用循環唧筒，在高壓下送到鍋子裏，加熱分解，氣化逸入混合室，像這樣循環進行，繼續蒸餾。

第五法 氯化鋁分解法

用重油做原料，在常壓，283 度下，通入無水氯化鋁分解劑上，重質油也可以分解而成汽油，經上述各種蒸餾手續蒸餾便得了。

第六法 油母頁岩蒸餾法

石油礦層頁岩，飽吸着多量的石油，所以我們可以把這種頁岩來乾餾，因此可得到各種油類，汽油也是其中的一部份。蒸餾方法，很是簡單。

第七法 低溫蒸餾法

在 500 度下蒸餾煤，可得比在 900 度以下蒸餾時蒸出的油類較多。所以在現在，汽油除掉上面各法蒸得之外，歐美各國，已經着手於低溫蒸餾法。

用途 汽油的用途很大，除發動機燃料之外，在工業上廣用做溶劑和去油劑。

(六) 石蠟和凡士林 (Wax and Vaseline)

(1) 產源 石蠟和凡士林，共存於石油蒸餾所賸餘的殘渣部份裏，尤其是石蠟基質原油，存量更多。我們要提取這兩種藥品，就可以從這石蠟基質原油蒸餾後的蠟油部份來着手。

(2) 提製法 把原料送入冷卻機裏，用食鹽水或氯化鈣液逆流着，冷卻到零下 8 度左右，蠟油因此凝固。冷卻機的主要構造，是用 0.9 公尺長，13 公分直徑和 15 公分直徑的兩重鐵管連接 14 條而構成的。內管裝設着螺旋整刷子，可以推進凝固的蠟油，不致固塞，內外兩管之間，冷卻劑便循環逆流着。已經凝結的蠟油，被刷子推出，送入壓濾機，受 180 公斤的壓力來壓濾。這裏壓濾器要比普通的壓濾器大得多，大約長 11 公尺，共有直徑 1.5 公尺的圓板 350 個重疊着，中間用麻布做濾袋。蠟油經過壓榨後，凝固的蠟油，留在濾袋裏；濾出來的濾液，裝盛在桶裏，仍舊可以送到蒸餾鍋裏來重新蒸餾。等到濾袋裏的蠟積滿以後，便拆開濾板，卸出蠟油，送入發汗皿裏，因為蠟裏還含着幾乎有百分之 40 以上的雜質油，所以要用發汗的方法來去除。發汗皿是大約長 6 公尺，邊部深約 20 公分，中部深約 35 公分，寬 2.4 公尺的淺方鐵錐狀皿。底上鋪着 50 網孔的銅絲網，網的上下，更裝着 1.9 公分的蛇形管。這種發汗皿每 7 或 8 個疊成一組。先倒水在網上，然後用唧筒把蠟塗在水面。約 13 公分厚度。從此通冷水到網上蛇形管裏，而排去水份，這時蠟便留在網上，把室內溫度逐漸升高，同時也通進熱水到網下蛇形管裏。像這樣進行下去，低熔點的蠟便熔化，從網孔滴落入底，而高熔點的蠟殘留在網上。這就是粗石蠟。粗石蠟脫離各發汗皿，把粗溶化蠟倒在洗滌槽裏，在 70 至 80 度左右，用硫酸攪洗，依次用稀鹼液和沸水分別攪洗，循環幾次以後，便用風吹乾燥法乾燥，隨後用酸性白土、或骨炭、活性炭等來漂白去色，便得純白石蠟了。

凡士林可從重油來製煉，方法並不繁。

用途 石蠟的用途很大，譬如製造蠟燭、蠟紙、鞋油、模型、金屬防銹、電絕緣體等等。此外在火柴工業、製革工業，石蠟也很佔重要位置。至於凡士林，在醫藥上做外科藥膏、溼潤皮膚、化粧飾品、金屬防銹、封閉瓶口等等零星用途。

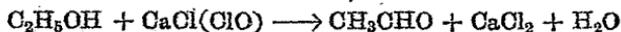
第二章 烴類衍生物工業藥品

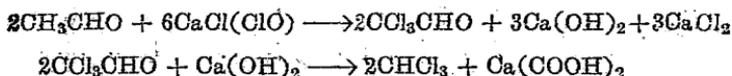
(一)三氯甲烷 (Chloroform)

(1)原料 三氯甲烷,在商業上名叫迷蒙精。工業上用百分之94的乙醇或丙酮,和含有百分之35有效氯的漂白粉來製造。

(2)機械和手續

(A)從乙醇來製造 540公升乙醇,和2000公升水,混和在作用蒸餾鍋裏。同時用450公斤漂白粉的水溶液,儲盛在攪拌器裏,一面攪拌,一面慢慢地滴落到蒸餾鍋裏去,通蒸汽加熱蒸餾,把所製成的三氯甲烷和剩餘的乙醇蒸餾出來,導入凝結器凝結。等到全部漂白粉液加完以後,便把三氯甲烷統統蒸餾出來。三氯甲烷和乙醇,可以在收受器裏分層分離,乙醇部份,仍舊可以收回,重新打入蒸餾器裏循環應用。這粗製三氯甲烷,便流入攪洗器裏,把沒有作用掉的乙醇洗去。因為乙醇可以溶解在水裏,而三氯甲烷不能溶解。並且三氯甲烷比水重,沉入器底,和乙醇水液顯然的分出兩層,所以很方便的可以分離掉。然後順次用硫酸、水、和鹼液來攪洗,循環攪洗多次以後,加入溶化過的氯化鈣來吸水,再入精餾塔精餾。最後所得純三氯甲烷,要加入百分之1的無水乙醇,裝入深顏色的瓶子裏,封閉嚴密,銷售到市上去。其反應可以下列三式表示:





(B) 從丙酮來製造 用 360 公斤漂白粉，溶入 1300 公升水中，而從一個 3600 公升容積的鑄鐵蒸餾鍋肩視孔加入，鍋中設攪拌器攪調勻和，於是在另一盛器裏裝盛 31 公斤的丙酮，開器底導管活門通入蒸餾鍋裏。假使溫度升高過 43 度時，便當停止加入丙酮，並且在鍋中蒸汽管裏導入冷水，保持溫度在 43 度下。等到丙酮全部加完後，便可改通蒸汽，加熱到 56 度，這時三氯甲烷便開始蒸餾出來，導入鍋頂精餾塔去凝結，鍋中溫度，更可慢慢升高到 65 度，直到三氯甲烷全部蒸出為止。所得粗三氯甲烷，用和上法一樣的手續來精製。

(C) 三氯甲烷也可從電解乙醇或丙酮來製造，更可由四氯化碳被氫還原而得，但是因為產量太少，都不是工業上大規模的

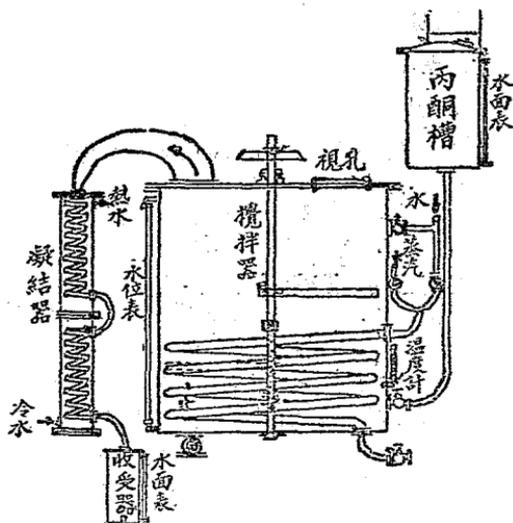


圖 72. 三氯甲烷製造器

方法：

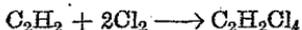
(3) 用途 三氯甲烷在醫藥上的用途比較大，普通用做麻醉劑、咳嗽藥、軟膏等等。工業上僅用做特殊溶劑，用途較小。

(二) 四氯化碳 (Carbon Tetrachloride) 通氣入二硫化碳或三氯甲烷裏，而用氯化鋁或氯化錳做接觸劑，再經精餾精製便得。

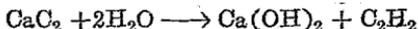
四氯化碳在工業上用做油脂、樹膠、以及松脂等等的溶劑。此外在醫藥上也可以做麻醉藥。

(三) 三溴甲烷和三碘甲烷 (Bromoform and Iodoform) 大規模製造三溴甲烷和三碘甲烷的方法，完全和製造三氯甲烷一樣，就是用溴或碘和乙醇及氫氧化鉀作用來製造，再經精製、精餾的手續。現代工業上所產的三溴甲烷和三碘甲烷，大都直接由藻灰或鹽滷來製造，方法簡捷，成本很低。

(四) 四氯乙烷 (Ethyl Tetrachloride) 四氯乙烷可以直接把乙炔氣和氯化合製造。



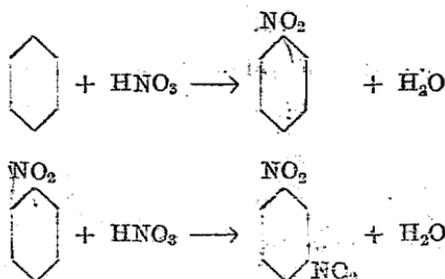
這裏乙炔可從碳化鈣加水而來：



四氯乙烷在工業上用做樹脂、油漆、和橡皮等等的溶劑。

(五) 硝基苯 (Nitro-benzene) 硝基苯在工業上是一個很重要的藥品。製造方法，是用百分之 20 到 30 的濃硝酸和百分之 70 到 80 的硫酸（稱混合酸），慢慢流入 25 度的苯裏。一面繼續攪拌，一面逐漸加熱。等到適量的混合酸加完，這時溫度已經在 70 度至 80 度，

便可停止攪拌，關閉蒸汽管。靜止一刻，硝基苯和硫酸，便很清澈的分成兩層，可以開器底導管，卸去硫酸。用淨水攪洗，三番四次，幾次以後，倒入蒸汽蒸餾機裏，施行蒸汽蒸餾。假使在硝化時間，把溫度增高到 10 度以上，便可以製成間二硝基苯。



所用的混合酸中硫酸部份，就是吸收這所生的水份的。

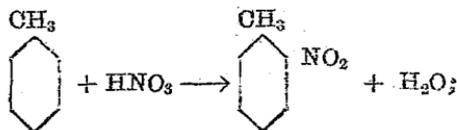
硝基苯都是染料工業裏的重要藥品，尤其是一硝基苯，是製造苯胺的主要原料。

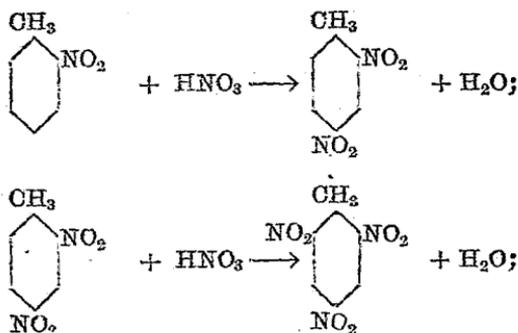
(六)三硝基甲苯 (Trinitrotoluene) 三硝基甲苯，也從甲苯硝基化而製得，不過在製造手續上，分三個階段。第一步先用甲苯放入硝化器裏，開始攪拌，在硝化器外套裏，通入冷水，保持溫度在 30 度以下，慢慢加入 300 份的混酸。混酸的配合，是用 1.4 比重的硝酸百分之 40，1.84 比重的硫酸百分之 60。等到混酸全部加完，便改通蒸汽加熱，到 80 度左右，硝化完成，停止通汽，再用冷水冷卻到室溫。靜止片刻，放掉廢酸，便得一硝基甲苯。繼續加進 250 份混酸。這裏混酸是用 50 份 1.5 比重的硝酸和 100 份 1.84 比重的硫酸配

成的。硝化溫度，開始時要保持在 60 到 65 度。混酸加完後，便升高到 80 度。硝化完成，就用壓縮空氣鼓入硝化器裏來驅逐硝酸氣和亞硝酸氣。旋把全部倒到結晶槽裏，冷卻結晶，濾掉廢酸。再放入硝化器裏加入 1.84 比重的硫酸 800 份。開始攪拌，通進蒸汽，加熱到 80 度，等到二硝基甲苯完全溶解，立刻加入 300 份 1.5 比重的硝酸，而停止攪拌，繼續加熱到 120 至 130 度，維持一小時，然後換入冷水，冷卻到 100 度左右。用水沖淡，一面攪拌，使廢酸裏含有百分之 15 的水份。這時三硝基甲苯便可分離出來，開器底導管，離去廢酸。移入洗滌槽，用淨水洗滌，使淨除廢酸而呈中和。洗滌器是用木槽包鉛的，裏面附着有孔蛇形管，用來吹入蒸汽。三硝基甲苯經洗淨之後，再加百分之 5 到 10 的乙醇，加熱到乙醇的沸點，而後用離心機去除母液，最後便送入乾燥器在 40 到 50 度間烘乾。也可以把粗三硝基甲苯溶化，而慢慢投入冷水裏，同時用壓縮空氣來攪拌，三硝基甲苯便立刻凝結變成粒狀體，再送入乾燥器乾燥。

三硝基甲苯的最大用途：是做各種炸藥原料。二硝基甲苯也可用作爆炸藥。

硝基化甲苯製造反應可用下列三式表示：

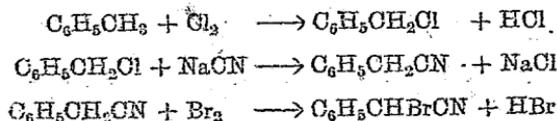




(七) 苯磺酸 (Benzene Sulfonic Acid) 苯磺酸是直接用品在磺酸化器裏和發煙硫酸在 30 度上下磺酸化，等到作用差不多完成時，便慢慢升高溫度到 50 度，倒入水裏，加石灰來中和剩餘的硫酸，而用鹽析法把苯磺酸鹽析出來。

苯磺酸是染料藥品裏的基本原料，所以是重要染料的中間產物。

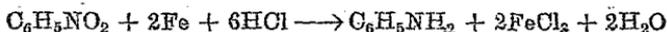
(八) 氰化溴苄基 (Bromobenzyl Cyanide) 在 100 度下通氣入甲苯以製得氯化苄基 (Benzyl chloride)，加入同容積百分之 5 濃度的乙醇和氰化鈉來作用，由分餾法蒸餾，取 228 度到 233 度間的蒸餾物，通入溴和空氣的混合氣，而用少量氰化溴苄基做接觸劑，便可得液態的氰化溴苄基了。



氰化溴苄基是一種摧滅性毒氣，所以是軍事上、警衛上的重要兵工藥品。

(九) 苯胺 (Aniline)

(1) 原料 苯胺俗稱生色精，是染料工業藥品中的一種重要藥品，大量的製造，是用鐵粉和鹽酸所生的新生氫來還原一硝基苯而製得：



(2) 機械和手續

(A) 粗苯胺製造 粗苯胺製造機，有橫臥式和直立式兩種，可是直立式比較橫臥式優良而且經濟。直立機是一個厚約 3.5 公分的鑄鐵所造的直立圓筒，深約 1.95 公尺，直徑約 1.37 公尺，容量 2900 公升。器中有空心攪拌器，器壁和器底都設着可以自由拆卸的鑄鐵板，以備臨時換新。開始製造時，用半公噸純潔鐵粉，45 公升鹽酸，和 27 公升水，從機頂漏斗原料加入口加入。加完後，立刻堵塞入口，而裝多量鐵粉在漏斗中，因此可避免漏氣。立刻從另一 1450 公斤硝基苯的貯藏桶中，慢慢流入硝基苯，而通蒸汽入攪拌機裏，一面攪拌原料，一面加熱蒸餾，蒸出物經機頂凝結器凝結後，仍流回到儲藏桶中，繼續應用。鐵粉和硝基苯的加入速度，以保持一定的水面為標準，也不要太速，也不要過慢。這樣進行蒸餾下去，約 10 小時，所有原料，可以完全加完。總計可用去鐵粉 4.5 公噸。原料加完後，開足蒸汽，7 小時內，蒸出全部苯胺和水，經凝結器凝結，流入收受器中。蒸汽供給，並不須要清淨的水蒸汽，最好含有百份之 2 的苯胺油，那

麼就祇要用分掉苯胺後的膿留下來的水，取來應用，那是最經濟不過了。所蒸餾得的苯胺和水，可以打入澄清管中，等待兩天兩夜，澄清分離，貯藏在粗苯胺儲桶裏，等候精製。鍋中剩留的氧化鐵，可以卸出曬乾，碾碎，應用到煤氣廠裏去做煤氣去硫劑，或用以製造黑色顏料。

這種苯胺製造機，每天可產苯胺 216 公斤，約須消費硝基苯 272 公斤。

(B) 精製 由以上所得粗苯胺，可送入真空精餾器來精製。真空精餾機是用鍛鐵所鑄成，成橫臥式。長 4.58 公尺，直徑 2.28 公尺，全容量約 18000 公升，每次可蒸餾 15 公噸。蒸汽供給壓力，每平方吋約 100 磅，溫度在 170 度左右。鍋中蒸汽管也是用鍛鐵所製，直徑約 5 公分，蒸汽出入口同在一邊。鍋上中部，接着一個 5.48 公尺，直徑 22.8 公分的鑄鐵精餾塔。凝結管是三個直立式的銅質管，直徑在 5 公分左右，排列在鑄鐵凝結桶裏，全長約 130 公尺。收受器須備兩個，交互應用，器邊都設着水位表，可以察看器內水位。當第一個受器裝滿時，立刻關閉導管活門，接換第二個受器來應用，這時可開器底活門，洩出成品，等待第二個滿時，接替應用。粗苯胺由鍋頂入口加入，裝滿後，開始通氣抽壓蒸餾。第一部所得約百分之 7 蒸餾物，差不多是苯胺和水。第二部蒸出物，便是苯胺和苯的混合物。假使所用硝基苯是很純粹的話，那麼苯質成份，便可大大的減少。其次蒸出物，便是純苯胺。最後蒸出的蒸餾物中，苯胺成份，又形減少，約在百分之 4 上下。以上四部蒸餾物，都經再三分餾，結果可得百分

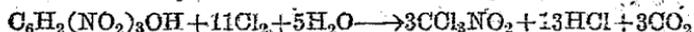
之 80 純度的苯胺在百分之 72 左右。

(3) 用途 苯胺可說是現代染料工業裏的最重要的原料。從這苯胺而衍生製得的染料，不下有幾百種，真是染料中的基本藥品。而現在硝基苯類炸藥裏，也用苯胺做基本原料。

(十) 氨基苯磺酸 (Sulfonilic Acid) 加熱苯胺和發烟硫酸到 180 度，溶解在冷水裏，結晶製得。

氨基苯磺酸是一切偶氮染料的基本原料。所以在染料工業上很重要。

(十一) 硝基三氯甲烷 (Chloropicrin) 用石灰中和三硝基酚，而得三硝基酚鈣 (Calcium picrate)。取它的澄清溶液，打入蒸餾釜中，同時把漂白粉的漿液導入鍋裏，於是開始通蒸汽來施行蒸汽蒸餾，升高溫度到 85 度，硝基三氯甲烷便和蒸汽一同蒸餾出來。凝結後，沉入水底，成兩層液面，很容易分開，不必精製，就可以應用。



硝基三氯甲烷是一種窒息性的毒氣，所以完全用來做毒氣彈。

第三章 醇類工業藥品和酚類工業藥品

(一) 甲醇 (Methyl Alcohol) 因為最初甲醇是從木材乾餾而製得，所以又稱木精 (Wood spirit)，在現代工業上，又有所謂綜合的方法。現在分別介紹在下面。

第一法 木材蒸餾法

(1) 原料 雖然這是很老式的法子，可是在一般木材豐富的國家，仍舊都樂於採用。所用的木材，像楓木、櫟木、毛櫟、赤楊等等硬木，才可以取用。所含水份，最好在百分之 20 以下，過高便使工作困難，產量損減，而消耗燃料。木材原料，從森林斫伐來後，先要斫成 1 公尺長，15 公分直徑的條子，堆積在乾燥的地方，經十個月的天然乾燥，而後送到乾餾爐來乾餾。

(2) 機械和手續

(A) 木材乾餾爐 乾餾器普通有橫臥式和直立式兩種，而橫臥式又有矩形爐和圓筒爐兩種。矩形爐身大約高 2.4 公尺，寬 1.8 公尺，長 16 公尺，全部用鋼打造，建築在爐裏，除頂以外，幾乎完全可被火焰圍燒着。爐底有鐵軌，可以通行輸運車。爐頂設着洞口，通出揮發性物質。圓筒爐約長 2.7 公尺，直徑約 1.2 公尺，也用鋼板釘合而成。揮發性物質的出口，在爐的一端。直立式乾餾器也可分活動式

和固定式兩種。活動式的，可以任意移動，使它離開火爐。固定式大都用磚砌築，也有用輕金屬建造成一種箱子狀的。在乾餾完畢後，裝卸原料和木炭時，可以用起重機，把箱吊起，離開爐床，執行手續。

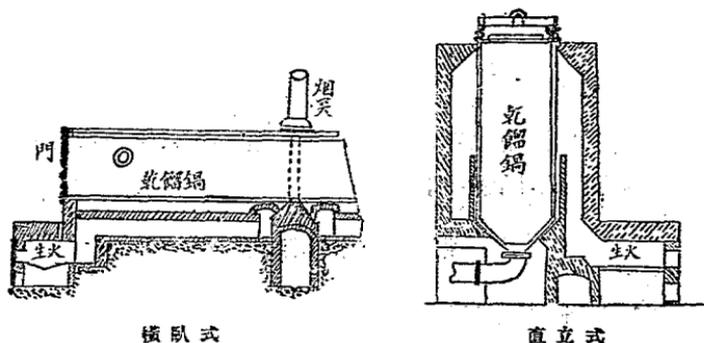


圖 73. 木材乾餾爐

木材裝滿在乾餾器後，把門密閉好，頂上蒸餾口，裝上導管，連接凝卻器和容器，於是着火燃燒。木材裏的水份，首先蒸出。大約兩小時，木材纖維開始分解，因此有一種褐色液體餾出來，這就是所稱的焦木酸 (Pyroligenous acid)；甲醇便蘊藏在裏面。這樣乾餾下去，祇要 7 到 8 小時，木材本身所生熱量，已經足夠供給乾餾，所以爐床裏的燃料，就可以停止供給，等到一週夜後，乾餾完結。冷卻兩小時，開門卸出木炭。

(B) 焦木酸蒸餾爐 所餾出的焦木酸裏，大約含甲醇百分之 3 到百分之 4，乙酸百分之 6 到百分之 8，水份百分之 8，木膏百分之 7，此外便是丙酮、乙酸甲烷、和少量丙醇等等雜質。焦木酸經幾

次澄清以後，木膏比較重，沉在器底，可以分離。但是不能完全分開，所以焦木酸和木膏兩部份，各個都還得要再蒸餾一次。木膏可以用蒸汽蒸餾，它的蒸出物，可以合併在焦木酸的蒸出物裏。焦木酸的部份，再經澄清幾次，絕對把木膏去除。澄清的液體，送入銅蒸餾器蒸餾，餾出的物質，用石灰乳中和，到液體變成棕紅色爲止，使全部乙酸變成乙酸鈣。然後再入分餾器分餾，甲醇便和乙酸鈣分離。不過丙酮、丙炔醇等揮發性物質，仍舊一同分餾出來。所以還要經精餾塔精餾，才可得純粹甲醇，精餾塔的構造，和乙醇精餾塔以及氨蒸餾塔都差不多，不過是用間斷式裝置和連續式裝置兩種繼續精餾的。

間斷式蒸餾器是水平式的鋼製鍋爐，直徑約 2.4 公尺，長 6 公尺，可以容粗甲醇（含甲醇百分之 80）3400 公升，蒸餾二天一夜，才得完畢。鍋底用銅質蛇形管通蒸汽加熱，鍋頂接着一個精餾塔，蒸汽從蒸餾鍋逸入精餾塔，經各板層而上升，一部份高沸點的物質蒸汽，凝結仍舊落入鍋裏，低沸點的物質，便從塔頂逸入部份凝結器，和完成凝結器。凝結器裏有冷熱水校溫器，使適當溫度的水通過。因此甲醇和水，便先凝結而仍舊落入蒸餾鍋裏，低沸點的丙酮先行蒸掉；然後再把甲醇蒸餾出來。

甲醇自從間斷式蒸餾器蒸餾後，還有免不了的雜質包含着，非得再經連續式蒸餾不可，連續式蒸餾塔裝置，是由兩個蒸餾鍋，五個大小不同的精餾塔，兩個凝結器，兩個冷卻器和兩個收受器等主要部份相互組織而成，裝置如圖 74。蒸餾之先，先把粗製甲醇和四至五倍水稀釋，使含百分之 20 的濃度，用唧筒打入儲藏槽，這儲藏槽

裏設着溢導管，稀甲醇液達到這溢導管水面時，便自動流入第一精餾塔，在這塔底，有每小時可以供給 30 公斤的蒸汽的蒸汽管加熱甲醇，因此甲醇中沸點比較低的成份便化汽上升，入第四蒸餾塔底再上升，在冷卻器和凝結器裏凝結。這裏凝結器裏用 50 度的水，每小時供給 325 公斤環流着。所凝結的液體，就是純甲醇，約含甲醇百分之 99 以上。至於在第一精餾塔裏沒有化汽的部份，於是落入塔底而流入第二精餾塔裏。這塔底有每小時供給 75 公斤蒸汽的蒸汽管，再

來加熱蒸餾，把全部揮發物蒸入第三精餾塔，而把不揮發性的木膏和水份從塔底流去。第三精餾塔裏的蒸汽加熱管，每小時有五公斤蒸汽供給，在這塔裏的甲醇氣，全部升入塔頂而入 56 度，每小時 600 公斤的水環流的凝結器和冷卻器裏，

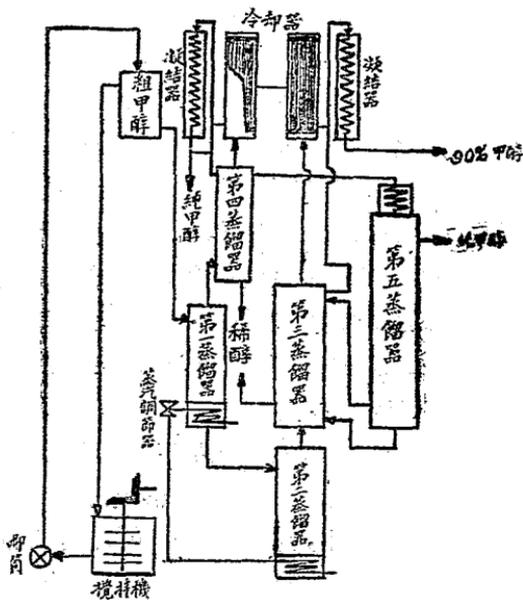


圖 74. 甲醇精餾裝置

一部份甲醇和丙酮就在這裏凝結，大約純度在百分之 90 左右。至於凝結器和第四精餾塔裏沒有凝結的蒸汽，都歸入第五精餾塔，用 56 度，每小時 50 公斤的水，在塔頂冷卻，因此把全部純甲醇和凝結出來，歸入收受器裏，一小部沒有凝結的氣體，更導入第三塔來循環蒸餾。這方法大約每小時精餾粗甲醇 210 公斤，而得百分之 99 的純甲醇 45 公斤到 50 公斤。

第二法 綜合法

(1) 原料 甲醇可以用一份一氧化碳和兩份氫，在 400 度，150 到 20 大氣壓下，利用百分之 70 銅丸，百分之 10 氧化鋅，百分之 10 氧化銅，和百分之 10 氧化鉻的混合物做接觸劑來製造。這裏一氧化碳和氫的來源，在工業上直接用水煤氣清理後來做原料。因為水煤氣裏含有百分之 50 的氫，和百分之 40 的一氧化碳，這配合的成份，剛剛巧合我們的需要。

(2) 機械和手續

(A) 水煤氣的製備和清理 水煤氣的製備前已詳述。不過這裏我們要注意的，就是焦炭和水蒸汽通入速度兩個問題，因為這裏所需要的是氫和一氧化碳，爲了這點而特製水煤氣，當然不能和爲了製氫而特製水煤氣一樣看待。所以第一個問題，所用原料中的焦炭，務必要含揮發物愈少愈好。第二個問題，水蒸汽通過速度，不能過慢，通入量不能過多，否則要減少一氧化碳的成份，而增加二氧化碳和水份，對於將來製造時，困難叢生。

水煤氣從煤氣爐產生後，立刻經熱交換器冷卻到 100 度，然後通入二氧化碳吸收塔，用鹼液來吸收。再次通入煤焦洗滌塔裏，用 14 號粗篩孔可通過的椰殼焦炭，或工業用活性炭一類的濾氣劑充填着，藉以去除硫與苯等等雜質，最後引入儲蓄器，儲蓄待用。

(B) 甲醇製造和清理 水煤氣經上面製得而清理後，便可通入高壓加熱接觸爐來製造甲醇。高壓加熱接觸爐成直立式，高約 3.65 公尺，內室闊約 1 公尺，長約 3 公尺。室壁共分兩層，兩壁隔層裏，便是水煤通氣入徑路。內壁是用鉻鈦合製而內面鍍銅的鋼板所造成。中部厚約 10 公分，上下兩底約厚 20 公分。全室共分三層，接觸劑便鋪放在兩層架上。水煤氣從儲藏器通入先溫室，加熱到 270 度，而後用 200 氣壓的壓力，壓入作用室裏，繼續加熱到 400 度，便化合而成甲醇：

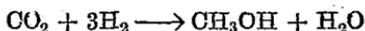


這甲醇氣從爐底導入冷卻器，再入凝結器凝結。因為這裏製造時，引入的雜質很少，所以祇要經一次の間斷式或連續式的精餾，就可以裝瓶銷售入市，純度已在百分之 99 以上。

第三法 丁醇發酵氣法

用稻、梁、黍、穀，發酵製造丁醇時，發酵桶裏，有百分之 55 到百分之 60 的氧化碳，和百分之 40 到百分之 45 的氫發生。此外稍含些硫化物、丁醇、乙醇、以及丙酮等氣體罷了，也是甲醇製造的唯一原料。

把發酵桶裏的發酵氣收集引入洗滌塔裏，經活性炭的吸收作用，去除一般揮發性的氣體，然後由壓縮器使 250 磅的壓力，把發酵氣壓入用水或用相當濃度的鹼液洗滌塔裏，把一部份二氧化碳吸收，因此可以使二氧化碳和氫成一比三的體積比。此後便可以用六級壓縮機每平方呎 4500 磅的壓力，和第二法一樣的手續來製造和清理：



用途 甲醇的用途很大，雖然不及乙醇這樣重要，可是通常用作顏料、油漆、橡皮、松脂、以及乙酸纖維等等的溶劑。在人造象牙、人造皮革、軟玻璃、珪瑯等工業裏，有時也用作溶劑。在工業上最重要的用途，是製造甲醛，其他像乙酸甲烷、溴化甲烷、氯化甲烷、苯醇甲烷等藥品，也都取甲醇做基本原料。

(二)乙醇 (Ethyl Alcohol) 乙醇俗稱酒精，在商場上又名火酒。因為它在目前工業上，應用得很廣，所以酒精工業，在現代化學工業上，佔着一個很重要的位置。

(1)原料 製造乙醇所用的原料，可分澱粉質料、糖蜜質類、和纖維質類三種。澱粉質類，普通像米、麥、高粱、玉蜀黍等穀類，和馬鈴薯、甘薯等塊莖植物，都是最常用的。糖蜜類原料，一般用甜菜、糖蜜、甘蔗、糖蜜比較普通些。至於纖維質料，照理木屑、樹皮，都可以應用，不過在現代工業上，還沒有露出頭角呢。此外乙醇的製造，在理論上，還可以用碳化鈣和水作用所發生的乙炔，再綜合製造，但是在工業上是否值得採用，那是另外要加考慮的。

(2)手續

(A)原料之清理和蒸煮 要是用澱粉質料做原料的話，像五穀類必須先經蒸化而後發酵製造，再行精餾。要是用糖蜜做原料，那麼糖化的一步手續，便可以省掉了。五穀、甘薯，在採用之前，先應當淘洗潔淨，浸入兩倍量而含百分之0.2的酸性水中，約十幾個鐘點，再磨碎過秤。入蒸煮器用三到四大氣壓的壓力，通蒸汽蒸煮，約半小時到一小時半，煮成漿狀便可以了。假如水份太多，澱粉含量太少，可以排除去。蒸煮器是用鐵板釘合的，下部成圓錐形，上部成圓筒狀。上下兩部，都設着蒸汽輸送管，中間有一個攪拌器，頂上備着一切安全瓣、壓力計、空氣瓣等等，都很完備的。下底有導管和活門，澱粉水份兩種原料，便從這個口子洩出，洩出時上部通蒸汽，使澱粉卸出迅速。

(B)糖化 穀類或薯類原料，經蒸煮妥善以後，便可以送入糖化器裏，冷卻到60度左右，用麥芽或種麴做糖化酵母。尋常穀類，用麥芽百分之10到百分之14，或用種麴百分之20。在薯類便用麥芽百分之5到百分之7，或用種麴百分之8。任何那種酵母，應用時，先加入全量三分之一，攪拌些時，繼續冷卻到55度，而後加入其餘的三分之二。攪拌一二個鐘點，便逐漸升高溫度到65度，立刻冷卻到原來溫度，直到糖化成醪，完畢之後，再升高溫度到75度，經15分鐘殺滅有害微菌。糖化器的形式很多，普通成淺圓筒狀，裏面設着蒸汽管，可以通蒸汽或冷水來校準溫度。中間設着攪拌器，利用動力而旋轉攪拌。已經糖化成的醪，最好先經除渣手續，再入發酵器。

除渣有除渣器，成螺旋壓榨的樣式，可以把糖化醪和殘渣分離，如圖 75。

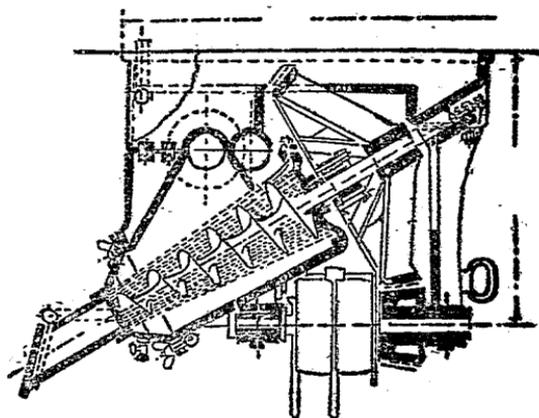
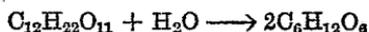
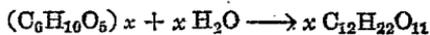


圖 75. 除渣機

(C)酒精發酵：糖化醪既受殺菌、除渣之後，可以冷到適當溫度，送入發酵槽，加入酵母醪，使它發酵成酒精和二氧化碳。發酵作用，可分前發酵、主發酵、和後發酵三期。第一期，溫度在 17 度到 21 度間；第二期溫度在 27 度到 30 度間，為時一日夜，這一期裏，發酵最盛，二氧化碳氣發生最多；末了時期，溫度在 25 度到 27 度間，發酵逐漸完畢，二氧化碳氣發生慢慢減少。三期全部時間，假使用稀的醪大約要 72 個小時，濃的醪便需要 96 個小時。

發酵槽普通用木或鐵製成的，有開口式和閉口式兩種，閉口式又有橫臥式和直立式三種。這種閉口的發酵槽，一則可以收集二氧化碳而使廢物利用，一則可以避免酒精的揮發而減少產量。槽頂有二氧化碳洗滌器和導出口；槽的中間，有一個冷卻器，和一個攪拌器；槽的底部，設着排水管和洗滌水排洩管。發酵槽放在發酵室裏，用甲醛先行消毒殺菌才可應用。槽中冷卻器，通常也有兩種：一種是用許多平行的導管排列組成，可以在膠裏上下移動；

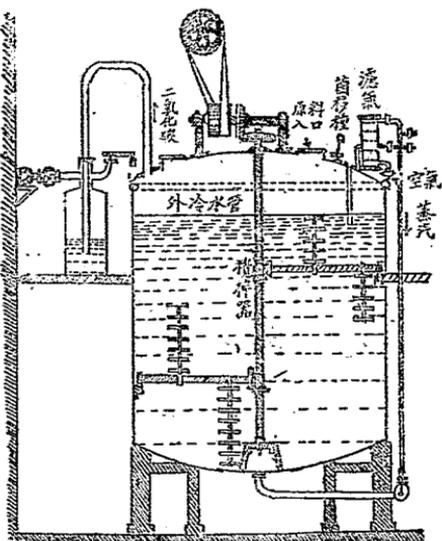


圖 76. 發 酵 槽

還有一種是離心式的，利用皮帶輪，把它旋轉，一方面在上面漏斗裏注入冷水，流入蛇形管的末端，而流到冷水槽裏去。

假如直接用糖蜜做原料，着手便須殺菌，甜菜糖蜜的殺菌處理，可以先加水沖成 40 度勃力克司 (Brix)，而後加入濃硫酸 [一公升糖蜜，加三公撮 (Millilitre) 濃硫酸]，再入殺菌機，用每平方吋 30 磅的壓力，蒸餾半小時，加水沖淡到發酵濃度，入發酵槽發酵。甘蔗糖

蜜的殺菌手續，和甜菜糖蜜的殺菌手續都差不多。因為甘蔗糖蜜，本來已經含着酸性，所以祇要加萬分之三的濃硫酸就夠了。沖淡到 60 度勃力克司，通蒸汽加熱到 95 度至 100 度，半小時後，殺菌便可完成了。糖蜜經殺菌妥善以後，就立刻送入發酵槽裏，加入少量活性碳，或用千分之一的硫酸鈉，來促進發酵作用。發酵前糖蜜濃度，拿含純粹糖份百分之 10 到百分之 20 來做標準。酵母醪的糖份，可以用比較低的，大約百分之 10 到百分之 14 之間。發酵後的濃度，甜菜糖蜜大約是 5 到 7 勃力克司，甘蔗糖蜜大約是 2 到 5 勃力克司。發酵時的溫度，不可高過 35 度，因為發酵時的溫度，升得很快，所以要用冷卻設備，維持溫度在 30 度左右才好，這樣經過兩三天，發酵完畢，酒精製成。



(D) 蒸餾和精餾 發酵醪發酵完成之後，稀的醪大約含百分之 5 到百分之 8 的乙醇，濃的醪大約含百分之 12 的乙醇，此外便是乙酸、甲醛、和雜醇等等揮發物，蛋白質、甘油、乳酸等等不揮發物，大部份是水和醪渣。要是沒有經過除渣手續的話，那麼還含着多量的糟粕、酵母等渣滓。這許多雜質，都可經蒸餾和精餾的手續去除。簡單的蒸餾器，是由蒸餾甌、凝結器、和收受器三部組成。經過這步簡單的蒸餾，祇能把不揮發物分離，至於揮發性物便和乙醇一同蒸餾出來，所以還得經精餾。精餾裝置和甲醇精餾機差不多，方法也有連續法和間斷法兩種。間斷的裝置如圖 77。發酵醪送入蒸餾鍋，通蒸汽蒸餾，醛類和乙醇的沸點比較低，先化汽跑出，逸入精餾塔。精餾塔

的構造，和甲醇精餾塔和提氨精餾塔都大同小異。不過這塔裏所隔的分滴板，和磁球，是成複式的。醛類和乙醇的蒸汽經過各層板時，因溫度稍稍降低，所以沸點比較高的乙醇，便凝結迴餾入蒸餾鍋裏，而醛汽便入迴餾器，再把沒有完全凝結的乙醇又凝結，仍舊滴入精餾塔。最後醛汽經凝結器而入醛收受器。俟醛類物差不多完全分餾以後，可以稍稍升高溫度，把乙醇和一部份雜醇物蒸餾出來。照前面同樣情形可以把乙醇和雜醇分離。發酵醪經蒸餾完畢，便可停止蒸餾，而洩出殘渣，重新裝新醪蒸餾。這種間斷的蒸餾機，所產乙醇純度，約在百分之 95 左右，工業用燃料酒精，便可敷用了。

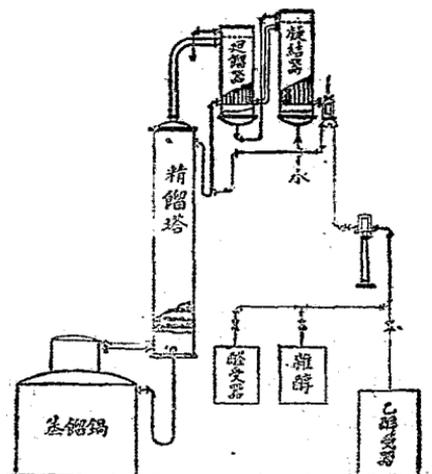


圖 77. 間斷式乙醇精餾機

連續式的精餾機，在大規模的工廠裏，是少不得要應用的。因為產品既可連續出產，純度也着實比較優良。現在通行的連續式精餾機，有德國式和法國式兩種。其實甲醇連續式精餾機也可以取用。德國式的連續精餾機，是由兩個蒸餾塔、兩個精餾塔、三個冷卻器和預熱器、殘渣排泄器，以及收受器等部組織而成，裝置如圖 78 所示。發

醇醪從儲藏器，經過調節器而通入蒸餾塔裏，因為塔裏設着交互的大小兩個用放射狀的筋骨所構成的板，通入蒸汽，因此可以使揮發物和不揮發物互相分離。揮發物化氣上升，不揮發物落入排棧器流出。在第一精餾塔裏，可以得百分之96純度的乙醇，再通入第二個精餾塔來分餾。所殘留的

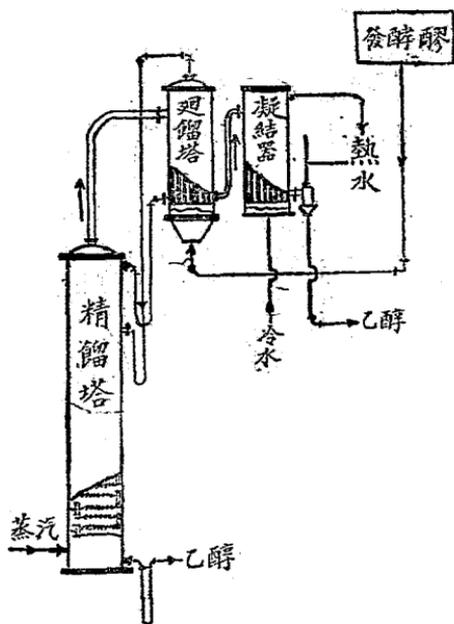


圖 78. 連續式乙醇精餾機

渣，便入醛冷卻器裏，而乙醇氣便降落到塔底，再經蒸發而分餾，最後入乙醇冷卻器凝結成液體，流入收受器裏。在第一精餾塔裏，蒸去乙醇和醛後，賸餘的蒸餾液，從塔底導入冷卻器，冷卻到 30 度。再入分離器把雜醇分離，殘液再送到小蒸餾塔裏，把剩餘的乙醇蒸出，仍舊通入第一精餾塔裏，繼續精餾。

法國式的精餾機，很是特別，如圖 79。發醇醪經儲藏器入斜蒸

餾機，蒸出的乙醇氣，導入第一精餾塔，而上升到塔頂，再進冷卻器和醛分離。重新入第二斜蒸餾器和第二精餾塔，同樣情形和雜醇分離，最後再入第三精餾塔精餾，便可得純粹的乙醇了。斜蒸餾塔裏發酵醪的流向，被交互的鋸形隔壁支配着，成Z字形自上而下，可是水

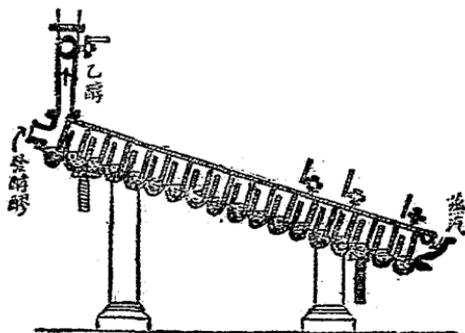
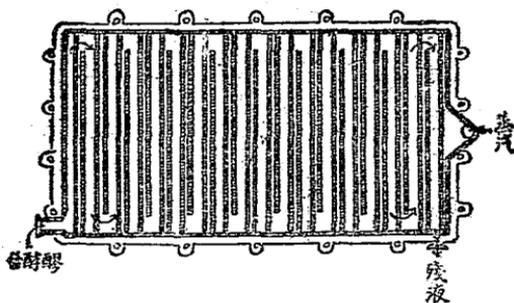


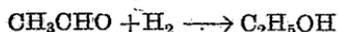
圖 79. 法國式精餾機

蒸汽作W字形自下上升。這樣和醪接觸而加熱，因此把揮發物蒸出去。

(E)精製 從上面任何方法，所得的乙醇，不免總有特臭異味。在工業上應用，還沒有甚麼關係。假如應用在飲料方面、醫藥上面，便不行了，精製的手續，自不可省。精製的方法很簡單，普通用木炭吸濾的物理作用，或用高錳酸鉀或硝酸銀氧化還原的化學作用，再行精餾。可是在工業上大規模的精製，都是採用木炭吸濾的方法。

(F)無水乙醇 (Absolute Alcohol) 的製造 上面所得的乙醇，平均濃度祇能得百分之 96 左右。要是絕對製得無水酒精，事實上很困難，非得用去水劑不可。一般用石灰或石膏，也有用碳酸鉀或甘油的；方法誠然很多，不過效率各有大小。要是用石灰，最好使乙醇氣通過乾燥的石灰塔而在高壓下精餾。用石膏去水，效率比較大些，而且含水的石膏灼煅到 175 度，又可脫水而變成無水石膏，所以應用石膏來製造無水乙醇，方法是循環的，石膏的消耗很有限。碳酸鉀預熱到 140 度而製造無水乙醇，效率和石膏差不多。要是用氯化鈣、氯化鉛、碳酸鉀、和甘油的混合物來製造，效率很大，但是也很不經濟。最近十餘年來，新發明用苯 45 份，和百分之 95 的乙醇 55 份，混合注入精餾塔中。塔頂部發生苯、乙醇和水蒸汽，通入凝結器，凝結後，再入塔迴餾，不凝結的氣體，再另外凝縮而入分離器，把大部苯分離。至於塔底凝結的液體，大約含百分之 12 苯，百分之 58 乙醇和百分之 30 水，流出塔底，另外蒸餾，把苯蒸餾出來，循環應用。而水和乙醇的混合液，再入精餾塔精餾，可以製得無水乙醇。

(G) 合成乙醇法 用碳化鈣和水作用而生乙炔，經硫酸銅液的洗滌，而通入硫酸汞的稀硫酸溶液裏。因受接觸作用，遂變成乙醛，吸收於水，和適量氫，共通入鎳粉接觸劑，在 140 度下，還原便成乙醇。導入冷卻器，在零度下 10 度冷卻，液化乙醇，再經前述精餾的方法精製。



全部製造手續，表明在下圖，以

資參考。

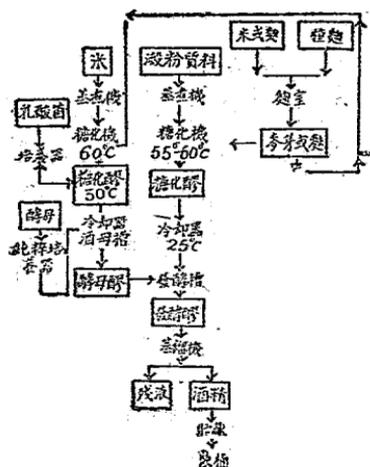


圖 80. 澱粉質製造酒精手續

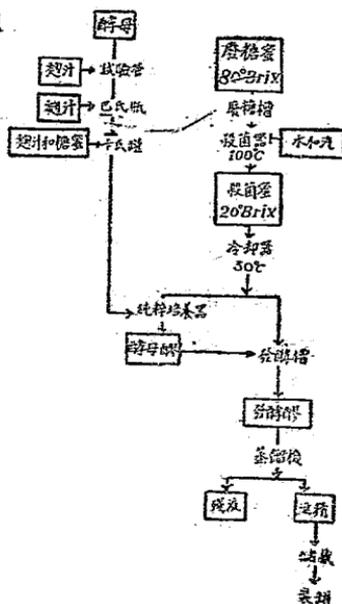


圖 81. 蜂蜜製造酒精手續

用途 乙醇的用途，在從前不過用做麻醉劑和消毒劑，製造一般有機鹽類像乙酸乙烷、甲酸乙烷、苯酸乙烷等等，以及乙酸乙酯、雷酸、二乙烷、苯胺等藥品；也有用作製造飲料酒和醋的。除此以外，主要用做溶劑，透明肥皂的製造、賽璐珞工業、人造絲原料、假漆、像片、藥膏化粧品等等，都需要多量的乙醇做溶劑。在現在酒精代替汽油的問題，正鬧得熱烈，乙醇的用途，更擴而用做發動機燃料，那影響到一國的工業，更偉大了。

(三)丁醇(Butyl Alcohol) 用稻、梁、黍、麥等穀類品，或糖蜜、果皮、纖維質等等，經丁醇酵母，在 30 度到 35 度間，空氣不足的地方，使它發酵。大約兩天到五天左右，發酵完畢，發生百分之 60 的丁醇，百分之 10 乙醇和百分之 30 丙酮。可以和製造乙醇同樣的方法，經蒸餾和精餾的手續而製得。

丁醇的功用，並不十分廣大，除掉做溶劑之外，大半用做丙酸、丙醛、和丙酸鹽類藥品的原料。

(四)戊醇(Amyl Alcohol) 在乙醇工廠裏，最後所精餾得的雜醇油，大部份便是戊醇，和很少量的丙醇，以及丁醇，這是很方便可以精餾去除的，所以戊醇實際可自乙醇工廠副產製得。戊醇有異戊醇和右旋戊醇兩種。從雜醇油製得的，便是這兩種的混合物。要分開單獨製取，可以先使它變成硫酸丙烷，再變成丙烷硫酸鎂，而後經分級結晶法來分離，戊醇便從丙烷硫酸鎂再來製造。

純粹的戊醇，可以從氯化丙烷綜合來製造，但是在工業上還很少用途，所以產量還不及乙醇百分之一。

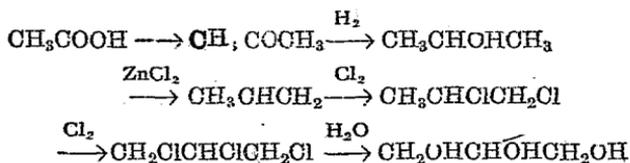
(五)丙三醇 (Glycerol) 丙三醇就是市上所稱的甘油 (Glycerine), 是一般肥皂廠裏的副產物。可是在歐戰時, 甘油的銷路大大活躍, 單靠肥皂廠裏的副產, 供不應求。所以又發明了發酵的方法。

(1) 肥皂廠副產 鹼化油脂, 而成肥皂, 經鹽析以後, 脂留在溶液裏的, 大部份是丙三醇, 少量的是鹽和肥皂以及沒有作用掉的油脂或鹼。提取丙三醇的方法, 可以先加入明礬或硫酸鋁, 把油脂或鹼變成鋁鹽或氫氧化鋁沉澱出來, 經壓濾機過濾, 濾液便送入圓錐體直立鋼桶狀的真空蒸發器裏, 通 5 磅到 25 磅壓力的蒸汽來濃縮。等到溶液比重濃縮到 25 度波美時, 液中的鹽份, 便完全結晶出來, 沉入圓錐底裏。澄清以後, 用虹吸法, 吸出液體, 因此和鹽份分離, 這鹽份可以送入乾燥器裏烘乾, 重複應用。液體部份, 仍舊導入蒸發器蒸發, 差不多變成一種紅色的粗甘油, 含丙三醇在百分之 80 左右, 這粗甘油再送入低壓蒸汽蒸餾器裏, 在 2.5 公分汞柱壓力下用 110 磅過熱蒸汽蒸餾。蒸汽先通經五個空氣冷卻管, 把大部份丙三醇和少量的水汽凝結。沒有凝結的蒸汽, 再通入雙管冷水冷卻器裏凝結。在空氣冷卻器裏所得的甘油, 差不多在百分之 85 以上, 再在真空蒸發器裏蒸發, 到比重 1.262 時便可以了。純潔的甘油, 還得用骨炭脫色, 再行蒸餾而得比重 1.258, 大約百分之 98 純度的丙三醇。

(2) 發酵法 用 100 公斤蔗糖, 或菓糖, 或葡萄糖, 加入 200 克酵母, 和 500 克的磷酸氫二鈉, 或用相當量的乙酸鈉、碳酸鈉、碳酸氫鈉、無水亞硫酸鈉、或硫酸鎂等發酵促進劑, 混和 16 公斤水裏,

保持溫度在 30 度到 35 度下施行發酵，可以得百分之 33 的甘油和百分之 13 的乙醇。依照上面所說的精餾法來精製。

(3) 綜合法 丙三醇也可以由乙酸或丙酮或三氯丙烷綜合而製造，理論雖然這樣，但是在工廠上還沒有實現。



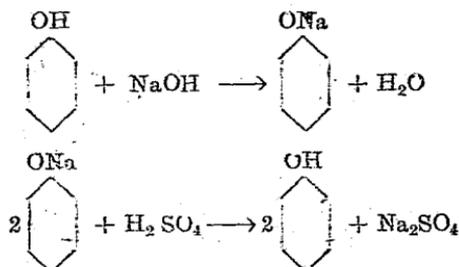
用途 丙三醇最大的用途，當推製造硝化甘油和汽油免凝劑。此外像外科藥料、化粧品滋潤劑、造紙工業、人造絲工業、墨水製造、無水乙醇去水等等，為用也很大。

(六) 酚 (Phenol) 煤膏蒸餾，在 170 度到 230 度間的蒸出物，名為中油，酚便多量底存在在裏面，所以酚是煤膏工廠裏的副產品。從中油來提鍊酚，手續似乎很麻煩。因為中油裏還含着萘和其他許多雜質，不是單靠蒸餾可以提純的。先要用苛性鈉液來攪洗多次以後，一般油質，便浮在上面，所有石炭酸，便成酚鹽，沉在底部，經分離器分離。然後把油份導入蒸餾器來蒸餾。蒸出物再用苛性鈉液攪洗，手續和前面完全一樣，這裏所得的酚鹽可以和上次所得的，混和在一起。

酚鹽分解而製造酚，普通有硫酸法和二氧化碳法兩種：

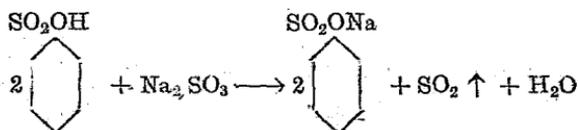
(1) 硫酸分解法 先把酚鹽，用水沖淡，靜置些時，使它夾雜在裏面的油質浮出，因此可以分離掉。那便加入少量濃硫酸，好好攪

拌，這樣幾次以後，使液中稍有殘餘的硫酸存在，便可停止而靜待澄清，酚便浮在上面，而硫酸鈉的酸性溶液，沉在下面，可以用虹吸法，把硫酸鈉液吸出，和酚分離。



(2) 二氧化碳分解法 這個方法，完全和索爾未碳酸鈉廠中所應用的碳酸化塔或碳酸化鍋手續一樣。

酚除掉從煤膏蒸餾而提製以外，現在還有所謂綜合的方法來製造的，不過在工廠裏還很少見採用。所謂綜合法，就是把苯先用百分之 98 的硫酸，在 60 度下來磺酸化，變成磺酸苯。冷卻後，用淨水洗滌，磺酸苯便溶解在水裏，因此和剩餘的苯成兩層水面，很方便的可以互相分離。然後導入蒸發器裏把殘餘的苯蒸去，一面用固體亞硫酸鈉中和，便發生下面的作用：



因此變成磺酸苯鈉的飽和溶液。立刻慢慢地流入 320 度到 300 度

的熔性苛性鈉裏，苯磺酸鈉 (Sodium benzene sulfonate) 便成酚鈉 (Sodium phenolate) 而殘留亞硫酸鈉結晶體，經過濾、洗滌、烘乾等手續。一半可以仍舊重複應用，所變成的酚鈉，可以依照上法用二氧化碳或硫酸來分解，再經蒸餾就製得純酚。

用途 酚俗稱石炭酸 (Carbolic acid)，在醫藥上用做消毒藥。經苛性鈉作用，再在 130 度時受高壓二氧化碳作用製成羥基苯甲鹽鈉 [俗稱水楊酸鈉 (Sodium salicylate)]，間接用來製造阿斯匹靈藥。在工業上最大用處是用來製造人造樹脂和三硝基酚，此外也可以用來製造香料和染料。

(七) 苯二酚和萘酚 (Phenodiol and Naphthol) 苯二酚和萘酚，都可以從磺酸苯胺和磺酸萘來製造，可是 α -萘酚是從硫酸萘胺 (Naphthyl amine sulfate) 水解而得。這兩種藥品在工業上還沒有重大功用，不過可以用來製造染料。

(八) 甲苯酚 甲苯酚存在於煤膏和木焦油中。在煤膏蒸餾，240 度到 270 度所蒸出的重油部份中，差不多有多量的甲苯酚存在着。可以從提取酚後所積留的母液裏來製鍊。祇要用鹼液來處理，由蒸汽蒸餾法去除一般揮發性的烴類物，再用硫酸中和，逐次沉出甲苯酚，過濾出來，用蒸餾法來精製。

甲苯酚在工業上用來製造人造樹脂；衍生製造染料，也可以製炸藥，做消毒劑。

(九) 1,2,3-三羥苯 (Pyrogallic Acid) 三羥苯或稱苯三酚 (Phenetriol) 就是焦性沒食子酸。加熱三羥苯甲酸到二百度，乾餾

一小時，用炭共熱，過濾蒸發，於是在低壓下昇華精製。



苯三酚在照相術上用做顯像藥。

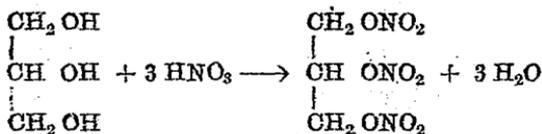
第四章 醇類衍生物工業藥品

(一) 硝化甘油 (Nitro glycerine) 即丙三醇三硝酸酯

(1) 原料 硝化甘油很容易爆炸，所以祇能用小量容器來製造。每次約用炸藥原料甘油 100 公斤和比重 1.84 的硫酸，比重 1.5 的硝酸的混合酸 800 公斤來製造。所謂炸藥原料甘油，就是比重在 1.599，百分之 99.8 到百分之 99.9 純度的精製甘油。

(2) 機械和手續 硝化器的構造，和製造硝基甲苯時所用的硝化器大同小異。普通所用的是鉛桶而裝置在木桶裏，桶裏設着冷卻管，蓋上有原料加入口和三個視察孔，以及兩個溫度計，器底有排液管。全器裝在 20 倍容積的安全水槽裏，槽裏備着半槽的清水，並且裝着壓縮空氣管藉以防禦意外。器上更連一導管，直接達到器底。導管上端，接着貯藏箱，甘油便儲藏在這裏，可以隨時開放活門，流入甘油到硝化器裏。儲藏器裏，更裝置保溫器，使溫度保持在 20 度到 25 度間，導管上端，更接着壓縮空氣管，可以使甘油噴入。硝化時，先從原料入口加入混合酸，同時在冷卻管裏通入冷水，維持溫度在 15 度。於是開放壓縮空氣，和甘油加入管。開始時，壓縮空氣大約用四氣壓比較適宜。這樣，一面由壓縮空氣的攪拌液體，作用發生，溫度上升。可是不能過 23 度，假使要超過時，立刻應停止加入甘油，而充分冷卻。到作用完全以後，繼續冷卻到 15 度，開放器底導

管。導入分離器，把殘餘的廢酸去除。也有分離器和硝化器同在一器的，工作比較穩便。分離器也是鉛做的方形槽，側面有水位表，可以觀察硝化甘油和廢酸的分層面。器內也備着冷卻管和壓縮空氣管來保險萬一的危險。甘油和廢酸分離以後，便入洗滌器，用 18 度左右的冰水，攪洗 15 分鐘後，靜止澄清，放掉廢水，換水再洗，這樣三、四次後，再用百分之 12 的鹼液來攪洗，最後用 40 度的溫水和百分之 1 到百分之 2 的鹼液，再三攪洗，每攪洗半小時，澄清 10 分鐘，換水一次，直到經耐熱試驗，在 82 度時 10 分鐘內，可以不致爆炸，便告妥善了。這時所製得的硝化甘油，還夾雜着很多的沉澱物，須要經壓濾器過濾。



用途 硝化甘油是做無煙火藥的重要原料，像 Cordite 炸藥、Ballistite solenite 爆藥等等炸藥，都是用硝化甘油和硝化纖維素製造的；所以硝化甘油在國防上是很重要的軍火。

(二)三硝基酚 (Picric Acid) 三硝基酚就是苦味酸，在兵工上俗稱黃色藥。三硝基酚的製法，和以上所講的硝基甲苯、硝化甘油的製法都不同；須要把酚先磺酸化變成磺酸酚後，再來硝化。

(1)原料 原料的配合，在磺酸化時，用酚 100 份和比重 1.84 的硫酸 200 分到 400 份。在硝化時，用比重 1.4 的硝酸 400 分到 450 份。

(1) 機械印手續

(A) 磺酸化 把酚先裝入磺酸化器裏，通蒸汽加熱溶化，而後改通冷水，保持溫度在 40 度左近，慢慢滴入硫酸，一面好好攪拌，等到全部硫酸一半量加完後，餘下的一半，便可以一次加入。繼續攪拌後，便仍舊通蒸汽加熱到 100 度，大約 10 個鐘點，用棒蘸取溶液，滴入冷水內試驗，看它是否能完全溶解，要是能完全溶解，這就表示作用已經完全了。然後仍改通冷水，冷卻到 70 度，在冬季更須要慢慢加入十分之一的冷水，

並且要冷卻到 40 度，一面攪拌。磺酸化器的構造如圖 82，這是一種兩層鑄鐵而內壁包有鉛皮所造的罐狀器。容量可裝酚 800 公斤。器上有鐵蓋，蓋上有一口子。器的正中，有攪拌器。兩層鑄鐵之間，可以通入蒸汽，藉以加熱，或導冷水因此冷卻，器底有口可以洩出磺酸酚 (Sul-

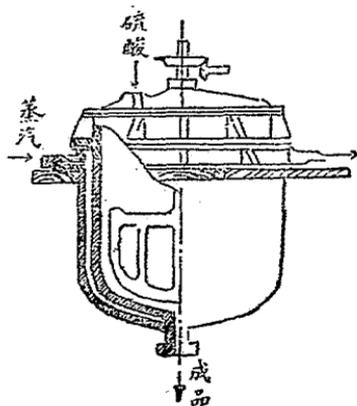


圖 82. 磺酸化器

fonated phenol), 普通這磺酸化器都裝在樓上，器底洩口便插在樓板上，樓下洩口處，剛剛銜接着一個磺酸酚收受器。

(B) 硝化 第二步手續，便是用已經做好的磺酸酚來硝化。這裏硝化器的構造，也和以上硝基甲苯和硝化甘油所用的硝化器構造

不同。器由耐酸土製成，像普通的壺一樣，頂的中央有一口，上有蓋，也是用耐酸土所製成。左右兩肩，各有一個開口頸，一個是插攪拌棒的，一個是通着凝結器。全部裝在一個鐵質冷水槽裏，普通一個工廠，至少要用 50 至 60 個以上，而排成幾排，互相應用的。製造時，先把硝酸裝在器裏，在頂上中央口，慢慢加入磺酸酐，一面好好攪拌，一面流通冷水，保持溫度在 40 度上下，大約一日夜，把上步所得的磺酸酐全部加完，而後停止冷卻。放置 5 個鐘點，再改通蒸汽，加熱到 50 度。2 小時後，繼續升高到 60 度。2 小時後，再升高到 80 度，把過剩的硝酸分解，而導氣體入凝結器凝結。此後可以升高到

100 度左近，煮 10 個鐘點，即硝化完成。硝酸氣便可完全驅除了。於是仍舊通冷水來冷卻，6 小時後，硝基酚便自然結晶出來了；於是用鉛杓子，把

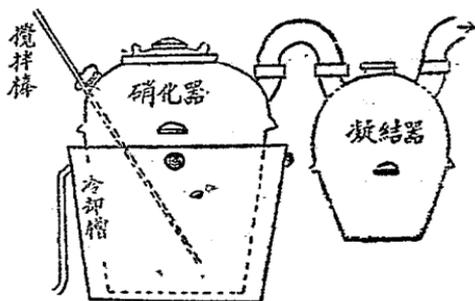


圖 83. 硝化器

全部取出，裝入小耐酸土器裏。

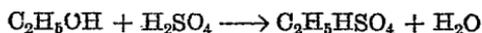
(C)清理 硝基酚從上面硝化而得結晶以後，大部含着硫酸，所以要送到除酸部洗滌除酸，除酸器是一種多孔的虛底器，好像古赤氏 (Gooch) 漏斗一樣；祇能把液體流去，結晶體的硝基酚便留在器裏。以後就祇要用飽和硝基酚的淨水沖洗多次以後，再用淨水

沖洗一兩次就好了。硫酸的去除，是否盡淨，可以時時取樣品加入氯化鈣液來檢驗，沒有白色沉澱發生便行了。粗製硝基酚，經除酚以後，便溶於 20 倍體積的沸水裏，經上述同樣的除酸器，把不溶物濾掉，而後冷卻重複結晶，這樣一而再，再而三，幾次循環結晶後，便可得純白色的純硝基酚。用離心機瀝水，送入乾燥室，通 60 度的熱空氣來乾燥，12 小時到 15 小時後，大約含千分之一的水份時便合格了。

用途 硝基酚最大的功用，便是做炸藥和爆破藥，在軍用上很重要。此外又可用做染料，但是消費量並不多。

第五章 醚類工業藥品

(一)乙醚 (Ether) 乙醚簡稱醚，市上名叫以脫。工業上係從乙醇縮水而製造，手續連續，方法簡易。實際工作情形，是用乙醇混和適量的濃硫酸，裝在鉛鑄的蒸餾釜裏，釜底用蛇形鉛管通蒸汽蒸餾，到 130 至 140 度間，乙醇和硫酸便發生兩步反應：



所生成的乙醚，帶着乙醇和水以及二氧化硫氣，從鍋頂逸入蒸餾塔，水份和一部份二氧化硫氣便凝結下來，乙醇在塔的中部凝結。而乙醚和一部份二氧化硫入塔頂導出，通到鹼液除酸器裏，把二氧化硫去除，最後乙醚通到凝結器裏凝結，再行精餾來精製。因為這裏硫酸消費很有限，所以可以繼續在鍋肩加入新乙醇繼續來製造，除非在硫酸已變得太稀的時候，才停止工作，洩出廢酸，而裝新原料再繼續製

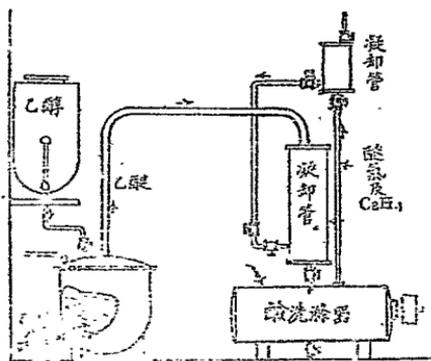


圖 84. 乙醚製造裝置

悉。全部裝置，如圖 84。

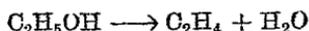
醚是一般油脂、樹脂、人造象牙等的唯一溶劑，所以在硝酸纖維素製造時，常用醚來做棉花洗滌劑。許多油脂廠，更常用醚做抽油劑。此外在醫藥上用做麻醉藥。

(二)二氯乙硫醚 (Dichlorethylthioether)

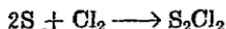
第一法

(1)原料

(A) 乙烯 用一份蒸汽和一份乙醇氣，混合通入 20 公分外徑，7 公分的雙套直立鋼管中，管中充填着高嶺土或氧化鉛做接觸劑。全部建築在電爐上，溫度升高到五、六百度，乙醇因此分解變成乙烯和蒸汽以及少量乙醇，從管頂逸出，導入儲藏器裏，以備應用。



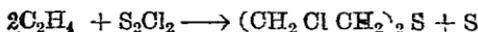
(B) 氯化硫 (Sulfur Chloride) 鋪硫黃在筒狀鋼甌裏，加熱溶化，通進乾燥的氯，便生反應：



因作用而生高熱，所以這時絕對要停火，而用冷卻設備冷卻。所成氯化硫液落在甌底，等待所有硫黃統統作用掉後，便可洩出，供給應用。

(2) 機械和手續 裝氯化硫和少量二氯乙硫醚在直徑 2.4 公尺，高 4.2 公尺，容量十二噸，包鉛的鋼筒裏，裝滿到剛剛可以沒掉從底上 3 公分處一個注射器口地方。於是從注射口，導入乙烯

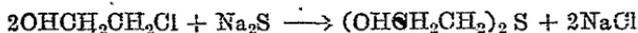
(Ethylene) 噴射到氯化硫裏，便生下列反應：



因作用放熱，溫度升高得很快，所以要設冷卻槽，包圍筒身，保持溫度在 30 度到 35 度間。所得二氯乙硫醚和硫，可以在澄清器裏，澄清分離。裝入鋼瓶，供給應用。

第二法

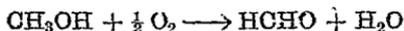
導二氧化碳和乙炔到漂白粉水液中，保持溫度在 5 度到 10 度間，攪拌製成一氯代乙二醇 (Chlor-ethandiol)，約三小時完成，過濾，去掉碳酸鈣，蒸汽蒸餾精製。其次和入硫化鈉，在 95 度左右使它作用，蒸餾去水，過濾除去雜質，由真空蒸餾精製而得二氯乙硫醚。最後可用鹽酸在作用器裏，50 度下作用，就可得油狀二氯乙硫醚了。再在 70 公厘氣壓下真空蒸餾，去水乾燥。



二氯乙硫醚是現代主要的糜爛性毒氣，所以在軍火上，常常大規模來製造，通常稱為芥子氣 (Mustard gas)。

第六章 醛類工業藥品

(一)甲醛 (Formaldehyde) 把空氣打入 40 度至 50 度的甲醇裏，所生的氣體，通過燒紅的鉑棉和銅網等接觸劑上，甲醇便氧化而成甲醛和水汽。經冷卻凝結，便成甲醛水溶液，另外加以清理和精製，就成市上所售的福爾馬林 (Formaline)。



工業上的製造方法和機械裝置，可分三種：

(1) 極異俄羅夫 (J. E. Orloff) 氏式 這是一種比較最新式的。主要部份，是一個直徑 7.5 公尺，高 8.8 公尺的桶子，桶裏有多孔的蛇形管。甲醇從儲蓄器裝入桶裏，差不多到半桶容積，就可以把空氣打入蛇形管裏。甲醇氣和空氣，逸入先溫器，用蒸汽蒸餾到一定溫度，過量的甲醇，可以從器底流回原桶。達到適當溫度的氣體，便由 5 公尺寬的管子通進氧化器裏。這氧化器是一種管狀器具成 10 度的傾斜角，裏面含着 169 個銅管，每個都是內徑 1.9 公分，厚 0.2 公分，長 80 公分，排列成 7 個同心圈，兩端接着 72 公分直徑的銅圈，而固着在 12 公分直徑的板上。在銅圈中，有蒸汽管，可以隨時通蒸汽加熱混合氣，前端板子上有許多視察孔，可以檢察器裏的作用情形。在銅管裏，設着 12 公分長的銅網和許多 1.25 公厘厚，1.6 公分寬，30 公分長的玻璃管子。所生成的氣體，從一端引入洗

氣塔，塔高 2 公尺，塔底有冷卻管，甲醛的水溶液便在這裏凝結，沒有凝結的氣體，便升入塔頂流出，再入冷卻器，和水洗氣塔來收集甲醇，匯集到收受器裏去，用唧筒打回甲醇儲蓄器裏。最後沒有凝結的氣體，大部是剩餘空氣，可以通過量氣計再入烟道。平均空氣用量和甲醇氣成 1.15 和 1 的比。10 小時內可氧化甲醇 175 公斤，生產甲醛濃度在百分之 38 到 39 間。

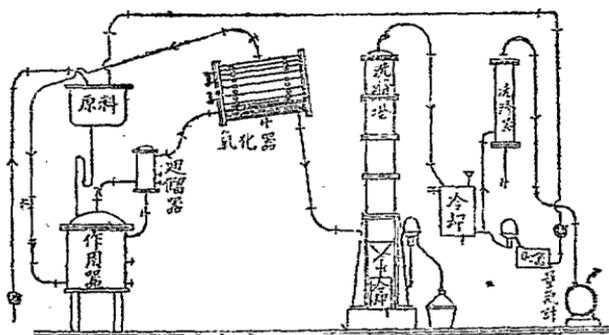
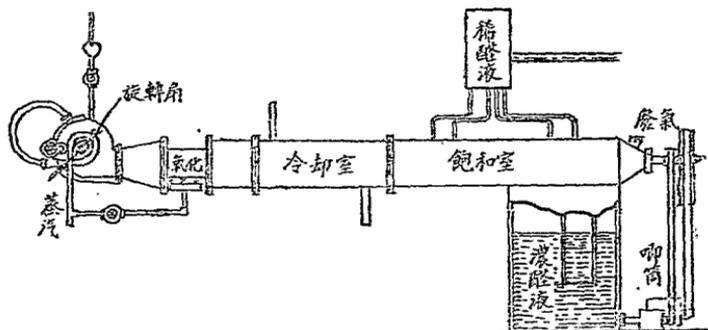


圖 85. 極異俄羅夫甲醛製造裝置

(2)普通式 其實這種裝置，和第一種差不多，不過空氣的供給，先用壓縮器壓縮在空氣箱裏，再經一定的壓力，放射入先溫器底。在先溫器頂，有兩導管，一個加入甲醇，一個連通氧化器。氧化器裏的接觸劑，普通多用銅網，不過也有用鍍銀的銅網的。製成的甲醛，它的提鍊法和剩餘甲醇收回法，完全和前法一樣，本法所產的甲醛濃度，可得百分之 40。

(3)奇西卡爾佛特 (G. C. Calvert) 式 這是一個很奇特的機

械，看圖 86，空氣用環狀旋轉扇吹入一個四週用蒸汽先溫的甲醛先溫器裏，而後再入氧化室。這氧化室裏插着許多扁平直立的冷卻管，水或蒸汽便通過這管子裏來調節氧化溫度。氣體經氧化後，相繼引入冷卻室和飽和室，再從排洩口逸去。在冷卻室裏有橫臥的冷卻管。飽和室頂用稀甲醛液沖下來，藉以吸收氣體中的甲醛氣，慢慢成適當的濃度，流入儲液桶。



· 圖 86. 奇西卡爾弗特甲醛製造器

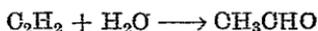
用途 甲醛的用途很大，電木、電玉、人造樹脂的製造，都用甲醛做主要原料。玻璃的鍍銀，而製成明鏡，便是用甲醛來做還原劑。福爾馬林在許多消毒室裏都用做消毒藥。譬如蠶室裏，先要用福爾馬林消毒。其他像製革工業、纖維工業、橡皮工業、和染色工業等等，也都需要甲醛做副原料。

(二) 乙醛 (Acetaldehyde)

(1) 產源 乙醛存於一般發酵物和粗煤油中，譬如用馬鈴薯或

甜菜釀造酒精時，便含相當數量的乙醛，就是在木材蒸餾而蒸得的焦木酸，所提取得到的粗甲醇中，也多少含着乙醛在裏面。

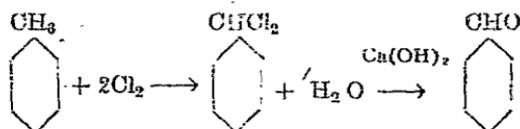
(2) 製法 要大規模的製造乙醛，就可以從酒精工廠中，第一次所蒸餾得的粗乙醛來提煉。近十年來，工業上製造乙醛，用乙炔氣水解而製得。把乙炔氣通入 70 度的硫酸中，用氯化汞做接觸劑，硫酸濃度，以 1000 份水中含硫酸根游子 60 份為限度。所得乙醛，可以由蒸餾法精餾精製。



(三) 苯甲醛 (Benzaldehyde) 苯甲醛存於苦杏仁裏，工業上製法，大別有兩法：

(1) 由苦杏仁提取 碾碎苦杏仁而經冷壓把油份榨去，所得殘渣，便浸入十倍量冷水中，導入蒸汽蒸餾器裏，浸漬兩天兩夜，於是開始通過熱蒸汽蒸餾，約一小時左右，苯甲醛便和水一同蒸餾出來了。蒸出液中，恐怕夾雜着氫氰酸等雜質，可以用石灰水和硫酸亞鐵液攪洗去除，再行分級蒸餾法精製。這精製後的苯甲醛，可以再用三四倍容量的亞硫酸氫鈉溶液來處理，使成一種複化合物結晶體，分子式是 $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO} \cdot \text{NaHSO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。用乙醇攪洗，重複結晶，分級結晶製得了。

(2) 由甲苯來製造 從甲苯來製造苯甲醛，方法很多。普通把甲苯先用氯化而成氯化甲苯，第二部再使氯化甲苯在高壓下水解，同時用消石灰來吸收氯便製成粗苯甲醛了。粗苯甲醛裏還含着氯化甲苯、甲苯、消石灰等等不純物，可以用精餾法，把它們去除。



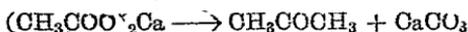
除掉這方法之外，也可以用 300 公斤甲苯和 700 公斤百分之 65 濃度的硫酸，90 公斤二氧化錳粉末，加熱在 40 度下，猛烈攪拌而裂成。苯甲醯和殘餘的甲苯，可由普通方法分離，再行精製。

(3) 統計各國，除掉以上兩法之外，雖然在工業上還沒有見別的方法可以採用，然而據一般化學家的發明，實際方法真不知多少，譬如電解還原苯甲酸，或用二和一比的一氧化碳和氯化氫混合氣，通入苯和等量的溴化鋁以及十分之一重量的氯化銅混合物中，保持在零度以下，綜合而製造。像這類半工業化的方法，將來等待機械問題的解決，意料一定可以推行到工廠製造的。

用途 苯甲醯是製造香料和染料的重要原料，所以在工業藥品上，也佔相當的位置。

第七章 酮類工業藥品和醃類工業藥品

(一)丙酮 (Acetone) 丙酮也是木材乾餾工業中的重要副產品，就是從焦木酸提製甲醇時，用石灰乳中和後而蒸去甲醇，所賸餘的乙酸鈣來製造。把乙酸鈣放在乾餾甌裏，受 400 度的乾餾，乙酸鈣便分解而成揮發性的丙酮了。



乾餾甌是鐵製的，直徑 3.5 公尺，長 10.85 公尺，厚約 0.25 公分，形式和普通乾餾甌差不多。乙酸鈣須先加以乾燥，碾成細粒，裝在粗孔鐵絲網上，用棚車送入甌裏，封閉加熱。所發生的丙酮氣，由甌頸導入多管式凝結器和蛇管式凝結器凝結。

從上法所得的丙酮，多少還含着一部份焦油在裏面，還得要精製。精製時，先用水 4 至 5 倍容積來稀釋。焦油質輕，浮泛在水面，很方便的可以分離除去。於是送入精餾機，用 60 磅蒸汽加熱蒸餾，所得的丙酮，雖然已足供工業應用，但是還不算很純粹，純粹的丙酮，是要再經第二步的銅甌蒸餾、精餾才可以。

丙酮也可以從丁醇製造時一同製造，或由海藻發酵來提取，方法手續，都沒有什麼特別，原理也相同。

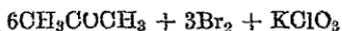
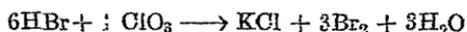
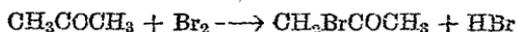
用途 丙酮的最大用途，是做無烟火藥、三碘甲烷、三氯甲烷、和丙酮縮二乙醚等的原料，也是硝化纖維的溶劑。此外在海濱燈塔

上，常用飽和乙炔的丙酮，來做燃料。這差不多也是丙酮的一項消耗。在現在人造絲工業、皮革工業，這樣發達的時間，丙酮也充作溶劑之用，這樣又給丙酮開闢了一條新的途徑。

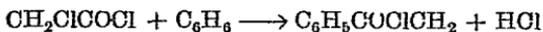
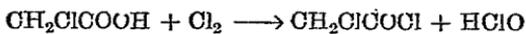
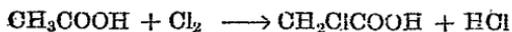
(二) 蒽醌 (Anthraquinone) 把粗蒽醌攪成塊，用蒸汽洗滌，沖碎，而經重鉻酸鉀和濃硫酸來氧化，或用無水苯二甲酸和苯作用，而用氯化鋁做接觸劑，濃硫酸做吸水劑。

蒽醌的最大用途，在染料工業裏，是一種很重要的原料。

(三) 溴丙酮 (Bromoacetone) 溶解氯酸鉀在水中，盛入 4000 至 5000 公升陶製板的鐵釜中，導入丙酮，逐次慢慢加溴。開動釜中攪拌器攪拌。釜的外週包圍着保溫器，流通冷水或溫水，保持溫度在 30 至 40 度間約兩晝夜，作用完成。所得溴丙酮，便注入鐵容器裏，加氧化鎂中和，因為溴丙酮是油狀體，不溶於水，所以沉在水底，很容易分離。加入氯化鈣，除去水份，再由蒸餾法精製。用 580 公斤丙酮，約可得一公噸溴丙酮。製造原理，表示在下式：



(四) 苯氯乙酮 (Chloroacetophenone) 通氯入乙酸，製造一氯乙酸 (Chloroacetic acid)，再和氯以及一氯化硫作用而製得氯化乙酰氯 (Chloroacetyl chloride)，最後溶解在苯裏，而用氯化鋁做接觸劑。

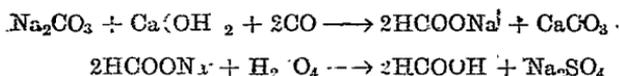


苯氯乙酮，也可以從苯乙酮（Acetophenone）的二氯化碳或冰乙酸溶液直接通氯而製得。至於苯乙酮便由蒸餾同量的乙酸鈣和苯甲酸鈣的混合體，或氯化乙醚和苯，而用氯化鋁做接觸劑來製得。

苯氯乙酮是現代重要的催淚毒氣。

第八章 酸類工業藥品

(一)甲酸 (Formic Acid) 甲酸俗稱蟻酸，因為存於蟻體內而得名。所以從前都從蟻和水共蒸而製得。但是現在都從煨製的碳酸鈉和乾燥的氫氧化鈣在 250 度到 170 度，7 氣壓到 6 氣壓下，通入一氧化碳而製成甲酸鈉，再用硫酸來分解，經蒸餾而製得。



甲酸在染料工業和製革工業裏，很有用。

(二)乙酸 (Acetic Acid) 乙酸又稱醋酸，也是木材乾餾中的主要產物。現在製造的方法，可有三途：

(1)木材乾餾法 由木材乾餾所得的焦木酸中，有大量的乙酸存在，我們記得在甲醇製造一節裏，已經提過了。把焦木酸用石灰乳中和，乙酸便統統變成乙酸鈣。蒸餾掉甲醇、丙酮等等揮發物後，所剩餘的乙酸和木焦油，可以用水溶解，使木焦油浮出。這時乙酸鈣可以由蒸發去除水份；烘乾及碾碎後，即裝入鑄鐵分解鍋裏，由鍋肩流入適量 66 度波美的硫酸，開始攪拌，蒸餾和抽壓。鍋子普通直徑是 1.8 公尺，可以容納 300 公斤的原料。鍋中有一個機械攪拌器，蓋上有兩孔，一個導出乙酸氣，一個做視察孔。鍋子有的砌在風爐上，有的砌在蒸汽環裏。所生的乙酸氣，由蓋上導管引入除塵塔，順次再

入兩個凝結器，因此得以除塵和凝結。第一個凝結器裏凝結的溫度，祇冷卻到 30 度，這樣可以把一般不揮發性的不純物先行去除。第二個凝結器的冷卻溫度，當然要在乙酸沸點之下，通常多用 16 度上的水來環流冷卻。至於沒有凝結的氣體，便導入洗氣塔和除酸塔，最後經抽氣唧筒而入烟突排去。



(2) 海藻發酵法 用海藻放入發酵桶裏加入水和硫酸，使達一定氫游子濃度，過濃便用碳酸鈣中和。桶外環熱水曲管溫熱，使達一定溫度，同時用壓縮空氣來攪拌。大約經過兩星期，發酵完畢。這時全部海藻，都成漿汁，於是用粗篩來濾掉殘渣。等待澄清，再經壓濾器來過濾。濾出來的濾液裏，便含着多量的乙酸鈣，蒸掉水份，再依前法用硫酸來蒸餾。

(3) 綜合法 綜合製造乙酸，可用乙炔來做原料 方法很多，但是都還沒有應用在工廠裏。把乙炔在 30 度到 80 度間，和空氣通過五氧化銻接觸劑上，就可製得乙酸。也可以把乙炔通入硫酸稀溶液中而做

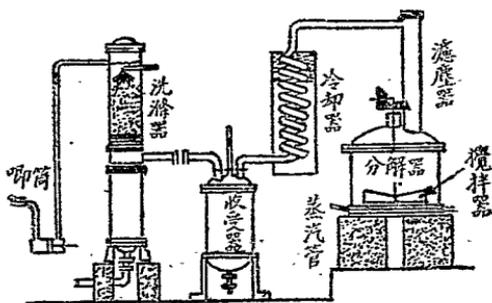


圖 87. 乙酸製造裝置

電解液，同時用汞鹽做接觸劑。電解後陽極部份就逐漸可得乙酸液。

從上面任何方法所得的乙酸，都是不純而稀澆的粗製水溶液。若要製造純而濃的冰醋酸 (Glacial acetic acid) 非得再經兩次以上的蒸餾和精餾不可。第二次蒸餾裝置，和普通蒸餾機一樣，不過全部都用銅鑄造的。蒸餾壓力，大約在三分之一大氣壓上下。

用途 乙酸是有機酸裏最重要的酸類工業藥品，雖然在工業上不過用做染色固色，橡膠凝固，但是一般乙酸酯和乙酸鹽類藥品，都用乙酸做原料。油漆、顏料、照相藥品等製造，及醫藥方面的用途，倒也很不少。

(三) 十八酸和油酸 (Stearic Acid and Oleic Acid)

(1) 原料 十八酸就是硬脂酸，工業上都用油脂和牛油來製造，這裏所用的油脂，是動物體上所取得的不乾性油。

(2) 機械和手續

(A) 原料清理 把油脂和牛油，經切碎機切成小片，裝儲在桶裏，通蒸汽加熱，使油融化。油中雜質，因此輕者上浮，重者下沉，澄清片刻，把上浮、底腳等雜質，一併除去。再用熱水沖洗，澄清後，用虹吸法去水，這樣三番四次，可以把油中一切泥土、渣滓、骨角、血液等等雜質污物統統去除。清理後的油脂，倒入包鉛的木箱裏，用少量 60 度波美的硫酸來洗滌，通蒸汽蒸煮，煮沸後，澄清過夜，稀硫酸和脂肪，便沉落在底上，須好好分離。這分離出來的硫酸和脂肪，並不任意拋棄，還可以用苯或二硫化碳一類的油脂溶劑，把脂肪質抽出

收回，經澄清，廢除廢液，由蒸餾可以把溶劑蒸出循環應用，而殘留在蒸餾器裏的脂肪，可以倒入油脂部一同製造。

(B) 提取甘油 由上面清理所得的油脂，可以送入皂化器來加入油脂一半重量的淨水，再加 60 度波美的硫酸約百分之 2，通蒸汽煮沸，等待差不多到百分之 90 的油脂已經水解後，就可得百分之 85 的游離脂酸和百分之 15 的甘油。假使這時繼續蒸餾，便生逆反應，脂酸產量，因此減少。所以應當立刻停熱，澄清些時，甘油便沉入底部，可以分離。這甘油部份，可用石灰水來中和，去除硫酸和脂酸。經壓濾機濾掉硫酸鈣和肥皂。相繼引入直立式單級蒸發器，濃縮到 20 度波美。這時殘餘的硫酸鈣的溶解度最小，自由沉出，再經壓濾完全淨除。甘油部再入蒸發器蒸濃到百分之 88 到百分之 99 濃度，便可得商用甘油，充作副產。

(C) 脂酸精鍊 除去甘油後的油脂，加和第一次水解所用同樣量的淨水和硫酸，再通蒸汽煮沸，水解，重複進行，絕對淨除甘油。此後可將所得粗脂酸，提鍊製造十八酸和油酸。方法可分兩種，一種為蒸餾法，一種為皂化法。

1、蒸餾法 已經淨除甘油後的脂酸，假使用蒸餾法來提鍊十八酸，可以把粗脂酸打入開口式去水槽裏，通蒸汽蒸餾，蒸去殘留的水份，隨後儲盛於桶，等待送入蒸餾機蒸餾。這裏所用的蒸餾機，和普通差不多。蒸餾塔底，成半圓形底，由兩重鑄鐵所打造，全部砌在火磚所築的爐床上，另外建設一個過熱蒸汽爐，用來蒸汽蒸餾脂酸。粗脂酸裝滿蒸餾器後，加熱到蒸餾的溫度，開始通入過熱蒸汽。因此

一般發揮性的酸，便和蒸汽一同氣化蒸出，逸入一組銅質凝結器。凝結器中，用適當溫度的水，從一塔頂沖下，環流在凝結器裏，可以使脂酸凝結而水份不能凝結。凝結器前，裝有一水流抽空設備，因此可以把蒸餾器中變成真空，而凝結器裏沒有凝結的氣體，也被抽出送入煙突。這種蒸餾器是連續式的，但是在繼續工作 48 小時到 60 小時後，便當停止蒸餾，熄火冷卻，卸出油焦瀝青等等殘物。這種殘物，可以用來做絕緣體、橡皮代替品、木器塗料、屋頂材料等等用途，可作副產。蒸餾所得的脂酸，由收受器盛入儲藏器。因為其中還含有油酸，須先想法分離，所以時常要通蒸汽溶化，投入本法中後部手續中由熱壓所得的熱壓油。澄清後便送入冷藏室中，裝入各鉛質盤裏，排列堆積在架上，從地直到屋頂。各鉛盤即有一口，稍稍傾低，盤中脂酸，便可慢慢流入下盤。所以脂酸從儲藏器打入頂上各盤，而逐漸流入各組下層各盤，因此看去都成一小瀑布的樣子。等待各盤都裝滿脂酸後，始開始吹氣通風，繼續再鼓入冷氣，使各盤脂酸中僵硬脂酸都凝固。於是由冷壓水壓機把油酸和脂酸壓濾分離，和繼續經熱壓水壓機加熱溶化，用每平方呎 3000 磅的壓力而熱壓分離。從冷壓濾機所濾出來的酸，稱為冷壓酸，差不多是純粹的油酸。而從熱壓濾機所濾出的酸，便叫熱壓油，一部份就回復加入除掉瀝青後的原料中，而一部份和入冷壓酸中，導入儲藏器，等待清理。至於硬脂酸，因為在普通溫度，不易溶化，所以殘留在濾機中。可以拆卸取出再盛入儲桶中，用蒸汽加熱溶化，重新送入包鉛皮的木桶中，加入少量硫酸來清理精製。而後入攪乳器裏，使酸一部份凝結，次第再入冷

藏室，吹風冷卻，使完全凝固，再裝包入市。攪乳器是一個很長的木槽，槽中設着一個水平式的槳，利用機械動力，使它攪動，熱的脂酸，因此變成乳汁體。熱壓濾機和普通壓濾機構造完全不同，並沒有濾袋的裝置，單是由許多水平式的蒸汽加熱板所組成，裝設在兩個可以自由活動的橫桿上。各個加熱板之間，是用堅韌厚實的鬃髮動物毛等所編織成的簾蓆接連着，因此可以濾掉液態油酸，而保留固質脂酸。

2. 皂化法 皂化法手續和蒸餾法手續差不多，不過不先除去

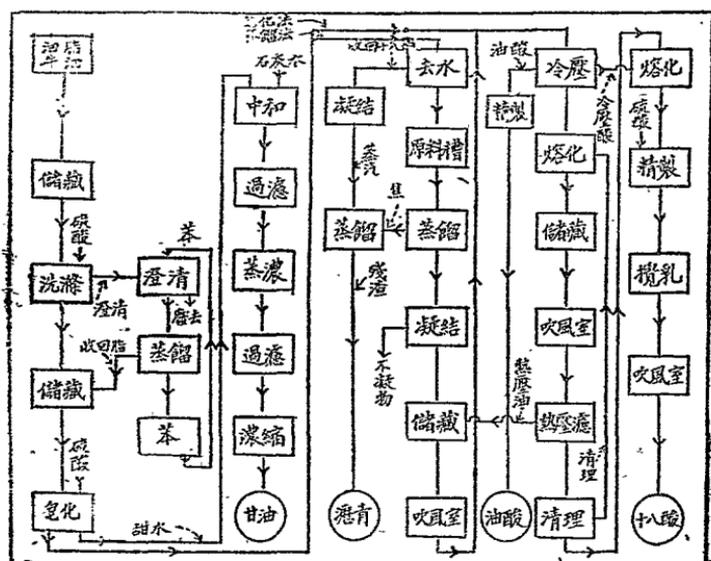


圖 88. 十八酸製造手續

澀青，直接就冷壓去油酸，再行提製脂酸。參考圖 88 便明白了。

用途：十八酸廣用在橡皮工業和皮革工業裏，是雪花膏的主要原料，也可以用做製造蠟燭和肥皂，並供金屬器具的清淨和刨光等用。

(四) 乙二酸 (Oxalic Acid) 工業上製造乙二酸很困難，現在卻從一份糠末屑，和兩份氫氧化鈉，混和磨化，使纖維質分解而製成乙二酸鈉。用熱水浸出，濾掉殘渣，蒸發結晶。結出乙二酸鈉，和入石灰乳，加熱使成乙二酸鈣，從壓濾機濾掉。所得乙二酸鈣沉澱，用水沖洗幾次，壓乾，再送入攪拌機，用 66 度波美的硫酸來作用，乙二酸鈣便變成硫酸鈣和乙二酸的水溶液。於是重新用壓濾機濾掉硫酸鈣，蒸發濾液到相當濃度，冷卻結晶，乙二酸便結晶出來。再三重複結晶，精製烘乾，就可以裝瓶入市。

乙二酸通稱草酸或稱蓴酸，普通可以做媒染劑，漂白皮革，塗桿和一切硬脂，製造墨水等等。

(五) 苯甲酸 (Benzoic Acid)

(1) 產源：苯甲酸存於安息香膠、香膠樹、風脂香、佛手油、肉桂油、薑蒲根、以及丁香樹實等等植物中。在牛馬等動物尿素中也存着少量。工業上要提取純粹的苯甲酸，本可以從這許多植物來提取，但是多半工廠，都從甲苯氧化，或從煤膏油來製煉。在煤膏染料工廠中，苯甲酸是製造苯甲醛的副產物。

(2) 製造手續

(A) 由安息香膠製煉法：取原料碾成細屑碎片，於空圓形的圓

口鐵鍋裏，關閉在一個密閉的小室中，鐵鍋砌在沙鍋上，於是慢慢加熱，約到 140 度，約三、四小時，膠中苯甲酸便完全昇華出來，凝結在室壁，可以停火冷卻，開門用鏟刮下。

有時也可用等量的百分之 95 的酒精來溶解已經碾成粉末的安息香膠，慢慢加熱，於是加入濃鹽酸，直到有沉澱產生，開始蒸餾。蒸餾物中，便有乙烷苯甲酸、乙醇、以及鹽酸。殘留在蒸餾器裏的殘渣，仍舊可以加水繼續蒸餾，直到乙烷苯甲酸全部蒸出才停止。所得蒸餾物，一併用氫氧化鉀液加熱分解，苯甲酸便和鹽酸成其化合物沉澱出來，再依前法昇華來精製。

(B) 由甲苯製造法 目今大部苯甲酸，差不多都從甲苯氧化來製造。氧化方法，最好先使甲苯氯化，變成氯化甲苯，再用三份 35 度波美的硝酸，和兩份水所配成稀硝酸在迴流塔中氧化；也可以把氯化甲苯和乙酸共熱，而加入少量氯化鋅：

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{CCl}_2 + 2\text{CH}_3\text{COOH} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + 2\text{CH}_3\text{COCl} + \text{HCl}$$

這氯化乙酰基 (Acetyl chloride) 可以由蒸餾法蒸去，而剩留殘渣，用碳酸鈉來處理，苯甲酸和鹽酸便沉澱下來，濾掉溶液，依照前法來昇華精製。

(C) 由煤膏油製造 在煤膏蒸餾中，170 度到 240 度時所蒸出的中油部份，用鹼液去除酚類物質後，油中殘留着苯甲腈。可以倒入有蒸汽套的攪拌機中，機上接一蒸餾塔，加比重 1.4 的氫氧化鈉液，約兩倍苯甲腈量，一面攪拌，一面通蒸汽加熱蒸餾。數小時後，低沸點的物質和少量氮氣便收集在收受器裏；可以用酸中和，分出

殘留的醌類雜質。再加多量硫酸，冷卻後，苯甲酸就結晶出來，濾出，經昇華精製法精製。

用途 苯甲酸除在染料工業和製造藥物外，用做一般苯甲酸衍生物和苯甲酸鹽類的原料。

(六) 苯三甲酸(Phthalic Acid) 用萘的蒸氣，混和空氣，在 400 度下，通過五氧化鉬接觸劑上，或用硫酸在 300 度下，用汞做接觸劑，來氧化萘。經蒸餾，離心機離析，便得粗製品，再由昇華法精製，可得純粹的苯三甲酸。

苯三甲酸是一種很重要的多元芳香酸。由此可以間接製造一種以上的有機工業藥品，譬如製造苯三甲酸三乙酯，而做變性的變性劑，製造苯三甲酸酯而間接製造各種染料，如合成染料。

第九章 複能物類工業藥品

(一) 2-羥丙酸 (Lactic Acid) 2-羥丙酸俗稱乳酸，由葡萄糖經乳酸菌發酵而得。用含有百分之7到11的葡萄糖溶液，比重約1.075，或一部分用百分之10到百分之15的甘蔗糖，加入少量的氯化銨或硝酸鹽，煮沸一小時來殺菌，立刻冷到55度以下，倒入發酵桶，加入乳酸菌，保持溫度在40至50度間，葡萄糖因此發酵而生乳酸。在乳酸濃度達百分之1時，就要加入石灰，使它濃度常在百分之5上下，這樣經過三天到五天，發酵完畢。結果發酵液中，差不多剩留祇有百分之2的糖份，而乳酸完全變成乳酸鈣 (Calcium lactate)。於是加熱殺菌，濾掉殘渣，蒸發結晶，加硫酸來解化。所生硫酸鈣沉澱，可經壓濾機濾掉，濃縮到含乳酸百分之50，冷卻後便得厚漿狀體。

2-羥丙酸廣用在羊毛染色工業和皮革工業裏做鞣劑。在醫藥上功效也很大，尤其是它的鹽類。

(二) 二羥丁二酸 (Tartaric Acid) 二羥丁二酸就是酒石酸。普通製造，用吐酒石放在中和桶裏，在3到7個大氣壓下，加入140度的沸水來溶解。澄清以後，去除不溶解物。於是加入石灰，使成中和，再加入氯化鈣，攪拌煮沸。這時二羥丁二酸變成鈣鹽 (Calcium tartrate) 沉澱出來，濾掉水份，沖洗多次，壓乾，放在攪拌機內，和硫

酸作用，手續和2-羥丙酸製法一樣。



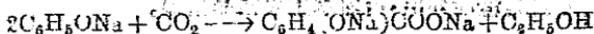
二羥丁二酸也可以用做媒染劑，此外又用做焙粉(Baking powder)和製造啤酒。

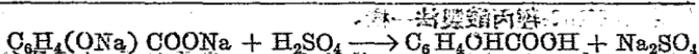
(三)羥基戊三酸(Citric Acid) 羥基戊三酸，通稱檸檬酸，有時也叫枸橼酸。是因為它存於檸檬、枸橼、橘子等一般果汁裏的關係。提製方法，也就用這類果汁和石灰乳作用，使全部所含的檸檬酸成鈣鹽(Calcium citrate)，沉澱出來，再用硫酸解化而得，手續完全和酒石酸製法相同。

近十年來，檸檬酸由化學製法來製造。可用碳酸鈉液中和二羥羥丁酸的飽和溶液，加入氫化鉀共熱，通氯化氫使達飽和，放在蒸汽鍋裏蒸餾15小時，加入石灰便得羥戊三酸鈣沉澱，再依前法提製。

羥基戊三酸，廣用在消暑飲料和醫科藥。

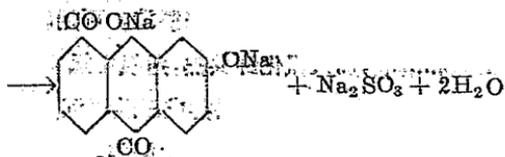
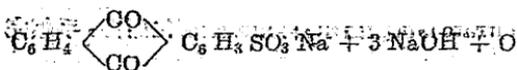
(四)羥基苯甲酸(Salicylic Acid) 羥基苯甲酸，商名水楊酸，工業上概從酚着手製造。把酚溶化，加入濃氫氧化鈉，使先變成鈉酚。蒸發到變成硬塊，研磨成粉末，放在鑄鐵槽裏，加熱到100度，抽低壓力，通進乾燥的二氧化碳氣，慢慢升高溫度到130度左右，加入硫酸，羥基苯甲酸便在熱水裏結晶出來。





羧基苯甲酸钠在醫藥上用做防腐劑，也可用來製造偶氮類染料。

(五)二羧基萘醌 配合同量萘醌和百分之 40 的發烟硫酸，共熱在攪拌機裏，熱到 160 至 170 度，大部份萘醌變成萘醌磺酸。倒入水中，沉出殘餘的萘醌。加氫氧化鈉到中和程度，萘醌磺酸就變成了萘醌磺酸鈉而沉澱出來。於是和氫氧化鈉以及少量氫酸鉀在高壓 180 至 185 度下，共同熔化在水平式鐵筒攪拌器裏，因此氧化便成二羧基萘醌鈉。



溶解在水中，加硫酸分解，可由壓濾機濾出。

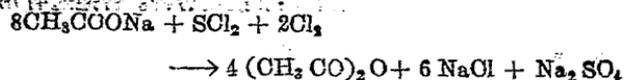
二羧基萘醌，就是茜草色精 (Alizarine)，是染料工業裏重要的原料。

(六)三羧基苯酸 (Gallic Acid) 三羧基苯酸商名沒食子酸。存於五倍子、茶子等植物中。提製方法，便可由五倍子來着手，把五倍子碾成粉末，浸入冷水，曝露在空氣中，最好加入少許酵母，沒食子酸份便被浸出。澄清分出，由熱水重復結晶精製。

沒食子酸是製造墨水和焦性沒食子酸的主要原料。

第十章 酸類衍生物工業藥品

(一)乙酐 (Acetic Anhydride) 混和乙酸鈉和氯化硫，同時通入氯氣，校正溫度在 15 度到 20 度，等待作用完成，加熱到 80 度。兩小時後，於是在低壓下，加少量氧化銅而行蒸餾精製。

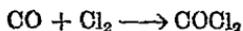


乙酐是製造乙酸纖維的主要原料；染色調藥，製造阿斯匹靈 (Aspirine) 等等藥劑。

(二)過氧化苯甲醯 (Benzoyl Peroxide) 注氯化苯甲醯在 4 度的水中，加過氧化鈉作用而製得。

過氧化苯甲醯是氧化力很強的有機藥品，普通應用來漂白麵粉。

(三)氯化碳醯 氯化碳醯就是光氣 (Phosgene)，把一氧化碳和氯直接混合通入裝具炭粒而浸在冷水裏的鐵箱中。這箱子是 2.4 公尺長，84 公分深，28 公分闊。約百分之 80 的一氧化碳和氯，便直接化合而成光氣，其餘沒有作用的部份，可以通入第二個浸在熱水裏的鐵箱中再來作用：



所生氯化碳醯，通入硫酸來吸收水份，經人造冷劑的冷卻器來

液化，液態氯化碳醯，便可直接應用來做毒氣彈。

(四)乙酸乙酯 (Ethyl Acetate) 乙酸乙酯的工業製法，是用乙醇和乙酸做原料，而用硫酸做吸水劑。

乙酸乙酯常用做硝化纖維的溶劑。製造照相軟片、樹脂、香料、以及藥劑等等。

(五)乙酸戊酯 (Amyl Acetate) 從乙酸和戊醇作用而用硫酸做吸水劑。製法和上面所述完全相同。

乙酸戊酯也可以做火藥棉的溶劑，和製造香料。普通還有用做燈用燃料的。

(六)丁酸乙酯 (Ethyl Butyrate) 由丁酸和乙醇製得，用做香料。

第十一章 有機鹽類工業藥品

(一) 乙酸钠 (Sodium Acetate) 用碳酸鈉中和乙酸，蒸發結晶，再行重複結晶，離心乾燥製得。

乙酸钠在工業上有時用做人造冷劑。

(二) 乙酸鈣 (Calcium Acetate) 乙酸鈣是木材乾縮廠裏的副產品，就是從石灰水中和焦木酸時製得，不過還含着很多的雜質，像木焦油、甲醇等等，都要想法去除，去除方法，可以參考甲醇和乙酸的製造。

乙酸鈣是一般乙酸鹽類和乙酸的製造原料。所以在乙酸鹽類裏，乙酸鈣是很重要的鹽類藥品。

(三) 乙酸鋁、乙酸鐵、乙酸銅和乙酸鉻 (Acetates of Aluminium, Iron, Copper, and Chromium) 把乙酸鈣和各相當的硫酸鹽，經複分解作用便成。

這幾種鹽都應用在染色工業裏，常用做媒染劑。

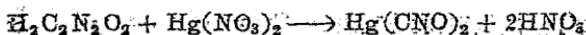
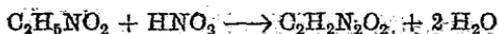
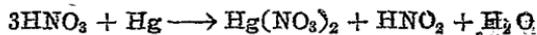
(四) 乙酸鉛 (Lead Acetate) 從精細的密陀僧和乙醇直接作用製得。

(五) 二羥丁二酸鉀。存於葡萄中，於發酵製造醇時，一部份便結晶出來，加水煮沸，就可以完全抽出，重複結晶而得。

二羥丁二酸鉀，就是吐酒石 (Cream of tartar)，在醫藥上很

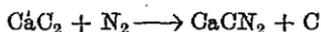
多用途。又可製造焙粉、飲料、和一切酒石酸鹽類。在染色工業上，廣用做媒染劑。

(六)雷酸汞 (Mercury Fulminate) 雷酸汞是很容易爆炸的東西，所以儘管在工業上，也祇能用小規模的人工來製造。用比重 1.4 硝酸 1000 份，放置在玻璃瓶裏，加熱到 35 度附近，慢慢加入水銀 100 份，在 30 到 40 分鐘後，全部溶化，變成硝酸汞 (Mercury nitrate) 成無色溶液。而後把預先加熱到 30 度到 35 度間的乙醇 830 份，一次倒入，好好攪動，立刻連接在凝結器上，大約 4 至 5 分鐘，硝酸汞便和乙醇作用，發生強烈，溫度會升高到 85 度上下，同時產生濃厚白煙，和淡灰色結晶，約經半小時後，作用才慢慢完結。假如作用太烈而發生紅烟時，便當立刻多加少量乙醇進去，來緩和作用。作用時所產生的乙酸、乙醛、和乙醇氣等等揮發物，可以在凝結器裏想法收集，不使損失。在作用完全以後，便可把結晶物倒在絹篩上，一面用木片好好攪拌，一面用水沖洗，使它絕對沒有酸存在才好。以後就把這洗淨的淨雷酸汞用布包裹，輕輕壓去水份，大約到含百分之 5 的水份才可以。裝入紗底木框中，送到乾燥室裏，在 37 度下烘 7 小時，再移到風曬室冷到常溫，最後使用離心分篩機分別篩取相當大小的顆粒。



雷酸汞在軍火上用做引爆藥，功用很大。

(七) 氰氨基化鈣 (Calcium Cyanimide) 氰氨基化鈣可直接用石灰混和焦炭在電爐裏，高熱下，同時通進空氣而製造。也可以直接用碳化鈣碾碎，裝在半公噸容量的鐵器裏，器的中部，設着鐵管可以流通空氣，器的頂部，便裝着碳極，通電生強熱，在幾分鐘後，碳化鈣便可以吸收空氣裏的氮而作用：



大約在一日夜後，作用完全，全部碳化鈣變成氰氨基化鈣，成百分之60的粗製品。

粗製的氰氨基化鈣，可以直接用來做肥料，或做製造氨、氰化鈉等的原料，而不必精製。

第十二章 醣類工業藥品

(一)葡萄糖(Glucose)：工業上所用葡萄糖，單靠菓汁提取，蔗糖水解，還不夠應用；大都還從澱粉來製造。而澱粉的來源，有直接用米麥的，也有用高粱的，更有用玉蜀黍的；總之，凡五穀植物，都可以取用。無論那種原料，所製得的澱粉，不免總帶着穀皮或麩筋，用來製造葡萄糖時，都須先行去除。去除的方法，穀皮可由篩篩去；麩筋可由水洗去。洗淨後的澱粉，加入水和適量的硫酸或鹽酸，攪拌水解，通蒸汽加熱，約一小時後，倒入開口式銅轉化器裏，通多量蒸汽加熱，使器裏壓力，達 22 公斤左右，轉化約 10 分鐘到 20 分鐘。完畢以後，倒入中和桶裏，用碳酸鈉或石灰水中和，經壓濾機過濾，再經骨炭或木炭在 6.8 公斤到 9 公斤壓力下，75 度到 85 度間，施行六小時的炭濾脫色，然後便流到二級式蒸發器蒸濃到 45 度波美。假使這時顏色還成棕色時，便可用亞硫酸氫鈉來漂白，再經第二次的炭濾。純粹的糖漿，再行蒸發到 42 度波美的糖膏；入模壓形，切成塊子或條子而銷售到市上去。或先經結晶器耽擱兩天，送入離心機分出結晶品，再烘乾裝包。

葡萄糖在工業上可以造醋釀酒。製硝皮以及人造絲工業中，亦用得着。在食品工業中，可以烤麩包做糖果等用。

(二)麥芽糖 (Maltose) 麥芽糖可說是乙醇製造裏的中間產

物。工業上單獨製造時，也可以直接用澱粉混和些水，加入百分之一的麥芽酵母，保持在 70 度下，使發酵。發酵完畢後，冷到 55 度，再加入百分之 4 至百分之 7 的多量麥芽，仍舊保持在原來的溫度，而使發酵完全。然後煮沸，去除一般不溶物，和上述葡萄糖製造同樣的手續來炭濾、蒸發、結晶。

麥芽糖多半用在食品工業裏，在化學工業中，當然也可以用做製造乙醇的原料；不過實際上並不用純麥芽糖來製造。

(三) 蔗糖 (Cane Sugar) 蔗糖製造，一般都用甘蔗或甜菜來做原料。因為原料的不同，所以製法也兩樣了。

(1) 用甘蔗製造法 把甘蔗洗淨切碎，送入壓榨機經三次以上的壓榨，榨出糖汁，經過濾器把細渣濾掉。所得粗糖汁，仍舊很混濁，並且呈酸性。所以要加入石灰水使成微鹼性，而後導入蒸汽加熱。約一小時後，一般雜質和蛋白質，沉澱下來，澄清一些時，把澄清液導入真空三級式蒸發器來蒸發。壓榨時所剩留的蔗渣，不免多少總含着糖汁，可以用百分之 20 的水來浸出，再行壓榨，榨出額外的糖份，和入蒸發器，一併蒸發。而最後殘渣，可以供作肥料，或充燃料，也可以提製纖維，造紙或造人造絲。粗糖汁本來含有百分之 14 的蔗糖，第一次先行蒸發到百分之 50 以上，繼續流入單級式真空蒸發器，加熱蒸濃，隨時採樣試驗，看它點在玻璃板上，燈光能否感透。於是投入多量糖漿，使液中糖質統統結晶，冷卻以後，更可得百分之 65 的結晶，隨後由離心機離析，用淨糖汁沖洗。濾出來的糖液，仍舊可以入真空蒸發器，繼續蒸發，循環執行同樣結晶的手續。最後剩

下的糖漿，便可用來做乙醇的原料。

以上所得的粗蔗糖，直接可以裝袋銷售到市上去，供給做烹飪飲食調味品。但是純粹的蔗糖，還得精製才可。把粗糖和糖漿送入攪拌槽裏，攪透容和，經離心機離析。重新鑄入溶糖器裏，用少量淨水溶化，加入石灰水，通入蒸汽，逐後澄清而經壓濾機過濾，再打入炭濾器漂白。炭濾情形，和前面葡萄糖的精製炭濾手續一般。此後更依粗製蔗糖一樣的方法，經蒸發、結晶、離析、乾燥等等手續。

(2) 用甜菜製造法 把甜菜根用水洗淨，入切絲機切成適當大小絲片。裝入浸漬器，流入 55 度的熱水來浸出糖份。浸漬器是鑄鐵打成的，成長圓桶，直徑和高大約是一和一再四分之一的比。容量通常是 590 公升到 950 公升，器的上下兩部，約略小些。上面有活動的蓋子，下面是活動的雙底。底的內層，有一小孔，關閉的時候，絕對不漏氣。器的中央有鐵鏈，上部有氣門、糖汁活門、水管，以及熱氣管；器的下部有熱氣管。普通工廠，這種浸漬桶須用 12 個到 24 個，排列相連互用。浸出的糖汁，便可流入加熱器，加熱到原來溫度，而後加入糖汁重量的百分之 0.2 左右的石灰，攪拌約兩小時，便通入二氧化碳氣，沉下雜質。於是經壓濾器過濾，再循環用石灰處理，通二氧化碳，沉出雜質，經壓濾器過濾。一而再，再而三，幾次以後，糖汁變成黃色。加熱蒸濃，通進二氧化硫氣來漂白，再三過濾，去除雜質。最後導入真空蒸發器裏來蒸濃，依照前法結晶、離析、乾燥等手續，重複來精製。

(四) 澱粉 (Starch) 一切稻、粟、麥、黍、稷、馬鈴薯、芋艿、苕

類等等植物果實，都含着豐富的澱粉。在工業上，大都從麥粉來提製。雖然來源這樣多，可是提取的方法，都差不多。把任何穀子果實，磨碎，篩去果皮，用含有少量亞硫酸的多量淨水來浸漬，時時攪拌，用布袋或絹篩瀝去麩筋，經長時間的澄清，澱粉便沉在器底，吸掉面上淨水，所得澱粉，祇要烘乾或經曝曬就得了。

現在澱粉差不多是味精味母廠的副產。澱粉除掉做食品之外，工業上可大量用來製造乙醇、葡萄糖、和糊精。

(五)糊精 (Dextrine) 糊精是用澱粉在相當溫度下用硫酸或硝酸潤溼而後烘乾製得。普通把澱粉在 100 度下烘乾，再放入旋轉式鑄鐵所造的鼓裏，在 240 度左右烘灼。因時間的短長，火焰的緩急，所生的糊精顏色，往往不同。假使用酸潤溼的方法來製造，方法更多，產品種類也更多。譬如用十分稀硝酸（5 分 1.4 比重的硝酸和 95 分水）和 100 份馬鈴薯澱粉配合調和成膠，在 50 度下乾燥，再於 150 度時灼攪一小時，便可製得阿刺伯樹膠代替品。

糊精功用很大，除作漿糊，代替膠黏之外，在紡織工業、油漆印刷等上色塗料，也都用糊精做助黏劑。

(六)纖維素 (Cellulose) 一切棉、麻、竹、蔗、破布、廢紙、以及植物的桿骨莖皮，都可以用來提取纖維素。提取方法，大都先把以上任何原料，碾成細條，劈成薄片，投入蒸化器裏，和入鹼液或石灰水，通蒸汽蒸煮。蒸化器有球狀蒸化器，圓筒蒸化器和橢圓形蒸化器，蒸化器都能轉動攪和蒸化物。所用鹼液濃度、蒸化溫度、壓力、以及時間，都隨原料而不同。原料被蒸化成漿狀後，卸入洗滌槽，用淨水周

洗洗滌，把一般鹼液沖去。差不多達中和後，再移入分纖槽，把硬塊纖維素，經切纖輪打成糊漿狀。而後把不能打成漿狀的枝節以及雜質沉底去除，這是原料已經完全變成纖微的纖維素，不過顏色棕黃不潔，要氫漂白粉實行漂白才可以。

纖維素是一般造紙工業、人造絲工業、和硝化纖維素的原料。

第十三章 醣類衍生物工業藥品

(一)硝化纖維素 (Nitrocellulose)

(1)原料 硝化纖維素就是火藥棉(Gun cotton)。製造硝化纖維素所用的纖維質，祇有棉花才可以應用。硝酸和硫酸混合濃度的配量，對於所得硝化纖維素的性質很有關係。強混合酸所得成品，稱叫強棉。稀混合酸所得成品，名為弱棉，大約強混酸的配量，是比重 1.49 到 1.5 的硝酸一份和比重 1.84 到濃度百分之 96 的硫酸三份。在弱混酸的配量，便是比重 1.44 的硝酸一份和比重 1.84 的硫酸二份。

(2)機械和手續

(A)棉花的清理 棉花採取來後，先要經挑選的手續，把一切夾雜在裏面的砂土、木片、鐵屑等等雜質去除。第二步便要經除脂和漂白等手續。可用氫氧化鈉，或碳酸鈉液，或石灰水，在蒸化器裏蒸化，把棉上油脂皂化；也有用醚或二硫化碳或苯一類的溶劑來洗滌，溶解棉上油脂物的。不過前法要比後法經濟，可是慢得多。除掉油後的鹼性棉花，要用水沖洗到中和以後，才可以施行漂白。漂白用藥，多半採用漂白粉。漂白後更要用硫代硫酸鈉液來除氯；否則在硝化時，很多妨礙。這時棉花，雖然已經很純良潔白，但是仍結成團，難於立刻用來硝化，還得要撕碎疏通，絕對成疎鬆勻和才好。撕棉機是

一種鋼齒的鼓筒，由沒頭皮帶輪轉動，把棉送入機裏，經過鋼齒撕裂。機裏並有吸風機，可以把細微纖維和塵埃吹掉。已經成疏鬆勻和的潔白棉花，就可以再經烘乾送到硝化器來硝化了。

(B) 硝化器 硝化纖維素所用的硝化器，種類很多，而且都和從前硝化甘油，硝基酚等等製造時所應用的都不同。現在介紹幾種在下面：

a. 阿培爾 (Abel) 氏器 長 2 公尺，寬 1 公尺，深 0.5 公尺，用鑄鐵所造的兩重構造的矩形箱。箱裏便是硝化室，兩重隔層中，環流冷水，保持溫度在 26 度以下。器裏有鐵齒耙，耙上附着壓酸器，用來壓掉棉裏的廢酸。每次用 120 公斤混酸，投入乾燥棉花 600 克。用鐵耙攪拌，絕對使各部棉花，都能浸透混酸。約經八至九分鐘，便可用鐵耙壓去棉花上所沾的過量廢酸，再送到後硝化器裏。繼續硝化到 8 至 12 小時，就可以取出除酸，用水洗滌了。

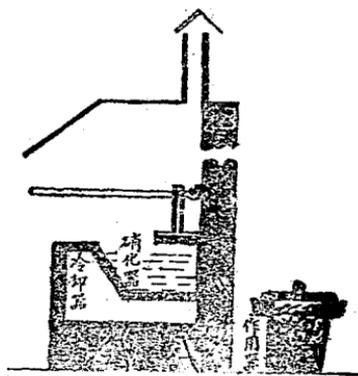


圖 89. 阿培爾硝化器

b. 諾貝爾 (Nobel) 氏器 諾氏硝化器，是用前後兩次硝化手續在一器裏一併進行的。每次祇用乾棉 2 公斤和混酸 60 公斤，在 6 小時內，硝化作用即可完畢。可是假使把混酸濃度增加，那麼硝化

時間，還可以縮短。

c. 循環硝化法 硝化器是用耐酸陶土所製，全部由硝化器和揚酸器兩部構成。揚酸器頂，設立兩導管，一個便接在硝化器底，一個直通硝化器頂。這樣，混合酸便可以由硝化器通達揚酸器，再由揚酸器通到硝化器裏，循環不息，永久保持着混酸的液面和溫度。棉花浸入混酸裏，可以不致和空氣接觸，而生不純硝化物。每次硝化時間，大約祇有 1.5 小時到 2 小時。

d. 離心除酸硝化器 利用離心構造，一方面可以除離廢物，一方面又可以硝化棉花。這種機械的構造，簡直和普通離心機差不多，不過在機內轉籠的內壁，也開着許多小孔罷了。每次可以裝混合酸 400 公斤，棉花 8 公斤。旋轉速度，每分鐘約 24 到 30 次。

e. 置換硝化法 這種硝化器，好像一個漏斗，也是用耐酸陶土所製的，有混酸出入口，並且有多孔處板和底。棉花浸在

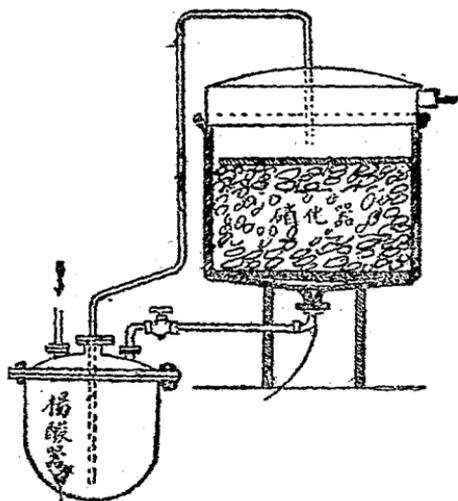


圖 10. 置換硝化器

酸裏，便夾在兩板的中間不致上浮。每次裝酸 300 公斤，棉花 10 公斤，器底有導管，等到硝化完畢以後，便開放活門，導出硫酸，而在器上，也有一個導管，可以導入清水，立刻來除酸洗滌。

(C)精製 硝化完畢後所得的硝化纖維素，經離心機除去廢酸，用水漂洗，大約到中和後，便用鹼液蒸煮 10 小時至 24 小時，來中和棉花不易漂掉的廢酸。再經磨粉手續，磨成細粉：磨粉機是鑄鐵所做的橢圓形盤狀體。盤中裝設着圈隔，循環流水，側邊裝着許多鋼刀鼓筒，下部也裝着許多刀板。硝化纖維素和水流過時，受上下兩鋼刀的壓磨而碾成細粉。工作時，先放水在機裏，開始旋轉鋼筒，大約速度每分鐘 80 轉。慢慢投入硝化纖維素，因受鋼筒的旋轉，硝化纖維素便在水中成環流運動，最初兩鋼刀距離，比較遠些，隨後逐漸接近，因此纖維愈磨愈細了。磨成粉末以後的硝化纖維素，再經漂洗，通蒸氣溫熱到 70 度左右，每 6 小時或每 12 小時換水一次，這樣洗漂直到 8 度下，可保持在 15 分鐘內，不生炸裂，就可以了。最後再經分離和過濾兩步手續，把水分去除。

用途 硝化纖維素中，強棉容易爆炸，所以廣用在軍火上，應用做無烟火藥。強棉在工業上，用途比較大，可以製造照相片、人造絲、以及感光膜等等膠質物。

(二)硝化澱粉 (Nitrostarch) 先溶澱粉在硝酸中，而後再注入硫酸來硝化，投入水中，洗出後經洗滌過濾等工作。但是手續很困難，而且易起水解作用，所以現在已經很少採用了。

硝化澱粉混和着硝化甘油，用來製造發射藥。

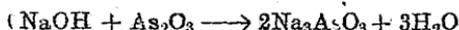
第十四章 砷碳化合物類工業藥品

(一) 二氯化甲胂 (Methyl Dichlorarsin)

(1) 原料 二氯化甲胂是一種重要的糜爛性毒氣，在軍火上用做黃十字毒氣彈。製造方法很麻煩。用三氧化砷，溶解在氫氧化鈉溶液，先製得亞砷酸鈉，再用硫酸甲烷、二氧化硫、以及氯化氫來製造。

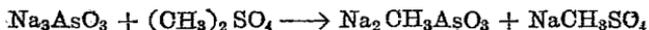
(2) 機械和手續

(A) 亞砷酸鈉的製備 溶解氫氧化鈉在水裏，貯入 450 公升容積的鐵製容器中，通蒸汽熱到 70 度便得。



(B) 亞砷酸甲基鈉 (Sodium Methyl Arsenite) 的製備 把以上所得的亞砷酸鈉液，慢慢滴入甲烷化機裏，加熱到 85 度，攪拌 15 分鐘後，慢慢加入硫酸甲烷來甲烷化。甲烷化器是一個 450 公升容積的鋼罐，罐內裝置着瓷質機械攪拌器。罐上加蓋，蓋上有視察孔。罐側有一開口管，連接導管可以通入二氧化硫和氯化氫。頂上設着硫酸甲烷原料加入口。肩部也有一個雙口導管，上部開口通凝結管，側部開口便接冷卻器。各導管都有安全活門，並備着耐酸瓣。凝結管是直徑 3.8 公分的蛇形鉛管，裝置在鍍鋅的冰櫃裏。冷卻管便是許多直立鉛管，裝置鍍鋅的冰櫃裏。硫酸甲烷的加入，大約要延長一

小時，才得加完。達到甲烷化作用完全，大約還得要一小時半。



(C) 二氯化甲胂的製造 上步手續完畢後，冷卻到 52 度，開二氧化硫導管活門，通入二氧化硫來還原，大約兩小時，還原完畢，這時便有剩餘的二氧化硫逸出來，可以在蓋上視孔處察出。



再把溫度升高到 65 度，然後慢慢加入硫酸，慢慢冷卻，再兩小時後，溫度才升高到 80 度左近。啓氯化氫導管，慢慢通入氯化氫，大約要整整一天才得完成。



作用完成後，立刻開放雙肩雙口導管，通冷卻器口，使過剩的二氧化硫和甲醚逸出。然後開凝結管口，通蒸汽蒸餾。蒸餾溫度約 116 度，三小時蒸餾完畢。蒸出物大部是鹽酸和二氯化甲胂，在溫度冷卻到 97 度，便液化變成油狀體，流入收受器，和鹽酸分成兩層液面，很容易分開。

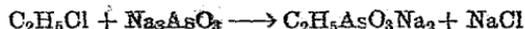
(D) 精製 最後所得二氯化甲胂，和鹽酸分開後，便送入蒸餾器中，蒸餾精製，收集在 129 度到 132 度間的蒸出物，比重大約在 1.71 到 1.84 間，需八小時蒸餾方始完畢。

(二) 二氯化乙胂 (Ethyl Dichlorarsin)

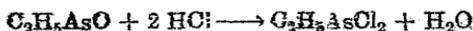
(1) 原料 二氯化乙胂的製造方法，也和二氯化甲胂製法差不多。所用原料，可用氯化乙烷來代替硫酸甲烷。其他原料，都和製造二氯化甲胂時同。

(2) 機械和手續

(A) 氧化乙亞砷(Ethyl Arsenous Oxide)的製備 安置亞砷酸鈉(Sodium Arsenite)在三百公升容積的高壓蒸餾器裏，加入十分之3至4的氯乙烷，升高溫度到92度上下，保持壓力在10到15大氣壓間。1.5小時後，把氯乙烷餘量統統加入，猛烈攪拌，大約13小時，減低壓力到6氣壓，蒸去作用時所生成的乙醇和過量的氯乙烷，時時取樣試驗，檢察亞砷酸鈉的餘量。假使在百分之20以下時，便可以了。於是沖入冷水，溶解固形物，抽入槽中，用鹽酸中和，再通二氧化硫，加熱到70度，氧化乙亞砷便成油狀體析出，很容易和溶液分離。



(B) 由二氯化乙腈製得 把上面所製得的氧化乙亞砷放在包鉛的鐵罐中，罐外環包着冷水，罐中用攪拌機攪拌，加鹽酸來處理，同時導入氯化氫，稍稍減低壓力，絕對保持溫度在95度以下，約一兩天後，氯化氫的吸入，達飽和程度，便可停止工作；抽入真空蒸餾器中蒸餾。全部機件應加外套，而用一定量空氣通入套中，所生氣體，導入烟突而燃燒去除，絕不可任意逸散在室內。至於二氧化硫和氯化氫通入後，沒有吸收掉的餘氣，也要完全通到吸收塔去用水來吸收，一方面可以收回應用，一方面可以合乎工廠衛生。

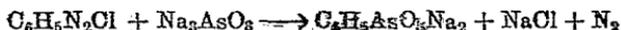
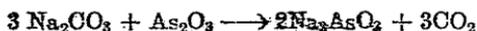


(三) 二苯胂腓 (Diphenylchlorarsine)

(1) 原料 二苯胂腓的製法，也看當有相當的麻煩。所用原料，除掉亞砷酸鈉、二氧化硫、鹽酸、以及氫化氫以外，還要用苯胺、亞硝酸、和亞硫酸氫鈉等藥品。

(2) 機械和手續

(A) 用三氧化砷溶解在亞砷酸鈉溶液中，加入 20 公斤硫酸銅溶液。另外用 279 公斤苯胺，溶解在 3000 公升淨水裏，再加適量的鹽酸，冷卻到 5 度以下，加入適量的亞硝酸，於是可製得氯化重氮苯 (Chlordizonium benzene)。把這氯化重氮苯液慢慢流入亞砷酸鈉液中，保持溫度在 15 度左右，隨時攪拌，約 3 小時作用完成：

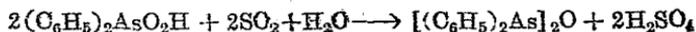
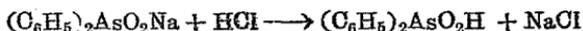
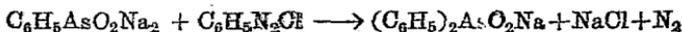
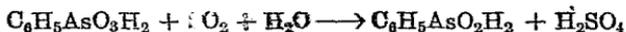


(B) 經壓濾過濾，把焦類物除去，用鹽酸中和，並用鹽析法把砷酸、苯鹽析出來。



(C) 用亞硫酸氫鈉還原砷酸苯，藉蒸汽加熱到 80 度，同時不停攪拌，砷酸苯便變成油狀體的亞砷酸苯而析出。和 40 度波美的氫氧化鈉液作用，可以製成亞砷酸苯鈉。用水稀釋，冷卻到 15 度，慢慢注入氯化重氮苯液，攪拌後加鹽酸，經壓濾過濾，去除水份。再溶解在 20 度波美的鹽酸中，加熱到 80 度，通入二氧化硫，約 8 小時，

作用完成。二苯氣肺成油狀體分出，澄清離去溶液，經真空蒸發，就得精製了。



(3) 用途 二苯氣肺也是重要噴嚏性毒氣，軍火上用做藍十字毒氣彈。

附 錄 一

參 考 書 籍

- A. J. Allmand : Applied Electrochemistry
A. J. Allmand & H. J. T. Ellingham : The Principles of Applied Electrochemistry
Allen Rogers : Industrial Chemistry
Amos A. Fries & Clarence J. West : Chemical Warefare
Arthur R. Warner : Coal Tar Distillation & Working up the Tar Products
Charles Bingham : The Manufacture of Carbide of Calcium
Charles Simmond : Alcohol
E. D. B. Barnett : Anthracene & Anthraquinone
Edward Chauncey Warden : The Nitrocellulose Industry
Edward Thorpe : A Dictionary of Applied Chemistry
Geoffrey Martin : Chlorine & Chlorine Products
Geoffrey Martin : Industrial & Manufacturing Chemistry
Geoffrey Martin : Sulfuric Acid & Sulfur Products
Geoffrey Martin : The Salt & Alkali Industry
George Lunge : The Manufacture of Acids & Alkalis
Grase : Petroleum & its Products
H. M. Bunbury : The Destructive Distillation of Wood
Horace C. Porter : Coal Carbonization
Hugh S. Taylor : Industrial Hydrogen
J. G. McIntosh : Industrial Alcohol
Joseph Knox : The Fixation of Atmospheric Nitrogen
J. R. Partington : The Alkali Industry
J. W. Mellor : A Comprehensive Treatise on Inorganic & Theoretical Chemistry
Koppe : Glycerine
Laury : Hydrochloric Acid & Sodium Sulfate
L. F. Hawley : Wood Distillation
L. L. Lamborn : Modern Soaps, Candles & Glycerine
Marshall : Explosives
M. Klar : The Technology of Wood Distillation
Mois H. Avram : The Rayon Industry
Molinaré : Industrial Organic Chemistry
P. H. Groggins : Aniline & its Derivatives
R. W. Sindall : Paper Technology
Sadtler : Industrial Organic Chemistry
Sadtler & Matos : Industrial Organic Chemistry
Schotz : Synthetic Organic Compounds
Smith : T. N. T. & Other Nitrofluorines
T. H. P. Heriot : The Manufacture of Sugar from the Cane & the Beet
T. P. Hou : Manufacture of Soda
Tressler : Marine Products
W. L. Badger & E. M. Baker : Inorganic Chemistry Technology

公分(即克)(g)	公厘(dg)	公毫(cg)	公絲(mg)	
1 =	10 =	100 =	1000	
	1 毫米	10 =	100	
		1 =	10	
噸(tn)	磅(cwt)	石值(qr)	斯冬(st)	磅(lb)
1 =	20 =	80 =	160 =	2240
	1 =	4 =	8 =	112
		1 =	2 =	28
			1 =	14

(四) 折合表

	英制	通用制	市用制
度	1 吋 =	2.540 公分 =	7.620 市分
	1 呎 =	30.48 公分 =	91.44 市分
	1 碼 =	0.9144 公尺 =	2.743 市尺
	1 哩 =	1.6093 公里 =	3.219 市里
量	1 品脫 =	0.5682 公升 =	0.5682 市升
	1 加倫 =	4.546 公升 =	4.546 市升
	1 溫司 =	28.35 公分 =	90.72 市分
衡	1 磅 =	0.4536 公斤 =	0.9072 市斤
	1 噸 =	1.016 公噸 =	2.032 市噸

附 錄 三

(一) 波美比重推算式

(甲) 比水重時(在 15°C 時)

$$\text{波美度} = 145 - \frac{145}{\text{比重}}$$

(乙) 比水輕時(在 15°C 時)

$$\text{波美度} = \frac{140}{\text{比重}} - 130$$

(二) 華氏攝氏溫度推算式

$$\frac{\text{攝氏度}}{5} = \frac{\text{華氏度} - 32}{9}$$

索 引

A

- Absolute alcohol 無水乙醇, 167
 Acetic acid 乙酸, 181
 Acetic anhydride 乙酐, 193
 Acetone 丙酮, 178
 Acetophenone 苯乙酮, 180
 Acetylaldehyde 乙醛, 175
 Acetyl chloride 氯化乙酰基, 188
 Acetylene 乙炔, 115
 Active carbon 活性碳, 5
 Alizarine 二羥葑萘醌, 192
 Alum 明礬, 69
 Aluminium acetate 乙酸鋁, 195
 Aluminium sulfate 硫酸鋁, 69
 Alum shale 鋁頁岩, 70
 Alunite 礬石, 70
 Ammonia 氨, 46, 50
 Ammonium chloride 氯化銨, 72
 Ammonium hydroxide 氫氧化銨, 46
 Ammonium nitrate 硝酸銨, 86
 Ammonium sulfate 硫酸銨, 66
 Amyl acetate 乙酯戊酯, 194
 Amyl alcohol 戊醇, 159
 Aniline 苯胺, 140
 Anthracene 蒽, 123
 Anthraquinone 蒽醌, 179
 Antimony sulfide 硫化銻, 113
 Aspirin 阿斯匹靈, 193

B

- Baking powder 焙粉, 191
 Barium oxide 氧化鋇, 107
 Brium peroxide 過氧化鋇, 107

- Barium sulfate 硫酸鋇, 69
 Bauxite 鋁礬石, 69
 Benzaldehyde 苯甲醛, 176
 Benzene 苯, 117
 Benzene sulfonic acid 苯磺酸, 139
 Benzenyl chloride 氯化苄基, 139
 Benzoic acid 苯甲酸, 187
 Benzoyl peroxide 過氧化苯甲酸, 193
 Benzyl chloride 氯化苄, 139
 Black ash 黑灰, 56
 Bleaching liquid 漂白液, 83
 Bleaching powder 漂白粉, 83
 Blue vitriol 膽礬, 71
 Borax 硼砂, 88
 Eoric acid 硼酸, 45
 Brine 鹽水, 69
 Bromoacetone 溴丙酮, 179
 Bromobenzyl cyanide 氯化溴苄基, 139
 Bromoform 三溴甲烷, 136
 Butyl alcohol 丁醇, 159

C

- Calcium acetate 乙酸鈣, 195
 Calcium borate 硼酸鈣, 83
 Calcium carbide 碳化鈣, 114
 Calcium carbonate 碳酸鈣, 99
 Calcium chloride 氯化鈣, 76
 Calcium chlorohypochlorite 氯次氯酸鈣, 83
 Calcium citrate 檸檬酸三鈣, 191
 Calcium cyanimide 氰基化鈣, 197
 Calcium fluoride 氟化鈣, 42
 Calcium lactate 二羥丙酸鈣, 190
 Calcium nitrate 硝酸鈣, 35

Calcium oxide 氧化鈣, 107
 Calcium phosphate 磷酸鈣, 87
 Calcium picrate 三硝基磷酸鈣, 142
 Calcium sulfate 硫酸鈣, 67
 Calcium sulfide 硫化鈣, 112
 Calcium super phosphate 過磷酸鈣, 87
 Calcium tartrate 二羧丁二酸鈣, 190
 Canè, sugar 蔗糖, 199
 Carbolic acid 石炭酸, 163
 Carbon 碳, 5
 Carbon dioxide 二氧化碳, 92
 Carbon disulfide 二硫化碳, 112
 Carbon monoxide 一氧化碳, 47
 Carbon tetrachloride 四氯化碳, 136
 Caustic soda 苛性鈉, 65
 Cellulose 纖維, 201
 Cellulose acetate 乙酸纖維, 193
 Chili saltpetre 智利硝石, 27
 Chloracetic acid 氯化乙酸, 179
 Chloroacetyl chloride 氯化乙酰氯, 179
 Chlordiazonium benzenè 氯化重鉍素, 210
 Chlor ethandiol 氯代乙二醇, 172
 Chlorine 氯, 57
 Chloroacetophenone 氯乙酮, 179
 Chloroform 三氯甲烷, 134
 Chloropicrin 硝基三氯甲烷, 142
 Chromium alum 鉻明礬, 70
 Chromium hydroxide 氫氧化鉻, 70
 Chromium sulfate 硫酸鉻, 70
 Citric acid 羧基戊三酸, 191
 Common salt 食鹽, 72
 Copper acetate 醋酸銅, 195
 Cream of tartar 吐酒石, 195

D

Dextrin 糊精, 201

Dichloroethane 二氯乙烷, 171
 Dichloroethylthioether 二氯乙硫醚, 171
 Diphenyl chlorarsin 二苯氯膦, 210
 Dolomite 白雲石, 68
 Dry ice 乾冰, 109

E

Empson salt 葛利鹽, 68
 Ether 乙醚, 170
 Ethyl acetate 乙酸乙酯, 194
 Ethyl alcohol 乙醇, 149
 Ethyl arsenous oxide 氯化乙基亞砷, 210
 Ethyl butyrate 丁酸乙酯, 194
 Ethyl chloride 氯乙烷, 209
 Ethyl dichlorarsin 二氯乙膦, 208
 Ethylene 乙烯, 172
 Ethyl tetrachloride 四氯乙烷, 136

F

Ferrous bromide 溴化亞鐵, 79
 Ferrous sulfate 硫酸亞鐵, 70
 Fixation of nitrogen 氮的固定, 31
 Formaldehyde 甲醛, 173
 Formiline 福爾馬林, 173
 Formic acid 甲酸, 181

G

Gallic acid 沒食子酸, 192
 Gasoline 汽油, 124
 Glacial acetic acid 冰乙酸, 183
 Glauber salt 芒硝, 66
 Glucose 葡萄糖, 198
 Glycerin 甘油, 160
 Glycerol 丙三醇, 160
 Graphite 石墨, 7
 Green vitriol 綠礬, 71

Gun cotton 火藥棉, 203
Gypsum 石膏, 67

H

Hydrochloric acid 鹽酸, 38
Hydrofluoric acid 氫氟酸, 42
Hydrogen 氫, 47
Hydrogen chloride 氯化氫, 38
Hydrogen peroxide 過氧化氫, 107
Hydrogen sulfide 硫化氫, 21
Hypo 大蘇打, 103

I

Iodine 碘, 78
Iodoform 三碘甲烷, 136
Iron acetate 乙酸鐵, 195

L

Lactic acid 二羧丙酸, 190
Lead acetate 乙酸鉛, 195
Lead oxide 氧化鉛, 109
Lead sulfate 硫酸鉛, 71
Light oil 輕油, 119
Lime 石灰, 107
Lime stone 石灰石, 107
Litharge 密陀僧, 110
Lubricating oil 塗滑油, 126

M

Magnesium carbonate 碳酸鎂, 99
Magnesium chloride 氯化鎂, 77
Magnesium oxide 氧化鎂, 109
Magnesium sulfate 硫酸鎂, 68
Maltose 麥芽糖, 198
Manganese dioxide 二氧化錳, 110
Methanol 甲醇, 143
Methyl alcohol 甲醇, 143

Methyl dichlorarsite 二氯砷酸, 207
Methyl sulfate 硫酸甲酯, 107
Mercury film note 留影紙, 196
Mercury nitrate 硝酸汞, 176
Mixed acid 混合酸, 136
Mustard gas 芥子氣, 172

N

Naphthalene 萘, 172
Naphthol 萘酚, 161
Naphthyl amine sulfate 硫酸萘胺, 163
Nitric acid 硝酸, 27
Nitro-benzene 硝基苯, 136
Nitrocellulose 硝化纖維素, 203
Nitrochloroform 三氯三硝甲烷, 142
Nitrogen oxide 氧化氮, 11
Nitro-glycerine 硝化甘油, 165
Nitro-starch 硝化澱粉, 206

O

Oleic acid 油酸, 183
Oleum 發烟硫酸, 26
Oxalic acid 乙二酸, 187

P

Persulfuric acid 過硫酸, 107
Phenetriol 苯三酚, 163
Phenodiol 苯二酚, 163
Phenol 酚, 161
Phenyl amine 苯胺, 140
Phosgen 光氣, 193
Phosphoric acid 磷酸, 44
Phosphorus 磷, 7
Phosphorus pentoxide 五氧化二磷, 44
Phthalic acid 苯二甲酸, 189
Picric acid 硝基酚, 166
Pitch 瀝青, 124
Plaster of paris 燒石膏, 68

- Potassium bromide 溴化鉀, 77
 Potassium carbonate 碳酸鉀, 99
 Potassium chlorate 氯酸鉀, 80
 Potassium chloride 氯化鉀, 74
 Potassium chromate 鉻酸鉀, 101
 Potassium cyanide 氰化鉀, 105
 Potassium dichromate 重鉻酸鉀, 101
 Potassium ferrocyanide 亞鐵氰化鉀, 105
 Potassium hydroxide 氫氧化鉀, 65
 Potassium iodide 碘化鉀, 77
 Potassium manganate 錳酸鉀, 102
 Potassium nitrate 硝酸鉀, 86
 Potassium permanganate 高錳酸鉀, 102
 Potassium sulfate 硫酸鉀, 67
 Producer gas 清煤氣, 46
 Pyridine 吡啶, 氮素, 121
 Pyrogalllic acid 鹼性沒食子酸, 163
 Pyrroligenous acid 鴉木酸, 144
 Pyrolusite 礬石, 軟錳礦, 110
- R**
- Red lead 紅鉛, 110
 Red phosphorus 紅磷, 8
- S**
- Salicylic acid 隣羥基苯甲酸, 191
 Salt cake 鹽餅, 40
 Saltpetre 硝石, 27
 Slaked lime 消石灰, 83
 Sodium acetate 乙酸鈉, 195
 Sodium arsenite 亞砷酸鈉, 209
 Sodium benzen sulfonate 苯磺酸鈉, 163
 Sodium bicarbonate 碳酸氫鈉, 99
 Sodium bisulfate 硫酸氫鈉, 71
 Sodium bisulfite 亞硫酸氫鈉, 71
 Sodium carbonate 碳酸鈉, 88
 Sodium chloride 氯化鈉, 72
 Sodium cyanide 氰化鈉, 105
 Sodium hydroxide 氫氧化鈉, 56
 Sodium hypochlorite 次氯酸鈉, 83
 Sodium meta-borate 偏硼酸鈉, 88
 Sodium methyl arsenite 亞砷酸甲基鈉, 207
 Sodium nitrate 硝酸鈉, 85
 Sodium nitrite 亞硝酸鈉, 85
 Sodium phenolate 酚鈉, 163
 Sodium pyroborate 焦硼酸鈉, 88
 Sodium salicylate 隣羥基苯甲酸鈉, 163
 Sodium silicate 矽酸鈉, 100
 Sodium sulfate 硫酸鈉, 66
 Sodium sulfide 硫化鈉, 111
 Sodium sulfite 亞硫酸鈉, 71
 Sodium thiosulfate 硫代硫酸鈉, 103
 Starch, 200
 Stearic acid 十八酸, 183
 Sulfanilic acid 氨基苯磺酸, 142
 Sulfonated phenol 磺酸酚, 167
 Sulfur 硫, 10
 Sulfur chloride 氯化硫, 171
 Sulfur dioxide 二氧化硫, 10
 Sulfuric acid 硫酸, 10
 Sulfuric acid anhydride 硫酸酐, 24
 Sulfurous acid anhydride 亞硫酸酐, 11
 Sulfur trioxide 三氧化硫, 24
- T**
- Tartaric acid 二羧丁二酸, 190
 Toluene 甲苯, 122
 Trinitrophenol 三硝基酚, 166
 Trinitrotoluene 三硝基甲苯, 137
- V**
- Vaseline 凡士林, 151

W

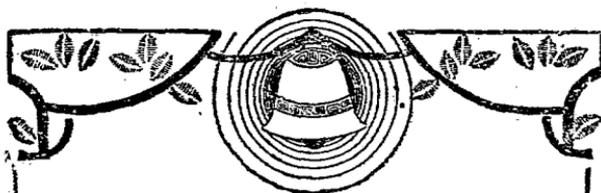
Washing soda 洗濯鹼, 92
Water gas 水煤氣, 46
Water glass 水玻璃, 100
Wax 石蠟, 131
White vitriol 皓礬, 71
Wood spirit 木醇, 144

X

Xylene 二甲苯, 124

Z

Zinc oxide 氧化鋅, 109
Zinc sulfate 硫酸鋅, 71
Zinc sulfide 硫化鋅, 113



版權所有
翻印必究

中華民國二十六年五月初版
中華民國二十九年五月五版國紙本

工業藥品製造法

全一冊

(外埠酌加運費雜費)

編著者	顧 毓 珍	吳 守 忠
發行人	吳 秉 常	
印刷所	正 中 書 局	
發行所	正 中 書 局	

633,

