

大學叢書

# 鹽酸製造法

余孟傑著

商務印書館出版

# 目 次

## 緒論

第一章	格勞伯作業	4
第一節	原料	4
第二節	用鑄鐵甌製造	5
第三節	用鍋與爐製造	9
第四節	人工爐之操作法	26
第五節	用硝餅之作業法	31
第二章	哈古里夫斯—羅濱遜作業	35
第一節	通論	35
第二節	原料	36
第三節	作業方法	37
第三章	合成鹽酸、副產鹽酸與用氯化鎂製造鹽酸	43
第一節	合成鹽酸	43
第二節	副產鹽酸	48
第三節	用氯化鎂製造鹽酸	49

---

第四章	鹽酸之凝縮	51
第一節	鹽酸凝縮之理論	51
第二節	冷却與導管	55
第三節	吸收瓶	57
第四節	凝縮塔	62
第五節	凝縮系統	68
第五章	鹽酸之提純、工程材料及用途	75
第一節	鹽酸之提純	75
第二節	鹽酸裝置之構製材料	78
第三節	鹽酸之用途	80

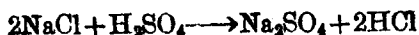
# 鹽酸製造法

## 緒論

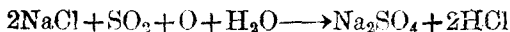
鹽酸工業之歷史，與路布蘭製鹼業有密切關係。十九世紀為化學工業之萌芽時期，其中最重要者即路布蘭製鹼業，此製鹼法之第一步反應，為令食鹽與硫酸作用，以製硫酸鈉，同時有氯化氫氣體發生。在鹼業始創時期，因其製造規模甚小，此項氯化氫氣體逕令逸入空中。嗣後，英國製鹼業甚為發達，工廠規模亦大，此項氯化氫氣體逸入大氣中，為害人畜植物甚大，頗遭附近居民之反對。1863年英國政府頒布鹼工業法令(alkali act)迫令各廠設法回收氯化氫氣體。此時期之凝縮裝置，以哥塞治(Gossage)設計之焦炭塔最著成效。但該時收集得之鹽酸，尙未有何用途。嗣後，因染織業需要大量漂白粉，始利用鹽酸為製造氯氣與漂白粉之原料。今日，路布蘭工業已形湮滅，但因玻璃業上需要大量硫酸鈉，染料業所需之硫化鈉亦須由硫酸鈉製造，故此步工業，仍巍然存在。就現今趨勢而論，由食鹽與硫酸製鹽酸之工業發展程度，乃以供應硫酸鈉之需要量為度。超出此額之鹽酸需要量，除有副產鹽酸之供應外，可由電解法所得之氯、氫二氣合成。

在工業上應用之氯化氫氣體發生法有五：

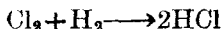
(1)格勞伯法(Glauber process) 此法發軔最早，為路布蘭製鹼工業之第一步作業。



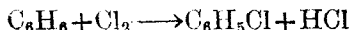
(2) 哈古里夫斯—羅濱遜法 (Hargreaves-Robinson process) 此法係利用二氧化硫通過潮濕鹽塊作用而成。



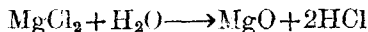
(3) 合成法 此法係將電解食鹽水所得之氯、氫二氣，在觸媒下化合，或在無觸媒下燃燒而成。



(4) 副產法 有機工業之氯化作業，亦能放出氯化氫。例如氯苯之反應如下：



(5) 氯化鎂分解法 以水蒸汽導入焙熱之氯化鎂而成。



發生之氯化氫氣體，用水吸收凝縮，造成鹽酸。凝縮裝置有吸收瓶、焦炭塔、S形吸收管、齊倫塔 (Zerlen tower) 等。至於採用何種裝置，須視氯化氫氣之濃度、製品品質之要求、各地之情況而定。

本書對以上各項均普遍加以討論，更結合國內作業情況，應用較多者加以詳細之敘述。例如，格勞伯法作業在國內使用較多，且為最基本的方法。此作業之裝置可使用鑄鐵甌、鍋與焙爐、機械爐、迴轉爐等。我國機械工業不發達，以使用鍋與焙爐為多，故亦以此方面之討論較詳。此外，關於鹽酸之提純，鹽酸裝置之構製材料，及鹽酸之用途等亦於篇末加以敘述。

國內鹽酸製造之廠家，約有二十餘單位，產量均不算甚大。其中以用格勞伯法者為最多，其次為合成法，再次為副產法。此外哈古里夫斯—羅濱遜法從前曾有一廠使用，現已停止此項作業；氯化鎂分解法僅在抗戰期間鹽酸供應困難之地區，偶有用此法實行小量製造者。故大體言之，各種之製造方式國內大都已經使用過，不過較重要的方法與國內較

易自己製造之裝置，使用較多而已。此外，國內廠家因設備之因陋就簡與工廠管理之未臻嚴格，故其氯化氫氣體之凝縮率與成品規格之要求，均較工業先進國家為低。故在鹽酸製造上，無論是質的方面、量的方面或經濟核算方面，均當為今後努力增進的方向。

# 第一章 格勞伯作業

## 第一節 原料

1. 食鹽 食鹽以選用含不純物少、易溶解而對硫酸作用迅速者為佳。鹽粒大小以豌豆粒大小為合格。過細之粉末能呆滯鍋底，不易流動；加硫酸時，混和不易均勻，使硫酸難以透入，未能迅速作用。

岩鹽之不純者如斯塔福特岩鹽 (Stassfurt salt) 含有石膏，查賽爾岩鹽 (Cheshire salt) 含氧化鐵過多，均不適用。但純淨之岩鹽，所含水分極微，可以不計，含 NaCl 可至 98—99%，品質均勻，則甚適用。不過在使用岩鹽時，須預先施行粉碎，而有耗費人工之缺點。粉碎作業僅將岩鹽粗碎，並用  $\frac{1}{2}$  吋篩孔之篩，將粉末篩去。

海鹽在晒製初成時含不純物過多，不甚適用。但若令晒得海鹽堆積於鹽坨內，經冬，則鹽粒上附着之母液漸行排去，又被雨水之淋洗，不純物被溶解而洗除。海鹽經過此漫長時間之放置，不純物大部已行除去，而海鹽本身又有易溶解之優點，用之頗為適宜。

再製鹽分“鍋鹽 (pan-salt)”與“黃油鹽 (butter-salt)”兩種。① 鍋鹽為在沸點以下之溫度，蒸發而成之再製鹽。鹽粒較大，結晶甚鬆散，② 易於吸收酸，溶解甚速，頗為適用。但此種鹽含有多量水分且常含不純物，是其缺點。黃油鹽為在沸點溫度下蒸發而成之再製鹽。鹽粒過於細小，

---

① “鍋鹽 (pan salt)”係用長方形的平底淺鍋 (shallow pan) 製成，故名之為鍋鹽。

“黃油鹽 (butter salt)”因其鹽粒甚為細小，適於製造黃油之用，故名之為黃油鹽。

② 鍋鹽之孔性較大，就每立方呎體積之重量言之，鍋鹽為 43 磅，粗碎岩鹽 76—84 磅，粉碎岩鹽 70 磅，由此可見鍋鹽結晶遠較岩鹽為鬆散。

不合使用。但在哈古里夫斯法作業上，則可使用。

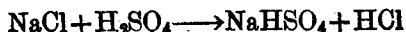
2. 硫酸 硫酸可用室酸或塔酸。硫酸中所含之不純物，對於鹽餅之用途，普通無甚妨礙。僅在製造供玻璃業用之鹽餅，則鉛室法硫酸中所含之鐵分帶入鹽餅中為不相宜。又硫酸中所含之砷，在格勞伯法作業中揮發，混入氯化氫氣體中，則製得之鹽酸不適於直接供食品業之應用。

硫酸之濃度甚關重要，最好是  $60-61^{\circ} B_6$ 。過濃之硫酸，作用太激烈，泡沫湧起，<sup>①</sup>且使物料固結過速而來不及充分地攪拌以混和均勻。再由另一方面言之，硫酸濃度無論如何，又不得低於  $56^{\circ} B_6$ 。用此種濃度較低之硫酸，雖然使作業緩慢，製出鹽酸濃度較小，但對於操作上尚無多大妨礙。但若濃度低至  $56^{\circ} B_6$  以下，則務必注意到須預經濃縮再行使用。此項濃縮作業可利用鹽餅爐之廢火氣行之。過稀之硫酸在鹽餅爐中蒸發出大量之水蒸汽，隨同氯化氫氣體導入吸收瓶中時，水蒸汽即行凝縮放出大量熱，使氯化氫氣體之凝縮作業發生困難。並且稀酸對焙鍋侵蝕頗甚，對鍋之使用壽命上，損害甚大。

3. 硝餅 此物供代替一部分之硫酸用。用前須預先測定其游離酸含量，以決定其相當於若干硫酸之效力。用時須打成碎塊充入鍋內。普通使用硝餅之工廠，為將硫酸用量之  $\frac{1}{10}$  用硝餅代替。如全部用硝餅代替，則須依照馬雅(Meyer)的作業方法（或用機械爐）行之。

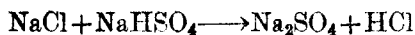
## 第二節 用鑄鐵甌製造

1. 格勞伯法之反應 食鹽與硫酸作用之化學反應，分下列兩步進行。



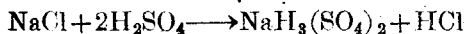
<sup>①</sup> 遇此情形，加小量牛脂，可以遏止泡沫之湧起。



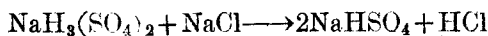


第一步在較低溫度下發生，第二步在紅熱時發生，兩者無絕對區分的界限。以用鍋與爐的作業為例，理論上第一步反應在鍋中進行，第二步反應在爐中進行，但實際作業上鍋氣（溫度約 250°）放出之 HCl 不只占總量之 50%，而為 65—75%，爐氣（溫度約 400°C）放出之 HCl 量僅占 25—35%。

據弗勒內 (Volney) ①之研究，在 18°C 下食鹽與濃硫酸作用之反應為：



在冷時，反應只進行到此程度為止。加熱始能發生下列反應：



此時溫度為 120°C。

2. 裝置方法 用鑄鐵甌 (cast-iron retort or cylinder) 製造，設備甚為簡單，可用於以鹽酸為主產品之工廠，於今歐美之小規模工廠，猶有用者。在我國有些地區鹽酸需用量不大，而交通不便，不易由他處運來者，則頗可採取此種簡單的裝置以行製造。

此式裝置之構造如圖 1—3，A 為圓筒，B 為生火處，C 為隔牆，D 為火拱，e, f, g 為煙道。圓筒後端蓋以鑄鐵板或磚壁，磚隙宜極狹，係由 7 份彈性黏土與 1 份煨火土混和砌築而成；如此仍未能久耐熔融物料之作用，以用一塊圓石板或陶板較佳。此端有一缸瓷管 a，連於缸瓷接頭 j，導至接受器 I。接頭可敷黏土或石膏塞緊。第一排接受器各經管 K 連於相當之第二排接受器，而第二排接受器由管 L 次第互相連接，第二排末端由銜接管 (junction pipe) L'，連於第三排；依同法，由銜接管

① Volney, J. Amer. Chem. Soc., 23, 820.

L', M, N, O, P 等依次連於第四排、第五、六排等，最後導至煙囪 H。但煙囪往往發生過甚之運風，以致有大量氯化氫氣體未得凝縮而逸出空氣中，不如用焦炭塔凝縮之完全。接受器之數目及其凝縮限度以得容末端氣體之自由放出為度。

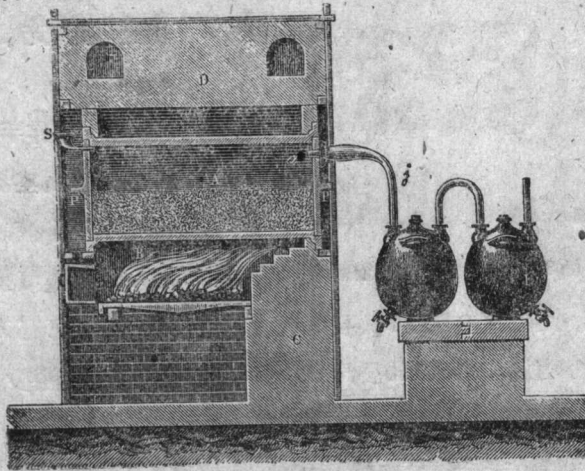


圖 1 鑄鐵瓶裝置之縱斷面

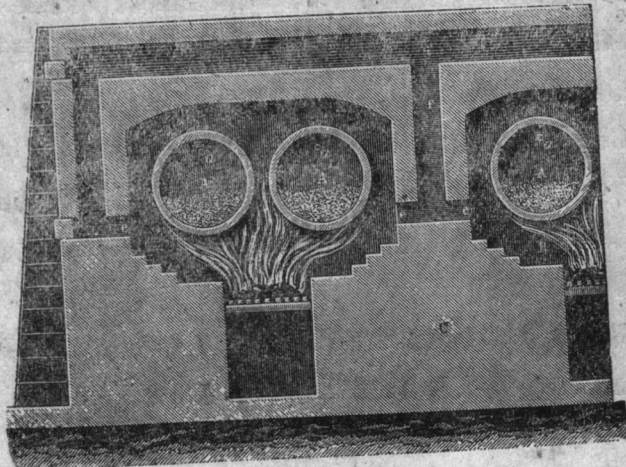


圖 2 鑄鐵瓶裝置之正斷面

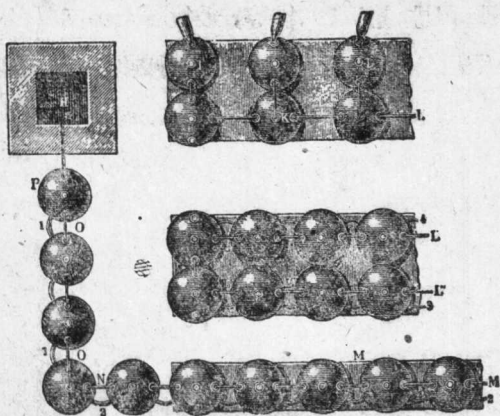


圖3 鑄鐵飯裝置之凝縮系統

圓筒前端在每次充料後，用具小柄之鑄鐵蓋P蓋好，以黏土敷緊。蓋上有2½吋孔R，連以漏斗管S，供充酸用。充畢，以塞S'塞緊。

3. 操作手續 第一排接受器為空器，其他排皆充水至半滿。第一排為用以留住隨氣帶出之硫酸與硫酸鈉。用直徑2呎2吋、長5呎6吋之圓筒，每次可充160公斤食鹽。加蓋後，由漏斗導入120公斤60°Bé硫酸（較當量值稍少）。再取出漏斗，用塞閉緊。加酸後，內部立起反應，徐徐加火，以助反應之進行。鐵筒甚易使反應物完全變至中性硫酸鈉，故加酸量不必超過當量值，甚至較此為少，因為硫酸較食鹽為價昂，如此較合經濟。酸濃度愈稀，則鐵筒受侵蝕愈甚，因此，不得在60°Bé以下。此濃度硫酸在冷時已可起作用，故僅在稍過些時始需加熱。

放出之氯化氫氣體凝於吳勒夫瓶（Woulf bottle）內，各瓶間有溢流管（overflow pipe）令氣體與水流方向逆行，由第二排導出濃鹽酸。如此，每160公斤食鹽能產出200—208公斤含40% HCl之鹽酸（21—22°Bé）。

待導氣管冷卻，是為作用完畢之徵。可停火，用彎鈎通入孔R內，以拉開筒蓋。如令長鈎繫於筒前方之滑車上，應用尤便。然後耙出鹽餅，成一整塊或兩塊，重180—184公斤。此鹽餅不純，含硫酸鈉與未作用之食鹽，稱為“筒餅（cylinder-cake）”，僅可供製造瓶玻璃用，故大多數為歸

驗廠精製成良質鹽餅。

### 第三節 用鍋與爐製造

1. 通論 大規模製造，須用鍋與爐 (pot and furnace) 聯合行之。此式設備包括兩部分：(1) 分解鍋 (decomposing-pan or pot) 係鑄鐵製或鉛製。(2) 焙爐 (roaster or furnace) 係用磚砌成。爐之設計須注意下列各條件：

(1) 鹽酸之濃度 製最強濃度供銷售者最好用悶爐 (閉爐)，製中強濃度供工廠應用者，可用開爐或悶爐，至於只凝成極稀溶液而廢棄者，僅用許多分解鍋，以上方火加熱可矣。凡欲使製品濃度大，必須使混入之空氣與火氣少。

(2) 生產力 生產力大，則可節省時間與工資。開爐較悶爐生產力大，而用上方火加熱分解鍋者尤大。利用焙爐餘熱加熱分解鍋者，因兩者完成時間之不等，有一方須等待他方，不及用兩火分別加熱者生產力為大。又鐵鍋較鉛鍋生產力大，因為前者可加強火力與強力耙動。爐之大小關係生產力亦大，用機械爐可能達到最大生產力。

(3) 燃料之消耗 燃料貴而人工廉者，則爐之設計不着重於生產力方面而着重於節省燃料。如是，分解鍋可用焙爐餘熱加熱，甚至鍋與焙爐均用黑灰爐餘熱加熱。

(4) 鹽餅之純度 製不含鐵之鹽餅，供玻璃廠用者，可用鉛鍋。至於鹽餅純度無關重要，如供驗業用者，則幾皆用鑄鐵鍋。

2. 鑄鐵鍋 用鑄鐵製分解鍋，遠較鉛鍋為普遍。凡製造供驗業用之鹽餅皆用之。其形如淺盤狀，直徑 9—11 呎，深 1 呎 9 吋—2 呎 6 吋，鍋心最厚為 5—7 吋，鍋邊最薄為 2—3 吋，全重約 5—6½ 噸。鍋邊可為坦平式 (even)，或水平緣式 (plain horizontal flange)，或水平緣外具直

沿之式(upstanding margin on a horizontal flange), (圖4)。此三式

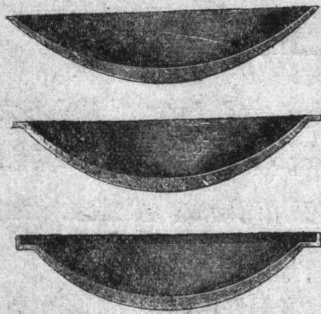


圖4 鍋邊之形式

對物料之湧出與酸氣放出上, 情形各異; 於今, 皆有用者, 但以第三式最好。圖5之設計, 恰合充料1噸用。蓋拱之建築常令與鍋邊不相倚, 則當鍋裂換新鍋時可不必拆除頂拱, 僅需拆前壁。又鍋底磚壁較易損壞, 頂拱則不易毀損, 如果頂拱不令倚於鍋緣上, 可耐用至更換數個鍋之久。通常令鍋底約與地面齊平, 火口築於

地下, 以使工作門之位置便於操作, 約離地面2呎—2呎6吋。在分解室內, 鍋與爐(pan-furnace)前方須留相當空地, 以便換鍋時, 舊鍋用絞盤(winch)曳出, 換入新鍋。

此時工作已停, 即由全部司爐工人任此事。

鍋邊鑄有兩耳, 絞盤之鏈即繫於耳上, 將新鍋放在堅牢之小木車或小鐵車(bogie)上, 車輪下墊以平滑鐵桿, 以推至鍋拱下。舊鍋亦照同法曳出, 或者將鍋直接放在預敷潤滑油之平滑鐵桿上推之。此項換鍋工作, 由拆前壁起至放入新鍋止, 用強壯工人勵行, 只需12—15小時。有些工廠令許多分解鍋排於一列上, 築一平行鐵軌, 以

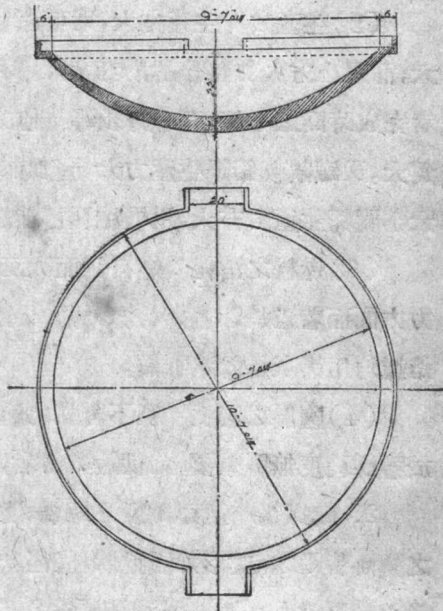


圖5 鑄鐵鍋(充料1噸用)

便曳運鹽餅及用天頂吊車(travelling crane)換鍋。

至於用鍋邊緣係水平緣，外具直沿之式者，則頂拱倚於鍋上，當無上述之便利(圖7—9即係此式)。如此，換鍋時須拆除頂拱再築，全部需時較上述多加12—16小時。導出鍋氣用之缸瓷管，如係由頂拱中央通入者，宜支於屋頂之樑上，以便拆去頂拱時，此管不受影響。其由側面通入者，無需考慮此點。

此式建築，缺點已如上述，每次換鍋，需拆去頂拱，耗費時間與人工甚多。但有許多工廠反樂用之，乃因唯有此法能防止酸氣之逸入煙函內。用鍋邊為坦平式或水平緣式者，稍支於拱內，或僅接觸拱邊，或以矮牆連於拱邊，遇鍋料沸騰湧出時(此情形雖加防止，亦不免偶爾發生)。酸即侵損拱邊，造成鍋上與鍋下(即指生火處)之通隙；又因溫度之變化而鍋屢受膨脹與收縮，亦造成與拱邊之離隙。而且在操作中，煙函之運風力必須較凝縮系統為大，否則，不免有多量氯化氫氣體經隙縫逸入火道內，僅甚小隙縫，即足造成頗大損害，且難察覺。採用頂拱倚於鍋邊之式，則無此弊，沸酸既難溢出，逸氣又頗易察覺。惟採用“加壓爐(plus-pressure furance)”者，無需考慮此點，可採取較簡式之鍋。

為防湧溢之流弊起見，往往在鍋上加裝10吋高之鑄鐵環，如此，可使鍋與拱壁隔開，且湧起之酸，永難高達環頂。

分解鍋每經使用三個月，須轉動 $90^\circ$ 一次，以改換其受毀損最甚之部位，則其壽命當較普通為長，可耐用至18個月之久。但鍋之轉動，僅限於用頂拱不倚於鍋邊上者為可能。

鍋之質料(material)，關係其耐久性至大，其質料必須耐受(1)溫度之反復遞變(由冷的食鹽與預熱至 $100^\circ\text{C}$ 的硫酸變至反應所需之低紅熱狀態)；(2)不免生成鍋甲，造成局部過熱；(3)鍋底火與鍋內熱硫酸及熔融硫酸氫鈉之侵蝕。因上列諸原因，即最良之鍋，其壽命亦有

一定限度。普通以能耐用至九個月，共產出 2,500 噸鹽餅之鍋，即認為滿意。雖然有時甚至可產出至 4,000 噸，究屬特殊情形；大多數以不及此標準為多，甚至有僅經數日之作業，即告破裂者，亦屢見不鮮。為求其質料之耐用起見，必須由數種不同鐵料混和鑄成之。其配方各鑄造廠皆嚴守祕密，外人不得而知，且鑄造手續，必須極小心。茲舉一例，純木炭生鐵 (charcoal pig) 對溫度遽變之耐受力較焦炭生鐵 (coke pig) 為優，但過軟且過易受酸侵蝕乃其缺點。

龍格 (Lunge) 曾研究多種金屬混和物之耐酸力，依其結論，耐酸之鐵必須多含化合碳，少含石墨，多含鎂而少含矽。用前，須將鐵料投入熔融硫酸氫鉀試之。用 5.6 克鐵料浸於 27.2 克  $\text{KHSO}_4$ ，以失重不超過 25% 為合格。鑄造為在土坑內 (in loam) 行之，於鑄鐵模內敷以厚泥土，鍋底朝上，模上有許多通孔，供氣體之逸出；由直徑 9 吋，高 2 呎之充料頭 (feeding-head) 注入鑄料。鑄品務須密實，如不慎有氣孔 (blow-hole) 之生成，則全功盡棄，須行另鑄。英國專門鑄造分解鍋之公司有 Messrs. R. Daglish & Co. (St. Helens), The Widnes Foundry Company (Widnes) 等數廠。歐陸工廠大多由近處鑄造廠，定製鐵鍋，運輸較便。但其質料遠劣，故歐陸廠不得不以焙爐餘熱加熱分解鍋；在此情形下，平均鮮有耐用至產出 1,500 噸以上鹽餅者。若令鍋內物料於較稀狀態移至爐內，則耐用時間可較長。

安置鐵鍋及其操作之加以謹慎，亦關係耐用性甚大，固不待言，故必用富有經驗與技巧之工人行之。如果工人發現厚鍋甲之生成，不加處理，或突然推除，或放任鍋皮在焙後變紅熱，而立即充入冷鹽與冷酸等，則即使最良之分解鍋，亦易破裂；熔融硫酸氫鈉登時由裂隙流入生火處，立可察覺。優秀工廠遇此情形，立即停止工作換入新鍋。固然裂鍋仍可繼用數日，但鹽餅與氯化氫氣體損失甚鉅。除換鍋外，許多人曾試將



裂鍋補鋸、接合等，均證明其無效。

換鍋時對鍋下之生火處、火拱、側壁等，宜竭避拆動，除非該處亦需要修理。生火處 (fireplace) 之建築，須避免使鍋底過熱，因為鍋底最易破裂。此種受熱不均現象，可由裂鍋清除物料後知之；鍋內有些部分熾紅程度較大。普通補救之法為令一二個“鼾孔 (snore-holes)” 之孔口擴大或縮小一二吋，必須用富有經驗之築爐者，參預此事。為避免直火之損害起見，可令爐條 (firegrate) 位置距鍋底甚遠，或以多孔火拱 (pigeon-holed arch) 隔阻，如圖 7—8 所示。

採用悶爐式者，在歐陸普通恆以悶爐餘熱加熱分解鍋，可節省燃料且能避免因過熱使鍋激裂，而得採用劣質鑄鐵鍋。英倫為求生產力大之關係，多用兩火分別加熱。至於採用開爐式者，大都皆用兩火分別加熱。平常用悶爐餘熱加熱分解鍋者，亦須在悶爐側設另一煙道，以便換鍋時，火氣改由此道導出。

有些鹼廠，所用酸直接由格老華塔 (Glover tower) 或混酸槽 (塔酸與室酸混和) 導來，溫度尚熱，充入鍋內固無問題。除此以外，普通多另設一槽，以預熱硫酸。此槽係由襯鉛之鑄鐵或耐酸陶製成；利用鍋火餘熱或蒸汽管加熱。同時，利用此槽測量每次用酸之量。因此，附設有玻璃浮標或固定之鉛桿標。由此槽導出酸之法係應用一種虹吸裝置如圖 6 所示。酸經預熱至  $80^{\circ}-100^{\circ}\text{C}$  後，再導入分解鍋，乃可避免激裂。

酸之導入分解鍋，亦須注意。如液柱壓力充足，多令由頂上中央附

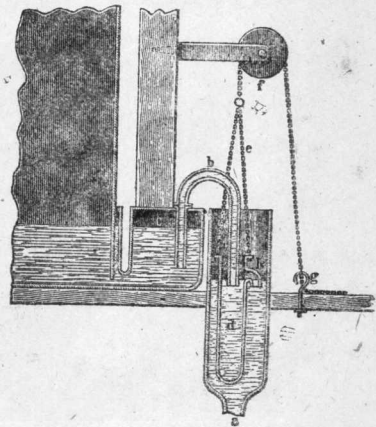


圖 6 導出酸裝置



近導入。導入管爲用短鑄鐵管套於輸酸之鉛管端外；導入口具有噴嘴，使酸成細滴噴於食鹽上，不致立即接觸鍋壁。此鑄鐵管可耐用甚久，因其本身甚熱，不致有酸氣凝縮其上。但如量酸槽位置甚低，酸必須由側面導入者，亦切勿令沿鍋邊流入，否則極易激裂。此情形亦在鉛管外套一段鑄鐵管，令伸入鍋內稍遠噴下。此鑄鐵管不能耐久，但省鍋。缸瓷管即使能耐溫度之遽變，亦不可用，因其甚易被耙、鏟等工具所破毀。

3. 開爐 (open furnace) 開爐爲鍋與反射爐連合，構造見圖 7—10，其作用頗易明瞭。爐前之兩個工作門 (working holes) 各設鐵桿，以供靠放鐵耙等。爐門係由火土板嵌於鐵框架而構成，此門由鐵練懸於滑車上，鐵練他端繫重錘以平衡之 (見圖 10 之 g)。鍋與爐之間設有雙層閘門 (balanced double damper)，使嵌於凹溝內上下滑動，縫隙用食鹽堵塞。雙層閘門較單層閘門爲佳，因後者邊緣極易爲酸氣所蝕壞，而鍋氣一部分逸入爐內；用雙層閘門，於兩閘門之間填以食鹽，當無此弊。鍋邊在充料門 (charging-door) 與移料孔 (shoving-hole) 兩處留有缺口，以便工作。圖中所示鼾孔 (snore-holes) 等之大小，純係由經驗而得。該圖係用頂拱

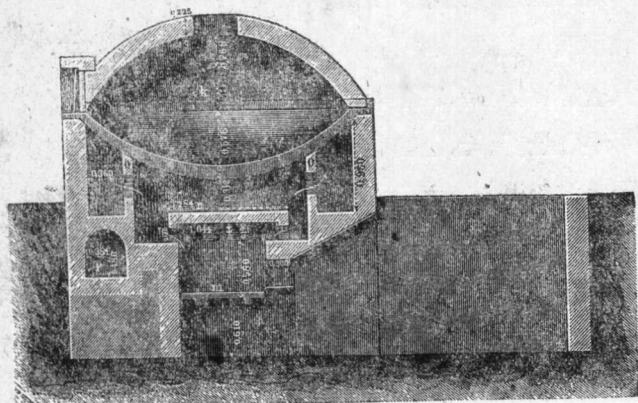


圖 7 開爐之正斷面