

全民办化学工业参考资料

土法电解食盐介绍

(全国工业交通展览会技术交流会报告之二)

化学工业设计院一室 供稿

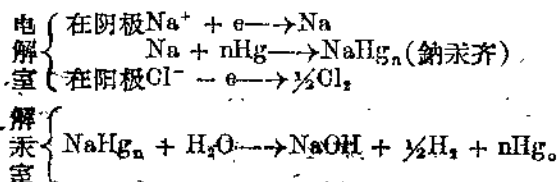
化学工业出版社

、 总 論

在目前我国工农业飞跃发展的形势下，要迅速改变我国化学工业的落后面貌，满足各方面的迫切需要，就必需发动全国各地，特别是乡社一齐来举办化学工厂，更多地生产酸碱原料，化学肥料及农药来满足工农生产中的巨大需要量。现在将土法电解烧碱厂作一般性的介绍。

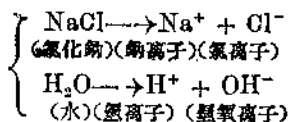
大家知道电解法制烧碱 (NaOH) 及氯气 (Cl₂) 主要分下列两种方法：

1. 水銀(Hg)法电解 其主要反应如下：



此法可直接制得純度較高 (只含 NaCl、Na₂CO₃ 杂质)、浓度达 $\geq 45\%$ NaOH 的产品，且无需稀碱液蒸发工段，此其优点。唯建厂投資較大，产品成本稍高 (主要是电费高)，生产控制上的要求亦稍严，因之它在实现以土、小为主方面比較困难些。

2. 隔膜法 其主要反应为中性氯化鈉浓溶液先发生电离，成为：



以后 在阳极上发生 $2\text{Cl}^- - 2e \longrightarrow \text{Cl}_2$
(氯离子) (电子) (氯气)

在阴极上发生： $\left\{ \begin{array}{l} 2\text{H}^+ + 2e \longrightarrow \text{H}_2 \\ (\text{氢离子})(\text{电子})(\text{氢气}) \\ \text{Na}^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{NaOH} \\ (\text{鈉离子})(\text{氢氧离子})(\text{氢氧化鈉}) \end{array} \right.$

隔膜电解槽的形式很多，如：

- ① 水平隔膜式(西門子-別里特)：我国北方各老厂均用此式。
- ② 波浪阴极式：是前者之发展形式。
- ③ 克列布斯式：阴极呈W形者。
- ④ 沃尔斯电解槽：为圆桶立式。
- ⑤ 立式吸附隔膜电解槽(歐美称霍克式)：是目前最新且效率最佳的电解槽，我国新建年产3500~45000吨 NaOH 的电解厂中均采用此式。化工设计院有数种不同规模之定型设计可供各大省市建设时采用。此式虽然效率高，但相对来说，其钢、铜等材料的用量亦少，唯其制造安装上的要求较高，在目前乡社级中推广仍有一定困难，且其规模也较大。

目前为了坚决贯彻大搞土、小，使化学工业遍地开花的建设方针，化工设计院经反复研究后，设计了年产40吨、80吨烧碱的土法水平隔膜电解厂。其第一版设计书早已分发各地，仅在此作一简要的说明，详情可见设计书文字及图纸部分所载。在这以前先把氯、碱的用途作一些介绍。

1. 烧碱(NaOH)一般有下列用途：①制造纸浆；②纺织漂染；③制肥皂；④制人造纤维；⑤金属冶炼；⑥其他化学品；⑦石油精制；⑧去垢剂等……。

该设计之产品只作到30%液碱，这对当地自产自销是既方便又经济的措施，无需熬液作固碱。

2. 氯气(Cl_2)：①造纸纸浆；②氯化溶剂；③机油；④塑料、树脂；⑤杀虫剂、除草剂；⑥冷冻剂；⑦水之净化；⑧军工用品等。

目前国内多用以制成合成氯化氢，可供聚氯乙烯、尼龙66及氯丁橡胶等制造用；作成液氯可供制666、毒杀酚等农药用。氯气也多用于制造DDT(氯苯乙烷)、三氯乙烯、二氯乙烷、过氯乙烯、漂粉、盐酸等。

在土法生产中，氯气以作成漂粉较为简便(含有效氯在28~

32%)，当然666、氯酸钙等等氯产品，亦可根据需要情况列入建厂方案中。

3. 电解副产氢气 H_2 可供①油脂加氢；②合成氨作化肥；③卡普隆制造过程中加氢；④制合成 HCl 及盐酸；⑤高压 H_2 可作燃料、焊接等用。

目前，电解厂如氢气暂无利用可能，则可直接放空。

二、流程简述

用热水将固体食盐化成饱和溶液后，加入氢氧化钠及碳酸钠以除去食盐中带入之镁、钙等杂质，然后沉清之。清液加适量之盐酸以中和掉过量之 $NaOH$ 、 Na_2CO_3 ，至溶液呈中性或微碱性 ($pH=8$) 为止。此清净之盐水经预热后 (约 $75^{\circ}C$) 送往各电解槽中进行电解反应。

交流电经过整流系统设备后，变成直流电才能送往电解槽，一般说来，各电解槽多和直流供电系统串联。

电解后生成之电解液中，只有一部分氯化钠 ($NaCl$) 浓溶液经通直流电分解变成 $NaOH$ ，此溶液经过蒸发后， $NaCl$ 即析出，称为析出盐。当洗去析出盐中所夹带之大部 $NaOH$ 后，可返回供化盐用。如是可以得到重复利用。

碱液蒸发至含30% $NaOH$ 时冷却，沉清去其悬浮之盐粒后即装桶为成品。

在电解阴极室中同时产生之氢气，可经阻火器后直接放空。如有其他车间需用时，可经洗涤冷却后输送过去。

电解槽之阳极发生氯气，出来后可沿管路洒水冷却一下，以使水分从中大量凝液分出，然后通往砖砌之漂粉室，于此遇消石灰即反应生成次氯酸钙 $Ca(OCl)_2$ 及其他无效之氯化物等的混合物，此混合物一般含有有效氯28~32%，是为漂白粉。未被吸收之 Cl_2 经洗涤塔用水洗去后，尾气经抽风机抽出放空。

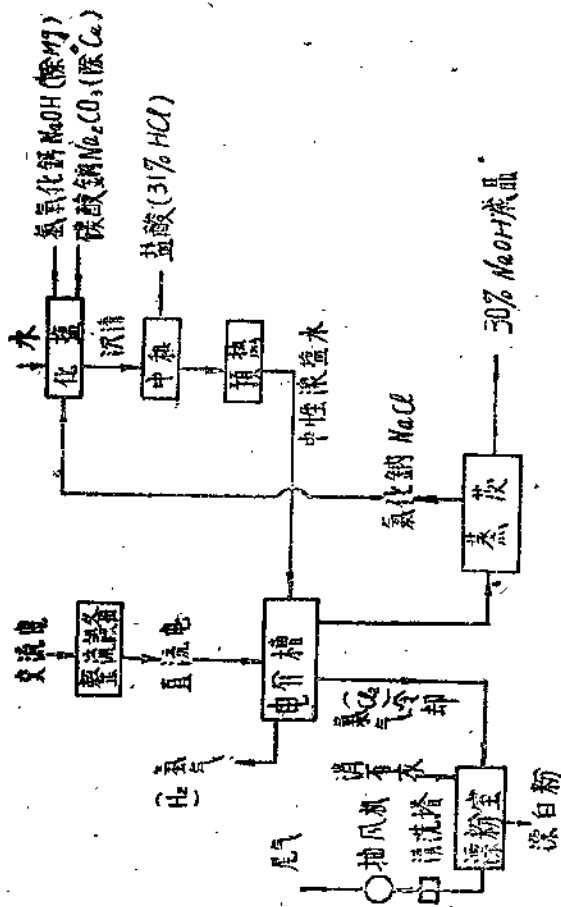


图 1 土法电解食盐制碱流程图

如将氯气和氢气通合成炉之灯头燃烧后，即生成氯化氢（HCl）气。此HCl经适当冷却后再通入吸收塔下部，塔顶加入适量之水，使水和气逆流接触从塔底流出，即成为含HCl约31%之盐酸。尾气可用风扇经喷射器稀释抽出。

惟如各地可从其他土法（例如煅烧卤块使其中氯化镁分解等）制取盐酸时，则尽可能不用氯气以制造盐酸为妥。此时氯气亦可经冷却、干燥后送往制造666等氯产品，于此不一一详述。

三、漂粉及盐酸概述

漂 白 粉

1. 化学构造及生成机理 其主要成分为 $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，即氯化钙、次氯酸钙各一分子与两分子结晶水相结合而成之结晶体，此外并含有未反应之熟石灰及由 CaCl_2 、 $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 、 $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ 与水所成之固溶体等两种物质。

当氯气与消石灰表面接触，以微量水为触媒，反应如下：



（消石灰） （氯气）

（漂白粉）

理论研究上认为：当温度在 $45 \sim 50^\circ \text{C}$ 以下时，其成分组合中最安定之 $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 乃析出为结晶。制漂白粉的石灰中不应含水分过多，这对其是否能呈结晶性有重大关系。市售漂粉所含有有效氯在 33~38%。假定其成分全属结晶物，则可达 67.5~77.5%，但一般作不到。

2. 分解及安定度 漂粉为不安定化合物，其有效成分随时间而减少，主要受温度、光线、水分、非结晶性成分、铁分等影响而分解放出氯气及热量。



（漂白粉）

（一水氯化钙）

（氯气）（热量）

从而可能再产生一些 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，并使氯游离出来。

3. 制造 目前国内各大工厂多采用連續塔式生产，其生产劳动强度小，成品质量易控制，适于大量制造用。土法中采用室式，但仍属簡便。原料消石灰中含的铁等希望少些，氯气中亦以少含水、 CO_2 为佳。对有效氯 1 公斤，宜除去 200 仟卡左右的热，可尽量利用水汽蒸发以带出之。氯气需用干冷空气稀释到 20% 以下，消石灰含水应在 5% 以下。

4. 用途 制紙、紡織染、制胶、卫生等。

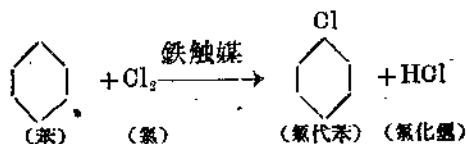
盐 酸

1. 用途 工业中用处很多，例如鋅、鉛、錫、銅、鉍等氯化物之制造，由骨粉提取胶质，制造沉淀磷酸鈣，兽炭之清淨，清凉飲料水之制造，染色及印染，色素工业，鉍板及銅板之清淨等都要使用盐酸。至于合成氯化氢气則广泛用于有机合成工业中，例如聚氯乙烯、氯丁橡胶、尼龙 66 等制造之。总起来說，盐酸对以下各部分有直接用途：

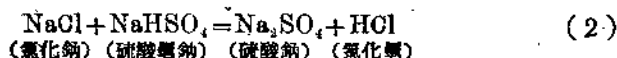
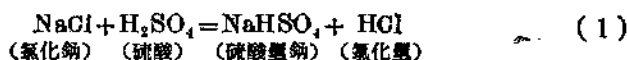
① 染料及有机化学工业；② 无机化学工业；③ 皮革及制胶工业；④ 織物工业；⑤ 肥料；⑥ 食品；⑦ 油脂；⑧ 合成树脂；⑨ 木材化学品；⑩ 其他。

2. 制造：用水吸收氯化氢即得盐酸，制造氯化氢的方法甚多，现仅就合成法作一般介紹，因为此法和电解厂关系密切。其余則只提一下。

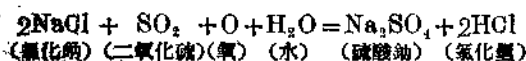
① 有机物氯化副产，例如：



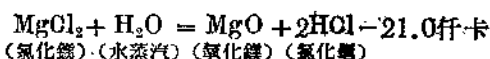
② 以硫酸分解食盐法，反应式如：



③ 二氧化硫分解食盐：

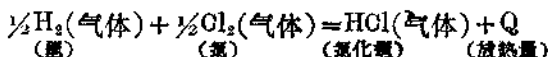


④ 水蒸汽分解氯化物：



海水采盐后之剩余浓卤可熬制成卤块，其中主要含 $\text{MgCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。沿海各地目前多有用此土法制取盐酸者，所得产品含 HCl 在 31% 左右。

⑤ 合成法，其反应式如下：



由上式可知，合成法系放热反应，在 1 大气压及 25°C 的情况下，生成 1 分子 HCl ，约能放热 22 仟卡。若我们采取使合成炉壁得到适当冷却的措施，不仅可延长炉壁的使用寿命（目前国内各大厂合成炉均用铁板制成），且可因降低温度有利于反应往氯化氢生成方面进行。但对产量甚小之合成炉，则不必采用夹套冷却。

又此为一爆炸性发热反应，目前国内在生产盐酸过程中，多采用比化合所需氢气理论量过剩 10% 的方法进行合成。

HCl 气体被水吸收即成盐酸。

HCl 被水吸收时发生溶解热，1 克分子 HCl 溶解于 n 克分子水中所生之热量如次表：

克	1	2	5	10	50	100	200
溶解热	5.375	11.365	14.959	16.157	17.115	17.235	17.315

在制取浓度为約31% HCl 的合成盐酸过程中，采取絕热吸收法（无需冷却）是可以的。

盐酸及潮湿的HCl 气体对鋼的腐蝕性极大，故在选用设备材料和控制生产条件时均应加以注意！

四、主要設備选择及計算之方法

这里所指的主要設備是以电解槽为中心，附帶談一下直流供电系統設備之配合問題。

1. 电解槽数目的确定 当我们确定了每年生产多少吨燒碱以后（指电解液中 NaOH 量为一定时），我們首先要决定用多少个电槽？而电槽数的多少，又与我们能选购到之直流供电設備电流的大小有关。有时甚至要等找到一台电动直流发电机后再来确定生产量，也是目前常见的事。

一般說来，我們不希望大家采用电流很小的直流供电設備，因为那样将使电槽数目增多，管理、检修工作均因而造成較多的麻煩，且电槽的投資也会增加一些。但目前如采用太大的电流时，也不一定妥当，更主要的是設備制造（特别是制造能供大电流、低电压而效率良好的整流器，目前还不能普遍）、供应、维护亦有困难。当然，产量一定时，电流大，电槽需要数目会少些，整个系統的电压也低些，对安全来说是好的。惟年产量較小的厂，即使用較小的电流，槽数也不会太多，所以系統电压也不会过高。

可以下列公式来表示年产量、电流、电槽数之間的关系：

$$\frac{(\text{吨/年}) \times 10^6}{(\text{安培数}) \times 8400 \text{ 小时/年} \times 1.492 \times 0.95} = (\text{需用电槽数})$$

此式的理論根据是从法拉第定律推出的，亦即每通过 1 安培·小时的电量从飽和食盐溶液中可以放出：

氯 (Cl_2)	1.323 克	} 均指理論量, 实际 产量要低些。
氢 (H_2)	0.0376 克	
苛性鈉 (NaOH)	1.492 克	

[0.95] 是目前國內一般水平隔膜式電槽的電流效率。

[10^6] 系單位的換算係數, 即把“噸”換算為“克”, 前乘以 1,000,000 (10^6)。

[8400 小時/年] 是我們假定該廠一年開工日數為 350 天折合為 8400 小時。

例: 要興建一個年產 100 噸 100% NaOH (按電解液中 NaOH 含量計, 在蒸發鹼液過程中還要損耗一些; 另外, 在鹽水精製方面也需用一些燒鹼, 故在成品中應另予扣除) 的廠子, 當選用 750 安培電流時, 所需的電解槽數為:

$$\frac{100 \times 10^6}{750 \times 8400 \times 1.492 \times 0.95} = 11.2 \text{ 個電槽}$$

實際上建造 12 個即可足夠, 它還可允許各個電槽能周期地獲得檢修的機會。

2. 炭板數的求法 目前我們設計的法水平隔膜電解槽的電槽強度約為 10 安培/公寸² (亦即電流密度), 它是以槽中陰極鉄絲網上方的陽極炭板來衡量的。可以用下列經驗公式:

$$\frac{\text{電流強度(安培)}}{\text{電流密度(安培/公寸}^2\text{)} \times \text{炭板長度(公寸)} \times \text{炭板寬度(公寸)}} = \text{炭板塊數}$$

例: 750 安培的電解槽, 若炭板之規格為 1000 毫米(長) $\times$ 180 毫米(寬) $\times$ 50 毫米(厚)時, 應用幾塊?

$$\frac{750 \text{ 安培}}{(10 \text{ 安培/公寸}^2) \times (10 \text{ 公寸}) \times (1.8 \text{ 公寸})} = 4.16 \text{ 塊}$$

故選用 4 塊是比較接近要求的。

3. 直流供電設備容數的確定 直流電的來源, 可用直流發電

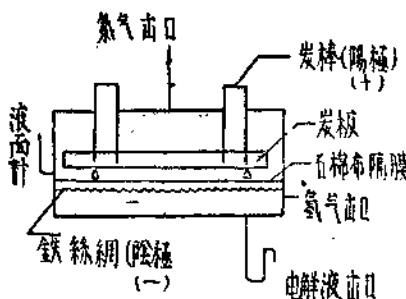


图 2 水平隔膜电解槽路图

氯化鈉溶液的理論分解电压 (E) 可从下式求得:

$$E = \frac{4.19Q}{nF} + T \cdot \frac{dE}{dT}$$

式中: Q ——从 NaCl 及水生成 NaOH 、 Cl_2 、 H_2 的反应热;

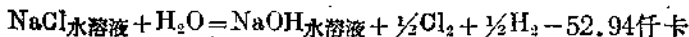
F ——96494 库仑;

n ——分解时需要的热量为 Q 的物质分子中的当量数;

T ——绝对温度 ($= 273 + t^\circ\text{C}$);

$\frac{dE}{dT}$ ——温度系数, 约为 0.0004°C 。

电解总反应式如下:



即 $Q \approx 53$ 仟卡, 当 $t = 70^\circ\text{C}$ 时,

$$E_{1.0} = \frac{4.19 \times 53000}{1 \times 96494} - 34.3 \times 0.0004 = 2.3 - 0.14 = 2.16 \text{ 伏特}$$

这 2.16 就是理論分解电压。显然, $2.16 < 3.7$ 伏。这主要是由于: ①阴阳极之間溶液有电压降; ②阳极銅板与炭棒、炭板之間有接触压降, 其本身也有电阻压降; ③阴极鉄与銅或鋁板之接触压降, 及其本身之电阻压降; ④隔膜压降; ⑤氯气过电压; ⑥氢气过电压等因素所造成的损失。因此, 实际可采用 3.7 伏特。但这数字能否

机或整流器(后詳)。但容量以多大为宜呢? 下面举例来说明。如按上例采用电流密度(阳极)约为 10 安/公寸² 时, 一般平均每个电槽的电压降可选用 3.7 伏特, 这数字也是老厂的生产数据。这里谈谈采用 3.7 伏特的理由。

我們知道隔膜法电解时,

再小些，主要取决于生产建設单位的安装质量好坏。

如按 3.7 計算，則 12 个电槽串联时通入的直流电总压降应为：
 $12 \times 3.7 = 44.4$ 伏特。

另外，考虑到綫路上之損失及适当的波伏量，我們建議直流供电设备的总出力可定为： $750 \text{ 安培} \times 50 \text{ 伏特} = 37.5$ 千瓦。从此例中同志們不准推算出你們具体情况下所应选择的供电系統的容量。

五、主要原材料消耗定額

(一) 燒碱(以生产每吨 100% NaOH 計)

- | | | |
|---------------------------------------|---------|--|
| 1. 原盐(100% NaCl) | 1.73 吨 | (成品为含 30% NaOH 之液碱，因液碱带走的 NaCl 較多)
随原盐中含鈣、鎂杂质多寡而不同。国内一般多以采用海盐(洗涤盐)，此处暫以此种盐考虑。 |
| 2. 純碱(100% Na_2CO_3) | 9.8 公斤 | |
| 3. 盐酸(31% HCl) | 12.1 公斤 | |
| 4. 氫氧化鈉(100% NaOH) | 31.4 公斤 | |
| 5. 煤 | 2.06 吨 | |
| 6. 石墨炭板 | 7.2 公斤 | |
| 7. 石棉布 | 1.02 公斤 | |
| 8. 直流电 | 2650 度 | |

(二) 漂粉(以生产每吨成品計)

- | | | |
|----------------------------|---------|-----------------------|
| 1. 氯气(100% Cl_2) | 0.365 吨 | Cl_2 浓度約 20% |
| 2. 生石灰(100%) | 0.530 | 有效 CaO $\geq 85\%$ |
| 3. 水、交流电 | 少量 | |

六、主要原料、燃料、半成品、

成品規格及化学成分

- | | |
|--------------------|---------|
| (一) 原盐: 按海盐(洗涤盐)列出 | 按一等海盐列出 |
| NaCl 不小于 93% | 不小于 90% |

水分	不大于 5 %	不大于 7 %
----	---------	---------

(三) 煤: 发热量 >5000 仟卡/公斤

(四) 生石灰：有效氧化钙 $\geq 85\%$
铁、铅、铝的氧化物不作规定

注：原料成分
差者，成品质
量亦差

(五) 精盐水: NaCl 310克/升, 酸度 (pH值) 約等于 8, 比重約等于 1.20。无Ca、Mg及悬浮杂质。

(六) 电解液: NaOH 120克/升, NaCl 170克/升, 比重 1.19。

(七) 氟 气：送至使用地点，一般：

Cl₂約96%

氣中氮含量不大于0.4%

(八) 氢气:

H₂約98.5%

(九) 碱液(成品): NaOH 30%, NaCl 4.7%, 水(H_2O)65.3%。

(十) 漂白粉(成品):

有效氯28~32%。

(十一) 盐酸(成品):

含氯化氢31%。

七、主要設備之一般情况

(一) 整流设备 设计中可根据产量情况选用不同容量之电动机值, 以下对各类整流设备作一简单介绍。

1. 半导体整流器：主要有用锗、矽、硒、氧化銅等具半导性

元件制成者，前两种近年来正逐渐推广，用在大规模工业生产上，效率可达98%。

2. 机械整流器：亦即利用其两步、电抗等电气特性，通过适当的机械接触换相以获得所需的直流电。目前世界各技术先进的国家已多采用，效率在96%以上。

3. 廻轉變流器：利用滑环引入交流电源，穿过电刷由电枢的他端整流子处获得直流电，效率可达90%以上。

4. 电动发电机式：为利用交流电动机来带动直流发电机以获得直流电者。它确是目前土法电解氯碱厂比较适用的整流设备之一。售价较高，且目前供不应求，购置困难。

北京化工设计院前一阶段把这问题的解决当做堡垒来进攻，目前已取得基本胜利。我们主要是采用了极其简便的电解式整流器来为前者之代用品，详情另节分述。

(二) 电解槽 目前我们推荐以水平隔膜电解槽下乡比较妥当，并且槽体以石头来砌，这能大大节约用钢数量。但如用钢筋混凝土作槽壳时，内需衬以瓷砖，以防酸性阳极电解液及氯气之腐蚀。同时也可试涂以5~10毫米厚的辉绿岩胶泥以代替瓷砖之内衬。又如有上釉或不透性方形大陶瓷缸，亦可采用，如图。

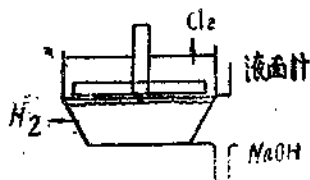


图 8 土电解槽略图

炭板可尽量采用各大电解厂之废炭板，这样成本可以降低。旧炭板再使用时，其消耗定额要高些。

(三) 漂粉室 以砖砌、木制均可，但应尽量注意不漏气，最后之尾气风扇要有足够之抽力及抽风量。按年产200吨之漂粉室，风扇应有250毫米水柱抽力，风量在1500米³/小时左右就足够的了。

八、因地制宜及建廠条件綜述

(一) 电解法制烧碱需用电力較多，因此宜建于近电站或輸电网附近。最好是有水电供应的地方。产品销售也不宜过远，以节省包装运费。年产100吨烧碱以下的工厂，在这一問題上是較易满足要求的。

(二) 地方在制定产品方案时，氯气产品应当根据当地原料供应和需要情况来规定。例如，有石灰时可制成漂粉或漂白液。这取决于至用戶距离和用戶使用的連續性。如距离稍远，且不是經常均匀使用者，亦即成品需有相当长的堆存時間，則理应作成漂粉。又如当地石灰质量較差，但根据銷售情况，漂粉无需堆存过长时，亦可做成漂白粉。

如有苯时，可以制造666农药。如有其他土法制得的盐酸时，則不必作合成盐酸。左近有合成氨厂时，所生成之氢气可供其使用。其他各种簡易之气产品，如需干燥氯气时，則該氯产品車間应加氯气干燥瓶或塔，用96%浓硫酸干燥之……等等。

(三) 当氯产品种类較多时，应考虑一部分发生故障停車时，其所用之 Cl_2 可轉送至其他部門使用，而不要引起全厂停車或减产。因之总的說来，各氯产品的生产設备能力总和要比产生之 Cl_2 气量大些，約大20~30%。氯气工厂应設置在生活、福利、农田区的下风，厂内污水可能带出部分氯、碱毒物，应避免排入农田，或生活用水的水源中。

(四) 原盐成分較佳者(主要是指其所含 $CaSO_4$ 、 $MgSO_4$ 、 $MgCl_2$ 等可溶性杂质少而言)，这对使用 $NaOH$ 、 Na_2CO_3 等精制剂來說会大为經濟。但如暫无可能供应质佳之原盐时，可适当降低一些要求，

混合使用。

(五) 氢气与空气或氢气与氯气的混合物，在一定条件下(如遇火、雷击、高温、催化剂或直射光线等作用下)均将引起爆炸，故电解及其他使用氢气之车间，均应采取避雷防护措施。生产中控制氯内的氢含量大小及氢气纯度(意味着含空气量多少)均属重要事件。氢、空气混合物爆炸范围：下限(含5% H_2 及95%空气)；上限：(73.5% H_2 及26.5%空气)。氯、氢气混合物爆炸范围：下限(含3.5%氢)；上限(含97%氢)。

(六) 各地气象条件不一，故对建筑之要求不一，可按生产之要求结合劳动保护条件一并因地制宜决定之。

(七) 各地代用材料不一，故某些设备究竟用木制或大缸或石头等，可具体研究决定之，但应注意采用不易为氯、碱腐蚀之材料为宜，且一般设备不得渗漏。管道材料代用问题亦然，例如 Cl_2 管用陶瓷管，优质玻璃管等均可。

建厂单位如能与其他工厂组成联合企业时，不但可减少管理人员，且能彼此协作支援。例如供电、供排水、蒸汽供应、办公室、生活福利区等，可统一考虑安排之，以大大减少投资。具体说来，如合成氨厂有蒸汽可供用时，则我们的盐水预热锅将取消，而只要在盐水高位槽中加以蒸汽蛇管即可，诸如此类不一一例述。

九、土法整流

(一) 土法电解制氯气及烧碱的设计中，除了电解槽(全厂之中心设备)要求愈土且愈小，才愈便于下乡遍地开花外，往往整流设备的购置在目前供应不足的形势下，成了“绊脚石”的关键所在。化工设计院的同志在今年十、一前奋战了将近两个月，获得了一定的成绩，并且今后将再进行一些扩大或其他型式的土法整流研究试制工作，以便能迅速地推广出去，不久将有专文介绍其详情(化工出版社出版专书)，我只简略地谈一下：

(二) 电解式土法整流

1. 原理:

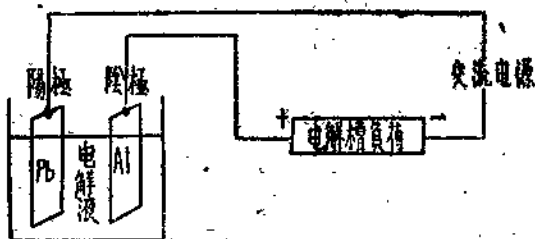


图 4 土法整流示意图

当铝板(Al)作阴极放在**碱性**电解液中通入直流电后,即生成一层氧化膜,往后将产生使**电流减少**的现象。经此化成作用,再接图4接入正规生产交流电路中,当Al为阳极时,电流即被氧化膜阻止;当为阴极时电流就顺利通过。这样在通以50频率的交流电时,经此单向导电作用,即可把交流变为脉动性的直流电。

2. 目前化工部共青团举办了年产20吨烧碱车间的试验田,将采用直流为40伏特,电流为200安培大小的土法整流设备,同时为了避免反向电流作用于电解槽时产生不良效果,采用了三相全波的接线,以减少Al板与电解液之间的电容作用(文献载为0.01~0.05微法/公分²)。同时试验证明,Al的氧化膜在150伏特以上即被击穿,故不可避免地要先加入一台自藕式土变压器(各地可自行绕制),输入相电压为220伏特,输出相电压约为57伏特、38伏特、19伏特三级(这可因不同需要而定),其简单线路图如图5。

Al板之有效电流密度约 < 2 安培/公分²,电解液成分,文献上载以用磷酸铵($\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ 再加一些钾盐以增进导电率为好。但因其价贵,且不易购得。故现以其他物质代之试用。但多需加入约为溶液之0.1~0.2%的柠檬酸(医药上叫枸橼酸),以避免氢氧化铝沉淀产生而沉附于极板上,增大电阻,减小电流,并使极板加快腐蚀等