

小型电解铝厂的 建设和启动

冶金工业部設計司 編
沈阳鋁鎂設計院

冶金工业出版社

小型電解鋁廠的 建設和启动

冶金工業部設計司 編
沈陽鋁鎂設計院

冶金工業出版社

北京小鋁廠是冶金工業部設計司的試驗田，在建廠過程中打破了許多陳規舊律，動工後40天即出鋁，豎起了鋁廠建設的第一面紅旗，也為全國鋁廠遍地開花創造了多快好省的先例。這個鋁廠的特點是用电少、建設快、投資省、大量節約鋼材、施工簡易。本書介紹該廠的廠房建築，小型電解槽的結構、安裝及啟動經驗，也列舉了生產操作技術條件及工人安全技術注意事項等，均可供各地籌建電解鋁廠時參考。

小型電解鋁廠的建設和啟動

冶金工業部設計司 編
沈陽鋁鎂設計院

編輯：王忠義 設計：魯芝芳、童曉庵 校對：夏其五

1958年10月第一版 1958年10月北京第一次印刷 30,000冊

787×1092 · $\frac{1}{32}$ · 25,000字 · 印張1 $\frac{10}{32}$ · 定價0.16元

新華印刷廠印

新華書店發行

書號1296

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

目 录

前言.....	1
一 厂房建筑.....	2
二 小型电解槽的结构.....	4
(一) 槽体	4
(二) 基础及地脚锚	5
(三) 槽底	5
(四) 阳极装置	5
(五) 阴极装置	6
(六) 母线装置	7
(七) 电气绝缘装置	7
三 小型电解槽的安装.....	8
(一) 一般要求	8
(二) 槽体安装工序及要求	9
(三) 母线安装工序及要求	13
(四) 阳极安装工序及要求	14
四 小型电解槽的启动.....	18
(一) 焙烧	18
(二) 启动准备	22
(三) 启动	23
(四) 启动后期	24
五 电解铝的生产操作技术条件.....	25
(一) 电力及热力方面的操作条件	25

(二) 槽子的加工和管理	25
六 电解工作业常规	28
七 电解工安全技术注意事项	33
附录	
一 阳极糊及底糊的配料	35
二 主要安装设备表	36
三 电解铝车间安装材料表	36
四 小型电解槽起动记录格式	37

前 言

鋁是国民經济及国防工业一項重要原料。但是由于鋁电解厂的各項設備都很复杂，同时有些人認為煉鋁是一种高不可攀的工业，因而就使煉鋁工业遍地开花受到了阻碍。在党的总路綫的光輝照耀下，在党所提出的树立敢想敢干共产主义风格的号召下，冶金工业部設計司組織本司工作人員修改了小型鋁厂的通用設計，将小型电解槽改用砖砌，并經冶金工业部指定在北京按照此項設計建設一个小鋁厂，作为試驗田。

这个电解鋁厂在破土开工后的第四十天炼出了第一批鋁錠，砖槽子的生产情况正常，証明砖槽煉鋁是完全可行的，打破了煉鋁的电解槽非用鋼不可的迷信。在建厂过程中对其他的設備，也作了一些改进，如簡化阳极糊操縱裝置、采取打边糊代替炭块等等。这些都为电解鋁厂遍地开花創造了良好的条件。

现在北京小鋁厂已經正式投入生产。經過实践証明：砖电解槽不仅有节省鋼材的优点，而且具有較好的保温性能。砖槽电解的这些特点已經引起各方面的兴趣，在党中央提出大力发展銅鋁工业的号召后，各方面都要求介紹北京小鋁厂的建設和生产操作方法，編写这本小册子目的就是為了供各地修建小鋁厂时参考。

砖电解槽投入生产的时间还不算久，这些資料只能算是初步的，有待今后修正补充，并望讀者不吝指正。

一、厂房建筑

按設計，砖槽的电解厂房，每幢約 1000 米²，外廓尺寸 84 × 12（牆中至牆中）× 4.5 米高。屋頂有气楼通风，全部砖木結構。地面是夯实原土上鋪 8 厘米瀝青卵石，再鋪 3 厘米的瀝青沙压平。电解車間包括这样的厂房两座，每座可容砖槽 40 个，全車間鋁产量为 1000 吨/年。

电解車間的电解槽散发相当大的热量，如果用自焙阳极时还有瀝青烟，因此应当很好的注意自然通风，使夏天不致过热，冬天不过冷，而又能保証空气不致过分污浊。根据这些要求，我們建議屋頂天窗应当有档风板（可以用刷油的粗竹簾做），厂房窗台可以离地在 1.0 米以上，但是在窗台以下和距地 0.5 米以上的牆，应砌成花牆或者大洞。这样夏天将高窗关闭时从車間底部通过的风能和电解槽中散发的上升热气組成强烈的对流，使工人凉快一些；而在冬天用砖或泥将这些空洞填起来，开高窗，又能使冷气流从高窗上进来时，須經過电解槽所散发的热量加温后才接触到工人，这样能使空气清新而不过冷。过大的风沙对鋁的質量是不好的，多风地区也应考虑防风。

鋁电解車間的母綫是露在外面的，工人如果站在不絕緣的地面就很容易受到电击，因此地面必須絕緣而干燥，还要防雨雪浸湿。按理論計算，地面絕緣要在 1 兆欧以上，北京小鋁厂的天然地坪是湿润的（地下水較高的沙質粘土层），按前面做法所鋪地坪，較已有的厂已經減薄了很多，但是經測定

仍有 2 兆欧的絕緣，其他地区修建厂房时我們建議可根据土質情况，做一两个試样測定后再决定构造，也可能还可再簡化些。在鋪瀝青层时必须注意不要讓金屬雜質混在里面，造成局部短路而引起人身事故。

鋁电解虽然也屬於高温操作，但是除了在用木棒熄灭阳极效应的时候外，一般是沒有高焰头的，而且很少用木棒熄灭阳极效应（或可避免用），同时这种火焰延續時間很短，因此对防火一般不必有特殊要求。电解車間的火灾是不許用水熄灭的，因此不要在室內安置消防水喉。

地坪与槽台的高度按原設計是 20 厘米，北京小鋁厂因为地下水过高，为节省土方，将槽台抬高至 40 厘米（按以往設計要求，槽底距地下水面应当在 2.5 米以上，北京小鋁厂經抬高后也不过 80 厘米，投入生产后并未发生問題），操作上并无不便，但在条件許可时能选較高的地点建厂是更好的。

鋁厂的生产操作不需要太大的照度采光，窗面积能到 $1/6$ ，以上就可以基本滿足要求，因此决定窗面积的还是通风問題。

二、小型电解槽的结构

小型电解槽的结构(图1)組成部分主要为:基础及地脚锚,槽体,槽底及阴极装置,阳极装置,电气絕緣装置,导电母綫装置。現在將各部的构造分述如下:

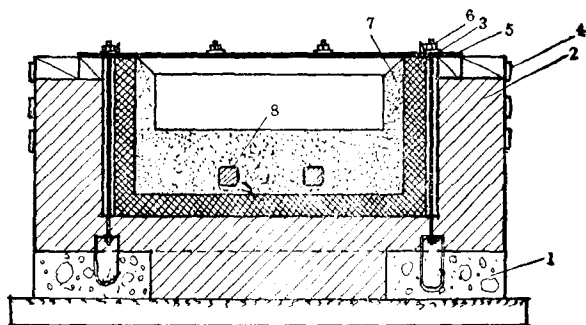


图1 砖制电解槽壳草图

- 1—混凝土座; 2—紅砖; 3—耐火砖; 4—鋼圈; 5—鋼板;
6—地角螺釘; 7—炭閘; 8—阴极棒

(一)槽体: 槽体是用75#普通砖砌在水泥座上的, 为了适应不可避免的受热膨胀, 在适当的地点安排了两道伸縮縫, 并在外側用鋼箍围紧。在普通砖与耐火砖槽围之間留一道伸縮縫, 寬为40毫米, 用耐火胶泥填满。根据北京鋁厂的經驗, 用鋼箍箍紧防止豎裂縫的結果会造成很大的水平裂縫, 因此建議在焙烧及投入生产初期, 密切注意裂縫发展, 适当的調整鋼箍松紧, 使槽体得利用預留的伸縮縫伸漲。最后將伸縮縫填满, 仍能保持砖槽壳的完整。

(二)基础及地脚錨：小型电解槽的基础在地下110毫米处。水泥座圈上有八个地脚錨扣件。在槽子投入生产后槽頂盖板一般都有显著的隆起現象，这八个螺杆就是为了减少这种現象而敷設的，必須錨固。

水泥座圈也可以考虑改用預制块，在施工进度上有些好处，預制块的大小应与螺杆所能承受的应力相适应，不宜小于 20×30 厘米。

(三)槽底：在座圈上部砌四层紅砖，二层耐火砖。耐火砖上部是炭素底糊打固的爐底。为节省耐火砖，底垫耐火砖可只砌至螺杆所围的范围以內，以外可仍用普通砖砌。也可用耐热至 900° 的耐热混凝土代替耐火砖。

耐火砖以上的炭糊就是电解槽的阴极，电流从阳极通过电解鋁水再經過炭糊至阴极棒。因此阴极棒与炭极之間的結合对槽电压有着很大的关系。如果阴极棒的氧化层刷除不彻底，就会造成电压降增加，无謂的消耗电能。槽底是电解槽遭受电流高温最严重的地方，一般电解槽的寿命都是由于底部破損而造成的，保証底部工程質量是十分重要的。

(四)阳极装置：小型电解槽可采用焙烧阳极或自焙阳极。自焙阳极有很多优点，但也有些缺点。自焙阳极的主要优点是：

(1)焙烧阳极比自焙阳极的生产要多出“压型”及“焙烧”两段工序，而且成品使用时还要有加鑄阳极棒的工序；自焙阳极就簡單得多；

(2)焙烧阳极在使用到接近阳极棒时，就要拆下另換新炭极，这剩余的一段阳极必須回爐才能再用。这就增加了炭素制品的消耗量，影响了鋁的成本。自焙阳极是連續使用的，

沒有所謂“殘極消耗”；

(3) 焙燒陽極因為受壓型設備的限制，一般都是多陽極的，有時因為陽極消耗不均，產生病槽現象。自焙陽極是單一陽極，生產比較穩定。

但是自焙陽極也有一些缺點：

(1) 自焙陽極的操縱設備比較複雜，經簡化了的陽極結構，每個槽子需用鋼材 370 公斤，銅母綫 48 公斤；而焙燒陽極只用鋼材 110 公斤，銅母綫只用 24 公斤，相應的一個 1000 噸鋁廠，採用自焙陽極需多用鋼材約 21 噸，銅材約 2 噸，相應的金屬加工量也大。此外每生產 1 噸鋁需消耗 3 公斤薄鋁片；

(2) 自焙陽極在生產鋁時同時進行自身的焙燒，陽極糊內的瀝青揮發物成為氣體逸散在廠房之內，生產條件不如使用焙燒陽極。

從总的比較看，同時從目前國家焙燒炭極的供應情況看，我們推荐使用自焙陽極，焙燒陽極的設計圖紙只在建設單位指定時方才發給。

自焙陽極應採用混凝土支架，焙燒陽極裝置可用木架或混凝土架，木架安裝比較簡單，但因經常在高溫焙燒下，壽命有些影響，採用時可用竹片釘在下面加以保護。木架是靠埋在磚槽內的鐵件扣緊的，由於磚體可能裂縫，生產過程中應當注意防止鐵件鬆散。

(五) 陰極裝置：陰極棒在圖紙上是“CT3”的，在沒有“CT3”時也可以用其他金屬（如鑄鐵等）代替。截面亦可相應變化，如北京小鋁廠的一部分槽子就是用的三根 100 徑的圓鋼。選定代用材料截面時，應保證電阻不高于設計中陰極

棒的电阻。

(六) 母綫裝置：母綫裝置最好采用焊接的。在缺乏焊接工或設備時，也可用夾接代替。夾接時可用兩片角鋼和螺栓將相接的母綫片相間夾緊。無論夾接或焊接，相接面必須用鉄刷刷去表皮，以防氧化部分成為電阻層。

鋁母綫如能用 125×29 毫米的代替設計圖中所用的 3 片 120×10 毫米的最好。用 125×29 毫米母綫時應用模壓焊接法焊接。

(七) 電氣絕緣裝置：電氣絕緣裝置是十分重要的，絕緣不良，不僅會造成經常的電流損耗，而且可能造成人身事故。其中：

地腳螺絲與大地絕緣不應小於 1,000 千歐；

車間地面與大地絕緣不應小於 1,000 千歐；

不應有金屬碎屑摻雜其間。

所有母綫裝置都應與大地絕緣，墊高母綫的座墊應該是干燥的石棉板。槽身上的所有金屬物品（如鋼箍等）不得與大地有直接相接處。

三、小型电解槽的安装

(一) 一般要求

1. 一般要求基底与地下水面的距离不应小于1.5米；如由于地方条件限制不能满足这一要求时，应采取措施以防槽身受潮影响绝缘。

2. 电解槽在建设过程中不应遭受雨雪侵入，无论使用前，电解槽用的耐火砖及炭素材料均应严格防潮。

3. 冬季施工时应保证施工地点内气温不低于 $+5^{\circ}\text{C}$ ，以防冻害影响安装质量。

4. 全部电解槽建成后应分别检查其与大地绝缘电阻。

5. 电解槽基础中心线偏差不宜超过 ± 10 毫米，外径大小不宜超过 ± 15 毫米。基础螺栓埋入深度不应超过 ± 10 毫米，偏斜不要超过5毫米。

6. 一般砖缝不得超过10毫米，耐火砖缝3毫米。

7. 各层砖的水平差不应超过 ± 8 毫米，耐火砖不应超过 ± 3 毫米。

8. 必须在相邻接的耐火砖砌完六小时后（加热时间在內）才可进行夯铺炭素工序，以免耐火砖及胶泥中的水分影响炭素质量。在打底糊以前相邻的耐火砖表面应加热至 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ ，并刷一遍 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的瀝青。扎固底糊所用的锤头必须预热至 $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ 。禁止使用凉锤和紅锤。底糊应用保温箱运送。

9. 用凿岩机捣固炭素时气压不应低于5大气压。用手锤

夯固时应夯至表面平整，用手錘夯筑的質量較差，应尽量避免。

10. 炭素底糊的焙炒以 $180\sim 150^{\circ}\text{C}$ 为度，焙烧好的炭糊不应有結块現象，夯打后相邻两层炭素应相結紧密，无断层現象。含瀝青較多的可按較低的温度焙炒，較少的可按較高的温度焙炒，切忌过冷过热。

(二) 槽体安装工序及要求

1. 打灰土底垫：打灰土底垫是为了防潮、截断地下水的毛細管上升現象。可根据地下水情况打一步或两步灰土，或加防潮瀝青处理。

2. 水泥座圈：用 100 # 以下，50 # 以上的素混凝土鋪設。座圈內地脚錨扣件允許偏差 ± 3 毫米。座圈內可用灰土夯实，在土質好又干燥的地区，也可用素土夯实。

3. 砌槽基及砖外壳：

砖：75 # 砖；

砂浆：50 # 砂浆，最好用砖粉代砂；砖槽：砌筑时必须用到滿刀灰做到砂浆飽滿，为改善砂浆与砖的結合，可以沾水后砌，但沾水時間越短越好，不宜超过 50 秒鐘，亦可淋砖砌。砌完第一层砖后即刷瀝青一至两度，以杜絕潮气上升而影响槽身絕緣。从北京小鋁厂外壳平砌在生产中的情况看，建議考虑改用側砌。

砖槽身应留一道伸縮縫，外窄內寬，伸縮縫用瑪瑙脂砂浆填实。在焙烧及开动后应随时注意伸縮縫的张开情况，及时填实，在基本稳定后可用石膏灌实。

4. 砌耐火砖底：在普通砖刷上瀝青后即鋪設耐火砖。小

型砖槽所用的耐火砖可用一般等外的，能耐 1000°C 左右的即可。砖缝要求严密，不宜超过 2 毫米，以防渗漏的电解液或铝水继续下渗。为此在砌筑之先，应进行干砌一次，将灰缝校准至限度以内，再用耐火胶泥砌好。

耐火胶泥的配料比为：

耐火粉(0.5 毫米以下)75~70%。

耐火粘土(0.3 毫米以下)25~30%。

每立方米加水 600 升，耐火粘土最好是与耐火粉的性質接近的。調成后的耐火胶泥可以下法試驗其稠度：以胶泥側砌三块砖，干后如提起上部的一块砖即能提起下部两块时，即認為是适用的，否則应調整其耐火粘土的百分比。

5. 打炭素底垫：炭素底垫必須与耐火砖紧密接触。在砌好耐火砖后，即加热槽底（用木柴烘烤），将耐火砖表面加热至 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，然后用鉄刷将灰缝及白砖刷清扫淨，乘热刷一层瀝青（ $100^{\circ}\sim 200^{\circ}\text{C}$ ），而后用凿岩机夯鋪炭素底垫。炭素底垫厚 30~50 毫米，具体尺寸視砖槽壁預留孔的高低而定，长寬視阴极棒所占面积而定，夯实时用木模板围紧，以免不易夯实或边缘松散。夯实后底垫厚度約为松散时的 60%（即压缩比为 1.63）。

底糊在国营炭素厂有成品供应，以 4MTY1212—45 的为宜，如不能得到定貨时可自行配制，其原料为无烟煤、石油焦（或瀝青焦）及瀝青，詳細配制方法及成分見附录一。

6. 安装阴极棒：在炭素底垫稍稍冷却之后即安装阴极。阴极棒应事先焊好銅軟片并刷清锈蝕。阴极棒一經与底糊接触后即不宜再移动，以免影响底垫結構，因此下放前应將位置对准。就位后用 12# 錘震击，使阴极棒与底糊紧密結合，

最后用苫布将炭素底垫严密盖好，以免下一工序尘土粘着。阴极棒与砖槽壳之间的空隙可用石棉及水玻璃混成糊状物填实。

7. 砌耐火砖槽壁：阴极周围的耐火砖与阴极棒应严密结合，缝隙不得超过1毫米，其它部分耐火砖的内缝不得超过2毫米，槽壁的耐火砖最好为楔形砖，砌时错开竖缝。

耐火砖竖壁与普通砖壁之间留40毫米的伸缩缝。伸缩缝用耐火材料填实夯实，配料成分为耐火粒（粒度5毫米以下）及耐火粘土（粒度1毫米以下）各50%，加水以可捏成团为度。填料应分层夯实。

此时井应将锚杆与锚脚联好。

8. 扎固炭糊炉底：砌筑耐火砖后，清扫炉底炭素表面，加热使表面温度达 80° 以上，即分层连续打炉底；炉底设计厚度为35厘米，可分七次打成，每次铺约8厘米，打成厚约5~6厘米。每层夯完后，应以烧至暗红的铁钎扎孔径2厘米左右的小眼，深约1~2厘米，孔距 15×15 厘米，以加强上下层炭垫的结合。各层应相互连续夯打，不许中断，以免冷却分层。

打糊的工具是凿岩机，所用夯锤焊接质量要好，并应多备一些随时更换和补充。

9. 打边糊：槽底打至设计厚度以后即安置圆形模板（外径1300毫米，下径可略小于此数），最后一道底糊的中间部分是不打接层孔的，但边部仍需打接层孔。边糊设计高度为36厘米，和底糊一样仍然是分层夯实。

由于模板温度可能较低，以致底糊倒入后靠近模板部分较易冷却，因此在倒入底糊后应首先夯打靠近模板部分，以

免发生麻面分层现象。打完后约四、五小时待炭素冷却后再拆模。如果在底糊冷却后才开始打边糊，应先将底部加热至表面温度 80°C 以上。

炭素边糊冷却后如与耐火砖发生空隙时，可用石膏灌注。所用石膏初凝不应早于4分钟，终凝不应晚于20分钟，应于使用前4分钟内调制，水灰比约1:1。

10. 加盖板：当打固的炭糊冷却后，即加盖铁板（铁板上有一道角钢，应用间断焊与钢板焊成一体），用螺栓固定于地脚锚上。为使铁盖板与砖壁上部密接，在盖板之前，在砖壁上部应铺一层水玻璃石棉腻子。

水玻璃石棉腻子的配料与阴极棒填孔所用相同；以水玻璃1公斤调石棉1.25~1.4公斤。水玻璃应为比重1.32~1.38的（即白氏表读数35~40），石棉应是无杂质的短纤维或短屑。

盖板扣紧后，用炭素填实，并打大锤夯紧。这一圈炭素必须填至钢盖板的上边缘，否则电解液渗入后使盖板隆起情形格外严重。

固定锚定螺栓时应注意绝缘。

在设计中盖板是圆形的，为节省加工和料，建议改为多角形的，槽腔亦作相应的修改。为了减少盖板因内外受热不均匀鼓胀，拟适当留伸缩缝，正在试验中。

11. 加钢箍：将钢箍安好后收紧安装时尽量不用大锤锤击，以免影响期龄不足的砂浆强度。平砌时最好把钢箍压在砖缝上。

在焙烧后期及开动后的半个月內，对砖槽膨胀情况应特别注意。可根据情况微量放松钢箍，以减少水平裂纹。四道