

全民办化学工业参考資料

單相簡易电炉电石生产

徐茂义 陈蓬山 編著

化学工业出版社

全民办化学工业参考资料

单相简易电炉电石生产

徐茂义 陈蓬山 編著

化学工业出版社

目 录

一、绪言.....	3	(一) 新炉开炉前的准备工作	16
二、基本知识.....	3	(二) 新炉及大修后的开炉	17
(一) 电石的性质.....	3	(三) 停炉及清炉.....	18
(二) 电石的用途.....	4	(四) 正常操作及不正常现象 处理.....	19
(三) 电石生产工艺流程.....	4	(五) 电石冷却与包装.....	20
(四) 电石生成原理.....	5	六、乙炔发气量测定.....	21
三、原料及其处理.....	6	七、石灰生产.....	22
(一) 原料品质对产品的影响	6	(一) 生产石灰所用之原料.....	22
(二) 炉料成分对制造电石的 影响.....	7	(二) 石灰窑及其附属设备.....	23
(三) 原料加工处理.....	8	(三) 石灰石煅烧原理.....	24
四、单相简易电炉的设备.....	9	(四) 操作管理.....	25
(一) 炉体.....	9	(五) 事故处理.....	26
(二) 变压器.....	11	八、电极糊的制造.....	27
(三) 电流输送设备.....	12	(一) 制造电极糊所用的原料	27
(四) 电极.....	14	(二) 制造电极糊的方法.....	27
(五) 出炉设备.....	16	九、电石生产安全技术.....	28
五、生产管理.....	16		

一、緒 言

在1958年生产大跃进中,需要电石量大大增加了。合肥化工厂为了支援机械工业,采用土洋结合方法建成单相简易电炉生产电石。

兴建现代化电石炉,所需设备很多、很复杂,建设时间长,并且必须有规模巨大的电源,才能满足电炉用电需要。某厂于1958年初开始兴建一座10000仟伏安的电炉,因设备、电力缺乏,基本建设进度慢等原因,至今未能投入生产。所以仅靠洋法生产电石是不能满足客观形势的要求,采用单相简易电炉生产电石,虽然生产出电石质量较低,但是收效快。因为电炉容量小,电力问题容易解决;除变压器外,其他设备简单易制,在一个普通修理厂或修理车间即可制造,厂房简单建成快;原料需要量小,容易解决;工人只须经过短期培训即可操作。合肥化工厂一座250仟伏安的单相简易电炉,从土建到生产,仅用了半月时间。所以支援机械工业是很及时的。

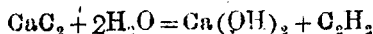
二、基本知識

(一) 电石的性質

电石又名碳化钙,分子式: CaC_2 。工业上生产出的电石,含有很多杂质,其中仅含碳化钙60~80%,其余为氧化钙、氧化铁、氧化铝、硫、磷等杂质。电石中杂质有多寡不同,呈现颜色也不同,有灰色的、黄褐色的,含碳化钙较高时呈天蓝色或紫色。电石比重在2.3~2.5之间,碳化钙含量愈高时比重愈小。电石能导电,这一性质对电炉内的电流变化有着特殊的意义。电石成分越高越容易导

电，故制造成分较高的电石在同样的电气条件下，电极不易深入炉内。从它的电阻看来以制造含 CaC_2 63~70%即发气量250升/公斤的电石最有经济意义。

电石与水作用分解成乙炔。反应式如下：



电石在空气中断面常呈灰白色或成为粉末，就是因为吸收了空气中的水分所致。融熔态的电石与水反应特别猛烈，以致发生强烈爆炸。必须特别注意。

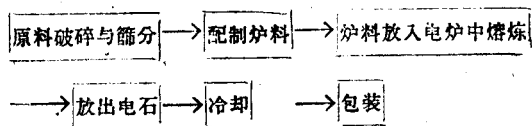
在 20°C 及760毫米水银柱的状态下，1公斤电石加水分解所得到的乙炔量叫做“发气量”。电石质量是以发气量表示的。因电炉功率小，焦炭质量低，目前合肥化工厂生产电石的质量为200升/公斤。

(二) 电石的用途

电石主要用于有机化学工业，如制造肥料、氟化物、有机合成等。自1958年工农业大跃进以来，机械工业中切割和焊接对电石的需要量也大大增加。合肥化工厂生产的电石是完全供给机械工业用的。

(三) 电石生产工艺流程

简易电炉与近代化的电炉设备虽有繁简不同，但工艺过程的基本原理是相同的。可分下列几个过程：



生产电石的原料是石灰与焦炭。石灰的块度在10毫米以下，同时拣去其中生烧和过烧。将焦炭块度破碎至5毫米以下。以后分别将石灰及焦炭粉末(2毫米以下者)筛去，块度在5毫米以上的焦炭

也須篩去。

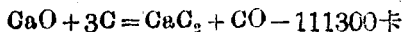
每100公斤石灰中加入56~64斤焦炭（即配比为56~64%），混合均匀后，投入电炉内熔炼。

电流由电炉变压器經短网、导电板、最后經過电极流入炉内。在电极端头产生的电弧热及电流通过炉料时产生的电阻热，使电炉内产生1800°C以上的高温。炉料在高温作用下反应生成电石。定时的将炉内熔融电石放出于冷却鍋中，凝固取出过磅后放在铁板上，冷却至60°C以下即可装桶。

每当自炉内放出电石时需取样檢驗电石发气量。

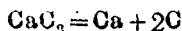
（四）电石生成原理

把一定块度的石灰和焦炭按一定比例混和均匀后，投入电炉内加热，在1800°C以上的高温作用下生成电石。反应是按照以下的化学反应式进行的：



生成电石的化学反应是可逆的。反应进行的方向由温度及一氧化碳压力而定。当一氧化碳压力低时，在較低的温度下即可生成电石；同样温度下，一氧化碳压力愈大，生成电石愈少。因此要尽量設法排除反应时所生成之一氧化碳。一氧化碳压力太大，不但阻碍电石生成，而且使熔融电石有噴出危险。

当温度升高时，反应向生成电石方向进行，但当温度太高約2300~2400°C时，生成的电石按下列化学反应式开始分解：



此时电石生产量将大大降低。

三、原料及其处理

(一) 原料品质对产品的影响

制造电石原料是生石灰和焦炭。如要得到质量优良的电石，必须有品质优良的原料。如果原料品质低劣必将造成劣质产品，而且也会打乱正常操作。

含于原料中的杂质，一部分转入成品中，由电石制造乙炔时，此杂质又可混到乙炔中，如硫、磷等。另一部分杂质，如氧化镁、氧化铝、氧化铁等，会造成熔融电石有很大粘性，致使放出电石工作增加困难；这些杂质还能破坏炉底，以致要长时期停炉修理；此外，杂质在熔融时耗电能，使得产品成本增高。因此对原料品质要求是很高的。石灰规格要求如下：

CaO(全)	不小于92%
SiO ₂	小于1.7%
MgO	小于1.7%
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	小于1.7%
P	小于0.027%
S	小于0.18%

石灰中生烧和过烧影响产品的产量和质量，应当尽量减少。

焦炭的规格要求如下：

固定碳	不小于84%
灰分	小于14%
水分	小于5%

合肥化工厂所用焦炭是土法生产的，其成分如下：

固定碳	大于70%
灰分	小于24%
水分	小于10%

有一时期，因缺乏焦炭、采用了含固定碳68%，灰分28%，水分4%的土焦作原料，生产出之电石发气量下降很多，约185升/公斤。如果在焦炭中加入适量的优质无烟煤，不但能提高电石发气量，而且可为国家节约大量焦炭，同时也降低了产品成本。无烟煤成分为：

固定碳	不小于 80%	水分	约 3%
灰分	约 11%	块度	2~6毫米
挥发分	约 6%		

在焦炭中加入之无烟煤量为焦炭量的20~30%。如果加入过多，会在坩埚口生成硬壳，使操作情况恶化。

使用劣质石灰，会大大降低电石生产量。合肥化工厂用过含CaO 70%的石灰作原料，结果电石生产量约等于以含CaO 92%石灰作原料时电石生产量的55%；并且正常操作受到影响，电极不能深入炉内，同时发生上下震动现象，因而电流表上指针不平稳，增加操作困难。

因为原料需要量不大，当原料质量低劣时可以用人工挑选的办法，提高原料品质。含碳素成分高的土焦，呈银灰色，不夹有灰烬，破碎时粉末少。在品质较差的土焦中，夹杂有未炼好的烟煤，易成粉末。

品质好的石灰是白色，很少带有其他颜色。当石灰呈灰色、淡黄色、或黑色时，都不适合在电炉中使用。

最好每批原料来厂后，经过化验再作适当处理。

(二) 炉料成分对制造电石的影响

按照理论计算，制造一吨纯电石要消耗875公斤纯氧化钙和562公斤纯碳。但实际上用的原料不是纯粹的，其中含有很多杂质，所以消耗量总是比理论计算高一些。原料中杂质愈多，消耗量愈大；原料愈纯消耗量愈小。除此以外，在电炉内熔化过程中原料损失也使得消耗量增加。

炉料中石灰和焦炭之比例数决定于对电石质量所提出之要求。如果要求制得含乙炔量较高之电石，应配成含焦炭较高之炉料；反之，炉料中石灰比例数应当较高。

从含碳多的炉料中制得的电石粘度较大，不易自炉内流出来，但每公斤电石中乙炔含量较高。当炉料中石灰较多时，制得之电石粘度较小，容易自炉内流出，制得电石多，但每公斤电石中所含之乙炔量减少。这种电石粘度的变化已经在实际操作中加以利用。如果电石不易自炉内流出来或者流出困难，则可于炉中添加石灰，以消除这种不良现象。

在容量很小的单相简易电炉中，炉内温度较低，若原料之比例稍有波动，炉内反应情况就会发生显著变化，正常操作也会受到影响。电极不能深入炉内；或使成品质量降低。但在实际生产中，原料之成分有变化，尤其是焦炭中所含水分变化很大，所以炉料之比例要作相应的变动。合适的炉料比例是要在操作实践中决定。当焦炭中含水分5%左右时，每100斤石灰加入焦炭56~64斤。如果有化验室，应与化验室密切联系了解原料成分以帮助确定炉料比例。

(三) 原料加工处理

因为电炉的生产效率及正常操作等，与原料块状有很大关系，所以原料在加入电炉内以前，必须将原料破碎成一定大小的块度。石灰的传热系数和比热比焦炭高一倍，所以石灰块度要比焦炭块度大一倍。原料导电度和原料块度大小也有很大关系。因它可以引起炉内电阻的变化，块度大时导电度强，降低了炉料电阻；块度小时炉料的电阻增加，因而电阻热增多，炉内温度升高。炉料反应时间也受原料块度大小的影响；块度大，反应时间长，生产量减少；块度小，反应时间短，生产量增加。

炉料中不应含有粉状的石灰和焦炭。因为这样的炉料透气性很差，炉内生成之一氧化碳难以自炉内排出，增加了电炉内一氧化碳

之压力，使得电石生产量降低。同时，一氧化碳压力增大时，可能把液体电石自炉内压出，增加操作困难。

单相简易电炉原料块度石灰是2~10毫米，焦炭是2~5毫米。

因为石灰较为柔软，可以用锤砸碎到10毫米以下的块度，在破碎过程中拣去生烧与过烧，以及含CaO低的石灰，以提高原料质量。破碎后筛去粉末。焦炭硬度较大，最好用破碎机破碎，以减少人力。也可以用锤砸碎，然后筛去粉末。为了保证块度均匀，不致有太大块度，也可以再分一次，把块度大的筛去不用。

当电炉需要炉料时，将石灰与焦炭混和均匀供电炉使用。炉料不应过早混和，因焦炭中之水分可以使石灰消化，致使炉料粉末增多。

四、单相简易电炉的设备

(一) 炉 体

电石炉炉体尺寸大小是由其生产能力来决定。炉体内反应空间是由电极大小决定的。电极直径又是由电极所允许的电流密度所限制。

炉体大小和电极直径之关系选择适当时，会提高生产，操作正常，否则炉体会受到高温作用的破坏，或者操作恶化，降低生产能力。

在将近一年的生产中，我们对所用单相电炉炉体做了多次修改，已初步找出一个规律。炉膛的内径应当是电极直径的2.7~2.9倍。如果内径过小，炉衬的耐火砖会被高温破坏。小容量的单相简易电炉，在生产中每经90~100天要停炉清除炉渣，当炉膛内径小时，在清除炉渣时会完全把耐火砖衬破坏，必须再筑新炉，同时也延长了停炉时间。对生产是很不利的。如果炉膛内径过大，靠近炉壁处之炉料不能被烧结，尤其是在出炉口附近这种未经烧结的炉料，时常发生倒塌，投入炉中的新炉料会从倒塌处从炉口与液体电

石一同流出炉外，影响电石质量和生产量，并增加了操作困难。

决定炉膛深度要从下述几个方面考虑。

(1) 能容易的将炉内产生的气体排出炉面。如果炉膛深了，炉料层厚度增加，炉内产生的气体就不易排出，从而减少电石生产量。炉料层高还能影响电极插入炉内，不能使电极与炉底保持一定距离，长久以后会使炉底上升。

(2) 炉料预热。炉膛较浅虽易排出炉内产生的气体，但是炉料不能得到充分的预热，热能大量浪费，降低了电炉的生产能力。

炉体外围的大小由炉墙厚度来决定。炉墙厚度不够时热能散失较多，而且炉体外壳之钢板也会被高温作用损坏。其厚度为 360~380毫米较合适。在260毫米时，炉壳受严重损坏。

炉底之厚度约等于炉之深度，太厚是不必要的，太薄时热量损失多，使用寿命减短。

炉体外壳是由5毫米钢板制成的。炉壳内是一层石棉板（炉底不要铺，便于导电）。炉底由石墨粉（或粒度3毫米以下的优质焦炭粉）与瀝青加热后捣固。把瀝青在铁板上加热完全熔化后，将石墨粉（或焦炭粉）加入拌和均匀，其中不得夹有未熔化之瀝青块。瀝青与炭素材料之比例，以拌和后之混合物稍有粘性为宜，如果瀝青太多，在烘炉或开炉时，有大量挥发份逸出，会穿通炉壳。拌和好的混合物应当乘热加入炉内捣实。每次加入量不要太多。当炉底筑至距出炉口相差两层耐火砖时，在出炉口处的炉底上砌一高度为两层砖，长550毫米，宽450毫米的耐火砖层。砌好后的耐火砖应高出炉口15毫米。

在此处砌耐火砖层的目的是为避免炭素材料在高温下受到氧化。筑好后的炉底，应当是向出炉口处逐渐倾斜的。

炉门最小尺寸是宽220毫米，高260毫米。尺寸太小不便操作；同时电石流出时温度很高，常将两旁耐火砖烧损，以致要长时间的停炉修砌炉门。炉门流嘴可以用适合上述要求的槽钢制成。

炉墙是由耐火砖砌成。耐火砖与炉壳间有20毫米间隙，其中填入耐火土。砖缝应当尽量小，最好在3毫米以下。砌炉墙时周围应留有6~7个排气孔，以便排出在烘炉时产生的挥发物；当这些挥发物无法排出时，会穿通炉壳。也可在烘炉时于填耐火土处向下用铁筋打几个孔。

今以一台250仟伏安单相电炉炉体为例，说明如下：炉膛内径1100毫米，深度580毫米，炉墙厚380毫米，炉底厚600毫米，炉门高250毫米，宽220毫米。整个炉体放置在由耐火砖筑成的基础上面的。

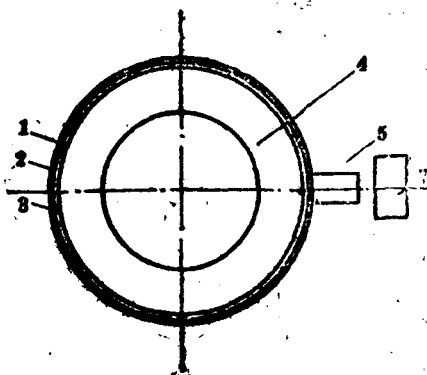
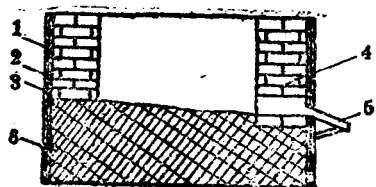


图1 单相简易电炉结构图

1—炉壳，2—石棉板，3—耐火填料层，4—耐火砖衬，5—流料嘴，6—由碳素材料捣成的炉底，7—电石锅

(二) 变压器

变压器是电炉最重要设备之一。其用途是将发电站送来的高压电改变为适合于电炉应用的低压电，以满足电炉操作需要。

电石炉所用的变压器均为多级式，以调整操作电压。这样，可以保证操作管理及当线路电压变动时，保持电炉上的操作电压。

用于电炉的变压器都是特种类型变压器，与普通发电站和变电所用的不同。因为输送大容量低压电时，变压器的二次线圈发生非常大的电流。

由于电炉生产上的特殊需要，对电炉变压器的构造提出许多要求。其主要者：

1. 用轉換一次繞圈的各級調整二次电压。
2. 有很高的机械强度以支持当部分短路时所产生的应力。
3. 对短时期的过負荷沒有敏感。
4. 容易进行內部的检查和修理。

变压器的容量是根据电石炉的容量选择的，它必須保証电石炉能长期以最大負荷生产。

电炉日产量、功率因数、使用功率系数及每吨电石电能的消耗均为已知时，則变压器容量可用下式求得：

$$W = \frac{XA}{24K \cos \phi}$$

式中：

W ——变压器容量，仟伏安；

X ——电炉日产量，吨；

A ——每吨电石消耗的电能，仟瓦小时；

K ——使用功率系数；

$\cos \phi$ ——功率因数。

例如选择日产1.5吨(在 $10^{\circ}C$ 及760毫米汞柱时发气量250升/公斤)

电石炉的变压器容量可先假设：

$$A = 2880 \text{ 仟瓦小时}$$

$$K = 0.8$$

$$\cos \phi = 0.9$$

$$\text{則 } W = \frac{1.5 \times 2880}{24 \times 0.8 \times 0.9} = 250 \text{ 仟伏安}$$

单相电炉变压器二次側电压以40~60伏为适合，如果高于60伏，操作时电极难以深入炉內。

(三) 电流輸送設備

組成单相簡易电炉的变压器与電体的联接如下图所示，

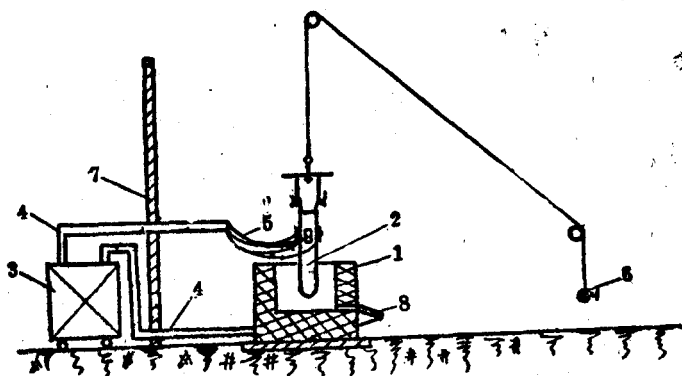


图 2 单相简易电炉示意图

1—炉体；2—电极；3—变压器；4—导电铝板；5—软铜线；6—手动卷扬机；7—隔热墙；8—出炉嘴

变压器的一个极与电极联结，另一个极接于炉底。变压器与电极联结分固定部分与易曲部分。为了节约铜，固定部分由铝板制成。铝板的两端应仔细磨光。其电流密度不得大于 1.5 安培/毫米²。易曲部分是为便于电极的上升或下降，由可挠铜线制成，电流密度不得大于 1 安培/毫米²。可挠电缆的两端焊在铜板上，铜板要仔细磨光，以螺栓将一端固定在铝板端头，另一端分开固定在四个导电板上。可挠电缆的长度应保证在电极升降时不影响电极在电炉中的中心位置。

与炉底联接的一极也是由铝板作成的。在炉底的炉壳上焊一钢板，用螺栓与铝板联结。接触处应当紧密，否则会受高温及电阻热而熔断，造成长期停炉。铝板的另一端与变压器一极联结。

为了增加电炉功率和节约材料，输电母线应当尽量短。为此目的，在安装变压器时在不影响变压器条件下，变压器应当尽量靠近电炉。

(四) 电 极

电极是用来把电能引进到电炉熔化区的。一端深入炉内，受电弧发生的高温作用而逐渐消耗；另一端露于炉外，悬挂在升降机构上。

对电极的要求有下述几点：

(1) 导电性大；(2) 开始氧化的温度高；(3) 机械强度高；(4) 制作电极的原料应当含有最少量的杂质。

电炉用的电极可分为两种：一种是石墨电极，据有的资料介绍允许电流密度为4~6安培/厘米²。在实际使用中我们采用电流密度为10~12安培/厘米²。如果用更大的电流密度，电极易被空气氧化，接头处容易发生折断事故。使用这种电极价值昂贵不经济，也只能用于小容量的电炉上。

绝大多数电石炉所用之电极自动烧结式电极。它是用铁板制成电极壳，内装电极糊经烧结而成。据库兹涅佐夫著碳化钙制造一书介绍，单相电极电流密度为2~2.5安培/厘米²。我们曾采用了2~3.2~5安培/厘米²三种不同电流密度。当采用5安培/厘米²电流密度时电极较难深入炉内，即使深入炉内，也容易上升到炉面，散失大量热能，同时不能采用较高电压操作。在采用2安培/厘米²电流密度时，电极不能插入炉内，这大概是由于电极端头单位面积上产生之热量少，炉料难以熔化致使电极不能深入炉内。最合适的电流密度应采用3.4~3.8安培/厘米²。

在采用了一定的电流密度以后，即可决定电极直径。计算方法如下：

$$D = 2 \sqrt{\frac{I}{\pi \delta}}$$

式中： D ——电极直径，厘米；
 I ——低压侧电流，安培；
 δ ——电极电流密度，安培/厘米²。

例如，已知低压侧电流为3570安培，电流密度采用3.5安培/厘米²，代入上式可以求得电极直径。

$$D = 2 \sqrt{\frac{3570}{3.1416 \times 3.5}} = 36 \text{厘米}$$

自动焙烧电极外壳是由1~1.25毫米铁板制成。铁壳内焊有3~5个翅片，翅片高度约90毫米，以增加电极强度，减小电极电阻，加速电极糊的烧结。如图所示。



图3 电极外壳示意图
1—电极铁壳；2—翅片

电流是由导电板输送到电极上去的。导电板是用厚1厘米以上的钢板制成，其电流密度可采用1~1.2安培/厘米²。导电板是由固定环借制动螺絲与电极紧密接触。其构造如下图：

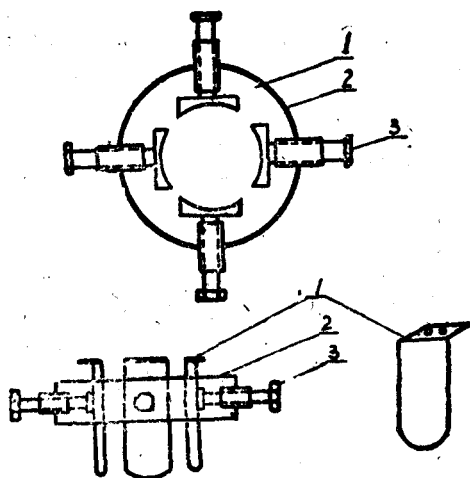


图4 导电板及固定设备示意图

1—导电板；2—压紧环；3—压紧螺絲

当导电板需要移动时，可拧松制动螺絲連固定环一起移动。

电极的最上端在电极壳内对称的焊两个挂钩（接长电极壳时可将此挂钩割去，再在新接长的电极壳上端焊两个新挂钩）。手动卷

扬机上的鋼繩通过滑輪，悬于电极正上端，端头固定一吊滑輪，一較电极直径长2倍的槽鋼悬挂在挂鈎上。靠近槽鋼两端各割开一宽30毫米，长150毫米的縫口，通过此二縫口各向下悬一挂鈎，吊起电极。开縫口的目的是为了可以調整挂鈎的位置。电极吊挂好后，应当垂直，并应在炉內中心位置。

电极升降是由手动卷扬机带动的。手动卷扬机在带动电极时应当方便省力，升降速度可由人工控制。手搖把制成如輪船上的方向盘，以便操作。

(五) 出 炉 設 备

炉內积存电石經過一定時間后，須經出炉口将液体电石放出。

打出炉口是用烧穿电极进行的。烧穿电极是由扁鋼制成，其一端以螺栓固定于鋁板与易曲銅纜接头处，另一端引出到出炉口附近。烧穿炉口时，将一根直径为16毫米的鉄棒一端放置在烧穿电极上，另一端放置在烧眼鉄棒上，借产生之电弧热将炉口烧穿。

放出之电石流于由生鉄鑄成的冷却鍋中。利用烧眼鉄棒残头制成一Ω形弯鈎，直立放置冷却鍋中，以便将流入冷却鍋中的电石在冷却凝固后抬走。

在出炉口前应放置一挡热鉄板，以防止受液体电石烧伤。

五、生 产 管 理

电炉生产量在很大程度上决定于生产管理，生产管理不好不但降低生产量，而且容易造成停炉事故。

(一) 新炉开炉前的准备工作

在新炉开炉前必須烘炉和炼电极，即是用木柴、焦炭和电能使炉底及电极炭化，并把炉內所含水分除去。首先在电极壳的下部焊