

中小型冶金企业丛书

土 法 炼 銅

(第四輯)

張銘石 編著

冶金工业出版社

內 容 介 紹

这本小冊子通俗地順序叙述了銅矿石的土法选矿、焙烧与冶炼的基本道理，介紹了几种簡易选矿方法和几种土法焙烧爐、土法炼銅爐。同时对各項設備的构造与操作方法也作了簡要的叙述，便于讀者了解土法炼銅的一般知識和具体冶炼操作。

本書可供各地从事土法炼銅的工作人員参考。

目 录

一、前言·····	1
二、銅矿石的土法选矿·····	2
三、块矿、冰銅的死烧和粉矿、精矿的土法燒結焙烧···	7
四、土爐熔炼·····	15
五、对目前土法炼銅方法的改进意見·····	29

在建設社会主义的总路綫光輝照耀下，各地的小型銅矿如雨後春筍一样地建立起来。但是有些地方因为未能掌握土法冶炼的技术和建造合适的爐子，因而炼不出銅或者故障很多，造成了人力和物力的損失。为了系統地传播土法炼銅的方法，故写成这本小冊子。

土法炼銅是将氧化矿石，或者經過死燒的硫化矿石和冰銅直接炼成粗銅，也就是采用还原熔炼的办法。

用还原熔炼方法进行冶炼，銅的实收率低，如现在土法炼銅的爐渣含銅經常在1%以上，另外，得出的粗銅的質量也很低，目前土法炼出的粗銅一般含銅在85~96%，其中的質以鉄为最多。不过土法炼銅的优点是易于上马，能够就地取材，很适合于地方工业的小规模生产。

在自然界中富銅矿是較少的，大多数属于貧矿，故大部矿石須經過选矿，所以本小冊中也介紹一些土法选矿的

另外，目前所开采的矿石中，硫化矿占絕大多数，所以矿石的焙燒也是一項很重要的工作。土法焙燒要操作很好才能把硫除去到最大限度。

應該注意，在选用土法冶炼的方法和建造爐子时，應該根据当地的条件和矿石的性質来进行，这有着重要的意义。有些地方将硫化矿石直接入爐想炼成粗銅，这显然是不可能的。有些地方将含二氧化硅达50%以上的矿石加入爐中而又沒有加入相当量的鉄矿石和石灰石，以致因渣的熔点太高而不能熔炼。有些地方因为焦炭或木炭用得太多而使粗

銅含大量的生鐵，並且經常引起爐子的嚴重故障……。所以我們應該很好地了解清楚礦石的性質，建造合理的爐子、正規冶煉的作業和採用正確的技術條件及措施。以下將較細緻地和系統地來介紹一下較適用的爐子和合理的操作技術，俾對目前的土法煉銅有所補益。

二、銅礦石的土法選礦

采出來的礦石按其含銅的品位分為貧礦與富礦，按其礦石的性質分為硫化礦與氧化礦。含銅高的氧化礦則可直接入爐還原熔煉成粗銅，這一類的礦石存在的較少；含銅高的硫化礦須焙燒脫去硫以後才能送去熔煉。貧的氧化礦和硫化礦都得預先經過選礦，這類礦石在目前是占絕大多數；特別是貧的硫化礦石是其中最多的一類。地方辦的銅礦，目前還沒有條件進行機械化的選礦，因此很多地方只宜採用土法選礦。根據銅礦石的性質可以應用以下幾種土法選礦的方法：

1. 對於集中的粗粒嵌布的銅礦石，可以用手選的辦法將礦物與脈石分開。這是一種最簡便的方法。最好就在采礦場附近進行，以減少運輸量。不過目前在銅礦中這種情況很少見，只有少數的黃銅礦型的礦床才有集中粗粒嵌布的。

2. 較粗的均勻嵌布的銅礦石則可以用淘洗的方法。淘洗法可以用洗盤、簸箕等工具。這是利用礦石中銅礦物和脈石的比重有一定的差別，在水中使礦石和脈石依比重不同來分開。不過銅礦物的比重和脈石的比重相差不大（1~2），所以淘洗的效果和實收率不大好；另外，這種辦法生產率也很小。特別是銅的氧化礦（如孔雀石）與脈石的比重差只在1左右，因而其淘洗的效果和實收率就更加不好。

用这种办法时首先得将矿石破碎到矿物和脉石能单体分离的大小。到底应该多大，須視矿物的嵌布粗度而定。須淘洗2~3次，甚至4次才能得出含銅量較高的精矿。

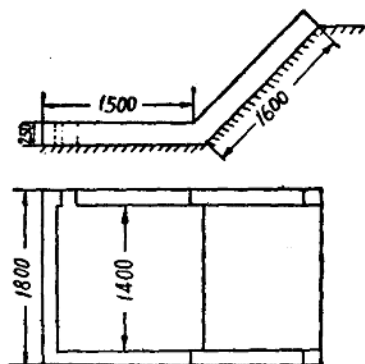


图1 砖槽

这种矿石也可以用砖槽来进行洗选，这也是一种动力选矿的方法。砖槽的形状如图1，其底用青砖砌成，槽边可用石块或青砖砌成。槽子分为两部分：一部分是斜坡部分，其倾斜角度随其作用不同而波动在 40° ~ 60° 之間；粗洗槽角度可大些，精洗槽角度要小些。斜坡部分的长度約为1.5~1.6米。另一部分是平坡部分，这一部分也还是有很小的坡度，一般为 2° ~ 4° 。这部分之长約为1.4~1.5米。槽宽两部分均是一样，为1.2~1.4米。平坡部分的尾端有一小水池，人站在旁边用水瓢将水浇到斜坡的矿石上面，矿石是放在斜坡的端头上，这种操作俗称为“喝水”，矿石中的各种成分便随着水流往下流，同时根据其比重的不同在平坡部分便分別沉落下来，最輕的便随着水流飘去，最重的便落

在靠近斜坡的平坡上。平坡末端的侧面有一出口与沉淀沟相通，以使飘出的細的矿石或輕的脉石沉落下来，以便收集起来看情况可以再洗选，水便流入蓄水池以便返回再用。粗选槽中浇大水，精选槽中則須浇小水；浇水的瓢是用竹子做的，将竹筒的上部挖出一大半以便握手，底下留一个装水的兜。浇大水的用大竹子做，浇小水的用小竹子做，浇水要匀，同时水量应很好地控制；这种方法的关键問題是在于浇水，浇水过大和过猛則会把有用矿物大量的冲走不能沉落下来，浇得小时又很难分开。浇水浇得好則实收率和精矿品位便会好。一般洗选三、四次便可得到須要的精矿。

砖槽要求的矿石粒度是可以粗一点，太細了会随水飘走。因而它是一种洗选較粗粒矿石的一种土选設備。这种設備特别适合于洗选錫矿与鉛矿。

3. 均匀細粗嵌布的矿石可以用放槽洗选。同时这种方法也可以洗选砖槽出来的泥浆以回收其中的有用矿物。用这种方法矿石要磨至 100 目（0.15 毫米）以下；这也是一种土法重力选矿的方法。磨細的矿物与水混合成为矿浆；由槽的斜坡部分上端的匀分板均匀漫流而下；至槽的平坡部分矿砂中的矿物便依比重不同而沉落下来，輕的即随水飘至沉淀沟。

放槽有两种：一种是长方形的（如图 2），和砖槽的形式差不多，不过槽的砌筑細致些，最好是用水泥做成，槽子底边均須很平坦，可以是許多槽子排成一行。在槽的斜坡部分的端头安装有匀分板，以使矿浆能沿槽面均匀下流，匀分板有用木質的和水泥做的两种，木質的比較容易变形而影响矿浆漫流的均匀性。因而水泥做的比較好。匀分板的形式虽有些不同，但其根本要求是要使矿浆能均匀的分布于正个槽面。

矿浆在匀分板中的分布如图3。

长方形放槽的尺寸为：平坡部分长为1.2~1.4米，斜坡部分为1.5~1.7米，槽宽为1.1~1.2米。平坡部分有2~4°的

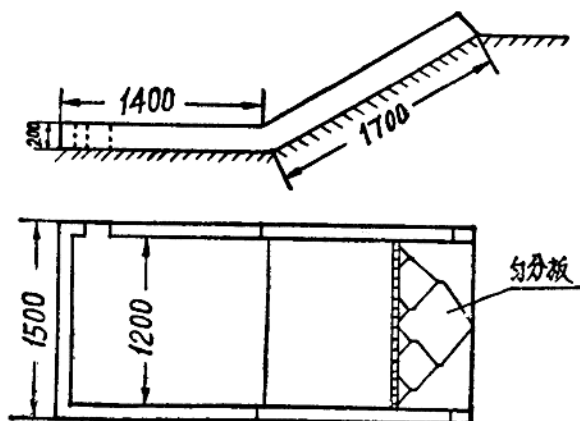


图2 长放槽

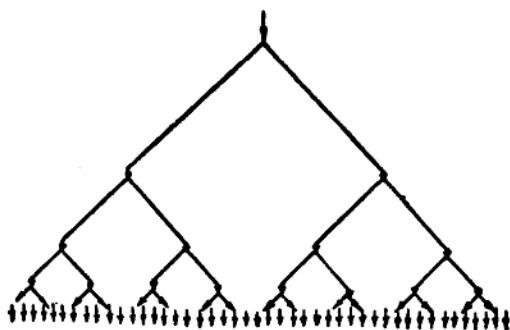


图3 匀分板中矿浆分布图

倾斜角。斜坡部分的倾斜角依所处理的矿石的性质和矿石中

矿物和脉石的比重差的不同而異。如果比重差大（如放洗錫矿）則其角度可大些（达 30° ），否則就要小些，放洗銅矿以 $15\sim 20^{\circ}$ 为宜。

另外一种是圓形放槽，这种槽子是放洗更細矿砂的。原理与操作完全同长形放槽一样。其匀分板是在槽中心的平头圓錐体上头，圓錐体即放槽的斜坡部分。其傾斜約 $60\sim 70^{\circ}$ ，圓錐底的直径約 $1.2\sim 1.5$ 米；沿圓錐四周的平坡部分也有 $2\sim 3^{\circ}$ 的傾斜角；平坡的外边的直径（即圓形放槽的总直径）約 $3\sim 3.5$ 米。这种槽子多用水泥或三合土制成，匀分板是直接做在圓錐体的平头部分，用水泥做成。矿浆流入槽上的受器后，經匀分板向各方漫流而下。这种槽子的生产率比长形放槽大。

放槽操作最应注意的，是矿浆的浓度和放出的均匀性，为放洗銅矿石矿浆的水重約 $70\sim 80\%$ ，矿砂重約 $20\sim 30\%$ 。

这种办法用来放洗銅矿石的主要問題是实收率低，特别是放洗如孔雀石之类的氧化矿。有的厂矿作过放洗輝銅矿的实驗（脉石主要为石英），原矿含銅約 1% ，放洗 $2\sim 3$ 次后，精矿含銅可以达到 $8\sim 12\%$ ，精矿的实收率只 30% 左右。其实驗是在傾角为 26° 的长放槽上进行的。放槽的平坡部分也較短，如果是槽子的角度較小和平坡部分稍长一点，可能情况会要好些。

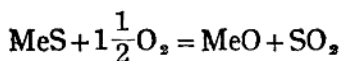
銅矿的土法选矿的最大缺点，是实收率低，而且目前对于矿石的磨細也是一个問題，因为缺乏动力，如采用人工則磨細一吨矿石得 $12\sim 18$ 个工。然而，无法直接入爐的貧矿石还是得采用这种方法来进行处理，以达到符合冶炼的要求。因此，目前各地方的土法炼銅中适宜于先采掘品位比較高的矿石，先炼富矿，以便早出銅、多出銅，加速社会主义建設速度。

但是應該注意，土法选矿的尾矿应很好地堆存起来，以便将来有条件时再用，以充分地利用国家資源。

三、块矿、冰銅的死烧和粉矿、精矿的土法燒結焙烧

土法炼銅的原料有块矿、冰銅、粉矿和精矿；硫化块矿和冰銅在熔炼前須要焙烧去硫，細小的粉末則須进行燒結焙烧。其焙烧的目的是尽量脫去其中的硫，这种方法便叫死烧。这是使后一步熔炼产出最少的冰銅，而大量的产出粗銅。土法燒結焙烧除去上面的目的外，当然还有一个是将粉末团結起来的作用。

焙烧是对于硫化矿石炼前的一种化学处理。实质上是金屬硫化物在热的状态下的—种氧化过程。金屬变成氧化物，而硫便与氧化合成 SO_2 ，其反应可以写成下面的一般反应式：



Me—代表各种金屬，如銅、鉄……等。

硫化物氧化过程是放热的，因此硫化物的焙烧是不需要什么燃料的，仅在点火时須要用—点燃料，不过对于块矿和冰銅的土法焙烧就有些不同，用的燃料（主要是木柴）还是比较多，硫化物燃烧的热利用率不高。矿石中含硫同样不能过高，因为含硫过高易于熔結。熔結是对土法焙烧极不利的，大大地妨碍了脫硫，达不到死烧的目的。所以含硫过高时应加入惰性物料加以冲淡。焙烧时应注意溫度的控制，勿

使过高，以避免过早熔結的现象；溫度过低也不好，不仅焙烧速度很緩慢而且易引起熄火，特别是块矿和冰銅的死烧更應該注意这点。所以焙烧时的溫度最好是維持在 $800\sim 850^{\circ}\text{C}$ ，如果銅矿石中含有方鉛矿或其他易熔物質时，就應該在低于 800°C 的溫度下进行。焙烧冰銅时溫度也應該控制低些，因为它易于熔融。

块矿和冰銅的死烧以及粉矿的燒結焙烧，其焙烧过程都是先在矿石的表面开始的，逐步的往內发展，因此矿石的块度和致密情况对焙烧速度影响很大。特别是块矿和冰銅的死烧，进行速度本来就很慢，一般視量的多少和块度等情况而变动，在 $5\sim 15$ 天；所以一般块矿的大小都應該控制在 $5\sim 15$ 公分；冰銅和返矿應該小些。因为冰銅和返矿比較致密，因为返矿多为过早熔結的矿石，應該将其打碎，否則表面熔結的这一层妨碍焙烧过程的往內进行。在加矿石的时候也應該注意，在上面的块度要小些；边上的也要小些。现在土法焙烧有自然通风及机械送风的，自然通风当然最好是砌筑烟囱。

块矿和冰銅的死烧和土法燒結焙烧，要求完全脫硫是不可能的。通常在最好情况下也只能脫到含硫 $5\sim 6\%$ 。因此，以后熔炼时总是不可避免的产出一些冰銅。冰銅的产出也还是有利的，因为它聚集于粗銅和爐渣中間，这样可以减低銅随渣的损失。

燒結焙烧时應該注意配料和加水，以使爐料有最好的透气性。在配料时应加入适量的熔剂和返料，以作为惰性物料。在燒結焙烧时除掉上面所提到的硫化物氧化的主要反应而外，还有一个胶結性的反应，即 FeO 与 SiO_2 的初步熔合而成为 $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ，这是造渣反应的初步。

焙烧和燒結焙烧时的一些化学反应和一般書上所講的一样，这里便不提它。

土法焙烧和燒結的实践

1. 爐子的构造和砌筑：

块矿和冰銅的焙烧窑：这种窑随其作用不同有大小两种，大窑是焙烧块矿用的，小窑則是专门焙烧冰銅用的。根据通风的情况不同，窑的高矮也有变化，如果用机械通风，窑身可以高一些。窑可以作成圓形和矩形。同时可以排成一行，即一排有很多个窑。窑的大小可以根据生产规模和操作上方便而定。生产规模大可以砌大些，但过大操作上就不那么順当了。采用自然通风的窑应该建在空气流通的地方，窑門应该迎着风的方向。逸出的 SO_2 对人的健康和庄稼均有害，因此在建窑时也应考虑这一因素。

图4是自然通风的圓型焙烧窑，高为2.2米，底部直径为1.2米，每窑每次可以焙烧矿石4.5~5.0吨，如果采用硬質木柴时，每窑可以焙烧矿石达7.0吨。窑的前面有一門以供通风和出焙烧矿之用。这种窑可以砌上烟囱，以加强其通风。图5系一矩形窑，其大小不限，东川曾有过下列尺寸的矩形窑：长3.3米、宽2米、高4米。也和圓窑一样，在其一方的墙上留有一个門。焙烧冰銅的小窑在东川曾做成下列尺寸：宽大于0.5米、长1.2~1.3米、高1.5~1.6米。用机械送风的窑較高，且上面常砌有出气道。

图6即为一圓形的机械送风的窑。

砌爐的材料可用砂石、青砖或大块的爐渣，砂石应该用粗砂石，这种砂石不易热裂。窑墙砌好之后，須在內壁涂上一层耐火的粘土或黃泥。牆的空隙应该填滿，窑內应砌得光滑。

窑内涂好泥土以后，应将灶灰或炭灰和已烧过的粘土或火砖粉刷上一层。这种炉子寿命是长的，平常只须要小修补就行。

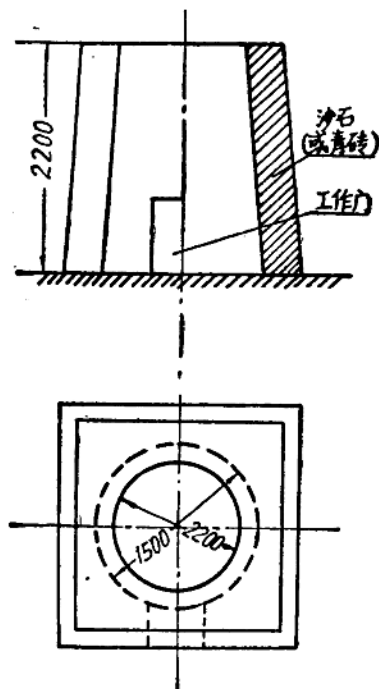


图4 圆窑

粉矿和精矿的烧结炉：这种炉子可以做成圆形，也可以做成梯形，横断面为梯形的烧结焙烧炉，如图7所示。后墙和两侧均是用砂石或青砖砌起的围墙。前墙是作为门用，炉子工作时便用铁板闌起来，烧结焙烧好以后便将此铁板打开，以出产品，如果是圆形炉子，则一半系砂石或青砖砌的墙。有时在后墙上面开一、二个孔，工作时将其闭上，当出炉时便将

其打开，插入鉄条，以帮助推下燒結的結块。爐子的底是用鑄鉄条做成的爐柵，或者是有孔的生鉄板的爐柵。爐柵向

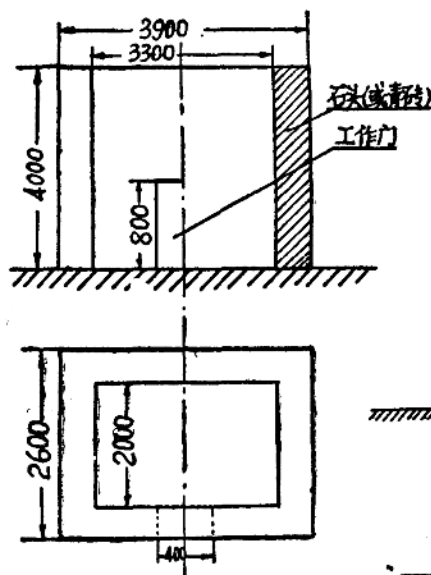


图5 矩形窑

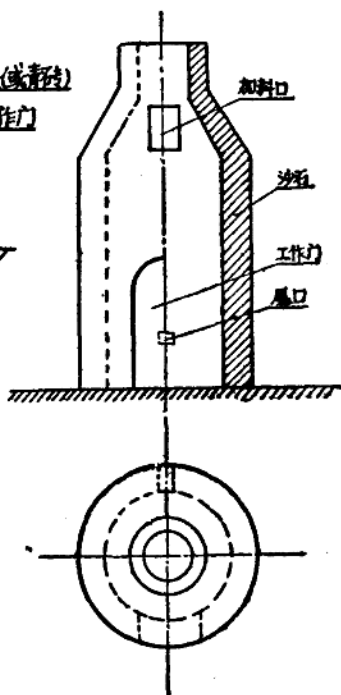


图6 机械送风的圆窑

門口傾斜 $15\sim 18^\circ$ ，后牆的底下有一進風口，使風能從爐柵底下進入爐膛。側牆的底下有兩個清灰孔，平常將其閉上，以免漏風。當工作完畢清灰時才打開。爐子上面有煙罩。

爐子的內膛尺寸不能過大，如果大了燒結時結成一大塊就難處理。特別是爐膛深度不能過大，般深度為 $0.8\sim 1.0$

米，爐膛面積約1.8~2.2平方米。這種爐子也有做成上口比較大的，下面的各部分則差不多。這種爐子像個蒸飯的甑子一樣，所以叫做甑子爐。

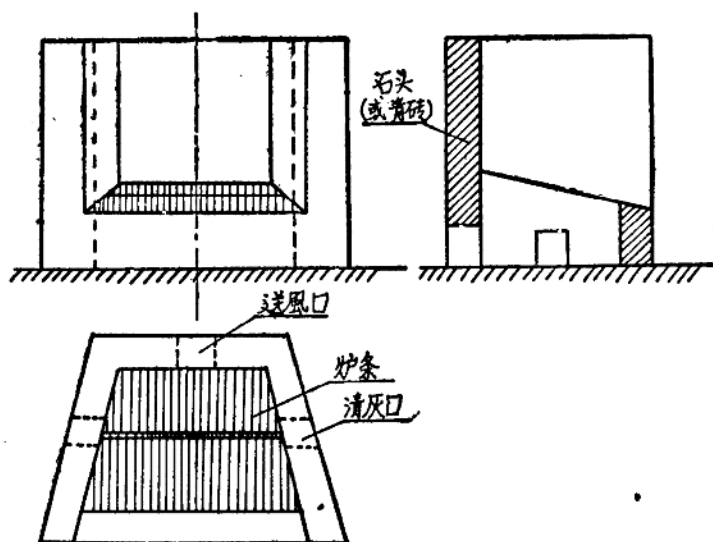


图7 粉矿烧结爐

2. 块矿、冰銅的死燒及粉矿土法燒結焙燒的操作實踐。

块矿和冰銅的死燒：窰砌好待干燥以后，在窰底鋪一层厚約100~150毫米的灶灰，以防止熔融物的結底；然后加底炭250~300毫米，以作为起火之用，在窰門的这边要稍多加点，再在上面鋪一层底柴，或者不加木炭只加木柴做底柴。木柴排列应紧密相連，而且要鋪平以防止漏矿，以及木柴燃完以后料可以均匀下降，木柴的厚度看其木質的堅实情况

而有些不同，一般在1.0米左右。在窰門处通风比較好須用較大的木柴。在架放木柴時須在后牆留下——直立的直径为100~200毫米的孔，以作为点火之用。如果用有烟囱的窰，則这个孔須在靠近烟囱处。当底柴加好后，即由后点火孔将烧紅之木炭倒入引火。当冒烟后，再将較大的木炭将点火孔填平，便开始加入矿石，在加矿时因門前通风好，木柴易于燃烧，因此在一、二次加矿时應該在此处多加。前門处厚約380毫米，后部矿石厚260毫米。在点火以后應該把窰門干砌上，第一次加矿不應該加得过猛，以免把火压熄。当火燃到很旺时可以斟酌情况补加些矿石，約一昼夜木柴大部烧去，上面冒明火便再加一层木柴一层矿石，以后逐次加至窰不能容納为止。加矿石时應該在边上多加些，以防止风跑边，致使火从边上上来。总的原則是在焙烧时不應該讓其上面冒火。所以在加矿石时，冒火的地方應該稍微多加。当窰頂不大冒烟时，即表明火已逐漸熄灭，每焙烧一窰的时间大概为10~15天。

冰銅最好是单独分爐焙烧，因为这样易于控制返矿再去焙烧时應該打湿至含水5%左右。

这样焙烧花費的木柴是比較多的，有的厂多到用一公斤木柴焙烧一公斤矿石。在操作上注意盖窰盖得很好，燃料消耗可以降低一些，而充分的利用其硫化物的燃烧热来維持爐溫。

在焙烧时矿石含硫應該恰当，低了用的燃料太多，高了則易于引起局部的溫度过高而发生过早熔結，脫硫不好。窰內溫度应不超过850°C。通常都維持在800°C左右。焙烧黃銅矿矿石，在加溫时它会碎裂成碎块；焙烧含方鉛矿的銅矿石时溫

度应低于 800°C 。

块矿及冰铜的死烧最易发生夹生的现象，防止的办法是加木柴时应注意平整，加矿石也应加匀并适当的在边上多加一些。焙烧窖应该防止雨淋，配料应恰当。粉状矿石要做成团后再去焙烧，或者不入窖而用其他的爐子燒結焙烧。粉末制团时可以用石灰作粘合剂，不过应该看矿石含钙的多少，还要和以后熔煤的配料结合起来考虑，含钙高的矿石，如果再加石灰渣含 Ca 便高，会在熔炼时造成困难，而且加入石灰的量也要控制，不宜过高。有的地方用牛粪作粘合剂，不过它在进爐以后即因热而又分散。

烧得好的矿石是冷后呈兰灰色，有光泽，并結成块而且有小窝蜂。其焙烧不合格的矿石是冷后呈褐色，无光泽，质疏松不結块，有的外面虽呈灰色，但内部仍呈红褐色。这样的矿石都得重新焙烧。这种方法的目的虽是死烧，但事实上只能将硫降到 $5\sim 6\%$ 。因此在熔炼时一定会产出一些冰铜。冰铜的焙烧在另外的小窖中进行，其操作方法也差不多。

粉矿和精矿的燒結焙烧：其操作是和燒結鍋的操作方法一样，先在爐条上垫上一层石灰石以防止粘結爐条。然后再用茅柴或稻草等垫上用以引火，再在其上放一层木炭，这是作为起火用的。当木炭起燃以后，便开始加料，同时开小风，以后一层层的加料，风压也逐渐升高。燒結带逐步的往上移。当滿边后即不再加料。加料完再悶烧一段时间。当出燒結矿时，是将前面的铁板打开，推下来将其打碎至熔炼时所要求的块度，细小的粉末再返回和生矿一起燒結。这种爐子的加料是通过烟罩旁边的操作門来进行的。

这种爐子是間歇作业的，爐条的孔隙面积不能过大，配

料中的粒度和水分應該恰当，而且应混合均匀。經過一次作业后，應該打开清理孔，把底下的灰弄掉。其料的粒度配合和水分含量和燒結机燒結时差不多，其他書上已談及，此处不加叙述。

四、土爐熔煉

含銅高的氧化矿石和死燒过的块矿以及燒結焙燒的結块便送去土爐进行还原熔煉。在上面已經提到硫化矿的死燒是不能完全脫硫的，因此不可避免的会产出些冰銅，它界于渣和粗銅之間，因之可减少渣中銅的损失。冰銅須再处理。

在土爐中爐料与气体是相对流动的，即气体往上升，块料往下落，完全和鼓風爐中的还原熔煉一样。焦炭或木炭因經過風阻进入的空气中的氧的燃烧而产生出一氧化碳和二氧化碳的气体，两者之比約为1:1。爐料中的銅的氧化物便由于上升气体中的CO而还原成金屬，其他金屬氧化物也不可免的或多或少的也被还原。銅的氧化物的还原作用在比較低的溫度下就开始，在固体状态即基本上还原完毕。爐料中碳酸盐及硫酸盐的分解是在爐中較上方进行的，简单的造渣反应也是在进入高溫区以前就已发生，到爐子高溫区以后便吸收其他造渣成分而形成爐渣。爐內的高溫区是在風口上方0.4~1.0米的地方。这就是所謂焦点区。爐中底焦的厚度約0.4~0.5米。底焦过高和太低均会引起爐子故障。过高会产生熔煉带上移，而爐子下方冷却。太低則容易发生梭生，特别是在風阻的地方。

还原熔煉时焦炭的量須視焦炭的質量以及季节的不同而