



中国科学院矿冶研究所

土法炼铜组 编

土法炼铜讲话

冶金工业出版社

前 言

根据党中央和国务院“关于大力发展銅鋁工业的指示”的精神，为交流当前土法煉銅的經驗，提供一些資料，我們首先在衡陽专区柏坊銅矿，以后又在其他几个銅矿，做了一些調查总结 and 实验工作，并参考有关資料，編写了这份資料，仅供各地土法煉銅厂参考，并誠懇的期待指正与批評。

我們相信，在总路綫的光輝照耀下，只要遵循着党的发展銅鋁工业的方針，掀起全民大办銅鋁工业的高潮，我国的銅鋁事业，必将在极短的时期內，会像鋼鐵一样遍地开花，迅速結出胜利之果。

目 录

前言

第一講 銅矿石分类及辨認方法	1
第二講 銅矿石土法冶炼簡述	5
第三講 硫化矿的焙烧与燒結	7
(一) 焙烧的目的和要求	7
(二) 焙烧爐的类型、适用范围、操作方法及其优缺点	7
(三) 硫化矿块矿及精矿焙烧前的准备	14
(四) 在焙烧操作中所使用的工具	17
(五) 焙烧过程的基本原理	18
(六) 焙烧过程中应注意的事項	20
第四講 氧化矿及焙烧硫化矿的冶炼	22
(一) 冶炼的目的和要求	22
(二) 炼銅土爐的类型、砌筑方法和适用范围	22
(三) 冶炼开爐前的准备工作	38
(四) 冶炼过程中的操作	48
(五) 冶炼时最易发生的故障及排除方法	55
(六) 焙烧硫化矿冶炼时的主要反应	57
第五講 土鼓风爐熔炼的几种产品	62
第六講 土法炼銅现存問題及改进意見	65

第一講 銅矿石分类及辨認方法

因为銅能与很多种元素生成化合物，故在自然界中所形成的含銅矿物有 240 种之多，但是常见的和主要的銅矿只有几种，为了辨認和处理上方便，常按下列方法分类。

1. 按矿物性質分

主要可分为：硫化矿、氧化矿、自然銅三种。硫化矿和氧化矿还各包含有几种主要矿物（如表 1）。通常按矿石的顏色、条痕等，就可以認識某种矿石是什么矿，如：

黃銅矿 顏色为光亮的黃金色。常帶有藍、紫、黑等色彩、条痕黑綠色，有金屬光澤，洋釘刻得动，比重 4.2 左右，形状多为密致块状，打击时发火花，有硫黃味。与黃鉄矿及黃金有点相似，但是顏色比黃鉄矿深，沒有黃鉄矿硬；沒有黃金重，条痕顏色也不同。

表 1

矿石种类	矿物名称	矿物化学符号	純矿物中Cu含量
硫化矿	黃銅矿	CuFeS_2	34.5
	斑銅矿	CuFeS_3	55.5
	銅藍	CuS	66.4
	輝銅矿	Cu_2S	79.8
氧化矿	赤銅矿	Cu_2O	58.8
	孔雀石	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	57.3
	藍銅矿	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	55.1
	矽孔雀石	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	36.0
自然銅	銅	Cu	100.0

斑銅矿 表面常有紫、藍或灰綠色斑点，閃出很好看的
光澤。条痕灰黑色，銅筆套刻得动，比重4.9~5.4，多成块
状，断口参差不齐，还显出暗紅銅色，与空气接触后，慢慢
变为紫色。

輝銅矿 顏色为鉛灰和灰藍色，条痕现光亮的鉛灰色，
有金屬光澤。比重5.6左右，常成密致块状。銅筆套可刻得
动。質純的，小刀可以切削，新切的面上留有很亮的光彩，
不久就变成淡黑色。

赤銅矿 顏色为暗紅色，条痕为褐紅色，洋釘刻得动。
比重6左右，常见的是密致块状、粒状和土状，打成粉末放
在火上发出蓝色火焰。

孔雀石 顏色为翠綠色及暗綠色，这是主要的特征。条
痕现淡綠色，有玻璃和絹絲光澤。洋釘刻得动，断口及磨光
面有美丽的花紋。

自然銅 天然产出的純銅，顏色及条痕都是銅紅色，硬
度不大，銅筆套刻得动，比重9左右，有金屬光澤，富延展
性，形状多为树枝状、块状、片状及銅粒聚集状，断口像鋸
齿。

2. 按矿石的酸碱性分

矿石有酸性、碱性、中性之分。在冶炼时，常常提到某
种矿石是酸性的，应加碱性熔剂(FeO 和 CaO)等等。为鑑別矿
石是酸性的、碱性的或中性的，举下表作为例子(表2)：

由表2的例中可以看出：矿石的酸碱性，主要是根据
废石性質来决定的。酸性矿是矽石(二氧化矽)含量很
高，而含鉄很少。碱性矿則鉄含量很高，矽石含量很少。中

性矿則矽石和鉄含量差不多一样多。也就是說：在廢石中主要成份为二氧化矽，則称为酸性矿石；在廢石中主要成份为鉄，則称为碱性矿石；碱性氧化物（FeO, CaO 等）与二氧化矽含量差不多一样，則称为中性矿石。

表 2

矿石名称	廢石化学符号	碱 性	酸 性	中 性
含 銅	Cu	2.4	4.7	9.6
二氧化矽	SiO ₂	6.64	52.6	27.2
硫酸銅	BaSO ₄	4.24	—	—
氯化鋁	Al ₂ O ₃	1.96	10.7	4.5
鉄	Fe	37.9	8.0	24.2
氯化鈣	CaO	0.3	2.2	2.2
氯化鎂	MgO	0.3	1.4	很少
鋅	Zn	2.0	—	2.3
硫	S	43.4	7.6	27.3

在配料时，中性矿石可以什么熔剂都不加，而碱性矿石需加酸性熔剂（SiO₂等），而酸性矿石需加碱性熔剂（FeO, CaO等）。

在湖南地区所发现的一些銅矿中，大部份是屬矽砂岩型的酸性矿石。

3. 按选矿、焙烧以后的矿石分

冶炼所用的矿石，在入爐前一般都必須經過选矿或焙烧（烧結）过程，經過选矿、焙烧以后的矿石，大致可分为三类。

（1）高品位块矿：这种矿石是由矿山采出后，直接用

手錘打碎选出的,其粒度大小正适合土爐冶炼要求,品位(含銅)一般在10%以上,当然,有的品位低至3~4。也可直接冶炼,但硫化矿需先經焙烧脫硫。

(2) 浮选精矿和粉矿: 高品位 (含銅高) 的矿石,在自然界中是不多的,所以貧矿不能不处理,但貧矿一般不能直接冶炼,須經過一个选矿过程,如采用浮选法所得的就是粉末状的精矿。

另外,在用錘子等手选办法选別块矿时,也有一些粉矿产生,这里含銅也很高,一般称它为粉矿。

(3) 焙烧矿和燒結矿: 为了适应土鼓风爐純 还原冶炼的要求,硫化矿和硫化矿精矿,必須进行焙烧或燒結焙烧,焙烧或燒結焙烧所得的矿叫焙烧矿或燒結矿。

第二講 銅矿石土法冶炼簡述

土法冶炼实质上就是一种因地制宜、因陋就簡，全民到处可搞的一种炼銅方法。設備簡單，操作亦不复杂，只要掌握基本操作方法，就可以冶炼生产。

目前，到处在开展土法炼銅工作，其冶炼过程和方法，一般不外以下几种：

1. 氧化銅矿的直接还原熔炼

一般來說，氧化銅矿处理起来是比較簡單的，經過简单的手选以后可直接入爐冶炼，获得粗銅，冶炼前无需經過焙烧等处理过程。

但氧化矿，一般都是位于硫化矿矿床的上部，不太深，矿量不大。特别是含銅很高的氧化銅矿更是为数不多。

高品位氧化銅矿，一般是指含銅在5%以上的。有的含3%以上的就可直接冶炼。

2. 硫化銅矿的冶炼

含銅較高（一般3%以上）的硫化銅矿，經過焙烧脫硫以后，可以和氧化矿一样，在小土鼓风爐里进行还原熔炼。如焙烧时硫脫的净，可获得粗銅，而冰銅很少。但若焙烧时硫脫的不好，可能完全是冰銅。

3. 湿法冶炼

湿法冶炼一般用来处理低品位氧化矿和含銅較高的爐

渣。处理方法：有的用硫酸（ H_2SO_4 ）浸出，即将低品位氧化矿或含铜高的爐渣粉碎到所要求的程度（一般破碎到10~20毫米以下），放在硫酸溶液中，铜便被浸出成硫酸铜溶液，然后以加铁屑等办法，将Cu置换出来，则铜便以氧化亚铜（ CuO ）形式沉淀下来。这种 CuO 再经过一次还原熔炼，便可得到铜。

有的也有用氨水浸出的。

用水冶法来回收低品位矿石中的铜和含铜较高的爐渣中的铜，是很好的办法，特别是在可以用土法制硫酸的情况下，推行水冶法是很有前途的。

第三講 硫化矿的焙烧与燒結

(一) 焙燒的目的和要求

土法冶炼所处理的硫化矿，在粒度上一般可分为两种，即含 Cu 較高的硫化矿块矿，和浮选后的硫化矿粉矿（精矿）。

焙燒的目的是脫硫，使硫化物变为氧化物，以便在鼓风爐还原为銅，同时将其他硫化物，主要是硫化鉄氧化，以便使它在熔炼时造渣。因冶炼时要得到粗銅，所以焙燒时应尽可能将硫除淨，否則，在冶炼时会生成大量冰銅。

对硫化銅矿的精矿來說，如果在鼓风爐里熔炼，除了要求将硫全部燒掉以外，还应使其燒結成块，并且所成結块还应是蜂窝状多孔的，因为这样才标志硫脫的完全，也便于熔炼。

如果在土反射爐內熔炼，只要焙燒脫硫即可，不必使其燒結。

(二) 焙燒爐的类型、適用范围、操作

方法及其優缺点

在湖南衡阳专区和湘潭专区的几个銅矿，所用的焙燒爐大致有如下几种类型。

1. 堆 燒

堆燒法就是将硫化矿石堆成堆来进行焙燒，这是焙燒块

矿的一种最简单的方法。含硫少于15%的硫化铜矿，在焙烧时应该另外补加燃料，含硫15%以上的硫化矿可靠硫的自燃氧化的热将矿烧好。这个方法最适用于含硫大于15%，并多少有些细末的块状物料。

堆烧矿石的地方应事先筑好，其地平面要用粘土捣固，并放一层草灰，以减少在焙烧时有烧熔的金属液体渗入土壤中。

焙烧的方法是：在堆烧场上先放一层木柴，在木柴上堆放块状矿石，在堆矿石时，由堆中央至四周矿块应逐渐变小，在堆的上部放一层矿石粉末。

燃烧开始时是靠木柴，以后则靠矿石中的硫化物燃烧来进行。烧好的时间长短依矿堆的大小而定，如堆宽12米，长20米，高2~2.5米，这样可堆4000吨矿石，要烧2~3个月。不过堆的大小，应根据冶炼炉的能力来定，一次堆得太多，烧矿不能很快的冶炼完，再保存不好，就很容易又变成粉末而造成损失。

烧堆底部所垫的木柴一般是40厘米左右，堆高一般在1.8~2米之间（矿石含硫愈高应愈低），长、宽无一定限制，因为这不影响焙烧结果。

这种方法，一般得到三种产品，即：

(1) 大块、多孔、焙烧良好的物料，由原含硫25%脱至含硫4~7%，这种产品占总量80~90%。

(2) 细末，焙烧不够好的物料，含硫不大于8%。

(3) 熔化和烧结的产品，由于高温作用而熔化，析出的硫化物混合物。

堆烧的优点是：焙烧时不要什么设备，所用的燃料耗费

也不高，并可获得大块的焙烧产物。但缺点是：在焙烧期间废气（含 SO_2 气体）到处弥漫，对树木、庄稼起着破坏作用。在露天下焙烧时，经雨水淋洗等，铜会大量损失。

堆烧的烧堆形式大致如下（图1）：

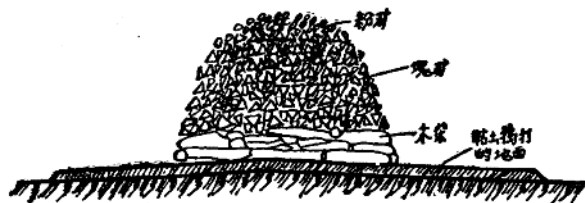


图1 堆烧法烧堆示意图

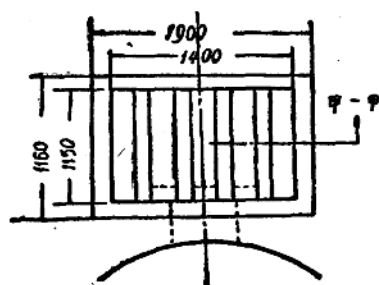
2. 焙烧窑

焙烧窑的形式很多，可以就山坡地形挖在地下，也可用砖或乱石在地面上砌筑。

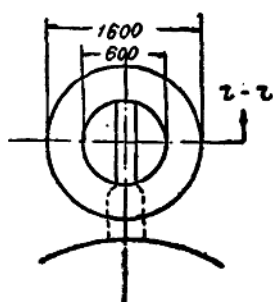
我们在柏坊铜矿和官庄铜矿所用的焙烧窑有方形和圆形两种，都是根据山坡地形就地挖成的。因当地土质较好，没有另砌内壁，窑底留有通风沟，以做自然通风之用，形状、尺寸如图2所示。

焙烧开始时，先在窑底风沟上用硬木（湿的杂木）涂上黄泥（厚约1厘米），紧密排列做为窑桥。在窑桥上铺一层木柴和煤球（厚约40厘米），再加30厘米厚的矿石。然后照同样的办法，连续把窑装满，但从第二层起，柴与煤的厚度可减为20厘米，矿石厚度可增至40厘米。每窑装矿石量圆窑为4000斤，方窑为5000斤。因焙烧的是含硫13%左右的辉铜矿，为了尽量使硫烧尽，故补加燃料较多，一般所补加的燃料为矿石的25~30%。（其中柴占30%，煤占70%），如

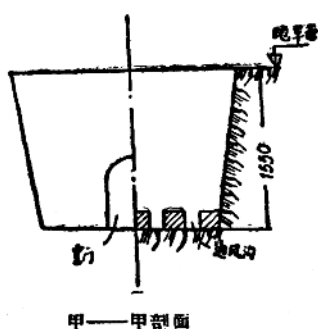
木柴太多，也容易过早的燒結成大塊，影响脫硫效果。



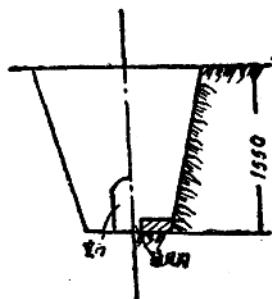
方形焙燒窖頂視圖



圓形焙燒窖頂視圖



甲——甲剖面



乙——乙剖面

图 2 方形和圓形焙燒窖

焙燒窖从窖底引火，借自然通风燃燒。为保証通风良好，焙燒进行的正常，在窖的底部应加些大塊焦炭，以免木制爐桥上的黄泥涂得不好，很快燒坏，爐料落下把风堵死，影响焙燒过程的进行。

焙燒時間 每窖 2~2.5 吨矿石，經 4~5 天即可燒好。

焙烧好的矿石呈银灰色（原为辉铜矿），有致密的小孔，击之有金属声，这部分数量约占 80%，有 20% 未焙烧好，可挑出，下次和生矿放在一起再行焙烧。另由于窖的中部温度较高，有一小部份矿被烧成冰铜，并见有少量粗铜。

这种焙烧窖的优点是：结构和建造简单，焙烧费用也不高，焙烧产品有 80% 能满足冶炼要求。但靠自然通风，如矿石含硫高，焙烧时间会相应的拖长，如含硫很高，有时需反复烧二、三次。同时和堆烧有相同的缺点，即废气仍到处弥漫，伤害农作物。

3. 烧 结 窖

烧结窖的形状与圆形焙烧窖的形状大致相同，只是多了一支鼓风用的风管（图 3）。

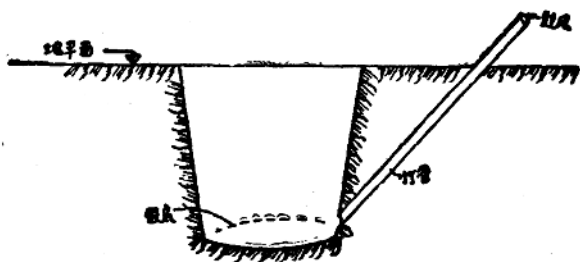


图 3 烧结窖示意图

这种形式的窖，不管对块矿或精矿（粉矿）都是适用的，它可借鼓风的办法，控制焙烧温度和速度，比自然通风焙烧法便于掌握。

焙烧开始前，在窑底搭上砖和铁条（爐条），以便于通风。为了保证焙烧时通风良好，不致使碎料落入底部，在底层除加引火用的木炭外，尚应密排一些大块焦炭。开始时加入窑中的焙烧物料，应是粒大的或粉矿制成的团，上面再一层一层的放細料（粉矿）。

送烧結窑烧結的精矿（矿粉），应事先加熔剂（石灰）和水混合好，使成不太湿而且是透气性較好的物料。加料的方法，要看爐子燃烧的情况，那里火焰大，那里多加料，力求空气在整个窑中透的均匀。如有的地方烧死，不透气，应该用铁釘子通通，使其通气燃烧。否则，那个地方会烧不好，严重时会影响焙烧工作的正常进行。

这种烧結窑的特点：是人力鼓风，风可大可小，开始时温度可低些，风可小些，逐渐提高拉风速度，使温度升高，窑下层的物料慢慢烧結成多孔形（因水份、硫等挥发而成孔）的結块。料加完，烧結亦基本完成（不冒烟为止）。

用这种爐子焙烧硫化矿的块矿时，可根据矿石情况适当的补加或不补加燃料。在窑底加 30~40 厘米引火燃料点燃后，可一次将窑加滿矿石，边加边鼓风，开始烧結时，鼓风可慢些，以免温度很快升高，使矿石熔化，并过早結成大块，而影响脱硫效果。

这种焙烧窑的优点：结构和建筑简单，焙烧进行迅速，由于人力鼓风，可控制給风速度，从而可控制温度，焙烧和烧結效果亦較好。将湿粉矿制成团，不需事先晒干即可入爐。但缺点是：当粉矿烧結焙烧时需强力鼓风，人的劳动强度很大，另外爐气亦不能回收，到处弥漫，对人身及农作物都有危害。用此种爐子，建議采用脚踏鼓风机鼓风。

4. 晴矿反射焙烧爐

土法焙烧細末矿石和精矿（經過浮选后的粉矿），采用人工翻动的焙烧反射爐也是可行的。因为不管我們采用制团压結或不制团在燒結窖中燒結的办法，硫总是不能一次完全的很淨，而用人工翻动的焙烧反射爐，因为爐料可以在爐中随便停留多久，硫可以任意脱到任何程度。

这种爐子有平的矩形爐床和单独的燃烧室，矿石与爐气对流原則运动。在一側翻动的爐子，宽可2米左右，根据当地条件可宽、可窄。如果没有金属材料（如角鋼等），爐子上盖可用长方板石，爐宽可依板石的长度来定。为了保护板石不致裂坏下落，每个大形板石最好能用二根鉄条保护。床长短取决于矿石内含硫多少，矿石含硫愈多，則爐床应愈长。例如：含硫至25%，长19~20米，含硫至20%，长15米，含硫至15%，长10米。所用燃料在进行死烧时（将硫烧尽）时为矿料的100%。

这种爐子的形状如同图4。砌筑方法和材料沒有很严格要求，用砖砌、石头砌都可以，或者用黄泥（三合泥，即砂加些水）砌造（像南方农村盖房子筑土墙一样）。工作間的大小，只要对翻动爐料的操作方便即可，无一定尺寸限制，但在工作时应用砖头等堵死，以免吸入大量空气，影响風。

这种爐子的优点是：硫可烧尽，并可随便烧到什么程度，因为爐料可在爐內停留任何時間。另外，对难焙烧并容易燒結的粉矿很适合，同时这种爐子可大可小。

缺点是：因用人工翻动，劳动条件不好，燃料消耗大，

爐子生产率亦不高。

操作方法：在单独的燃烧室进行烧火。将准备焙烧的精矿从爐子末端（靠烟囱端）的加料門加入，爐料在这里脱水。然后用鉄耙緩慢地向爐的前端耙动。烧好的精矿便从靠燃烧室一端的出料口扒出，冷却后，依矿石成分加些石灰等熔剂，或将树叶等捣碎做粘結剂，制成团，干后，便可放入鼓风爐中冶炼。如用土反射爐冶炼，焙烧好的粉矿无需制团，可将粉矿直接放在土熔炼反射爐中熔炼。

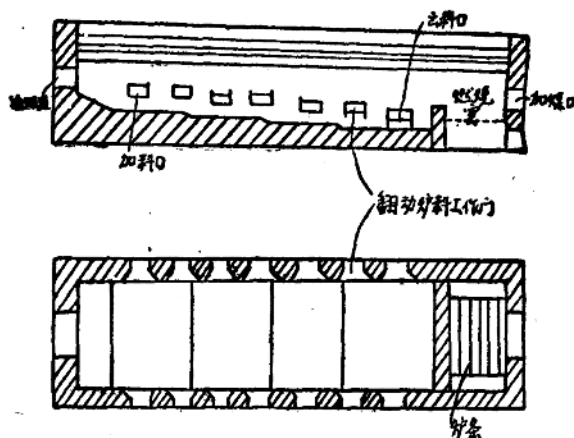


图 4 精矿反射焙烧爐

（三）硫化礦塊礦及精 礦焙燒前的准备

1. 块 矿

可不經破碎而后进行浮选即能滿足冶炼要求的硫化矿。