

土法熔炼冰銅

吳 琪

科学普及出版社

本書提要

当前我国普遍地大量开采銅矿时，其中大部分將是含銅在3%以下的低品位矿石，这种低品位矿石直接用还原法熔煉就不很适宜，所产爐渣含銅較高，焦率也較高。現代一般就采用熔煉冰銅的办法，先把硫化銅矿加入鼓風爐內煉成冰銅，再把冰銅吹煉成粗銅。这样爐渣含銅可降到0.5%以下，焦率也只达10%以下。

辽宁省美蓉銅矿把这一現代的冰銅熔煉法运用到土鼓風爐上，并得到了良好效果，在土設備上成功地采用了現代生产技术，对于提高与开展土法煉銅無疑有重要的作用，值得各地參考研究、試驗、推广。

总号：1208

土法熔煉冰銅

編者：吳

瑛

出版者：科学普及出版社

(北京市西便門外柳樹庵)

北京市書刊出版業營業許可證出字第091号

發行者：新华書店

印刷者：北京市印刷一厂

(北京市西便門南大街乙一零)

开本：787×1092 1/32

印張：2 1/2

1959年1月第1版

字數：16,000

1959年1月第1次印刷

印數：9,350

統一書号：15051·195

定价：(9) 1 角

目 次

冰銅熔煉法的意义	1
一、煉銅應該選擇經濟合理的方法	1
二、冰銅熔煉法是一種較好的煉銅方法	1
三、推行冰銅熔煉法有重要的技術經濟意义	2
冰銅熔煉法的基本內容	3
一、怎樣把矿石煉成冰銅	3
二、由冰銅生產粗銅的方法	6
介紹芙蓉銅矿土法煉冰銅的技術經驗	7
一、冰銅鼓風爐的構造與修筑	7
二、鼓風爐的操作方法	13
三、配料問題	15
四、燃料與送風問題	18
關於推行冰銅熔煉法的幾個問題	20
一、冰銅熔煉法的適用範圍	20
二、分散熔煉冰銅與適當地集中吹煉的技術經濟关系	21

冰銅熔煉法的意义

一、煉銅應該選擇經濟合理的方法

为了使銅的生产和整个国民經济相适应地飞躍發展，党中央和国务院号召全党全民动手大搞銅鋁生产；在煉銅方面，我国人民已有丰富的經驗，銅的生产已經开始并將更加迅速普遍地發展起来。但是，煉銅的方法很多，各地的矿石性質不同，所能取得的燃料材料等性質也不一样，交通運輸动力供应等其他条件也各有差異，因此如何根据当地的具体情况来选择比較經濟合理的煉銅方法，这是一个重要的問題。特别是由于有些土法煉銅的設備与技术条件較差，所以就更需要注意選擇較好的方法，以便有效地降低成本，提高回收率，節約原材料燃料消耗，以达到多快好省的要求。

二、冰銅熔煉法是一种較好的煉銅方法

一般的銅矿大致可分为硫化矿与氧化矿兩大类。這兩类矿石的性質有显著的差別，因此适用的冶煉方法也就不同。

古代开采的銅矿大部分是品位較高的氧化矿，后来氧化矿逐渐减少，也开采一些高品位的硫化矿，因此历代傳留下来的煉銅土办法，基本上是屬於还原熔煉法：就是把含銅3—10%甚至品位更高的氧化矿直接用鼓風爐还原成为粗銅，或者把这样高品位的硫化矿，先經過氧化焙燒，尽量除去所含的硫以后，再加入鼓風爐內还原，也可以产出粗銅。用这种还原法煉銅，生产过程簡單，操作較易掌握，可以直接产出金屬銅供給使用。

但是，近代这种高品位銅矿愈来愈少，特别是在当前我国普遍地大量开采銅矿时，其中大部分将是含銅在3%以下的低品位矿石，这种低品位矿石用还原法熔煉就不很适宜，因为还原熔煉时所产的爐渣含銅较高，一般的約在1—2%，而且所用的焦率(包括使用木炭或無烟煤等)比較高，多在30—50%，甚至100%以上，所以金屬損失与燃料消耗都甚大，这就浪费了資源并且增加了成本。

对于这类低品位銅矿，如果是氧化矿，現代多采用湿法(包括浸出置換法和溶液电解法)处理，这种方法适用于硫酸、鉄屑或电力供应較方便的地区。

据概括地了解，目前各地开采的銅矿絕大部分是以低品位的硫化銅矿为主，对于这种硫化矿，現代煉銅法則是采用熔煉冰銅的办法，就是先把硫化銅矿加入鼓風爐內煉成冰銅，再把冰銅吹煉成粗銅。这样爐渣含銅可降至0.5%以下，焦率也低达10%以下，显然比还原法优越得多。

三、推行冰銅熔煉法有重要的 技术經濟意义

一般的銅矿品位都很低，因此按生产一吨金屬銅計算，所消耗的燃料，比煉鉄或煉鉛等要大得多。在我們要用土法年产数十万吨銅，也就是要处理数百万吨矿石时，如果能把焦率从还原法的30—50%降低到10—15%，那就可能節約上百万吨的煤焦。同时考虑到土法煉銅多半是在偏僻的山区，能够少用百万吨煤焦，也就意味着可以少用数万采煤和运煤的劳动力，这一点，在我国当前大躍进形势下，有着重要的现实意义。

从另一方面看，由于焦率降低，产生的爐渣数量也随之减

少，同时渣含銅也降低了很多。如果按冰銅熔煉法比还原法能提高回收率5—10%計算，那么就可以从同样数量的矿石中多提取数万吨銅，这也是充分利用資源与节省劳动力的巨大潜力之所在。

然而，目前国内广大地区用土法煉銅，基本上都是沿用旧的还原熔煉法，这造成銅矿資源与煤炭燃料的巨大浪费，辽宁省芙蓉銅矿把現代流行的冰銅熔煉法运用到土鼓風爐上去，得到了良好的效果，在土設備上采用現代生产技術，这是土洋結合的一种形式，是推动土法煉銅技術革命的一个环节，对于提高与开展土法煉銅有重要的作用，值得各地参考研究与試驗推广。

冰銅熔煉法的基本內容

一、怎样把矿石煉成冰銅

(一)冰銅的主要性質 冰銅不是銅，也不是一种金屬，冰銅冷却的表面近似爐渣，断面呈暗紫紅色，質地較脆，比重約在4.5—5.5。理論上純粹的冰銅應該是銅、鉄、硫三种元素的化合物，普通爐中生产的冰銅，还含有10%以下的其他雜質。冰銅中含銅的品位一般在10—15%之間，产出冰銅的品位高低，主要是依照矿石中含硫多少而定，大致的規律是：矿石含硫愈低，則所产的冰銅品位愈高。我們希望冰銅的品位以30—40%为最好，品位过低，則下一阶段处理时甚不經濟，例如：把低品位冰銅吹煉成粗銅时，爐渣量大，帶走的銅多，直接回收率~~低~~，而且吹煉時間長，熔剂消耗較多，設備生产能力將降低。但是冰銅品位过高也不好，因为在生产高品位冰銅时，爐渣的

含銅量也愈高，銅在渣中的損失也會增加。

(二)生產冰銅的簡單原理 在熔煉冰銅的爐內並不是強烈的氧化或還原氣氛，在這種條件下，由於銅和硫的化合力很強，因此礦石中的銅和硫都生成了硫化亞銅，剩餘的硫，就與鐵結合成為硫化亞鐵，這兩種硫化物很容易按不同比例結合成一種均勻的化合物，就叫做冰銅。

鐵與硫的化合力比銅差，如果礦石中混有氧化銅或自然銅，那麼這種氧化銅和金屬銅就會奪取硫化鐵中的硫變成為硫化亞銅，進入冰銅中去。至於鐵，則形成氧化鐵，構成爐渣的一種成分。由此可知，在冰銅熔煉過程中，礦石中各種形態的銅，理論上都會變成冰銅的一部分。

礦石中的硫化鐵，除了進入冰銅中去的一部分，是被硫化亞銅牢固地結合着以外，多餘的硫化鐵，遇到吹入爐內的空氣就氧化成為氧化鐵和二氧化硫，這些氧化鐵進入爐渣，二氧化硫就進入爐氣中。這個化學反應，可以產生熱量，因此這樣熔煉冰銅時，所用的燃料就比較少些，只要補充一部分就行了。這叫做半自然熔煉。

如果礦石中含硫達到30%或更高時，可以完全依靠多餘的（指進入冰銅中的硫以外的）硫來產生熱量維持爐溫，不用補充燃料，這叫做自熱熔煉。

但是由於自熱熔煉所用的礦石含硫特別高，所以產生的冰銅品位就非常低，雖然節約些燃料，從全面生產上來看，也未必經濟合算，因此通常採用自熱熔煉的較少。

對於含硫特別高的銅礦，常用兩種辦法處理：一種辦法是先將礦石預先焙燒一次，除去一部分硫，燒成為含硫較低的焙燒礦，再拿來煉冰銅；另一種辦法是混入一定量的氧化銅礦，也可以把含硫成分降到適宜的程度，這種辦法較好，可以充分

利用矿石中硫氧化所产生的热量。

爐料中含有的全部金、銀等貴金屬和大部分揮發性不強的稀有金屬都會進入冰銅中去，在以後的電解精煉過程中可以分離提取。

(三)熔煉冰銅的技術條件 生產冰銅可以用反射爐或鼓風爐。反射爐構造較複雜，適於處理粉礦，用於大型企業生產。土法煉冰銅可以用簡易的土造鼓風爐。

在鼓風爐中熔煉冰銅，可以用焦炭、半焦或無煙煤，焦率（即各種燃料的使用量與礦石之比）依礦石成分及燃料種類而變，最高不超過30%，一般約為10%左右，芙蓉礦的初步試驗，用無煙煤相當於用焦炭量的1.2倍。

料柱高度，對於風口區爐身直徑為0.4—0.8公尺的土鼓風爐來說，以風口以上0.8—1.5公尺為宜。

送風量與壓力高低與爐子的大小及爐料的粒度有關，在一定範圍內，送風量愈大，爐子的生產能力愈高，爐料愈細所需的風壓也愈大。

冰銅熔煉過程中銅的回收率與礦石的品位有直接關係，幾個參考數據大致如下：

礦石含銅品位	2%	3%	4%	5%	10%
銅的回收率	75%	82%	88%	90%	95%

因此可以看出，入爐的礦石品位最好選至3%以上，否則熔煉中銅的損失太大。

熔煉冰銅所需最特殊的一個條件，就是冰銅與爐渣必須有一定時間靜置，使其互相分離，因為爐渣比重一般約為3.2—3.7，而冰銅也只有4.5—5.5，相差不大。與煉鐵、煉銅、煉鉛以及煉金屬銅時都不同，因為鐵、鉛、銅的比重都在7以上，比爐渣重得多，很容易迅速分離，而冰銅與爐渣則需較長的時間與

安靜的條件，所以在爐子的構造上必須考慮這個問題。

二、由冰銅生產粗銅的方法

把冰銅煉成粗銅有兩種辦法：

(一)還原的方法 把冰銅砸碎，重新焙燒，盡量脫硫，然後加入鼓風爐內用還原法煉成粗銅，這樣實質上仍然是走了還原法的道路，在技術上不合理，經濟上也不合算，因此不作介紹推廣。

(二)吹煉的方法 把冰銅吹煉成粗銅，這方法較好。

吹煉冰銅的過程，大致可分為兩個階段：

第一階段將冰銅完全熔化，然後向液體冰銅中吹入空氣，由於鐵比銅容易氧化，所以在第一階段，冰銅中的硫化亞鐵先被氧化成為氧化亞鐵，這時立刻加入較純的石英砂，使氧化亞鐵與二氧化矽迅速結合成為爐渣，浮在熔體表面，用人工扒去，剩下的是硫化亞銅，叫做白冰銅。

石英砂要分批勤加，每次少加。一次加入過多，會使爐溫降低太大，生成的爐渣厚度要保持在100公厘以下，應注意隨時扒出，太厚的渣層會使吹煉時間延長。

扒出的爐渣甚粘，含銅高達30%以上，應返回加入鼓風爐內重煉。扒出渣後需再加入與扒出的渣量約相等的冰銅，繼續吹煉，這樣重複幾次以後，爐內就積累了足夠量的白冰銅，可以進行下一步吹煉。

第二階段仍然是繼續向熔化的白冰銅吹入空氣，但不加熔劑不造渣，這時只是硫化亞銅與氧起反應，其中的硫變成二氧化硫氣體散去，銅則被還原成金屬狀態。

我國通用的吹煉設備有兩種：一種是轉爐，與側吹式煉鋼轉爐相似，空氣是通過熔體的內部吹出的，空氣的利用率高，

不需补充燃料，吹煉的时间短，成本低，但設備較复杂，并且需要較高風压的鼓風机。另一种是異吹爐，爐膛呈鍋底形，上面罩着一个半球形的盖，都是用耐火材料筑成的固定爐体，空气由熔体表面斜吹向冰銅，空气的利用率低，氧化反应慢，在單位時間內产生的热量少，不能保持爐温，需要另外补充燃料，最好是用重油；至于用煤、焦粉末，操作困难，目前尚未有成熟的經驗，可以試驗研究。

冰銅吹煉反应較快，吹煉設備的生产能力比占同样位置的鼓風爐相应的能力大得多，所以最好是組織許多座小型土鼓風爐生产冰銅，供应一处吹煉。同时考虑到吹煉的設備与技术較复杂，需要一定的机械动力，因此在条件不方便的地区，可以只生产冰銅，而根据交通情况在适当的地点集中吹煉冰銅，这样的生产組織形式可能是比較合理的。

介紹芙蓉銅矿土法煉冰銅的技术經驗

一、鼓風爐的構造与修筑

熔煉冰銅的鼓風爐型式，与一般鼓風爐略有不同，因为爐內产出的冰銅与爐渣需要有一个較大的安靜的地方来沉降分离。根据这个要求，芙蓉銅矿筑成了三种型式的爐子，经过初步試用，現在比較其优缺点如下：

(一)有單獨前床的鼓風爐(圖1) 这种爐子沒有爐缸，在爐子本体旁边另筑一个前床，爐內陸續生产的冰銅和爐渣落在爐底上，随时由經常开着的咽喉孔流入前床。

优点：前床中的熔体不受爐內条件的干扰，可以安靜地沉降分离，从道理上講，冰銅与爐渣在这样單獨的前床中，可

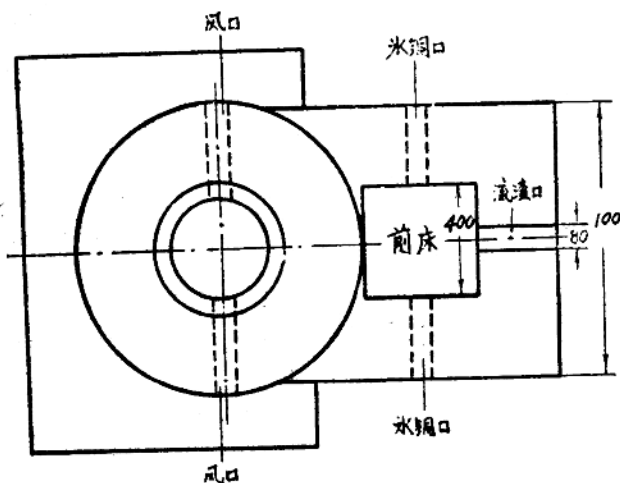
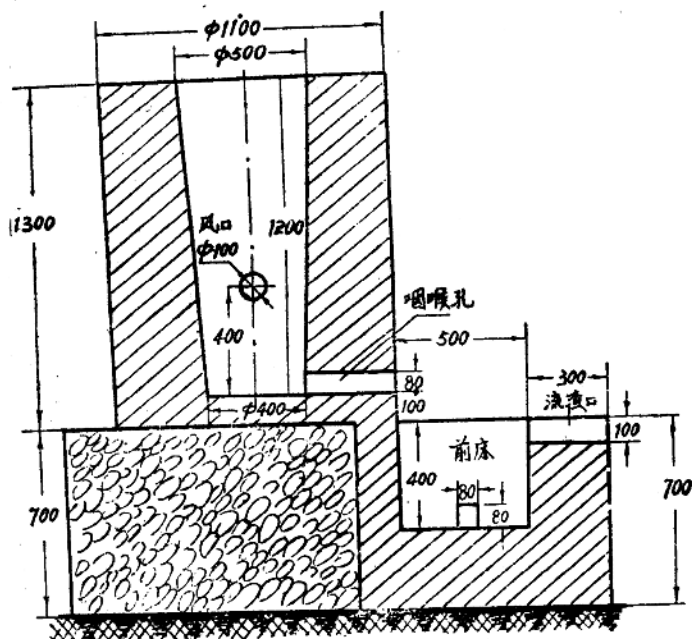


图 1

以分离得最完全，因此爐渣含銅低，銅的回收率就高。

缺點：由于土鼓風爐的規格一般都比較小，冰銅與爐渣的產量均較少，因此在一定時間內帶入前床中的熱量也就很少，同時前床的容積不能過大，小容積的前床散熱表面相對地較大。所以這種小型土鼓風爐的單獨前床，很不容易保持溫度，沉降在前床底部的冰銅，常從下向上，從四周向中間逐漸冷凝。這樣前床的容積逐漸減小，以後繼續流入的冰銅與爐渣就不能再很好地分離。

為了解決前床迅速凝結變小的問題，曾考慮用兩個或多個前床輪換修理使用。芙蓉礦就有一座爐子修了四個前床，這樣雖能維持生產，但因每個前床內的冷凝結殼物含銅甚高，都需返回重煉，前床越多，返回物也愈多，這就增加了燃料的消耗，而且多修前床，所用的人工和材料也特別多，很不經濟。

這樣單獨的前床，暴露的表面積較大，需要較多的保溫材料如稻草、柴草、焦粉與木屑等，也是一個缺點。

(二)有較大爐缸的鼓風爐(圖2) 這種型式與前一種相反，沒有前床，而是在底部筑成一個容積比一般鼓風爐略大的爐缸(也叫本床)，就讓冰銅和爐渣在這個大爐缸內沉降分離。

優點：構造比較簡單，前床不易冷凝，也不用另外消耗保溫材料。

缺點：爐內隨時有冰銅和爐渣產生，落在爐缸的熔體內，環境不安靜，冰銅在這樣的爐缸中，沉降分離的程度，不如在前床中完全，特別是當放渣時，當時落在出渣口附近的冰銅，可能還來不及沉降就隨爐渣流出，因此這種爐子的渣含銅比較高。

此外這種爐子，最好實行定時放渣，但是放渣時間很難掌

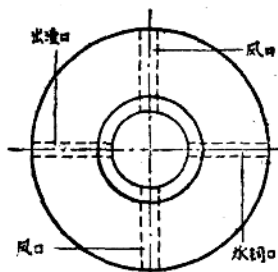
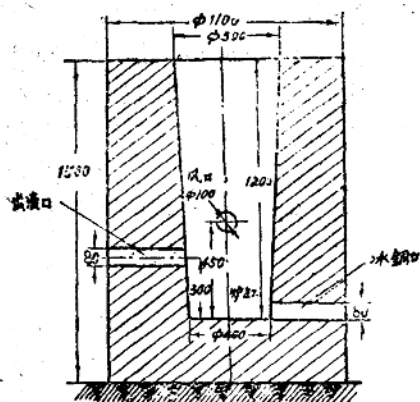


圖 2

拱形的連通口修砌略复杂些。

从以上三种型式比較看来，以第三种連通式較好。芙蓉銅矿目前的小型土鼓風爐也都是采用这种型式，前床使用期限与爐身基本上相适应，生产比較正常。

至于爐子的其他部分，并没有許多特殊要求，仅提出以下几点作为参考：

1. 爐身內壁以上大下小的型式較好，不用上下小中間大的

握好，如果不实行定时放渣而采取連續流流，那么由于沉降很差，渣含銅更高。

(三)前床和本床連通式鼓風爐(圖3) 这种爐子是前兩種的中間型式，而具有前兩種爐子的优点，既有本床也有前床，但本床与前床互相貫通，形成一个容积很大的熔池，其容积比前二种都大些。

优点：本床与前床保温比較容易，前床距爐身很近，不易冷凝，比第一种爐子少用保温材料，比第二种爐子的沉降作用完全。

缺点：在筑爐时，

型式，因为弯曲的爐壁，不易清除爐壁上的結瘤，而且筑爐也較麻煩。

2. 爐頂可以采用开放型式，从爐頂加料，不用在爐側另开加料門，为帮助排烟和防雨，爐頂上可以安装一只倒漏斗形的烟罩和小烟囱，但应该做成活动的或四面可以打开的型式。这样，便于从爐頂打钎子清除爐結。

3. 芙蓉矿現在的爐子都是筑在地面上。根据其他許多地区的經驗，可以考虑在爐基（包括前床基础）下部，砌筑几条十

字、卅字或井字形風溝；这样可以防潮并且在必要时，特别是冬季天寒風大时，为防止爐底冷却，可以在風溝内生火加热。

4. 風口的斜度，一般也是以 5° 为宜。風口的数量，最少应有两个，較大的爐子，可以用四个風口，以力求風的均匀分布，保证爐料正常熔化。

关于筑爐所用的材料，原則上也是就地取材，因地制宜；

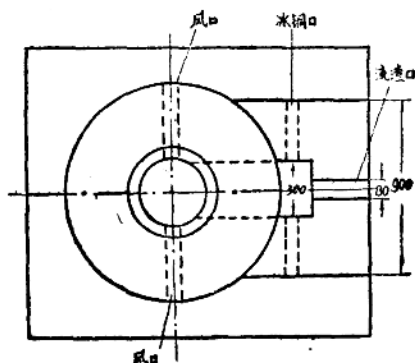
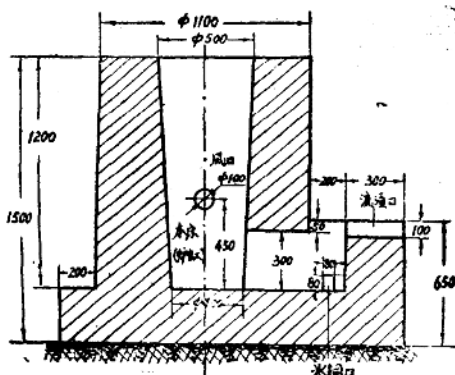


圖 3

爐缸(本床)和前床的底部都要用焦粉或木炭粉，調以耐火土搗固，爐身外壁用一般泥砂磚石等物均可，外面最好抹一層黃泥，以防漏氣，并可增強保溫條件，爐壁內襯的砌法與一般土法筑爐相同，不作詳述。但是建議在爐襯砌好后，最好用炭粉調以高鋁粘土漿塗一、二次，厚約二、三公厘，這對於延長爐齡可能有助於。

由於冰銅對爐壁侵蝕作用較強，因此建議在爐身熔化帶以下及前床部分，最好尽可能選用好的耐火材料，以便延長爐子的使用期限，減少檢修的費用。芙蓉銅礦目前用普通青磚砌的直徑 0.45 公尺的小鼓風爐，用手搖風機送風，可以連續使用六、七天。如果有條件使用更致密的鹼性或中性耐火材料，爐襯壽命大概還可延長。

經驗證明，砌爐的質量對爐的使用期限有顯著的影響，應該要求磚石的砌縫必須盡量地小，特別是容納熔體的爐缸及前床等風口區及其以下的地帶，更要重視。

二、鼓風爐的操作方法

三種型式的鼓風爐具體操作略有不同，今以連通式為準，簡略敘述如下：

(一) 烤爐

耐火磚爐子最好有一天自然干燥時間，然後開始用小火烘，溫度逐漸升高，總烤爐時間約二、三天。用石塊或非耐火磚砌的爐子，烤爐時間可以縮短，但最少應烤一天以上。

爐缸和前床必須徹底烤干，開爐以前應加大火力盡量提高其溫度，特別是前床部分要一直烤到其中灌入了冰銅和爐渣為止，在第一批爐渣流入以前，要使其預熱溫度達到可能的高度。

(二)開爐

1. 准备好鋼鉗兩把、堵口鐵塞子及鐵錘各一把與其他工具，准备好堵口用的泥(用焦粉和黃泥等量混合，加水調勻)以及蓋前床用的稻草、茅柴、木屑及焦粉等材料。

2. 將爐內清理干淨，扒出雜物，堵塞冰銅出口。

3. 將燃着的木柴投入爐內，并繼續加木柴，直到風口以上200公厘處，然後開始送風。

4. 木柴全部着火以後，就加底焦，若用焦炭則加300公厘厚即可，若用無煙煤則可加到400公厘厚，對於0.4—0.8公尺直徑的鼓風爐，底焦數約為30—80公斤焦炭或40—100公斤無煙煤。

5. 焦炭全部着火後就可以加料，最初的几批料，可以少加矿石多配焦炭，逐步在三、五次內調整到正常的配料比，如果有返回爐渣，那麼頭三批料可以先用返回渣代替矿石与熔劑。

6. 開始加料以後，注意當爐料熔化并有爐渣流出時，就用稻草等保温材料把前床蓋好。

(三)正常操作

1. 加料 進料順序自下而上為焦炭、矿石、熔劑(石灰石或鐵矿等)，各種爐料都須均勻成層，正常情況應該是爐氣上升很猛，但無冒火現象，當前一批爐料下降到加料前的水平，料面普遍見火時，則加下一批料。

2. 通風口 經常觀察風口，保持風口附近不結渣，也無爐料堵風口，火光明亮。如果發現風口不通暢，就用鉗子通至爐中心。

3. 清理渣口 放渣口經常保持開放，讓爐渣陸續不斷地从前床的表面溢流而出，如有堵塞，立即打開，防止前床內渣面升得過高，或使爐渣倒灌入風口中去。

4. 盖前床 为防止前床冷凝，在前床內的爐渣面上，要經常盖一層稻草(或破草袋、茅草)以及木屑、焦粉等，最好找一塊破旧的薄铁皮(如破油桶边、盖等)压住稻草，使其緩慢燃燒，草灰不必清除，燒完后繼續补充，目的在于保持前床温度。

5. 量冰銅 用鋼針从前床上面插入熔体内一直到底，停留約半分鐘，稍搖动一下，然后迅速拔出放平，檢查鋼針下端冷却較快并且粘結較薄的一段，測量这一段的長度就是前床內冰銅的深度。

6. 放冰銅 当測出前床內冰銅深度达到 100 公厘时，就可以放冰銅了，注意不要讓冰銅深度超过 200 公厘，因为冰銅积累过深，底層冰銅很容易冷却凝結。用鋼針打开冰銅口以后，讓冰銅流入干燥并且烤热了的模子或沙窩內，預計冰銅將放完或已發現有爐渣流出时即立刻堵上冰銅出口。注意不要使大量爐渣自冰銅口流出，因为下部的和冰銅相接触的爐渣含銅甚高，流出后需要返回重煉，消耗燃料太多，是一种浪费。

(四)处理故障

1. 打爐結 当料面下降不均匀，在下料慢的地方，下面可能發生了爐壁結瘤，或者从風口中看到爐料不下降，也可以断定某个区域产生了爐結。小爐結可以用鋼針从爐頂沿着結瘤位置的爐壁旁边插下去，接触到爐結后，用力將其鏟掉。不易打掉的大爐結，可以暂时中止加料，待爐料下降，爐結露出来以后，看清楚再打。大爐結打掉以后，在正常加料前，要补充一批焦炭，以提高爐温。

2. 处理前床凝固 当前床凝固，容积縮小，不能繼續維持生产时，就更換备用的前床，沒有备用前床就只好停爐。如果爐体内部未严重損坏尚可繼續使用时，这时停爐就要注意：应首先停止加料，繼續少加些焦炭(或無烟煤)，直到爐中不再流