

铜炼法

向恭奥编写

重庆人民出版社

銅 煉 法 、 土

向恭與編写

重 庆 人 民 出 版 社

土 法 煉 銅

向恭典編寫

*

重 庆 人 民 出 版 社 出 版

(重慶嘉陵路344号)

重慶市書刊出版業營業許可証出字1号

重 庆 印 制 第 一 厂 印 刷

新 华 書 店 重 庆 发 行 所 发 行

*

开本787×1092 1/32 印张 $\frac{11}{8}$ 插頁1 字数14千

1959年4月第1版第1次印刷

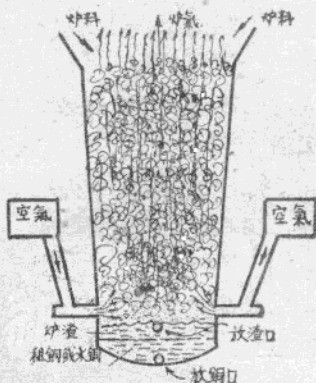
印数1—2,000

統一書号:15114·71

定价: (9) 0.11元

第一章 概 論

目前全国各地都普遍发现銅矿。这些銅矿大都为含銅氧化矿或与硫化矿結合在一起的混合矿,含銅量一般都在1~3%左右。由于矿藏大多数分散零星,且一般都在深山野林,交通不便,所以不适宜于进行集中的大型处理。为了充分发掘地下資源,响应党中央的号召,用跃进的精神来发展銅、鋁生产,有力地支援国家社会主义工业化建設,这些分散的矿藏,目前和将来都适宜于采用土法冶煉。矿儲量大,就建大爐、多建爐;矿儲量少,就建小爐、少建爐。这样一来就投資少收效大而且收效快。因此各种土办法的爐子,就成了非常有用的东西,不管是煉銅也好,煉鉄也好,还有鉛鋅等等都是这样。



圖一 鼓風爐工作示意圖

本文中所介紹的一种土法煉銅爐,經在川南川东各地使用,效果良好,較其他几种土爐如观音爐、令牌爐等有以下优点:

(1)能連續生产。

(2) 爐子下部是活動的，檢修容易，爐子壽命較長。

(3) 由於爐床的改進，容易對付一般土爐最易發生的毛病——結爐冷缸的毛病，因而也最適宜於處理貧礦（含銅在1%以上的貧礦即可處理）。

(4) 建爐快，投資少，爐子全部為土石木材結構，可以就地取材，不需半點鋼鐵。

第二章 建 爐

(1) 地形選擇——建爐地點應考以慮下幾點：

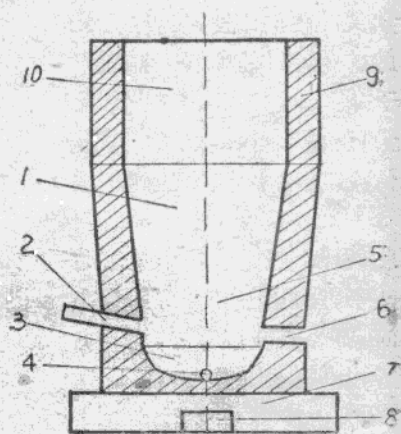
1. 原料供應是否方便——包括燃料（焦炭）、熔劑（鐵礦，石灰石）、礦石與建爐的耐火材料等，隔建爐地點的距離是否較近，運輸條件是否較好。

2. 應有爐渣的堆棄地點。

3. 建爐地點應較乾燥，又不缺少生產用水來源。

4. 如果採用硫化礦熔煉時，爐子應考慮建在較偏僻或位置較高的地方，以免冶煉時產生的二氧化硫(SO_2)氣體影響農作物的生長。

(2) 爐子各個部位名稱及一般尺寸比。



圖二 爐子各個部位名稱圖

①爐身 ②風口 ③爐床（俗名金池）
④放銅口 ⑤風口區域 ⑥放渣口 ⑦爐
台 ⑧通風溝 ⑨爐壁 ⑩爐頂部分

爐子內空大小及爐高，一般都是根据所使用的鼓風工具風量風壓的大小來決定，而各部尺寸的比例有如下述：

$$\text{風口比} = \text{風口斷面積} : \text{風口區域斷面積} \\ = 0.04 \sim 0.1 \text{ 之間}$$

$$\text{爐 比} = \text{爐頂部分(加料水平)直徑} : \text{風口區域直徑} \\ = 1.5 \sim 1.6 \text{ 之間。}$$

風口比是鼓風爐冶煉中很重要的一个經驗數據，根据不同類型性質的熔煉，變化範圍很大。在建爐中，風口比的作用是確定風管直徑的大小（即斷面積）。譬如依据日產量需要風口區域斷面積為0.25平方公尺，我們選擇風口比為0.09，則風管斷面積為 $0.25 \times 0.09 = 0.0225$ 平方公尺，相當於三個直徑為10公分的風管。

再說爐比。它也是關係着鼓風爐冶煉性質及建爐上需要確定爐頂部分（加料水平）直徑的一個數據。談到冶煉性質就是指是還原熔煉或是自熱、半自熱熔煉等。當性質被確定之後我們就取定爐比應該是幾少合乎要求；譬如風口區域直徑50公分，爐比為1.5，則爐頂部分（加料水平）直徑為 $50 \times 1.5 = 75$ 公分。

所以通過風口比及爐比，我們就確定了建爐中的幾個尺寸。

為了更具体說明爐子修建尺寸，現舉一实例來說明，假設所用鼓風工具為大型風箱一台，有效風量為 $4 \sim 5$ （公尺）³/分，風壓為30公厘水柱（即風箱直徑500公厘、長2,000公厘），則能建如下大小尺寸的爐子：

1. 爐高（從爐缸底到加料水平）2.2~2.5公尺。
2. 料柱（從風口區域水平到加料水平）1.5~1.7公尺。
3. 風口區域直徑40~50公分。

4. 风口直径約10公分左右。

5. 爐缸深10~12公分, 長30~40公分, 最寬的地方 20 公分。

6. 风口中心綫距爐缸底26~28公分。

7. 其具体尺寸和位置如图三。

8. 爐缸是这种爐子一个最重要的結構部分, 其形狀如图四。

(3) 爐子的生产能力:

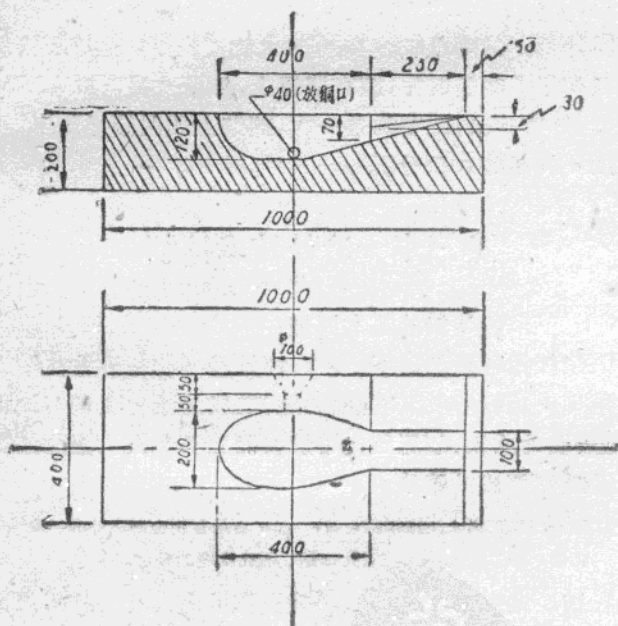
按上所述的具体爐子的尺寸和具备的鼓风工具的条件下, 爐子的生产能力在正常情况下, 为每晝夜熔化矿石3,000~5,000市斤, 而实际上爐子的生产能力与风量、风压的关系非常密切, 与上述同一尺寸的爐子, 只要把鼓风工具——风箱改为风量为 $20 \sim 30 (\text{公尺})^3 / \text{每分鐘}$, 风压为 $400 \sim 500$ 公厘水柱的鼓风机, 則其生产能力就会从每晝夜熔化4,000斤矿石的爐子, 提高到每晝夜能熔化約20,000斤矿石的爐子了。当然, 爐子的生产能力是与操作技术、配料成分和爐料准备密切联系着的。

(4) 建爐材料:

全部爐子的內襯都要求用耐火材料砌成, 尤其是风口区域上下一公尺的地方, 要求要具有能耐 $1,300^{\circ}\text{C}$ 以上高溫与抵抗爐渣侵蝕性能强的耐火砂石或耐火砖砌成。爐子上部則可随便一点, 至于爐子的外部, 为防止耐火材料所砌的爐身受热后膨胀或崩垮, 可以鉄条作箍或用木条作架, 中填泥土, 并加以筑紧, 总的原則是就地取材方便操作, 又能使爐子牢固。

砂石是否能作爐身的耐火材料, 可用下述办法檢驗。即拾一小块要檢驗的石头, 放入打鉄爐內, 加强火力, 如不爆裂并越烧越硬就可以了。

砌爐身時兩塊耐火材料之間的縫隙，要求愈小愈好，最大不能超過0.5公分；爐缸部分，則要求縫隙不能超過一公厘，能以一塊整砂石挖成更好。在沒有好泡砂石或耐火磚的地



圖四 爐缸（金池）零件圖

方，亦可用耐火泥搪爐的辦法筑爐。但這就要求耐火泥要好，必須是較純的高嶺土（俗名白善泥）或純的滑石，滲入70~80%的砂石細粉與10%的焦炭粉，以胆巴水（即鹵水）作粘合劑，均勻混和，要求和熟。干濕程度，筑爐缸用時，以用手捏能成團，向空拋起一尺高落於手掌又能散開就可以了；搪爐身用

时,則較上述要湿些,但不能过稀。搪的方法,是先用普通石头或泥土將爐子筑成,爐子內型一定要正确,并計算好,預先留出要搪的厚度的空位,然后將爐子緩慢加热,待爐溫升高到 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ 时稳定一个时期,讓爐子內外烤透,然后再使爐溫自然降低,約降至 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ 时人能进去了,就开始搪爐,用手將和好了的搪爐泥,擦在爐壁上,每搪一层,厚度不超过一公分,每搪一层,就要加热一次,讓搪上的泥緩慢烤干,搪的总厚度不得超过10公分。

第三章 冶煉技术控制

(1) 鼓风爐煉銅的基本原理:

火法煉銅可簡述如下: 原料經過适当准备后送往熔煉, 經過熔煉使銅成为粗銅(还原熔煉)或成为硫化亞銅与硫化鉄的合金(名为冰銅, 还原硫化熔煉), 而脈石* 及一部分鉄留存于由矽酸鹽形成的爐渣中。

* 脈石一般四川土法煉銅称荒石, 即矿石除有用金屬之外的一些酸碱氧化物, 如二氧化硅、三氧化二鋁、氧化鉄等的統称。

在熔煉过程中利用高溫, 將原料熔化成液相从而加速所有化学反应, 使銅提煉出来存留于冰銅中或直接成为粗銅, 使脈石成爐渣。

煉銅的基本过程, 就是一个还原熔化造渣的过程, 分开講分为加热——分解还原——熔化造渣三个阶段(如图五)。矿石和熔剂及燃料加入爐內, 主要是依靠加入的燃料(焦炭)燃烧获得热量。爐料最初在爐頂部分受到預热, 使水分蒸干, 繼續进入爐子中部(此时溫度約 $700\sim 1,000^{\circ}\text{C}$)。爐料中的碳酸鹽及硫酸鹽类即行分解, 有一些氧化物在此时最易受到



圖五 还原熔煉时
爐的断面

爐中因焦炭燃烧所产生的一氧化碳(CO)的作用而被还原。銅的氧化物(氧化銅 CuO 及氧化亞銅 Cu_2O)是最易被还原的,所以首先还原成金屬銅。鉄的高价氧化物:氧化鉄—— Fe_2O_3 ,四氧化三鉄或称磁性氧化鉄—— Fe_3O_4 ,当溫度升高时,沒有低价氧化鉄稳定,加热到一定溫度时,高价氧化鉄就放出一部分氧而轉变成成为低价氧化鉄—— FeO (氧化亞鉄),此氧化亞鉄需要在較强的还原气氛下才能被大量还原成金屬鉄,也就是說要在超过一般煉銅爐所容許的还原气氛下才能被大量还原,硅鈣的氧化物在一般鼓風爐溫度熔煉下是很难被还原的。爐料又繼續进到爐子的下部熔化区(此时爐溫在 $1,000\sim 1,350^\circ\text{C}$ 之間),此时除

焦炭成为赤热的炭块充滿在风口区域外,其余所有物質均被熔化,沿着赤热的焦炭块向下流,象通过一个用焦炭块做成的篩子一样。未被还原的氧化物(如二氧化硅,氧化鈣,氧化亞鉄,氧化鎂及三氧化二鋁等)在此結合成低熔点(熔点約 $1,000\sim 1,100^\circ\text{C}$ 之間)的爐渣物落入爐缸。硫化矿熔煉获得冰銅,是銅鉄的硫化物合金,其他有价值金屬如金、銀等被吸收存留于冰銅中,所以它是一种很好的貴金屬捕集剂。氧化矿熔煉則获得金屬銅,其他少量鉄及金、銀等熔入銅中。冰銅或金屬銅經過爐子熔化区与脈石在此形成的爐渣一起落入爐

缸。因为金屬的比重大而沉入爐缸底部，爐渣的比重小則浮在上面，因而可使銅、渣分离。

上面所述的就是鼓風爐熔煉的實質及其大概过程。其实爐子內各个部分的过程，实际上并不如上面所述的那樣簡單明显，都是互相交錯并产生了若干中間的复杂变化，这里是為着便于解說，所以作如此簡單的划分和說明。

(2) 冶煉中的故障及控制：

土法煉銅鼓風爐的最大优点，就是建造簡單方便，不必要机械設備，投資少，但这也是它的缺点，由于缺乏机械鼓風設備，用人力鼓風，一台大型風箱風量約 $4(\text{公尺})^3/\text{每分鐘}$ ，風壓約30公厘水柱，这离要求相差太远，不仅限制了我們繼續增大爐子的容量，即上述那种尺寸大小的爐子配一台大型風箱，都还給操作上帶來不少的麻煩。

- * 一般熔煉爐子需要的風壓與風量視土爐的大小來確定。一个內徑50公分、長200公分的大型風箱使用水力（水輪轉速25轉/分），或用人力鼓風可以滿足熔化矿石6000~8000市斤的要求，風箱的風壓一般适应 $2 \sim 3$ 公尺的爐高，有效風量 $5 \sim 6(\text{公尺})^3/\text{每分鐘}$ 。

土法煉銅最常出現的故障有如下一些：

冷缸和棚料——在爐前可以从渣口預先察覺，当爐內白色高溫帶由白變黃、爐渣變粘時，这种毛病就要产生。此时应赶快把爐缸中所存銅水放尽，加速鼓風，补充焦炭并減少矿石的加入量，使焦炭充分燃燒产生更多的热量，使爐子獲得过热才能挽轉。如爐缸內已产生冷的結块，則应与上述措施配合用鉄鉤从渣口將結块清除。发生棚料现象的主要象征是下料慢或不下料，从渣口看不到赤热的焦炭块，也看不到爐料。如情况不严重时，可采用补充焦炭、減輕料批的办法即可解决，如情况很严重，就要停止下料，从爐口用鋼钎通条將棚料层打

垮,有时甚至要用鎚才能打通,如果打通条还不行,可將查口的爐牙脚石打开,从下面將棚料层清除,并用大块木炭將下面填滿,仍安好渣口繼續鼓风,加三四批空焦后即可正式下料。上述两种故障在情况不严重时,都可用加洗爐料的办法医治。洗爐料在爐子发生一般故障时是常使用的。它能够立即见效,是挽回爐况不良的有效方法,这种爐料通常是易熔性的爐渣燃料与少量熔剂組成的;特点是易熔性及吸热性較小。所以通过料层抵达棚料区,即能由洗爐料的冲刷力及易熔成分改变高熔或不熔状态的爐料产生熔結物的成分被熔下,而消除这一故障。

放銅口冻结打不开——这有两种原因:一种是由于冷缸而引起的,这可俟爐缸轉入正常后用鋼钎將放銅口打开;一种是由于堵銅口时未堵到头(即堵到爐缸的内表面),小部分銅冷凝在銅口中,这在爐缸正常时需要用鋼钎强行打通。堵銅口的正常办法是用不含砂的好黄泥和熟,做成半截圓錐形;尖端插入一节小木炭用堵头堵入,即可保証銅口正常开閉。

风口发黑或发现生料(即未熔化的爐料)——一般风口正常时,可以从风口看到赤热的焦炭块,并可看到爐中心的强烈的白色高溫帶。风口周圍有被风吹冷的黑色很脆的小条渣子結块,正常操作只要每隔10~15分鐘(这个時間可根据实际情况的需要,最好是不要太勤快了,风口稍为有点发黑只要能够保証进风就不必去打,因为通风口的時間愈多,爐子里所获得的空气量就愈少,爐溫也就愈来愈低,很可能风口是越通越黑)用鋼钎輕輕的將周圍黑色渣子打掉送入爐子中心就行了。但不正常时,所看到的焦炭就黑黄黑黄的,风口周圍并結有大块的黑色爐渣物,有时还发现生料。这就証明爐溫不高、底焦不足,应馬上补充底焦(即加空焦)并加强清理风口的工作,及

時將過大的黑色結塊打掉。這種過大的黑色結塊不宜送入爐子中心，以免增加爐子的負荷造成故障，可直接從風口鉤出并加進幾塊木炭。

“梭生”(即“下生料”)的產生，有幾種情況，一種是因為加入爐內的爐料與焦炭大小塊度不均，爐料在爐子上部停留的時間過短，沿着一些因大塊的焦炭造成的孔道很快下降到風口附近。遇到這種現象，要馬上注意加強原料的管理工作和提起加料工的注意。另一種情況是因為底焦燒完或底焦大量減少而形成“梭生”。這種情況就比較嚴重了，應馬上停止加料，讓料緩慢的下降到離風口綫約1.1公尺到1.2公尺的高度，然後補充大批底炭才可能挽轉過來。還有一種情況也會形成“梭生”，即爐子進行生產的時間過長，下部因渣化而侵蝕變形過大以至發現生料，此時則需要停爐進行檢修。

下料不均——就是爐料下降發生傾斜，過於嚴重能夠導至爐子熄火。產生這種情況的主要原因，一般是風在爐內分布不均與加料不均，使爐氣上升不均；或者是爐內產生壁結。我們介紹的這種爐子不易產生壁結，所以主要是屬於前面兩種原因。如果是風的分布不均，就應校正風口安放的角度，一般角度應調整在 $7\sim 10^\circ$ 之內。調整這種角度，有一種很實際的辦法，就是把內徑10公分、長80公分的风嘴安放到能使內徑外端的上椽與插入爐內一端內徑的下椽與渣口爐牙石的下椽連在一根直綫上，流行的術語叫做“三合一”。這樣，風在爐內的分布就較均勻，大約有70%的風向上，有30%的風向下，本語叫做“七分升天，三分下河”。如果是加料不均所引起的，當然就應該馬上改正。

由於風量供給不變，及目前各地所發現的礦石都屬於含銅砂岩，礦石本身含二氧化矽(SiO_2)過高(一般都在60~70

%)，以及爐子所使用的耐火材料質量低劣等原因，使上述五大故障成了我們土法煉銅中的經常碰到的問題。為了克服這些故障，讓土法煉銅爐的銅水長流，我們積極鑽研，學會掌握這些故障與解除這些故障的方法是非常必要的；但另一方面，我們還應該特別重視預防這些故障的產生。

要防止產生上述故障，重要的問題在於做好原材料的管理和準備工作，做好開爐工作。

1. 原材料的管理和準備，包括對焦炭、礦石、鐵礦、石灰石的保管、堆放、破碎，與掌握粒度、分選等工作。

鼓風爐熔煉的主要指標決定於爐料的礦物成分和化學成分，以及熔煉前製備的質量。冶金工作者都這樣說：爐料製備良好就是完成了熔煉工作的一半。

鼓風爐熔煉的物料應該是塊狀的；同時，爐料對於爐氣應具有一定的透氣性，而最重要的是應該保證爐氣沿整個爐子水平截面均勻的分布。當爐氣在爐子水平截面*的各個地方遇到不同的阻力時，爐氣就從阻力最小的地方通過，因而爐氣在爐內分布的均勻性被破壞了，形成跑風或漏洞等。因此，爐料中不應有能破壞爐氣均勻分布的過大料塊或過小細粒與粉末。

* 爐子水平截面：即指爐身水平方向的斷面。

入爐物料的粒度及質量要求如下：

焦炭——要求在2~8公分之間，小於2公分以及更小的粉末不准入爐，如果是使用樺炭或白煤（目前還不能全用白煤）則4公分以下者就不准入爐。焦炭要求有一定的孔隙度和耐壓強度。灰分要求在18%以下。

礦石、鐵礦、石灰石——粒度要求在1~3公分之間，大塊或細小粉末不准入爐。礦石品位在2.5%以上可以直接處

理成粗銅，但在1%以上、2.5%以下者只宜處理成冰銅，1%以下者不宜進行火法冶煉。鐵礦品位要求含鐵量在40%以上。石灰石品位要求氧化鈣含量在50%左右。

原材料一般都要要求保持乾燥清潔。在條件不能滿足的情況下，鐵礦、石灰石可以露天堆放；但礦石與焦炭是絕不能淋雨的。

2. 開爐工作——開爐前爐子必須烤乾。新建爐要小火烤兩天，大火烤兩天，一定要內外烤透；停爐後的開爐亦要烤一天。因為爐子不烤透，開爐後很長時間還會提不高爐溫，這樣就一定會產生冷缸等故障。開爐時應將烤爐時所留在爐內的灰渣清除乾淨，然後將木柴或木炭較整齊地加滿爐子三分之一的地方，從爐缸點火，待火焰沖起即陸續加入焦炭，約能裝滿爐子其餘三分之二的地方就夠了。此時渣口、銅口、風口全部敞開，使其充分自燃（即不鼓風），一般大爐約需7~8小時，小爐亦需4~5小時，視焦炭表面現紅並起明火即開始鼓風，並盡量使爐缸內聚集的灰渣從銅口及渣口吹出。待焦炭表面火焰沖起就可以加料了。加料辦法：先加三批洗爐料，然後加入輕料批（即配用少量礦石的料批），礦石分量逐漸加重。5~8批後即可加到正常料批。與此同時，應從渣口不斷的掏鉤爐缸，使爐缸保持空暢，第一次放渣可由銅口放出，以便清除爐缸中所有的灰渣，以後就按正常操作進行。

洗爐料的配制：如有流動性很好的爐渣，即可用爐渣再配30%的鐵礦作洗爐料；如果是新建爐沒有爐渣，那麼洗爐料就以鐵礦為主配入30%的石灰石亦可。至於每批重量，視爐子大小而定。焦率一般都用40%，第一批洗爐料不用焦炭。

在正常生產中還有一件事要注意，爐子的風口不是水套，而是用砂石或耐火泥作的風嘴，很易斷裂，且由於爐內渣化作

用的侵蝕，每晝夜要消失2~3寸，所以在正常生產中每晝夜要傳送風嘴1~2次，每傳送一次需停風15~20分鐘，這種小爐子停風這樣久，很容易使爐溫降低，產生爐涼情況，造成冷缸等故障，因此在傳送風嘴工作上，要求做好一切準備工作，儘可能縮短停風時間，另外，渣口的爐牙及腳子石也經常需要更換，這種操作要熟練迅速，否則，也易引起冷缸結底。

每一個爐子正常生產時，每班配備工人六~七人，即爐前工一人，加料工一人，拉箱工四~五名，如果一個爐子同時採用兩台風箱送風，當然拉箱工人就應增多。

對各個工種的工作要求：

爐前工——為當班組長，應負責照管全面，有權處理當班一切事情。他的具體職責：負責爐前定時放渣放銅，應經常保持銅口、渣口不凝結；負責清理風口的工作（俗名看後火），應使風口經常保持明亮以達到正常生產；每次放銅前要先放渣（如果是採用含銅量2~3%的貧礦直接煉粗銅的話，放銅時間最少要間隔八小時，並且到最後兩小時就不准用鐵鉤到爐缸內去掏鉤了，這樣才能得出較純的粗銅），清理風口動作要快，不停風。

加料工——要求：①與爐前工密切聯繫，經常交換爐況。②按照配料正確過稱，並作好記錄工作。③不把帶灰渣及不合格的爐料加入爐內。④下料次序不亂，按焦炭——礦石——熔劑秩序下料。⑤在正常生產情況下，要保證料柱高低波動不大。

拉箱工——要求拉箱均勻，每分鐘平均25次（往復算一次）即算合格，要求單行程推進距離40~50公分，回風要快，不准代班，勤換班，勤休息。

3. 減少爐子故障，提高土法煉銅爐生產能力的幾種辦法：

①改善鼓风工具：采用土制鼓风机或利用水力、畜力做水打风箱、馬拉风箱等，可大大提高风量、风压，使进风情况基本稳定，爐子故障也就减少，生产也容易正常；同时，可以相应扩大爐子容量，从兩方或四方进风。这不仅可以在很大程度上提高爐子的生产能力，同时可以节约大量劳动力，使人从拉风箱这种繁重的体力劳动中解放出来。

②利用土办法搞热风，使爐子减少爐凉冷缸现象，使爐子保持在热进程情况下生产，可加快熔化速度，提高爐的生产率。但这种办法只在处理氧化矿煉粗銅的情况下才适用。冶煉冰銅及以含銅黃鉄矿或各种純的硫化銅矿进行氧化熔煉时的爐子都不需要。

③加强原料管理，进行选矿，严格遵守操作规程，不断改善配料比例都是减少爐子故障、提高生产率的重要方法和原則。

④在原有爐子的基础上，使用兩台人力风箱，并联送风，亦可使爐子获得較为良好的結果。

第四章 配 料 計 算

矿石中含有大量的二氧化硅 (SiO_2)，三氧化二鉄 (Fe_2O_3)，氧化鈣 (CaO)，三氧化二鋁 (Al_2O_3)，氧化鎂 (MgO) 等造岩的难熔物質，我們想要使这些东西在爐子中与銅分开，那就需要把它們变成一种熔点低、流动性好、比重輕的液体的东西与需要提取的銅或矿石中其他一些貴重金屬如金、銀、鎳等的液体分开来，从爐內排除出去，这种东西就是爐渣。

又因为一般物質的性質都是这样，單元比二元的熔点高，二元又比三元的熔点高，余此类推，总之物質的种类愈多，在一定範圍的比例配合下合在一起，在高溫中熔化时，由于相互