炼铜常识

于光華編著

浙江人民出版社

目　录

第一章　必須发展煉銅工业……（2）

第二章　存在自然界的銅……（3）

第三章　由銅矿石提取銅的方法……（6）

第一节　銅矿石的选洗……（6）

第二节　銅是怎样煉成的……（7）

第三节　鼓风爐熔煉……（9）

第四节　反射爐熔煉……（12）

第五节　轉爐和眞吹爐熔煉……（13）

第六节　銅的精煉……（15）

第一章　必須发展煉銅工业

自从党中央和毛主席号召我国人民要在十五年或者更短的时間內，在鋼鉄和其他主要工业产品的产量方面赶上和超过英国以来，在全国范圍內，已經掀起了一个全民办工业的高潮。

銅也是近代工业中不可缺少的一种金屬，它的用途仅次于鉄。如从人类物質文化的发展史来說，銅的被人类利用要比生鉄早得多，差不多在公元前二千零三十三年夏朝时代，就已开始知道利用銅来制造各种工具和器皿了。

銅之所以被人們这样广泛地利用，主要是由于銅具有下列的性質：

一、銅的电导度高，仅次于銀。

二、銅的化学性稳定，能耐腐。

三、能傳热，其导热度也仅次于銀。

四、能和多种金屬元素熔合成工业上用途广大的各种合金。

五、銅的展延性好，并且坚韌。

所謂电导度就是一种物質通过电流的能力。銅的电导度是九百七十六，虽然比銀要小，但是由于銅的价格比銀便宜得多，所以，銅在电气工业上成为最主要的金屬材料。如发电机和电动机的轉子和定子、輸电綫路、电信設备等，都要用銅来制造。估計用在电气工业方面的銅，約占銅的总产量的百分之五十以上。

銅的容易傳热，和它在化学上的稳定性以及能耐腐，决定了它在有机化学制造工业上的广大用途。如制糖工业上用的眞空器，酿造工业用的蒸餾鍋、加热器、冷藏器，以及各种形狀的管件和管道等，都是用銅制造的。

銅能和鋅、錫、鎳、錳和鋁等元素金屬熔合成各种合金。工业上应用最广的黃銅，就是銅和鋅的合金。黃銅一般用来制造薄片、管子、子彈壳、鐘表零件和其他精密的机器以及仪器的零件。

銅和錫的合金是青銅。青銅用来制造重要的鑄件、发电子和軸承等。

含鋁青銅在化学性質方面，比銅、黃銅和青銅更为稳定，因此常被用来制造精密仪器、齿輪、耐酸泵和通风机等。

其他如銅和鎳的合金可作为不銹的金屬和高电阻的材料。錳銅（即銅和鎳、錳的合金）在电工工业上用作高欧姆的电阻。

这一切說明銅在电气工业、机械工业上以及其他工业方面的用途很大。随着社会主义工业化的发展，特别是电气工业的发展，对銅的需要量越来越大，因此，我們必須大力发展煉銅工业。

第二章　存在自然界的銅

地壳中銅的含量仅为万分之一。

自然界中含有銅的矿物几达一百七十种。因为銅和硫具有强烈的化学爱力，所以，在有工业价值的銅矿石中，銅的硫化物几乎占三分之二以上，而其他是銅的碳酸鹽、氧化物、矽酸鹽和自然銅。

自然界中最主要的銅矿物有下面几种：

一、輝銅矿：在世界銅的总产量中，近乎有一半的銅，是从輝銅矿中煉得的。輝銅矿是一种鋼灰色具有金屬光澤的矿物，但常呈暗藍或綠色。它是一种低价銅的硫化物。純粹的輝銅矿，其

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongboo

中含銅百分之七十九强。

二、銅藍：它是銅的硫化物。它的化学性沒有輝銅矿稳定。它具有极为美丽的靛青藍色，碰到潮湿就变为紫色。

三、黃銅矿：黃銅矿是一种分布最广的銅矿物，几乎世界各地的銅矿中都有黃銅矿，在世界銅的总产量中，由黃銅矿煉得的銅占四分之一。黃銅矿呈黃銅色，并有金屬光澤。

四、斑銅矿：这种矿物的新鮮断口呈銅紅和藍褐色，而且极易变为藍色和紫色相間的斑鹿狀，所以叫做斑銅矿。

五、硫砒銅矿（又叫斜方硫砷銅矿）：它是銅的硫砷化物，性脆，顏色灰黑，其中含砷百分之十九，故又是制取三氧化砷的一种极重要的原料。

六、赤銅矿：它是低价銅的氧化物，存在于氧化銅矿的上部，在人类知道利用銅的初期，是一种最重要的銅矿物。这种矿物常呈紅或褐色。

七、孔雀石：这是一种分布最广的氧化銅矿物，常存在石灰石的銅矿矿脈中。孔雀石具有美丽的綠色，它不仅是一种极有价值的銅矿物，而且可用来制造各种飾物、桌面、花瓶和其他艺术品。

八、藍銅矿：这种矿物和孔雀石非常象似，是一种鹽基性的碳酸鹽矿物。因顏色如天藍，所以叫做藍銅矿。

九、矽孔雀石：是銅的矽酸鹽矿物中最重要的一种，呈綠和綠藍色，構造如土狀。

十、胆矾：这是一种含有銅的硫化矿物的氧化产物，常发現溶于矿水中，結晶时，呈鐘乳狀或壳狀。

十一、其他还有水胆矾、氯銅矿、砷黝銅矿、黝銅矿、黑銅矿和自然銅等。

我国的銅矿以云南的会澤、四川的彭县、貴州的威宁、安徽的銅陵以及东北、热河、新疆等地埋藏最多。在第一个五年計划

建設时期，我国已經完成了热河寺王坟銅矿和安徽銅官山銅矿的开发工作。在第二个五年計划时期，我国將繼續进行西北、西南地区兩个銅矿生产基地的开发工程。这將奠定我国銅业的基础。

浙江銅矿的分布也很广泛，如武康、建德、富阳、余杭、諸暨、紹兴、永嘉、三門、临海、定海等县均曾发現有銅矿的露头，其中紹兴平水，据初步踏勘，估計儲量可达一千多万吨，是世界罕見的大銅矿，某些銅矿的露头还留有古人开采的洞跡，因此，只要我們認眞进行勘探工作，开发前途是不可限量的。

目前，銅矿石中，一般含銅量大于百分之二的叫做富矿，大于百分之一的叫做中等矿，小于百分之一的叫做貧矿，而小于千分之七的叫做最貧矿石。

由于近代选矿技术的創明，使含銅量低达千分之三的銅矿石也都能开采利用了。但是在銅矿石中因常杂有大量的脈石，如石英、石灰石、白云石、黃鉄矿或矽酸鹽矿物等。因此，銅矿石的熔煉方法，常随脈石的性質而有所不同。

根据銅的熔煉情况，一般用来煉銅的矿石可分成下面几种：

一、硫化銅矿：

（1）高品位可直接熔煉的銅矿石。

（2）必須选洗的中等品位銅矿石。

（3）須經选洗而成本低廉的低品位銅矿石。

（4）黃鉄矿化銅矿石。

二、氧化銅矿：

（1）能以还原法熔煉成黑銅；或混以硫化矿物，作冰銅熔煉；或以浸濾法处理的高品位和中等品位銅矿石。

（2）能以浸濾法处理的低品位銅矿石。

三、自然銅矿石。

第三章　由銅矿石提取銅的方法

第一節　銅礦石的选洗

目前，銅矿石中，除品位高的如含銅在百分之六以上的銅的硫化物矿石，或氧化物矿石（包括品位低的），可以直接熔煉以提取金屬銅以外，几乎所有的銅矿石都必須經过选洗阶段，使它提高熔煉品位。

选矿的目的是將有用的矿物和无用的脈石分开，因此，它是一种純机械的分离作用，其中沒有任何化学变化的存在。选矿一般要經过以下兩个基本过程：

一、粉碎矿石的过程。粉碎矿石的目的，是在于使矿石中有用矿物的顆粒和无用的脈石便于分离。

二、利用一种合宜的方法，使有用的矿物和脈石分成兩种以上的产品，最簡單的情况是分成精矿和尾矿。

选矿方法不是固定不变的，它主要是取决于被选矿物的化学性質和物理性質。

最簡單的选矿方法是用水重力法选矿。这种方法是利用各种物質的比重大小来进行分离作用的，如比重大的物質在水中沉降較快，比重小的物質在水中沉降較慢，这就使比重大小不一样的兩种或兩种以上的物質得以分开。如自然銅矿石中的砂礫就可用这种方法使它分离。

当被选物質的比重相差不大时，用水选矿的效果很低，甚至失去作用。因此，有时，常以比水比重大的液体，来代替水作为介質，在某种程度上可以弥补用水选矿的缺点。这种选矿方法叫做重液重力法。如銅的氧化物和碳酸鹽矿物的砂粒矿石就可用这

种方法选洗。

此外，由于銅矿石中常共生有很多种矿物，如用上述的方法来处理，不能使多种矿物分离时，可采用浮游法来处理銅的硫化物矿石。实际上，浮游法也是利用重力的原理来选矿的，不过，在选洗过程中加入一种或几种藥剂，有的藥剂能产生泡沫并吸附在要选的矿物的表面，使它浮在水面上；有的藥剂能抑制其他矿物的上浮作用，这样就有可能达到使兩种矿物或多种矿物分离的目的。实踐証明，浮游选矿法对硫化矿物来說效果最好。

一般銅矿石在熔煉前，常需焙燒，使其中的硫量适足以組成合宜的冰銅。但經选洗过的精銅矿，因其中主要硫的来源黃鉄矿已大部被除去，因此，可以不要再进行焙燒了。

第二節　銅是怎样煉成的

由銅矿石中提取金屬銅的方法，总的可以分为火法煉銅和水法煉銅兩种。

硫化銅矿石、自然銅和高品位的氧化銅矿石，主要采用火法熔煉。

一般低品位的氧化銅矿石多用水法处理。

自然銅和氧化銅矿石，可用鼓风爐或反射爐熔煉。熔煉时，將矿石、炭和熔剂加入上述任何一种熔爐中，即可直接熔煉成黑銅。在熔爐中加入炭，不單可供給煉銅所需要的热量，同时供給还原作用所需的碳和一氧化碳，使銅的氧化物还原成金屬銅。在熔煉中加入熔剂，可使矿石中无用的脈石和熔剂結成爐渣，因爐渣的比重比銅小，故浮在銅的上面。由此煉得的銅，因其中还含有相当分量的杂質，如硫、砷、銻、鉄和貴重金屬等，可直接送往精煉部門作进一步熔煉，或鑄成銅錠，轉送其他精煉部門作进一步熔煉。如果爐渣中銅的含量很高，一般应該再作第二次熔煉。熔煉时的化学反应大概如下：

（1）氧化亞銅被碳还原成金屬銅，并放出二氧化碳气体；

（2）氧化亞銅和一氧化碳气体作用，氧化亞銅还原成金屬銅，一氧化碳則氧化成二氧化碳气体；

（3）碳酸銅受热的作用分解成氧化銅和二氧化碳气体；

（4）氧化銅再和一氧化碳气体作用还原成金屬銅，同时逸出二氧化碳气体。

以上的化学反应均为吸热反应。

氧化銅矿通常和硫化銅矿混合熔煉，使它成为冰銅。

硫化銅矿也用鼓风爐或反射爐熔煉。加入熔爐中的物質为硫化銅原矿石；經焙燒的硫化銅矿石；經选洗的精銅矿以及焦炭和熔剂。熔爐中所需的热量主要由矿石中硫素的燃燒而供給，焦炭的燃燒，只不过是补充供給熔爐因硫素燃燒不足的热量。矿石中的硫素除供給熔爐热量外，同时和鉄及銅生成双重硫化物，叫做冰銅。冰銅一般含銅百分之四十到五十，其中，以含銅百分之四十五的冰銅最为合宜。冰銅再經轉爐或眞吹爐吹煉成粗銅。若粗銅中含有貴重金屬如金和銀时，可用电解法精煉，回收其中的金和銀。否則可用反射爐精煉。加入的熔剂和矿石中的脈石結合成爐渣，以便与冰銅分开。

硫化銅矿的熔煉主要基于以下原理：硫和銅的化学爱力比硫和鉄的化学爱力大，反过来說，就是氧和鉄的化学爱力比氧和銅的化学爱力大，所以矿石中的硫先和銅化合成硫化銅，然后再和鉄化合成硫化鉄。硫化銅和硫化鉄互相溶解成熔融的冰銅，剩余的鉄氧化成氧化鉄，和二氧化矽結合成矽酸鹽的爐渣。冰銅的比重比爐渣高，并且互不溶解，因此，可以完全分离。但因冰銅具有溶解矿石中貴重金屬的能力，可使电解精煉銅的成本大大降低。

在轉爐和眞吹爐中，鉄先氧化成氧化鉄，和二氧化矽結成鉄的矽酸鹽爐渣。銅氧化成氧化銅后，在攝氏四百五十度以上的溫

度，和硫化銅作用生成金屬銅和二氧化硫的气体。

經选洗后的精銅矿可直接在反射爐中熔煉。

目前，水法煉銅虽仅占銅总产量的百分之十到十五，但由于水法煉銅具有比火法熔煉操作容易而簡單，回收率又高，并能处理低品位的銅矿石等优点，已引起人們极大的重視。

水法煉銅的做法是先將矿石粉碎焙燒后，然后加以适当的水溶液使它溶解。这种水溶液需仅溶解銅的化合物，而不溶解矿石中其他的物質，如对鉄的氧化物的影响要很小。一般用作水法煉銅的溶剂有：硫酸、硫酸亞鉄、氨和碳酸銨，二氧化硫、氯化鉄、氯化銅、鹽酸、氯和硝酸等。溶解后的矿石用过濾或傾瀉法使含銅溶液和不溶的杂質分离。溶液經純洁后，再以化学法或电解法使溶液中的銅沉淀出来。

水法煉銅現在还沒有得到普遍的发展，預料今后是会有发展的。

第三節　鼓風爐熔煉

鼓风爐的形狀有好几种，煉銅用的鼓风爐通常是矩形，风管在兩側長边上，爐的下部是中空的鋼或鑄鉄制的水套，冷却水由底部进水管流入，由上部出水管放出。爐的上部用耐火磚砌筑，或也用水套構成。在鼓风爐的风管下有一积儲熔融的金屬和爐渣的爐床，或者在爐子的前端外面設有前床，以便沉积分离金屬和爐渣。熔煉冰銅的鼓风爐一般設有前床。

一般鼓风爐的风管处截面，寬为一公尺到一点五公尺，長六公尺到二十五公尺，爐高三公尺到四公尺。风管的直徑五十厘米到一百五十厘米，計二十四到一百五十个风管不等，主要是根据爐子長度和风管大小而定。由上可以看出，鼓风爐的大小仅在長度上有变化。

爐子的短边垂直，長边略向外傾斜。爐床很淺，爐渣和冰銅

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongboo

不断地由冰銅出口流入由耐火磚砌成的前床中，爐渣由前床外端溢出，冰銅沉积在前床的底部，以便送往轉爐或眞吹爐进一步熔煉成粗銅。

鼓风爐的燃料通常用焦炭，它和矿石、熔剂一起由爐頂料門加入。爐料熔融后下沉入爐床。料柱下降，新的爐料再从爐頂料門加入，以維持爐料在一定的水平上。

鼓风爐最热的区域在风管的稍上部，叫做熔煉帶。熔煉帶的热量，由风管进入的空气使燃料氧化而供給。但鼓入銅鼓风爐的多为冷风。

鼓风爐的短边長取决于鼓入爐中空气插入料柱距离的長短。这里必須掌握的一点是要使鼓入的空气平均地分布在料柱的截面上。

熔煉作用主要决定于固体爐料和气流的性質。

在还原熔煉中，加入过量的焦炭，可使燃燒形成的气体中含有多量的一氧化碳，这时，爐子处在所謂还原大气下，对还原熔煉金屬氧化物十分重要。如加入少量的焦炭，鼓入过量的空气时，其燃燒形成的气体中，含有多量的氧气，使固体爐料发生氧化作用。因此，焦炭和空气的用量，应根据熔煉情况决定。

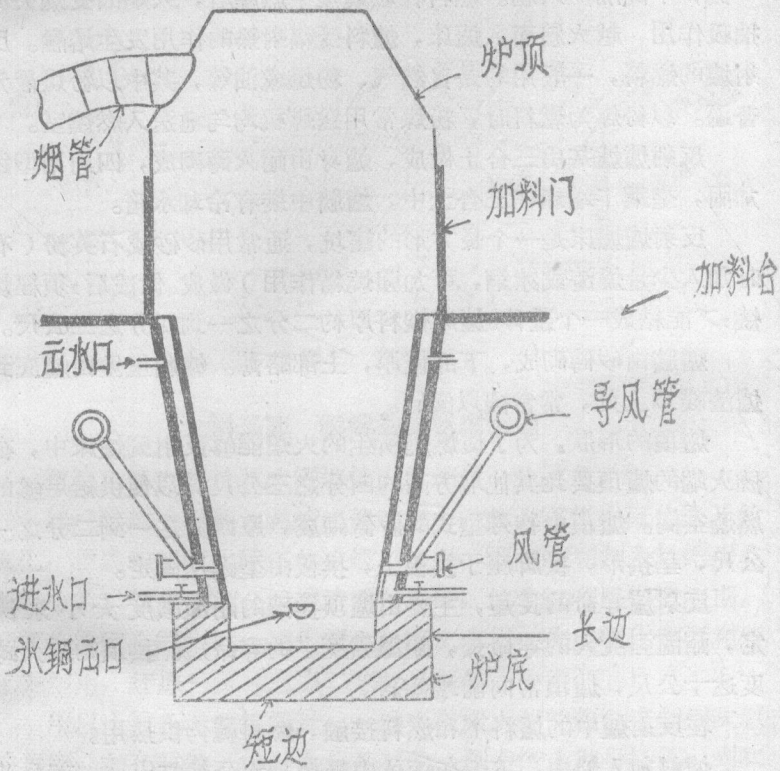
在风管口要有足够数量的焦炭或硫化物等易氧化物質，以保証和維持便于形成爐渣的高的溫度。爐渣和还原的金屬或未氧化的硫化物如冰銅，在熔煉帶变成液体后即下沉入爐床。

在熔煉帶中产生的热量，部分被熔融的产品攜出，其余随气体上升，被下降的爐料所吸收，所以，爐料下降后溫度随之昇高，热气上升后溫度逐漸下降。在还原熔煉时，一部分热量被氧化銅和氧化亞銅被一氧化碳气体还原作用时所吸收。如存在碳酸鹽，在碳酸鹽发生分解作用时，也將吸收一部分热量。

鼓风爐的上部溫度約在攝氏二百度左右，爐料的水分到此处即行蒸发，硫被燃燒成二氧化硫，黃鉄矿开始分解。再向下，銅

的氧化物被碳和一氧化碳还原，还原出来的銅又和存在的硫化合，部分的鉄氧化成氧化鉄后，和二氧化矽結合成爐渣。到爐溫达攝氏九百五十度时，硫化銅和硫化鉄結合成冰銅。在冰銅下降过程中，存在的貴重金屬和砷，銻，鉍等部分杂質均被冰銅所吸收。

冰銅含銅过低时，需再作第二次熔煉，使其变成含銅較高的冰銅后，再送往轉爐或眞吹爐吹煉。



图一　銅鼓风爐

第四节　反射爐熔煉

經过选洗的精銅矿，是一种极細的粉矿，近代多用反射爐来代替鼓风爐熔煉。

反射爐是一种長而淺的爐子，一般長約三十公尺到四十公尺，寬約六到十公尺。爐子包括燃燒室和爐床兩部分。燃燒室在爐子的一端，燃燒生成物由爐子他端烟突逸出。爐床在燃燒室的一側，中間隔一火牆。燃料在燃燒室中燃燒后，火焰因受烟突的抽吸作用，越火牆而入爐床，爐料受輻射热的作用发生熔融。反射爐的燃料，一般用的是自然气、粉煤或油等，其中以粉煤最为普遍。以粉煤为燃料时，粉煤常用送煤机均匀地送入燃燒室。

反射爐爐基由三合土做成，爐身由耐火磚砌成，四周用型鋼加固，型鋼下端埋在三合土中，爐牆中裝有冷却水箱。

反射爐爐床是一个長方形的窪坑，通常用矽砂或石英粉（有时加入少量爐渣或冰銅，可加强燒結作用）做成。做成后，須經烘燒，才能結成一个整体。爐床襯料厚約二分之一到四分之三公尺。

爐牆由矽磚砌成，下部較厚，上部略薄。爐牆里壁由爐底到爐渣綫以上处，常常襯以鎂磚。

爐頂的形狀，为了使燃燒所生的火焰能够反射到爐床中，在燒火端的爐頂要比其他地方高約四分之三公尺，以便供給足够的燃燒空間。爐頂由特殊型式的矽磚砌成，厚四分之一到二分之一公尺，呈拱形，拱脚座于拱板上，拱板由型鋼所固定。

反射爐寿命的長短，主要由爐頂拱磚的耐溫强度大小来决定，耐溫强度大的寿命長，耐溫强度小的寿命短。拱頂的最大跨度达十公尺，爐頂常向前端傾斜。

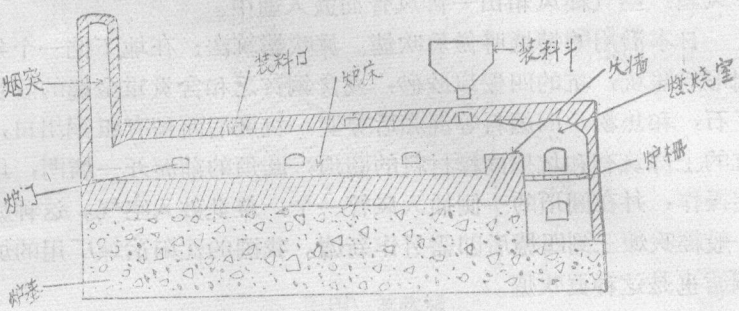
在反射爐中的爐料不和燃料接触，燃料純为供热用。

爐料加入爐中，下部在熔体中受热，水分被赶出，一部分黃鉄矿中的硫成二氧化硫放出，随爐气逸走。銅的氧化物被硫化銅

还原，部分銅氧化物和硫化鉄作用生成硫化銅。銅的矽酸鹽和碳酸鹽均先分解，而后和硫化合。鉄經氧化成氧化鉄結入爐渣。到爐溫达攝氏九百八十度时，硫化銅和硫化鉄互融而成冰銅。到爐溫达攝氏一千度时，造渣完成。

反射爐約可除去百分之三十的硫，煉成含銅約百分之三十一的冰銅。

反射爐的裝料口分布在爐頂的兩旁。爐渣和冰銅分由爐渣口和冰銅出口放出。



图二　反射爐

第五節　轉爐和眞吹爐熔煉

轉爐和眞吹爐是將冰銅熔煉成粗銅的一种設备。

將熔融的冰銅裝入轉爐或眞吹爐中，鼓入空气，硫化鉄开始氧化，生成的二氧化硫气体由爐口逸出，氧化鉄和加入的熔剂或襯料中的二氧化矽結合成爐渣浮在表层，这个过程叫做造渣期。等氧化鉄完全氧化后，硫化銅也起氧化作用，生成氧化銅再和硫化銅作用，还原为銅并逸出二氧化硫气体。

用以上設备熔煉粗銅时，一般可根据火焰的顏色来判别吹煉的程度，如在吹煉开始时火焰是紅色，到造渣末期呈綠色，到吹煉末了时轉为藍色。

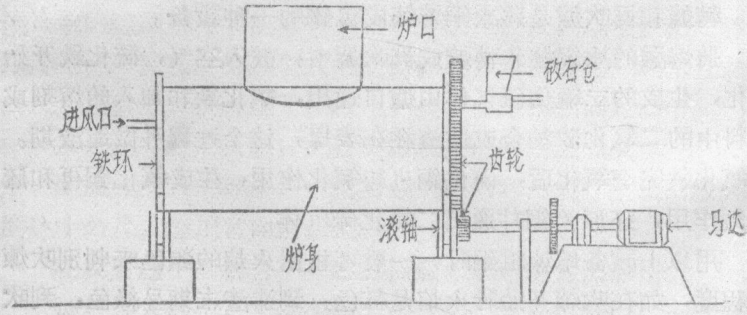
爐子的襯里有酸性和硷性兩种。酸性襯里一般用含銅貧乏，或含貴重金屬的矽質矿石。酸性襯里被蝕很快，通常吹煉三到四爐后就需要重襯。硷性襯里一般用鎂磚，爐子寿命較長，能用数月。利用硷性襯里煉銅时需另外加入熔剂。

轉爐分立式和臥式兩种，其中，以臥式应用最广。

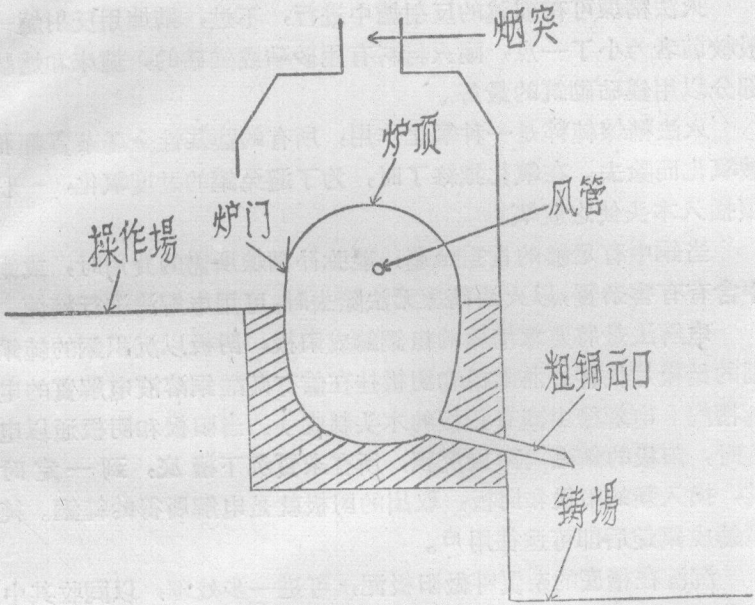
臥式轉爐是一横臥的鋼皮圓桶，里边襯以鎂磚。爐身兩端箍有鉄环，置于滚軸上。在圓桶的一端通过大小齿輪和馬达相連，可以前后傾側，以便檢查、裝料和傾倒等。爐身的前側有一長方形风箱，空气經风箱由一排风管而鼓入爐中。

日本沿用的轉爐叫做眞吹爐。眞吹爐筑法：在地下挖一个半圓形的窪坑，坑的四壁以矽砂，或含銅貧乏和含貴重金屬的矽質矿石，和焦粉、旧爐料等混和后夯实，坑底后面留有粗銅出口，坑的上部筑有和坑壁同样材料的圓頂，圓頂的前面开一爐門，以便操作，并在圓頂的一側插入风管一个，經此鼓入空气。这种爐一般經吹煉三到四爐后即需另作新爐。我国的沈阳冶煉厂用的煉銅爐也是这种眞吹爐。

由轉爐或眞吹爐煉得的粗銅，約含銅百分之九十八到九十九点五，其中还含有不同程度的杂質，影响銅的物理性質，因此，还須精煉后，才能适合工业上的要求。



图三　轉爐



图四　眞吹爐

第六節　銅的精煉

由火法熔煉的銅，其中所含的杂質，大致可分为兩类：

一、鹽基性金屬和非金屬，这类杂質对銅的性質发生有害的影响。

二、貴重金屬，如金和銀，含量极小，对銅的性質一般沒有坏的作用。

为了除去銅中的有害杂質和回收有价金屬金和銀，一般需进行精煉过程。

銅的精煉可采用电解法或火法。电解所得的精銅虽然質地很純，但沒有火法所煉得的精銅展延性好，强度大。近年来，这兩种精煉方法一般都混合使用。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook