



煉銅知識

胡開源編

遼寧人民出版社

序 言

偉大的革命導師——列寧曾說過：“共產主義就是蘇維埃政權加上全國電氣化”，但是要實行電氣化，如果沒有大量的銅，是不可能的。

各種主要的有色重金屬中，對我國社會主義建設事業進一步發展起着特別重要作用的就是銅。

銅有着巨大的國民經濟意義。銅跟國民經濟很多部門特別是跟電力工業和機器製造工業的關係非常密切。因而隨着各種機器製造業、國防工業、工業電氣化、鐵路運輸業和農業的發展，對銅的生產提出了重大的要求。

黨和政府對於我國有色冶金的發展，特別是對銅生產的發展一向給予最深切的注意，並給予了全面的支援。

在1953~1957年發展我國國民經濟的第一個五年計劃中指出：“五年內主要是完成熱河壽王墳銅礦的採礦、選礦工程和安徽銅官山銅礦的採礦、選礦、冶煉的建設；積極地開始進行西北、西南地區兩個銅的生產基地的建設；同時將新建一個銅和銅合金加工廠。這些企業全部建成以後，將給銅的冶煉工業奠定基礎，我國銅的電解能力和壓延能力就能夠逐步地適應機器製造工業部門發展的需要……一九五七年同一九五二年比較，銅的產量將增長0.7倍……。”

在1958年9月24日中共中央國務院發布的關於大力發展銅、鋁工業的指示中曾指出：“在全國工農業生產大躍進中，有一個薄弱環節，這就是銅和鋁的產量遠遠地不能滿足機械製造工業和電力工業的需

要。如果这个问题不能得到很好的解决，必将影响我国社会主义建设的发展速度。因此，必须动员全党全民一齐动手，开展一个大搞铜、铝生产的运动，争取在最短的时间内，建立起成千上万的铜、铝企业，大力解决这一问题……。在铜的生产方面，需要在已经发现铜矿的地方，立即组织生产，在尚未发现但是估计可能有矿源的地方，立即组织群众报矿和组织勘探力量进行找矿。因为我国铜矿分布很广，而土法冶炼技术已经解决并且正在不断改进。因此，应当普遍地组织县、区、乡、社，在一切有矿源的地方进行土法开采和冶炼。这种不用或者少用机械的土法生产，可以到处开花。在土法生产的过程中，逐步实现半机械化和小型机械化，以提高回收率，提高产量。对于已经基本探清的资源和已经开工建设的几个大型铜矿基地应当加紧建设，力争提前投入生产。这样土洋并举，首先以土为主，然后由土到洋的作法，将能迅速地提高我国的铜产量”。

在这种情况下，不仅需要比过去更多的人从事铜工业的生产和建设工作，而且也迫切要求提高炼铜工人的技术熟练程度和理论水平，本书就是为了这个目的而编写的。

编者理论水平不高，实际生产知识又缺乏，故书中的错误或不确切以及遗漏之处，一定很多，请大家批评和指正。

胡开源

一九五九年三月

目 录

序 言

第一章 概 論	1
第一节 我国炼銅工业概况.....	1
第二节 銅的矿石与矿物.....	2
第三节 我国銅矿简单介绍.....	4
第四节 銅的性質及其用途.....	5
第五节 炼銅的方法.....	6
第六节 炼銅用的原料、熔剂、燃料及耐火材料.....	9
第二章 鼓风爐熔炼銅矿石和精矿	20
第一节 銅矿石和精矿在鼓风爐熔炼前的准备.....	20
第二节 鼓风爐熔炼过程的简述.....	29
第三节 鼓风爐的构造及其他設備.....	36
第四节 鼓风爐熔炼的实际操作.....	40
第五节 鼓风爐熔炼的产物.....	45
第六节 鼓风爐熔炼車間的技术安全.....	54
第三章 反射爐熔炼銅矿石和精矿	55
第一节 銅矿石和精矿的焙燒.....	59
第二节 反射爐熔炼的基本原理.....	65
第三节 反射爐和熔炼过程的說明.....	68
第四节 鼓风爐熔炼与反射爐熔炼的比較.....	70
第四章 冰銅的吹炼	72
第一节 轉爐吹炼.....	72
1. 冰銅吹炼过程的简述; 2. 轉爐的构造及其他設備; 3. 轉爐吹炼的实际操作; 4. 轉爐吹炼的产物。	
第二节 真吹爐吹炼.....	85
1. 真吹爐吹炼冰銅的化学变化; 2. 真吹爐的构造; 3. 真吹爐吹炼的操作; 4. 真吹爐吹炼的产物。	

第三节	冰銅吹炼車間的技术安全	94
第五章	銅的火法精炼	95
第一节	火法精炼的基本原理	96
第二节	杂质在火法精炼时的行为	97
第三节	銅的精炼反射爐	99
第四节	火法精炼的实际操作	101
第五节	火法精炼的产物	104
第六章	銅的电解精炼	105
第一节	銅电解精炼过程的简述	105
第二节	电解时杂质的行为	106
第三节	电解車間的設備	107
第四节	电解的实际操作	115
第五节	电解液的成分、温度的影响和添加剂的作用	117
第六节	电解精炼的产物	119
第七节	电解精炼的技术安全	122
第七章	水法冶銅簡述	122
第一节	銅由矿石中浸出	123
第二节	从溶液中提出銅	124
附 录:	基本常識	125
第一节	化学常識	125
第二节	物理常識	130
第三节	主要工业金屬的分类	133

第一章 概 論

第一节 我国炼銅工业概况

我国有丰富的銅矿，而且我們的祖先在数千年前就能用銅做出非常精巧的銅器，已有資料証明，紀元前2000~2500年中国就进行了銅矿的开采。在北京故宫博物館有紀元前1700年鑄成的青銅鑄件。在沈阳也有1300年前的青銅鑄品。但解放前的旧中国，由于封建势力、官僚买办资产階級和帝国主义对全国人民的殘酷的压榨与統治，使我国炼銅工业不能够得到发展。除了有些地区利用土法炼銅之外，而长时期沒有一座現代化的炼銅厂，直到一九三八年底，日本帝国主义为了掠夺我国的金、銀、銅、鉛等矿产，在沈阳建立一座冶炼厂，年产矿产銅数千吨，厂內布置极不合理，工人在高温和有害气体的包围下进行操作，劳动条件极坏，伤亡事故經常发生。

抗日战争时期，日本帝国主义曾想掠夺安徽銅官山銅矿資源，但沒有建成工厂，在蔣匪帮統治之下，也几乎等于廢弃。

解放前夕，炼銅工业也象整个冶金工业一样，遭到了蔣匪帮的严重破坏，到一九四七年，銅产量尚不足三千吨（指从矿石中冶炼的銅，不包括再生銅）。

解放以后，在中国共产党和人民政府的正确领导下，在偉大的盟邦苏联的真诚帮助下，我国的炼銅工业，不仅通过恢复旧工厂的方法，而且用建立新工厂的方法获得了迅速的发展。例如：銅官山冶炼厂就是解放后进行恢复和改建并于一九五三年已投入生产的，一九五七年的銅生产能力已超过一九五三年的好几倍。

但是也必须指出，炼铜工业在我国重工业中仍然是个薄弱环节，产量还很小。在第一个五年计划期间，虽然建设了一些近代化的铜工业，使铜的产量迅速上升，但要满足宏伟的社会主义建设计划的需要，就必须大力进行铜工业的建设和生产。

在党的“鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义”的总路线照耀下，我国六亿人民正在以冲天的干劲发展工农业生产。正在壮阔展开着的工农业生产大跃进，已经不断地创造出了世界上过去没有的奇迹。为了保证我国工业、农业生产的大跃进，我们在铜工业生产和建设上，也必须而且可能创造出世界上空前的发展速度。

第二节 铜的矿石与矿物

在地壳中所遇到的铜绝大多数是与其他元素(主要是硫和氧)化合成各种化合物，自然铜也有，但很少。

金属的化合物在地壳中和其他非金属化合物在一起。所有这些化合物都叫做矿物。

含铜的矿物(如黄铜矿等)和脉石矿物(石英等)组成铜矿石。铜矿石就是一种岩石(组成地壳表面的固体叫岩石)，不过这种岩石中所含的铜量适于开采，也就是有开采的价值，因此，才把它称为铜矿石。如果岩石中含铜量极少并且不含有其他有价值的元素，则把这种岩石称为脉石或废石。所以，可以这样说，矿石是那种可以在现代技术发展的情况下在经济上有利地提炼出金属的岩石。

矿石因其含铜多少、化学成分、地方经济条件、生产规模、开采技术的发展程度和矿石处理技术的发展程度等关系，可以分为工业的和非工业的。由于矿石的开采和处理方法的改进，不断地发现有提炼和利用矿石中其他元素的可能，以及运输条件、动力供应和当地经济条件的改变，矿石分为上述两类是有条件的，同时也与一定的时间和地点有关。例如，从前把含铜不少于3%的铜矿石才算是工业的矿石，但现在由于浮游选矿的成就，即使含铜0.5%的矿石，也算是工

业矿石了。

矿石中主要含有一种有开采价值的金属，则此矿石称为简单矿石或单金属矿石(如铜矿、铅矿等)，假如矿石中含有数种可以在冶炼时被提取的金属，则此矿石称为复杂矿石或多金属矿石(如铜镍矿、铜锌矿等)。

铜矿石是由含铜的矿物及形成岩石的矿物所组成。铜的矿物分为三类：硫化矿物、氧化矿物和自然铜。

铜与硫黄结合成化合物者，则称为硫化矿物。如 CuFeS_2 (黄铜矿)、 Cu_2S (辉铜矿) 等等。

铜与氧结合成化合物者，则称为氧化矿物。如 $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ (孔雀石)、 Cu_2O (赤铜矿) 等等。

如矿物是由铜与为量不多的杂质所组成的合金，则称为自然铜。

根据铜矿石中所含矿物的性质，铜矿石也分为硫化矿石、氧化矿石与自然铜。

在自然界中已知的含铜矿物超过240种，但其中有很多是很少碰到的，而且没有工业上的价值。铜矿石中最主要的铜矿物列于表1中。

最主要的铜矿物

表 1

矿物的种类	矿物的名称	矿物的化学符号	理论上含铜 %
硫化矿	黄铜矿	CuFeS_2	34.5
	斑铜矿	Cu_5FeS_4	55.5
	铜蓝	CuS	66.4
	辉铜矿	Cu_2S	79.8
氧化矿	赤铜矿	Cu_2O	88.8
	孔雀石	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	57.3
	蓝铜矿	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	55.1
	硅孔雀石	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	36.0
自然铜	铜	Cu	100.0

自然铜矿床在自然界很少见。氧化矿通常是在硫化矿床的上部，

并且分布的深度有限。因此，氧化矿的儲藏量比較硫化矿少得多，全世界的銅矿床有百分之八十是硫化矿床，故硫化矿最有工业意义。

銅矿石中除銅的化合物外，还有石英、各种矽酸盐、石灰石、氧化鋁、重晶石、鉄的氧化物、黄鉄矿及其他。通常把这些东西称作造岩物質或脉石。

根据脉石的性質，銅矿石分为酸性的、硷性的和中性的。銅矿石中的脉石含有多量石英（二氧化矽）者叫酸性矿，含有多量硷性氧化物（氧化鈣、氧化鎂、氧化鋁、氧化鉄等）或硫化鉄（黄鉄矿、磁黄鉄矿）者叫硷性矿。硷性氧化物与二氧化矽（或称二氧化硅）的含量約适合于造渣之比者，则为中性矿。

銅矿物常常与其他矿物共生在一起，在硫化矿石中黄鉄矿常是伴生矿物，此外，銅矿石中通常还有鋅，这种銅矿石叫銅鋅矿石。也会碰到含銅鉛鋅的矿石。含銀的銅矿石叫銅銀矿石，銀主要是从銅銀矿石中提取出来。銅矿石中除含有鉛、鋅、銀外，还含有相当少量的貴金屬（金和銀），此外，还常含有硒（Se）、碲（Te）、鉍（Bi）、錫（Sn）、钒（V）等金屬。因此，銅矿石任何时候都不是单金屬的矿石，而常常是复杂的矿石。我們的任务不仅是把銅提炼出来，而且还要把銅矿石中其他有价值的元素也提取出来，因为这些元素价值很高，并在工业上具有重要的意义。

根据銅矿石的含銅量，把矿石有条件地分为富矿和貧矿。含銅 3 % 以上的矿石一般称为富矿，貧矿則含銅 1 % 以下。

第三节 我国銅矿簡單介紹

我国銅矿分布地域很广，著名的有云南会澤的东川銅矿、巧家銅矿和西康的会理銅矿。东川銅矿是我国儲量最富、含銅量（或称品位）最高的銅矿之一，已有二百多年的历史，过去年产量最多时达到七千吨，以前作为货币的銅錢大多是用东川銅鑄成的。此外，新疆的烏魯木齐、疏勒、吐魯番、庫車、伊犁，四川的彭县，貴州的威宁以及广东、

广西、江西等地也都有銅矿。东北的銅矿也很多，主要产地是延吉天宝山、本溪馬鹿沟、磐石石嘴子、清原、桓仁等处。根据解放后在全国范围内勘探的结果，在甘肃白银厂发现了一个巨大的新銅矿，在安徽北部也发现很大的銅矿。西北某地的含銅黄鉄矿，过去一直没有搞清楚，现在已証明它是一个含銅很丰富的黄鉄矿式矿床，初步估計，这一个矿就至少和东川銅矿的蘊藏量不相上下。此外，在东北以及其他地区也都发现了新銅矿，如热河寿王坟銅矿它将成为我国很大的一个銅矿。

过去一些帝国主义分子和资产阶级学者們，为了不讓我国发展炼銅工业，曾經惡毒地說“中国是一个缺少銅的国家”。解放后，随着地質勘探工作的开展，陸續发现了不少銅矿床，单就一九五〇年来說，在某一个地方就找到了八个銅矿，当然有些地方仍是空白点。虽然如此，但就已发现的銅蘊藏量而言，已經足以粉碎帝国主义分子的荒謬論調。

一九五六年以前，就我們已知道的分布全国各省的銅矿有六百多处，单就云南一省就有一百多处。在一九五八年工农业生产大跃进中，根据地質勘探資料和群众报矿，我国的省和自治区又都发现很多銅矿。不久以前，有一种說法是东北的銅矿資源已用完了，但在一九五八年仅辽宁一省就发现銅矿数十处，全国七百多个县有銅矿資源，已經发现的銅矿有三千多处。事实証明，我国不但不缺少銅矿，而且有非常丰富的銅矿資源。

第四节 銅的性質及其用途

銅是玫瑰紅色的金屬，比重 8.93。銅在工业部門中有特別重要的意义，除鉄以外銅就是用途最多的金屬，它是国防工业、电气工业和其他工业上的重要資源。純銅具有很大的韌性、延展性和柔軟性，易压延成薄片，也可以軋成細銅管。

銅是一种导电、导热很好的材料。在导电性方面仅次于銀。因

此,广泛地应用在电器工业上(制造电动机、发电机、电线、电话、无线电等)。

工业上能使用的铜有两种:电铜(即电解铜)和精铜。电铜是用电解法制得的纯铜,其中含铜99.96~99.98%,用于电器工业上,制造特种合金、铜丝和电导线。精铜用火精炼法制得,含铜99.5~99.7%,其中含有较多的杂质,用来制造其他的合金、铜管、铜板、轴等。

我们所熟悉的青铜与黄铜就是铜与其他金属组成的合金。黄铜基本上是铜和锌的合金(七成铜三成锌或六成铜四成锌),它可以制成各式各样的器具和零件,也可轧成棒材、板材、线材。并用来制造子弹壳和各种配件(水龙头、活门等)。青铜是铜和锡的合金(现在把铜与铝、矽以及铍的合金也称作青铜),由于锡的缺少以及价值的高昂,锡青铜的应用受到了限制。所以近来在工业中广泛地应用较贱的青铜——铝青铜、矽青铜和铍青铜。

铍青铜在经过热处理以后,其机械性能接近于特殊钢的机械性能。

除上述一些用途之外,在油漆工业、化学机器制造业上也都用铜。

第五节 炼铜的方法

铜矿石开采出来以后通常要经过选矿(人为地把贫矿变为富矿),以除去大部分的废石后,才送去冶炼。古代是用简单的方法进行选矿,如人工破碎、用手挑选、用水洗选等;近代选矿是用机器来进行,如重力选矿时用跳汰机、淘汰盘等来进行,浮选用浮选机,磁选用磁选机等等。

炼铜学是研究由铜矿石及含铜的废料中提炼铜的科学。炼铜的方法分为三类:火法炼铜、水(湿)法炼铜及电热法炼铜。火法炼铜的特点是在高温下进行,亦即用炉子熔炼铜矿石的方法叫做火法炼铜,如焙烧、熔炼、吹炼等。用各种药剂的溶液处理铜矿石的方法叫做水

法炼铜。水法又分为化学沉淀法和电解法两种。电热法实际上也是一种高温冶炼方法，不过所用的爐子不是用燃料加热，而是用电来加热。采用那种方法需要看矿石的化学成分和矿物成分、矿石中铜的含量及当地的經濟条件（燃料的价值、电力、水、耐火材料的价值等）而定。

水法用来处理貧的氧化銅矿石最为合算。

电热法（即电爐熔炼法）适用于沒有燃料但电能便宜的地方。

火法（或称干法）处理銅矿石和精矿（选矿所得产物）较为普遍。

用火法熔炼銅矿石和精矿时采用两个流程：

1. 精矿→焙燒→反射爐熔炼→轉爐吹炼；

2. 精矿→燒結→鼓风爐熔炼→轉爐吹炼。

在反射爐里只能熔炼細的原料（銅精矿、粉矿以及返回烟尘），如果要熔炼块矿，就需要把块矿粉碎。在鼓风爐里只能熔炼块矿，而銅精矿和粉矿需經過燒結或制团后才能在鼓风爐里熔炼，因为鼓风爐中的风压很高，如果熔炼精矿和粉矿，則会被大量吹出。

最近几十年以来才用反射爐处理銅矿石和銅精矿。因此反射爐熔炼与鼓风爐熔炼相比是一个新的方法。由于浮游选矿的方法迅速发展的結果，由选矿厂送到炼銅厂的是极細碎的精矿，这是一种細小而潮湿的粉砂，不能直接在鼓风爐中熔炼，但可用反射爐熔炼。在反射爐熔炼之前，有时将精矿先經焙燒，有时不經焙燒。如果在反射爐熔炼之后，能够得到含銅量約为20%以上的冰銅时，則精矿可以不經焙燒即行熔炼。若精矿中含硫过多，而在熔炼中获得冰銅含銅太低时，則必須預先将精矿焙燒。由此可見，精矿焙燒的目的是在反射爐熔炼前将过多的硫黄除去并使鉄氧化。焙燒后在燒矿（焙燒产物）中必須留下的硫量可以用計算求出。

富的氧化矿石（含銅12~15%）在鼓风爐中进行还原熔炼直接获得粗銅是有利的。

硫化矿石和精矿，一般都采用先炼成冰銅（在反射爐或鼓风爐

中),再炼成粗銅(在轉爐中)的处理方法。硫化矿石和精矿在死焙燒(彻底除去硫)之后,直接炼成粗銅是不恰当的,因为这样則使大量的銅进到渣中,而且所获得的粗銅含杂质較多(3%以上),精炼这种粗銅时需要的時間长,費用多。

貧的氧化銅矿除了用湿法处理之外,可以与含有硫黄的原料(黃鉄矿、石膏、重晶石及硫化矿石等)混合在一起熔炼成冰銅。

混合矿(氧化矿和硫化矿),也是先熔炼成冰銅为好。

硫化块矿不預先經過焙燒,即在鼓风爐里炼成冰銅。如果矿石中含硫磺太多,則可加入一部分氧化矿石。需要加入氧化矿石的数量由配料計算确定。

目前世界上現代化炼銅厂中都是采用反射爐熔炼。即將浮游选矿所得到的銅精矿(含銅12~20%),經過焙燒(有时不經焙燒)之后,装入反射爐里熔炼成冰銅,然后再在轉爐里吹炼冰銅成粗銅。而我国的炼銅厂多半是用鼓风爐熔炼。將含銅8~20%的銅精矿,在燒結鍋或燒結机上燒結成块(燒結块),然后将这种燒結块装入鼓风爐中熔炼成冰銅,冰銅再在轉爐或真吹爐(日本人遺留下来的一种吹炼冰銅的爐子,沈阳冶炼厂用了多年,并进行了改造,現在仍繼續使用)里吹炼成粗銅。

上面已經講过,在鼓风爐里炼得的冰銅和在反射爐里炼得的冰銅一样,都是用吹炼的方法得到粗銅。

粗銅中含銅一般在98%左右,其中尚含有若干杂质(鉄、硫及砷等),所以必須經過精炼后才适于工业上应用。

粗銅精炼的目的是除去杂质和提取貴金屬(金和銀)。粗銅的少法精炼是在精炼反射爐中进行,爐内通入空气將杂质氧化除去后即得精銅。精銅的机械性能很好,可以在工业上应用,但是为了电气工业的目的和提取出有价值的金屬(金、銀、硒、碲等),必須再加以电解精炼。

第六节 炼铜用的原料、熔剂、燃料及耐火材料

1. 炼铜用的原料

炼铜用的主要原料是铜矿石。除矿石外，还有其他工厂来的含铜废料：制造合金时得到的含铜渣、铜灰、铜屑、废铜及其他二次铜的废物。冶炼厂里产出的各种返料：铅冰铜、浸出渣、回转窑渣、精炼渣的富铜渣及其他含铜高的炉渣。此外，从含铜的矿坑水中也可提取出铜来。

从矿山采出的铜矿石中，含铜在1.5%左右的占绝大多数，富矿（含铜5~10%或更高一些）的数量是很少的（只占全部铜矿资源的5%左右）。若铜矿石中含铜1.5%，则约有98%是无用的废石，把这种贫矿直接送去冶炼，不论是“洋法”或“土法”，在经济上都是不合算的。因为在冶炼时是将全部装入炉内的炉料熔化为液体状态，如果炉料中废石很多，则需要消耗的燃料就增多；同时得出的炉渣也多；炉渣多则带走的铜也就增多，这就使熔炼成本提高。因此，矿石在熔炼前要经过选矿，可以说，选矿业是铜矿工业中不可缺少的一环。

选矿的目的是要把贫矿变为富矿，以达到冶炼所要求的品位。选矿就是把贫的铜矿石中的废石除去，而把有用矿物及金属集中到数量不多的产品——精矿中。

由此可以看出，选矿有许多好处：

1) 铜矿石经过选矿后，矿石中的有用矿物与废石分开，有用矿物集中在少数的精矿（选矿厂的产品）中，因此，只需熔炼少量的精矿就够了，熔炼成本可以降低（因可节省燃料、熔剂及运输费；减少人力；冶炼设备可以减小和减少，因而车间厂房的建设费也就减少等）。

2) 选矿可以扩大矿产资源。如果没有选矿工业，则含铜太低（0.5%）的矿则不值得开采和冶炼。由于选矿技术的进步，过去认为不能利用的废石，现在也可以大量开采。这样一来，我们的铜矿资源

就非常丰富了。

3) 有的銅矿石中含有多种其他金屬(如鉛、鋅、鎳及鉬等), 通过选矿可以把这些金屬分开, 同时选出銅精矿、鉛精矿及鋅精矿等, 并除去其中的无用廢石。

由矿山开采出来的銅矿石, 块子大小各种各样, 一般是200~1500毫米的块矿。可是在銅矿石中, 銅的矿物顆粒在大多数情况下都是以极細的微粒密集地长在脉石中, 互相連在一起。要想分开它們, 唯一的方法是将全部矿石弄碎, 讓它們成为单独的銅矿物顆粒(或其他金屬矿物顆粒)和脉石顆粒。因此, 矿石的破碎和磨細是选矿前首先要进行的作业。

破碎和磨碎不仅是选矿业中才应用, 在建筑工程、公路和铁路建設中也都有破碎作业, 用它来生产一定块度的石子作为建筑工地上或鋪路的用料。在炼銅厂中破碎与磨碎作业应用也很多, 例如, 破碎熔剂、冷返料及准备燃料等。

把大块矿石和其他物料在一个机器中(或一次作业), 就碎得很細小是不可能的, 即使可能, 在經濟上也不合算。因此, 破碎和磨碎要分段进行, 在每一阶段破碎里只能把矿石(或其他物料)破碎到一定的程度。

按照物料的最初和最終块度(粒度), 可以分成下列的破碎和磨碎阶段:

1) 粗碎, 給矿粒度(最初粒度)为1500~300毫米, 破碎到300~100毫米;

2) 中碎, 給矿粒度約为300~100毫米, 破碎到50~10毫米;

3) 細碎, 給矿粒度約为50~10毫米, 破碎到10~2毫米;

4) 細磨, 給矿粒度約为2毫米, 破碎到0.05或0.05毫米以下。

破碎大多采用机器。由人工用錘子进行破碎的比較少。破碎所用的机器就叫做破碎机, 而磨碎所用的机器叫磨碎机。

破碎和磨碎作业, 在古代及我国土法生产中主要是采用下列的

方法:

- 1) 人工用手拿鉄錘錘碎;
- 2) 手拉吊錘錘碎;
- 3) 手动顎式破碎机破碎;
- 4) 馬拉搗矿机搗碎;
- 5) 石碾子碾碎:
 - I. 用畜力(馬、騾、驢、牛……等)带动;
 - II. 用鍋駝机或电动机、柴油机带动。
- 6) 手搖球磨机磨細。

近代碎矿(或其他物料)和磨矿是用破碎机和磨碎机来进行。破碎和磨碎机可分成下列几类:

- 1) 顎式破碎机(老虎口), 用来粗碎, 很少用于中碎。
- 2) 圓錐破碎机, 分为粗碎、中碎和細碎圓錐破碎机三种。
- 3) 輥式破碎机(对輥和四輥), 用于中碎与細碎。
- 4) 击碎机, 击碎机分为錘式破碎机和鼠籠破碎机。錘式破碎机用于脆性物料和較軟物料的粗碎, 而鼠籠破碎机用于脆性物料和很軟物料的中碎和細碎。有时鼠籠破碎机用于混合固体散粒物料。
- 5) 碾碎机, 用于細碎和細磨。
- 6) 磨碎机, 磨碎机分为棒磨机、球磨机和砾磨机。它的工作原理是由于鋼棒、鋼球或天然砾石在圓筒中的滚动和降落而使物料磨碎。

在选矿厂中球磨机和棒磨机附有分級机閉路循环操作, 由磨机中出来的产品在分級机中按照其粒度加以分級。此时, 已磨細的矿石被分开并送往选矿机中, 而未磨好的矿石則返回磨机再磨。

將破碎物料和粉碎物料按照粒度分离叫做分級。分級的結果获得两种产品: 較粗的顆粒和細小的顆粒。

粗物料的分級可用篩分。矿石在破碎以前篩分的目的是將大块矿石和粉末分离。破碎的矿石加以篩分是为了將大矿块分离出并繼

續进行破碎，而粉末則不必加入下一个破碎机內。因此，在破碎之前和在各個破碎阶段中間，將物料按粒度加以分类，可更有效的利用破碎設備。所謂篩分就是根据过篩的原理而將物料按粒度大小分类。用来篩分的設備叫篩子。常用的篩子有条式固定篩、圓筒篩和震动篩。

篩分作业不适用于極細物料的按粒度分級。細小物料容易成团，因而減低了篩分效率；此外，細物料容易飞起来。

細磨物料的分級常在水中進行，这个作业叫做湿式分級或水力分級，而所采用的設備則叫做分級机。生产上常采用的分級机有：耙式分級机、浮槽式分級机和螺旋分級机。

銅矿石經過一系列的準備以后進入了选矿工段。选矿的方法很多，究竟采用哪种选矿方法或用哪几种选矿方法，要看矿石的性質确定。

选矿的方法有手选、洗选、摩擦选矿、静电选矿、电磁选矿、重力选矿和浮游选矿等。但在冶金（黑色冶金和有色冶金）中常采用的选矿方法有重力选矿、浮游选矿和电磁选矿。銅矿石主要是用浮游选矿法选別，例如，目前我国大的炼銅厂所用的大量銅精矿就是用浮游选矿法选出来的。当然在一定的条件和一定的环境下应用重力选矿法选別銅矿还是有意义的，如含硫化銅矿較多或有用矿物的粒度較粗大的銅矿石用重力选矿法在經濟上是合算的。

：浮游选矿（简称浮选）和重力选矿（简称重选）都有“洋”“土”之分。实际上“洋法”和“土法”在科学道理上都是一样，区别就是“洋法”的设备复杂、完善，而且要用电力带动和机械化；而“土法”的设备简单、容易制做，成本費低（因可就地取材，用便宜的材料代替昂貴的材料），且一般不用电力带动，完全可以用人力操作。

2. 熔 剂

在炼銅时，爐內除了加入銅矿石之外，还加入熔剂。熔剂是造渣的材料。因为銅矿石中除了銅矿物外，还含有廢石（石英、石灰石等），