

本書系統地論述銅電解精煉的工藝過程。書中結合基本理論，詳細地敘述了電解銅生產的操作經驗，特別對電解液的掌握、電解液中雜質的動態與淨化、電流密度、電流效率及陰極銅質量等問題，作了比較詳盡的探討。

本書供電解銅廠的工程技術人員、高級技工及車間管理人員使用，也可供高等學校和中等專業學校中有關專業的教師與學生參考。

電 解 銅 生 產

曹國琛 編著

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲 45 號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第 093 號

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行

— * —

1959年10月第一版

1959年10月北京第一次印刷

印數 2,020 冊

開本 850×1168 • 1/32 • 190,000 字 • 印張 7 $\frac{22}{32}$

— * —

統一書號 15062 • 1804 定價 0.88 元

序 言

在一般先进的工业国家里，銅的需要量約占鋼产量的 1.2% 左右，目前我国正处于大規模經濟建設时期，銅的需要量就要大于这个比例，有了足够数量的銅，才能保証电机、汽車、輪船、机車、拖拉机、机床等工业的充分发展。

从前，資本主义国家的地質学家硬說我国是一个貧銅的国家。近年来，根据勘测的結果，証明我国有着丰富的銅矿蘊藏量。在党和政府的正确领导下，我国炼銅工业已有了很大的发展，自从去年以鋼为綱，国民經济各部門全面跃进的形势形成以来，特別在党中央和国务院发出全党全民大搞炼銅运动的指示后，矿銅产量已有并将有更大的增长。显然，电解銅工业必須急起直追，才能适合形势发展的要求。

作者曾有机会在一个不短的时期内接触銅的电解精炼工作，乃根据工作中的一些經驗体会，草就此書，見解虽很肤浅，經驗亦不一定可貴，只是希望通过此書，使从事或即将从事电解銅工业的同志能够得到些微帮助。

本書主要叙述实践經驗，并适当地結合一些理論。既介紹大型設備，也談到中小型設備，既講洋的，也談“土”的，特別对于如何掌握电解液、电解液中雜質的动态和演变，电流密度、电流效率和阴极銅質量等关键問題作了較詳尽的探討，有关的国外技术經驗亦尽量介紹。如此，讀者可根据具体情况，因地制宜地考虑建厂設計和工艺操作。

限于水平，对于許多技术問題的看法可能很不全面，作者誠懇地希望得到电化工作者以及冶金工作者的批評和指正。

本書之得以出版，曾受到公司领导的极大鼓励，并承 尚泽中、林世鈞、袁行宜、承久經諸同志协助收集資料及整理資料图片，併致謝意。

曹國琛

1959.4.21. 于上海有色金屬工业公司試驗室

目 录

第一章 緒論	1
§ 1 概況	1
§ 2 銅的物理性能	7
§ 3 銅的化学性能	8
§ 4 銅的化合物	9
§ 5 銅的用途	16
§ 6 雜質对銅的影响	17
§ 7 銅电解工业展望	20
第二章 銅电解原理	23
§ 8 电解的原理	23
§ 9 法拉第定律	26
§ 10 电流效率	27
§ 11 电化当量	23
§ 12 电流密度	23
§ 13 电极电位和电位序	23
§ 14 浓差极化	31
§ 15 分解电压	31
§ 16 超电压	33
§ 17 槽电压	35
§ 18 金屬的鈍化	40
第三章 阳极板	42
§ 19 阳极銅板的冶炼	42
§ 20 阳极板的浇鑄	49
§ 21 阳极板的规格	51
§ 22 残极	54
第四章 始极片与阴极板	57
§ 23 始极片的制造	57
§ 24 始极片槽的操作条件和操作方法	63

§ 25	阴极板	67
§ 26	阴极板的质量规定	68
第五章 电解槽		72
§ 27	概述	72
§ 28	电解槽的规格	72
§ 29	电解槽的制造	76
§ 30	电解槽的安装	79
§ 31	电解槽与阴阳极板的排列方式	81
第六章 杂质在电解液中的动态和影响		86
§ 32	杂质的分类	86
§ 33	第一类杂质的动态	86
§ 34	第二类杂质的动态	93
§ 35	第三类杂质的动态	93
§ 36	第四类杂质的动态	93
第七章 电解液		100
§ 37	概述	100
§ 38	电解液的组成	101
§ 39	电解液附加剂	108
§ 40	明胶的效应	108
§ 41	氯化钠的效应	114
§ 42	硫酸铵的效应	127
§ 43	尿素的效应	128
§ 44	电解液的温度	129
§ 45	电解液加热的方法	136
§ 46	电解液的循环	138
§ 47	电解液循环的方法	145
第八章 电解液的净化处理		147
§ 48	概述	147
§ 49	杂质在电解液中的限量	147
§ 50	电解液抽换量的计算方法	148
§ 51	置换净化法	149
§ 52	结晶提铜净化法	150

§ 53 提銅蒸液淨化法	161
§ 54 沉淀淨液法	167
第九章 电流密度与电流效率	179
§ 55 电流密度之計算	179
§ 56 电流密度与电流效率的关系	180
§ 57 电流密度与极化的关系	180
§ 58 电流密度与貴金屬損失的关系	183
§ 59 电流密度与电能消耗的关系	183
§ 60 电流密度与溫度的关系	187
§ 61 經濟电流密度的选择	188
§ 62 高电流密度生产时的注意事項	197
§ 63 电解槽的电阻	203
§ 64 提高电流效率的措施	206
第十章 阳极泥处理	210
§ 65 处理阳极泥的目的	210
§ 66 阳极泥取出的周期	210
§ 67 取出阳极泥的方法	211
§ 68 阳极泥的組成	212
§ 69 处理阳极泥的方法	214
§ 70 銀的提炼	221
§ 71 金的提炼	227
§ 72 碲和碲的提炼	230
§ 73 鉛和銻的提炼	237
参考文献	239

第一章 緒 論

§ 1 概 况

銅是人类最先发现和最早使用的金屬，远在史前时代，人类就用青銅来制造器具、兵器及裝飾品。我国人民在四千年以前就已开始炼銅了。

銅是有色金屬領域內主要元素之一，它在国民經济中占有极重要的地位，举凡造船、兵工、电气等工业，无不需用銅。銅的最大优点是导电率高，仅比銀差一些，但是因为銀的价格太貴，故一般导电用的电綫，都用銅来制造。目前世界上有50%以上的銅都用在电器工业制造方面。銅的另一优点是耐腐蝕，在空气中不易氧化，各种用旧的废銅均可回收重加利用。此外，高純度銅还可以拉成銅絲压成銅箔，用于电子管和精密仪表等的制造上。

銅在地壳中含量并不太多，約占地壳总重的 $1 \times 10^{-2}\%$ 左右。銅在自然界中，主要以三种形式存在，即自然銅、氧化銅矿和硫化銅矿。自然銅呈片状，生成于火成岩中，含銅量在99%以上，由于自然銅被人类发现和利用得早，年长日久，不断开采，現在已逐漸減少，仅墨西哥还有一些自然銅在大量开采，我国云南亦有一些自然銅矿。氧化銅矿多生在地面附近，由于地下水中所含有的二氧化碳、氧、硫酸与硫化銅矿作用，就生成銅的氧化物、碳酸盐、硫酸盐。如赤銅矿（ Cu_2O ）、黑銅矿（ CuO ）、孔雀石 $[\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2]$ 、天青石 $[2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2]$ 、硅孔雀石（ $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）等都是氧化銅矿。氧化銅矿冶炼比較简单，可在鼓风爐中直接由碳或一氧化碳还原成金屬銅。但也因为开采年代已久，留下的氧化銅矿石已不多了。

現在世界上有80%以上的銅是由硫化銅矿冶炼得来的。硫化銅矿中主要成分是銅和鉄的硫化物，其中也混有鋅、砷、銻、鉍、

硒、碲、金、銀、鉑等的化合物，而且90%的硫銅矿均含有金、銀、鉑、鈮、鈦等稀有貴金屬元素，在提炼銅时，可順便将这些金屬提出，因此經濟效果极大。

硫化銅矿中最普通的首推黃銅矿（ CuFeS_2 ），純淨的黃銅矿含銅34.81%，但通常混有大量的黃鉄矿以及硫化鉄矿，故矿石含銅有的还不到1%，即使这种矿石仍有提炼价值。

过去英美等国的地質学家，硬說我們是一个缺乏銅的国家，但是解放后，經過大力勘查的結果，証明我国銅矿的儲藏量不是很少，而是很多。除了熟知的云南东川輝銅矿（ CuS ）和斑銅矿（ Cu_5FeS_4 ）有丰富的蘊藏量外，在兰州附近发现了巨大的含銅黃鉄矿。近又在浙江、安徽、四川等地发现了銅矿。至于青海发现的大銅矿，不論以質以量来講，都是世界上少有的。这些事实，有力地駁斥了資本主义学者的謬論。

从矿石中提取銅时，可采用火法或湿法两种方法，前者是用火力将矿石熔化而使銅析出的方法，后者則用溶剂使銅从矿石中浸出，而后在所得溶液中再将金屬銅沉淀。目前，火法治銅仍是最重要的冶銅方法，世界产銅总量中90%以上的銅，都是用熔炼法从其矿石中提取出来的。

自然銅和氧化銅矿的处理很简单，在普通鼓风爐或倒焰爐中即可炼得含銅95—98%的黑銅，在鼓风爐中还原氧化矿石的情况和熔炼鉄矿制造生鉄的情况很相似。鼓风爐是一种直立式爐子，矿石、焦炭和熔剂由上面加入，逐漸向下移动，气体則由下而上流动。焦炭一方面用来供給热量，同时利用碳和生成的一氧化碳作还原剂去还原氧化銅，使它变成金屬銅。矿渣和銅因比重不同而分开，銅沉在下面，渣則浮在上面。若要使炼得的黑銅含銅在98%以上，則爐渣里含銅也随着增高达2%以上。爐渣必須儲存起来，准备进一步处理以回收銅。

如果矿石系粉矿及精矿，則熔炼作业最好在反射爐中施行，因为粉矿及精矿会在鼓风爐中产生多量的烟尘，增加金屬的損

失。事实上，氧化物矿石具有单独熔炼价值者极少，多与硫化物矿石共炼，制成冰铜。

用反射爐炼制冰铜时，矿石必需先經焙烧而后进行熔炼。焙烧的目的在于使矿石中的硫減至一定程度，并使鉛、砷、銻等有害杂质預先尽量除去，硫化物中之鉄則变为次一步熔炼中造渣的氧化物形态。硫化鉄之必需氧化以及相当大部份的硫必需在焙烧时除去，乃是希望在熔炼时能获得品位足够高的冰铜。矿石經過焙烧后，其主要組成成为銅和鉄的氧化物、銅和鉄的硫酸盐，以及未分解的銅和鉄的硫化物，其中大部份的銅，仍然与硫相結合。

当熔炼进行时，焙烧矿石中的銅氧化物和銅鉄硫化物，硫酸銅和銅硫化物，以及鉄氧化物和鉄硫化物間，便各自相互反应。銅氧化物与銅硫化物相互作用时，便产出銅及二氧化硫；它与鉄硫化物作用时，則产出銅的硫化物、鉄、氧化亚鉄及二氧化硫。鉄的氧化物，只有一部份与鉄的硫化物反应，形成氧化亚鉄及二氧化硫。硫酸銅，若受热不起分解，便与銅硫化物反应，按两者存在量的比例，分別生成銅与二氧化硫，或氧化亚銅与二氧化硫。硫酸鉄存量虽微，但仍分解为氧化鉄及三氧化硫，或二氧化硫和氧。

爐中炼出的金屬銅，由于它和硫的自由能关系，尽量从硫化鉄中吸取足够形成硫化亚銅的硫而与其形成硫化亚銅，同时有相当量的鉄还原出来。这个析出的鉄，或入冰铜，或使氧化鉄还原为氧化亚鉄。

新成的硫化亚銅，乃与爐料中原已存有者結合，一同和残余的硫化亚鉄相互溶解，形成冰铜。存在爐中的氧化鉄，則依上述反应全部还原为氧化亚鉄，并会同原有的或由銅氧化物和鉄硫化物相互反应而生成的氧化亚鉄，一起与二氧化硅結合为硅酸鉄，进入爐渣。

硫化銅矿也可用鼓风爐冶炼，但和氧化銅矿冶炼时的原理不同，在鼓风爐中要加入矿石、富矿砂、焦炭、熔剂、和经过焙烧

的燒結礦。焦炭仍利用來燃燒以供應熱量，熔劑與礦渣則結成爐渣，礦石中的硫則一面燃燒供給熱量，同時與鐵及銅結合成硫化物，即稱為冰銅。此時礦石中的金銀鉑等貴金屬也溶解在冰銅內，“冰銅”因比爐渣的比重較大，沉在下部，借此與爐渣分離。冰銅含銅一般為40%左右，必須再經過吹爐、反射爐的熔煉以及電解精煉，就可得到純度達99.99%的純銅。

鼓風爐的大小不一，圖1是鼓風爐的全貌。常用的鼓風爐為一方形爐子，高約305—427公分，爐子寬約90—140公分，長約25—250公分，風管直徑為10—15公分，兩風管間距離25—45公分。底部呈長槽形，在爐子兩面的底部中央是冰銅的出口處。冰銅放出後，流入前床。前床的直徑通常為180—600公分，深為90—150公分，內砌火磚，在爐子及真吹爐之間，具有貯盛和調節作用。冰銅和爐渣在前膛內可得一較完全的分离，爐

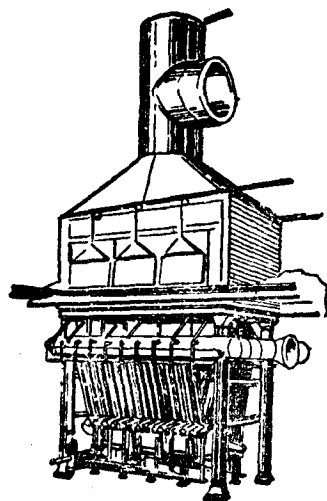


圖1 鼓風爐全貌

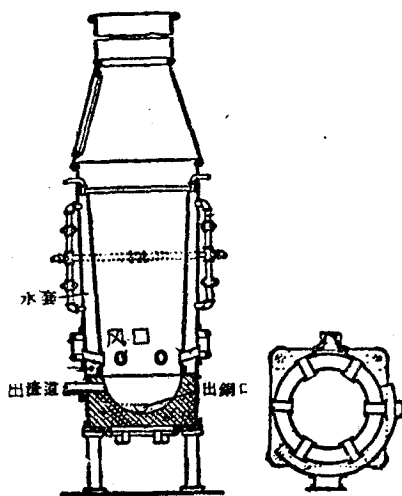
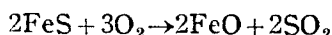


圖2 沒有前床的圓形鼓風爐

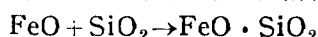
渣由一端流出，冰銅則送至吹爐再加熔煉。在小工廠中，圓形內塗

耐火泥的小爐子也被广泛地利用起来。图 2 就是沒有前床的圆形鼓风套爐。

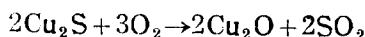
吹爐分立式和臥式两种，实际上是一个衬有耐火材料的鋼筒，用来盛貯液体冰銅，下部压入空气，用来氧化冰銅中的鉄和硫，而得到粗銅。当压入空气时，氧与硫作用生成二氧化硫而从爐口逸出，氧与鉄首先生成氧化鉄：



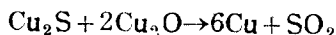
氧化鉄与熔剂或与作爐壁衬料的硅砂結合而成爐渣：



在氧化和形成爐渣的时候发出大量的热，足够使爐溫保持不变。当所有与鉄結合之硫完全氧化后，第二步即为硫化亚銅的氧化，氧与硫化亚銅作用变成二氧化硫和氧化亚銅：



氧化亚銅又立即与硫化亚銅作用变成二氧化硫和金屬銅：



此种反应一直繼續到硫化亚銅被全部氧化为止。在此同时，部分鉛、鋅、砷、銻等杂质变为氧化物揮发掉，部分則留在銅內，金、銀等貴金屬元素則几乎全部留在銅內。图 3 为立式吹爐的簡图。

自吹爐炼得之粗銅，含銅約 98% 左右；含砷 0.1%；銻 0.17%；鎳 0.5%；鋅 0.1%；鉄 0.13% 左右；每吨粗銅約含銀 100 兩；含金 0.3 兩。当然杂质和金銀的含量不是固定不变的，主要由矿石的成分来决定。这种粗銅在工业上还不能大量应用，尤其对于电工技术中更嫌不足，因为粗銅的导电率和物理性能都很差，必須用反射爐或电解办法加以精炼来提高銅

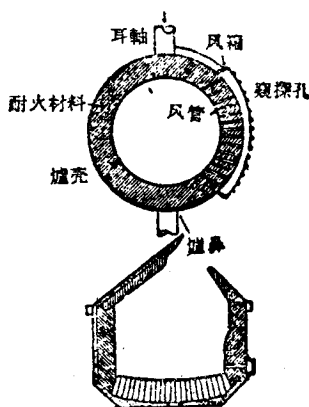


图 3 立式吹爐簡图

的純度。为了回收金銀和提炼其他稀有元素，粗銅的提純多用电解法来进行，这样不但可得到純度达 99.99% 的精銅，同时在阳极泥和废电解液中，还可回收稀有元素和其他有用金屬，如金、銀、鉍、硒、碲、銻、鎳等。

銅的电解精炼的主意是俄罗斯科学家研究出的。雅柯比院士于 1837 年研究了銅电镀沉积的原理，列赫丁貝尔斯基于 10 年之后在彼得堡建立第一个大的电镀厂，为伊沙阿基也夫大教堂制造浮雕。列赫丁貝尔斯基当时还指出应用这个新的方法去精炼銅的可能性。至 1869 年，英国在威尔斯建立了第一个銅的精炼工厂。

銅精矿也可采用沸騰焙烧的方法，事先經過粉碎处理的矿粉与鼓入的空气在沸騰焙烧爐中进行焙烧，焙烧时产生的二氧化硫通过爐气冷却器和旋渦收尘器送往制酸車間制造硫酸。焙烧产物經反射爐熔炼轉爐吹炼制得阳极后再送往电解車間精炼，精炼时所用的硫酸由上述制酸車間供給，如是可达到綜合利用的目的。

沸騰焙烧是近十年来的有关矿产物料焙烧的一种新技术，国内外都在致力于这一新技术的研究和推广工作。沸騰焙烧不仅适用于有色冶炼硫化物矿品的氧化与硫酸化焙烧，还可进而应用于还原、分解、氧化、揮发等焙烧，特别是有可能应用于复杂矿物的綜合利用，湿法冶金与选矿的联合处理。采用沸騰焙烧法大致有如下几个优点：

- (1) 同样体积的沸騰焙烧日产量，比多层式爐要大 3 ~ 4 倍。
- (2) 内部結構簡化，改进密閉程度，給加料与运行的自动控制創造了有利条件。
- (3) 可以利用废热。
- (4) 提高 SO_2 浓度，从而增产硫酸。
- (5) 改善劳动条件。

§ 2 銅的物理性能

(1) 原子序: 29;

(2) 原子量: 63.57;

(3) 原子价: I、II;

(4) 比重: 20°C 时, 純銅的比重为 8.89, 商品銅因多孔及有 Cu_2O 和雜質存在, 故比重往往不及此数, 銅在熔融状态时的比重为 8.22。

(5) 色泽: 純銅呈玫瑰紅色, 有金屬光澤。由溶液中沉淀出来的銅粉則呈暗紅色。液体銅的顏色, 和海水一样呈綠色。

(6) 熔点: 1083°C, 熔解潛热 43.3 卡/克。

(7) 沸点: 2310°C;

(8) 結晶形态: 等軸晶系。

(9) 比热: 170°C 时为 0.09244 卡/克/°C;

200°C 时为 0.09422 卡/克/°C;

300°C 时为 0.09846 卡/克/°C。

(10) 摩氏硬度: 3。

(11) 抗张强度: 鑄造銅或冷拉銅的抗张强度为 60,000~70,000 磅/平方吋。經退火处理后, 抗张强度減为 30,000~40,000 磅/平方吋。

(12) 延展性: 銅具有高度的延性和展性, 能拉成极細的絲, 压成极薄的箔。

(13) 綫膨胀系数: 0.000017/°C

(14) 热传导系数: 0.923 卡/平方公分/公分/秒/°C。

(15) 电导度: 銅是电的良好导体。熔融銅的电导度較固体銅差, 鑄造銅的电导度較退火銅綫約低 3.5%。根据国际标准, 測得长一公尺, 重一克并經退火的銅綫在 20°C 时的电阻为 0.15328 欧姆。銅中含砷和銻会大大降低电导度。

(16) 透磁性: 銅的透磁性 $\mu (= \frac{B}{H})$ 小于空气的透磁性

(= 1)，故它是逆磁性金属。

(17) 焊接性：因为铜的导热性强，不易使部分加热，故铜之焊接较困难，若用普通方法焊接铜件，只能在小范围内见效。在气焊 ($C_2H_2 + O_2$) 或电焊时，铜都会因过热而挥发，生成绿色火焰，其蒸汽有毒性。

(18) 对气体的溶解度：铜对气体的溶解度极高，熔融的铜能溶解 SO_2 , CO , H_2 。温度愈高，溶解愈多。当铜冷却凝固时，大部分被溶解的气体又重行释出，小部分则仍存留铜中，致使铸件中含有气孔。但如铜中含有 Cu_2O 、 P 、 As 及 Sb 时则气体的溶解度减低。在赤热时铜对 H 的吸收非常迅速，但对碳氢化合物则无吸收能力。

(19) 电解铜的机械性质：其与温度的关系见图 4。

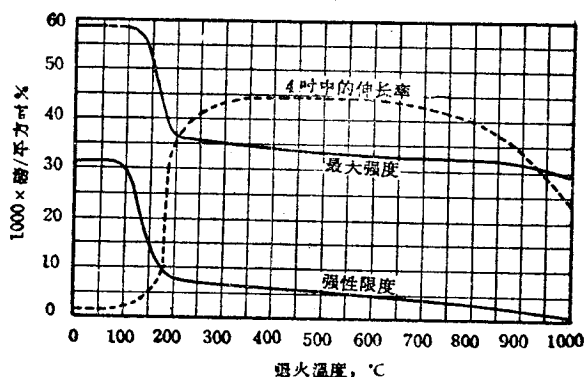
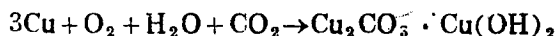


图 4 温度对电解铜机械性质的影响

§ 3 铜的化学性能

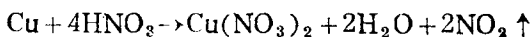
在常温下，铜不易与干燥空气中的氧化合，如加热则铜的表面逐渐变黑，即生成 CuO ，在 $1100^\circ C$ 时则生成 Cu_2O 。铜与含有 CO_2 的湿空气相接触，表面便生成一层有毒的绿色碱性碳酸铜，俗称铜绿，其反应如下：



在电位序中，銅位于氢的下面，故銅不能置换稀硫酸或稀盐酸中之氢，銅能溶解于稀硝酸中，其反应如下：



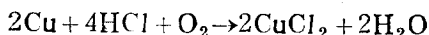
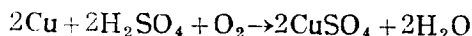
銅与浓硝酸作用时則放出二氧化氮：



銅能与热的浓硫酸作用而放出 SO_2 ：



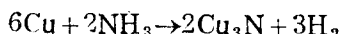
若有充分的空气存在时，銅借氧的作用能逐渐溶解于稀硫酸和盐酸中：



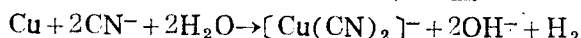
銅能溶于王水。

銅在常温下与卤素的作用緩慢，加热时則反应剧烈。

銅与氮不能直接作用，若将氨气通过紅热的銅时，則生成氮化亚銅：



浓的碱金属氰化物溶液能使銅溶解并产生氢气：



§ 4 銅的化合物

(1) 氧化亚銅 (Cu_2O)：金屬銅在空气中加热，始而生成 CuO ，再繼續加热至 1060°C 以上时， CuO 开始分解而变为 Cu_2O 。将熔融的銅在空气中保持 1200°C ，便有 Cu_2O 复盖其上。将硫化銅焙烧，也生成 Cu_2O 。含有酒石酸鉀鈉的硫酸銅溶液，以葡萄糖来还原时，也可制得 Cu_2O 。

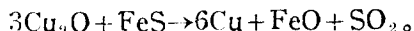
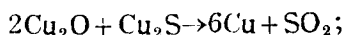
氧化亚銅由于制备的方法和条件不同，晶粒的大小各異，呈現的顏色也是多样的。組織密致的 Cu_2O 呈櫻紅色，并有金屬光泽，粉末状的 Cu_2O 則为洋紅色。

Cu_2O 若在低于 1000°C 的溫度下不断加热，可以变为 CuO ，

但若溫度超过 1060°C 时，CuO 又分解成 Cu₂O 和 O₂：



Cu₂O 与 Cu₂S 和 FeS 共热时发生如下的反应：

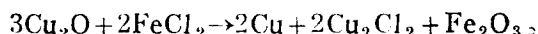
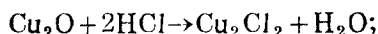


Cu₂O 不溶于水， 但与稀硫酸作用时生成硫酸銅和金属銅：



如仅从电势来看，Cu 变为 Cu⁺ 需要 7.7 电子伏特，Cu 变为 Cu⁺⁺ 需要 20.2 电子伏特。气态 Cu⁺ 比气态 Cu⁺⁺ 稳定。但在水溶液中，Cu⁺⁺ 的水合能 (23.3 电子伏特) 比 Cu⁺ 的水合能 (5 电子伏特) 大得多。故 Cu⁺ 在溶液中是不稳定的，因而轉化为 Cu 和 Cu⁺⁺。Cu⁺⁺ 盐的生成热較 Cu⁺ 盐为大。

Cu₂O 与 Fe₂(SO₄)₃、HCl 及 FeCl₂ 作用时发生如下的反应：

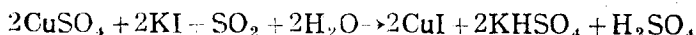


Cu₂O 溶于氨水或氢卤酸 (HX) 中，分别形成絡合物 [Cu(NH₃)₂OH] 和 H[CuX₂]。

一价銅盐的溶液中若加入 NaOH 时，生成淡黄色的 CuOH。稍热脱水时 CuOH 又变成 Cu₂O。

氧化亚銅在制造玻璃和搪瓷时，可用作紅色顏料。

(2) 卤化亚銅：在含有硫酸銅和碘化鉀的热溶液中，通入二硫化硫时，即可得到白色的碘化亚銅沉淀，反应如下：



用同样方法可以制得其他卤化亚銅，卤化亚銅的性質比較見表 1。

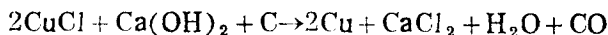
在常溫下，导氯气于銅上时，即有 CuCl 和 CuCl₂ 生成，CuCl₂ 的酸性溶液中加 Cu 煮沸时亦生成 CuCl 白色沉淀，CuCl

表 1

氯化亚铜的性质比较表

性 质	名 称	CuF	CuCl	CuBr	CuI
颜 色		暗 红	白	白	白
熔 点 °C		908	422	504	605
沸 点 °C		1100° 升华	1366	1345	1290
溶解度克分子/立升		不 溶	4×10^{-4}	7×10^{-5}	1×10^{-6}

受日光的作用时迅速变成暗黑色。CuCl 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及 C 共热时能还原成金属铜：



氯化亚铜几乎不溶于水，但在盐酸及金属氯化物的溶液中，则能溶解，其在氯化钠溶液中的溶解度见表 2。

表 2

氯化亚铜在食盐中的溶解度

NaCl 溶液	被溶解的 CuCl %		
	90°C 时	40°C 时	
饱和成分	16.9	11.9	11°C 时为 8.9%
15%	10.3	6.0	14°C 时为 3.6%
5%	2.6	1.1	

饱和了氯化亚铜的氯化钠溶液的导电度见图 5。图中 (I) (II) (III) 为三种浓度不同的 NaCl 溶液 (均有 CuCl 饱和在内) 在不同温度时的导电度。虚线 A 为溶液含 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 12.5%； H_2SO_4 3.75%；在不同温度的导电度，虚线 B 为溶液含 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 9.2%， H_2SO_4 18.3% 在不同温度时的导电度。

(3) 硫化亚铜 (Cu_2S)：通硫蒸汽于赤热的铜上，可以得到

Cu_2S 。 Cu_2S 是藍黑色无定形或結晶形物質。1121°C 开始熔化, 假若有过量的硫存在时, 其熔点便較理論为低。在常温时 Cu_2S 不为空气所氧化, 但在 430°~680°C 时通入过量空气, 則有 SO_2 放出。在焙烧作业中, Cu_2S 先通过 CuSO_4 及 Cu_2O 最后变成 CuO 。 Cu_2S 不溶于水, 而溶于 NH_3 中。冷 NH_3 能使 Cu_2S 分解成 CuS 及 Cu , 热的 NH_3 則可使它溶解, 并析出 S 。 Cu_2S 与 HCl 作用时放出 H_2S , 与浓硫酸作用时則生成 CuS 、 CuSO_4 及 SO_2 ;

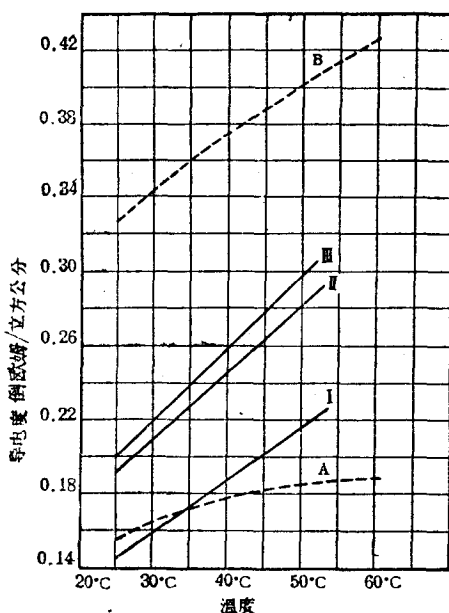


图 5 有 CuCl 饱和在内的 NaCl 溶液 (I, II, III) 与 CuSO_4 — H_2SO_4 溶液的导电度

稀硫酸对 Cu_2S 几乎没有作用, 需有空气存在, 方能緩慢地发生反应。

Cu_2S 与 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 , CuCl_2 的反应如下:

