

某銅鉄矿床氧化带特征与 矿石类型及其研究方法

胡惠民等

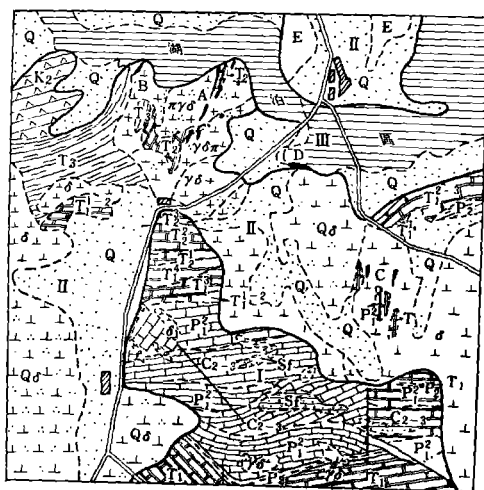
这个銅鉄矿床是本地区很有远景的矽卡岩型銅鉄矿床，是寻找富銅富鉄矿石的重要类型之一。矿床氧化带极发育，在本区具有一定的代表意义。一九六二至一九六四年間，对矿床进行的詳細勘探工作，在前人工作的基础上，研究了矿床氧化带的发育条件、地质特征；配合矿石技术加工試驗，划分了氧化矿石类型，对矿石工业利用作出了评价。

一、矿区自然地理及地质概况

区内地形南高北低。按其地貌特征，分为三种成因类型：南部是侵蚀构造中低山地形，由壺天灰岩、阳新灰岩、大冶灰岩等组成，地形标高一般200~400米，侵蚀强烈，沟谷发育；中部是堆积剝蝕低山丘陵区，主要由燕山期火成岩及三迭系上統砂頁岩組成，地形标高30~60米，地表多被第四系残坡积所复盖；北部是堆积湖盆和阶地，主要是湖相粘土及河湖相亚粘土，地形标高15~25米。矿区位于中低山边缘，北端毗邻湖泊区，地形标高一般50~80米，最高91.83米，最低侵蚀基准面为15米，地形走向北北东，与矿区地质构造线一致。由于新构造运动，南部中低山緩慢上升，湖盆及其两侧相对地下降。因而，南部地区的矿床（图1c）所受侵蚀作用大于氧化作用，其氧化带較浅，一

般为5~15米；中部邻近湖盆区分布的許多矿床（图1A、B、D），遭受剧烈的氧化与堆积作用，远远大于侵蚀作用，故氧化带发育完善，且深度較大，一般50~80米，最深超过200米，氧化矿石保存較好。

本区气候温暖潮湿，年平均气温16~18℃（最高气温41℃，最低气温零下10℃），



- | | | |
|---------------------|------------|----------|
| I. 侵蚀构造中低山区 | γδπ | 花岗岩閃长岩 |
| II. 堆积剝蝕低山丘陵区 | xyδ | 斑状花岗岩閃长岩 |
| III. 堆积湖盆阶地区 | γδ | 花岗岩閃长岩 |
| Q 第四系沉积 | Qδ | 石英閃长岩 |
| E 第三系红色砂岩 | δ | 閃长岩 |
| K2 安山岩与安山凝灰岩 | A, B, C, D | 礦區 |
| T3 蒲圻砂页岩 | 斷裂带 | |
| T2 嘉陵江统白云岩 (白云质大理岩) | 地质分區符 | |
| T1 大冶统灰岩 (大理岩) | 公路 | |
| P2 崇平统砂页岩夹煤層 | 城鎮 | |
| P1 随新统燧石灰岩 | | |
| C2-3 壺天灰岩与灰质白云岩 | | |
| Sf 高池砂页岩 | | |

图1 矿区地貌与地质略图

年降水量 1100~1400 毫米（最大 2180 毫米，最小 1076 毫米），年平均湿度 76~81%，绝对湿度 12~13 毫米。从气候特点可以看出，矿床一般应具有明显的氧化带，次生硫化富集带多半不明显。因为年气温较高，降水量与湿度较大，促进矿体的氧化和淋失作用的发育，淋失带内的冷水溶液向深部及周围岩石渗透，形成氧化富集矿石。

此外，矿区喀斯特发育强度与矿体的氧化程度也有一定关系。喀斯特发育深度均在当地侵蚀基准面以下，发育程度除受标高控制外，还受成矿接触带及构造破碎带等因素控制。以溶洞为主的强喀斯特带下限标高一般是负 50~100 米。南部发育较深，下限在负 100~130 米，最深至负 190 米（图 2）。中部大理岩部分受矽卡岩化及铜铁矿交代，大理岩不发育，被火成岩枝穿插，仅在矿体顶板局部地段有弱喀斯特发育，以蜂窝状溶蚀面为主，下限标高至负 100~300 米。北部喀斯特主要沿火成岩与大理岩接触带发育，强喀斯特带标高下限负 50~110 米，弱喀斯特带下限负 80~250 米。南北部分大理岩喀斯特

水与矿体破碎带中的裂隙水具有统一的水力联系；中部矿体裂隙较少，喀斯特不发育，水力联系也较差。矿床氧化带发育程度南部较强，北部次之，中部较弱，与矿体顶底板喀斯特发育程度是一致的。

矿区出露地层较为单调，大片地区被第四系沉积物复盖。经勘探工程揭露出的有三迭系中统嘉陵江白云岩与灰岩，分三层：上部（ T_3^2 ）角砾状白云岩，中细粒，含石膏晶体；中部（ T_2^2 ）粗晶大理岩夹白云质大理岩，厚层状，具缝合线构造；下部（ T_1^2 ）白云质大理岩及白云岩夹鲕状灰岩，含石膏晶体。矿体产于白云质大理岩（ T_1^2 ）与粗晶大理岩（ T_2^2 ）层间接触带或此类碳酸盐岩石与花岗岩的接触带内。

矿区位于一个复式向斜南翼的次一级褶皱——小型背斜西北翼。由于后期断裂作用，褶皱构造遭受破坏，侵入体从南东向北西侵入，使背斜西北翼三迭系、二迭系岩层局部发生扭曲，被火成岩超覆和穿插，岩层走向变为北北东至北东向（图 1）。断裂活动沿北北东方向至少有三次：成矿前、成矿期与成

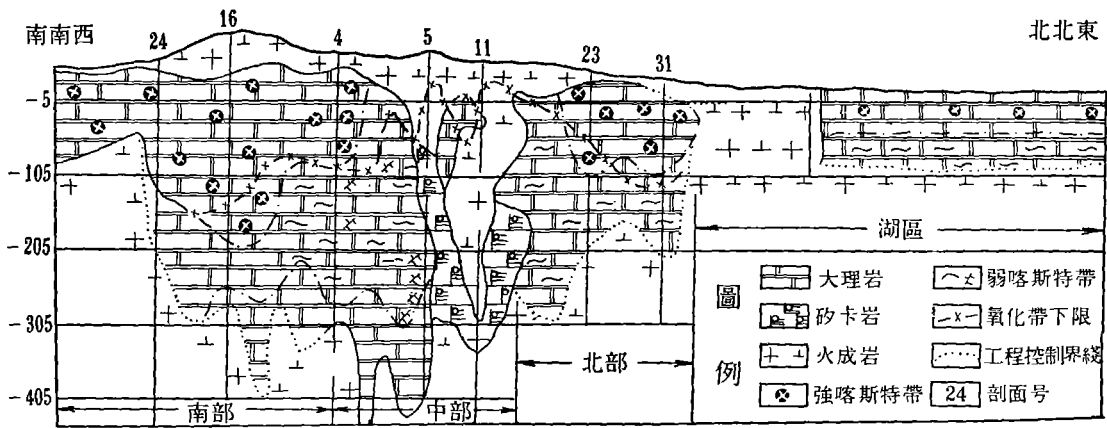


图 2 铜铁矿床大理岩喀斯特分带与矿床氧化带发育深度关系图
水平比例尺 1:20000 垂直比例尺 1:10000

矿后断裂。三次构造作用,对矿床影响是不相同的。前两次构造活动控制原生矿化带与矿脉的产状和分布;后一次构造,承继前两次断裂带发育,破坏了矿体,在矿体顶底板造成规模较大的破碎带,因而氧化作用沿破碎带发育最深。矿体底板破碎带一般较顶板破碎带发育,宽度由几米至几十米,深度由几十米至二百米。破碎带物质成分随不同性质围岩而异,近矿体部分为磁铁矿角砾,靠近围岩地段为大理岩、矽卡岩与火成岩角砾,被红色粘土、褐铁矿、锰土所胶结,氧化铜含量最高(图3)。

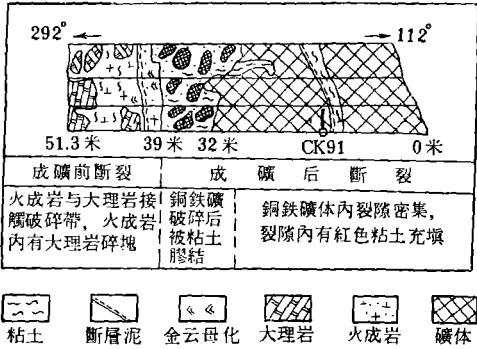


图 3 I 号矿体底板断裂破碎带素描图

矿体走向北北东,倾向南东,倾角 $60\sim 80^\circ$,在剖面上呈雁行状排列,在平面上呈不连续的透镜体,向北延伸到湖底。原生硫化矿石分为四种类型:1.黄铜矿、斑铜矿、磁铁矿石;2.含铜金云母透辉石矽卡岩;3.含铜硅化大理岩;4.含铜斜长石岩及花岗岩闪长斑岩。其中以第1类型矿石为主,第2、3类型次之。第1类矿石,孔隙较大,裂隙也较多,局部具角砾状构造,含有交代残留的碳酸盐类矿物;第2、3类矿石致密坚硬,孔隙度小,裂隙大多被后期玉髓充填,受硅化作用较强,一般难于氧化。组成矿石的矿

物约50种,常见矿物有30种左右(表1)。围岩蚀变较强,主要发育于金云母透辉石矽卡岩与矽卡岩化大理岩中,在斜长石岩内的蚀变较轻微。与原生硫化矿石密切相关的蚀变有金云母化、碳酸盐化及硅化,其次是绿泥

表 1 矿石的矿物组分表

主 次	金 属 矿 物		脉 石 矿 物
	硫化物	氧化物	
主要的	黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿	磁铁矿、赤铁矿、孔雀石、自然铜	方解石、白云石、石英、玉髓、金云母、透辉石、蛇纹石、石榴子石、透闪石、阳起石、斜长石
次要的	辉铜矿、闪锌矿、白铁矿、砷黝铜矿、银金矿	蓝铜矿、褐铁矿、硬锰矿、针铁矿、黑铜矿、镜铁矿	高岭土、蒙脱石、绿泥石、绿帘石、絹云母、铁白云石

石化、绿帘石化、红长石化、钠角闪石化和沸石化。前三种蚀变是最主要的,常被磁铁矿、黄铜矿、斑铜矿和辉铜矿交代。与氧化矿石有密切关系的后生蚀变有高岭土化、蒙脱石化和后生硅化,三者大多发育于氧化带内,局部沿构造裂隙分布的高岭土化和蒙脱石化,可在深 $200\sim 300$ 米出现,后生硅化仅见于氧化带上部两侧及其裂隙内。

二、氧化带特征

矿床受强烈的氧化作用,地表有铁帽及含铜次生矿物,如孔雀石、蓝铜矿等。部分铁帽已当作铁矿开采殆尽。含铁较低、富含硅质的铁帽尚保留完整。铁帽以下有工业价值的次生氧化富集带,铜品位特高,经济价值最大。氧化带一般深度负 $40\sim 60$ 米,最深可达负 $130\sim 230$ 米。具有下列六个特征:

(一) 具有明显的次生垂直分带。全区

矿体氧化程度不同，南北部分氧化深，中部氧化浅，分带现象有所区别。大体看来，自上而下组成四个亚带，与 C.C.斯米尔诺夫描述的硫化矿床氧化带的分带大致吻合(图4)。

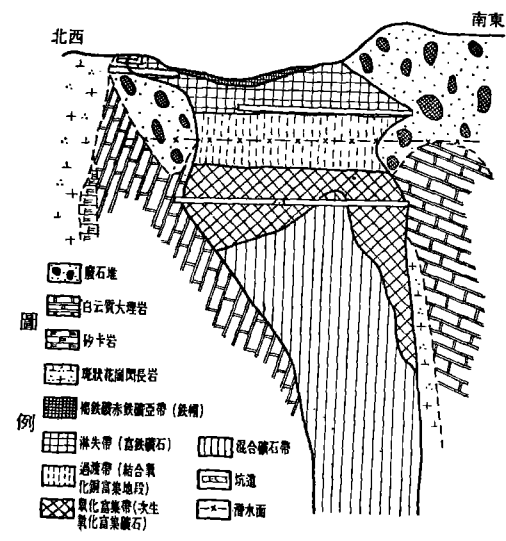


图 4 I 号矿体氧化垂直分带图

- 1. 褐铁矿、赤铁矿亚带：在矿体表部，深度 3~5 米，由褐铁矿、针铁矿和赤铁矿组成，保留有部分未氧化的磁铁矿被包围在褐铁矿中，含石英、玉髓，具蜂窝状构造。
- 2. 氧化淋失亚带：位于铁帽以下，深度 3~25 米，由磁铁矿、赤铁矿组成，褐铁矿呈脉状及团块状充填在矿石空洞与裂隙内，形成了淋滤式的富铁矿石。
- 3. 过渡带：从淋失带至氧化富集带间的过渡地段，有大量红色粘土充填裂隙，褐

铁矿、赤铁矿吸附有铜离子及肉眼看不见的氧化铜矿物。

4. 氧化矿石富集带：这是氧化带的重要组成部分，磁铁矿与赤铁矿（褐铁矿）含量近于 1:2，含有较多的孔雀石、蓝铜矿、自然铜和赤铜矿，厚度 10~30 米，呈水平产出，向深部逐渐过渡为混合矿石或硫化矿石。

上述四个带，不是完整地出现于每个矿体中，有些矿体常缺第 2 带与第 4 带。

(二) 含有复杂的氧化矿物。就铜来说，氧化带内矿物种类较多(表 2)，但氧化带内各种硫酸盐矿物很少见，特别是矾类矿物尚未发现。在现代潜水面以下，有大量铜的碳酸盐类矿物、氧化物和自然铜沉淀在赤铁矿、磁铁矿组成的矿石裂隙与空洞中，形成氧化富集矿石，相当于一一般铜矿床通常具有的次生硫化富集带的位置。

(三) 独特的铁帽类型。氧化带顶部褐铁矿、针铁矿和赤铁矿带，相当于一一般所说的铁帽。因其结构构造与矿物组份的不同，颜色也各异。我们把铁帽划分为五种类型，各类型铁帽含铜也不一致(表 3)。

根据钻探资料证明，贫铜铁帽(Ih₁、Ih₂)是铜铁矿石经过剧烈氧化作用后形成的，一般淋失带较深，绝大部分的铜已流失，铜的含量一般低于 0.2%，仅局部铜品位在 0.2~0.3% 间，矿石致密，为富铁矿石。富铜铁帽(Ih₃、Ih₅)含铜 0.6% 左右，铜矿物粒度很

表 2 氧化带内矿物组分表

较多的矿物	较少的矿物	极少的矿物
褐铁矿、针铁矿、赤铁矿、磁铁矿、孔雀石、蓝铜矿、自然铜、赤铜矿*、石英、玉髓、含铁多水高岭土*	硅孔雀石、假象赤铁矿、白铁矿、黑铜矿*、含铜锰土、金云母、透辉石、蛇纹石、蒙脱石*、方解石、白云石	黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿、铜蓝、戴氏赤铜矿*、自然金、磷铜矿*

注：有*的矿物系张荣英同志用X射线测定的。

表 3 鐵 帽 分 类 簡 表

鐵 帽 类 型		顏 色	构 造 与 结 构	矿 物 组 合	
				主 要	次 要
块状鉄帽	貧 銅 (Ih ₁)	灰黑色 及深棕色	致密块状构造, 具网紋 状结构	褐鉄矿、赤鉄矿、磁 鉄矿、石英	針鉄矿、硬錳矿、粘土
	富 銅 (Ih ₂)	褐黃色 及深棕色	峰窩状构造, 具放射状、 胶状结构	褐鉄矿、針鉄矿、赤 鉄矿	孔雀石、硅孔雀石、 磁鉄矿
疏松鉄帽 (Ih ₂)	貧 銅	褐紅色 及暗紅色	土状及粉末状构造, 具 破碎结构	赤鉄矿、褐鉄矿、玉 髓	針鉄矿、軟錳矿
峰窩状鉄帽 (Ih ₃)	富 銅	淡褐色 及褐黃色	多孔状及粉末状构造, 具网紋状结构	褐鉄矿、針鉄矿	硬錳矿、赤鉄矿
土状疏松鉄帽 (Ih ₄)	貧 銅	深黃色 及褐黃色	土状构造, 具有石榴子 石残余结构	褐鉄矿、粘土	石英、玉髓

細, 被鉄矿物包裹, 部分被鉄的氢氧化物与鋁硅酸盐矿物所吸附, 形成一种結合式氧化銅矿石。在普查勘探中, 应注意找寻此种类型鉄帽, 它是預測深部銅矿化的良好标志。因本矿床原生矿石以磁鉄矿为主, 經氧化后, 鉄帽里保存有相当数量的磁鉄矿被褐鉄矿、假象赤鉄矿包围, 磁鉄矿含量10~30%, 因此鉄帽与一般硫化矿床鉄帽有所区别。有些地质人員常常将此种鉄帽誤认为鉄矿石, 忽略了它在普查评价銅矿床方面的重要意义。从找矿意义上講, Ih₃类鉄帽是很好的找寻硫化矿的标志, Ih₄类鉄帽是石榴子石矽卡岩风化的产物, 二者应区别对待。

(四) 氧化带内元素的性状。氧化带内已知有銅、鉄、鈷、錳、金和銀六种金属元素, 其次有 SiO₂、Al₂O₃、CaO 和 MgO 四种氧化物, 它們在氧化带内, 各具有不同的性状与分布規律。

1. 銅。在淋失带内銅含量百分之几, 局部含量千分之几, 銅离子被粘土与褐鉄矿吸附或成微粒矿物被包裹; 在氧化富集带内, 銅含量一般是 3~4%, 最高达 10% 以上, 以孔雀石、自然銅为主。

2. 鉄。鉄的氧化程度較銅为浅, 鉄的氧化带下限較銅的氧化带下限高10~15米。在淋失带内鉄品位較富, 一般大于56%, 以赤鉄矿、褐鉄矿为主, 并有少量磁鉄矿。在氧化富集带内, 磁鉄矿逐渐增多, 但还有一半以上的赤鉄矿与褐鉄矿, 鉄品位相对降低, 約48~56%

3. 錳。原生矿石含錳千分之几, 常被石榴子石、透輝石和磁鉄矿等矿物吸附。矿石氧化后, 錳发生局部集中, 形成一种灰黑色錳土, 呈粉末状充填在氧化带矿石裂隙与鉄帽空洞中, 含錳达百分之几, 以硬錳矿、鉄錳矿为主。

4. 鈷。原生矿石以含鈷黄鉄矿为主。矿石氧化后, 鈷大部分淋失, 氧化矿石較原生矿石内的鈷低 1~2 倍, 但鈷局部富集, 被氢氧化鉄与錳土吸附, 形成一种含鈷錳土, 充填在氧化矿石裂隙内, 氧化带内鈷含量与錳是密切相关的。

5. 金与銀。原生矿石含金品位較富, 銀含量較低。金与銅密切相关, 矿石氧化后, 銀品位略有增高。据人工重砂与光片鉴定, 氧化富集带内发现有自然金。自然金与孔雀

石常充填于褐鉄矿的間隙內。

6. 氧化鈣与氧化鎂。原生矿石含 MgO 与 CaO 总計約 4~10%。除部分矽卡岩矿物含有一些鈣鎂的氧化物外,大部分呈方解石、白云石产出。矿石經氧化后,鈣鎂氧化物被淋失,其含量为1.5~2.0%,在淋失帶內难于看出方解石、白云石类矿物,这也是造成氧化矿石結構疏松的主要因素之一。

7. 二氧化硅 与三氧化二鋁。原生矿石含鋁氧不高,一般含量1.5~2.0%,二氧化硅含量变化很大,这是随着矿石硅化程度不同而定,一般含量 6~10%。但矿石經氧化后,氧化帶內鋁氧与硅质局部富集。因矿石氧化后,鋁硅发生淋濾式沉淀,产出多水高岭石、含鉄高岭石、玉髓、碧玉和石英等后生蝕变矿物。

(五) 伴随有强烈的后生围岩蝕变。与氧化矿石有密切关系的高岭土化、蒙脫石化和后生硅化作用强度指示矿体氧化作用的程度。一般說来,后生蝕变强,矿床氧化带发育。

1. 高岭土化。发育于矿床氧化帶內,局部沿构造裂隙发育。高岭土化可在深部(200米)裂隙附近出現。在平面图上,以矿体为中心,圍繞它形成两个高岭土化退色圈,长軸方向与矿体走向一致。在矿体周围30~50米範圍內的火成岩有强高岭土化:原岩受硫酸盐溶液作用,退色显著,結構构造模糊不清,部分长石斑晶尚保存假晶結構。距矿体以外 50~100 米,高岭土化逐渐减弱,組成矿体外围的弱蝕变带。局部地方,斜长石岩风化后变成一种多水高岭石,岩性松软,遇水后膨胀,具有较强吸水能力,常受鉄质污染。另有一种含鉄高岭土,充填于銅鉄矿体

裂隙內与矿体边缘的破碎带中,具强的吸附能力,含吸附性銅矿。高岭土化的强度反映了硫化矿物氧化程度与硫酸盐溶液淋濾情况,所以在高岭土化强的地方,矿床氧化带較深,下部可能形成次生銅矿物的堆积。

2. 蒙脫石化。这种蝕变常随多水高岭土化出現,呈草綠色。它是透輝石化斜长石岩风化的产物。与白鈣石、方解石、磷灰石共生,具角閃石假晶。另有一种蒙脫石,呈苹果綠色,含鉄較高,具有强的吸附能力,含吸附性銅矿。这种蝕变称为蒙脫石化,出現于矿体边缘,为金云母透輝石矽卡岩經受强烈风化作用的产物。蒙脫石化作用間接指示矿体附近鉄鎂质矽卡岩受硫酸盐溶液的溶解作用,也反映了矿石氧化的强度与深度。

3. 后生硅化。发育于氧化帶上部鉄帽兩側及其内部裂隙內,在北部矿体附近最为显著。有两种类型:一是冷液沉淀式的硅化岩石,为玉髓和細粒石英組成,常含有針鉄矿、褐鉄矿,称为似碧玉岩,致密坚硬。这是矿石氧化后,产生多量硫酸溶液,溶解部分硅质,随后又沉淀于裂隙內。另一是淋濾式的硅化岩石,为含硫化矿物的热液硅化岩,受氧化作用后,硫化矿物淋失,硅质残留下来而形成,具空洞构造。据鉆探資料証实,这种硅化岩石在氧化帶近地表处出現,延深20~30米即消失,下部即为硫化矿石。因此认为这是矿床氧化阶段的产物,是值得注意的找矿标志之一。

(六) 氧化带发育的不均一性。氧化带发育很不均一。总的看来,矿区南部氧化带較深,北部次之,中部較浅(图2)。但从局部地段观察,矿石氧化仍然不均一,主要

受岩性和构造因素控制。岩性控制氧化作用，火成岩与矽卡岩中的矿体氧化较浅；大理岩与矽卡岩化大理岩中的矿体氧化程度较深。如在同一剖面图上，产于火成岩内的矿体氧化带下限标高4.5米，产于矽卡岩化大理岩与磁铁矿中的铜矿体氧化带下限标高负186米，高差191米左右。从构造因素看，在破碎带内矿石氧化程度高，如矿体上下盘受构造破碎带控制，矿石氧化程度深，上盘氧化带下限标高负75米，下盘氧化带下限标高负20米，中部氧化带下限标高0米。因此，氧化带下限呈波状起伏。

三、氧化矿石类型

划分矿石工业品级时，要充分考虑采矿与选矿时的技术条件，不能把一个完整的矿体，划分成许多不同类型的小块段。但是对于铜的氧化矿石应当分别考虑它的物质成分、选矿方法和选别指标。就现有资料分析，本区矽卡岩型铜铁矿床的氧化矿石，可暂分四个类型。

表 4 氧化铜矿石分类表

大 类	亚 类	相当的硫化矿石
自由式氧化铜	1.不含泥氧化铜矿石	致密状含铜磁铁矿
	2.含泥氧化铜矿石	破碎含铜磁铁矿及含铜石榴子石矽卡岩
结合式氧化铜	3.铜铁结合氧化铜矿石	同上
	4.含铜硅酸盐氧化矿石	含铜矽卡岩及斜长石岩

氧化铜从工业利用角度可分为两个类型：一是单体氧化铜（自由式铜矿），在中性介质环境下生成，矿物以孔雀石、蓝铜

矿、自然铜等为主。其特点是铜矿物以游离氧化物存在，具有自由表面与浮选药剂相作用，若条件适合，可用机械选矿回收。二是结合式氧化铜矿石，在矿石内氧化铜不是以氧化矿物状态出现，而是与矿石内铁、锰、铝、硅等元素的氧化物相结合；或者矿物粒度很细，小于0.001毫米，不具自由表面，与药剂不发生作用。用机械选矿不能回收铜，要借助于较复杂的选矿方法，才能处理这种矿石。表4中第1类矿石是致密状黄铜矿、斑铜矿氧化后形成的，矿石裂隙内有大量孔雀石、蓝铜矿、自然铜和赤铜矿充填，矿物粒度粗，因而铜是易选的，但对铁来说是难选的。第2类矿石是破碎带内的铜铁矿石和部分（磁铁矿化）含铜石榴子石矽卡岩风化的产物，含泥较多，肉眼能看出矿石裂隙中有氧化铜矿物，这种矿石是较难选的。第3类矿石是铜铁矿石，氧化铜被赤铁矿、褐铁矿、锰土吸附，或细小的戴氏赤铜矿被褐铁矿包裹，无论铜、铁，都是难选的。第4类矿石是含铜矽卡岩、火成岩、矽卡岩化斜长石岩风化的产物，铜被碳酸盐（方解石、白云石）、硅酸盐（粘土矿物）吸附，这类矿

表 5 结合式氧化铜类型

结合状态	类 型	矿物组合与构造
铜与铁结合	1.褐黄色含铜褐铁矿	褐铁矿、针铁矿、赤铁矿、石英、玉髓，呈粉末状及蜂窝状
	2.棕黑色含铜铁的锰土	褐铁矿、针铁矿、软锰矿、粘土矿(?)，呈疏松粉末状
铜与脉石结合	3.砖红色粘土	多水高岭石、赤铁矿，呈泥土状
	4.绿色含铜蒙脱石及囊脱石	蒙脱石、囊脱石、多水高岭石、石英，呈致密土状

石是四类中最难选的。对于結合式氧化銅矿，經過野外初步研究，分类如表 5。

四、氧化带与氧化矿石的研究方法

为闡明銅鉄矿床氧化带特征与氧化矿石的分布規律，正确划分氧化矿石类型，从矿床具体地质情况出发，通常的作法是：

(一) 挑选代表性剖面，解剖麻雀。对一个矿床的工作，如果没有对特殊的代表性剖面作較深入研究，解剖麻雀，就不能对大量的資料有深刻的认识。开始我們研究矿床氧化垂直分带时，常常将几个化驗样品的結果按带計算平均品位，从平均結果看不出元素的变化規律，反而把許多重要的地质現象平均抵消了。又如，研究結合式氧化銅矿石的分布情况，沒有先选择有代表性的鉆孔系統进行采样化驗，只从零星获得的数据，概略地取其平均值，就认为矿体氧化矿石全是結合式氧化銅。因而，得出的結論是片面的。以后，在几个剖面上，挑选代表性較好的鉆孔，分段組合样品化驗，結合地质情况分析，对結合式氧化銅的分布才有了进一步的认识。由于矿床南部氧化带較深，选择二、三个剖面，中部氧化带較浅，选择一、二个剖面，在每个剖面上挑选几个鉆孔，分段作詳細观察。先在野外作岩、矿心描述和坑道素描，帶回室內研究，再到野外驗證。反复几次，认识就一次比一次深刻，所反映的氧化带特征与氧化矿石的分布，基本上符合于客觀情况。

(二) 几种方法相互配合，研究氧化带的物质成分。根据野外地质队技术水平和設備条件，与有关科学研究单位密切协作，通常采用下列几种方法。

1. 矿石的薄片鉴定。詳細观察氧化矿石中的脉石矿物、含量变化、結構构造，对半透明矿物(褐鉄矿、針鉄矿等)也能识别，借以补充肉眼观察的不足。对氧化矿石局部含泥质較高，用薄片可以了解泥质矿物含量与金属矿物的伴生关系。泥质含量高，影响矿石浮选指标。

2. 矿石光片鉴定。确定金属矿物的氧化程度、氧化矿物种类、含量变化、結構构造。矿石中极少見的矿物如戴氏赤銅矿、黑銅矿、自然金等，都是首先在光片中发现的。

3. X射线鉴定。氧化带內矿物难于鉴定。因此，要从标本中与光片中挑出单矿物，送實驗室作X射线鉴定。如磷銅矿与孔雀石很相似，仔細观察，晶体与顏色稍有差别；但用X射线鉴定，可以得到比較准确的数据。对于粘土矿物，如蒙脫石、多水高岭石、貝得石等，除用上述方法外，还使用差热分析法。

4. 光譜分析。用以大致了解氧化矿石內元素的分散与富集情况。这是研究各种类型鉄帽的含銅量最有效和最快速的方法。如氧化带內錳与鈷，总的看来是分散的，但局部集中，形成了一种含銅、鈷的錳土，錳与鈷是密切相关的。

5. 組合与簡項分析。詳細了解氧化带內銅、鉄主要組分的含量变化情况，借以划分氧化带內銅的淋失带、过渡带、富集带。根据 $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : (\text{MgO} + \text{CaO})$ 的含量比例，可以了解氧化带內硅酸盐矿物局部富集和鈣鎂的淋失情况。

6. 相分析方法。是了解矿石的氧化程度与銅的結合形式的基本方法。划分矿床三带(氧化、混合、原生)主要依据相分析的結

果。对氧化程度强,含結合式氧化銅的矿石,常采用复杂的相分析,測定結合式氧化銅和自由式氧化銅;对次生硫化帶矿石,測定次生硫化銅(輝銅矿)与原生硫化銅。

以上六种方法,各有优缺点,應該从实际情况出发,选择有效方法,取长补短,在观察研究的基础上,驗證对比,才能获得較为完善的结果。

(三) 坚持科学試驗。从矿区具体情况出发,充分利用前人經驗与科学成果,但不能因循守旧,要敢于創新,坚持科学試驗。以往,划分矿床三帶时,走了些弯路,究其原因,是因循別人作法,迷信前人經驗。后来通过几次試驗,才获得了比較滿意的結果。

1. 分析方法的 选择。在大致 查明矿石的矿物成分后,选择比較合适的物相分析方法。对不同类型矿石的矿物組合,采用不同的相分析方法。

我們曾經試驗,对同一的样品,采取不同的分析方法,所得的氧化帶、混合帶下限誤差1—2倍,把硫化矿石誤定为混合矿石,而混合矿石誤定为氧化矿石。究其原因有二:一是选择分析方法时沒有充分考虑矿石的矿物成分;二是操作时对化驗条件沒有严格控制。以CK₉₈鉗孔試驗結果为例:

表 6 鉗孔中同一样品采用不同相分析方法的结果对比表

分 析 方 法	氧 化 帶		混 合 帶	
	下限深度 (米)	氧化率 (%)	下限深度 (米)	氧化率 (%)
B.B.多利伏— 多布洛夫斯基法	221	59	307	21
我国通用的振盪 法(一小时)	145	45~50	117	15~20

原来认为, B.B.多利伏方法不溶解硫化

銅。經過几次实验发现,这种方法能溶解本区矿石中的硫化銅,故氧化銅的結果偏高。然后选择振盪法时,又反复試驗,用电热板与水温严格控制温度(80~90℃),比較 1 小时与 3 小时的分析結果,再結合岩矿鉴定資料,肯定用水温控制温度振盪 1 小时的分析結果比較符合矿石的实际情况;与地质观察所定氧化帶下限比較,誤差 不超过 8%。一般情况是:相分析划分的氧化帶与混合帶下限偏低。

2. 采样与分析 時間問題。相分析样品一定要新鮮,不能分析存放已久的副样。一般說来,样品存放時間愈久,氧化作用愈强,提高了矿石氧化率。1962年我們曾在 4 个鉗孔中采 9 个样品,同一样品,前后相差五个月,样品氧化率提高3~12%,平均6.7%。因此要求相分析样品和簡項分析同时送出。为了避免采样过多造成浪費,应在地质观察的基础上,在分带线上下20米左右采样为宜。

3. 碎样粒度試驗。采选时怎么办?通过我們曾在 9 个鉗孔中采取 39 个样品,用100号篩与140号篩分別碎样,140号篩較 100 号篩的样品分析銅的氧化率平均提高10%,最高 35%,最低 1%。結果表明,通过 100 号篩所得結果比較可靠。金属采样规范規定过,在分带线上下利用相应位置的普通分析的副样进行合理分析(相分析),含义不太确切;應該改成:利用相当位置的地质副样(小于 100目)进行合理分析,才較确切。

4. 各种方法所得 資料 相互对比。划分矿石三帶,主要利用相分析結果。因各方面原因,相分析結果并不能尽善尽美,必須把已取得的資料进行对比研究。以CK₉₈样品作試驗,資料对比如表 7。

表 7 清楚地說明了地质观察与矿相鉴定結果是一致的，相分析（振盪法）的結果与矿相鉴定基本上符合。但 B.B.多利伏的相分析方法与矿相鉴定結果相差86米，与振盪法結果相差76米。显然結果是錯誤的。又在另一鉆孔（CK₃）中試驗，地质观察氧化帶下限97.55 米，見有孔雀石、藍銅矿、赤銅矿及

少量黃銅矿、斑銅矿；相分析（振盪法）結果确定氧化帶下限 95.08 米，氧化率71%，两个結果很相近。上述資料說明，在使用各种方法时，所得到的数据，应与地质观察研究資料反复对比，才能比較接近于客观实际。

表 7 各种方法所得資料相互对比表

采 用 方 法	地 质 观 察	矿 相 鑑 定	相 分 析 方 法	
			振 盪 法	B. B. 多 利 伏 法
各种方法所得結果	112~132米为褐鉄矿、磁鉄矿石，含孔雀石、赤銅矿、自然銅及少量斑銅矿	112~135米为褐鉄矿、磁鉄矿石，含孔雀石、赤銅矿、自然銅及少量黃銅矿、斑銅矿	112~145米間，为氧化矿石，氧化率45~50%	112~221米为氧化矿石，氧化率54%
氧化帶下限（米）	132	135	145	221

后記：本文所用地质資料是全队职工劳动的成果，作者等是队成員之一。协助工作的有蓝开运、馮鉅昌、倪玉亮、高文彬同志。

楊庆如总工程师曾对初稿提出宝贵意見。完稿后，承夏湘蓉总工程师审阅全文，并予指正，一併致謝。

（上接第 8 頁）
层的，必須用工程控制加以查明；断距虽較大，对煤层沒有影响的，不必耗用过多的工作量去研究它；断距小，对煤层有破坏影响的，虽然不可能在勘探阶段全部彻底搞清，但应根据已有工程揭露資料，判明它們的产状要素、断裂习性、分布規律和对煤层的影响程度，以提供工业生产部門在开采时进一步加以檢驗，并注意采取預防措施。对构造問題有了正确认识以后，煤层对比和稳定性的认识也就基本一致了，勘探工程部署原則

也就統一了；設計也就更加切合实际了。
报告的編写，也強調講求实效，抓住关键問題，本着生产需要什么 写什么的原則，着重写依据和結論，少写或不写方法和过程，反对了华而不实的形式主义和煩瑣哲学。
設計革命运动在我队才仅仅是开始，我們要继续高举毛泽东思想的伟大紅旗，发揚不断革命精神，更加深入地开展。以上只是我們的初步作法和点滴体会，很不成熟，希望兄弟单位予以批評指正。