论扬子型铜矿床及其成因

李文达

(南京地质矿产研究所)

内容提要 扬子型铜矿系由三部分组成: ①块状含铜黄铁矿层, ②含铜的砂卡岩及磁铁矿以及接触交代带附近的交代成因铜铁矿脉, ③侵人体及有关角砾岩简中的细脉浸染矿化, 后者在某些矿床如城门山被作为斑岩型铜矿, 这三种类型铜矿床常被称为"三位一体"矿床, 虽然第三种不一定每一场合均存在.

关键 词 扬子型铜矿;三位一体矿床。

回 顾

扬子江下游的铜、铁、硫及铅、锌矿床,西起大冶、阳新地区,东到宁镇山脉与苏锡 地区,历史上最初都视为矽卡岩型.六十年代以后,从孟宪民先生(1963)提出同生观点 开始,不断有人提出新的成因假说,特别对于上泥盆统之上,属于中或下石炭统层位的层 状含铜黄铁矿矿床,从同生沉积、热液交代、沉积加热液改造以及各种侧重点不同的层控 假说等,真如雨后春笋,风起云涌(郭文魁,1969;王之田,1980;徐克勤等,1980;江 西地质科研所,1980;常印佛等,1983;周志化等,1981;周维康等,1983;王文斌等, 1986;王道华等,1986;顾连兴等,1984,1986).但到目前为止,还缺少在统一的地质 背景下把这些地质上确有差别而又有联系的矿床,作一综合而具体的概括.笔者六十年代 研究扬子江下游硫化物矿床的氧化带时,曾注意到 Cu、Fe、Pb、Zn 矿床、黄铁矿及菱 铁矿矿床的产状及分布特征,当时得到的印象是它们具有明显的沉积特点;它们与岩体周 围的矽卡岩型矿床,虽然类型不同,成因上却完全有联系(李文达等,1980).

"扬子型矿床"一词是笔者 1982 年在日本地质调查所及北鹿地区黑矿矿山访问时,向 日本同行作介绍时用以概括扬子江下游铜、铁矿床及黄铁矿矿床的特点时提出的,它包括 (1)块状含铜黄铁矿矿层,(2)中酸性小侵人体接触带上的含铜砂卡岩及含铜磁铁矿,以及 它们边缘的交代脉体,(3)侵入体及角砾岩筒中的网脉或细脉浸染矿化.它们经常组合在 一起,相伴产出,因而常被称为"三位一体",虽然第三种并不在每一矿区都有存在(石 原,1982).笔者认为第一种主要是同生沉积的铁的二硫化物(±铁的碳酸盐),原始含 Cu及 Pb、Zn 量甚微,局部 Pb 与 Zn 可以达到可采品位,但构不成有价值的矿体;至于 铜含量,很少能达到 0.1%以上,多数均在千分之几到万分之几。在已经勘探和开采的铜 矿床中,这一块状含铜黄铁矿层几乎无例外地都伴有第二种矿床,即小侵入体接触带上砂 卡岩铜(铁)矿床的存在;如果缺乏小侵入体及其接触带上的砂卡岩型铜(铁)矿,这一

4

层状黄铁矿(±菱铁矿)就不含铜,或含铜均在最低可采品位以下。因而不能不使人作出 这样的推论:在下扬子地区几个著名的铜矿中,包括铜陵的铜官山、新桥、冬瓜山,贵 池铜山,九江一瑞昌的城门山、武山、洋鸡山等,这一块状含铜黄铁矿矿层中的铜,决不 是海西期的什么卤水或其他热液沉积下来的,而主要是后来燕山期侵人体就位以后,由岩 浆期后热液活动,萃取围岩中的铜迭加其中的。明显的事实是在整个下扬子地区,上泥盆 统五通组之上,这一层铁的二硫化物及碳酸盐的分布几乎是不间断的,只有出现中酸性侵 人体的地方,它才能成为有开采价值的铜矿床。这些观点,作者和他的同事们在六十年代 中期曾在多种场合作过介绍,当时曾形象地概括为"油条烧饼"作为寻找类似铜矿床的准则 ——"油条"指的是层状出现的五通组之上的黄铁矿或铁帽驾头,"烧饼"指附近存在的中酸 性小侵入体的露头,武山是最典型的例子。在 1980 年地质出版社出版的《长江中下游硫 化物矿床氧化带及铁帽评价研究》一书中,曾明确阐述了这一观点。

由于近年来对扬子江下游铜矿成因的看法已逐渐趋向一致,多数人已接受多成因的而 非简单的接触交代成因观点,能够证明成因实质的证据也越来越多,我们用来概括在统一 地质背景下这一类型矿床组合成因特点的"扬子型矿床"一词也为某些日本同行所应用(石 原,1982;中岛辉允,1984),因此,再对这一类型矿床的成因争论作一回顾,并澄清一 下笔者的观点是必要的。

"沉积",属于什么性质?

五通组之上,中或下石炭统底部层位的块状含铜黄铁矿(±菱铁矿土铅锌矿)属于沉积加 迭加改造成因几乎是目前大家的共同认识。然而这"沉积",各家理解却不完全相同。陆源 沉积是一种、火山** 夜或火山喷发沉积是一种,不久前还有热卤水沉积的说法。当然这些 观点都还解释不了全面,一宋的形成细节。首先是这些说法中都还不能圆满解释热液或火山 气液的喷口问题,仅仅引示完太平洋洋隆和大西洋洋隆 Kane 断裂带中的热液喷口和"黑 烟筒"为例,来说明海底存在喷口的可能性是不够的,首先应当看到彼此的构造环境不 同。不论是太平洋还是大西洋,发现的热液喷口和"黑烟筒"都在海底扩张中心,也即洋隆 轴部的裂开处,这里经常的火山活动是玄武岩浆的上涌,水深都超过 2600m。下扬子地 区在海西期似乎不存在这样的条件。另一种说法,即热卤水沉积论,引红海阿特兰蒂斯Ⅱ 号海渊的沉积物为例,认为金属硫化物是通过热卤水沉积下来的。遗同样也是忽略下扬子 地区海西期的构造环境,除非能证明海西期下扬子坳陷的性质就相当于裂谷 (Wu,1986),而且证明海西期海底的火山活动也属于玄武岩浆的活动。火山喷发沉积或火 山喷气沉积过去曾用来阐述块状硫化物矿床的成因,从东太平洋及大西洋洋隆脊发现热液 喷口与"黑烟筒"后,对于塞浦路斯型的块状硫化物矿床的成因是变得明朗了,而黑矿型块 状硫化物矿床的热液喷口仍然有争论,一般认为是沉陷破火山口形成的各种裂隙。目前下 **扬子地区已知海西期的火山岩多半为火山碎屑岩或凝灰岩,多属于爆发性的火山产物,**不 大可能形成火山喷气(喷流)沉积矿床,因为在这种情况下,火山气体如 F、Cl、H₂S、 CO2、SO2 等能与金属形成络合物而被搬运的组分已经爆发逸出,而且目前已知的确切属 于海西期的火山岩也实在太少,过去笔者曾认为它们可能是一种远源火山沉积矿床,现在 看来,整个下扬子地区甚至更往南,至今仍未有任何近源火山成因矿床的报导,而且也未

2

发现可以称为海西期火山活动的中心地区.远源火山沉积矿床是 Colley(1976)提出的黑矿 型矿床的火山及喷气活动中心(近源)到远离火山及喷气中心(远源)的一系列火山沉积 矿床的一个端员,距离岛弧最远,围岩多属深水沉积岩系,夹有火山碎屑岩.下扬子地区 似乎也不是这一情况.但难于解释的还是为什么这一层状含铜黄铁矿总离不开中酸性侵入 体?

最近岳文浙等(1986)提出生长断裂是热液通道的看法.这是他们根据九瑞地区岩相 古地理研究得出的推论.这一提法相对说比较符合各矿区含矿沉积围岩的浅海相特点,也 不必求助于火山活动的假说.但如果从整个下扬子地区的中、下石炭统底部的层状含铜黄 铁矿(±菱铁矿±铅锌矿)来说,金属来源要依靠生长断层作为通道是难以理解的,这一 层状黄铁矿(±菱铁矿±铅锌矿)的含铜部位,也即成为"三位一体"矿床组合中的块状含 铜黄铁矿矿体时,恰好也是中酸性侵人体或接近侵人体的部位,如果这一部位都有生长断 层存在的话,这是难以想象的巧合.江西地质科学研究所(1987,在出版中)有一个含矿 层位(中石炭统)含铜量的统计(表1),矿区岩层和区域丰度对比,矿区明显增加,由 于七宝山矿区没有燕山期岩体就位,因此认为"丰度系数的大小与矿床中有无燕山期斑岩 体并无必然联系".作为区域岩石地球化学丰度的对比讨论,矿区该是一种异常,既可以 由于岩浆活动的影响引起,也可以由于地热流体的长期循环引起,后一原因倒很可能与局 部性的如生长断裂之类有关,但从整个下扬子地区看这不是普遍现象.

表 1、武山等矿床黄龙组或嘉塘底组(C2h)含 Cu量统计丰度 (ppm)

Table 1. Statistic abundance of Cu in rocks of Huanglong (C₂h) or Oudangdi (C₂₀) Formation (ppm)

	武山	朱謑塔前	七宝山	枫林	永平
新区	110.8	30.5	47	25.5	48
区域	22	10	10	19	15
丰度系数	5.04	3.05	4.7	1.34	3.2

那么应当如何理解这里的成矿流体?由于燕山期侵人体当时并未达于地表,岩浆期后 热液就有两种可能来源,一是从岩浆分异出来的气液,在其上升途程中混人地下水,二是 岩浆仅仅作为一种热源,使地下水受热,并驱使它环流,不管那一种情况都必然萃取沉积 围岩中,也包括岩体中的成矿元素.根据刘裕庆(1983)资料,铜陵地区的 δ¹⁸O 和 δD 值说明成矿作用的原始流体主要是古大气降水或地下受热循环的雨水,并有少量岩浆水混 人.季绍新等(1986)对九瑞地区铜矿床稳定同位素研究结果也认为含铜黄铁矿型矿层是 以大气降水为主的成矿流体形成的.这里笔者理解的成矿流体是燕山期侵人体就位于形成 的迭加在原来层状黄铁矿(±菱铁矿±铅锌矿)上,使含铜甚微变成含铜达到可采品位的 所谓起迭加改造作用的热液,而不是海西期海底喷出的热液。黄铁矿(±铅锌矿)菱铁矿 及赤铁矿(±硫酸盐:重晶石、硬石膏),基本上是一种正常的或以陆源为主的沉积,九 瑞地区和黄梅在中、下石炭世至二叠纪都属同一浅海盆地,从九瑞的黄铁矿(±铅锌矿) 层到黄梅的菱铁矿(±黄铁矿)和铅锌矿层,应当同属陆棚或冒地槽浅海环境的沉积。涂 光炽(1987)认为黄梅的菱铁矿和贵州水城的菱铁矿是相同的。陕西大西沟菱铁矿矿床赋 存于中泥盆世的白云岩、千枚岩地层中,向东顺走向数百米内出现硐子铅锌矿床。黄梅呈 马蹄形(沿背斜)出露的菱铁矿在马蹄顶端的同一层位出现铅锌矿化(涂光炽,1987), 在潘桥地区,菱铁矿、黄铁矿、铅锌矿均产于同一层位,而且彼此是连续过渡的。安徽凤 黑山和湖北黄梅的铁帽中均含重晶石 (多半为结核), 冬瓜山矿层中出现硬石膏层。这种 硫化物、硫酸盐、碳酸盐及氧化物的逐渐过渡,主要取决于氧化还原条件。铁的来源是共 同的,硫的来源则取决于有机物的堆积,根据氧化还原条件,硫可以形成硫化物,也可以 形成硫酸盐,铁可以形成菱铁矿也可以形成赤铁矿或黄铁矿。苏联 H•M•斯特拉霍夫 等认为沉积物中高铁与低铁之间的关系直接取决于起还原作用并能把高铁转化为低铁的有 机物质的数量,并提出在成岩作用阶段,当有机炭含量低于 0.3% 时,形成赤铁矿相,高 于 0.3%时,形成菱铁矿相,高于 0.4%时,形成黄铁矿相(转引邱柱园, 1987)。虽然在 矿区及其邻近地区已进行岩相古地理工作,如九瑞,铜陵地区,由于范围小,比例尺也不 允许勾勒出影响氧化、还原环境的微地貌细节,但总的浅海盆地底的地貌轮廓大致是可信 的。据 321 队资料(1987)在相当于黄龙晚期铜陵一贵池地区处于台内低坪相环境,胶黄 铁矿与泥晶白云岩的组合可能指示半封闭的相对稳定台地的低坪,到船山期则处于台地高 坪相,往东仍属台内低坪相。九瑞地区(岳文浙等,1987)在威宁期处于潮间一泻湖一海 湾相,泻湖与海湾之间可能由滩坝隔开,硫化物沉积在海湾靠滩坝一侧。

铁的硫化物、碳酸盐及氧化物相的递变,看来不能视作仅仅是海水深浅或氧化还原条件的改变,还应当考虑有机物以及沉积物堆积后是否很快为新的沉积物所拖埋,或者处于 高能氧化环境下接受冲刷和氧化,或者处于比较安静的潮下或泻湖环境中遭受分解和转 化。这就是我们解释铁的硫化物、碳酸盐和氧化物相递变时,单纯从岩相古地理来确定它 们分布规律时所遇到的困难所在。

根据安徽省地矿局 321 队的统计,铜陵地区的这一层沉积成因的硫铁矿床,可以归纳 出四种岩性组合: (A) 粉砂岩、页岩-黄铁矿-炭质页岩组合;属高骊山组层位,矿石中 含重晶石条莹,往东可变为砂页岩与赤铁矿组合; (B) 粉砂页、页岩-(白云岩)-黄铁 矿 (菱铁矿-白云岩-石灰岩组合),这是主要含矿层位,相当于黄龙组下部。在松树山受 接触变质影响成为角岩-含铜蛇纹岩-含铜黄铁矿-白云岩-块状含铜黄铁矿-大理岩组 合,在冬瓜山还出现含铜硬石膏. (C)白云岩-菱铁矿或黄铁矿-石灰岩组合,在顺风山 变为石英砂岩 (D₃W)-粉砂岩、粉砂质页岩夹薄层赤铁矿 (C₁g)-白云岩-条带状块状 磁铁矿层-砂卡岩-石灰岩组合. (D) 石灰岩-含铜黄铁矿-石灰岩 (或砂页岩) 组合,层 位相当于黄龙组上部、它们基本代表了海进旋回的底部,同时也反映了不同部位随着时间 迁移古地理环境的变化。

九-瑞地区含矿层的岩性组合基本与铜陵地区相似,主要也是以砂岩、粉砂岩、页岩 开始的藻白云岩-含铜黄铁矿组合、石灰岩-多金属矿组合、白云岩-菱铁矿-多金属矿组 合、

需要指出的是这些岩性组合都是指矿区或矿田内的岩性组合,其中的含铜黄铁矿实际 是受过含铜热液迭加的。

开采矿区经常观察到的纹层状矿石,胶黄铁矿与菱铁矿,胶黄铁矿与白云岩,以及微

.....

4

粒黄铁矿与炭质泥质物交替微纹层,一种可能是成岩过程中的渗滤分异形成的,但更可能 的是沉积环境韵律性振荡的结果.由于接触变质或接触交代变质,其中的胶黄铁矿变成了 磁黄铁矿或粗晶黄铁矿,不纯白云岩变成了蛇纹岩以至变成滑石.

基于以上分析,五通组之上的这一含铜黄铁矿±菱铁矿±铅锌矿应该是正常沉积也即 陆源沉积,原始沉积中含铜很少,主要的铜是后来迭加进去的.

附带说明,现代海洋沉积中自生硫化铁并不是少见的.陆相或浅海盆地沉积中,黄铁 矿结核也不少见.

铜的迭加和矿石的改造

扬子型铁、铜、黄铁矿(±铅锌)矿床中三种类型矿体或矿床的组合实际上是沉积成 因的铁硫化物±菱铁矿±铅锌矿,经过燕山期中酸性岩体侵位的接触变质和接触交代,以 及岩浆期后热液迭加与改造的结果.下面的事实支持这一假说.

矿石组构 在光、薄片中,这样一些组构并不是少见的:(1)莓球状黄铁矿嵌布在黄 铜矿中;(2)磁铁矿中有黄铜矿细脉穿插;(3)黄铜矿交代黄铁矿和磁铁矿;(4)磁黄铁矿边 缘被黄铜矿交代熔蚀;(5)黄铁矿、白铁矿的莓球,部分被黄铜矿交代;(6)在胶黄铁矿 内,有时见黄铜矿的微脉及微星点;(7)具变余胶状结构的黄铁矿空隙中见有砷黝铜矿及 方解石充填;(8)层纹状磁铁矿、磁黄铁矿的致密块状矿石中有黄铜矿及后期磁黄铁矿穿 插;(9)具环状构造的胶黄铁矿发育的放射状裂隙中有黄铜矿充填;(10)胶黄铁矿的龟裂纹 中,黄铜矿呈网脉,并有葡萄状黄铜矿;(11)显微莓球状黄铁矿中,有的球粒已为黄铜 矿,闪锌矿及斑铜矿交代,但仍保留球粒假像;(12)黄铁矿的压碎结构裂隙为黄铜矿、闪 锌矿、方铅矿等充填胶结.

从这些组构中可以看出,铜主要是后来迭加的.这类组构的出现频率越趋近岩体越高,远离岩体则随着铜品位的降低逐渐消灭,直到最后成为黄铁矿(±菱铁矿±铅锌矿) 层.成岩过程中也可能曾经使得胶黄铁矿沉积层中的微量铜析出并发生迁移结晶,形成某些细小的脉或纹层、或在某些空隙中形成小囊状体.但这类组构比起岩体侵位后的含铜热 液的迭加改造来,它们在数量和规模上显然是次要的.在光、薄片观察中也许见到的情况 更为复杂,互相穿插的先后关系有时看来现象正好相反,这很可能是迭加的热液活动不止 一次造成的.

铜的迭加组构的出现频率是和这一层位含铜品位的变化规律一致的.根据铜官山松树 山矿段的资料,近岩体接触带以含铜磁铁矿,磁黄铁矿为主,铜品位达1.2%以上,向外 距离岩体 1000 米则为含铜胶黄铁矿及菱铁矿,品位仅为0.1%(321 队,1987,出版 中),实际已和区域中的黄铁矿(±菱铁矿±铅锌矿)层一样了.

矿石类型分带 某些矿物之间的转变不仅已逐渐为大家所认识,而且也为某些成矿实 验所证实(黄明智,1983;崔彬,1987)。例如菱铁矿转为为磁铁矿,黄铁矿转变为磁黄 铁矿,以及磁黄铁矿(或黄铁矿)可能在高氧逸度的情况下转变为磁铁矿,黄铁矿转变为 硬石膏等。这些转变恐怕只能是在中酸性岩体侵位时热变质或接触交代变质作用下才有可 能完成。成岩作用有可能使胶黄铁矿变成结晶黄铁矿或它们的变强晶,不大可能使菱铁矿 变成磁铁矿。



图1 铜官山矿床地重箭图

Fig.1. Skematic geological map of Tongguanshan Cu-ore deposits

Ι,	石榴子石矽卡岩	2、	透解石矽卡岩	3.	遺鉄ずず 石
4,	磁黄铁矿矿石	5.	含铜蛇纹岩	6.	铁帽

这种矿物相的转 变,必然会形成围绕 岩体的矿石类型的带 状分布。铜官山岩体 周围的矿石类型分带 是非常典型的. 如图 1由岩体向外依次是 含铜磁铁矿矿石一含 铜磁黄铁矿矿石→含 铜黄铁矿矿石,这是 对黄铁矿+菱铁矿的 原始沉积矿层热液迭 加改造的结果。在没 有岩体存在的地区, 例如潘桥地区和黄梅 地区,同一层位上出 现的只是黄铁矿±菱 铁矿±铅锌矿,有些 地方可以见薄层状赤 铁矿。

还应当提出的是 铜官山地区铜矿底部 的含铜蛇纹石及滑石 片岩,片理是由滑石 等片状矿物产生的外 观,原岩可能是一种 砂质或泥质白云岩, 它既和接触变质作用 有关,也和砂卡岩化 作用有关,这是从矿

石的矿物组合类型可以判断的:磁铁矿一蛇纹石组合,磁黄铁矿一蛇纹石组合,黄铁矿-蛇纹石组合及胶黄铁矿-白云石组合,到接触带就成为砂卡岩组合.这一层位过去被作为 高骊山组,但从其镁含量来看,很可能是一种不纯白云岩。蛇纹岩化是它们受到接触交代 变质影响的结果,滑石化可能与更后的热液活动或甚至表生变化有关。离开岩体,相当于 这一高骊山组及其上的白云岩也就没有这种"蚀变"现象了,但黄铁矿及菱铁矿却依然存 在.

构造控制 这里的构造控制是指黄铁矿层(±菱铁矿±铅锌矿)中铜比较富集的地段往 往和构造断裂有关,含铜高的硫铁矿矿体主要集中在 NW 向与 NE 向断裂交汇处. 松树 山、冬瓜山、天鹅抱蛋等矿床的 Cu、Au 趋势面分析清楚表明与 NW 向构造,尤其是与

Ļ

NW 向构造与 NE 向构造交汇处关系密切。冬瓜山矿床的含铜趋势面(五次趋势面)最高出现在岩体前缘(温春齐,1988),这些现象较可能的推论是岩浆期后热液利用某些构造断裂渗入到硫化铁矿层中的反映。

含铜热液是不是只迭加在中、下石炭统底部的黄铁矿(±菱铁矿)层为止呢?如果我 们考虑到除了五通组上的含铜黄铁矿层之外,二叠、三叠系中的似层状透镜体以及岩体周 围砂卡岩及磁铁矿中的铜,作为整个含铜统一体来看,它们受构造断裂的控制是明显的。 狮子山地区,五通组之上的含铜黄铁矿层之上,尚有不同层位的铜矿体,它们显然和闪长 岩复杂的岩枝、岩脉一样是在热液活动过程中利用断裂及适宜的沉积部位(如不透水层的 底部大隆层下的铜矿)侵位的。

硫同位素 硫同位素的分布特征也反映了扬子型矿床的独特的形成过程。赣西北地质 大队的资料最能说明问题,他们对岩体中硫化物和矽卡岩中的硫化物的 δ³⁴S 值和层状含 铜黄铁矿的 δ³⁴S 值作了一个比较 (图 2),城门山的斑岩体内硫化物的 δ³⁴S 值变化最小,



矽卡岩型及脉状矿体中硫化物的 δ³⁴S 值次之;变化最大的是层状含铜黄铁矿中 δ³⁴S 值, 其中部分为负值。围岩中黄铁矿多为负值,而且绝对值很大,可以达到-35‰以上。武山 北矿带层状含铜黄铁矿矿体中,硫化物 δ³⁴S 值变化于-12.8~4.5‰,而围岩中硫化物 δ³⁴S 为-30.1~-35.5‰ (图 2)。这些数据说明,中、上石炭统底部的层状含铜黄铁矿,包括 局部铅锌矿,部分硫同位素是和围岩一致的,它们主要是生物来源硫;同时部分硫来自海 水硫酸盐,是硫酸盐的还原硫。当燕山期中酸性岩浆侵入时,带来的岩浆源的硫反映在岩 体的及矽卡岩的 δ³⁴S 值上,但城门山岩体及矽卡岩的 δ³⁴S 值稍为偏离岩浆源值。

铜陵地区硫同位素的分析数据很多,如果选择性地利用这些数据,即按含铜黄铁矿、

围岩、岩体和砂卡岩分别统计,它们的 δ³⁴S 值的变化范围如图 3 所示,和城门山、武山 基本上可以对比.

刘裕庆(1983)认为铜陵地区石炭纪局限海盆中曾出现与生物作用有关的金属硫化物 (包括胶黄铁矿、磁黄铁矿、少量黄铜矿)和浅海相蒸发膏盐的正常沉积。石膏为 δ^{34} S为 +21‰,沉积硫化物的 δ^{34} S多为负值,但"由于后期迭加改造的成矿作用,随着温度增 高,富含³⁴S的硬石膏和富含³²S的沉积硫化物均不同程度地发生改造,重熔、再结晶。硫 化物的 δ^{34} S可以达到+9‰。据计算,其最高值达到经过重结晶或再沉积硫酸盐 δ^{34} S的最 低值+13‰"。

值得提出的是矿区块状含铜黄铁矿的 δ³⁴S 值往往偏离零值不多,因而简单地都把它 们看作深部或地幔来源(季绍新等,1986)不一定妥当.根据刘裕庆(1983)对冬瓜山矿 床硫同位素组成的研究,δ³⁴S 平均值按大小顺序为硬石膏(+16.05)>辉钼矿(+5.7)> 磁黄铁矿(+5.24)>黄铁矿(+5.14)>黄铜矿(+4.57)>闪锌矿(+4.2)>方铅矿 (+3.00),计算的δ³⁴S 为+5.8‰,是深源硫,同生沉积硫和同生石膏硫经过高温混合而成 的.

赣西北七宝山的层状含铜黄铁矿,由于附近未发现岩体,被认为受改造程度最弱,其 硫化物 δ³⁴S 值变化于-1.7‰~+15.4‰之间,但平均值为+8.773‰,从平均值可以知道, 应当有部分样品的 δ³⁴S 属于负值,而且可以和铜陵地区对比,它也是沉积硫化物和硫酸 盐发生改造、重熔及再结晶的结果(江西地质科学研究所,1987,出版中).

硫同位素组成也支持层状含铜黄铁矿中的铜是岩浆期后热液迭加改造结果的推论。硫 是多源的,同生沉积硫(生物硫)和同生石膏硫(海水硫酸盐硫)占主要。

矿石稀土元素 江西地质科学研究所曾对几个重要铜矿的围岩,侵人体及硫化物矿石 的稀土含量特征进行了研究.通常硫化物除了闪锌矿略含稀土外,其他常见的硫化物的稀 土元素含量甚微,因此在国际文献中很少有涉及硫化物稀土含量特点的研究报导,因为硫 化物并非稀土元素的合宜的寄主.武山的五个硫化物矿石样品,稀土元素的几个主要参数 如表 2 所列,

样品	∑ REE(ppm)	∑се∕у	δEu	δCe	Sm / Gd
Ia、细晶含 Cu 黄铁矿	5.05	1.45	0.81	0.72	0.25
Ib、粗晶含 Cu 黄铁矿	41.30	7.32	1.18	0.82	0.15
Ⅱ、细晶含 Cu 黄铁矿	2.52	2.22	0.60	0.53	0.21
Ⅲ、含 Cu 铅锌矿	7.64	1.61	0.91	0.46	0.24
Ⅳ、Cu、Pb、Zn 矿化大理岩	8.19	0.98	0.74	0.51	0.26

表 2 武山硫化物矿石的 REE 主要参数 Table 2. Parameters of REE from Wushan sulfide ores (ppm)

⁽资料来源: 江西省地质科学研究所, 1987, 出版中)

÷

其中 I 号矿体细晶黄铁矿 (I a)经改造成为粗晶黄铁矿 (I b)后, REE 总量增加到 41.30ppm, I a、Ⅱ、Ⅲ、及Ⅳ的 ΣREE 均在 10ppm 以下。Ⅲ与 IV 两个样品由于含闪 锌矿, ΣREE 也较高。在一般情况下,变质作用对于岩石 REE 总量不会有多大改变,如 果矿石 Ib 是 Ia 经过变质作用形成的,本身 ΣREE 不可能增加,这里 ΣREE 从 5.05ppm 聚 增加 41.30ppm,可能的解释是热液的迭加结果,至于 ΣREE 寄居在粗晶黄铁矿的单矿物 中,还是寄居在微量脉石矿物如碳酸盐之中,由于未有单矿物的 REE 分析资料就很难肯 定,一般说,黄铁矿也不是 REE 理想的寄主。另一点值得注意的是 I a、Ⅱ及Ⅲ三个样 品在球粒陨石标准化曲线上均呈现 Ce 的负异常 (图 4), LREE 与 HREE 相对于中间的 REE 来说均有富集,这些特点很可能表明它们是一种与海水沉积成因有关的信息 (A.T.Fleet,1984)。



图 4 层状含 Cu 黄铁矿矿石 REE 的球粒陨石标准分配图式 (江西地科所,1987)

Fig.4. Distribution patterns of the chondrite normalized REE of Cu-bearing pyrite beds (according to Jiangxi Institute of Geological Sciences, 1987)

陆源沉积的环境

如前所述,五通组之上,属于下、中石炭世的层状黄铁矿±菱铁矿(±铅锌矿)可能 是正常沉积,也就是陆源沉积,它们是一种陆棚或冒地槽浅海环境下的沉积,通常出现于 海进层序的底部。在当时九--瑞地区和铜陵、贵池地区一样,北部是淮阳古陆,南部则为 江南古陆,只不过不同时期古陆的范围有不同程度的变化。根据近年来对下扬子地区岩相 古地理的研究,晚石炭世*下扬子海岸线是由北东向南西方向推移的,海水来自北东方 向的环太平洋带。晚石炭世是泥盆纪海退后一次广泛的海侵,陆地露出范围较泥盆纪和早 石炭世缩小、这时"江南古陆"除了部分被海水淹没成为海隆之外,部分成为岛屿。陆地剥 蚀区就成为这一时期浅海沉积物的物源区(陈宏明等,1987)。

根据五通组、高骊山组及中石炭统底部存在含铜层位的事实,陆源区应当存在含铜的

近年来我国地层学界主张石炭系二分方案,过去归为中石炭统的黄龙组被归为上统,因而这里的"晚石炭世"包括 过去的中石炭世。

岩层.如果从五通组到高骊山组是一套海陆交替相沉积(高骊山组局部有煤层),在此之前,例如江苏一带的茅山砂岩基本上是陆相砂岩,在江西,五通组中出现低品位的含铜砂岩(是否和下伏的志留系含铜丰度高有关?)。值得提出的是:不论茅山组砂岩还是五通组砂岩,其中都不乏红色岩层,含铁很高,有时出现赤铁矿层.这种类似于红色盆地的沉积,一般也是含铜较高的岩层(图5中D₃m).在铜陵地区志留系含铜更高.在志留、泥



图 5 铜酸-九瑞地区层含 Cu 量统计图 (ppm) 资料来源:321 队 (1987) 及江西地科所 (1987) Fig.5. Cu-abundance of stratigraphic units in Tongling-Jiujiang-Ruichang areus(ppm). Source of data: 321 Prspecting Team(1987) and Jiangxi Institute of Geological sciences.

盆系出露的陆地上,由它们风化剂蚀所产生的最终带入海洋的物质,含有某些微量的铜是 可以肯定的.因此,在沉积黄铁矿±菱铁矿(±铅锌矿)中含有一定数量的铜也就不奇 怪。铁的陆源说似乎很少受人怀疑,而Cu及Pb、Zn的陆源说较难为人们所接受,但在 下扬子地区中、下石炭世时期,大陆上岩层的含Cu及Pb、Zn的丰度,可以引出这样的 推论(图5).地质历史表明,沉积铜的沉积有两个高峰期:上元古代和泥盆纪到二叠 纪.第二个大时期主要是在北部各大陆的中泥盆纪到二叠纪(大约380-250Ma以前), 这是与这一时代浩瀚的大陆植物群的演化,大气圈中含氧水平进一步升高相一致的 (Bowen 及 Gunatilaka, 1977).只要是在潮间低地、泻湖及高度有起伏的海岸线坏境,就可 以形成含铜沉积物.根据 R.Bowen 和 A.Gunatilaka(1977)的总结,所有大陆有名的层状 硫化物赋存的岩石层序都有下列几个特征:(1)含在聚集在边缘海盆地中,浅的半封闭的 湖或潮间低地的地层中;(2)位于炭质砂岩、页岩、泥岩或白云岩或这些岩性的组合中, (3)下伏有红层或其他氧化的陆相碎屑沉积物,在不整合面之上;(4)上覆有蒸发岩(白云 岩、硬石膏、石膏)以及(5)在金属含量上有横向和垂向上的分带.这个总结也基本适用 于下扬子地区,这些和沉积层序有关的特点我们在前面也都已讨论到.看来不同的是在下 扬子地区形成了黄铁矿和菱铁矿,而 Cu 与 Pb、Zn 都未能富集到可以开采的程度。凡铜 达到可开采品位并成为大型中型矿床的,多得之于燕山期侵入体就位后的热液迭加和改 造。至于 Pb、Zn 矿床,还没有发现因为燕山期岩浆侵入活动而形成较有价值的矿床(潘 桥地区官冲的铅锌矿附近虽有岩体存在,但似乎并未受到迭加)、栖霞山铅锌矿也与岩浆 侵入活动无关,那是另一成因的成矿作用的产物。

最可能的成因模式

基于上述讨论,下扬子地区铜(铁)硫及部分铅锌矿床的成因模式是:(1)在下、中石炭 世海进层序底部,形成铁的硫化物(主要)、碳酸盐及氧化物,其中包括少量铜、铅及锌 的硫化物的同生沉积;(2)晚三叠世这些同生沉积物受到构造作用,形成断层、破碎带、 角砾岩带,成为同生沉积硫化物、碳酸盐及氧化物进一步活化迁移和受地热选加改造的控 制因素(栖霞山的同生沉积黄铁矿、铅锌矿、锰的碳酸盐曾一度受过海底改造一浊流沉积 物中有铅锌矿碎屑一并经地下热液作用迁移和再沉积(Nakajima,1986));(3)晚侏罗一早白 垩世闪长岩、花岗闪长岩和/或石英闪长岩侵位于上古生代到中生代沉积物中;(4)岩浆 侵入后的交代作用和热液活动在与石炭——二叠——三叠系的碳酸盐地层接触带上形成矽 卡岩铜(铁)矿床及不规则交代脉体;在五通组之上的块状黄铁矿层中引进了铜,在已定 位的岩体中形成细脉浸染状铜矿化,产生"三位一体"的扬子型矿床。

参考文献

(1)王文斌、季绍新、邢文臣、巫怀仁、周汉民和薛运义,1986,江西九瑞地区含铜黄铁矿型矿床的地质特征及 成因。南京地矿所所刊、7卷2号。

(2)王文斌、季绍新、邢文臣、巫怀仁、薛运义, 1988, 一个典型复成因矿床——江西武山铜矿。南京地矿所所 刊, 9 卷 1 号。

(3)王道华、傅德鑫、吴履秀、周志化、楼启炳及顾云峰,1986,下扬子区中石炭世沉积一海底喷发沉积层状铜 矿(多金属)矿床稳定同位素特征。南京地矿所所刊。7卷2号。

(4)王道华、傅德鑫及吴履秀,1987,下扬子地区晚石发世"沉积一海底喷出沉积"层状铜、多金属矿床基本特征 及成因机理探讨,南京地矿所所刊,8卷2号.

(5) 王之田, 1980, 长江中下游铜铁矿床成矿复合模式及找矿意义。地质与勘探, 4号,

(6) 刘裕庆、刘北廉及杨成兴 1984, 铜陵冬瓜山铜矿的稳定同位素研究。矿床所所刊。11 号。

(7)石原舜三, 1982, 中国的矿物资源(斑岩型 Cu, Mo 矿床). 地质新闻(日文), 第 335 号.

(8) 安徽省区调队, 1969, 1:20 万区域地质调查报告:铜陵幅。

(9) 安徽省地矿局铜陵地区层控矿床研究组, 1957, 安徽铜陵地区石炭系层控矿床研究报告(出版中).

(10) 邱柱圆, 1987, 沉积矿床成因类型的划分及菱铁矿的成因。矿床地质,6卷1号、

(11) 李亿斗主编, 1987, 江西铜矿地质 (在出版中).

(12) 李文达等, 1980, 长江中下游硫化物矿床氧化带及铁帽评价研究, 地质出版社出版,

(13) 孟宪民、1963、矿床分类与成矿作用。科学出版社出版。

(14) 季绍新 王文斌、邢文臣、巫怀仁、周汉民和薛运义, 1986, 九瑞地区铜矿床的稳定同位素地球化学。南京

地矿所所刊、3号。

(15) 周维康等,1983,江西武山铜矿北矿带火山岩及其与成矿关系探讨。南京地矿所所刊,4卷2号。

(16) 岳文浙、魏乃颐、宋炜和刘凤美,1986,江西九瑞地区晚石炭世威宁期沉积相及其对块状硫化物矿床的挖制作用。南京地矿所所刊,7卷4号。

(17) 涂光炽, 1987, 层控矿床的矿床组合.《中国层控矿床地球化学》,第二卷,第十章,科学出版社出版。

(18) 徐克勤等, 1980, 论中国东南部几个断陷带中某些铁铜矿床的成因问题。第 26 届国际交流地质学术论文集。地质出版社出版。

(19) 郭文魁, 1969, 论铜官山铜矿成因. 地质学报 37卷3号.

(20) 陈宏明、张瑛、李耀西和汤再如。1987, 下扬子盆地石炭系沉积相。南京地质矿产研究所所刊。8 卷 3 号。

(21) 陈宏明、张瑛、李耀西和汤再如, 1988, 下扬子盆地石炭系沉积地质及有关矿产。南京地质矿研究所所刊, 增刊4号。

(22) 黄明智等, 1983, 铜陵地区几个铜矿床中磁黄铁矿的成因和演化。中国地质科学院报,第五号。

(23) 顾连兴, 1984, 江西武山中石炭世海相火山岩和块状硫化物矿床, 桂林冶金地质学院院报,第四期,

(24)顾连兴, 1984, 华南型块状硫化物矿床及其伴生矿床中金属的地层分带。南京大学学报, 地质学增刊.

(25) 崔彬, 1987, 铜官山层控砂卡岩型铜矿床的蚀变分带及其成因. 矿床地质,6卷1号

(26) 温春齐, 1988, 铜陵矿田铜金矿床成矿模式及找矿预测研究 (博士论文摘要).

(27) 魏乃颐、岳文浙、李启全及宋炜, 1987, 九瑞地区石炭世威宁期古构造轮廓及对沉积相的控制。南京地质矿 产研究所所刊, 8 卷 1 号。

(28) Bowen, R. and Gunatilaka, A., 1983 "Stratiform Copper Deposits" in "Copper: Its Geology and Economics", P.211-275.

(29) Fleet, A.J. 1984. 热液和水生铁锰矿床:它们形成一个连续体吗?——稀土元素的证据,《稀土元素在矿床研究中的应用》译文集, 地质出版社出版。

(30) Li Wenda, 1983, Some Characteristics of the Oxidation Zone of Sulfide Ore Deposits in Lower Yangtze Area, Southeast China. Mining Geology, V.33, No.3.

(31) Nakajima, T. and Tao, K., 1986, Geology of Carbonate Hosted Lead-Zinc Deposits at Qixiashan, Jiangsu Province, Southeast China. Bull. Geol. Surv. Japan. V.311, No.5.

(32) Wu Yanchang, 1986, A Preliminary Study on the Middle-Lower Yangtze River Rift Valley. Geochemistry, V.5, No.4.

ON THE YANGTZE TYPE COPPER ORE DEPOSITS AND ITS ORIGIN

Li Wenda

(Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing, Chian)

Abstract

The so called "Yangtze type" ore deposits are composed of 1). Cu-bearing massive pyrite bed, 2). Cu-bearing skarn and magnetite type ore deposits, with replacing Cu vein type deposits near the metasomatic zone, and 3). mineralized intrusive bodies and breccia pipes, some of them are known as prophyry copper ore such as in Chengmenshan. The most economically valuable one is the Cu-bearing massive pyrite bed which makes the greastest part of the ore reserves. Its genesis is suggested by the present author as syngenetic massive pyrite (+siderite)formed in late to early Middle Carboniferous, superimposed afterwards by postmagmatic hydrothermal solution that connected with the Yangshanian intrusive activity, the intrusive bodies during its emplacement into the early Middle Carboniferous to Triassic carbonate sedimentary rocks formed skarn and mmetasomatic Cu and Fe ore deposits around its contacts. Some intrusive bodies and breccia pipes within or adjacent them were also mineralized. These three types of Cu-deposits are often called "three in one (trinity)deposits" by the Chinese geologists, although the third one does not occur in every case.

Most of the geologists working or worked in the Lower Yangtze area agree the conclusion of the complex origin of the trinity combination of these ore deposit types, i.e. sedimentary massive pyrite bed superimposed and reworked by latter hydrothermal solutions. However, diversuty opinion arose from the sedimentation mode and the origin of hydrothermal solution. In the present paper the author gives a review of the debated points about the mode of ore sedimentation and transformation, and suggested that the original Cu-bearing massive pyrite bed is acturally normal sediments on the shallow sea floor of the Carboniferous Lower Yangtze Sear as most of the palaeo-geographic works have proved. It was a sulfide facies of Fe, containing very little amount of copper, equivalent to that of Fe carbonate or Fe-oxides, the latter were only a facial change of the formerin the same horizon. The chief amount of Cu in the massive pyrite bed was introduced by the post magmatic hydrothermal solution which extracted and concentrated Cu from the older strata such as middle to upper Devonian sediments, in which lithologically occur some red beds with higher Cu content. The author emphasizes the fact that those Cu-enriched massive pyrite beds are always accompanied with Yanshanian intrusions of intermediate-acidic to intermediate composition (grano-diorite, quartz-diorite, diorite), otherwise there is only massive pyrite beds (\pm siderite) of no economically significant Cu content where there is no Mesozoic intrusion.

Key Words Yangtze type Cu deposits, trinity type ore deposits