

找寻、勘探和评价块状硫化物型铜矿 值得注意的几个问题

胡受奚 胡文喧 郭继春

(南京大学地球科学系 南京 210008)

张立公

叶瑛

(有色总公司华东地勘局 南京 210007)

(浙江大学地球科学系 杭州 310027)

摘 要 本文阐述不同块状硫化物矿床类型的大地构造环境、矿物学、地球化学和分带性,以及在成矿期后运动期间变质作用、岩浆作用和热液作用过程中的改造作用和叠加作用,并对值得进一步勘探的块状硫化物型铜矿提出某些建议。

关键词 块状硫化物矿床 黑矿 分带性 成矿模式

块状硫化物型矿床不仅是铜,而且是铅、锌、银、金等有色和贵金属以及硫和重晶石等非金属矿的重要类型,有时还与铁、锰、钨、锡等矿床相伴生。

该类矿床铜的产储量约占世界总的产量和储量10%左右;在中国、日本、澳大利亚和独联体国家超过10%,甚至达50%~90%。近代大洋裂谷带,如红海裂谷、大西洋裂谷、印度洋裂谷以及东太平洋裂谷带中块状硫化物矿床的发现和硏究,引起人们对该类矿床成矿机制和模式的广泛注意。日本对黑矿的深入硏究,明确总结出“上有黑矿,下有黄矿”的基本分带规律。我国对长江中下游和钱塘-信江和永-梅断裂拗陷带中泥盆-石炭系地层中块状硫化物型矿床,如新桥式(C_2)、大宝山式(D_2)、永平式(C_2)和马坑式铁矿(C_2)等的硏究改变了对中生代岩浆-热液成因“矽卡岩型”矿床的片面认识^{[1,2,3,4,5,6],①,②}。

为了更合理有效地对这类铜矿床进行找矿和勘探,下面几方面的问题值得注意。

1 成矿构造环境的多类型

大多数块状硫化物矿床产于拉张构造环境,如大洋裂谷、弧后盆地(或优地槽带)和大陆断陷上叠盆地等,少数产于挤压构造环境的岛弧带中。按成矿的构造环境可以分为以下几种类型:

1)弧后盆地型(或优地槽型) 其特征常与双峰式或连续分异的火山岩系(细碧-角斑岩或玄武-英安-流纹岩系)相伴生。我国典型矿床如白银厂铜矿、桐柏大河铜矿等,国外如俄罗斯乌拉尔卡拉乃什和布里亚瓦黄铁矿型铜矿等,大多数矿体产在角斑岩和石英斑岩中。

2)洋中脊型 ①古洋中脊型,常产于蛇绿岩套中,如国外的塞浦路斯式和我国的青海红沟

1994-07-27 收稿,1994-09-21 改回。

①胡受奚等. 矿床学. 南京大学教材,1974

②胡受奚、刘聪. 块状硫化物矿床的类型、分布及其成因. 江苏省地矿局成因理论成矿预测研讨会资料汇编,1989

(?);②近代洋中脊型,如红海裂谷型和大西洋裂谷型等。

3)岛弧型 如日本岛弧的黑矿型,矿体产于安山-英安质绿色凝灰岩带中,受海底破火山口控制。

4)大陆内部断裂拗陷型 在拉张构造环境下形成的上叠盆地。基底为褶皱系,上叠盖层多为碎屑岩-碳酸盐岩系。

其中大型、超大型矿床的典型例子如我国的武山、新桥、冬瓜山、永平等;国外如澳大利亚的芒特-艾萨、麦克阿瑟、布罗肯希尔,加拿大的苏利文、独联体大高加索的菲利孜恰伊矿等。

2 时控、层控和建控的特征

在同一成矿带中,这类矿床的原始成矿时期常是相同或相近的。它们是在特定构造环境中,一定的构造-岩浆-热液-沉积发展阶段形成的,因而具有明显的时控、层控和建控的特征,沿着特定的地层和沉积、火山-沉积建造找矿具有十分重要的意义。

在乌拉尔海西优地槽带或造山带中,块状硫化物型矿床十分发育,如红乌拉尔、基洛夫、捷恰尔、卡拉巴什、乌察林、锡拜、奥泽尔、“十九大”、盖伊、维谢聂、阿拉尔琴等矿床组成的矿带,主要产于泥盆纪双峰式火山岩系中,为独联体铜的主要来源^[7]。

我国祁连-秦岭-桐柏和俄罗斯乌拉尔两个矿带在成矿时代上虽有差异,但都属于优地槽早期或弧后盆地环境中形成的并与海底双峰式火山-沉积岩系,玄武-流纹岩系或由其变化而成的细碧-角斑岩-石英角斑岩系紧密共生。

我国华南几个断裂拗陷带中原生块状硫化物矿床的成矿时代大多属泥盆-石炭纪,如长江中下游钱塘-信江和永梅断裂拗陷带中,如江西的城门山、武山、安徽的新桥、冬瓜山、铜官山,浙江的岭后,江西的永平和东乡等块状硫化物矿床,主要属中石炭世^[8,9,10];矿体主要产于中石炭世黄龙组和叶家湾组中。在四会-吴川以及湘桂-粤北-海西-印支断裂拗陷带中的块状硫化物矿床,如广东大宝山^[11]及广西大厂等,主要产于泥盆系中。国外如澳大利亚的芒特-艾萨、麦克阿瑟等大型、超大型块状硫化物型矿床产于中元古代的断裂拗陷盆地中^[12]。

分布于日本岛弧著名黑矿带的几十个矿床几乎都产于中新世的英安-流纹质绿色凝灰岩带中,是海底破火山口成矿环境下形成的,几乎都产在同一层位^[13,14,15]。

3 成矿元素和矿物的多样性

与块状硫化物型成矿系列矿床有关的成矿元素种类繁多,包括 Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Fe、Mn、Co 及稀有的 Cd、In、Tl、Ga 和 Ge 等金属和稀有金属元素,有时还有 W 和 Sn 等;非金属元素和矿产有 S、Se、Te,重晶石等。

有关矿物主要为硫化物,如黄铁矿、胶黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿、毒砂、黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿、方黄铜矿、黝铜矿、闪锌矿、纤锌矿、方铅矿和辉银矿等。金为自然金等;有时还出现铜、铅、铋等硫盐矿物;氧化物有赤铁矿、褐铁矿、针铁矿、磁铁矿、硬锰矿、软锰矿,有时出现锡石、锡铁矿、黑钨矿和白钨矿等;碳酸盐矿物有菱铁矿、菱锰矿及白云石等;硫酸盐矿物有重晶石、石膏及硬石膏等。

4 矿床类型的多样性

块状硫化物矿床是由许多类型矿床构成的一个庞杂的成矿系列。

这一成因系列矿床按主要成矿元素和矿物组合可分为：

1)黄铁矿矿床 由于铜、铅、锌、金、银等有色和贵金属元素含量低,因此作为硫矿床开采。如我国五台金刚库、栾川骆驼山和广东云浮等。

2)块状硫化物型多金属矿床或黑矿型矿床 主要硫化物为方铅矿、闪锌矿并有辉银矿等;铜和硫的含量较低,国内如我国白银厂小铁山、东秦岭水洞岭-桑树坪等矿床;国外如日本的黑矿、澳大利亚的芒特-艾萨和加拿大的苏利文等。日本黑矿的矿石平均含 Pb 18.6%、Zn 16.6%、Cu 1.9%、重晶石 38.6%、S 17.6%。重晶石可作为此类矿床的标型矿物。

3)黄铁矿型铜矿床 黄铁矿常占矿石的 60%~90%以上,其次是黄铜矿;硫的含量在 20%~50%,因此亦是硫矿的主要类型。国内如白银厂的火焰山和折腰山、四川彭县、江西武山和城门山、安徽新桥和冬瓜山、浙江岭后等矿床。矿石中铜的含量在 1.07%~10.02%(青海红沟超过 10%)。日本黄矿平均含 Cu 7.2%、Pb 0.05%、Zn 0.06%、S 44.5%、重晶石 0.5%。

5 与其它矿床的关系

由于这一成矿系列矿床原是岩浆-热液-沉积和喷流-沉积矿床,因此,在成矿中心的上部、外围以及远处常分布有同时代的以沉积成因为主的铁、锰的氧化物和碳酸盐矿床及硅质岩。在找矿和勘探时搞清块状硫化物矿床与有关类型矿床的关系是十分重要的。

1)菱铁矿矿床 国内如湖北黄梅、湖南七宝山、安徽新桥、江西武山和永平、陕西柞水等矿床,国外如加拿大海伦等,都与这类硫化物矿床关系密切,分布于矿体内部、上部、邻近或外围同一地层中。

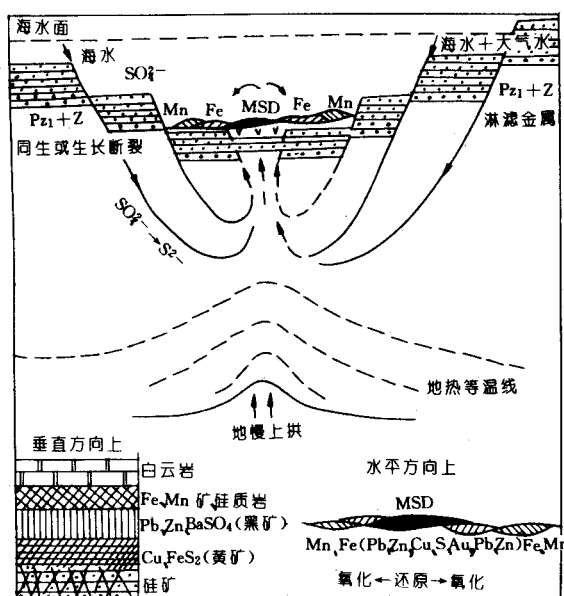


图 1 断裂拗陷中块状硫化物矿床的成矿模式

Fig.1 Metallogenic model of massive sulfide deposits in faulted depressions

2)沉积赤铁矿或针铁矿矿床 一般分布于块状硫化物矿床的上部或外围,有时密切共生。国内如镜铁山铁矿下部有铜矿;永梅拗陷带中产于中石炭统中的马坑式铁矿与龙凤场、银顶格、前峪峰和玉水等块状硫化物矿床密切共生^①,江西东乡铜矿与含钨热泉铁矿密切共生。国外,如澳大利亚中元古代麦克阿瑟盆地中与芒特-艾萨等块状硫化物矿床同时代和在成因上有联系的沉积铁矿^[16],如 Constance Range 和 Hodson Dodns 铁矿等分布于同一地层中。

3)锰矿床 在红海裂谷的 Atlantis II 深渊中,锰矿(水锰矿)、铁矿(针铁矿)与块状硫化物呈多层密切共生,但一般产于硫化物矿体中的上部。如江西乐华锰矿下部发育铅、锌矿,延伸至不整合面以下的变质岩中。

① 刘聪. 闽西南-粤东海西-印支拗陷带的构造与成矿(博士论文),1989

由于这类矿床的沉积盆地多为热卤水盆地,因此有关的碳酸盐岩石多为白云岩,并且在矿体上部常分布有硅质岩。

6 矿床的成因模式和原生分带

模式找矿愈来愈为人们所重视。Bonatti^[17]、大本洋^[18]、Sato(1974)、菲拉托夫^[19]、Craig^[20]和 Singer^[21]等对洋中脊、日本岛弧区黑矿和红海裂谷中块状硫化物矿床分别建立了成因模式。我们在此基础上,提出断裂拗陷中块状硫化物矿床的成矿模式(图1)。并以此来阐明,成矿热液自下而上运动过程中由于Fe、Cu、Zn、Pb、Ag等硫化物生成顺序的不同造成的垂直分带,同时由于Eh值的增高,导致 $\text{SO}_4^{2-}/\text{S}^{2-}$ 或硫酸盐/硫化物也有规律地向上增加。

当含矿热卤水进入海盆地后,由于Eh、pH温度等的变化,造成银、铅、锌的硫化物+重晶石→铁的氧化物和碳酸盐→锰的氧化物和碳酸盐的水平分带或沉积层序的垂直分带。块状硫化物矿床外围和上部找寻铁、锰矿床,反过来在沉积的铁、锰矿床下部找寻块状硫化物矿床都是需要考虑的。

Takeo Sato(1974)指出:“许多典型黑矿之间的矿物组合和矿物分带是非常相似的。在层状矿体中,上半部富方铅矿、闪锌矿和重晶石(黑矿),而黄铁矿和黄铜矿(黄矿)集中在下半部分。在层状矿床的下部是细脉浸染状矿体。这些矿体之间都是渐变的,但与上盘的盖层(常是硅质岩或燧石层)却常是突变的。石膏或/和硬石膏以豆荚状或不规则体分布于层状矿和细脉浸染状矿体之间或与层状矿相邻。

7 构造作用和变质作用过程中块状硫化物的改造和后生分带

块状硫化物矿床形成后,在后期遭受构造作用和/或变质作用发生的增温、增压过程中,会使硫化物发生塑性流动或压溶现象。

这类矿床原常在拗陷中心集中成矿,但经构造或/和区域变质作用,常使它们向背斜两翼,特别是其轴部集中,并可沿断裂带和接触带形成穿层不整合矿体。

国外,如澳大利亚(芒特—艾萨、麦克阿瑟、布罗肯希尔)等、加拿大(苏利文等)的著名矿床都有类似特征。Bendigo的块状硫化物矿形成著名的鞍状矿体^[22]。

长江中下游、钱塘-信江断裂带中的中石炭世块状硫化物矿床(如新桥、铜官山、冬瓜山、武山和城门山等矿床)都是产在背斜两翼和轴部。浙江岭后铜矿,与其说是产在松坑坞向斜中,倒不如说产在铜官山倾伏背斜的西翼。其西南的鼻部应是勘探的远景区。特别有意义的是岭后铜矿发育两个主矿体,Ⅰ号矿体在黄龙组底部,Ⅱ号矿体在黄龙组上部,后者具有明显的后生富集现象。据王执均研究^[23],Ⅰ号矿为单铜矿体,Cu平均为1.3%,Au为0.3%~0.6%;而Ⅱ号矿体铜为3.57%、Zn为2.09%、Ag为 89×10^{-6} 、Pb为0.61%、S为21.5%、Au为 0.42×10^{-6} ,显然Ⅱ号矿体为多金属矿体。

8 岩浆-热液叠加改造作用及其与矽卡岩和斑岩矿床关系

矽卡岩型铜矿在世界总的产、储量中所占比例很小,约1%。在我国,长期以来认为它是铜矿的主要工业类型。这是由于将华南一些断裂拗陷带中的泥盆-石炭纪的块状硫化物铜矿片面地划归燕山期矽卡岩矿床的缘故。

在国际上对矽卡岩型铜矿的认识也曾有过类似情况,如美国田纳西州 Ducktown 铜矿,以

前被艾孟期(1935)和 A. M. Bateman(1979)等^[24]长期当作矽卡岩矿床,但现已证明为块状硫化物型矿床。澳大利亚新威尔士著名的布罗肯希尔多金属矿床,长期被当作热液交代矿床,由于区域深变质作用使矿床内发育石榴石、钙铁辉石、蔷薇辉石和硅灰石等“矽卡岩”矿物,因此,也被当作矽卡岩矿床。1953年 H. F. King^[25]提出该矿为同生成因观点后,才逐渐为广大地质工作者接受。

块状硫化物矿床常作为先存矿床、矿胚层或矿源层存在,因此,在遭受后期岩浆-热液作用时常被改造和叠加,使其与矽卡岩矿床、斑岩矿床和热液矿床共生和发生成因上联系,造成矿床的复杂化,从而使人们产生片面性的认识。

在华南一些断裂拗陷带中,许多泥盆系和中石炭统中的硫化物型矿床由于受到燕山期岩浆-热液成矿作用的影响,成为多时代、多类型、多成因的矿床,并可分以下几种情况:

1)前中生代块状硫化物矿床+中生代矽卡岩型矿床+斑岩型(Cu、Mo、W)矿床,其中典型的矿床如江西城门山和东雷湾、安徽新桥及广东大宝山等。

2)前中生代块状硫化物矿床+中生代矽卡岩型铜矿,典型的如安徽铜官山铜矿和宣城铜矿、江西武山铜矿、湖南七宝山铜矿等。

3)块状硫化物矿床+(沉积铁矿)+热液钨锡钼矿等,典型的如江西东乡铜、钨、铁矿,永平铜、钨矿,浙江仙洞铜、锡、铅、锌矿;永梅拗陷带中石炭统马坑式铁矿(马坑、潘田和洛阳等)也因受燕山期岩浆-热液的叠加成矿作用的影响,成为含钼的铁矿床,其中部分铁矿改造为矽卡岩型铁矿。在这类矿床下部找寻块状硫化物矿床值得注意,红海裂谷和镜铁山矿下部发现铜矿便是一例。

在地槽、弧后盆地和断陷盆地发育早期拉张构造环境下,形成块状硫化物矿床与后期挤压、俯冲造山带斑岩矿床同生的例子较常见。国外如小高加索、安第斯铜矿带、南太平洋岛弧新几内亚-巴布亚的富比兰山等矿床块状硫化物型矿床与斑岩铜矿同生在一个矿区或矿床中,我国玉龙铜矿中也存在层状块状硫化物矿床^[26,27]。

需要指出,江西德兴著名的超大型银山多金属矿下部可能也存在中元古代的块状硫化物型矿床。这个矿床的主要矿体并不受西山破火山口控制,因为北山、九龙上天和九区铜硫矿带的主矿体呈似层状,东西走向,与基底变质岩产状一致,而且下部黄铁矿数量明显增加,与块状硫化物型铜矿极为相似,成为铜硫矿。还有一点值得指出,即各似层状和脉状矿体,垂直分带都是十分明显的,即“上有铅、锌、银,下有铜、硫”。不少铜矿为盲矿体,分布于铅、锌矿体之下。找寻铜矿,银山矿就是成功的有借鉴性的一例。

9 两个值得进一步找寻和勘探铜矿床的矿区

根据上述块状硫化物型矿床的原生、后生、叠加和改造等许多特征和规律,我们对我国两个值得进一步找寻和勘探铜矿的现有矿区作分析,并提出其根据和理由。

1)种种资料表明,大型栖霞山铅、锌、银和锰矿是典型的黑矿型矿床,顺其下部有希望找到一个中-大型黄矿型铜矿的可能。其根据如下:

①栖霞山矿不仅是大型铅、锌多金属和锰矿床,伴生的金、银也达到大型;近几年又找到中型规模的独立银矿床。已出露地表的矿体具有黑矿型矿床的许多特征,其矿物组合方铅矿、闪锌矿、含银方铅矿、辉银矿、重晶石、石膏和含锰碳酸盐等与黑矿十分相似。

②矿石保留原生的沉积结构,如草莓状、细胞状和层纹状结构构造等^[28],同时也存在典型

的热液充填-交代脉状、网状、角砾状及浸染状等矿石的结构构造。这是块状硫化物矿床经常具有的。

③主矿体沿中石炭世黄龙组分布,从平山头-虎爪山-北象山-甘家巷-大四山矿体延续达7km以下。因此,与其说是 F_2 断裂控制矿床,倒不如说黄龙组岩相控制矿床。四十年勘探实践表明,沿地层找矿在栖霞山十分成功。

④印支期强烈的构造作用造成紧闭的倒转褶皱,同时使矿石发生塑性流变和活化转移,在背斜中集中,不仅在上部形成铅、锌、银二次富集的矿体,并在早、中侏罗世象山群与基底地层高角度不整合面上局部形成不整合的穿层矿体。

⑤在地表栖霞山矿区本身似没有见到岩体,但在北坡分布有火山和次火山岩;宁镇山区岩浆作用强烈,地球物理资料表明深部存在侵入体。因此,栖霞山矿区在中生代为地热异常区。在构造作用和地热影响下,使原生矿体中的矿石发生塑性流变和活化迁移,从而造成 $(Ag,Pb) \rightarrow (Pb,Zn) \rightarrow (Zn,Cu)$ 和 $Cu+FeS_2$ 的垂直分带;成矿温度自上而下也逐步增高,为下部找铜矿提供了线索。

⑥从区域成矿特征来看,长江中下游断裂拗陷带的黄龙组中主要分布块状硫化物型铜矿。很少有单独的铅锌矿床,这为具有黑矿特征的栖霞山铅锌矿下部找寻黄矿——硫化物型铜矿提供了又一重要地质依据。

⑦实际的勘探资料表明虎爪山矿段34线矿石样作单样分析后,可圈出独立的铜矿体。如3412孔,在铅锌矿体下部可圈出8.42米铜矿体,Cu平均品位为1.32%。348孔可圈出8.76米厚的铜矿体,含铜平均为0.70%。346孔可圈出铜平均含量达0.97%、厚度达11.6米的铜矿体。以上几个铜矿体可连成一体,皆分布于铅锌矿体之下。类似于日本黑矿之下的黄矿。

2)东秦岭南召水洞岭-红石寨-桑树坪重晶石+闪锌矿+方铅矿矿体之下和周围找铜矿根据如下:

①北祁连-北秦岭-桐柏加里东期优地槽带是我国著名的与细碧-角斑岩-石英角斑岩有关的双峰-火山岩块状硫化物型或黄铁矿型铜矿成矿带。如北祁连加里东造山带中的白银-石青洞-红沟-镜铁山矿带,北秦岭-桐柏加里东造山带中的米坪-(水洞岭-桑树坪)-桐柏大河矿带。因此,水洞岭-桑树坪矿区找铜是具有较好地质背景的,甚至与俄罗斯乌拉尔铜矿带有许多类似之处。

②水洞岭-红石寨-桑树坪矿床十分类似于日本西Hokkaido地区的黑矿床中的块状重晶石型矿床。这一类型黑矿的矿石主要为重晶石, $BaSO_4$ 含量一般为50%~95%(在日本是最重要的重晶石矿床),硫化物少量。在桑树坪矿段,层状重晶石矿体延长554m,厚达1~7m,平均2m左右,最大厚度达7.2m;延深120~190m以上;含少量硫化物(<10%),其中以闪锌矿为主,方铅矿和黄铜矿次之。

日本块状重晶石型黑矿中赤岩、南白老、小樽松仑仓和Obukaruishi等矿床附近分布有明治、洞谷、Yoichi和Kunitomi等典型的硫化物型黑矿。在块状重晶石型矿下部,硫化物增加,有成为硫化物多金属矿的趋向。

③矿床产于下古生界火神庙组的细碧-角斑岩-石英角斑岩系的酸性端元中。矿体呈层状和透镜状,产于褶皱构造的倾伏部位,构成水洞岭-红石寨-桑树坪矿床,延长达5km左右。

④围岩普遍发生褪色现象,转变为白色或灰白色,表明在酸性火山形成后,遭受了强烈的热液蚀变和淋滤作用。矿体的厚度也常与褪色带的厚度吻合。在爆发角砾岩筒处褪色现象更

明显、厚度更大。可能这是喷流中心和成矿中心。

⑤区域遭受强烈的加里东期的构造-岩浆作用,形成紧闭线型褶皱,并在北面有板山坪花岗岩体的侵入;其后又遭受海西和印支-燕山期构造-岩浆作用,因而使原生矿发生明显改造,并可能造成后生的垂直分带,这为在其下部找寻铜的盲矿体提供了有利的依据。

⑥水洞岭矿段的3号勘探线上及其附近见到爆发角砾岩筒,可能是海底火山-喷流沉积中心,这是在黑矿下寻找黄矿的有利地段。

⑦地质勘探资料表明在3号勘探线301孔见到的矿体含Cu0.14%、Pb<0.07%、Zn1.15%。在302号孔见到其延深部分的矿体,Cu升高至0.56%,Zn增加到5.85%。可以推测在300m以下,可能形成铜-锌矿体,再深可能为典型的含铜的黄矿。因此,沿3号勘探线按原设计的3号孔打钻有希望找到铜矿体。

⑧矿区的构造还有待进一步搞清,初步研究可能是向北倒转的倾伏背斜。原定为青山向斜可能有误。事实上,含锰的碳酸盐地层是属于上部的大庙组。矿区构造研究清楚后,找矿更有方向。初步可以认为水洞岭到红石寨矿段可作为目前的重点,特别是3号勘探线的3号孔应当验证,因为它处于1号和2号孔所控制的矿体延深部位,铜向下逐渐增加,而且该剖面正是在爆发角砾岩筒处,也可以说是喷流-沉积和成矿中心。因此找铜的黄矿也是最有希望地段。

根据国内外资料综合对比,我们对我国其他矿区进一步找铜矿也提出一些线索和地区。白银厂矿区的小铁山多金属硫化物型矿床,从其特征上来看,应属于黑矿型矿床。该地区加里东构造运动强烈,在其下部找黄铁矿型铜矿的盲矿体是较为理想的。

在含碧玉的镜铁山式铁矿之下找到铜矿是符合各类块状硫化物矿床成矿模式的。产于永-梅断裂陷带中的马坑、潘田、洛阳等铁矿之下找银顶格式、玉水式铜矿也是值得考虑的。产于石炭统的安徽黄梅层状菱铁矿区内或其周围找铜矿也不能忽视。

还应指出,块状硫化物型矿床的成矿时间十分长,从地壳形成开始到现今都在形成过程之中。其中断裂陷带型的成矿以早元古代末期(2100-1850Ma)、中元古代、晚古生代最重要。我国著名的中条山铜矿区早元古界末期的胡家峪-菟子沟铜矿也属于断裂陷带型。孙大中等^[29,30]明确指出,中条群属于冒地槽型和陆源-碳酸盐沉积建造。其中菟子沟组有火山岩系发育,胡-菟型铜矿属典型喷流沉积。在这个NNE向延长约500km的断裂陷带中找到黑矿下的黄矿是可能的。它与澳大利亚中元古代McArthur盆地有许多相似之处。

参考文献

- 1 孟宪民. 矿床的成因与找矿. 科学通报,1963(1)
- 2 孟宪民、周圣生等. 某些金属矿的找矿方向和方法的初步经验. 地质论评,1963,24(1)
- 3 徐克勤、朱金初等. 论中国南部几个断裂陷带中某些铁铜矿床成因问题. 国际交流地质学论文集(第二辑)·北京:地质出版社,1980
- 4 胡受奚等. 矿床学. 北京:地质出版社,1981
- 5 顾连兴、徐克勤. 论长江中下游中石炭世海底块状硫化物矿床. 地质学报,1986(2)
- 6 王文斌. 长江中下游含铜黄铁矿型矿床成矿作用的若干问题探讨. 华东矿产地质,1992(2)
- 7 Саманов И. 3. 黄铁矿型矿床. 国外地质科技动态,1976(7)
- 8 岳文浙、业治铮等. 长江中下游威宁期沉积地质与块状硫化物矿床. 北京:地质出版社,1993
- 9 富士谷等. 长江中下游成矿带石炭纪火山喷发-沉积黄铁矿型铜矿床的地质特征. 南京大学学报(自然科学版),1977(1)
- 10 顾连兴. 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,1984(4)

- 11 刘孝善、周顺之：广东大宝山区控多金属矿床中首先发现硫化物化石及其地质意义，*南京大学学报(自然科学版)*，1977(1)
- 12 Crohn P. W. Mineralization in the McArthur and Nicholson Basins. *Economic Geology of Australia and New Guinea*. 1. Metals, 1975
- 13 Shunso Ishihara. *Geology of Kuroko Deposits*. the Society of Mining Geologists of Japan, 1974
- 14 Sawkins F. J. *Plate Tectonics and Geology*. University of Minnesota, 1984
- 15 Takreo Sato. Distribution and Geological Setling of the Kuroko Deposits. *Geology of Kuroko Deposits*, 1975 p. 1—9
- 16 Crown P. W. Mineralization in the McArthur and Nicholson Basin. In *Econ. Geol. of Australia and Papua New Guinea*, 1. Metals, 1975; 327—329
- 17 Bonatti E. Metallogenesis at Oceanic Spreading Centers. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 1975
- 18 大本洋：海底破火山口：火山成因块状硫化物矿床形成的一个关键。《国外地质科技》，1980(3)
- 19 E. И. 菲拉托夫：火山-沉积建造黄铁矿型多金属矿床的典型模式(矿床模式专辑)续篇。地质矿产部情报研究所，1990
- 20 Craig H. et al. Isotopic Composition and Origin of the Red Sea and Salton Sea Geotherma, 1966
- 21 D. P. 考克斯, D. A. 辛格, 矿床模式, 1986
- 22 Смирнов В. И. Геология Лопезных. Недраю, 1965
- 23 王执均：浙江建德铜矿勘查模式。华东矿产地质, 1990(2)
- 24 Bateman A. M. *Economic Geology* Jihn Wiley & Sons
- 25 King H. F., Thomson N. P. *Geology of Broken Hill District*. in *Geology of Australian Ore Deposits*, 1953
- 26 胡受奚、周顺之：斑岩铜矿的物质来源及区域成矿规律。《南京大学学报》，1984(4)
- 27 西藏自治区第一地质大队、地质科学院矿床所：西藏玉龙斑岩铜矿带若干成矿规律的初步探讨，《铁铜矿产专辑》第五集 地质出版社，1975
- 28 刘孝善等：南京栖霞山硫化物矿床的矿石结构及对矿石的成因意义。《南京大学学报(自然科学版)》，1979(4)
- 29 胡维兴、孙大中：中条山早元古代铜矿成矿作用与演化，*地质学报*，1984(3)
- 30 孙大中、胡维兴：中条山前寒武纪年代构造格架和年代地壳结构。北京：地质出版社，1987

SOME IMPORTANT PROBLEMS CONCERNING SEARCH, EXPLORATION AND EVALUATION OF MASSIVE SULFIDE COPPER DEPOSITS

Hu Shouxi Hu Wenxuan Guo Jichun

(Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, 210008)

Zhang Ligong

(Geoexploration Bureau of Eastern China, CNNC, Nanjing, 210007)

Yie Ying

(Zhejiang University, Hangzhou, 310027)

Abstract The types of tectonic setting, timebound and stratabound characteristics, mineralogy, geochemistry and zonation of the different type of massive sulfide copper deposits, as well as their trasformation and superimposition during the processes of metamorphism magmatism and hydrothermal activities in the postmineralization are studied. Some suggestions for the prospecting of copper deposits are proposed.

Key words massive sulfide deposits; Kuruko deposit; zonation; metallogenic model