

成矿构造研究法在危机矿山找矿中的几个应用实例

陈广浩, 苏 勇, 张湘炳

(中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640)

摘 要:综述了成矿构造研究方法的本质及在区域成矿学、成矿定位机制研究、成矿动力学等方面研究的进展,并以江西洋鸡山金矿、湖南沅陵沈家垭金矿和江西东乡铜矿的成矿与找矿预测为例,阐述了成矿构造研究方法所取得的新成果,从成矿构造学的角度,深刻理解成矿构造研究法在成矿规律研究和找矿预测中的重要性。

关键词:成矿构造研究法;危机矿山预测;实例

中图分类号:P542;P612 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1552(2005)01-0063-08

活化构造理论的核心是提出了地壳演化过程中存在第三构造单元“地洼区”,即“活化区”,主要研究晚古生代末—中生代初以来地壳演化的规律。陈国达先生在50年代末就把构造活动与成矿物质的运动结合在一起进行开展矿床学的研究,并结合我国实际,对不同大地构造阶段的成矿专属性进行了研究,提出“多因复成矿床”的成矿学理论,在矿床的成矿规律研究取得了许多成果。陈国达院士创立的“多因复成矿床”的成矿学理论,其主要的思想是地壳不同演化阶段的构造作用是矿床形成的主导因素,它研究了不同矿床形成过程中与不同大地构造单元的沉积作用、岩浆作用、变质作用、地球化学过程、深部地质作用等方面的关系以及矿床分布受到大地构造阶段控制等规律。在近十年的成矿构造研究中,我们更多强调的是构造在成矿中的作用,也为我们在矿床基础理论研究及危机矿山深边部预测中提供了较好的思路。

1 成矿构造研究方法的本质

成矿构造指的是与矿床形成及改造有关的地质构造(陈国达,1965,1978,1996),认为这些成矿构造不仅被动地控矿,而且主动或参与成矿,在研究中

把矿床的形成与改造的构造作用统一研究。我们常常提到的控矿构造的概念,仅仅是上述一个方面。所以控矿构造与成矿构造是两个既有联系又有区别的概念。

经过几十年的研究,陈国达先生在“成矿构造”的基础上,提出了“构造成矿”的概念。它是建立在地球动力学、地球化学过程动力学及其他基础学科研究的基础上,阐明矿床可以通过构造作用及与之相关的岩浆活动、变质作用、沉积作用等过程,在一个统一的热动力构造—物理化学系统中形成(张湘炳,1982;张湘炳等,1993),包涵了在地壳演化过程中,由地幔热流驱动所引起的构造应力场、构造地球物理场和构造地球化学场对成矿元素迁移聚集的联合控制过程。“构造成矿”融合了“多因复成矿床”成矿学理论的研究思路和方法,属成矿学的研究范畴,它更多地强调地壳构造活动、构造演化与成矿元素物质运动的统一和因果关系,也是对“多因复成矿床”成矿理论的补充。

近十几年来成矿构造研究重点是开展与成矿规律有关的区域成矿构造特征、流体形成过程、成矿定位机制、成矿动力学过程的研究,并进行矿床的预测。

收稿日期:2004-10-08

作者简介:陈广浩(1964-),男,博士,研究员,博士生导师。主要从事构造与成矿研究。Email: chengh@gig.ac.cn

2 成矿构造研究方法的进展

近十年来,成矿构造研究方法取得了长足的发展,主要表现在集中开展区域成矿、成矿定位机制、成矿动力学机制的研究上。

2.1 开展区域成矿构造研究

陈国达提出的“多因复成矿床”成矿学理论从构造演化的角度指出地壳构造演化的规律和方向,直接决定了成矿作用的演化与特征,由此引起成矿的多阶段作用、继承作用、递进和叠加作用,导致成矿的多样性和综合性。区域成矿的研究正是在上述基础上开展的。

最近十多年来,区域上成矿主要开展以下几个方面的研究:

第一,多阶段的大地构造演化及其形成不同级别大地构造单元与成矿物质单元的一体性研究。即对不同级别的大地构造单元控制着不同级别的成矿构造域、成矿构造区(带)的划分、成矿专属性的研究。同时对不同的构造系进行不同级别的划分,以利于正确划分成矿构造域、成矿区(带),开展矿产资源预测和评估(黄怀勇等,2002;张湘炳等,2000)。

第二,对矿床的成矿类型的研究。由于构造成矿作用的多期和复杂性,在成矿构造研究中,以构造为主要线索,划分矿床的成矿类型,这些类型反映成矿物质来源的多样性和成矿过程的长期性及复杂性。

第三,对区域成矿作用过程研究。开展区域构造-热动力条件、主成矿期、矿床类型等研究,强调了多成矿阶段、多控矿因素、多物质来源的研究,特别是构造岩浆作用的研究(邹长林,1994;崔彬和李忠文,1992;翟裕生,1992)。

2.2 开展构造成矿定位机制的研究

构造在成矿作用过程中有重要的控制作用,但矿床学中的控矿构造往往是被动的。成矿学的研究强调构造除了控矿外,最重要的作用是对矿床的定位。对构造定位及其机制的研究是成矿构造研究法重要研究内容。它是将构造活动及与相关的岩浆活动、变质作用、沉积作用和成矿作用融合为一个统一的热动力构造-物理化学系统开展综合研究,开展对地壳不同构造演化背景下成矿的特征、矿床形成时的构造应力场、岩浆活动等研究,但往往也研究构造作用引起的岩浆作用和构造成矿流体的迁移富集(陈广浩等,1998,1999a,1999b)。

关于构造成矿定位机制的研究,在成矿预测中显示越来越重要的作用。涉及到许多危机矿山,没有把矿床的最终定位机制研究清楚,即没有把构造作用过程看作是成矿全过程的主导因素。成矿构造研究法把成矿流体的生成、运移和定位作为一条主线,解决了矿床定位的基本问题。这在危机矿山的的研究中至关重要。

2.3 开展成矿动力学机制的研究

2.3.1 开展区域成矿动力学的数值模拟研究

在造山造盆作用过程中,以岩石圈的演化研究为基础,深入研究构造岩浆作用发生、发展的动力机制,加强对构造演化过程中的各圈层之间相互作用引起的构造成矿流体迁移与分布的研究,探索大规模成矿作用的动力环境合成矿规律。随着计算机技术的广泛应用,对区域成矿动力学机制的研究已由定性变为定量,静态变为动态,进行数值模拟成矿过程中的构造作用过程,完全可以数值模拟整个构造成矿的形成过程和动力学的过程。这突破构造地质作用过程时空背景及环境条件复杂性的约束,当然对成矿的预测和矿产资源的勘查有十分重要的意义。当然成矿动力学机制的研究最终将体现地球各圈层相互之间作用的过程,也是今后成矿流体动力学所要反映的核心问题。

2.3.2 开展单一矿床成矿过程的动力学机制研究

即对构造成矿流体运移及产生物质之间反应和交换的动力学研究。主要集中在对构造成矿流体运移中地球化学反应的热力学模型的建立,成矿物质形成和分布规律的反演和预测,把整个构造成矿流体动力学变量的变化特征进行研究。

总之,成矿构造研究法还开展了成矿流体、深部成矿作用过程、壳-幔之间成矿作用的研究,也取得了一定的成果(向才富等,2000;邓军等,2000a,2000b;徐兴旺等,2001),如我国东部岩石圈地幔的减薄作用,使得矿床的分布具有温度、压力及矿种之间的规律等。

3 成矿构造研究法在危机矿山研究中的应用

基于成矿构造研究法在矿床研究中的独到之处,近年来我们应用成矿构造研究方法在危机矿山预测中取得较明显的效果。

3.1 江西瑞昌洋鸡山金矿找矿实例

洋鸡山金矿床,位于九(江)一瑞(昌)成矿区的

瑞昌市东 2 km 处,为一个危机矿山,保有金储量只有 2000 kg。

3.1.1 矿床产出位置

该矿床是一个以 Au 为主,兼有 Ag、Cu、Pb、Zn 的多金属矿床。过去已发现的矿体集中分布在 8 ~ 12 勘探线, -200 m 以上隐爆角砾岩发育的地段,其中以五号矿体的规模最大,占全区金的金属量总量的 93.8%。已发现的矿体,据前人资料,其定位形式有 5 种:产于隐爆角砾岩中;产于黄龙组与五通组地层之间的假整合面上;产于黄龙组地层中的层间破碎带;产于志留系砂岩的裂隙中;产于岩体内及其接触带中。矿石类型按其成因类型与容矿母岩的关系可划分为 3 大类(崔彬和李忠文,1992):岩浆热液型(包括玢岩型矿石、脉岩硫化物型金矿石);沉积-岩浆热液叠加改造型(包括变胶黄铁矿矿石、灰岩型金矿石,块状硫化物型金矿石);次生氧化物型(包括铁帽型金矿石、玢岩型次生金矿石)。

过去的研究认为洋鸡山金矿床定位复杂,有不同的矿源层,产于不同的部位。但经过多年的找矿,取得的效果不明显,究其原因,还是没有把构造成矿作用过程研究清楚。

3.1.2 成矿构造的特征

(1)成矿的定向迁移性。根据研究分析,所有的见矿钻孔均分布在 F1 断层的北侧,表现为成矿的定向迁移性,即金成矿元素在构造热动力条件下,按元素本身的地球化学性质,沿断裂的一侧或从中心向旁侧迁聚而定位成矿(张湘炳等,1993),同时在空间上金矿构造成矿带(区)往往向一定方向移动。研究发现 F1 断层具有多期次活动的特征,切割志留系和三叠系,活动时间较长,其中最强烈的一次活动是印支末-燕山早期,表现为沿断裂带具有强烈的岩浆活动,形成长约 20 km 的石英闪长岩及石英闪长玢岩带,并且发生过强烈的挤压剪切作用。因此,我们认为 F1 断层在矿区及东西延伸方向它既是重要的导矿构造;同时,其旁侧的次一级斜列羽状裂隙,又是重要的矿体定位场所;而后期的构造活动,对先成矿体具有明显的改造破坏作用。

(2)洋鸡山金矿床成矿的斜列等距性非常明显。在采场可见矿体呈右型斜列展布。每个透镜状小矿体长约 20 m,宽约 5 ~ 8 m。从金元素品位的三维计算机处理分析可以看出,五号矿体自上而下呈透镜体斜列分布,有由西向东斜列迁移。在 -12 ~ -60 m 中段,在 7 ~ 8 勘探线为五号矿体的第一个富矿部位;而在 10 ~ 12 勘探线,在 -60 m 上部又出

现了另一个富矿地段。根据钻孔控制的情况和对矿体构造分析,初步认为以上两个富集地段为五号矿体及下部矿床,呈斜列展布;而延伸至 -204 m 和 -156 m 的两个富集地段,则是五号矿体在深部的斜列显示。总体上,反映了在不同标高的水平面上,矿体受构造控制和改造后的定位格局。

3.1.3 成矿流体的特征

矿体主要产于隐爆角砾岩和隐爆角砾岩与五通组地层接触带中,其次产于隐爆角砾岩与黄龙组地层的接触带上。隐爆角砾岩与石英闪长玢岩为同源不同相的产物,其与围岩呈侵入接触,但石英闪长玢岩与隐爆角砾岩常呈渐变过渡关系。隐爆角砾岩中石英斑晶含 Au 为石英闪长玢岩的 2.2 倍(崔彬等,1992)。

金在高温高压条件下溶解度高,形成的络阴离子伴随酸性或碱性成矿流体可以迁移很远的距离。当围岩所处的物理化学环境有利于成矿流体中的含金络离子浓度降低和还原介质时,就会导致金的沉淀而富集成矿。不同地质体的接合面(包括假整合面、不整合面、层间破碎带等)和构造界面,它们都是低应力区或应力释放区,有利于形成不同类型的矿石建造。洋鸡山金矿床不同类型的矿石建造的形成,很好地说明了这一点。

3.1.4 成矿机制及动力学研究

根据多年的研究表明,这种构造成矿类型的金矿床,通常“成矿母岩”出露部位的旁侧,有区域性断裂的出露或隐伏深大断裂通过。与洋鸡山金矿床有成因联系的石英闪长岩、石英闪长玢岩、隐爆角砾岩,三者空间上的展布定位,显示了其与区域性线性构造紧密相关(陈广浩等,1998,1999a,1999b)。实际上,这是该类型金矿床形成的重要构造热动力条件。

洋鸡山金矿与所在九瑞地区分布的一系列金铜矿床有着相似的成矿动力学背景:在石炭-二叠纪形成的张性构造环境,由于地壳的减薄作用,使地幔热流体和热能产生释放,形成变化较大的热场,迫使含矿热流体在构造应力场的驱动下,向上部张性断裂运移。印支运动构成九江-瑞昌地区的基本构造格局,其区域应力场为南北向的挤压作用,形成一系列的逆冲推覆构造带。在随后的燕山运动中,构造应力场发生改变,成为南北向剪切挤压和拉伸作用,形成断块和断陷盆地,并发生大规模的中酸性岩浆侵入活动,含矿流体由于成矿的温度和应力的改变,发生一系列化学反应,结果使金元素产生沉淀,在断裂的张剪性

等成矿有利的部位形成一系列金铜矿床。

根据上述对成矿定位机制、成矿流体特征和成矿动力学研究,我们认为洋鸡山金矿床受构造作用控制,在 F1 的北侧成矿,矿体位于构造破碎带内。基于此点,我们应用有效的浮点浅层地质勘探技术和伽玛能谱测量方法,揭示矿体深部的位置和地球化学的异常,布置试验钻孔,最终在认为无矿的地区,找到了工业矿体。通过详查,提交金金属量 2 吨多。

3.2 湖南沅陵县沈家垭金矿的深部预测

3.2.1 基本地质情况

沈家垭金矿位于江南古陆中段雪峰弧形构造带向北西突起的弧形转弯部位,北东向的古佛山倒转背斜的北翼。出露地层主要为冷家溪群和板溪群马底驿组。矿区内的断裂主要以近东西向的为主,也是沃溪断裂带的旁侧次生断裂,矿床分布受该断裂的控制。马底驿组紫红色板岩中沿层间裂隙发育一系列的层间断裂,产状与岩层基本一致,偶尔以小角度斜穿岩层,地层沿走向呈舒缓波状起伏,层间断裂的产状分布制约了层脉矿体的走向延长和倾向延深。区域发育有低角度逆冲推覆断裂,在矿区南部,可见到板溪群马底驿组向南东逆冲于五强溪组砂岩之上。

3.2.2 成矿作用特征

(1) 矿体透镜状特征明显

区内矿脉倾向南,在走向上矿化比较连续,倾向斜方向矿化减弱,单脉延伸不稳定,呈形似脉状的细长透镜状产出。在上、下盘均可见明显的腿色化围岩蚀变;矿体平面与剖面上均表现出明显的涨缩,即狭小—膨大的透镜状特征。如在 80~88 勘探线范围内矿体透镜状出露。

(2) 矿脉呈近等距离雁列状排列

对已发现的 3 条矿脉每个中段开采情况的分析发现,该金矿床的 1、2、3 号矿体,大体勾绘出了矿体侧向等距排列的侧伏角及矿体间距,两条侧伏矿体的垂向间距在 50 m 左右,水平间距在 150 m 左右(图 2)。目前所开采的 1 号矿体深部在 110 m 中段至 -60 m 中段大体代表了 3 号矿脉的实际情况和可开采储量,2、3 号矿脉实际开采情况是其浅部矿化及品位较好,深部尖灭于 152 m 中段左右,主要是因为 3 号矿脉浅部被剥蚀所致。

(3) 矿体的产出定位受构造制约明显

一般认为,含矿流体往上运移的过程中,常常是沿断裂破碎带运移,在含矿热液向上运移过程中,由

于温度、压力及外围条件的改变,含矿热液在构造的薄弱地带沉淀,逐步成矿。断裂构造控制了金矿的产出、定位,在北东向构造与近东西向构造复合部位应是矿体定位的最佳部位。其中北东向构造为导矿构造,而东西向构造为容矿构造和矿体定位构造。矿脉从东向西及倾向上左行交错,交错距离在 3~10 m 不等。矿脉因局部次级构造的影响,常在平行于层脉或沿层脉两侧不同方向羽状张剪裂隙充填含矿石英脉。但这种次级网脉在深部不很发育,很少能形成独立的矿体,即使是规模较大的张裂隙虽可能形成切层的节理状矿脉,但规模与品位可能均不乐观。

3.2.3 成矿流体特征

沈家垭金矿的形成及产出位置受控于断裂构造。对区内断裂构造的分析将直接有利于矿体的有效预测。

从浅层地震剖面的结果来看,含矿热液的来源与断裂构造关系密切。区内可能存在 4 个含矿流体的通道,这些通道也是构造薄弱地带,在一些断裂的较汇处应是成矿的有利地段,如在矿区最东部为一规模较大的破碎带,提供了含矿物质的通道,也是沈家垭金矿的主要成矿地段。同时不同中段如 110 m、152 m 标高位置见矿,正好处于近东西走向南倾和北东走向北西倾两组断裂交汇部位。

3.2.4 深部的预测

(1) 区内北东向构造与东西向构造交汇部位是良好的找矿远景区;

(2) 矿区南部地层向南倾斜,而矿区北部地层北倾,为一褶皱构造,褶皱构造核部是有利的找矿地段,相邻的沃溪金矿即是如此。因此向南区域值得关注。

(3) 矿区北侧范围内南倾断裂构造丰富,构造延伸较浅,可能富矿部位不会太深,我们认为矿区北部应有一定的找矿前景:这些金矿体往往埋藏较浅,但规模不大(但品位可能较富);注意先存构造部位的寻找和强劈理化带的寻找,该区浅部矿的产出定位与断裂破碎强度关系密切金矿体的寻找,这些矿体规模较大,呈透镜体产出。

在上述提出预测后,经过验证在 -110 m 中段发现了金矿体,储量 900 kg。

3.3 江西东乡铜矿富铜矿的预测

江西东乡铜矿位于萍乡—广丰深断裂的东段,处于江南地体与华夏地体的衔接部位,因此,南北两大构造单元的成矿特征在此集中体现,如江西特有

的“南钨北铜”的矿产分布格局就在此重叠,使该矿也成为以铜为主,伴生铁、钨、硫、银、金、铋、铍、碲等的多金属矿床。

江西东乡铜矿的铜的找矿勘查工作已经进行了许多年,在铜的成矿理论研究上取得了不少成果,但是在铜的找矿勘探,尤其是富矿的寻找上几乎没有取得大的突破。是否在东乡铜矿已经找不到富铜矿体了吗?根据对前人资料的初步分析,我们认为该矿床中,对富铜矿体的最终构造定位机制这一关键的问题仍没有研究清楚(或没有引起重视),是导致近年来的找矿工作没有取得突破的重要原因之一,没有从宏观上认识富铜的成矿规律,导致认识的偏差而漏矿,最近矿山自身开展的找矿工作所取得的成效已经证明了此点。

3.3.1 成矿特征分析

研究表明,东乡铜矿具有以下成矿特征:

(1) 矿区内铜矿化普遍,围岩中成矿元素背景值较高是该矿的一个特点。整个矿区铜品位在0.1%~0.2%以上分布;已有的勘探资料表明,矿化除具有普遍性以外,更重要的特征是矿化的集中性特点;同时,还体现了矿体在空间分布上的斜列等距性特点,矿区的几个矿化中心形成若干个斜列等距的椭圆体,每个椭圆体的长轴方向为NW向,椭圆中心的连线为NE向,这反映了矿区断裂构造及地层对富矿体控制的双重复杂性特点。

(2) 成矿的多期性与成矿物质的多元性特点

整个矿区有8个铜矿体,各个铜矿体的成矿期不尽相同。如I号矿体为海西期火山碎屑沉积矿体;V、VII号铜矿体为燕山早期热液喷流矿体;次生的富铜矿体及IV号矿体则受过后期的淋滤改造作用。从成矿物质来看,部分成矿物质来源于基底含矿建造,少部分来自围岩,主要来源则是具有壳幔混熔性质的海底火山喷气及浅成-超浅成岩浆侵入体。当然,前期的含矿岩系受后期的热液叠加改造影响,而且,火山岩浆活动也具有多期性特点。反映了不同时期铜的物质来源及其成矿规律的差异性。

(3) 地层对矿体分布具有一定的控制作用

早期铜矿体多以层状、似层状、透镜体状顺层产于梓山组上段和壶天群下段。受后期热液活动及次生淋滤作用影响,在垂直方向上,上部为铁、钨矿体,中间为次生富铜矿体,下部为原生铜硫矿体,表现出明显的垂直分带性。

(4) 构造控矿作用显著

矿区基本构造为一被几组断裂所破坏的单斜,

其上发育的次一级的开阔型横向和纵向褶皱,对矿床的形成和空间定位起着重要的作用。其南部为NEE向的萍乡-广丰深断裂,西北侧为NE向的赣东北深断裂,矿区恰好位于此两条深断裂的锐交角处,深断裂不仅为深部岩浆热液的侵入提供了良好的通道,而且为成矿物质运移提供了良好的构造热动力条件,并为矿体就位提供了有利的空间条件,矿体及矿化带明显沿断裂破碎带分布。矿区的NE-NEE向断裂是矿区最主要的控岩控矿构造,特别是F1断裂,贯穿整个矿区,是最大的控矿断裂,I、V、VII号铜矿体均赋存于F1断裂带由陡变缓处的破碎带中。另外重点对VII号铜矿体的构造解剖,发现还有其它方向构造的控制。

(5) 火山岩浆活动与成矿关系密切

岩浆火山活动主要有三期:晋宁期火山沉积形成矿源层,但没有直接提供物质来源;海西期中酸性岩浆活动形成一个重要的成矿层,并使矿源层成矿物质活化富集;燕山期,中酸性岩浆沿断裂带多次侵入形成主要的成矿层,引起围岩的热蚀变,并对已形成的矿体有破坏和改造作用,如6线+15m坑道中花岗斑岩体与I号矿体呈侵入接触关系。喷发形成花岗斑岩、石英斑岩、花岗闪长斑岩小岩体,或与矿体相伴相生。或本身就是矿体,并与深部岩基断续相连。如IX号矿体,从ZK8706孔可见-518.30~-430.27m,约88m为矿化的花岗斑岩体。铜硫矿体厚6.23m,4.70m赋存于围岩的黄铁矿化带中,1.53m见于花岗斑岩体中。遥感地质普查解析资料也表明,矿区深部有中酸性隐伏斑岩体。单从岩浆岩的关系来看,该矿为一个较典型的“多因复成”矿床。

3.3.2 富铜矿的褶皱构造定位

东乡铜矿经历了多次的构造运动,不同方向以及不同期次的构造叠加在一起,使得成矿变得相当复杂。而决定矿体最终定位得往往是构造的主导因素。

矿区的褶皱构造从地表分析主要为北东东向。根据浅层地震勘探的结果,在研究区存在其它方向的褶皱构造,这些褶皱构造是富铜矿体形成的重要控制构造。

北东东向褶皱:位于石炭系中,主要出现在矿区的东北部,而矿区的西南部及中部不明显。该方向褶皱与盆地有密切相关,也是矿区中主要的控矿褶皱。该褶皱形成较早,推测为印支期,已经受到后期构造叠加改造而成,所以在矿区富铜矿体基本上以

透镜体及似层状的形态出现。

北北西向褶皱:为后期重要的控矿构造,形成于燕山早期,在褶皱的轴部由于构造作用,形成虚脱和滑脱空间,在这些空间中形成富铜矿体,并且对北东东向的构造进行改造。

从铜元素分布来看,主要为北东东向,但富铜矿体的控制则为北西向-北北西向。

深部浅层地震剖面图(明显可知:富铜矿体主要位于褶皱构造的核部,在此处位于向斜构造的转折端,表明横跨褶皱的存在,矿体位于褶皱的核部。

以往资料揭示铜矿体存在多个小型褶皱构造,产状十分混乱,增加了找矿的难度。

3.3.3 富铜矿体的断裂构造定位

矿区内断裂构造十分发育,主要的控矿构造为北东东向断裂,其次为北西向断裂。矿体基本集中在北东东向断裂破碎带的范围内。

(1) NE-NEE 组断裂构造的定位

F1、FM、FN 共 3 条断裂破碎带组成东乡铜矿区最主要的控岩、控矿和储矿断裂带,F1 断裂带由陡变缓处是矿区中 3 个主矿体(I、V、VII)的赋存部位,FM 断裂带由陡变缓处也是矿体的重要赋存部位。

F1、FM 为主的主要断裂带构造角砾岩中 SiO_2 含量明显增高,邻近断裂带及上盘岩石中 SiO_2 含量也明显较高,而距断层带较远的岩石及其下盘岩石中 SiO_2 含量则相对较低。北西向晚期断裂带(F36)中角砾岩 SiO_2 含量更低。这表明 SiO_2 属于长期带入组分,断裂带中 SiO_2 含量越高、硅化则越强,构造热液活动愈强烈,对矿化则越有利,东乡铜矿区中部 F1 断裂带硅化破碎角砾岩厚达百余米,则与矿区中 I、V 号主矿体相对应。

FN、FM、F1 断裂中成矿元素铜、铅、锌、银、砷、锑变化规律明显,由北往南,成矿元素含量明显增高;断裂中成矿元素含量高于断裂上、下盘岩石,说明断裂带具有导矿和储矿作用,且矿体一般赋存于断裂带下断裂面之上;断裂带下断裂面中似糜棱岩化岩石对成矿元素迁移具有一定的屏蔽作用;断裂带中岩石破碎,为成矿元素的运移和富集提供了良好的场所,这也解释了东乡铜矿区 3 个主要矿体(I、V、VII号)赋存于断裂带由陡变缓处的原因。

(2) 不同期次断裂构造定位

VII号矿体为本次工作的重点分析区域,从浅层

地震勘探以及伽玛能谱特征发现其控矿与褶皱构造有关外,还与断裂构造密切相关。

富铜矿体的形成必须要有深部的构造。这种构造表现为两种形式:①断裂构造提供成矿物质的通道。VII号矿体在褶皱构造的核部,存在深部的构造通道,这一通道为成矿提供物质来源,含矿流体沿断裂带上升,在褶皱构造的核部,由于成矿动力条件的改变,使得成矿流体的温度、压力等产生改变,在褶皱核部具有一定的空间的位置沉淀成矿;②断裂构造对先期形成构造的改造作用使得矿体形态复杂化。由于矿区中普遍存在隐伏的断裂构造,所以对构造作用过程的研究难度较大。从VII号矿体的构造分析认为,在坑道内可以见到,铜矿体边上均存在断裂的破碎带,这些破碎带与地层的走向几乎一致。

(3) 断裂对与成矿有关的岩浆岩及含矿流体的控制

矿床内各矿体铜品位 0.1%~0.5% 的分布比较普遍;矿床内各矿体品位 1.0%~2.0% 的分布、品位 0.5%~1.0% 分布与矿体铜品位大于 5% 的分布图有相同的控制因素,但同时又存在明显的差异:矿体铜品位大于 5% 的分布表明矿体长轴的分布方向为北西向,而矿体形成若干个斜列等距的椭圆,椭圆中心联机为北东向,反映了控制富矿形成的断裂构造的双重复杂性。从 I、V、VII号 3 个矿体的品位分布来看,矿体形态比较复杂,鸡窝状、透镜状,品位变化比较大,但矿体大致延伸方向为北东向尚能显示,反映了区域构造和地层对成矿的控制作用;同时反映了 34 勘探线附近为矿的岩浆岩通道和丰富的含矿流体的来源。

根据上述分析,在前人研究基础上,发现构造定位作为直接控制富铜矿体的重要关键因素而未被重视,由此开展一系列研究,从而达到扩大富铜矿体储量的目的。这一问题的解决,对矿山的可持续发展具有重要的意义。

本文是作者在陈国达先生的成矿构造研究法的直接指导下,从事构造成矿与找矿预测研究多年的成果总结,这些成果的取得得到了陈先生的直接指导。陈先生的这些学术思想将激励我们在今后的工作中为国家的经济建设多作贡献。谨以此文表达对陈先生多年的指导。

参考文献：

- 陈广浩,张湘炳,王岳军,胡国龙,章新寿,闵东川. 1998. 洋鸡山金矿床构造成矿与找矿初步研究. *大地构造与成矿学*, 22(3):191-197.
- 陈广浩,张湘炳,王岳军,胡国龙,章新寿,闵东川. 1999a. 江西瑞昌洋鸡山金矿构造控矿特征及找矿意义. *地质与勘探*, 35(5):13-15.
- 陈广浩,张湘炳,王岳军等. 1999b. 江西洋鸡山金矿找矿实践中的构造问题. *湖南地质*, 14(2-3):71-74.
- 陈国达. 1965. 地洼区——后地台阶段的一种新型活动区. 北京:科学出版社, 1-52.
- 陈国达. 1978. 成矿构造研究法. 北京:地质出版社, 124-154.
- 陈国达. 1996. 地洼学说——活化构造及成矿理论体系概论. 湖南:中南工业大学出版社, 340-347.
- 崔彬,李忠文. 1992. 江西九-瑞地区铜金成矿系列. 武汉:中国地质大学出版社.
- 邓军,孙忠实,杨立强,陈学明,肖荣阁,杜子图. 2000a. 成矿流体运动系统及金质来源和富集机制讨论. *地质科技情报*, 19(1):41-45.
- 邓军,杨立强,翟裕生,孙忠实,陈学明. 2000b. 构造-流体-成矿系统及其动力学的理论格架与方法体系. *地球科学——中国地质大学学报*, 25(1):71-78.
- 黄怀勇,张洪恩,张湘炳,陈广浩. 2002. 云南省金矿资源远景评估. *黄金科学技术*, 10(3):7-12.
- 向才富,庄新国,张文淮,张志坚. 2000. 成矿流体运移的输导体系研究——以右江地区微细浸染型金矿为例. *地质科技情报*, 19(4):65-69.
- 徐兴旺,蔡新平,秦大军,王杰,梁光河,张宝林,高浩中,张小允,刘立金,薛世强,刘成深,周林科. 2000. 山东七宝山角砾岩筒流体双重致裂机制与金铜成矿. *中国科学(D)*, 30(1):47-52.
- 徐兴旺,蔡新平,王杰,张宝林,梁光河. 2001. 流体构造动力学及其研究现状与进展. *地球科学进展*, 16(3):324-331.
- 翟裕生. 1992. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律. 北京:地质出版社.
- 张湘炳. 1982. 成矿构造理论的研究. *大地构造与成矿学*, 6(2):141-152.
- 张湘炳,李志纯,彭文澜. 1993. 构造与金成矿规律. 北京:地质出版社.
- 张湘炳,陈广浩,吴玺虹,黄怀勇. 2000. 云南省金矿区域成矿特征及构造成矿区划. *大地构造与成矿学*, 24(2):97-102.
- 张湘炳,陈广浩,吴玺虹,黄怀勇. 2000. 云南省金矿构造成矿区划及区域成矿特征. *大地构造与成矿学*, 24(增刊):2-9.
- 邹长林. 1994. 江西九瑞地区铜金矿成矿模式及其预测找矿

意义. *江西地质*, 7(4):254-265.

References:

- Chen Guanghao, Zhang Xiangbing, Wang Yuejun, Hu Guolong, Zhang Xinshou and Min Dongchuan. 1998. Preliminary research on the tectonometallogeny in the Yangjishan gold deposit and its prospecting. *Geotectonica et Metallogenia*, 22(3): 191-197 (in Chinese with English abstract).
- Chen Guanghao, Zhang Xiangbing, Wang Yuejun, Hu Guolong, Zhang Xinshou and Min Dongchuan. 1999a. Ore-controlling structure of Yangjishan gold deposit in Jiangxi and ore-hunting indicator. *Geology and Prospecting*, 35(5): 13-15 (in Chinese with English abstract).
- Chen Guanghao, Zhang Xiangbing, Wang Yuejun et al. 1999b. Structural problems of seeking mineral practice at Yangjishan gold mine, Jiangxi. *Hunan Geology*, 18(2-3): 71-74 (in Chinese).
- Chen Guoda. 1965. Diwa region—a new-type post-platform mobile region. *Geotectonic Problem of China*. Beijing: Science Press, 1-52 (in Chinese with English abstract).
- Chen Guoda. 1978. Methods of metallotectonic researches. Beijing: Geological Publishing House, 124-154 (in Chinese with English abstract).
- Chen Gouda. 1996. Diwa theory—Outline on activated tectonics and metallogenic theoretic system. Changsha: Central South University of Technology Press, 340-347 (in Chinese with English abstract).
- Cui Bin and Li Zhongwen. 1992. Series of copper-gold mineralization at Jiujiang-Ruichang area in Jiangxi Province. Beijing: China University of Geosciences Press (in Chinese with English abstract).
- Deng Jun, Sun Zhongshi, Yang Liqiang, Chen Xueming, Xiao Rongge and Du Zitu. 2000a. Discussion on gold origin and rich mechanism of ore-forming fluid movement. *Geological Science and Technology Information*, 19(1): 41-45 (in Chinese).
- Deng Jun, Yang Liqiang, Zhai Yusheng, Sun Zhongshi and Chen Xueming. 2000b. Theoretical framework and methodological system of tectonics-fluids-mineralization system and dynamics. *Earth Science - Journal of China University of Geosciences*, 25(1): 71-78 (in Chinese with English abstract).
- Huang Huaiyong, Zhang Hong'en, Zhang Xiangbing and Chen Guanghao. 2002. The gold resource pre-estimating for Yunnan province. *Gold Science and Technology*, 10(3): 7-12 (in Chinese).
- Xiang Caifu, Zhuang Xingguo, Zhang Wenhui and Zhang Zhi-

- jian. 2000. Studies on the pass - way systems of the ore - forming fluids: according to the Carlin type gold deposits in Youjiang district. *Geological Science and Technology Information*, 19(4): 65 - 69 (in Chinese).
- Xu Xingwang, Cai Xinping, Qing Dajun *et al.* 2000. Fluids double - fracturing genetic mechanism and mineralization of gold - copper of the breccia pipe at Qibaoshan in Shandong Province. *Science in China (Series D)*, 30(1): 47 - 52.
- Xu Xingwang, Cai Xinping, Wang Jie, Zhang Baolin and Liang Guanghe. 2001. Tectonic dynamics of fluids and its advance. *Advance in Earth Science*, 16(3): 324 - 331 (in Chinese with English abstract).
- Zhai Yusheng. 1992. Rules of iron - copper - gold mineralization in the middle - lower reaches of the Yangtze River. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Zhang Xiangbing. 1982. Comment on metallotectonic theoretic research. *Geotectonica et Metallogenia*, 6(2): 141 - 152 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Xiangbing, Li Zhichun and Peng Wenlan. 1993. Tectonic and gold - metallogenic rules. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Zhang Xiangbing, Chen Guanghao, Wu Qianhong and Huang Huaiyong. 2000. Regional gold - forming characteristics and gold - forming tectonic zoning in Yunnan province. *Geotectonica et Metallogenia*, 24(2): 97 - 102 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Xiangbing, Chen Guanghao, Wu Qianhong, Huang Huaiyong. 2000. Gold - forming tectonic zoning and regional gold - forming characteristics in Yunnan province. *Geotectonica et Metallogenia*, 24(suppl.): 2 - 9 (in Chinese with English abstract).
- Zou Changlin. 1994. Ore - forming models of copper and gold deposit in Jiujang - Ruichang area, Jiangxi Province and its prospecting significance. *Geology of Jiangxi*, 7(4): 254 - 265 (in Chinese).

EXAMPLES OF APPLICATION OF METALLOTECTONIC RESEARCH METHOD TO ORE PROSPECTING IN HAZARDOUS ORE DEPOSITS

CHEN Guanghao, SU Yong and ZHANG Xiangbing

(Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, GD 510640, China)

Abstract: In this paper the essence of metallotectonic research method was extensively studied together with progresses made in studies related to regional metallogeny, metallogenetic orientation mechanism, metallogenetic dynamics, etc. The Yangjishan gold deposits in Jiangxi, the Shenjiaya gold deposits in Hunan and the Dongxiang copper deposits in Jiangxi were taken as three examples for metallogenetic study and prediction for ore prospecting. In this way the new achievements made in metallotectonic research methods were elucidated, and from the point of metallotectonics, the significance of metallotectonic research method in metallogenetic regularity - related study and in prediction and prospecting of ores was deeply comprehended.

Keywords: metallotectonic research method; prediction of hazardous ore deposits; example