岩体接触带－断裂扩容构造控矿模式及其在铜山铜矿深部找矿中的应用

刘亮明[1],王建青[2],詹德光[3]

(1. 中南大学 计算地学研究中心,湖南 长沙 410083;2. 铜陵有色金属集团 控股有限公司 地质勘察分公司,安徽 铜陵 244002;3. 铜陵有色金属集团 控股铜山矿业有限公司,安徽 池州 247127)

夕卡岩型矿床是地壳中最丰富的矿床类型之一,历来是矿床研究的重要对象。然而,由于与这类矿床与夕卡岩及中酸性岩浆岩的密切空间关系,长期以来对于这类矿床的形成机制的研究主要集中于夕卡岩及相关岩浆岩的地质地球化学特征以及它们之间的成因关系,或者是与岩浆相关热液系统的热过程、化学过程和动力学过程(Einaudi 等,1981;Burt,1982; Meinert 等,2000)。对于构造在成矿中的作用以及作用的机制却未予足够的重视,这无疑阻碍了对矿体空间定位机制的认识。本文主要在总结铜陵－安庆地区的几个典型夕卡岩铜矿床的特征的基础上,分析矿体定位的空间规律,提出接触带－断层套合扩容构造控矿模式,并介绍了这一模式在铜山铜矿深部找矿中的应用效果。

1 扩容构造对热液成矿的重要性

热液成矿作用是热液运载成矿物质在一个相当长的时期向某些固定的局部空间聚集。要实现这种物质的有序化聚集,必要具备两个方面的条件:一是扩容空间,因为矿体所定位的空间原本为固液相互平衡的多孔岩石介质,如果不增加孔隙(包括裂隙)的容积,成运载成矿物质的流体就不可能向这个空间聚集;二是有序的动力条件,因为没有有序的动力作用,就不可能维持流体长时间地向固定的局部汇流。事实上,这两个方面的条件是相互耦合的,即多孔介质的扩容可以降低孔隙流体的压力,通过流体压力差为流体流动提供动力条件;而流体的汇聚又会使流体压增加,可以通过液压致裂导致岩石的孔隙度的增加。

夕卡岩通常被看成是岩石交代的产物,交代作用也通常被看成是等体积的置换反应。但事实上,夕卡岩型矿床的矿体却显示出明显的充填特征,而且矿体充填的空间一般表现为一个扩容构造空间,所以可以推断:扩容构造在夕卡岩型矿床的矿体定位起着至关重要的作用。

2 岩体接触带成矿规律及其与断裂构造之关系

铜陵—安庆地区的是我国最重要的夕卡岩型矿床分布区,通过对区内的凤凰山、铜山矿和安庆等典型夕卡岩铜矿床的调查分析,发现矽卡型矿体的空间定位表现出如下规律性:第一、任何岩体都不可能沿整个接触带都形成夕卡岩和矿体,只在接触带的很少一部分形成工业矿体,矿化和无矿化的接触带的围岩并没有本质的区别;第二、虽然矿体总与夕卡岩紧密相相伴,但与大矿体相伴的夕卡岩与相伴小矿体的矽卡却在成分及发育程度上并没有本质的差别;第三、真正的含矿夕卡岩型矿石在矿床中所占的比例并不高;第四、夕卡岩虽然通常被看成是交代作用的产物,但夕卡岩型矿床的主矿体的宏观特征及矿石矿物的微观特征都显示出明显的充填特征;第五、主要的矿体往往定位于与接触带套合的断裂构造中。

3 岩体接触带套合断裂构造扩容机制及其扩容规律性

上述岩体接触带成矿规律表明,夕卡岩矿体的定位不仅受岩体接触带控制,也同样受与接触带套合的断裂构造控制。接触带为矿石沉淀定位创造了有利的化学条件,而断裂构造则为成矿流

基金项目:国家自然科学基金项目(40772195);教育部博士点学科基金项目(20050533038)

体的汇流和矿石的沉淀创造有利于的物理条件，其作用机制主要是通过扩容来实现。断裂构造扩容的效率影响到矿石沉沉淀的效率和机制，快速的扩容(如隐爆)可以使流体压力快速降低，从而导致矿石在非常局限的空间内快速沉淀。扩容的规模决定了矿体的规模，大规模的扩容可以导致的大规模的流体汇聚，为矿石的大规模沉淀创造空间条件。

与接触带套合的断裂构造的形成是区域构造应力场、高温岩体和围岩的不均匀收缩以及特殊的物质非均匀性分布等共同因素作用的结果。计算模拟结果显示，在岩体的同构造冷却过程中，沿岩体的接触带能形成分布不均的扩容区，在扩容区内首先发生岩石破裂，并导致周围流体向扩容破裂区汇聚，而且已发现的矿体都位于扩容区内，越大越强的扩容区所含的矿体的规模也越大(Liu 等，2005)。

从凤凰山、铜山和安庆铜矿的实际地质特征来看，能形成大规模矿体的高效扩容机制主要是断裂构造的伸展剪切，由于断裂构造的主裂面在剖面上总是呈波状的，这样使得陡倾的部分发生大规模张开，形成大规模扩容空间，从而形成大规模矿体；而缓倾斜部分的扩容十分有限，从而出现矿体变小，甚至出现无矿地段(图 1)。

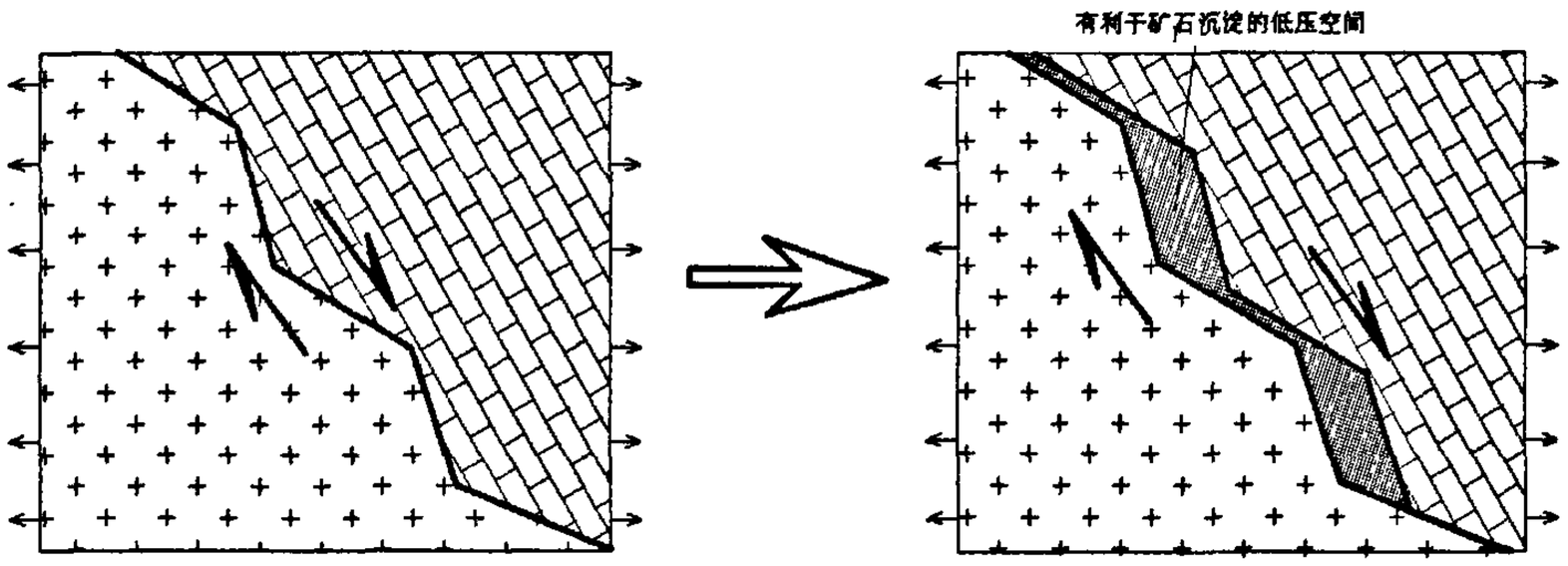

图 1 接触带－断裂伸展剪切扩容构造控矿概念模式

4 铜山铜矿的扩容构造控矿模式及其在深部找矿中的应用效果

刘亮明(2001 年)在分析铜山矿田的找矿前景时，就发现铜山铜矿的矿体是受与接触带套合的断裂构造控制，而且是矿体的膨大部位是陡倾斜的部位，矿体变小并趋于尖灭的部位是缓倾斜的部位(图 2)，并据此提出了波状断裂的伸展剪切扩容构造控矿模式(图 1)。2005 年，我们在进行铜山铜矿资源潜力调查和铜山铜矿接替资源勘查项目论证时，就是应用这一模式进行矿体预测分析的。按照这种模式，我们预测是前山南部的深部是最具把握的隐伏矿体勘查靶区，区内现有的 4 号、29 号等主矿体沿倾向方向尖灭后，在深部还会出现新的矿体。据此预测结论，在沿倾向方向设计了钻探工程进行验证和勘探。钻探工程见矿效果非常好，已在深部揭示了很好的矿体，基本情况与我们预测结论一致。在深部新揭露的矿属于原 4 号矿体的尖灭再现，初步控制的铜金属储量在 13.6 万 t 以上，成为国家危机矿山接替资源勘查项目实施以来最突出的找矿成果之一。

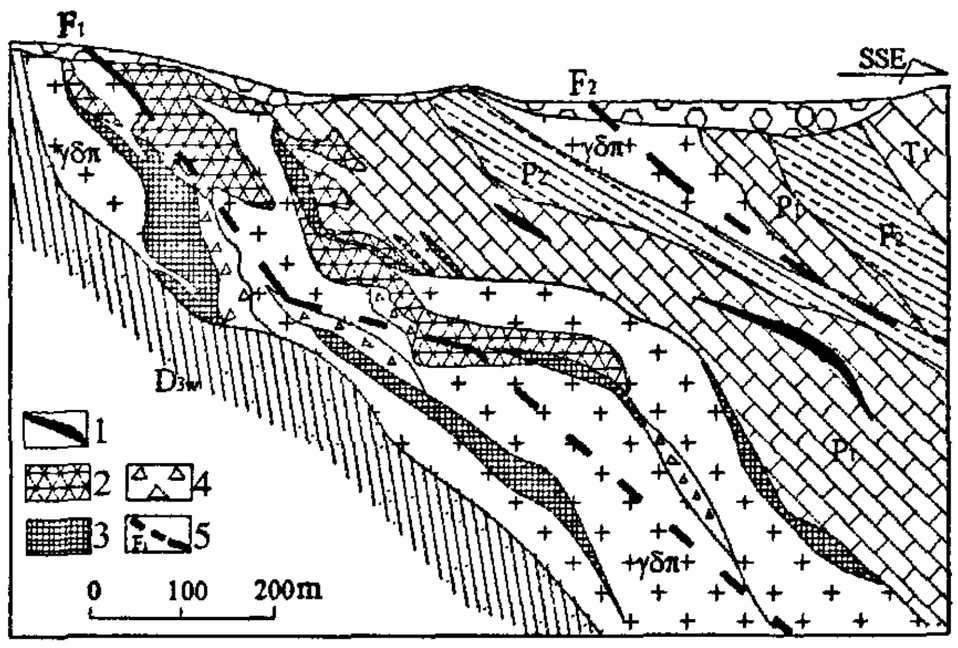

图 2 铜山铜矿床切过主要矿体的剖面图

Q-第四系沉积物；T_1-下三叠统灰岩；P_2-上二叠统砂页岩；P_1-下二叠统灰岩；D_{3w}-上泥盆统五通组砂岩类；γδπ-花岗闪长斑岩；1－煌斑岩脉；2－夕卡岩；3－铜矿体；4－角砾岩；5－断层

5 结 语

在接触带形成夕卡岩型矿体并不是交代蚀变

的必然结果，与接触带套合的断裂构造的扩容是成矿的重要条件，快速的扩容可以使流体的压力快速降低，从而促使矿石在局限的空间内快速沉淀；大规模扩容可以为大规模流体汇聚创造条件，从而促使大规模矿体的形成。有效的大规模扩容机制是沿波状起伏的断裂面的伸展剪切，这样能在断裂的陡倾部分导致大规模的扩容，形成粗大的矿体，而断裂的缓倾斜部分却扩容十分有限，就会使矿体变小并趋于尖灭。这种扩容机制造成了矿体沿倾向的尖灭再现。铜山铜矿的控矿构造就符合这一模式，按照这一模式设计的深部勘探工程已在深部证实了预测的矿体。

参 考 文 献：

刘亮明. 铜陵有色金属(集团)公司委托项目研究报告：铜山矿田找矿前景分析及预测研究技术方案，2001.

Burt D M. Skarn deposits—historical bibliography through 1970. Economic Geology, 1982, 77: 755 – 763.

Einaudi M T, Meinert L D, Newberry R J. Skarn deposits. Economic Geology, 1981, 75th anniversary Volume: 317 – 391.

Liu L M, Yang G Y, Peng S L. Numerical modelling of coupled geodynamical processes and its role in facilitating predictive ore discovery: An example from Tongling, China. Resource Geology, 2005, 55(1): 21 – 31. Meinert L D, Lentz D R, Newberry R J. A special issue devoted to skarn deposits: introduction. Economic Geology, 2000, 95: 1183 – 1184.