

东川式层控铜矿中 非层状矿体的形成机制初议

华仁民 阮惠础 倪培

(南京大学地球科学系)

提 要 本文分析和归纳了东川式层控铜矿中非层状矿体的形成方式,认为主要由断裂构造活动所致;并对构造活动形成新的脉状矿体或使层状矿体加富的主要机制、刺穿体中的凤山型矿体成因等进行了讨论。

关键词 非层状矿体 刺穿构造 断裂构造活动 碳氧同位素 东川

东川式铜矿是产于中元古界昆阳群中的层控铜矿床,由层状矿和非层状矿组成,其中层状矿体显然是东川式铜矿的主体,产在落雪组底部和因民组、落雪组之间的过渡层。关于其成因已有许多文章论述(龚琳等,1981;冉崇英,1983、1989;施林道,1988;阮惠础等,1988;华仁民,1989)。非层状矿体的规模虽远不及层状矿体,但其品位一般较富,故仍具有一定的工业意义。尤其在易门凤山、东川汤丹和因民等处,非层状矿体占有相当重要的比例。

东川式铜矿中各种非层状矿体的形成机制比较复杂。从控制非层状矿体形成的主要因素来看,可以把它们分为三种类型:(1)由构造作用形成的;(2)由变质作用形成的;(3)由岩浆作用形成的,其中以第一类为最重要。

1 构造作用形成的非层状矿体

在东川式铜矿的非层状矿体中,由构造作用(主要是断裂构造及与之有关的构造活动)所控制的矿体是最广泛、最重要的一种。

对于东川式铜矿来说,断裂构造始终是极重要的控矿因素,因为它从昆阳拗拉谷的起始到消亡一直是占支配地位的构造活动(华仁民,1990)。从安宁河-绿汁江大断裂、小江断裂,到拗拉谷内的各级生长断层,再到更次一级的断裂破碎带,直至更小的、直接被矿脉充填的各种构造裂隙、层间裂隙,组成了互相联系的、庞大复杂的断裂构造体系或网络。

具体来说,构造作用对于非层状矿体的形成和控制主要有以下三个方面:

1.1 构造裂隙控制脉状矿体

构造裂隙在许多情况下直接为脉状矿体提供了导矿通道和(或)容矿空间,这类脉状矿体在东川、易门等地发育较广。例如东川汤丹矿区,由于它处于小江断裂与宝台厂-九龙断裂的交汇部位,所以构造活动较强烈,构造裂隙十分发育;该区的构造裂隙主要分为大角度切割地层和层状矿体的裂隙以及与走向一致的裂隙两种,后者包括层间裂隙。东川因民地区也发育有沿裂隙充填的脉状富矿。易门地区这类脉状矿体更为发育。

1.2 构造引起的刺穿作用

刺穿作用也叫穿刺作用,是指层位上较老的岩石沿着某一断裂构造刺穿上来,挤入较新的层位之中。这种刺穿进来的较老岩石称为刺穿体。刺穿构造在易门地区较为发育,尤其在凤山,矿化主要与刺穿作用有关。刺穿体常为紫色层泥质白云岩等,并含大量角砾岩。目前对凤山地区产于绿汁江组凤山段白云岩中的刺穿体的来源有两种不同意见,一种认为是因民组刺穿上来;另一种认为是绿汁江组狮山段刺穿上来(杨应选等,1988;冉崇英,1989)。笔者赞同后者,即:狮山段紫色层等岩石沿背斜轴部的断裂构造向上挤入凤山段白云岩中,并在凤山段中形成新的矿体^①。

易门地区的刺穿构造与底辟构造比较类似,但前者表现出更明显的块断性质。

1.3 构造使层状矿体受改造而变富

这种构造加富作用表现为当后期断裂构造通过层状矿体时,断裂附近的矿体局部受热液作用而变富。例如易门狮山矿区,产于狮山段上部黑色层中的层状矿体一般为贫矿,它们与岩层产状一致,多呈北东走向。当北西向断裂切过这些矿体时,断裂附近的矿体品位明显变富;离断裂稍远,品位又变贫。在易门梭佐,层状矿体品位较低,仅为0.3%左右,只有断裂发育的地段,品位才达到0.7~0.8%,成为工业矿体。在东川因民面山矿段,笔者见到一些晚阶段沿裂隙充填的石英脉切穿层状矿体。该层状矿体产于落雪组含藻白云岩中,具典型的“马尾丝”状构造。在石英脉切割“马尾丝”矿之处,可见到脉壁的黄铜矿向含藻层渗透、扩散的现象(图1),使石英脉两侧附近的“马尾丝”状贫矿体明显加富。

2 与断裂构造有关的非层状矿体形成机制的讨论

断裂构造作用对于非层状矿体的控制是比较复杂的,笔者认为这类非层状矿体的成因特征及形成机制主要有以下几个方面:

2.1 形成时间

前人资料基本上都认为非层状矿体晚于层状矿体。笔者认为,对于大部分脉状矿体来说情况确是如此,尤其是那些明显切穿层状矿体的以及明显沿着晚期构造裂隙充填的脉状矿体更是如此。但是,并非所有的非层状矿体都是晚期形成的,有相当一部分非层状矿体与层状矿体是同一成矿阶段的产物。

^① 华仁民. 南京大学地球科学系博士学位论文. 1987

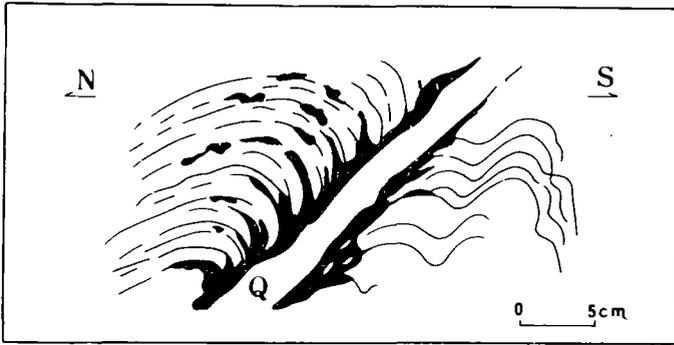


图1 因民面山2350中段30号洞坑道壁素描

Fig. 1 Sketch showing the enrichment of "horse-tail" ore by late filling quartz-chalcopyrite vein

例如易门铜矿产于刺穿体中的凤山型矿体,其形成应与狮山型层状矿体同时。因为在刺穿体控制的矿体之下或附近,狮山段地层或是缺层、或是缺失,或是无矿化。也就是说凤山型矿体与狮山型矿体在剖面上不重叠^①。这表明凤山型矿体并不切穿狮山型矿体。控制刺穿体及凤山型矿体的断裂主要是与绿汁江深大断裂平行的南北向断层,很可能是昆阳拗拉谷中的同生断层。这些断层在狮山区成为控制改造热液循环对流以形成狮山型层状矿体的主导因素;在凤山区则先导致

狮山段等层位刺穿并挤入凤山段白云岩中,然后在刺穿体内部裂隙发育处和刺穿体旁侧白云岩中形成矿化。

表1 易门狮山矿和凤山矿矿石和脉石的若干稳定同位素组成对比(单位均为‰)

Table 1 Some stable isotope compositions of ores and gangue in Shishan and Fengshan deposits

项 目	狮 山	凤 山	数 据 来 源
$\delta^{34}\text{S}$	-4.5~+19.1	+1.8~+19.5	冉崇英 1989
δD (包裹体水)	-71.8	-61.3	
$\delta^{13}\text{C}$ (脉石)	-0.74	0.16	本 文
	-1.12	0.04	
$\delta^{18}\text{O}$ (脉石)	18.39	18.19	冉崇英 1989
	18.73	19.06	本 文

本文数据由南京大学地球科学系中心实验室测定

简而言之,易门地区的狮山型层状矿和凤山型刺穿体矿都是改造型矿体,其形成机制与东川层状铜矿的大致相同(华仁民,1989),差别只是凤山的构造更发育,因而在改造热液成矿作用之前发生了刺穿构造,使矿化与构造裂隙关系较密切而已。这也反映了凤山区比狮山区更接近于某一热点或构造-热活动中心。凤山和狮山两种类型矿化的差异确实只是表现在前者温度稍高(包裹体测温凤山144~300℃、狮山105~200℃,据冉崇英,1989),二者矿石及脉石的稳定同位素组成则是基本上一致的(表1),而且都反映了成矿流体具有地层水的特征。因此,按照笔者关于沉积-改造成矿的热液对流循环机制(华仁民,1989),凤山地区显然更靠近深断裂。

某些持火山成因观点的研究者认为从凤山刺穿体向菜园河到狮山,显示出从火山喷口→

① 吕成江,东川式铜矿论文选编,1986

近火山热液成矿→远火山沉积成矿的变化^①,笔者觉得现有资料尚不足以得出这一结论。

2.2 矿体的成矿物质来源和形成机制

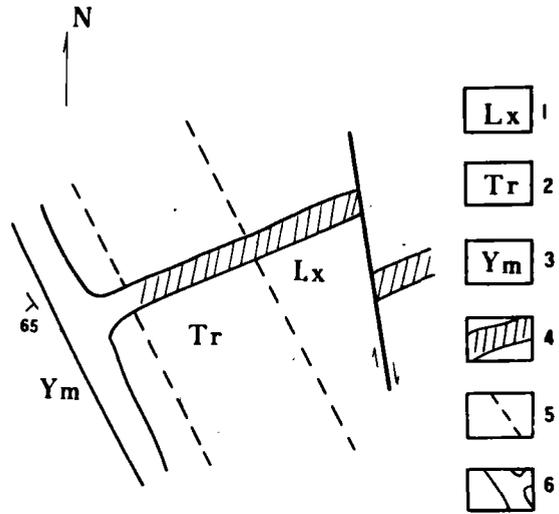
笔者认为,对于绝大部分由构造作用形成的非层状矿体来说,它们的形成过程主要是成矿物质在某一局部范围的重新调整和分配,即由流体把原来层状矿体中以及附近的铜重新迁移到一个不太远的构造空间和适宜的岩性层位,形成新的脉状或其他形态的矿体。下面一些特征可作为证据:

(1)当断裂切过层状矿体时,裂隙充填式富矿常产在层状矿体的上盘围岩中。例如易门狮山地区的层状矿体被断层切割后,在上盘白云岩中形成品位高达 20% 的裂隙充填型富矿,其成矿物质显然来自其下不远的层状矿体。

(2)脉状矿体的形成除了需要构造裂隙作为赋存空间外,且局限于一定层位,这是因为铜矿体的形成需要一定的物理化学条件。因此,构造作用引起的脉状矿体也基本上产于层状矿体的赋矿层位。东川因民矿 3 号裂隙富矿就是这样一个例子。虽然裂隙切过因民组、过渡层和落雪含藻层,但是裂隙中所充填的脉状富铜矿体,却只发育在落雪含藻白云岩和过渡层的范围内;当裂隙进入因民组时,矿化也随之“消失”了(图 2)

(3)受构造控制的脉状矿体中产出的方解石,其碳、氧同位素组成与层状矿体的围岩基本一致,其 $\delta^{13}C$ 值为 +0.21‰,接近零值,说明碳来自海相碳酸盐;其 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 为 17.42‰,略小于层状矿体围岩值(平均 $\delta^{13}C$ 为 +0.83‰, $\delta^{18}O$ 为 20.48‰,据华仁民等,1988)。这表明,受构造控制的脉状矿体与层状矿体在碳、氧同位素组成上仍保持着平衡。这与下文所说的由岩浆作用形成的脉状矿体是完全不同的。

(4)这类脉状矿体在空间分布上与层状矿体有一定的反消长关系。即在同一地段,很难见到上述两类矿体都很发育的情景,而往往只有其中的一种较为发育。在脉状铜矿发育的地段,层状铜矿一般不稳定,甚至构成无矿带。造成这种现象的原因可能是由于矿源较为有限或距离较远,在形成层状矿体之后不能再继续提供成矿物质以形成另一次矿化。因此,当晚期断裂构造及与之有关的温度升高、流体重



1. 落雪组含藻层 2. 过渡层 3. 因民组 4. 3号裂隙富矿在坑道中产出位置 5. 地层界线 6. 坑道

图 2 因民英歌架矿段 2350 中段 3 号裂隙富矿示意地质图

Fig. 2 Sketch map showing the strata control of No. 3 fissure-filling ore vein

① 施林道. 东川式铜矿论文选编. 1986

新活动等发生时,成矿元素主要地不是从矿源层活化转移而是从层状矿体中活化转移,即在较小的范围内发生重新分配,并导致脉状矿体的形成。

2.3 成矿部位

与层状矿体相比,这类脉状矿体形成于较开放的体系或较浅的部位。笔者对这两类矿体中伴生石英的包裹体气相成分进行了测定(表 2),其结果表明,裂隙充填型矿脉(DY20)石英中 CO_2/CH_4 比值远大于层状矿体或与岩浆活动有关的脉状矿体。这与裂隙充填型脉状矿体多分布于浅部的特征是吻合的。

表 2. 不同类型矿体中石英的包裹体某些气相成分分析结果

Table 2 CO_2 and CH_4 contents in fluid inclusions of quartz in different kinds of ore bodies

样品号	样品名称及地点	CO_2	CH_4	CO_2/CH_4
DLX41	落雪稀矿山层状矿体	15.68	0.51	-18.64
DY20	因民英歌架裂隙充填富矿	24.61	0.115	214.29
DLX13	落雪小溜口与火成岩有关的含矿石英-碳酸盐脉	15.68	0.85	18.45
DLX21		15.00	1.01	14.45
DLX62		17.31	0.51	33.94

由南京大学地球科学系蒋浩深测试。 CO_2 和 CH_4 单位为 ml/100g。

3 由变质作用形成的脉状矿体

由于多年来“沉积-变质”成因观点占据了统治地位,所以,大部分前人资料都认为东川式铜矿中的非层状矿体(以脉状矿体为代表)是由变质作用形成的。本文前一节中所论及的由构造作用引起的脉状矿化,也都被归结为变质脉。笔者对此持有异议。

首先要指出的是,东川式铜矿所赋存的昆阳群有关层位的变质程度很浅,可归属埋深变质作用中的中、低压型^①,温度和压力都较低。这样的条件可以使围岩的白云岩发生普遍的重结晶,也可以形成一些石英脉,引起硅化乃至局部的绢云母化,但是这一条件显然不足以引起成矿物质的大规模活化转移和重新富集。因此,区域变质作用是难以形成富铜脉状矿体的。

从脉状矿体的形态等特征来看,它们也与典型的变质脉不同。在变质脉的周围,往往有褪色晕或边缘,其形态主要呈透镜体状(Fleischer 等,1976),与东川、易门等地由构造裂隙形成的矿脉(见图 1)是不同的。

东川式铜矿矿体和矿石特征中真正属于变质作用的并不多,有些则是改造作用的产物。因此,“沉积-改造”成因比“沉积-变质”成因更能反映东川式铜矿的实际情况。至于广义的“变质作用”在形成非层状矿体或对层状矿体进行改造方面所作的贡献可以归结为三类:

3.1 区域变质作用

^① 卢良兆等,长春地质学院科学研究报告年鉴,1985

变质程度较浅,对晚期矿化起的作用不大;

3.2 构造热动力变质作用

即本文前述由构造作用形成的非层状矿体以及对层状矿体的改造加富;

3.3 接触变质作用

主要是岩浆活动引起的接触交代变质形成少量脉状矿体。

4 由岩浆活动形成的非层状矿体

对于与岩浆活动有关的非层状矿体,前人论述较少。持“火山沉积-变质”观点者强调早期火山活动对层状矿体形成的作用而未涉及后期岩浆活动的意义。

笔者认为后期岩浆活动与矿床的关系主要有三个方面:一是对早期矿体起破坏作用;二是产生接触交代变质作用对矿体进行改造;三是形成一些新的矿化类型,其中最主要的是东川白锡腊产于因民组角砾岩中与辉长辉绿岩有关的富铜铁矿化。

与构造作用形成的矿体不同的是,某些与岩浆活动有关的矿体(或矿化)在形成过程中明显有深源物质的带入,这表现在伴生方解石脉的碳氧同位素组成上。前文述及,受裂隙构造控制的脉状矿体中产出的方解石,其碳氧同位素组成与层状矿体的基本相同,而某些与岩浆活动有关的方解石的碳氧同位素就与层状矿体及围岩相差较大了。从表3列出的数据可以看出,与辉长岩类(稍晚于昆阳群)有关的方解石脉主要以低 $\delta^{18}\text{O}$ 为特征,而碳同位素仍在零值附近,说明岩浆活动主要是提供了热量。而与澄江期碱性火成岩(华仁民等,1990)有关的方解石脉则主要以低的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为特征,表明有深源岩浆碳的加入。图3表示了这两类不同同位素组成的碳酸盐的对比。

表3 东川落雪矿区与火成岩有关的方解石的碳氧同位素组成

Table 3 Carbon and oxygen isotope compositions of calcite related to igneous rocks in Laoxue mine

样品号	有关火成岩	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}\%$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}\%$
DLX04-A	辉长岩	+0.27	+9.95
DLX04-B		+0.27	+9.93
DLX20	澄江期碱性火成岩	-6.02	+16.16
DLX26		-5.45	+16.98
DLX70		-5.28	+17.25

由南京大学地球科学系中心实验室测试

野外和室内研究表明易门凤山矿区某些矿石具有比较强烈的围岩蚀变,蚀变类型也较多,这可能反映了岩浆活动对凤山型矿体形成所起的作用。至于岩浆活动对非层状矿体形成的控制意义的机理,还有待于更进一步的研究。

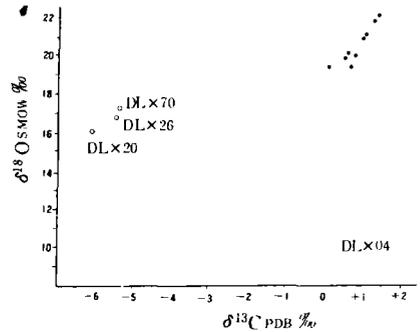
5 结论

(1)东川式铜矿中的非层状矿体主要由断裂构造活动所造成,而变质作用或岩浆活动对它们的形成不起重要作用。

(2)断裂构造活动主要是使成矿物质在局部范围重新调整分配,形成脉状矿体或使层状矿体加富,在此过程中一般未发生成矿物质的大规模远距离迁移。

(3)由构造作用引起的刺穿体及其中的凤山型矿体不是对狮山型层状矿体的改造;二者都是沉积-改造型矿体,只是前者较靠近构造-热活动中心部位而已。

(4)碳、氧同位素证据表明构造活动形成的非层状矿体与层状矿体保持着同位素平衡,而岩浆活动则有深源物质带入。



(样号见表3,黑点为层状矿体的围岩白云岩)

图3 与火成岩有关的方解石在 $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ 图上的位置

Fig. 3 $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ diagram of calcite related to igneous rocks as compared with dolomite hosting stratiform ores

参考文献

- 1 龚琳,王承尧.论“东川式铜矿”的成因.地质科学,1981,(3):203~211
- 2 冉崇英.东川式层控铜矿的成矿模式.中国科学(B辑),1983,(3)
- 3 冉崇英.康滇地轴层控铜矿床的成矿机理.地质出版社,1989
- 4 施林道.云南易门铜矿成因新见及找矿意义.矿床地质,1988,(2)
- 5 阮惠础,华仁民,倪培.东川式铜矿的成因再探.地质找矿论丛,1988,(1):9~22
- 6 华仁民.东川式层状铜矿的沉积-改造成因.矿床地质,1989,(2):3~13
- 7 华仁民.论昆明拗拉谷.地质学报,1990,(4):289~301
- 8 杨应选,仇定茂,阙梅英,张立生,万捷.西昌-滇中前寒武系层控铜矿,重庆出版社,1988
- 9 华仁民,阮惠础,刘燕,黄耀生.东川铜矿的碳氧同位素地质特征.桂林冶金地质学院学报,1988,(1):57~62
- 10 Fleischer V D,等.赞比亚铜矿带地质.Wolf主编,层控矿床和层状矿床,地质出版社,1976,6(中译本)
- 11 华仁民,阮惠础,倪培.东川地区澄江期碱性火成岩的特征及其与裂谷作用关系的初步研究.南京大学学报(地球科学版),1990,(1):85~91

A DISCUSSION ON THE METALLOGENIC MECHANISM OF NON-STRATIFORM ORE BODIES OF DONGCHUAN STRATABOUND COPPER DEPOSITS

Hua Renmin Ruan Huichu Ni Pei

(Department of Earth Sciences, Nanjing University)

Abstract

Although stratiform ore bodies are the dominant form of the Dongchuan type stratabound copper deposits, the non-stratiform ores of higher grade still play an important role in mining production. Three types of metallogenic mechanisms are proposed in this paper i.e. structural activities, metamorphism, and magmatism respectively, among which the first type, especially the fracturing structure, is by far the most predominant. Fracturing structures mainly cause the redistribution of copper within a local domain, to form fissure-filling veins or to enrich the nearby stratiform ore bodies. No great quantity or long distance transportation of ore materials can be found during the ore formation of this type. This is also evidenced by the study of stable isotope compositions. Ore bodies related to the diapiric blocks occurring at Fengshan, Yimen area, belong to a special kind of non-stratiform ore. It was formed in the same way of the stratiform Shishan ores (sedimentation-reworking), but not a result of late-staged reformation of Shishan ores. Neither metamorphism nor magmatism plays an important part to the formation of non-stratiform ore bodies.