

有机质在滇中郝家河砂岩铜矿成矿过程中的作用

普传杰

(昆明冶金研究所)

秦德先

(昆明工学院)

郝家河砂岩型铜矿产于滇中中生代陆相红色碎屑岩建造中,是滇中砂岩铜矿的一个中型铜矿床。本文以矿区宏观地质特征和微观分析数据为基础,论述了有机质参与成矿过程的事实及其在成矿过程中的作用。

关键词: 滇中郝家河; 砂岩型铜矿; 有机质; 成矿过程

郝家河砂岩型铜矿床产于滇中中生代陆相断陷盆地中。盆地基底构造层由太古代变质岩系及元古代昆阳群组成;表层构造层由中生代砂、泥岩组成,其中又分为下部含煤建造,中部含铜建造和上部含盐建造。盆地内的基底构造主要有南北向的元谋—禄汁江深大断裂、程海深大断裂,北西向的红河深大断裂,以及北东向、近东西向构造。受基底构造多期活动的影响,表层构造的褶皱和断裂均较发育,且表现出明显的继承性。

矿区出露地层为上侏罗统八道河组(J_3b)和上白垩统落苴美组(K_2l)。具工业意义的铜矿化主要发生于白垩系落苴美组郝家河段中亚段(K_2lx_2)浅(灰)紫色交互界面上的浅色长石石英砂岩中;郝家河段上亚段灰色泥岩、粉砂岩中亦见有弱的铜矿化。矿带(体)受矿区构造控制十分明显,构造控制着矿带的空间展布和矿体形态、产状,以及矿化富集地段的空间分布^①。铜的原生金属矿物以辉铜矿为主,约占铜矿物的90%,伴生银含量高,可综合回收。

问题的提出

叶连俊先生1963年就曾指出:“有机质的参与和存在是外生矿床形成的必要因素”^[1]。近年来,有机质在成矿中的作用愈来愈引起了矿床学家的重视。涂光炽教授认为,与红层伴生的层控铜矿建造中,储矿层下伏的高碳质层或煤系地层在层控铜矿的形成过程中有重要意义^[2]。

郝家河矿床建造中,下部为煤系地层(高碳质层),中部为渗透性良好的砂岩储层(储矿层),上部为泥岩、粉砂质泥岩盖层,圈闭性良好,在滇中

红层褶皱、断裂形成的动力作用过程中,含煤建造(高碳质层)热降解气液体易于沿断裂等通道运移至上部,被圈闭在砂岩储层中;宏观地质特征表现为:矿区内断裂面及断裂破碎带岩石裂隙中干沥青薄层(膜)、网脉广泛分布,其与矿区含矿浅色层(浅灰色长石石英砂岩)及矿体、矿体富厚地段的分布存在着密切伴生关系。前人也不同程度地注意到了这种空间分布特征,但都很少结合野外地质现象进行有机质与成矿关系的室内研究。笔者在总结前人研究资料的基础上,结合宏观和微观地质事实,对有机质在郝家河铜矿成矿过程中的作用提出粗浅认识。

有机质参与成矿过程证据

1. 地层中有机碳(C_{org})含量的分布

在总结大量测试资料的基础上得出,含矿岩系(包括下部沉积建造)有机碳的分布具有以下特征:

(1) 中生代地层剖面上,自下而上 C_{org} 含量降低:上三叠统为1.4~1.6%;侏罗系为0.033~0.16%(30件样品);白垩系为0.01~0.073%(19件样品)。

(2) 八道河组为0.025%,比区域背景值低;郝家河段0.04~0.063%,比区域背景值高。

(3) 矿区周围郝家河段中 C_{org} 含量低,为0.01~0.03%,如钻孔CK55088、CK002、CK20704中的样品;矿区中部郝家河段中 C_{org} 含量高,为0.05~0.12%,如钻孔CK71040、CK24032中的样

① 普传杰等,滇中郝家河铜矿床的构造控制作用,云南地质(待刊)

品。

(4) 狮子山背斜鞍部及附近地层中 C_{org} 含量比两翼高。

(5) 矿石中 C_{org} 含量比围岩中高, 富矿石中含量更高。脉状富矿石中 C_{org} 含量达0.092% (6件样品)。

矿区地层中有机碳含量的分布总体表现为: 含矿岩系低于下部沉积建造, 即含矿岩系下部沉积建造相对含矿岩系为高碳质层; 矿区周围地层中有机碳的含量低于矿区地层中含量; 构造低压区高于周围高压区、矿石高于围岩、富矿又高于贫矿。这似乎反映了某种地质作用过程中, 有机碳从矿区周围及下部地层向上、向矿区砂岩储矿层中迁移富集的现象。郝家河铜矿矿体的分布集中于矿区主褶皱狮子山背斜弧形弯曲的内侧(西翼)近鞍部, 从空间分布看, 有机碳高值区(层)与矿体集中分布区(层)具有一致性, 有机碳与成矿物质二者似乎具有统一的迁移富集行为, 这种空间关系引起我们的极大兴趣。

2. 有机碳与成矿元素相关性分析

采用R型点群分析, 对矿区浸染状、脉状两种主要矿石类型中的 C_{org} 及Cu、Ag、Hg、Mo、Pb、Zn、Co、Ni、Sb、V等元素进行相关性分析, 以探讨 C_{org} 与成矿元素内在的成因联系。

浸染状矿石中, Cu、Ag、Hg在等于或大于0.39的相关系数下为一个点群(图1), 三者存在

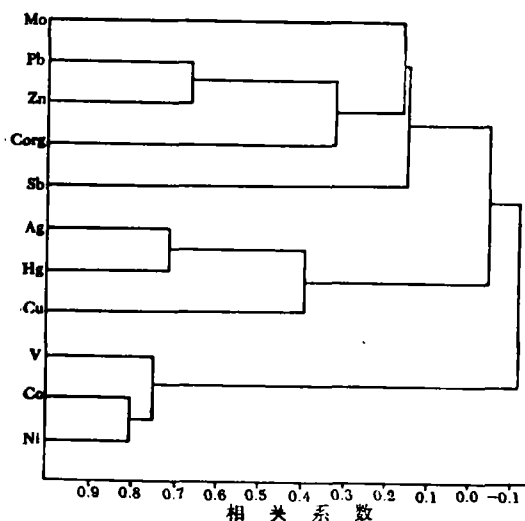


图1 郝家河铜矿床浸染状矿石中一些微量元素R型点群分析谱系图

着成因上的联系, 与因子分析结果一致●; Pb、Zn和 C_{org} 在0.32的相关水平上为一点群, 可能说明有机质主要为易运移的简单烃类, 由于Pb、Zn地球化学性质相对活泼, 易于迁移, 因而三者基本上同步。

脉状矿化以充填作用为主, 交代作用为辅, 矿石中元素间的亲疏成因组合相对地更能反映矿化流体中元素的内在联系。在相关系数大于或等于0.33的情况下可分为4个小区群(图2), 其中Cu、Ag、 C_{org} 、Hg、Mo在0.719的高相关系数下组合为一个小区群, 可见其间的密切关系。

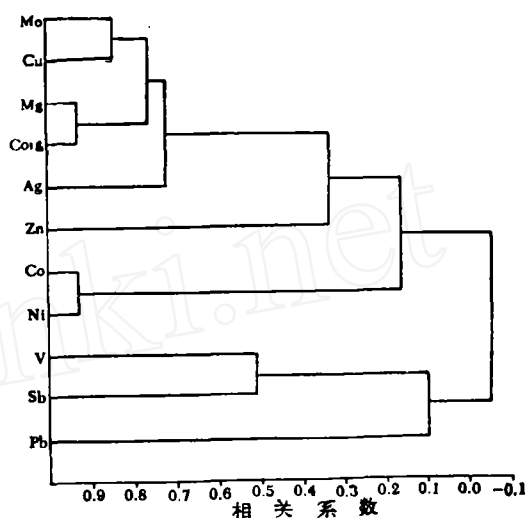


图2 郝家河铜矿床脉状矿石中一些微量元素R型点群分析谱系图

3. 矿物包裹体研究

据20件样品的显微镜观察, 包裹体类型有纯液体包裹体、液体包裹体和气体包裹体, 个别样品中见含液体 CO_2 包裹体。包裹体形态呈圆形、长条形和不规则形等, 个体普遍较小, 一般 $2 \sim 8 \mu m$, 主要分布于各样品的石英碎屑、方解石胶结物及石英、方解石细脉中。在各类包裹体中以纯液体包裹体最发育, 占各类包裹体的总数30~100%; 液体包裹体的发育程度仅次于纯液体包裹体, 其气液比一般为5~15%, 个别达30%以上, 反映了成矿温度和压力均较低, 主成矿阶段均一温度为 $102 \sim$

● 普传杰, 牟定郝家河铜矿床元素地球化学特征及其成因意义, 1991年。

250°C, 压力为 433~522bar。液体包裹体中气相成分主要为CO₂和CH₄, 据 L.S.Hollster 和 R.C.Burruess (1978) 的CO₂-CH₄体系低温低压相平衡图估算, 气相成分中CH₄含量为0.15~0.17克分子数。个别长条形液体CO₂包裹体中(气相CO₂+液相CO₂)/盐水溶液为70%。应该指出的是, 随着靠近断裂及层间滑动破碎带, 液体包裹体的发育程度及气液比呈明显增加趋势。

受设备限制, 本次未能发现(确认)有机质包裹体, 但何毅特、李雷等报道了郝家河矿区见黑褐色原油包裹体赋存于石英方解石晶体中^[3,4]。包裹体为矿物形成过程中, 由于晶格缺陷等原因捕获的部分成矿介质, 据液体包裹体中气相成分以CH₄为主和有机质包裹体的发现, 结合上述矿区有机质的宏观、微观分布特征, 笔者认为有机质参与了郝家河铜矿的成矿过程是无疑的。

有机质在成矿过程中的作用

1. 有机质与浅色层的形成

在各类层控铜矿的地层结构或建造中, 储层的矿化部分一般为浅灰色或灰白色, 统称浅色层^[1]。郝家河铜矿含矿浅色层, 在以同生沉积说指导找矿的60~70年代, 被认为是同生沉积环境下形成的, 随后有人认为是成岩浅色层, 近年来多认为兼有成岩成因和改造成因两种浅色层。笔者经过大量野外

和室内工作, 认为浅色层应属改造成因, 它不是由自身所含有机质所形成的, 而是由于下部含煤建造(高碳质层), 当埋藏深度达2000m以上时, 干酪根热降解产生的各种烃类、活泼性气体, 如CH₄、H₂S、CO₂等, 沿断裂等通道运移至渗透性好、构造圈闭佳的地方, 还原紫色层中的Fe³⁺, 使其改造成为浅色层。其主要依据有:

(1) 浅色层主要分布于背斜部位和断裂两侧, 受矿区构造控制明显, 与沉积相无关。

浅色层与断裂构造的关系: 断裂附近, 特别是断裂上盘往往浅色层厚度增大, 如55号横剖面上F₃₅、F₃₈断裂上盘浅色层变厚, F₁断裂两侧20m范围内紫色层被改造为浅色层, 其中有紫色层岩石残留体。

浅色层与背斜构造的关系: 浅色层主要分布于背斜鞍部附近, 远离背斜鞍部逐渐变薄, 随背斜的倾没而逐渐尖灭。色比值(郝家河段浅色层厚度/郝家河段总厚度)为0.4和0.5的等值线大致呈半椭圆形包围于狮子山背斜鞍部附近, 半椭圆长轴方向与背斜轴迹大体一致。背斜往南东倾没, 色比降低, 浅色层逐渐变薄尖灭; 背斜往北西与朵基背斜交接部位附近, 色比值增高, 浅色层厚度增大。

(2) 浅色层在纵向和横向上总是与紫色层伴生, 浅、紫色层边界形态复杂多样, 或平直或不规则, 多呈波浪状弯曲等, 其受断裂、节理裂隙构造控制; 浅色层斜穿层理现象普遍, 多为由紫色层到米

浅、紫色层中主要氧化物和(%)微量元素(ppm)含量对比表

表 1

层位	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Cu	Ag	Pb	Mo	Cr	Ni	Co	V	B
紫色层(40)	74.13	4.89	1.01	0.86	6.83	1.07	56.99	0.125	20.11	0.97	31.42	12.24	4.96	36.45	34.88
浅色层(无矿化)(41)	69.41	5.58	1.34	0.74	8.70	1.30	27.94	0.28	59.00	4.39	41.73	17.48	5.95	42.95	34.27
浅色层(矿化)(10)	88.28	6.04	1.03	1.45	1.42	0.59	97.25	1.58	66.29	2.17	43.88	24.87	7.64	54.18	33.00

浅、紫色层中矿物成分及粒度分布对比表

表 2

层位	矿物成分及含量(%)							粒度(mm)及其分布(%)						
	石英	长石	岩屑	重矿物	其他	杂基	胶结物	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	0.1~0.05	0.05~0.0039		
紫色层(30)	54.60	6.55	15.71	1.11	0.9	1.4	16.46	0.07	2.14	37.70	31.23	26.29		
浅色层(无矿化)(25)	53.28	6.16	12.85	1.36	0.2	4.6	18.76	0.16	9.25	46.64	27.27	16.14		

注: 括号内数字为样品数

紫色到浅灰色逐渐过渡。郝家河三坑沿脉中见有浅色斑斑沿沉积层分布,可能说明了烃类等活性气液体沿沉积薄弱面的还原作用。

(3) 控制浅色层分布的断裂面、层间滑动面上,以及断裂破碎带中常见干沥青薄膜(层)、沥青质细网脉,沥青脉的存在说明有烃类物质随水介质运移到了这里。

(4) 浅色层砂岩与紫色层砂岩,在化学成分、矿物成分及含量、粒度分布及含量上均无明显区别(表1、表2),矿体与围岩也无明显分界。数学地质研究结果也表明浅、紫色层无沉积物及沉积环境方面的差异●。

2. 有机质与铜的富集

郝家河段下伏八道河组紫红色泥岩、粉砂质泥岩中,Cu区域背景值为130~210ppm^[5],为成矿主矿源层;郝家河段砂、泥岩(背景值Cu 83~103ppm、Ag 0.17~0.29ppm)及基底变质岩系提供部分成矿物质,构成成矿次矿源层。滇中红层褶皱、断裂形成的改造成矿作用过程中,含铜建造下伏高碳质层中的干酪根等热降解,放出大量CO₂、CH₄等有机成因气液体,CO₂与H₂O结合形成含碳酸的溶液,这种溶液在室温和低压下即能从含铜岩石和铜矿物中萃取铜(杨蔚华,1984),使得矿源层中铜等成矿元素活化进入成矿溶液。有机酸能与各种金属离子结合,形成金属有机络合物或螯合物,一些在水中可溶的有机质胶体和微粒,可以通过物理吸附方式聚集金属离子。我国华南早寒武世黑色页岩中分离出镍卟啉和钼卟啉(张爱云等,1986),以及深海沉积物中铜卟啉的发现^[6]均说明了金属有机络合物的存在。郝家河矿床矿石,尤其

是脉状矿矿石中,铜富集与有机碳局部富集的密切空间共生特征,一些沥青质细脉、薄膜(层)的存在,说明了含矿流体中的部分铜可能是以铜的有机络合物形式迁移富集的。

含矿浅色层有机质气相色谱热解分析,谱图峰形尖锐、单一,降解率高达67.5%或更高(中国科学院贵阳地球化学研究所,1984),表明了有机质类型简单,主要应为易运移的烃类所构成。易运移的烃类等气体沿断裂带向上、向构造活动低压空间上升、浓集,其还原紫色层中的Fe³⁺,使其改造成成浅色层,并形成改造成因黄铁矿。矿石中辉铜矿交代黄铁矿以及黄铁矿与辉铜矿二者δ³⁴S值统计学上的无差异性(桂林冶金地质研究所,1975,黄铁矿δ³⁴S-0.6~-2.2%,辉铜矿δ³⁴S0.2~-3.8%)等事实,可以认为成矿过程中先形成之黄铁矿为成矿流体中铜离子沉淀的还原剂,即有机质气液体在成矿过程中为铜沉淀富集的直接或间接还原剂。

本文承蒙昆明工学院孙家骧教授、西南有色地质勘查局柳贺昌高级工程师指导,一并致谢!

参考文献

- [1] 叶连俊,地质科学,1963,第2期。
- [2] 涂光炽等,《中国层控矿床地球化学》,第1卷,科学出版社,1984年。
- [3] 何毅特,西南矿产地质,1990,第4卷,第2期,1~8页。
- [4] 李雷,西南矿产地质,1990,第4卷,第2期,14~20页。
- [5] 卢今才,西南冶金地质,1980,第2期,1~10页。
- [6] Hanot, J. S.,《热液矿床地球化学》,上册,地质出版社,1979年。

The Role Played by Organic Materials in Formation of the Haojiahe Sandstone Type Cu-deposit in Central Yunnan

Pu Chuanjie Qin Dexian

Among the sandstone type copper deposits in central Yunnan, the Haojiahe Cu deposit is medium in size and occurs in a Mesozoic continental red clastic rock formation. On the basis of the study on macroscopic geological characteristics and microscopic data analysis, it is demonstrated that organic materials had really participated in the metallogenic process of the deposit and played an important role.

● 秦德先等,牟定铜矿及其外围成矿规律和成矿预测,1990年。