



# 陕西省穆家庄铜矿床找矿预测与实践

高菊生, 陈连红

(西北有色地质勘查局 713 总队, 商洛 726000)

**[摘要]**穆家庄铜矿床形成于柞水—山阳泥盆纪热水沉积盆中受同生断裂控制的次级深水盆地中, 矿体呈透镜状、似层状沿北西西向构造破碎带产出。文章综合矿区已有地物化资料, 通过对矿床成矿条件研究, 认为矿床属“热水沉积—构造改造”成因。在此基础上, 建立了矿床综合预测标志, 预测了矿床进一步找矿靶位并进行了钻探验证, 取得了较好的效果。

**[关键词]**穆家庄铜矿床 成矿条件 找矿预测与实践

**[中图分类号]**P618.41 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2006)04-0001-04

## 0 前言

穆家庄铜矿床是西北有色地质勘查局 713 队于 20 世纪 80 年代末发现的一小型铜矿床, 通过近几年的综合勘查, 已具中型规模。期间许多地质工作者从不同的角度对矿床进行了大量的研究工作, 成矿理论也从最初的“热液矿床”发展到“热水沉积矿床”。作者通过长期的勘查实践, 结合广大同仁的研究成果, 提出了“热水沉积—构造改造成因”的观点, 供广大地质工作者讨论、借鉴。

## 1 矿床地质背景

陕西省柞水县穆家庄铜矿床位于南秦岭凤县—柞水—山阳华力西褶皱带东部<sup>[3]</sup>(图 1)。区域出露地层有中上泥盆统牛耳川组(D<sub>2n</sub>)、池沟组(D<sub>2c</sub>)、青石垭组(D<sub>2q</sub>)、下东沟组(D<sub>3xd</sub>)、桐峪寺组(D<sub>3t</sub>)和石炭系二峪河组(C<sub>1r</sub>), 岩性为一套沉积韵律发育的夹有热水沉积岩的浅变质海相细碎屑岩—碳酸盐岩, 属浅—半深海浊流沉积相<sup>[4]</sup>。

## 2 矿床地质特征

### 2.1 矿化带及矿体的形态和产状

穆家庄铜矿床是由一系列近于平行的脉状或似层状矿体组成, 矿区已发现 7 个铜矿化带、11 个矿体, 均受北西西向断裂构造控制(图 2), 以 I、II、III 号矿化带为主。

I 号矿化带受 F<sub>1</sub> 断层破碎带控制, 呈北西西向代结构, 其次为氧化矿物的胶体结构。交代结构包

展布, 长 2000 余米, 宽几—几十米, 由 I-1、I-2、I-3、I-4 四个铜矿体组成, 其中 I-1 矿体长几百米, 水平厚度几米, 平均品位 Cu 0. n%。矿石呈脉状、浸染状、团块状及块状。

II 号矿化带受 F<sub>2</sub> 断层破碎带控制, 呈北西西向平行于 I 号矿化带南侧展布, 长 1000 余米, 宽十几米。由 II-1、II-2 两个铜矿体组成, 断续展布长度几百米, 水平厚度几米, 平均品位 Cu 0. n%~n%。矿石呈浸染状、团块状。

III 号矿化带受 F<sub>3</sub> 断裂破碎带控制, 呈北西西向展布, 长 1000 余米, 宽几—几十米。由 III-1、III-2 两个矿体组成, 其中 III-2 号矿体为盲矿体; III-1 铜矿体为矿床主矿体, 地表出露长 100 余米, 深部控制长度达 1000 余米, 控制延深几百米, 厚度几—几十米, Cu 平均品位 n%。矿体总体形态呈似层状向东侧伏延伸, 在走向上、垂向上呈舒缓波状, 总体走向 125°, 倾向北东, 倾角 75°~85°。

### 2.2 矿石特征

#### 2.2.1 矿石矿物及化学成分

矿石矿物以黄铜矿、黄铁矿为主, 磁黄铁矿、斑铜矿、闪锌矿及白铁矿次之; 氧化矿石以孔雀石、兰铜矿及褐铁矿为主; 脉石矿物有白云石、铁白云石、绢云母、石英、方解石等。

主要有用组分为铜、硫, 伴生有益组分有微量的银、金和镓。

#### 2.2.2 矿石结构构造

矿石结构: 主要为自形—他形晶粒状结构和交代交代熔蚀结构、交代残余结构和交代假象结构等。

[收稿日期]2005-12-23; [修订日期]2006-03-09; [责任编辑]曲丽莉。

[第一作者简介]高菊生(1965 年—), 男, 1987 年毕业于桂林冶金地质学院, 获学士学位, 在读研究生, 高级工程师, 现主要从事地质勘查及行政管理工。

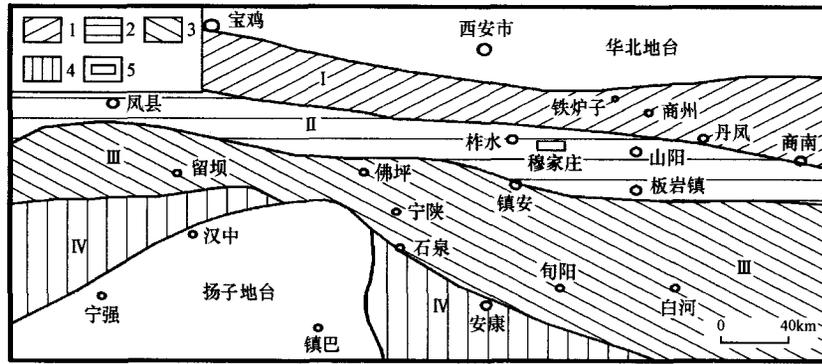


图1 秦巴地区构造单元及矿区大地构造位置图

(据陈松岭等,1999)

1—北秦岭早古生代褶皱隆起带;2—凤县—柞水—山阳华力西褶皱带;3—留凤关—旬阳—白河印支褶皱带;4—北大巴早古生代褶皱带;5—矿区位置

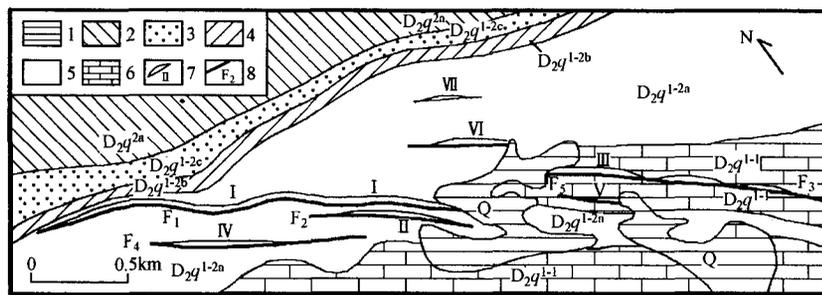


图2 穆家庄铜矿床地质简图

(据西北有色地勘局七—三总队资料简化)

1—Q—第四系;2— $D_2q^{2a}$ —粉砂质千枚岩夹铁白云质粉砂岩;3— $D_2q^{1-2c}$ —铁白云质粉砂质千枚岩;4— $D_2q^{1-2b}$ —铁白云质粉砂岩、粉砂质铁白云岩;5— $D_2q^{1-2a}$ —粉砂质千枚岩夹薄层灰岩;6— $D_2q^{1-1}$ —粉砂质铁白云岩、铁白云质粉砂岩;7—矿化带及编号;8—断裂带及编号

矿石构造:以块状、团块状、脉状和浸染状构造为主,其次有条纹条带状、角砾状、细脉—网脉状构造。

### 2.2.3 矿物共生组合及生成顺序

黄铜矿主要与黄铁矿、磁黄铁矿共生产出,少部分交代黄铁矿。黄铁矿主要呈他形到半自形晶,少量呈自形晶,磁黄铁矿含量较少,多与其他硫化物共生;石英和方解石是主要脉石矿物,另有少量硅酸盐矿物。矿物组合见表1。

表1 穆家庄铜矿床矿物组合一览表

样本号	矿物组合
MF1	黄铜矿—黄铁矿—石英—方解石
MF2	黄铜矿—黄铁矿—石英—方解石
MF3	黄铜矿—黄铁矿—石英—方解石—金云母
MF5	黄铜矿—黄铁矿—石英—方解石
MF6	黄铜矿—黄铁矿—磁黄铁矿—方解石—金云母
MF7	黄铜矿—石英—方解石—金云母
MF8	黄铜矿—黄铁矿—石英—方解石—斜长石—金云母—绿泥石

在它们生成序列中,脉石矿物石英、方解石和金云母生成于早期阶段,硫化物矿物黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿主要形成于主成矿期的第二阶段,伴有方

解石生成;第三阶段又生成少量方解石(表2)。

表2 穆家庄铜矿床矿物生成序列

矿物	成矿期		
	沉积成矿期	构造热液成矿期	表岩成矿期
黄铁矿	—	—	—
黄铜矿	—	—	—
磁黄铁矿	—	—	—
石英	—	—	—
斜长石	—	—	—
金云母	—	—	—
方解石	—	—	—
绿泥石	—	—	—

## 3 矿床成因

### 3.1 成矿物质来源

#### 3.1.1 地层岩石化学特征

矿区出露地层为中上泥盆统青石崖组第一岩性段( $D_2q^1$ ),大致可以分为11个岩性小层,其中铁白云质粉砂岩、粉砂质铁白云岩及千枚岩中发育纹层状、浸染状磁黄铁矿、黄铜矿,富含重晶石、菱铁矿、电气石等热水沉积矿物组合。岩石化学全分析结果

(表3)显示,  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  的含量偏高,说明在岩石形成过程中有海底热水参与,该岩性层既是成

矿母岩又是赋矿围岩。而且  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  值高,反映了矿区沉积期总体为还原环境。

表3 穆家庄铜矿床岩石化学成分平均含量表

成分	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	FeO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	TiO	$\text{P}_2\text{O}_5$	MnO
白云质粉砂岩	65.01	1.31	0.60	7.26	6.84	12.12	1.81	3.20	0.72	0.21	0.124
千枚岩	66.75	12.86	0.49	7.85	3.00	2.80	1.50	3.00	0.69	0.21	0.124
煌斑岩脉	52.77	13.11	3.62	8.70	6.80	7.00	1.27	4.40	1.21	0.56	0.159

 $\omega_B/\%$ 

测试单位:西北有色地质测试中心,2002。

### 3.1.2 稀土元素地球化学特征

穆家庄铜矿床矿石与围岩的标准化稀土元素组成模式很相似,且稀土总量接近(表4),反映了它们为同源产物,矿石中  $\delta\text{Eu}$  为正异常,LREE/HREE 比值较大,又反映了它们同源不同阶段。

表4 穆家庄铜矿床稀土元素组成参数  $\omega_{\Sigma\text{REE}}/10^{-6}$ 

样品号	分析号	样品名称	$\Sigma\text{REE}$	LREE/HREE	$\delta\text{Eu}$
Mx-1	202599	白云质粉砂岩	161.97	8.565	0.589
Mx-2	202600	粉砂质白云岩	175.98	10.196	0.582
Mx-7	202605	粉砂质千枚岩	168.13	10.171	0.812
Mx-8	202606	白云质粉砂岩	169.13	7.664	0.584
Mx-3	202601	铜矿石	184.90	10.822	1.078
Mx-9	202607	铜矿石	179.35	10.293	0.975

测试单位:中国科学院地球化学研究所,2001。

### 3.1.3 稳定硫同位素地球化学特征

根据矿床5件岩、矿石样品中黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿硫同位素组成测试结果(表5),其  $\delta^{34}\text{S}$  值在  $8.02\%$  ~  $11.81\%$  (CDT) 之间,平均值  $9.75\%$ ,均偏离陨硫同位素值较大,说明矿石继承了地层硫同位素特点。

表5 穆家庄铜矿床硫同位素组成  $\delta^{34}\text{S}/\%$ 

样品号	岩、矿石类型	实验编号	测试矿物	$\delta^{34}\text{S}$ (CDT)
Ms-1	浸染状铜矿石	4200082	黄铁矿	8.43
		4200083	黄铜矿	8.02
		4200084	磁黄铁矿	8.22
Ms-2	块状铜矿石	4200085	黄铁矿	10.63
		4200086	黄铜矿	10.43
		4200087	磁黄铁矿	8.95
		4200088	黄铁矿	11.81
Ms-3	浸染状铜矿石	4200089	黄铜矿	10.35
		4200090	磁黄铁矿	10.32
		4200091	黄铁矿	8.94
Ms-4	粉砂质白云岩	4200091	黄铁矿	8.94
Ms-5	块状黄铜矿石	4200092	磁黄铁矿	10.44
		4200093	黄铜矿	10.48

测试单位:中国科学院地球化学研究所,2001。

### 3.1.4 碳、氧同位素地球化学特征

矿石中铁白云石和方解石的  $\delta^{13}\text{C}$  介于  $-1.64\%$  ~  $-2.29\%$  之间,相对差值  $0.65\%$ ;围岩铁白云质粉砂岩的  $\delta^{13}\text{C}$  介于  $-1.65\%$  ~  $-1.74\%$  之间,相

对差值  $0.09\%$ <sup>[7]</sup>;矿石中  $\delta^{13}\text{C}$  的离差较白云石中稍大,反映了矿石中的碳不仅来自海相碳酸岩,而且有外来成分加入。矿石中铁白云石和方解石的  $\delta^{18}\text{O}$  介于  $-11.74\%$  ~  $-13.19\%$  之间,相对差值  $1.45\%$ ;围岩铁白云质粉砂岩的  $\delta^{18}\text{O}$  介于  $-12.39\%$  ~  $-12.48\%$  之间,相对差值  $0.09\%$ ,二者均为负值,且均位于标准图解的碳酸岩台地区域,说明矿体与围岩中的氧属同一来源。

### 3.2 成矿阶段划分

根据成矿地质特征及矿石结构构造,可分为3个成矿期。

#### 3.2.1 沉积成矿期

盆地原始陆源砂泥质沉积的同时,海底热水活动带来大量的铜、硫等成矿物质沉淀于海底,成岩作用使其初步富集形成浸染状、条纹条带状的黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿,构成区内的矿源层。

#### 3.2.2 构造热液成矿期

可分为3个成矿阶段:①黄铁矿—黄铜矿—石英脉阶段,在区域构造运动的作用下,含矿层变质形成片理、劈理和层间裂隙,为黄铁矿黄铜矿石英脉充填;②黄铁矿—黄铜矿—铁白云石石英脉阶段,断裂构造形成热液活动萃取矿源层的铁、铜矿质,并沿其裂隙、劈理充填交代形成,此阶段铁白云石结晶较粗大,为富集成矿主要阶段之一;③黄铁矿—黄铜矿—石英—铁白云石阶段,前期矿脉破碎成角砾,矿液沿其裂隙充填交代构成较细粒的含矿铁白云石脉、胶结角砾而成矿,矿物组合为石英、铁白云石、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿等。

#### 3.2.3 表生成矿期

近地表构造破碎带铁、铜硫化物风化淋滤形成孔雀石、褐铁矿。

### 3.3 矿床成因

综合前述成矿地质特征和矿石特征,矿区  $D_2q$  含矿层在沉积时期就有铁、铜矿质沉淀,并经成岩作用而形成高背景的含矿层或矿源层。在区域构造运动作用下,含矿区变质变形发生褶皱、断裂,为矿液活动提供了良好的动热条件和成矿空间,促使矿源

层中铁、铜矿质迁移至断裂构造中形成透镜状、脉状和似层状铜矿体,即断裂构造富集成矿。因此,该矿床成因类型应属“热水沉积—构造改造型”,其成矿作用过程为:泥盆纪沉积期,由于海底同生断裂活动,在海底产生多级断陷盆地,形成封闭—半封闭的还原环境,含矿热卤水沿这些同生断裂发生循环,并汇集于次级海盆(洼)地中,在海水硫酸盐的还原硫作用下促使热卤水中的硫化物沉积。在成岩过程中这些金属硫化物发生迁移并在有利部位相对富集成矿源层。印支—燕山期强烈的造山运动使地层发生褶皱、倒转及产生层间滑动、断裂<sup>[2]</sup>,同时为金属硫化物再生活化、迁移、富集提供了长期稳定的动热条件,使成矿物质在断裂、层间破碎带等有利构造部位富集成矿,使矿床显示多期次成矿特点。

#### 4 进一步找矿靶位预测及实践

##### 4.1 预测标志的建立

根据前述矿床成因和矿床的产出特征、物化探异常特征,总结其找矿标志如下:

1) 地层标志。D<sub>2</sub>q<sup>1</sup>—D<sub>2</sub>q<sup>2</sup>地层的白云质粉砂岩、粉砂质白云岩,既是矿源层,又是赋矿层,为直接找矿标志,尤其是北西西向断裂构造叠加部位往往有矿体产出。

2) 北西西向断裂构造标志。该组断裂构造控制了矿化带和铜矿体,尤其是破碎带内有石英铁白云石脉、石英菱铁矿脉及褐铁矿、黄铁矿、孔雀石、黄铜矿等矿化时,为直接找矿标志。

3) 物化探异常标志。矿区已发现的铜矿体地表均有明显的物化探异常显示,经对Ⅲ、I、II号铜矿化带上的物化探异常工程验证,均发现了富厚铜矿体。普查找矿成果显示,物探视极化率异常与化探铜异常叠加部位往往指示铜矿化或矿体的存在,因此物化探异常可作为间接找矿标志。

##### 4.2 进一步找矿预测靶位

根据矿产预测中的“求异理论”,按照综合预测的原则,结合前述预测标志,矿床南部M-2物探异

常区有与主矿带相似的地质条件,有较好的物化探异常,地表已发现有北西西向的断层,具备了地质、物探、化探异常,预测有隐伏盲矿体存在。

##### 4.3 预测靶位验证

根据上述预测结果,2004年作者选择矿床南部M-2物探异常区为验证靶位,首先在地表开展进一步地质工作,圈定了与物化探异常相吻合的破碎带,并发现其中有微弱的黄铜矿化,于是,在55线设计施工了ZK5503钻孔进行验证,结果发现了厚10余米的矿化带,圈定厚约几米的盲矿体,该矿化带长近几千米,预测矿床资源量可增加一倍。

实践证明,矿产预测使地质找矿科学化,减小了风险。同时,科学技术手段的不断提高,也使得大比例尺成矿预测成为可能,利用地—物—化综合手段开展普查工作,建立综合预测标志,大大提高了预测的可靠性。另一方面,预测区验证也是必不可少的,是预测工作的延续。

[参考文献]

- [1] 张寿庭,赵鹏大.多目标矿产预测评价及其意义[J].成都理工大学学报(自然科学版),2003,10(5):441-446.
- [2] 张国伟.秦岭造山带的形成与演化[M].西安:西北大学出版社,1988.
- [3] 王俊发,张复新.秦岭泥盆系层控金属矿床[M].西安:陕西科学技术出版社,1991.
- [4] 杨志华.边缘转换盆地的构造岩相与成因[M].北京:科学出版社,1991:59-97.
- [5] 方维萱.秦岭造山带泥盆纪构造热水沉积成矿盆地与流体成岩成矿系统特征及其演化规律[D].西安:西北大学地质系,1999.
- [6] 薛春纪.秦岭泥盆纪热水沉积[M].西安:地图出版社,1997:22-88.
- [7] 陈连红,王向阳.穆家庄铜矿床成矿机制及找矿方向[J].西北有色地质与勘探,2005(1):22-26.
- [8] 朱华平,张德全,张汉城,等.陕西柞山地区穆家庄铜矿床成矿流体来源的氮氢氧同位素示踪[J].地质与勘探,2005,41(5):22-26.
- [9] 方维萱,胡瑞忠,张国维.秦岭造山带泥盆系热水沉积岩相的互相和微相划分及特征[J].地质与勘探,2001,37(2):50-54.

## ORE PREDICTION AND PRACTICE IN THE MUJIAZHANG COPPER DEPOSIT IN SHAANXI PROVINCE

GAO Ju - sheng, CHEN Lian - hong

(No. 713 Team, Northwestern Bureau for Nonferrous Geological Exploration, Shangluo 726000)

**Abstract:** Mujiazhuang copper deposit is located in the secondary deep - water basin controlled by contemporaneous faults within Zhashui - Shanyang Devonian hot water sedimentary basin. Ore bodies occur as lens and stratabound - like along NWW - trending structural belt. Based on geological, geochemical and geophysical data and ore - forming condition anasis, it is proposed that the deposit belongs to "hot water sediment - structural innovation" type. Synthetically metallogenic model was established, ore prospecting targets was predicted, and good results are achieved by drilling confirmation.

**Key words:** Mujiazhuang copper deposit, forming condition, ore predict and practice