



槽子沟铜锌矿床成矿条件及找矿

四川冶金地质606队

高质彬

槽子沟铜铅锌矿床是一个小而富的多金属矿床, 锌储量大于铅大于铜, 尚伴生有银。该矿床在地质特征、控制因素和形成条件上都别具一格, 是我国少见的一种多金属矿床类型。

区域地质概况

矿床位于川北龙门山断褶带北段次级构造——李家沟背斜南端倾伏部分。龙门山断褶带, 北以汉江深断裂为界, 与昆仑—秦岭地槽南加里东褶皱带之基底——元古界碧口群海相变质火山岩系毗邻。李家沟背斜为一轴向北北东—南南西的短轴背斜, 元古界刘家坪组构成核部, 两翼及倾伏端依次为震旦系及下古生界地层(图1)。

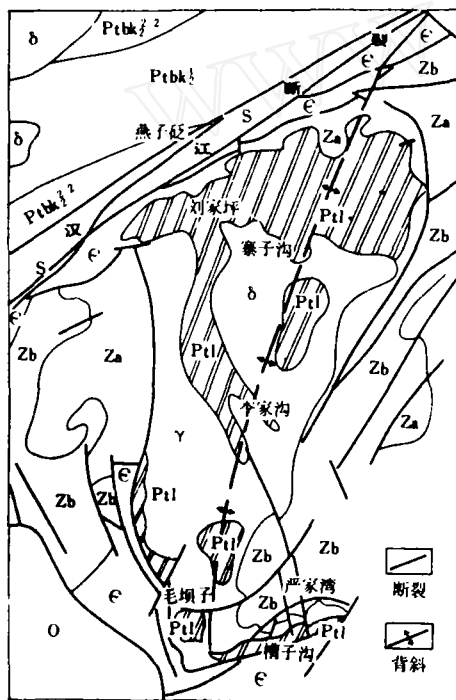


图1 区域地质图

Ptl - 元古界刘家坪组; Ptk - 元古界碧口群; Za - 下震旦统; Zb - 上震旦统; S - 寒武系; O - 奥陶系; Y - 花岗岩; δ - 闪长岩

区内断裂发育, 尤其是层间纵向断裂出现频繁, 围绕短轴背斜呈断续弧形展布。

刘家坪组为一套酸—基性浅变质火山岩系, 由于断裂切割和后期花岗—闪长岩体侵位而破碎残缺, 与各时代地层几乎均为断层接触, 以致时代归属争议较大, 似为晋宁期的岩浆活动。侵入于元古界及震旦系地层中的花岗—闪长岩体, 呈岩盘、岩株状, 同位素年龄为3.65亿年*, 应为加里东晚期或海西早期产物。

矿床地质特征

1. 地层与岩石类型

本区出露地层自上而下为下寒武统邱家河组, 上震旦统元吉组和元古界刘家坪组。邱家河组分布于矿区南部, 由深灰至黑色薄层中厚层条带状微晶灰质白云岩、硅质岩、炭质硅质板岩组成, 褶皱强烈, 变化较大; 元吉组分布于矿区北部, 岩性单纯, 产出稳定, 主要为灰色厚层状块状微晶细晶灰质白云岩和白云质灰岩, 含迭层石, 偶具重晶石化及脉状铅矿化。

刘家坪组为本区含矿岩系, 呈北东东—南西西向不规则狭长形展布。南与下寒武统邱家河组、北与加里东晚期斜长花岗岩体均系断层接触。出露厚400米, 可分为两层或两种岩石组合。

上部: 灰绿、淡绿色块状次生石英岩化石英角斑质凝灰熔岩夹硅质(碧玉、蛋白石)条带或团块。由于受动力变质作用, 矿物(钠长石)常具定向排列, 显似流纹状、条带状或假层理构造。凝灰岩与熔岩呈复杂的混染交替, 新鲜岩石断面难于区分, 而风化或冲刷面上则清晰可辨。

下部: 灰绿、灰色块状绿泥石化、锰化次生石英岩夹少量次生石英岩化凝灰岩薄层, 偶见深

* 见《地质与勘探》, 1976, 第4期

绿色条带状细碧岩。次生石英岩中常含有石英角斑岩或次生石英岩化石英角斑岩的不规则残留体,表明为石英角斑岩蚀变(硅化)产物,亦即原岩为酸性火山熔岩;次生石英岩化凝灰岩呈扁豆体产出,厚几十厘米至二米,长几十米,由宽几厘米的浅灰、灰红色调相间而显条带状构造;细碧岩仅见于本区西面,沿层分布,具粗、细粒相间之条带及杏仁体(硅质充填)构造。

刘家坪组火山岩的基本特征如下:

(1) 层状,灰绿色,夹条带状层凝灰岩及碧玉岩小透镜体。

(2) 斑状结构,斑晶主要为钠长石及石英,基质为显微粒状—霏细结构。

(3) 铝过饱和。 SiO_2 含量在70%以上,富钠($\text{Na}_2\text{O} > 5\%$)贫钾,富铝贫镁。

(4) 钙碱指数 59.75,属钙碱性系列岩石。

(5) 少量基性熔岩沿层分布,具条带、气孔、杏仁体构造和玻基斑状结构。

这些表明,刘家坪组火山岩应属海相喷发的细碧—角斑岩系,构成本区主体的原岩为石英角斑岩和石英角斑质凝灰熔岩。

作为刘家坪组重要组成部分的灰绿色块状石英钠长斑岩,呈岩株产出,较大岩体略有分异,边缘无明显蚀变,基质为微文象、微球粒结构的斑状结构。与次生石英岩化石英角斑岩和石英角斑质凝灰熔岩不仅在空间上紧密伴生,而且在矿物和化学成分上也十分接近,无疑为同源异相产物,系同一火山作用过程中的次火山岩相。

深绿色块状辉绿岩和辉绿玢岩为后期脉岩,呈小规模脉状体沿张裂隙分布。

2. 褶皱断裂

本区为李家沟短轴背斜向南倾伏部分。赋存矿床的刘家坪组火山岩系南、北均为横贯该区的两条纵向断裂所围限。构成构造透镜体或呈地垒式断块,长约1800米,中心部分宽350米,方向北东东—南西西。刘家坪组的褶皱构造为一走向北东30~60°、倾向南东、倾角50~70°的单斜层,产状变化较大,岩层层序不全(图2)。

3. 矿床赋存层位及岩性

含矿带为刘家坪组中次生石英岩与石英角斑

质凝灰熔岩界线附近的层间夕卡岩带。该带呈不规则状沿层产出,厚5~30米,东部被断层切割,西部止于石英钠长斑岩体。产状 $40^\circ \angle 63^\circ$ (图2)。

矿带由颜色斑杂的简单型夕卡岩和夕卡岩化,强绿泥石化次生石英岩组成。常见灰绿、深灰、红、淡红等色,风化后呈花斑状。主要组成矿物为锰铝榴石、蔷薇辉石、石英和绿泥石。尚有少量重晶石、绿帘石、黝帘石、碳酸盐、黑云母、绢云母等,偶见透辉石。

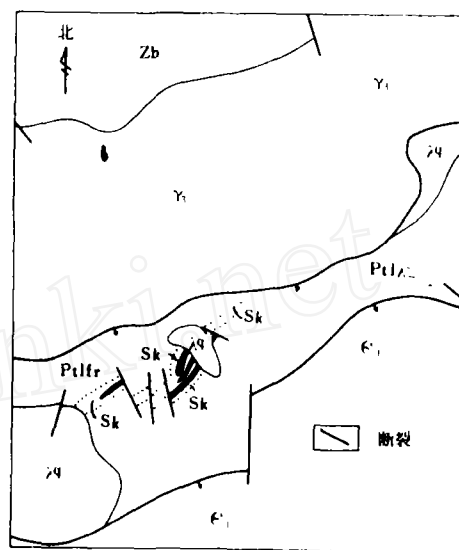


图2 矿床地质图

(c) - 下寒武统; Zb - 上震旦统; Ptllc - 石英角斑质凝灰熔岩; Ptllr - 次生石英岩及次生石英岩化石英角斑岩; λ - 石英钠长斑岩; γ - 加里东期斜长花岗岩; Sk - 夕卡岩

矿化在空间上与夕卡岩有明显依附关系,铅、铜、锌矿体无例外地赋存于夕卡岩带中。

4. 矿体形态、产状

经地表及少量工程揭露,圈出矿体五个,除2号矿体为铜、锌二元素复合矿体外,其余均为铜、铅、锌三元素复合矿体。矿体呈不规则透镜状,与围岩界线较为清楚,产状与夕卡岩带基本一致。矿体走向长小于倾斜深度。规模小(长几十米,厚度在九米以下)。主矿体不显著。铜、铅、锌矿体的品位变化系数分别为74、104和105%,属于不均匀和极不均匀类型矿床。

5. 矿物种类和矿石结构构造

矿石种类较单一, 属黄铁矿型铜铅锌矿石。氧化带深度不大, 以硫化矿石为主。

金属硫化物有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、铜蓝等; 氧化矿物为孔雀石、蓝铜矿、铅矾、菱锌矿和褐铁矿; 脉石矿物主要有石英、重晶石、萤石、绿帘石等。

矿石构造为块状、次块状和浸染状。硫化矿物具压碎和交代残余结构。薄片可见黄铁矿被方铅矿、黄铜矿交代; 黄铜矿、方铅矿在闪锌矿集合体中呈孤岛状; 闪锌矿中有乳滴状黄铜矿; 黄铜矿被铜蓝交代; 铜蓝及晶质黄铁矿呈脉状产出。从矿物的穿插、交代关系, 硫化物的生成顺序为: 早期黄铁矿→方铅矿、黄铜矿→闪锌矿→后期黄铁矿。

6. 围岩蚀变及其与矿化的关系

蚀变范围广、强度大、类型繁、期次多。构成刘家坪组的各类岩石, 几乎都有程度不同的蚀变现象, 导致次生石英岩、夕卡岩等蚀变岩石的形成。

次生石英岩化: 常伴生黄铁矿化、绢云母化和锰化, 是本区各类酸性火山岩的一种普遍性蚀变, 但下部石英角斑岩较上部凝灰熔岩更为强烈, 使前者大量转化为黄铁矿化绢云母化次生石英岩。它是成矿前的蚀变和交代岩, 与矿化没有明显的直接关系。矿床赋存于次生石英岩上盘似乎表明其对金属矿化起屏蔽作用并作为金属矿化的地质背景而存在。

夕卡岩化: 出现于不同岩层的交界部位, 叠加

于次生石英岩化作用之上, 构成本区多金属矿床的含矿带或赋存层。夕卡岩化是一种局限性或选择性蚀变, 在分布范围上远比次生石英岩化小。对成矿具有较大的意义, 是一种重要的找矿标志。

重晶石化、萤石化和绿泥石化: 常伴随金属矿化而出现, 属近矿围岩蚀变。前二者与铅锌矿化关系密切; 绿泥石化虽广泛发育, 但强绿泥石化则仅出现于矿体中, 尤其与铜矿化有明显依存关系。

主要成矿控制因素

1. 地层和火山作用对矿化的控制

从刘家坪组下部的石英角斑岩的蚀变产物——次生石英岩到上部的石英角斑质凝灰—凝灰熔岩, 标志着火山活动从较平静的喷溢到稍强烈的喷发过程。金属矿化即出现于这两种不同类型的喷发形式所形成的不同岩类的交替部位。

2. 岩石性质对矿化的控制

从图3可以看出, 矿带上、下盘岩石化学成分基本相似, 虽然Cu, Pb, Zn等成矿元素具有异常含量, 但没有矿化作用发生。随蚀变引起的岩石物理性质、矿物和化学成分的变化, 提高了岩石的含矿性。增减最突出的是 SiO_2 , MnO, MgO和 Na_2O 。 SiO_2 含量的降低(或带出)增加了岩石的化学活泼性和可交代性, 对金属矿物的沉淀有利。MnO, MgO分别存在于夕卡岩矿物(锰铝榴石、蔷薇辉石)和绿泥石中, 其多寡是夕卡岩化、绿泥石化强弱的标志。分析说明,

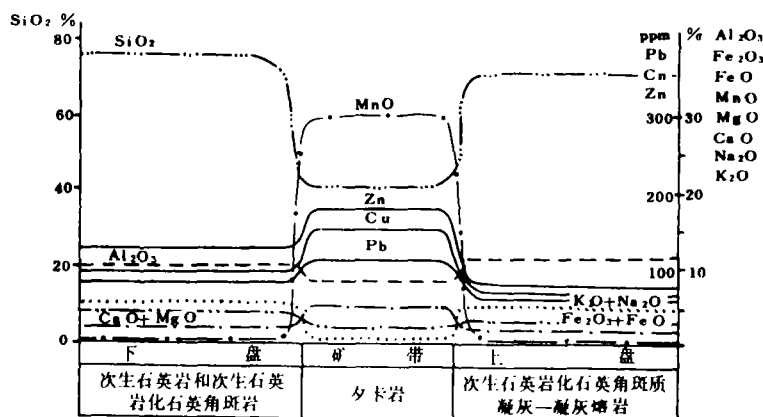


图3 各层岩石化学成分及含矿性

反映蚀变强弱的MnO, MgO的含量与矿化强度有明显的正相关关系,也就是说典型的夕卡岩和强绿泥石化岩石较之夕卡岩化和弱绿泥石化岩石具有更强的金属矿化。

3. 围岩蚀变对矿化的控制

次生石英岩化构成金属矿化的地质背景:夕卡岩与矿化关系密切,是金属成矿作用的先导,控制了矿化的广度和规模;

重晶石化、萤石化和强绿泥石化为矿体内或近矿围岩蚀变,是矿化的直接显示,控制了矿体的空间分布。

这些特点可简略表示如下:

蚀变类型	次生石英岩化	→	夕卡岩化	→	重晶石化 (强绿泥石化)
范围	大	→		→	小
形成时间	早	→		→	晚
与矿化关系	不明显(间接) → 密切(直接)				

成矿过程分析

槽子沟铜铅锌矿床具有以下基本特征:

1. 矿床赋存于细碧—角斑岩系中的蚀变石英角斑岩和石英角斑质凝灰熔岩的交替部位;

2. 区域性蚀变发育。矿化在空间上依附于夕卡岩或夕卡岩化带,而多金属矿体则与重晶石化和强绿泥石化形影相依;

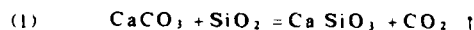
3. 矿体形态复杂、稳定性差,不具成层性。有用组分分布从不均匀到极不均匀;

4. 矿石为块状、次块状和浸染状,具交代残余结构;

5. $\delta S^{34} + 6.2 \sim +10.0\%$, 具热液矿床硫同位素组成特点;

6. 从共生硫化物黄铜矿和方铅矿硫同位素值所计算的温度为312℃。

笔者认为,该矿床属于中温火山热液矿床。其形成的基本过程如下:



(硅灰石)



(透辉石)



(钙铝榴石)

1. 大量光谱分析表明,本区各类酸性火山岩的Cu, Pb, Zn等元素的丰度,不仅显著高于区内其它岩浆岩,而且也大大高于地壳克拉克值和同类岩石的平均值。说明酸性火山岩的原始岩浆即具有较高的成矿元素,为相应矿床的形成提供了物质前提。

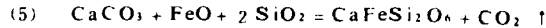
加里东晚期斜长花岗岩体与刘家坪组为断层接触,Cu, Pb, Zn等元素的背景值接近或低于克拉克值,蚀变极微弱,接触线附近仅见几十厘米的重结晶与角岩化,无矿化迹象,因此不可能与成矿发生成因联系。

2. 区域性次生石英岩化(硅化、黄铁矿化、绢云母化)始于热液作用早期阶段,一直延续到中期甚至晚期,主要是通过气液周流进行的,结果是一方面由于SiO₂等的不断沉淀而改变着热液的成分、元素相对浓度和酸碱度,这也许是对成矿有利;另一方面降低了被交代岩石的孔隙度和化学活泼性,从而影响到成矿元素的沉淀。因此经过早期次生石英岩化的岩石,并不是叠加金属矿化的有利围岩,事实证明其本身没有矿化显示。

3. 近代火山研究表明,在整个火山作用过程中,气—液活动占有重要的地位。火山喷发是短暂的,热液作用持续的时间则长得多。在广泛的尤其是矿带下部强烈次生石英岩化的背景上,由于气—液的继续活动,局部地段发生夕卡岩化;伴随大量元素的带进带出,需要气液的强烈循环,因此有利部位是岩石中的高透性带。在本区这种高透性带就是不同岩性分界的层间带。前已述及,该区夕卡岩成分简单,富于含锰的夕卡岩矿物,而缺乏常见的钙铁夕卡岩矿物和氧化物如硅灰石、钙铝(铁)榴石、阳起石、磁铁矿、赤铁矿等。引起这种情况除了气液本身的特性和低氧的环境外,原岩系硅酸盐而非碳酸盐是一个重要原因。如:

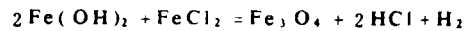


(钙铁榴石)



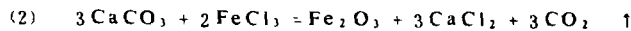
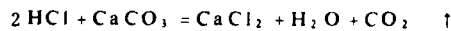
(钙铁辉石)

这些反应式说明, 当原岩贫 CaCO_3 和 MgCO_3 时, 硅灰石等一系列钙铁夕卡岩矿物就不能生成。磁铁矿的形成一般认为有以下两种途径:



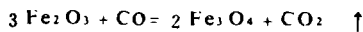
(磁铁矿)

不难看出, 这种反应是一种可逆反应, 反应中生成的盐酸(HCl)对析出的磁铁矿起溶解作用。为使生成磁铁矿的反应朝一个方向进行, 必须具有中和盐酸的条件, 这种条件就是 CaCO_3 的存在。



(赤铁矿)

这种反应生成的赤铁矿在中深条件下不稳定, 绝大部分经还原而变为磁铁矿:

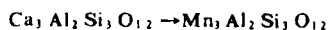


(磁铁矿)

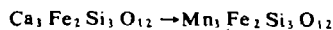
生成磁铁矿的两种反应都要求有 CaCO_3 存在。本矿床无磁铁矿出现即基于此。

锰是夕卡岩化过程的专门指示元素, 无疑是由热液带入的。锰在内生硅酸盐矿物中一般呈二价, 按照交代过程中形成矿物的晶格构造, 二价锰可以呈类质同象置换或者取代钙、二价铁和镁离子而形成含锰夕卡岩矿物。如:

代替钙离子时

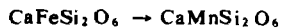


(钙铝榴石) (锰铝榴石)



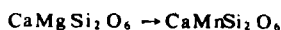
(钙铁榴石) (锰铁榴石)

代替铁离子时



(钙铁辉石) (蔷薇辉石)

代替镁离子时



(透辉石) (蔷薇辉石)

高锰含量多见于相对低温的以渗滤为主的夕卡岩中并且与“夕卡岩型”铅锌矿床关系密切, 这与本区情况十分一致。实际资料表明, 夕卡岩化能提高岩石的孔隙度和可交代性, 造成成矿物质选

择性交代和硫化物沉淀的有利条件, 因此它是金属矿化的先导。

4. 重晶石化、强绿泥石化及与其共生的金属硫化物矿化形成于火山热液作用的最晚期阶段。

由于早期大面积的黄铁矿化, 使溶液中铁离子大大减少, 而铜、铅、锌离子相对富集。随着温度的降低和溶液变为弱碱性, 这些重金属离子与硫离子大量结合而形成硫化物, 充填于岩石孔隙中或交代先期生成的矿物。这一阶段是在高硫低氧和以液相为主的条件下进行的。金属硫化物的沉淀奠定了矿床的基本轮廓。

根据以上分析和矿物之间的穿插交代关系, 各阶段生成的矿物如图4。

结论和找矿意义

槽子沟铜铅锌矿床是一个与火山作用所形成的夕卡岩和夕卡岩化有关的中温火山热液矿床。它既不同于典型的“夕卡岩型”矿床, 也与块状硫化物矿床有很大差异。从该矿床的地质特征和成矿条件分析, 可以得到以下几点认识。

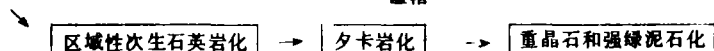
1. 细碧—角斑岩系的良好含矿性和对于黄铁矿型铜矿(块状硫化物矿床)的成矿专属性, 早已为国内外地质工作者所熟知。而以铅锌矿为主的火山热液型多金属矿床与这类建造中的酸性系列在空间和成因上的联系, 在今后的找矿和研究中也应引起必要的注意。

期次 阶段	早 期	晚 期	表生期
矿物	次生石英岩	夕卡岩	硫化物
石 英			
黄铁矿			
铜云母			
叶腊石			
石榴石			
透辉石			
蔷薇辉石			
黝帘石			
绿帘石			
黑云母			
绿泥石			
重晶石			
萤 石			
方铅矿			
黄铜矿			
闪锌矿			
辉铜矿			
铜 蓝			
孔雀石			
铅 矾			
菱铁矿			
褐铁矿			
锰氧化物			

图 4 各阶段矿物生成顺序

2. 不同的岩层或岩石，具有不同的物理和化学性质，对含矿流体的运移和成矿元素的聚集能力是不同的。因而供矿液活动和矿质沉淀以选择

细碧—角斑岩系→海相酸性火山岩→熔岩与碎屑岩界线→夕卡岩→以铅锌为主的多金属矿化或矿床



余地的岩石多样性，是成矿的不可缺少 的条件。许多矿床产于不同地层或岩类的界线附近或过渡带中的事实，就证明了这一点。火山岩区的熔岩和碎屑—碎屑熔岩的层间带是火山热液矿床蚀变和成矿的良好部位。

3. 夕卡岩化是金属矿化的先导，出现于层间高透性带。在原岩以硅酸盐为主的较低温条件下所形成的夕卡岩为简单型锰质夕卡岩。含锰夕卡岩矿物经风化离解，其中的锰成为氧化物和氢氧化物（软、硬锰矿）在地表氧化带堆积起来，即构成所谓“锰帽”。因此锰帽是夕卡岩的“帽”，是夕卡岩的风化残留物，是夕卡岩化的指示，而并非硫化物的“帽”，并不直接意味着其下有硫化矿存在。金属矿化与“锰帽”的密切关系实际上是矿化对夕卡岩的依附性的表现。因此，“锰帽”虽然是间接的但却十分有效的找矿标志。

4. 重晶石化和强绿泥石化是矿化的直接反映，往往有金属硫化物相伴随，是值得重视的近矿交代蚀变。

综上所述，对于龙门山地区找寻槽子沟型矿床的基本程序归纳如下：

陕西某卡林型金矿床矿石结构特征

武汉地质学院

丰淑庄

本文所述的陕西某卡林型金矿，是我国新发现的重要金矿类型之一。通过矿物学研究，初步认为矿床系“渗流卤水热液”成因。研究该类矿床的矿石结构特征，对于识别“渗流卤水热液”矿床，揭示矿床成因，具有一定意义。

矿石中的自然金主要呈显微粒状赋存于黄铁矿中。笔者通过研究黄铁矿的颗粒特征及其与其他矿物的关系，获得了该类金矿石结构特征方面的一些认识，现简介如下。

矿床地质特征*

矿床位于秦岭地槽印支褶皱带北缘，主要赋存在泥盆系底部的古道岭群上部 D_2g_3 碳酸盐岩层中。对金矿化有利的岩石是中厚层白云岩受构造作用破碎而成的角砾岩和蚀变大理岩。矿区西南部有印支期辉绿岩岩株产出，含金甚微，无工业价值。区内断裂构造较发育，以东西向断裂大而强烈；角砾岩和金矿体明显受其控制。另外还

* 主要引自西北冶金地质勘探公司 714 队二分队和中国人民解放军基建工程兵 514 大队有关设计说明书。