

西秦岭寨上金矿区深部探矿效果评价

刘光智 刘新会 郑卫军

(武警黄金第五支队, 陕西 西安 710100)

提 要:西秦岭寨上金矿区地表具有较厚的古近—新近系、第四系覆盖层, 地表找矿较难; 矿脉形态、产状深部变化大, 矿体深部定位预测难。针对这种情况, 经过多年勘探总结出“理论先导、物探推测、化探示踪、地质定位、工程验证”的探矿方法, 并在生产中取得了明显的探矿效果。

关键词:物探; 化探; 深部探矿; 寨上金矿; 西秦岭

西秦岭寨上金矿是武警黄金第五支队近年来在西秦岭发现的特大型金矿床, 矿床类型属微细浸染型金矿床。在探矿过程中存在两大难点: 一是地表具有较厚的古近—新近系、第四系覆盖层, 难以确定矿带、矿脉的产出位置, 地表探矿难; 二是矿脉主要受层间韧脆性剪切带控制, 赋矿岩石经过了区域变质、动力变质及含矿热液的交代蚀变作用, 成矿具有多期次叠加特点, 矿体形态、产状在深部变化较大, 矿体深部定位预测难。厚覆盖区和深部探矿方法成为找矿过程中的重要研究课题, 经几年的探矿实践, 总结出“理论先导、物探推测、化探示踪、地质定位、工程验证”的探矿方法。理论先导是指研究区域、矿区成矿地质条件, 运用综合信息成矿预测理论, 确定科学的找矿思路和方法; 物探推测是指激电中梯测量推测构造破碎带(矿带)的位置, 激电联剖测量推测控矿断裂构造(矿脉)产出位置, 电测深推测矿脉埋深情况; 化探示踪是指地表土壤测量指示隐伏矿脉的含金性和大致延伸位置, 深部构造叠加晕特征指示矿体向深部的延伸情况或预测盲矿体; 地质定位是指结合物化探信息, 根据构造控矿模式和赋矿规律指导深部探矿; 工程验证是指根据综合信息预测情况进行深部工程验证, 控制矿体产出情况。综合方法的运用使厚覆盖区及深部探矿取得了较好的效果。

1 成矿地质条件

寨上金矿大地构造位置处于西秦岭中带^[1]西成—凤太—镇旬拉张裂陷盆地沉积环境^[2], 位于临潭—天水褶皱带新寺—大草滩复背斜西部^[3]、岷—礼成矿带西部^[4-6](图 1), 成矿带走向总体呈北西西向, 东部向南凸呈弧形, 长 400 余千米, 宽 50~90 km。该成矿带上分布有较多的金矿床(点), 如鹿儿坝金矿、李坝金矿、马家河金矿等。

区域出露地层主要为中、上泥盆统、下二叠统浅—次深水相碎屑岩夹碳酸盐岩岩系。中泥盆统细碎屑岩—碳酸盐岩和下二叠统含炭泥质、钙质板岩为主要的赋矿岩石。

矿床夹持于高桥—礼县—罗坝—闫井(北)与高桥—礼县—洮坪(南)分支大断裂之间^[7], 卓落—国营牛场 NW 向背斜西部。大量资料表明^[8], 上述两条断裂为长期活动的区域性大断裂, 对区域沉积地层的展布、区域变质作用、岩浆活动、构造—热液活动及成矿作用发生和演化起到了重要的控制作用, 为区域内主要导矿构造。矿区断裂构造极为发育, 与区域断裂平行的主要有 F₃、F₅ 及次级断裂, 分布在背斜北翼及近核部, 多顺层产出, 为一系列层间韧脆性剪切断裂构造, 走向 280~290°, 北倾, 自背斜北翼向核部

收稿日期: 2007-06-08; 改回日期: 2007-07-10

基金项目: 中国地质勘查项目资助。

作者简介: 刘光智, 男, 1966 生, 高级工程师, 主要从事金矿地质勘查及研究工作; E-mail: lgzhyt@163.com。

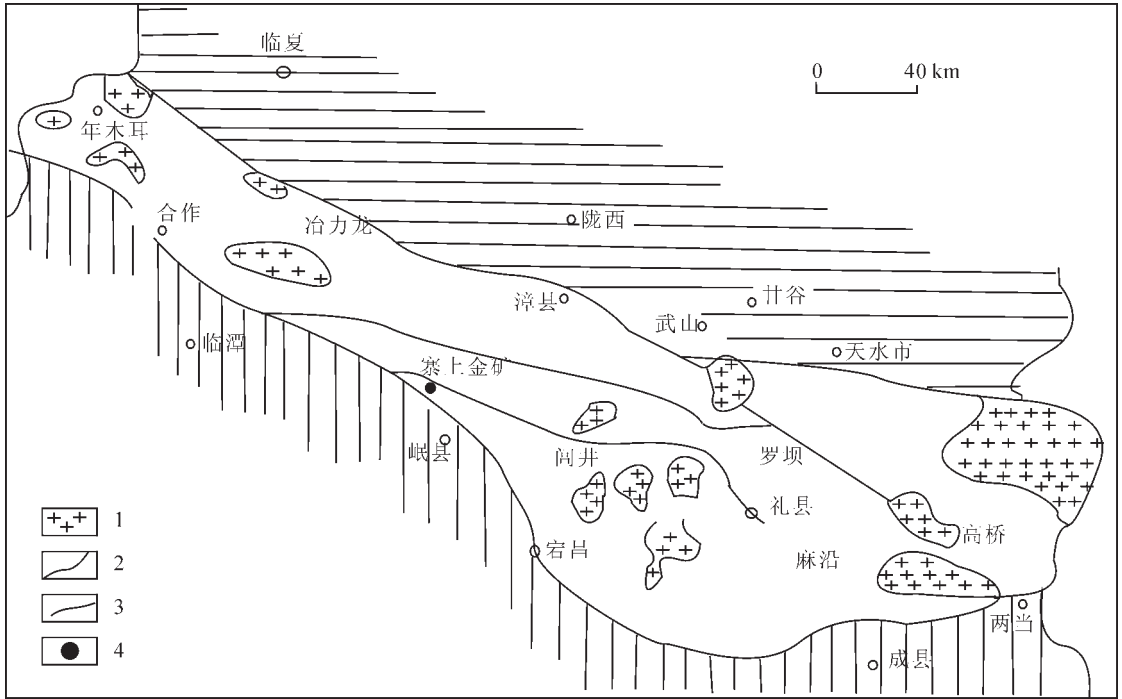


图 1 西秦岭大地构造及岩浆岩分布图
1—花岗岩; 2—分界线; 3—断裂线; 4—寨上金矿

断裂规模变小,产状变陡,倾角 30~90°。剪切带内片理化发育,S-C 条带变形构造、膝折带和共轭膝折、砂岩和砂质灰岩等刚性体构成的透镜体常见,显微镜下可以看到显微压力影等显微构造。矿区内断裂数量多,呈近似平行状,控制矿脉和矿体的产出。

矿区西北部进行了 1:1 万物探激电中梯测量,测量结果显示异常总体呈 280~290°方向带状展布,与区内构造破碎带展布方向一致,且极化率异常特征明显、形态规则、层次清晰。视极化率随金属矿物含量的变化而变化,异常强度和范围的变化则反映金属矿物含量的变化。区内大量物探异常间接反映了矿脉、矿化体的分布范围,可作为间接找矿标志。

区域内分布有数个 1:20 万金异常,面积大,异常值高; 1:5 万水系沉积物测量,以 1.5×10^{-9} 为异常下限圈定 7 处(Hs₁-Hs₇)异常,异常长轴方向呈 290°方向串珠状展布,与区内构造破碎带展布方向一致。

2 矿床特征

2.1 矿脉特征

矿区共发现金矿脉 22 条,主要矿脉为 9、10、11、12、16、17、18、19、31、32 和 41 号脉,区内矿脉产

格受断裂和地层双重控制,总体呈 NWW 向平行展布(图 2)。按赋矿地层及控矿构造部位可分为南北两个矿带,北带矿脉赋存于下二叠统 b 组(P₁¹⁻⁶)砂质板岩、含炭板岩中,位于背斜北翼顺层韧脆性剪切带 F₃ 和 F₅ 之间,矿脉由北到南依次分布有 19、20、9、18、10、12、11、21、16、17 和 29 号等矿脉,矿脉间距 25~200 m,矿体北倾,倾角较缓,一般 30~60°。南带矿脉赋存于中泥盆统 e 组二段(D₂²⁻²)灰岩、钙质板岩夹泥质板中,靠近背斜核部,由北到南分布有 42、41、32 和 31 号等矿脉,矿脉间距 100~300 m,呈平行分布,41 和 42 脉北倾,矿体倾角较陡,一般 45~70°; 32 号脉南倾,31 号脉总体北倾,75 线以东南倾,倾角 55~90°。围岩为炭质板岩、泥质板岩、钙质板岩、粉砂岩、灰岩,矿脉主要由各类围岩成分的蚀变矿化碎裂岩、碎裂状岩石构成,蚀变矿化主要为硅化、绢云母化、碳酸盐化、黄铁矿化、毒砂化和褐铁矿化等,矿脉构造形迹明显,蚀变矿化强烈。

2.2 矿体特征

寨上矿区初步圈定矿体 17 条,主要有:9-1、10-1、11-1、11-2、18-1、19-1、19-2、21-1、21-2、21-3、31-1、31-2、31-3、32-1 和 41-1 号等矿体。多

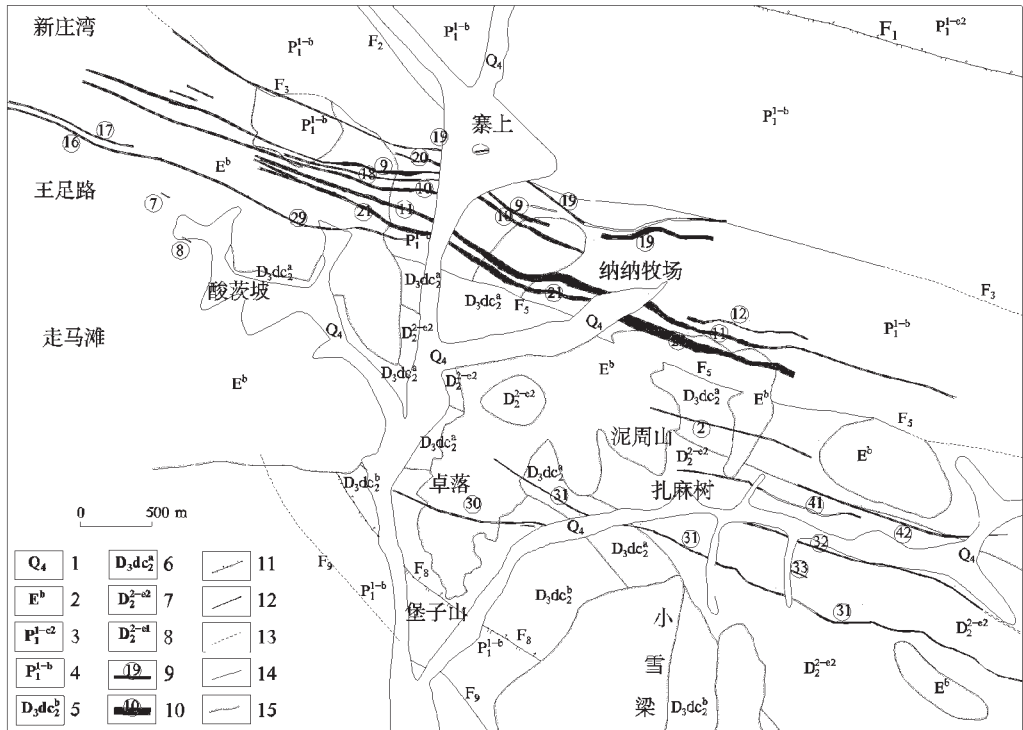


图2 寨上矿区地质简图

1—第四系;2—古近系;3—下二叠统c组;4—下二叠统b组;5—上泥盆统大草滩群b组;6—上泥盆统大草滩群a组;
 7—中泥盆统E组中段;8—中泥盆统e组上段;9—矿体位置及编号;10—矿脉位置及编号;11—逆断层;
 12—性质不明断层;13—推测断层;14—实测地质界线;15—实测角度不整合地质界线

数矿体呈似板状、脉状产出,少量呈透镜体状,厚度一般 1.47~8.05 m,金品位一般 $2.79 \times 10^{-6} \sim 7.88 \times 10^{-6}$ 。北矿带内矿体走向一般 $270^\circ \sim 295^\circ$,倾向 NE,倾角较缓,一般 $30^\circ \sim 50^\circ$;南矿带内矿体走向一般 $290^\circ \sim 300^\circ$,倾角较陡,一般 $70^\circ \sim 85^\circ$,倾向 NE,但局部反倾。北矿带、南矿带代表矿体分别为 19-1 和 31-2 号矿体。

19-1 号矿体:产于下二叠统 c 组中段,主要岩性为炭质板岩、钙质板岩夹薄层—中层石英砂岩。蚀变破碎带宽 10~35 m,矿体与围岩没有截然的界线。矿体呈似板状,产状 $15^\circ \angle 45^\circ$,矿体控制长 400 m,平均厚度 7.32 m,厚度变化系数为 68%;平均金品位 5.91×10^{-6} ,品位变化系数为 74%。

31-2 号矿体:产于中泥盆统 e 组上段,主要岩性为泥质板岩、钙质板岩、泥灰岩夹薄层灰岩。蚀变破碎带宽一般 < 5 m,矿体呈似板状,产状 $20^\circ \angle 55^\circ \sim 85^\circ$ (局部反倾),矿体控制长 1030 m,平均厚度 3.42 m,厚度变化系数为 63%;平均金品位 7.51×10^{-6} ,品

位变化系数为 83%。

2.3 矿石特征

矿石类型:按原岩类型划分为碎裂岩型、碎裂岩化炭质板岩型、碎裂岩化粉砂质及泥质板岩型、碎裂岩化灰岩型、钙质板岩型。矿石矿物主要有自然金、黄铁矿、黄铜矿、黝铜矿、毒砂、辉锑矿、方铅矿和闪锌矿,其次为辉钼矿、车轮矿、硫铜锑矿、辉锑铅矿和铜蓝。寨上矿区金以超微细粒形式产出,主要载金矿物是黄铁矿、含硫黄铁矿和毒砂等。矿石结构为自形—半自形结构、他形结构、交代残余结构、环带结构、胶状结构、环边结构和碎裂结构等。矿石构造为脉状—网脉状构造、角砾状构造、浸染状构造、斑点状构造、团块状构造、放射状构造、块状构造、草莓状构造和晶簇状构造等。围岩蚀变有硅化、碳酸盐化、绢云母化和高岭土化等,与矿化及成矿关系密切的是硅化,硅化早期为脉状、薄板状平行或穿插岩层,与金矿化关系不明显;中期则为细脉状沿岩石或矿石微裂隙充填;晚期则为细脉状、网脉状或小团块状

分布于破碎带中,与金矿化呈正相关。

3 寨上金矿区深部探矿方法

针对寨上矿区的“两难”状况,单一的地质方法难以满足找矿需要,在几年的探矿实践中,运用综合信息成矿预测理论开展找矿,收到了理想的效果,主要采取了3种探矿方法:一是物探推测方法,地表运用物探方法大致推断古近—新近系、第四系厚覆盖层下的构造破碎带产出部位,利用探槽、浅钻工程进行揭露验证;二是构造地质预测方法,研究认为寨上金矿主要控矿因素为层间韧脆性剪切带,韧脆性剪切带具有规模大、向深部延伸大的特点,预测区内金矿脉向深部有较大的找矿潜力;三是化探预测方法,通过建立构造叠加晕理想模式,进行深部预测和钻探验证。

3.1 物探推测方法

寨上矿区西部,古近—新近系、第四系覆盖较厚,最厚处可达百米,地表露头少,采用物探推测方法效果明显:先用物探激电测量方法大致圈定构造破碎带,结合地表零星露头进行综合分析,确定覆盖层下的矿化带产出部位,对覆盖层厚度 $<10\text{ m}$ 的地段,用探槽工程进行揭露,覆盖层厚度 $>10\text{ m}$ 的地段,用浅钻工程进行揭露控制。

矿区西北部开展了激电中梯测量,圈定极化率异常28处,初步对部分异常验证,11处发现了金矿脉。从王足路一带开展的激电测量成果(图3)看, η_s-28 号异常面积大,强度高,条带状展布(向东部异常未封闭),异常中心位于王足路北2 km处,异常长度900 m,宽40~500 m,异常点数409个,面积 0.27 km^2 ,平均值1.32%,极大值1.77%。异常区出露地层主要为古近—新近系b组紫红色厚层、块状砾岩。异常位于11、21、29号脉西延部位,结合地表沟壑中少量露头地质情况,推测异常可能由含金属硫化物的构造破碎带引起^[8]。

为验证此异常的含矿性,利用激电联合剖面对 η_s-28 号极化率高值异常进行检查。从160线 $AO=110、210、410\text{ m}$, $MN=20\text{ m}$ 复合极距联合剖面曲线可见: $AO=110\text{ m}$ 极距极化率曲线在点161/160-167/160有反交点,歧离带较明显,说明极距小于3倍的埋深,极化体较宽,电阻率联剖曲线在点159/160-165/160有正交点,歧离带不明显; $AO=210\text{ m}$ 极化率联剖曲线在点165/160-169/160有反

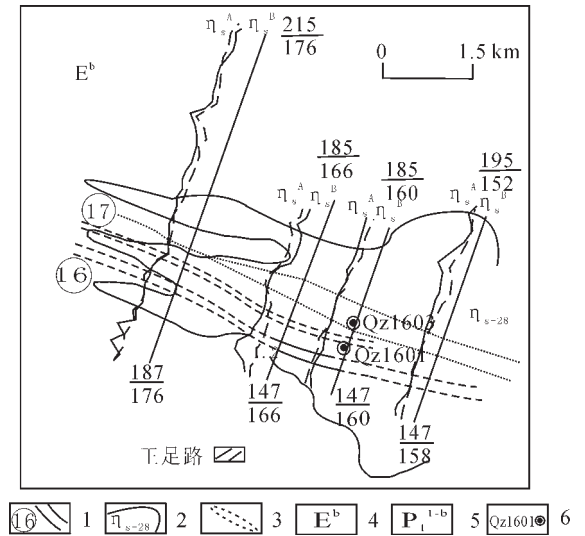


图3 寨上矿区王足路一带极化体与矿脉位置关系图
1—矿脉及编号;2—极化率异常;3—推测含金属硫化物地质体;4—古近—新近系;5—上二叠统b组;6—浅钻位置及编号

交点,歧离带明显,说明极距接近3倍的埋深,极化体宽度中等,电阻率联剖曲线没有正交点; $AO=410\text{ m}$ 极化率联剖曲线在点167/160-170/160有反交点,歧离带明显,说明极距大于3倍的埋深,电阻率联剖曲线没有正交点,说明矿体与围岩导电性差异较小。极化率反交点由浅至深向北移动,说明极化体北倾且厚度、延深均较大^[8]。

为进一步确定构造破碎带的含金性,利用地化剖面(土壤)对 η_s-28 号极化率高值异常进行检查。从Au、Pb、As、Sb、Ni、Mo元素含量曲线(图4)可看出:前缘元素As高值点集中区位于极化体的上盘;近矿元素Au、Pb在构造破碎带的上方出现高值区;而尾晕元素Mo、Ni值较低,在构造破碎带上方表现不明显。说明构造破碎带上部略有剥蚀,矿化体出露正常,含金的可能性较大^[8-9]。预测区位于11、21号脉西延部分,对比21、11号矿脉间隔约50 m,推测16号矿脉北侧约50 m处应存在一条隐伏矿脉。

运用物探电测深方法推测该段古近—新近系覆盖层厚50~70 m,经浅钻QZ1601(图5)揭露验证,在83.4~89.74 m,见到厚度3.36 m、金品位 $1.22\times 10^{-6}\sim 1.39\times 10^{-6}$ 的矿化体(17号矿脉)。

3.2 构造地质预测方法

断裂构造是矿区的主要控矿地质条件,构造研

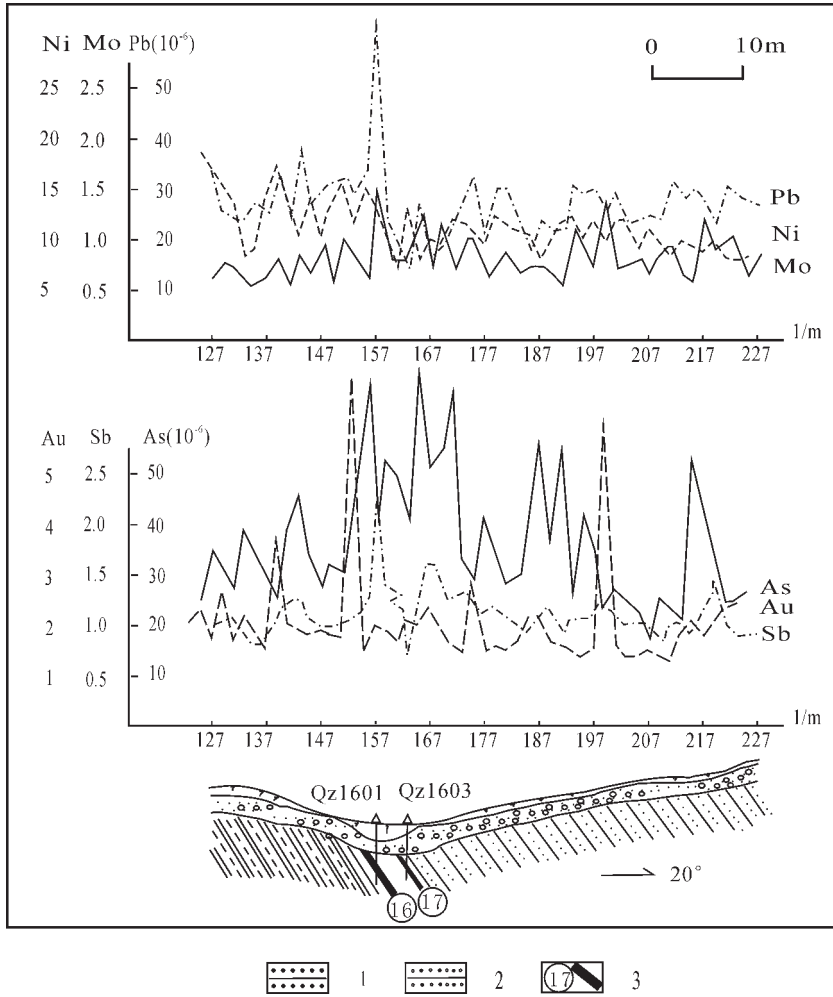


图4 160勘探线土壤中元素含量曲线图
1—砂岩;2—古近—新近系砂砾岩;3—矿脉

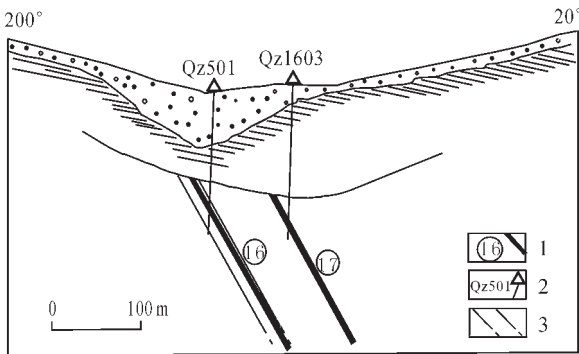


图5 160勘探线地质剖面图
1—矿体及编号;2—钻孔及编号;3—蚀变带

究表明,矿区控矿构造表现为规模较大的韧脆性剪切带,其内断层呈叠瓦式逆冲断裂(图6),矿脉赋存在一系列层间韧脆性剪切断裂中,按照韧脆性剪切带控矿规律,指导深部探矿,取得了理想效果。

矿体赋存规律:韧脆性剪切带具有沿走向、倾向延伸大的特征,其所控制的矿脉、矿体规模一般也较大,并且矿脉严格受近平行的、顺层断裂控制。区内控矿断裂的规模自背斜北翼向南翼呈变小趋势:北部的F₁断裂带延伸超10 km、宽达200~300 m,F₃断裂带延伸超5 km、宽50~100 m,近核部发育的F₅断裂带延伸小于5 km、宽20 m。从已控制矿脉体规模情况看,控制的19、9、21、31号等矿脉、矿体自北向南规模也呈变小趋势。从矿体控制标高

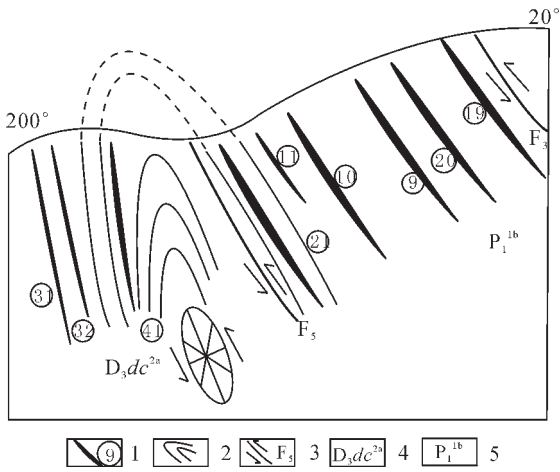


图 6 寨上矿区脆性剪切带成矿模式图
1—矿体及编号;2—背斜;3—断裂;4—上泥盆统大草滩群;
5—上二叠统 b 组

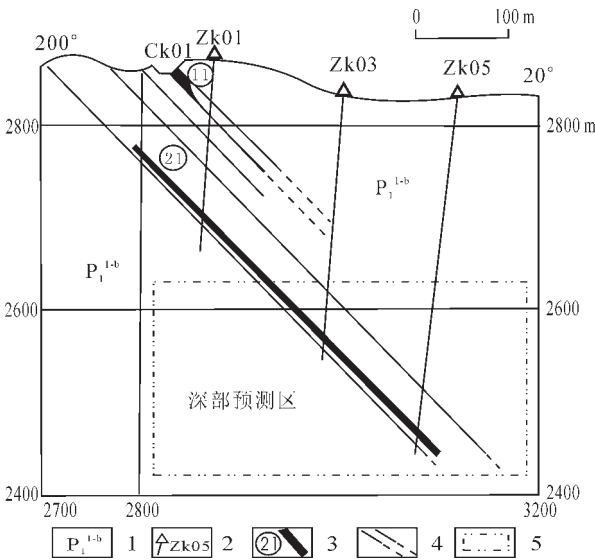


图 7 0 勘探线地质剖面图
1—上二叠统 b 组;2—钻孔及其编号;3—矿体及编号;
4—蚀变带;5—深部预测区

看,自北向南 19、9、21、41、31 号矿脉矿体控制标高分别为 2 900~2 528 m、2 879~2 584 m、2 846~2 467 m、2750~2410 m、2 815~2 380 m,控制标高依次降低。可以预测自背斜南翼向北翼,北部矿脉深部相对具有更大的找矿潜力。

以 21 号脉为例,21 号脉赋存于 F_3 、 F_5 脆性剪切带之间,剪切带规模较大,预测 21 号脉向深部应有较大延伸。0 线钻孔 ZK01 于 2705 m 标高见矿,

品位 1.93×10^{-6} 、厚度为 2.47 m,ZK03 于 2570 m 标高见矿,品位为 3.58×10^{-6} ,厚度为 3.74 m,从前两排钻孔见矿情况看,矿体自浅部向深部延伸稳定,且有厚度增大、品位变高趋势,同时结合相邻 8 线施工的 ZK84 孔控制 21 号脉的见矿标高(2467 m)情况,预测矿体向深部仍有延伸,因此设计施工了第三排钻孔 ZK05,于 2465 m 标高见矿,品位为 1.48×10^{-6} ,厚度 0.9 m (图 7)。可以预测,21 号脉在深部 2465 m 标高以上、104-35 线间东西长 3500 m 的范围内仍有较大找矿空间。

北矿带 9、11、16、17、18、19、20 和 29 号等矿脉规模均较大,除 19 号脉东段深部控制程度相对较高外,其他矿脉多未进行深部控制,根据相似类比理论可以预测,北矿带深部找矿潜力巨大。

3.3 化探预测方法

微细浸染型金矿床具有多期多阶段叠加成矿的特点。运用构造原生叠加晕进行深部成矿预测,取得了较好的找矿效果。研究表明^[2],在空间上单阶段形成矿体或不同阶段近于同位叠加形成的矿体(晕)具有正向分带特点,不同成矿阶段异位叠加往往形成“逆向分带”或“反分带”。寨上金矿矿体的元素组合为: Au、Ag、Pb、Zn、As、Sb、Bi、Hg、Mo。在综合研究了 19-1、21-1 号等矿体的元素地球化学特征、原生晕异常特征后,总结出了寨上金矿矿体的理想原生晕模式(图 8):As、Hg、Sb 为前缘晕元素,Au、Ag、Pb、Zn 为矿体晕元素,Bi、Mn、Mo 为尾晕元素。

以 11、21 号脉为例,运用建立的原生叠加晕模式进行矿体深部预测,制作勘探线地质地球化学剖面图,通过分析研究预测 21 号矿体在 0 线深部有较大延伸,而 11 号矿体向深部延伸较小。

(1)从 8 线 11、21 号矿脉 3 种元素分布规律与矿脉对应情况可知(图 9),11 号矿体浅部出现 Sb 异常,下部出现 Mo 异常;21 号矿体从浅部到深部出现 Sb、Au 叠加异常,而且在其下盘出现一个新的 Sb 异常,其强度由浅向深有增强的趋势。预测 11 号矿体在 8 线处继续向深部延伸的可能性不大,而 21 号矿体向深部应有较大延伸,且其下盘可能出现盲矿体。

(2)从 0 线 11、21 号矿脉 3 种元素分布规律与矿脉对应情况可知(图 10),11 号矿脉的叠加晕组合特征与 8 线相似;21 号矿体从浅部到深部出现 Sb、Au 叠加异常,且在 2600 m 标高处出现了一个峰值区。预测 11 号矿体在 0 线继续向深部延伸的可能性

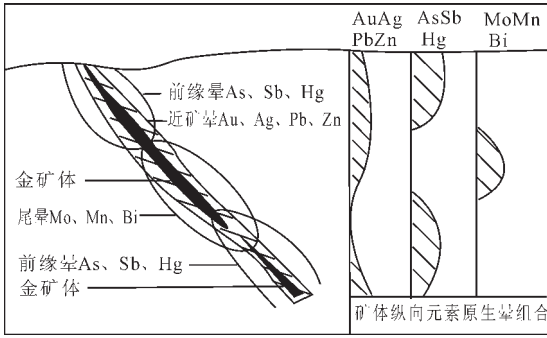


图8 寨上矿区矿体原生叠加晕理想模式^[12]

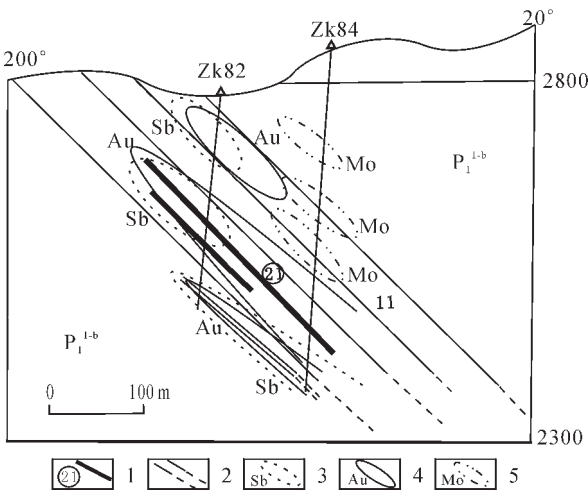


图9 8 勘探线构造原生叠加晕图
1—矿体及编号;2—蚀变带;3—Sb异常;
4—Au异常;5—Mo异常

不大,而21号矿体向深部应有较大延伸。

根据以上分析,21号矿体在0-8线地段深部应有较大延伸,经施工钻孔ZK05,在2465m标高处见到矿体,故应继续对8线深部进行控制。

4 深部探矿效果

4.1 物探效果

在寨上矿区物探方法用得比较成功,激电中梯可以圈定极化率异常,指示构造破碎带(矿带)的展布情况,激电联剖推测具体断裂构造、含金属硫化物地质体的位置、产状,电测深推测矿脉的埋深及向深部延伸情况。在西秦岭厚覆盖地区,利用物探方法寻找微细浸染型金矿,在勘探早中期,可取得很好的效果。

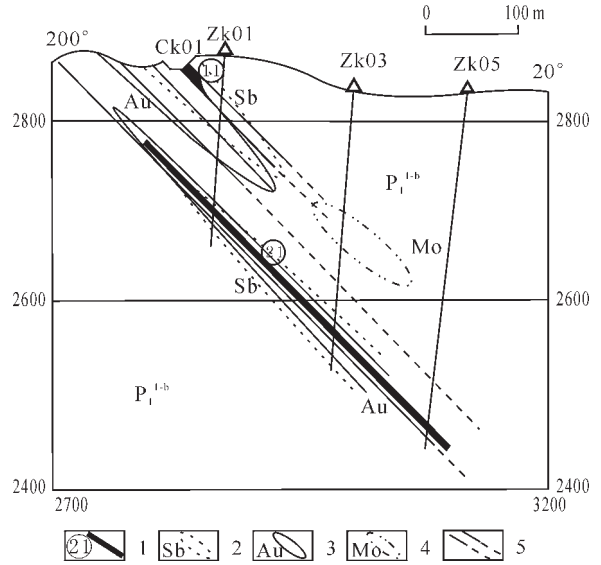


图10 0勘探线构造原生叠加晕图
1—矿体及编号;2—Sb异常;3—Au异常;4—Mo异常;5—蚀变带

4.2 构造地质找矿效果

研究矿区控矿韧性剪切带特征及矿脉变化特征,为深部探矿提供了实际数据和理论依据。加强综合信息研究,资料多次开发,地质理论指导找矿,在寨上金矿的深部勘探中,被证明是行之有效的、非常成功的方法。

4.3 化探效果

在西秦岭地区开展1:20万、1:5万水系沉积物测量,圈定Au异常,为找矿缩小了靶区。地化剖面测量在验证构造破碎带的含金性方面,有很好的效果,但在古近—新近系、第四系厚覆盖区内,土壤测量圈定的Au异常的利用上要慎重。在矿区内开展构造叠加晕预测工作,取得了较为明显的效果,虽然构造叠加晕只能指示矿脉的存在,不能准确定位,通过结合地质综合研究成果,此方法在寨上矿区深部找矿预测中起到了较好的作用。

5 结语

在寨上金矿勘探中,针对矿区的“两难”状况,运用地质物探化探综合信息进行成矿预测,加强综合研究,积极应用科研成果,在深部探矿过程中取得了很好效果。

(1)在古近—新近系、第四系厚覆盖地区,利用物探方法——激电中梯测量进行扫面,圈定异常,经

激电联合剖面测量及地化(土壤)剖面测量进行含金性验证,结合矿区矿脉的分布、延伸状况,确定异常是由含金属硫化物的构造破碎带引起的,经浅钻验证,可以成功地找到矿化体(如寨上矿区西部的 17 号脉发现)。

(2)利用建立的构造叠加晕模式,在勘探中对所有工程控制程度较高的勘探线制作地质地球化学剖面图,分析矿体原生晕轴(垂)向序列从上至下为:(Hg、As、Sb)、(Au、Ag、Pb、Zn)、(Bi、Mo、Mn);分析各条矿脉中的元素垂直变化规律,研究矿床构造地球化学异常分带特征,并对构造带内矿脉深部延伸作了预测。经设计钻孔进行验证,已有多处预测区被深部钻孔证实为矿化所致,取得了理想的探矿效果。

(3)根据确立的韧脆性剪切带成矿模式,根据相似类比理论可以有针对性的指导深部探矿。在寨上金矿外围及整个岷—礼成矿带,注意寻找发育在下二叠统、中上泥盆统中的叠加有 NW-NWW 向韧脆性剪切带的细碎屑岩、含炭板岩、碳酸盐岩等岩层,通过开展合理勘探,找到寨上式金矿很有可能。

参考文献:

- [1] 张复新, 于岚. 秦岭造山带斜向俯冲碰撞与南秦岭成矿作用响应[J]. 矿床地质. 2002. 21(增刊):297-300.
- [2] 杨恒书, 张凤岭, 殷鸿福, 等. 西秦岭造山带演化与成矿[J]. 四川地质学报, 1996, 16(1):73-79.
- [3] 张复新, 宗静婷, 马建秦. 秦岭卡林型金矿床及相关问题探讨[J]. 矿床地质, 1998, 17(2):172-184.
- [4] 钱壮志. 秦祁昆成矿域古生代区域成矿规律[J]. 西北地质, 2003, 36(1):34-40.
- [5] 张复新, 张旺定, 张正兵. 秦岭造山带金矿床类型与构造背景[J]. 黄金地质, 2000, 6(4):8-2.
- [6] 卢纪英, 李作华, 张复新. 秦岭板块金矿床[M]. 西安:陕西科学技术出版社, 2001:326-336.
- [7] 刘新会, 于岚等. 甘肃岷县寨上金矿床地质特征及成因初探[J]. 西北地质, 2005, 38(4):45-53.
- [8] 郑振云. 寨上矿区老第三系盖层区地物化找矿效果 [C]//武警黄金第二总队编, 金矿地质论文集, 2006, 207-215.
- [9] 于岚, 甘肃省岷县寨上金矿床地质特征及地球化学特征 [R]. 西安:西北大学, 2004:40-49.
- [10] 郭红乐, 陆志平, 刘爽, 等. 甘肃寨上卡林型金矿床地质特征与控矿因素[J]. 黄金地质, 2003, 9(10):21-26.
- [11] 赵志龙. 寨上金矿区地质、地球物理及地球化学找矿标志[C]//武警黄金第二总队编. 金矿地质论文集, 2004:25-30.
- [12] 路颜明. 甘肃省岷县寨上金矿区深部及外围成矿规律及找矿预测[R]. 廊坊:武警黄金研究所, 2004:49-63.

甘肃北山花牛山金银铅锌多金属矿田深部 及外围找矿的思考

杨建国 谢春林 王兴安 任秉琛

(西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

提 要:通过对矿区已有资料进行综合分析和实地调查研究,认为花牛山金银铅锌多金属矿田内存在着两种不同成因类型的系列矿床。(1)与火山-沉积碎屑岩-碳酸盐岩系有关的喷流沉积型金银铅锌成矿系列;(2)与花岗岩有关的金铜钨钼(锡)成矿系列。并进一步指出前者找矿方向应以顺层找矿为主,有利层位为碳酸盐岩与碎屑岩的接触带,后者为区域性大断裂与花岗岩接触带空间耦合部位。按照上述找矿思路,分别在花牛山金矿采空区外围、铅锌矿三矿区和一矿区 22 线以东找到新的工业矿体。结合地质及物探工作成果和化探资料,指出了今后开展矿产勘查工作的重点靶区。

关键词:金银铅锌矿床;钨钼金铜矿床;成矿系列;找矿思路;新进展;花牛山;北山

地处甘、新交界部位的花牛山金银铅锌多金属矿田是北山地区唯一成型铅锌多金属矿床,成矿大地构造位置隶属于北山晚古生代造山带中部敦煌陆块北缘早古生代陆缘裂谷带中,赋矿地层主要为震旦系一套浅海相浅变质陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造,南部出露有中基性火山-沉积碎屑岩建造夹碳酸盐建造,二者呈不规则倒“人字形”侵蚀残留“构造体”挟持于华里西—印支期众多花岗岩体之间。近东西向花西滩—花牛山区域性深大断裂成为上述两种不同类型沉积建造的分界断裂,控制着区内同生沉积期热液角砾岩体的空间产出、喷流沉积型金银铅锌矿化元素的空间分带和矿体形态与规模。

1 矿田勘查开发研究现状

该矿床自 20 世纪 50 年代发现以来,历经长达 5 年的详查与补充勘探,提交 C_1+C_2 铅锌金属量

27.32 万 t,银金属 565.25 t^①,确立该矿床为一中型银铅锌矿床。20 世纪 80—90 年代,诸单位先后在矿区及外围开展了 1:5 万区域地质矿产调查和普查找矿工作,相继发现了花西山金银矿点、花东滩钨钼矿点、花黑滩钼矿床、花牛山金矿床、花西滩铜铁锡矿点和南泉银金矿床等,先后提交 C+D 级铅锌金属量 2.11 万 t、金金属量 4.10 t、银金属量 300 余吨、钼金属量 2.43 万 t^{②③④}。使该区成为一初具规模的贵重、有色和稀有金属矿集区。

但自矿床发现以来,针对本矿田的专门性科研工作较少,除 1985 年甘肃地矿局科研所开展的“花牛山有色金属矿床及其外围找矿方向”专题研究研工作外,主要是不同时期区域地质调查与矿床勘查期间附带从事的综合研究工作,他们均从不同侧面对矿田内成矿规律进行了归纳和总结,无疑对区内开展地质找矿起到了一定的指导作用。然而,由于本矿田在区域

收稿日期:2007-08-20;改回日期:2007-08-22

基金项目:全国危机矿山接替资源找矿专项“甘肃省安西县花牛山金银铅锌矿山矿产预测”项目(200662062)资助。

作者简介:杨建国,男,1962 年生,研究员,主要从事金属矿床地质、地球化学和区域成矿预测研究工作;E-mai: xayjianguo@cgs.gov.cn。

① 甘肃省地质局花牛山地质队.花牛山铅锌矿勘探报告,1958.

② 甘肃省地矿局酒泉地质矿产调查队.花牛山金银铅锌矿普查报告,1987.

③ 甘肃省地矿局酒泉地质矿产调查队.花牛山金矿详查报告,1989.

④ 甘肃省地矿局酒泉地质矿产调查队.花黑滩钼矿详查报告,1989.

矿产勘查综合研究,尤其是矿田内相互叠加的多个成矿系列的确立、控矿构造、矿体赋存规律、今后阶段的主攻矿种和预测定位等有关找矿能否取得突破的关键性问题仍然不够明朗,制约着区内各矿种储量一直再未有显著增长,尤其是铅锌矿 50 年来历经二轮外围地质找矿和矿山企业数十年来的边采边探,新增铅锌金属量不足 5 万 t。经过数十年开采,铅锌矿保有矿石量仅有 50 万 t,按现生产规模 16 万 t/年计算,服务年限仅有 2.9 年,已步入严重危机矿山行列。近两年,矿田内进一步找矿陷入“方向似明非明”的艰难困境。这无疑提醒我们要开拓思路,深化对矿田内成矿作用特点与成矿规律的再认识。

综观以往地质矿产勘查、矿山探矿工程与研究工作的,笔者认为尚存在以下几个方面的问题:(1)以“岩浆热液矽卡岩型矿床^①”和“火山沉积-岩浆热液叠加改造型层控多金属矿床^②”为主导的成因认识制约了以往地质找矿主要围绕印支期花岗岩体外接触带开展工作,缩小了找矿空间;(2)赋矿地层的时代及层序比较混乱,致使矿田内褶皱构造形态与控矿构造模糊不清,严重制约着区内成矿模式和成矿系列的建立,以及有利成矿部位的圈定和缺位矿体的寻找;(3)矿产勘查与开发工作局限性太大。以往地质找矿工作范围主要集中于一矿区三矿带、三矿区等少数几个矿段,工作重点在于矿段内的勘探工作,勘探深度一般不足 300 m,个别地段最深仅 470 m。但矿山开采的实际是,主开采面已有 9 个中段,即开采垂深已达 450 m,向下被晚期一花岗岩脉所截,深部矿化目前尚不明朗。

近年来,笔者在北山成矿带找矿重大疑难问题研究项目和甘肃北山营毛沱地区矿产远景调查项目实施期间,通过实地考察和区域资料对比,注意到天山—北山地区存在着新元古—古生代多个时期的热水沉积盆地,以及与之相关的热水(喷流)沉积型铁(铜)矿、锰矿和银铅锌矿床,如铅炉子铅矿床(长城系)、七角井铁矿床(蓟县纪)、彩霞山铅锌矿床(蓟县纪)、红山锰矿床(震旦纪)和马鞍桥铅锌矿床(石炭纪)等。通过对前人资料的综合分析研究,以及花牛山金银铅锌矿产成矿预测项目的实施,已清晰地揭示出花牛山金银铅锌矿田内发育着一个较为典型的喷流沉积型贵重—有色金属成矿系列,金银铅锌矿

化自南而北(自古火山喷发中心—古沉积盆地)形成一个较完整的金属元素空间分带:南部(三矿区)为与中基性火山—沉积碎屑岩夹碳酸盐岩有关的脉状—似层状铜—锌(铅银)—铁矿化;中部为与沉积碎屑岩—碳酸盐岩有关的层状、似层状黄铁矿—银铅锌矿化(一、二矿区);北部及西部为与沉积细碎屑岩夹碳酸盐有关的层状含金(钴)磁黄铁矿石(四矿区)和层控热液改造型银矿化(南泉)。赋矿最有利的空间部位是碎屑岩(或火山岩)与碳酸盐岩两种岩性的接触带附近或层间破碎带。

另外,受境内外天山—北山地区与晚古生代花岗岩有关的金、钨、锡、钼等矿床产出受北东向基底构造控制和具等间距性分布规律^[2-4]的启示,沿北东向柳园—花牛山—明水一线是一重要的与晚古生代造山期花岗岩有关的贵重—稀有多金属矿集区^[5],结合矿田内已发现多处钼、钨矿化,认为矿田内同样发育着与海西—印支期花岗岩浆活动有关的另一个贵重—稀有多金属成矿系列,其叠加于贵重—有色金属成矿系列之上,形成花牛山矿田多矿种、多个成矿系列相叠加的复杂矿床成因组合。

2 矿田内矿床类型及其主要特征

花牛山金银铅锌矿田内存在着成因类型完全不同的两个成矿系列,即喷流沉积型金银铅锌成矿系列和岩浆热液型金钨钼(铜锡)成矿系列。各系列典型矿床及其特征如下:

2.1 与火山—沉积碎屑岩—碳酸盐岩系有关的喷流沉积型金银铅锌矿化

代表性矿床有花牛山铅锌矿床一、二、三矿区和花牛山金矿床。

2.1.1 花牛山铅锌矿床

根据赋矿岩系和矿化元素组合可分为两种类型:银铅锌型(一、二矿区)和银铜锌(铅)型(三矿区)。

一、二矿区矿体赋存于一套角岩化细碎屑岩—碳酸盐岩岩系中,矿体主要沿 2 种岩性接触带及其附近层间水平错动带产出(图 1)。矿化岩石以泥质条带状薄层大理岩为主,次为绢云母千枚岩和变粉砂岩等。在圈定的 221 个矿体中,储量大于万吨的主矿体有 8 个,其他矿体规模一般较小。矿体多呈似层状、次为扁豆状、透镜体状,少量为囊状、柱状等,与

①甘肃省地质局花牛山地质队.花牛山铅锌矿勘探报告.1958.

②甘肃省地矿局地质科学研究所.花牛山有色金属矿床及其外围找矿方向研究报告.1984.

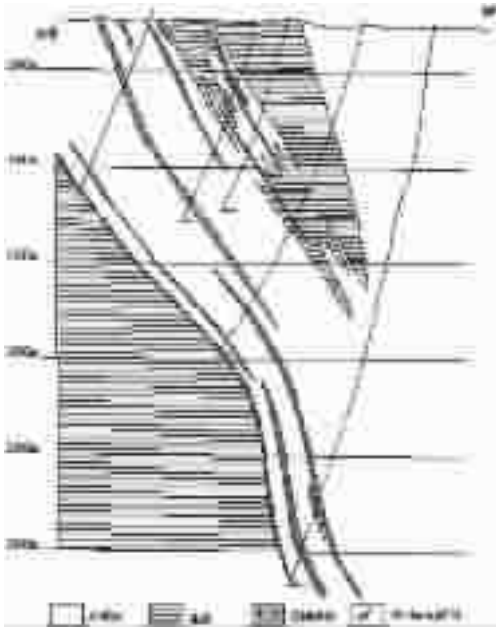


图1 花牛山银铅锌矿床一矿区二矿带
8 勘探线剖面示意图
(据甘肃地质矿产局酒泉地调队,1987)

围岩产状基本一致。矿石矿物主要有黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿,次有毒砂、磁铁矿、硫锰矿、白铁矿、黄铜矿、褐铁矿、赤铁矿;脉石矿物主要为方解石、锰方解石、铁白云石,次为石英、绢云母、斜长石、透闪石、阳起石、石榴石、重晶石、石膏等。矿石以块状—条带状构造为主,见有同生变形构造和脉状—网脉状构造。近矿围岩蚀变主要以铁白云石化为主,普遍见有角岩化—矽卡岩化。矿石以闪锌矿富铁、锰,低镉($Fe+Mn=12\times 10^{-2}$, Cd 平均 0.2×10^{-2})和方铅矿中银含量较高(平均 $Ag\ 1500\times 10^{-6}$)为特征,矿石平均品位 Pb 为 $2.26\sim 7.30\times 10^{-2}$, Zn 为 $1.26\sim 4.07\times 10^{-2}$, Ag 为 $68.5\times 10^{-6}\sim 248.5\times 10^{-6}$ 。

三矿区矿体赋存于一套中基性火山岩—沉积碎屑岩夹碳酸盐岩岩系中,产于中基性火山喷发间隙期形成的硅质板岩、千枚岩及条带状薄层大理岩透镜体中,其围岩以条带状大理岩及热液角砾岩为主,其次为硅质板岩、千枚岩、玄武岩等。所圈定的46个矿体规模均较小,形态以囊状、脉状和柱状为主,个别为透镜体状,产状变化较大,受层位与断裂破碎带双重控制,既有顺层矿体,又有穿层矿体。矿石平均品位 Pb 为 3.46×10^{-2} , Zn 为 2.49×10^{-2} , Ag 为 219.0×10^{-6} , Au 为 0.4×10^{-6} 。矿石物质组分与组构同—、二矿

区大体一致,但亦有差异,其不同在于:(1)矿石以 $Zn-Pb-Cu$ 型矿石为主,矿石中铁闪锌矿占绝对优势,方铅矿含量显著减少而黄铜矿明显增加,并出现自然金和金银矿等独立金矿物;(2)铅锌矿化部位热液角砾岩发育,并伴有较强的透辉石化、硅化、萤石化、绿泥石化等热液蚀变;(3)出现沉积层状磁铁矿—黄铜矿化。

2.1.2 花牛山金矿床

矿床位于花牛山银铅锌矿床一矿区二矿带之东延,位于印支期二长花岗岩之外接触带。矿区为一向东侧伏的次级背斜构造,由黑云长英质角岩构成核部,大理岩位于其两翼。主工业矿体呈对称状产于大理岩层下部的石英透辉石角岩中(图略),并严格受层间接触带控制。矿体呈层状、似层状或脉状,与围岩产状基本一致。

矿石矿物主要为磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂,次为黄铜矿、辉钼矿、白钨矿、辉碲铋矿、辉铋矿(自然碲)、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿等;贵金属矿物主要为银金矿及金银矿;脉石矿物主要有石英、透辉石、阳起石、萤石、方解石、锰方解石、铁白云石、角闪石,次为绿泥石、钡沸石、重晶石(毒重石)等。矿石既具有沉积成矿期各种交代残留结构、变胶状结构和变余条带状构造等,又发育岩浆热液叠加期的交代残留与交代溶蚀结构等。围岩蚀变主要有透辉石化,阳起石化、硅化、角岩化、绢云母化等。矿石化学成分以金为主,平均品位 $3.6\times 10^{-6}\sim 5.6\times 10^{-6}$,伴生 $Co(0.018\times 10^{-2})$ 、 $W(0.1\times 10^{-2}\sim 0.2\times 10^{-2})$,其成因类型属经热变质叠加改造的喷流沉积型含金(钴)黄铁矿矿床。

2.2 与花岗岩有关的岩浆热液型金钼钨矿化

2.2.1 花黑滩钼矿床

矿床位于花西滩—花牛山区域大断裂带之北侧,产于印支期花岗岩基西缘及其向西伸延岩枝的外接触带。矿体赋存于黑云长英质角岩中,受接触面产状的控制。在圈定的17个矿体中,万吨级矿体2个。3个主工业矿体呈板状或扁豆状,其余矿体多呈透镜状,控制最大延深410 m,多数矿体控制垂深仅200 m左右。

矿石分为原生矿石和氧化矿石两类。原生矿石类型单一,主要为星散浸染状硫化矿石(占80%)。矿石金属矿物主要为辉钼矿、黄铁矿、磁铁矿,少量黄铜矿、方铅矿、毒砂、白钨矿、钼钙华、钼华、褐铁矿等;脉石矿物有石英、黑云母、长石、绢云母、铁白云

石、电气石、萤石、堇青石等。矿石具半自形片状、针状微粒结构,星点浸染状与细脉浸染状构造。围岩蚀变有角岩化、硅化、黄铁矿化等,其中硅化与钼矿化关系密切。矿床 Mo 平均品位,氧化矿石 0.073×10^{-2} ,原生矿石 $0.035 \times 10^{-2} \sim 0.080 \times 10^{-2}$,伴生钨、锡。成因类型属与二长花岗岩有关的长英质角岩型钼矿床。

2.2.2 花西山金银矿点

矿点位于花西滩—花牛山近东西向大断裂带附近,沿断裂侵入有超基性岩体、华力西中期—印支期花岗岩及花岗斑岩。矿体赋存于北西和北北西向两组“X”形次级断裂破碎带中,赋矿围岩有花岗岩、花岗斑岩、超基性岩、绢云千枚岩和大理岩。矿体形态多为脉状和透镜状,平面上有分叉和复合现象,矿体规模均较小,长不足 60 m,宽小于 2 m。矿石平均品位 Au 为 10×10^{-6} , Ag 为 76×10^{-6} 。矿石类型有蚀变岩型、含金黄铁矿脉型和石英岩脉型 3 类。矿石矿物主要有黄铁矿和毒砂,次为褐铁矿、赤铁矿、辉铋矿、磁铁矿等,贵金属矿物有自然金、金银矿、角银矿、碘银矿等。脉石矿物主要有石英、绢云母、绿泥石、电气石、重晶石、绿帘石、蛇纹石、粘土类矿物等。矿石具压碎结构,块状、浸染状、多孔状和斑杂状构造。围岩蚀变有绢云母化、褐铁矿化、高岭土化、毒砂黄铁矿化、硅化、蛇纹石化、绿帘石化、绿泥石化、黄钾铁矾化等。其中绢云母化、褐铁矿化、高岭土化、毒砂黄铁矿化与金矿化关系密切。矿床成因类型属中低温热液型金矿床。

3 找矿新进展及今后工作方向

针对上述两个不同成因类型和系列矿床,分别按照“顺层找矿”和“沿花岗岩接触带或岩体与不同序次断裂空间耦合部位”的思路在矿区开展新一轮成矿预测与探矿工作,在花牛山金矿区、花牛山铅锌矿三矿区及一矿区 22 线以东已取得初步成效。

花牛山金矿床矿区构造为一近东西向展布、向东倾伏背斜,控矿构造为大理岩与矽卡岩化长英质角岩二种岩性的接触带,矿床成因为喷流沉积型层状矿床,按照“顺层找矿”的思路,认为在原探矿工程控制的采空区走向和倾向方向应存在有工业矿体,并及时向矿山提出找矿建议,经二、三中段探矿工程验证,在南翼原采空区向西走向延伸方向探到了厚度 4~12 m 的金矿体,平均品位 4×10^{-6} ,目前控制矿体长约 100 m,向西尚未封闭。

三矿区热液角砾岩发育,推测为古喷流中心。含

矿岩系为一套安山—玄武质熔岩夹角砾岩,层间及其南侧分布有厚度不大的硅质板岩、千枚岩夹条带状大理岩透镜体,为铅锌矿体的主要赋矿层位。依据空间构造位置,认为该矿区应注意寻找囊状和柱状 Cu-Zn-Au 型矿体,按照“围绕古喷流口与顺层找矿相结合”的思路,结合激电测量结果,在三矿区 32 线大理岩透镜体与玄武岩及含炭千枚岩接触带建议布设竖井探矿,于井深 35 m 处主穿脉中见到两层矿体,厚度分别为 4 m 和 3.8 m,铅、锌、金平均品位分别为 1.2×10^{-2} 和 3.1×10^{-2} 、 1.04×10^{-2} 和 5.98×10^{-2} 、 0.55×10^{-6} 和 0.82×10^{-6} 。

一矿区 22 线以东位于印支期二长花岗岩基西外接触带,地表花岗斑岩岩枝及矽卡岩发育,按照与花岗岩有关的矽卡岩型矿床成矿理论,借鉴南天山萨雷贾兹钨、锡、钼、金矿集区的勘查模式,提出在该地段应加强钨、锡、钼、金矿的寻找,通过地表紫外灯照射,发现了规模达 $800 \text{ m} \times 300 \text{ m}$ 的白钨矿化集中区,地表拣块取样分析 WO_3 含量 $0.1 \times 10^{-2} \sim 0.5 \times 10^{-2}$ 。同时,区内还发现有热液脉型银—锑—金硫化矿体露头,地表拣块样分析 Ag 486×10^{-6} 、Sb 15.6×10^{-2} 、Au 3.2×10^{-6} 。

上述找矿效果证明,本轮成矿预测所运用的找矿理论和思路与客观实际比较吻合。按照不同成矿系列和有利的赋矿部位相结合的预测思路,结合地质与物探成果,初步优选出 4 处可供工程验证的有利靶区,它们是:(1)一矿区四矿带 12~18 线 Pb-Zn-Ag 找矿靶区;(2)三矿区 8-32 线 Cu-Zn-Pb-Au-Ag 找矿靶区;(3)花牛山金矿采空区深部与外围 Au-Co-W-Mo-Cu 找矿靶区和(4)一矿区 22 线以东 W-Sn-Mo-Ag-Au-Sb 找矿靶区。其中后二者工作程度较低,具有较大的找矿潜力。

参考文献:

- [1] 杨彦,司雪峰.甘肃南泉银矿床控矿因素及找矿方向[J].地质与勘探,2005,41(4):28-32.
- [2] A.B.Павловский 著.张鸿昌译.何振汉校.天山锡矿床的成因类型和分布的主要规律[J].新疆地质科技,1987,18(2):53-63.
- [3] Kudrin V S, Solov'yev S G, Stavinskiy V A. The gold-copper-molybdenum-tungsten ore belt of the Tian Shan. International Geology Review, 1990, 32(9):930-941.
- [4] 陈哲夫,周守云,乌统旦.中亚大型金属矿床特征与成矿环境[M].新疆:新疆科技卫生出版社,1999:58-69,75-108.
- [5] 杨建国,杨合群,杨林海,等.北山地区北东向构造对金钨钼(稀土)矿床控制作用初探[J].大地构造与成矿学,2004,23(1):20-30.

广西泗顶铅锌矿深部找矿的新认识

胡华清

(中国冶金地质总局中南地质勘查院南宁分院, 广西 南宁 530022)

提 要:笔者通过对泗顶铅锌矿大量资料的综合研究,结合危机矿山接替资源勘查成果,对泗顶铅锌矿深部找矿提出了一些新的看法,对解决危机矿山接替资源有一定的指导意义。

关键词:铅锌矿;深部找矿;广西泗顶

1 矿山概况

泗顶铅锌矿包含 3 个矿区,由北到南分别是:①泗顶矿区:面积约 7.8737 km²,开采标高为+210 m 以上,为矿山老采区;②拉夯—二九矿区:面积 11.67 km²,开采标+250 m 以上,为矿山新采区;③古丹矿区:面积约 5.93 km²,开采标高为+300 m 以上,为矿山老采区。3 个生产矿区累计探明铅锌矿石资源/储量 1030.32 万 t,累计消耗铅锌矿石地质储量 935.56 万 t。从 1960 年投产自今已经服务 47 年。截止 2003 年末,泗顶矿区铅锌矿石保有资源储量为 17.99 万 t,古丹矿区铅锌矿石保有资源储量 22.32 万 t,拉夯—二九矿区保有资源量 4.30 万 t,按泗顶铅锌矿设计开采规模,尚可服务年限约 1.40 年,属于资源严重危机矿山。到 2006 年矿山已进入破产程序,但是,经过分流安置后,目前还有 600 多职工对矿山的一些残矿、贫矿进行生产。因此,危机矿山的实施和找矿的突破对该矿山已是迫在眉睫。

2 2006 年项目实施情况的回顾

2006 年工作任务是泗顶矿段 35、34 号矿体和古丹矿段 25 号矿体延伸部位普查找矿;选择拉夯—二九矿区的 4 个地段开展预查工作,在地表地质和物探工作的基础上进行钻探验证;采用井中物探电磁法对深部矿体延伸部位进行探测,为地表钻

探提供依据。也就是说,对产于泥盆系碳酸盐岩中还未完全控制的铅锌矿体进行追索控制;对物探异常进行查证。

2006 年已施工完成 12 个钻孔,只有 1 个孔见铅锌矿体,3 个孔见黄铁铅锌矿化,其余不见矿,仅见黄铁矿化;在泗顶矿区施工 2 个钻孔对物探异常进行查证,结果异常为黄铁矿化炭质板岩引起。尽管工作任务完成的比较好,但是,找矿效果不好。分析原因,认为整个泗顶铅锌矿的单个矿体具有数量多(达 70 多个),除了几个主要矿体外,其余大多数规模不大的特点,按 100 m×100 m 工程间距太稀,控制不住矿体;另外,矿山经过几十年的普查勘探工作,对产于盖层泥盆系中的铅锌矿体已基本查清。因此,2006 年对矿山的“探边”找矿效果不理想。

3 深部找矿的新认识

前人认为:第一,泗顶地区缓倾斜的铅锌矿体大多分布于寒武纪浅变质碎屑岩与中上泥盆统钙质岩系的不整合接触界面附近,大致在 0~80 m 范围;隐伏铅锌矿体埋深离地表的距离不大,大多在 100 多米范围,局部地区达到 200 多米。所以,矿山几十年来所施工的钻孔几乎都是浅孔,孔深几十米到一百多米为主。古丹矿区超过 200 m 的孔只有几个,300 m 以上的钻孔没有;泗顶矿区没有超过 200 m 的孔。这说明整个矿区深部的找矿和研究工作程度很

低。第二,受层控理论影响,认为泗顶地区铅锌矿严格受中上泥盆统钙质岩系控制,不整合面标高以下寒武系的碎屑岩不能成矿。

随着危机矿山项目的实施,笔者对矿山大量的老资料进行研究后,发现以下地质事实:据古丹矿区已有资料,在 F_3 断层以西,10号线、15号线、17号线、28号线、29号线、30号线中总共有12个钻孔在不整合面以下20~100 m的寒武系砂页岩中有铅锌矿体或矿化体存在。其中有5个孔见矿的厚度和品位还相当好。但是,以往未对这些矿体进行系统评价。另外,古丹矿区 F_3 断层为切过不整合面进入基底地层的正断层,属张扭性质,断层走向近南北到北北西,倾向东,倾角 $63\sim 82^\circ$,断层的垂直断距为40~85 m。东盘为断层上盘,为下降盘。古丹东矿(即 F_3 断层以东下降盘)施工的大量钻孔绝大部分均为进尺到不整合面以下5~15 m就终孔,对正断层下降盘的寒武系碎屑岩中铅锌矿体均未进行控制。

(1)据王永基教授“中国扬子型铅锌矿特征(2007年)”的研究,分布于扬子陆块及其周边的沉积-改造型铅锌矿床,从震旦系到三叠系均有分布。而泗顶铅锌矿位于扬子陆块南缘,泗顶地区北部的三江老堡铅锌矿产于震旦系基底老地层中,泗顶地区以东的阳朔老厂铅锌矿产于寒武系浅变质碎屑岩中,而西部的南丹大厂锡铜铅锌等多金属矿,主要赋矿层位泥盆系中碳酸盐岩和碎屑岩均有矿体存在。说明铅锌矿对成矿围岩没有专属性,成矿物质和聚矿构造是主要成矿因素。

(2)据中南大学“泗顶铅锌矿外围地质物化探找矿工程总结”(2002年),泗顶地区各时代地层铅锌矿含量明显高于(1~3倍)区域各时代地层,矿田中的铅、锌元素含量成为正异常,可能是后期叠加改造富集的成矿作用所造成的。

(3)泗顶地区大量已有资料显示,铅锌矿体受构造控制明显(无论是陡倾斜矿体还是缓倾斜矿体)。

①区域上内生矿产受构造控制较为明显,区域构造控制了成矿带。泗顶—古丹铅锌矿田中大量的矿床(或矿点)均沿近南北向的区域构造带分布。

②泗顶矿区、古丹矿区中的主矿体均产于大断裂(泗顶—古丹大断裂)及其派生断裂的交汇部位,或是帚状断裂的收敛部位。

③矿体的形状、产状、大小、富集情况则受次级构造控制。断层张裂面、破碎带及伴随断裂作用形成的小背斜、背形、层间剥离、滑动、虚脱及层间破碎带,是大量缓倾斜矿体主要的容矿空间。

④矿区陡倾斜矿体均产在断裂破碎带内,矿体的产状与断层的产状相近或一致。比如泗顶矿区陡倾斜的5号主矿体赋存于 F_1 、 F_3 、 F_4 断层交汇破碎带中;古丹矿区的3号主矿体在15线15-3号孔所见到的铅锌矿体赋存于 F_3 断层破碎带中,17线17-4孔所见的铅锌矿体赋存于 F_3 断层与另一断层交汇的破碎带中。而且矿体厚度大,品位富。

基于以上分析,笔者建议:

(1)思想认识上,首先要突破旧的思维定式,在综合研究的基础上,大胆使用新的找矿理论和新的找矿方法来指导危机矿山的深部找矿。

(2)选择古丹矿区产于 F_3 断层以西寒武系砂页岩中有一定规模的铅锌矿体进行评价。查清矿体的产状、规模,为在 F_3 断层以东,即正断层的下降盘的寒武系碎屑岩,甚至震旦纪地层中找矿做指导。

(3)使用大功率激电仪,加大勘查深度,寻找深部新层位、新构造部位矿异常,结合聚矿构造控矿观点,在成矿有利部位施工探索性深钻(1000 m左右),为矿区深部找矿提供新的依据,实现危机矿山深部找矿的突破。

支家地铅锌银矿成矿地质特征及深部找矿

曹国雄 李兵院

(中国冶金地质总局第三地质勘查院, 山西 太原 030002)

提 要:支家地铅锌银矿为与隐爆作用有关的多金属矿床,是近年来具有突破性发现的国家危机矿山,工业矿体的产出严格受隐爆角砾岩体控制,矿体多产出于隐爆角砾岩、次火山岩体与白云岩接触部位、断裂构造及次级断裂构造接触部位,矿体厚度、矿石质量也受其控制。该规律对矿床的远景预测及找矿具有一定的指导意义。

关键词:支家地铅锌银矿;控矿规律;隐爆角砾岩;次火山岩;找矿

1 区域地质构造背景

山西省灵丘县支家地铅锌银矿处在太古宙地体拼贴带上,同时又是中生代濒太平洋活动大陆边缘区,前长城纪变质热液成矿和中生代岩浆热液成矿作用十分强烈,是中国一个重要的银、锰、金及多金属成矿区。

本区大面积裸露前长城纪基底,其形成可划分为两个阶段,其一是古太古代—新太古代阜平纪陆核式地体形成和拼贴阶段,此阶段形成怀安古陆核和阜平古陆核。两古陆核在板块运动的机制下漂移、相撞、挤压拼贴,在怀安地体的东南边缘形成火山弧,在阜平地体的西北缘形成龙泉关巨型剪切带。其二是新太古代五台地体形成和地体再拼贴阶段,五台初期两古陆核又离散,形成陆内裂谷、陆间裂谷,晚期两古陆再次拼贴,五台群被挤成碎片,推覆于拼贴带上,同时发生强烈变形、变质和被花岗岩侵入,至此,怀安—五台—阜平联合地体最后形成。

古元古代滹沱群是在五台地体内的一个陆内裂槽中沉积的,闭合后,进入了稳定陆台发展时期,地质作用的形式主要是海进、海退,剥蚀、风化,陆表面和内陆河湖相沉积。

进入中生代,本区域卷入濒太平洋活动大陆边缘区,以深断裂为边界的陆块相对升降、逆掩(冲)推

覆、拉张陷落并伴随花岗岩类岩浆喷发和侵入是这一阶段的特征。

在中生代的断块构造体系中,以唐河断裂为界,其东北部属华北断块(Ⅱ级)燕山断块(Ⅲ级),其南西部属华北断块(Ⅱ级)吕梁—太行断块(Ⅲ级),支家地铅锌银矿区即位于燕山断块西端部分,西南缘的唐河断裂既是本区Ⅲ级构造单元界线,也是一条中生代陆相火山岩和花岗岩的重要控岩构造。

2 成矿地质背景

燕山断块南东部的涞源块隆上主要出露前长城系基底,NW向断裂较为发育,中部发育一条横贯NE向逆冲断层,导致太白维山一带的推覆构造。

支家地铅锌银矿所处的太白维山矿田位于燕山断块涞源块隆西北部,与太白维山推覆体基本吻合。太白维山推覆体是在晚侏罗世早期,沿150°方向逆掩推覆而来,推覆之后又发生大规模陆相火山喷发和次火山活动,伴随强烈的Ag、Mn、Au、Pb、Zn等多金属成矿作用。

太白维山矿田构造十分复杂,可划分为3个系统,一是推覆体构造系统,由NE向中野窝—东驼水逆冲—逆掩断层及其上部一系列次级逆冲断层组成,由此使较老的地层覆盖在较新的地层之上,并造成推覆体岩层较复杂的构造形态;二是区域性断裂

构造系统,由唐河断裂和张旺沟—刘庄两条区域性深断裂及其次级断裂组成,这两条深断裂对燕山期花岗岩类的导岩、控岩作用十分明显。受这两条断裂的影响,NW向、N向、NE向次级断裂十分发育,起到了对火山、次火山岩的浅部导岩和控岩作用。三是火山构造系统,由破火山口洼地、弧形断裂、环形断裂、放射状断裂和火山口构造组成。其中弧形、环形和放射状断裂常控制脉状次火山岩及有关矿床,而火山口被后期次火山岩侵入,形成岩株酸性斑岩或隐爆角砾岩,是重要的控矿构造^[1]。

自NW向SE,推覆体由新太古代五台群变沉积—火山岩、变石英闪长岩、中—上元古界长城系—青白口系白云岩类、寒武系—奥陶系灰岩—白云岩类、中侏罗统砾岩、上侏罗统中—酸性火山岩类和少量中石炭统砂质岩类组成。支家地银矿区内主要分布长城系高于庄组 and 上侏罗统白旗组、张家口组。

长城系高于庄组主要由不同颜色的薄层至中厚层状白云岩、含燧石条带白云岩和泥质白云岩组成,侏罗纪火山岩主要有粗安岩、安山岩、流纹岩及相应的火山碎屑岩。

矿田内岩浆作用十分强烈,主要为燕山晚期火山岩及次火山岩。太白维山矿田内燕山晚期次火山岩由中—酸性岩(伴生的隐爆角砾岩)组成,稍早阶段在白旗组和张家口期间的火山间歇期沿弧形和放射状断裂侵入,为中—酸性岩脉,稍晚阶段在白旗期火山喷发之后沿弧形断裂、放射状断裂和受NW向断裂控制的火山中侵入,为花岗斑岩和石英斑岩岩脉,有的伴生隐爆角砾岩,银、锰、金及多金属成矿十分强烈(图1)。

3 矿床地质

支家地铅锌银矿产于隐爆角砾岩,共圈定10多条银矿体,并伴生有铅锌矿。

3.1 矿区构造

矿区断裂构造十分发育,走向以NW向为主,次为NE和SN向。其中主要的有F₁、F₂、F₃和F₄。

F₂断层出露于矿区中部,走向为NW,倾向SW,倾角50~70°,属压扭性断层。该断层活动时间长,成矿前、后均有活动,控制着赋矿的隐爆角砾岩带的分布,是矿区最有意义的构造。

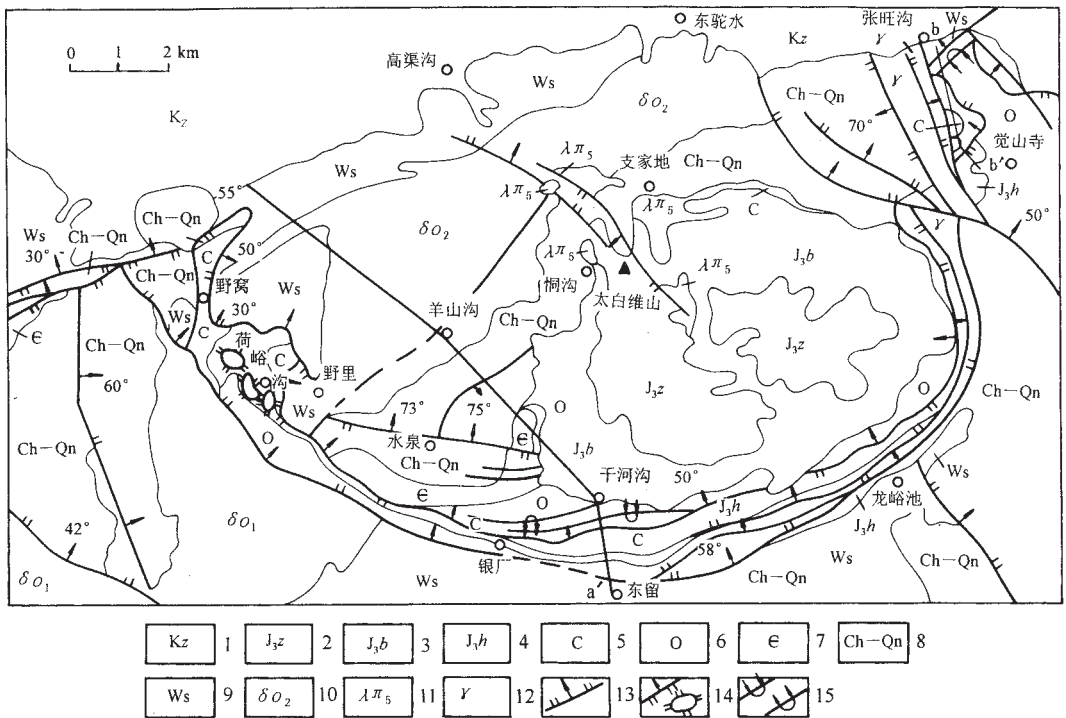


图 1 太白维山矿田地质略图(据刘德佑,1989)

- 1—新生界;2—侏罗系上统张家口组;3—侏罗系上统白旗组;4—侏罗系上统后城组;5—石炭系;6—奥陶系;
- 7—寒武系;8—长城系—青白口系;9—五台群变质岩;10—变质石英闪长岩;11—石英斑岩;12—花岗岩;
- 13—正断层;14—逆断层及飞来峰;15—同斜向斜及背斜

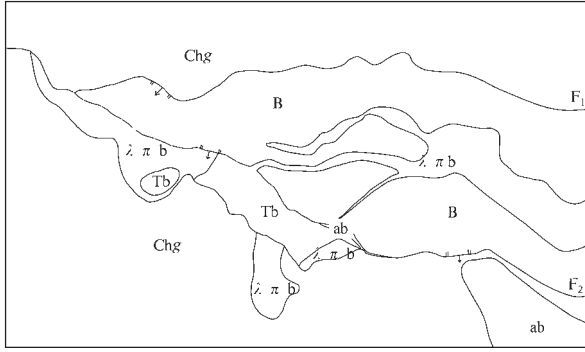


图 2 支家地矿区地质略图

Chg—高于庄组;λπb—石英斑岩角砾岩;F₁—断层及编号;
B—火山角砾岩;Tb—凝灰角砾岩;ab—安山角砾岩

F₃ 断层位于矿区中部,呈 NW 向展布,断层带长约 1500 m,破碎带宽约 2 m,倾向 SW,倾角 50~70°,为张扭性断层。上盘为含燧石条带白云岩,下盘为石英斑岩,破碎带内见有绢云母化、碳酸岩化、黄铁矿化、闪锌矿化。

F₁ 断层位于矿区中部,总体走向近 EW 向,东端为 NE 向,区内延长约 1800 m,东延至矿区外,向西被 F₂ 断层切断,倾向 SE,倾角 62~80°,为张扭性断层(图 2)。

3.2 次火山隐爆岩

支家地次火山隐爆岩由石英斑岩体及其相伴的隐爆角砾组成,是在火山喷发之后岩浆沿原有火山通道超浅成侵入形成的。其中石英斑岩是成矿母岩,隐爆角砾岩是控矿岩石,具有十分重要的成岩意义。

3.2.1 石英斑岩体

石英斑岩体呈不规则状产出,局部分支呈脉状或岩床插入围岩。岩体北部和西部与长城系高于庄组白云岩、上侏罗统张家口组火山岩呈断层接触关系,其南部和东部与张家口组呈侵入接触关系。

岩体的主体岩石为石英斑岩,含少量花岗斑岩。石英斑岩呈灰色、灰白色,有时微带粉红色。斑状结构,块状构造。斑晶含量 5%~10%,大小一般为 1~2 mm。斑晶为石英和钾长石,少量透长石。石英斑晶大部分被熔蚀,形成浑圆状、港湾状晶体。钾长石多具卡斯巴双晶,也有碎裂和熔蚀现象。基质与斑晶相同。浅部石英斑岩往往具有气孔-杏仁构造,杏仁体为石英、方解石和黄铁矿。石英斑岩遭受后期多次中-低温热液蚀变,呈星散状分布的黄铁矿化,碳酸盐化、绢云母化、硅化,并伴随 Pb、Zn、Ag 矿化,呈细

脉状分布于岩石裂隙中。

3.2.2 隐爆角砾岩体

隐爆角砾岩体主要分布于次火山岩体的北部边缘,受 NW 向的 F₂ 断裂控制。在平面上,角砾岩体呈透镜状或椭圆状,其长轴呈 NWW 向,长约 500 m,短轴长 150~200 m。在横断面上,角砾岩体为向石英斑岩体倾斜的筒状体,筒壁凹凸不平,并表现出向石英斑岩体的分支贯入,岩筒延深约 650 m,围岩为石英斑岩、火山集块岩和燧石条带灰岩。

3.3 矿体特征

规模与产状:在圈出的矿体中,1 号矿体最大。容矿岩石为石英斑岩质角砾岩和复成分角砾岩,总体走向为 115~125°,倾向 SW,倾角 65~70°,矿体厚度变化较大,1~70 m,平均厚度约为 8 m。矿体沿走向呈波浪状,沿倾向微带阶梯状。

矿体分布与形态:矿体主要赋存在 F₂ 断层上盘的隐爆角砾岩体内,容矿岩石为石英斑岩质角砾岩、复成分角砾岩和流纹岩质角砾岩。

矿体在空间上多数常为脉状斜列产出,沿倾向较为稳定,为大的透镜状、似层状体或柱状,存在分叉现象。沿走向和倾向变化较大,常有分支复合、尖灭再现现象。矿体厚度随产状而变化,在走向拐弯处和倾向变缓处均有厚度增大、品位变富的趋势。

矿石质量及其变化:矿石最高 Ag 品位为 3852 g/t,富银矿体的平均品位 Ag:232.72 g/t, Pb:1.55%, Zn:1.67%,全区矿体 Ag 品位 178.45 g/t, Pb:1.05%, Zn:1.33%,品位变化系数大于 240,属很不均匀型。

矿石矿物及银的赋存状态:银矿物主要有辉银矿和自然银,其次是辉铜银矿、硫铜银矿、含铜辉银矿、银黝铜矿、硫锑铜银矿、硫银铁矿,其他金属矿物为黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等,脉石矿物主要为石英、斜长石、正长石、方解石,其次为白云母、绢云母、含铁菱锰矿、叶腊石、绿泥石、磷灰石等。

矿石结构类型有黄铁矿的自形-半自形粒状结构,方铅矿、闪锌矿、黄铜矿的他形粒状结构,黄铜矿在闪锌中的乳滴状、叶片状结构、黄铁矿的碎裂结构、港湾状、孤岛状结构。

矿石构造有稀疏状浸染状、细脉-浸染状、角砾状和网脉状,富矿石以网脉状构造为主。

矿石类型以多金属硫化物银矿石、黄铁矿型银矿石和单一银矿物型银矿石。

支家地银矿床围岩蚀变普遍而强烈,主要有绢

云母化、黄铁矿化、叶腊石化、绿泥石化、碳酸盐化、硅化和泥化。

绢云母化是成矿前的蚀变,分布十分广泛,是矿带的找矿标志。

黄铁矿化在隐爆角砾岩带内发育,呈细粒浸染在石英斑岩质角砾岩和复成分角砾岩中,常为矿带和近矿的指示。

叶腊石化多发生在矿体内及近矿体的碎裂石英斑岩和复成分角砾岩中,它使岩石呈黄绿色。

碳酸盐化,主要是铁锰碳酸盐化,部分方解石化,与银矿关系密切,并与闪锌矿、方铅矿、银矿物一起形成银多金属硫化物细脉,构成富银矿石。

硅化在银及多金属矿化地段表现强烈,常沿角砾边部分布。

矿床成因为浅成中低温岩浆热液矿床。

4 深部找矿预测

支家地铅锌银矿所在太白维山矿田一带的勘查工作,自 20 世纪 70 年代即开始,先后有众多地质单位来本区进行过地质勘查工作,先后投入了各种勘查手段,首先在晋北分散流测量的基础上,开展了化探次生晕工作,圈定了银、铅、锌化探异常;80 年代,进行过一些控制性的工程,初步确定了银矿体的大致规模和含银矿石,为进一步评价提供了依据。勘查工作进入了详查阶段,基本查明了矿体的分布范围、矿体产状、形态、矿石类型和银的赋存状态及品位变化情况,同时进行了初步可选性试验。90 年代初,以钻探为主、坑探配合的手段,有效地圈定和控制了矿体,提交了勘探地质报告,在 1-10 线的 1320 中段以上,探获了 C+D 级矿石量 400 万 t,银金属量 1109 t,品位 277g/t,伴生铅金属量 30126 t,品位 0.75%,锌金属量 29688 t,品位 0.74%。

在进行资源勘查的同时,90 年代中期,在部分矿体、部分地段矿石品位较富的矿段进行了开采活动,在随后 10 年的开采过程中,1320 中段以上的资源已基本消耗殆尽,截止 2003 年底,全矿区保有储量 111b+122b+333 级矿石量 91 万 t,银金属量 255 t,铅 14500 t,锌 23629 t,仅能再维持 4 年矿山正常生产。

在资源形势严重危机的情况下,勘查单位再度出手,根据支家地铅锌银矿与支家地燕山期次火山岩、隐爆角砾岩成矿关系密切的机理,大胆提出了在

1320 中段以下,沿石英斑岩体内外接触带、隐爆角砾岩-凝灰质角砾岩和石英斑岩角砾岩中、断裂构造及其次级小裂隙中成矿的可能性,以控矿构造 F_2 控制的 1 号矿体为主体,沿走向约 600 m 的 2~9 线间,布置钻探和坑探工程,揭露和控制 1 号、2 号和 4 号矿体的变化情况,通过工作,取得较好的地质效果。

4.1 矿体规模得到有效控制,地质特征基本查明

1 号矿体:走向长约 300 m,与 F_2 断层延展方向一致,呈北西-南东向,矿体呈似层状、透镜状或不规则状,产状稳定,倾向南西,倾角 $60\sim 70^\circ$,分布于 6~9 线间,矿体厚度一般为 2~6 m,Ag 品位在 200~350 g/t 为控制矿体在走向上和倾向上延伸情况,分别于 4 线布置了穿脉 CM401 和钻探工程 ZK4201、ZK4202。CM401 中发现并圈定出 1 号矿体、8 号矿体和 5 号矿体,ZK4201 和 ZK4202 同时也控制了为 3 条矿体,见矿位置标高由 1400 m 延深到 1100 m,控制矿体长 270 m。矿体厚度自浅至深部,由 CM401 的 2 m、ZK405 的 1.50 m、递增至 ZK4201 的 8.0 m、ZK4202 的 10.80 m,Ag 品位由 399.34 g/t、76.19 g/t、72 g/t,Pb+Zn 品位由 7.02% 变化为 11.80% 后又出现反复。

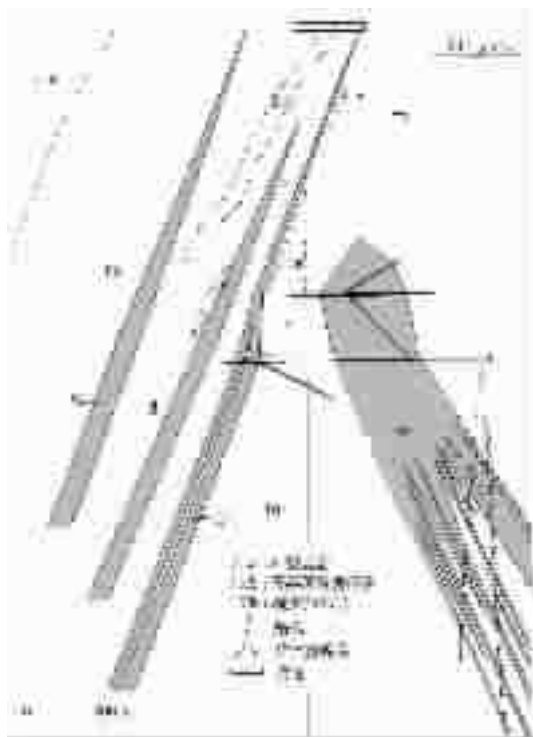


图 3 支家地矿床第 5 勘探线地质剖面图

8号矿体厚度由CM401的16 m变化为ZK405的1.50 m、ZK4201的10.0 m、ZK4202的20 m, Ag品位由314.18 g/t、46.95 g/t、236.86 g/t。

从以上两矿体见矿情况初步认定,在石英斑岩角砾岩、凝灰质角砾岩产出部位,矿体具有一定的规模。

4.2 依据成矿规律,大胆采用工程探控,发现了一组倾向相反、走向平行的呈“八”字的新矿体

通过工程控制和揭露,在断裂带及岩体接触带,与F₂平行、倾向相反的方向,发现了5、6、7、8、9、11号共6条新矿体(图3),矿体大致呈北西-南东向展布,分布于2~12线间,矿体走向上延长100~250 m,1320中段以下控制延深80~390 m,矿体形态与1号矿体相近,层状、似层状产出,沿倾向方向矿体形态变化较大,大多数为层状、似层状。另一种重要的矿体形态——“慧星状”表现的较为突出。如6号矿体在6线、4号矿体在5线、2号矿体在9线的矿体均表现为慧星状,分别产出于矿区内多个矿体的不同部位,主要特征是在次火山岩顶部矿体厚大,品位富,均向东北方向倾斜,渐变为多条分枝,集中表现在1100~1200 m标高段,继续延伸至1100 m标高以下的发展变化,是继续开展深部成矿预测的意义所在。

4.3 成矿地质条件良好,矿床规模仍有可能再扩大

支家地铅锌银矿床受区域性大断裂、推覆体构造、环形火山口构造控制,沿次火山体与围岩接触带产出,矿区具备相似的成矿地质条件,断裂构造及其派生的次级构造较发育,以往的勘探工程已在这些部位发现了具有一定规模的矿体,沿断裂走向延伸方向开展勘探工作,是下一步开展找矿的主要方向和思路。

4.4 地质找矿取得了明显效果

针对矿区资源已近枯竭的严重局面,地质勘查单位据矿床规律预测,沿F₂断裂带与1号矿体平行方向经钻探和坑探工程控制,工程见矿率高,矿石资源量有了较大幅度的增加,为矿山后续资源开采提供了保障。2005年底,矿区残余91 t矿石量,仅能供4年的正常生产,经勘探,2006年获得新增333资源量429万t,新增银金属量781 t,铅+锌资源量97000 t,大大缓解了矿山资源紧缺的局面,按照成矿规律和新的构思,完成2007年勘探工作,可望为矿山提交可观的新增资源量。

参考文献:

- [1] 李生元,李兆龙,林建阳,等.晋东北次火山岩型银锰金矿[M].武汉:中国地质大学出版社,2000.

山西支家地铅锌银矿矿床地质特征 及成矿预测

曹国雄 李兵院 李怀谦

(中国冶金地质总局第三地质勘查院, 山西 太原 030002)

提 要:支家地铅锌银矿位于太白维山火山口环形成矿带中部,属隐爆角砾岩型多金属热液矿床。在生产勘探实践中,依据矿体地质特征,总结出成矿规律。笔者通过代表性样品的 Ag、Pb、Zn 相关性分析,发现成矿元素的共生共存关系。预测在断裂构造、岩枝体、次火山岩体、隐爆角砾岩筒、外接触带等部位成矿的前景。

关键词:支家地铅锌银矿; 矿体特征; 元素相关性; 成矿预测

1 区域地质概况

支家地铅锌银矿位于山西省灵邱县城南 13 km 处。其大地构造位于华北地台北缘,位于燕山断块的涞源块隆与五台块隆的过渡地带。区域基底构造为北东向的褶皱和断裂,太白维山火山口环形构造覆盖在基底构造之上。区域上多金属成矿带呈北东向展布,其内赋存有银、铅、锌、锰、铁、金、铜、钼等多金属矿产。支家地铅锌银矿位于该成矿带的近中部,属隐爆角砾岩型多金属热液矿床。

区域基底层属太古宇五台群,为一套中级变质的火山岩类形成的各种片岩,片麻岩和沉积变质岩类。中上元古界长城系高于庄组出露在太白维山中生代火山盆地的边缘,以含燧石条带碳酸盐岩为主,夹有泥灰岩,底部为长石石英砂岩,与五台群呈角度不整合接触。元古宇长城系雾迷山组主要为含燧石条带白云岩,元古宇青白口系长龙山—景儿峪组主要是砂岩、砂砾岩。中生界侏罗系主要由陆相中酸性火山岩及火山熔岩组成。

区域岩浆活动频繁,岩浆岩分布较广,太古宇有变质石英闪长岩、变辉绿岩。元古宇吕梁晚期有花岗岩、伟晶岩、辉绿岩脉等。

中生代燕山期岩浆活动强烈,中酸性复合岩体多呈小岩株产出,以花岗斑岩、花岗闪长玢岩为主。沿火山颈相侵入的次火山岩体及后期的隐爆角砾岩筒等与银、铅、锌等多金属矿床有成因联系(图 1)。

2 矿床地质特征

支家地铅锌银矿床位于太白维山破火山口构造北侧。矿区内以长城系碳酸盐建造和中生代侏罗系陆相火山岩为主,铅锌银矿床的分布受火山口构造控制,火山口直径约 10 km,呈不规则圆形。支家地铅锌银矿体主要赋存于北西向 F_2 断裂破碎带及其两侧的隐爆角砾岩中及火山口构造外接触带的白云岩中。在两组构造的交汇部位,矿体变厚变大且富。隐爆角砾岩主要由凝灰岩角砾岩、石英斑岩、火山角砾岩等组成。

矿区内发现 1[#]、2[#]、3[#]、4[#]、6[#]、11[#] 等矿体(图 2)。其中 1[#] 矿体赋存于 F_2 断裂破碎带中,在其上下盘分布有 2[#]、3[#]、4[#] 等呈柱状的隐爆角砾岩矿体。6[#]、11[#] 矿体赋存于与 F_2 断裂走向相同倾向相反的断裂破碎带中。

2.1 矿体特征

1[#] 矿体为矿山的主要生产矿体之一,赋存于 F_2

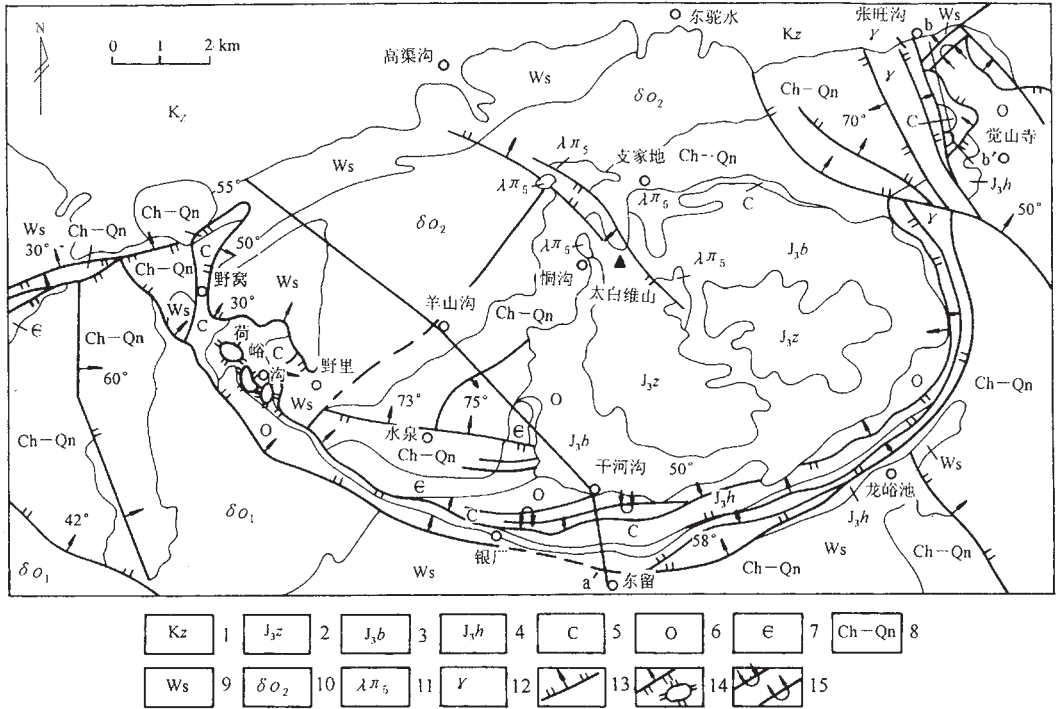


图1 太白维山矿田地质略图(据刘德佑,1989)

1—新生界;2—侏罗系上统张家口组;3—侏罗系上统白旗组;4—侏罗系上统后城组;5—石炭系;6—奥陶系;
 7—寒武系;8—长城系—青白口系;9—五台群变质岩;10—变质石英闪长岩;11—石英斑岩;12—花岗岩;
 13—正断层;14—逆断层及飞来峰;15—同斜向斜及背斜



图2 支家地铅锌银矿 1320 中段平面图

断裂构造破碎带之中,总体走向 315°,倾向 SW,倾角 60~70°,走向长度大于 1000 m,宽度 0.5~10 m。矿体呈脉状、透镜状、似层状,沿走向膨胀收缩,平均品位 Ag:270 g/t,Pb:1.2%,Zn:1.7%。银品位变化系数

164%,厚度变化系数 130%,属不均匀型矿化。矿化类型主要为脉状及细脉状,在顶底板围岩中主要为浸染状;垂向上矿化类型变化不大。矿物成分以方铅矿、闪锌矿、黄铁矿为主,偶尔能见到黄铜矿、自然银、辉银矿等。氧化矿物很少见,偶尔见褐铁矿、孔雀石等。脉石矿物有石英、方解石,偶尔可见到萤石等。

1# 矿体东部,分布于 1 线赋存于 NW 向 F₂ 断裂与 EW 向 F₁ 断裂的交汇部位,石英斑岩体也在此部位分布,同时位于火山口构造外接触带的白云岩也在此分布。多种控矿因素在此叠加,构成了该矿体矿化的多样性,既有赋存于断裂带中的脉型矿化,又有赋存于石英斑岩体中的浸染状矿化,还有沿外接触带(凝灰角砾岩、石英斑岩与白云岩)边界,尤其是白云岩一侧充填的层间破碎型矿化。矿物成分与其他矿体最大的区别是黄铁矿的含量明显增加。该矿体目前控制的最大厚度超过 100 m,是支家地银矿矿体厚度最大的一个,已控制矿石量 98 万 t,远景储量可观。

2# 矿体为矿山的主要生产矿体之一,赋存于 9

线 F_2 断裂下盘,为典型的隐爆角砾岩型,其形态呈近直立不规则柱状,空间形态受石英斑岩岩枝体控制,与围岩凝灰岩的界限清晰,在 1400 m 标高与 1# 矿体交汇而膨大变富。矿体主要赋存于石英斑岩角砾岩的砾间,矿化类型以网脉状为主,另有一些呈浸染状侵入于石英斑岩角砾之中。金属硫化物成分与 1# 矿体类似。平均品位 Ag:340 g/t、Pb:2.0%、Zn:2.8%。矿化类型在垂向上变化不大,主要以隐爆角砾岩网脉状裂隙充填型为主,另有一部分为石英斑岩浸染型。

4# 矿体为矿山的主要生产矿体之一,分布于 5 线赋存于 F_2 断裂下盘,为典型的隐爆角砾岩型,其形态呈近直立不规则柱状。含矿岩石主要为石英斑岩角砾岩和凝灰角砾岩。矿化类型在垂向上变化较大,上部为隐爆角砾岩网脉状裂隙充填型,中部为凝灰角砾岩网脉型与浸染型,下部为含角砾石英斑岩及石英斑岩浸染型,其成因与石英斑岩岩枝体有联系。矿体与围岩的界限清晰,在 1400 m 标高与 1# 矿体交汇而膨大变富。平均品位 Ag:384 g/t、Pb:2.5%、Zn:2.9%。金属硫化物成分与 1# 矿体类似。

6# 矿体为危机矿山项目新发现的主要矿体之一,分布于 6 线赋存于 F_2 断裂下盘,走向 NW,倾向 NE,与主断裂 F_2 呈反倾斜。其形态呈帚状,由上部的单一矿体向下逐次细分为多条矿脉。含矿岩石主要为石英斑岩角砾岩和凝灰角砾岩,在深部该矿体则赋存于外接触带的白云岩中。在凝灰角砾岩与白云岩的接触带中,赋存有近 2 m 厚的石墨片岩。石墨片岩内侧的凝灰角砾岩中,赋存有厚大的工业矿体;其外侧的白云岩中除局部外普遍矿化转弱,说明在成矿过程中石墨片岩阻碍了热液的流通,形成了地球化学障。在不含石墨片岩的接触带,有利于热液的流动,往往矿化较强,如 4 线深部钻孔探到的那样,在其接触带外侧的白云岩中发现多层块状硫化物矿体。该矿体上部矿化为断裂带热液充填型,下部为囊状厚大矿体。矿体与围岩的界限清晰。金属硫化物成分与 1# 矿体类似,但局部见到块状黄铁矿矿石。向深部 Ag 品位降低,在 1050 m 标高,矿体平均品位 Ag:32.21 g/t、Pb:2.44%、Zn:3.41%,厚度 26 m。该矿体在 1500 m 标高与 1# 矿体相交汇,形成厚大工业矿体。

8# 矿体为危机矿山项目新发现的主要矿体之一,分布于 4 线赋存于 F_2 断裂上盘,走向 NW,倾向

SW,与主断裂 F_2 产状相近。形态似层状,严格受石英斑岩体与凝灰角砾岩外接触带控制,富矿体主要赋存于外接触带的凝灰角砾岩中。矿体与围岩界限清晰,金属硫化物成分与 1# 矿体类似。在 1180 m 标高,平均品位 Ag:236.86g/t、Pb:1.07%、Zn:0.62%,厚度 10 m。

2.2 矿物特征

方铅矿:多呈自形粒状,充填于隐爆角砾岩的裂隙中。也有呈细脉状、浸染状、不规则状分布于凝灰角砾岩、石英斑岩之中。常见与闪锌矿共生,与银呈密切的正相关,为银的主要载体矿物,其中以细粒块状方铅矿含银最高。

闪锌矿:多呈自形粒状,粒度普遍较粗,常与方铅矿共生并充填于角砾岩的裂隙中,也有呈细脉和浸染状分布的。与银的关系远低于方铅矿,与方铅矿一起为多金属硫化物期典型矿物。

黄铁矿:多呈自形或半自形粒状,也有呈细脉状及浸染状的。有多期矿化,可与方铅矿、闪锌矿共生,为多属硫化物期的典型矿物之一,但在富矿体中黄铁矿的含量相对降低。含银量较方铅矿、闪锌矿少。早期的黄铁矿化与银矿化不密切。在靠近 F_2 断层破碎带的两侧及石英斑岩体内,可见到单一且普遍的黄铁矿化,但含银量较低,可做为一种围岩蚀变及找矿标志。

自然银与辉银矿:银的矿物一般很少见,偶尔见到呈片状的自然银及呈丝状的自然银。丝状的自然银呈褐赤色,片状自然银呈白色或褐赤色。呈褐赤色的片状自然银与成矿后的氧化环境有关。

2.3 元素的分布特征及相关性分析

抽取 412 个有代表性的样品,分析 Ag、Pb、Zn 品位,下面分别计算频率分布特征。

Ag 元素的频率分布:最小值为 98.20 (g/t);最大值为 682.50(g/t);平均值为 237.90(g/t)

由频率分布(表 1)可知,Ag 元素基本服从对数正态分布,众数为 179.7g/t。Ag 元素的成矿作用受多种因素的共同影响,而这多种因素是缺一不可的,呈链状连接关系。

Pb 元素的频率分布:样品数为 412;最小值为 0.070%;最大值为 2.950%;平均值为 0.845%。Pb 元素基本服从对数正态分布,众数为 0.565%(表 2)。

对 412 个样品 Ag、Pb、Zn 元素作相关性分析,Ag 主要与 Pb 呈密切正相关,相关系数达 0.8098(表

表 1 Ag 元素频率分布

序号	频率区间(g/t)	频率(%)	频率分布直方图	累计频率(%)	频数	累计频数
1	90.00-125.88	8.5	EEE	8.5	35	35
2	125.88-161.76	16.26	EEEEEEEE	24.76	67	102
3	161.76-197.64	21.12	EEEEEEEE	45.87	87	189
4	197.64-233.52	14.81	EEEEEE	60.68	61	250
5	233.52-269.41	9.22	EEEE	69.9	38	288
6	269.41-305.29	7.77	EEE	77.67	32	320
7	305.29-341.17	6.31	EEE	83.98	26	346
8	341.17-377.05	4.85	EE	88.83	20	366
9	377.05-412.94	2.67	E	91.5	11	377
10	412.94-448.82	1.94	E	93.45	8	385
11	448.82-484.70	2.67	E	96.12	11	396
12	484.70-520.58	2.67	E	98.79	11	407
13	520.58-556.47	0		98.79	0	407
14	556.47-592.35	0.73		99.51	3	410
15	592.35-628.23	0.24		99.76	1	411
16	628.23-664.11	0		99.76	0	411
17	664.11-700.00	0.24		100	1	412

表 2 Pb 元素频率分布

序号	频率区间(%)	频率(%)	累计频率(%)	频数	累计频数	频率分布直方图
1	0.00-0.14	0.24	0.24	1	1	
2	0.14-0.28	0.49	0.73	2	3	
3	0.28-0.42	8.98	9.71	37	40	EEEE
4	0.42-0.57	17.96	27.67	74	114	EEEEEEE
5	0.57-0.71	18.20	45.87	75	189	EEEEEEE
6	0.71-0.85	15.05	60.92	62	251	EEEEEE
7	0.85-1.00	12.14	73.06	50	301	EEEE
8	1.00-1.14	8.74	81.80	36	337	EEE
9	1.14-1.28	5.58	87.38	23	360	EE
10	1.28-1.42	3.16	90.53	13	373	E
11	1.42-1.57	3.16	93.69	13	386	E
12	1.57-1.71	1.94	95.63	8	394	E
13	1.71-1.85	1.46	97.09	6	400	E
14	1.85-2.00	0.49	97.57	2	402	
15	2.00-2.14	0.49	98.06	2	404	
16	2.14-2.28	0.73	98.79	3	407	
17	2.28-2.42	0.49	99.27	2	409	
18	2.42-2.57	0.24	99.51	1	410	
19	2.57-2.71	0.00	99.51	0	410	
20	2.71-2.85	0.24	99.76	1	411	
21	2.85-3.00	0.24	100.00	1	412	

3),进一步说明 Pb 是 Ag 的主要载体矿物。Ag 主要是以自然银或辉银矿的形式被包裹于方铅矿中,少量嵌布于晶粒间隙之中。

从 Ag-Pb 散点分布(图 3)显示出,二者不仅呈线性正相关,而且斜率较大,Pb 品位的少量增加就会引起 Ag 品位的迅速增长。表明二者在成矿过程中,同为多金属成矿期的产物。

2.4 围岩蚀变与找矿标志

矿区内围岩蚀变强烈,主要有叶腊石化、硅化、碳酸盐化、黄铁矿化、锰矿化等。

表 3 元素相关系数矩阵

元 素	品 位		
Ag	1.0000	0.8089	0.5881
Pb		1.0000	0.5361
Zn			1.0000

叶腊石化分布于石英斑岩、石英斑岩角砾岩、凝灰角砾岩及构造破碎带中。凝灰角砾岩、石英斑岩角砾中的石英斑岩角砾可蚀变为叶腊石化,石英斑岩中的隐晶质成分可普遍发育叶腊石化。叶腊石化在

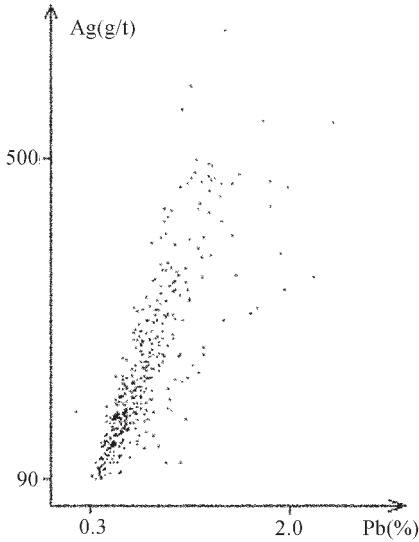


图 3 Ag-Pb 品位散点分布图

该区是一种极为常见的蚀变,同时又是找矿标志。

硅化在石英斑岩、凝灰角砾岩中普遍发育,而叠加在叶蜡石化之上的硅化与银、铅、锌矿化关系密切,呈正相关。

黄铁矿化多发育在 F_2 断层破碎带内及石英斑岩体内,在凝灰角砾岩中也有呈稀疏浸染状的黄铁矿化。早期的黄铁矿化与银、铅、锌无直接关系,尤其在石英斑岩中单一黄铁矿化较强的地方,银、铅、锌品位并不高,但可做为一种找矿标志。多金属硫成矿期的黄铁矿化与银、铅、锌有关联。

锰矿化主要发育在上部地表凝灰角砾岩、石英斑岩、闪长岩等岩石之裂隙中,俗称“火烧皮”,由降水淋滤而成,成为最重要的找矿标志。

3 成矿预测

太白维山破火山口内有两个火山颈相次火山岩体,支家地石英斑岩体就是其中的一个,与银矿化关系密切。由于成矿前断裂构造和角砾岩间及其内部裂隙发育的不均一性,造成矿化类型具有多样性,如脉型、团块型、网脉型、细脉型、浸染型等;其矿体的形态亦具有多样性,如脉状、筒状、岩枝体状、隐爆角砾岩筒状等。

3.1 断裂构造与成矿预测

矿区主要控矿构造为 F_2 断裂和 F_1 断裂, F_2 断裂属压扭性逆断裂,矿液沿构造破碎带充填而成富

矿矿体,多呈透镜状。在垂向上矿石类型变化不大。含矿热液进入 F_2 断裂破碎带充填进来之后,压力与温度突然下降的地方,金属硫化物成分来不及很好结晶与分异,结晶粒度较细,其中以细粒的块状方铅矿石含银较高;而结晶粒度较粗的方铅矿、闪锌矿、黄铁矿的含银量并不高。一般来说,距 F_2 断裂较近的矿体,Ag 品位较高;而距 F_2 断裂较远的矿体,Ag 品位下降。断裂构造的交汇部位,矿体膨大且较富,如 1#、2# 矿脉的交汇部位新探到的 1# 矿体等。另外,与 F_2 主断裂走向相同倾向相反的一组如 6#、11# 等矿脉,不但在 1500 m 标高的交汇处形成厚大富矿体,在深部也发现厚大工业矿体,潜在资源量可观。

3.2 石英斑岩体外部形态与成矿预测

石英斑岩体的外部形态控制矿脉的分布。石英斑岩侵入体与凝灰角砾岩等岩性的接触部位往往不是光滑平直的,构成软弱结构面,后期的构造活动使其发生错动和张裂,为含矿热液的运移与充填提供了有利空间场所,如 4 线新探到的 8# 矿体等。此类矿体在其他各勘探线也有分布,为今后找矿重点之一。

3.3 石英斑岩岩枝体与成矿预测

矿体赋存于石英斑岩岩枝体中。小的石英斑岩体往往呈枝叉状侵入凝灰角砾岩中,后期的构造活动使石英斑岩岩枝体整体破碎为石英斑岩角砾岩,角砾岩之间的网脉状裂隙为含矿热液的运移与充填提供了有利空间场所,如 2# 矿体等。

3.4 石英斑岩体与成矿预测

在石英斑岩体的下部,压力与温度较高,形变以韧塑性为主,断裂构造和裂隙发育均较弱,很少见到脉型或网脉型铅锌矿化,主要为浸染型(或称为斑岩型、蚀变岩型)为主,在该类型矿化中,主要是铅锌矿化,一般银含量较低,如探到的 4# 矿体。

3.5 隐爆角砾岩筒与成矿预测

石英斑岩的侵入是多期次的,在火山活动晚期,在破火山口内,由于石英斑岩的侵入,将火山通道堵塞,其深部聚集的气液压力再次加大,石英斑岩的上部或旁侧形成隐爆角砾岩筒或隐爆角砾岩带,成为矿液良好的通道和有利的储矿场所。隐爆角砾岩经多次反复隐爆作用,形成复式角砾岩,由于矿液多次叠加形成了富矿体,如 4# 矿体等。支家地银矿以隐爆角砾岩型而著称,该类型的矿体工业意义较大。在靠近 F_2 断裂上下盘 200 m 范围内,注意寻找该类型矿体。

3.6 火山口构造外接触带与成矿预测

支家地银矿分布于太白山火山口构造外接触带的北侧边部,位于 F_2 断裂下盘的6、4、2、0线附近,属外接触带的白云岩呈半月型广泛出露,在此区主要是寻找侵入于白云岩中层间破碎型矿体,1线附近的穿脉及4、6线的深部钻孔都已取得突破性进展,在外接触带找矿潜力不可限量,为以后深部探矿的重点地区之一。

3.7 矿体分布的等距性

构造应力的均一性常表现于断裂构造的等距性。位于 F_2 断裂下盘的2#、4#盲矿体与位于1线附

近的1#富矿体呈近等距分布,由此推测在12~14线仍为成矿的有利部位,在东部探矿时应给予重视。

依据控矿地质条件、矿床基本地质特征、矿化类型、成矿物质来源和成矿作用推测,支家地铅锌银矿形成于燕山期,属受火山口构造控制的、与次火山岩隐爆作用有关的中低温热液充填型多金属硫化物矿床。

近来一系列的新发现不仅证明了支家地银矿在深部和周边有着良好的找矿前景,而且新探到的几个富矿体还可作为支家地银矿可供开发的接替资源。随着工作的进一步深入,相信还会有新的发现,为确保矿山的长期繁荣与发展打下了坚实基础。

云南龙陵勐糯铅锌矿地质特征 及找矿潜力分析

莫向云¹ 王家仁² 李志群¹ 廖 忠¹ 寸永益² 赵 发²

(1. 云南省有色地质地球物理化学勘查院, 云南 昆明 650216; 2. 云南永昌铅锌股份有限公司, 云南 龙陵 678307)

提 要: 勐糯铅锌矿曾被列为严重危机矿山, 通过对其矿床地质特征的详细研究, 提高了对矿床成因及主要控矿因素的认识, 对指导区内深部及外围找矿具有重要意义。笔者在对区域地质背景、地球物理、地球化学特征及矿区地质特征研究的基础上, 又着重研究了矿体、矿石特征及矿床地球化学特征, 研究结果认为该矿床的成因属层控沉积-改造型, 控矿因素以地层、岩性、构造为主, 同时指出了下一步主要找矿方向。

关键词: 铅锌矿; 找矿潜力; 地质特征; 控矿因素; 勐糯; 龙陵县; 云南省

勐糯铅锌矿位于滇西龙陵县内, 为中国长城资产管理公司、云南冶金集团总公司等 6 家股东组建的云南永昌铅锌股份有限公司所属的大型矿山。早在辛亥革命初期矿区即有土法炼铅。20 世纪 50—70 年代初期保山地区地质队先后在该区开展过矿点检查及地质找矿评价工作。20 世纪 70 年代后, 经原西南有色地质勘探公司 304 队勘探, 累计探明 B+C+D 级矿石量 253.95 万 t, 铅+锌金属量 37.35 万 t, 铅+锌品位 14.70%; 其中铅金属量 15.32 万 t, 品位 6.03%; 锌金属量 22.03 万 t, 品位 8.67%。经多年开采, 到 90 年代末期可供开采利用的保有铅锌矿石量严重不足, 曾被列为严重危机矿山。

为解决矿山资源接替问题, 20 世纪末期, 原西南有色地质勘查局与矿山共同开展了深部及外围的二轮地质找矿工作。通过对矿床地质特征、控矿条件、矿体分布规律及矿床成因的综合研究和物探方法的应用, 不仅深部找矿工作取得了重大突破, 而且研究认为采区的深部及其北部也存在良好的找矿前景。

1 区域地质背景

1.1 区域地质

勐糯铅锌矿位于高黎贡山前弧地体和澜沧江主

弧地体之间的保山—镇康弧后盆地^[1], 地处波密—腾冲成矿带的高黎贡山—潞西成矿亚带南部的近 SN 向怒江大断裂和 NW 向柯街、NE 向南汀河断裂夹持的勐糯向斜东翼(图 1)。

区域出露地层主要为寒武系公养河群一套未变质及轻微变质的页岩、长石石英砂岩; 奥陶系砂岩、砂砾岩、泥质粉砂岩、页岩; 志留系千枚岩、长石石英砂岩、层纹状灰岩、泥质岩、细砂岩夹含炭千枚岩及沉晶屑灰岩; 此外, 泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系及侏罗系等也有较广泛分布。

区域地质构造复杂, 以近 SN 向展布的复式褶皱为主, 其间常发育一系列近 SN 向压性、压扭性纵断裂, 基本控制了区域铅锌矿床的展布。

区域岩浆活动频繁, 岩类复杂。酸性、中酸性侵入活动主要分布于背斜轴部; 基性、超基性活动则多与断裂有关。按活动顺序, 首先有加里东晚期—华力西中期酸性侵入, 并以呈岩基状沿大雪山—等养背斜及黄连沟—勐堆背斜所组成的复式背斜轴部侵入的平河花岗岩体为代表; 其次有华力西晚期基性侵入及喷发; 再次有燕山中期基性喷发, 晚期酸性及酸碱性侵入, 末期超基性侵入及喜山期少量中性喷发

收稿日期: 2007-06-06; 改回日期: 2007-06-27

基金项目: 云南省有色地质地球物理化学勘查院及云南永昌铅锌股份有限公司合作项目。

作者简介: 莫向云, 1965 年生, 男, 高级工程师, 主要从事矿产勘查工作; E-mail: mmiomio1995@163.com。

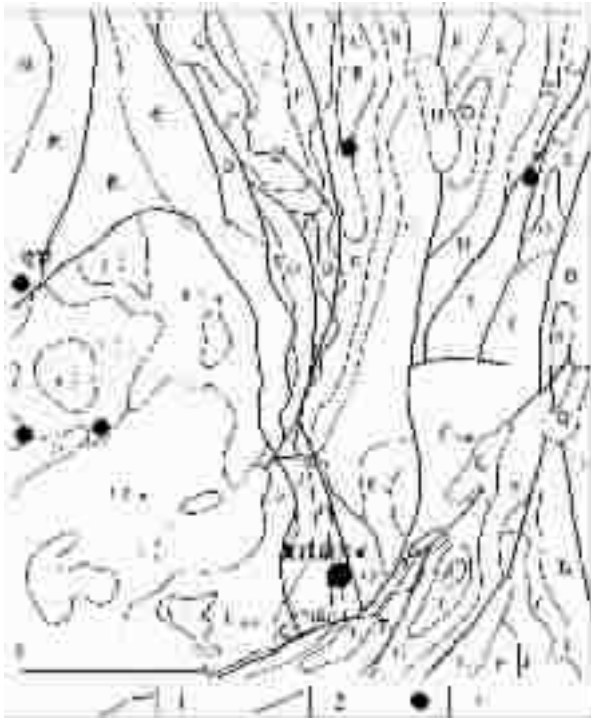


图1 云南龙陵勐糯铅锌矿区域地质简图

Q—第四系;N—新近系;J—侏罗系;T₃—上三叠统;
 T₂—中三叠统;T—三叠系;P—二叠系;C₃—上石炭统;
 C—石炭系;D—泥盆系;S—志留系;O—奥陶系;Є₃—上寒武统;
 Є₁₊₂—中一下寒武统;Pt—元古界;γ₃^晚—燕山晚期花岗岩;
 γ₃^早—燕山早期花岗岩;γ₆^雪—雪山期花岗岩
 η γ₄—华力期二长花岗岩;1—地质界线;2—断层;3—矿(床)点

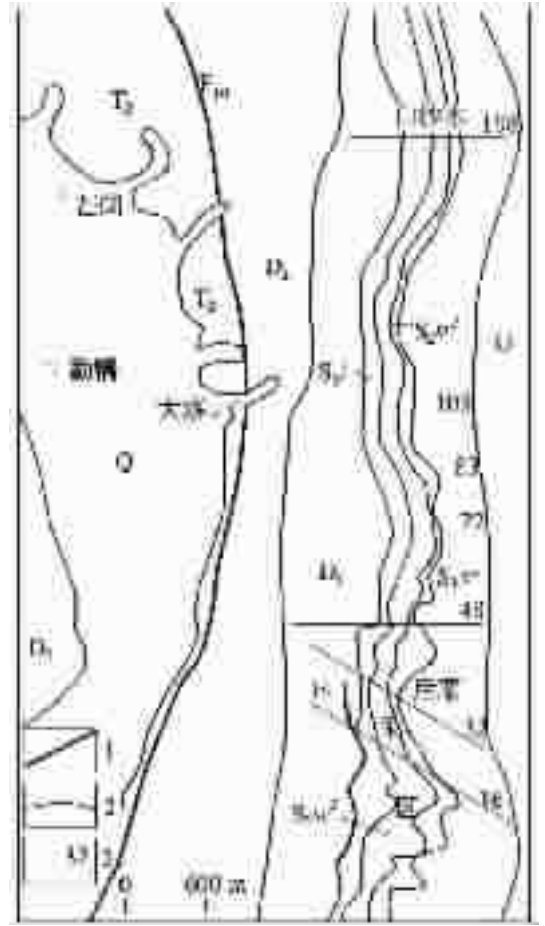


图2 龙陵县勐糯铅锌矿区地质简图

Q—第四系;T₂—三叠系中统;D₂—泥盆系中统;D₁—泥盆系下统;
 S_{3l}—志留系上统栗柴坝组;S_{2sr²}—志留系中统上仁和桥组上段;
 S_{2sr¹}—志留系中统上仁和桥组下段;S_{1sr}—志留系下统下仁和桥组;
 O—奥陶系;1—断层;2—地质界线;3—勘探线及编号

活动。其中以加里东晚期—华力西中期及燕山晚期之酸性侵入最为强烈,并与多金属成矿关系较为密切,燕山晚期的酸性、酸碱性的侵入活动则直接控制了区内稀有金属的矿化作用;燕山末期的超基性侵入多与Cr、Ni矿化相关。

1.2 区域地球物理及地球化学

据地震测深资料^[2]编制的地壳等厚度线反映出的莫霍面形态,本区位于滇西复式幔凹的镇康—保山幔凹区;磁场特征则处于泸水—路西负异常的南部,东邻保山—镇康负异常区,西接腾冲—陇川异常带。

地球化学带属滇西 Sn、Cu、Pb、Zn 地球化学省中的平和复式花岗岩体以东保山—镇康 Pb、Zn、Ag、Pb 为主的异常带。微量元素特征显示岩浆岩中分配极不均匀,Sn、W、Be 主要富集于燕山晚期花岗岩中,Cu、Pb、Zn 则主要富集于加里东晚期—华力西期花岗岩中;沉积岩系中志留系及寒武系公养河群主要富集 Cu、Pb、Zn、Mo 等元素,奥陶系及寒武

系主要富集 Pb、Mn 等元素。

2 矿区地质特征

2.1 地层

勐糯铅锌矿位于近南北向勐糯向斜构造东翼。矿区地层主要为三叠系、泥盆系及志留系(图2)。三叠系为浅灰红色、青灰色角砾状灰岩、白云岩质灰岩夹钙质泥页岩;泥盆系为浅灰色厚层状泥灰岩、微晶灰岩、中厚层条带状灰岩夹钙质、泥质粉砂岩;志留系上统栗柴坝组(S_{3l})为灰色、灰黑色、紫色薄层状千枚岩,夹石英千枚岩及灰岩透镜体;志留系中统上仁和桥组上段(S_{2sr²})为灰色中厚层状细粒长石石英砂岩,夹黑灰色薄层状千枚岩;志留系中统上仁和桥组

下段(S_{2sr^1})为灰色、绿灰色、紫色层纹状灰岩、泥灰岩,夹灰黑色含炭千枚岩及浅绿灰色沉晶屑凝灰岩,底部夹灰色、深灰色中厚层—块状生物碎屑结晶灰岩透镜体,为区内主要含矿层位及找矿标志层,厚度 11~99 m;志留系下统下仁和桥组(S_{1xr})为灰黑色薄层千枚岩与细砂岩、石英千枚岩互层,顶部夹钙质石英千枚岩及透镜体。

2.2 构造

矿区为一简单的单斜构造。由南往北地层走向由 NE 转向近 SN,南部中等角度西倾,倾角 30~55°;北部一般向西陡倾,倾角 45~80°,局部倒转。区内断裂构造不甚发育,主要有近 SN 向压性、压扭性的高倾角纵断裂,一般西盘下降,倾向东或西;近 EW 向的横向断裂,多属张扭性,断距不大,一般北盘下降,地表倾向大多朝北、深部朝南,总体显示地层向北超覆叠推性质;而区内的层间断裂与破劈理带却较发育,且多具扭性特征,它们既为矿液通道也为重要的贮矿场所。

2.3 岩浆岩

矿区地表未见岩浆岩出露,但深部勘查及矿山开采过程中局部揭露到辉绿岩、闪长玢岩、石英二长斑岩、辉石橄榄岩等侵入岩体,以往工作中多认为区内铅锌矿床的成因与岩浆岩无直接关系,但在矿床的后期改造过程中的热液活动可能与其关系密切。

3 矿床地质特征

3.1 矿体的形态、产状及规模

矿体主要赋存于志留系中统上仁和桥组下段(S_{2sr^1})层纹灰岩中的生物碎屑灰岩及生物点礁灰岩内,其次为志留系下统下仁和桥组(S_{1sr^1})顶部。矿体的平面形态特征基本与地层走向及区域上压性、压扭性断裂一致,即整体走向北部为近 SN 向,中部转为 NNE-NE,往南为 NE 向。矿体在近 SN 向转为 NNE 向地段收缩膨胀十分明显,局部尚出现有多层矿化、尖灭再现及分支复合现象。区内迄今探明大小矿体共 41 个,根据产出层位自上而下依次划分为 II、III、IV 等 3 个矿群,其中以产于上仁和桥组下段底部的 III 号矿群最为重要,其次为产于上仁和桥组下段中上部的 II 号矿群,而产于下仁和桥组顶部的 IV 号矿群规模一般较小。

II 号矿群:产于上仁和桥组下段(S_{2sr^1})中上部层间滑动—破劈理带内,产状与围岩基本一致,呈



图 3 龙陵县勐糯铅锌矿区 72 号线剖面图
D₁—泥盆系下统;S_{3l}—志留系上统栗柴坝组;S_{2sr¹}—志留系中统上仁和桥组上段;S_{2sr¹}—志留系中统上仁和桥组下段;S_{1xr}—志留系下统下仁和桥组;1—地质界线;
2—矿体及编号;3—钻孔编号及孔口标高

NNE 走向,NW 陡倾,倾角 71~75°,以 II 15、II 18、II 21 号矿体为代表(图 3)。多呈透镜状、豆荚状,少数似层状,局部地段大体平行层理呈雁行状、脉状矿体群产出。II 15 号矿体为分布于 44~52 线间、铅锌共生的盲矿体,长约 200 m,斜深 260 m,厚度 2.04~3.27 m,平均 3.83 m,铅锌金属量大于 3 万 t,平均品位 Pb 为 6.38×10^{-2} ,Zn 为 8.6×10^{-2} 。II 18 号矿体分布于 124~140 线间,长约 470 m,斜深 240 m,以锌矿化为主,厚度 1.59~3.74 m,平均 2.4 m,铅锌金属量大于 2 万 t,平均品位 Pb 为 5.45×10^{-2} ,Zn 为 9.40×10^{-2} 。II 21 号矿体分布于 72~88 线间,以锌矿化为主,长约 700 m,斜深 340 m,厚 0.21~3.01 m,平均 1.45 m,铅锌金属量大于 9 万 t,平均品位 Pb 为 4.19×10^{-2} ,Zn 为 8.690×10^{-2} 。

III 号矿群:产于上仁和桥组下段(S_{2sr^1})层纹灰岩底部或与下仁和桥组(S_{2sr})的接触面附近,在岩相变化及与碎屑岩、千枚岩、含千枚岩层的接触面,即上仁和桥组下段与下仁和桥组下段的接触面附近矿体富厚、规模大,以 III 1、III 4、III 16 号矿体为代表(图

4)。剖面上矿体形态与上下地质体协调产出,呈似层状产出,矿体延伸远、规模大。其中Ⅲ1矿体分布于0~32线间,北延为F3所切,延伸部分(32~52线间)划为Ⅲ4矿体,均为铅锌共生矿体,前者长约930m,斜深550m,厚度0.94~4.77m,平均2.4m,铅锌金属量大于23万余t,平均品位Pb为 5.99×10^{-2} ,Zn为 8.33×10^{-2} ;后者长约655m,斜深370m,厚度0.62~3.36m,平均1.7m,铅锌金属量大于3万t,平均品位Pb为 5.42×10^{-2} ,Zn为 8.57×10^{-2} 。Ⅲ16号矿体分布于60~84线间,为新近探获的铅锌矿共生盲矿体,长约600m,斜深140m,厚度0.21~5.53m,平均2.94m,铅锌金属量大于5万t,平均品位Pb为 7.16×10^{-2} ,Zn为 7.93×10^{-2} 。

上述矿群(体)普遍伴生有银、镉等有用组分,品位Ag为 $7.75 \times 10^{-6} \sim 24.97 \times 10^{-6}$,平均 9.69×10^{-6} ;Cd为 $0.06 \times 10^{-2} \sim 0.089 \times 10^{-2}$,平均为 0.085×10^{-2} 。其中银

的主要载体矿物为铅矾、白铅矿、方铅矿等,镉的主要载体矿物为闪锌矿、菱锌矿和铅矾等。

3.2 矿石特征

3.2.1 矿石矿物及工业类型

矿石金属矿物有方铅矿、铅矾、白铅矿、砷铅矿、铅铁矾、脆硫锑铅矿、闪锌矿、菱锌矿、水锌矿、异极矿和黄铁矿、黄铜矿、毒砂、硫镉矿等。脉石矿物有方解石、石英、重晶石,次有长石、白云石、绢云母、绿泥石及少量电气石、锆石等。矿石工业类型主要分铅锌共生矿石、单铅矿石、单锌矿石3种。

3.2.2 矿石结构、构造

矿石结构主要有沉积成岩期的原生结构、成岩后生期的交代充填结构,其次为构造期的应力作用结构及表生期的氧化残余结构。矿石构造主要为沉积期形成的沿层或平行层的散点状、浸染状、细脉条带状构造,其次为改造期形成的云雾状、斑杂状、致密块状、成层大脉状和角砾状构造;再次为表生作用形成的砂土状、胶状及皮壳状构造等。

3.2.3 矿石化学成分特征

区内矿石平均品位:Pb为 4.45×10^{-2} ,Zn为 8.94×10^{-2} ,Pb+Zn为 13.39×10^{-2} ,有用组分以锌为主要,属中偏富铅锌矿。矿石中伴生有用组分的含量:氧化矿中Ag为 $0.20 \times 10^{-6} \sim 59.8 \times 10^{-6}$,Cd为 $0.0610 \times 10^{-2} \sim 0.10 \times 10^{-2}$ (表1);混合矿中Ag为 $8.30 \times 10^{-6} \sim 12.8 \times 10^{-6}$,Cd为 $0.08 \times 10^{-2} \sim 0.11 \times 10^{-2}$;硫化矿中Ag为 $12.10 \times 10^{-6} \sim 22.10 \times 10^{-6}$,Cd为 $0.07 \times 10^{-2} \sim 0.16 \times 10^{-2}$ 。表中可以看出混合矿及硫化矿中伴生组分银的质量分数变化较小,氧化矿中则变化较大;镉的质量分数总体起伏不大。其他伴生组分的含量无论氧化矿、混合矿还是硫化矿中含量均较低。研究结果还表明区内镉主要赋存于闪锌矿中、菱锌矿;银主要赋存于方铅矿中,氧化后残留于白铅矿或铅矾中。即一般情况



图4 龙陵县勐糯铅锌矿区16号线剖面图

S_{3l}—志留系上统栗柴坝组;S_{2sr}—志留系中统上仁和桥组上段;
S_{2sr}¹—志留系中统上仁和桥组下段;S_{1xr}—志留系下统下仁和桥组;
1—地质界线;2—矿体及编号;3—钻孔编号及孔口标高

表1 勐糯铅锌矿床组合分析

矿石类型	Au	Ag	Ge	Cd	Tl	Cu	Ga	In	Sc	Te	S	As	Sn
氧化矿	0.01	59.8	0.0001	0.06	0.0002	0.00	0.0019	0.0000	0.00005	0.0000	2.43	0.15	0.002
氧化矿	0.02	0.20	0.0008	0.10	0.0040	0.0	0.0009	0.0000	0.00002	0.0000	14.24		0.005
混合矿	0.01	12.8	0.0004	0.08	0.0008	0.02	0.0016	0.0000	0.00001	0.0000	7.78	0.062	0.002
混合矿	0.02	8.30	0.0005	0.11	0.0010	0.01	0.0011	0.0001	0.00001	0.0000	9.866		0.006
硫化矿	0.01	22.1	0.0010	0.16	0.0012	0.00	0.0032	0.0000	0.000009	0.0000	11.51		0.004
硫化矿	0.01	12.1	0.0002	0.07	0.0005	0.04	0.0008	0.0000	0.00001	0.0000	5.89		0.004

注:引自云南省龙陵县勐兴(勐糯)铅锌矿资源储量核实报告,2004;Au、Ag单位为 10^{-6} ;其他元素单位均为 10^{-2} 。

下银与铅,镉与锌的含量均成正相关关系。

3.3 围岩蚀变

主要围岩蚀变有碳酸盐化、重晶石化、绢云母化、硅化、高岭土化和褐铁矿化,局部见褪色化及去石膏化现象。

4 矿床地球化学特征

4.1 矿石及顶底板围岩化学成分特征

含矿围岩主要有生物碎屑灰岩、层纹灰岩、绢云千枚岩、石英千枚岩、细粒长石石英砂岩、白云质千枚岩及含炭千枚岩等,一般具有不同程度的变质和重结晶现象。化学成分分析结果显示,围岩中 Pb、Zn 含量普遍较低,但 Al_2O_3 、 TiO_2 、 K_2O 较高,而 Al_2O 和 K_2O 含量较高反映出围岩中粘土物质的含量也较高;除绢云千枚岩外,矿石及围岩镁质含量普遍较低,这与层控碳酸盐岩含矿岩石及围岩为一般镁质含量较高(如滇东北地区的铅锌矿床)的一般规律不同^[9]。

根据区内硫同位素(18件)测定结果^①表明硫主要来自陆源和海水,少量来自幔源。 $\delta^{34}S$ 组成集中于 6‰~23.4‰ 范围,且为正值;铅同位素测定结果: $^{206}Pb/^{204}Pb$ 为 18.412~19.241, $^{207}Pb/^{204}Pb$ 为 15.825~15.532, $^{208}Pb/^{204}Pb=38.807\sim40.595$, 其中 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 、 $^{208}Pb/^{204}Pb$ 值分别与一般铅锌矿床的 17.38~19.56、40.3 较为一致。

据区内重晶石包裹体的成分分析结果^[9],其液相成分中 Cl^- 为 $5\times 10^{-6}\sim 10\times 10^{-6}$, Ca^{2+} 为 $24\times 10^{-6}\sim 30\times 10^{-6}$, Mg^{2+} 为 $0\sim 7\times 10^{-6}$, SO_4^{2-} 为 $16\times 10^{-6}\sim 40\times 10^{-6}$;气相

成分中 H_2O 为 $100\times 10^{-6}\sim 225\times 10^{-6}$, CO_2 为 $10\times 10^{-6}\sim 65\times 10^{-6}$, CH_4 为 $11.75\times 10^{-6}\sim 45\times 10^{-6}$, pH 值为 6.7~7.1。表明成矿流体贫镁富钙,界质中性略偏酸性,成矿流体为重碳酸盐型海水,矿床应为沉积改造型^[9]。

5 矿床成因及主要控矿因素

5.1 矿床成因

勐糯铅锌矿床与区域成矿具有许多相似特点。根据矿床层位、岩性、沉积相和后期构造叠加富集等地质特征,结合硫、铅同位素及包裹体的组成成分特点,以及矿石的结构、有关矿物组合特征,分析认为该矿床应为以沉积为主、改造为辅的层控沉积-改造型矿床。

5.2 控矿因素

根据已有资料^[10]分析认为,勐糯铅锌矿床主要受下列因素控制:

(1)地层的控制作用:矿体的产出和分布严格受层位控制,即Ⅲ号主矿群产于上仁和桥组下段底部或其与下仁和桥组的接触面附近;Ⅱ号矿群产于上仁和桥组下段中上部;Ⅳ号矿群则产于下仁和桥组顶部。

(2)岩性的控制作用:主矿群(体)赋存于由碎屑岩、千枚岩向层纹状灰岩相变界面的近灰岩一侧,与含炭千枚岩关系密切,且层纹状灰岩中所夹的生物碎屑灰岩和生物点礁灰岩含矿性最好。矿石中见有诸多原生沉积结构,具明显的沉积特征。

(3)构造的控制作用:区域上南北向的怒江大断裂南延分支经矿区西侧纵贯全区并对区内构造起着

表 2 勐糯铅锌矿床矿石及顶底板围岩化学成分(10⁻²)

岩石名称	样品数	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Pb	Zn
氧化矿	2	22.95	0.3025	5.59	4.875	4.73	0.035	0.82	14.2	0.12	1.81	0.019	11.83	8.39
混合矿	2	23.84	0.2735	5.455	3.76	5.305	0.041	0.96	16.34	0.03	0.98	0.071	5.805	4.44
硫化矿	2	20.74	0.285	5.73	2.875	2.62	0.031	2.095	20.495	0.21	1.22	0.081	8.32	9.25
层纹灰岩	4	27.86	0.36	7.34	2.29	0.80	0.056	0.64	31.38	0.07	2.22	0.098	0	0.09
绢云千枚岩	1	52.67	0.626	16.63	2.52	4.42	0.059	7.29	3.04	0.82	3.84	0.027	0	0.01
生物碎屑灰岩	2	36.6	0.311	7.03	2.31	0.52	0.084	1.02	28.74	0.09	2.20	0.13	0.02	0.09
长石石英砂岩	6	70.99	0.558	11.05	0.55	2.51	0.04	2.15	1.30	1.39	2.12	0.136	0.005	0.02
白云质千枚岩	1	52.67	0.626	16.63	2.52	4.42	0.059	3.76	3.04	0.82	3.84	0.027	0	0.03

注:引自云南省龙陵县勐糯铅锌矿区北段首期地质勘查报告,2007。

①中国有色工业总公司西南地勘公司 304 队. 云南龙陵县勐兴铅锌矿床勘探地质报告, 1985.

②云南永昌铅锌股份有限公司. 云南省龙陵县勐糯铅锌矿区北段首期地质勘查报告, 2007.

控制作用,它与北西向柯街及北东向南汀河断裂一起为形成深源成矿流体提供了有利条件。而在区域构造应力作用下,岩层接触面较软弱部位容易发生滑动并形成层间断裂,这些具扭性特征的层间破碎带为成矿流体提供了良好的运移通道和聚集空间。对于Ⅲ号矿群这种后期改造主要是局部地段叠加富集,但对Ⅱ、Ⅳ号矿群而言这种后期改造作用尤为重要。

6 找矿潜力分析

根据矿区地质特征、控矿条件与矿体分布规律的研究,结合以往工程控制情况以及瞬变电磁法(TEM)、大功率激电法等物探方法(IP)的综合运用,深部找矿工作取得了重大突破,后寨靶区于1999—2000年新增333(D级)铅锌矿石量97.10万t,铅+锌金属量9.82万t;其中铅金属量2.35万t(Pb 2.39%),锌金属量7.47万t(Zn 7.43%)。近年来经进一步勘查,采区北段靶区的64~108线于2006年又新增122b铅锌矿石量186.38万t,铅+锌金属量24.54万t;其中铅金属量7.63万t(Pb 4.09%)、锌金属量16.91万t(Zn 9.08%)。

通过综合分析和研究认为勐糯铅锌矿区及外围仍具较好找矿的潜力,首先上仁和桥组下段底部或其与下仁和桥组的接触面附近的Ⅲ号矿群仍是主要找矿方向,其次为产于上仁和桥组下段中上部的Ⅱ号矿群。笔者认为今后的主要找矿靶区有:

(1)采区及其以北地段(32~88线):重点是Ⅲ号

矿群的倾向延深,特别注意揭露到的石英二长斑岩等侵入岩体附近及周围可能存在有新的矿床类型。

(2)白沙水地段(88~188线):浅部已有钻探工程控制,且多数下延已封边。但根据近年研究及勘查成果,Ⅲ号矿群无论走向还是倾向往往出现尖灭再现的特征;Ⅱ号矿群向北规模有增大趋势(如Ⅱ21号矿体),而且该类矿体在浅部常呈雁行状、脉状矿体群产出构成矿体头部,越过颈部向下可能存在分支复合的主矿体。

(3)白沙水以北地段(188线以北):含矿层位及控矿构造并存,但工程控制程度较低,结合前期物探工作获得的TEM及IP异常带各1个(该类异常在南部白沙水及后寨等地曾得到有效验证),该地段有待进一步验证。

(4)勐糯向斜西翼(即西区),因其地层、岩性、构造、蚀变及物化异常等特征与东部矿区具有相似性,应作为外围的主要找矿及探索方向。

参考文献:

- [1] 任治机,朱智华,赵重顺,等. 云南地体构造与成矿作用 [M]. 北京:冶金工业出版社,1996:12-14, 163.
- [2] 任治机,朱智华,赵重顺,等. 云南地体构造与成矿作用 [M]. 北京:冶金工业出版社,1996:19-25.
- [3] 李志群,陈耀光,张泰身,等. 云南勐糯铅锌矿的成矿地质特征和资源接替[J]. 地质找矿论丛,2005,20(2):123-126.
- [4] 李文华. 龙陵勐兴铅锌矿的沉积成矿作用 [J]. 云南地质,1985,(3):270-275.

个旧锡矿深部及外围接替资源勘查工作进展

武俊德

(云南锡业集团(控股)有限责任公司, 云南 个旧 661000)

提 要:笔者总结了自危机矿山接替资源勘查项目启动以来,云锡集团在矿区外围、深部开展地质找矿所取得的成果及采取的措施、体会与认识,为矿山企业今后开展地质找矿提供了借鉴。

关键词:接替资源勘查;工作进展;措施;体会与认识

1 前 言

个旧锡矿是一个以锡为主的超大型多金属矿集区,蕴藏丰富的锡、铜、铅、银等多种有色金属、稀有金属矿产,累计探明锡资源储量 200 多万 t,是目前全球已知最大的锡矿集区。个旧锡矿区也是我国最早发现和开采的老矿区之一,到 2004 年已有 14 座较大规模的矿山因资源枯竭而破产关闭,在生产的 5 座大型矿山中,4 座属于资源危机的矿山,矿业形势严峻,将对个旧地区的经济和社会造成巨大的影响。寻找新的接替资源成为了个旧矿业生存与发展必须解决的首要问题。

个旧锡矿全面系统的地质勘查工作始于 20 世纪 50 年代初,矿区的找矿勘探地质工作列入国家“一五”计划重点项目之中,组建了专业地质勘探队。40 多年来国家共投入勘探资金 2 亿多元,坑探 60 多万 m,岩心钻探 276 万 m,探明 Sn、Cu、Pb、Zn、Ag 等资源储量 700 万 t,为个旧矿业经济的发展作出了巨大贡献。矿山地质队伍在生产的同时,从 1958 年至今共投入找矿勘探坑道 119.1 万 m,岩心钻探 167.5 万 m,探获新增有色金属 107.7 万 t。90 年代中后期开始,云锡在十分困难的情况下斥巨资在矿体周边开展老矿山二轮地质找矿,每年投入地质找矿勘探与地质研究费用达 2000 万元。由于成矿理论、成矿预测、勘查方法、手段、找矿思路的局限,地质找矿工作仅限于生产矿体的周边,每年的新增资源弥

补不了当年的消耗量。

自 2004 年开展危机矿山接替资源勘查工作后,与专业地勘队伍、科研院校(所)合作,开展了成矿理论、深部矿床定位预测、综合信息成矿预测等研究,引进先进的物化探手段,进行大范围、大深度的地质探测,在成矿理论研究、老资料利用、隐伏矿床(体)定位预测等方面取得了新的进展,筛选出了一批具有极高找矿远景的靶区,3 年来每年平均新增有色金属 18.77 万 t,接替资源勘查取得了巨大的成果。

2 抓住机遇全力推进危机矿山接替资源勘查工作

2.1 重视成矿理论研究

由于个旧矿区花岗岩分布广、作用强烈,长期以来对花岗岩及花岗岩成矿作用的研究非常重视,并形成以花岗岩成矿理论为基础的花岗岩成矿模式和勘探模式,总结出“岩控、层控、构控和金属分带”的矿床产出特征和规律。随着地质找矿实践的深入和成矿理论的发展,特大型矿床多因复成理论在个旧矿区得到重视,特别是近两年来,经过省院省校项目联合攻关,初步确定出个旧矿区至少存在 3 个大的成矿系列,即印支期海底基性火山-沉积矿床系列、印支期海底沉积-喷流矿床系列、燕山期花岗岩叠加改造矿床系列。

三大成矿系列的确立,打破了花岗岩成矿一元论,较好地解释了不少难以用原有的“花岗岩模式”

解释的地质事实,大大丰富矿床成因模式,勘查模型亦有新的改变,找矿思路明显拓宽,找矿空间和找矿远景明显扩大。

2.2 老资料新利用

老资料新应用、老规律新认识、老方法新发展是老矿区地质找矿取得突破的法宝,以信息化为代表的新技术的发展更为这一法宝增添了力量。

个旧矿区长期的地质研究工作以及地质勘探、矿山生产建设,积累了浩如烟海的数据,特别是化探、物探资料十分丰富。为充分利用这些宝贵资料,中国地质大学、昆明理工大学与云锡共同开发了个旧锡矿地质数据库,运用最新的数据处理方法和手段对个旧矿区原始化探数据及 300 km² 电测深资料重新进行了处理,建立了地质模型、数字模型。在此基础上进行成矿预测,重新圈定出 14 个一级异常区,16 个二级异常区。地质数据库在老资料应用上发挥了较大的作用。

2.3 应用多种地质勘查方法

为了有效地在老矿区外围及深部开展地质找矿,地质找矿勘查采用了多样方法,除常规的坑探、钻探外,近几年来中南大学、中国地质大学、中国科学院贵阳地球化学研究所、云南有色物探队在地表应用了瞬变电磁法(TEM)、可控源音频大地电磁法(CSAMT)、自然源高频大地电磁测深(EH4 仪器)、高精度磁测量法等物探方法。开展了构造地球化学、地层岩石地球化学、土壤地球化学、烃气测量、能谱测量等地球化学方法;在坑内试验应用了视电阻率法、充放电法、激发极化法等多种方法。通过多种方法勘查,为成矿预测及靶区优选提供了更多的信息、依据。

2.4 开展成矿预测研究,降低地质勘查成本与风险

为降低地质勘查成本与风险,与中国地质大学等院校合作,以“三联式”成矿预测理论为指导,以找矿预测为核心,借助新理论、新技术和新方法,开展了成矿多样性和矿床谱系研究、显微地质异常与深部找矿预测研究、地物化遥多元信息综合找矿预测研究、区域矿产资源潜力评价与靶区圈定等工作,对个旧矿区及周边重点地区浅部(深度在 1000 m 以内)及深部(深度大于 1000 m)进行了全面系统的找矿预测和资源评价,遴选重点找矿靶区,为个旧地区矿业实施可持续发展提供科学依据,

2.5 新矿种的开发利用

个旧矿区是一个以锡为主的多金属矿区,除锡

以外,还含有铜、铅、锌、钨、铋、钼、金、银、钢等多种有色金属、稀有金属矿产。以前,受地质勘查指导思想、市场价格、利用技术等诸多因素的制约,钨、铋等矿种的地质勘查、开发利用未能得到重视。通过危机矿山接替资源勘查工作的实施,为矿山提供了一个相互学习、相互交流的平台,另外,由于有色金属市场价格的上涨,为个旧矿区勘查、开发利用钨、铋资源创造了条件。两年来,通过对老资料的研究分析及矿山的加密勘查,在卡房地区新增钨金属量 4 万余 t,2008 年将建成 3000 t/日生产能力多元素共生矿采选基地。在马拉格锡矿 2008 年已将形成一定规模的铋生产区。

3 主要的措施

3.1 科学规划、分步实施

在进行成矿理论研究、多种方法勘查、综合信息预测及靶区优选的基础上,为进一步科学、合理地进行地质找矿勘探,云锡编制了 2004—2013 年十年地质勘查规划,按轻重缓急进行分步实施,对个旧东区三大矿带、五大矿田中的 7 个当期找矿区、11 个中近期勘查区、6 个远期勘查区进行地质勘查工作。通过 10 年的勘查,计划坑探工程量 10 万 m、钻探工程量 38 万 m,资金 3.3 亿元,力争再找到现在所保有的储量。并提供 6 个新的生产基地,新增生产能力 6000 t/日。

3.2 明确领导责任,加强管理

云锡高度重视地质找矿工作,把它作为关系企业可持续发展的战略来抓,逐步形成了科学合理的地质找矿工作运行机制,确保工作的顺利进行,集团公司加强了组织管理工作,明确矿山的厂矿长为找矿目标第一责任人,由处室审查考核,并在每年的厂矿长、党委书记会上与集团公司总经理签订目标责任书,作为生产经营考核的一项重要内容,厂矿层层落实,点量到位。同时每年对地质找矿人员进行奖励,2006 年找矿奖励金额达 168 万元。

3.3 加强科学研究,重视与科研院所合作

由于危机矿山的地质找矿在深度、难度上较大,因此必须加大与科研院所的合作,引进和使用先进适用的地质科学新理论、新技术和新方法,以指导地质找矿工作。目前云锡与中国地质大学、中南大学、昆明理工大学、北京矿产地质研究院、中国地质科学院矿产资源研究所等单位分别在矿床地质、成矿作

用、成矿预测、综合利用、增储等方面开展科研合作,指导和推动地质找矿,培养了人才、丰富了知识、扩充了找矿思路、营造了矿山广大工程技术人员崇善科学的风气。

3.4 整合矿区资源,拓展勘查空间

2002年8月云南省委省政府为解决个旧矿区矿业秩序混乱、浪费资源、矿井交叉重叠、重复投资、安全隐患突出、环境污染严重等问题,在地方政府的领导与支持下,对个旧矿区不同隶属关系的国有矿山企业进行了整合,把原个旧市属的国有“六矿两厂”划转云锡,实现了个旧矿区资源的整合,被国土资源部誉为“个旧模式”。通过整合,解决了个旧矿区地质找矿地域人为的禁锢,扩大了地质找矿的空间,弥补了原“六矿”在地质找矿方面资金和技术人员的不足。

4 主要成果

在危机矿山接替资源勘查项目的带动下,以地质成矿新理论为支撑,以成矿预测为依据,应用多种勘探手段,个旧矿区地质找矿取得丰硕成果。2004—2006年,云锡加大了地质找矿投入的力度,累计施工坑道8.8万m、钻探17.5万m,投入资金1.7亿元,新增有色金属56万t,其中锡14万t、铜30万t、铅7.53万t、钨4.00万t、银45.00t。特别是2005年、2006年每年探获的锡—铜—铅—钨等金属量突破了24万t,创云锡地质找矿新增储量新纪录,超过当年生产消耗储量的3倍,扭转多年来保有资源储量一直下滑的局面。同时对个旧矿区地质勘查工作取得五大突破、四大进展,即大箐、高峰山、驼峰山、白龙井和大白岩的勘查取得较大突破,获得了较好的找矿效果和找矿信息,马吃水、阿西寨、西凹、东凹勘查取得重大进展,缓解了老矿山资源危机。

5 体会与认识

5.1 通过危机矿山工作的带动,推进个旧矿区地质找矿

为了组织好危机矿山资源接替项目,2003年、2004年和2005年云锡相继组织召开了个旧东部矿区地质勘查规划研究会以及云锡矿山工作会、个旧矿区可持续发展专题会,制定了地质找矿、矿山建设十年规划,对未来5~10年地质找矿和生产系统优化作出了统一部署,在危机矿山资源接替项目取得一

定成果的基础上,作出了在个旧矿区建设1360、1600、1800三大勘查、开拓、运输等多功能为一体的区域性平台的战略决策,将通过5~10年的努力,投资5~6亿元找出130多万t锡铜铅等有色金属,为云锡的可持续发展奠定坚实的矿产资源基础。同时,通过项目的实施,认识了危机矿山项目启动其深远意义不仅仅是只增加了多少金属量,更重要的是通过找矿实践深化和发展了找矿新理论、找矿方向,为今后找到更多更好的矿指明了方向,增强了地质找矿工作由原来矿体周边找矿转变为向深部及外围找矿的信心。

5.2 矿山地质勘查理论、方法有了新的认识

通过新理论、新技术的应用,矿山地质勘查工作发生了新变化,个旧矿区成矿规律认识有了新发展。提出了花岗岩、海底喷流沉积、基性火山岩三大成矿系列;提出了“两楼一梯”的原生矿矿床结构模式;应用新的成矿理论,采用地质、勘查地球化学、勘查地球物理综合信息成矿预测和矿山数字化技术开展找矿预测,成功预测了高松矿田、老厂矿田东部、卡房矿田大白岩地段等找矿靶区。通过新技术的应用,新实践的总结,对个旧矿区成矿规律的认识有了新的发展,物、化探勘查的方法广泛应用于地质找矿工作中。

5.3 通过危机矿山接替资源勘查,获得了资源的接替,建立了新的生产基地,缓解了老矿山的资源危机

如老厂锡矿通过《云南省个旧老厂东铜锡矿接替资源勘查》试点项目的实施,确立了白龙井2008年实现1100t/日生产能力新的资源接替基地。卡房分矿通过《云南省个旧大白岩铜锡矿接替资源勘查》,成为了云锡公司年产万吨铜的生产基地。

5.4 提高了矿山地质勘查队伍的整体水平

矿山地质队伍长期以来从事生产勘探及矿山技术管理工作,因此在危机矿山接替资源勘查中,暴露出了基础地质工作薄弱,地质勘查规范掌握不够、钻探队伍的力量、技术不足等问题。通过危机矿山项目的实施、在云锡领导的重视下、监审专家指导、帮助下,基础工作、钻探队伍力量、技术、工艺有了较大的提高,建立了具有计量认证资质的测试中心,保证了项目按质按量的实施。使矿山地质勘查队伍由原来单一的矿山生产勘探向地质勘查、测试、研究等综合型方向发展,为云锡资源战略的实施奠定了基础。

江南东部酸性岩分布区找隐伏锡矿的地质依据

蔡之衡 张 杰 蔺婉莹

(江苏省有色金属华东地质勘查局研究所, 江苏 南京 210007)

提 要:长江中下游地区与燕山期中性岩有关的铁、铜矿产资源十分丰富,但与燕山期酸性岩有关的锡矿资源,过去所做工作很少。笔者根据区域成矿地质条件,认为江南东部酸性岩分布区,存在锡矿资源的可能性很大。江南东部地区的酸性岩,绝大部分具有高硅、富碱、富含挥发分的岩石化学特征,具有明显的锡矿成矿专属性。接触带钾长石化、钠长石化、萤石化、矽卡岩化和角岩化等蚀变强烈。沿接触带分布有面积较大、含量较高的锡石重砂异常。部分地区地表和深部已发现范围较大的锡矿化。根据区域构造特征、岩石化学和矿化蚀变特征,在江南东部酸性岩分布区找隐伏锡矿,具有充分的地质依据。

关键词:江南东部;酸性岩;隐伏锡矿;地质依据

1 区域成矿地质条件

中国东部沿海地区属滨太平洋南北向(经向)锡矿成矿区,燕山晚期构造活动十分剧烈,并伴有大量酸性岩的侵入,锡矿成矿地质条件十分有利。目前在广东境内,已发现了丰富的锡矿资源,探明的锡矿储量仅次于云南和广西,居全国第三位。在福建的闽西北及闽南地区,已发现了 4 条受北东向构造岩浆带控制的锡矿带,已找到锡矿产地 12 处,其中矿点 3 处。在浙江西部和南部的淳安、常山、泰顺等地,已发现锡矿床(点)14 处,查明资源储量的矿产地 8 处(其中砂矿 1 处)。

江南东部酸性岩分布区,由于地表大部分为第四系平原,基岩出露很少,工作程度和研究程度相对较低,锡矿资源未查明。但从零星露头及部分钻孔资料,显示了本地区有很大的找锡前景。

中国早在公元前的青铜(铜、铅、锡合金)时代,已开始开采锡矿。无锡的锡山古代曾开过锡矿,据《汉书》记载,周、秦期间,无锡境内锡山多锡矿,居民竞相开挖,至汉初时锡矿采尽,故名“无锡”。锡在当时是冶炼青铜的重要原料,于是发生了当地人和外来者长达几百年的流血冲突。公元前 224 年,秦始皇

大将王翦在锡山发现一块石碑,上面刻有:“有锡兵,天下争;无锡宁,天下清”。现有地质资料已证明,无锡、苏州地区存在范围较大的锡矿化,与史料记载完全相符。由于古人的找矿理论和探矿能力都十分有限,因此,古人下的“无锡”结论,不能作为江南东部地区无锡的科学依据。根据锡矿的一般分布规律,锡矿体往往沿构造岩浆带呈带状分布,并常具有较大的延伸。因此,在无锡、苏州地区及其外围存在隐伏锡矿床的可能性是较大的。

中国目前大部分地区已开始进入理论找矿和深部找矿阶段,因此,对江南东部第四系平原地区可能存在的隐伏锡矿资源,开展地质找矿工作是十分必要的。

2 区域构造特征

江南东部酸性岩分布区,位于江南古陆北缘,皖东南—太湖坳褶带中。燕山晚期以断裂为主的构造活动十分剧烈,形成了一系列北东向断裂带,并伴有大量酸性岩浆沿断裂带多次侵入。其中湖—苏隐伏深大断裂带,经多次强烈活动,形成了一条规模巨大的构造岩浆成矿带,区内已知的矽卡岩型含锡磁铁矿床和多金属矿,大多数与这条深大断裂带有密切关系。

湖—苏隐伏深大断裂带,由苏州沿北东方向,经崇明岛西端入黄海,向南经浙江湖州,与皖、浙交界的天目山深大断裂带相连,全长约 500 km,宽 4~5 km,为一区域性的隐伏深大断裂带。在卫片上反映清晰,呈北东向线性影纹带,并经钻孔多处验证此断裂带的存在。断层面倾向南东,断裂带南东侧为第四系平原,据钻孔资料,主要为下古生界地层;断裂带北西侧,据零星露头,主要为泥盆纪至三叠纪地层。沿此断裂带,磁场变化强烈,分布有一系列北东向的局部异常。

锡矿床主要分布在构造活动强烈的地区,湖—苏隐伏深大断裂带的存在,无疑对江南东部锡矿床的形成是十分有利的。

3 岩石化学特征与矿化蚀变特征

江南东部地区的酸性岩大部分为隐伏岩体,仅有少部分地区出露较好。以南通王浩地区、苏州地区、皖南东部广德地区和浙江西北部地区研究较详,现分述如下:

3.1 南通王浩地区^①

王浩花岗岩为隐伏岩体,主要岩性为细中粒花岗岩,斑状花岗岩及花岗斑岩,为燕山晚期多期次侵入的复式岩体。平均化学成分:SiO₂ 含量为 70.24%~73.38%,Al₂O₃ 12.95%~14.99%,Na₂O 3.5%~4.40%,K₂O 3.96%~4.85%。侵入的最新地层为石炭—二叠纪地层。

岩体微量元素化学分析普遍 Sn 含量较高,花岗斑岩平均含量为 22.7×10⁻⁶,细—中粒花岗岩含量平均为 33×10⁻⁶,斑状花岗岩含量平均为 48.25×10⁻⁶,远远高于酸性岩中 Sn 的平均含量 3×10⁻⁶。

副矿物组合为锆石—磷灰石型,副矿物中萤石、电气石、黄玉等挥发份的矿物含量较高。钾长石化、钠长石化、绢云母化及萤石化和矽卡岩化等蚀变强烈。其接触带已发现隐伏矽卡岩型含锡磁铁矿床(中型),含有大量呈分散状态的锡。

全矿区 Sn 平均含量为 0.027%,局部矿段 Sn 含量达 0.19%。磁铁矿普遍含 Sn,最高达 0.257%,锡主要以类质同象状态赋存于脉石矿物中,角闪石 Sn 平均含量为 0.144%,石榴石 Sn 平均含量为 0.085%,局部矿段脉石中 Sn 含量达 0.226%。

矿区内已发现少量锡石存在,粒度为 0.01~0.05 mm,淡红—红棕色,呈自形肘状晶粒,嵌于磁铁矿、石英、石榴石、角闪石晶粒间。

3.2 苏州地区^②

已知有苏州、天池山等燕山晚期侵入岩体。

苏州钾长花岗岩体,面积约 70 km²,出露面积约 9.5 km²,侵入的最新地层为上二叠统,呈岩株状产出,同位素(K—Ar 法)年龄为 130~136 Ma,平均化学成分:SiO₂ 含量为 73.87~76.58%,Al₂O₃ 11.95%~12.98%,Na₂O 3.95%~4.27%,K₂O 4.70%~5.01%,属富碱、贫钙、镁、钛的硅酸过饱和岩石,富含挥发分。主要副矿物有磁铁矿、铌铁矿、锆石、榍石、萤石、黄玉等。苏州岩体为包括 3 次侵入的复式岩体,第三阶段侵入岩为黑云母花岗岩,呈岩枝和岩脉状产出。

苏州花岗岩体内、外接触带蚀变主要有钾长石化、钠长石化、萤石化、矽卡岩化和角岩化等,局部见有云英岩化、钠长石化蚀变带深达百余米。

微量元素化学分析岩体 Sn 平均含量为 12.5×10⁻⁶,花岗斑岩 Sn 平均含量为 14×10⁻⁶,富黑云母花岗岩 Sn 平均含量为 31.18×10⁻⁶。

苏州岩体地表剥蚀程度较深,有利的成矿部位已不复存在,其隐伏的北接触带和东接触带,已发现了谭家桥和唐家墩等矽卡岩型含锡磁铁矿床,根据化学分析,谭家桥磁铁矿 Sn 平均含量为 680×10⁻⁶,唐家墩磁铁矿 Sn 平均含量为 717×10⁻⁶,矿物成分中普遍含有锡石^②。

距苏州花岗岩体西侧约 8 km 的青山热液型铅锌矿点,经化学分析,含铅锌石英

脉 Sn 平均含量 0.03%~0.30%。

距苏州花岗岩体南接触带约 2 km 的七子山一带,地表已发现了 4 个化探 Sn 异常,

呈带状分布,异常总面积 8.7 km²,单个异常最小面积 0.5 km²,最大面积 4 km²,含 Sn 一般 30×10⁻⁶~50×10⁻⁶,最高含 Sn 量 300×10⁻⁶。地表泥盆系碎屑岩蚀变破碎带中,已发现具有一定规模的含锡石英细脉带,呈南北向延伸,全长约 500 m,宽十多米至数十米,单脉细小,脉幅 1~5 mm,走向长数米,尖灭再现,锡品位 0.1%~0.22%,深部存在锡矿体的可能性很大^②。

泥盆系五通组底部石英砂砾岩含 Sn 普遍偏高,

①华东地质局 805 队. 江苏南通王浩铁矿评价报告, 1979.

②江苏地矿局第四地质队. 苏州西部地区多金属矿的成矿条件及预测, 1990.

平均 Sn 含量大于 5×10^{-6} 。七子山地区土壤中 Sn 含量大于 100×10^{-6} 。据地层原生晕测量, 氟的含量最高达 2500×10^{-6} 。

3.3 皖南东部广德地区^[2]

分布有庙西、姚村、茅田山等燕山晚期花岗岩体。

庙西花岗岩体, 沿北东 20° 方向延伸, 出露面积 62 km^2 , 岩性为细粒斑状花岗岩和花岗斑岩, 同位素 (K-Ar 法) 年龄为 126 Ma 。岩体平均化学成分: SiO_2 含量为 $75.68\% \sim 76.56\%$, Al_2O_3 $12.09\% \sim 12.27\%$, Na_2O $2.93\% \sim 4.10\%$, K_2O $3.95\% \sim 5.35\%$ 。

岩体人工重砂中含锆石、磁铁矿、辉钼矿、自然铅、白钨矿、萤石、电气石等; 萤石平均含量 5.4 g/t , 最高 7.4 g/t , 电气石平均含量 24.5 g/t , 最高达 59 g/t 。副矿物组合为属萤石-电气石-锆石型。

岩体侵入到石炭-二叠纪地层和志留纪-泥盆纪地层中, 接触带砂卡岩化和角岩化蚀变强烈, 蚀变带宽 $150 \sim 1800 \text{ m}$ 。岩体内钠长石化、萤石化蚀变强烈。

接触带石榴子石经光谱分析, 含 Sn 0.3% 。

姚村钾长花岗岩体, 平均化学成分: SiO_2 含量为 $70.08\% \sim 76.27\%$, Al_2O_3 $12.06\% \sim 14.40\%$, Na_2O $3.17\% \sim 4.21\%$, K_2O $5.32\% \sim 5.85\%$ 。钠长石化、萤石化等蚀变强烈, 局部见有云英岩化蚀变。岩体内沿北东向断裂有晚期蚀变花岗斑岩和花岗闪长岩脉侵入, 花岗闪长岩脉经光谱分析, 含 Sn 0.05% , 岩体微量元素分析, 含 Nb $0.025\% \sim 0.04\%$, 含 Sn $0.001\% \sim 0.003\%$ 。

茅田山细粒花岗岩体, 平均化学成分: SiO_2 含量为 $76.62\% \sim 76.83\%$, Al_2O_3 $11.69\% \sim 12.16\%$, Na_2O $2.84\% \sim 3.23\%$, K_2O $4.81\% \sim 5.91\%$ 。岩体内伟晶岩脉、石英脉及萤石脉发育。岩体经人工重砂陶质, 含锡石 $10 \sim 100$ 颗, 矿化石英脉经光谱分析, 含 Sn $> 0.3\%$ 。

上述 3 个花岗岩体接触带附近, 分布有范围较大的锡石重砂异常, 异常总面积 244.7 km^2 , 单个异常最小面积 15 km^2 , 最大面积 95.7 km^2 。锡石含量一般 $1 \sim 100$ 颗/25 kg, 最高含量达 $1.015 \text{ g}/25 \text{ kg}$ 。

3.4 浙江西北部地区^[3-4]

分布有河桥、凤凰山、沈家堪等燕山期花岗岩体。

河桥黑云母花岗岩体, 沿北东向断裂侵入, 出露面积约 59.13 km^2 , 呈岩株状产出。侵入的最新地层为晚侏罗世, 同位素 (K-Ar 法) 年龄为 147 Ma 。平均化学成分: SiO_2 含量为 76.41% , Al_2O_3 11.73% , Na_2O 3.30% , K_2O 5.06% 。副矿物中富含锡石、铌铁矿、电气石等, 含 Sn 0.15% 。岩体内钠长石化、云英岩化蚀变

较发育, 围岩角岩化蚀变强烈, 最宽达 2000 m 。岩体内石英脉、伟晶岩脉较发育, 并有晚期细粒花岗岩岩枝侵入。

沿接触带分布有锡石重砂异常, 一般含量 $50 \sim 200$ 颗/30 kg, 最高含量达 18340 颗/30 kg。

岩体北东外接触带中已发现木竹坪砂卡岩型含锡石-多金属矿床(小型)。矿体产于下志留统安吉组含钙质砂岩中, 呈似层状或透镜状, 单个矿体长 $20 \sim 120 \text{ m}$, 厚 $0.2 \sim 0.85 \text{ m}$, 矿石矿物为磁铁矿、黄铜矿、闪锌矿、锡石, 含 Sn $0.1\% \sim > 1\%$ 。

凤凰山钾长花岗岩体, 出露面积 9.5 km^2 , 同位素年龄 145 Ma (钾-氩法)。呈北东向侵入到下志留统含钙质碎屑岩中, 围岩具强烈角岩化蚀变, 蚀变带最宽达 3000 m 以上。岩石化学成分: SiO_2 含量为 $75.59\% \sim 77.42\%$, Al_2O_3 $11.28\% \sim 12.51\%$, Na_2O $3.40\% \sim 3.69\%$, K_2O $4.59\% \sim 5.10\%$ 。副矿物中含锡石(图 1)、铌铁矿、锆石、磷灰石、萤石、黄玉等。

沿接触带分布有锡石重砂异常, 异常面积 30 km^2 , 锡石含量一般 $20 \sim 200$ 颗/30 kg, 最高含量达 3910 颗/30 kg。锡石呈黑色至棕黑色, 柱状或不规则粒状, 粒径 $0.1 \sim 0.25 \text{ mm}$, 伴生黑钨矿、铌铁矿、刚玉、黄玉等。

凤凰山钾长花岗岩体东南外接触带中已发现东山、沙村等砂卡岩型含锡石磁铁矿点, 沙村铁矿点矿体产于下志留统安吉组含钙质粉砂岩中, 呈似层状, 长 $100 \sim 800 \text{ m}$, 厚 $0.15 \sim 0.25 \text{ m}$ 。矿物以磁铁矿为主, 普遍含锡石, 据拣块样分析, 含 Sn $0.04\% \sim 5\%$ 。

沈家堪黑云母花岗岩体, 沿北西向断裂侵入。平均化学成分: SiO_2 含量为 76.08% , Al_2O_3 12.06% , Na_2O 3.87% , K_2O 4.42% 。副矿物中铌铁矿、萤石、电气石、黄玉等含量较高, 并含有少量锡石。围岩角岩化蚀变强烈, 宽数百米至 2000 m 。

沿接触带分布有锡石重砂异常, 锡石最高含量达 6780 颗/30 kg。

岩体南侧接触带中已发现周家坞热液型锡矿点, 锡石石英脉带产于下志留统角岩化粉砂岩破碎带中, 长 310 m , 宽 10 m , 含 Sn $0.03\% \sim 1\%$ 。

4 结 论

锡的富集与钾、钠、氟的富集在成因上和空间上有密切关系, 因此, 中国与锡矿床有关的花岗岩, 均具有富钾、钠和富氟的岩石化学特征。

表 1 岩石化学成分对比

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O
云南个旧地区	70.67%~74.22	12.81%~14.37	2.17%~3.98	3.76%~5.37
江南东部地区	70.08%~77.42	11.28%~14.99	2.84%~4.40	3.95%~5.91

江南东部地区的酸性岩,绝大部分具有高硅、富碱、富含挥发份的岩石化学特征,与云南个旧地区的含锡花岗岩的岩石化学特征相似(表 1)^[5],具有明显的锡矿成矿专属性。其内外接触带钾长石化、钠长石化、萤石化、矽卡岩化和角岩化等蚀变强烈。沿接触带分布有面积较大、含量较高的锡石重矿异常。部分地区的地表和深部,已发现了较大范围的锡矿化。

上述资料表明,在江南东部酸性岩分布区找隐伏锡矿,具有充分的地质依据。

参考文献:

- [1] 江苏省区调队. 无锡幅、苏州幅 1:20 万区域地质矿产调查报告[R]. 1976.
- [2] 安徽省区调队. 广德幅 1:20 万区域地质矿产调查报告[R]. 1974.
- [3] 浙江省区调队. 临安幅 1:20 万区域地质矿产调查报告[R]. 1967.
- [4] 浙江省区调队. 杭州幅 1:20 万区域地质矿产调查报告[R]. 1973.
- [5] 蔡之衡. 云南锡石自然重矿异常带的地质特征 [J]. 地质评论, 1985, 31(4):341-346.

江苏宁镇中段深部矿产资源潜力分析

孙国曦 肖书明 贾 根 黄 震 胡福培

(江苏省地质调查研究院, 江苏 南京 210018)

提 要:在总结宁镇中段区内主要矿床类型的基础上,结合前人物化探资料及地质调查成果,简要分析了区内各成矿有利地段的资源潜力,并提出勘查工作中应重视的一些问题。

关键词:矿产资源;潜力分析;安基山;江苏省

位于长江中下游铁、铜(金)多金属成矿带的主带(中带)。区内已发现安基山和伏牛山两个中型铜矿床、铜山中型铜铅矿床、韦岗中型铁矿床等一些中小型铜、铅锌及多金属矿床,矿点(矿化点)星罗棋布,成矿条件较好,是找矿的有利地区,同时也是江苏省本轮“攻深找盲”的深部矿产勘查工作中最具找矿潜力的地区之一。笔者通过对该地区野外考察及以往成果资料的综合分析认为,该地区第二找矿空间(-500~1000 m)具铜多金属成矿地质特征,资源潜力巨大。

1 成矿地质背景

宁镇中段在大地构造位置上属扬子准地台下扬子台褶带之东段。中生代以来,由于太平洋板块向亚洲大陆俯冲,该区发展成为中国东部大陆边缘活动带的一部分,成为断块隆起区^[1,2]。本次讨论的宁镇中段西以东阳—孟塘断裂为界,北以长江断裂为界,东南及南侧分别为上党火山岩盆地和句容凹陷,其间均以断裂为界。

1.1 区域地质特征

该区地层面貌具扬子区沉积类型特征,地表出露一套自震旦纪以来,以海相沉积为主的碳酸盐岩—碎屑岩地层。前震旦系基底由中元古界变质岩系构成,原岩是中基性火山岩,形成于大陆边缘火山岛弧环境。基底呈近东西向展布,发育近东西向大规模断裂,与之同时形成的北东向基底断裂以张性为主,大致呈

等距出现。基底断裂构造总体上控制了该区的中生代岩浆活动与成矿作用。沉积盖层由震旦纪—侏罗纪地层构成,盖层中褶皱、断裂构造发育。褶皱构造主要形成于印支期,由一系列近东西向的平行的复式褶皱组成,自北而南为龙潭—仓头复背斜、范家塘复向斜、宝华山—巢凤山复背斜、桦墅—亭子复向斜、汤山—仑山复背斜,“三背两向”褶皱构造组成了宁镇地区褶皱的基本格架(图 1)。燕山期构造活动以近南北向挤压作用下的断裂—断块活动为主,继承、加剧了原有的构造变动。燕山期断裂构造主要有近东西向逆掩断裂、北北东向断裂和北北西向断裂。此外,产生于软弱岩层界面上的纵向断裂是重要的控岩控矿构造,并形成北西、北东两组共轭剪切断裂^[3-5]。

岩浆活动主要发生在燕山期,表现为大规模、多期次的岩浆侵入和喷发活动,其中以早白垩世中—酸性岩浆侵入为主,与成矿关系密切的岩浆岩主要是花岗闪长斑岩,次为石英闪长玢岩、二长花岗岩等,形成了与其有关的铜、铅锌等多种内生金属矿产。

1.2 区域地球物理特征

本区为重磁同高异常区,重磁场受弧形构造控制,总体呈近东西向展布。从异常强度、变化、展布和组合特征看,区内重磁场显示与长江中下游重磁场相似的特征,即重力高、低异常相间排列,磁异常成带状连续分布。

①重力场特征:区内布格重力异常起伏以带状

收稿日期:2007-06-06;改回日期:2007-06-29

基金项目:江苏省财政地勘补助项目(苏国土资发[2006]287号、苏财建[2006]103号)及中央财政矿补费项目(国土资发[2006]293号)资助。

作者简介:孙国曦,男,1963年生,硕士,高级工程师,从事区域地质调查、矿产勘查工作;E-mail:sungx2001@yahoo.com.cn。

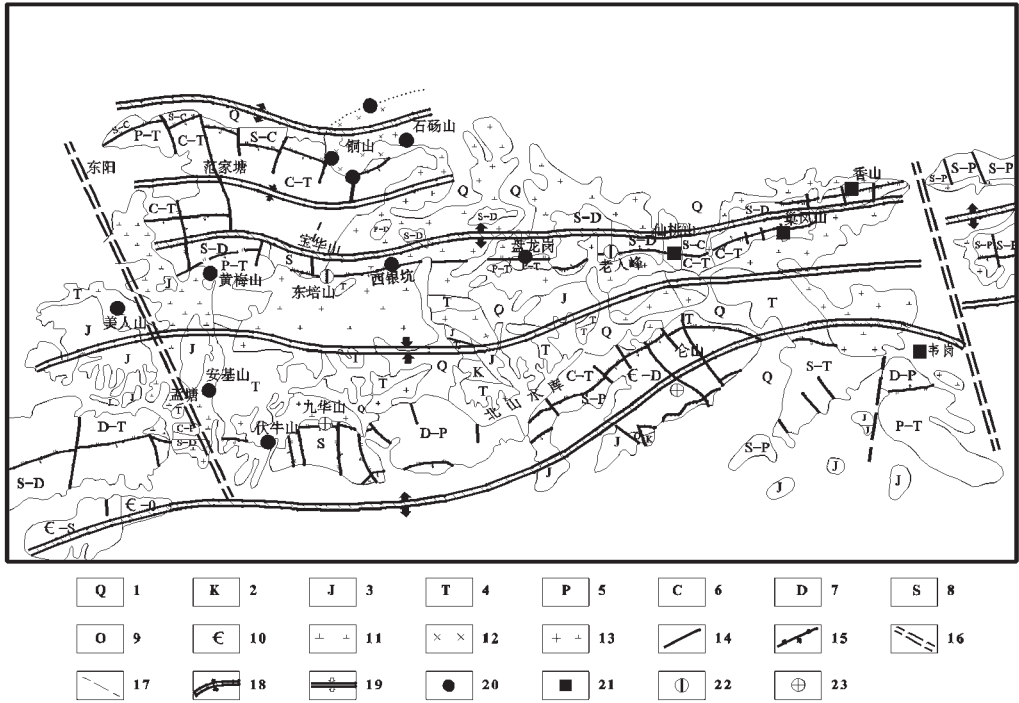


图 1 区域构造及主要金属矿床(点)分布略图

1—第四系;2—白垩系;3—侏罗系;4—三叠系;5—二叠系;6—石炭系;7—泥盆系;8—志留系;9—奥陶系;10—寒武系;
 11—石英闪长玢岩;12—白云母石英闪长玢岩;13—花岗闪长(玢)岩;14—横断层;15—逆冲断层;16—张裂带;
 17—浮土掩盖或推测断层;18—复背斜轴;19—复向斜轴;20—铜(钼)矿;21—铁矿;22—多金属矿(铅-锌);23—金矿

高、低异常相间排列为特征,相对变化约 $20 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$, 总体上北高南低。在此背景上的次级异常为重力低, 多呈北北西向展布,异常北窄南宽,其东部和西部分别显示呈北北西向展布的梯度带特征。

区内范围较小、强度较大的局部重力高异常,多呈近等轴状,这类异常主要为近接触带上角岩、大理岩、岩体中的灰岩捕虏体、矽卡岩、矽卡岩矿(化)体引起。此外,局部重力高异常还与三叠系中统周冲村组及其以下地层的局部隆起有关。

②航磁异常特征:以北北东与近东西向异常展布为主,连续性好,强度高,宽度大,表明深部岩基的整体连续性分别受与其展布方向一致的北北东向或近东西向断裂控制,即在同一断裂展布方向上分布的岩体在深部是连通的。

此外,局部地区的高精度地面重、磁、电物探测量表明,个别地段的重力高、磁高、低阻、高极化率组合异常可能与铜、钼矿化有关。

1.3 区域地球化学特征

1.3.1 地层地球化学特征

据前人成果资料分析^[5,9],宁镇中段各时代地层

中成矿元素主要有以下几个特点:

①二叠系地层铅、锌等元素有较高含量,铈在三叠系灰岩中含量高,金、银、钨主要在古生代砂岩中富集。铜、钼、铅、锌、银均高于地壳丰度。

②不同时代同类沉积岩中,微量元素含量变化不大,说明微量元素在地层中分配与时代关系不大,而受其沉积条件影响。龙潭组页岩中微量元素含量高且种类多,反映非化学沉积条件下,元素以被吸附或凝胶状形式沉积而富集的结果。

③蚀变岩石中,铜、钼、铅、锌、银均有不同程度的增高,在砂岩角岩化中铜、钼(银)变化较大;在灰岩大理岩化中锌、铅一般变化较大。

④不同矿点蚀变地层中微量元素含量变化有所不同,与成矿有关的微量元素在蚀变地层中含量明显高于原岩,说明热液带来了丰富的成矿物质,即成矿物质主要来自于热液而不是地层;不同地段蚀变岩中成矿元素富集程度不同,说明与蚀变强弱有关。

1.3.2 岩体地球化学

区内与矿化有关的岩体主要为花岗闪长斑岩和石英闪长玢岩,它们中与成矿有关的微量元素含量

也有所差别:

①花岗闪长斑岩和石英闪长玢岩中,铜、钼、铅、锌、银、钡、砷、铋(金)等元素均含量较高,与世界同类岩石相比,一般成倍增高,如花岗闪长斑岩中铜、钼、铋含量均高出 5 倍以上。

②微量元素铜、钼、银(金)、钡的含量有相同的变化趋势,即早期的花岗闪长斑岩的含量明显高于晚期的石英闪长玢岩。而铅、锌、铬、镍、(铋)等元素则有相反的变化趋势。这一现象表明岩体本身具有成矿专属性。其中花岗闪长斑岩主要为铜、钼等元素成矿母岩,而石英闪长玢岩则主要为铅、锌的成矿母岩;铬、钼、镍等亲铁元素在晚期的石英闪长玢岩比早期的花岗闪长斑岩含量高。

③整个蚀变岩体中主要成矿元素铜、钼、银及钡、铬、钴、锆均为带入元素,在绢英岩化带中,铜、钼、(银)带入量最大,由绢英岩化带到青磐岩化带逐渐变小,直至钼少量带出;铅、锌在青磐岩化带中为带入,其他蚀变带中均为带出,即由绢英岩化到青磐岩化过程中铅、锌含量逐渐增大。据此可推断出蚀变过程中总的矿化趋势,即钾化带、绢英岩化带为铜、钼主要富集地段,青磐岩化带为铅、锌富集带。

2 矿床类型与地质特征

区内生金属矿床的形成多与燕山期岩浆侵入活动有关,各矿床类型均归属于岩浆热液矿床范畴。依据控矿地质条件、矿床地质特点、成矿作用方式及含矿岩石建造等因素,与燕山期中酸性侵入岩类有关的铜、金、多金属矿床,可分为矽卡岩型、斑岩型、热液充填型 3 种主要矿床类型^[6,7]。

2.1 矽卡岩型

是本区铜、钼、多金属及铁矿最主要的矿床类型。安基山铜矿的主矿体、铜山铜钼矿、伏牛山铜矿及韦岗铁矿均属此类。矿体主要产于中酸性侵入岩(花岗闪长斑岩、石英闪长玢岩)与碳酸盐岩接触带的矽卡岩中。按矽卡岩形成机制的不同,可细分为接触交代亚型和贯入亚型两类。前者以铜山、韦岗和安基山主矿体为代表。矿体一般赋存于石榴石、透辉石矽卡岩带中,常以捕虏体形式分布于岩体边部。后者见于伏牛山矿区。矽卡岩呈脉状充填于接触带附近的岩体和砂页岩或泥岩的构造裂隙中,与围岩边界清晰,成分较单一,分带现象不明显,且角砾状、熔离条带状构造发育。矿体呈脉状、透镜状产出,分布与

矽卡岩密切相伴。此外,该类型矿床在空间位置上常受区域性断裂构造控制,特别是受层滑断面控制,如铜山、韦岗等矿床中,矿体多呈似层状、透镜状产于岩体与围岩的接触带内,矿体产状与区域性层滑断裂平行,并与地层产状基本一致。

2.2 斑岩型

区内独立的斑岩型矿床除新盘龙岗铜矿外,还有洪水岩铜矿,均为小型矿床。此外,安基山铜矿中分布在斑岩体顶部或边缘以及象山群砂岩捕虏体中的细脉浸染状矿化也属此类。矿体主要产于中酸性岩体与硅铝质碎屑岩接触带的内侧,受岩体边缘冷凝收缩节理裂隙制约。矿体产状与接触带基本平行,具有较明显的蚀变分带,即钾化带、石英绢云母化带、泥化带和青磐岩化带。矿石构造以浸染状、细脉浸染状为主。矿体与围岩界线渐变过渡,多以品位圈定。值得引起重视的是,目前发现的铜矿向深部均有斑岩型铜矿(化)体存在。

2.3 热液充填型

主要指产在外接触带围岩构造裂隙中的脉状矿床。矿床呈脉状、透镜状,与围岩界线明显,一般规模较小。通常叠加在其他类型矿床内或形成规模较小的矿点,如安基山、伏牛山矿床中产于围岩裂隙中的脉状矿体及条状山铅锌矿(点)等。

此外,过去认为是沉积改造型^[8]的汤山、仑山两处小型金矿床(点)以及老人峰铅锌(银)矿床。近年重新研究分析认为其成因均与岩浆期后热液有关,应属于热液充填型^[9]。

上述 3 类矿床常可在同一矿区的不同成矿部位产出,形成“三位一体”的复合矿床。安基山、伏牛山等矿区均具此特征。即在岩体与围岩接触带形成矽卡岩型矿;在岩体边缘或内接触带形成斑岩型矿;岩体外接触带围岩构造裂隙中形成热液充填型矿。同一矿床,通常以一种矿床类型为主,同时叠加出现 1~2 个其他类型。因此,“多位一体”复合叠加矿床是本区成矿的显著特征之一^[6]。

3 成矿地质条件与成矿模式

3.1 成矿地质条件

对内生金属矿产而言,地层、构造、岩浆活动是影响矿床形成的 3 个主要因素,其中构造是主导,岩浆活动是根本,地层是条件。

区内不同矿种产出部位往往与一定时代的地层

层位有直接联系,表现出明显的“层控性”。区内沉积盖层中有多个碳酸盐岩与硅铝质岩石的接触部位,俗称“硅钙面”,已知矿体多产在“硅钙面”上。

区内构造发育,除形成于印支期呈近东西向展布的“三背两向”复式褶皱构造外,控制岩浆侵入活动的区域性断裂主要有近东西向、北东向、北西向及北北西向 4 组,其中重要的构造岩浆成矿带多呈近东西向或北北西向。

岩浆活动主要发生在燕山期,也是区内铜、多金属矿的主要成矿期,铜、多金属矿产在空间分布上常围绕岩浆侵入活动中心展布,每一岩浆活动中心常有一组空间上不可分割、成因上相互联系的矿床组合。

3.2 成矿模式

区内铜、金、多金属矿床的形成是地层的控制因素(主要是赋矿层位);构造的空间条件(岩浆、热液的通道);含矿热液的岩浆活动,再加上温度、压力、pH 值、Eh 值等物理化学条件不断变化、不断平衡等多种因素综合作用的结果。总的来看,在侵入岩体的内部及接触带附近,形成斑岩型、矽卡岩型和热液充填型矿床;而在远离岩体的某些富含成矿元素的层位(或矿源层)中,通过热液叠加形成了沉积改造型矿床。宁镇中段铜、金、多金属矿床综合成矿模式见图 2^[8]。

4 矿产资源潜力分析

如前所述,区内成矿地质条件较好,并已发现若干中型铜、金、多金属矿床。根据现有资料分析认为,部分已知矿床的深部及一些成矿有利地段仍有较好的找矿前景。

(1)安基山矿区深部及外围。该矿区控矿地质条件明确,具备最有利的控矿构造及岩浆岩、地层等成矿条件。经勘查证实其为—中型铜(钼)矿床。但对深部矿体的控制程度不够,据已有资料分析,其 7 线东部及其以南地区矿体向深部仍有延伸,以往工程未能控制,资源潜力较大。

(2)铜山—石矸山地区。区内出露 D_{3w}—P_{2l} 地层,存在 D_{3w}/C_{2h} 及 P_{1g}/P_{1q} 两个硅钙面。有花岗闪长斑岩侵入,沿硅钙面走向断裂发育。已发现中型矽卡岩型铜钼矿一处,矿点若干。从物化探特征来看,该地段位于南、北两重力高值带交接部位,磁异常呈近东西向展布,局部异常为北北东向,并呈近东西向雁列式分布。有 Cu、Mo、Au、Pb、Zn、Ag 元素的弧形异常带。可望在已知矿区深部发现新的矿体,并在该地段新发现一定规模的矿床。

(3)汤山—仑山地区。地表出露 Z—P 及 K₁γ 地层。发育 O/S 之间的硅钙面及 K₁γ/O 之间的不整

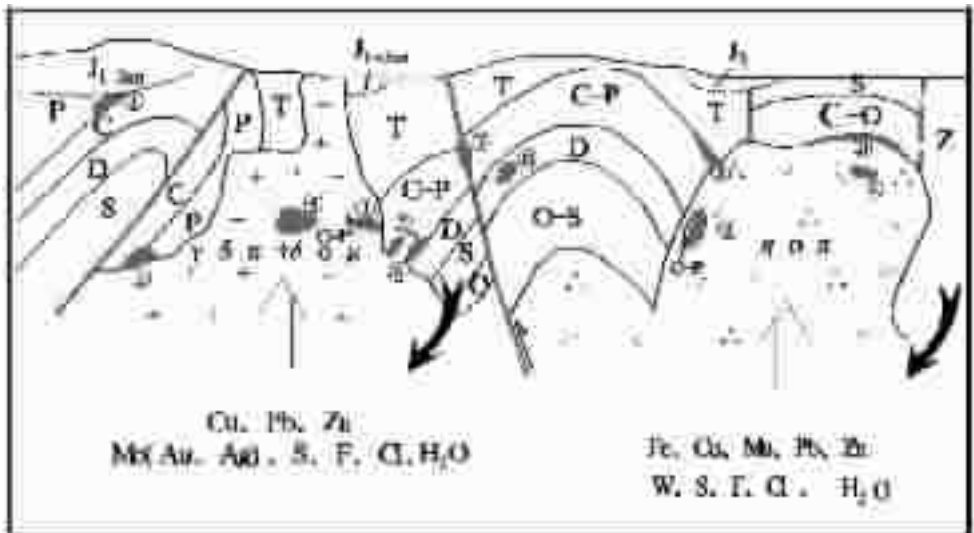


图 2 宁镇中段金属矿产成矿理想模式图^[8]

- ①—栖霞山多金属矿;②—伏牛山铜矿;③—安基山铜矿(东);④—安基山铜矿(西)⑤—老人峰多金属矿;⑥—铜山铜钼矿;
- ⑦—丁把岗金矿;⑧—韦岗铁矿;⑨—巢凤山铁矿;⑩—磁山头—五洲山铁矿;⑪—谏壁钨(钼)矿(上部);⑫—谏壁钨(钼)矿(下部);
- J₁₋₂—上侏罗统;J₂—中下侏罗统;T—三叠系;P—二叠系;C—石炭系;D—泥盆系;S—志留系;O—奥陶系;γδπ—花岗闪长斑岩;
- δ ο μ—石英闪长斑岩;η ο π³⁰—石英二长斑岩;ε—寒武系;Z—震旦系;

合面,沿硅钙面发育的层滑断裂及不整合面是控矿构造。深部有隐伏岩体。已发现小型金矿一处,矿点多处。该地段位于重磁同高异常带南缘梯度带。有 Au、Ag、As、Sb、Hg、Pb、Zn 等元素异常带,局部浓集程度较高。有望扩大现有矿床规模及发现新的矿产地。

(4)鸡笼山—射乌山地区。位于安基山岩体西部接触带,北北西向东阳—孟塘断裂带西界的构造岩浆活动带内。成矿地质条件及物化探异常特征与岩体东接触带的安基山矿区基本一致,只是相应层位埋深较大。个别钻孔已见视厚度 0.94~9.67 m 的含铜磁铁矿、含铜铅锌矿体。成矿元素的分布及分带特征表明,该区深部及中南部是铜多金属矿化成矿的有利地段,有望发现新的工业矿床。

5 深部勘查工作应重视的问题

具内在成因联系的一系列矿床的相对密集出现不是偶然的,是经过长期各种地质作用演化的结果^[9]。宁镇中段是一个铁、铜(金)、多金属矿床相对集中的地区——可称为矿集区。从中国近十多年的铜、金、铅锌等多金属矿床的发现来看,大部分都集中在矿集区内已知矿床、矿点的外围或深部^[10]。因此,在宁镇中段矿集区进行新一轮勘查工作时,应注意以下几方面的工作:

①加强区域地质背景资料的收集与综合分析。矿集区的存在不是孤零零的地质现象,它是受整个区域地质背景制约,受区域地质构造演化的控制,是区域地质作用演化的产物^[11]。在充分分析区域地质背景的基础上,确定矿集区矿产勘查的主攻方向,结合区内各矿床的成矿特点,选择有利的找矿地段,合理部署地质勘查工作。同时,不断吸取新的勘查成果,及时审定、修正矿产勘查的主攻方向和找矿地段。

②重视新理论、新技术的应用,拓展找矿思路。在矿集区内找矿,有利的方面是有大量的资料可以利用,但另一方面工作程度高,工作难度大,往往出现久攻不下的局面。开展适合本区成矿地质条件的找矿新技术的应用试验(如深部隐伏矿的定位技术),不断拓展找矿思路,是取得找矿突破的关键。

③开展典型矿床研究和建立成矿模式与找矿模

式。综合分析矿集区内已有矿床的勘查资料,开展矿集区内典型矿床的研究,建立成矿模式和找矿模式,是进行矿集区矿产资源预测和矿产勘查的捷径。找矿模式的建立,不仅可为矿集区内矿产勘查工作提供极好的指导作用,同时还可以为不同矿集区相同类型矿产勘查所借鉴。

④重视物探新技术的应用。隐伏矿产的勘查依赖于获取深部信息,包括地质场、地球物理场、地球化学场的信息。有针对性选择物探技术,如复电阻率(CR)法、可控源音频大地电磁测深(CSAMT)等进行前期勘查,以便迅速锁定可疑地质体所处的空间位置,提高勘查工作成效。

⑤加强地质、物化遥资料的综合集成研究。利用先进的计算机技术和信息技术,建立矿集区的多元信息勘查评价系统。通过对矿集区内地物化遥资料的全面综合,快速有效地进行多元信息评价,提取成矿和找矿信息,达到对矿集区进行成矿预测和指导勘查的目的。

参考文献:

- [1] 翟裕生,等.长江中下游地区铁铜(金)成矿规律[M].北京:地质出版社,1992,1-235.
- [2] 张永康,刘聪.扬子地块东北缘中元古代的大地构造[J].江苏地质,1996,20(2):65-71.
- [3] 张登明,徐夕生.江苏宁镇地区构造—层控金矿的特征及成矿模型[J].地质通报,2004,23(9/10):1046-1049.
- [4] 张开均,施央申.长江中下游多金属成矿带逆冲推覆构造的控矿作用初探[J].江苏地质,1996,20(3):172-176.
- [5] 江苏省地质矿产局.苏南铜多金属矿勘查研究[R].1995.
- [6] 江苏省地质矿产局第三地质大队.江苏省江宁县安基山矿田大比例尺(1:10000)成矿预测报告[R].1991.
- [7] 夏嘉生.苏南及沿江地区矿产资源优势及前景分析[J].江苏地质,2001,25(2):73-77.
- [8] 江苏省地质矿产局.江苏省金铜矿第二轮成矿远景区划报告[R].1994.
- [9] 徐勇.浅论矿集区的资源潜力与勘查评价[J].中国地质,2002,29(3):263-270.
- [10] 吴烈善,彭省临.大型金属矿山深边部找矿思路和方法浅析[J].矿产与地质,2004,18(105):480-483.
- [11] 刘亮明,等.成熟勘探矿集区新一轮找矿:勘查战略创新及铜陵矿集区找矿实例[J].地质论评,2005,51(3):325-333.