银洞子铅银矿床某些地球化学特征及化探找矿效果

李 遐 昌

地 质 概 况

银洞子铅银矿床位于南秦岭地槽的华力西褶皱带的边缘坳陷。北侧以杨斜—营盘大断裂与秦岭地轴相接，南侧以山阳—凤镇大断裂与秦岭地槽加里东褶皱带相接。两大断裂间出露地层为中、上泥盆统及石炭统，即“柞水系”。

区域构造形迹为东西向，中泥盆统构成黑山街—红岩寺复向斜。矿床即赋存于复向斜南翼西端大西沟组含矿地层系一套浅变质海相碎屑—碳酸盐建造中。

矿区地层分八层（图1），均呈整合接触，各层间有岩相递变，沉积旋回清楚，韵律发育，具复理式特征。

矿床构造为一单斜层，矿体与岩层产状一致，走向 105～120°，倾向北北东，倾角30～50°。上盘岩层为灰岩夹千枚岩，下盘为千枚岩。断裂构造发育中等，全为成矿后期断裂。

本矿床为沉积变质型，但叠加有一定的热液作用。

矿床中共有十二个工业矿体，其中13号为主矿体，分布在矿床的底盘，其储量占总矿石量的58.8%。在13号矿体的上盘，分布有八个平行的小铅矿体，其储量占总矿石量的28.3%，在13号矿体西端有三个铜矿体，其储量占总矿石量的12.9%。所有矿体基本为盲矿体。

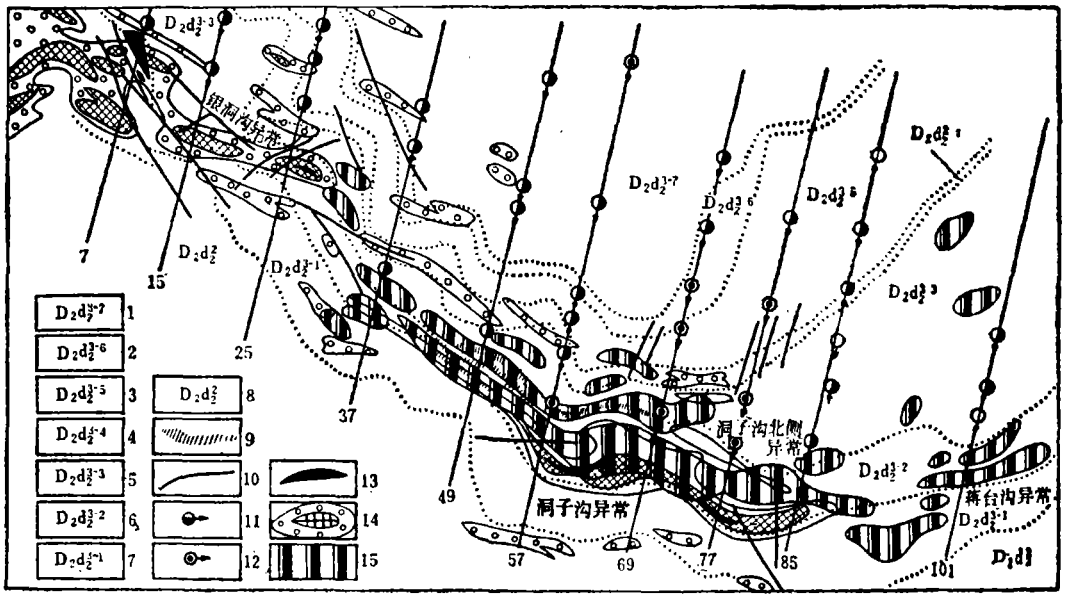

图 1 矿区综合平面图

1.板状千枚岩夹铁白云质粉砂岩； 2.含炭硬绿泥石千枚岩与铁白云质粉砂岩互层； 3.上为粉砂质绢云母结晶铁白云岩夹千枚岩，下为薄层状绢云母结晶灰岩夹千枚岩； 4.绿泥绢云母千枚岩夹粉质绢云母结晶铁白云岩； 5.薄至中厚层状绢云母结晶灰岩夹千枚岩； 6.千枚岩夹条带—中层状铁白云质绢云结晶灰岩； 7.绿泥绢云母千枚岩夹条纹—条带状钙质千枚岩； 8.绿泥绢云千枚岩夹砂质千枚岩； 9.铅矿体； 10.断层； 11.见铜矿体钻孔； 12.见铅矿体钻孔； 13.菱铁矿体； 14.铜异常（化学分析第一圈 50ppm，第二圈300ppm）； 15.铅异常（光谱分析 20ppm）

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

13号矿体：

沿走向可分为三个不同矿石类型的矿段。西矿段为铅银矿石，全段平均品位Pb3.69%，Ag97.8克/吨；中矿段为银铜矿石，全段平均品位Cu0.62%，Ag176克/吨；东矿段为铅矿石，全段平均品位Pb2.4%，Ag15.9克/吨。矿体连续性较好，厚度、品位稳定，呈层状、似层状产出，形态简单。

西部铜矿体：

分布于13号矿体西端，主要是铜矿石，平均品位Cu0.68%，Ag19.3克/吨。矿体为扁豆体或透镜体。

本区铜矿体和铅矿体矿物组成不同。铅矿石主要金属矿物为方铅矿，其次有闪锌矿、白铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿，微量矿物有黄铜矿、毒砂等。主要脉石矿物有方解石、重晶石，次有更钠长石、铁白云石、绿泥石、石英等。

铜矿石主要金属矿物有黄铜矿，其次有银黝铜矿及少量辉钼矿，伴生矿物有磁铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、菱铁矿及微量白铁矿等。脉石矿物有重晶石、石英、铁白云石、绢云母、更长石、绿泥石、方解石等。

小铅矿体：

为铅矿石，伴生有银。矿体具有稳定的层位，连续性尚好。由方铅矿小条组成，矿物成分简单，主要金属矿物为方铅矿，有少量黄铁矿、磁黄铁矿。脉石矿物主要有方解石、铁白云石，少量钠长石及石英。矿体的平均品位Pb1.46%，Ag30.8克/吨。

工作方法及元素的分布分配

1.工作方法：

银洞子矿区位于大西沟磁铁菱铁矿床东延部位，有航磁和冷提取铜元素中等强度点分散流异常，决定用50×10米测网，以磁法、自电、原生晕三种方法同时扫面。

地表全部样品用光谱分析Cu、Pb、Zn、Ag、As、Ba、Sr元素。钻孔、坑道样品用铜试剂铅盐法测定铜，用打萨腙比色法测定铅、锌，用二硫腙比色法测定银，用斑点比色法测定砷。此外还挑选部分钻孔样品，用光谱作Bi、Sb、Ni、Co、Cd、In、Ga、Ba、Na多元素分析。

经在已知矿体试验，选择Cu、Pb、Zn、Ag、As作指示元素，其最低异常值列入表1。

2.元素的分布分配：

矿区中不同地层层位Cu、Pb、Zn、Ag、As五元素的丰度有别，表2表明，主要含矿

最低异常值（异常下限，ppm） 表1

分析方法	元素				
	Cu	Pb	Zn	Ag	As
化学分析	50	80	100	0.3	15
光谱分析	50	20	50	0.1	—

不同地层元素分配（光谱分析平均含量，ppm） 表2

元素	地层							
	$D_2d_2^2$	$D_2d_2^{3-1}$	$D_2d_2^{3-2}$	$D_2d_2^{3-3}$	$D_2d_2^{3-4}$	$D_2d_2^{3-5}$	$D_2d_2^{3-6}$	$D_2d_2^{3-7}$
Cu	22	27	54	16	14	12	15	15
Pb	6	11	88	73	20	9	8	8
Zn	37	45	119	111	45	29	33	29
Ag	0.052	0.078	0.188	0.071	0.055	0.054	0.052	0.054
As	10.5	11.2	12.0	10.3	10.0	10.3	10.5	10.6

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

不同矿石类型元素含量表　　表3

矿体类型	矿石类型	平均含量(ppm)										
		化学分析					光谱分析					
		Cu	Pb	Zn	Ag	As	Bi	Sb	Ni	Co	Ba	Na
13号矿体	Pb Ag	703	1815	1005	24.4	217.0	7.5	48.3	56.3	81.3	8375	9000
	Pb	172	1638	390	7.4	137.7	6.0	27.3	72.7	41.4	3500	7717
	Ag Cu	1750	29	81	19.4	132.5	—	—	—	—	—	—
	Cu	1789	37	88	12.4	186.7	11.7	25.0	65.0	475.0	5835	10000
小铅矿体	Pb	61	1705	115	4.5	14.8	6.0	26.7	37.7	21.7	1950	8233
西部矿体	Cu	1776	76	116	3.2	147.7	35.5	628.5	68.0	175.9	9600	5530

层位 $P_2d_2^{3-2}$ 中，元素平均含量较高，其中Cu的丰度是其它层位的2～4.5倍，Pb的丰度是其它层位的1.4～15倍，Ag的丰度是其它层位的2～3倍，主要异常都分布在这一层位中。从表3中看出，铜矿体和铅矿体元素平均含量有明显差异。铜矿体Cu、Co、Ba等元素平均含量高（西部铜矿体Bi、Sb两元素含量也高）；铅矿体Pb、Zn、Na、As等平均含量高（小铅矿体中Zn、As含量低）。

矿床内成矿及伴生元素的空间分布规律，客观地反映了矿床的矿物分带性，研究这种分带性，可以划分各主要元素的成矿地段，确定找矿目标。

本区在纵横两个方向上，元素的空间分布规律是明显的。纵向上西从大西沟磁铁菱铁矿床，东到银洞子铅银矿床，沿走向元素的分布见表4，其特点是：

（1）成矿元素Fe→Cu、Ag→Pb、Ag、Zn；

（2）地表异常Ag、As含量及 Ag×1000/Cu、As×100/Cu比值逐渐升高（图3）；

沿走向元素的分布　　表4

地区	地段	元素组合
大西沟	6、7号矿体	Fe Cu Ag As Ba Sr…
银洞子	西部铜矿	Cu Ag As Bi Sb Co Ba Sr Na Fe…
	13号西矿段	Pb Zn Ag As Na Ba…
	13号中矿段	Pb Zn Cu Ag As Co Na Ba Fe…
	13号东矿段	Pb Zn Ag As Na Ba…
	蒋台沟	Pb Zn Ba…

（3）Fe、Cu 两元素关系密切；

（4）西部铜矿体(即银洞沟异常)Bi、Sb含量高，13号矿体（即洞子沟异常）Bi、Sb含量低，前者Ba含量相对高于Na含量，Ba/Na大于1，后者Ba含量相对低于Na含量，Ba/Na小于1（表5）。

横向上主要含矿层层位中（$D_2d_2^{3-2}$），除Cu、Pb、Zn、Ag、As丰度较高外，矿化层内垂直矿体走向，此五元素的分带也较明显（图3、4），即由南向北：Cu、Ag、As→Pb、Zn、Ag、As→Pb、Zn。

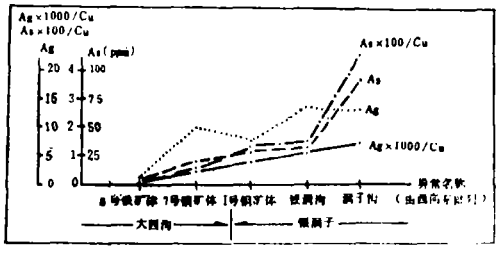

图2　Ag、As及Ag×1000/Cu和As×100/Cu变化曲线

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

矿体类型元素含量表　　表5

类别			样品数目	平均含量（ppm） 化学分析 Cu	Pb	Zn	Ag	As	光谱分析 Bi	Sb	Ni	Co	Ba	Na	比值 Ba/Na
西	ZK154	Cu	39	1388	10	54	2.4	107.7	16.2	102.6	75.4	132.2	9397	4741	1.98
部	ZK193		38	1523	124	61	1.9	101.6	23.4	142.7	40.2	113.9	6583	5125	1.28
矿	ZK252		34	1185	51	166	4.3	134.5	35.1	597.8	57.4	133.5	9044	5485	1.65
体	ZK692		24	926	33	77	2.8	176.7	7.9	25.0	71.7	253.9	4750	8271	0.57
十	ZK491	Pb	14	407	1354	479	3.7	58.9	13.2	48.2	66.4	39.6	1821	8607	0.21
三	ZK570		10	863	1810	695	17.4	103.5	10.0	44.4	92.0	66.5	6800	9500	0.72
号	ZK851		6	87	1617	542	4.3	139.2	5.0	25.0	50.9	24.2	4833	5000	0.96
矿	ZK651		8	46	1285	94	3.5	93.8	5.6	42.5	53.1	41.9	2656	9063	0.29
体	ZK572		16	219	1153	704	15.6	75.5	8.8	43.8	74.4	50.3	3959	9313	0.42
小	ZK651	Pb	8	49	1304	144	1.7	25.7	10.6	29.3	46.9	24.4	2938	9785	0.30
	ZK851		6	45	1340	217	1.3	14.7	5.0	37.5	62.5	32.5	708	9250	0.07
矿	ZK491		8	44	669	104	1.7	26.3	5.0	25.0	23.4	21.2	2063	5250	0.39
	ZK772		4	93	1275	51	1.2	20.8	—	—	—	—	—	—	—
体	ZK410		3	53	783	67	2.1	3.0	—	—	—	—	—	—	—

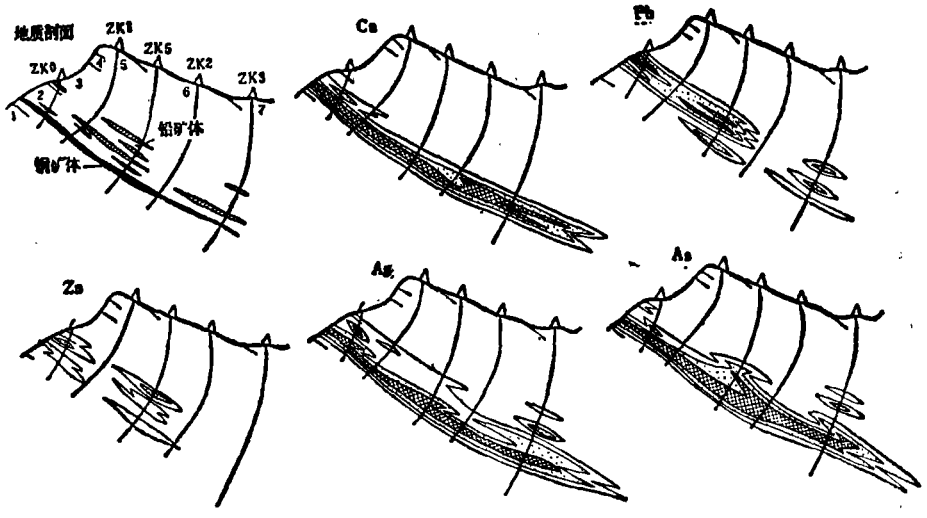

图3　第69地球化学剖面图

1. $D_2d_2^{3-1}$，2. $D_2d_2^{3-2}$，3. $D_2d_2^{3-3}$，4. $D_2d_2^{3-4}$，5. $D_2d_2^{3-5}$，6. $D_2d_2^{3-6}$；7. $D_2d_2^{3-7}$（岩性见图1）；Cu异常（外带50～300ppm，中带300～1000ppm，内带大于1000ppm）；Pb异常（外带80～400ppm，中带400～1200ppm，内带大于1200ppm）；Zn异常（外带100～400ppm，中带400～1000ppm，内带大于1000ppm）；Ag异常（外带0.3～2 ppm，中带2～10 ppm，内带大于10 ppm）；As异常（外带15～60ppm，中带60～120ppm，内带大于120ppm）

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

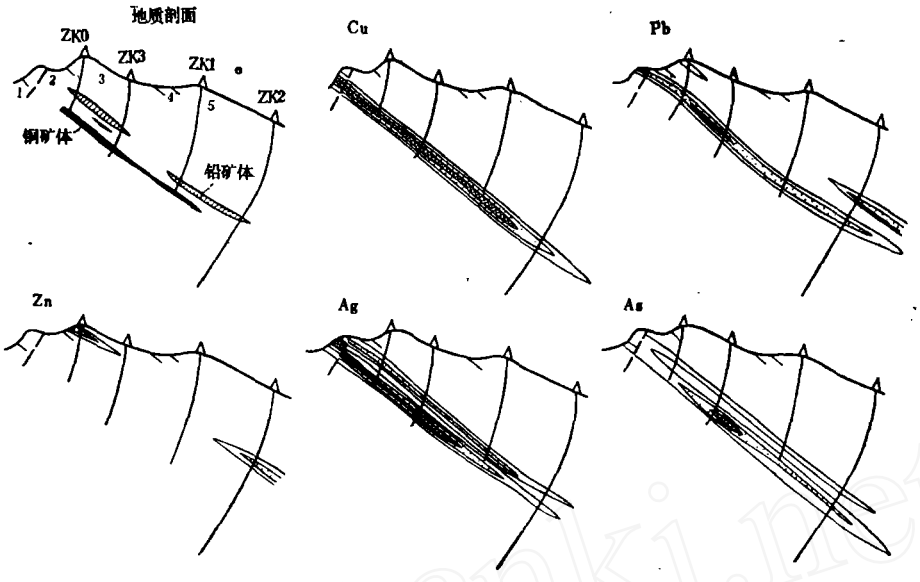

图 4　第77地球化学剖面图

1～5均同图8（岩性见图1）；Cu异常（外带50～300ppm，中带300～1000ppm，内带大于1000ppm）；Pb异常（外带80～400ppm，中带400～1200ppm，内带大于1200ppm）；Zn异常（外带100～400ppm，中带400～1000ppm，内带大于1000ppm）；Ag异常（外带0.3～2ppm，中带2～10ppm，内带大于10ppm）；As异常（外带15～60ppm，中带60～120ppm，内带大于120ppm）

上述的元素分带与矿体产出空间位置是吻合的。

找 矿 效 果

原来认为银洞子地区是一个以磁铁矿为主的铜铁矿点，1967年发现银洞沟原生晕异常，1969年在异常上打到了西部铜矿体，同年又发现了洞子沟原生晕异常，1971年在此异常上打到了13号矿体，并查明矿床中银的储量可观。1976年开始勘探，1979年提交报告。已获铜7万吨、铅38万吨、锌2万吨，银1500吨。

矿区的整个找矿过程说明，化探原生晕的找矿效果是显著的。可以解决以下三个问题。

1.在磁性层*中圈定铜矿富集地段：

大西沟磁异常总体特征，反映为与地层产状一致，西部出露而向东侧伏，部分为隐伏状态的延深达千米的磁性层。银洞子即处于磁性层向东侧伏部位（图5）。

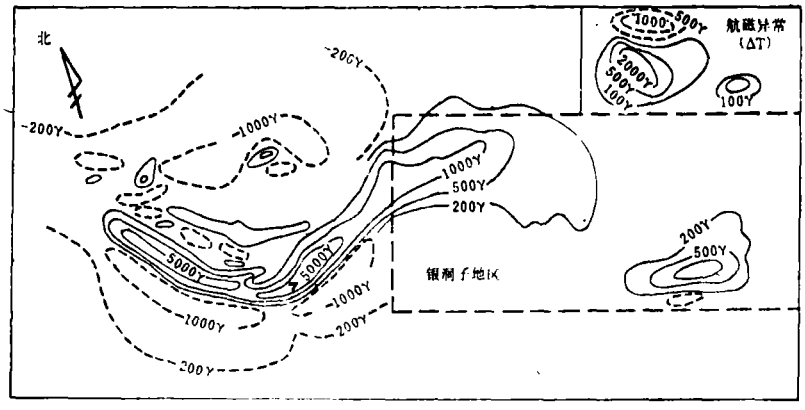

图 5　大西沟磁异常示意图

*磁性层由薄层多层磁铁矿或菱铁矿构成

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

物探磁法无论在划分磁性层和确定磁性层尾端，以及评价磁性铁矿的规模，其地质效果都是肯定的，而化探原生晕则可在本区有效地圈定铜矿化富集部位和范围。

铜矿体赋存磁性层中。磁性层铜含量一般较高（350～500ppm），但Ag、As含量较低（一般Ag0.1～0.3ppm，As小于10ppm）。根据地表出露的铜矿试验资料，矿体上Ag、As含量较高，Ag×1000/Cu、As×100/Cu的比值较大。因此，在磁性层中，当Ag大于0.5ppm、As大于15ppm，Ag×1000/Cu大于1、As×100/Cu大于2时，其中铜即能富集成铜矿体。

据银洞沟、洞子沟化探异常特征（表6），用上述地化指标，推断磁性层中能富集铜矿体。1969年在银洞沟异常上（第15剖面1号孔）打到了西部铜矿体（图6），1971年在洞子沟异常上（第69剖面1号孔）打到了13号铜矿体（图3）。

银洞沟、洞子沟化探异常特征　　表6

异常名称	样品数目	规模（米）		平均含量(ppm)			比值		异常源
		长	宽	Cu	Ag	As	Ag×1000/Cu	As×100/Cu	
银洞沟	50	450	50～70	480	2.8	32.2	5.9	6.8	西部铜矿体
洞子沟	84	900	50～100	382	2.5	90.6	6.6	23.6	13号铜矿体

关于铜矿体晕的特征，其异常形态与矿体形态一致。矿致异常指示元素Cu、Ag、As具有明显的内、中、外三级浓度分带（图3、6），晕的宽度一般为矿化层、矿体厚度的3～4倍，它的梯度变化较均匀。无矿地段的异常，则缺少三元素的浓度内带。

2.有效地圈定铅矿化范围：

1971年在洞子沟异常上继69剖面1号孔见铜矿后（实际上此孔亦见铅矿，由于矿心采取率低而丢矿），在57剖面1号孔又见到富铅矿体，提供了本区新的找矿线索。

偶见铅矿使人们急需了解本区铅矿的规模，同年又进行了第二次化探原生晕工作，用指示元素Pb、Zn的异常分布范围，给出了铅矿化规模的资料，有效地圈定了铅矿分布范围（图1）。

如前所述，铜矿体分布对磁性层中，而铅矿体则分布于磁性层的上盘，两者在空间位置上是密切相关的（图3、4）。

铅矿体有主矿体和小矿体两种类型，它们的化探异常特征有明显的区别（表5）。13号铅矿体异常Pb、Zn、Ag、As组分齐全，含量都较高。小铅矿体异常Pb、Zn、Ag、As组分

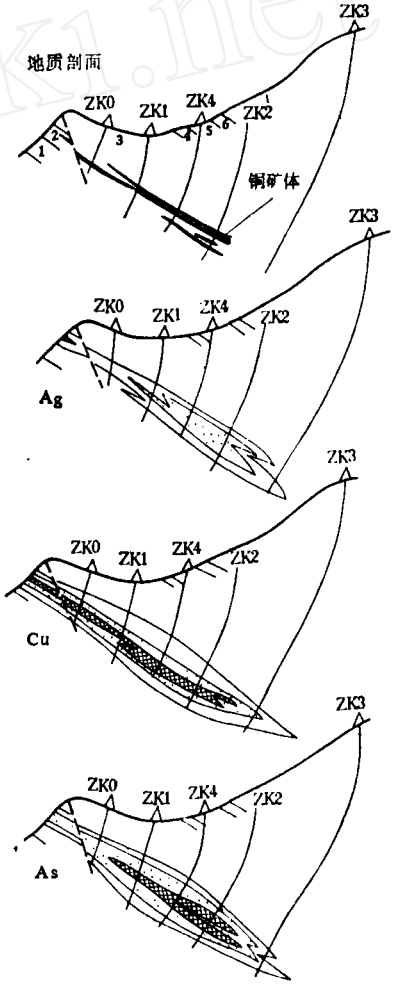

图6　第15地球化学剖面图

1～7图例同图3（岩性见图1）；Cu异常（外带50～300ppm，中带300～1000ppm，内带大于1000ppm）；Ag异常（外带0.3～2ppm，中带2～100ppm）；As异常（外带15～60ppm，中带60～120ppm，内带大于120ppm）

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

不齐全，有多种异常元素组合，分Pb、Ag、As型，Pb、Zn、Ag型，Pb、Ag型，Pb、As型和Pb、Zn型五种。前三种是主要的，但无论何型，一般Zn、As含量不高，Ag含量也比13号矿体异常低。因此，评价异常时，要注意异常类型特征。

另外，13号铅矿体异常，当矿体埋深不大，地表有As异常；当矿体埋深超过30米时，地表一般不出现As异常。因此地表仅用Pb、Zn、Ag三元素组合，当Pb大于80ppm、Zn大于100ppm、Ag大于0.5ppm时的异常范围，即为铅矿化分布范围。其中Ag元素浓度的高低，指示矿化的富集程度。

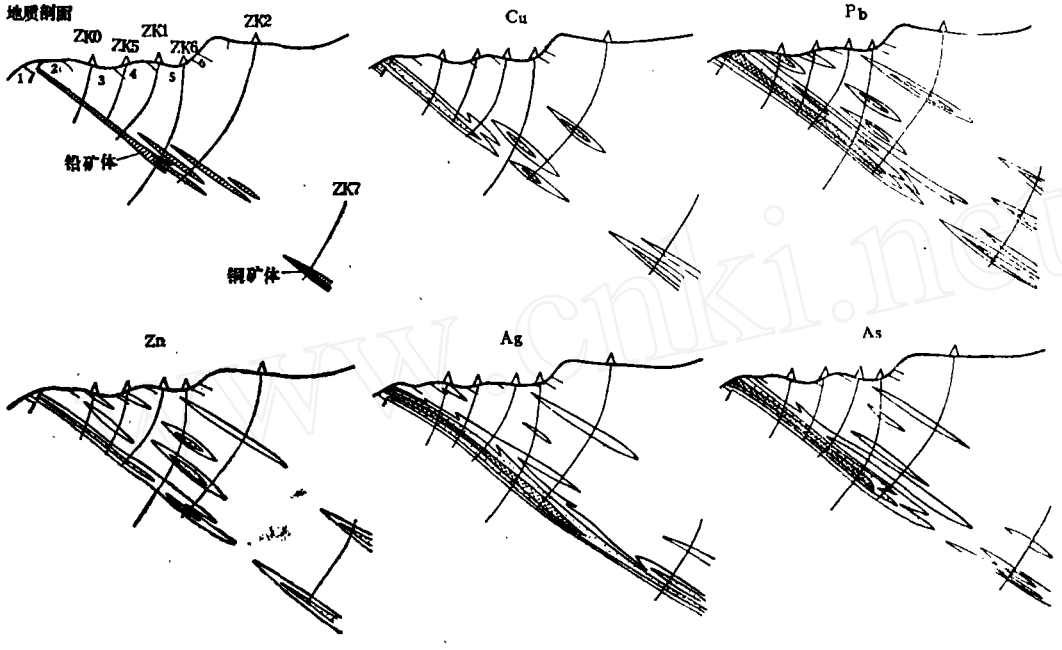

图7　第57地球化学剖面图

1～7图例同图3（岩性见图1）；Cu异常（外带50～300ppm，中带300～1000ppm，内带大于1000ppm）；Pb异常（外带80～400ppm，中带400～1200ppm，内带大于1200ppm）；Zn异常（外带100～400ppm，中带400～1000ppm，内带大于1000ppm）；Ag异常（外带0.3～2ppm，中带2～10ppm，内带大10ppm）；As异常（外带15～60ppm，中带60～120ppm，内带大于120ppm）

矿致异常Pb、Zn、Ag、As四元素有内、中、外三级浓度分带，但不发育(图4、7)，晕的宽度一般为矿化层、矿体厚度的两倍左右，它的梯度变化较大；而品位较低的薄层矿体或者矿化异常，则缺少四元素的浓度内带。

3.提出了矿床中银的综合利用问题：

随着地质物化探工作的进展，1971年从251、571、691三个钻孔原生晕资料，发现在矿化层一定厚度范围内，银量较高（表7），肯定银能综合利用。基于这点，首先提出了矿床中银的综合利用问题。经矿化层采样作银的定量分析被证实（分析结果列于表7）。

矿床经勘探，银不仅是作伴生元素被利用，而上升为矿床主要组分，富集成单独银矿体，金属储量达1500吨。

251、271、691三孔的原生晕银含量　　表7

孔号	251		271		691	
	化探分析	定量分析	化探分析	定量分析	化探分析	定量分析
Ag平均含量（克/吨）	大于28	279.0	大于28	165.5	大于28	279.4
厚度（米）	14.0	10.17	8.5	5.52	13.5	12.21

注：化探分析用二硫脲比色法半定量测定银，其最高色阶为28克/吨

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

钻孔原生晕资料，能够准确地划分银矿层位。因此，在矿床评价和勘探过程中，这项工作是不可缺少的。

根据单矿物电子探针资料（表8），方铅矿、黄铜矿、黝铜矿、毒砂、磁黄铁矿矿物中的含银量均较高，银在这些矿物中主要呈辉银矿、自然银、含铜自然银独立矿物包裹体存在。因此，铜矿体、铅矿体中均富含银，有时可富集成单独银矿体。

单矿物分析数据　　表8

元素 / 矿物	光谱分析（ppm）			电子探针分析（克/吨）
	Cu	Pb	Zn	Ag
方铅矿（2）	1000	大于10000	5000	1022
黄铜矿（5）	大于10000	10	30	1342
黝铜矿（4）	大于10000	30	10000	4940
毒砂（8）	600	30	1000	111
磁黄铁矿（2）	600	5	300	121
黄铁矿（2）	15	1	25	18
磁铁矿（2）	15	1	35	—

注：括号中的数字代表样品数目

结　语

从银洞子铅银矿区化探找矿实践，得出以下几点认识：

1.沉积变质热液再造多金属矿床，用地表原生晕方法，不但能迅速、准确地圈定铅矿化范围，发现矿体顶端埋深较浅的盲矿体，而且矿体顶端埋深150米的盲矿体，地表同样有清晰的Pb、Zn、Ag异常。

2.铜矿体赋存在磁性层中，Fe、Cu两者关系密切。用Ag、As含量及Ag×1000/Cu、As×100/Cu比值地球化学指标，可在磁性层中圈定铜矿体。

3.银洞子矿区及其矿田范围内（如山阳黑沟），这种类型的多金属矿床，它们具有纵横两个方向上的成矿及伴生元素的分带性，它客观地反映矿床中的矿物分带。掌握元素的分带规律性，在找矿勘探中有很大的实用意义。

4.化探工作必须进行多元素分析，以达到综合找矿的目的。

（上接第42页）

一个显微盆地，而另一观测值M′位于另一盆地时，则化验值的变差就更大了。当样品对M—M′长度近似显微盆地的平均规模，即h＝a时，γ(h)不再随h的增加而增加。因此，所假拟的空间上的球，可解释为相当于具不同矿化水平的间隔或空间范围。球心对应于这些间隔或范围的中心。

因此，这些地质统计参数，如块金值、基台值及变程是可以说明矿床的矿化特征的。

块金效应值C_0，该词来自南非金矿的块金结构，说明在相同位置取得的样品，其分析结果是不同的，也就是间隔h等于0时的变异函数γ(0)值。它反映h极小时样品品位的离散程度。显而易见，金矿的块金值最大，而沉积矿床的块金值小。

变程a指区域化变量彼此相关的范围，相当矿化范围矿集的平均大小。变程的大小可以反映矿体的变化程度，变程a值大，矿体变化程度就小；反之，变程a值小，矿体变化程度就大。根据变程值大小，可以了解矿体的规模，不同方向的矿化变化程度，可以确定取样的最优条件。

拱高C指品位方差与块金值之差，$C=C'-C_0$，为一常数。它h≠0时，区域化变量离散程度的测度，C值越大，离散程度就越大；相反，C值越小，离散程度就越小。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net