

上述图(2)与图(3)两个实例已充分说明了井中磁测在评价剩余磁异常中的重要作用。

另一方面,对实测磁异常进行必要的转换处理,以便尽可能滤掉浅部矿体的高频信号,提取

或突出深部矿体的低频信号。把地面剩余磁异常的研究与这种经过滤波处理的异常图进行比较和综合研究,这无疑地对提高剩余磁异常找矿的有效性是有益的。

狼山有色金属成矿带层控矿床 某些地球化学特征及找矿标志

李 惠 康涌琦 秦国佩
成 智 张庆余 王成祥

内蒙狼山有色金属成矿带,面积约六千多平方公里。区内已探明的霍各乞、东升庙、炭窑口三大铜、铅、锌、硫多金属矿床,均属沉积变质矿床,受含矿层位严格控制。矿床具有沉积成矿和变质改造的特点。

区域地质特征

狼山有色金属成矿带,处于蒙古地槽海西褶皱与中朝准地台交界带。

区域地层主要是上元古界狼山群浅变质岩系,局部有石炭系、二叠系、侏罗系、白垩系及第三系地层分布。

狼山群(Ptl)为本区含矿层,分为三个组(即Ptl₁、Ptl₂、Ptl₃)和一个未分组(Ptl_B)。下部未分组是一套经历了区域变质、花岗岩化、混合岩化作用而形成的杂岩;第一组(Ptl₁)由云母石英片岩和片麻岩组成,矿化极弱;第二组(Ptl₂)由片岩、炭质千枚岩、炭质板岩、灰岩、白云岩和条带状石英岩组成,为区内主要含矿层;第三组(Ptl₃)主要由石英片岩和石英岩组成,该层矿化点较多,但还未发现成型矿床。

区内褶皱、断裂构造很发育。整个成矿区带为一由狼山群未分组为核部,狼山群第二、三组为两翼,枢纽呈N50~60°E,延长200余公里的复式背斜,两翼发育有二级褶皱构造。

区内火成岩活动强烈,分布面积约占二分之一。其中有加里东期侵入的斜长角闪岩和角闪辉长岩;华力西期狼山花岗岩,呈岩基大面积出露。

区内矿化普遍,目前已发现矿点一百多处,主要是铜、铅、锌多金属矿床,矿床成因类型主要是沉积变质的,其次有斑岩型、夕卡岩型和热液脉型。

含矿层位是狼山群的第二组(Ptl₂),其中又分为若干亚组。如东升庙就分五个亚组,二、三、四亚组是含矿的,一、五亚组则不含矿。炭窑口分四个亚组,前三组都含矿。

在含矿层中,矿床严格受岩性控制,统计表明,铜总储量有96%产于条带状石英岩中,3.5%在白云岩中,但有的矿区,铜又在次要的含铜岩相中。

成矿带微量元素的背景

鉴于本区(带)主要矿床类型有严格受层位控制的特点,我们除了研究岩浆岩的微量元素含量外,重点研究了地层中微量元素的背景,并研究了含矿层狼山群及其各组、亚组在不同地段(前山、后山、西段)的局部背景,了解区(带)内微量元素相对于地壳克拉克值的浓集程度,为确定成矿物质来源提供依据。更重要的是,为确定含矿层赋矿部位的地球化学特征和异常下限,提供统一标尺。样品采自远离矿区、未受后期蚀变影响的新鲜岩石(均经镜下鉴定)。元素背景值采用几何平均值。

一、火成岩中微量元素含量特征

1.本区花岗岩富含Mo、Cr、Co、F等,分别为同类岩石平均含量(维氏值)的6.5倍,2.1

倍, 2.2倍和2.3倍。

2.斜长角闪岩与基性岩平均含量相比, 富Mo、Pb而贫Ba、V、Mn。

3.次闪辉长岩与基性岩平均含量相比, 富Mo、Pb, 贫Cu、Mn、Ba、Ni、V。

二、区域地层中微量元素的背景及其特点

1.区(带)内不同时代地层岩石中微量元素背景列于表1, 其特点是:

①与克拉克值相比, 本区各时代地层岩石中富Mo、Pb、B, 其他元素含量偏低。其中含矿层狼山群岩石中, Mo、Pb、B的浓集克拉克值分别为7.14、2.15和2.55。

②狼山群与区内零星分布的石炭系、二叠系, 侏罗系、白垩系相比, 含Cu高, 含Mo、Mn则相对偏低。

③在狼山群各岩组中, 含矿岩组(第二组)的Zn、Pb、Mo、Mn、Ni、V、Co、F背景含量均大于狼山群背景值, 其中Pb、Zn、Mo丰度

最大, 大于不含矿的-、三岩组。

2.狼山群及其组、亚组在区内不同地段的局部背景之特点如下:

①狼山群的局部背景, 西段Cu偏高, 后山Cr、V、Ti偏高, 前山Ba偏高。

②狼山群的含矿岩组第二组(Ptl₂)岩石局部背景中, 西段Cu偏高, 前山Pb、Zn、Ba、Mn较高, 后山Cr、Ti偏高。Cu的变化系数是后山>前山>西段, Zn的变化系数是前山>后山、西段, 与各地段Cu、Zn的富集正相关。

③狼山群第二组(Ptl₂)的各亚组岩石中, Cu、Pb、Zn的背景值与其含矿性有正相关关系。

3.区带内狼山群不同岩石类型中微量元素的背景值:

Cu、Pb、Zn在不同岩性中的背景含量为: 灰岩>石英岩>板岩、千枚岩、片岩。这与区内Cu、Pb、Zn的有利成矿岩石是一致的。

狼山成矿带区域地层背景值表 (单位ppm)

表1

地层	符号	Cu	Mo	Pb	Zn	Mn	Ba	Ni	Cr	V	Co	Ga	B	Ti	Ag	Sn	Hg	F	Cl
白垩系	K	9.2	10.3	29.8	36	626.8	856	5.95	48.5	27.1	5	11.1	22.3	929	0.025		0.017	339	
侏罗系	J	11.9	9.5	26.1	64.1	417	797	12.5	63	46.2	6.8	16.7	31.8	2054	0.021		0.017	1268	
二叠系	P	12.8	6.7	28.2	87.2	599	1374	15.9	67.4	75.6	13	24.3	5	3300	0.02		0.019	177	
石炭系(灰岩)	C	7.1	17.3	60.7	30.1	212	150	11.9	13.5	16.8	9.9	0.97	7.2	59	0.02		0.052	91	200
狼山群	Ptl	19.6	7.9	31.1	55	317	341	12.7	48.7	31.6	10.2	7	30.6	732	0.025		0.025	432	
第三组	Ptl ₁	22.3	5.0	21.4	43.9	169	410	9.4	61	26.1	8.4	6.7	33.5	944	0.02		0.017	401	
第二组	Ptl ₂	18.5	11.6	50.0	62.8	513	281	16.5	40.7	35	11.9	6.7	25.5	546	0.031		0.019	136	
第一组	Ptl ₃	13.5	4.2	23.1	53	151	242	10.7	55.2	20.1	8.7	5.2	50.8	573	0.057		0.02	125	
未分组	Ptl ₄	27.6	7.3	21	103	165	1096	10.7	115.7	57.1	22.5	23.1	5	1828	0.02		0.029	696	
克拉克值(维)		1.7	1.1	16	83	1000	650	58	83	90	18	19	12	4500	0.07	25	3.8	660	170

层控矿床的某些地球化学特征

一、主要矿石类型的标型元素组合特征

区(带)内三大铜铅锌多金属矿床中, 由于Cu、Pb、Zn、Fe、S等主要成矿元素的富集程度不同, 形成了各种矿物组合的矿石类型, 三大矿区都可以分出十几种矿物组合类型。从地球化学找矿角度出发, 我们研究了区内八种主要矿石类型的元素组合、标型指示元素组合和标型相关元素对, 做为确定矿化类型的地球化学依据。

所谓标型元素组合, 是指某种矿石类型所特有的元素组合; 标型相关元素对, 是指某种矿石类型的特有相关元素对(在 $\alpha = 0.01$ 水平上相关)。区内沉积变质铜铅锌多金属矿床各种矿石类型的标型元素组合, 标型相关元素对及特征元素比值见表2。

二、含矿岩组赋矿地段的地球化学特征

含矿层狼山群只有第二组(Ptl₂)含矿, 因此进一步研究第二组赋矿地段的地球化学特征, 对于评价其含矿性, 以进一步缩小靶区更为重要。

主要矿石类型的地球化学特征

表 2

类型	矿物组合	标型元素	标型相关元素对	Zn Pb	Pb Cu	Zn Cu
Zn-S型	闪锌矿-磁黄铁矿	Zn-Pb-Cd-Mo-Ag	Zn-Cd, Pb-Zn	5	5	100
Zn型	闪锌矿-方铅矿-磁黄铁矿	Zn-Pb-Cd-B-F	Pb-Zn, Pb-Ag, Pb, Zn-Cd, Cu-Co, Ni	5	5	40
S型	黄铁矿	Co-Ba-Mn-Pb-Zn		1	>1	1
Pb型	方铅矿-铁闪锌矿-磁黄铁矿	Pb-Zn-Cd-Ag	Zn-Cd	<1	>10	<5
Pb-S型	方铅矿-磁黄铁矿	Pb-Zn-Mn	Cu-Co, Cd, Pb-Mo, Cd, Mn	1	>30	5
Cu型	黄铜矿-磁黄铁矿	Cu-Pb-Zn	Cu-Au, Zn-Cd, Co	<1	<1	1
Cu-S型	黄铜矿-闪锌矿-磁黄铁矿	Cu-Zn-Mn-Ba-Co	Cu-Co, Cd, Zn-Cd, Mn, Mo	5	1	1
Fe型	磁铁矿	Mn-Pb	Zn-Cd, Pb-Ag	1	<1	<1

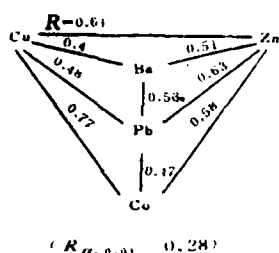
该组 (Ptl₂) 赋矿地段的特点是:

1. Cu、Pb、Zn、Ba、Ag、F 的含量明显高于其背景值, 浓集系数 (不同矿区赋矿地段 Ptl₂ 平均含量/相应地段 Ptl₂ 背景) 在 1.5~5 之间, 赋矿地段各指示元素几何平均值的标志是: Cu 40 (ppm, 下同), Pb、Zn 100, Mn、Ba 500, Ag 0.1。

2. Cu、Mo、Pb、Ag、Mn、Cd、Hg、Co、Sn 等明显高于不含矿的第一、三组。而 Ni、Cr、Ga、B、Ti 则低于第一、三两组。

三、赋矿部位含矿岩组 (Ptl₂) 之含矿亚组地球化学特征

东升庙矿区 Ptl₂ 的五个亚组中, 第四亚组 (Ptl₂) 是含铅、硫、铜的主要含矿层, 赋矿部位的标志是 Cu 60 (ppm, 下同), Pb、Zn 200, Mn 4000, Co 20, Ag 1.5。矿体的侧向异常 (远离矿体 100~200 米) 标志是 Cu 30, Pb、Zn 100, Ag 0.5, Mn 2000。特征相关元素对:



层控矿床的地球化学异常特征

区带内层控沉积变质矿床, 虽然具有明显受含矿层位和岩性控制的特点, 宏观上随含矿层或含矿岩性消失而矿化消失, 矿体与上下盘围岩界线清楚, 但成矿元素和某些伴生元素在上下盘围岩中却能形成一定宽度的异常。在含矿层内矿体四周的侧向异常更为发育。

在圈定异常时, 以狼山群地层背景为标准, 按其 2 倍、8 倍或 4 倍、32 倍作为异常的外、中、内带。应当指出, 某些元素在含矿岩层 (Ptl₂) 赋矿地段低于围岩, 勾出了这些元素小于某一数值的低值异常, 但有些元素并非带出负异常 (与其同类岩石类型的背景值相比还高) 这些元素的低值异常区可视为含矿岩层的重要标志, 但也有元素其低值异常是带出异常, 是由于在变质过程中活化转移造成的 (如 Ti 等)。

一、霍各乞铜铅锌多金属矿床的地球化学特点

1. 成矿元素及伴生元素 Cu、Pb、Zn、Ag 等在赋矿部位或矿化带有明显的中内带异常, 尽管在矿体与围岩之间的浓度梯度很大, 但在上下盘 Cu、Pb、Zn 外带异常范围仍比矿体大 1~2 倍, 在地表 Cu、Pb 异常的中内带反映矿体, 中外带反映矿化带的范围。

2. Cr、Ni、V、Ga、B 等元素的低值异常区

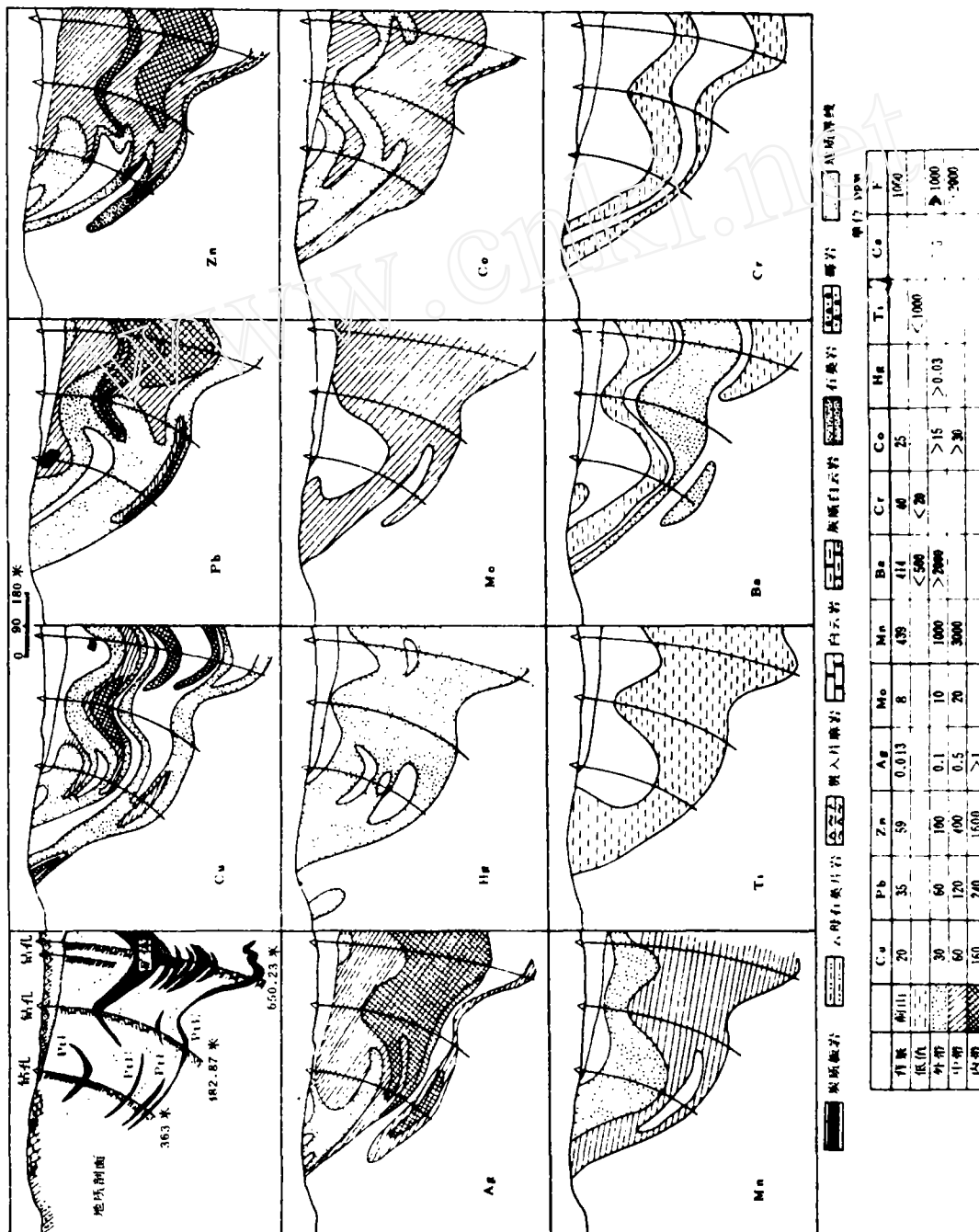


图1 东升油田控盐岩层21线地球化学剖面图

反映含矿岩层矿化带的范围。

3. F、Ti、Ba 在赋矿部位是低值异常, 在其外围却有较高含量的异常。这可能是在区域变质热液作用下这些元素被活化转移所致。

二、东升庙硫锌铅铜矿床的地球化学异常特点 (图1)

含矿层内矿体的侧向异常: 东升庙矿床地表出露的含矿层 (第二岩组) 为白云岩、炭质板岩、炭质千枚岩等, 局部见有铁帽 (多数铁帽与深部主矿体不相连), 含矿层侧向延深100~200米为大型硫锌铅矿床, 盲矿体侧向上方异常的别点是:

1. Cu、Pb、Mo、Mn、Zn 为中外带异常, Hg、Co、B 为外带异常, Ag 为内带异常。

2. Cr、Ni、Ti、Ga、Ba 为低值异常, 在 Ti、Ba 低值异常周围有断续的高值异常。

综合本区沉积变质矿床的地球化学特点, 可以得出赋矿部位和含矿层中盲矿体侧晕两种地球化学模型 (图2)。

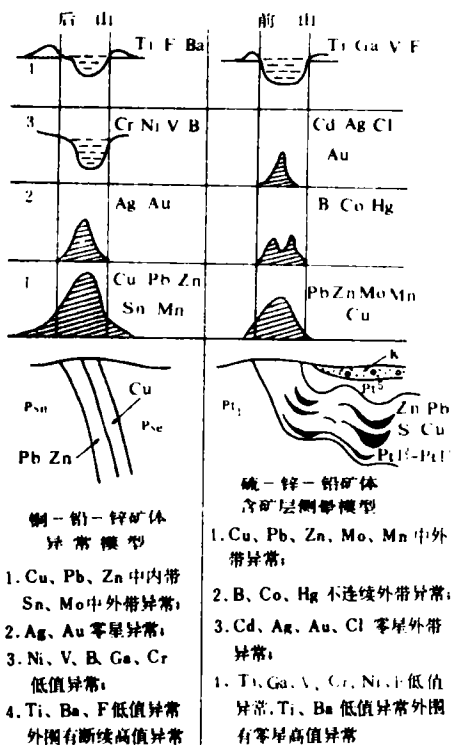


图2 地球化学异常模型

对成矿成晕的某些认识

区带内三大矿床均赋存于狼山群一套浅变质的浅海—滨海相沉积岩层中, 矿床主要形成于沉积阶段, 在区域变质过程中经受了一定程度的改造, 为典型的沉积变质矿床。

一、沉积旋回与元素的沉淀规律

1. 沉积环境: 霍各气铜铅锌矿床中, 铜矿赋存在条带状炭质石英岩, 铅锌矿赋存于炭质板岩和条带状炭质石英岩中; 东升庙硫锌铅铜矿床赋存于白云岩和炭质板岩中; 炭窑口铜锌硫矿床赋存于炭质板岩与灰岩互层带中。特征含矿层都含炭质, 反映了铅锌沉淀处于还原程度较高的环境, Cu 的沉淀为弱还原环境。

2. 沉积旋回与元素的沉淀规律: 图3 是根据炭窑口矿床含矿层的实际地球化学综合柱状图得出的沉积模式图, 从中可以看到: 1 该矿床由三个完整的沉积旋回和一个未进行到底的旋回组成, 在前三个完整的旋回中 (即由砂岩 → 粉砂岩 → 砂页岩 → 页岩 → 碳酸盐岩 → 页岩 → 粉砂岩 → 砂岩) 都是在相同的环境成矿的, 即在海进到形成页岩—碳酸盐岩, 于弱还原、弱碱性条件下成矿 (形成了三层矿) 而第四个旋回未进行到底即回返, 没有碳酸盐岩沉积, 也没有金属矿物沉淀。2 随着海进、海退沉积环境的规律变化, 除了 Si、Al、Ca、Na 等元素有规律沉淀之外, Cu、Pb、Zn 随海进环境向弱还原方向发展而加速沉淀, 随海退而沉淀减少 与 Cu、Pb、Zn 共消长的有 Mo、Ba、Mn、Ag、F, 反消长的有 Ti、B、Ga、V 等 Cu 与 Mn、Mo、Co、Ba、Zn 与 Mn、Mo、Co 在 $\alpha = 0.01$ 置信水平上相关。3 在沉积旋回中, Cu、Pb、Zn 总体上是相关的, 赋矿环境和部位基本一致, 但细分析, 其沉积略有先后: Pb → Zn → Cu。

二、沉积变质矿床的地球化学异常形成特点

根据区内沉积变质矿床形成过程和异常发育特点可以认为, 该类型矿床的地球化学异常, 是沉积晕和变质晕的综合反映

1. 沉积成晕: 在沉积成岩成矿作用过程中, 随海进、海退的变化, 物化条件 (PH、Eh) 往往

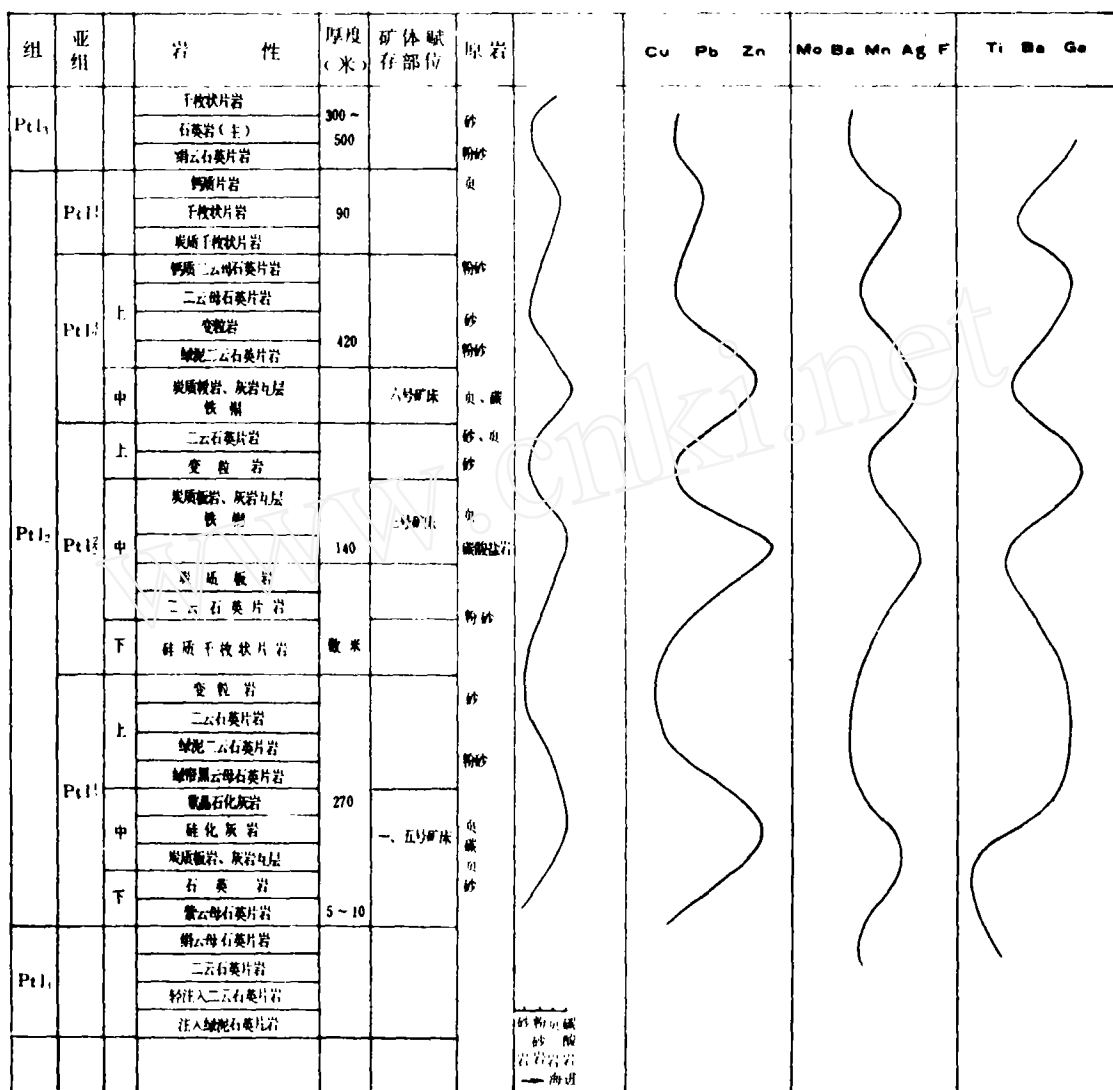


图3 尖晶石铜锌硫矿区含矿层 (狼山群) 地球化学示意图

有渐变性,因此微量元素的沉淀也往往表现为继承性,在矿体上下盘形成异常。在含矿层内,矿化沉积的最佳部位是浅海中的小盆地(槽地)从沉积中心向四周,环境是渐变的,成矿元素及其伴生元素的沉淀,从富集中心向外围也逐渐减少,因而在含矿层内矿体的四周形成了明显侧向异常,有时可达数百米

2. 变质过程中元素的活化转移与变质岩: 区内沉积岩在区域变质过程中,不仅表现在矿物的重结晶和片度增大,而且在赋矿地段具有矿物的熔蚀、交代,反映了在变质过程中,沉积岩中的原生水(间隙水、裂隙水、结构水和结晶水),在

升温升压下活化,形成变质热液,在其向低压区渗流过程中溶解了岩石中某些元素,使其活化转移。区内三大矿床都具有明显的硅化、碳酸盐化、黑云母→金云母化、绿泥石化和重晶石化。蚀变新生矿物多呈团块状、网脉状和细脉状。细脉不仅沿层理发育,而且有的斜交于层理。在矿体围岩中常见有黄铜矿和黄铁矿细脉,反映了成矿元素的活化转移特点,形成变质岩。

矿物的交代可以引起某些元素的带入带出与活化转移。如黑云母是Ti的富集矿物,当黑云母→金云母化时,由于Fe的带出,与Fe有密切类质同象关系的Ti也转入溶液向外迁移,因此Ti

在赋矿部位形成低值带出负异常，而在外围形成了正异常。

地球化学找矿标志

一、指示元素及其指示意义

在狼山有色金属成矿带寻找沉积变质型铜铅锌多金属矿床，最直接最主要的指示元素是Cu、Pb、Zn、Ag，其次是Cd(Co)，间接指示元素是Mn，含矿层和含矿岩石的指示元素是Ti、Cr、V等。具体情况大致如下：

1. Cu、Pb、Zn、Ag 是区内沉积变质矿床的主要成矿元素和伴生元素，也是重要的直接指示元素；

2. Cd 主要存在于闪锌矿中，是锌矿的指示元素；

3. Co 是黄铁矿、磁黄铁矿的重要指示元素；

4. Mn 在区内的特征含矿层（灰岩、白云岩、透辉石-透闪石化灰岩）和矿体中含量均很高，因

此Mn异常既是含矿层的又是铜、铅、锌矿的指示；

5. Ti、Cr、V、B、Ga、Ni等，受岩性控制，特征含矿层中含量低，故其低值异常指示含矿层；

6. F 异常主要反映岩石含(OH) 矿物（云母类）的多少；

7. Ba 在东升庙和炭窑口矿床含量高，Ba 可能是渗流热卤水成矿的重要标志之一。

二、寻找盲矿体的地球化学标志

当下述元素组合异常出现在含矿层（Ptl₂）上时，则指示含矿层倾斜深部可能有盲矿体存在：

1. Cu、Pb、Zn、Ag 为中外带异常（中-弱异常）；

2. Mn(Mo、Co) 出现中外带异常；

3. Ti、V、Cr 等出现低值异常

（本文为冶金部北京冶金地质研究所、冶金部第一勘探公司第一物探大队及内蒙冶勘公司三队共同研究之成果）



会议消息

人造金刚石单晶

质量检测技术座谈会

为提高人造金刚石的质量，受冶金部地质局委托，冶金部地质研究所于1982年5月12日至27日，在桂林主持召开了人造金刚石单晶质量检测技术座谈会。

会议总结了冶金地质系统多年来检测工作的经验；提高了检测人员的操作技术水平，统一了认识 and 操作方法；讨论了《JB2082人造金刚石标准》。

冶金系统和有关部门的15个单位的21名检测人员参加了会议。

与会同志一致认为，搞好人造金刚石质量检测工作，是保证产品质量，提高钻探效率的重要措施，也是促进人造金刚石质量不断提高的基础。

会议认为，今后必须进一步提高设备水平和操作水平。只要领导重视，通过专业人员的不懈努力，冶金系统的人造金刚石检测工作，一定会进一步完善，并在人造金刚石的生产中发挥更大的作用。

（谭顺英供稿）



简讯

S—1 型双频道数字式 激电仪正式生产

中南矿冶学院物探教研室研制成功双频道数字式交流激电仪。于1980年12月由冶金部委托冶金部物探公司组织进行了鉴定。与会专家一致认为设计思想先进，线路合理，性能良好，是国内首创的一种新型频率域激电仪。获得冶金部和湖南省重大科研成果奖。鉴定后交福建三明市无线电三厂生产，该厂又进行两次改型，并部份采用进口元件，仪器性能较原样机又有提高，目前已批量生产。经检测和在一些单位使用结果，证明性能良好。

双频道数字激电仪的特点是同时供两种频率的双频电流，同时接收双频电位差，并自动计算，用液晶数字显示幅频率。因此，观测速度快，抗干扰能力强，操作简单，读数方便，观测精度高。由于频率对选译合理，不仅生产效率高，而且在一般条件下感应耦合影响可以忽略。总之，是激发极化法用于普查的轻便仪器，特别是在地形不好，接地条件差的地区，更能发挥其特点。