内蒙古霍各乞铜多金属矿床原生晕地球化学特征及深部成矿远景评价

刘雪敏[1],陈岳龙[1],李大鹏[1],王忠[2],刘金宝[2]
(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院,北京 100083;2. 内蒙古自治区地质调查院,内蒙古 呼和浩特 010010)

摘 要:通过系统采集内蒙古霍各乞铜多金属矿区第7、-9勘探线上11个钻孔的岩石、矿石样品,绘制原生晕剖面等值线图,建立垂向元素分带序列,结合该矿床指示元素的变化特征,对钻孔深部隐伏矿进行了预测。该矿床成矿元素组合为Cu-Pb-Zn,前缘晕由Hg、Sb、Cd组成,尾晕以W、As、Sn为特征。该矿床处于倒转向斜的倒转翼,元素的垂向分带序列大部分为反向分带。垂向分带和指示元素的变化特征说明矿床具有多期多阶段反复叠加的特点,第7勘探线至少存在2期含矿流体,钻孔ZK702、ZK830、ZK726、ZK817深部可能有盲矿体。

关键词:原生晕;深部成矿远景评价;霍各乞铜多金属矿床
中图分类号:P632 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-8918(2012)01-0001-07

霍各乞铜多金属矿床位于狼山后山地区,是狼山成矿带上的典型矿床[1-3]。前人对霍各乞铜多金属矿床的研究侧重于区域大地构造和控矿构造[1-6],并未对矿床原生晕作过系统研究。霍各乞铜多金属矿床是热水沉积的块状硫化物,经矿化叠加、变质热液改造富集而形成的矿床[3],它虽然不是典型的热液矿床,但与一般的海相火山岩块状硫化物矿床不同,是经过多期热液矿化富集形成的,因此可以用一般的热液矿床原生晕分带序列理论来研究霍各乞铜多金属矿床。

笔者在北京西蒙矿产勘查有限责任公司的帮助下,以热液矿床原生晕分带理论为基础,研究霍各乞铜多金属矿床原生晕的浓度分带、垂向分带以及指示元素的变化特征,为矿区深部找矿提供依据。考虑到矿床的勘探深度已延伸到1 000 m,在狼山—渣尔泰裂谷系成矿带具有代表性,所以选择1 000 m以上的2个钻孔,按一定间隔(5~10 m)采取岩芯样品,重点研究该矿床深部(500 m以下)成矿元素及有关指示元素的垂直分布特征。

1 地质背景

霍各乞铜多金属矿床位于内蒙古巴彦淖尔盟乌拉特后旗,大地构造属华北板块北缘,狼山—渣尔泰山中元古代裂谷系,该裂谷系是在古元古代末期,华北板块基底重新裂开的基础上发育起来的,控制了渣尔泰群及狼山成矿带的形成[1]。成矿带由狼山及其东延的渣尔泰山组成,成矿环境为陆缘裂谷,主要矿床类型为喷流沉积型铜铅锌矿床[2-3,7],代表性矿床有霍各乞矿床[1-3]、东升庙矿床[8]、炭窑口矿床[9]、甲生盘矿床[2]、白云鄂博矿床[10]等大型、超大型矿床。矿区出露地层均为元古宇狼山群,岩性为石英岩、千枚岩、黑云石英片岩、二云石英片岩、大理岩化灰岩、白云岩及绿泥片岩,变质程度为绿片岩相—角闪岩相[6]。矿区由呈三角分布的3个矿床组成(图1),1号矿床为铜铅锌铁多金属矿床,位于矿区南部,矿区内绝大部分金属储量都集中在该矿床;2号矿床以铅锌为主,少量铜矿化,在矿区北部,距1号矿床约1 700 m;3号矿床为铁矿床,处于1号矿床的东延部分,居矿区东部,距1号矿床约400 m。

霍各乞铜多金属矿床的控矿构造为海西期复式背斜构造[6](图2),由2个倒转向斜和1个隐伏背斜组成,3个工业矿床赋存在倒转背斜两翼的同一个层位上,其中1号矿床位于南部倒转向斜的倒转翼。该矿床的铜矿主要赋存于条带状石英岩中,铅锌矿主要赋存于炭质板岩和白云岩的过渡岩段,铁、铅(锌)赋存于透辉透闪石岩中。矿物组合简单,铜矿主要为黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿;铅锌矿主要为磁黄铁矿、闪锌矿(铁闪锌矿)、方铅矿等。

收稿日期:2011-01-13
基金项目:内蒙古国土资源厅院士项目(05-6-YS2)

万方数据

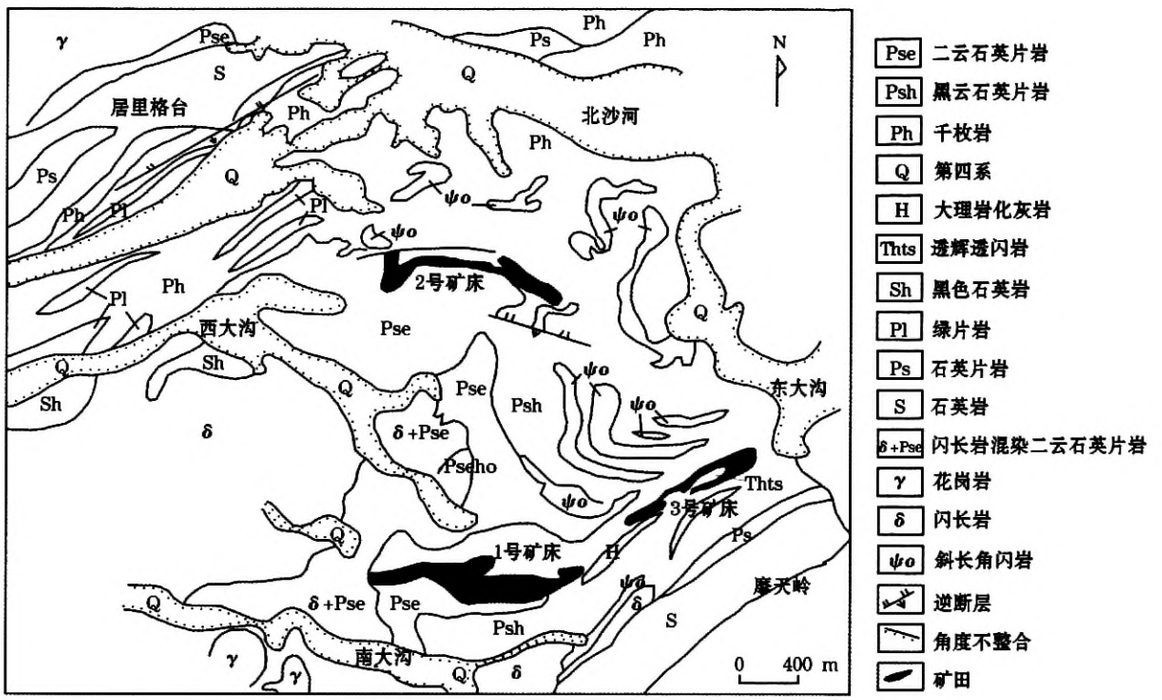

图 1　霍各乞铜多金属矿床区域地质概况(据参考文献[6]改编)

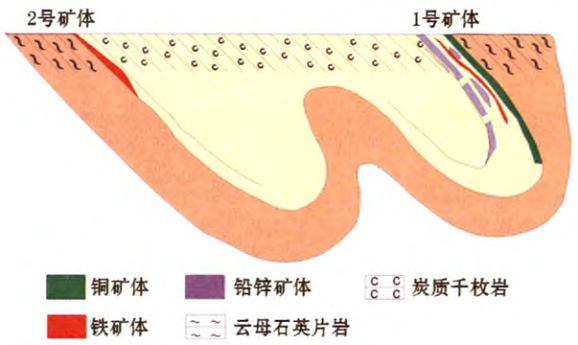

图 2　霍各乞矿田复式倒转向斜示意

2　样品采集及测试

系统采集了霍各乞矿区 1 号矿床 2 条勘探线(7 线、-9 线)上 ZK702、ZK701、ZK801、ZK718、ZK830、ZK726、ZK839、ZK817、ZK818、ZK730 和 ZK822 钻孔的 292 件样品,钻孔相对位置见图 3。样品岩性主要为黑云母石英片岩、石英岩、闪长岩和少量的炭质板岩。在野外取岩芯样品时,可见后期穿插的石英脉和方解石脉,以及明显的硅化、绢云母化等蚀变现象,说明后期热液活动改造矿体的现象比较明显。

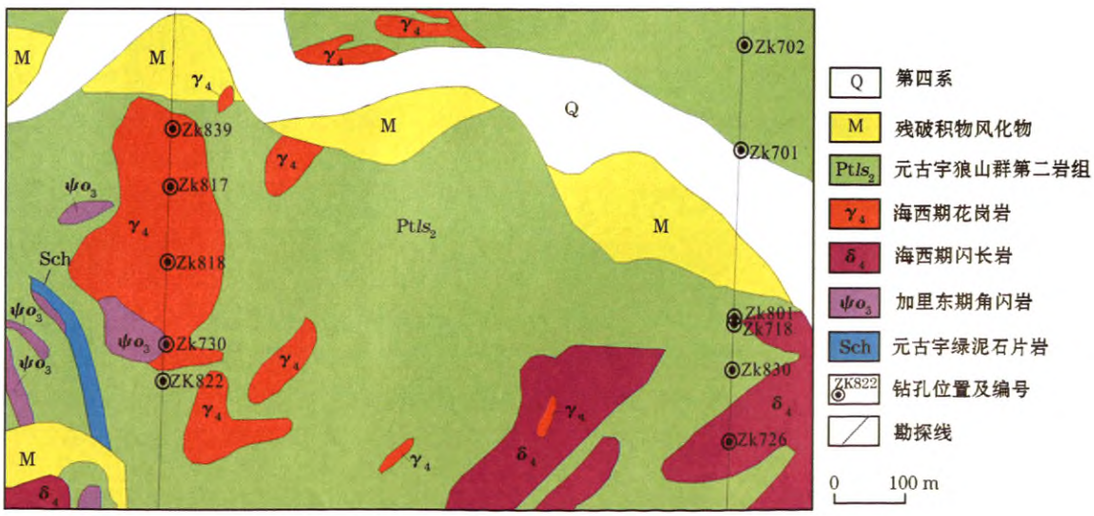

图 3　霍各乞铜多金属矿区 1 号矿床钻孔位置(据 1∶1 万内蒙古乌拉特后旗霍各乞矿田地质图(矿权分布图)改编)

万方数据

共测试了 15 种元素,由内蒙古自治区矿产实验研究所完成,其中 Zn、Cu、Ni、Pb 采用 X 射线荧光光谱仪测定,Co、Ag、Sn、Mo 采用发射光谱法测定,Hg、Bi、As、Sb 采用原子荧光光度计测定,Au、Cd 采用原子吸收分光光度计测定,W 采用示波极谱仪测定。

3　原生晕特征分析

原生晕是在成岩成矿作用中形成,赋存于基岩中的地球化学异常[11]。半个多世纪以来,以热液矿床原生晕的研究及应用最为深入[12]。原生晕在研究成矿作用、预测矿体剥蚀程度、指导找矿及寻找隐伏矿等方面都起到了积极作用[13-15],其理论基础是热液矿床原生晕的轴向分带理论[15],即热液矿床原生晕具有明显的组分分带特征,每个矿床都有自己的前缘晕、近矿晕和尾晕,特别是前缘晕,可以为隐伏矿预测提供重要的成矿信息。本次研究以一般的热液矿床原生晕分带序列特征为基础,即地球化学性质活泼性强和具挥发性的 Hg、As、Sb、Ba 等总是出现在矿体前缘,尾晕以 W、Be、Sn、Mo 为代表,Bi、Co、Ni、Cd 总是出现在矿体附近,为近矿晕。

3.1　原生晕浓度分带特征

按照 $X \pm 3S$(X 为平均值,S 为标准差)的标准对原始数据进行筛选,剔除大于 $X+3S$ 和小于 $X-3S$ 的异常数据,置信区间为 95%。剔除异常值后,对服从偏态分布的元素(Zn、Cu、Ni、Pb、Co、Ag、Sn、Mo、Hg、Bi、As、Sb、Au)取平均值作为异常下限,服从正态分布的元素(Cd)取中值作为异常下限,以异常下限的 1、2、4 倍作为划分外、中、内带的界限[12](表 1)。根据这些界限值分别绘制霍各乞铜多金属矿第 7 和 -9 勘探线原生晕剖面等值线图(图 4)。

表 1　霍各乞铜多金属矿区样品中元素的异常界限值

分带	Ni	Cu	Zn	Pb	As	Sb	Bi	Hg	W	Cd	Mo	Sn	Ag	Co	Au
外带	17	69.2	151	50.5	6.44	0.57	0.45	13.7	1.31	0.09	0.98	2.49	0.16	7.69	2.68
中带	34.1	138	302	101	12.9	1.15	0.89	27.3	2.62	0.19	1.95	4.97	0.32	15.4	5.36
内带	68.2	277	603	202	25.8	2.29	1.78	54.6	5.24	0.37	3.9	9.94	0.64	30.8	10.7

注:Hg、Au 的含量单位为 10^{-9},其余元素含量单位为 10^{-6}。

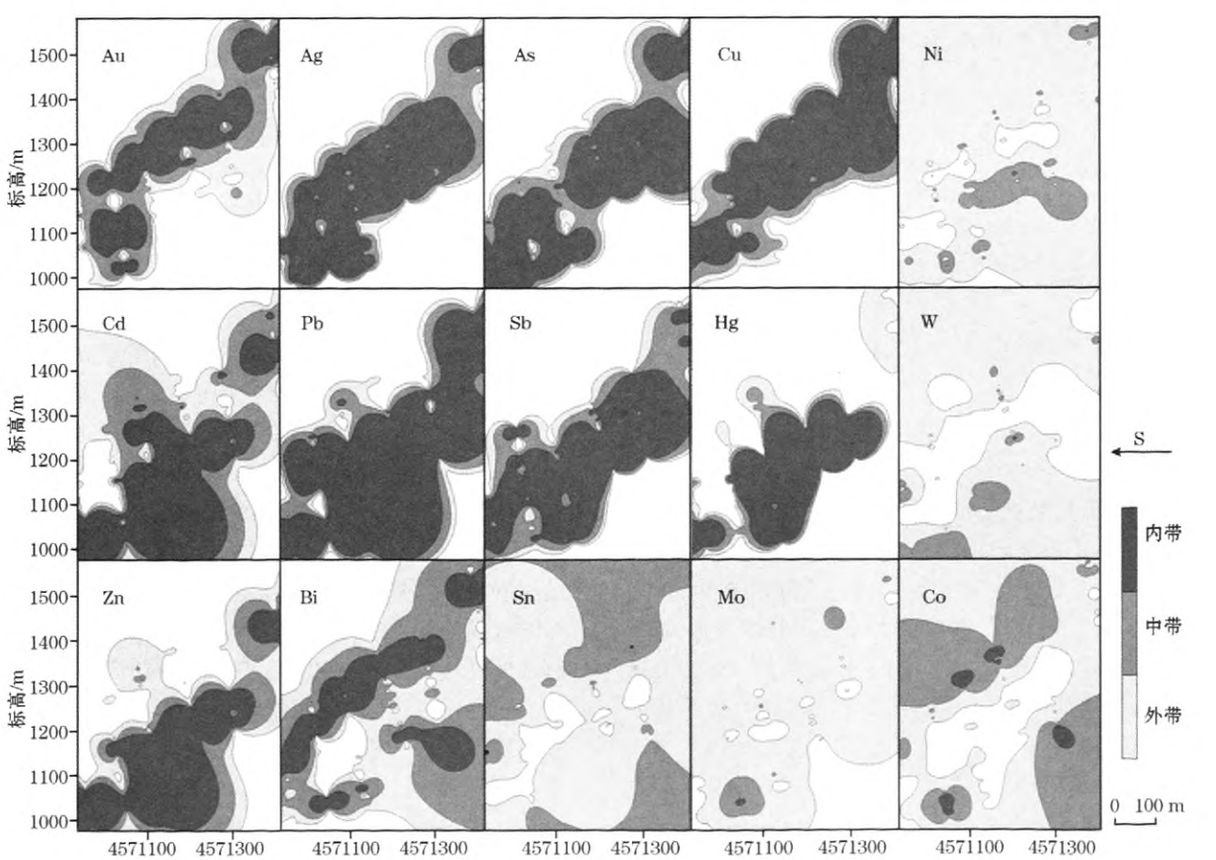

图 4　霍各乞铜多金属矿 7 线指示元素原生晕剖面

万方数据

7号勘探线上,大部分元素的原生晕剖面发育形态相似,呈香肠状,反映矿体向南倾伏的特征。Cu、Ag、As、Sb的浓集中心几乎处于同一位置,可知As、Sb对铜矿有很好的指示作用。相对于其他元素(Cu、Pb、Zn、Ag),Au的浓集中心偏高。Pb和Zn的化学性质近似,总是相伴出现,但从本矿床Pb、Zn的原生晕发育形态可知,成矿过程中至少有两期含Pb流体,且上部含Zn少,下部含Zn多。Cd与Pb、Zn的原生晕发育形态类似,说明Cd对Pb、Zn矿体有很好的指示作用。W、Sn、Mo、Ni、Co的浓集中心比较分散,这些元素都是尾晕和矿下晕的典型代表。Hg为前缘晕元素,从它的浓集部位发育形态和深度推测深部可能有盲矿体,也可能与矿床处于倒转向斜的倒转翼有关。

-9线指示元素的原生晕内、中、外带不明显,这可能由于矿石样品中各元素含量较高,内插法导致未采样区域的元素含量值也较高,造成多数指示元素的原生晕剖面中大部分面积为内带,与事实相违背,对盲矿的指示效果也不理想。

3.2 原生晕垂向分带特征

原生晕轴向分带序列研究中常用的方法有格里戈良分带指数法、重心法、比重指数法、概率值法、浓集指数法、金属量梯度法等[16-21]。王建新等[22]针对格里戈良分带指数法的缺点做了改良,笔者采用改良后的格里戈良分带指数法研究各钻孔沿孔深的垂向分带特征(表2),得出以下结论。

(1)矿床典型的前缘晕元素为Hg,其次是Sb、Cd;成矿元素主要为Cu、Pb、Zn(本次研究未测试Fe),其次是Au和Ag;近矿晕元素主要为Ni、Bi、Co和Mo;尾晕元素主要为W,其次为As、Sn。

(2)钻孔原生晕垂向分带极其复杂,大部分为反向分带(尾晕—矿中晕—前缘晕),这是因为该矿床处于倒转向斜的倒转翼,原生晕形成后也随着发生了倒转。同时,几乎每个钻孔都出现前缘晕指示元素缺失的情况,这可能由于含矿热液中前缘晕元素的含量相对于尾晕较低,前一个原生晕循环中的尾晕覆盖了后一个原生晕循环的前晕,即尾晕与前缘晕叠加。

(3)每个钻孔的垂向分带都由数个完整的小循环(前缘晕、近矿晕和尾晕的元素都存在)组成,说明该矿体的原生晕是经过多期多阶段叠加形成的。

(4)第7勘探线的ZK702、ZK830、ZK726和第-9勘探线的ZK817、ZK730垂向分带以典型的尾晕元素结尾,推测下部可能含有盲矿体。

表2 霍各乞铜多金属矿原生晕垂向分带序列

勘探线	钻孔	垂向分带
7线	ZK702	Hg、Co、W、Co、Hg、Mo、Au-Pb-Cu、W、Pb-Zn、W、Hg、W
	ZK701	Mo-Ni-Bi、Cu-Pb、Ni-Mo、As、Cu-Ag、Sb、Cu、Ni-W、As、W、Ni-Zn-Pb-Co
	ZK801	Sn-Co-Bi、Cu、Sn、Cu、Sn、Cu、Mo、Pb、Mo、Pb、Cu-Pb、Sn、Au-Pb、Sn、Au-Pb-Zn、Mo、Pb
	ZK718	Mo-Sn、Co-Bi、Cu-Ag、Sn、Pb-Cu-Ni、Sn、Cu、Sb、Cd、Mo、Zn-Pb、Sn、Zn、W、Zn-Pb、Mo、Pb、Sn
	ZK830	Sn、Au-Pb、Mo、Pb、Sn、Ni-Pb、As、Zn、Pb、As、Mo、As-Sb、Ni-Au、Mo、Cu-Pb-Ni、Co、Mo、Zn、W
	ZK726	Mo、Co、Sn、Bi、Mo、Sb、Cu、Zn、Ni、W
-9线	ZK839	Mo-Sn、Cu-Pb、Mo、Pb-Zn-Ag、Sb-Hg、Pb-Ni-Co、As、Au、Mo、Cd、Au-Zn-Pb
	ZK817	Co-Mo-W、Cu、Bi、Mo、Sb、Pb、Ni、Mo、Zn、Co-Mo、Pb-Zn、Hg、W、Ni、Sn、Co-Mo
	ZK818	Mo-Co、Sn、Co-Mo-Ni、Au-Ag-Pb、W、Cd-Sn、Ni、Zn、Co、Sb
	ZK730	Co-Mo、Cu-Au-Ag、Sn-Cd、Co-Mo-Ni、As、Co、Sn、Co-Mo
	ZK822	Co、Hg、Co、Sn、Co、Ag-Au、Sn-Cd、Ni-Co、Ag-Mo-Ni、W、Zn-Pb-Sn、Hg

3.3 指示元素变化特征

矿体不同阶段形成的原生晕叠加,破坏了单阶段原生晕参数在轴向上单一的升或降的规律,使其发生了"转折"[23]。根据原生晕轴向分带序列,选择前缘晕代表元素Hg、尾晕代表元素W、成矿元素Cu、Pb、Zn,研究原生晕沿钻孔的分布特征,评价矿体(脉)深部含矿性,从而进行矿体深部预测[24-25]。一般来说,前缘晕元素(Hg等)突然增加,说明下部可能有盲矿体,但本矿床位于倒转向斜的倒转翼,尾晕元素(W等)的增加说明下部可能有盲矿体。

根据王建新等[22]的方法,对每个钻孔的样品数据进行正规化,绘制霍各乞铜多金属矿床第7勘探线上ZK702、ZK701、ZK801、ZK718、ZK830、ZK726的典型元素沿孔深分布图(图5)。数据正规化后,最小的元素含量为0,最大的元素含量为1,以消除不同数量级元素对图件的影响。由图可知,矿体向南倾伏且埋藏较深,在钻孔500 m(ZK702)~900 m(ZK726),从上至下依次出现铜矿体和铅矿体,夹少量铁矿体,其中铜矿体最厚处达50~60 m,连续性好,在各个钻孔中均有分布;铅矿体最厚处近60 m,矿脉较多,分布于4个钻孔中,有的矿脉连续性好。

除ZK801外,其他钻孔在Cu含量增加之前,W含量均有增加,这与矿体处于倒转向斜的倒转翼相一致。有些钻孔(如ZK702、ZK701)在Cu含量增大

万方数据

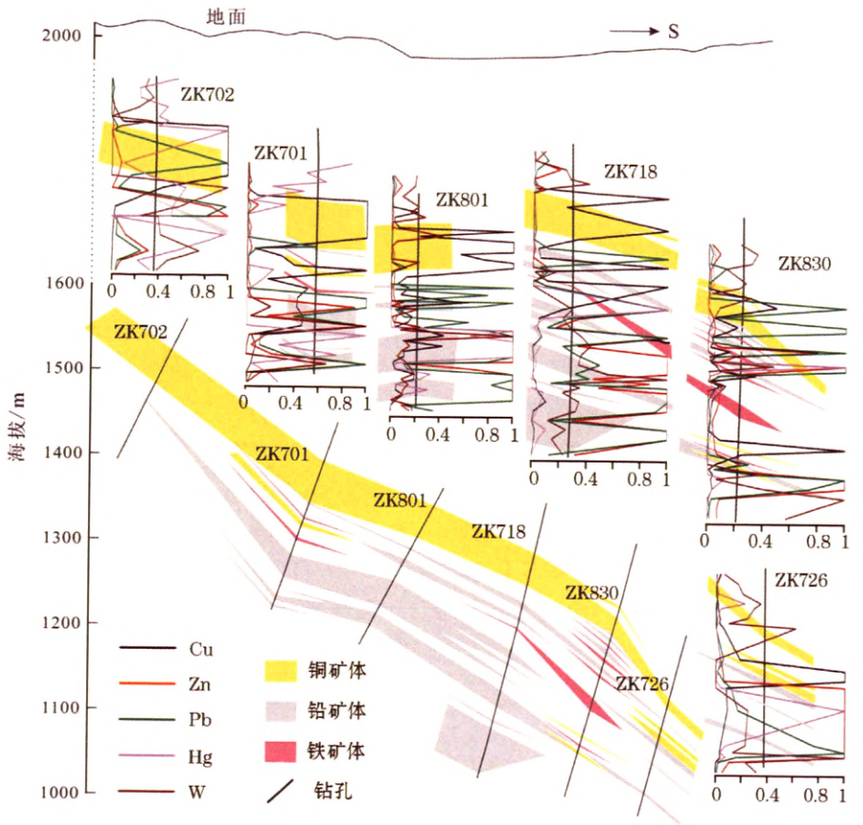

图 5　霍各乞矿区第 7 勘探线上典型元素沿孔深的变化

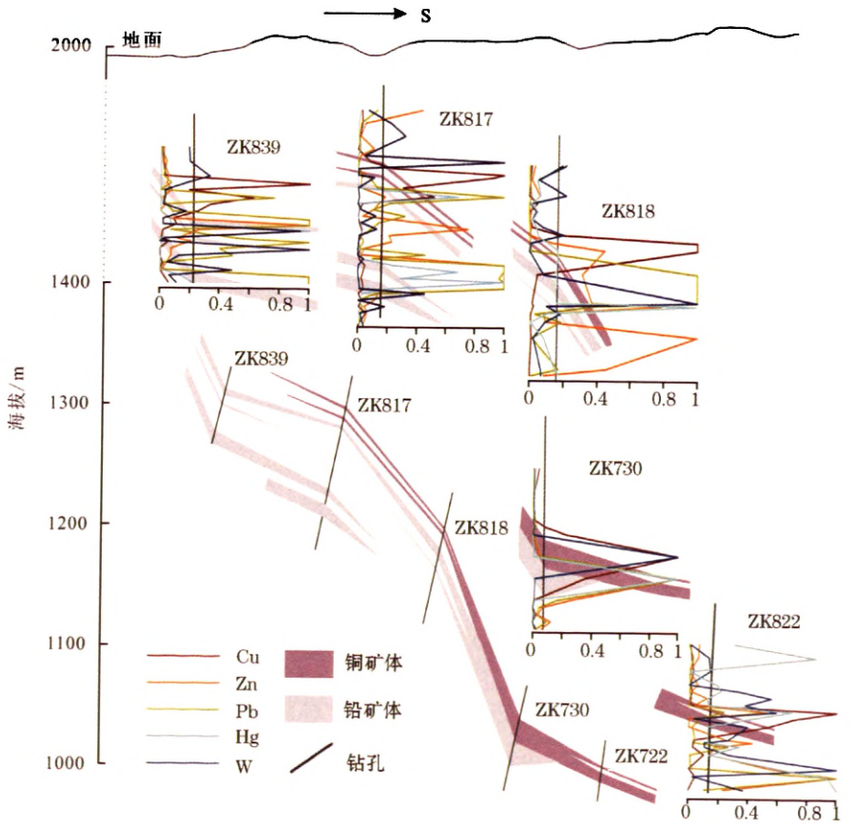

图 6　霍各乞矿区第 −9 勘探线上典型元素沿孔深的变化

万方数据

之前，Hg 含量也增加，这可能由于 Hg 的迁移能力强，在倒转向斜形成后从矿体下部向上迁移所致。

一般情况下，Pb 与 Zn 总是相伴出现。但 ZK801、ZK718、ZK830 上部 Pb 含量特别高时，Zn 含量却很低，而这 3 个钻孔的下部和其他钻孔中的 Pb 和 Zn 含量几乎同增同减，说明研究区至少存在两期 Pb 的含矿流体。Cu 矿体和在 ZK801、ZK718、ZK830 中连续分布的 Pb 矿体，以及夹于其中的少量 Fe 矿体可能为同一期成矿作用形成，这一期的含矿流体主要含 Cu 和 Pb，Fe 次之。钻孔下部的 Pb 矿体为另一期成矿作用形成，该期流体中主要含 Pb 和 Zn。

从各钻孔 Hg、W 的变化及其与 Cu、Pb、Zn 的变化关系可知，由于原生晕的叠加，并不是每次出现 Pb、Zn 矿体之前都有 W 或 Hg 的突然增加，但只要出现 W 或 Hg 的突然增加，其下部必然见矿，所以从 ZK702、ZK701、ZK830、ZK726 下部 W 的增加可以预测，深部可能有盲矿体。

图 6 为霍各乞铜多金属矿床第 -9 勘探线上 ZK839、ZK817、ZK818、ZK730 和 ZK822 的典型元素沿孔深分布图。由图可知，相对于第 7 勘探线，该勘探线矿体数量较少且偏薄，向南倾的倾角更大，且无铁矿体。铜矿体位于铅矿体之上，埋藏深度更深，最深的 ZK822 中铜矿体达 1 000 m。典型元素的分布特征为 Cu 增加前，W 的含量显著增加，W 和 Hg 的增加对 Pb 和 Zn 有一定的指示作用，所以根据 ZK817 和 ZK822 下部突然增加的 W 和 Hg 含量可以推测深部有盲矿体的存在。

4　讨论

原生晕的浓度分带能直观的反映各元素的浓集中心，指导找矿，但要得到有价值的原生晕剖面图，必须要以水平方向和垂直方向高密度采样作为保证。本次研究虽然每个钻孔的采样间隙小，但每条勘探线上只有 5 ~ 6 个钻孔，得到的剖面图并不理想，但我们依然能得出：As、Sb 对成矿元素 Cu 有很好的指示作用，Cd 对 Pb、Zn 矿体有一定的指示作用，尾晕元素（W、Sn、Mo、Ni 等）浓集中心比较分散，而 Hg 的浓集中心相对偏下，推测深部可能有盲矿体，也可能与控矿构造有关。

矿床原生晕的另一个重要特征就是具有垂向分带现象。霍各乞铜多金属矿床虽然不是典型的热液矿床，但也有几期热液改造作用，具有一般热液矿床垂向分带的特点，即前缘晕、尾晕和近矿晕主要代表元素分别为 Hg-Sb-Cd、W-As-Sn 和 Cu-Zn-Pb。同时，该矿床位于倒转向斜的倒转翼，垂向分带也有一定的特殊性，大部分原生晕为反向分带（尾晕—矿中晕—前缘晕），也有少量正向分带。每个钻孔的垂向分带都极其复杂，说明矿体原生晕经过多次叠加形成。第 7 勘探线的 ZK702、ZK830、ZK726 和第 -9 勘探线的 ZK817、ZK730 的垂向分带以典型的尾晕元素结束，推测下部可能含有盲矿体。

选择合适的指示元素能有效地反映它们与成矿元素的关系，指导盲矿体的寻找。选取 W 为尾晕指示元素，Hg 为前缘晕指示元素，它们与 Cu、Pb、Zn 总体上呈振荡波动的变化特征，反映矿区多期多阶段反复叠加的特点。大部分 W 或 Hg 的突然增加均能与下部矿体相对应，根据 ZK702、ZK701、ZK830、ZK726 中下部 W 的增加，ZK817、ZK822 下部 W 和 Hg 的突然增加，预测深部可能有盲矿体存在。

铅、锌在自然界的关系极为密切，它们具有共同的成矿物质来源和十分相似的地球化学行为。根据第 7 勘探线中 Pb、Zn 的变化特征，研究区至少存在两期含 Pb 流体，以铁矿体为界，上部的含矿流体主要含 Cu，Pb、Fe 次之，Zn 的含量比较少，在原生晕剖面图上表现为 Pb 的浓集中心比 Zn 高。在典型元素沿孔深的变化图上可以看出，ZK801、ZK718、ZK830 上部 Pb 含量特别高时，Zn 的含量却很低。铁矿体以下的另一期流体中所含元素主要为 Pb、Zn，它们的浓集中心几乎重合，且沿孔深同增同减。分析第 7 勘探线中铁矿体上部、下部和整个矿体中 Cu、Pb、Zn 的相关系数（表 3），可以看出，以铁矿体为界，铁矿体上下明显为两期含矿流体。

表 3　霍各乞矿区第 7 勘探线 Cu、Pb、Zn 的相关系数

位置	相关系数		
	Cu 与 Zn	Cu 与 Pb	Zn 与 Pb
铁矿体上部	-0.08	-0.05	0.48
铁矿体下部	-0.03	0.14	0.78
所有矿体中	-0.15	-0.07	0.73

5　结论

（1）霍各乞铜多金属矿床的成矿元素组合为 Cu-Pb-Zn。前缘晕以 Hg、Sb、Cd 为特征，尾晕由 W、As、Sn 组成，大部分属反向分带序列。原生晕垂向分带特征和指示元素的锯齿状变化共同说明矿床是多期多阶段反复叠加形成。

（2）第 7 勘探线至少有两期含矿流体，一期流体主要含 Cu，Pb、Fe 次之，另一期流体主要含 Pb、Zn。

（3）垂向分带和指示元素的变化特征共同说明，第 7 勘探线的 ZK702、ZK830、ZK726 和第 -9 勘探线的 ZK817 下部可能含有盲矿体。

万方数据

参考文献:

[1] 彭润民,翟裕生,韩雪峰,等. 内蒙古狼山—渣尔泰山中元古代被动陆缘裂陷槽裂解过程中的火山活动及其示踪意义[J]. 岩石学报,2007,23(5):1007-1017.

[2] 彭润民,翟裕生. 内蒙古狼山—渣尔泰山中元古代被动陆缘热水喷流成矿特征[J]. 地学前缘,2004,11(1):254-268.

[3] 费红彩,董普,安国英,等. 内蒙古霍各乞铜多金属矿床的含矿建造及矿床成因分析[J]. 现代地质,2004,18(1):32-40.

[4] 刘玉堂,李维杰. 内蒙古霍各乞铜多金属矿床含矿建造及矿床成因[J]. 桂林工学院学报,2004,24(3):263-268.

[5] 张明华,王春增. 内蒙古霍各乞矿区狼山群伸展构造及其控矿作用[J]. 广西科学,2002,9(3):188-192, 197.

[6] 张明华,王春增. 内蒙古狼山霍各乞矿田控矿构造特征[J]. 桂林工学院学报,2001,21(1):62-67.

[7] 肖荣阁,彭润民,王美娟,等. 华北地台北缘西段主要成矿系统分析[J]. 中国地质大学学报:地球科学,2000,25(4):362-368.

[8] Peng Runmin, Zhai Yusheng, Han Xuefeng, et al. Magmatic hydrotherm overprinting in the Mesoproterozoic Dongshengmiao deposit, Inner Mongolia: geological and fluid inclusion evidences[J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(1):145-152.

[9] 彭润民,翟裕生,王志刚, 等. 内蒙古狼山炭窑口热水喷流沉积矿床钾质"双峰式"火山岩层的发现及其示踪意义[J]. 中国科学:D辑,2004,34(12):1135-1144.

[10] 刘健,凌明星,李印,等. 白云鄂博超大型 REE-Nb-Fe 矿床的稀土成矿模式综述[J]. 大地构造与成矿学,2009,33(2):270-282.

[11] 邵跃. 热液矿床岩石测量(原生晕法)找矿[M]. 北京:地质出版社,1997:1-142.

[12] 蒋敬业,程建萍,祁士华,等. 应用地球化学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2006:145-179.

[13] 李惠,张国义,王支农,等. 构造叠加晕法在预测金矿区深部盲矿中的应用效果[J]. 物探与化探, 2003,27(6):438-440.

[14] 王启,蒋永建,于海涛,等. 浙西南南弄铅锌多金属矿床原生晕特征与隐伏矿预测[J]. 物探与化探, 2011,35(2):170-175.

[15] 李波,韩润生,顾晓春,等. 云南巧家松梁铅锌矿床Ⅰ号矿体构造原生晕轴向分带序列[J]. 矿产与地质,2009,23(2):97-103.

[16] 张定源. 银岩锡矿原生晕元素分带序列计算方法研究[J]. 地质与勘探,1989,25(5):45-49.

[17] 朴寿成,连长云. 一种确定原生晕分带序列的新方法——重心法[J]. 地质与勘探,1994, 30(1):63-65.

[18] 朴寿成,杨永强,连长云. 原生晕分带序列研究方法综述[J]. 世界地质,1996,15(1):44-47.

[19] 赵琦. 原生晕垂直分带的元素比重指数计算法[J]. 物探与化探,1989,13(2):157-159.

[20] 邱德同. 确定矿床原生晕指示元素分带序列的新方法[J]. 地质与勘探,1989,30(8):51-53.

[21] 解庆林. 浓集指数法确定原生晕元素轴向分带序列[J]. 地质与勘探,1992,33(6):55.

[22] 王建新,臧兴运,郭秀峰,等. 格里戈良分带指数法的改良[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2007,37(5):884-888.

[23] 李惠,张文华,常凤池,等. 金矿盲矿预测的原生晕轴向"反(向)分带"和地化参数轴向"转折"准则[J]. 桂林工学院学报,1999,19(2):114-117.

[24] 刘崇民,马生明,胡树起. 金属矿床原生晕勘查指标[J]. 物探与化探, 2010,34(6):765-771.

[25] 朴寿成,李绪俊,师磊,等. 赤峰—朝阳金矿化集中区元素分带特征及其应用[J]. 地质与勘探,2006,42(1):17-20.

PRIMARY HALO GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND DEEP METALLOGENIC PROSPECT EVALUATION OF THE HUOGEQI COPPER-POLYMETALLIC DEPOSIT, INNER MONGOLIA

LIU Xue-min[1], CHEN Yue-long[1], LI Da-peng[1], WANG Zhong[2], LIU Jin-bao[2]

(1. *School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China*; 2. *Geological Survey of Inner Mongolia, Hohhot* 010010, *China*)

Abstract: Based on systematic collection of rock and ore samples in 11 drill holes along No. 7 and No. 9 exploration lines in the Huogeqi copper-polymetallic ore district of Inner Mongolia, the authors drew contour map of primary halos, established vertical element zoning sequence and, in combination with variation characteristics of the indicator elements, made a prediction of concealed ore bodies in the depth. The ore-forming element association of this ore deposit is Cu, Pb and Zn, the front halo is composed of Hg, Sb and Cd, whereas the rear halo comprises W, As and Sn. As this ore deposit lies on the overturned limb of an inverted syncline, the vertical zoning sequence of elements is mainly of reverse zoning, and the variation characteristics of vertical zoning and indicator elements suggest that the ore deposit is characterized by multi-phase and multi-stage repeated superimposition. There exist at least two phases of ore-bearing fluids along No. 2 exploration line, and there might exist blind ore bodies in the depth of ZK702, ZK830, ZK726 and ZK817 drill holes.

Key words: primary halo; deep ore-forming prospect evaluation; Huogeqi copper-polymetallic deposit

作者简介:刘雪敏(1987-),女,中国地质大学(北京)地球化学专业在读硕士,主要从事放射性同位素地球化学和勘察地球化学方面的研究。

万方数据