

东天山小热泉子铜矿床综合找矿模型的建立

李凤鸣,王宗社,侯文斌

(新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第十一地质大队,新疆 昌吉 831000)

摘要:位于东天山的小热泉子铜(锌)矿床是该地区有较大开发意义的矿床类型.在复杂的成矿过程中,矿床所形成的地质构造、地球物理及地球化学等特征构成清晰的找矿要素.从不同尺度和有效性的要素系统,构建出以“中基性钙碱性火山碎屑岩+高极化高重力+多级复杂褶皱构造+硅化-绿泥石化+孔雀石化”为核心的矿床综合找矿模型.

关键词:新疆;东天山;小热泉子铜矿床;综合找矿模型

小热泉子铜矿床由新疆地质矿产局第十一地质大队 1993 年发现,是东天山中与火山喷发沉积作用有关的中型铜矿床.矿石品位高.近年来,采用地质填图、工程揭露、重、磁、电测量及矿区化探等综合手段,基本验证了矿床规模,初步总结出找矿标志和综合勘查找矿方法,逐渐形成找矿模型的雏型.在2000年对富矿段普查中,采用“物探激电重力先行,重点分析地质构造特征”的综合方法发现了富矿体,进一步证明此雏型的有校性,建立了该矿床的综合找矿模型.新疆地域广阔,矿产资源丰富,各类成矿地质条件俱佳,尤其是东天山地区,各时代火山岩-火山碎屑岩建造分布极广,构造条件复杂,有众多与铜有关的规模大、强度高、组合复杂的化探异常和物探异常.因此,小热泉子铜矿综合找矿模型的建立与推广,将与土屋斑岩铜矿^[1]一样,为找铜提供理论指导.

1 成矿地质背景

小热泉子中型铜(锌)矿床处于准噶尔微板块与塔里木板块对接带北侧,次级构造单元为喀尔力克—大南湖晚古生代陆源岛弧带(图 1A),康古尔塔格深大断裂为其南缘边界.该带主要由下石炭统—二叠统中基性—酸性钙碱性系列火山岩-火山碎屑岩建造组成,属于滨浅海环境,华力西中晚期钙碱性系列(型为主)中酸性花岗岩极为发育,轴向近 EW 向,形态各异的褶皱与呈近 EW 或近 NEE 向压性断裂和呈 NE、NW 向平移(走滑)断裂也较发育,伴生埋深变质的低绿片岩相和葡萄石-绿泥石相为主的变质岩^[2,3].

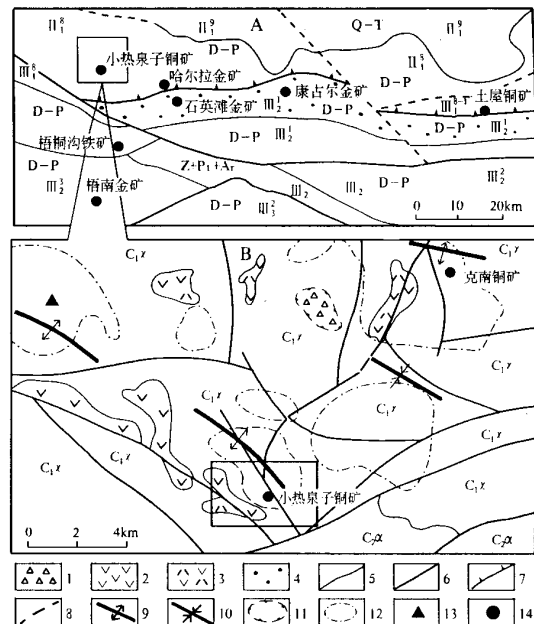


图1 小热泉子铜矿床区域构造图(A)及区域地质图(B)

- 1.火山角砾岩;2.安山岩;3.英安斑岩;4.韧性剪切带;5.地质界线;6.断裂;
- 7.板块对接带;8.推断裂;9.背斜;10.向斜;11.古火山口;12. Cu、Pb、Zn 化探异常;13. 黄铁矿点;14. 金、铜矿点(床)
- Q—T——新生代—中生代;D—P——晚古生代;Z—S——早古生代;
- Z+Pt+Ar——前震旦纪;C_{2d}——中石炭统底坎尔组;C_{1x}——下石炭统小热泉子组;
- 哈萨克斯坦板块;——准噶尔微板块;——博格达晚古生代弧后盆地;
- 哈尔力克—大南湖晚古生代陆缘岛弧带;
- 企鹅山晚古生代增生岛弧;——吐鲁番—哈密中间地块;
- 塔里木板块;——伊犁微型板块;——哈尔克—巴台台早古生代岛弧带;
- 塔里木北缘活动带;——觉罗塔格晚古生代岛弧带;
- 南天山古生代陆缘盆地;——塔里木古陆块;——库鲁克塔格早古生代前陆盆地

收稿日期:2002-01-09;修订日期:2002-01-14;编辑:刘春涌;作者 E-mail:dds@21cn.com

第一作者简介:李凤鸣(1966-),男,四川岳池人,高级工程师,1988年毕业于成都地质学院,在职硕士研究生,从事地质找矿工作

地矿部矿床地质研究所,新疆地矿局第十一地质大队,新疆地矿局物化探大队,新疆小热泉子铜矿快速综合评价及矿区外围靶区优选,1997

成都理工学院,地科院地质力学研究所,新疆地矿局第十一地质大队,新疆吐鲁番小热泉子铜矿地质特征及隐伏矿预测,1997

新疆地矿局第十一地质大队,新疆吐鲁番小热泉子铜矿普查地质报告,1997

新疆维吾尔自治区地质调查院第七地质调查所,新疆吐鲁番小热泉子铜矿富矿段普查地质报告,2000

新疆地矿局第一地质大队,新疆地矿局第十一地质大队,新疆地矿局物化探大队,新疆吐鲁番地南缘康古塔格地区 1:20 万金、铜、铅锌多金属第二轮成矿远景区划,1994

矿区地质特征 矿床产出在早石炭世古火山机体南侧,由下石炭统小热泉子组火山碎屑岩夹火山岩组成,构造位于轴向北西的背斜核部附近。主要容矿岩石为小热泉子组第一岩性段火山灰凝灰岩、凝灰质细—粉砂岩、岩屑凝灰岩、角砾凝灰岩、安山岩等,均属中基性钙碱系列,火山喷发-沉积韵律明显, SiO_2 含量 54.30%~55.50%,里特曼指数 0.83~3.35, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 平均为 4.87%。中浅成中酸性侵入岩较为发育。叠加有 NW 向次级褶皱、断裂及片理化带的复杂的褶皱构造特征明显。

矿体特征 矿区主要包括 1、2 号两个矿床,以 3 号矿床为主,共圈出 44 个铜矿体及共生的锌、金矿体,以 3 号铜矿体为最大。矿体多呈脉状、似层状产出,其中的富矿体多为不规则透镜状、鞍状及楔状,产于次级褶皱构造的转折端虚脱部位。走向为 NEE 向,部分近 NS 向。矿体一般长 80~160 m,宽 60~120 m,铜 3 号主矿体 EW 长达 700 m,NS 宽 300 m;矿床铜平均品位 1.13%,单样最高品位 21.70%。围岩蚀变包括有硅化、碳酸盐化、绿泥石化、钠长石化、黄铁矿化、褐铁矿化和黄钾铁矾化等。

矿石特征 矿石分氧化矿石和原生矿石两大类。原生矿石主要有石英(网)脉型铜锌矿矿石、(细脉)浸染状黄铜矿矿石、绿泥石岩型铜锌矿矿石和块状铜矿矿石等。以它形晶粒状结构为主,次为碎屑结构、固溶体分离结构、乳滴状结构及压碎结构等;有脉状、浸染状、块状及条带状等构造。矿石矿物主要为黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、磁黄铁矿、毒砂、辉铜矿、斑铜矿、氯铜矿、孔雀石、黑铜矿、铜兰、胆矾等,脉石矿物主要为石英、绿泥石、方解石、绢云母等。矿石共生伴生组分有 Zn、Au,其次为 Ag、Pb、Se、Ge 和 S 等,具有“上锌下铜”的特点。

矿床成因 矿床成矿作用复杂,具多期性和多源性,为(海相)火山喷流沉积-热液富集叠加-改造型铜(锌)矿床,经历了火山喷流-热液富集-构造改造 3 个主要成矿期及后期风化改造。硫化物中 S 含较多的壳源硫,石英中的 O、H、S 同位素具壳幔混合的特征,成矿温度在 200 °C 左右的中温范围内,成矿时代在早石炭世末期至晚石炭世。

2 综合找矿模式组成要素

小热泉子铜矿床特征与火山喷发沉积型的阿舍勒铜矿床,在大地构造环境、火山机构及含矿岩性组成特点、矿体形态及产出状态、矿石组构及矿物与

成矿元素组成及围岩蚀变特点等方面均有较明显相似性,成矿模型及找矿标志也相似,目前阿舍勒铜矿找矿标志已归纳为地质、地球物理、地球化学 3 个主要方面^[2]。因此,类比阿舍勒铜矿床 3 个方面的找矿标志,抽象出小热泉子铜矿综合找矿模型的基本组成要素,显示出此类铜矿床的共性特点,具有科学依据。提取出的 3 大类,4 小类,3 个尺度的综合找矿模型组成要素如下:

2.1 地质要素

2.1.1 构造要素

大地构造位置 位于陆缘火山岛弧带,即为拉张过渡壳阶段的火山被动陆缘环境^[3]。由陆侧向大洋,建造依次为近源的粗碎屑-钙碱性火山岩碎屑岩夹火山岩建造(小热泉子组)—双峰式或其它火山岩建造—远源的细碎屑岩为主的深海沉积—以基性岩为主的双峰式火山岩建造,这是形成火山喷发沉积型矿床的觉罗塔格早石炭世被动陆缘的典型表现^[4]。

区域构造部位 海相古火山机体(或穹窿)及两侧的火山洼地。矿床北侧 10 余 km 处的破火山口产出含集块火山角砾岩,外围近环状、近放射状展布的断裂系统和近环状出露的中酸性浅成岩体,Cu、Pb、Zn 化探异常火山机体的存在(图 1B),中酸性浅成岩及火山碎屑岩 Cu、Zn 的高含量,以及与火山机体北侧克南铜矿化点相同的平行层理及层状产出的黄铜矿、闪锌矿和其集合体,均表明这一时期火山热液及火山物质具有含矿性。火山洼地是含矿火山热液及小热泉子组第一岩性段碎屑物质沉积的主要场所,形成纹层状的闪锌矿及黄铜矿(化)层和矿源层,基本限定了矿床分布范围和形态。

矿区构造形态 表现为多级复杂褶皱构造,核部及附近为矿体赋存的主要部位,是矿床成矿期后热液富集叠加改造期的主要表现,属于康古尔塔格韧性剪切带北侧脆-韧性变形转换构造带^[5]的产物。主要矿(化)体基本平行层理呈似层状和脉状顺层产出,在翼部层面波折处(7 线)及核部转折端(12 线)膨大,并总体构成一个叠加有 NW 向、近 NS 向次级褶曲及断裂的 NE 向宽缓背形的矿体形态——“横折的百褶裙”,具有与地层同步褶皱的特点。7 线、11 线和与其垂直的纵剖面上,矿体形态及呈宽缓背形展布的激电中梯测深极化率异常(图 2、图 3、图 4),地表激电和 165 m 深井中充电极化率异常的分布形态(图 5)均表现清楚。宽缓背形铜矿(化)体规模较大,品位不高,轴向约 40°,两翼对称,倾角 35°~45°,基本保持了火山沉积期矿化特点;叠加的轴向为 320°,紧闭褶皱转折端虚

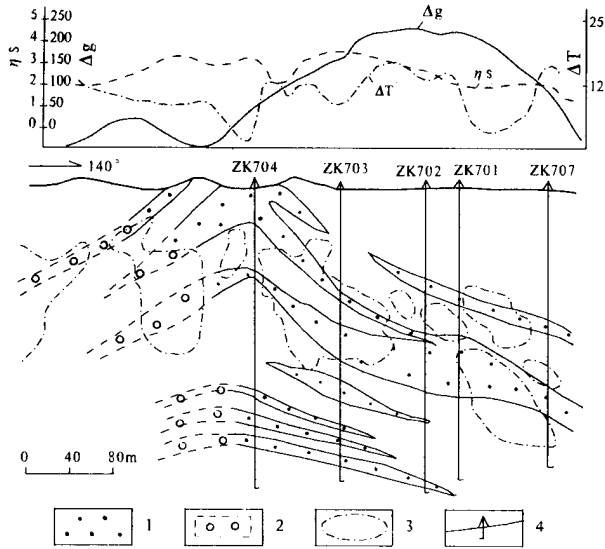


图2 7勘探线综合剖面图

1.铜锌矿体;2.推断矿体;3.激电中梯测深;4.钻孔
(单位: T为nt; s为%; g为 $10^{-5}m/s^2$);极化率异常($s > 4\%$)

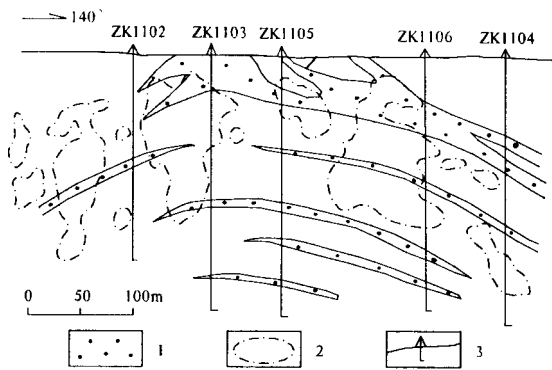


图3 11勘探线综合剖面图

1.铜锌矿体;2.激电中梯测深极化率异常($s > 4\%$);3.钻孔

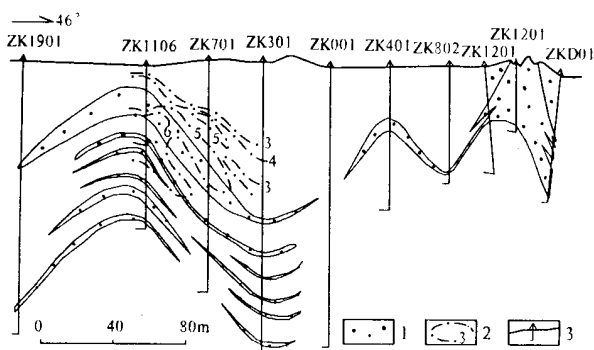


图4 号矿床纵剖面图

1.矿体;2.激电测深极化率等值线;3.钻孔

脱处多为富矿体的赋存有利部位,因后期次级褶皱多叠加宽缓背斜的两翼,且在南翼更为强烈,因此应力

关系核部转折端处后期叠加构造作用表现不强,难以形成富集成矿的有利空间和富矿体,从其核部仅有极化率异常,南翼又叠加有剩余重力异常的特征可证明这一点(图5)。此外,后期叠加的NW向断裂及片理构造,也能对矿体产生富集和破坏的作用。

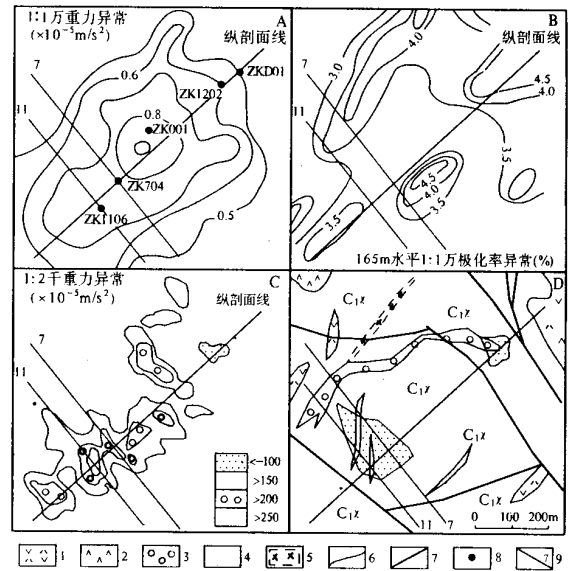


图5 号矿床物探异常图

1.英安斑岩;2.钠长斑岩;3.矿体;4.富矿体投影分布范围($> 2 \times 10^{-2}$);5.推测矿体;6.地质界线;7.断裂;8.钻孔及编号;9.勘探线及编号

2.1.2 地层与矿化要素

地层与岩石组合 中基性钙碱性火山碎屑岩为主,伴生有中酸性浅成侵入岩的小热泉子组第一岩性段的(火山灰)凝灰岩、凝灰质粉砂岩,其Cu超出地壳丰度3.17倍,Zn则达8.33倍。

围岩蚀变分带 绿泥石化 绿泥石化+硅化 硅化,在蚀变带中强烈的绿泥化(形成绿泥石岩)位于中央,向两侧减弱为硅化绿泥化带,再向外过渡为弱硅化岩石,矿化与绿泥石化和硅化呈正相关。此外矿化也伴生有程度不一的黄铁矿化,黄铁矿与黄铜矿等金属硫化物组成极化体转化成物探找矿标志。地表氧化矿体也具蚀变分带(从上到下):红化(褐铁矿化) 黄化(黄钾铁矾化) 绿化(氯铜矿、孔雀石) 黑化(黑铜矿及铜铁矾)。

矿化分带 为上锌下铜(金)+层状-浸染状-脉状-块状,从上向下矿床的矿石类型为:闪锌矿矿石 浸染状黄铁矿黄铜矿矿石 浸染状闪锌矿矿石 脉状黄铜矿矿石 脉状闪锌矿矿石 浸染状(脉状)-块状黄铜矿矿石 铜锌矿石 脉状黄铁矿黄铜矿矿石

铜锌矿石 闪锌矿矿石 脉状黄铜矿矿石 脉状闪 高极化率异常和富铜矿体相套合,12 线的负重力异常

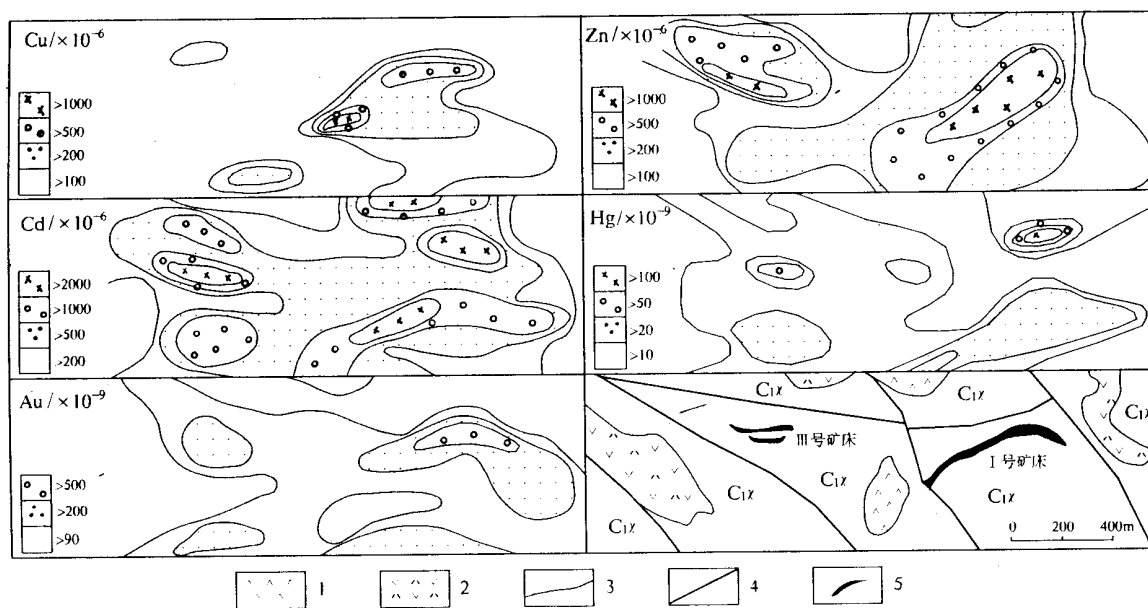


图 6 土壤地球化学异常图
1.钠长斑岩;2.英安斑岩;3.地质界线;4.断裂;5.矿体

锌矿矿石 浸染状(脉状)-块状黄铜矿矿石 铜锌矿石 脉状黄铁矿黄铜矿矿石 铜锌矿石 脉状黄铜矿(黄铁矿)矿石.矿石构造为:纹层状 稀疏浸染状 脉状-网脉状 条带浸染-块状;矿化类型为:锌矿化 锌铜矿化 铜矿化 铜金-金矿化.地表最明显的找矿标志是孔雀石化和氯铜矿化.

2.2 地球物理要素

2.2.1 区域特点

显示变化较复杂的重力场与磁异常.矿区处于区域重力梯度带的转弯及其梯度突变部位,该带布格重力值由北向南由 $-116 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 降至 $-140 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$.区域磁场呈正负相间的条带状分布,异常多为近 EW 向,其负磁异常值在 0~400 nT 之间,正磁异常值一般在 0~300 nT 之间变化.

2.2.2 矿区物探异常组合

表现为高重力+低阻高极化+弱磁,矿区中部存在一个明显 1:1 万剩余重力异常,呈 NE 向较规则的近椭圆状,重力最大异常值 $11 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,与矿体重合较好,矿石密度平均达 2.94 g/cm^3 ,明显高于围岩,且异常强度与规模适中,应是由矿体引起的(图 5).1:2 千剩余重力异常总体上亦呈 NE 向展布,单个异常则呈 NW 向不规则椭圆状,平行于矿区的 NW 向次级褶皱、断裂和片理化带产出于 NE 向宽缓背形矿体的南翼,重力最大异常值为 $300 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,7 线附近的重力异常与

是因富矿体的开采,密度相对减小造成的.表明剩余重力异常是富矿体引起的,仅不同比例尺所表现特征不完全相同.

矿区的弱磁异常值一般在 12 nT 左右,没有明显的变化规律(图 2).

165 m 深度 1:10 000 井中充电极化率异常与地表 1:2 000 的形态、幅值等基本一致,并与矿体重重合.7 线附近的异常带与 NE 向宽缓背形核部贫矿体相套合,幅值较低,极化率一般在 4% 以下,12 线附近的不规则面状异常群与 12 线的富矿体的分布相一致,幅值较高,极化率可达 5.1%(图 5).激电中梯测深断面也反映出了明显的规律,7 线及 11 线极化率异常的展布形态呈宽缓背形,而与矿体形态基本一致,重叠较好,极化率异常值可达 6% 以上(图 2、图 3),纵剖面上的测深极化率等值线展布形态也与矿体的形态及变化趋势相一致(图 4).矿床由金属硫化物组成的矿体较清晰的表现出低电阻率高极化率的特征.黄铁矿对极化率异常的贡献较大.

贫矿体(浸染状黄铁矿及黄铜矿)可以引起激电极化率异常,富矿体(网脉-块状黄铁矿及黄铜矿)既可引起激电极化率异常又可引起重力异常.因此,极化率异常与重力异常重叠处及其附近很可能有富矿体的存在.依此布置的验证孔 ZK1106 证实了这一点,见 7 层铜矿体,累计见矿厚度 65.06 m,其中在孔深

34.04-67.70 m处见有厚 33.66 m、铜平均品位 3.30% 的铜矿体,其中单样品位大于 2%的矿体厚 19.50 m,平均品位达 4.95%.

2.3 地球化学要素

区域位置 位于区域性 Cu 异常的边缘或内部.矿床处于甚低密度全量 Cu 异常觉罗塔格-小热泉子地球化学省的西北边缘^[6],该地球化学省呈近 EW 向不规则带状,面积 3 033 km²,异常值 20.4 × 10⁻⁶~49.8 × 10⁻⁶,平均 25 × 10⁻⁶,标准偏差 5.9,变异系数 0.24,富集系数 1.43.

区域地球化学背景 处在 Cu 高背景区.据 1:20 万化探资料,区域上小热泉子组铜含量一般在 30 × 10⁻⁶~60 × 10⁻⁶之间,富集系数为 1.29,为高背景区,小热泉子铜矿位于其中.

矿区化探异常元素组合 表现为 Cu+Cd+Zn+Hg+Ag+Mo+Pb+As+Sb+Ni.矿床具有 Zn、Pb、As、Sn、Sb、Bi(前晕) Ag、Mo、Co、Cu(中晕) Au、Ni(尾晕)的原生晕分带特点,根据矿床伴生共生元素,形成相应的找矿指示元素.矿床 1:1 万土壤化探测量结果反映出明显找矿意义的元素异常(图 7),这些元素与矿体和 Cu 元素的套合程度较好,但也有一定的位移(图 8),这可能与化学风化作用有关^[6].Zn、Cd、Hg、Ag 等元素异常范围较大,平均值分别为 239.23 × 10⁻⁶,724.90 × 10⁻⁶,0.013 × 10⁻⁶,0.123 × 10⁻⁶,而 Cu、As、Sb、Mo 异常范围小,平均值分别为 199.24 × 10⁻⁶,28.22 × 10⁻⁶,0.83 × 10⁻⁶,2.34 × 10⁻⁶,前者对寻找这

类矿床的指示作用更为明显.

3 综合找矿模型

建立综合找矿模型既要考虑矿床发现实际过程,又要确定矿床从找矿特征标志所提出模型要素对找矿有效性^[7].小热泉子铜矿是在穿越地质路线时,遇见孔雀石化而发现的,然后经地质填图、物探测量、工程控制确定规模形态,再通过物探精测,结合地质构造分析发现并确定了富铜矿体,说明大尺度直接找矿标志的重要性.但是资料综合分析表明,属于小尺度的大地构造环境、区域重磁及化探也有较直接的找矿意义.具体东天山地区,尤其是研究区由于风成砂、盐碱壳地球化学障及异常元素迁移等因素影响,使化探异常的找矿指示不甚明显.因此地质要素的有效性最大,其次为地球物理要素,地球化学要素最小^[8].对于 3 个尺度要素的实际应用,可依次对矿床进行选区、定位、定型,这是筛选找矿靶区,寻找成矿有利地段,确定矿体(床)位置较为通用的找矿思路.因此不同尺度要素的有效性也存在差异,小尺度要素容易确定,中大尺度要素则因在实际工作中较难发现而显得较为重要,有效性也较明显.

综合上述,根据东天山地区找矿经验,以科学性—系统性—实用性为前提,以相互联系和补充的不同类型及尺度模型要素为依据,笔者建立起小热泉子铜矿床的综合找矿模型(图 7).表明此类矿床通过化探、

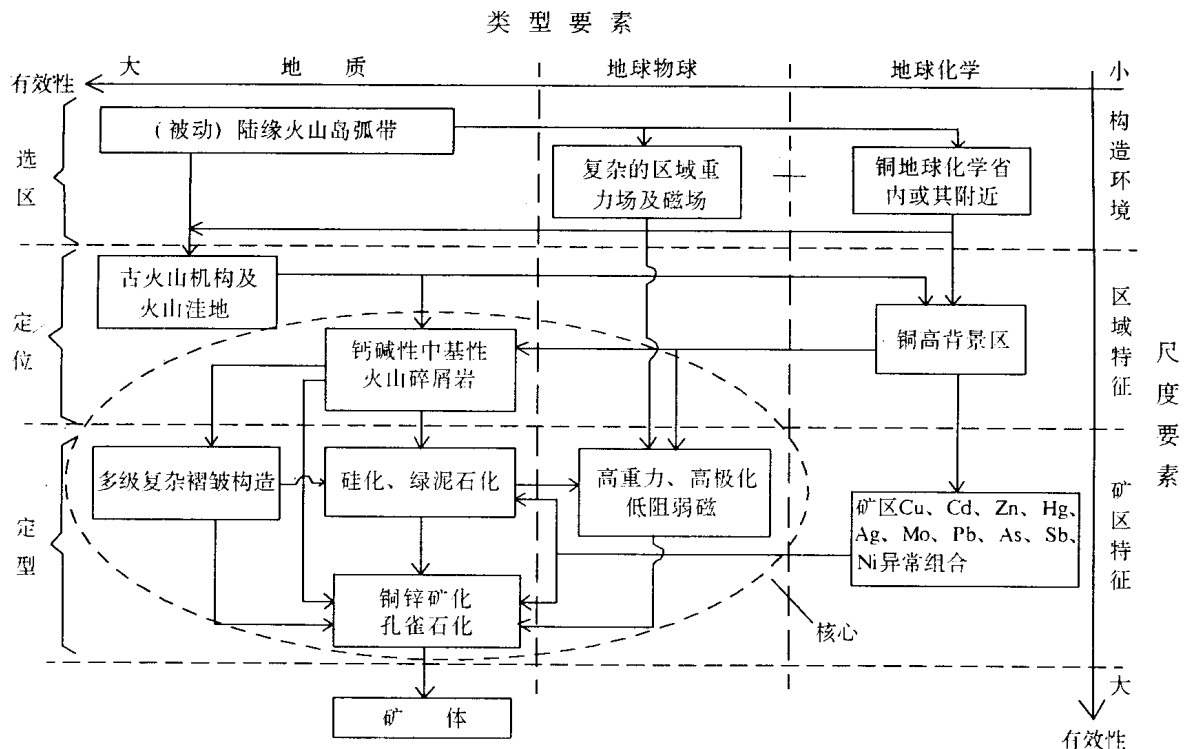


图 7 小热泉子铜矿综合找矿模型图

物探、地质手段均可以发现铜矿化,但各自有效性有明显差异,仅地质要素表现的较大,单一的找矿手段既束缚住了找矿思路,也难以发挥综合手段极大的找矿有效性。同样,综合手段找矿可以采用多种思路发现矿体,就现阶段,寻找这一类型铜矿常用综合方法应是:在大地构造环境下确定有利区域物化异常背景区,寻找高背景地层岩石组合及相关的次级构造,发现矿化蚀变并利用物探确定铜矿体。该模型核心是“中基性钙碱性火山碎屑岩+高极化高重力+多级复杂褶皱构造+硅化-绿泥石化+孔雀石化”。

参 考 文 献

- [1] 王福同,庄道泽,胡建卫,等.物探在新疆土屋地区找矿中的应用[J].中国地质,2001,28(3):40-46.
- [2] 裴荣富.中国矿床模式[M].北京:地质出版社,1995.
- [3] 何国琦,李茂松,刘德权,等.中国新疆古生代地壳演化及成矿[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1994.
- [4] 刘德权,唐延龄,周汝洪.中国新疆矿床成矿系列[M].北京:地质出版社,1996.
- [5] 熊光楚,谢德顺,张文斌,等.新疆金属矿产快速勘查方法技术系统[M].北京:地质出版社,1997.
- [6] 王学求,迟清华,孙宏伟,荒漠戈壁区超低密度地球化学调查与评价[J].新疆地质,2001,19(3):200-206.
- [7] 王钟,邵孟林,肖树建.隐伏有色金属矿床综合找矿模型[M].北京:地质出版社,1996.
- [8] 陈强,杨兴科,张连昌,等.东天山脆-韧生变形转换带与金矿带[J].新疆地质,2001,19(2):115-118.

SYNTHETIC PROSPECTING MODEL DEVELOPED FROM XIAOREQUANZI COPPER DEPOSIT IN EAST TIANSHAN, XINJIANG

LI Feng-ming, WANG Zhong-she, HOU Wen-bin

(No.11 Geological party, BGMRED of Xinjiang, Xinjiang Changji, 831000, China)

Abstract: The Xiaorequanzi copper (zinc) deposit is situated in the south of a paleovolcanic domain in the Haerlik-Danahu late Palaeozoic continental margin island. The ore-bearing rocks are volcanic pyroclastics of Lower Carboniferous Xiaorequanzi Formation. The formation of high-grade ore body has undergone a complex process. The deposit is of marine volcanic ash-flow sedimentary-hydrothermal transformed type. Geological and physical geography as well as geochemical features are clear as effective symbols for prospecting. A synthetic prospecting model is set up through these features, which is significant for future prospecting of similar copper deposits in East Tianshan and Xinjiang.

Keyword: Xinjiang; East Tianshan; Xiaorequanzi copper deposit; synthetic prospecting model

新疆油气田开发建设中的主要环境问题

新疆是中国重要的石油基地和 21 世纪石油天然气资源接续区,但是目前在油气田开发建设过程中存在着不同程度的环境问题,已引起环保部门的高度重视。主要表现在:油气田开发对生态环境的破坏,油气田工程建设不可避免地对新疆脆弱的干旱区生态环境造成影响,其中管线及公路建设对生态环境影响更大,除工程建设加重水土流失和荒漠化外,油田公路和管道伴行公路的建设,使更多的人群进入干旱荒漠区腹地,采樵、偷猎和旅游,加重区域脆弱生态环境的压力。当前,各建设部门在油气田正式开发过程中,已逐渐重视生态环境的保护,使工程建设的影响限制在最低程度,但这类影响在勘探期还显而易见。勘探期作业面积大,车辆多,作业多不规范,极易破坏脆弱的生态环境;落地油污染,各油田已逐渐采用带罐方式作业,以避免试油、修井等作业产生落地油,但部分油田尚未带罐作业,加之勘探期试油均可产生落地油污染,因此,油田落地油污染土壤的状况比较普遍;油田伴生气排空,除整装、规模油田的伴生气直接进入天然气管线或用于天然气发电外,许多小型油田及勘探期的单井,多将伴生的石油天然气采用排空燃烧的方式处理,不仅浪费了资源,还增加了大气污染物的负荷;高矿化度地层水的处理,目前国内采油废水回注率已达 95%,但仍有部分高矿化度地层水未能达标排放,这类污水未采取有效的办法处置,采用干化池蒸发方式处理,增加局部区域环境的负荷,甚至有可能污染地下水资源;地下水污染,吐鲁番地区坎儿井是著名的古代水利工程,至今仍发挥着重要作用,1997 年发现坎儿井有石油类污染,这是由该地区温吉桑、米东油田开发过程中废井封堵不严以及油、气串层所致。虽经各级政府、环保和油田管理部门采取多方治理措施,目前这个问题仍未得到彻底解决。

上述环境问题,多数油气田已在解决或正待解决,部分是新发现的问题,只要建设单位重视环境保护,环保部门在执行建设项目环境影响评价和环境监理过程中,加强管理力度,多数问题是可以避免的。当前,应重视建设项目前期勘探过程中的环境影响评价和管理,特别要重视保护油气田中的地下水环境。

(特约专栏记者 李维东)