

# 阿吾拉勒山卡查可让铜异常区EH4物探特征研究

罗勇<sup>1</sup>,曾乔松<sup>2</sup>,李宁波<sup>2,3</sup>,姜玉航<sup>2,3</sup>,曾令君<sup>2,3</sup>

(1.南阳师范学院,南阳市独山玉研究重点实验室,河南 南阳 473061;2.中国科学院广州地球化学研究所,广东 广州 510640;3.中国科学院大学,北京 100049)

**摘要:**卡查可让铜异常区位于阿吾拉勒山西段,行政区隶属新疆伊宁县。利用EH4连续电导率成像系统对卡查可让铜异常区进行研究,旨在探究该异常区找矿潜力。研究认为:①3条剖面低阻异常(小于 $40\ \Omega\cdot\text{m}$ )均集中于浅部-200 m深度范围内;②矿致异常范围与地表槽探揭露区域吻合,其延深最大可达-160 m,主要集中于-100 m范围;③卡查可让铜异常区存在矿致异常,为区域找矿优选靶区之一。

**关键词:**阿吾拉勒山;卡查可让铜异常区;EH4物探特征

卡查可让铜异常区位于新疆伊宁县境内,地处阿吾拉勒山西段。矿异常区出露地层主要为石炭系和二叠系,侵入岩不发育。断裂构造与区域断裂构造方向近似,呈EW向展布。前人认为卡查可让铜异常区具备良好的控矿构造和成矿岩浆条件,成矿潜力较好<sup>[1]</sup>。异常区附近分布众多铜矿床,西部有琼布拉克铜矿,东部分布有109铜矿、群吉萨依铜矿、包尔铜矿、托巴斯萨依铜矿、甫太巴依乔克铜点等,其中琼布拉克铜矿、群吉萨依铜矿、托巴斯萨依铜矿正在开采中<sup>[1-8]</sup>。整个阿吾拉勒山西段,铜矿(化)点众多,成矿潜力巨大。

EH4连续电导率成像系统通过发射和接受电磁波达到电阻率的测量。该系统属部分可控源与天然场源相结合的大地电磁测量系统,有效勘探深度约1 000 m,为目前国际最先进的电磁勘探手段之一<sup>[9-13]</sup>。该系统具探测深度大、分辨率高、观测效率高、装置轻便、经济高效等优势,已广泛应用于石油、天然气、煤等能源矿产勘探,在有色、黑色金属找矿、地下水勘探、地基勘测、地热勘查等方面,取得良好效果<sup>[14-22]</sup>。为全面了解该地区深部地质特征,寻找隐伏矿体,在卡查可让铜异常区开展了EH4连续电导率成像系统测量工作,并进行典型剖面解译,旨在揭示卡查可让地区铜成矿潜力,为进一步找矿提供指导。

## 1 异常区地质背景

### 1.1 异常区地质概况

异常区出露有石炭系和二叠系,其中石炭系为

科古琴山组,二叠系包括乌郎组、晓山萨依组、哈密斯特组(图1)。岩性主要为沉积岩和中酸性火山-次火山岩。异常区侵入岩不发育,外围北部出露少量二叠世细粒闪长岩、橄榄辉绿岩和辉绿岩。区域性近EW向断裂构造贯穿整个异常区。由于多次活动与叠加,尤其受NW向、NE向构造应力改造,使得近EW向构造线逐渐向NE偏转,并在其两侧发育众多次级同向或相交的断裂和裂隙带。断裂性质主要表现为逆断层,倾角为 $50^\circ\sim 65^\circ$ 。矿化体主要分布于该类断裂和裂隙带内,显示出该断裂控矿特征。

### 1.2 矿化体特征

矿化体主要赋存于下二叠统乌郎组,呈透镜状、似层状产出。产状与围岩一致,围岩为粗安岩、安山岩、粗玄岩。岩石普遍绿泥石化,偶见硅化、重晶石化。矿化体自北向南大致平行,共有8条矿化体(K-I~VIII),规模较大的有两个:K-IV号异常体。厚4~6 m,路线控制长约830 m,倾向 $150^\circ$ ,倾角 $70^\circ$ 。东段施工探槽两条,Cu品位分别为 $0.21\times 10^{-2}$ 和 $0.37\times 10^{-2}$ ,Ag品位分别为 $1.40\times 10^{-6}$ 和 $5.00\times 10^{-6}$ 。西段拣块样化学分析Cu和Ag最高含量为 $2.6\times 10^{-2}$ 和 $95.2\times 10^{-6}$ 。施工的两条探槽中,Cu品位分别为 $1.47\times 10^{-2}$ 和 $1.16\times 10^{-2}$ ,Ag品位分别为 $70.4\times 10^{-6}$ 和 $40.2\times 10^{-6}$ ;K-V号矿体。厚0.4 m,路线控制长大于15 m,倾向 $55^\circ$ ,倾角 $60^\circ$ ,经拣块样化学分析Cu和Ag最高含量分别为 $3.51\times 10^{-2}$ 和 $282\times 10^{-6}$ 。地表矿石矿物主要为斑铜矿、黄铜矿、次生孔雀石,偶见铜蓝、辉铜矿。围岩蚀变主要有硅

项目资助:国家自然科学基金(U1203291、41040029)、中国科学院矿物学与成矿学重点实验室合作研究基金(KLMM20120101)、河南省科技发展计划项目(132400410705)联合资助

收稿日期:2013-01-17;修订日期:2013-05-24;作者E-mail:yongluo\_geo@163.com

第一作者简介:罗勇(1983-),男,新疆伊宁人,博士,讲师,2011年毕业于中国科学院广州地球化学研究所,主要从事矿床学研究

通讯作者:单强,副研究员,主要从事矿床地球化学研究;E-mail:qshan@gig.ac.cn

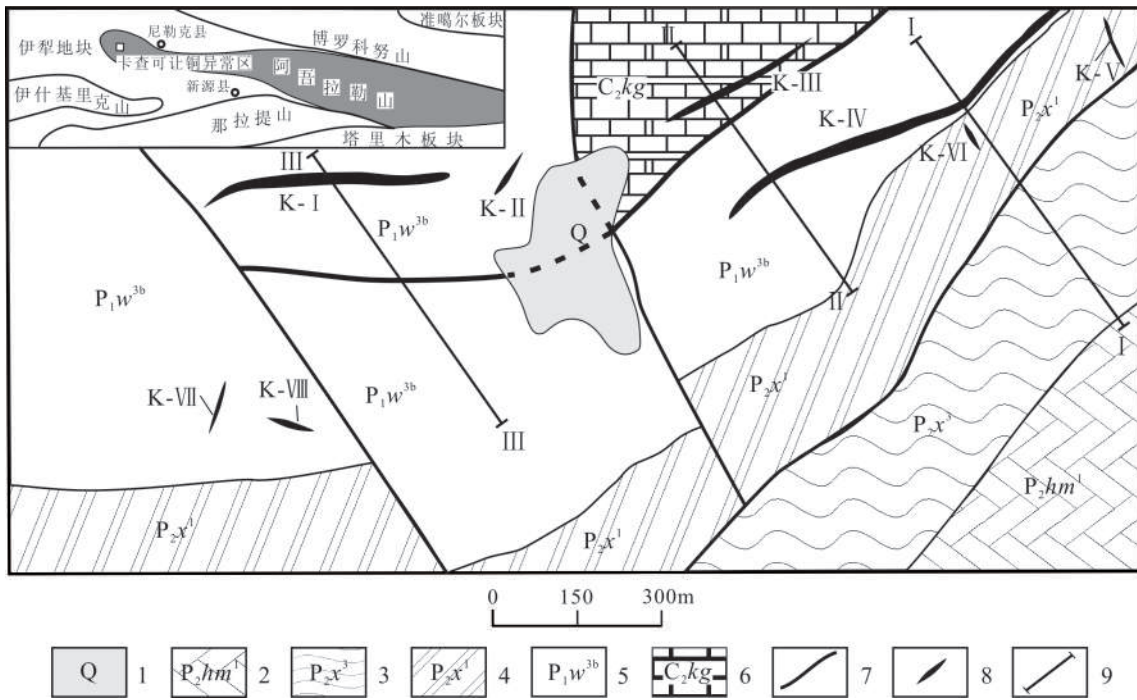


图1 卡查可让铜异常区地质简图

Fig. 1 Simplified geological map of The Kachakerang copper anomaly area

(据新疆地矿局第七地质大队资料修绘, 2008)

- 1.第四系:砂、砾石、粘土;2.中二叠统哈米斯特组下段:砾岩、凝灰岩、火山角砾岩等;3.中二叠统晓山萨依组上段:砂岩、砾岩、泥岩等;
- 4.中二叠统晓山萨依组下段:紫红色砂岩、砾岩、粉砂质泥岩等;5.下二叠统乌郎组:安山岩、玄武岩、砾岩等;
- 6.上石炭统科古琴山组:砾岩、含铜砂岩、灰岩等;7.断层;8.矿化体;9.EH4剖面

斑点状、星散浸染状、细脉状构造<sup>①</sup>。

## 2 研究方法

本次工作主要对阿吾拉勒山卡查可让铜异常区进行测量。测量方位320°,采用30 m点距,在推测含矿部位进行加密,采用20 m点距。共完成激电剖面(3条)1.2 km,完成53个测深点,检查15个点,推测矿化及探槽控制地段加密至15 m。经重复点检查,达到误差小、精度高,原始数据正确可靠。剖面布置预算剖面(测线)测点坐标,以GPS测出各测点坐标定点。测线距为180 m,测线方位320°。开展测量工作前必须进行平行测试,确认仪器处于正常工作状态。共用4个电极,每两个电极组成一个电偶极子,分别沿测线平行方向(X方向)及垂直测线方向(Y方向)展布,间距为20 m×20 m或10 m×10 m。实测工作中,根据实际情况(地形、障碍物等因素)适当改变极距大小。电偶极方向采用罗盘指示,方便快捷,用皮尺测量偶极距离,误差小于1 m,方位差小于1°。

## 3 EH4剖面解译

卡查可让铜异常区EH4剖面图主要是在原始采集数据基础上,通过频率与相位、相关度和电阻率数据分析,使用不同平滑系数进行成图。平滑系数较小时,对纵向构造反演效果较好,受静态效应干扰较强。平滑系数较大时,易忽略小的细节。因此,成图时,我们分别采用0.5、0.25、0.1等几组不同平滑系数进行反演成图比较,最终认为选用平滑系数0.1更合适。本次工作垂直于矿体走向,结合已有勘探线,及地表地形情况共设置3条剖面线,剖面方位320°。工作中严格遵守EH4连续电导率剖面仪野外工作方法,最大限度避免干扰信息源,如:关闭手机,工作中严禁在磁棒处走动。考虑到该区环境干燥,为增加电极与地面接触效果,测量前向电极浇盐水,工作中实时监视采集信息变化,在信号不稳定或采集不理想情况下,将该点补做一次。

### 3.1 I号剖面解译

I号剖面长510 m,共有测点17个。从I号剖面图中看出,浅部存在3组低阻异常(小于40 Ω·m),

<sup>①</sup> 新疆地矿局第七地质大队.新疆伊宁县卡查可让-结尔勒萨依一带铜矿普查报告,2010



分布于剖面水平位置的-80~90 m、150~300 m、310~420 m, 主要分布在浅部-250~0 m 深度范围内。据地表出露的岩性, 认为剖面南东侧低阻体(-80~90 m) 主要由工作区内的 $P_2x^3$  砂岩引起。I-1号异常范围大, 发育较好, 分布在电阻率变化密集的凹陷区域, 与矿体赋存状态相似, 成矿条件十分有利, 认为该异常为矿致异常(图2)。中部异常区域(-150~-300 m) 为新近系覆盖的沟谷, 推测该低阻异常为地下水引起(图2)。异常I-2位于150~300 m 低阻体北西侧与高阻体接触带上, 范围小, 推测为含孔雀石化火山岩引起。异常范围大, 发育较好, 与地表揭露出的含孔雀石探槽位置吻合, 整体倾向NW, 为矿致异常(图2)。北西侧异常(310~420 m) 范围小, 延伸较浅, 地表未发现矿化, 该异常主要由该处出露的火山岩引起。

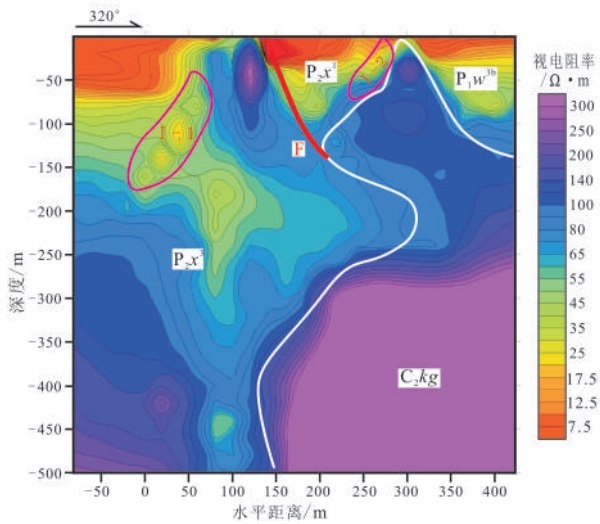


图2 卡查可让铜异常区I号剖面图  
Fig. 2 I Profile map of Kachakerang copper anomaly area

### 3.2 II号剖面解译

II号剖面长440 m, 共有18个测点控制。从II号剖面图中看出, 浅部存在低阻异常(小于 $40 \Omega \cdot m$ ), 与I号剖面异常形态相近。剖面南东至北西异常分布为两个, 南东侧异常(0~-100 m), II-1号隐伏中低阻异常较好, 剖面高程为0~-160 m的异常发育较好, 与地表揭露的含孔雀石探槽(K-IV)西延位置相吻合, 产状较缓, 推测为矿致异常(图3)。剖面150~440 m的浅表似层状低阻体, 推测主要由地下水层和北西侧出露的火山岩引起, 其中II-2号低阻位置对应K-I号矿体, 异常不明显, 向下延伸较小。

### 3.3 III号剖面解译

III号剖面长480 m, 共有18个测点控制。从III

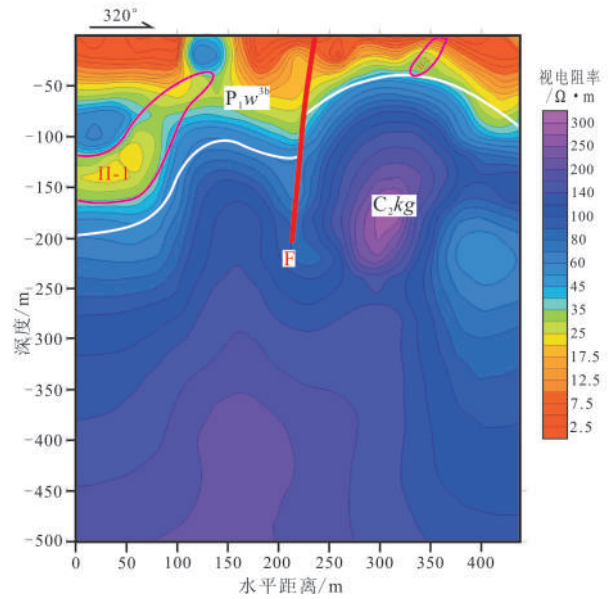


图3 卡查可让铜异常区II号剖面图  
Fig. 3 II Profile map of Kachakerang copper anomaly area

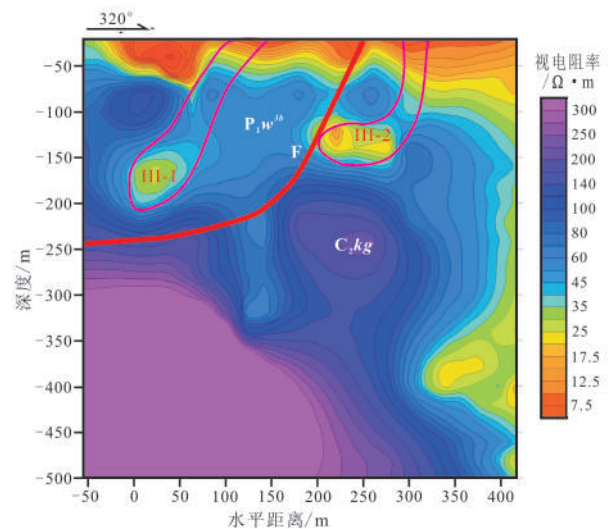


图4 卡查可让铜异常区III号剖面图  
Fig. 4 III Profile map of Kachakerang copper anomaly area

号剖面图中看出, 浅部存在低阻异常(小于 $40 \Omega \cdot m$ ), 下延深度多在-100 m内, 与前两条剖面异常形态稍有变化, 整体倾向NW(图4)。南东侧-60~100 m内浅表低阻体发育较好, 推测为该处河谷中地下水引起。剖面水平0~100 m范围内的-150~-200 m高度上存在一个低阻异常III-1(小于 $40 \Omega \cdot m$ ), 可能与浅部异常相一致, 由孔雀石化火山岩引起。该剖面上异常多分布于电阻率等值线变化密集凹陷区域内(III-2), 与矿体常见的赋存状态相似, 成矿条件有

利,推测为矿致异常。

通过反演成图解译,3条剖面低阻异常(小于 $40\ \Omega\cdot\text{m}$ )均集中在浅部-200 m深度内。结合地表地质情况,剖面线两端低阻异常为由分布在剖面线南东侧和北西侧的火山岩、安山岩内的局部矿化引起,整体看异常延伸不大。中部为新近系含水层引起。在I、II、III号剖面线南东侧探槽处均见有孔雀石化灰黑色安山岩,与相应异常剖面图上南东侧异常相吻合。同时I号、III号剖面上的异常,又位于电阻率等值线密集凹陷部位,成矿条件有利,属矿致异常,因此,进一步工作重点可放在该异常区域。

## 4 讨论

卡查可让铜异常区位于阿吾拉勒成矿带西段,附近有众多铜矿床(点)<sup>[1-8]</sup>。该地区火山机构发育,有琼布拉克古火山、莫斯早特穹窿、圆头山穹窿、确拉克古火山穹窿、乌郎古火山穹窿、克孜勒巴斯陶古火山锥等众多火山机构<sup>[6,23]</sup>。表明卡查可让铜异常区所处的阿吾拉勒山西段古火山活动剧烈,且火山机构控制了区内铜矿床(点)的分布。

申萍等结合地质和EH4物探研究成果<sup>[24]</sup>,总结了8种金属矿床隐伏矿体地质地球物理找矿模型,其中漏斗状低阻火山机构断裂模型地质特点为受火山机构断裂系和区域断裂构造叠加控制。地球物理特点为漏斗状低电阻率异常,倾向上具向上发散,向下收敛特点。卡查可让铜异常区EH4剖面图具漏斗状低阻异常特点,同时受火山机构及断裂控制,属典型漏斗状低阻火山机构断裂模型。韩长江对阿吾拉勒山西段圆头山铜矿激电剖面进行研究<sup>[20]</sup>,发现在-100~-500 m有低阻高极化体。李均良等对阿吾拉勒山西段甫太巴依乔克铜矿激电剖面进行研究<sup>[3]</sup>,在约-100 m处,圈定出约20 m厚铜矿体。

对卡查可让1:1万大功率激电剖面测量认为<sup>①</sup>,极化率为2.5%~3.5%,视幅频率在矿体部位没有反应,与围岩无法区分。从物探角度看,其矿化体规模较小。在卡查可让铜矿点所作平面等值线成果图上看到,深部均为高阻异常,说明地表矿化体向下延深不大。对卡查可让铜异常区EH4物探剖面测量及解译表明,3条剖面低阻异常(小于 $40\ \Omega\cdot\text{m}$ )均集中在浅部-200 m深度范围内,矿致异常主要集中在地表以下100 m范围,部分低阻异常可能为矿化火山岩或含水层所致。结合地质背景、区域物探资料,认为卡查可让铜矿矿体受火山机构及断裂控制,为漏斗

状低阻火山机构断裂模型,浅部成矿潜力巨大,是寻找火山热液型铜矿的优选靶区。

## 5 结论

(1) 3条剖面低阻异常(小于 $40\ \Omega\cdot\text{m}$ )均集中在浅部-200 m深度范围内。结合地表地质情况,剖面线两端低阻异常为由分布在剖面线南东侧和北西侧的火山岩、安山岩内的局部矿化引起,整体看,异常延伸不大。中部为新近系含水层所致。

(2) 矿致异常范围与地表槽探揭露区域相吻合,其延深最大可达到地表以下160 m,但主要集中在地表以下200 m范围。

(3) 卡查可让铜异常区存在着矿致异常,是区域找矿优选靶区之一。

致谢:野外工作中得到新疆维吾尔自治区国家305项目办公室、新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第七地质大队、吉林省通化地质矿产勘查开发院、江西省地质调查研究院等有关单位领导和同志的大力支持,在此一并表示谢忱!

## 参 考 文 献

- [1] 肖晓林,楼法生,吴新华.新疆西天山尼勒克地区铜金属成矿条件及找矿远景分析[J].新疆地质,2008,26(2):142-146.
- [2] 旷会琳.新疆新源县包尔斯铜矿地质特征及成因分析[J].新疆有色金属,2005,2:2-7.
- [3] 李均良,杨志勇,毛大发.新疆尼勒克县甫太巴依乔克地区找矿方向初探[J].沉积与特提斯地质,2007,27(2):94-99.
- [4] 韩长江.新疆尼勒克县圆头山铜矿地质特征及成因初探[J].新疆有色金属,2007,35-39.
- [5] 杨明德,莫江平,蔡宏渊.新疆阿吾拉勒西段布拉克铜矿地质特征及控矿条件分析[J].矿产与地质,2009,23(3):230-234.
- [6] 韩刚.浅析新疆尼勒克县群吉萨依铜矿之含矿隐爆角砾岩的地质特征及成矿规律[J].新疆有色金属,2010,4:26-30.
- [7] 罗勇,廖思平,杨武斌,等.阿吾拉勒山琼布拉克铜矿床流体包裹体及稳定同位素研究[J].矿床地质,2011,30(3):547-556.
- [8] 胡耀华.新疆阿吾拉勒西段乌郎达坂铜矿地质特征及远景分析[J].新疆有色金属,2012,4:1-4.
- [9] 刘光鼎,郝天桃.应用地球物理方法寻找隐伏矿床[J].地球物理学报,1995,38(6):850-854.
- [10] 李树文,郝旭,金敏昆,等.激电异常的形态解释方法及其应用研究[J].地质与勘探,2000,36(1):48-50.
- [11] 陈庆凯,席振铎.EH4电磁成像系统的数据处理过程研究[J].有色矿冶,2005,21(5):7-9.
- [12] 刘杰,段炜,曾国.EH4电导率成像系统在隐伏金属矿勘探中的应用[J].西部探矿工程,2008,20(2):127-134.
- [13] 张作伦.GDP-32II、EH4在深部成矿预测中的应用[J].地质与勘探,2010,46(3):470-475.
- [14] 陈伟军,刘红涛.EH4技术在老矿山外围找矿工作中的应用——以大兴安岭南段某铅锌矿床为例[J].中国矿业,2007,16(4):83-84.
- [15] 樊战军,卿敏,于爱军,等.EH4电磁成像系统在金矿勘查中的应用[J].物探与化探,2007,31(B10):72-76.
- [16] 申萍,沈远超,刘铁兵,等.EH4连续电导率成像仪在隐伏矿体定位预测中的应用研究[J].矿床地质,2007,26(1):70-78.
- [17] 沈远超,申萍,刘铁兵,等.EH4在危机矿山隐伏金矿体定位预测中的应用研究[J].地球物理学进展,2008,23(1):559-567.
- [18] 郭晓东,陈孝强,王治华,等.EH4连续电导率测量在宝兴厂矿区

① 新疆地矿局第七地质大队.新疆伊宁县卡查可让-结尔勒萨依一带铜矿普查报告,2010

- 的应用[J].地质与勘探, 2009, 45(1):52-58.
- [19] 王冲. EH4 电磁测深在江西城门山矿区深部及外围找矿中的应用[J].地质与勘探, 2009, 45(6):742-747.
- [20] 任广利, 王核, 刘建平, 等. EH4 连续电导率法在安徽南陵县朱家冲铜矿勘查中的应用[J].地质与勘探, 2010, 46(2):354-360.
- [21] 吴玉峰, 王核, 刘建平, 等. 西昆仑喀依孜钨矿 EH4 物探特征及成矿潜力分析[J].新疆地质, 2010, 28(4): 454-457.
- [22] 谭红艳, 吕骏超, 刘桂香, 等. EH4 音频大地电磁测深方法在鄂东南地区寻找隐伏矿体的应用[J].地质与勘探, 2011, 47(6): 1133-1411.
- [23] 刘凤鸣. 新疆尼勒克县群吉萨依铜矿地质特征及成因浅析[J].新疆有色金属, 2008, 15-20.
- [24] 申萍, 沈远超, 刘铁兵. 隐伏矿体定位预测的地球物理地质找矿模型:以地质与EH4双源大地电磁测深技术结合为例[J].地学前缘, 2011, 18(3): 284-292.

## The Characteristic of EH4 Geophysical Exploration in the Kachakerang Copper Anomaly Area from the Awulale Mountains, Xinjiang

Luo Yong<sup>1</sup>, Zeng Qiaosong<sup>2</sup>, Li Ningbo<sup>2,3</sup>, Jiang Yuhang<sup>2,3</sup>, Zeng Lingjun<sup>2,3</sup>, Shan Qiang<sup>2,2</sup>

(1. City Key Laboratory of Dushan jade, Nanyang Normal University, Nanyang, Henan, 473061, China; 2. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong, 510640, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

**Abstract:** Kachakerang copper anomaly area is located in western part of the Awulale Mountains, which belongs to Yin-ing county of Xinjiang province. This article applied the EH4 electrical conductivity image system to survey the Kachakerang copper anomaly area. The survey result show: ①The low resistance anomalies of three survey profiles focus on 200 m depth range; ②The anomalies range of orebody was same with surface trenching exploration, the most range deeping to 160 m, but mainly focus on -100 m; ③The Kachakerang copper anomaly area have anomalies of orebody, which is the better area to mineral exploration

**Keywords:** Awulale Mountains; EH4 geophysical exploration; Kachakerang copper anomaly area