

物探方法在青海都兰地区督冷沟异常查证中的应用

潘 彤^{1,2}, 周录维², 刘孝忠^{2,3}, 孙丰月¹

(1. 吉林大学地球科学学院, 长春 130061; 2. 青海有色地质勘查局, 西宁 810007; 3. 中南大学, 长沙 410083)

[摘 要] 由于土壤地球化学测量查证督冷沟水系沉积物异常效果不理想, 在分析水系沉积物异常产出地质背景、综合异常特征和区域成矿规律的基础上, 结合督冷沟铜钴矿含矿岩石与围岩幅频率差异较大, 利用物探激电测量对水系沉积物异常进行检查、异常定性, 并对物探异常利用工程揭露, 发现了多条矿体; 同时, 利用瞬变电磁方法具有探测深度大、异常响应强的特点, 对矿体的延深进行推测, 钻探验证了其推测。从而阐述物探方法在青海东昆仑都兰地区异常查证及矿体延深预测的有效性。

[关键词] 物探方法 土壤地球化学测量 异常查证 督冷沟铜钴矿

[中图分类号] P631 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2004)04-0055-05

区域地球化学异常包含的找矿信息既丰富又复杂, 随着区域地球化学勘查工作的推进, 每年均发现数以百计的各类综合异常^[1]。按传统的异常评价思路和方法, 工作中首先选择少量特征显著的异常(甲类和乙类)重点开展工作, 主要应用大比例尺化探手段(土壤测量)对区域地球化学异常进行加密, 从而达到对异常定性、缩小找矿靶区的目的, 该方法在过去取得了显著的找矿成果。但由于受区域地质背景、景观地球化学特征的影响, 可能造成土壤地球化学测量效果不佳, 获得的异常含量、元素组合等发生歧变, 致使一些矿致综合异常易被忽略或漏评^[2]。都兰县督冷沟铜、钴矿床的发现, 一方面说明水系沉积物测量、物探激电测量方法在本区效果显著; 另一方面说明物探方法在有色金属勘探中, 不论在缩小找矿靶区, 确定成矿有利地段; 还是矿体的深部预测均具有重要意义。

1 地质背景

1.1 区域地质概况

本区位于近东西向东昆仑构造带东段, 夹持于昆中与昆南断裂之间, 是青海省著名的有色金属成矿带^[3]。本区岩浆活动具有长期多期次特点, 从早期到晚期, 岩性由中基性向酸性过渡; 到华力西和印支期, 岩浆活动达到高潮, 暗示本区在晚古生代至三叠纪, 地壳曾经历一个强烈活化期^[4]。

区内主要构造呈近 EW 向, 表现为近 EW 向的区域断裂体系及轴向呈近 EW 的复式褶皱, 由于受

鄂拉山断裂的影响, 该区也发育有 NW 向和 NE 向次级断裂系统。侵入岩沿区域断裂带展布。区内矿产丰富, 主要有铁、铜、铅、锌、锰、铬、钨等有色、黑色金属, 近年来又发现金、银等贵金属矿产资源。

1.2 督冷沟矿区地质特征

督冷沟铜钴矿区位于晚石炭世火山沉积洼地的北西部, 下部为一套浅海相变中-中基性火山熔岩及火山碎屑岩、热水喷流沉积岩-绿泥绢云母千枚岩夹绿泥硅质岩薄层, 是督冷沟铜钴矿的赋矿地层; 中、上部为一套正常的碳酸盐岩及泥、砂质沉积建造, 局部夹酸性熔岩, 有赤铁矿或菱铁矿体产出。主要为下石炭统哈拉郭勒群之安山岩、凝灰质板岩、绢云母石英片岩及灰岩、白云岩等(图1)。

矿区构造以断裂构造为主, 褶皱构造次之。断裂构造多呈 NE 向, 延伸数公里, 具逆断层性质, 往往形成宽窄不等的破碎带。断裂构造对成矿有明显的控制作用, 许多断裂既是导矿构造又是容矿构造。区内岩浆活动以火山作用为主, 侵入活动仅局部见有脉岩分布, 且规模较小。火山岩主要是安山岩, 次为凝灰岩, 地表矿化主要赋存在安山岩中。侵入岩主要见于矿区中部的哈尔汗一带, 岩性有闪长岩脉和石英脉, 长 40~50m, 宽 1~数 m, 多数脉体具铜矿化, 但分布极不均匀。

目前已圈出矿体 25 条, 其中北矿带 16 条, 南矿带 9 条, 矿体长为 106~335m, 宽为 2.12~13.4m, 铜品位为 0.58%~28.4%; 钴品位为 0.02%~1.31%^①。矿体产状以多变为特征, 总体倾向南西

[收稿日期] 2003-05-27; **[修订日期]** 2004-01-12; **[责任编辑]** 余大良。

[基金项目] 国家科技攻关项目(编号: 2001BA609A-04)及中国地质调查局项目(编号: 20011020002107)联合资助。

① 青海省有色地质矿产勘查局. 青海都兰县都冷沟铜钴矿评价设计书, 2002。

[第一作者简介] 潘 彤(1966年-), 男, 1995年毕业于中南大学, 获硕士学位, 高级工程师, 在读博士, 现主要从事矿产勘探与矿业开发管理工作。

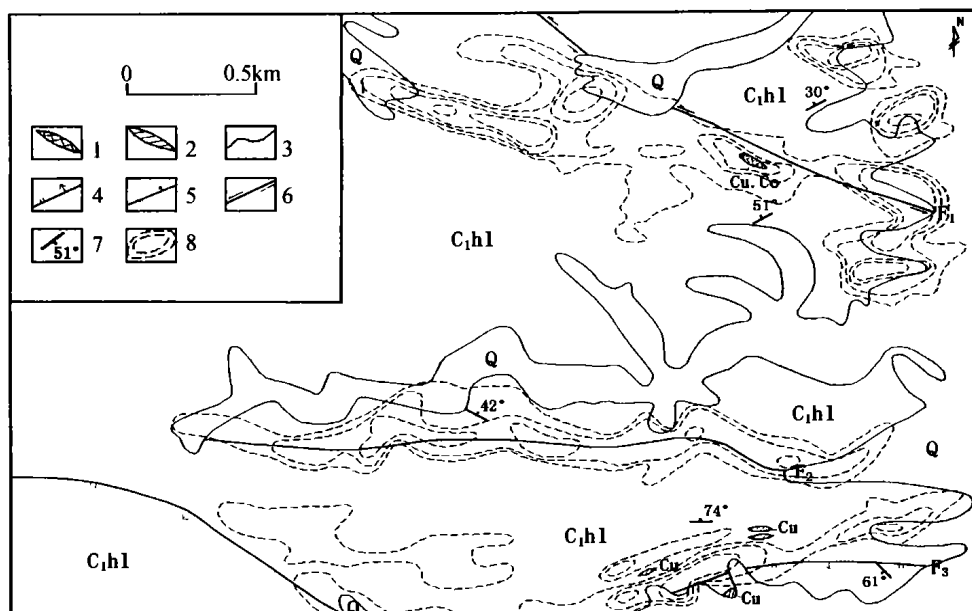


图1 都兰县督冷沟矿区综合地质图(据青海有色矿勘院资料改编)

Q—第四系;C₁h₁—石炭统哈拉郭勒群之安山岩、凝灰质板岩、绢云母石英片岩及灰岩、白云岩;1—铜钴矿体;2—铜矿体;
3—地质界限;4—实测正断层及编号;5—实测逆断层及编号;6—平移断层及编号;7—地层产状;8—激电异常等值线

或南西西,2条矿体倾向北西西,倾角45~67°,局部近于直立。金属矿物有黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿、黄铁矿、铜蓝、孔雀石、蓝铜矿等,偶见自然铜。脉石矿物有石英、方解石、绿泥石、绢云母等。矿石类型可分为氧化矿石、混合矿石、硫化矿石3种自然类型。矿石结构有它形粒状结构和半自形—它形粒状结构;矿石构造有块状、浸染状、脉状、角砾状等。围岩蚀变有硅化、碳酸盐化、绿泥石化。其成因属于热水喷流沉积改造型矿床。

2 督冷沟地球化学特征

2.1 景观地球化学

工作区属半干旱高寒山区,平均气温低,温差大,降水量较小,大部分沟系为干沟或季节性流水,岩石风化以物理风化为主,化学风化相对较弱。元素表生活动性强,表层物质中地球化学元素的迁移以机械迁移为主,主要为阵发性洪水和风力,造成水系沉积物分选性差,分布不均匀的特征。

2.2 水系沉积物地球化学特征

该区1991年进行1:5万水系沉积测量采样平均密度为:3.86个点/km²,取样介质为粉砂和泥,样品加工粒级-40~+80目。该异常为Cu、Au、Sb、Ni综合异常,面积达98km²,异常出露区主要为下石炭统哈日郭勒一套多旋回的海相火山岩—碎屑岩组成,其次为,下三叠统洪水川群灰岩、局部夹凝灰岩,近东西、北东向断裂发育,铜元素具二级浓度分带,内带面积为8km²。铜元素异常特征为见表1。

表1 督冷沟地区水系沉积物异常特征参数表 $\omega_B/10^{-6}$

异常元素	异常点数	异常下限	峰值	平均值	面积/km ²	衬度	规模
Cu	74	55	270	74	98	1.35	131.9

同年对异常经地表踏勘性检查,发现孔雀石化较普遍,并常见铜、铁硫化物呈星点状分布,拣块取样7件样品,5件样品达到铜边界品位,最高为4.89%。

2.3 土壤地球化学特征

1992年对以铜为主的多金属异常内带进行10km²1:1万土壤测量工作,圈出Cu、Au综合异常5处,其异常形态不规则,规模小。追索场源发现Cu、Au矿化8处,通过工作,当年金矿找矿成为该地区工作重点。即发现有挤压破碎片理带,长2000m,宽800m,拣块取样金含量为 3.25×10^{-6} 。通过异常查证工作认为督冷沟地区铜矿化赋存于构造裂隙中,矿体规模小,寻找大型铜矿的前景不大,金矿找矿应是下一步工作重点。

3 物探方法在区域地球化学异常查证中的应用

东昆仑肯德可克在热水喷流层中发现钴金铋矿床后^[5],结合肯得可克成矿条件^[6],分析督冷沟地区的成矿地质环境也应具有寻找热水喷流块状硫化物的条件。考虑到以往评价中利用土壤地球化学测量效果不佳,异常指示意义不明确,故提出采用物探方法对该地区进行评价工作方案。

3.1 地球物理特征

督冷沟测区共采集岩、矿石标本184块,使用强迫

电流法(泥团法)测定其电性参数,统计结果见表2。

表2 督冷沟铜钴矿岩矿物性参数一览表

岩矿石名称	块数	幅频率/%			电阻率/ $\Omega \cdot m$		
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
致密块状铜矿石	33	50.3	7.2	22	85	0.34	14.4
混合矿化铜矿石	11	26.5	1.8	11	341	15.1	126
含铜矿化石英碳酸岩脉	14	2.7	0.6	1.5	1085	365	754
铜矿化安山岩	24	7.3	0.2	1.94	1824	36.5	736
安山岩	43	1.9	0.5	1.3	6274	1280	3075
板岩	21	2.4	0.6	1.5	2319	50	721
含碳质板岩	8	12.4	6.4	9.1	5024	791	2873
片岩	18	2.5	0.6	1.7	9445	196	3503
灰岩	12	2.5	1.1	1.8	6815	5822	6319

分析测试单位:青海山金田物化探公司,1999。

从表2可见,混合矿石的幅频率为11%,富铜矿石的为22%,而围岩(片岩、安山岩)的幅频率均在2%以下。混合矿石的电阻率为 $126\Omega \cdot m$,富铜矿石的为 $n \sim n \times 10\Omega \cdot m$ 。围岩电阻率为 $n \times 100 \sim n \times 1000\Omega \cdot m$ 。由此可见,岩、矿石间存在明显的物性差异。

另外,在测区内存在大面积的含碳质板岩,其幅频率 F_s 为9.1%,电阻率 $2873\Omega \cdot m$ (但从碳质板岩易风化、破碎等特征分析,深部电阻率相对较低),与铜矿石之间没有明显的电性差异。是该区内投入物探工作的主要干扰源。但是由于含碳质板岩大面积出现,引起的异常有一定规律可循,依此可以判别含碳质板岩引起的异常。

上述参数的特征表明,该区开展物探工作具备良好的地球物理前提,借助于高极化、低电阻率异常特征,发现深部的块状硫化物矿体是有可能的。

3.2 双频激电应用的地质效果

3.2.1 异常特征

1999年,采用测网为 $100m \times 40m$,以双频激电轴向偶极装置扫面,用双频偶极测深装置和对称四极测深装置检查异常,评价矿体。通过扫面,获各类激电异常27处,构成北、中、南3条近EW向展布的激电异常带(图1),带长1~3km,宽100~600m。

2000年,采用测网为 $50m \times 20m$,在北矿带(北异常带)和南矿带(南异常带)以双频激电轴向偶极装置扫面,进一步确定矿体范围,并用双频中梯装置及偶极测深装置和对称四极测深装置确定矿体的空间形态及产状,评价矿体。通过扫面北矿带圈出8个异常,南矿带圈出6个异常,其中矿致异常8处(甲类异常3处,乙类异常2处,丙类异常3处)、碳质异常6处(表3)。

表3 督冷沟铜钴矿区激电异常一览表

异常分类	测区	编号	异常规模/m	异常性质	备注
矿致异常	甲类	北 2-2*	长130,宽50	矿体引起	铜探、钻验证
	北类	3*	长450,宽120	F_1 断裂两侧,矿体引起	铜、钻探验证
	南	3*	长100,宽80	矿体引起	铜探验证
	乙类	北 2-1*	长450,宽120	F_1 断裂两侧	
	南	2*	长750,宽120	F_2 逆断裂下盘	铜探验证
	丙类	北 1-1*		F_1 断裂北侧,安山岩	西侧未封闭
	北	1-3*	长80,宽70	F_1 断裂两侧,安山岩	
	南	1-3*	长350,宽80	F_2 断裂两侧,含碳质片理化带,两侧为安山岩,局部见矿化	
	碳质异常	北 1-2*		含碳质板岩	
	北	4*		第四系覆盖	
碳质异常	北	5*		含碳质板岩	
	南	1-1*		含碳质片理化带	
	南	1-2*		F_2 断裂,含碳质片理化带	
	南	4*		含碳质片岩、安山岩	

3.2.2 异常分类原则

根据异常下限、地表场源踏勘性检查和工程揭露,按场源将异常划分为矿致异常和碳质异常两大类,并依据成矿地质条件和岩矿石电性及异常的分布特征,将矿致异常进一步分为甲、乙、丙3类。

矿致异常:沿构造带旁的片理化安山岩分布,具有一定的走向,异常相对较集中,规模偏小。幅频率一般大于3%,最高可达10%。在探测场源下延时,异常幅值明显加大,与碳质异常明显不同。

碳质异常:一般沿碳质岩石分布,与含碳质岩石地表出露形态近似,幅频率一般在8%以上。由纯含碳质岩石引起的异常形态不规则,幅值高,成片出现。另一种与构造断裂带有关的含碳质片岩引起的异常,具明显的走向,幅值高,沿构造带分布。

3.2.3 异常解释及验证

1) 北区2-2*异常。异常位于北测区,异常中心部分呈椭圆状, F_s 为9%的等值线圈的规模为 $90m \times 50m$,异常最大值为9.9%,走向近东西向。该异常处于 F_1 断裂上盘(南侧),次级构造较发育,出露岩石为下石炭统安山岩、凝灰质板岩,局部见有含碳质岩石,蚀变强烈,矿化较普遍。激电中梯异常,表现出两个场源的特征,电阻率反映为一个低阻异常,总体表现为一个低阻高极化异常(图2)。偶极拟断面图上 F_s 异常呈八字形分布,高值区内异常复杂,分布有多处高值点,且 F_s 值随着极距的加大呈增加趋势。

结合地质条件推断该异常为金属硫化物所引起。经槽探揭露,发现了I-1、I-2号铜钴矿体。I-2铜钴矿体地表控制长410m,平均厚4.30m,Cu平均品位0.62%,Co平均品位0.028%;I-1铜钴平均厚3.10m,Cu平均品位0.83%,Co平均

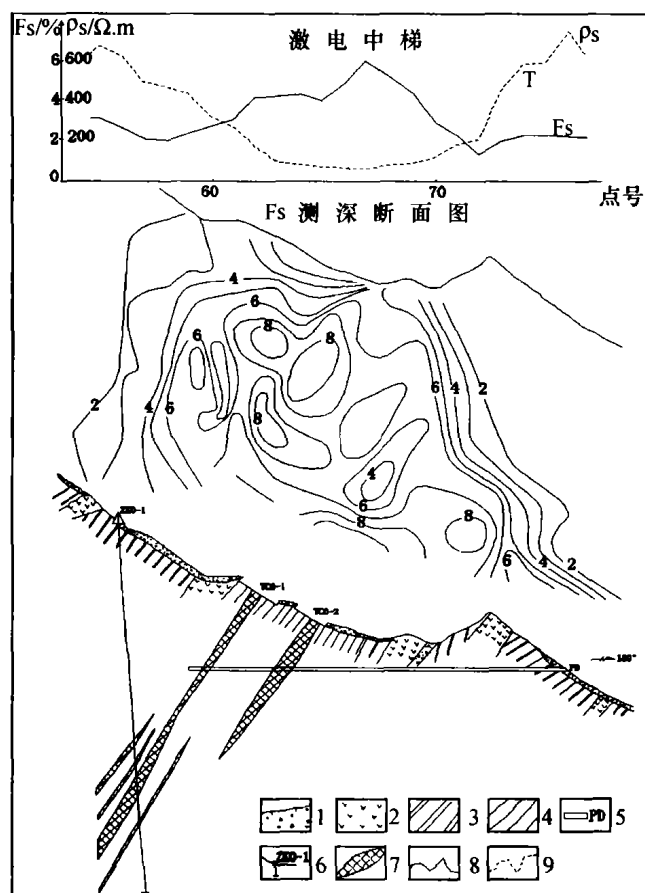


图2 都兰县督冷沟矿区0线地质物探综合

1—第四系;2—安山岩;3—凝灰质板岩;4—绢云母千枚岩;5—坑道;6—竣工钻孔;7—铜钴矿体;8—视幅频率;9—视电阻率

品位0.029%。

2) 北区3[#]异常。异常呈长条状。该异常规模较大,与2[#]异常同处一条带,分有三个异常中心。 F_s 最大值14.0%,长约450m,宽约120m。该异常处于 F_1 断裂两侧, F_1 断裂在该处表现为10余m宽的破碎带。出露岩石为下石炭统安山岩,蚀变强烈,矿化较为普遍,局部夹有少量凝灰岩及含碳质凝灰板岩。中间梯度激电异常(图3), F_s 曲线呈南缓北陡,最大值为5.4%。具有明显的低阻高极化的特征;激电测深曲线呈G型,局部呈KHK型。利用电阻率K剖面法和激电异常转折点法计算,推测矿体为南倾,形态呈似板状体,顶部埋深14m,厚5.8~18.5m,向下有一定延深。

结合地质条件推断该异常为金属硫化物所引起,经槽探揭露控制,地表见有Ⅲ-1铜钴矿体、Ⅲ-2号铜矿体。Ⅲ-1号铜钴矿体,地表厚3.50m,Cu平均品位2.08%,Co平均品位0.03%;Ⅲ-2铜矿体地表累计厚15.90m,Cu平均品位1.09%。经坑道验证,Ⅲ-1铜钴矿体厚度变为4.2m,Cu平均品位3.98%,Co平均品位0.102%;Ⅲ-2铜矿体厚度变为22.45m,Cu平均品位1.73%。

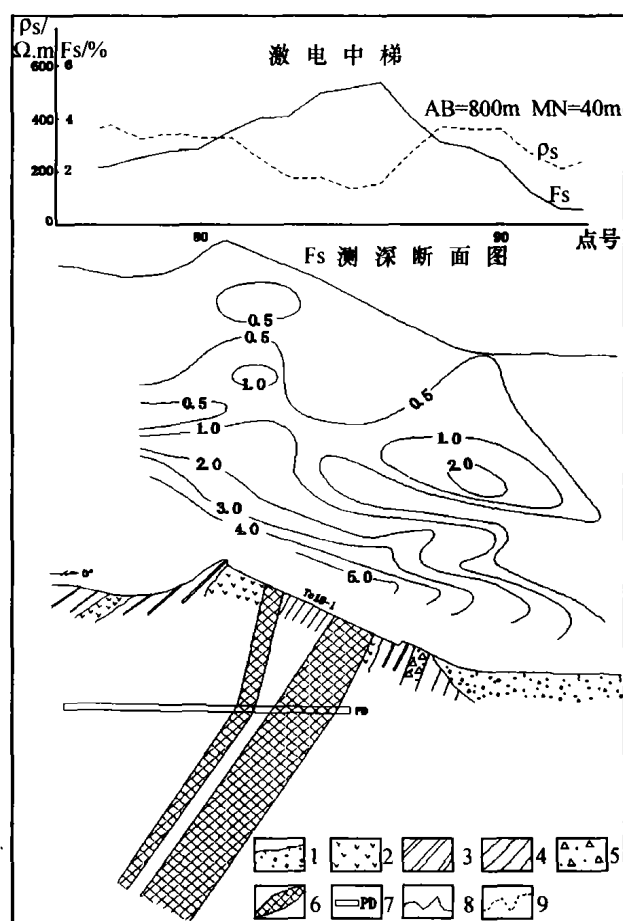


图3 都兰县督冷沟矿区18线地质物探综合图

1—第四系;2—安山岩、玄武安山岩;3—凝灰质板岩;4—绢云母千枚岩;5—断裂破碎带;6—铜钴矿体;7—坑道;8—视幅频率;9—视电阻率

3.3 瞬变电磁法(TEM)的应用

在该地段开展了瞬变电磁法(TEM)进一步评价I-1、I-2号铜钴矿体。工作装置采用 $100 \times 100\text{m}^2$ 的重叠回线装置。TEM多测道二次电位异常显示与已知矿体吻合较好(图4),且据多测道二次电位异常推测矿体向下有一定的延伸。另据时间谱特性分析,27号点与19号点曲线只在5ms(25道)以前有区别,但区别不大(图5),说明矿体电阻率与围岩电阻率差异不明显(可能为浸染状矿化)。通过ZK1号钻孔和坑道控制,矿体向下有膨大变厚、品位增高的趋势。I-2矿体由地表的4.30m变为坑道中的5.20m,Cu平均品位由地表的0.62%上升至坑道中的1.16%,Co平均品位增高至0.033%。I-1铜钴矿体在ZK1号钻孔中视厚为10.72m,Cu平均品位增高至6.12%,Co平均品位上升至0.055%。钻孔中另见有二层铜、钴盲矿体。

4 结语

督冷沟铜、钴矿矿床的发现,说明水系沉积物地

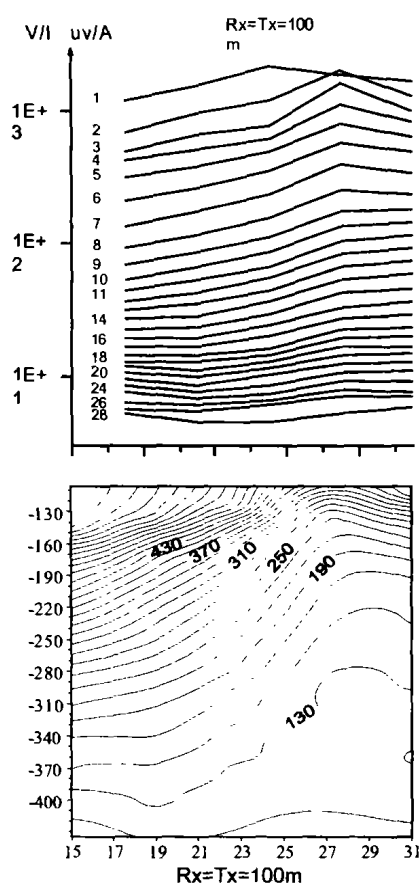


图4 北矿带时间谱曲线

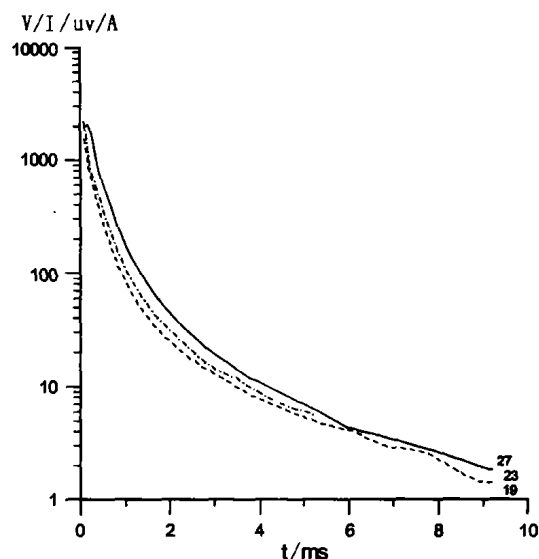


图5 督冷沟北矿带 TEM 剖面图

互配合的综合方法,势必造成对异常认识不深刻,得出不恰当的评价结论。

在成文过程中,青海有色地质勘查局地矿处李月隆工程师绘制所有图件,在此,表示感谢!

[参考文献]

- [1] 陈德友. 四川西部主要类型金矿区域化探找矿模型[J]. 四川地质学报, 1998, 18(2): 2~11.
- [2] 潘彤, 孙丰月. 区域地球化学中大面积、低浓度分带异常评价—以督冷沟铜钴矿发现为例[J]. 地质地球化学, 2003, 16(3): 39~41.
- [3] 袁万明, 莫宜学, 王世成, 等. 东昆仑金成矿作用与区域构造演化的关系[J]. 地质与勘探, 2003, 39(3): 5~8.
- [4] 郭正府. 东昆仑火成岩、构造演化和青藏高原新生代火山喷发对环境的影响[D]. 中国地质大学博士论文, 1996.
- [5] 潘彤, 马梅生, 康祥瑞, 等. 东昆仑肯德可克及外围钴多金属找矿突破的启示[J]. 中国地质, 2001, 28(2): 17~20.
- [6] 潘彤, 孙丰月. 青海东昆仑肯德可克钴铋金矿成矿特征及找矿方向[J]. 地质与勘探, 2003, 39(1): 18~22.
- [7] 金中国, 皱林, 赵俭文, 等. 瞬变电磁法在黔西北猫猫厂铅锌矿区找矿中的应用[J]. 地质与勘探, 2002, 38(6): 48~50.

APPLICATION OF GEOPHYSICAL PROSPECTING FOR DULENGGOU GEOCHEMICAL ANOMALIES VERIFICATION IN DULAN COUNTY, QINGHAI PROVINCE

PAN Tong^{1,2}, ZHOU Lu-wei², LIU Xiao-zhong^{2,3}, SUN Feng-yue¹

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061; 2. Qinhai Bureau of Nonferrous Metals Exploration, Xining 810007; 3. Central-South University, Changsha 410083)

Abstract: Since the effects of soil geochemistry survey in anomalies verification of stream sediments in the Dulenggou district showed bad results, after analyzing geological background of stream sediment anomalies occurrence, features of comprehensive geochemistry anomalies and regional mineralization regularity, dual frequency induced polarization method had been chosen for anomaly verification as obvious different breadth frequencies between the country rocks and mineralized body. Several mineralizing bodies have been found by engineering testing. At the same time, according to transient electromagnetic method characteristics, ore bodies in depths have been forecasted, and been verified by drilling. These show that geophysical prospecting method was feasible and effective in the Dulenggou district.

Key words: geophysical prospecting method, geochemical survey, anomaly evaluation, Dulenggou Cu-Co deposit