

复电阻率法和 CSAMT 法在土屋铜矿区的勘查效果

李汝传¹, 王书民^{2, 1}, 雷 达^{2, 1}

(1. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 廊坊 065000 2. 中国地质大学, 北京 100083)

[摘要]根据野外已知矿上方法试验结果, 结合矿区的实际条件, 选择复电阻率法(CR)和可控源音频大地电磁测深法(CSAMT), 对西磁异常进行评价。工作结果为地质钻探、物化探工作的布署提供了非常有用的参考依据。

[关键词]西磁异常 复电阻率法 可控源音频大地电磁测深法

[中图分类号]P631.3 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2002)S0-0032-05

土屋铜矿是国土资源大调查的重点区片, 在土屋及其外围先后发现了具工业品位的矿体, 目前探明的储量规模已达特大型。该区已进行过多种的物化探勘查, 取得了一定的找矿效果, 特别是激发极化法尤为明显。但由于矿与围岩的电性差异不大, 且矿体向下延伸较大, 加之地表低阻覆盖层的干扰, 使得常规的物化探方法的勘探能力受到限制。应用穿透低阻能力强、勘探深度大的物探方法, 以解决常规物探方法遇到的困难。为此, 我们在已知区选择了多种方法进行试验研究, 以选择适于该区的有效的勘查方法。

1 矿区地质特征概述

土屋铜矿床位于塔里木板块与准噶尔板块缝合线北侧、准噶尔板块南缘石炭系岛弧带中。

出露地层有下泥盆统大南湖组、中泥盆统头苏泉组、石炭系企鹅山群、梧桐窝子岩组, 中侏罗统西山窑组及第三、第四系。

区内两条大断裂为康古尔塔格深大断裂和大草滩断裂, 土屋铜矿床位于这两条断裂之间, 其中康古尔塔格深大断裂是准噶尔板块与北天山洋盆的分界断裂, 也是赤湖—土屋—延东—红岭—小热泉子铜成矿带的南部边界。断裂总体走向东西。大草滩断裂为泥盆纪岛弧与石炭纪岛弧的分界断裂。

区内侵入岩较发育, 基性到酸性岩均有出露, 以偏酸性深成侵入岩为主。主要有晚泥盆—石炭纪的侵入岩, 晚石炭—晚二叠世花岗岩。矿区内有闪长玢岩和斜长花岗斑岩两类浅成侵入体, 均有较强的

铜矿化, 围岩中孔雀石化较为普遍。

矿区内出露与铜矿(化)体有关的古生界地层为产状南倾的石炭系企鹅山群, 主要岩性为玄武岩、安山岩、安山角砾熔岩、火山角砾岩、岩屑砂岩、含砾岩屑砂岩、沉凝灰岩等。

土屋矿区的矿石金属矿物以黄铜矿、黄铁矿为主。主矿体是碎裂状闪长玢岩中大量发育与石英脉共存(同期)的浸染状、细脉状甚至团块状黄铜矿, 局部发育浸染状铜矿。

矿体赋存位置为闪长玢岩体的中—底部, 其间穿插斜长花岗斑岩。矿体直接底板主要为角砾状沉凝灰岩、含砾砂岩和后期侵入的闪长玢岩, 底板岩石多呈隐爆角砾状, 发育有黄铁矿碳酸盐脉。矿体顶板为同期同成份闪长玢岩, 与矿呈渐变的过渡关系, 亦发育同成分隐爆角砾岩。

延东铜矿矿石金属矿物以黄铜矿为主, 次为黄铁矿、辉钼矿和磁铁矿。矿体围岩以闪长玢岩为主, 其次为斜长花岗斑岩及两种岩体接触处的混合隐爆角砾岩。

2 岩、矿石的电性特征

2.1 电阻率特征

由于影响岩、矿石电性参数的因素很多, 同类岩(矿)石所处的环境状态(温度、湿度、氧化的程度等)不同, 呈现的电性往往有很大的差别, 目前获得的物性资料都是标本测定的结果, 因不能还原自然状态, 所测得的结果与真实的值往往存在很大的偏差。加之所测标本的数量有限, 只能反映统计的结

[收稿日期]2002-07-29 [责任编辑]曲丽莉。

[第一作者简介]李汝传(1960年-),男,1984年毕业于长春地质学院,高级工程师,主要从事电法勘探的方法技术研究工作。

果,所以,一般对电性的应用主要是数量级的对比,或相对的高低。

表 1、表 2 为 3 个钻孔岩芯标本物性测定的电性参数,统计结果表明无金属矿物的杏仁状玄武岩,不含矿的闪长玢岩与含矿的闪长玢岩相比,其电阻

率差别很小,但极化率有较明显的差异。表 1 中 ZK703 和 ZK705 孔的统计结果显示,较浅部的蚀变闪长玢岩电阻率偏低。当含矿的闪长玢岩或斜长花岗斑岩硅化较强时,其电阻率明显增大,极化率与不具硅化的含矿闪长玢岩的极化率值接近。

表 1 土屋 ZK703、ZK705 岩芯电性参数表

采样位置(m)	标本块数	标本名称	标本地质特征	$\bar{\rho}(\Omega \cdot m)$	$\bar{\eta}(\%)$
ZK705 255.77 ~ 395.8	16	蚀变闪长玢岩	见黄铜矿、斑铜矿	1734	1.79
ZK703 456.37 ~ 458.67	3	含铜蚀变闪长玢岩	未见金属矿物	5422	0.2
ZK703 482.24 ~ 533.97	17	强硅化含铜蚀变闪长玢岩	目估黄铜矿、斑铜矿 2% ~ 3% 以上	18385	1.103

表 2 ZK2401 孔岩芯电性测定结果统计

采样位置(m)	标本块数	标本名称	标本地质特征	$\bar{\rho}(\Omega \cdot m)$	$\bar{\eta}(\%)$
74.4 ~ 103.6	14	含杏仁状玄武岩	无金属矿物	1476	0.45
119.3 ~ 153.31	25	蚀变闪长玢岩	无金属矿物	1892	0.45
155.63 ~ 194.29	28	蚀变闪长玢岩	见黄铜矿、黄铁矿	882	2.33
198.39 ~ 402.16	110	蚀变闪长玢岩	见黄铜矿、斑铜矿偶见黄铁矿	2955	1.03
410.38 ~ 433.01	19	蚀变闪长玢岩或闪长玢岩	见少量黄铜矿	7969	0.58

注:表 1、表 2 的物性数据来源于新疆地调院第一地质大队七分队。

统计结果也显示,随着深度的增加电阻率逐渐增大。含矿与不含矿的岩石其电阻率没有明显的界限,但极化率的差异相对明显些,从该孔的 410 ~ 433 m 的统计结果分析,随着含矿量的减少,电阻率明显增大,极化率明显减小。各孔的结果都显示了极化率及含矿的相关性。

本次工作的结果显示,土屋—延东(西磁异常)测区电阻率总体呈南高北低的背景场特征,从反演电阻率断面看,电阻率变化范围较大(1 ~ 10 k $\Omega \cdot m$)。

2.2 极化率特征

从完成的激电剖面测量结果看,该区的 η_s 值普遍较低,一般认为 $\eta_s > 2\%$ 的为异常值,最大值不超过 6%。槽探和钻探结果都显示极化率异常的主体位于矿体北部,异常峰值带大致与地表矿体的底板对应。

本次工作的结果表明,土屋—延东(西磁异常)测区内,极化率总体显示呈南高北低的背景场特征。相位异常的最大值 38 mrad,北部背景场值为 1 mrad,南部背景场约 10 mrad。

3 物探方法试验

工作中首先选择了已知程度较高的土屋 0 线进行方法试验,试验方法包括:时域激电测深、复电阻率法(CR)测深、可控源音频大地电磁测深法(CSAMT)、瞬变电磁测深法(TEM)。

激电方法的目的是针对土屋这种低阻盐碱壳覆盖情况下,选择有效的激电方法和最佳频率。考虑到勘查的效果,电磁测深法试验都选用有源电磁法,包括可控源音频大地电磁测深法(CSAMT)和瞬变电磁测深法(TEM)。

通过已知区试验得知,同等供电电流条件下,复电阻率(CR)法的结果优于时域激电(TDIP)法;CR法不同频率试验结果发现,8 Hz 时相位断面的形态已失真,这是由于高频时严重的电磁耦合造成的。可以看出(图 1)各种方法在土屋 0 线均有异常显示,复电阻率测深反演的断面结果能够给出 350 m 深度范围内极化体的空间分布形态。由于极化体与矿体有一定的相关性,我们可以通过圈定极化体的空间分布形态来大致地圈定矿(化)体的空间分布形态。反演结果显示极化体延伸大于 350 m,所以,复电阻率测深不能给出含矿岩体的下界。CSAMT 法比较详细地给出了地表以下 1000 m 深度范围内的电性变化,TEM 也可以给出地表下 500 m 深度范围内的电性变化。从 CSAMT 反演断面看,矿体从上至下电阻率呈现由低向高的渐变过程,因此,难以用电阻率参数确定矿体的空间展布形态,但可以用它大致确定矿体底板围岩的埋深和形态。

综合分析对比各种方法,结合本区的特点,我们选用复电阻率法和 CSAMT 法作为评价西磁异常含矿性的物探方法。考虑到本区地表的低阻覆盖加之

工作中为了增加勘探深度供电极距较大(中梯装置 AB=3000 m;偶极—偶极装置 a=100 m, $\rho=1\sim 6$),

为了尽可能减少电磁耦合的影响,CR 法的工作频率选择了 0.125 Hz。

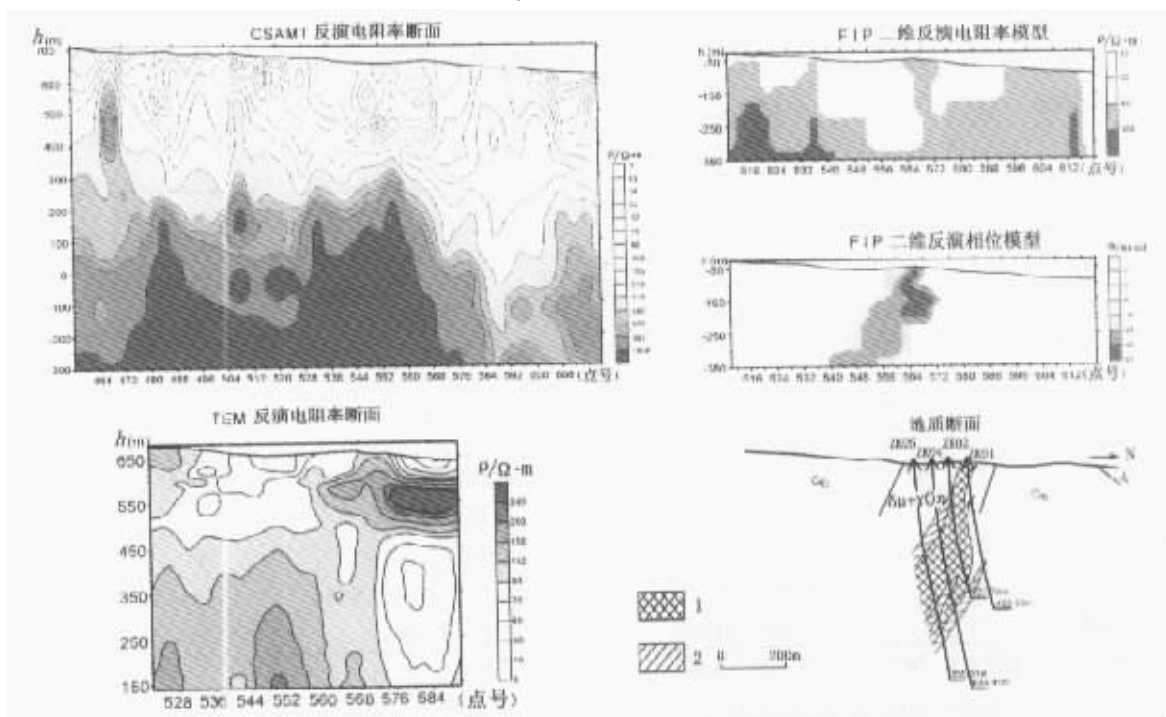


图1 土屋矿区0线电磁测深断面对比

C_{q3} —石炭系砂砾岩; C_{q2} —石炭系安山岩、玄武岩组合; $\delta\mu$ —闪长玢岩; $\gamma_0\pi$ —斜长花岗岩; J_1 —侏罗系; 1—铜矿; 2—低品铜矿

通过已知区试验,我们认为,在本区勘查工作的过程应是:首先用中梯装置的复电阻率法进行面积测量,确定激电异常在面上的分布特征,用CSAMT法给出地表以下1000 m深度范围内的电阻率分布特征,大致圈定矿体底部岩体的顶面深度,这样可以大致圈定矿体的底部埋深,最后选择复电阻率测深以给出地表下350 m深度范围内极化体的空间展布特征。这种组合可为评估储量和布署钻孔提供重要的参考依据。

4 工作成果

西磁异常是这次工作的重点区,在测区内有很强的磁异常,但ZK3101孔钻探的结果没有见到矿(图2)。由于地表存在侏罗系低阻覆盖,传统的激电法在本区效果很差。按试验区的结果,我们选择了复电阻率法和CSAMT法对本区进行勘查。从复电阻率法的结果可以看出,相位和视电阻率异常在平面上具有明显的分带性(图2),从南至北以近东西方向的带状分布。视电阻率总体为北低南高,变化范围较大。激电相位从北至南有3个异常带,它们和视电阻率的3个高阻带有一定的关系,视电阻率和相位的变化反映了岩性和矿在平面上的变化特

征,北部的低阻低极化是侏罗系的反应。3个高极化带都位于高电阻率和低电阻率的结合部,南部的高极化带是由含碳质的砂砾岩引起,中部的两个高极化带基本反映了矿的平面展布。ZK3101的部位——磁异常的中心部位,无论是在平面(图2)和反演断面(图3)上都没有激电异常显示。ZK3102见矿位置(30~670 m),在平面上位于激电异常和磁异常梯度带上,在反演断面上位于高极化体的部位。物探和钻探结果都说明西磁异常的中心不是找矿的有利地段,而西磁异常的南梯度带上是含矿的有利部位,在西磁异常南梯度带上可能存在两个东西走向的矿(化)带。

从空间上看CR测深(图3),高极化体产状陡立且垂向延伸大,高极化体(南部碳质引起的异常除外)的形态基本上反映了矿体的形态。CSAMT测深结果(图4、图5)显示,浅部的低阻覆盖向西北方向变厚,反映了向西北方向侏罗系覆盖逐渐变厚的趋势,从上至下电阻率值逐渐增加,地表电阻率最小的小于 $10\Omega\cdot m$,深部最大的超过 $10\times 10^3\Omega\cdot m$ 。深部的高电阻率基本反映了岩体的空间展布特征。高阻岩体主要分布于测区中部,岩体北部为低极化带,不是含矿的有利部位,南部对应高极化带是赋矿

的有利部位。岩体中南部从东至西(1957 ~ 1947 线)深部高阻岩体的埋深逐渐变浅,反映了从东至

西矿体延深逐渐变浅的趋势,岩体北部为东、西高,中部低的“V”字形。

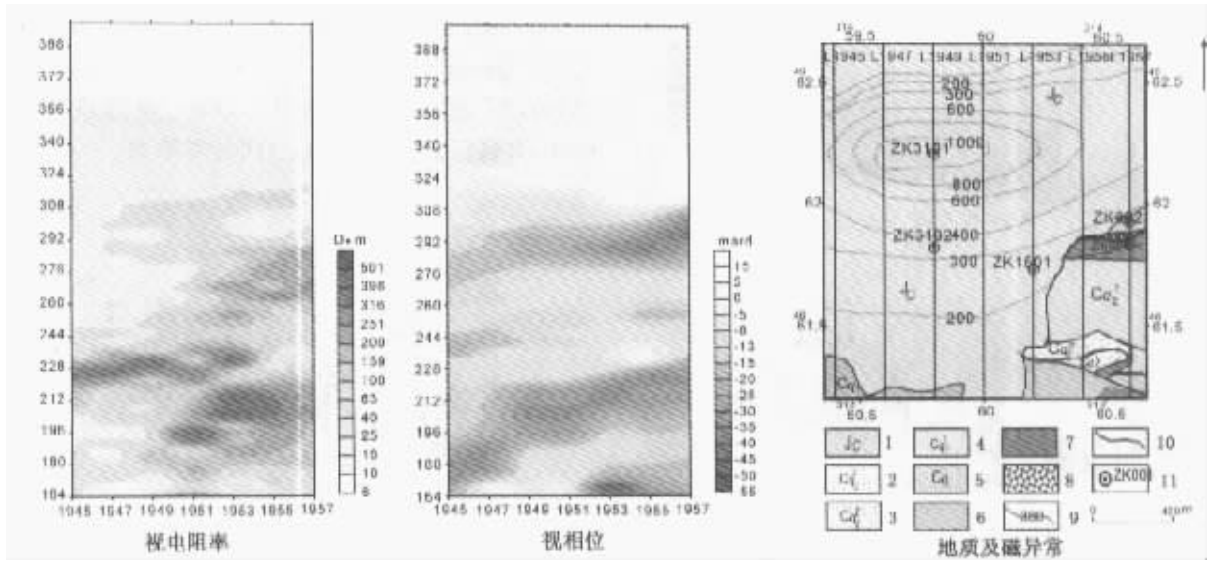


图2 西磁异常物探地质综合平面图

1—砾岩、砂岩、泥岩夹煤线 2—玄武岩、玄武岩夹安山岩 3—复成份砾岩 4—安山岩、玄武岩夹安山岩、安山质角砾熔岩 5—糜棱岩含炭质、含砾长石岩屑砂岩、砾岩 6—斜长花岗岩(铜矿化) 7—闪长玢岩(铜矿化) 8—铜矿(化)体 9—西磁异常; 10—断裂; 11—钻孔

以 CR 14 mrad 为激电异常下限圈定了 3 个激电异常带,从北至南分别定义为 I 号、II 号和 III 号异常。I 号、II 号异常可能由矿或矿化引起,两个带上的激电异常向西延深至 1945 线仍没结束,含矿的 1957 线的 ZK02 孔与 1949 线的 ZK3102 孔都处于 I 号激电异常带上,矿体的底板埋深向西呈逐渐变浅的趋势。从地质和物探异常分析,与 I 号异常带毗邻的 II 号异常带可能与 I 号异常带具有同等的找矿意义。

5 结语

综合分析本次工作的物化探成果可知:

1)土屋—延东矿区矿体与围岩的极化率存在一定的差异,因此,激发极化法是该区最为有效的勘查方法。由于矿体产于岩体之中,且品位不高,矿与围岩的电阻率差异不大,土屋矿区激电中梯测量显示矿的上方为低阻,是由较浅部 300 m 以上闪长玢岩的风化破碎引起的。

2)从 CSAMT 反演电阻率断面和实际钻探结果对比可见,富矿部位处于上部低阻和下部高阻接近中间部位的中阻段,对应矿段处明显硅化。富矿段的电阻率与左右两侧围岩的电阻率没有明显的差异,但与上下围岩的电阻率有明显的差异。

3)激发极化法虽然是该区最为有效的方法,但

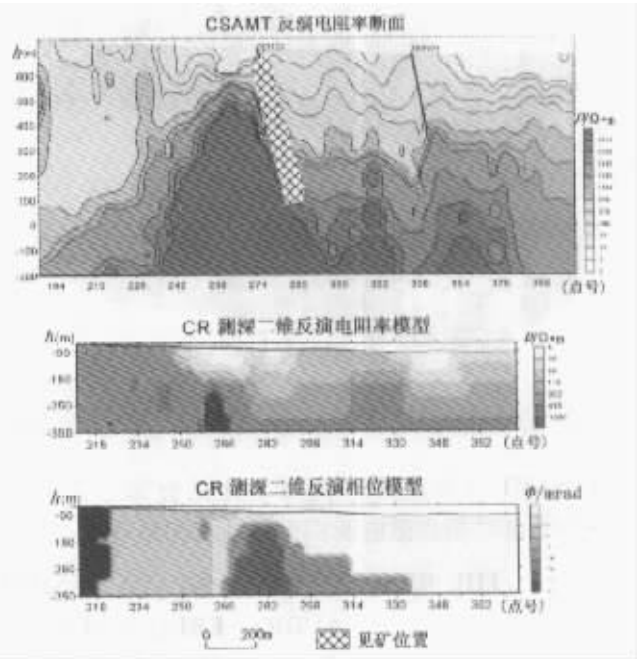


图3 西磁异常 1949 线电测深断面

受方法本身勘探深度的限制,加之本区矿体的延深较大,仅靠激发极化法不能给出矿体的下延深度,它只能大致给出 350 m 以上矿体的空间分布形态。

4)虽然本区含矿岩体与左右围岩的电性差异很小,但与底部围岩有较大的差异,利用 CSAMT 具有勘探深度大,横向和垂向分辨率较高的优点,可以

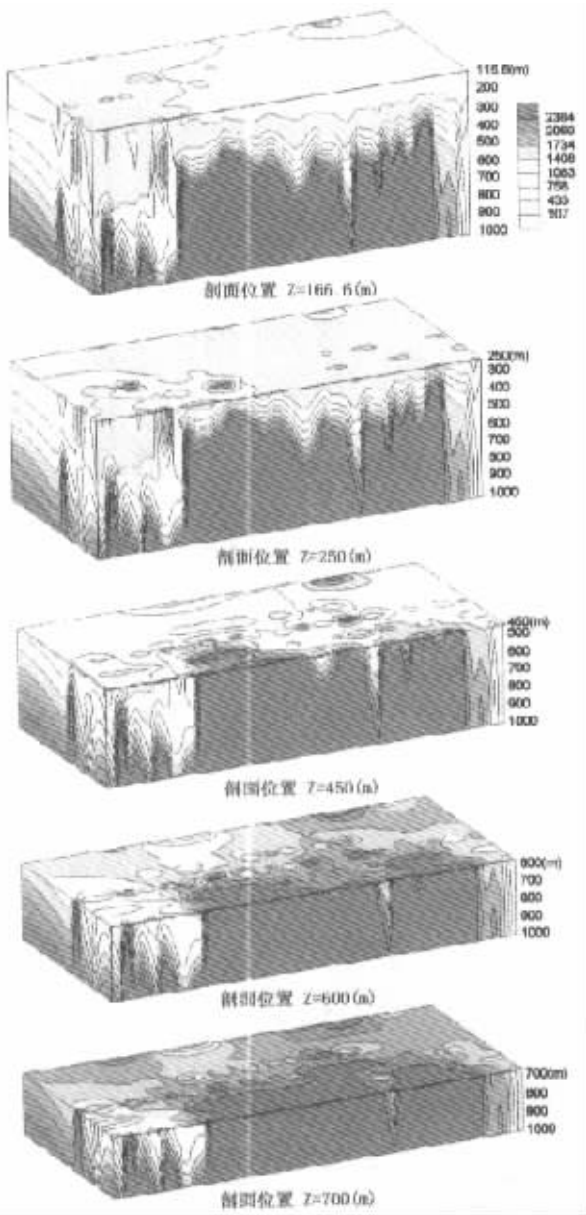


图4 延东(西磁异常)测区 CSAMT 反演电阻率立体剖面图
用 CSAMT 法圈出深部高阻岩体的分布形态。用 CSAMT 的结果和激电测深反演断面相结合可以大

致圈出含矿岩体的空间分布形态,为估算含矿岩体规模 指导钻探布置提供重要的参考依据。

5) 本区(或类似地区)勘查的物探方法程序应为:用 CR 法在外围成矿有利区带进行面积性勘查;然后在圈定的有意义的异常地段,重点进行 CR、CSAMT 测深,确定异常的空间分布形态。

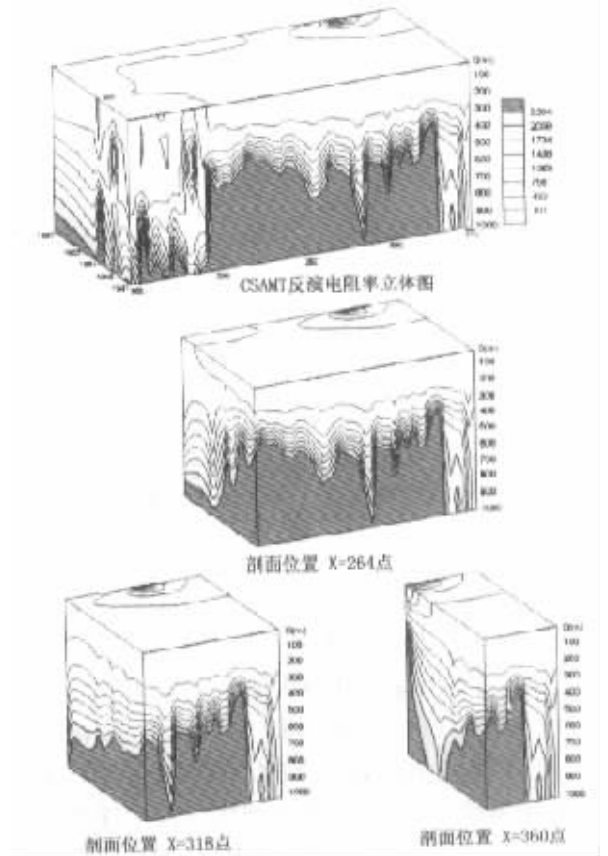


图5 延东(西磁异常)测区 CSAMT 反演电阻率立体图

[参考文献]

- [1] 何继善.可控源音频大地电磁测深[M].长沙:中南工业出版社,1990.
- [2] 李金铭,罗延中.电法勘探新进展[M].北京:地质出版社,1996.

THE RESULTS OF COMPLEX RESISTIVITY(CR) AND CONTROLLED SOURCE AUDIO - FREQUENCY MAGNETOTELLURICS(CSAMT) SURVEY IN TUWU COPPER MINING AREA

LI Ru - chuan¹ , WANG Shu - min^{2,1} , LEI Da^{2,1}

(1. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration CAGS Langfang 065000 ;
2. China University of Geosciences , Beijing 100083)

Abstract Based on the results of test in known mining area and geological conditions ,investigated the western magnetic abnormal using complex resistivity and controlled source audio - frequency magnetotellurics. Results of the survey provided useful reference for geophysical and geochemical survey and geological drilling arrangements.

Key words western magnetic abnormal ,complex resistivity ,controlled source audio - frequency magnetotellurics