

文章编号: 1001—1749(2011)03—0304—05

井~井超高密度电阻率法确定黑牛洞深部矿体的走向研究

——以四川九龙县黑牛洞铜矿为例

毛洪江^{1 2}

(1. 成都理工大学 四川 成都 610059; 2. 四川省冶金地质勘查局 606 大队 四川 彭州 611930)

摘 要: 超高密度电阻率法具有操作方便、快捷、适用性强、数据采集量大等特点。在黑牛洞里五铜矿实施进一步找矿勘探时,由于矿区地层复杂、地表地形变化大,矿体的空间走向变化也较大。通过钻探揭露的深部矿体在断面图上的连接形态有些不合理,而采用超高密度电阻率法做井~井物探探测后,对矿体空间连接的确定,起到了很好的指导作用。

关键词: 超高密度电阻率法; 深部矿体空间走向; 数据采集; 反演; 矿体连接

中图分类号: P 631.3⁺22 **文献标识码:** A

0 前言

高密度电阻率法是一种被广泛采用的物理勘探方法,具有快速、准确地测定岩土体的电阻率,能根据不同岩性层的特点进行划分,并做出客观的解释^[1]。高密度电阻率法起源于二十世纪七十年代末期的阵列电探,经过二十多年的发展,高密度电法在仪器、软件、方法及应用上,已取得明显的成绩。尤其是在近几年,高密度电法测量在各领域都得到广泛的应用。譬如在圈定岩溶分布、断层破碎带的追索、管线调查,以及物探找水、采空区、岩溶、滑坡等方面,已经取得了很大的突破^[12]。

超高密度电阻率法则,是近年来提出的一种新方法。澳大利亚 ZZ Resistivity Imaging 研发中心开发和研制的 FlashRES64 多通道、超高密度直流电法勘探和反演成像系统,首创了超高密度数据采集方式,使反演精度大大提高。61 道数据同时采集,开创了最高效的数据采集模式,它可完成直流电法的井~地和井~井勘探,在国内处于领先地位。

作者在本文选择试验研究的黑牛洞铜矿区,位于川西江浪穹隆内,属于里伍式铜矿之一。该矿区

在近几年的勘查中,虽然通过钻探工程在深部探到了富铜矿体,但对于深部矿体的连接以及深部的延伸情况,仍是亟待解决的关键问题之一。作者在本文中,将用超高密度电阻率法,通过井~井探测,研究黑牛洞铜矿深部矿体的连接以及矿体延伸情况,从而探寻深部矿体。

1 超高密度电阻率法原理

1.1 原理及特点

超高密度直流电法勘探方法,仍然是基于在人工直流电场的作用下,地表的电场分布与地下岩土介质的电阻率分布具相关性的基本原理,但它是创新的直流电法勘探方法,其主要特点如下。

(1) 超高密度电法打破了常规电法勘探中数据采集方式的限制,而是采用自由无限制的任何四极的组合方式来采集数据。因此,用该方法可采集到几十倍于常规电法数据采集方式采集不到的数据。例如同在一个 64 电极的排列中,常规的数据采集方式仅可采集到一千多个数据,而用这种超高密度的方法,就可采集到六万多个数据,从而提高了信息量。如此多的数据,大大提高了反演结果的

准确性和可靠性,避免了在常规数据采集方法中数据采集的片面性(有些偏重于横向分辨率,有些偏重于纵向分辨率等),亦避免了在同一地点采用不同采集方式采集的数据,所产生的反演结果不同的缺点。

(2) 超高密度电法彻底地抛弃了视电阻率的概念。它将所测得的大量数据,利用现代的反演技术直接反演成真电阻率剖面图,此图可直接用于地下岩土分布的分析和解释。

(3) 超高密度电法的 61 道通道技术效率更高。例如,使用常规高密度电法要测得六万个数据,就需要三个工作日。而使用 61 道仪器,采集六万多个数据,仅需要一个小时。超高密度电阻率法的数据采集过程全部自动化,程序自动将每个排列的 64 个电极,分为奇数组 32 个(1、3、5、……、61、63)和偶数组 32 个(2、4、6、……、62、64)两组,然后在这两组电极中,各选取一个作为供电电极 A 和 B,在一次通电过程中,同时测量其它电极相对于某一电极 M 的电位差(如图 1 所示),就可得到 61 个电位差(MN1、MN2、MN3、……、MN60、MN61)数据。而奇数组 32 个电极和偶数组 32 个电极互相配对(即全排列)作供电电极,即作一个排列就有 $32 \times 32 = 1\,024$ 次供电、断电过程,每次供电可同时采集 61 个电位差数据,所以,总的数据量应该为 $32 \times 32 \times 61 = 62\,462$ 个。

(4) 在井 ~ 井探测勘测时,我们将二根带有 32 个电极的电缆,分别放入待测的二个钻孔中(见图 2),数据采集时仍然按照地表数据采集的方式进行采集,所以总的的数据量仍为 62 462 个。

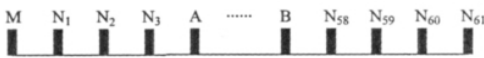


图 1 电极分布示意图
Fig.1 Schematic diagram of electrode distribution

1.2 数据的处理与解释

FlashRES64 多通道超高密度地面/井 ~ 地/井 ~ 井直流电法勘探系统的数据处理,是利用该套仪器专门配置的处理软件 FlashRES64S 进行处理。其处理结果可输出为 Surfer 能够直接调用的 grid 格式文件,再用 Surfer 绘制该剖面的真电阻率剖面图,最后利用该真电阻率剖面图,结合地质及其它物探方法的资料进行综合解释工作。

2 应用与研究

超高密度直流电阻率法用于井 ~ 井物探测试,

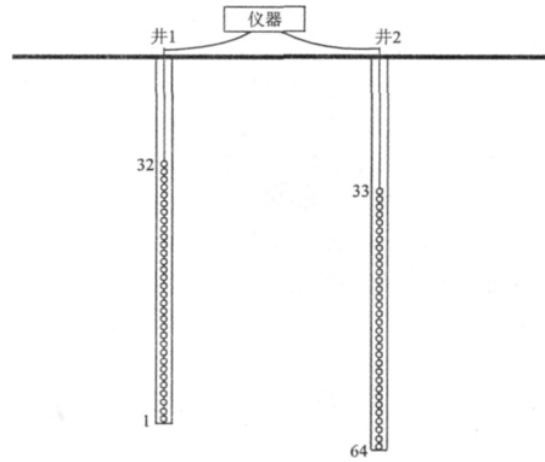


图 2 钻孔内电极排列示意图
Fig.2 Schematic diagram of electrode array within wells

取得了较好的效果。该方法普遍用于地下帷幕灌浆的检测,坝基渗漏检测等。并且在固体矿产勘查中,用于地下矿体的空间走向分析,也有较好的发展前景。

四川省九龙县里伍铜矿黑牛洞矿区,在近期的接替资源勘探中遇到的比较突出的问题,就是深部矿脉的空间走向和连接问题。矿区主要矿体埋深多在 600 m ~ 900 m 之间,有四层矿体呈似层状或透镜状产出,尖灭再现的情况较普遍。在进行成果分析时,需要确定有些矿体在空间上的走向。矿区地处高山峡谷地带,相对高差达 1 500 m 以上,峭壁峥嵘,林木葱郁,曾进行过多种地表电法的勘探工作,都皆因地形等因素而不能达到预定效果。惟有在采矿坑道内进行的充电法,能够在平面上大致圈定矿体的分布。而在断面图上,由于标高变化较大,矿体的空间延伸状态的确定较困难,即使连接上了其形态也不甚合理。为解决该问题,作者在黑牛洞矿区中心地段,选择了五个孔进行井 ~ 井物探试验。

2.1 数据采集

在进行井间探测工作时,我们分别将二根带有 32 个电极(电极距为 12 m)的电缆,放入二个待测的钻孔中,来探测二个钻孔之间区域内的电阻率分布情况。同时,分别在二个井中固定了二串电缆的位置后,做一次数据测量。一次数据的测量一共可得到约为六万对的数据量(每对数据包括一个电压值和一个电流值);一次测量可覆盖 $(32 - 1) \times 12 = 372$ m 的范围,其中 32 为电极数。单次数据测量时间约为 45 min。如果井中需要测量的范围较大,就必须在测完一次数据后,移动电缆的位置

再进行测量,这样就可以覆盖整个待测的区域。例如,作者在做 ZK205ZK 与 008 这对井~井探测时,就移动了二次电缆,以便能够覆盖整个工作区间。

野外实际测量工作电极布置示意图(深度数值是从每个井的井口算起)如图 3 所示。

(1) ZK205 与 ZK008。二孔间距为 160 m。ZK205 孔深 696 m,ZK008 孔深 785 m。为了覆盖整个测量区域,电缆移动了二次,共做了三次测量(A1-B1、A2-B2、A3-B3),得到了约十八万多对数据。

(2) ZK806、ZK604 与 ZK406。ZK806 与 ZK604 二孔间距为 130 m,ZK604 与 ZK406 二孔间距为 400 m,ZK806 孔深 834 m,ZK604 孔深 879 m,ZK406 孔深 979 m。在每对孔之间进行数据采集时,电缆均向上移动二次,做三次测量,得到约十八万多对数据。

由于此次勘探钻孔较深,在数据采集过程中放线难度较大,再加上钻孔放置时间较长,可能有少量的土掉下去,导致 ZK008 电缆未能放到孔底。作者经过多方努力,最终完成了钻孔 ZK806 与 ZK604,以及 ZK604 与 ZK406 的数据采集任务。

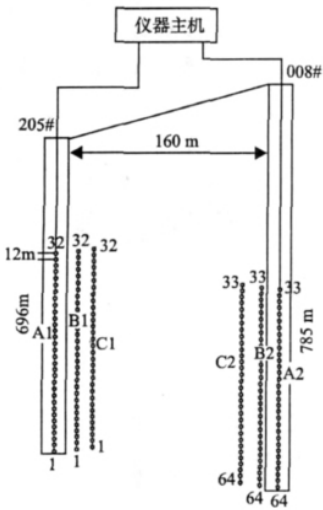


图 3 野外电极布设示意图

Fig. 3 Schematic drawing of the field electrode distribution

2.2 数据解释

(1) ZK205 与 ZK008 井间数据解释。根据现有钻孔资料,结合电阻率值,作出如图 4(图 4 可以适当放大)所示的 ZK205 与 ZK008 孔间的综合图。

从下页图 4 中可以看出:在铜锌矿、岩石和岩层分界面之间,存在较明显的电阻率差异。在图 4 中,岩层应显示为相对高阻,电阻率值在几千甚至更高;而在铜锌矿矿层和岩层分界面,应显示为相

对低阻,电阻率值在几十到几百之间。

在图 4 中,用白线圈出的区域 L1、L2 均显示相对低阻。对比钻孔资料可知,L2 区域(即 ZK205 孔深约 615 m~660 m 处)为块状黄铜矿磁黄铁矿矿石及黄铜矿化磁黄铁矿化二云石英片岩,与图 4 中的低阻显示相吻合。综合分析此次勘探的各剖面电阻率图及钻孔资料,我们推断,L1 区域可能是由于岩层分层面引起的低阻显示。

由于 ZK008 的电缆未能放到孔底,导致二孔间不能很好地探测,因此无法确定矿体走向。

(2) ZK806 与 ZK604 及 ZK604 与 ZK406 孔间数据解释。作者根据现有钻孔资料,结合电阻率剖面图,作出如图 5(见后面)所示的 ZK806 与 ZK604、ZK604 与 ZK406 孔间的综合图。

从图 5 中可以看出:①白线圈出的区域 L3、L4、…、L9 均显示相对低阻,其中在 ZK806 与 ZK604 孔间电阻率剖面图中,区域 L4(即 ZK806 孔深约 785 m~825 m 到 ZK604 孔深约 825 m~845 m 处)联通,对比钻孔资料可知,此处为块状铜锌矿及矿化石英二云片岩,与电阻率剖面图中的低阻显示相吻合;②在 ZK604 与 ZK406 电阻率剖面图中,区域 L7(即 ZK604 孔深约 830 m~850 m 处)和区域 L9(即 ZK406 孔深约 850 m~950 m 处)处的相对低阻区域,结合钻孔资料可知,此处为矿化二云石英片岩及含矿二云石英片岩,与电阻率剖面图中的低阻显示相吻合;③在 ZK806 与 ZK604 孔间电阻率剖面图中,L5 联通和 ZK604 与 ZK406 孔间电阻率剖面图中区域 L6 和区域 L8 处均的低阻显示区域,对比钻孔资料我们推断,这几个低阻区域可能是由于岩层分界面所引起的。

结合以上分析我们推断,图 5 中白色线 L3 联通可能是由于黄铜矿尖灭引起的,白色线 L4 联通为矿脉走向。由于 ZK604 与 ZK406 孔间距较大,超出超高密度井~井勘探的有效范围,因此矿脉走向的确定较困难。

3 结论及建议

(1) 作者在本次超高密度电法勘查试验中,结合了前期钻探资料进行分析,矿层、岩层及岩层分界面的位置,在反演真电阻率剖面图中都有较好的显示。

(2) 从真电阻率断面等值线图分析可知,岩石层显示为相对高阻,铜锌矿矿层显示为相对低阻,岩层分界面也显示为相对低阻,给铜锌矿体走向的

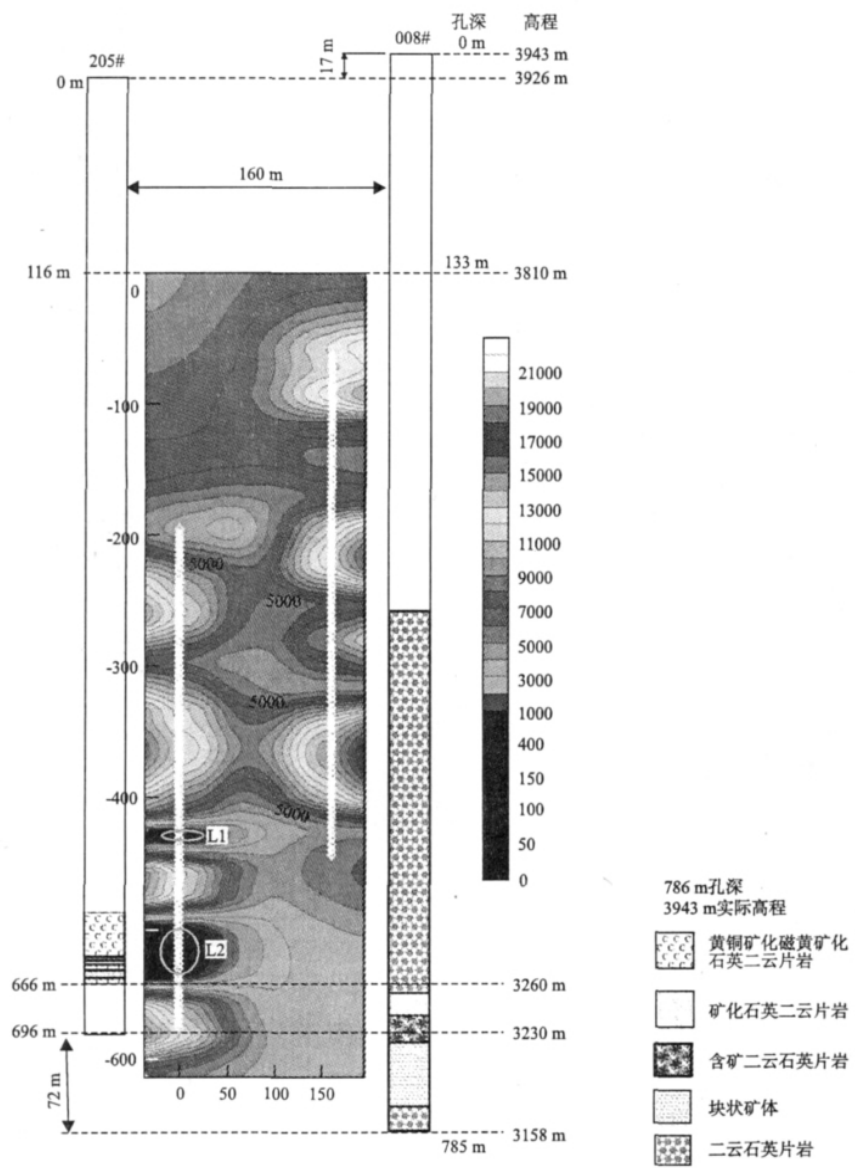


图 4 ZK205 与 ZK008 孔间综合解释

Fig. 4 Integrated interpretation result for ZK205 and ZK008

确定带来了一定的干扰,需要作进一步的比较区分。

(3) 作者在本次采用了超高密度电法进行的勘查试验工作,基本上反映出了铜锌矿矿脉的埋深及走向,表明了超高密度井~井勘探的方法,在深部找矿方面,具有极大的发展前景。

(4) 综合分析本次超高密度电法勘探的结果可知,在进行井~井探测时,井间距不宜过大,一般不应超过单孔中布线长度的1/2,而且必须保证钻孔中有水,这样才可以保证电流的顺利传导。

(5) 超高密度电法勘探不受普通电法电极装置和数据采集方式的限制,操作简单、方便,采集到

的数据量大,更重要的是可以通过井~井探测,来初步推断矿脉的空间走向。这在高密度电法勘探史上是一种新的尝试,也为今后的物探找矿工作提出了一个新的方向。

参考文献:

[1] 曹静,吴灿灿,李雪,等. 浅谈几种常用电法勘探的原理及优点[J]. 科技资讯, 2009(18): 62.
[2] 董浩斌,王传雷. 高密度电法的发展与应用[J]. 地学前缘, 2003, 10(1): 61.
[3] 孙晓昔,刘明. 高密度电法在寻找有色金属矿产方面的应用研究[J]. 地质装备, 2008, 9(4): 16.
[4] 雷旭友,李正,折京平. 超高密度电阻率法在土洞、煤

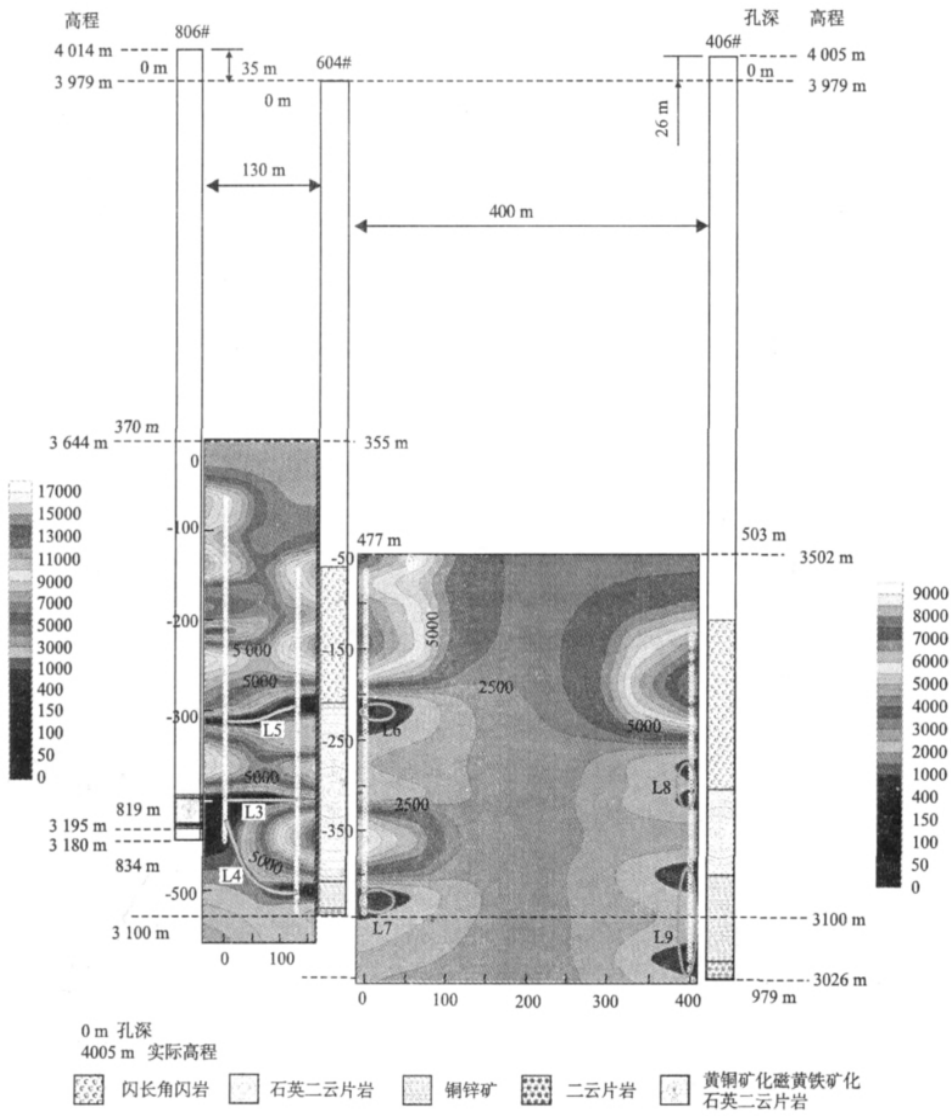


图5 ZK806、ZK604 与 ZK406 孔间综合解释图

Fig. 5 Integrated interpretation results for ZK806 ,ZK604 and ZK406

窑采空区和岩溶勘探中应用研究[J]. 地球物理学进展 2007 24(1):63.

[5] 吴冰,地-井激电法探测盲矿体的数字模拟研究[D]. 西安:长安大学 2008.

[6] 曾玉娇,李文尧,刘志荣. 高密度电阻率法不同装置在勘查中的效果对比[J]. 科技情报开发与经济, 2008, 18(18):62.

[7] 董浩斌,王传雷. 浅议高密度电法的几个问题[J]. 地质与勘探 2003(34):36.

[8] 柯敢攀,黄清华. 井~地电法的三维正反演研究[J]. 北京大学学报 2008(2):264.

[9] 胡水根. 高密度直流电阻率法技术及应用[J]. 煤碳地质与勘探 2005:80.

[10] 贾正元. 高密度电阻率法在环境工程地球物理勘探

中的应用[J]. 中国西部科技 2008 7(16):78.

[11] 任杰,李文军. 高密度电法寻找隐伏构造破碎带应用效果分析[J]. 甘肃地质 2009(2):16.

[12] 叶章,刘鸿福. 高密度电阻率法在探测多层采空区中的应用[J]. 科技情报开发与经济 2008(21):41.

[13] 雷世红. 高密度电法室内模拟与工程应用研究[D]. 河南:河南大学 2005.

[14] 阿发友. 高密度电法和地质雷达在断层及溶洞探测中的应用[D]. 贵州:贵州大学 2008.

[15] 聂在平. 电法测井数字模拟研究进展[J]. 电子科技大学学报 1995(6):1.

作者简介:毛洪江(1962-),男,四川简阳人,博士,高级工程师,从事地质调查与勘探工作。

tif programming is extremely basic and tedious, while Qt has the characteristics of highly object-oriented and modularization which make the developers easier and programming efficiency higher. Design and development of common processing module integration framework is not only suitable for the migration module integration, but also for others. So the processing module interface style, the operation and the workflow control should be consistent. The main function of the integrated interface includes job deck editing, job submission, job deletion, job monitoring and some auxiliary functions. After we abstract processing module parameters highly, the module additions and modifications become very simple by using the resource file approach and module registration. We do not need to compile the control interface repeatedly, so the system's transplant and the maintenance are very convenient.

Key words: migration system; resource file; job manage; integration interface; modul register

NATURAL NEIGHBOUR INTERPOLATION AND ITS APPLICATION TO 2D GRID OF IRREGULAR DATA

ZHANG Wei, QIN Qing-yan, JIAN Xing-xiang (College of Information and Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(3): 291

As the observation data is insufficient, two-dimensional interpolation of irregular discrete data is widely used in geophysics. In this paper, we researched and implemented a two-dimensional interpolation of Natural Neighbour algorithm, which will be applied to the MT 2D inversion real-time imaging. Example results show that the method has high accuracy, effective, fast and easy simulation of the data with terrain.

Key words: natural neighbours; 2D interpolation; data gridding

RESEARCH AND IMPLEMENTATION OF GIS-BASED LONG-PERIOD MAGNETOTELLURIC VISUALIZATION DATA MANAGEMENT PLATFORM

QIN Qing-yan, ZHANG Wei, WANG Xi-chong (College of information Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(3): 296

The paper proposes a method which applies database and GIS technology on the visual management of LMT data contrary to the shortcomings of traditional information management methods, which integrates survey sounding location with different spatial data sources such as administrative areas information, traffic information, digital elevation and tectonic information. The paper introduces the principle and process of the platform's implement, and also describes the

realization of survey points' plane projection and survey line's straight fitting. Application results show that the platform not only effectively manages data in simple and graphical ways, but also provides necessary information for the field production and data's qualitative processing and interpretation.

Key words: long-period MT; GIS; survey line projection; geological background

GUPTASARMA LINEAR FILTERING ALGORITHM IN CSAMT ONE-DIMENSIONAL FORWARD MODELING

YOU Miao¹, WANG Xu-ben¹, ZHOU Mao-lin² (1. College of Information and Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Chuanqing Drilling Engineering Company Limited Geophysical prospecting Company, Chengdu 610213, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(3): 300

The basis of One dimension CSAMT forward problem is the Hankel transformation. Now the main solution to this problem is numerical filtering method, which runs the process of solving the given length of filter coefficients for additive operations. Therefore, the selected filter coefficients affect the precision and speed of the forward calculation. In this paper we use the Guptasarma linear filter coefficients and implement the algorithm. It's verified by the models that it fits well with the forward models with a relatively short length of filter coefficients, which makes a good basis of the next work in inversion or quasi two - dimensional problem.

Key words: CSAMT; one-dimensional forward calculation; fast hankel transformation; numerical filtering

DETERMINATION OF THE SPACE TREND FOR DEPTH ORE BODY BY THE ULTRA-HIGH DENSITY RESISTIVITY

MAO Hong-jiang^{1,2} (1. Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059, China; 2. Team 606 of Metallurgy and Geological Exploration bureau, Pengzhou Sichuan 611930, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(3): 304

Ultra-high density resistivity method is a new geophysical method, the method is convenient, fast, effective, large data amount and so on. Because of the complex geologic structure and the surface topography, ore body space trend and connection is difficult to be determined. By using the well to well ultra-high density resistivity method, we have obtained the expectation result.

Key words: ultra-high density resistivity method; determination of depth ore body space trend; data excavate; repeat demonstrate; mine connection

EXPERIMENTAL STUDY ON THE IMPACTS OF ELECTRODE POSITION ON ANOMALY CURVES FOR CENTRAL GRADIENT ARRAY