文章编号: 1001—1749(2007)增刊(1)—0111—05

瞬变电磁法的现状与发展趋势

吕国印
(中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 廊坊 065000)

摘 要: 瞬变电磁法在矿产资源等勘查领域已广泛应用,成为寻找铜多金属硫化物矿床的重要方法。这里综述了国内外瞬变电磁仪器的性能和主要技术指标,简要分析了部分仪器存在的缺陷,总体上国外 TEM仪器的性能优于国内产品。国外解释软件的可视化和集成度相对较高,在实际资料反演和成像的解释方面,国内外基本处于同一水平。近期一维反演和二维电阻率成像仍是 TEM资料解释的主要手段,复杂地电条件的三维反演技术在短期内达到实用化较难。

关键词: 瞬变电磁法; 瞬变电磁仪; 解释方法; 现状
中图分类号: P 631.3^{+}25 **文献标识码**: A

0 前言

瞬变电磁法(TEM)属于时间域电磁法,它是利用不接地回线或接地线源向地下发送一次脉冲电磁场,在一次电磁场的激励下,地下导体内部受感应产生涡旋电流:在一次脉冲磁场的间隙期间,涡流电流产生的二次磁场不会随一次场消失而立即消失,即有一个瞬变过程,利用线圈或接地电极观测二次磁场,研究其与时间的变化关系,从而确定地下导体的电性分布结构及空间形态。

瞬变电磁法在西方始于上世纪 50年代,前苏联、美国、加拿大、澳大利亚等国的地球物理学家在基础理论、应用技术等方面进行了深入研究,并开展了大量应用实验工作,特别是前苏联在上世纪 70～80年代开展过大面积的测量工作。进入 80年代后,瞬变电磁法得到了迅猛的发展,又进一步拓宽了其应用领域,已广泛应用于油气勘探、矿产勘查、工程勘查、环境调查、考古探测、军事探测等诸多方面。仪器设备方面也取得很大成就,一些著名地球物理公司相继推出不同类型、用于不同领域的 TEM仪器。

瞬变电磁法是铜多金属硫化矿床的重要方法之一,国外在深部找矿勘查中,地 ～井瞬变电磁法已成为常规勘查方法。加拿大的 CRONE地球物理探矿公司用 PEM瞬变电磁仪每年都做几万米的地 ～井瞬变电磁测量工作。在加拿大萨德伯里(Sudbury)铜镍矿近二十多年来,采用地 ～井瞬变电磁法先后发现了 1 280 m深处的林兹里(Lindsley)矿体和埋深超过 2 400 m、矿石量达 1 800万 t～3 600万 t的维克多(Victor)富铜镍矿床。另外,地 ～井瞬变电磁法还在已开采的矿床之下 1 200 m～1 500 m深处发现了一处高品位的底板矿床。

1 瞬变电磁仪器的现状

随着电子技术和计算机技术的发展,近十几年来,瞬变电磁仪经过五次改进更型。性能稳定、实用可靠的商品化瞬变电磁仪器始于 70年代初期,最先推出商品仪器的为加拿大 CRONE地球物理公司,目前国内外商品化仪器大约有十几种。

加拿大 CRONE地球物理公司的 Digital PEM系统,匹配 2.4 kW和 4.8 kW二种发射机,发射机的发射电流下降沿固定模式有 200 μs、300 μs、500 μs、1 000 μs、1 500 μs五种,发射线圈为任何状态、任何大地耦合条件下,发射机都可自动调整发射电流下降沿时间保持不变,接收传感器为棒状探头,探头脚架为可调式支架,能方便地调节探头地状态以满足测量三分量的要求,工作装置主要为中心回线、定源大回线和偶极 ～偶极。配有地 ～井 TEM系统,井中三分量探头为分体式,即垂直分量和水平分量为二个探头,野外工作时每一激发回线状态下,分别测量

收稿日期: 2007-06-30

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

垂直分量和水平分量,这样相对降低了工作效率,但大大增加了安全性,由于分体式比整体式三分量探头长度短得多,因此减小了卡探头的几率。

加拿大 GEONICS公司的 EM系列,接收机型号为 PROTEM,可与 EM47、EM57、EM67发射机配套形成小、中、大功率 TEM系统,发射机自测电流下降沿时间,接收机依据发射机的自测值置入电流下降沿时间,以确定采样延迟时间的零时刻,单分量低频接收线圈为直径 100 cm空芯线圈,单分量 750 Hz高频接收线圈为直径 70 m空芯线圈,三分量探头尺寸为 70×70×30 cm,相对国内外其它品牌的瞬变电磁仪器而言,主要有三方面特色:①可同时进行三分量数据采集;②采用积分器采样,各采样道均为独立的积分器,信噪比较高;③EM47发射机:在 40 m×40 m线圈的条件下,发射电流下降沿时间为 2.5 μs。TDEM47系统是瞬变电磁法用于工程勘查的最佳仪器。三分量井中探头为一体探头。在国外使用的主要装置为定源大回线,同样也适用于中心回线装置。

澳大利亚联邦科学工业研究院的 SIROTEM-Ⅲ型瞬变电磁仪,为中功率仪器,接收探头为 50×50×50 cm的立方体,该仪器除可用于中心回线、定源大回线装置外,还可用于重叠回线装置。目前该类型的仪器已停产。

加拿大多伦多大学的 UTEM系统,发射电流波形为连续三角波,测量输出的参数为感应电动势二次场与一次场的比值,目前测量结果还无法转换成电阻率参数,该系统主要用定源大回线装置进行工作。配有三分量地-井 TEM系统。

加拿大凤凰公司的 V8多功能电法仪,专门配套了用于 TEM功能型号为 T-4发射机,用电池组提供发射机电源,发射电流下降沿时间最短为 6μs,接收探头有二种型号,中频探头 MTEM-AL,采样延时段 20 μs~800 ms,高频探头 FTEM-AL,采样延时段 6 μs~8 ms,二种探头均为空芯线圈,该系统可用于浅层工程地质勘查。

美国 ZONGE公司的 GDP-32多功能电法仪,原系统中 TEM常规数据采集方式的采样率为 30.4 μs,配套的接收探头为频带 8kHz,有效接收面积为 10 000 m^2,除此还配有 NT-20型快速关断电流的小功率发射机和电池组供电的 ZT-30型 TEM发射机,新型的 GDP-32Ⅱ接收机具有密集采样功能,采样率最高可达 1.25 μs,等间隔密集采样最多可达 2 048个。该系统虽然配有快速关断电流的小功率发射机,但缺少配套的高频接收探头。

国外的瞬变电磁仪器主要有上述六种,相对功能较为完善、性能稳定可靠的是 PEM型和 EM系列,这二种型号的仪器为专一的瞬变电磁法仪器,都有三十年左右的历史,经逐步改进完善,发展到目前真正实用型的仪器。其它类型的 TEM仪器都存在一定的缺陷,主要是发射电流下降沿时间未知,原因是在进行动源装置测量时,随大地与发射回线的耦合关系不同、回线形状变化,发射电流下降沿时间随之改变,而发射机不能自动调整下降沿时间保持不变或逐测点读取下降沿时间,另外有些系统没有配套的接收探头。

国内的瞬变电磁仪器,近年来由于市场的需求,多家大专院校、研究所和仪器生产厂家进行研制,目前勘查中或多或少在应用的有六、七种类型之多。

地球物理地球化学勘查研究所生产的 IGGETEM-20瞬变电磁仪,发射机的性能类似 PEM系统,中功率发射机发射电流下降沿固定模式有 200 μs、300 μs、500 μs、1 000 μs四种,小功率发射机可自测发射电流下降沿时间,采样率 4 μs,采样窗口包括每个延迟时间级次 10、14、20、30个采样道四种模式,目前该型号仪器为国内瞬变电磁仪中功能较完善、性能较稳定可靠的仪器。

上世纪末长沙智通技术研究所的 SD-50系统,该系统的功能类似澳大利亚的 SIROTEM-Ⅱ型瞬变电磁仪,电源为电池组,主要工作装置为重叠回线方式,发射电流基频 25 Hz、6.25 Hz、2.5 Hz三种。相对国内瞬变电磁仪而言,该类型仪器是性能较稳定的仪器,在有色系统应用较为广泛。主要缺陷是为了防止大地与回线耦合关系和回线的尺寸、形状发生变化,导致发射电流波形振荡,采用了较小的阻尼电阻,使装置的固有过渡过程较大,反映在解释结果的表征是计算的视电阻率在几欧姆米至几十欧姆米范围内,比其它电法的结果至少低一个数量级。在此基础上,长沙白云仪器开发有限公司研制出了 MSD-1型瞬变电磁仪,发射电流基频率 225 Hz、75 Hz、25 Hz、8.3 Hz、2.5 Hz、0.83 Hz、0.25 Hz,最大发射电流 20 A,记录(时窗)时间范围 0.008 ms~864 ms,最大输出电压 48 V。

吉林大学仪器科学与电气工程学院的 ATEM-Ⅱ型瞬变电磁仪,该仪器的特点:①感应段和过渡段全时域密集采样,仪器自身未进行窗口叠加处理,输出结果为等间隔单采样点的数据序列;②最大发射电流可达 80 A。

重庆地质仪器厂生产的 TEMⅡ型瞬变电磁仪,为吉林大学 ATEM-Ⅱ型瞬变电磁仪的成果转

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

化产品。

重庆奔腾数控技术研究所研制的 WTEM 瞬变电磁仪, 2006年上半年刚研发成功,主要技术指标为:最大输出电压 200 V,最大输出电流 50 A, 发射电流基频 0.062 5 Hz、0.125 Hz、0.25 Hz、0.5 Hz、1 Hz、2 Hz、4 Hz、8 Hz、16 Hz、32 Hz,同步方式电缆、石英钟、GPS三种。WTEM-1Q型小功率系统,接收发射一体机,用于浅部工程勘查。

中国地质大学 (武汉)的 CUGTEM-4型和 CUGTEM-GK1型瞬变电磁仪,是以单脉冲激发为基础发展起来的,可进行几次叠加, CUGTEM-4型最大的输出电流 200 A, CUGTEM-GK1型最大的输出电流 30 A, GPS同步方式,采样率 1 μs、4 μs、16 μs三种模式,发射电流基频 225 Hz、75 Hz、25 Hz、12.5 Hz、6.25 Hz。

西安物化探研究所的 EMRS-2型瞬变电磁仪和中国有色金属工业总公司北京地质矿产研究所的 TEMS-3瞬变电磁仪均为单脉冲激发方式,可发射几百安培的电流, EMRS-2型瞬变电磁仪主要采用装置组合是小线圈中心回线方式, TEMS-3型瞬变电磁仪主要采用装置组合是重叠回线方式。

单脉冲型在 60年代前苏联曾试用过,目前国外再未使用。单脉冲型一般脉冲电流很大,最高达几百安培,但无法采用瞬变电磁技术中普遍采用的多次叠加技术来压低干扰,所谓的大电流实际起到补充无叠加技术之不足。此类型发射的大电流是靠电容放电得到,其结果是电流波型,一般情况下不理想,由此导致的装置固有过渡过程较长,由于发射电流较大,需要接收机有非常大动态范围,否则早期信号经常会处于饱和状态被限幅。由于难以采用多次叠加技术,一般情况下晚期响应信噪比较低。

国内瞬变电磁仪存在的主要缺陷: ①至今未研制出适用于复杂环境条件下的高精度石英钟同步系统,大多数仪器的同步方式为电缆,只能用重叠回线工作装置,在大多数地质环境条件下,重叠回线装置的固有过渡过程较长,使得获取的电性断面显示较低的电阻率,尤其是深部,计算的电阻率比实际情况低几十倍,甚至几百倍; ②缺少配套的、性能稳定、频率特性满足 TEM方法要求的感应探头; ③稳定性差。

国内外常用的商品 TEM仪器的主要技术指标如表 1和下页表 2:

表 1　国内外瞬变电磁系统接收机性能表

Tab. 1　The features of TEM receivers both at home and abroad

指标 \ 机型	国外仪器				国内仪器					
内容	Digital PEM	PROTEM	V8	GDP-32^{II}	IGGETEM-20	MSD-1	ATEM-Ⅱ	EMRS-2	TEMS-3S	WTWM-1
生产单位	CRONE	GEONICS	PHOENIX	ZONGE	廊坊物化探所	长沙白云	吉林大学	西安物探所	北京有色	重庆奔腾
动态	150 dB	175 dB	144 dB	190 dB	160 dB		156 dB	160 dB	>120 dB	
A/D	16 bit	16 bit	24 bit	16 bit	16 bit		16 bit	16 bit	16 bit	16 bit
延时范围	52 μs～120 ms	6 μs～800 ms	6 μs～80 ms	6 μs～4 s	3 μs～95 ms	0.008～864 ms	感应段、过渡段全域		10～2 560 ms	
延时窗口	有四种延时系列,脉宽不同终点不同最多 45个窗口,另可自编键入新窗口系列。	20个延时窗口复盖二个时间级次, 30个延时窗口复盖三个时间级次	对数间隔固定 20个窗口复盖二个时间级次,或用户由菜单输入。	对数等间隔窗口最多 32个,算数等间隔 1.2或 1.6μs窗口可全部保留	对数等间隔每个时间级次 10、14、20、30个窗口任选	40个	等间隔密集采样			最多 50个
延时起点选定	固定方式 48μs或由键盘输入	固定方式,起点时间与 Tx发射频率有关,最早延时 6.18μs	固定方式,起点时间与采样区间选择有关	对数等间隔窗口最早延时 30.4μs,算数等间隔窗口最早延时 6μs	菜单输入最小 3μs			固定方式最小 187.5μs		
采样率	4.0μs	20/30个积分器	2.17μs	1.2μs, 1.6μs, 30.4μs三种	4.0μs		5.0μs	80μs	最高 30μs	最高 1.0μs
频带	30 kHz	700 kHz	10 000 Hz to 0.000 05 Hz	8kHz	70 kHz		13 kHz	16 kHz		50 kHz
同步	电缆、无线电、石英钟	电缆、石英钟	电缆、GPS	石英钟	电缆	电缆	电缆、GPS	电缆	电缆	电缆、石英钟、GPS
温度	-40℃～50℃	-40℃～50℃	-20℃～50℃	-40℃～45℃	-20℃～50℃	0℃～50℃		-0℃～50℃	0℃～50℃	-10℃～50℃
探头频带	25 kHz	19, 28, 700kHz		10 kHz	70 kHz		60 kHz			

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 国内外瞬变电磁系统发射机性能表

Tab. 2 The features of TEM transmitters both at home and abroad

指标 \ 机型 / 内容	国外仪器				国内仪器					
	Digital PEM	T-4	TEM67	ZT-30 (GDP)	IGGETEM-20	MSD-1	ATEM-Ⅱ	EMRS-2	TEMS-3S	WTEM-1D
生产单位	CRONE	PHOENIX	GEONIC	ZONGE	廊坊物化探所	长沙白云	吉林大学	西安物探所	北京有色	重庆奔腾
电流波形	双极性梯形波,占空比为 1	双极性梯形波,占空比为 50%、100%	双极性梯形波,占空比为 1	双极性梯形波,占空比为 1或连续方波	双极性梯形波,占空比为 1	双极性方波	双极性方波	单脉冲	单脉冲	双极性梯形波,占空比为 1
基频	25Hz, 12.5Hz, 5Hz, 2.5Hz, 1.67Hz	25Hz～0.12Hz	2.5Hz, 6.25Hz, 25Hz	32Hz, 16Hz, 8Hz, 4Hz, 2Hz, 1Hz, 0.5Hz, 0.25Hz	62.5Hz, 25Hz, 12.5Hz, 6.25Hz, 2.5Hz	225、75、2、8.3、2.5、0.83、0.25Hz	2.5kHz～1024s,共31个基频,按二倍关系变化			0.0625、0.125、0.25、0.5、1、2、4、8、16、32Hz
关断时间	固定 0.2、0.3、0.5、1.0、1.5ms 快速下降后沿,	100×100m 回线 55μs, 40×40m 回线 2.7μs,	20～150μs, Tx 边长 ≤100m	回线 100×100m, <100μs,	固定 0.2、0.3、0.5、1.0ms分档可控					1μs～1000μs
输出电压	24～120V 或 48～240V	20-100V	18～150V	14～120V	120V	12～48V	150V	600V	600V	200V
最大输出电流	20A/30A	40A	25A	30A	20A	20A	80A	900A	200A	50A
电源	2.4KW 或 4.8KW 发电机	电池组	3900W 发电机	多个 12v 电池	电池组	电池组	电池组	电池组	500W 发电机	电池组
装置组合	中心回线、大定源回线偶极	重叠回线、中心回线、大定源回线、偶极	中心回线大定源回线、偶极	中心回线大定源回线、偶极	中心回线大定源回线、偶极	重叠回线	重叠回线	重叠回线中心回线	重叠回线	重叠回线

2 数据处理和解释方法的现状

在瞬变电磁解释技术方面,一维反演和二维电阻率成像是较成熟、实用的方法,仍是目前瞬变电磁资料的主要常用解释手段。二维或三维瞬变电磁反演解释技术方面仍处于探索研究阶段,离真正实用阶段有相当大的距离。瞬变电磁的二维正演上世纪 80年就有相关报道,由于纯二维问题,在瞬变电磁法中激发源为单条或二条无限长直导线,因此不具有世纪意义。三维正演较为完善,采用积分方程、有限源和有限差分算法都已实现。二维或三维瞬变电磁正、反演存在的主要技术问题,是正演计算量过大。

二、三维的正、反演算法,自 90年代初中期以来,有基于积分方程正演算法的各种非线性和局部非线性反演算法,以及基于波场转换理论的各种偏移成像技术。这二类反演算法的优点是计算量少、反演速度快。由于积分方程正演算法仅适用于个别形体的正演,相应的反演结果也只能是反映个别异常体的图像。时间域电磁数据的波场变换,以及类似于地震偏移层析成像的时间域逆时偏移层析成像技术都有较大发展。但各种偏移成像技术在反演过程中必须通过其它方法确定背景区电阻率,因而,反演结果也只能给出主要目标体的图像。美国洛沦兹贝克利国家实验室的谢干权博士于 1997年提出的 GOLD(global integral and local differential parallel decomposition)的新算法,使得反演的速度大大提高。

目前在国内,直接在时间域分析二维、三维瞬变电磁场的研究工作和相关的文献并不多见。中国地质大学(北京)吴广耀老师在 Wang等人的基础上成功开发和研制了三维时域瞬变电磁场数值模拟计算。王华军等(2003)应用有限元法导出了中心回线装置瞬变电磁法 2.5维二次场(纯异常)算法;陈明生等(2001)直接从时间域出发,应用时域有限差分法(FDTD)研究了二维地质体的瞬变电磁响应特征;李貅等(2001)中心回线装置的拟

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

地震解释方法;杨长福等(2001)根据烟圈理论,导出三维瞬变电磁近似反演方法。

近十年来国际上研制出了一些 TEM 数据处理和解释软件。一般以二种方式存在:①软件与自身的电法仪器配套使用,主要功能是一般的常规数据处理和一维解释;②比较通用的数据处理与资料解释软件系统,比较有代表性的有美国 Interpex公司的 IX1D v3电法数据处理系统。该系统包括直流电法、瞬变电磁法、大地电磁法、频谱激电和相位激电,但其处理仅限于一维模型;澳大利亚 Encom 公司推出的 EMvision瞬变电磁法软件,主要功能为层状介质模拟、复合板状模型模拟、块状模型模拟,具体包括导电半空间中的球体的正演、层状介质的正、反演、二层大地中复合板体的正演、层状大地中块体模型的正演模拟。EMIGMA7V. 8为综合物探资料解释工作站,瞬变电磁法的软件功能包括数字滤波、阶跃响应校正、视电阻率和视深度计算、三维正演、一维反演、电导率深度成像。中科院地质与地球物理所开发的 TEM INT基于一维反演的电阻率成像软件。吉林大学地探学院开发的"GeoElectro电法数据处理系统",功能为常规数据处理和一维反演。中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所的 2. 0版本的电法工作站,瞬变电磁的功能包括一维正反演、二维电磁偏移成像、基于烟圈理论的电阻率成像。

3　发展趋势

由于瞬变电磁法是寻找铜多金属矿的有效方法之一,尤其是在深部矿产勘查方面,地 - 井 TEM 法已成为常规的勘探方法,并已取得显著的效果。对瞬变电磁法来说,随着矿业的发展,将被更加广泛的应用,要求瞬变电磁法具备较大勘探深度和较高的纵向分辨能力。对瞬变电磁仪器而言,大功率、大动态范围、高密度时序序列数据采样、三分量同步观测、低噪声仪器性能将是国外先进 TEM 仪器发展的主要趋势。国内 TEM 仪器目前应下大力气解决稳定性问题,完善仪器的功能,如石英钟同步、发射电流下降沿线性且无振荡、发射电流下降沿时间自动调整或可自测、配套探头、降低仪器内噪声等技术功能。

在解释技术方面,急需解决的重要内容之一是数据处理技术,其中关键为消除干扰噪声和装置过渡过程的方法技术,这二方面是影响解释成果质量的重要因素。三维反演解释技术将是长期的研究目标,在近期达到实用的程度可能较小。一维反演和二维电性分布成像仍将是近期主要的解释手段。三分量电阻率成像是研究的主要目标之一,目前尽管有多种仪器已实现了三分量数据采集,但对于水平分量信息的应用仍处于曲线形态特征比较的水平,水平分量能较准确的圈定导电地质体的边界和产状。电磁偏移成像和电磁波场转换解释技术需要发展和完善,它可实现复杂地电条件下的快速确定导电地质体的空间位置和基本形态。地 - 井 TEM 资料的解释方法目前主要是依据曲线形态推断目标体的空间深度和形态,以及用三分量交汇法显示导体距钻孔的距离,因此,三分量地 - 井 TEM 资料的电阻率成像和三维反演也将是研究的主要方向。

高温超导磁强计用于 TEM 法的传感器,已显示出明显的优势,可增大勘探深度 1. 5倍左右,但目前由于其抗干扰能力较差,应用范围受环境因素限制,解决好高温超导磁强计的抗干扰问题,使之能在多数干扰环境下应用,将大大推动 TEM 法在勘查应用领域的进步。

4　结论

国外瞬变电磁仪器整体性能优于国内产品,功能较为完善、性能稳定的仪器为加拿大 CRONE 公司生产的 Digital PEM 系统和 GEONICS 公司生产的 EM 系列。国内瞬变电磁仪都存在一定的缺陷,目前需要解决稳定性、石英钟同步、发射电流下降沿时间固定或自测、配套接收探头等技术问题。在解释技术方面,目前一维反演和二维电阻率成像仍是实用的解释手段,国产仪器需要完善、配套数据处理软件。纵观各种杂志和网络文献发表的 TEM 成果资料,在实际资料的反演或成像方面,国内外基本处于同一水平。人机交互三维反演解释技术可能在短期内实现,成为复杂地电条件下解释 TEM 资料的实用方法。

参考文献:

[1] 蒋邦远主编,实用近区磁源瞬变电磁法勘探[M]. 北京:地质出版社, 1998.

[2] NORTHERN Prospector, 2005, DEL Communications Inc.

[3] EXPLORATION Special 2006PDAC[J]. Mining Journal special publication, London, 2006. 2.

作者简介:吕国印(1955 -),男,教授级高级工程师,1982年毕业于长春地质学院应用地球物理系,主要从事电磁法研究工作。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

monly used in China was the time domain IP than phase IP. However along with the progress in IP meter development, the phase IP has become more and more popular nowadays, and with good exploration results obtained. The principles and technical features of array phase IP and time domain IP are briefly introduced in the paper. With a case history presented, the similarity and difference of the two methods are also made with their strong and weak points summarized.

Key words: phase induced polarization; time domain induced polarization; comparison survey

DETECTION OF WATER CONTENT IN PAVEMENT OF BITUMINOUS ROAD BY USING GROUND PENETRATING RADAR

GAO Bao-tun (Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang Hebei, 065000, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2007, 29 (suppl): 0101

Based on the EM wave reflection occurred at interface of media having different physical properties, the relative dielectric constant of road pavement could be automatically calculated by using amplitudes of radar signals. And based on the physical modeling results, a mathematical model describing the relation between moisture and dielectric constant was set up. Pavement water content of bituminous road could thus be detected by using ground penetrating radar.

Key words: ground penetrating radar (GPR); pavement detection of bituminous road; dielectric constant; water content

A RETROSPECT OF PETRO-SOUND FOR PAST TRENTY YEARS

YANG Qing-jin (Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang Hebei 065000, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2007, 29 (suppl): 0105

The course of research, test and development of Petro-Sound technology has been review in the paper.

Key words: Petro-Sonde; review

A DISCUSSION ON CURRENT SITUATION, PROGRESS AND PROBLEMS OF TRANSIENT ELECTROMAGNETIC METHOD (TEM)

LIU Gui-Qin (Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang Hebei 065000, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2007, 29 (suppl): 0108

The transient electromagnetic method (TEM) has made considerable progress due to rapid development of electronic technique, market demand and advantages of itself. A discussion on the current situation of TEM instrument and methodology, along with problems existed nowadays, has been made in the paper. Problems need to be solved urgently and a way of forward for TEM have also been discussed.

Key words: transient electromagnetic method (TEM); current situation; progress; problem; application field

CURRENT STATUS AND DEVELOPMENT TREND OF TRANSIENT EM METHOD

LV Guo-yin (Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang Hebei 065000, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2007, 29 (suppl): 0111

As an important geophysical tool, the transient electromagnetic method (TEM) has been widely used for exploration of Cu-polymetallic sulfide deposits. A review of functions and main specifications of TEM instruments both at home and abroad has been made in the paper, with their advantages and disadvantages analyzed. Generally, the performances of TEM instruments made by western countries are somewhat better than those made in China; and the visualization and integrity of soft wares of western countries are also better than those of China. However, speaking of practical data interpretations, say inversion and imaging, China stands basically at the same level with western countries. The 1D inversion and 2D resistivity imaging would still be the main measures of TEM data interpretation in the near future. The 3D inversion under complicated geo - electrical conditions would be difficult to come up to function practically in the coming few years.

Key words: transient electromagnetic method (TEM); TEM equipment; interpretation technique; current status

THE TECHNIQUE OF IMPROVING SIGNAL-TO-NOISE RATIO AND RESOLUTION FOR MARINE SEISMIC PROFILING

LIU Jian-xun (Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang Hebei 065000,

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net