瞬变电磁法在浑江盆地松树煤矿外围的应用

张作新[1],杨尚华[2],杨忠习[1],杨广进[1],裴 忠[1],田雅静[1],田 舍[3]

1. 吉林省煤田地质物探公司,长春 130033
2. 吉林省煤炭工业局,长春 130021
3. 北京市地质勘察技术院,北京 102218

摘要:浑江煤田松树煤矿外围找煤项目主要是扩大煤炭储量,该区山高林密,地表条件差,地质构造复杂,侵入体多,形成高阻电性层。通过地面地质工作了解岩性变化规律,应用瞬变电磁法,工作便捷、观测精度高、不受高阻屏蔽。用其基础理论,进行数据处理。利用钻井电性地质资料对比,从已知到未知进行连续剖面解释,从定性、定量解释,确定火山岩的分布范围,划分煤系地层区段,提供建议孔位,从而完成地质任务,为后期工作提供物理信息。

关键词:瞬变电磁法;视电阻率;剖面解释;高阻屏蔽

中图分类号:P618.11 **文献标识码**:A

Application of Transient Electromagnetic Method at Periphery of Songshu Coal Mine in Hunjiang Basin

ZHANG Zuo-xin[1], YANG Shang-hua[2], YANG Zhong-xi[1], YANG Guang-jin[1]
PEI Zhong[1], TIAN Ya-jing[1], TIAN She[3]

1. *Jilin Province Coalfield Geological and Geophysical Exploration Company, Changchun* 130033, *China*
2. *Jilin Province Coal Industry Bureau, Changchun* 130021, *China*
3. *Beijing Geological and Prospecting Technologic Institute, Beijing* 102218, *China*

Abstract: The aim of the program for exploring coal at periphery of Songshu coal mine, Hunjiang coalfield is mostly to enlarge the coal reserves. The bad surface conditions, with high montains, dense forest, and complex geological structure as well as more intrusive mass formed high resistivity layer at the site. We have understood the lithology by surface geological work. It's convenient, with high observation precision and not being guarded by the high resistivity layer to use the transient electromagnetic method. The data handles depending on the basic theory. With comparing well electric data with known geologic data, the continuous profile has been interpreted from known data to unknown, the distribution region of lava has been mapped, the coal -bearing series has been divided and the suggestion hole has been provided, which made us accomplish the plan and supply geophysical information for the further work.

Key words: transient electromagnetic method; apparent resistivity; profile interpretation; high resistivity guard

浑江煤田松树镇煤矿已探明的储量经多年开采已接近尾声,为扩大储量,在矿区外围开展新的一轮普查工作。由地面地质工作出露的地层见到含煤系地层。由于后期构造影响,岩浆活动频繁,侵入岩系对煤层破坏较严重。鉴于上述地质条件,本区先开展物探工作。应用瞬变电磁法研究该区煤系地层的分布范围,火成岩的分布范围,断裂构造分布规律,煤系基底的起伏形态。

作者简介:张作新(1948-),男,吉林长春人,高级工程师,主要从事地球物理勘查工作.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1 地质概况

1.1 地 层

浑江盆地处在华北地台东部,赋存着石炭—二叠系煤系地层。研究区周边出露不同时代的地层,由老至新叙述如下:

奥陶系(O):以灰色灰岩为主;

石炭系本溪组(C_2b):以黑色、深灰色页岩为主,夹薄煤层;

太原组(C_3t):以灰色砂岩、页岩、黑灰色页岩及煤层组成;

二叠系山西组(P_1s):以灰色、灰白色砂岩、页岩、黑色泥岩组成,含煤数层,多层可采;

石盒子组(P_2s):以黑灰色粗砂岩、泥岩、页岩及煤组成;

三叠系小营子组(T_3x):以灰绿色细—粗砂岩、灰色页岩(含煤层)、砾岩组成;

第四系(Q):以近代冲积层、砂土、砾石组成。

1.2 岩浆岩

该区岩浆活动强烈,岩性为玢岩,以侵入为主,侵入时期为燕山期,侵入形式以岩床、岩墙为主,岩床侵入古生代煤层中,对煤破坏较严重,岩墙呈高角度条带状,切穿古生代、中生代各套地层。

1.3 构 造

研究区地处中朝准地台,太子河—浑江凹陷褶断束(浑江盆地),松树向斜北部。总体趋北东向,向东倾没,向斜南翼走向近东西,向北倾斜;向斜北翼走向为北东向,向南东倾斜。南翼煤层露头在横道河子附近,被中生代煤系掩盖;北翼煤层露头在研究区西侧,为白垩系火山岩系及第三系玄武岩所覆盖。

2 瞬变电磁法勘查及数据处理

2.1 瞬变电磁法勘探原理

瞬变电磁法(transient electromagnetic methods,简称TEM),近年来国内外发展很快,地质效果较好,它是利用一不接地回线发射一次电磁场,在一次电磁场的间歇期间利用不同回线接受二次感应磁场,该二次电磁场是由地下良导体受激励引起的涡流所产生的非稳定磁场。该区侵入体(岩床、岩墙)玢岩呈高电阻率,用瞬变电磁法是最好的选择。

2.2 瞬变电磁场及视电阻率

瞬变电磁场可视为不同频率的谐变电磁的组合频率域电磁场,经傅氏变换得

$$F(\omega)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}f(t)e^{i\omega t}dt。$$

上式经傅氏反变换转为时间域得

$$f(t)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}f(\omega)e^{-i\omega t}d\omega。$$

式中:t 为时间,ω 为角频率。

二次场 $G(\omega)$ 与频率的关系:

$$G(\omega)=F(\omega)\cdot H(\omega)。$$

式中:$H(\omega)$ 为频率响应函数。

视电阻率的表达式如下:

$$\rho_t=\frac{\mu_0}{4\pi t}\left(\frac{\mu_0 mq}{5tv(t)}\right)^{2/3}。$$

视深度 h_i 的表达式为

$$h_i=\left[\frac{3mq}{16\pi V(t)s_i}\right]^{1/4}-\frac{t}{\mu_0 s_i}。$$

式中:μ 为导磁率;t 为时窗时间;m 为发射磁矩;q 为接收线圈的有效面积;$V(t)$ 为感应电压;S_i 为视纵向电导。

瞬变电磁法通过上述公式,对观测的数据各个测点时窗、瞬时感应电压可转换成视电阻率、视深度进行反演计算,获得各个界面深度。如果已知原场值和频率响应,可转换成感应的二次场。

3 典型实测剖面解释

通过实测的二次场经理论计算获得视电阻率(ρ_t),绘制视电阻率剖面图。经过已知钻孔做孔旁测深视电阻率剖面图,与钻孔地质层位对比,获得该区内的电性参数:第四系表土视电阻率为20～50 Ωm,燕山期侵入岩体视电阻率较高,达400～2 000 Ωm;二叠系粗砂岩视电阻率在200～400 Ωm之间变化,二叠系煤系地层粉砂岩、细砂岩、页岩、泥岩、煤层视电阻率在50～200 Ωm之间变化,奥陶系灰岩视电阻率在200～400 Ωm之间变化。从电性特征分析,煤系地层与上、下岩层及侵入体电性差异明显,为解释工作提供了信息,在此基础上将实测各点、线视电阻率与孔旁电性信息对比,进行定性定量解释,判定电性-地质层位,最终达到定量解释之目的。

3.1 孔旁电性层与地质层位对比

在S7号钻井做孔旁试验,通过测试见图1。视电阻率由上向下呈高阻—低阻—高阻—低阻变化趋势。在测道25～50区间,视电阻率为200～600 Ωm,呈高阻,对应地质层位为石盒子组粗砂岩,或侵入体玢岩;测道50～75区间,视电阻率为150～200 Ωm,呈低阻,对应地质层位为石盒子组泥岩、页岩及煤

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

层；测道75～100区间，视电阻率为260～400 Ωm，呈高阻，对应地质层位为粗砂岩，主要是侵入体玢岩；测道100以下，视电阻率为低阻，在200～25 Ωm之间变化，对应地质层位主要是二叠系山西组粉砂岩、泥岩、页岩煤层及石炭系本溪组细砂岩、页岩。

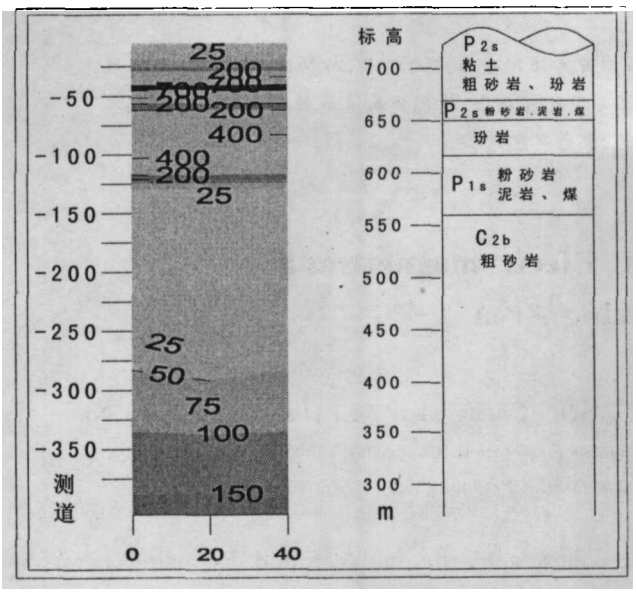

图1　S7号孔旁测深电性层与地层对比

Fig. 1　Comparing between electric sounding aside of the S7 well with the stratum

3.2　实测7线剖面解释

该剖面长1.7 km，走向东西（图2）。由视电阻率剖面图总体趋势，剖面上段视电阻率呈高阻，在800～600 Ωm之间，依据钻井资料对比分析，对应的层位是侵入体，在剖面上呈岩床反映。在测点1～23号点、28～35号点呈高阻，解释为岩床。在测点1～5号点对应视电阻率剖面测道100～350；在测点10～17号点间，测道100～350；在测点22～35号点间，测道100～350。以上之区段视电阻率为100～300 Ωm，依据钻井资料对比，解释为石炭系本溪组、二叠系山西组、石盒子组地层（图2）。图2中，横标250～400；950～1 050；1 400～1 750，这三段视电阻率呈高阻，一般在500～900 Ωm之间变化，依据钻井资料推断解释为侵入体；在横标950～1 050段视电阻率等值线直立，呈高阻，依据钻井资料及岩性出露情况，解释为岩墙。

全区所有剖面解释，依据孔旁测深曲线和钻孔柱状及测井曲线建立的模型进行正、反演拟合计算，得出全区地电模型及拟合计算比值，再对全区实测曲线进行反演拟合计算，得出各测点目的层的深度，即各个界面深度。

平面分析选100号测道及200号测道实测视电阻率值绘制二张平面图。由平面图分析，呈现不同形

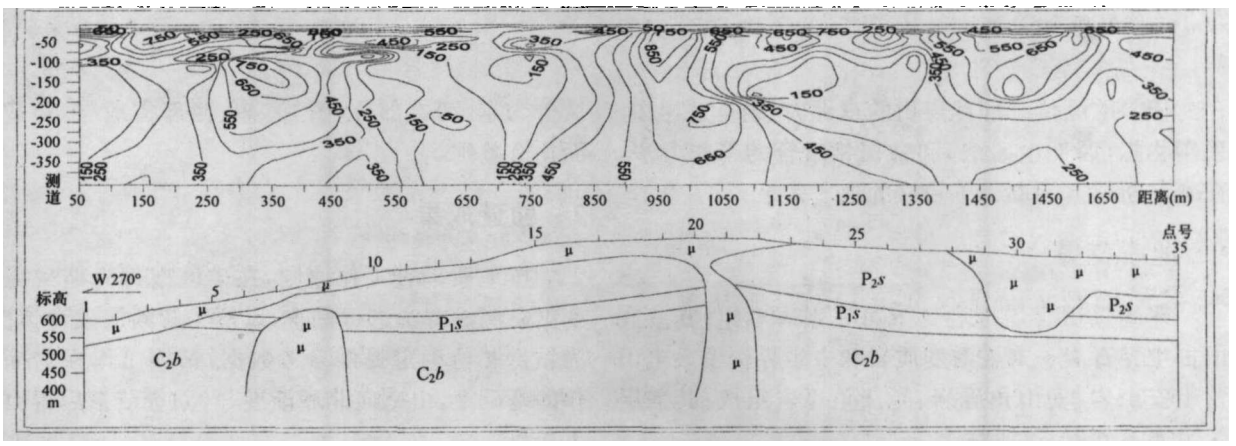

图2　松树煤矿7线视电阻率及推断地质剖面

Fig. 2　The apparent resistivity and interpreted stratum on profile 7 of Songshu coal mine

态的强场区（即是高电阻率值区）及不同性质的弱场区，通过等值线的分布趋势，视电阻率高值区判定为侵入岩体的展布方向。对弱场区视电阻率低值区解释为含煤系地层分布区。

4　结　语

浑江煤田处在中朝准地台，属华北聚煤带，是晚古生代成煤的良好区段。应用瞬变电磁法在松树煤矿外围开展煤炭资源普查工作，一是为矿区寻找新的煤炭资源，二是在火山岩发育区研究高阻岩性分布规律，圈定侵入岩体的空间位置，也就是了解火山岩对煤系地层的破坏和影响。

（下转32页）

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

向145°,向NE倾,倾角78°,落差在55线附近为235 m,位于55－6附近落差最大达300 m,由该点向北西渐变为200 m,向南东渐变为250 m,至南部边界落差为235 m,控制点5个,控制程度可靠。

F6:位于本区北部,斜跨55线,切割F3断层,区内延伸长度2.1 km,走向145°,向SW倾,倾角75°,落差在55线附近为105 m,向南东逐渐尖灭,控制点2个,控制程度较可靠。

3 勘查成果对比分析

由于瞬变电磁勘查仅限于矿区南部边缘,受数据采集的局限,处理、解释的成果亦仅局限于矿区南部5 km×1.5 km的矩形范围内,因此,确定的断层在走向上有一定的误差。通过上述成果对比分析认为,瞬变电磁解释确定的4条断层除DF1外,其它3条断层与钻探查明的断层基本吻合(图1)。

DF1:由于落差较小,钻探在详查阶段因基本工程线距不能达到控制程度,钻探成果中没有断层迹象,因此,该断层钻探暂无法验证。

DF2:与F1基本对应,走向、倾向相差27°,区内延伸长度、倾角及落差均相近。

DF3:与F5基本对应,走向、倾向相差37°,由于是推断断层,故其延伸长度、倾角及落差不详。

DF4:与F4基本对应,走向、倾向相差30°,由于是推断断层,故其延伸长度、倾角及落差不详。

另外,在矿区中南部,瞬变电磁测线3、4线的北端,钻探发现的断层F2,在瞬变电磁成果中没有显示,这说明单一的物探手段必须结合钻探及其他手段才能取得较好的勘查效果。

4 结束语

依力矿区以往只有地面地质填图资料,是无钻探工程控制的空白区,在矿区勘查时,首先采用物探方法施工是符合相关的勘查规范的,其成果对钻探工程布置、施工有一定的指导作用,而钻探成果是对物探成果的验证和补充,二者相结合,能使勘查成果质量有很大的提高。

(1)本次勘查瞬变电磁方法起到了较大的作用,确定的断层成果可以使钻探工程有的放矢地布设,避免了盲目布孔所造成的浪费,缩短了勘查周期。

(2)在地质勘查工作中,采用物探和钻探及其他辅助手段相结合,能达到事半功倍的效果。

(3)如果在矿区内全面开展瞬变电磁勘查工作,物探与钻探成果对比的效果将更加明显。

(4)建议在今后的勘查工作中,适当选择物探工作方法进行前期勘查工作,为钻探提供依据。

参考文献:

[1] 裴忠,等. 吉林省珲春煤田依力矿区瞬变电磁测深勘查报告[R]. 2005.

[2] 王举,等. 吉林省珲春市依力矿区详查报告[R]. 2006.

(上接29页)

通过本次勘查工作,充分发挥瞬变电磁法的优点。该区地表起伏较大,采用中心回线装置,基本不受地形影响,不受高阻屏蔽影响。圈定高阻局部异常,分辨低阻异常,判定断层位置倾向,都有其一定的地质效果。从经济效益讲,该方法便捷,观测精度高,生产效率快,比直流电法优越。

参考文献:

[1] 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1988.

[2] 武汉地质学院金属非金属物探教研室. 电法勘探教程[M]. 北京:地质出版社,1980.

[3] 黄仲良. 石油·重磁·电法勘探[M]. 东营:石油大学出版社,1999.

[4] 王兴泰,等. 工程与环境物探新方法新技术[M]. 北京:地质出版社,1996.

[5] 张作新. 重磁法在褐煤区中寻找烟煤的应用[J]. 东北煤炭技术,1997(4).

[6] 李慧杰,张作新,等. 敖化—密山断裂带地质及地球物理特征分析[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2004,34(增刊).

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net