



CSAMT在内丘地热勘查深部构造中的应用

梅久娟 李鹏 孙晓磊 庄丁源

河北省地矿局国土资源勘查中心, 河北石家庄 050000

[摘要] 本文主要介绍了可控源音频大地电磁(CSAMT)在深部构造勘查中的应用,以河北省内丘县鹊山湖阿尔卡迪亚国际度假酒店地热勘查为例,在以往资料的基础上,查明工作区地下地质构造的分布情况,通过物探勘查资料分析,测量结果与已知地质信息有较好的对应关系,电性剖面反应明显,基本查明了工作区内地质构造的空间分布特征。

[关键词] CSAMT; 卡尼亚视电阻率; 地质构造; 地球物理特征

Abstract: This article mainly introduces the controlled source audio frequency magnetotellurics(CSAMT) in deep tectonic survey, and takes the geothermal survey of the Alcadia International Resort Hotel in Yashan Lake, Neiqiu County, Hebei Province as an example, based on the previous data, to find out the distribution of underground Geological structures in the work area. Through the Geophysical survey data analysis, the measured results have a good correspondence with the known Geological information, and the electrical profile reacts significantly, basically identifying the spatial distribution characteristics of the geological structure in the work area.

Key words: the controlled source audio frequency magnetotellurics(CSAMT) Karnia apparent resistivity Geological Structure Geophysics

1 工作区地质概况

1.1 地层

工作区位于河北省邢台市内丘县西丘村附近,本区地表被第四系黄土覆盖,基岩为古生界二叠系、石炭系、奥陶系等地层。根据收集到的已知地质资料,该区域地层自上至下分别为新生界第四系(Q)、古生界二叠系(P)、石炭系(C)、奥陶系(O)、寒武系(C)、中元古界长城系(ch)等。

1.2 构造

与新华夏系NNE向挤压带伴生的两组扭性断裂,在第二沉降带西部组成了一系列地堑状构造和地垒式构造,形成一系列断陷盆地,石炭二叠系煤层得以保存于断陷盆地中。工作区内存在断裂,以构造断裂发育为主,且以张性及张扭性断裂为主,整个工作区显示了略具波浪状起伏的复杂断块构造特征。工作区处于山西陆台东部边缘,是内丘隆起山地与平原的连接地带,受燕山运动影响,基岩造成复杂的褶皱和断裂,节理发育,工作区西北部为太古界变质岩,东南部为覆盖达数百米的历代沉积岩。

工作区西北、东北、东部以及东南部均分布有几条走向大致平行、密集排列的张扭性断裂,这些断裂分别组成几组断裂带,切割了不同岩层,使工作区西北及东南部含煤地层分别与太古界片麻岩和奥陶系石灰岩直接接触,东北部新生界第四系地层厚度剧增。此断裂带将工作区分成南北两部分,南部相对抬升,北部下降。

地层走向总趋势由北向南由北西转为北北东,倾向由北东转为南东,略称向东凸起的弧形,地层平缓,倾角一般在 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 之间。在断层附近,地层产状有不同程度的变化,采掘揭露,较大断裂倾角可达 30° 。

本次工作区位于东庞矿东部属于边界断裂,工作区由中小规模的断裂构造存在。区内奥陶系灰岩与北部的新元古界变质岩系对接,补给甚微,为阻水断层,这些断层使地层由西向东逐次下降呈台阶状。

工作区边界断裂带由F39、F1、F2等三条断层组成,三条正断层大体平行排列,倾向一致,走向 $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$ E。F39断层落差数千米,应为主干断裂,F1、F2是其派生构造。这些断层使地层由西向东逐次下降呈台阶状。

1) F1正断层

位于工作区西北部边界断裂带上。本断层走向呈 $N35^{\circ} E \sim N55^{\circ} E$ 方向,倾向 $S55^{\circ} \sim S35^{\circ} E$,倾角 70° ,落差 $75 \sim 170$ m,区内延伸长度约1000m。

2) F2正断层

为东庞井田西北部边界,走向呈 $N35^{\circ} E \sim N55^{\circ} E$ 方向,倾向 $S55^{\circ} E \sim S35^{\circ} E$,倾角 70° ,落差 $20 \sim 220$ m,区内延伸长度约1000m。

3) F39正断层

为本次工作区的边界断层。走向 $N40^{\circ} E \sim N35^{\circ} E$ 方向,倾向 $S50^{\circ} \sim S55^{\circ} E$,倾角 70° ,落差大于500m,使

区内奥陶系灰岩与新元古界的变质岩直接接触，区内延伸长度约 1000m。

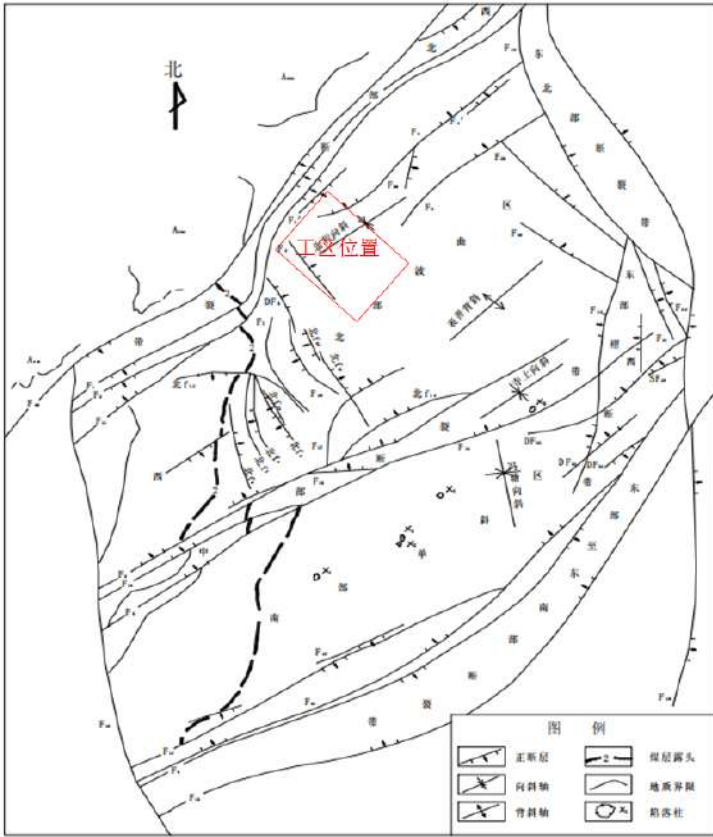


图 1 工作区地质构造图

2 地球物理特征

根据收集到的地质资料及钻孔资料，工区内西北部为片麻岩变质岩地层，电阻率为相对高阻，东南部地层上层为新生界第四系地层、新生界地层之下即为石炭系和奥陶系灰岩地层。正常情况下，纵向上新生界表层视电阻率较低；奥陶系地层以灰岩为主，地层的电阻率较高。整套地层的电阻率在纵向上呈现为低~中~高的特征反映，这说明该区岩性有明显的电性差异，适合开展物探工作。

当地层完整，没有地质构造时，电阻率断面地层电性特征明显（见图 2）。

正断层接触带内裂隙发育，岩石较破碎、疏松。局部会出现明显的含水构造，由于裂隙水体的导电性良好，使得纵向和横向都打破了原有电性的固有变化规律，并有局部低阻异常沿断层破碎带向深部延伸的变化特征，一般情况下表现为相对低阻（如图 3）。

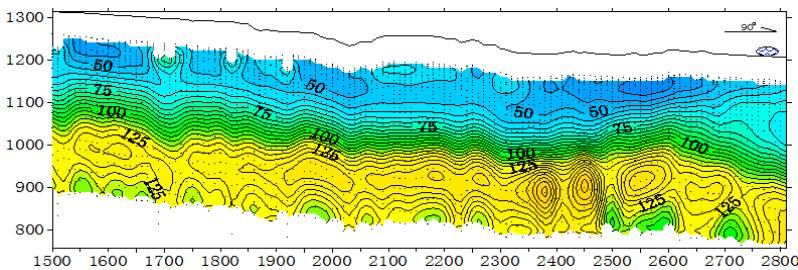


图 2 完整地层地电断面

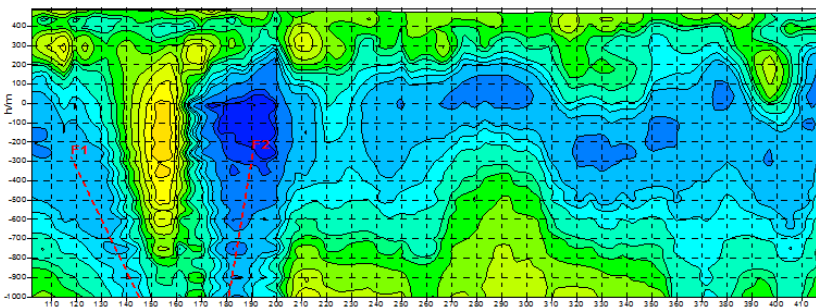


图 3 断层地电断面

3 测线布置

根据断层的走向和分布特征,垂直其走向共布置可控源电磁测深剖面三条,其中 I 线长 1.75km,物理点 36 个; II 线长 2.05km,物理点 42 个; III 线长 2.35km,物理点 48 个。

4 资料分析

4.1 试验剖面激电应用效果

通过对原始数据资料的认真分析与处理后,绘制了卡尼亚视电阻率断面等值线图(图 4),结合所收集的地质资料,对剖面异常进行分析与解释。图中横轴为剖面点号,纵轴为高程。纵、横坐标均乘 1000 为实际高程和点号。

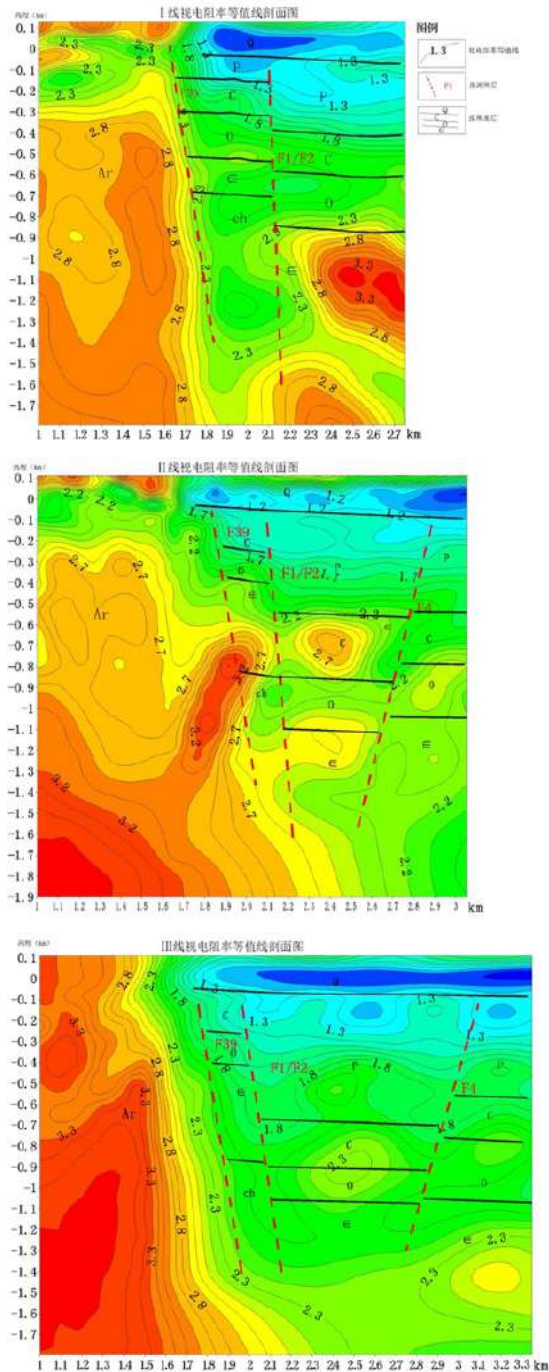


图 4 卡尼亚视电阻率断面等值线图

I 剖面起点点号为 1000 (NW), 终点点号为 2750 (SE), 剖面走向 NW-SE。整条剖面电性结构明显, 纵向上表现为四个电性结构层, 视电阻率为低—中—高型。地表视电阻率为中低阻, 视电阻率对数值小于 1.3, 厚度小于 150m, 为新生界第四系地层, 局部砾石层含水视电阻率值相对较低。第二层视电阻率为中阻, 视电阻率对数值为 1.3-1.8, 厚度 200-400m 左右, F1/F2 断层的上盘厚度较大, 推断为古生界二叠系或石炭系地层。第三层视电阻率值较高, 表现为中高阻层, 视电阻率对数值为 1.8-2.2, 埋深为 350m 左右, 推断为奥陶系灰岩界面, 由于断层的错断使其在断层上下盘的深度变化较大。由于灰岩中溶洞和裂隙中含水导致其中局部视电阻率值较低。第四层视电阻率值较高, 表现为高

阻层,视电阻率对数值大于2.2。埋深为550m左右,推断为寒武系及其以下地层的综合反映。

横向上视电阻率存在明显的梯度变化,在1850点到1950点之间存在一个电阻率梯度变化带,电阻率值较低,相对为一个低阻体。推断此处存在一个断层,由于断层破碎充水使其电阻率变低,根据收集资料推断为F39号断层,断层倾向南东,为张性正断层。2100点附近同样存在另一个电阻率梯度异常带,推断为已知F1、F2断层的综合反映。1000点到1850点之间的高阻体为片麻岩变质地层,埋深200-300m之间存在一个相对封闭的低阻异常体。

II剖面起点点号为1000(NW),终点点号为3050(SE),剖面走向NW-SE。整条剖面电性结构明显,纵向上表现为四个电性结构层,视电阻率为低一中一高型。地表视电阻率为中低阻,视电阻率对数值小于1.3,厚度小于150m,为新生界第四系地层,局部砾石层含水视电阻率值相对较低。第二层视电阻率为中阻,视电阻率对数值为1.3-1.8,厚度200-500m左右,F1/F2断层的上盘厚度较大,推断为古生界二叠系或石炭系地层。第三层视电阻率值较高,表现为中高阻层,视电阻率对数值为1.8-2.2,埋深为350m左右,推断为奥陶系灰岩界面,由于断层的错断使其在断层上下盘的深度变化较大。由于灰岩中溶洞和裂隙中含水导致其中局部视电阻率值较低。第四层视电阻率值较高,表现为高阻层,视电阻率对数值大于2.2。埋深为500m左右,推断为寒武系及其以下地层的综合反映。

横向上视电阻率存在明显的梯度变化,在1850-1950点、2200点和2700-2800点之间分别存在一个电阻率梯度变化带,电阻率值较低,表现为相对低阻异常。推断此处分别存在一个断层,由于断层破碎充水使其电阻率变低,根据收集资料推断1850-1950点的低阻梯度异常带为F39号断层,2200点的低阻梯度异常带为F1和F2断层的综合反映,断层倾向南东,为张性正断层。2700-2800点的低阻梯度异常带为已知F4号断层向西延伸或北程向斜的反映。同样在1000点到1850点之间的高阻体为片麻岩变质地层,埋深190m左右存在一个相对封闭的低阻异常体。

III剖面起点点号为1000(NW),终点点号为3350(SE),剖面走向NW-SE。整条剖面电性结构明显,纵向上表现为四个电性结构层,视电阻率为低一中一高型。地表视电阻率为中低阻,视电阻率对数值小于1.3,厚度小于150m,为新生界第四系地层,局部砾石层含水视电阻率值相对较低。第二层视电阻率为中阻,视电阻率对数值为1.3-1.8,厚度300-600m左右,F1/F2断层的上盘厚度较大,推断为古生界二叠系地层。第三层视电阻率值较高,表现为中低阻层,视电阻率对数值为1.8-2.2,埋深为700-900m左右,推断为石炭系界面;随后电阻率之间抬升,表现为中高阻,推测为奥陶系灰岩界面。由于断层的错断使其在断层上下盘的深度变化较大。由于灰岩中溶洞和裂隙中含水导致其中局部视电阻率值较低。第四层视电阻率值较高,表现为高阻层,视电阻率对数值大于2.2。埋深为900~1000m左右,推断为寒武系及其以下地层的综合反映。

横向上视电阻率存在明显的梯度变化,在1900点、2100点和2700-2800点之间分别存在一个电阻率梯度变化带,电阻率值较低,表现为相对低阻异常。推断此处分别存在一个断层,由于断层破碎充水使其电阻率变低,根据收集资料推断1900点的低阻梯度异常带为F39号断层,2200点的低阻梯度异常带为F1和F2号断层的综合反映,断层倾向南东,为张性正断层。2700-2800点的低阻梯度异常带为已知F4号断层向西延伸或北程向斜的反映。同样在1000点到1850点之间的高阻体为片麻岩变质地层,片麻岩中存在一个视电阻率梯度变化异常带。

通过对三条CSAMT数据资料进行认真分析与处理后,结合所收集的地质资料,将三条剖面按照实际位置对应起来,可以看出,断面之间的相关性较好。遵循由已知到未知、由点到面的解释原则,对剖面进行综合对比分析解释。

根据前述剖面异常特征解释,在工作区范围内剖面的西北部为片麻岩变质地层出露或埋深较浅,且局部存在相对封闭的低阻异常体或视电阻率梯度变化带,分析可能为局部含水或隐伏小构造造成。工作区内剖面中奥陶系灰岩的顶面埋深为350m左右,由于奥陶系灰岩岩溶和裂隙水较发育,岩溶水矿化度较高,导致其中局部视电阻率值较低,并且由于断层的错断使其深度变化较大。寒武系的顶面埋深为550m左右。在三条剖面的2000-2300点,埋深700-1200m均存在一个明显的相对低阻异常体,其中,I线的低阻体埋深为700-1500m左右,推断可能为断层附近奥陶系灰岩岩溶或裂隙相对富水所致,由于深部热源的对流交换,断层附近可能存在地热异常。

横向从西北到东南存在两条明显的视电阻率梯度变化带,推断为断层(断裂带),断层附近地层破碎,断层和溶洞为地下水主要运移通道。

5 结论

通过以上资料分析,基本查明了断层分布情况,与已知断层位置对应较好,充分说明了CSAMT在深部构造中勘查的准确性和有效性。

[参考文献]

- [1] 李鹏等 河北省内丘县鹊山湖阿尔卡迪亚国际度假酒店地热勘查可控源勘查工作报告 河北省地矿局国土资源勘查中心
- [2] 刘国辉等 地下水资源电法勘探新技术 河北地质大学
- [3] 何继善 广域电磁法和伪随机信号电法 中国工程院