

冀北拗陷大地电磁测深研究

杨 生¹ 姚治龙² 刘俊昌³

(1. 有色金属矿产地质调查中心北京中色物探有限公司, 北京 100073 ;
2. 西北有色地质勘查局物探队, 陕西 西安 710068 ;
3. 华北有色地质勘查局物探公司, 天津 300181)

摘要 :根据冀北拗陷化皮-翟杖子剖面大地电磁测深结果,划分了具有不同电性特征的地层沿剖面的变化格局,确定了基底起伏形态,推断了断层分布位置。沿剖面分布有3个隐伏局部构造,分别为瀑河构造、塔子山构造和翟杖子构造,其中瀑河构造和翟杖子构造具有油气远景。党坝-小寺沟断裂和双洞南断裂为构造控制断裂,将剖面分为3个断陷区,北店-抬頭山断裂为一条较大的西倾逆断裂,常州沟组逆冲超覆在雾迷山组之上,断距近4000 m。

关键词 :大地电磁测深;静态校正;定性分析;反演解释

中图分类号 :P631.3²⁵ 文献标识码 :A 文章编号 :1000-3657(2002)04-0421-05

大地电磁测深法(MT)是一种通过观测地面天然交变电磁场来研究地下岩层电学性质及其分布特征的勘查方法。因其勘探深度较大,不受高阻地层的屏蔽及施工简便等优点,目前作为一种很有价值的勘查方法,广泛应用于石油天然气勘查、地震预报与大地构造研究等领域。

在冀北拗陷的油气勘查过程中,为确定基底形态、了解构造格架、断裂特征以及地层分布情况,投入了大地电磁测深法,其中化皮-翟杖子MT剖面长约104 km,共有45个MT测点(图1),剖面穿越了宽域断陷,高杖子断陷和陵源-三十家子断陷3个构造单元。

野外采用加拿大凤凰地球物理公司生产的大地电磁测深系统(V5-2000),测量频率为320 Hz-0.001 Hz,共38个频点,每一个测点观测5个电磁场分量(E_x 、 E_y 、 H_x 、 H_y 、 H_z),所获得的原始资料质量好,优良率87%,检查点相对离差小于5%。

1 地质概况和地球物理特征

1.1 地质概况^[1]

冀北拗陷是在太古代中期准地台结晶基底上发育起来的,位于燕山台褶带东段北缘,即一般所指的

兴隆-平泉复向斜。其北侧以尚义-承德-平泉近东西向深大断裂为界与冀北纬向隆起带的内蒙地轴相邻,南侧以密云-喜峰口大断裂带与马兰山峪-山海关隆起接壤。

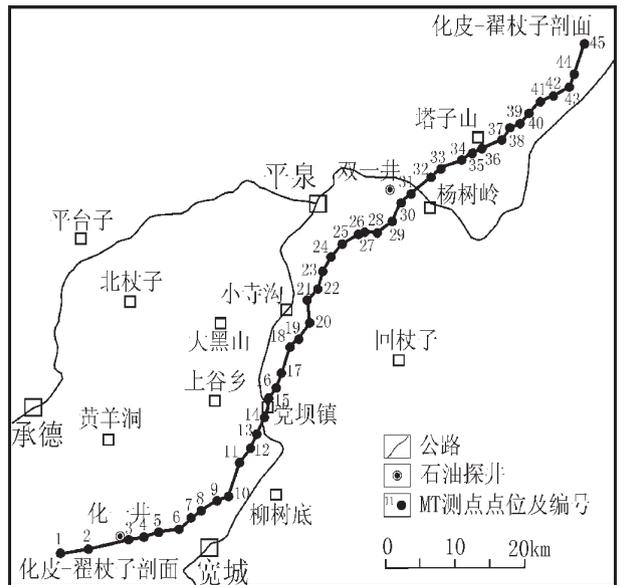


图1 冀北拗陷大地电磁测深点位图

Fig. 1 Location map showing the magnetotelluric sounding points in the northern Hebei depression

本区在太古代、早元古代变质岩系褶皱基底上不整合地覆盖着未变质或轻微变质的地台型海相中上元古界地层,而后沉积了稳定型的海相寒武系、奥陶系。自晚奥陶世后普遍沉积缺失,中石炭世和二叠纪开始出现海陆交互相至陆相沉积岩系,以及中生代的陆相碎屑-火山喷发堆积岩系。

本区构造复杂,褶皱与断裂都很发育,尤以断裂构造体现了本区区域构造的基本特征。

1.2 地球物理特征

本区所发育的几类主要岩石大致具有规律性的电学特征,即碳酸盐岩(石灰岩、白云岩等)具有明显的高阻特性,其电阻率值一般在 $1\ 000\ \Omega\text{m}$ 以上,砂岩、砾岩、泥岩等碎屑岩电阻率偏低,一般为 $n \times 10 \sim n \times 100\ \Omega\text{m}$,地表常见的火山岩中安山岩类的电阻率可达 $500 \sim 1\ 000\ \Omega\text{m}$;太古代变质岩类通常呈现 $1\ 000\ \Omega\text{m}$ 以上的高阻。从区内各地层的电阻率特征(表1)可知:

(1) 不同地层间电阻率具有一定的差异,具备应用大地电磁测深法的地球物理前提。

(2) 古生代奥陶系与其上的中生代地层电阻率差异大于1个数量级,这对追踪古生代顶面十分有利。

(3) 长城系串岭沟组和常州沟组相对于上下地层具有低阻特征,可作为资料处理解释中的标志层。

2 MT资料的处理解释

大地电磁测深的资料处理与解释过程包括:原始资料的预处理、资料的定性分析、定量解释、综合推断获得地质成果。这是一个逐步深入、前后衔接、反复完善的过程,深入研究大地电磁测深理论,合理应用先进的处理及反演解释技术,是保证最终解释成果正确的关键,充分掌握研究区域地质规律、地球物理特征及其他相关资料,准确把握电性特征及分布规律与地层、地质构造的对应关系,才有利于检验处理解释中各环节的合理性,得到正确的地质成果。

原始资料的预处理是资料处理解释中的基本工作,其任务是取得可靠的阻抗要素,视电阻率、相位

表1 冀北拗陷地层电阻率特征

Table 1 Features of the resistivity of the strata in the northern Hebei depression

年 代	地 层	电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)	
中生代(M_z)	侏罗系(J)	大北沟组-白旗组	200
		后城组 髻髻山组	50 500~1000
	三叠系(T)	九龙山组 下花园组-杏石口组	50
古生代(P_z)	奥陶系(O)	上马家沟组-冶里组	1000
	寒武系(ϵ)	凤山组-府君山组	200~500
元古代(P_t)	青白口系(Qb)	长龙山组-下马岭组	200
	蓟县系(Jx)	铁岭组	500
		洪水庄组 雾迷山组	100 1000
	长城系(Cc)	杨庄组	500~1000
高于庄组 大红峪组 团山子组			
太古代(A_r)	双山子群、单塔子群、迁西群	串岭沟组 常州沟组	200~500
			1000

和其他MT参数资料,以保证后续的定性分析,定量解释是建立在正确的资料基础上进行的。

预处理工作中比较重要的是去噪处理和静态校正。本次工作为消除噪声影响,各测点均采用了Robust处理^[2],同时对于部分测点的高频畸变和“飞点”借助了相位资料进行恢复。静态校正采用了阻抗张量分解技术^[3],对阻抗要素实施校正,从而不仅保证视电阻率及相位不受静态畸变影响,也保证了由其计算出的其他响应参数的正确性。

定性分析主要对实测曲线类型,总纵向电导以及视电阻率-频率断面和相位-频率断面进行了分析。定性地把握测区的电性特征、基底隆凹变化、构造单元区分、断裂分布及地层变化规律。

定量解释采用了Bostick反演,一维反演和二维反演方法。Bostick反演虽然是一种近似的反演方法,但其反演结果是唯一的,忠实于原始资料,没有任何

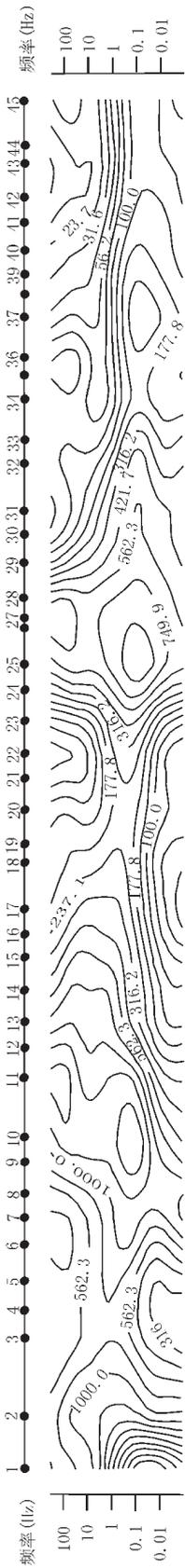


图 2 视电阻率—频率等值线图

Fig. 2 Apparent resistivity—frequency isopleths

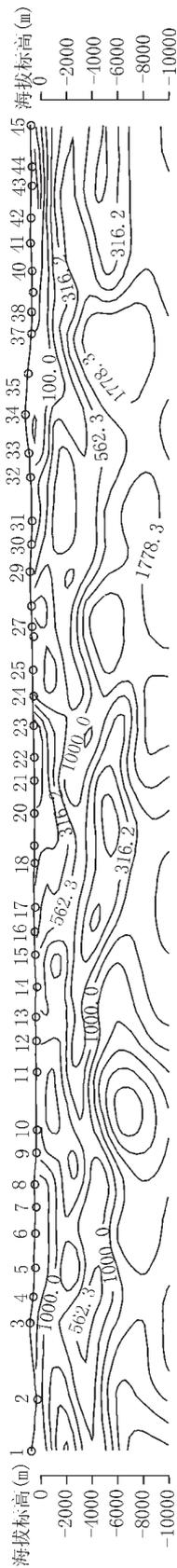


图 3 二维反演电阻率—深度等值线图

Fig. 3 Two-dimensional backward deduced resistivity—depth isopleths

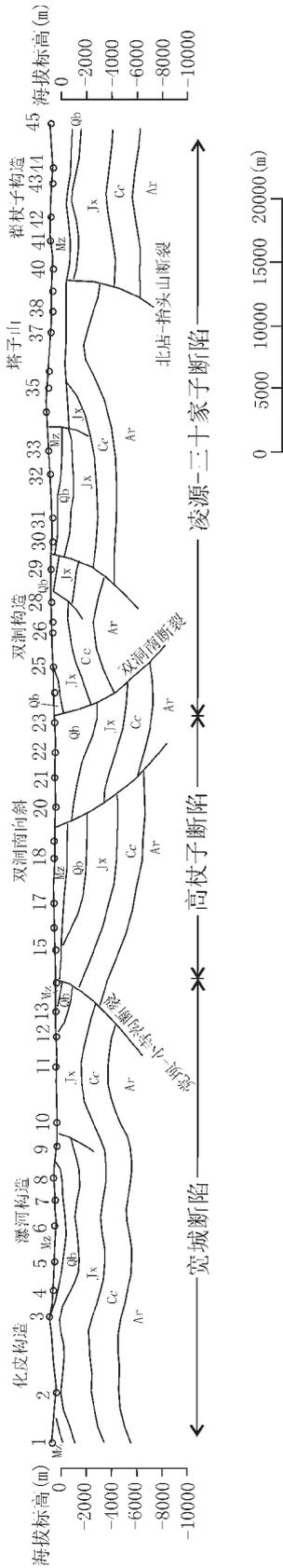


图 4 大地电磁测深解释剖面图

Fig. 4 Interpretative cross section of magnetotelluric sounding

Ar—太古界, Mz—中生界(侏罗系—三叠系), Qb—青白口系, Jx—蓟县系(雾迷山组), Cc—长城系(常州沟组—串岭沟组)

人为的因素,对成果的分析与解释具有一定的指导价值。一、二维反演分别采用了连续介质反演法和层状介质反演法,多种方法的反演结果相互佐证以求推断解释资料的充分性。

3 成果地质解释

根据大地电磁测深的定性图件(图2)和反演结果(图3)进行地质解释,得到大地电磁测深解释剖面(图4),该剖面清晰地反映了沿测线凹凸相间的构造格局、地层起伏形态和断层分布。根据上述显示,可将整条剖面明显分为三大单元,即宽城断陷,高杖子断陷和凌源-三十家子断陷。

宽城断陷分布于剖面西部,在剖面上以14号点的党坝-小寺沟断层为界与东部的高杖子断陷相邻。在视电阻率-频率断面图(图2)中总体电性特征普遍偏高,9号和14号点附近高频段视电阻率等值线横向变化较大,出现梯度带,为断层及地层界面出露的反映,其中党坝-小寺沟断层的地表出露点在14号点上。1~9号点高频段的低阻对应于侏罗系,10~11号点的高阻为蓟县系出露地表的反映。二维反演结果(图3)在海拔-4 km左右有一较为明显的低阻带,是长城系的反映。等值线横向的起伏变化指示出局部构造的存在,其中2~3号点的化皮构造与已知地面构造对应,因缺乏盖层,基本不具备油气勘查远景。在6号点附近有一隐伏局部隆起构造(瀑河构造),表层侏罗系厚900 m,雾迷山组顶面标高为海拔-1 200 m,推断其上部保留有洪水庄组至古生代,甚至中生代(三叠系)部分地层,为宽城断陷中油气远景较好的目标。

党坝-小寺沟断层总体倾向北西,为逆断层,其东部下降盘由高杖子断陷组成,在剖面上反映为大片低阻分布。

测线所穿过的高杖子断陷主要由双洞南向斜构成,反演断面图上由西向东电阻率等值线向深部或低频延伸(图2~3),到23号点出现明显的扭曲,为双洞南断裂的反映。向斜轴部一般为中生界三叠系或上古生界石炭-二叠系,由于它们都由电阻率很低的泥岩、砂岩、砂砾岩等组成,使得断陷单元在剖面

上低阻特征尤为明显。但在二维反演结果中(图3)电阻率的纵向变化规律仍然存在。

自23号点往东,进入另一处相对隆起的地质单元,23~29号点一段沿双洞背斜核部通过,雾迷山组接近地表,高阻特征突出,两侧电阻率等值线横向不连续为断层所致。在二维反演断面中(图3),39号点下方为一高、低阻闭合等值线的接合部,应为北店-抬头山断裂所在的位置。该断裂为一西倾逆断层,常州沟组逆冲超覆在雾迷山组之上,断距近4 000 m。塔子山构造处于该断裂的西侧上升盘,由于断距很大,MT反演后追踪的高阻界面已不可能是雾迷山组顶面,应是太古代变质岩界面,其上覆盖的地层应为长城系常州沟组和串岭沟组。40号点以东,电阻率变低,基底下降,但二维反演在42~43号点间有一隆起构造痕迹,为翟杖子构造。该构造的雾迷山组顶面高点在43号点附近,标高约为海拔-900 m,地表出露中侏罗统后城组砂砾岩,厚度约为1 000 m。

4 结 语

大地电磁测深在冀北拗陷这样一个复杂地区,显示出在界定断陷轮廓、进行主要目标的追踪以及圈定局部构造的等方面具有明显的效果,是一种快速、经济和有效的油气普查手段。

和其他物探方法一样,大地电磁测深反演拟合过程的多解性同样是一个需要注意的问题,所以在MT数据解释过程中广泛收集并充分利用研究区内已有的地质物探资料,尤其是地质科研成果,钻孔地质、测井、井旁测深资料及区内岩石物性资料,来指导MT处理解释方法制定MT反演成果是必不可缺少的。

参考文献:

- [1] 华北油田石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷五) [M]. 北京: 石油工业出版社, 1988.
- [2] Sutarno D and Vozoff K. Robust M-estimation of Magnetotelluric impedance tensors[J]. Expl. Geophys., 1989, 20: 383~398.
- [3] Groom R. W, Bailly R. C. Decomposition of magnetotelluric impedance tensors in the presence of local 3-D galvanic distortion[J]. J. Geophys. Res., 1989, 94: 1913~1925.

Magnetotelluric sounding study of the northern Hebei depression

YANG Sheng¹, YAO Zhi-long², LIU Jun-chang³

(1. Beijing Branch, China National Nonferrous Metals Geophysical Exploration Co. Ltd., Center of Geological Survey of Nonmetallic Mineral Resources, Beijing 100073, China

2. Geophysical Party, Northwest Bureau of Nonferrous Metals Geological Exploration, Xi'an 710068, Shaanxi, China

3. Geophysical Co., North China Bureau of Nonferrous Metals Geological Exploration, Tianjin 300181, China)

Abstract: According to the results of magnetotelluric sounding of the Huapi-Zhaizhangzi profile in northern Hebei, the variation patterns of the strata with different electric characters have been distinguished along the profile, the basement relief form determined and the location of fault distribution inferred. Along the profile there are three local buried structures, namely, the Puhe structure, Tazishan structure and Zhaizhangzi structure, of which the Puhe and Zhaizhangzi structures have petroleum prospects. The Tanba-Xiaoxigou fault and Shuangdong South fault are structurally controlling faults, which divide the profile into three down-faulted areas; the Beidian-Taitoushan fault is a large west-dipping reverse fault; the Changzhougou Formation is thrust over the Wumishan Formation, with a displacement of nearly 4000m.

Key words: magnetotelluric sounding; static correction; qualitative analysis; interpretation by backward deduction

《地质通报》——全方位了解国家地质科技信息的重要窗口

《地质通报》杂志简介

《地质通报》是国土资源部主管、中国地质调查局主办的地质学综合性学术刊物。本刊遵循“百花齐放,百家争鸣”的方针,以推动地质调查与地质科技创新发展,为国民经济建设和社会公众服务为宗旨,力求全面展示和及时报道地质大调查全新领域——基础地质调查、矿产资源调查评价、灾害预警工程、技术发展工程、数字国土,以及相关地质科学研究领域的新进展、新成果、新发现、新方法。辟有“专题报告”、“基础地质”、“矿产资源”、“水文地质·环境地质”、“方法与应用”、“快报”、“学术讨论”、“特稿·专论”、“综述与进展”、“知识经纬”、“动态·信息”等栏目,内容涉及基础地质、经济地质、海洋地质、能源地质、生态环境地质、灾害地质、城市地质、农业地质、勘查地球物理、勘查地球化学、地质调查信息、科技政策、科技管理等专业领域。

本刊着力突出报道的时效性与动态性,更注重成果的原创性与前瞻性。刊物特色:报道简洁、精练,取材广泛、严谨,信息量大,刊期短。读者对象:从事地质调查、地质科学研究的科研、教学、生产人员,也包括对地质学及其边缘学科感兴趣的广大工程技术、科技管理人员。

《地质通报》每月15日出版,大16开本,每期64页,单价每册10元,全年120元。国内外公开发行,国内邮发代号 2-767,国外发行代号 M4926,全国各地邮局均可订阅。

地址:北京海淀区学院路31号中国地质调查局发展研究中心《地质通报》编辑部

邮政编码:100083 电话:010-82329417 010-82332415

传真:010-82329008 电子信箱:dzhtb@263.net



中国标准刊号:ISSN 1671-2552
CN11-4648/P

欢迎订阅

欢迎踊跃投稿

欢迎洽谈广告业务