

新疆北天山推覆带大地电磁测深应用研究

张全胜^{1,2}, 王家映¹, 杨生², 朱春生²

(1. 中国地质大学地球物理与空间信息学院, 湖北 武汉 430074;

2. 江苏省有色金属华东地质勘查局八一四队, 江苏 镇江 212005)

摘要:利用远参考与 Robust 技术手段对新疆北天山地区大地电磁原始资料进行去噪处理, 以及静态校正、逐级反演、梯度法、残差法等处理与综合地质解释, 取得了较好成效。将该区划分为四棵树凹陷、山前断褶带、北天山推覆带、中天山隆起带四大构造单元, 其中北天山推覆带地表裸露石炭系基岩。在推覆断层之下, 显示中浅部存在层状低阻异常带, 推测为侏罗与白垩系地层, 为油气远景区。

关键词: 北天山推覆带; 大地电磁测深; 低阻异常带

中图分类号: P631.3⁺25 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2006)01-0051-05

Magnetotelluric Sounding Study on The Nappe Belt of Northern Tianshan, Xinjiang

ZHANG Quan-sheng^{1,2}, WANG Jia-ying¹, YANG Sheng², ZHU Chun-sheng²

(1. Institute of Geophysics & Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. 814 Team of Eastern China Nonferrous Geology Exploration Bureau of Jiangsu Province, Jiangsu Zhenjiang 212005, China)

Abstract: Using the Far Reference and Robust methods, the magnetotelluric sounding data of Northern Tianshan region in Xinjiang Uygur Autonomous Region are processed and the geological interpretation is given. The region is divided into 4 main tectonical units: Sikeshu depression, the frontal edge fault-fold belt, the nappe belt of northern Tianshan and the middle Tianshan upheaval. The surface of the nappe belt is covered by Carboniferous System bedrock. Under the nappe fault, the abnormal body of low resistivity in middle-shallow layers is discovered, which is deduced as Jurassic and Cretaceous Systems, and it is thought as the main promising oil and gas survey area.

Key words: Nappe belt of northern Tianshan; Magnetotelluric sounding; Abnormal belt of low resistivity

0 引言

新疆北天山北侧为山前戈壁砾石区, 海拔 600~1 500 m; 往南进入北天山, 海拔多在 2 500 m 以上, 最高达 4 900 m, 岩石出露。该区域山前地震品质不好, 因此地震测线进入北天山很少。为了研究该区基底结构及上覆地层的展布形态, 了解盆山接触关系及断裂体系, 以及侏罗系的沉积沉降中心, 开展了新疆北天山推覆带^[1]大地电磁测深研究工作。

为了提高解释结果的可靠性和精度, 本研究采用了远参考与 Robust、静态校正、逐级反演、梯度法、

残差法等技术手段, 研究结果证明这些技术的应用是有效的。

1 地质、地球物理特征

1.1 地质特征

北天山构造带属海西期优地槽褶皱带, 走向 NWW, 构造复杂, 北部为属于准噶尔盆地南缘山前拗陷的四棵树凹陷及山前断褶带。研究区北部为第四系覆盖, 上第三系、下第三系、白垩系、侏罗系地层

收稿日期: 2005-07-25

作者简介: 张全胜(1964—), 男(汉族), 湖北广水人, 高级工程师, 博士生, 现从事电磁勘探应用研究。

于山前出露,二叠系于研究区外东南部零星出露,石炭系及以下地层分布于天山。石炭系、志留系及泥盆系属基底层位,其上地层属沉积盖层(图1)。地层序列与岩体划分见表1。

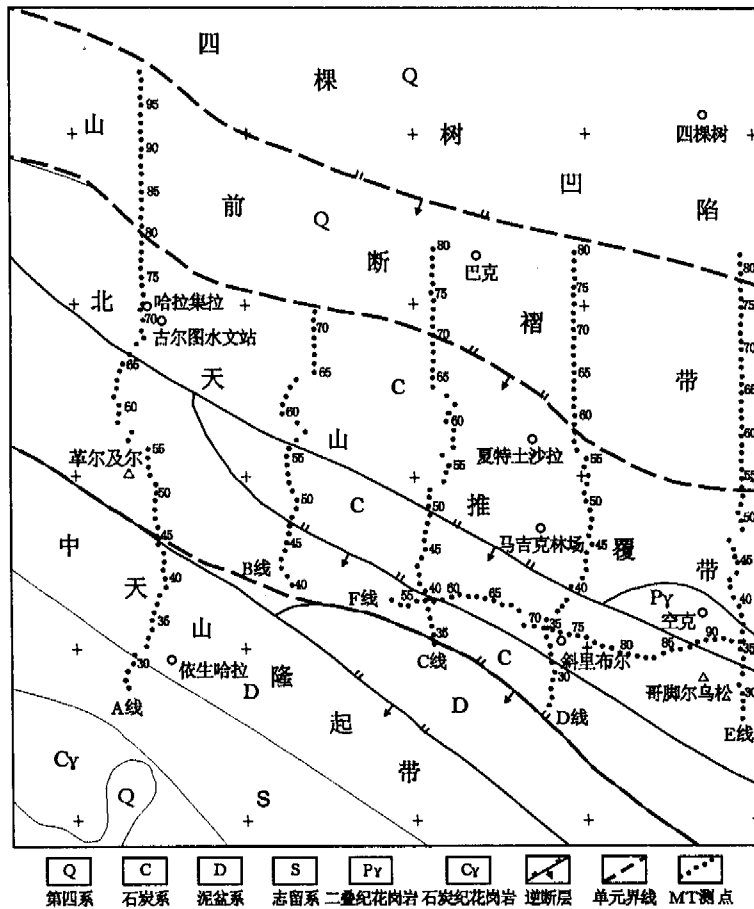


图1 北天山推覆带MT测区构造分布图

Fig. 1 Tectonic map of the MT testing area in the nappe belt located in Northern Tianshan of Xinjiang.

表1 地层与岩体电性层划分表

地层与岩体	地层厚度 /m	电阻率/ $\Omega \cdot m$				电性层
		标本	露头四极	井旁反演及测井	首枝	
第四系 西域组	Q_1x 1 500		368	102	94	①Q:中高层
独山子组	N_2d 2 000		77	4.2	28	② N_2 :低阻层
上第三系 塔西河组	N_{1t} $\leq 2 000$		11	2.9	24	③ N_1 :低阻层
沙湾组	N_{1s}					标志层
下第三系 安集海河组	E_{2-3a} $\leq 1 200$		30	9.8	441	
紫泥泉子组	E_{1-2z}				11	
白垩系 吐谷鲁群	K_1T 150		95	8.6	31	④E-J:中低阻层
喀拉扎组	J_3q-k 1 200	508	101	16.1	33	
侏罗系 齐古组	J_1Sx 377		622		39	
水西沟群	T_3h ≤ 166			4.8	50	⑤T-P:中层
三叠系 郝家沟组	P_1a 588	240	6 800		45	
二叠系 阿尔巴萨依组	C_2q > 600	8 300	1 000	62.1	66	⑥C(b):中层
古生界 石炭系下统	C_1-S				416	⑦C(a):高层
与志留系					757	
花岗岩	Py, Cy	2 550	143 700		732	⑧ $\gamma, Co\phi$:高阻体
超基性岩	$Co\phi$					

区内岩浆岩分布主要有三种:(1)海西晚期侵入岩(二叠纪花岗岩 Py),分布于北天山,属造山期后的碱性花岗岩系列;(2)海西中期侵入岩(石炭纪花岗岩 Cy),侵入于中天山隆起带复式背斜核部,沿

博罗科努深断裂南侧分布,为岩基状造山花岗岩;(3)石炭纪蛇绿岩带(Coφ),沿伊林黑比尔根山分布在区外。

本区构造特征主要为:(1)北天山造山带与准噶尔盆地之间的推覆断褶带是盆缘最年轻的断褶带;(2)主要经历了三个构造期(晚海西、印支—燕山、喜山期),各期构造运动有自南向北迁移的特征,呈叠瓦状逆向推覆隆起;(3)纵向断裂发育,构造线主要为北西西向;(4)中新界背斜成排成带分布,定型于喜山末期。

1.2 地球物理特征

岩石物性差异及其特征是地球物理勘探及资料解释的基础。为了掌握研究区的电性特征,采用了以下五种方法获得地层岩石电阻率参数:(1)标本电阻率;(2)露头四极法电阻率;(3)井旁 MT 反演电阻率;(4)首枝电阻率;(5)测井电阻率。不同方法所得电阻率各有其长,参见表 1。

显然,第四系中高阻,盖层低阻,古生界与岩体中、高阻。标本电阻率由于采集方法的成块性,泥质岩不能采集,所测地层不全,其纵向变化规律仍有参考作用。首枝电阻率数据较多,可较系统地反映地层的电性,与剖面电性匹配。井旁 MT 反演电阻率与测井电阻率对地层的垂向分辨性较好,具有一定的代表性。

2 MT 资料的处理与解释

外业资料采集使用加拿大凤凰公司推出的 V5—2000 系统,采用地球同步卫星提供时钟服务,无需同步电缆,并能记录原始的时间序列,便于对其进行选择和再处理。野外采集布设点距为 500 m,共采集 1 000 个 MT 测点,并进行远参考和 Robust 处理,提高了数据的质量。I 级品占 90% 以上,数据质量可靠。

原始资料的预处理是 MT 资料处理与解释中的基础工作,其任务是获得可靠的阻抗要素、视电阻率、相位和其他参数资料,以保证后续的定性分析、定量反演建立在正确的资料基础之上。

预处理工作中比较重要的是去噪处理和静态校正。各测点均采用了远参考处理^[2]和 Robust 处理^[3];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^[4];静态校正采用阻抗张量分解技术^[5],对阻抗要素实施校正,从而不仅保证了视电阻率曲线不受静态畸变影响,也保证了由其计算出的其他响应参数的正确性。

定性分析主要是对实测曲线类型、总纵向电导以及视电阻率—频率断面和相位—频率断面进行分析,把握测线的一般电性特征、基底隆凹变化、构造单元区分、断层分布及地层变化情况。

定量反演采用了 Bostick 反演、一维反演和二维反演方法。Bostick 反演是一种近似反演方法,对成果的分析解释具有一定的指导价值;一、二维反演分析分别采用连续介质反演和层状介质反演,并进行了梯度法、残差法处理。多种方法的反演结果相互佐证,以求解释结果更可靠、更合理。

3 综合地质解释

MT 剖面的综合地质解释是建立在 MT 定性处理与反演结果的电性断面,以及物性、地质、重磁震等资料的基础之上。解释流程为(1)以连续介质电阻率断面,提出初始地质模型;(2)以梯度法处理断面,调整分层界线;(3)以层状介质电阻率断面划定地层层序,确定地质属性,划定断层。最终确定构造单元划分、沉积盖层厚度、基底性质、岩体分布与局部构造显示。下面以 A 测线为例说明成果的地质解释(图 2)。

3.1 A 断面地质解释

该测线自南向北,MT 测点 27 至 100 号,100 号为固 1 井。

77 号点以北,视电阻率曲线主要为 KHKH 型, ρ_{TE} 与 ρ_{TM} 曲线首支重合段较长,在低频 $\rho_{TE} > \rho_{TM}$,反映了凹陷地质构造单元的曲线组合特征。其浅部为中高阻,由地面地质与固 1 井标定为 Q。其下到 -4 000 m 左右的低阻可分成两层,上低阻为 N₂,下低阻为 N₁,约于海拔 -2 500 m 划分。海拔 -5 000 m 以深为中阻体,属于基岩 C(b)。-4 000 至 -5 000 m 之间梯度带为 K—J。反演成果与固 1 井的分层相当协调。

27~41 点间,视电阻率曲线为 K 型,显示为高阻隆起区。41 点附近地面为 D 与 C 的分界断层,由南侧电性异常走势,划出南倾北冲逆断层 F₅。于 30 点附近划出 S 与 D 的分界的南倾北冲逆断层 F₈。

41~77 点间,视电阻率曲线显示 KHK 型,在中高频段有低阻显示。天山表层分布有中高阻石炭系 C(b)与 C(a)的基岩。其下于海拔 0.3~ -3 km 之间隐现一层低阻电性层,梯度法显示其顶底分层界线十分清晰,经二维层状介质反演,成层性清楚。低阻电性与山前 K—J 地层走势自然协调,列为 K—J。由于顶部 F₄、F₄₋₁ 的断蚀,该层厚 0.7~1.7 km,在

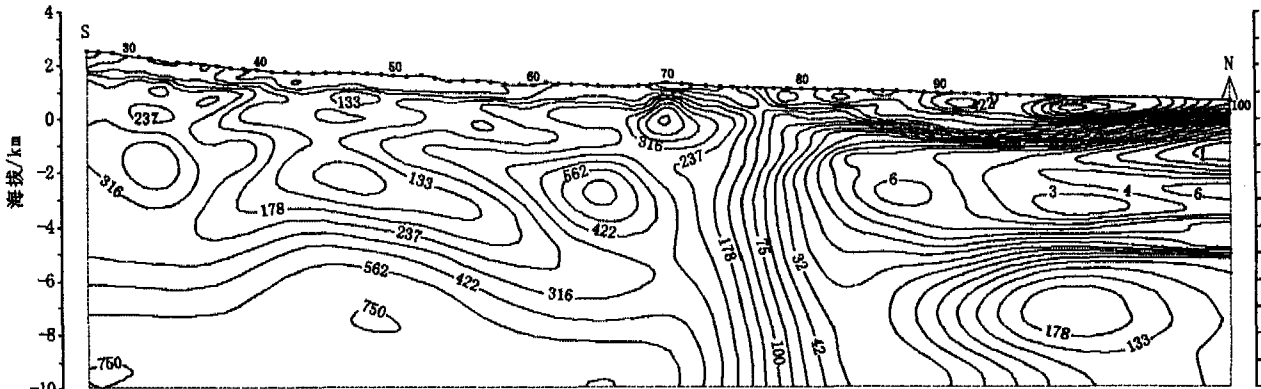
剖面上显示为局部凸起。深部大块高阻为石炭系基底。F₄、F₄₋₁及F₄₋₂为逆掩断层,电性分析表明F₄₋₁于80点附近掩埋于第四系之下。

电性异常扭曲显示,天山推覆带下的地层K—J、N₁、N₂与山前地层K—J、N₁、N₂之间存在错位,开出南倾北冲断层F₃。

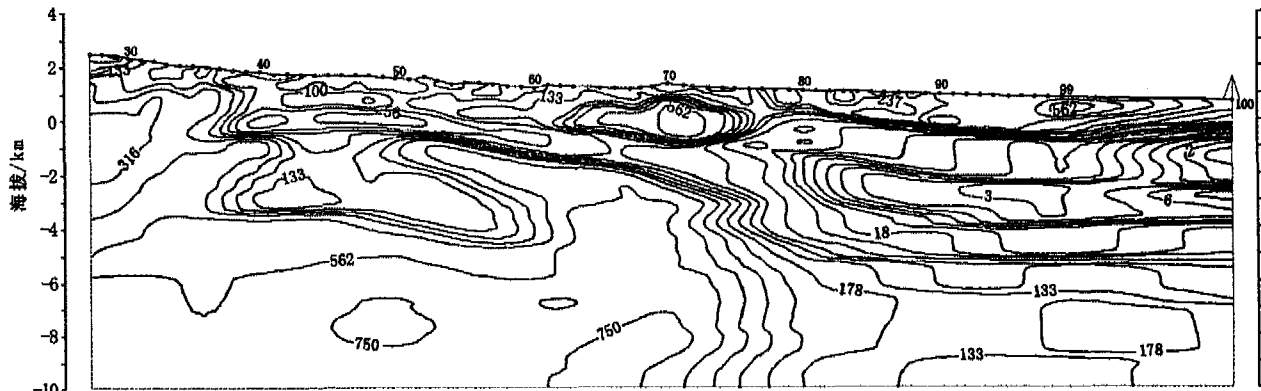
F₁断层比较隐蔽。低阻N₁地层在88点深

-3 000 m处分离出一椭圆形低阻异常,位置比主体低阻异常高,其下的梯度带左侧上倾,右侧下倾,以及梯度处理形迹,开出F₁断层,该断层下陡上缓。地震测线剖面上该断层仅到N₁上部,成为层间滑覆断层而消失。A线地电断面情况相同。

F₃以南,志留泥盆系老地层断出,结合区域地质资料,包括褶皱带的岩浆岩裸出等特征,划为中天



(a) 二维连续介质反演电阻率断面



(b) 二维层状介质反演电阻率断面

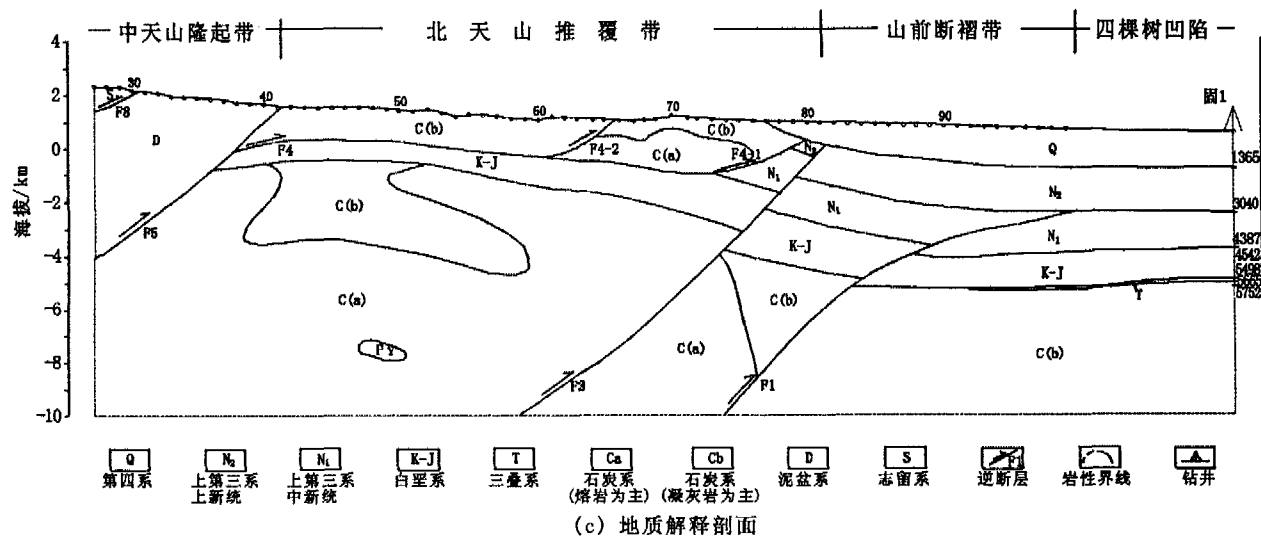


图2 A线二维反演与地质解释断面图

Fig 2 2-D inverse and geologic interpretation section of line A.

山隆起带。 F_5 与 F_3 之间以石炭系基岩推覆为特征,推埋了K—J沉积盖层,划为北天山推覆带。 F_1 以北区域上沉积地层埋深大,产状平缓,划入四棵树凹陷,基底埋深6 km。 F_1 与 F_3 之间地层产状变陡,纵向上发育断褶局部构造,如托斯台构造(区外)等,划为山前断褶带。

该剖面上发育了五条断裂: F_1 、 F_3 、 F_4 (F_{4-1} 、 F_{4-2})、 F_5 、 F_8 ,划分出四大构造单元:四棵树凹陷、山前断褶带、北天山推覆带、中天山隆起带。

3.2 推覆体下低阻夹层的讨论

北天山推覆带内的低阻异常夹层,视为侏罗和白垩系,但也有可能属于石炭系齐尔古斯套组(C_2q)。齐尔古斯套组岩性为灰、深灰、灰黑色粉砂岩、泥岩、泥质粉砂岩、硅质粉砂岩、硅质岩夹凝灰岩、凝灰质硅质岩、粉砂岩与灰岩。首枝电阻率为 $45 \Omega \cdot m$,四棵树凹陷诸井所见基岩反演电阻率 $16 \sim 62.1 \Omega \cdot m$,可能为此层, C_2q 也属于中、低阻层。如果是 C_2q 层位,其岩性主要属于沉积岩,而且存在较多的黑色、灰黑色泥岩,不排除生烃的可能,因此,若为 C_2q 层位亦应视为有利条件。

4 结语

关于北天山推覆带及其周缘地质结构,大地电磁测深研究取得了以下重要认识:(1)研究区可以划分为四大构造单元:四棵树凹陷、山前断褶带、北天山推覆带、中天山隆起带;(2)北天山推覆带推覆断层下盘,存在低阻体,推测为侏罗与白垩系地层;(3)经油气生储盖条件分析,北天山推覆带西区属远景区,并有局部构造显示。

本研究成果表明,在地震勘探效果不好的地区开展大地电磁测深勘探,能够取得较好成效。

[参考文献]

- [1] 张国俊,郑德森,彭希龄,等. 新疆石油地质志[M]. 北京:石油工业出版社,1993.
- [2] 张全胜,王家映. 大地电磁测深资料的去噪方法[J]. 石油地球物理勘探,2004,39(增刊):17-23.
- [3] Sutarno D, Vozof K. Robust M-estimation of Magnetotelluric impedance tensors[J], Expl. Geophys., 1989, 20:383-398.
- [4] 杨生,鲍光淑,张少云. MT法中利用阻抗相位资料对畸变视电阻率曲线的校正[J]. 地质与勘探,2001,37(6):42-45.
- [5] Groom R W, Baily R C. Decomposition of magnetotelluric imped-