

综合物探技术在石家庄凹陷地热勘查中的应用

许德树¹, 冯创业²

(1. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 河北廊坊 065000; 2. 河北省地勘局水文工程地质勘察院, 河北石家庄 050021)

摘要:在岩石密度、磁性、电性综合分析的基础上, 提出用重力资料反演广义新生界基底, 利用航磁资料研究太古宇、下元古界结晶基底的研究思路。根据大地电磁测深资料, 对新生界、中生界和古生界垂向分布进行了深入研究, 结合重力剖面反演进一步予以证实。工作结果在石家庄凹陷内发现槐底低凸起存在, 是寻找寒武系、奥陶系灰岩类型的地热远景有利地区; 发现石家庄市区内存在南北、东西2个新生界深洼槽, 分别为石家庄火车站至永壁深洼槽和永壁至二十里铺深洼槽。

关键词:重力; 航磁; 大地电磁测深; 石家庄凹陷; 地热; 磁全梯度

中图分类号: P631.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2007)05-0440-04

石家庄凹陷位于冀中拗陷西部凹陷带南端, 西及西南紧邻太行山隆起, 北及东部与无极、藁城低凸起相接, 北与保定凹陷相望, 面积约850 km², 为在古生界海相地层基础上发展起来的中新生代断陷。因中新界地层巨厚, 长期以来, 对凹陷内幕的地质构造, 如控盆断裂、内部结构、埋深情况、基底特征等, 情况不清。

2005~2006年中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所与河北省地勘局水文工程地质勘察院开展了《河北省省会地热地质条件研究论证及勘查》项目, 取得了1:5万高精度重力测量、1:10万大地电磁测深等新资料。笔者结合区内已有的钻探、测井、航磁资料, 应用二维重力反演、航磁全梯度深度标定等技术, 对凹陷深层地质特征进行了探讨。

1 简要地质特征

本测区地表为第四系覆盖。下伏地层从上到下主要有新近系明化镇组(Nm)、新近系馆陶组(Ng)、古近系沙河街组(Es)、下白垩统上段与下段, 岩性以砂泥岩为主; 中生界沉积岩与火山岩; 古生界石炭—二叠系是以砂泥岩为主煤系地层; 寒武系—奥陶系灰岩是本区地热勘探的主要层位。参考邻区资料认为, 本区基底应属太古宇(Ar)。

2 岩石物性分析

石热4井声波时差测井资料经转换获得了岩石

密度资料。通过分析认为, 新生界及下白垩统上段是全区普遍存在的低密度层, 其平均密度约为2.30 g/cm³。下伏地层(包括下白垩统下段、侏罗系、石炭系—二叠系、寒武—奥陶系)的统计密度可以取2.60 g/cm³, 二者间存在0.3 g/cm³的密度差^①。

据热电1井测井电阻率曲线, 中生界上段电阻率最低, 仅为2.5 Ω·m, 下段对应于凝灰岩与安山岩井段, 电阻率有所增高, 主要在8~100 Ω·m之间变化。石炭系—二叠系与奥陶系—寒武系之间的一个电阻率过渡层位, 测井电阻率为18 Ω·m。正因为这一电阻率差异的存在, 对使用大地电磁测深研究奥陶系—寒武系的顶界起伏很有利。

基底中的主要磁性层位有下元古界南寺掌组上段安山岩、安山集块岩。盖层内的主要磁性层为中生界下段的安山岩与凝灰岩, 如热电1井的中生界安山岩与凝灰岩厚达315 m。中生界砂岩、第三系砂砾岩也有弱磁性, 太古宇、下元古界变质岩构成了本区的磁性基底。基底中较强磁性层位的存在, 使利用航磁资料研究太古宇和下元古界结晶基底的界面起伏特征成为可能。但需要指出, 由于盖层中有中生界火山岩存在, 可能对该磁基底的计算结果有所扰动。

3 断裂推断

本测区内共识别出一级断裂3条, 二级断裂4条。最醒目的要数石家庄市山前大断裂(F₁、F₂)、

① 郭有钊等. 全国岩石物性建库研究报告. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 2003.

收稿日期: 2007-04-27

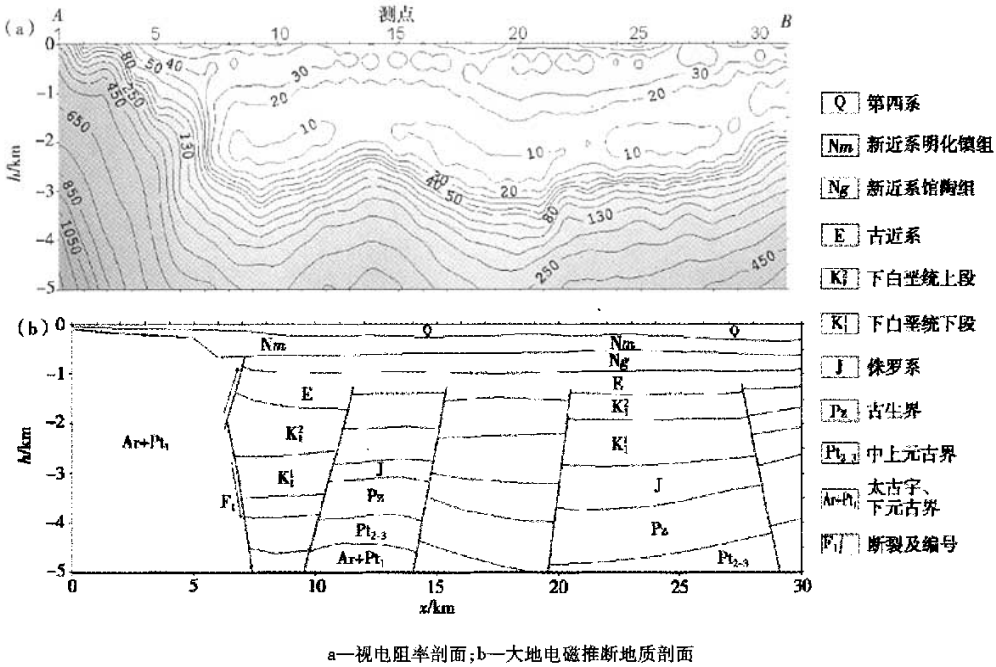


图1 石家庄凹陷大地电磁测深剖面及推断地质解释

石家庄城南大断裂(F_3)。根据大地电磁测深反演的视电阻率图及其地质解释结果(图1,其平面位置见图3b),认为石家庄山前大断裂为高角度陡倾断层,可能具有上部为逆断层、下部为正断层的性质。

4 二维重力剖面反演

沿大地电磁测深 AB 剖面横切重力剖面,进行二维重力正反演^[1]拟合(图2a)。模拟地层的划分如图2b所示,设定5种密度参数,它们分别是第四系的密度为2.00 g/cm³、第三系与下白垩统上段的密度为2.30 g/cm³、下白垩统下段至古生界密度为2.60 g/cm³、前古生界平均密度为2.67 g/cm³、太古界密度为2.73 g/cm³。

从重力、MT剖面反演结合重力、磁力平面反演结果来看,能够得到以下结论。

- (1) 剖面上的石家庄凹陷由两洼夹一隆组成,该隆起为槐底低隆起。控制槐底低隆起的東西边界为2条断裂。
- (2) 剖面西段石家庄动物园至石家庄火车站一带,巨大的重力梯度造成突然的重力落差,是用一般的正断层无法拟合的。但按下部正断层、上部逆断层可以拟合,支持 MT 反演视电阻率图的推断结论。

5 三维广义新生界底面深度反演特征

根据重力异常优选延拓方法^[2-6]①,计算区域重力场,进而由布格重力异常减去区域重力场即可

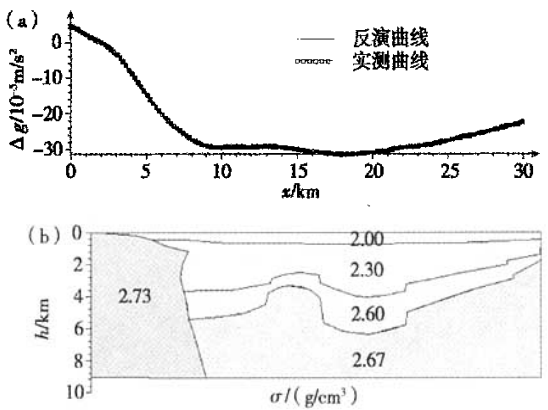


图2 石家庄凹陷大地电磁测深剖面及推断地质解释

获得主要反映毗邻地表的低密度体的剩余重力异常。根据该剩余重力异常,按三维密度界面反演方法,取密度差为 $0.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 进行密度界面反演,获得密度界面深度图。该界面是指除新生界地层外,还包括下白垩统上段正常沉积地层的底界面(图3a)。

密度界面反演结果表明,本区广义新生界底界面埋藏深度呈现为西、南浅,中央深的特点。中央凹陷带由南部的石家庄凹陷和北部的正定凹陷组成。

① 许德树. 优选延拓技术及其在中国布格重力异常图处理上的应用. 中国地球物理学会第十五届年会年刊. 合肥, 1999.

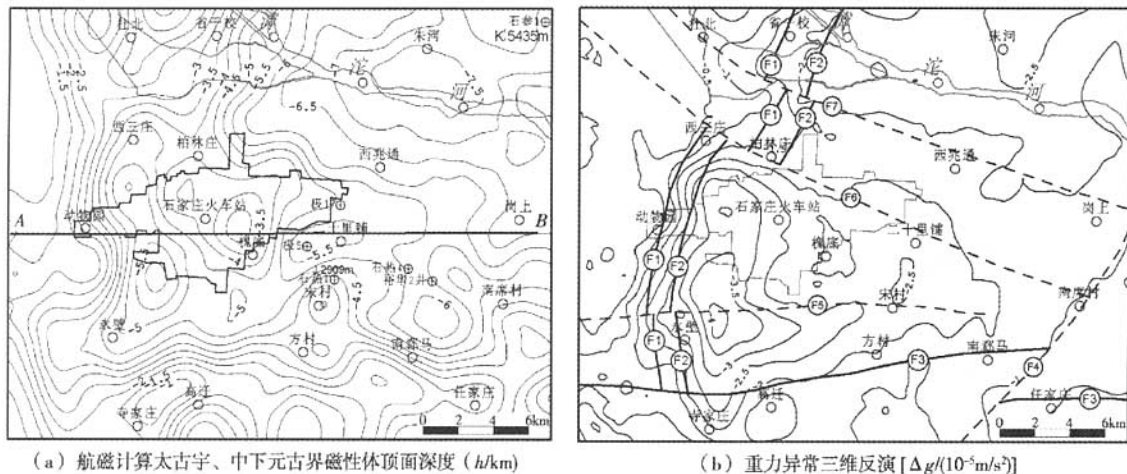


图3 石家庄重力反演广义新生界底面图暨航磁计算太古宇、中古元古界磁性体顶面深度

石家庄广义新生界凹陷呈十字形(图3b),由南北向柏林庄—寺家庄深凹带和东西向的永壁—南豆村深凹带交叉组成。受该交叉带环绕,形成槐底、塔谈、南王村基底局部隆起。南北向柏林庄—寺家庄深凹带界面埋深在3.4~4 km,具有南北略浅、中央略深的特点;东西向的永壁—南豆村深凹带界面深度在2.4~4 km之间,总体呈东浅西深的特点。在槐底一带,形成界面埋深小于2 km的局部隆起区。前人认为,古生界是石家庄凹陷的重要热储层系^[7]。该基底隆起区为市区内古生界覆盖最浅的地区,是钻过中、新生界寻找古生界地热储层最有利的地区,具有地热勘探前景。

6 三维磁基底深度反演特征

磁异常全梯度模的定义是:

$$\Delta T_{\text{总}} = \sqrt{\Delta T_x^2 + \Delta T_y^2 + \Delta T_z^2}$$

式中: $\Delta T_x^2, \Delta T_y^2, \Delta T_z^2$ 分别为磁异常 $\Delta T_{\text{总}}$ 的2个水平梯度分量和垂直梯度。

经验告诉我们,磁异常的梯度与磁性体的埋深似乎有着某种关系,最直观的感觉是:埋藏深的磁性体所引起的磁异常梯度值较小,埋藏浅的磁性体所引起的磁异常梯度值较大。实际上切线法就是基于这一原理。

然而,切线法计算磁性体有2个缺点:一个是主观性强,计算结果较多的依赖于人为的经验判断,如剖面位置的选取;另一个是只用到了一个方向上的梯度。此外,对于连续界面模型,切线法太过勉强。分析认为,尽管磁异常全梯度模值大小与磁性体的埋藏深度的深浅之间关系明确,但并非简单的线性关系,根据已知的深度点,进行非线性的深度标定,

利用磁异常全梯度模值半定量地刻画磁性界面深度,定性或半定量地描绘其起伏形态。这种半定量的处理方法被称之为磁异常全梯度模深度标定方法^[8]。

该方法人为判断因素影响少,更具客观性,从半定量刻画磁源深度的角度对传统航磁报告解释中常用的平稳磁场、低频磁场、中频波动磁场、剧烈波动磁场等术语直观地予以图示,给出航磁所揭示的梯度与深度信息。

图3为石家庄市航磁全梯度深度标定结果。全梯度深度标定过程中参考了石热1井、石参1井的深度资料。从计算结果看,石家庄凹陷磁基底深度呈西南浅、东北深的特点(图3a)。西部、南部的基底深度为0.5~2 km,东北部的基底深度为6~7 km。而在中央,槐底、石热1井一带表现为基底隆起,磁基底深度最浅为3~3.5 km。西三庄—永壁、塔谈—二十里铺为大型磁基底凹陷带,深度在5~6 km之间。南豆村东南形成近等轴状的磁基底深凹陷,深度达6 km。

7 结论建议

首次提出石家庄凹陷内有槐底低凸起存在。是寻找寒武系—奥陶系灰岩类型地热远景的有利地区。

根据重力资料并结合大地电磁测深资料,提出石家庄山前大断裂为高角度陡倾断层,可能具有是下正上逆的断层性质。

广义新生界地层基底深度图表明,石家庄市区内,存在南北、东西2个新生界(含下白垩统上段)深洼槽,分别为石家庄火车站—永壁深洼槽和永

壁—二十里铺深洼槽。

利用磁基底深度与密度界面反演结果,能够给出中生界、古生界及中上元古界地层深度与厚度的概念。结果表明:本区磁基底西南浅,东北深;中生界、古生界及中上元古界地层厚度也具有西南薄、东北厚的特点。

参考文献:

- [1] 黎益壮,姚长利,管志宁. 重磁资料的实时正演拟合[J]. 物探化探计算技术,1994,16:192.
- [2] Pawlowski R R S. Preferential continuation for potential-field anomaly enhancement[J]. *Geophysics*, 1995,60(2):390.
- [3] Zeng Hualin, Xu Deshu. Discussion on: Preferential continuation for potential-field anomaly enhancement[J]. *Geophysics*, 2001.
- [4] 许德树,曾华霖. 优选延拓技术及其在中国布格重力异常处理上的应用[J]. 现代地质,2000,14(2).
- [5] 许德树. 优选延拓方法在西昆仑弱磁异常区的应用[J]. 地质与勘探,2002,38(增刊):74.
- [6] 许德树,曾华霖,万天丰. 中国视密度图与大地构造单元[J]. 地学前缘,2001,(2).
- [7] 烟献军,刘庆宣. 石家庄东部地区地热资源前景分析[J]. 地球学报,2000,21(2).
- [8] 许德树. 航磁综合解释在中石化东北新区油气勘探中的应用[D]. 中国地质大学, 2006.

THE APPLICATION OF INTEGRATED GEOPHYSICAL TECHNIQUE TO GEOTHERMAL PROSPECTING IN SHIJIAZHUANG DEPRESSION

XU De-shu¹, FENG Chuang-ye²

(1. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China; 2. Institute of Hydro-Engineering Geological Exploration, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: on a synthetic study of density as well as magnetic and electric properties of rocks, the authors hold that the general Cenozoic basement can be determined by gravity anomaly inversion, and that Archean and lower Proterozoic crystalline basements can be located with the help of aeromagnetic anomalies. A detailed study was carried out on the vertical distribution of Cenozoic, Mesozoic and Paleozoic strata by using MT information. A study of Shijiazhuang depression revealed a low uplift, which is favorable for geothermal prospecting in Cambrian and Ordovician limestone. Two deep depressions in NS and EW directions were also detected in Shijiazhuang City. One is from the Railway Station to Yongbi and the other is from Yongbi to Ershilipu.

Key words: gravity anomaly; aeromagnetic anomaly; MT; Shijiazhuang depression; geothermal prospecting; total gradient of aeromagnetic anomaly

作者简介: 许德树(1962—), 教授级高级工程师。1983年毕业于长春地质学院金属及非金属地球物理探矿专业, 2006年获中国地质大学博士学位。主要从事重力、磁法、电法勘探的方法技术研究及其在区域地质、油气勘探、矿产地质、地热地质、城市地质等方面的应用研究工作。