

高精度重磁测量在油气勘探中的应用效果

邱毅¹, 史元鹏¹, 梁德永¹, 桂顺晴¹, 吴俊海¹, 赵伟森¹, 刘宽厚²

(1. 华北油田公司 地质勘探公司, 河北 任丘 062552; 2. 地质矿产西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

摘 要: 在某工区进行了高精度重磁油气勘查, 推断出断裂体系、密度界面和预测含油气古潜山, 取得找油气突出效果, 显示出重磁勘查具有的快速高效特点和有效性, 对同类或相似地区的油气勘探工作有启迪和借鉴作用。

关键词: 高精度重磁测量 油气勘探 应用效果

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2002)05-0340-04

为开发深部油气藏资源, 在华北某工区进行了以高精度重力勘查为主, 配合高精度磁力测量的勘探工作。该区新生界厚约 3 000 m, 连同中生界厚约 4 000 ~ 5 000 m。以往多以勘探第三系地层内油气为主, 但也发现在中生界地层之下有下古生界灰岩潜山型油气藏的赋存条件。选择以高精度重力为主的重、磁勘探, 主要依据有三: ①灰岩潜山构造与围岩相比, 密度高, 能形成局部重力异常; ②使用先进仪器, 进行野外高精度重力测量能发现深部高密度体所形成的低缓重力异常, 加深了勘探深度。同时使用新近开发的系列性资料处理方法, 能合理地区分出局部低缓异常, 反演源体分布状态和预测源体内是否可能存在油气藏所形成质量耗损异常; ③新、中生界地层内有基性火山岩层, 密度大, 可形成重力高, 但因具有磁性, 用磁测可将其与灰岩潜山加以区别, 同时工区内有若干钻孔, 对新、中生界或及上古生界地层分布有控制作用, 有利于对深部异常的解释。

重、磁测量于 1997 年 11 月开始, 1998 年 3 月初提交成果, 圈出了潜山构造断裂, 地层密度界面及预测含油气的潜山构造; 1998 年 3 月底布井; 1998 年 10 月中旬在用重力方法预测的 4 700 ~ 5 100 m 深处见高产油气流。从钻探到见油前后用了近 1 a 时间, 这是本区首次在用高精度重、磁勘探方法圈定的低缓异常区中布钻, 并在深部找油方面取得了突破性成果, 也显示了重、磁方法快速、低成本的优势和有效性。

1 概况

重、磁工作区位于冀中坳陷的北东部, 面积大约 1 000 km²。本区油气勘探工作从 50 年代就已开始, 勘探程度相对较高, 如地震测量, 除部分地区测网为 2 km × 2 km 外, 大部分地区已达到 1 km × 1 km, 局部地段已完成了三维地震工作。区内完成的钻孔已有十几口, 但因前一阶段在区内找油目的层主要以下第三系为主, 故多数钻井均在第三系内完钻, 仅有 4 口井钻遇下古生界奥陶系。经地震勘探及钻井验证, 在工区西南边部, 发现和探明在下古生界有奥陶系灰岩形成的潜山裂隙或溶洞型油气藏 (S4 油气构造), 大部分地区奥陶系埋深超过 5 000 m, 而在工区中部及北部的广大地段上尚未发现有明显的潜山构造显示。

根据区内钻井及前人勘探工作成果, 从中上元古代至下古生代, 本区稳定沉积了一套巨厚的滨海—浅海相碳酸盐岩地层; 上古生代沉积了一套海陆交互的泥岩、砂岩、炭质泥岩和含煤地层, 沉积厚度较为稳定; 中生代地层为一套河流湖沼相的泥岩、砂岩及炭质页岩夹煤层, 在中生代末期或新生代中期, 随着区域性地层的强烈抬升和断裂构造的发育, 使中生代地层遭受强烈剥蚀, 使凸起部位全部缺失, 仅在凹槽中残留有中生界地层。在新生代, 本区由区域性断陷逐渐转为坳陷, 沉积较为稳定, 主要沉积了一套河流湖泊相的砂泥岩地层, 其厚度约 3 000 ~ 6 000 m。

对于重力测量而言,由于奥陶系灰岩与其上覆砂、泥岩之间存在明显的密度差(密度差大于 $0.30 \times 10 \text{ kg/m}^3$),物性条件良好。但也由于埋藏深度较大,局部构造相对于深度规模较小,而有相当的难度。经设计多种模型作正演分析,确定采用“三高”重力测量(即高观测精度、高采样密度和高分辨力)和有效的解析推断和预测油气方法技术方能取得寻找深部潜山油气藏的任务。

2 外业工作方法

重力测量按线距 500 m,点距 250 m 的测网布点,为预测油气藏并在所发现的重点异常区布设了点距为 100 m 的“十”字精测剖面。为了提高重力测量的总精度,测点点位及高程均采用双频 GPS 接收机完成,重力测量全部采用 LCR-D、G 型高精度重力仪,全区测点点位精度为 $\pm 0.71 \text{ m}$,高程的精度为 $\pm 0.14 \text{ m}$,布格重力异常总精度为 $\pm 36 \times 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

地面磁测主要目的是圈定火山岩体,以减少重力解释的多解性,磁测点与重力点同点位,并全部采

用 MP-4 高精度磁力仪观测,最终磁异常实达总精度为 $\pm 1.9 \text{ nT}$ 。

3 资料处理、解释及地质效果

工区实测布格重力异常等值线形态规则,沿北东向中轴线分布 2 个规模大而延出工区未封闭的重力低异常(图 1),这是 2 个较大的沉积凹陷,是寻找油气藏的有利地段。为进一步寻找有无潜山构造,采用了插值切割法、滑动趋势分析法,对局部重力异常进行了提取,共提取出局部异常 30 个,其中重力高 19 个,重力低 11 个(图 2)。同时计算了布格重力异常垂向二阶导数异常(图 3)。垂向二阶导数异常与提取的剩余异常基本相符,因而对剩余重力异常的可信度起到印证作用。将上 2 图与区内已知含油气构造比较可见,所圈定的 G_{1-1} 、 G_{1-3} 、 G_{1-4} 异常与由地震探测方法发现、钻井控制的潜山构造(S4 构造)对应较好,说明所提取的局部重力异常具有可靠性和寻找潜山构造的地质意义。为了排除高密度、高磁性基性火山岩体对重力资料解释的影响,对本区实测地磁 ΔT 异常进行了原平面化极处理,同

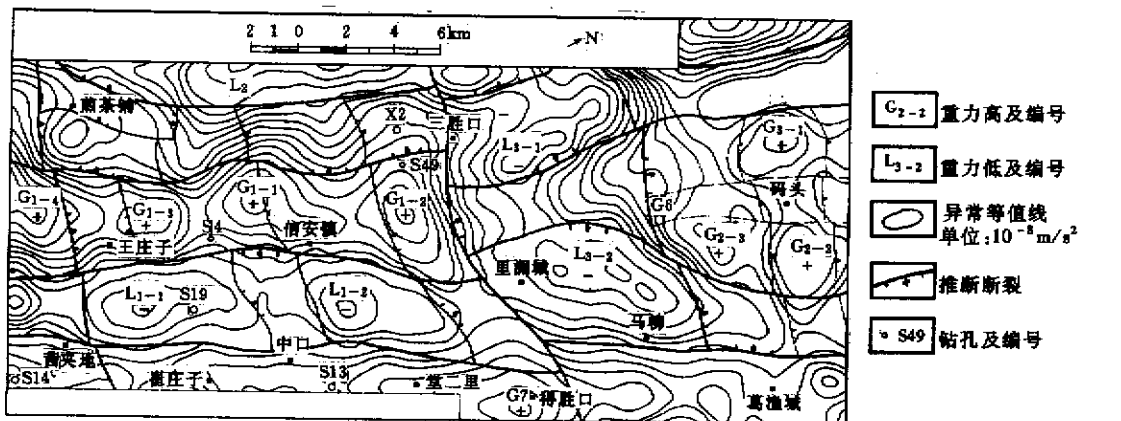


图 1 布格重力异常

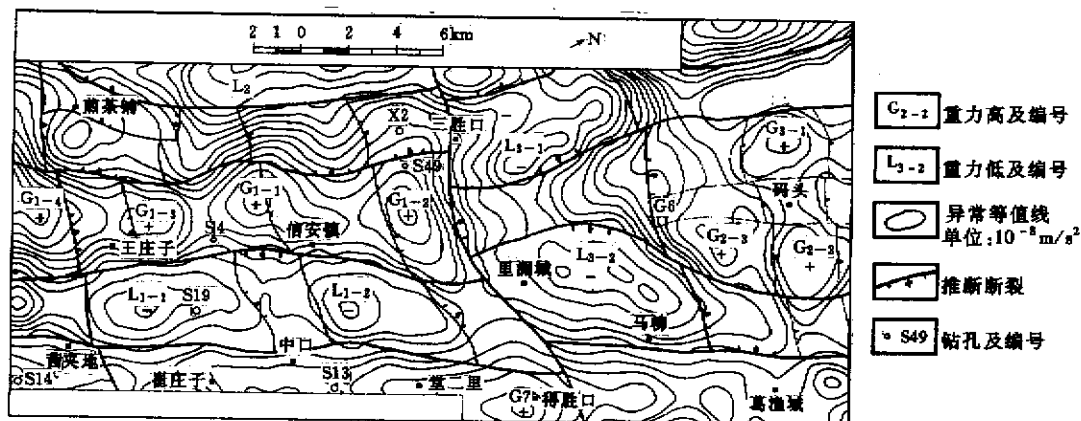


图 2 布格重力剩余异常

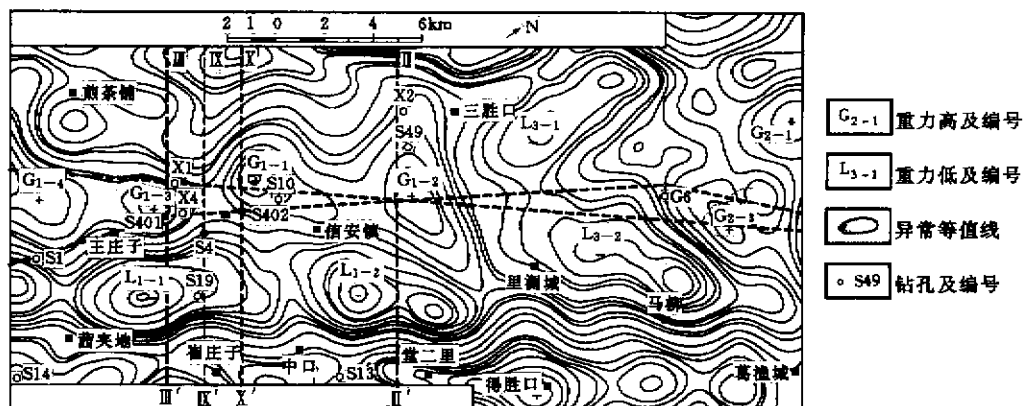


图3 布格重力垂向二阶导数(部分)

时计算了 ΔT 化极异常的一次导数和剩余异常,圈定了火成岩的分布,并计算了磁性体的最小埋深。将地磁异常与重力异常做了数值相关分析,发现本区重、磁异常相关性不好,这说明高密度、高磁性的火成岩对局部重力异常的干扰不是很明显,也就是说,局部重力异常反映了潜山构造。

根据重力异常水平梯度图件,结合布格重力异常图、重力垂向二阶导数图、地磁异常图及本区的地质资料,对区内的断裂构造进行了划分,全区共确定断裂构造34条,其中元古界及其以上地层中断裂29条(主断裂3条,次级断裂9条,再次级断裂17条),太古界磁性基底断裂5条。元古界以上地层有7条断裂与前人推断的断裂基本吻合或部分地段

吻合,其余全部为新推断的断裂。根据区内断裂的展布及局部异常(局部构造)的分布特征,对区内构造单元进行了划分。

从剩余重力异常图可见,本区局部重力异常均较微弱,幅值均在 $(100 \sim 200) \times 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$,为了推断局部构造,特别是潜山构造的基本形态及埋深,充分利用多个钻井对新、中生界,上古生界地层及密度层所形成的多个“控制点”资料,采用了“多约束三维选择拟合反演方法”和“神经网络法”对重力异常进行了反演计算,并计算了区内下第三系顶、中生界顶、上古生界顶及下古生界顶等4个密度界面,根据钻探资料验证结果,所反演计算的4个密度面埋深图的相对误差不大于10%。

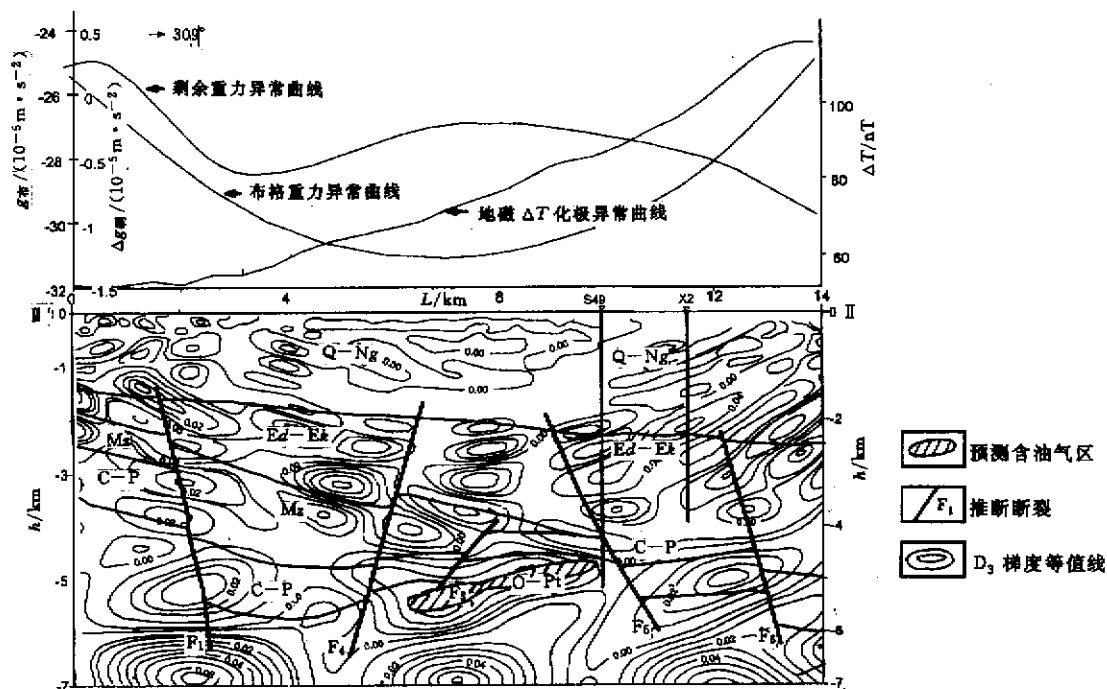


图4 II-II'剖面重磁综合解释成果

根据本区地质及油气运移、聚集特征,对区内含油气远景区进行了评价和圈定,认为全区除了 G_{1-4} (S1 构造)、 G_{1-1} 、 G_{1-3} (S4 构造) 2 个已知含油气潜山构造外,重力资料新圈定的 G_{1-2} 、 G_{2-1} 、 G_{2-2} 等 3 个“孤岛”式局部异常为本区最有利的含油气远景的潜山构造区。为了预测该构造中油气藏的可能深度,首先对这几个远景区的重磁精测剖面进行了二维模拟计算,再采用预测油气藏的重力 D_3 梯度法,对所圈定构造中可能因油气赋存而形成的质量亏损层作出计算,从而推断其范围及埋深等参数,较详细地推断了潜山构造的形态,图 4 为新圈定的 G_{1-2} 构造的剖面计算结果,重力预测该构造在埋深 4 700 ~ 5 100 m 深度范围内存在可能与油气有关的质量亏损层(为突出质量亏损层的位置,在图 4 中人为地将 D_3 异常变换成正值)。在该构造上布置了 S49 钻井,完井深 5 250 m,于 1998 年 10 月 7 日~10 日在 4 752.01 ~ 4 950 m 井段试油,经折算日产油 58.2 m^3 ,气 127 449 m^3 。1998 年 10 月 15 日在 4 949.33 ~ 5 030 m 井段试油,日产油 77.4 m^3 ,气 170 399 m^3 。

4 结束语

由于采用了各种先进的高精度测量仪器和高新

的资料解释方法,提高了重磁野外测量精度、勘探深度和资料解释精度,从而使重磁测量这一传统地球物理方法在勘探程度较高的本地区取得了可喜的成果。目前,我国东部各油田的油气勘探均向老油区的边缘部位和深部构造方向发展,勘探难度越来越大,所以要采用新近开发的和综合性的勘探方法,吸收各种勘探手段的优点,才有利于取得新的突破。从东部各油田的油藏类型来看,潜山构造型油藏占有较大的比例,这与本次重、磁力勘探区的地质构造特征相类似,即均具有进行高精度重、磁力测量的地球物理前提,所以对老油区边缘及深部复杂构造区的油气勘探而言,高精度重、磁力测量方法也不失为勘探效率高、成本低、行之效的方法之一。

参考文献:

- [1] 《重力勘探资料解释手册》编写组. 重力勘探资料解释手册 [M]. 北京:地质出版社,1983.
- [2] 吴蓉元. 油气田重磁勘探 [M]. 武汉:中国地质大学出版社,1991.
- [3] Zhang Minghua, Hou Junsheng, Liu Kuanhou. Improved BP Method for 3D Gravity Inversion for Multi-Interface [A]. 61ST EAGE Conference & Technical Exhibition [C]. Helsinki, Finland: EAGE Business Office, 1999: 2-40.

THE EFFECTS OF APPLYING HIGH-PRECISION GRAVITY AND MAGNETIC SURVEY TO OIL AND GAS EXPLORATION

QIU Yi¹, SHI Yuan-peng¹, LIANG De-yong¹, GUI Shun-qing¹,
WU Jun-hai¹, ZHAO Wei-sen¹, LIU Kun-hou²

(1. Geological Exploration Company, North China Oil Field Corporation, Renqiu 062552, China; 2. Xian Institute of Geology and Mineral Resources, Xian 710016, China)

Abstract: High-precision gravity and magnetic oil and gas exploration was conducted in a certain site and, as a result, the fault system and the density interface were inferred, and the oil- and gas-bearing concealed paleo-mountain was predicted. All this signifies the outstanding achievements made in oil and gas prospecting, demonstrates the rapidness, high efficiency and effectiveness of the gravity and magnetic exploration, and is of inspiration and referential significance to oil and gas exploration work in similar areas.

Key words: high-precision; gravity and magnetic survey; oil and gas exploration; application effect

作者简介: 邱毅(1958-)男,高级工程师。1982年毕业于西南石油学院勘探地球物理系,现任中国石油天然气股份公司华北油田分公司勘探部副总工程师,长期从事科研、生产实施及管理工作,发表论文数篇。