

Estimation of Oil Shale in Negative Magnetic Anomaly Zone by Means of Gravity and Magnetic Correspondence Analysis

Pengfei Sun¹, Tie Gao²

¹Hebei University of Engineering, Handan Hebei

²China Geological Survey, Shenyang Liaoning

Email: huowang6886@163.com

Received: Apr. 5th, 2017; accepted: Apr. 26th, 2017; published: Apr. 30th, 2017

Abstract

The Hanzhong area of oil shale is Jurassic sedimentary rocks of continental deposit, mainly quartz sandstone, kaolin component, with common features of oil shale, relative density moderate, weak magnetism, not suitable for gravity and magnetic. But as a result of the orogeny, igneous intrusion, containing metal mineral zone and fold belt, the oil shale is the cutting. Therefore, thinking conversely, firstly, we can use the conventional gravity and magnetic method to remove metal veins and folds, as well to demarcate the negative magnetic anomaly area. secondly, corresponding to the transformation of the gravity analysis method, a new correlation coefficient is proposed, And the matching R' in the negative magnetic anomaly region is determined as the area where the oil shale is present. A new detection method is provided for the exploration of oil shale.

Keywords

Gravity Data, Magnetic Data, Gravity and Magnetic Correspondence Analysis, Hanzhong Area

利用重磁对应分析法对负磁异常区内油页岩的推断

孙鹏飞¹, 高铁²

¹河北工程大学, 河北 邯郸

²沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳

Email: huowang6886@163.com

收稿日期: 2017年4月5日; 录用日期: 2017年4月26日; 发布日期: 2017年4月30日

摘要

汉中地区的油页岩是陆相沉积的侏罗纪沉积岩, 成分以石英砂岩、高岭土为主, 具有油页岩普遍特征, 相对密度中等, 磁性弱, 不适合重磁处理。但由于研究区的造山运动, 被火成岩入侵, 含有金属矿物带和褶皱带, 油页岩层被其切割。因此, 反其道而行, 首先利用常规重磁处理手段, 剔除金属矿脉和褶皱, 圈出负磁异常区; 其次, 改造重力对应分析法, 提出新相关系数 R' , 把负磁异常区内的符合要求的 R' 断定为油页岩存在的区域。为油页岩的探测提供了一种新的探测方法。

关键词

重力数据, 磁法数据, 重磁对应分析, 汉中地区

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

常规油页岩的探测一般是利用很少利用重力和磁法勘探[1] [2] [3] [4] [5], 因为油页岩相对密度中等, 同时磁性较弱, 部分呈逆磁性, 因此效果不明显。汉中地区的油页岩是陆相沉积岩[6], 研究区存在火成岩入侵形成的金属矿, 在开采过程中发现, 某些区域内有油页岩的存在, 在利用重力和磁法勘探金属矿同时, 考虑利用重力和磁法方法对油页岩进行探测。考虑到油页岩本身的中等密度、低(逆)磁性特征[7], 虽然其本身不能很好的被重力和磁法仪器勘探出来, 但其周围的入侵金属矿脉可以很好的被探测到, 利用延拓、求导、褶积等方法[6] [8], 圈定出油页岩可能存在的区域, 但这种圈定的区域属于剔除法, 本身精度很差, 寻找的结果也很不理想。重磁对应分析法[9]是一个对同源的地质体利用泊松公式进行密度与磁性计算的方法, 目的是把高密度与高磁性或者低磁性进行对应分析。而油页岩是中等密度体, 与低磁性体的对应关系, 与重磁对应分析的结果不一致, 但其核心要求, 同源地质体这一点是符合的, 因此, 改造重磁对应分析法的相关系数, 提出新的相关系数公式 R' , 把符合新相关系数要求的 R' 区域认定为油页岩存在区域。

2. 区域地质概况

本区属扬子准地台龙门一大巴山前缘拗陷带之西缘, 北面与秦岭地槽南秦岭加里东褶皱带毗邻, 以龙门-大巴山深断裂为界。研究区断裂发育, 大致可分为走向近南北向和走向为北东向的两组, 均为金属矿成矿后期断层, 对金属矿矿体有破坏作用, 但规模均较小。区内侵入岩仅在矿区东部及深部 800 米标高以下分布, 岩性为花岗闪长岩, 其次局部见有辉绿岩脉。研究区内油页岩主要是侏罗系的典型陆相沉积, 主要有中下统分布。下统为冲积-河流-湖滨-沼泽相含煤碎屑岩建造; 中统为红色碎屑岩建造。自下而上可分为白田坝组、千佛岩组、沙溪庙组。侏罗系下统以黄绿、灰白色石英砂岩、泥灰岩为主, 夹粉砂质页岩、炭质页岩、煤线。泥灰岩中富含丰富的有机质, 其厚 100~300 余米。

根据一些地区的测定资料, 参考我国地壳结构、构造总体模式及陕西省三大构造单元的地质特征, 拟将省内划分为五个圈层, 七个亚层。其中主要研究层为前三层。

第一层：松散沉积层(包括第三系、第四系)。密度 1.67 g/cm^3 ，磁化率很低，平均为 140×10^{-4} ，全省均有分布，以地台区最广泛。

第二层：未变质层，包括中朝准地台石炭-侏罗系；秦岭褶皱系侏罗-白垩系；扬子准地台震旦-侏罗系。平均密度为 2.5 g/cm^3 ，平均磁化率为 760×10^{-6} 。

第三层：沉积变质层，主要分布于秦岭震旦-三叠系及中朝准地台南缘高山河组-奥陶系。平均密度为 2.65 g/cm^3 ，磁化率 2880×10^{-6} 。

以上三层合称为沉积层，之间的物性界面清楚，尤以第二，三层之间差异较大，其密度差为 0.155 g/cm^3 ，磁化率相差 2000 个磁性单位。

3. 利用重磁常规方法圈定金属矿、褶皱、负异常边界

3.1. 利用剩余重力、磁力异常推测地质体范围：

分离的区域异常形态较接近研究区的基底情况，选择向上延拓 100 m 方法分离的剩余异常作为确定地质体位置的基础资料。将剩余异常图场值小于零的重力、磁力低圈闭和场值大于零的重力、磁力高圈闭提取出来，见 图 1 和 图 2。

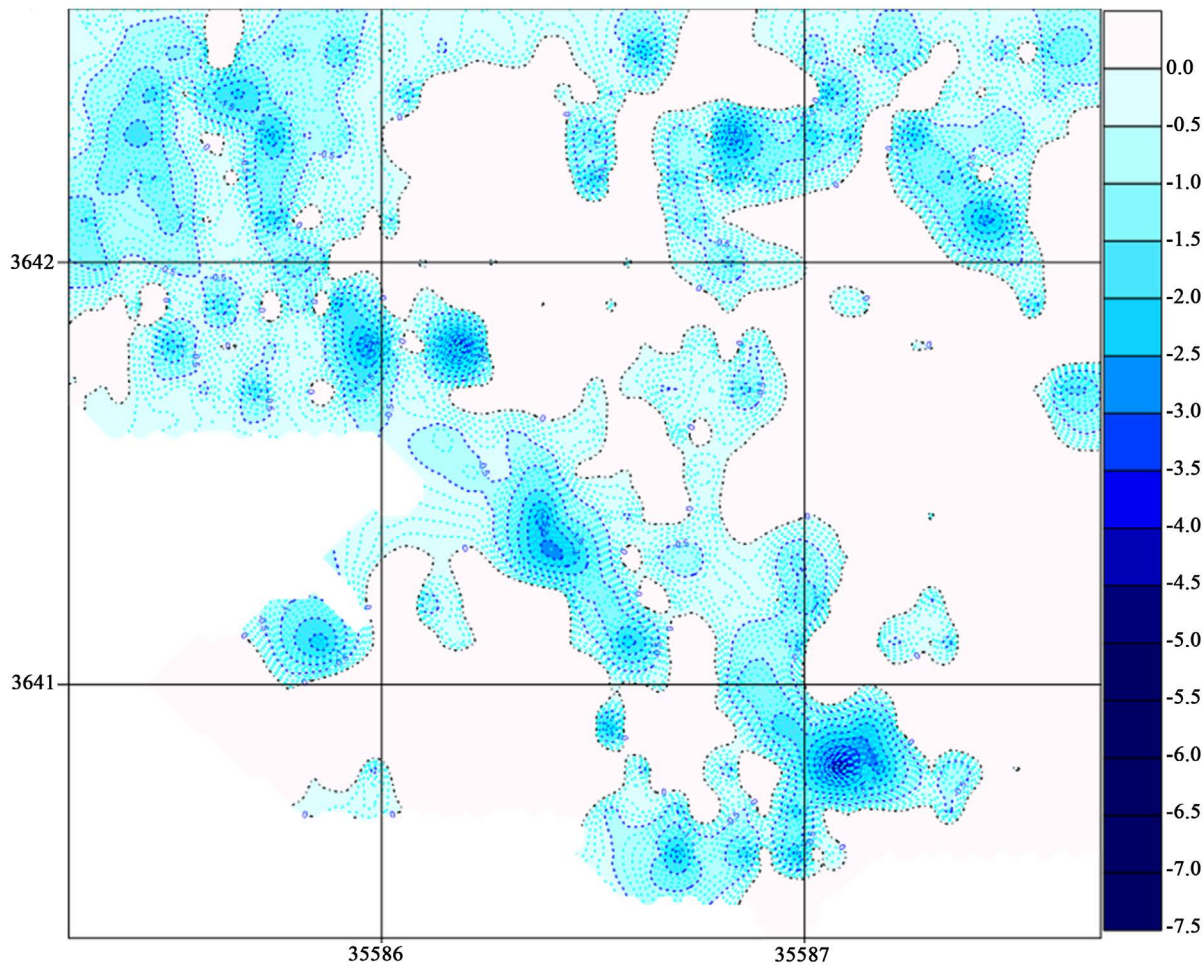


Figure 1. Low density area of residual gravity anomaly prediction

图 1. 剩余重力异常预测的低密度区

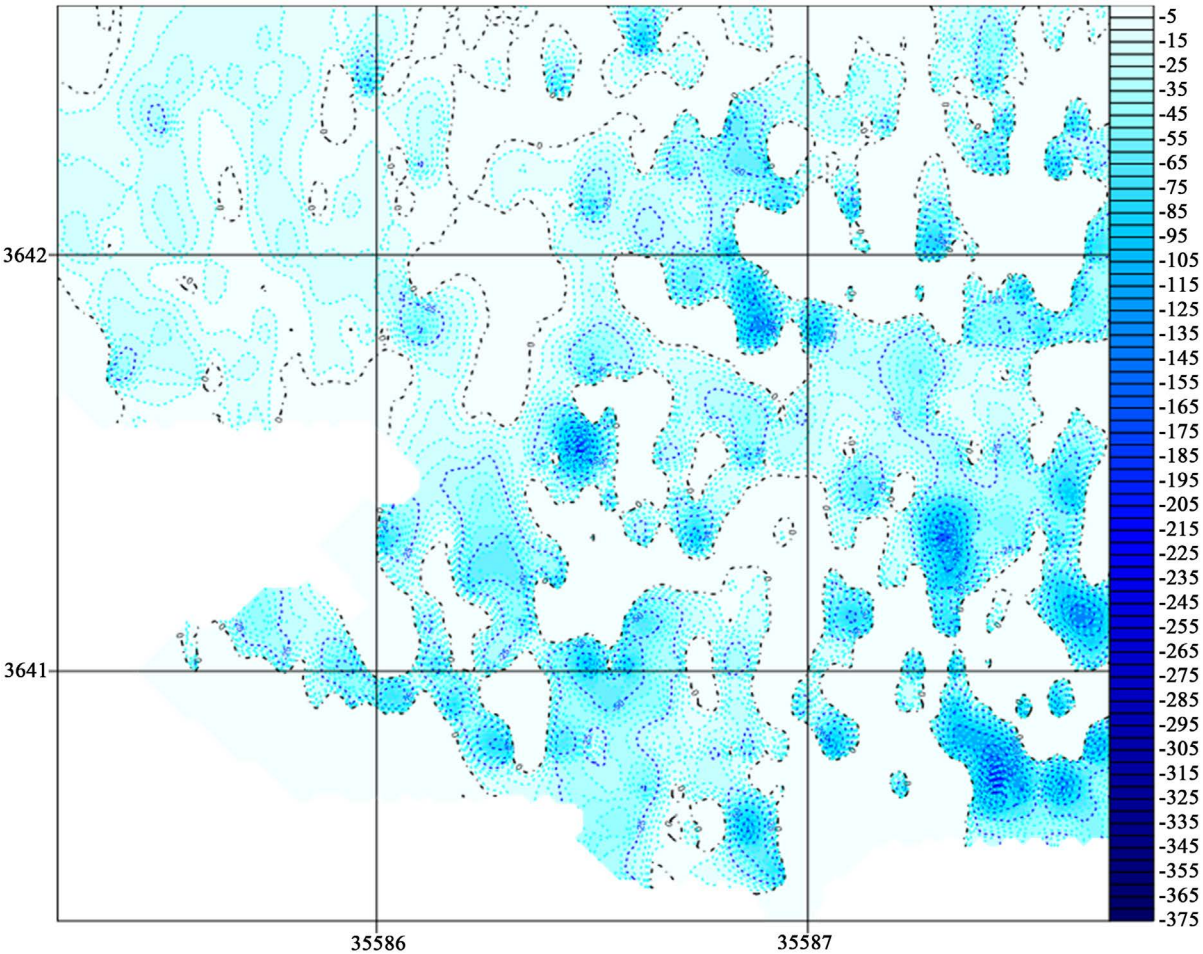


Figure 2. High and low magnetic susceptibility anomaly area predicted by residual magnetic anomaly
图 2. 剩余磁异常预测的高低磁化率异常区

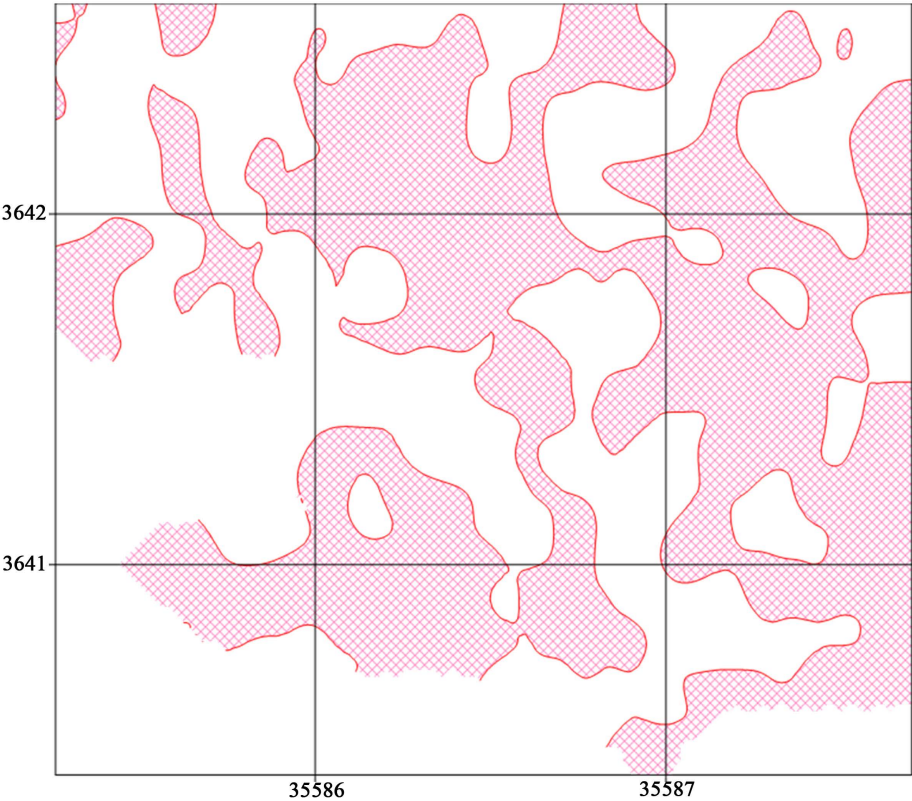
从该图中可见，研究区中的重力低密度圈闭主要纵穿于研究区北西 - 南东向，这些圈闭具有一定的连贯性，东北部也有一些分布。高密度圈闭主要分布于研究区北部与东部，规模相对较大，具有一定连贯性，在研究区西南部也有一些相对集中的高值圈闭。而中等密度圈闭主要集中在西南方向、正东方向南北 - 西北向的一部分，以及东南方向、西北方向小规模珠串状圈闭。

研究区的磁力负异常区如图 2(b)所示，磁化率低圈也主要集中在东南部、正东部、正南部、西南部以及中部也存在规模中等的圈闭。

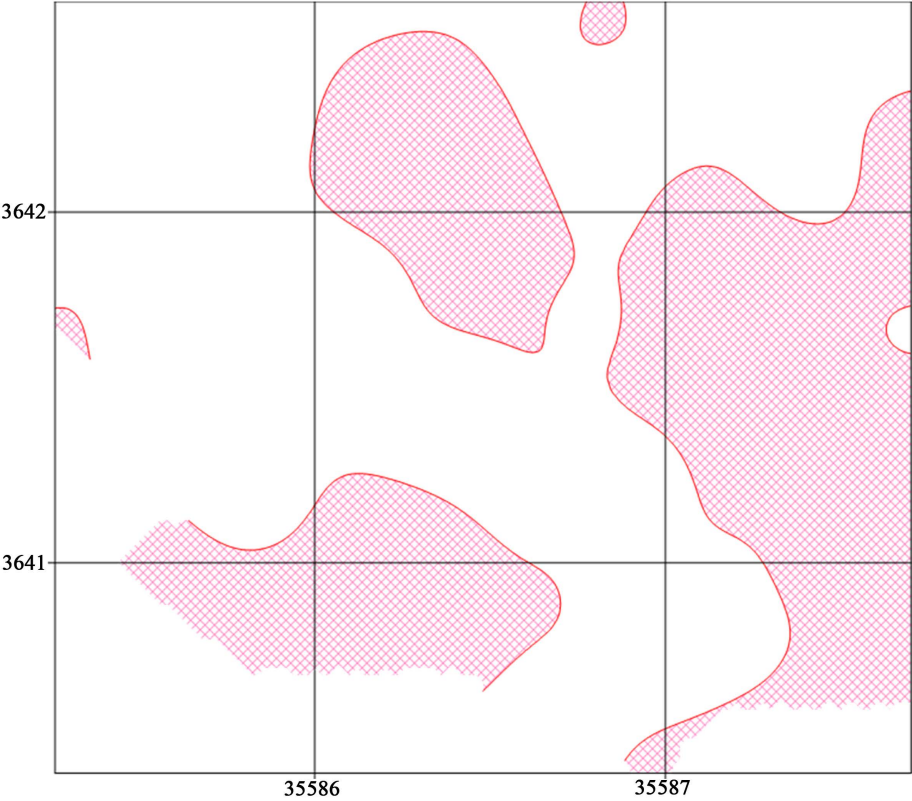
3.2. 利用重力、磁力垂向导数异常推测可能金属矿的范围

理论上重力异常垂向二阶导数的零值线可大致反映地质体的构造边界，同时由于油页岩地层大致处于 400 米以上的地层。因此，为了寻找研究区可能构造的边界，对本区作了布格重力异常、磁力异常向上延拓 100 m、300 m、800 m 的垂向导数(它反映的是延拓一半深度的地层)，它们的零值线圈闭见图 3 和图 4。

由图 3、图 4 可见，在延拓到 800 m 深度的时候，基底轮廓基本变化不大，基底整体倾向为北西 - 南东向。在浅层 50 m 存在一些规模不大的构造圈闭，在中部 150 m 存在一处规模相对较大、深度亦较大的构造体，而油页岩可能存在区域就在剔除构造圈闭后的空白区域。



(a)



(b)

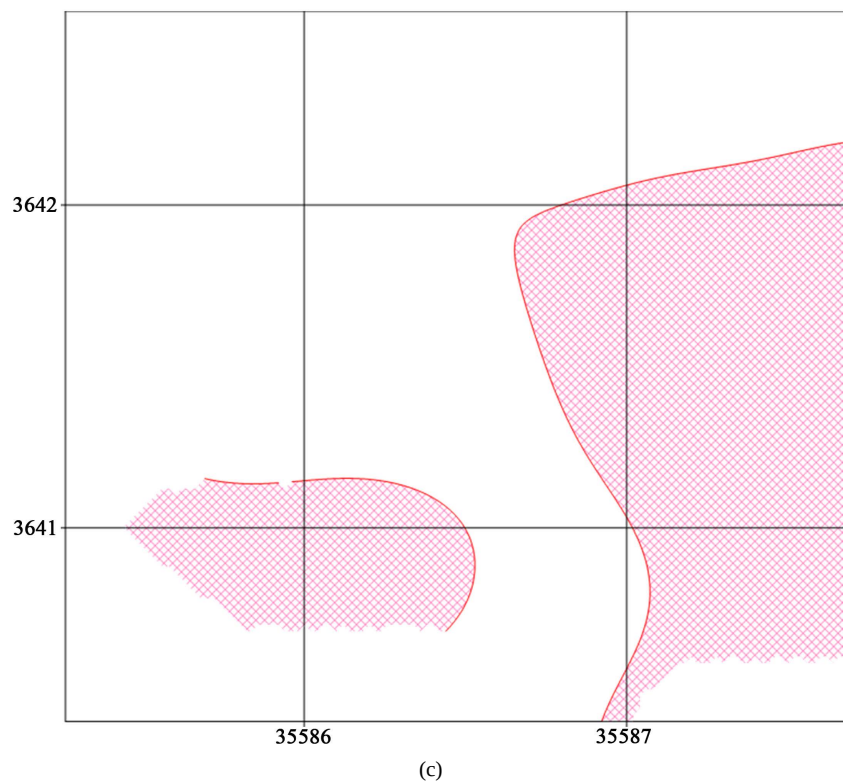
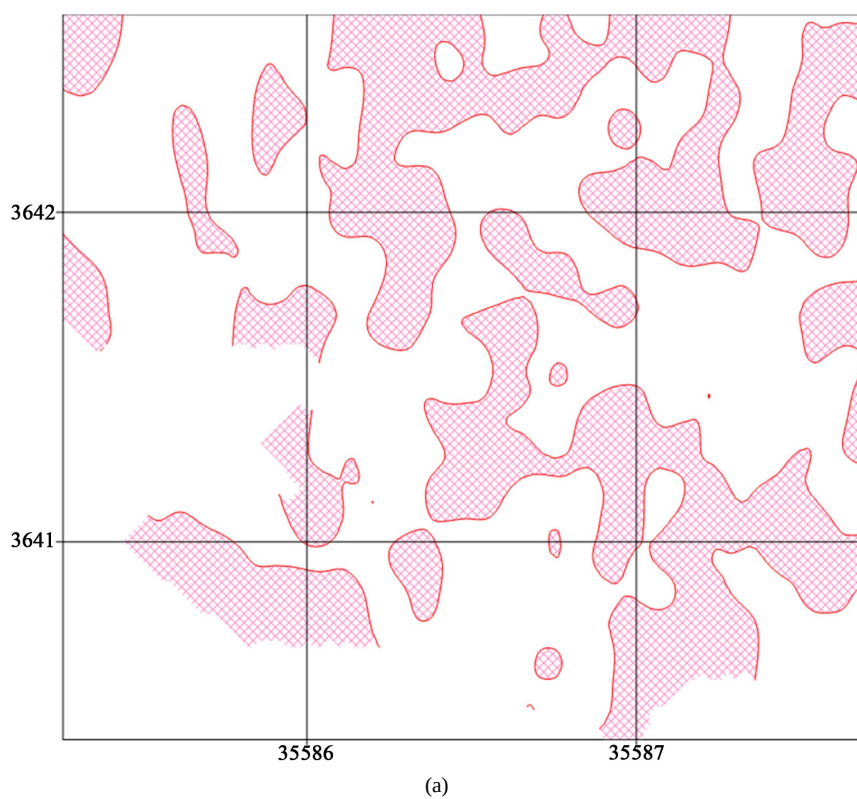


Figure 3. The Bouguer gravity anomaly of two vertical derivative zero line graph. (a) Upward continuation 100 m; (b) Upward continuation 300 m; (c) Upward continuation 800 m
图 3. 布格重力异常垂向二阶导数零值线图。(a) 向上延拓 100 m; (b) 向上延拓 300 m; (c) 向上延拓 800 m



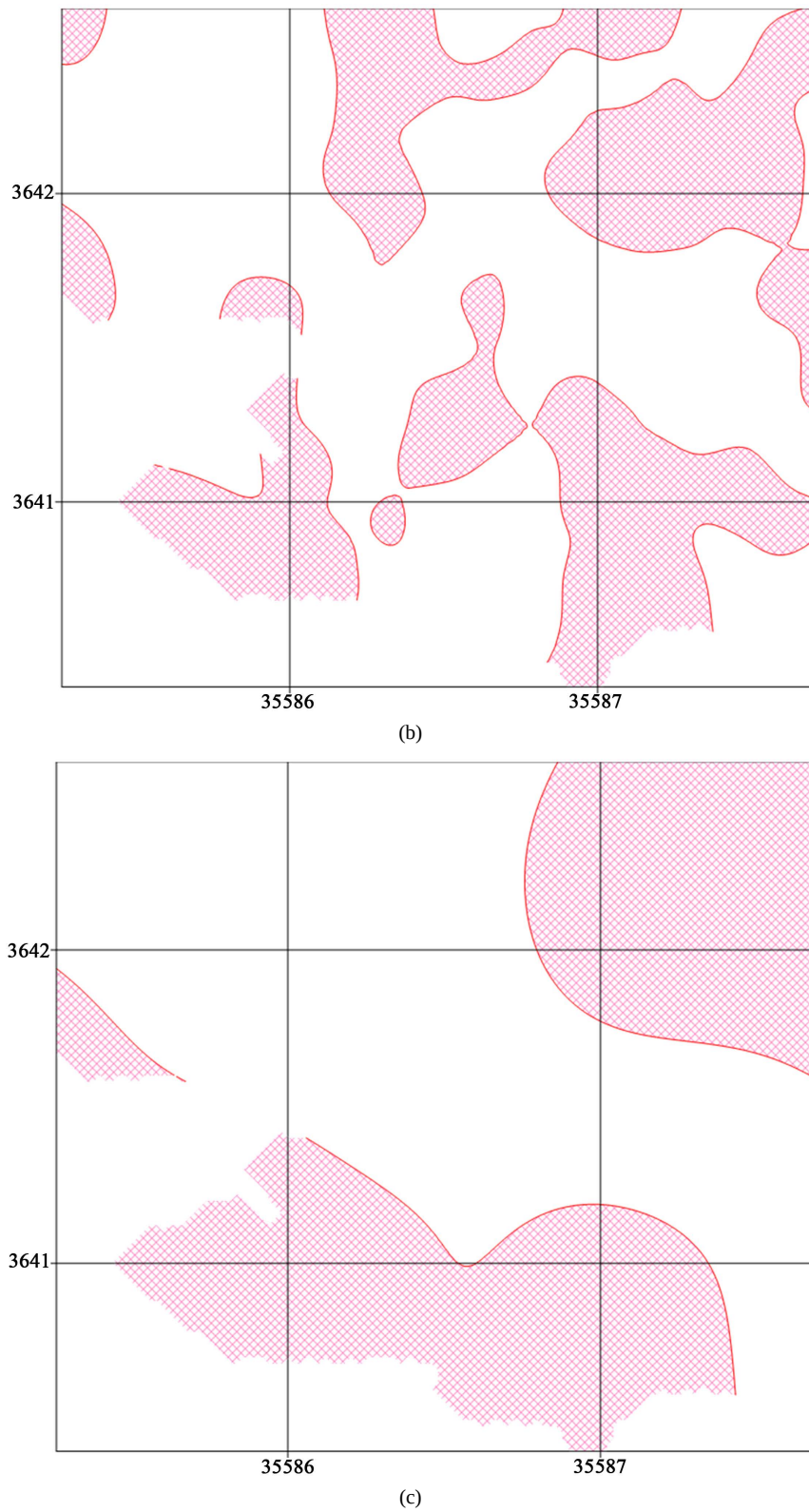


Figure 4. Two vertical magnetic anomaly derivative zero line graph. (a) Upward continuation 100 m; (b) Upward continuation 300 m; (c) Upward continuation 800 m

图 4. 磁异常垂向二阶导数零值线图。(a)向上延拓 100 m; (b)向上延拓 300 m; (c)向上延拓 800 m

3.3. 欧拉反褶积

欧拉反褶积方法是建立在欧拉齐次方法的基础之上，可以在较少先验信息的情况下自动或半自动地确定场源位置、解释场源起因，有效地圈定出构造体的边界，比如断层、盆地边界等，并对潜伏场源进行深度估计，推算出构造体的具体位置和方法。在本次数据处理中，进行了相关构造指数的试验，最后选定效果较好的构造指数 1 作为结果分析图，结果见图 5，图 6。

欧拉反褶积反演出的构造边界与二阶导数延拓 300 m 时候吻合比较好，进一步说明了反演出地质构造体圈闭的合理性，也说明了剔除法的有效性。

4. 重磁对应分析方法

基于泊松定理发展起来的重磁异常对应分析方法(具体计算过程见吴燕冈[10])，是重磁数据综合解释的重要方法，能对重磁异常的相关性进行研究，有效地将重磁信息进行综合，对重磁资料定性地赋予地质意义，并突出地质目标的反映，为重磁资料的地质解释提供有用的信息[11]。常规重磁对应分析相关系数：相关系数 R 的值在+1 和-1 的之间，相关系数 R 反映了重磁资料在给定窗口内的线性相关程度。 R 接近+1 时为正相关，反映了重力高和磁场高对应，或重力低和磁场低对应； R 接近-1 时为负相关，反映了重力高和磁场低对应，或重力低和磁场高对应。从地质解释大的角度来看，相关系数 R 能帮助我们

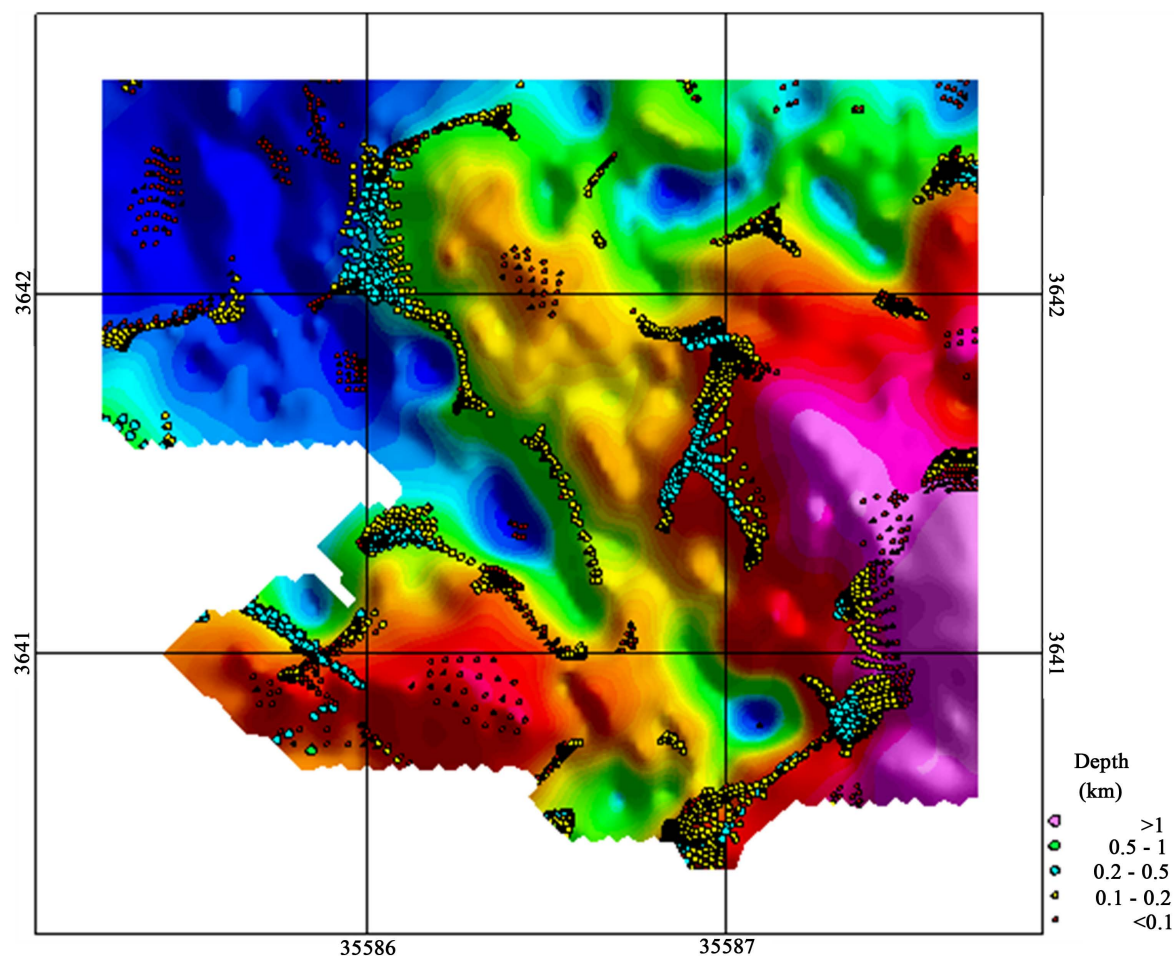


Figure 5. Results of Euler deconvolution of gravity anomaly
图 5. 重力异常欧拉反褶积解结果图

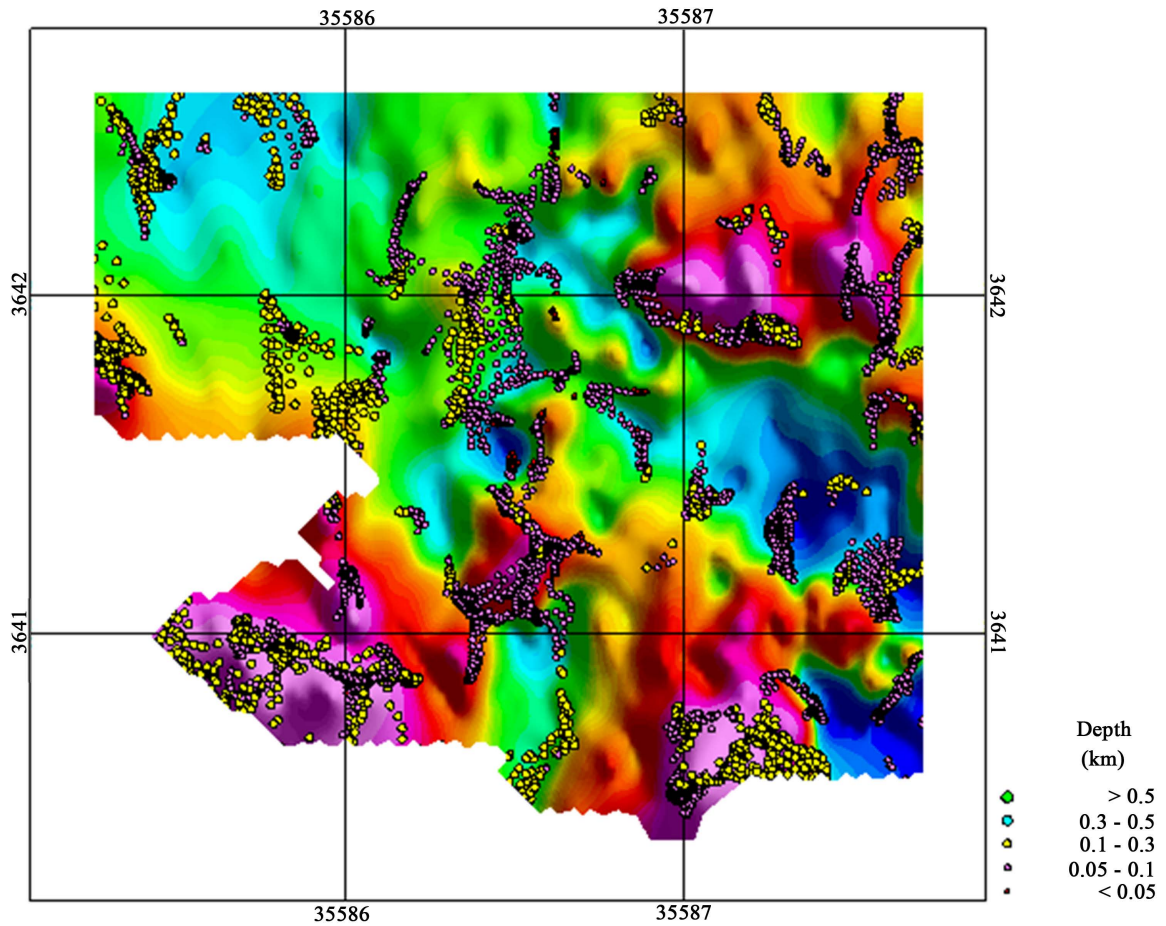


Figure 6. The results of Euler deconvolution of magnetic anomaly
图 6. 磁异常欧拉反褶积解结果图

确定重磁异常的同源性。 R 绝对值越小, 例如小于 0.5, 则可以认为重磁异常不同源, 或存在方向异于地磁场的强剩磁等。但本次目的是求中等重力(油页岩重力异常)与磁场低的对应关系。它并不是由简单的小于 0.5 就可以推断出来为中等重力与磁场低对应。经过多次试验取值, 提出了一个取值范围公式 β : 它涉及研究区内油页岩平均密度 a_1 、磁化率 b_1 , 还有该区内存在已知含量最多的岩石密度 a_2 与磁化率 b_2 , 最后加上一个补偿系数 α 组成。 α 的取值范围与最大岩石密度在整个区域内的百分比有关, 如果大于 10%, 则取 0, 如果小于 10%, 大于 3% 则取值范围在 0~0.2 之间按等比数列变化, 如果密度大于油页岩取正, 小于取负。

$$\beta = \ln(a_2/a_1) * \ln(b_2/b_1) \pm \alpha$$
$$R' = \beta * R$$

由于本区域内油页岩的平均密度为 $a_1 = 2.65 \text{ g/cm}^3$, 磁化率 $b_1 = 760 \times 10^{-6}$ 深度在 300 米左右, 相对于该区最高密度 $a_1 = 2.89 \text{ g/cm}^3$, 最高磁化率为 $b_1 = 2880 \times 10^{-6}$, 最大密度岩石为基性花岗岩, 已知含量大于 10%, 取 0 值。本次 $\beta = \ln(a_2/a_1) * \ln(b_2/b_1) + \alpha = 0.1115$, 处理采用的窗口半径为 100 m, 结果图 7。

5. 标定油页岩靶区及不足

基础油页岩低(逆)磁性特征, 在相对磁性中表现为负磁性异常。比起重力异常更容易辨别, 因此,

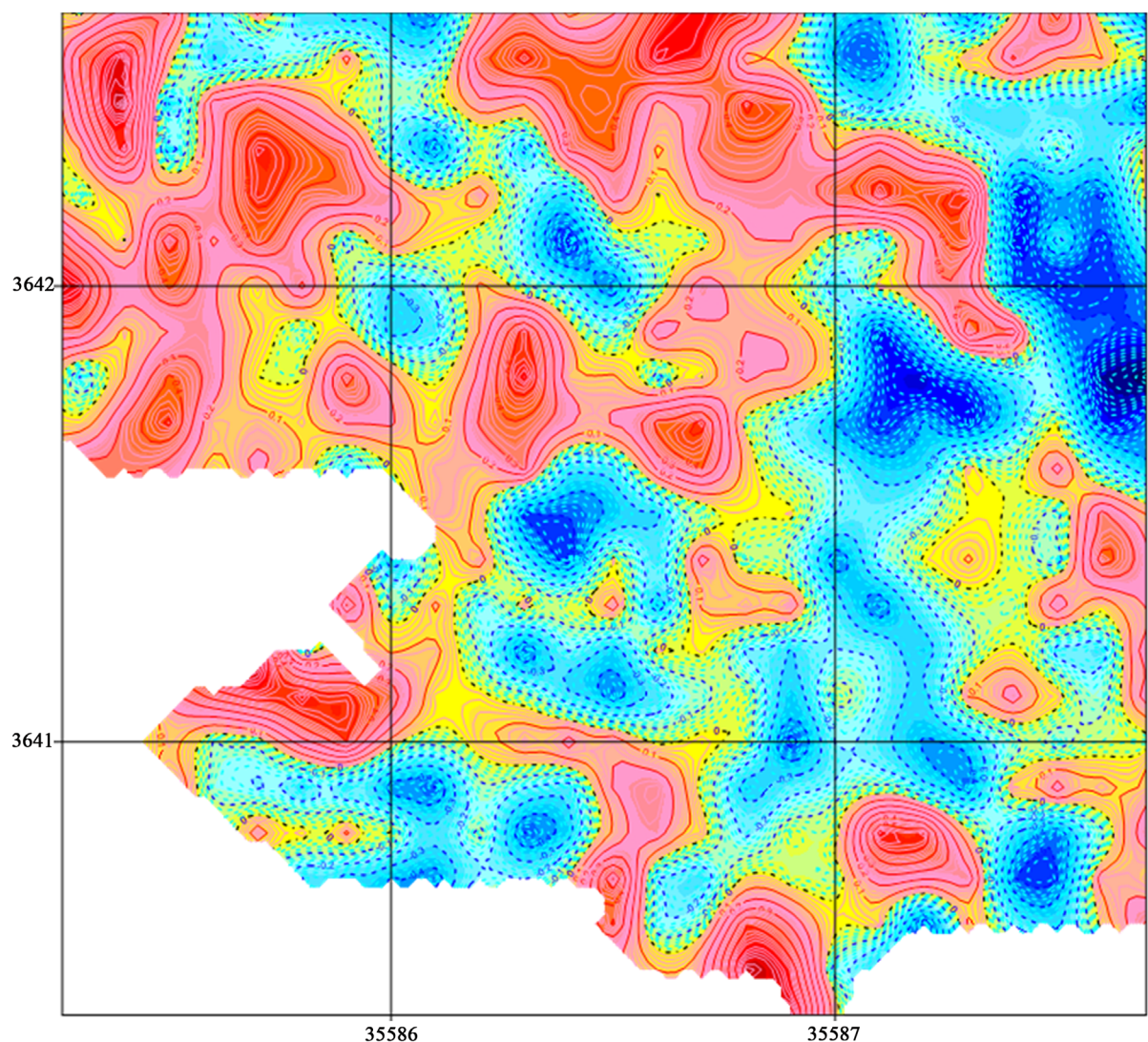


Figure 7. Gravity and magnetic analysis results
图 7. 重磁对应分析结果图

结合重磁对应分析结果图、低磁化率异常区、构造边界图(重磁异常垂向二阶导数零直线图)，最终标定出油页岩靶区位置。具体见图 8。

由图可见，油页岩可能存在区域主要集中在中部以及西南两部分，在东北、西北以及西南部分有中等规模区域存在，在正南部分有，但规模不大。通过垂直二阶导数、欧拉反褶积方法配合相关地质资料初步厘定，油页岩层主要集中在 150~300 米之间的深度之间，超过 400 米后，急剧减少。由于该区域存在已开挖的矿井，位置处于正东方向高磁化率异常区 B 内，在往南开挖的时候发现部分油页岩地层，与靶区 A 结果吻合，说明本方法改进后能在一定推断油页岩的存在，推动了重力和磁法方法寻找油页岩技术，具有很好的理论意义和工程价值。但由于在其他推断区域内没有钻井资料，因此存在一定的不足，同时剔除法配合改进后的重磁对应分析法在处理的过程中涉及的方面较多，过程比较繁琐，不能很好的一一对应，对相关经验要求较高。希望在后续的研究中，能找到一种更好的手段来加强二者之间的联系。

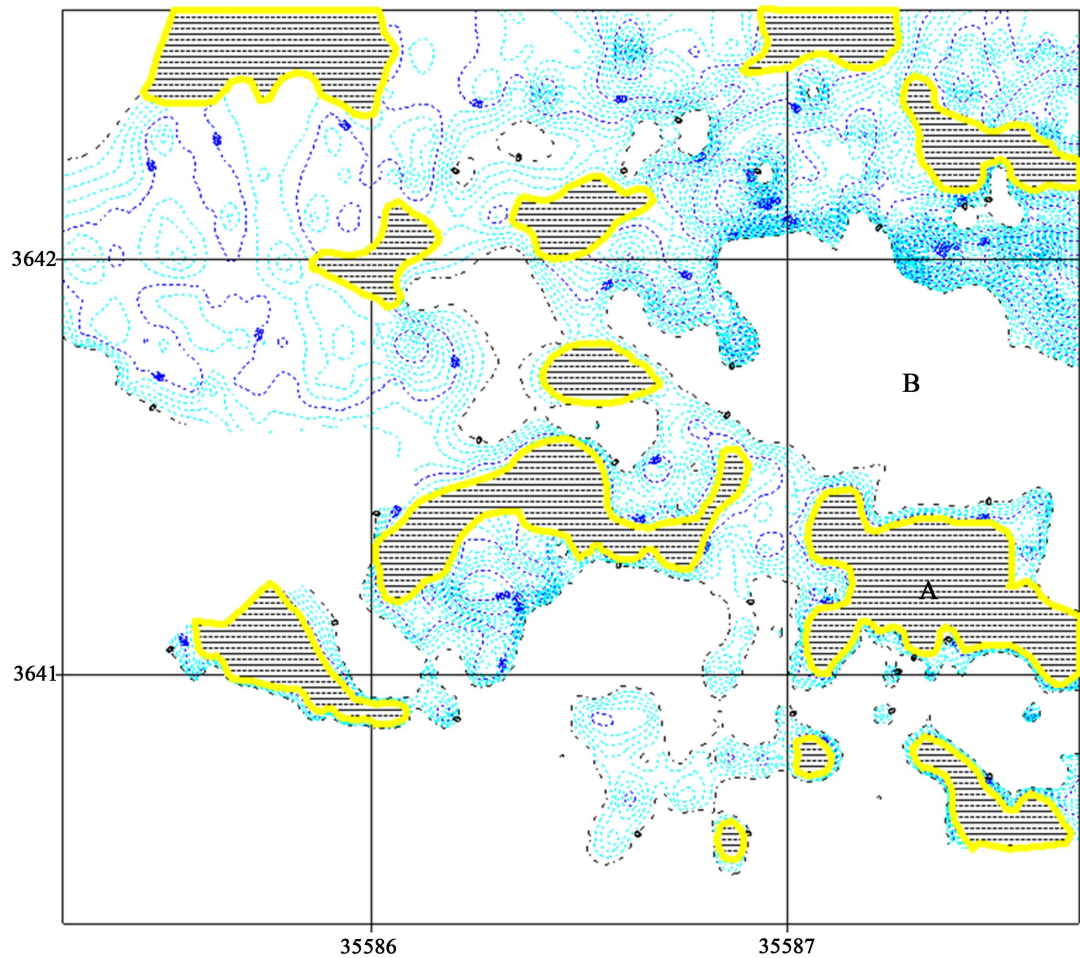


Figure 8. Results of Euler deconvolution of gravity anomaly. The light blue area value between -0.1115 and 0.1115 of the area, the yellow dotted area for the target area

图 8. 重力异常欧拉反褶积解结果图。淡蓝色区域为值在 -0.1115 与 0.1115 之间的区域，黄色虚线区域为靶区

基金项目

国家青年科学基金项目(项目编号: 41604069)和河北省教育厅青年基金(项目编号: QN2017310)联合资助。

参考文献 (References)

- [1] 丁树柏, 邢学文. 油页岩遥感探测技术研究[A]. 见: 新世纪以来遥感应用进展交流研讨会论文集[C]. 北京: 中国遥感应用协会专家委员会, 2011.
- [2] Goldstein, M.A. and Strangway, D.W. (1975) Audio Frequency Magnetotellurics with a Grounded Electric Dipole Source. *Geophysics*, **40**, 669-683. <https://doi.org/10.1190/1.1440558>
- [3] 李帝铨, 何继善. 湘西地区页岩气广域电磁法探测研究[A]. 见: 中国地质学会 2014 年中国地球科学联合术年会议论文集[C]. 北京: 中国地球物理学会, 2014.
- [4] 王红岩. 中国油页岩资源分布及技术进展[M]. 北京: 石油工业出版社, 2013: 100-112.
- [5] 谷天本. 油页岩地层优化钻进技术研究[D]: [博士学位论文]. 武汉: 中国地质大学, 2011: 1-115.
- [6] Abdelrahman, E.M., *et al.* (1985) On the Least-Squares Residual Anomaly Determination. *Geophysics*, **50**, 473-480. <https://doi.org/10.1190/1.1441925>
- [7] Chakravarthi, V. and Ramamma, B. (2015) Determination of Sedimentary Basin Basement Epth: A Space Domain

Based Gravity Inversion using Exponential Density Function. *Acta Geophysica*, **63**, 1066-1079.

- [8] 刘东甲, 程方道. 划分重力区域场与局部场的多次切割法[J]. 物探化探计算技术, 1997, 19(1): 31-35.
- [9] 窦喜英, 吴燕冈, 王恩利, 等. 重磁对应分析方法在东北地区实际资料处理中的应用[J]. 吉林地质, 2006, 25(2): 42-47.
- [10] 吴燕冈, 窦喜英, 杨春成, 等. 重磁对应分析方法的参数选择及应用[A]. 见: 第二届环境与工程地球物理国际会议论文集[C]. 武汉: 中国地质大学, 2006.
- [11] 范正国, 刘前坤, 黄旭钊, 等. 自适应重磁对应分析[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012, 42(6): 1903-1911.

期刊投稿者将享受如下服务:

- 1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
- 2. 为您匹配最合适的期刊
- 3. 24 小时以内解答您的所有疑问
- 4. 友好的在线投稿界面
- 5. 专业的同行评审
- 6. 知网检索
- 7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org