

高精度磁测找矿效果——以青海尕斯库勒矿区为例

张恒磊¹, 刘天佑¹, 朱朝吉², 周肇武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 青海省有色矿产勘查院, 青海 西宁 810007)

摘要:青海尕斯库勒铁矿区地表有近200 m厚的第四系覆盖层,地质工作几乎无法开展,加之钻井控制有限,增加了该区勘探的难度。笔者在前人工作的基础上,运用小波多尺度方法分析了该区的平面磁异常,发现小波一阶、二阶细节突出了3线附近的断裂特征,同时对3线设计剖面作正演计算,也表明该剖面处在断裂位置。该推断已经被钻探验证。另外小波四阶细节(场源似深度456 m)表现为区域场特征,推断该区深度456 m以下存在磁铁矿体的可能不大,对位于异常中心的5号地质剖面的正演计算没有发现剩余异常,也印证了该区深部没有隐伏铁矿区。小波多尺度分析与2.5维人机交互反演技术等综合方法技术的应用,加深了对该区磁异常特征的认识,可以为钻孔布置提供有力的佐证。

关键词:磁法勘探;小波多尺度分解;二度半人机交互反演;尕斯库勒铁矿区

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2011)01-0012-05

尕斯库勒富铁矿区位于柴达木盆地的西南缘,处于东昆仑西向构造带与祁漫塔格北西西向构造带的复合部位。该区带是我国西北部的重要成矿带,在这个成矿有利的构造部位,已初步查明近十处中小型铁及多金属矿产地,成为青海省西部重要的金属矿产资源基地之一^[1-2]。2006年至今青海省有色矿产勘查院及中国地质大学(武汉)等单位对尕斯库勒地区投入了大量的勘探与研究,并取得了较好的勘探成果。

尕斯库勒铁矿区地处塔里木板块南部边缘东昆仑西段祁漫塔格早古生代裂陷活动带中部偏北,属祁漫塔格加里东弧后裂陷带。在早古生代由于受南部昆仑洋壳俯冲的影响,在元古代结晶基底上发生强烈的拉伸作用,构成一个被夹持于柴达木古陆和昆仑微陆块之间的裂陷槽,致使东昆仑北坡地区呈高弧隆起,并在祁漫塔格地区形成弧后裂陷带,发生海侵,并伴有较大规模的火山喷发活动,形成了奥陶纪的海相碎屑岩、中基性火山岩夹碳酸盐岩含矿建造。随着昆仑洋壳向北俯冲作用加剧,盆地裂陷加深,局部达上地幔,导致少量基性—超基性岩的侵入,矿床进一步叠加改造。早古生代晚期昆仑洋壳消亡,塔里木板块与华南板块陆-陆碰撞,裂陷盆地闭合,隆升成陆,造山运动发生,并伴有大量加里东期中酸性岩

浆侵入。晚古生代北特提斯洋扩张波及本区,并形成牦牛山组、大干沟组、锦苏组、打柴沟组海陆交互相、浅海相沉积,间有陆相火山喷发。华力西期造山活动使本区整体下沉,造就了本区石炭—二叠纪多金属矿产形成的环境。区内地层有新太古代—早元古代中深变质岩,中元古代变质岩,奥陶纪海相碎屑岩夹火山岩、碳酸盐岩,泥盆纪海—陆交互相碎屑岩、陆相火山岩,石炭纪滨海—浅海相碎屑岩、生物碎屑灰岩、碳酸盐岩,二叠纪海相生物碎屑灰岩、灰岩,三叠纪陆相火山岩,第四纪松散砂砾层等。标本磁参数测定结果表明该区磁铁矿具有强磁性,而围岩(安山岩、花岗岩等)几乎无磁性。

该矿区前人曾作过一定的地质物探工作,并且钻孔已经验证了铁矿体的存在,接下来的详勘(远景预测,钻孔设计等)需要作深入的分析解释。由于该区地表有近200 m的覆盖层,磁性体埋深大,产生的磁异常光滑单调,未能反映更多异常细节,要进一步分析叠加异常特征,需要对实测的磁异常运用数据处理的新方法作深入分析。小波多尺度分析是近年来在固体矿产勘探中有良好应用效果的异常识别方法^[3-5],笔者利用中国地质大学(武汉)研制的MAGS磁法软件,对青海尕斯库勒矿区的平面磁异常也采用小波多尺度方法,并结合2.5维正反演计算,分析剩余异常,为接下来的钻探工作提供依据。

1 采用的方法技术

尕林格矿区由于巨厚的第四系覆盖,并且铁矿体与围岩磁性特征差别明显,磁法勘探在该区起到主导的作用。由于铁矿体产于巨厚的第四系覆盖层下,埋深较大,平面异常形态简单规则,利用传统的延拓方法很难有效的分析叠加在一起的不同深度信息的场源信息。我们对工区平面磁异常首先进行小波多尺度分析,得到异常的细微特征,在此基础上对典型剖面进行二度半正反演计算,分析剩余异常。

小波变换是重磁异常分解的有效工具,利用小波多尺度分析方法,可以将重磁异常分解到不同尺度空间中,尺度大小决定了重磁异常所反映的地质体规模和埋深的大小。作为一种新而有效的位场分离方法,小波多尺度分析为解释和研究地质体引起的重磁异常开辟了新的途径,在国内外得到了广泛

的应用^[3-9]。

把小波多尺度分析方法应用于磁法勘探资料处理,野外观测值 ΔT 经一阶小波分解,得到局部场 $\Delta T_{\text{一阶细节}}$ 和区域场 $\Delta T_{\text{一阶逼近}}$, $\Delta T_{\text{一阶逼近}}$ 作二阶小波分解得到 $\Delta T_{\text{二阶细节}}$ 和 $\Delta T_{\text{二阶逼近}}$, 再把 $\Delta T_{\text{二阶逼近}}$ 作三阶小波分解得到 $\Delta T_{\text{三阶细节}}$ 和 $\Delta T_{\text{三阶逼近}}$, …… , 如此分解下去。以三阶为例表示为(图1):

$$\Delta T = \Delta T_{\text{三阶逼近}} + \Delta T_{\text{三阶细节}} + \Delta T_{\text{二阶细节}} + \Delta T_{\text{一阶细节}}。$$

详细部分请见参考文献[6-8,10]。

2 磁测资料处理

2.1 平面资料分析

本区矿体产于向斜南西翼西段 OSTa-6 和 OSTa-7 层段的安山岩、透辉石矽卡岩中,呈透镜状斜列平行产出,矿体走向 $105^{\circ} \sim 290^{\circ}$, 倾向向南, 倾角 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。图2(左)为该区 1: 5 000 磁异常等值线图,异常呈似椭圆状,长轴走向为北西西向;长约 850 m 左右,最宽处约为 500 m,长短轴之比小于 3,为一等轴异常,异常强度较高,峰值为 1 424.6 nT。在短轴轴向上的等值线北密南疏,北侧有负异常相伴。图2(右)是化极后异常等值线图,异常峰值变大,异常中心北移,其中后期钻孔已经验证的 ZK502 孔位于化极后异常的极大值点上。

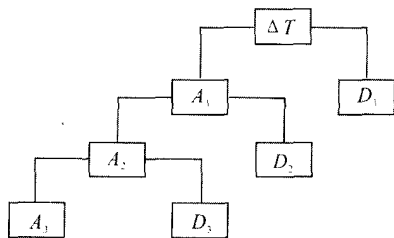
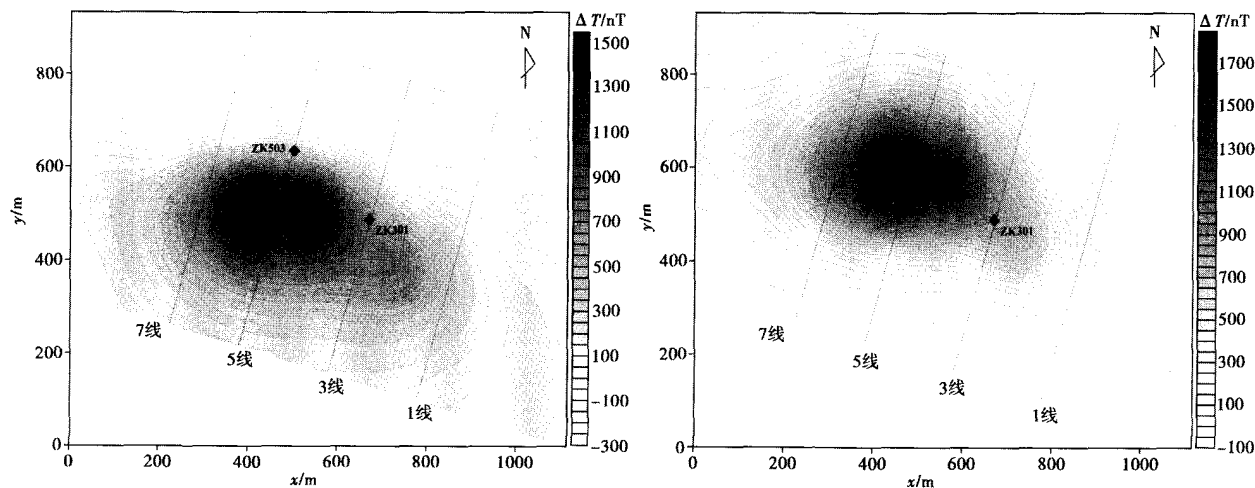


图1 小波多尺度分解示意



黑色点表示设计钻孔位置

图2 青海尕林格矿区平面磁异常(左)及磁异常化极结果(右)

由图2可以看出,该地区由于地表有近 200 m 的覆盖层,磁性体埋深大,产生的磁异常光滑单调,未能反映更多异常细节,要进一步分析叠加异常特征,笔者采用了小波多尺度分析方法(图3),图3a、b 分别是异常的小波多尺度分解一阶细节和二阶细节,值得注意的是,小波分析方法分离了叠加在一起的局部异常,原来看似完整的一个异常(见图2)通

过小波多尺度分析,呈现出了两个异常中心的特征,该发现表明 3 线附近可能存在北东方向的断裂;图 3c、d 是小波分析三阶、四阶细节,功率谱分析其场源似深度分别为 210 m 和 305 m,反映了矿体的异常。图 3e 是异常的小波多尺度分解五阶细节,该异常平缓,是区域场的特征,功率谱分析其场源似深度为 456 m,表明了深度 456 m 以下不大可能有铁矿

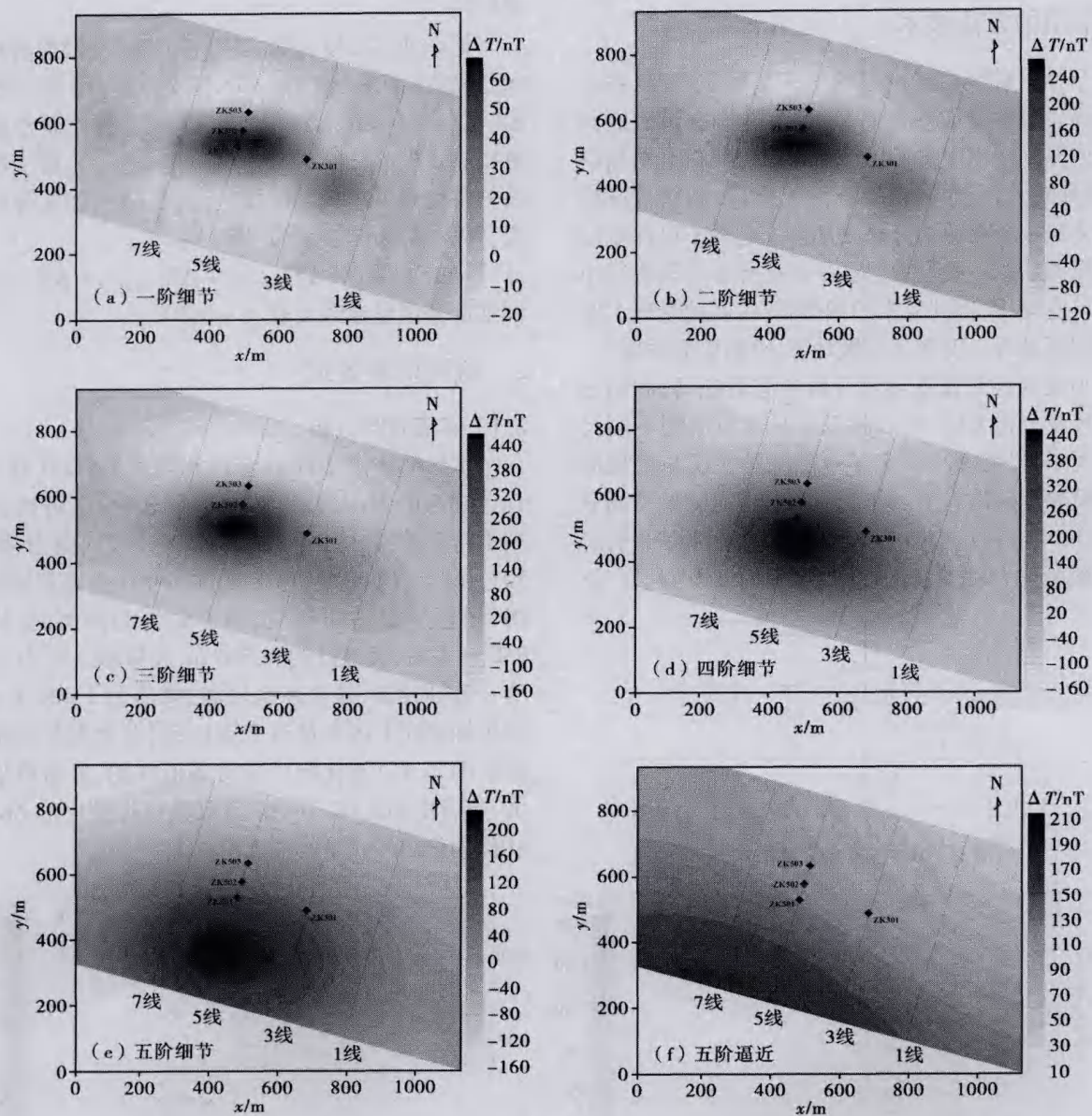


图 3 青海尕林格矿区平面磁异常小波多尺度分解结果

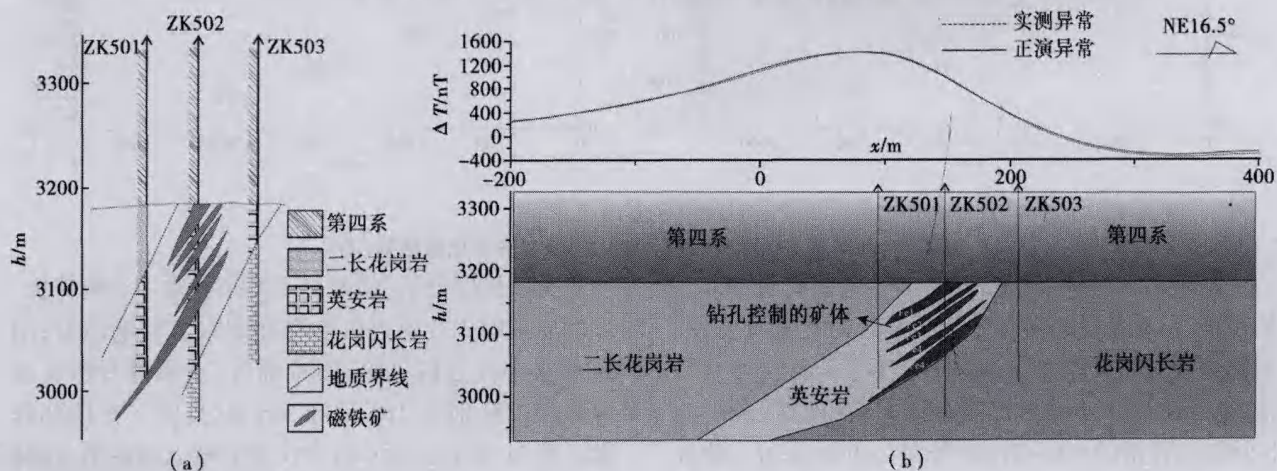


图 4 青海尕林格矿区 5 线设计勘探剖面 (a) 和人机交互反演解释结果 (b)

体的存在。

2.2 典型剖面解释

以有地质设计钻孔的 5 线和 3 线为例,说明该区磁测数据的处理效果。

尕林格矿区 5 线位于主体异常中心,该剖面有三个设计钻孔(后期验证 ZK501 孔未见矿,钻孔北移至 ZK502 孔后见矿,为了控制矿体位置,设计的 ZK503 未见矿),具体见图 2。图 4a 是 5 线设计的勘探剖面,在此基础上对其进行二度半正反演计算,

基本上证实了设计矿体的存在,正演计算得到的磁异常和实测异常基本拟合(图 4b),没有发现剩余异常存在,表明该区深部存在隐伏矿体的可能性不大。

尕林格矿区 3 线位于异常中心偏东侧,有一个设计钻孔(图 5 左),对钻孔剖面所推测的铁矿进行二度半正演计算,结果如图 5 右所示。分析该剖面的磁异常可以发现,实测磁异常最大幅值为 1 000 nT,异常南正北负,而正演计算得到的异常相对实测异常有比较大的差别。另外通过对磁异常作小波

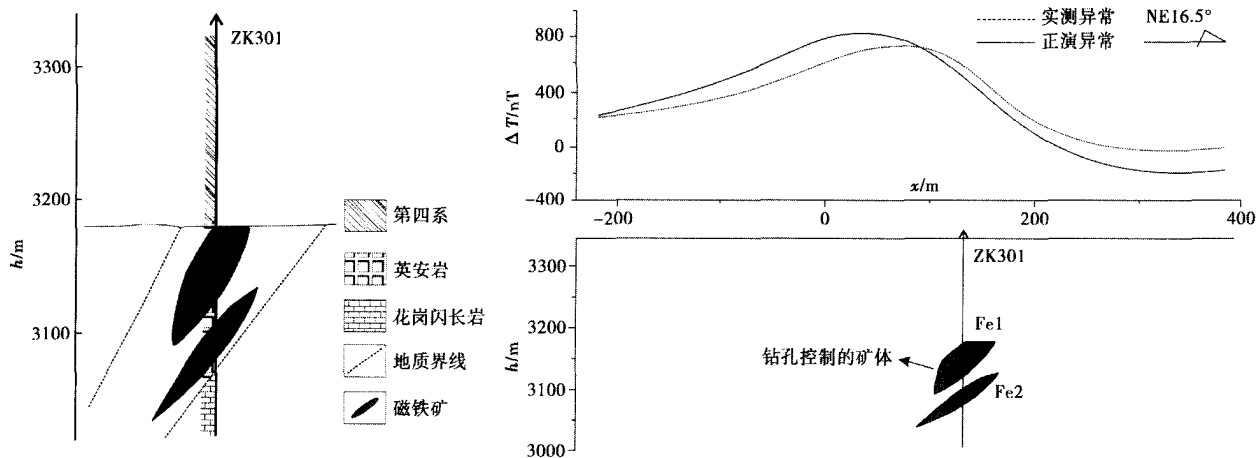


图 5 青海尕林格矿区 3 线设计勘探剖面(左)和人机交互反演解释结果(右)

多尺度分析可知(见图 3),一阶细节和二阶细节可以反映出在 3 线附近有断裂存在的迹象,若该推断成立,则该线设计的 ZK301 孔可能位于断裂上,通过二度半反演得到如图 6 的解释结果,表明 3 线的磁异常是由旁侧铁矿引起的,因此推测设计的 ZK301 孔可能不会见矿。

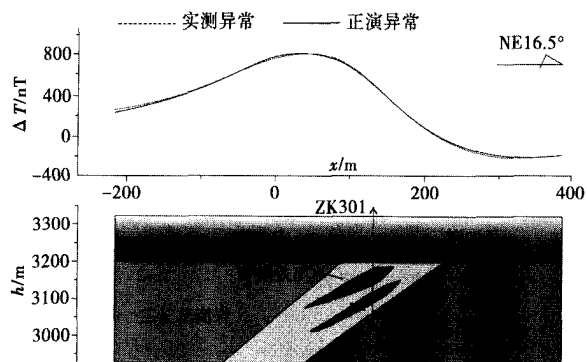


图 6 青海尕林格矿区 3 线反演结果

3 结论

采用小波多尺度方法分析青海尕林格铁矿区的高精度磁测资料,发现了位于异常中心东南方向的断裂,推断该断裂北东走向,基本和 3 线重合。同时

小波多尺度分析五阶细节反映了区域场特征,推测该区深部 456 m 以下不大可能有隐伏铁矿体存在。另外对设计的 3 线勘探剖面以及 5 线勘探剖面(目前已经钻孔验证)作二度半人机交互正反演计算,发现 3 线的磁异常为旁侧异常,而 5 线已知矿体正演计算得到的异常和实测异常吻合较好,表明深部有隐伏矿体存在的可能性不大。

采用小波多尺度分解方法对磁异常进行多尺度分析,能够较好地揭示叠加场源的异常特征,计算精度可靠,较传统的延拓、滤波等磁测数据处理方法有更高的分辨率,已经在多个矿区有成功的应用。笔者在完成尕林格铁矿勘查项目的过程中,认为对高精度磁测资料采用先进的方法技术进行处理,并结合地质资料进行分析,能够得到更深入的地质认识,可以为优选钻孔位置,指导钻孔布置提供有效的依据。笔者抛砖引玉,希望能与各位同行交流探讨。

参考文献:

- [1] 吴小霞,保广英,伊有昌,等.青海省尕林格富铁矿床地质特征及成因探讨[J].黄金科学技术,2007,1(4):36-40.
- [2] 何书跃,祁兰英,舒树兰,等.青海祁漫塔格地区板岩铜矿的成矿条件和远景[J].地质与勘探,2008,44(2):14-22.
- [3] 刘天佑,吴招才,詹应林,等.磁异常小波多尺度分解及危机矿

- 山的深部找矿:以大冶铁矿为例[J]. 地球科学:中国地质大学学报, 2007, 32(1): 135 - 140.
- [4] 刘天佑, 刘大为, 詹应林, 等. 磁测资料处理新方法及其在危机矿山挖潜中的应用[J]. 物探与化探, 2006, 30(5): 377 - 381.
- [5] 张恒磊, 刘天佑. 基于小波分析的磁测数据处理流程及解释方法[J]. 物探与化探, 2009, 33(6): 686 - 690.
- [6] Leblanc G E, Morris W A. Denoising of aeromagnetic data via the wavelet transform[J]. Geophysics, 2001, 66(4): 1793 - 1804.
- [7] 侯遵泽, 杨文采. 中国重力异常的小波变换与多尺度分析[J]. 地球物理学报, 1997, 40(1): 85 - 95.
- [8] 高德章, 侯遵泽, 唐健. 东海及邻区重力异常多尺度分解[J]. 地球物理学报, 2000, 43(6): 842 - 849.
- [9] 张先, 赵丽, 刘天佑, 等. 北京地区航磁异常的多尺度分解及断裂研究[J]. 地震学报, 2006, 28(5): 504 - 512.
- [10] 刘天佑. 位场勘探数据处理新方法[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

THE EFFECTS OF APPLYING HIGH-PRECISION MAGNETIC SURVEY: A CASE STUDY OF THE GALINGE ORE DISTRICT IN QINGHAI PROVINCE

ZHANG Heng-lei¹, LIU Tian-you¹, ZHU Chao-ji², ZHOU Zhao-wu²

(1. Institute of Geophysics and Geomatics, China University of Geoscience, Wuhan 430074, China; 2. Qinghai Institute of Geological Exploration for Non-ferrous Metals, Xining 810007, China)

Abstract: The overburden 200 m thick in Galinge area makes it hardly possible to carry out geological work, and the limited drilling work has added difficulty to the deep ore body exploration. Based on previous work, the authors employed wavelet transform to analyze the plane magnetic anomalies and found that the details at 1st scale and 2nd scale of the wavelet highlights the characteristics of a fault in the vicinity of Line 3. Meanwhile the 2.5D inversion method applied on Line 3 showed that the fault does exist, and this has later been confirmed by drilling. Besides, the authors found that the 4th detail of wavelet analysis is a regional anomaly, whose depth might be 456 m below the surface. It is thought that there may be no magnetite body below the depth of 456 m. The authors also conducted forward calculation for Line 5 located in the anomaly center, and found no residual anomaly, suggesting the nonexistence of hidden deep ore bodies. The authors have obtained a deep understanding of the geological conditions by application of wavelet multi-scale analysis and 2.5D inversion method to the magnetic anomalies, and this approach can provide the strongest evidence for further drilling work.

Key words: magnetic exploration; wavelet multi-scale analysis; inversion for 2.5D model; Galinge iron mine

作者简介: 张恒磊(1983 -), 男, 现在中国地质大学(武汉)地球物理与空间信息学院攻读博士学位, 研究方向为地球物理资料处理方法及综合地球物理方法研究。

上接 11 页

Abstract: With the new understanding of oil and gas geological theories and the rapid development of modern science and technology, oil and gas geochemical exploration technique has also gained active advance in the aspects of basic theory and application extent. The achievements and understanding acquired in basic theoretical study of oil and gas geochemical exploration, method application, oil and gas geochemical analysis and data processing demonstrate that oil and gas geochemical exploration is effective and reliable, and has relatively strong adaptability and great development potential. In combination with the understanding gained in researches on oil and gas geochemical technique as well as related information, the authors hold that the application of this technique to more extensive and complex oil and gas exploration field has raised more harsh and higher requirements for oil and gas geochemical exploration technique. Aimed at tackling different exploration objects and complex conditions, oil and gas geochemical exploration technique itself should have necessary preparation and storage. In addition, integration, in-situ investigation and visualization should be implemented in the whole process of oil and gas geochemical exploration.

Key words: oil and gas geochemical exploration; basic theory, method application, analytical technique; data-processing; interpretation and evaluation, information analysis

作者简介: 蒋涛(1969 -), 男, 重庆人, 高级工程师, 主要从事油气化探研究与生产工作。