

内蒙古西部银根—额济纳旗盆地重力场与断裂构造的特征

严云奎¹, 袁炳强², 杨高印^{3,4}, 张春灌², 申安斌⁵, 许海红³

YAN Yun-kui¹, YUAN Bing-qiang², YANG Gao-yin^{3,4},

ZHANG Chun-guan², SHEN An-bin⁵, XU Hai-hong³

1. 西北大学地质学系, 陕西 西安 710069; 2. 西安石油大学油气资源学院, 陕西 西安 710065;

3. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054;

4. 西安西凌地球物理技术开发有限责任公司, 陕西 西安 710054;

5. 陕西省地矿局物化探队, 陕西 西安 710043

1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China;

2. School of Petroleum Resources, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, Shaanxi, China;

3. Xi'an Center of Geological Survey, China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

4. Xi'an West Approaches Geophysical Technology Development Co. Ltd., Xi'an 710054, Shaanxi, China;

5. The Geophysical and Geochemical brigade of Shaanxi Bureau of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710043, Shaanxi, China

摘要: 为了研究银根—额济纳旗盆地的构造特征, 为该区油气资源远景调查评价提供依据, 系统地收集、研究了已有的重力调查资料, 分析了研究区重力场的特征及其成因, 推断了研究区的断裂构造体系。研究区区域重力异常主要是由莫霍面起伏变化引起的, 剩余重力异常重力高与重力低相间分布的特征, 可能一方面反映了研究区凹陷与隆起分布的范围及展布特征, 另一方面反映了凹陷与隆起之间发育非对称的断裂。研究区主要发育北东东向(北东向)、北西西向2组断裂, 这2组断裂对基底结构、性质、隆拗格架及中生代盆地展布起重要的控制作用。基底断裂将研究区分割成多个块体, 使盆地形成凹、凸相间的结构特征。

关键词: 银根—额济纳旗盆地; 重力场; 断裂构造

中图分类号: P542+.3

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2011)12-1962-07

Yan Y K, Yuan B Q, Yang G Y, Zhang C G, Shen A B, Xu H N. The characteristics of gravity field and fault structure in Yingen-Ejinaqi basin, western Inner Mongolia. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(12):1962-1968

Abstract: In order to study the structural features of Yingen-Ejinaqi basin and provide foundations for further oil and gas resources investigation and evaluation, the characteristics and causes of gravity field have been discussed and analyzed, and the fault systems have been speculated through collecting, processing and studying the existing gravity survey data in the area. Regional gravity anomalies in study area are mainly aroused by the undulation of Moho surface. On the one hand, gravity high and gravity low of residual gravity anomaly with alternative distribution reflect the distribution range and through-going features of the sag and uplift; on the other hand, maybe reflect the asymmetric faults which develop between the sag and the uplift in study area. Two mainly groups of fault, which play an important control role in the structure and properties of the basement, framework of uplift and depression and distribution of Mesozoic basin, with NEE (NE) and NWW trend respectively developed in the study area. The basement faults divide the study area into multiple blocks, which made the Basin with the features of alternate sag and uplift.

Key words: Yingen-Ejinaqi basin; gravity field; fault structure

收稿日期: 2011-10-09; 修订日期: 2011-11-29

资助项目: 中国地质调查局国土资源大调查项目《西北地区中小盆地群油气资源远景调查》(编号: 1212010733506)

作者简介: 严云奎(1964-), 男, 在读博士, 高级工程师, 从事石油天然气勘探开发研究。E-mail: yuayunkui@s126.com

前人对银(根)—额(济纳旗)盆地的构造特征做了大量的地球物理工作。例如:通过对磁场的研究发现,盆地内存在东西向和北东向2组断裂^[1];根据重磁场的性质和异常的特点,结合地质资料,认为区内基底由2种不同性质的基岩所组成:一种是前寒武系结晶基底,另一种是古生代海西期褶皱基底^[2];利用“地震、钻井资料约束下的重、磁、电资料联合反演”方法,对研究区残留的石炭系—二叠系的分布与埋藏状况进行了初步解释,石炭系—二叠系总体残留厚度较大,埋深适中^[3];根据石油地质调查、重力测量和一些二维地震普查、详查勘探成果,认为额济纳旗盆地是自海西期四大板块碰撞形成大陆后在其板内演化过程中出现的中生代拉裂盆地群^[4-6],盆地发育4种级别的区域性断裂^[7]。分析已有的资料,前人对银—额盆地的构造研究取得了大量成果,但目前对整个盆地重力资料系统研究不够,对盆地整体断裂分布特征研究比较少。近几年来,中国地质调查局在银—额地区实施油气基础地质调查项目,开展了额济纳旗及其邻区地球物理场特征等研究。项目组通过系统收集、整理、研究盆地内已完成的1:20万重力测量资料,确定了盆地的断裂构造体系,分析了断裂的作用及其地质意义,为进一步研究盆地的构造特征提供了一定的基础。

1 地质、地球物理背景

1.1 地质背景

银—额盆地构造位置处于塔里木板块、哈萨克斯坦板块、西伯利亚板块和华北板块四大板块基底的交汇部位^[4],研究区经历了太古宙—古元古代结晶基底形成阶段、前南华纪沉积变质基底形成阶段、南华纪—志留纪(早中泥盆世)洋陆演化阶段、晚泥盆世—二叠纪后造山伸展阶段和中新生代陆内盆山构造演化阶段,形成了古生代与中生代的叠合盆地^[3]。

银—额盆地地层发育较全。沉积盖层为古生界和中生界。古生界主要为石炭系、二叠系,石炭系—二叠系以浅海陆棚相泥页岩为主,发育了海相碳酸盐岩+碎屑岩+中酸性火山岩,残留厚度多在1000~3000m之间,局部地段残留厚度约5000m^[8]。中生界沉积层序自下而上依次是三叠系、侏罗系、白垩系、古—新近系和第四系,最大厚度5500m,早白垩世是银—额盆地发育的鼎盛时期,下白垩统厚达1500~4000m^[9]。三叠系仅在局部地区发育,侏罗

系分布范围较三叠系有所扩大,白垩系分布较广,发育较全^[5]。

该区岩浆活动比较剧烈,岩浆侵入与喷发作用多期次交替发生,按时代分为元古宙、早古生代、晚古生代、中生代、新生代5个时期。总体上表现为岩浆活动受各期构造运动的控制,在空间上受不同构造体系的影响。

1.2 岩石物性特征

为了充分了解该区岩石和地层的密度特征,为重力资料的定性、定量解释提供依据,收集并整理了北山—银额盆地前人关于密度的研究成果,结合本项目在银—额盆地及邻区新采集物性标本的测定结果,综合分析总结了研究区岩石和地层密度的变化规律。研究区火成岩类基性岩密度值最高,达 $2.90 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 以上;其次是中性闪长岩,约为 $2.80 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$;中基性岩(安山岩类)约 $2.68 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$;中酸性岩最低,一般在 $(2.62 \sim 2.64) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 之间;凝灰岩密度变化范围较大,在 $(2.50 \sim 2.81) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 之间,这可能与凝灰岩母岩的成分有关。

研究区深变质的角闪岩类密度最高,达 $2.91 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,其次是大理岩及白云岩,在 $(2.76 \sim 2.78) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 之间,片麻岩类约为 $2.75 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,片岩、变砾岩、石英岩、板岩、混合岩多变化在 $(2.66 \sim 2.70) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 之间。

研究区沉积岩石灰岩类密度最高,一般在 $(2.70 \sim 2.80) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 之间;其次是砂砾岩,一般在 $(2.50 \sim 2.68) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 之间;泥页岩最低,一般在 $(2.37 \sim 2.51) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 之间。新生界古—新近系平均密度为 $2.28 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,中生界白垩系平均密度为 $2.42 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,侏罗系平均密度为 $2.52 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,上古生界平均密度为 $2.66 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,下古生界平均密度为 $2.73 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,元古宇—太古宇平均密度为 $2.75 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。

2 重力场特征及其地质意义

2.1 布格重力异常特征

系统收集整理了研究区已完成的1:20万重力资料,编制了研究区布格重力异常图(图1)。可以明显看出,布格重力异常值由北东向南西逐渐降低,最高值位于东北部查干德勒苏一带,最低值位于西南部哨马营、陶勒特、苏亥图等地,从东北向西南布格重力异常值下降幅度达 $120 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,异常梯度变

化南陡北缓。研究区发育有呈北东向或北北东向展布成排分布的局部重力高和重力低异常带,其中重力高连续性较好,重力低连续性相对较差。对比区域地质图,规模较大的重力高基本与前石炭系露头对应。大部分重力低范围地表为第四系覆盖,少数规模较大的重力低地表有中大型花岗岩侵入体分布。根据上述密度资料,研究区地层从上到下主要存在 2 个密度界面。第一个是新生界与中生界之间,此界面由于新生界厚度较薄,地层界面起伏不大,其产生的重力异常幅度较小且重力异常较平缓,因此大部分地区其影响可以忽略;第二个是中生界与上古生界

之间,该界面密度差值及起伏大,是本区的主密度界面,故研究区沉积盖层重力异常也主要由此界面引起。研究区内广泛发育的花岗岩侵入体的密度小于围岩的密度,岩体产生的重力效应叠加在背景异常上会产生重力低。因此认为研究区发育的重力高基本上是前石炭系(基底隆起)引起的,而重力低是由中、新生代凹陷或密度较小的中酸性岩体引起的。

2.2 区域重力异常特征

通过对布格重力异常进行上延等处理得到的低通滤波异常图基本上反映了研究区区域重力场的特征(图 2)。由图 2 可见,区域重力场异常值东北高西

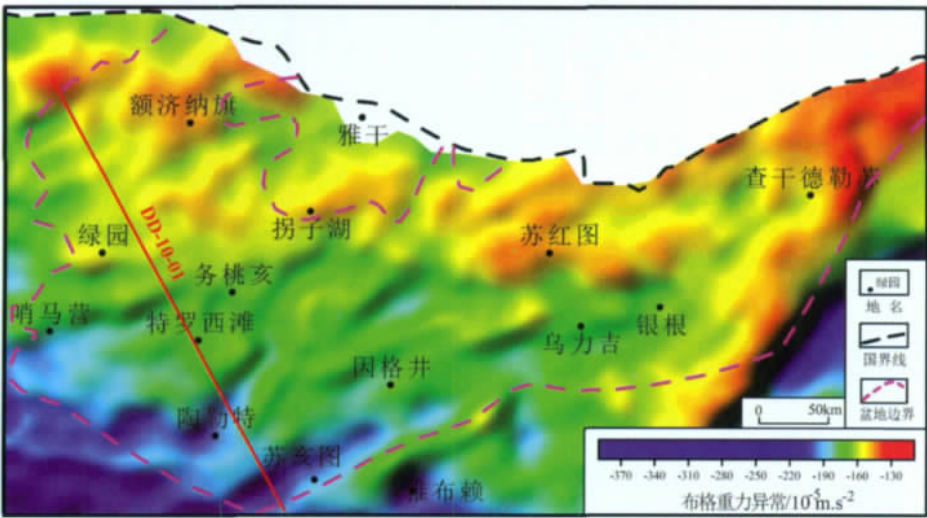


图 1 银-额盆地布格重力异常图
Fig. 1 Bouguer gravity anomaly map in Yingen-Ejinaqi basin

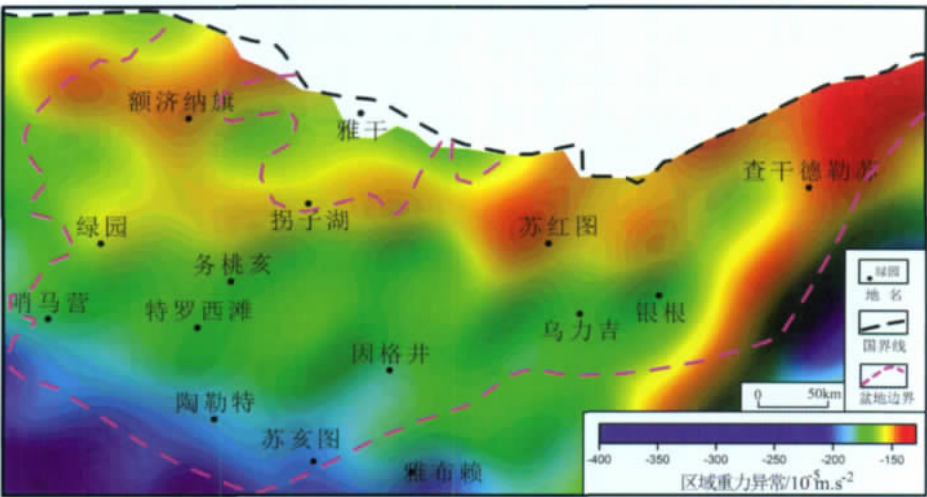


图 2 银-额盆地区域重力异常图
Fig. 2 Regional gravity anomaly map in Yingen-Ejinaqi basin

南低,东北部查干德勒苏东北侧重力异常最高值达 $-140 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$,而到西南边缘重力异常最高降至 $-190 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$,由东北到西南异常值相差达 $50 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。这种特征在不同的低通滤波方法滑动平均、正则化滤波等图件上均有明显的反映。根据中国莫霍面深度图^[10],研究区东北向西南,莫霍面深度由42km下降到46km。已有的勘探成果和地表地质表明,受印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动多次构造运动的作用^[11-13],研究区前古生界底面(基底)起伏大,地壳上部0~6km显示了盆地凹凸相间的结构特征^[2]。研究区中部宗乃山、东南部木巴图、西南部绿园、东北边界楚鲁庙隆起地区,基底深度一般在2000m以内;而在居延海、苏亥图、苏红图、哨马营等凹陷地区,基底深度一般大于4000m。综合分析认为,研究区区域重力场形态和异常特征与基底起伏特征不一致,相关性差,因此推测区域重力异常场东北高西南低主要是由深部密度界面莫霍面起伏变化引起的。

2.3 剩余重力异常特征

应用正则化滤波方法求取了研究区的剩余重力异常(图3)。剩余重力异常是布格重力异常去掉区域异常后的异常,主要反映局部构造的特征。由于研究区范围大、构造复杂,相应的剩余重力异常形态也非常复杂。由图3可以看出,剩余重力异常总体表现为北东、北东东向的重力高与重力低相间分布。和布格异常类似,剩余重力异常重力高连续性较好,重力低连续性相对较差。重力高、重力低形态两边不对称,其南东侧或北西侧陡,对应的另一侧缓。银-额盆地属于中国北方的裂谷盆地,由分散的、彼此相对独立的盆地群组成,在研究区内反映为北东或北北东向展布的多个坳(凹)陷和隆(凸)起^[14-15]。剩余重力异常这种北东、北东东向的重力高与重力低相间分布,重力高、重力低形态两边不对称,可能一方面反映了研究区凹陷(个别为密度小的中酸性岩体)、隆起分布的范围和展布特征,另一方面反映了凹陷与隆起之间以非对称的断裂相隔。

3 断裂构造解释

3.1 解释方法

确定重力异常场源体边界的常规方法主要利用方向导数、各阶垂向导数或水平方向梯度的极值点、零值点等特征点来识别边界。近年来,研制出一些确

定场源体边界的新方法,如倾斜角总水平梯度法^[16]、双曲线水平角法^[17]、Theta图法^[18]、欧拉反褶积法^[19]、综合梯度分析法^[20]等方法。本次研究中,为了提取重力场反映的断裂构造信息,对重力异常分别进行了 0° 、 45° 、 90° 、 135° 方向导数,欧拉反褶积,垂向二次导数和重力水平总梯度计算,同时结合布格重力异常、剩余重力异常等图件,分析各种图件上反映的线性构造信息,在此基础上,结合研究区磁力资料、近几年完成的电法资料、前人地震成果、地质资料等筛选断裂构造信息,进而推测出研究区的断裂构造体系(图4)。

3.2 断裂构造体系特征

总体看,研究区主要发育有北东东向(或北东向)、北西西向2组断裂,但以北东东(或北东向)断裂为主,北西西向断裂次之,且2组断裂具有明显的分区特征。

北东东(或北东)向断裂主要分布在研究区中—北部和东部广大地区,该组断裂规模较大且最具代表性的断裂有特罗西滩-宗乃山北缘断裂(F_1)、雅布赖山北断裂(F_2)、狼山断裂(F_3)等,它们均为基底深大断裂,发育于早古生代以前。研究区发育的规模相对较小的北东向断裂可能形成于中生代裂谷时期,多数发育于燕山早期,结束于晚白垩世,部分断裂活动延续至喜马拉雅期,多表现为张扭性质。

北西西向断裂主要分布于研究区西部北山地区,在早古生代前就可能发育^[6],为区域性基底大断裂,如石板井-小黄山断裂(F_5)、北大山断裂(F_4)等。加里东期和海西期是该组断裂主要的活动期,在喜马拉雅期仍有活动^[11,6]。

北西西向、北东东(或北东)向2组断裂构成了区内的断裂系统,其力学性质多表现为拉张和挤压性质。区域性规模较大的北西西和北东东(或北东)向断裂发育较早,它们是南北向挤压应力场的产物,即可能为南部祁连海、北部天山-兴蒙海在泥盆纪晚期闭合、碰撞造山时形成的。规模相对较小的北东向断裂的形成主要与太平洋板块向欧亚板块的俯冲作用有关。新生代时期,受印度板块向北挤压作用的影响,这2组断裂复活继续生长,进而形成现今2组断裂相互交会的构造格局。

研究区北西西向和北东东(北东)向区域基底大断裂对本区基底的结构、性质、隆坳格架及中生代盆地的展布起着重要的控制作用。北东向规模

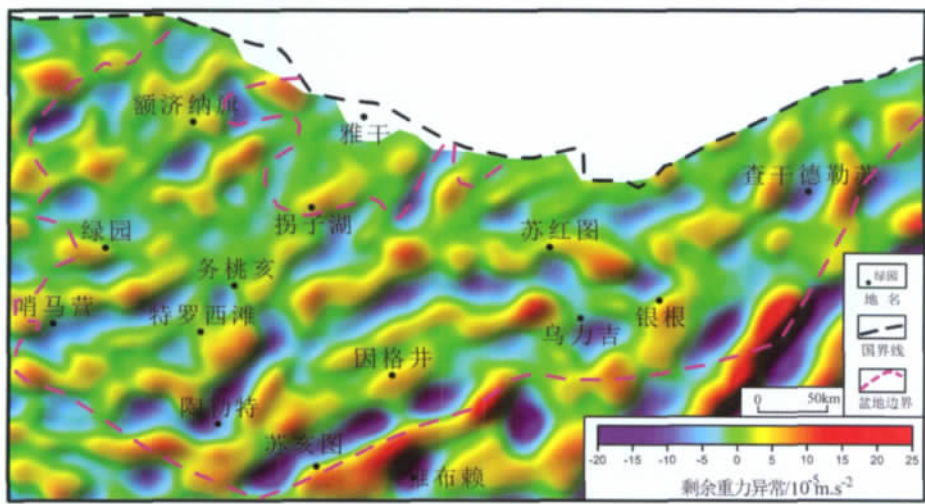


图 3 银-额盆地剩余重力异常图

Fig. 3 Residual gravity anomaly map in Yingen-Ejinaqi basin

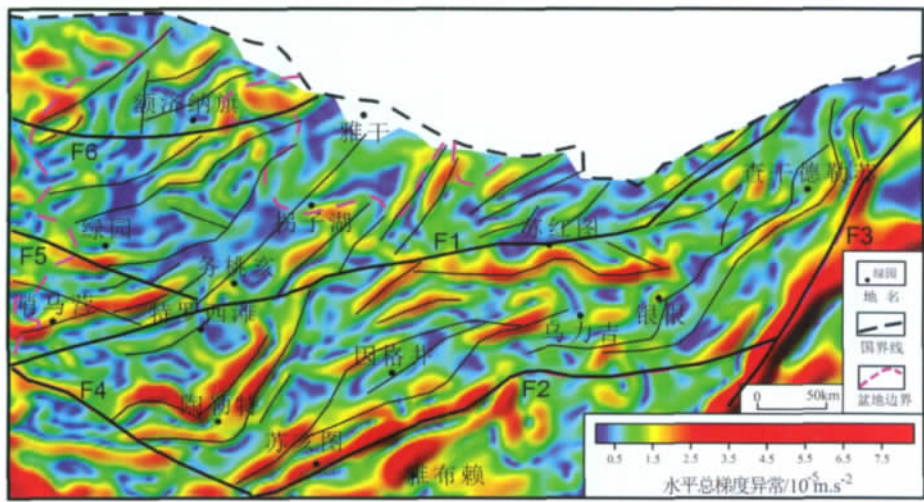


图 4 银-额盆地断裂与重力水平总梯度异常叠合图

Fig. 4 Map of fault tectonic and gravity anomaly horizontal gradient in Yingen-Ejinaqi basin

较小的断裂主要对中生代盆地或凹陷的沉积起控制作用，而且对早期发育的基底断裂有明显的改造作用^[6-7,14]。

本次在研究区内完成了 6 条综合地球物理 (MT、重、磁) 测量剖面, 为了研究剖面通过地段断裂的纵向展布特征, 结合区域地质、钻井、地震等资料对观测剖面进行了定量解释 (图 5, 以 DD-10-01 测线综合解释剖面为例)。剖面经过地段发育多条基底断裂, 它们将基底分割成多个块体, 形成凹、凸相间的结构特征。断裂在剖面上主要表现为上陡下缓的

正断层特征。

根据断裂的规模、时代及其对沉积、构造的控制作用等因素, 研究区发育断裂可分为 4 个级别。一是横穿研究区的阿尔金区域性走滑断裂 (研究区内为 F₁), 它决定盆地发育过程中的应力状态、结构、构造等性质的转变; 二是周边的北大山 (F₄)、雅布赖 (F₂)、哈拉乌山和狼山 (F₃) 3 条断裂, 控制盆地边界范围; 三是研究区内的一级断裂, 控制盆内拗陷、隆起的形成、分布和隆拗格局; 四是众多二级断裂, 控制盆内凹陷、凸起的形成与分布^[6-7]。受研究区周边断裂的

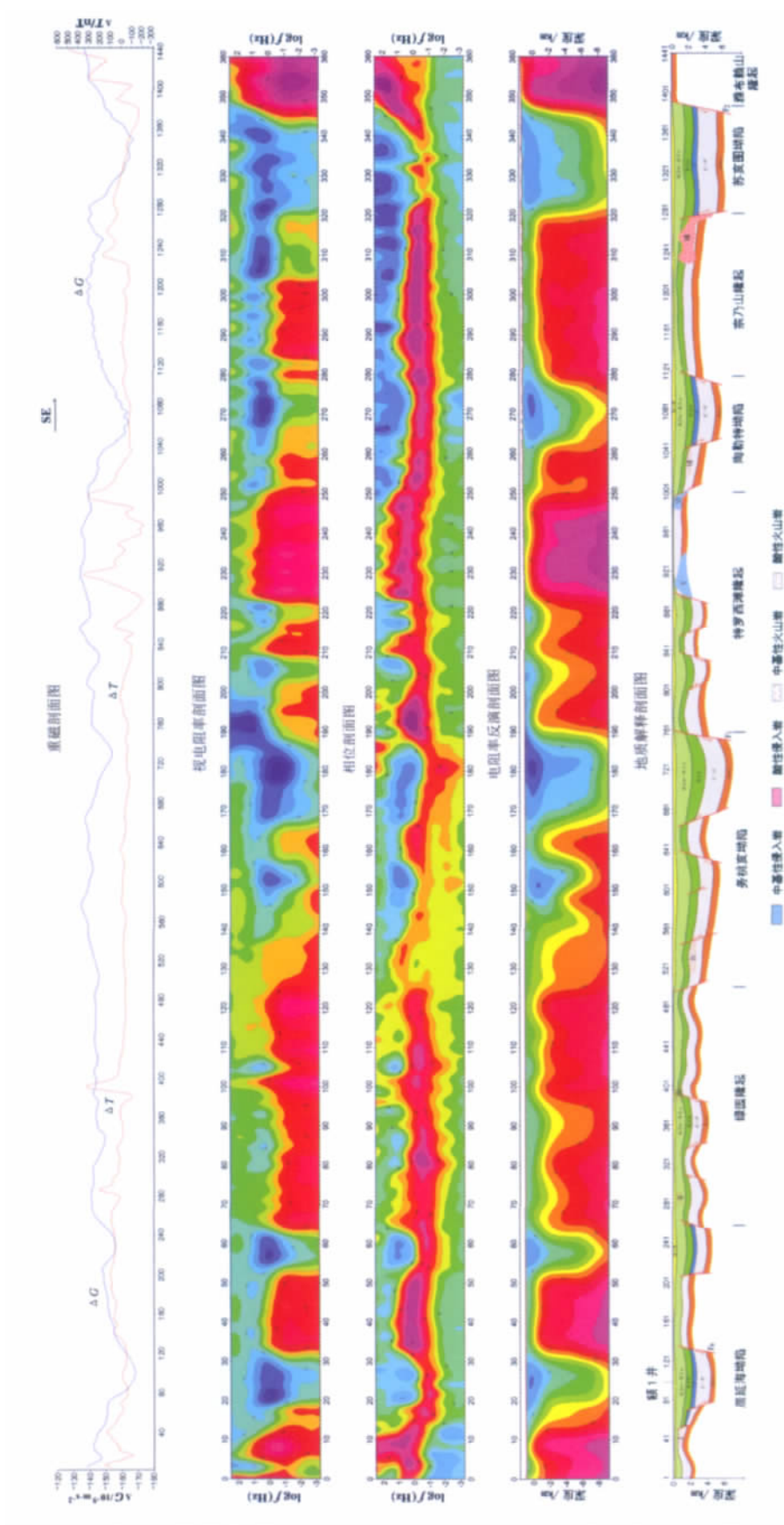


图 5 银-额盆地 DD-10-01 测线综合解释剖面

控制,盆地南部与北大山、雅布赖山和哈拉乌山以断层接触,东部与狼山也以断层接触,而盆地西部与北山主要为超覆接触形式^[6]。

4 结 论

(1)银-额盆地古生界与中生界之间密度差异大,是研究区盖层内的主密度界面,重力异常主要反映了该界面的起伏特征。研究区区域重力异常值东北高西南低的特征大体与莫霍面深度对应,区域重力异常主要是由深部密度界面莫霍面的起伏变化引起的。

(2)银-额盆地剩余重力异常形态复杂,呈北东、北东东向的重力高、重力低相间分布,且重力高、重力低形态两边不对称,反映了研究区凹陷、隆起分布的范围和展布特征,同时也反映了凹陷与隆起之间发育有非对称的断裂。

(3)银-额盆地主要发育北东东(或北东)向、北西西向2组断裂,研究区构造格架主要由这2组断裂构成。基底断裂可能在前早古生代就已开始发育,并在后期多次构造运动中活化、生长,将盆地分割成多个块体,使盆地形成凹、凸相间结构特征。

致谢:成文过程中得到西安地质调查中心卢进才、李玉宏研究员的指导,西安石油大学鲁海鸥硕士清绘文中插图,在此一并表示衷心的感谢。

参考文献

- [1]丁燕云,李占奎.银根-额济纳旗盆地航磁反映的构造特征[J].物探与化探,1999,23(3):191-194.
- [2]吕锡敏,任战利,陈启林,等.银根盆地基底构造特征及其控盆意义[J].煤田地质与勘探,2006,34(1):16-18.
- [3]李玉宏,杨高印,卢进才,等.综合地球物理方法在内蒙古西部额济纳旗及邻区石炭系—二叠系解释中的应用[J].地质通报,2010,29(2/3):374-383.
- [4]郭彦如,王新民,刘文岭.银根-额济纳旗盆地含油气系统特征与油气勘探前景[J].大庆石油地质与开发,2000,12(6):4-8.
- [5]吴茂炳,王新民.银根-额济纳旗盆地油气地质特征及油气勘探方向[J].中国石油勘探,2003,8(4):45-49.
- [6]卫平生,张虎权,陈启林.银根-额济纳旗盆地油气地质特征及勘探前景[M].北京:石油工业出版社,2006:1-346.
- [7]张代生,李光云,罗肇,等.银根-额济纳旗盆地油气地质条件[J].新疆石油地质,2003,24(2):130-133.
- [8]陈践发,卢进才,石正勇,等.内蒙古西部额济纳旗及其邻区石炭系—二叠系烃源岩的发育特征和生烃潜力评价[J].地质通报,2010,29(2/3):346-350.
- [9]卫平生,张虎权,林卫东,等.银根-额济纳旗盆地油气勘探远景[J].天然气工业,2005,25(3):7-10.
- [10]朱介寿,严忠琼,姚宇峰.中国莫霍面深度图[C]//袁学诚.中国地球物理图集.北京:地质出版社,1996:1-177.
- [11]岳伏生,王新民,马龙,等.改造型盆地油气成藏与勘探目标——以银根-额济纳旗盆地为例[J].新疆石油地质,2002,23(6):462-465.
- [12]卢进才,魏仙样,魏建设,等.内蒙古西部额济纳旗及其邻区石炭系—二叠系油气地质条件初探[J].地质通报,2010,29(2/3):330-340.
- [13]靳久强,孟庆任,张研,等.额济纳旗地区侏罗—白垩纪盆地演化与油气特征[J].石油学报,2000,21(4):13-19.
- [14]陈启林,卫平生,杨占龙.银根-额济纳盆地构造演化与油气勘探方向[J].石油实验地质,2006,28(4):311-315.
- [15]郝银全,林卫东,董伟宏,等.银额盆地与二连盆地成藏条件对比及有利勘探区带[J].新疆石油地质,2006,27(6):664-668.
- [16]Verduzco B, Fairhead J D, Green C M, et al. New insights into magnetic derivatives for structural mapping[J]. The Leading Edge, 2004,22: 116-119.
- [17]Cooper G R J, Cowan D R. Enhancing potential field data using filters based on the local phase[J]. Computers & Geosciences, 2006,32: 1585-1591.
- [18]Wijns C, Perez C, Kowalczyk P. Theta map: Edge detection in magnetic data[J]. Geophysics, 2005,70: 39-43.
- [19]范美宁.欧拉反褶积方法的研究及应用[D].吉林大学博士学位论文,2006:1-136.
- [20]Cella F, Fedi M, Florio G. Toward a full multiscale approach to interpret potential fields [J]. Geophysical Prospecting, 2009,57: 543-557.