

doi: 10.12029/gc20200411

王丹丹, 赵松, 张文浩, 刘卫彬, 陈中, 刘伟伟. 2020. 松辽盆地外围通化地区高精度重磁电特征及其构造格架[J]. 中国地质, 47(4): 1055–1068.  
Wang Dandan, Zhao Song, Zhang Wenhao, Liu Weibin, Chen Zhong, Liu Weiwei. 2020. Lithofacies identification and deep structure of Tonghua area in the periphery of Songliao Basin based on high-precision gravity-magnetic electrical survey[J]. *Geology in China*, 47(4):1055–1068(in Chinese with English abstract).

## 松辽盆地外围通化地区高精度重磁电特征 及其构造格架

王丹丹<sup>1,2</sup>, 赵松<sup>3</sup>, 张文浩<sup>1</sup>, 刘卫彬<sup>1</sup>, 陈中<sup>3</sup>, 刘伟伟<sup>4</sup>

(1. 中国地质调查局油气资源调查中心, 北京 100083; 2. 中国地质调查局非常规油气地质重点实验室, 北京 100029; 3. 江苏华东八一四地球物理勘查有限公司, 江苏 镇江 212005; 4. 山东省工业和信息化研究院, 山东 济南 250011)

**摘要:** 通化地区是松辽盆地东部外围的油气调查新区, 油气勘探程度极低, 关键问题是沉积地层展布形态、盆地深部结构等关键基础地质问题未知。笔者通过高精度重力、磁力和大地电磁等地球物理方法, 获取了通化地区岩石地球物理和重磁异常变化特征, 揭示了通化地区深部地球物理结构形态; 认为通化地区存在 4 条 I 级断裂和 46 条次级断裂, 主要断裂控制着研究区的基本构造格架; 首次圈定出红庙子、桓仁、沙尖子、拐磨子和木齐盆地 5 个断陷盆地, 查明了盆地规模、中生界底面最大埋深和中侏罗统侯家屯组地层的展布形态等深部结构特征; 并进一步对桓仁盆地和拐磨子盆地进行构造单元的划分。该研究成果为下一步油气勘探提供重要基础地质信息, 亦对松辽盆地东部外围新区的油气勘探部署提供重要的指导意义。

**关键词:** 通化地区; 松辽盆地东部外围; 重力; 磁力; 大地电磁; 构造格架; 油气勘查工程  
中图分类号: P631 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2020)04-1056-14

## Lithofacies identification and deep structure of Tonghua area in the periphery of Songliao Basin based on high-precision gravity-magnetic electrical survey

WANG Dandan<sup>1,2</sup>, ZHAO Song<sup>3</sup>, ZHANG Wenhao<sup>1</sup>, LIU Weibin<sup>1</sup>, CHEN Zhong<sup>3</sup>, LIU Weiwei<sup>4</sup>

(1. Oil & Gas Survey, China Geological Survey, Beijing 100083, China; 2. Key Laboratory of Unconventional Oil & Gas Geology, Beijing 100029, China; 3. No. 814 Geological Party, Eastern China Geological & Mining Organization for Non-ferrous Metals in Jiangsu Province, Zhenjiang 212005, Jiangsu, China; 4. Shandong Institute of Industry and Information Technology, Jinan 250011, Shandong, China)

**Abstract:** Tonghua area is a new oil and gas exploration area in the periphery of eastern Songliao Basin and is characterized by low-grade degree oil and gas exploration. The key geological problems such as sedimentary stratigraphic distribution features and deep structure characteristics of the basin remain unknown. Gravity-magnetic-electrical exploration is an important method for revealing the deep structural features and structural framework of the basin. Based on several gravity-magnetic-electrical survey lines, the

收稿日期: 2019-02-19; 改回日期: 2019-05-29

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(DD20160165, 12120115001701)资助。

作者简介: 王丹丹, 女, 1982年生, 高级工程师, 主要从事油气基础地质调查和石油地质综合研究工作; E-mail: ddwangcn@163.com。

authors obtained the comprehensive interpretation of Tonghua area tectonic framework. There are 4 class-I faults and 46 secondary faults in the Tonghua area, which control the basic tectonic framework in the study area. For the first time, five faulted basins were identified, namely Hongmiaozi, Huanren, Shajianzi, Guanmozi and Muqi basin. The scale of the basin, the maximum buried depth of the Mesozoic strata, the features of Houjiatun Formation and deep structural framework were determined in this study. In addition, the authors carried out the division of tectonic units in the Huanren Basin and the Guaimozi Basin. This study would provide important basic geological information for further oil and gas exploration, and also have great guiding significance for exploration and deployment in the new periphery areas of eastern Songliao Basin.

**Key words:** Tonghua area; periphery of eastern Songliao basin; gravity; magnetic; MT; tectonic framework; oil and gas exploration engineering

**About the first author:** WANG Dandan, female, born in 1982, doctor, senior engineer, mainly engages in the basic geological survey and study of petroleum and gas geology; E-mail: ddwangcn@163.com.

**Fund support:** Supported by the project of China Geological Survey(No. DD20160165, No. 12120115001701).

## 1 引言

随着中国经济的快速发展,作为国内油气主要产区的东北地区,油气上产、稳产难度逐年增大(张抗,2012;张功成等,2014;张君峰等,2018),亟需向盆地深部进军(侯贺晟等,2018)和开展油气勘探新区、新层系、新领域、新类型的基础地质调查及油气调查工作(乔德武等,2011;张明功,2012;贾承造等,2016;张君峰等,2018)。松辽盆地东部外围通化地区作为油气勘探的新区,其油气基础地质研究程度低,此项工作开展之前仅进行过地面调查和通化盆地的4条CEMP测线(韩欣鹏等,2013;王丹丹等,2016),相关的研究资料较少。区内各个盆地的规模、盆地基底形态和深部结构等均未知,制约着进一步的油气地质调查工作部署和油气资源前景评价。为此,在充分消化吸收区域地质资料的基础上,依据通化地区的高精度重力、磁法、大地电磁等勘探手段,精细刻画通化地区各隐伏盆地的结构形态特征和构造格架,为研究区内盆地群的油气资源研究提供地球物理方面的证据。

## 2 地质背景

通化地区位于吉林省南部与辽宁省东部的交界部位,在大地构造上隶属于中朝准地台的西北缘(任纪舜等,1980;方如恒,1985;王声喜等,2008),其北端以敦(化)—密(山)为界(图1);地层划分上属于华北地层大区,基底主要由太古宇和中新元古界的变质岩系组成,地表出露基底、古生代和中生代地层(翟光明等,1966;吉林省地质矿产局,1988;

辽宁省地质矿产局,1989)。中侏罗统侯家屯组( $J_2h$ )主要出露于各断陷盆地的边缘,下白垩统主要出露在盆地内部,自下而上为果松组( $K_1g$ )大规模中基性火山岩、鹰嘴砬子组( $K_1y$ )宁静沉降期的暗色泥岩、林子头组( $K_1l$ )小规模中性火山岩、下桦皮甸子组( $K_1x$ )快速沉降宁静期的暗色泥岩和砂岩、亨通山组( $K_1h$ )下部凝灰岩发育段和上部粗细碎屑岩交互段、三棵榆树组( $K_1s$ )中性火山岩,整体形成了3期陆相火山-火山碎屑岩和4期断陷湖盆沉积交互的充填建造(韩欣澎等,2013;陈延哲,2015;王丹丹等,2017a,2017,2018;Wang Dandan et al.,2018)(图2)。前人认为下白垩统鹰嘴砬子组、下桦皮甸子组和亨通山组是该地区主要的烃源岩层和储层(吉林省地质矿产局,1997;花艳秋等,2006),韩欣澎等认为林子头组砂岩、砾岩也是该地区重要储层(韩欣澎等,2013),王丹丹等(2017b,2018)认为下桦皮甸子组是该地区的主力烃源岩层位,鹰嘴砬子组和亨通山组也具有一定的生烃潜力,并发育自生自储、上生下储、下生上储3套有利生储盖组合,并认为该地区下白垩统具有一定的常规和非常规页岩油气的资源潜力,但有关通化地区重磁电特征和构造格架的相关研究未有涉及。

## 3 岩石地球物理特征和方法

### 3.1 地球物理特征

岩石密度标本取回后,室内修正成大致规格的长方体,用水浸泡使其达到水饱和,取出凉干称重(吸水性强及易碎的岩(矿)标本封蜡),以便求取密度。为更好地掌握不同地点、不同岩性的密度变化

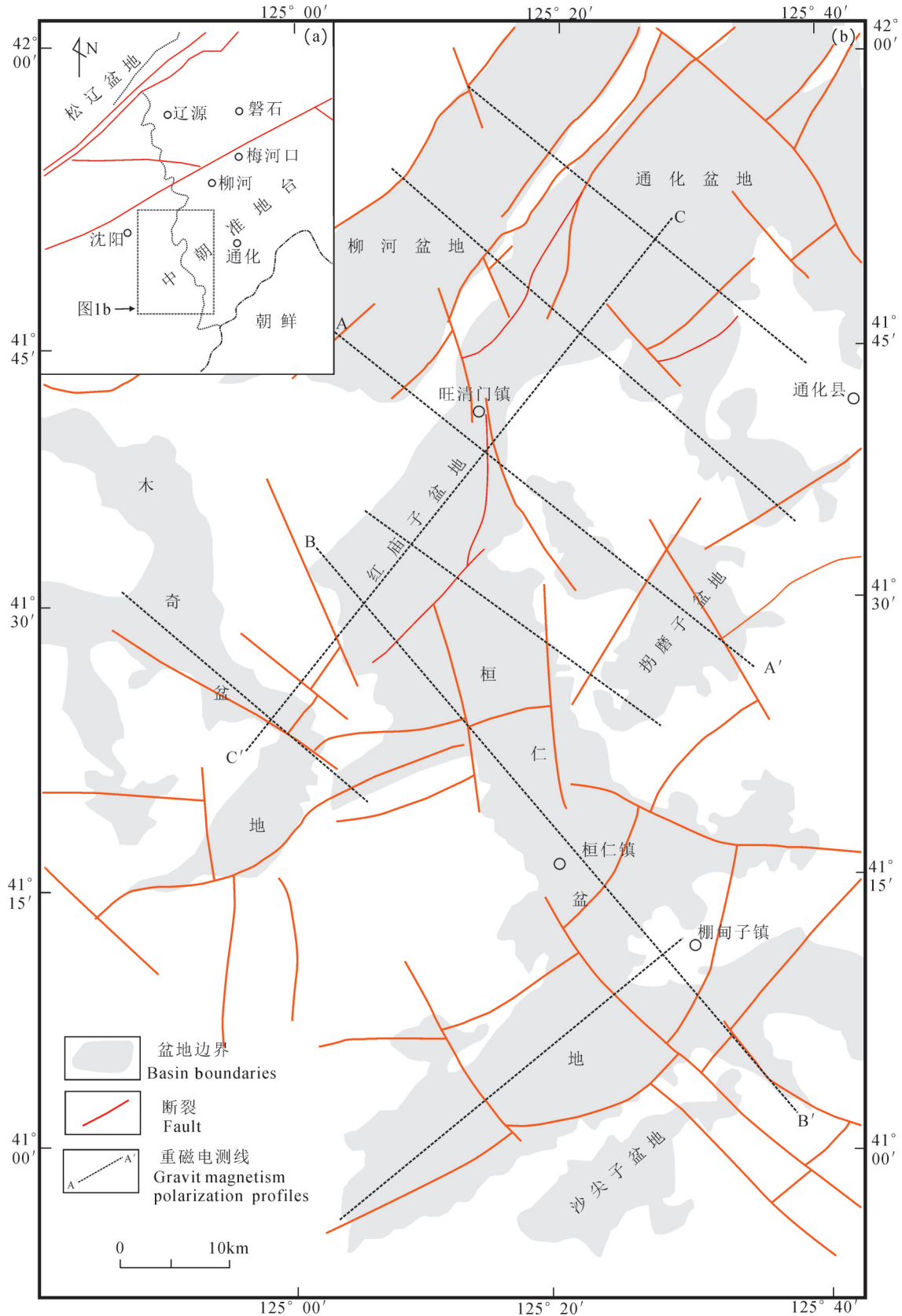


图1 通化地区测线位置及新识别的主要盆地形态和断裂构造图

Fig.1 Newly identified major basin morphology and fault structure maps in Tonghua area and location of survey lines

情况,以地层组为基本单位,采用加权几何平均值计算出每个地层组的平均密度和变化范围。一般而言,地层岩石密度的大小主要取决于岩石组合、岩石组分、结构构造、风化和变质程度,另外还与其所处地质环境等因素有关(刘云祥等,2005;李琴等,2013)。综合研究认为通化地区中生界多以砂

岩、泥页岩、酸性火山岩为主,主要为中低密度层(图2),下白垩统平均密度2.52 g/cm<sup>3</sup>,侏罗系平均密度为2.51 g/cm<sup>3</sup>。古生界以砂岩、泥灰岩为主,为中高密度层,平均密度为2.65 g/cm<sup>3</sup>。太古代一元古宇以混合花岗岩、闪长岩为主,属于高密度层,平均密度大于2.7 g/cm<sup>3</sup>(图2)。

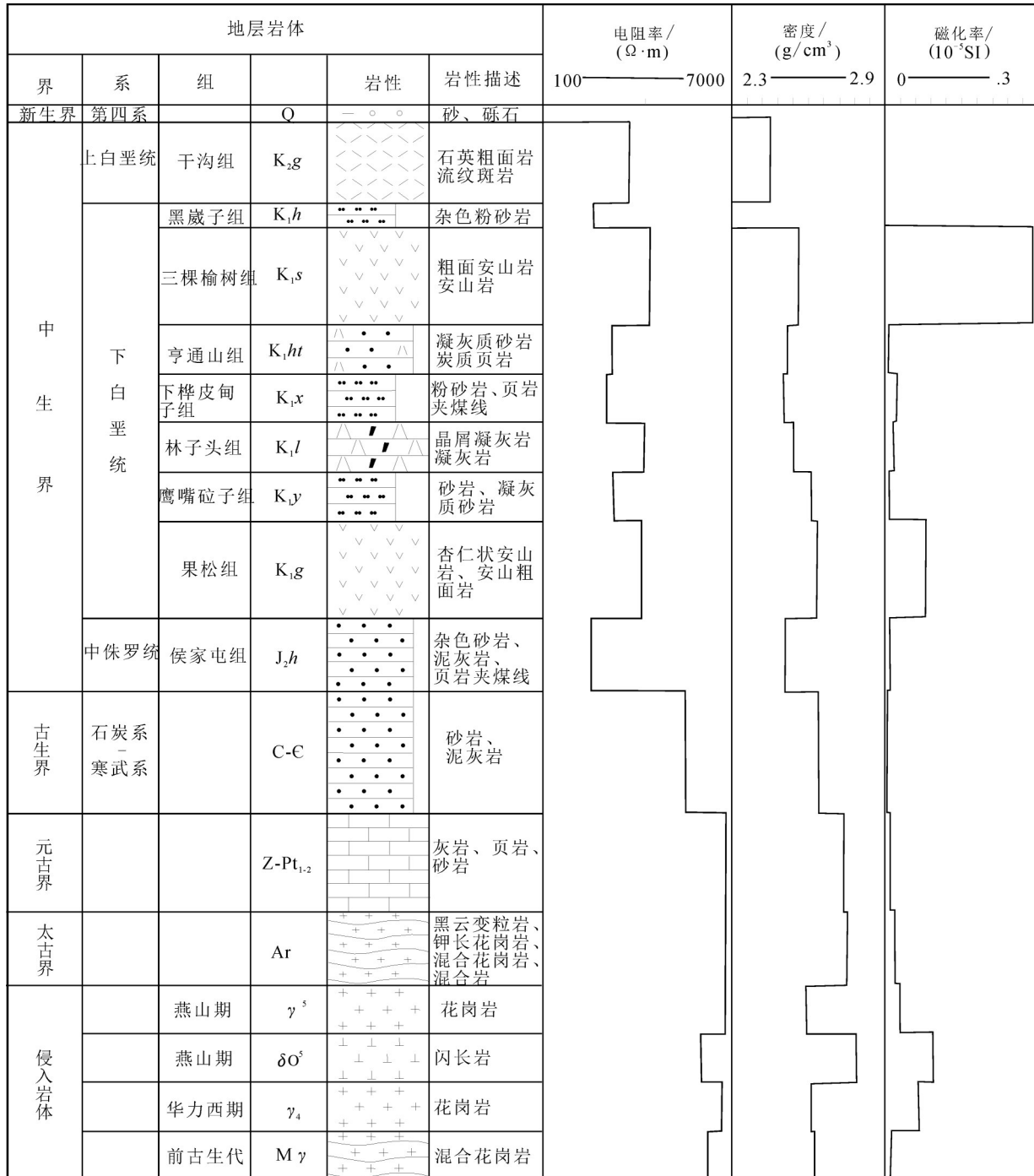


图2 通化地区地层与岩体综合物性分布图

Fig.2 The comprehensive geophysical properties of strata and rock masses in Tonghua area



岩石标本的磁化率参数使用中国国土资源航空物探遥感中心生产的ZH-1型磁化率测定仪,该仪器自动显示磁化率值,分辨率为 $1 \times 10^{-5}$  SI,以地层组为基本单元,采用加权几何平均值计算出每个地层组的磁化率参数。研究认为工区内正常沉积的碎屑岩普遍具无磁或弱磁性,中基性火山岩、火山碎屑岩具中强磁性,安山、凝灰岩具有中等磁性、流纹岩具有较强磁性,区内磁异常主要由中侏罗统一白垩系火山岩和基底中的侵入岩体引起。如中生界亨通山组、下桦皮甸子组、鹰嘴砬子组的磁化率平均为 $(28 \sim 100) \times 10^{-5}$  SI,三棵榆树组和果松组的磁化率平均值分别达到 $1345 \times 10^{-5}$  SI、 $369 \times 10^{-5}$  SI。

岩石电性标本室内切割、磨光成规格化的六面体,用标本架固定后利用中国地质大学(武汉)制造的LZSD-C型自动直流数字电测仪,采用强迫电流法观测,最大供电电流密度一般不大于每平方厘米数微安,然后采用加权几何平均值计算出每个地层组的电阻率参数。研究认为:第四系、白垩系鹰嘴砬子组、下桦皮甸子组、亨通山组、黑崴子组、中侏罗统侯家屯组的砂岩、泥岩较多为低阻层;白垩系果松组、干沟组以火山岩为主,表现为中阻层;古生界砂岩、泥灰岩为中—高阻层;基底为高阻体。

### 3.2 工作方法

高精度重力测量采用带格值表的LCR-G型和贝尔雷斯型重力仪,测量点距500 m,用单次观测法,按基点—测点—基点顺序进行观测,基点3次读数,两次基点观测之间的时间差均达10 min。测点和检查点均采用两次读数,其差值不大于0.005格,零点掉格均在 $\pm 0.100 \times 10^{-5}$  m/s<sup>2</sup>内,最大零点掉格绝对值小于 $0.100 \times 10^{-5}$  m/s<sup>2</sup>,以保证资料的品质,重力异常精度为 $\pm 0.058 \times 10^{-5}$  m/s<sup>2</sup>。磁法测量采用G856型磁力仪,磁测点与重力测点同位,磁力测量按照校正点—测点—校正点顺序进行观测,每个测点采取两个合格读数,测点避开人文磁性干扰,观测时远离对其有影响的物体50 m以上,磁力观测均方误差为 $\pm 2.1$  nT。MT测量采用加拿大凤凰公司生产的V5-2000系列电磁测深仪,均以五分量( $E_x$ 、 $E_y$ 、 $H_x$ 、 $H_y$ 和 $H_z$ )张量阻抗方式采集,点距500 m。电极、磁棒均采用标准“十”字形布设, $E_x$ 、 $H_x$ 方向与测线延伸方向一致, $E_y$ 、 $H_y$ 方向与测线延伸方向垂直,布极方位误差小于 $1^\circ$ ,极距误差小于1%,采集

频段范围320~0.0005 Hz,野外观测记录时间采集不低于8 h,遇到信号强度弱或干扰区适当延长观测时间,以增加有效叠加次数,确保所测曲线衔接良好,点位置中误差为 $\pm 0.130$  m,高程中误差为 $\pm 0.120$  m。

本文选择AA'、BB'、CC'3条有代表性的骨干剖面进行研究,3条测线的长度分别为60 km、61 km和69 km,其中AA'横跨柳河、红庙子和拐磨子盆地,BB'横跨红庙子和桓仁盆地,CC'横跨通化、红庙子和木齐盆地。这些剖面跨越研究区边界,能够有效地控制研究区内各盆地边界和盆地内部结构(剖面位置见图1所示)。

## 4 重磁电剖面综合解析

### 4.1 重力异常特征

重力异常是地下各种地质体密度差所引起的重力效应之和,能够反映盆地的隆拗格局(刘光鼎等,1996;张凤旭等,2011;周锡明等,2013)。AA'测线重力异常呈现出“西北高、东南低”的趋势,东南端局部重力异常值最高,研究认为引起此异常的主要原因是西北端高密度地层埋深较浅,东南端花岗岩上拱侵入(图3a),东南端局部重力异常最高的原因是F14断裂的逆冲推覆作用,将高密度的元古宙地层推覆至浅地表之上造成的;BB'测线重力异常呈现“两凹夹一隆”的格局,重力低异常主要是因为大面积低密度的花岗岩类侵入体,造成高密度的元古宙(Pt)、太古宙(Ar)地层被侵蚀。中部重力高异常在电性断面上反映为深部有大面积高密度的元古宇、太古宇分布(图4a),形成了重力异常在整体上较测线两侧高;CC'测线重力异常整体表现为西南高、东北低的异常形态(图5a),研究认为南部重力高异常由元古宙地层推覆至地表导致,中部重力高异常是由于古生界—中生界下伏有高密度的元古宇(Pt)和太古宇(Ar)结晶基底,且岩体侵入深度相对于测线北端较深。

### 4.2 磁力异常特征

整体而言,剖面磁力异常具有波动性,局部跳跃较大。剖面AA'整体上较为平缓(图3),在测线东南端203号点附近出现了跳跃异常,主要为高磁性火山岩埋藏较浅引起,该处出露了果松组(K<sub>1g</sub>)杏仁状致密安山岩、流纹岩、凝灰质砂岩;剖面BB'磁异常较为活跃,出现了“两凹夹一隆”的格局(图

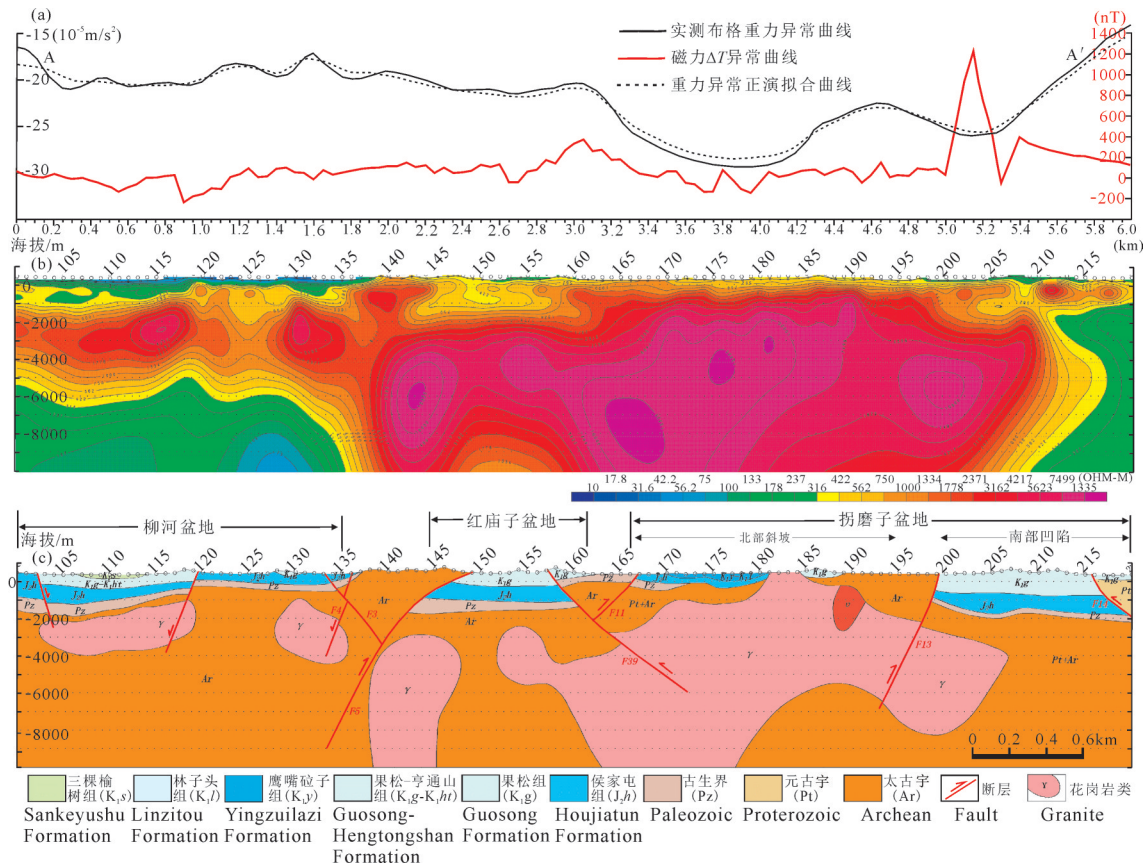


图3 通化地区AA'二维连续介质反演电阻率及综合地质解释图

a—重磁电测线特征图;b—二维连续介质反演电阻率断面;c—地质综合解释图

Fig.3 Gravity-magnetic-electrical survey lines (a), two dimensional resistivity profile (b) and geological interpretation (c) of A-A' survey line in Tonghua area

4a),两端的正异常主要由花岗岩体引起,中部低值主要由沉积地层引起,即使有下白垩统果松组和林子头组火山岩的沉积地层存在,但其地层较为连续且平缓,因此其形成的磁异常也较为平缓;剖面CC'在东南部较为活跃,西北部相对低缓异常在124测点附近有个正异常(图5a),主要由含磁性花岗岩体上拱引起。总体而言,低缓异常多对应沉积凹陷和基底,高异常多为区内中侏罗统一白垩系火山岩、磁性基底和中基性侵入岩体引起。由于不同磁性地质体的叠加,异常强度也随之变化。

### 4.3 电性异常特征

从二维连续介质反演电阻率断面图可知,3条电性场剖面揭示电性场异常具有明显规律性。电性场总体表现为浅部中生界地层为中低阻值区,局部有起伏;中、深部太古宙(Ar)—古生代(Pz)地层为中高阻—高阻值区,厚度变化比较大。测线AA'电阻率反演剖面显示:F<sub>3</sub>、F<sub>5</sub>两条逆冲断裂,造成了

137号点与149号点之间的太古界(Ar)地层隆起,141~190号点之间为较大面积的岩浆侵入上拱,沿测线向南东方向逐渐抬升,在181~184号点出露地表。F<sub>39</sub>断裂为一北西向、左行走滑断层,同时具有向南西方向逆冲推覆的性质,因而在与逆断层F<sub>11</sub>的共同作用下,形成了156~167号点的地层抬升的构造格局(图3b、c);测线BB'电阻率反演剖面总体显示:浅部中生界地层为中低阻,中—深部古生界、元古宙及太古宙为中高阻—高阻,测线两端有较大规模的岩浆岩侵入,导致剖面整体形态呈两端隆中间凹的构造格局。F<sub>14</sub>为一北东东向逆冲推覆断裂,导致了131~139号点的元古宙地层覆盖在中侏罗统侯家屯组之上;140~176号点有较连续的低阻层,为桓仁盆地的桓北凹陷,根据地表地质调查、地层物性特征及地层的连续性等因素推测该套低阻层为中生界地层(图4b、c);测线CC'电阻率反演剖面总体显示:该剖面总体浅部中低阻为中生界地层,中—



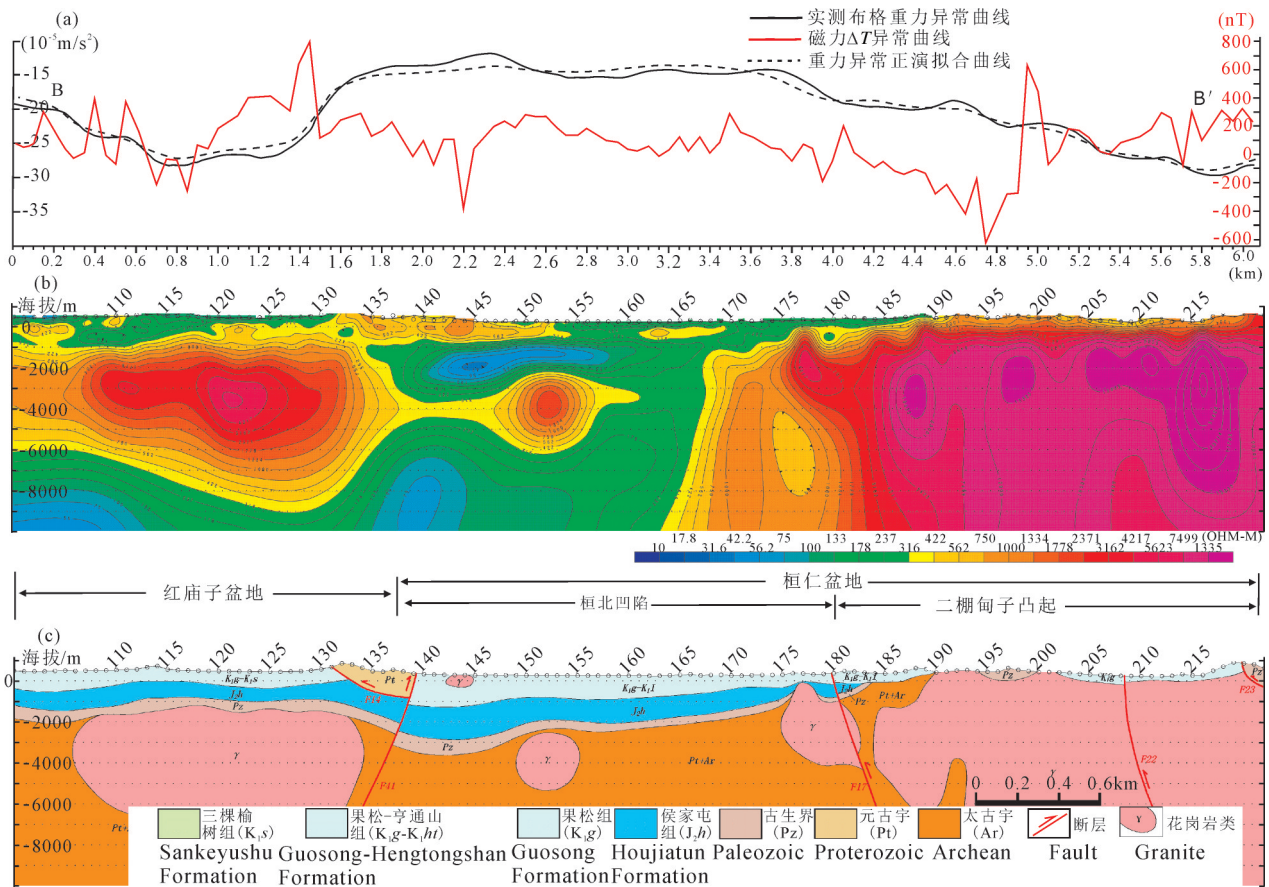


图4 通化地区BB'线二维连续介质反演电阻率及综合地质解释图  
a—重磁电测线特征图;b—二维连续介质反演电阻率断面;c—地质综合解释图

Fig. 4 Gravity-magnetic-electrical survey lines (a), two dimensional resistivity profile (b) and geological interpretation (c) of B-B' survey line in Tonghua area

深部中高阻—高阻为古生代—太古宙地层,岩浆岩较为发育,在114号点—130号点、181号点—196号点由于逆冲推覆的作用,导致太古宙地层抬升,造成了地层整体为三凹夹两隆的构造格局(图5b、c)。

低阻区呈盆状形态,测线AA'所经过的柳河、红庙子、拐磨子盆地中生界最大埋深分别为1.6 km、1.7 km和2.1 km(图3b、c);测线BB'所经过的红庙子、桓仁盆地中生界最大埋深分别为1.0 km和3.0 km(图4b、c);测线CC'所经过的通化、红庙子、木齐盆地中生界最大埋深分别为2.2 km、2.3 km和2.0 km(图5b、c)。

## 5 断裂特征与构造单元划分探讨

### 5.1 断裂构造特征

由于地质体具有地球物理特性差异,当断裂产生后,使地质体在三度空间发生位移和错断,导致

体积和物性发生变化,当断裂具有一定规模时,两侧可形成明显的电性、密度和磁性差异线性陡变带,从而引起不同的电阻率、重力和磁力异常。因此,断裂带反映地层物性界面的陡变带,断裂带规模越大,两种物性界面的陡变带规模也越大、物性差异也越大,异常梯度带也越明显(戚良刚等,2008;王丹丹等,2016)。据此地球物理量场特征的标志,并结合地质资料,本文作者所在项目组通过对在通化地区部署的重磁电测线首先进行全平面重、航磁异常和剖面重力、地磁数据处理,区分深源和浅源场,提取重磁力目标场(或剩余异常),定性分析引起重、磁力异常的地质因素,然后对布格重力异常进行小子域滤波,突出、增强梯级带变化信息,然后进行重力水平总梯度矢量模处理,由极值连线推测断裂在地面上投影位置,并综合地质、物探资料划分断裂构造。在此基础上,研究区共识别出北

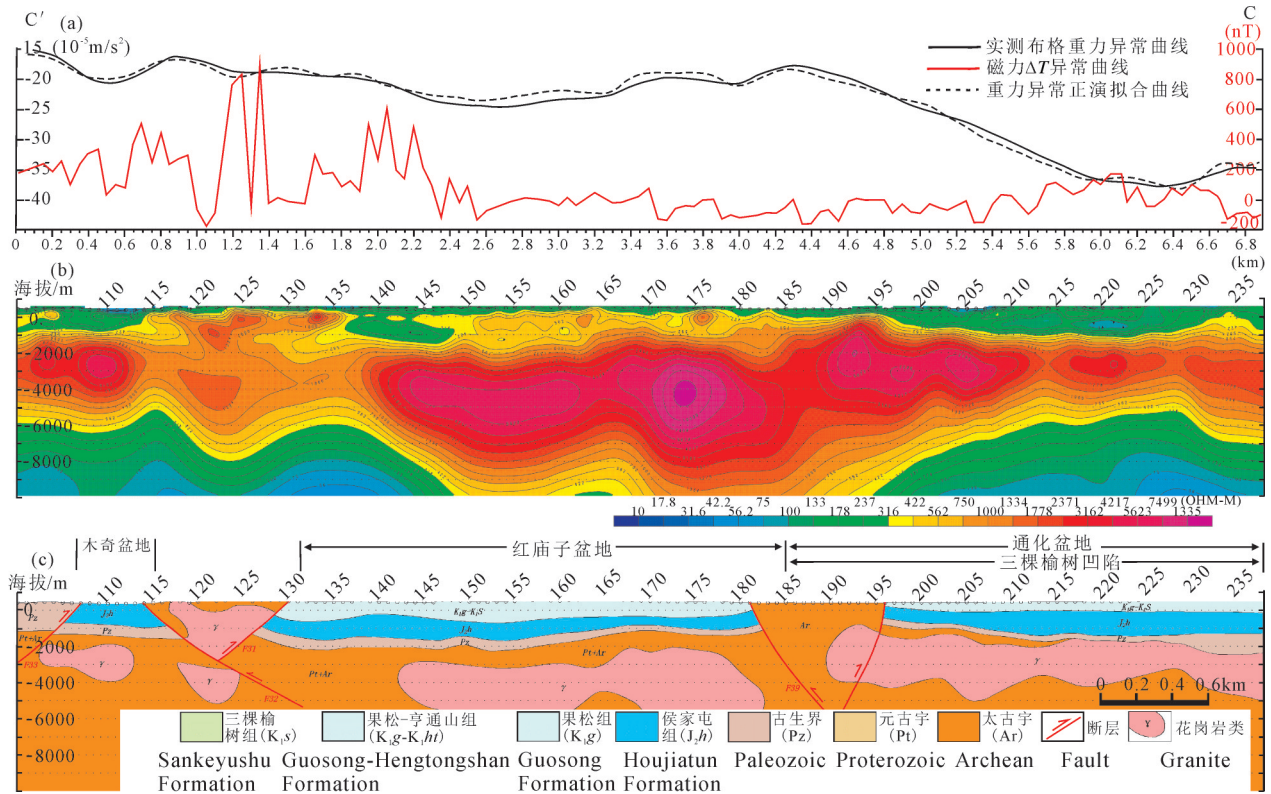


图5通化地区CC'线二维连续介质反演电阻率及综合地质解释图  
a—重磁电测线特征图;b—二维连续介质反演电阻率断面;c—地质综合解释图

Fig. 5 Gravity-magnetic-electrical survey lines (a), two dimensional resistivity profile (b) and geological interpretation (c) of C-C' survey line in Tonghua area

东向(NE)、北西向(NW)及近东西向(EW)的断裂50条(图6)。依据断裂的规模、水平和垂向的展布规律、断距及其在盆地演化过程中控制作用的大小等多方面因素,将研究区的断裂划分为两个级别,即对盆地构造起决定性作用的I级断裂(4条)、对盆地凹陷起控制作用和辅助控制地层沉积或局部构造形态、规模的II级断裂(46条)(图6)。本文主要研究对盆地起决定作用的I级断裂。

(1)F<sub>1</sub>、F<sub>4</sub>在研究区内位于柳河盆地东南、北西两侧,为正断裂,走向NNE-NE,倾向总体为SE、NW,近平行展布、相向而倾,倾角75°,往北延伸到研究区之外,F<sub>1</sub>往南西方向止于测线AA'北西端附近。F<sub>1</sub>断裂区内延伸长度约43.7 km,F<sub>4</sub>断裂区内延伸长度约49.3 km,二者为柳河盆地西北缘、东南缘的控盆边界断裂。该断裂在MT剖面图上表现特征为电性层横向上的突变、异常等值线的扭曲。这两条断裂为前中生界在拉张环境下发育的张性断裂,推测为郯庐和敦密断裂系的分支断裂(图3c)。

(2)F<sub>2</sub>逆断裂在研究区内位于柳河盆地与通化盆地之间,NNE-NE走向,倾向总体为NW、SE、倾角43°,区内延伸长度约69.2 km,往东北延伸到研究区外。该断裂的MT剖面图上表现为电性扭曲,基底高阻层下面有低阻层出现;由于该逆断裂的背冲作用,造成了柳河盆地与通化盆地之间出现了一狭长的北东向太古宙基底隆起区(图3c),并对F<sub>4</sub>控盆断裂起到了一定的破坏和改造作用。

(3)F<sub>14</sub>逆断裂在研究区内位于拐磨子、桓仁、木奇盆地一线,走向为NEE-NE,倾向总体为SSE-SE,倾角变化较大,陡的可达71°,缓的位置仅有8°左右。往东北、南西方向均延伸到研究区外,断裂区内长度约91.1 km,该断裂在MT剖面图上表现为电性扭曲,元古界基底高阻下面有低阻出现(图3c,图4c)。由于该断裂的逆冲推覆作用,导致南部大面积的元古宇向北西方向逆冲推覆,使大面积的元古宇直接覆盖到了中生界之上,改造了盆地地貌格局。同时受一系列的北西向走滑逆冲断层的改造,



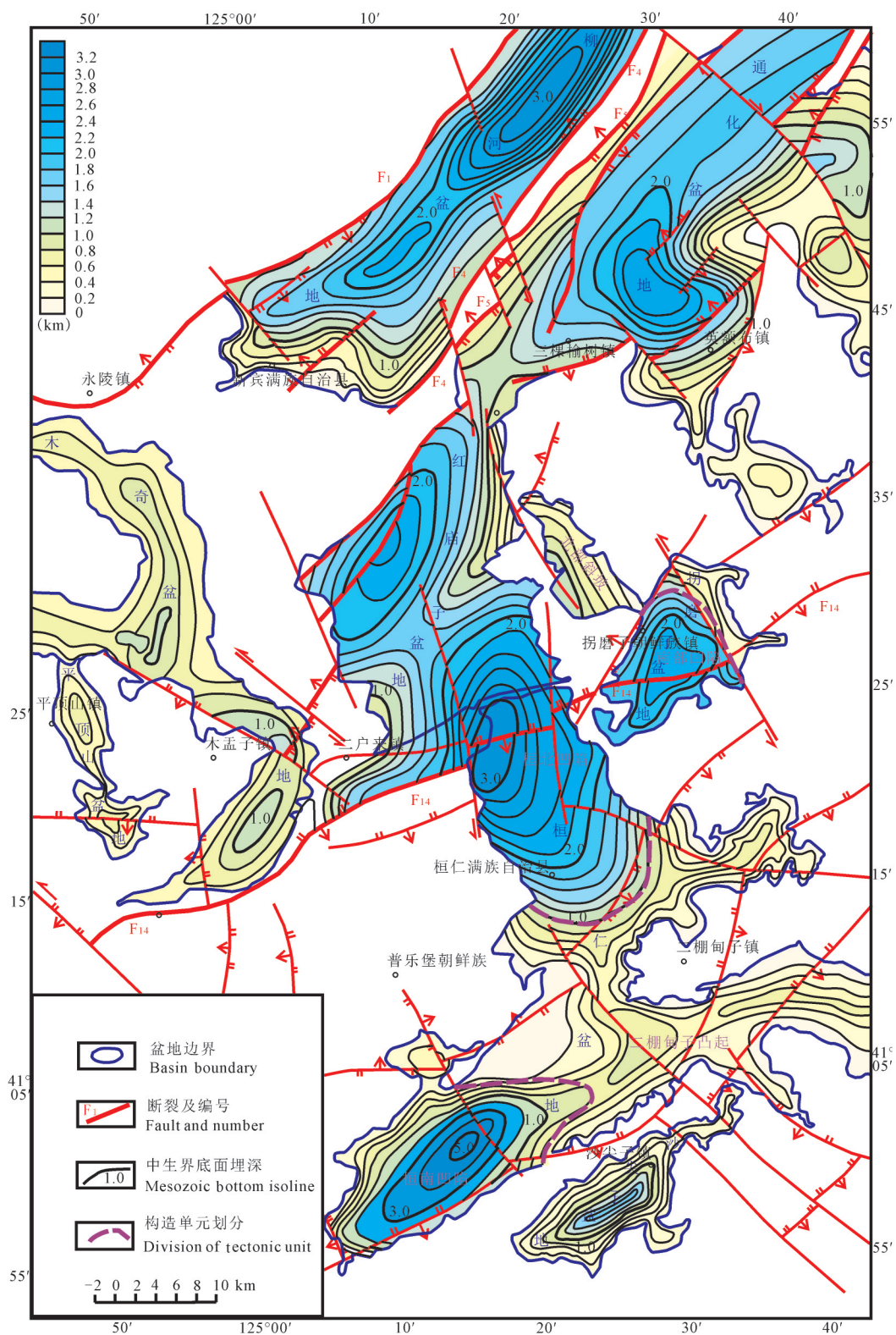


图6 通化地区断裂分布、中生界底面埋深及构造单元划分图

Fig.6 Map of inferred fault distribution, Mesozoic bottom buried depth and Mesozoic tectonic unit division in Tonghua area

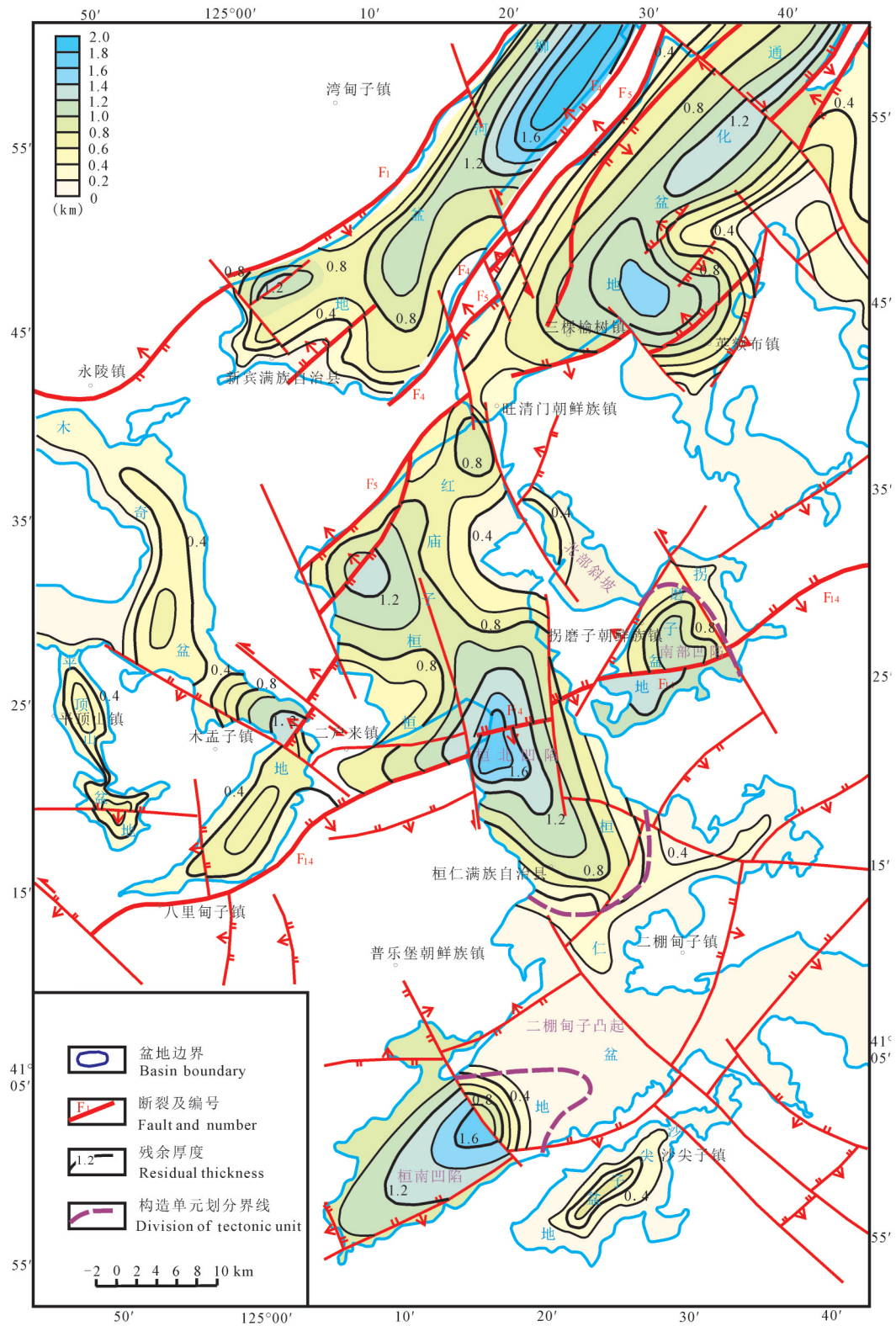


图7 通化地区中侏罗统侯家屯组残余厚度图  
Fig. 7 Residual thickness map of the Houjiatun Formation (J<sub>2</sub>) in Tonghua area



在研究区南部地貌上呈现出一系列不规则的断陷盆地。

## 5.2 构造单元划分

由于研究区勘探程度低,前人仅对通化、柳河盆地进行了诸如烃源岩、沉积相等相关的研究分析(韩欣澎等,2013;陈延哲,2015;蓝艺植等,2018),没有涉及各盆地中生界底面埋深和中侏罗统侯家屯组的残余厚度等内容。笔者在前人研究的基础上,结合野外地质调查、1:20万区域地质图,依据此次重力、磁力、电法等异常特征资料,建立研究区地质-地球物理模型,对研究区内重磁电骨干测线进行重磁异常正反演拟合,首次圈定出红庙子、桓仁、拐磨子、木齐、沙尖子5个断陷盆地,并查明了中生界底面最大埋深、中侏罗统侯家屯组残余厚度等深部结构形态特征(图6,图7)。

(1)红庙子盆地:位于研究区中部,走向总体为NE向,长约29.2 km,宽11.9 km,控制面积约290 km<sup>2</sup>。据中生界底面起伏形态,盆地基底总体呈现北高南低的形态,中生界底面最大埋深约2.4 km,侯家屯组最大厚度约1.0 km。

(2)桓仁盆地:位于研究区南部,呈不规则条带状展布,面积约1398 km<sup>2</sup>。结合区域地质构造背景,将桓仁盆地划分为桓北凹陷、桓南凹陷和二棚甸子凸起3个次级构造单元。桓北凹陷走向北西,长约33.4 km,宽12.1~27.3 km,面积约520 km<sup>2</sup>,中生界底面最大埋深约3.0 km,侯家屯组最大厚度约1.6 km;桓南凹陷走向北东,长约29.3 km,宽3.2~16.8 km,面积约269 km<sup>2</sup>,中生界底面最大埋深约5.0 km,侯家屯组最大厚度约1.6 km;二棚甸子凸起走向近NEE,长约37.6 km,宽4.7~2.8 km,面积约609 km<sup>2</sup>,中生界底面最大埋深约0.8 km。

(3)拐磨子盆地:位于研究区中东部,总体走向近NW。结合区域地质构造,将拐磨子盆地划分为北部斜坡和南部凹陷2个次级构造单元。北部斜坡位于拐磨子盆地西北侧,走向NW,长约16.6 km,宽2~6 km,面积约108 km<sup>2</sup>,中生界底面最大埋深约1.0 km,侯家屯组最大厚度约0.6 km;南部凹陷位于拐磨子盆地南部,走向SN,长约14.4 km,宽2.6~12.5 km,面积约109 km<sup>2</sup>,中生界底面最大埋深约2.2 km,侯家屯组最大厚度约1.2 km。

(4)木奇盆地:位于研究区西部,走向NW,研究

区内长50 km,宽3.6~18.1 km,区内面积约为504 km<sup>2</sup>,中生界底面的最大埋深约1.0 km,侯家屯组最大厚度约1.2 km。

(5)沙尖子盆地:位于研究区最南部,走向NE向,长27 km,宽1.8~11.4 km,面积约为140 km<sup>2</sup>,推测其中生界底面的最大埋深约1.6 km,侯家屯组最大厚度约0.6 km。

(6)柳河盆地:位于研究区西北部,走向NE向,向北东延伸研究区外。研究区内长50.4 km,宽9.2~18.4 km,研究区的盆地面积约593 km<sup>2</sup>,中生界底面最大埋深约3.0 km,侯家屯组最大厚度约1.4 km。

(7)通化盆地:位于研究区的东北部,走向NE向,研究区内主体部分长约52 km,宽9~23 km,面积约806 km<sup>2</sup>,中生界底面最大埋深约2.4 km,侯家屯组最大厚度约1.4 km。

## 6 结 论

(1)综合地质及高精度重磁电数据,获取了通化地区岩石地球物理和重磁异常变化特征,揭示了柳河盆地南部、通化、红庙子、桓仁、拐磨子和木齐盆地中生界最大埋深分别为1.6 km、2.2 km、2.3 km、3.0 km、2.1 km、2.0 km。

(2)综合地质和重磁电勘探成果,查明了研究区基底起伏形态和沉积地层埋深,识别出I级断裂4条、II级断裂46条,主要断裂控制了盆地凹陷和局部构造形态。

(3)圈定了红庙子、桓仁、拐磨子、木齐、沙尖子5个断陷盆地,查明了盆地规模,揭示了中侏罗统侯家屯组残余厚度,并对桓仁盆地划分出桓北凹陷、桓南凹陷及二棚甸子凸起3个次级构造单元,拐磨子盆地划分了北部斜坡和南部凹陷2个次级构造单元。

## References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Jilin Province. 1988. Regional Geology in Jilin Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 208-209.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Liaoning Province. 1989. Regional Geology in Liaoning Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 16-18.
- Chen Yanzhe. 2015. Sedimentary facies and reservoir features of the Mesozoic in Tonghua Basin[J]. Jilin Geology, 34(2):24-32(in Chinese with English abstract).
- Fang Ruheng. 1985. The fundamental characteristics of geological

- structure in Liaoning Province[J]. *Liaoning Geology*, 3:188–200 (in Chinese with English abstract).
- Han Xipeng, Hao Guo li, Liu Chao, Li Yanbo, Lin Changcheng. 2013. Petroleum geologic features and petroleum resources potential in Tonghua Basin[J]. *Global Geology*, 32(2):337–343(in Chinese with English abstract).
- Hou Hesheng, Wang Chengshan, Zhang Jiaodong, Ma Feng, Fu Wei, Wang Pujun, Huang Yongjian, Zou Changchun, Gao Youfeng, Gao Yuan, Zhang Laiming, Yang Jin, Guo Rui. 2018. Deep continental scientific drilling engineering in Songliao Basin: Resource discovery and progress in earth science research[J]. *Geology in China*, 45(4): 641–657(in Chinese with English abstract).
- Jia Chengzao, Pang Xiongqi, Jiang Fujie. 2016. Research status and development direction of China's oil and gas resources[J]. *Petroleum Science Bulletin*, 1(1):2–23(in Chinese with English abstract).
- Lan Yizhi, Xu Zhongjie, Cheng Rihui, Liu Guodong, Liu Hua, Song Libin. 2018. Sedimentary and reservoir developmental characteristics of Early Cretaceous Yingzhuilazi Formation in Liuhe Basin[J]. *Global Geology*, 37(4):1206–1221.
- Li Qin, Chen Liqing. 2013. Study on stratum structure characteristics in TC Basin by using gravity, magnetic and electric data[J]. *GPP*, 52(1):104–112.
- Liu Guangding, Hao Tianyao, Liu Yike. 1996. The Significance of gravity and magnetic research for knowing sedimentary basins[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 11(2): 1–15(in Chinese with English abstract).
- Liu Yunxiang, He Yi, Li Dechun, Zhang Bitao, Dong Weibin. 2005. Recognition of facies zones in igneous reservoirs with high-precision gravity, magnetolectric and prospecting data[J]. *Journal of Petroleum Geophysics*, 40: 99–101(in Chinese with English abstract).
- Qi Lianggang, Wang Jianwei, Huang Chuanyang, Wang Zhanxiao. 2008. Characteristic and geological understanding of gravity, aeromagnetic field in Luzhong Area[J]. *Geology of Anhui*, 18(4): 277–281(in Chinese with English abstract).
- Qiao Dewu, Ren Shoumai, Qiu Haijun, Jiang Wenli. 2010. The present situation of oil & gas resources exploration and strategic selection of potential area in China[J]. *Geological Bulletin of China*, 28(2/3): 187–196(in Chinese with English abstract).
- Ren Jisun, Jing Chunfa, Zhang Zhengkun. 1980. *Geotectonic Evolution of China*[M]. Beijing: Science Press.
- Wang Dandan, Zhou Xingui, Li Shizhen, Zhang Wenhao, Liu Weibin, Lin Yanhua. 2017a. Petroleum geologic features and generation potential of the Lower Cretaceous Hydrocarbon source rocks in the Tonghua Basin[J]. *Acta Geologica Sinica*, 91(9):2119–2130(in Chinese with English abstract).
- Wang Dandan, Zhou Xingui, Li Shizhen, Zhang Wenhao, Liu Weibin, Meng Yuanlin, Lin Yanhua. 2017b. The study on the oil and gas source of Tonghua basin, East peripheral basin of Songliao: New evidence from the Tongdi No. 1 well[J]. *Journal of Geomechanics*, 23(3 DongQingshui):422–428(in Chinese with English abstract).
- Wang Dandan, Li Shizhen, Zhou Xingui, Wen Quanbo, Lin Yanhua. 2016. Lithology lithofacies identification and deep structure of Tuquan Basin in Great Xinggan Range Area based on high-precision gravity magnetic– electrical survey[J]. *Journal of Jilin University(Earth Science Edition)*, 46(1): 240–253(in Chinese with English abstract).
- Wang Dandan, Zhang Jiaodong, Zhang Wenhao, Zhou Xingui, Li Shizhen, Liu Weibin, Dong Qingshui, Meng Yuanlin. 2018. Discovery of oil and gas shows in the Lower Cretaceous of the Hongmiaozi Basin, southeastern Songliao Peripheral Basin[J]. *Acta Geologica Sinica*, 92(3):1281–1282.
- Wang Dandan, Zhang Wenhao, Li Shizhen, Liu Weibin. 2018. Features and Generation Potential of the source rocks in Hongmiaozi Basin, Southeastern periphery Basin of Songliao: Evidences from Hongdi No. 1 drilling[J]. *Petroleum Experimental Geology*, 40(4):526–531 (in Chinese with English abstract).
- Wang Shengxi, Su Yongdong, Zhao Yongli, Liu Baohua, Kang Baolin. 2008. Discussion on the metallogenic condition and ore– hunting criteria of gold in the Fushun area, Liaoning Proving[J]. *J. Mineral. Petrol.*, 28(1):39–47(in Chinese with English abstract).
- Zhai Guangming. 1996. *Petroleum Geology of China*[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 512–517.
- Zhang Fengxu, Tai Zhenhua, Zhang Xingzhou, Zhang Fengqin, Meng Lingshun. 2011. Study of gravity field in Northeastern China Area: The relationship between residual gravity field and major exploratory basins and new areas of oil– gas exploration s[J]. *Progress in Geophysics*, 26(2):424–432(in Chinese with English abstract).
- Zhang Gongcheng, Jin Li, Lan Lei, Zhao Zhao. 2014. Analysis of the regular distribution of oil and gas fields in China based on the theory of hydrocarbon generation controlled by source rocks and geothermal heat[J]. *Natural Gas Industry*, 34(5): 1–28(in Chinese with English abstract).
- Zhang Junfeng, Xu Hao, Zhao Junlong, Ren Pengfei. 2018. Geological characteristics and exploration potential of oil and gas in the northeast area of China[J]. *Geology in China*, 45(2): 260–273(in Chinese with English abstract).
- Zhang Kang. 2012. Strategic replacement situation and outlook of China oil– gas production area[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 39(5):547–559(in Chinese with English abstract).
- Zhang Minggong. 2012. *Research on the Future Development Strategy of Petroleum Industry in China*[D]. China University of Geosciences (Beijing).
- Zhou Ximing, Ren Shoumai, Zhang Xingzhou, Chen Chao, Li Chengli. 2013. Deep Structural study on gravity–magneto–electricity profile of Alar– Handagai in Hailar Basin and its geological



significance[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 43(5):1630-1638(in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 陈延哲. 2015. 通化盆地中生界露头沉积相及储层特征研究[J]. 吉林地质, 34(2):24-32.
- 方如恒. 1985. 辽宁地质构造基本特征[J]. 辽宁地质, 3:188-200.
- 韩欣澎, 郝国丽, 刘超, 李艳博, 林长城. 2013. 通化盆地石油地质特征及油气资源潜力[J]. 世界地质, 32(2):337-343.
- 侯贺晟, 王成善, 张交东, 马峰, 符伟, 王璞琚, 黄永建, 邹长春, 高有峰, 高远, 张来明, 杨璠, 国瑞. 2018. 松辽盆地大陆深部科学钻探地球科学研究进展[J]. 中国地质, 45(4): 641-657.
- 吉林省地质矿产局. 1988. 吉林省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 208-209.
- 贾承造, 庞雄奇, 姜福杰. 2016. 中国油气资源研究现状与发展方向[J]. 石油科学通报, 1(1): 2-23.
- 李琴, 陈立卿. 2013. 基于重磁电资料的 TC 盆地地层结构特征研究[J]. 石油物探, 52(1):104-112.
- 蓝艺植, 许中杰, 程日辉, 刘国东, 刘华, 宋立斌. 2018. 柳河盆地早白垩世鹰嘴砬子组沉积及储层发育特征[J]. 世界地质, 37(4):1206-1221.
- 辽宁省地质矿产局. 1989. 辽宁省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 16-18.
- 刘光鼎, 郝天珧, 刘伊克. 1996. 重磁研究对认识盆地的意义[J]. 地球物理学报, 11(2):1-15.
- 刘云祥, 何毅, 李德春, 张碧涛, 董卫斌. 2005. 利用高精度重磁电勘探资料识别火成岩储层相带[J]. 石油地球物理学报, 40:99-101.
- 戚良刚, 王建伟, 黄传杨, 王占孝. 2008. 庐枞地区重磁场特征及其地质认识[J]. 安徽地质, 18(4):277-281.
- 乔德武, 任收麦, 邱海峻, 姜文利. 2011. 中国油气资源勘探现状与战略选区[J]. 地质通报, 30(2):187-196.
- 任纪舜, 姜春发, 张正坤. 1980. 中国大地构造及其演化[M]. 北京:科学出版社.
- 王丹丹, 李世臻, 周新桂, 李爱勇, 温泉波, 林燕华. 2016. 大兴安岭地区突泉盆地高精度重磁电特征及其构造格架[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 46(1):240-253.
- 王丹丹, 张文浩, 李世臻, 刘卫彬. 2018. 松辽外围东南部红庙子盆地烃源岩特征与生烃潜力研究——来自红地1井的证据[J]. 石油实验地质, 40(4):526-531.
- 王丹丹, 周新桂, 李世臻, 张文浩, 刘卫彬, 林燕华. 2017a. 通化盆地下白垩统烃源岩石油地质特征及生烃潜力研究[J]. 地质学报, 91(9):2119-2130.
- 王丹丹, 周新桂, 李世臻, 张文浩, 刘卫彬, 董清水, 孟元林, 林燕华. 2017b. 松辽外围东部通化盆地油气来源研究——来自通地1井的证据[J]. 地质力学学报, 23(3):422-428.
- 王声喜, 苏永东, 赵永利, 刘宝华, 康宝林. 2008. 辽宁抚顺地区金矿成矿地质条件及找矿方向探讨[J]. 矿物岩石, 28(1):39-47.
- 翟光明. 1996. 中国石油地质志[M]. 北京:石油工业出版社, 512-517.
- 张凤旭, 郝振华, 张兴洲, 张凤琴, 孟令顺. 2011. 中国东北地区重力场研究:剩余重力场与重点油气勘探盆地的关系及油气勘探新领域[J]. 地球物理学进展, 26(2):424-432.
- 张功成, 金莉, 兰蕾, 赵钊. 2014. “源热共控”中国油气田有序分布[J]. 天然气工业, 34(5): 1-28.
- 张君峰, 许浩, 赵俊龙, 任鹏飞. 2018. 中国东北地区油气地质特征与勘探潜力展望[J]. 中国地质, 45(2):260-273.
- 张抗. 2012. 中国油气产区战略接替形势与展望[J]. 石油勘探与开发, 39(5):513-523.
- 张明功. 2012. 中国石油工业未来发展战略研究[D]. 中国地质大学(北京).
- 周锡明, 任收麦, 张兴洲, 陈超, 李成立. 2013. 海拉尔盆地阿拉尔一罕达盖重磁电剖面深结构特征及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 43(5):1630-1638.