

内蒙古中部地区重磁场特征及地质解释

滕菲,张燕,贺福清,邢怡,张国利

(中国地质调查局天津地质调查中心,天津300170)

摘要:以内蒙古中部地区重磁资料为基础,对区域重磁场特征与地质构造关系进行了深入分析,综合推断解释出区内以北东向、东西向为主的多条断裂构造,并圈定多处岩体。结果显示,推断地质构造与区内矿产地空间位置密切相关。笔者希望本文能为区内深部地质构造研究及区域找矿提供基础资料。

关键词:重力异常;航磁异常;地质构造;成矿规律

中图分类号: P631.1;P631.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2014)03-0182-05

内蒙古中部地区位于兴蒙造山带,地质构造环境复杂,对区域地质构造演化存在多种观点认识^[1],区域成矿规律研究难度较大。为了配合区域调查和矿产评价的开展,近期我们开展了内蒙古中部地区重磁解释推断工作,所选研究区东南部矿产地密集发育(图1),矿种多样,中、北部地区受中生界沉积层及火山岩大面积覆盖的影响,地质研究程度较低,矿产地分布零散。以往区内的区域物探研究工作主要以航磁异常查证为主^[2-3],利用区域重、磁综合资料进行深部地质构造解释工作鲜有开展。基于这一研究现状,笔者以区内新近完成的1:20万区域重力调查成果为基础,结合区内1:20万航磁资料,探索最佳的重磁异常提取方式,以区域地质背景及物性参数为基础,对区域一定深度地质要素进行提取、圈定并解释,初步厘定了选区区域性地质构造,新发现大量北东向、东西向及少量南北向、北西向线性构造,并圈定出一批中酸性、基性、超基性岩体,另发现已知矿产地大多位于圈定岩体边缘及推断线性构造交汇部位。推断解释成果对区内地质背景及成矿规律研究均有借鉴意义,对提高区域地质认识程度有帮助,并可用于区内找矿远景区的圈定。

1 区域地质背景

工作选区处于欧亚造山带的中东部,构造位置归属于西伯利亚板块和华北板块之间的巨型造山带-兴蒙造山带,根据地质力学观点,按照构造体系

划分,属北疆-兴蒙弧形构造带的东南翼。区内褶皱构造比较发育,主要为华力西期构造形成;断裂构造也较发育,大致可分为北东、北北东和北北西三组,其中以北东向最为发育,多发生在加里东期和华力西期,而北北东和北北西向多发生在燕山期。主要断裂构造由北向南依次为查干敖包-阿荣旗深断裂 F_1 、二连-贺根山断裂 F_2 、二道井-迪彦林场断裂 F_3 。

本区中部大面积被新生界覆盖。北部地区古生代地层发育,以石炭-二叠系、泥盆系为主,志留系、奥陶系有零星出露。南部出露地层主要为上古生界二叠系和中生界侏罗-白垩系。全区地层整体呈北东向展布。岩浆岩从超基性到酸性均有产出,尤以中酸性岩分布最广,岩浆活动主要受北东向基底构造和不同方向的新老构造交汇控制。主要产出时代为燕山早期和华力西晚期。区内超基性岩主要出露在贺根山蛇绿岩混杂岩中。主要岩浆活动为沿大兴安岭-太行山重力梯级带分布的侏罗纪-早白垩世火山-侵入岩带^[4]。

2 重力场特征

2.1 布格重力异常

研究区重力异常整体表现为北东向条带状重力高低异常带相间分布的特点。布格重力异常值范围在 $-127\times 10^{-5}\text{ m/s}^2\sim -67\times 10^{-5}\text{ m/s}^2$ 之间,异常幅值变化较大,达到 $60\times 10^{-5}\text{ m/s}^2$ 。极高值出现在霍林郭勒西部,地表出露侏罗系火山岩地层。从区域场来看,北

收稿日期:2014-05-29

资助项目:中国地质调查项目:区域地球物理调查成果集成与方法技术研究(1212011120915)

作者简介:滕菲(1982-),女,硕士,工程师,2007年7月毕业于吉林大学数字地质科学专业,现主要从事应用地球物理研究,

Email:tengbeibei2006@163.com。

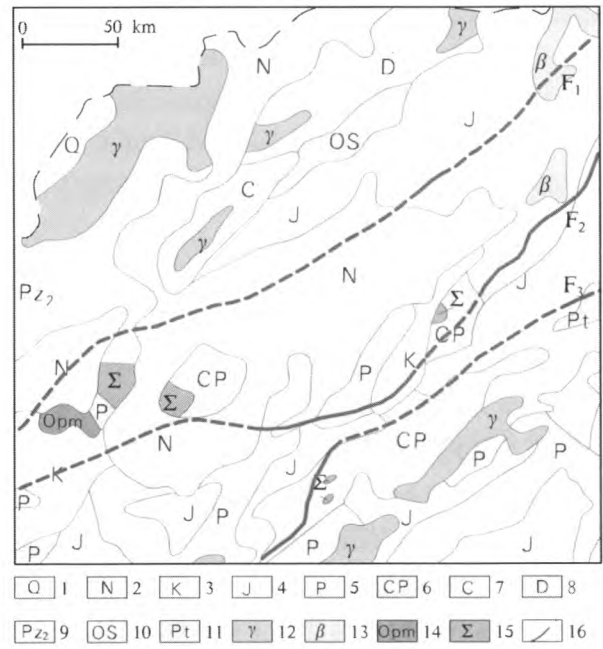


图1 研究区地质简图

Fig.1 Sketch geological map of the study area

1.第四系;2.第三系;3-白垩系;4.侏罗系;5.二叠系;6.石炭-二叠系;7.石炭系;8.泥盆系;9.上古生界;10.奥陶-志留系;11.元古宇;12.古生代花岗岩;13.新生代玄武岩;14.蛇绿混杂岩;15.超基性岩;16.实测推断断裂

东向异常带明显受到后期北西向构造影响,存在异常带突然终止、局部北西向加宽、横向错动等现象。主要高值异常带包括贺根山异常带、塔日根敖包-乌兰察布异常带、西乌旗-霍林郭勒异常带、西乌旗-翁古异常带。低值异常带主要有东乌旗异常带、新庙-查干楚鲁异常带、呼斯尔-翁图异常带、迪彦林场-白音诺尔异常带。

2.2 区域构造信息提取

重力场对区域构造信息的反映主要包括区域重力场分区信息、局部重力异常、重力梯级带、重力异常扭曲带、重力异常突变带等。相对异常信息提取的方法也较多,常用的有平均场法、高次导数法、解析延拓法、趋势分析法、匹配滤波法、维纳滤波法、切割法、优选延拓法、小波分析法^[9]等。从应用效果看,各类方法单一使用均有利弊。笔者经过对布格重力异常进行多方法的实验对比,认为使用RGIS软件中窗口滤波法结合梯级带滤波增强,能最大可能提取重力数据所包含的异常信息,同时剔除高频噪声干扰。

剩余重力异常的计算公式为: $G_{剩} = g_i - G_{区}$ 式中: g_i 为网格化后的布格重力异常值。

采用方域窗口滑动平均法计算区域重力异常,

计算公式为:

$$G_{区} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g_i$$

式中: g_i 为网格化后的布格重力异常值;
 n 为窗口内的重力点数^[6]。

笔者分别选择10 km、30 km、50 km不同半径窗口求取剩余重力异常,窗口越大,反映的地质体越深。经过与区域地质特征比对,认为30 km窗口取得的剩余重力异常与本区区域地质构造对应关系最好,利于异常的研究。

梯级带滤波增强主要分四个步骤:①在每个区域内分别计算异常均值和方差:

$$\delta_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{g}_i - \bar{g}_i(j)) / m_i}$$

式中: m_i 为第 i 个区域异常测点数; $\bar{g}_i$ 为第 i 个区域异常平均值; $\bar{g}_i(j)$ 为第 i 个区域内第 j 个点上的异常值; δ_i 则为第 i 个区域的异常方差。②选择 δ_i 中最小者 δ_{min} 。③把 δ_{min} 所对应区域的异常均值作为处理结果。④窗口滑动到下一点上重复①~③。

从图2可以看出,局部重力异常以串珠状正负伴生异常为主,走向主要为北东向、北北东向。西乌旗-霍林郭勒一线以东地区大量出现长轴方向东西向的椭圆形异常,反映出区内地质体所受应力方向的明显变化。

3 磁场特征

3.1 区域磁场

研究区区域航磁场正负异常区以北东向西乌

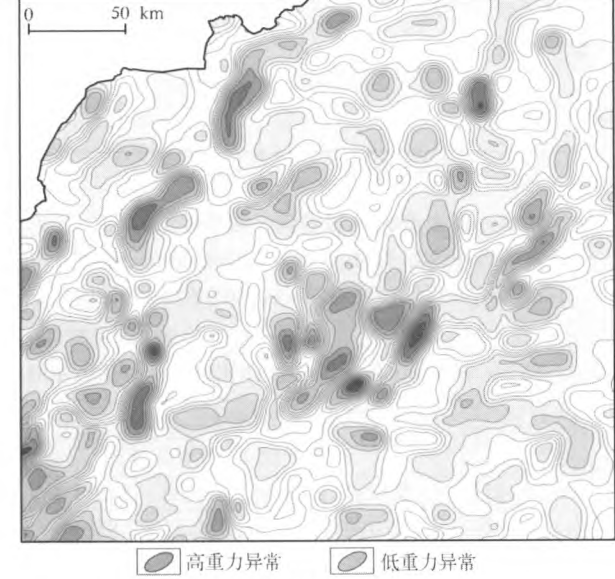


图2 剩余重力异常图

Fig.2 Residual gravity anomaly map

旗-霍林郭勒一线为界,表现出明显的两分性,西北区表现为大面积的正磁异常背景,幅值范围在80~400 nT之间,区内局部高磁异常发育,东乌旗及其北部地区存在几条北东向平行排列且延伸较长的正磁异常条带,贺根山地区规模较大的极高磁异常聚集是本区超基性岩体的反映,极大值达到1500 nT。霍林郭勒以西地区高磁异常分布相对凌乱,规律性较差;东南区则为明显的北东向宽缓负异常条带,幅值范围处于-20~250 nT之间。其上零星分布较小规模局部高磁异常,长轴向以北东向为主。

3.2 局部航磁异常

笔者采用已成熟应用的频率域方法计算航磁化极异常垂向一阶导数,选取区域下限参数,提取局部航磁异常^[7](图3)。此方法是压制区域场,圈定局部场,分离叠加异常的常用方法。局部异常展布特征与区域场具有相同两分性,东乌旗以北地区异常呈条带状规律分布,西乌旗-霍林郭勒地区发育北北东向局部异常带,异常形态以椭圆形、条带状为主,

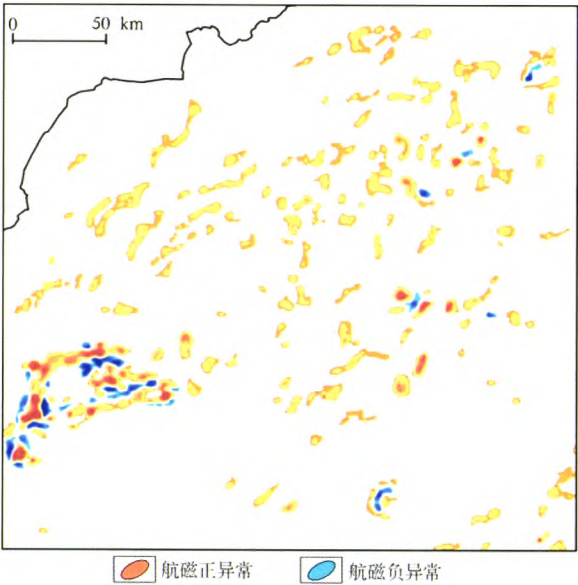


图3 航磁化极垂向一阶导数图

Fig.3 Vertical first-order derivative map of aeromagnetic anomalies reduced to the pole

具有幅值高,正负伴生的特点,异常长轴方向以北东向为主。贺根山地区蛇绿混杂岩表现为明显的高磁异常区。笔者对航磁垂向一阶导数图与剩余重力异常图叠加,发现航磁高异常多产出在局部重力异常的边界处,甚至环绕高重力异常,推断解释为岩体边部或断裂地带明显的热液活动。

4 推断地质构造

4.1 主要岩石、地层物性特征

根据已有物性统计资料^[8](表1),区内新生界砂、砂砾、粘土类的密度值最低,与前新生界沉积岩系存在平均 $0.74\times10^3\text{ kg/m}^3$ 的明显密度差,均表现为无-弱磁性特征。火山岩密度随岩性变化,密度值增大,具有强-中等强度磁性,且磁性极不均匀,强度一般为 $\pm1000\sim\pm1200\text{ nT}$ 。变质岩平均密度较高,磁化率变化范围较大,物性参数整体受变质原岩、变质程度影响。本区变质岩磁性整体较低,比沉积岩略高。

岩浆岩的物性特征,总体上由酸性到基性密度增大、磁性增强。中酸性岩密度 $2.46\sim3.05(10^3\text{ kg/m}^3)$,平均 $2.74(10^3\text{ kg/m}^3)$;磁化率 $0\sim6630(4\pi\times10^{-6}\text{ SI})$,平均为 $240(4\pi\times10^{-6}\text{ SI})$ 。根据其成因类型可进一步划分,S型中酸性岩基本无磁性,磁化率平均为 $40(4\pi\times10^{-6}\text{ SI})$,密度相对较低,I型中酸性岩磁化率较高,平均为 $1720(4\pi\times10^{-6}\text{ SI})$,密度也略高。本区基性岩的平均密度 $2.83(10^3\text{ kg/m}^3)$;磁化率 $60\sim6000(4\pi\times10^{-6}\text{ SI})$,平均为 $2044(4\pi\times10^{-6}\text{ SI})$;蛇绿岩的平均密度 $2.91(10^3\text{ kg/m}^3)$;磁化率 $100\sim9000(4\pi\times10^{-6}\text{ SI})$,平均为 $2100(4\pi\times10^{-6}\text{ SI})$ 。基性-超基性岩,普遍与正常沉积岩、中酸性岩具有较大的密度和磁性差异。

4.2 线性构造解释

区内三条地质推断深大断裂在区域磁场上均表现为场的分界线或梯级带上,断裂带上并无局部强磁异常或低负磁异常带出现。本文旨在探讨局部地区重磁异常的解释,对区域性构造分区等问题在此不

表1 兴蒙造山带物性参数统计表

Table 1 Statistics of the stratummagnetic and density parameters from Xing-Meng orogenic belt

界	岩性	密度(10^3 kg/m^3)		磁化率 $K/4\pi\times10^{-6}\text{ SI}$		剩余磁化强度 $J_r/10^{-3}\text{ A/m}$	
		平均值	变化范围	常见值	变化范围	常见值	变化范围
新生界	沉积岩	1.66	1.02~2.13				
	火山岩	2.70	2.33~2.92				
前新生界	沉积岩	2.40	1.22~2.97	98	0~1510	179	24.77~2560
	火山岩	2.57	2.22~3.09	2416	125.82~13747.07	649	20.21~5577.51
	变质岩	2.63	2.04~2.89	245	55.67~770.02	92	30.36~345.48

做过多讨论。笔者对区内的次级线性构造进行了定性解释,具有一定规模的线性构造在重磁场上多有明显反映,如构造两侧地质体的密度、磁性差异引起的重磁异常梯级带(在布格重力异常图及航磁化极异常图上反映明显),沿构造发育的岩浆岩带表现出的串珠状重磁异常、断裂破碎带磁性减弱形成的低负磁异常带、地质体重磁异常带的突然错断、扭曲等(在剩余重力异常图及航磁化极异常垂向一阶导数图上反映明显),均是推断线性构造的重要依据^[9-10](图4)。

推断结果显示,本区西部断裂构造地主要以北东向、北北东向为主,伴生北西向,东部地区断裂早期以北北东、近南北向为主,后期叠加东西向断裂。总体来说,北东向的断裂切断了该区较早近东西向断裂带,后期又被较新的北西向断裂带切断。这些网状线性构造控制了该区的不同时期的次级构造、沉积建造、岩浆活动和多金属矿产的形成和分布。

4.3 局部重磁异常解释

本区新生界松散沉积物与密度较高的变质岩及沉积岩类形成较大的密度差,且均以无-弱磁性为主,重力异常图上,常表现为反映基底隆起起伏的波状异常,相对平静的低负磁异常^[11]。区内的火山岩多大面积出露地表,由于厚度较薄,不形成明显的重力异常,而常形成正负频繁交替、剧烈变化的杂乱磁异

常场。航磁化极异常是圈定其范围的主要依据。

区内基性、超基性岩体密度最大、磁性最强,超基性岩体主要集中分布在贺根山地区,向北东方向也有零星出露。表现为界限明显的强磁异常及局部高重力异常。相对密度较高,重力异常不明显主要是受到规模、纵向延伸浅等的影响。研究认为大量的超基性岩属蛇绿岩,是古大洋闭合后残留的洋壳残片^[12]。基性岩的密度、磁性仅次于超基性岩,笔者所圈定基性岩产出地区无高密度元古宙或更老沉积地层、变质岩,且邻区内无灰岩等高密度沉积岩地层,结合其高磁异常特性,进一步增加了推断结果的可靠性。

根据本区区域地质背景特征,区内中酸性岩体极为发育,受中生界广泛覆盖影响,重磁资料成了部分地区圈定岩体范围的重要依据。中酸性岩体的重力场特征取决于其所处的地质背景。处于新生界覆盖地区则表现为明显的重力高;处于前新生界沉积地层发育地区,则表现为相对的重力低。前文表述,磁性特征较为复杂,受成因类型的影响。根据区域重磁相关分析的结果^[13],笔者对重磁同源I型中酸性岩体、弱磁性S型中酸性岩体作了进一步区分提取。

推断结果显示,本区中酸性岩体分布范围最广,基性、超基性岩体及磁性火山岩体均有发育。岩浆岩分布明显受到断裂构造发育控制,除贺根山地区超基性岩体呈团块状大面积发育以外,区内岩体延伸以北东向为主,东南部岩体表现出明显的北西向拉伸。

4.4 与矿产分布关系

根据本区矿产分布规律研究认识^[14-15],华力西至印支期是内蒙古中部地区大地构造演化的重要阶段,同时,也是各类金属矿床(点)成矿作用的重要时期,除了少数金属矿床(点)直接在超镁铁质、镁铁质和中酸性侵入岩体及其与围岩接触带上产出外,大多数金属矿床(点)与花岗岩类侵入岩体具有密切空间分布关系。大型北东向断裂构造通过控制本区的岩浆活动间接控制了矿产在时间、空间、类型上的分布规律,是区内成矿期次和成矿区带划分的主要因素。北西-北西西向和北东向裂隙和小型断裂构造是区内主要的容矿构造,多呈规模不一的带状发育。

区内已知矿产地与推断地质构造要素叠加显示,区内矿床大都位于呈面状延伸的岩体边缘,特别是推断中酸性岩体的边缘,非常清晰地显示出位于不同物理场的接触带附近,或推断线性构造及构造交

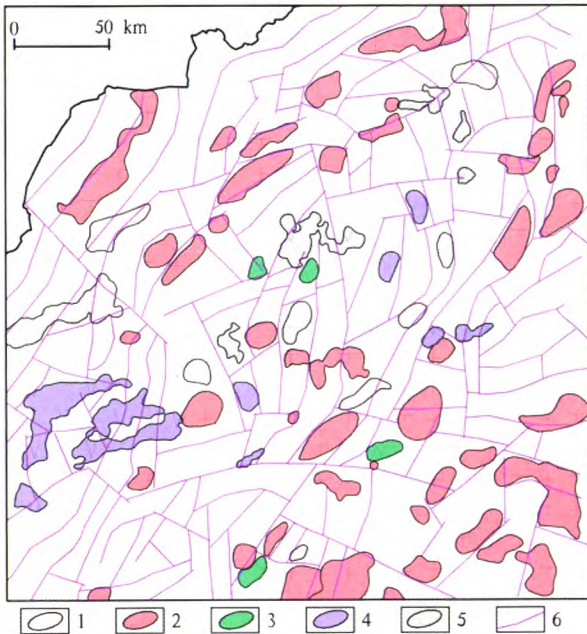


图4 重磁推断地质构造图

Fig.4 Gravity and magnetic inferred geological and structural map

1.I型中酸性岩;2.S型中酸性岩;3.基性岩;4.超基性岩;
5.酸性火山岩;6.线性构造

汇部位,主要的容矿线性构造为北西向。从已有成矿规律认识到对应关系结果均体现出矿产地理位置与推断岩体、构造的密切关系。笔者定量解释的大量最新线性构造及岩浆岩信息,对指导找矿有重要的现实意义。

5 结论

(1)岩石、地层的密度、磁性参数虽然符合火成岩由酸性向基性密度、磁性逐渐增大,沉积岩由新到老密度逐渐增大,变质岩变质程度越深密度越大的一般规律,但在具体异常的解解释推断中则复杂的多。在充分考虑所处位置地质背景、具体岩体的物性参数及重磁异常高低相对性的前提下,重磁异常可以对岩体、地层、盆地、断裂构造等进行准确的定性解释。根据I型中酸性岩体的重磁同源性特征,还可以对I型及S型中酸性岩体进行进一步区分提取。经验证推断结果与地表出露地质体性质对应较好,同时普遍存在分布范围变化的现象,主要因为重磁异常反映了岩体深部的展布形态。

(2)根据笔者的推断解释成果,本区断裂构造主要以北东向、北北东向为主,伴生北西向;区内中酸性岩体分布范围最广,基性、超基性岩体及磁性火山岩体均有发育;区内矿床大都位于呈面状延伸的岩体边缘,特别是推断中酸性岩体的边缘,或推断线性构造及构造交汇部位,反映出矿产地理位置与推断岩体、构造的密切关系及推断地质要素的重要意义。区域找矿工作可以通过区域物探解释成果首先圈定有利的找矿远景区,继而开展详细的地面调查工作。

参考文献:

- [1] 内蒙古自治区地质矿产局.内蒙古自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1991:556-628.
- [2] 崔志强,孟庆敏,廖桂香,等.高精度航磁在大兴安岭中段新一轮找矿中的应用[J].物探与化探.2012,36(2):192-197.
- [3] 余学中,梁月明,丛丽娟.高精度航空物探资料在二连浩特-东乌旗地区找矿中的应用[J].物探与化探.2010,34(3):269-274.
- [4] 李承东,赵利刚,常青松,等.内蒙古索伦山-霍林郭勒地区基础地质综合研究成果报告[R].天津地质调查中心.2013,4.
- [5] 郭良辉,孟小红,石磊,等.重力异常分离的相关法[J].地球物理学进展,2008,23(5):1425-1430.
- [6] 程东兴,李延清,徐忠平,等.重力资料数据处理及解释概论[J].西部探矿工程,2011,(12):144-146.
- [7] 刘士毅.重磁资料数据处理中的若干问题[J].物探化探计算技术,1991,13(1):65-68.
- [8] 苏美霞,阴曼宁,孙会玲,等.内蒙古自治区重力资料应用成果报告[R].内蒙古自治区地质调查院,2013,6.
- [9] 曾华霖.重力场与重力勘探[M].北京:地质出版社,2005,235-257.
- [10] 管志宁.地磁场与磁力勘探[M].北京:地质出版社,2005,257-289.
- [11] 崔永谦,刘喜恒,孙朝辉,等.内蒙古二连盆地深层地球物理特征和上古生界的地质结构[J].地质通报,2011,30(2~3):235-242.
- [12] 梁日喧.内蒙古中段蛇绿岩特征及地质意义[J].中国区域地质,1994,1(37-45)
- [13] 滕菲,邢怡,张国利,等.1:20万重磁综合异常提取及地质意义—以东乌旗地区为例[J].地质调查与研究,2014,37(2):131-135.
- [14] 白大明,聂凤军,江思宏,等.蒙古国欧玉陶勒盖铜(金)矿床物探找矿技术分析[J].地球学报,2010,31(3):443-448.
- [15] 孙磊,常春郊,马德锡,等.内蒙古东乌珠穆沁旗地区多金属矿床类型与成矿规律[J].矿物学报,2013,(增刊):408-409.

Geophysical Field Characteristics and Its Geological Interpretation in Central Inner Mongolia

TENG Fei, ZHANG Yan, HE Fu-qing, XING Yi, ZHANG Guo-li

(Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin, 300170, China)

Abstract: The relationship between geophysical field features and geological structure is studied based on gravimetric and magnetic data in the central Inner Mongolia. Rock masses and fault structures are interpreted which are mainly tend towards NE and EW direction. The high correlation has been found between the results of Geological interpretation and the distribution of deposits in the study area. The authors hope this paper could supply basic datum for the further study of the deep geological structure and ore deposits in the area.

Key words: gravity anomaly; aeromagnetic anomaly; geological structure; metallogenic regularity