

重力勘探在山东平度地区基底构造发育研究的应用

李建超¹,曹朋军²,王志豪¹,吴晓飞²

(1.中水北方勘测设计研究有限责任公司,天津 300222; 2.天津市地球物理勘探中心,天津 300170)

摘要:通过在平度地区开展1/5万重力勘探,对该区域断裂发育情况和构造单元划分进行了分析。对取得的重力数据进行处理,综合分析重力场特征,结合已知地质、物探资料等,有效解决了平度地区构造研究中断裂发育问题,划分了“三高两低”的构造单元格局,为该区提供了可靠的基础资料。勘探效果表明,重力勘探法能快速、有效地反映出研究区断裂构造的平面特征,可供类似地区的基底构造发育研究借鉴和参考。

关键词:布格重力异常;断裂;构造单元;平度

中图分类号:P631.1

文献标识码:A

文章编号:1672-4135(2021)01-0075-06

研究区位于胶北隆起东南部和胶莱盆地北部,矿产资源较丰富,主要矿种有金矿、铁矿、铅锌矿、石墨矿等。其中以金矿最为著名,其开采与保有储量全国第一;平度及莱西石墨矿田是我国石墨资源三大主要产地之一。张宝林、李衣鑫、张丕建、原显顺、王偲瑞等对胶东地区的地质、成矿条件进行过研究^[1-6]。但平度地区前期仅完成1/20万及1/10万等小比例尺调查工作,1/5万以上调查开展较少,调查勘探成果精度相对较低,不能满足当前生产需要。重力勘探是开展断裂构造识别、构造单元划分、矿产资源调查及基底特征研究的重要手段,大量的实例已经证明了该方法的可靠性^[7-20]。笔者本次依托《山东省平度-莱阳地区1/5万高精度重磁测量》项目,在平度地区开展1/5万重力勘探工作。通过建立最优化的地质-地球物理模型,解决了平度-莱阳构造研究中断裂发育问题,划分了“三高两低”的格局,取得了较好的勘探效果。期望可以为研究区基础性、公益性地质调查,矿产资源开发及为社会需求提供基础参考资料。

1 区域地质背景

1.1 地质概况

研究区隶属华北-柴达木地层大区、华北地层区及鲁东地层分区,地层出露相对零星。分布有太古宙、元古宙、中生代、新生代地层。区内岩浆

岩十分发育,岩石类型为超基性岩-基性岩-中性岩-酸性岩,以中酸性岩为主。

研究区大地构造隶属于华北板块(I级)胶辽隆起区(II级)胶北隆起和胶莱盆地西部(III级)构造单元(图1)。构造特点是基底构造线以近EW向展布为主,基底褶皱轴向与区域构造线方向基本一致。中生代断裂构造以NE-NNE向最突出,NE向次之,还有NW及近EW向断裂。该区断裂构造颇为发育,其中NE-NNE向和NE向断裂构造明显而突出;近EW向断裂除平度断裂规模较大外,其它断裂与NW向断裂均零散地夹杂于研究区各个地段。这些不同方位

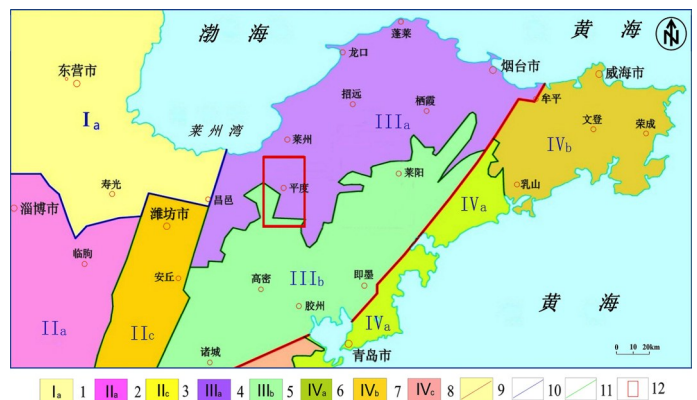


图1 研究区大地构造展布图

Fig.1 Geotectonic layout of the study area

1. 济阳拗陷; 2. 鲁中隆起; 3. 沂沭断裂带; 4. 胶北隆起; 5. 胶莱盆地西部; 6. 胶莱盆地东部; 7. 威海隆起; 8. 胶南隆起; 9. 一级单元界线; 10. 二级单元界线; 11. 三级单元界线; 12. 研究区范围

收稿日期:2020-10-30

资助项目:山东省地质勘查项目:“山东省平度-莱阳地区1/5万高精度重磁测量(鲁勘字[2014]4号)”

作者简介:李建超(1986-),男,本科,工程师,2010年毕业于中国地质大学(武汉)应用地球物理专业,长期从事地球物理方法的应用及研究工作,E-mail:maxwell_06@126.com。

的断裂均具多期活动特点,力学性质各异,其形成及活动时间亦不尽相同。

1.2 区域重力场特征

据已有物探资料可知,研究区及其周边地区总的重力场特征是南高北低,中部偏西为重力低异常区。布格重力异常规模较大,重力变化也较大,重力值一般为 $(-20 \sim 30) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,全省重力场的最高点莱西市南大望城布格重力异常高达 $34 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。异常走向以北北东和近东西向为主,北西向的异常规模一般较小,穿插于北北东向和近东西向的异常中。与研究区的构造格架反映相一致,也与研究区地层和岩浆岩的分布相对应。

2 解释与应用效果分析

2.1 解释依据

本次解译先通过绘制布格重力异常平面等值线图(主要解释图件)客观地描绘出研究区的地质构造发育情况,结合物性参数及地质规律,建立合理的初始地质-地球物理模型;通过反演、延拓、求导等手段得到不同目的的重力成果。依据不同重力异常的特征,通过结合地质规律有效解决基岩中断裂分布及构造单元划分等地质问题^[21-27]。

2.2 基底构造研究

在对布格重力异常进行位场转换获取线性增强水平总梯度模的基础上,结合以往物探成果及地质认识,对研究区断裂构造进行了圈定,并依据断裂体系控制下不同重力场的特征对地质构造单元进行了划分。

2.2.1 布格重力异常场特征

本次重力向上延拓选取0.5 km、1 km、2 km、3 km、5 km共5个高度进行计算,通过对比分析上延0.5 km反映区域异常特征较明显。布格重力(上延0.5 km)异常区域场图(图2)可以看出,布格重力场形态在研究区内整体上大致呈西高东低的形态,南北向重力场又由一近东西向梯级带分割。区内重力异常规模较大,重力幅值变化也较大,布格重力场值一般在 $(-19 \sim 30) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 之间变化。全区重力场最低位于研究区北北东一带,布格重力场值约为 $-19 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,最高位于研究区中西部,布格重力场约为 $30 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,高低之间相差约 $49 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。异常走向主要为近东西向、北北东向、北北西向,高低异常接触带较为明显。

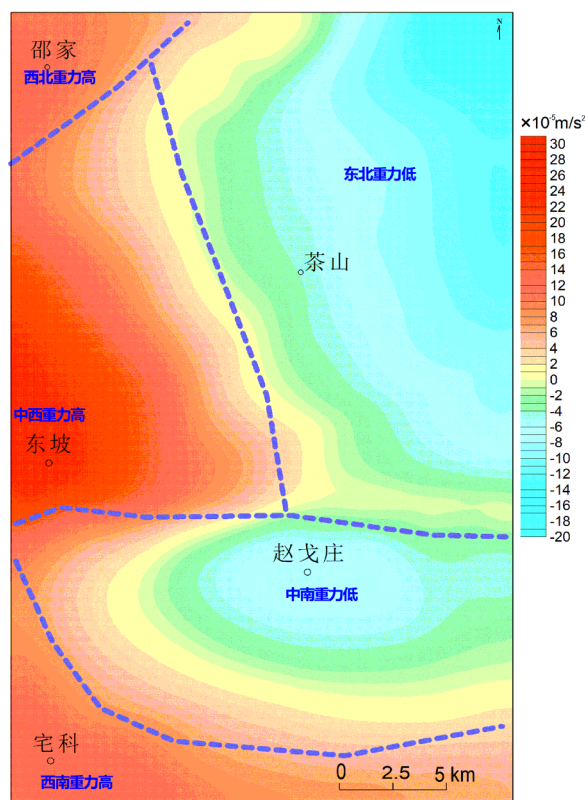


图2 平度区布格重力异常区域场图(上延0.5km)
Fig.2 Pingdu area field map of Bouguer gravity anomaly(up by 0.5km)

研究区布格重力异常形态宏观上表现为“三高两低”。其幅值的高低充分揭示了研究区内隆起、凹陷的地质构造特征的分布范围。依据布格重力场的变化特征及所处的构造位置,将研究区布格重力场分为东北部、中南部重力低值区,西北部、西南部及中西部重力高值区。每个分区的边界均对应控制该区边界的断裂及岩性界限。

(1) 西北部重力高值区

该区位于研究区西北部,面积约28 km²。重力场变化区间为 $(7.5 \sim 16) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 之间,变化幅度 $8.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。布格重力异常整体呈北北东向延伸,区内异常未完全封闭,局部异常不发育,异常边界梯度变化明显。该区地质构造位于三级构造单元(Ⅲ)胶北隆起区的胶北凸起区,推测地质上对应出露在研究区西北部的下元古界粉子山群,较大范围的重力高与下元古界地层隆起有关。

(2) 东北部重力低值区

该区位于研究区东北部,面积约330 km²,重力场变化区间为 $(-18 \sim 4) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 之间,变化幅度 $22 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。布格重力异常西高东低,整体呈北北西向

延伸、局部北北东向延伸,边界梯度变化剧烈的形态特征。该区地质构造位于三级构造单元(Ⅲ_a)胶北隆起区的胶北凸起区,推测地质上与低密度的花岗岩体相对应,其西高东低的相对特征,说明该区域西部部分岩体被上覆中生代地层所覆盖,呈现半隐伏状态所致。

(3)中南部重力低值区

该区位于研究区中部偏南,面积约220 km²,重力场变化区间为 $(-9 \sim 7) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 之间,变化幅度 $16 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。布格重力异常形态总体为闭合的重力低值异常,重力异常等值线密集、梯度变化大。该区地质构造位于三级构造单元(Ⅲ_b)胶莱盆地西部,推测地质上对应表基底埋深较深。

(4)西南重力高值区

该区位于研究区西南,面积约77 km²,重力场变化区间为 $(7 \sim 14.5) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 之间,变化幅度 $7.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。布格重力异常形态为未闭合的重力高值异常,呈东西向、北西西向展布,梯度变化大。该区地质构造位于三级构造单元(Ⅲ_b)胶莱盆地西部,推测地质上对应隆升的高密度基底地层。

(5)中西重力高值区

该区位于研究区中西部,面积约200 km²,重力场变化区间为 $(0 \sim 29) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 之间,变化幅度 $29 \times$

10^{-5} m/s^2 。重力场异常呈未闭合的重力高值异常,北西向展布,幅值较高。该区地质构造位于三级构造单元(Ⅲ_b)胶莱盆地西部,推测地质上对应高密度基底地层及大规模侵入岩体。

2.2.2 断裂构造解释

断裂构造运动造成地层空间、位置发生相对变化,使正常地层发生错段和位移,致使接触关系发生变化,上下盘之间出现台阶或其它复杂形态,使地层空间位置和地层密度分布状态发生了变化,从而引起重力场的异常变化。这种重力场的变化特征是推断断裂的地球物理依据。

断裂构造在布格重力剩余异常和总梯度模图件上一般具有以下标志:

1)走向明显的重力梯级带;2)狭长的带状异常;3)异常带的水平错位或平移;4)异常等值线的同向扭曲;5)重力场发生明显变化的分界线;6)重力高与重力低之间的线性过渡带。

主要通过对布格重力剩余异常图(图3)及总梯度模图(图4)的研究,辅以 0° 、 45° 、 90° 、 135° 等不同方向导数异常图,并结合研究区内的地质及钻探成果进行综合分析。区内存在推断断裂19条,与地质成果基本吻合。研究区各断裂展布见断裂推断成果图(图5)。其中较大断裂有4条:

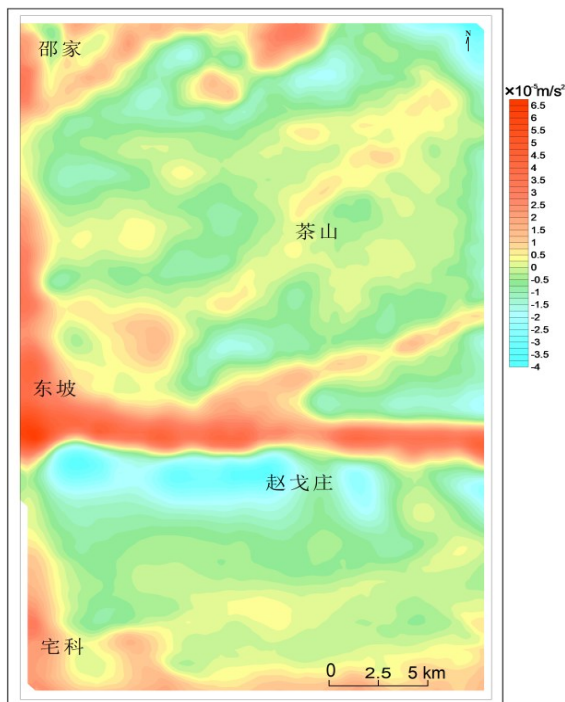


图3 平度区布格重力剩余异常平面图

Fig.3 Plan of bouguer gravity residual anomaly in Pingdu region

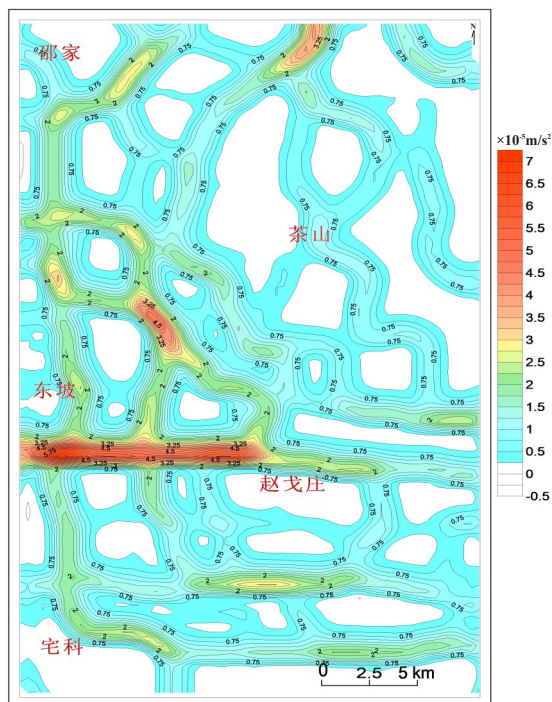


图4 平度区布格重力异常总梯度模图

Fig.4 General gradient pattern of Bouguer gravity anomaly in Pingdu region

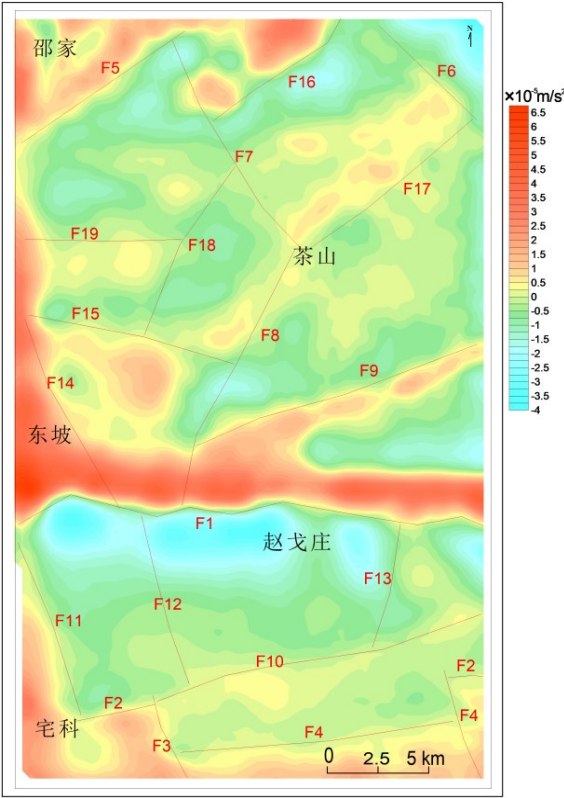


图5 平度区断裂推断成果图

Fig.5 The inferred results of the Pingdu area fault

(1)F1断裂

该断裂自西向东贯穿研究区中部偏南,呈东西向展布,区内延伸长度约22 km。与该地区“平度断裂”相吻合。布格重力异常表现为东西向明显的重力梯级带,重力场变化巨大;断裂北侧为布格重力高、南侧为布格重力低。

(2)F2断裂

该断裂位于研究区南部,沿宅科北2 km、张家北2 km、姜兰镇北、何家店一带呈东西向展布,研究区内共延伸约20 km。布格重力异常表现为东西向明显的重力梯级带,重力场变化巨大;断裂北侧为布格重力低、南侧为布格重力高。

(3)F5断裂

该断裂位于研究区西北部,沿王埠庄-后高家-沙岭一线呈北东向展布,研究区内延伸约10 km。布格重力异常表现为北东向明显的重力梯级带,重力场变化巨大;断裂西北侧为布格重力高、东南侧为布格重力低。

(4)F8断裂

断裂位于研究区中部,沿张家-贾家烟村-北盛家呈北北东向展布,研究区内延伸约14 km。布格重

力异常表现为重力异常等值线同向轴出现扭曲。

同时推测F3、F11、F14为一条较大断裂,活动期应早于F1断裂(平度断裂),后期被F1断裂错断,北部基底向东向上抬升形成凸起,南部基底向西向下沉降形成凹陷。

2.2.3 构造单元划分

根据研究区重力场特征、断裂构造,在整个研究区划分出胶北隆起和胶莱盆地2个Ⅲ级构造单元。在各Ⅲ级构造单元内进一步划分出3个Ⅳ级构造单元,在Ⅳ级构造单元中又划分出5个Ⅴ级构造单元(与异常分布区吻合)。各构造单元划分情况见表1。

表1 构造单元划分一览表

Table 1 List of division of construction units

一级	二级	三级	四级	五级
华北板块	胶辽隆起区	胶北隆起	胶北凸起	邵家凸起
		胶莱盆地		茶山花岗岩带
			平度凹陷	宅科凸起
			东坡凸起	赵戈庄凹陷

(1)邵家凸起位于研究区西北部。出露粉子山群,主要岩性为大理岩、黑云变粒岩、斜长角闪岩、磁铁石英岩等与东南侧第四系覆盖区对比形成重力高低异常形态。

(2)茶山花岗岩带包含断裂F1(平度)、F7、F8及研究区边界所围限的区域。该区域出露大面积玲珑花岗岩。

(3)赵戈庄凹陷包含断裂F1(平度断裂)、F2、F3、F11及研究区边界所围限的区域,为受断裂作用形成的基底凹陷构造。白恶系顶板埋深约1 km。

(4)宅科凸起包含断裂F1(平度断裂)、F2、F3、F4、F11及研究区边界所围限的区域。

(5)东坡凸起包含断裂F1(平度断裂)、F5、F7、F8及研究区边界所围限的区域。

3 结论

通过对平面地球物理场的定性分析,对研究区的基底构造特征进行了研究。依据地球物理场的线性梯度变化特征,2个Ⅲ级构造单元,3个Ⅳ级构造单元,5个Ⅴ级构造单元,呈现了“三高两低”的格局,较客观地反映了研究区构造面貌,为研究该区域基底特征、构造发育情况、地壳稳定性和矿产资源评价提供了基础地球物理资料。

研究区内发育断裂19条,断裂构造格架以北东、北西、近东西向为主,它控制了区域构造单元的基本

格架,此成果与地质成果大致吻合。同时推测F3、F11、F14为一条较大断裂,活动期应早于F1断裂(平度断裂),后期被F1断裂错断,北部基底向东向下抬升形成凸起,南部基底向西向上沉降形成凹陷。

研究区地处胶东半岛东部,农、工业发达,人文活动频繁,电力设备设施多,严重影响电法、电磁法的布设与采集。重力勘探所观测、研究的是天然重力场,具有勘探深度大,不受电磁干扰的优点;而且设备轻便易携带,采集时间短,可以有效避开人文干扰。这就使得该方法不仅在传统的勘察领域发挥重要作用,更将在人文干扰大的城市工程环境调查等领域崭露头角。

致谢:本论文在编写过程中得到了天津华北地质勘查局杨晓明和中水北方勘测设计研究有限责任公司王志豪两位物探专家的帮助和指导。在此表示最诚挚的谢意!

参考文献:

- [1] 张宝林,吕古贤,余建国,等.胶东玲珑金矿田不同矿段构造变形岩相带特征与深部找矿预测[J].地质通报,2020,39(11):1681-1691.
- [2] 孟银生,张瑞忠,李瑞红,等.胶西北招远南隐伏构造活动序次:地球物理启示[J].金属矿山,2020,(12):152-158.
- [3] 张丕建,刘殿浩,李国华,等.胶东中生代盆地边缘区金矿成矿特征和找矿方向[J].地质调查与研究,2015,38(04):273-276+283.
- [4] 霍庆龙,吕古贤,朱随州,等.招平断裂带地质特征及其成矿规律研究[J].矿物学报,2013,33(S2):915-916.
- [5] 王帅,刘述敏,于洋,等.山东省平度-莱西北部地区石墨矿地质特征及找矿靶区优选[J].山东国土资源,2017,(12):30-36.
- [6] 张敬南.研究山东半岛的地体构造及金矿成矿的区域地质[J].世界有色金属,2017,(16):161-162.
- [7] 张磊,王万银,赵修军,等.基于重磁场特征的新蔡铁矿区构造单元分布特征[J].物探与化探,2020,44(04):975-984.
- [8] 许文强,袁炳强,刘必良,等.多种重磁位场边缘识别方法及在南黄海北部断裂构造识别中的应用研究[J].物探与化探,2020,44(04):962-974.
- [9] 李世斌,马为,徐新学,等.天津市地球物理场特征及基底构造研究[J].物探与化探,2015,39(5):937-943.
- [10] 高伊航,沈军辉,苏永军,等.重力调查在潍坊滨海区划分断裂和构造单元中的应用[J].地质调查与研究,2019,(01):72-76.
- [11] 洪昆,符志军,王帅帅,等.重力勘探在舜耕山断裂的应用[J].能源研究与管理,2020,(01):94-97.
- [12] 方菲.根据重磁资料解释河北断裂体系与地震地质构造[J].物探与化探,2020,44(03):489-498.
- [13] 荣幸.重力勘探在地质构造解释中的应用研究一以晋中盆地为例[J].华北国土资源,2018,(06):21-22+24.
- [14] 宁媛丽,周子阳,孙栋华.重磁资料在鄂尔多斯盆地西南缘基底研究中的应用[J].物探与化探,2020,44(01):34-41.
- [15] 纪晓琳,王万银,杜向东,等.利用重磁资料研究西非中南段含盐盆地构造区划[J].地球物理学报,2019,62(04):1502-1514.
- [16] 刘威,谢卓良,杨洪宇,等.利用重磁资料研究青藏高原东部深部构造[A].2019年中国地球科学联合学术年会论文集(二十四)[C].北京:中国和平音像电子出版社,2019,122.
- [17] 荣幸.重磁资料在准格尔旗地区地质构造解释中的应用[J].地质调查与研究,2019,42(04):315-320.
- [18] 韩振玉,王巧云,王润生,等.重磁资料在准格尔旗地区地质构造解释中的应用[J].山东国土资源,2020,36(11):55-62.
- [19] 侯静,高国明.准噶尔盆地及邻区的重磁异常特征[J].云南大学学报(自然科学版),2017,39(S2):124-129+136.
- [20] 张玄杰,张婉,佟晶,等.日照-连云港地区主要断裂重磁异常特征[J].中国地质调查,2017,4(06):66-70.
- [21] 高秀鹤,熊盛青,曾昭发,等.利用数据空间磁异常模量反演方法来减少剩磁影响[A].2015中国地球科学联合学术年会论文集(九)[C].北京:中国和平音像电子出版社,2016,93-95.
- [22] 马为,李世斌,徐新学.重磁电联合反演方法在天津基岩构造研究中的应用[J].地质调查与研究,2014,37(03):212-216.
- [23] 郑元满,姚长利,李泽林.重磁处理解释系统软件设计与关键实现技术[J].地球物理学报,2019,62(10):3744-3759.
- [24] 高秀鹤.重磁处理解释系统软件设计与关键实现技术[D].吉林大学,2019.
- [25] 马龙,孟军海,付强,等.独立分量分析在重磁数据处理中的应用[J].石油地球物理勘探,2017,52(06):1344-1353+1126.
- [26] 马龙,孟军海,山中雪,等.重磁异常源边界识别新方法对比及应用研究[J].地球物理学进展,2017,32(06):2514-2519.
- [27] 鲁宝亮,马涛,熊盛青,等.基于重磁异常相关分析的场源位置及属性识别方法[J].地球物理学报,2020,63(04):1663-1674.

Application of gravity exploration in the study of basement structure development in Pingdu area

LI Jian-chao¹, CAO Peng-jun², WANG Zhi-hao¹, WU Xiao-fei²

(1. *China water resources Beifang investigation, design and research CO.LTD, Tianjin 300222, China;*

2. *Tianjin North China Geological Exploration Bureau, Tianjin 300170, China)*

Abstract: Through 1/50 000 gravity exploration in Pingdu area, the fault development and structural unit division in this area were analyzed. Through various effective processing of gravity data, comprehensive analysis of gravity field characteristics, in combination with known geological and geophysical data, the problem of fault development in the tectonic study of flatness area is effectively solved, and the structural unit pattern of "three high and two low" is divided, which provides reliable basic data for this area. The exploration results show that the gravity prospecting method can quickly and effectively reflect the plane characteristics of fault structures in the study area, which can be used for reference in the study of basement structure development in similar areas.

Key words: Bouguer gravity anomaly; fault; tectonic units; Pingdu

Application of time domain IP measurement in the exploration of deep porphyry molybdenum deposit

ZHAO Zhen-hua¹, QU Wei-gui¹, LIU Jun-yuan¹, LIU Shi-gang¹, KONG Xiang-dong¹,

LIU Jian-quan¹, LI Lei²

(1. *Tianjin North China Geological Exploration General Institute, Tianjin 300170, China;*

2. *Tianjin center, China Geological Survey Tianjin 300170, China)*

Abstract: During the exploration of a molybdenum polymetallic deposit, located in Fengning County, Hebei Province, the mineralization type of molybdenum-containing quartz veins in the near-surface was established. The extensive development of molybdenum-containing quartz veins near the surface indicates the metallogenic potential of porphyry deposits. In order to investigate the possibility of deep porphyry molybdenum deposit, the long comprehensive profile P1 of geophysical and geophysical surveys was carried out. The distribution characteristics of deep polarizers and deep electrical structures were roughly identified, which provided a favorable basis for deep verification. Based on the analysis of these previous geological, geophysical and geochemical exploration results, combined with the typical porphyry molybdenum ore-forming model, the best ore-forming position is inferred and selected for deep drilling verification and several parallel molybdenum veins were eventually disclosed. The time domain IP measurements have played a key role in this exploration.

Key words: time domain IP measurement; IP sounding; long-range profile; porphyry molybdenum deposit; deep buried deposit