

# 冀东地区冷口断裂重磁异常特征及其地质作用

张婉<sup>1</sup>, 张强<sup>2</sup>, 刘英会<sup>1</sup>, 朱卫平<sup>1</sup>, 佟晶<sup>1</sup>

(1. 中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083; 2. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 河北廊坊 065000)

**摘要:**利用冀东地区1:2.5万高精度航空磁测资料及收集的地面重力资料,阐述了冷口断裂及其两侧航磁、重力异常特征,并结合物性特征,分析了航磁、重力异常的地质成因及其对地质构造和矿产的控制作用。冷口断裂两侧航磁、重力异常特征差别十分明显,反映了两侧结晶基底、盖层和侵入岩分布规律差异较大,认为该断裂不仅控制了地质构造分布,也间接控制了矿产分布,可为地质研究和矿产勘查提供必要的地球物理依据。

**关键词:**冷口断裂;航磁异常;重力异常;地质作用

**中图分类号:** P631      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-8918(2013)05-0769-06

冀东地区地质演化悠久,构造—岩浆活动极为复杂,是我国著名的铁矿、金矿集中分布区。为了进一步开发冀东地区矿产资源,受河北省国土资源厅委托,中国国土资源航空物探遥感中心于2010~2011年在冀东地区开展了1:2.5万高精度航磁勘查工作,利用该资料及收集的地面重力资料,结合区域地质构造和矿产分布规律,对该区进行了以航磁资料为主的综合地质解释。研究发现冀东地区航磁异常走向主要以EW、NE和NNE向为主,较好地反映了印支及前印支期EW向和燕山期NE、NNE向构造格局,但位于冀东地区中部的冷口断裂在航磁和重力场上表现为规模较大的NW向梯阶带,这与冀东地区总体构造格局极不协调,其所蕴含的地质意义无疑应引起重视。近年来,在冷口断裂东北侧发现了大量产于中、新元古代碳酸盐岩内的金矿床(冷口式或长城式金矿),断裂对矿产的控制作用引起了众多专家学者的关注。

## 1 区域岩(矿)石物性特征

地球物理场是岩石物性差异和空间赋存状态的综合反映,开展航磁、重力解释研究,岩(矿)石磁性、密度物性分析是十分必要的。

冷口断裂位于研究区内青龙县与迁西、迁安、卢龙三县的交界处,西北端起于上营附近,东南端截止于洋河水库附近,全长约72 km。其构造位置属华北陆块燕山褶皱带马兰峪—青龙复背斜东南翼,主要出露太古宇结晶基底、中—新元古界海相碎屑

岩—碳酸盐岩建造、寒武—奥陶系沉积岩、晚侏罗世—早白垩世碎屑沉积岩,主要发育燕山期(侏罗纪)以花岗岩为主的侵入岩(图1)。为了进行重磁联合解释,笔者详细研究了出露岩(矿)石的磁性和密度资料,在此仅从结晶基底、元古宇盖层、后期盖层(古生界—新生界)和燕山期侵入岩等四个方面进行简要分析。

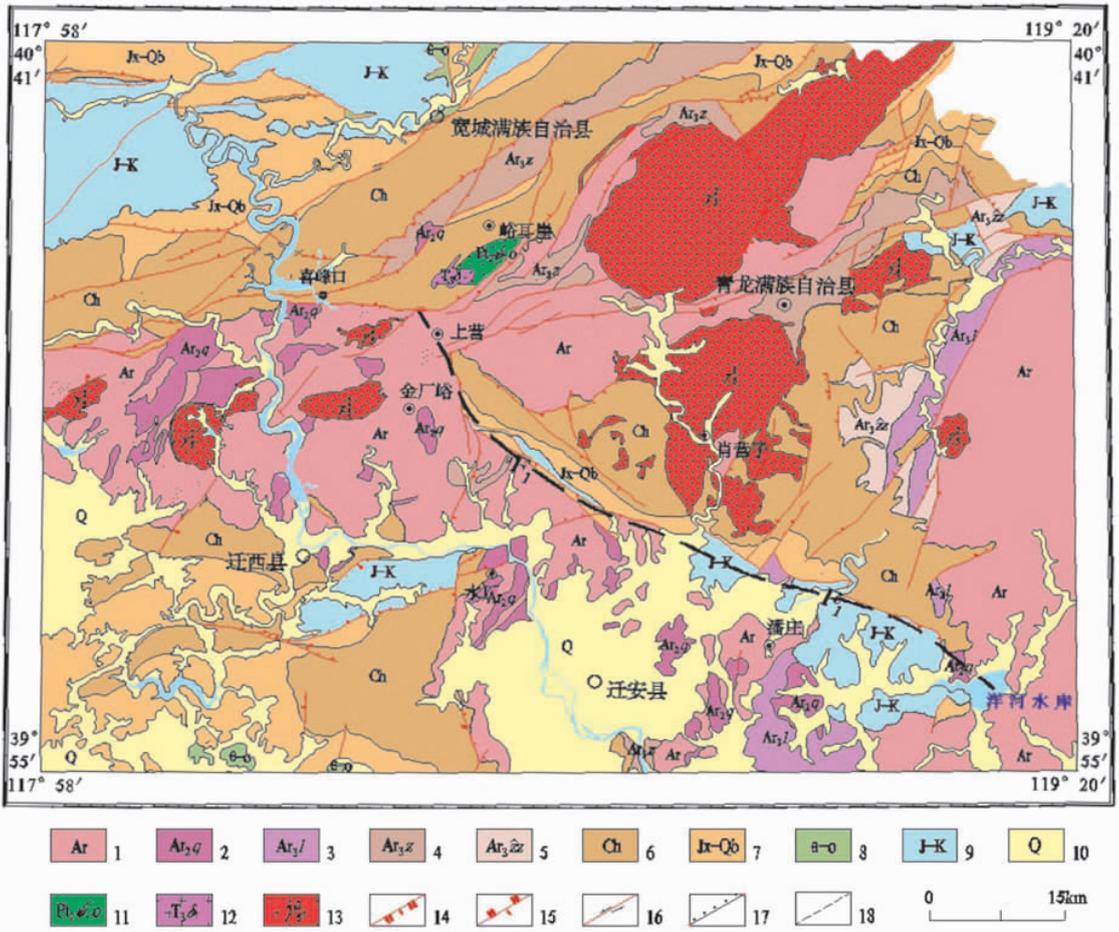
### 1.1 结晶基底

冷口断裂两侧结晶基底以太古宙变质岩为主,主要分布古太古代曹庄岩组、中太古代迁西岩群、新太古代遵化岩群、滦县岩群、朱杖子岩群和深成变质岩,岩性复杂,以角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、片麻岩、变粒岩和麻粒岩为主,局部富集磁铁矿和赤铁矿。

该区结晶基底磁性复杂、变化范围较大,但整体表现为强磁性特征(表1),是引起区域正磁异常最主要的地质因素,其中,磁铁石英岩及其他富含磁铁矿岩石具有极强的磁性,能引起幅度高达上千纳特的强磁异常。

结晶基底以深变质为主,岩石密度普遍较大,多在 $2.71 \text{ g/cm}^3$ 左右,是引起区域重力正异常的主要地质因素。其中,磁铁石英岩平均密度高达 $3.48 \text{ g/cm}^3$ ,在规模较大的铁矿能引起局部重力正异常。

综上,结晶基底主要由高磁性、高密度的岩石组成,是引起航磁、重力正异常最主要的地质因素,具有磁重同高的正相关性,尤其是规模较大的含铁建造的基底隆起,表现为巨幅强磁异常和明显的重力



1—古太古代深成岩;2—中太古代迁西岩群;3—新太古代滦县岩群;4—新太古代遵化岩群;5—新太古代朱杖子岩群;6—长城系;7—蓟县-青白口系;8—寒武-奥陶系;9—侏罗-白垩系;10—第四系;11—中元古代角闪岩;12—三叠纪闪长岩;13—燕山期花岗岩;14—正断层;15—逆断层;16—平移、走滑断层;17—角度不整合地质界线;18—冷口断裂(推断)

图1 研究区地质构造概况

表1 太古宇岩(矿)石磁性参数统计

岩矿石类型	标本数 件	磁化率/ $10^{-5}$ SI			剩磁/ $(10^{-3} A/m)$			采集地点
		极大值	极小值	均值	极大值	极小值	均值	
磁石英岩	156	113000	11300	91700	200000	100	40370	水厂、司家营、龙湾
赤铁矿	6	25100	1250	8150	20000	0.5	2840	司家营
含铁角闪斜长片麻岩	3	50200	6300	27350	9000	100	4420	川林
片麻岩	17	30100	3	540	85000	0.1	51	大贾庄、坎上
变粒岩	30	2300	2	120	3820	0.01	4.3	司家营、大贾庄
混合岩	8	9200	3	1350	5730	0.04	125	迁西
斜长角闪岩	14	11600	13	3100	6450	17	1220	遵化
麻粒岩	16	12450	29	1700	8474	1.5	302	遵化

高,例如水厂片麻穹隆构造表现出区域高磁、高重的异常特征,可作为寻找铁矿构造的重要依据。

### 1.2 元古宇盖层

元古宇盖层主要为碳酸盐岩—碎屑岩建造,属典型的无磁或弱磁性岩石(地层),在航磁图上显示为负异常。该层密度大概在  $2.65 \sim 2.73 \text{ g/cm}^3$  之间,与结晶基底相比相对较低,主要表现为重力负异常,但其与后期盖层(古生界—新生界)和燕山期侵入岩相比,密度明显较高,表现为重力高异常。因

此,元古宇盖层的重磁特征既有同低的正相关性,又有航磁负异常与重力正异常的负相关性。

在冷口断裂附近,元古宇碳酸盐岩以磁重同低为主,仅在侵入岩引起的穹隆构造上或附近存在局部重力正异常,可为寻找冷口式金矿提供重要线索。

### 1.3 后期盖层

古生界—新生界的后期盖层以沉积岩为主,主要为无或弱磁性岩石;侏罗系—白垩系地层中存在具有一定磁性的火山岩夹层,但研究区内分布十分

局限,无明显的航磁异常显示。

后期盖层岩石从老到新密度差别较大,可大体分为三个密度层:第 I 密度层,晚古生界石炭系、二叠系和中生界,平均密度 2.57 g/cm<sup>3</sup>;第 II 密度层是古近系,平均密度 2.23 g/cm<sup>3</sup>;第 III 密度层为新近系及第四系松散沉积物,平均密度 2.05 g/cm<sup>3</sup>。后期盖层整体密度较低,应能引起重力低异常,但在冷口断裂附近后期盖层分布局限。

### 1.4 燕山期侵入岩

冷口断裂附近侵入岩出露相对较少,但离断裂稍远的东部地区燕山期侵入岩非常发育,岩性以花岗岩为主,大面积成片分布,其中,著名的都山岩体和肖营子岩基均为巨型岩体。

据文献[2],该区主要发育 S 型和 I 型花岗岩,二者磁性截然不同。以都山岩体为代表的 S 型花岗岩,磁性较弱,磁化率均值一般小于 200 × 10<sup>-5</sup> SI,为无或弱磁性,磁场上显示为负磁异常。肖营子岩基及周围岩体主要为 I 型花岗岩,磁化率均值多在 (300 ~ 1 000) × 10<sup>-5</sup> SI 之间,具有中等磁性,能引起一定幅度的正磁异常。

燕山期侵入岩平均密度在 2.60 g/cm<sup>3</sup> 左右,与古生界一中生界地层密度相当。该期岩体主要侵位于结晶基底和元古宇地层,与围岩相比密度较低,表

现为重力低异常。

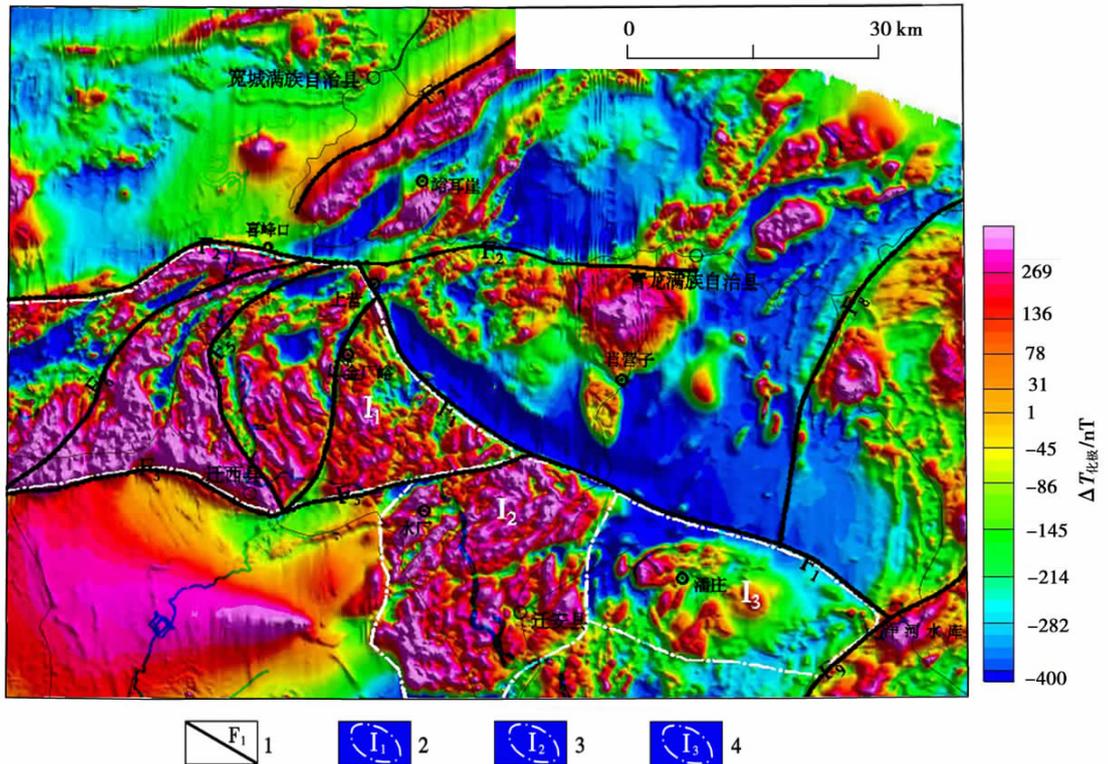
## 2 磁重异常特征及地质成因

冷口断裂在航磁、重力场上反映十分清晰,均表现为密集梯度带,具有断阶异常特征;两侧重磁场面貌截然不同,表明断裂两侧不同的地质成因。

### 2.1 磁重异常特征

为了便于航磁与重力资料对比分析解释,对航磁数据进行了化极转换处理(图 2),对地面布格重力数据进行了垂向一次导数处理(图 3)。航磁化极转换处理,旨在消除或减少斜磁化的影响。重力异常垂向一次导数处理不仅能够突出浅部地质信息,而且可将重力垂向一次导数图看成假磁异常图,即将密度差看成磁性差的垂直磁化的航磁图,进而达到磁重联合解释的目的。

冷口断裂(F<sub>1</sub>)在航磁 ΔT 化极图上反映清晰,呈 NW 向延伸,表现为由北东至南西升高的密集梯阶带,梯度带宽度一般在 1 ~ 3 km 之间,磁场变化较快,高达 300 ~ 600 nT/km,推测为磁性基底断阶的反映。断裂两侧磁场特征差异十分明显,断裂西南侧为巨幅变化的强磁异常区,为基底隆起的异常特征;东北侧为区域负磁异常带,异常带整体由西北向东南呈“喇叭口”状展开,宽度大致在 5 ~ 15 km 之



1—深大断裂(其中 F<sub>1</sub> 为冷口断裂);2—马兰峪断隆构造;3—水厂片麻穹隆构造;4—潘庄背斜构造

图 2 冷口断裂航磁 ΔT 化极影像

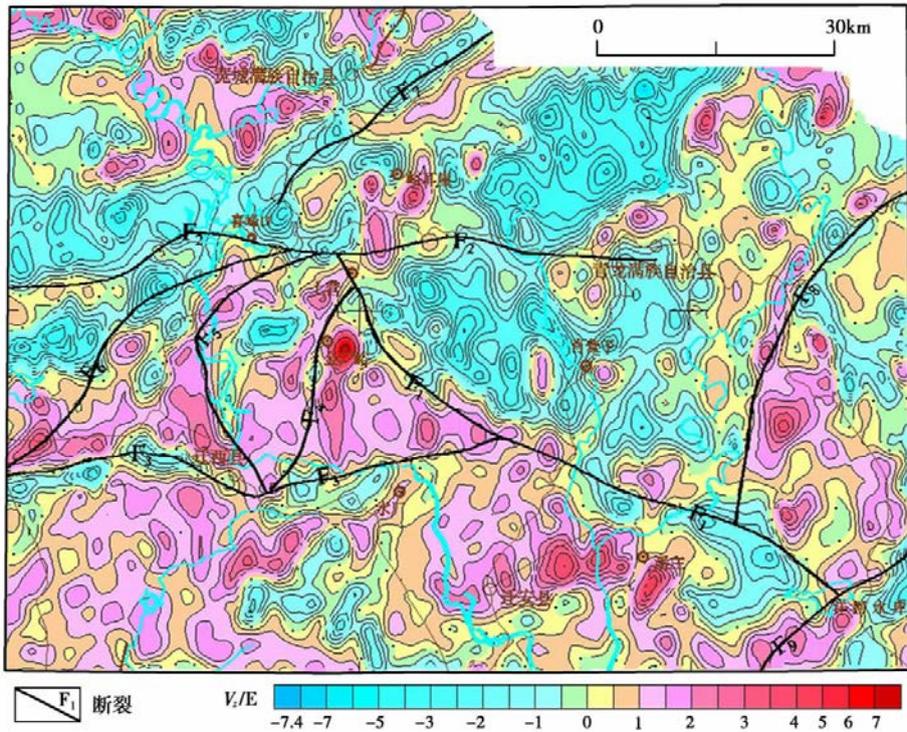


图3 冷口断裂在布格重力垂向一次导数图上的显示

间,表明断陷带内主要充填无或弱磁性后期岩石。由此表明断裂两侧磁性岩石分布差别较大,具有较强的地质构造控制作用。

在布格重力垂向一阶导数等值线平面图上,冷口断裂重力异常特征与航磁异常特征十分相似性,依然呈现为NW向线性梯阶带。断裂西南侧为重力高值区,是高密度结晶基底隆起的反映;东北侧为负异常带,异常带宽度与航磁异常宽度一致,为沉积盖层较厚的断陷带异常特征。

## 2.2 地质成因

冷口断裂两侧重磁场差异,反映了两侧地质成因的不同。

断裂西南侧为航磁、重力高值区,主要为太古宇结晶基底隆起的反映。据地质资料,断裂西南侧主要出露有太古宇结晶基底,局部分布晚侏罗世、早白垩世沉积盖层,中生代沉积以角度不整合覆盖于太古宇之上<sup>[3]</sup>。在这些地层中,太古宇结晶基底普遍具有高磁、高密度的物性特征,是引起重磁区域正异常的主要地质因素。特别是部分富含磁铁矿的结晶基底,其磁化率高达上万个单位,是引起高幅强磁异常的主要地质因素。

冷口断裂东北侧在航磁和重力垂向一次导数图上均表现为范围和形状相似的区域负异常带,为冷口断裂控制的断陷带的反映。主要出露无或弱磁性的长城纪、蓟县纪、青白口纪和早古生代地层,在磁

场图上显示为区域负异常带。该区域负异常带与中新元古界分布范围一致,故推测为受冷口断裂控制的中上新古代断陷带的反映,称其为冷口断陷带。

综上,冷口断裂两侧重磁场特征反映了断裂两侧含铁建造的结晶基底在分布上的突变,应为结晶(磁性)基底断阶的反映。其中,断裂西南侧的强磁、高中异常主要为含铁建造的结晶基底隆起的反映,东北侧重磁区域负异常带为冷口断陷带的反映。

## 3 冷口断裂对矿产的控制作用

### 3.1 对铁矿建造的控制作用

冀东地区是我国著名的沉积变质铁矿区,属阿耳果马型铁质建造,多产于火山喷发间歇期的沉积岩(或火山沉积岩)中,几乎在区内古老结晶基底的变质岩层内都有规模不等的铁矿分布。含矿岩组可分为4个阶段、5个岩群(组),即:古太古代(>3 500 Ma)曹庄岩组、中太古代(3 500~2 900 Ma)迁西岩群、新太古代早期(2 900 Ma)遵化岩群和滦县岩群,新太古代晚期(2 650 Ma)朱杖子岩群。

冀东地区的变质铁矿在冷口断裂两侧分布存在天渊之别。冷口断裂西南侧为冀东地区沉积变质铁矿集中分布区,在水厂—司家营—马城近南北成矿带上,集中分布大型铁矿8处、中型28处、小型13处,查明资源量为55.7亿t,占冀东区资源总量的83%。然而,冷口断裂东北侧,铁矿分布十分局限,

并且强磁异常也非常稀少。显然,冷口断裂对沉积变质型铁矿有较强的控制作用。

在磁场上,冷口断裂西南侧具有强磁异常变化特征,为含铁建造的太古宇基底隆起的反映,从北到南可划分为马兰峪断隆、水厂片麻穹隆构造和潘庄背斜。水厂片麻穹隆构造为目前冀东地区最为重要的铁矿区之一;马兰峪断隆区,强磁异常丰富,为潜力较大的铁、金成矿带;潘庄背斜的成矿作用有待证实,从其异常特征分析,具有较大的寻找隐伏铁矿的潜力。

马兰峪断隆和水厂片麻穹隆等含沉积变质型铁矿构造明显截至于冷口断裂附近,说明该断裂对结晶基底及沉积变质型铁矿有较强的控制作用,经分析其地质构造因素有两种可能。一是冷口断裂为基底同生断裂,有效控制了富含铁矿产物的沉积;二是后期断陷边缘控制断裂。综合地球物理和地质资料认为,其为后期断陷的边缘控制断裂可能性更大,即在中元古代引张作用和沉积作用下,含铁建造的结晶基底在断裂附近错断,并向东北方向裂离,最终导致冷口断陷内含铁建造较少。

### 3.2 对冷口式金矿的控制作用

除富集铁矿之外,金矿是研究区内又一分布较为集中的矿产资源,主要分布在马兰峪背斜这一巨型东西向构造带上,是我国重要的金矿床密集区和黄金生产基地。其中,大型—超大型金矿均分布在太古宇花岗岩—绿岩带分布区,按其赋矿主岩可分为基底太古宇变质岩中的金矿(金厂峪式)和中生代花岗岩中的金矿(峪耳崖式)。近年来,陆续发现多处产于元古宇长城系和蓟县系碳酸盐岩中的金矿,称为冷口式或长城式金矿<sup>[4]</sup>。

冷口式金矿床(点)多赋存于长城系高于庄组、蓟县系雾迷山组白云岩和含锰泥质白云岩。该区与金矿床(点)有密切相关的岩石为碳酸岩角砾岩,主要分布于冷口断陷带内,在冷口断裂与肖营子花岗岩体(或岩体群)之间分布相对集中,构成 NE 宽 5~15 km, NW 长 40 km 的金矿(亚)带。目前已发现有牛心山、小马坪东、头道沟、盘道岭、杏树坨、北马道、谢杖子、西台子、崔杖子等金矿床(点)。

综合地球物理和地质资料认为,冷口式金矿应是冷口断裂与燕山期岩浆活动复杂地质构造作用的产物。在中生代,特别是燕山期,随着冷口断陷带及以东区域的地壳伸展减薄,地幔岩浆上侵,在肖营子岩基及周围,形成大量的壳幔混熔的 I 型花岗岩,经过岩浆或热液作用,在中、古元古界碳酸盐岩地层中,富集形成冷口式金矿。

## 4 结论

冷口断裂两侧不仅航磁、重力异常特征差别明显,盖层、侵入岩分布差异也较大,该断裂不仅控制了基底岩相展布,也间接控制了矿产分布。主要认识如下。

(1)冷口断裂为南西盘上升、北东盘下降的断裂,断面倾向南西,倾角在  $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$  之间,为高角度逆冲推覆左行走滑断裂,这与重磁异常特征比较一致。

(2)冷口断裂带西南侧为强磁性、高密度基底隆起,是沉积变质型铁矿分布区;东北侧靠近断裂附近缺乏强磁性的基底,表现为航磁、重力区域负异常带。而冷口断陷带以东区域,普遍分布较强磁性基底,由此推测,该断裂应是后期引张作用的产物。

(3)断裂西南侧缺乏后期岩浆岩,主要表现为稳定的陆块特点。马兰峪断隆和水厂片麻穹隆等含沉积变质型铁矿构造明显截止于冷口断裂附近,说明该断裂对沉积变质型铁矿有较强的控制作用。

(4)冷口断裂带东北侧燕山期侵入岩十分发育,被中生代岩浆构造活动强烈改造,利于形成金矿产,认为冷口式金矿是冷口断裂与燕山期岩浆活动复杂地质构造作用的产物。

(5)冷口断裂是长城纪拉张作用下形成的引张断裂,在燕山期因受北东向活动改造,转变成高角度逆冲推覆左行走滑断裂。

### 参考文献:

- [1] 刘英会,赵百民,张婉,等.冀东地区 1: 2.5 万高精度航空磁测勘查成果报告[R].中国国土资源航空物探遥感中心,2012.
- [2] 李卫东,楚福录.航空磁测在河北省地质找矿中的应用[M].北京:地质出版社,2010.
- [3] 陈云峰,王根厚,张长厚,等.冀东冷口断裂中生代以来的构造活动及其地质意义[J].地质力学学报,2005,11(4):341-349.
- [4] 李俊建,沈保丰,翟安民,等.冀东地区金矿地质[M].北京:地质出版社,2004.
- [5] 刘天佑.应用地球物理——数据采集与处理[M].武汉:中国地质大学出版社,2004.
- [6] 李兆鼎.中国东部中、新生代火成岩及其深部过程[M].北京:地质出版社,2003.
- [7] 李文广,施兴,王德启,等.河北省航磁局部异常的形成因素及与成矿的关系[J].物探与化探,2010,34(6):791-794.
- [8] 张亚东,宋金素,龚红雷,等.河北省铁矿分布与重磁场特征的关系[J].物探与化探,2012,36(4):517-522.
- [9] 张亚东,董杰,肖金平.河北省地质构造重力推断解释[J].物探与化探,2011,35(2):143-148.
- [10] 施兴,彭朝晖,潘珮璋.河北省航磁资料的研究程度与找矿潜力

- 分析[J]. 物探与化探,2009,33(4):374-378.
- [11] 施兴,彭朝晖,王德启,高亮,孙厚武. 重力勘查在寻找铁矿上的应用[J]. 物探与化探,2012,36(2):159-162.
- [12] 徐锡华,魏富有. 冀东地区金属矿产成矿规律初探[J]. 地质找矿论丛,1993,8(4):23-30.
- [13] 张艳春,吴继承. 冀东“长城式”金矿地质特征及成因[J]. 地质与勘探,2003,39(4):31-34.
- [14] 赵海玲,邓晋福,许立权,等. 冀东地区中生代花岗岩、深部过程与金矿[J]. 桂林工学院学报,2001,21(1):20-26.
- [15] 张长厚,宋鸿林,王根厚,等. 燕山板内造山带中段近东西向中生代右行走滑构造系统[J]. 地球科学:中国地质大学学报,2001,26(5):464-472.
- [16] 任树祥,贾正海,张贵宝,等. 河北省铁矿成矿规律研究及资源潜力预测[J]. 矿床地质,2010,29(Z2):103-104.
- [17] 崔盛芹,马寅生,吴珍汉,等. 燕山陆内造山带造山过程及动力机制[M]. 北京:地震出版社,2006.

## CHARACTERISTICS OF MAGNETIC AND GRAVITY ANOMALIES OF LENGKOU FAULT IN EASTERN HEBEI AND ITS GEOLOGICAL FUNCTIONS

ZHANG Wan<sup>1</sup>, ZHANG Qiang<sup>2</sup>, LIU Ying-hui<sup>1</sup>, ZHU Wei-ping<sup>1</sup>, TONG Jing<sup>1</sup>

(1. China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China; 2. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China)

**Abstract:** Using 1:25000 high precision aeromagnetic survey data and ground gravity data collected in eastern Hebei area, the authors analyzed the characteristics of magnetic and gravity anomalies on both sides of Lengkou fault and, in combination with the characteristics of geology and mineral resources, explained the factors responsible for the aeromagnetic and gravity anomalies and their control over geological structures and minerals. The characteristics of magnetic and gravity anomalies and the caprocks as well as the intrusive rocks are significantly different on the two sides of Langkou fault, so the authors infer that the fault not only controls the geological structure but also indirectly controls the distribution of minerals. The results obtained by the authors provide certain basis for geoscience research and mineral exploration.

**Key words:** Lengkou fault; aeromagnetic anomaly; gravity anomaly; geological functions

**作者简介:**张婉(1982-),任职于中国国土资源航空物探遥感中心,主要从事航空物探综合解释与研究工