大兴安岭东北部兴华渡口群地球物理特征及其地质意义

韩伟民[1,2]，张滨生[2]，武法东[1]，马庆勋[1]

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院，北京 100083; 2. 黑龙江省地质调查研究总院，黑龙江 哈尔滨 150036)

摘要：黑龙江省大兴安岭东北部五号桥地区的兴华渡口群属于早—中元古代层状变质岩系，是大兴安岭地区最古老的地层，是金矿的初始矿源层，对金矿的形成具有重要意义。与前震旦纪混合花岗岩相比，兴华渡口群具有密度高、磁性强的特点。地质填图结果表明，兴华渡口群一般呈大小不等的块体产于前震旦纪混合花岗岩中。大兴安岭东北部重力场和磁场的高值异常，表明这一地区存在着规模较大的兴华渡口群。根据重磁异常特征，并对其进行位场换算处理和综合地质解释，推断出兴华渡口群在本区的分布范围和分布形态，确定兴华渡口群基本隐伏在混合花岗岩下，局部地段呈块状沿东西、南北两个方向凸起。兴华渡口群的重磁异常特点及其地质特征为研究该区地质构造及其演化、圈定找矿靶区具有指导意义。

关键词：兴华渡口群；早—中元古代；重磁解译；反演；大兴安岭

中图分类号：P631.4 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-8527(2006)01-0175-06

Geophysical Characteristics and Geological Significance of Xinghuadukou Group in Northeast Daxinganling Mountains

HAN Wei-min[1,2], ZHANG Bin-sheng[2], WU Fa-dong[1], MA Qing-xun[1]

(1. *School of Earth Sciences & Resources, China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China;*
2. *Research Institute of Regional Geological Survey of Heilongjiang, Harbin, Heilongjiang* 150036, *China*)

Abstract: The Xinghuadukou Group belongs to the stratified metamorphic sequences of the Early-Middle Proterozoic. It is the oldest stratum in the Daxinganling Mountains, also the original source of gold mine, having crucial meaning for the forming of gold mine. Comparing with the Presinian migmatitic granites, this Group has higher density and susceptibility. According to the result of regional geological survey, the Xinhuadukou Group generated as shape as large or small blocks in the Presinian migmatitic granites. The distinct gravity and magnetic anomalies in the northeast Daxinganling Mountains indicate the existent of the large scale of Xinghuadukou Group in this area. In terms of the gravity and magnetic anomalies, moreover, through place-field conversion and integrated geological interpretation, deducing the extension and shape distributing of the Xinhuadukou Group, it is shown that the Xinghuadukou Group underlies the granites and has local uplift along SN and EW directions. The geological interpretation of gravity and magnetic anomalies is of significance for studying geological structure and its evolution, and for locating gold deposits.

Key words: Xinghuadukou Group; Early-Middle Proterozoic; gravity and magnetic interpretation; inversion; Daxinganling Mountains

0 引 言

五号桥地区在黑龙江省大兴安岭东北部，在大地构造上位于古亚洲构造域、天山—兴安造山系、南蒙古—兴安造山带的北东端[1]。元古界兴华渡口群（$Pt_{1-2}xh$）为大兴安岭地区最古老的地层[2-3]，是金矿的初始矿源层[4]，对金矿的形成具有重要作用，其发生、发展及演化对研究该区

收稿日期：2005-06-08；**改回日期**：2005-12-22；**责任编辑**：潘令枝。
基金项目：中国地质调查局基础地质调查项目（J5.1.2）。
作者简介：韩伟民，男，高级工程师，博士研究生，1964年出生，地学信息工程专业，主要从事地学信息处理与分析研究工作。

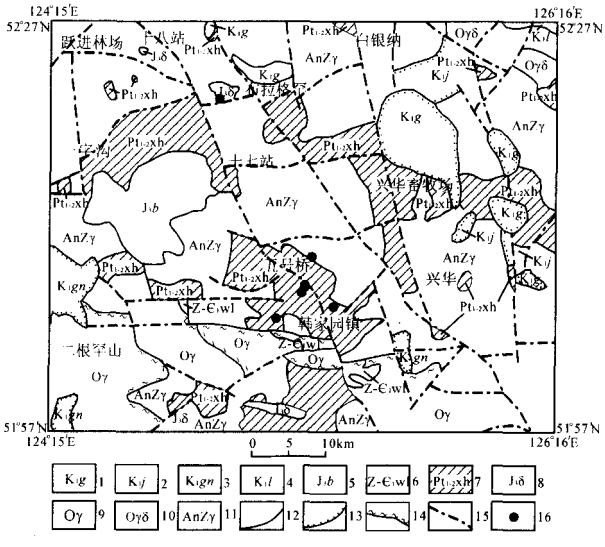
© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的地质构造也具有重要意义[5-8]。地质填图结果表明，兴华渡口群一般呈大小不等的块体产于前震旦纪混合花岗岩（AnZγ）中，而根据观测的重磁异常特征，并对其进行位场换算处理和地质解释，认为它的分布规模较大，主要分布在十八站至兴华一线以东，且呈块状沿东西、南北两个方向向上凸起。

1 区域地质概况

1.1 地层

研究区内出露的主要地层有元古界兴华渡口群（$Pt_{1-2}xh$），古生界倭勒根群（$Z-\in_1wl$），中生界白音高老组（J_3b）、龙江组（K_1l）、光华组（K_1gn）和九峰山组（K_1j）以及甘河组（K_1g）等（图 1）。



1. 下白垩统甘河组；2. 下白垩统九峰山组；3. 下白垩统光华组；4. 下白垩统龙江组；5. 上侏罗统白音高老组；6. 古生界倭勒根群；7. 元古界兴华渡口群；8. 中生代闪长岩；9. 奥陶纪花岗岩；10. 奥陶纪花岗闪长岩；11. 前震旦纪花岗岩；12. 地质界限；13. 不整合界限；14. 韧性剪切带；15. 断裂；16. 金矿点

图 1 五号桥地区地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of Wuhaoqiao area

元古界兴华渡口群为研究区内出露的最古老的地层，出露在十八站一带，一般呈大小不等的块体产出于前震旦纪混合花岗岩（AnZγ）中，岩性有黑云斜长角闪岩、黑云斜长片岩、白云质大理岩、二云石英片岩、黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩、大理岩、片麻岩、磁铁石英岩等。

古生界倭勒根群规模不大，集中分布于韩家园镇一带，分为吉祥沟组（Zj）和大网子组（$\in_1d$）。吉祥沟组岩性有微晶片岩、千枚岩、大理岩、变长石石英砂岩、（绿帘石化）板岩、变石英砂岩、石英二云片岩等，为弧后盆地沉积；大网子组岩性有变基性火山岩、变酸性火山岩、千枚岩、微晶片岩、变砂岩、大理岩等，为岛弧相沉积组合。

中生界为一套中基性、中酸性火山岩夹碎屑岩，火山岩喷发、喷溢在前中生界各地质体上。

1.2 侵入岩

区内侵入岩出露广泛，主要以深成侵入岩为主，其中前震旦纪侵入岩为混合花岗岩（AnZγ），奥陶纪为花岗岩、花岗闪长岩（Oγ），它们呈大的岩基状产出。浅成岩主要是与大兴安岭中生代火山岩带相伴产出的闪长岩（$J_3\delta$）。

1.3 构造

区内以断裂构造为主，表现为脆性断裂和韧性剪切带。脆性断裂主要为东西向、南北向和北西向，各方向的断裂交切形成大小不等的断块。韧性剪切带主要呈东西向和北西向发育在韩家园镇南部，其剪切面呈波状弯曲。

2 岩石地球物理特征

2.1 密度特征

从地层和侵入岩的密度、磁性统计（表 1）可以看出，兴华渡口群（$Pt_{1-2}xh$）与倭勒根群（$Z-\in_1wl$）的平均密度较高，均为 2.71 g/cm^3，中生界除甘河组（K_1g）的密度较高外，其他各组密度均不超过 2.59 g/cm^3。侵入岩中除闪长岩的平均密度达 2.86 g/cm^{3}外，元古代混合花岗岩和奥陶纪花岗岩的平均密度不超过 2.61 g/cm^3。由此可见兴华渡口群与分布较广的混合花岗岩、花岗岩之间存在着不低于 0.10 g/cm^{3}的密度差。下白垩统属晚期盖层，其分布情况清楚，限于篇幅不再讨论。

从表 1还可以看出，研究区内侏罗纪闪长岩的密度较高，平均密度为 2.86 g/cm^3；其次为前震旦纪混合花岗岩，平均密度为 2.61 g/cm^3；奥陶纪花岗岩密度较低，平均密度为 2.58 g/cm^3。前震旦纪混合花岗岩与元古界、古生界地层存在着较大的密度差异，与中生界中基性、中酸性火山岩及奥陶纪花岗岩之间的密度差异不明显。

2.2 磁性特征

地层和侵入岩的磁化率与剩余磁化强度呈正相关关系：磁化率高，剩余磁化强度强；磁化率低，剩余磁化强度就弱。

从平均磁化率来看，甘河组的磁化率最强，

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　五号桥地区地层和侵入岩的密度和磁性特征

Table 1　Density and susceptibility characteristics of strata and intrusion rocks in the Wuhaoqiao area

地层及侵入岩名称	地层及侵入岩符号	密度 /(g·cm⁻³)		磁化率 /10⁻⁶SI		剩余磁化强度 /(10⁻³A·m⁻¹)	
		变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值
甘河组	K_1g	2.51～2.69	2.65	25 140～125 700	90 880	2 000～10 000	4 670
九峰山组	K_1j	1.95～2.58	2.44	0～37 710	5 400	0～1 000	300
光华组	K_1gn	2.50～2.72	2.59	12 570～62 850	37 080	3 000～5 000	4 230
白音高老组	J_3b	2.42～2.56	2.48	0～125 700	48 390	0～1 000	280
倭勒根群	$Z-\in_1wl$	2.50～2.91	2.71	0～18 855	14 070	0～1 000	660
兴华渡口群	$Pt_{1-2}xh$	2.53～3.06	2.71	0～62 850	14 320	100～1 500	430
侏罗纪闪长岩	$J_3\delta$	2.70～2.94	2.86	12 570～125 700	38 330	100～5 000	750
奥陶纪花岗岩	$O\gamma$	2.51～2.69	2.58	12 570～18 855	14 700	500～1 000	750
前震旦纪混合花岗岩	$AnZ\gamma$	2.50～2.79	2.61	6 285～25 140	8 420	100～1 000	300

达 90 880 ×10⁻⁶ SI；其次是闪长岩和光华组，磁化率约为 38 000 ×10⁻⁶ SI；兴华渡口群、倭勒根群和花岗岩的磁化率约为 14 000 ×10⁻⁶ SI；九峰山组和混合花岗岩磁化率最低，为 5 000 ×10⁻⁶～8 000 ×10⁻⁶ SI。由于剩余磁化强度与磁化率存在着正相关关系，岩石间的剩余磁化强度差异不再讨论。由此可见，甘河组能够产生高强磁异常，闪长岩和光华组可以产生强磁异常，兴华渡口群、倭勒根群和花岗岩可以产生一定强度的磁异常，而九峰山组和混合花岗岩可产生弱磁异常。

研究区内的密度和磁性特征表明，兴华渡口群可产生较明显的重力高异常，并能引起具有一定强度的磁异常；混合花岗岩能产生重力低异常，并可引起弱磁异常；花岗岩能产生重力低异常，并引起具有一定强度的磁异常。依据重磁异常可以区分这些地层、侵入岩。

2.3　物性综合特征

从图 1中看，十八站—韩家园镇一带分布最广的是前震旦纪混合花岗岩，基本上分布全区，其密度和磁性均较低，可产生低重力和弱磁异常。其次为具有一定规模的奥陶纪花岗岩，它分布在韩家园镇—三合屯一线以南，其密度较前震旦纪混合花岗岩低，能引起次级低重力异常，其磁性与前震旦纪混合花岗岩相近，也可产生弱磁异常。兴华渡口群具高密度特征，呈大小不等块状与前震旦纪混合花岗岩相伴产出，二者具 0.10 g/cm³ 的密度差异，可引起明显的重力异常和局部重力高，它的磁性比前震旦纪混合花岗岩强，可产生一定强度的磁力高。古生界为早期盖层，吉祥沟组和大网子组属高密度岩石，其平均密度和磁性与兴华渡口群相当，但古生界地层出露面积不大，仅分布于韩家园镇南部，当它具有一定规模时可产生局部重力高和一定强度的磁异常。中生界为晚期盖层，分布情况基本查明，白音高老组分布在十七站的西南部，其密度略高于前震旦纪混合花岗岩，部分岩石磁性高于前震旦纪混合花岗岩，光华组呈零星状分布，规模较小，其密度与前震旦纪混合花岗岩相近，不足以引起明显的重力异常，但个别岩石具有较高磁性，可产生磁力高；九峰山组在东部出露，具低密度和中高磁性，可产生局部重力低和磁力高；甘河组呈零星状分布在东部，密度与磁性较高，可产生局部重力高和磁力高。古生代和中生代花岗岩的密度和磁性与相邻的前震旦纪混合花岗岩相近，当规模不大时，不足以产生明显的重磁异常。

通过上述分析可见，能够产生局部高重力和高磁力异常的有兴华渡口群、吉祥沟组和大网子组、甘河组，但是，吉祥沟组和大网子组产生的高重力和高磁力异常仅出现在韩家园南侧，甘河组形成的重力高处应出现高强磁力异常，只有兴华渡口群能引起具一定规模的高重力和强磁异常。

3　地球物理场特征及其地质解释

3.1　布格重力异常特征

五号桥地区布格重力异常（图 2）表明，一字沟、十七站、兴华一线为一弧形梯度带，梯度带东北部是重力高值区，异常值在 -28 ×10⁻⁵～-8 ×10⁻⁵ m/s²之间，梯度带的西南部是重力低值区，异常值通常在 -52 ×10⁻⁵～-36 ×10⁻⁵ m/s² 之间。

从图 2可以看出，重力高值区内等值线具有明显的方向性。布拉格罕以东等值线为南北向延伸，以西为东西向延伸；沿布拉格罕一线是一条东西走向的重力高带，布拉格罕东部南北走向的

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

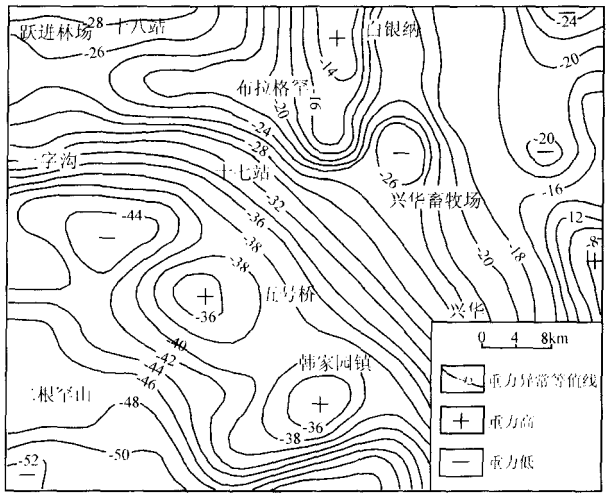


图 2 五号桥地区布格重力异常图

Fig. 2 Bouguer gravity anomaly of Wuhaoqiao area

重力高带与重力低带呈现出相间排列的格局。重力异常的这些特点反映出区内地质构造方向特征。另外，重力高带与重力低带的边缘等值线比较密集，说明这些地质体与围岩高角度接触，或反映了断裂的存在。

在图 2的重力低值区内，等值线基本上沿东西向延伸，在五号桥和韩家园镇附近出现了两个局部重力高区域，局部重力高相对异常强度不小于 4×10^{-5} m/s^2，韩家园镇局部重力高区域的南侧外围等值线比较密集，说明引起重力高的地质体南侧与围岩高角度接触。

以向上延拓重力异常作为区域重力异常，得到五号桥地区剩余重力异常图 (图 3)。图 3将布格重力异常图 (图 2) 上的一些特征更加清晰地反映出来，高值区与低值区的界线基本由 0等值线确定。重力高值区内，剩余重力异常强度高达 16×10^{-5} m/s^2，重力高带的异常强度不小于 10×10^{-5} m/s^2，重力低带的范围明显缩小；重力低值区内，局部重力高变化不大，基本保持布格重力异常图的异常形态和相对异常强度，但是一字沟东南的重力低被突出出来，表现为剩余重力异常强度达 -8×10^{-5} m/s^{2}的近似椭圆形异常。

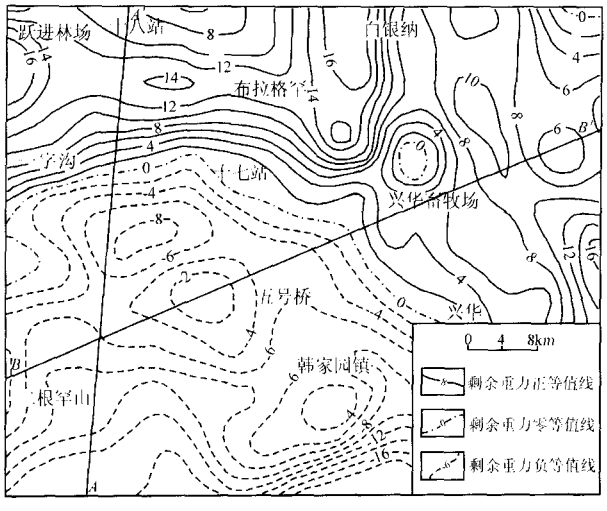


图 3 五号桥地区剩余重力异常图

Fig. 3 Residual gravity anomaly of Wuhaoqiao area

3.2 航磁 ΔB_T异常特征

从五号桥地区航磁异常图 (图 4) 可以看出，十八站至兴华一线以西，ΔB_T异常值较低，通常在 -100～200 nT间变化，为低磁异常，等值线基本呈东西向延伸。在低磁异常内的五号桥、韩家园镇等地出现了异常值为 300～500 nT近东西向延伸的磁力高带；二根罕山——十七站一带呈现出异常形态不规则、异常强度达 500 nT的磁力高。十八站至兴华一线以东，ΔB_T异常值较高，基本在 100～300 nT之间，为高磁异常区。在白银纳至兴华畜牧场一带，出现了异常值约 500 nT的北西向延伸的磁力高带，兴华畜牧场南出现了异常值约 300 nT近东西向延伸的磁力高带。

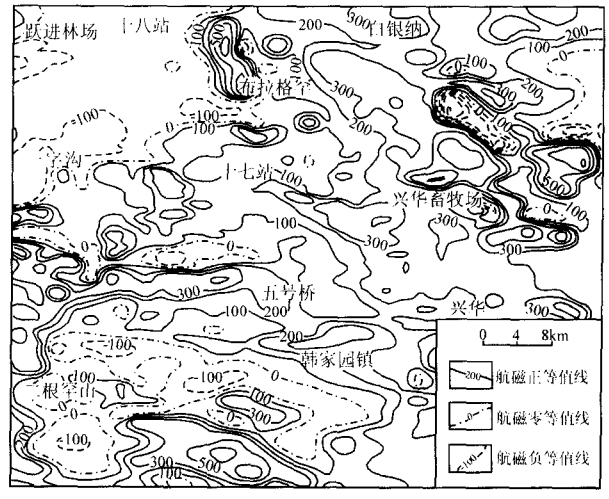


图 4 五号桥地区航磁异常图

Fig. 4 Aero-magnetic anomaly of Wuhaoqiao area

将图 1和图 4进行对比不难发现，磁力高带不同程度出露晚侏罗世闪长岩，地质特征和磁性特征均表明磁力高带是闪长岩的反映，系闪长岩沿断裂侵入所致，而形态不规则的磁力高则是光华组和白音高老组火山岩引起的。

在五号桥地区航磁异常向上延拓平面图 (图 5) 中，局部磁力高带的异常特征被“压制”，磁场的宏观特征表现出来。在十八站至兴华一线以西，基本为 0～-100 nT的低磁异常，而十八站至

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

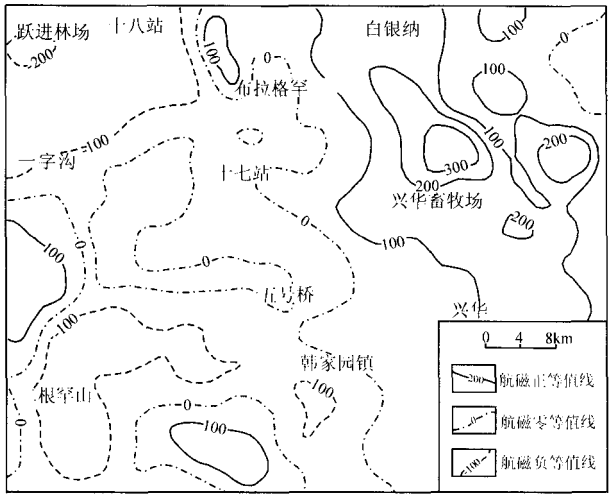
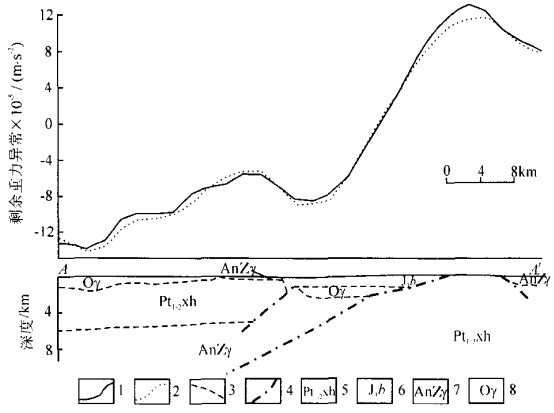


图 5　五号桥地区向上延拓 2 km航磁异常

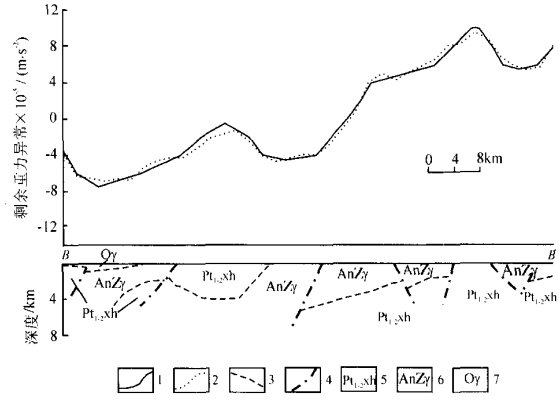
Fig. 5　Aero-agnetic anomaly after upward continuation to a height 2 km of Wuhaoqiao area



1. 布格重力异常实测曲线；2. 地质模型正演重力曲线；3. 推断地质界限；4. 推断断层；5. 兴华渡口群；6. 白音高老组；7. 前震旦纪花岗岩；8. 奥陶纪花岗岩

图 6　测线 *AA*′重力反演剖面图 (剖面位置见图 3)

Fig. 6　Profile of gravity inversed along line *AA*′



1. 布格重力异常实测曲线；2. 地质模型正演重力曲线；3. 推断地质界限；4. 推断断层；5. 兴华渡口群；6. 前震旦纪花岗岩；7. 奥陶纪花岗岩

图 7　测线 *BB*′重力反演剖面图 (剖面位置见图 3)

Fig. 7　Profile of gravity inversed along line *BB*′

兴华一线以东则为 0～300 nT的高磁异常，沿白银纳——兴华畜牧场一线呈现出磁异常强度达 300 nT的磁力高带，宏观地表现为台阶状磁异常特征。这一特征说明十八站至一面山一线两侧地质体存在着磁性差异。

总体上看，十八站—十七站—兴华呈现出一个明显的重磁异常分界带，在这个带的两侧重力异常值和磁力异常值存在着明显差异。分界带的北东部重力异常值和磁力异常值比较高，而南西部重力异常值和磁力异常值则较低，这一重磁异常特征反映出分界带两侧地质体的密度、磁性存在着差异，北东侧的地质体的密度高且具有一定强度的磁性，而南西侧地质体的密度低、磁性弱。

3.3　位场换算及重力异常反演

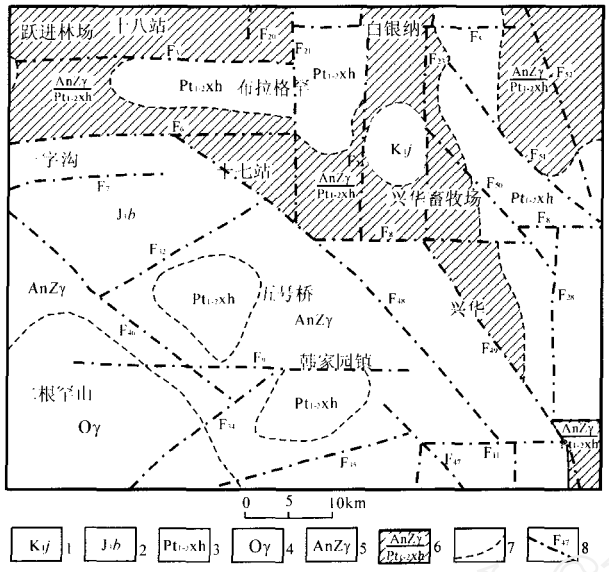
为突出一定规模具有密度差异、磁性差异地质体引起的异常特征，对重磁异常进行位场换算。重力异常通过向上延拓计算[9]，以 8 km为最佳上延高度[10-11]，认为到这个高度的上延值反映了本区区域重力异常的特征。把它作为区域重力异常，得到剩余重力异常图。通过试验，航磁异常上延 2 km时 (图 5)，磁异常就呈现出与剩余重力异常相似的特征，除十八站南部外总体表现重力正 (负)异常与磁力正 (负)异常相对应的格局。为了解异常源的分布情况，确定它们的形态特征，使用二度体反演方法[9,12]编制反演程序，对剩余重力异常两条图切剖面 *AA*′和 *BB*′(剖面位置见图 3)进行了反演，反演结果如图 6和图 7所示。从图中可以看出，在 *AA*′剖面及 *BB*′剖面的左侧，即研究区北部及北东部，存在着较大规模的兴华渡口群，其基本隐伏于前震旦纪混合花岗岩之下。

3.4　地球物理场的地质解释

综合岩石的密度和磁性特征，结合区域地质概况，对本区布格重力异常及航磁异常进行位场换算和剩余重力异常反演处理，编制了五号桥地区综合推断地质图 (图 8)，对地球物理场进行了解释。

一字沟、十七站、兴华一线弧形重力梯度带是一条断裂带。梯度带北东部的重力高值区内，基本为磁异常高区，是高密度、高磁性地质体的反映。根据物性特征和区域地质特征推断引起重磁异常的地质体应为兴华渡口群。重力高值区内的重力高带是局部呈块状凸起的兴华渡口群与围

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



1. 九峰山组及主要分布范围; 2. 白音高老组及主要分布范围; 3. 兴华渡口群及其主要分布范围; 4. 奥陶纪花岗岩及其主要分布范围; 5. 前震旦纪花岗岩及其主要分布范围; 6. 伏于前震旦纪花岗岩之下的兴华渡口群分布范围; 7. 地质界线; 8. 断裂及编号

图 8 大兴安岭五号桥地区综合推断地质图

Fig. 8 Geological interpretation of Wuhaoqiao area in Daxinganling Mountains

岩混合花岗岩的密度差异造成的; 而兴华畜牧场北低重力、高磁异常是甘河组下伏低密度九峰山组引起的。梯度带的南西部为重力低值区, 低重力、低磁异常反映的是低密度、弱磁性的前震旦纪花岗岩; 重力低值区内的局部重力高地段出露兴华渡口群, 很明显重力高是半隐伏的高密度的兴华渡口群所引起的; 重力低值区内一字沟南的局部重力低, 是在此出露的具低密度特征的白音高老组的反映。

重力高值区内的梯度带是断裂的反映, 航磁图同时显示该区岩浆活动强烈, 北西向有多条断裂; 重力低值区内也有岩浆活动, 磁力高带反映闪长岩沿东西向断裂侵入, 限于篇幅这里不再论述。

综合解释成果推断出十八站—兴华一带存在较大规模的元古代兴华渡口群变质岩系, 其部分地段呈断块状沿东西、南北两个方向上凸起, 韩家园镇一带也存在兴华渡口群, 或“残留”在混合花岗岩内, 或“浮在”混合花岗岩之上。

4 结 论

通过对五号桥地区地质、岩石物性和地球物理场的分析, 并对重磁异常进行位场换算及反演处理, 以及综合地质解释, 得出如下结论:

(1)沿一字沟、十七站、兴华一线存在一条断裂, 该断裂是兴华渡口群与混合花岗岩的分界面;

(2)在十八站至兴华一线以东存在着较大规模的兴华渡口群, 基本隐伏在前震旦纪混合花岗岩之下, 兴华渡口群在部分地段呈断块状沿东西、南北两个方向凸起;

(3)韩家园镇一带分布着大面积的前震旦纪混合花岗岩, 混合花岗岩内存在着兴华渡口群, 或“残留”在混合花岗岩内, 或“浮在”混合花岗岩之上;

(4)布拉格罕至兴华一线以东断裂方向基本为南北向, 以西断裂方向主要为东西向, 航磁异常图反映南北向断裂被东西向断裂错断, 这表明南北向断裂的形成早于东西向断裂。

正确认识兴华渡口群的分布特征及断裂构造特征, 对该区开展金资源量评价、确定找矿靶区及研究地质演化都具有重要地质意义。

参考文献:

[1] 任纪舜. 中国及邻区大地构造图 [M]. 北京: 地质出版社, 1999.

[2] 黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1993.

[3] 李仰春, 周兴福, 李永秀, 等. 大兴安岭北段兴华渡口岩群多期褶皱解析及变质变形关系 [J]. 前寒武纪研究进展, 2000, 23 (1): 44 - 50.

[4] 李永胜, 付艳丽, 杨贺平. 黑龙江省金矿床成矿作用及其时空特点 [J]. 黑龙江地质, 2004, 15 (2): 16 - 20.

[5] 楼亚儿, 戴自希. 火山岩型金矿的地质特征及勘查准则 [J]. 现代地质, 2004, 18 (1): 17 - 23.

[6] 汪岩, 任凤和, 周兴福, 等. 黑龙江省呼中地区早寒武世花岗岩构造环境的地球化学研究 [J]. 现代地质, 2005, 19 (1): 141 - 146.

[7] 韦延光, 王建国, 邓军, 等. 山东谢家沟金矿流体包裹体研究及其地质意义 [J]. 现代地质, 2005, 19 (2): 224 - 230.

[8] 周学武, 李胜荣, 鲁力, 等. 辽宁丹东五龙矿区石英脉型金矿床的黄铁矿标型特征研究 [J]. 现代地质, 2005, 19 (2): 231 - 238.

[9] 《重力勘探资料解释手册》编写组. 重力勘探资料解释手册 [M]. 北京: 地质出版社, 1983.

[10] 曾华霖, 许德树. 最佳向上延拓高度的估计 [J]. 地学前缘, 2002, 9 (2): 499 - 504.

[11] Zeng H L, Xu D. Discussion on “Preferential continuation for potential-field anomaly enhancement” [J]. Geophysics, 2001, 66: 695 - 697.

[12] 高艳. 一种二度体单一界面的空间域重力迭代反演方法 [J]. 东北地震研究, 1997, 13 (3): 10 - 16.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net