

DOI: 10.12401/j.nwg.2023185

那陵郭勒河下游重磁异常与铁多金属矿找矿预测

李凤廷¹, 苗虎林², 付佳¹, 赵勇¹, 喻忠鸿¹, 马彪¹

(1. 青海省第三地质勘查院, 青海 西宁 810029; 2. 青海西域祥龙矿业有限公司, 青海 西宁 810001)

摘要: 那陵郭勒河下游地区以第四系覆盖为主, 已发现多个铁多金属矿床, 同时受覆盖的影响, 找矿工作难度增大。笔者以 1:5 万航磁及 1:20 万区域重力资料研究分析了那陵郭勒河下游重磁异常的展布特征, 推断了研究区的断裂构造; 根据南部基岩出露区地层、岩体与重磁场的关系, 推断划分了覆盖区下地层及侵入岩的分布情况。结合地质特征与矿产的分布关系, 认为中、小型铁多金属矿床分布主要与中部圈定的岩体密切相关, 且位于推断岩体的边部, 矿(化)点主要分布于推断断裂的附近, 受断裂控制明显。圈定找矿靶区 2 处, 为后期柴达木盆地周缘覆盖区(半覆盖区)的找矿及靶区优选提供有利的证据。

关键词: 重磁异常; 断裂构造; 矿产分布; 覆盖区; 那陵郭勒河下游

中图分类号: P631.1; P618.31

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2023)06-0155-11

Gravity and Magnetic Anomalies and Prospecting Prediction of Iron Polymetallic Deposits in the Downstream of Nalingguole River

LI Fengting¹, MIAO Hulin², FU Jia¹, ZHAO Yong¹, YU Zhonghong¹, MA Biao¹

(1. No.3 Exploration Institute of Geology Resources of Qinghai Province, Xining 810029, Qinghai, China; 2. QH West Regions Lucky-Dragon Mining Co., Ltd, Xining 810001, Qinghai, China)

Abstract: The downstream area of the Nalingguole River is predominantly covered by Quaternary sediments. Several polymetallic ore deposits, primarily composed of iron, have been discovered in this region. However, the presence of sediment cover has increased the difficulty of prospecting activities. In this study, the author analysed of the distribution characteristics gravity and magnetic anomalies, and inferred the fault structure of the study area in the downstream structures of the Nalingguole River, focusing on 1:50,000 aeromagnetic anomaly data and 1:200,000 regional gravity data. Based on the relationship between strata, rock mass, gravity and magnetic field in the southern bedrock outcropping area, deduced and divided the distribution of strata and intrusive rocks under the overlying area. Moreover, the mineral occurrences are predominantly found near inferred fault lines, indicating a clear influence of fault control. Two prospective mining targets were identified, providing favorable evidence for future ore exploration and target selection in the (partially) covered areas surrounding the Qaidam Basin.

Keywords: gravity and magnetic anomalies; fault structure; mineral distribution; coverage area; downstream in Nalingguole river

收稿日期: 2023-07-31; 修回日期: 2023-10-07; 责任编辑: 曹佰迪

基金项目: 青海省第三地质勘查院项目“青藏高原北部重力异常与高程的相关性试验与研究”(SKYZC-2022-005)资助。

作者简介: 李凤廷(1982-), 男, 工程师, 现从事地球物理勘查及综合研究工作。E-mail: 675014382@qq.com。

祁漫塔格复杂的地质构造演化过程,是多期次构造演化拼贴的结果,展示了巨大的找矿前景和丰富的成矿类型(李文渊,2010;郭广慧等,2023;刘嘉情等,2023)。那陵郭勒河下游地区位于祁漫塔格的东部,属青海省格尔木市乌图美仁乡管辖,柴达木盆地与昆仑山的结合部位,中酸性花岗岩侵入活动强烈,断裂构造极其发育,矿产资源丰富(乔耿彪等,2010)。那陵郭勒河下游已发现多处矽卡岩型铁多金属矿床(点),其中规模最大的两处中型矿床(它温查汉铁多金属矿床和它温查汉西铁多金属矿床)均被第四系所覆盖。前人研究认为,它温查汉西铁多金属矿床是三叠壳源酸性侵入岩和祁漫塔格群碳酸盐岩接触带形成的典型矽卡岩型铁多金属矿床(丰成友等,2010;马忠元等,2022)。侵入岩是矽卡岩型铁多金属矿的成矿母岩,成矿与磁铁矿化密切相关,铁与多金属矿相伴产出(李东生等,2013)。高精度磁法测量在祁漫塔格地区的找矿中起到了非常重要的作用(张文权等,2012),其中低缓磁异常区、正负异常接触部位是找寻铁多金属矿最重要也是最直接的找矿标志(白生龙等,2019),磁法与地质分析相结合是找矿的主要方法和技术思路(曹德智等,2014),在1:5万航磁(ΔT)异常上也有明显显示,为正负伴生的磁力高异常;布格重力异常上为梯级带,剩余重力异常的正负异常交接处和矿床处的等值线向重力低方向扭曲。

那陵郭勒河下游良好的成矿事实预示着具有很大的找矿潜力,但大部分地区为第四系覆盖,而基岩出露区地形陡峭、气候干燥,激电测量工作效果不理想(高鹏等,2017)。磁法在找矿工作中发挥了巨大作用,但磁异常随着第四系覆盖层增加逐渐减弱,磁法已无法满足对厚覆盖层下控岩控矿构造的划分和矿体的确定(李玉春等,2013)。已发现的铁多金属矿床(点)受覆盖影响,与成矿有关的地层和岩体仅在钻孔中揭示,在面上(或区域)难以相连接,各矿床(点)间的关系不清楚。通过对重力与磁法数据的处理及重磁异常的解释,能够有效的划分覆盖区断裂构造、圈定地层和侵入岩体,从而了解各铁多金属矿床(点)的分布关系,推断成矿有利区域,对那陵郭勒河下游覆盖区铁多金属的找矿工作提供思路。

1 地质背景

那陵郭勒河下游主体位于东昆仑造山带,北接柴

达木地块(I-6-1),南为东昆仑造山带,跨越祁漫塔格—夏日哈岩浆弧(I-7-1)、十字沟蛇绿混杂岩带(I-7-2)、昆北复合岩浆弧(I-7-3)等4个三级构造单元(图1)。

出露地层有古元古代金水口岩群(Pt_1J)、奥陶统祁漫塔格群(OQ)、下泥盆统契盖苏组(D_1q)、下石炭统大干沟组(C_1d)、下石炭统石拐子组(C_1s)、第四系(Q)。古元古代金水口岩群(Pt_1J)片麻岩地层,在区域上夹大理岩;奥陶统祁漫塔格群的碳酸盐岩组(OQ_3)仅在北部它温查汉地区有小面积的出露,主要岩性为大理岩、白云质大理岩、角岩和硅质岩等,是研究区主要含矿地层之一;下泥盆统契盖苏组(D_1q),下部为砾岩、砂岩、泥质粉砂岩,上部加中酸性火山熔岩;下石炭统大干沟组(C_1d),上部灰岩、下部砾岩、砂岩;第四系(Q)主要为风积砂、冲积物、洪积物和冰积-冰水堆积物,覆盖厚度一般为5~250 m。

那陵郭勒河下游断裂十分发育,从北向南依次为昆北断裂、阿达滩—乌兰乌珠尔南缘断裂和那陵郭勒断裂。昆北断裂、阿达滩—乌兰乌珠尔南缘断裂在研究区内均被第四系覆盖,那陵郭勒断裂在研究区的南部一带出露,近NW向贯穿整个研究区。3组断裂均为NWW向展布,组成研究区的主要控矿构造,次级构造主要分布于乌兰乌珠尔南缘断裂和昆北断裂之间。

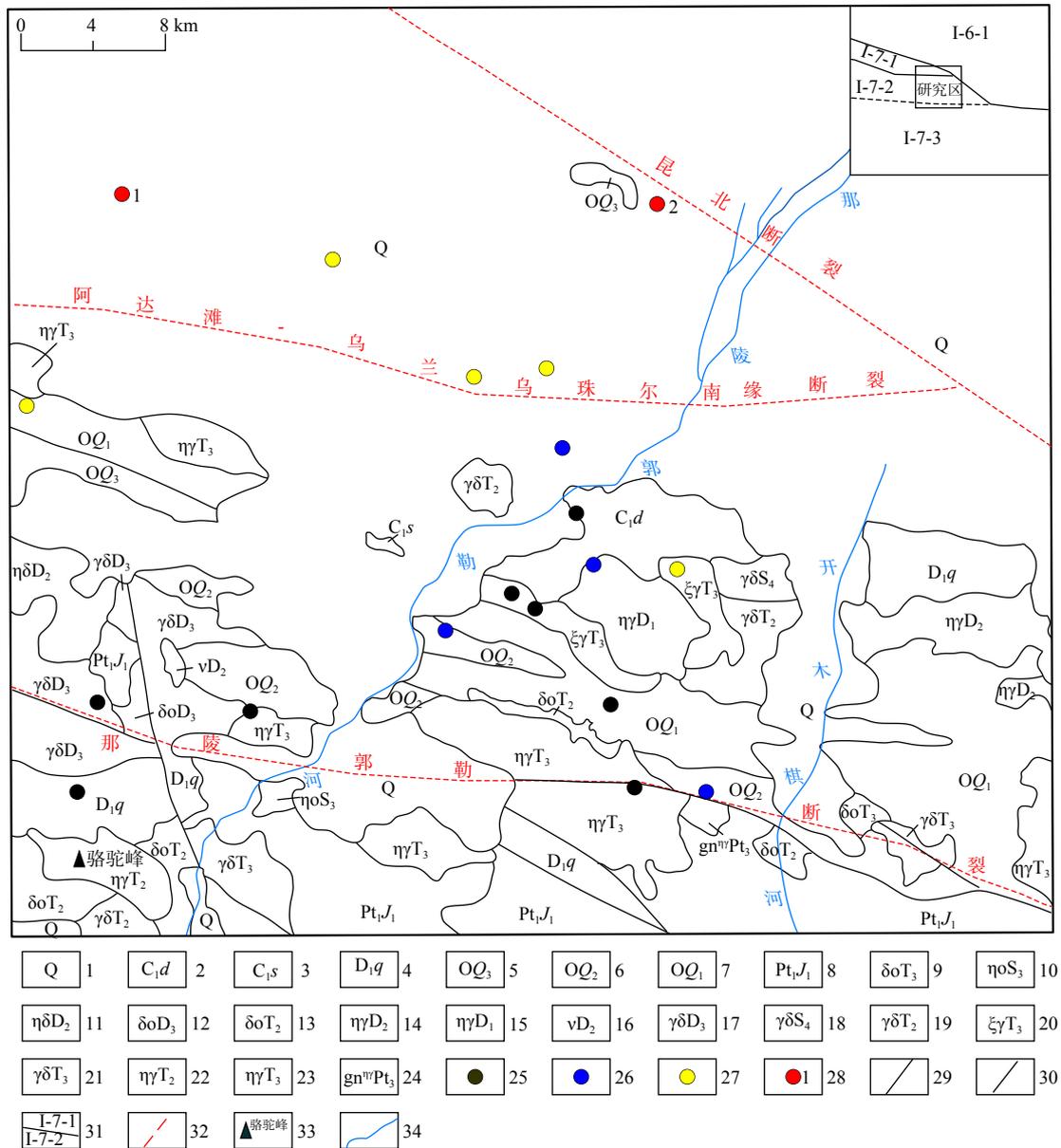
侵入岩广泛分布于南部地区,时代为加里东期、华力西期—印支期为主,以印支期居多。全区均有分布,由西向东,在骆驼峰、那陵郭勒河、开木淇河均有分布。岩石类型主要有花岗闪长岩、二长花岗岩、其次见正长花岗岩、斜长花岗岩和英云闪长岩等。

那陵郭勒河下游地区已发现的矿床(点)在区内呈北西向分布于研究区的中部,矿体主要产于中酸性侵入岩体与金水口岩群、祁漫塔格群碳酸盐外接触带矽卡岩中。已发现的矿产丰富,共发现19处矿床(点),其中中型矿床2处(它温查汉、它温查汉西)、小型矿床5处(长山、沙丘、那陵郭勒河西、LM1、全红山铁矿床等),矿点4处,矿化点8处,主要矿产为铁、铜铅锌、钴、铋、钼、锡及金、银等,具有良好的成矿事实及巨大的找矿潜力。

2 地球物理特征

2.1 物性特征

从表1可以看出,第四系的密度最低(1.83 g/cm^3),



1.第四系; 2.下石炭统大干沟组; 3.下石炭统石拐子组; 4.下泥盆统契盖苏组; 5.祁漫塔格群碳酸盐岩组; 6.祁漫塔格群火山岩组; 7.祁漫塔格群碎屑岩组; 8.古元古代金水口岩群片麻岩组; 9.晚三叠世石英闪长岩; 10.晚泥盆世石英二长岩; 11.中泥盆世二长闪长岩; 12.晚泥盆世石英闪长岩; 13.中三叠世石英闪长岩; 14.中泥盆世二长花岗岩; 15.早泥盆世二长花岗岩; 16.中泥盆世辉长岩; 17.晚泥盆世花岗闪长岩; 18.晚志留世花岗闪长岩; 19.中三叠世花岗闪长岩; 20.晚三叠世二长花岗岩; 21.晚三叠世花岗闪长岩; 22.中三叠世二长花岗闪; 23.晚三叠世正长花岗闪; 24.新元古代二长花岗片麻岩; 25.铁多金属矿化点; 26.铁多金属矿点; 27.铁多金属小型矿床; 28.铁多金属中型矿床及编号; 29.地质界线; 30.断裂; 31.构造单元界线及编号; 32.区域性大断裂; 33.山峰及名称; 34.河流

图 1 那陵郭勒河下游地质矿产图

Fig. 1 Map of geology and mineral resources in the downstream of Nalingguole river

石炭统大干沟群的灰岩(2.76 g/cm³)高于复成分的岩屑砂岩(2.61 g/cm³); 祁漫塔格群的岩石整体呈高密度, 除构造角砾岩(2.58 g/cm³)外, 密度均大于 2.70 g/cm³; 蚀变安山质玄武岩密度最大(3.02 g/cm³); 古元古代金水口群片麻岩的密度为 2.73 g/cm³; 中酸性的正长花岗

岩和二长花岗岩的密度为 2.61~2.62 g/cm³, (弱)磁铁矿化花岗岩的密度(2.65~2.66 g/cm³)略大于普通花岗岩的密度, 磁铁矿石(4.17 g/cm³)的密度最大。从密度特征可以看出, 矿石的密度最大, 地层类岩石的密度次之, 中酸性侵入岩的较低, 第四系的密度最低, 地层

表1 那陵郭勒河下游岩石物性统计表

Tab. 1 Statistical table of rock physical properties in the downstream in Nalingguole river

大类	代号	岩石名称	数量(块)	磁化率($10^{-6} \times 4\pi \cdot \text{SI}$)		密度(g/cm^3)		
				变化范围	平均值	变化范围	平均值	
地层	Q	黏土、砂、砾石	30			1.43~2.24	1.83	
	C _{1d}	灰岩	19	1.3~5.0	1.9	2.63~2.84	2.76	
	C _{1s}	复成分岩屑砂岩	5	7.5~8.8	8.8	2.59~2.66	2.61	
		灰岩	94	1.3~719.5	80.1	2.57~2.82	2.73	
	OQ ₃	大理岩	74	18.2~1462.2	379.9	2.56~2.83	2.73	
		大理岩	60	14.2~584.3	90.1	2.43~3.12	2.89	
	OQ ₂	构造角砾岩	17	29.3~255.5	92.4	2.38~2.82	2.58	
		蚀变安山质玄武岩	50	16.8~888.9	88.2	2.84~3.14	3.02	
	OQ ₁	长石石英砂岩	60	37.9~1507.2	151.9	2.52~2.82	2.70	
		粉砂质板岩	120	2.5~3353.5	28.9	1.72~2.84	2.72	
		石英质板岩	5	2.5~23.9	15.1	2.69~2.82	2.71	
	侵入岩	Pt _{1j}	片麻岩	82	3.8~45.2	22.6	2.59~3.07	2.73
			正长花岗岩	12	2.5~2800.9	12.3	2.52~2.66	2.61
			二长花岗岩	238	5.0~4797.9	348.8	2.54~2.87	2.62
		花岗闪长岩	36	110.0~3007.8	783.8			
		弱磁铁矿化花岗岩	35	526.0~4489.1	2355.7	2.64~2.67	2.65	
矿石		磁铁矿化花岗岩	40	290.4~6013.8	2556.8	2.65~2.68	2.66	
		磁铁矿	54	10209.2~467590.4	76112.0	3.24~4.72	4.17	

类岩石整体能引起幅值较大的重力高异常,侵入岩体、厚大的第四系是引起重力低异常的原因,但侵入岩体引起的重力低异常的幅值要小于第四系。

地层类岩石中仅有祁漫塔格群的大理岩及长石石英砂岩磁化率较高,大理岩的磁化率为379.9($10^{-6} \times 4\pi \cdot \text{SI}$),长石石英砂岩为151.9($10^{-6} \times 4\pi \cdot \text{SI}$),其余均呈弱(无)磁性;中酸性侵入岩中正长花岗岩呈无磁性特征,二长花岗岩、花岗闪长岩、磁铁矿化的花岗岩磁性逐渐增强,磁铁矿石的磁化率最大,平均值为76112.0($10^{-6} \times 4\pi \cdot \text{SI}$)。

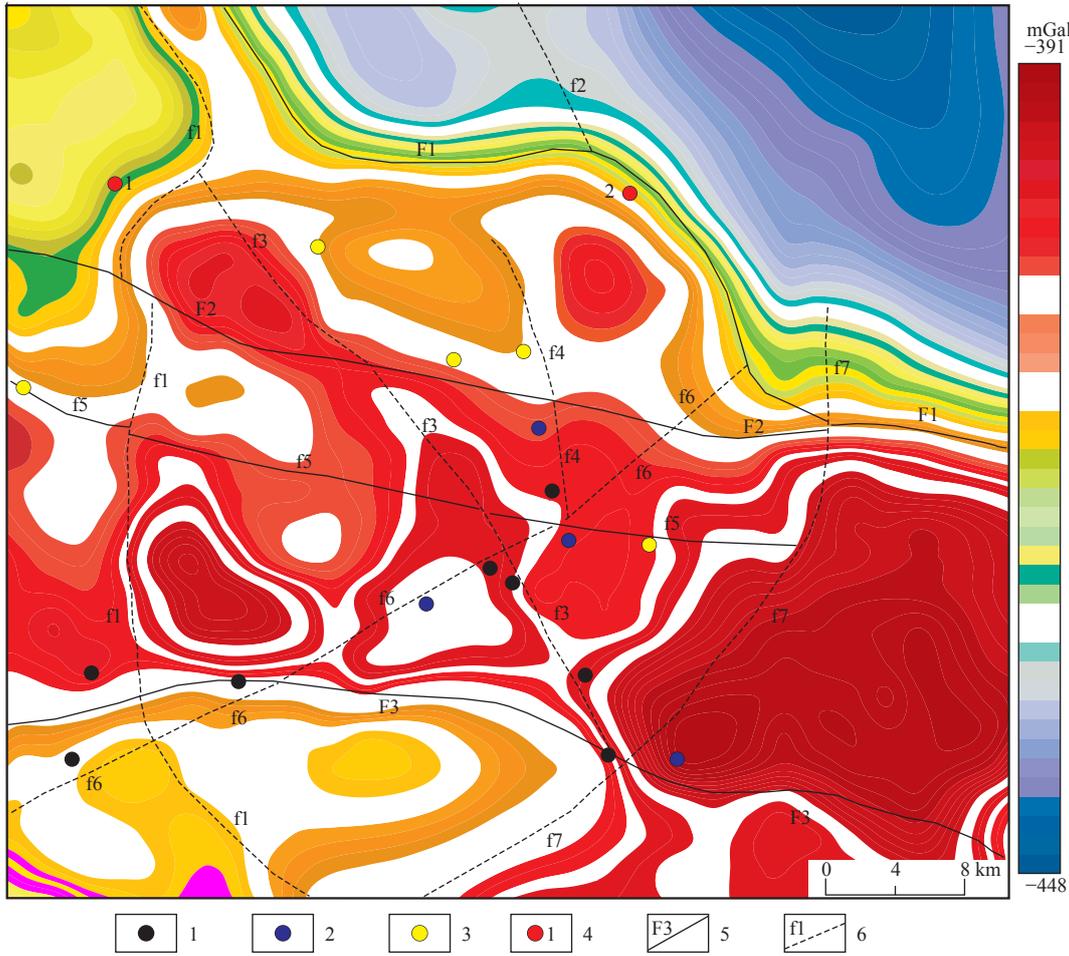
2.2 重力场特征

那陵郭勒河下游1:20万区域重力异常(图2)均为较大的负值,反映了青藏高原重力场所代表的大地构造属性(赵政璋等,2001),整个重力异常表现为中间高,南北低的重力异常特征,最高值位于东南部,最低值位于东北部,异常未圈闭,异常幅值达57 mGal;整体分为北部重力低、中部重力高和南部重力低3个异常区带。其中,北部重力低异常区,进一步分为2个重力低异常区,西北角的重力低异常区,异常轴向

NE向,东北部有2个重力低异常,均未封闭,异常轴向NW向,北西端延出研究区。中部重力高异常区,轴向整体呈NW向,由多个重力高与重力低相间产出。南部为一重力低异常带,西段低东段高。北部的重力低是由柴达木盆地厚大的新生代沉积盆地所引起;中部重力高整体由奥陶统—石炭统地层所引起,局部的重力低是由中酸性的侵入岩体引起;南部的重力低主要由中酸性侵入岩引起,东段相对较高是因上部分布的古元古代金水口岩群(Pt_{1j})的片麻岩地层的结果。

2.3 航磁异常特征

那陵郭勒河下游1:5万航磁(ΔT)化极异常(图3)整体呈面状分布,其次受断裂构造影响NW向展布,主要由2个正磁异常区及3个正磁异常带组成。中部为不规则状的磁异常区,异常面积最大,以正磁异常为主,由多个圈闭的正磁异常和一个负磁异常组成,其中最大值为研究区的最高点,值大于600 nT。中型它温查汉铁多金属矿(床)与该异常相对应,NE向的负异常区幅值最低,小于-250 nT,在钻孔中有祁漫塔格群的火山岩(白生龙等,2019),该异常区分布



1.铁多金属矿化点; 2.铁多金属矿点; 3.铁多金属小型矿床; 4.铁多金属中型矿床及编号;
5.推断主断裂及编号; 6.推断次级断裂及编号

图 2 那陵郭勒河下游布格重力异常与断裂矿点套合图

Fig. 2 The combination map of bouguer gravity anomaly and fracture mine in the downstream of Nalingguole River

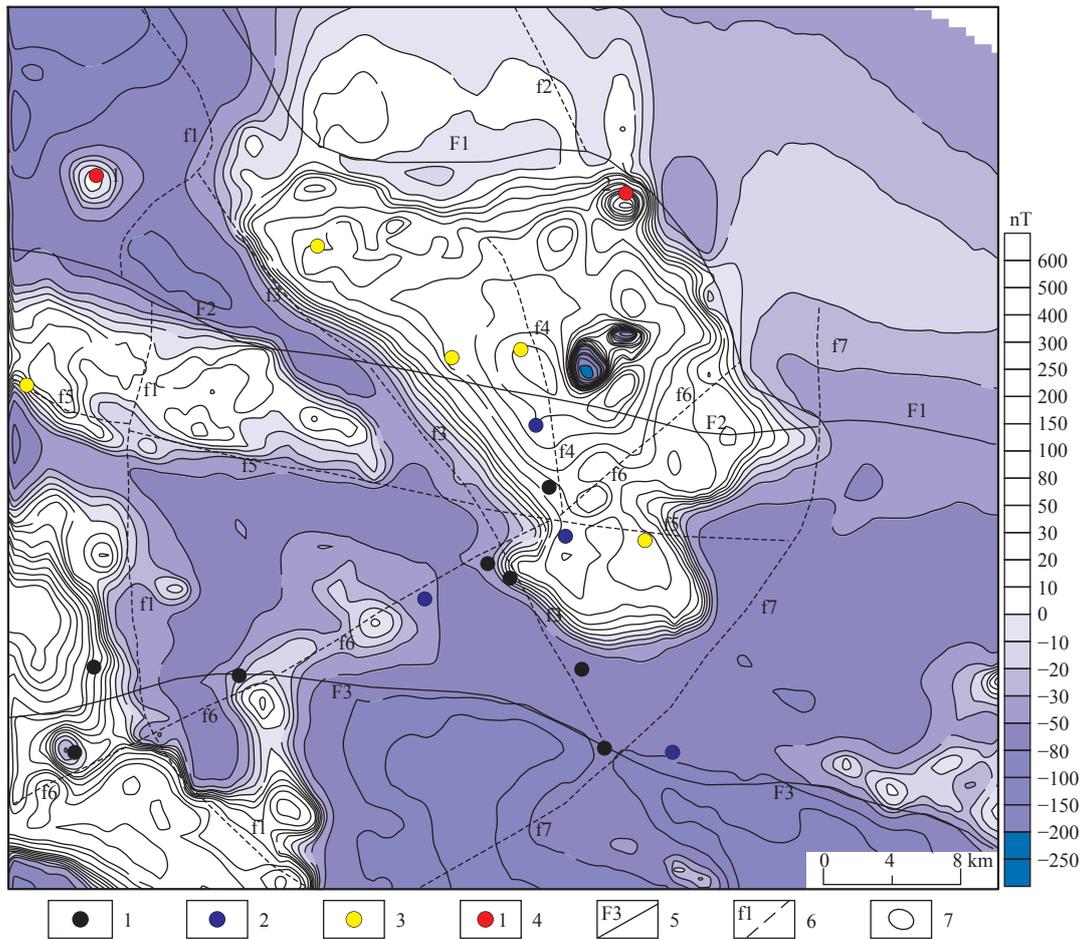
有多个矿床(点), 认为整个异常区主要由中酸性的侵入岩引起, 次为矿致异常, 负磁异常由祁漫塔格群火山岩组引起。中西部的正磁异常带, 总体呈 NW 向, 西北段较宽、东南段较窄, 异常幅值大于 50 nT。东南部正磁异常带呈 NW 向带状, 南东端较宽, 北西端较窄, 逐渐尖灭, 异常值约大于 30 nT, 推断这 2 个异常带主要是由构造引起, 次为侵入岩体。西南角正磁异常区由 NW、NE 向 2 个异常带交错组成, 异常值大于 400 nT, 东侧和南侧均延出研究区, 出露花岗闪长岩、石英闪长岩、二长花岗岩等中酸性的侵入岩, 认为该异常是由中酸性的侵入岩引起。

3 重磁异常与断裂构造

重磁异常的梯级带、等值线的扭曲部位、异常场

的分区界线是地下断裂构造带的反映(王谦身等, 2015), 对应着地下物质体的密度和磁性变化带(潘力等, 2023)。通过对布格重力异常、航磁(ΔT)及化极进行水平方向、垂向的求导、线性增强等方法, 结合地质条件, 综合分析, 划分了那陵郭勒河下游的断裂构造, 其中主断裂 3 条, 次级断裂 7 条。主断裂属于区域性大断裂, 是那陵郭勒河下游的控层断裂, 次级断裂是局部的断裂构造, 与成矿关系极为密切, 属于控层控岩控矿断裂构造。

区域性大断裂: F1 断裂整体呈 NW 向, “S” 型, 在布格重力异常上为密集的正常梯级带(图 2)及重力场的分区界线, 北部重力低, 南部重力高, 航磁(ΔT)化极异常图(图 3)及航磁(ΔT)图(图 4)上均为异常梯级带, 密集的正磁异常区与宽缓负磁异常区的分界线, 在布格重力水平总梯度模图(图 5)上为带状的极



1.铁多金属矿化点; 2.铁多金属矿点; 3.铁多金属小型矿床; 4.铁多金属中型矿床及编号;
5.推断主断裂及编号; 6.推断次级断裂及编号; 7.航磁(ΔT)化极等值线

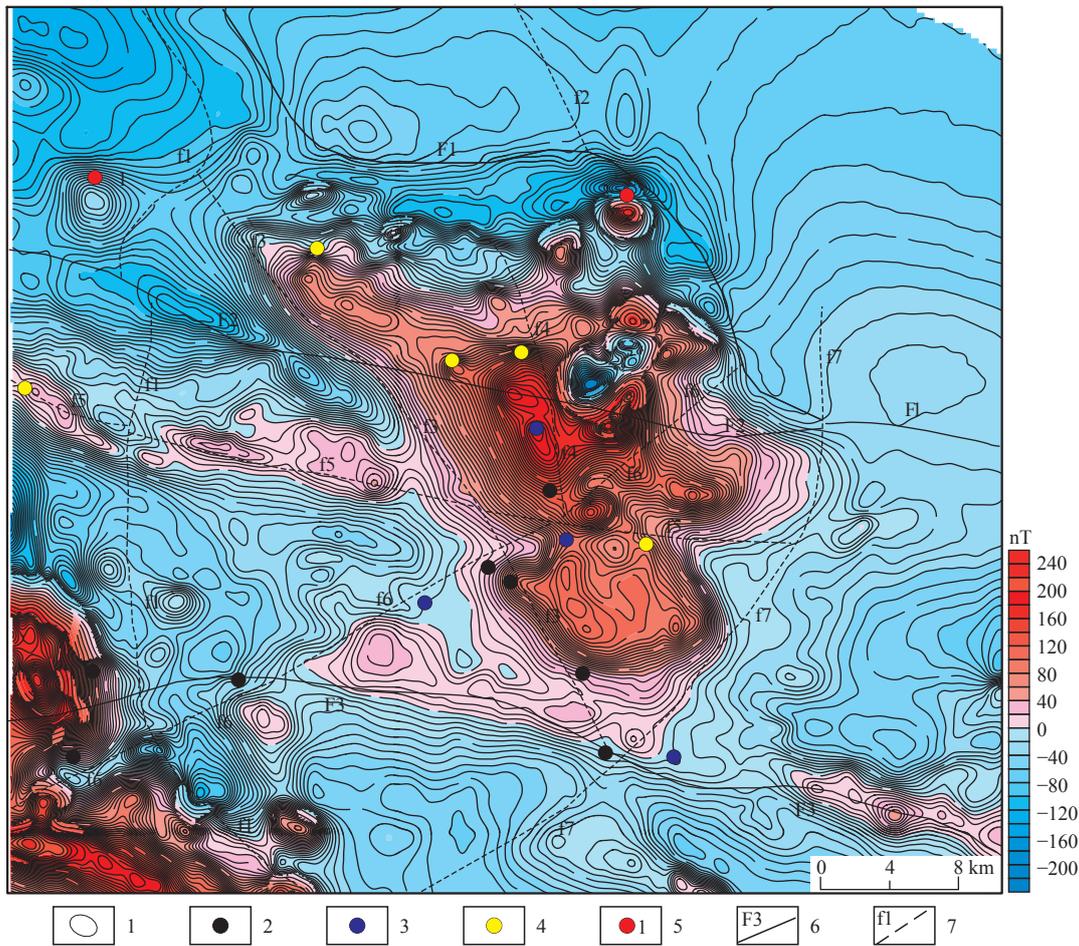
图3 那陵郭勒河下游1:5万航磁(ΔT)化极等值线及断裂矿点叠合图

Fig. 3 The combination map of 1:50,000 aeromagnetic (ΔT) polarizing contour and fracture mine in the downstream of Nalingguole river

大值部位。该断裂是昆北断裂在研究区的部分,是柴达木盆地与东昆仑造山带的分界断裂,北部为巨厚的新生界沉积盆地,南部有祁漫塔格群地层及侵入岩体出露。F2断裂呈NWW向,在布格重力异常图(图2)上为密集的异常梯级带、等值线的相向扭曲,北部重力高和重力低相间产出,南部主要为重力高,航磁(ΔT)化极异常图(图3)上西段为正负异常的分界线,东段为等值线扭曲,航磁(ΔT)异常(图4)上西段为磁力低异常带,中部为串珠状的磁力高异常,东部为梯级带,东南端汇入F1断裂,在布格重力水平总梯度模图上(图5)为带状的极大值部位。该断裂是阿达滩-乌兰乌珠尔南缘断裂在研究区的部分,是祁漫塔格-夏日哈岩浆弧(I-7-1)与十字沟蛇绿混杂岩带(I-7-2)的分界断裂。F3断裂呈NW向,在布格重力异常图(图2)上为密集的异常梯级带及重力场的分区界线,北部重

力高,南部重力低,航磁(ΔT)异常(图4)上西段为异常梯级带,东段为串珠状的正磁异常带,在布格重力水平总梯度模图上(图5)为带状的极大值部位与地质图上的断裂对应很好,该断裂是那陵郭勒河断裂在研究区的部分,也是十字沟蛇绿混杂岩带(I-7-2)与昆北复合岩浆弧(I-7-3)的分界断裂。3条主断裂对地层、岩体的分布起主要的控制作用,地层分布于F1~F3之间,岩体主要分布于F3以南及F1~F2之间。

次级断裂构造:f1断裂呈近SN向,在重磁异常图(图2、图3)上均有显示,为重磁异常梯级带及异常场分界线,中段出露,中酸性侵入岩体分布于断裂的两侧,断裂北段有中型矿床1处,是主要的控岩控矿断裂。f2断裂呈NW向,磁异常无明显特征,仅在布格重力异常上(图2)表现为重力低异常背景下的相对重力高异常,认为是局部隆起与凹陷的分界线。f3断裂



1.航磁(ΔT)等值线; 2.铁多金属矿化点; 3.铁多金属矿点; 4.铁多金属小型矿床;
5.铁多金属中型矿床及编号; 6.推断主断裂及编号; 7.推断次级断裂及编号

图4 那陵郭勒河下游1:5万航磁(ΔT)等值线与断裂矿点套合图

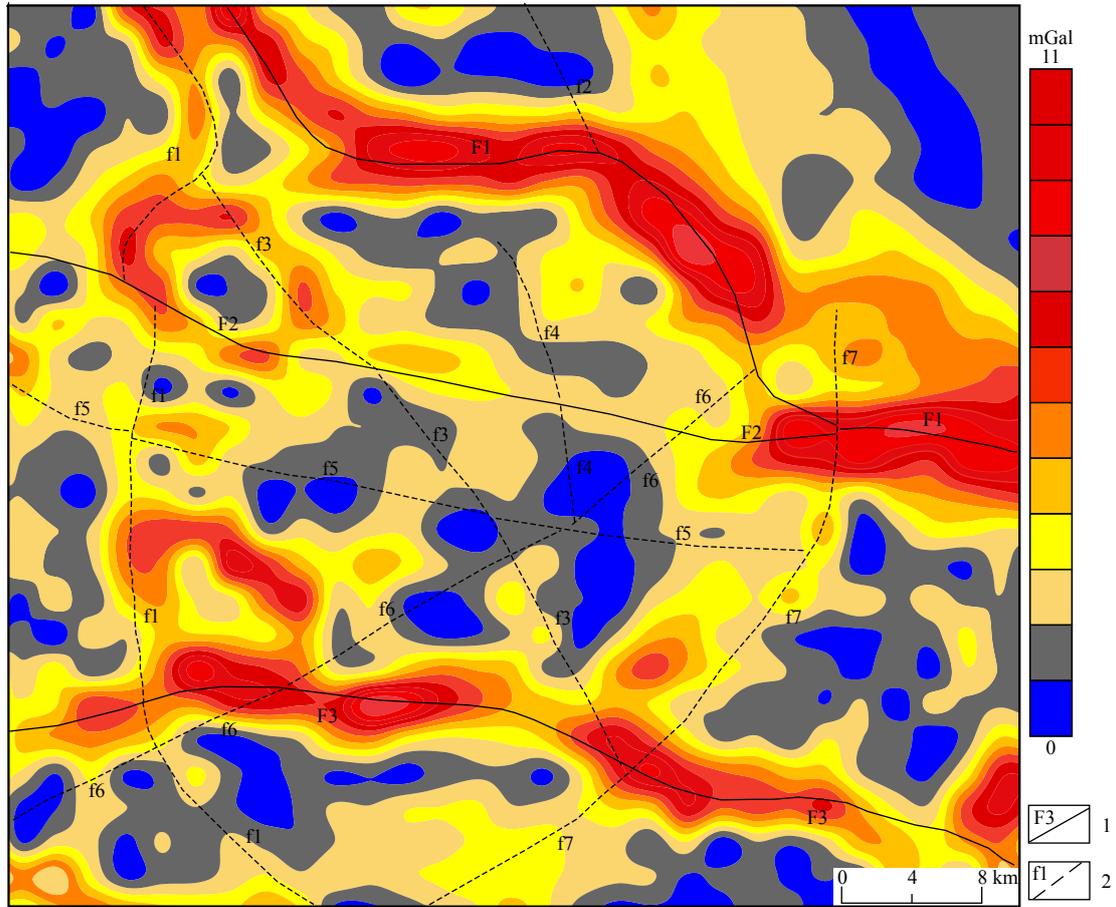
Fig. 4 The combination map of 1:50,000 aeromagnetic (ΔT) contour and fracture mine in the downstream of Nalingguole river

呈NW向,航磁(ΔT)异常特征(图4)极为明显,是中部磁力高异常区的西南边界断裂,布格重力异常(图2)上局部显示重力高与重力低异常的梯级带,认为是地层与侵入岩体的分界面,为主要控岩控矿断裂,沿断裂分布矿点3处。f4断裂呈NNW向,磁异常上特征不明显,在布格重力异常上为异常梯级带(图2),剩余重力异常图(图6)上为正负异常的分界线,是地层与岩体的分界线,为控矿断裂,沿断裂分布小型矿床1处、矿点2处和矿化点1处。f5断裂呈NWW向,西段在重力异常上表现异常梯级带,航磁(ΔT)异常图上为磁力高异常带,部分出露(图1),西段在重磁异常均显示等值线的相向扭曲,是祁漫塔格群碎屑岩组与碳酸盐岩组的分界断裂,为控层断裂,沿断裂分布小型矿床2处和矿点1处。f6断裂呈NE向,在重力异

常上无明显异常显示,北东段在航磁(ΔT)及化极异常图上(图3、图4)均为磁异常等值线的相向扭曲,南西段航磁(ΔT)上为磁力高与磁力低的分界线,化极异常图上为串珠状正磁异常带,断裂北侧以地层分布为主,南侧以中性侵入岩为主,是主要控岩控矿断裂,有矿点2处和矿化点4处。f7断裂呈NE向,在重磁异常上(图2、图3)均为异常场的分界断裂,推断是地层与岩体的分界断裂,是控岩控层断裂,在与F3断裂的交界处分布矿点和矿化点各1处。

4 重磁异常及覆盖区岩性划分

重磁异常对寻找深部隐伏铁矿有很好的应用效果(刘彦等,2012)。研究区内岩石物性特征显示,第



1. 推断主断裂及编号; 2. 推断次级断裂及编号

图5 布格重力水平总梯度模与断裂构造叠加图

Fig. 5 Map of bouguer gravity horizontal total gradient model and superposition diagram of fault structure

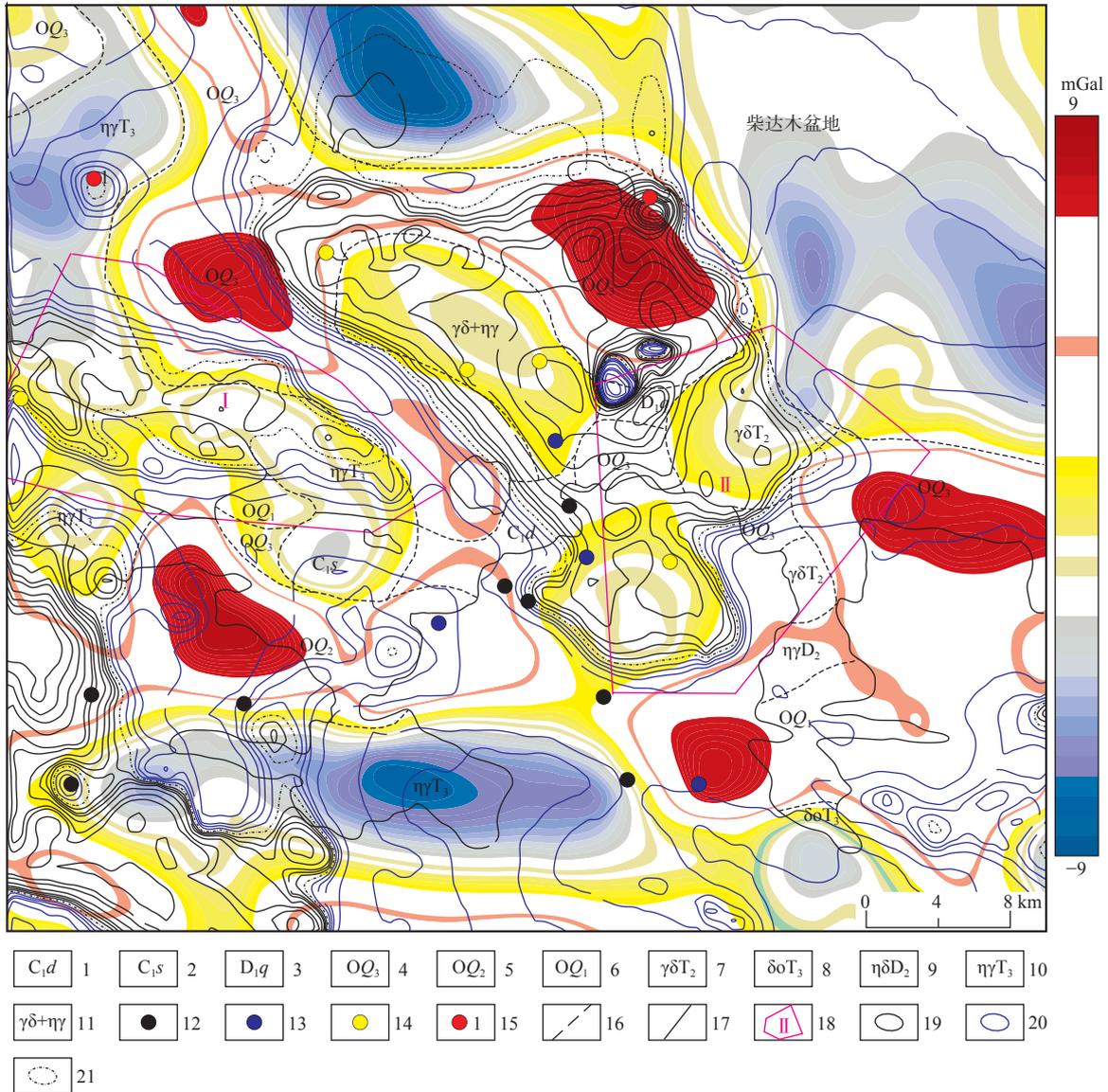
四系(Q)和下石炭统石拐子组(C_{1s})呈低密度低磁化率特征,可形成重力低、负磁或无磁异常(表2)区(带);其他地层呈高密度中低磁化率特征,可形成重力高、整体呈负磁异常或无磁异常,局部有弱磁异常的重磁场;侵入岩体整体呈低密度中高磁化率,可形成重力低、正磁异常场;铁多金属矿体呈高密度、高磁化率,可形成重力高、正磁异常场。基岩裸露区重磁场中,地层(第四系、下石炭统石拐子组除外)均与重力高、无磁或弱磁性异常相对应,侵入岩体与重力低、中-强磁异常相吻合,与可能形成的异常场一致。

由上述为判断依据,结合覆盖区周围的地质条件,对覆盖区下的基岩分布进行了推断划分(图6)。东北角为柴达木盆地,为重力低异常,异常幅值较大、宽缓的负磁异常区,充分反映了厚大的中生代沉积盆地的特征;中部以奥陶统祁漫塔格群碳酸盐岩组分布范围最广,厚度较大(异常幅值高),局部分布中酸性的侵入岩以低重力、高磁性的特征分布,二者的接触部

位是最佳的成矿部位。

5 重磁异常与矿床(点)的关系

从重磁异常与矿床(点)的位置关系看,矿床(点)分布于正磁或磁力高异常区,航磁(ΔT)化极异常图上以正异常为主;布格重力异常为重力异常的梯级带以及等值线的扭曲部位,剩余异常表现为正负异常的接触部位,且偏于正异常区。与矽卡岩型矿床(点)有关的地层为祁漫塔格群和上石炭统大干沟组碳酸盐岩;岩浆岩有花岗闪长岩、花岗岩、含黑云母闪长岩。地层为低密度、低磁化率的特征,重磁异常上为重力高、磁力低,侵入岩体为低密度、高磁化率,重磁异常上为重力低、磁力高的异常场特征。覆盖区推断的地层是成矿的主要地层,中酸性侵入岩体是成矿的母岩,岩体与地层的接触部位是成矿的最佳部位。重力高与重力低的接触部位,偏于重力高异常,主要表现为



1.下石炭统大干沟组;2.下石炭统石拐子组;3.下泥盆统契盖苏组;4.祁漫塔格群碳酸盐岩组;5.祁漫塔格群火山岩组;6.祁漫塔格群碎屑岩组;7.中三叠世花岗闪长岩;8.晚三叠世石英闪长岩;9.中泥盆世二长闪长岩;10.晚三叠世正长花岗岩;11.未分花岗岩闪长岩+二长花岗;12.铁多金属矿化点;13.铁多金属矿点;14.铁多金属小型矿床;15.铁多金属中型矿床及编号;16.推断地质界线;17.第四系界线;18.推断的找矿靶区及编号;19.航磁(ΔT)化极正等值线;20.航磁(ΔT)化极负等值线;21.航磁(ΔT)化极零等值线

图 6 那陵郭勒河下游剩余重力异常和航磁(ΔT)化极叠合推断地质成果图

Fig. 6 The inferred geological results map of residual gravity anomaly and aeromagnetic (ΔT) polarization in the downstream of Nalingguole River

舌状的异常,是成矿的有利部位,且矿点处有低背景下的正负异伴生的磁异常、或高背景下高磁圈闭异常与之相对应。

与矽卡岩型矿床有关的区域构造为 NW、NWW 向主断裂,对地层、岩浆岩分布起到控制作用,构造转折部位及构造叠合部位利于成矿,与矿床有关的主要构造为 NW、NWW 向的次级构造。重磁推断的断裂

是控岩、控矿的主要断裂,在厚覆盖区(中北部)对找矿有很好的作用。3 条主断裂(F1~F3)是区域性大断裂,地层、岩体的分布严格受 3 条大断裂的控制。其中,它温查汉(编号 2)铁多金属矿床(田承盛等,2013)就位于 F1 断裂的转折部位;矿床(点)分布于 F1~F3 断裂之间,次级断裂 f3、f4 断裂的附近及其与 3 条主断裂的交汇部位是矿床点分布最集中的位置,主断裂

表2 那陵郭勒河下游地层及侵入岩物性及重磁场特征统计表

Tab. 2 Statistical table of stratigraphic and intrusive petrophysical and gravity magnetic characteristics in the downstream in Nalingguole river

大类	代号	物性特征	可形成的重磁异常场	出露区重磁异常特征
地层	Q	低密度	重力低异常、负磁异常或无磁异常	东北角重力低异常、宽缓的负磁异常
	C _{1d}	高密度, 低磁化率	重力高异常、负磁异常或无磁异常	重力高异常、正磁异常背景, 局部有磁力高和磁力低伴生的磁异常
	C _{1s}	低密度, 低磁化率	重力低异常、负磁异常或无磁异常	重力低、负磁异常带
	OQ	高密度、中低磁化率	重力高异常、整体呈负磁异常或无磁异常, 局部有弱磁异常	重力高异常、负磁异常为主, 均布由正负伴生的磁异常
侵入岩	Pt _{1J}	高密度、低磁化率	重力高异常、负磁异常或无磁异常	露头处形成重力高及低缓磁异常
		低密度、中高磁化率	重力低异常、正磁异常	重力低异常、正磁异常区(西南角)
矿体		高密度、高磁化率	重力高异常、正磁异常	重力场梯级带, 偏正异常, 磁法正异常

与次及断裂共同构成了研究区内成矿的构造格架。

已发现的矿床(点)与重磁的关系极为密切,磁法找矿是找矿卡岩型铁多金属矿最直接、最有效的方法之一。重力在推断划分厚覆盖区的构造、地层和侵入岩具有重要的意义,是有效的间接找矿方法。磁异常中正负伴生、高背景下的高磁圈闭异常;重力异常的梯级带、偏重力高、等值线扭曲部位;断裂的附近及断裂之间的交汇部位,是成矿的最佳部位。据此认为,研究区(特别是第四系覆盖区)还有很大的找矿空间。尤其是中部磁异常及其边界部位,在重力场主要是中部两个重力低异常的外接触带 f1 断裂的中部、与 F2、f5 断裂的的交汇处(I号找矿靶区),F1、f5、F2 与 f7 及 f6 的交汇位置(II号找矿靶区)是 2 个重要成矿靶区(图 6),是研究区后期找矿的主攻位置。

6 结论

(1)由重磁场特征推断的断裂是重要的控层、控岩、控矿断裂构造,其中区域性大断裂在重磁异常上均有明显的异常特征与之相对应,是主要的控层断裂,次级断裂中,地层之间的断裂仅在重力场上有显示,在磁力场上异常特征不明显,岩性与地层的分界断裂在重磁异常上基本都有明显的异常特征,对地层和岩性分布也有明显的控制作用,也是主要的控矿构造,矿床(点)主要沿构造的走向分布,尤其是多个构造之间的交汇部位。

(2)那陵郭勒河下游中酸性侵入岩体与地层的密度及磁化率差异明显,为覆盖区地层和岩体的划分提供可靠的参考依据。在重磁异常的基础上,结合地层及岩体出露区的地质条件,能够很好的圈定覆盖层下岩体及地层的分布范围,矿床(点)分布于局部重力低

异常与重力高异常的接触带部位,且有正负伴生的磁异常或磁力高背景下的局部高磁异常与之相对应。

(3)根据地质、成矿条件及重磁场特征分析,圈定的 2 处找矿靶区,为今后覆盖区找矿工作提供位置和方向。在柴达木盆地边缘第四系的覆盖区,利用区域重磁异常特征,结合地质及成矿条件,能有效的划分覆盖区的断裂构造,推断覆盖层下地层、岩体的分布,圈定找矿靶区,对覆盖区的找矿及研究具有重要的意义。但在覆盖区层位的确定、侵入岩的命名和时代的认定中仅参照周边的岩性,具有一定的局限性,可能会有一定的偏差。

致谢:青海省第三地质勘查院正高级工程师严永邦、何书跃给予了极大的指导和帮助;两位审稿专家提出了宝贵的意见及建议,在此一并致以诚挚的谢意。

参考文献(References):

- 白生龙,刘国燕,李建亮,等.东昆仑沙丘低缓磁异常区深部铁多金属矿床找矿标志[J].矿产勘查,2019,10(1):118-124.
- BAI Shenglong, LIU Guoyan, LI Jianliang, et al. Study on the prospecting signs of deep iron polymetallic deposits in the low-rate magnetic anomaly area of the east Kunlun Dune[J]. *Mineral Exploration*, 2019, 10(1): 118-124.
- 曹德智,袁桂林,郑振华,等.它温查汉西铁多金属矿地球物理特征及磁法物探找矿方法优选研究[J].青海大学学报(自然科学版),2014,32(4):71-79.
- CAO Dezhi, YUAN Guilin, ZHENG Zhenhua, et al. Study on optimization of magnetic-geophysical prospecting methods in thickly covered area in Tawenchahan in East Kunlun in Qinghai[J]. *Journal of Qinghai University(Natural Science Edition)*, 2014, 32(4): 71-79.
- 丰成友,李东生,吴正寿,等.东昆仑祁漫塔格成矿带矿床类型、时空分布及多金属成矿作用[J].西北地质,2010,43(4):10-17.

- FENG Chengyou, LI Dongsheng, WU Zhengshou, et al. Major types, time-space distribution and metallogenesis of polymetallic deposits in the qimantage metallogenic belt, Eastern Kunlun Area[J]. *Northwestern Geology*, 2010, 43(4): 10-17.
- 高鹏, 耿涛, 冀显坤, 等. 东昆仑祁漫塔格地区激电测量中常见问题及解决方法[J]. *西北地质*, 2017, 50(4): 232-237.
- GAO Peng, GENG Tao, JI Xiankun, et al. Common Problems and Countermeasures about the Induced Polarization Method Used in Qimantage area, East Kunlun[J]. *Northwestern Geology*, 2017, 50(4): 232-237.
- 郭广慧, 钟世华, 李三忠, 等. 运用机器学习和锆石微量元素构建花岗岩成矿潜力判别图解: 以东昆仑祁漫塔格为例[J/OL]. *西北地质*, 2023: 1-14. doi: 10.12401/j.nwg.2023158.
- GUO Guanghui, ZHONG Shihua, LI Sanzhong, et al. Constructing Discrimination Diagrams for Granite Mineralization Potential by Using Machine Learning and Zircon Trace Elements: Example from the Qimantagh, East Kunlun[J/OL]. *Northwestern Geology*, 2023: 1-14. doi: 10.12401/j.nwg.2023158.
- 李东生, 张文权, 田承盛, 等. 青海祁漫塔格地区主要矿床类型找矿方法探讨[J]. *西北地质*, 2013, 46(4): 131-141.
- LI Dongsheng, ZHANG Wenquan, TIAN Chengsheng, et al. Discussion on the metallogenic characteristics and ore-prospecting methods of qimantage Region, Qinghai Province[J]. *Northwestern Geology*, 2013, 46(4): 131-141.
- 李文渊. 祁漫塔格找矿远景区地质组成及勘查潜力[J]. *西北地质*, 2010, 43(4): 1-9.
- LI Wenyuan. The Geological Composition and Metallogenetic Prospect in the Qimantage Prospective Region, East Kunlun[J]. *Northwestern Geology*, 2010, 43(4): 1-9.
- 李玉春, 张爱奎, 张培青, 等. 青海祁漫塔格沙丘地区侵入岩地质、地球化学特征及找矿意义[J]. *西北地质*, 2013, 46(3): 70-82.
- LI Yuchun, ZHANG Aikui, ZHANG Peiqing, et al. The Geological and Geochemical Characteristics of the Intrusive Rock and Prospecting Significance in Shayiu Areas, Qimantage Metallogenic Belt, Qinghai Province[J]. *Northwestern Geology*, 2013, 46(3): 70-82.
- 刘彦, 严加永, 吴明安. 基于重力异常分离方法寻找深部隐伏铁矿-以安徽泥河铁矿为例[J]. *地球物理学报*, 2012, 55(12): 4181-4193.
- LIU Yan, YAN Jiayong, WU Mangan. Exploring deep concealed ore bodies based on gravity separation methods: A case study of the Nihe iron deposit[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 2012, 55(12): 4181-4193.
- 刘嘉情, 钟世华, 李三忠, 等. 基于机器学习和全岩成分识别东昆仑祁漫塔格斑岩-矽卡岩矿床成矿岩体和贫矿岩体[J/OL]. *西北地质*, 2023: 1-16. doi: 10.12401/j.nwg.2023155.
- LIU Jiaqing, ZHONG Shihua, LI Sanzhong, et al. Identification of Mineralized and Barren Magmatic Rocks from the Qimantagh, East Kunlun Based on Machine Learning and Whole-Rock Compositions[J/OL]. *Northwestern Geology*, 2023: 1-16. doi: 10.12401/j.nwg.2023155.
- 马忠元, 刘光莲, 汪周鑫, 等. 东昆仑西段它温查汉西铁金多金属矿成矿模式探讨[J]. *新疆地质*, 2022, 40(3): 362-367.
- MA Zhongyuan, LIU Guanglian, WANG Zhouxin, et al. Discussion on the Metallogenic Model of Tawenchahanxi Iron Polymetallic Deposit in the Western Part of East Kunlun Mountains[J]. *Xinjiang Geology*, 2022, 40(3): 362-367.
- 潘力, 何青林, 陈康, 等. 利用重磁资料解译川西地区深层断裂构造及预测火山岩顶部界面深度[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 2023, 50(2): 240-248.
- PAN Li, HE Qinglin, CHEN Kang, et al. Application of gravity and magnetic data to the interpretation of deep fault structures and prediction of volcanic rock top interface depth in the western Sichuan Basin, China [J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 2023, 50(2): 240-248.
- 乔彪彪, 伍跃中. 东昆仑祁漫塔格地区花岗岩成因类型对成矿作用的控制[J]. *西北地质*, 2010, 43(4): 134-142.
- QIAO Gengbiao, WU Yuezhong. Genetic Types of Granite Controlled the Mineralization in Qimantage Area, Eastern Kunlun[J]. *Northwestern Geology*, 2010, 43(4): 134-142.
- 田承盛, 丰成友, 李军红, 等. 青海它温查汉铁多金属矿床⁴⁰Ar-³⁹Ar年代学研究及意义[J]. *岩石矿物学杂志*, 2013, 32(1): 169-176.
- TIAN Chengsheng, FENG Chengyou, LI Junhong, et al. ⁴⁰Ar-³⁹Ar geochronology of Tawenchahan Fe-polymetallic deposit in qimantag Mountain of qinghai Province and its geological implications[J]. *Mineral Deposits*, 2013, 32(1): 169-176.
- 王谦身, 滕吉文, 张永谦, 等. 鄂尔多斯-中秦岭-四川东部的重力异常场与深部地壳结构[J]. *地球物理学报*, 2015, 58(2): 532-541.
- WANG Qianshen, TENG Jiwen, ZHANG Yongqian, et al. Gravity anomalies and deep crustal structure of the Ordos basin-middle Qinling orogen-eastern Sichuan basin[J]. *Chinese J. Geophys.*, 2015, 58(2): 532-541.
- 张文权, 张爱奎, 孟军海, 等. 高精度磁测反演技术在沙丘地区找矿中的应用[J]. *西北地质*, 2012, 45(1): 277-282.
- ZHANG Wenquan, ZHANG Aikui, MENG Junhai, et al. Application Inversion technology into Dune with High-Precision Magnetic Survey[J]. *Northwestern Geology*, 2012, 45(1): 277-282.
- 赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等. 青藏高原大地构造特征及盆地演化[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- ZHAO Zhengzhang, LI Yongtie, YE Hefei, et al. Tectonic characteristics and basin evolution of Qinghai-Tibet Plateau[M]. Beijing: Science Publishing House, 2001.