

文章编号 10258-7106(2009)05-0718-07

青海东昆仑群力地区高精度弱磁异常的找矿意义^{*}

关有国¹ 李洪普^{1,2}

(1 青海省柴达木综合地质大队, 青海 格尔木 816000; 2 中国地质大学, 北京 100083)

摘 要 文章针对在东昆仑祁漫塔格群力地区圈出的9处1:5 000高精度磁异常,通过初步解译,6条剖面的磁异常(ΔT)求解及磁性矿体的反演计算,结合测定的磁性及野外地质观察结果,将在磁异常内发现的地表矿体、深部隐伏矿体进行对比分析后认为,M1、M4、M5、M6等磁异常,地表强度大,峰值高,但反映的只是浅部矿体的特征,而M0、M8两个弱磁异常,虽然磁异常强度小、峰值低,但这些磁异常规模比较大,反映的是深部磁异常的特征。提出在以后的找矿工作中应重视对这种弱磁异常的评价。

关键词 地球物理;变质-沉积铁矿;地球物理特征;成矿预测;群力地区;东昆仑

中图分类号 P613.2⁺4

文献标志码 A

High-precision weak magnetic anomalies in Qunli area of East Kunlun region and their prospecting significance

GUAN YouGuo¹ and LI HongPu^{1,2}

(1 Qaidam Integrated Geological Exploration Party of Qinghai Province, Golmud 816000, Qinghai, China;

2 China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract

Aimed at investigating the nine 1:5 000 high-precision magnetic anomalies delineated in the study area, the authors conducted preliminary interpretation, solution of magnetic anomalies(ΔT) along six profiles and inversion of magnetic ore bodies. In combination with measured properties of the magnetic bodies and field geological observation in Qunli area of East Kunlun region, a comparative analysis was made for surface and concealed ore bodies. The results show that M1, M4, M5, M6 and some other magnetic anomalies only reflect shallow ore bodies in spite of their strong surface intensities and high peaks, whereas M0 and M8 weak anomalies, though characterized by insignificant intensities and low peaks, have relatively large sizes and thus reflect features of deep magnetic anomalies. The appraisal of such weak anomalies hence deserves more attention in future work.

Key words: geophysics, metamorphic-sedimentary iron deposit, geophysical characteristics, ore prognosis, Qunli area, East Kunlun

东昆仑成矿带面积约11万平方公里,由于其大地构造位置与成矿作用独具特色,所以历来都是有关地质工作者重点关注的地区之一。近年来,随着基础地质研究与矿产资源勘查工作的进展,已发展成为青海省探明铁、金、铜、钴等矿产的主要矿集区。尤其是一批重要的勘查、科研项目的完成和一批重要矿产地,如野马泉铁多金属(钴、锡等)矿、肯得可克铁钴(铋)矿、虎头崖铅锌矿、四角羊铁多金属矿等近30处的发

现(李洪普等,2009a,2009b;刘云华等,2005;潘彤等,2003),揭示了该构造带具巨大的资源勘查潜力。目前,在矿区外围圈出了磁异常百余处,但大多数为弱小磁异常,对这些磁异常能否进行进一步勘查,可否投入大量的工作,主要取决于针对已发现的典型地区弱磁异常的找矿成果及其分析研究(李智明等,2007)。

群力地区地处青海省柴达木盆地南缘(图1)。20世纪60年

^{*} 本文得到中国地质调查局矿调项目“青海玛章错钦-周琼玛鲁1:5万矿产远景调查项目(编号2004-2-2)”的资助

第一作者简介 关有国,男,1973年生,地矿工程师,主要从事地质找矿工作。Email: lihongpu1@yahoo.cn

收稿日期 2009-05-05;改回日期 2009-09-11。李岩编辑。

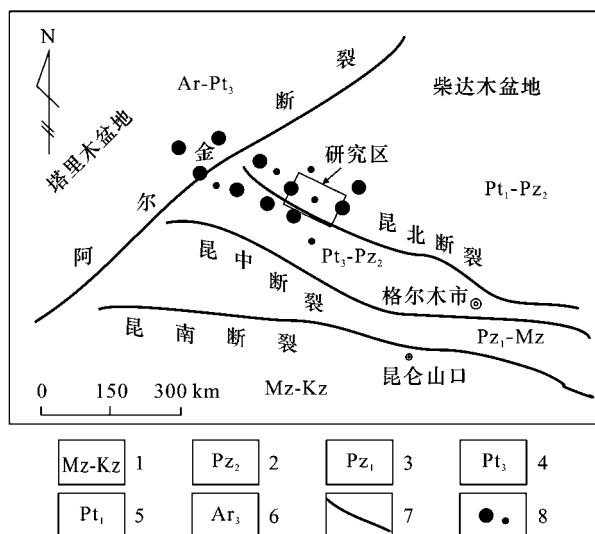


图 1 东昆仑群力铁矿区大地构造位置略图

(张雪亭等, 2007)

1—中生界-新生界; 2—上古生界; 3—下古生界; 4—上元古界;

5—下元古界; 6—上太古界; 7—断裂带; 8—矿床、矿点

Fig. 1 Tectonic location of the Qunli iron ore district

in East Kunlun region (Zhang et al., 2007)

1—Mesozoic-Cenozoic; 2—Upper Paleozoic; 3—Lower Paleozoic;

4—Upper Proterozoic; 5—Lower Proterozoic; 6—Upper Archean;

7—Fault zone; 8—Deposit/ore spot

代末至 80 年代初, 本区开展了几种比例尺的磁测勘探, 包括 1:50 万航磁异常、1:10 万地磁异常测量以及以找铁为主的地磁普查工作。2007 年在矿区进行 1:5 000 高精度磁测工作时, 圈出了 9 处磁异常^①。结合地质勘查, 在群力地区初步发现了与磁异常极其吻合的矿体^②。这为本区内对其他磁异常做进一步的解释勘查以便寻找铁多金属矿提供了研究思路 and 找矿信息。本文在已圈定出的 9 处异常中的 6 处做了穿过异常区的磁异常 (ΔT) 测定剖面, 并通过对磁性矿体的反演计算, 结合近期完成的钻探施工成果, 对磁异常进行了较系统的分析、评价。

1 成矿地质特征

1.1 成矿地质背景

东昆仑群力地区位于柴达木准地台南缘, 归属东昆仑西段的昆北构造带祁漫塔格亚带。该区主要出露元古界金水口群下岩组绿色蚀变岩、深灰色二云母片岩及浅红色花岗片麻岩等。区内主要为 NW 向倾伏背斜南西翼的次一级不对称向斜, 其次级褶皱强烈, 节理发育, 断层较发育, 且种类、

性质多样, 并表现出多期性。主体构造为群力复式褶皱, 从西至东贯穿全区, 并伴有次级褶皱。褶皱轴 NW-SE 向, 局部扭转呈弧形褶曲, 两翼产状变化大。南部岩层倾向 NW 和 NE, 倾角 20~50°, 北部岩层倾向 SE 和 SW, 倾角 5~30°。断层以 NW 向逆断层为主, 长 3.5 km, 产状 20~30°/40~50°。断层切穿华力西闪长岩, 因此, 其形成时代应为华力西晚期至印支早期。岩浆活动主要集中在华力西期, 以中性为主, 侵入岩为浅灰、灰白色细-中粒闪长岩 (δ_4^1) 及砖红色钾长花岗岩 (γ_4^1)。脉岩主要为细粒闪长岩脉 (图 2)。

1.2 矿体地质特征

区内矿体较连续, 品位较高且均一 (图 2)。各矿体主要特征分述如下。

(1) I 号磁铁矿体: 位于 M1 磁异常分布范围内, 矿体产于元古界金水口群下岩组蚀变岩内。I 号矿体由 3 条羽状平行排列的支矿体组成, 长 80~220 m。平均真厚度约 2.21 m, 产状 35°/75~85°, 总体呈似层状、条带状, 近 NS 向分布。矿体中主要矿物是磁铁矿, 伴生有少量黄铁矿, TFe 平均品位为 47.15%。

(2) II 号磁铁矿体: 与 I 号矿体相邻, 位于 M5 磁异常分布范围内, 产于元古界金水口群下岩组蚀变岩内。矿体长度 150 m, 由一层矿体组成, 矿体连续, 平均真厚度约 7.59 m。产状 35°/75~85°, 总体呈似层状、条带状, TFe 加权平均品位为 43.91%。

(3) III 号磁铁矿体: 位于 M4 磁异常分布范围内, 矿体赋存在元古界金水口群下岩组蚀变岩内。矿体地表断续出露长度 400 m, 平均厚度约 3.79 m, 产状 8~20°/12~15°, 总体呈似层状、条带状, 近东西向分布。矿体中主要矿物为磁铁矿, 伴生有少量黄铁矿, 黄铁矿呈致密团块状嵌布于磁铁矿中。化学分析 TFe 加权平均品位为 40.81%, 个别样品品位出现 64.63% 的极高值。品位较高且均一。

(4) IV 号磁铁矿体: 位于 M6 磁异常分布范围内, 矿体赋存在元古界金水口群下岩组蚀变岩内。矿体近 800 m 长, 较连续, 平均真厚度约 1.36 m, 产状在 330~25°/2~54°之间, 总体呈似层状、条带状, 近 EW 向分布。TFe 加权平均品位为 38.16%, 品位较高。矿体中主要矿物是磁铁矿, 伴生有少量黄铁矿。

以上矿体中磁铁矿均呈浸染状及致密块状分布, 局部可见褐铁矿化、硅化、赤铁矿化等蚀变现象, 矿石类型以磁铁矿为主, 富矿石呈致密块状, 相对较贫矿石为稠密浸染状, 其脉石矿物主要为透辉石、方解石、石英等, 围岩中可见少量星点状磁铁矿。从磁异常形态看, 以上矿体具有一定的找矿前景 (胡正国等, 1998)。

① 湖南省有色地质勘查局二四七队。2007. 青海省格尔木市群力铁矿普查物探成果报告。内部资料。

② 青海省柴达木综合地质矿产勘查院。2008. 青海省格尔木市群力铁矿普查工作总结。内部资料。

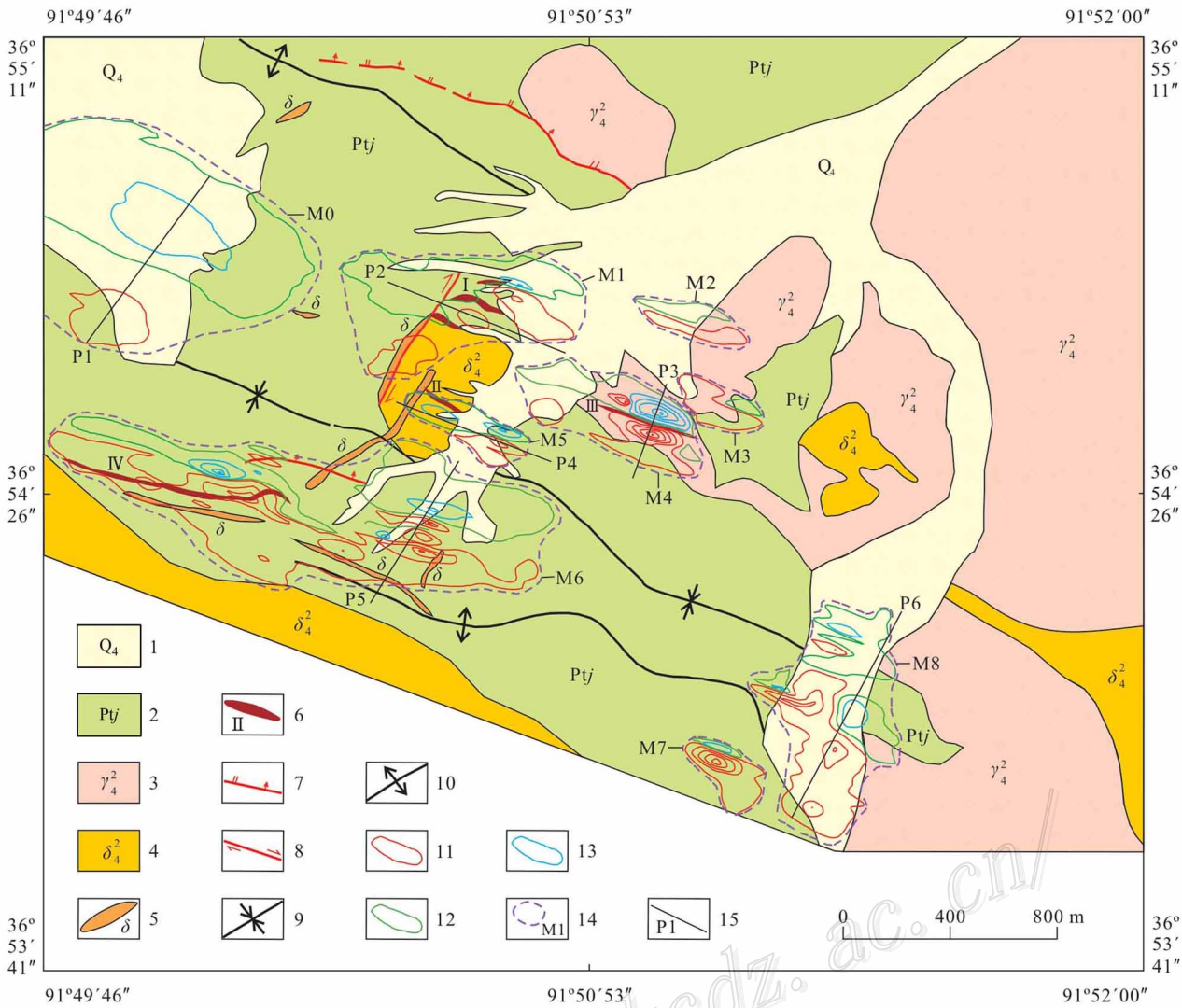


图 2 青海东昆仑群力铁矿普查区地质(附物探异常)图(据湖南省有色地质勘查局二四七队, 2007^①修编)

1—第四系冲洪积物; 2—元古界金水口群蚀变岩、二云母片岩、花岗片麻岩; 3—华力西期花岗岩; 4—华力西期闪长岩; 5—闪长岩脉;
6—矿体及编号; 7—逆断层; 8—平移断层; 9—向斜; 10—背斜; 11—正磁异常; 12—零磁异常; 13—负磁异常; 14—异常范围及编号;
15—剖面及编号

Fig. 2 Geological map of the Qunli iron ore district In East Kunlun region, showing geophysical anomalies (modified after Summary of Reconnaissance of the Qunli Iron Deposit in Golmud City, Qinghai Province, 2008)

1—Quaternary; 2—Altered rock, two-mica schist and granite-gneiss of Proterozoic Jinshui Kou Group; 3—Variscan granite; 4—Variscan diorite;
5—Diorite vein; 6—Ore body and its serial number; 7—Reverse fault; 8—Strike-slip fault; 9—Syncline; 10—Anticline; 11—Positive magnetic
anomaly; 12—Zero magnetic anomaly; 13—Negative magnetic anomaly; 14—Limits and serial number of anomaly; 15—Profile and its
serial number

2 地球物理特征

2.1 岩石磁性特征

通过对研究区不同岩(矿)石的磁化率(k)测定和统计(表 1)可以看出,铁矿石的磁化率平均值约为 $20\,000 \times 10^{-6} 4\pi$ (SI

单位制);闪长岩具中等磁性,其平均值为 $5\,010 \times 10^{-6} 4\pi$ (SI 单位制),最大值为 $13\,400 \times 10^{-6} 4\pi$ (SI 单位制),局部会产生磁异常,是本区的干扰因素;其他岩石尽管磁化率变化范围也较大,从 $0 \sim 5\,000 \times 10^{-6} 4\pi$ (SI 单位制),但从统计结果看属无磁-弱磁性物质,只能引起弱的背景场。结合本区的成矿地质特征,其含矿围岩为绿色蚀变岩,所以该区具备开展磁测的

① 湖南省有色地质勘查局二四七队. 2007. 青海省格尔木市群力铁矿普查物探成果报告. 内部资料.

表 1 磁性(*k*)测定结果表^①

岩石名称	<i>k</i> /10 ⁻⁶ 4π(SI 单位制)			块数
	最大	最小	平均	
绿色蚀变岩	1 430	34	307	27
花岗岩	2 200	0	424	27
闪长岩	13 400	300	5 010	21
片麻岩	240	28	92	23
铁矿石	172 010	8 932	≈20 000	28

地球物理(物性)前提。

2.2 磁异常特征

由 1:5 000 高精度磁法测量圈定出的 9 处磁异常^①(图 2)特征如下。

M0 异常：磁异常长 1 000 m,宽近 800 m,呈长椭圆状,表现为范围很大的低缓异常,Δ*T* 极大值为 842 nT,极小值为 -739 nT。

M1 异常：磁异常长近 800 m,宽 250~400 m。从平面图看由多个异常组成,整体构成一异常带,异常带总体呈近 EW 向展布,北侧伴生有负异常;主异常位于该异常带的北东端,呈不规则的长椭圆状,走向与异常带不同,呈 NW 向,Δ*T* 极大值为 2 277 nT,极小值为 -664 nT。

M2 异常：磁异常长 400 m,宽 140 m。异常形状规则,有明显的近 EW 走向,异常梯度变化较小。北部伴生有弱的负异常。异常极大值为 810 nT,极小值为 -150 nT。

M3 异常：磁异常长 250 m,宽 130 m。异常呈一不规则状,总体走向呈 NW 向,Δ*T* 极大值为 1 392 nT,极小值为 -752 nT。

M4 异常：磁异常长 500 m,宽 250 m。异常形态较规则,呈椭圆状,走向近 EW。异常强度高,Δ*T* 极大值为 7 187 nT,极小值为 -8 306 nT。

M5 异常：磁异常长度约 500 m,宽 150 m。异常区由南、北 2 个完全不同的子异常组成,南部为条带状正异常,北部伴生有较强的、规则的带状负异常。异常梯度变化平缓对称,Δ*T* 极大值为 1 790 nT,极小值为 -3 955 nT。

M6 异常：磁异常长 1 400 m,宽 250~400 m。异常带由多个异常组成,呈 NW 向展布,Δ*T* 极大值为 6 058 nT,极小值为 -1 643 nT。

M7 异常：磁异常长度约 280 m,宽度 140 m。异常呈椭圆状,Δ*T* 极大值为 8 053 nT,北侧伴生负异常的 Δ*T* 极小值为 -4 598 nT。

M8 异常：由一近 NS 向展布的不规则带状异常组成,异常长 900 m,宽 300~450 m,Δ*T* 极大值为 3 673 nT,极小值为 -1 121 nT。

3 磁异常地质解释及验证

对比磁测成果与地质资料,并结合区内岩(矿)石的磁性特征,笔者对引起磁异常的地质原因进行了推断。为了判断磁性体在地下的产状,对部分磁异常进行了定量计算解释。其中 6 条剖面 P1~P6 分别经过磁异常 M0、M1、M4、M5、M6 和 M8(图 2),对该 6 条剖面的磁异常 Δ*T* 进行了求解磁性矿体的反演计算,成果示于图 3。

M0 异常：异常处对应元古界金水口群片麻岩和第四系,片麻岩属弱磁性,但不足以引起如此强的异常。横穿该异常的 P1 剖面异常宽约 20 m,磁异常曲线比较平滑,形态宽缓,Δ*T* 极大值大于 500 nT,且曲线右侧伴生有负异常,Δ*T* 极小值达 -300 nT(图 3)。经圆滑后利用切线法反演,求得该异常地质体的埋深约 100 m,宽度较大,结合在该区测定的岩石物性特征,推断 M0 异常由深部磁铁矿引起。

2009 年对 M0 异常区进行了施工钻探,孔深 196.00~208.00 m、216.5~219 m、224.60~228.60 m 和 238.80~240.60 m 各段均为磁铁矿化砂卡岩,磁铁矿品位均为 15%~20%;在孔深 208.00~216.50 m 和 241.80~244.05 m 处为磁铁矿体,矿体产状较缓,磁铁矿品位 50%~60%。沿走向、倾向的钻孔证实,该磁异常是由深部磁铁矿体所引起,因此,今后在进行实际工作中应注意这种弱磁异常的找矿前景。

M1 异常：P2 剖面 76~92 点段对应磁源体宽度约 7.6 m,上顶埋深约 6 m,磁源体产状较陡(图 3)略向西北倾,倾角大于 60°。剖面方位与磁异常走向基本一致,因而据此推定的磁源体几何特征准确性相对较差,130 点至 170 点间的宽缓磁异常实际上反映的是沿磁源体走向的外源磁场特征,由于剖面未通过异常中心部位,难以形成定量解释结果,经槽探工程揭露,圈出了地表矿体,对该矿体有待用钻探工程进行深部验证。矿体地表长度达 120 m,垂直延深 208 m,在矿体中部段高 60 m 的平硐中间 1~2 m 的磁铁矿体,磁铁矿品位 10%~20%。异常中通过槽探工程验证,已圈定出 I 号磁铁矿体,因此该磁异常为矿致异常。

M2 异常：异常区出露的岩石为花岗岩,局部有闪长岩存在,根据该区岩(矿)石的地球物理特征,推断异常由闪长岩脉引起。

M3 异常：异常区与该处出露的闪长岩体对应较好,由此推断异常也应由闪长岩引起。

M4 异常：P3 剖面穿过 M4 磁异常主体部分,异常南正北负特征明显,正异常极值达 7 000 nT,负异常极大值达 -5 200 nT,正负极值间梯度变化剧烈,主峰异常梯度变化对称,表明该磁性体为产状近于直立的棱柱体(图 3),顶板埋深

① 湖南省有色地质勘查局二四七队, 2007. 青海省格尔木市群力铁矿普查物探成果报告. 内部资料.

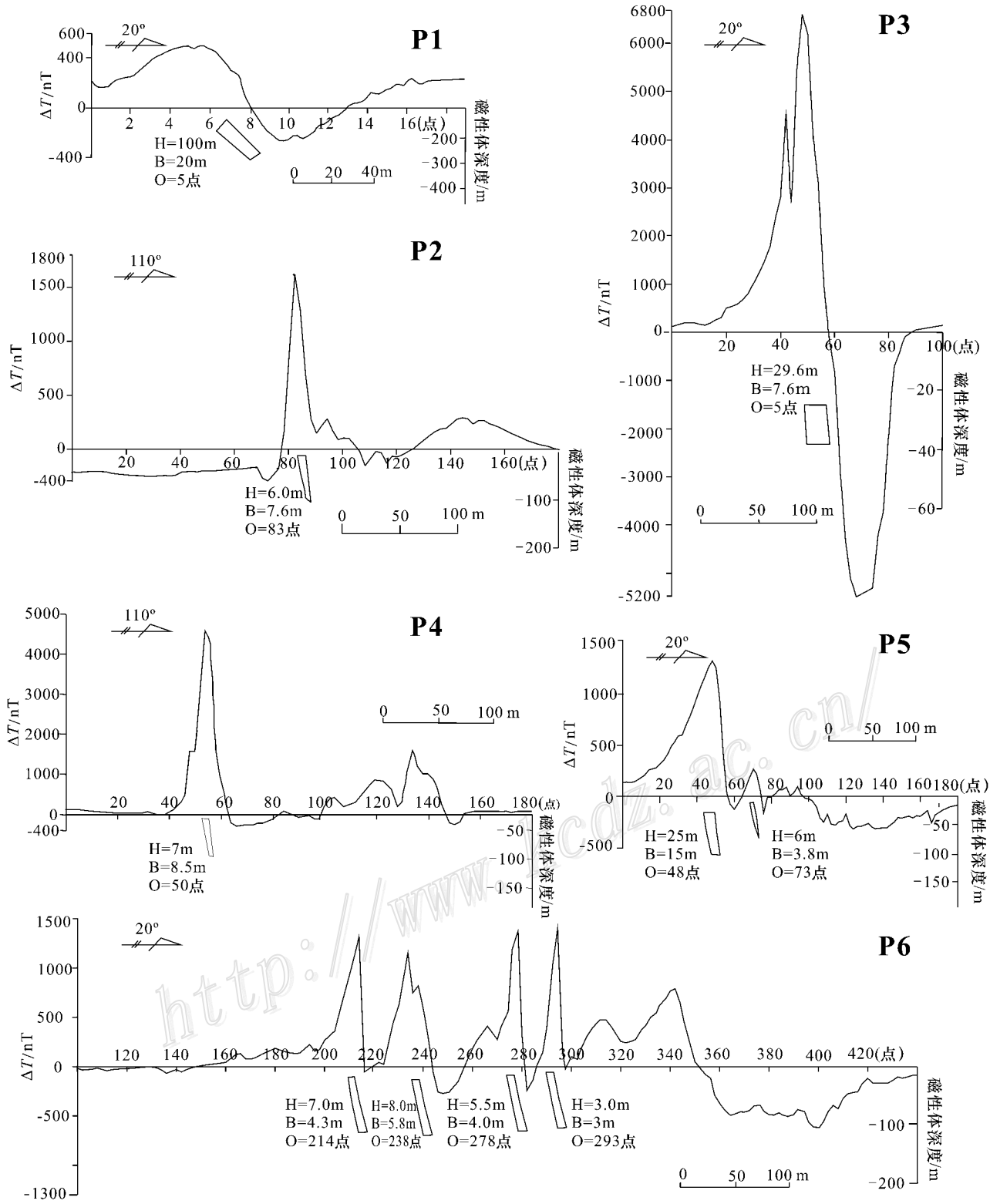


图 3 P1~P6 剖面 ΔT 磁异常和反演计算的磁性体图

H—最大埋深;B—磁性体宽度;O—磁性体位置的测点号

Fig. 3 ΔT magnetic anomalies along P1~P6 sections and inversion results of magnetic bodies

H—Maximum buried depth;B—Width of magnetized body;O—Serial number of measuring point for magnetic body

为29.6 m,对应53号测点。该磁性体南北走向长度可根据以往磁异常等值线成果中约1 800 nT的等值线范围确定。推断棱柱形磁源体为磁铁矿体。对该异常已经地表槽探工程验证,圈出Ⅲ号磁铁矿体,应为矿致异常。但在段高50 m和矿体斜深100 m处用钻孔进行深部验证时,均未见矿。由此说明,该异常由地表的磁铁矿体引起,而且,矿体向深部也没有延伸,说明地表的强磁异常并不一定是有前景的磁异常。

M5异常:在P4剖面40~62点段对应磁异常强度大于4 500 nT,属强磁异常(图3)。从对应位置的磁异常等值线形态分析,该异常对应的磁源体有三度体异常特征,磁源体规模不大,切线法计算结果,磁源体宽度约8.5 m,上顶埋深约7 m,局部接近地表,异常两翼接近对称,反映磁源体产状较陡,向下延深不大,倾向难以确定。推断认为磁源体为磁铁矿体,推荐布钻点位为56号点。该剖面100至146点间出现3个峰值明显的异常,结合对应地段的磁异常等值线特征分析,此3个峰值异常与其他剖面一样,实际反映了磁源体沿走向的磁场变化特征,难以根据这样的异常对磁源体进行定量计算,但强度上可以认为其磁源体成分中磁铁矿含量占有较大比例。后经槽探工程揭露,发现了Ⅱ号矿体,所以认为该异常由浅表磁铁矿体引起。

M6异常:异常内测制的P5剖面表现为2个异常段(图3)其中20~60点为强异常,最大值达1 300 nT,由切线法计算上顶埋深约25 m,磁源体宽度约15 m,分析磁源体由含磁铁矿的岩体组成,不排除在46至58点段磁铁矿富集成矿的可能。64至74点段异常强度较低,最大值不到400 nT,但该异常位置与Ⅳ号铁矿对应,因而认为该异常由铁矿中的磁铁矿引起。经计算,上顶埋深约6.0 m,宽度约3.8 m。82至96段表现为双峰异常特征,异常强度较小,不到200 nT,该类异常可能是不均匀分布的磁性物质引起,对找矿的指示作用有待查证。后在6线经钻探深部验证,发现两条磁铁矿体与物探剖面解释的磁性体较一致,但矿体厚度在2 m左右,且向深部、两侧延伸不稳定。说明磁异常是由规模较小的中浅部矿体所引起的。

M7异常:在M7异常下方发现有磁体矿转石。推测,该异常应浅表磁铁矿体引起。

M8异常:在P6剖面,磁异常由6个连续分布的独立异常组成,最大 ΔT 除300至350点段低于800 nT外,其他都在1 000 nT至1 500 nT之间。200~216点段:磁源体上顶埋深约7.0 m,宽度约4.3 m。磁源体性质难以确定,但其中含磁铁矿的可能性较大。226~242点段:磁源体上顶埋深约8.0 m,宽度约5.8 m。磁源体性质难以确定,但其中含磁铁矿的可能性较大。270~280点段: ΔT 极大值达1 360 nT,异常梯度变化较大,宽度较陡,推断磁源体中磁铁矿含量较多,上顶埋深约5.5 m,宽度约4.0 m。288~296点段: ΔT 极大值达1 500 nT,异常梯度变化较大,宽度较陡,推断磁源体中磁铁矿含量较多,上顶埋深约3.0 m,宽度约3 m。300~350点段:由2个并列的磁异常组成,磁异常强度在800 nT左

右,异常形态平缓,显示出异常体具有较大的深度,属于磁铁矿引起的异常。

位于第四系上的异常,地表碎石流普遍发育,东西两侧有蚀变岩出现,异常内地表发现大量的磁体矿转石,经钻探验证,在深部100 m处发现了3条磁铁矿体、一条铜矿体,产状较陡,证明该异常为矿致异常,对其进行下一步工作的价值较大(董英君等,2008年)。

4 结 论

区内已圈定的较具规模的9处磁异常,与深部隐、盲矿体较对应,说明该区应从发现的各类磁异常入手进行找矿。东昆仑西段的昆北构造带中圈出的多处弱磁异常带可作为重点勘查地带,有望实现找矿突破。通过本次研究工作,形成以下几点结论。

(1)研究区磁异常揭示了区内重要找矿远景,磁异常较好的部位,可以作为寻找浅部磁铁矿的首选地段,布置一定的地表工程。

(2)前述9处磁异常中,M1、M4、M5、M6磁异常强度大,峰值高,反映的是浅部磁铁矿体的特征;M0和M8磁异常强度低,峰值低,反映的是深部磁性体的特征。因此,地表磁异常的强弱由于受埋深的影响,并不反映深部磁铁矿体的真实状况,在这方面,要进行深入、细致的分析,要注意异常强度比较弱,但形态规整的磁异常,它往往暗示深部磁铁矿具有较大的找矿潜力。

(3)从以上几点可以认为,在东昆仑祁漫塔格群力地区一带,应重视低缓异常,而不应将其盲目地定性为岩体异常。

志 谢 本文在修改过程中得到中国地质科学院地质研究所张季生研究员、中国地质大学地球物理学院张贵宾教授的热情指导,在此深表谢意!

References

- Dong Y J, Wang G, Song Y K, Li J W, Zhang D Q, She H Q, Li D X and Feng C Y. 2008. Application of very low frequency electromagnetic method to exploration work in grassland-capped areas[J]. Mineral Deposits: 27(1): 52-59 (in Chinese with English abstract).
- Hu Z G, Liu J Q, Qian Z Z, Li H M, Sun J D and Su C Q. 1998. Metallogenesis and mineral resources assessment in eastern Kunlun orogenic belt[J]. Gold Science and Technology, 6(5-6): 6-13 (in Chinese with English abstract).
- Li H P, Cao Y L, Guan Y G, Zhang S T, Su S S and Xu W D. 2009a. Mineralization characteristics of iron-polymetallic deposits in the Si-jiaoyang area, east Kunlun Mountain, Qinghai Province, China[J]. Geol. Bull. China. 28(6): 53-61 (in Chinese with English abstract).
- Li H P, Gao Y, Zhang S T and Mao X L. 2009b. Relationship between magmatic activity of Zangmaxikong and the metallogenesis of Cu-Ag deposit in the north of Tanggula Mountain, Qinghai, China[J]. J. Chengdu University of Technology (Sci. & Techno. edition). 36

(2): 72-77 in Chinese with English abstract).

- Li Z M, Xue C J, Wang X H, Tang H, Tu Q J, Teng J X and Li R S. 2007. Features of regional mineralization and analysis of the exploration development in the eastern Kunlun Mountains [J]. Geol. Rev. , 53(5): 708-718 in Chinese with English abstract).
- Liu Y H, Mo X X, Zhang X T and Xu G W. 2005. Geological feature and ore-control condition of skarn type deposits in Yemaquan area, eastern Kunlun [J]. Geology and Mineral Resources of South China, 3(3): 20-25 in Chinese with English abstract).
- Pan T. 2008. Geochemical features and origin of siliceous rocks of Kendekeke Co-Au depoist in the eastern Kunlun metallogenic belt, Qinghai [J]. Geology and Prospecting, 44(2): 54-57 in Chinese with English abstract).
- Zhang X T and Yang S D. 2007. Study on plate tectonics of Qinghai Province, China—Introduction of 1:1 000 000 geotectonic map [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 3-23 in Chinese).

附中文参考文献

董英君, 王 戈, 宋玉坤, 李进文, 张德全, 余宏全, 李大新, 丰成

友. 2008. 甚低频电磁法在草原覆盖区矿产勘查中的应用 [J]. 矿床地质, 27(1): 52-59.

- 胡正国, 刘继庆, 钱壮志, 李厚民, 孙继东, 苏春乾, 闫 臻. 1998. 东昆仑区域成矿规律初步研究 [J]. 黄金科学技术, 6(5-6): 6-13.
- 李洪普, 曹永亮, 关有国, 张寿庭, 苏生顺, 许文鼎. 2009a. 青海东昆仑四角羊铁多金属矿成矿地质特征 [J]. 地质通报, 28(6): 787-793.
- 李洪普, 高 阳, 张寿庭, 毛晓龙. 2009b. 青海唐古拉山北藏麻西孔岩浆活动与银多金属矿的关系 [J]. 成都理工大学学报, 36(2): 72-77.
- 李智明, 薛春纪, 王晓虎, 汤 桦, 涂其军, 滕家欣, 李荣社. 2007. 东昆仑区域成矿特征及有关找矿突破问题分析 [J]. 地质评论, 53(5): 708-718.
- 刘云华, 莫宣学, 张雪亭, 许国武. 2005. 东昆仑地区野马泉地区矿床地质特征及其控矿条件 [J]. 华南地质与矿产, 3(3): 20-25.
- 潘 彤. 2008. 青海东昆仑肯德可克钴金矿床硅质岩特征及成因 [J]. 地质与勘探, 44(2): 54-57.
- 张雪亭, 杨生德. 2007. 青海省板块构造研究——1:100 万青海省大地构造图说明书 [M]. 北京: 地质出版社. 3-23.

<http://www.kcdz.ac.cn/>