

纳米比亚奥姆博姆博航磁异常特征及找矿意义

周锡明^{1,2}, 张光军², 陈 超¹, 李爱勇², 张明鹏²

(1. 中国地质大学地球物理与空间信息学院, 武汉 430074;

2. 江苏省有色金属华东地质勘查局 814 队, 江苏 镇江 212005)

摘要: 纳米比亚奥姆博姆博地区 ΔT 航磁化极异常以正异常为主, 反映了朝斯组的分布范围。磁铁矿露头是找矿直接标志, 一般分布在磁异常梯度带上。朝斯组高磁异常带是寻找磁铁矿床的优选目标靶区。通过野外地质调查及钻井揭露, 在高磁异常带上发现了较好的磁铁矿体, 预测该地区具有较大磁铁矿勘探潜力。

关键词: ΔT 航磁异常; 化极; 磁铁矿; 找矿标志; 纳米比亚

中图分类号: P631.24; P618.41 **文献标识码:** A

0 引言

纳米比亚矿产资源十分丰富, 素有“战略金属储备库”之称, 但地质勘查程度较低。根据目前已有的地质工作成果, 纳米比亚的铁矿资源主要产于新元古界达马拉系奥塔威 (Otavi) 群朝斯 (Chuos) 组中。含铁矿层朝斯组在库内内省西北部, 出露长近 700 km, 分布面积超过 38 000 km², 铁矿的潜在资源量可达百亿吨, 显现出巨大的资源经济潜力。本文通过对库内内省奥姆博姆博 (Ombombo) 航磁资料的处理解释^[1-4], 提取了异常信息, 对优选目标区进行了地质调查, 经钻探验证, 在埋深 220 m 处, 见到厚 30 m 左右的磁铁矿体, 使该地区取得较好的铁矿找矿效果。

1 矿区地质及地球物理特征

1.1 地层

区内出露新元古界和第四系。新元古界 Rasthof 组 (Nr_h)、Gruis 组 (Ng_u)、Maleberg 组 (Nm_a) 和 Elandshock 组 (Ne_l) 的岩性以白云岩为主 (图 1, 表 1)。

区内的含铁层位为朝斯组 (N_{ch}), 该组呈条带状分布, 主要由混积岩、砾质砂岩、薄层粉砂岩、细粒碳酸盐岩碎屑以及含铁层构成, 不整合于奥姆博姆博亚群之上, 分布于区内复式向斜两翼。根据颜色和岩性特征, 朝斯组可分为上、中、下 3 个岩段。

朝斯组下段以红褐色的铁硅质岩为主。铁硅质岩为化学沉积的产物, 水平层理, 条带状构造, 赤铁矿条带与硅质条带互层, 具隐晶质结构。朝斯组下段与 Ombombo 亚群呈不整合接触。

朝斯组中段岩性为灰绿色页岩、中细粒砂岩、含砾砂岩和砾岩, 这些岩层的胶结物以泥质为主, 抗风化能力较弱, 含铁量一般低于 10%, 磁化率也较低。

朝斯组上段岩性主要为红褐色含砾铁质砂岩, 岩层中含铁量一般都能达到 20% 以上。含铁矿物主要为赤铁矿, 磁铁矿少量。露头见有赤铁矿和赤铁矿化磁铁矿 (或假象赤铁矿), 钻孔内见到较好的磁铁矿层。

1.2 构造

区域内发育由 Otavi 群构成的向斜构造, Abenab 亚群 (N_{ab}) 构成向斜核部, 朝斯组构成两翼。从向斜轴向可明显看出, 在达马拉运动中经历了 2 次强烈构造变形: 第一次形成了近 NW 和 NNE 向的褶皱; 第二次使近 NNE 向的褶皱轴发生了二次褶皱, 产生了 SN 向紧闭褶皱。

收稿日期: 2012-08-27; **改回日期:** 2013-05-20; **责任编辑:** 赵庆

作者简介: 周锡明 (1968-), 男, 高级工程师, 地球物理勘探专业, 从事重磁电数据处理与解释研究工作。通信地址: 江苏省镇江市朱方路 227 号, 江苏省有色金属华东地质勘查局 814 队; 邮政编码: 212005; E-mail: zxmzj814@163.com

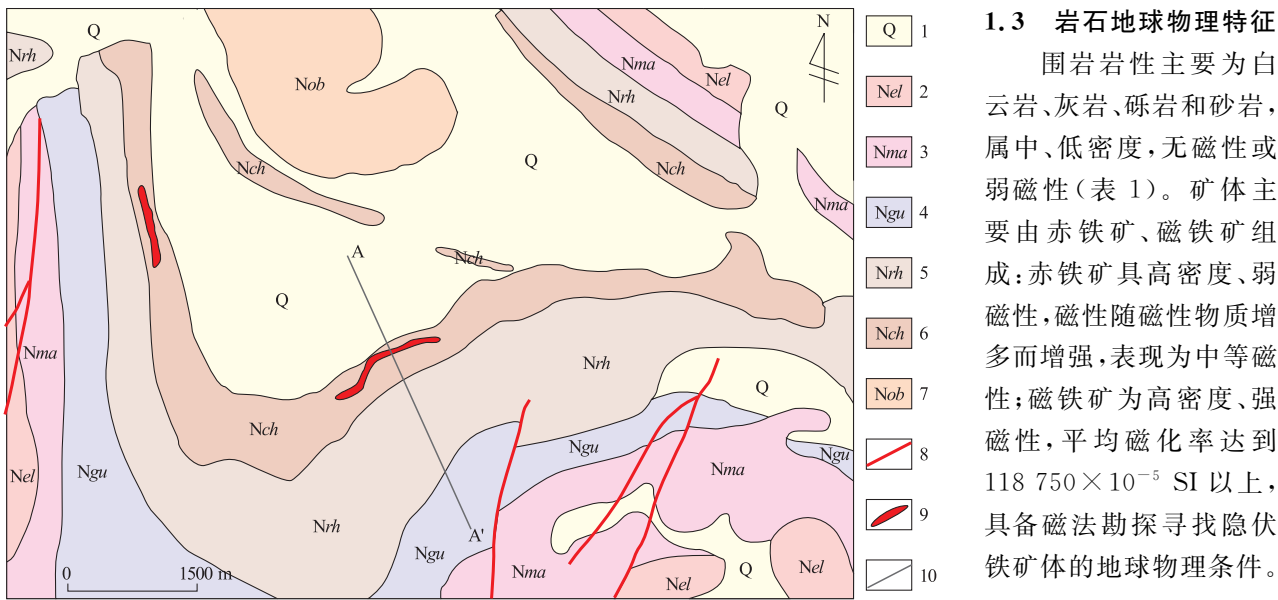


图 1 纳米比亚奥姆博姆博地质图

Fig.1 Geological map of the Ombombo in Namibia

1. 第四系;2. Elandshoek 组;3. Maleberg 组;4. Gruis 组;5. Rasthof 组;6. Chaos 组;
7. Ombombo 亚群;8. 断裂;9. 磁铁矿体;10. 地质界线

表 1 区域地层简表

Table 1 Regional stratigraphic profile in Ombombo area, Namibia

地层系统				地层代号	厚度/m	岩性
界	群	亚群	组			
新生界		第四系		Q	>1000	钙质砂岩、钙质结砾岩、砂土等
新元古界	Otavi 群	Tsubeb	Elandshoek 组	Nel	350~700	纹层薄层状白云岩,碧玉、燧石、块状白云岩
		亚群	Maleberg 组	Nma	200~750	纹层薄层状白云岩,纹层薄层灰岩
			Ombaatjie 组	Nob	200	灰岩、白云岩
		Abenab	Gruis 组	Ngu	40~120	泥灰岩夹燧石层、白云岩
		亚群	Rasthof 组	Nrh	200~400	白云岩、白云质灰岩
			Chuoss 组	Nch	200	含砾泥质砂岩、粉砂岩、冰碛岩、混杂岩、含铁建造
		Ombombo 亚群		Nob	0~1050	白云岩、千枚岩、粉砂岩

表 2 岩矿石密度与磁化率参数

Table 2 Rock and mineral density and magnetic susceptibility parameter statistics

地层代号	岩性描述	密度 $\rho/(g/cm^3)$			磁化率 $\kappa/10^{-5}$ SI		
		极大值	极小值	平均值	极大值	极小值	平均值
Q	灰白色钙质结砾岩	2.70	2.30	2.54	310	0	130
Ntd	白、灰白色石英砂岩	2.64	2.22	2.46	50	10	20
Nht	青灰色白云岩	2.87	2.61	2.81	0	0	0
Nel	块状深灰色白云岩	2.86	2.84	2.85	0	0	0
Nma	深灰色层状灰岩	2.84	2.69	2.71	60	0	20
Nob	灰绿、灰白色石英砂岩	2.62	2.50	2.56	90	10	30
Ngu	青灰色块状白云岩	2.86	2.83	2.85	0	0	0
Nrh	深灰色纹层状白云岩	2.86	2.82	2.84	0	0	0
Nch	半假象赤铁矿	3.00	2.63	2.84	140000	13300	47410
	磁铁矿	3.05	2.81	2.92	191000	59100	118750
	褐红色赤铁矿	4.36	2.73	3.46	1220	100	400
	灰色、灰绿色含砾砂岩	2.74	2.59	2.68	6030	90	770
Nob	灰白色大理岩化白云岩	2.86	2.80	2.84	0	0	0
Nns	青灰色含长石石英岩、杂色砾岩	2.71	2.46	2.59	0	0	0

2 航磁异常特征

2.1 航磁数据

1994 年,纳米比亚地质调查局(GSN)和德国地质科学与自然资源联邦研究院(BGR)共同开展了纳米比亚 1:20 000 航空物探测量。航磁测量技术参数:测线线距 200 m;切割线线距 2 500 m;测线方向为南北向;切割线方向为东西向;离地飞行高度 80 m;采样间隔 0.1 s。对航磁测量数据进行了地球正常磁场校正(IGRF 1990 年模型)、飞行方向差校正、飞行海拔高度校正、磁日变校正、测量绝对磁场值校

正及磁场水平调整^[5],取得航磁异常(图 2)。

纳米比亚位于南半球,奥普沃地区航磁 ΔT 异常总体格局为南负北正,正异常为主。由于区内朝斯组发育了一套含铁地层且具有较强的磁性,而其他沉积地层磁性较弱,区内岩浆岩不发育,因此磁异常主要反映了朝斯组内含铁地层的分布。磁异常形态以条带状为主,正负异常相伴。

2.2 航磁异常处理

磁力异常是地下由浅至深各类地质体的综合叠加效应,不容易区分与目标地质体相关的异常信息,必须用现代计算机数据处理技术从综合叠加场中将要研究的目标场分离或提取出来,并尽可能压抑或消除干扰噪声,增强有用信息,以提高利用磁异常综合解决复杂地质问题的能力。常规处理程序:首先对磁力资料进行化极处理,然后进行匹配滤波、函数逼近、统计分析、延拓、插值切割等,以提取局部异常信息;通过水平总梯度、小子域滤波等处理方法强化断裂构造信息;利用小波变换、带通滤波提取可突出不同深度、规模地质体引起的磁异常信息^[6-7]。磁力化极处理是基础,垂直磁化时磁性体与磁异常之间的关系会简单一些,将磁异常化到地磁极,如果处理得当,可以取得好的效果,能有效地降低解释的难度,提高解释的可靠性^[8-9]。

奥姆博姆博位于纳米比亚北部,测区中心经纬度:东经 $14^{\circ}8'10''$,南纬 $18^{\circ}40'46''$ 。通过 Oasis montaj 重磁异常处理软件求取该地区(1994)的磁倾角 -60° 、磁偏角 -12.8° ,进行航磁化极处理^[9-11]。 ΔT 化极后,异常形态与化极前形态相似,南正北负,以正异常为主(图 3),极大值往南偏移^[11],正异常形态与朝斯组露头吻合更好,磁铁矿体露头位于磁异常北侧(或东侧)的梯度带上,即正负异常过渡带上。

由化极后各磁分量异常图(图 3)可知, H_{ax} 突出了南北向的磁异

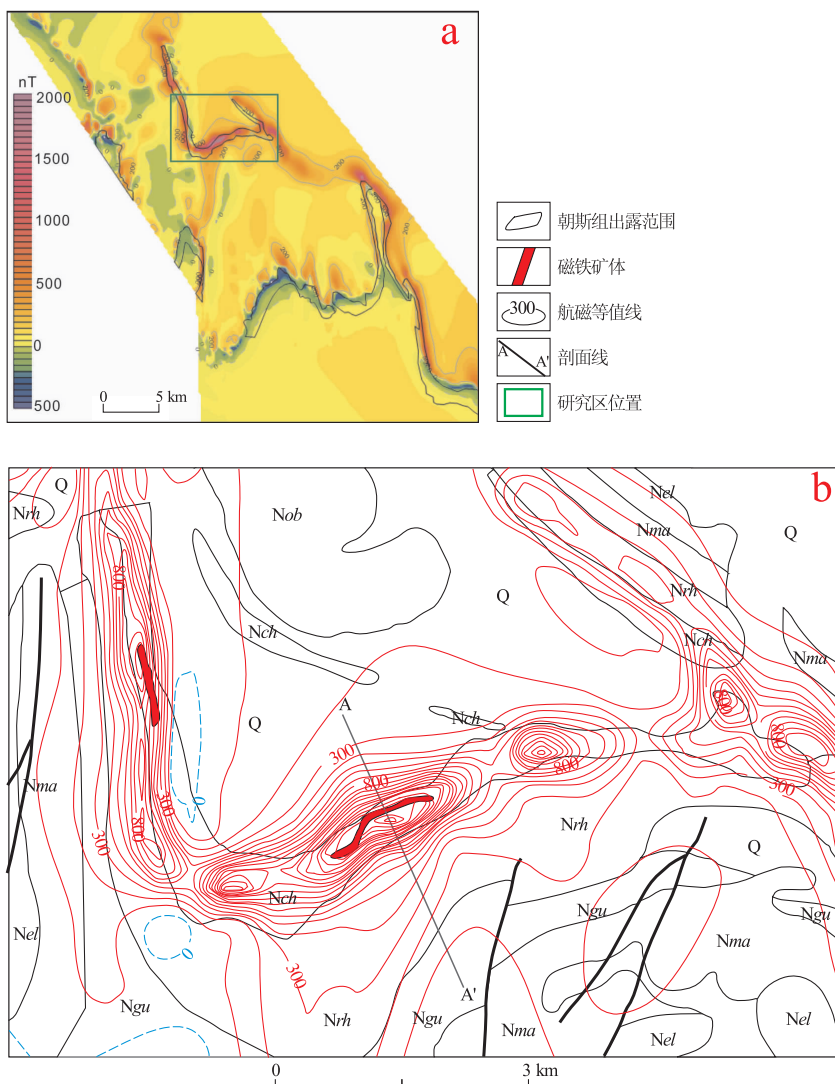


图 2 纳米比亚研究区航磁异常图

Fig. 2 Aeromagnetic anomaly map of study area in Namibia

a. 奥普沃区域航磁异常图; b. 奥姆博姆博地区航磁异常图

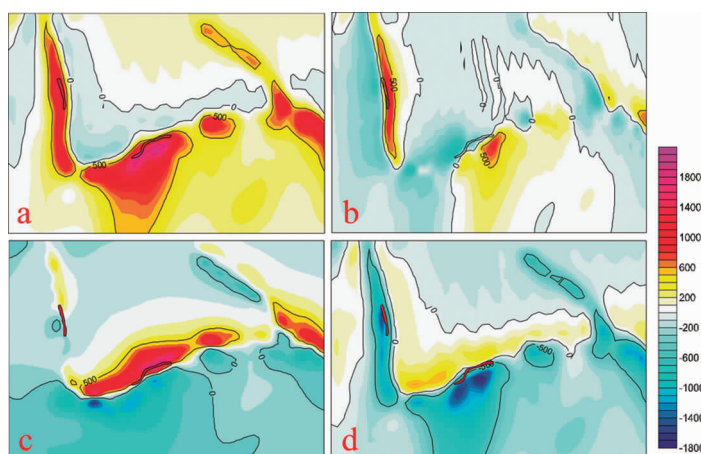


图 3 奥姆博姆博航磁化极 ΔT 及各分量异常图
Fig. 3 Aeromagnetic reducing to the pole anomaly map of the total field and three component
a. ΔT 异常图; b. H_{ax} 异常图; c. H_{ay} 异常图; d. Z_a 异常图

常,压制了东西向磁异常, H_{ay} 则反之; Z_a 分量磁异常具有南半球典型异常特征“北正南负”,以负异常为主,与北半球磁异常特征“北负南正”分布相反。航磁化极总场(图 4)比 3 个磁分量能更好地反映朝斯组与铁矿体引起的磁效应,异常形态规整,因此,在纳米比亚地区采用航磁化极总场异常来进行地质解释比较合理,其他 3 分量磁异常辅助解释。

2.3 航磁异常特征

区内航磁异常呈条带状分布(图 4),异常形态比

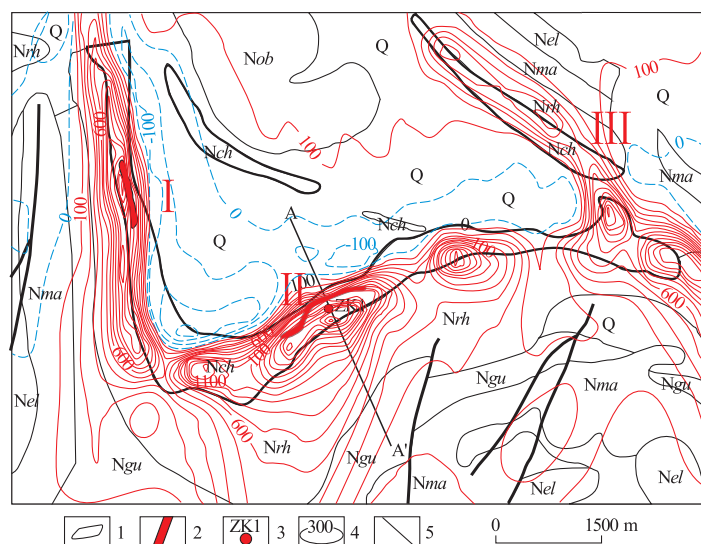


图 4 奥姆博姆博 ΔT 航磁化极异常图
Fig. 4 Aeromagnetic reducing to the pole anomaly map of the total field
说明磁铁矿位置与 ΔT 航磁化极异常梯度带相对应
1. 朝斯组出露范围; 2. 磁铁矿体; 3. 钻孔; 4. 航磁等值线; 5. 地质界线

较简单,总体呈“U”形,与朝斯组分布形态相吻合,航磁异常主要有 3 个异常带组成:SN 向的 I 号异常带,NEE 向的 II 号异常带,NW 向的 III 号异常带。

I 号异常带位于测区西部,走向近 SN 向,长度 5 000 m、宽 480 m 左右;正异常两侧等值线基本对称,西侧略缓,东侧有负异常伴生,异常最大值为 1 400 nT,其东侧梯度带上磁铁矿脉出露。II 号异常带位于测区南部,走向为 NEE 向,总体长 7 000 m,宽 800 m 左右。II 号与 I 号异常带呈 70° 夹角,交接部位构造复杂,存在褶皱和断裂构造;异常带南正北负,正异常北陡南缓,南翼等值线宽缓,推测磁性体向 S 倾斜。II 号异常带由 3 个局部磁异常组成,呈带状分布,中段局部异常强度最大,达 2 500 nT,其北侧梯度带上发现有磁铁矿脉出露。III 号异常带位于测区东部,走向 NW,总体长约 5 500 m,从东南到北西分布 4 个局部磁异常,磁异常强度逐渐减弱。

本次工作对区内强磁异常带进行了初步地质调查,在航磁化极异常的梯度带上,发现了 2 条磁铁矿脉。对 A—A' 剖面进行航磁异常磁化率反演(图 5),推测磁性体向 S 倾斜,磁性体中心埋深在 200~300 m 之间,经钻孔验证,在埋深 220 m 处,见厚 30 m 左右的磁铁矿体。

以往地质资料认为该地区以沉积变质赤铁矿为主。经过这次地质调查及钻井揭露,磁异常主要由朝斯组内的磁铁矿引起,磁铁矿极有可能在局部地区富集。朝斯组上高磁异常带是寻找磁铁矿床的优选目标靶区,该区具有较大的磁铁矿找矿潜力。

3 找矿标志

(1) 地球物理标志。朝斯组磁铁矿具有强的磁性特征,平均磁化率 $118\,750 \times 10^{-5}$ SI,能引起数千纳特航磁异常,磁异常与朝斯组分布基本一致,铁矿露头一般分布在磁异常梯度带上^[3,13-14],磁异常是该地区找矿的一个重要标志。朝斯组磁铁矿密度一般在 2.90 g/cm^3 以上,其围岩(白云岩和砂岩)密度在 2.80 g/cm^3 左右,磁铁矿与围岩存在明显的密度差异,磁铁矿能引起重力高异常,因此重

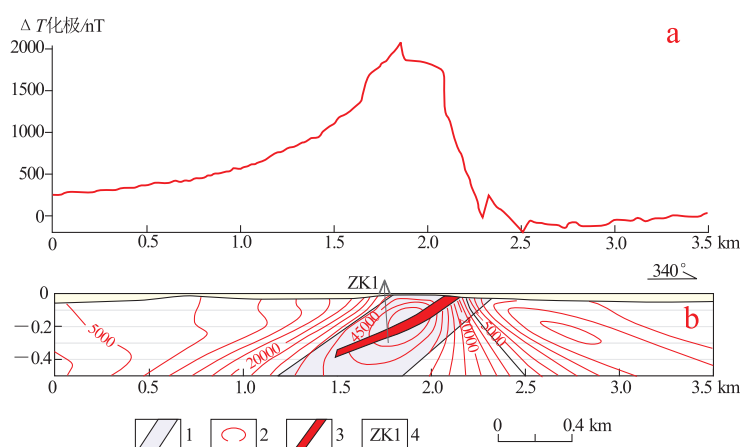


图5 A—A'剖面磁异常地质综合图

Fig. 5 A—A' Profiles of magnetic anomalies comprehensive geological map

a. 航磁异常曲线图; b. 航磁异常视磁化率反演图

1. 朝斯组; 2. 视磁化率等值线(10^{-5} SI); 3. 磁铁矿体; 4. 钻井

力异常也是寻找该区铁矿的一个标志。

(2)地层标志。沉积型铁矿几乎都产于新元古界达马拉(Damara)系Otavi群Abenab亚群的朝斯组中。Otavi群是以碳酸盐岩为主的地层,而产于其中的朝斯组则是以碎屑岩为主的地层,这种岩性野外容易辨认。从区域来看,朝斯组与顶、底板地层的岩性(均为白云岩)也比较容易区别,其在色调上与其他地层具有较大差异。

(3)地貌标志。磁铁矿耐风化,比重较大,其风化产物常散落于露头附近,并在山坡及河谷形成铁矿转石的堆积。如果在富铁矿区域,可形成钢灰色的黑斑(富铁矿转石在山坡的覆盖区)和钢灰黑的黑带(被富铁矿转石充填的河床和冲沟)。

(4)围岩蚀变标志。主要为泥化、碳酸盐化、绢云母化,次为阳起石化及绿泥石化、黑云母化等。

4 结语

纳米比亚地处南半球,工作区航磁异常的总体特征为北正南负,磁异常以正异常为主。磁异常是

寻找本区磁铁矿的重要标志,磁铁矿露头一般分布在磁异常的梯度带上或正负异常交变带上;磁异常客观反映了不同岩性的空间分布特征。朝斯组含铁地层是引起磁异常的主要因素,朝斯组分布区高磁异常带是磁铁矿床勘查优选靶区。

致谢:本文在编写过程中得到了朱春生、王佩业、杨生等专家的悉心指导,在此深表感谢。

参考文献:

- [1] 李文成. 首钢秘鲁马尔科纳铁矿区磁异常的数据处理[J]. 地质找矿论丛, 2011, 26(3): 316—321.
- [2] 杜汉卿, 刘占途, 张文华, 等. 高精度磁法在苏丹红海州佛地宛铁矿区中的应用[J]. 地质找矿论丛, 2011, 26(3): 322—327.
- [3] 张玄杰, 郑广如, 范子梁, 等. 新疆西天山东段航磁异常特征及找矿效果[J]. 地球物理学进展, 2012, 27(1): 335—342.
- [4] 李洪普, 张炳文, 马金元, 等. 青海东昆仑那陵郭勒河东铁矿床磁异常特征分析[J]. 地质与勘探, 2009, 45(3): 304—311.
- [5] 于长春, 范正国, 王乃东, 等. 高分辨率航磁方法及在大冶铁矿区的应用[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(3): 979—983.
- [6] 管志宁, 郝天珧, 姚长利. 21世纪重力与磁法勘探的展望[J]. 地球物理学进展, 2002, 17(2): 237—244.
- [7] 齐文秀, 刘涛. 金属矿产探新方法新技术[J]. 地质与勘探, 2005, 41(6): 62—66.
- [8] 熊光楚. 矿产预测中重磁异常变换的若干问题: 一、总磁场强度观测结果的化极问题[J]. 物探与化探, 1992, 16(4): 247—253.
- [9] 赵百民, 郝天珧, 徐亚. 低纬度磁异常的转换与处理[J]. 地球物理学进展, 2009, 24(1): 124—130.
- [10] 骆遥, 薛典军. 基于概率成像技术的低纬度磁异常化极方法[J]. 地球物理学报, 2009, 52(7): 1907—1914.
- [11] 王公念, 吴宣志. 南极布兰斯菲尔德海峡海磁异常和深部地质[J]. 极地研究, 1997, 9(2): 145—151.
- [12] 郭友钊. 湘南骑田岭地区锡多金属矿体的磁法找矿标志研究[J]. 地质与勘探, 2007, 43(4): 69—73.

Aeromagnetic anomalies characteristics and the ore-prospecting significance in Ombombo, Namibia

ZHOU Ximing^{1,2}, ZHANG Guangjun², CHEN Chao¹, LI Aiyong², ZHANG Mingpeng²

(1. Institute of Geophysics & Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. Team 814, Eastern China Geological & Mining Organization for Non-ferrous Metals
in Jiangsu Province, Zhenjiang 212005, Jiangsu, China)

Abstract: ΔT aeromagnetic anomaly of reducing to the pole of Ombombo area of Namibia is dominated by positive anomaly that basically reflects distribution extent of Nch formation. Iron ore outcrops are direct mark for iron ore prospecting and generally distributed in gradient of the magnetic anomalies zone. High magnetic anomaly zone is the preferred target for magnetite deposit in Nch formation. Through field geological survey and drilling better magnetite ore bodies are discovered and the area is predicted potential for magnetite ore prospecting.

Key Words: aeromagnetic ΔT anomalies; reduction to the pole; magnetite; prospecting mark; Namibia

欢迎订阅 2014 年《黄金》

传播信息 传递经验 促进创新 服务行业



《黄金》于 1980 年创刊,是黄金行业的综合性科技期刊。主要报道黄金及其相关行业在矿业经济与管理、黄金市场、工业用金、黄金地质、采矿工程、机电与自动控制、选矿与冶炼、安全与环保、分析测试等方面的科研成果和综合评述,以及新理论、新技术、新工艺、新设备、生产管理经验等内容,同时还开辟了信息纵横(国内信息、国外信息)、读编往来等栏目。

《黄金》具有权威性,内容翔实,信息量大,实用性强,覆盖面广,现已遍布黄金、冶金、有色金属、黑色金属、地质矿产、化工、机械、核工业、耐磨、金融及金银饰品等行业。

《黄金》广告合理的价格定位,全方位的优质服务,为客户提供了理想的宣传平台。《黄金》广告现已融入到黄金行业及相关行业的专业学术会议中,是厂矿企业联系的桥梁和纽带,是生产、经营、销售的良师益友。通过《黄金》广告宣传,有助于树立企业形象,创出企业名牌,提高企业知名度,促进产品销售,增加企业效益。

《黄金》为月刊,国际标准连续出版物号 ISSN 1001-1277,中国标准连续出版物号 CN 22-1110/TF,国际期刊 CODEN 码 HANGFV,彩色封面,国际开本(A4),国内外公开发行,国内邮发代号 12-47。国外发行由中国国际图书贸易总公司代理,代号 M3331。全国各地邮局和我社发行部均可订阅。国内每册定价 15.00 元,全年 180.00 元。

地址:吉林省长春市南湖大路 6760 号 黄金杂志社
电话:0431-85514586 转 3235
网址:gold.ccgri.com

邮 编:130012
传 真:0431-85521861
电子信箱:ggb3068@126.com

欢迎国内外新老朋友订阅《黄金》、洽谈《黄金》广告业务!