

应用 CCM-4 磁力仪探测柬埔寨本库比隐伏磁铁矿

陈智, 宋启文, 张登藩, 黄启霖, 杨武

(贵州省地矿局地球物理地球化学勘查院, 贵州 贵阳 550018)

[摘要]利用地面高精度磁测,对第四系大面积覆盖的研究区,开展了磁铁矿的综合方法找矿。对磁场观测数据进行了不同高度的上下延拓磁异常计算处理,并据磁异常分布特征和磁参数物性情况及地质情况,圈定了区内磁异常8个,当正磁异常值大于500nT时,推测为矿致磁异常引起。据正磁异常的分布特征,在C1正磁异常区和其它正磁异常区,布置了数孔进行钻探验证,仅个别钻孔未见到磁铁矿,取得了物探方法地面磁法直接找矿的成功实例,为它区相同地质背景寻找磁铁矿提供了经验。

[关键词]磁法勘探;数据;延拓;异常;磁铁矿

[中图分类号]P618.31;P631.2 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2015)02-0132-05

磁法勘探自上世纪50年代开展以来,为我国寻找隐伏磁铁矿及其它矿种作出了较大贡献。进入21世纪后,该方法理论更加成熟,仪器设备更为先进,数据采集信息可靠,现已大量应用于油气、有色金属、稀有和贵金属的勘查,应用效果显著^[1-2]。

我院在柬埔寨王国本库比地区开展的磁铁矿找矿,是落实贵州省地矿局地质勘查走出去的战略决策之一,是我院迈出国门在境外的重点项目之一,本次物探工作是地质勘查的一部分,地面磁测取得了较好的勘查效果。

1 矿区地质概况及岩(矿)石物性参数

1.1 矿区地质概况

大地构造,位于印支板块的南部,柬埔寨拜林复背斜之磅士卑茶胶海西褶皱带内^[3]。矿区及外围岩浆侵入活动强烈,第四系大面积覆盖,其他地层零星且断续分布其中,基岩露头少,构造形态不清^[4-5](图1),在矿区东北部出现一磁铁矿露头。已知柬埔寨国内其他铁矿区和本区钻探结果得知,铁矿体产于由磁铁矿闪辉石岩、辉绿岩、斜长岩、斜长花岗岩组成的杂岩体内的磁铁矿闪辉

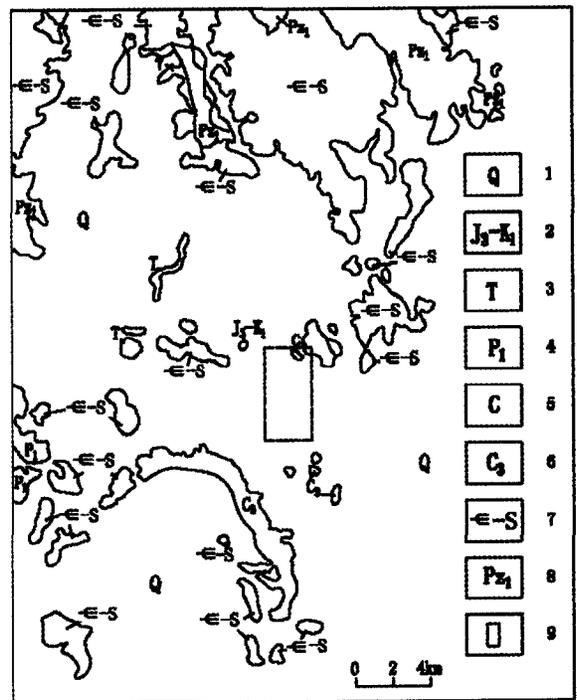


图1 柬埔寨本库比地区区域地质图

Fig. 1 Regional geological map of Benkubi in Cambodia
1—第四纪冲积物;2—侏罗纪上统至白垩系下统流纹岩;3—三叠纪砂岩、角砾岩;4—二叠纪流纹岩;5—石炭纪片岩、硅片岩、砂岩;6—晚石炭纪辉绿岩侵入体;7—寒武纪至志留纪石英岩;8—早古生代花岗岩;9—研究区范围

[收稿日期]2015-02-05

[基金项目]贵州省地矿局地质科研资金资助项目“黔地矿科合(2013)05号”。

[作者简介]陈智(1968—),男,高级工程师,长期从事矿产勘查及地球化学勘查工作。

石岩中,赋矿岩体从内到外呈现从超基性向酸性岩类过渡,即从内到外岩类过渡情况为磁铁角闪辉石岩—(辉绿岩、斜长岩)—斜长花岗岩,各岩类之间呈渐变过渡关系,无明显分界线。矿体呈似层状产出,部分矿体有分支复合现象,矿体与围岩也呈渐变过渡关系,无明显的矿体边界。

1.2 岩(矿)石物性参数特征

表1为区内实测露头 and 钻探部分标本与参考毗邻区的岩(矿)石磁性参数值的综合统计结果。磁化率表现,磁铁矿为高值磁性,数值为 $7\ 980 \times 4\pi \times 10^{-6} \text{SI}$,其他岩(矿)石为相对低磁,数值大小一般为 $1\ 300 \times 4\pi \times 10^{-6} \text{SI}$,磁铁矿高出围岩6个数量级,存在明显的磁性差异,工区具备了开展磁法勘探的良好条件和地球物理前提^[6]。

表1 研究区岩(矿)石标本参数统计表

Table 1 Statistics of ore (rock) samples in the target area

岩(矿)石名称	磁化率 $k(4\pi \times 10^{-6} \text{SI})$	
	变化范围	平均值
磁铁矿石	650 ~ 13 250	7 980
褐铁矿石	280 ~ 3 750	1 330
辉绿岩	195 ~ 755	520
灰岩	1 330 ~ 1 450	1 390
砂岩	290 ~ 3 550	1 580

2 野外工作及资料处理

2.1 野外工作方法

野外地面磁测仪器,运用北京地质仪器厂生产的CCM-4型单轴磁通门磁力仪,该类仪器性能优良、分辨率高、可最大限度探测微弱信息,主要技术指标为:量程 $\pm 19\ 999 \text{ nT} \pm 0.5\%$ (纳特);分辨率 1 nT ;磁场补偿范围 $35\ 000 \sim 55\ 000 \text{ nT}$;工作环境温度 $-10 \sim 50^\circ \text{C}$ 。

投入野外工作的仪器共6台,它们均进行了一致性试验,试验结果一致性曲线基本吻合。采用矩形磁测网布置测线,网度为 $100 \times 40 \text{ m}$,比例尺为 $1:10\ 000$,测线方向东西向。共完成磁法勘探探测线50条,测线总长 $183\ 400 \text{ m}$,总测点数为4 585个。定点采用集思宝 VISTA 展望手持 GPS 导航仪,采用西安 80 坐标系统。野外工作起始于基点、结束于基点。

2.2 室内资料处理

因工区面积较小,相对高差小、地形坡度小及第四系覆盖厚度小等特点,未对磁测数据进行高度改正、正常场改正和化向地磁极等处理。根据公式 $\Delta Z = s_i - s_1 - (s_2 - s_1)(t_i - t_1)/(t_2 - t_1)$,计算出测点磁场强度 ΔZ 值(其中: S_i 为测量值, t_i 为测量时间, S_1 为早基值, S_2 为晚基值, t_1 为早基时间, t_2 为晚基时间),取测点两次观测值的平均值,作为测点观测值。将 ΔZ 值和 GPS 数据一起录入电脑,形成 X、Y、 ΔZ 三列磁异常数据表,用 SURFER 和 CAD 绘制成磁异常图。

3 第四系覆盖区下磁异常特征及异常解释

3.1 磁异常特征分析

图2中,以正负伴生的磁异常分布为特色,北

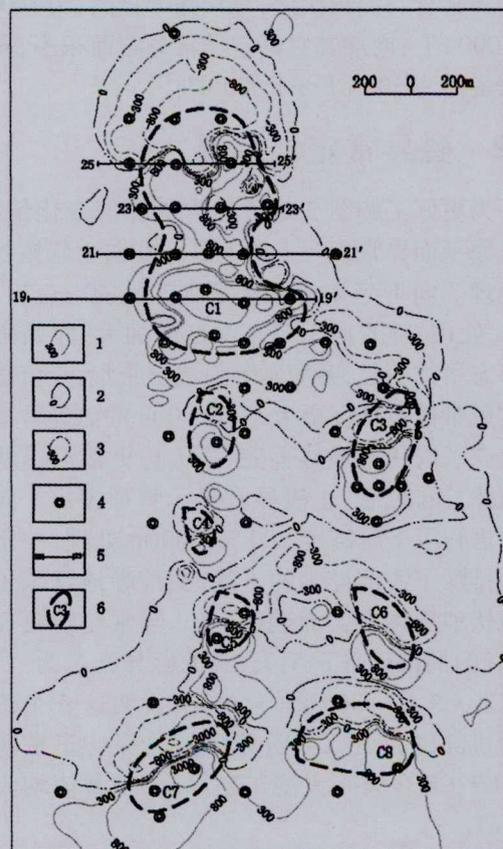


图2 柬埔寨本库比地区地面磁测异常图

Fig. 2 Surface magnetic anomaly of Benkubi in Cambodia

1—地磁异常正等值线;2—地磁异常零等值线;3—地磁异常负等值线;4—钻孔位置;5—勘探线位置及编号;6—磁异常范围及编号

部异常分布面积小、南部异常分布面积大,正磁异常分布较负磁异常分布醒目,多处出现、异常密集、强度较高,异常变化值 300 nT ~ 4 000 nT,南部地区较北部地区的异常强度高。区内磁异常区域上,整体呈南北向条带状分布,北部磁异常以独立的南北向条带状异常出现,异常分布面积大,异常变化 300 nT ~ 800 nT;南部异常分解为 2 条呈南北向条带状异常,似串珠状分布,异常等值线分布较北部宽缓,个体异常面积较北部的小得多,异常变化 300 nT ~ 4 000 nT。全区局部磁异常呈东西向分布,异常幅值一般为 ±300 nT ~ ±800 nT 变化。

据区内磁异常强度特征和物性资料,取 300 nT 作为异常下限圈定异常,全区共圈定 8 个磁异常,其中:北部圈定了 C1 磁异常 1 个;南部圈定了 C2 ~ C8 共 7 个磁异常,分为 2 条南北向磁异常带,C2、C4、C5、C7 组成左磁异常带,C3、C6、C8 组成右磁异常带。北部的 C1 正磁异常分布面积最大,异常强度高,为 300 nT ~ 2 000 nT;南部的 C7 正磁异常分布面积次之,异常强度最高,为 300 nT ~ 4 000 nT;南部其它圈定异常分布面积小、异常幅值较高为 300 nT ~ 1 000 nT^[7]。

3.2 磁异常定性解释

为更好了解图 2 地磁异常的深部变化情况,对其原平面异常进行了向下延拓和向上延拓的异常处理。向下延拓进行了下延深度 40 m、70 m、80 m 处理,随着向下延拓深度的加大,原始磁异常形态更加明显,磁异常等值线更密集,正负磁异常接触带部位梯度更大,下延 80 m 的磁异常清晰地反映了隐伏地质体面貌(图 3),更接近了地下地质体分布位置,正磁异常显示特征突出。向上延拓进行了上延高度 200 m、300 m 处理,一定程度上排除了浅部异常的干扰,更清晰地反映了深部隐伏地质体真实面貌(图 4),异常轮廓更加分明,有的局部磁异常消失,有的磁异常合为一体;C2、C4、C5、C3、C6 磁异常消失,说明这 5 个磁异常为浅部磁异常,C1 磁异常仍然保持正磁场存在,C7、C8 合为一大型正磁异常,异常值均大于 100 nT。

基于区内 C1 ~ C8 的深部磁场不同层面的特征表现和地质露头及岩性的变化情况,综合分析认为,C1 ~ C8 等 8 个正磁异常,推测可能为磁铁矿或其它具高磁性的物质引起。经理论计算,当

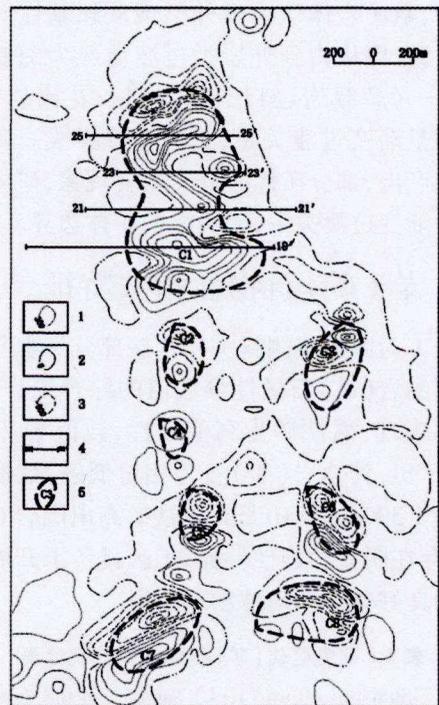


图 3 柬埔寨本库比地区地面磁测下延 80 m 异常图
Fig. 3 Anomaly of surface magnetic survey 80m downward of Benkubi in Cambodia

1—地磁异常正等值线;2—地磁异常零等值线;3—地磁异常负等值线;4—勘探线位置及编号;5—磁异常范围及编号

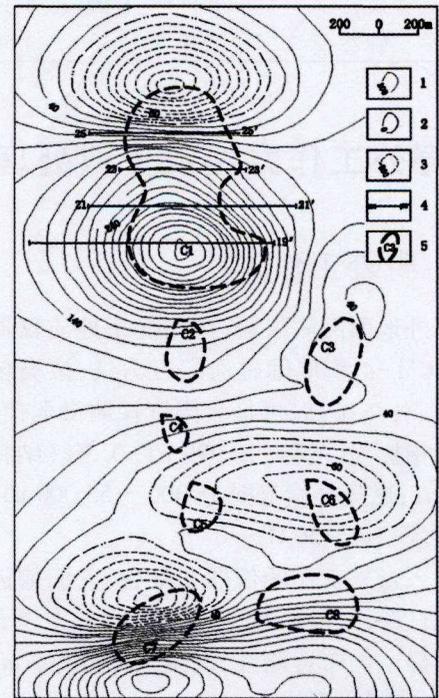


图 4 柬埔寨本库比地区地面磁测上延 300 m 异常图
Fig. 4 Anomaly of surface magnetic survey 300m upward of Benkubi in Cambodia

1—地磁异常正等值线;2—地磁异常零等值线;3—地磁异常负等值线;4—勘探线位置及编号;5—磁异常范围及编号

磁场值大于 500 nT 时,正磁异常应为岩体异常和矿致磁异常所致。

4 磁铁矿床的直接发现及钻探验证

针对区内磁异常的平面分布特征和正磁异常表现的幅值、磁铁矿的磁化率(平均值 $7980 \times 4\pi \times 10^{-6} \text{SI}$)及地表磁铁矿露头情况,在该地区磁铁矿显示为强的高值磁性,为高精度磁法找矿,发现磁铁矿提供了直接依据。在 C1 正磁异常区上,按东西方向布置了与磁测剖面线重合的地质勘探线 4 条,并钻探了 17 个孔工程验证(图 5),在各条剖面异常图中,磁异常幅值均大于 800 nT,以磁测

剖面 25 ~ 25' 反映的磁异常强度最高,幅值达 1 350 nT。结果显示,在主异常分布区,均见有不同品位、规模矿体,共圈定 6 个矿段 9 个矿体,矿体产状总体倾向南西,倾角较平缓,倾角变化一般在 $7^\circ \sim 29^\circ$ 之间,单个矿体走向延伸最大为 810 m,倾向延伸最大为 650 m,矿体垂厚一般在 10 m 左右,最大厚度达 74.99 m。矿石中铁品位一般在 26% 左右,而 V_2O_5 含量达到了综合回收利用要求, TiO_2 含量一般在 0.70% 左右,矿石矿物主要是磁铁矿和微量赤铁矿、菱铁矿,矿石矿物以磁性矿物为主,磁性矿物占 83.48%,脉石矿物主要有长石、石英、角闪石、透辉石、绿泥石、绢云母、方解石和磷灰石等。矿石属于低品位需选(钽)磁铁矿^[8-9]。综合评价矿床规模达到中型矿床。

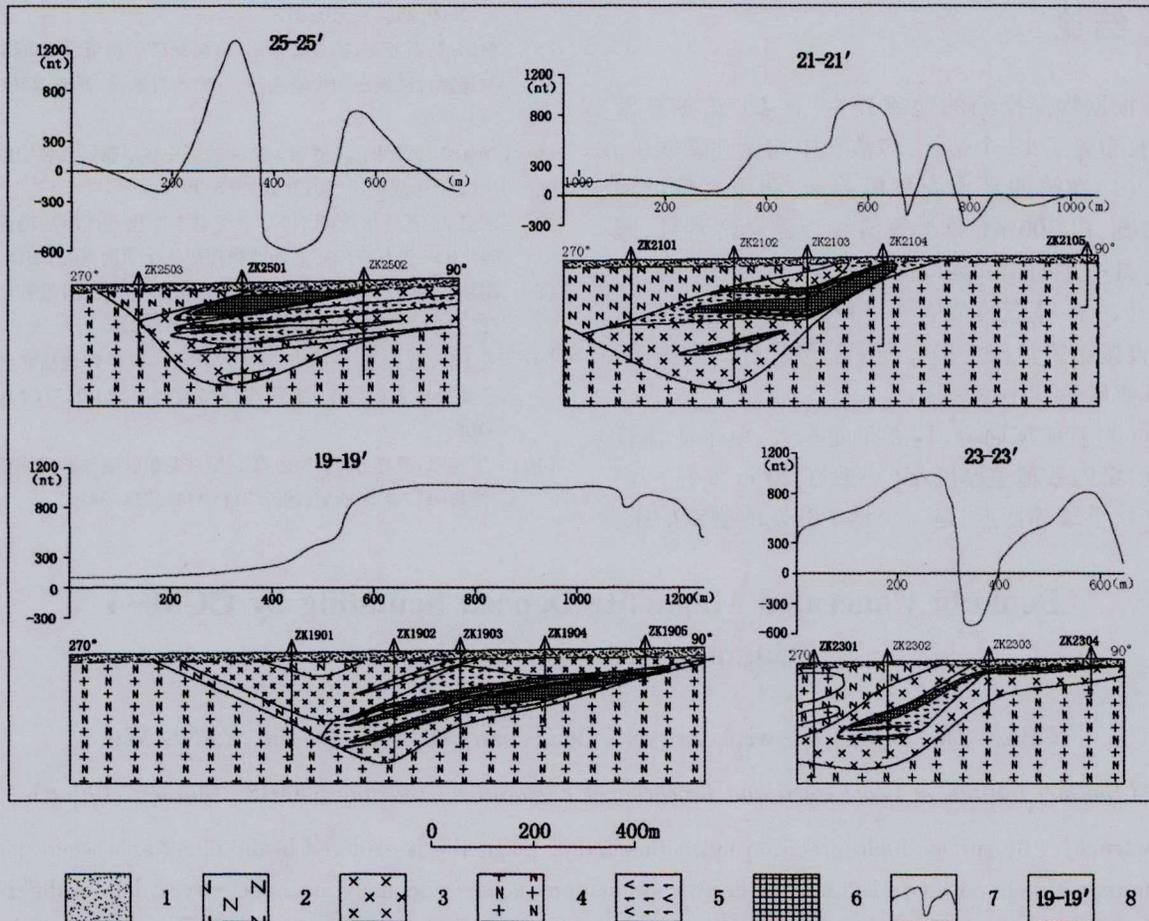


图 5 柬埔寨本库比地区 C1 磁异常区地质地磁综合异常剖面图

Fig. 5 Comprehensive anomaly profile of C1 magnetic anomaly area of Benkubi in Cambodia

1—第四系风化砂土;2—斜长岩;3—辉绿岩;4—斜长花岗岩;5—磁铁角闪辉石岩;6—磁铁矿体;7—磁异常曲线;8—地质勘探剖面编号

全区共施工钻孔 56 个,见矿钻孔 27 个,见矿标高变化较大,从 8.41 ~ -264.10 m,一般在 -90 m 左右。正磁异常分布区施工钻孔 42 个,见

矿 23 个,见矿率 55%,在正磁异常值大于 500nT 区域所施工的钻孔 19 个,均见有不同品位、规模矿体(或矿化体),见矿率 100%,负磁异常区共施

工钻孔 14 个,见矿(化)4 个,见矿率 28%。从剖面 25 ~ 25' 中可以看出,ZK2501 钻孔,矿体垂厚达 32.15 m,见矿深度为 5 ~ 37.51 m,平均品位 TFe 为 25.51%,钻孔施工位置正好位于该地段正磁异常中心,异常峰值 1350 nT,从圈定的矿体看钻孔位置正好为矿体的最大厚度处,而该剖面中 ZK 2503 钻孔正好处于负磁异常区,钻孔未见矿。ZK2502 钻孔处异常峰值仅 600 nT,虽然见矿但厚度仅 2 m,明显小得多,这充分说明正磁异常值大于 500 nT 区域异常为矿致异常和岩体异常引起,负磁异常区钻孔见矿率低,其他剖面也反应出同样的结果,说明磁法勘探圈定异常符合客观实际,磁法勘探应用于该地区磁铁矿勘查效果明显^[9-10]。

5 结论

根据物探推测的地磁异常,在 C1 正磁异常区内,布置了 17 个钻孔,多数孔中均见到磁铁矿。

(1)在第四系大面积覆盖区,利用高精度地面磁测,以 300 nT 异常等值线为磁异常背景,圈定了具有一定面积和强度的正负局部磁异常 8 处。

(2)在等值线值大于 500 nT 的正值异常区内,直接布置钻探工程打到了品位较好的磁铁矿。磁铁矿床达到中型规模。

(3)就矿床而言,具展布面积大、单个矿体较连续、第四系覆盖厚度小(一般在 20 m 左右)、矿体产状平缓等特点,是一个易于开发的磁铁矿床。

(4)在其它正磁异常区内,实施钻孔也打到了磁铁矿。

(5)本案例是物探方法得到较好运用,正确采用高精度地面磁测,圈定区内磁异常分布范围,结合地表地质情况,在正磁异常区,异常值大于 500 nT 区内,直接布置钻孔,成功找矿的较好实例。

[参考文献]

- [1] 管志宁. 我国磁法勘探的研究与进展[J]. 地球物理学报, 1997. 40(增刊). 299-307.
- [2] 苏巧云,端木合顺,王洁明. 磁法勘探在尼勒克县松湖铁矿中的应用[J]. 物探与化探, 2011. 35(5). 592-595.
- [3] 吴良士. 民主柬埔寨地质构造与区域成矿[J]. 矿床地质, 2009. 28(3). 281-283.
- [4] 吴良士. 民主柬埔寨矿产资源及其地质特征[J]. 矿床地质, 2009. 28(4). 510-512.
- [5] 徐国端,石菲菲,杨自安,等. 柬埔寨矿矿产资源分布规律及遥感找矿预测初步研究[J]. 矿产与地质, 2008, 22(6): 543-546.
- [6] 李怀良,庾先国,朱丽丽. 磁法勘探在浅层断层定位中的应用[J]. 金属矿山, 2012(12). 77-79.
- [7] 宋启文,扈昌龙,杨武,等. 柬埔寨本库比地区磁法勘探报告[R]. 贵州省地矿局地球物理地球化学勘查院, 2013.
- [8] 谢承祥,张晓华,王少波,等. 承德市超贫(钒钛)磁铁矿特征[J]. 矿床地质, 2006. 25(增刊). 487-490.
- [9] 王子正,范文玉,高建华,等. 攀西铁矿成矿带地质矿产特征及找矿方向[J]. 沉积与特提斯地质, 2012. 32(1). 97-105.
- [10] 罗小军,温春齐,曹志敏,等. 攀枝花钒钛磁铁矿矿床成因浅析[J]. 矿床地质, 2002. 21(增刊). 338-341.

Benkubi Concealed Magnetite Deposit Sounding by CCM-4 Magnetometer in Cambodia

CHEN Zhi, SONG Qi-wen, ZHANG Deng-pan, HUANG Qi-lin, YANG Wu

(Guizhou Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Guiyang 550018, Guizhou, China)

[Abstract] By surface high-precision magnetic survey, magnetite is explored in the target area where large Quaternary system covered. The up and down continuation magnetic anomaly magnetic survey data of different height are calculated, according to the magnetic anomaly distribution features, magnetic parameter physical property and geologic condition, 8 magnetic anomaly in this area are determined. When the value is more than 500 nT, it's inferred it caused by magnetic anomaly. According to the normal magnetic distribution, some drills are arranged to test in the C1 normal magnetic anomaly area and other normal magnetic anomaly area. The magnetite was not found only in few drilling holes, the successful example is gotten which exploration by surface magnetic method, affords experience for other area with the same geologic background.

[Key words] Magnetic exploration; Data; Continuation; Anomaly; Magnetite