

# 地面高精度磁测在胶东某金矿普查区的应用

梁德超<sup>1</sup>, 邓 军<sup>2</sup>, 杨立强<sup>3</sup>

(1. 国土资源部航空物探遥感中心, 北京 100083; 2. 中国地质大学, 北京 100083;  
3. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100101)

[摘 要] 通过胶东某金矿普查区大比例尺高精度磁法测量和重点区段初步工程验证, 取得如下认识: 划出了不同岩性空间分布范围; 编制了剪切带变形构造系统地质图, 实测和推测出剪切带构造 20 余条; 建立了“主剪切带型”和“次级剪切带型”金矿地质—地球物理找矿模型, 提出了 4 片找金有利区; 经工程验证, 在所钻探的 8 个钻孔中, 有 6 个钻孔发现了工业品位的金矿体。实践表明, 在本区开展地面高精度磁测具可行性和有效性。

[关键词] 高精度 磁法测量 剪切带 变形构造 金矿 找矿预测

[中图分类号] P531.2<sup>+</sup>21 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2000)03-0067-04

## 1 区域成矿地质背景和岩(矿)石磁性特征

### 1.1 区域成矿地质背景

研究区大地构造位置属胶东西北部隆起, 栖霞复背斜南翼近轴部, 招平构造岩浆金成矿带中段夏甸—大尹格庄矿带之间(图 1)。

### 1.2 岩(矿)石磁性特征

系统研究了不同类型岩(矿)石磁性特征, 除在该普查区基岩出露地段实测磁化率数值外, 还对 XD 金矿区岩(矿)石进行了磁化率测定(表 1)。

表 1 某普查区及 XD 金矿区岩(矿)石磁性参数统计表

岩(矿)石名称	观测标本数	磁化率( $\times 10^{-5} SI$ )		观测地点
		变化范围	均值	
斜长角闪岩、片岩、斜长片麻岩(胶东群)	15	25~156	83	普查区西部、号矿区
	29	11~1780	335	
	16	11~100	34	
闪长玢岩	27	21~86	35	号矿区
	14	1900~3380	2641	
蚀变闪长玢岩	7	735~1575	1275	普查区西部、号矿区
	23	27~180	66	
花岗岩	18	17~95	38	普查区西部、号矿区
	49	10~27	18	
	29	2~30	10	
断层泥	16	0~14	4	号矿区
含金蚀变带	29	7~31	16	号矿区

1) 胶东群磁性不均匀, 不同地点测得的磁化率值差别较大。其中以 XD 金矿、号矿区磁性最大, 值变化范围为(11~1780)  $\times 10^{-5} SI$ , 均值为 355  $\times 10^{-5} SI$ ; 其次为普查区西部出露地段, 值为 83  $\times 10^{-5} SI$ ; XD 金矿号矿区磁化率最小, 均值为 34  $\times 10^{-5} SI$ 。此外, 从 XD 金矿地表与井内磁化率值对比发现, 地表因岩石裸露风化剥蚀, 磁性相对降低, 两者相差一个数量级。

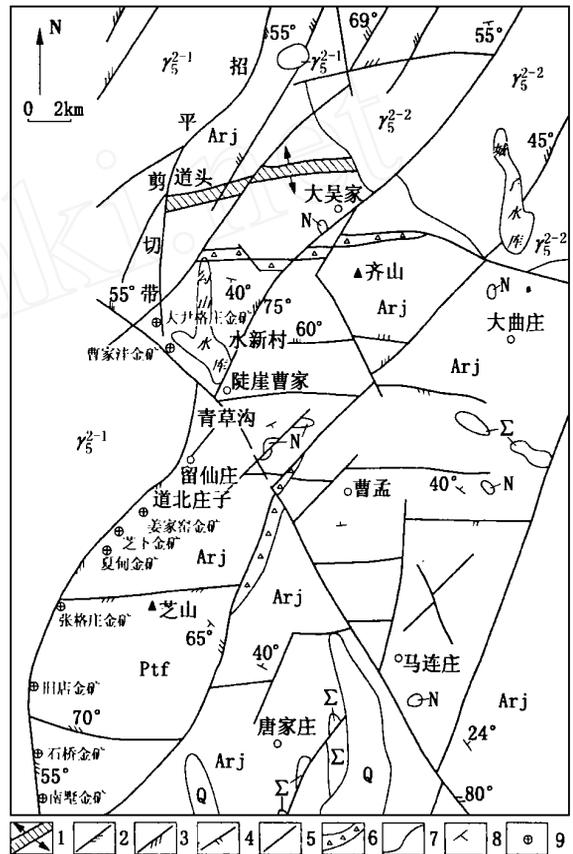


图 1 区域成矿地质构造背景和金矿分布图  
Q—第四系; Ptf—粉子山群; Arj—胶东群;  $\gamma_5^{2-2}$ —滦家河型花岗岩;  $\gamma_5^{2-1}$ —玲珑花岗岩; N—基性岩;  $\gamma_5^{2-1}$ —超基性岩; 1—栖霞复背斜轴; 2—压性断裂; 3—压扭性断裂; 4—张扭性断裂; 5—性质不明断裂; 6—角砾碎裂岩带; 7—地质界线; 8—岩层产状; 9—金矿

2) 闪长玢岩是岩(矿)石中磁化率值最大者, 均值一般大于 1000  $\times 10^{-5} SI$ , 是引起磁异常的主要因素之一。蚀变后, 磁性明显降低, 据对 23 个蚀变标本统

[收稿日期] 1999-01-20; [修定日期] 1999-07-08; [责任编辑] 王延忠

[基金项目] 本研究受国土资源部资源与环境科技攻关项目(编号: 95-02-013)和重点科技项目(编号: 9501107)以及山东省黄金局项目(编号: 97-98-10和97-98-11)资助。

计,均值为  $66 \times 10^{-5} \text{SI}$ ,相当于微—弱磁性。

3) 花岗岩磁化率值均小于  $100 \times 10^{-5} \text{SI}$ 。其中以矿区磁化率值最小,均值为  $10 \times 10^{-5} \text{SI}$ ;普查区东部磁性较为均匀,均值为  $18 \times 10^{-5} \text{SI}$ ;西部磁性变化较大,范围为  $(17 \sim 95) \times 10^{-5} \text{SI}$ ,均值为  $38 \times 10^{-5} \text{SI}$ ,其中有一处测得的值接近  $100 \times 10^{-5} \text{SI}$ 。

4) 断层泥磁性微弱,均值为  $4 \times 10^{-5} \text{SI}$ 。

5) 含金蚀变带磁性较弱,均值为  $10 \times 10^{-5} \text{SI}$ 。

## 2 地面高精度磁法测量方法技术

### 2.1 仪器

使用国土资源部航空物探遥感中心研制的高精度 Hc-95 氦 ( $^4\text{He}$ ) 光泵磁力仪。其灵敏度为  $0.05 \text{nT}$ ,采样率  $1 \text{次/s} \sim 5 \text{次/s}$  任选(本次测量选用  $1 \text{次/s}$ ),数字和曲线同时显示,并能存储。

### 2.2 野外工作方法

#### 1) 测网布置

在 1:2000 地形地质图上设计地面磁法测量的测线,测线方向基本垂直剪切破碎带走向,线距为  $200 \text{m}$ ,点距为  $10 \text{m}$ (相当于 1:1 万测网)。在测量过程中,见有测值变化较大处,点距加密到  $5 \text{m}$ 。从测量结果看,该普查区内多数异常走向与测线垂直,

T 区域磁场和局部异常反映较为清楚,表明设计的测线方向正确,测网布置合理。

#### 2) 测点定位方法及效果

测点的定位工作是根据大比例尺地形地质图(1:2000)与罗盘、基桩、步测及测绳相配合完成的。每天出工前预先在地形地质图上敷设上测点,实测过程中,首先根据基线找到待测线的基点桩位置,然后由罗盘定向、步测,结合地形地质图上地物标志寻找待测点,如遇地物不明显,一旦发现实地测点与敷设在地形地质图上的测点位置偏离较大时,均根据周围地物特征及时修正和补测,以确保测点定位精度。经用测绳多次检查,测线偏离误差一般小于  $10 \text{m}$ ,测点定位误差一般小于  $2 \text{m}$ 。

#### 3) 野外数据采集方法

野外测量期间严格按照规范要求遵守仪器操作规程。在测量时,还应注意观察地质现象,随时测量露头岩石标本的磁化率数据,遇到磁场变化异常处,加密测点,以便准确地确定异常形态和位置。

### 2.3 测量质量评价

一是利用重复测量的偶然误差。为此,选择了 71 线做重复线测量,工作量约占总工作量的  $4\%$ 。由图 2 可见,两次测量的磁异常形态基本一致。二

是利用磁测精度指标。方法是采用基点上两次测量获得的数据进行统计计算,其数学公式为  $\pm \left( \frac{\sum_{i=1}^n \Delta T_i^2}{n} \right)^{1/2}$ ,其中  $n$  为基点与测线交叉点个数, $i$  为第  $i$  个基点与测线交叉点上磁场差值,单位为  $\text{nT}$ 。经统计值约为  $\pm 2 \text{nT}$ 。由重复测量和磁测精度结果表明,测量仪器工作正常,精度满足工作要求。

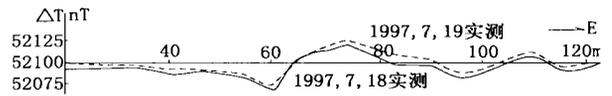


图 2 71 线重复测量对比图

### 2.4 数据处理和成图方法

在野外期间,每天收工后均在室内手工绘制磁测剖面草图。野外工作结束后,为确保微机成图数据的可靠性,防止在输入数据时人为造成的错误,采取以下检查措施:1) 将输入数据打印成册与野外记录本中的数据逐点对比;2) 将微机成图剖面与野外室内人工成图剖面逐线对比,对原始数据和输入机内数据及场变化特征不相符合或有疑点段线进行全面检查,发现错误及时改正,以确保初始数据质量。

磁测数据经正常场、日变等改正后,绘制正式剖面平面图。再采用网格距为  $10 \text{m} \times 10 \text{m}$ ,2 点滤波的网格化数据,绘制 T 等值线平面图(图 3)。经与平面剖面图对比,磁场未出现明显失真现象,说明网格距、滤波参数、等值线间距选择合适。

## 3 地面高精度磁法资料的应用

### 3.1 区域磁场结构及其反映的地质意义

对比 1:100 万航磁 T 图发现,在胶东地区无论是“焦家式”金矿,还是“玲珑式”金矿,多数金矿区位于航磁异常附近的低负磁场区及其梯度带上,如焦家、玲珑、灵山沟、新城、大尹格庄、夏甸等,表明利用航磁资料可以宏观预测金矿田(床)的空间分布,而该普查区正位于航磁北东向的负磁场梯度带上,说明该区也是金成矿有利区。然而,通过本次小范围、大比例尺地面高精度磁法测量结果,磁场面貌并不单调,以北东向招平剪切带为界,西侧以变化的相对高背景磁场为特征,局部异常形态、方向多变;而东侧以变化相对平稳的磁场为特征,仅南部受测区限制情况不详。由实测物性和野外踏勘获悉,西侧不仅有古老的胶东群变质岩系地层出露,而且侵入的花岗岩体磁性变化较大,局部地段还出露有闪长玢岩;东侧主要出露磁性相差不大的花岗岩体。因此,上述不同的区域磁场结构特征反映了不同的岩

石组合特征,西侧磁场结构特征反映一套不同磁性岩石组成杂岩体,其中有一定走向的线性异常可能为闪长玢岩反映,而等轴状异常则为胶东群反映;东

侧反映的是一套较为稳定的花岗岩体。据此区域磁场结构特征可大致划分出不同岩性的空间分布范围,了解其规律性,为金成矿及找矿预测提供依据。



图 3 某普查区磁异常等值线平面图

### 3.2 磁场反映的剪切带变形构造系统

研究表明,该普查区基底构造、成矿期韧性剪切带构造和成矿期后脆性断裂构造以及旁侧的次级脆性构造、羽状裂隙复合控制了金矿的形成与分布。次生构造主要为剪切带构造及其派生的次级羽状裂隙,为本区最重要的控矿因素。因此,查明本区剪切带构造系统分布规律,在找金矿勘探过程中具有重要意义。根据已知剪切带构造磁场特征,结合野外地质观察,编制了剪切带变形构造系统地质图,推断出 20 余条剪切带,其中编号剪切带 8 条(图 4)。

1) 东西向剪切带  $F_1$  剪切带位于 ZYC 公路南侧 47 线附近,走向近 EW,区内长约 1 000 m,与同一方向的河流走向一致。磁场特征和地质观察表明,该剪切带由一系列平行的剪切构造带组成,地表岩石蚀变破碎强烈,可能是一条蚀变破碎带。

该剪切带在 T 上延 500 m 后其磁场特征基本消失,说明切割深度不大。

3) 北西向剪切带  $F_4$  剪切带位于区内西北部 SK 的 N 侧,走向 NWW,长 500 m,宽 20 m~40 m,倾向 NE。显示了左行压扭性特征,主要由花岗闪长质碎裂岩组成,岩石硅化和绢云母化明显; $F_5$  剪切带位于区内中北部的 QCG 附近,走向 NWW,区内长 900 m。该带切割、错断了 NE 向的招平剪切带,使其向 NW 位移约 100 m; $F_6$  剪切带位于 LXC 村西,走向 NWW,区内长 1000 m; $F_7$  剪切带位于区内南部 DBCZ 附近,走向 NWW,区内长约 800 m。该带由多种蚀变岩组成,局部地段黄铁矿化发育,并且切割、错断了 NE 向招平剪切带,使其向 NW 位移约 70 m。

从空间分布看,上述 4 条剪切带不仅产状基本一致,而且具有近等距排列特点,表明它们可能是受同一构造应力作用结果。在上述剪切带的 SE 端与招平主剪切带交汇部位均发现了金矿化,反映其对金矿富集具有明显的控制作用。根据上述各组剪切带的成生时期、展布规律、形态产状、力学性质、复合关系、相互穿插和切割关系等综合分析认为,EW 向剪切带形成最早,NE、NNE 向剪切带次之,NW 向剪切带最晚。这与区域构造总体规律吻合。

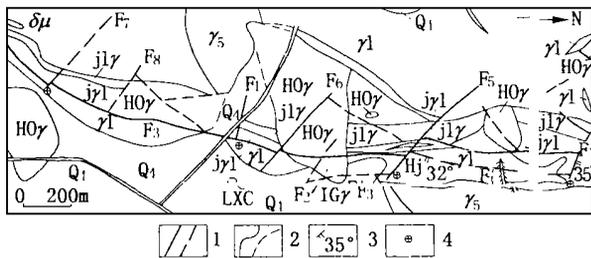


图 4 某普查区剪切变形构造地质图

Q—第四系;HO—胶东群;IG—碎裂状黑云变粒岩; $\gamma_5$ —花岗岩; $\mu$ —碎裂状花岗岩;1—花岗质碎裂岩;jl—钾化、糜棱岩化花岗岩;j1—绢英岩化碎裂状花岗岩;Hj—黄铁矿绢英岩;1—实测及推测剪切带;2—实测及推测地质界线;3—岩层产状;4—金矿(化)点

2) 北东、北北东向剪切带 以招平剪切带( $F_2$ 和  $F_3$ ) 为代表,是该区段内的主干剪切带,总体走向 NNE15°~40°,局部近 SN,区内长约 6 km,宽 100 m~300 m,由多种蚀变岩组成,局部地段黄铁矿化发育,左行压扭特征明显。北东部的宽度由磁场梯度带可大致确定,南西部由于受普查区范围限制宽度不详。

### 3.3 金矿地质—地球物理找矿模型与找矿预测

#### 3.3.1 金矿地质—地球物理找矿模型

1)“主剪切带型”金矿地质—地球物理找矿模型:XD 金矿床 号矿体位于招平主干剪切带中,属“焦家式”金矿类型。矿体多呈脉状、细脉状、浸染状及带状。其上盘为胶东群,下盘为花岗岩,矿体区岩石破碎、蚀变强烈。地面磁法 T 曲线在矿体上方有明显的低磁场区,远离矿体上盘为较高的磁场区,下盘为相对低的磁场区。对此矿体地质、地球物理特征分析,可基本概括出“主剪切带型”金矿地质—

地球物理找矿模型(图 5(a))。

2)“次级剪切带型”金矿地质—地球物理找矿模型:XD 金矿床 号支脉矿体位于主干剪切带旁侧的次级剪切带上,属“玲珑式”金矿类型。其上、下盘均为花岗岩岩体。矿体呈细脉状、网脉状赋存于剪切带下盘。地面磁法 T 曲线在矿体区上方有明显低磁异常,远离矿体区上、下盘则为相对高的磁场区。对此矿区地质、地球物理特征分析,可基本概括出“次级剪切带型”金矿地质—地球物理找矿模型(图 5(b))。

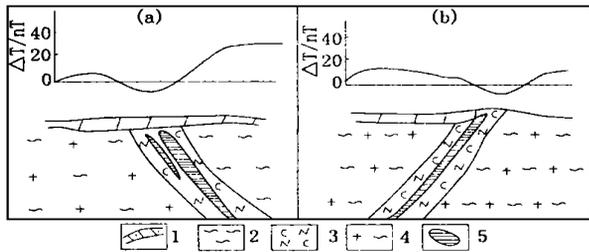


图 5 “主剪切带型”(a)和“次级剪切带型”(b)  
金矿地质—地球物理找矿模型

1—第四系;2—胶东群;3—蚀变破碎带;4—花岗岩;5—金矿体

### 3.3.2 找矿预测

从上述两种类型的找矿模型中,可提取出相似的地磁标志,即 T 磁场梯度带、过渡带及相对低负磁场区是找金矿的有利区。据此,结合该区地质成矿条件和部分探槽样品化学分析资料,提出了 4 片找金有利区。

### 3.4 工程验证结果评价

在一号找金有利区所施工 6 个钻孔,有 5 个孔见矿,矿体垂直厚度在 0.89 m ~ 3.40 m 之间,多数矿体垂直厚度大于 1.0 m,品位在  $1.65 \times 10^{-6}$  ~  $6.56 \times 10^{-6}$  之间;在二号找金有利区所钻 2 个钻孔,有 1 个孔见矿,矿体垂直厚度 0.6 m,最高品位  $3.4 \times 10^{-6}$ 。

## APPLICATION OF GROUND HIGH- PRECISION MAGNETIC MEASUREMENT TO THE RECONNAISSANCE OF ONE GOLD MINE IN EASTERN SHANDONG

LIANG De - chao , DENG Jun , YANG Li - qiang

**Abstract:** The application of ground high - precision magnetic measurement to the reconnaissance of one gold mine in eastern Shandong is briefed. After the large scale ground high - precision magnetic measurement and preliminary engineering testing, more than 20 shear structures were identified, 4 prospects for gold prospecting were outlined, and ore bodies over pay grade were met in 6 out of 8 drill holes. The ground high - precision magnetic measurement is an effective and feasible means for exploration.

**Key words:** high precision, magnetic measurement, deformation structure, gold, prospecting and prediction



第一作者简介:

梁德超(1963 年 - 2000 年),男。1987 年毕业于成都地质学院三系地球物理勘探专业。曾任国土资源部航空物探遥感中心综研室副主任,高级工程师,主要从事地球物理资料的生产和应用研究工作。

通讯地址:北京市学院路 29 号 国土资源部航空物探遥感中心 邮政编码:100083

初步钻探结果表明,其见矿率较高,从而验证了利用高精度磁法资料开展找矿预测的有效性和正确性。

## 4 结论与认识

1)本次采用的地面 Hc - 95 氦( $^4\text{He}$ )光泵磁力仪性能稳定,方法技术正确,效果明显。对弱磁性差异地区开展以找金为主的矿产勘查具指导作用。

2)尽管本区岩(矿)石磁性差异不大,但通过大比例尺、高精度磁法测量所获得的磁场结构清晰,反映了不同岩性的空间分布特征,对研究金成矿环境具有重要意义。

3)根据磁测结果和地质观察,编制了剪切带变形构造系统地质图,实测和推测剪切带构造 20 余条,这对进一步研究剪切带构造的控矿作用具有重要启发。

4)根据已知金矿体区地质观测和磁法测量资料的研究,建立了“主剪切带型”和“次级剪切带型”金矿地质—地球物理找矿模型。在此基础上,提取出地磁找金指标,优选出四片找金有利区,经初步工程验证,有很好的见矿率。

[参考文献]

- [1] 邓军,翟裕生,杨立强,等.论剪切带构造成矿系统[J].现代地质.1998(12),4:493~500.
- [2] 王炳成.胶东西北部金矿床成矿物理化学条件初探[J].山东地质.1994(10),1:1~9.
- [3] 顾留成,等.胶东破碎带蚀变岩型金矿床的地质—地球物理—地球化学模型及评价指标研究[M].济南:山东科学技术出版社,1996.178~193.
- [4] 管志宁.我国磁法勘探的研究与进展[J].地球物理学报.1997,40:299~307.
- [5] 岑岳忠.航空氦( $^4\text{He}$ )光泵磁力仪的研制和应用情况:地球物理与中国建设[M].北京:地质出版社,1997.275~277.