

## 高精度磁法在某铅锌矿体勘查中的应用\*

张伟庆<sup>1,2</sup> 张作伦<sup>1,2</sup> 张鲁新<sup>1,2</sup> 王永彬<sup>1,2</sup> 曾庆栋<sup>1</sup>

叶 杰<sup>1</sup> 于昌明<sup>1</sup> 刘红涛<sup>1</sup> 陈伟军<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院矿产资源研究重点实验室; 2. 中国科学院研究生院)

**摘 要** 简易磁测表明目标勘查区矿石具有明显磁异常。为了在区内有效地指导探矿工作,使用 HC-95a 手持式氦(He4)光泵磁力仪,结合差分 GPS 定位,开展了地面高精度磁测工作。测区共进行 19 条测线,测点 1 179 个,测线总长 23 200 m,圈定出 3 个长 800~1 800 m 的高磁异常带。其中 1 号异常位于岩体与地层接触带处,地表发现 2 处矿化露头,可以确定为矿化异常;2,3 号异常规模较大,地表无矿化出露,尚需开展进一步工作判断引起磁性异常原因。

**关键词** 砂卡岩型 铅锌矿床 氦光泵磁力仪 探矿

### Application of High Precision Magnetic Survey in the Exploration of a Lead-zinc Deposit

Zhang Weiqing<sup>1,2</sup> Zhang Zuolun<sup>1,2</sup> Zhang Luxin<sup>1,2</sup> Wang Yongbin<sup>1,2</sup> Zeng Qingdong<sup>1</sup>

Ye Jie<sup>1</sup> Yu Changming<sup>1</sup> Liu Hongtao<sup>1</sup> Chen Weijun<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Mineral Resources, Chinese Academy of Sciences; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences)

**Abstract** The simple magnetic survey indicated that the ore-bodies outcropped in the target area had obvious magnetic anomaly. In order to effectively instruct the prospecting work in the target area, we used handheld HC-95a ground helium optically-pumped magnetometer in combination with high precision GPS survey in the ground high precision magnetic survey for buried ore-bodies. The survey involving 19 survey lines with a total length of 23 200 m and 1 179 measuring points was carried out, and three 800~1 800 m long belts of high magnetic anomalies were defined. One anomaly was found at the contact belt between the intrusive rock and stratum, where two mineralization outcrops on the ground surface were determined to have mineralization anomalies. Anomalies 2 and 3 were of large size and had no mineralization outcrop, and a further work should be made to find the cause for the magnetic anomaly.

**Keywords** Skarn type, Lead-Zinc deposit, Helium optically-pumped magnetometer, Prospecting

近年来,随着国民经济对矿产资源需求的日益迫切,以及许多老矿山资源枯竭问题的日益严重,使得积极探寻新矿体具有重要意义。地质工作者已经总结出我国矿产勘查的任务是“攻深探盲,寻找大矿、富矿”<sup>[1]</sup>。随着覆盖区找矿工作的深入,地质工作者总结出了许多行之有效的技术方法。研究区位于花岗岩体与灰岩接触带上,已发现矿化露头具有明显磁性异常,在结合以往找矿工作经验积累基础上,采用氦光泵磁力仪(HC-95a)结合亚米级差分 GPS 开展矿体评价工作,本研究是对这一成果的报道。

### 1 方法概述

矿体勘查一般多遵循由面上到深部测量过程开

展,近年应用较广的物化探面上评价方法手段主要有伽玛能谱测量、X 荧光测量、激发极化测量、甚低频电磁测量、磁法测量<sup>[2-16]</sup>。磁法勘探在隐伏矿体预测中主要有 3 方面作用:划分岩体、划分构造单元及构造位置、直接(间接)找矿<sup>[11]</sup>。该方法主要用于评价金矿、铅锌矿、铁矿<sup>[11-16]</sup>。

野外使用的是国土资源部航空物探遥感中心为地面地磁测量而设计的 HC-95a 手持式氦(He4)光泵磁力仪。它是利用被激发的氦元素在磁场中产

\* 国家重点基础研究发展规划“973”项目(2006CB403507)。

张伟庆(1981—),男,中国科学院地质与地球物理研究所矿产资源研究重点实验室,中国科学院研究生院,硕士研究生,100049 北京市北土城西路 19 号。

生塞曼能级分裂,从而发生频率跃迁,其跃迁的共振频率正比于外磁场强度。HC-95a 手持式氦(He4)光泵磁力仪就是通过测量跃迁共振频率来指示磁场值的。仪器灵敏度为 0.05 nT,采样率固定为 2 s/次,有 6 700 个存储单元。

## 2 矿区地质特征

研究区内为铅锌矿点,隶属于扬子准地台,下扬子台坳皖南陷褶断带的北西缘。区内地层由震旦系蓝田组( $Z_2ln$ )、皮园村组( $Z_2p$ ),寒武系黄柏岭组( $\epsilon_1h$ )、杨柳岗组( $\epsilon_2y$ )组成。其中蓝田组与区内岩体接触,该组地层以大理岩为主,产状  $332^\circ \angle 33^\circ$ ;皮园村组为黑白条带相间硅质岩,硅质岩中偶见黄铁矿,产状  $337^\circ \angle 36^\circ$ ;黄柏岭组下段为硅质、炭质页岩,该组黄铁矿较为发育,产状  $336^\circ \angle 26^\circ$ ;黄柏岭组上段为板岩,该组含有较多黄铁矿,产状  $348^\circ \angle 14^\circ \sim 29^\circ$ ;杨柳岗组为大理岩,产状  $0^\circ \angle 28^\circ$ 、 $275^\circ \angle 26^\circ$ 。区内岩浆岩以花岗岩为主,花岗斑岩、花岗闪长斑岩次之,零星分布有闪长玢岩、辉绿玢岩。断裂构造有 NE 向、NW 向、NNE 向。矿化蚀变带位于花岗岩体与蓝田组大理岩接触带上。

## 3 矿化特征

矿点产于岩体与大理岩接触带部位,存在铅锌矿化露头 2 处;在矿区东部约 300 m 处、该带延伸线上有 1 座正开采的铅锌矿。

露头 1 为民采浅坑所揭露,浅坑宽约 2 m,近坍塌,浅坑呈褐红色,褐铁矿化明显。浅坑附近矿石中见有团块状闪锌矿、其中夹有少量方铅矿,矿石中黄铁矿较为发育,呈细脉状、星点状。矿石元素分析仪测试 Pb:0.12%~1.77%,Zn:0.34%~0.78%。

露头 2 为新发现露头,见团状闪锌矿,未见明显方铅矿。矿石元素分析仪测试 Pb:0~0.04%、Zn:2.32%~12.6%。

2 处矿化露头间隔约 800 m,露头 1 向东延伸约 600 m 为已知铅锌矿平硐口。已知矿与上述 2 个露头具有相同地质背景,应具有相同成矿特征。已知矿矿体产于大理岩和角岩中,矿体呈豆状,矿豆间隔几米至十几米,矿豆长十多米。

金属矿物为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿,非金属矿物有萤石、方解石、阳起石。按照矿物穿插、包裹关系可大致划分出 3 个成矿期(图 1)。早期矿化为脉状黄铁矿化、黄铁矿颗粒较大,大者大于 1 cm;中期

以团状闪锌矿、方铅矿和星点状黄铁矿为特征,穿插、包裹早期黄铁矿颗粒,部分黄铁矿颗粒有破碎,闪锌矿品位较富;晚期矿化以萤石、方解石细脉为特征。矿石元素分析仪测试矿石 Pb 为 0.01%~2.75%、Zn 为 0.13%~27.89%。

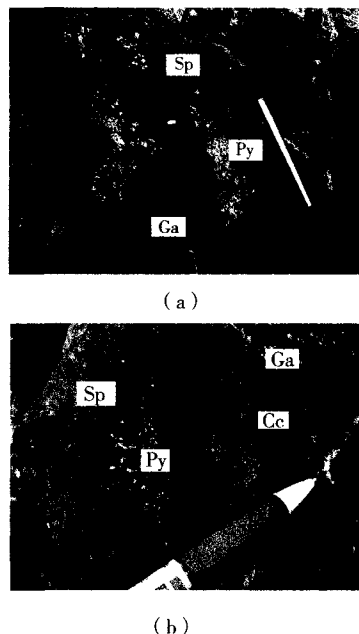


图 1 主要成矿关系

A-中期闪锌矿、方铅矿矿石包裹早期粗粒黄铁矿,部分黄铁矿呈三角状;B-晚期方解石脉穿插早期矿石;Ga-方铅矿;Sp-闪锌矿;Py-黄铁矿;Cc-方解石

使用捷克 KT-6 磁化率仪获得的矿石简易磁测参数为 0.64~267,且铅、锌矿石品位越富,磁化率值越高。附近角岩简易磁测参数为 0.12~0.19,大理岩为 0.1~0.14,蚀变花岗岩 0.02~0.2。从而为磁法测量提供了依据。

## 4 测量与解译

### 4.1 工区布置

测区布置高精度磁法测线 19 条,测线方向  $0^\circ$ ,测线总长 23 200 m,测点 1 179 个。该区最大磁场值 50 245.82 nT,最小磁场值 47 794.11 nT,平均磁场值 48 715.11 nT,背景磁场值 48 600 nT。测量成果如图 2,图 3 所示,测线间距 100 m,测点间距 20 m。为了保证定位精度,测量位置通过亚米级差分高精度 GPS 确定。测线布置原则是测线方向尽量垂直矿化带方向。

### 4.2 测量结果与解译

测区磁异常-地质叠合图较为简单、清晰。为

叙述简便,图中共划分了3个主磁异常带(图2)。

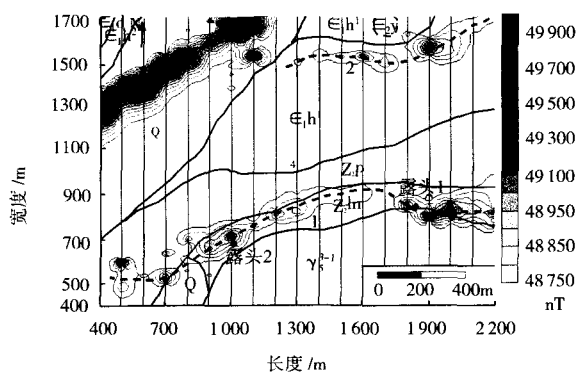


图2 高精度磁法测量异常-地质叠和图

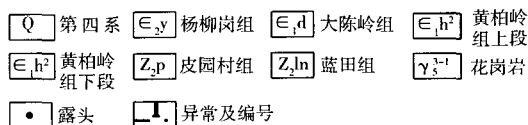


图3 高精度磁法测量散点图(1000线、1900线)

3号异常体长800 m,宽250 m,NE走向。该异常的显著特点是异常宽、稳定,总体磁场值较高,等值线梯度变化大。

1号异常长1800 m,宽80~200 m,异常近环形产出。1号异常延伸方向具有明显磁场强度变化,呈串珠状展布。

2号异常长约800 m,宽80~180 m,异常亦具有串珠状展布特征。

从叠合图中可以看出1号异常位于岩体与蓝田组大理岩接触带外接触带上。该带存在2处铅锌矿化露头,向东延伸为1开采中铅锌矿。根据磁异常形态、结合地质实际认为1号异常为矿化引起的异常,所指示矿体应具有豆状分布特征。

2号异常对应地层为黄柏岭组下段炭质页岩,炭质页岩中普遍含有黄铁矿。可能还有少量磁黄铁矿。炭质页岩可以引起明显低电阻率,高极化率异常,不适合开展进一步的电法工作,因此需通过钻探工作对引起异常原因加以证实。

3号异常位于农田中,下伏地层应为黄柏岭组炭质页岩或板岩,是否由矿化体引起亦需通过进一步钻探工作加以确定。

为进一步揭示高磁异常体在横剖面上的空间展布特征,对各测线绘制了高精度磁法测量散点图,散点图中横坐标交纵坐标于背景磁场值48 600 nT处。以分别穿过1,3号,1,2号高磁异常的1000线和1900线为例加以说明(图2)。

1000线测量结果表明,该线最大磁场值50 141.72 nT,最小磁场值48 632.73 nT,平均磁场值48 797.29 nT,其中在660点~760点,1580点~1700点,分别存在宽100 m,120 m的高磁异常,峰值分别为49 101.08 nT,50 141.72 nT,位于720点和1660点处。

1900线测量结果表明,该线最大磁场值49 491.78 nT,最小磁场值48 583.2 nT,平均磁场值48 715.45 nT,其中760~900点,1460~1600点,分别存在宽140 m,140 m的高磁异常,峰值为49 491.78 nT,49 130.33 nT,分别位于800点和1560点处。

## 5 结语

(1)高精度磁法工作确定与地表矿化露头对应的1号磁异常带可以确定为一条矿化异常,2、3号磁异常需开展进一步工作。通过磁法扫面测量工作认为研究区成矿潜力较好。值得开展进一步工作。

(2)本次利用磁法评价夕卡岩型铅锌矿体取得了较好成果,再次说明磁法是评价夕卡岩型铅锌矿体的有利手段。且磁法勘探具有受地形影响小,方便、高效特点,适合开展地区广。

## 参考文献

- [1] 刘光鼎,郝天姚.应用地球物理方法寻找隐伏矿床[J].地球物理学报,1995,38(6):850-854.
- [2] 刘建明,于昌明,刘红涛,等.隐伏矿、深部矿透视探测-快速评价的浅层地球物理技术体系[C]//第八届全国矿床会议论文集.北京:地质出版社,2006.

(下转第94页)

成矿体品位模型(如图 6 所示),并提供三维剖切功能;可基于勘查线、开采高程进行剖切分析,生成的剖切模型可以存储成 MapGIS 格式文件,加载到矿体剖面图、矿体中段图中为矿山开采设计提供参考。

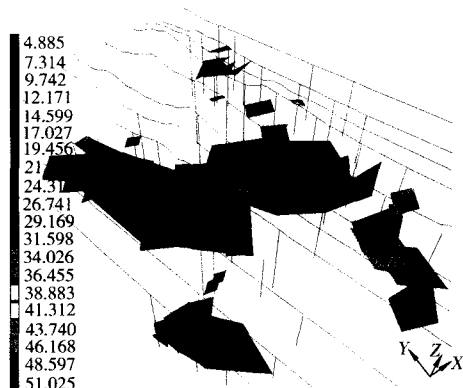


图 5 矿体表面模型示意

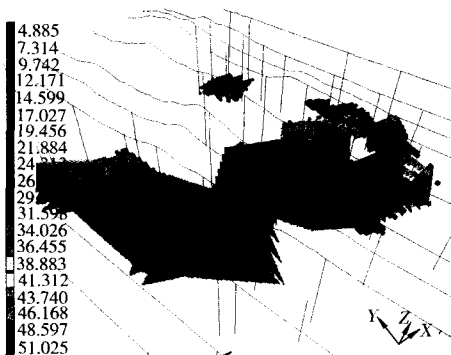


图 6 矿体品位模型示意

### 3 iExploration - EM 在数字化矿产勘查中的应用前景分析

iExploration - EM 实现了一体化的矿产勘查数据管理与处理流程,建立了统一的野外测量数据和分析成果数据库,为地质研究人员提供了丰富的、易用的矿产勘查分析处理工具和方法。它业务流程化的设计思路能够极大地提高地质人员研究精度和工作效率,并提供了多样的成果表现方式和服务形式。目前 iExploration - EM 已经作为全国危机矿山接替资源找矿项目资源储量估算工具,完成了多个矿区的试点和资源量估算试算工作。笔者认为,随着我国数字化矿产勘查工作不断地深入,iExploration - EM 将成为数字化矿产勘查数据处理与成果编制的主流软件系统。

#### 参 考 文 献

- [1] 王瑞江,王义天,王高尚,等. 世界矿产勘查态势分析[J]. 地质通报,2008,27(1):154-162.
- [2] 李超岭,杨东来,李丰丹,等. 中国数字地质调查系统的基本构架及其核心技术的实现[J]. 地质通报,2008,27(7):923-944.
- [3] 吴鸿敏,杨 佳,张宝一. 固体矿产数量估算系统的研究和实现[J]. 地理信息世界,2007,2(1):73-78.
- [4] 王仁铎,胡光道. 线性地质统计学[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [5] 马洪滨,郭甲腾. 基于剖面的面体混合三维地质建模研究[J]. 金属矿山,2007(7):50-52.

(收稿日期 2009-02-03)

(上接第 83 页)

- [3] 刘铁兵,沈远超,曾庆栋,等. 隐伏金矿床定位预测中使用的几种物化探方法[J]. 矿物岩石地球化学通报,2000,19(4):384-385.
- [4] 曾庆栋,沈远超,张启锐,等. 伽玛能谱测量与隐伏金矿体预测[J]. 黄金,1999,20(1):4-7.
- [5] 刘铁兵,沈远超,曾庆栋,等. X-射线荧光分析法在隐伏金矿体定位预测中的应用[J]. 地质与勘探,2001,37(1):82-85.
- [6] 张寿庭,徐旗章,郑明华. 甚低频电磁法在矿体空间预测中的应用[J]. 地质科技情报,1999,18(4):85-88.
- [7] 张作伦,曾庆栋,于昌明,等. 赤峰黄家营子铜矿东区地质特征与找矿方向[J]. 金属矿山,2008(7):77-79.
- [8] 张作伦,曾庆栋,叶 杰,等. 草原覆盖区隐伏金属矿体定位预测——以大兴安岭中南段某铅锌矿点为例[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2007,37(1):38-40.
- [9] 张作伦,曾庆栋,叶 杰,等. 甚低频电磁法在矿体勘查中的应

用[J]. 地质与勘探,2008,44(1):67-69.

- [10] 刘士毅,张明华. 中国金属矿地球物理勘查[J]. 地学前缘,1998,5(1-2):201-207.
- [11] 刘家远,单娜琳,钱建平,等. 隐伏矿床预测的理论和方法[M]. 北京:冶金工业出版社,2006,73-84.
- [12] 梁德超,杨立强,邓 军. 地面高精度磁法测量找寻金矿应用例析[J]. 地球学报,1999,20(3):294-301.
- [13] 梁德超,邓 军,杨立强. 地面高精度磁测在胶东某金矿普查区的应用[J]. 地质与勘探,2000,36(3):67-70.
- [14] 张作伦,曾庆栋,于昌明,等. 氦光泵磁力仪(HC-95a)在矿体勘查中的应用[J]. 中国矿业,2007,16(7):61-63.
- [15] 李忠平. 地面高精度磁测在新疆阿克其铁矿区找矿中的应用[J]. 长春工程学院学报:自然科学版,2003,4(4):44-47.
- [16] 张鲁新,张作伦,曾庆栋,等. 综合地球物理方法在大庙铁矿斜长岩杂岩体中的应用[J]. 中国矿业,2008,17(7):96-99.

(收稿日期 2009-02-23)