

# 云南省惠民铁矿床地球物理找矿模型及资源量估算

杨功, 李开毕, 陈元坤

(云南省地质调查院, 云南 昆明 650216)

**摘 要:**通过对惠民铁矿床所在区域、地区、位置三个不同层次的重、磁场特征进行研究,建立了澜沧惠民铁矿床的地球物理找矿模型。结合已验证的钻孔资料及矿石参数,用磁异常拟合体积法求取了 76 线 C1、C2 磁异常的资源量,用类比法对矿区其他磁异常进行了资源量估算,与已探明的资源量相比,该矿区尚有一定的找矿潜力。

**关键词:**惠民铁矿;重、磁特征;地球物理找矿模型;资源量估算

**中图分类号:** P631

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-8918(2011)06-0718-09

建立地球物理找矿模型及估算资源量是全国矿产资源潜力评价工作开展过程中的一项重要工作内容。本文既是工作的成果之一,其目的是通过对某地已开展的较高地质工作程度的地球物理资料,对矿床所在区域、所在地、所在位置三个不同层次的重、磁场特征研究,建立地球物理找矿模型,并结合已知的勘探地质资料和物性参数,用类比法对磁异常进行资源量估算。通过此次研究工作基本达到了预期的目的。

## 1 地质背景

惠民铁矿床位于西藏—三江造山系东南缘之四级构造单元——双江陆缘弧带中。东临多期形成、规模巨大、面积近万平方公里的临沧花岗岩基,西接澜沧俯冲增生杂岩带。区域内出露有晚元古界澜沧群、下古生界南坑河组、中生界侏罗系—白垩系红层、古近系和新近系地层,缺失上古生界和中生界下部,地层总厚度近万米,岩石类型包括碎屑岩、火山岩、化学沉积岩等。

该矿床赋矿地层为中元古界澜沧岩群,自上而下分为惠民组( $Pt_2h$ )、曼来组( $Pt_2ml$ )、勐井山组( $Pt_2m$ )和南木岭组( $Pt_2n$ ),其中铁矿体主要产出层位惠民岩组,由三个火山喷发—沉积旋回组成。下部( $Pt_2h^1$ )变中性喷发—沉积旋回,主要岩性有变钠长斑岩、细碧岩、变凝灰岩、变沉凝灰岩,底部夹一层不稳定铁矿(0号矿层)。中部( $Pt_{1-2}h^2$ )变基性喷发—沉积旋回,由变基性熔岩—凝灰岩—鳞绿泥千枚岩—铁矿组成九个完整喷发旋回,自下而上形成  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$ 、 $II_1$ 、 $II_2$ 、 $III$ ( $III_1$ 、 $III_2$ )、 $IV$ 、 $V$  九层

铁矿,其中  $I_3$ 、 $II_1$ 、 $II_2$ 、 $IV$  号矿层为主要矿层。该旋回内基性熔岩与铁矿关系最为密切,岩石地球化学特征表现为富铁、铝、镁,贫钛,其化学成分接近大洋中脊玄武岩,代表活动带早期岩浆活动产物,旋回顶部有含碳石英片岩。上部( $Pt_2h^3$ )变中性喷发—沉积旋回由中性火山凝灰岩—方解石片岩—鳞绿泥石千枚岩及铁矿组成的两个亚旋回组成,分别形成  $VI$ 、 $VII$  号矿层,顶部有含碳石英片岩。惠民铁矿床规模巨大,地质工作控制研究程度相对比较高,矿区经详细普查探明铁矿石资源量 19.94 亿 t,全铁平均品位 30% 左右,达超大型铁矿床规模。

## 2 地球物理特征

### 2.1 矿床所在区域重、磁场特征

#### 2.1.1 区域重力异常特征

1: 25 万布格重力异常如图 1a 所示,惠民铁矿床位于惠民重力高与东侧发展河重力低的过渡带近重力高一侧。惠民重力高近南北向,有一条等值线圈闭的高值中心,强度达  $2 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$  以上。发展河重力低属临沧—勐海重力低异常带中的一个局部重力低,是临沧—勐海花岗岩基的重力反映。1: 25 万剩余重力异常如图 1b 所示,惠民铁矿床则对应于剩余重力正异常的北东部,剩余重力异常强度达  $4 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$  以上。

#### 2.1.2 区域航磁异常特征

1: 25 万航磁  $\Delta T$  异常平面如图 1c 所示,惠民铁矿床对应于两个以 40 nT 圈闭的异常之间,北部异常强度 44 nT,南部异常强度可达 50 nT 以上。在航磁  $\Delta T$  化极平面图(图 1d)上矿区则对应着以 40

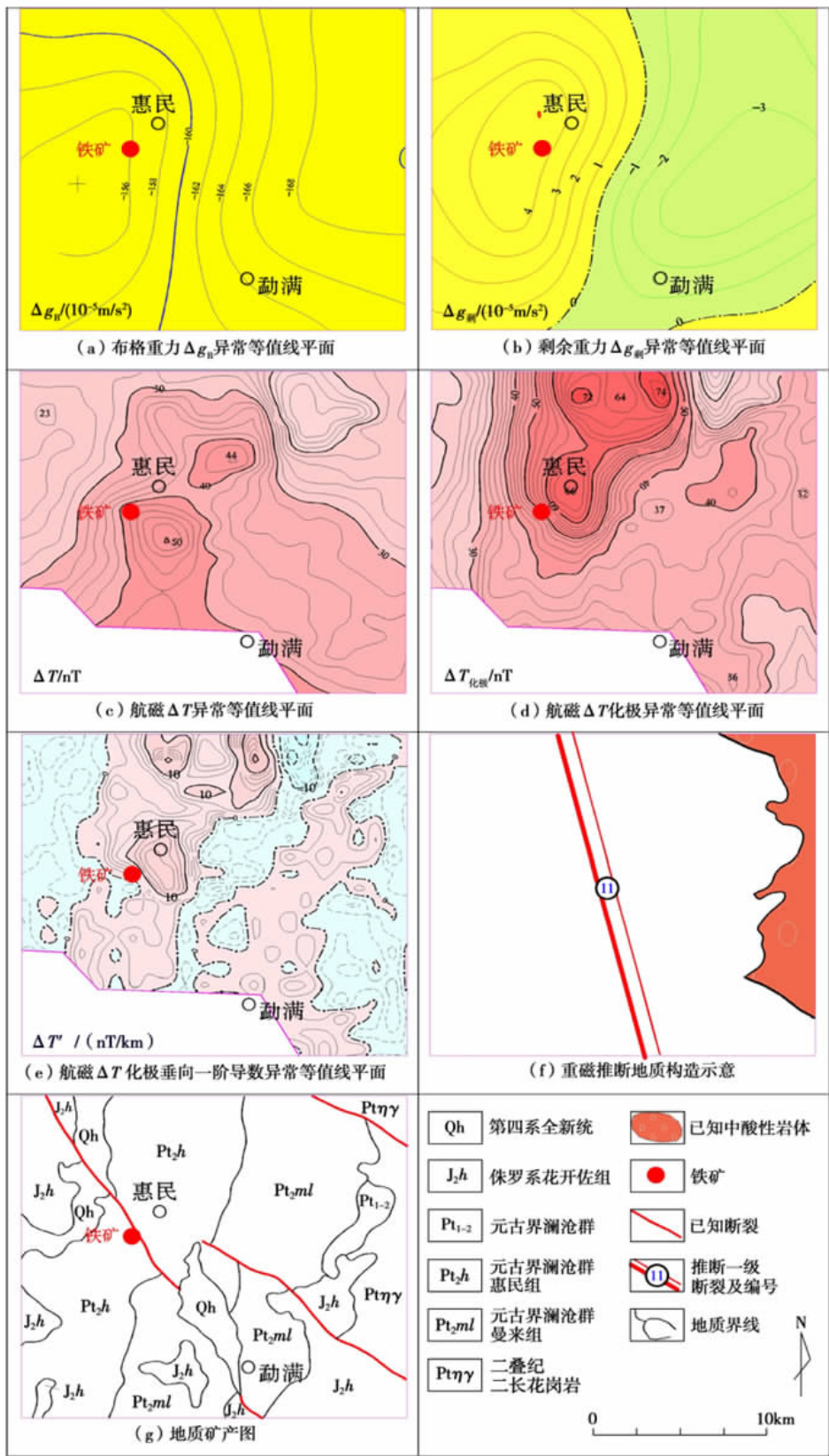


图 1 惠民铁矿床所在区域地质—地球物理剖析

nT 圈闭的近南北向、北部未封闭完整的规模巨大的异常南端的一个局部异常。航磁  $\Delta T$  垂向一阶导数图(图 1e)上,惠民铁矿区则完全与一个倒梯形局部

异常对应,强度达 16 nT/km 以上。

2.2 矿床所在地区磁异常特征

惠民及外围异常区包括 C11 ~ C24 共 14 个磁异

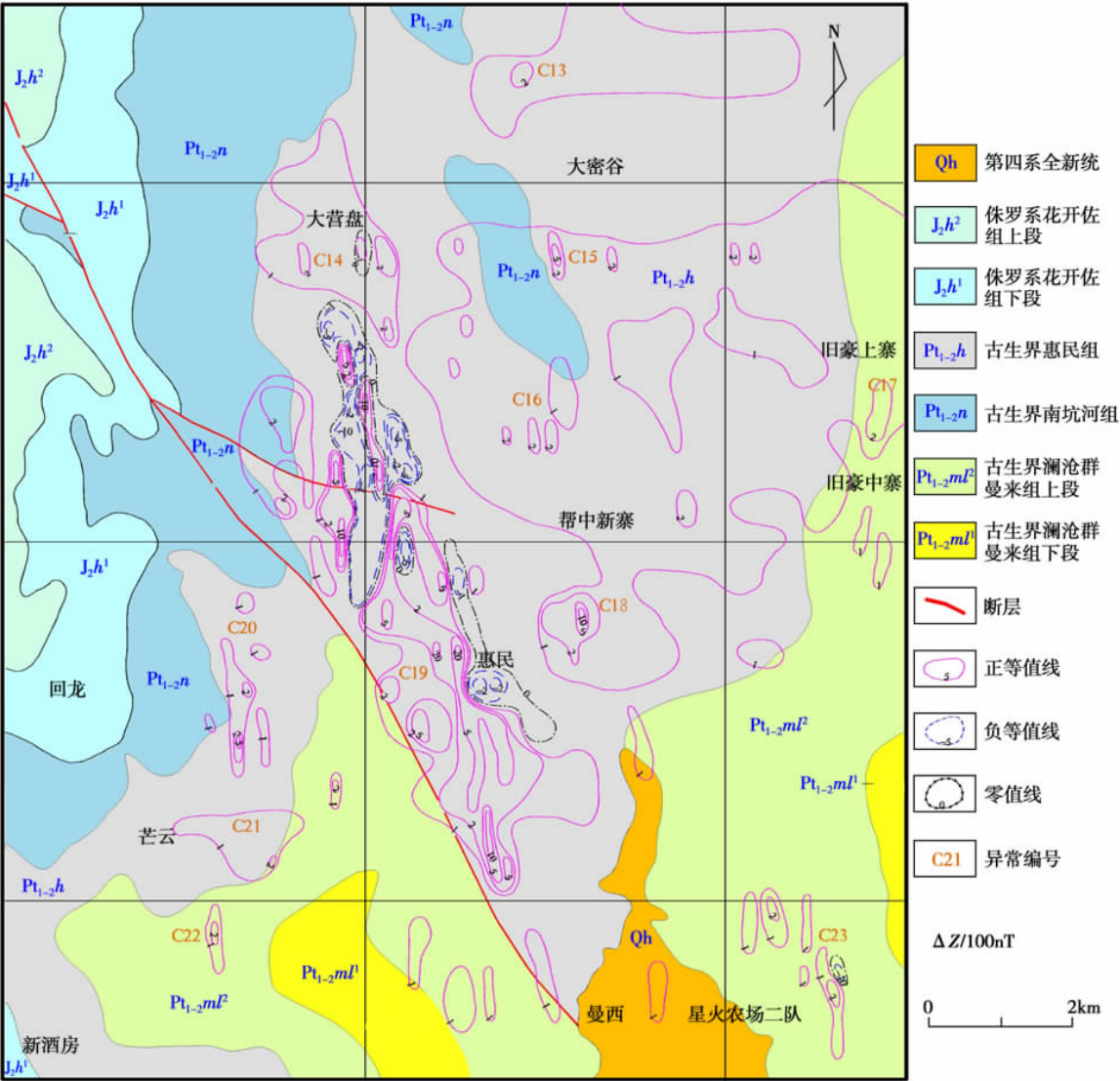


图2 惠民铁矿区1: 5万磁测  $\Delta Z$  等值线平面

常(图2)。惠民磁异常(C19)强度大、范围大、正负伴生。外围异常则围绕惠民异常零星分布,为强度小、范围小的孤立异常,仅在惠民东出现一个范围较大的低缓异常。

惠民磁异常(C19、包括大营盘 C14)为北北西向展布之不规则长条状,长约 8 km,宽约 1.5 km;正、负异常强度均可达数千纳特,个别点上可达万纳特,一般为 200 nT 以上;异常南段梯度较小,场较宽缓,东侧出现负异常;北段异常梯度大,正负交替,峰值尖锐。惠民磁异常上出露澜沧群惠民岩组地层,惠民岩组主要由三个火山—沉积旋回组成,而惠民铁矿床则产于其中。惠民铁矿床以菱铁矿、菱铁磁铁矿为主。由磁参数特征分析可知,磁铁矿具有较强磁性,是区内主要磁性地质体,而磁铁矿又往往与菱铁矿生在一起,故菱铁磁铁矿、磁铁矿是区内引起磁异常的主要场源体。

2.3 矿床所在位置磁异常特征

2.3.1 磁异常平面特征

由 1: 1 万地磁  $\Delta Z$  等值线平面图(图3)可见,矿区范围内磁异常具有集中、分布面积广、异常走向与地层构造线方向一致等特征。详查区共圈定磁异常 16 个,这些异常沿北西方向呈雁行展布,并成群成带出现,因而将其分为三个异常带。

I 带:由 C13、C14、C15、C16 组成。异常背景值不明显,由小等轴状异常群及若干个突变点组成,出露地层为澜沧回龙组,此带异常与菱铁矿层夹局部磁铁矿透镜体或地表坡积磁性转石有关。

II 带:由 C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8 组成。按其特征可分为三种类型:①异常强度大(场值可达数百至数千纳特),梯度陡,正负交替变化频繁,形态复杂,沿走向连续性差,数量多,范围小,成群成带分布,典型者如 C3、C4、C7 等;这些异常上出现地



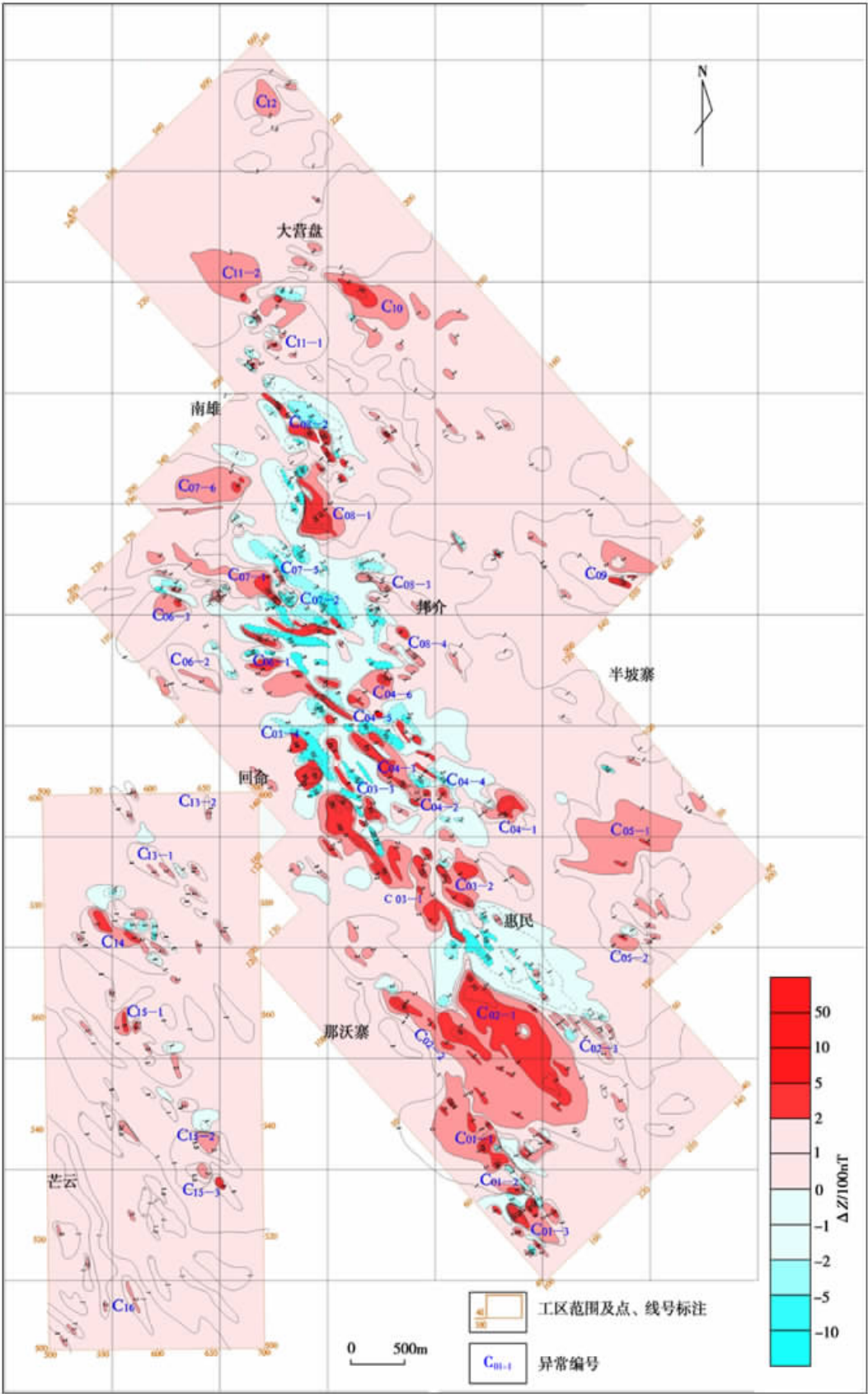


图3 澜沧惠民铁矿1: 1万地磁  $\Delta Z$  等值线平面

层为澜沧群惠民组,是寻找惠民式铁矿的主要异常。②异常规模大,形态规则,沿走向有一定延伸,场值一般为500~1 000 nT,局部叠加次一级高值异常。异常与澜沧群惠民组地层对应,异常区大部分为浮

土覆盖,仅局部可见残坡积磁褐铁矿,应是有一定埋深的隐伏铁矿引起的异常。③低缓异常(如C5),由一个似等轴状低缓正异常(200 nT 等值线圈闭)和5个100 nT 以上场值圈闭的局部异常组成。异常区出露惠民组地层,具成矿地质条件,推测异常由有一定埋深隐伏矿引起,后已被钻探证实。另外,在Ⅱ带内的C4-1异常原推断为铁矿引起,后经钻探(ZK807)证实磁性体并非全为铁矿,而主要是具中等磁性的辉橄岩。这是区内明显的干扰异常。

Ⅲ带:由C9、C10、C11、C12组成。异常表现为正背景上的局部异常,异常场值不高,范围有限,无负异常伴生。出露地层为惠民组下段并靠近勐满

组,在高值点见铁矿转石或零星露头。根据异常特征,推断磁性体尚在深部。

2.3.2 磁异常剖面特征

由图4可见,剖面穿过C1、C2、C5号异常。C1异常西侧低缓,东侧高峰。西侧低缓异常宽约1 km,峰值大于500 nT,曲线基本对称,西侧稍陡。东侧高峰异常峰值达2 500 nT,宽度仅500 m,出现两级峰值,曲线基本对称。150~180号点为场值约250 nT之平稳场曲线,无大的起伏变化。180~280号点为C2异常,曲线起伏跳跃变化,但以正峰为主,正峰值高达3 418 nT,负峰达-1264 nT;经地形改正后,在200 nT背景上出现两个较大的正峰异常,

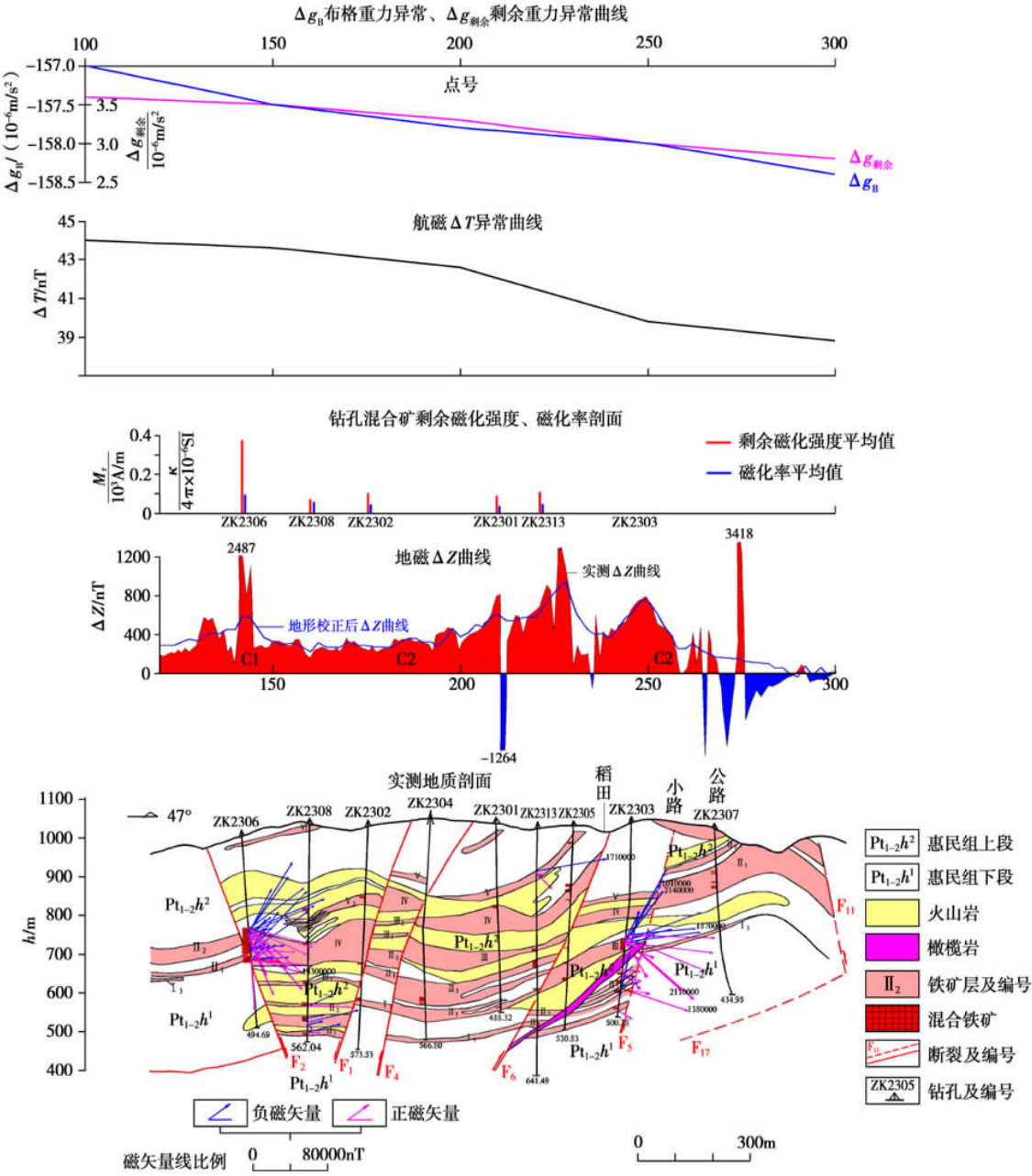


图4 沧惠民铁矿物探76线综合剖面

峰值分别达 910、710 nT,宽均在 1 500 m 以上,曲线东陡西缓。280 ~ 330 号点为近于零值线的正常场反映。330 ~ 350 号为 C5 异常,但东端未控制完整,异常峰值仅 200 nT 左右,属小范围局部异常。

此剖面有十多个钻孔控制,除 ZK2311 孔未见矿外,其余孔见矿(异常值达 200 nT 者均见矿,且均见磁铁矿),说明磁异常为磁菱铁矿引起。从 ZK2306、ZK2308、ZK2313、ZK2303 孔剩磁矢量来看,各孔均存在反磁化或水平磁化现象,磁性特征表明深部剩磁是地表的 8 倍,可见区内剩磁起主要作用,又是反磁化或水平磁化,故异常强度小而见矿好。

2.4 磁异常定量解释

C2 异常是区内最大的磁异常,推测为具有一定埋深的隐伏铁矿引起。当第一个验证钻孔打到 100

多米深时,除浅部见到一层厚约 2 m 的褐磁铁矿外,再未见到好的矿层,为分析、研究深部是否还有盲矿体,根据所见 2 m 厚褐磁铁矿的磁参数(磁化率平均值为  $5\,000 \times 10^{-6} \times 4\pi$  SI,剩余磁化强度平均值为  $6\,000 \times 10^3$  A/m)作正演计算,发现还有较大的剩余异常,据此认为引起磁异常的磁性体还在深部,继续钻进结果证实了物探推断。随着验证钻孔的增加,深部资料的不断积累,大致了解了磁性体的赋存形态。将 76 线剖面实测曲线曲化平后,用反算法确定剖面内的有效磁化强度为  $13\,800 \times 10^{-6} \times 4\pi$  SI,利用  $\Delta T$  矢量空间分布图法求取磁化倾角为  $83^\circ$ ,并据此进行定量解释,定量计算结果见图 5。由图可见,磁性体断面形态及产状与实测地质剖面基本一致,磁性体断面累计面积为  $109\,760\text{ m}^2$ 。

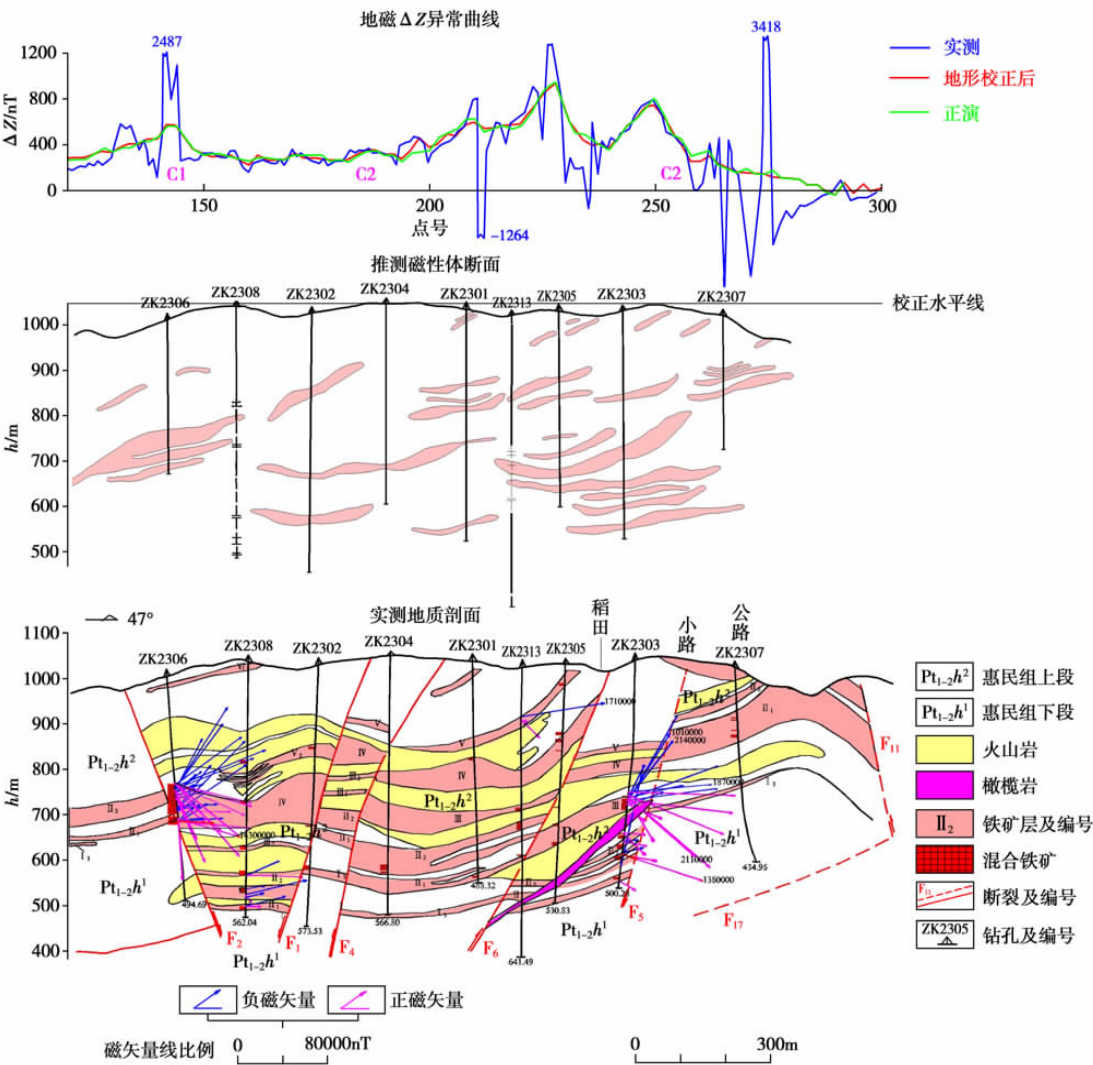


图 5 惠民铁矿床物探 76 线(地勘 23 线)定量解释剖面

3 地球物理找矿模型

澜沧惠民铁矿床地球物理找矿标志见表 1,地球物理找矿模型见图 6。



表 1 澜沧惠民铁矿床地球物理找矿标志

分类		主要特征
区域地球物理场特征		矿区对应着惠民重力高与东侧发展河重力低过渡带靠重力高一侧,剩余重力正异常北东部。航磁 $\Delta T$ 异常表现为正背景上之局部正异常,强度达 40 nT 以上。1: 5 万地磁场 $\Delta Z$ 异常则由 C14、C19 两个异常组成(以 C19 为主)。C19 异常呈北西向展布之长条状,长约 8 km,宽约 1.5 km,正、负异常值均达数千纳特,一般为 200 nT 以上。
矿区主要物性特征		地表磁铁矿磁化率常见值为 $45\,000 \times 10^{-6} \times 4\pi$ SI, 剩余磁化强度为 $(15\,000 \sim 50\,000) \times 10^{-3}$ A/m; 混合矿磁化率常见值为 $40\,000 \times 10^{-6} \times 4\pi$ SI, 剩余磁化强度为 $30\,000 \times 10^3$ A/m; 深部磁铁矿、混合矿磁性是地表的 8 倍。剩磁矢量方向较乱,倾角有正有负,概率统计结果倾角近于水平;磁性沿纵横向变化比较大,且主要与区内 $F_2$ 、 $F_5$ 断裂有关。磁铁矿地表钻孔标本密度为 $(3.62、3.81) \times 10^3$ kg/m <sup>3</sup> ; 混合矿分别为 $(3.48、3.42) \times 10^3$ kg/m <sup>3</sup> 。
矿床重磁场特征及地球物理找矿标志	磁法	矿区共圈定地磁 $\Delta Z$ 异常 16 个,分三个异常带(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ)。矿区主体与Ⅱ带对应,由 C1~C8 异常组成,可分三类:一类为强度大,梯度陡,正负交替变化频繁,形态复杂,沿走向连续性差,数量多,范围小,成群成带分布,如 C3、C4、C7;另一类为异常规模大,形态规则,沿走向有一定延伸,场值 500~1 000 nT,局部叠加较高次级异常,如 C2;再一类为低缓异常,如 C8。
	重力	矿区对应于重力高与重力低过渡带,近重力高一侧,就铁矿床而言无明显的重力异常显示。根据区域资料分析,重力高与澜沧群对应,密度为 $2.66 \times 10^3$ kg/m <sup>3</sup> ,重力低与临沧-勐海花岗岩对应,其密度为 $(2.60 \sim 2.67) \times 10^3$ kg/m <sup>3</sup> 之间变化,二者间存在微弱密度差,分别出现重力高和重力低。
	地球物理找矿标志	(1) 与澜沧群对应的重力高及其与重力低过渡的梯级带,或者剩余重力正异常。 (2) 1: 25 万航磁 $\Delta T$ 局部正异常(含化极 $\Delta T$ 局部正异常)以及垂向一阶导数局部正异常。 (3) 与澜沧群惠民组对应的 1: 5 万地磁 $\Delta Z$ 范围大(长约 8 km、宽约 1.5 km),强度较大(正负场值均达数千纳特,一般 200 nT 以上),北西向展布的不规则长条状异常。 (4) 与澜沧群惠民组地层对应的地磁 $\Delta Z$ 的三类异常:①强度大(数百至数千纳特),梯度大,正负交替变化频繁,形态复杂,沿走向连续性差,数量多,范围小,成群成带分布的 $\Delta Z$ 异常;②规模大,形态规则,沿走向有一定延伸,场值一般 500~1 000 nT,局部叠加较高的次级异常的 $\Delta Z$ 异常;③低缓异常。

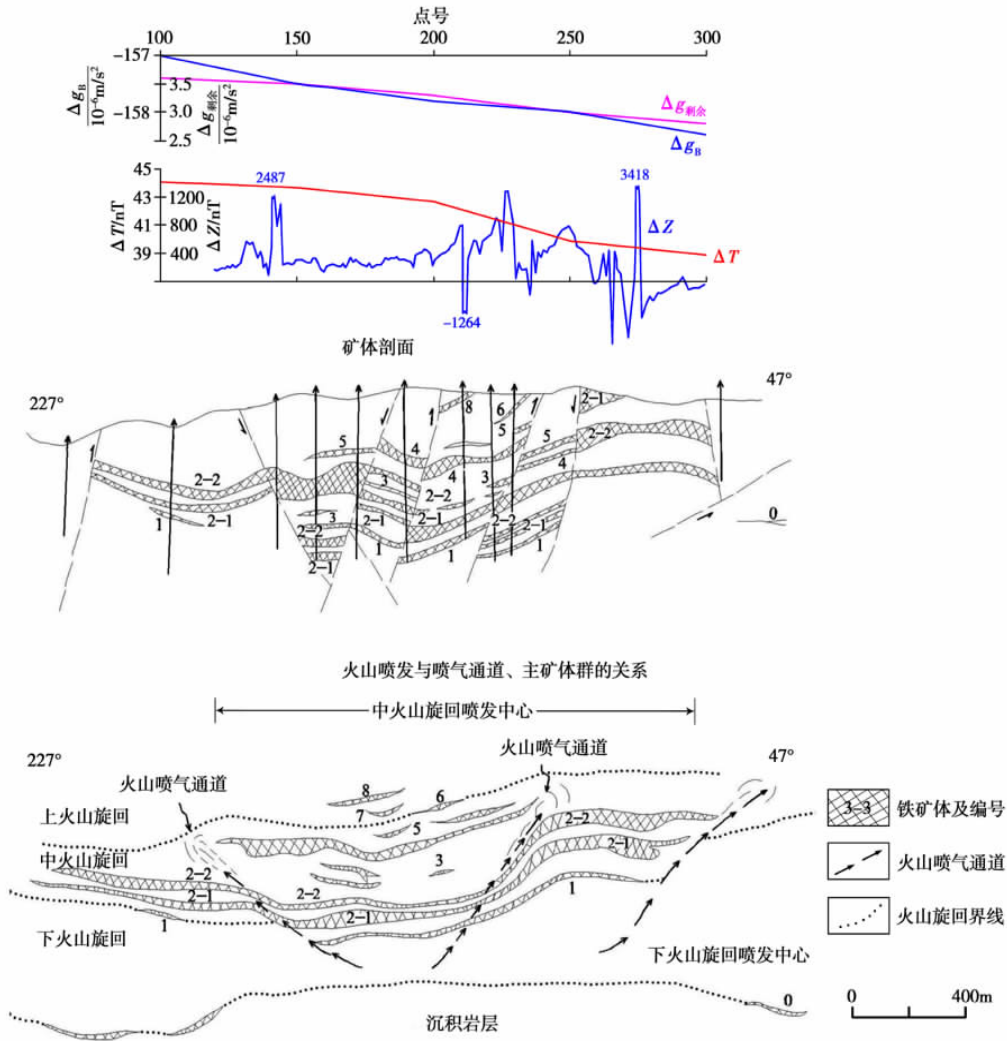


图 6 澜沧惠民铁矿床地球物理找矿模型

4 资源量估算及矿区资源潜力评价

4.1 资源量估算

(1)利用矿区磁测 76 线(地勘 23 线)剖面上磁测  $\Delta Z$  曲线,通过矿石磁参数的深入研究确定的有效磁化强度和倾角,结合已有验证钻孔的资料用选择法作正演计算拟合经地改后的实测曲线从而获得剖面上矿体二度模型(见图 5)。

(2)利用矿区  $\Delta Z$  等值线平面图求取 76 线穿过的 C1、C2 两个异常的走向长度分别为 800、1 500 m,以两个异常的面积( $0.8\text{ km}^2$ 、 $3\text{ km}^2$ )为权求取异常沿走向的平均长度为 1 350 m。

(3)利用公式:资源量 = 推断矿体体积  $\times$  矿体体重( $3.5 \times 10^3\text{ kg/m}^3$ )求得 76 线控制的推断矿体资源量为数十亿吨。

(4)资源量校正系数的求取及确定:①据矿区矿石拥有量统计,磁铁矿占 24.4%,菱铁矿占 40%,其磁铁矿与菱铁矿拥有量相比为 1: 1.64,故总资源量应加上菱铁矿资源量,计算结果为数十亿吨;②76 线推断矿体面积为  $109\ 760\text{ m}^2$ ,76 线钻孔控制火山岩断面面积为  $160\ 350\text{ m}^2$ 。推断矿体断面面积:钻孔控制火山岩断面面积为 1: 1.45,火山岩对磁异常亦有一定贡献,它产生的资源量必须进行校正。就矿石构造而言,以条纹、条带构造为主,即显示出黑(磁铁矿)白(菱铁矿)相间的条纹条带构造,说明推测的磁铁矿是由菱铁、磁铁组成的混合矿,其比例约为 1: 1,故估算磁铁矿的资源量应剔除菱铁矿的资源量。区内矿层结构复杂,往往有多层夹石,以 VI 号矿为例,夹石占矿层厚度的 13.94%,此种影响也应校正。考虑上述火山岩对磁异常贡献产生的资源量,黑白相间的条纹条带构造包含的菱铁矿资源量以及夹石在矿体中所占比例等因素,由磁异常所估算资源量的校正系数确定为 0.6。

(5)根据上述所确定的校正系数,求取的 76 线 C1、C2 异常资源量为  $\times \times$  亿吨。

(6)C1、C2、C3、C4 异常资源量的估算。①异常单位面积资源量的求取:按“C1、C2 资源量/异常面积和”求取异常单位面积资源量为  $\times \times$  亿吨/ $\text{km}^2$ 。②C1 ~ C4 异常(即旱谷坪矿段)资源量估算:C1 ~ C4 异常总面积为  $5.1\text{ km}^2$ ,故资源量为  $\times \times$  亿吨,与钻探控制的旱谷坪矿段 C + D 级储量  $\times \times$  亿吨接近。

(7)矿区资源量估算。由前述矿区磁异常的定

性分析可知,矿区磁异常主要由 C1 ~ C12 组成,故利用其对矿区资源量进行估算。C1 ~ C12 异常总面积为  $9.69\text{ km}^2$ ,按上述  $\times \times$  亿吨/ $\text{km}^2$  进行计算,矿区总资源量可达  $\times \times$  亿吨。

4.2 矿区资源量潜力评价

(1)矿区地质详查工作于 1982 年结束,提交的详细普查地质报告中批准的表内储量为  $\times \times$  万吨,表外储量为  $\times \times$  万吨,共计  $\times \times$  万吨。

(2)根据磁异常估算资源量约为  $\times \times$  亿吨,详细普查已控制储量近  $\times \times$  亿吨,故矿区资源潜力尚有约  $\times \times$  亿吨资源量。

5 结束语

(1)取得的成果。①通过对矿区所在区域、所在地区、所在位置的地球物理资料的重、磁异常特征研究,磁异常平面、剖面特征等的研究,从而建立地球物理找矿模型。②依据类比法,根据磁异常估算资源量,为矿区提出尚有的资源潜力远景异常地区和新增资源量。③为类似矿区在研究地球物理资料时提供一定的借鉴作用。

(2)几点建议。①必须要有三个不同层次的地球物理资料,特别是中、大比例尺资料,并有详勘地质勘探资料才能开展类似工作流程的工作。②在资源量估算时,在资源量校正系数的求取及确定、异常单位面积资源量的求取很关键;应慎重充分考虑,甚至反复试验和计算。③今后应在资料保证的前提下,在资源量估算前,可先开展异常的半定量解释工作,以求获得更精确的矿体体积。

诚挚感谢潜力评价项目组的大力支持!

参考文献:

[1] 李含正,刘永锡,曾善斌,等. 云南省勐海—澜沧地区铁矿地球物理(化学)详查结果报告[R]. 云南省地质局地球物理探矿队. 1982.

[2] 李焰,邱之云,王万银. 复杂形体重、磁异常正演问题综述[J]. 物探与化探,2008,32(1):36-43.

[3] 郭有钊,杨辟元. 磁性勘探在金属矿床中应用的若干进展[J]. 物探与化探,1995,19(1):48-59.

[4] 熊光楚. 金属矿区磁异常的解释推断[M]. 北京:地质出版社. 1981.

[5] 谭承泽,郭绍雍. 磁法勘探教程[M]. 北京:地质出版社. 1983.

[6] 董焕成. 重磁勘探教程[M]. 北京:地质出版社. 1993.



GEOPHYSICAL ORE-PROSPECTING MODEL AND RESOURCE ESTIMATION  
OF THE HUIMIN IRON DEPOSIT IN LANCANG COUNTY, YUNNAN PROVINCE

YANG Gong, LI Kai-bi, CHEN Yuan-kun

(*Geophysical-Geochemical Exploration Branch, Yunnan Institute of Geological Survey, Kunming 650216, China*)

**Abstract:** The geophysical ore-prospecting model of the Huimin iron deposit was established on the basis of studying the characteristics of gravity and magnetic field of the Huimin iron deposit at three different levels. Combined with the proven bore hole data and the parameters of the ores, the authors got the resource quantity of C1 and C2 magnetic anomalies along No. 76 exploration line by using magnetic anomaly to fit the volume of iron ore body. The resource quantity of other magnetic anomalies was also obtained by analogy. A comparison with the proven resource shows that there exists some potential in search for iron ore bodies in this area.

**Key words:** Huimin iron deposit; characteristics of gravity and magnetic field; geophysical ore-prospecting model; resource estimation

作者简介: 杨功(1968 - ), 男, 物探高级工程师, 长期从事矿区及基础性物化探工作。

上接 717 页

NATIONWIDE GEOCHEMICAL SURVEY  
OF MINE TAILINGS: DEMANDS AND IDEAS

ZHANG Xue-jun<sup>1,2,3</sup>, SUN Bin-bin<sup>1,3</sup>, CHENG Zhi-zhong<sup>1,3</sup>, ZHOU Guo-hua<sup>1,3</sup>

(1. *Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China*; 2. *China Geological Survey, Beijing 100011, China*; 3. *Laboratory for Applied Geochemistry, CAGS, Langfang 065000, China*)

**Abstract:** Comprehensive utilization of mine tailings is an effective method for solving the problem of coordination between resources and environment. Based on analyzing potential resource value and environment effect of mine tailings, this paper points out the necessity and importance of nationwide geochemical survey of mine tailings for tailing comprehensive utilization, describes the ideas and methods of nationwide geochemical survey of mine tailings and forecasts the application prospect of data and achievements obtained in this survey.

**Key words:** mine tailings; geochemical survey and exploration; comprehensive utilization

作者简介: 张学君(1979 - ), 男, 工程师, 从事勘查地球化学研究、应用与管理工