



# 邹平火山岩盆地铜矿地质成因 地球物理特征探讨

王聿军<sup>1</sup>, 汤立成<sup>2</sup>

(1. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013; 2. 山东省第一地矿勘查院, 山东 济南 250014)

**摘要:**邹平铜矿处于齐河-广饶深大断裂带南部的邹平火山岩盆地中, 形成于破火山口火山通道充填的石英正长闪长岩岩颈中央上部, 包括伟晶岩型铜矿和细脉浸染状斑铜矿床两种类型。前者矿体较小, 但品位高; 后者品位较低, 但规模中等。含矿石英正长闪长岩等密度小、磁性弱, 故在火山岩系中呈现高背景重力场上的重力低和杂乱高磁场背景中的低负异常, 即“重磁同低”, 且高极化。重磁同低异常区和高极化率异常带, 是本区寻找铜矿的有利部位。

**关键词:**铜矿; 石英正长闪长岩; 重磁同低; 高极化率; 火山岩盆地; 山东邹平

**中图分类号:** P618.41; P631

**文献标识码:** A

邹平火山岩盆地是山东省最重要的铜矿成矿远景区。20世纪60年代初期, 山东地矿局等单位先后在该区投入了大量的地质、物化探工作, 发现了王家庄铜矿, 近年又在王家庄铜矿的东南, 沿 SSE 构造—岩浆带, 利用物探方法发现了碑楼含矿岩体, 岩性为闪长玢岩和绢英岩化闪长玢岩。该含矿岩体为王家庄石英正长闪长岩沿 SSE 向构造带延伸的超浅成部分。为加快该区铜矿勘查评价和开发利用, 本文对其成矿地质条件、矿床成因及地球物理特征等进行探讨。

## 1 地质特征

邹平火山岩盆地是一个由中生代继承性断陷发育而成的陆相火山岩盆地。侏罗纪时, 周村至章丘一带沉积了淄博群河流相和河湖相碎屑岩, 形成火山岩盆地的下构造层。早白垩世时, 强烈的燕山运动, 形成了近 EW 向齐(河)—广(饶)挤压断裂带, 致使北侧下陷为济阳拗陷, 南侧形成邹平火山岩盆地<sup>[1]</sup>。伴随强烈的岩浆侵入和喷发活动, 盆地内侧堆积了青山群火山岩系, 主要为一套中基性—中性

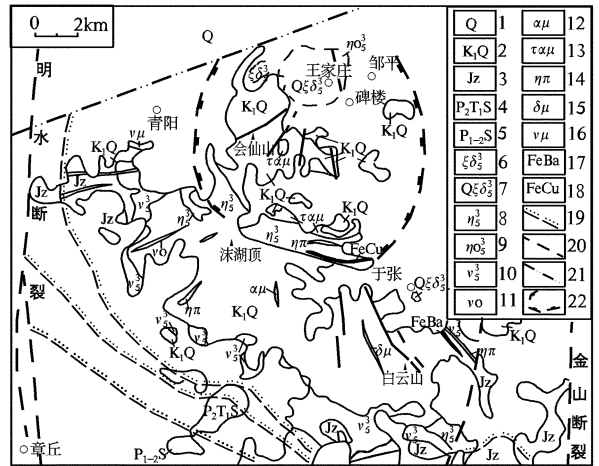


图1 邹平火山岩盆地区域地质略图

- 1—第四系; 2—青山群; 3—淄博群; 4—石千峰群; 5—石盒子组; 6—正长闪长岩; 7—石英正长闪长岩; 8—二长岩; 9—石英二长岩; 10—辉长岩; 11—苏长辉长岩; 12—安山玢岩; 13—粗安玢岩; 14—二长斑岩; 15—闪长玢岩; 16—辉长玢岩; 17—含铁重晶石脉; 18—含铜磁铁矿脉; 19—实测、推测不整合界线; 20—断层; 21—卫星解译断层; 22—破火山口

偏碱性的岩石组合, 与下构造层呈喷发不整合接触关系(图1)。

\* 收稿日期: 2008-04-11; 修订日期: 2008-07-06; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 王聿军(1962-), 男, 山东济宁人, 高级工程师, 主要从事地勘技术及管理工。

项目来源: 山东省国土资源厅 2007《邹平火山岩盆地铜成矿规律研究及钻探验证》项目。

火山活动按其发展阶段分为3个构造期:初期为裂隙式喷发,形成比较稳定的层状火山岩系;中期为中心式喷发,形成半隐伏的破火山口,同时在其边缘形成环状断裂和外部放射状断裂;晚期以爆发为主,溢流为辅,岩颈由闪长岩、二长岩、石英闪长岩、石英正长闪长岩等4种岩石组成。

盆地内侵入岩发育,由一套浅成相基性—中性—中偏碱性的侵入杂岩组成,为燕山运动晚期与火山岩同源、同期或稍晚的岩浆活动产物。第一阶段侵入岩位于盆地西南边缘,主要为基性半环状大岩墙,即西窝陀—茶叶山—大临池苏长辉长岩岩墙,呈弧形带状展布,宽0.5~2 km,长约20 km,出露面积约10 km<sup>2</sup>,经地面磁法圈定大体上是连续的。第二阶段侵入岩比较发育,主要为二长岩体,其中化庄—西董二长岩岩墙呈NW—SE方向弧形展布,长约10 km,宽1~1.5 km,受环状断裂控制;于张岩体为一个复式杂岩体,长约3 700 m,宽1 000 m,由石英正长闪长岩(或石英二长闪长岩)和苏长辉长岩组成,其矿物和化学成分与王家庄含矿岩体很相似,并见有星点状黄铜矿、黄铁矿、方铅矿。第三阶段侵入岩集中分布于火山岩区中心部位,范围较小,其中唐李庵闪长岩体呈不规则的小岩株产出。王家庄火山岩颈则形成本区主要铜矿床<sup>[2]</sup>。

## 2 铜矿床特征

### 2.1 王家庄铜矿床<sup>①</sup>

王家庄铜矿床赋存于石英正长闪长岩(中偏碱性的中浅成复式岩体)中,隐伏于厚度为40~120 m的第四系之下,经地面磁测和钻探控制,其平面形态近似椭圆形,东西长3.5 km,南北宽2.5 km,面积约7 km<sup>2</sup>。岩体围岩为青山群粗安岩,粗安质角砾熔岩。二者呈侵入接触关系,未见明显的蚀变现象(图2)。火山通道构造为矿床主要控矿构造。

依据矿床所处的构造部位、矿体形态及矿石成分、结构、构造等特征,王家庄铜矿可细分为伟晶岩型含金铜矿和细脉浸染状铜矿2种类型。

伟晶岩型含金富铜矿体,产于石英正长闪长岩岩类中央靠顶部的强钾化蚀变带中(图3),以17号铜矿体为代表,见于15线ZK165孔。矿体形态为分叉不规则透镜状,东西宽约90 m,南北长小于100 m,产状近于水平;黑色富矿最大厚度33.54 m,最薄

仅厚1.69 m;铜品位一般在3%~9%之间,平均含Cu 6.89%。

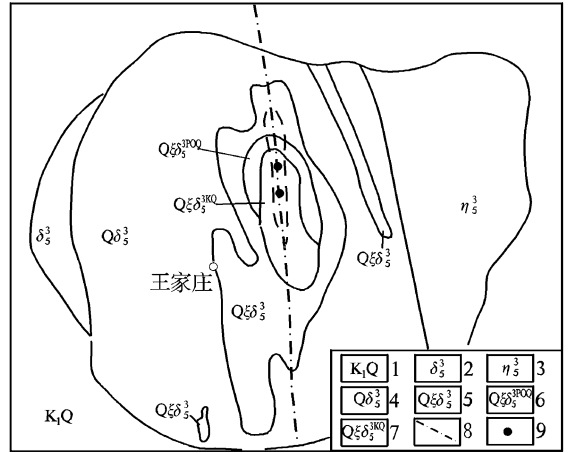


图2 邹平火山岩盆地王家庄铜矿基岩地质图  
1—白垩纪青山群火山岩;2—闪长岩;3—二长岩;4—石英闪长岩;5—钾化石英正长闪长岩;6—钾硅化石英正长闪长岩;7—高岭土化石英正长闪长岩;8—推测断裂破碎带;9—铜矿化点

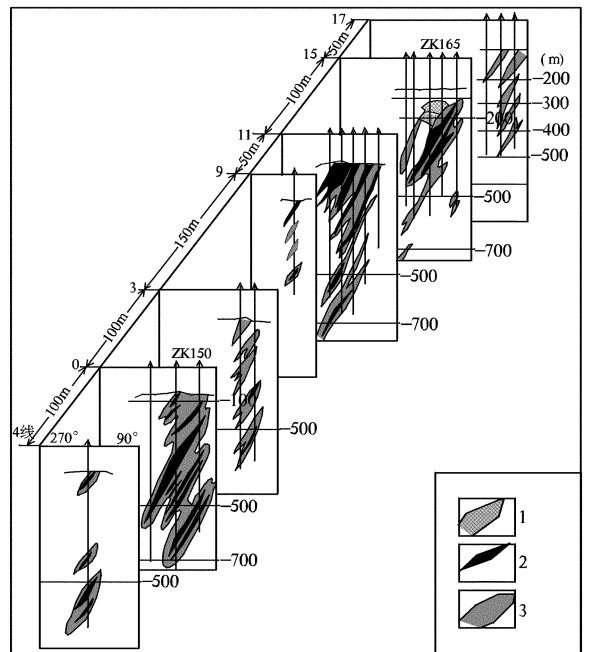


图3 王家庄铜矿立体图

1—No. 17号铜矿体;2—细脉浸染状铜矿体(按边界品位≥0.3%圈定);3—细脉浸染状铜矿体(按边界品位≥0.2%圈定)

① 山东省地矿局第一地质队,山东省邹平县王家庄铜矿详查普查报告及山东省邹平县王家庄铜矿X、VII号矿体勘探地质报告,1987年。

细脉浸染状铜矿体产于石英正长闪长岩体中部的强钾硅化蚀变带中,矿带走向呈 $355^\circ$ ,较好矿段长约500 m,宽约200 m。矿体形态比较简单,呈长透镜状,倾向SW,倾角在 $50^\circ \sim 65^\circ$ 之间。

## 2.2 碑楼铜矿床<sup>①</sup>

该铜矿位于破火山口东南,处于大临池—王家庄NNW向构造岩浆带的中部,为第四系所覆盖。含矿岩体为闪长玢岩,呈NNW向椭圆状,规模在 $350\text{ m} \times 250\text{ m}$ 左右,分布在王家庄含矿岩体石英正长闪长岩的东南,于张石英正长闪长岩(或石英二长闪长岩)的西北,故碑楼含矿岩体实际上是王家庄含矿岩体沿SSE方向的延伸部分。

矿体赋存于强绢英岩化闪长玢岩体中,形态简单,呈透镜状和长透镜状带状沿 $350^\circ$ 方向分布,厚度在2.0~9.6 m之间,共圈出22个小铜矿体,其中有6个矿体铜储量达1 000 t以上,平均含Cu为0.89%,主要金属矿物为黄铜矿、黄铁矿,呈细脉浸染状构造。

## 3 铜矿床成因

本区铜矿床成因过程很复杂,王家庄17号铜矿体大部分矿石为伟晶状构造,且品位很高,形成于裂隙构造中,成矿温度较高,时间较早。王家庄和碑楼的细脉浸染状铜矿则为晚期中温热液沿裂隙充填的产物。

当沿破火山口的火山管道侵入的石英正长闪长岩岩浆还没有完全冷凝固晶或者还没有完全固结成岩时,该部位构造很薄弱。随后岩颈顶部最先固结成岩,像一个严实的顶盖将上升的热液体封堵在岩颈靠上部位,当聚集机械能(内压力)足够大时,便引起爆炸,致使该处的几组裂隙宽度扩大到数厘米至数十厘米,同时节理裂隙密度增加,且各组宽阔裂隙相互交切,为矿液的赋存和伟晶状矿物(粒径2~20 mm)自由结晶提供了良好的空间环境,形成了灰黑色伟晶状金属硫化物组成的富铜矿体。也常见粗粒—巨粒状者,如有的黄铜矿晶体粒径达15 cm。同一矿体内常见宽裂隙的外壁有石英紧贴围岩生长,并与伟晶状金属硫化物交生在一起,后者晚于前者生成。另外,充填结晶在宽阔裂隙中的矿体,由于受稍晚继承性营力的改造而发生柔碎作用,致使部分伟晶状矿石变为角砾—粉砂状构造,其中砷黝铜

矿石多呈粉砂状,黄铜矿和黄铁矿多呈砂粒状和角砾状,粒径0.1~3 cm。井下的局部伟晶状矿体内矿石还发生淋滤氧化作用,形成网线状、肾状、蜂窝状、葡萄状构造。

在伟晶状矿体的下方及南、北向构造微裂隙带,由于没有发生隐爆作用,故只能为晚期的中温热液所充填,形成细脉浸染状铜矿,细脉主要由石英、黄铜矿、黄铁矿组成,宽一般为0.5~1 mm,有的呈马尾丝状。

## 4 地球物理特征

### 4.1 岩石的密度与磁性

本区青山群火山岩系的密度值为 $2.67 \times 10^3 \sim 2.74 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,侏罗纪淄博群砂岩及粉砂岩密度值为 $2.55 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,二者有着明显的差异,其间有一个密度界面存在,即在火山岩分布区因有质量盈余而产生重力高,且火山岩的厚度越大,引起的重力值就越高;该区的辉长岩和二长岩密度值较大,为 $2.75 \times 10^3 \sim 2.87 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,与侏罗纪地层及火山岩系之间均有较明显的密度差,而石英闪长岩和石英正长闪长岩密度值一般较小,为 $2.51 \times 10^3 \sim 2.61 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,与火山岩相比有一定的密度差,故当火山岩系中的中酸性杂岩体具有一定规模时,其上部往往会在重力高值背景上出现相对重力低,这一特征可作为本区寻找铜矿的重力场经验模型。

火山岩系的磁性要比基底岩层淄博群砂岩强得多,前者磁化率常见值一般在 $3\ 000 \times 10^{-6} \sim 5\ 000 \times 10^{-6} \text{ SI}$ 之间,剩磁 $J_r$ 一般在 $2\ 000 \times 10^{-6} \sim 6\ 000 \times 10^{-3} \text{ A/m}$ 之间;火山岩系的Q值一般在1.0以下以感磁为主;砂岩的Q值为2.6以剩磁为主。后者磁化率常见值为 $0 \sim 1\ 000 \times 10^{-6} \text{ SI}$ ,剩磁 $J_r$ 为 $0 \sim 800 \times 10^{-3} \text{ A/m}$ ,所以根据磁场特征来圈定火山岩的分布范围是可行的。另外,在整个火山岩系中,不同岩性甚至是同一岩性的岩石,其磁性差异也相当大,故该区火山岩所引起的磁场是跳动杂乱的,而主要含铜岩石—石英正长闪长岩具弱磁性,这就为本区开展铜矿物探工作提供了有利条件。

<sup>①</sup> 山东省物化探勘查院,山东省邹平县碑楼矿区铜矿普查报告,2005年。

### 4.2 岩矿石电性特征

由邹平火山岩地区岩矿石标本电性参数统计可见,不同岩性的电阻率( $\rho$ )与极化率( $\eta$ )变化较大。基性火山岩的 $\rho$ 值最高可达 $41\ 087\ \Omega \cdot m$ ,变化也最大,而淄博群砂岩的 $\rho$ 值较低,平均 $286\ \Omega \cdot m$ 左右,且变化小,故可利用 $\rho$ 值变化特征来划分火山岩与淄博群砂岩的界线。辉长岩的 $\rho$ 值亦较高,约 $3\ 280\ \Omega \cdot m$ 左右,亦可利用 $\rho$ 的差异将其与淄博群砂岩加以区分。含矿岩石统计电阻率平均值在 $10.4 \sim 887\ \Omega \cdot m$ 之间,其变化明显低于其他岩石。本区未经矿化的岩石,其 $\eta$ 值一般较小,大都在3%以下,变化较为稳定;而矿化岩石(含黄铁矿、黄铜矿化等) $\eta_a$ 则显著升高,在 $3.62\% \sim 17.86\%$ 之间,如王家庄子铜钼矿石最高可达64.49%。因此在本区运用激发极化法来圈定含铜硫化矿物富集体是可行的,具备较好的电性前提。

### 4.3 重力场<sup>①</sup>与航磁场<sup>②</sup>

邹平火山岩盆地重力场为一四周全为低背景之上的椭圆形重力高(图4),根据盆地岩石密度推断应由火山岩引起,其分布面积约 $800\ km^2$ ,基本上反映了火山岩系分布范围。异常峰值区 $\Delta g \geq 24 \times 10^{-5}\ m/s^2$ ,位于沫湖顶以北的东窝陀—郭庄、西董尚庄一带呈半环形展布,面积约 $300\ km^2$ 。王家庄岩体、碑楼岩体分布在高背景场上较平缓的重力低值分布区,被局部重力低所表征。区域椭圆形重力等值线由外向里逐渐升高,说明盆地火山岩系具边缘薄中心厚之特征,经计算和正演拟合计算,盆地内火山岩最大厚度约为 $7\ 000\ m$ 。

区域航磁 $\Delta T$ 表现为一周边为负背景之上的杂乱高低跳跃的磁场区,面积约 $1\ 000\ km^2$ (图5)。磁场区可划分成4个不同特征的磁场地带:南部主要呈NW向的宽条带状强磁异常带( $\Delta T = 80 \sim 200\ nT$ ),东部反映为NE向较强磁场带( $\Delta T = 50 \sim 100\ nT$ ),中部显示为较低的正负环状磁场带( $\Delta T = -30 \sim 50\ nT$ ),北部覆盖区则为较缓升高正磁场带( $\Delta T = 0 \sim 100\ nT$ )。这些不同方向异常轴向及等值线密度带的磁场分布特征,除了显示所在的磁场地带存在断裂构造外,还显示本区南部和中部分别具有裂隙喷发的层状火山岩系及中心式喷发的环状火山岩系的分布形态,这与区内青山群火山岩随时空变化的分布规律范围大致吻合,而与周边沉积岩系的磁

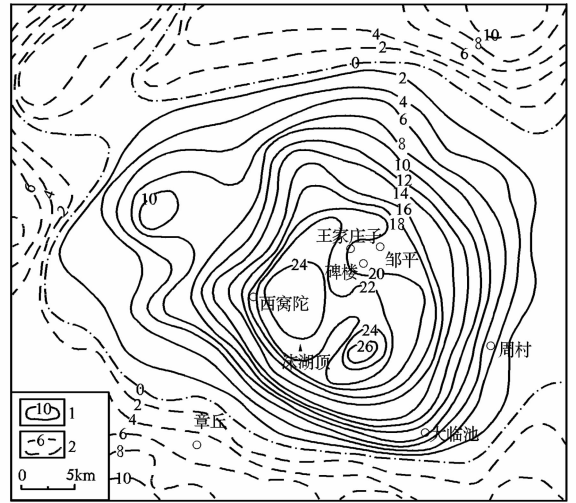


图4 邹平火山岩盆地布格重力异常平面图

1—正布格重力异常等值线;2—负布格重力异常等值线

性梯度变化有明显的区别。

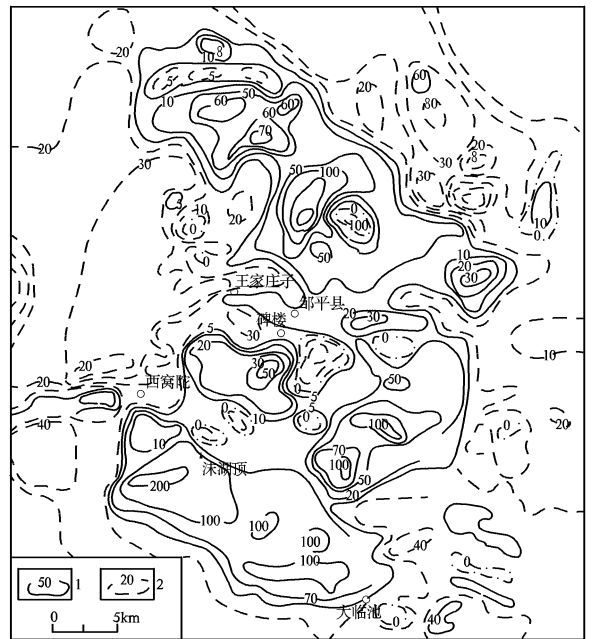


图5 邹平火山岩盆地航磁 $\Delta T$ 等值线图

1—正磁异常等值线;2—负磁异常等值线

火山通道构造,在地磁场中显示低缓磁场,周边有一个明显的梯度带,呈环状分布。在岩颈的上方,

① 山东省地矿局第二地质队,山东省邹平地区综合物探调查成果报告,1989年。  
② 地质部航空物探大队903队,鲁中地区航空磁力和放射性测量成果报告,1980年。

重、磁异常表现为圆形或椭圆形的“重、磁同低”特征,其外围主要为环状重、磁正异常。这是火山岩颈内杂岩体侵入切割火山岩,以及杂岩体边部存在大量围岩捕虏体、矿化与蚀变由中心向边缘逐渐减弱而引起重磁特征变化的反应。

#### 4.4 邹平火山岩盆地南北向重磁剖面

在火山岩盆地的南北向重磁剖面中(图 6),布格重力异常在区域重力低的背景场上反映为马鞍形重力高特征,异常曲线的南翼梯度陡,北翼则缓。南部异常峰值为  $38 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ,北部异常峰值为  $24 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ,异常顶端鞍部还表现出一高背景场上的相对重力低特征。高异常主要由青山群中下部岩性引起,低异常则主要是中酸性侵入岩体的反应。经正演模型计算结果,王家庄晚期火山通道为倾向东南、延深极大的柱状体。

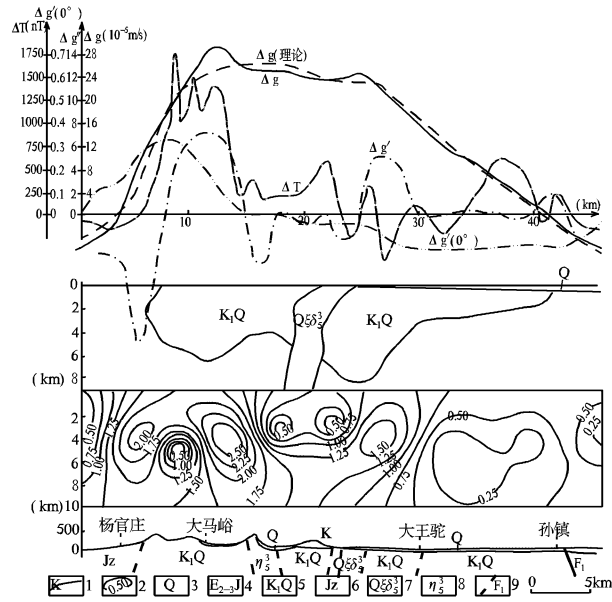


图 6 邹平火山岩盆地重磁南北向剖面正演拟合模型综合剖面图

- 1—火山岩地质体模型;2—GH 等值线;3—第四系;4—济阳群;
- 5—青山群;6—淄博群;7—石英正长闪长岩;8—二长岩;9—断层及编号;F<sub>1</sub>—齐广断裂

航磁  $\Delta T$  异常曲线由南向北大致可分为 4 种类型,即:锯齿状升高正异常,最高强度为 1 500 nT,其异常分布区岩性为青山群下部火山岩系;正、负变化的中等强度异常,其最高强度分别为 + 550 nT 和 - 500 nT,其分布区岩性破火山口内的青山群中上部火山岩系及一系列火山—侵入相杂岩;圆滑升高正异常,最大强度为 650 nT,分布于北部覆盖区,推测

分布区岩性为中基性火山岩系;环状降低正异常,其强度逐渐向内过渡到弱磁场或负磁场,其分布区岩性可能是沿晚期火山通道侵入的含矿中酸性岩体。总的来看,在火山岩盆地的南北方向上,火山岩系空间分布呈波状起伏逐渐变浅,岩性由基性→中性→中偏碱性演化,反映了火山活动早期以喷溢为主,中、晚期以爆发为主的特点。

#### 4.5 碑楼铜矿的典型物探异常特征

地面物探资料显示碑楼铜矿处于西低东高的似喇叭状局部高磁场背景中,周边磁场强度  $\Delta T$  在 1 300 ~ 1 400 nT 之间,大部分矿体处于  $\Delta T = 1 050$  nT 等值线以下圈闭范围以内, $\Delta T$  最低约 900 nT,整个矿区在磁场上表现为高背景中相对低磁特征。矿体上部  $\Delta T$  值在 1 000 nT 以下,两侧  $\Delta T$  值在 1 200 nT 以上;激电中梯  $\eta_a$  曲线则显示为低缓平稳的高极化率特征,异常幅值较低,高出背景值  $0.5\% \pm$ 。在激电中梯  $\eta_a$  等值线平面图上,表现为极化率  $\eta_a$  西部低,在  $0.9\% \pm$ ;北东南三侧在  $1.1\% \sim 1.2\%$  之间,以 1.3% 等值线圈闭的 900  $\text{m}^2$  大致对应矿体范围,极化率  $\eta_a$  峰值为 1.6%。在 CSAMT 测深  $\rho_s$  断面等值线图上矿体处于局部高阻与浅部低阻的渐变带上,这与深部岩浆的入侵、冷凝、结晶和成矿热液沉积的环境有关。

### 5 结语

邹平火山岩盆地以铜矿为主矿产的形成与中生代燕山晚期火山喷发活动有关。在火山喷发活动后期,中酸性岩浆侵入,随之大量热液流体携带金属矿质上升,在不同构造部位形成类型各异的矿床,主要有伟晶岩(斑)状铜矿床和细脉浸染状铜矿床。

邹平火山岩区在区域重磁场中反映为一近似椭圆形较平缓的重力高背景场和高低交变的正磁异常场,这与火山岩的分布范围相吻合。邹平王家庄、碑楼铜矿产出位置及物探异常特征表明,区内的高磁异常出现环状及放射状异常背景场上的相对低而缓的异常特征、高背景重力场上的重力低异常区和高极化率异常带,是寻找铜矿的有利部位。

致谢:本文撰写过程中,得到程光锁高级工程师等的支持与帮助,表示谢意!

### 参考文献:

[1] 孔庆友,张天祯,于学峰,等. 山东矿床[M]. 济南:山东科学技术出版社,2006.

[2] 汤立成. 山东邹平伟晶状含金富铜矿成因研究[J]. 山东地质, 1993,9(2):85-91.

## Study on Geophysical Characteristics and Geological Origin of Copper Deposit in Zouping Volcanic Basin

WANG Yu - jun<sup>1</sup>, TANG Li - cheng<sup>2</sup>

(1. Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong jinan 250014, China)

**Abstract:** Zouping copper deposit locates in Zouping volcanic basin in south part of Qihe - Guangrao deep fault belt. It was formed in the central upper part of caldera neck piping filling with diorite. It includes two types of copper deposit; one is crystal form copper deposit, while the other is micro - disseminated type copper deposit. The orebodies of the former were small, but has a high ore grade; while the latter has a low ore grade but with a medium scale. Ore - bearing quartz diorite has small density and weak magnetism, so it showed low gravity in high background gravity field in the volcanic rocks, and low negative abnormality in miscellaneous disorderly high magnetic field background, that is namely "the heavy magnetic together with low" with high magnetism. Heavy magnetic abnormality and high polarization abnormality belts are beneficial part for prospecting copper deposits.

**Key words:** Copper deposit; quartz - syenite - diorite; gravity low and magnetic low; high polarization; volcanic basin; Zouping in Shandong province