

寿光磁异常区找矿方向探讨

马兆同¹,于钦仲²,王玉敏¹,李土雄¹,张吉涛²

(1. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013; 2. 山东省第四地质矿产勘查院, 山东 潍坊 261041)

摘要:寿光磁异常是山东仅次于济宁的第二大磁异常。由山东省第四地质矿产勘查院实施的 ZK401 验证孔, 在孔深 856.22~1 600.87 m 处见中生代白垩纪青山群八亩地组地层, 是一套玄武安山-安山岩石组合, 认为寿光磁异常是具有磁性的中生代火山岩系引起的。该文依据寿光磁异常区的重、磁异常特征, 结合所处的地质构造环境, 通过反演磁性体的空间分布形态, 推断寿光磁性体是夹持在前古生代地层(寒武系)间的类似山顶到山谷的一个楔型火山岩盆地。套用火山机构的划分模式, 把磁性体所处的潜火山岩细分为火山喷发-沉积岩相、火山通道相和重熔-侵入岩相等 3 个岩相。依据火山岩相与矿产的关系, 认为寿光火山岩系的深部可能有规模较大的岩浆岩型铁矿存在。寿光磁性体的中、深部的火山通道相是金、铜、铅、锌、钼等矿产的富集场所, 是今后勘查找矿的重点靶区。

关键词:磁异常验证; 磁法反演磁性体; 火山岩相与矿产; 找矿方向; 山东寿光

中图分类号: P631.2⁺21

文献标识码: B

山东省寿光磁异常位于潍坊寿光市城区西北 3.5 km 处。寿光磁异常是山东省内仅次于济宁的第二大异常, 具有幅值高、范围大、NE 走向, 北侧伴有负异常等与济宁磁异常相似的特征^[1], 所不同的是周边被众多小次级磁异常所环绕, 反映了所处地质环境的差异。

1 区域重磁异常特征

1.1 区域重力异常特征

寿光磁异常区布格重力异常是位于寿光市区与丰城之间的一走向 330° 的“葫芦”状的重力高, 异常峰值 $14 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$, 周边被 $(-10 \sim -20) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 的重力低所环绕。寿光重力异常北西长 25 km, 北东宽 15 km, “葫芦”腰部宽 10 km。反映了寿光凸起的基本轮廓, 面积约 300 km² (图 1)。

1.2 航磁异常特征

寿光航磁异常主体为 NE 向平稳升高的正磁异常, 密集梯级带圈定磁性体范围, 北东长约 9 km, 北西宽 6 km。反映了磁性体局部增厚的区域。寿光背景磁异常为 0~200 nT, 并叠加几处 200~600 nT 的升高正异常, 反映了另一期次的岩浆活动形成的

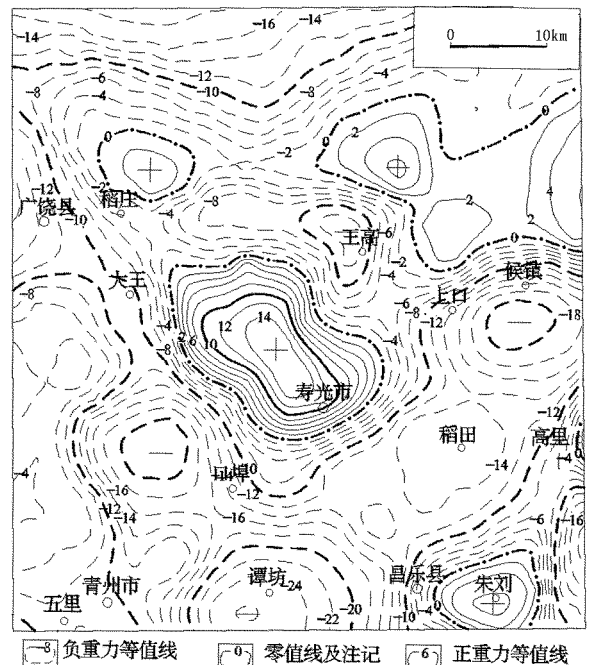


图 1 寿光区域布格重力异常示意图

磁性体。中生代以来该区断块裂解后, 岩浆多期次在断块间以裂隙式、中心式喷发沉积与填平^[2]。形成了一个断块间、断块之上大小不等的上叠式火山岩型盆地 (图 2)。

* 收稿日期: 2011-08-30; 修订日期: 2011-12-31; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 马兆同 (1956—), 男, 山东梁山人, 研究员, 主要从事重磁资料研究及地质找矿工作; E-mail: 1457738936@qq.com。

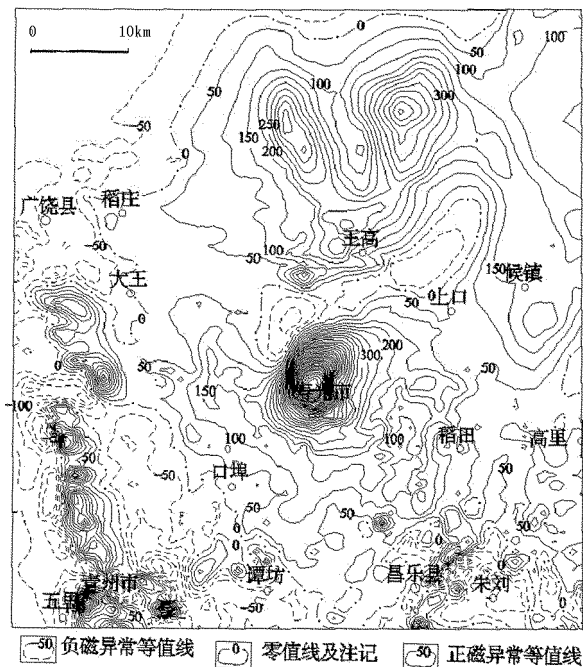


图 2 寿光地区航磁 ΔT 异常示意图

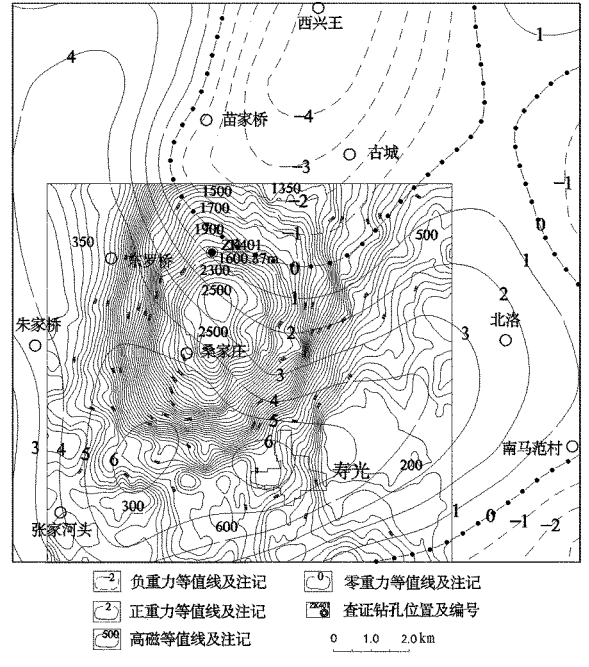


图 3 寿光地区剩余重力、地面磁测 ΔT 异常示意图

区域重磁异常反映了寿光地区以寒武纪地层为基底的凸起。该凸起似由相连的 2 个小块体组成。寿光磁异常呈 NE 向椭圆状,位于“葫芦”形重力异常的凹部,反映了 NE 向展布的磁性体位于两小块间。磁性面积约 70 km²,小于寿光断块凸起的面积(300 km²)。反映了磁性体是中生代时期断块凸起间增生的地契。说明由于岩浆的上侵、垫拖、沉积,使得寿光断块抬升,成为目前的寿光凸起格局。

1.3 地面磁测磁异常特征

从图 3 可以看出,NE 30°块状正磁异常,磁异常峰值 2 400 nT,背景值 400 nT。北东长 10 km,南北宽 7 km,反映了磁性的位置与大小。剩余重力异常(图 3)呈“马蹄”形重力高,开口朝北东方向展布。剩余重力异常宽 3~4 km,重力值 $(1.8 \sim 2.6) \times 10^{-5}$ m/s²,反映断块凸起中高密度的古生代寒武纪地层,寿 1 孔在 198.3 m 下见寒武纪地层。“马蹄”形重力高之间为相对重力低,宽约 5 km,分布强磁异常,反映了磁性体镶嵌在马蹄形寒武纪地层之间。剩余重力高是寿光凸起上高密度寒武纪地层的反映。而寿光磁异常正位于马蹄形重力高间的重力低值部位,反映了寿光磁性体呈“楔”形镶嵌在两次级断凸间的凹槽中^[3]。

2 钻探验证及测井情况

2.1 钻探验证情况

为了验证寿光磁异常,山东省第四地质矿产勘查院在 2009 年 6 月布设了 ZK401 验证孔,验证地质情况如下:0~279.25 m 为第四纪耕植土、含砾砂质粘土、砾砂质粘土;279.25~389.68 m 为新近纪临朐群气孔状玄武岩夹膨润土。389.68~741.44 m 为古近纪五图群细砂岩、粉砂岩及泥岩;741.44~856.22 m 为白垩纪王氏群砂岩、细砂岩、粉砂岩夹泥岩;856.22~1 600.87 m 为白垩纪青山群,上部为灰紫色安山质集块角砾岩、橄榄玄武岩和安山质角砾凝灰岩,中下部为灰黑色—黑色橄榄玄武岩夹安山质角砾凝灰岩。

2.2 磁测井情况

从 ZK401 钻孔的 ΔH 和 ΔZ 的曲线形态分析,在 0~935 m 处井中磁测磁异常较弱,除新近纪临朐群外均为正常沉积的岩石,表现为正常背景场。在孔深 936~1 510 m,磁测垂直分量相对较强,磁场值 2 000~4 000 nT,该磁异常段均为白垩纪青山群玄武安山质岩石。在 1 511~1 517 m 处,磁三分量测井显示,井旁或深部有一个较强的磁性隐伏体。

2.3 ZK401 孔物性测定情况

ZK401 钻孔中,856.25 m 下见玄武岩、安山岩、安山玄武质凝灰岩系,为火山喷发-沉积岩相岩石。采集了 31 个不同深度的标本,进行物性参数测定,测定结果见表 1。由表 1 可知:临朐群气孔状玄武岩磁化率 $\kappa=436 \times 10^{-5} \sim 725 \times 10^{-5}$ SI,平均值 583×10^{-5} SI;青山群安山质凝灰岩和安山岩磁化率 $\kappa=122.5 \times 10^{-5} \sim 6\ 685 \times 10^{-5}$ SI,平均值 $2\ 877 \times 10^{-5}$ SI。由此可见,青山群为墨绿色玄武岩,磁性强,厚度大,是引起寿光磁异常的主因。通过 ZK401 孔钻探验证及磁测三分量测井和岩心标本的磁化率测定分析认为,引起寿光磁异常的主要原因是中生代白垩纪青山群八亩地组火山岩系。

表 1 ZK401 孔岩石磁参数统计

地层	主要岩性	深度段(m)	标本块数	磁化率 $\kappa(10^{-5} \text{ SI})$	
				变化范围	平均值
临朐群	气孔状玄武岩	338~379	3	436.5~725	583
青山群	墨绿色玄武岩、安山质凝灰岩、安山岩	922~1518	28	122.5~66865	2877

3 磁性地质体的空间形态

3.1 文家庄-桑家官庄磁性体断面形态

(1)该断面位于磁异常中部的文家庄-桑家官庄一线,NE 24°切过寿光磁异常,剖面长约 23 km,磁异常曲线如图 4 所示。

(2)剖面曲线为正异常曲线,曲线峰值 2 300 nT,背景值 400 nT,曲线南西侧陡,北东侧缓,反映了磁性体上界面向 NE 侧倾状。

(3)磁法反演所用软件为中国地质调查局研发的 RGIS2010 版软件。采用 ZK401 钻孔磁性标本测定统计的磁化率,临朐群磁率 583×10^{-5} SI,青山群磁化率 $2\ 877 \times 10^{-5}$ SI,是引起寿光磁异常的主因。考虑到火山喷出岩剩磁大于感磁的特点,临朐群玄武岩的磁化强度取 $1\ 000 \times 10^{-3}$ A/m,青山群玄武岩、安山岩的磁化强度取 $4\ 000 \times 10^{-3}$ A/m,化极曲线采用垂直磁化拟合。拟合结果绘制磁法反演推断地质剖面如图 4 所示。279.25~389.68 m 间 110.23m 厚的临朐群气孔状玄武岩在地表引起的磁异常约 45 nT,如图 4(a)“虚线”所示的“临朐群磁性体引起的磁异常曲线”。ZK401 孔控制深度为 1 600.87m,856.22 m 至终孔深度 744.65 m 厚的玄

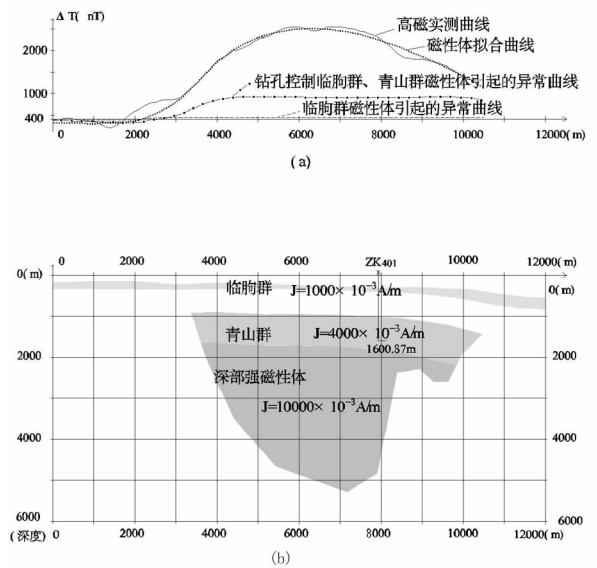


图 4 剖面 1 磁法反演、推断地质综合断面图

武岩、安山凝灰岩磁性层在地表引起的磁异常约 600~800 nT,如图 4(a)“点划线”所示的“临朐群、青山群磁性体引起的磁异常曲线”。该磁异常值据地表实测磁异常峰值还具有 800~1 000 nT 的磁异常之差。说明 1 600.87 m 之下还有强磁性体存在。若取深部磁性体的磁化强度为 $10\ 000 \times 10^{-3}$ A/m,拟合的磁性体形态如图 4(b)所示,深部磁性体总体呈不对称的“U”字形,磁性体埋深在 850~5 000 m 间,厚 4 000 m 左右,长 7 000 m。向 NE 倾状,倾角 20°~40°。山东目前 4 000 m 厚的玄武安山质岩层还不多见,一般 1 500~2 000 m。据此推断:寿光火山岩系岩层深部可能有较强的磁性体存在,不排除深部有火山岩型、岩浆熔离型铁矿存在的可能性,位于 5 000~8 000 号点间,长约 3 000 m,埋深 2 000~3 500 m。

3.2 太平官庄-董家庄磁性体断面形态

(1)该断面 110°方向垂直切过磁异常走向,并经过磁异常北峰值点 2 200 nT 处,位于太平官庄-董家庄一线。北东长约 6 km。

(2)太平官庄-董家庄断面高磁航磁 ΔT 曲线,曲线峰值 2 200 nT,背景值取 400 nT,曲线两侧基本对称,北西侧稍陡,反映北西侧磁性体稍厚,南东侧磁性体稍薄。

(3)太平官庄-董家庄线磁法反演结果:磁性体为埋深 850 m,延伸 4 500 m,厚约 3 600 m,宽约

5 000 m。推断深部强磁性体在 3 500~5 500 号点间,宽约 2 000 m,深度在 2 000~3 000 m 间。

3.3 火山岩相的划分

3.3.1 火山岩相划分原则与方法

依据邹平火山岩盆地对火山岩相的划分,原则上划分为火山喷发-沉积岩相、潜火山相、重熔岩相和火山通道相。其划分方法如下:

- (1) 寿光磁异常推断的磁性体分布区为火山机构分布区。
- (2) 强磁异常区一般对应火山喷发-沉积岩相。火山喷发-沉积岩相深部为潜火山相。
- (3) 火山通道对应相对低磁异常区。
- (4) 火山喷发沉积岩相的底部、边部推断为侵入岩相或重熔岩相。

3.3.2 寿光火山岩相的具体划分

(1) 剖面 1 线

如图 4 所示,该剖面沿磁异常走向展布,反映磁性体最长的区段,剖面方位 24°,由磁测资料反演可知,该磁性体呈厚板状向 NE 向倾伏。磁性体沿断块凸起的鞍部呈“V”字形或“U”字形向沟谷中倾伏,由山脊向山根部展布。借鉴邹平火山岩区的模式:山根部位有可能是火山喷发的通道。寿光火山岩磁性体,被寒武纪地层所环绕,磁异常峰值区是火山喷发-沉积相的玄武岩、玄武-安山质凝灰岩等磁性体分布区。北东侧 7 000~8 500 号点磁异常值低曲线平滑,推断为火山通道相岩石分布区。在火山岩磁性体的底边部和由于火山岩的多次喷发和岩浆热液活动,有可能有重熔相岩石分布。这样把寿光磁性体的火山岩相进行了四相划分,形成寿光火山岩系火山机构(图 5)。

火山通道相:位于剖面 1 线的 7 000~8 500 号点处,呈上宽下窄的楔形,上宽约 1 500 m,埋深 2 000m 左右,延深很大,是火山岩浆的通道。

火山喷发-沉积相(潜火山岩相):该剖面呈“莲蓬”状,位于火山通道相的上部及周边,剖面上宽 7 000 m(3 000~10 000 号点)。向下深浅不一,可能与深部火山通道相、重熔岩相等次火山岩相互镶嵌。深可达 2 000~4 000 m。

重熔岩相:位于潜火山岩相的底部,火山通道相的周围。剖面上呈窄条带状,不规则沿潜火山岩相磁性体边部、底部展布。从隐伏露头断续延伸到深

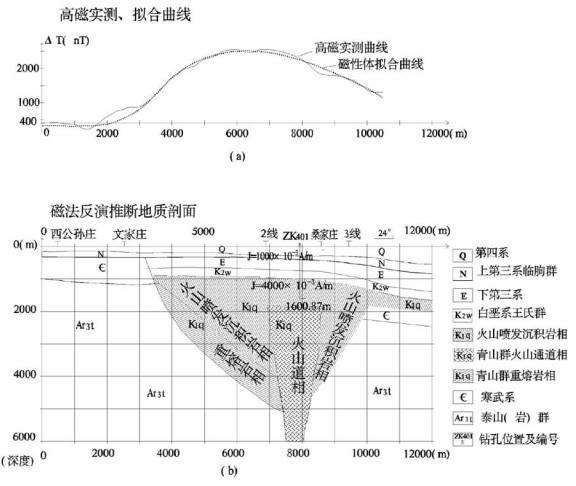


图 5 剖面 1 磁法反演、火山岩相划分断面图

部的火山通道相。宽 500~1 000 m,长约 5 000 m,斜向下 30°~40°展布。

(2) 剖面 2 线

该剖面 SW 110°经过太平官庄、董家庄一带,横向通过寿光磁异常区。磁测资料反演磁性体所表征的火山岩系呈上宽下窄的 U 字形。依据剖面在火山岩系中的位置,划分了 2 个相位(图 6)。

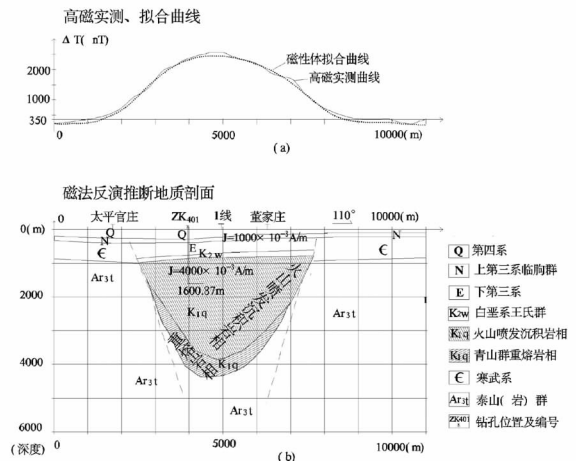


图 6 剖面 2 线磁法反演、火山岩相划分断面图

① **火山喷发-沉积岩相(潜火山岩相):**剖面上呈“倒梯形”上宽下窄,位于 2 500~7 500 号点间,宽约 5 km,埋深 850 m 下界面深达 3.5 km。两侧形态受断层制约。

② **重熔岩相:**位于潜火山岩相的底部,呈“U”字形条带,宽度约在 500~1 000 m,曲面长约 7 000 m,

边部埋深在 1 500~2 000 m。底部埋深 4 000~5 000m。该岩相总体位于火山通道相周围。

3.3.3 火山机构的平面展布

寿光火山机构的范围为寿光磁异常推断的磁性体的范围和大小,如图 7 所示。

(1)火山喷发-沉积岩相:钻孔 ZK401 孔在深 856.25 m 见安山质集块角砾岩、安山岩玄武安山岩、安山质凝灰岩、玄武岩等,该套岩石组合为火山喷发-沉积岩相岩石。前人命名为晚中生代白垩纪青山群八亩地组。该相 NE 25°,北东长 10 km,南东宽 5~6 km 面积 54 km²。ZK401 孔控制火山喷发-沉积岩相地层 744.65 m,未见其他相岩石。

(2)火山通道相:寿光磁异常是由火山岩引起的,有火山岩就有火山机构,较大的火山机构就存在火山通道。根据邹平火山岩盆地磁异常推断火山机构,火山通道相岩石通常分布在强磁性区内磁性弱过渡的“山根”部位。据寿光磁异常特征分析:寿光县城北 5 km 处刘家官庄-桑家庄一带推断为火山通道相岩石分布区,被强磁异常中的磁力低所证。该区磁异常值 1 500~2 000 nT,并且东西两侧磁异常稍强。垂向二阶导数反映的相对弱磁性区更加明显,因此该区段推断为火山通道相岩石分布区。该相呈近 SN 向不规则椭圆形,南北长 2 km,东西宽约 1.5 km,面积约 3 km²(图 3、图 4)。该相岩石可能为石英闪长岩、石英二长岩、石英正长岩类岩石,由于后期的重结晶分异作用,岩石石英质成分增加,暗质矿物减少,磁性减弱。重熔岩相仅位于火山喷发-沉积岩相的底部。

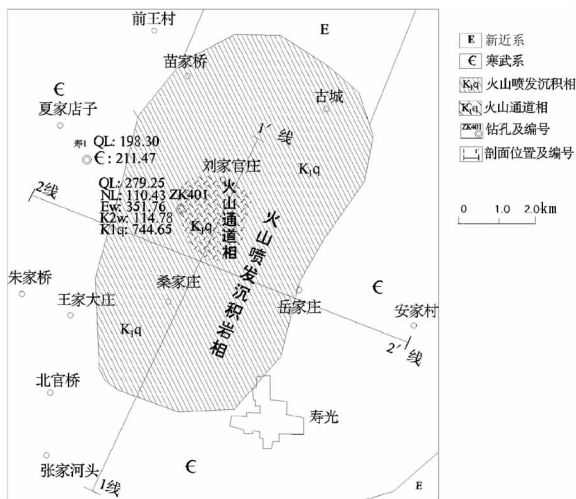


图 7 高精度磁测资料解释推断成果图

4 火山岩系找矿方向研究

4.1 火山岩相与成矿

与火山活动有关的矿产比较丰富,主要有金、铜、钼、铅、锌、明矾石、萤石、重晶石、膨润土、蓝宝石等^[4],其中金、铜、钼、明矾石控矿的火山构造为破火山口,与成矿有关的火山岩相为火山通道相中酸性火山岩,其形成时代为中生代中晚期,且多为火山活动的后期。铅、锌、萤石、重晶石其控矿构造为由火山活动形成等的环状、放射状等构造裂隙及区域构造次一级的构造裂隙。膨润土矿与火山活动形成的地层层位关系密切,受层位控制明显;中生代形成的膨润土矿赋存在青山群八亩地组和石前庄组,其分布受火山构造洼地控制,岩性为中酸性的火山碎屑岩等。

与火山活动有关的矿化为金矿化、铜矿化、磁铁矿化、银矿化、钼矿化、铅、锌矿化、黄铁矿化、萤石矿化、明矾石矿化,其矿化范围为火山活动影响范围,其矿化强度由火山活动中心向外逐渐减弱,金矿化、铜矿化、磁铁矿化、银矿化、钼矿化、明矾石矿化多位于火山活动中心,外围为铅、锌矿化、黄铁矿化、萤石矿化。

经 ZK401 钻孔验证,在 856.25~1 600.87 m 深处见厚层墨绿色的玄武岩、紫红-灰绿色玄武安山质角砾凝灰岩、安山岩、安山集块岩等。虽然该孔没见到铁矿,但火山岩相与矿产关系密切。从火山岩相的角度寻找寿光磁异常区的矿产是今后地质工作的方向。寿光火山岩与邹平火山岩是同时期喷发的产物,具有多期喷发的特点。形成了各期火山岩相,各火山岩相具有不同类型的矿产。

(1)火山通道相与矿产:火山通道相是火山岩浆多期活动的场所,结晶分异较充分,常形成斑铜矿、黄铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、硫铁矿、自然金、银等矿产^[5]。邹平王家庄铜、钼矿床位于邹平火山盆地的中偏北部,处在会仙破火山口的中心部位^[4]。火山通道构造是矿区主要的控岩、控矿构造。控矿岩石为火山通道相石英正长闪长岩,既是成矿母岩,也是矿体围岩。铜矿成因类型为浅层低温热液型;成矿时代为白垩纪早期;含矿建造为中酸性潜火山岩建造;成矿旋回为白垩纪青山期,与金矿多共生。

(2)潜火山岩相与矿产:与中生代潜火山岩有关

的矿产,金属矿主要有:金矿、铜矿、铅锌矿等。五莲七宝山金矿就是潜火山岩相矿产之一,矿体位于中生代燕山晚期石英闪长玢岩、花岗斑岩及闪长岩中。岩体顶部的黑云母闪长岩在侵入-隐爆作用下形成了角砾和网状裂隙,在裂隙中充填含金、银、铜、石英镜铁矿脉,总体规律是矿床上部以金为主,下部以铜为主,并伴生银可供综合利用。潜火山岩相铅锌矿通常形成含铅锌重晶石脉,含铅锌石英脉的斑岩型铅锌矿床,如安丘白石岭、沂水县快堡。潜火山岩钼矿通常与金矿、铜矿伴生。

(3)重熔-侵入岩相矿产:火山喷发沉积的安山玄武质岩石,在火山多期活动的情况下,易发生重熔使岩浆中的矿物成分发生分异和分离,形成结晶分异型、岩浆熔离型矿产,形成磁铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、钛磁铁矿、金等矿产。邹平火山岩盆地边部与底部分布半环形辉长岩体。与其有关的矿产有大临池多金属矿,靖家庄铁矿、莲花山铁矿点等^[6]。

(4)火山喷发-沉积岩相:火山喷发-沉积相中含矿岩石主要为粗安质熔结角砾凝灰岩和安山质含砾凝灰岩,矿石自然类型为石英明矾石型,工业类型为钾明矾石型,矿石矿物主要为明矾石,脉石矿物为次生石英。玄武质等基性程度较高的岩石,含暗质矿物等铁质成分较多,多与钛、钒、镍等矿产相伴生,在该岩相适当的部位,易发生矾、钛、铁矿化,从而形成钒钛磁铁矿床。

4.2 矿产预测及找矿方向

(1)火山通道相铜、铁矿预测区:依据火山岩相与矿产的控制关系,火山通道相的次火山岩-石英闪长岩、石英正长岩、石英二长岩等岩石,易发生铜、钼、铅、锌、金、铁等矿化。如邹平王家庄火山口,具有铜矿,钼矿铅锌矿等矿产,推断寿光火山通道相与王家庄火山口类似。因而寿光火山通道相分布区,是寻找铜金铁矿的有利地区(图 3、图 4),寿光火山通道相呈近 SN 向椭圆形,南北长 1.4 km,东西宽 1.2 km,面积 5.43 km²,推断为铜金铁矿预测区。

(2)潜火山岩相金、铅锌矿预测部位:寿光潜火山岩相位于火山岩盆地的深部(图 5、图 6),埋深 1.5 km 以下,呈“V”字形或倒“▽”形,延深到 4~5 km,截面 8~12 km²。是火山岩系围绕的内部区域,推断为寻找金、铜、铅、锌、钼矿产的有利部位。

(3)重熔-侵入岩相铁矿预测部位:寿光火山岩属于偏基性的岩石,在深部火山喷发带来的热量散

发较慢,有可能部分岩石重熔和岩浆侵位。该相位于寿光火山盆地的底部和边部如图 4、图 5、图 6 所示;该岩相中基性岩石铁质成分含量较高,部分区段可形成铁矿床。推断寿光重熔-侵入岩相为寻找铁、铜矿的有利部位。

(4)火山喷发-沉积相钒钛磁铁矿预测区:寿光火山岩系由玄武岩、安山岩、玄武安山质凝灰岩组成,磁化率 $\kappa = 159 \times 10^{-5} \sim 6\ 685 \times 10^{-5}$ SI,含铁量 TFe:6.52%~9.18%。mFe:0.25%~1.04%。虽然铁质含量低,但从综合找矿的角度看,火山喷发沉积岩相中,铁质成分通常与钒、钛等元素相伴生。有可能在局部地段富集, $Ti \geq 2\%$, $V \geq 5\%$ 时,就可能形成钒钛磁铁矿。如图 7 所示,寿光火山喷发-沉积相 NNE 向,北东长 10 km,南东宽 5.5 km,面积约 54 km²。推断为钒钛磁铁矿预测区。

5 结论

(1)寿光磁性体深部有可能有够品位的铁矿体存在,有可能是岩浆型的或其他类型的。

(2)火山通道相、潜火山岩相有金、铜、银、铅、锌、钼矿赋存。在寿光火山岩系的深部,可能有岩浆型铁矿富集在火山重熔-侵入岩相中。金、铜、银、铅、锌、钼矿有可能富集在火山通道相、潜火山岩相等岩石组合的分布区段。

(3)建议在寿光火山岩系地层范围内,布置综合物探测量,寻找火山通道,次火山岩相分布区,布设深钻验证,以期发现大型铜、铅、锌、金的矿床。

参考文献:

- [1] 王聿军,汤立成.邹平火山岩盆地铜矿地质成因地球物理特征探讨[J].山东国土资源,2008,24(9):19-23.
- [2] 吕其伟,陈磊.大功率激电在邹平铜矿隐伏区的应用[J].山东国土资源,2007,23(9):5-7.
- [3] 曹国权,艾宪森.山东省地质矿产志[M].北京:地质出版社,1992.
- [4] 汤立成.山东邹平火山岩盆地伟晶状含铜矿床地质特征[J].山东地质情报,1989:4.
- [5] 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.
- [6] 李峰,孔庆友,张天祯,等.山东地勘读本[M].济南:山东科学技术出版社,2002.

(下转第 36 页)