

doi: 10.11720/wtyht.2021.1220

周月,官大维,延海涛,等.基于先验信息约束的重磁电联合三维交互反演技术实践——以彭山穹隆构造为例[J].物探与化探,2021,45(2):308-315.<http://doi.org/10.11720/wtyht.2021.1220>

Zhou Y, Guan D W, Yan H T, et al. 3D gravity magnetic and electrical inversion modeling based on prior information: A case study of the dome structure in Pengshan area, Jiangxi Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2021, 45(2): 308-315. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2021.1220>

基于先验信息约束的重磁电联合三维交互反演 技术实践——以彭山穹隆构造为例

周月,官大维,延海涛,张小龙
(安徽省勘查技术院,安徽 合肥 230031)

摘要: 三维地质建模是实现深部矿产勘查突破的重要途径,其通过控矿地质体的三维建模,直观刻画控矿要素之间的空间、成因和演化关系,帮助理解成矿系统,开展深部找矿预测。当前三维建模主要采用地质资料构建,在缺少钻孔等已知资料的情况下,难于构建出可靠的三维地质模型。为了克服常规三维地质建模方法可信度低、精度差的缺点,本文将重磁电交互反演技术引入到三维地质建模中,提出了基于先验信息约束,通过重磁二度半剖面交互反演、电法反演、三维物性反演联合修正的三维地质模型方法。本文采用该方法建立了彭山穹隆的三维地质模型,并在此基础上对彭山穹隆的成因进行了讨论。

关键词: 重磁电约束反演;三维建模;彭山穹隆构造

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2021)02-0308-08

0 引言

三维地质建模是一种综合的信息地质解释方法,其主要特点是利用各种物探物探方法,通过反演技术和三维可视化技术,获得地下的地质体信息^[1]。近几年,三维地质建模方法得到了广泛应用,取得了较好的成果。

本次彭山地区地区的综合物探数据采集主要包括重力、磁法以及音频大地电磁测深,其中 1:5 万重磁面积性测量 463.4 km², 1:1 万重磁电剖面测量 40.6 km,并在此基础上进行了钻井验证与多参数测井,终孔深度为 1201.80 m。

从 20 世纪 80 年代开始,原地质部就在彭山地区开展过针对有色金属的专题找矿工作,对该地区的成矿背景、控矿因素、成矿模式都进行了不同程度的研究^[2-5]。21 世纪以来,通过开展新的资源调查项目,在彭山岩体周边又陆续发现了一些新的大中型矿床。近年来,在矿田东部又发现了张十八富铅

锌矿床,这说明该地区找矿前景广阔。在此工作之前,该地区只进行过 1:20 万的重磁面积性测量工作,区内侵入岩体表现为明显的重力低值异常和航磁高值异常。通过本次大比例尺综合物探工作,同时结合地质、矿产资料,对该地区进行三维地质建模工作,有力地该地区找矿突破提供了地球物理支撑。

为降低非震物探反演建模多解性,提高三维地质模型的可靠性,本文引进了基于先验信息约束的重磁电交互反演建模技术方案^[1]。并初步建立了江西省彭山地区的三维地质模型,在此基础上对彭山穹隆的形成原因进行了讨论。

1 地质背景

本区地层发育较为齐全。新元古代以前,以大洋浊积岩沉积为主,夹细碧角斑岩及远洋软泥。震旦纪至中三叠世以陆表海、陆缘海及深湖、潮坪相碳酸盐岩沉积为主,常夹碎屑岩及泥岩,其间未发现角

收稿日期: 2020-04-27; 修回日期: 2020-07-15

基金项目: 中国地质科学院地球物理与地球化学研究所项目“长江下游重点盆地地球物理基础调查”(DD20201164)

作者简介: 周月(1990-),男,工程师,主要从事地球物理勘查与综合研究工作。Email: 1003087497@qq.com

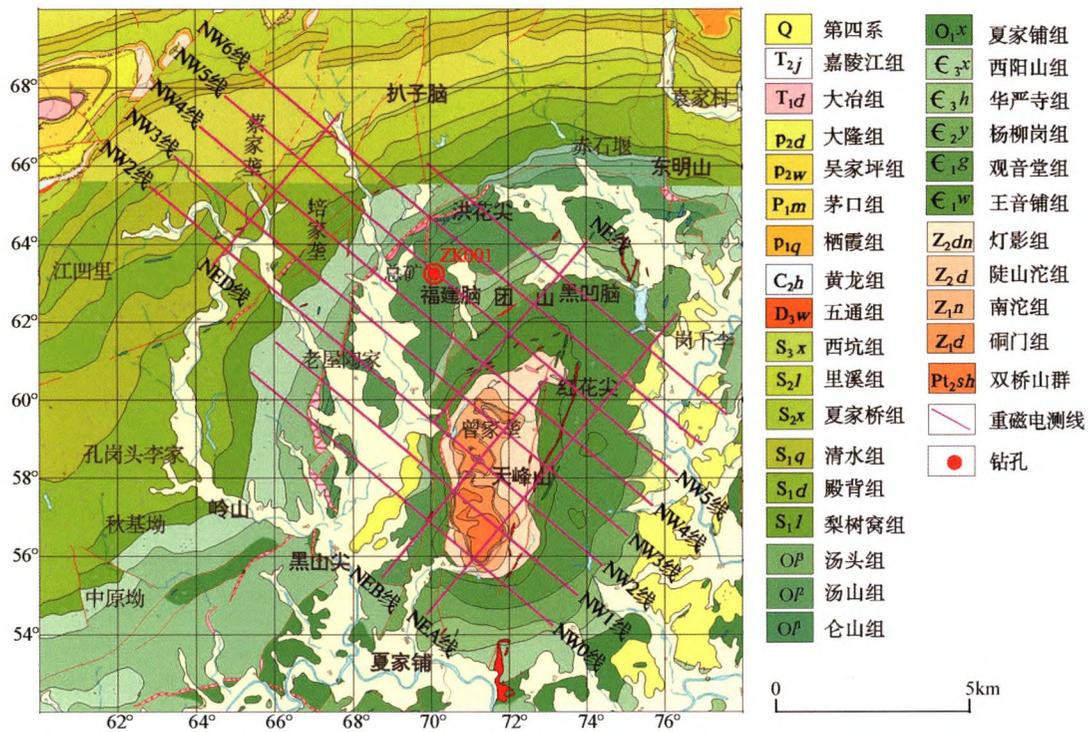


图 1 彭山地区区域地质、重磁反演剖面位置

Fig.1 Geological setting, gravity magnetic and electrical inversion profile location of Pengshan area

度不整合,该套地层不整合于下伏的变质岩系之上。晚三叠世及侏罗纪地层缺失。白垩纪及新近纪陆相红层不整合于下伏地层之上。范围达 180 km²,核部 5 km²。组成地层:核部 Pt₂sh、Z₁d~Z₂d,分布于尖峰坡、舍里凹一带,翼部 Z₁d~S₁q,最外围为志留系地层。平面呈椭圆状,长轴轴迹北起面前山,经梁家山、曾家垅、尖峰坡,至望夫山一线表现清楚。短轴近 EW 向。

彭山穹隆为区内的主要褶皱构造(图 1),其位于瑞昌—彭泽复式向斜南翼,南接梓坊向斜。影响穹隆具有典型的底辟成因^[6-9]。其翼部由其北倾伏端曾家垅、梁家山一带有一些放射状“麻花”状轴面平缓的次级褶皱呈扇形展布。环绕穹隆核部发育 3 组外倾弧形断层,多为左行层间滑动性质。不同方向断裂发育,造成穹隆形态的不协调,南较北宽展,西比东紧密。彭山正地形环弧状山系,外观地貌与穹隆褶皱形态基本一致。

曾家垅矿田的范围与彭山穹隆构造基本一致,南北长约 15 km,东西宽约 12 km,总面积约 180 km²。矿田内,出露的地层以震旦系及寒武系、奥陶系为主,其次是志留系。前震旦系变质岩仅在穹隆核部的刘家山及南缘乌石门一带有分布。震旦系分布于穹隆核部,是锡(或铅锌)矿床的赋矿围岩。

2 重磁电交互反演约束的三维地质建模

2.1 方法

本文所构建的三维模型是建立在充分消化吸收研究区内的岩石物性、面积性重磁场特征,以及重磁电剖面的基础之上。其技术方法主要包括 3 个部分:2.5D 初始模型的构建、2D/3D 重磁电反演拟合和 3D 地质模型的构建与解释(图 2)^[10-12]。其中,

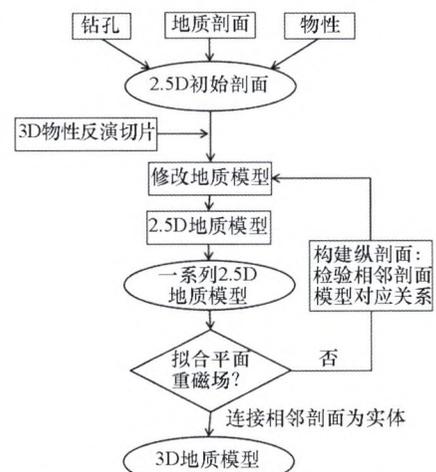


图 2 基于先验信息约束重磁电反演的三维地质建模技术流程

Fig.2 Flow chart of 3D geological modeling based prior information constraint gravity magnetic and electrical inversion

重磁电 2.5D 联合反演在建模过程中起着至关重要的作用,通过重磁电的反演结果,不断修正初始地质模型,构建解释精度较高的纵剖面,并以此作为骨干剖面,连接相邻剖面为实体,最终达到构建三维地质模型的目的。

2.2 重磁电特征定性分析

2.2.1 重磁异常特征

从布格重力异常(图 3)看,布格异常为全区最低处,异常 NW 走向,且在总矿—萤石矿一线被 NW 向异常切分为东南、北西两个部分:

东南部布格重力异常中心在曾家垅附近,异常走向近 NW 向,异常极低值为 $-46.7 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,剩余重力异常幅值为 $-3.3 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。航磁异常主要表现为总体高背景下的,极大值异常圈闭的梯级带上。前人在梁家山(曾家垅旁)实施的钻孔于 95~199.03 m 孔深见花岗岩,推测该异常中心应是隐伏花岗岩体向地表侵位的顶部位置。结合本区岩体普遍具有的低密度相对较高磁化率特征,并根据以往重磁推断岩体的一般规律^[13-14]把重低磁边作为本次圈定隐伏岩体的主要物探依据。

北西部异常中心在培家垅附近,有 NW 向、NE 向异常交叉组合,异常极低值为 $-43.8 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。志留系砂岩、泥岩出露,通过与曾家垅附近的重力低对比发现二者均表现为重力低加磁异常梯度带的物探组合特征,推断该处重力低也是由隐伏岩引起。

含萤石矿的硅化破碎带从两处重力低值异常中间位置穿过,为培家垅隐伏岩体与曾家垅隐伏岩体之间的“鞍”部地段,布格重力、剩余重力(图 4)与重力垂向二阶导数均表现为相对的重力高条带,布格重力异常值一般在 $-40.8 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,异常两侧被弧形断裂束所夹持,地表出露的奥陶系灰岩是造成

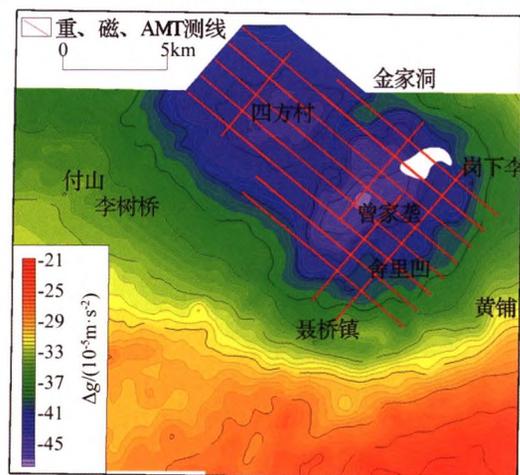


图 3 彭山地区布格重力异常

Fig.3 Gravity anomalies of Pengshan area

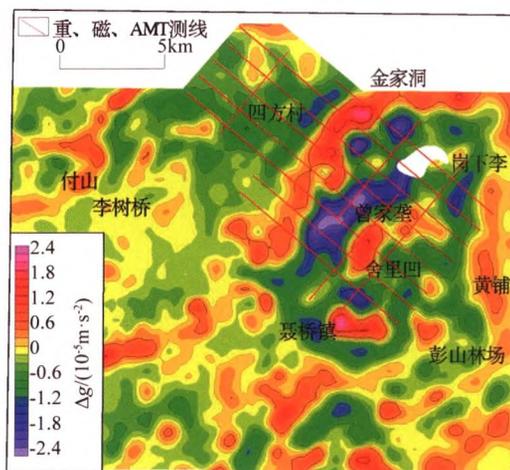


图 4 彭山地区剩余布格重力异常

Fig.4 Residual gravity anomalies of Pengshan area

布格重力相对较高的主要原因。结合已有物探资料初步分析,推测该弧形断裂束为岩体上侵的主要通道,上侵岩体在此分成了北西和南东两处。

图 5 是彭山三维建模区航磁化极异常等值线图,其呈现为 NW 走向的宽缓的幅值不大的高磁异常,与布格异常走向一致,推测由隐伏岩体引起。异常等值线在萤石矿总矿一带发生扭曲,将测区磁异常切分为西北和东南两个部分,西北侧异常值变化平缓,幅值较低。东南磁异常幅值高变化大,走向 SN 向,与彭山穹隆核部地层走向一致,并在高磁异常背景上叠加 3 个小椭圆状—圆状局部高磁异常,从地表看,此处分布的曾家垅锡矿、尖峰坡锡矿及多个锡矿化点应是引起局部磁异常的主要原因。

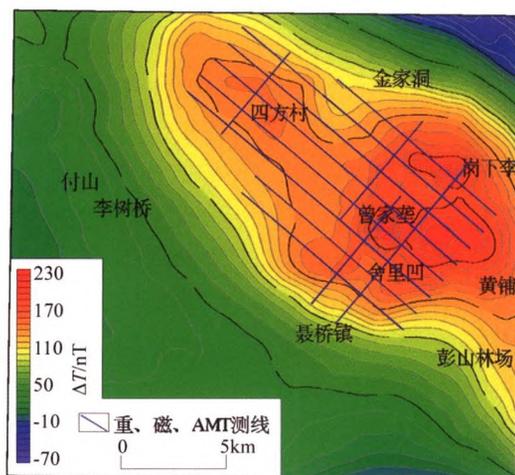


图 5 彭山地区航磁化极异常

Fig.5 Reduced to pole aeromagnetic anomalies of Pengshan area

2.2.2 AMT 空间电性特征

本测区共完成 AMT 测量剖面 12 条, NW 向 8 条,编号为 NW0—NW7 线, NE 向 4 条,编号为 NEA

线、NEB线、NEC线和NED线。

反演电阻率平面切片图是提取各剖面各测点某一特定深度(一般为海拔)电阻率值并赋予平面坐标,进行平面成图。分析不同深度切片图,可以直观的描述测区电性值的空间变化。

图6为测区海拔0m的反演电阻率平面等值线图,反映了地表浅部的电阻率分布特征,电性分界线基本是地层或构造分界线的位置,等值线走向整体为NE向,在彭山穹隆核部(低阻—中阻区域),等值线走向为SN向,与测区构造走向一致。垂直构造走向,测区从W向SE可以分为4个电性区域:

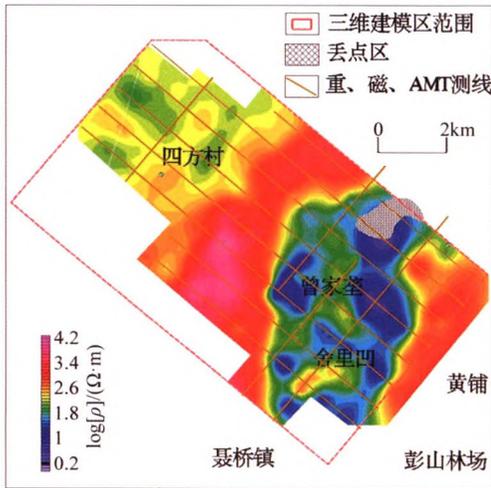


图6 海拔0m反演电阻率平面等值线
Fig.6 Plane isoline map of resistivity inversion at 0 m above sea level

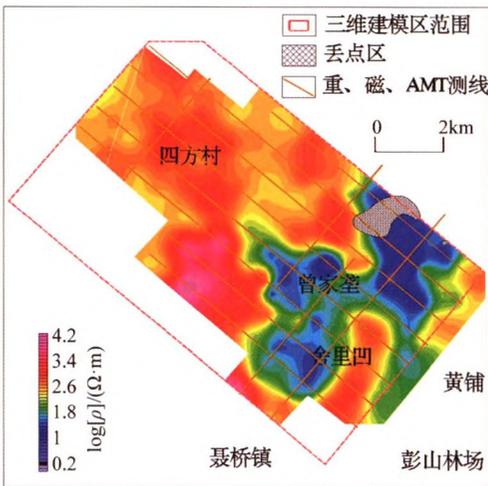


图7 海拔-500m反演电阻率平面等值线
Fig.7 Plane isoline map of resistivity inversion at -500 m above sea level

西侧中低阻区域,范围较大,出露志留系砂岩,向东电性值有变大趋势,推测是志留系的反映;中西部高阻带,推测为奥陶系—上寒武统灰岩层的反映;中部中低阻带,为彭山穹隆核部及边缘范围,推测是

下寒武统页岩及以下地层的综合反映,局部位置有近SN向展布中阻—一次高阻的带状电性异常,根据重磁电综合建模及地质钻孔等资料,推测为浅部岩株的反映;东部高阻区,为上寒武统灰岩层的反映。

图7为海拔-500m反演电阻率平面等值线图,可以看出,西侧中低阻层消失和中西部高阻层无明显界限,推测此深度下志留统不发育,整体是奥陶系及上寒武统灰岩层的反映;中部中低阻区域面积变大,符合地层展布规律,局部被带状高阻电性异常错开,推测为岩体或岩株发育;东部高阻区面积变小呈NE—NNE向分布。

图8为海拔-1000m反演电阻率等值线,电性特征与-500m电阻率分布图相似,但东部高阻区消失,均表现为低阻特征,东南部高阻范围变大,根据重磁电综合建模,此处高阻推测可能是岩体的反映。

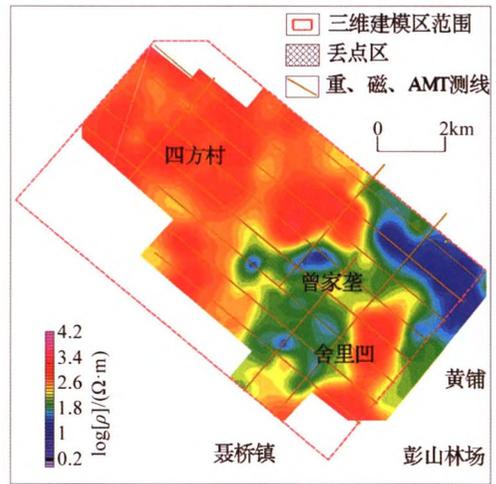


图8 海拔-1000m反演电阻率平面等值线
Fig.8 Plane isoline map of resistivity inversion at -1000 m above sea level

2.3 三维建模

2.3.1 建模范围

本次三维地质建模范围主要为曾家垄矿集区的主体部分(图1),在垂直于本区构造线方向上布置了NW向展布的重、磁、AMT剖面8条,测线之间大致平行,线距1km;布置了NE向联络剖面4条。各剖面建模深度均为3km。

2.3.2 三维物性自动反演

利用本项目所取得的1:5万剩余重力异常数据,基于RGIS 2016平台进行三维自动物性反演(图9、图10),并在此体数据的基础上切出NW0—NW7这8条剖面的重力物性反演数据。

RGIS系统的三维自动物性反演模块采用的反演方法是随机子域加权物性反演,该法根据三维物性反演中高维空间引起的超大计算量,提出子域反

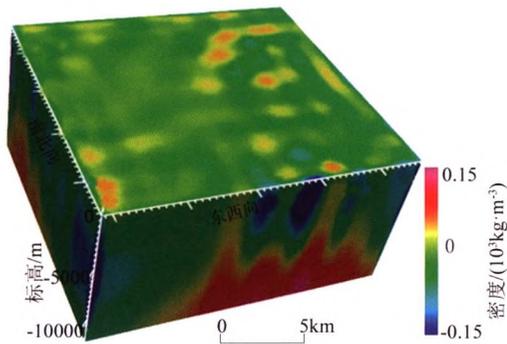


图 9 三维自动物性反演体数据显示

Fig.9 Three-dimensional volume data display chart of automatic inversion of animal nature

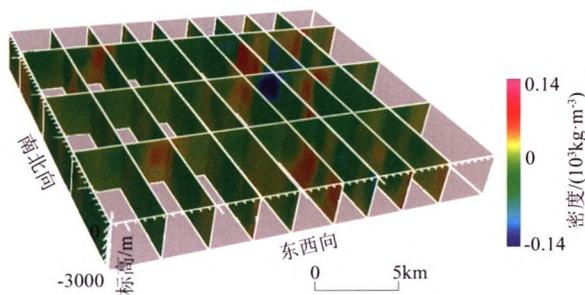


图 10 三维物性体数据各方向切片

Fig.10 Slice image of three-dimensional physical data in all directions

演方法;针对子域固定划分的弊端,提出随机子域方式;针对全权异常反演的缺点,提出格架权分离异常反演措施;通过理论模型误差分析对比,发现子域生成需要具有深部优先倾向性,提出子域随机生成深度概率,以提高反演的准确性^[15-16]。

三维自动反演模块的反演计算步骤如下:

- 1) 对于面积性重磁数据,确定反演三维场源的范围;
- 2) 迭代选取子域,子域的位置、子域的尺度都是随机产生的,但具有倾向性,即较深处子域有更大的选中概率;针对子域的深度位置及大小,提取集合格架(权);
- 3) 根据子域几何格架(权)在整个反演模型区格架中所占的比重,提起相应的异常份额,作为反演目标异常;对选出的子域进行物性反演。

4) 通过反演确定的三维物性模型各单元的物性,进行分析、显示物性单元的变化,解释推断地质模型的三维空间分布状态。

2.3.3 重磁电联合 2.5D 反演

本项目共计完成重、磁、AMT 测线 12 条,其中 NW 向测线(垂直构造方向)8 条,NE 向测线(联络剖面)4 条,其中重磁 AMT 剖面点距 250 m,重磁剖面点距 40 m,剖面位置如图 1 所示。

重磁 2.5D 联合反演使用 RGIS 软件,以 AMT 资料所推断的地质模型为初始模型,以岩(矿)石物性为纽带,将地质模型转换为重磁反演初始模型,对 12 条剖面逐条进行交互反演。反演过程中,以地表地质填图结果和已掌握的钻孔资料为约束条件,参考三维物性反演切面图。

对剖面反演,达到最佳拟合效果后,反过来根据岩(矿)石物性,赋予模型地质意义,将模型转换为基于物性层划分的地质模型,研究深部地质构造格架,重要地层的展布范围、埋藏深度和起伏形态,以及岩体的分布范围、规模和埋深等,进一步结合对本区的成矿规律的认识,研究深部侵入部位与成矿类型,探索第二找矿空间。

通过 RGIS 计算,本次 2.5D 重磁联合反演,磁场拟合参数如下:地磁场强度 48 718 nT,地磁场倾角 44.97°,地磁场偏角-4.33 nT,剖面方位角 130°,有效磁化倾角 125°。各地层密度及磁化强度参数选取如表 1 所示。

现以 NW 向 NW5 线(图 11)为例做简要叙述。NW5 线剖面自 NW—SE,经过地区地质上依次穿过志留系砂岩、奥陶系灰岩、下寒武统页岩、震旦系灰岩和页岩互层、中寒武统灰岩。

测线磁异常曲线跳动频繁,总体表现为 NW 低、SE 高。北西段磁场值较低,磁场基本平稳,基本稳定在 120 nT 左右。在距北西端 7.7 km 以远磁力曲线高低错乱,推测由近地表的强磁性地质体引起。

测线的重力异常总体变现为“低—高一低—高”的曲线形态。距北西端 3.5 km 附近为重力异常低值区,异常中心布格重力值为 $-43.2 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,

表 1 彭山地区物性统计

Table 1 Physical property statistics of Pengshan area

| 地层 | 主要岩性 | 密度参数/($10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) | 磁化强度/($10^{-2} \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$) |
|--|------------|--|--|
| S | 粉砂岩、砂岩 | 2.5~2.6 | 0.66 |
| O-ε | 白云岩、灰岩、泥灰岩 | 2.7~2.75 | 0.32 |
| 以 ϵ_1 -Nh 为主 | 泥岩、页岩、粉砂岩 | 2.55~2.65 | 0.5 |
| Pt ₂ 和 AnPt ₂ 为主 | 板岩、火山熔岩 | 2.6~2.75 | 0.5 |
| | 酸性岩体 | 2.5~2.6 | 3.3 |

地表出露志留系,该处重力低主要由浅部密度较低的志留系砂岩及深部的酸性岩体共同作用引起;距北西端 6 km 附近为重力异常高值区,异常中心布格重力值为 $-40.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,地表出露奥陶系,该处重力高主要由高密度的奥陶系灰岩引起;距北西端 9.5 km 附近为重力异常低值区,异常中心布格重力值为 $-45.3 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,地表出露下寒武统,该处重力低主要由于岩体侵入近地表引起;距北西端 9.5 km 以远地区重力值逐渐升高,主要由于岩体越往东边侵入越深,且奥陶系灰岩厚度逐渐增大共同作用引起。

剖面西段地层受岩体侵蚀幅度较小,下寒武统及以下地层这套低阻层埋深相对较浅,局部在海拔 -2000 m 处。岩体顶界面自西向东经过深—浅—深的变化,西段埋深约在海拔 $-1000 \sim -1500 \text{ m}$ 之间,在 132~142 号点处埋深最小,局部位置(093~095、098~100 号点)有岩脉或岩株向上侵入地层浅部。东段 160~170 点深部高阻体范围相比 NW4 线明显变小,推测岩体向北逐渐变小尖灭。166~184 号点浅部展布厚约数百米的高阻层,向东变厚,推测为东南翼上寒武统灰岩层的反映。

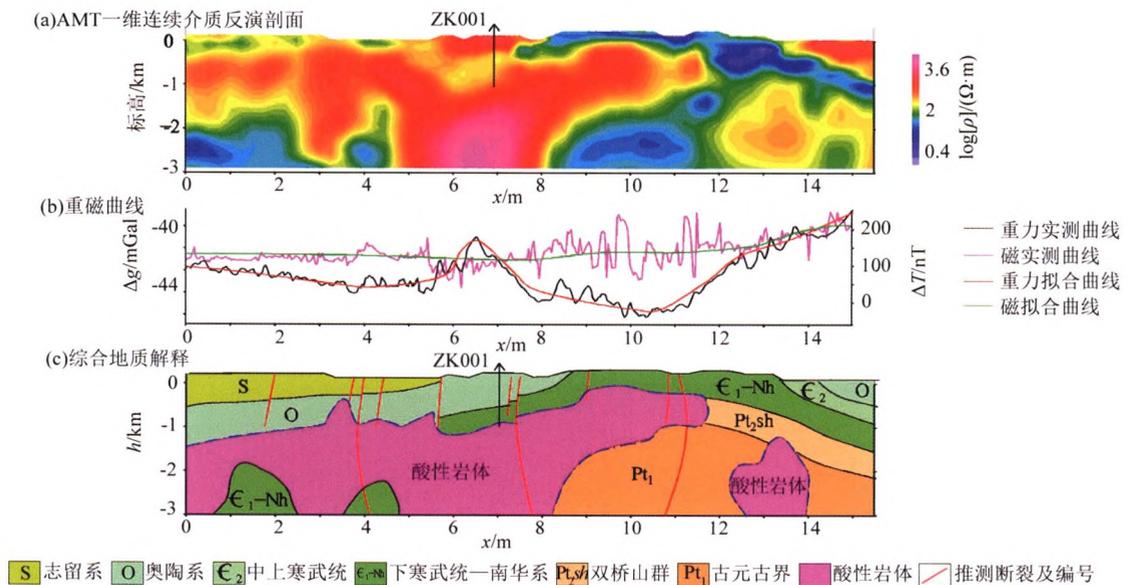


图 11 NW5 线重磁重磁正演拟合解释推断

Fig.11 NW5-line gravity-magnetic forward fitting interpretation interpretation diagram

2.3.4 三维地质模型

1) 主干重磁电剖面综合建模

将 AMT 剖面作为主干建模剖面,结合 1:5 万重磁力数据,在地质调查剖面和局部钻孔约束下展开综合建模工作,建模深度为 -3000 m 。二维地质模型既要符合地球物理观测数据,又要附合地质规律。

2) 加密剖面重磁建模

对主干剖面未能控制的局部重磁异常带上或地质体尖灭变化线上切取重磁加密剖面,在参考前后主干剖面地质模型变化的基础上,进行 2.5D 建模拟合,以保证在相应比例尺条件下的三维建模过程中,局部小的地质体或构造信息不会丢失。

3) 剖面模型空间化

利用 3DMine 软件将所有剖面的二维地质模型上的二维坐标转换为三维空间坐标。结果见图 12。

4) 三维地质模型建立

利用相邻剖面同一地质体闭合边界联立三角网

的方式,断裂空间形态构建采用单线到单线联立三角网的方式,从而建立测区的三维地质构造模型,并对相应地层、岩体等做颜色和实体模型渲染,以为成图美观(图 13)。

2.3.5 钻井验证情况

在三维地质模型建立的基础上,项目组进行了钻探验证。钻孔编号为“葛洪村 ZK001”,钻孔位于德安县吴桥乡萤石矿区,孔终孔孔深为 1201.80 m 。上部 O_1l 厚度 700 m ,其岩性主要为白云岩、白云质灰岩,为高阻体;中部 ϵ_3 450 m ,其岩性主要为泥质灰岩,为中高阻; 1150 m 以下为二云母花岗岩,为高阻体。这与电法剖面的反演深度基本一致(图 11),客观上证明了本次建模工作的可靠性。

2.3.6 彭山穹隆成因讨论

彭山穹隆是 NNE 向的短轴背斜,是典型的日尔曼式褶皱构造,其岩性从中心向外依次为:筲箕洼组变质基底(细碧角斑岩、千枚岩等)、莲沱组(石英砂

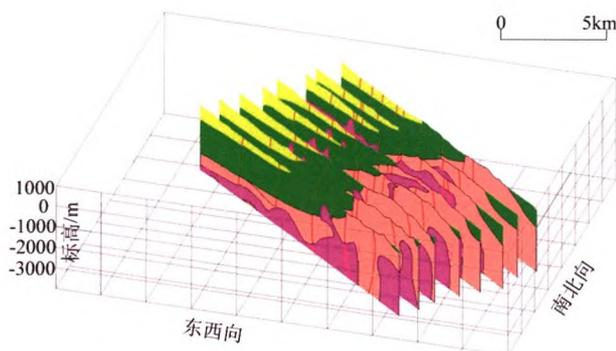


图 12 彭山地区 2.5D 反演剖面三维空间分布

Fig.12 2.5D invert profiles of Pengshan area

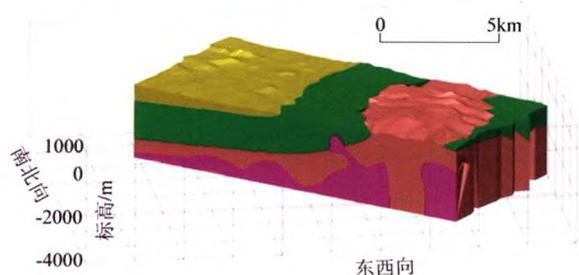


图 13 彭山地区三维地质模型立体图

Fig.13 3D geological model of Pengshan area

岩)、南沱组(凝灰质粉砂岩、砾岩)、陡山沱组(灰岩、粉砂岩、泥质硅质岩等)、灯影组(硅质岩)、荷塘组(粉砂岩、碳质页岩)、观音堂组(粉砂岩)。前人认为彭山为典型的岩浆穹隆构造,穹隆的形成是岩浆底辟形成的。但根据近年的工作,发现了众多岩浆穹隆构造不能解释的地质现象,故有人提出了“构造穹隆”的说法。根据本次物探工作研究成果,更倾向于后者。具体依据为:

1) NW 向穿过彭山穹隆的 AMT 反演剖面,均显示在剖面深度范围内穹隆核部高阻体不发育,主要表现为中—低阻电性层,推测是下寒武统及更老沉积地层,这与花岗岩体是高阻体相矛盾。

2) 从 1:5 万布格重力异常图上看,重力值最低的点位于彭山穹隆核部偏西北,并非穹隆中心且偏差较大,同时异常等值线走向北东,而穹隆走向为近 SN 向,两者不一致;而从剩余重力异常图上看,穹隆核部表现为高值异常,其西北侧为 NE 向的低值异常,根据本次解释成果,低值异常是浅部岩体和下寒武统泥页岩共同引起的,从平面上看物探异常明显受构造控制。

3) 根据重磁电综合建模成果知,中浅部岩体的展布是明显受到 NE 向和 SN 向两组断裂控制的,主要表现为两组断裂均为岩浆上升到浅地表的通道,但 NE 向的断裂被岩体侵蚀,而 SN 向断裂后期以走滑为主的运动又切割了岩体。

3 结论

1) 开展以综合物探数据为基础的三维地质建模工作,是了解深部地质结构进而开展深部矿产调查的重要手段。本文在定性分析彭山地区重磁电特征的基础上,以物性特征为纽带,进行主干重磁电剖面 2.5D 建模,进而建立了三维地质模型。在此基础上进行钻探验证工作,反演结果与地质模型较为吻合,客观上证明了本次建模工作的可靠性。

2) 基于本次建立的彭山穹隆的三维地质模型,对彭山穹隆的成因进行了讨论。结合近年的工作,发现了众多岩浆穹隆构造不能解释的地质现象,认为彭山穹隆更倾向于为构造穹隆。

参考文献 (References):

- [1] 兰学毅,杜建国,严加永,等.基于先验信息约束的重磁三维交互反演建模技术——以铜陵矿集区为例[J].地球物理学报,2015,58(12):4436-4449.
Lan X Y, Du J G, Yan J Y, et al. 3D gravity and magnetic interactive inversion modeling based on prior information: A case study of Zengjialong ore concentration area[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2015, 58(12): 4436-4449.
- [2] 马长信.关于彭山高挥发份花岗岩底辟穹隆构造及其控矿作用[J].地质评论,1989,35(2):127-135.
Ma C X. A high volatile diapiric granite dome in the Pengshan area and its ore controlling role[J]. Geological Review, 1989, 35(2): 127-135.
- [3] 赵志忠,毕华.江西彭山锡—多金属隐伏矿田的成矿机理及成矿预测[J].江西地质,1992,6(3):210-216.
Zhao Z Z, Bi H. Ore forming mechanism and ore-forming prediction of Pengshan tin polymetallic concealed orefield in Jiangxi[J]. Jiangxi Geology, 1992, 6(3): 210-216.
- [4] 毕华.彭山源构造及其控矿作用[J].江西地质,1990,5(3):12-16.
Bi H. The Pengshan source structure and its control over mineralization[J]. Jiangxi Geology, 1990, 5(3): 12-16.
- [5] 江西区测队.江西省区域地质志[M].北京:地质出版社,1984.
Jiangxi Regional Survey Party. Regional Geology of Jiangxi[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984.
- [6] 刘南庆,尹祝,施权,等.赣北九瑞——彭山地区构造运动机制及其控矿作用分析[J].金属矿产,2011,47(3):333-343.
Liu N Q, Yin Z, Shi Q, et al. Analysis on the mechanism of tectonic movement and its ore controlling effect in the Pengshan and Jiujiang Ruichang areas, northern Jiangxi Province[J]. Geology and Exploration, 2011, 47(3): 333-343.
- [7] 卢树东,汪石林,高文亮,等.江西彭山锡铅锌多金属矿床成矿特征与成因浅析[J].华东理工学院学报,2004,27(3):201-208.
Lu S D, Wang S L, Gao W L, et al. Study on metallogenic charac-

- teristics and genesis of Sn, Pb and Zn Polymetallic deposits in Pengshan region, Jiangxi Province [J]. *Journal of East China University of Technology*, 2004, 27(3): 201-208.
- [8] 卢树东,肖铿,朱元松.江西彭山岩体的地球化学特征及成矿关系探讨[J]. *华南地质与矿产*, 2004(2): 297-305.
Lu S D, Xiao E, Zhu Y S. Geochemical characteristics and related mineralization of Pengshan granitic body in Jiangxi Province [J]. *Geology and Mineral Resource of South China*, 2004(2): 297-305.
- [9] 卢树东,杜杨松,肖铿,等.江西彭山锡(铅锌)多金属矿田构造地质特征及成矿机理浅析[J]. *大地构造与成矿学*, 2004, 28(3): 295-305.
Lu S D, Du Y S, Xiao E, et al. Study on tectonic feature and metallogenetic mechanism of Pengshan Sn-Pb-Zn polymetallic orefield, Jiangxi Province [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2004, 28(3): 295-305.
- [10] 祁光,吕庆田,严加永,等.先验地质信息约束下的三维重磁反演建模研究——以安徽泥河铁矿为例[J]. *地球物理学报*, 2012, 55(12): 4194-4206.
Qi G, Lyu Q T, Yan J Y, et al. Geological constrained 3D gravity and magnetic modeling of Nihedeposit - a case study [J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 2012, 55(12): 4194-4206.
- [11] 祁光,吕庆田,严加永,等.基于先验信息约束的三维地质建模:以庐枞矿集区为例[J]. *地质学报*, 2014, 88(4): 466-477.
Qi G, Lyu Q T, Yan J Y, et al. 3D Geological modeling of Luzong ore district based on priori information constrained [J]. *Acta Geological Sinica*, 2014, 88(4): 466-477.
- [12] 陈应军,严加永.澳大利亚三维地质填图进展与实例[J]. *地质与勘探*, 2014, 50(5): 884-892.
Chen Y J, Yan J Y. Progress and examples of three-dimensional geological mapping in Australia [J]. *Geology and Exploration*, 2014, 50(5): 884-892.
- [13] 王万银,王云鹏,李建国,等.利用重、磁资料研究于都-赣县矿集区盘古山地区断裂构造及花岗岩体分布[J]. *物探与化探*, 2014, 38(4): 826-834.
Wang W Y, Wang Y P, Li J G, et al. Study on the faults structure and granite body distribution in Pangushan area of Yudu-Ganxian ore district using gravity and magnetic data [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2014, 38(4): 826-834.
- [14] 王亮,张应文,刘盛光.区域重磁资料圈定贵州境内侵入岩体及局部地质构造[J]. *物探与化探*, 2009, 33(3): 245-249.
Wang L, Zhang Y W, Liu S G. The application of regional gravity and magnetic data to delineating bodies and local geological structures in Guizhou province [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2009, 33(3): 245-249.
- [15] 严加永,吕庆田,吴明安,等.安徽沙溪铜矿区域重磁三维反演与找矿启示[J]. *地质学报*, 2014, 88(4): 507-518.
Yan J Y, Lyu Q T, Wu M A, et al. prospecting indicator of Anhui Shaxi porphyry copper deposit based on regional gravity and magnetic 3D inversion [J]. *Acta Geological Sinica*, 2014, 88(4): 507-518.
- [16] 张明华,乔计花,黄金明,等.重磁电数据处理解释软件—RGIS [M].北京:地质出版社,2011.
Zhang M H, Qiao J H, Huang J M, et al. Gravity, magnetic and electrical data processing and interpretation software-RGIS [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011.

3D gravity magnetic and electrical inversion modeling based on prior information: A case study of the dome structure in Pengshan area, Jiangxi Province

ZHOU Yue, GUAN Da-Wei, YAN Hai-Tao, ZHANG Xiao-Long
(*Geological Exploration Technologies Institute of Anhui Province, Hefei 230031, China*)

Abstract: Three-dimensional geological modeling is an important way to realize the background of deep mineral exploration. Based on three-dimensional modeling of ore-controlling geological bodies, this method can directly describe the spatial, genetic and evolutionary relationship between the ore controlling factors. At present, the 3D modeling mainly uses geological data, but in the absence of drilling and other known information, it is difficult to construct a reliable 3D geological model. In order to overcome the disadvantages of poor accuracy and low reliability of conventional 3D geological modeling, the authors put forward an effective method based on the prior information. In this approach, a series of sections obtained by the 2.5D interactive inversion and electrical inversion, combined with the sections of 3D physical property inversion, are employed to correct the process of building a 3D geological model. With this method, the 3D geological model of the dome structure in Pengshan area has been successfully established. On this basis, the cause of the formation of the Pengshan dome structure is discussed.

Key words: gravity magnetic and electrical constraint inversion; 3D geological modeling; the dome structure in Pengshan area

(本文编辑:王萌)