

新疆阿舍勒矿集区三维地质—地球物理建模研究

祁光^{1, 2)}, 孟贵祥^{1, 2)}, 严加永^{1, 2)}, 薛融晖^{1, 2)}, 汤贺军^{1, 2)}

1) 中国地质科学院, 北京, 100037;

2) 中国地质调查局、中国地质科学院地球深部探测中心, 北京, 100037

关键词: 三维建模; 物性反演; 深部找矿

阿舍勒矿集区位于我国新疆哈密巴里坤县北部约20 km处, 研究区内已发现多个多金属矿床, 如阿舍勒铜锌矿、萨尔朔克金多金属矿、喀英德铜矿等, 是我国重要的VMS型矿集区。近年来, 随着研究工作的不断深入, 认为在阿舍勒盆地深部或周边区域, 仍有较大的成矿潜力(张志欣等, 2014; 杨富全等, 2015), 而深部和周边区域新的矿床的发现, 主要依赖于对于深部地质结构的了解, 包括地质体的空间的形状和规模, 岩体和控矿地层空间展布等。因此, 实现矿集区的“透明化”是进一步资源勘查工作的基础, 而三维建模是实现该目标的有效手段(祁光等, 2012; Yan Jiayong et al., 2020), 但矿集区尺度的建模工作, 需要刻画较大深度范围的地质构造情况, 仅依靠地表地质信息、零星的钻孔信息无法满足工作要求, 因此引入地球物理方法是必要手段, 故近年来矿集区尺度建模工作多采用三维地质—地球物理建模方法。本研究提出稀疏骨干剖面结合辅助面的建模方法构建三维地质—地球物理模型, 该方法通过多源数据一体化方式, 将各种数据充分利用, 高效可靠的建立复杂地质结构模型, 从而更准确的模拟地质体的空间结构形态, 尤其适用于区域面积较大、地质资料相对稀疏且地质条件复杂的矿集区。新疆阿舍勒的建模工作充分体现了该方法的有效性, 获得了深度5000 m以浅范围内侵入体、地层、断层的空间展布形态, 为进一步的找矿工作指明了方向, 同时也为深部和覆盖区找矿工作提供技术支持。

1 建模方法

不同于工作程度较高的典型矿集区, 研究区地质和钻孔资料主要集中阿舍勒矿区和周围矿点位

置, 已知信息相对稀疏。故提出骨干剖面结合任意位置辅助面的方法建立研究区三维模型, 其基本思路是在研究区利用地质和地球物理资料建立骨干剖面, 以骨干剖面为基础通过插值方法构建三维地质模型, 然后将地质模型转换为物性模型进行重磁三维反演, 通过添加任意位置辅助面的方式修改模型, 直至反演结果满意。建模流程主要包括6个步骤: 资料收集处理、信息处理解译、地质剖面构建、模型构建、约束反演和模型可视化。

2 地球物理信息处理与解译

收集并整理了矿集区以往地质、钻孔、物化探、物性等资料, 并在区内进行了重力、磁测和大地电磁剖面实测工作, 对所获地球物理数据进行了网格化、位场分离、信息增强等处理工作, 利用处理结果结合物性分析成果、地质资料、钻孔信息, 对研究区进行综合解析。

2.1 信息处理

1:5万重磁数据: 对重磁资料进行平滑、网格化、化极后, 采用向上延拓、滑动平均、匹配滤波和趋势分析等方法对位场数据进行了区域场和局部场的分离工作, 通过对比最后选定以滑动平均方法所得剩余异常作为重磁反演和分析的基础数据。

电磁法剖面数据: 研究规划骨干剖面5条, 包括2条近南北向和3条近东西向测线, 利用大地电磁法测量剖面, 经处理获取电阻率分布成果, 作为综合剖面解释分析和模型剖面修改的重要依据。

2.2 信息解译

以物性统计结果为基础, 参考数据处理结果, 结合地质、钻孔等资料, 对数据进行解译, 主要包括断裂构造解译和岩体解译两个部分。

断裂构造: 利用重磁电数据处理结果结合地

注: 本文为国家重点研发计划课题2项目(编号: 2018YFC0604002)的成果。

收稿日期: 2023-04-10; 改回日期: 2023-04-20; 责任编辑: 刘志强。DOI: 10.16509/j.georeview.2023.s1.177

作者简介: 祁光, 男, 1985年生, 博士, 高级工程师, 从事地球物理和深部找矿研究; Email: qiguang_china@163.com。

质、钻孔等信息,识别断裂共 34 条,并厘定断裂长度、倾向和倾角等信息,数字化后编辑至三维空间,可见阿舍勒盆地内断裂构造发育,形态复杂,说明该区域地质构造活动较多,分析矿体与断裂的空间关系,可知矿体受断裂控制。

岩体解译:识别研究区内岩体共计 26 处,其中酸性岩体 12 处,主要集中在测区中部,玛尔卡库里断裂和别斯萨拉断裂带周边区域,该类岩体通常具有一定深度,且规模相对较大;识别中性岩 4 处,其中闪长岩脉岩 2 处,位于测区南部,石英闪长岩 2 处,位于测区西侧边界位置;基性岩体 10 处,其中辉长岩 8 处,辉绿岩 2 处。

3 模型构建

骨干剖面构建:在对已有地质、钻孔和物化探资料分析的基础上,推断和绘制建模区域骨干剖面的 2D 地质剖面。地表地质单元分布情况受实测地质剖面约束,深部地质体延伸和展布情况受钻孔资料和电磁法剖面约束。

三维地质模型构建:确定建模空间为正南北向的长方体,东西向长度约 14 km,南北向长度约 22 km,高度 5000 m。确定参与建模单元 20 种,同时确定地质单元的年代顺序和它们之间的接触关系。将 5 条骨干地质剖面、地表地质图和地形数据输入至该 3D 空间,利用可视化和插值技术,连接相同地质单元边界,建立三维地质模型。

三维物性反演:对所获得的三维地质模型赋予密度和磁化率参数,转化为物性模型,再将模型按照 $200\text{ m} \times 200\text{ m} \times 50\text{ m}$ 的网格进行剖分,然后进行重磁三维反演。分析所确定的物性变化范围,以均值和均方误差形式输入反演软件,作为重要约束条件参与物性反演。且在反演过程中地表地质图、剖面、钻孔等所涉及的地质体边界作为约束在反演过程中保持不变。反演完成后,对比实测重磁数据和模型正演数据,对于拟合差相差较大区域的模型通过添加辅助平(剖)面的形式校正地质单元边界,以减小三维反演拟合差。反复修正模型,直至实测数据和模型正演数据拟合差达到满意,最终重力拟合误差约为 400 微伽,整体拟合较好,误差较大位置集中在测区东南角边部位置;磁测拟合误差约为 90 纳特,误差相对较大位置在测区西南角边部位置。

本研究共计构建辅助面 10 个,其中平面 4 个,

剖面 6 个,走向、长度、深度各异。辅助面具体作用包括:①辅助骨干剖面控制地质体空间形态;②补充部分区域因信息稀疏造成的空白;③辅助控制边部地质构造形态,校正因为基础数据造成的边缘效应影响。

4 三维模型

利用可视化软件,展示阿舍勒矿集区最终三维地质—地球物理模型(图 1)。

观察分析各地质单元,其中赋矿地层阿舍勒组地层在区内形态似倒置三角形南北向展布,西南两侧以玛尔卡库里断裂为界,与托克萨雷组地层断层接触,东侧以哈巴河岩体为界,深部有向区外延伸趋势,该地层北段中部(阿舍勒北部)位置深部向北略有延伸,而北段东西两侧向北西和北东方向均有一定延伸,地层厚度南段较大,深度普遍大于 2000 m,从模型可以看出阿舍勒组地层存在明显“W”形褶皱构造,阿舍勒和萨尔朔克矿区均位于大型褶皱的背斜处。该地层区域内断裂构造发育,多为北西向断裂。地表出露大量中性岩体,深部有大量隐伏中—酸性岩体侵入。

5 结论

本次研究工作建立了阿舍勒矿集区深度范围 5000 m 以浅的三维地质—地球物理模型,首次实现了阿舍勒矿集区的“透明化”,获得了 9 种地层单元和 10 种岩体单元的空间三维展布形态,为地质研究和找矿工作奠定基础。

据以往研究工作可知,阿舍勒矿集区铜多金属矿化类型多样,且这些矿化均赋存于泥盆系阿舍勒组地层中,因此阿舍勒组地层的深部展布规律对于找矿具有重要指导意义。从三维模型可见,阿舍勒矿区北侧区域阿舍勒组地层主要向北东向延伸,西北侧和北侧主要向深部延伸,因此推断阿舍勒矿区的矿体在深部向北侧延伸;萨尔朔克多金属矿所在区域,其赋矿地层阿舍勒组主要向东侧深部延伸,找矿方向应也是东部。这些均为进一步的找矿工作指明了方向。

建模方法和流程对于构建面积广、资料相对稀疏且地质构造复杂矿集区三维模型具有良好的应用效果,通过逐步增加辅助面的形式更为合理的且高效的修改模型以拟合实测异常,任意方向、角度、深度和长度的辅助面能够更为充分利用已知信息,

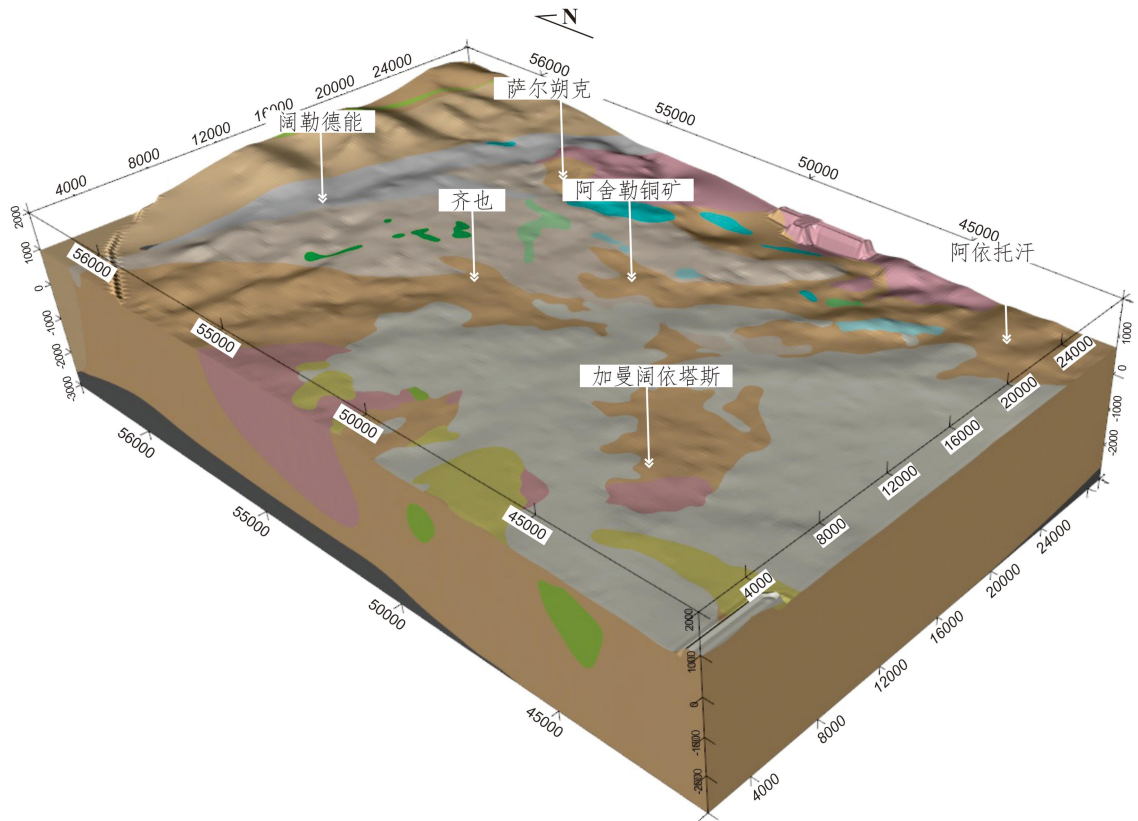


图 1 三维地质—地球物理模型图

且更为高效的修改模型，同时有效减少不必要剖面的建立工作，以减少工作时间提高工作效率。另外，该方法可以同时兼顾不同方向地质单元的变化以更精确反映实际地质情况。但仍有不足之处，如磁测反演精度有待提高，主要原因在于同种地层单元在不同区域磁性差异较大，需进一步进行物性调查，增加建模单元，同时增大网格剖分密度，以提高反演拟合精度，但这同样意味着增加的工作量和计算时间，实际工作中应根据研究目标以及其他基础资料比例尺和精度等因素综合考虑，拟定合理反演结束精度。

参 考 文 献 / References

- 祁光, 吕庆田, 严加永, 吴明安, 刘彦. 2012. 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. 地球物理学报, 55(12): 4194–4206.
- 杨富全, 刘峰, 李强. 2015. 新疆阿尔泰萨尔朔克多金属矿地质特征及

成矿作用. 岩石学报, 31(8): 2366–2382.

张志欣, 杨富全, 刘峰, 李强, 耿新霞. 2014. 新疆阿尔泰阿舍勒 VHMS 型铜锌矿床成矿流体的氮—氩同位素示踪. 地质论评, 60(1): 222–230.

Yan Jiayong, Lü Qingtian, Qi Guang, Fu Guangming, Zhang Kun, Lan Xueyi, Guo Xin, Wei Jin, Luo Fan, Wang Hao, Wang Xu. 2020. A 3D geological model constrained by gravity and magnetic inversion and its exploration implications for the world-class Zhuxi Tungsten deposit, South China. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 94(6): 1940–1959.

QI Guang, MENG Guixiang, YAN Jiayong, XUE Ronghui, TANG Hejun: Study on 3D geological-geophysical modeling of ashele ore concentration area in Xinjiang

Keywords: 3D modeling; gravity and magnetic inversion; deep ore prospecting