

CSAMT 在河南郁山大型隐伏铝土矿勘查中的应用

马振波^{1,2}, 燕长海^{1,2}, 李中明², 司法祯², 刘百顺², 杨瑞西²

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 河南省地质调查院, 河南 郑州 400051)

摘要: 通过河南郁山隐伏铝土矿详查中的应用实例, 结合覆盖区矿区勘查特点, 对可控源音频大地电磁法 (CSAMT) 在测量隐伏铝土矿勘查中的作用进行了总结。河南郁山隐伏铝土矿勘查深度为 150 ~ 700 m, 常规的直流电测深法很难在勘查深度上满足需要。而基于 CSAMT 的 WINGLINK2D 和 WINGLINK1D 反演结果, 能准确反映深部含矿岩系、地层及构造的特征, 为合理优化工程布置打下了良好的基础。

关键词: 可控源音频大地电磁法; 隐伏铝土矿; 深部找矿; WINGLINK

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2012)04-0688-04

郁山铝土矿是河南省地质调查院于 2006 年发现的大型隐伏铝土矿矿床, 矿床位于河南省新安县城西南约 5 km, 主要包括西郁山、东郁山、李村和南庄四个矿段, 目前主要完成西郁山矿段的详查工作, 勘查深度 150 ~ 700 m。以往在铝土矿勘探中常用的物探方法, 如直流电测深法, 有效探测深度仅在 200 m 以内^[1-3], 难以满足该区找矿要求。据河南省 2005 年以来寻找隐伏铝土矿方面的经验和成果^[4-6], 本次工作引入 CSAMT 法, 在西郁山矿段布置了 3 条测量剖面, 以 WINGLINK2D 和 WINGLINK1D 反演成果为主, 对测量成果进行定量解释, 了解了深部地层、构造和矿层的分布赋存特征, 更好

地优化布置钻探工程, 为提高工程 (钻探、开采) 的有效性和合理性起到了十分重要的作用。

1 矿区地质及地球物理特征

郁山铝土矿矿床是豫西典型的隐伏铝土矿床, 矿区整体为一背斜, 北东翼地层倾向北东, 南西翼地层倾向南西。矿区中部主要出露寒武系和奥陶系地层, 本溪组露头偶尔可见, 东部及西南部断续出露二叠—三叠系地层, 大部分为第四系和新近系覆盖 (图 1)。

矿区出露地层从老到新为: ①下古生界, 寒武—奥陶系为一套浅海相的碳酸盐岩组合, 岩性为白云

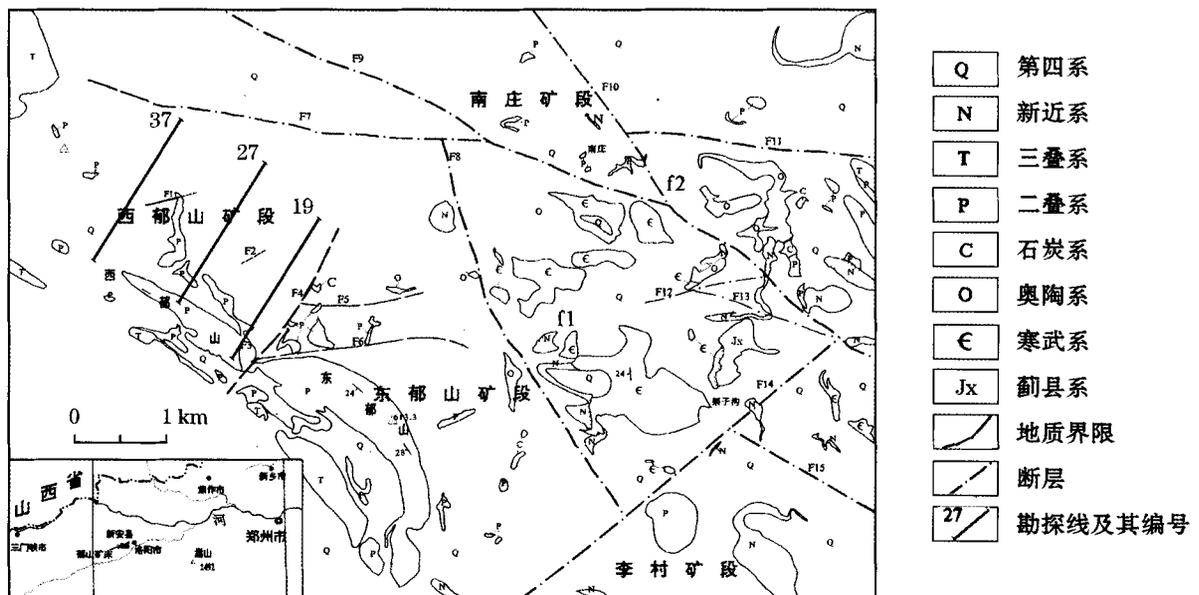


图 1 郁山矿床地质构造简图及物探测线布置

岩、灰岩;②上古生界,本溪组是铝土矿主要赋矿层位,为本次工作的目的层,与下伏奥陶系平行不整合接触,不整合面有一定起伏,本溪组上覆生物屑灰岩、泥灰岩、灰色泥岩、泥质粉砂岩、杂砂岩、石英砂岩、杂色页岩等太原组、山西组、石盒子组和二叠系地层;③新生界,第四系区内发育,以粉质黏土、沙土、卵砾石等岩性为主。

矿区地层电阻率具有从新至老逐渐增大的特征,下古生界的奥陶系和寒武系地层厚度大,层位稳定,为高阻层,其值可达数万 $\Omega \cdot m$ 。工作区最显著的物性差异是奥陶—寒武系灰岩与其上覆地层在电阻率方面的差异。因此,工作中可把奥陶—寒武灰岩顶面作为物探工作探测的标准电性层面。用物探方法寻找隐伏铝土矿,其目标层是奥陶—寒武灰岩顶面,目的则是古地貌上岩溶洼斗区。矿区地层、岩矿石物性参数见表 1。

表 1 矿区地层、岩矿物性统计

地层	主要岩性	$\rho/(\Omega \cdot m)$
第四系	黄土、砂岩	15 ~ 100
第三系	黏土岩、砂岩	100 ~ 2000
白垩系	黏土岩、砂岩	100 ~ 2000
二叠系	砂岩、页岩、黏土岩	100 ~ 2000
石炭系	黏土岩、炭质页岩、灰岩	300 ~ 5000
奥陶系	灰岩	500 ~ 10000
寒武系	白云岩、灰岩、页岩	100 ~ 2000
	煤	100 ~ 1000
	铝土矿、铁矿	100 ~ 190

2 方法应用

本次野外工作使用加拿大凤凰公司生产的 V8 多功能电法数据采集系统。该系统使用两套 GPS 同步时钟分别控制发射和接收,使得接收和发射完全同步。本次工作采用标量测量,一个排列采集 6 个测点的测深数据,发射极距 AB 为 1.4 km,接收极距 MN 为 50 m,测量点距 25 m,收发距 R 大于 8 km,接收点在发射极 AB 中垂线 $\pm 30^\circ$ 覆盖范围之内,接收点首尾相联。为确保发射信号的强度,低频段最大发射电流 16 A,高频段发射电流大于 3.5 A。工作时共 65 个频点,最大 7 680 Hz,最小 6.666 7 Hz。发射机为凤凰公司生产的 T30 发射机,电源为 MG-30 发电机。

郁山矿区详查的铝土矿层主体埋深为 150 ~ 700 m,在普查阶段,共施工 CSAMT 测线 3 条(线号 19、27、37)。为更好地利用测量成果,数据处理用 WINGLINK2D、WINGLINK1D、WINGLINK 中的 BOSTICK、CMT-SW 及 MTSOFT-2D 等多种软件进行处理和对比,结合矿区地质特征,最终以 WINGLINK2D

和 WINGLINK1D 反演成果为主,对测量成果进行定量解释。图 2 给出了数据处理流程。

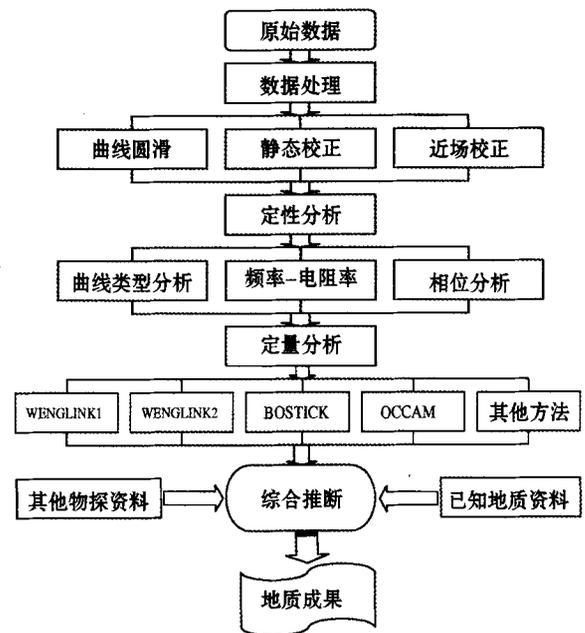


图 2 数据处理流程

3 27 测线成果解释

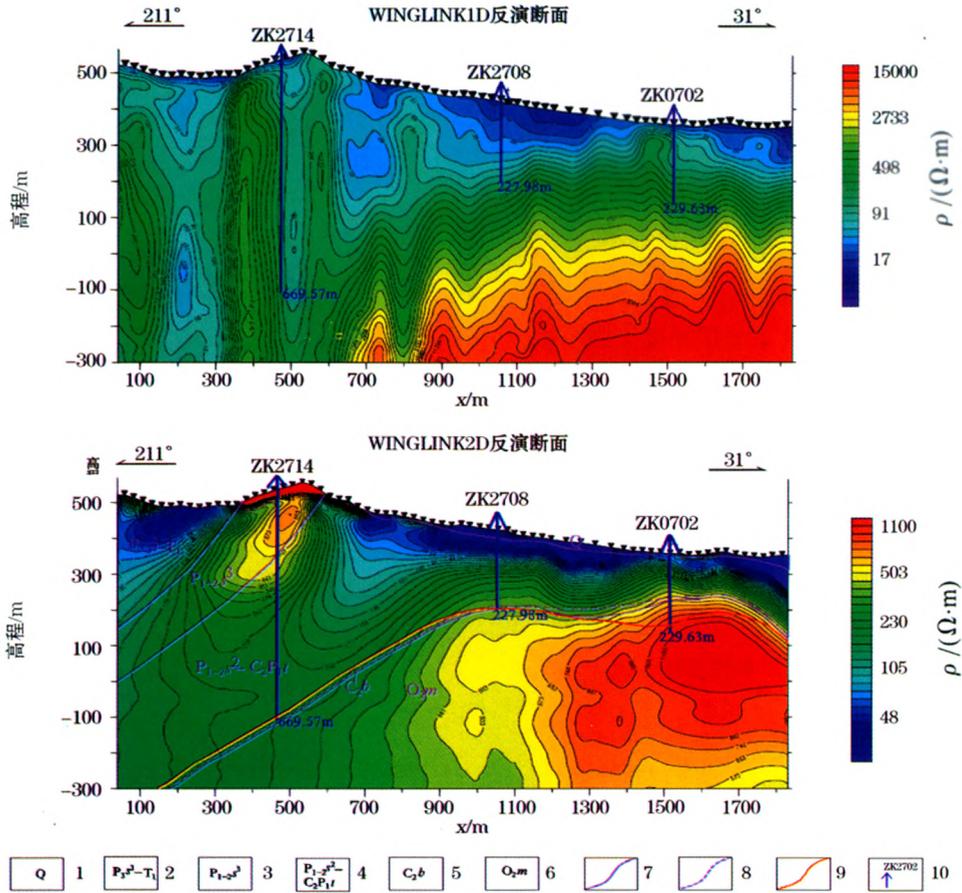
在 3 条测线中,27 线的 WINGLINK2D 反演断面(图 3)比较典型,较好反映了矿区深部的地质信息。

卡尼亚电阻率曲线在含矿岩系底部表现为由低向高的相对较密的梯级带,为进一步推断含铝岩系的分布提供了较准确的依据,同时,结合 WINGLINK1D 反演断面(图 3a)中卡尼亚电阻率曲线的起伏变化,可反演出中奥陶统马家沟组顶界面的起伏特征,较好识别出对铝土矿成矿有利的岩溶洼斗等,如 ZK2702 揭露出该地段深部存在岩溶洼斗。

在 WINGLINK2D 反演断面(图 3b)上,卡尼亚电阻率曲线对基岩的反应一般表现为倾向协调变化的梯级带或异常带,较好显示出地层在深部的延伸特征。梯级带或异常带出现剧烈转折往往反应断层的存在,图 3b 上的梯级带或异常带的总体倾向较好反映了地层的产状变化。在总体为背斜的郁山矿区,梯级带或异常带在近核部变现出平缓的产状约 $10^\circ \sim 20^\circ$,向南西翼深部产状逐渐大为 $30^\circ \sim 35^\circ$ 。

4 钻探及开采工程的施工

在普查阶段,根据 CSAMT 法定量解释成果,对 19、27、37 勘探线上初步设计的 8 个钻孔进行了设计深度的优化,在详查钻孔加密阶段也进行了参考。最终在三条勘探线共完成了 15 个钻孔的施工。经



1—第四系;2—石盒子组三段-三叠系;3—石盒子组三段;4—石盒子组二段-太原组;5—本溪组;6—马家沟组;7—反演地质界线;8—推测地质界线;9—钻孔揭露本溪组底板界线;10—钻孔

图3 郁山铝土矿矿区27测线CSAMT反演断面

表2 设计孔深及终孔孔深对比

勘探线号	钻孔编号	设计孔深 m	终孔孔深 m	误差 m	误差率
19	ZK1914	490.00	562.83	72.83	0.13
	ZK1910	335.00	280.19	-54.81	-0.20
	ZK1908	207.00	197.38	-9.62	-0.05
	ZK1906	137.00	121.36	-15.64	-0.13
	ZK1904	40.00	38.41	-1.59	-0.04
27	ZK2704	395.00	345.37	-49.63	-0.14
	ZK2714	720.00	669.57	-50.43	-0.08
	ZK2710	420.00	319.11	-100.89	-0.32
	ZK2708	287.00	227.98	-59.02	-0.26
	ZK2706	210.00	216.64	6.64	0.03
	ZK2702	186.00	229.63	43.63	0.19
37	ZK3712	658.00	532.68	-125.32	-0.24
	ZK3708	470.00	510.85	40.85	0.08
	ZK3706	481.00	525.62	44.62	0.08
	ZK3704	510.00	502.16	-7.84	-0.02

统计,设计误差率一般为2%~20%,平均为13%(表2)。

典型断面(如图3)为施工前钻机型号的确定提供了依据。由于含碳泥岩及顺层的裂隙等在CSAMT断面上一般表现为相对低阻带,如图3中

500 m处,钻孔2714下方的低阻带,因此,在钻探施工中,根据物探测量结果及时调整了钻探工艺,较好防止了事故的发生,有效提高了钻探效率。

含矿岩系沉积基底马家沟组为区域性含水层位,其富水性直接影响矿床的开采。此次3条测线断面显示马家沟组为较均匀的高阻,未出现明显低阻异常,说明该地区岩溶、裂隙较不发育,富水性为较差—中等程度。物探成果为矿床开采条件评价提供了初步依据。

5 结论

CSAMT由于其信号强、干扰小、勘探深度大、分辨率高等特点,在隐伏铝土矿勘查中有着广泛的应用前景,特别是基于WINGLINK2D、WINGLINK1D的定量解释成果,可以很好地反映深部地层、构造和矿层的空间展布赋存特征,利用其解释成果设计钻孔深度,误差率不超过13%。CSAMT成果的有效利用为更好地优化布置钻探工程,提高工程(钻探、开采)的有效性和合理性等起到了十分重要的作用。

CSAMT 同样存在静态效应、场区、阴影及场源复印效应等问题,造成在某些地质环境中深部分辨率下降,如对铝土矿沉积有利的岩溶洼斗显示不够精确、反应含矿岩系的梯级带有时变宽,无法较好反演其底界面等,需在以后的工作中,从野外施工参数选取到室内数据处理等方面进一步总结和完美。

参考文献:

- [1] 李海潮,周科,董海军. 电测深法在预测黄土覆盖区隐伏铝土矿中的应用[J]. 轻金属,2002,(11).
- [2] 吕佩炎,孙利杰,王夏涛. 直流电法寻找隐伏铝土矿的阶段性总结[J]. 矿产与地质,2004,18(4).
- [3] 毕炳坤. 电法勘探在铝土矿勘探中的应用[J]. 物探与化探,2009,33(4).
- [4] 李中明,赵建敏,冯辉,等. 河南省郁山古风化壳型稀土矿层的首次发现及意义[J]. 矿产与地质,2007,21(2).
- [5] 李中明,赵建敏,王庆飞,等. 豫西郁山铝土矿沉积环境分析[J]. 现代地质,2009,23(3).
- [6] 吕国印,燕长海,赵建敏,等. 微重力法与可控源音频大地电磁法组合在豫西寻找隐伏铝土矿中的应用[J]. 地质通报,2008,27(5).
- [7] 底青云, Martyn Unsworth, 王妙月. 复杂介质有限元法 2.5 维可控源音频大地电磁法数值模拟[J]. 地球物理学报,2004,47(4).
- [8] 陈明生,闫述. CSAMT 勘探中场区、记录规则、阴影及场源复印效应的解析研究[J]. 地球物理学报,2005,48(4).
- [9] 于泽新,敖颖锋,吕景增,等. CSAMT 法在辽西康杖子区深部探矿中的应用[J]. 地质与勘探,2009,45(5).
- [10] 张建奎. 可控源音频大地电磁测深找铅锌矿的应用[J]. 物探与化探,2010,34(2).

THE ROLE OF CSAMT IN THE EXPLORATION OF THE YUSHAN LARGE-SIZE BAUXITE DEPOSIT IN HENAN PROVINCE

MA Zhen-bo^{1,2}, YAN Chang-hai^{1,2}, LI Zhong-ming², SI Fa-zhen², LIU Bai-shun², YANG Rui-xi²

(1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Henan Institute of Geological Survey, Zhengzhou 400051, China)

Abstract: Combining the application of this method in the exploration of the Yushan large-size concealed bauxite deposit in Henan Province and the exploration characteristics of the covered mining area, this paper discusses the advantage of CSAMT for the pre-survey and survey of concealed bauxite deposits. The exploration depth of the Yushan concealed bauxite deposit in Henan Province is generally 150 ~ 700 m, which is so deep that the conventional D. C. electric sounding method cannot meet the needs. The Controlled Source Audio-frequency Magnetotellurics (CSAMT) is a new geophysical technique, and has such advantages as stronger signal, deeper exploration depth and higher resolution. Based on the inversion result of WINLINK2D and WINLINK1D, it can accurately reflect the characteristics of deep ore-bearing rock series, formations and structures, and optimize the layout of the project.

Key words: CSAMT; concealed bauxite deposit; deep exploration; WINLINK

作者简介: 马振波(1981-),男,中国地质大学博士生,工程师,主要从事固体矿产勘查及地球物理勘查研究工作。