第 39 卷第 2 期 2015 年 4 月

doi: 10.11720/wtyht.2015.2.11

张西君,王永泰,陈坡.AMT法勘查贵州铝土矿[J].物探与化探,2015,39(2):283-287.http://doi.org/10.11720/wtyht.2015.2.11

Zhang X J, Wang Y T, Chen P.An analysis of the effect of the audio magnetotelluric method (AMT) in the exploration of bauxite deposits in Guizhou[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39(2):283-287.http://doi.org/10.11720/wtyht.2015.2.11

AMT 法勘查贵州铝土矿

张西君1,王永泰1,陈坡2

(1.贵州省地质调查院,贵州贵阳 550004; 2.贵州省地质矿产勘查开发局 115 地质队,贵州贵阳 551400)

摘要:贵州铝土矿资源储量丰厚,分布面广,但多为隐伏型沉积型矿,仅有的易辨别、易发现的地表或浅层铝土矿 已经开发殆尽,在此开展隐伏铝土矿的物探方法试验研究对今后勘查工作具有重要的指导意义。本文简要介绍了 AMT 基本工作方法以及贵州金沙长沟工区的地质和地球物理特征,重点讨论了 AMT 在长沟工区铝土矿勘查中的 应用效果,通过对电阻率断面图的综合推断解释,划分出了二叠系、石炭系、寒武系之间地层界面,圈出了含矿有利 部位。经钻孔验证,取得了较好的找矿效果。

关键词: AMT;贵州铝土矿;地层界线;矿产勘查;隐伏型沉积型矿;电阻率

中图分类号: P631.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2015)02-0283-05

随着我国经济的快速发展,铝土矿的供给形势 日趋严峻,已直接、间接地影响了我国的工业、国防 建设。贵州铝土矿资源不仅储量丰厚(居全国第四 位),且分布也比较广,南起贵阳、清镇,向北至重庆 南川,构成 NNE 向长约 370 km 的黔中---渝南铝土 成矿带,截止2011年,全省共探明矿产地85处,保 有资源储量 5.91 亿 t^[1]。贵州铝土矿多为隐伏型沉 积型矿^[2].仅有的易辨别、易发现的地表或浅层铝 土矿已经开发殆尽,要想获得重大突破,必须寻找 中、深部矿产。但贵州铝土矿的勘探方法单一,目前 仅限于传统的基础地质、矿产地质调查手段,鲜少采 用地球物理手段。鉴于此,中国地质调查局开展了 地球物理方法勘查贵州铝土矿的试验,以探索出一 种或几种适合于在该地区勘查中、深度隐伏铝土矿 的地球物理方法。此次用音频大地电磁法在贵州金 沙长沟工区开展勘查铝土矿的试验,目的是圈定物 探异常区,划分二叠系、石炭系、寒武系之间地层界 线,并结合地质测量和以往地质资料进行综合分析, 圈出含矿有利部位,为地质施工提供物探依据。

1 测区地质与地球物理概况

金沙长沟工区与康滇陆块相邻,南以安顺—镇

基金项目:中国地质调查局项目(12120113052700)

远断裂带与右江造山带相接,是扬子陆块西南缘构 造活动性相对较强的地带。区内构造多表现为浅层 次构造,即所谓表层构造,定形于印支—燕山期,喜 山期仍有活动。长沟工区构造比较简单,地层多为 呈 115°~135°方向倾斜的单斜层,倾角 12°~16°^[3]。

工区出露地层从老至新主要有:中上寒武统娄 山关组(ϵ_{2-3} k)、石炭系下统九架炉组($C_{1}j$)、二叠 系中统梁山组($P_{2}l$)、栖霞组($P_{2}q$)^[3]。 ϵ_{2-3} k的岩 性主要为细晶白云岩和泥质白云岩,顶部常含硅质 团块及燧石条带,厚度大于 250 m。 $C_{1}j$ 为一套黏土 岩、铝土岩、泥岩,底部为赤铁矿层,厚0~15 m,为区 内含矿层。 $P_{2}l$ 为一套碳质页岩、石英砂岩、黏土岩 互层岩性。 $P_{2}q$ 岩性以灰岩、燧石灰岩及泥质条带 灰岩为主。图1为工区地质略图。

区内铝土矿含矿岩系为石炭系九架炉组, 假整 合于寒武系娄山关组白云岩侵蚀面之上, 呈岩溶 不整合接触。含矿岩系厚度变化较大, 为10~15 m。根据岩性可分为三个岩性段: 黏土岩段、铝土 岩段和泥岩段^[3]。铝土矿体主要产于九架炉组顶 部。矿体产状与岩层产状基本一致, 呈层状、似层 状, 铝土矿体走向延伸稳定, 长 50~400 m, 矿体厚 1.7~2.87 m, 矿石品位: Al₂O₃, 51.66%~73.29%,





地层倾角;6—测点;7—钻孔

图 1 工区地质简略及物探测线布置

 $\Omega \cdot m$

SiO₂,6.32%~24.37%,铝硅比值为2.1~11.6^[3]。

根据工区地质矿产情况,对本区5组地层中出 露的岩(矿)石电性参数进行了对称小四极实地测 定,结果见表1。

表1 长沟工区岩(矿)石电阻率测定结果

地层代号	岩性	数值范围	平均值
Q	覆土	183.39~210.99	197.13
P_2q	灰岩	479.95~2121.61	1282.49
P_2q	泥灰岩	95.14~118.94	97.5
P_2l	泥质砂岩	11.38~116.44	68.67
C ₁ jj	铝质矿	8.64~1018.87	485.35
C ₁ jj	铁质矿	77.61~157.54	145.20
$\in {}_{2-3}ls$	白云岩	579.07~873.74	733.73

测区出露的岩(矿)石电阻率按灰岩→白云岩 →铝质矿→覆土→铁质矿→泥灰岩→泥质砂岩排序 梯次降低,灰岩电阻率值最高,可达1282.49Ω・ m,泥质砂岩电阻率值最低,约68.67Ω・m。根据本 次测定的物性数据及以往工作经验,寒武系娄山关 组白云岩地层与二叠系栖霞组灰岩地层表现为高 阻,含矿岩层(铁、铝质矿)表现为相对中低组,二叠 系梁山组砂岩地层表现为低阻,各组岩(矿)石电性 差异比较明显。因此,本区具备电法划分二叠系、石 炭系、寒武系、圈出含矿有利部位的地球物理前提。

2 工作方法技术

根据该区相关地层岩(矿)的物性信息,结合邻 省相近地质条件采用的物探勘查手段^[4-13],最终选 定音频大地电磁法作为本次勘查试验工作方法。

野外数据采集采用由美国 EMI 公司和 Geometrics 公司联合研制出的 EH-4 电导率测量仪。此次 野外数据采集采用混合场源,人工源信号为1 kHz~ 64 kHz,天然源信号为10 Hz~1 kHz。

本次工作电道采用"十"字布极,由森林罗盘确 定布极方位,正东西—南北向布极,方位角误差小于 1°;用皮尺测量电极距,电极距为40m,误差小于1 m。探头正交布置,布设方位与电道一致,方位角误 差要求小于1°;水平深埋,倾角误差小于3°,埋深大 于30 cm;探头离采集器距离大于5m,探头之间大 于3m。

根据实测的 AMT 数据,应用随机配置软件进行 预处理,得到频率视电阻率值,再在此基础上对其进 行滤波、TE 模式 TM 模式识别、静校正^[9-11],最后进 行带地形的快速松弛二维反演(RRI)。图 2 给出了 具体的数据处理流程。



3 AMT 资料分析与解释

3.1 推断解释原则

推断解释原则应该以地质—物性规律为依据^[12]。遵循物探与地质紧密结合的原则,充分利用 地质成矿规律的先验信息来指导异常的解释;最后 应该从分析异常特征入手,提高异常解释的精度和 深度。通常考虑以下因素:异常强度特征、规模大 小、异常的连续性、异常的基本形态特征及其赋存深 度等。综合分析这些因素有利于提高定性解释的准 确性,为矿(化)体的圈定提供物探依据。

3.2 推断解释结果

根据对该试验区出露的地层、岩石(矿)作的物 性资料加以分析,结合以往工作经验得知,目标层 (九架炉组地层)上覆的梁山组地层与栖霞组地层 分别表现为低阻和高阻,目标层下伏的娄山关组白 云岩地层为高阻,含矿岩层为中、低电阻率。浅表因 风化作用均表现为低阻,浅表各岩层界线是根据地 表岩层出露情况与深部物探异常规律来划分。

此次试验共布设了 2 条电磁剖面,2 条电阻率 剖面高、中、低阻异常界线明显,且与各地层界线比 较吻合,均达到了勘探目的。现以 1 线为例(图 3), 对其断面异常进行推断解释。

(1)图中上部的高阻、相对高阻异常区,推测为 二叠系栖霞组地层引起,底部绿色区域的中低阻异 常推测为栖霞组一段泥灰岩引起,厚度 0~20 m 不 等。二叠系栖霞组地层起始于该剖面 3 号测点附 近,沿测线(大号点方向)地层厚度呈薄—厚—薄态 势,厚度 0~140 m 不等。

(2)低阻、相对低阻异常区推测为二叠系梁山 组地层引起,厚度 0~60 m,在 14、20 号测点附近存 在变薄趋势。二叠系梁山组地层与下伏石炭系九架 炉组地层间界线位于剖面 2~3 号测点之间,与上覆 栖霞组地层间界线位于剖面 3 号测点附近。

(3)图中中部绿色区域为相对中低阻异常区, 推测为石炭系九架炉组地层引起,厚度0~40 m。在



1—二叠系栖霞组;2—二叠系梁山组;3—石炭系九架炉组;4—寒武系娄山关组;5—灰岩;6—泥质灰岩;7—泥质粉砂岩;8—含铝岩系; 9—白云岩;10—含矿岩体;11—岩层产状;12—剖面方位;13—物探推断地层界线;14—测点点位及编号;15—钻孔位置及编号

图 3 工区 1 线电阻率断面解释(上)及地质剖面(下)

12 号测点处,海拔1 370~1 430 m 间存在一个"凹型"异,推测为寒武纪时期的古岩溶洼地引起,含矿可能性比较大;在15~16 号测点、高程1 350~1 420 m 间存在一个"凹型"异常,推测为寒武纪时期的古岩溶洼地引起,含矿可能性比较大。九架炉组地层与下伏娄山关组地层间界线位于2 号测点(30 m) 附近;与上覆梁山组地层间界线始于剖面2、3 号测点附近。九架炉组为含矿岩组,地层厚度呈薄—厚—薄态势,中间还出现2 个相对较厚"凹型"异常区,与古岩溶洼地关系密切,建议于此处开钻验证。

(4)图中下部的相对高阻区推测为寒武系白云 岩层引起,娄山关组地层与上覆九架炉组地层界线 位于2号测点附近,与九架炉组地层形成假整合。

3.3 钻孔验证情况

为进一步判断高低阻分界面对寻找铝土矿的指导价值,综合地质、物探成果以及工程地质条件等情况,于12号测点处布置ZK1。如图4所示,ZK1孔深115m,0~3.5m为覆土;3.5~72.47m为栖霞组灰岩地层,底部存在较薄的泥灰岩层;72.47~82.29

<i>h</i> /m	地层代号	厚度/m	柱状图	岩性描述
3.5	Q	3.5	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	第四系覆土
	P ₂ q	68.97		灰岩
72.47				泥质灰岩
82.29	P ₂ <i>I</i>	9.82	<u></u>	派 质 灰 岩 炭 质 黏 土 岩
88.79	C ₁ jj	6.5	<u>A A A A A A</u> - a - a - a - a - a - a - a - a - a - a	铝土岩层 绿泥石黏土岩
	€ ₂₋₃ 1s	26.21		赤铁矿层 绿泥石黏土岩 白云岩
115				

图 4 ZK1 柱状图

m 为梁山组地层,上部为炭质黏土岩,下部为砂页 岩;82.29~88.79 m 为九架炉组,上部为铝土矿,下 部为硫、赤铁矿;88.79~115 m 为娄山关组白云岩地 层。对比钻孔资料与物探推断成果,两者地层分界 线与见矿部位基本吻合。

4 结论与建议

由于贵州铝土矿赋存条件特殊,勘查隐伏铝土 矿具有一定的挑战性。到目前为止还没有比较有效 的物探方法直接查找隐伏铝土矿,甚者在贵州没有 涉入物探方法勘查铝土矿,只能根据含铝岩系的保 存与埋藏状况,通过电磁测深法大致确定含矿岩层 的空间分布来指导找矿工作,达到间接找矿目的。 基于此勘查的前提必须是含矿岩层九架炉组地层里 含矿,这就有赖于经验丰富的地质工作者的分析推断,人为主观因素比较大。因此,建议在勘查中、深部隐伏铝土矿的工作中应优先部署在构造简单、含铝岩系延伸稳定、浅部铝土矿成矿良好的铝土矿带上。

本次 AMT 勘查铝土矿取得了良好的地质效电 磁测深果,较清晰地划分出了二叠系栖霞组灰岩、梁 山组砂岩、黏土岩、石炭系九架炉组含矿岩系、寒武 系娄山关组白云岩之间地层界面,并圈出了含矿有 利部位,为地质施工提供物探依据。

通过这次试验结果与钻孔资料对比分析,试验 推断的结果与钻孔资料基本吻合,效果明显。根据 九架炉组含矿岩系与上覆梁山组砂页岩、黏土岩以 及下伏娄山关组白云岩之间的电性差异,应用音频 大地电磁法,在成矿良好区域探明梁山组、娄山关组 地层界面的起伏形态,可间接推断隐伏铝土矿赋存 状态及空间分布,对今后贵州铝土矿勘查工作具有 重要的指导意义。

感谢贵州地矿局 115 地质队提供的宝贵地质资 料和钻孔资料以及在试验过程中给予的大力支持。

参考文献:

- [1] 冉文瑞.贵州铝土矿资源现状与供需形势分析[J].贵州地质, 2012,29(4):318-320.
- [2] 刘平.六论贵州铝土矿:铝土矿矿床成因类型划分意见[J].贵州地质,1996,13(1):45-60.
- [3] 曾昭光,陈华,黄林,等.贵州乌蒙山区优势矿产资源综合调查 评价总体设计及 2013 年度工作方案[R].贵州省地质调查院, 2013.
- [4] 马振波, 燕长海, 李中明, 等.CSAMT 在河南郁山大型隐伏铝 土矿勘查中的应用[J].物探与化探, 2012, 36(4):688-691.
- [5] 李小军,杨小聪,谭卓.EH-4 在残积型铭土矿中的识别与应用[J].金属矿山,2009(增刊):346-349.
- [6] 王 凯,刘宽厚,张旭.瞬变电磁法寻找铝土矿效果与分析[J]. 西北地质,2010,43(2):80-83.
- [7] 魏明君,赵金洲,杨长龙,等.CSAMT 在河南某铝土矿区深部勘 查中的应用[J].物探与化探,2011,35(5):600-603.
- [8] 王桥,万汉平,王闻文,等.综合物探方法在铝土矿勘查中的应 用[J].地球物理学进展,2012,27(2):709-714.
- [9] 金旺林,李士祥.用 EH-4 寻找铝土矿的效果研究[J].矿产地 质,2012,3(1):82-85.
- [10] 李华,艾斯卡尔,吾守艾力,等.渝东南地区隐伏铝土矿物探勘
 查技术试验研究—以车盘矿区试验结果为例[J].地质学报,
 2013,87(3):384-391.
- [11] 徐新学,李世斌,袁航,等.山西沁源隐伏铝土矿综合物探调查 应用效果[J].物探与化探,2014,38(1):41-45.
- [12] 王万银,任飞龙,王云鹏,等.重力勘探在沉积型铝土矿床调查 中的应用研究[J].物探与化探,2014,38(3):410-416.
- [13] 王明明,杨永千,马凯,等.豫西北某铝土矿床的放射性特征

[J].物探与化探,2014,38(3):428-432.

- [14] 陈乐寿, 王光愕. 大地电磁测深法 [M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [15] 陈乐寿,刘任,王天生.大地电磁测深资料处理与解释[M].北 京:石油地质出版社,1989.
- [16] 张莹,张胜业.EH-4 资料处理解释系统的研究[J].工程地球物 理学报,2005,2(4):311-315.
- [17] 李大心.地球物理方法综合应用与解释[M].武汉:中国地质大学出版社,2003.

An analysis of the effect of the audio magnetotelluric method (AMT) in the exploration of bauxite deposits in Guizhou

ZHANG Xi-Jun¹, WANG Yong-Tai¹, CHEN Po²

(1. Guizhou Geological Survey, Guiyang 550004, China; 2. No. 115 Geological Party, Bureau of Geology and Mineral exploration and Development of Guizhou Province, Guiyang 551400, China)

Abstract: Guizhou has rich and extensively distributed bauxite resources, but bauxite deposits there are mostly concealed sedimentary ones. The easily-discovered shallow and surface bauxite deposits have almost been totally exploited, and hence the experimental test of geophysical methods in search for concealed bauxite deposits is of great significance for further ore-prospecting work. In this paper, the authors describe in brief the basic working procedure of the AMT method as well as geological and geophysical characteristics of the Changgou work area in Jinsha district, Guizhou Province, and emphatically discuss the application results of AMT in the bauxite exploration of Changgou work area. Based on integrated inference and interpretation of the resistivity section, the authors recognized the stratigraphic boundaries between Permian, Carboniferous and Cambrian, delineated favorable ore-bearing places, and attained fairly good ore-prospecting results, as demonstrated by later drilling verification.

Key words: AMT; Guizhou bauxite; stratigraphic boundary; mineral exploration; concealed sedimentary deposit; resistivity

作者简介:张西君(1987-),男,贵州德江人,硕士,工程师,主要从事电法、电磁法等地球物理方法应用与研究。