

文章编号 :1005-2712(2010)01-0010-03

# 超高密度电法在工程地质勘查中的应用

王德中<sup>1</sup>, 周斌<sup>1</sup>, 赵奎<sup>2</sup>, 钟春晖<sup>2</sup>

(1. 江西铜业公司银山铅锌矿, 江西 上饶 334201 2. 江西理工大学工程研究院, 江西 赣州 341000)

**摘要:**介绍了超高密度电法的原理及其特点, 采用 FlashRES 64 多通道超高密度直流电法勘探系统, 对某矿山边坡下空区进行了勘查。经勘查得到了采空区的埋藏位置和形态。勘查表明, 超高密度电法在矿山采空区勘查方面具有现实可行性。

**关键词:**超高密度电法; 地质勘查; 采空区

中图分类号: TD1 文献标识码: A

## Application of the Ultra-high Density Resistivity Method in Engineering Geology Investigation

WANG De-zhong<sup>1</sup>, ZHOU Bin<sup>1</sup>, ZHAO Kui<sup>2</sup>, ZHONG Chun-hui<sup>2</sup>

(1. Yinshan Lead-Zinc Mine, Jiangxi Copper Company, Shangrao 334201, China;

2. Engineering Research Institute, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China)

**Abstract:** On the base of describing the principle and features of ultra-high density resistivity method, the gofa under a mine side slope is explored by FlashRES 64 multi-channel ultra-high-density DC prospecting system and the location and shape of gofa are finded out. The survey shows: Ultra-high density electrical method can be used in investigating gofa in mine.

**Key words:** ultra-high density resistivity method; engineering geology investigation; gofa

## 0 前言

工程地质勘查的目的是为拟建设场地查清地下岩土体包括的一些空区、破裂带、地下水等的物理力学性质、赋存状态、分布特征等工程地质条件, 为设计、施工部门提供依据。目前主要的勘探方法有钻探、槽探、探井和物探<sup>[1]</sup>。高密度电阻率法是物探的一种, 目前, 已广泛应用于工程地质勘查。文献[2]介绍了高密度电阻率法在调查浅埋断层中的应用, 并以实例说明了断层破碎带在电阻率等值图上的异常特征。文献[3]利用电阻率的异常特征对岩溶发育程度进行了分区, 为工程建设提供了科学依据。文献[4]基于高密度电阻率法, 对松动圈测试进行了研究。超高密度电阻率法是直流电阻率法中基本方法之一, 较普通直流电阻率法在数据采集、数据处理、

数据异常分辨率等方面优越, 且具有成本低, 效率高, 测试便捷等优点。但其在工程中的实际却少见报道。迄今只有文献[5]利用超高密度电法对破碎带进行了地球物理实行勘察。

某铜硫金露天矿属于典型的地下开采转露天开采的矿山, 在设计露天境界内的边坡下赋存了多个中段空区, 并且在设计的露天采场的东、南、北边坡尚存在一定数量位置不详的老窿。这些空区由于顶板暴露面随回采面升高而不断增大, 空区的矿岩会发生冒落并充填采场。经过冒落和充填的多次演化, 使空区具有复杂的形态特征。为了确保矿山的安全生产, 确定这些空区的位置及大小是当务之急。本文, 采用多通道超高密度直流电法勘探系统对该露天矿边坡下空区状况进行了勘查, 勘查结果对矿山日后的生产、工程布置有着重要的意义。

## 1 超高密度电法原理及特点

超高密度电法在理论上,相对于高密度电法没有什么本质的变化,仍然以岩石、矿石的电性差异为基础,通过观测和研究,人工建立稳定电场的分布规律,采用专门的仪器设备,来观测岩土体的电性变化。在求解简单地电条件的电场分布时,通常采用解析法,即根据给定的边界条件,解以下偏微分方程:

$$\Delta^2 U = \frac{-1}{\sigma} \delta(x_0 - x_1) \delta(y_0 - y_1) \delta(z_0 - z_1)$$

式中  $x_0, y_0, z_0$  为电场点坐标,  $x_1, y_1, z_1$  为场点坐标;  $\Delta^2$  为与距离有关的函数,  $I$  为电流,  $\sigma$  为电导率。当  $x_0 = x_1$ 、 $y_0 = y_1$ 、 $z_0 = z_1$  时,即在只考虑无源空间时,上式变成拉式方程:

$$\Delta^2 U = 0$$

## 2 工程地质

矿区地处低山-丘陵过度地带,属构造剥蚀地貌区。气候属亚热带湿润性气候区,四季更替分明,春夏多雨,秋冬干燥,年平均降雨量 2185.4 mm。矿区内无水库,湖泊等较大地表水体,地表排泄条件好。地层主要出露有前震旦系双桥山群,侏罗系上统鹅湖岭组的部分地层,以及第四系地层。边坡岩体主要由千枚岩组成、英安斑岩以及石英斑岩组成,构造裂隙较发育,岩体较破碎。坡顶附近有较厚坡积层。根据已有的相关资料报告,矿区具备开展超高密度电阻率法的勘探前提条件。

## 3 工程应用

### 3.1 仪器简介

勘查仪器采用由澳大利亚 ZZ Resistivity Imaging 研发中心最新研制成功的 FlashRES 64 多通道超高密度地面、井地、井井直流电法勘探系统,它由仪器主机箱、便携式计算机、电缆、电极、数据采集控制软件、数据处理和反演成像系统六大部分组成。该仪器独有的 61 通道技术,它不仅打破了常规电法勘探中数据采集方式的限制,而采用自由无限制的任何四极的组合方式来采集数据,数据采集过程全部自动化,数据采集快,而且彻底的抛弃了视电阻率的概念,能将所测得的大量数据利用现代的反演技术直接反演成真电阻率剖面图。

### 3.2 测线布置

测线布置的位置,不仅要考虑勘查区是否满足

做超高密度直流电法勘探的要求,更应结合矿山工程日后设计与规划。因此,选取露天采场东北边坡和西北边坡做为勘查对象。边坡坡顶高程 120~150 m,坡脚高程最低处已达 50 m,坡高 70~100 m,总体坡度约 43°。边坡有 7 个台阶,高度约 10~12 m,平台宽 5~8 m,台阶坡度约 80°~90°。本次勘探共布设一条测线在第四个台阶上(如图 1)。电极间距 7 m,共 64 个电极,个别电极因地形原因未接,布线总长度近 399 m,基本上满足勘查的目的。

## 4 数据处理与分析

### 4.1 数据处理

采用了 30 V、90 V 的供电电压对边坡进行了勘查,以便更好的把握空区分布及大小状况,共得到有效数据几万余个,数据的处理是利用该套仪器专门配置的处理软件 FlashRES64S 进行处理,处理结果的输出为 Surfer 能够直接调用的 grd 格式的文件。最后,用 Surfer 绘制的该剖面的真电阻率剖面图。电阻率剖面图见图 2。

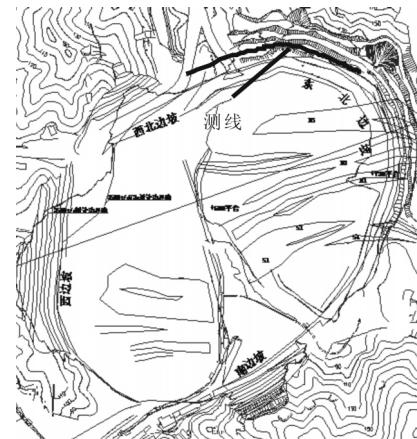
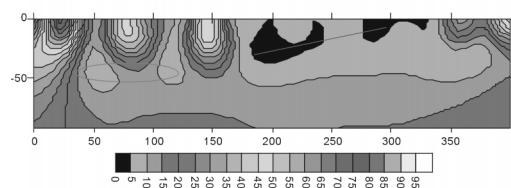
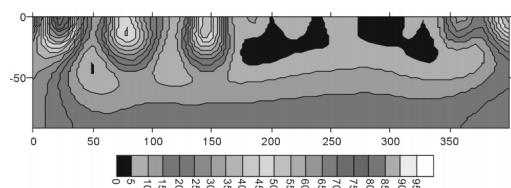


图 1 测线位置



供电电压为 90V 电阻率剖面图



供电电压为 30V 电阻率剖面图

图 2 电阻率剖面图

## 4.2 结果分析

工作区内有表层第四系覆盖粘土层, 电阻率值较低。下覆基岩主要为双桥山群上部第四段, 岩性以千枚岩为主, 夹变质沉凝灰质粉砂岩, 电阻率值较高。空区的电性应视具体情况而定, 如在水位之上未被其它物质填充应为高阻, 若在水位之下被地下水, 粘土等填充则显示低阻。断层由于上下岩层断开, 岩石破裂, 在日积月累的时间里缝隙被粘土、水等填充, 电阻率值较低, 多呈长带状。另外全强风化含水岩层电阻率值也较低。

对照 90 V 和 30 V 电阻率真剖面图可以发现, 两图中电阻率分布规律基本一致, 90 V 供电状态下低电阻率区域比 30 V 供电状态下稍大, 但不影响勘

查的整体效果。从整体上, 台阶下部大部分为低阻区, 岩体电阻率随深度的增加而增加, 图中出现的两片黑色区域, 电阻率几乎为零, 因此, 可以推断此区域为先前地采留下的采空区, 两空区埋深在距台阶面下 10~40 m, 沿测线方向长度为 60~70 m。图中青色区域电阻率比黑色区域电阻率稍高, 应试为由于上部地层塌陷使采空区被粘土、碎石填充, 并且填充物较松散, 含水量相对较高所致。再向下电阻率仍有小幅提高, 推断为岩石破裂带, 长时间即会形成较小的断层。其次, 图中出现的较高电阻率区域, 经现场调查发现为采矿出露的干燥岩石, 并且以千枚岩为主。为证实上述推论, 图 3 给出了后期施工中所揭露的空区及充填物的状况。



图 3 揭露采空区及充填物图

## 5 结 论

(1) 超高密度电法可采集到几十倍与常规电法数据采集方式采集不到的数据, 大大提高了反演结果的准确性和可靠性。同时, 也避免了常规数据采集方法中数据采集的片面性, 而导致在同一地点采用不同数据采集方式采集的数据所产生的反演结果不同的缺点。

(2) 超高密度电法具有 61 通道技术, 有效的缩短了勘查的时间, 提高了勘查的效率。

(3) 超高密度电法成功的引用于边坡空区的勘查, 说明该方法具有现实可行性, 可有选择地代替高密度电法。

(4) 结合详细的地质资料及钻孔资料, 超高密度电法能取得更好的勘查效果。

## 参 考 文 献:

- [1] 范维强, 李君源. 物探与钻探方法相结合在工程地质勘查中的应用[J]. 西部探矿工程, 2005, 11(1): 165~166.
- [2] 倪 猛, 岳建华, 邓帅哥, 等. 高密度电阻率法在调查浅埋断层中的应用[J]. 能源技术与管理, 2009, (5): 75~76.
- [3] 朱国强, 黄立勇. 高密度电阻率法在江山市岩溶调查中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2007, 4(5): 417~420.
- [4] 王 桦, 程 桦, 荣传新. 基于高密度电阻率法的松动圈测试技术研究[J]. 煤炭科学技术, 2008, 36(3): 53~57.
- [5] 对黄杰, 钟 锐, 马文德, 等. 超高密度电法在追索破碎带中的应用[J]. 物探化探计算技术, 2009, 31(6): 587~589.