

高密度电法数据三维可视化快速实现及在复杂采空沉降区的应用

贾立国,郭晓东,张帆,郝恒飞

中国地质调查局 沈阳地质调查中心(沈阳地质矿产研究所),辽宁 沈阳 110034

摘要: 高密度电阻率法是一种阵列式的勘探方法,具有采集观测数据量大、地质信息丰富、生产效率高等特点,数据采集多以剖面形式工作,成果多为二维反演结果,资料处理过程中经常出现局部畸值或相邻测线对照一致性差等问题。为解决该问题,本文在探查采空区分布和巷道位置的工作中,结合剖面数据采集特点提出非规则“#”剖面布设勘探法来补充纵向数据信息,并通过三维可视化软件建立以高密度电法电参数为依据的地质体模型,实现高密度电法数据场三维可视化和实际应用。

关键词: 高密度电法; Voxler 软件; 三维可视化; 采空沉降区

DOI:10.13686/j.cnki.dzyz.2017.01.014

FAST IMPLEMENTATION OF 3-D VISUALIZATION OF HIGH-DENSITY RESISTIVITY DATA AND APPLICATION IN COMPLEX GOAF SUBSIDENCE AREAS

JIA Li-guo, GUO Xiao-dong, ZHANG Fan, HUAN Heng-fei

Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Shenyang 110034, China

Abstract: High-density resistivity survey is an array type of exploration method, characterized by large amount of observation data, rich geological information and high work efficiency. Because the data are mostly collected from sections, with results from two-dimensional inversion, it is common for local abnormal values or inconsistency of adjacent line control in data processing. In order to solve such problems, this paper puts forward in the irregular “#” section layout exploration method to supplement data in crossing direction. With 3-D visualization software, a geological model is set up on the basis of high-density resistivity survey parameters to realize the 3-D visualization of high-density resistivity method in the application of subduction exploration.

Key words: high-density resistivity survey; Voxler; 3-D visualization; goaf subsidence area

0 前言

高密度电法是一种阵列式的勘探方法,是电剖面和电测深的有机组合,因其具有的观测精度高、数据采集量大、地质信息丰富、分辨率高、生产效率高等特点,被广泛应用于工程勘察、水文勘测等工程领域^[1-2]。

目前常用的工作方式,是在目标勘探区进行剖面数据采集,再对测量数据进行二维反演得到最终结果,这是一种利用二维数据对三维地质体近似求解的方法。这种工作方式不可避免地存在一些弊端,资料处理过程中经常出现局部畸值或相邻测线对照一致性

差的问题,这是因为实际的地质体是三维的,对三维地质体进行二维测量得到的信息是片面的^[3-4]。

三维高密度电阻率勘察法的应用能在一定程度上改善以上情况,其研究程度目前也已相当成熟,并在工程应用中取得了较好的效果。如施龙青等的三维高密度电法数据技术在岩层富水性探测中的应用;胡文志等将其应用于尾矿库隐患的检测工作中;张彬等的三维高密度电阻率成像探测技术在煤矿采空区勘查中的应用。然而实际勘察工作中,受工作成本、仪器配置、场地环境等条件的制约,致使三维方式进行数据采集

收稿日期:2016-08-10;修回日期:2016-10-29。编辑:张哲。

基金项目:中国地质调查局项目“珲春国际合作示范区地面塌陷调查”(编号 12120115032801)。

作者简介:贾立国(1981—),男,硕士研究生,工程师,从事地球物理研究工作,通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河大街 280 号,E-mail/278256304@qq.com

困难较大.为使其他工程人员更加准确轻松直观地了解物探成果,进一步与地质结构对比,提供有效的勘察依据,本文结合剖面数据采集特点提出非规则“#”剖面布设勘探法来补充纵向数据信息,并通过三维可视化软件建立以高密度电法电参数为依据的地质体模型,实现高密度电法数据场三维可视化和应用.

1 可视化软件发展现状与软件示例

目前三维可视化软件系统中,比较著名的有美国的 Stardent 计算机公司开发的 AVS (Application Visualization System),SGI 公司开发的 IRIS Explorer 以及俄亥俄超级计算中心开发的 apE 系统.还有 Land Mark 公司的 Earth Cube 和 Open Vision, Geo Quset 公司的 Geo Viz 和 CPS-3,CSD 公司的 Voxel, DGI 公司的 Earth Vision,Photon System 公司的 CAEX,Tech Logic 公司的 IREX 等.这些可视化软件的开发与在地球物理中的应用,将地球物理测量所获得的各种结构复杂的数据转换成直观的、易于理解和控制的图形(图像)形式,为工作人员进行解释、资源预测、评价提供了有力的依据^[5].

本文示例的软件为 Golden Software 公司推出的 Voxler 软件平台,这是在三维可视化处理中简单易学的一种软件.软件导入数据方便,兼容多种数据文件格式,如 txt、xyz、dat、exl 等;软件成图方便,可以用离散数据成三维图,可以显示等值线图、等值面图、切片图、体积渲染图等,其图像能进行任意角度旋转,可任意截图与录像.

2 珲春三道岭复杂采空区工程实例

2.1 工作区概况

珲春三道岭村所在的煤矿区具有多层煤层,浅部煤层埋深较浅,项目附近工程钻井资料显示,在 7 m 左右和 15 m 左右含有 1~2.5 m 厚煤层,多年来一直存在的私挖乱采形成小采空区,其上覆岩层的不稳定引发多处地面塌陷,对地面建筑形成极大威胁.并且在村庄下面存在通往深部煤矿的开采的巷道.本次工作就是为了查明采空区的分布和巷道的位置.

2.2 测线布置

根据地形条件和勘探要求,由于村庄房屋建筑分布等原因,不能采用三维勘探模式,仍采用二维高密度

电阻率法进行勘探,仪器采用 Supersting R8 高密度电阻率采集系统,野外采用 Shlumb Inv 装置.为了解决二维采集数据信息的片面化和多解性,丰富纵向采集信息,本次勘探线布置采用非规则似“#”字状布设,共设计 6 条剖面,点距 5 m,如图 1 所示.共完成测点 521 个,探测深度 60 m 左右.

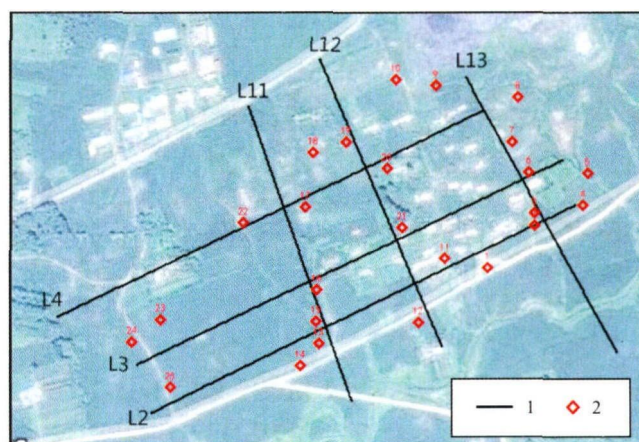


图 1 已知沉降点分布与测线布置示意图

Fig. 1 Distribution of known subduction points and layout of survey lines

1—测线(survey line);2—已知沉降点(subduction point)

2.3 Voxler 实现高密度电法数据三维可视化流程

本例中使用 Voxler 软件来实现高密度电法反演数据的三维可视化,按照以下 3 个步骤进行:数据输入、数据处理、数据输出.

1)数据输入:将数据导入 Voxler 软件,数据格式为 4 列数据,分别为三维空间的 X、Y、Z 坐标及研究目标属性值.运行 Voxler,将数据文件导入 Network Manager 管理网络窗口.

2)数据处理:数据准备好后所有的三维图件均基于对原始数据进行插补,由空间分布不均一的离散数据生成空间分布规则的三维网格状数据矩阵^[6].实例调用 Voxler 软件 Computational 模块中的 Gridder 进行数据处理,并设置模块显示属性.

3)数据输出:即调用 Voxler 软件 Graphics Output 制图输出模块对 Gridder 文件进行图形处理,可以生成 Scatter Plot (散点图)、Contours (等值线图)、Isosurface (等值面图)、Face Render (立体切面图)、Ortho Image (正射影像图)、Oblique Image (斜射影像图)、Vol Render (体积渲染图).

2.4 成果图展示及地质认识

成果效果图包括等值面图和斜射影像图。
等值面图(Isosurface)是反映具有相同属性值的点在三维空间的分布特征。本例中以 Gridder 生成数据源与 Network 菜单制图输出模块的 Isosurface 关联,并设置等值面的属性。在本例中根据地质资料分析,煤层和充水采空区视电阻率小于 $30\ \Omega\text{m}$,将等值面视电阻率值设置为 $25\sim30\ \Omega\text{m}$,效果图如图 2。

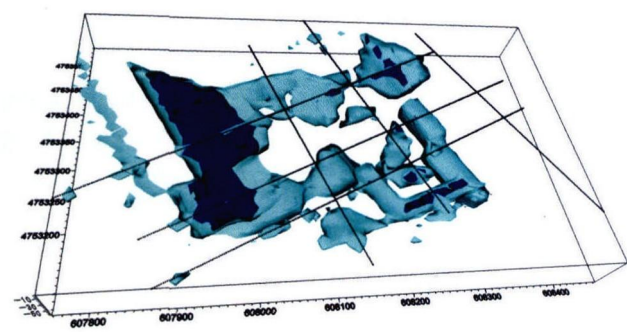


图 2 高密度电法视电阻率为 $25\sim30\ \Omega\text{m}$ 的等值面图
Fig. 2 Iso-surface of apparent resistivity by high-density resistivity method

斜射影像图(Oblique Image)是反映在某一投影面上的数据属性值的变化特征。本例中选择了测量剖面投影的 6 条切面视电阻率分布影像图,把 Gridder 生成数据源与 Network 菜单制图输出模块的 Oblique Image 关联,并设置视电阻率切面的属性,最终效果如图 3。斜射影像图可以直观地反映沿着测线不同深度视电阻率变化,切片位置可随意选取。

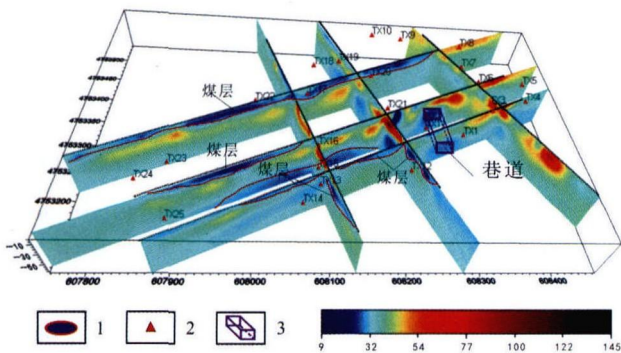


图 3 高密度电法视电阻率异常成果推断图
Fig. 3 Result of apparent resistivity anomaly by high-density resistivity method

1—煤层与开采含水层(coal seam and mined aquifer);2—已知沉降点(subduction point);3—推测巷道(inferred tunnel)

在物探异常推断成果图(图 3)中,浅层反映了视电阻率值 $\rho_s \leq 30\ \Omega\text{m}$ 的煤层和充水采空区在该研究区域内的立体分布特征,结果与工程浅钻的成果 7 m 和 15 m 有薄层煤、含水采空区吻合。浅层视电阻率特征还呈现出电阻率不连续现象,推测为深部采煤层出现坍塌引起的沉降现象,或地表出现裂缝、村庄房屋开裂。在村庄所在地已知的 T3、T6、T21 点浅部视电阻率呈现高阻特征,这与坍塌后回填灰渣的现象吻合。推测的村庄下的巷道走向,与了解资料吻合。

3 结论与讨论

- 1)利用非规则“#”剖面布设勘探法,能补充测线正交方向的数据信息,能更准确地体现异常体的规模情况。
- 2)通过 Voxler 平台对高密度电法反演数据,成功构建了电阻率参数下的三维地质结构体,用不同的颜色区分视电阻率的高低,圈定电性异常体,为分析地质体结构提供了最直接可靠的资料。
- 3)通过对反演结果的解释明显地划分出浅层含煤层和已开采并灌注水的采空区,并准确地划分出村庄中通往深部开采区的北西向巷道。通过该方法的勘查,能很好地达到勘查目的。
- 4)利用 Voxler 平台初步实现三维可视化的立体显示,但并不是真实的三维勘探和真实三度体的反演计算,模拟误差还相对较大。实际的地质结构不仅需要利用已知的地质信息约束,还需要钻孔验证。

参考文献:

[1]邓帅奇,岳建华,刘志新,等.高密度电阻率法在基岩勘察中的应用[J]. 煤田地质与勘探,2012,40(2):78-85.
[2]贾立国,吴继红. 高密度电法测量的应用及其在森林区的优势[J]. 地质与资源, 2014,23(2):181-183.
[3]于业斌,杨甜,何仁才,等. 组合高密度数据的三维反演效果研究[J]. 工程地球物理学报,2014, 11(6):786-791.
[4]戴前伟,肖波,冯德山,等.基于二维高密度电阻率勘探数据的三维反演及应用[J]. 中南大学学报:自然科学版,2012,43(1):293-300.
[5]祁民,张宝林,梁光河. 高密度电法的三维数据场可视化[J]. 地球物理学进展, 2006,21(3):981-986.
[6]张景华,邵景力,崔亚莉,等. 三维绘图软件 Voxler 在水质分析数据处理中的应用[J]. 水科学与工程,2011(3):32-34.