

高密度电法在煤层工作面底板含水体探查中的应用

董 健 翟培合 张振勇 牟 义

(山东科技大学 地球信息科学与工程学院, 青岛 266510)

摘 要 根据高密度电阻率法的工作原理、装置形式和异常特点, 结合对华丰煤矿 31105 工作面底板含水体探测的实例, 阐述高密度电阻率法在矿井含水层富水性评价过程中的应用, 通过地电影像的图像显示, 使得断面异常形态清晰明了。探查结果表明, 31105 工作面底板存在五个主要的徐、奥灰低阻异常, 为底板水防治的重要部位。

关键词 高密度电法 工作面 电阻率断面图

中图分类号 TD173.3; 文献标志码 A

高密度电法是 20 世纪 80 年代提出来的一种电法勘探新技术, 其原理是以常规直流电阻率法为基础, 在探测剖面上同时布置多个电极, 研究在施加电场的作用下, 地中传导电流的分布规律。兼具剖面法和测深法的功能。既能提供地下地质体某一深度沿水平方向岩性的变化情况, 也能反映铅垂方向岩性变化情况, 一次可完成纵、横二维的探测过程, 所以观测精度高, 采集的数据可靠, 进而提高电阻率法的勘探能力^[1]。

本文通过采用 WQMD-2 型高密度电法仪, 对华丰煤矿 31105 工作面采煤巷道底板的有效探测, 成功地圈定出测区内可能含水体的具体位置和分布范围, 探讨了高密度电法在工程地质勘查中的应用效果。

1 测区水文地质条件及地球物理特征

31105 工作面水文地质条件简单, 对其生产直接构成威胁的承压含水层是徐灰, 徐灰厚 10 m, 质纯, 厚层状, 致密, 裂隙发育, 与 11 层煤的间距 75 m, 含水不丰富。本区徐灰不受奥灰含水层的补给, 仅在浅部和露头接受少量地表潜水或降水补给, 与降水有一定关系。奥灰厚度 800 m, 是煤系地层的

基底, 井田的东南及西南出露地表, 接受大气降水及地表水的补给, 浅部裂隙洞穴发育, 距 11 层煤 116 m 的奥灰具有高水压, 是强富水层, 对后组煤的开采构成严重威胁, 特别是有导水构造, 造成徐奥水连通时, 有可能出大水。

该区采用高密度电阻率法测量的物性前提, 是利用组成地下介质层间的电性差异: 含煤地层为沉积岩地层, 地层横向稳定, 成层性较好, 其电阻率与地层岩性对应, 具有较好的成层性规律。如果地层破碎富水, 由于地层水矿化度较高, 导电离子丰富, 使地层的导电性能大大降低, 电阻率值大大减小, 远远低于正常不富水地层。该矿 11 煤层下伏的徐灰、奥灰等灰岩富水地层, 不富水时电阻率很高, 如果岩溶、裂隙发育富水, 电阻率降低, 再加上井下地温较高, 灰岩水中导电离子丰富, 进一步降低了富水灰岩的电阻率。

2 工作方法

2.1 数据采集

野外测量采用 WQMD-2 型高密度电阻率测量系统, 该系统以 WDJ-2 多功能数字直流激电仪为测控主机, 配以 WDZJ-1 多路电极转换器, 采用三极装置, 观测参数为视电阻率 ρ_s 。

数据采集在 31105 工作面的上、下平巷进行, 为

2007 年 11 月 20 日收到

第一作者简介: 董 健 (1984—), 男, 山东聊城人, 硕士研究生, 研究方向: 地球物理。E-mail: hehaiqing 1983@163.com。

保证工作面底板的探测方向,供电电流尽量多地流向下半空间,测量时把所有电极均布设在巷道底板上,以 10 m 间距布设电极,上平巷布设电极 77 个,长度 770 m,下平巷布设电极 81 个,长度 810 m。在井下巷道中采用三极电阻率技术进行采集,A、B 为供电电极,其中一个接到无穷远处(A 极或 B 极),M、N 为测量电极,固定 M、N 电极间距,通过逐步增大供电电极 A 与 M、N 电极的距离,实现深度测量的目的,每个电极采集数据 29 个,上平巷共采集数据 223 3 个,下平巷共采集数据 234 9 个。

2.2 数据处理

用“BTRC2004 通讯软件将采集到的数据传输到计算机中,并转换成电阻率反演程序 RES2D NV 所需的数据格式,然后启动 RES2D NV 电阻率反演程序进行数据反演。

RES2D NV 高密度电阻率资料二维反演程序是基于圆滑约束最小二乘法的计算机反演计算程序,使用了基于准牛顿最优化非线性最小二乘新算法,使得大数据量下的计算速度较常规最小二乘法快 10 倍以上,且占用内存较少。圆滑约束最小二乘法基于以下方程: $(JJ + uF)d = J'g$ 。其中 $F = f_x f_x' +$

$f_z f_z'$; f_x 为水平平滑滤波系数矩阵; f_z 为垂直平滑滤波系数矩阵; J 为偏导数矩阵; J' 为 J 的转置矩阵; u 为阻尼系数; d 为模型参数修改矢量; g 为残差矢量。这种算法的一个优点是可以调节阻尼系数和平滑滤波器,以适应不同类型的资料。

在反演工作过程中,主要经过以下几种处理:突变点的剔除,由于某一电极接地不好,或受采集现场干扰因素的影响,会出现一些数据突变点。通过删除这些点来提高解释精度;地形的校正,由于高密度电阻法具有体积勘探效应,测得的数据实际是地电模型和地形影响的综合反映,通过对实际数据进行地形校正以实现地对地电模型的真实反映;数据的光滑平均,目的在于消除采集过程中的随机噪声,提高分辨率;反演迭代地层真电阻率,目的在于提高电法勘探的分辨率,减小电法勘探的体积效应,突出细微地质异常;绘制电阻率断面图,根据岩层电阻率特征和异常特征设计色谱,形成电阻率成像断面色谱图。

经过处理,得到 31105 工作面上下平巷的电阻率色谱断面图如图 1、图 2。

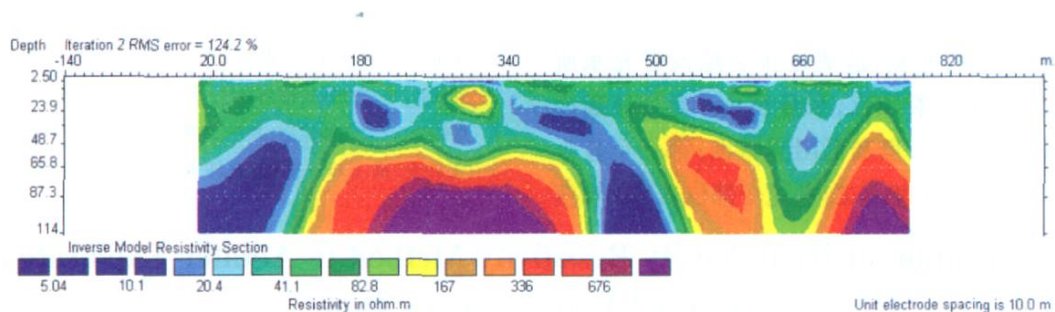


图 1 31105 工作面上平巷电阻率色谱断面图(单独色标)

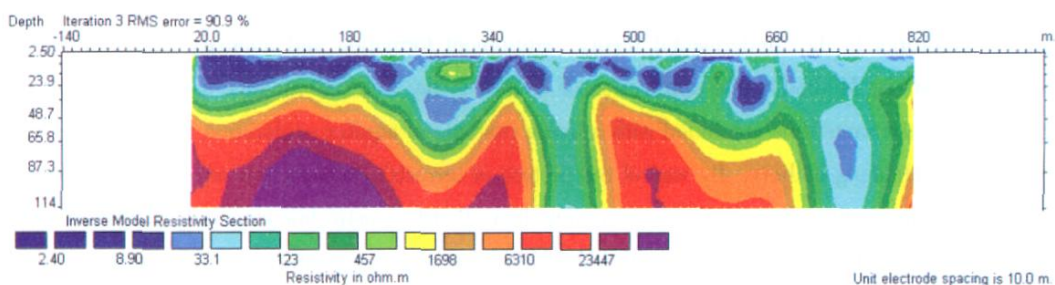


图 2 31105 工作面下平巷电阻率色谱断面图(单独色标)

3 成果资料解释

数据处理后得到上、下平巷的电阻率色谱断面图,断面图的横向坐标为巷道方向,纵向坐标代表深度,单位为米,最大勘探深度约 120 m,这是进行资料解释的主要依据。结合测区水文地质条件及地球物理特征,低电阻率说明富水性强,高电阻率说明富水性差。

综合分析 31105工作面上平巷电阻率色谱断面图,可以看出存在三个主要的徐、奥灰低阻异常区:第一个异常区位于 0~110 m 桩号之间,这个部位表现为徐灰富水性弱,下部奥灰低阻异常开口向下,说明奥灰富水性强。第二个异常区位于 440~500 m 桩号之间,该异常为上下贯通的条带状区域,低阻区域的中心位于奥灰内部,最小阻值约 5 M Ω ,徐灰位置属于相对高阻,说明该异常为断层破碎带反映,在该位置徐、奥灰均一定富水性,奥灰低阻异常开口向下,说明奥灰岩溶发育,富水性相对较强。第三个异常区位于 650~700 m 桩号之间,这个部位表现为奥灰富水性较弱,徐灰富水性稍强。

综合分析 31105工作面下平巷电阻率色谱断面图,该断面的上部有一低阻层,厚度约 20 m,这是巷道掘进破坏煤层底板,造成地板裂隙发育充水所致,该低阻层富含裂隙水,水量很小。此外该断面存在两个主要的徐、奥灰低阻异常区:第一个异常区位于 400~450 m 桩号之间,这个部位表现为奥灰

富水性较强,徐灰弱富水性。第二个异常区位于 720~770 m 桩号之间,最小阻值位于徐灰附近,向深部异常幅度减小,奥灰顶部地层阻值已大于 30 M Ω ,该异常为一垂向条带,说明该异常徐灰有一定富水性,奥灰富水性可能较差,但徐奥灰之间有一定的连通性。

4 结语

(1)本次高密度电法探测共完成测线 2 条,测线总长度 1 580 m,采集有效数据 4 582 个,数据采集质量较好,资料处理流程正确,得到的电阻率断面图异常区反映比较明显,得到了较好的地质解释。

(2)应用二维高密度电法在井下探水,简明快捷,投入资金少,对测定工作面顶底板电阻率高低以及圈定顶底板富水区域具有广阔的前景。

(3)电法勘探是依据岩矿层电阻率值的高低来解释其富水性的,具有较大的体积效应,也就是说电法勘探解释的岩矿层富水性是静水条件下单位体积岩矿层中所含水量的多少,对含水裂隙的连通性解释结果有一定误差。

参 考 文 献

- 1 李金铭. 地电场与电法勘探. 北京:地质出版社, 2005
- 2 刘国兴. 电法勘探原理与方法. 北京:地质出版社, 2003
- 3 储绍良. 矿井物探应用. 北京:煤炭工业出版社, 1995
- 4 张胜业, 潘玉玲. 应用地球物理学. 武汉:中国地质大学出版社, 2004

Application of High-density Resistivity Method to Aquifer Exploration in Coal Working Face Floor

DONG Jian, ZHA I Pei-he, ZHANG Zhen-yong, MU Yi

(College of Geo-info Sci and Engg, SUST, Qindao 266510, P. R. China)

[Abstract] According to the fundamental theory, equipment formation and anomaly characteristics of HDRM (High-density Resistivity Method), the application of HDRM to the water abundance assessment of coal aquifer is discussed, which at the same time combined with a living example of aquifer exploration from the floor of No. 31105 coal mining face in Huafeng colliery. By way of the picture of terrestrial electricity images, the abnormal sectional morphology is showed clearly. The result of exploration shows that five main low-resistivity abnormalities exist in Xu-jiazhuang limestone or ordovician limestone in the No. 31105 working face, which are the important parts of water prevention in working face floor.

[Key words] high-density resistivity method working face resistivity section diagram