

地球物理方法在章丘粘土矿采空区 探测中的应用与方法对比

宋希利¹, 宋鹏², 田明杨³, 万小磊¹, 张生⁴, 时彦芳¹

(1. 山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250013; 2. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 3. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250013; 4. 山东省地质测绘院, 山东 济南 250013)

摘要:在山东章丘地区由于粘土矿长期开采形成了较大面积的采空区, 不仅危害着工农业正常生产而且一定程度地制约着当地的经济的发展, 因此准确探测采空区尤为重要。通过高密度电法几种装置 ρ_a 等值线断面图对粘土矿采空区低阻异常特征的比较, 证明施贝与三极装置结合可较好地反映采空区的位置; CSAMT ρ_a 等值线拟断面图低阻异常形态能较好的反映出采空区的大致空间形态。高密度电法与 CSAMT 法的有机结合极大地增加了探测粘土矿采空区的准确性和可靠程度, 是地质灾害调查与治理首选的物探方法组合之一。

关键词:高密度电法; CSAMT 法; 粘土矿采空区; 山东章丘

中图分类号: P631.325

文献标识码: B

随着我国经济的不断发展, 工农业生产对各种矿产资源的需求不断增多, 因而对矿产的开采也逐年增加。目前, 山东具有粘土矿的地区由于不断开采也形成了较大范围的采空区, 虽然部分地区也进行了回填, 但效果不甚理想, 仍然存在着一定的危害作用, 不仅危害工农业正常生产而且一定程度地制约着当地经济的发展。为此, 探明地下粘土矿采空区的空间位置尤为重要, 众所周知, 采空区形态多样, 宽度不一, 多层开采, 这给在地面探测其空间位置大大增加了难度, 虽然探测采空区的方法较多, 但结合该地区的地质条件、地球物理条件、施工条件、影响因素等选择合理的物探方法组合是关键因素之一。工作区位于章丘地区, 选用了高密度电法与可控源音频大地电磁法 (CSAMT) 的组合, 通过对资料的综合解释推断了采空区的空间位置, 经 3 个钻孔验证物探解释结果符合实际, 取得了明显的地质效果。

1 工区地质及地球物理特征

工作区均为第四系覆盖, 其厚度 5 ~ 20 m, 岩性

主要为粘土、粉质粘土, 部分地段地表有素填土及碎石, 粘土、粉质粘土电阻率较低, 一般 12 ~ 20 $\Omega \cdot m$; 第四系以下为二叠系, 其厚度 20 ~ 30 m, 岩性主要为泥岩、砂岩, 泥岩电阻率相对较低, 一般 12 ~ 25 $\Omega \cdot m$, 砂岩电阻率相对较高, 一般 20 ~ 30 $\Omega \cdot m$; 石炭系的砂页岩、灰岩位于二叠系之下, 砂页岩电阻率较低, 一般 12 ~ 30 $\Omega \cdot m$; 灰岩电阻率最高, 一般 30 ~ 100 $\Omega \cdot m$, 是工作区内的明显标志层。该区地下水位为 72.0 m。

该次勘探区粘土矿采空区的围岩为泥岩、砂岩且为强风化状态, 经多年地表水的渗透, 破坏了地层的正常结构, 致使采空区塌陷。从电性上表现为与泥岩一样即明显的低阻特征, 在视电阻率等值线断面图上就会形成低阻异常, 采空区越大其低阻异常更加明显。由以上可知, 在该区地层中寻找粘土采空区具备较好的地球物理前提条件。

2 勘查技术方法及效果比较

2.1 工作布置

根据掌握的地质资料、事先了解的采空区大体

收稿日期: 2013-09-23; 修订日期: 2013-11-05; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 宋希利(1963—), 男, 山东济阳人, 高级工程师, 主要从事地球物理勘探方法研究与技术管理工作; E-mail: jn-sxl@163.com。

情况及施工场地条件等,首先进行高密度电法工作,其次在位于工作区中部的重点勘查区再进行CSAMT工作。高密度电法测网为20 m×5 m,共11条测线,剖面长度3 050 m;CSAMT法测网为20 m×10 m,2种方法测线重合,共布设测线8条测线,剖面长度1 460 m。测网布设使用RTK实测,具体位置见图1。

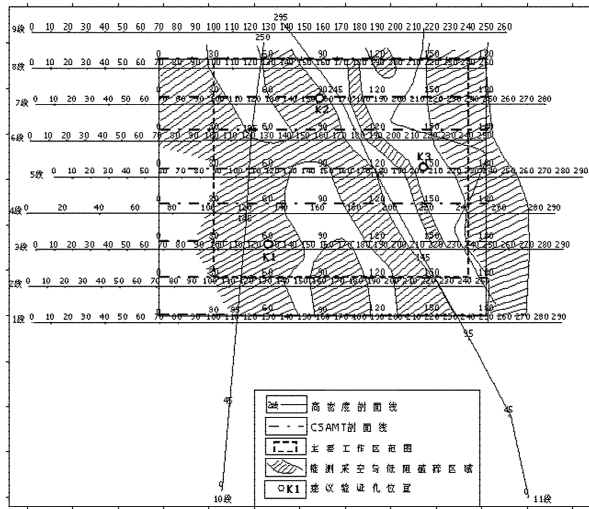


图1 工区物探工作实际材料与推断成果图

2.2 高密度电法

(1) 装置选择

装置的选择本着方法有效、操作简单、地形影响小、投入人员少和经济快速的原则^[1-5]。为了更好地比较各种装置对异常的反映特征,根据现场施工条件,选用了温纳、施贝与三极(AMN或MNB)装置,点距均为5 m,三极装置的无穷远极垂直测线布设且大于5AO。

(2) 不同装置断面图比较

图2为物3线温纳、施贝与AMN三种装置的视电阻率等值线断面图,其整体形态基本一致,但具体到探测粘土采空区,3种装置区分采空区低阻异常的能力还存在一定的差异。

温纳装置:视电阻率等值线较平缓,对较小的低阻体反映不灵敏即分辨率差,因而不具备探测较小粘土采空区的条件。施贝装置:视电阻率等值线高、低阻变化明显,对较小的低阻体反映灵敏即分辨率强,因而可以探测出较小粘土采空区的范围。AMN装置:视电阻率等值线反映与施贝装置相似,对较小的低阻体反映相对灵敏,也可以探测出较小粘土采

空区的范围。

剖面上110~130 m,153~163 m,170~197 m是3处较明显的低阻区域,施贝与AMN装置反映相对明显,而温纳装置对低阻区域的反映相对差一点,特别是不能反映出低阻的准确位置。

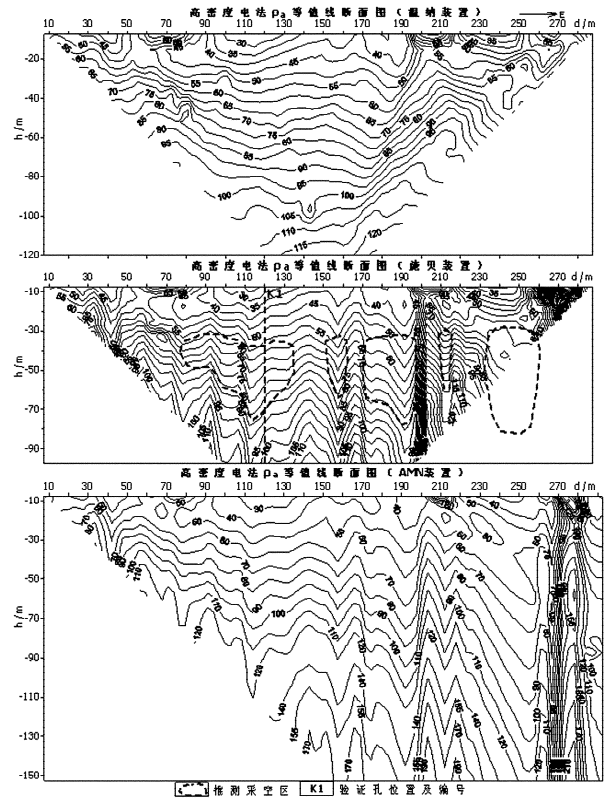


图2 物3线高密度电法不同装置 ρ_a 等值线断面图对比图

2.3 CSAMT法

图3(b)为物3线CSAMT二维反演 ρ_a 等值线拟断面图,可以看出在反演深度30~100 m范围内有3个明显的低阻区域即剖面上50~85 m,113~137 m,163~175 m间。其中50~85 m范围低阻反映最明显,由浅至深等值线呈明显的“V”型,推测在反演深度30~100 m间应存在一较大的采空区;113~137 m,163~175 m间在反演深度40~100 m间存在明显的近“U”型异常,推测为采空区的反映。

2.4 高密度电法与CSAMT法异常比较

图3为物3线高密度电法 ρ_a 等值线拟断面图(a)与CSAMT二维反演 ρ_a 等值线拟断面图(b)对比,可以看出2种方法都较明显的反映了剖面上的3个主要低阻异常。针对剖面上50~85 m,113~

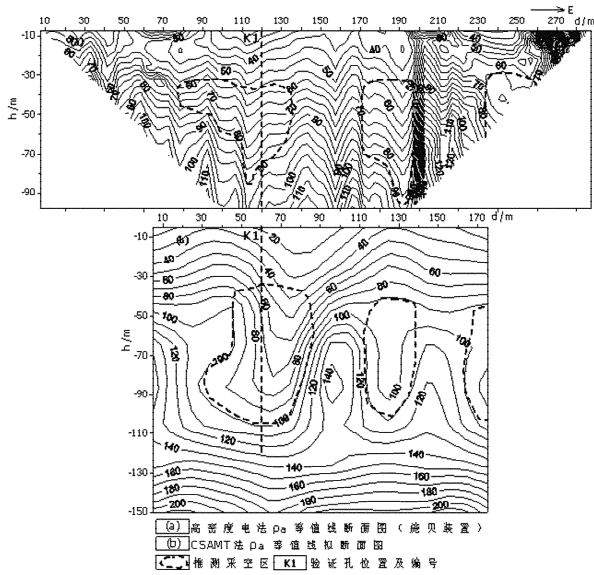


图3 物3线高密度电法与CSAMT法
 ρ_a 等值线拟断面对比图

137 m 间 2 个完整异常(高密度电法)而言,高密度电法 ρ_a 等值线低阻“V”或“U”型异常都较明显,而 CSAMT 二维反演 ρ_a 等值线拟断面上对应的第 1 个异常从宽度和深度上更加明显一些,第 2 个异常则又比高密度电法异常反映稍差一点,但从深度和空间形态上 CSAMT 法的反映要更加直观。总之,2 种方法都可以反映出低阻异常位置,但其 2 种方法的有效结合可更加准确的显示粘土采空区的空间形态。

2.5 物探推断成果

从图 1 可以看出采空区分布面积较大,整体为呈 NNW 向的 3 块较大区域。由推断地质剖面上采空区垂向深度可知,顶部埋深 30 ~ 38 m,底部埋深 48 ~ 80 m 且由南向北逐步变深。

3 钻探验证

根据物探推断结果,共布置 3 个验证孔,其中 2 个为推测有粘土采空区(孔号分别为 K1, K2),1 个为推测无粘土采空区,其孔号为 K3。

K1 孔布于物 3 线高密度电法剖面的 120 m 处即 CSAMT 剖面的 60 m,物探推测 34 ~ 80 m 深度存在采空区,钻探揭露采空区有 3 段即 36.70 ~ 41.00 m,43.20 ~ 46.70 m 和 69.00 ~ 72.00 m,钻探终孔深度 102.0 m,与物探推断结果基本吻合。

K2 孔布于物 7 线高密度电法剖面的 143 m 处即 CSAMT 剖面的 85 m,物探推测 35 ~ 73 m 深度存在采空区,钻探揭露采空区有 3 段即 36.20 ~ 39.50 m,47.00 ~ 52.00 m 和 63.00 ~ 66.80 m,钻探终孔深度 102.10 m,与物探推断结果基本吻合。

K3 孔布于物 5 线高密度电法剖面的 193 m 处即 CSAMT 剖面的 145 m,物探推测该位置不存在采空区,钻探揭露仅在浅部 31.40 ~ 32.20 m 有 0.80 m 的采空回填土,该孔钻探终孔深度为 100.30 m,与物探推断结果相吻合。

4 结语

(1) 高密度电法与可控源音频大地电磁法的有效组合,可以相互补充,通过对资料的综合解释能够较准确地推断粘土矿采空区的空间位置。

(2) 采用高密度电法探测地下采空区,尽量选择多种装置进行测量或在实验剖面成果的基础上选 2 ~ 3 种最能反映地下采空区异常形态装置测量,在资料充分对比的基础上推断的采空区才是真实、可靠的。

(3) 使用 CSAMT 法探测采空区,只要测网布置得当、技术参数选择合理,对于埋藏深度小于 100 m 的采空区,其 ρ_a 等值线拟断面图异常形态基本反映了采空区的空间形态。

(4) 对于粘土矿采空区,当其围岩为明显的低阻特征时,尽管采空区在水位之上,但由于上部低阻岩层下陷至采空区内,使得 ρ_a 等值线断面图上仍然显示出低阻异常,在解释时要引起重视。

参考文献:

- [1] 张向宇,毕炳坤,杨平太,等. 高密度电阻率法探测采空区[J]. 物探与化探,2009,33(3):309-312.
- [2] 马伏生,刘继光,严建民. 高密度电法在防空洞勘查中的应用[J]. 石油仪器,2008,22(4):74-75.
- [3] 宋希利,宋鹏,田明阳,等. 物探方法在侵入岩地区抗旱找水定井中的应用[J]. 地球物理学进展,2012,27(3):1280-1286.
- [4] 李金铭. 地电场与电法勘探[M]. 北京:地质出版社,2005.
- [5] 郭新红,邱崇涛,杨明. 音频大地电磁测深法在新疆阿尔玛煤矿采空区勘查中的应用[J]. 物探与化探,2013,37(2):373-376.

Application and Comparison of Geophysical Methods in Detection of Clay Mined – out Areas

SONG Xili¹, SONG Peng², TIAN Mingyang³, WAN Xiaolei¹, ZHANG Sheng⁴, SHI Yanfang¹

(1. Shandong Geo – engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3. No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China; 4. Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Due to long – term exploitation of clay mineral, a large square of mined – out areas have been formed in Zhangqiu area of Shandong province. It will not only harm the industry and agriculture production in a certain extent, but also restrict the development of local economy. Therefore, the accurate detection of mined – out areas is particularly important. Through the comparison of low – resistant anomalous characteristics of clay mined – out area by using ρ_a contour lines gained by several high density resistivity devices, it is regarded that combination of Shibe and triode device can better reflect the position of mined – out areas; while low resistivity abnormal morphology of CSAMT ρ_a isoline section can reflect the general spatial form of mined – out areas. Combination of high density resistivity method and CSAMT method can greatly increase the accuracy and reliability of the detection of clay mined – out areas. It is one of the best combination of geophysical prospection for investigation and treatment of geological hazards.

Key words: High density resistivity method; CSAMT method; empty clay mining district; Zhangqiu city in Shandong province