

# 高密度电法勘察岩土工程实例

陈泉霖<sup>1</sup>, 陈新奇<sup>2</sup>

(1.福建省煤田地质局, 福建 福州 350005; 2.福建省 196 煤田地质队, 福建 泉州 362000)

**摘要:**利用岩土层间的导电性差异特性,使用由 WDJ-1 型主机与 WDJ-1 多路电极转换器组成的高密度电法测量系统,按照不同的工程要求,采取不同的排列方式进行勘探,并用 RES2DINV(演示版)高密度电阻率数据二维反演软件对所采集的数据处理解释,可实现对不同岩土层界面的划分。与常规电法相比,其方法手段更为先进,定性定量解释可靠,影像图件直观清晰。

**关键词:**高密度电法; 岩土层; 勘察; 应用

**中图分类号:**P631.4

**文献标识码:**A

为了适应愈来愈烈的岩土工程勘察市场竞争,近年来,我局 196 煤田地质勘探队引进了由重庆奔腾数控研究所研制的 WDJ-1 型主机配套 WDJ-1 多路电极转换器组成的高密度电法测量系统,可进行温纳、偶极、差分 and 对称四极等多种方法高密度电阻率剖面 and 测深勘探。经过对一些场地的试验研究表明该测量系统能应用于岩土地层划分、地基勘察等岩土工程勘察工作,效果明显。

## 1 方法原理

① 高密度电法的物理前提是地下介质间的导电性差异,与常规电法一样,通过 AB 电极间向地下供电,建立地下人工电场,而后在地面由 MN 电极测量电位差,并求得各记录点的视电阻率值。根据野外实测视电阻率值经计算机处理分析、解释,最终获得地层划分和异常圈定等地质信息。但高密度电法与常规电法不同,它是一种阵列勘探方法,且是在二维空间内研究地下稳定电流场的分布,野外数据采集为一次布设电极,避免了电极重复移动的人为干扰,另一重大突破是高密度电法具有多次交叉供电和测量,构成高密度的滚动扫描测量,既丰富了地电信息,提高电性分辨能力,又减少人为影响因素和提高工作效率。

② 高密度电法野外数据采集包括电极系、多芯电缆、多路电极转换器和测量主机组成。观测时按设计一定间隔的等间距电极,由多芯电缆通过转换器与主机联接,实现了数据采集、存贮、传输等计算机

自动控制的全过程。电极装置排列选择包括二极、三极和四极组合的偶极及温纳装置;极距选择根据探测地质对象及目的层埋深,以保证最大有效勘探深度范围内获得最佳电极根数和极距,本次试验应用研究采用最多电极根数为 60 根,电极距分别选用 1、2、4、5m 等。

③ 高密度电法处理系统软件主要从数据结构模式及考虑节省计算机内存空间,采用基于牛顿最优化非线性最小二乘法进行反演处理,该方法对于大型数据组合的处理比一般最小二乘法速度可提高十倍以上。试验研究所用 RES2DINV(演示版)高密度电阻率数据二维反演软件(随仪器配送),按高密度电阻率数据进行二维反演,获得视电阻率影像断面,剖面成果图,自动提供定性和定量解释结果,大大提高分析解释效果及精度。该软件适用于温纳( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ )、偶极—偶极(AB—MN 滚动)、单极—偶极(A—MN 滚动、MN—B 滚动、A—MN 矩形)、二极(A—M 滚动)、斯仑贝尔( $\alpha_2$  排列、四极测深滚动)等电法极距排列方式。

④ 高密度电阻率法采用三电位电极系,电极排列方式由本系统可支持 9 种测量装置中选择固定断面扫描测量,实例中电极排列选择温纳装置 AMNB;野外工作极距根据地质任务要求、地质对象埋藏深度,在保证最大极距能够探测到主要地质对象的前提下,极距设计为  $a=n \cdot \Delta x (n=60)$ ,且满足  $a=1/3AB$ ;资料处理由 RES2DINV 高级高密度电阻率数据二维反演软件,使用快速最小二乘法对电阻率数据进行反演,反演过程压制系数随层厚度的增加而增加,为稳定反演过程,压制系数随层深度增加而以 1.2 倍增强,迭代次数程序通常使用 4~6 次,收敛误差值一般不大于 5%。

**作者简介:**陈泉霖(1964—),男,福建莆田人,大学学历,高级工程师,从事地质勘查技术管理工作,现任省煤田地质局付总工程师兼地质勘查处处长。

**收稿日期:**2004-03-27

**责任编辑:**孙常长

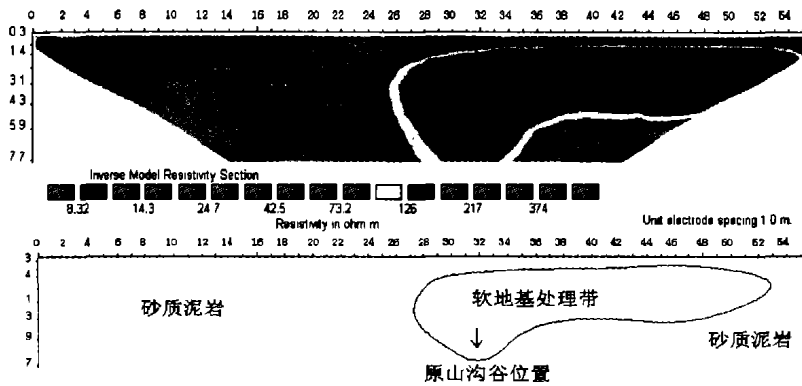


图1 教育大楼地基处理高密度等  $\rho$  剖面图

Figure 1 Teaching building foundation treatment high density  $\rho$ , contour section

## 2 实例

### 2.1 地基勘察

地基勘察通常是应用物探手段探测建设工程场地地质不均匀性的分布情况,通过高密度电法探测地下不均匀体的电性特征,分布形态进行分析解释场地地质结构,评价软地基分布位置及处理结果。

图1为196队教育中心大楼场地地基勘察试验成果,场地原地貌为小山坡地,中部有一小沟谷,经挖填平整后,主楼建设在山沟位置必须进行软地基处理加固,为准确查证山沟位置及处理加固情况,采用高密度电法进行勘察,测线布置沿主楼边线布一个排列,装置选择四极剖面,极距为1m。

场地地质结构简单,上覆第四系粉粘土,基岩为第三系泥质粉砂岩。所测电性反映均为小于  $70\Omega\cdot m$  的低阻,而山沟凹地由开挖土石方回填处理,并经碾压夯实,电性比原生粉粘土和泥质粉砂岩相对要高,电阻率值为大于  $130\Omega\cdot m$  的相对高阻异常反映,高密度等  $\rho$  影像剖面成果图中,断面在28~38号为“倒三角”形的高阻异常体,底界深度为8m,高阻电性解释为回填处理,异常位置为山沟位置;38~56号点间有一水平连续的层状高阻异常带,高阻电性反映解释为回填处理层,厚度为3m。高密度成果解释与开挖软地基处理位置相符,表明该场地进行软地基位置及处理效果与实际验证相吻合。

### 2.2 岩土层划分

物探解决工程地质土层划分必须具备可控制薄层变化和较高电性分辨能力,用常规电法难于实现土层划分,而高密度电法是一种阵列勘探方法,测量方式由连续滚动扫描测量,具备较高密度的探测点和电性差异高分辨率,对土层划分有清晰的影像效果。

图2为漳州污水管网非开挖布设场地D13线岩土层探测,图中高密度等  $\rho$  影像剖面成果电性反映呈似层状异常,各层层理清晰,电性结合地质解释,上部高阻( $100\sim 300\Omega\cdot m$ )为杂填土层,表层大于

$500\Omega\cdot m$  解释为路基垫层电性反映;中部中阻( $40\sim 100\Omega\cdot m$ )电性反映解释为粉质粘土,其中中上部较中下部略有偏低,形成上下部相变之分;下部低阻( $\rho$  值小于  $30\Omega\cdot m$ ),电性异常解释为含水砂层,底部  $\rho$  值小于  $10\Omega\cdot m$  解释为淤泥。

图3为泉州晋江北岸地质灾害治理工程场地1—4线岩土层探测,图中高密度等  $\rho$  影像剖面成果图,电性反映上部以低阻,中部以中阻,下部以高阻异常反映的层状结构。电性结合地质解释,上部表层反映有薄层中阻,局部出现不均质中高阻异常,电性解释为上覆耕作土层,下伏低阻异常,局部出现小于  $40\Omega\cdot m$  的相对极低阻异常,解释为全新统冲海积层粉质粘土,极低阻为局部淤泥或泥质粘土层;中部总体为中阻电性反映,中下部较中上部  $\rho$  值略有升高,中阻  $100\sim 155\Omega\cdot m$ ,解释为上更新统冲洪积粉粘土,中高阻  $155\sim 250\Omega\cdot m$  解释为全风化花岗岩(砂质粘土);下部高阻  $\rho$  值大于  $300\Omega\cdot m$  解释为完整基岩。

## 3 结语

实践表明,高密度电法与常规电法相比较,其方法手段更为先进,定性定量解释更为可靠;影像图件直观清晰。效率可大幅度提高,在岩土工程勘察市场

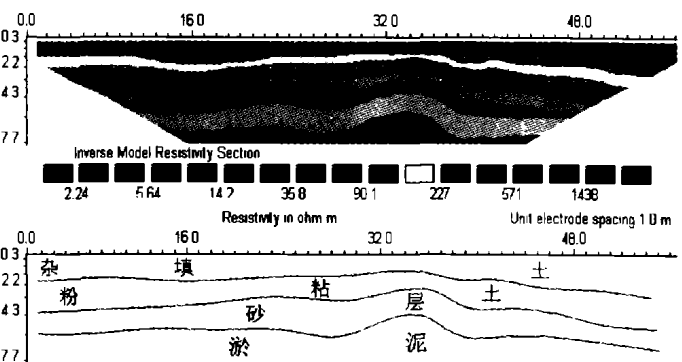


图2 漳州D13线高密度等  $\rho$  剖面图

Figure 2 Zhangzhou No. D13 line high density  $\rho$ , contour section

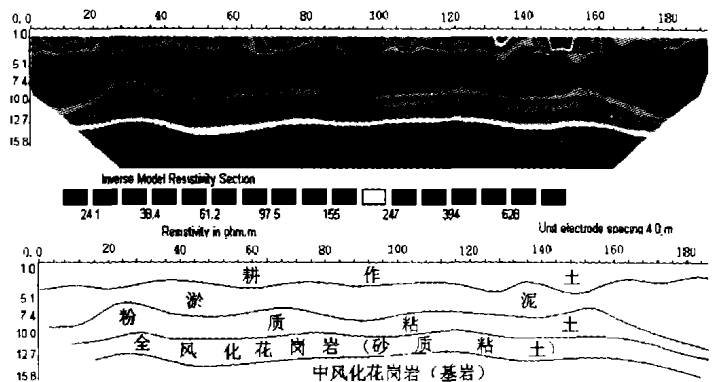


图3 泉州1—4线高密度等  $\rho$  剖面图

Figure 3 Quanzhou Nos. 1-4 high-density  $\rho$ , contour section

上应用具有经济、快速、高效的广阔前景,对扩大物探服务领域,提高经济效益具有重大意义。当然,高密度电法在工程勘察中试验应用研究,由于受各种客观条件的限制,在取得成果的同时,也存在一些不足,主要表现为:一是数据采集地下电流线受低阻吸引和高阻排斥现象较为明显,如实例中漳州场地底部低阻淤泥层, $\rho_s$ 值为小于 $10\Omega\cdot m$ ,泉州场地底部为

高阻基岩, $\rho_s$ 值为大于 $300\Omega\cdot m$ ,两种场地地质结构类型,电性差异达30倍之多,在一定程度上影响穿透能力,即探测深度将受到影响;二是高密度电法资料处理根据数据采集结构,显示的等 $\rho_s$ 影像图所反映的地质异常体由于受地下电场扩散影响,地质异常范围有存在一定程度的扩大化,给定量解释造成不同程度的误差,这些还有待进一步研究。

### A Case Study of High Density Electric Survey in Geotechnical Engineering

Chen Quanlin<sup>1</sup>, Chen Xinqi<sup>2</sup>

(1. Fujian Bureau of Coal Geolgy, Fuzhou, Fujian 350005; 2. No.196 Coal Geological Team, Quanzhou, Fujian 362000)

**Abstract:** To make use of difference of conductivity between varied rocks and soils, we use a high density electric surveying system composing of WJJD-1 main frame and WDZJ-1 multi-path pole changer, according to different engineering requirement, adopt different spread geometry to carry out surveying. Take the RES2DINV (Demo) high-density resistivity data 2D inversion software to interpret data collected, can realized different rock and soil boundary division. As compared to conventional electric surveying, the method is more advanced, qualitative and quantitative interpretations are more reliable, images and illustrations are more intuitive and in focus.

**Keywords:** high density electric survey; rock and soil layers; investigation; application

(上接第13页)

于对煤系地层沉积环境的深入分析。不仅具有沉积学、矿物学和煤田地质学领域的理论意义,对煤炭资源勘探、开发和利用等方面也有一定参考价值。

#### 参考文献:

- [1]王德磁.光性矿物学[M].上海:上海科学技术出版社,1965.
- [2]中国科学院地球化学研究所,铁的地球化学[M].北京:科学出版社,1981.
- [3]R A J Berner.Sediment[J].Petrol,1981,(51).

### Microscopic Feature Studies on Ferruginous Minerals in Coal Measures

Xie Guangxin, Wang Xiaomei and Zhuang Jun

(Xian Branch, China Coal Research Institute, Xian, Shanxi 710054)

**Abstract:** Through studies on inner textures and structures of sideritic ooides and microlithic features of pyrite and marcasite, the paper discussed their genetic geochemical conditions and forming mechanics. Thus provided bases for stratigraphic correlation and remolding of sedimentary geochemical conditions, so the studies have application significance for exploration and exploitation of coal resources.

**Keywords:** sideritic minerals; iron sulfidic minerals; microscopic feature; sedimentary environment; coal measures

(上接第49页)

### European and American Status Quo of Applied Geophysics

— Multiwave Seismic Prospecting

Zhao Pu

(China National Administration of Coal Geology, Beijing 100039)

**Abstract:** Following the multichannel telemetering seismograph and three component digital geophone made appearances, as well as progress in digital data processing and interpretation, a lot of geophysical scholars from European and American universities, research institutes and oil and gas companies aimed at multiwave seismic prospecting theories, data processing modules, compression wave comparison testing etc. carried out abundant research efforts. At present, the deep shear wave source technique is still in juvenility, major multiwave technical studies are directed against transformed waves. For assurance of compression wave data quality, some research items made comparison between compression wave data from traditional geophones and from three component digital geophones, thus the data acquisition is from the two kinds of geophones simultaneously. Besides, the matching 3D multiwave VSP technique to the 3D three component seismic prospecting research is also in progress.

**Keywords:** 3D three component; compression wave; shear wave; transformed wave; multiwave technique