

高密度电法不同电极排列方式的探测效果对比

王爱国^{1,2}, 马 巍², 王大雁²

(1. 甘肃省地震局, 兰州 730000; 2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冻土工程国家重点实验室, 兰州 730000)

摘要: 本文以甘肃景泰小红山断层隐伏段为探测目标, 对同一剖面采用 α 排列、 β 排列、 γ 排列及 $\alpha 2$ 排列四种电极排列方式进行了高密度电法探测及效果对比, 探测结果表明, 同一电性结构在不同电极排列方式下的视电阻率剖面互不相同, 各有特点, 反演结果虽然都能基本揭示真实电性结构, 但解译中一定要注意根据所选择的探测方式剔除相应的电性结构假象。

关键词: 高密度电法; α 排列; β 排列; γ 排列; $\alpha 2$ 排列

中图分类号: P631.3

文献标识码: A

Abstract: High-density resistivity tomography was conducted by using α array, β array, γ array and $\alpha 2$ array measurements along the same survey line aimed to investigate the XiaoHongshan blind fault in Jingtai, Gansu Province. The results show that the apparent resistivity pseudosection of each measurement method is different to each other and has its own features. Although all inverse model resistivity section can reveal the real underground electrical structure, in interpretation, the false electrical structure should be identified in survey practice.

Key words: high-density resistivity tomography; α array; β array; γ array; $\alpha 2$ array

0 引言

高密度电阻率探测方法作为一种新型的直流电法, 由于其具有电极布设一次完成、电极排列方式可变、数据采集自动化或半自动化、数据地质信息丰富、解释方便等特点, 其应用迅速扩展到各个研究与工程领域^[1]。

在高密度电法探测中, 电极排列方式现已扩展到十几种, 但最常用的是四极排列中的 α 排列、 β 排列及 γ 排列方式^[2]。由于各种电极排列方式对异常体所表现的视电阻率特征各不相同, 在探测中根据目标体选择适当的探测方式至关重要, 这直接关系到探测结果的解译及可靠程度评价。在野外地质勘查中, 我们有意地采用这三种排列方式以及 α 排列的变化 $\alpha 2$ 排列对甘肃景泰小红山断层隐伏段进行了探测及效果对比, 这里将探测结果进行分析评价, 供相关技术人员参考。

1 电极排列方式及测量过程

α 排列、 β 排列及 γ 排列方式均为四极排列 (图 1), 适用于固定电阻率断面的扫描测量。三者的差别只在于 A、B、M、N 四个电极的排列顺序, α 排列四个电极依次为 AMNB, β 排列依次为 ABMN, γ 排列依次为 AMBN。测量时, 相邻电极间为一个电极距, 四个电极逐点同时向右移动, 得到第一个剖面; 接着相邻电极均增大一个电极间距, 再从左到

右逐点同时移动测量, 得到另一条剖面线; 这样不断扫描测量下去, 得到倒梯形断面。 $\alpha 2$ 排列为 α 排列的一种变化, 测量中, AM、NB 为一个电极距, 四个电极逐点同时向右移动, 得到第一个剖面; 接着 AM、NB 增大一个电极间距, 而 MN 间距始终保持不变, 再从左到右逐点同时移动测量, 得到另一条剖面线; 这样不断扫描测量下去, 得到倒梯形断面。

2 探测环境及手段

2.1 探测环境

小红山断层位于甘肃省景泰县小红山南麓, 山前冲沟边壁能见清晰断层剖面。断层断错了寒武系 (C) 灰绿色片岩、第三系 (N) 红色砂岩、粉砂岩及泥岩、早中更新世 (Q_1 、 Q_2) 砂砾岩及晚更新世 (Q_3) 砂砾石层。向东出小红山, 为平整的戈壁平原, 地表为戈壁砂砾石层, 推测断层出小红山有一

收稿日期: 2006-03-01; 修订日期: 2006-05-21

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目 (No. KZCX1-SW-04); “973” 国家重点基础研究发展规划项目 (2002CB412704); 国家自然科学基金重点项目 (50534040); 国家自然科学基金重大项目 (40401013)

作者简介: 王爱国 (1972-), 男 (汉族), 湖北洪湖人, 副研究员。

定的隐伏长度。为研究该断层的活动性，需要在戈壁平原找出断层隐伏段通过的具体位置，以便开挖探槽。根据区域地层出露及已有的地质资料，断层隐伏段最大可能的地质构造剖面如图2所示，断层

断于第三系(N)红色砂泥岩与寒武系(Є)灰绿色片岩之间，上为晚更新世至全新世(Q₃、Q₄)冲洪积层及戈壁砂砾石层覆盖，断层南侧地表为山前冲沟河床，含碱水。

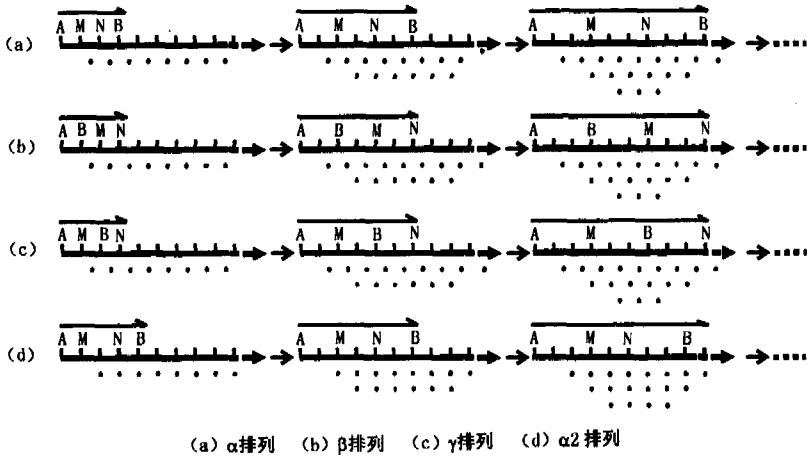


图1 电极排列方式及测量过程示意

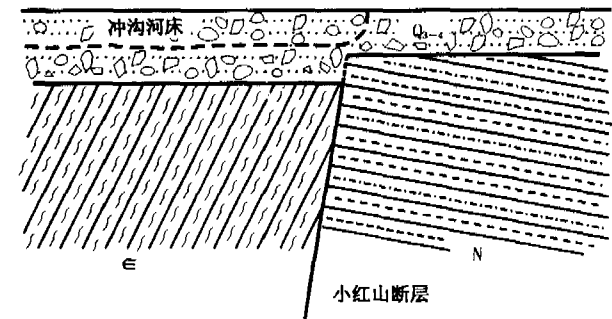


图2 小红山断层探测点推测地质构造剖面示意图

2.2 仪器设备

在探测中采用重庆奔腾数控技术研究所研制的开发的WDJD-2多功能数字直流激电仪为工程电测主机，配以该所研制的WDZJ-1多路电极转换器构成高密度电阻率测量系统。该仪器是在参照国外先进电法仪器的基础上结合我国国情研制的新一代直流电法仪器，轻便灵活，具有十几种野外工作方法选择，广泛应用于各个方面。

2.3 探测方法

先采用长剖面粗探，确定隐伏断层的大致位置，再以确定的断层位置为中心，垂直断层布置电极，分别用α排列、β排列、γ排列及α2排列方式进行数据采集。探测中采用60道电极，电极距为5m，最大隔离系数18。α2排列方式中MN设定为3个电极距。数据处理使用瑞典的二维电法反演软件Res2dinv。

3 探测结果对比

图3为不同电极排列方式下测得的视电阻率断面及反演电阻率断面。可以看出，不同电极排列方式下的视电阻率断面特征有很大差别，但反演得到的电阻率断面反映的地下电性结构基本一致，与推测的地质结构特征也基本吻合。

各个反演电阻率断面一致揭示了测线130~135m间地下存在一高角度南倾断层，断层两侧岩层电阻率差异明显，南侧岩层电阻率为几百至上千Ω·m，判定为寒武系(Є)灰绿色片岩，北侧岩层电阻率则为几十至上百Ω·m，判定为第三系砂泥岩，两者以断层接触形成明显的分界面。地表表层10m深度内为低阻体，地电阻率也为几十Ω·m，判定为晚更新世至全新世(Q₃、Q₄)冲洪积层及戈壁砂砾石层，可能由于含砂土量大及含有丰富碱水，电阻率相对较低。测线南段冲沟河床局部夹有高阻体，推测是河床局部堆积的大砾石层。测线105m处地表存在一宽约15m的低阻体，为现代间歇性河流河床。

虽然探测结果反映地质断面结构情况基本相同，但从图中也可以看到，不同电极排列方式对电阻率异常体的反映特征仍各有不同，特别是视电阻率断面。

α排列方式下，对于高低阻体分界面，视电阻率往往形成向低阻方向倾斜的分界面，而反演得到

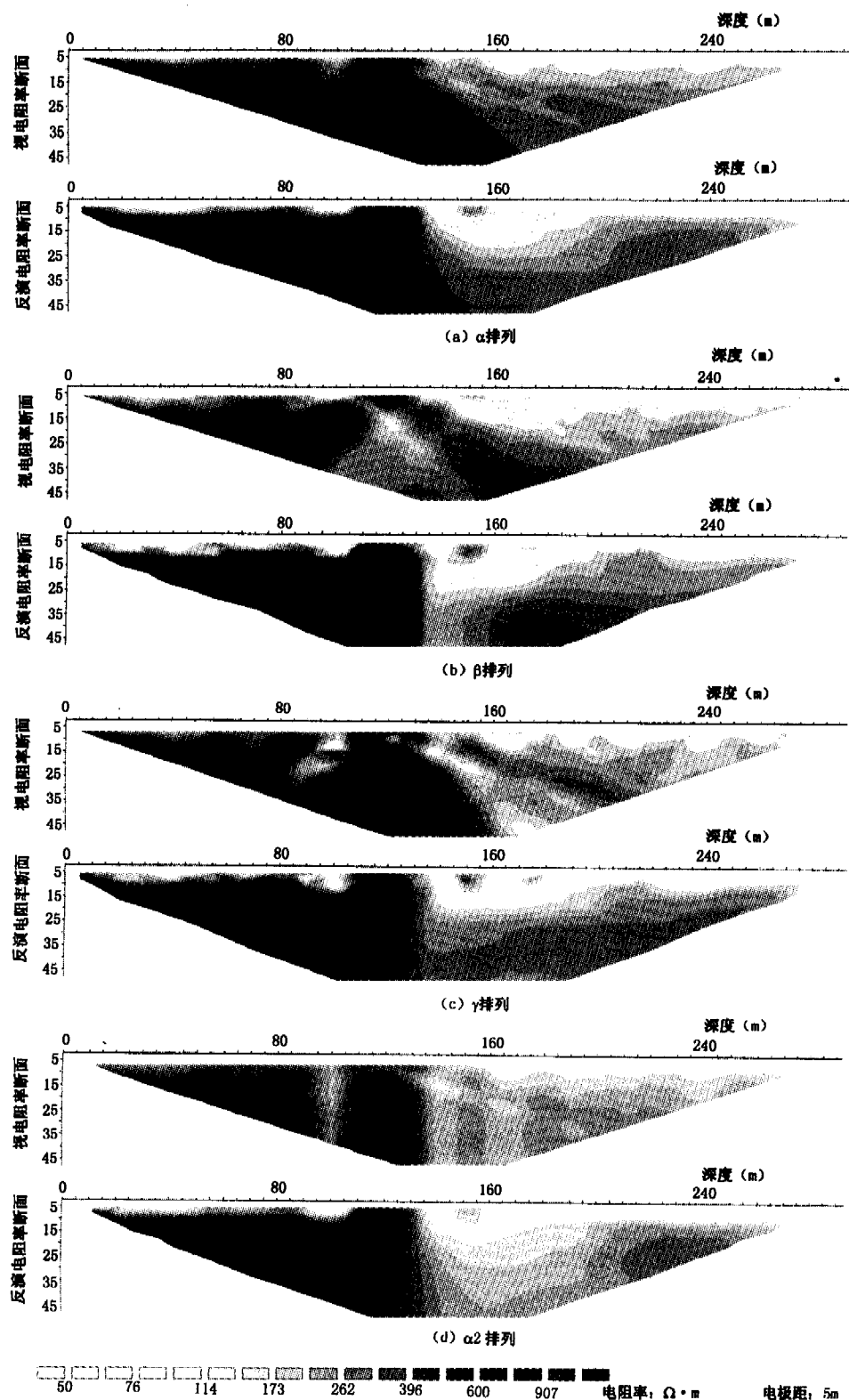


图3 高密度不同电极排列方式下的视电阻率断面及反演电阻率断面

的电阻率断面中，高低阻界面向两侧为逐渐过渡。

β 排列方式下高低阻体分界面的视电阻率特征与 α 排列方式相反，视电阻率往往形成向高阻方向

倾斜的分界面，而反演得到的电阻率断面中，高低阻体界面附近形成极值，即低阻体靠近界面形成极低值，高阻体靠近界面形成极高值，向两侧再逐渐

过渡。

γ 排列方式下高低阻体分界面的视电阻率特征与 α 排列方式基本相似, 视电阻率形成向低阻方向倾斜的分界面, 但视电阻率差异更明显, 反演电阻率剖面对分界面的显示也更清晰。

$\alpha 2$ 排列方式下视电阻率断面对一定深度的高阻和低阻异常体有向下的映射作用, 映射深度及映射强度与 MN 电极距、异常体深度及异常体的异常强度有关。浅地表的岩性分界面, 视电阻率断面与 α 排列方式相似, 形成向低阻一侧的倾斜的分界面, 但一定深度以下, 分界面则几乎没有偏移, 深度取决于 MN 电极距。反演得到的电阻率断面中, 高低阻界面向两侧也为逐渐过渡。

对比几种电极排列方式下的测试效果, 应该说视电阻率断面均与真实电性结构相去甚远, 这需要我们根据各种方法对不同异常体的视电阻率表现来进行识别。反演得到的电阻率断面中, 以 γ 排列方式的反演结果最接近真实情况, 特别是对不同电阻率体的分界显示更清晰; α 排列和 $\alpha 2$ 排列则对不同电阻率体的界限起到中和作用, 形成向两侧的逐渐过渡; β 排列虽能突显电性界面, 但界面两侧形成

极高与极低值区则不是真实的反映, 应人工进行识别与纠正。

4 结论

通过以上不同电极排列方式下同一测线视电阻率断面及反演电阻率断面的对比, 我们可以看出:

(1) 不同电极排列方式采集数据的反演结果基本都能反映地下电性结构的真实情况, 以实例论证了电法理论的正确性;

(2) 对于不同的异常目标体及电性结构, 不同电极排列方式下的视电阻率特征各有特点, 反演电阻率断面揭示的电性结构在表现形式上也稍有差异, 这需要在实际探测中根据所选择的电极排列方式从测试所得电阻率断面中正确提取真实的地电信息。

参 考 文 献

- [1] 王爱国. 高密度电阻率成像与联合剖面法的联合测试技术 [J]. 工程勘察, 2006, (2): 68~71.
- [2] 董浩斌, 王传雷. 高密度电法的发展和应用 [J]. 地学前缘, 2003, 10 (1): 171~176.

欢迎订阅《商品混凝土》杂志!

全国首家商品混凝土专业类刊物及专业网站, 竭诚为企业和社会服务
促进信息交流 推动行业发展 欢迎投稿订阅 发布信息 刊登广告!

《商品混凝土》由建筑材料工业协会主管, 建筑材料工业技术情报研究所、中国硅酸盐学会科普工作委员会、全国商品混凝土技术信息网主办, 是国内首家商品混凝土专业期刊, 主要报道国内外商品混凝土的新技术、新工艺、新设备、新材料、生产管理及施工应用、检测标准及性能测试、专利技术及市场动态、法律常识及案例分析, 以及国内外的发展现状及前景预测等, 同时还提供国内外合作机会, 供求信息等。

《商品混凝土》杂志主要面向全国商品混凝土生产、管理、科研、应用、检测、教学等行业, 是以专业技术为核心的综合类刊物。

《商品混凝土》杂志目前为双月刊, 全铜版纸印刷, 正文页码为 80 页。每期定价 8 元, 全年定价 48 元。

订阅及联系方式:

银行转帐

开户行: 工商银行北京管庄支行 (工行 68 行)
帐号: 0200006809014435177
户名: 建筑材料工业技术情报研究所
传真: 010-65474277

邮局汇款

地址: 北京朝阳区管庄建筑材料工业技术情报研究所《商品混凝土》编辑部 (收) 100024
电话: 010-65474277 51164656
E-mail: chinarmc@126.com zgsphnt@126.com