

基于借线遥控电极阵列的电法勘探

葛为中^{1,2}, 梁炳和¹, 高建东³, 陈龙⁴

1. 广西地球物理学会, 南宁 530023; 2. 桂林理工大学, 桂林 541004;

3. 山东正元地质勘查院, 济南 250101; 4. 上海艾都慧测智能科技有限公司, 上海 201108

摘要: 借线遥控电极阵列是借助电法勘探的供电和测量导线载波传送信号, 遥控导线与一系列电极之间的接收器中电极开关, 开展供电、测量工作。它是梯度测深法配套硬件。借线遥控器可与单道电测仪、多测道电法仪、高密度电法仪等配合使用, 借线遥控阵列及其组合阵列能有效地开展二维 / 三维电法勘探。本文简述借线遥控阵列及其在电阻率法中的应用和实例。

关键词: 梯度测深; 电极阵列; 借线遥控; 超深高密度; 任意四极

1 引言

为了促进直流电法进展, 2006年起葛为中提出电阻率法新理念^[1]、梯度电测深^{[2][3]}以及“遥控电极阵列”创意; 梁炳和先后研制三种方式(无线、手机、借线)电极遥控器, 获“电法勘探电极阵列借线遥控器”发明专利(ZL 2017 1 1013579.5), 2021年获发明授权; 2022年由上海艾都慧测智能科技有限公司优化成产品: JYT-C1型借线遥控发送机和JYS-C1型借线遥控接收机; 高建东研发出适应梯度电测深等多种阵列情况的“任意四极电法勘探的二维、三维反演软件”。多年来在有关物探单位支持下完成了借线遥控电极阵列的应用开发。

借线遥控电极阵列是一种新型电极阵列, 它借助电法勘探原有的供电、测量导线, 载波控制阵列中电极的开、关, 因此它不像一般电极阵列必须依赖于固定道距的多芯电缆, 而成为轻便、简捷、灵活道距的电极阵列。遥控电极阵列研发的初衷是促使梯度测深、多极距中梯^[3]的阵列化, 主要适用较大点距(10米以上)的电极阵列, 还能顾及可变点距、非等间距、非直测线等情况, 这种依赖导线、道距可变、可稀设的电极阵列我们称为“低密度电法阵列”。借线遥控器与多道电测仪组合, 可以增加供电、测量阵列; 借线遥控供电阵列配备在高密度阵列外侧, 能使其勘探深度超过高密度装置勘探深度的数倍, 这种组合阵列可称之为“超深高密度电法”^[4]; 借线遥控供电阵列与高密度测网的组合, 还宜于推广三维电法勘探。

借线遥控电极阵列已经在河北矿山治理、海南温泉探测^[4]、陕西激电找矿^[5]、西南岩溶勘察等取得应用成效。

2 借线遥控电极阵列

2-1 借线遥控器

借线遥控阵列的信号不用通讯电路或无线电波传送, 而借助常规电法勘探布设的 A、B 供电导线和 M、N 测量导线输送。因此, 称为“借线遥控电极阵列”。借线遥控器由一个发送

机和几十个接收机(分布在每个电极与相应导线之间)组成, 触摸遥控发送机面板上显示屏, 能分别遥控供电 (A、B)、测量 (M、N) 接收机中电极开关。遥控接收机内无锂电池, 重量轻、体积小、使用简便。借线遥控信号随接地导线载波传送得较远, 且不受外部电磁场、地形、建筑、障碍物、人文干扰的影响。借线遥控方式是具有电法勘探特色的创新遥控技术。

图 1 为上海艾都慧测智能科技有限公司生产的借线遥控器: 接收机及其显示屏, 接收机。

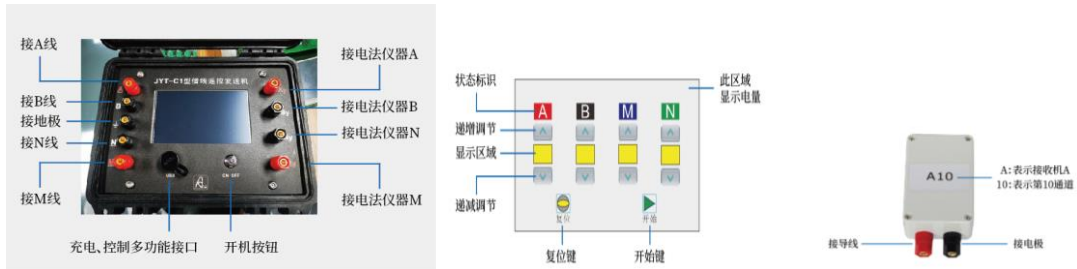


图 1 借线遥控器: JYT-C1 型发送机、发送机面板上显示屏、JYS-C1 接收机

2-2 借线遥控电极阵列

借线遥控电极阵列包含借线遥控器, A、B 供电导线和 M、N 测量导线及其电极, 按图 2 示意布设后, 就可在与电法仪器联接的借线遥控发射机上操控电极开展四极梯度电测深。

遥控发送机工作时, 电测仪器必须停止输送供电电流, 或者断开与遥控发送机的连接, 否则容易烧坏遥控器。遥控发送机按电法工作电极序列分别遥控供电 A、B、测量 M、N 电极后, 遥控发送机关闭, 电测仪器才工作输送电流、测量数据。

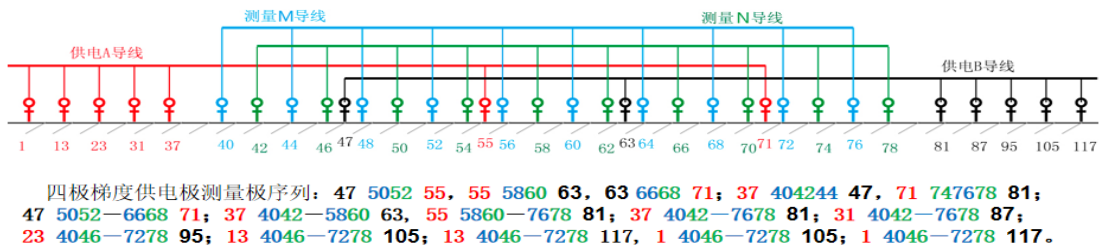


图 2 借线遥控电极阵列示意图、四极梯度电测深序列示意图

当供电极 A、B 都在测量阵列之外 (如图 2 中 A 极只有 A3... A7, B 极只有 B3... B7), 这种四极梯度测深可称为中梯测深, 或称多极距中梯^[4]、多重梯度 (Multiple gradient array) ^[6]。

图 3 为“低密度电法阵列”实例, 测量极位于河北某矿山公路两边, 供电极仅在一侧, 布设非等间距、非直测线的低密度电法阵列, 观测四极梯度电测深数据, 经过“任意四极电法勘探的三维反演软件”处理, 所获得的电阻率图像, 有助于评价帷幕注浆成效。

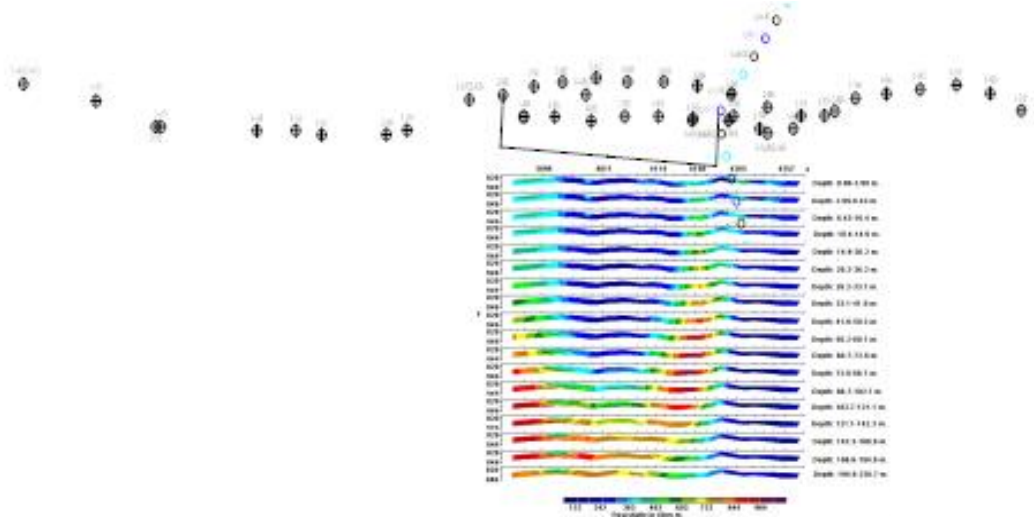


图3 河北某矿公路边电法布极平面图、深度1-210m反演电阻率图像

3 二维超深高密度电法

二维超深高密度电法阵列，由高密度阵列和外延借线遥控(低密度)供电极阵列组合而成，见图4。高密度仪观测常规装置数据后，再观测借线遥控电极供电的高密度自定义装置电位差，将其数据与常规高密度数据一并由“任意四极电法勘探的二维反演软件”处理。

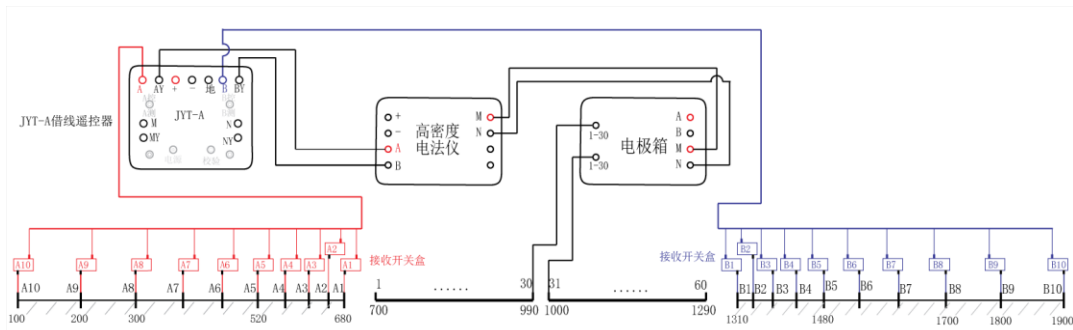


图4 二维超深高密度法的借线遥控供电阵列和高密度阵列布设示意图

海南省水工院是借线遥控器早期用户，参与二维超深高密度电法的研发取得成效，后来曾使超深高密度温泉探查的电阻率断面图像深达450米(图5)。

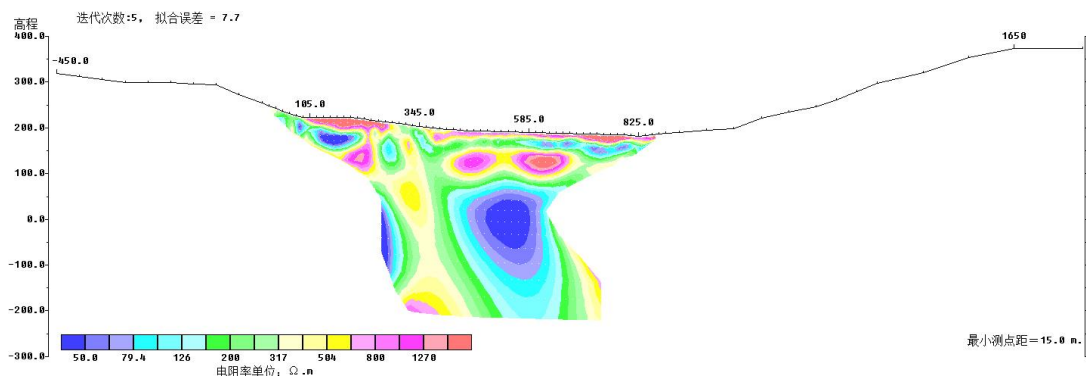


图5 海南省红水31线二维超深高密度电法反演电阻率断面图像

4 借线遥控三维电极阵列

三维电极阵列方式如下：供电、测量均借线遥控阵列，测量极组成三维测量阵列，而供电电极布线可稀少，但必须渐稀外延；供电用借线遥控电极阵列、测量用多道或多台接收仪组成三维测量阵列；在密度三维蛇型阵列外，布置渐稀借线遥控供电低密度阵列，组合成三维龙型阵列的反演图像就能成倍地扩大范围、增加深度。

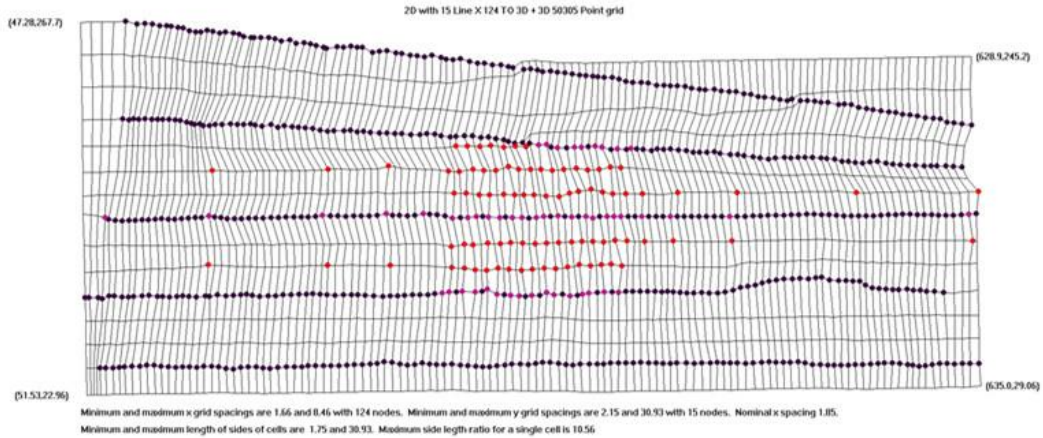


图 6 某岩溶区 5 条二维剖面三维电极阵列及有限元网格平面图

中国电建贵阳院物探分院承接某景区岩溶探测，5 条二维高密度剖面（图 6 中兰色点）观测后，以落水洞为中心布设高密度蛇型迴线阵列（7 条测线），两侧外延区布设十余个 A、B 借线遥控供电电极，组合成三维龙型电极阵列（图 6 中红色点），三维电法实测数据加上 5 条二维高密度实测数据共 5 万多个数据合并，由任意四极电法三维反演软件处理。选择两种三维反演图像示于图 7，推断岩溶发育的延深和走向，已被钻探和井间电磁波 CT 验证。

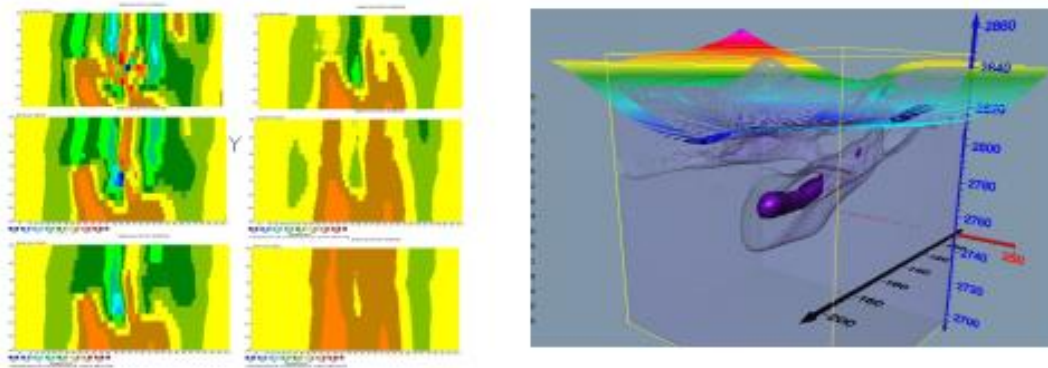


图 7 某岩溶区标高 2780m--2730m 电阻率平面图和电阻率异常立体图像

5 结论

- 1) 借线遥控器是直流电法新装备, 单道电测仪配备它可拓为多道阵列化; 多测道电测仪配备它可增加供电阵列; 借线遥控供电电极阵列配备在高密度阵列外侧, 勘探深度成倍加深。
- 2) “低密度电法阵列”点距较大、可变, 能应对非直测线、丢点情况。还有些传统电法和高密度电法不能开展的复杂场地电法问题, 可期待研发低密度电法去突破。
- 3) 初步应用表明: 借线遥控供电电极阵列与高密度三维测网组合的三维电法比较简约、轻便、实用。尚待改进、推广。
- 4) 借线遥控器还有望用于含接地电极的常期、定期、远程的检测、监测等系统。

参考文献

- [1] 葛为中. 电阻率法新理念. 中国地球物理学会第 22 届年会论文集, 2006.10, 成都, 四川科学技术出版社, 208-209
- [2] 葛为中, 吕玉增, 丁云河. 梯度电测深剖面法及其应用[J]. 物探与化探. 2011, 35 (2)206-211
- [3] 吕玉增, 葛为中, 彭苏萍. 多极距中梯观测与反演研究[J]. 物探与化探. 2013, 37 (1): 92-97
- [4] 杨兴沐, 黄卓雄, 葛为中, 梁炳和, 高建东. 遥控电极阵列拓展高密度电阻率法勘探深度研究[J]. 物探与化探. 2016, 40(1), 73-77
- [5] 冉军林, 刘峻岩. 组合激电测深装置的应用与研究[J]. 物探与化探. 2018, 42 (6): 1259-1263
- [6] Torleif Dahlin, Bing Zhou. Multiple-gradient array measurements for multichannel 2D resistivity imaging[J]. Near Surface Geophysics. 2006, 113-123.