

文章编号:1671-7619(2006)05-0020-03

电法勘探在禹登高速公路采空区勘察中的应用

杨 锋

(河南省交通规划勘察设计院,郑州 450052)

摘要:禹州至登封高速公路沿线分布有煤矿采空区和铝土矿采空区,为了准确而快速地划定采空区范围,为公路工程选线和工程处治提供依据,采用了高密度电法和瞬变电磁方法进行勘探,取得了较好的效果。

关键词: 高密度电法; 瞬变电磁; 高速公路; 采空区; 勘察

中图分类号:U412.22 文献标识码:B

0 引言

禹州至登封高速公路东起河南省禹州市,西至登封市,全长约 48km,为双向四车道高速公路,是河南省高速公路网的重要组成部分。该路穿过禹州和登封矿区,沿线分布煤矿和铝土矿采空区,工程地质勘察中采用高密度电法、瞬变电磁法方法对采空区进行了勘探,大大减少了钻探工作量,节约了勘察成本,勘察周期也大大缩短,经济和社会效益显著。

1 路区地球物理特征

电法勘探就是通过测定地下不同地点、不同深度的电阻率的差异来达到寻找目标地质体的目的。利用电法勘探解决地质问题的前提条件是目标地质体和围岩存在电性差异,根据本次电法勘探工作的资料,高密度电法测得的各地层视电阻率如表 1。

表 1 各地层视电阻率

地层	岩性	厚度/m	视电阻率 ($\Omega \cdot m$)
新生界(Q+R)	粘土、亚粘土及砂砾及卵石	20~6	20~40
二迭系(P)	泥岩、砂岩、粉砂岩及煤层	0~15	30~60
石炭系(C)	砂岩、泥岩、铝土岩、灰岩及煤层	约 60	50~80
奥陶系(O)	石灰岩		>60

正常地层的高密度和瞬变电磁电阻率断面图上视电阻率等值线应呈层状伸展,但当有采空区存在时,就会破坏这种连续性,使等值线出现扭

曲、凹陷或台阶状异常。同时若采空区顶板与底板岩层间形成一定空隙,破坏了地层的完整性、连续性,该处视电阻率会明显比同一深度两侧的视电阻率高,表现出明显的高阻特性。当采空区的空隙被水或泥质充填,其视电阻率呈低阻反应。故本区具备了采用电法探测采空区的地球物理前提。

2 数据采集及工作参数

本次勘察对煤矿采空区主要采用高密度电法,铝土矿采空区主要采用瞬变电磁方法,其数据采集方法及工作参数如下。

2.1 高密度电法

采用重庆奔腾数控技术研究所生产的 WGMD-1 型高密度电阻率仪,工作装置为温纳四极装置,点距为 10m,最大探测层数为 12 层,即最大 $AB/2$ 为 180m。高密度和瞬变电磁勘探工作测网布置均为点距 10m,线距最小 25m,最大 50m。

2.2 瞬变电磁

此次瞬变电磁勘探使用加拿大产 PROTEM 67D 瞬变电磁勘探系统,它是目前国内外瞬变电磁勘探中最先进的仪器系统之一。根据本次勘探任务要求,结合仪器特点,采用大定源回线装置,回线内观测。矩形发射线框为 $260m \times 300m$,三分量探头接收,接收面积为 $200m^2$ 。通过试验确定的主要参数有:

- (1) 发射频率:25Hz;
- (2) 发射电流:14A~15A;
- (3) 增益:2¹ 倍;
- (4) 积分时间:15s;
- (5) 采样道数:30 门;

(6) 采样时间范围: 0.006 8 ~ 6.975 8 ms。

3 数据处理

3.1 处理步骤

高密度法资料处理流程: 数据采集 (WGMD - 1 高密度电阻率仪) → 数据格式转换 → 数据网格内差 → 数据形成图像 → 曲线圆滑 → 存盘、打印 → 提交异常。

瞬变电磁法观测资料是各测点各个时窗 (测道) 的瞬变感应电压, 需换算成视电阻率、视深度等参数, 以便对资料进行解释。处理步骤主要分为三步:

(1) 滤波: 由于测区内人文活动频繁, 存在较大的人文噪声, 故在资料处理前首先要对采集到的数据进行滤波, 消除噪声, 对资料进行去伪存真;

(2) 时深转换: 瞬变电磁仪器在野外观测到的是二次场电位随时间的变化, 为便于对资料的认识, 需要将这些数据变换成电阻率随深度的变化, 本次资料处理主要采用美国 INTERPEX 公司的 TEMIX XL v4 进行一维层状反演解释。

(3) 绘制参数图件: 绘制各测线电阻率断面图, 即沿每条测线电性随深度的变化情况。

3.2 视电阻率解释的主要公式

高密度法视电阻率计算公式:

$$\rho_s = K \frac{\Delta U_{MN}}{I}$$

式中: K 为装置系数, ΔU_{MN} 为在 MN 测量电极间的实际电位差, I 为供电回路的电流强度。瞬变电磁法视电阻率计算公式为:

$$\rho_s = \frac{u_o}{4\pi t} \left(\frac{2u_o m q}{5t V(t)} \right)^{2/3}$$

式中: t 为时窗时间, m 为发射磁矩, q 为接收线圈的有效面积, $V(t)$ 是感应电压。视深度 h_z 的计算表达式为:

$$h_z = \left(\frac{3Aq}{16\pi (V(t)/I) S_z} \right)^{1/4} - \frac{t}{u_o S_z}$$

式中: $V(t)/I$ 是归一化感应电压, A 为发射回线面积, $d(V(t)/I)/dt$ 是归一化感应电压对时间的导数, S_z 为视纵向电导。

4 资料解释

通过对视电阻率断面图进行分析, 确定出异常区域, 进而推断采空区的平面和空间分布。通过对已知采空区试验, 确定本路段煤矿及铝土矿在等视电阻率拟断面图上的反应呈低阻异常, 为采空区被泥质充填或充水的反映, 即该区查找采空区转化为找低阻异常的问题。各典型路段最终成果如下:

K75 + 900 ~ K76 + 150 路段视电阻率断面图中横向上视电阻率变化不大, 视电阻率等值线较平缓, 水平方向上无明显低阻异常区和高阻异常区, 为地下无采空区典型断面图。纵向浅部视电阻率低, 深部视电阻率高, 说明本区地层电性结构为浅部第三、第四系地层主要表现为低阻特征, 深部地层表现为高阻特征。图 1 为 25 线 K75 + 900 ~ K76 + 150 断面图, 图中纵横方向分别代表深度和测点。

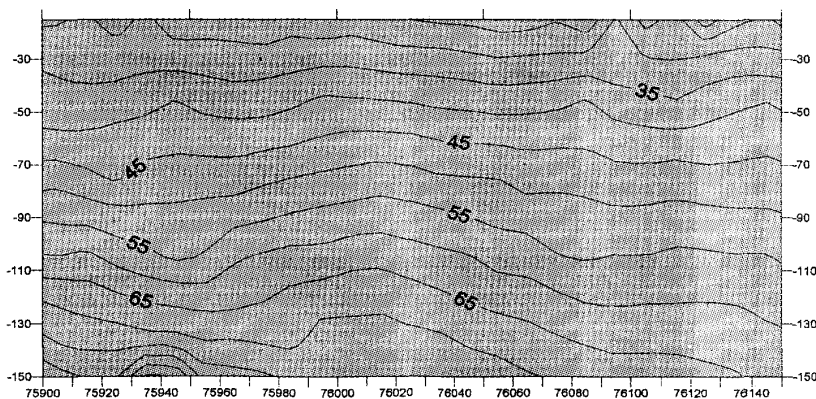


图 1 K75 + 900 ~ K76 + 150 高密度视电阻率断面图

图 2 为 50 线 K76 + 800 ~ K77 + 120 断面图, 浅部曲线较平滑, 是新生界地层的反应, 说明地层在横向上较完整, 在 K77 + 090 (直线标绘处) 向小

桩号方向明显曲线变形, 为低阻异常的反应, 推断为煤矿的采空区。

图 3、4 为 K76 + 490 ~ K76 + 690 和 K70 + 450

~K70+600 瞬变电磁拟断面图。由于工作方法不同,瞬变电磁法计算得到的视电阻率高,但采空区

在拟断面图上的反应和高密度法相同,为低阻异常反应。图中圈定的地方为铝土矿采空区。

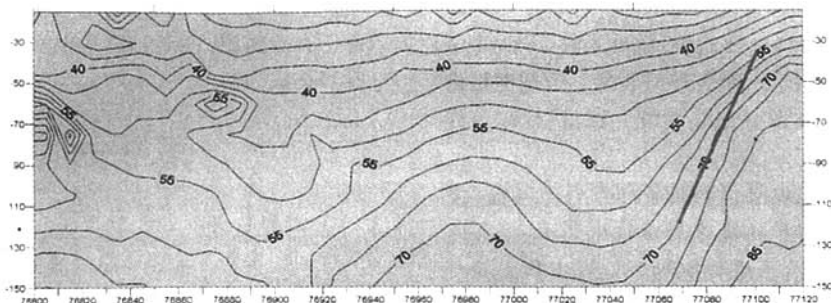


图2 K76+800~K77+120线高密度断面图

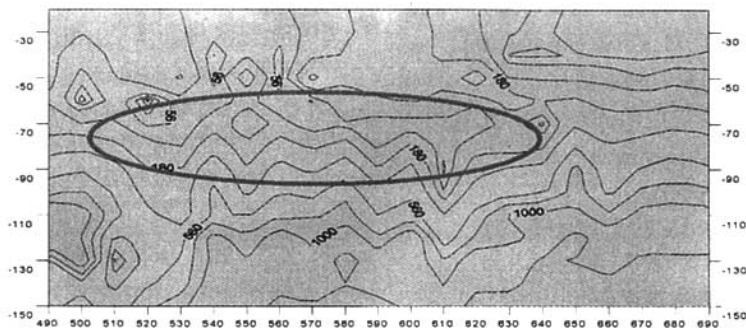


图3 K76+450~K76+690段瞬变电磁断面图

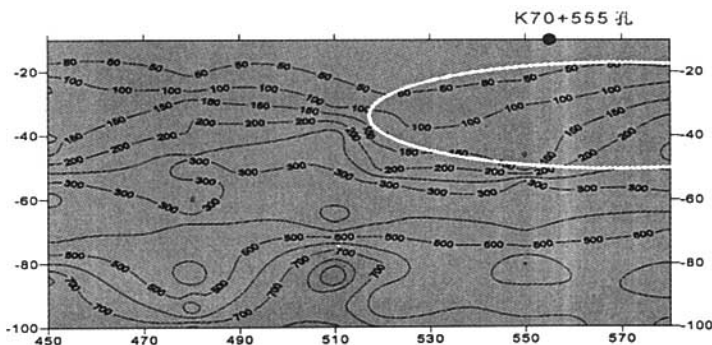


图4 K70+555附近铝土采空区电性反应

5 结语

本次采用电法判定的采空区,通过钻探、浅层地震勘探验证后基本准确,仅用少量的钻探工作量和较短的时间便完成对该路采空区的勘察,后经施工验证与实际情况较为吻合,达到了预期的目的,是一种节省高效的方法。

电法作为一种物探方法具有多解性,在应用中应加强试验工作,进行严格的质量控制,不断积累地区经验并注意与其它勘察手段的对比,以免造成误判,给工程埋下隐患。

(收稿日期:2006-08-10)

电法勘探在禹登高速公路采空区勘察中的应用

作者: [杨锋, YANG Feng](#)
作者单位: [河南省交通规划勘察设计院, 郑州, 450052](#)
刊名: [广东公路交通](#)
英文刊名: [GUANGDONG HIGHWAY COMMUNICATIONS](#)
年, 卷(期): 2006 (z1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_gdgljt2006z1006.aspx