

埋设地下光缆对武都地电影响的分析

高曙德¹, 严正², 康好林³, 苏永刚¹

(1. 甘肃省地震局武都地震台, 甘肃 武都 746000; 2. 甘肃省地震局天水地震台, 甘肃 天水 741022; 3. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:着重探讨武都地电台测区埋设地下光缆后北西道地电阻率测值急剧上升的原因, 通过实际观测、理论分析和实验, 总结出了这种变化的机制, 定量地解释了埋设地下光缆对地电观测的影响, 从而为以后判断地电测值变化是干扰还是地震异常提供了依据。

主题词: 地电阻率; 地下光缆; 武都地电

中图分类号: P319.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000—0844(1999)04-0433-03

1 武都地电台的地质构造背景

武都台位于秦岭东西复杂构造带山字型弧顶转折部位, 测区位于白龙江 I 级阶地上, 地形北高南低, 表层为冲洪积扇覆盖物, 覆盖厚度从东向西, 从北向南由 22 m 增至 100 m 左右, 覆盖层以下是炭硅质板岩、黄铁矿片岩和磁黄铁矿岩, 测区附近有一个磁异常区。图 1 是测区地质构造图, 图 2 是不同方向电测深曲线图($\frac{AB}{2}$ 为测量极距)。从这些图可以看出武都地电台复杂的地质结构, 从而为说明武都地电不同测道有不同形态变化提供了依据。

2 问题的提出

1998 年 5 月 26 日, N54°W(简称北西道)地电阻率 ρ 出现了高值变化, 其变化幅度(5 月末的均值与 4 月份的均值之比)达到 17.9%, 按正常年变化形态, 北西道近似直线型, 其它两道测值均未发生可识别的变化(图 3)。那么, 这种变化到底是地电变化还是非地电变化?

笔者首先从仪器、外线路等方面作了检查, 结果显示都符合“规范”要求, 观测人员也未对其作过调整, 这就排除了仪器、外线路漏电等的影响。显然, 这种变化来自于地下。众所周知, 影响地电观测的因素虽然很多, 但应分清是表层介质电性还是下部岩层电性发生了变化?

一般来说, 表层变化往往与季节变化和人为的生产活动相联系, 而深部岩土层电性变化就可能与地震或构造活动有关。调查发现, 天气变化与正常年份变化一致, 测区农田耕种与以往一样, 只是观测区深挖了一道地下光缆沟, 光缆沟宽 0.4 m, 深 1.2 m, 沿 212 国道从测区穿过(图 1), 距北西道 B 极约 4 m。从时间上看, 开

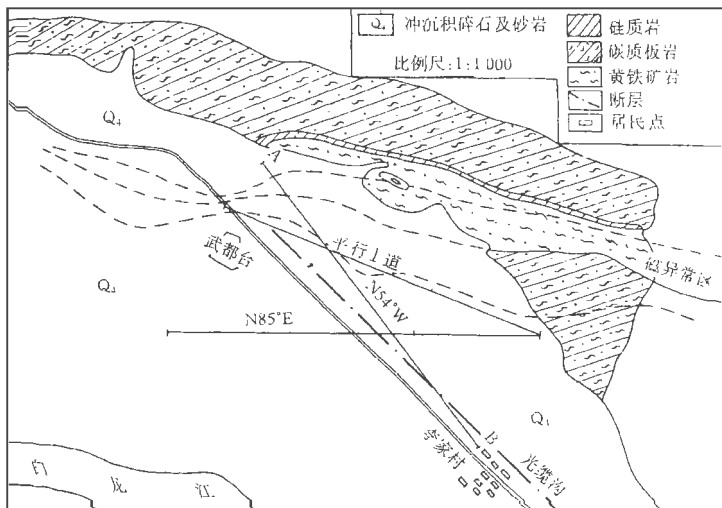


图 1 武都地电台地质构造及布极

挖光缆沟与北西道测值上升同步。

因此认为开沟可能是产生北西道 ρ_s 突变的原因。然而一条不太宽也不太深的小沟怎么能引起 ρ_s 发生 17.9% 的变化? 本文将重点分析其影响机制。

3 分析

由于北西道的北面为埋得很浅甚至出露地表的低阻碳质板岩, 而西南面为巨厚的高阻第四系砂砾土层(图 1), 所以北西道的供电电流在测线两侧的地层中分布极不对称。电流大部分由 A 电极流经东北面的低阻地层, 经出露的碳质板岩南端(李家村东北角)流回 B 电极。当 B 电极与出露的碳质板岩之间, 特别是当靠近 B 电极 4 m 处有深度与电极埋深相当的光缆沟时, 隔断了一部分电流返回 B 电极的通道, 这就相当于在原通道基础上增加了通道路径, 因而使测值骤然上升, 即使挖出的土回填后, 也由于松土的电阻率远大于未挖前地层的电阻率, 北西道 ρ_s 值虽有回落, 但并不明显(见图 3 阴影处)。这种推测有两项事实佐证:

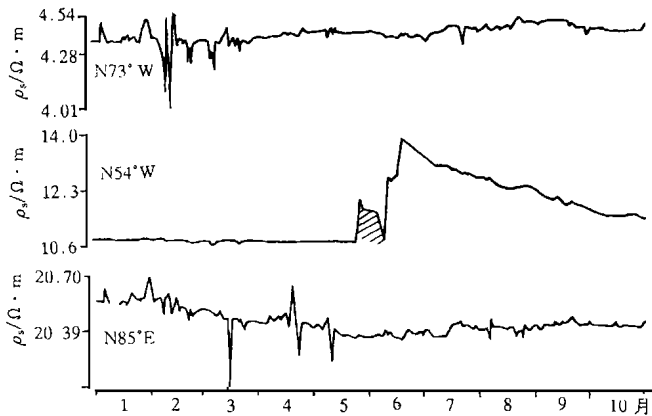


图 3 武都地电 1998 年 1~10 月日均值曲线

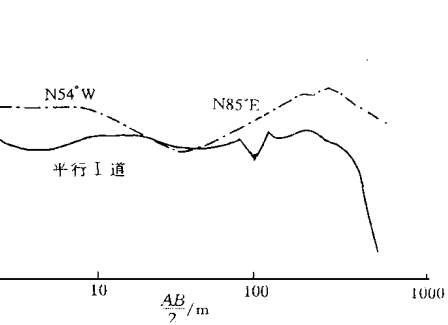


图 2 武都地电台电测深曲线

(1) 6 月份测区灌溉, 由于光缆沟的渗水远优于正常地层, 使沟内土层的电阻率迅速下降, 因此 6 月 8~10 日北西道 ρ_s 值几乎恢复到原来的水平(图 3)。

(2) 笔者在 9 月 29 日和 10 月 1 日将 140 kg 重的 NaOH 溶液浇在电极附近埋光缆的松土内, 北西道 ρ_s 值有 3.6% 的恢复。这两个事件说明, 光缆沟的开挖的确引起北西道供电电流的重新分布, 因此北西道 ρ_s 值变化是人为的生产活动所引起的。由于光缆沟太浅, 不可能有很大的作用, 因此 ρ_s 的突升也仅上升 8.8%。

现在另一个问题是 6 月 10 日后为什么又有一个更大的突升呢?

笔者认为: 这可能是由于测区灌水后, 水经过几天渗透到达沟底, 使沟底形成了一个低阻通路, 相当于 B 极增大了(图 4(a)), 它的等效电路如图 4(b) 所示。其中 R_{ea} 为 A 电极接地电阻, R_{eb} 为 B 电极接地电阻, R_{b2} 为沟底通道 P 的接地电阻, I_2 和 I_b 分别为流经 R_{ea} 和 R_{eb} 的供电电流。

这时 M 和 N 之间产生的电位差为

$$\Delta V' = \frac{I \times \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} \right) - \frac{I_b \times \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{BM} - \frac{1}{BN} \right) - \frac{I_{b2} \times \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{PM} - \frac{1}{PN} \right)$$

由于

$$I_b = \frac{R_{b2} \times I}{R_{eb} + R_{b2}}, \quad I_2 = \frac{R_{eb} \times I}{R_{eb} + R_{b2}}$$

所以

$$\Delta V' = \frac{I \times \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} \right) - \frac{I \times \rho}{2\pi} \times \frac{R_{b2}}{R_{eb} + R_{b2}} \left(\frac{1}{BM} - \frac{1}{BN} \right) - \frac{I \times \rho}{2\pi} \times \frac{R_{eb}}{R_{eb} + R_{b2}} \left(\frac{1}{PM} - \frac{1}{PN} \right)$$

当无灌水时 M 与 N 之间的电位差为:

$$\Delta V = \frac{I \times \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} \right) - \frac{I \times \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{BM} - \frac{1}{BN} \right)$$

由于灌水形成通道时, M 与 N 之间的电位差变化量为

$$\begin{aligned}\Delta V' - \Delta V &= \frac{I \times \rho}{2\pi} \left[\frac{1}{BM} - \frac{1}{BN} \right] \times \left[1 - \frac{R_{b2}}{R_{cb} + R_{b2}} \right] - \frac{I \times \rho}{2\pi} \times \frac{R_{cb}}{R_{cb} + R_{i2}} \left[\frac{1}{PM} - \frac{1}{PN} \right] \\ &= \frac{I \times \rho}{2\pi} \times \frac{R_{cb}}{R_{cb} + R_{b2}} \left[\frac{1}{BM} - \frac{1}{BN} - \frac{1}{PM} + \frac{1}{PN} \right]\end{aligned}$$

其中增加的百分率为

$$\frac{\Delta V' - \Delta V}{\Delta V} = \frac{\frac{I \times \rho}{2\pi} \times \frac{R_{cb}}{R_{cb} + R_{b2}} \left[\frac{1}{BM} - \frac{1}{BN} - \frac{1}{PM} + \frac{1}{PN} \right]}{\frac{I \times \rho}{2\pi} \times \left[\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right]} = \frac{R_{cb}}{R_{cb} + R_{b2}} \times \frac{\frac{1}{BM} - \frac{1}{BN} - \frac{1}{PM} + \frac{1}{PN}}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}}$$

按实际情况代入下值: $R_{cb} = 30 \, \Omega$, $R_{b2} = 30 \, \Omega$,
 $AM = BN = 300 \, \text{m}$, $BM = AN = 600 \, \text{m}$, 并且设
 $PN = 200 \, \text{m}$, $PM = 500 \, \text{m}$, 则得

$$\frac{\Delta V' - \Delta V}{\Delta V} = 20\% .$$

该值与 17.9% 相近, 可见从理论上的分析证实了
笔者的观点.

另一个值得注意的事实是: 当北西道 ρ_s 增大
时, 北西道的 V_{sp} 也随之发生变化. 显然这是由于 M 和 N 电极的极化环境发生变化所致. 不难想象, PM 和 PN
仅几百米长, 由于水的渗透扩散, 电极的极化环境也会发生变化, 导致 V_{sp} 变化. 这从另一个侧面证实了光缆
沟在灌水作用下形成了导电通道, 使 B 电极扩大.

平行 I 道和 N85°E 道均不存在以上这些机制, 这两道的公共 B 极就在碳质板岩附近, 并且附近无光缆沟
阻断电流通路, 因此它们的测值没有多大变化.

4 结语

一条并不大的光缆沟之所以能使北西道的 ρ_s 发生 17.9% 的突升, 主要是由于武都台特殊的非均匀台址
结构以及北西道与光缆沟相对位置决定的. 从以上的分析使我们认识到: 当一个地电台的测值发生变化时, 关键
在于正确分析, 尽快落实, 查明原因, 其实施步骤是:

- (1) 首先检查仪器、线路、电极是否正常和观测人员操作是否失误.
- (2) 当证实测值变化与上述因素无关时, 要力图结合台站所处地质构造, 从理论上分析测值变化的起因
在浅部地层还是较深地层, 并辅助必要的实验, 以便证实理论分析结果. 当起因在浅部时, 一般与季节或人为
生产活动有关, 当起因在深部时, 就要考虑与地震的关系.

[参考文献]

[1] 赵和云. 地电阻率趋势变化的形态特征与地震[J]. 地震学报, 1994, 16(3): 368 ~ 375.

ANALYSIS ABOUT THE INFLUENCE OF UNDERGROUND OPTICAL-FIBER
CABLE ON GROUND RESISTIVITY AT WUDU STATION

GAO Shu-de¹, YAN Zheng², KANG Hao-lin³, SU Yong-gang¹

- (1. Wudu Seismological Station, Seismological Bureau of Gansu Province,
Wudu 746000, China; 2. Tianshui Seismological Station,
Seismological Bureau of Gansu Province, Tianshui 741022, China;
3. Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China)

Key words: Ground resistivity; Underground optical-fiber cable; Wudu geoelectrical obser-
vatory

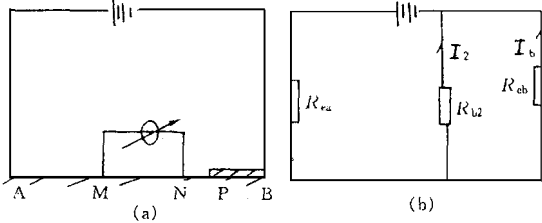


图 4 光缆沟渗水后 B 电极增大 (a) 及其等效电路 (b)