

高密度电法在采空区勘测中的应用

张 胜¹, 韩许恒², 李秉强², 脱军第², 吴富春²

(1. 安徽省公路勘测设计院, 安徽 合肥 230041; 2. 西安市鸿儒岩土科技开发有限公司, 陕西 西安 710075)

摘要:通过一工程勘测实例,分析了高密度电法中常用的 Wenner α 装置和四极测深装置(Wenner-Schlumberger)的适应特征。认为,勘测浅层(如15m内)的采空区或地质灾害异常体时,以四极测深装置为好,对深层(如50m以上)则用 Wenner 装置为好。地层性质和饱水状态不同地区所测的视电阻率,即使在同一深度(或层位)上,其所表达的意义是不同的,不能用这种资料来作平面等值线图并以此图件来寻找采空区或其它地质灾害异常体。

关键词:高密度电法; 装置; 勘测; 采空区; 地质灾害异常体

中图分类号: P631.3⁺22; P624.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2005)04-0064-03

0 引 言

高密度电法继承了传统电法勘探的优点,它还有电极众多可快速地变换多种观测方法、采样密度高、所获数据量大且灵活、高效等特点为大家所青睐,并迅速发展成为一种重要的物探方法,广泛应用于找水、找矿和找断层以及对古墓、溶洞和采空区等地质灾害异常体的勘测等方面。

我们用高密度电法进行采空区和地质灾害异常体勘测已近十年,本文拟通过一个勘测实例来分析高密度电法在采空区和地质异常体勘测中的一些问题。

1 测区及布线情况

为解决安徽芜湖一大渡口沿(长)江高速公路施工中碰到的采空区难题,2004年9~10月,我们用高密度电法、地质雷达和浅层地震法在安徽铜陵钟鸣地区进行了采空区勘测。

测区东西长760m,南北宽180m,西部为平坦的稻田,中部有一小坡,东部为一石灰岩山包,区内高差小于60m。测区内有沉积型煤矿,呈鸡窝状,煤层厚0.5~1.5m,埋深10~数十米。围岩为沙质及碳质灰岩。中西部地层平坦,煤层之下即为完整灰岩,上覆粘土、亚粘土。当地居民几十年内共采煤几万

t。煤层开出后,形成采空区,埋深10~数十米,厚0.5~2.0m。采空区多已塌陷且充水,理论上采空区应为低阻异常区。

我们在测区布36条测线,线长120m、180m、160m不等,线距20m,点距5m(图1)。勘测中,我们不仅作了常规测量,还作了许多实验,如在同一测线上用不同装置,如 Wenner(温纳)装置和四极测深装置,且用不同电极距(2.0m、2.5m和5.0m)进行对比观测。

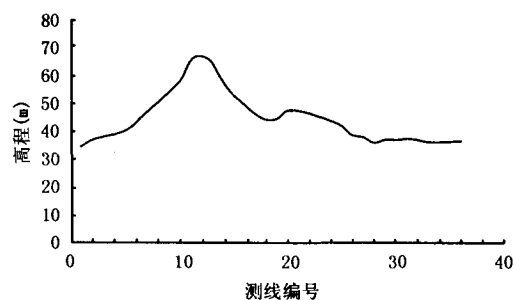


图1 测区中心线高程和测线布置图

2 观测结果及资料分析

为寻找低阻异常的采空区位置并确定其深度,我们不仅分析了各条测线视电阻率的断面图(沿测线且垂直于地面),作了部分地形校正,还作了各测线同一类装置和相同极距不同深度视电阻率的等值线图(不同深度且平行于地面)。结合地质调查、地质雷达和浅层地震的资料,画出了3个采空区并给出了

• 收稿日期: 2005-05-31

作者简介: 张胜 (1968-), 男, 安徽合肥人, 高级工程师, 长期从事岩土工程勘测研究。

它们的深度和厚度, 其中两个为钻井资料所证实。

除此以外, 我们还对每条测线某个装置某种极距同一深度上不同部位的视电阻率求平均, 作出该测线该装置该极距下视电阻率平均值随深度($AB/2$)的变化曲线。

结合视电阻率原始断面图、视电阻率地形校正图、各深度视电阻率等值线图 and 视电阻率平均值随深度的变化曲线, 我们发现如下问题:

(1) 从同一测线同一极距的观测资料上, Wenner 装置在地表层的干扰较大, 有用信息往往淹没在噪声之中, 而四极测深装置的干扰相对较小。

在同一测线上, 用同样的点间距 (这里为 5m), Wenner 装置和四极测深装置各层视电阻率平均值多随深度增加而增大且作线性变化, 都显出 A 型电测深曲线的形态, 没有明显的分层, 而极测深装置的线性比 Wenner 装置的好, 特别在浅层部位。

把同一装置不同测线的曲线放在一起, 可以看出, 四极测深装置的曲线较集中, 9 条曲线中, 其斜率相近, 在 1.70~2.05 间, 平均值为 $k=1.88$, 线性系数平均值 $R=0.99$; 而 Wenner 装置的 12 条曲线的斜率相差大, 在 2.53~3.17 间, 平均值为 $k=2.73$, 线性系数平均值 $R=0.94$, 它比四极测深装置的线性和一致性差, 在浅层 (当电极距为 5.0m, $AB/2 < 22.5$ m) 时还有发散的现象 (图 2a、2b)。

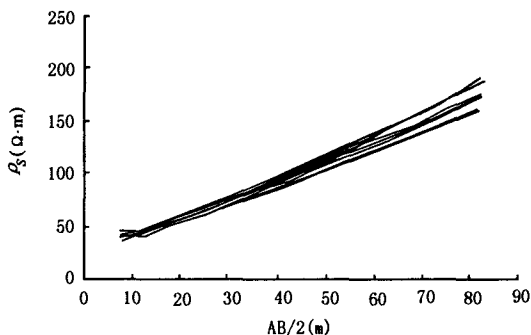


图 2a 四极测深装置 $\rho_s-AB/2$ 曲线图

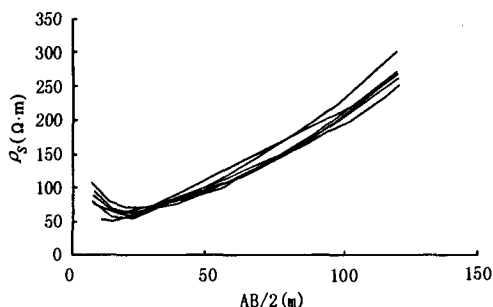


图 2b Wenner 装置 $\rho_s-AB/2$ 曲线图

由此可以看出, 对于勘测深度不大 (比如 <

15m) 的采空区, 使用四极测深装置的测量效果比 Wenner 装置的好。但是, Wenner 装置测得深, 在深处的线性也好, 因此勘测深度较大时 (如大于 50m) 用 Wenner 装置为好。四极测深装置测的范围小的缺陷可用减少测量深度 (层数) 的办法去解决, 例如点距为 5m, 把深度从 16 层减为 10 层, 勘测距离即可从 130m 增加到 190m。

(2) 东部山包为灰岩, 表土浅, 表层视电阻率有上百 $\Omega \cdot m$ ~几百 $\Omega \cdot m$, 深层有几百 $\Omega \cdot m$ ~上千 $\Omega \cdot m$; 而西部平坦稻田处表层视电阻率仅为几十 $\Omega \cdot m$, 但 20m 以下的地层已是完整的灰岩, 而多个深部层位视电阻率等值线图显示, 这些深度上稻田区的视电阻率也只有几十~一、二百 $\Omega \cdot m$, 它们远远小于东部山地同类灰岩的阻值。我们把山地和稻田测线的电阻率随深度变化曲线放在一张图上 (图 3), 可以看出, 山地曲线在上面, 其斜率在 3.14~4.2 间, 平均值为 3.98; 而稻田曲线在下面, 其斜率在 1.75~1.95 间, 平均值为 1.81。这是因为稻田处土壤饱和, 微弱的供电电流大部分在电阻较小的浅层流过, 不能进入较深的部位, 这时深部层位的“视”电阻率大部分由浅层的电阻率贡献, 因此量值较小。因此, 在这种情况下, 即使在同一层位, 两者的视电阻率的含义是不同的, 其量值也不一样。此时, 用求同层位视电阻率的等值线图方法来找采空异常区是没有意义的。但可以选用地质条件和饱水状况相近地区的测线分片做等值线图找采空异常区。

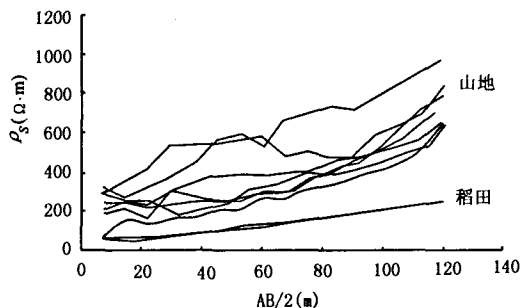


图 3 山地和稻田测值比较图

Wenner 装置的探测深度比 A-MN-B 四极测深装置大的原因是由于这两种装置排列方式不同所引起的。

Wenner 装置供电极距的计算公式为:

$$AB/2 = 1.5 \times (-I) \times a$$

四极测深装置供电极距的计算公式为:

$$AB/2 = (-I - 0.5) \times a$$

式中: I 为层数, a 为电极距, 对于 16 层系统而言, 两者有如表 1 的关系。

表1 Wenner 装置和四极测深装置供电电极距 AB/2 (单位为电极距 a)

层位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
温纳	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12	13.5	15	16.5	18	19.5	21	22.5	24
四极	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5

可以看出,即使在同一层位,两者的供电电极距是不同的,除第1层 Wenner 装置的供电电极距与四极测深装置的供电电极距相等外,以后各层前者都比后者大,前者的第3、第5、第7、第9、第11层的 AB/2 与后者的第4、第7、第11、第10、第13和第16的 AB/2 相等。供电电极距 AB/2 越大,测深也越大,因此 Wenner 装置所测深度比四极测深装置大,它也更适合深部地质异常体的勘测。

3 结论

通过安徽铜陵钟鸣煤矿采空区勘测实例,也结合电法勘探的基本原理和其它研究成果^[1,2,3,4,5],我们可以看出:

(1) Wenner 装置和四极测深装置所测视电阻率平均值随深度增加而线性增大,在浅层,四极测深装置的线性更好些,故勘测浅层(如15m 内)的采空区或其它地质异常体,用四极测深装置为好;而勘测深层(如50m 以上)的地质异常体,用 Wenner 装置为好。

(2) 地层性质和饱水状态不同地区所测的视电阻率,即使在同一深度(或层位),其所表达含义是不同的。用这样的资料来计算同一深度上视电阻率的等值线图并以此来寻找采空区或地质异常体的深部特征是没有意义的。

(3) 高密度电法是一种新颖的且行之有效的物探手段,但也有不少问题,仍需作大量的勘测实践去修正和完善它。

参考文献:

- [1] 傅良魁. 电法勘探教程[M]. 北京:地质出版社, 1987. 50—126.
- [2] 刘晓东,张虎生,朱伟忠. 高密度电法在工程物探中的应用[J]. 工程勘察, 2001, (4): 64—66.
- [3] 王士鹏. 高密度电法在水文地质和工程地质中的应用[J]. 水文地质与工程地质, 2000, (1): 52—56.
- [4] 强见科,阮百尧. 不同电阻率测深方法对旁侧不均匀体的反映[J]. 物探与化探, 2003, 27(5): 379—382.
- [5] 梁爽,等. 勘测地裂缝的电阻率法[J]. 灾害学, 2004, 19(1): 73—75.

The Application of the High Density Resistivity Survey System in Surveying Mined-out Areas

ZHANG Sheng¹, HAN Xu-heng², LI Bing-qiang², TUO Jun-di² and WU Fu-chun²

(1. Highway Investigation and Design Institute of Anhui Province, Hefei 230041, China;

2. Xian Hongru Co. Ltd of Tecnological Development in Geotechnical Engineering, Xian 710075, China)

Abstract: By use of one example of actual survey, the characteristics of the arrangement of Wenner and Wenner-Schlumberger (4-Poles depth survey) in the high density resistivity survey system are analyzed. It is thought that it is a better means of 4-Poles depth survey arrangement to measure the shallow ($h < 15\text{m}$) mined-out area or anomalous geological bodies. But for the deep ($h > 50\text{m}$) mined-out area or anomalous geological bodies. The Wenner arrangement is better. The meaning of resistivity is different even in the same depth but in different districts where the stratigraphic or the degree of saturation is different. It is no means to use these data to make contour diagrams or use these diagrams to find mined-out area or anomalous geological bodies.

Key words: high density resistivity survey system; arrangement; mined-out area; anomalous geological bodies