

高密度电阻率法应用中常见的问题与思考

葛如冰

(广州市城市规划勘测设计研究院 广州市 510060)

摘要 该文从高密度电阻率法实际应用的角度出发,介绍分析了几种最常见的问题,如有效数据分辨、观测方式选择、数据反演、负值异常等,并总结出个人的思考及经验对策,期望能对同行们有所帮助。

关键词 高密度电阻率法 观测方式 反演 负值异常

Common Problems and Thinking of Application of High Density Resistivity Method

Ge Rubing

(Guangzhou Urban Planning & Design Survey Research Institute)

Abstract From the application of high density resistivity, the most common problems (such as distinguishing of effective data, choice of observation mode, data reverse, abnormal of negative data etc.) are discussed, and also the personal thinking and countermeasures are also summarized, it is expected helpful to colleagues of the same occupation.

Keywords high density resistivity method; mode of observation; reverse; abnormal of negative data

1 前言

近十年来,高密度电阻率法在工程勘察中的应用越来越广泛,尤其是在岩溶、水文、构造、检测等领域,高密度电法的应用越来越普遍。但该方法的理解与应用方面,却还存在着不少的问题,特别是一线人员技术实力的差异、经验的欠缺,导致了某些时候应用效果不佳。因此,笔者对一些普遍存在又非常关键的问题进行探讨,现谈如下体会期望能对大家有所帮助。

2 问题及分析

2.1 有效数据的分辨

有效数据的分辨是个最基本的问题。图 1 是典型的假异常剖面。从图 1(a)剖面数据可以看出,在 145m 处数据出现两条非常有规律的高阻异常斜向右下角,其间距越来越大,这是由于 145m 附近,电极接地条件太差,形成的“假异常”。有时,如电缆的某一点或多路转换开关的某点断开也会形成类似的“八字异常”。如该点位于观测剖面中间,则会出现

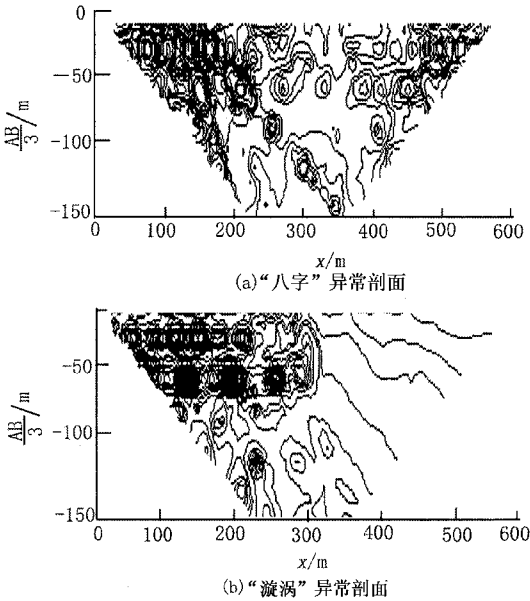


图 1 典型的假异常剖面

“双八字”异常;点位于两端,则会出现“半八字”异常,现场采样时,应及时发现此类异常并做相应处理。

图 1(b)剖面左侧出现了太多的漩涡状封闭异常,这在地电断面中是不真实的。一般而言,直流电法采集到的地电断面等值线的起伏会比较缓,较难形成小型的封闭异常,更不用说形成如图中的密集

作者简介:葛如冰(1971-),男,高级工程师,硕士,从事工程物探新技术的研究、开发和应用工作。

收稿日期:2008-07-09

型“漩涡异常”。图中剖面形成的原因是剖面左侧为水泥路面,接地条件很差,现场操作人员未对接地条件进行有效改善就进行了数据采集,其数据是不可信的。

一般情况下,有效的高密度电阻率法野外数据有如下特征:等值线没有突变点,高阻、低阻区的变化是渐变的,等值线上没有规律的“八字异常”或演变而成的“半八字”或“双八字”异常。有时,地形起伏也能引起规律的“八字异常”,其规模较大,现场无法通过技术手段消除,需在室内通过地形改正软件来处理。

2.2 观测方式对数据成果的影响

目前,几乎所有的电阻率法观测装置都可以在高密度电阻率仪器中实现。总体而言,高密度电阻率法的观测方式分为两大类:剖面类观测方式和测深类观测方式,如图2所示。剖面类观测是以电剖面法为主体,如图2(a)观测方式由电剖面开始,由左至右,依次增大AMNB之间的间距,一层一层采集数据,从而建立电法剖面,其剖面资料是倒梯形的。测深类观测是以电测深为主体,如图2(b)。其由左至右逐点进行电测深法观测,其成果是矩形的。

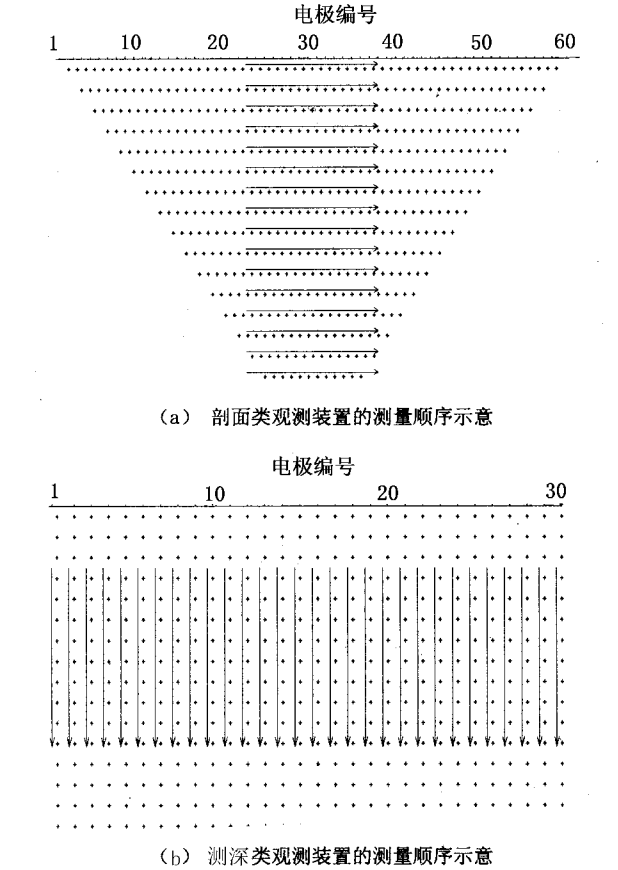


图2 两类观测方式装置的测量方式对比

图3是这两种观测方式的典型剖面。由图中可以看出两种观测方式的等值线图的主要差异:在测深类观测方式的等值线图中,其深部的曲线,等值线基本上呈垂直向下,水平点之间的电阻率异常多呈垂直分带;而剖面类观测方式的等值线尽管有起伏,甚至有封闭,但总体而言是与地面平行或斜交,水平点之间的接触关系基本上是连续的。

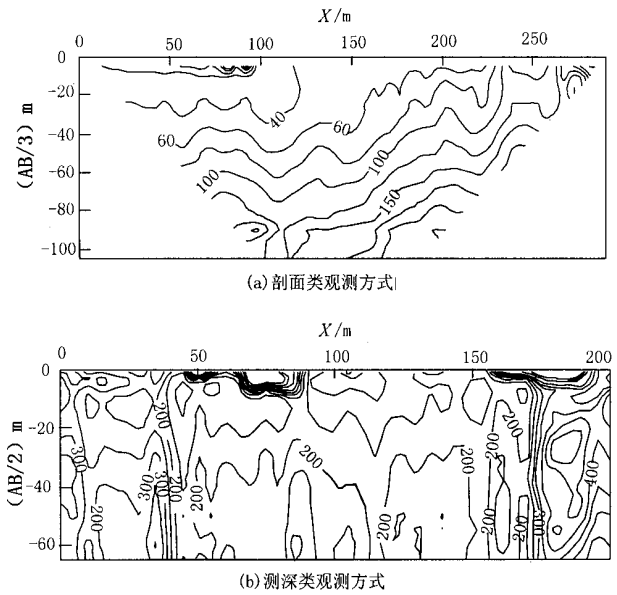


图3 两类观测方式的典型成果

从图2可以看出:剖面类观测方式是水平观测为主,相互点之间的影响较大,数据是渐变的,上下相邻的深度处的采样点是交叉的,如果按纵向单点取测深资料的话,其测深点间距是 $a/2$ (a 为电极间距),因此同样多的采样点,其分布更均匀合理。而且,采用这种观测方式时,其观测电极间距 MN 会随着 AB 间距的增大而增大,因此浅层地电条件、接地电阻等对数据的影响更小;而测深类观测方式,其单个测点的观测是相对“独立”的,测深点的间距是 a ,采用该方式观测时, MN 的间距一般是不变的,这样,实际观测到的数值受 MN 点的接地电阻及其之间表层电阻数值的影响较大,各点的数值由于接地电阻、表层电阻等的干扰,从而导致视电阻率值相差较大。在接地电阻、表层电阻差异很大的区域,这种观测方式所受的影响就更加明显,可以得到自上而下垂直交替的高低阻异常,呈现出峡谷状的电阻率等值线断面(即自上而下等值线基本与地面垂直)。

由地质基本知识可知,从宏观上讲,地层的分布是以水平状、倾斜状为主,因此大多数情况下,电阻率等值线基本与构造线、地层线相平行,似图3(b)式的垂直交替的情形并不多见。如果完全按照测深

类观测方式的等值线图进行地质解释的话,其结果容易出现错误。当然,在不少场地,由于场地条件的影响,采用剖面类观测方式的观测深度难以保证,只能采用测深类装置。因此,根据笔者的经验与思考,设计现场作业及处理时,应按如下原则选择观测装置:只要场地条件许可,尽量采用剖面类观测方式,尤其是首选四极剖面装置,因为这种观测方式是真正集中了电剖面法和电测深法的优点,其采集点分布更均匀合理,在不少场合,不同要求的勘探项目中都可以取得好的效果。剖面类观测其资料的反演解释应以二维剖面为主,单点测深、水平曲线分析为辅。而在场地限制只能采用测深类装置时,要尽可能改善各点的接地条件,资料反演解释时应以单点测深反演为主,二维剖面为辅,尤其是解释出直立状接触带时,一定要谨慎。

2.3 反演成果问题

几乎所有的仪器厂商都会为用户配置至少一种反演软件(其中比较好的有:国外 M. H. Loke 工作组开发的“RES2DINV 软件”,中国地质大学“2.5 维反演软件”和河北廊坊中石油物探所的“电法工作站”等)。

笔者认为:高密度电阻率法的解释应以视电阻率等值线图为主,附以一定的反演工作,即可达到解释需要。对于反演成果不可迷信,第一,高密度电阻率法特别是采用剖面类观测方式时,集合了电剖面法和电测深法的优点,加上高密度的布极与观测,其效力已远非传统的电测深、电剖面法所能比拟。只要广泛收集钻探、地质资料,我们就可以发现,在视电阻率等值线图中,不仅是电阻率数值、交接带,就连等值线的疏密、拐弯、起伏,都蕴含着丰富的信息。第二,就目前而言,我们很难保证采集的视电阻率剖面中的数百个点都是准确的。采集到的视电阻率值与仪器、电极、接地条件、浅部异常等都有密切关系,由于这些方面出现问题而采集到的异常数据经过反演后往往会得到无限放大,造成严重误判。

高密度电阻率的反演处理应按如下思路进行:首先要判断原始数据的可靠性,接地条件很差,原始数据质量较差的数据千万不要进行反演;对于接地条件好,数据质量高的剖面,可进行反演工作。而在资料解释时一定要采用视电阻率剖面与反演剖面相结合的办法,其主次关系要视原始数据的质量而定,在数据质量较好时,以反演剖面为主,视电阻率剖面为辅;反之,以视电阻率剖面为主,反演剖面为辅。在资料解释时,宏观上以视电阻率剖面为主进行全

面解释,如分层、定性等;对于局部异常,用反演剖面进行范围圈定。

2.4 视电阻率的负值异常问题

一般而言,视电阻率是不应该出现负值的,有负值就说明有问题。引起负值的原因很多,首先是仪器,如果仪器的阻抗低,抗干扰能力弱,极化补偿能力差,其测试中负值出现的机会就比较大。目前,国内的各种仪器的性能都还可以,一般初期使用都还可以,但到后来,随着仪器的磨损、老化,其负值异常会增多。如果测试剖面中,负值异常越来越多的话,就应该考虑仪器的维修与更新了;其次是接地条件,这包括电极的接地情况及连接电缆的性能。另外,较大的自然干扰电场也会产生负值异常。

还有一种情况,如地下存在独立的高阻体、低阻体也可能产生负值异常。一般而言,这种负值异常是有规律的,无法有效消除的。在很多情况下,这种负值异常,就是我们需要的目标异常。

据笔者经验,在以下情况,会出现此类负值异常:1) 断层接触带,尤其是出露地表的有温泉出露的断层接触带。其超低阻性质会导致视电阻率的负值异常,此时的负值异常会成带出现,同时在其相邻处一般都会有高阻异常伴生出现,如图4所示。

该图中 90~160m 处为断层带,有温泉点出露。在该剖面进行高密度电阻率法时,在断层带中有一定的负值异常出现(如图中深色表示的色块);2) 较大的溶洞、土洞,有时也会出现有规律的负值异常,其规模一般不大,而且在负值异常出现之前,会出现有规律的超低阻异常;3) 浅部的较大型的高阻体。因为高阻体对电流的排斥作用,导致其正上方测点处的观测电流很小,会出现超低阻甚至负值异常。

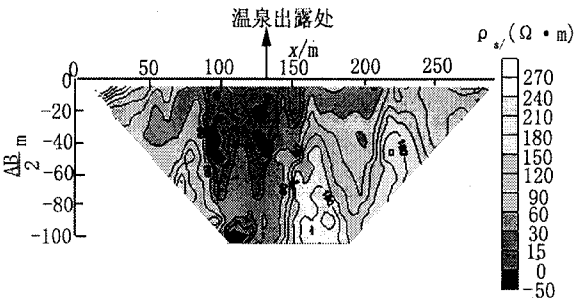


图 4 温泉出露点附近的高密度电阻率法等值线

此时可以通过正演模拟、反演等工作来增加解释的准确率,必要时应增加钻探工作量。需要指出的是,对于凝土地面,由于其高阻层较薄,不会产生负值异常,尤其是电极间距大于1m的情况下,

表1 沉降量观测数据及观测周期计算

观测点	第二次(2006- 06- 02)			第三次(2006- 07- 24)		
	高程 /m	沉降量/mm		高程 /m	沉降量/mm	
		本次	累计		本次	累计
1	5. 1827	- 10. 1		5. 1739	- 8. 8	- 18. 9
2	5. 1854	- 10. 6		5. 1765	- 8. 9	- 19. 5
3	5. 1822	- 10. 6		5. 1731	- 9. 1	- 19. 7
4	5. 1840	- 10. 1		5. 1751	- 8. 9	- 19. 0
平均沉降量 Δh		- 10. 35			- 8. 92	
与上次间隔日 T		38			52	
日平均沉降率 V	0. 272			0. 172		

计算说明:

1) 根据第二次观测各点沉降量计算第三期观测周期

$$T = \sqrt{2m_hK}/V = \sqrt{2} \times 1 \times 10/0.272 = 52d$$

由次可推算出第三期观测日期为 2006 年 7 月 24 日。

2) 从第三次观测各点沉降量, 计算第四次观测周期为 83d, 第四次观测日期为 2007 年 10 月 15 日。如此类推各观测日期, 直至建筑物稳定为止。

一般地, 当沉降观测第一次出现沉降量 m_{sh} 在允许范围内时, 尚不能代表建筑物处于稳定阶段, 而需要按上次确定的观测周期, 连续几次观测, 其沉降量均在 m_{sh} 允许范围内变动, 才能判定建筑物处于稳定阶段。

(上接第 24 页)
即便有时出现负值数据, 都是可以通过改善接地条件来保证数据质量的。

3 结束语

以上是笔者对目前高密度电阻率法应用中出现的常见问题的一点思考, 希望能对高密度电阻率的应用与发展有所帮助。由于本人水平有限, 只是从个人的经验出发对此进行了阐述, 未从理论上进行深入探讨, 在结论上也许会有错误, 希望专家、同行

3 特殊情况下沉降观测周期的确定

在特殊情况下, 很难掌握沉降变化速率, 如周边施工地基开挖、地下水处理、基坑维护等, 必须缩短观测周期, 以利于监测沉降变化规律。

在一次紧急抢修工程沉降检测中, 因河道塌陷危及居民楼而进行的沉降监测中, 观测周期见表 2。

表2 特殊情况下观测周期

修复分类	修复阶段	观测周期
河岸中央部分	塌方清理及紧急维护	1h
	河岸基础建设	3h
	岸体建设	1d
河岸两段部分	塌方清理及紧急维护	3h
	河岸基础建设	6h
	岸体建设	2d
河岸稳定期	视沉降量大小调整为 3d、5d、10d 等不同周期	

4 结论

按本文介绍简便公式计算方法不但可以系统地确定沉降观测周期, 还可以减少工作中的盲目性, 节省人力物力。不过, 在特殊情况下, 还要有紧急观测(临时观测), 此时的沉降观测周期只能顾及综合因素来直接指定。

参考文献

1 JGJT8- 97 建筑变形测量规程
2 李青岳, 陈永奇. 工程测量学. 北京: 测绘出版社, 1995

们给予指正!

参考文献

1 王兴泰, 傅春久, 程德福. 高密度电阻率法. 见: 李金铭, 罗延钟主编. 电法勘探新进展. 北京: 地质出版社, 1996
2 葛如冰. 高密度电阻率法在广东省工程勘察中的应用实例. 物探与化探, 1997, (5)
3 葛如冰, 黄伟义, 张玉明. 高密度电阻率法在灰岩地区的应用研究. 物探与化探, 1999, (1)
4 葛如冰, 许伟文, 梁培新, 等. 高密度电阻率法在断层破碎带调查中的应用. 勘察科学技术, 2003, (3)