

高密度电阻率法在风化岩地基勘察中的应用

刘发祥¹ 何 鹏¹ 肖允凯²

(1. 四川大学水利水电学院, 四川成都 610065; 2. 吉林亚新工程检测有限责任公司, 吉林 132021)

【摘 要】 由于风化岩场地具有风化不均匀之特点,《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)对这类场地的岩土工程勘察的布孔间距具有严格规定,使得这类场地的勘察工作量往往很大。分析了高密度电阻率法在这类场地中使用的可行性和必要性,结合阿尔及利亚某炼油厂岩土工程勘察的实例,剖析了高密度电阻率法对大面积风化岩地基勘察方案设计的优化。

【关键词】 高密度电阻率法; 风化岩; 地基勘察

【中图分类号】 TU 471.6; P 631.32

Application of the Multi-electrode Resistivity Method in Geotechnical Investigation for Weathered Rock Site

Liu Faxiang¹ He Peng¹ Xiao Yunkai²

(1. College of Water Resource & Hydropower, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610065;

2. Jinlin Yaxin Engineering Experiment & Testing Limited Liability Company, Jilin Jilin 132021 China)

【Abstract】 Generally, due to the characteristic with nonuniformity of the weathering action in weathered rock site, Chinese standard“Code for investigation of geotechnical engineering (GB 50021—2001)” stipulates sternly the space of the exploratory hole in this kind of sites, bringing on large numbers of the exploratory holes. In this study, analyzing the feasibility and the necessity of multi-electrode electric method while carrying out geotechnical investigation in this kind of sites and using the example of the geotechnical investigation for a refinery site in Algeria, the optimization of multi-electrode resistivity method on the geotechnical investigation scheme for the large-scale weathering rock mass site is explained.

【Key Words】 multi-electrode resistivity method; weathered rock; geotechnical investigation.

0 引言

高密度电阻率法是在传统电法基础上发展起来的一种新兴的工程物探方法,由于其具有高密度采集地层信息数据、用途广泛、实现速度快以及经济等优点,在工程勘察方面的许多领域得到广泛的应用。文献[1]将其应用于工程场地的地下断层的调查,文献[2]将其与其它工程物探方法结合综合确定滑坡体的几何形态和埋深,文献[3]对其在滑坡面的确定方面进行过研究,文献[4]将其应用于地面塌陷勘察,文献[5]将其应用于灰岩区地面塌陷勘察寻找地面塌陷的原因,文献[6]开展了该方法在城市活断层方面的应用。

阿尔及利亚某炼油厂是中国在海外投资建设的

一个重大炼油项目,根据区域资料和初步勘查报告,该场地在钻孔揭示的深度范围内主要为不同风化程度的风化白云质灰岩、砂岩和泥质砂岩或泥岩。风化白云质灰岩厚度相对较薄,一般为 2~5 m 左右,局部较厚,水平方向上厚度变化较大,且与下伏砂岩接触带有溶蚀现象。下伏砂岩虽然在深度方向上厚度很大且沿水平方向上分布稳定,但由于其胶结物的差异具有明显隔层风化的特点,从而使得场区地层复杂化。因此评价场区基岩在水平方向上和竖直方向上的风化均匀程度及空间分布状况是详勘阶段需要解决的主要问题,根据《岩土工程勘察规范》(50021—2001)^[7]对这类地层的勘探点布置要求,需要布置大量勘探孔,这将势必增加勘察成本。基

于此,笔者采用高密度电阻率法与其它传统手段相结合进行勘察方案的优化,试图降低勘察成本并提高勘察的精度。

1 采用高密度电阻率法的意图

1.1 可行性

高密度电阻率法的基本原理与传统的电阻率法完全相同,都是以岩土体的导电性差异为基础来研究地层在人工施加电场的作用下传导电流的分布规律,从而通过研究地层的视电阻率变化来分析岩土层的岩性、结构、构造等特征,其优于传统电阻率法在于可以一次性布置数十甚至上百个电极并通过自动实现电极开关的切换和组合,从而实现电测深和电剖面联合测试,因而无论从效率、精度还是经济的角度都明显优于传统电法。该场地地层岩性较多且结构和构造复杂、风化剧烈程度差异较大等特征决定了其具有明显的地电差异,是比较理想的电法地质模型。因此,采用高密度电阻率法具有可行性。

1.2 必要性

根据文献[7],对风化岩地基勘察,勘探点的间距取一般土层地基勘探点间距范围的下限值,这就意味风化岩地基勘察需要布置比土质地层勘察更多的勘探点,无论是钻探或者是诸如井探等其他手段,一般都是比较耗时费力的,且外业成本较高,显然完全采用传统手段将不经济,而且往往在工期上也难予接受。因此,在该工程的详勘阶段辅以高密度电法手段首先对场地基岩的岩性、风化均匀程度、风化变化规律及结构构造发育情况评价后,再根据地层的实际情况采用传统可靠手段进行针对性验证和详细研究是必要的。

2 高密度电阻率法简介

高密度电阻率法现场测试的电极布置示意图见图1。

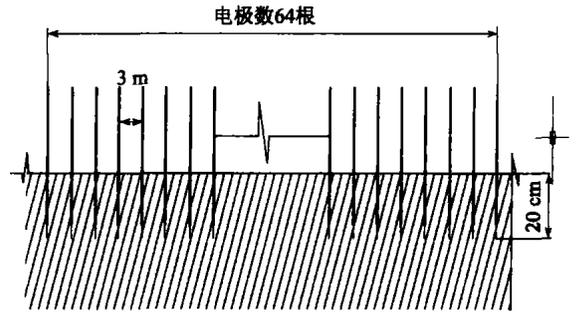


图1 现场电极布置示意图

高密度电法就其单个数据点的测试模型和计算与传统电阻率法没有本质的差别。其主要差别在于电极的布置数量和采集的结果处理方面,高密度电法一次可以布置几十到上百个的电极,主要取决于所使用的自动控制开关的电缆长度,电缆上的电极开关愈多,可以一次布置电极数愈多,但电极开关过多,故障出现的可能性将越大,检查起来比较费时费力。其次,在数据的采集和记录方面,目前的高密度电法采集系统已经能够根据事先设置的装置形式和采集参数,实现对电极开关的自动切换和自动记录,将电测深和电剖面融为一体直接得到地层的联合剖面,并可直接动态显示在计算机屏幕上,有利于随时观测数据的异常情况。

3 剖面解释、结果验证及方案优化

场区实测的两类典型视电阻率剖面见图2图3。实测剖面组合后的三维立体图见图4。现解释如下。

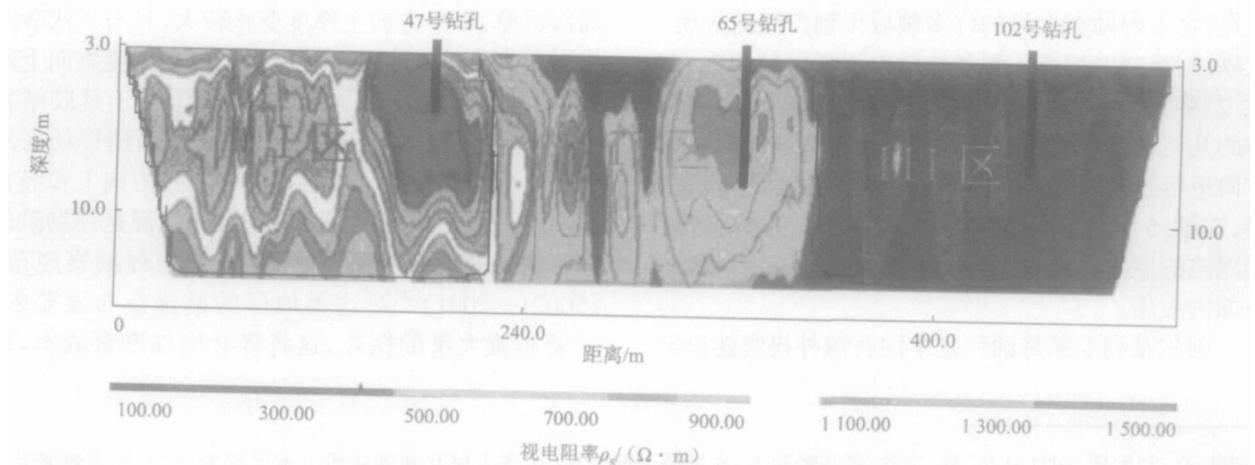


图2 DF4 高密度电法剖面(S-N)

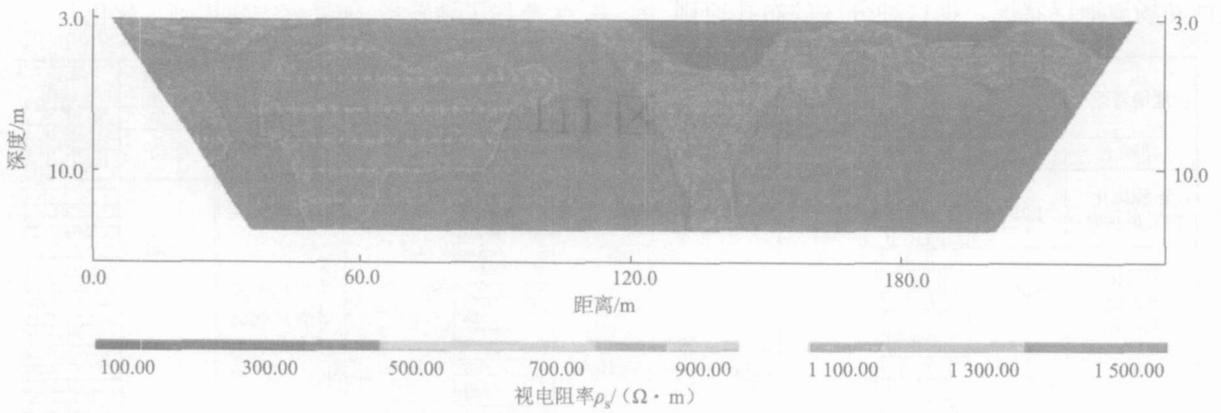


图3 DF8高密度电法剖面(W-E)

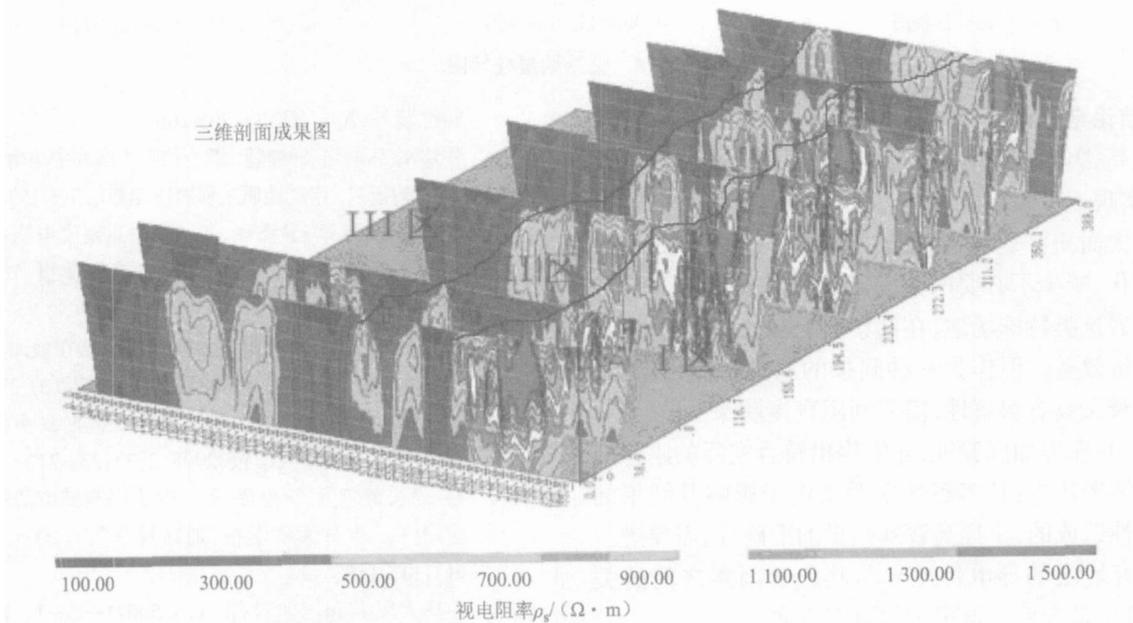


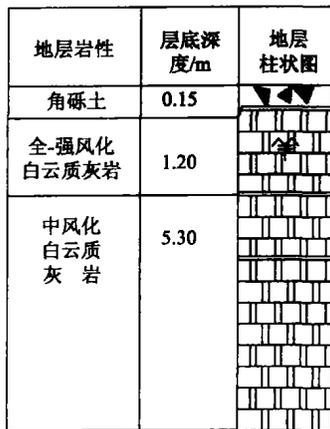
图4 三维立体图

从图2的DF4号剖面看,根据视电阻率的明显差异,可将剖面分为三个区。I区:水平方向距离约0~230 m、深度3~20 m的范围,视电阻率值主要在900~1 300 $\Omega \cdot \text{m}$ 之间;II区:水平方向距离约230~340 m、深度4~25 m的范围,视电阻率值主要在450~800 $\Omega \cdot \text{m}$ 之间;III区:水平方向距离约340~550 m、深度3~25 m的范围,视电阻率值主要在200~400 $\Omega \cdot \text{m}$ 之间。这说明了三个区域的地层导电性差别很大,其原因可能是地层的矿物成分、地下水位、结构构造、风化程度、岩性等存在明显差异造成的,经该剖面上的47号、65号和102号钻孔揭示的结果验证(见图5),电阻率高的I区主要是完整性较好的白云质灰岩且厚度较大;II区的白云质灰岩厚度相对较薄,电阻率主要受下部中-强风化的砂岩控制因而较I区低;III区尽管也存在一定厚

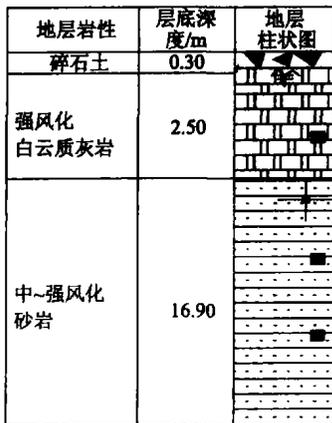
度的白云质灰岩,但其电阻率主要受下部中风化的泥岩和强风化的泥质砂岩控制,电阻率值更低。而DF8号剖面所反映的视电阻率具有III区的特征,将其划为II区的范围。这说明了电阻率值的差异主要是由于基岩岩性不同且存在不同发育程度的结构面,即电阻率值的变化反映了岩体的结构特征和风化变化规律。

基于钻探与电阻率法的结果间存在良好的相互印证关系,笔者认为,可根据视电阻率所反映的差异在三个区域采用不同的勘探点间距对详勘方案进行优化。由于I区基岩完整性较好,而III区基岩的风化程度基本相同,因此可以采用较大的勘探点间距;而风化程度变化较大的II区和三个区的交界部位是需要重点查明的部位,勘探点距离应适当加密。图4的三维立体图从空间的角度反映了各个区域的均

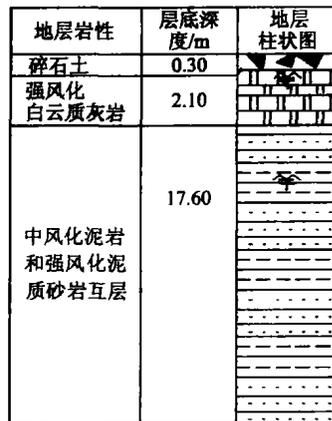
匀性和场地地层状况。据这种分区的布孔原则,大大节约了钻孔量,使勘察方案得到了优化。



(a)47号钻孔柱状图



(b)65号钻孔柱状图



(c)102号钻孔柱状图

图5 钻孔地层柱状图

4 结论与建议

高密度电阻率法具有高密度采集地层数据信息、实现速度快以及经济等优点,适用于对勘察场地进行大面积普查,从而动态地对勘察方案进行调整和优化,减少不必要的钻探工作量,尤其对残积土和风化岩这类特殊场地,在勘察中配合使用,具有明显的经济效益。但作为一种间接的勘探手段,其结果的解释又具有多解性,需要利用直接勘探手段,诸如钻探、井探等加以验证,才能提出符合实际的解释结果。笔者认为:其多解性主要是由于影响其结果的复杂性造成的,要提高解释结果的准确性,需要进一步研究地层的导电性差异与其影响因素之间的关系,这正是今后应该努力的研究方向。

参 考 文 献

[1] 秦 正. 高密度电阻率法在工程勘察中的应用[J].

物探装备, 2005, 15(3): 205-206.

[2] 牛建军, 张晓培, 邱建慧. 综合物探方法在中里滑坡调查中的应用[J]. 水文地质工程地质, 2000, 27(3): 53-55.

[3] 郭秀军, 贾永刚, 黄潇雨, 等. 利用高密度电阻率法确定滑坡面研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(10): 1662-1669.

[4] 王建军, 张建科, 李成相, 等. 高密度电法在地面塌陷勘察中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2005, 2(3): 232-234.

[5] 朱清耀. 高密度电法在岩溶地区工程勘察中的应用[J]. 福建工程学院学报, 2005, 3(3): 238-242.

[6] 易 兵, 曾昭发, 李恩泽, 等. 电法探测城市活断层的应用[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2005, 35(专辑): 115-118.

[7] 中华人民共和国建设部. GB 50021-2001. 岩土工程勘察规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.

收稿日期: 2006-07-27

本刊 2006-09-13 讯 2006-03-25 本刊编辑部收到“浙大玉泉”读者的来信:“贵刊的 1998 年第三期由山东水利专科学校设计院李林山先生撰写的《喷锚支护与土钉墙》一文被沈阳大学朱 江、张 忠二人剽窃,其内容甚至题目均基本相同,实乃令人震惊与遗憾。”(《沈阳大学学报》2003 年 6 月第 15 卷第 2 期上[文章编号 1008-9225(2003) 02-0070-02])。经本刊编辑部核查,“浙大玉泉”读者反映的问题基本属实。2006-04-03 本刊编辑部将此事向沈阳大学领导和《沈阳大学学报》编辑部做了反映。2006-09-13 本刊收到《沈阳大学学报》编辑部寄给本刊的挂号信,信内有《沈阳大学文件》沈大校发[2006] 21 号《关于对朱 江、张 忠同志学术违纪行为的处理决定》(2006 年 6 月 20 日),对朱 江、张 忠同志抄袭他人的学术论文违纪行为进行了严肃处理。我们感谢“浙大玉泉”读者为维护学术道德对朱 江、张 忠同志的揭发作为,我们感谢沈阳大学领导和《沈阳大学学报》编辑部对此事做了大量调查研究工作,并对朱 江、张 忠同志进行了严肃处理。

《岩土工程技术》编辑部

2006-09-13