维普资讯 http://www.cqvip.com

37-41,61

反射系数(K)法在确定红层地质构造中的应用

P588.21
P534.61

陈绍求
(中南工业大学·长沙·410083)

以实例说明采用反射系数(K)法解释电测深 ρ_s 曲线,能有效地区分红层中不同类型的地质构造。

关键词 反射系数(K)法 红层 地质构造

红色碎屑岩,第三纪

技术·方法

我国南方不少地区沉积了一套巨厚的第三纪—白垩纪半胶结的红色碎屑岩地层(红层),其含水层与非含水层、含矿层与非含矿层之间的电阻率差异较小,给电阻率测深 ρ_s 资料解释带来一定困难。如果单纯从 ρ_s 断面异常形态来区分含水层或矿体的存在,由于 ρ_s 等值线梯度变化小而变得十分困难。

反射系数(K)法是对已有的电测深 ρ_s 曲线进行一次求导,相当于把 ρ_s 曲线进行一次高通滤波,即放大、突出了局部异常,压抑了低频背景异常,从而使得反射系数(K)值异常与地质体之间能有好的形态相似性,从而提高了电测深 ρ_s 资料的解释精度。

1 区分红层中不同的含水构造

例1:长沙×厂为解决生活用水,需在厂区内探测地下水。初步地质工作结果表明,测区内地层分布简单:地表为第四纪网纹状粘土,其下是细砂夹砾石、卵石层(含水层),底部为第三纪古新统霞流市组不透水红层。为探查地下水的分布情况,布置了东西向的1号剖面(图1),剖面长度75 m,测深点距15 m,最大 $AB/2$ 为65 m。

由图1-(a)可以看出:1号和4号测深点 ρ_s 曲线为H型,ρ_s 曲线的左支对应的是地表网纹状粘土;中间层与低阻的细砂夹砾石、卵石含水层对应(1号点的低阻段对应的 ρ_s 值较4号测深点大,说明该点低阻段的含水程度变差);而 ρ_s 曲线的尾支对应不透水红层,其 ρ_s 值有所上升。2、3、5、6号测深点的

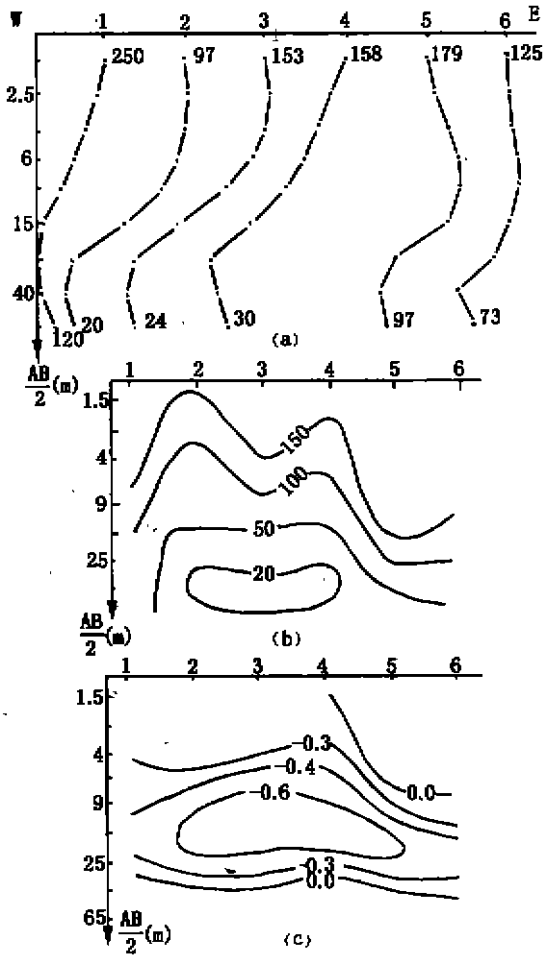

图1 长沙某厂1号剖面电测深成果图
(a)—电测深 ρ_s 曲线;(b)—ρ_s 等值线断面图;
(c)—K等值线断面图

本文1997年1月收到,6月改回,王延忠编辑。

维普资讯 http://www.cqvip.com

ρ_s曲线为KH型，ρ_s曲线的左支对应的是地表第四纪粘土，只是浅部粘土电性变化，导致ρ_s曲线的左支呈K型；ρ_s曲线中间层对应的是细砂夹砾石、卵石的含水低阻层(不同的是5、6号测深点的ρ_s曲线中间层对应的低阻层厚度变小)；ρ_s极小值对应的$AB/2$极距在增大，即低阻层的埋深增大。上述4个测深点的ρ_s曲线尾支同样与不透水的红层对应(ρ_s值上升)。总之，剖面内6个测深点ρ_s曲线类型虽然不同，但ρ_s曲线的中间层均不同程度反映出含水低阻层的存在，只是厚度和埋深各有不同。

在图1-(b)中，由于ρ_s值梯度变化不大，ρ_s等值线图仅说明地表浅部电性不均匀。$\rho_s=50\Omega\cdot m$的等值线由西向东对应的$AB/2$极距逐渐加大，说明地表地层向东倾斜，虽然存在一$\rho_s=20\Omega\cdot m$的闭合等值线，但无法判断剖面内含水构造及细砂夹砾石、卵石层的分布状况。

该剖面K等值线断面图(图1-(c))，由于压制了低频背景异常，使得K等值线相对于ρ_s等值线的分布变得园滑流畅，其中K=-0.3、-0.4的等值线形象地反映出浅部粘土向东倾斜的产状；而K=-0.2、0.0的等值线则反映底部不透水红层的存在；K=-0.4、K=-0.2的等值线对应于细砂夹砾石、卵石层的界线及走向。在2~5号测点下存在K=-0.6的闭合K等值线，说明该部位细砂夹砾石、卵石层较厚，推断为一东倾的过渡性贮水构造。从对ρ_s曲线特征分析入手，结合K等值线分布规律研究，确定了剖面内细砂夹砾石、卵石层分布及产状。根据上述解释结果，在该剖面东部6号测深点附近布设钻孔验证，钻探结果表明：0m~13.4m为粘土、细砂层，不含水；13.4m~23.7m为灰白细砂、砾石、卵石含水层，水量为220t/d；23.7m以下为不透水红层。

例2：某场远离市区，缺乏水源，场内出露地层为白垩纪戴家坪组红层，测区内无明显断层、破碎带通过，找水的关键是红层中是否存在含水构造。为此布置了一条长度为150m的电测深剖面(图2)，测深点距25m，最大$AB/2$为40m。

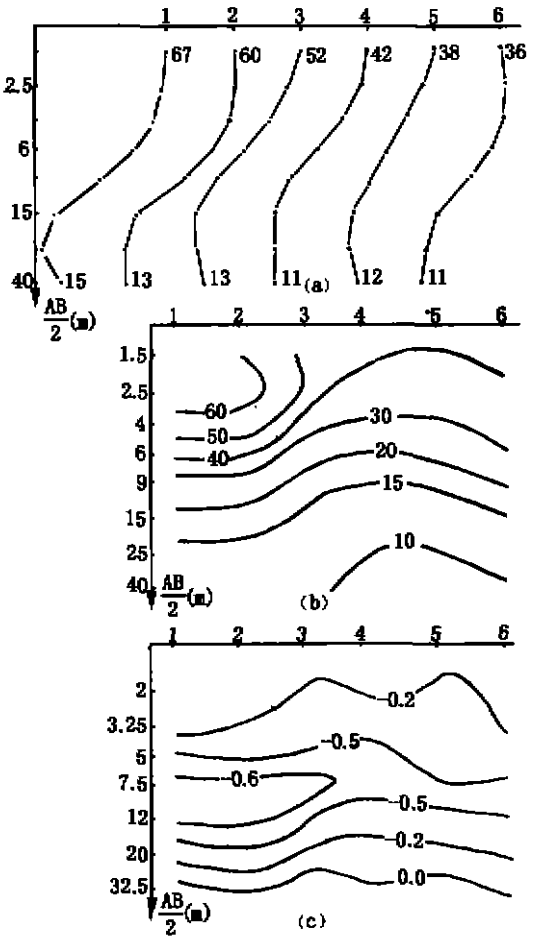

图2 某场1号剖面电测深成果图

(a)—电测深ρ_s曲线；(b)—ρ_s等值线断面图；

(c)—K等值线断面图

由图2-(a)可以看出：1号测深点ρ_s曲线为H型，ρ_s曲线的左支对应地表浅部的风化红层；ρ_s曲线的中段为低阻层；而尾支ρ_s值呈上升趋势。其余2~6号测深点的ρ_s曲线均属D型，说明ρ_s曲线的左支对应地表浅部的风化红层的电阻率值高于ρ_s曲线尾支对应的较深部位的红层的电阻率值。相对而言，较深部位的红层的湿度稍大。从上述ρ_s曲线不同类型分析，推断H型ρ_s曲线中段对

维普资讯 http://www.cqvip.com

应的低阻层可能含水。在图2-(b)中,因红层本身电阻率较低,其中的含水层与非含水层间电阻率差异也较小,从而导致 ρ_s 等值线的梯度变化很小,所以 ρ_s 等值线断面图仅能反映该剖面内地表介质电性局部不均匀性及红层呈层状的起伏分布,无法反映剖面内红层中是否存在含水构造。而在图2-(c)所示的K等值线断面图中,虽然K等值线的形态与 ρ_s 等值线断面图相似,同样反映出红层呈层状的起伏分布状态,但在1~3号测深点下有一个 K= -0.6 的局部K异常,范围从左至右逐渐变小,联系到 ρ_s 曲线的类型,推断这个局部的K异常对应的部位可能存在含水构造(这种纯红层中的含水构造绝大多数情况下呈蜂窝状的含水融蚀破碎带,范围通常不大)。在1号测深点附近进行了施工,证实在地下4.5 m~17.3 m深度范围内存在呈蜂窝状的含水融蚀破碎带,成井后日出水量达200t,在贫水的红层中找到了富水构造。

虽然上述二例含水构造性质不同,但共同点是含水层与非含水层间电阻率差异都很小,尽管 ρ_s 曲线的类型能说明有关低阻层存在的粗略概念,但单纯靠 ρ_s 等值线断面来进行判断则不能把红层中因含水构造的存在而导致电阻率值变小的实质反映出来(仅能反映出断面中不同电性层电阻率值的高低)。由于电测深反射系数(K)法是一种高通滤波方法,它对高频信号具有灵敏的响应(而地下水一般都呈高频特性),所以反射系数K异常曲线与地下含水构造之间能有好的形态相似性,即K等值线断面图中的K异常,不仅能把各种含水构造区分得清清楚楚,而且对含水构造的主要位置也能有明显的指示,这是利用反射系数(K)法成果能确定验证钻孔位置的原因。

2　区分红层中的含矿构造

例3:湖南×铜矿为砂岩型自然铜矿,矿区地层为紫色泥质粉砂岩,矿层大多赋存在其中的浅色层中,浅色层的电阻率值稍高于红层,含矿和非含矿浅色层电性差异不大,成矿与浅色层中的断层、破碎带密切相关,铜矿相对富集部位多在断面一侧的浅色层中。所以,探测和确定断层及浅色层的分布,则是提高找矿效果的一个重要途径。为了解断层及浅色层分布,在矿区的成矿远景区观测了6条激电测深剖面。由于低阻红层的屏蔽作用,观测到的激电异常属低缓异常,很难直接推断含矿浅色层的分布,于是利用 ρ_s、F_s 两种参数的综合解释来提高找矿效果。图3为其中3号剖面激电测量成果。

剖面内5条 ρ_s 曲线分为3种类型:1、4、5号测深点为AA型;2号测深点为AH型;3号测深点KH型。ρ_s 曲线的类型表明,剖面底部分布有电阻率值稍高的浅色层,只是中间2、3号点下浅色层埋深大于两侧(1、4、5号点)浅色层的埋深。

从图3-(a)可看出,ρ_s 等值线值从上而下逐渐增大,但梯度变化不大,说明红层整体电性较均匀。断面上部 ρ_s 等值线呈平行同步起伏分布,仅在 $AB/2=150$m 以下断面 ρ_s 等值线分布才有变化,说明断面上部地层分布单一,只是剖面底部可能存在电阻率稍高的浅色层,无法判断它的产状及是否有断层通过。

图3-(b)为3号剖面的K等值线断面图。剖面内存在明显的K值异常说明可能有局部电性不均匀体存在。整个剖面内K等值线的分布呈现出两个规律:一个规律是2~4号测点下K等值线都呈下凹状,反映了地下有导电性差异地层的分布规律,即剖面底部浅色层的产状支配了K等值线形态;另一规律表现在断面右侧4~5号测点下所有K等值线都同步下跌,说明剖面内上述测点下沿水平方向地层介质电性存在差异,推断是由于4~5号测点下有断层通过,导致地层上下错动而引起。

图3-(c)为实际的地质剖面。在地下

维普资讯 http://www.cqvip.com

150 m 左右存在一电阻率值稍高的浅色层，

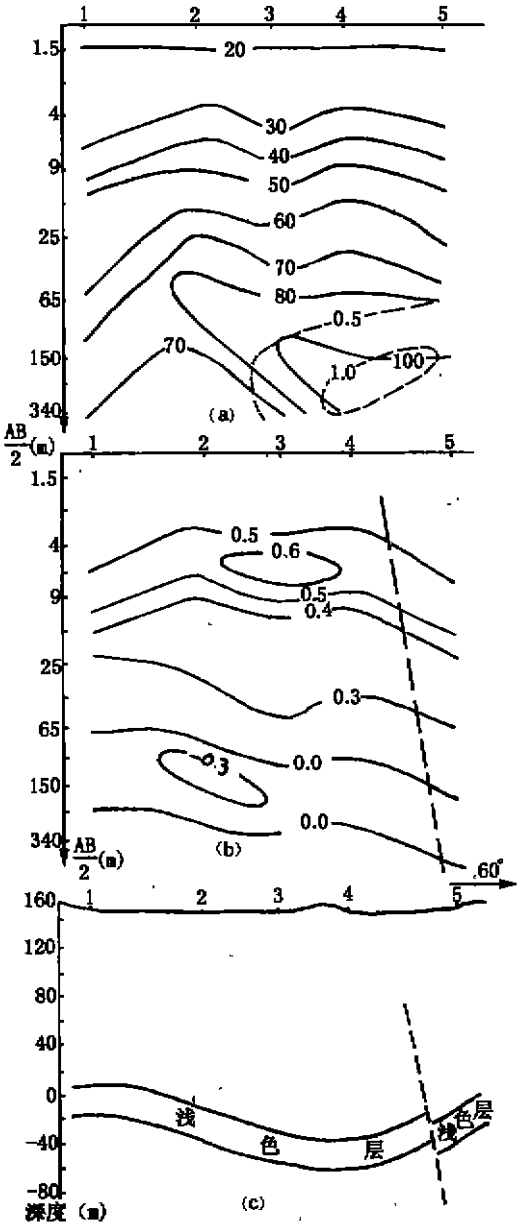

图 3 湖南×铜矿 3 号剖面激电测深成果图

(a)—ρ_s(实线)、F_s(虚线)等值线断面图；

(b)—K 等值线断面图；(c)—地质剖面图

中部呈下凹状；4～5 号测点下有一断层，断层右侧地层向下错动。可见 K 等值线的分布规律比较明显地反映出这种存在电性差异的地质构造。图 3－(a)右侧下部存在一低值视幅频率 F_s 激电异常(虚线)，说明在这一断层两侧浅色层中可能有矿化或矿体存在。

图 4 为该铜矿 5 号剖面的激电测深成果。该剖面共观测了 6 个测深点，1～6 号测点的 ρ_s 曲线类型分别 QH 型、A 型、AH 型、

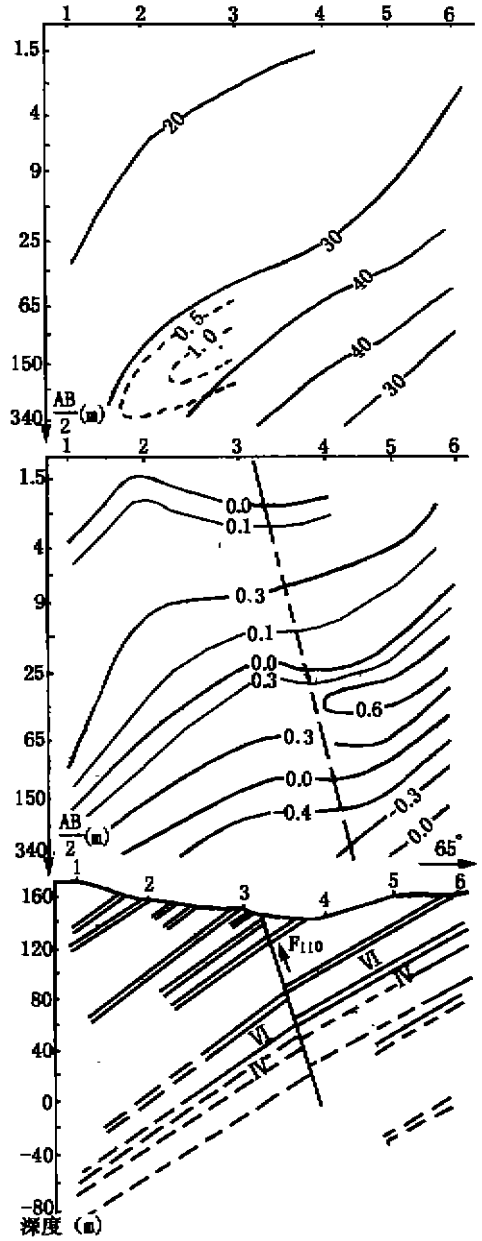

图 4 湖南×铜矿 5 号剖面激电测深成果图

(a)—ρ_s(实线)、F_s(虚线)等值线断面图；

(b)—K 等值线断面图；(c)—地质剖面图

AK 型、AK 型和 HK 型。ρ_s 曲线类型的差异

维普资讯 http://www.cqvip.com

说明1、2、3测点下电阻率值稍高的地层埋深较大;而4、5、6号测深点 ρ_s 曲线后半支都呈K型,即上述测点下电阻率值稍高的地层埋深较浅,这种 ρ_s 曲线类型的差异说明了剖面内沿水平方向地层电性的差异(电阻率值稍高的地层埋深由深变浅)。

在 ρ_s 等值线断面上,ρ_s 等值线均呈倾斜平行分布,ρ_s 值梯度小,中部 ρ_s 等值线数值略大于上、下部位等值线的 ρ_s 数值。说明断面内岩层向西南倾斜,断面中部存在电阻率稍高的地层。由于 ρ_s 等值线呈平行分布,无法确定剖面内是否存在断层。

在图4-(b)中,虽然K等值线也呈倾斜且平行分布(同样反映出断面内岩层产状),但从3号测点开始,从左至右,每条K等值线都先下凹再上抬(图中的虚线为凹陷的走向),在凹陷右侧存在一个K=0.6的局部异常,其下有K=0.3的连续等值线,同样反映出剖面中部有倾斜的电阻率值稍高的地层存在。根据上述分析,认为K等值线凹陷走向反映了断层在剖面内的存在部位;凹陷右侧为断层上盘,因浅色层上抬,埋深变浅,加之又具一定规模,所以局部K异常反映明显;由于断层破碎带内低阻介质的影响,使得K等值线在这些部位先下凹而后上抬。而在 ρ_s 等值线断面图中,红层、浅色层、断层充填物三者间的电性差异不足以引起明显异常,只能反映出简单的电性分层。反射系数(K)法的优点在于能把上述三者之间的电性差异引起的弱 ρ_s 异常加以提取和放大反映到K等值线断面图中。

对比地质剖面(图4-(c))可以看出,岩层倾向为南西,倾角30°±。图中Ⅳ为浅色层,埋深与K等值线图中K=0.6及其下部K=0.3对应的深度吻合,推断断层位置与地质剖面实际断层位置基本一致。此例说明,K等值线的分布规律不仅反映出剖面内岩层的产状及浅色层的分布,同时也较好地反映出剖面内断层位置及性质。在图4-(a)2~3号测点 $AB/2=150$m上下,出现一局部低值视幅频率 F_s 激电异常(虚线所示),推断在上述测点埋深约100m以下倾斜的Ⅵ浅色层中可能有矿化或矿体存在。

在上述实例中都有断层和电阻率值稍高的浅色层存在,只是岩层的产状及断层的性质不同。ρ_s 等值线仅能反映剖面中不同地层电阻率值的高低和地层产状趋势,无法确定剖面内断层及浅色层的存在部位。而K等值线的几何形态与地质构造有较好的形态相似性,既能反映不同电性层的分布情况,又能反映断层的分布及性质。所以利用反射系数(K)法可以较好的区分红层中地层结构和构造,起到指导间接找矿作用。

3　结论

3.1　在利用反射系数(K)法解释 ρ_s 曲线时,首先必须认真分析电测深 ρ_s 曲线类型变化,粗略判断各剖面地质断面的变化情况,为反射系数(K)法确定剖面地质构造提供依据。

3.2　在研究电阻率参数和 ρ_s 曲线类型的基础上研究剖面内K值的变化,用于电阻率值很低、含水层和非含水层间电阻率差异又很小的红层地区找水以及含矿层和非含矿层间电阻率差异小,或迭加有断层破碎带的红层中找矿,能明显地反映出这种电性差异小的不同电性层的分布;K等值线几何形态与各种地质构造间较好的形态相似性,能准确地反映出剖面内存在的各种地质构造。所以,无论是找水或找矿,反射系数(K)法用于红层地区的 ρ_s 曲线解释,都可以取得明显地质效果。

参考文献

1　陈树金.电测深导数在水文物探中的作用.物探与化探,1990,14(2):149~151

(下转第61页)

维普资讯 http://www.cqvip.com

固结体顶部得到浆液填补,保证了桩顶的完整性。

3 质量检查

五一路银行的单管旋喷施工加固质量,是采取现场静载试验及钻孔直接取芯作室内试验进行检验的。经现场静载试验表明各项指标均满足单桩承载力190kN,复合承载力250FPa压缩模量Es>8.0MPa的要求。通过对4桩孔12组芯样的观察及抗压强度试验表明:桩体胶结情况良好,抗压强度高达300FPa。总之,旋喷加固质量完全达到设计要求,社会效益和经济效益都很好。

4 几点体会

(1)旋喷法作为一种新型快速的施工方法,其技术参数的选取是至关重要的,也是复杂地基采用该方法能否成功的关键。

(2)旋喷深度大时,易造成上粗下细的固结体,影响桩承载作用,因需采用增大压力和流量或降低旋转和提长速度等措施补救。

(3)冒浆量过大,可采用提高喷射压力,缩小喷嘴直径,加快提升及旋转速度等措施。

(4)高压旋喷后水泥浆有析水作用,造成桩顶部出现凹穴现象,对地基加固不利,为此可采用静压注浆的方法补救。

APPLICATION OF SINGLE - VALVED HIGH PRESSURE JET GROUTING IN THE CONSOLIDATION OF SOFT SUBGRADE

Hu Erahong

The engineering practice is exemplified to describe the application of single - valved high pressure jet grouting in consolidation of soft subgrads and to discuss the choice of the technical parameters and the design of construction.

Key words single - valved grouting, soft subgrade

第一作者简介:

胡二中　男,1970年生。1994年毕业于中南工业大学勘察工程专业。主要从事钻井工程、岩土工程方面的教学、科研工作。

通讯地址:湖南省长沙市岳麓山　中南工业大学地质系　邮政编码:410083

(上接第41页)

THE APPLICATON OF REFLECTION COEFFICIENT(K) METHOD IN DEFINING GEOLOGICAL STRUCTURES IN THE RED BEDS

Chen Shaoqiu

The use of the reflection coefficient (K) method for explaining resistivity ρ_s curves can effectively distinguish the different types of geological structures in the red beds.

Key words reflection coefficient (K), red beds, geological structure

第一作者简介:

陈绍求　男,1944年生。1970年毕业于中南矿冶学院地质系物探专业,留校任教至今,副教授。主要从事电法勘探的科研和教学工作。

通讯地址:湖南省长沙市岳麓山　中南工业大学地质系　邮政编码:410083