

不同电阻率测深方法对旁侧不均匀体的反映

强建科^{1,2}, 阮百尧²

(1. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074; 2. 桂林工学院, 广西 桂林 541004)

摘要: 利用三维有限元数值模拟, 重点研究了旁侧三维不均匀体所产生的视电阻率的影响问题, 展示了 4 种常规电阻率测深法在旁侧不均匀体上的异常分布特点; 探讨了测深点正下方目标体异常与旁侧不均匀体异常的区别问题, 指出旁侧不均匀体的影响是产生电阻率法假异常的主要原因之一。

关键词: 电阻率测深; 旁侧不均匀体; 异常区分; 三维数值模拟

中图分类号: P631.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 8918(2003) 05 - 0379 - 04

影响电阻率法测量结果的因素有许多, 像地形起伏、地表局部电性不均匀、倾斜地层、旁侧电性差异大的岩层、断裂破碎带及溶洞、铁管、池塘、河沟、建筑物等等, 都会使视电阻率曲线发生畸变, 忽略这些影响将使推断解释工作难以进行, 甚至导致错误的地质结论。因此, 在电阻率法测量中, 对浅部不均匀体引起的畸变的研究, 既是理论研究的热点, 又是生产实践中急需解决的问题。这些研究工作将有利于缩小物探资料解释中多解性的范围, 使解释结果更接近实际地质情况。

我们通过三维有限元数值模拟^[1,2], 就常用的二极测深、三极测深、对称四极测深和偶极测深 4 种情况下旁侧不均匀体(低阻体、高阻体)的影响问题加以对比, 研究其异常分布规律。其中二极测深记录点在 AM 中点, 装置具有对称性; 三极测深记录点在 AO 中点, 装置不对称; 对称四极测深记录点在 MN 中点, 装置具有对称性; 偶极测深记录点在 OO' 中点, 装置具有对称性。

1 单测深点低阻不均匀体的影响对比

假设主测线的旁侧有一低阻不均匀体直接出露

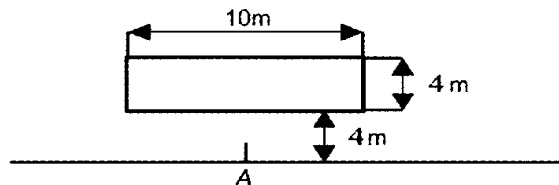


图 1 不均匀体模型平面示意

于地表, 大小为 10 m × 4 m × 2 m, 电阻率 10 Ω · m,

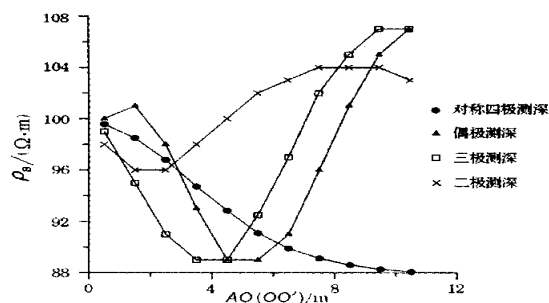


图 2 旁侧不均匀体为低阻时不同装置的测深曲线
围岩电阻率 100 Ω · m。模型设置见图 1。

图 2 中 4 条 ρ_s 曲线是在 A 点上的 4 种不同装置测得的测深曲线(二极、三极和偶极测深点数据来自其剖面上相应位置垂直方向上电阻率的变化)。很明显, 二极测深曲线的 ρ_s 受不均匀体的影响最小, 深度影响较浅, 其最小 ρ_s 值为 96 Ω · m, 曲线形态为三层曲线特征; 三极测深曲线受到的影响比二极的大, 其最小 ρ_s 值为 89 Ω · m, 曲线形态为三层曲线特征, 影响的深度也变大了; 对称四极测深、偶极测深受影响的程度与三极相当。其中对称四极测深最小 ρ_s 值为 88 Ω · m, 测深曲线形态表现为两层特征。偶极测深曲线形态为三层特征。

2 单测深点高阻不均匀体的影响对比

把不均匀体的电阻率改为 500 Ω · m, 其他参数不变。图 3 是模拟结果, 可以看出高阻体在低阻围岩中反映不明显, 因此, 旁侧高阻体的影响非常有限。二极、三极、对称四极 3 条测深曲线的形态类似, 都呈现三层曲线特征。二极测深曲线受旁侧高阻不均匀

体的影响最小,对称四极曲线受影响最大。

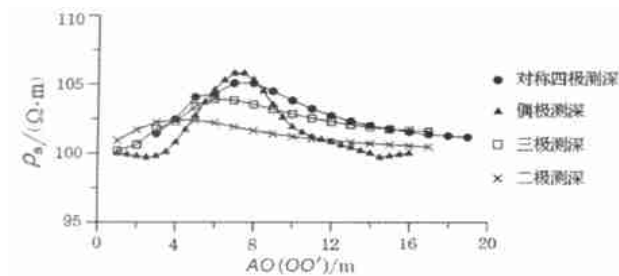


图3 旁侧不均匀体为高阻时不同装置的测深曲线

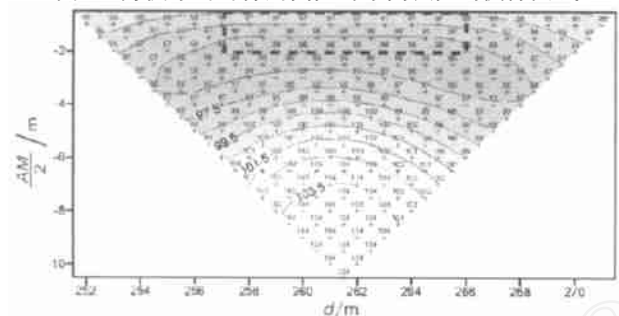


图4 旁侧低阻不均匀体二极装置 \$\rho_s\$ 测深断面

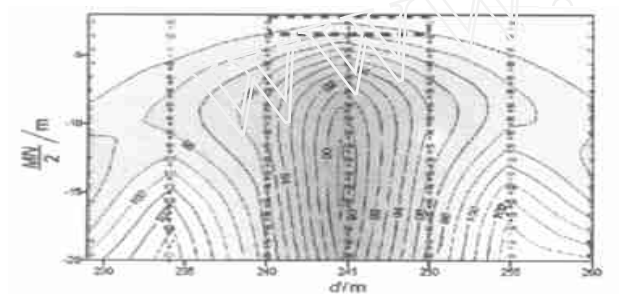


图6 旁侧低阻不均匀体对称四极装置 \$\rho_s\$ 测深断面

图5为三极测深 \$\rho_s\$ 断面。由于三极测深电极装置不对称,造成异常也不对称。该装置记录点在 \$MN\$ 中点,其 \$\rho_s\$ 异常中心偏离异常体的位置太远,可读性差,故这里所做的三极测深记录点在 \$AO\$ 中点。从断面图上看,异常中心位于模型左下边,深度取决于异常体与主测线之间的距离,这说明不均匀体对主测线 \$\rho_s\$ 影响很大。由于不均匀体距离测线有 4 m 远,所以主测线下 0~4 m 处受影响较小。

对称四极测深是我们常用的一种测深方法,如图6所示,240点、245点和250点测深曲线呈二层特征,深部为低阻反映,245点受影响最大,最低视电阻率为 \$88 \Omega \cdot m\$;230、235、255、260点所受影响较小,曲线形态呈三层特征。从整条剖面看,不均匀体旁侧产生的影响同测线下 4 m 处有同样大小的低阻体异常类似(见图8)。

图7为轴向偶极测深 \$\rho_s\$ 断面。图中异常形态基本对称,呈三大部分,第一部分为高阻 \$100 \Omega \cdot m\$

3 低阻不均匀体的视电阻率断面异常

为了从剖面上进一步认识旁侧不均匀体的影响,对图1中的模型作了二极测深、三极测深、对称四极测深、偶极测深等4种方法的剖面测量。

图4是二极测深 \$\rho_s\$ 断面等值线。从图上看,总体异常对称,从上往下依次为高—低—高阻,其中低阻是对旁侧不均匀体的反映,但强度很小,仅 3~4 \$\Omega \cdot m\$,位于地下 1~3 m 深处。

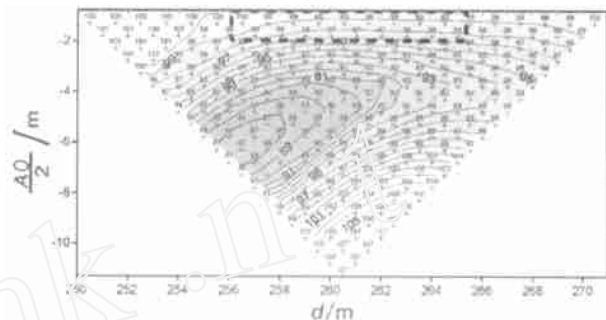


图5 旁侧低阻不均匀体三极装置 \$\rho_s\$ 测深断面

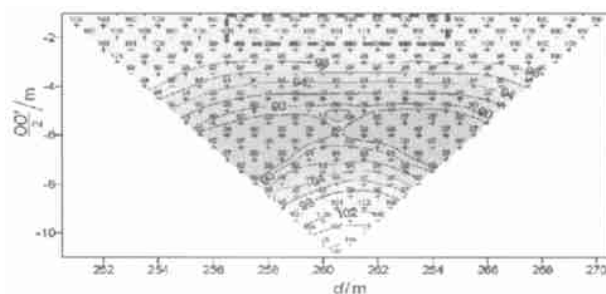


图7 旁侧低阻不均匀体偶极装置 \$\rho_s\$ 测深断面

左右,对应深度 2~4 m;第二部分为低阻区 \$80 \sim 90 \Omega \cdot m\$ 左右,对应深度 4~8 m;第三部分为高阻区 \$100 \sim 110 \Omega \cdot m\$,对应深度大于 8 m。从整体上看,旁侧不均匀体产生的影响类似于在测线正下方有一个同参数模型产生的异常(见图9),只是异常大小不同罢了。这个问题也说明了地球物理解释多解性的一个原因,在这种异常上作工程验证,肯定一无所获,其真正原因是不均匀体的旁侧影响所致。

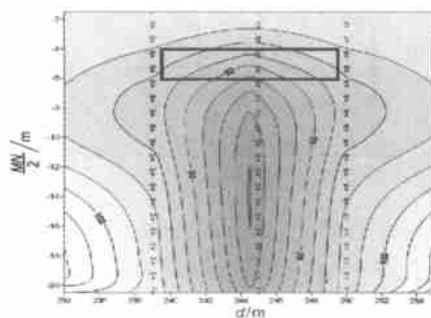
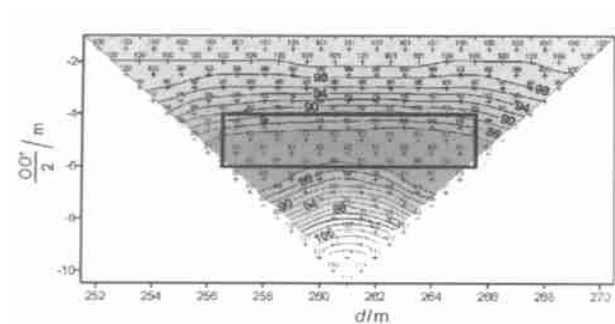
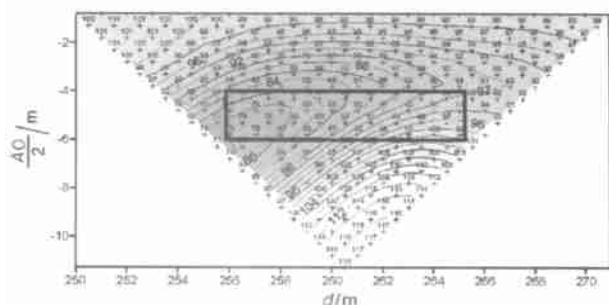


图8 低阻体上对称四极装置 \$\rho_s\$ 测深断面

图9 低阻体上偶极装置的 ρ_a 测深断面图10 低阻体上的三极装置 ρ_a 测深断面

4 测线正下方低阻体的视电阻率异常断面

区别目标体和旁侧不均匀体产生的异常是件有意义的事。为了研究这个问题,我们将图1中模型的位置做了改变,置于测线的正下方,顶埋深4 m。

经过三维数值模拟,得到了低阻体上4种测深方法的结果(只给出3种装置的模拟结果,图8~图10),可以看出,异常形态与旁侧不均匀体产生的异常形态非常相似,只是 ρ_a 值的大小有一点差异。这说明测线下的目标体与测线旁侧不均匀体可以产生同样的视电阻率异常形态,是不可区分的。这给资料解释带来了很大的困难。但是,既然这2种模型的位置不同,就给了我们一个启示:增加野外工作,沿垂直原测线、异常最大处作1条电剖面或测深剖面,用来确认和区分异常体的空间位置。

5 水槽物理模拟实验

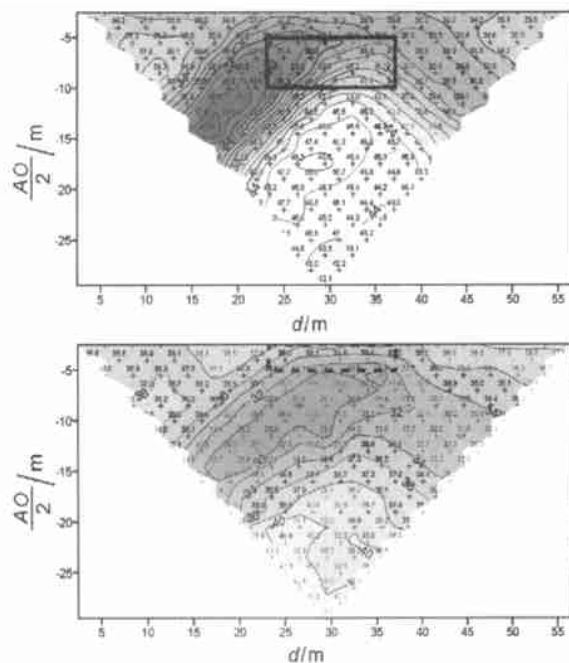
水槽模拟实验的结果基本与数值模拟的一样。图11为三极测深(也称为单极梯度测深)的实验结果,记录点为AO的中点,点距3 cm, $MN = 4$ cm。水槽长145 cm,宽115 cm,深130 cm;模型为石墨扁圆柱体:直径14 cm,高5 cm;实验中模型在测线下方时顶埋深5 cm,在旁侧时,模型边界距主测线5 cm。仪器采用重庆奔腾数控技术研究所生产的WDDS-1型数字电阻率仪。

在测量过程中,虽然由于极化、跑极不准等原因,实测数据不够光滑,但异常形态完全反映出来了,主测线下方的模型和侧方的模型异常形态非常相似,数值模拟结果和物理模拟也很相似。

6 结论与建议

通过以上4种测深方法在不均匀体旁侧的研究,我们得出几点认识。

(1) 不均匀体为低阻体时,其对主测线视电阻率的影响远大于高阻体。

图11 模拟实验三极装置 ρ_a 测深断面

a—模型位于测线下方;b—模型位于测线旁侧

(2) 不均匀体对不同装置的测深结果影响程度、范围不同。相比较而言,二极测深所受影响较小,其他三种测深方法受影响较大;三极测深异常不对称,二极、四极和偶极异常对称。

(3) 不均匀体旁侧影响与位于测线下同参数不均匀体模型的目标体上产生的视电阻率异常形态类似,因此可以说,不均匀体的影响是产生地球物理解释多解性的一个主要原因。

(4) 对比可知,三极和偶极测深对低阻体分辨率最高,对称四极次之,二极测深最差。

参考文献:

- [1] 阮百尧,熊彬,徐世浙.三维地电断面电阻率测深有限元数值模拟[J].地球科学,2001,26(1).
- [2] 阮百尧,熊彬.电导率分快连续变化三维地电断面电阻率测深有限元数值模拟[J].地球物理学报,2002,45(1):131-138.

[3] 鲍光淑,孙紫英.用边界积分方程法对地下目标体基本定位

[J].中南工业大学学报,2000,31(2):102-105.

THE REFLECTION OF THE LATERAL INHOMOGENEOUS BODY BY DIFFERENT RESISTIVITY SOUNDING METHODS

QIAN G Jian-ke^{1,2}, RUAN Bai-yao²

(1. China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Guilin Institute of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: The successful application of the 3-D finite element method for numerical modeling makes it possible to study the lateral inhomogeneous body. This paper mainly discusses the influence of the lateral 3-D inhomogeneous body upon the approximate resistivity. The anomaly characteristics of the inhomogeneous body are shown by four kinds of resistivity sounding methods. The anomaly differences between the objective and the inhomogeneous body are also illustrated. It is pointed out that the influence of the inhomogeneous body is one of the chief causes responsible for the false resistivity anomaly.

Key words: lateral inhomogeneous body; 3-D numerical modeling; DC resistivity sounding method; multi-solution property

作者简介: 强建科(1967-),男,陕西省岐山县人。毕业于中国地质大学,在中国地质大学地球物理系从事电法研究工作,讲师,正在攻读硕士学位。

· 企业风采 ·

重庆地质仪器厂

重庆地质仪器厂是原地质矿产部直属专业从事地球物理勘探仪器研制、生产的国家重点企业,是中地装备集团物探仪器的生产基地。30多年来企业聚集了国内地勘仪器研制和生产的优秀人才,吸收国际先进的电子仪器制造技术,开发生产了地震、电法、测井、放射性测量等4个门类各种型号的地质仪器。这些仪器广泛应用于地质找矿、工程勘查、地震监测、寻找地下水等领域。我厂依靠严格的企业管理、可靠的产品质量,于2001年获ISO9001国际质量体系认证。

目前,我厂生产的物探仪器品种有:

电法仪器:DUK系列高密度电法测量系统、DZD系列多功能直流电法仪、DDC-5型电子自动补偿仪、DJF₅-8型5kW时间域激电仪发射机、DJF₁₀-8型10kW时间域激电仪发射机、DJS₈型激电仪接收机、DZ₃-1型3kW整流电源、DZ₅-1型5kW整流电源、DZ₁₀-1型10kW整流电源。

地震仪:DZQ6型6道工程地震仪(面波仪)、DZQ24型24道地震仪。

检波器:1~100Hz,有垂直检波器、水平检波器、井中检波器、垂直水平合成三分量检波器及高灵敏度、高阻尼检波器。

测井仪器:JGS-1智能工程测井系统;绞车:300m手摇绞车,600m、1000m、1500m、2000m自动绞车;探管:密度、声波、井温、三侧向、磁化率、电极系、井径、能谱等探管。

放射性仪器:HFS-6型α射线快速测量仪、FD-803型γ射线检测仪、HYX-6微机X射线荧光仪、FD-256A多道能谱仪。

重庆地质仪器厂竭诚为客户服务,欢迎来电、来函咨询与洽谈。

地 址: 重庆市沙坪坝区半边街2号,400033

电 话: 023-65291554;13908371410

传 真: 023-65291557

网 址: <http://www.cgif.com.cn>

电子信箱: cdy@cgif.com.cn