

38-40, 61 井间电磁波场强幅值的相对归一化

P 631.813
TV221

魏明果

(武汉水利电力大学·宜昌·443002)

刘润泽

(长江工程地球物理勘测研究院·宜昌·443002)

提出并建立了井间电磁波场强幅值的相对归一化方法,解决了成像控制方程间的相容性问题,结合工程实践给出了应用结果的评价实例。

关键词 电磁波, 场强幅值, 归一化

磁测井, 水利工程

地球物理层析成像是根据地质体外部的测量数据对射线路径的线积分,然后利用计算机技术重现地质体内部的二维成像技术,这种技术简称CT。

CT图象重建的好坏与算法好坏有关,故应加强对算法的改进,以期更趋稳定。但在其他方面,如观测系统的配制、数据的采集以及数据的预处理对图象重建精度的影响也是不可忽视的。

90年代水利水电工程物探在数据预处理上是根据经验把数据中认为明显不合理的数据剔除,然后再把同一组发射、接收点间的两个互换数据进行算术平均作为有用数据输入,这种方法简单而易于操作,但其不合理性也是显而易见的。

1 问题的提出

基于射线理论的电磁波层析成像是通过测量一定观测区域内射线的场强,研究电磁波在地层中传播时吸收场的变化,从而反映地下不同导电性的地质体,达到寻找地质异常的目的。

在射线光学近似下,电磁波在有耗介质中的衰减幅值传输方程可表示为^[1]

$$E = E_0 \exp \left[- \int_R x(r) dr \right] f/R \quad (1)$$

其中 E :测得的场强幅值; E_0 :波源初始幅射值; R :发射点到接收点间的射线路径; f :方向因子; $x(r)$:介质的视衰减系数。影响电磁波成像效果的原因很多,其主要原因是测量数据的有限性和不精确性。测量数据的有限性主要包括:测量波场信息的有限性,观测系统的有限性以及天线辐射的方向性等。这些因素有的有待于硬件水平的提高,有的受地球模型的限制一时难以解决。

图1为一实测电磁波场强幅值曲线及其互换曲线。根据互换原理,在一定条件下两曲线应重合,造成两曲线不重合的原因很多,其主要有:

- 1)各种界面的反射波和侧面波;
- 2)异常体或围岩不均匀性引起的散射波;
- 3)各源点及接收点周围介质的不同,使得初始幅射值 E_0 以及接收特性发生的变化。

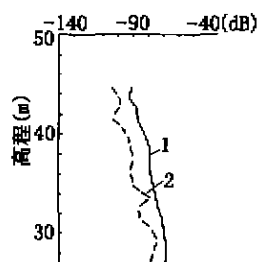


图1 某剖面实测曲线(1)及互换曲线(2)对比图

因此,我们所观测的数值实际上是上述各种因素相互影响下的一种复合值。如果用这些数据成像就会导致当 E_0 取常数时,各观测值不都满足(1)式,离散后的成像控制方程之间也不都相容,从而影响成像效果。

在射线CT条件下,影响成像诸因素中,最关键的是 E_0 的估计,这不仅在于 E_0 是未知的,更在于介质电磁参数变化较大时, E_0 随位置而变化。目前对 E_0 的处理,一般取常数,其估算方法大都采用“迭代线性拟合”^[2]或经验取值,然后成像。也有的回避直接求 E_0 ,采用“相对衰减层析成像”^[3]。用“迭代线性拟合”求 E_0 常常会得不到合理的结果。对于一实测剖面而言,经验 E_0 值的选取,往往是一个棘手的问题。“相对衰减层析成像”虽然回避了直接求 E_0 的问题,但求出的背景场是否就是真实的背景场?值得探讨。到目前为止,对 E_0 的处理还没有一个比较成熟的方法。在应用中,一旦认为 E_0 为常数,就会使得观测数据不能都满足(1)式或“相对衰减成像公式”,从而使成像控制方程间不都相容。因而电磁波场强幅值成像效果的好坏,不在于 E_0 取什么样的常数,而在于它该不该取常数。本文

提出了一种“电磁波井间场强幅值的相对归一化”方法,用以解决成像控制方程之间的相容性问题。

2 基本原理

综上所述,(1)式中 E_0 实际上是受各种因素影响的综合因子。

$$\text{令 } E_0 = E'_0 \cdot K$$

式中: E'_0 : 分解出来的“视初始幅射常数”; K : 各源点的“相对综合因子”,亦称各源点的“相对归一系数”。

则(1)式变为

$$E/K = E'_0 \exp \left[- \int_R x(r) dr \right] \cdot f/R \quad (2)$$

利用(2)式进行成像,须满足 E'_0 为常数,且互换观测的 E/K 值互换。

我们把求 K 的过程叫做对“井间电磁波场强幅值的相对归一化”。

互换原理告诉我们,如果保持发射、接收条件不变时,发射点和接收点可以互换,且测得的场强值应和原来测得的场强值一样^[4]。

基于此,我们对观测数据进行校正,使互换观测值经校正后满足互换原理。此时的校正系数就是“相对归一系数”。如果认为互换观测中电磁波经过的路径相同,介质对波的吸收特性或某种意义下的虚拟的视衰减系数相同,则通过相关分析、迭代算法等可求出各源点的“相对归一系数” K ,从而可利用(2)式进行成像。

3 算法实现

采用迭代方法实现电磁波初始幅值相对归一化(图2),设 $Zk1$ 孔的 $11, 12, \dots, 1p$ 为激发点, $Zk2$ 孔的 $21, 22, \dots, 2q$ 为接收点,得到 $p \times q$ 个原测值,然后交换发射和接收,在 $Zk2$ 孔的 $21, 22, \dots, 2q$ 点激发, $Zk1$ 孔的 $11, 12, \dots, 1p$ 点接,收得到 $q \times p$ 个互换值。对于 $1i \sim 2j$ ($i=1, 2, \dots, p; j=1, 2, \dots, q$) 这条路径,设原测值为 E_{1i-2j} ,互换值为 E_{2j-1i}

$$\text{设 } E_{01i} = K_{01i} \cdot E'_0 \quad E_{02j} = K_{02j} \cdot E'_0$$

则由(1)式得

$$E_{1i-2j} = K_{01i} \cdot E'_0 e^{-B_r f/r} \quad (3)$$

$$E_{2j-1i} = K_{02j} \cdot E'_0 e^{-B_r f/r} \quad (4)$$

根据互换原理(3)、(4)两式相除得

$$\frac{E_{1i-2j}}{E_{2j-1i}} = \frac{K_{01i}}{K_{02j}}$$

即

$$K_{01i} = \frac{E_{1i-2j}}{E_{2j-1i}} \cdot K_{02j} \quad (5)$$

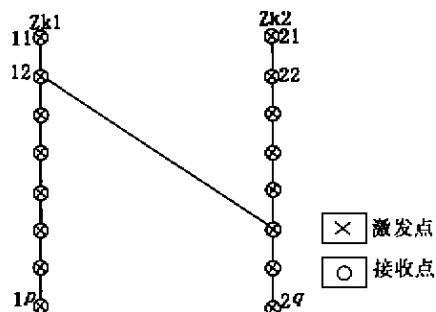


图2 钻孔电磁波观测布置图

若考虑到孔斜,则须将方向因子 f_{1i-2j}, f_{2j-1i} 考虑进去,则(5)式为

$$K_{01i} = \frac{E_{1i-2j}}{E_{2j-1i}} \cdot \frac{f_{2j-1i}}{f_{1i-2j}} \cdot K_{02j} \quad (6)$$

若在源点 $1i$ 处作 q 次互换观测,则 $1i$ 点的 k_{01i} 值在第 L 次迭代时的修正值为:

$$\Delta K_{01i}^{(L)} = \gamma \left[K_{01i}^{(L-1)} - \left(\frac{1}{q} \sum_{j=1}^q \frac{E_{1i-2j}}{E_{2j-1i}} \cdot \frac{f_{2j-1i}}{f_{1i-2j}} \cdot K_{02j}^{(L-1)} \right) \right] \quad (7)$$

类似地,对于源点 $2j$ 同样有

$$\Delta K_{02j}^{(L)} = \gamma \left[K_{02j}^{(L-1)} - \left(\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \frac{E_{2j-1i}}{E_{1i-2j}} \cdot \frac{f_{1i-2j}}{f_{2j-1i}} \cdot K_{01i}^{(L-1)} \right) \right] \quad (8)$$

$$\text{当 } \left| \frac{E_{1i-2j}}{K_{01i}} - \frac{E_{2j-1i}}{K_{02j}} \right| < \epsilon \text{ 时}$$

迭代终止

其中 γ 为阻尼因子, $i=1, 2, \dots, p; j=1, 2, \dots, q; \epsilon > 0$ 为事先给定的误差标准。

4 实例

在汉江崔家营水利枢纽工程中利用钻孔电磁波方法探测河床部位 $Z91, Z92, Z93$ 孔孔间岩溶洞穴分布情况的工作中,按上述原理,对 $Z92 \sim Z93$ 剖面进行了全互换观测(图3)。

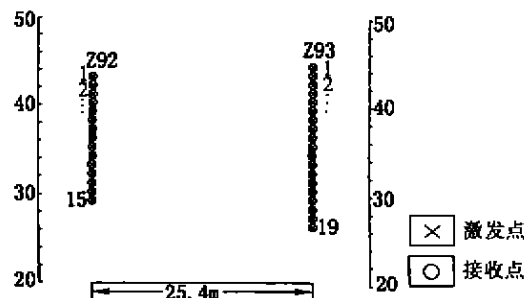


图3 野外观测布置图

野外水上作业采用 JWQ—3A 型钻孔电磁波仪,工作频率 32 MHz,天线长度 0.8 m。发射、接收点距均为 1 m。首先在 $Z92$ 孔 $1, 2, \dots, 15$ 点发射,在 $Z93$

孔 1, 2, ..., 19 点接收, 得到原测值 (ED1) 15×19 个。然后在 Z93 孔 1, 2, ..., 19 点发射, Z92 孔 1, 2, ..., 15

点接收, 得到 (ED2) 19×15 个。对观测数据进行归一化处理后各源点的相对归一系数 K 见表 1, 实测

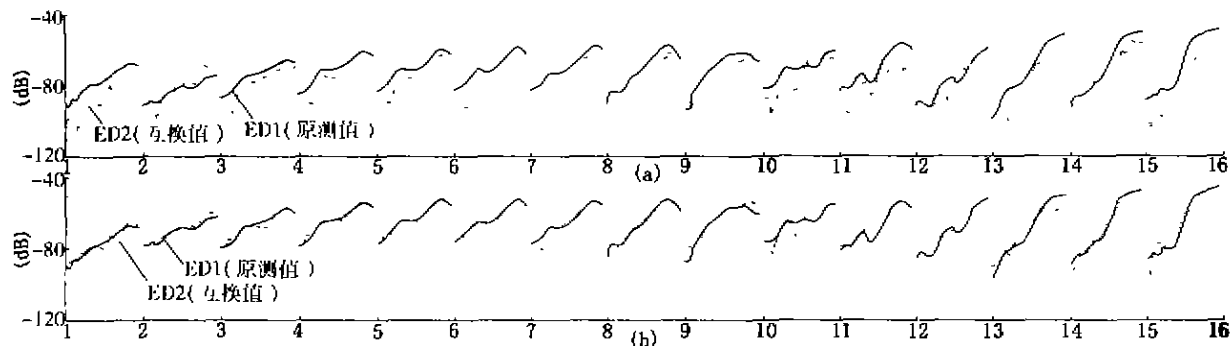


图 4 实测曲线进行归一化处理前后对比图

(a) ED1 和 ED2 的对比曲线; (b) 经 E_0 常数化后的 ED1 和 ED2 对比曲线

曲线与处理后的实测曲线见图 4(a、b)。

图 4(a) 的互换差及均方差以及归一处理后的图 4(b) 的互换差及均方差见图 5。

以及围岩的各向异性, 造成归一处理后的 ED1 和 ED2 不太吻合, 但两者成像结果都趋于一致。

表 1 各源点观测数据相对归一系数 K 表

Z92		Z93	
孔高程 (m)	相对归一系数 K	孔高程 (m)	相对归一系数 K
43.40	1.0000	44.68	0.3046
42.40	0.2521	43.68	0.3214
41.40	0.4548	42.68	0.2233
40.40	0.5000	41.68	0.1267
39.40	0.5189	40.68	0.1643
38.40	0.5224	39.68	0.3214
37.40	0.6034	38.68	0.3363
36.40	0.5565	37.68	0.3255
35.40	0.5300	36.68	0.2663
34.40	0.5587	35.68	0.3143
33.40	0.7626	34.68	0.3467
32.40	0.4384	33.68	0.5027
31.40	0.8329	32.68	0.2741
30.40	0.7543	31.68	0.3706
29.40	0.7790	30.68	0.2996
		29.68	0.4018
		28.68	0.3331
		27.68	0.2869
		26.28	0.3113

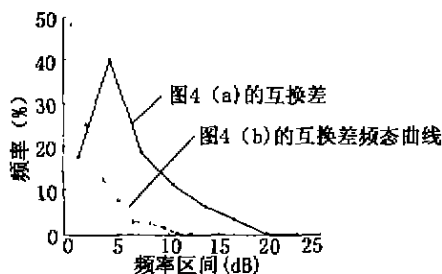


图 5 进行归一化处理前后的互换差及其频态曲线

对实测 ED1 及 ED2 和归一化处理后的 ED1 及 ED2 的成像处理采用熟知的 ART 算法, 网格划分的 $2 \times 2 (\text{m}^2)$, 处理结果见图 6

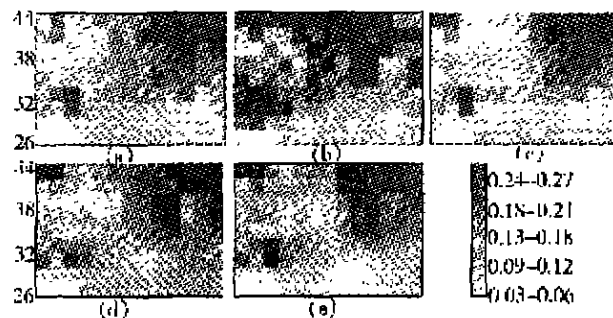


图 6 实测和归一化处理后的 ED1 及 ED2 的成像处理

(a) 对 ED1 的成像; (b) 对 ED2 的成像; (c) 对 E_0 常数化后的 ED1 的成像; (d) 对 E_0 常数化后的 ED2 的成像; (e) 对 E_0 常数化后的 ED1 和 ED2 的平均值的成像

由图 4 可知, 实测的 ED1 和 ED2 互换差较大, 对 ED1 和 ED2 成像, 其差异较大, 这将给地质推断带来一定的困难。归一化处理后的 ED1 和 ED2 互换差较小, 由于水上作业, 互换前后点位可能不一致

由上可知, 井间电磁波场幅值的归一化处理方法对提高以场强幅值衰减为研究参数的电磁波层析成像的实测数据预处理是一个有力的工具, 解决了实际中 E_0 不为常数使层析成像处理质量降低这一难题。该原理同样适用于地震资料的归一化。

参考文献

- 侯杰昌. 电磁波传播原理. 武汉: 武汉大学出版社, 1991
- 刘立振. 在噪声情况下计算电磁波正常场. 物化探计算技术, 1986, 8(3): 237 ~ 244
- 刘立振. 重建地下介质相对衰减的分布. 地球物理学报, 1990, 33(1): 65 ~ 70
- 《钻孔电磁波法》编写组. 钻孔电磁波法. 北京: 地质出版社, 1982

(下转第 61 页)

P9,35(3).-61

地基基础,热力管道、地下水泥砼盖板等较多,成孔和下止浆塞困难,提钻时易卡钻。

(2)由于施工场地地层土松软,注浆时出现难以止浆,邻近孔有串浆情况。在施工中针对此情况,采用了下套管法,自上而下注浆法,自下而上注浆法,实际情况表明采用后者止浆效果显著,压力达到0.3 MPa,部分孔达到0.8 MPa~1.2 MPa,注浆量等各参数满足了设计要求。对于串浆,采用增大施工孔间距和对施工完的孔用砼捣实封孔的办法,避免串浆。总之,对压浆这一环节作了重点攻关。检验结

果表明,砂层的渗透系数值 $K(\text{cm/s})$ 由 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 数量级减少到 $10^{-4} \sim 10^{-5} \sim 10^{-6}$ 数量级,质量完好。

(3)本次施工曾出现2次堵管现象,其原因是:场地电源容量不足,无法增设搅拌机,灌浆中途需等浆,易形成堵泵和堵管。

(4)因甲方放线订桩位原因,实际现场无187#孔桩位,造成倒数63号孔位与61号孔重复,造成重打,工作进尺10 m后补灌。

建议降水应在防渗帷幕强度达到要求后再进行。

THE GROUTING CURTAIN ENGINEERING OF THE HONGYUAN MANSION

Zhang You

The designing, construction, technology of grouting curtain engineering of the Hongyuan mansion are presented and its protection measures which should be taken are summarized.

Key words static pressure grouting, grouting from bottom to up, seepage - controlling grout, seepage parameter

第一作者简介:

张有男,1965年生。1988年毕业于中国地质大学探工系。现工作单位为北京矿务局综合地质工程公司,现任总公司工程经营部部长。

通讯地址:北京市门头沟区门头沟路24号 北京矿务局地质工程公司 邮政编码:102300



(上接第40页)

A NORMALIZATION METHOD FOR FIELD STRENGTH AMPLITUDE OF ELECTROMAGNETIC WAVES BETWEEN WELLS

Wei Mingguo, Liu Runze

A normalization method for field strength amplitude of electromagnetic waves between wells is put forward to solve the compatibility problems in the engineering of the formation of images. In the light of practical engineering, several examples of evaluation on practical engineering effectiveness have been exhibited.

Key words electromagnetic wave, amplitude of field strength, normalization

第一作者简介:

魏明果男,1946年生。1982年毕业于武汉水利电力大学数学师资班。现任武汉水利电力大学(宜昌)基础课部副教授,主要从事应用数学的教学与科研。

通讯地址:湖北省宜昌市 武汉水利电力大学基础课部数学教研室 邮政编码:443002



MRR系列基岩扩底钻头再次在徐州使用获得成功

Tub-X

地矿部勘探技术研究所大口径钻头与钻具研制中心设计生产的MRR1500/2400基岩扩底钻头1997年在徐州电业局科技生产综合楼工地由江苏省徐州基桩工程公司成功使用后,基岩扩底灌注桩得到了江苏省地矿厅、徐州市城市建设委员会、徐州市建管局、徐州市土木工程质监站、徐州市有关设计院和开发公司的充分肯定,并认为“钻孔嵌岩扩底桩”的推广和应用,对于徐州市市区的高层建筑的规划布局与设计以及地下基础的设计和建造都具有重要的现实指导意义。

1998年,徐州市再次在白云大厦股份公司二期工程采用了钻孔嵌岩扩底桩,该基础工程由江苏省徐州基础工程公司施工,该工程主楼26层,高度99 m,有嵌岩扩底桩107根,共设计有扩底桩6种,分别为 $\phi 800/1200$ 、 $\phi 900/1300$ 、 $\phi 1100/1500$ 、 $\phi 1100/1600$ 、 $\phi 1100/2000$ 、 $\phi 1700/2400$ 。工程施工中共使用了4种基岩扩底钻头,分别为MRR800/1300、MRR900/1800、MRR1000/2000、MRR1700/2400。扩底地层为微风化白云质石灰岩,其单轴抗压强度为70 MPa,岩石可钻性为6~7级,平均孔深25 m左右,入岩3 m,单轴最大承载力20000 kN。钻孔嵌岩扩底桩在该工程的成功使用,使该工程基础投资节省50%以上,再次显示了嵌岩扩底桩这一新型施工工艺和王法的优越性,它的广泛推广和应用必将为社会继续带来更大的经济效益和社会效益。