

井为13m, 测点与爆心的水平距离在图中曲线号码的下方, 曲线幅值以重力加速度 g 为单位。

三、小 结

本文从理论上推广了文献〔2〕的工作, 分析了岩石钻井注水测量地震纵波的可能性; 并对加速度和应力分别给出岩石和水中的修正关系(6), (7)式; 对石油地震勘探的模拟实验 $\alpha, a \approx 0.01$, 在波阵面方向上, 水中测量加速度实际上代表了岩层的加速度, 水中测量压力幅值增加89%就代表了岩层的应力; 野外现场实验进行了加速度的实测。

参 考 文 献

- 〔1〕 Evenden, B. S. 等(牛毓萃, 陈俊生译), 地震仪器, (仪器的性能和测试), 石油化学工业出版社, (1978).
〔2〕 Yih-Hsing Pao, Chao-Chow Mow, Diffraction of Elastic Waves and Dynamic Stress Concentrations, Crane Russak, New York, (1973).

AN APPROACH TO MEASURE SEISMIC LONGITUDINAL WAVES IN FULL - WATER ROCK WELL

Chen Yuze

Abstract

The possibility of the measurement of the seismic longitudinal waves in a full-water rock well is analysed theoretically. The transformation functions of mechanical parameters in rock and in water well are given. The method presented in this paper was applied to measure excited seismic longitudinal waves in oil field survey.

螺旋型电流发生器的电感计算

王士俊

本文在文献〔4〕的基础上, 提出了螺旋型电流发生器电感计算的两个新模型: 双回路模型和单回路模型。新模型给出的电感计算公式克服了文献〔4〕中所给出的公式的局限性和经验性, 得到了同实验测量完全一致的结果。

一、引 言

螺旋型电流发生器是通过爆炸使磁通量压缩而产生大电流的装置之一, 其结构如图1所

1986年12月10日收到原稿, 1987年2月6日收到修改稿。

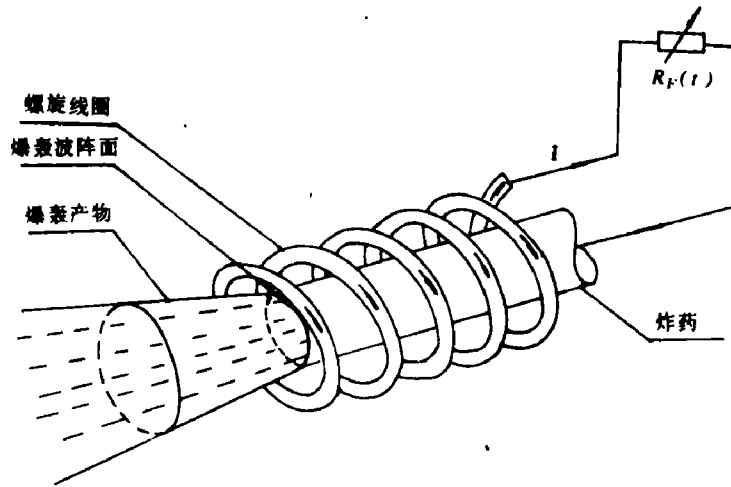


图1 螺旋型电流发生器示意图

示。通量压缩是通过导电电枢的运动来实现的，而电枢运动是由电枢圆筒内的高级炸药爆炸来驱动的。在炸药爆炸——电枢运动——装置变化——磁场压缩的过程中，首先将炸药的一部分化学能转换为电枢的动能，然后，通过电枢对磁场做功，将电枢的部分动能转换为电磁能，达到电流和磁能同时增殖的目的。

电感计算是用集总参数的迴路方程对螺旋型电流发生器的性能进行数值模拟的前提。在未给出发生器电感的正确计算方法之前，不同运行时刻的发生器电感是用模拟锥的实验测量来给出的^[1,2]，而对于小型发生器的电感，难于用模拟锥进行测量。文献[3]给出了螺旋型电流发生器电感的粗估公式，文献[4]用有限元法来计算螺旋型电流发生器的电感，但是，文献[4]给出的电感公式有局限性和经验性，这个公式只适用于电枢半径与外线圈半径比较接近的情况。为了同实验相符合，公式中的互感项必须乘以瞬时半径比，这就使得文献[4]最终所用的电感计算公式带有一定的经验性。

本文从分析装置的几何特征和物理图象出发，在文献[4]的有限元法的基础上，提出了螺旋型电流发生器电感计算的两个新模型：双迴路模型；单迴路模型。新模型给出的电感公式克服了文献[4]所给出的电感公式的局限性和经验性，得到了同实验测量完全一致的结果。

二、装置的物理特征和基本假定

1. 在外线圈内流动的随时间变化的螺旋型电流必然在电枢外表面感生一个反向流动的螺旋型电流，只要保证这个电流在电枢以内所产生的磁场同外线圈电流在电枢以内所产生的磁场能互相抵消，就可以将电枢用一个与外线圈同轴的，半径为电枢半径的，电流与外线圈电流反向的等效内线圈来代替。

2. 当线圈半径远大于螺距时，轴向磁场远大于方位磁场。因此，在计算电感时，这些线圈的每一匝可以用一个不倾斜的单匝圆线圈来代替。也就是说，不考虑方位磁场对电感的贡献。

3. 当将内外线圈看成两个独立的迴路时，就得到两个回路互相耦合的模型，称之为双迴路模型。当假定内外线圈内流动的电流大小相等、方向相反，两个线圈相串联时，就得到串

联模型,称之为单回路模型。

1. 为计算方便起见,假定内线圈的绕组数、每个绕组的匝数、匝间距、螺距、分支情况同外线圈完全相同。

三、螺旋型电流发生器的电感计算

设外线圈的电感为 L_{oc} , 电阻为 R_{oc} , 所流过的电流为 I_{oc} , 内线圈的电感为 L_{ic} , 电阻为 R_{ic} , 所流过的电流为 I_{ic} , 内外线圈之间的互感为 M 。注意到内外线圈中的电流方向相反, 若将内外线圈看成两个独立的回路, 则内外线圈的回路方程分别为

$$\frac{d(L_{oc}I_{oc})}{dt} - \frac{d(MI_{ic})}{dt} + R_{oc}I_{oc} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{d(L_{ic}I_{ic})}{dt} - \frac{d(MI_{oc})}{dt} + R_{ic}I_{ic} = 0 \quad (2)$$

假定电枢为良导体, 不考虑电枢上的磁通损耗, 则 $R_{ic} = 0$, (2) 变为

$$\frac{d(L_{ic}I_{ic})}{dt} - \frac{d(MI_{oc})}{dt} = 0 \quad (3)$$

因为内线圈内的初始磁通为零, 于是得

$$I_{ic} = \frac{M}{L_{ic}} I_{oc} \quad (4)$$

设发生器的电感为 L , 在发生器中流动的电流就是外线圈中流动的电流 I_{oc} , 由磁能公式, 则有

$$\frac{1}{2} L I_{oc}^2 = \frac{1}{2} L_{oc} I_{oc}^2 - M I_{oc} I_{ic} + \frac{1}{2} L_{ic} I_{ic}^2 \quad (5)$$

将 (4) 代入 (5), 得

$$\frac{1}{2} L I_{oc}^2 = \frac{1}{2} \left(L_{oc} - \frac{M^2}{L_{ic}} \right) I_{oc}^2$$

亦即

$$L = L_{oc} - M^2/L_{ic} \quad (6)$$

这就是双回路模型的电感计算公式。

对于单回路模型, 由于内外线圈中流动的电流大小相等, 方向相反, 亦即 $I_{oc} = -I_{ic} = I$, 于是, 由 (5) 得

$$\frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} (L_{ic} + L_{oc} - 2M) I^2$$

由此得到单回路模型的电感公式为

$$L = L_{ic} + L_{oc} - 2M \quad (7)$$

文献[4]给出的电感公式为

$$L = L_{oc} - M \quad (8)$$

正如文献〔4〕的作者所指出的,公式(8)只适用于电枢半径和外线圈半径比较接近的情况。为了同实验结果相符合,公式(8)中的互感项必须乘以瞬时半径比。而我们在这里所给出的公式(6)或公式(7),都没有这个限制。

公式(6)和(7)中, L_{ic} 、 L_{oc} 和 M 的计算同公式(8)中 L_{oc} 和 M 的计算完全相同,现将 L_{ic} 、 L_{oc} 和 M 的表达式分别给出如下

$$L_{oc} = \sum \sum \sum \sum [M_{j,k} / \text{split}(i)] / \text{split}(k) \quad (9)$$

$$L_{ic} = \sum \sum \sum \sum [M'_{j,k} / \text{split}(i)] / \text{split}(k) \quad (10)$$

$$M = \sum \sum \sum \sum [M''_{j,k} / \text{split}(i)] / \text{split}(k) \quad (11)$$

这里, $\text{split}(i)$ 为第 i 个绕组的分支数。在(9)和(10)中,当 $i=k, j=l$ 时,

$$M_{j,l} = 4\pi A_j \left[\ln \frac{8A_j}{\rho_{li}} - 1.75 \right] \quad (12)$$

$$M'_{l,l} = 4\pi B_l \left[\ln \frac{8B_l}{\rho_{li}} - 1.75 \right] \quad (13)$$

当 $i \neq k$, 或 $j \neq l$, 或 $i \neq k, j \neq l$ 时,

$$M_{i,k} = (A_i A_k)^{1/2} \left[\left(\frac{1}{K_{i,k}} - K_{i,k} \right) F(K_{i,k}) - \frac{2E(K_{i,k})}{K_{i,k}} \right] \quad (14)$$

$$M'_{i,k} = (B_i B_k)^{1/2} \left[\left(\frac{1}{K'_{i,k}} - K'_{i,k} \right) F(K'_{i,k}) - \frac{2E(K'_{i,k})}{K'_{i,k}} \right] \quad (15)$$

在(11)中,

$$M''_{i,k} = (A_i B_k)^{1/2} \left[\left(\frac{1}{K''_{i,k}} - K''_{i,k} \right) F(K''_{i,k}) - \frac{2E(K''_{i,k})}{K''_{i,k}} \right] \quad (16)$$

在(12)~(16)中,

$$K_{i,k} = 2(A_i A_k)^{1/2} / [(A_i + A_k)^2 + D_{i,k}^2]^{1/2} \quad (17)$$

$$K'_{i,k} = 2(B_i B_k)^{1/2} / [(B_i + B_k)^2 + D_{i,k}^2]^{1/2} \quad (18)$$

$$K''_{i,k} = 2(A_i B_k)^{1/2} / [(A_i + B_k)^2 + D_{i,k}^2]^{1/2} \quad (19)$$

$$F(K) = \int_0^{\pi/2} (1 - K^2 \sin^2 \psi)^{-1/2} d\psi \quad (20)$$

$$E(K) = \int_0^{\pi/2} (1 - K^2 \sin^2 \psi)^{1/2} d\psi \quad (21)$$

这里, A_j 是外线圈中第 i 个绕组的第 j 圈的半径, B_j 是内线圈中第 i 个绕组的第 j 圈的半径, ρ_{li} 是第 i 个绕组的第 j 圈的导线直径, $D_{i,k}$ 是第 i 个绕组的第 j 圈和第 k 个绕组的第 l 圈之间的轴向间距。(12)和(13)为单匝圆线圈的自感公式,(14)~(16)为两个同轴的单

匝圆线圈之间的互感公式。(20)和(21)分别为第一类和第二类完全椭圆积分的表达式。

四、数值计算结果

将上述的电感计算公式和电流发生器的集总参数的回路方程写成计算机编码,进行数值计算,其中,电阻的处理与文献[4]完全相同。结果,得到了与实验测量完全一致的结果。

例如,对于73-1装置,初始电感(炸药爆轰前)的实验测量结果为 $45.4\mu\text{H}$,双回路模型和单回路模型的计算结果分别为 $45.7\mu\text{H}$ 和 $45.9\mu\text{H}$ 。计算结果同实验结果完全一致。因为初始电感的计算结果与炸药爆炸后电枢的动力学性质没有任何关系,因此,文中所给出的电感计算方法是完全可信的。方法的主要误差在于忽略了方位磁场和电枢导体内部的磁场对电感的贡献。

初始电感的实验测量采用两种方式:一是将电枢串联于外线圈上进行测量(单回路方式);二是将电枢不串联于外线圈上进行测量(双回路方式)。两者之差在实验测量的误差范围以内,而两种模型的计算结果也几乎完全一致。这就表明,双回路模型和单回路模型都是对发生器性能进行模拟的很好的模型。

将73-1装置电流的计算结果和实验结果相比较发现,在装置运行的绝大部分时间内,计算结果和实验结果符合得较好,

只是到装置运行的后期(约 $0.3\mu\text{s}$),电流的计算值才大大地偏离实验值。这是很自然的,因为理论计算中螺距远小于线圈半径的假定这时已不再成立,而且装置的剩余部分这时也不到一圈,因而圆线圈的电感公式也不再适用了。

对于文献[4]的表2中的装置参数和负载参数,用耦合模型(双回路模型)和串联模型(单回路模型)进行计算,算得的初始电感分别为 $51.1\mu\text{H}$ 和 $51.4\mu\text{H}$,最大电流分别为143万安培和214万安培。电感和电流的变化曲线如图2所示。

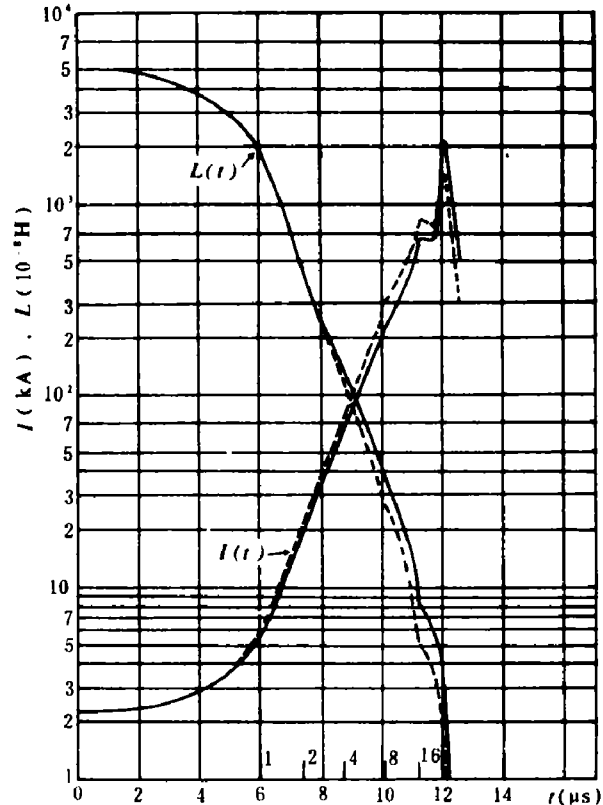


图2 电流和电感的变化曲线

时间轴上竖线带数字表示

该号绕组开始碰撞时刻,

--- 耦合模型,

—— 串联模型

文中提出的电感计算方法曾和王忠同志进行过有益的讨论, 特在此表示感谢。

参 考 文 献

- (1) Crawford J.C. et al, Explosively Driven high energy generators, *J. Appl. Phys.*, **39**(11)(1968), 5224.
- (2) 刘承俊等, 螺旋型爆炸发生器的电流和磁能的放大倍数的预估, 私人通讯.
- (3) Fowler, C. M., Caird, R. S., et al., *LA-5890-MS*, (1975).
- (4) Tucker, T. J., Leeman, J. E., *SAND-75-0604*, (1976).

INDUCTANCE COMPUTATION OF A HELICAL CURRENT GENERATOR

Wang Shijun

Abstract

Besed on reference [4], two new models of inductance computation of a helical current generator are presented. These models overcome the limitation and experience of the inductance formula given by Tucker and J. E. Leeman. Agreeable results with exper mental measurements are obtained.

JSG-1激光速度干涉仪的 性能及其应用实例

李泽仁

本文介绍JSG-1型激光速度干涉仪的工作原理、性能及其特点, 并给出了在化爆条件下, 以此测量铁、钨样品自由面速度的实验结果。

一、干涉仪的测试原理

本文是对JSG-1型激光速度干涉仪^[1](一种测量任意反射表面速度的激光速度干涉仪系统)的首次使用实例报导, 给出了对钨、铁等材料自由面速度的测量结果。

JSG-1型激光速度干涉仪具有两种延迟系统(见图1), 一是用透镜组延迟光波的高灵敏度系统, 另一是用玻璃标准具延迟光波的低灵敏度系统。使用时, 不同灵敏度的测速系统可以相互配合, 同时测量样品表面的运动速度。

本干涉仪采用大功率单频He-Ne激光器作光源。由图1可以看出, 进入干涉仪的入射