

固井质量检测方法的改进

固井质量检测方法用于评价套管井水泥胶结质量。方法之一是脉冲回波反射法(工作频率为 200—800 kHz)。反射回波的首部是套管内壁的反射波,紧随其后的尾部含有套管俘获的模式波在其中多次反射时透射回泥浆中的波。通过测量套管与岩层之间水泥的声阻抗解决胶结质量问题。弱胶结时,水泥声阻抗较小;强胶结时,水泥声阻抗较大。

目前被 CET 采用的处理反射回波的方法是 W2/W1 处理方法。它处理宽带发射脉冲产生的回波信号。信号尾部通常是两个以上套管模式波的迭加结果。在做信号处理过程中,要求套管的厚度和外径是一致的,且其它环境条件诸如泥浆衰减等也认为是相同的。

这里提供一种新的处理反射回波的方法——归一化单模(Normalized Single-Mode, 简称 NSM)处理方法。它局限于处理单个模式频率附近的窄带信号,并用套管厚度(或模式频率)归一信号处理参数(包括滤波器带宽,时间窗的位置和宽度)以降低测量结果对套管厚度的依赖程度。

NSM 处理方法大致是这样的。使用固定宽度的高斯时间窗截取回波信号中包括尾部在内的波形。根据该波形功率谱最大值所对应的频率求套管的模式频率 f_{mode} 。具有 σ -带宽且中心频率为 f_{mode} 的高斯型带通滤波器对回波信号进行滤波。使用位置和宽度都由 f_{mode} 决定的高斯时间窗截取滤波后回波波形的首部和尾部,分别计算时间窗内波形的能量 E_h 和 E_t (h 和 t 分别代表回波首部和尾部),并作能量补偿,得测量值

$$NSM = 10 \log_{10}(E_t/E_h)$$

以抵消由于输入能量和系统增益不同所造成的差别。

然后用自由套管(以水代替水泥)的测量值 $NSM(z_{fp})$ 标定,得

$$NSM_{c.c.} = NSM - NSM(z_{fp})$$

于是,水泥声阻抗为

$$z = z_{fp} + k_{NSM}(d, D)NSM_{c.c.}$$

该结果对套管厚度的依赖性很弱。这里 $k_{NSM}(d, D)$ 是由经验决定的换算因子。本文使用 Randall-Stanke 模型求得。

作者运用 W2/W1 和 NSM 处理方法分别处理了根据 Randall-Stanke 模型模拟的套管井(标称外径 178mm)回波信号,借以研究当换能器有无偏心和加入高斯噪声时,信号处理的结果随套管厚度变化的趋势,并作比较。得出的结论是,NSM 信号处理结果在很大程度上降低了由于厚度变化、偏心和噪声引起的阻抗测量误差。只有当处理套管厚度 > 10mm 且加入噪声的回波信号时,NSM 结果的标准偏差大于 W2/W1 结果的标准偏差。

作者还处理了机械加工套管(以环氧代替水泥)和油井套管做成的套管井中的回波信号。对于机械加工套管(标称外径 184mm, 标称厚度 9.3mm),两种处理方法所得结果相当。对于油井套管(标称外径 178mm, 标称厚度 10mm),NSM 处理方法极大地降低了测量误差。一般来讲,这两种方法测得的水泥(或环氧)声阻抗均稍大于其真实值,而 NSM 方法测得的声阻抗更接近真实值。

(党长久摘译自 IEEE Trans. UFFC.,

39 i(1992), 148—158)

小型超声直线型马达

Junichi TOYODA 和 Kanji MURANO 报道了一种用压电激励器驱动的超声直线型马达结构。因超声马达具有结构紧凑,重量轻,响应快等优点,所以近年来有许多类型的超声马达问世。但这些马达大多是旋转型的,而直线型的超声马达报道无几。

本文报道的直线型超声马达如图 1 所示。超声振动器由带有两根腿的金属条构成,两根腿位于金属条二次弯曲模的波腹处,在两腿之间粘有多层压电陶瓷片。另有两个压电陶瓷片用环氧树脂粘接到金属条上。当用两压电陶瓷片驱动时,两腿作垂直移动。而

当用多层压电陶瓷驱动时,两腿作水平移动(见图2)。当两压电陶瓷片与多层压电陶瓷片彼此以 90° 的相位差同时驱动时,两腿作椭圆运动。通过两腿与滑块之间的摩擦力,两腿的椭圆运动驱动滑块作直线运动。滑块的直线运动方向可用改变驱动多层压电激励器的电压极性来控制。这样可实现滑块的直线往返运动。

文章报道的超声振动器(金属条)的材料为不锈钢。尺寸 $5\text{mm} \times 33\text{mm} \times 7.5\text{mm}$, PZT 压电陶瓷片

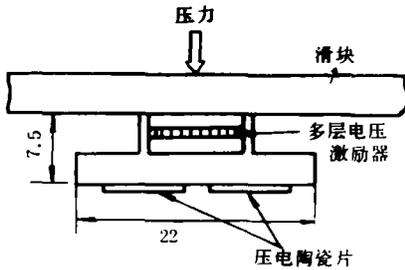


图1 超声直线型马达示意图

$5\text{mm} \times 8\text{mm} \times 0.5\text{mm}$, PZT 多层压电陶瓷激励器 $1.4\text{mm} \times 3\text{mm} \times 9\text{mm}$ 。所测马达的水平运动速度可达约 1m/s , 静态推力可达约 100gf (约 0.98N)。

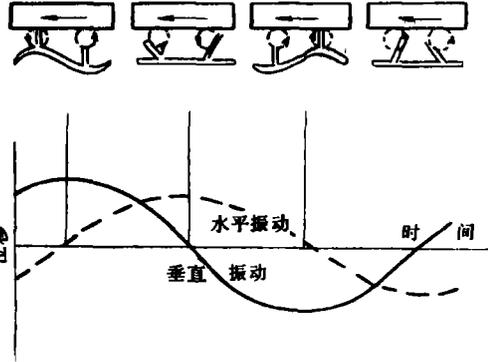


图2 超声直线型马达原理图

刘献铎 摘译自 *Jpn. J. Appl. Phys.*, (30-9B (1991), 2274—2276.)

复合换能器型超声马达的特性

该复合换能器型超声马达由朗之万扭转振子与环型多层纵向振动器复合而成。(见原文图1)。扭转振子产生切向振动去驱动转子转动;多层驱动器的振动方向垂直转子,用于控制转子与定子间的摩擦力。环型多层驱动器代替了以往的小方块型多层纵向驱动器从而避免了弯曲振动。这种马达可实现低转速的稳定运行,并可以独立地调节转速与荷载能力。

两个扭转压电片(外径 20mm ,厚 4mm)夹在两块

合金铝环中间构成了朗之万型扭转振子。其共振频率为 24.5kHz 。由 $50-100$ 片外径为 18.5mm 。内径为 7.5mm 的薄压电片叠成高 9mm 的环型多层纵向驱动器,其共振频率为 43.0kHz 。为了有效地产生大功率去驱动转子,驱动频率选用 24.5kHz 。

该马达运行原理(见原文图4)分四步说明,1.当扭转振子速度达最大,且驱动器贴紧转子时,旋转驱动力加到转子上。2.当扭转振动速度为 0 ,驱动器位移

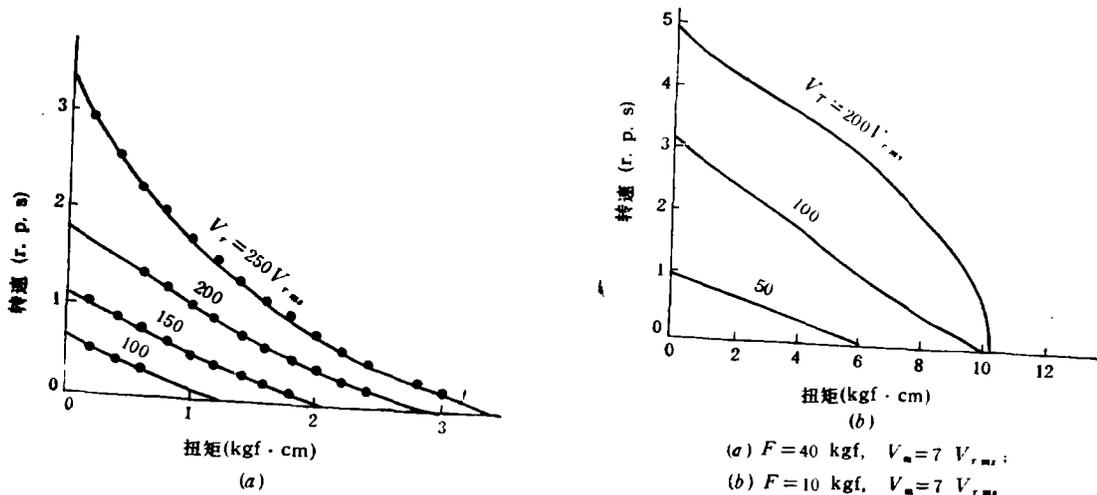


图1 马达何载特征曲线

也为 0.3。当扭转振动速度反向，驱动器收缩离开转子。4. 扭转振动速度和驱动位移皆为 0。如果改变 180°，则振动反向。

因为扭转振子处在共振而纵向驱动器远离共振，因而外加的两个电压位相差应当为 0° 或 180°。

通过实验得出该马达的主要特征如下

1. 该马达的转速与驱动频率及相位关系表明，在 24.5kHz 处，驱动电压位相差为 0 时，转速最大，而相差为 180° 时，转速反向最大。理论与实验吻合较好。

2. 该马达转速与驱动器，扭转器振子上外加电压以及外加压力的关系表明，(a) 当外加压力恒定时，马达转速与外加电压关系曲线中有一极大区，且极大转速随外加压力增加有所降低。它所对应的驱动器电压明显增大 (b) 当外加压力和驱动器电压恒定时，马达转速特性(对扭矩)曲线呈线性，且可保持低速运行。

3. 马达的最大转矩特性曲线表明，当外压和驱动电压恒定时，开始时转矩随扭转振子上所加电压增加而增大，随后趋于饱和。

4. 马达的负载特性如图 1 所示。(a) 当外加压力足够大时，转速随转矩增大而线性下降 (b) 当外加压力较小时，摩擦力影响是明显的。

马达输入到扭转振子中的电功率 $P_{i,n}$ ，效率 η 以及转速随转矩的变化如图 2 所示。最大转矩为 3kgf·cm (1kgf 约为 9.8N)，最大效率 $\approx 40\%$ ，驱动器消耗功率约 2W。马达总效率 21%。最大转矩取决于扭转振子的尺寸，计算的最大转矩正比于马达扭转振子直径的立方。

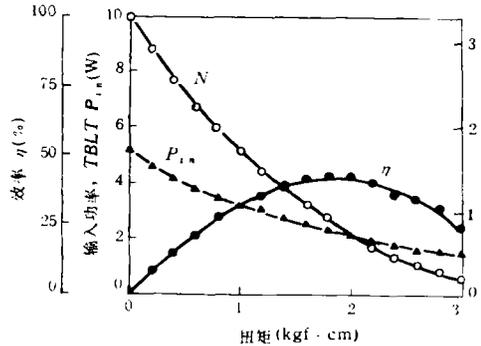


图 2 转入功率与效率关系曲线

(周铁英, 陈新业 摘自 *IEEE Trans. UFFC*, 38-2 (1991).)

多孔压电陶瓷换能器

据 Koichi MIZUMURA 等报道，近来发展了多孔压电陶瓷 $Pb(Zr, Ti)O_3$ (P-PZT)，以用于回波探测器。P-PZT 压电陶瓷是由 PZT 和聚甲基丙烯酸甲酯 (Poly-methyl-methacrylate, —PMMA) 粉末的混合物制备的。本文介绍了 P-PZT 压电材料的制作工艺及其特性，如介电常数 ϵ ，压电常数 g ，声阻抗 Z_s 和 Q 值等，以及接收灵敏度与孔隙度的关系曲线。

作者用 P-PZT 制作了 200kHz 的换能器，在水介质中测量了换能器的发射与接收性能。通过测量表明，P-PZT 材料具有适宜于回波探测器的性能，如它

具有较高的灵敏度，宽的带宽，高的分辨率。高的灵敏度是因为 P-PZT 材料有较大的压电常数，而低的 Z_s 值，使得易于与水匹配。在对短脉冲声波响应上，上升与下降时间较通常 PZT 材料换能器缩短了 2/3。用多孔性压电陶瓷制作的换能器，不仅可应用于水声中，而且也可应用于医学超声中。

(刘献铎 摘译自 *Jpn. J. Appl. Phys.*, 30-9B(1991), 2271—2273).

超声评价胶接强度

R. Mitra and T. K. Saksena

胶接强度的非破坏性评价在工业上有许多用途。用超声评价胶接强度的早些研究工作，是在换能器的基频进行的。本文的报道将频率扩展到第 5 次谐波，以寻找超声参量与胶接强度之间的相关性。

实验设备如图 1 所示。搭接型胶接样品是两块铝板。所用胶的组分有两种：固化剂与树脂之比为 1:1

和 1:4。试验用胶层厚度有薄、中、厚三种。换能器为长 16.59mm，厚 6.6mm 的方型 PZT 压电晶体，晶体接装于 $\lambda/2$ 厚的铝板上 (λ —换能器基频波长)，铝板有一稍小于晶体边长的通孔。换能器的基频为 292 kHz。换能器的导纳响应是用矢量阻抗分析仪测量的。(下转第 21 页)

四、结 语

由前所述,分维数与岩石损伤破坏的力学过程有关,它可能是与岩石材料微结构、组构演化、变形和破坏性质相关的几何参量。深入研究岩石破坏过程中的自相似现象,探索其中规律,找出其内在联系,将推动岩石断裂研究跃上新的台阶。

参 考 文 献

- [1] 谢和平,自然杂志,12-6(1989),425—430.
- [2] Mandelbrot B.B., *Nature*, 308-19(1984), 721.
- [3] 卢春生,白以龙,力学进展,20-4(1990),471.
- [4] 邢修三,力学进展,16-4(1986),495.
- [5] Harris D. *ASTM STP 505*(1972), 238.
- [6] 岸辉雄,金属,47-4(1977),16—21.
- [7] 陈顺,中国地震,4-2(1988),10.
- [8] 彭成斌,陈顺,中国地震,5-2(1989),22.
- [9] 朱祖铭,无损检测,2-3(1980),366.
- [10] Hirasawa T., *J. Phys. Earth*, 21 (1973), 415—431.
- [11] 浅田敏,地震,2—3(1950),11.15.
- [12] 李全林,地球物理学报,21-2(1978),101.
- [13] 彭成斌,陈顺,西北地震学报,12-4(1990),85.

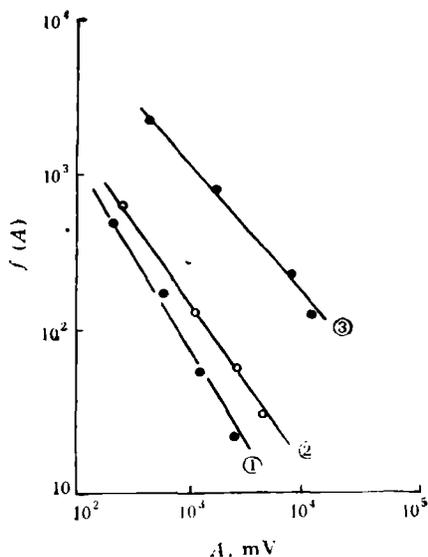


图1 灰岩 $\lg f(A) - \lg A$ 关系

① $\frac{\sigma}{\sigma_f} = 55\%$, $m = 1.93$, $r = 0.9871$

② $\frac{\sigma}{\sigma_f} = 80\%$, $m = 1.52$, $r = 0.9873$

③ $\frac{\sigma}{\sigma_f} = 95\%$, $m = 1.21$, $r = 0.9843$

(σ_f ——破坏应力, r ——相关系数)

(上接第46页)

胶接强度用破坏性测量。结果表明,用1:1组分胶的胶接强度总是大于1:4组分胶的强度;胶接强度随胶层厚度增大而降低。

对1:1和1:4两种组分的胶,在相同胶层厚度时,在5次谐波附近测得的换能器导纳频响曲线如图2所示。从图中可以看到,两种胶粘接情况下所测换能器导纳幅值有明显差异,这就使得有可能利用换能器在5次谐波附近的导纳响应来区分1:1和1:4两种组分胶的胶接。为定量区分这两种胶接影响,应选择一特殊参量。考虑到图2,作者引入 $H/\Delta f$ 或 $A/\Delta f$ 作为表示胶接质量的参量,式中 A 为图2中曲线与点划线所包围的面积。

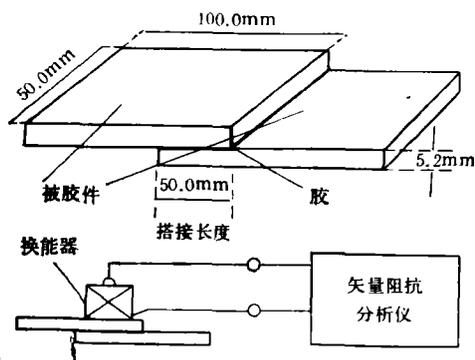


图1 胶接样品及测试设备示意图

对任何胶层厚度的胶接,都可用换能器在5次谐波附近的响应来区分1:1和1:4两种组分的胶。作者正在进行大量的测量,以便弄清其机理。

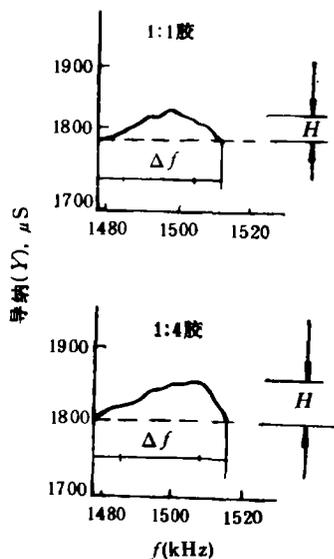


图2 胶组分分别为1:1和1:4时5次谐波附近换能器导纳频响

(刘献铎 摘译自 *Acoustics Letters* 15-3 (1991), 49—53).