

黏砂套管胶层厚度对相对声强的影响研究

钱丽艳¹ 隋 杨² 曲建芳³

(大庆钻探工程公司国际事业部¹,大庆 163318;大庆钻探工程公司钻井三公司²,大庆 163318;

东北石油大学提高油气采收率教育部重点实验室³,大庆 163318)

摘要 根据黏砂套管声波传播模型,推导了考虑胶层厚度影响的黏砂套管固井质量评价的相对声强公式,并分析了黏砂套管相对声强受胶层厚度影响的原因及其变化规律。研究结果表明,黏砂套管的相对声强随胶层厚度的增加而减小,这说明胶层的存在会对相对声强的结果产生偏差,而实际声幅测井中这种偏差可能引起固井质量的误判。为建立考虑胶层厚度影响的黏砂套管固井质量评价修正方法提供理论基础。

关键词 黏砂套管 胶层厚度 相对声强 固井质量

中图分类号 TE26; **文献标志码** A

黏砂套管技术是在油层套管表面涂上一层具有一定强度和耐温性能的黏胶剂,然后在黏胶剂上黏上一层沙子,以增加套管外表的粗糙度,增大水泥与套管间的胶结强度。而适用于普通套管的固井质量评价标准,并未考虑到黏砂套管中胶层的影响。根据原有未考虑这一方面影响的超声成像测井评价标准来评价固井质量,就可能导致错误的固井质量评价结果,从而导致不必要的挤水泥等作业。为此,本文对考虑胶层厚度影响的黏砂套管固井质量的相对声强公式进行推导,并讨论其影响原因和变化规律^[1-3]。

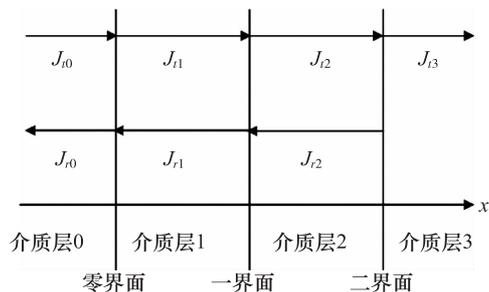


图1 黏砂套管声波传播模型

1 研究模型的建立

图1为声波在黏砂套管井中传播模型。定义图1中的介质层0、介质层1、介质层2和介质层3分别为泥浆、套管、胶层和砂粒-水泥(窜槽时还包括泥浆或气体)混合介质。泥浆与套管界面为零界面,套管与胶层界面为一界面,胶层与砂粒-水泥混合介质界面为二界面。 d_1 和 d_2 分别表示介质层1、介质层2的厚度。沿 x 轴传播的各介质层中声波的声强分别为 J_{i0} 、 J_{i1} 、 J_{i2} 和 J_{i3} ,逆 x 轴传播的各介质层中的声波的声强分别为 J_{r0} 、 J_{r1} 和 J_{r2} 。通过分析,首先得到个界面声波声强公式^[4]。

一界面回波是经过介质层1而未进入介质层2的声波,表达式为:

$$J_1 = J_{i0} e^{-4\alpha_0 d_0} T_{01} T_{10} R_{12} e^{-4\alpha_1 d_1} \sum_{n=0}^{\infty} (R_{10} R_{12} e^{-4\alpha_1 d_1})^n \quad (1)$$

二界面声波是经过介质层1和介质层2而未进入介质层3的声波,表达式为:

$$J_2 = J_{i0} T_{01} T_{10} e^{-4\alpha_1 d_1} [R_{12} + T_{12} T_{21} R_{23} e^{-4\alpha_2 d_2} \sum_{n=0}^{\infty} (R_{21} R_{23} \times e^{-4\alpha_2 d_2})^n] \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} R_{10} e^{-4\alpha_1 d_1} (R_{12} + T_{12} T_{21} R_{23} e^{-4\alpha_2 d_2} \sum_{n=0}^{\infty} (R_{21} \times$$

$$R_{23}e^{-4\alpha_2d_2})^n\}^m\} - J_{i0}T_{01}T_{10}R_{12}e^{-4\alpha_1d_1}\sum_{n=0}^{\infty}(R_{10}R_{12}e^{-4\alpha_1d_1})^n \quad (2)$$

2 相对声强公式的推导

利用声波传播对多层介质进行界面胶结强度检测时,如果介质层2的厚度较大,声波在介质层2中传播需要一段时间,那么一界面声波和二界面声波在时域上将分开。但在黏砂套管中,介质层2为厚度很小的胶层,一界面声波和二界面声波在时域上将无法分开,即一界面声波和二界面声波会作为一个声波总能量被声波接收器所接收。

则由声波接收器接收的一界面声波和二界面声波的总声强表达式为:

$$J_{r0} = J_1 + J_2 = J_{i0}T_{01}T_{10}e^{-4\alpha_1d_1}\left[R_{12} + T_{12}T_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2} \times \sum_{n=0}^{\infty}(R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2})^n\right] \left\{ \sum_{m=0}^{\infty}R_{10}e^{-4\alpha_1d_1} \times (R_{12} + T_{12}T_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2})^m \sum_{n=0}^{\infty}(R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2})^n \right\} \quad (3)$$

式(3)中:

$$\sum_{n=0}^{\infty}(R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2})^n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1 - R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}{1 - R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}} = \frac{1}{1 - R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}} \quad (4)$$

则式(3)可简化为:

$$\frac{J_{r0}}{J_{i0}} = T_{01}T_{10}e^{-4\alpha_1d_1}\left(R_{12} + \frac{T_{12}T_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}{1 - R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}\right) \times \left\{ \sum_{m=0}^{\infty}R_{10}e^{-4\alpha_1d_1}\left[\left(R_{12} + \frac{T_{12}T_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}{1 - R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}\right)\right]^m \right\} \quad (5)$$

因为

$$0 < R_{12} + \frac{T_{12}T_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}{1 - R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}} < 1。$$

所以

$$\sum_{m=0}^{\infty}R_{10}e^{-4\alpha_1d_1}\left[\left(R_{12} + \frac{T_{12}T_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}{1 - R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}\right)\right]^m =$$

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{1 - R_{10}e^{-4\alpha_1d_1}\left(R_{12} + \frac{T_{12}T_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}{1 - R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}\right)^m}{1 - R_{10}e^{-4\alpha_1d_1}\left(R_{12} + \frac{T_{12}T_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}{1 - R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}\right)} = \frac{1}{1 - R_{10}e^{-4\alpha_1d_1}\left(R_{12} + \frac{T_{12}T_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}{1 - R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}\right)} \quad (6)$$

将式(6)代入式(5)整理得:

$$\frac{J_{r0}}{J_{i0}} = \frac{T_{01}T_{10}e^{-4\alpha_1d_1}\left(R_{12} + \frac{T_{12}T_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}{1 - R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}\right)}{1 - R_{10}e^{-4\alpha_1d_1}\left(R_{12} + \frac{T_{12}T_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}{1 - R_{21}R_{23}e^{-4\alpha_2d_2}}\right)} \quad (7)$$

式(7)即考虑胶层厚度的黏砂套管相对声强表达式。

3 胶层厚度对相对声强的影响

根据公式(7),我们得出黏砂套管中相对声强随不同的胶层厚度变化的关系曲线,如图2所示。从图2的曲线可以看出,随胶层厚度的增加,相对声强逐渐减小。引起这种变化的原因是由于胶层厚度会影响声波能量在胶层中传播的衰减,在一定的声波衰减系数下,胶层的厚度越大,认为声波的传播距离也越大,对应胶层所引起的声波衰减就越大。

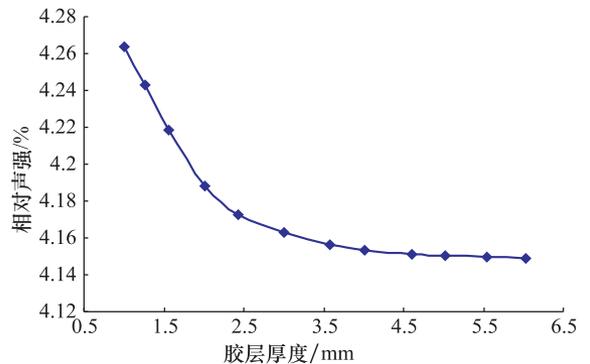


图2 胶层厚度对相对声强的影响

得出胶层厚度对相对声强的影响规律后,很明显可以知道胶层的存在会对相对声强的结果产生偏差,而实际声幅测井中这种偏差可能引起固井质量的误判。在固井质量评价中,经常用到的是相对

幅度评价标准。而声强与幅度的平方成正比,因此将相对声强开平方即可得到考虑胶层厚度影响的黏砂套管固井质量评价相对声幅的修正公式。或者将相对幅度值转换为相对声强值,带入到相对声强公式中经计算再转换为相对幅度值,这也为提高黏砂套管固井质量评价结果的准确性奠定了理论基础。

4 结论

(1) 建立黏砂套管声波传播模型,并推导出考虑胶层厚度影响的黏砂套管固井质量评价的相对声强公式。

(2) 黏砂套管随胶层厚度的增加,其相对声幅逐渐减小。分析得到引起这种变化的原因是由于胶层厚度会影响声波能量在胶层中传播的衰减。

参 考 文 献

- 1 陈耀祖,刘天生. 套管黏砂工艺研究与应用. 石油钻探技术,1999;(03):26—27
- 2 陈绍媛. 黏砂套管井固井质量研究. 大庆石油学院工程硕士论文,2008
- 3 章成广,江万哲,潘和平. 声波测井原理与应用. 石油工业出版社(北京),2009:16—17
- 4 简晓明,李明轩,张建新. 层状介质界面超声检测的理论分析和自适应噪声抵消处理. 声学学报,2000;(04):351—356

The Influence Research on Glue Layer Thickness of Adhering Sand Casing to the Relatively Sound Intensity

QIAN Li-yan¹, SUI Yang², QU Jian-fang³

(Daqing Drilling Engineering Company International Division¹, Daqing 163318, P. R. China;

Daqing Drilling Engineering Company Drilling Three Companies², Daqing 163318, P. R. China;

Key Laboratory of Enhanced Oil Recovery, Northeast Petroleum University³, Daqing 163318, P. R. China)

[Abstract] According to the model of sound wave propagation in adhering sand casing, the relatively sound intensity formula of cementing quality evaluation of adhering sand casing with considering the effect of glue layer thickness is derived. The influence reason and change rule glue of the layer thickness to relatively sound intensity is analyzed. The results show that relatively sound intensity decreases with glue layer thickness increases. That said the glue layer will have some deviations to the result of relatively sound intensity. But the deviations may cause misjudgment in actual amplitude logging. The theory base for establishing the cementing quality evaluation method of adhering sand casing with considering the effect of glue layer thickness can be provided.

[Key words] adhering sand casing glue layer thickness relatively sound intensity cementing quality