



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109958432 B

(45) 授权公告日 2021. 11. 02

(21) 申请号 201910139907.9

(22) 申请日 2019.02.26

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109958432 A

(43) 申请公布日 2019.07.02

(73) 专利权人 中国石油天然气股份有限公司  
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号中国石油大厦  
专利权人 大庆油田有限责任公司

(72) 发明人 吕秀梅 韩阅 梁隽豪 冯满硕

(74) 专利代理机构 大庆知文知识产权代理有限公司 23115  
代理人 杨英健

(51) Int. Cl.  
E21B 47/005 (2012.01)  
E21B 47/14 (2012.01)

(56) 对比文件

CN 1538166 A, 2004.10.20  
CN 1038489 A, 1990.01.03  
CN 104295285 A, 2015.01.21  
CN 105134170 A, 2015.12.09  
CN 207406332 U, 2018.05.25  
US 2014301164 A1, 2014.10.09  
US 2017176622 A1, 2017.06.22  
WO 2017155542 A1, 2017.09.14  
WO 2016105208 A1, 2016.06.30  
WO 2017019058 A1, 2017.02.02  
CN 103244104 A, 2013.08.14  
王梅英等. 固井质量综合评价技术与声波变密度测井技术对比分析.《测井技术》.2011, 第35卷(第2期), 第176-179页.

审查员 龙川

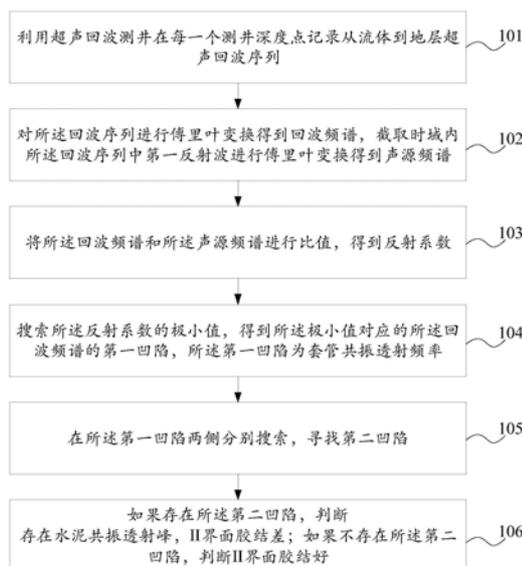
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

利用超声回波测井评价固井 II 界面胶结质量方法和装置

(57) 摘要

本发明公开了一种利用超声回波测井评价固井 II 界面胶结质量方法和装置, 涉及油田测井领域; 其中, 所述方法, 包括: 利用超声回波测井在每一个测井深度点记录从流体到地层超声回波序列; 对所述回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱; 截取时域内所述回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱; 将所述回波频谱和所述声源频谱进行比值, 得到反射系数; 搜索所述反射系数的极小值, 得到所述极小值对应的所述回波频谱的第一凹陷, 所述第一凹陷为套管共振透射频率; 在所述第一凹陷两侧分别搜索, 寻找第二凹陷; 如果存在所述第二凹陷, 判断存在水泥共振透射峰, II 界面胶结差; 如果不存在所述第二凹陷, 判断 II 界面胶结好, 以提高固井质量评价准确性。



1. 一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量方法,其特征在于,包括:  
利用超声回波测井在每一个测井深度点记录从流体到地层超声回波序列;  
对所述回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;  
截取时域内所述回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱;其中,所述第一反射波为所述回波序列的0-40us段信号;  
将所述回波频谱和所述声源频谱进行比值,得到反射系数;  
搜索所述反射系数的极小值,得到所述极小值对应的所述回波频谱的第一凹陷,所述第一凹陷为套管共振透射频率;  
在所述第一凹陷两侧分别搜索,寻找第二凹陷;其中,所述第二凹陷的幅度应大于或等于所述第一凹陷幅度的1/3;  
如果存在所述第二凹陷,判断存在水泥共振透射峰,Ⅱ界面胶结差;如果不存在所述第二凹陷,判断Ⅱ界面胶结好。
2. 根据权利要求1所述一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量方法,在对所述回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;以及截取时域内所述回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱之前,其特征在于:  
对所述回波序列进行滤波处理;然后  
对所述滤波处理后的回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;  
截取时域内所述滤波处理后的回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱。
3. 根据权利要求2所述一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量方法,所述滤波处理的方法,其特征在于:  
利用相似相关处理方法消除所述回波序列的仪器噪声;利用带通滤波方法进一步消除所述回波序列的测井噪声。
4. 一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量装置,其特征在于,包括:  
获取单元,利用超声回波测井在每一个测井深度点记录从流体到地层超声回波序列;  
频谱变换单元,与所述获取单元连接,对所述回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;以及截取时域内所述回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱;其中,所述频谱变换单元,包括:截取单元,所述截取单元对所述回波序列的0-40us段信号进行截取得到所述第一反射波;  
计算单元,与所述频谱变换单元连接,将所述回波频谱和所述声源频谱进行比值,得到反射系数;  
搜索单元,与所述计算单元连接,搜索所述反射系数的极小值,得到所述极小值对应的所述回波频谱的第一凹陷,所述第一凹陷为套管共振透射频率;以及在所述第一凹陷两侧分别搜索,寻找第二凹陷;  
判断单元,与所述搜索单元连接,如果存在所述第二凹陷,判断存在水泥共振透射峰,Ⅱ界面胶结差;如果不存在所述第二凹陷,判断Ⅱ界面胶结好;  
其中,所述搜索单元或所述判断单元,包括:确定单元;  
所述确定单元,用于确定所述第一凹陷任一侧的凹陷是否为第二凹陷;如所述第一凹陷任一侧的凹陷的幅度大于或等于所述第一凹陷幅度的1/3,则所述第一凹陷任一侧的凹陷为所述第二凹陷,否则不是所述第二凹陷。

5. 根据权利要求4所述一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量装置,其特征  
在于:

在所述频谱变换单元和所述获取单元之间还具有滤波单元,所述滤波单元对所述回波  
序列进行滤波处理;然后

所述频谱变换单元,对所述滤波处理后的回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;以  
及截取时域内所述滤波处理后的回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱。

6. 根据权利要求5所述一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量装置,其特征  
在于:

所述滤波单元,包括:仪器噪声滤波单元和测井噪声滤波单元;

所述仪器噪声滤波单元与所述测井噪声滤波单元连接,所述测井噪声滤波单元还与所  
述频谱变换单元连接;

所述仪器噪声滤波单元,利用相似相关处理方法消除所述回波序列的仪器噪声;

所述测井噪声滤波单元,利用带通滤波方法进一步消除所述回波序列的测井噪声。

## 利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量方法和装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及油田测井领域,具体说是一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量方法和装置。

### 背景技术

[0002] 油水井固井Ⅱ界面胶结质量是影响层间窜槽不可忽略的因素,近年在固井质量评价中I界面胶结好、水泥胶结指数大于0.8的井段也有窜槽现象发生,进一步明确了Ⅱ界面胶结差会引起窜槽问题。目前固井I界面胶结状态和水泥环分布评价技术已经较为完善,但是固井Ⅱ界面胶结评价还没有有效的技术手段,实际固井质量评价中,一般根据是否存在地层波以及地层波强弱定性判断Ⅱ界面胶结质量。由地层波相对强弱定性判断Ⅱ界面胶结状态存在两方面问题:一是套管偏心或周向部分胶结情况下,偏心一侧的套管靠近地层或部分胶结的水泥环会为地层波传播提供路径,即使Ⅱ界面胶结差也会出现较强地层波。二是在声衰减比较大的层段,衰减会造成地层波幅度下降,即使Ⅱ界面胶结好也会造成没有地层波或地层波较弱。因此,为保证固井质量评价的准确性,迫切需要有效的Ⅱ界面评价手段。

[0003] 超声脉冲回波测井是目前应用较为广泛的固井质量评价和套管状况检测方法,国外基于超声脉冲回波测井原理的仪器有PET、CET、USI、CAST系列和IBC等,国内有井壁超声成像测井、井身状况超声成像测井等技术。这些仪器都是利用超声脉冲回波采用不同的方法计算套管-地层环形空间介质声阻抗进行固井质量评价,同时利用套管共振透射频率计算套管壁厚。这些方法和仪器在以往的测井资料解释中只给出I界面胶结质量评价,没有给出Ⅱ界面胶结质量评价结果。通过建立五层介质模型(套管-流体环-水泥-流体环-地层)进行超声脉冲回波测井数值模拟,发现了可以进行Ⅱ界面胶结质量评价的方法。

### 发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明提供一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量方法和装置,以提高固井质量评价准确性。

[0005] 第一方面,本发明提供一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量方法,包括:

[0006] 利用超声回波测井在每一个测井深度点记录从流体到地层超声回波序列;

[0007] 对所述回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;

[0008] 截取时域内所述回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱;

[0009] 将所述回波频谱和所述声源频谱进行比值,得到反射系数;

[0010] 搜索所述反射系数的极小值,得到所述极小值对应的所述回波频谱的第一凹陷,所述第一凹陷为套管共振透射频率;

[0011] 在所述第一凹陷两侧分别搜索,寻找第二凹陷;

[0012] 如果存在所述第二凹陷,可判断存在水泥共振透射峰,Ⅱ界面胶结差;如果不存在

所述第二凹陷,可判断Ⅱ界面胶结好。

[0013] 优选地,在对所述回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;以及截取时域内所述回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱之前,对所述回波序列进行滤波处理;然后

[0014] 对所述滤波处理后的回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;

[0015] 截取时域内所述滤波处理后的回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱。

[0016] 优选地,所述滤波处理的方法为:

[0017] 利用相似相关处理方法消除所述回波序列的仪器噪声;利用带通滤波方法进一步消除所述回波序列的测井噪声。

[0018] 优选地,所述第一反射波为所述回波序列的0-40us段信号。

[0019] 优选地,所述第二凹陷的幅度应大于或等于所述第一凹陷幅度的1/3。

[0020] 第二方面,本发明提供一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量装置,包括:

[0021] 获取单元,利用超声回波测井在每一个测井深度点记录从流体到地层超声回波序列;

[0022] 频谱变换单元,与所述获取单元连接,对所述回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;以及截取时域内所述回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱;

[0023] 计算单元,与所述频谱变换单元连接,将所述回波频谱和所述声源频谱进行比值,得到反射系数;

[0024] 搜索单元,与所述计算单元连接,搜索所述反射系数的极小值,得到所述极小值对应的所述回波频谱的第一凹陷,所述第一凹陷为套管共振透射频率;以及在所述第一凹陷两侧分别搜索,寻找第二凹陷;

[0025] 判断单元,与所述搜索单元连接,如果存在所述第二凹陷,可判断存在水泥共振透射峰,Ⅱ界面胶结差;如果不存在所述第二凹陷,可判断Ⅱ界面胶结好。

[0026] 优选地,在所述频谱变换单元和所述获取单元之间还具有滤波单元,所述滤波单元对所述回波序列进行滤波处理;然后

[0027] 所述频谱变换单元,对所述滤波处理后的回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;以及截取时域内所述滤波处理后的回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱。

[0028] 优选地,所述滤波单元,包括:仪器噪声滤波单元和测井噪声滤波单元;

[0029] 所述仪器噪声滤波单元与所述测井噪声滤波单元连接,所述测井噪声滤波单元还与所述频谱变换单元连接;

[0030] 所述仪器噪声滤波单元,利用相似相关处理方法消除所述回波序列的仪器噪声;

[0031] 所述测井噪声滤波单元,利用带通滤波方法进一步消除所述回波序列的测井噪声。

[0032] 优选地,频谱变换单元,包括:截取单元,所述截取单元对所述回波序列的0-40us段信号进行截取得到所述第一反射波。

[0033] 优选地,所述搜索单元或所述判断单元,包括:确定单元;

[0034] 所述确定单元,用于确定所述第一凹陷任一侧的凹陷是否为第二凹陷;如所述第一凹陷任一侧的凹陷的幅度大于或等于所述第一凹陷幅度的1/3,则所述第一凹陷任一侧的凹陷为所述第二凹陷,否则不是所述第二凹陷。

[0035] 本发明至少具有如下有益效果:

[0036] 本发明提供一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量方法和装置,以提高固井质量评价准确性,以解决根据是否存在地层波以及地层波强弱定性判断Ⅱ界面胶结质量存在的问题。

## 附图说明

[0037] 通过以下参考附图对本发明实施例的描述,本发明的上述以及其它目的、特征和优点更为清楚,在附图中:

[0038] 图1是本发明实施例的I界面胶结好、不同Ⅱ界面流体环厚度时脉冲回波频谱;

[0039] 图2是本发明实施例的Ⅱ界面胶结好情况下脉冲回波频谱示意图;

[0040] 图3是本发明实施例的一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量方法流程示意图;

[0041] 图4是本发明实施例的实验室模型井中脉冲回波测井回波序列及其回波频谱;

[0042] 图5是本发明实施例的实验室模型井中脉冲回波测井不同方位回波频谱。

## 具体实施方式

[0043] 以下基于实施例对本发明进行描述,但是值得说明的是,本发明并不限于这些实施例。在下文对本发明的细节描述中,详尽描述了一些特定的细节部分。然而,对于没有详尽描述的部分,本领域技术人员也可以完全理解本发明。

[0044] 此外,本领域普通技术人员应当理解,所提供的附图只是为了说明本发明的目的、特征和优点,附图并不是实际按照比例绘制的。

[0045] 同时,除非上下文明确要求,否则整个说明书和权利要求书中的“包括”、“包含”等类似词语应当解释为包含的含义而不是排他或穷举的含义;也就是说,是“包含但不限于”的含义。

[0046] 本项发明基于井身状况超声成像测井,该仪器有超声脉冲回波测井探头,测井中探头每旋转一周发射接收72/36点超声波,可以对超声回波信号进行傅里叶变换得到回波频谱,为Ⅱ界面胶结评价提供信息。本发明也可用于基于超声脉冲回波测井的其他仪器(如USI、CAST-V、CAST-M等)资料处理。

[0047] 图1是本发明实施例的I界面胶结好、不同Ⅱ界面流体环厚度时脉冲回波频谱。图2是本发明实施例的Ⅱ界面胶结好情况下脉冲回波频谱示意图。如图1和图2所示,超声脉冲回波测井垂直发射接收的回波信号通过傅里叶变换可以得到频谱信息,在测井频率范围内,有套管共振透射频率,即在频谱上有一个共振透射峰(频谱凹陷)。

[0048] 图1的350KHz附近频谱凹陷即为5.5in壁厚套管共振透射峰(其它壁厚套管模拟结果形态一致),图1中的横坐标是频率/KHZ,纵坐标是脉冲回波频谱的幅度。流体环厚度分别为0.5mm-4.5mm。除套管共振透射峰(相对于水泥环的共振透射峰,频谱凹陷大的)以外,在图1所示各种不同Ⅱ界面流体环情况下,还有一个共振透射峰,我们称之为水泥环的共振透

射峰(相对于套管共振透射峰,频谱凹陷小的)。通过大量的数值模拟发现:在Ⅱ界面均胶结良好情况下,水泥共振透射峰消失,只有一个透射峰即套管的共振透射峰(见图2)。

[0049] 但是,在Ⅱ界面存在流体环时,并且无论Ⅰ界面胶结良好还是胶结差,都会出现水泥共振透射峰。改变水泥环厚度、套管厚度、地层参数都不影响Ⅱ界面胶结差情况下水泥环共振透射峰的存在。原因是:在Ⅱ界面胶结好的情况下,由于水泥和地层的声阻抗差别较小,二者可以看成是一个复合体。但是在Ⅱ界面胶结差时,水泥和Ⅱ界面流体环之间的声阻抗差别很大,具有形成共振透射的条件。

[0050] 因此,我们可以利用水泥共振透射峰的存在与否来判断Ⅱ界面胶结状况。

[0051] 图3是本发明实施例的一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量方法流程示意图。如图3所示,一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量方法,包括:步骤101利用超声回波测井在每一个测井深度点记录从流体到地层超声回波序列,如:超声脉冲回波测井为周向扫描测井方式声回波序列,在每一个测井深度点记录36列或72列的从流体到地层超;步骤102对回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;截取时域内回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱;步骤103将回波频谱和声源频谱进行比值,得到反射系数;步骤104搜索反射系数的极小值,得到极小值对应的回波频谱的第一凹陷,第一凹陷为套管共振透射频率;步骤105在第一凹陷两侧分别搜索,寻找第二凹陷;步骤106如果存在第二凹陷,可判断存在水泥共振透射峰,Ⅱ界面胶结差;如果不存在第二凹陷,可判断Ⅱ界面胶结好。

[0052] 在图3中,在对回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;以及截取时域内回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱之前,对回波序列进行滤波处理;然后对滤波处理后的回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;截取时域内滤波处理后的回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱。

[0053] 在图3中,滤波处理的方法为利用相似相关处理方法消除回波序列的仪器噪声;利用带通滤波方法进一步消除回波序列的测井噪声。

[0054] 其中,第一反射波为回波序列的0-40us段信号。

[0055] 其中,第二凹陷的幅度应大于或等于第一凹陷幅度的1/3。

[0056] 在图3中,具体地说,超声脉冲回波测井为周向扫描测井方式,在每一个测井深度点记录36列或72列的从流体到地层超声回波序列。

[0057] 进行预处理消除噪声:实验室测量确定仪器背景噪声,利用相似相关处理方法消除仪器噪声;利用带通滤波方法进一步消除测井噪声。

[0058] 对回波信号进行傅里叶变换得到回波频谱;截取回波序列中第一个回波(即,套管反射波),套管尺寸一定,套管反射波位置也是确定的,考虑套管尺寸变化因素,截取0-40us段信号,对截取的第一回波进行傅里叶变换得到声源频谱。

[0059] 通过将回波频谱与声源频谱做比值这一简易方法得到反射系数。

[0060] 确定套管共振透射频率:搜索反射系数,找到反射系数的极小值,反射系数的极小值对应回波频谱的最大凹陷(第一凹陷),即找到套管共振透射频率。

[0061] 搜索水泥共振频率位置:在最大凹陷两侧分别搜索,寻找较大凹陷(即,第二凹陷,第二凹陷的幅度达到第一凹陷的1/3),如果存在第二凹陷,即可以判断存在水泥共振透射峰,该处Ⅱ界面胶结差,如果没有第二个较大凹陷,Ⅱ界面胶结好。

[0062] 更具体地说,超声脉冲回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量方法:通过对接收的超声脉冲回波数据进行傅里叶变换以后,得到回波信号频谱,同时计算信号反射系数信号。在频谱上截取有效频率范围,然后在有效频率范围内搜索最大凹陷,搜索到最大凹陷以后,在两侧继续搜索较大凹陷,如果存在幅度达到最大凹陷1/3的较大凹陷,即可评价为Ⅱ界面胶结差,否则为Ⅱ界面胶结良好。由于在Ⅱ界面胶结差情况下,水泥环的厚度会有所变化,因此实际资料中水泥环共振透射峰位置不确定,可能在套管共振透射峰左侧,也可能在套管共振透射峰右侧,但是该共振透射峰在声源频带范围内,因此可以通过水泥共振透射判断Ⅱ界面胶结状态。

[0063] 同时,本发明提供了一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量装置,包括:获取单元,利用超声回波测井在每一个测井深度点记录从流体到地层超声回波序列;频谱变换单元,与获取单元连接,对回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;以及截取时域内回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱;计算单元,与频谱变换单元连接,将回波频谱和声源频谱进行比值,得到反射系数;搜索单元,与计算单元连接,搜索反射系数的极小值,得到极小值对应的回波频谱的第一凹陷,第一凹陷为套管共振透射频率;以及在第一凹陷两侧分别搜索,寻找第二凹陷;判断单元,与搜索单元连接,如果存在第二凹陷,可判断存在水泥共振透射峰,Ⅱ界面胶结差;如果不存在第二凹陷,可判断Ⅱ界面胶结好。具体可以参照图3中的一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量方法进行理解。

[0064] 一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量装置,在频谱变换单元和获取单元之间还具有滤波单元,滤波单元对回波序列进行滤波处理;然后频谱变换单元,对滤波处理后的回波序列进行傅里叶变换得到回波频谱;以及截取时域内滤波处理后的回波序列中第一反射波进行傅里叶变换得到声源频谱。

[0065] 一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量装置,滤波单元,包括:仪器噪声滤波单元和测井噪声滤波单元;仪器噪声滤波单元与测井噪声滤波单元连接,测井噪声滤波单元还与频谱变换单元连接;仪器噪声滤波单元,利用相似相关处理方法消除回波序列的仪器噪声;测井噪声滤波单元,利用带通滤波方法进一步消除回波序列的测井噪声。

[0066] 一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量装置,频谱变换单元,包括:截取单元,截取单元对回波序列的0-40us段信号进行截取得到第一反射波。

[0067] 一种利用超声回波测井评价固井Ⅱ界面胶结质量装置,搜索单元或判断单元,包括:确定单元;确定单元,用于确定第一凹陷任一侧的凹陷是否为第二凹陷;如第一凹陷任一侧的凹陷的幅度大于或等于第一凹陷幅度的1/3,则第一凹陷任一侧的凹陷为第二凹陷,否则不是第二凹陷。

[0068] 图4是本发明实施例的实验室模型井中脉冲回波测井回波序列及其回波频谱。在该项发明过程中,为了验证该方法的准确性,在已知I界面、Ⅱ界面胶结状态的模拟井中进行了实验,应用效果良好。实验室模型井参数为:套管外径139.7mm,壁厚7.72mm,I界面胶结好,Ⅱ界面45°未胶结。如图4所示,图4给出的是在该模型井中抽取三个Ⅱ界面未胶结数据点的接收波形及频谱,可以看出在频谱中有两个共振透射峰的Ⅱ界面胶结差特征。

[0069] 图5是本发明实施例的实验室模型井中脉冲回波测井不同方位回波频谱。如图5所示,图5给出的是该模型1°、90°、180°、270°四个位置的信号频谱。在实际资料处理中,可以按要求给出任意多个方位的频谱。由图可以看出,在1°、90°、180°位置,信号频谱只有一个

凹陷,对应于套管透射峰位置;在 $270^{\circ}$ 位置频谱有两个凹陷,分别对应于套管共振透射和水泥共振透射峰位置。

[0070] 模型井中检测资料的数据处理结果验证了理论分析的正确性,说明该方法完全可以用于固井Ⅱ界面胶结评价,为固井Ⅱ界面胶结质量评价提供了有效的技术手段。

[0071] 该项发明成果突破性地给出了固井Ⅱ界面胶结状态评价方法,可以全面地进行固井质量评价。保证了固井质量评价的准确性,为选段射孔、压裂等开发措施制定提供了准确的信息,防止由于窜槽造成油井水淹和油水井套损。该项发明具有以下优点及特点:

[0072] 1、基于现有的超声脉冲回波测井仪器,无需研制新的测井仪器,无需改变现有施工工艺和操作规程,具有较强的实施性。

[0073] 2、在资料解释处理过程中实现固井Ⅱ界面胶结评价,丰富了资料信息。

[0074] 3、由于超声脉冲回波测井周向采样率高,可以更准确的对井周固井质量进行描述,原有解释只有I界面胶结状态评价,限制了仪器的使用。加入Ⅱ界面胶结评价信息后,由于信息更多、评价结果更准确,加大了仪器的适用性。

[0075] 以上所述实施例仅为表达本发明的实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为本发明专利范围的限制。应当指出的是,对本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形、同等替换、改进等,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。

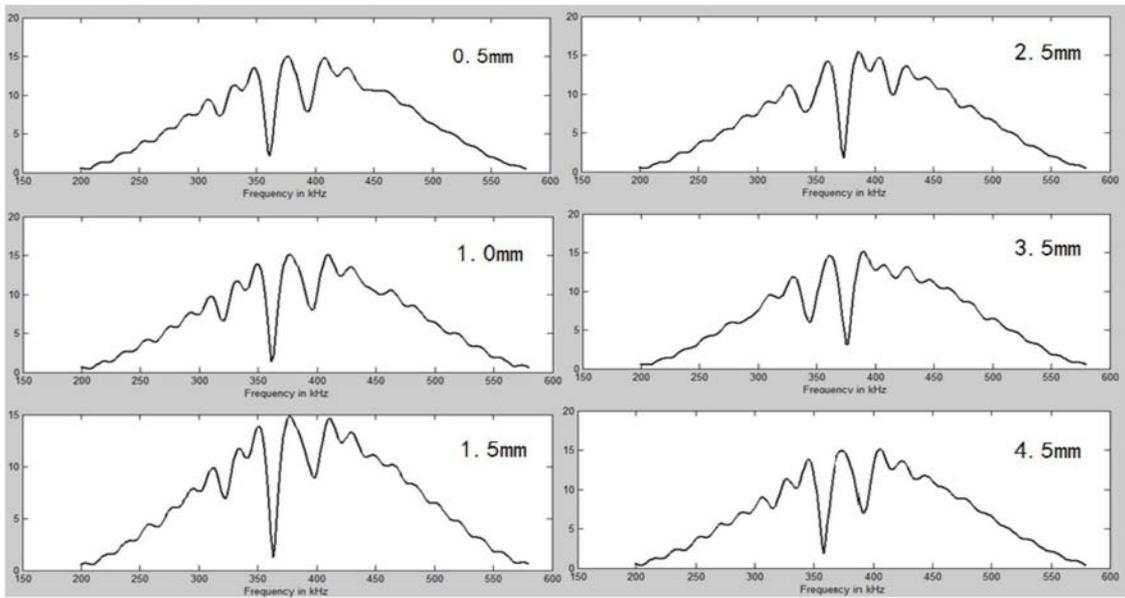
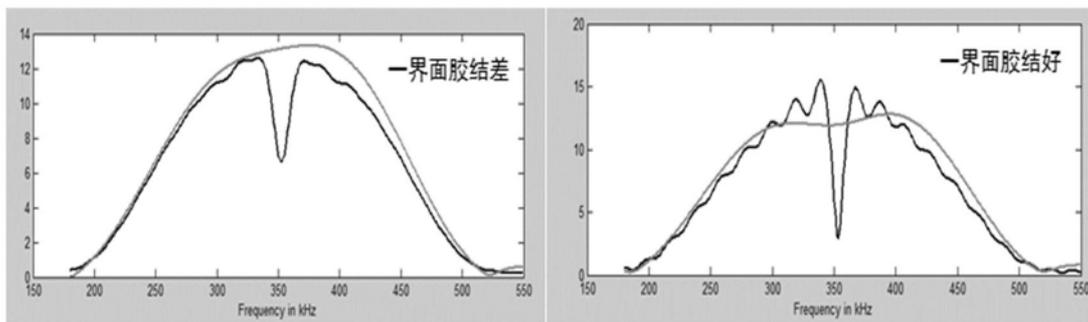


图1



(a)

(b)

图2

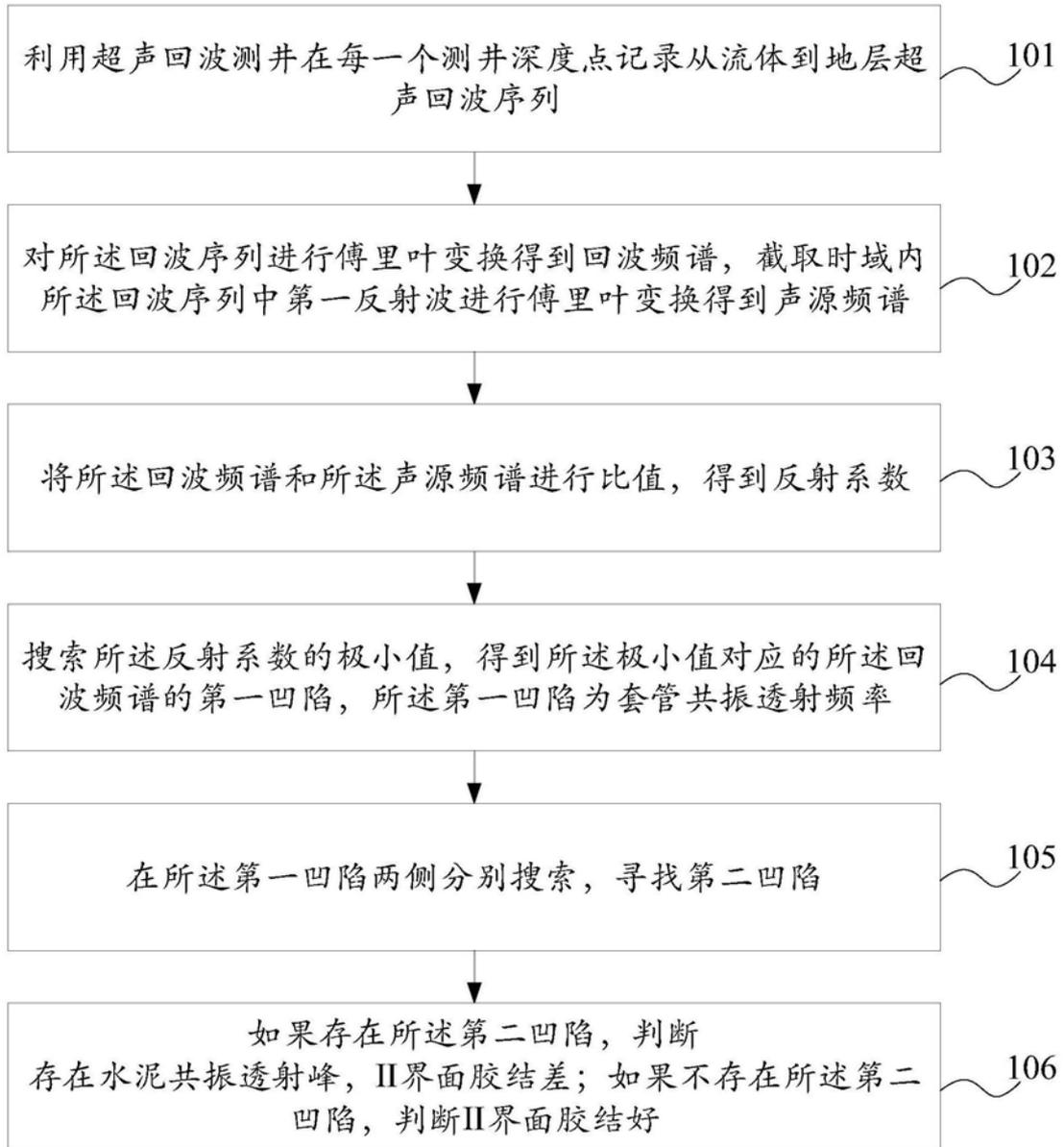


图3

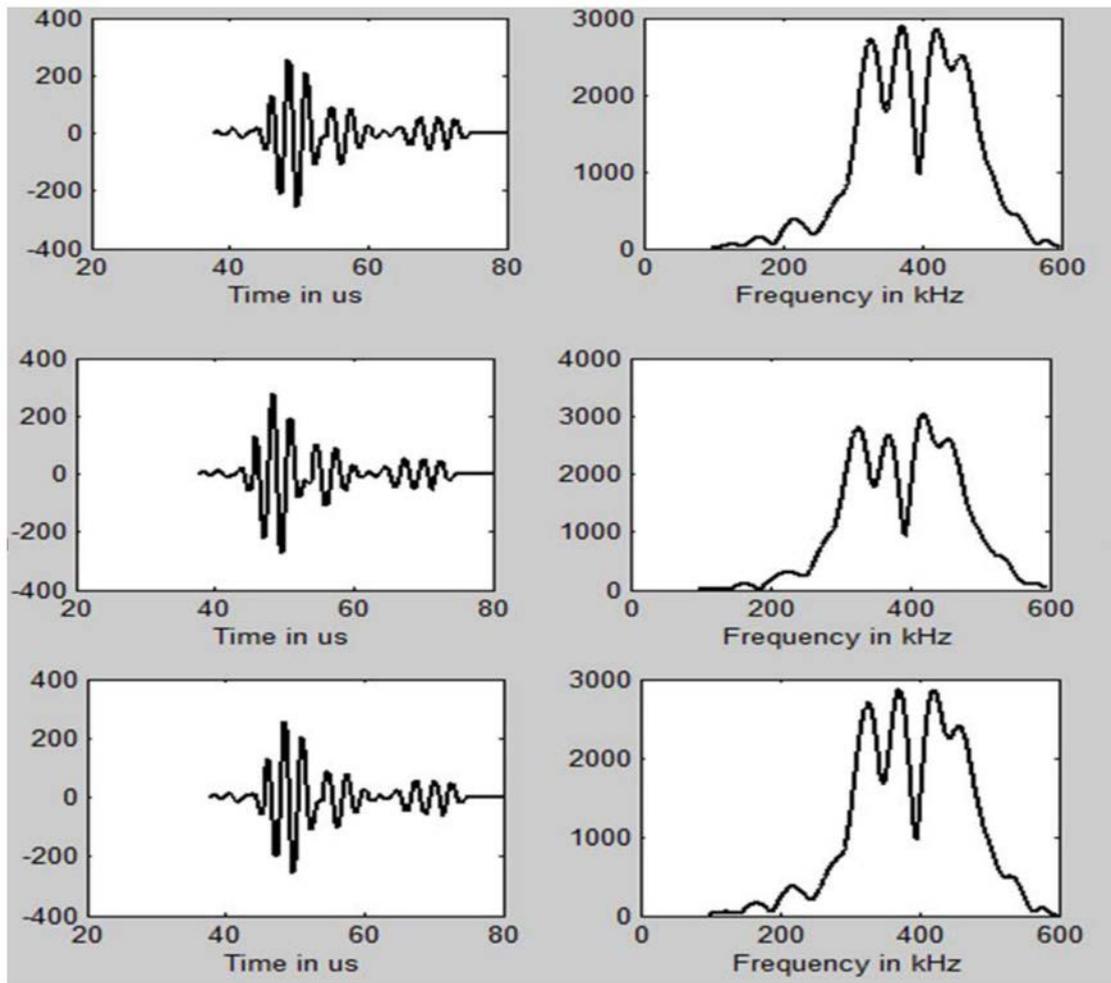


图4

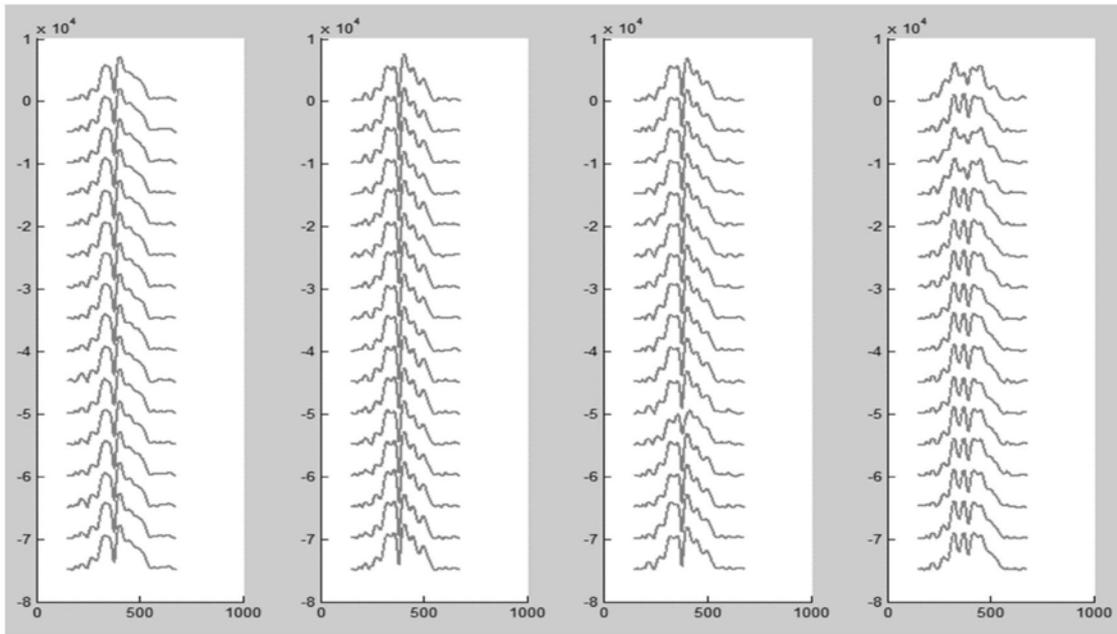


图5