



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111033223 A

(43)申请公布日 2020.04.17

(21)申请号 201880050292.6

哈姆德·巴扎兹

(22)申请日 2018.07.26

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

(30)优先权数据

责任公司 11219

62/541,287 2017.08.04 US

代理人 韩峰 孙志湧

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(51)Int.Cl.

2020.02.03

G01N 17/00(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

G01N 29/44(2006.01)

PCT/US2018/043848 2018.07.26

G01B 17/02(2006.01)

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2019/027785 EN 2019.02.07

(71)申请人 BP北美公司

地址 美国德克萨斯州

(72)发明人 禹临晓 马加里特·洛泽夫

托马斯·伊森 史蒂文·诺维希

克里斯托弗·奥弗斯特里特

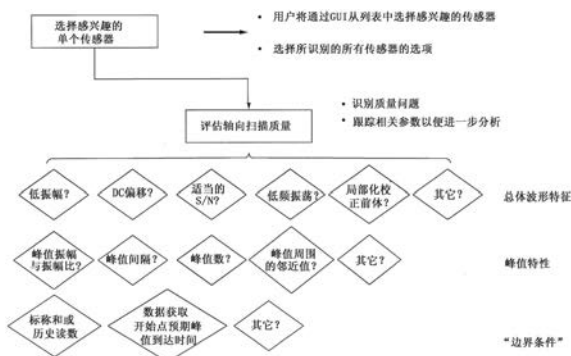
权利要求书5页 说明书11页 附图18页

(54)发明名称

超声腐蚀监测

(57)摘要

一种检测导管或容器中的腐蚀的方法,其包括用一个或多个脉冲回波超声设备来测量导管或容器的壁的厚度,其中,所述方法包括以下步骤:(i)从一个或多个脉冲回波超声设备接收指示轴向扫描数据的信号,其中,轴向扫描数据包括多个轴向扫描光谱;(ii)确定轴向扫描光谱中的哪些具有失真波形而使得不能确定可靠的壁厚度测量结果;(iii)分析在步骤(ii)中被识别为具有失真波形的轴向扫描光谱以确定每个光谱的正在导致失真的一个或多个轴向扫描光谱特性;(iv)基于导致波形失真的所确定的光谱特性来解析波形特性以便产生改良的轴向扫描光谱;(v)基于改良的轴向扫描光谱来确定壁的厚度测量结果;以及(vi)基于在步骤(v)中确定的厚度测量结果和根据轴向扫描光谱确定的附加厚度测量结果来确定壁已被腐蚀的程度。



1. 一种检测导管或容器中的腐蚀的方法,其中,所述方法包括用一个或多个脉冲回波超声设备来测量所述导管或容器的壁的厚度,其中,所述方法包括以下步骤:

(i) 从所述一个或多个脉冲回波超声设备接收指示轴向扫描数据的信号,其中,所述轴向扫描数据包括多个轴向扫描光谱;

(ii) 确定所述轴向扫描光谱中的哪些具有失真波形而使得不能确定可靠的壁厚度测量结果;

(iii) 分析在步骤(ii)中被识别为具有失真波形的轴向扫描光谱,以确定每个光谱的正在导致所述失真的一个或多个轴向扫描光谱特性;

(iv) 基于导致所述波形失真的所确定的光谱特性来解析所述波形特性,以便产生改良的轴向扫描光谱;

(v) 基于所述改良的轴向扫描光谱,来确定所述壁的厚度测量结果;以及

(vi) 基于在步骤(v)中确定的所述厚度测量结果和从轴向扫描光谱所确定的附加厚度测量结果,来确定所述壁已被腐蚀的程度。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,

所述壁包括石油或天然气输送管道的壁。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,

所述壁包括炼油厂或天然气处理厂中的导管或容器的壁。

4. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,

每个光谱的正在导致所述失真的所述一个或多个轴向扫描光谱特性包括整体波形的一个或多个特征。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述整体波形的所述一个或多个特征包括以下各项中的至少一个:

峰值振幅、峰值振幅比、DC偏移、信号失真、信噪比(S/N)、所述信噪比的倒数($1/(S/N)$)、低频振荡、局部化腐蚀前体、或其任何组合。

6. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,

每个光谱的正在导致所述失真的所述一个或多个轴向扫描光谱特性包括一个或多个峰值特性。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述一个或多个峰特性包括以下各项中的至少一个:

峰值振幅、峰值振幅比、峰值间隔、峰值数、峰值比、所述峰值周围的邻近值、或其任何组合。

8. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,分析所述轴向扫描光谱以确定正在导致所述失真的一个或多个轴向扫描光谱特性的步骤(iii)包括:

将所述一个或多个光谱特性映射为时间的函数。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述一个或多个轴向扫描光谱特性包括以下各项中的至少一个:

峰值振幅、峰值振幅比、DC偏移、信号失真、信噪比(S/N)、所述信噪比的倒数($1/(S/N)$)、低频振荡、局部化腐蚀前体、峰值间隔、峰值数、峰值比、所述峰值周围的邻近值、或其任何组合。

10. 根据任一前述权利要求所述的方法, 其中, 确定所述轴向扫描光谱中的哪些具有失真波形而使得不能确定可靠的壁厚度测量结果的步骤 (ii) 包括:

确定厚度测量值是否为与其它厚度测量结果有关的异常值。

11. 根据任一前述权利要求所述的方法, 其中, 确定所述轴向扫描光谱中的哪些具有失真波形而使得不能确定可靠的壁厚度测量结果的步骤 (ii) 包括:

确定所述轴向扫描光谱的一个或多个光谱特性是否为异常值。

12. 根据权利要求10或11所述的方法, 其中, 确定所述轴向扫描光谱的一个或多个光谱特性是否为异常值包括:

分析作为时间函数的厚度测量结果。

13. 根据权利要求10至12中的任何一项所述的方法, 其中,

异常值被定义为与所述轴向扫描光谱的所述一个或多个光谱特性的平均值或者与在一段时间内取得的厚度测量结果的平均值相差不止一个标准偏差。

14. 根据权利要求13所述的方法, 其中,

异常值被定义为与所述轴向扫描光谱的所述一个或多个光谱特性的平均值或者与在一段时间内取得的厚度测量结果的平均值相差不止两个标准偏差。

15. 根据任一前述权利要求所述的方法, 其中, 分析在步骤 (ii) 中被识别为具有失真波形的所述轴向扫描光谱以确定每个光谱的正在导致所述失真的一个或多个轴向扫描光谱特性的步骤 (iii) 包括:

分析一个或多个特定光谱特性是否为异常值。

16. 根据权利要求15所述的方法, 其中,

异常值被定义为与所述一个或多个光谱特性的平均值相差不止一个标准偏差。

17. 根据权利要求16所述的方法, 其中,

异常值被定义为与所述轴向扫描光谱的所述一个或多个光谱特性的平均值相差不止两个、三个、四个或五个标准偏差。

18. 根据权利要求10、11或15所述的方法, 其中,

如果 $(Y_i - Y_{\text{median}}) > 3\text{IQR}$, 则将值定义为异常值, 其中, Y_i 是所述值, Y_{median} 是一组值的中位数值, 并且 IQR 是一组值的四分位距。

19. 根据权利要求10、11或15所述的方法, 其中,

如果 $(Y_i - Y_{\text{median}}) > 10\% (Y_{\text{median}})$ 并且 $(Y_i - Y_{\text{median}}) > \max(0.04 \text{英寸}, 5\% (Y_{\text{median}}))$, 则值被定义为异常值。

20. 根据任一前述权利要求所述的方法, 其中, 应用用于解析在步骤 (iii) 中被确定为正在导致所述波形失真的所述波形特性的手段的步骤 (iv) 包括:

从所述轴向扫描光谱中去除异常值。

21. 根据任一前述权利要求所述的方法, 其中, 应用用于解析在步骤 (iii) 中被确定为正在导致所述波形失真的所述波形特性的手段以便产生改良的轴向扫描光谱的步骤 (iv) 包括:

产生多个经校正的轴向扫描光谱。

22. 根据任一前述权利要求所述的方法, 其中, 应用用于解析在步骤 (iii) 中被确定为正在导致所述波形失真的所述波形特性的手段以便产生改良的轴向扫描光谱的步骤 (iv)

包括：

从所述轴向扫描数据中排除在步骤(ii)中被确定为具有失真波形的所述光谱，以产生改良的轴向扫描光谱。

23. 根据权利要求20所述的方法，其中，

异常值是如权利要求13或14或者如权利要求16至19中的任何一项中所定义的。

24. 根据任一前述权利要求所述的方法，其中，分析在步骤(ii)中被识别为具有失真波形的所述轴向扫描光谱以确定每个光谱的正在导致所述失真的一个或多个轴向扫描光谱特性的步骤(iii)包括：

将所述一个或多个轴向扫描光谱与一个或多个先前的轴向扫描光谱或一个或多个标称的轴向扫描光谱相比较，以确定正在导致所述失真的所述一个或多个轴向扫描光谱特性。

25. 根据任一前述权利要求所述的方法，包括：

从位于所述容器或导管的所述壁的不同位置处的不止一个脉冲回波超声设备接收信号。

26. 根据权利要求25所述的方法，其中，所述方法包括：

对从每一个所述脉冲回波超声设备获得的所述轴向扫描数据执行权利要求1中的步骤(i)至(vi)。

27. 根据任一前述权利要求所述的方法，其中，

基于不止一个光谱特性来执行步骤(iii)和(iv)。

28. 一种利用从一个或多个脉冲回波超声设备获得的超声数据来检测供使用的导管或容器中的腐蚀的方法，所述方法包括：

接收指示超声数据的信号，所述超声数据包括至少一个波形；

确定所述超声数据包括至少一个失真波形特征；

响应于确定了所接收到的信号包括含有至少一个失真波形特征的超声数据，基于所确定的至少一个失真波形特征的特性来确定要应用于所述数据的校正，以解析所述至少一个失真波形特征并且从经解析的数据获得厚度测量结果。

29. 根据权利要求28所述的方法，其中，确定要应用于所述数据的校正的步骤包括：

确定要从所述数据中排除哪些轴向扫描光谱，其中，要从所述数据中排除的所述轴向扫描光谱包括被确定为具有失真波形的轴向扫描光谱。

30. 根据权利要求28所述的方法，其中，确定要应用于所述数据的校正的步骤包括：

基于所确定的至少一个失真波形特征的特性来确定要应用于所述数据的校正，以校正所述至少一个失真波形特征并且从经校正的数据获得厚度测量结果。

31. 根据权利要求30所述的方法，还包括：

使用所确定的校正，来校正所述至少一个失真波形特征；以及

基于经校正的数据和未校正的数据，来确定所述导管或容器的壁的厚度测量结果；以及

基于所确定的厚度，来确定所述壁已被腐蚀的程度。

32. 根据权利要求28至31中的任何一项所述的方法，还包括：

从所接收到的信号确定多种不同类型的失真波形特征，并且对特定于每种不同类型的

所确定的失真波形特征的所述数据应用校正。

33. 根据权利要求28至32中的任何一项所述的方法,其中,确定所述超声数据包括至少一个失真波形特征包括以下步骤中的至少一个:

确定所述超声数据的所选部分是否包括至少一个异常值,其中,异常值包括在针对该特征的所选范围之外的该波形的特征;

确定所述超声数据的质量是否低于所选阈值;

确定所述超声数据的所选部分的整体波形特征是否在所选阈值之外;

确定所述超声数据的所选部分的峰值特性是否在所选阈值之外;

确定所述超声数据的所选部分是否包括低于所选阈值的信噪比;

确定所述超声数据的所选部分是否包括局部化前体;以及

确定所述超声数据的所选部分是否包括低频振荡。

34. 根据权利要求33所述的方法,其中,异常值包括以下各项中的至少一个:

与针对所述超声数据的所选部分的均值相差至少大于一个标准偏差的值;以及

低于针对所述超声数据的所选部分的所选阈值的振幅。

35. 根据权利要求33所述的方法,其中,确定所述超声数据的所选部分的峰值特性是否在所选阈值之外包括以下步骤中的至少一个:

确定所述超声数据的所选部分的峰值之间的间隔低于所选阈值;

确定所述超声数据的所选部分的峰值数低于和/或高于所选阈值;

将所述超声数据的所选部分的峰值的绝对值与所述超声数据的另一部分的峰值的绝对值相比较。

36. 根据权利要求28至35中的任一项所述的方法,其包括根据权利要求2至27中的任一项所述的特征。

37. 一种非暂时性计算机程序产品,其包括被配置成执行根据任一前述权利要求所述的方法的程序指令。

38. 一种被配置成执行用于检测导管或容器中的腐蚀的方法的装置,其中,所述方法包括用一个或多个脉冲回波超声设备来测量所述导管或容器的壁的厚度,其中,所述装置被配置成:

(i) 从所述一个或多个脉冲回波超声设备接收指示轴向扫描数据的信号,其中,所述轴向扫描数据包括多个轴向扫描光谱;

(ii) 确定所述轴向扫描光谱中的哪些具有失真波形而使得不能确定可靠的壁厚测量结果;

(iii) 分析在步骤(ii)中被识别为具有失真波形的所述轴向扫描光谱,以确定每个光谱的正在导致所述失真的一个或多个轴向扫描光谱特性;

(iv) 基于导致所述波形失真的所确定的光谱特性来解析所述波形特性,以便产生多个解析的轴向扫描光谱;

(v) 基于所述多个解析的轴向扫描光谱来确定所述壁的厚度测量结果;以及

(vi) 基于在步骤(v)中确定的所述厚度测量结果和从轴向扫描光谱所确定的附加厚度测量结果,来确定所述壁已被腐蚀的程度。

39. 根据权利要求38所述的装置,其中,所述方法是根据权利要求2至27中的任何一项

所述的。

40. 一种被配置成执行用于检测导管或容器中的腐蚀的方法的装置,其中,所述方法是根据权利要求28至36中的任何一项所述的。

超声腐蚀监测

技术领域

[0001] 本发明涉及一种使用一个或多个脉冲回波超声设备通过确定导管或容器的壁的厚度来检测所述导管或容器中的腐蚀的方法。本发明还涉及一种用于执行所述方法的装置和非暂时性计算机程序产品。

背景技术

[0002] 管路、存储容器和其它器皿的腐蚀是石油和天然气工业中的常见问题。石油和天然气输送管道、炼油厂和石化厂具有严重的腐蚀问题。石油和天然气工业中的管道和器皿的腐蚀的常见原因是可能少量存在于烃类中的水、二氧化碳 (CO₂) 和硫化氢 (H₂S)。腐蚀也可因微生物活动而加剧。

[0003] 确定导管或容器的壁的腐蚀的程度的常见方式是确定所述壁的厚度。较高程度的腐蚀将意味着壁的一部分较薄,然而较低程度的腐蚀将通过壁的较厚部分来指示,因为较少的金属已被腐蚀。

[0004] 将壁的厚度确定为腐蚀的程度的指标的常见方式是使用超声厚度测量技术,诸如 0° 脉冲回波超声探测。这样的技术对要求准确值的服务评估的适合性来说是有用的。此外,然后常常需要监测在通常间隔数年进行的重复检查之间可能发生的剩余厚度减小。因为腐蚀速率通常为每年一毫米的一小部分,所以即使重复检查相隔许多年,也需要高测量准确性和可重复性以在任何可靠性情况下测量这些腐蚀速率。

[0005] 存在范围从简单的手动斑点腐蚀测量仪器到复杂的腐蚀监测、映射和筛选系统变动的许多类型的超声腐蚀检查技术。这些技术的基本原理涉及从“轴向扫描”(“A-scan”)超声信号中提取超声飞行时间 (TOF) 或渡越时间。用于确定石油和天然气工业中的管路和器皿的壁中的腐蚀的超声厚度测量技术被诸如 ASTM E797/E797M-10 和 EN14127:2011 这样的各种国际标准涵盖。厚度 (T) 当通过脉冲回波超声方法来测量时,是声音在材料中的速度和通过材料的渡越时间 (往返路程) 的一半的乘积,并且通过以下公式来确定:

[0006] $T = Vt/2$, 其中: T = 厚度; V = 速度; 并且 t = 渡越时间

[0007] 脉冲回波超声仪器测量超声脉冲通过零件的时间。图18是示出如何从具有好质量波形的轴向扫描光谱推导出飞行时间的图。

[0008] 脉冲回波超声仪器根据轴向扫描超声信号测量渡越时间。此轴向扫描的波形的质量对壁厚测量结果的可靠性有直接影响。波形的质量可通过波形信号的某些属性来定义,所述属性诸如振幅、信噪比 (SNR)、失真、时移和光谱内容。当波形的质量不良或不适当时,飞行时间可能难以处理。结果,检查仪/监测系统可以产生非直观的或甚至误导的厚度读数,意味着难以监测壁的腐蚀的程度。

[0009] 已做出本领域中的各种尝试以试图并减轻与不良或不适当质量的波形轴向扫描光谱相关联的问题。许多这些尝试包括使用算法来试图并处理具有劣等质量的波形信号以试图并改进波形的质量,使得可确定可靠的厚度测量结果。

[0010] US5497661 公开了对反射超声脉冲进行数字滤波和参数化,其中对于每个反射脉

冲,为了最大值并为了何时超过或低于数字阈值而检测时间和振幅。

[0011] US201/0109677公开了一种确定物体的厚度的方法,所述方法包括:将信号识别算法应用于超声信号的数字化接收的回波序列中的至少一对最大振幅峰值;对数字化接收的回波序列中的最大振幅峰值中的至少一个进行插入;测量至少一对最大振幅峰值之间的持续时间并且基于该持续时间来确定物体的厚度。

[0012] US2012/0226159公开了一种超声信号处理方法,所述超声信号处理方法包括:对所接收到的超声信号进行去卷积以产生滤波的信号;基于经滤波的信号在对应参考信号有高信噪比的频率范围内的频率振幅波动来确定自回归外推参数;以及使用自回归外推参数来执行经滤波的信号的自回归光谱外推以产生增强的超声信号。

[0013] 尽管诸如上面讨论的那些用于超声厚度测量结果的信号处理技术的存在,还存在处理波形质量不良的超声厚度测量结果的改进的方法的持续需要,以提高用于腐蚀确定的厚度测量结果的准确性和可靠性。

发明内容

[0014] 本发明的各方面如所附权利要求中所陈述的。

[0015] 本公开的实施例提供能够处理具有劣等质量的波形信号使得可确定更准确且可靠的厚度测量结果的交互式数据分析工具和方法。这可以使得能实现对诸如石油和天然气工业中使用的管道和器皿中的那些壁这样的壁中的腐蚀的改进的监测。

[0016] 根据本公开的第一方面,提供了一种检测导管或容器中的腐蚀的方法,其中,所述方法包括用一个或多个脉冲回波超声设备来测量导管或容器的壁的厚度,其中,所述方法包括以下步骤:

[0017] (i) 从一个或多个脉冲回波超声设备接收指示轴向扫描数据的信号,其中,轴向扫描数据包括多个轴向扫描光谱;

[0018] (ii) 确定轴向扫描光谱中的哪些具有失真波形而使得不能确定可靠的壁厚度测量结果;

[0019] (iii) 分析在步骤(ii)中被识别为具有失真波形的轴向扫描光谱以确定每个光谱的正在导致失真的一个或多个轴向扫描光谱特性;

[0020] (iv) 基于导致波形失真的所确定的光谱特性来解析波形特性以便产生改良的轴向扫描光谱;

[0021] (v) 基于改良的轴向扫描光谱来确定壁的厚度测量结果;以及

[0022] (vi) 基于在步骤(v)中确定的厚度测量结果和根据轴向扫描光谱确定的附加厚度测量结果来确定壁已被腐蚀的程度。

[0023] 根据本公开的第二方面,提供了一种利用从一个或多个脉冲回波超声设备获得的超声数据来检测供使用的导管或容器中的腐蚀的方法,所述方法包括:

[0024] 接收指示超声数据的信号,超声数据包括至少一个波形;

[0025] 确定超声数据包括至少一个失真波形特征;

[0026] 响应于确定所接收到的信号包括含有至少一个失真波形特征的超声数据,基于所确定的至少一个失真波形特征的特性来确定要应用于数据的校正,以便解析或者校正至少一个失真波形特征并且根据经解析或校正的数据获得厚度测量结果。

[0027] 根据本公开的第三方面,提供了一种装置,所述装置被配置成执行检测导管或容器中的腐蚀的方法,其中,所述方法包括用一个或多个脉冲回波超声设备来测量所述导管或容器的壁的厚度,其中,所述装置被配置成:

[0028] (i) 从所述一个或多个脉冲回波超声设备接收指示轴向扫描数据的信号,其中,轴向扫描数据包括多个轴向扫描光谱;

[0029] (ii) 确定轴向扫描光谱中的哪些具有失真波形而使得不能确定可靠的壁厚度测量结果;

[0030] (iii) 分析在步骤(ii)中被识别为具有失真波形的轴向扫描光谱以确定每个光谱的正在导致失真的一个或多个轴向扫描光谱特性;

[0031] (iv) 基于导致所述波形失真的所确定的光谱特性来解析波形特性以便产生多个解析的轴向扫描光谱;

[0032] (v) 基于多个解析的轴向扫描光谱来确定壁的厚度测量结果;以及

[0033] (vi) 基于在步骤(v)中确定的厚度测量结果和根据轴向扫描光谱确定的附加厚度测量结果来确定壁已被腐蚀的程度。

[0034] 根据本公开的第四方面,提供了一种装置,所述装置被配置成执行根据本公开的第二方面所述的方法。

[0035] 根据本公开的第五方面,提供了一种非暂时性计算机程序产品,所述非暂时性计算机程序产品包括被配置为执行根据本公开的第一方面或第二方面所述的方法的程序指令。

附图说明

[0036] 现在将仅通过示例并参考附图来描述本公开的实施例,在附图中:

[0037] 图1是来自给予用户在单传感器分析模式或多传感器分析模式之间选择的实现本公开的方法的软件工具的图形用户界面(GUI)的屏幕截图;

[0038] 图2(a)是示出了伴随异常值被识别而随着时间的推移而取得的各种厚度测量结果和所述异常值的曲线图,并且其中可以分析异常值的轴向扫描。图2(b)是来自图2(a)的曲线图的异常值厚度读数的示例轴向扫描;

[0039] 图3(a)和图3(b)是来自实现本公开的方法的软件工具(诸如图1的软件工具)的,给予用户将轴向扫描光谱的一个或多个光谱特性映射为时间的函数的选择的GUI的屏幕截图;

[0040] 图4是来自实现本公开的方法的软件工具(诸如图1的软件工具)的GUI的屏幕截图,其中作为工具的分析的结果用户被通知光谱特性已导致波形失真;

[0041] 图5(a)是来自实现本公开的方法的软件工具(例如图1的软件工具)的GUI的屏幕截图,其给予了用户保存已被校正的经校正轴向扫描光谱的选项而使得可从其确定更可靠的厚度测量结果。图5(b)是包括有经校正的厚度测量结果的图2(a)的曲线图;

[0042] 图6是来自实现本公开的方法的软件工具(例如图1的软件工具)的GUI的屏幕截图,其给予了用户在单传感器分析模式与多传感器分析模式之间选择;

[0043] 图7示出DC偏移和信噪比是造成波形失真的原因的光谱的示例;

[0044] 图8示出一般失真和低频振荡是造成波形失真的原因的光谱的示例;

- [0045] 图9是示出可以由实现本公开的方法的软件工具执行的分析步骤的流程图；
- [0046] 图10是实现本公开的方法的软件工具(例如图1的软件工具)的GUI的屏幕截图,其给予了用户对照时间来映射轴向扫描光谱的光谱特性的选择。
- [0047] 图11和图12是来自GUI的屏幕截图,其中由于特定光谱特性已被确定为导致光谱失真而向用户提出特定校正动作；
- [0048] 图13示出对照时间来示出厚度测量结果的曲线图,其中在传感器位置处的管路壁中没有显著变化(通过其它手段来确定)；
- [0049] 图14和图15示出应用于某些异常值厚度测量结果的不同算法在厚度对照时间的映射中的效果；
- [0050] 图16示出随着时间的推移的厚度测量结果方差的示例,其中管路壁厚度中的显著变化被独立地探知为尚未改变,并且还示出某个异常值厚度值的轴向扫描光谱；
- [0051] 图17是示出随着时间的推移的厚度方差的曲线图；
- [0052] 图18是示出如何根据轴向扫描光谱测量厚度的飞行时间(作为指标)的图；
- [0053] 图19是被确定为具有失真波形的轴向扫描的示例；
- [0054] 图20是将特定波形包络与参考波形包络相比较的图；以及
- [0055] 图21是示出与被确定为具有不适当的信噪比来确定可靠的厚度测量结果的光谱相比较的被确定为具有适当的信噪比以便提供可靠的厚度测量结果的轴向扫描光谱的图。

具体实施方式

[0056] 依照本公开的具体方面在下面讨论的技术特征中的任一个也可以是本公开的所有其它方面的一部分。

[0057] 本公开的方法可用于通过测量任何适合的管路、器皿或容器的壁的厚度来确定腐蚀。可以通过在一段时间内通过测量壁的厚度以及壁是否随着时间的变化而变得更薄来(例如,如图2a中所示)来确定腐蚀。这可以通过将参考数据值(诸如先前的厚度测量结果(例如经由先前的轴向扫描光谱获得))与当前数据值(通过当前的轴向扫描光谱产生的厚度测量结果)相比较来做,以探知厚度如何随着时间的推移而改变。在一些示例中壁可以包括石油或天然气输送管道的壁。附加地或备选地,壁可以包括炼油厂或天然气处理厂中的导管或容器的壁。

[0058] 总之,本公开的实施例可以包括一种利用从一个或多个脉冲回波超声设备获得的超声数据来检测供使用的导管或容器中的腐蚀的方法。本公开的实施例可以包括:接收指示超声数据的信号,超声数据包括至少一个波形,并且确定超声数据包括至少一个失真波形特征。响应于确定所接收到的信号包括含有至少一个失真波形特征的超声数据,可以基于所确定的至少一个失真波形特征的特性来确定要应用于数据的校正,以便解析或者校正至少一个失真波形特征并且根据经解析或校正的数据获得厚度测量结果。本公开的实施例可以采用飞行时间分析(如上所述以及如图18中所示)来根据轴向扫描数据确定厚度值。

[0059] 本公开的实施例因此可以提供更可靠的厚度测量数据(例如管路的厚度测量数据),从而提供对管路中的腐蚀是否已发生的改进的和/或更准确的确定。这进而因此可以允许在发生管路中承载的任何液体的泄漏之前采取补救动作来解决腐蚀,这将具有明显的环境效益。

[0060] 本公开的实施例中使用的脉冲回波超声设备可以是适合于测量壁或容器的厚度的任何脉冲回波超声设备。这样的脉冲回波超声设备是为技术人员已知的。可在诸如AST E797/E797-10和EN 14127:2011这样的各种国际标准中找到用于依照本公开的适合的供使用的脉冲回波超声设备的示例。

[0061] 脉冲回波超声设备可以产生多个轴向扫描数据,例如在一段时间内的壁的特定段的相应的轴向扫描数据集。接收指示超声数据的信号可以包括接收指示轴向扫描数据的信号。超声数据以及因此轴向扫描数据可以包括至少一个波形。在超声波厚度测量结果中获得的许多轴向扫描中,一些可能具有失真波形。如上面所指出的,轴向扫描数据可以用于确定厚度测量结果,例如壁的一段厚度测量结果。如果轴向扫描数据失真,则通过底层轴向扫描指示的厚度测量结果可能不是准确的或可靠的,例如可以针对壁的该特定段产生反常厚度测量结果。

[0062] 如上面所指出的,本公开的实施例可以包括确定超声数据包括至少一个失真波形特征。例如,可以确定所接收到的信号包括含有至少一个失真波形特征的超声数据。

[0063] 确定超声数据包括至少一个失真波形特征可以包括以下步骤中的一个或多个(孤立地或相结合地):

[0064] (i) 确定超声数据的所选部分包括至少一个异常值,其中,异常值包括在针对特征的所选范围之外的该波形的特征;

[0065] (ii) 确定超声数据的质量低于所选阈值;

[0066] (iii) 确定超声数据的所选部分的整体波形特征或波形的特性在所选阈值之外;

[0067] (iv) 确定超声数据的所选部分的峰值特性是否在所选阈值之外;

[0068] (v) 确定超声数据的所选部分是否包括低于所选阈值的信噪比;

[0069] (vi) 确定超声数据的所选部分是否包括局部化前体;以及

[0070] (vii) 确定超声数据的所选部分是否包括低频振荡。

[0071] 确定超声数据的所选部分的峰值特性是否在所选阈值之外(上面识别的项目(iv))可以包括以下步骤中的一个或多个:

[0072] 确定超声数据的所选部分的峰值之间的间隔低于所选阈值;

[0073] 确定用于超声数据的所选部分的峰值的数目低于和/或高于所选阈值;

[0074] 将用于超声数据的所选部分的峰值的绝对值与用于超声数据的另一部分的峰值的绝对值相比较。

[0075] 在一些示例中,确定超声数据包括至少一个失真波形特征因此可以包括确定特定数据值(诸如通过底层数据(诸如底层轴向扫描光谱)而产生的厚度值)是异常值。

[0076] 确定超声数据包括异常值(指示失真波形特征)可以包括将超声数据(诸如当前的轴向扫描光谱或通过底层轴向扫描光谱所指示的厚度测量结果)与参考数据集(诸如先前的轴向扫描光谱和/或先前的厚度测量结果)相比较。在一些示例中,可以将异常值定义为相对于参考数据集位于阈值水平之外(例如高于或低于阈值水平)的值。例如,异常值可以包括高于或低于用于超声数据的所选部分的所选阈值的振幅。例如,如果其产生比先前的测量结果厚得多的厚度(如将在下面更详细地描述的),则可以将超声数据确定为包括失真波形特征。

[0077] 参考数据集可以是先前的数据集或先前的测量结果。例如,参考数据集可以是先

前的厚度测量结果,同时异常值是与先前的测量结果相比较的反常厚度测量结果。在其它示例中,参考数据集可以是周围的轴向扫描光谱,同时异常值是该轴向扫描光谱内的值。关于参考数据集的阈值可以基于轴向扫描光谱的中值或平均值。

[0078] 在一些示例中,异常值被定义为与参考数据集的平均值(诸如先前的测量结果)有不只一个标准偏差。附加地或替代地,异常值可以被定义为与轴向扫描光谱的一个或多个光谱特性的平均值相差不止一个标准偏差。

[0079] 在一些示例中,异常值被定义为与参考数据集的平均值和/或轴向扫描光谱的一个或多个光谱特性相差超过两个、三个、四个或五个标准偏差。在一些示例中,可以使用以下公式来确定用于光谱特性的值是否为异常值: $(Y_i - Y_{\text{median}}) > 3\text{IQR}$,其中 Y_i 是值(诸如所讨论的目前的数据值), Y_{median} 是一组值的(诸如参考数据集的)中位数值,并且IQR是一组值的四分位距。

[0080] 在一些示例中,可以使用以下公式来确定值是否为异常值: $(Y_i - Y_{\text{median}}) > 10\% (Y_{\text{median}})$ 并且 $(Y_i - Y_{\text{median}}) > \max(0.04 \text{英寸}, 5\% (Y_{\text{median}}))$ 。在一些实施例中可以使用公式 $R_u = \sum_{i=1}^N (Y_i - RE_i)^2$ 来确定用于光谱特性的值是否为异常值,其中 Y_i 是目前的波形包络值, RE_i 是所对应的参考波形包络值,并且 R_u 是用于量化波形包络与归一化参考波形包络的偏差的变量。这也被示出在图20中。

[0081] 在一些示例中,通过将值与一组值(诸如参考数据集)的均方根相比较来确定异常值。如果值与参考数据集的均方根相差超过某个阈值,则这可以涉及确定值是异常值。在期望确定不良/不适当的信噪比是否使厚度测量结果成为异常值的示例中,此方法可能是优选的。

[0082] 响应于确定所接收到的信号包括含有至少一个失真波形特征的超声数据,本公开的实施例包括确定要应用于数据的校正。本公开的实施例可以进一步包括将所确定的校正应用于数据以获得改进的数据,例如以获得改进的厚度测量结果。例如,本公开的实施例可以包括:使用所确定的校正来校正至少一个失真波形特征;基于经校正的数据和未校正的数据来确定导管或容器的壁的厚度测量结果;以及基于所确定的厚度来确定壁已被腐蚀的程度。在一些示例中这可以包括根据所接收到的信号而确定多种不同类型的失真波形特征并且对特定于每种不同类型的确定的失真波形特征的数据应用校正。

[0083] 应用校正可以包括使用算法来校正轴向扫描数据,使得可以确定可靠的厚度测量结果。适合的算法包括快速傅立叶变换(FFT)、希尔伯特变换算法、希尔伯特阈值算法和希尔伯特ZCR(零交叉)算法。可选地,可使用MATLAB软件来应用这些算法。

[0084] 在一些示例中,应用校正可以包括排除含有异常值的数据值或数据集。例如,如果在特定数据上获得的一组轴向扫描数据指示可能被认为是异常值(例如它是反常的)的厚度测量值,则应用校正可以包括排除在该数据上获得的该特定轴向扫描光谱。

[0085] 确定要应用于数据的校正可以包括分析被识别为具有失真波形的轴向扫描光谱以确定每个光谱的正在导致失真的一个或多个轴向扫描光谱特性。例如,确定要应用于数据的校正的步骤可以包括:基于所确定的至少一个失真波形特征的特性来确定要应用于数据的校正,以用于校正至少一个失真波形特征并且根据经校正的数据而获得厚度测量结果。此步骤可以进一步包括:使用所确定的校正来校正至少一个失真波形特征;以及基于经校正的数据、未校正的数据或两者来确定导管或容器的壁的厚度测量结果;以及基于所确

定的厚度来确定腐蚀的程度。

[0086] 如上面所指出的,如本文所使用的术语失真波形可以意味着轴向扫描光谱的一个或多个光谱特性导致根据轴向扫描光谱而确定不准确的或不可靠的厚度测量结果,或者根本无法根据轴向扫描光谱而确定厚度测量结果。

[0087] 光谱特性可以是轴向扫描光谱的防止从光谱获得准确且可靠的厚度测量结果的任何特性。一个或多个光谱特性可以包括整体波形的一个或多个特征。例如,一个或多个光谱特性可以包括峰值振幅、峰值振幅比、DC偏移、信号失真,信噪比(S/N)、信噪比的倒数(1/(S/N))、低频振荡、局部化腐蚀前体或其任何组合。

[0088] 附加地或替代地,分析被识别为具有失真波形的轴向扫描光谱以确定每个光谱的正在导致失真的一个或多个轴向扫描光谱特性可以包括分析一个或多个峰值特性。一个或多个峰特性可以包括峰值振幅、峰值振幅比、峰值间隔、峰值数、峰值比、峰值周围的邻近值或其任何组合。

[0089] 如上面所指出的,轴向扫描光谱的许多性质可以是造成导致至少一个失真波形特征的原因。这些的示例被示出在附图中。例如,图19示出被确定为充分地失真以使得不能确定可靠的厚度测量结果的波形的示例。图21对照对于要确定的可靠的厚度测量结果具有不适当的信噪比的轴向扫描光谱来对比,被确定为对于要确定的可靠的厚度测量结果具有适当的信噪比的轴向扫描光谱。图7示出DC偏移和信噪比是造成波形失真的原因的光谱的示例。图8示出一般失真和低频振荡是造成波形失真的原因的光谱的示例。

[0090] 在一些示例中,本公开的方法可以进一步包括:根据所接收到的信号而确定多种不同类型的失真波形特征;以及对特定于每种不同类型的确定的失真波形特征的数据应用校正。

[0091] 本公开的其它实施例包括一种检测导管或容器中的腐蚀的方法,其中,所述方法包括用一个或多个脉冲回波超声设备来测量导管或容器的壁的厚度,其中,所述方法包括以下步骤:

[0092] (i) 从一个或多个脉冲回波超声设备接收指示轴向扫描数据的信号,其中,轴向扫描数据包括多个轴向扫描光谱;

[0093] (ii) 确定轴向扫描光谱中的哪些具有失真波形而使得不能确定可靠的壁厚测量结果;

[0094] (iii) 分析在步骤(ii)中被识别为具有失真波形的轴向扫描光谱以确定每个光谱的正在导致失真的一个或多个轴向扫描光谱特性;

[0095] (iv) 基于导致波形失真的所确定的光谱特性来解析波形特性以便产生改良的轴向扫描光谱;

[0096] (v) 基于经改良的轴向扫描光谱来确定壁的厚度测量结果;以及

[0097] (vi) 基于在步骤(v)中确定的厚度测量结果和根据轴向扫描光谱而确定的附加厚度测量结果来确定壁已被腐蚀的程度。

[0098] 例如如上所述,确定轴向扫描光谱中的哪些具有失真波形而使得不能确定可靠的壁厚测量结果的步骤(ii)可以包括确定轴向扫描光谱是否具有失真波形的任何适合的手段。确定的步骤可以和目视检查一样简单,所述目视检查后面有基于检查结果做出判定,或者它可以包括确定轴向扫描光谱是否满足某个具体准则。

[0099] 如上所述,确定轴向扫描光谱中的哪些具有失真波形而使得不能确定可靠的壁厚测量结果的步骤(ii)可以包括确定轴向扫描光谱的一个或多个光谱特性是否为异常值。例如,确定超声数据包括异常值(指示失真波形特征)可以包括将超声数据(诸如当前的轴向扫描光谱或通过底层轴向扫描光谱指示的厚度测量结果)与参考数据集(诸如先前的轴向扫描光谱和/或先前的厚度测量结果)相比较。例如,如果其产生比先前的测量结果厚得多的厚度,则可以将超声数据确定为包括失真波形特征。

[0100] 分析轴向扫描光谱以确定正在导致失真的一个或多个轴向扫描光谱特性的步骤(iii)可以包括将一个或多个光谱特性映射为时间的函数。

[0101] 分析在步骤(ii)中被识别为具有失真波形的轴向扫描光谱以确定每个光谱的正在导致失真的一个或多个轴向扫描光谱特性的步骤(iii)还可以包括分析一个或多个特定光谱特性是否为异常值。

[0102] 分析在步骤(ii)中被识别为具有失真波形的轴向扫描光谱以确定每个光谱的正在导致失真的一个或多个轴向扫描光谱特性的步骤(iii)可以包括将一个或多个轴向扫描与一个或多个先前的轴向扫描光谱或一个或多个标称轴向扫描光谱相比较以确定正在导致失真的一个或多个轴向扫描光谱特性。

[0103] 应用用于解析在步骤(iii)中被确定为正在导致波形失真的波形特性以便产生改良的轴向扫描光谱的手段的步骤(iv)可以包括从轴向扫描光谱中去除异常值。这可能要求对于不具有被认为是异常值的一个或多个光谱特性的厚度测量结果仅考虑轴向扫描光谱。异常值的定义可以是针对上面讨论的术语的定义中的任一个。当造成波形失真的原因的光谱特性包括不良或不适当的信噪比时,这可能是原因解析在步骤(iii)中被确定为正在导致波形失真的波形特性的优选方法。

[0104] 应用用于解析在步骤(iii)中被确定为正在导致波形失真的波形特性以便产生改良的轴向扫描光谱的手段的步骤(iv)可以包括产生多个校正的轴向扫描光谱。

[0105] 在步骤(iv)包括产生多个校正的轴向扫描光谱的情况下,此步骤可以包括使用算法来校正轴向扫描数据,使得可以确定可靠的厚度测量结果。步骤(ii)和(iii)还可以包括使用算法来确定轴向扫描光谱中的哪些具有失真波形而使得不能确定可靠的厚度测量值或者使用算法来分析哪些光谱特性是造成波形失真的原因。适合的算法包括快速傅立叶变换、希尔伯特变换算法、希尔伯特阈值算法和希尔伯特ZCR算法。可选地,可使用MATLAB软件来应用这些算法。

[0106] 本公开的方法可由耦合到一个或多个脉冲回波超声设备的计算机执行。计算机可以与脉冲回波超声设备分开地操作(例如可能已先前或从其它地方获得轴向扫描光谱),或者计算机可以控制一个或多个脉冲回波超声设备。计算机将包括软件(例如用于实现软件以执行本公开的方法)以及用于执行软件的硬件。计算机可以包含用于例如以数据的形式接收、发送和/或以其它方式传送信息的接口。计算机可以包含用于存储信息的存储器元件。

[0107] 在一些示例中,多个脉冲回波超声设备可以位于沿着石油或天然气输送管道的壁。所有这些设备都可以用于监测不同位置处的壁的厚度以便提供在壁的不同部分处的腐蚀的指示。本公开的方法可以包括根据上述方法中的任一种来处理来自这些脉冲回波超声设备的轴向扫描数据。

[0108] 通常参考附图,应领会的是,示意功能框图用于指示本文描述的系统和装置的功能性,然而应领会的是,该功能性不必被以这种方式划分,并且不应该被视为暗示除在下面描述和要求保护的硬件以外的硬件的任何特定结构。附图中所示的元件中的一个或多个的功能可以被进一步再划分,并且/或者分布在本公开的整个装置中。在一些实施例中附图中所示的一个或多个元件的功能可以被集成到单个功能单元中。

[0109] 上述实施例将被理解为说明性示例。设想了另外的实施例。应当理解的是,关于任何一个实施例描述的任何特征可以被单独使用,或者与所描述的其他特征相结合地使用,并且还可以被与任何其它实施例或任何其它实施例的任何组合的一个或多个特征相结合地使用。此外,在不脱离所附权利要求中限定的本发明的范围的情况下,也可以采用上面未描述的等同物和修改。

[0110] 在一些示例中,一个或多个存储器元件可存储用于实现本文描述的操作的数据和/或程序指令。本公开的实施例提供包括程序指令的有形非暂时性存储介质,所述程序指令可操作来对处理器进行编程以执行本文描述和/或要求保护的方法中的任何一种或多种并且/或者提供如本文描述和/或要求保护的数据处理装置。

[0111] 本文概述的活动和装置可以用诸如逻辑门的组件这样的固定逻辑,或诸如由处理器执行的计算机程序指令和/或软件这样的可编程逻辑来实现。其它种类的可编程逻辑包括可编程处理器、可编程数字逻辑(例如,现场可编程门阵列(FPGA)、可擦除可编程只读存储器(EPROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、专用集成电路ASIC或任何其它种类的数字逻辑、软件、代码、电子指令、闪存存储器、光盘、CD-ROM、DVD ROM、磁卡或光卡、适合于存储电子指令的其它类型的机器可读介质或其任何适合的组合。

[0112] 示例

[0113] 示例1

[0114] 示例1涉及实现上面讨论的方法的软件工具。图1是在执行任何轴向扫描分析之前的来自工具的图形用户界面(GUI)的屏幕截图。如可从图中看到的,用户可以选择是否分析来自单个传感器(单个脉冲回波超声设备)的轴向扫描数据,或者是否分析来自多个传感器的轴向扫描数据。对于多传感器分析模式,用户可以选择某些特定传感器组来分析,或者可以从站点选择所有传感器来分析。图2a是来自示出针对特定传感器的厚度对照时间的图的GUI的屏幕截图。软件已确定了超声数据包括至少一个失真波形特征,并且在目前情况下这包括确定超声数据包括至少一个异常值。在本示例中,用红色突出的是作为异常值厚度测量结果的读数。用黄色和红色突出的是波形数据可用于的异常值。对于波形数据可用于的那些异常值,软件工具允许通过在GUI内的异常值上点击来查看特定异常值的原始轴向扫描数据。通过查看原始轴向扫描数据,可以确定要应用于失真波形特征的校正。图2b是针对被视为异常值的厚度测量结果的此类原始轴向扫描数据中的一个的屏幕截图。

[0115] 例如,一旦被视为异常值的特定轴向扫描光谱被查看,就可通过软件工具来分析该轴向扫描光谱以确定轴向扫描光谱的一个或多个特定光谱特性是否是造成失真波形的原因。如上面所讨论的,对一个或多个特定光谱特性的这种分析可以包括将一个或多个光谱特性映射为时间的函数。图3a和图3b是来自给用户用于将轴向扫描光谱的某些光谱特性映射为时间的函数的各种选项的软件工具的GUI的屏幕截图。用户可能能够查看光谱特性本身并且确定它们是否需要校正。附加地或备选地,软件可以通过上述方法中的任一

种(并且像将在下面更详细地描述的那样)确定哪些光谱特性需要校正。如上所述,软件可以使用算法来校正所选光谱特性。

[0116] 图4是来自示出用户如何被通知作为特定一个或多个光谱特性是造成轴向扫描光谱的错误厚度读数和失真的原因的分析结果的GUI的屏幕截图。GUI然后可以向用户推荐用于校正超声数据的特定选项。取决于作为分析的结果什么已被确定为正在导致波形失真,可以推荐不同的选项。例如,GUI可以通知用户尽管有用于校正光谱的各种选项,轴向扫描光谱都不能提供厚度测量结果。替选地,GUI可以通知用户特定光谱特性正在导致失真(例如信噪比)并且推荐应用光谱的校正的特定手段,例如,对数据应用特定算法。

[0117] 图5a是来自用户被给予保存校正的轴向扫描光谱并使用经校正的光谱来生成新厚度测量结果的选项的图形用户界面的屏幕截图。图5b是在并入经校正的轴向扫描光谱情况下的厚度对照时间的曲线图。GUI将指示用户特定光谱特性已被视为正在导致波形失真。GUI然后将推荐一连串动作。例如,GUI可以声明传感器是弱的,但是轴向扫描光谱有适当的信噪比,然后可以指示特定算法被应用于光谱作为校正。替选地,GUI可以通知用户光谱包括正在导致波形失真的DC偏移或低频振荡,并且推荐应用从光谱中去除这些特征的算法。用户将能够保存校正的轴向扫描光谱并且将它们并入到厚度与时间测量结果的关系的原始组中。在图5b中,可看到图2a的原始厚度与时间测量结果的关系,同时在其中并入新校正的轴向扫描光谱(用绿色示出)。在这方面,用户将能够看到校正的手段(诸如校正算法)对轴向扫描的影响以及这如何影响厚度测量结果。

[0118] 示例2

[0119] 实现本公开的方法的软件工具(诸如上面关于示例1描述的软件工具)也可以在来自多个脉冲回波超声设备的超声厚度测量结果被分析的多传感器模式下操作。图6是来自示出用户具有此选项的GUI的屏幕快照。用户可以从站点选择多个(但不是全部)传感器以进行数据分析,或者从站点选择所有传感器。方法可以最初涉及识别厚度测量结果为异常值的特定传感器。然后可以针对数据进行如上面在示例1中针对一个设备所描述的分析。

[0120] 图9是演示实现本公开的方法的软件工具可以执行的分析的流程图。该图示出最初可以选择一传感器或一组传感器。对于指示厚度测量结果的特定轴向扫描光谱,工具可分析特定光谱特性是否正在使波形失真而使得不能确定准确且可靠的厚度测量结果。如可看到的,被分析的光谱特性可以是整体波形特征,诸如低振幅、DC偏移、适当的S/N、低频振荡、局部化腐蚀前体或峰值特性(诸如峰值振幅、峰值间隔、峰值数或峰值周围的邻近值)。该流程图还示出分析可以执行将用于光谱特性的值与标称值相比较。

[0121] 示例3

[0122] 图7和图8是轴向扫描光谱的示例,其中特定光谱特性正在导致波形失真而使得不能确定可靠且准确的厚度测量结果。图7示出DC偏移和不良/不适当的信噪比正在导致波形失真的光谱。图8示出一般失真和低频振荡正在导致波形失真的轴向扫描光谱。如上面所指出的,可以通过计算机软件(诸如上面关于示例1所描述的软件工具)来执行超声数据包括至少一个失真波形特征的确定。

[0123] 示例4

[0124] 图10示出来自实现本公开的方法的软件工具(诸如上面关于示例1所描述的软件工具)的GUI的屏幕截图的另一示例,其中用户被给予了将特定光谱特性映射为时间的函数

的选择。图11和图12是来自由于特定光谱特性已被确定为导致波形失真而使得不能确定可靠的厚度测量结果而向用户提出特定校正动作的GUI的屏幕截图。

[0125] 示例5

[0126] 图13中的左上部光谱是示出对照时间的厚度测量结果的曲线图,其中在传感器位置处的管路壁中没有显著变化(通过其它手段来确定)。在开始时的大厚度变化是由于根据轴向扫描确定厚度时的算法选择而导致的。然而,厚度测量结果随着时间的推移的总体方差被发现是作为某些轴向扫描光谱图中的小邻近峰值导致轴向扫描光谱的失真并因此导致不可靠的厚度测量结果的结果。在图13中还示出了邻近峰值正在导致这些效果的轴向扫描。如上所述,本公开的实施例可以包括:确定要应用于通过邻近峰值所导致的失真波形特征的校正;以及校正失真波形特征以获得改进的厚度测量结果。

[0127] 示例6

[0128] 图14和图15示出将不同的校正算法应用于异常值厚度测量结果的效果。图14示出希尔伯特变换算法和希尔伯特阈值算法的互相关的效果,并且图15示出希尔伯特ZCR算法的效果。可以在如上所述的本公开的示例中使用这些算法(例如通过关于示例1所描述的软件工具)。

[0129] 示例7

[0130] 图16是随着时间的推移的厚度测量结果方差的示例,其中管路壁厚度中的显著变化被独立地探知为尚未改变(即已知厚度值不正确)。使用本公开的示例(例如,使用如上面关于示例1所描述的软件工具),厚度测量结果方差被发现是由于弱波形信号而引起的。

[0131] 本公开的实施例可以将这样的厚度中的显著变化识别为异常值(如图16中所指示的),从而使超声数据包括至少一个失真波形特征。响应于确定所接收到的信号包括含有至少一个失真波形特征的超声数据,本公开的实施例可以基于所确定的至少一个失真波形特征的特性来确定要应用于数据的校正,以解析或者校正至少一个失真波形特征并且从经解析或校正的数据获得厚度测量结果。可以例如通过上面关于示例1所描述的软件工具来实现这样的实施例。

[0132] 示例8

[0133] 图17是示出随着时间的推移的厚度方差的曲线图。在该曲线图中观察到若干厚度变化。在初始安装之后第47天的下降是由于温度变化而导致的。在初始安装之后第445天的厚度增加是由于大波形失真而导致的。本公开的实施例可以将这样的厚度增加识别为异常值,从而识别超声数据包括至少一个失真波形特征,并且响应于确定所接收到的信号包括含有至少一个失真波形特征的超声数据,基于所确定的至少一个失真波形特征的特性来确定要应用于数据的校正,以用于解析至少一个失真波形特征并且根据经解析的数据获得厚度测量结果。可以例如通过上面关于示例1所描述的软件工具来实现这样的实施例。

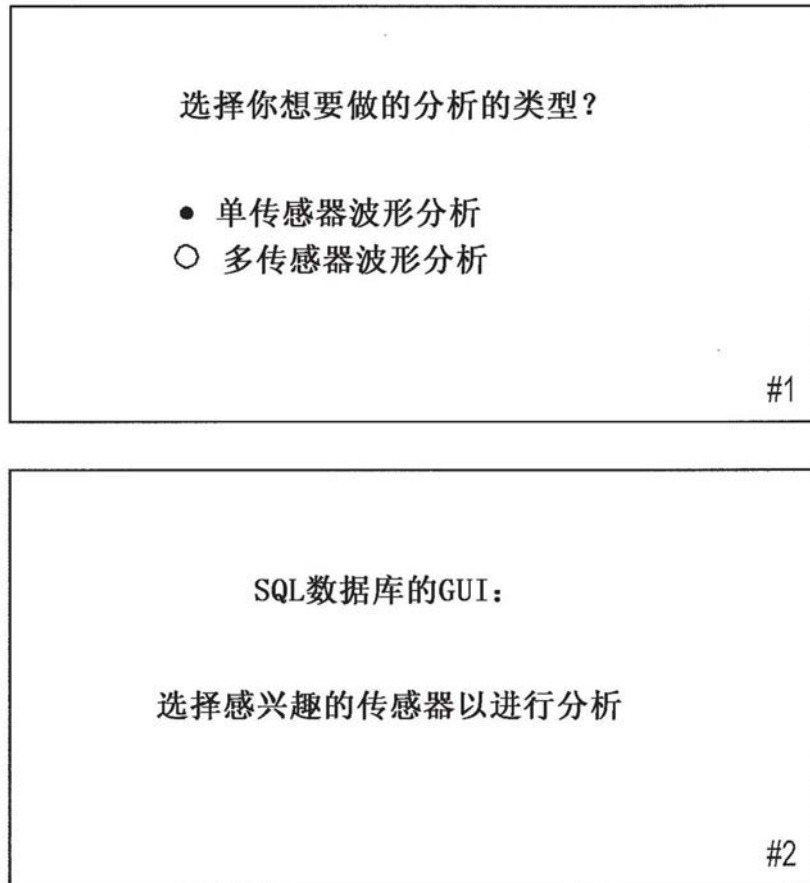


图1

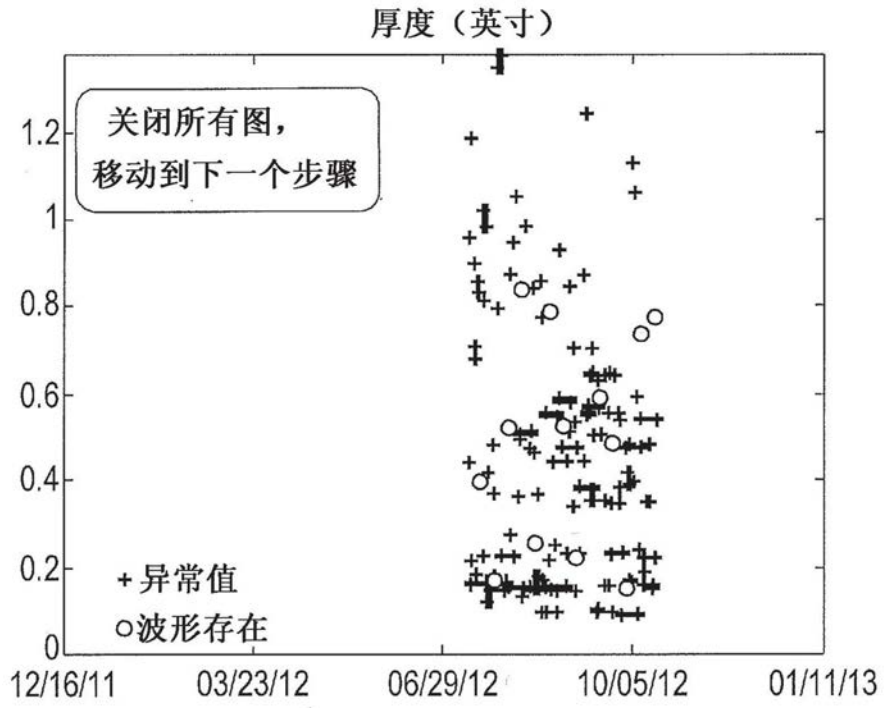


图2a

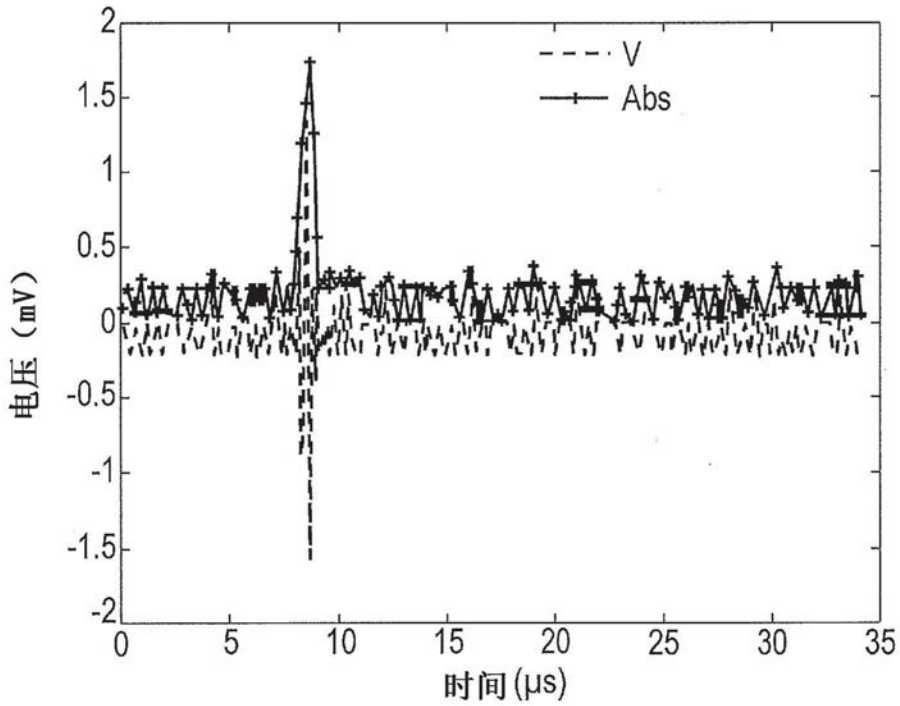


图2b

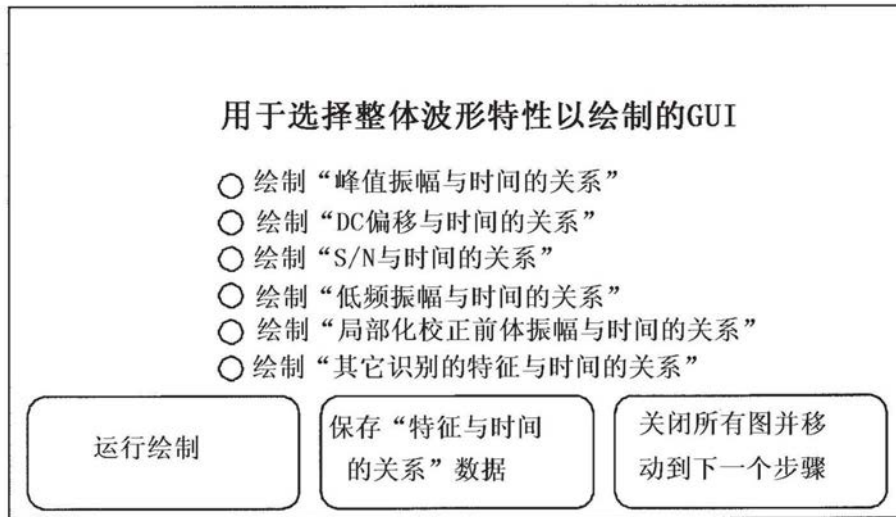


图3a

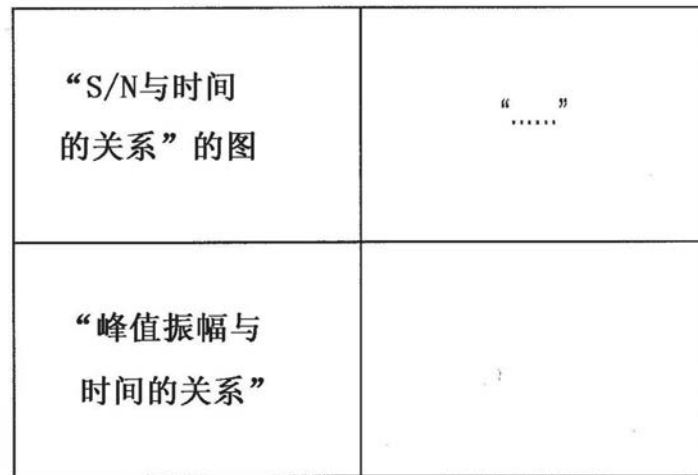


图3b

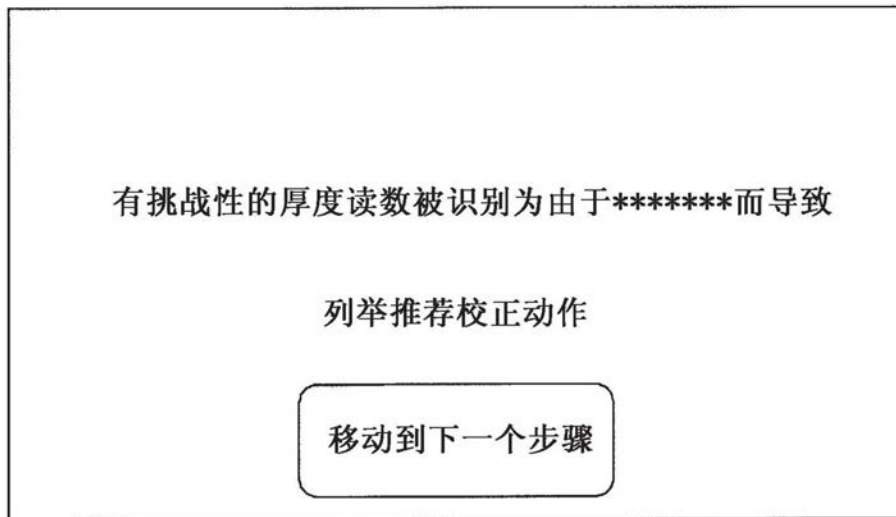


图4

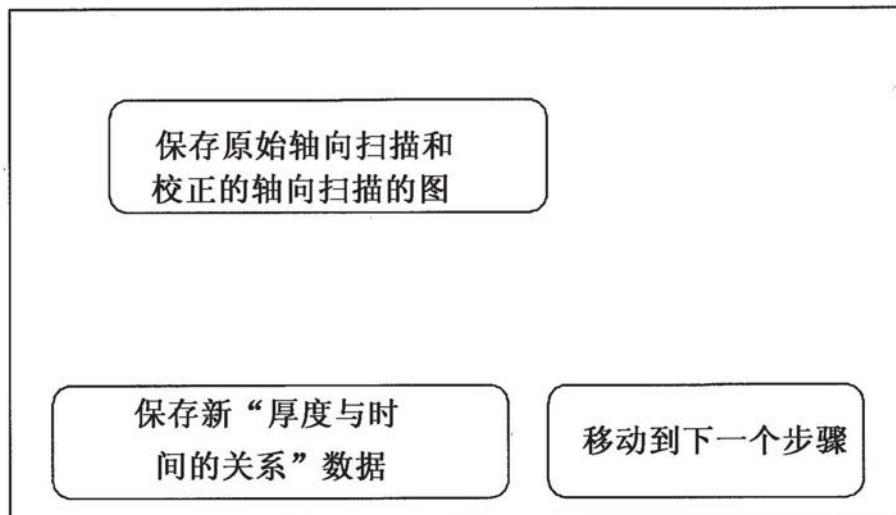


图5

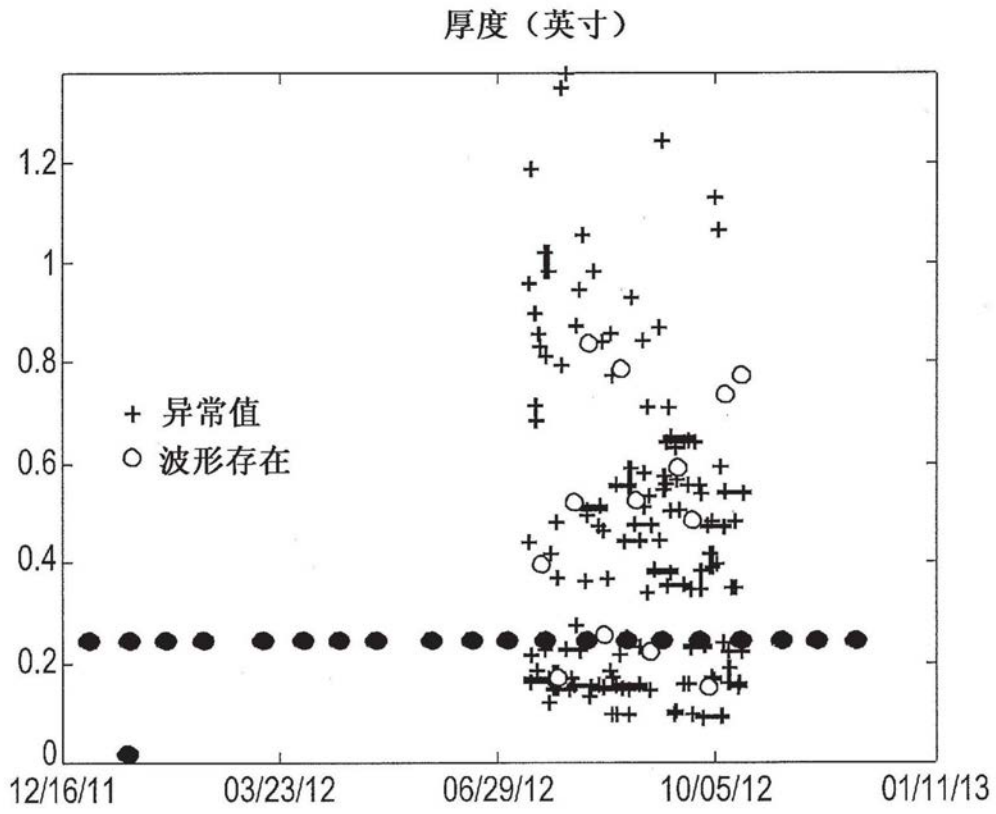


图5b

选择你想要做的分析的类型?

- 单传感器波形分析
- 多传感器波形分析

图6

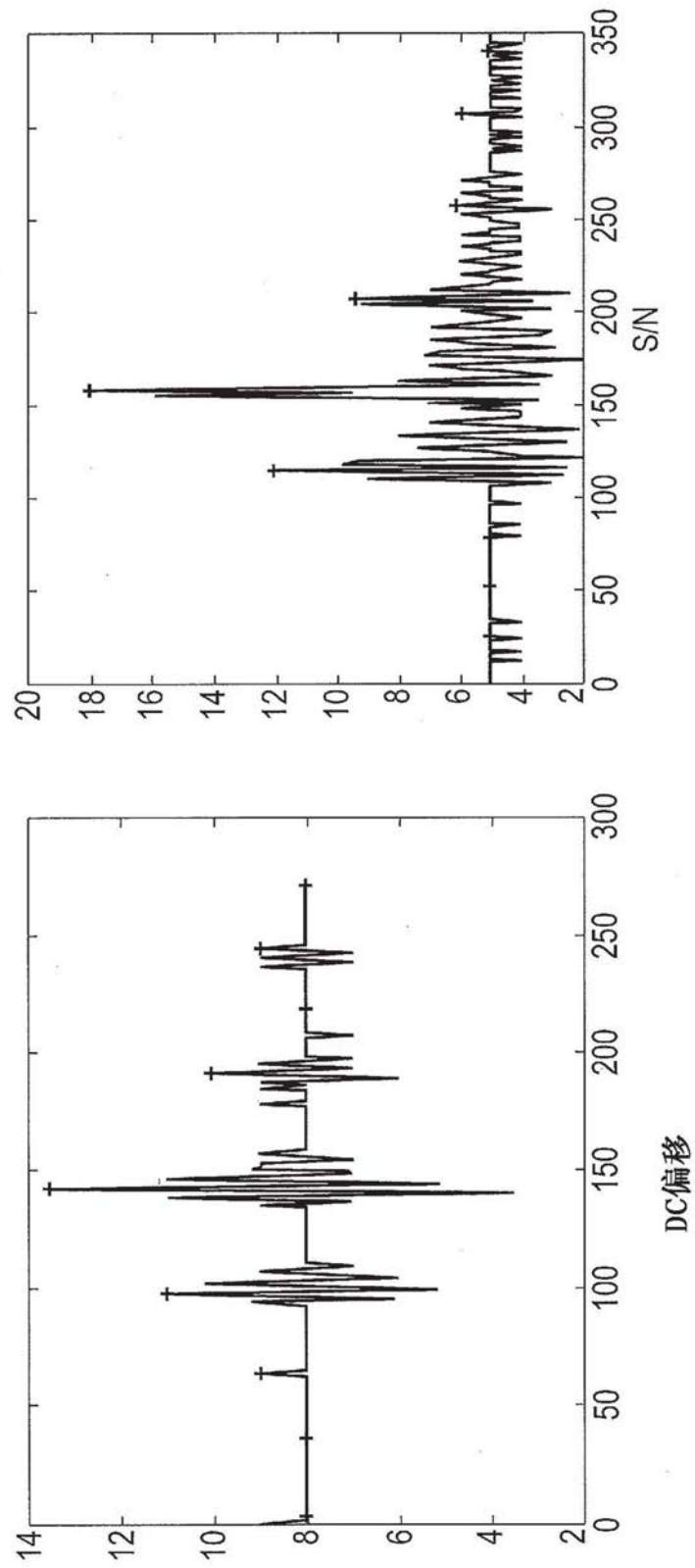


图7

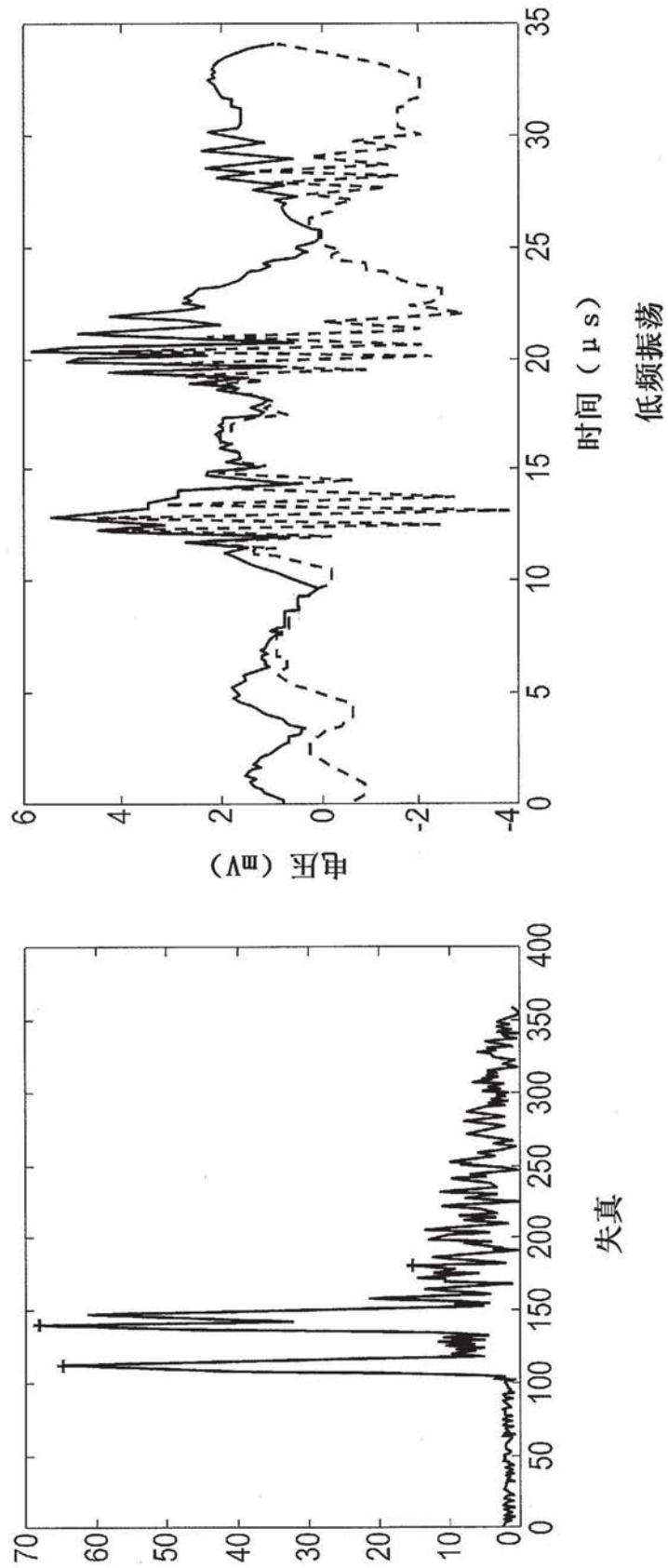


图8

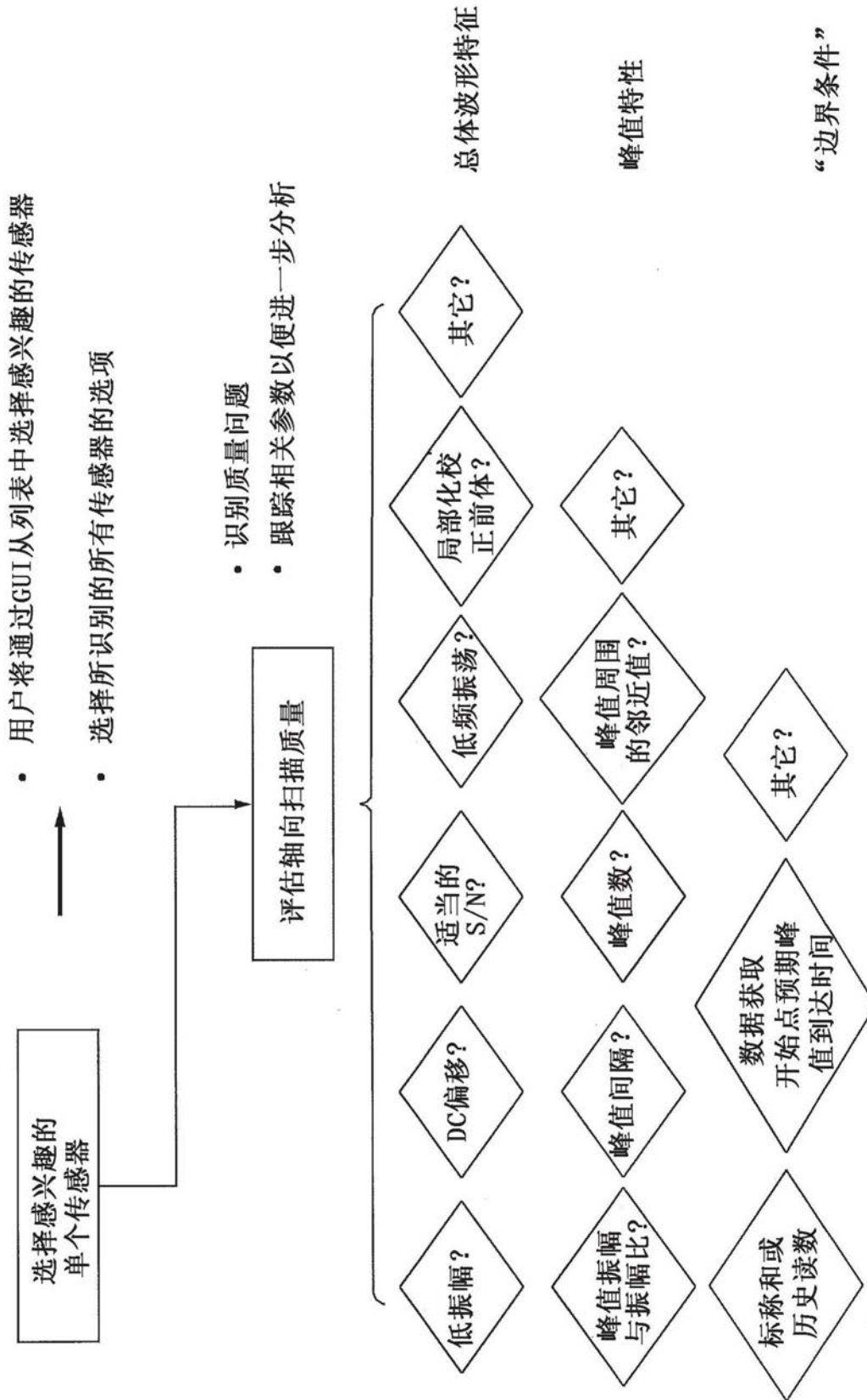
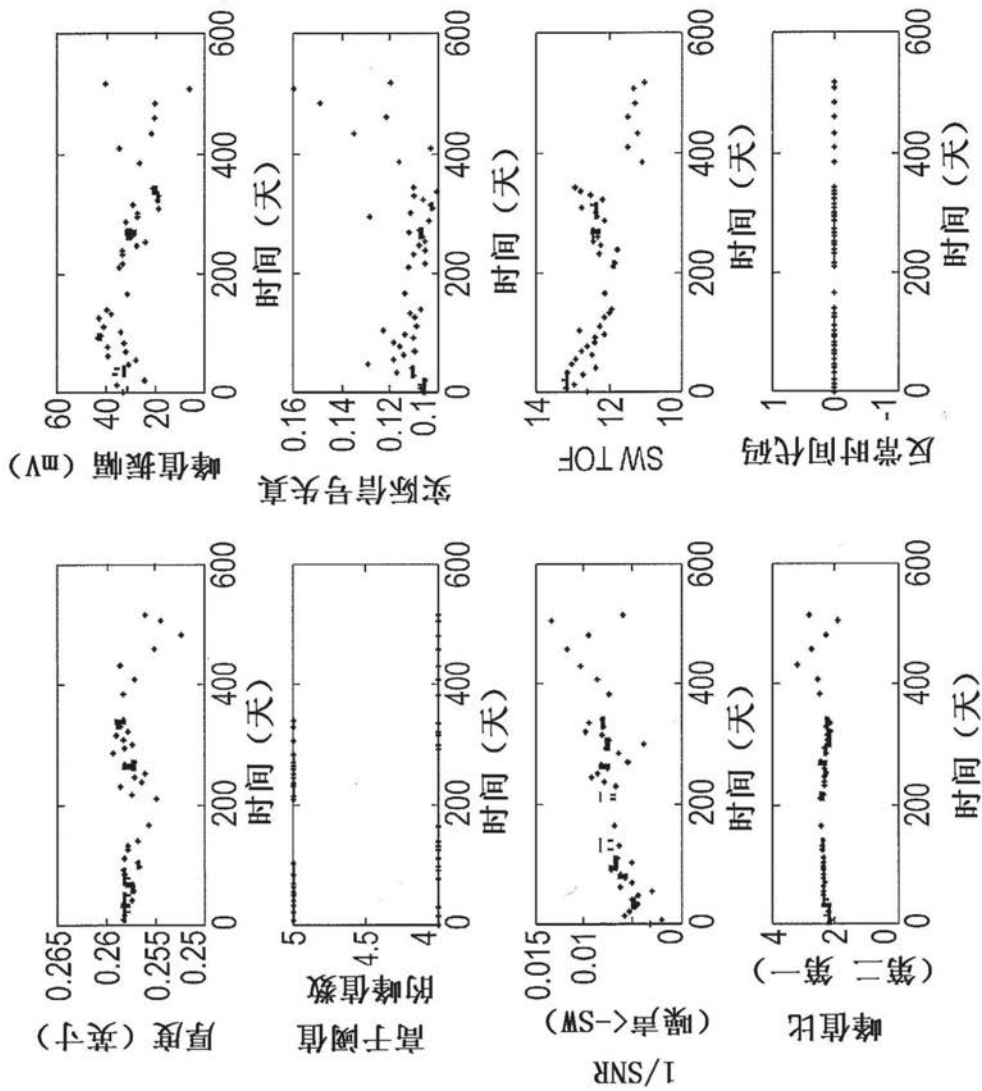


图9



步骤4: 选择波形特征。
< 先前的
下一个 >

- 厚度与时间的关系
- 峰值振幅 (mV) 与时间的关系
- 高于阈值的峰值数与时间的关系
- DC偏移与时间的关系
- 实际信号失真与时间的关系
- 1/SNR (噪声<-SW) 与时间的关系
- SW TOF与时间的关系
- 峰值比 (第二: 第一) 与时间的关系
- 反常时间代码与时间的关系

绘制
保存

图10

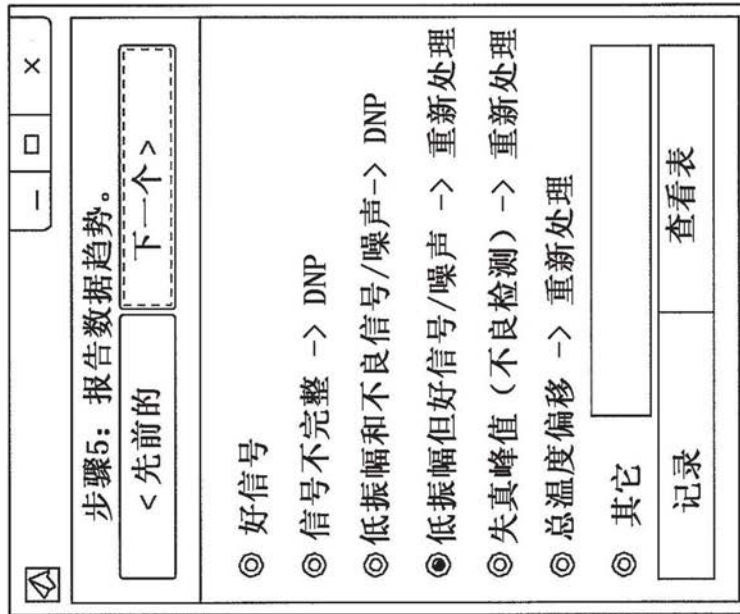
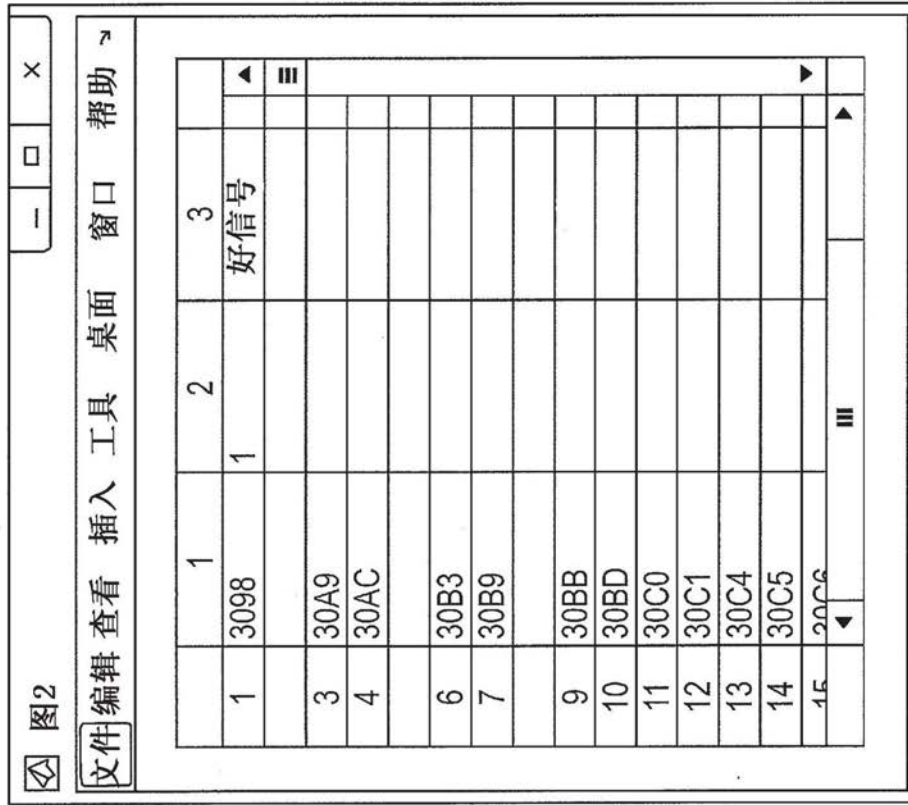
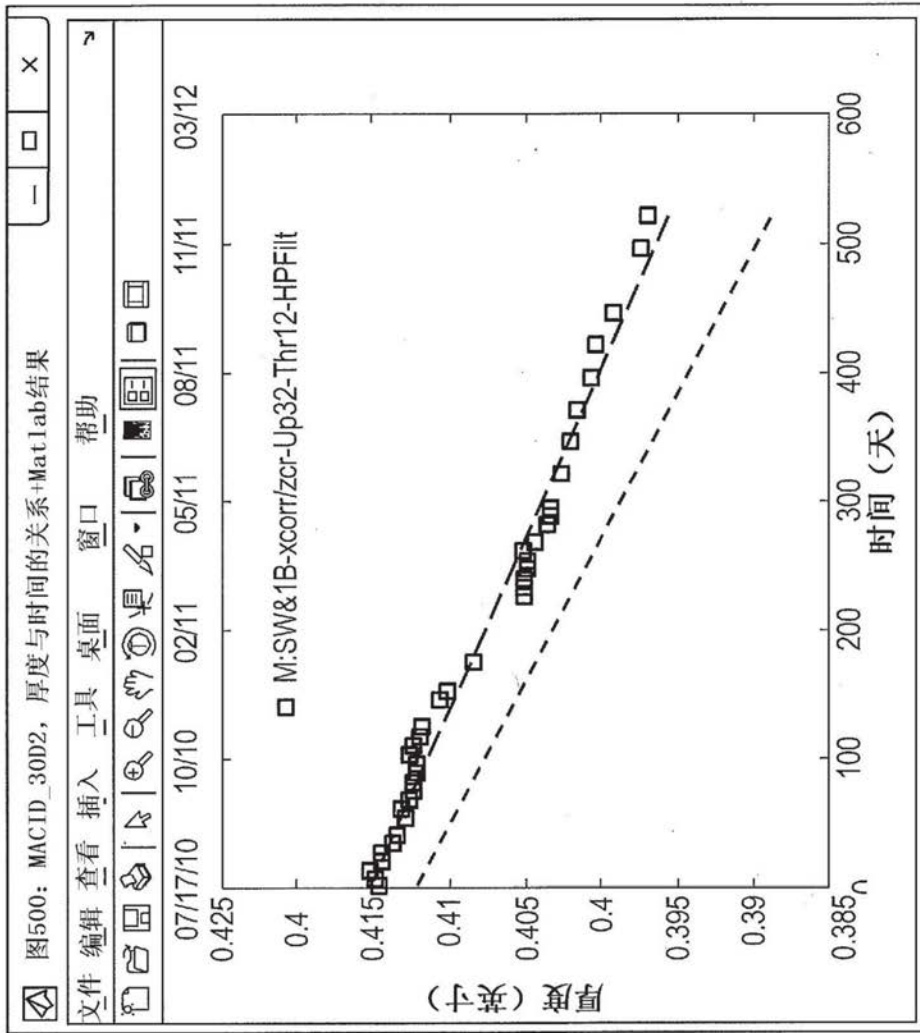


图11



步骤6: 选择处理选项。

< 先前的 下一个 >

0=SW/第一, 1=第一/第二	0
3=hbrt/zcr; 4=xcorr/zcor; 5=hbrt/xcorr	5
用于峰值调用的阈值 (-符号)	
用于技术的最小厚度 (英寸)	0.118
针对SW/第一评估的校正 (英寸)	0.03445
(水平=1、2、3、4)	1

绘制 (新) 绘制 (新) 绘制 (新)

图12

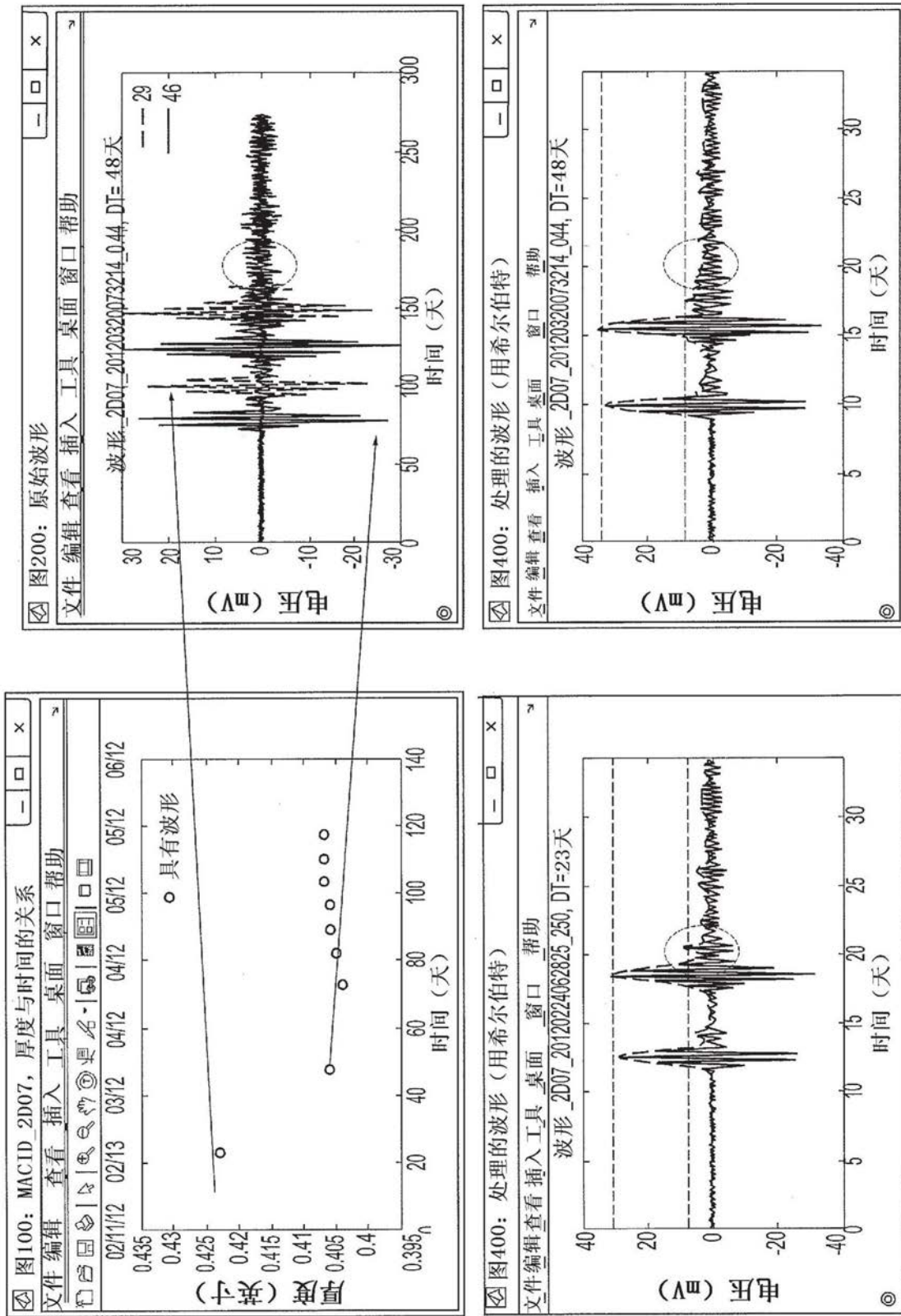


图13

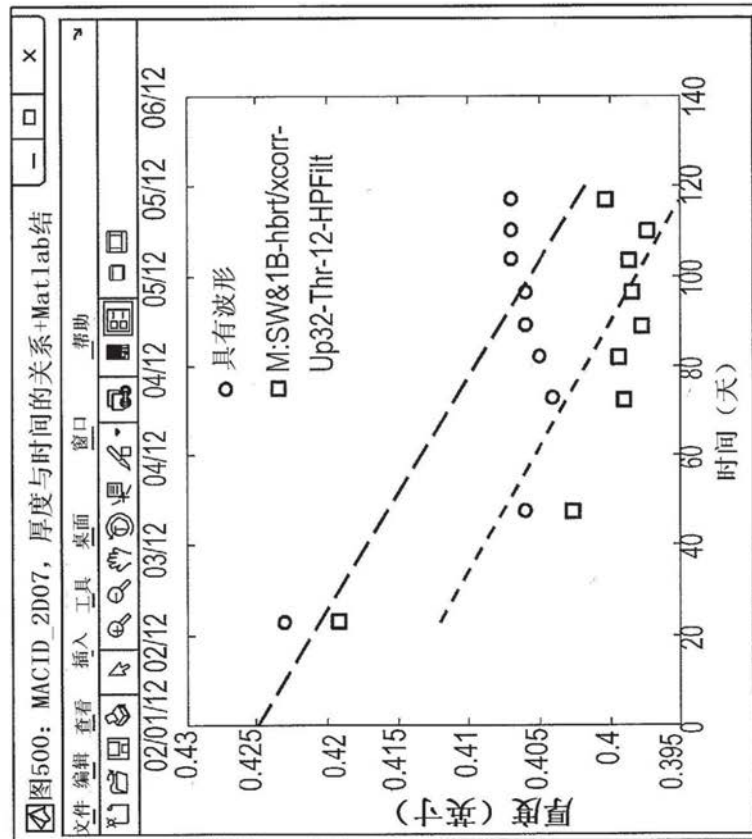
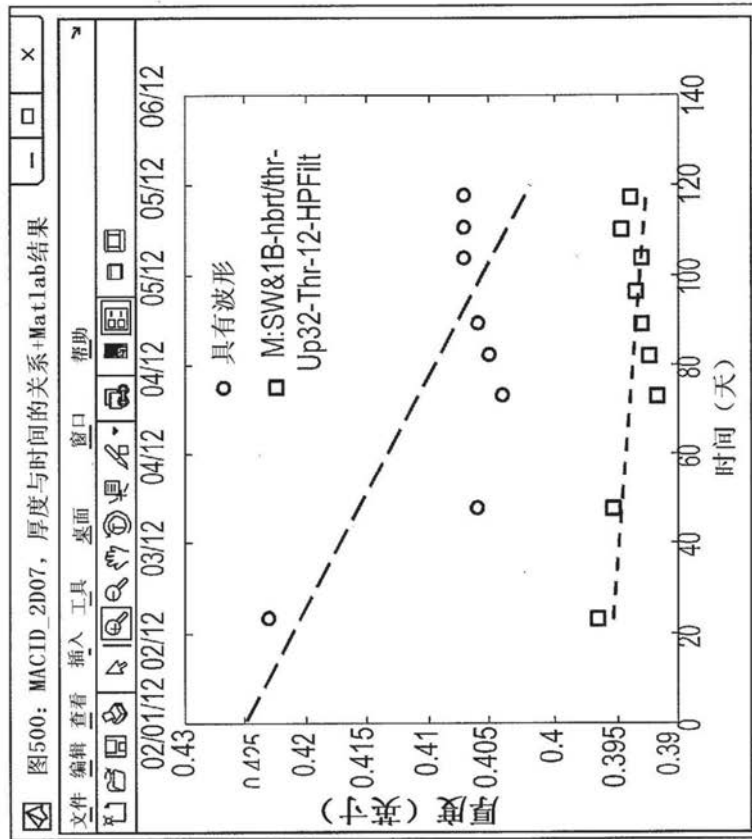
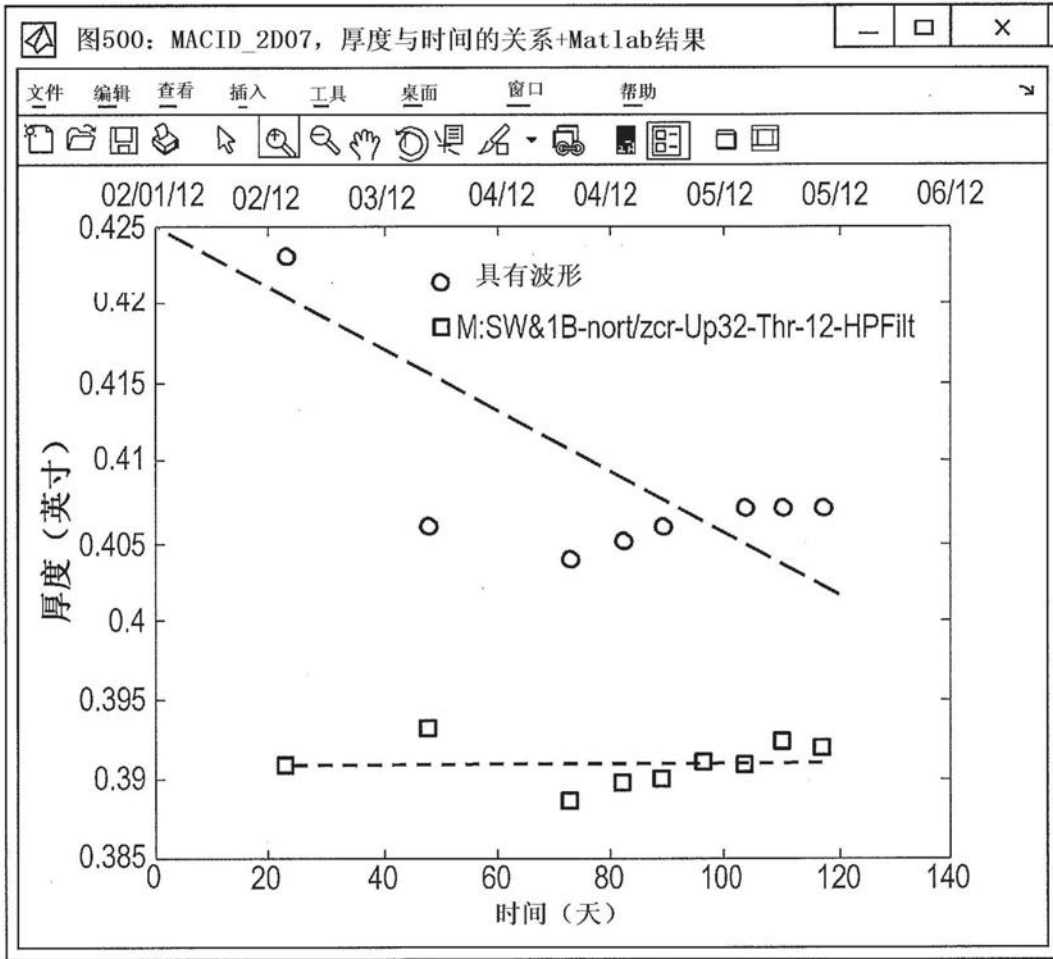


图14



希尔伯特/ZCR

图15

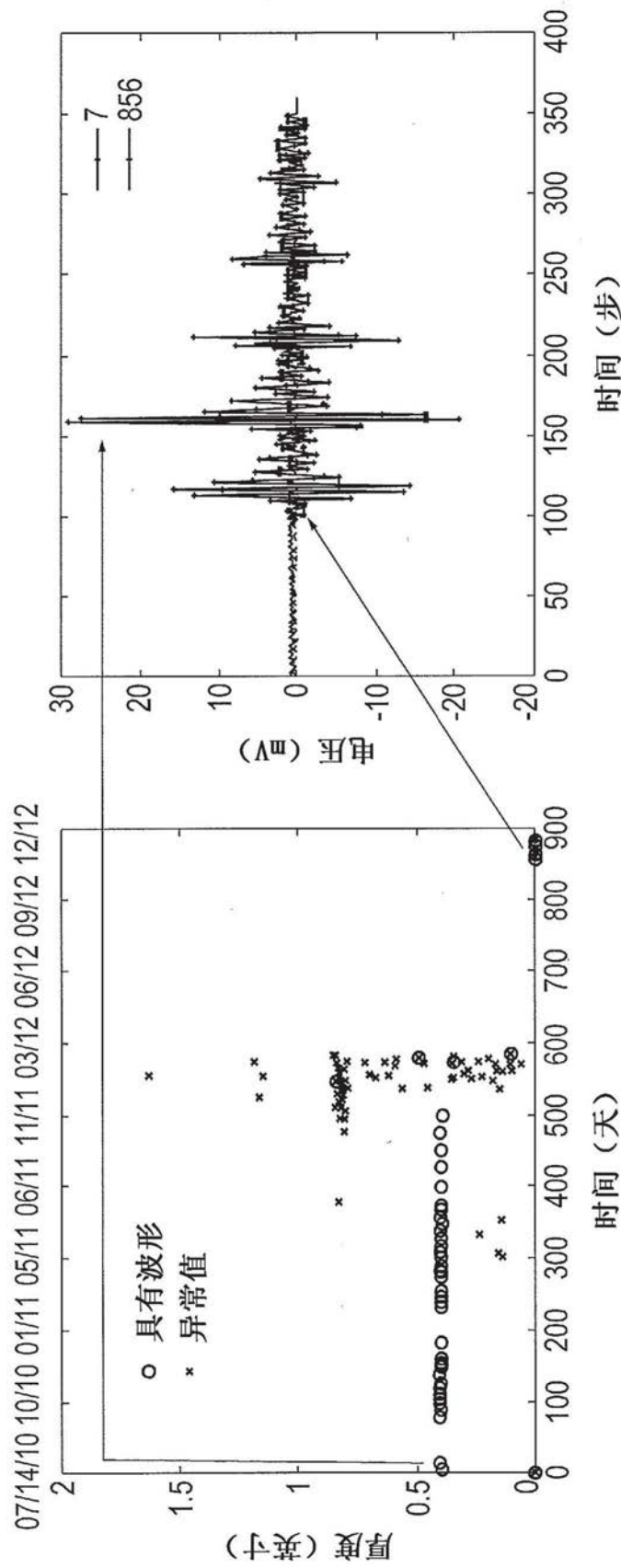


图16

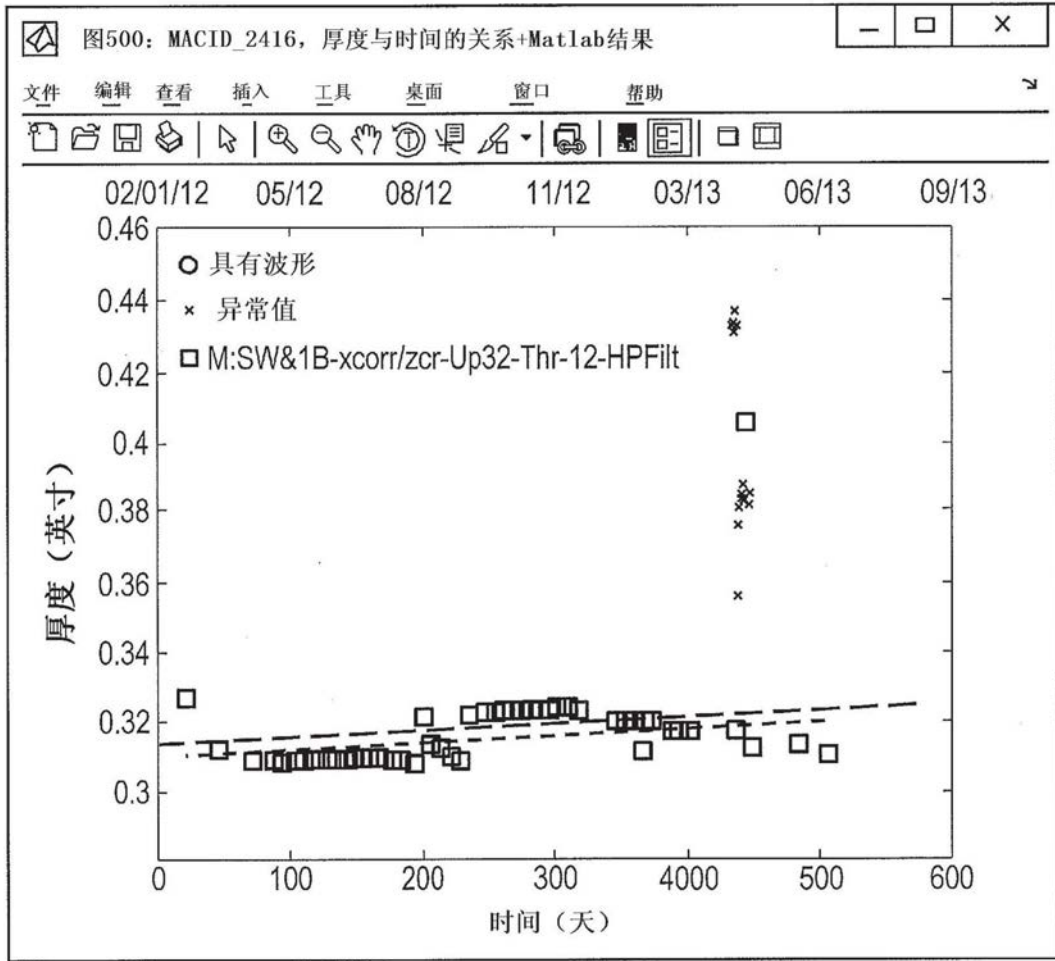


图17

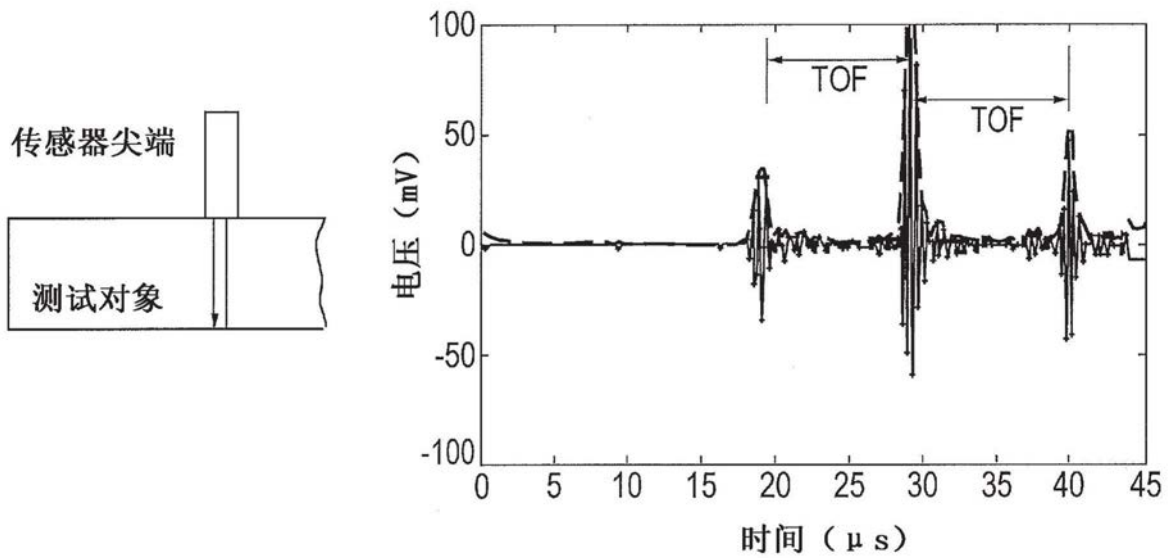


图18

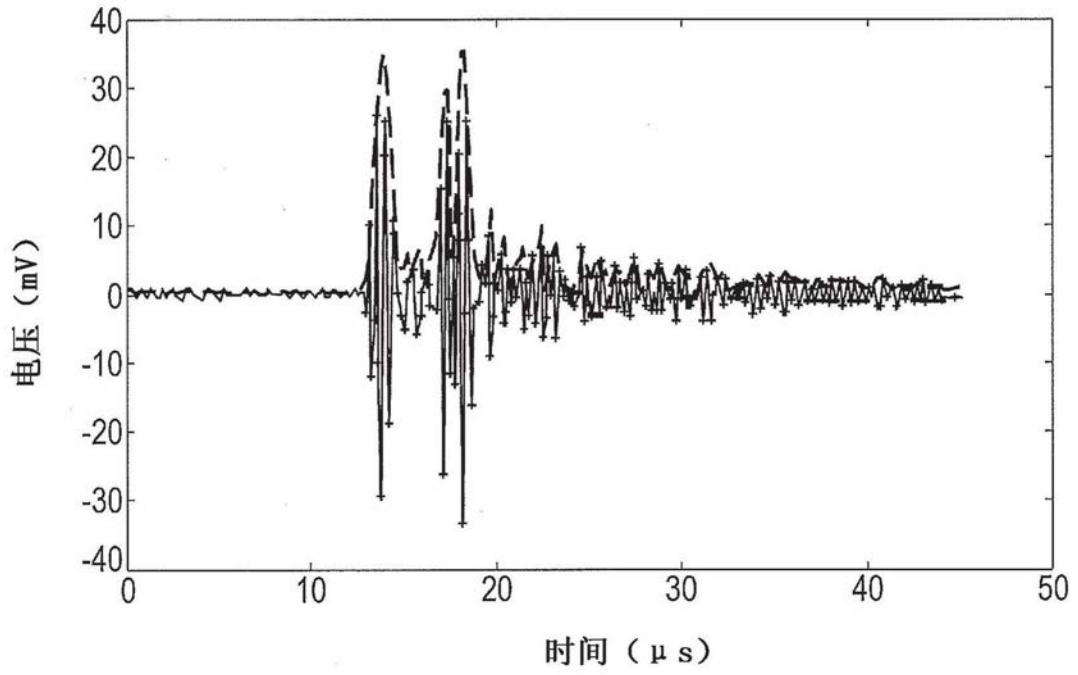


图19

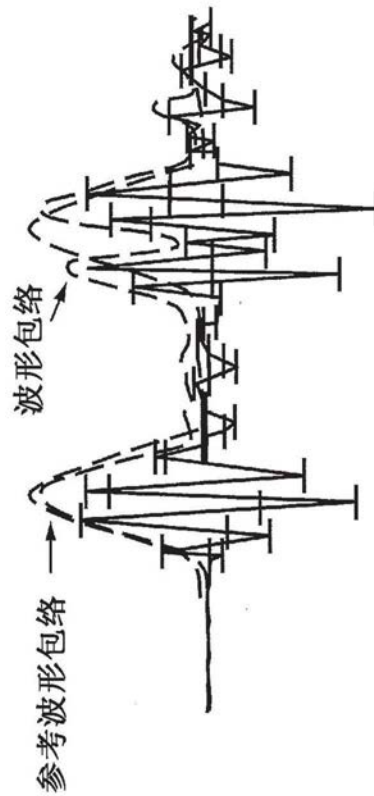


图20

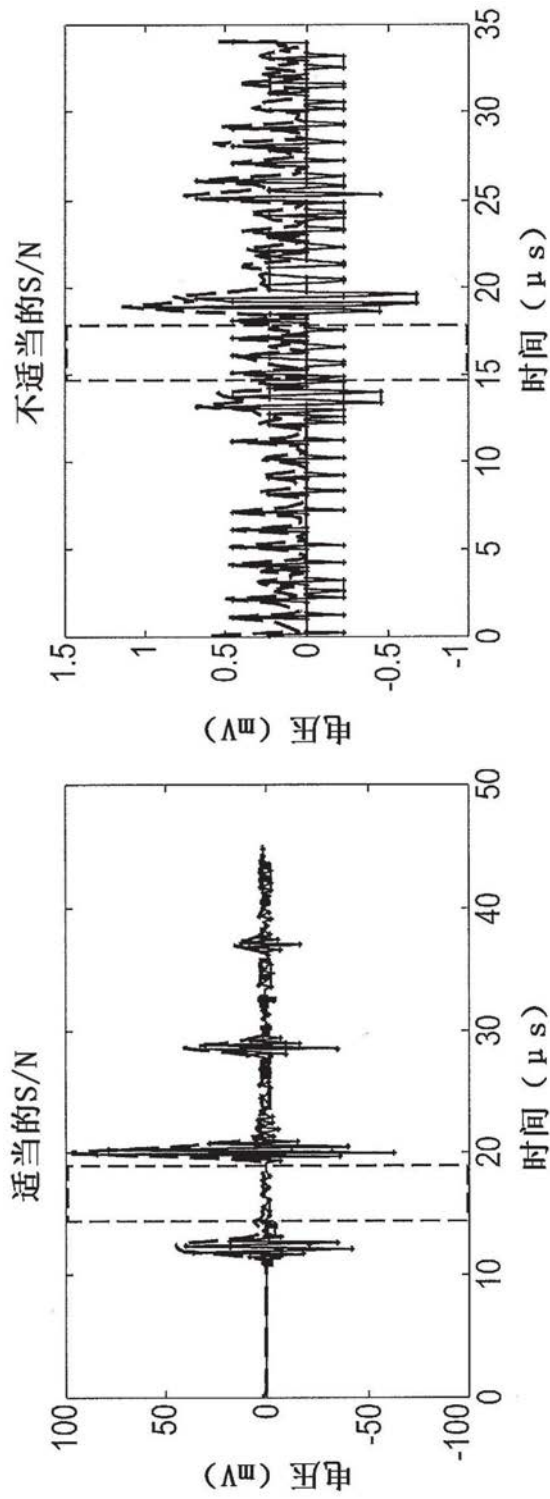


图21