



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116635693 A

(43) 申请公布日 2023. 08. 22

(21) 申请号 202080107799.8

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2020.12.08

G01B 17/02 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2023.06.08

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2020/063683 2020.12.08

(87) PCT国际申请的公布数据
W02022/125059 EN 2022.06.16

(71) 申请人 莫列斯有限公司
地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 萨查·什克
丹尼尔·路托福-卡罗尔

(74) 专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司
72003

专利代理师 张鹏

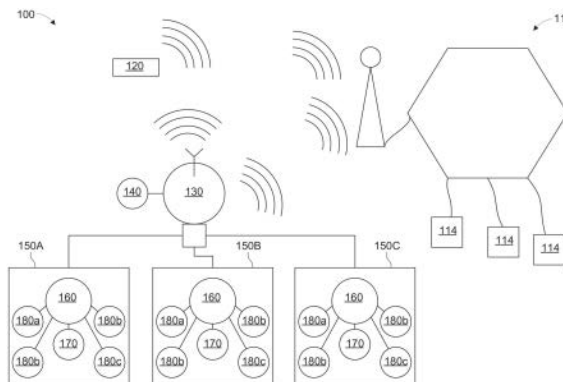
权利要求书3页 说明书19页 附图28页

(54) 发明名称

用于管道和容器的腐蚀和侵蚀监测的系统及方法

(57) 摘要

本公开涉及管道和容器的腐蚀和侵蚀监测的领域。更具体地,本公开涉及一种用于管道和容器的腐蚀和侵蚀监测的系统及方法,其中,所述系统/方法将采用纵波的超声波厚度监测与采用一个或多个导波的超声波面积监测结合,由此,代表性的厚度测量由一面积监测特征补充,以检测代表性的厚度测量部位之间的局部腐蚀/侵蚀。在另一实施例中,公开了一种用于优化资产健康监测的系统及方法,其包括一分析方案。



1. 一种方法,用于从安装在一管线系统上的探头组件中进行筛选,其中,所述探头组件配置用于管道壁厚监测,所述方法包括:

在训练一模型之前,为所述模型设定一分组灵敏度超参数、一阈值测量超参数以及一分组大小超参数;

通过在一处理器上执行所述模型,基于至少从安装在所述管线系统上的探头组件采集到的在一时间周期内的历史管道壁厚测量,将一第一组探头组件分组;

将一唯一的组ID分配给各组探头组件;

在训练所述模型后,由所述模型从多个优化函数中选择一优化函数用于所述模型;

通过所述模型来识别与各组ID对应的一单个探头组件,以用于所述管线系统的管道壁厚监测;

由与所述管线系统相关联的一厚度监测控制器发送来自各组ID的所述单个探头组件的一管道壁厚测量值,以用于检验。

2. 如权利要求1所述的方法,其中,

所述探头组件包括配置成检测所述管线系统中的局部腐蚀的至少一电阻温度检测器、一厚度监测超声波换能器以及一面积监测超声波换能器。

3. 如权利要求2所述的方法,还包括:

通过以下验证该单个探头组件的管道壁厚测量是全面腐蚀而不是局部腐蚀:

生成与所述管线系统相关联的所有管道壁厚测量的一概率图;

将绘制的管道壁厚测量由标称厚度分组;以及

在由标称厚度分组的管道壁厚测量的概率图上未识别到一非线性关系,以确认全面腐蚀。

4. 如权利要求1所述的方法,还包括:

在检验期间,不考虑各组ID中的所有剩余探头组件,除了来自各组ID中的单个探头组件外,以在无妥协所述管线系统的一风险状况下减少被测量的检验采样的数量。

5. 如权利要求1所述的方法,其中,

所述第一组探头组件的分组进一步至少基于提供给所述系统的检验信息和从安装在所述管线系统上的探头组件采集的在一时间周期内的历史管道壁厚测量。

6. 如权利要求1所述的方法,其中,

所述多个优化函数包括组ID内的TML的中值、组ID内的TML的最小平均以及与均值的最小偏差。

7. 如权利要求6所述的方法,其中,

所述多个优化函数包括TML位置。

8. 如权利要求1所述的方法,

其中,所述管线系统可包括一罐,

而且其中,所述探头组件的一第一探头组件配置为测量所述罐的一壁厚。

9. 如权利要求1所述的方法,

其中,所述管道壁厚监测包括测量一特定的探头组件处的管道壁厚,

其中,所述管道壁处于一管道、罐、容器和管线中的一个或多个处。

10. 如权利要求9所述的方法,其中,

所述管道壁厚监测包括:通过所述探头组件,分析原始的壁厚、壁厚随时间变化的损失、校准误差和测量部位重复性误差。

11.如权利要求1所述的方法,还包括:

在与所述处理器通信连结的计算机存储器中存储从安装在所述管线系统上的所述探头组件采集的一延长的时间周期内的历史管道壁厚测量;以及

由所述处理器利用至少存储在该计算机存储器中的所述历史管道壁厚测量来训练所述模型。

12.如权利要求11所述的方法,其中,

所述模型包括一人工神经网络。

13.一种系统,用于检测横跨一距离运输材料的多个部件的局部腐蚀,所述系统包括:

多个探头组件,接附于其中一个或多个部件,其中,所述多个探头组件中的每一个对应于一唯一识别符;

一数据存储器,配置为存储来自所述探头组件执行的测量的在一时间周期内的所采集的历史壁厚测量;

一模型,在所述数据存储器中的所述历史壁厚测量上被训练,而且超参数可包括至少一分组灵敏度超参数;以及

一监测装置,包括一处理器和存储计算机可执行指令的一存储器,当所述计算机可执行指令由所述处理器执行时,所述计算机可执行指令使所述系统执行步骤,所述步骤包括:

基于所述模型,对一第一组探头组件分组;

将一唯一的组ID分配给各组探头组件;

基于所述模型,从多个优化函数中选择一优化函数;

基于所述模型和选定的优化函数,针对各组ID识别一探头组件,以用于所述部件的壁厚监测,其中,各组ID对应于所述唯一识别符,所述唯一识别符对应于识别的探头组件;以及

输出与任何组ID的唯一识别符对应的一列表。

14.如权利要求13所述的系统,

其中,所述多个探头组件包括:至少一厚度监测超声波换能器和一面积监测超声波换能器,配置为检测所述部件的局部腐蚀,

其中,从各组ID识别的探头组件包括所述多个探头组件中的超过一个的探头组件,

而且其中,所述监测装置的存储器存储计算机可执行指令,当所述计算机可执行指令由所述处理器执行时,所述计算机可执行指令使所述系统执行步骤,所述步骤可包括:

由与所述部件相关联的一厚度监测控制器,将来自各组ID的该探头组件的一壁厚测量发送,以用于检验;

在检验期间,不考虑各组ID中的所有剩余探头组件,除了来自各组ID中的所述超过一个的探头组件外;以及

验证各组ID的所述超过一个的探头组件的壁厚测量未识别到全面腐蚀。

15.如权利要求13所述的系统,其中,

来自一第一组ID的该探头组件的壁厚测量包括一管道部件在该探头组件处的一壁厚。

16.如权利要求13所述的系统,其中,

来自一第一组ID的该探头组件的所述壁厚测量值包括一罐部件的一壁在该探头组件处的一厚度。

17. 如权利要求13所述的系统，

其中，所述超参数包括一分组灵敏度超参数、一阈值测量超参数以及一分组大小超参数

而且其中，所述多个优化函数包括组ID内的TML的中值、组ID内的TML的最小平均、与均值的最小偏差以及TML位置。

18. 一种非暂态计算机可读介质，存储计算机可执行指令，当所述计算机可执行指令由一处理器执行时，所述计算机可执行指令使一系统通过执行步骤从安装在一管线系统上的探头组件中进行筛选，所述步骤包括：

在与所述处理器通信连结的计算机存储器中存储从安装在所述管线系统上的所述探头组件采集的一时间周期内的历史管道壁厚测量；

为一模型设定一超参数；

由所述处理器利用至少存储在所述计算机存储器中的所述历史管道壁厚测量来训练所述模型；

基于在所述处理器上执行的所述模型，对一第一组探头组件分组；

将一唯一的组ID分配给各组探头组件；

基于所述模型，从多个优化函数中选择一优化函数；

基于所述模型和选定的优化函数，识别与各组ID对应的一探头组件，以用于所述管线系统的管道壁厚监测；以及

由与所述部件相关联的一厚度监测控制器，将来自各组ID的该探头组件的一壁厚测量发送，以用于检验。

19. 如权利要求18所述的非暂态计算机可读介质，

其中，所述超参数包括一分组灵敏度超参数、一阈值测量超参数以及一分组大小超参数中的至少一个；

而且其中，所述多个优化函数包括组ID内的TML的中值、组ID内的TML的最小平均、与均值的最小偏差以及TML位置。

20. 如权利要求18所述的非暂态计算机可读介质，还存储计算机可执行指令，当所述计算机可执行指令由所述处理器执行时，所述计算机可执行指令使所述系统执行步骤，所述步骤包括：

在检验期间，不考虑各组ID中的所有剩余探头组件，除了来自各组ID中的识别的探头组件外。

用于管道和容器的腐蚀和侵蚀监测的系统及方法

[0001] 相关申请

[0002] 本申请相关于2020年2月28日提交的题为“用于管道和容器的腐蚀和侵蚀监测的系统及方法”的美国临时专利申请US62/982751(案卷号MX-2020-PAT-0029-US-PRO)。前述专利申请其整体上通过援引并入本文。

技术领域

[0003] 本公开涉及管道和容器的腐蚀和侵蚀监测的领域。具体地,本公开涉及一种包括机械部件、硬件、软件、分析和/或它们的组合的腐蚀和/或侵蚀监测系统。在一个实施例中,机械部件和硬件可包括一个或多个超声波换能器、基本单元(base units)、网关和/或它们的组合。所述系统还可包括用于远程监测的一软件平台。在一些实施例中,所述系统还可包括用于远程监测和/或诊断的前端服务和后端服务的分析工具。更具体地,在一些实施例中,本公开可涉及一种用于管道和容器的腐蚀和侵蚀监测的系统及方法,其中,所述系统/方法将采用纵波的超声波厚度监测与采用一个或多个导波的超声波面积(area)监测结合,由此,代表性的厚度测量由一面积监测特征补充(complemented),以检测(detect)代表性的厚度测量部位(location)之间的局部腐蚀/侵蚀。在另一实施例中,公开了一种用于优化资产健康监测的系统及方法,其包括一分析方案。

背景技术

[0004] 采用超声波换能器用于对包括诸如在石油、天然气和发电行业中采用的管道和压力容器的结构性资产的状况和完整性进行超声波监测是熟知的。目前,包含包含(incorporating)/采用超声波换能器的腐蚀和侵蚀监测系统和技术知晓为包括一部位处的厚度监测和面积监测(也称为导波检验(guided wave inspection))。然而,这两种系统和技术典型地彼此独立。此外,除了超声波(UT)测试外,管线系统的内部腐蚀有时也采用射线(RT)厚度测试来监测,以在该系统的寿命内以规定的间隔测量选定的部件的壁厚。

[0005] 厚度监测超声波换能器和采用厚度监测超声波换能器的系统典型地测量一管道/容器的壁的在设置超声波换能器的点(spot)处的一厚度,换句话说,它不提供关于设置超声波换能器的确切点周围的部位处的管道/容器的壁的厚度的任何信息。这样,如果腐蚀/侵蚀发生在设置超声波换能器外的一部位处,则可能将检测不到腐蚀/侵蚀,除非厚度监测伴随有超声波换能器映射(mapping)。当然,超声换能器映射会增加检验成本。然而,这些超声波换能器和系统有益于永久性地安装在管道/容器上。

[0006] 反过来说,面积监测超声波换能器及采用面积监测超声波换能器的系统典型地测量横跨一管道/容器的壁的一较大面积的该管道/容器的壁的厚度,该面积典型地超出厚度监测超声波换能器设置在管道/容器上的部位。这样的面积监测超声波换能器及采用其的系统将典型地开发横跨正被测量的面积的管道/容器的壁的一厚度映射(thickness map)。理论上,这样生成的厚度映射是有益的,但目前,这种导波检验极其复杂,因为在那段的一般硬件产生十到二十种不同的导波模式,且数量的导波模式和复杂的分析负面影响检验结

果的可信度。此外,导波检验典型地不是永久性地安装在管道和容器上。此外,高度局部化的腐蚀不能利用如API 574(API 574,用于管线系统部件的检验实践,第四版,2016年)说明的临时安装的导波系统来可靠地检测。

[0007] 此外,已有的永久性安装的腐蚀监测系统未能采用足够的数据来确定传感器在诸如一炼油厂和石化厂的采用管线系统运输流体的一工业设施中的放置。该管线系统可能将流体运输到一个或多个罐和/或化学处理单元。一些管线系统处置在规定的温度和/或压力下的专用流体;这些管线系统可传送高温和高压力下的高腐蚀性的流体。

[0008] 此外,许多工业设施面临着健康和安全问题。它们可能运输可能是易燃和/或有毒的流体。这样,管线系统中的一故障可能导致泄漏到大气中和/或暴露给工厂人员。此外,一些设施数年内无计划(scheduled)停工地运行。因此,管线系统及其部件的可靠性是重要的。

[0009] 除了健康和安全问题外,从商业后果的角度看,因管线系统故障造成的非安排(unplanned)的断供(outage)也是问题。考虑到与管线故障相关联的潜在的安全、健康、环境和商业的风险,对管线系统的状况进行监测,以准确预测(project)其剩余寿命并确定安全维修或更换日期。

[0010] 由于上述原因,某些人群会赏识在用于管道和容器的腐蚀和侵蚀监测的系统及方法上的改进。

发明内容

[0011] 在各种说明性实施例的以下描述中,参考了形成其一部分的附图,并且其中通过说明的方式示出了可以在其中实践本公开的方面的各种实施例。将理解的是,在不脱离本公开的范围的情况下,可以利用其它实施例并且可以进行结构和功能修改。注意的是,在以下描述中讨论了元素之间的各种连接。注意的是,这些连接是通用的,除非另有说明,否则可以是直接的或间接的、有线的或无线的,并且本说明书不意欲在这方面进行限制。

[0012] 一个或多个计算机的一系统能配置成,凭借具有安装在所述系统上的在操作时使用所述系统执行动作的软件、固件、硬件或它们的一组合,所述系统执行特定的操作或动作。一个或多个的计算机程序能配置成,凭借包括当由数据处理装置执行时使用所述装置执行动作的指令,计算机程序执行特定的操作或动作。一个总体的方面包括一种方法,用于从安装在一管线系统上的探头组件中进行筛选。所述方法还包括:在训练一模型之前,为所述模型设定一分组灵敏度超参数、一阈值测量超参数以及一分组大小超参数。所述方法还包括:通过在一处理器上执行所述模型,基于至少从安装在所述管线系统上的探头组件采集到的在一时间周期内的历史管道壁厚测量,将一第一组探头组件分组。所述方法还包括:将一唯一的组ID分配给各组探头组件。所述方法还包括:在训练所述模型后,由所述模型从多个优化函数中选择一优化函数用于所述模型。所述方法还包括:通过所述模型来识别与各组ID对应的一单个探头组件,以用于所述管线系统的管道壁厚监测。所述方法还包括:由与所述管线系统相关联的一厚度监测控制器发送来自各组ID的所述单个探头组件的一管道壁厚测量值,以用于检验。该方面的其它实施例包括对应的计算机系统、装置以及记录在一个以上的计算机存储器设备上的计算机程序,各配置成执行所述方法的动作。

[0013] 实施可包括一个或多个以下的特征。所述方法可包括一个或多个步骤,以在检验期间,不考虑各组ID中的所有剩余探头组件,除了来自各组ID中的单个探头组件外。所述第

一组探头组件的分组进一步至少基于提供给所述系统的检验信息和从安装在所述管线系统上的探头组件采集的在一时间周期内的历史管道壁厚测量。所述管线系统可包括一罐，而且其中，所述探头组件的一第一探头组件配置为测量所述罐的一壁厚。所述方法还可包括步骤：在与所述处理器通信连结的计算机存储器中存储从安装在所述管线系统上的所述探头组件采集的一延长的时间周期内的历史管道壁厚测量；以及由所述处理器利用至少存储在该计算机存储器中的所述历史管道壁厚测量来训练所述模型。所述模型可包括一人工神经网络。所说明的技术的实施可包括硬件、一方法或过程、或在一计算机可访问介质上的计算机软件。

[0014] 一个总体的方面包括一种系统，用于检测横跨一距离运输材料的多个部件的全面腐蚀（比如，无局部腐蚀）。所述系统还可包括接附于一个或多个部件的多个探头组件，其中，所述探头组件可包括：至少一厚度监测超声波换能器和一面积监测超声波换能器，配置为检测所述部件的腐蚀（比如，全面腐蚀和/或局部腐蚀）。所述系统还可包括：一数据存储器，配置为存储来自所述探头组件执行的测量的在一时间周期内的所采集的历史壁厚测量。所述系统还可包括：一模型，在所述数据存储器中的所述历史壁厚测量上被训练，而且超参数可包括一分组灵敏度超参数、一阈值测量超参数和一分组大小超参数。所述系统还可包括一监测装置，所述监测装置可包括一处理器和存储计算机可执行指令的一存储器，当所述计算机可执行指令由所述处理器执行时，所述计算机可执行指令使所述系统执行步骤，所述步骤还可包括：基于所述模型，对一第一组探头组件分组；将一唯一的组ID分配给各组探头组件；基于所述模型，从多个优化函数中选择一优化函数；基于所述模型和选定的优化函数，识别与各组ID对应的一探头组件，以用于所述部件的壁厚监测；以及由与所述部件相关联的一厚度监测控制器，将来自各组ID的该探头组件的一壁厚测量发送，以用于检验。在另一实施例中，所述系统可输出与任何组ID的唯一识别符对应的一列表，以代替发送壁厚测量值，以用于检验。如本文公开的各种实施例中讨论的，一检验员可接收所述系统的输出并据此作出反应。该方面的其它实施例包括对应的计算机系统、装置以及记录在一个以上的计算机存储器设备上的计算机程序，各配置成执行所述方法的动作。

[0015] 实施可包括一个或多个以下的特征。在所述系统中，其中，从各组ID识别的探头组件可包括所述多个探头组件中的超过一个的探头组件，而且其中，所述监测装置的存储器存储计算机可执行指令，当所述计算机可执行指令由所述处理器执行时，所述计算机可执行指令使所述系统执行步骤，所述步骤可包括：在检验期间，不考虑各组ID中的所有剩余探头组件，除了来自各组ID中的所述超过一个的探头组件外；验证各组ID的所述超过一个的探头组件的壁厚测量是全面腐蚀而不是局部腐蚀。来自一第一组ID的该探头组件的壁厚测量可包括一管道部件在该探头组件处的一壁厚。来自一第一组ID的该探头组件的所述壁厚测量值可包括一罐部件的一壁在该探头组件处的一厚度。所述方法可包括通过以下验证该单个探头组件的管道壁厚测量是全面腐蚀（比如，无局部腐蚀）：(i) 生成与所述管线系统相关联的所有管道壁厚测量的一概率图，(ii) 将绘制的管道壁厚测量由标称厚度分组，以及(iii) 在由标称厚度分组的管道壁厚测量的概率图上识别一非线性关系，以确认全面腐蚀（比如，无局部腐蚀）。所述管道壁厚监测可包括步骤来用于：通过所述探头组件，分析原始的壁厚、壁厚随时间变化的损失、校准误差和测量部位重复性误差。所说明的技术的实施可包括硬件、一方法或过程、或在一计算机可访问介质上的计算机软件。

[0016] 实施可包括一个或多个以下的特征。所述方法还可包括步骤：由如下验证该单个探头组件的管道壁厚测量是全面腐蚀(比如,无局部腐蚀):生成与所述管线系统相关联的所有管道壁厚测量的一概率图,将绘制的管道壁厚测量由标称厚度分组,以及在由标称厚度分组的管道壁厚测量的概率图上识别一非线性关系,以确认全面腐蚀(比如,无局部腐蚀)。所述管道壁厚监测可包括步骤:通过所述探头组件,用于分析原始的壁厚、壁厚随时间变化的损失、校准误差和测量部位重复性误差。所说明的技术的实施可包括硬件、一方法或过程、或在一计算机可访问介质上的计算机软件。

附图说明

[0017] 本公开借助示例示出但不限于附图,在附图中类似的附图标记表示相似的元件,在附图中:

[0018] 图1是用于腐蚀/侵蚀监测的系统的一图示;

[0019] 图2是图1的系统的一厚度监测控制器和一压电组件的一图示;

[0020] 图3是图2的厚度监测控制器的一图示;

[0021] 图4是形成图2的压电组件的一开关组件形成部分的一图示;

[0022] 图5是图2的压电组件的一图示;

[0023] 图6、图7和图8是用于腐蚀/侵蚀监测的方法的图示;

[0024] 图9、图10、图11和图12是显示信号调制的图示;

[0025] 图13A和图13B(统称为“图13”)是根据本文公开的特征的一个或多个方面的带有安装的MUT传感器的一个说明性的管线的图;

[0026] 图14是根据本公开的各个方面的一工业设施的一说明性的网络架构;

[0027] 图15是本公开的一个实施例中的探头组件分组的一说明性的图表;

[0028] 图16A、图16B和图16C(统称为“图16”)示出一图表上的曲线。图16A是示出用于验证全面腐蚀与局部腐蚀的对比的测量值的概率曲线的一图。图16B是根据本文公开的各种方面的绘制的风险水平与TMLs的一图。

[0029] 图16C示出根据本文公开的各种方面的给出风险水平与TMLs的曲线在筛选后的移动;

[0030] 图17是示出由环烷酸腐蚀的管子的累积厚度分布的一曲线图;

[0031] 图18A是示出本公开的一个实施例中的按日期的TML测量的一腐蚀传感器分析;

[0032] 图18B是示出像图8A的按日期的但具有一更高的分组灵敏度设定的TML的测量的另一腐蚀传感器分析图;

[0033] 图18C是示出像图8A的按日期的但具有一甚至更高的分组灵敏度设定的TML的测量的再一腐蚀传感器分析图;

[0034] 图19A和图19B是根据本公开的一个或多个方面的图表;

[0035] 图20A和图20B也是根据本公开的一个或多个方面的图表;

[0036] 图21示出配置为与本文公开的系统、方法和算法协作运行的一说明性的人工神经网络;以及

[0037] 图22是示出根据本文公开的一些实施例执行的一方法的说明性的步骤的一流程图;

[0038] 图23是根据本文公开的一些实施例的与图1所示的一说明性的腐蚀/侵蚀监测系统对应的一简化的管道仪表流程图(PID)的一图示。

[0039] 在各种说明性实施例的以下描述中,参考了形成其一部分的附图,并且其中通过说明的方式示出了可以在其中实践本公开的方面的各种实施例。将理解的是,在不脱离本公开的范围的情况下,可以利用其它实施例并且可以进行结构和功能修改。注意的是,在以下描述中讨论了元素之间的各种连接。注意的是,这些连接是通用的,除非另有说明,否则可以是直接的或间接的、有线的或无线的,并且本说明书不意欲在这方面进行限制。

具体实施方式

[0040] 尽管本公开可易于以不同形式的实施例来实施,但在附图中示出的且在本文中将进一步详细说明的是具体实施例,同时理解的是,本公开应视为本公开的原理的一示范,并且不意欲将本公开限制到本文所示的和所说明的那样。由此,除非另有说明,本文公开的特征可组合在一起,以形成出于简明目的未给出的另外的组合。将进一步认识到的是,在一些实施例中,附图中通过示例示出的一个或多个元件可在本公开的范围去除和/或用替代元件替换。

[0041] 本公开的多个方面涉及一工业设施中的管道、容器和其它部件的腐蚀和/或侵蚀的监测(monitoning)和检测(detection)。所述监测系统可包括一软件平台,所述软件平台用于由接附于管道和部件的多个传感器采集的历史测量的远程监测和分析。所述监测系统可包括用于局部腐蚀和/或全面腐蚀(general corrosion)的监测、诊断和/或预测的分析工具。通过采用本文公开的分析系统,厚度监测部位(TML)可优化成除了别的之外还在无妥协风险的情况下减少测量部位的数量,即筛选(down-selecting)。如本公开所解释地,通过筛选,通过战略性地减少一检验期间需要采样的探头组件的数量,一检验的时间/成本的量减少,同时维持(甚至减少)工业设施的风险状况(risk profile)。

[0042] 图1和图2示出一种用于监测管道/容器的腐蚀和侵蚀的系统100。系统100包括一数据分析和可视化平台110、一可选的网关120、一厚度监测控制器130、一用于标准化目的厚度监测超声波换能器140以及至少一个探头组件150。各探头组件150包括一开关组件160、至少一个厚度监测超声波换能器170和至少一个面积监测超声波换能器180。

[0043] 数据分析和可视化平台110包括一数据分析部分112和一可视化部分114。数据分析部分112典型地为一基于云的驱动的软件,配置为接收(典型地无线)来自网关120或厚度监测控制器130中的一者或两者的信号。这些信号由数据分析部分112进行分析,将其转化为用于在可视化部分114上显示的视觉资料(visuals)。可视化部分114可以是任何合适的设备,比如,一电脑显示器(computer monitor)、一平板电脑、一手机等,是将有助个人监测平台110理解关于系统100识别的腐蚀/侵蚀的信息的一类型。个人也可以有能力通过向软件提供进一步的输入来改变可视化部分114上的图像/信息。

[0044] 网关120可设置成接收(典型地无线)来自厚度监测控制器130的信号,并将这样的信号发送(典型地无线)到平台110。譬如,可以更经济的是采用网关120来建立蜂窝连接,而不是让厚度监测控制器130在一设施处具有其自己的数据安排(data plan)。在这种情况下,厚度监测控制器130将采用例如XBee协议与网关120通信。在另一示例中,如果在厚度监测控制器130的部位处没有良好的蜂窝连接,则网关120可安装在一更高的部位以建立蜂窝

连接,且厚度监测控制器130将采用例如XBee协议向网关120提交数据。

[0045] 如图3最佳所示,厚度监测控制器130包括一调制解调器131、一微处理器132、一脉冲器133、一模拟数字转换器(ADC)134、一可调增益放大器135、一发送信道136和一接收信道137。调制解调器131配置为与平台110和网关120中的一者或两者通信。调制解调器131可采用任何合适的通信选项,包括但不限于XBee 915MHz和LTE-M/NB。调制解调器131配置为与微处理器132通信。微处理器132可为将提供所需的功能的任何类型的微处理器。一个这样的微处理器132是由恩智浦半导体公司(NXP Semiconductors)制造和销售的LPC4370。微处理器132配置为与脉冲器133和ADC 134二者通信。脉冲器133优选为一高电压脉冲器电容器。ADC 134优选为一16位、2msps(每秒采样百万次),但其它类型的ADC也可以酌情设置。ADC 134配置为与可调增益放大器135(有时也通常称为一可变增益放大器)通信。可调增益放大器135优选具有26-54dB的一dB范围和10kHz至300kHz的一频率范围,但其它范围也可酌情设置。脉冲器133配置为与发送信道136通信,以向发送信道136发送信号。可调增益放大器135配置为与接收信道137通信,以接收来自接收信道137的信号。厚度监测控制器130优选配置成可适应(accommodate)一所需数量的幅值扫描(amplitude scans) (“A扫描”) (或波形显示)。在所示出的实施例中,控制器130配置为可适应16个A扫描(一个来自厚度测量超声换能器140,各五个来自三个不同的探头组件150)。当然,应理解的是,随着探头组件150的数量变化和/或根据各探头组件150(如将在下文中进一步详细讨论的)中包括的超声波换能器170/180的数量,控制器130能配置为酌情适应多于或少于16个A扫描。

[0046] 厚度监测超声波换能器140配置为接收来自厚度监测控制器130的发送信道136的信号,并还配置为向厚度监测控制器130的接收信道137发送信号。如前所述,厚度监测超声波换能器140用于标准化目的,且因此,起到当采用一组超声波换能器(在此例中,至少一个厚度监测超声波换能器170和至少一个面积监测超声波换能器180)时校准测量系统的作用。标准化厚度监测超声波换能器140工作成确保系统100总是执行相同的方式并合适地起作用,这是工业标准所要求的。在所示出的实施例中,标准化厚度监测超声波换能器140配置为执行一单个A扫描。在实践中,厚度监测超声波换能器140典型地放置在一标准化块或一厚度校准的金属片上,以作为一标准化换能器。

[0047] 如图1所示,系统100包括三个不同(different)/截然不同(distinct)的探头组件150A、150B、150C(每个也称为探头组件150)。依赖于系统100,设置在系统100中的探头组件150的数量可酌为少于三个(比如,一个或两个)或可以超过三个(比如,四个、五个等)。本领域的普通技术人员会理解的是,依赖于设置在系统100中的探头组件150的数量,可能需要对系统100进行微小的变形/修改。

[0048] 如上所述,各探头组件150包括一开关组件160。如图4最佳所示,开关组件160包括一电源161、一发送开关162、一微控制器163、一存储器164、一接收开关165、一放大器166以及一可选的电阻温度检测器(RTD)接口167。电源161与厚度监测控制器130的发送信道136通信。发送开关162与厚度监测控制器130的发送信道136通信。发送开关162优选具有五个“开关”信道162a、162b、162c、162d、162e,每个信道的目的和功能将在本文讨论。微控制器163与厚度监测控制器130的发送信道136、发送开关162、存储器164和接收开关165通信。微控制器163可以是提供所需的功能的任何类型的微控制器。一个这样的微控制器163是由微芯科技公司(Microchip Technology)生产和销售的PIC18。存储器164优选是一非易失性

存储器。接收开关165优选具有四个“开关”信道165a、165b、165c、165d,各信道的目的和功能将在下文中讨论。放大器166与厚度监测控制器130的接收信道137和接收开关165通信。放大器166优选具有26-48dB的一放大率(amplification)和10kHz-300kHz的一频率范围,但其它水平/范围也可以酌情设置。放大器166优选是一两级放大器,其中,26dB的放大率针对单级选项设置,而48dB的放大率针对一两级选项设置,这能够通过在一放大板(amplification board)上填充(populate)或删除(depoulate)构件来选择。如果至少一个厚度监测超声波换能器170包含一RTD 171(如下文所述),则可选的RTD接口167被提供。在所示出的实施例中,各开关组件160被控制器130指令来采集五个A扫描(一个来自厚度监测超声波换能器170,而一个来自四个面积监测超声波换能器180中的每一个)。

[0049] 如上所述,各探头组件150包括至少一个厚度监测超声波换能器170。如图1所示,各探头组件150包括一个厚度监测超声波换能器170。依赖于系统100和探头组件150,设置在各探头组件150中的厚度监测超声波换能器170的数量可酌情超过一个(比如,两个、三个、四个等)。本领域的普通技术人员将理解的是,依赖于设置在各探头组件150中的厚度监测超声波换能器170的数量,可能需要对探头组件150和/或系统100进行微小的变形/修改。各厚度监测超声波换能器170可以可选地具有与之相关联的一RTD 171,以测量管道/容器的发生厚度测量处或附近的温度。各厚度监测超声波换能器170与发送开关162的第五个“开关”信道162e通信,而且,如果厚度监测超声波换能器170包括RTD 171,则厚度监测超声波换能器170也与RTD接口167通信。

[0050] 厚度监测超声波换能器170(以及厚度监测超声波换能器140)通过产生高频超声波(比如,5MHz)来操作。这些超声波通常称为纵波(LW),且这样,厚度监测超声波换能器170也可称为LW换能器。在所示出的实施例中,各厚度监测超声波换能器170配置为执行单个A扫描。与厚度监测超声波换能器140不同,厚度监测超声波换能器170不是放置在一标准化块或一厚度校准的金属片上,而是放置在管道/容器上,以测量管道/容器的在厚度监测超声波换能器170安装的部位处的厚度。

[0051] 如上所述,各探头组件150包括至少一个面积监测超声波换能器180。如图1、图2、图3、图4和图5所示,各探头组件150包括四个面积监测超声波换能器180A、180B、180C、180D(每一个也称为面积监测超声波换能器180)。依赖于系统100和探头组件150,设置在各探头组件150中的面积监测超声波换能器180的数量可酌情少于四个(比如,一个、两个或三个)或多于四个(比如,五个、六个等)。本领域的普通技术人员将理解的是,依赖于设置在各探头组件150中的面积监测超声波换能器180的数量,可能需要对探头组件150和/或系统100进行微小的变形/修改。第一面积监测超声波换能器180A与发送开关162的第一“开关”信道162a和接收开关165的第一“开关”信道165a通信。第二面积监测超声波换能器180B与发送开关162的第二“开关”信道162b和接收开关165的第二“开关”信道165b通信。第三面积监测超声波换能器180C与发送开关162的第三“开关”信道162c和接收开关165的第三“开关”信道165c通信。第四面积监测超声波换能器180D与发送开关162的第四“开关”信道162d和接收开关165的第四“开关”信道165d通信。

[0052] 在一实施例中,探头组件150可包括分别接线于开关/前置放大器(preamp)组件160的一厚度换能器170和一组面积换能器180。在一不同的实施例中,厚度换能器170和面积换能器180可组合在一单个的更大探头中,该单个的更大探头经由一单根多导体线缆接

线于开关/前置放大器组件160。在另一实施例中,它也可以是一组更大的探头(厚度+2个面积,面积+面积等)。

[0053] 面积监测超声波换能器180通过产生低频超声波(比如,50kHz至500kHz)进行操作。这些超声波通常称为导波(GW),且这样,面积监测超声波换能器180也可称为GW换能器。来自GW换能器的一个这样类型的导波,即零阶剪切水平波(在板中称为 SH_0 ,在管线中称为 $T(0,1)$),因其非色散(non-dispersive)行为而受到关注。在所示出的实施例中,各面积监测超声波换能器180配置为执行一单个A扫描。

[0054] GW换能器180优选压电贴片换能器的形式,但可替代地可以是其它形式,譬如,诸如面剪切(face-shear)压电元件。在一优选实施例中,如图1和图5最佳所示,GW换能器180A、180B、180C、180D以围绕LW换能器170的一矩形配置定位,其中,GW换能器180A定位在LW换能器170的左上方,GW换能器180B定位在LW换能器170的左下方,GW换能器180C定位在LW换能器170的右下方,而GW换能器180D定位在LW换能器170的右上方。当应用于一管道/容器时,从GW换能器180A到GW换能器180B的一直线平行于从GW换能器180C到GW换能器180D的一直线,而从GW换能器180A到GW换能器180D的一直线平行于从GW换能器180B到GW换能器180C的一直线。此外,当应用于一管道/容器时,从GW换能器180A到GW换能器180C的一直线与LW换能器170相交且从GW换能器180B到GW换能器180D的一直线与LW换能器170相交,从而一“X”形配置被提供。

[0055] 当系统100与一管道/容器相关联时,系统100可用于测量管道/容器的腐蚀/侵蚀。在一实施例中,测量管道/容器的腐蚀/侵蚀的一方法200将在下面说明且示出在图6、图7和图8中。

[0056] 方法200包括人工测量待检验的管道/容器的实际纵向速度和温度的步骤205。

[0057] 方法200包括人工测量待检验的管道/容器的实际导波速度和温度的步骤210。

[0058] 方法200包括利用标准化厚度监测超声波换能器140和RTD 171进行一厚度标准化测量的步骤215(应理解的是,与厚度监测超声波换能器170一样,标准化厚度监测超声波换能器140也可以可选地包含RTD 171)。

[0059] 方法200包括采用探头组件150A进行测量的步骤220。步骤220包括采用厚度监测超声波换能器170和RTD 171进行一厚度测量的子步骤220a。步骤220包括采用面积监测超声波换能器180A、180B、180C、180D以一第一频率进行一面积厚度监测的子步骤220b。子步骤220b包括执行轴向扫描、由此面积监测超声传感器180A被激励(excited)且数据由面积监测超声传感器180B记录子步骤220b1。在子步骤220b1中进行的测量按配置设定中的规定来再三(often)重复并对多个A扫描进行平均。子步骤220b包括执行轴向扫描、由此面积监测超声波换能器180C被激励且数据由面积监测超声波换能器180D记录子步骤220b2。在子步骤220b2中进行的测量按配置设定中的规定来再三重复并对多个A扫描进行平均。子步骤220b包括执行周向扫描、由此面积监测超声波换能器180A被激励且数据由面积监测超声波换能器180D记录子步骤220b3。在子步骤220b3中进行的测量按配置设定中的规定来再三重复并对多个A扫描进行平均。子步骤220b包括执行周向扫描、由此面积监测超声波换能器180C被激励且数据由面积监测超声波换能器180C记录子步骤220b4。在子步骤220b4中进行的测量按配置设定中的规定来再三重复并对多个A扫描进行平均。由此,信道162a、162c(其与GW换能器180A、180C相关联)作为导波发送信道,而信道162b、162d(其与GW换能

器180B、180D相关联)作为导波接收信道。接收路径进一步经由放大器166前行到厚度监测控制器130的接收信道137。

[0060] 步骤220包括以一第二频率重复子步骤220b的子步骤220c,第二频率与第一频率不同。

[0061] 步骤220包括以一第三频率重复子步骤220b的子步骤220d,第三频率与第一频率和第二频率均不同。

[0062] 方法200包括步骤225,步骤225包括重复步骤220以利用探头组件150B进行测量。

[0063] 方法200包括步骤230,步骤230包括重复步骤220以利用探头组件150C进行测量。

[0064] 因此,方法200将采用纵波的超声厚度监测与采用导波的超声面积监测组合;而且,在一优选实施例中,只有一种特殊的非色散剪切波模式(SH_0 或 $T(0,1)$)。方法200采取多个代表性的厚度测量,而不是试图开发一厚度映射,厚度映射将由一面积监测特征来补充,以检测多个代表性的厚度测量部位之间的局部腐蚀/侵蚀。系统100采用新的电子技术(electronics),该电子技术采用一单个电路来传递来自两种不同类型的超声波换能器(比如LW换能器170和GW换能器180)的两种截然不同(distinctive different)的激励信号(比如,用于厚度监测的高频超声波(5MHz)和用于面积监测的低频超声波(50-500kHz))。各激励信号需要以不同方式(differently)产生和处理。更具体地,控制器130的脉冲器133是一数字开关,能够传递仅预定的固定电压电平:高电压、低电压和零电压。高电压和低电压电平通常在5V到90V和-5V到-90V的范围内可调,但不同的电压电平也是允许的。微处理器132发信号给脉冲器133,使脉冲器133向发送信道136输出固定的电压电平中的一个:例如,针对一指定的时间周期(time of period)的高电压。用于激励LW换能器170的一脉冲的示例:处理器130指令脉冲器133输出0V,然后是针对100ns的一周期(period)的高电压,接着是针对100ns的一周期的低电压,之后是0V。所说明的序列将产生适合激励LW换能器170的5MHz频率的双极性方波。对于GW换能器180,需要不同的频率和信号幅值。

[0065] 如图9、图10、图11和图12最佳所示,激励GW换能器180所需的波形可以具有相当复杂的形状,例如:5个周期正弦波叠加在如图12中的330指示的汉宁窗(Hanning window)信号(例如半周期余弦)上,这将允许从无信号到信号的状态的更平滑的过渡。为了产生关于一脉冲器133数字输出的GW换能器180的合适波形的组合,如图9、图10、图11和图12所示的波形300,采用发送信道136的串联电阻和GW换能器180的阻抗。在用于产生GW波的一频率范围(50-500kHz)内的GW换能器180的阻抗通常主要由电容组成。该电容和提到的发送信道136的串联电阻形成一低通滤波器。脉冲器133在来自微处理器132的指令下产生一高频(通常在几十MHz的范围内)数字波形300,当该高频数字波形300通过发送信道136和GW换能器180的电容时,会产生与从脉冲器133最初输出的不同的一波形310(如图10所示)。改变来自脉冲器133的高频数字波形能够一旦通过发送信道136的串联电阻和换能器180的电容就产生一系列的模拟波形,例如:如图11中的320指示的无汉宁窗的正弦,或如图12中的330指示的有汉宁窗的正弦、啁啾(在脉冲持续期间频率变化)、上升(ramp-up)、锯齿等。当然,也可产生除所说明的和所示出的那些波形之外的其它波形。

[0066] 在一实施例中,一啁啾信号可用于同时从一信道激励多个频率。合适的软件滤波能够从一单个A扫描中解码出个体(individual)频率响应。

[0067] 通过采用系统100和方法200,在管道/容器上的一缺陷(defect)处的反射回声的

飞行时间和幅值能被评估。更具体地, 通过从GW换能器180C发送激励信号并由GW换能器180B、180D接收, 反射回波将在离损伤 (damage) 更近的GW换能器180B、180D (在两GW换能器180B、180D如图1和图5所示地定位的情况下, 比如, 如果受损在两个GW换能器180B、180D的左边, 则是GW换能器180B, 如果受损在两个GW换能器180B、180D的右边, 则是GW换能器180D) 的时间轨迹上更早。如孔 (pitting) 或腐蚀/侵蚀斑块 (patches) 的缺陷通常会随着时间而在尺寸上增大。因此, 在缺陷处反射的回波的幅值会随着时间而增大。因此, 永久性地安装的系统允许人们紧随 (next to) 飞行时间监测幅值的变化。监测A-扫描例如在基线减除 (subtraction) 和数字滤波之后的变化减少了分析的复杂性并增加对检验结果的可信度。仅次于 (next to) 基线减除, 其它数字信号处理工具或机器学习算法可用于特征提取或图案辨别 (pattern recognition), 这另外地增加了可信度水平并有助于在时间上更早地检测到变化。

[0068] 图23示出根据本文公开的一些实施例的与图1所示的一说明性的腐蚀/侵蚀监测系统对应的一简化的管道仪表流程图 (PID)。简化的PID 2300包括编号为19至84的以圆圈示出的许多探头组件。例如, 三个不同/截然不同的探头组件150A、150B、150C示出。当然, PID 2300中的探头组件的数量可酌情而为任何数量。在一个示例中, 如本文所解释的, 一人类操作员/检验员可以将检验集中在一被筛选的TMLs列表上。这些被筛选的TMLs可代表更有效的候选的测量部位, 以捕捉整个资产的全面腐蚀行为, 同时仍然能够针对局部腐蚀进行检验。例如, 通过筛选TMLs的数量, 可节省大量的时间/能源和成本, 从而仅那些最有可能检测到局部腐蚀的探头组件使人类操作员/检验员审查。不是检验第19个至第84个探头组件中的所有探头组件、或甚至随机检查第19个至第84个探头组件中的少于所有的探头组件, 而是被筛选的TMLs是一更为最佳的识别哪个TMLs来测量。在一些示例中, 检验员可采用一手持式或其它人工设备来测量在简化的PID 2300上的编号部位处的壁厚。在其它示例中, 同一类 (of sorts) 的成套器械 (rig) 或装具 (harness) 可预先安装在简化的PID 2300上的编号部位处, 以允许检验员测量在各厚度测量部位处的壁厚。在又一示例中, 检验员可为以特定的时间间隔进行对被筛选的TMLs处的测量的一自动机器。即使在一自动测量系统中, 筛选TMLs也是有利的, 因为它降低了由简化的PID 2300上的各编号的部位处的一测量设备所产生的测量数据所用的处理能力和网络带宽。例如, 一些大型工业设施可能具有成千上万的探头组件, 这将导致所生成的数据的量过大。此外, 一旦任何的局部腐蚀被确认并修复, 人类操作员可同样多地 (as much) 指示出, 任何模型能被更新以反映新的壁厚值。另外, 在一些示例中, 如果一局部腐蚀被错误地识别出, 则监督人员输入到在一数字分析平台中执行的一机器学习或神经网络中, 可以相应地细化其警报和模型。

[0069] 图13A示出根据本文公开的特征中的一个或多个方面的多个传感器1301安装在管道上的一说明性的管线。该管道可具有在箭头所示的方向上的一液体的流动。在一检验期间, 一做法 (approach) 可以是对图13A中示出的传感器1-6的每一个进行检验和测量。在另一示例中, 一随机选择的传感器可被检验和测量。根据本文公开的若干的系统及方法, 在另一示例中, 示出在各自传感器1-6处的多个厚度监测部位 (TMLs) 被可智能地考虑, 且一更小的/更窄的TMLs组可被筛选, 以用于检验。此外, 根据本文公开的若干的系统及方法, 在筛选TML的过程中, 可以基于一个或多个准则 (criteria) 对TML进行分组。在一个简化的示例中, 筛选准则可识别出并排除那些历史上测量在其区域内仅全面腐蚀的传感器 (比如, 传感器1

和传感器3)。因此,通过筛选,系统100避免采用集群(clustering),而是采用分组来筛选对机械部件的健康状况的估计而言是多余的一些传感器。因此,节省了时间和资源。相反地,一些现有的系统试图通过增加更多的TMLs和这些TMLs的检验来减少风险。然而,在本公开的各个方面中说明的基于风险的检验(RBI)做法提供了一更好的工艺和系统。一RBI做法也可采用一模型,该模型考虑了其它准则,诸如在管线系统中运输的流体的类型、管道/部件的内外的温度、管线部件的弯头/配置以及其它准则。例如,在一弯头处的测量可被加权,以更有可能是被选择作为一组中筛选的部分,因为从历史上看,管线中一弯头附近的部位将是具有更多的湍流和摩擦的地方,由此腐蚀和酸度(acidity)可能更高。

[0070] 参照图13B,探头组件1302可包括捕捉部件的厚度的精确的点测量的一受束缚的设备。在另一实施例中,探头组件可包括捕捉精确的点测量和面积监测的一受束缚的设备。例如,图13B中的设备或相当的设备可用于捕捉一管道部件的厚度的面积监测。在又一实施例中,探头组件2可包括一无线设备,所述无线设备捕捉准确的点测量,而无须与需要厚度监测的一管道部件直接接触。探头组件可包括一个或多个厚度监测超声波换能器、面积监测超声波换能器和/或它们的组合,其配置成验证(validate)管线系统中的全面腐蚀(比如,确认无局部腐蚀被检测到)。

[0071] 图13B是带有安装的传感器的一说明性的管道的一图。传感器1302可以是各种类型的传感器中的任何一种,配置为测量在管道上的传感器1320的安装的点处或附近的管线的一厚度。传感器1302典型地安装在一永久性的部位并针对延长的时间周期(比如,针对管线的那个电路的有效期(lifespan),针对超过五年、针对超过三年或其它时间周期)保持依附于管道。尽管图13B中显示的传感器1302安装于管线的外表并且用线(wire)缚住,但在根据本公开的一个或多个方面的一些示例中,传感器可以不被束缚住且无线通信数据给一个或多个的无线接收器/收发器设备。另外,尽管图13B中显示的传感器是沿管道的纵向(longitude)以一直线图案示出的,但本公开考虑了以若干不同的图案中的任一种安装的传感器。例如,安装的传感器的密度可基于重力的方向和管线中运输的物质的类型。例如,假设在一个示例中图13B中的管线沿管道的长度从左到右运输一液体、此时管道的底部是管道的安装传感器1302的部分。在这样的示例中,安装在管线上的传感器可以围绕管线的周圈分布,这考虑到气候条件(比如,雨、冰雹、太阳)可能使管道的一部分暴露为更有可能恶化而管线的内部状况(比如,接触管道的底部的液体比接触管道的顶部的液体多)可能使管道的内部的部分更有可能恶化。

[0072] 图14是根据本公开的各个方面的带有传感器、通信部件和其它部件的一工业设施的一说明性的网络架构。数据分析平台112可通过诸如一局域网1408的一网络与一个或多个网络化的部件通信连结。例如,数据分析平台112可输出至用于生成本文所包含的一个或多个说明性的图表的一可视化平台114。一监测系统可包括软件平台112,以远程地监测和分析由依附于管道和部件上的多个传感器采集的历史测量。监测系统可包括用于针对局部腐蚀是候选的区域的监测、诊断和/或预测的分析工具(比如,因为该系统无法确认该区域的全面腐蚀)。通过采用本文公开的分析系统,TML可被优化成除了别的之外还在无妥协风险的情况下减少测量部位的数量,即筛选。

[0073] 在另一示例中,数据分析平台112可触发在一远程警报设备1410处产生一警报。远程警报设备1410可以引起对一个或多个部件的一立即的检验,或引起特定的管线部件被优

先用于设施的一随后的检验。

[0074] 随着测量和其它的数据被系统1400采集,数据可存储在一数据存储器1406中,数据存储器1406与数据分析平台112通信连结并可访问数据分析平台112。在一些示例中,数据可存储在计算机存储器1404中,然而,所需的计算机存储器的量可能是高的。代之地 (instead), 在一些示例中,诸如一机器学习人工神经网络的一模型1412可存储在计算机存储器1404处以用于由一处理器1402执行,而历史数据和其它数据可存储在一数据存储器1406处。在一些示例中,数据存储器可移到平台112中,但出于说明性的目的,数据存储器示出为通过局域网1408与平台112通信。

[0075] 图15是本公开的一实施例中的多个传感器(比如,探头组件)分组的一说明性的图表。如图15所示,各探头组件可被分配一唯一的TML识别符(TML ID)。TML ID可以是任何唯一的字母、字符或其它识别符,以唯一地识别各TML(即探头组件)。在图15中,围绕选择TML ID号码的粗线矩形框给出了探头组件的分组。在1502中,在3-7-2007,系统已基于或更多的规则(rule)将探头组件4、5、6和7归为一个分组。在1504中,在3-7-2008,存储在计算机存储器1404中的数据的图形表示给出系统1400已经调整了分组,以包括/排除一个或多个TML。在1504中,模型可以建议与TML ID号为4对应的探头组件不应再成为与1504中的粗线矩形框对应的组ID的一部分。结果,针对那个组ID筛选的一个或多个探头组件也可以改变。最后,在1506中,在3-7-2009,图形化的示出给出系统1400已进一步调整分组为现在将探头组件5和6分组到第一组ID而将探头组件7和8分组到一不同/独立的第二组ID。结果,如下面图16所示出讨论的,针对整个系统100的筛选和风险状况将发生变化。

[0076] 在一个示例中,将TMLs分组到一组ID中可以按若干不同的方法中的一种完成。例如,针对一设施处的多个部件的各电路的初始分组可以是基于测量数据水平。针对探头组件进行测量的每个日期,如果一探头组件满足以下条件中的任一个,则可触发一新的分组:
(i) 如果探头组件是该电路的第一TML;(ii) 如果测量值与前一个TML的测量值之间的(绝对)差超出那个日期的所有测量的约0.5至3.0的标准差(standard deviation),则这个参数的值可减少以用于更保守的分组,或者这个参数的值可增加以用于更积极(aggressive)的分组;(iii) 如果TML的标称壁厚测量与前一个TML的标称壁厚测量相比是不同的,或者如果TML在历史上具有仅一个测量值(跨越所有日期)。在另一示例中,TML的分组可以在一多步骤过程中完成。在一第一步骤中,在一特定的日期(或任何其它预定的时间周期,比如,在时间的一个小时窗口内、在同一个周内或其它)在一组连接的部件(比如,一电路)中进行的所有测量可被比较,以确定有多少对组(pair)(或元组(tuples))是在该特定的日期测量的。在一个示例中,比该调查年度(或其它时间周期)内的总的测量的一预定百分比(比如,70%、80%、60%、75%或其它百分比)低的任何TML对组被删除。接下来,所有TML的最小测量可被识别出并将在一更早的(比如,第一个)步骤中用那个TML进行对组的所有TML被分配到同一组ID。对本领域的技术人员而言,在阅读本文公开的整个内容之后,针对TMLs分组的规则的其它示例会是清楚的。

[0077] 用于对TMLs分组的另外其它的说明性的规则也在本公开中被考虑。例如,在一些规则中,分组可基于TML对组的百分比来重新分配。对于具有至少两个测量日期的多个部件的一电路,被分组在一起的TML对组至少是这两个时间的一预定的阈值百分比,才可保留在该同一组中,但不满足这个阈值的TML可采用一个或多个规则而被单独分配到不同的组。在

另一示例中,不具有足够TMLs的测量日期可以被放弃(drop)。针对多个部件的每一个电路,在一些示例中,系统1400可考虑仅那些具有至少针对任一日期TMLs的最大数量的一预定阈值的百分比的测量日期。出现在不满足该阈值的日期中的TMLs可以被单独地分配到独立的组中。

[0078] 在一些示例中,系统1400可以基于缺乏历史数据而丢弃(discard)(比如,放弃)看似无效的测量并继续基于本文说明的一个或多个规则重新分组TMLs。采用的阈值是能够基于数据集的多样性(diversity)和质量(quality)进行调整的超参数(hyperparameters)。该调整可在数据确认和验证的过程结束时进行。在一个示例中,阈值的百分比可设定为75%,但对于一些TMLs,先前的测量可能在过去很多年都没有发生。在一些实施例中,一起栅格(hyper-grid)可生成并用于调整系统1400的参数和/或超参数。在一些示例中,阈值设定可与一系统1400针对各TML ID已采集了多少个TML测量强相关。因此,阈值可以基于多少数据可为系统1400所用而被向上或向下调整。

[0079] 图16和图17示出由系统1400采集和/或分析的各种数据的曲线图。图16A示出测量值的一概率图(正态(normal)为95%),其中,百分比在Y轴上,而测量值在X轴上。系统1400默认假设已检测了全面腐蚀,除了当曲线示出不是竖直行进的(诸如在图16A中靠近曲线的顶部)外。数据分析平台112可以通过执行一个或多个步骤来验证探头组件的管道壁厚测量是全面腐蚀而不是局部腐蚀。例如,在一些实施例中,所述验证通过下来执行:生成与管线系统相关联的所有管道壁厚测量的一概率图,然后由标称厚度(nominal thickness)对成图(plotted)的管道壁厚测量值进行分组,以及在由标称厚度分组的管道壁厚测量值的概率图中识别出一非线性关系,以确认腐蚀可能不是全面腐蚀。同时,如果图中示出一线性关系,则在图中与那些数据点对应的TML呈现出全面腐蚀。这种做法相比已采用标准差来建立正态概率图(normal probability plot)的系统是一进步。此外,验证步骤还增加了进一步确保系统1400正在准确地检测全面腐蚀且据此正动作来筛选安装在设施中的部件上的合适的探头组件。系统1400不应针对全面腐蚀产生警报(比如,从设备1410),因为全面腐蚀是无处不在的且在检验期间是典型地不是首要关注的。相反地,在计划和安排大量更换一设施中的部件中会考虑全面腐蚀。

[0080] 参照图16B和图16C,这些图示出错误识别全面腐蚀的风险与厚度测量部位(TMLs)的数量之间的关系。尽管无论测量部位的数量如何,风险量(amount of risk)都是渐进到一风险阈值最小量1602,但图16B示出相对探头组件(即TMLs)的数量绘制的风险水平随着更多TMLs添加而降低。同时,本文公开的系统及方法的效果示出在图16C中,图16C示出在绘制的风险水平与TMLs数量的曲线中在筛选后的一移动(shift)。图16B和图16C将在下面结合图22的流程图中示出的方法步骤来更详细地说明。同时,图17是示出本领域已知的已有系统中环烷酸腐蚀的管子的一累积厚度分布。

[0081] 图18A是示出针对一特定电路ID(或资产ID)按日期的TML测量的一腐蚀传感器分析。X轴对应于TML识别符。出于实用目的,安装在一管线系统上的探头组件可以沿管线系统形成的电路按顺序或其它的排序(ordered)的顺序分配识别符。各TML可具有给出其在管道上的上游或下游的位置的一ID。基于位置数据的TML的其它数据清理(cleaning)和/或刷新(scrubbing)可以被执行,以协调(harmonize)/标准化(standardize)用于分析的测量到的数据。各TML可被分配自管道首次安装时的一标称厚度。一个或多个公众可访问的数据库

(比如,Meridian数据库)可以提供数据,包括标称厚度的测量和规格。同时,如图18A右侧的图例(legend)所示,测量可以在一时间周期内进行,从而横跨至少几年(即一延长的时间周期)的历史数据可被存储和分析。在这个示例中,将近25年的壁厚测量数据被存储、分析并绘在图18A中。图18A中的图形(graph plot)1802对应于2015-08-03进行的测量。同时,该图中的其它图形对应于各TML在向后跨越将近25年(比如,一延长的时间周期)的对应的日期进行的厚度测量。

[0082] 数据分析平台112可以为模型1412设定与图18A中绘制的图形对应的一个或多个超参数。一超参数典型地在模型上开始训练/学习过程之前被设定;相比之下,其它参数的值通过该模型的训练来得到。在图18A中,用于调整分组灵敏度超参数的一图形用户界面显示在顶部。可视化平台114可包括一图形工具/滑块,通过图形工具/滑块可调整超参数。在图18A中,分组敏感度(grouping_sensitivity)超参数示出设定到“标准”设定。同时,在示出模型1412的另一图示的图18B中,分组敏感度超参数示出设定到一“中等”设定。结果,组的数量在图18B中为只61个,而在图18A中为97个。另外,由于超参数设定和TML选择(selection)方法上的改变,图18B中绘制的图形1812与图18A中的图形1802略有不同。此外,针对在图18C中分组敏感度超参数设定为“高”,图18C中绘制的图形1822越发不同于图18A和图18B。组的数量约为七十五个,而TML的总数量保持恒定在一百五十五个。

[0083] 分组敏感度超参数是指TML分组的敏感度或积极性(aggresiveness),且可应用在初始分组阶段。在一些示例中,当一TML的测量值与前一TML的测量值之间的(绝对)差比针对那个日期的所有测量的1个标准差(SD)大时,该TML可被分配到一新组。针对更保守的或更积极的分组,这个阈值能够被调整。小于1个SD的一阈值将致使分组对测量的变化更加敏感,并将导致一更保守的分组。另一方面,大于1个SD的一阈值将致使分组对测量的变化更不敏感并导致一更积极的分组(比如,更高的分组比率)。在一个示例中,五种不同的分组敏感度可被实施,如图18C所示,从最保守到最积极的敏感度递减如下:高(0.5SD)、标准(1SD)、中(1.5SD)、低(2SD)和极低(3SD)。在另一示例中,超过或低于上述五个分组可被采用,以提供更细化或更粗糙的敏感度。由于分组灵敏度超参数被应用在初始分组阶段,就像情况超参数(case hyperparameters)一样,所有后续的分组步骤都可以基于初始分组结果重新运行,即整个分组循环(cycle)重复五次,针对五个分组灵敏度级别中的每一个一次。

[0084] 注意的是,图18A、图18B和图18C(统称为“图18”)列出了多个TML选择方法,可应用于测量,以优化数据点的分组和绘图。尽管图18列出了三个优化函数,即组ID内的TML的中值(median_TML_within_groupID)、组ID内的TML的最小平均(minimum_average_TML_within_groupID)和与均值的最小偏差(minimum_variation_from_mean),其它优化函数可根据本公开的一个或多个方面来使用。例如,可采用一TML位置(TML_position)优化函数,如果将要选择一个TML,则位于该组中心处的TML被选择。如果将要选择两个TML,则该组将被分成两个子组且各子组中心处的TML被选择,以此类推。TML选择方法的其它示例也在本文中考虑。例如,优化函数可以是一minimum_average_TML_within_groupID优化函数。在用于决定从各组中挑选哪些TML的minimum_average_TML_within_groupID方法中,所述方法选择在各组(横跨日期)中具有最低平均测量的TML。例如,在采用minimum_average_TML_within_groupID优化函数的一个说明性的系统中,该系统可计算各TML的平均测量(横跨日期),通过平均测量对各组中的TML进行排序(比如,上升),并基于要从各组中挑选的TML的

数量(n),挑选前n个TMLs。同样,median_TML_within_groupID优化函数类似于minimum_average_TML_within_groupID优化函数,但是基于中值而不是最小平均。

[0085] 在另一示例中,优化函数可以是一minimum_variation_from_mean优化函数。在用于决定从各组中挑选哪些TML的minimum_variation_from_mean方法中,所述方法选择与该组的均值测量(mean measurement)相比具有最低平均偏差(lowerest average vairation)的TML。例如,在采用minimum_variation_from_mean优化函数的一个说明性的系统中,系统可以计算针对各日期的均值组测量(means group measurement)。然后,针对各TML,针对各日期,计算与均值的绝对差,而且针对各TML,计算平均偏差(比如,与均值的绝对差)。接下来,minimum_variation_from_mean优化函数将各组中的TML按平均偏差进行排序(比如,上升)并基于从各组中要挑选的TML数量(n),挑选前n个TML。

[0086] 在最终确定(finalizing)分组后,系统1400确定一TML候选选择方法和每组所需的一探头组件的数量。每组的候选数可以是另一超参数。默认情况下,系统1400可以对各TML组采用1%或1中的大者。如果要选择超过一个的TML候选,则TML组可以被分成同样大的子组同时保留TML的排序。然后,系统1400可以根据本文说明的一种或多种场景来应用一TML候选选择方法。

[0087] 图19A是一图形1902,示出一部件的测量的TC厚度(毫米)与时间。另外,该图形可以给出温度校准值(摄氏度)、温度系数(比如,1%)、腐蚀率ST(每年毫米)、腐蚀率LT(每年毫米)、部件的剩余寿命(年)、剩余半寿命(也是年)以及实际厚度(毫米)。

[0088] 另外,图19B是示出FSH(百分比)值与厚度值(毫米或其它单位)的一校正(rectified)的图。该图还示出了A闸门(Gate)1904和B闸门1906的厚度范围。可替代地,该图可以用mV值来代替FSH来绘图。此外,在一些示例中,该图可以显示为HF而不是校正后的。

[0089] 图20A是一酸性电池设施的一图形2002,示出一部件的测量的TC厚度(毫米)与时间。另外,该图形可以给出温度校准值(摄氏度)、温度系数(比如,1%)、腐蚀率ST(每年毫米)、腐蚀率LT(每年毫米)、部件的剩余寿命(年)、剩余半寿命(也是年)以及实际厚度(毫米)。此外,图20B是示出FSH(百分比)值与厚度值(毫米或其它单位)的一酸性电池设施的校正的图。该图还示出了A闸门2004和B闸门2006的厚度范围。可替代地,该图可以用mV值来代替FSH来绘图。此外,在一些示例中,该图可以显示为HF而不是校正后的。

[0090] 图21示出了一人工神经网络2100的一简化示例,一机器学习算法可以在该人工神经网络2100上执行。图21仅仅是采用一人工神经网络的非线性处理的一示例;其它形式的非线性处理可用于根据本文所述的特征来实施一机器学习算法。

[0091] 在图21中,输入节点中的每一个连接于第一组处理节点。被送入输入节点的外部源2102可以是来自通过本文公开的方法的步骤的结果的评价指标(metrics)。第一组处理节点中的每一个连接于一第二组处理节点中的每一个。第二组处理节点中的每一个连接于输出节点中的每一个。虽然只示出两组处理节点,但可以实施任何数量的处理节点。同样,虽然图21中每组只有四个输入节点、五个处理节点和两个输出节点,但每组可以实现任何数量的节点。图21中的数据流从左到右示出为:数据可以被输入到一输入节点,可以流经一个或多个处理节点,并可以由一输出节点输出。对输入节点的输入可来自一外部源2102。输出2104可以被发送到一反馈系统2106和/或数据存储单元。反馈系统2106可以用相同或不同的输入数据将输出发送到输入节点进行连续的处理迭代。

[0092] 在一个采用反馈系统2106的说明性的方法中,所述系统可采用机器学习来确定一输出。该输出可包括一泄漏区域边界、一多传感器检测事件、置信值和/或分类输出。所述系统可采用一合适的机器学习模型,包括xg-提升(xg-boosted)的决策树、自动编码器、感知器、决策树、支持向量机、回归和/或神经网络。神经网络可为一合适类型的神经网络,包括一前馈网络、径向基网络、循环神经网络、长/短期存储器、门控循环单元、自动编码器、变量自动编码器、卷积网络、残差网络、科霍恩(Kohonen)网络和/或其它类型。在一个示例中,机器学习系统中的输出数据可表示为多维阵列、二维表(诸如矩阵)对具有更高的维度数据的一扩展(extension)。

[0093] 神经网络可包括一输入层、许多中间层以及一输出层。各层可具有其自身的权重。输入层可配置成接收作为输入的本文公开的一个以上的特征向量。中间层可为卷积层、池化层、密集(全连接)层和/或其它类型。输入层可将输入传给中间层。在一个示例中,各中间层可处理来自前一层的输出并随后将输出传给下一中间层。输出层可配置成输出一分类或一实值。在一个示例中,神经网络中的这些层可使用一激活函数,诸如一S型函数、一双曲正切函数、一修正线性函数和/或其它函数。此外,神经网络可包括一损失函数。在一些示例中,一损失函数可测量许多错过的正例;可替代地,损失函数也可测量许多假正例。损失函数可用于当比较一输出值与一目标值时确定误差。例如,当训练神经网络时,输出层的输出可用作一预测且可与一训练示例的一目标值比较以确定一误差。误差可用于更新神经网络的各层的权重。

[0094] 在一个示例中,神经网络可包括用于基于误差更新这些层中的一层或多层的权重的一技术。神经网络可使用梯度下降来更新权重。可替代地,神经网络可使用一优化器来更新各层中的权重。例如,优化器可使用各种技术或技术的组合来更新各层中的权重。在合适时,神经网络可包括防止过拟合的一机制-正则化(诸如L1或L2)、丢弃和/或其它技术。神经网络可也增加用于防止过拟合的训练数据的量。

[0095] 在一个示例中,图21示出节点可执行各种类型的处理,诸如离散型计算、计算机编程和/或由一计算设备实施的数学函数。例如,输入节点可包括诸如一个以上的数据服务器的不同的数据源的逻辑输入。处理节点可包括在一数据中心的多个服务器上执行的并行处理。以及,输出节点可为最终存储在结果数据存储(诸如与针对输入节点的相同或不同的数据服务器)中的逻辑输出。尤其是,这些节点无需截然不同。例如,任何两个集合中的两个节点可执行准确的相同的处理。相同的节点可针对相同或不同的集合重复。

[0096] 各节点可连接于一个以上的其它节点。该连接可将一节点的输出连接于另一节点的输入。一连接可与一加权值相互关联。例如,一个连接可被加权为比另一个连接更重要或显著,由此影响进一步处理的度(degree),因为输入穿越人工神经网络。这样的连接可被修改成人工神经网络2100可学习和/或动态地重新配置。虽然节点示出为使连接仅对图21接续的节点,但连接可形成在任何节点之间。例如,一个处理节点可配置成将输出发给一之前的处理节点。

[0097] 输入节点中接收到的输入可通过诸如第一组处理节点和第二组处理节点的处理节点被处理。该处理可导致输出节点中的输出。如来自第一组处理节点和第二组处理节点的处理节点所示出地,处理可包括多个步骤或序列。例如,第一组处理节点可为一粗的数据过滤器,而第二组处理节点可为一更详细的数据过滤器。

[0098] 神经网络2100可配置成实行决策作出。作为出于解释目的的一简化的示例，神经网络2100可配置为检测照片中的人脸。输入节点可以被提供给一照片的一数字拷贝。第一组处理节点可以各配置为执行特定的步骤，以去除非人脸内容，诸如大的连续的红色部分。第二组处理节点可各配置为寻找人脸的粗略近似，如人脸形状和肤色。多个后续的组可还提炼该处理，各组寻找进一步更特定的任务，其中各节点执行在那个任务的促进中不是必须需要操作的一些形式的处理。神经网络2100可随后作出在人脸上的该部位的一预测。该预测可能是正确的或不正确的。

[0099] 反馈系统2106可配置成确定是否神经网络2100作出一正确决策。反馈可包括一正确答案的一指示和/或一不正确答案的一指示和/或一正确度(例如一百分率)。例如，在上面提供的人脸辨别示例中，反馈系统2106可配置成确定人脸是否被正确识别而且如果是如此则人脸的多少百分率是正确识别到的。反馈系统可能已知晓一正确答案，从而反馈系统可通过指示是否其作出一正确决策来训练神经网络2100。反馈系统可包括人工输入，诸如一管理员告诉神经网络2100是否其作出一正确决策。反馈系统可经由输入节点提供反馈(比如是否之前的输出是正确或不正确的一指示)给神经网络2100或可传输这种信息给一个或多个的节点。反馈系统可另外地或可替代地连结于一存储器，从而输出被存储。反馈系统可以根本不具有正确答案，而是使以进一步处理作为反馈的基础：例如，反馈系统可包括编程来识别人脸的一系统，从而反馈允许神经网络2100将其结果与一人工编程的系统的结果进行比较。

[0100] 神经网络2100可以被动态地修改来学习并提供更好的输入。例如，基于之前的输入及输出和来自反馈系统2106的反馈，神经网络2100可以修改自身。例如，在节点中的处理可改变和/或连接可被不同地加权。延续前面提供的示例，人脸预测可能是不正确的，因为提供给算法的照片是以一种使所有人脸看起来都是红色的方式着色的。这样，排除了含有大量红色相邻部分的照片的节点可能被认为是不可靠的，并且与该节点的连接可能被显著降低权重。另外或可替代地，该节点可以被重新配置，以按不同的方式处理照片。修改可以是通过神经网络2100的预测和/或估计(guesses)，从而神经网络2100可变化其节点和对测试假设的连接。

[0101] 神经网络2100无需具有一集合数量的处理节点或一数量的集合的处理节点，但可增加或减少其复杂性。例如，神经网络2100可确定一个以上的处理节点是没有必要的或应被重新使用(repurposed)，且或者抛弃或在那个基础上重新配置处理节点。作为另一示例，神经网络2100可确定所有的或部分的输入的进一步处理被要求以及在那个基础上附加另外的处理节点和/或处理节点的集合。

[0102] 反馈系统2100提供的反馈可仅是强化(例如，提供输出是正确或不正确的一指示，奖励机器学习算法许多点等)或可以是指定的(例如，提供正确的输出)。例如，机器学习算法可被要求检测照片中的人脸。基于一输出，反馈系统可以指示一分数(比如，75%的准确率、估计是准确的一指示等)或一具体的响应(比如，具体识别出人脸处在哪里)。在一个示例中，一人类操作员/检验员可以将检验集中在一被筛选的TMLs列表上。一旦任何的局部腐蚀被确认并修复，操作员可同样多地指示出，从而模型1412能被更新以反映新的壁厚值。另外，在一些示例中，一局部腐蚀可在系统1400中被错误地识别出，且监督人员输入到在数字分析平台112中执行的一机器学习或神经网络中，可以相应地细化其警报和模型。

[0103] 神经网络2100可由其它形式的机器学习支持或替代。例如,神经网络2100的节点中的一个或多个可实施一决策树、相关联的规则集合、逻辑编程、回归模型、聚类分析机制、贝叶斯(Bayesian)网络、命题公式、生成模型(generative model)和/或其它算法或形式的决策作出。神经网络2100可实行深度学习。

[0104] 图22是示出根据本文公开的一些实施例的执行的一方法2200的说明性的步骤的一流程图。当存储在非暂态计算机可读介质中的计算机可执行指令被一处理器执行时,方法2200可由一系统1400执行。除了别的之外,方法2200可从安装在一工业设施中的一管线系统上的探头组件中进行筛选。结果,用于优化资产健康监测的系统及方法得到了改进,因为通过筛选识别出代表性的测量部位,并且在在一工业设施中的管线系统和其它部件进行例行检验时,能不考虑剩余的探头组件。

[0105] 关于图22,在步骤2202中,在与处理器1402通信连结的一计算机存储器1406中,系统存储在一时间周期内的从安装在工业设施中的管线系统上的探头组件150A采集的历史管道壁厚测量。在步骤2204中,数据分析平台112可以设定一个或多个超参数,诸如但不限于一分组灵敏度超参数、一阈值测量(threshold_measurements)超参数、一分组大小(group_size)超参数和/或它们的组合。一旦设定了这些超参数,在步骤2206中,系统1400可以开始利用至少存储在计算机存储器1406中的历史管道壁厚测量和存储在计算机存储器1404中的超参数值来训练模型。

[0106] 在步骤2208中,存储在计算机存储器1404中的模型可以从安装在管线系统上的众多探头组件中分组第一组探头组件。如本公开所解释的,诸如针对图15,几种方法被提供,通过这几种方法可在模型中产生分组。在对探头组件进行分组后,数据分析平台112可以为各组探头组件分配一唯一的组识别符(groupID)。唯一的组ID可以是系统1400能用来唯一地引用(refer to)探头组件组的任何识别符。

[0107] 在步骤2210中,数据分析平台112基于至少训练的模型来选择用于系统1400的操作的一优化函数。许多说明性的优化函数在本公开中被说明,包括但不限于一median_TML_within_groupID优化函数、minimum_average_TML_within_groupID优化函数、minimum_variation_from_mean优化函数和/或TML_position优化函数。选择一特定优化函数的决定引发后续的识别和测量步骤生效。例如,在步骤2212A、2212B、2212C和2212D(统称为“步骤2212”)中,系统1400基于存储在计算机存储器1404中的模型和选定的优化函数,识别出对应于各组ID的一探头组件,用于管线系统的管道壁厚监测。在一些示例中,系统1400可以为整个组ID识别出一单个的探头组件,以代表被测量的区域。在其它示例中,多个探头组件可被识别出来代表该组ID。分配为从一组中被筛选的TML的数量可以基于一个或多个规则。这是基于该组的最大标准差,在一个示例中:如果任何一组的最大标准差小于或等于0.25,则从该组中选择一个TML。如果最大标准差增加0.25,则选择的TML数量增加一个(即,如果它在0.25-0.5之间,则可从该组中选择两个探头组件,以此类推)。此外,0.25的步长值可以被修改,以用于调整TML选择的灵敏度。低于0.25的值会导致在每组中选择更多的TML(即一保守的做法),而高于0.25的值会导致在每组中选择较少的TML(即一积极的做法)。

[0108] 在步骤2214中,在检验期间,系统1400可以不考虑(disregard)各组ID中的所有剩余探头组件,除了从各组ID中被识别出的探头组件外。系统可以测量各组ID中识别出的探头组件中的每一个的壁厚,但排除该组ID中的其它探头组件。因此,系统从安装在一管线系

统上的多个探头组件中进行筛选。在一检验期间筛选探头组件数量的使用的至少一个益处是其导致的时间节省。例如，以前检查各探头组件的人类检验员现在可以在减少的探头组件数量上检查测量，而不会大幅增加错过危险的局部腐蚀的风险。在一个示例中，在步骤2214，系统1400可输出人类可读的一报告，该报告列出一人类检验员应人工检验壁厚测量的那些探头组件。该报告可以以各种方式排序，比如，基于局部腐蚀的最高风险，基于从人类检验员的已知起始位置算起的地理便利，或其它顺序。

[0109] 例如，如图16B和图16C所示，当风险量与测量部位的数量做图时，无论测量部位的数量如何增加，风险量都是渐近于一最小风险量1602的阈值。重要的是，当测量数量减少时，如图形1604所示，风险的增量变化(delta change)以越来越快的速度增加，换句话说，减少被采样的探头组件的数量会使风险增加到一不安全的程度。然而，本文公开的系统1400和方法2200将图形从最初的一风险图形1606移动到更有利的一风险图形1608。因此，通过识别出那些在统计学上最有可能对管线壁造成全面腐蚀/退化的探头组件，筛选在一检验期间需要主动地检查的探头组件的数量，从而减少检验时间/成本，同时保持(甚至减少)风险状况。

[0110] 最后，在图22的步骤2216中，厚度监测控制器130可以接收并发送来自各组ID的探头组件的管道壁厚测量，以用于检验。厚度监测控制器130可以将测量数据(和任何其它数据)发送到数据存储单元1406，以用于历史记录保留和分析，以及发送到数据分析平台112，以用于分析和可视化的生成。例如，壁厚测量可示出，管线系统中的管道的一特定的段正在遭受除全面腐蚀之外的退化，以至于它上升到危险的、局部腐蚀的水平，且必须在一特定的时间周期内予以更换。在另一示例中，管道壁厚测量可以在一设施处的一管道、一罐、一容器和/或管线中的一个或多个处进行。

[0111] 虽然在附图中示出且针对附图说明了特定的实施例，但可设想的是，本领域内的技术人员可在不脱离所附的权利要求书的精神和范围的情况下想出各种修改。因此，将认识到的是，本公开和所附的权利要求书的范围不限于在附图中示出的且针对附图说明的具体实施例，并且修改和其它实施例将被包括在本公开和所附的附图的范围内。此外，尽管前述说明和相关联的附图在元件和/或功能的某些示例性的组合的上下文中说明了示例的实施例，但应认识到的是，在不脱离本公开和所附的权利要求书的范围的情况下，元件和/或功能的不同组合可由替代实施例来提供。此外，前述说明说明了叙述多个步骤的执行的方法。除非相反说明，一方法中的一个或多个步骤可以是不要求的，一个或多个步骤可以按照与所说明的不同的顺序来执行，以及一个或多个步骤可以基本同时形成。各个方面都能有其它实施例，并能以各种不同的方式进行实施或执行。将理解的是，本文使用的措辞和术语是为了描述的目的且不应被视为限制。相反，本文使用的措辞和术语将被赋予其最广泛的解释和含义。“包含(including)”和“包括(comprising)”及其变体的使用意在涵盖其后列出的项目及其等同物以及附加项目和其等同物。

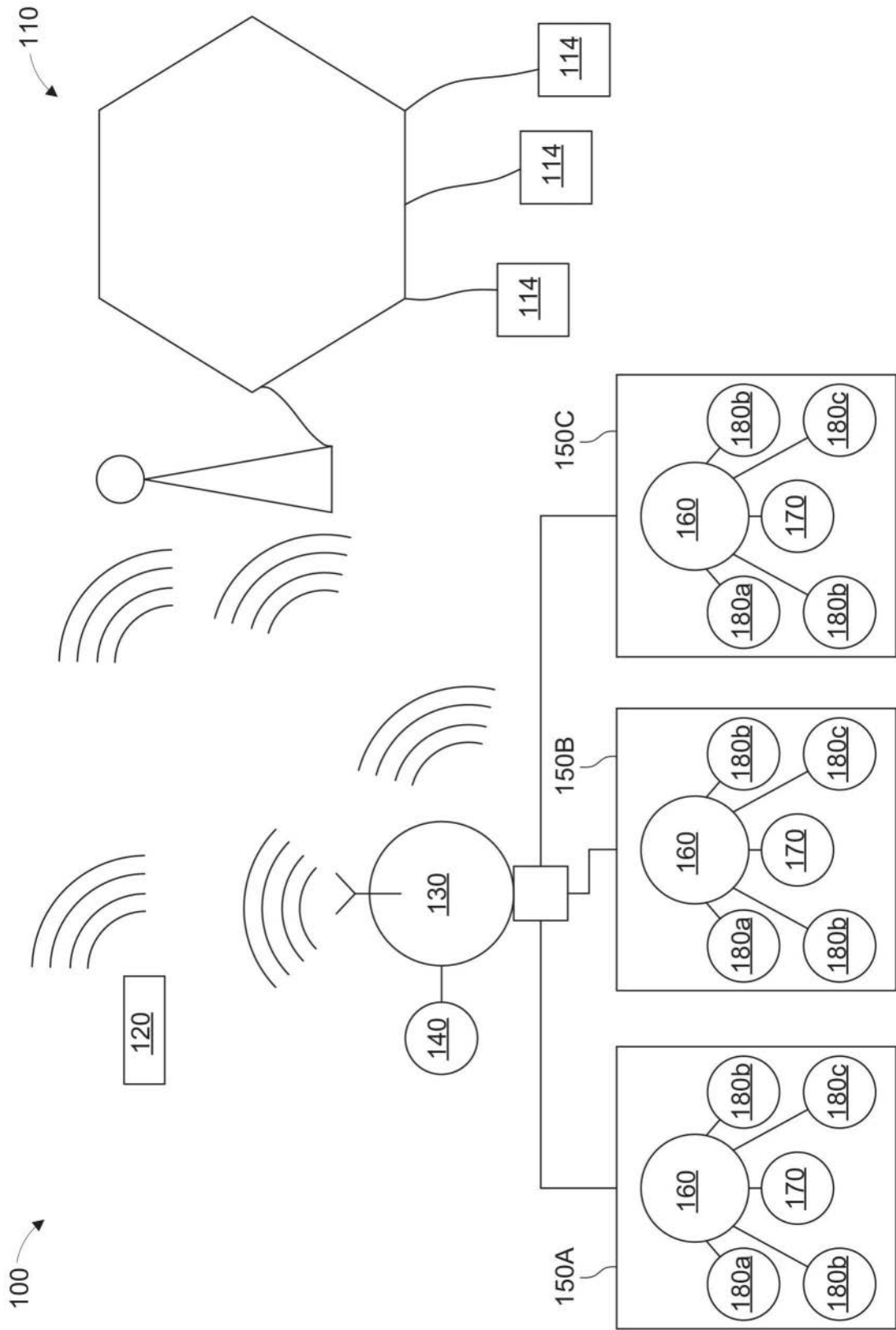


图1

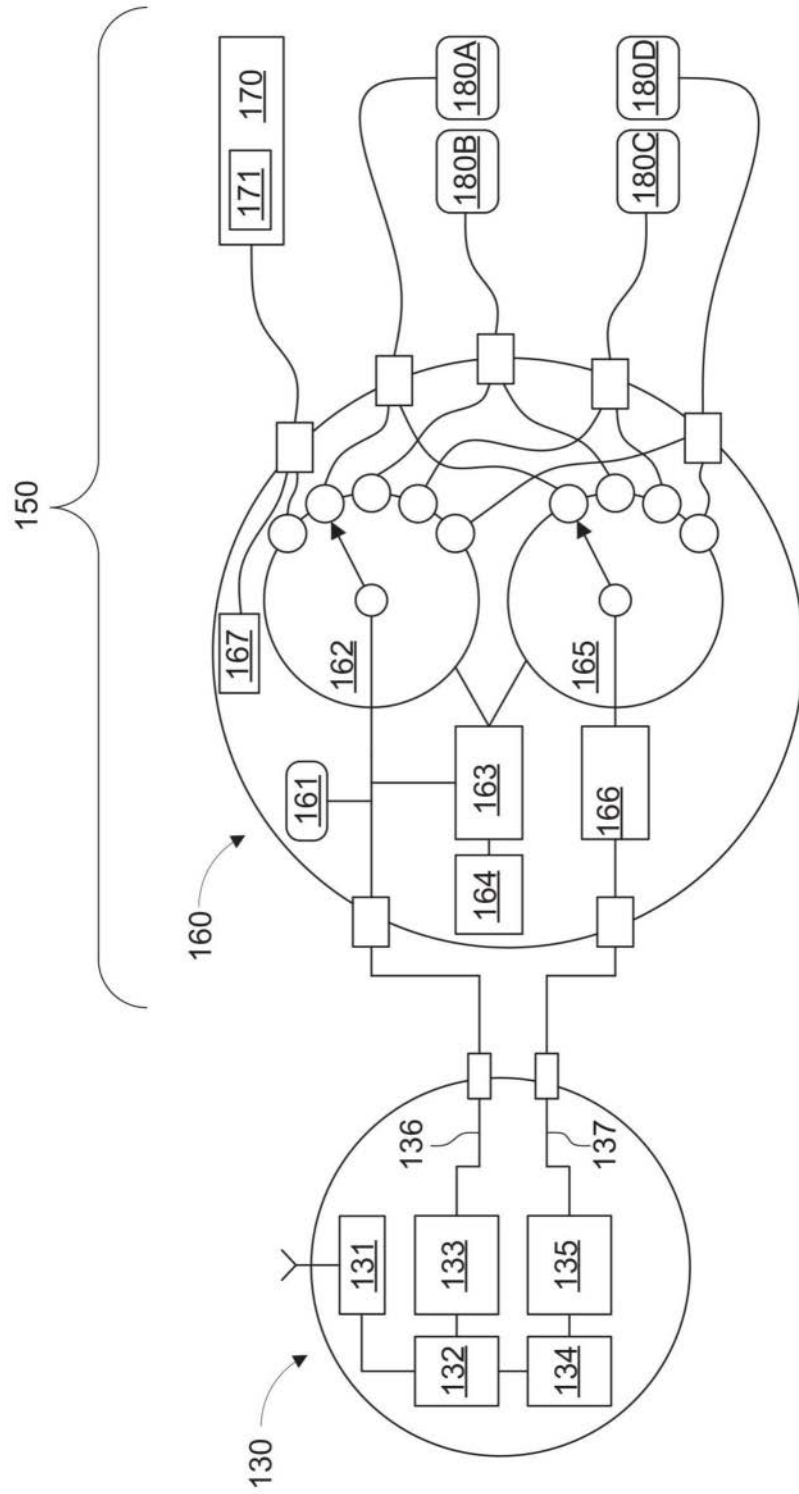


图2

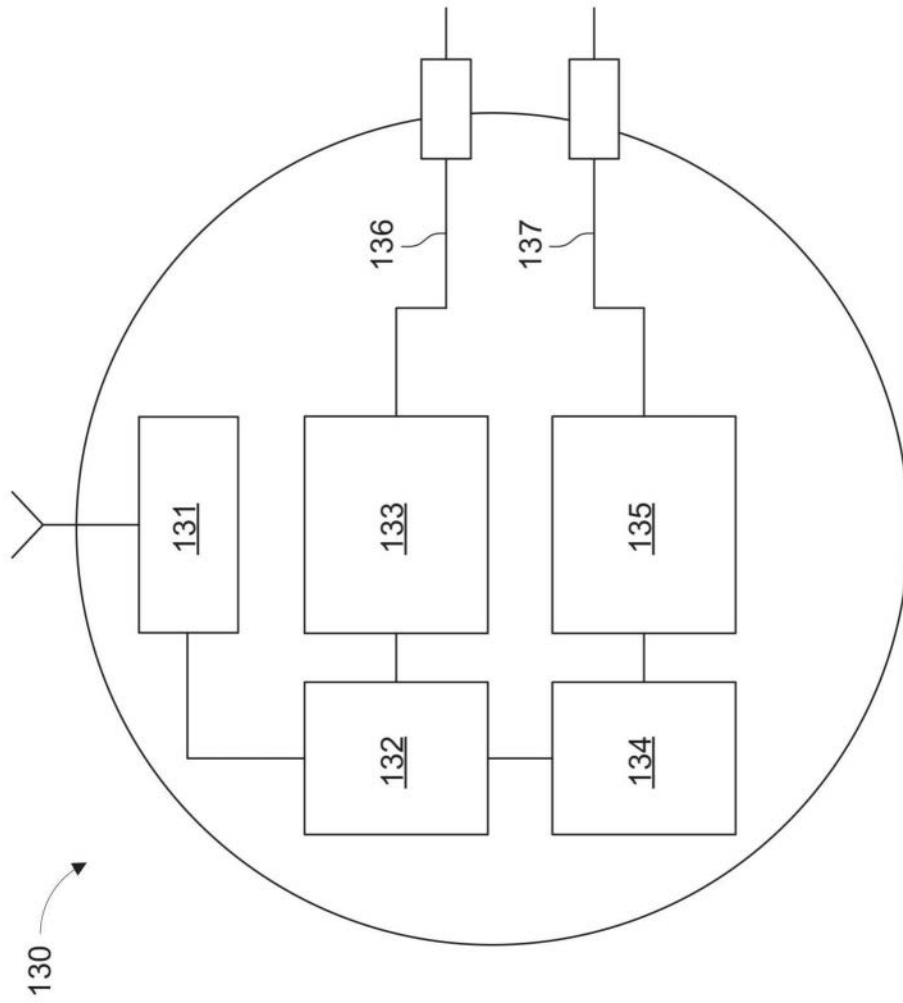


图3

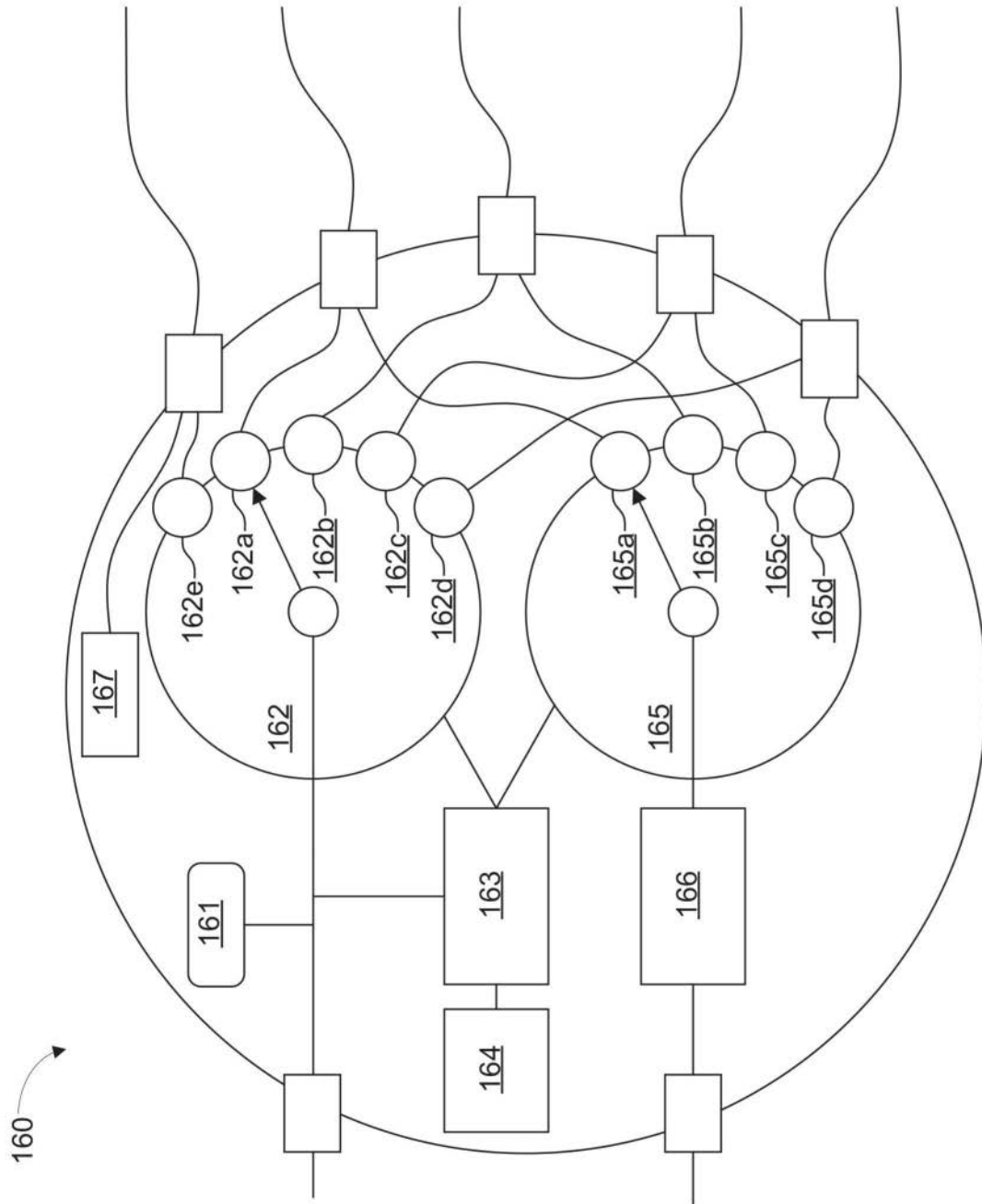
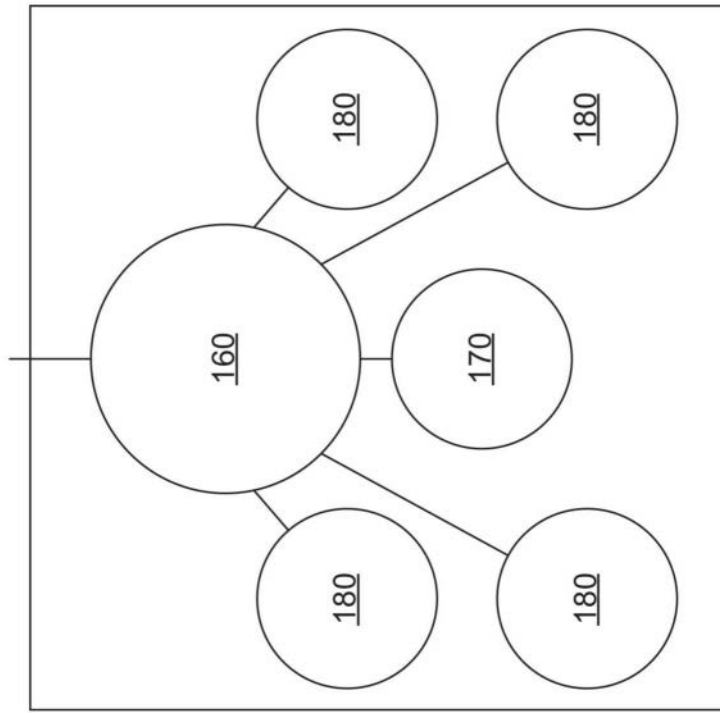
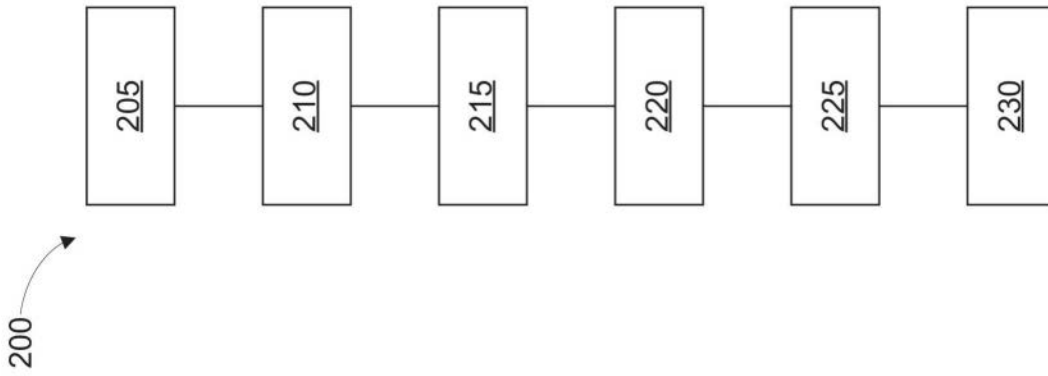


图4



150

图5



200

图6

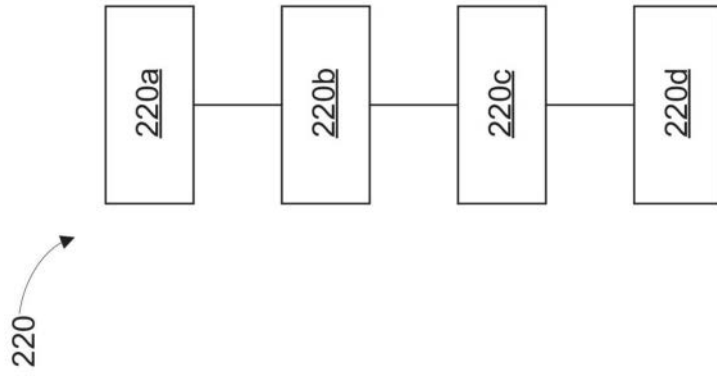


图7

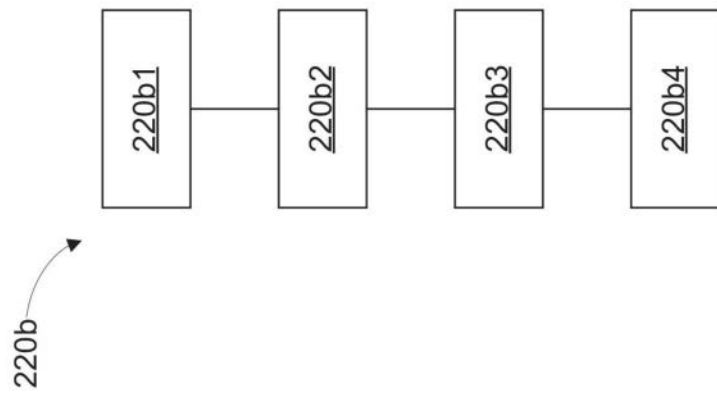


图8

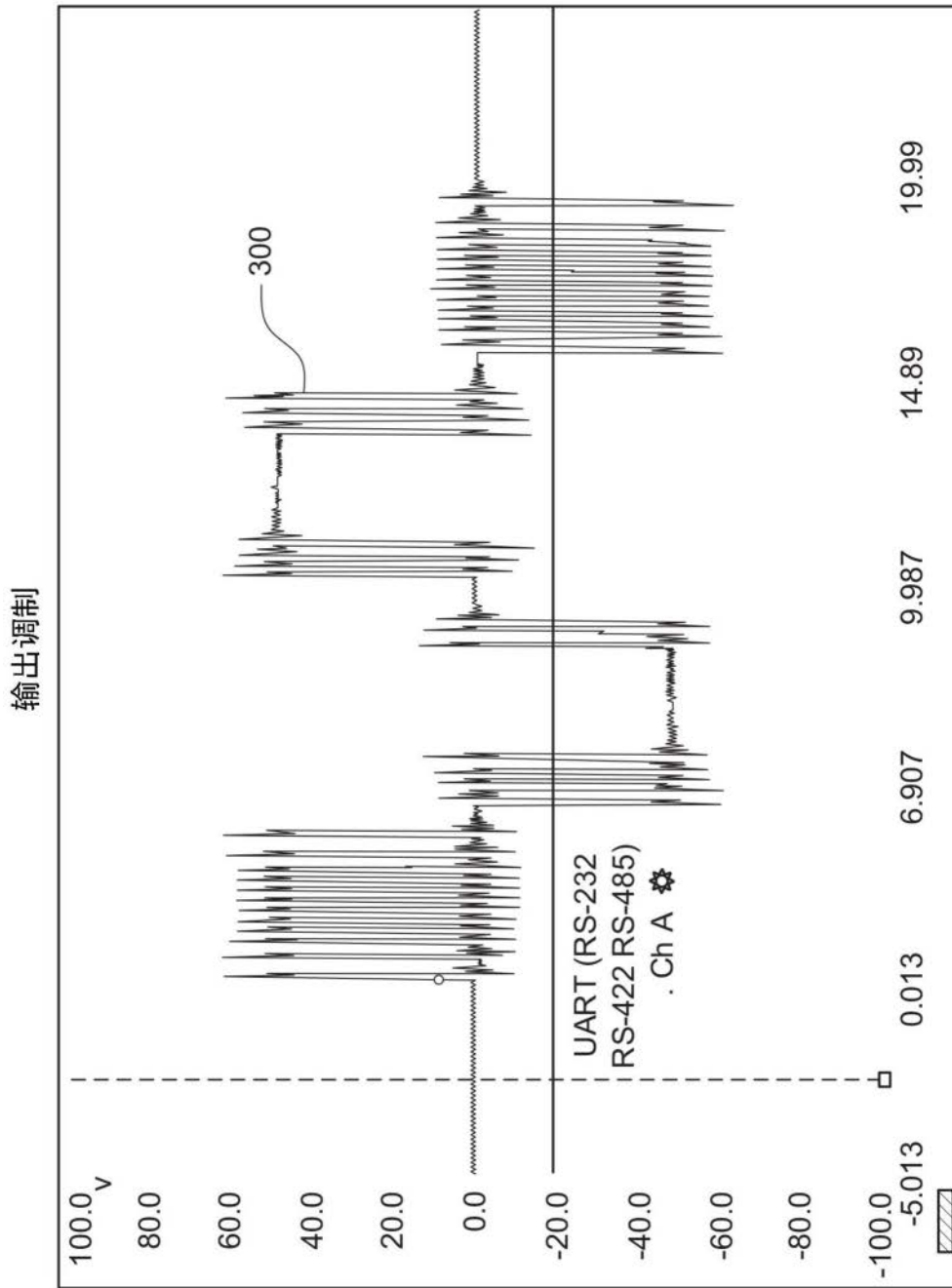


图9

调制的输出细节

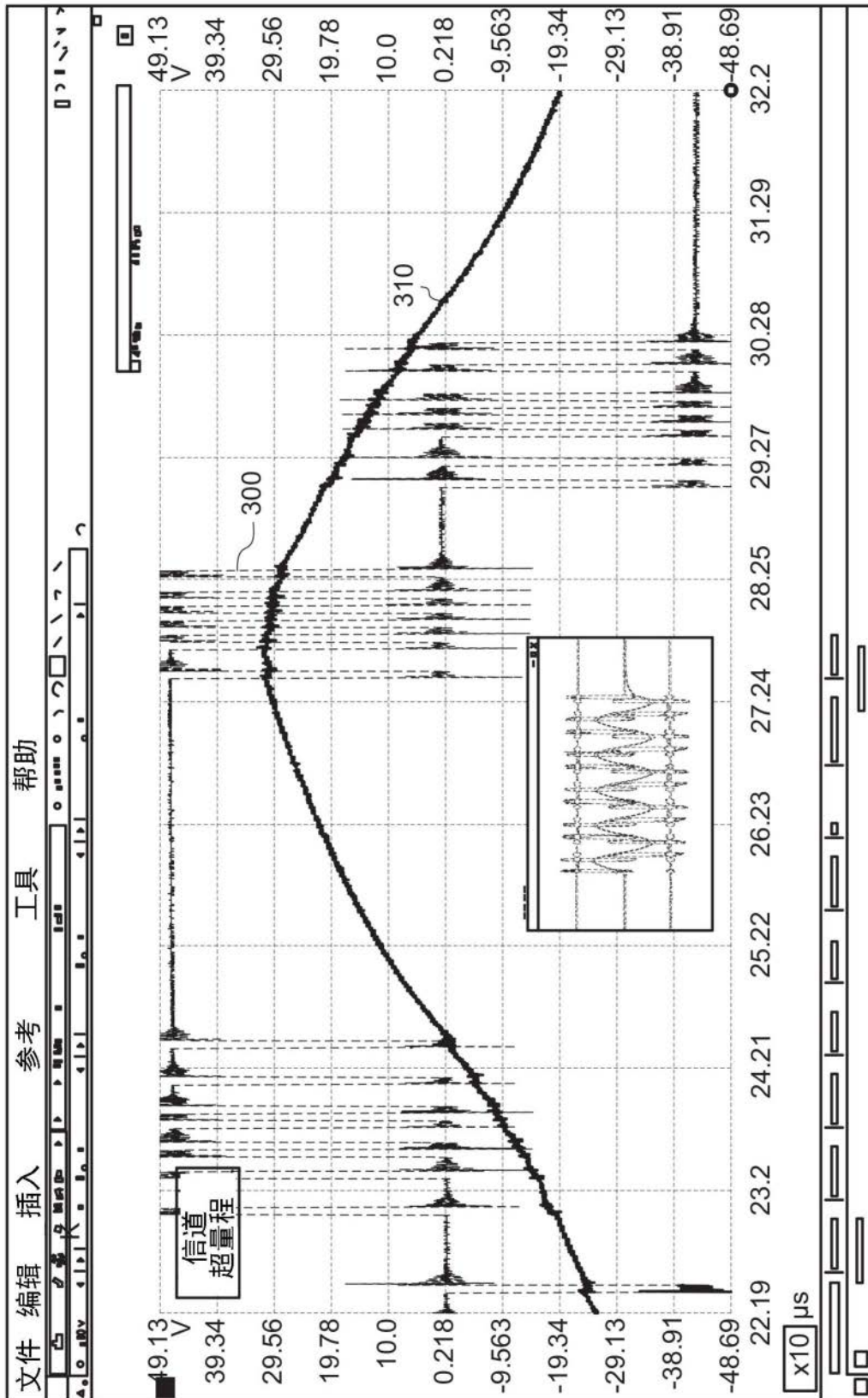


图10

调制输出-示例：5周期正弦

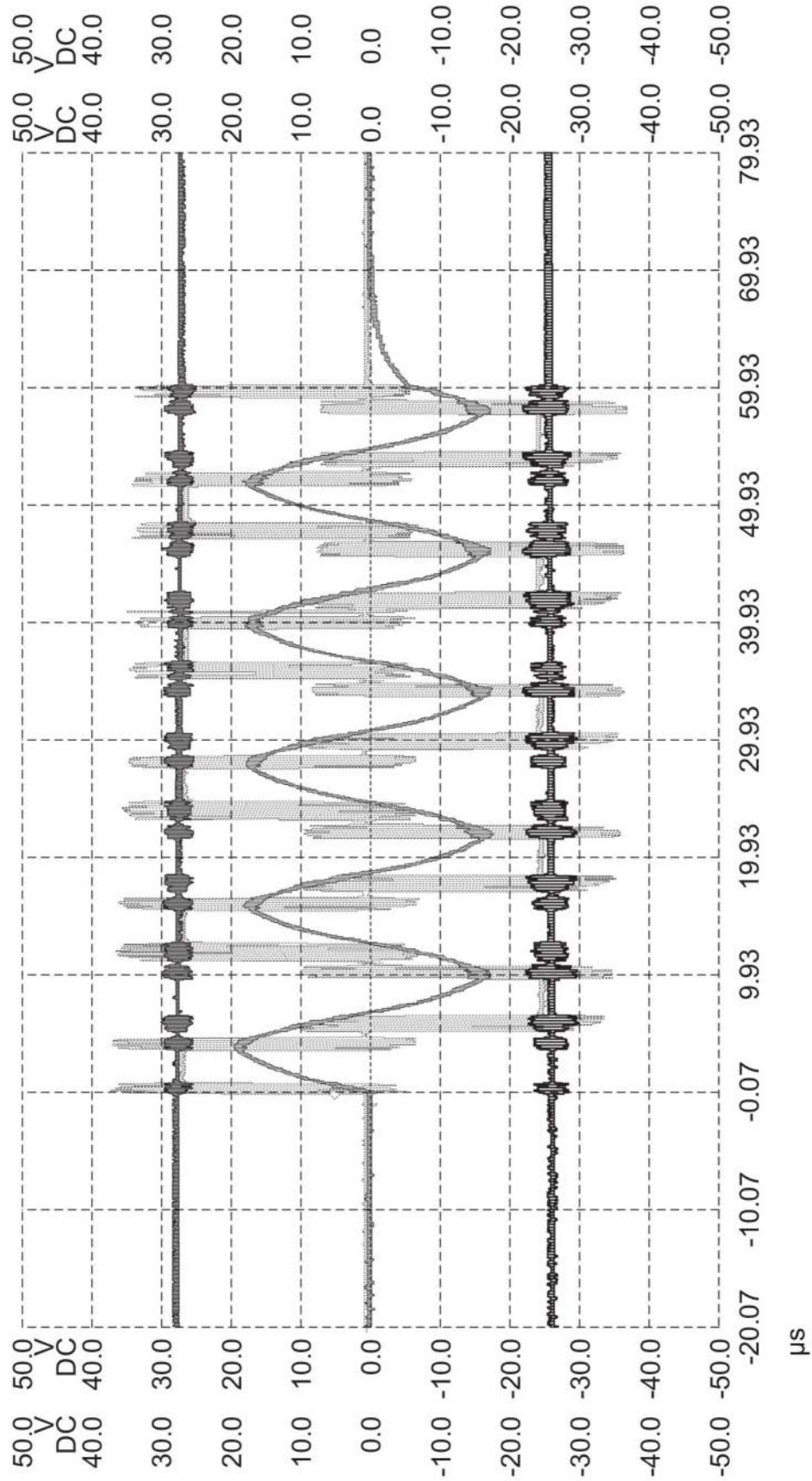


图11

调制输出-示例：带有汉宁窗口的5周期正弦

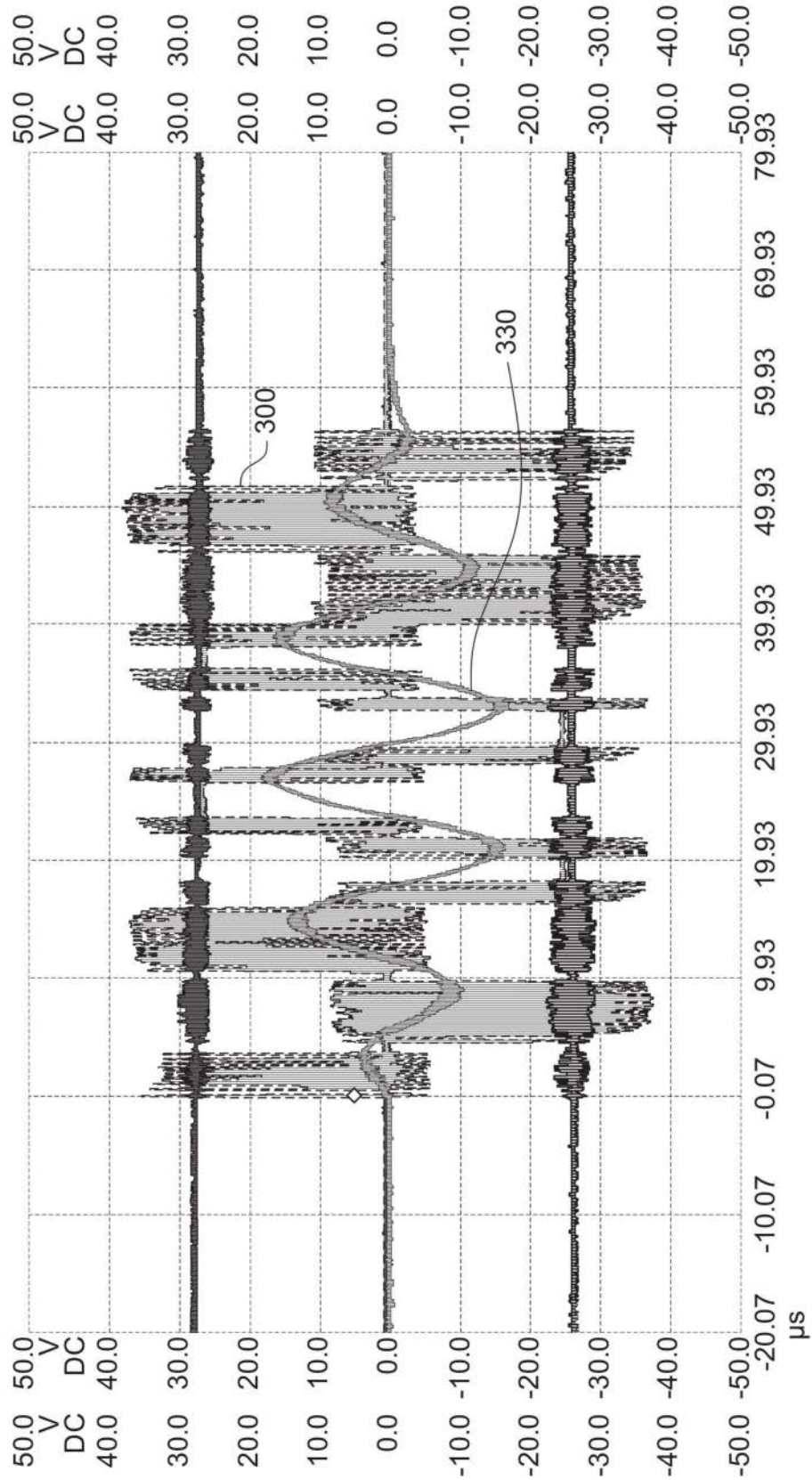


图12

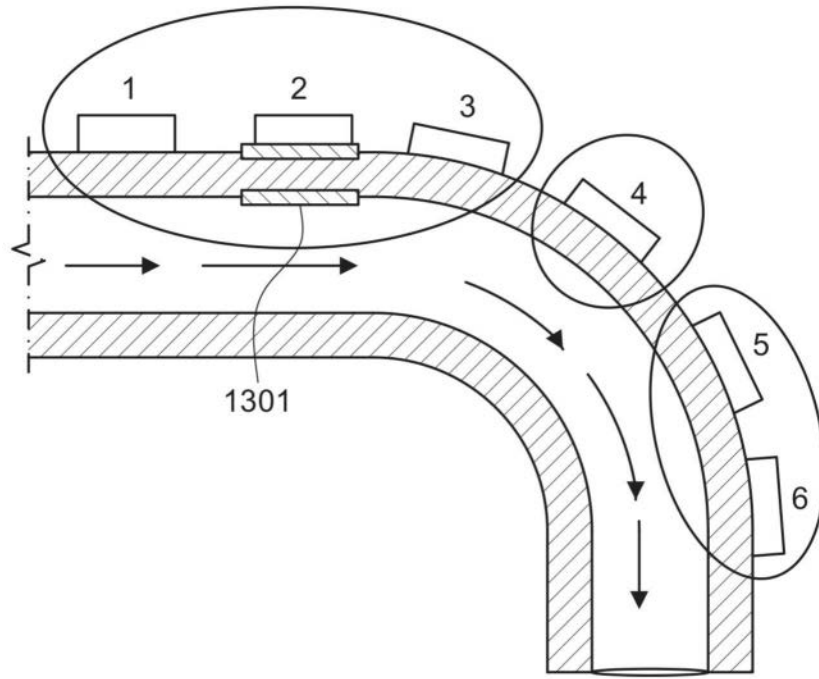


图13A

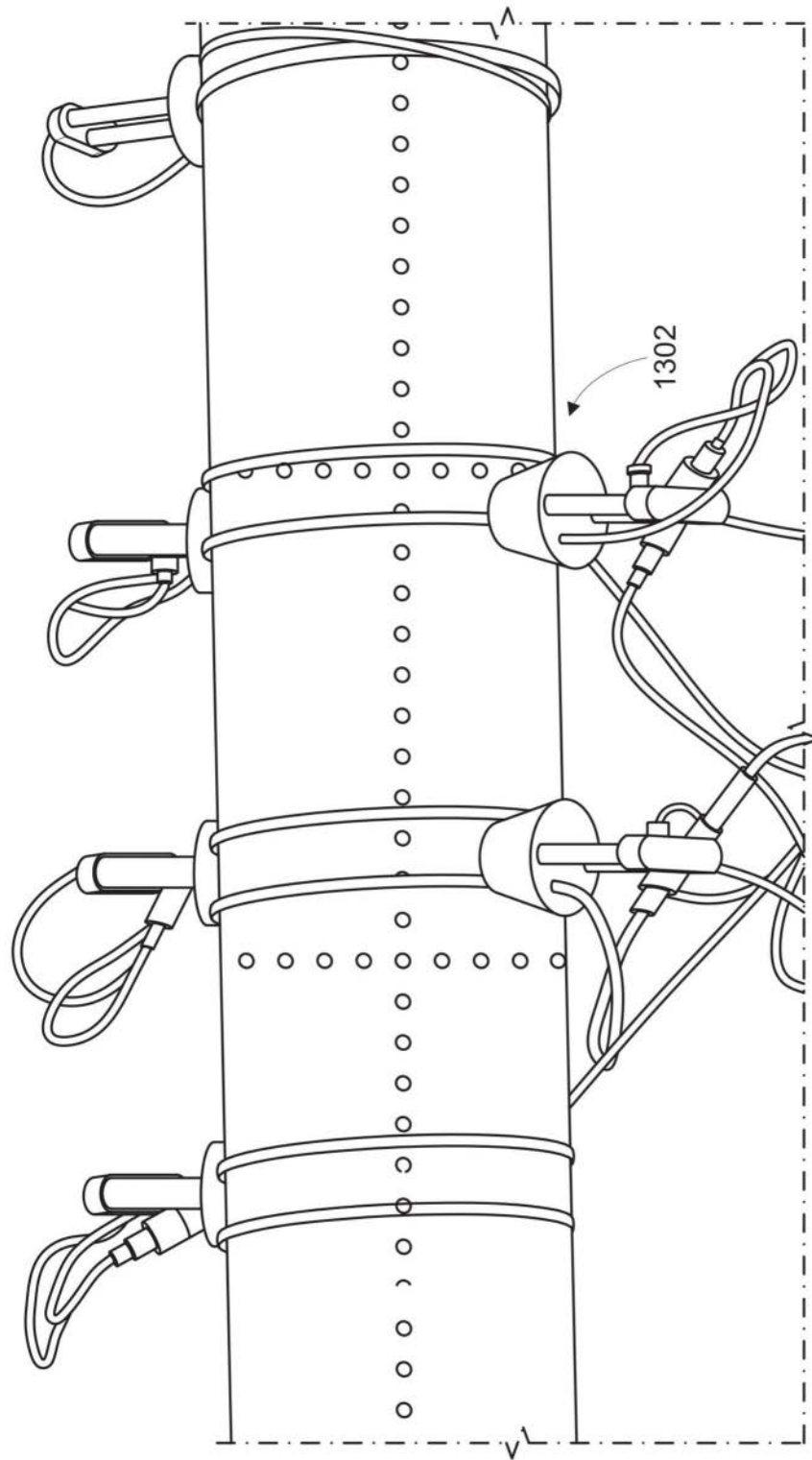


图13B

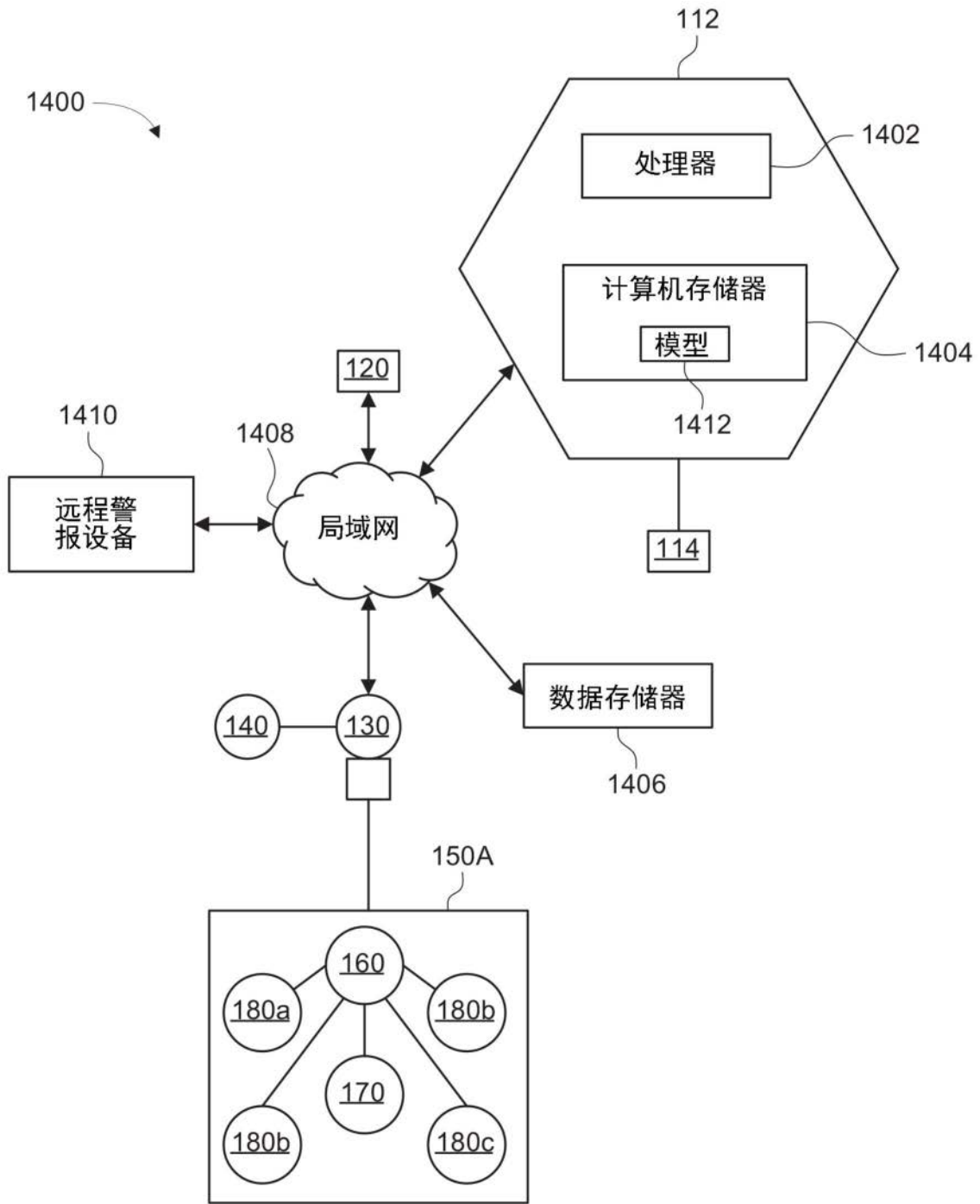


图14

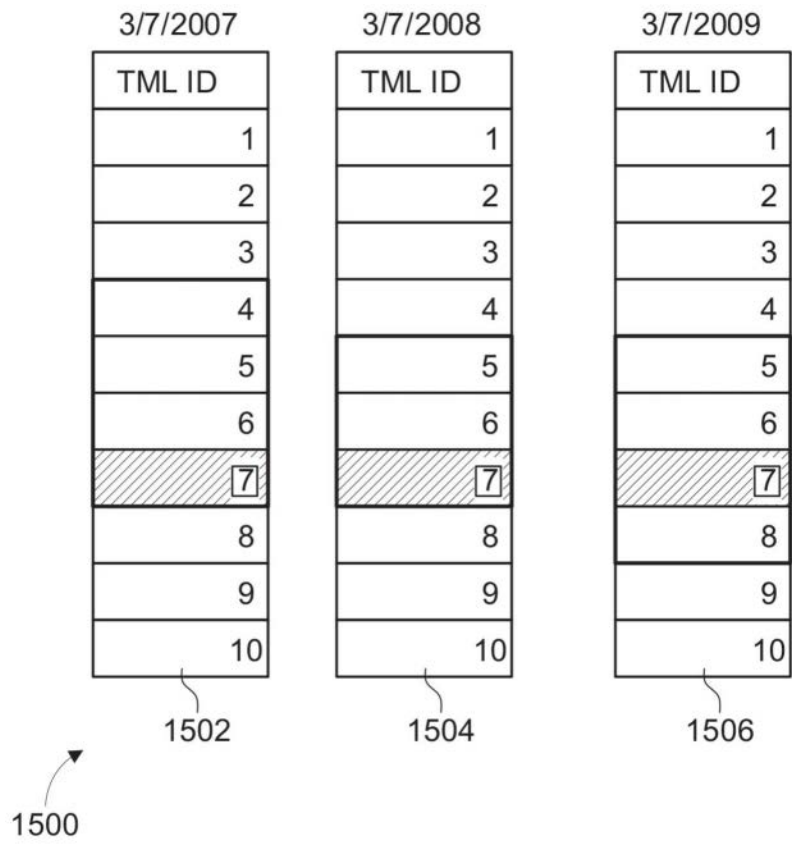


图15

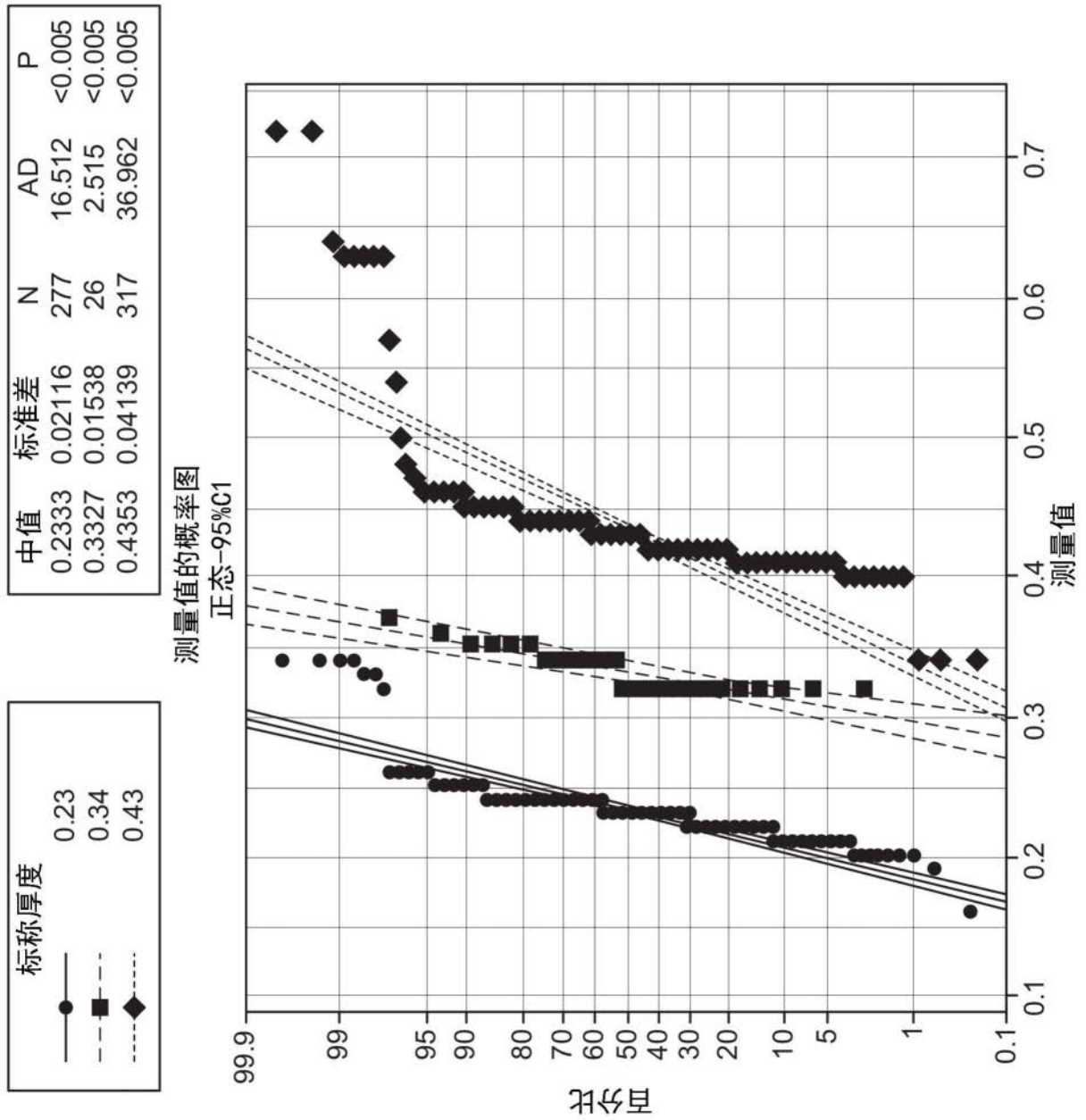


图16A

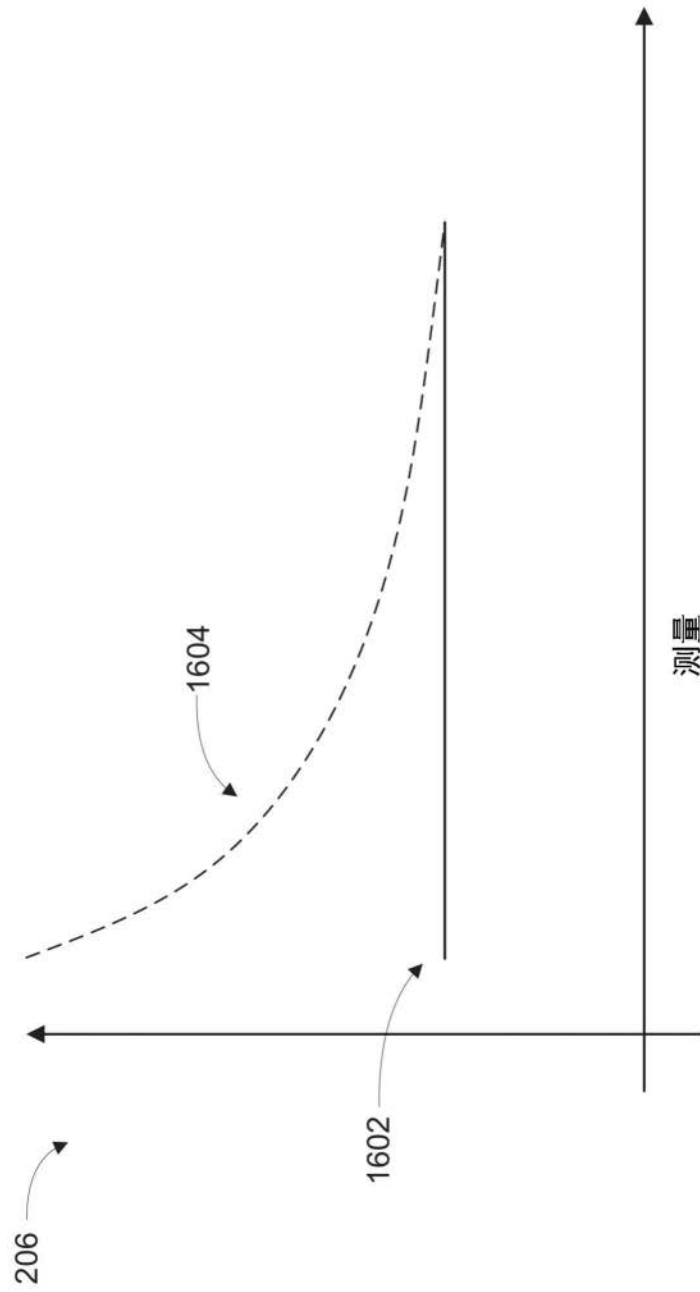


图16B

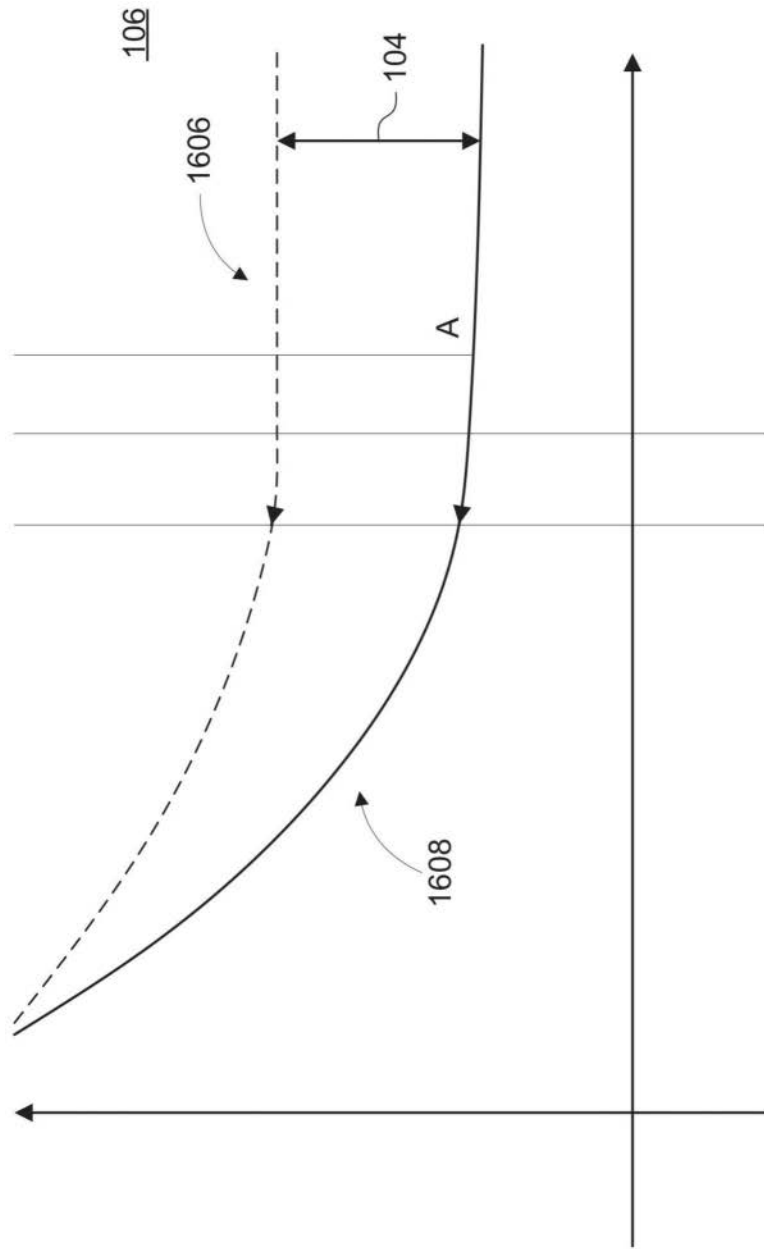


图16C

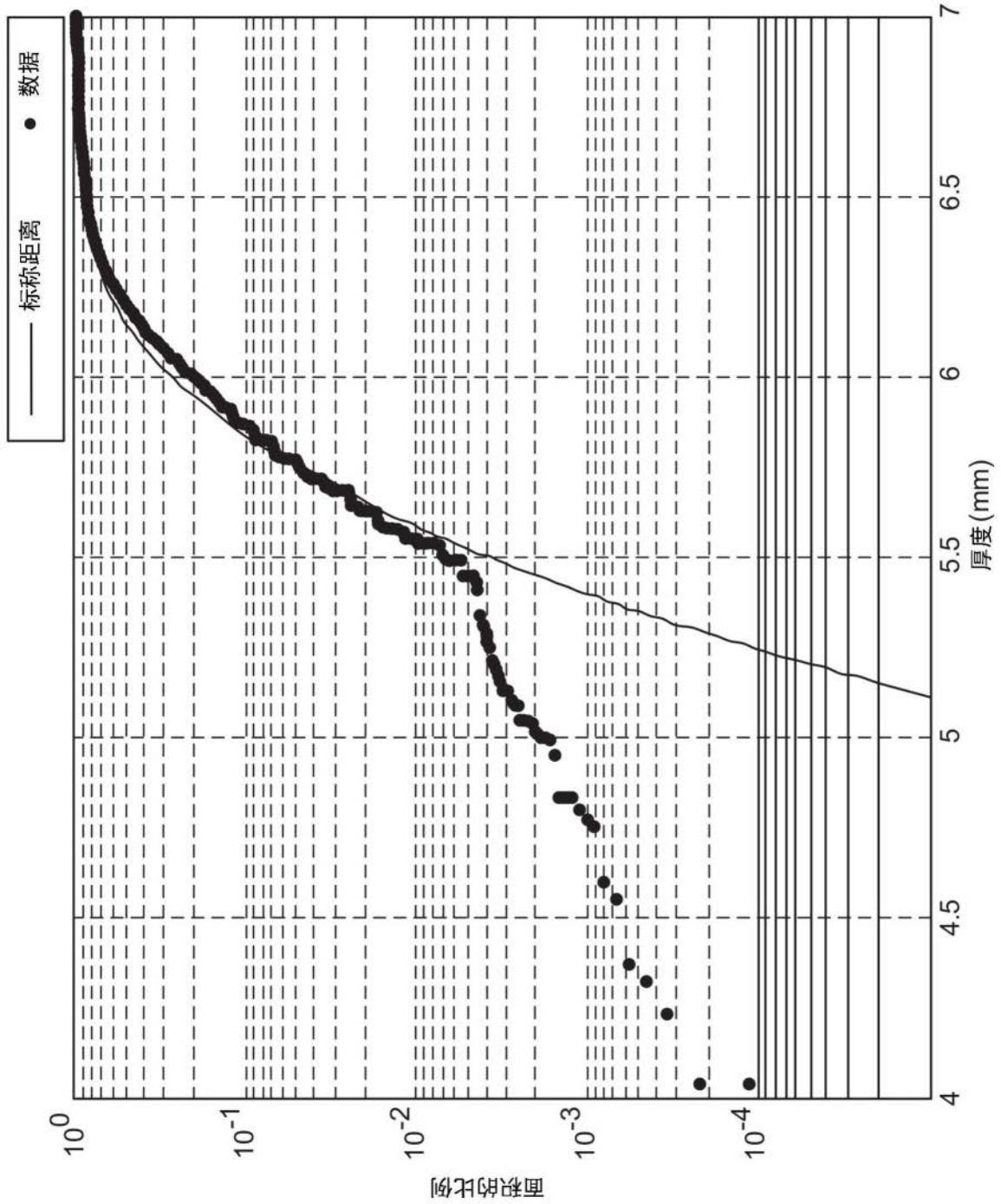


图17(现有技术)

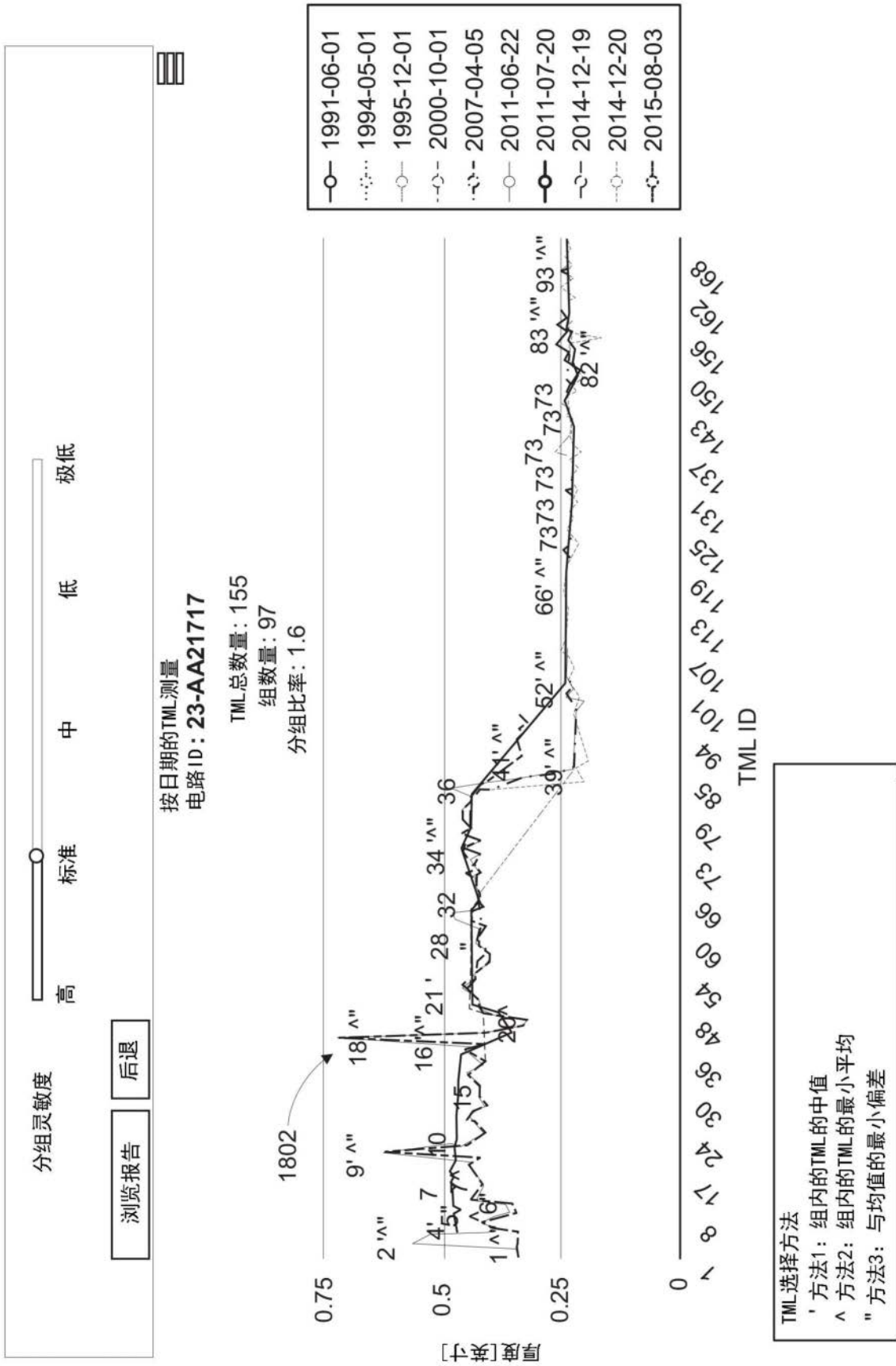


图18A

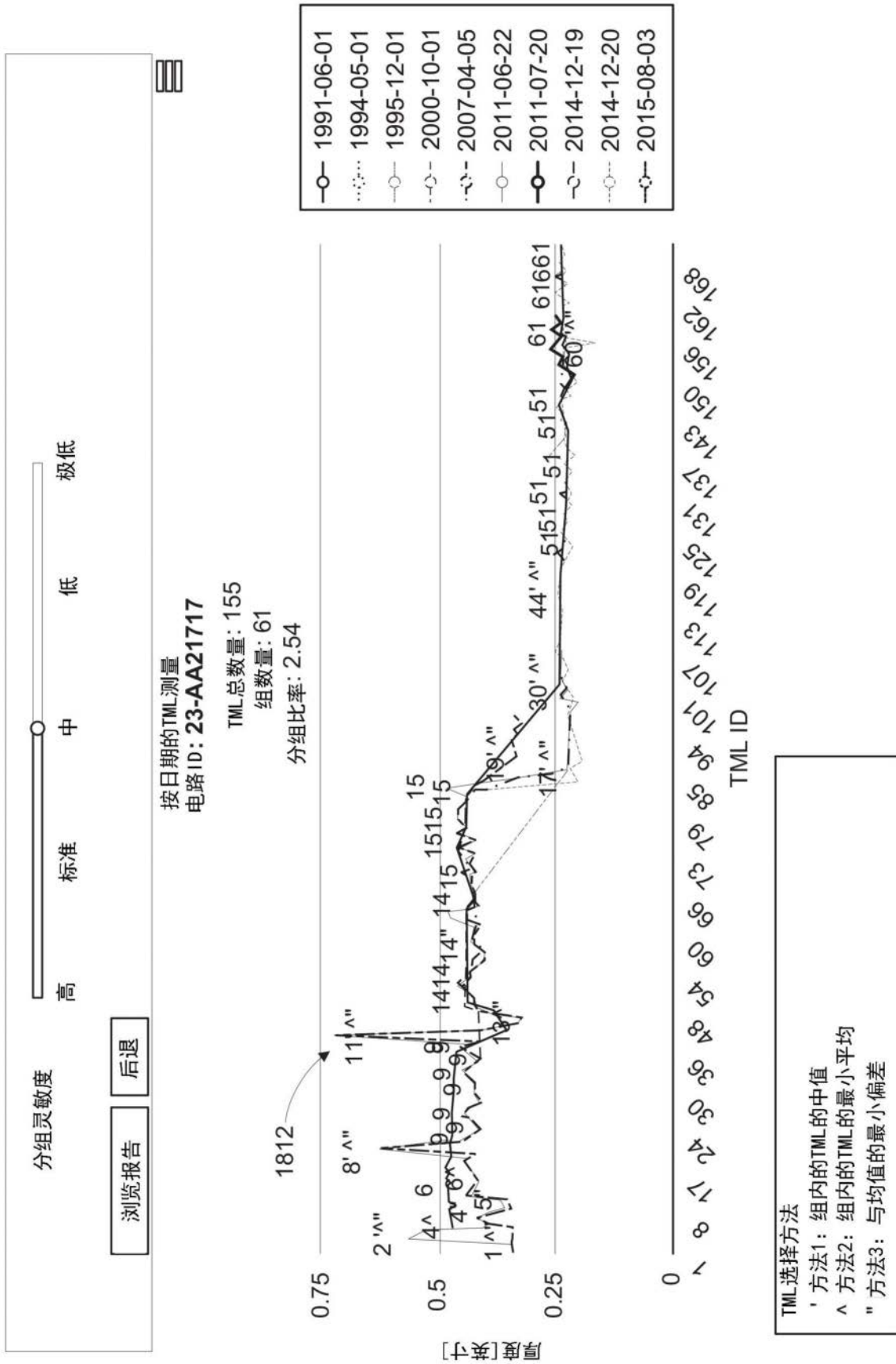


图18B

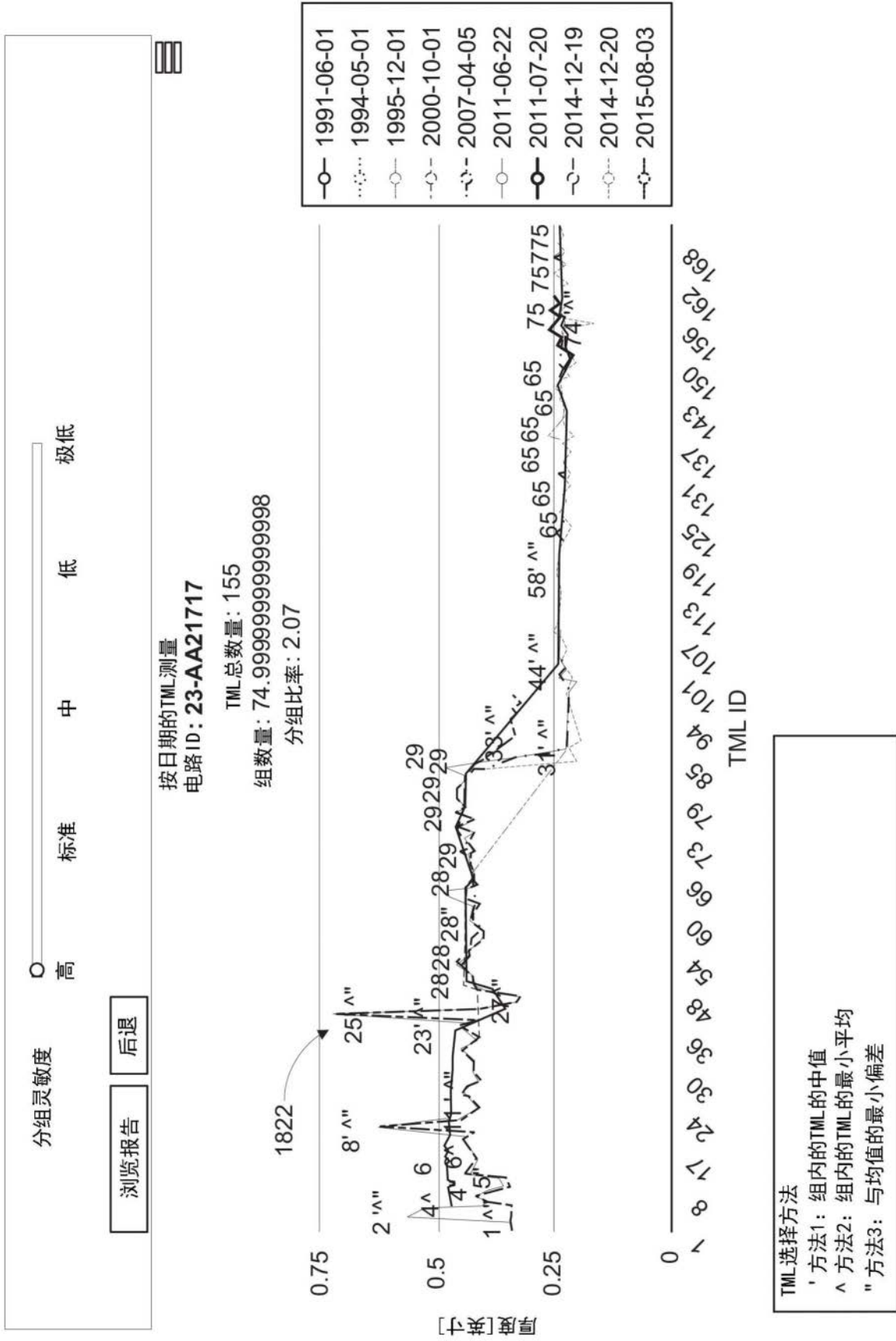


图18C

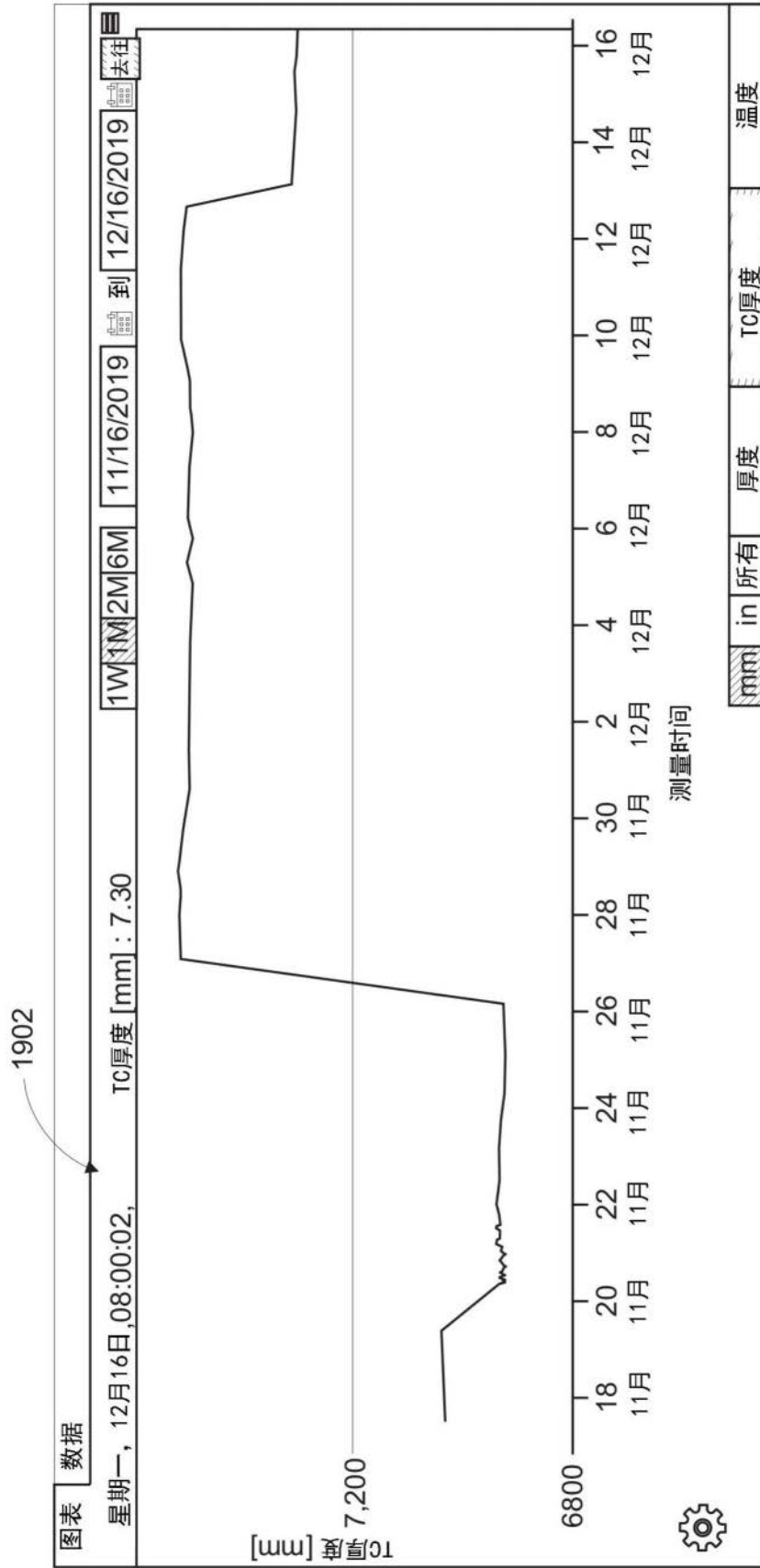


图19A

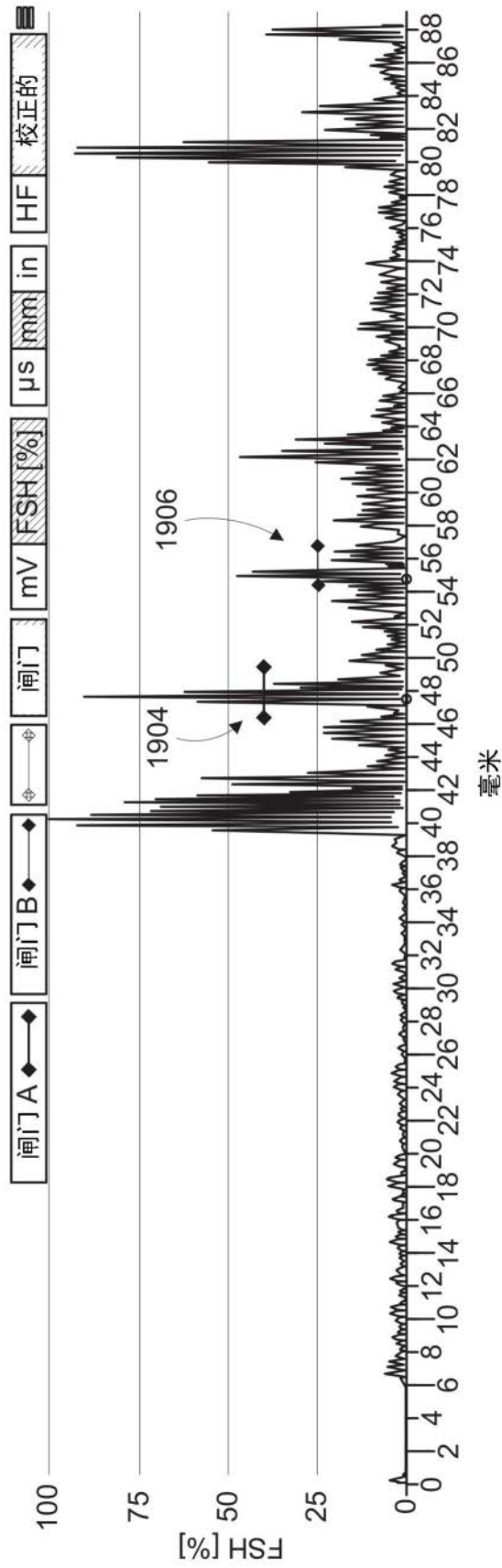


图19B

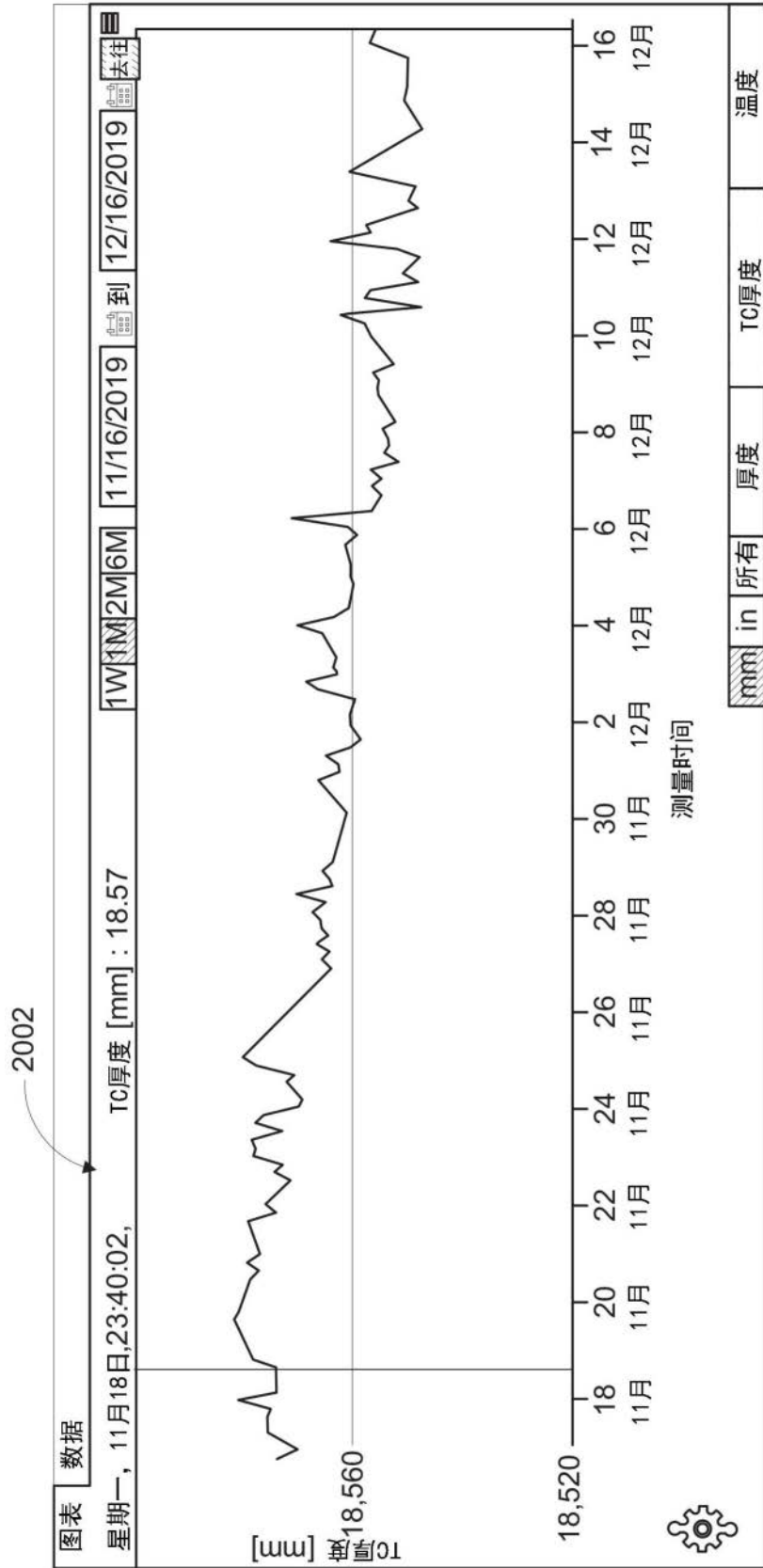


图20A

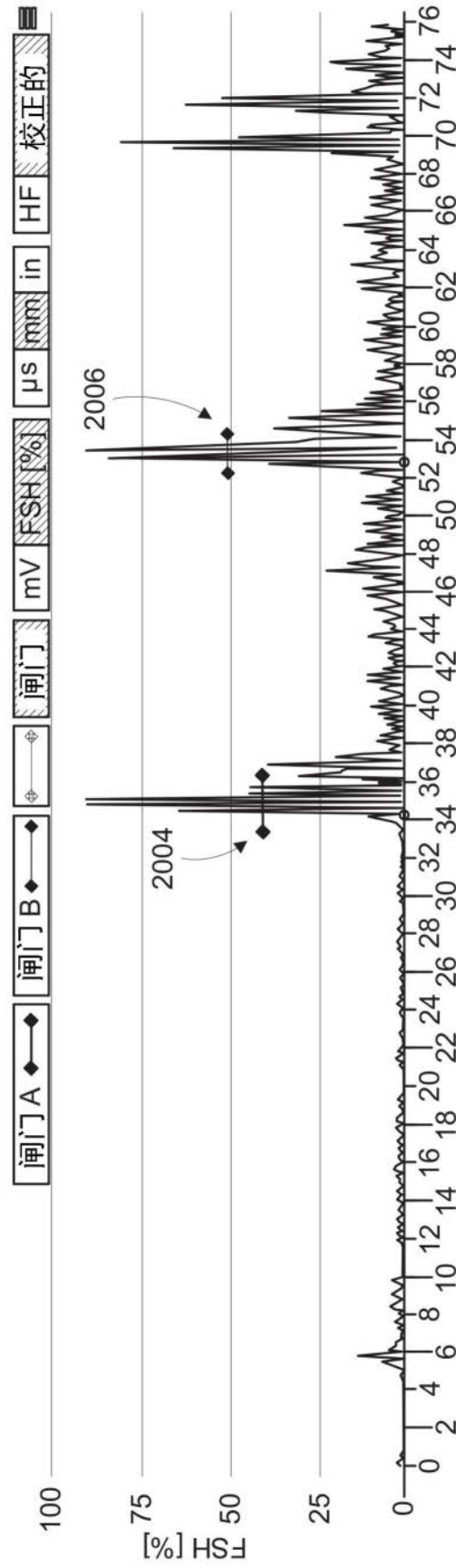


图20B

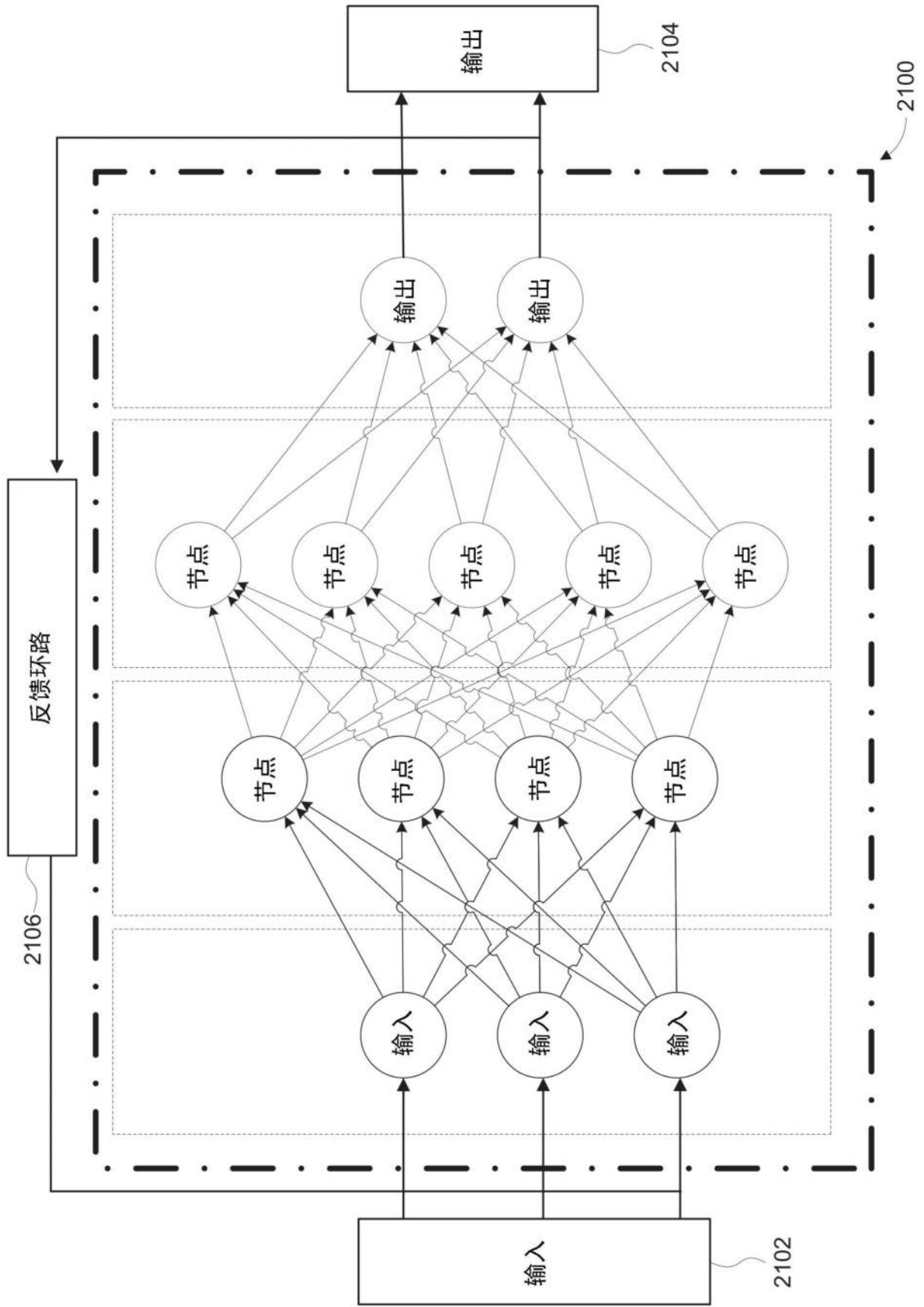


图21

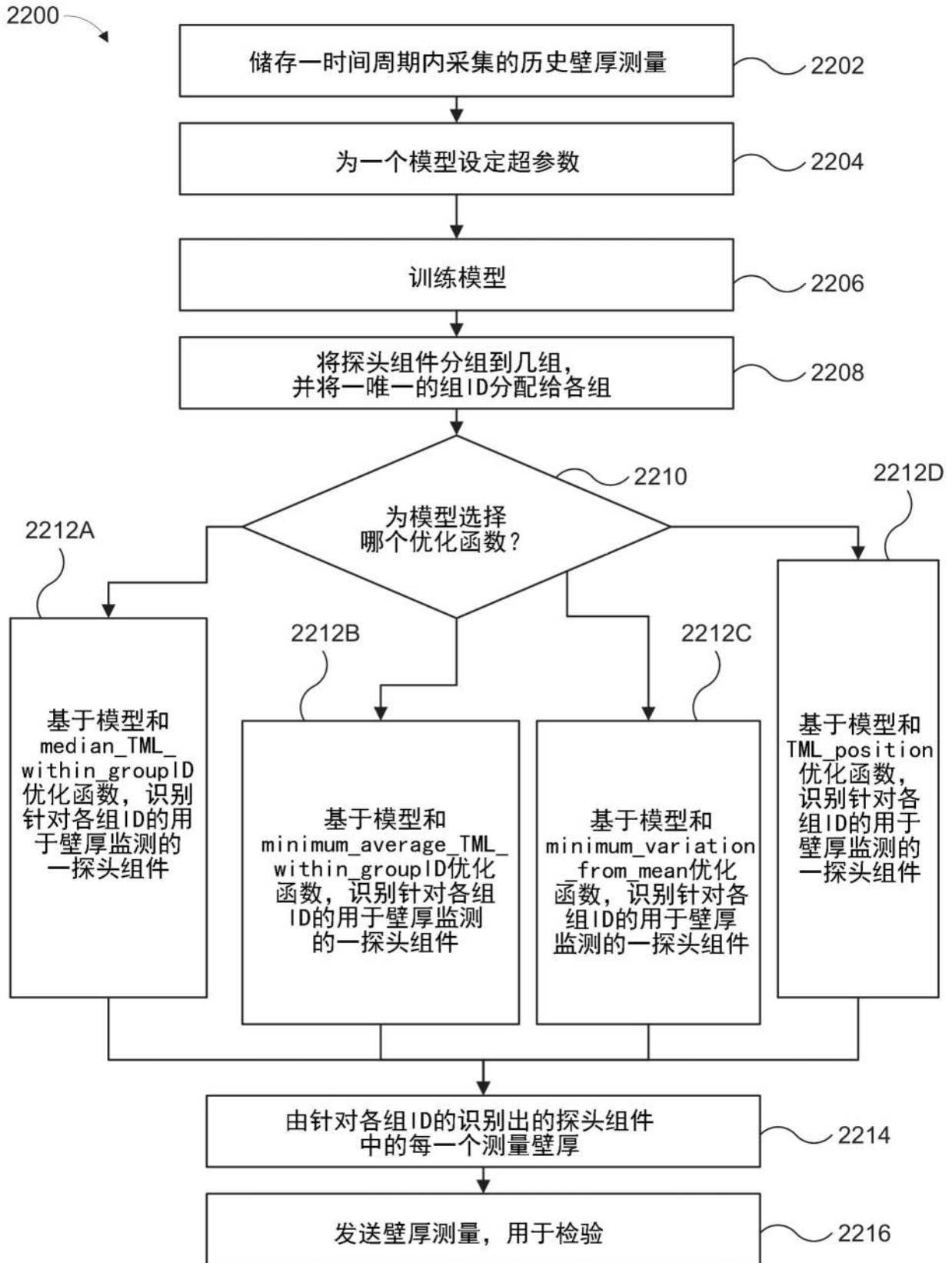


图22

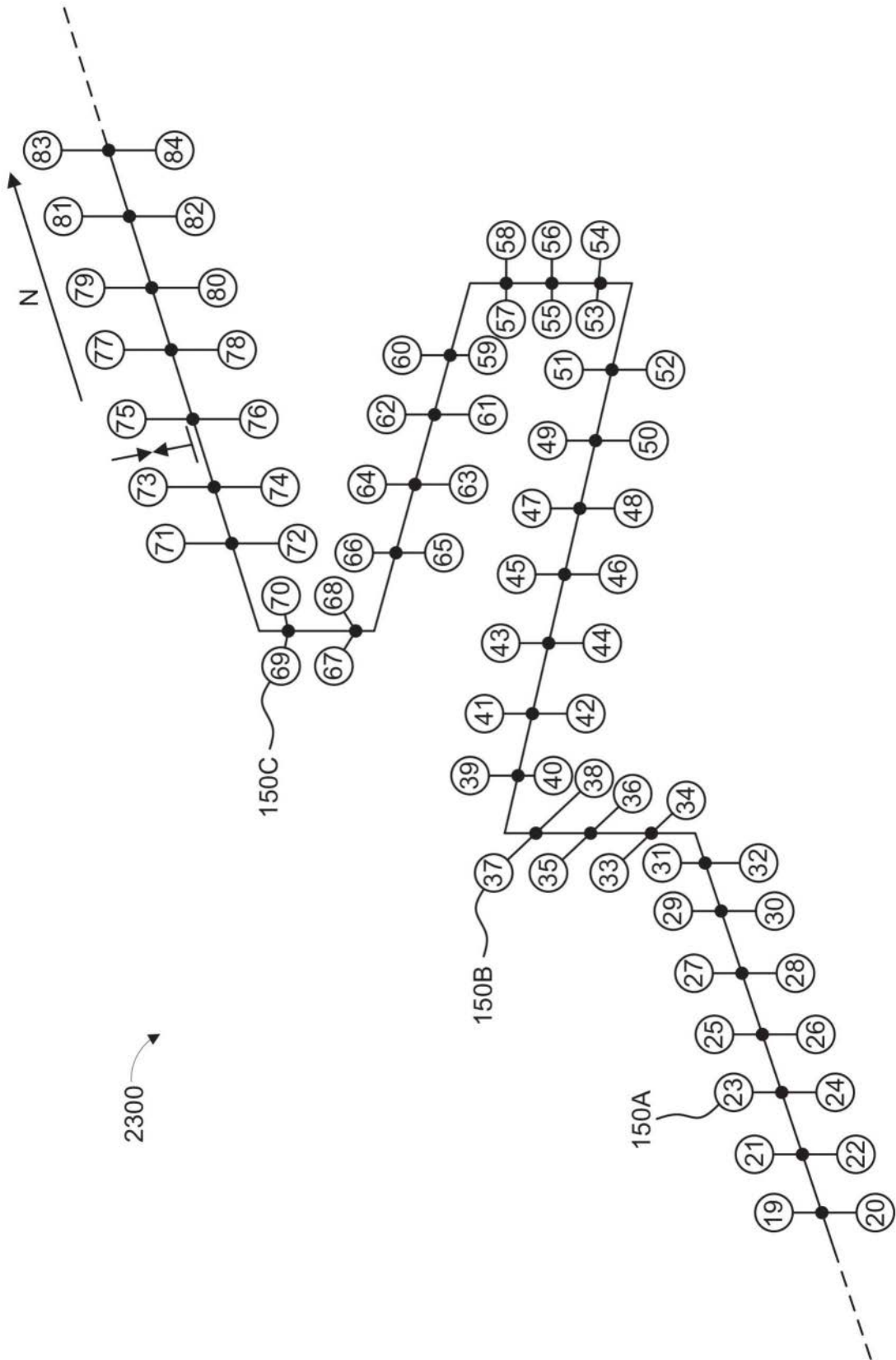


图23