



发明专利证书

Certificate of Invention Patent

中华人民共和国国家知识产权局

STATE INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA

证书号第466953号



发明专利证书

发明名称：检查金属管材的方法

发明人：G·M·斯费尔;J·班克斯;D·L·罗杰斯

专利号：ZL 2004 8 0012199.4

专利申请日：2004年3月8日

专利权人：技术工业公司

授权公告日：2009年2月4日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。缴纳本专利年费的期限是每年03月08日前一个月内。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长

田力普



[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01B 17/02 (2006.01)

G01B 17/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480012199.4

[45] 授权公告日 2009年2月4日

[11] 授权公告号 CN 100458360C

[22] 申请日 2004.3.8

[21] 申请号 200480012199.4

[30] 优先权

[32] 2003.3.7 [33] US [31] 60/452,907

[86] 国际申请 PCT/US2004/007010 2004.3.8

[87] 国际公布 WO2004/081525 英 2004.9.23

[85] 进入国家阶段日期 2005.11.7

[73] 专利权人 技术工业公司

地址 美国洛杉矶

[72] 发明人 G·M·斯费尔 J·班克斯

D·L·罗杰斯

[56] 参考文献

US5392652A 1995.2.28

CN85105453A 1987.1.21

CN1054482A 1991.9.11

US5969255A 1999.10.19

CN1024945C 1994.6.8

US4912683 1990.3.27

审查员 褚鹏蛟

[74] 专利代理机构 北京北翔知识产权代理有限公司

代理人 陈 霁 郑建晖

权利要求书 1 页 说明书 10 页

[54] 发明名称

检查金属管材的方法

[57] 摘要

检查管材的方法，包括使用超声波检测装置获得管材的离散部分的壁厚测量结果，以及与获得每个测量结果的纵向及圆周位置关联来记录每个测量结果。因此，每个壁厚测量结果在三维空间内代表所述管状物的壁厚的一小部分。从而，可利用计算机手段以虚拟三维格式显示多个所述测量结果。产生的不同壁厚读数用不同的阴影或颜色显示表示，以便可容易地检测出感兴趣的异常。可替换地，所记录的信息可容易地用计算机手段处理，以计算应激源对所述管材的壁的影响。

1. 收集和存储代表管材的壁厚的信息的方法，包括：
 - a. 将能测量管材的壁的离散部分的厚度的超声波检测装置放在沿管材的壁的第一位置；
 - b. 在所述第一位置，确定所述超声波检测装置沿所述管材的轴线的纵向位置；
 - c. 在所述第一位置，确定所述超声波检测装置关于所述管材的圆周的圆周位置；
 - d. 在所述第一位置，使所述超声波检测装置确定所述管材的壁的第一离散部分的厚度；
 - e. 以关联关系记录所述第一位置处管材所述壁的所述第一离散部分的壁厚、纵向位置和圆周位置；
 - f. 将所述超声波检测装置放在沿所述管材的壁的至少第二位置，其中在所述第二位置，使所述超声探测装置确定所述管材的壁的第二离散部分厚度，该第二离散部分和在所述第一位置处确定并记录的所述管材的壁的所述第一离散部分相邻但部分重叠；
 - g. 以关联关系记录所述第二位置处管材所述壁的所述第二离散部分的壁厚、纵向位置和圆周位置；以及，
 - h. 以关联关系关联所述第一位置处的记录和所述第二位置处的记录。
2. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于，所述记录以计算机手段可读的数字格式进行记录。
3. 根据权利要求 2 的方法，其特征在于，还包括利用计算机手段以虚拟三维形式显示所述管材的壁的步骤。
4. 根据权利要求 2 的方法，其特征在于，还包括利用计算机手段计算应力对所述管材的壁的影响的步骤。
5. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于，它还包括将每个圆周基准同步到一预先选取的管材壁的经线上。
6. 根据权利要求 1 的方法，还包括以下步骤：

在沿管材壁的多个未经测量和记录的其他位置处重复步骤 a-h，直到确定和记录了管材的整个壁。

检查金属管材的方法

相关申请交互引用

本申请要求于 2003 年 3 月 7 日提出申请的临时专利申请 No. 60/452, 907 的优先权。

发明领域

这里公开的发明涉及金属管材的无损检查。更具体而言，这里公开的发明涉及利用超声波检测装置确定管状金属物品的壁状态尤其是壁厚数据的无损手段。这里公开的发明还特别涉及收集、存储、显示和以其他方式利用对金属管状物的壁进行超声波检测所产生的信息的改进方法。这里公开的发明进一步涉及超声波手段的应用，以同与管壁的各个小、离散部分有关的三维位置数据关联来获取代表管壁的小、离散部分的增量数据，以便可在仿真/比较程序中将金属管状物（或金属管状物的部分）的壁作为三维对象进行显示、成像、检查和利用。

发明背景

在许多应用中，检查金属管材是否存在可能缺陷是高度期望和/或需要的。在例如油气勘探和生产行业、在炼油厂和/或化学工厂以及其他工厂中，检查金属管状物是很普遍的，在这些场合这样的管状物的故障会导致严重的后果。

随着时间的过去，检查金属管状物有没有可能缺陷的技术经历了各种改进。早期的测试是不成熟的。有时仅是用肉眼检查管状物的外部有没有可看得见的缺陷。这种方法明显是有限的。有时，检查可能包括尝试使管状物“响”或“发声”。这一般包括用诸如锤子之类的硬物击打管状物，以及听管状物发出的声音。异常“比准确音高低（flat）”的音调可能指示管状物是破裂的。这一方法非常主观，而且，即便有经验的人员使用该方法也不能检测出小的缺陷。

需要改进金属管状物的检查，这一需要导致了诸如磁测试之类的其他发展。一种磁测试的方法包括将管状物（或管状物的部分）磁化，将铁磁粉撒在被磁化的管状物（或管状物的部分）上，然后用肉眼检查铁磁粉有没有异常分布。在另一种磁测试方法中，将电磁线圈移近管状物的表面，并用各种手段确定可能由管状物中的不连续引起的感

应涡电流的干扰。这两种方法都不太适合检测小的缺陷和/或位于管状物表面以下的那些缺陷、费时、高度取决于操作者的技能、且不会产生可据以对所发现的状态的影响进行数学计算的精确数据。

改进金属管状物的检查的另一尝试是染料渗透法。在这种方法中，清洗管状物、将其涂上含有染料的渗透液（一般是在某些照明条件下会发荧光的类型）、擦管状物、然后用肉眼检查有没有仍含有染料的表面不连续。该方法对检测表面以下的缺陷而言是没有用的，且不会产生可据以对所发现的状态的影响进行数学计算的精确数据。

检查金属管状物的另一手段是利用 X 射线。尽管 x 射线代表一种确定某些位于管壁的表面以下的缺陷的方式，但用 X 射线难以发现诸如细裂缝和脱层之类的一些缺陷。此外，这种检查方法不会产生可据以对所发现的状态的影响进行数学计算的精确数据。由于这种技术的危险性、屏蔽要求、费用和局限性，其应用受到限制。

检查金属管材有没有壁厚缺陷的一种尝试以利用 γ 射线辐射为代表。在一种方法中， γ 射线源放在管状物的一侧，辐射传感器放在管状物的另一侧。通过测量射线经过管状物时的下降，可估计管状物两侧的总壁厚 (collective wall thickness)。这种方法有一些缺点，包括但未必限于：传感器对小厚度变化的相对不敏感性、不能检测管状物是否一侧厚而另一侧薄（这并非罕有缺陷，尤其是在挤压成型的管状物中）、安全性及有关放射源的使用的保管理问题。此外，这样的检查不会产生可据以按数学精确性对所发现的状态的影响进行计算的数据。

在力图避开以上技术的局限性的尝试中，超声波技术被开发用于管材的检查。一般而言，该技术基于金属中的声速以及声波会从介质界面反射（“回声”）的事实。因而，通过在所述金属中传播声波并测量该波的回波从界面返回所花的时间，有可能确定到所述界面的准确距离。这样的界面当然可以是管状物的对壁。因此，利用超声波手段可确定一个区域内管状物的准确壁厚。为了确定整个管状物区域范围内管状物的壁厚，一般绕管状物的轴线旋转管状物，并使管状物相对一超声头纵向前进，该超声头周期性地“发射”并有效地对当时位于该超声头下方的壁厚进行采样。当管状物前进时，产生一串数据点，每个数据点代表一壁厚测量结果。这样的测试所产生的数据一般以二

维形式显示为数值表或图上的线（代表管状物的长度上一位置处的壁厚）。通过人工阅读该表或图或者通过用机器（计算机）检测超范围值，可检测出超范围值。根据这样的数据，可确定沿管状物长度的可疑缺陷的大致位置及该缺陷的大小和方向（太薄还是太厚），并可在管状物接合处做标记以接受、拒绝或进行修理，但所述数据对超出以上范围的许多目的而言是没有用的。换句话说，由于没有关于管状物的缺陷和剩余部分的三维数据，就管状物的性能而言该缺陷可能具有的影响不能以数学精确性进行计算。

这里公开的发明涉及获取、收集、组合（assemble）、存储、显示和/或利用由管材的超声波检查产生的数据的改进方法，不仅用于确定是否存在缺陷，而且由检查产生的数据还可用来以先前不能通过对管状物的无损评估获得的数学精确性计算管状物的预计性能。

发明目的

这里公开的发明的总体目的是提供一种改进方法，用于对来自管材的超声波检查的信息进行收集、组合（assembly）、存储、显示、分析和其他利用。本发明的一个特定目的是将代表管状物的离散、小部分的壁的增量超声波测量结果的数据与识别该管状物的各个离散部分的三维位置信息关联，各个壁测量结果分别在该各个离散部分获得，以便可将数据作为三维对象进行显示、呈现、分析和以其他方式使用（通过目视手段或在数学上）。本发明的另一目的是，以一种易作为三维对象进行显示、呈现、分析或其他使用的形式，收集、组合和/或存储金属管状物的壁厚数据，包括但不限于，作为可从任何角度（perspective）观察、缩放、旋转的三维图像进行显示、呈现和分析，每个数据点被逐一检查，用于预测管状物在某些条件下的性能的数学计算中、与以前或以后的数据进行比较、从而用来预计未来的变化，在预测管状物对各种应激源（stressor）的响应的工程计算和/或程序中使用并且以不同的方式扩大了应用。

具体实施方式

尽管将参照优选实施方案描述本发明，但本领域的技术人员应该理解的是，可以在不脱离本发明的范围的情况下进行各种变化以及用等同物代替本发明的要素。此外，可以在不脱离本发明的实质范围的情况下作出改型以使特定情形或材料适应本发明的教导。因此，目的

不在于将本发明限制为这里公开的特定实施方案，相反，本发明将包括落入附加权利要求的范围内的所有实施方案（和它们的法定等同物）。

为了实践这里公开的发明，提供了一种超声波手段，用以测量金属管状物的小区域的壁。优选地，这通过紧靠管状物的外部、且基本垂直于该管状物的经线（longitude）和切线放置超声头来实现。优选地，所述头包括超声波换能器，该超声波换能器用于径向向内（朝管状物的纵轴线）传播超声波和接收从相反方向返回的超声波反射（“回波”）。优选地，所述头通过一介质耦合到管状物，该介质例如利用水耦合或用本领域公知的其他手段经由介质与管状物之间的界面有效地传输超声波。

众所周知，通过精确地测量超声波从管状物的外壁传播到内壁、从内壁反射以及返回外壁所花的时间（称为“飞行时间”或“TOF”），可容易地计算波传播的距离（“D”）[由于各种金属中的声速是已知的，根据公式 $D(\text{距离}) = S(\text{速度}) \times \text{TOF}$]。被这样采样的区域内管状物的壁厚是 D 的 1/2。

尽管本领域的技术人员将会意识到，要利用超声波手段获得特定位置处管状物的壁厚的准确测量结果还有许多其他实际考虑，包括但不限于，有关以超声方式耦合换能器和管状物的问题、有关从计算中排除耦合效应的问题、有关排除表面的后续反射的问题，有关以精确且一致的方式准确地“开始”和“停止”计时测量的问题以及其他这样的问题。因为这些考虑和各种解决方案是本领域的技术人员公知的，所以这里将不对它们作进一步讨论。在涉及所公开的发明的情况下，所必要的只是，提供一些超声波手段以利用超声波手段获得管状物的小、离散可选部分的增量测量结果。

为了实践本发明，还必须提供一种手段，以获得管状物的整个研究区域（在大多数情况下，将是整个管状物）上的小、离散壁段（segment）的增量测量结果。在优选实施方案中，这通过在超声头沿管状物的长度纵向前进时、绕管状物的纵轴线旋转管状物，以及周期性地触发（“点火（fire）”）超声头以产生当时邻近超声头的、管状物的区域的壁测量结果（“快照”）来实现。优选地，转速、纵向前进、触发超声头的速率以及超声头的尺寸使得壁的每个快照与相邻

快照沿圆周和纵向均部分重叠，以便获得对管状物的整个待检查区域（在大多数情况下，将是整个管状物）的完全覆盖。在本发明的优选实施方案中，这通过将管状物水平地放置在一个辊系统(roller system)上来实现，该管状物在辊系统上绕其纵轴线旋转。优选地，超声头将位于水平管状物的上方并邻近水平管状物的上表面，且被瞄准以垂直向下朝管状物传播波。优选地，管状物将以恒定速度旋转，并且，当管状物这样旋转时，超声头以恒定速度纵向前进，以便头与管状物的相对运动沿管状物的外表面基本服从螺旋路径。当管状物这样前进时，超声头被周期性地点火以给管状物的壁拍快照。这些快照中的每个快照都是数学表示：一个代表超声头被点火时位于超声头下方的管状物的壁厚的“数”。这些快照中的每个快照将被记录。因此，在过程结束时，将记录了多个增量壁厚快照，代表管状物的整个待检查区域（在大多数情况下，将是整个管状物）的至少部分重叠覆盖。

本领域的技术人员将会意识到，通过以不同的方式或顺序“采样”（以增量方式获得代表管状物的壁的小、离散部分的数据）可得到类似的结果。将会意识到，在采样过程中管状物可以不水平地放置，或者甚至在采样过程中可将管状物放在不同的位置。将会意识到，采样可通过采样过程中管状物的增量旋转和/或纵向前进以及停止、而不是管状物（或超声头）的连续旋转和纵向前进来完成。将会意识到，采样可关于管状物的不同圆周沿多个纵向线或者关于管状物的不同经线利用多个圆周线来完成，而不是通过沿螺旋路径采样来实现。将会意识到，超声头可绕管状物旋转，而不是管状物绕超声头旋转。将会意识到，管状物可相对超声头纵向前进，而不是超声头相对管状物纵向前进。将会意识到，可使用多个超声头。将会意识到，采样甚至可以随机方式实现。旨在所有这些变更都包含在这里公开的发明中，这里公开的发明的要旨(thrust)与针对管状物的整个待检查区域、获得和记录管状物的小壁段的不连续快照的特定顺序无关，而在于获得这样的结果。换句话说，在采样结束时，期望以数学精确方式获得并记录管状物的壁的多个快照，多个快照中的每个快照代表管状物的小、离散部分的壁厚，同时所有快照覆盖管状物的整个研究区域。

在这里公开的发明中，除了记录管状物的整个研究区域（在大多数情况下，将是整个管状物）上管壁的小部分的不连续快照以外，还

将获得并记录关于管表面上、拍每个快照的位置的位置信息。除此以外，每个特定快照将与该快照所独有的特定位置信息关联。

在本发明的优选实施方案中，通过用可由光电元件检测的纵向线在管状物的外部做标记来获得管状物的壁的每个快照的位置。该线构成圆周基准，在优选实施方案中将其当作“零度”基准来对待。本领域的技术人员将会了解，该基准不必一定被视为零度基准，实际上而是可被赋予任何其他数学值（所有这些数学值都包含在本发明中）。每当管状物旋转时，光电元件就被基准线触发。在本发明的优选实施方案中，每当该元件被触发时，用一指示管状物旋转一次的指示做标记于数据流（代表一串离散壁厚测量结果）中。在本发明的优选实施方案中，在每次旋转内，每个快照被赋予一代表在该次旋转内拍该特定快照的秩序的数值（即，光电元件被触发之后的第一快照将被赋予一代表1的值，第二快照被赋予一代表2的值，等等）。本领域的技术人员将会认识到，任何数学值都可被赋予，只要所赋予的值随后可与当时拍每个快照的圆周位置相关，因此，任何这样的数学值都包含在这里公开的发明中。

在管的每次旋转内，代表每个快照在管的该次旋转内的秩序的数值当然可转化成代表拍该快照的、相对基准线的角度的值，或者，结合该次旋转发生时沿管状物的经线的位置，可转化成代表管状物上、拍每个快照的位置的某种其他形式（例如，传统的“X, Y, Z”坐标）。

在本发明的优选实施方案中，将代表管的一次旋转的数据与管状物的另一次旋转的快照纵向同步，以便，即使管状物在一次旋转中的转速与在另一次旋转中的转速不完全相同，或者其他条件发生变化使管状物的一次旋转中的快照数量与其他次旋转中的快照数量不完全相同，也仍然能保持数据沿经线精确对准。在本发明的优选实施方案中，发现管状物每旋转一次就使圆周数据同步一次是适当的。在本发明的优选实施方案中，通过计算机手段来实现同步，该计算机手段将代表每个快照在特定旋转中所处的秩序的值转化成代表每个快照关于管状物的圆周的角位置的值。因而，如果在一次旋转中有400个数据点（每个数据点代表一壁厚读数或“快照”），则第100个数据点将被转化成一被视为相对基准标记90度的值，第200个数据点将被转化成一代表相对基准标记180度的值，等等。而如果在一不同的旋转

中有 500 个数据点，则第 125 个数据点将被转化成一被视为相对基准标记 90 度的值，第 250 个数据点将被转化成一代表相对基准标记 180 度的值，等等。这样，管状物的一次旋转中的所有数据点与管状物的其他次旋转中的轴向对应的所有数据点轴向同步。将会意识到，数据的同步可以较每旋转一次同步一次高或低的频率来实现，或通过除利用可由光电元件检测的外部基准线以外的其他方式来实现。应该意识到，除将不连续快照关于管状物的圆周的位置转化成角格式以外，所述位置也可以表示为任何坐标系中的一个点。对这里公开的发明来说，如何数学表示壁厚的每个不连续快照关于管状物的圆周的位置并不重要，重要的是以数学精确性获得和记录关于每个快照的这种圆周信息。

在本发明的优选实施方案中，不仅会获得每个壁厚测量结果（“快照”）的圆周位置，还会以数学精确性获得、记录每个快照的纵向位置并将其与各个不连续快照关联。在本发明的优选实施方案中，超声头在管状物的检查过程中沿平行于管状物的轴线的线移动。在本发明的优选实施方案中，每次换能器被点火时，所述头上的传感器产生一个关于其沿管状物的经线的位置的信号。因而，在优选实施方案中，每次所述头被点火（以获得一壁厚读数，即壁的“快照”）时，该信号被记录。本领域的技术人员将会认识到，各个快照的纵向位置可通过其他手段获得，包括但不限于：作为时间的函数，测量管状物与超声头之间纵向移动的相对速度；计算管状物相对所述头前进一定距离所发生的旋转次数；以及，从而计算拍每个快照的沿螺旋路径的点，或其他手段。对这里公开的发明来说，为获得拍每个壁厚快照的纵向位置而采用的特定方式并不重要，重要的是，以数学精确性获得、记录这样的数据并将其与各个快照关联。因此，在过程结束时，将会获得和记录管状物的壁的小、离散部分的多个重叠测量结果。每个测量结果将包括数学上精确的壁厚表示，并且与据以获得壁的该测量结果的管状物上的位置的数学上精确的三维表示关联。多个这样的读数将覆盖壁的整个研究区域，在大多数情况下所述研究区域可能是整个管状物。

然而，应该意识到，本发明并不受这样的限制。即，不必对管状物的整个区域采样。相反地，通过适当地触发超声头以仅在管状物的旋转的某些区域之间点火，可将检查限制到管的纵向焊线（weld

line)。可替换地，可调整超声头以仅在管的某些纵向位置点火，从而，例如，将检查限制到沿管的长度的某些区域。可替换地，可设置超声头使其仅处于某些圆周或纵向极限位置内，限定管的、待根据本发明检查的较小部分。这样的变更完全包含在本发明中。

还将意识到的是，根据本发明的采样不必针对管的毗邻区域进行或者包括重叠快照。应该理解的是，可在快照之间有间隔的情况下利用本发明。尽管在快照之间留有间隔可能不能暴露未被采样的间隔中的小缺陷，但利用本发明收集的数据仍然会形成虚拟三维对象的小缺陷，这例如在仿真和建模程序中有远甚于目前能获得的应用。

至于纵向数据的同步，如果按照上面讨论的优选实施方案旋转管状物，则发现这样的同步未必是必要的，因为尽管存在管状物的多次旋转（如上面讨论的，该多次旋转可能需要同步），但管状物只有一个纵向前进。因此，没有各自表示管状物的离散经线的多个独立数据组需要与同样表示管状物的经线的其他数据同步。如果以不同的方式收集或记录数据，产生了不同的数据组，所述数据组中的每个数据组表示管状物的经线，则情况会不同。在这种情形下，希望转化每个组中数据点的数（number）以与管状物的已知长度对应，这样，离散的纵向数据组将与长度对应，并进而彼此对应。因此，必要时，这里公开的发明包括数据的圆周和/或纵向同步。

在本发明的优选实施方案中，就直径而言，换能器的有效尺寸约为 0.5 英寸。因此，在本发明的优选实施方案中，为了确保完全覆盖上述优选实施方案中的研究区域，要选择换能器的转速和触发速率，使得换能器在管状物每旋转约 $3/8$ 英寸（或更少）且管状物的每次旋转引起管状物约 $3/8$ 英寸（或更少）的纵向前进时被触发。本领域的技术人员将会意识到，如果使用的换能器尺寸不同，转速和前进速度可改变，目的在于确保部分重叠的快照。将会意识到，超声头的有效面积越小，获得的壁厚的分辨率越精细，但代价是牺牲速度和积累大量的数据。

应该理解的是，因为在本发明的优选实施方案中，每个快照（表示离散位置上管状物的壁厚测量结果）与相邻快照至少部分重叠，所以至少在发生该重叠的位置会有两个，可能更多个，壁厚测量结果。还应该理解的是，测量结果可能并不完全相同，因为每个快照覆盖了

相邻快照没有覆盖的至少一部分表面。应该理解的是，在这样的重叠发生且不相同的位置，关于待赋予这样的重叠发生处的壁厚的值，存在不明确。在本发明的优选实施方案中，赋予该区域的值是表示最小（“最薄”）壁厚的值，因为相信薄壁状态代表管状物发生故障的最大风险。然而，未必一定如此。可以同样容易地使用表示最厚壁部分的值，或者将多个读数的平均值赋予这样的重叠发生的区域。这些全都包含在这里公开的发明中。

因此，在本发明的优选实施方案中，表示管状物的小区域的离散、增量重叠测量结果的部分重叠壁厚测量结果和每个离散壁厚测量结果的位置信息将可获得，并互相关联。在本发明的优选实施方案中，每个离散壁厚测量结果同与该测量结果有关的位置信息的必要关联用数字手段来实现。就是说，壁厚测量结果和位置信息两者都被转化成数字格式，附在一起作为一个数据点。本领域的技术人员将会认识到，其他形式的关联也可以，包括但不限于：使用相互参照表。对本发明来说，将每个离散壁厚测量结果与相应的位置信息关联的方式并不是特别重要，要进行这样的关联才是重要的。然而，尤其有用的是（尽管本发明并不限于此），以计算机手段可读的形式关联这样的数据，以便于信息的计算机显示、分析和使用。

包含在这样的格式中的数据可以先前不可能的方式使用。例如，表示壁厚的数据可利用计算机手段进行阴影和/或颜色编码，并以虚拟三维形式呈现，这显然类似于在放大或不放大的情况下，从几乎任何角度、以任何视在距离视觉检查管状物或特别感兴趣的部分，就像管状物的壁是经过颜色和/或阴影编码的一样（不同的厚度用不同的颜色和/或阴影表示）。

此外，任何部分的厚度的精确数值及该部分在管状物上的精确位置可根据这种呈现来获得。尽管本发明的优选实施方案利用“开放式GL (Open GL)”实现计算机图形的软件显示管状物数据，但本领域的技术人员将会认识到其他实现计算机图形的软件也可以使用。

此外，包含在数字格式中的、代表管状物的各个增量部分的壁厚的数据和该部分的位置可在预测各种应激源，包括拉力、弯曲力、塌陷力 (collapse force) 和爆裂力 (burst force)、老化等，对管状物的实际影响的计算中使用。通过对管状物进行序贯检查 (sequential

inspection), 尤其有用的是能分析一段时间内发生的变化, 从而能在管状物发生故障之前、当故障很可能发生时精确地预测, 从而避开故障, 同时最大限度地利用管状物。

除了上面的讨论以外, 数据可与可能有意义的管状物的其他测量结果关联。例如其他装置, 如凸轮跟随装置、超声波装置、激光装置和收集与管状物的椭圆度有关(的数据)的其他装置等, 也可与壁厚数据、位置信息或这两者关联。同样, 不仅壁厚和椭圆度数据可与位置信息关联, 而且来自用来检测管状物的壁内的诸如内含物、孔隙、脱层之类的缺陷的其他装置(一般为产生“剪切波(shear wave)”的超声波装置)的数据也可与位置数据关联。通过这样处理, 这些其他信息从而变得易作为三维数据进行显示、呈现、分析或其他使用。

因而, 应该意识到, 按照本发明性公开内容的原则和教导建立的过程构成了本发明所属领域内的进步。尽管上面的描述包含许多特异性, 但这些描述不应被解释为对本发明的范围的限制, 而应被解释为本发明的优选实施方案的例证。因此, 本发明的范围不应该由示例实施方案确定, 而应该由那些会被允许的权利要求及它们的法定等同物确定。

