



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104198505 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 10

(21) 申请号 201410272503. 4

(22) 申请日 2014. 06. 18

(71) 申请人 中国石油集团川庆钻探工程有限公司

地址 610051 四川省成都市成华区府青路 1 段 3 号川庆钻探公司科技信息处

(72) 发明人 喻建胜 何莎 彭蕾 宋日生
彭星煜 何慧娟 王文韬 冯强
戴斌 金伟

(74) 专利代理机构 成都天嘉专利事务所(普通合伙) 51211

代理人 冉鹏程

(51) Int. Cl.

G01N 23/04 (2006. 01)

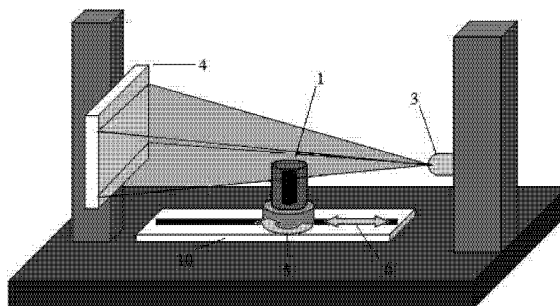
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

聚乙烯管道热熔焊接质量的微焦点三维 CT 成像检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种聚乙烯管道热熔焊接质量的微焦点三维 CT 成像检测方法,涉及石油行业的压力管道检测技术领域,步骤包括:a. 布置微焦点三维 CT 成像装置;b. 焊接接头位置调整;c. 图像调整;d. 获取焊接接头的切片图像;e. 执行图像重建;f. 对照计算机上所获取的图像,观察图像上显示的焊接缺陷检测结果,并进行缺陷等级评定。该检测方法具有检测精度高、可靠性好等优点,尤其是可以再现三维物体,直观得到缺陷的位置、形状和大小等信息,解决了对缺陷的空间定位、深度定量以及综合定性的问题。



1. 一种聚乙烯管道热熔焊接质量的微焦点三维 CT 成像检测方法,其特征步骤包括:

a、布置微焦点三维 CT 成像装置:选取相互配套使用的 X 射线管和平板探测器,平板探测器与集成有执行三维 CT 成像执行程序的计算机连接,X 射线管和平板探测器分别置于检测平台的两端,在 X 射线管和平板探测器之间的检测平台上布置焊接接头,且焊接接头能够自由旋转并在 X 射线管和平板探测器之间能自由移动;

b、焊接接头位置调整:打开 X 射线管,锥形 X 射线束沿焊接接头周向和径向照射焊接接头,在 X 射线管的初始电压和电流情况下,且在焊接接头的初始位置下,计算机获得并显示由平板探测器成像处理后传送的实时图像,作为初始图像;

然后调节焊接接头在 X 射线管与平板探测器之间的移动位置,计算机再次获得并显示由平板探测器成像处理后传送的实时图像,作为调整图像;

对比初始图像,当调整图像最佳时,确定焊接接头在 X 射线管与平板探测器之间的位置,计算机存储此检测位置;

c、图像调整:调节 X 射线管的管电压至 160KV,管电流至 160 μA ,使所获得的图像灰度值在 10000 至 52000 的范围内;

d、获取焊接接头的切片图像:当需要检测焊接接头时,将焊接接头移入 X 射线束范围,打开 X 射线管,设定检测参数,执行 CT 扫描步骤,X 射线束穿透焊接接头,由平板探测器测量得到每个测量位置点对应的衰减射线信号,经过放大和模数转换后送入计算机进行图像重建,该图像即为该焊接接头的的一个断面图,称为切片图像;接着,焊接接头作自旋转运动,X 射线束从另外的角度穿过焊接测量接头,重复测量获得衰减射线信号,衰减信号经放大和模数转换处理后送入计算机进行图像重建的过程,获得焊接接头的每一个断面图,进而获得一系列切片图像序列;

e、执行图像重建:在计算机上将一系列切片图像序列重建为三维图像,对图像进行处理和保存;

f、对照计算机上所获取的图像,观察图像上显示的焊接缺陷检测结果,并进行缺陷等级评定。

2. 根据权利要求 1 所述的聚乙烯管道热熔焊接质量的微焦点三维 CT 成像检测方法,其特征在于:所述 b 步骤和 c 步骤同时进行或顺序调换。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的聚乙烯管道热熔焊接质量的微焦点三维 CT 成像检测方法,其特征在于:在 c 步骤和 d 步骤之间,还具有图像校准步骤:将焊接接头移出 X 射线束范围,确定获取空白图像的数目,并打开 X 射线管,开启计算机内的图像校正功能下获取空白图像中的任一个单图像,观察校正图像是否正常,若不正常则进行调试,直到满足要求。

4. 根据权利要求 3 所述的聚乙烯管道热熔焊接质量的微焦点三维 CT 成像检测方法,其特征在于:所述 a 步骤中,焊接接头是通过安装在检测平台上的旋转轴实现自由旋转的,当需要检测焊接接头的不同面的检测图像,则旋转焊接接头到合适的面进行检测。

5. 根据权利要求 4 所述的聚乙烯管道热熔焊接质量的微焦点三维 CT 成像检测方法,其特征在于:所述 a 步骤中,旋转轴是通过与检测平台上设置的放大轴配合,实现焊接接头在 X 射线管和平板探测器之间的自由移动,从而确定焊接接头的成像最佳放大倍数。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的聚乙烯管道热熔焊接质量的微焦点三维 CT 成像检测方法,其特征在于:所述 X 射线管选取 240KV 微焦点的 X 射线管,管电流范围为 0.01~3mA,并配套采用 16 位分辨率的平板探测器。

7. 根据权利要求 1 所述的聚乙烯管道热熔焊接质量的微焦点三维 CT 成像检测方法,其特征在于:所述 d 步骤中,设定检测参数是指设定的检测数目在 600-1000 之间。

聚乙烯管道热熔焊接质量的微焦点三维 CT 成像检测方法

[0001]

技术领域

[0002] 本发明涉及石油行业的压力管道检测技术领域,确切地说涉及一种聚乙烯管道热熔焊接质量的微焦点三维 CT 成像检测方法。

背景技术

[0003] 聚乙烯(PE)管道具有许多优势,例如良好的耐腐蚀性能、焊接性能、环保性能、力学性能,较长的使用寿命、重量轻、连接方便等,因此备受燃气界青睐。在各个城市的中、低压燃气管道系统中,都把聚乙烯管作为首选管材。在城市燃气管道中,聚乙烯管道之间的连接方法主要是热熔焊接。该方法适应性强、操作简单且成本低,在工程中被广泛采用。它的主要工艺流程如下:在机架上装夹好管材管件,对焊接表面进行铣削后,用热板对其进行加热,加热完成后,取出热板,闭合机架,使得焊接表面带压接触,接头逐渐冷却,两焊接表面慢慢融为一体,形成严密牢固的聚乙烯管道焊接接头。

[0004] 管道热熔接头无法做到与管体完全一致,接头是聚乙烯管道最为薄弱的地方,接头处的缺陷是管道安全运行最大的威胁。聚乙烯管道焊接接头处可能存在的缺陷有冷焊、过焊、焊缝过短、不对中、裂纹、孔洞和熔合面夹渣等。要提高聚乙烯管道的安全性,必须对这些缺陷进行有效可靠的检测,才能及时采取措施,防止出现更为严重的事故。

[0005] 聚乙烯管道焊接接头的检测方法有破坏性检测和非破坏性检测两种,破坏性检测是一种抽样检测方法,无法针对现场对接接头进行检测,主要用于焊机厂家的产品开发。非破坏性检测包括目视检测和无损检测。目视检测是根据工程实践经验,通过肉眼观察管道接头外观及尺寸来判断焊接质量的优劣,有很大的局限性,可靠性差,并且无法观察到焊接的内部缺陷。无损检测主要包括超声检测和微波扫描的检测方法。超声检测技术能够反应出部分管道内部缺陷状态,但由于聚乙烯是一种高分子材料,它对超声波能量的吸收和损耗大,容易增加声波的散射,使得检测的难度加大,而且超声检测工艺性缺陷(如冷焊)的检测较为困难。微波扫描技术虽不使用耦合剂,但需要在检测前对接头进行处理,增加检测步骤的复杂性。最大的问题在于,以上这些无损检测技术得到的结果为照片或者信号图,均为二维图形,需要经过辨别和分析才能得到缺陷的相关信息,并不能直观反应缺陷的空间位置、大小和类型。

[0006] 相对而言,超声检测是目前较为有效的方法;近几年,很多检验、检测单位以《无损检测聚乙烯管道焊缝超声检测》(JB/T10662-2006)推荐标准作为依据,对聚乙烯管道焊接接头进行超声波检测;超声波可以实现对常见内部宏观焊接缺陷的检测,但灵敏度不高,不能分辨小颗粒缺陷等;而且难以检测出因焊接工艺(如温度、压力等)引起的缺陷,如冷焊;冷焊缺陷危险性大且难以发现,这是因为大多数的冷焊表现为焊接接头良好,但实际上熔合区只是刚刚形成,界面层的聚乙烯分子并未充分地扩散与缠结,分子之间渗透的深度不足,接头连接强度不够;另外,聚乙烯比金属材料声速小,声波衰减系数大,超声回波小,不

容易对缺陷定性、定量,影响检测结果的准确性,同时也增加了超声检测的难度。

[0007] 经过试验发现,微波扫描法可以检测出冷焊缺陷,但此方法整体上还处于初步探索阶段,而且目前只证明了未熔合、裂纹等少数几种缺陷检测的有效性。

[0008] 国内学者在传统超声检测的基础上做了大量的研究,并取得了新的进展。2008年,郑津洋教授等首次提出了聚乙烯管道热熔焊接接头耦合聚焦超声波检测方法及检测装置,但未广泛应用于工程实践。

[0009] 南昌航空大学无损检测技术教育部重点实验室的于润桥等测量了聚乙烯管道的纵横波声速及热熔焊接接头声衰减系数,确定了聚乙烯管道的声学性能。采用小波域去噪理论去除噪声,提高了检测回波的信噪比。试验表明,超声波检测方法适用于聚乙烯管道热熔焊接质量的检测,但其准确性和现场适用性还有待提高。

发明内容

[0010] 本发明旨在针对上述现有技术所存在的缺陷和不足,提供一种聚乙烯管道热熔焊接质量的微焦点三维 CT 成像检测方法,该检测方法具有检测精度高、可靠性好等优点,尤其是可以再现三维物体,直观得到缺陷的位置、形状和大小等信息,解决了对缺陷的空间定位、深度定量以及综合定性的问题。

[0011] 本发明是通过采用下述技术方案实现的:

一种聚乙烯管道热熔焊接质量的微焦点三维 CT 成像检测方法,其特征在于步骤包括:

a、布置微焦点三维 CT 成像装置:选取相互配套使用的 X 射线管和平板探测器,平板探测器与集成有执行三维 CT 成像执行程序的计算机连接,X 射线管和平板探测器分别置于检测平台的两端,在 X 射线管和平板探测器之间的检测平台上布置焊接接头,且焊接接头能够自由旋转并在 X 射线管和平板探测器之间能自由移动;

b、焊接接头位置调整:打开 X 射线管,锥形 X 射线束沿焊接接头周向和径向照射焊接接头,在 X 射线管的初始电压和电流情况下,且在焊接接头的初始位置下,计算机获得并显示由平板探测器成像处理后传送的实时图像,作为初始图像;

然后调节焊接接头在 X 射线管与平板探测器之间的移动位置,计算机再次获得并显示由平板探测器成像处理后传送的实时图像,作为调整图像;

对比初始图像,当调整图像最佳时,确定焊接接头在 X 射线管与平板探测器之间的位置,计算机存储此检测位置;

c、图像调整:调节 X 射线管的管电压至 160KV,管电流至 160 μA ,使所获得的图像灰度值在 10000 至 52000 的范围内;

d、获取焊接接头的切片图像:当需要检测焊接接头时,将焊接接头移入 X 射线束范围,打开 X 射线管,设定检测参数,执行 CT 扫描步骤, X 射线束穿透焊接接头,由平板探测器测量得到每个测量位置点对应的衰减射线信号,经过放大和模数转换后送入计算机进行图像重建,该图像即为该焊接接头的的一个断面图,称为切片图像;接着,焊接接头作自旋转运动, X 射线束从另外的角度穿过焊接测量接头,重复测量获得衰减射线信号,衰减信号经放大和模数转换处理后送入计算机进行图像重建的过程,获得焊接接头的每一个断面图,进而获得一系列切片图像序列;

e、执行图像重建:在计算机上将一系列切片图像序列重建为三维图像,对图像进行处

理和保存；

f、对照计算机上所获取的图像，观察图像上显示的焊接缺陷检测结果，并进行缺陷等级评定。

[0012] 所述 b 步骤和 c 步骤同时进行或顺序调换。

[0013] 在 c 步骤和 d 步骤之间，还具有图像校准步骤：将焊接接头移出 X 射线束范围，确定获取空白图像的数目，并打开 X 射线管，开启计算机内的图像校正功能下获取空白图像中的任一个单图像，观察校正图像是否正常，若不正常则进行调试，调试的方式属于现有技术，通过一个指令程序自动完成，直到满足要求；

所述 a 步骤中，焊接接头是通过安装在检测平台上的旋转轴实现自由旋转的，当需要检测焊接接头的不同面的检测图像，则旋转焊接接头到合适的面进行检测。

[0014] 所述 a 步骤中，旋转轴是通过与检测平台上设置的放大轴配合，实现焊接接头在 X 射线管和平板探测器之间的自由移动，从而确定焊接接头的成像最佳放大倍数。

[0015] 所述 X 射线管选取 240KV 微焦点的 X 射线管，管电流范围为 0.01~3mA，并配套采用 16 位分辨率的平板探测器。

[0016] 所述 d 步骤中，设定检测参数是指设定的检测数目在 600-1000 之间。

[0017] 与现有技术相比，本发明所达到的有益效果如下：

一、本发明 a 步骤中的“焊接接头能够自由旋转”，因而能够实现焊接接头的全方位检测，从而不会遗漏对热熔焊接缺陷的检测；“焊接接头能够在 X 射线管和平板探测器之间自由移动”因而能够自由调整焊接接头的成像最佳放大倍数，获得更为清晰的图像。

[0018] 二、本发明中，采用对焊接接头的初始位置，X 射线管的初始电压和初始电流进行调整，比照初始图像和调整图像，从而获得最佳位置、最佳电压和电流的方式，能够使所成像更加清晰，进一步确保了成像的质量，从而能更加准确地评判热熔焊接缺陷；特别是，调节 X 射线管的管电压至 160KV，管电流至 160 μ A，能够保证有适合 PE 管焊缝的足够的穿透能量。

[0019] 三、本发明中，对所成像的灰度值调整到 10000 至 52000 的范围内，能够使被检测物满足检测要求，且成像质量更高，能够使灰度值范围拉开，更细小的缺陷能被发现。

[0020] 四、本发明中，特定的选择 240KV 微焦点的 X 射线管，管电流范围为 0.01~3mA，并配套采用 16 位分辨率的平板探测器，能有效保证射线强度同时提高检测效率。

[0021] 五、本发明中，在图像调整之后还具有图像校准步骤，能对探测器上的坏点作初始化操作。

[0022] 六、本发明中，重复测量获得衰减射线信号，衰减信号经放大和模数转换处理后送入计算机进行图像重建的过程，获得焊接接头的每一个断面图，进而获得一系列切片图像序列，这样的操作方式，能重建三维图像并效果最佳。

[0023] 此外，本发明还具有如下技术效果：

1、该微焦点三维 CT 检测装置采用高能加速器射线源系统，强大的穿透能力可以满足厚度较大的聚乙烯管道焊接接头的检测需求；

2、微焦点三维 CT 采用高吸收效率和宽动态范围的平板探测器，具有较高的空间分辨率和密度分辨能力，可发现小尺寸的焊接接头缺陷；

3、微焦点三维 CT 图像是直接数字化的结果，成像检测效率高，切片图像便于存储、传

输、分析和处理；

4、常规的无损检测技术是将三维物体投影到二维平面上或者转化为二维信号图，易造成图像信息叠加，且评定图像需要有一定的经验，检测可靠性差，而且难以实现对目标的准确定位和定量测量；微焦点三维 CT 能再现焊接接头的三维图像，检测目标不受周围细节特征遮挡，图像易识别，且从图像上可以直接获得目标特征的空间位置、形状及尺寸信息等，这是其他无损检测方法所无法实现的；

5、微焦点三维 CT 检测技术主要用于金属机械零件、复合材料零件以及硬质木材的检测，在国内，目前尚未见到有关微焦点三维 CT 成像检测技术对聚乙烯管道焊接接头检测的报道，故本发明的实施有望填补国内该领域的空白。

附图说明

[0024] 下面将结合说明书附图和具体实施方式对本发明作进一步的详细说明，其中：

图 1 是本发明提供的聚乙烯焊接接头示意图。

[0025] 图 2 是本发明提供的微焦点三维 CT 扫描方式原理图。

[0026] 图 3 是本发明提供的微焦点三维 CT 样品检测放置位置示意图。

[0027] 图 4 是本发明提供的微焦点三维 CT 结构工作原理简图。

[0028] 图 5 是合格的聚乙烯管道焊接接头焊缝的三维 CT 成像图。

[0029] 图 6 是含泥沙颗粒的聚乙烯管道焊接接头焊缝的三维 CT 成像图。

[0030] 图 7 是含铁屑的聚乙烯管道焊接接头焊缝的三维 CT 成像图。

[0031] 图中，1 聚乙烯管道；2 焊接接头；3 X 射线管；4 平板探测器；5 旋转轴；6 放大轴；7 前准直器；8 后准直器；9 平板探测器阵列；10 检测平台；11 计算机，12 泥沙颗粒，13 铁屑。

具体实施方式

[0032] 实施例 1

作为本发明的一较佳实施方式，本发明公开了一种聚乙烯管道热熔焊接质量的微焦点三维 CT 成像检测方法，其步骤包括：

a、布置微焦点三维 CT 成像装置：选取相互配套使用的 X 射线管和平板探测器，平板探测器与集成有执行三维 CT 成像执行程序的计算机连接，X 射线管和平板探测器分别置于检测平台的两端，在 X 射线管和平板探测器之间的检测平台上布置焊接接头，且焊接接头能够自由旋转并在 X 射线管和平板探测器之间能自由移动；

b、焊接接头位置调整：打开 X 射线管，锥形 X 射线束沿焊接接头周向和径向照射焊接接头，在 X 射线管的初始电压和电流情况下，且在焊接接头的初始位置下，计算机获得并显示由平板探测器成像处理后传送的实时图像，作为初始图像；

然后调节焊接接头在 X 射线管与平板探测器之间的移动位置，计算机再次获得并显示由平板探测器成像处理后传送的实时图像，作为调整图像；

对比初始图像，当调整图像最佳时，确定焊接接头在 X 射线管与平板探测器之间的位置，计算机存储此检测位置；

c、图像调整：调节 X 射线管的管电压至 160KV，管电流至 160 μA ，使所获得的图像灰度值在 10000 至 52000 的范围内；

d、获取焊接接头的切片图像：当需要检测焊接接头时，将焊接接头移入 X 射线束范围，打开 X 射线管，设定检测参数，执行 CT 扫描步骤，X 射线束穿透焊接接头，由平板探测器测量得到每个测量位置点对应的衰减射线信号，经过放大和模数转换后送入计算机进行图像重建，该图像即为该焊接接头的一个断面图，称为切片图像；接着，焊接接头作自旋转运动，X 射线束从另外的角度穿过焊接测量接头，重复测量获得衰减射线信号，衰减信号经放大和模数转换处理后送入计算机进行图像重建的过程，获得焊接接头的每一个断面图，进而获得一系列切片图像序列；

e、执行图像重建：在计算机上将一系列切片图像序列重建为三维图像，对图像进行处理和保存；

f、对照计算机上所获取的图像，观察图像上显示的焊接缺陷检测结果，并进行缺陷等级评定。

[0033] 实施例 2

本发明的具体应用实例，如图 1~4 所示，本发明中，聚乙烯管道 1 的焊接接头 2 的微焦点三维 CT 装置包括：X 射线管 3、平板探测器 4、检测平台 10、计算机 11。该计算机内集成有执行三维 CT 成像的各项执行程序，例如图像校准程序，CT 扫描程序，这些集成的程序都是 CT 成像领域的现有技术。首先打开钥匙开关，启动设备及 X 射线管 3 控制装置，开启主开关；再打开相应射线控制程序，系统执行自动训机；等待训机完毕，打开图像采集程序，系统旋转轴 5 和放大轴 6 执行自动回零，且平板探测器 4 与 X 射线管 3 自动搭配，创建一个所检产品的新项目；接着根据聚乙烯管道 1 的材质、体积大小、结构等特性，初步选择平板探测器 4 的探测时间、平均数和步数；打开 X 射线 3，由系统初始电压和电流获取实时图像，调节检测平台 10 和平板探测器 4 轴，使检测物图像置于检测区域中心适当位置和最佳放大倍数，将存储此位置；关闭校正功能，调节电压和电流，尽量选择低电流并增加电压，使得在没有校正条件下检测图像灰度值在 10000 与 52000 之间；关闭 X 射线管 3，将焊接接头 2 移出射线束范围；执行图像校准程序：获取图像的数目根据扫描时间 T 的大小选择在 50~100 之间，再次打开 X 射线 3，在开启图像校正功能下获取一个单图像，观察校正图像是否正常，若不正常则需要进一步调试，直到满足要求；将焊接接头 2 移回检测位置，打开检测项目特性，设定检测数目在 600~1000 之间；执行 CT 扫描程序，射线穿透焊接接头 1，由平板探测器 4 接收每个位置点对应的射线衰减信号，经过放大和模数转换后送入计算机，该信号为对接头的一个断面的射线信号；同时，聚乙烯管道 1 在检测平台上 10 沿旋转轴 5 作自旋运动，射线从另外的角度穿过接头，重复上述过程，依次获得管道接头的每一个断面的射线信号，进而获得一系列切片序列；执行图像重建程序，将一系列切片序列重建为三维图像；打开检测项目，对存在缺陷的位置执行几何自动校准程序；打开三维可视化软件，进行图像处理和保存。

[0034] 实施例 3

使用本发明提供的微焦点三维 CT 成像检测装置对一个没有缺陷的聚乙烯管道焊接接头进行检测。首先按照本发明提供的技术方案完成设备准备调试，再按方案所述步骤将聚乙烯管道接头置于检测平台上，调节管电压为 160KV，管电流为 160 μ A，最小焦点尺寸为 179 μ m，放大倍数 2.24 倍，平板探测器像素大小为 400 μ m，图像采集响应时间调节为 500ms，图像分辨率为 1024 \times 1024，叠加图像幅数为 3，跳过幅数为 1。管道接头在检测平台

上匀速旋转,射线从不同方向穿透接头,平板探测器自动接收射线信号,并发送至计算机进行处理和重建,得到对接接头的三维图像见图 5。从得到的 CT 图像中未发现焊缝部位存在夹杂、裂纹、孔隙等缺陷。

[0035] 实施例 4

使用本发明提供的微焦点三维 CT 成像检测装置对一个含泥沙颗粒的聚乙烯焊接接头进行检测。首先按照本发明提供的技术方案完成设备准备调试,再按方案所述步骤将聚乙烯管道焊接接头置于检测平台上,调节的参数与实例 1 中一致,管道接头在检测平台上匀速旋转,射线从不同方向穿透接头,平板探测器采集射线能量后转换为计算机能识别的电信号,由计算机实现图像处理及重建。得到的三维图像见图 6。以实例 3 为参照物,CT 图像中可见在焊缝两侧伴有少量高密度的固体颗粒,即为夹杂的泥沙。泥沙颗粒主要分布于焊缝外焊料中,焊缝内部有少量泥沙颗粒,最大粒径为 0.6mm。

[0036] 实施例 5

使用本发明提供的微焦点三维 CT 成像检测装置对一个含铁屑的聚乙烯焊接接头进行检测。首先按照本发明提供的技术方案完成设备准备调试,再按方案所述步骤将聚乙烯管道接头置于检测平台上,调节的参数与实例 1 中一致,管道接头在检测平台上匀速旋转,射线从不同方向穿透接头,平板探测器采集射线能量后转换为计算机能识别的电信号,由计算机实现图像处理及重建。得到的三维图像见图 7。以实例 3 为参照物,CT 图像中可见在焊缝中部有一块高密度物体,即为夹杂的铁屑。铁屑位于焊缝中间部位,铁屑最大尺寸约为 35mm。

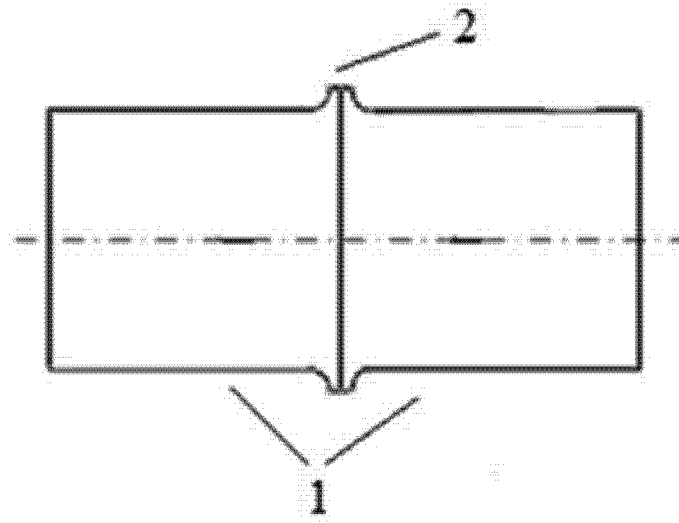


图 1

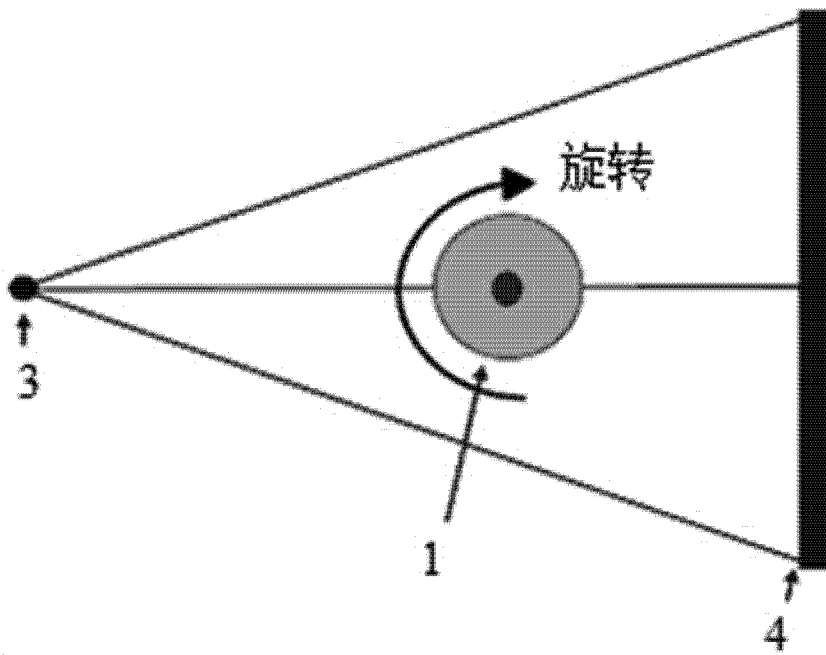


图 2

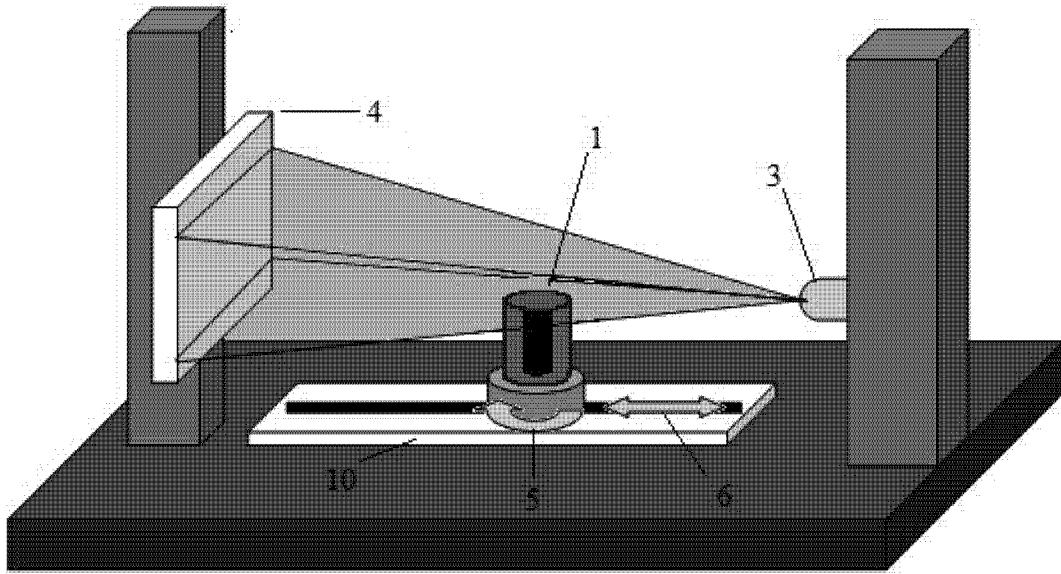


图 3

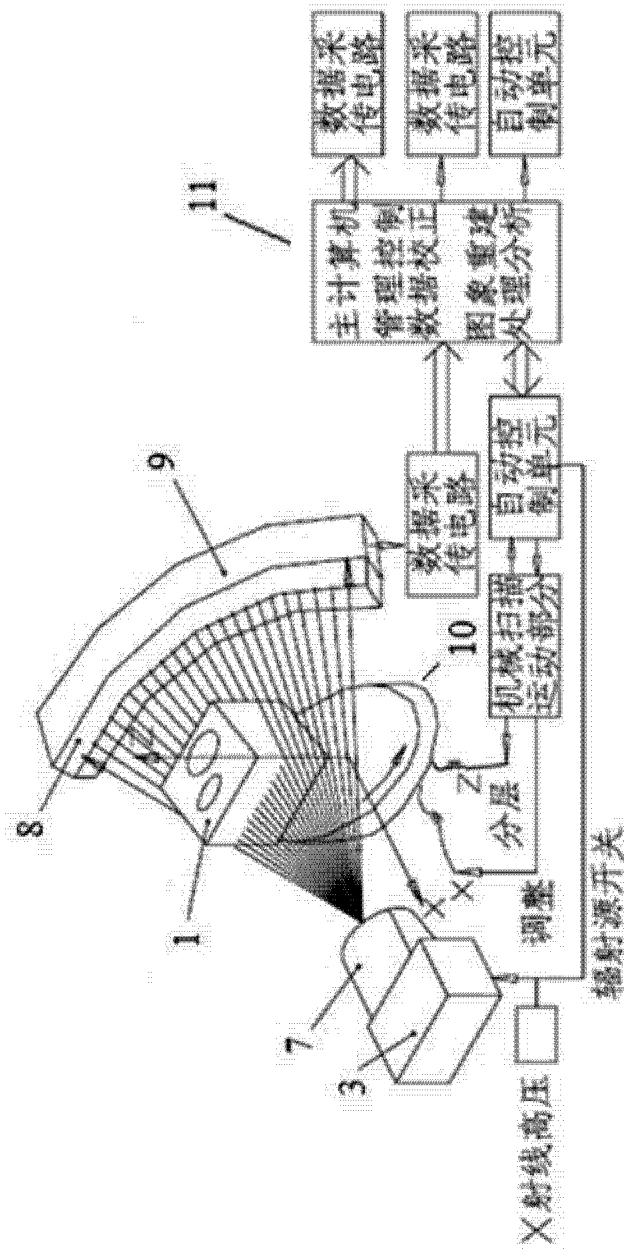


图 4

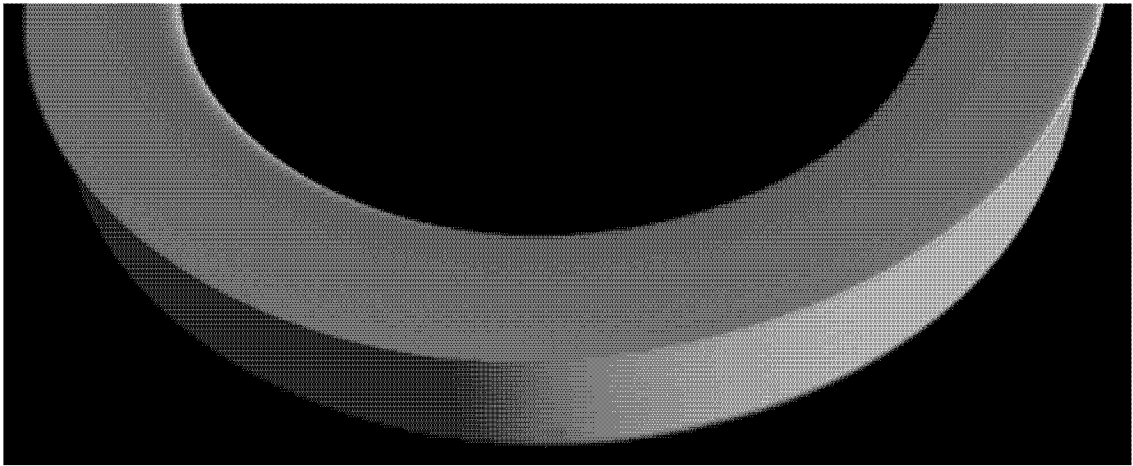


图 5

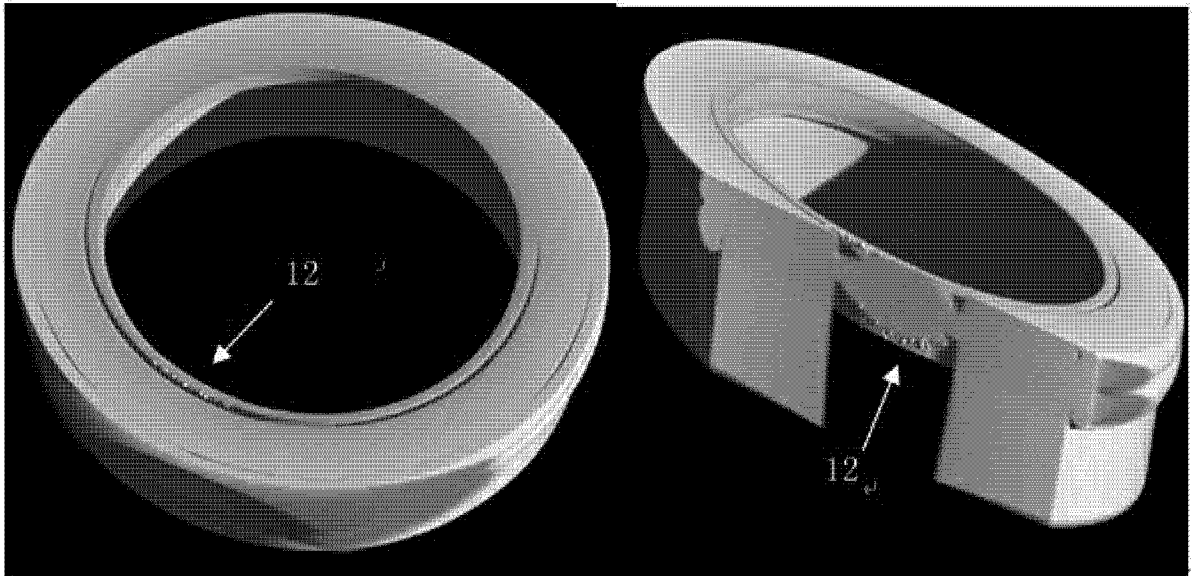


图 6

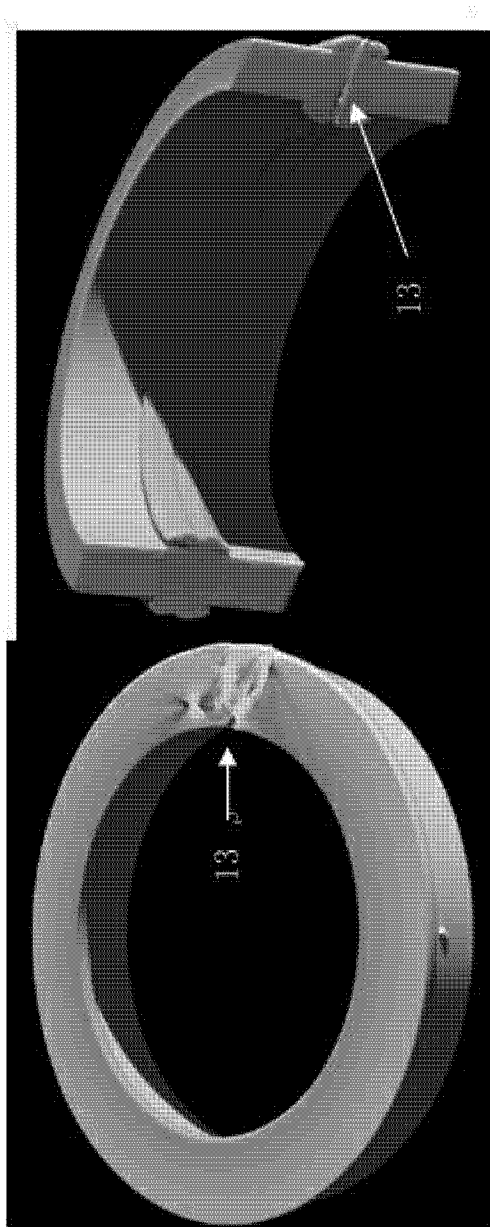


图 7