



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111709127 A

(43)申请公布日 2020.09.25

(21)申请号 202010476835.X

G01B 11/24(2006.01)

(22)申请日 2020.05.29

G01B 21/04(2006.01)

(71)申请人 芜湖哈特机器人产业技术研究院有
限公司

G01B 21/20(2006.01)

G06F 113/14(2020.01)

地址 241000 安徽省芜湖市鸠江区电子产
业园E座1层

(72)发明人 王飞阳 庄金雷 陈盟 高靖
高云峰 曹维清

(74)专利代理机构 芜湖安汇知识产权代理有限
公司 34107

代理人 朱顺利

(51)Int.Cl.

G06F 30/20(2020.01)

G06T 17/20(2006.01)

G01B 11/00(2006.01)

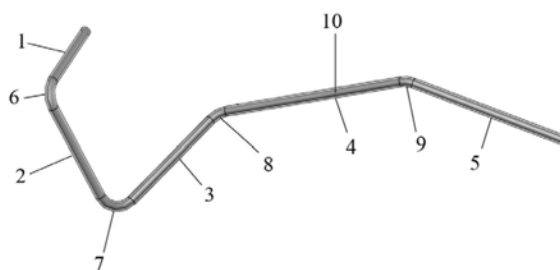
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

适于管件的虚拟检具及管件检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种适于管件的虚拟检具,包括用于获得管件三维模型的直线段的检测结果的虚拟直线段检测单元和用于获得管件三维模型的弯曲段的检测结果的虚拟弯曲段检测单元,虚拟直线段检测单元和虚拟弯曲段检测单元均至少设置一个。本发明适于管件的虚拟检具,对管件的检测结果受人为因素影响小,一致性好,不易产生误判,可以提高检测结果准确性。本发明还公开了一种管件检测方法。



1. 适于管件的虚拟检具, 其特征在于, 包括用于获得管件三维模型的直线段的检测结果的虚拟直线段检测单元和用于获得管件三维模型的弯曲段的检测结果的虚拟弯曲段检测单元, 虚拟直线段检测单元和虚拟弯曲段检测单元均至少设置一个。

2. 根据权利要求1所述的适于管件的虚拟检具, 其特征在于, 所述获得管件三维模型的直线段的检测结果包括直线段的点云完全包含于所述虚拟直线段检测单元内和直线段的点云不完全包含于所述虚拟直线段检测单元内; 所述获得管件三维模型的弯曲段的检测结果包括弯曲段的点云完全包含于所述虚拟弯曲段检测单元内和弯曲段的点云不完全包含于所述弯曲直线段检测单元内; 若直线段的点云完全包含于虚拟直线段检测单元内和弯曲段的点云完全包含于虚拟弯曲段检测单元内, 则管件为合格品。

3. 根据权利要求1或2所述的适于管件的虚拟检具, 其特征在于, 所述管件三维模型包括第 $i-1$ 弯曲段、第 i 弯曲段和第 i 直线段, 第 i 直线段位于第 $i-1$ 弯曲段和第 i 弯曲段之间; 检测时, 将第 $i-1$ 弯曲段、第 i 弯曲段和第 i 直线段的点云数据组合为一个组合点云块, 将第 $i-1$ 虚拟弯曲段检测单元、第 i 虚拟弯曲段检测单元和第 i 虚拟直线段检测单元组合为一个虚拟检具区域, 根据组合点云块是否包含于虚拟检具区域, 判断管件检测结果是否合格。

4. 根据权利要求3所述的适于管件的虚拟检具, 其特征在于, 所述管件三维模型的直线段共设置 $N-1$ 个, 管件三维模型的弯曲段共设置 $N-2$ 个; 所述虚拟直线段检测单元共设置 $N-1$ 个, 所述虚拟弯曲段检测单元共设置 $N-2$ 个, $N \geq 4$; $N-1$ 个虚拟直线段检测单元分别为第1虚拟直线段检测单元、第2虚拟直线段检测单元……第 i 虚拟直线段检测单元和第 $i+1$ 虚拟直线段检测单元, $N-2$ 个虚拟弯曲段检测单元分别为第1虚拟弯曲段检测单元、第2虚拟弯曲段检测单元……第 $i-1$ 虚拟弯曲段检测单元和第 i 虚拟弯曲段检测单元, $i = N-2$ 。

5. 根据权利要求1至4任一所述的适于管件的虚拟检具, 其特征在于, 所述虚拟直线段检测单元为内部中空的圆柱体, 所述虚拟弯曲段检测单元为圆环体, 虚拟弯曲段检测单元的轴线与虚拟直线段检测单元的轴线在空间上相垂直。

6. 根据权利要求1至4任一所述的适于管件的虚拟检具, 其特征在于, 所述虚拟直线段检测单元的横截面为矩形或U形, 所述虚拟弯曲段检测单元的横截面与虚拟直线段检测单元的横截面形状相同。

7. 管件检测方法, 其特征在于, 包括步骤:

S1、构建虚拟检具, 虚拟检具包括用于获得管件三维模型的直线段的检测结果的虚拟直线段检测单元和用于获得管件三维模型的弯曲段的检测结果的虚拟弯曲段检测单元;

S2、使用虚拟检具对管件三维模型进行检测。

8. 根据权利要求7所述的管件检测方法, 其特征在于, 所述步骤S2包括:

S201、在管件的三维点云数据信息中选择管件的两个直线段对应的点云, 建立局部坐标系CF;

S202、在虚拟检具中选择对应的两个虚拟直线段检测单元, 建立局部坐标系MF;

S203、对齐局部坐标系CF和MF, 然后通过虚拟检具的各个虚拟直线段检测单元与管件三维模型的各个直线段的点云进行比对, 获得管件三维模型的直线段的检测结果。

9. 根据权利要求8所述的管件检测方法, 其特征在于, 所述步骤S2还包括:

S204、通过虚拟检具的各个虚拟弯曲段检测单元与管件三维模型的各个弯曲段的点云进行比对, 获得管件三维模型的弯曲段的检测结果。

10. 根据权利要求7至9任一所述的管件检测方法,其特征在于,所述步骤S2中,所述管件三维模型包括第 $i-1$ 弯曲段、第 i 弯曲段和第 i 直线段,第 i 直线段位于第 $i-1$ 弯曲段和第 i 弯曲段之间;检测时,将第 $i-1$ 弯曲段、第 i 弯曲段和第 i 直线段的点云数据组合为一个组合点云块,将第 $i-1$ 虚拟弯曲段检测单元、第 i 虚拟弯曲段检测单元和第 i 虚拟直线段检测单元组合为一个虚拟检具区域,根据组合点云块是否包含于虚拟检具区域,判断管件检测结果是否合格。

适于管件的虚拟检具及管件检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于检具技术领域,具体地说,本发明涉及一种适于管件的虚拟检具及管件检测方法。

背景技术

[0002] 成型管件是汽车、航空航天、船舶等行业中机电产品的重要组成部分,成型管以气体、液体等流体作为工作介质,实现产品的运行、控制和操纵等功能。管件系统的合理布局设计、精确制造与可靠施工直接关系到机电产品的质量、可靠性和工作寿命。

[0003] 工业成型管件检测分为定性检测和定量检测,定性检测指通过一定设备或技术手段间接判断管件是否满足设计技术指标,定性检测适用于批量生产管件时的快速检测;定量检测则是指通过一定设备或技术手段直接获得加工成型管件的 actual 技术指标,通过将测量的技术指标与设计的技术指标对比判断管件是否合格,管件的定量检测适用于分析和调整管件加工工艺参数的场合。

[0004] 如图4所示,定性检测常用的设备为空间分布的组合卡槽检具,这些卡槽及其空间分布充分考虑了管件的制造公差,每一个卡槽都对管件的一部分进行定位约束,使用时如果管件的整体能够放入组合卡槽内则视为管件制造满足公差要求,也即合格,否则视为不合格。

[0005] 定量检测,即要测量管件的主要设计指标,如图5和图6所示,成型管件的主要设计参数有五个,其一是节点坐标,也即相邻管件直线段轴线的相交点,其二是折弯角,也即相邻管件直线段轴线之间的夹角,其三是折弯半径,也即相邻管件直线段之间弯曲段轴线的弯曲半径,其四是二面角,也即对于连续的三段管件直线段,第一、二段管件直线段轴线所在平面,与第二、三段管件直线段轴线所在平面之间的二面角,其五是管件直线段部分的外径(内径),但管件直线段部分的内径和外径是在管件弯折加工前就确定的;管件在折弯加工时的主要加工工艺参数有四个,其一是管件进给长度,也即管件从当前弯曲中心点进给到下一个管件弯曲中心点所移动的距离,其二是管件弯折角度,其三是管件弯折半径,一般管件不同区域的弯折半径参数设置保持一致,其四是二面角。对管件进行定量检测时主要检测管件的设计参数和加工工艺参数。

[0006] 目前,对于管件的定量检测设备主要有两种,第一种是使用关节测量臂,如海克斯康ROMER测量臂,其通过检测管件每一个直线段不同部位的两个轴线点,拟合出管件上所有直线段的轴线,进而计算节点、折弯角、二面角等参数;第二种是使用公开号为CN105651193A和CN106767504A的专利文献中公开的主要由工业机器人、滑台和激光轮廓仪等组成的扫描测量装置,该扫描测量装置是通过扫描管件各直线段点云,拟合出管件上所有直线段的轴线,进而计算节点、折弯角、二面角等参数。

[0007] 如图7所示,上述扫描测量装置对于管件中包含极短直线段的区域的检测可能存在较大误差,即当管件两个弯曲段之间的直线段极短时,如果管件的折弯半径又较大时,很难从扫描获得的点云中分割出属于管件直线段区域的点云,因此对于此极短直线段的几何

信息难以准确测量。

发明内容

[0008] 本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。为此,本发明提供一种适于管件的虚拟检具,目的是提高检测结果准确性。

[0009] 为了实现上述目的,本发明采取的技术方案为:适于管件的虚拟检具,包括用于获得管件三维模型的直线段的检测结果的虚拟直线段检测单元和用于获得管件三维模型的弯曲段的检测结果的虚拟弯曲段检测单元,虚拟直线段检测单元和虚拟弯曲段检测单元均至少设置一个。

[0010] 所述获得管件三维模型的直线段的检测结果包括直线段的点云完全包含于所述虚拟直线段检测单元内和直线段的点云不完全包含于所述虚拟直线段检测单元内;所述获得管件三维模型的弯曲段的检测结果包括弯曲段的点云完全包含于所述虚拟弯曲段检测单元内和弯曲段的点云不完全包含于所述弯曲直线段检测单元内;若直线段的点云完全包含于虚拟直线段检测单元内和弯曲段的点云完全包含于虚拟弯曲段检测单元内,则管件为合格品。

[0011] 所述管件三维模型包括第 $i-1$ 弯曲段、第 i 弯曲段和第 i 直线段,第 i 直线段位于第 $i-1$ 弯曲段和第 i 弯曲段之间;检测时,将第 $i-1$ 弯曲段、第 i 弯曲段和第 i 直线段的点云数据组合为一个组合点云块,将第 $i-1$ 虚拟弯曲段检测单元、第 i 虚拟弯曲段检测单元和第 i 虚拟直线段检测单元组合为一个虚拟检具区域,根据组合点云块是否包含于虚拟检具区域,判断管件检测结果是否合格。

[0012] 所述管件三维模型的直线段共设置 $N-1$ 个,管件三维模型的弯曲段共设置 $N-2$ 个;所述虚拟直线段检测单元共设置 $N-1$ 个,所述虚拟弯曲段检测单元共设置 $N-2$ 个, $N \geq 4$; $N-1$ 个虚拟直线段检测单元分别为第1虚拟直线段检测单元、第2虚拟直线段检测单元……第 i 虚拟直线段检测单元和第 $i+1$ 虚拟直线段检测单元, $N-2$ 个虚拟弯曲段检测单元分别为第1虚拟弯曲段检测单元、第2虚拟弯曲段检测单元……第 $i-1$ 虚拟弯曲段检测单元和第 i 虚拟弯曲段检测单元, $i = N-2$ 。

[0013] 所述虚拟直线段检测单元为内部中空的圆柱体,所述虚拟弯曲段检测单元为圆环体,虚拟弯曲段检测单元的轴线与虚拟直线段检测单元的轴线在空间上相垂直。

[0014] 所述虚拟直线段检测单元的横截面为矩形或U形,所述虚拟弯曲段检测单元的横截面与虚拟直线段检测单元的横截面形状相同。

[0015] 本发明还提供了一种管件检测方法,包括步骤:

[0016] S1、构建虚拟检具,虚拟检具包括用于获得管件三维模型的直线段的检测结果的虚拟直线段检测单元和用于获得管件三维模型的弯曲段的检测结果的虚拟弯曲段检测单元;

[0017] S2、使用虚拟检具对管件三维模型进行检测。

[0018] 所述步骤S2包括:

[0019] S201、在管件的三维点云数据信息中选择管件的两个直线段对应的点云,建立局部坐标系CF;

[0020] S202、在虚拟检具中选择对应的两个虚拟直线段检测单元,建立局部坐标系MF;

[0021] S203、对齐局部坐标系CF和MF,然后通过虚拟检具的各个虚拟直线段检测单元与管件三维模型的各个直线段的点云进行比对,获得管件三维模型的直线段的检测结果。

[0022] 所述步骤S2还包括:

[0023] S204、通过虚拟检具的各个虚拟弯曲段检测单元与管件三维模型的各个弯曲段的点云进行比对,获得管件三维模型的弯曲段的检测结果。

[0024] 所述步骤S2中,所述管件三维模型包括第i-1弯曲段、第i弯曲段和第i直线段,第i直线段位于第i-1弯曲段和第i弯曲段之间;检测时,将第i-1弯曲段、第i弯曲段和第i直线段的点云数据组合为一个组合点云块,将第i-1虚拟弯曲段检测单元、第i虚拟弯曲段检测单元和第i虚拟直线段检测单元组合为一个虚拟检具区域,根据组合点云块是否包含于虚拟检具区域,判断管件检测结果是否合格。

[0025] 本发明适于管件的虚拟检具,对管件的检测结果受人为因素影响小,一致性好,不易产生误判,可以提高检测结果准确性。

附图说明

[0026] 本说明书包括以下附图,所示内容分别是:

[0027] 图1是管件局部三维模型及虚拟检具的结构示意图;

[0028] 图2是在管件检测点云中建立局部坐标系CF示意图;

[0029] 图3是在虚拟检具中建立局部坐标系MF示意图;

[0030] 图4是现有技术中的组合卡槽式管件检具的使用状态示意图;

[0031] 图5是管件主要设计参数-节点、折弯角和折弯半径示意图;

[0032] 图6是管件主要设计参数-二面角示意图;

[0033] 图7是包含极短直线段区域的管件及其对应的扫描点云示意图;

[0034] 图中标记为:

[0035] 1、第1虚拟直线段检测单元;2、第2虚拟直线段检测单元;3、第3虚拟直线段检测单元;4、第4虚拟直线段检测单元;5、第5虚拟直线段检测单元;6、第1虚拟弯曲段检测单元;7、第2虚拟弯曲段检测单元;8、第3虚拟弯曲段检测单元;9、第4虚拟弯曲段检测单元;10、管件三维模型;11、第1直线段点云;12、第2直线段点云;13、第3直线段点云;14、第4直线段点云;15、第5直线段点云;16、第1弯曲段点云;17、第2弯曲段点云;18、第3弯曲段点云;19、第4弯曲段点云。

具体实施方式

[0036] 下面对照附图,通过对实施例的描述,对本发明的具体实施方式作进一步详细的说明,目的是帮助本领域的技术人员对本发明的构思、技术方案有更完整、准确和深入的理解,并有助于其实施。

[0037] 需要说明的是,在下述的实施方式中,所述的“第一”、“第二”和“第三”并不代表结构和/或功能上的绝对区分关系,也不代表先后的执行顺序,而仅仅是为了描述的方便。

[0038] 如图1所示,本发明提供了一种适于管件的虚拟检具,包括用于获得管件三维模型的直线段的检测结果的虚拟直线段检测单元和用于获得管件三维模型的弯曲段的检测结果的虚拟弯曲段检测单元,虚拟直线段检测单元和虚拟弯曲段检测单元均至少设置一个,

虚拟直线段检测单元和虚拟弯曲段检测单元为封闭的几何体。

[0039] 具体地说,获得管件三维模型的直线段的检测结果包括直线段的点云完全包含于虚拟直线段检测单元内和直线段的点云不完全包含于虚拟直线段检测单元内;获得管件三维模型的弯曲段的检测结果包括弯曲段的点云完全包含于虚拟弯曲段检测单元内和弯曲段的点云不完全包含于虚拟弯曲段检测单元内。若直线段的点云完全包含于虚拟直线段检测单元内和弯曲段的点云完全包含于虚拟弯曲段检测单元内,则判定管件为合格品;若直线段的点云不完全包含于虚拟直线段检测单元内或弯曲段的点云不完全包含于虚拟弯曲段检测单元内,则判定管件为不合格品。

[0040] 如图1至图3所示,管件三维模型的直线段为笔直形状,管件三维模型的弯曲段为弯曲形状,弯曲段具有一定的弧度,管件的弯曲段的轴线与直线段的长度方向在空间上相垂直,每两个连续的直线段之间设置一个弯曲段,弯曲段与两个直线段相连接,且弯曲段与直线段相切。

[0041] 虚拟检具的虚拟直线段检测单元为笔直形状,虚拟弯曲段检测单元为弯曲形状,虚拟弯曲段检测单元具有一定的弧度,虚拟弯曲段检测单元的轴线与虚拟直线段检测单元的长度方向在空间上相垂直,每两个连续的虚拟直线段检测单元之间设置一个虚拟弯曲段检测单元,虚拟弯曲段检测单元与两个虚拟直线段检测单元相连接,且虚拟弯曲段检测单元与虚拟直线段检测单元相切。

[0042] 管件三维模型包括第 $i-1$ 弯曲段、第 i 弯曲段和第 i 直线段,第 i 直线段位于第 $i-1$ 弯曲段和第 i 弯曲段之间, i 为整数, i 大于1。第 i 直线段的长度较短,第 i 直线段的长度小于20mm。一般情况下,长度小于20mm的管件直线段在测量时即视为较短直线段,此时已经较难分辨管件直线段与相邻弯曲段的界限了。

[0043] 检测时,将第 $i-1$ 弯曲段、第 i 弯曲段和第 i 直线段的点云数据组合为一个组合点云块,将第 $i-1$ 虚拟弯曲段检测单元、第 i 虚拟弯曲段检测单元和第 i 虚拟直线段检测单元组合为一个虚拟检具区域,根据组合点云块是否包含于虚拟检具区域,判断管件检测结果是否合格。若组合点云块完全包含于虚拟检具区域,即组合点云块完全位于虚拟检具区域范围内,则判定管件为合格品;若组合点云块不完全包含于虚拟检具区域,即组合点云块不完全位于虚拟检具区域范围内,则判定管件为不合格品。

[0044] 对于待检测的管件,可以采用成型管件自动检测装置,由成型管件自动检测装置对管件进行扫描,获得管件的三维点云数据信息。成型管件自动检测装置的结构如同本领域技术人员所公知的那样,在此不再赘述。

[0045] 一般地,一个含 N 个设计节点的管件,管件包括 $N-1$ 个直线段和 $N-2$ 个弯曲段,各个弯曲段分别位于两个直线段之间,弯曲段与两个直线段相连接。对应的,虚拟检具包括 $N-1$ 个虚拟直线段检测单元和 $N-2$ 个虚拟弯曲段检测单元,各个虚拟弯曲段检测单元分别位于两个虚拟直线段检测单元之间,虚拟弯曲段检测单元与两个虚拟直线段检测单元相连接。

[0046] 管件三维模型的直线段共设置 $N-1$ 个,管件三维模型的弯曲段共设置 $N-2$ 个, $N \geq 4$; $N-1$ 个直线段分别为第1直线段、第2直线段……第 i 直线段和第 $i+1$ 直线段, $N-2$ 个弯曲段分别为第1弯曲段、第2弯曲段……第 $i-1$ 弯曲段和第 i 弯曲段, i 为整数, $i = N-2$ 。第 i 弯曲段位于第 i 直线段和第 $i+1$ 直线段之间,且第 i 弯曲段与第 i 直线段和第 $i+1$ 直线段相连接。

[0047] 虚拟检具的虚拟直线段检测单元共设置 $N-1$ 个,虚拟弯曲段检测单元共设置 $N-2$

个, $N \geq 4$; $N-1$ 个虚拟直线段检测单元分别为第1虚拟直线段检测单元、第2虚拟直线段检测单元……第*i*虚拟直线段检测单元和第*i+1*虚拟直线段检测单元, $N-2$ 个虚拟弯曲段检测单元分别为第1虚拟弯曲段检测单元、第2虚拟弯曲段检测单元……第*i-1*虚拟弯曲段检测单元和第*i*虚拟弯曲段检测单元, $i = N-2$ 。第*i*虚拟弯曲段检测单元位于第*i*虚拟直线段检测单元和第*i+1*虚拟直线段检测单元之间, 且第*i*虚拟弯曲段检测单元与第*i*虚拟直线段检测单元和第*i+1*虚拟直线段检测单元相连接。

[0048] 组成虚拟检具的虚拟直线段检测单元和虚拟弯曲段检测单元的尺寸根据管件图纸中的设计参数及公差要求确定, 一般地设计的虚拟检具能够完全包含住合格的管件的三维模型, 对应的虚拟检具中第*i*个虚拟直线段检测单元可由以下参数确定:

$$[0049] \quad (CP0_x^i, CP0_y^i, CP0_z^i, CP1_x^i, CP1_y^i, CP1_z^i, r)$$

[0050] 其中, $(CP0_x^i, CP0_y^i, CP0_z^i)$ 为第*i*个虚拟直线段检测单元的轴线起点坐标, $(CP1_x^i, CP1_y^i, CP1_z^i)$ 为第*i*个虚拟直线段检测单元的轴线终点坐标, r 为第*i*个虚拟直线段检测单元的半径。

[0051] 对应的虚拟检具中第*i*个虚拟弯曲段检测单元可由以下参数确定:

$$[0052] \quad (TP0_x^i, TP0_y^i, TP0_z^i, TP1_x^i, TP1_y^i, TP1_z^i, r, R)$$

[0053] 其中, $(TP0_x^i, TP0_y^i, TP0_z^i)$ 为第*i*个虚拟弯曲段检测单元的中心线起点坐标, $(TP1_x^i, TP1_y^i, TP1_z^i)$ 为第*i*个虚拟弯曲段检测单元的中心线终点坐标, r 为第*i*个虚拟弯曲段检测单元的半径, R 为第*i*个虚拟弯曲段检测单元的中心线弯曲半径 (该弯曲半径是指虚拟弯曲段检测单元的中心线至圆心点的尺寸, 中心线是指虚拟弯曲段检测单元的内孔中心所在处)。

[0054] 如图1至图3所示, 在本实施例中, 虚拟直线段检测单元为内部中空圆柱体, 虚拟弯曲段检测单元为圆环体, 虚拟弯曲段检测单元的轴线与虚拟直线段检测单元的轴线在空间上相垂直。

[0055] 作为变形实施方案, 虚拟直线段检测单元的横截面 (该横截面是指与虚拟直线段检测单元的长度方向相垂直的截面) 可以为矩形或U形, 虚拟弯曲段检测单元的横截面 (该横截面是指与虚拟弯曲段检测单元的中心线相垂直的截面) 与虚拟直线段检测单元的横截面形状相同。

[0056] 本发明还提供了一种管件检测方法, 包括如下的步骤:

[0057] S1、构建上述的虚拟检具, 虚拟检具包括用于获得管件三维模型的直线段的检测结果的虚拟直线段检测单元和用于获得管件三维模型的弯曲段的检测结果的虚拟弯曲段检测单元;

[0058] S2、使用虚拟检具对管件三维模型进行检测。

[0059] 检测管件前, 先通过自动检测控制软件导入待检测的管件的三维模型数据, 形成管件三维模型。自动检测控制软件运行在工控机上, 自动检测控制软件采用图形化人机操

作界面。在上述步骤S1中,根据管件图纸中的管件设计参数,在自动检测控制软件中构建虚拟检具。

[0060] 通过借助虚拟检具对管件进行定性检测需要将虚拟检具与检测点云对齐,一般的,虚拟检具与管件三维模型需在同一个坐标系下描述,即管件设计坐标系,而管件检测点云则在测量设备中的测量坐标系下描述,为了能将二者进行直接比对,需要进行坐标系对齐,坐标系具体对齐方式及管件检测方法分为三步,具体如下所示。

[0061] 上述步骤S2包括:

[0062] S201、在管件的三维点云数据信息中选择管件的两个直线段对应的点云,建立局部坐标系CF;

[0063] S202、在虚拟检具中选择对应的两个虚拟直线段检测单元,建立局部坐标系MF;

[0064] S203、对齐局部坐标系CF和MF,然后通过虚拟检具的各个虚拟直线段检测单元与管件三维模型的各个直线段的点云进行比对,获得管件三维模型的直线段的检测结果。

[0065] 在上述步骤S201中,在管件的三维点云数据信息中选择管件的两个直线段对应的点云,且选择的两个直线段的轴线彼此不平行,然后拟合该两个直线段的点云的轴线,然后根据两个直线段的点云的轴线,建立局部坐标系CF;建立管件三维点云的局部坐标系CF后,可将整个管件检测点云从管件点云测量坐标系转换至此坐标系下进行描述。

[0066] 在上述步骤S202中,在虚拟检具中选择对应的两个虚拟直线段检测单元(说明:S201步如果选择直线段点云 i 和直线段点云 $i+1$,则S202步也应该选择虚拟直线段检测单元 i 和虚拟直线段检测单元 $i+1$, i 可以任意选1到 $N-2$ 之间的数字),且选择的两个直线段检测单元的轴线彼此不平行,然后拟合该两个直线段检测单元的轴线,然后根据两个直线段检测单元的轴线的点云的轴线,建立局部坐标系MF;建立虚拟检具的局部坐标系MF后,可将虚拟检具的所有虚拟直线段检测单元和虚拟弯曲段检测单元的描述参数从管件设计坐标系转换至局部坐标系MF下进行描述。

[0067] 在上述步骤S203中,将虚拟检具的各个虚拟直线段检测单元分别与管件三维模型上对应的直线段进行比对,即将第 i 虚拟直线段检测单元与管件三维模型的第 i 直线段进行比对;若管件三维模型的第 i 直线段的点云完全包含于第 i 虚拟直线段检测单元内,则判定管件为合格品;若第 i 直线段的点云不完全包含于第 i 虚拟直线段检测单元内,第 i 直线段的点云位于第 i 虚拟直线段检测单元外部,则判定管件为不合格品。

[0068] 如有必要,上述步骤S2还可以包括:

[0069] S204、通过虚拟检具的各个虚拟弯曲段检测单元与管件三维模型的各个弯曲段的点云进行比对,获得管件三维模型的弯曲段的检测结果。

[0070] 在上述步骤S204中,将虚拟检具的各个虚拟弯曲段检测单元分别与管件三维模型上对应的弯曲段进行比对,即将第 i 虚拟弯曲段检测单元与管件三维模型的第 i 弯曲段进行比对;若管件三维模型的第 i 直线段的点云完全包含于第 i 虚拟直线段检测单元内,且管件三维模型的第 i 弯曲段的点云完全包含于第 i 虚拟弯曲段检测单元内,则判定管件为合格品;即使管件三维模型的第 i 直线段的点云完全包含于第 i 虚拟直线段检测单元内,若第 i 弯曲段的点云不完全包含于第 i 虚拟弯曲段检测单元内,第 i 弯曲段的点云位于第 i 虚拟弯曲段检测单元外部,仍然判定管件为不合格品。

[0071] 在上述步骤S2中,管件三维模型包括第 $i-1$ 弯曲段、第 i 弯曲段和第 i 直线段,第 i 直

线段位于第 $i-1$ 弯曲段和第 i 弯曲段之间;检测时,将第 $i-1$ 弯曲段、第 i 弯曲段和第 i 直线段的点云数据组合为一个组合点云块,将第 $i-1$ 虚拟弯曲段检测单元、第 i 虚拟弯曲段检测单元和第 i 虚拟直线段检测单元组合为一个虚拟检具区域,根据组合点云块是否包含于虚拟检具区域,判断管件检测结果是否合格。

[0072] 如图1至图3所示,在本实施例中,管件为汽车制动管局部, $N=6$,管件三维模型的直线段共设置5个,管件三维模型的弯曲段共设置4个,5个直线段分别为第1直线段、第2直线段、第3直线段、第4直线段和第5直线段,4个弯曲段分别为第1弯曲段、第2弯曲段、第3弯曲段和第4弯曲段。第1弯曲段位于第1直线段和第2直线段之间,且第1弯曲段与第1直线段和第2直线段相连接。第2弯曲段位于第2直线段和第3直线段之间,且第2弯曲段与第2直线段和第3直线段相连接。第3弯曲段位于第3直线段和第4直线段之间,且第3弯曲段与第3直线段和第4直线段相连接。第4弯曲段位于第4直线段和第5直线段之间,且第4弯曲段与第4直线段和第5直线段相连接。

[0073] 相应的,虚拟检具的虚拟直线段检测单元共设置5个,虚拟弯曲段检测单元共设置4个,5个虚拟直线段检测单元分别为第1虚拟直线段检测单元、第2虚拟直线段检测单元、第3虚拟直线段检测单元、第4虚拟直线段检测单元和第5虚拟直线段检测单元,4个虚拟弯曲段检测单元分别为第1虚拟弯曲段检测单元、第2虚拟弯曲段检测单元、第3虚拟弯曲段检测单元和第4虚拟弯曲段检测单元。第1虚拟弯曲段检测单元位于第1虚拟直线段检测单元和第2虚拟直线段检测单元之间,且第1虚拟弯曲段检测单元与第1虚拟直线段检测单元和第2虚拟直线段检测单元相连接。第2虚拟弯曲段检测单元位于第2虚拟直线段检测单元和第3虚拟直线段检测单元之间,且第2虚拟弯曲段检测单元与第2虚拟直线段检测单元和第3虚拟直线段检测单元相连接。第3虚拟弯曲段检测单元位于第3虚拟直线段检测单元和第4虚拟直线段检测单元之间,且第3虚拟弯曲段检测单元与第3虚拟直线段检测单元和第4虚拟直线段检测单元相连接。第4虚拟弯曲段检测单元位于第4虚拟直线段检测单元和第5虚拟直线段检测单元之间,且第4虚拟弯曲段检测单元与第4虚拟直线段检测单元和第5虚拟直线段检测单元相连接。

[0074] 采用上述虚拟检具进行管件的检测,具有如下的优点:

[0075] (1) 可以完全由计算机程序执行,自动化程度高,受人为因素影响小,检测标准明确,一致性好,效率更高,不易产生误判;

[0076] (2) 本发明创造中提出的检具为虚拟的电子检具,其描述参数可根据管件图纸设计要求和公差获得,这种虚拟电子检具不占用实际工厂空间,存储方便;

[0077] (3) 本发明创造中提出的电子检具扩充新型号检具或者调整现有检具十分方便,只需修改计算机程序中的输入参数即可,另外对比实物检具,不需要调整后的专用设备进行精确的测量;

[0078] (4) 本发明创造可对管件特殊部位进行定性检测,如管件两个弯曲段之间的直线段极短的情况,采用现有技术的管件检测装置及其检测方法,对于此种情况难以准确拟合管件直线段轴线,但可采用本发明中提出的借助电子检具进行定性检测的方法,将相邻的管件直线段点云和弯曲段点云作为整体一起进行检测;

[0079] (5) 采用虚拟电子检具,非接触检测,不会对管件和检具产生影响。

[0080] 以上结合附图对本发明进行了示例性描述。显然,本发明具体实现并不受上述方

式的限制。只要是采用了本发明的方法构思和技术方案进行的各种非实质性的改进;或未经改进,将本发明的上述构思和技术方案直接应用于其它场合的,均在本发明的保护范围之内。

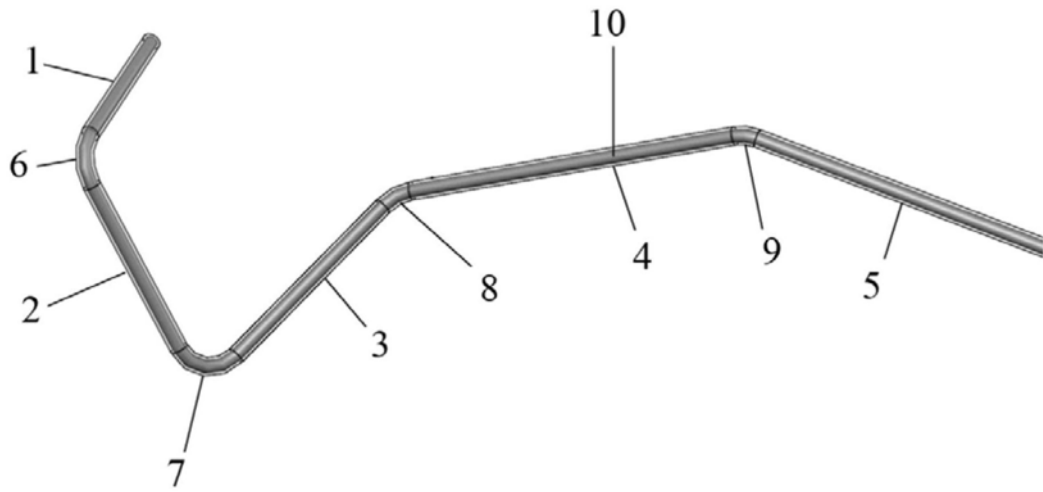


图1

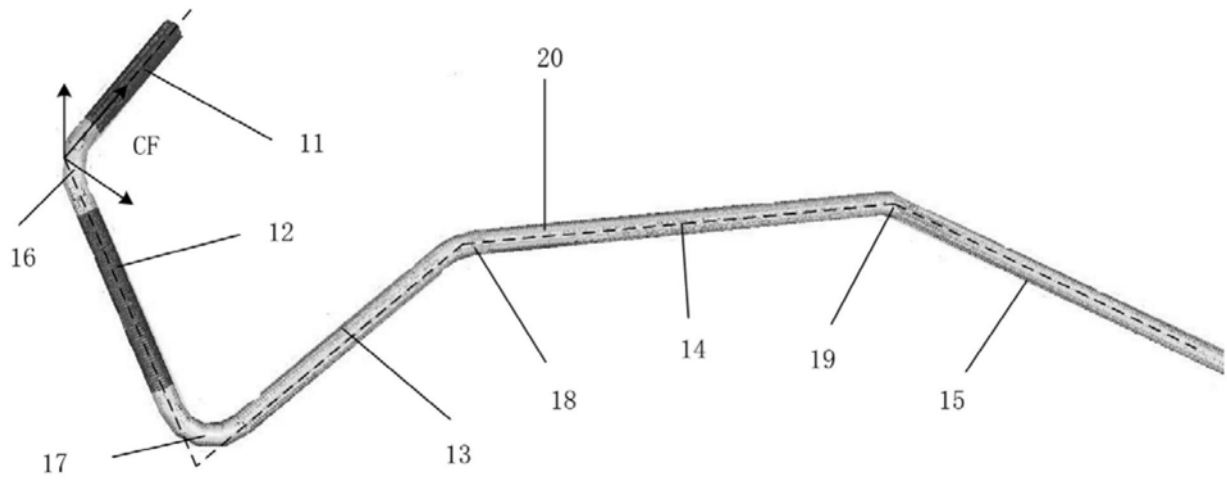


图2

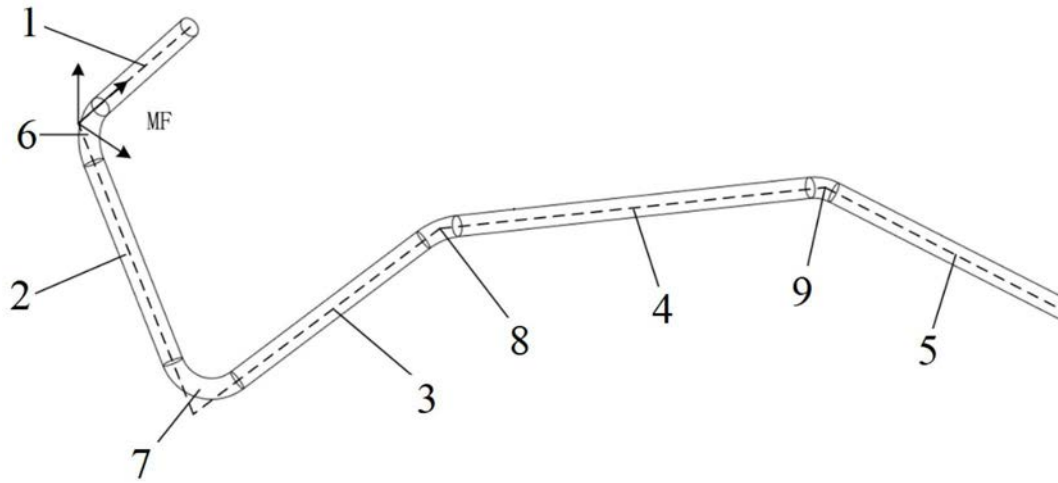


图3

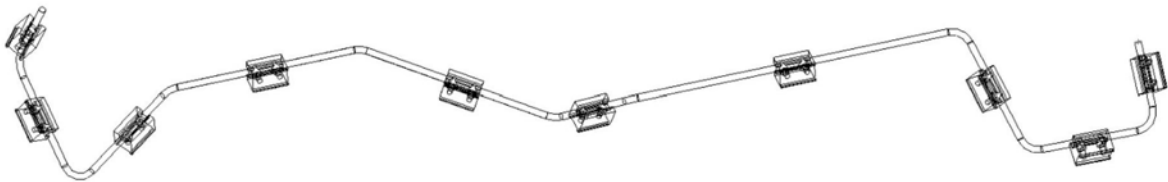


图4

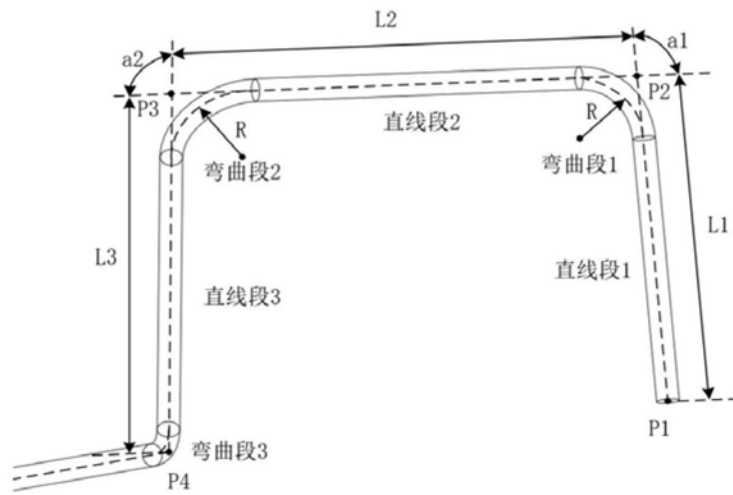


图5

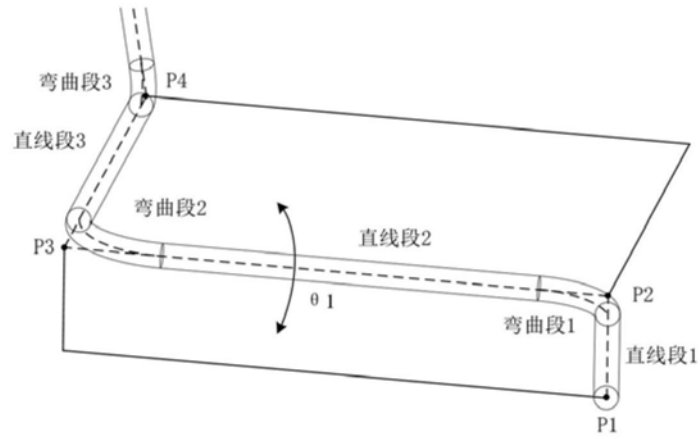


图6

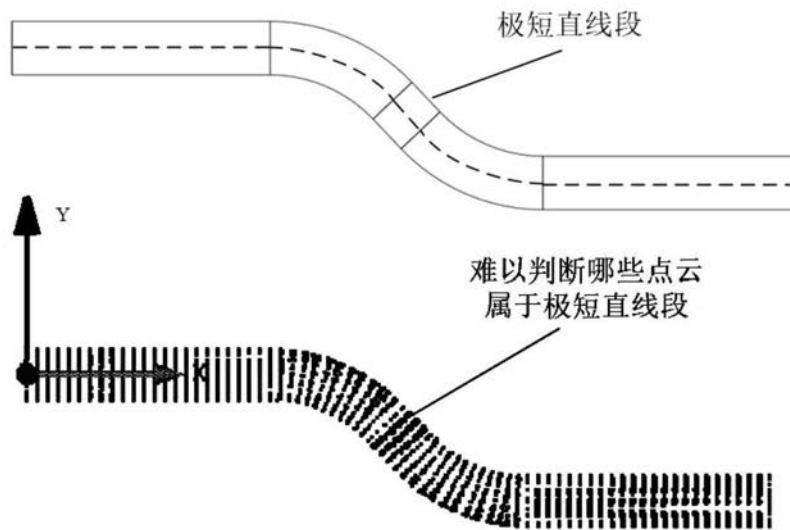


图7