



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115790450 B

(45) 授权公告日 2023.04.28

(21) 申请号 202310071995.X

G01B 11/26 (2006.01)

(22) 申请日 2023.02.07

G01B 11/14 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G01B 11/06 (2006.01)

申请公布号 CN 115790450 A

审查员 杨华荣

(43) 申请公布日 2023.03.14

(73) 专利权人 中国石油大学(华东)

地址 257061 山东省东营市北二路271号中  
国石油大学

(72) 发明人 李肖 周晶玉 李伟 杨岩鹏

陈怀远 陈兴佩 袁新安 殷晓康

(74) 专利代理机构 东营双桥专利代理有限责任

公司 37107

专利代理师 方圆

(51) Int. Cl.

G01B 11/24 (2006.01)

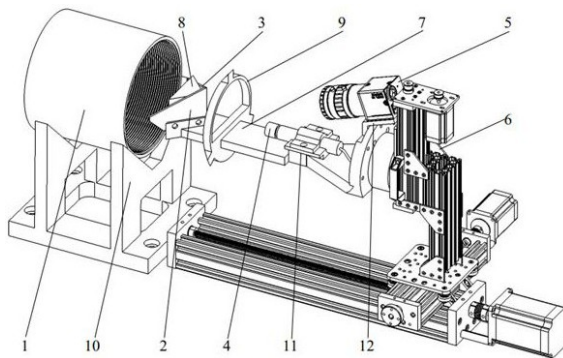
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

### (54) 发明名称

基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统与方法

### (57) 摘要

本发明属于油气装备检测技术领域,尤其涉及一种基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统与方法。基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统与方法,使用单次拍摄即可快速重建出内螺纹轴向截面两侧多个螺牙的三维轮廓,实现了三个几何参数的一体化测量。基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测方法中包括有如下步骤:对基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统进行装配及调整;对基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统的参数进行标定;驱动基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统,完成对待检测油管接箍的图像采集;对采集得到的图像进行处理,并重建出待检测油管接箍轴向截面的三维轮廓;计算待检测油管接箍内螺纹的几何参数等步骤。



1. 基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测方法, 所述油管接箍内螺纹参数检测方法, 其特征在于, 包括有如下步骤:

步骤一、对基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统进行装配及调整;

步骤二、对基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统的参数进行标定;

步骤三、驱动基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统, 完成对待检测油管接箍(1)的图像采集;

步骤四、对步骤三采集得到的图像进行处理, 并重建出待检测油管接箍(1)轴向截面的三维轮廓;

步骤五、计算待检测油管接箍(1)内螺纹的几何参数;

还包括有如下步骤:

步骤六、判断基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统是否需要继续给进检测;

在全部给进检测完成后, 通过点云拼接算法, 将所有给进检测的测量结果拼接形成完整的待检测油管接箍(1)内螺纹三维轮廓;

所述步骤二具体可描述为:

在测量物距下放置标定板;

以标定板中心为原点  $O$ 、垂直标定板向上的方向为  $W$  轴、平行标定板两边的方向分别为  $U$  轴与  $V$  轴, 建立世界坐标系  $O-UVW$ , 并使得线激光平面能经过原点  $O$ ;

通过相机(5)采集标定板图像, 以确定相机(5)坐标系在世界坐标系  $O-UVW$  下的位姿;

开启线激光器(4), 将线激光投射在标定板上; 设激光平面与标定板相交于直线  $AB$ , 利用灰度重心法提取图像中激光条  $AB$  上的所有点, 再依据已标定的系统参数, 计算出激光条  $AB$  上各点的三维坐标;

将标定板前后平移至另一位置固定, 重复上述步骤, 计算出激光条  $A'B'$  上各点在世界坐标系  $O-UVW$  下的三维坐标;

基于获得的  $AB$  与  $A'B'$  上各点的三维坐标, 拟合出线激光平面的位姿, 以此完成检测系统的参数标定;

测量左平面镜(2)、右平面镜(3)这两块平面镜与线结构光视觉系统的相对位置, 获得两块平面镜的镜面反射关系, 实现镜中虚像到物体实像之间的转换;

所述步骤四具体可描述为:

利用阈值分割、形态学处理和图像增强算法按序对采集得到的图像作预处理;

利用区域分割算法, 分别提取出投射在待检测油管接箍(1)轴向截面左右两侧的线激光有效区域; 使用Canny边缘算法对图像中线激光轮廓进行亚像素提取, 得到线激光轮廓的像素信息;

基于已标定的线结构光测量模型和对应平面镜的镜面反射关系, 重建出待检测油管接箍(1)轴向截面的三维轮廓;

所述步骤五具体可描述为:

从重建出的待检测油管接箍(1)轴向截面两侧轮廓中分别提取出十个连续螺牙,并对提取的螺牙点云进行直线拟合,得到待检测油管接箍(1)轴向截面两侧的中径线,并通过两条中径线计算出待检测油管接箍(1)的轴线;

在中径线的基础上,根据重建轮廓中各点与中径线之间的距离大小,分别提取出两侧轮廓的齿顶点和齿根点;

根据提取的齿顶和齿高,分别拟合出待检测油管接箍(1)两侧轮廓的齿顶包络线和齿根包络线;

计算两侧轮廓中经线之间的夹角,即为待检测油管接箍(1)的锥度;

计算每侧十个连续螺牙在待检测油管接箍(1)轴线上的投影长度,即为待检测油管接箍(1)的螺距;

过每个齿顶点做垂直于内螺纹轴线的垂线,计算出该垂线交同侧齿顶包络线和齿根包络线的点,该两点距离即为待检测油管接箍(1)的齿高;

所述油管接箍内螺纹参数检测方法基于的油管接箍内螺纹参数检测系统,包括有:电控三轴运动导轨(6)以及L型的系统夹具(7);

其中,系统夹具(7)的短边上设置有螺纹孔;通过螺纹连接,系统夹具(7)的短边固定安装在电控三轴运动导轨(6)上;系统夹具(7)的长边上安装有双平面镜夹具(8)、三角定位装置(9)、线激光器夹具(11)以及相机夹具(12);

双平面镜夹具(8)由卡槽结构和立体支撑构成;其中,卡槽结构用于放置由左平面镜(2)和右平面镜(3)构成的双平面镜,立体支撑用于保证双平面镜的安装固定;

线激光器夹具(11)由半圆柱支撑架以及与半圆柱支撑架相配合的盖体构成;其中,半圆柱支撑架与盖体之间通过螺栓连接,用于固定线激光器(4);

相机夹具(12)为一钝角转接件,其一端通过螺栓与系统夹具(7)的长边固定连接,其另一端通过螺栓固定安装有相机(5);

还包括有:油管接箍支架(10);

所述油管接箍支架(10)用于固定放置待检测油管接箍(1),且油管接箍支架(10)的轴线方向与电控三轴运动导轨(6)的给进方向相同;

所述三角定位装置(9)设置在双平面镜夹具(8)和线激光器夹具(11)之间位置处;其外形呈圆环状,圆环状的外沿处设置有三角斜面;

所述三角斜面用于在油管接箍内螺纹参数检测系统对中时卡紧待检测油管接箍(1)的端面,从而确保线激光器(4)与待检测油管接箍(1)的轴线方向同轴;

左平面镜(2)、右平面镜(3)为一对异形切割且镜像对称的平面镜,其表面分别镀有反射膜。

## 基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于油气装备检测技术领域,尤其涉及一种基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统及方法。

### 背景技术

[0002] 油管接箍作为海洋油气运输管道常用的连接件,在海洋油气装备中应用广泛,其内螺纹的质量直接影响海洋油气的正常开采。因此,对油管接箍的内螺纹进行的海洋油气安全检测尤为重要,但由于接箍内的空间限制,导致检测难度较大。其中,螺距、齿高和锥度都是内螺纹质量评价的关键指标,现有内螺纹参数检测方法有接触式与非接触式两类,接触式检测方法易划伤待测件表面,并且在生产线上最常用的人工手持量规的方法测量结果不稳定、效率低,还对检测人员的技术水平提出了较高要求。而非接触式检测方法则可以很好地解决上述问题,其中光谱共焦式内螺纹检测方法具有检测精度高、测量稳定性好的特点,但其单点测量效率低。光纤传感器测量则具有检测速度快、效率高的优势,但环境光线对测量精度影响较大,仪器的抗干扰能力弱。视觉检测方法同时具有检测精度高和效率高的优点,但狭小空间内的复杂螺纹检测对视觉测量手段提出了挑战。

[0003] 为解决上述问题,本领域的技术人员作出了许多尝试,例如:中船重工鹏力(南京)智能装备系统有限公司的张峰专利号为CN 109341570 B的发明专利“一种基于机器视觉的内螺纹检测方法及其系统”发明了一种基于工业相机和背光光源的内螺纹检测方法,该方法将背光光源置于内螺纹一端面进行打光,将配置广角镜头的工业相机置于光源对向采集图像并分析处理得到结果。由于内螺纹牙型呈凹凸状,相机只能观测螺牙的一侧,并且部分内螺纹螺牙的牙顶信息还会被相邻螺牙的牙根遮挡,因此该方法难以测量内螺纹完整螺牙的质量。

[0004] 沈阳理工大学的姜月秋专利号为CN202011617096.8的发明专利“一种基于激光轮廓扫描的内螺纹检测仪及其检测方法”提出了利用激光轮廓扫描仪和反射镜的内螺纹检测方法,测量装置利用反射镜可观测完整的内螺纹螺牙,但该反射镜非常小,单次测量螺牙数量少,并且测量系统一次成像只能重建内螺纹单侧轮廓,需旋转和进给测量才能测全内螺纹的三个参数,检测效率低,测量过程较为冗余。

[0005] 综上所述,现有海洋油管接箍的内螺纹参数检测方法均存在着较大局限性。因此,研究一种全新的内螺纹几何参数高精度、高效率的视觉检测方法具有重要研究意义。

### 发明内容

[0006] 本发明提供了一种基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统及方法,该检测系统及方法针对现有内螺纹测量方法存在的问题,结合海洋油气装置中油管接箍内螺纹的使用工况及其全周损伤一致的事实,以提高内螺纹检测精度和效率为目标,根据内螺纹几何参数的定义方式,使用单次拍摄即可快速重建出内螺纹轴向截面两侧多个螺牙的三维轮廓,实现了三个几何参数的一体化测量;相比现有测量方法,具有检测装置更简单、单次测

量牙数更多、测量效率和精度更高等优势。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明采用了如下技术方案:

[0008] 基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统,包括有:电控三轴运动导轨以及L型的系统夹具;

[0009] 其中,系统夹具的短边上设置有螺纹孔;通过螺纹连接,系统夹具的短边固定安装在电控三轴运动导轨上;系统夹具的长边上安装有双平面镜夹具、三角定位装置、线激光器夹具以及相机夹具;

[0010] 双平面镜夹具由卡槽结构和立体支撑构成;其中,卡槽结构用于放置由左平面镜和右平面镜构成的双平面镜,立体支撑用于保证双平面镜的安装固定;

[0011] 线激光器夹具由半圆柱支撑架以及与半圆柱支撑架相配合的盖体构成;其中,半圆柱支撑架与盖体之间通过螺栓连接,用于固定线激光器;

[0012] 相机夹具为一钝角转接件,其一端通过螺栓与系统夹具的长边固定连接,其另一端通过螺栓固定安装有相机;

[0013] 较为优选的,还包括有:油管接箍支架;

[0014] 所述油管接箍支架用于固定放置待检测油管接箍,且油管接箍支架的轴线方向与电控三轴运动导轨的给进方向相同。

[0015] 较为优选的,所述三角定位装置设置在双平面镜夹具和线激光器夹具之间位置处;其外形呈圆环状,圆环状的外沿处设置有三角斜面;

[0016] 所述三角斜面用于在油管接箍内螺纹参数检测系统对中时卡紧待检测油管接箍的端面,从而确保线激光器与待检测油管接箍的轴线方向同轴。

[0017] 较为优选的,左平面镜、右平面镜为一对异形切割且镜像对称的平面镜,其表面分别镀有反射膜。

[0018] 另一方面,本发明提供了一种基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测方法,该油管接箍内螺纹参数检测方法基于如上述中任意一项所述的油管接箍内螺纹参数检测系统,包括有如下步骤:

[0019] 步骤一、对基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统进行装配及调整;

[0020] 步骤二、对基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统的参数进行标定;

[0021] 步骤三、驱动基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统,完成对待检测油管接箍的图像采集;

[0022] 步骤四、对步骤三采集得到的图像进行处理,并重建出待检测油管接箍轴向截面的三维轮廓;

[0023] 步骤五、计算待检测油管接箍内螺纹的几何参数。

[0024] 较为优选的,还包括有如下步骤:

[0025] 步骤六、判断基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统是否需要继续给进检测;

[0026] 在全部给进检测完成后,通过点云拼接算法,将所有给进检测的测量结果拼接形成完整的待检测油管接箍内螺纹三维轮廓。

[0027] 较为优选的,所述步骤二具体可描述为:

[0028] 在测量物距下放置标定板;

[0029] 以标定板中心为原点O、垂直标定板向上的方向为W轴、平行标定板两边的方向分别为U轴与V轴,建立世界坐标系O-UVW,并使得线激光平面能经过原点O;

[0030] 通过相机采集标定板图像,以确定相机坐标系在世界坐标系O-UVW下的位姿;

[0031] 开启线激光器,将线激光投射在标定板上;设激光平面与标定板相交于直线AB,利用灰度重心法提取图像中激光条AB上的所有点,再依据已标定的系统参数,计算出激光条AB上各点的三维坐标;

[0032] 将标定板前后平移至另一位置固定,重复上述步骤,计算出激光条A'B'上各点在世界坐标系O-UVW下的三维坐标;

[0033] 基于获得的AB与A'B'上各点的三维坐标,拟合出线激光平面的位姿,以此完成检测系统的参数标定;

[0034] 测量左平面镜、右平面镜这两块平面镜与线结构光视觉系统的相对位置,获得两块平面镜的镜面反射关系,实现镜中虚像到物体实像之间的转换。

[0035] 较为优选的,所述步骤四具体可描述为:

[0036] 利用阈值分割、形态学处理和图像增强算法按序对采集得到的图像作预处理;

[0037] 利用区域分割算法,分别提取出投射在待检测油管接箍轴向截面左右两侧的线激光有效区域;使用Canny边缘算法对图像中线激光轮廓进行亚像素提取,得到线激光轮廓的像素信息;

[0038] 基于已标定的线结构光测量模型和对应平面镜的镜面反射关系,重建出待检测油管接箍轴向截面的三维轮廓。

[0039] 较为优选的,所述步骤五具体可描述为:

[0040] 从重建出的待检测油管接箍轴向截面两侧轮廓中分别提取出十个连续螺牙,并对提取的螺牙点云进行直线拟合,得到待检测油管接箍轴向截面两侧的中径线,并通过两条中径线计算出待检测油管接箍的轴线;

[0041] 在中径线的基础上,根据重建轮廓中各点与中径线之间的距离大小,分别提取出两侧轮廓的齿顶点和齿根点;

[0042] 根据提取的齿顶和齿高,分别拟合出待检测油管接箍两侧轮廓的齿顶包络线和齿根包络线;

[0043] 计算两侧轮廓中经线之间的夹角,即为待检测油管接箍的锥度;

[0044] 计算每侧十个连续螺牙在待检测油管接箍轴线上的投影长度,即为待检测油管接箍的螺距;

[0045] 过每个齿顶点做垂直于内螺纹轴线的垂线,计算出该垂线交同侧齿顶包络线和齿根包络线的点,该两点距离即为待检测油管接箍的齿高。

[0046] 本发明提供了一种基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统及方法,其中基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测方法中包括有如下步骤:步骤一、对基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统进行装配及调整;步骤二、对基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统的参数进行标定;步骤三、驱动基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统,完成对待检测油管接箍的图像采集;步骤四、对步骤三采集得到的图像进行处理,并重建出待检测油管接箍轴向截面的三维轮廓;步骤五、计算待检测油管接箍内螺纹的几何参数;步骤六、判断基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统是否需要继续给进检

测;在全部给进检测完成后,通过点云拼接算法,将所有给进检测的测量结果拼接形成完整的待检测油管接箍内螺纹三维轮廓。

[0047] 具有步骤特征的基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测方法以及基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统,其相比于现有技术而言,至少具备有如下优势:

[0048] 1、基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统,采用线结构光视觉方式检测内螺纹,具有测量同步性更好、精度更高、算法简单的优势;并且利用平面镜的光路反射原理,使线结构光系统具备转像窥视完整螺纹的能力,检测系统中的两块平面镜(左平面镜和右平面镜)相对于油管接箍左右对称分布,从而实现轴向截面上油管接箍左右两侧螺纹的直接测量,检测系统设计巧妙、简单,尤其适合油管接箍内螺纹这样空间受限的测量场合。

[0049] 2、基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测方法,相比于现有的常规测量方法,具有单次测量范围大的特点。一次测量即可获得多个螺牙的信息,能直接检测并计算出油管接箍内螺纹的螺距、锥度和齿高,测量效率更高;并且通过在检测系统中增加定位机构,降低了检测过程中的误差,保证了检测结果的精度,实现了对多规格油管接箍全长度内螺纹几何参数的检测和点云拼接重建,测量过程简单高效。

### 附图说明

[0050] 该附图用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明的实施例一起用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。

[0051] 图1为本发明提供的基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统的结构示意图。

[0052] 图2为本发明提供的基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测方法的流程图;

[0053] 图3为重建出的待检测油管接箍轴向截面的三维轮廓示意图。

[0054] 附图标记:1、待检测油管接箍;2、左平面镜;3、右平面镜;4、线激光器;5、相机;6、电控三轴运动导轨;7、系统夹具;8、双平面镜夹具;9、三角定位装置;10、油管接箍支架;11、线激光器夹具;12、相机夹具。

### 具体实施方式

[0055] 本发明提供了一种基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统及方法,该检测系统及方法针对现有内螺纹测量方法存在的问题,结合海洋油气装置中油管接箍内螺纹的使用工况及其全周损伤一致的事实,以提高内螺纹检测精度和效率为目标,根据内螺纹几何参数的定义方式,使用单次拍摄即可快速重建出内螺纹轴向截面两侧多个螺牙的三维轮廓,实现了三个几何参数的一体化测量;相比现有测量方法,具有检测装置更简单、单次测量牙数更多、测量效率和精度更高等优势。

[0056] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0057] 本发明提供了一种基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统,如图1所示,具体包括有如下结构单元:待检测油管接箍1、左平面镜2、右平面镜3(左平面镜2与右平面镜3

共同构成本发明检测系统所依据的双平面镜)、线激光器4、相机5、电控三轴运动导轨6、(L型)系统夹具7、双平面镜夹具8、三角定位装置9、油管接箍支架10、线激光器夹具11、相机夹具12。其中,左平面镜2和右平面镜3固定安装在双平面镜夹具8的两侧,相机5与线激光器4构成本发明检测系统的线结构光视觉系统;通过三角定位装置9和电控三轴运动导轨6的调整线激光器4,使其投射的线激光始与待检测油管接箍1的轴向截面重合。

[0058] 此外具体的,(L型)系统夹具7的短边上设置有螺纹孔;通过螺纹连接,系统夹具7的短边固定安装在电控三轴运动导轨6上;(L型)系统夹具7的长边上则安装有双平面镜夹具8、三角定位装置9、线激光器夹具11以及相机夹具12。

[0059] 其中,如图1所示,双平面镜夹具8由卡槽结构和立体支撑构成。卡槽结构用于放置由左平面镜2和右平面镜3构成的双平面镜,立体支撑用于保证双平面镜的安装固定。线激光器夹具11由半圆柱支撑架以及与半圆柱支撑架相配合的盖体构成;半圆柱支撑架与盖体之间通过螺栓连接,用于固定线激光器。相机夹具12为一钝角转接件,其一端通过螺栓与系统夹具7的长边固定连接,其另一端通过螺栓固定安装有相机5。

[0060] 此外,需要补充说明以下两点:其一、油管接箍支架10用于固定放置待检测油管接箍1,且油管接箍支架1的轴线方向与电控三轴运动导轨6的给进方向相同。其二、三角定位装置9设置在双平面镜夹具8和线激光器夹具11之间位置处。其外形呈圆环状,圆环状的外沿处设置有三角斜面。该三角斜面用于在油管接箍内螺纹参数检测系统对中时卡紧待检测油管接箍1的端面,从而确保线激光器4与待检测油管接箍1的轴线方向同轴。

[0061] 下面结合相应附图对本发明提供的基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统其工作过程进行如下简要描述:

[0062] 首先,按照测量需求对检测系统进行装配及调整,并完成对检测系统进行的参数标定。然后,令本检测系统深入待检测油管接箍1,具体使用本发明检测系统的相机5与线激光器4作为线结构光视觉系统,采集经左平面镜2、右平面镜3的待检测油管接箍1上的线激光图像;利用算法对所采图像进行处理,重建出待检测油管接箍1轴向截面的三维轮廓,并重建计算得到内螺纹的几何参数。

[0063] 在此过程中,对本检测系统的装配顺序做如下补充:线激光器4水平安装在系统夹具7的线激光器夹具11上,相机5则呈一定俯角安装在线激光器4的上方,从而共同组成线结构光视觉系统。然后,在本检测系统的前端添加安装左平面镜2和右平面镜3,两块平面镜与待检测油管接箍1的端面均呈 $45^\circ$ ,使线结构光视觉系统能观测待检测油管接箍1两侧无变形的牙型,以便本检测系统能同时重建待检测油管接箍1轴向截面左右两侧的轮廓,易于计算待检测油管接箍1的几何参数。

[0064] 以及,对本发明提供的基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统的结构参数具体补充参考如下:

[0065] 以美国石油协会标准的2-7/8英寸内螺纹为被测对象,其内径尺寸为73mm。因此,相机5选用分辨率 $1440 \times 1080$ 像素、靶面1/2.1英寸、CCD类型传感器、像素尺寸 $3.45 \times 3.45\text{mm}$ 的镜头和12mm定焦镜头进行高精度成像;选用能投射线宽 $50\mu\text{m}$ 、波长460nm、投射角 $40^\circ$ 蓝色光的线激光器4,保障了高精度测量。同时,较为优选的,左平面镜2和右平面镜3为保证最大能力对内螺纹螺牙成像,将其优选设计为异形切割且镜像对称的平面镜,例如将其设计为五边形,其高选择为35mm,底边宽度选择为35mm,高与底边夹角选择为 $90^\circ$ ,最大宽



度尺寸选择为50mm,最大宽度对应的短边长选择为3mm,短边中点的高度选择为14mm。

[0066] 另一方面,如图2所示,本发明还提供了一种基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测方法,包括有如下步骤:

[0067] 步骤一、对基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统进行装配及调整。

[0068] 具体的,首先,将左平面镜2、右平面镜3的两块平面镜分别卡入双平面镜夹具8的槽内,并利用螺钉进行固定,保证其安装角度。再用螺栓和螺钉分别将线激光器4、相机5固定。接着,将检测系统整体通过系统夹具7安装在电控三轴运动导轨6上,并利用三角定位装置9和电控三轴运动导轨6微调检测系统位置,使待检测油管接箍1轴线与线激光器4轴线重合,保证检测系统所测截面为待检测油管接箍1的轴向截面。然后,拆下三角定位装置9,在测量物距下标定线结构光测量模型。

[0069] 在完成步骤一后,继续步骤二、对基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统的参数进行标定。

[0070] 具体的,作为本发明的一种较为优选的实施方式,该步骤二可具体描述为:

[0071] 在测量物距下放置标定板。

[0072] 其中,本实施例中使用15张不同位姿的棋盘格标定板作为标定板进行数据描述说明。具体的,基于标定板的先验参数,并采用张氏标定法(参考)标定出相机内参数矩阵和外

$$\text{参数矩阵分别为: } K = \begin{bmatrix} 12.629 & 0 & 748.978 \\ 0 & 12.629 & 572.345 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$M = \begin{bmatrix} -0.0416 & -0.9990 & -0.0119 & 0.0002 \\ 0.9562 & -0.0364 & -0.2901 & -0.0026 \\ 0.2894 & -0.0235 & 0.9569 & 0.1643 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}。$$

[0073] 以标定板中心为原点0、垂直标定板向上的方向为W轴、平行标定板两边的方向分别为U轴与V轴,建立世界坐标系0-UVW,并使得线激光平面能经过原点0。

[0074] 通过相机5采集标定板图像,以确定相机5坐标系在世界坐标系0-UVW下的位姿。

[0075] 开启线激光器4,将线激光投射在标定板上;设激光平面与标定板相交于直线AB,利用灰度重心法提取图像中激光条AB上的所有点,再依据已标定的系统参数,计算出激光条AB上各点的三维坐标。

[0076] 将标定板前后平移至另一位置固定,重复上述步骤,计算出激光条A'B'上各点在世界坐标系0-UVW下的三维坐标。

[0077] 基于获得的AB与A'B'上各点的三维坐标,拟合出线激光平面的位姿,以此完成检测系统的参数标定。值得注意的是,拟合出世界坐标系0-UVW下线激光平面的位姿,计算得光平面的参数为:  $A = -0.0291857$ 、 $B = 0.950553$ 、 $C = 0.309189$ 。

[0078] 测量左平面镜2、右平面镜3这两块平面镜与线结构光视觉系统的相对位置,获得两块平面镜的镜面反射关系,实现镜中虚像到物体实像之间的转换。

[0079] 需要补充说明的一点是,对本发明提供的基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统的参数进行标定的过程中,其依托的线结构光视觉测量模型的公式推导过程可描述为:

[0080] 首先,设P点为线结构光与被测物体间的某一交点;该P点在世界坐标系下的坐标为  $P_W = (X_W, Y_W, Z_W)^T$ ,其映射在像平面坐标系下对应点为  $p' = (u, v)^T$ ,经透视变换可得:

$$[0081] \quad S \cdot p' = M \cdot W \cdot P_W = H \cdot P_W \quad (\text{式1});$$

[0082] 其中,矩阵M、W分别为相机5的内参数矩阵与外参数矩阵,M和W构成 $4 \times 4$ 的矩阵H,S为尺度因子。

[0083] 设线结构光在世界坐标系下的平面方程式如下:

$$[0084] \quad a \cdot X_W + b \cdot Y_W + c \cdot Z_W = 1 \quad (\text{式2});$$

[0085] 将式(1)和式(2)综合可得到线结构光视觉测量模型,展开可得如下的四元一次方程组:

$$[0086] \quad \begin{cases} S \cdot v = H_{00} \cdot X_W + H_{01} \cdot Y_W + H_{02} \cdot Z_W + H_{03} \\ S \cdot v = H_{10} \cdot X_W + H_{11} \cdot Y_W + H_{12} \cdot Z_W + H_{13} \\ S = H_{20} \cdot X_W + H_{21} \cdot Y_W + H_{22} \cdot Z_W + H_{23} \\ a \cdot X_W + b \cdot Y_W + c \cdot Z_W = 1 \end{cases} \quad (\text{式3});$$

[0087] 由线结构光视觉测量模型可知,在获得相机5的内参数矩阵与外参数矩阵以及线结构光平面方程后,根据线结构光的像平面坐标计算得到对应点在世界坐标系下的三维坐标,计算公式如下:

[0088]

$$\begin{cases} X_W = \frac{(b_1 \cdot c_2 - b_2 \cdot c_1 + b_1 \cdot c \cdot d_2 - b_2 \cdot c \cdot d_1 - b \cdot c_1 \cdot d_2 + b \cdot c_2 \cdot d_1)}{(a \cdot b_1 \cdot c_2 - a \cdot b_2 \cdot c_1 - a_1 \cdot b \cdot c_2 + a_1 \cdot b_2 \cdot c + a_2 \cdot b \cdot c_1 - a_2 \cdot b_1 \cdot c)} \\ Y_W = \frac{-(a_1 \cdot c_2 - a_2 \cdot c_1 - a \cdot c_1 \cdot d_2 + a \cdot c_2 \cdot d_1 + a_1 \cdot c \cdot d_2 - a_2 \cdot c \cdot d_1)}{(a \cdot b_1 \cdot c_2 - a \cdot b_2 \cdot c_1 - a_1 \cdot b \cdot c_2 + a_1 \cdot b_2 \cdot c + a_2 \cdot b \cdot c_1 - a_2 \cdot b_1 \cdot c)} \\ Z_W = \frac{(a_1 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1 - a \cdot b_1 \cdot d_2 + a \cdot b_2 \cdot d_1 + a_1 \cdot b \cdot d_2 - a_2 \cdot b \cdot d_1)}{(a \cdot b_1 \cdot c_2 - a \cdot b_2 \cdot c_1 - a_1 \cdot b \cdot c_2 + a_1 \cdot b_2 \cdot c + a_2 \cdot b \cdot c_1 - a_2 \cdot b_1 \cdot c)} \end{cases} \quad (\text{式4});$$

4);

[0089] 其中：

$$a_1 = H_{20} \cdot u - H_{00}, \quad b_1 = H_{21} \cdot u - H_{01}, \quad c_1 = H_{22} \cdot u - H_{02}, \quad d_1 = H_{23} \cdot u - H_{03},$$

$$a_2 = H_{20} \cdot v - H_{10}, \quad b_2 = H_{21} \cdot v - H_{11}, \quad c_2 = H_{22} \cdot v - H_{12}, \quad d_2 = H_{23} \cdot v - H_{13},$$

矩阵H的对应分量。

[0090] 在完成步骤二后,继续步骤三、驱动基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统,完成对待检测油管接箍的图像采集。

[0091] 具体的,完成检测系统的参数标定后,驱动电控三轴运动导轨6带动本检测系统伸入待检测油管接箍1中,并用相机5同时采集左平面镜2、右平面镜3中待检测油管接箍1轴线截面的线激光图像。

[0092] 在完成步骤三后,继续步骤四、对步骤三采集得到的图像进行处理,并重建出待检测油管接箍轴向截面的三维轮廓；

[0093] 作为本发明的一种较为优选的实施方式,该步骤四具体可描述为：

[0094] 利用阈值分割、形态学处理和图像增强算法按序对采集得到的图像作预处理。

[0095] 其中,对采集得到的图像作预处理的目的在于去除上述图像中的噪声,增强图像中感兴趣的待检测油管接箍1轮廓信息,其中可将最小灰度阈值设定为100。

[0096] 利用区域分割算法,分别提取出投射在待检测油管接箍1轴向截面左右两侧的线激光有效区域;其中,区域分割过程中设置的分割像素边界分别可参考为[0,0]与[720,1080],以及[720,0]与[1440,1080]。

[0097] 然后,使用Canny边缘算法对图像中线激光轮廓进行亚像素提取,得到线激光轮廓的像素信息。最后,基于已标定的线结构光测量模型和对应平面镜的镜面反射关系,重建出待检测油管接箍1轴向截面的三维轮廓。其中,重建出的待检测油管接箍1轴向截面的三维轮廓如图3所示,图3中X、Y、Z轴分别为三维轮廓所处的坐标系,图中所示的两条曲线为重建出的待检测油管接箍1轴向截面螺纹的轴向轮廓;可以看到,本发明通过一次成像即可重建出十多个螺牙的轴向轮廓,而上述螺牙的轴向轮廓又可以进一步用于计算出内螺纹螺距、锥度和齿高等内螺纹的几何参数。

[0098] 在完成步骤四后,继续步骤五、计算待检测油管接箍内螺纹的几何参数。

[0099] 作为本发明的一种较为优选的实施方式,步骤五具体可描述为：

[0100] 从重建出的待检测油管接箍1轴向截面两侧轮廓中分别提取出十个连续螺牙,并对提取的螺牙点云进行直线拟合,得到待检测油管接箍1轴向截面两侧的中径线,并通过两条中径线计算出待检测油管接箍1的轴线。

[0101] 值得注意的是,基于前述步骤所得的重建的待检测油管接箍1轴向截面左右两侧的三维轮廓,分别提取十个连续螺牙,并进行三维直线拟合后,得出两侧螺纹的中径线分别

$$\text{为: } \frac{X+0.03921}{0.026} = \frac{Y-0.04829}{-0.3012} = \frac{Z}{1} \quad \text{和} \quad \frac{X-0.04165}{-0.04163} = \frac{Y-0.054}{-0.32} = \frac{Z}{1},$$

直线的角平分线即待检测油管接箍1的轴线。

[0102] 而后,在中径线的基础上,根据重建轮廓中各点与中径线之间的距离大小,分别提

取出两侧轮廓的齿顶点和齿根点。

[0103] 根据提取的齿顶和齿高,分别拟合出待检测油管接箍1两侧轮廓的齿顶包络线和齿根包络线;

[0104] 计算两侧轮廓中经线之间的夹角,即为待检测油管接箍1的锥度;

[0105] 计算每侧十个连续螺牙在待检测油管接箍1轴线上的投影长度,即为待检测油管接箍1的螺距;

[0106] 过每个齿顶点做垂直于内螺纹轴线的垂线,计算出该垂线交同侧齿顶包络线和齿根包络线的点,该两点距离即为待检测油管接箍的齿高。

[0107] 其中,基于上述数据继续计算,计算可得十个螺牙段在待检测油管接箍1轴线上投影的长度为25.4384mm和25.4167mm,分别为待检测油管接箍1两侧螺牙的螺距。根据待检测油管接箍1两侧轮廓的齿顶包络线和齿根包络线,可计算左侧轮廓上十个连续螺牙的齿高分别为1.41272mm、1.44477mm、1.34299mm、1.41677mm、1.34631mm、1.39053mm、1.34813mm、1.41469mm、1.40484mm、1.46531mm,右侧轮廓上十个连续螺牙的齿高分别为1.4808mm、1.40133mm、1.38706mm、1.37552mm、1.41482mm、1.44698mm、1.397518mm、1.42293mm、1.43149、1.37851mm,由此根据两侧螺牙的中经线计算得到锥度为67.2mm/m。

[0108] 此外,作为本发明的一种较为优选的实施方式,本发明提供的基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测方法中,还包括有如下步骤:

[0109] 在完成步骤五后,继续步骤六、判断基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统是否需要继续给进检测;

[0110] 在全部给进检测完成后,通过点云拼接算法,将所有给进检测的测量结果拼接形成完整的待检测油管接箍1内螺纹三维轮廓。

[0111] 值得注意的是,针对部分较长的待检测油管接箍,计算出的螺牙(数量)可能无法满足判断整体内螺纹质量的需要,因此需要进一步对本发明提供的基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统是否需要继续给进检测进行判断。

[0112] 进检测时,由电控三轴运动导轨6带动本发明检测系统的线结构光视觉系统沿待检测油管接箍1轴向进给,并重复进行图像采集、图像处理、三维重建和内螺纹几何参数计算的步骤,以获得更多的内螺纹信息。而后,通过点云拼接算法,将所有进给测量结果拼接形成完整的内螺纹三维轮廓,以便准确判断待检测油管接箍1的内螺纹质量。

[0113] 至此,本发明提供了一种基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测方法实现了一次重建即可得出内螺纹的多条轴向截面三维轮廓,以及计算内螺纹螺距、齿高和锥度等几何参数的目的。

[0114] 本发明提供了一种基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统及方法,其中基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测方法中包括有如下步骤:步骤一、对基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统进行装配及调整;步骤二、对基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统的参数进行标定;步骤三、驱动基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统,完成对待检测油管接箍的图像采集;步骤四、对步骤三采集得到的图像进行处理,并重建出待检测油管接箍轴向截面的三维轮廓;步骤五、计算待检测油管接箍内螺纹的几何参数;步骤六、判断基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统是否需要继续给进检测;在全部给进检测完成后,通过点云拼接算法,将所有给进检测的测量结果拼接形成完整

的待检测油管接箍内螺纹三维轮廓。

[0115] 具有步骤特征的基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测方法以及基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统,其相比于现有技术而言,至少具备有如下优势:

[0116] 1、基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测系统,采用线结构光视觉方式检测内螺纹,具有测量同步性更好、精度更高、算法简单的优势;并且利用平面镜的光路反射原理,使线结构光系统具备转像窥视完整螺纹的能力,检测系统中的两块平面镜(左平面镜和右平面镜)相对于油管接箍左右对称分布,从而实现轴向截面上油管接箍左右两侧螺纹的直接测量,检测系统设计巧妙、简单,尤其适合油管接箍内螺纹这样空间受限的测量场合。

[0117] 2、基于双平面镜的油管接箍内螺纹参数检测方法,相比于现有的常规测量方法,具有单次测量范围大的特点。一次测量即可获得多个螺牙的信息,能直接检测并计算出油管接箍内螺纹的螺距、锥度和齿高,测量效率更高;并且通过在检测系统中增加定位机构,降低了检测过程中的误差,保证了检测结果的精度,实现了对多规格油管接箍全长度内螺纹几何参数的检测和点云拼接重建,测量过程简单高效。

[0118] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

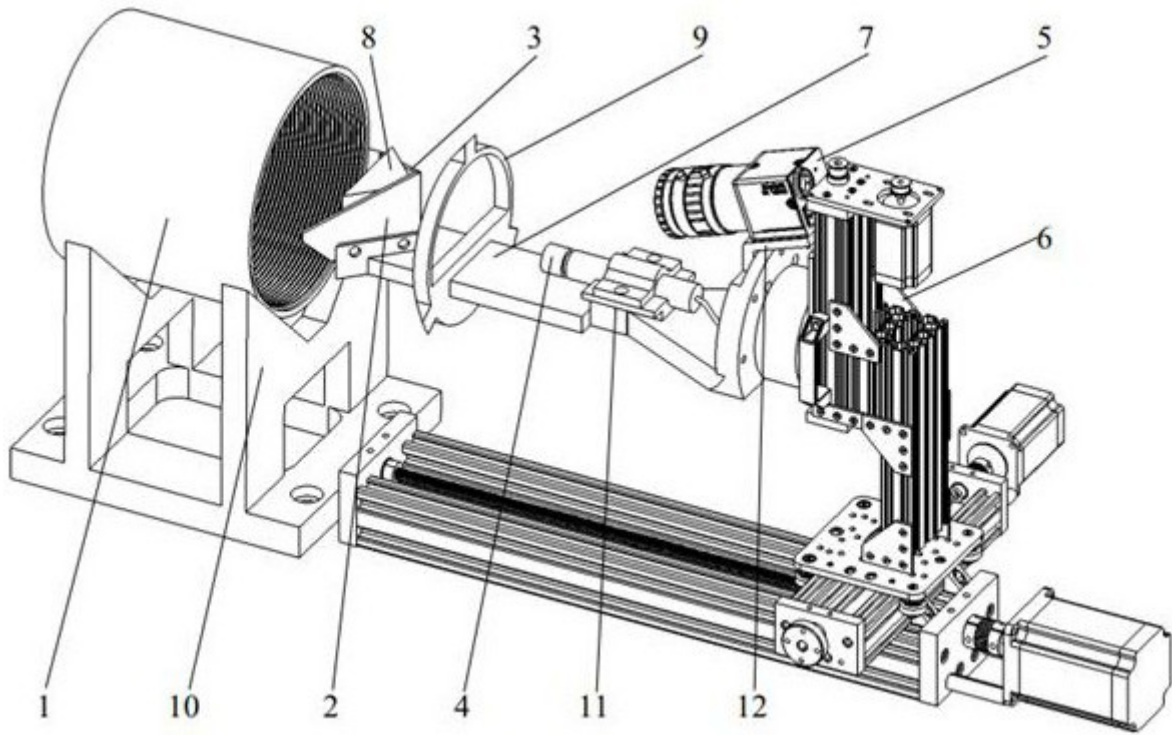


图 1

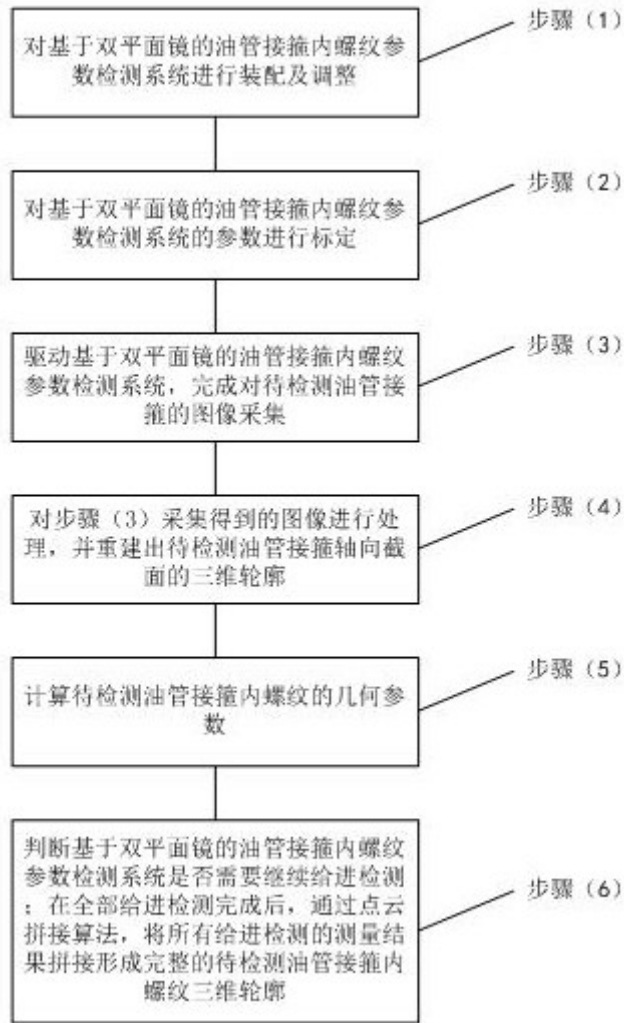


图 2

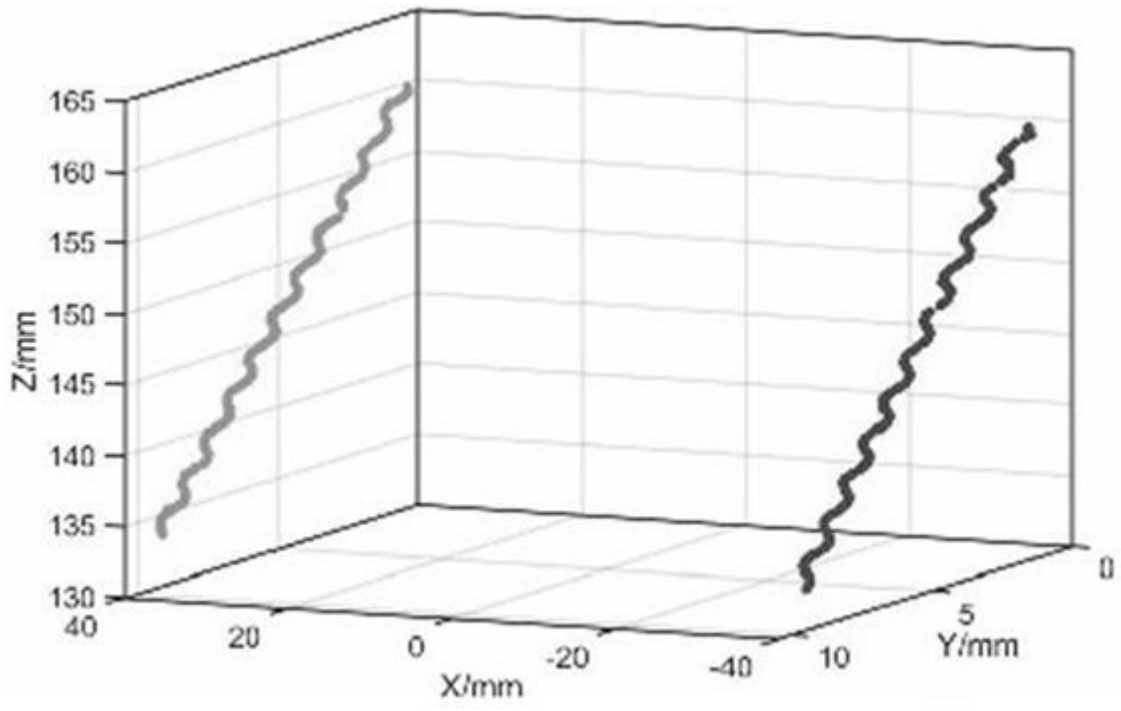


图 3