



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118009877 A

(43) 申请公布日 2024.05.10

(21) 申请号 202410066603.5

B25B 11/00 (2006.01)

(22) 申请日 2024.01.17

(71) 申请人 湘潭大学

地址 411105 湖南省湘潭市雨湖区羊牯塘  
街道湘潭大学

(72) 发明人 张越 石涛 王衍 谢胜兵

舒中洋 陈科希 常亚坤 王涛

(51) Int. Cl.

G01B 11/00 (2006.01)

G01B 5/00 (2006.01)

G01B 11/24 (2006.01)

G01B 11/02 (2006.01)

G01B 21/04 (2006.01)

B23B 23/00 (2006.01)

B23B 31/103 (2006.01)

B23Q 5/26 (2006.01)

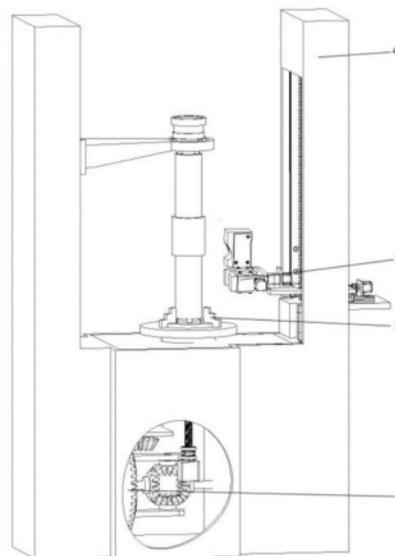
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

一种复杂柱类零部件精密测量装置及其标定方法

(57) 摘要

本发明公开了一种复杂柱类零部件精密测量装置及其标定方法,属于柱类零部件智能制造、精密测量技术领域。该装置由运动驱控单元、复合装夹单元、双测头单元和机架所组成,复合装夹单元设计有更换式夹持模块和新型顶尖,具备双顶尖式夹紧和卡盘-顶尖式夹紧两种模式,可满足柱类零部件的全工况装夹;其次,双测头单元利用两个线结构光测头可获取工件全尺寸信息;并且,运动驱控单元采用差速齿轮系,仅靠单个电机即可完成工件的装夹与测量,进一步降低成本、简化操作;另外标定方法根据组合特征实时校准测头位姿,保证了测量精度;本发明可实现对复杂柱类零部件的全工况装夹和全信息测量,精度高、成本低,具备较强实用性与通用性。



1. 一种复杂柱类零部件精密测量装置,其特征在于:由运动驱控单元(1)、复合装夹单元(2)、双测头单元(3)和机架(4)共四个部分所组成。

2. 根据权利要求1所述的运动驱控单元(1),其特征在于:包括线性运动电机(1.1)、差速齿轮系(1.2)、顶尖蜗杆(1.3)、顶尖蜗轮(1.4)、顶尖丝杠(1.5)、上顶尖平台(1.6)、上顶尖(1.7)、换向齿轮组(1.8)、测头蜗杆(1.9)、测头蜗轮(1.10)、测头丝杠(1.11)、旋转运动电机(1.12)、齿轮(1.13)、旋转台(1.14)、圆光栅(1.15)、光栅尺(1.16);

所述线性运动电机(1.1)通过螺栓固定在机架(4)上,其输出轴与差速齿轮系(1.2)连接;差速齿轮系(1.2)左端输出轴与顶尖蜗杆(1.3)连接;顶尖蜗轮(1.4)与顶尖蜗杆(1.3)啮合的同时通过平键与顶尖丝杠(1.5)连接,上顶尖平台(1.6)与顶尖丝杠(1.5)通过螺纹连接,与垂直方向的导轨滑块通过螺钉连接,与上顶尖(1.7)通过圆锥滚子轴承连接;

所述差速齿轮系(1.2)右端的输出轴通过联轴器与换向齿轮组(1.8)的输入轴连接;换向齿轮组(1.8)的输出轴与测头蜗杆(1.9)连接,测头蜗轮(1.10)与测头蜗杆(1.9)啮合的同时与测头丝杠(1.11)通过平键连接,双测头单元(3)通过螺纹连接在测头丝杠(1.11)上,同时与垂直方向的导轨滑块通过螺钉连接;光栅尺(1.16)通过螺钉固定在机架(4)内壁上;

所述旋转台(1.14)为空心圆柱结构,内圈设有花键槽,外圈下部存在轮齿;齿轮(1.13)与旋转台(1.14)下部的轮齿啮合;圆光栅(1.15)外圈读数头固定在机架(4)内壁上,内圈通过螺钉与旋转台(1.14)颈部连接。

3. 根据权利要求1所述的复合装夹单元(2),其特征在于:包括下顶尖电机(2.1)、下顶尖丝杠(2.2)、下顶尖平台(2.3)、导轨滑块(2.4)、下顶尖(2.5)、三爪卡盘(2.6);

下顶尖丝杠(2.2)与下顶尖电机(2.1)的输出轴通过联轴器连接,同时与下顶尖平台(2.3)通过螺纹连接,下顶尖平台(2.3)与导轨滑块(2.4)中的滑块通过螺钉连接;下顶尖(2.5)与下顶尖平台(2.3)通过止推轴承连接,同时与运动驱控单元(1)中的旋转台(1.14)的内圈通过花键连接;三爪卡盘(2.6)固定在旋转台(1.14)上端面;

所述下顶尖(2.5)和上顶尖(1.7)结构相同,包括顶盖(2.7)、缓冲弹簧(2.8)、推杆(2.9)、推头(2.10)、滚珠串(2.11)、滚珠弹簧(2.12)、底盖(2.13)、顶尖头(2.14);

所述推头(2.10)搭接在底盖(2.13)上,其侧面均匀分布有四组滚珠串(2.11)和滚珠弹簧(2.12),同时底部与顶尖头(2.14)通过螺纹连接;底盖(2.13)与顶盖(2.7)通过螺纹连接,两者中间的空腔中安置有推杆(2.9)和缓冲弹簧(2.8),缓冲弹簧(2.8)一端固定在顶盖(2.7)上,另一端固定在推杆(2.9)上;

所述滚珠串(2.11)由上下两个滚珠使用连杆连接组成,上方的滚珠可以沿连杆方向微动。

4. 根据权利要求1所述的双测头单元(3),其特征在于:包括z轴移动台(3.1)、x轴电机(3.2)、x轴电机支架(3.3)、x轴丝杠(3.4)、x轴移动台(3.5)、x轴舵机(3.6)、x轴舵机支架(3.7)、带座轴承(3.8)、x轴摆动支架(3.9)、y轴舵机(3.10)、y轴摆动支架(3.11)、测头支架(3.12)、第一测头(3.13)、第二测头(3.14);

所述第一测头(3.13)通过螺钉固定在y轴摆动支架(3.11)上;第二测头(3.14)通过测头支架(3.12)固定在y轴摆动支架(3.11)上,与第一测头(3.13)共同组成相互垂直的双测头;x轴舵机(3.6)通过x轴舵机支架(3.7)和螺钉固定在x轴移动台(3.5)上,其输出轴与x轴摆动支架(3.9)连接,在x轴摆动支架(3.9)和x轴舵机(3.6)之间设置两个带座轴承(3.8);y

轴舵机(3.10)通过螺钉固定在x轴摆动支架(3.9)侧面,其输出轴通过联轴器与y轴摆动支架(3.11)连接;x轴电机(3.2)通过x轴电机支架(3.3)和螺钉固定在z轴移动台(3.1)上,同时其输出轴与x轴丝杠(3.4)通过联轴器连接;x轴移动台(3.5)与x轴丝杠(3.4)通过螺纹连接,同时与x轴方向上的导轨滑块通过螺钉连接;所述z轴移动台(3.1)设有螺纹孔,与测头丝杠(1.11)通过螺纹连接,与z轴方向的导轨滑块通过螺钉连接。

5.一种标定方法,基于权利要求1所述的一种复杂柱类零部件精密测量装置,其特征在于:具体步骤如下:

S1:双测头在x轴和z轴方向复位,光栅尺归零;

S2:装夹标定件;

S3:沿x轴方向调整双测头位置;

电机(3.2)调整双测头x轴方向位置,使标定件位于线结构光的最佳测量范围内;

S4:修正X轴角度误差;

x轴舵机(3.6)调整双测头姿态,使其绕x轴旋转,直至第一测头(3.13)呈现的坐标特征为直线;

S5:修正Y轴角度误差;

y轴舵机(3.10)调整双测头姿态,使其绕y轴旋转,直至第二测头(3.14)呈现的坐标特征为正圆;

至此,双测头呈现的组合特征为直线和正圆,测量精度已在可接受范围内。

## 一种复杂柱类零部件精密测量装置及其标定方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种包括运动驱控单元、复合装夹单元、双测头单元和机架的复杂柱类零部件精密测量装置及其标定方法,属于柱类零部件智能制造、精密测量技术领域。

### 背景技术

[0002] 根据云商智库发布的《全球和中国轴类零件市场研究报告》,全球轴柱类零件市场规模将达到6870亿美元。如何保证复杂柱类零件制造质量,首要的是保证柱类零部件关键的几何尺寸指标满足设计要求。由于目前复杂化、三维修形、拓扑优化等在零部件设计与生产中的广泛应用,传统的接触式测量在复杂柱类零部件装夹、检测中测量项目不完整、耗时、耗人力,缺乏其精密测量装置与精确标定的方法,已成为行业的共识,且复杂柱类零部件快速检测已有较大的市场实际需求。传统的接触式测量方法在复杂柱类零部件的装夹和检测中存在一些问题,例如测量项目不完整、费时费力、缺乏精密测量装置和准确标定的方法等,因此,在复杂柱类零部件快速检测行业,传统的接触式测量方法已经无法满足日益膨胀的市场需求。

[0003] 当前,复杂的柱类零部件的快速检测主要有量仪接触式测量和专用非接触装置测量两类方式:(1)量仪接触式测量一般采用三爪卡盘或台钳将待测柱状零部件固定后,用千分尺,游标卡尺等传统量仪获取出柱类零部件尺寸参数,进而评估制造精度和质量,存在效率较低、易受随机误差影响、重复性差等问题,且无法捕获柱状零件表面全部的尺寸信息;(2)专用非接触装置测量是设计特殊结构及装置以复杂轨迹跟踪形式得到柱类零部件实际尺寸指标。专利CN114192818A提供了一种长轴类工件装夹测量的方法,该装置使用液压卡盘夹紧待测工件,以绝对式编码器半闭环测得长轴类工件的长度,装置操作简便,缺点是仅能测量长度,无法捕获柱状零件表面全部的尺寸信息。其次,专利CN110044299A提供了一种柱类零件非接触式检测装置,由于采用卧式装夹,待测长轴柱类零件会出现微变形,且缺少待测零件轴线的转动,若测头存在沿垂直于零件轴线方向的安装误差,则会影响装置的测量精度与准确性。再者,专利CN110095101B提供了一种用点结构光进行柱状零件测量和坐标系标定的装置,可以通过调节微动旋钮检查测头激光束是否经过待测工件的轴线,但因其采用手动调节的方式,无法实时校准测头位姿,动态测量精度无法得到保证。在待测柱状零件的装夹方面,上述装置均只支持卡盘装夹一种装夹模式,适用的工况非常有限导致装置的通用性差,且在装夹的精度、刚度以及拆装速度方面卡盘装夹的表现不如顶尖装夹方式。综上所述,当前柱类零件检测装置存在测量尺寸信息不完整、测量重复性差、实时动态测量精度不足、装夹功能适用工况有限等问题,亟待开发新一代装夹与测量一体化的柱类零部件快速测量装置。

[0004] 为克服以上问题,本发明公开一种复杂柱类零部件精密测量装置及其标定方法,综合考虑了前述测量装置和方法的不足,在待测零件的装夹方面,设计更换式夹持模块和新型顶尖,可选择双顶尖式夹紧或卡盘-顶尖式夹紧,涵盖复杂柱类零部件全工况夹持模式;其次,在标定方法和测量方面,设计相互垂直的两个线结构光测头,创新性地根据组合

特征实时校准测头位姿,可解决精密测量核心问题,保证动态测量精度;并且,在传动方面采用差速齿轮系,仅需单个电机驱动即可完成装夹与测量两个工序,在实现所需装夹与测量功能的同时降低了装置的生产成本和操作难度。

### 发明内容

[0005] 本发明用于解决现有柱类零件装夹通用性差、测量时获取尺寸信息不完整以及标定导致测量精度差、测量结果不准确的问题,提供了一种柱类零件装夹及测量装置。

[0006] 本发明针对现有柱类零件测量装置存在的问题,进行原理性创新,基本思想是:①通过丝杠与导轨滑块实现卡盘-顶尖与上下双顶尖两种装夹模式的切换,实现全工况装夹;并且为实现对特定复杂柱零件的过约束装夹和对柔性细长型柱类零件缓冲施力设计了新型的顶尖,减小工件测量损伤。②为保证获取柱类零件测量数据的准确性,提出了一种以组合特征为基础的实时标定方法,设计了与该标定方法相对应的由两个线结构光测头相互垂直安装组成的双测头单元,保障动态测量过程中的测量精度。③采用差速齿轮系实现一个电机同时进行装夹和测量两个工序,且在测量工序中通过线结构光测头捕获柱状零件表面全部的尺寸信息。

[0007] 为实现上述目的和原理,本发明的技术方案如下:

[0008] 一种柱类零件装夹与测量装置由运动驱控单元1、复合装夹单元2、双测头单元3和机架4共四部分所组成;

[0009] 所述运动驱控单元1可实现线性运动和旋转运动两个工序,包括线性运动电机1.1、差速齿轮系1.2、顶尖蜗杆1.3、顶尖蜗轮1.4、顶尖丝杠1.5、上顶尖平台1.6、上顶尖1.7、换向齿轮组1.8、测头蜗杆1.9、测头蜗轮1.10、测头丝杠1.11、旋转运动电机1.12、齿轮1.13、旋转台1.14、圆光栅1.15、光栅尺1.16;

[0010] 所述线性运动电机1.1通过螺栓固定在机架4上,其输出轴与差速齿轮系1.2连接并带动其进行转动;差速齿轮系1.2左端输出轴与顶尖蜗杆1.3以联轴器连接;顶尖蜗轮1.4与顶尖蜗杆1.3啮合的同时通过平键与顶尖丝杠1.5连接并驱动其转动,上顶尖平台1.6与顶尖丝杠1.5通过螺纹连接,与垂直方向的导轨滑块通过螺钉连接,与上顶尖1.7通过圆锥滚子轴承连接,通过丝杠传动结合导轨的导向作用带动上顶尖1.7在垂直方向上移动,使柱类零件得以装夹;其中采用的蜗轮蜗杆传动可保障装夹工序的自锁特性和自适应性;

[0011] 所述差速齿轮系1.2带动左侧上顶尖1.7在垂直方向上移动的同时,能使右侧的双测头单元3在垂直方向上沿导轨做线性运动;差速齿轮系1.2右端的输出轴通过联轴器与换向齿轮组1.8的输入轴连接,并带动其进行转动;换向齿轮组1.8的输出轴与测头蜗杆1.9通过联轴器连接,测头蜗轮1.10与测头蜗杆1.9啮合的同时与测头丝杠1.11通过平键连接,实现测头丝杠1.11转动;双测头单元3通过螺纹连接在测头丝杠1.11上,同时与垂直方向的导轨滑块通过螺钉连接,丝杠传动结合导轨的导向作用可实现双测头单元3沿垂直方向的线性移动;光栅尺1.16通过螺钉固定在机架4内壁上,可实时测得双测头单元3沿导轨在垂直方向上的移动距离,以此实现对双测头单元3线性位置的闭环控制;

[0012] 所述的换向齿轮组1.8为市面上通用的手动换挡零部件;

[0013] 所述旋转台1.14为空心圆柱结构,内圈设有花键槽,外圈下部存在轮齿;齿轮1.13与旋转台1.14下部的轮齿啮合,通过旋转运动电机1.12正反转来控制齿轮1.13转动,进而

实现旋转台1.14的旋转;圆光栅1.15外圈读数头固定在机架4内壁上,内圈通过螺钉与旋转台1.14颈部连接,用来获取旋转台1.14的旋转角度,并以此实现对旋转台1.14旋转角度的闭环控制;

[0014] 所述复合装夹单元2包括下顶尖电机2.1、下顶尖丝杠2.2、下顶尖平台2.3、导轨滑块2.4、下顶尖2.5、三爪卡盘2.6;

[0015] 下顶尖丝杠2.2与下顶尖电机2.1的输出轴通过联轴器连接,同时与下顶尖平台2.3通过螺纹连接,下顶尖平台2.3与导轨滑块2.4中的滑块通过螺钉连接,从而可在丝杠传动下沿竖直方向做线性运动;下顶尖2.5与下顶尖平台2.3通过止推轴承连接,同时与运动驱控单元1中的旋转台1.14的内圈通过花键连接,使其可随旋转台1.14同步旋转;三爪卡盘2.6固定在旋转台1.14上端面,可随旋转台1.14同步旋转;

[0016] 所述下顶尖2.5和上顶尖1.7结构相同,包括顶盖2.7、缓冲弹簧2.8、推杆2.9、推头2.10、滚珠串2.11、滚珠弹簧2.12、底盖2.13、顶尖头2.14;

[0017] 所述推头2.10搭接在底盖2.13上,其侧面均匀分布有四组滚珠串2.11和滚珠弹簧2.12,同时底部与顶尖头2.14通过螺纹连接;底盖2.13与顶盖2.7通过螺纹连接,两者中间的空腔中安置有推杆2.9和缓冲弹簧2.8,缓冲弹簧2.8一端固定在顶盖2.7上,另一端固定在推杆2.9上,通过推杆2.9的运动使得缓冲弹簧2.8被压缩,从而实现缓冲施力的效果;

[0018] 所述滚珠串2.11由上下两个滚珠使用连杆连接组成,上方的滚珠可以沿连杆方向微动;滚珠串2.11中下方的滚珠伸入复杂柱类零件内部,上方的滚珠与零件端面接触,在零件端面的挤压下上方的滚珠沿滑槽向远离下方滚珠的方向微动,微动到连杆所允许的极限距离时,上方的滚珠开始通过连杆拉扯下方的滚珠,从而使下方的滚珠对零件内壁施力 $F_2$ ,限制零件的径向运动和轴向运动,同时上方的滚珠对零件端面施力 $F_1$ ,限制零件的径向运动和轴向运动;通过 $F_1$ 和 $F_2$ 在径向和轴向的过约束,增强复杂柱类零件装夹的稳定性;待测零件装夹完毕后,通过检查是否有滚珠串2.11松动来判断零件的轴线是否与顶尖轴线重合;

[0019] 所述的复合装夹单元2依据上述结构可以实现卡盘-顶尖与双顶尖两种装夹模式;

[0020] 卡盘-顶尖装夹模式:下顶尖电机2.1驱动下顶尖2.5下降至旋转台1.14内部,三爪卡盘2.6基于自定心原理夹紧待测柱状零件下部,线性运动电机1.1驱动上顶尖1.7下降与柱状零件上部锥形孔相配合,完成待测零件的装夹;

[0021] 双顶尖装夹模式:三爪卡盘2.6的卡爪向外张开,下顶尖电机2.1驱动下顶尖2.5上升到旋转台1.14正上方,线性运动电机1.1驱动上顶尖1.7下降,与下顶尖2.5配合夹紧待测柱状零件;

[0022] 两种装夹模式使复合装夹单元2满足于不同工况和不同截面尺寸柱类零件的装夹需求,增强了装置装夹功能的通用性;

[0023] 所述双测头单元3包括z轴移动台3.1、x轴电机3.2、x轴电机支架3.3、x轴丝杠3.4、x轴移动台3.5、x轴舵机3.6、x轴舵机支架3.7、带座轴承3.8、x轴摆动支架3.9、y轴舵机3.10、y轴摆动支架3.11、测头支架3.12、第一测头3.13、第二测头3.14;

[0024] 第一测头3.13通过螺钉固定在y轴摆动支架3.11上;第二测头3.14通过测头支架3.12固定在y轴摆动支架3.11上,与第一测头3.13共同组成相互垂直的双测头;x轴舵机3.6通过x轴舵机支架3.7和螺钉固定在x轴移动台3.5上,其输出轴与x轴摆动支架3.9连接并带

动其进行转动,实现双测头在x轴上自由旋转,为增强稳定性,在x轴摆动支架3.9和x轴舵机3.6之间设置了两个带座轴承3.8;y轴舵机3.10通过螺钉固定在x轴摆动支架3.9侧面,其输出轴通过联轴器与y轴摆动支架3.11连接,实现双测头在y轴上自由旋转;x轴电机3.2通过x轴电机支架3.3和螺钉固定在z轴移动台3.1上,同时其输出轴与x轴丝杠3.4通过联轴器连接;x轴移动台3.5与x轴丝杠3.4通过螺纹连接,同时与x轴方向上的导轨滑块通过螺钉连接,带动双测头沿x轴线性移动,从而在测量过程中可实时调节双测头在x轴方向上与待测柱状零件表面的距离,使待测柱状零件能处于线结构光的最佳测量范围;所述z轴移动台3.1设有螺纹孔,与测头丝杠1.11通过螺纹连接,与z轴方向的导轨滑块通过螺钉连接,从而带动双测头沿z轴线性移动,配合下顶尖2.5和三爪卡盘2.6带动待测柱状零件旋转实现柱状零件表面完整尺寸信息的获取;

[0025] 以上为本发明所述复杂柱类零部件精密测量装置的技术方案;由于系统存在制造误差与安装误差,测头采集的坐标特征与实际存在偏差,为保证测量装置的精度,确保零部件测量数据的稳定性,在正式测量前使用标准圆柱标定件进行标定是至关重要的。

[0026] 本发明基于上述复杂柱类零部件精密测量装置,提供了一种对应的标定方法,具体原理和过程如下:

[0027] 理论情况下,即无误差时,第一测头3.13和第二测头3.14采集到的标准圆柱标定件组合特征为直线和正圆;然而由于系统存在制造误差与安装误差,第一测头3.13和第二测头3.14实际呈现的组合特征为椭圆和椭圆,根据此原理展开标定过程:

[0028] S1:双测头在x轴和z轴方向复位,光栅尺归零;

[0029] S2:装夹标定件;

[0030] S3:沿x轴方向调整双测头位置;

[0031] 电机3.2调整双测头x轴方向位置,使标定件位于线结构光的最佳测量范围内;

[0032] S4:修正X轴角度误差;

[0033] x轴舵机3.6调整双测头姿态,使其绕x轴旋转,直至第一测头3.13呈现的坐标特征为直线;

[0034] S5:修正Y轴角度误差;

[0035] y轴舵机3.10调整双测头姿态,使其绕y轴旋转,直至第二测头3.14呈现的坐标特征为正圆;

[0036] 至此,双测头呈现的组合特征为直线和正圆,测量精度已在可接受范围内。

[0037] 在动态测量过程中,双测头根据捕获到的圆柱特征结合上述标定步骤S4至S5实时调整自身位姿,保障动态测量精度。

[0038] 本发明的有益效果是:

[0039] 1、本发明装置中的复合装夹单元通过模块化设计实现卡盘-顶尖与上下双顶尖两种装夹模式的切换,使得装置的装夹工序适用于多种工况,增强了装夹功能的通用效果;

[0040] 2、本发明中的新型顶尖在夹紧复杂柱类零件时可以对零件进行径向和轴向的过约束,相较于普通顶尖具有更好的通用性和稳定性,且其轴向缓冲施力功能可避免柔性细长形柱类零件在装夹时产生变形,使用该新型顶尖对复杂柱类零件装夹时还可以检测零件轴线是否与顶尖轴线重合,从而保障后续测量工序的测量精度;

[0041] 3、本发明提出一种以组合特征为基础的标定方法,可以高效地补偿制造误差和安

装误差,且在后续的测量工序中可以实时校准测头位姿,保证动态测量精度;

[0042] 4、本发明在传动方面采用差速齿轮系和蜗轮蜗杆方案,仅需一个电机便可同时进行装夹和测量两个工序,降低了装置的操作难度和生产成本,且采用蜗轮蜗杆使得装置的装夹功能具有自锁性和自适应性,进一步保障对待测柱状零件的装夹效果。

### 附图说明

- [0043] 图1一种复杂柱类零部件精密测量装置整机图;  
[0044] 图2运动驱控单元的剖视图;  
[0045] 图3运动驱控单元的轴测图;  
[0046] 图4复合装夹单元的剖视图;  
[0047] 图5运动驱控单元中的旋转台结构图;  
[0048] 图6新型顶尖结构示意图;  
[0049] 图7顶尖装夹复杂柱类零件时的工作原理剖视图;  
[0050] 图8顶尖装夹复杂柱类零件时的工作原理轴测图;  
[0051] 图9检测复杂柱类零件轴线是否与顶尖轴线重合的原理图;  
[0052] 图10双测头单元3的结构图;  
[0053] 图11存在误差时双测头呈现的组合特征示意图;  
[0054] 图12理论情况下无误差时双测头呈现的组合特征示意图;  
[0055] 图13标定与动态测量流程图。

[0056] 图中各标号为:1-运动驱控单元,2-复合装夹单元,3-双测头单元,4-机架,1.1-线性运动电机,1.2-差速齿轮系,1.3-顶尖蜗杆,1.4-顶尖蜗轮,1.5-顶尖丝杠,1.6-上顶尖平台,1.7-上顶尖,1.8-换向齿轮组,1.9-测头蜗杆,1.10-测头蜗轮,1.11-测头丝杠,1.12-旋转运动电机,1.13-齿轮,1.14-旋转台,1.15-圆光栅,1.16-光栅尺,2.1-下顶尖电机,2.2-下顶尖丝杠,2.3-下顶尖平台,2.4-导轨滑块,2.5-下顶尖,2.6-三爪卡盘,2.7-顶盖,2.8-缓冲弹簧,2.9-推杆,2.10-推头,2.11-滚珠串,2.12-滚珠弹簧,2.13-底盖,2.14-顶尖头,3.1-z轴移动台,3.2-x轴电机,3.3-x轴电机支架,3.4-x轴丝杠,3.5-x轴移动台,3.6-x轴舵机,3.7-x轴舵机支架,3.8-带座轴承,3.9-x轴摆动支架,3.10-y轴舵机,3.11-y轴摆动支架,3.12-测头支架,3.13-第一测头,3.14-第二测头。

### 具体实施方式

[0057] 下面结合附图和具体实施例,对本发明作进一步说明。

[0058] 如图1-13所示,一种复杂柱类零部件精密测量装置由运动驱控单元1、复合装夹单元2、双测头单元3、机架4共四个部分所组成。

[0059] 实施例1:铝合金材质,外径34mm,内径20mm,高200mm,中部设有外径48mm,高60mm轴段的柱类零件,对其进行测量。

[0060] 第一步:系统标定;

[0061] 理论情况下,即无误差时,第一测头3.13和第二测头3.14采集到的标准圆柱标定件组合特征为直线和正圆;然而由于系统存在制造误差与安装误差,第一测头3.13和第二测头3.14实际呈现的组合特征为椭圆和椭圆,根据此原理展开标定过程:

- [0062] S1:双测头在x轴和z轴方向复位,光栅尺归零;
- [0063] S2:装夹标定件;
- [0064] S3:沿x轴方向调整双测头位置;
- [0065] 电机3.2调整双测头x轴方向位置,使标定件位于线结构光的最佳测量范围内;
- [0066] S4:修正x轴角度误差;
- [0067] x轴舵机3.6调整双测头姿态,使其绕x轴旋转,直至第一测头3.13呈现的坐标特征为直线;
- [0068] S5:修正y轴角度误差;
- [0069] y轴舵机3.10调整双测头姿态,使其绕y轴旋转,直至第二测头3.14呈现的坐标特征为正圆;
- [0070] 至此,双测头呈现的组合特征为直线和正圆,测量精度已在可接受范围内。
- [0071] 在动态测量过程中,双测头根据捕获到的圆柱特征结合上述标定步骤S4至S5实时调整自身位姿,保障动态测量精度。
- [0072] 第二步:运动驱控单元1与复合装夹单元2协同作用,装夹待测零件;
- [0073] 所述运动驱控单元1可实现线性运动和旋转运动两个工序,包括线性运动电机1.1、差速齿轮系1.2、顶尖蜗杆1.3、顶尖蜗轮1.4、顶尖丝杠1.5、上顶尖平台1.6、上顶尖1.7、换向齿轮组1.8、测头蜗杆1.9、测头蜗轮1.10、测头丝杠1.11、旋转运动电机1.12、齿轮1.13、旋转台1.14、圆光栅1.15、光栅尺1.16;
- [0074] 所述线性运动电机1.1通过螺栓固定在机架4上,其输出轴与差速齿轮系1.2连接并带动其进行转动;差速齿轮系1.2左端输出轴与顶尖蜗杆1.3以联轴器连接;顶尖蜗轮1.4与顶尖蜗杆1.3啮合的同时通过平键与顶尖丝杠1.5连接并驱动其转动,上顶尖平台1.6与顶尖丝杠1.5通过螺纹连接,与竖直方向的导轨滑块通过螺钉连接,与上顶尖1.7通过圆锥滚子轴承连接,通过丝杠传动结合导轨的导向作用带动上顶尖1.7在竖直方向上移动,使柱类零件得以装夹;其中采用的蜗轮蜗杆传动可保障装夹工序的自锁特性和自适应性;
- [0075] 所述的换向齿轮组1.8为市面上通用的手动换挡零部件;
- [0076] 所述旋转台1.14为空心圆柱结构,内圈设有花键槽,外圈下部存在轮齿;齿轮1.13与旋转台1.14下部的轮齿啮合,通过旋转运动电机1.12正反转来控制齿轮1.13转动,进而实现旋转台1.14的旋转;圆光栅1.15固定在机架4内壁上,用于获取旋转台1.14的旋转角度,以此实现对旋转台1.14旋转角度的闭环控制;
- [0077] 所述复合装夹单元2包括下顶尖电机2.1、下顶尖丝杠2.2、下顶尖平台2.3、导轨滑块2.4、下顶尖2.5、三爪卡盘2.6;
- [0078] 下顶尖电机2.1的输出轴与下顶尖丝杠2.2通过联轴器连接,下顶尖平台2.3设有内螺纹孔,与下顶尖丝杠2.2通过螺纹连接;下顶尖平台2.3与导轨滑块2.4中的滑块通过螺钉连接,从而可随滑块沿固定在机架4内壁上的导轨做竖直方向的线性运动;下顶尖2.5与下顶尖平台2.3通过止推轴承连接,同时与运动驱控单元1中的旋转台1.14的内圈通过花键连接,使得旋转台1.14可带动下顶尖2.5同步旋转;三爪卡盘2.6固定在旋转台1.14上端面,可随旋转台1.14同步旋转;
- [0079] 所述下顶尖2.5和上顶尖1.7结构相同,包括顶盖2.7、缓冲弹簧2.8、推杆2.9、推头2.10、滚珠串2.11、滚珠弹簧2.12、底盖2.13、顶尖头2.14;

[0080] 所述推头2.10搭接于底盖2.13上,其侧面均匀分布有四组滚珠串2.11和滚珠弹簧2.12,同时底部与顶尖头2.14通过螺纹连接;底盖2.13与顶盖2.7通过螺纹连接,两者中间的空腔中安置有推杆2.9和缓冲弹簧2.8,缓冲弹簧2.8一端固定在顶盖2.7上,另一端固定在推杆2.9上,通过推杆2.9的运动使得缓冲弹簧2.8被压缩,从而实现缓冲施力的效果;

[0081] 所述滚珠串2.11由上下两个滚珠使用连杆连接组成,上方的滚珠可以沿连杆方向微动;滚珠串2.11中下方的滚珠伸入复杂柱类零件内部,上方的滚珠与零件端面接触,在零件端面的挤压下上方的滚珠沿滑槽向远离下方滚珠的方向微动,微动到连杆所允许的极限距离时,上方的滚珠开始通过连杆拉扯下方的滚珠,从而使下方的滚珠对零件内壁施力 $F_2$ ,限制零件的径向运动和轴向运动,同时上方的滚珠对零件端面施力 $F_1$ ,限制零件的径向运动和轴向运动;通过 $F_1$ 和 $F_2$ 在径向和轴向的过约束,增强复杂柱类零件装夹的稳定性;待测复杂柱类零件装夹完毕后,通过检查是否有滚珠串2.11松动来判断零件的轴线是否与顶尖轴线重合,若复杂柱类零件的轴线与顶尖轴线重合,四组滚珠串2.11应全部在空心圆柱的内壁和端面卡紧,(如图8所示)反之,若有任何一组滚珠串2.11松动,则说明零件轴线和顶尖轴线不重合(如图9所示),此时应卸下零件重新进行装夹;

[0082] 所述的复合装夹单元2可以实现卡盘-顶尖与上下双顶尖两种装夹模式;

[0083] 装夹模式一:卡盘-顶尖装夹;待装夹的柱状零件直径过大以至于双顶尖装夹无法满足要求时,反转下顶尖电机2.1驱动下顶尖2.5下降至旋转台1.14内部,之后使用扳手锁紧三爪卡盘2.6,对待测柱状零件进行初步装夹,启动线性运动电机1.1驱动上顶尖1.7下降进一步夹紧零件,完成柱状零件的装夹;

[0084] 装夹模式二:上下双顶尖装夹;当装夹有更高的精度要求或待装夹零件形状不规则而无法使用三爪卡盘时,使用扳手将三爪卡盘2.6的卡爪向外张开,正转下顶尖电机2.1驱动下顶尖2.5上升到旋转台1.14正上方,之后下顶尖2.5保持固定,启动线性运动电机1.1驱动上顶尖1.7下降,与下顶尖2.5配合夹紧待测柱状零件,在装夹时可根据待装夹零件的尺寸随时更换顶尖头2.14;

[0085] 第三步:运动驱控单元1与双测头单元3协同作用,使双测头沿x轴和z轴方向复位,光栅尺归零;

[0086] 所述差速齿轮系1.2带动左侧上顶尖1.7在竖直方向上移动的同时,能使右侧的双测头单元3在竖直方向上沿导轨做线性运动;差速齿轮系1.2右端的输出轴通过联轴器与换向齿轮组1.8的输入轴连接,并带动其进行转动;换向齿轮组1.8的输出轴与测头蜗杆1.9通过联轴器连接,测头蜗轮1.10与测头蜗杆1.9啮合的同时与测头丝杠1.11通过平键连接,实现测头丝杠1.11转动;双测头单元3通过螺纹连接在测头丝杠1.11上,同时与竖直方向的导轨滑块通过螺钉连接,丝杠传动结合导轨的导向作用可实现双测头单元3沿竖直方向的线性移动;光栅尺1.16通过螺钉固定在机架4内壁上,可实时测得双测头单元3沿导轨在竖直方向上的移动距离,以此实现对双测头单元3线性位置的闭环控制;

[0087] 所述双测头单元3包括z轴移动台3.1、x轴电机3.2、x轴电机支架3.3、x轴丝杠3.4、x轴移动台3.5、x轴舵机3.6、x轴舵机支架3.7、带座轴承3.8、x轴摆动支架3.9、y轴舵机3.10、y轴摆动支架3.11、测头支架3.12、第一测头3.13、第二测头3.14;

[0088] 第一测头3.13通过螺钉固定在y轴摆动支架3.11上,并发射竖直方向的线结构光;第二测头3.14与测头支架3.12通过螺钉连接并垂直于第一测头3.13固定在y轴摆动支架

3.11上,发射水平方向的线结构光;x轴舵机3.6通过x轴舵机支架3.7和螺钉固定在x轴移动台3.5上,其输出轴与x轴摆动支架3.9连接并带动其进行转动,实现双测头在x轴上旋转,为确保测头在摆动时的稳定性,在x轴摆动支架3.9和x轴舵机3.6之间设置了两个带座轴承3.8;y轴舵机3.10通过螺钉固定在x轴摆动支架3.9侧面,其输出轴通过联轴器与y轴摆动支架3.11连接,实现双测头在y轴上旋转;x轴移动台3.5与x轴丝杠3.4通过螺纹连接,同时与x轴方向上的导轨滑块通过螺钉连接,x轴电机3.2通过x轴电机支架3.3和螺钉固定在z轴移动台3.1上,同时其输出轴与x轴丝杠3.4通过联轴器连接,通过驱动丝杠3.4旋转实现x轴移动台3.5带动双测头沿x轴线性移动,从而在测量过程中可实时调节双测头在x轴方向上与待测柱状零件表面的距离,使待测柱状零件不脱离线结构光的最佳测量范围;所述z轴移动台3.1设有螺纹孔,与测头丝杠1.11通过螺纹连接,同时与机架4通过滑块和导轨连接,从而实现z轴移动台3.1带动双测头沿z轴线性移动,配合下顶尖2.5和三爪卡盘2.6带动待测柱状零件的旋转运动可以实现柱状零件表面完整尺寸的获取;

[0089] 第四步:换向齿轮组1.8挂上升档位,双测头单元3沿z轴上升获取零件单侧表面坐标特征,并实时调整测头位姿;

[0090] 换向齿轮组1.8挂上升档位,双测头沿z轴上升并持续捕获零件表面坐标特征,同时根据圆柱特征的测量数据,依据标定S4至S5实时调整自身姿态;光栅尺1.16实时记录双测头的位移;

[0091] 第五步:双测头移动至零件顶端,换向齿轮组1.8挂空挡,双测头停止运动;

[0092] 第六步:零件顺时针旋转 $180^{\circ}$ ;

[0093] 旋转运动电机1.12带动下驱动旋转台1.14旋转,根据圆光栅1.15读数控制零件旋转 $180^{\circ}$ ;

[0094] 第七步:换向齿轮组1.8挂下降档位,双测头沿z轴下降获取零件另一侧表面坐标特征,并实时调整测头位姿;

[0095] 换向齿轮组1.8挂下降档位,双测头沿z轴下降并持续捕获零件表面坐标特征,同时根据圆柱特征的测量数据,依据标定S4至S5实时调整自身姿态;光栅尺1.16实时记录双测头的位移;

[0096] 第八步:双测头移动至零件底端,换向齿轮组1.8挂空挡,双测头停止运动;

[0097] 第九步:测量结束,打印报表。

[0098] 详细的零件测量流程如图13所示。

[0099] 上述测量过程通过双测头的往复升降运动结合待测零件的旋转获取到零件表面尺寸的全部坐标特征;通过光栅尺获取到零件的长度尺寸;通过实时调整测头位姿保障动态测量精度。

[0100] 上面结合附图对本发明的具体实施例作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施例,在本领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下作出各种变化。

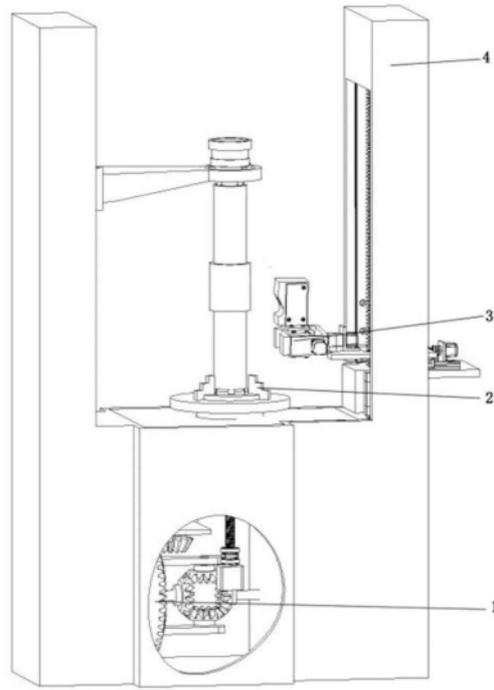


图1

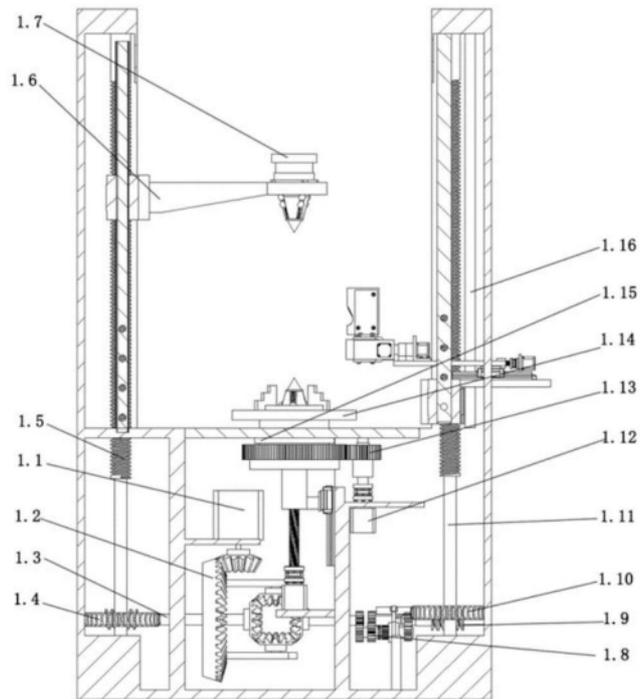


图2

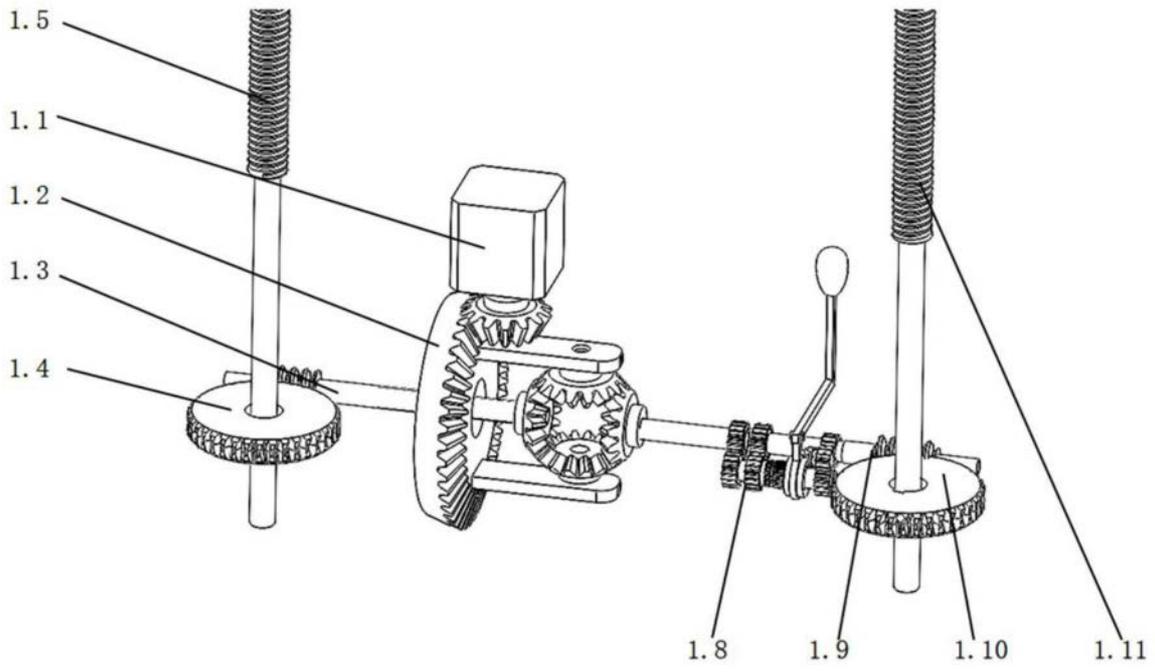


图3

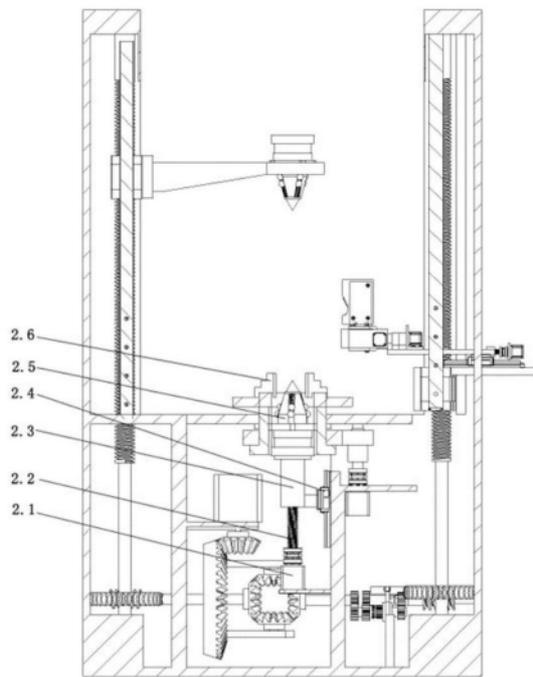


图4

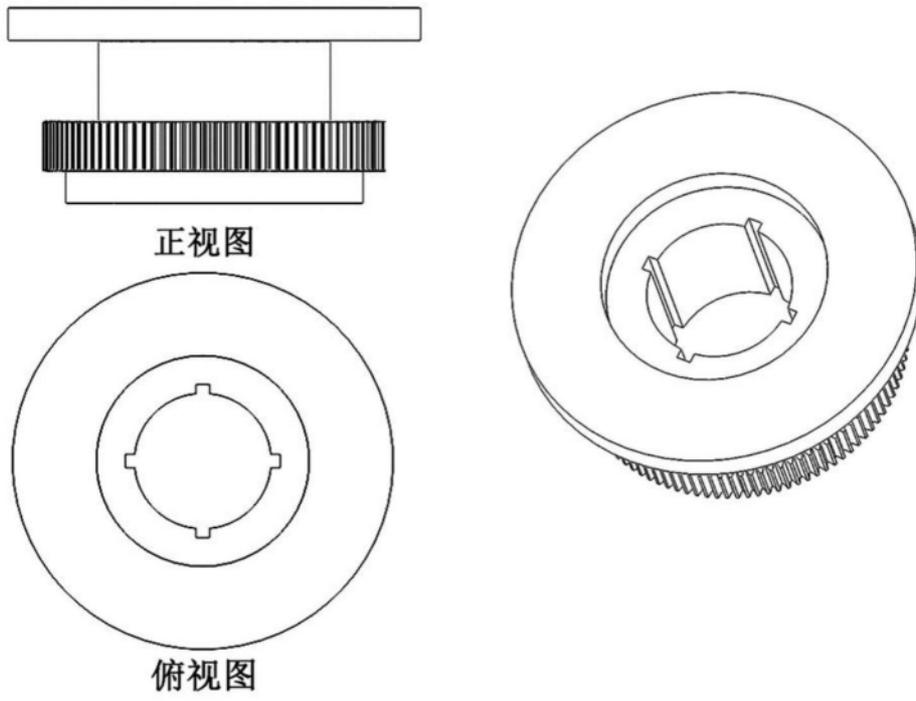


图5

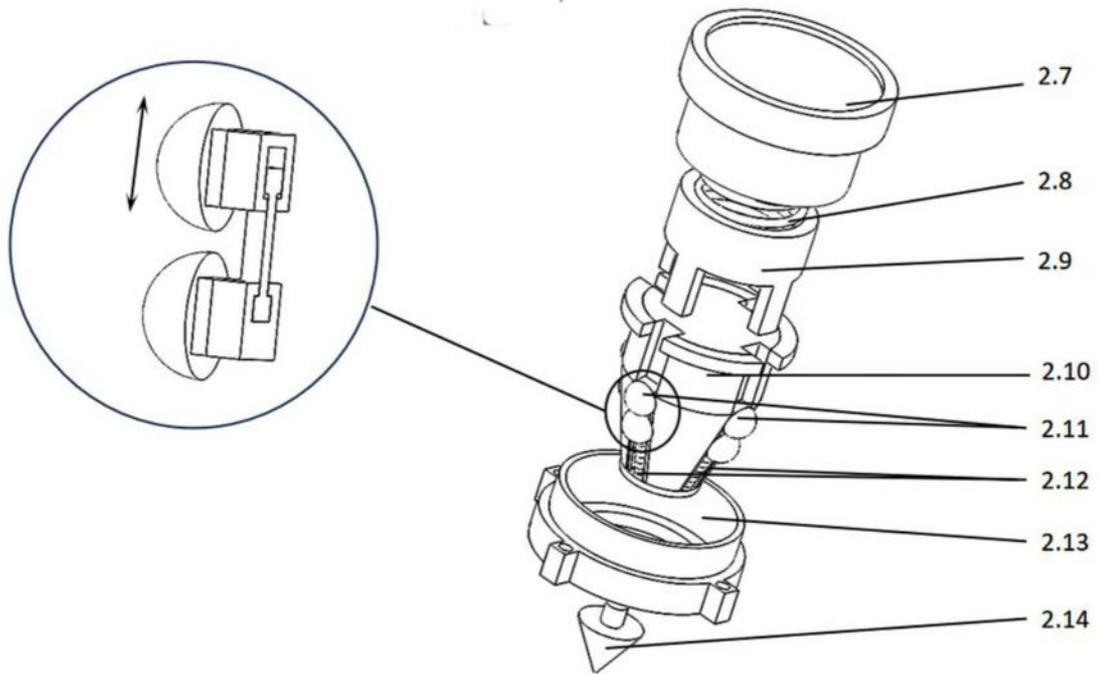


图6

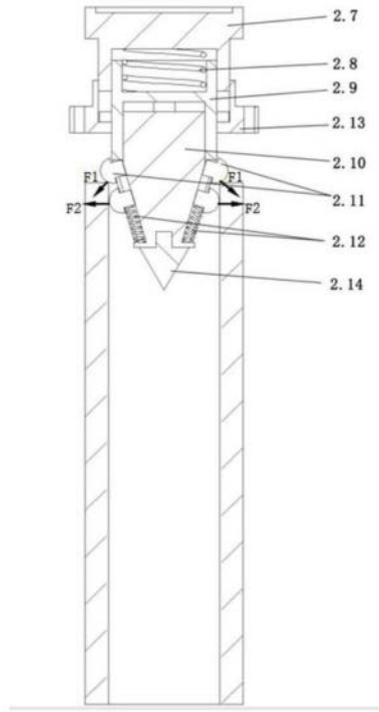


图7

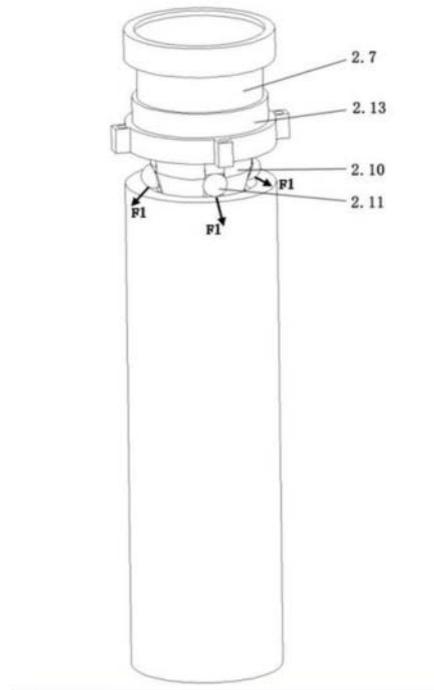


图8

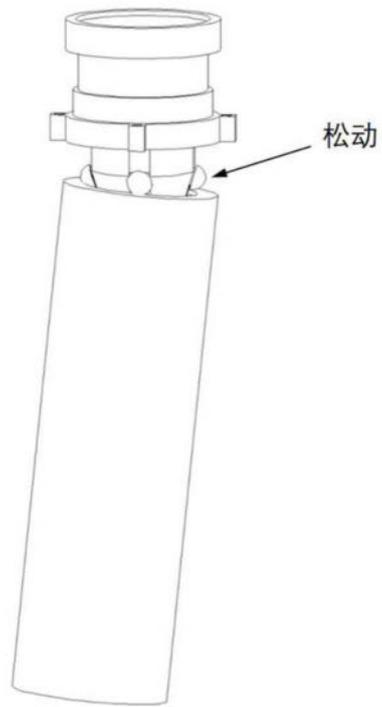


图9

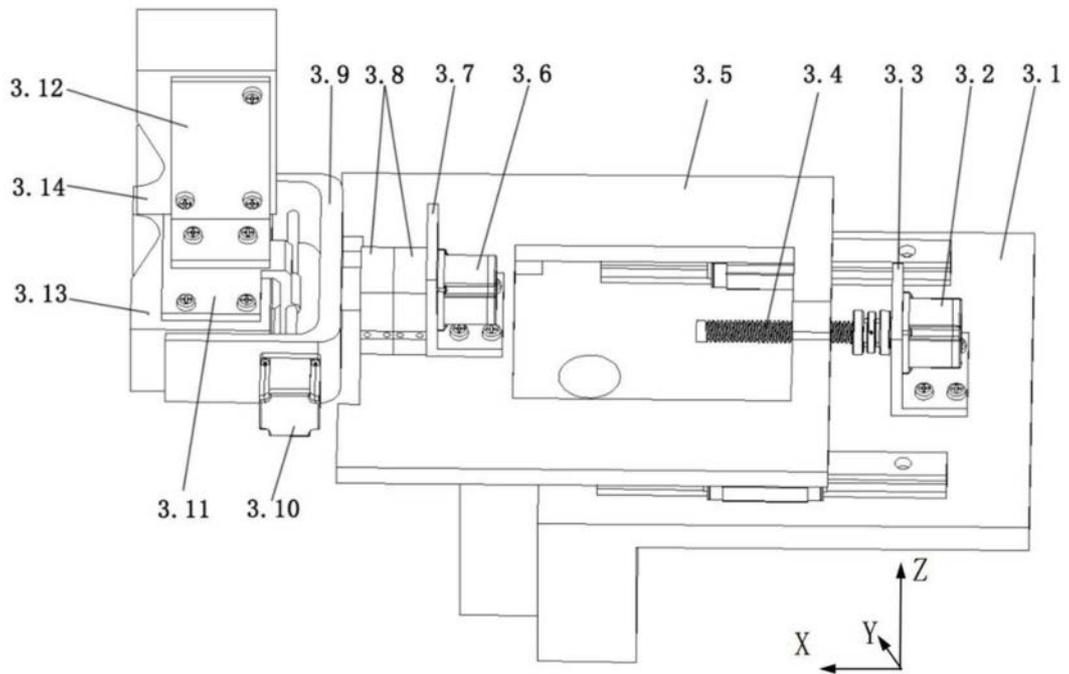


图10

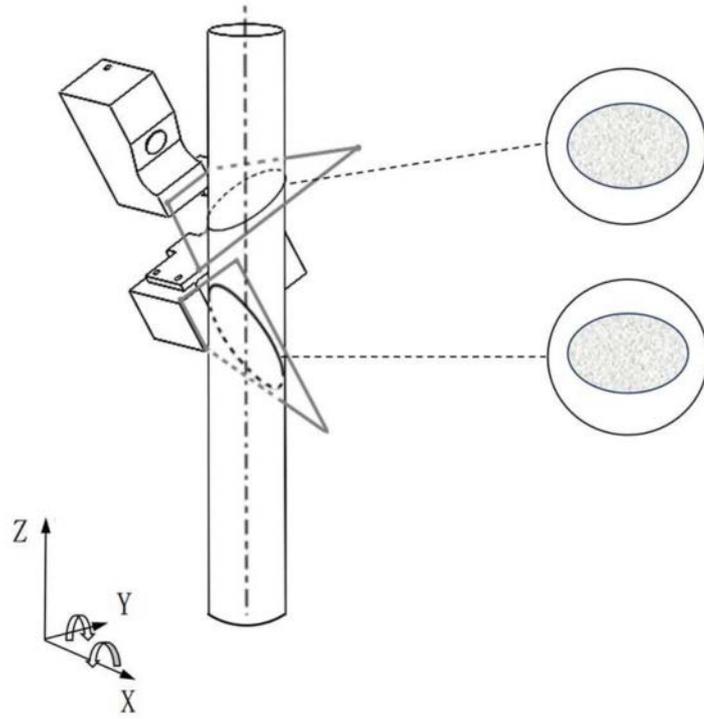


图11

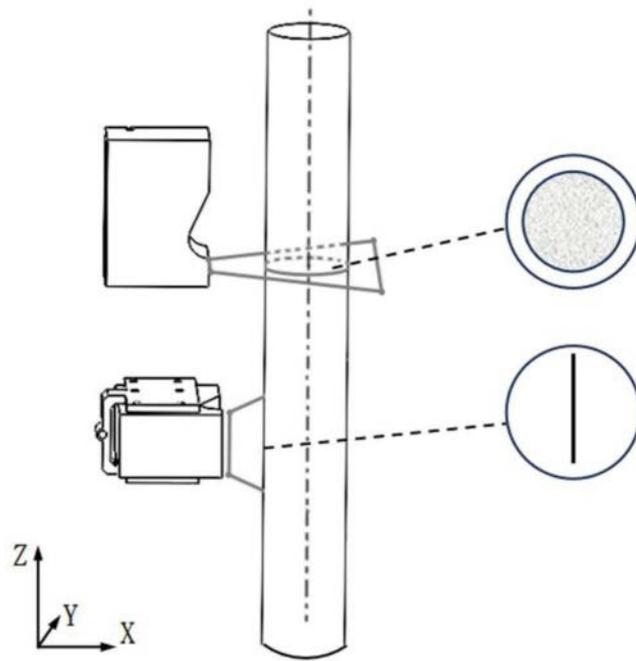


图12

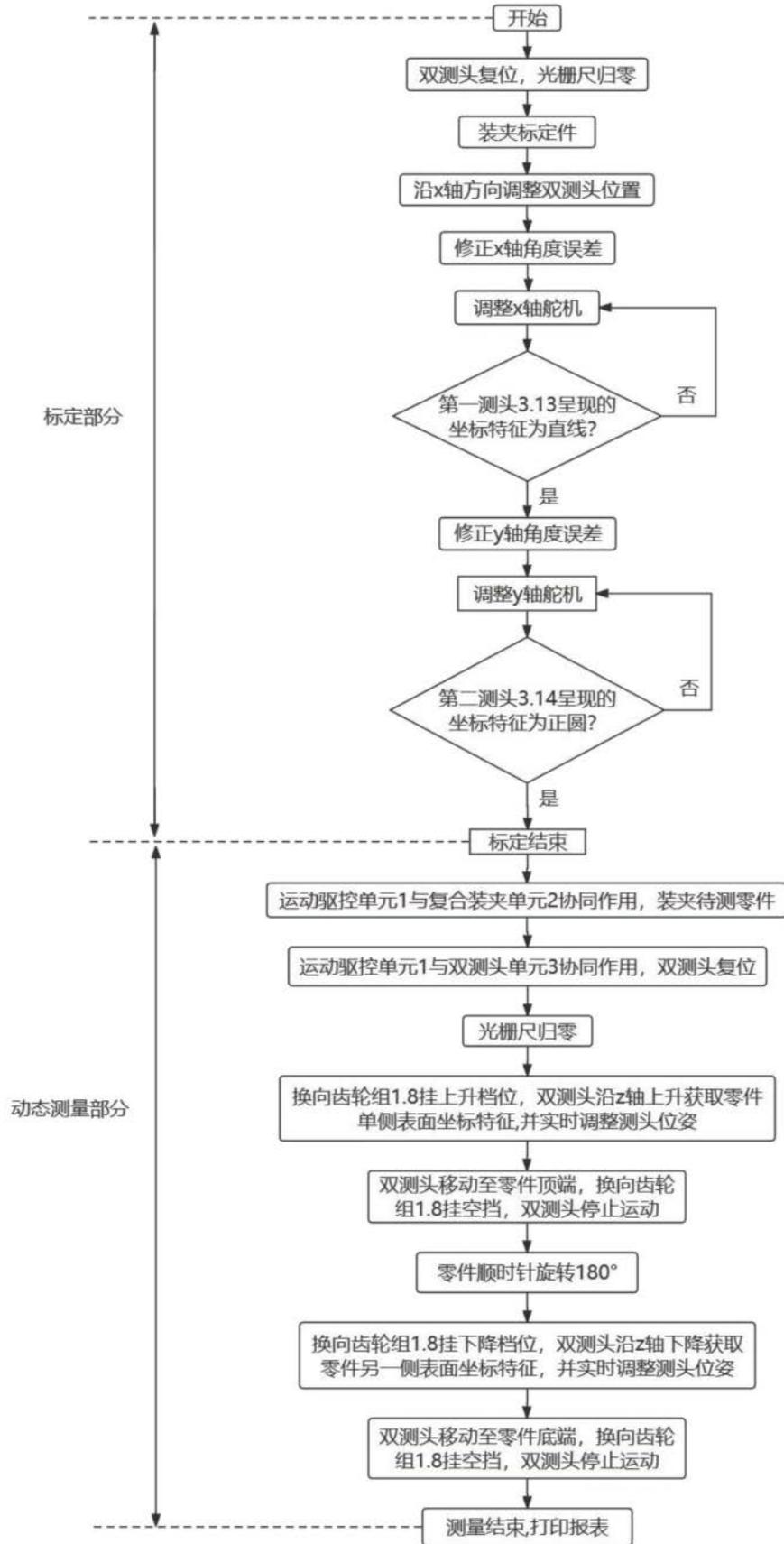


图13