(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 112361962 A
(43)申请公布日 2021.02.12

(21)申请号 202011341010.3

(22)申请日 2020.11.25

(71)申请人 天目爱视(北京)科技有限公司
地址 100102 北京市海淀区上庄镇上庄路115号院1层426号

(72)发明人 左忠斌 左达宇

(51)Int.Cl.
G01B 11/00(2006.01)
G01B 11/24(2006.01)

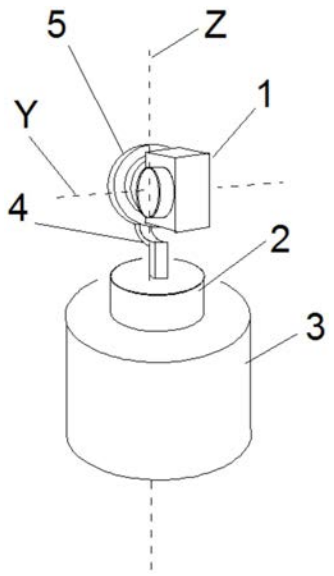
权利要求书1页 说明书12页 附图4页

(54)发明名称

一种多俯仰角度的智能视觉3D信息采集设备

(57)摘要

本发明为一种多俯仰角度的智能视觉3D信息采集设备,实施例提供了一种视觉3D信息采集设备及采集方法,包括图像采集装置、旋转装置、支撑装置和角度设定装置;其中旋转装置带动支撑装置旋转;支撑装置上设置有角度设定装置和图像采集装置;角度设定装置用于设定图像采集装置光轴与旋转平面呈俯仰夹角。首次提出能够适用于物体外表面和内部空间3D信息采集的方法和设备。通过测量旋转中心与目标物距离、图像传感元件与目标物距离的方式优化相机采集位置,从而兼顾3D构建的速度和效果。



CN 112361962 A

1.一种视觉3D信息采集设备及采集方法，其特征在于：包括图像采集装置、旋转装置、支撑装置和角度设定装置；

其中旋转装置带动支撑装置旋转；

支撑装置上设置有角度设定装置和图像采集装置；

角度设定装置用于设定图像采集装置光轴与旋转平面呈俯仰夹角；

图像采集装置在转动过程中相邻的两个采集位置的光轴的夹角α满足如下条件：

$$\sin a = u \times \frac{\sqrt{4R^2-1} \times \left(T + \sqrt{T^2-4TF}\right) \times d}{\left[\sqrt{4R^2-1} \times \left(T - \sqrt{T^2-4TF}\right) + d\right] \times R}$$

其中，R为旋转中心到目标物表面的距离，T为采集时物距与像距的和，d为图像采集装置的感光元件的长度或宽度，F为图像采集装置的镜头焦距，u为经验系数。

2.如权利要求1所述的设备，其特征在于：u<0.498，优选u<0.411，特别是优选u<0.359，u<0.250，或u<0.214，或u<0.191，或u<0.068，或u<0.048。

3.如权利要求1所述的设备，其特征在于：所述设定夹角可以在0°～180°、90°～-90°、0°～-180°范围内。

4.如权利要求1所述的设备，其特征在于：图像采集装置相对旋转平面上平移。

5.如权利要求1所述的设备，其特征在于：所述设定角度为20°、40°、60°、80°、90°、100°、120°、160°、180°。

6.如权利要求1所述的设备，其特征在于：角度设定装置为可调角度设定装置。

7.如权利要求1所述的设备，其特征在于：角度设定装置为固定式角度设定装置。

8.如权利要求1所述的设备，其特征在于：支撑装置包括平移单元，使得图像采集装置相对于设备旋转中心偏离。

9.如权利要求1所述的设备，其特征在于：支撑装置使得图像采集装置位于空间内任一点，且与设备旋转中心偏离。

10.一种3D合成/识别装置及方法，其特征在于：包括上述任一权利要求所述的设备及方法。

11.一种物体制造/展示装置及方法，其特征在于：包括上述任一权利要求所述的设备及方法。

一种多俯仰角度的智能视觉3D信息采集设备

技术领域

[0001] 本发明涉及形貌测量技术领域，特别涉及3D形貌测量技术领域。

背景技术

[0002] 在进行3D测量时，需要首先采集3D信息。目前常用的方法包括使用机器视觉的方式和结构光、激光测距、激光雷达的方式。

[0003] 结构光、激光测距、激光雷达的方式均需要主动光源发射到目标物上，在某些情况下会对目标物造成影响，且光源成本较高。并且光源结构比较精密，易于损坏。

[0004] 而机器视觉的方式是采集物体不同角度的图片，并将这些图片匹配拼接形成3D模型，成本低、易使用。其在采集不同角度图片时，可以待测物不同角度设置多个相机，也可以通过单个或多个相机旋转从不同角度采集图片。目前采集对象包括物体外表面和物体内部，现有技术中从未提到如何将两者结合起来，统一解决。也就是说，目前还没有采集方法或设备能够适用于物体外表面和物体内部空间。

[0005] 另外，在现有技术中，也曾提出使用包括旋转角度、目标物尺寸、物距的经验公式限定相机位置，从而兼顾合成速度和效果。然而在实际应用中发现这在环绕式3D采集中是可行的，可以事先测量目标物尺寸。但在开放式的空间中则难以事先测量目标物，例如需要采集获得街道、交通路口、楼群、隧道、车流等的3D信息(不限于此)。这使得这种方法难以奏效。即使是固定的较小的目标物，例如家具、人身体部分等虽然可以事先测量其尺寸，但这种方法依然受到较大限制：目标物尺寸难以准确确定，特别是某些应用场合目标物需要频繁更换，每次测量带来大量额外工作量，并且需要专业设备才能准确测量不规则目标物。测量的误差导致相机位置设定误差，从而会影响采集合成速度和效果；准确度和速度还需要进一步提高。

[0006] 因此，急需一种能够精确、高效、方便物体3D信息，且可以适用于物体外表面和内部的采集方法和设备。

发明内容

[0007] 鉴于上述问题，提出了本发明提供一种克服上述问题或者至少部分地解决上述问题的一种视觉3D信息采集设备。

[0008] 本发明实施例提供了一种视觉3D信息采集设备及采集方法，包括图像采集装置、旋转装置、支撑装置和角度设定装置；

[0009] 其中旋转装置带动支撑装置旋转；

[0010] 支撑装置上设置有角度设定装置和图像采集装置；

[0011] 角度设定装置用于设定图像采集装置光轴与旋转平面呈俯仰夹角；

[0012] 图像采集装置在转动过程中相邻的两个采集位置的光轴的夹角α满足如下条件：

[0013] $$\sin a = u \times \frac{\sqrt{4R^2-1} \times \left(T + \sqrt{T^2-4TF}\right) \times d}{\left[\sqrt{4R^2-1} \times \left(T - \sqrt{T^2-4TF}\right) + d\right] \times R}$$

[0014] 其中，R为旋转中心到目标物表面的距离，T为采集时物距与像距的和，d为图像采集装置的感光元件的长度或宽度，F为图像采集装置的镜头焦距，u为经验系数。

[0015] 在可选的实施例中，u<0.498，优选u<0.411，特别是优选u<0.359，u<0.250，或u<0.214，或u<0.191，或u<0.068，或u<0.048。

[0016] 在可选的实施例中，所述设定夹角可以在0°～180°、90°～-90°、0°～-180°范围内。

[0017] 在可选的实施例中，图像采集装置相对旋转平面上平移。

[0018] 在可选的实施例中，所述设定角度为20°、40°、60°、80°、90°、100°、120°、160°、180°。

[0019] 在可选的实施例中，角度设定装置为可调角度设定装置。

[0020] 在可选的实施例中，角度设定装置为固定式角度设定装置。

[0021] 在可选的实施例中，支撑装置包括平移单元，使得图像采集装置相对于设备旋转中心偏离。

[0022] 在可选的实施例中，支撑装置使得图像采集装置位于空间内任一点，且与设备旋转中心偏离。

[0023] 本发明实施例还提供了一种3D合成/识别装置及方法，包括上述任一所述的设备及方法。

[0024] 本发明实施例还提供了一种物体制造/展示装置及方法，包括上述任一权利要求所述的设备及方法。

[0025] 发明点及技术效果

[0026] 1、首次提出能够适用于物体外表面和内部空间3D信息采集的方法和设备。

[0027] 2、通过测量旋转中心与目标物距离、图像传感元件与目标物距离的方式优化相机采集位置，从而兼顾3D构建的速度和效果。

附图说明

[0028] 通过阅读下文优选实施方式的详细描述，各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的，而并不认为是对本发明的限制。而且在整个附图中，用相同的参考符号表示相同的部件。在附图中：

[0029] 图1示出了本发明实施例提供的3D信息采集设备的结构示意图；

[0030] 图2示出了本发明实施例提供的3D信息采集设备的角度设定装置设定为20°的示意图；

[0031] 图3示出了本发明实施例提供的3D信息采集设备的角度设定装置设定为90°的示意图；

[0032] 图4示出了本发明实施例提供的3D信息采集设备的角度设定装置设定为-90°的示意图；

[0033] 图5示出了本发明实施例提供的3D信息采集设备的另一结构示意图；

[0034] 附图中的附图标记与各部件的对应关系如下：

[0035] 1图像采集装置；

[0036] 2旋转装置；

[0037] 3承载装置；

[0038] 4支撑装置；

[0039] 5角度设定装置；

[0040] 6杆。

具体实施方式

[0041] 下面将参照附图更详细地描述本公开的示例性实施例。虽然附图中显示了本公开的示例性实施例，然而应当理解，可以以各种形式实现本公开而不应被这里阐述的实施例所限制。相反，提供这些实施例是为了能够更透彻地理解本公开，并且能够将本公开的范围完整的传达给本领域的技术人员。

[0042] 3D信息采集设备结构

[0043] 为解决上述技术问题，本发明的一实施例提供了一种智能视觉3D信息采集设备，请参考图1，包括图像采集装置1、旋转装置2、支撑装置4、角度设定装置5和承载装置3。

[0044] 支撑装置4一端连接旋转装置2，另一端通过角度设定装置5安装有图像采集装置1，从而在旋转装置2驱动下，支撑装置4带动图像采集装置1绕旋转中心转动。支撑装置4优选可以为伸缩结构，即支撑装置4的长度可调，这样可以根据目标物或目标区域大小选择不同长度的支撑装置，以适应采集需求。

[0045] XY平面为旋转装置带动支撑装置及图像采集装置进行旋转的平面，以图像采集装置镜头朝向方向为Y方向；以图像采集装置的CCD或CMOS芯片长边方向为X方向，且朝向镜头看时，右侧为X正向；垂直XY平面向上为Z向正向。

[0046] 角度设定装置5能够调节设定图像采集装置1的光学采集口(光轴p)的方向。旋转装置2带动支撑装置4及图像采集装置1进行旋转的平面称为XY平面，以图像采集装置镜头朝向方向为Y方向。角度设定装置5可以设定图像采集装置的俯仰角度，即通过角度设定装置使得图像采集装置可以在YZ方向旋转。以Y方向为0°方向，如图1所示，即光轴与旋转平面平行时的方向。且定义光学采集口向Z方向(即向上)旋转为角度增加方向。

[0047] 请参考图2-图3所示，角度设定装置5可以使得图像采集装置1的光学采集口光轴p方向偏离旋转平面转动一定角度，例如转动到20°、40°、60°、80°、90°、100°、120°、160°。也就是说，图像采集装置光轴沿光学采集口的采集方向与旋转平面之间存在夹角，即设定角度。

[0048] 当然，也可以继续增加设定的角度，例如180°、270°等。但当图像采集装置转动超过180°后，实际上相当于与上述相反的方向设定转动一个小于180°的角度，即反向旋转设定。

[0049] 在180°-360°之间时(也可以认为在0°至-180°之间)，旋转装置和支撑装置可能会进入图像采集装置的采集范围内，这是不期望的。因此可以在角度设定装置和图像采集装置之间增加杆6，如图4所示，即使得图像采集装置与支撑装置、旋转装置不处于同一平面内，且距离较大，不会阻挡采集范围。可以理解，杆6可以为再某一方向延伸的直杆，也可以

为在空间任意三维延伸的弯曲杆。特别是，杆6还可以为长度可调杆。此外，也可以通过改变支撑装置的形状结构来实现。如图5，例如支撑装置可以设置为类似倒L形状，即包括与旋转装置连接的竖直部分和与角度设定装置连接的横向部分。当然支撑装置也可以为其它复杂形状(例如支撑装置沿Z轴、Y轴、Z轴均有延伸)，使得图像采集装置能够位于空间任意位置，且与设备旋转轴相偏离。同理，支撑装置也可以为在XYZ轴均可以自由调整位置的位移装置，使得图像采集装置在其上可以在XYZ方向平移。

[0050] 可以理解，上述横杆可以为可伸缩装置，即可以根据实际需要调整横杆伸出的长度，从而适应不同目标物尺寸或采集空间的需要。而且，虽然图示中承载装置3在整个设备的最下面用于承载整个设备，但是可以理解，整个设备也可以上下完全颠倒使用。当然，也并不一定非要整个设备竖直使用，将整个设备旋转90°，从而水平使用该设备，或任意倾斜角度使用该设备都是可以的，可以根据实际需要选择。

[0051] 当采集物体表面时，可以根据需要将图像采集装置设定在适合角度，通常设定角度在0°～180°时适合采集位于顶部的物体，或空间的顶盖；当设定角度在90°～-90°时适合采集位于周边的物体，或空间的侧壁；当设定角度在0°～-180°时适合采集底部物体，或空间的底部。

[0052] 上述角度设定装置为可调转动装置，在转动到设定角度后进行锁定。可调转动装置可以为手动调节，也可以电动自动调节。同时也可以为固定角度装置，即图像采集装置安装在其上后光轴方向自然满足设定角度，且固定不可调。这样在一些已知的固定使用的场合无需每次均进行设定角度的调节，从而避免反复调节带来的不准确。

[0053] 当然，旋转装置的旋转轴也可以通过减速装置与图像采集装置连接，例如通过齿轮组等。当图像采集装置在水平面进行360°的旋转时，其在特定位置拍摄对应目标物的图像(具体拍摄位置后续将详细描述)。这种拍摄可以是与旋转动作同步进行，或是在拍摄位置停止旋转后进行拍摄，拍摄完毕后继续旋转，以此类推。上述旋转装置可以为电机、马达、步进电机、伺服电机、微型马达等。旋转装置(例如各类电机)可以在控制器的控制下按照规定速度转动，并且可以转动规定角度，从而实现采集位置的优化，具体采集位置下面将详细说明。当然也可以使用现有设备中的旋转装置，将图像采集装置安装其上即可。

[0054] 此外支撑装置也可以实现在XY平面相对旋转中心的平移，从而实现更灵活的采集。

[0055] 承载装置用来承载整个设备的重量，旋转装置2与承载装置3连接。承载装置可以为三脚架、带有支撑装置的底座等。通常情况下，旋转装置位于承载装置的中心部分，以保证平衡。但在一些特殊场合中，也可以位于承载装置任意位置。而且承载装置并不是必须的。旋转装置可以直接安装于应用设备中，例如可以安装于车辆顶部。承载装置也可以为手持部，从而使得3D采集设备可以手持使用。

[0056] 3D信息采集设备还可以包括测距装置，测距装置与图像采集装置固定连接，且测距装置指向方向与图像采集装置光轴方向相同。当然测距装置也可以固定连接于旋转装置上，只要可以随图像采集装置同步转动即可。优选的，可以设置安装平台，图像采集装置和测距装置均位于平台上，平台安装于旋转装置旋转轴上，由旋转装置驱动转动。测距装置可以使用激光测距仪、超声测距仪、电磁波测距仪等多种方式，也可以使用传统的机械量具测距装置。当然，在某些应用场合中，3D采集设备位于特定位置，其与目标物的距离已经标定，

无需额外测量。

[0057] 3D信息采集设备还可以包括光源，光源可以设置于图像采集装置周边、旋转装置上以及安装平台上。当然光源也可以单独设置，例如使用独立光源照射目标物。甚至在光照条件较好的时候不使用光源。光源可以为LED光源，也可以为智能光源，即根据目标物及环境光的情况自动调整光源参数。通常情况下，光源位于图像采集装置1的镜头周边分散式分布，例如光源为在镜头周边的环形LED灯。由于在一些应用中需要控制光源强度。特别是可以在光源的光路上设置柔光装置，例如为柔光外壳。或者直接采用LED面光源，不仅光线比较柔和，而且发光更为均匀。更佳地，可以采用OLED光源，体积更小，光线更加柔和，并且具有柔性特性，可以贴附于弯曲的表面。

[0058] 为了方便目标物的实际尺寸测量，可在目标物位置设置多个标记点。并且这些标记点的坐标已知。通过采集标记点，并结合其坐标，获得3D合成模型的绝对尺寸。这些标记点可以为事先设置的点，也可以是激光光点。确定这些点的坐标的方法可以包括：①使用激光测距：使用标定装置向着目标物发射激光，形成多个标定点光斑，通过标定装置中激光测距单元的已知位置关系获得标定点坐标。使用标定装置向着目标物发射激光，使得标定装置中的激光测距单元发射的光束落在目标物上形成光斑。由于激光测距单元发射的激光束相互平行，且各个单元之间的位置关系已知。那么在目标物上形成的多个光斑的在发射平面的二维坐标就可以得到。通过激光测距单元发射的激光束进行测量，可以获得每个激光测距单元与对应光斑之间的距离，即相当于在目标物上形成的多个光斑的深度信息可以获得。即垂直于发射平面的深度坐标就可以得到。由此，可以获得每个光斑的三维坐标。②使用测距与测角结合：分别测量多个标记点的距离以及相互之间的夹角，从而算出各自坐标。③使用其它坐标测量工具：例如RTK、全球坐标定位系统、星敏定位系统、位置和位姿传感器等。

[0059] <u>3D信息采集流程</u>

[0060] 当采集位于顶部的物体，或空间的顶盖时，则将设定角度定为0°～180°；

[0061] 当采集位于周边的物体，或空间的侧壁时，设定角度在90°～-90°范围；

[0062] 当采集底部物体，或空间的底部，设定角度在0°～-180°范围。

[0063] 旋转装置按一定速度带动图像采集装置进行旋转，在旋转过程中图像采集装置在设定好的位置进行图像采集。此时可以不停止旋转，即图像采集与旋转同步进行；也可以在待采集的位置停止旋转，进行图像采集，采集完毕后继续旋转至下一个待采集位置。旋转装置可以利用事先设定好的控制单元中的程序进行驱动。也可以通过通讯接口与上位机进行通讯，通过上位机进行控制旋转。特别是其还可以与移动终端通过有线或无线进行连接，通过移动终端(例如手机)控制旋转装置转动。即可以通过远程平台、云平台、服务器、上位机、移动终端设置旋转装置转动参数，控制其旋转的启停。

[0064] 图像采集装置采集到目标物多张图像，并将图像通过通讯装置送入远程平台、云平台、服务器、上位机和/或移动终端中，利用3D模型合成方法进行目标物的3D合成。

[0065] 特别的，可以在采集前或者采集的同时，使用测距装置测量相关公式条件中相应的距离参数，即旋转中心到目标物的距离、传感元件到目标物的距离。根据相应条件公式计算出采集位置，并提示给用户进行旋转参数的设定，或自动设定旋转参数。

[0066] 在采集前进行测距时，可以使得旋转装置带动测距装置转动，从而测量不同位置

上上述两个距离。并对多个测量点测得的两个距离分别取平均值，作为本次采集的统一距离值带入公式中。所述平均值的获得可以使用求和平均的方式，也可以使用加权平均的方式，还可以使用其它求均值的方式，或舍弃异常值再平均的方式等。

[0067] 在采集过程中进行测距时，在旋转装置转动到第一位置进行图像采集的同时，进行上述两个距离值的测量，并将它们带入条件公式中计算间隔角度，根据该角度确定下一采集位置。

[0068] 相机位置的优化

[0069] 为了保证设备能够兼顾3D合成的效果和效率，除了常规的优化合成算法的方法外，还可以通过优化相机采集位置的方法。特别是当3D采集合成设备的相机的采集方向与其旋转轴方向相互背离的情况时，对于这种设备现有技术未提到如何进行相机位置的更佳的优化。即使存在的一些优化方法，其也是在不同实验下得到的不同的经验条件。特别是，现有的一些位置优化方法需要获得目标物的尺寸，这在环绕式3D采集中是可行的，可以事先测量完毕。但在开放式的空间中则难以事先测量得到。因此需要提出一种能够适用于当3D采集合成设备的相机的采集方向与其旋转轴方向相互背离的情况时进行相机位置优化的方法。这正是本发明所要解决的问题，和做出的技术贡献。

[0070] 为此，本发明进行了大量实验，总结出在进行采集时相机采集的间隔优选满足的经验条件如下。

[0071] 在进行3D采集时，图像采集装置在相邻的两个位置时其光轴的夹角α满足如下条件：

[0072] $$\sin a = u \times \frac{\sqrt{4R^2-1} \times \left(T+\sqrt{T^2-4TF}\right) \times d}{\left[\sqrt{4R^2-1} \times \left(T-\sqrt{T^2-4TF}\right)+d\right] \times R}$$

[0073] 其中，

[0074] R为旋转中心到目标物表面的距离，

[0075] T为采集时物距与像距的和，也就是图像采集装置的感光单元与目标物的距离。

[0076] d为图像采集装置的感光元件(CCD)的长度或宽度，当上述两个位置是沿感光元件长度方向时，d取矩形长度；当上述两个位置是沿感光元件宽度方向时，d取矩形宽度。

[0077] F为图像采集装置的镜头焦距。

[0078] u为经验系数。

[0079] 通常情况下，在采集设备上配置有测距装置，例如激光测距仪。将其光轴与图像采集装置的光轴调节平行，则其可以测量采集设备到目标物表面的距离，利用测量得到的距离，根据测距装置与采集设备各部件的已知位置关系，即可获得R和T。

[0080] 图像采集装置在两个位置中的任何一个位置时，感光元件沿着光轴到目标物表面的距离作为T。除了这种方法外，也可以使用多次平均法或其他方法，其原则是T的值应当与采集时像距物距和不背离。

[0081] 同样道理，图像采集装置在两个位置中的任何一个位置时，旋转中心沿着光轴到目标物表面的距离作为R。除了这种方法外，也可以使用多次平均法或其他方法，其原则是R的值应当与采集时旋转半径不背离。

[0082] 通常情况下，现有技术中均采用物体尺寸作为推算相机位置的方式。由于物体尺

寸会随着测量物体的变化而改变。例如，在进行一个大物体3D信息采集后，再进行小物体采集时，就需要重新测量尺寸，重新推算。上述不方便的测量以及多次重新测量都会带来测量的误差，从而导致相机位置推算错误。而本方案根据大量实验数据，给出了相机位置需要满足的经验条件，不需要直接测量物体大小尺寸。经验条件中d、F均为相机固定参数，在购买相机、镜头时，厂家即会给出相应参数，无需测量。而R、T仅为一个直线距离，用传统测量方法，例如直尺、激光测距仪均可以很便捷的测量得到。同时，由于本发明的设备中，图像采集装置(例如相机)的采集方向与其旋转轴方向相互背离，也就是说，镜头朝向与旋转中心大体相反。此时控制图像采集装置两次位置的光轴夹角α就更加容易，只需要控制旋转驱动电机的转角即可。因此，使用α来定义最优位置是更为合理的。因此，本发明的经验公式使得准备过程变得方便快捷，同时也提高了相机位置的排布准确度，使得相机能够设置在优化的位置中，从而在同时兼顾了3D合成精度和速度。

[0083] 根据大量实验，为保证合成的速度和效果，u应当小于0.498，为了更佳的合成效果，优选u<0.411，特别是优选u<0.359，在一些应用场合下u<0.250，或u<0.214，或u<0.191，或u<0.068，或u<0.048。

[0084] 利用本发明装置，进行实验，部分实验数据如下所示，单位mm。(以下数据仅为有限举例)

[0085] 相机设定角度为0°时，

[0086]

d	F	R	T	张数	角度/张数（°）	效果	系数u
22.3	23	1420	1420	20	1.5	OK	0.0279009
22.3	23	1200	1200	20	1.5	OK	0.0280773
22.3	33	1420	1420	20	1.5	OK	0.0406337
22.3	33	1200	1200	20	1.5	OK	0.0410113
22.3	18	400	400	19	18.4	OK	0.2810501
22.3	18	750	750	23	15.2	OK	0.2226725

[0087]

22.3	33	400	400	43	8.1	OK	0.2533896
22.3	33	750	750	40	8.8	OK	0.2473429
22.3	44	400	400	93	3.8	OK	0.169438
22.3	44	750	750	144	2.4	OK	0.0951884
22.3	44	750	750	45	7.8	OK	0.30376
22.3	44	640	640	28	12.5	OK	0.4981663
22.3	44	640	640	34	10.3	OK	0.411305
22.3	44	640	640	39	9.0	OK	0.3590372

[0088] 相机设定角度不为0时

相机角度	d	f	R	T(mm)	张数	角度/张数(°)	效果	系数
20 度	22.3	18	150	700	20	17.5	ok	0.054955476
40 度	22.3	18	150	805	20	17.5	ok	0.047443258
60 度	22.3	18	150	545	12	29.2	ok	0.116249772
80 度	22.3	18	150	475	12	29.2	ok	0.134843032
100 度	22.3	18	150	470	7	50.0	ok	0.214422795
120 度	22.3	18	150	535	10	35.0	ok	0.139568801
20 度	22.3	18	150	720	22	15.9	ok	0.048628395
40 度	22.3	18	150	825	16	21.9	ok	0.057292458
60 度	22.3	18	150	565	13	26.9	ok	0.103913032
80 度	22.3	18	150	475	8	43.8	ok	0.191342556
100 度	22.3	18	150	470	7	50.0	ok	0.214422795
120 度	22.3	18	150	515	10	35.0	ok	0.145412082
160 度	22.3	18	150	845	124	2.8	ok	0.007384649
20 度	22.3	18	150	740	15	23.3	ok	0.068268233
40 度	22.3	18	150	845	15	23.3	ok	0.059398654
60 度	22.3	18	150	585	11	31.8	ok	0.11657913
80 度	22.3	18	150	475	8	43.8	ok	0.191342556
100 度	22.3	18	150	470	6	58.3	ok	0.238247874
120 度	22.3	18	150	495	50	7.0	ok	0.032244303
140 度	22.3	18	150	720	20	17.5	ok	0.053346409
160 度	22.3	18	150	825	23	15.2	ok	0.040361621
20 度	22.3	18	150	760	24	14.6	ok	0.042197084
40 度	22.3	18	150	865	14	25.0	ok	0.061848367
60 度	22.3	18	150	605	12	29.2	ok	0.103966133
80 度	22.3	18	150	475	8	43.8	ok	0.191342556
100 度	22.3	18	150	470	7	50.0	ok	0.214422795
120 度	22.3	18	150	475	30	11.7	ok	0.055948518
140 度	22.3	18	150	700	12	29.2	ok	0.089068501
160 度	22.3	18	150	405	22	15.9	ok	0.090289442
20 度	22.3	18	150	780	24	14.6	ok	0.04106146
40 度	22.3	18	150	885	13	26.9	ok	0.064702422
60 度	22.3	18	150	625	10	35.0	ok	0.118200195

[0089]

80 度	22.3	18	150	475	8	43.8	ok	0.191342556
100 度	22.3	18	150	470	8	43.8	ok	0.193554368
120 度	22.3	18	150	455	30	11.7	ok	0.058628558
140 度	22.3	18	150	680	11	31.8	ok	0.099353562
160 度	22.3	18	150	385	18	19.4	ok	0.115967884
20 度	22.3	18	150	800	15	23.3	ok	0.062900885
40 度	22.3	18	150	905	13	26.9	ok	0.063212065
60 度	22.3	18	150	645	39	9.0	ok	0.031086851
80 度	22.3	18	150	475	30	11.7	ok	0.055948518
100 度	22.3	18	150	470	40	8.8	ok	0.042575107
120 度	22.3	18	150	435	47	7.4	ok	0.039467066
140 度	22.3	18	150	660	16	21.9	ok	0.072463673
160 度	22.3	18	150	365	21	16.7	ok	0.106020094

[0090] 以上数据仅为验证该公式条件所做实验得到的，并不对发明构成限定。即使没有这些数据，也不影响该公式的客观性。本领域技术人员可以根据需要调整设备参数和步骤细节进行实验，得到其他数据也是符合该公式条件的。

[0091] 3D模型合成方法

[0092] 图像采集装置采集获得的多个图像送入处理单元中，利用下述算法构建3D模型。所述处理单元可以位于采集设备中，也可以位于远程，例如云平台、服务器、上位机等。

[0093] 具体算法主要包括如下步骤：

[0094] 步骤1：对所有输入照片进行图像增强处理。采用下述滤波器增强原始照片的反差和同时压制噪声。

[0095] $$f(x,y)=[g(x,y)-m_g]\frac{cs_f}{cs_g+(1-c)s_f}+\mathbf{b}m_f+(1-b)m_g$$

[0096] 式中：g(x,y)为原始影像在(x,y)处灰度值，f(x,y)为经过Wallis滤波器增强后该处的灰度值，m_g为原始影像局部灰度均值，s_g为原始影像局部灰度标准偏差，m_f为变换后的影像局部灰度目标值，s_f为变换后影像局部灰度标准偏差目标值。c∈(0,1)为影像方差的扩展常数，b∈(0,1)为影像亮度系数常数。

[0097] 该滤波器可以大大增强影像中不同尺度的影像纹理模式，所以在提取影像的点特征时可以提高特征点的数量和精度，在照片特征匹配中则提高了匹配结果可靠性和精度。

[0098] 步骤2：对输入的所有照片进行特征点提取，并进行特征点匹配，获取稀疏特征点。采用SURF算子对照片进行特征点提取与匹配。SURF特征匹配方法主要包含三个过程，特征点检测、特征点描述和特征点匹配。该方法使用Hessian矩阵来检测特征点，用箱式滤波器(Box Filters)来代替二阶高斯滤波，用积分图像来加速卷积以提高计算速度，并减少了局部影像特征描述符的维数，来加快匹配速度。主要步骤包括①构建Hessian矩阵，生成所有的兴趣点，用于特征提取，构建Hessian矩阵的目的是为了生成图像稳定的边缘点(突变点)；②构建尺度空间特征点定位，将经过Hessian矩阵处理的每个像素点与二维图像空间和尺度空间邻域内的26个点进行比较，初步定位出关键点，再经过滤除能量比较弱的关键点以及错误定位的关键点，筛选出最终的稳定的特征点；③特征点主方向的确定，采用的是

统计特征点圆形邻域内的harr小波特征。即在特征点的圆形邻域内，统计60度扇形内所有点的水平、垂直harr小波特征总和，然后扇形以0.2弧度大小的间隔进行旋转并再次统计该区域内harr小波特征值之后，最后将值最大的那个扇形的方向作为该特征点的主方向；④生成64维特征点描述向量，特征点周围取一个4*4的矩形区域块，但是所取得矩形区域方向是沿着特征点的主方向。每个子区域统计25个像素的水平方向和垂直方向的haar小波特征，这里的水平和垂直方向都是相对主方向而言的。该haar小波特征为水平方向值之后、垂直方向值之后、水平方向绝对值之后以及垂直方向绝对值之和4个方向，把这4个值作为每个子块区域的特征向量，所以一共有4*4*4＝64维向量作为Surf特征的描述子；⑤特征点匹配，通过计算两个特征点间的欧式距离来确定匹配度，欧氏距离越短，代表两个特征点的匹配度越好。

[0099] 步骤3：输入匹配的特征点坐标，利用光束法平差，解算稀疏的目标物三维点云和拍照相机的位置和姿态数据，即获得了稀疏目标物模型三维点云和位置的模型坐标值；以稀疏特征点为初值，进行多视照片稠密匹配，获取得到密集点云数据。该过程主要有四个步骤：立体像对选择、深度图计算、深度图优化、深度图融合。针对输入数据集里的每一张影像，我们选择一张参考影像形成一个立体像对，用于计算深度图。因此我们可以得到所有影像的粗略的深度图，这些深度图可能包含噪声和错误，我们利用它的邻域深度图进行一致性检查，来优化每一张影像的深度图。最后进行深度图融合，得到整个场景的三维点云。

[0100] 步骤4：利用密集点云进行目标物曲面重建。包括定义八叉树、设置函数空间、创建向量场、求解泊松方程、提取等值面几个过程。由梯度关系得到采样点和指示函数的积分关系，根据积分关系获得点云的向量场，计算指示函数梯度场的逼近，构成泊松方程。根据泊松方程使用矩阵迭代求出近似解，采用移动方体算法提取等值面，对所测点云重构出被测物体的模型。

[0101] 步骤5：目标物模型的全自动纹理贴图。表面模型构建完成后，进行纹理贴图。主要过程包括：①纹理数据获取通过图像重建目标的表面三角面格网；②重建模型三角面的可见性分析。利用图像的标定信息计算每个三角面的可见图像集以及最优参考图像；③三角面聚类生成纹理贴片。根据三角面的可见图像集、最优参考图像以及三角面的邻域拓扑关系，将三角面聚类生成为若干参考图像纹理贴片；④纹理贴片自动排序生成纹理图像。对生成的纹理贴片，按照其大小关系进行排序，生成包围面积最小的纹理图像，得到每个三角面的纹理映射坐标。

[0102] 应当注意，上述算法是本发明使用的算法，本算法与图像采集条件相互配合，使用该算法兼顾了合成的时间和质量。但可以理解，同样可以使用现有技术中常规3D合成算法也可以与本发明的方案进行配合使用。

[0103] 应用实例

[0104] 为构建发动机整体3D模型，需要对其外表面和内腔内部进行3D建模。在进行外表面建模时，设定角度为180°，通过旋转进行采集，获得多个图像。在进行内腔表面建模时，设定角度为10°，将杆部安装有微型相机的设备伸入内腔中通过旋转拍照，获得多个图像。通过两部分图像合成发动机外表面和内腔的3D模型，从而实现发动机内腔的质量检查。

[0105] 上述目标物体、目标物、及物体皆表示预获取三维信息的对象。可以为一实体物体，也可以为多个物体组成物。例如可以为建筑物、零件等。所述目标物的3D信息包括三维

图像、三维点云、三维网格、局部三维特征、三维尺寸及一切带有目标物三维特征的参数。本发明里所谓的三维是指具有XYZ三个方向信息，特别是具有深度信息，与只有二维平面信息具有本质区别。也与一些称为三维、全景、全息、三维，但实际上只包括二维信息，特别是不包括深度信息的定义有本质区别。

[0106] 本发明所说的采集区域是指图像采集装置(例如相机)能够拍摄的范围。本发明中的图像采集装置可以为CCD、CMOS、相机、摄像机、工业相机、监视器、摄像头、手机、平板、笔记本、移动终端、可穿戴设备、智能眼镜、智能手表、智能手环以及带有图像采集功能所有设备。

[0107] 在此处所提供的说明书中，说明了大量具体细节。然而，能够理解，本发明的实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些实例中，并未详细示出公知的方法、结构和技术，以便不模糊对本说明书的理解。

[0108] 类似地，应当理解，为了精简本公开并帮助理解各个发明方面中的一个或多个，在上面对本发明的示例性实施例的描述中，本发明的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。然而，并不应将该公开的方法解释成反映如下意图：即所要求保护的本发明要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多的特征。更确切地说，如下面的权利要求书所反映的那样，发明方面在于少于前面公开的单个实施例的所有特征。因此，遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入该具体实施方式，其中每个权利要求本身都作为本发明的单独实施例。

[0109] 本领域那些技术人员可以理解，可以对实施例中的设备中的模块进行自适应性地改变并且把它们设置在与该实施例不同的一个或多个设备中。可以把实施例中的模块或单元或组件组合成一个模块或单元或组件，以及此外可以把它们分成多个子模块或子单元或子组件。除了这样的特征和/或过程或者单元中的至少一些是相互排斥之外，可以采用任何组合对本说明书(包括伴随的权利要求、摘要和附图)中公开的所有特征以及如此公开的任何方法或者设备的所有过程或单元进行组合。除非另外明确陈述，本说明书(包括伴随的权利要求、摘要和附图)中公开的每个特征可以由提供相同、等同或相似目的的替代特征来代替。

[0110] 此外，本领域的技术人员能够理解，尽管在此的一些实施例包括其它实施例中所包括的某些特征而不是其它特征，但是不同实施例的特征的组合意味着处于本发明的范围之内并且形成不同的实施例。例如，在权利要求书中，所要求保护的实施例的任意之一都可以以任意的组合方式来使用。

[0111] 本发明的各个部件实施例可以以硬件实现，或者以在一个或者多个处理器上运行的软件模块实现，或者以它们的组合实现。本领域的技术人员应当理解，可以在实践中使用微处理器或者数字信号处理器(DSP)来实现根据本发明实施例的基于本发明装置中的一些或者全部部件的一些或者全部功能。本发明还可以实现为用于执行这里所描述的方法的一部分或者全部的设备或者装置程序(例如，计算机程序和计算机程序产品)。这样的实现本发明的程序可以存储在计算机可读介质上，或者可以具有一个或者多个信号的形式。这样的信号可以从因特网网站上下载得到，或者在载体信号上提供，或者以任何其他形式提供。

[0112] 应该注意的是上述实施例对本发明进行说明而不是对本发明进行限制，并且本领域技术人员在不脱离所附权利要求的范围的情况下可设计出替换实施例。在权利要求中，

不应将位于括号之间的任何参考符号构造成对权利要求的限制。单词“包含”不排除存在未列在权利要求中的元件或步骤。位于元件之前的单词“一”或“一个”不排除存在多个这样的元件。本发明可以借助于包括有若干不同元件的硬件以及借助于适当编程的计算机来实现。在列举了若干装置的单元权利要求中，这些装置中的若干个可以是通过同一个硬件项来具体体现。单词第一、第二、以及第三等的使用不表示任何顺序。可将这些单词解释为名称。

[0113] 至此，本领域技术人员应认识到，虽然本文已详尽示出和描述了本发明的多个示例性实施例，但是，在不脱离本发明精神和范围的情况下，仍可根据本发明公开的内容直接确定或推导出符合本发明原理的许多其他变型或修改。因此，本发明的范围应被理解和认定为覆盖了所有这些其他变型或修改。

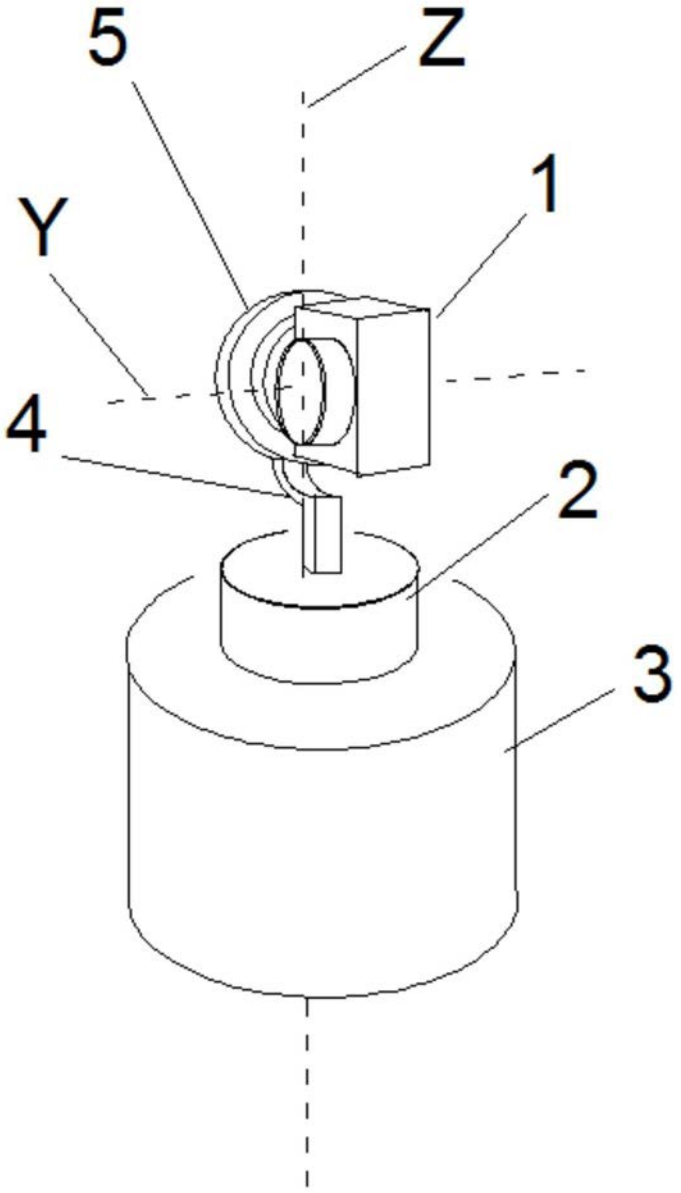


图1

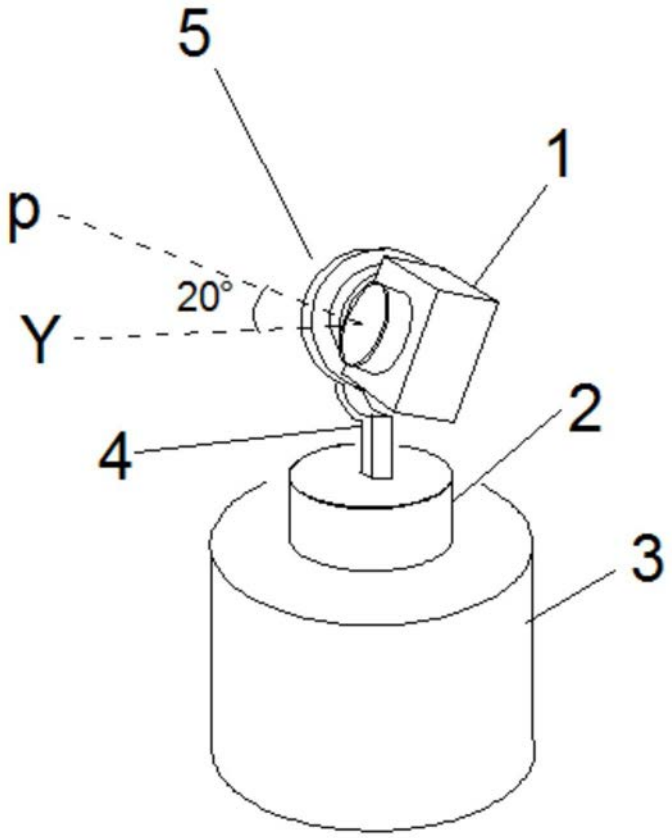


图2

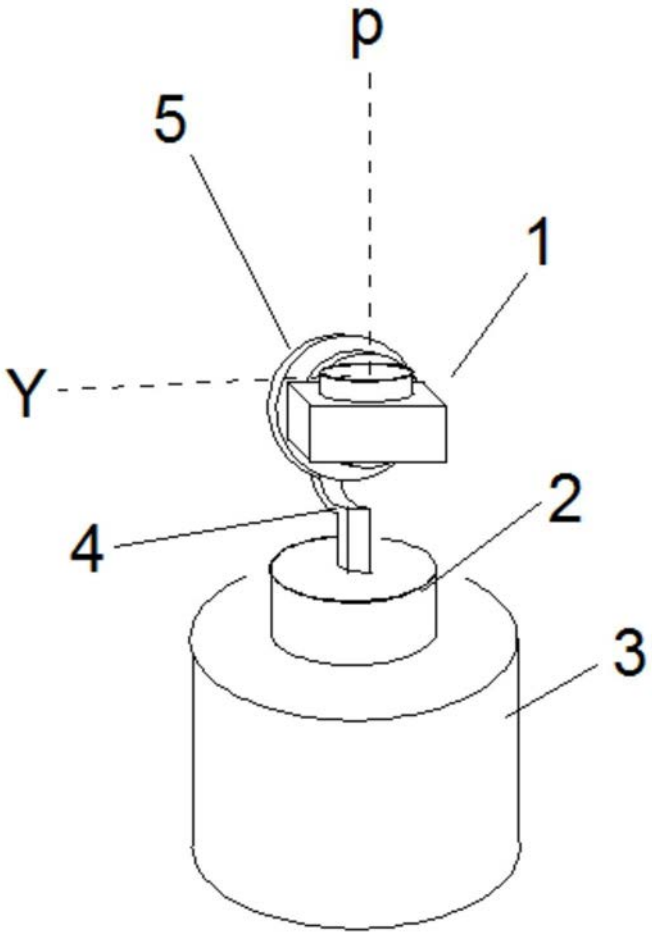


图3

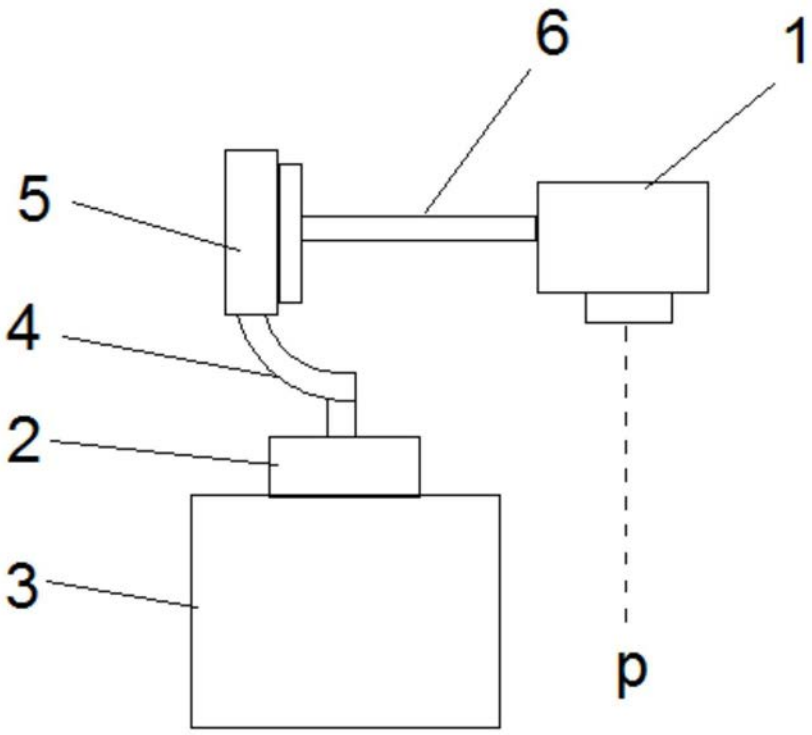


图4

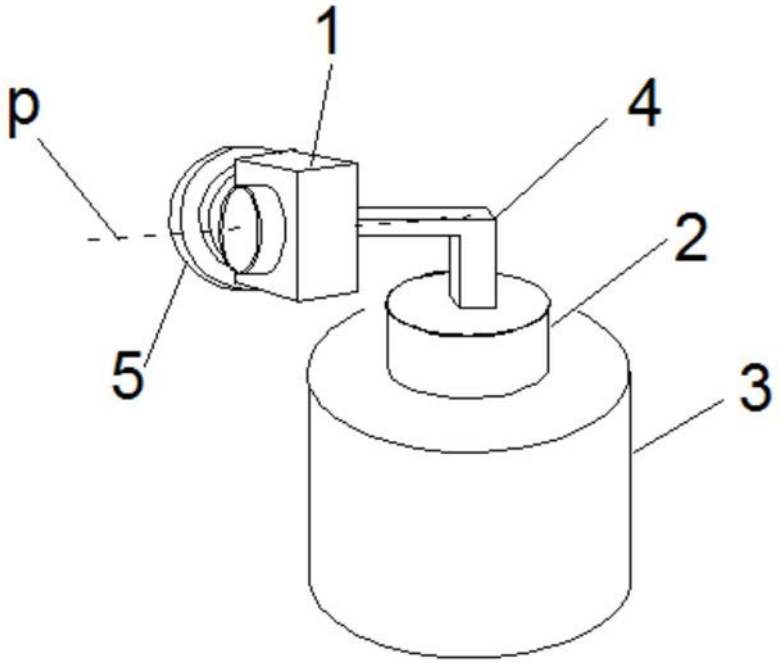


图5