



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107272015 A

(43)申请公布日 2017.10.20

(21)申请号 201710540786.X

(22)申请日 2017.07.05

(71)申请人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72)发明人 李安虎 刘兴盛

(74)专利代理机构 上海正旦专利代理有限公司

31200

代理人 张磊

(51)Int.Cl.

G01S 17/66(2006.01)

权利要求书3页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

高精度视觉导引激光跟踪方法

(57)摘要

本发明涉及一种高精度视觉导引激光跟踪方法,所述方法通过激光跟踪装置实现,激光跟踪装置由双目视觉测量系统、旋转双棱镜系统和激光发射器组成。所述双目视觉测量系统由第一相机、第二相机以及用于固定位姿的三脚架组成,所述旋转双棱镜系统包括第一旋转棱镜、第二旋转棱镜、支撑结构和驱动装置,所述激光发射器用于发射激光光束。本发明充分结合了双目视觉测量系统能在较大范围内进行三维测量的优势和旋转双棱镜系统可以实现高精度跟踪的特点,保证激光光束在双目视觉测量信息的导引下迅速、精确地跟踪动态或静态的三维目标。另外,此方法还可拓展应用至激光测振、激光焊接、激光切割、激光雕刻、激光钻孔和表面处理等其他领域。

1. 一种高精度视觉导引激光跟踪方法,所述方法通过激光跟踪装置实现,激光跟踪装置由双目视觉测量系统、旋转双棱镜系统和激光发射器组成,其特征在于:双目视觉测量系统由第一相机(1)、第二相机(2)以及用于固定位姿的三脚架组成;第一相机(1)和第二相机(2)的图像采集速率必须设置为较高且一致,以便及时地、同步地捕获空间目标(3)的位置变化情况;第一相机(1)和第二相机(2)应当采取合理的布置形式,使其可以在尽可能大的成像视场内观察三维动静态目标;所述旋转双棱镜系统包括第一旋转棱镜(4)、第二旋转棱镜(5)、支撑结构和驱动装置;第一旋转棱镜(4)和第二旋转棱镜(5)分别固定于支撑结构上,且同轴布置;第一旋转棱镜(4)和第二旋转棱镜(5)的布置间距取决于激光跟踪的视场大小,且第一旋转棱镜(4)和第二旋转棱镜(5)的相对布置方案应根据实际情况确定;第一旋转棱镜(4)和第二旋转棱镜(5)分别连接相应的驱动装置;第一旋转棱镜(4)和第二旋转棱镜(5)能够通过各自的驱动装置独立地进行旋转运动;激光光束由激光发射器(6)发出,激光发射器(6)的安装位置必须保证激光光束的初始传播方向平行于旋转双棱镜系统的旋转轴;

高精度视觉导引激光跟踪方法的具体实现步骤如下:

(1) 采用合适的方法标定双目视觉测量系统,所述合适的方法为直接线性变换方法、Tsai两步标定法、张正友平面标定法或神经网络标定方法中任一种,记录第一相机(1)和第二相机(2)的内参数和外参数,并在三维动静态目标跟踪过程中保持第一相机(1)和第二相机(2)的相对位置固定不动;

(2) 第一相机(1)和第二相机(2)分别采集空间目标(3)在某一时刻的图像,并将两幅图像及时传输至上位机;

(3) 上位机接收第一相机(1)和第二相机(2)的采集图像后,对两幅图像进行图像处理和特征匹配,获得空间目标(3)在第一相机(1)和第二相机(2)的图像平面坐标系内的坐标,分别记为 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) ;

(4) 已知空间目标(3)在第一相机(1)和第二相机(2)的图像平面坐标系内的坐标分别为 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) ,上位机可以基于双目视觉测量原理计算出空间目标(3)在双目视觉测量系统坐标系内的空间坐标 (X_1, Y_1, Z_1) ;

(5) 通过适当的坐标变换操作,上位机可以将空间目标(3)在双目视觉测量系统坐标系内的空间坐标 (X_1, Y_1, Z_1) 转换为其在统一坐标系内的空间坐标 (X_2, Y_2, Z_2) ,此处以旋转双棱镜系统坐标系为统一坐标系;

(6) 针对空间目标(3)在旋转双棱镜系统坐标系内的空间坐标 (X_2, Y_2, Z_2) ,上位机通过旋转双棱镜系统逆向算法,求解出与上述空间坐标对应的第一旋转棱镜(4)的转角位置 θ_1 和第二旋转棱镜(5)的转角位置 θ_2 ;

(7) 上位机向第一旋转棱镜(4)和第二旋转棱镜(5)的运动控制单元发送指令,使第一旋转棱镜(4)和第二旋转棱镜(5)分别以合适的转速旋转至指定的转角位置 θ_1 和 θ_2 ;

(8) 在旋转双棱镜系统的偏转作用下,激光发射器(6)发射的激光光束被指向空间目标(3)所在的位置;

(9) 当空间目标(3)的位置在双目视觉测量系统的有效视场内发生变化时,第一相机(1)和第二相机(2)将会及时地捕获到空间目标(3)的最新位置信息,并按照步骤(1)至(8)的顺序引导第一旋转棱镜(4)和第二旋转棱镜(5)进行旋转运动,从而将激光光束的指向调

整至空间目标(3)的最新位置,连续地实现对动态空间目标的大范围和高精度跟踪。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于步骤(6)所述的旋转双棱镜系统逆向算法采用迭代法,在给定目标点空间坐标的条件下,采用迭代法逆向求解旋转双棱镜系统中第一旋转棱镜(4)和第二旋转棱镜(5)的相应转角位置;预先定义第一旋转棱镜(4)和第二旋转棱镜(5)具有相同的折射率 n 和楔角 α ;

当已知目标点 P 的空间坐标为 (X_P, Y_P, Z_P) 且求解精度设置为 ε 时,其中 ε 为求解得到的实际点与目标点 $P(X_P, Y_P, Z_P)$ 之间的绝对距离偏差,逆向求解过程应当在方程为 $Z=Z_P$ 的平面上开展,求解步骤如下:

(1) 假设激光光束在第二旋转棱镜5上的出射点为 $N^0(0, 0, D_1)$,其中 D_1 表示第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5的布置间距;

(2) 以 $\overline{A_1^0} = \overline{N^0P} = (X_P, Y_P, Z_P - D_1)$ 为第二旋转棱镜5上的出射光束向量,分别按照以下公式计算出射光束的俯仰角 ρ_0 和方位角 φ_0 :

$$\rho_0 = \arccos \left[\frac{Z_P - D_1}{\sqrt{X_P^2 + Y_P^2 + (Z_P - D_1)^2}} \right], \quad \varphi_0 = \begin{cases} \arccos \left(\frac{X_P}{\sqrt{X_P^2 + Y_P^2}} \right), & Y_P \geq 0 \\ 2\pi - \arccos \left(\frac{X_P}{\sqrt{X_P^2 + Y_P^2}} \right), & Y_P < 0 \end{cases}$$

式中 X_P 、 Y_P 和 Z_P 分别表示目标点 P 的三维坐标;

(3) 假设初始状态下第一旋转棱镜4保持不动,即 $\theta_1=0$,仅令第二旋转棱镜5旋转至某特定的转角位置 θ_{2s} ,以保证出射光束的俯仰角到达 ρ_0 ;此处 θ_{2s} 的值为

$$\theta_{2s} = \arccos \left(\frac{b_2 \cos \alpha - m}{b_1 \sin \alpha} \right) \in [0, 2\pi)$$

式中 α 为棱镜楔角, b_1, b_2, m 均为中间量,且分别满足: $b_1 = \sin \alpha \cdot (\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \alpha} - n \cos \alpha)$,
 $b_2 = n \sin^2 \alpha + \cos \alpha \cdot \sqrt{1 - n^2 \sin^2 \alpha}$ 和 $m = \frac{n^2 - n^2 p_1^2 - 1}{2np_1}$,其中 $p_1 = \frac{\sqrt{1 - (1 - \cos^2 \rho_0) / n^2} - b_2 / n}{\cos \alpha}$,此时计算出射光束的方位角为 φ_1 ;

(4) 令第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5同步旋转 $\varphi_0 - \varphi_1$,即可使出射光束的方位角达到 φ_0 ,则此时第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5的转角分别为:

$$\theta_1 = \varphi_0 - \varphi_1, \quad \theta_2 = \varphi_0 - \varphi_1 - \theta_{2s}$$

(5) 通过步骤(4)确定两棱镜转角 (θ_1, θ_2) 后,可以利用正向光线追迹法获得激光光束在第二旋转棱镜5上的出射点位置 $N^1(X_N^1, Y_N^1, D_1)$ 以及出射光束在平面 $Z=Z_P$ 上的实际扫描点位置 $P^1(X_P^1, Y_P^1, Z_P^1)$;

(6) 计算出射光束的实际扫描点与目标点之间的偏差,即 $\Delta = \sqrt{(X_P^1 - X_P)^2 + (Y_P^1 - Y_P)^2}$,并判断此时光束扫描点是否满足求解精度要求,即判断是否满足 $\Delta < \varepsilon$;

(7) 若 $\Delta \geq \varepsilon$,则以 $\overline{A_1^1} = \overline{N^1P} = (X_P - X_N^1, Y_P - Y_N^1, Z_P - D_1)$ 为第二旋转棱镜5上的出射光束向量,并重复步骤(2)至(7)的操作;若 $\Delta < \varepsilon$,则终止求解过程,确定旋转双棱镜的最终转角解为 (θ_1, θ_2) 。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于在必要的情况下,将双目视觉测量系统固定于机械臂末端或者采用合适的光学系统以扩大视觉测量范围。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于第一旋转棱镜和第二旋转棱镜的驱动装置采用齿轮机构、蜗轮蜗杆机构或同步带机构中任一种,根据具体使用要求的不同,第一旋转棱镜(4)和第二旋转棱镜(5)采取完全相同的结构参数,或在部分结构参数上采用不同的参数配置,所述结构参数包括折射率、楔角、通光孔径等。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于根据此方法应用场合的不同,激光发射器6也应更换不同的类型,并配备必要的辅助装置。

高精度视觉导引激光跟踪方法

技术领域

[0001] 本发明涉及激光跟踪技术,具体涉及一种激光跟踪系统与双目视觉测量系统相结合的高精度视觉导引激光跟踪方法。

背景技术

[0002] 激光跟踪技术在光束指向和成像视轴调整方面具有普遍的应用,如星间激光通信、红外对抗、激光多普勒测振、生物医学成像和复杂结构加工等诸多领域,其中实现三维动静目标跟踪已经成为激光跟踪技术应用的重要方面,国内外均对此开展了相关研究和应用。

[0003] 以下在先技术给出了几种典型的三维目标跟踪方法。

[0004] 在先技术(王伟国等,“用于三轴转台的卫星跟踪策略”,《光学精密工程》,2015年第23卷第3期,871-878页)针对三轴跟踪架结构无法控制激光光束跟踪半球空域内所有卫星的问题,提出采用地平式跟踪方式与水平式跟踪方式有机结合的卫星跟踪策略,可以保证卫星全程在三轴跟踪架的保精度跟踪范围内。此方法必须建立在卫星运行轨道已知的基础上,需要预先提供精确的在轨参数,因此难以推广至目标沿任意轨迹运动的被动跟踪场合。另外,三轴转台的结构相对复杂、控制要求较高,也是制约其后续发展的关键因素。

[0005] 在先技术(Souvestre F.,etc.,“DMD-based multi-target laser tracking for motion capturing”,Proc.of SPIE,2010,7596:75960B)提出一种基于数字微镜器件和旋转双棱镜系统的目标跟踪方法。借助结构紧凑、转动惯量小、控制较为简单的光学机械装置,激光光束可以在较大的锥形视场内对动态目标进行运动捕获和跟踪。此方法对于跟踪目标的定位是通过光电探测器实现的,即借助探测到的散射光强度变化来判断目标的相对运动情况。但是,由于缺乏目标的空间位置信息,此方法在其他方面的拓展应用受到较大的限制。

[0006] 在先技术(杨荣骞等专利,申请号:201510111218.9,申请日2015年3月13日“大视场下手术器械的自动跟踪定位方法”)提出一种在大视场范围内自动跟踪并定位手术器械的方法。通过机械臂来控制双目视觉测量系统运动,可以在较大的视场内对手术器械进行跟踪和成像;再由双目视觉测量系统对手术器械成像信息的立体匹配,即可精确地定位手术器械。此方法并未涉及激光跟踪领域,但是其利用双目视觉测量系统获取空间位置信息以实现目标跟踪与定位的思路,可以为建立高精度视觉导引激光跟踪方法提供一定的参考依据。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种高精度视觉导引激光跟踪方法,通过双目视觉测量系统的测量信息引导旋转双棱镜系统控制激光光束的运动,使激光光束偏转至测定的目标位置。此方法充分结合了双目视觉测量系统能够在较大范围内三维测量的优势和旋转双棱镜系统可以实现高精度跟踪的特点,保证激光光束可以在双目视觉测量信息的导引下迅速、

精确地跟踪三维动静态目标。作为拓展和延伸,此方法在其他领域也有重要的应用价值,如激光测振、激光焊接、激光切割、激光雕刻、激光钻孔和表面处理等。

[0008] 本发明提出的高精度视觉导引激光跟踪方法,所述方法通过激光跟踪装置实现,激光跟踪装置由双目视觉测量系统、旋转双棱镜系统和激光发射器组成,双目视觉测量系统由第一相机1、第二相机2以及用于固定位姿的三脚架组成,第一相机1和第二相机2的图像采集速率必须设置为较高且一致,以便及时地、同步地捕获空间目标3的位置变化情况。第一相机1和第二相机2应当采取合理的布置形式,使其可以在尽可能大的成像视场内观察三维动静态目标;所述旋转双棱镜系统包括第一旋转棱镜4、第二旋转棱镜5、支撑结构和驱动装置;第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5分别固定于支撑结构上,且同轴布置,第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5的布置间距取决于激光跟踪的视场大小,且第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5的相对布置方案应根据实际情况确定。第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5分别连接相应的驱动装置;第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5能够通过各自的驱动装置独立地进行旋转运动。

[0009] 激光光束由激光发射器6发出,激光发射器6的安装位置必须保证激光光束的初始传播方向平行于旋转双棱镜系统的旋转轴;

[0010] 具体步骤如下:

[0011] (1) 采用合适的方法标定双目视觉测量系统,所述合适的方法为直接线性变换方法、Tsai两步标定法、张正友平面标定法或神经网络标定方法中任一种,记录第一相机1和第二相机2的内参数和外参数,并在三维动静态目标跟踪过程中保持第一相机1和第二相机2的相对位置固定不动;

[0012] (2) 第一相机1和第二相机2分别采集空间目标3在某一时刻的图像,并将两幅图像及时传输至上位机;

[0013] (3) 上位机接收第一相机1和第二相机2的采集图像后,对两幅图像进行图像处理和特征匹配,获得空间目标3在第一相机1和第二相机2的图像平面坐标系内的坐标,分别记为 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) ;

[0014] (4) 已知空间目标3在第一相机1和第二相机2的图像平面坐标系内的坐标分别为 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) ,上位机可以基于双目视觉测量原理计算出空间目标3在双目视觉测量系统坐标系内的空间坐标 (X_1, Y_1, Z_1) ;

[0015] (5) 通过适当的坐标变换操作,上位机可以将空间目标3在双目视觉测量系统坐标系内的空间坐标 (X_1, Y_1, Z_1) 转换为其在统一坐标系内的空间坐标 (X_2, Y_2, Z_2) ,此处以旋转双棱镜系统坐标系为统一坐标系;

[0016] (6) 针对空间目标3在旋转双棱镜系统坐标系内的空间坐标 (X_2, Y_2, Z_2) ,上位机通过旋转双棱镜系统逆向算法,求解出与上述空间坐标对应的第一旋转棱镜4的转角位置 θ_1 和第二旋转棱镜5的转角位置 θ_2 ;

[0017] (7) 上位机向第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5的运动控制单元发送指令,使第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5分别以合适的转速旋转至指定的转角位置 θ_1 和 θ_2 ;

[0018] (8) 在旋转双棱镜系统的偏转作用下,激光发射器6发射的激光光束被指向空间目标3所在的位置;

[0019] (9) 当空间目标3的位置在双目视觉测量系统的有效视场内发生变化时,第一相机

1和第二相机2将会及时地捕获到空间目标3的最新位置信息,并按照步骤(1)至(8)的顺序引导第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5进行旋转运动,从而将激光光束的指向调整至空间目标3的最新位置,连续地实现对动态空间目标的大范围和高精度跟踪。

[0020] 本发明中,步骤(6)所述的旋转双棱镜系统逆向算法采用迭代法,下面具体介绍如何在给定目标点空间坐标的条件下,采用迭代法逆向求解旋转双棱镜系统中第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5的相应转角位置;为方便描述,预先定义第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5具有相同的折射率 n 和楔角 α 。

[0021] 当已知目标点P的空间坐标为 (X_P, Y_P, Z_P) 且求解精度设置为 ε 时,其中 ε 为求解得到的实际点与目标点P (X_P, Y_P, Z_P) 之间的绝对距离偏差,逆向求解过程应当在方程为 $Z=Z_P$ 的平面上开展,求解步骤如下:

[0022] (1) 假设激光光束在第二旋转棱镜5上的出射点为 $N^0(0, 0, D_1)$,其中 D_1 表示第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5的布置间距;

[0023] (2) 以 $\overrightarrow{A_{N^0}^0} = \overrightarrow{N^0P} = (X_P, Y_P, Z_P - D_1)$ 为第二旋转棱镜5上的出射光束向量,分别按照以下公式计算出射光束的俯仰角 ρ_0 和方位角 φ_0 :

$$[0024] \quad \rho_0 = \arccos \left[\frac{Z_P - D_1}{\sqrt{X_P^2 + Y_P^2 + (Z_P - D_1)^2}} \right], \quad \varphi_0 = \begin{cases} \arccos \left(\frac{X_P}{\sqrt{X_P^2 + Y_P^2}} \right), & Y_P \geq 0 \\ 2\pi - \arccos \left(\frac{X_P}{\sqrt{X_P^2 + Y_P^2}} \right), & Y_P < 0 \end{cases}$$

[0025] 式中 X_P 、 Y_P 和 Z_P 分别表示目标点P的三维坐标;

[0026] (3) 假设初始状态下第一旋转棱镜4保持不动,即 $\theta_1=0$,仅令第二旋转棱镜5旋转至某特定的转角位置 θ_{2s} ,以保证出射光束的俯仰角到达 ρ_0 。此处 θ_{2s} 的值为

$$[0027] \quad \theta_{2s} = \arccos \left(\frac{b_2 \cos \alpha - m}{b_1 \sin \alpha} \right) \in [0, 2\pi)$$

[0028] 式中 α 为棱镜楔角, b_1, b_2, m 均为中间量,且分别满足: $b_1 = \sin \alpha \cdot (\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \alpha} - n \cos \alpha)$,

$b_2 = n \sin^2 \alpha + \cos \alpha \cdot \sqrt{1 - n^2 \sin^2 \alpha}$ 和 $m = \frac{n^2 - n^2 p_1^2 - 1}{2np_1}$, 其中 $p_1 = \frac{\sqrt{1 - (1 - \cos^2 \rho_0) / n^2} - b_2 / n}{\cos \alpha}$, 此时计算出

射光束的方位角为 φ_1 ;

[0029] (4) 令第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5同步旋转 $\varphi_0 - \varphi_1$,即可使出射光束的方位角达到 φ_0 ,则此时第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5的转角分别为:

$$[0030] \quad \theta_1 = \varphi_0 - \varphi_1, \quad \theta_2 = \varphi_0 - \varphi_1 - \theta_{2s}$$

[0031] (5) 通过步骤(4)确定两棱镜转角 (θ_1, θ_2) 后,可以利用正向光线追迹法获得激光光束在第二旋转棱镜5上的出射点位置 $N^1(X_N^1, Y_N^1, D_1)$ 以及出射光束在平面 $Z=Z_P$ 上的实际扫描点位置 $P^1(X_P^1, Y_P^1, Z_P^1)$;

[0032] (6) 计算出射光束的实际扫描点与目标点之间的偏差,即 $\Delta = \sqrt{(X_P^1 - X_P)^2 + (Y_P^1 - Y_P)^2}$,并判断此时光束扫描点是否满足求解精度要求,即判断是否满足 $\Delta < \varepsilon$ 。

[0033] (7) 若 $\Delta \geq \varepsilon$,则以 $\overrightarrow{A_{N^1}^1} = \overrightarrow{N^1P} = (X_P - X_N^1, Y_P - Y_N^1, Z_P - D_1)$ 为第二旋转棱镜5上的出射光束

向量,并重复步骤(2)至(7)的操作;若 $\Delta < \varepsilon$,则终止求解过程,确定旋转双棱镜的最终转角解为 (θ_1, θ_2) 。

[0034] 本发明中,在必要的情况下,还可将双目视觉测量系统固定于机械臂末端或者采用合适的光学系统以扩大视觉测量范围。

[0035] 本发明中,第一旋转棱镜和第二旋转棱镜的驱动装置采用齿轮机构、蜗轮蜗杆机构或同步带机构中任一种。根据具体使用要求的不同,第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5可以采取完全相同的结构参数,或在部分结构参数上采用不同的参数配置,所述结构参数支撑包括折射率、楔角、通光孔径等。

[0036] 本发明中,根据此方法应用场合的不同,激光发射器6也应更换不同的类型,并配备必要的辅助装置。

[0037] 本发明的有益效果在于:

[0038] 1.本发明采用双目视觉测量系统获取准确的空间目标信息,可以主动地导引旋转双棱镜系统进行旋转运动,迅速地将激光光束指向调整至目标位置,从而有效克服传统的目标跟踪方法需要将较多时间耗费于区域扫描和搜索目标的缺陷,提高了动态目标跟踪的效率。

[0039] 2.本发明借助迭代法来解决旋转双棱镜系统的逆向问题,可以在较低的运算时间成本下获得满足要求的求解精度,为建立针对空间动态目标的实时跟踪策略提供有效的途径。

[0040] 3.本发明充分结合了双目视觉测量系统和旋转双棱镜系统的优势,前者具有较大的成像视场和较高的测量精度,而后者具备高准确度的光束偏转功能,因此本发明可以在较大的空间范围内实现对动静态目标的高精度跟踪。

[0041] 4.本发明主要由双目视觉测量系统和旋转双棱镜系统两部分组成,其控制过程相对简单。对于双目视觉测量系统,仅需利用上位机控制两台相机同步采集并及时传输图像;对于旋转双棱镜系统,只要求上位机控制旋转双棱镜分别旋转至指定的转角位置,因此本发明在具体实现方面可控性好,激光跟踪过程的执行效率高。

[0042] 5.本发明提出的双目视觉导引激光跟踪的方法在激光加工领域也具有重要的应用价值。对于形状极其复杂、难以通过数控加工的零部件,可以借助双目视觉主动地导引激光光束实施切割、雕刻、钻孔或焊接等操作,从而为特种加工行业提供了一种加工效率和加工精度均可达到较高要求的技术手段。

附图说明

[0043] 图1为高精度视觉导引激光跟踪方法的示意图,主要由双目视觉测量系统和旋转双棱镜系统组成。

[0044] 图2为高精度视觉导引激光跟踪方法的实现流程图。

[0045] 图3为旋转双棱镜系统中采用的楔形棱镜的结构图,其中:(a)为三维模型图,(b)为主视图,(c)为左视图。

[0046] 图4为旋转双棱镜系统中双棱镜的四种相对布置方案。

[0047] 图5为一种旋转双棱镜系统逆向算法,即迭代法的示意图。

[0048] 图6为采用迭代法求解旋转双棱镜系统逆向问题的流程图。

[0049] 图7为空间目标沿任意轨迹运动时激光导引跟踪过程的仿真图。

[0050] 图8为双目视觉导引激光跟踪过程中第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5的转角曲线,即棱镜转角 θ_1 和 θ_2 随时间 t 的变化情况。

[0051] 图中标号:1为第一相机,2为第二相机,3为空间目标,4为第一旋转棱镜,5为第二旋转棱镜,6为激光发射器。

具体实施方式

[0052] 下面结合附图与实施例,详细地描述本发明的原理及其具体应用过程,但本发明的专利保护范围不限于此。

[0053] 实施例1:

[0054] 本发明提供一种高精度视觉导引激光跟踪方法,可以在较大的空间范围内实现对三维动静态目标的准确、实时跟踪。在空间目标的运动过程中,由双目视觉测量系统实时采集目标图像,并基于双目视觉测量原理计算出目标的空间位置信息;针对目标的空间位置信息,采用合适的逆向算法高效地求解出与之相应的旋转双棱镜转角;再迅速地控制旋转双棱镜系统旋转至指定的转角位置,即可偏转激光光束使之指向空间目标所在的位置,保证对空间目标的高精度和实时性跟踪。

[0055] 参见图1,本发明的目的通过以下几部分来实现:用于图像采集和传输的双目视觉测量系统,用于偏转激光光束的旋转双棱镜系统,用于发射激光光束的激光发射器,以及用于图像处理、问题求解和上位控制的上位机。根据双目视觉测量系统提供的空间目标位置信息,上位机可以及时地控制旋转双棱镜系统运动,使双棱镜到达指定的转角位置并偏转激光发射器产生的激光光束,从而确保激光光束的指向可以依据空间目标的位置变化而做出相应调整。

[0056] 参见图2、图5、图6、图7和图8,高精度视觉导引激光跟踪方法应用于三维动态目标跟踪的详细步骤如下:

[0057] S1.采用张正友平面标定法标定双目视觉测量系统,并且为了便于对比观察,将第一相机1和第二相机2的图像采集速率均设置为2帧/秒;

[0058] S2.在 $t=0s$ 时刻,利用第一相机1和第二相机2分别采集空间目标3的图像,并将两幅图像传输至上位机;

[0059] S3.上位机对两幅图像进行处理和特征匹配,获得空间目标3在第一相机1的图像平面坐标系内的坐标为 (x_1, y_1) ,在第二相机2的图像平面坐标系内的坐标为 (x_2, y_2) ;

[0060] S4.基于双目视觉测量原理,由空间目标3的图像平面坐标可以计算出空间目标3在双目视觉测量系统坐标系内的三维坐标为 (X_1, Y_1, Z_1) ;

[0061] S5.通过适当的坐标变换操作,将空间目标3在双目视觉测量系统坐标系内的三维坐标转换为其在图1所示的统一坐标系OXYZ(即旋转双棱镜系统坐标系)内的三维坐标,可得 $(X_2, Y_2, Z_2) = (51.9615, 10.0000, 389.5280)$;

[0062] S6.针对空间目标的三维坐标信息,利用图5和图6所示的迭代法逆向求解第一旋转棱镜4的转角和第二旋转棱镜5的转角,结果为 $(\theta_1, \theta_2) = (147.8928^\circ, 245.9437^\circ)$;

[0063] S7.上位机向旋转双棱镜系统的运动控制单元发送指令,使第一旋转棱镜4和第二旋转棱镜5分别旋转至 $\theta_1=147.8928^\circ$ 和 $\theta_2=245.9437^\circ$ 的转角位置;

[0064] S8. 激光光束在旋转双棱镜系统的偏转作用下准确地指向空间目标3的位置;

[0065] S9. 此后每隔0.5秒重复步骤S2至S8的操作,直至 $t=10\text{s}$ 时刻结束时,双目视觉测量系统依次获得空间目标3在21个不同位置的三维坐标如图7所示,并由此求解旋转双棱镜系统的相应转角曲线如图8所示,以保证激光光束能够始终跟踪空间目标3的位置变化。

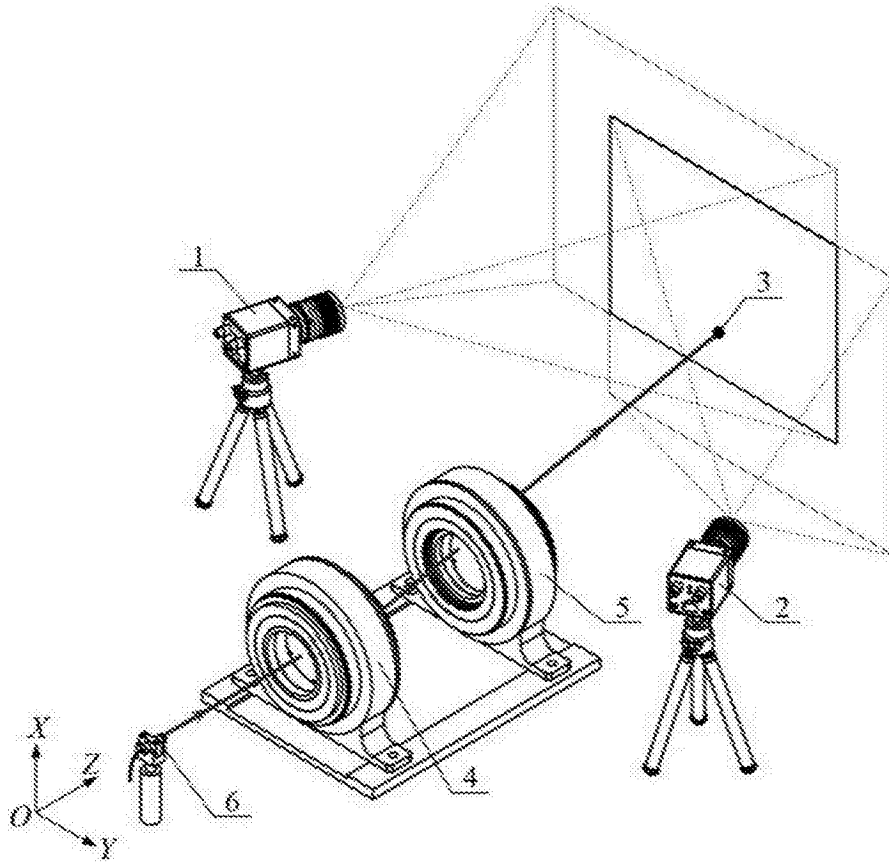


图1

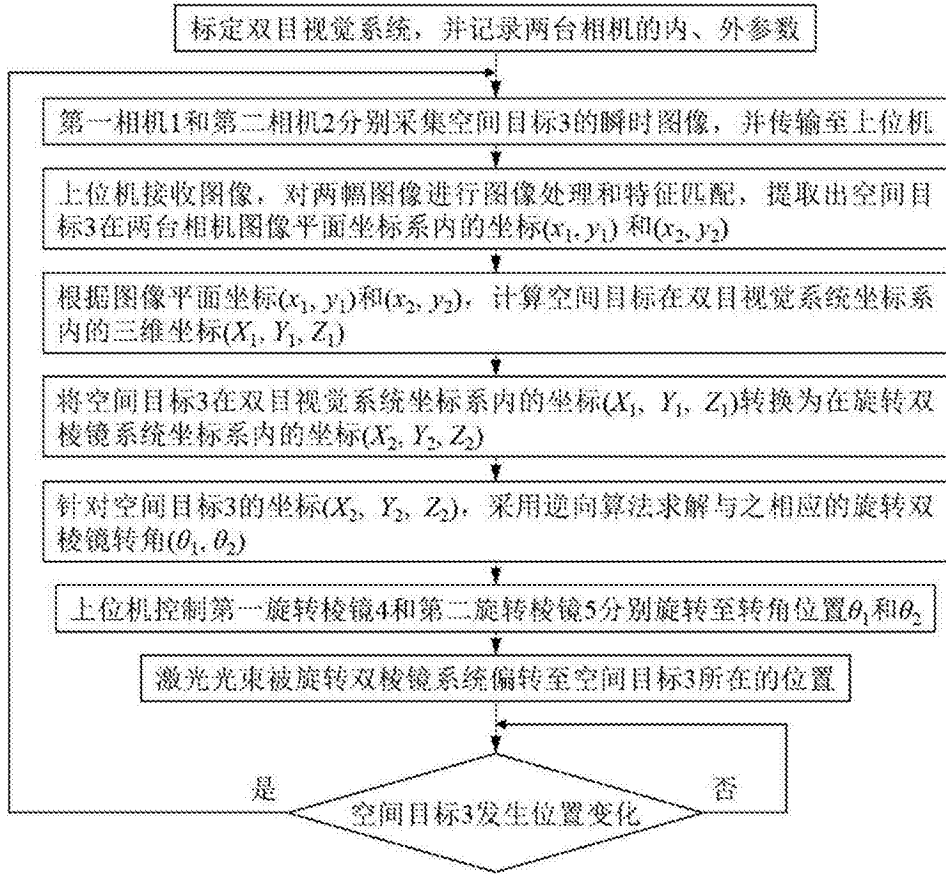


图2

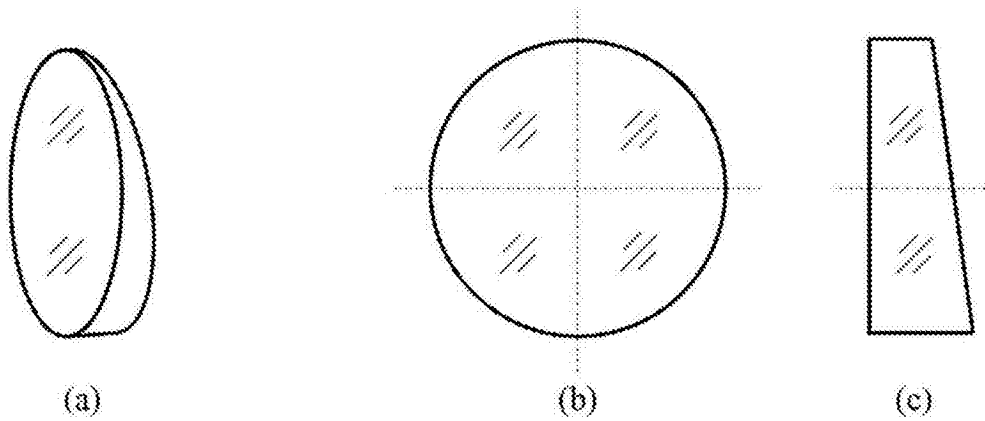


图3

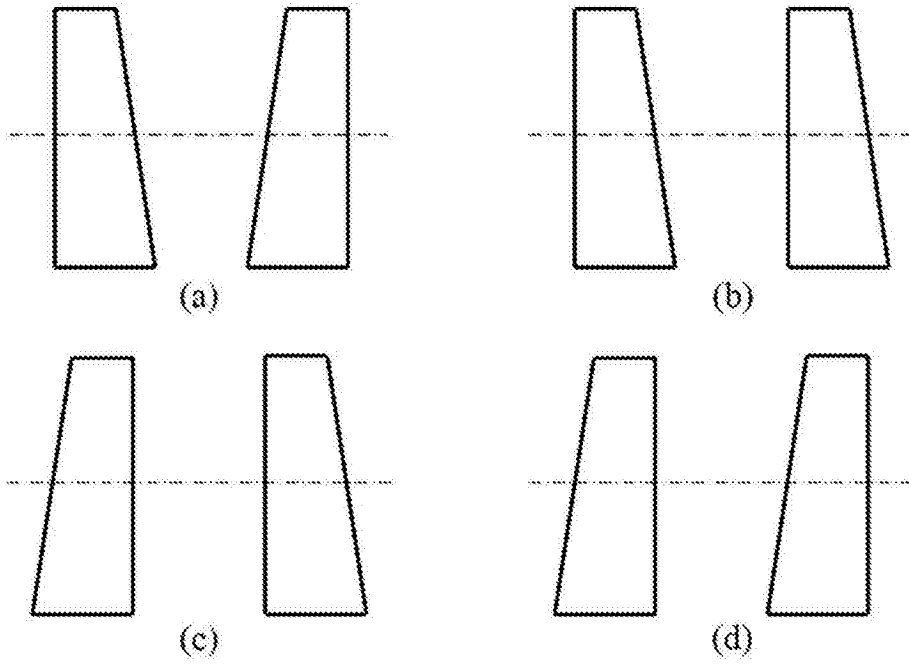


图4

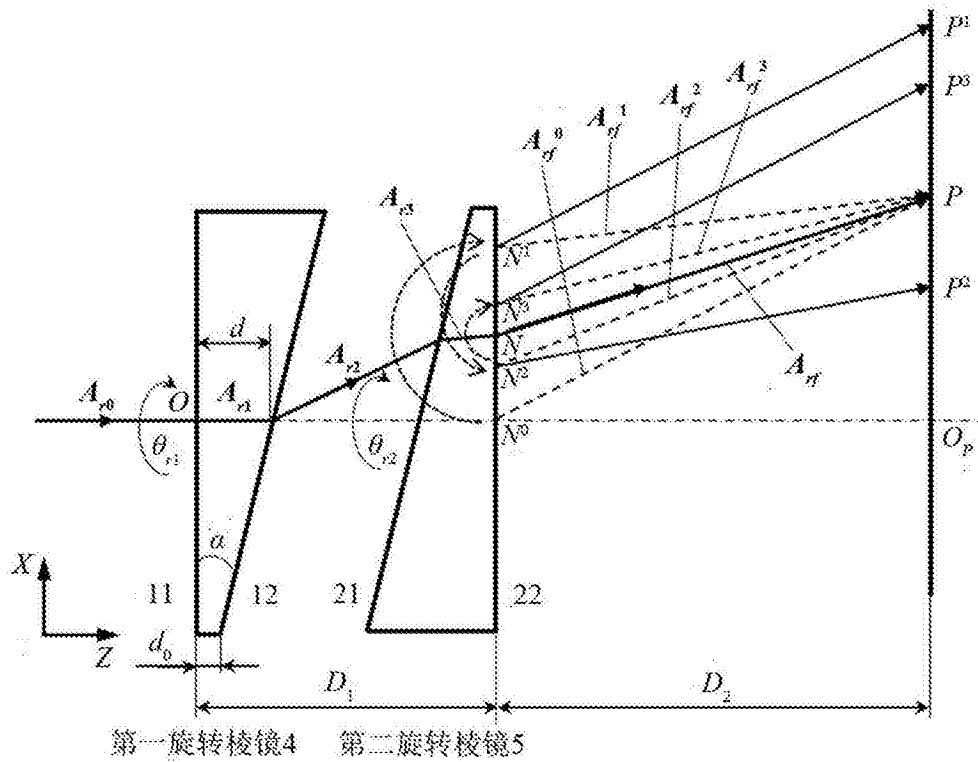


图5

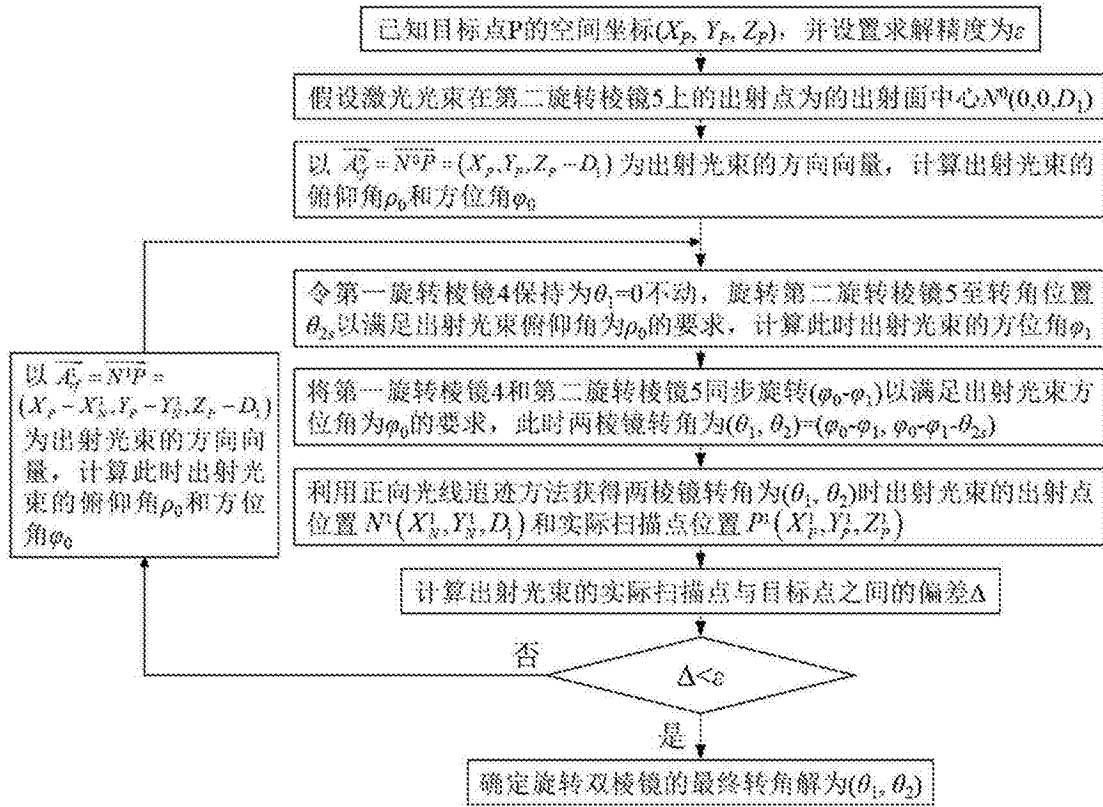


图6

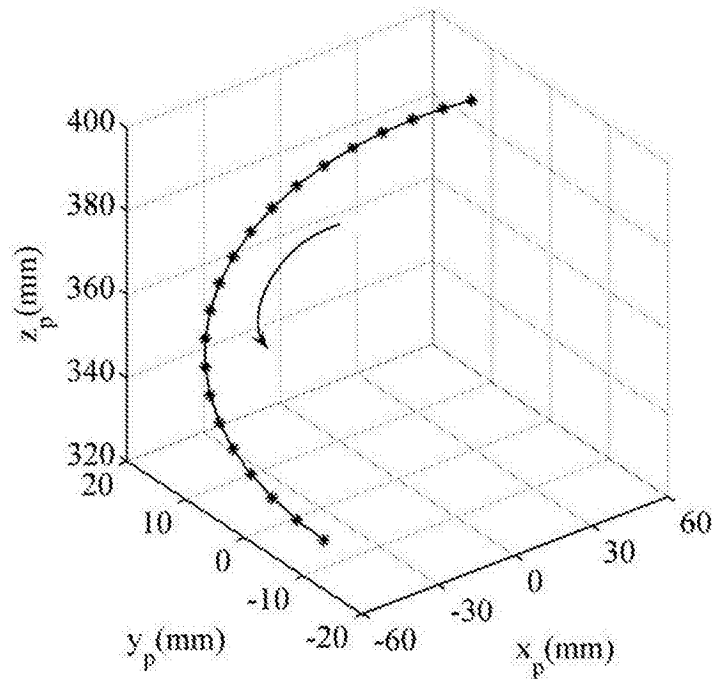


图7

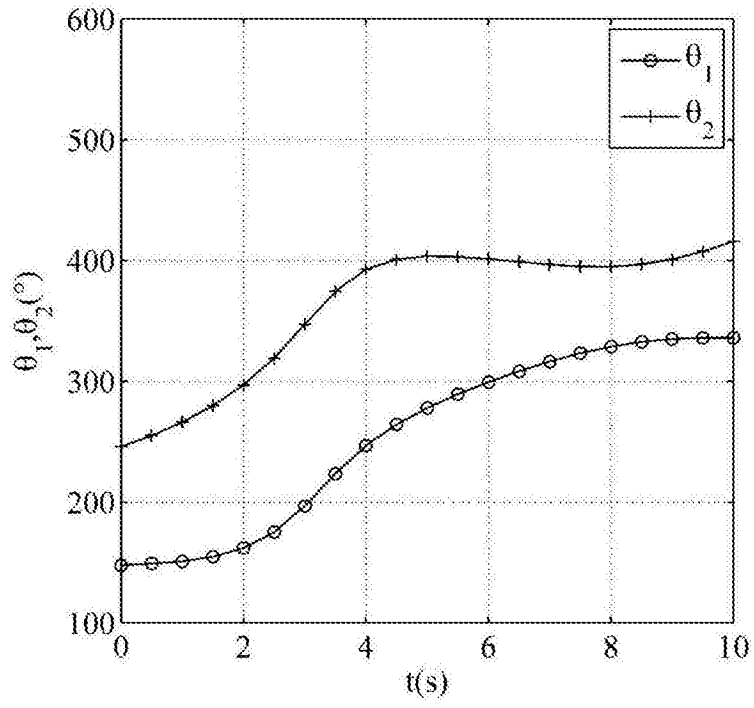


图8