



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113977558 B

(45) 授权公告日 2023.01.31

(21) 申请号 202111428472.3

B25J 9/16 (2006.01)

(22) 申请日 2021.11.29

B25J 18/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113977558 A

审查员 陈军

(43) 申请公布日 2022.01.28

(73) 专利权人 湖南交通职业技术学院
地址 410132 湖南省长沙市长沙县湖南交
通职业技术学院

(72) 发明人 袁佳健 周玉甲 杨剑 邓平
郭利伟

(74) 专利代理机构 广州市红荔专利代理有限公
司 44214

专利代理师 李婷

(51) Int. Cl.

B25J 9/00 (2006.01)

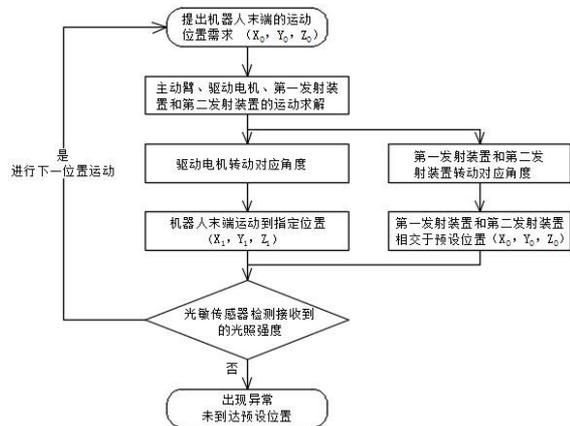
权利要求书3页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置及方法,所述装置包括机架、用于搭载机器人末端的机器人本体、用于发射可见光束的第一发射装置和第二发射装置以及安装在机器人本体上并搭载有用于检测光照强度的光敏传感器的机器人末端。所述方法包括提出机器人末端的运动位置需求、运动位置求解、机器人本体驱动电机转动对应角度同时可见光束发射装置转动对应角度,机器人末端运动到指定位置同时两束可见光束相交于预设位置,光敏传感器接收到预计的光照强度,进行判定。本发明可实时判断预走轨迹与实际轨迹是否吻合,用于解决Delta型并联机器人在演示或教学过程中由于轨迹不直观影响展示效果,或工作中路径偏离导致的工作异常。



1. 一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置,包括机架(1),其特征在于,还包括安装在所述机架(1)上的机器人本体(2)、第一发射装置(3)、第二发射装置(4)以及安装在所述机器人本体(2)上的机器人末端(16);其中,

机器人本体(2),安装在所述机架(1)的顶部横梁上,用于搭载所述机器人末端(16)按照预设轨迹运行;

第一发射装置(3),安装在所述机架(1)的一侧边沿并处于所述机器人末端(16)工作空间的周围,用于发射可见光束(10);

第二发射装置(4),安装在所述机架(1)的边沿另一侧边沿并处于所述机器人末端(16)工作空间的周围,用于发射可见光束(10);

机器人末端(16),安装在所述机器人本体(2)的末端位置,并搭载有用于检测光照强度的光敏传感器;

所述第一发射装置(3)和第二发射装置(4)分别发射出不同颜色的可见光束(10)并相交于空间中的交汇点(19),所述交汇点(19)用于标记所述机器人末端(16)的空间位置;

所述第一发射装置(3)和第二发射装置(4)为相同结构,均包括固定在所述机架(1)上的第一转动平台(7)以及配合安装在所述第一转动平台(7)上的第二转动平台(8),所述第二转动平台(8)上设置有光束发射器(9);

所述第一转动平台(7)用于实现所述光束发射器(9)沿轴二回转运动;所述第二转动平台(8)用于实现所述光束发射器(9)沿轴一俯仰运动;所述光束发射器(9)用于发射可见光束(10)。

2. 根据权利要求1所述的一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置,其特征在于,所述机器人本体(2)包括固定安装在所述机架(1)顶部横梁上的机器人支架(11),所述机器人支架(11)的外围均匀布设有多个驱动电机(12),每个所述驱动电机(12)的动力输出轴连接到主动臂(13)的一端,所述主动臂(13)的另一端铰接从动臂(14),所述从动臂(14)的另一端转动连接到水平安装板(15),所述水平安装板(15)的中部安装有机器人末端(16)。

3. 根据权利要求2所述的一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置,其特征在于,所述驱动电机(12)为步进电机或伺服电机;

所述第一转动平台(7)和第二转动平台(8)均是通过步进电机或伺服电机控制转动角度。

4. 一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的方法,其特征在于,应用如权利要求1至3任一项所述一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置进行以下步骤:

S1、提出机器人末端(16)的运动位置需求;

S2、求解三个主动臂(13)相对于机器人本体(2)静平面的理论转角、三个驱动电机(12)的转动角度、第一发射装置(3)和第二发射装置(4)各轴的转动角度;

S3、驱动电机(12)转动对应角度的同时第一发射装置(3)和第二发射装置(4)分别转动对应角度;

S4、机器人末端(16)运动到指定位置的同时第一发射装置(3)和第二发射装置(4)分别发射不同颜色的可见光束(10)相交于预设位置;

S5、光敏传感器检测接收到的光照强度;

S6、判断S5中检测的光照强度是否在预设的强度区间内,若是,则进行下一位置的运动,返回到S1;若否,则表明未达到预设位置,判定为异常。

5.根据权利要求4所述的一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的方法,其特征在于,步骤S1进一步包括:

在机器人本体(2)静平面的中心O点处建立空间坐标系O-XYZ,以机器人末端(16)P点在坐标系O-XYZ中的坐标 (x_p, y_p, z_p) 表示机器人末端(16)的空间位置;

设定光敏传感器在准确位置时检测光照强度的强度区间;

提出机器人末端(16)P点的运动位置需求坐标 (x_0, y_0, z_0) 。

6.根据权利要求5所述的一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的方法,其特征在于,步骤S2进一步包括:

通过空间的几何算法,将运动位置需求坐标 (x_0, y_0, z_0) 进行运动学逆解,求解得到机器人本体(2)的三个主动臂(13)相对于所述静平面的理论转角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 ,以及所述理论转角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 与机器人末端(16)P点坐标 (x_p, y_p, z_p) 之间的对应关系;

将所述理论转角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 分别转变为三个所述驱动电机(12)的脉冲数、确定三个所述驱动电机(12)需要转动的角度;

将P点的运动位置需求坐标 (x_0, y_0, z_0) 设置为第一发射装置(3)和第二发射装置(4)分别发射的可见光束(10)的交汇点(19),分别计算第一发射装置(3)和第二发射装置(4)各轴需要转动的角度。

7.根据权利要求6所述的一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的方法,其特征在于,步骤S3进一步包括:

设第一发射装置(3)发射的可见光束为激光束一(17),第二发射装置(4)发射的可见光束为激光束二(18),所述激光束一(17)和激光束二(18)相交形成交汇点(19),多个所述交汇点(19)集合形成机器人末端(16)的运动轨迹线;

在装置安装时测量得到激光束一(17)的发射处在空间坐标系O-XYZ的坐标为 (x_A, y_A, z_A) 、激光束二(18)的发射处在空间坐标系O-XYZ的坐标为 (x_B, y_B, z_B) ;

若需要激光束一(17)和激光束二(18)在P点相交,则需要满足激光束一(17)在空间坐标系O-XYZ中与向量 \overline{AP} 方向重合、激光束二(18)在空间坐标系O-XYZ中与向量 \overline{BP} 方向重合,控制第一发射装置(3)和第二发射装置(4)实时保证激光束一(17)与向量 \overline{AP} 方向重合、激光束二(18)与向量 \overline{BP} 方向重合。

8.根据权利要求7所述的一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的方法,其特征在于,在激光束一(17)的发射处建立空间坐标系A- $X_A Y_A Z_A$,其中 Z_A 轴与轴二重合, X_A 轴与轴一重合;

由于空间坐标系A- $X_A Y_A Z_A$ 相对于空间坐标系O-XYZ的空间位置在装置安装时已确定,对空间坐标系O-XYZ中的P点位置进行空间坐标系转换即可得到空间坐标系A- $X_A Y_A Z_A$ 中的P点位置 (x_{PA}, y_{PA}, z_{PA}) ;

向量 \overline{AP} 在平面 $X_A Y_A$ 中的投影与 Y_A 轴的夹角 θ_A 为:

$$\theta_A = \arctan(x_{PA}/y_{PA})$$

则向量 \overrightarrow{AP} 与平面 $X_A Y_A$ 中夹角 β_A 为:

$$\beta_A = \arctan \left(\frac{z_{PA}}{\sqrt{(y_{PA}^2 + x_{PA}^2)}} \right)$$

其中,若要激光束一(17)与空间向量 \overrightarrow{AP} 重合,轴A二需要转动至与 Y_A 轴呈 θ_A 角度,轴A一需要转动至与 Y_A 轴呈 β_A 角度;

同理可对第二发射装置(4)的轴B一和轴B二的转动角度分别进行求解。

9. 根据权利要求4所述的一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的方法,其特征在于,步骤S4中所述的指定位置是指机器人末端(16)在误差因素的影响下到达的实际位置 (x_1, y_1, z_1) ;所述预设位置即为机器人末端(16)P点的运动位置需求坐标 (x_0, y_0, z_0) 。

一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置及方法

技术领域

[0001] 本申请涉及并联机器人末端轨迹研究技术领域,特别是涉及一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置及方法。

背景技术

[0002] 大量使用工业机器人是近几年来制造业企业转型升级的一个重要突破点,常被应用多种工业机器人上的并联机构在由于其速度快、精度高、刚度好等优点,在食品、化工、包装领域承担着许多分拣、搬运、装箱等流水线工序。Delta型并联机器人是最经典的少自由度机器人,也是在实际工业中应用最广泛的一种并联机器人,研究表明Delta型并联机器人末端执行器在运动过程中的运动轨迹和运动规律会影响机构的动态精度。

[0003] 目前国内外对Delta型并联机器人末端运动轨迹的研究并不在少数,如公开号为CN112476411A的发明专利公开了一种Delta并联机器人轨迹控制方法及系统,公开号为CN112847351A的发明专利公开了一种基于指数趋近率的并联机器人轨迹跟踪控制方法,公开号为CN110308699A的发明专利公开了一种轨迹规划方法,但是上述现有技术方案对于并联机器人末端运动轨迹的研究,均集中在轨迹控制和规划上,较少有对轨迹进行可视化动态显示和验证相关技术的研究,导致机器人末端轨迹与实际轨迹不符的情况时有发生。

[0004] 因此,对Delta型并联机器人的末端轨迹进行可视化动态显示和轨迹验证具有重要的工业价值。

发明内容

[0005] 基于现有技术中存在的上述技术问题,本发明提供一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置及方法,可实时判断预走轨迹与实际轨迹是否吻合,用于解决Delta型并联机器人在演示或教学过程中由于轨迹不直观影响展示效果,或工作中路径偏离导致的工作异常。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明是通过以下技术方案实现的:一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置,包括机架,还包括安装在所述机架上的机器人本体、第一发射装置、第二发射装置以及安装在所述机器人本体上的机器人末端;其中,

[0007] 机器人本体,安装在所述机架的顶部横梁上,用于搭载所述机器人末端按照预设轨迹运行;

[0008] 第一发射装置,安装在所述机架的一侧边沿并处于所述机器人末端工作空间的周围,用于发射可见光束;

[0009] 第二发射装置,安装在所述机架的边沿另一侧边沿并处于所述机器人末端工作空间的周围,用于发射可见光束;

[0010] 机器人末端,安装在所述机器人本体的末端位置,并搭载有用于检测光照强度的光敏传感器;

[0011] 所述第一发射装置和第二发射装置分别发射出不同颜色的可见光束并相交于空

间中的交汇点,所述交汇点用于标记所述机器人末端的空间位置。

[0012] 进一步的,所述机器人本体包括固定安装在所述机架顶部横梁上的机器人支架,所述机器人支架的外围均匀布设有多个驱动电机,每个所述驱动电机的动力输出轴连接到主动臂的一端,所述主动臂的另一端铰接从动臂,所述从动臂的另一端转动连接到水平安装板,所述水平安装板的中部安装有机器人末端。

[0013] 进一步的,所述第一发射装置和第二发射装置为相同结构,均包括固定在所述机架上的第一转动平台以及配合安装在所述第一转动平台上的第二转动平台,所述第二转动平台上设置有光束发射器;

[0014] 所述第一转动平台用于实现所述光束发射器沿轴二回转运动;所述第二转动平台用于实现所述光束发射器沿轴一俯仰运动;所述光束发射器用于发射可见光束。

[0015] 进一步的,所述驱动电机为步进电机或伺服电机;

[0016] 所述第一转动平台和第二转动平台均是通过步进电机或伺服电机控制转动角度。

[0017] 本发明还提供一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的方法,其特征在于,应用如前文所述一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置进行以下步骤:

[0018] S1、提出机器人末端的运动位置需求;

[0019] S2、求解三个主动臂相对于机器人本体静平面的理论转角、三个驱动电机的转动角度、第一发射装置和第二发射装置各轴的转动角度;

[0020] S3、驱动电机转动对应角度的同时第一发射装置和第二发射装置分别转动对应角度;

[0021] S4、机器人末端运动到指定位置的同时第一发射装置和第二发射装置分别发射不同颜色的可见光束相交于预设位置;

[0022] S5、光敏传感器检测接收到的光照强度;

[0023] S6、判断S5中检测的光照强度是否在预设的强度区间内,若是,则进行下一位置的运动,返回到S1;若否,则表明未达到预设位置,判定为异常。

[0024] 进一步的,步骤S1进一步包括:

[0025] 在机器人本体静平面的中心O点处建立空间坐标系O-XYZ,以机器人末端P点在坐标系O-XYZ中的坐标 (x_p, y_p, z_p) 表示机器人末端的空间位置;

[0026] 设定光敏传感器在准确位置时检测光照强度的强度区间;

[0027] 提出机器人末端P点的运动位置需求坐标 (x_0, y_0, z_0) 。

[0028] 进一步的,步骤S2进一步包括:

[0029] 通过空间的几何算法,将运动位置需求坐标 (x_0, y_0, z_0) 进行运动学逆解,求解得到机器人本体的三个主动臂相对于所述静平面的理论转角 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$,以及所述理论转角 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 与机器人末端P点坐标 (x_p, y_p, z_p) 之间的对应关系;

[0030] 将所述理论转角 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 分别转变为三个所述驱动电机的脉冲数、确定三个所述驱动电机需要转动的角度;

[0031] 将P点的运动位置需求坐标 (x_0, y_0, z_0) 设置为第一发射装置和第二发射装置分别发射的可见光束的交汇点,分别计算第一发射装置和第二发射装置各轴需要转动的角度。

[0032] 进一步的,步骤S3进一步包括:

[0033] 设第一发射装置发射的可见光束为激光束一,第二发射装置发射的可见光束为激

光束二,所述激光束一和激光束二相交形成交汇点,多个所述交汇点集合形成机器人末端的运动轨迹线;

[0034] 在装置安装时测量得到激光束一的发射处在空间坐标系O-XYZ的坐标为 (x_A, y_A, z_A) 、激光束二的发射处在空间坐标系O-XYZ的坐标为 (x_B, y_B, z_B) ;

[0035] 若需要激光束一和激光束二在P点相交,则需要满足激光束一在空间坐标系O-XYZ中与向量 \overrightarrow{AP} 方向重合、激光束二在空间坐标系O-XYZ中与向量 \overrightarrow{BP} 方向重合,控制第一发射装置和第二发射装置实时保证激光束一与向量 \overrightarrow{AP} 方向重合、激光束二与向量 \overrightarrow{BP} 方向重合。

[0036] 进一步的,在激光束一的发射处建立空间坐标系A- $X_A Y_A Z_A$,其中 Z_A 轴与轴二(轴A二,轴B二)重合, X_A 轴与轴一(轴A一,轴B一)重合;

[0037] 由于空间坐标系A- $X_A Y_A Z_A$ 相对于空间坐标系O-XYZ的空间位置在装置安装时已确定,对空间坐标系O-XYZ中的P点位置进行空间坐标系转换即可得到空间坐标系A- $X_A Y_A Z_A$ 中的P点位置 (x_{PA}, y_{PA}, z_{PA}) ;

[0038] 向量 \overrightarrow{AP} 在平面 $X_A Y_A$ 中的投影与 Y_A 轴的夹角 θ_A 为:

[0039] $\theta_A = \arctan(x_{PA}/y_{PA})$

[0040] 则向量 \overrightarrow{AP} 与平面 $X_A Y_A$ 中夹角 β_A 为:

[0041]
$$\beta_A = \arctan\left(\frac{z_{PA}}{\sqrt{y_{PA}^2 + x_{PA}^2}}\right)$$

[0042] 其中,若要激光束一与空间向量 \overrightarrow{AP} 重合,轴A二需要转动至与 Y_A 轴呈 θ_A 角度,轴A一需要转动至与 Y_A 轴呈 β_A 角度;

[0043] 同理可对第二发射装置4的轴B一和轴B二的转动角度分别进行求解。

[0044] 进一步的,步骤S4中所述的指定位置是指机器人末端在误差因素的影响下到达的实际位置 (x_1, y_1, z_1) ;所述预设位置即为机器人末端P点的运动位置需求坐标 (x_0, y_0, z_0) 。

[0045] 与现有技术相比,本发明的有益之处是:

[0046] 一、本发明提供的可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置及方法,通过将并联机器人、两个可见光束发射装置以及光敏传感器等零组件进行有效整合,利用两束不同颜色的可见光束和人眼视觉暂留,通过控制可见光束的照射角度相交于空间中的一点,利用可见光束交汇处颜色的叠加和改变,从而标记Delta型并联机器人的末端空间位置,进而实现Delta型并联机器人末端轨迹在三维空间中实时可视化显示,便于进行机器人运动的演示或教学。

[0047] 二、本发明提供的可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置及方法,对两个可见光束发射装置的安装位置要求为:可见光束不重合且不被机器遮挡,安装位置要求低,并且可在不改变现有设备的条件下加装可见光束发射装置,可较为便捷的用于在现有设备上改装。

[0048] 三、本发明提供的可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置及方法,通过对Delta型并联机器人末端轨迹进行可视化动态显示和验证的研究,可实时判断预走轨迹与实际轨迹是否吻合,用于解决Delta型并联机器人在演示或教学过程中由于轨迹不直观影

响展示效果,或用于工作中机器人末端路径偏离时的实时报警,有效避免预设轨迹与实际轨迹不符的情况发生。

附图说明

[0049] 图1为本发明所述可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置的结构示意图;

[0050] 图2为本发明所述机器人本体的结构示意图;

[0051] 图3为本发明所述第一发射装置或第二发射装置的结构示意图;

[0052] 图4为本发明所述可视化动态显示并联机器人末端轨迹的方法的流程示意图;

[0053] 图5为两个可见光束的叠加示意图;

[0054] 图6为机器人末端运动轨迹线的形成示意图;

[0055] 图7为机器人本体结构与空间位置示意图;

[0056] 图8为其中一个主动臂转角 θ_1 的求解示意图;

[0057] 图9为光敏传感器检测的光照强度是否在预设的强度区间内的判断依据图;

[0058] 图10为空间坐标系的变换示意图;

[0059] 图11为P点在坐标系A- $X_A Y_A Z_A$ 中的位置关系图;

[0060] 图12为其中一个实施例中空间坐标系的变换示意图;

[0061] 图中:1、机架;2、机器人本体;3、第一发射装置;4、第二发射装置;5、电控柜;6、报警灯;7、第一转动平台;8、第二转动平台;9、光束发射器;10、可见光束;11、机器人支架;12、驱动电机;13、主动臂;14、从动臂;15、水平安装板;16、机器人末端;17、激光束一;18、激光束二;19、交汇点。

具体实施方式

[0062] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0063] 实施例一

[0064] 如图1所示,本发明提供了一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置,主要包括机架1、机器人本体2、第一发射装置3、第二发射装置4、电控柜5和报警灯6,所述机器人本体2、第一发射装置3、第二发射装置4、电控柜5和报警灯6安装在机架1上,所述机器人末端16安装在所述机器人本体2的末端,整个装置结构简单,安装方便且位置要求低,可较为便捷的用于在现有设备上改装。

[0065] 更具体的,所述机器人本体2安装在所述机架1的顶部横梁上,用于搭载所述机器人末端16按照预设轨迹运行;所述第一发射装置3安装在所述机架1的一侧边沿并处于所述机器人末端16工作空间的周围,用于发射可见光束10;所述第二发射装置4安装在所述机架1的边沿另一侧边沿并处于所述机器人末端16工作空间的周围,用于发射可见光束10;所述机器人末端16安装在所述机器人本体2的末端位置,并搭载有用于检测光照强度的光敏传感器;所述第一发射装置3和第二发射装置4分别发射出不同颜色的可见光束10并相交于空间中的交汇点19,所述交汇点19用于标记所述机器人末端16的空间位置;利用两束不同颜

色的可见光束和人眼视觉暂留,通过控制可见光束的照射角度相交于空间中的一点,利用可见光束交汇处颜色的叠加和改变,从而标记Delta型并联机器人的末端空间位置,进而实现Delta型并联机器人末端轨迹在三维空间中实时可视化显示,便于进行机器人运动的演示或教学。

[0066] 在其中一个实施例中,如图2所示,所述机器人本体2包括固定安装在所述机架1顶部横梁上的机器人支架11,所述机器人支架11的外围均匀布设有多个驱动电机12,每个所述驱动电机12的动力输出轴连接到主动臂13的一端,所述主动臂13的另一端铰接从动臂14,所述从动臂14的另一端转动连接到水平安装板15,所述水平安装板15的中部安装有机器人末端16。

[0067] 在其中一个实施例中,所述第一发射装置3和第二发射装置4为相同结构,均具有两轴独立旋转功能。更具体的,如图3所示,均包括固定在所述机架1上的第一转动平台7以及配合安装在所述第一转动平台7上的第二转动平台8,所述第二转动平台8上设置有光束发射器9;所述第一转动平台7用于实现所述光束发射器9沿轴二回转运动;所述第二转动平台8用于实现所述光束发射器9沿轴一俯仰运动;所述光束发射器9用于发射可见光束10。第一转动平台7和第二转动平台8相互配合使用可实现光束发射器9的全方位照射,应用灵活。

[0068] 在其中一个实施例中,所述驱动电机12为步进电机或伺服电机,进一步优选为伺服电机,转动精度高,减小机器人运动过程中的误差。

[0069] 在其中一个实施例中,所述第一转动平台7和第二转动平台8均是通过步进电机或伺服电机控制转动角度,可精确控制可见光束在空间中的照射方位。

[0070] 本实施例中所述可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置的具体使用过程可参照下文中实施例二的方法步骤。

[0071] 实施例二

[0072] 本发明在实施例一的基础上还提供一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的方法,如图4所示,应用如实施例一所述一种可视化动态显示并联机器人末端轨迹的装置进行以下步骤:

[0073] S1、提出机器人末端16的运动位置需求;

[0074] S2、求解三个主动臂13相对于机器人本体2静平面的理论转角、三个驱动电机12的转动角度、第一发射装置3和第二发射装置4各轴的转动角度;

[0075] S3、驱动电机12转动对应角度的同时第一发射装置3和第二发射装置4分别转动对应角度;

[0076] S4、机器人末端16运动到指定位置的同时第一发射装置3和第二发射装置4分别发射不同颜色的可见光束10相交于预设位置;

[0077] S5、光敏传感器检测接收到的光照强度;

[0078] S6、判断S5中检测的光照强度是否在预设的强度区间内,若是,则进行下一位置的运动,返回到S1;若否,则表明未达到预设位置,判定为异常。

[0079] 当进行轨迹检测时,光敏传感器出现未检测到光照或光照强度不足时,则表示机器人末端16未按照预设轨迹运动,运用该方法,可以形成Delta型并联机器人运动的闭环检测。

[0080] 在其中一个实施例中,如图5所示,假设所述第一发射装置3发射的可见光束10(即

激光束一17)颜色为红色,所述第二发射装置4发射的可见光束10(即激光束二18)颜色为绿色,根据光的三原色颜色叠加,此时交汇点19的光点显示即为黄色。如图6所示,控制两个可见光束10快速按照机器人末端点轨迹位置进行循环照射,由于人眼的视觉暂留,在真实空间中可以看见由激光交汇处黄色光点组成的运动轨迹线。当然在其他实施例中,可见光束10也可以采用别的颜色,形成对应颜色的运动轨迹线。

[0081] 在其中一个实施例中,步骤S1进一步包括:

[0082] 如图7所示,在Delta型并联机器人末端位置的运动学求解过程中,通常在机器人本体2静平面的中心O点处建立空间坐标系O-XYZ,以机器人末端P点在坐标系O-XYZ中的坐标 (x_p, y_p, z_p) 表示机器人末端16的空间位置;

[0083] 设定光敏传感器在准确位置时检测光照强度的强度区间;

[0084] 提出机器人末端P点的运动位置需求坐标 (x_0, y_0, z_0) 。

[0085] 具体的应用举例如下:

[0086] 1、当需要Delta型并联机器人末端P点运动至空间 (x_0, y_0, z_0) 时,通过空间的几何算法将运动位置需求坐标 (x_0, y_0, z_0) 进行运动学逆解,求解得到机器人本体2的三个主动臂13相对于所述静平面的理论转角 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$,以及所述理论转角 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 与机器人末端P点坐标 (x_p, y_p, z_p) 之间的对应关系。

[0087] 如图8示出了单个主动臂转角 θ_1 的求解示意图,其中R为机器人本体2静平面中心到主动臂转轴的举例,L为主动臂的长度,l为从动臂的长度,r为机器人末端点P到从动臂转轴的距离;具体求解过程为现有技术,在此不再详细阐述,通过机器人运动学逆解可求得三个主动臂13相对于所述静平面的理论转角 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 。

[0088] 2、将计算得到的三个主动臂的理论转角 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 转变为Delta型并联机器人三个驱动电机12的脉冲数、确定三个所述驱动电机12需要转动的角度,并进行机器人驱动。

[0089] 3、由于存在机械误差、驱动误差、间隙等因素影响,机器人末端16实际运动到的位置为 (x_1, y_1, z_1) 。

[0090] 4、将P点的运动位置需求坐标 (x_0, y_0, z_0) 设置为第一发射装置3和第二发射装置4发射的可见光束10的交汇点19,分别计算第一发射装置3和第二发射装置4各轴需要转动的角度,具体计算方法在下文的控制部分给出,由于第一发射装置3和第二发射装置均由步进电机或伺服电机直接驱动,无复杂的机械传动部分,转动精度高,得到的可见光束交汇点19可看作为理论点,预设位置即为机器人末端P点的运动位置需求坐标 (x_0, y_0, z_0) 。

[0091] 5、如图9所示,Delta型并联机器人末端P点处可安装有模拟量光敏传感器,检测到两束光照强度时表示实际驱动的末端点运动位置准确,检测到弱于预设的光照强度时表示实际驱动的末端点运动位置不准确。

[0092] 6、在需要实时检测机器人末端点位置运动时,可建立实时闭环检测系统,进行上述S1~S6的操作。

[0093] 控制部分

[0094] 此部分主要对现有技术未涉及的可见光束发射装置转角控制进行阐述。

[0095] 设第一发射装置3发射的可见光束为激光束一17,第二发射装置4发射的可见光束为激光束二18,所述激光束一17和激光束二18相交形成交汇点19,多个所述交汇点19集合成机器人末端16的运动轨迹线;在装置安装时测量得到激光束一17的发射处在空间坐标

系0-XYZ的坐标为 (x_A, y_A, z_A) 、激光束二18的发射处在空间坐标系0-XYZ的坐标为 (x_B, y_B, z_B) 。

[0096] 若需要激光束一17和激光束二18在P点相交,则需要满足激光束一17在空间坐标系0-XYZ中与向量 \overrightarrow{AP} 方向重合、激光束二18在空间坐标系0-XYZ中与向量 \overrightarrow{BP} 方向重合,控制部分需要通过控制控制第一发射装置3和第二发射装置4的两转动轴实时保证激光束一17与向量 \overrightarrow{AP} 方向重合、激光束二18与向量 \overrightarrow{BP} 方向重合。

[0097] 以激光束一17为例讲解控制部分如何实现:

[0098] 如图10至图11所示,在激光束一17的发射处建立空间坐标系A- $X_A Y_A Z_A$,其中 Z_A 轴与轴A二重合, X_A 轴与轴A一重合;由于空间坐标系A- $X_A Y_A Z_A$ 相对于空间坐标系0-XYZ的空间位置在装置安装时已确定,可对空间坐标系0-XYZ中的P点位置进行空间坐标系转换即可得到空间坐标系A- $X_A Y_A Z_A$ 中的P点位置 (x_{PA}, y_{PA}, z_{PA}) ;

[0099] 向量 \overrightarrow{AP} 在平面 $X_A A Y_A$ 中的投影与 Y_A 轴的夹角 θ_A 为:

$$[0100] \quad \theta_A = \arctan(x_{PA}/y_{PA})$$

[0101] 则向量 \overrightarrow{AP} 与平面 $X_A A Y_A$ 中夹角 β_A 为:

$$[0102] \quad \beta_A = \arctan\left(\frac{z_{PA}}{\sqrt{(y_{PA}^2 + x_{PA}^2)}}\right)$$

[0103] 其中,若要激光束一17与空间向量 \overrightarrow{AP} 重合,图10中所示的轴A二需要转动至与 Y_A 轴呈 θ_A 角度,图10中所示的轴A一需要转动至与 Y_A 轴呈 β_A 角度;

[0104] 同理可对第二发射装置4的图10中所示的轴B一和轴B二的转动角度分别进行求解。

[0105] 第一发射装置3和第二发射装置4通过步进或伺服电机控制转动角度,根据计算得到的角度值可以实现机器人末端轨迹点P的实时显示。

[0106] 具体的计算过程举例如下:

[0107] 如图12所示,当理论机器人末端点P在机器人本体2的坐标系0-XYZ中的坐标为 $(0, 0, -400)$,文中未注单位均为mm;第一发射装置3安装时,轴A一与X轴平行,轴A二与Y轴平行,两轴交点A在机器人本体2的坐标系0-XYZ中的坐标为 $(300, 0, -500)$;第二发射装置4安装时,轴B一与X轴平行,轴B二与Y轴平行,两轴交点B在机器人本体坐标系0-XYZ中的坐标为 $(-400, 0, -500)$ 。

[0108] 根据空间坐标变换,此时P点在坐标系A- $X_A Y_A Z_A$ 中的坐标为 $(-300, 0, 100)$,在坐标系B- $X_B Y_B Z_B$ 中的坐标为 $(400, 0, 100)$ 。

[0109] 向量 \overrightarrow{AP} 在平面 $X_A A Y_A$ 中的投影与 Y_A 轴的夹角 θ_A 为:

$$[0110] \quad \theta_A = \arctan(x_{PA}/y_{PA}) = \arctan(-300/0) = \arctan(-\infty) = -90^\circ$$

[0111] 则向量 \overrightarrow{AP} 与平面 $X_A A Y_A$ 中夹角 β_A 为:

$$[0112] \quad \beta_A = \arctan\left(\frac{z_{PA}}{\sqrt{(y_{PA}^2 + x_{PA}^2)}}\right) = \arctan\left(\frac{100}{\sqrt{((-300)^2 + 0^2)}}\right) = \arctan(100/300) \approx 18.43^\circ$$

[0113] 此时,轴A一需要转动至与 Y_A 轴呈 18.43° ,轴A二需要转动至与 Y_A 轴呈 -90° 。

[0114] 同理求得：

[0115] 向量 \overrightarrow{BP} 在平面 $X_B Y_B$ 中的投影与 Y_B 轴的夹角 θ_B 为：

$$[0116] \quad \theta_B = \arctan(x_{PB}/y_{PB}) = \arctan(400/0) = \arctan(\infty) = 90^\circ$$

[0117] 则向量 \overrightarrow{BP} 与平面 $X_B Y_B$ 中夹角 β_B 为：

$$[0118] \quad \beta_B = \arctan\left(\frac{z_{PB}}{\sqrt{(y_{PB})^2 + (x_{PB})^2}}\right) = \arctan\left(\frac{100}{\sqrt{(400)^2 + 0^2}}\right) = \arctan(100/400) \approx 14.04^\circ$$

[0119] 此时，轴B一需要转动至与 Y_B 轴呈 14.04° ，轴B二需要转动至与 Y_B 轴呈 90° 。

[0120] 第一发射装置3和第二发射装置4各轴经过角度调整后，可以实时保证光束发射器发出的可见光束与空间向量 \overrightarrow{AP} 、 \overrightarrow{BP} 方向重合。

[0121] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

[0122] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

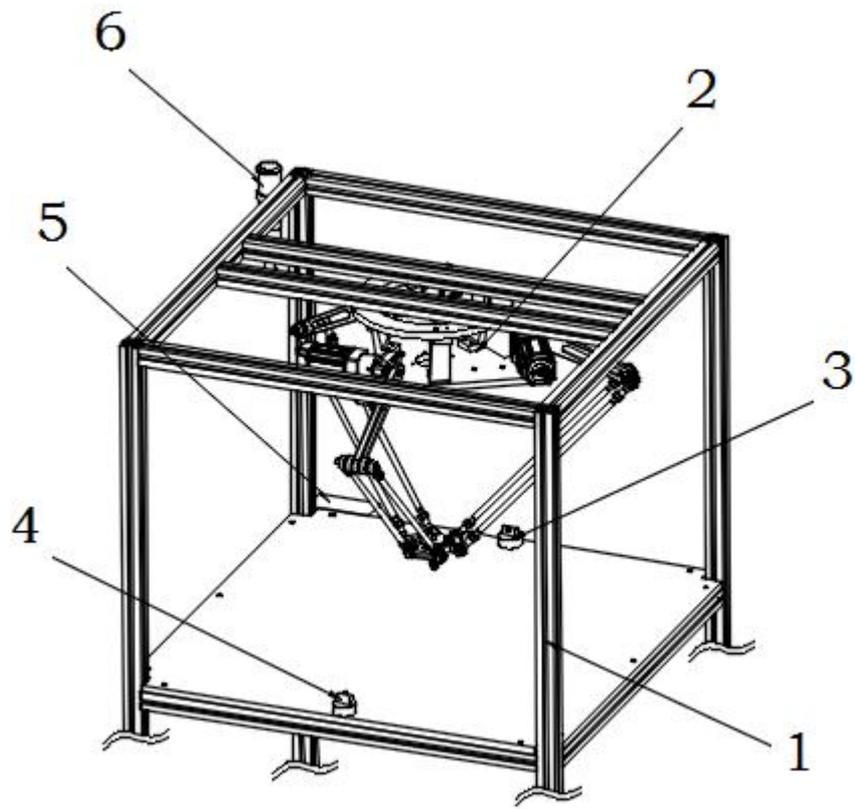


图 1

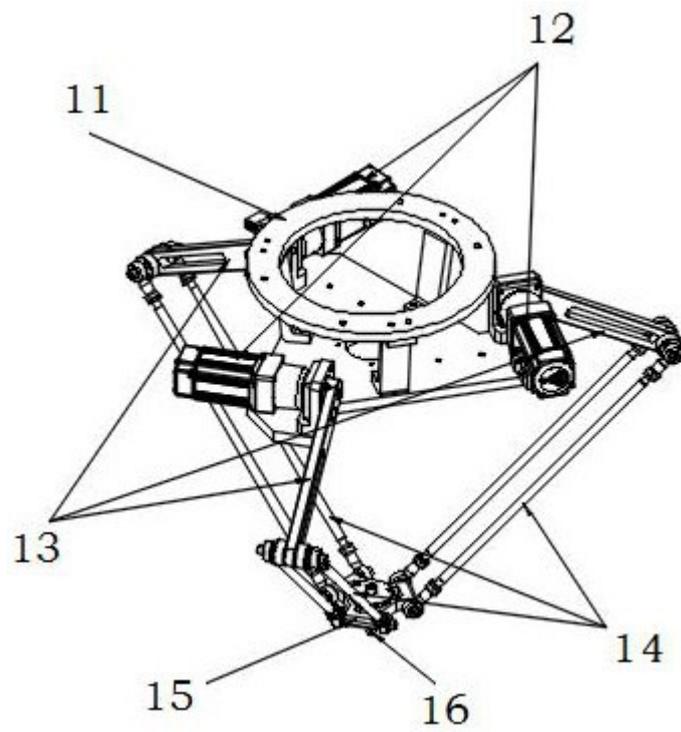


图 2

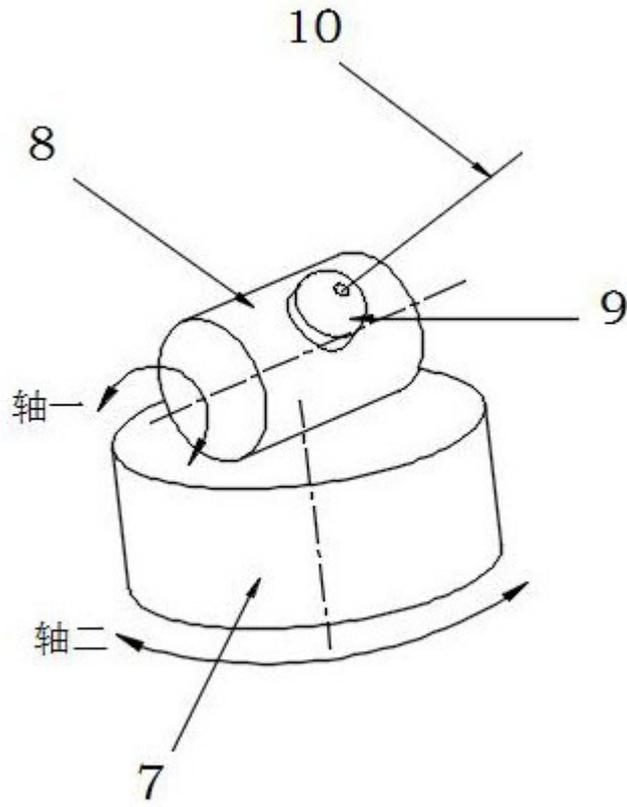


图 3

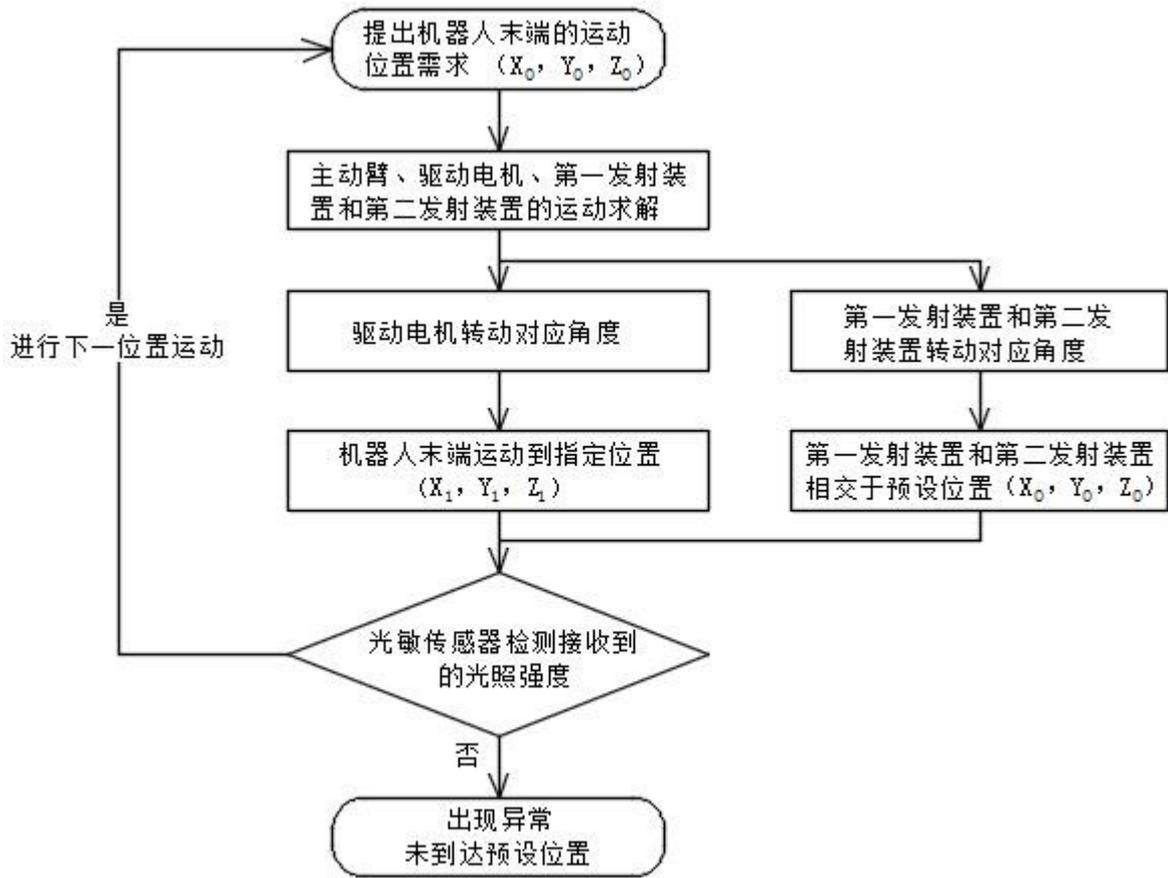


图 4

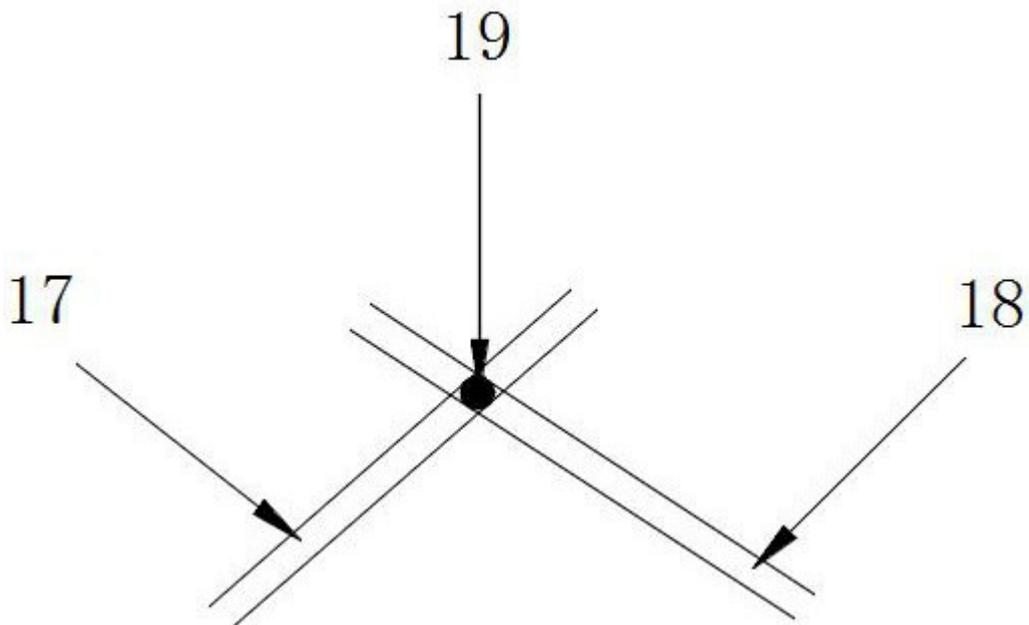


图 5

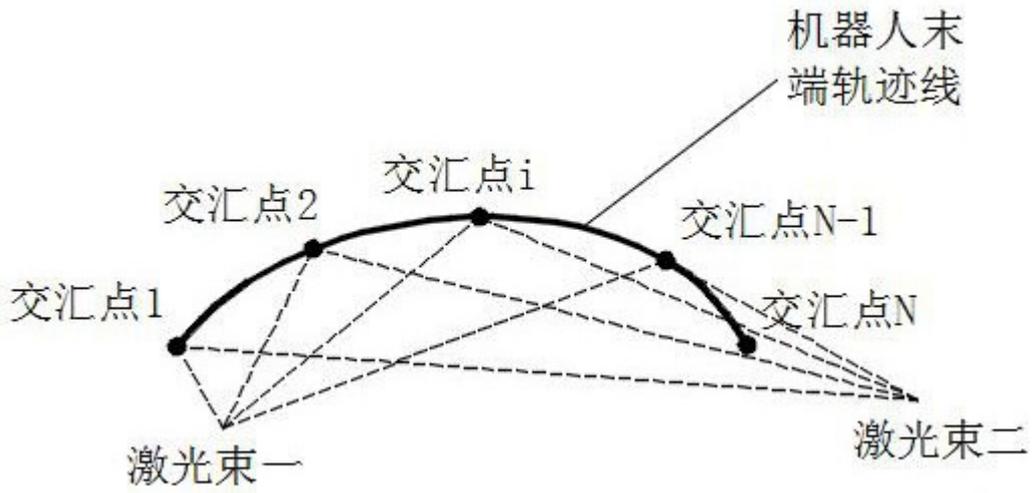


图 6

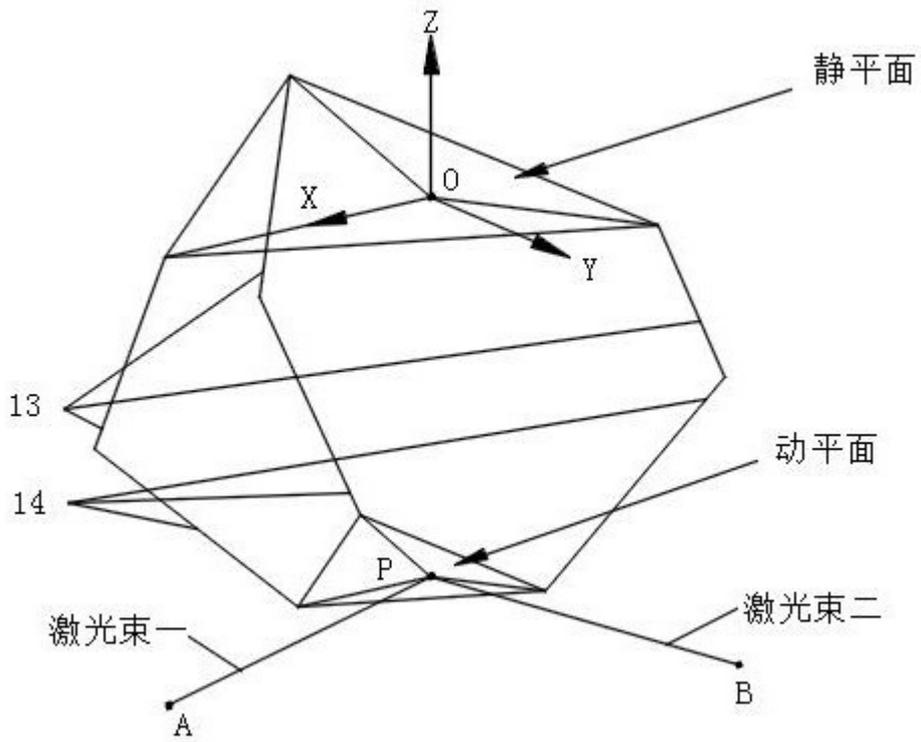


图 7

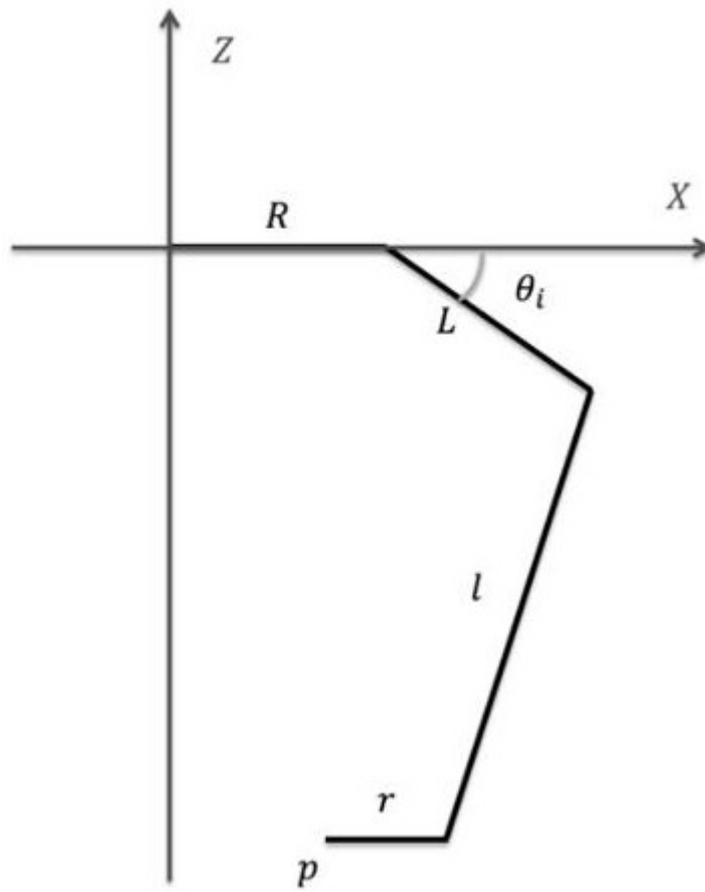


图 8

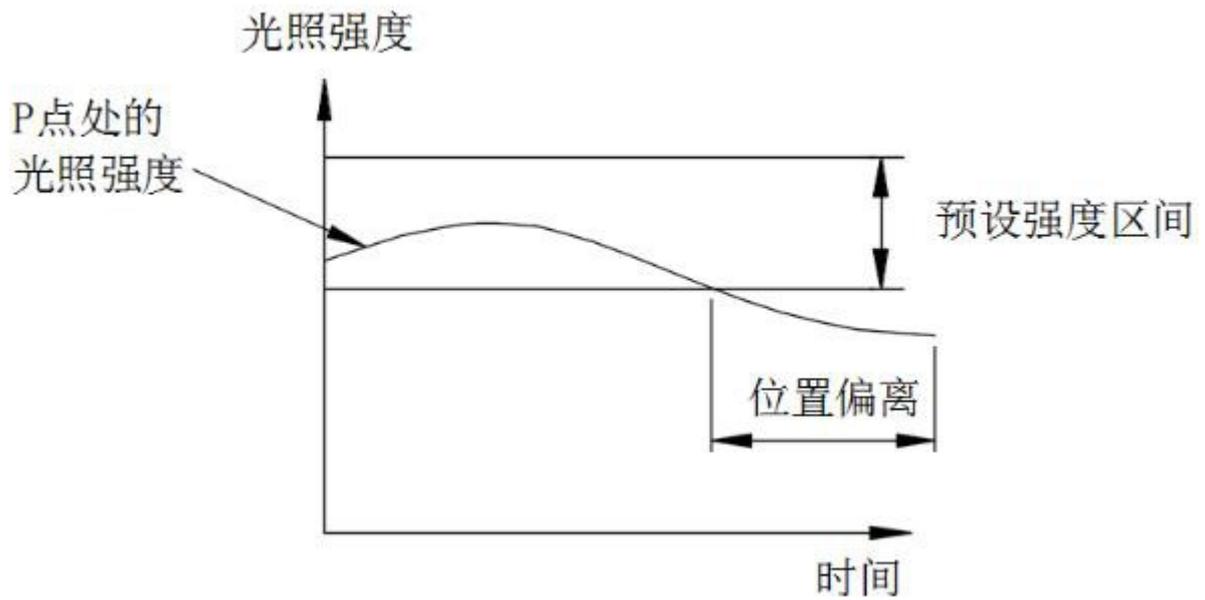


图 9

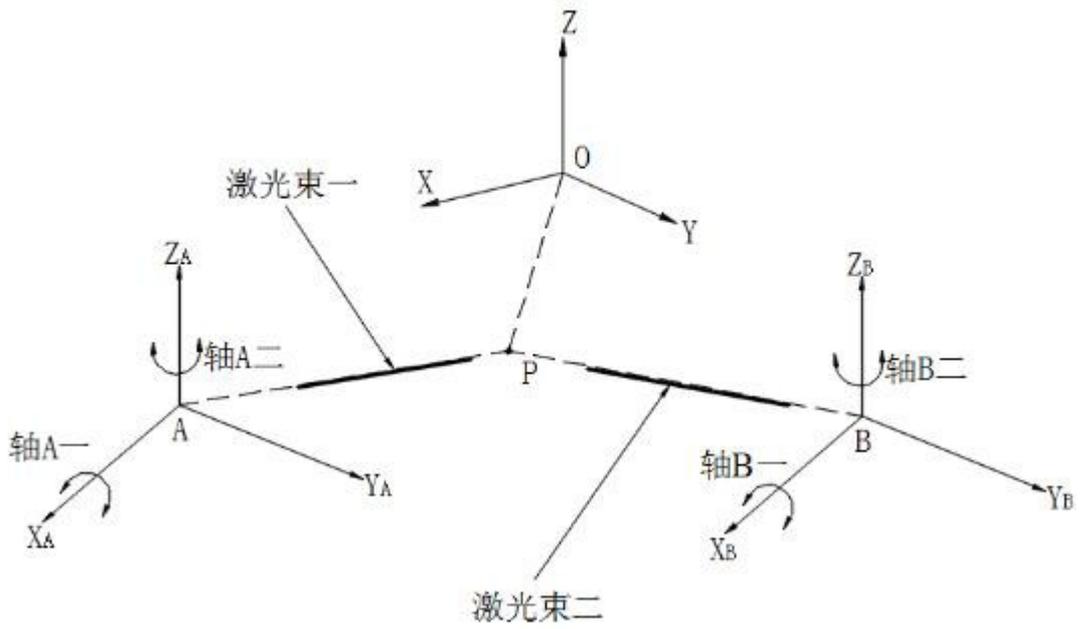


图 10

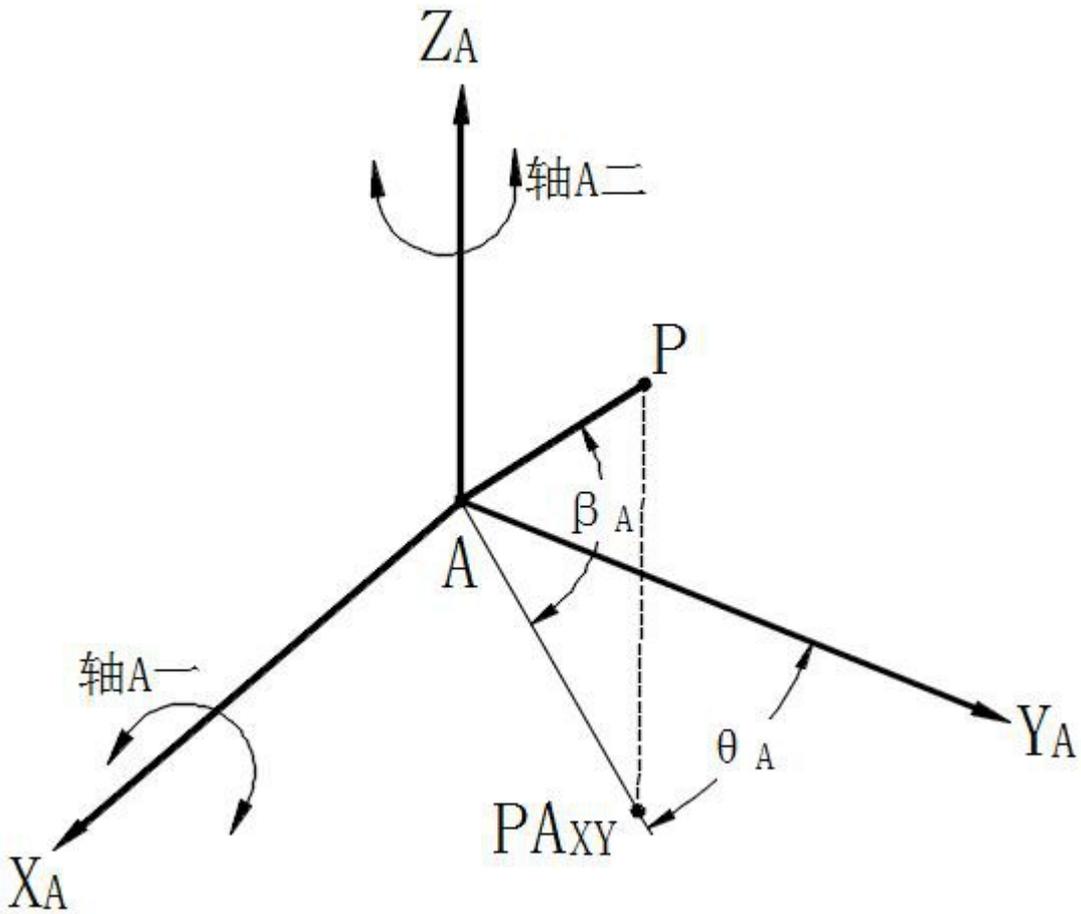


图 11

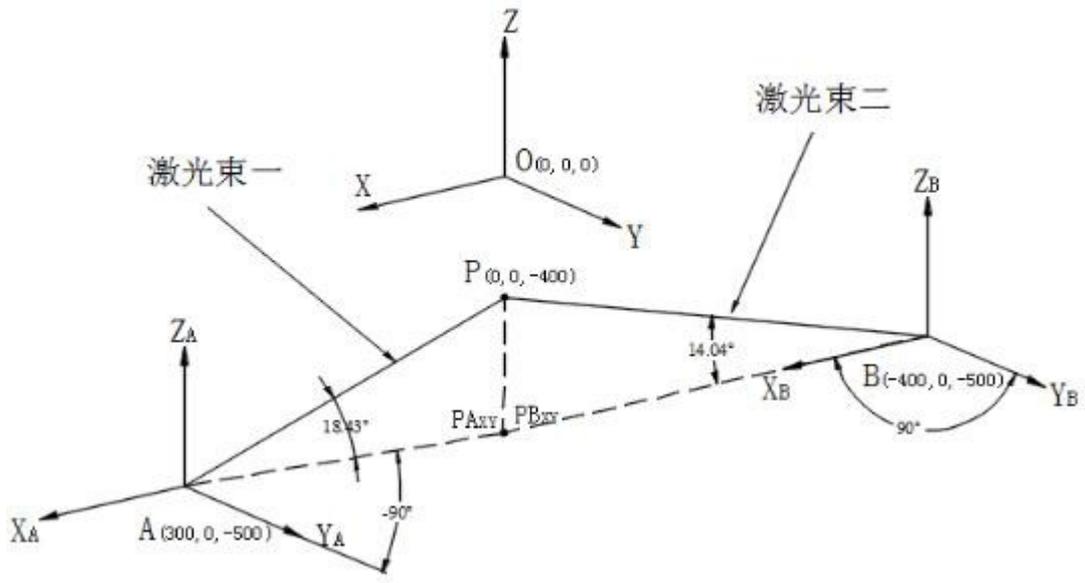


图 12