

一种自动辅助标定装置及其方法

相关申请的交叉引用

本申请要求于 2020 年 09 月 05 日提交中国专利局的申请号为 202010924485.9、名称为“一种自动辅助标定装置及其方法”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本公开涉及医疗器械技术领域，具体而言涉及一种自动辅助标定装置及其方法。

背景技术

机械臂的 TCP (Tool centre point 工具中心点) 标定是机械臂应用的关键环节，也称为机械臂末端工具，其与机械臂的法兰盘相连接，已知法兰盘相连接以及法兰盘的位姿参数，为求得 TCP 相对于法兰盘的位姿参数，可以采用四点法原理来计算 TCP。当末端工具为中空管状工具时，可以借用辅助工具来完成手动采点操作，医疗机械臂对于精度要求较高，手动采点由于施加的人力不均匀，容易影响其精度，并且手动采点的效率较低，延长了术前准备时间。

发明内容

本公开的目的包括，例如提供一种自动辅助标定装置及其方法，以解决上述背景技术中提出的至少一种问题。

本公开提供如下技术方案：一种自动辅助标定装置，包括标定钢球，所述标定钢球的外表面套接有辅助器，所述辅助器包括套环，所述套环的后表面装配有连接柱，所述套环的后端边缘处开设有倒角，所述连接柱的外表面套接有标定管，所述标定钢球包括定位钢珠，所述套环的前表面开设有套槽，所述套槽套接在钢珠的外表面，所述定位钢珠的外表面装配有连接杆，所述标定管的外侧端装配有机械臂。

一种自动辅助标定方法，包括以下方法：

A. 将标定管安装在机械臂末端法兰外表面；

令法兰坐标系的中心 O_f 的坐标系数值为 $\{X_f, Y_f, Z_f\}$ ，

同理，令机械臂基坐标系的中心 O_r 的坐标系数值为 $\{X_r, Y_r, Z_r\}$ ，

同理，标定管末端的坐标系的中心 O_t 的坐标系数值为 $\{X_t, Y_t, Z_t\}$ ；

B. 在机械臂坐标系中固定一个半径为 r_b 的标定钢球，即标定钢球与机械臂需要保持严格的相对固定，同时将标定管安装在机械臂末端法兰的外表面；

C. 将辅助器安装在标定管的内表面，并将辅助器扣在标定钢球外表面，此时以标定

管的轴线 O_1 为高线, 标定钢球的球心为顶点, 生成一顶角为 120° 的圆锥曲面, 该圆锥曲面与标定钢球球面的交线即为标定管的运动路线;

D.将机械臂设置为阻抗模式, 并沿着标定管轴线 O_1 朝向钢球的方向施加一定的力, 标定管即被扣在钢球表面, 此时以标定管轴线 O_1 为 L_1 , 圆锥曲面的母线为 L_2 ;

$$L_1 \text{ 在空间中的位姿数据为 } T1 = \begin{bmatrix} rL_1 & 0 & 0 & t_1 \\ 0 & rL_1 & 0 & t_2 \\ 0 & 0 & rL_1 & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$L_2 \text{ 在空间中的位姿数据为 } T2 = \begin{bmatrix} rL_2 & 0 & 0 & t_1 \\ 0 & rL_2 & 0 & t_2 \\ 0 & 0 & rL_2 & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

由于两直线在球心相交, 看作位于同一位置, 但是方向不同, 所以机械臂执行的运动量为 $T3 = T2^{-1} * T1$;

E.在机械臂的运动轨迹上, 每间隔一定的角度采集一次法兰的位姿数据, 每 4 个位姿数据为一组, 并通过四点法求得 TCP 数据。当两组 TCP 的误差小于容许值后, 计算停止, 否则重复以上自动运动步骤 A-D。

在一种或多种实施方式中, 未使用辅助器时, 标定管 TCP 点的物理位置位于重合于标定管轴线 O_1 。

在一种或多种实施方式中, 使用了辅助器时, 标定管 TCP 点的物理位置位于重合于标定管轴线 O_1 。

在一种或多种实施方式中, 所述辅助器安装在标定管前端后将辅助器上的球面的球心作为工具中心点。

在一种或多种实施方式中, 所述辅助器的内壁截面为圆形。

在一种或多种实施方式中, 所述辅助器被配置为使用凹球面与同尺寸的标定钢球配合以帮助工具确定一个不在工具表面的点作为工具中心。

在一种或多种实施方式中, 标定管的顶面 A_1 与内壁相交的部分为标准圆, 标准圆扣在球面上可以保证经过圆心, 向圆所在平面的法向延伸的直线, 必定通过标定钢球球心,

且球心与圆心距离不变。

在一种或多种实施方式中，所述标定管（2）为直筒类的标定管（2）。

在一种或多种实施方式中，将通过辅助器扣在标定钢球球面的标定管和标定钢球看作一个整体，命名为工具，所述辅助器安装在套筒前端后将辅助器上的球面的球心作为工具中心点。

在一种或多种实施方式中，工具 TCP 点的物理位置与标定管的轴线 O_1 相重合，距离标定管顶面 A_1 存在一定偏移，偏移方向为远离工具的方向。

在一种或多种实施方式中，工具 TCP 点物理位置距离标定管顶面 A_1 的偏移距离为 $\sqrt{r_b^2 - r_s^2}$ ，位于远离标定管的一侧， r_s 为套筒内壁的半径。

在一种或多种实施方式中，工具 TCP 点距离标定管顶面 A_1 的偏移距离，由标定管顶面 A_1 由辅助标定工具尺寸 L_a 决定， L_a 为标定管装上辅助器后标定管顶面 A_1 距离辅助装置凹球面球心的距离。

在一种或多种实施方式中，在使用时，机械臂在标定管的轴向方向施加适当大小的力，并设此方向为 Z 轴方向。同时，将机械臂设置为阻抗模式，此时各方向的转动和平移阻尼减小，使其可以较为自由地运动。接下来根据提前设定好的轨迹开始在球面上进行相对运动。此时可以将通过辅助工具扣在标定钢球球面的标定管和钢球看作一个整体，也就是一个新的工具，那标定管绕钢球表面的相对转动也可以看作新工具的定点运动。相对运动为绕 X, Y 轴方向的转动，并且将平移量设置为 0。此时，由于存在沿标定管的力，机械臂阻尼较小，并且在辅助工具的帮助下，标定管不容易脱落，所以标定管在不需要位姿数据的情况下开始做绕球面的自动运动，并实时采集位姿数据，采用四点法解算 TCP 数据。

在一种或多种实施方式中，当多个 TCP 数据之间的差值小于允许误差时，运动停止，输出计算结果。

与现有技术相比，本公开的有益效果是：本公开为管状工具的 TCP 标定提供了一种快速、易于操作、精准的方法，使用辅助器可以减少工具在移动时与标定钢球脱离的风险，限制其移动，从而实现自动标定过程；使用工具扣住标定钢球的做法相对于传统 TCP 标定需要精准地使用某一点触碰尖端，更加容易操作和实施；使用全自动标定方法避免了人工操作带来的误差，通过全自动的运算和自动化的测试，提高了运输和采点的效率，

进而降低了术前准备时间。

附图说明

图 1 为本公开提供的套管标定法截面示意图；
图 2 为本公开提供的套管标定法标定步骤示意图；
图 3 为本公开提供的标定钢球和辅助器装配示意图；
图 4 为本公开提供的标定钢球和辅助器剖切结构示意图；
图 5 为本公开提供的辅助器结构示意图；
图 6 为本公开提供的辅助器剖切结构示意图；
图 7 为本公开提供的辅助器标定法截面示意图；
图 8 为本公开提供的标定结构示意图。

图中：1、标定钢球，11、定位钢珠，12、连接杆，2、标定管，3、辅助器，31、套环，32、倒角，33、连接柱，34、套槽，4、机械臂。

具体实施方式

下面将结合本公开实施例中的附图，对本公开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公开一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本公开中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本公开保护的范围。

请参阅图 1-4，本公开提供一种技术方案：根据本公开的自动辅助标定装置包括标定钢球 1，标定钢球 1 的外表面套接有辅助器 3，辅助器 3 包括套环 31，套环 31 的后表面装配有连接柱 33，套环 31 的后端边缘处开设有倒角 32，连接柱 33 的外表面套接有标定管 2，标定钢球 1 包括定位钢珠 11，套环 31 的前表面开设有套槽 34，套槽 34 套接在钢珠 11 的外表面，定位钢珠 11 的外表面装配有连接杆 12，标定管 2 的外侧端装配有机械臂 4。

根据本公开提供了一种自动辅助标定方法，该方法包括以下步骤：

A.将标定管 2 安装在机械臂 4 末端法兰外表面；

例如，令法兰坐标系的中心 O_f 的坐标系数值为 $\{X_f, Y_f, Z_f\}$ ，

同理，令机械臂 4 基坐标系的中心 O_r 的坐标系数值为 $\{X_r, Y_r, Z_r\}$ ，

同理，标定管 2 末端的坐标系的中心 O_t 的坐标系数值为 $\{X_t, Y_t, Z_t\}$ ；

B.在机械臂 4 坐标系中固定一个半径为 r_b 的标定钢球 1，即，使得标定钢球 1 与机械臂 4 保持严格的相对固定，同时将标定管 2 安装在机械臂 4 末端法兰的外表面；

C.将辅助器 3 安装在标定管 2 的内表面,并将辅助器 3 扣在标定钢球 1 外表面,此时,以标定管 2 的轴线 O_1 为高线,标定钢球 1 的球心为顶点,生成一顶角为 120° 的圆锥曲面,该圆锥曲面与标定钢球 1 球面的交线即为标定管 2 的运动路线;

D.将机械臂 4 设置为阻抗模式,并沿着标定管 2 轴线 O_1 朝向钢球的方向施加一定的力,标定管 2 即被扣在钢球表面,此时以标定管 2 轴线 O_1 为 L_1 ,圆锥曲面的母线为 L_2 ;

$$L_1 \text{ 在空间中的位姿数据为 } T1 = \begin{bmatrix} rL_1 & 0 & 0 & t_1 \\ 0 & rL_1 & 0 & t_2 \\ 0 & 0 & rL_1 & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$L_2 \text{ 在空间中的位姿数据为 } T2 = \begin{bmatrix} rL_2 & 0 & 0 & t_1 \\ 0 & rL_2 & 0 & t_2 \\ 0 & 0 & rL_2 & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

由于两直线在球心相交,看作位于同一位置,但是方向不同,所以机械臂 4 执行的运动量为 $T3 = T2^{-1} * T1$;

E.在机械臂 4 的运动轨迹上,例如,每间隔一定的角度采集一次法兰的位姿数据,每 4 个位姿数据为一组(包括,但不限于 4 个位姿数据),并通过四点法求得 TCP 数据。当两组 TCP 的误差小于容许值后,计算停止,否则重复以上自动运动步骤 A-D;

本方法通过力控和辅助工具结合的方式进行全自动标定,无需手动调整机械臂位姿,并采集数据,该过程均通过机械臂的控制设备自动进行位移操作,并采集对应的力反馈数据,用于四点法的计算,利用自动化的过程,减少手工操作所带来的误差,降低工作量,提高标定速度;

本方法使用四点法原理标定 TCP,但不限于采集四个点的数据进行标定,使用了类似结构或者方法,本方法自动采集并计算多组 TCP 数据,只有当误差小于允许范围时才输出 TCP 数值,使用了类似结构和方法;

并且本公开采用了辅助器 3 和标定管 2 两种方案套接在钢球的外表面进行标定的方法进行工具中心点的运算,以用于校准机械臂,两种方案的测试方法相同,区别仅在于使用标定管 2 或者辅助器 3 的两种方式,该方案只要保证了零件加工精度,即可保证标定结果的精度。

具体而言, 未使用辅助器 3 时, 标定管 2TCP 点的物理位置位于重合于标定管 2 轴线 O_1 , 标定管 2 轴线为 O_1 , 如图例 1 和图例 7 所示, 并且标定管 2 的顶面为 A_1 。

具体而言, 使用了辅助器 3 时, 标定管 2TCP 点的物理位置位于重合于标定管 2 轴线 O_1 , 辅助器 3 安装在标定管 2 前端后可以将辅助器 3 上的球面的球心作为工具中心点 详见图例 7, 辅助器 3 与被标定工具进行安装配合, 所以辅助器 3 可以但不限于工具内壁截面为圆形的情况; 辅助器 3 的创新点以及保护点在于, 使用凹球面与同尺寸的标定钢球 1 配合可以帮助工具确定一个不在工具表面的点作为工具中心。

具体而言, 标定管 2 的顶面 A_1 与内壁相交的部分为标准圆, 标准圆扣在球面上可以保证经过圆心, 向圆所在平面的法向延伸的直线, 必定通过标定钢球 1 球心, 且球心与圆心距离不变, 对于直筒类的标定管 2, 标定管 2 的轴线 O_1 必定通过球心, 详见附图 1 与附图 7, 但该方法可以但不限于直筒工具, 对于顶面与内壁相交部分为圆的其他管状结构, 使用标定钢球 1 辅助标定管 2 的标定方法依然适用。

具体而言, 将通过辅助器 3 扣在标定钢球球面的标定管 2 和标定钢球 1 看作一个整体, 命名为工具, 辅助器 3 安装在套筒前端后将辅助器 3 上的球面的球心作为工具中心点。

具体而言, 工具 TCP 点的物理位置与标定管 2 的轴线 O_1 相重合, 距离标定管 (2) 顶面 A_1 存在一定偏移, 偏移方向为远离工具的方向。

具体而言, 工具 TCP 点物理位置距离标定管 2 顶面 A_1 的偏移距离为 $\sqrt{r_b^2 - r_s^2}$, 位于远离标定管 2 的一侧, r_s 为套筒内壁的半径。

具体而言, 工具 TCP 点距离标定管 2 顶面 A_1 的偏移距离, 由辅助标定工具尺寸 L_a 决定, L_a 为标定管 2 装上辅助器 3 后标定管 2 顶面 A_1 距离辅助装置凹球面球心的距离。

在使用时, 机械臂 4 在标定管 2 的轴向方向施加适当大小的力, 并设此方向为 Z 轴方向。同时, 将机械臂 4 设置为阻抗模式, 此时各方向的转动和平移阻尼减小, 使其可以较为自由地运动。接下来根据提前设定好的轨迹开始在球面上进行相对运动。此时可以将通过辅助工具扣在标定钢球 1 球面的标定管 2 和钢球看作一个整体, 也就是一个新的工具, 那标定管 2 绕钢球表面的相对转动也可以看作新工具的定点运动。相对运动为绕 X, Y 轴方向的转动, 并且将平移量设置为 0。此时, 由于存在沿标定管 2 的力, 机械

臂 4 阻尼较小，并且在辅助工具的帮助下，标定管 2 不容易脱落，所以标定管 2 在不需要位姿数据的情况下开始做绕球面的自动运动，并实时采集位姿数据，采用四点法解算 TCP 数据。

当多个 TCP 数据之间的差值小于允许误差时，运动停止，输出计算结果。

尽管已经示出和描述了本公开的实施例，对于本领域的普通技术人员而言，可以理解在不脱离本公开的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型，本公开的范围由所附权利要求及其等同物限定。

工业实用性

本公开为管状工具的 TCP 标定提供了一种快速、易于操作、精准的方法，使用辅助器可以减少工具在移动时与标定钢球脱离的风险，限制其移动，从而实现自动标定过程；使用工具扣住标定钢球的做法相对于传统 TCP 标定需要精准地使用某一点触碰尖端，更加容易操作和实施；使用全自动标定方法避免了人工操作带来的误差，通过全自动的运算和自动化的测试，提高了运输和采点的效率，进而降低了术前准备时间。