

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2020年12月24日 (24.12.2020)

(10) 国际公布号
WO 2020/252631 A1

- (51) 国际专利分类号: *B25J 19/00* (2006.01) *G06T 7/00* (2017.01) 市海淀区知春路甲48号盈都大厦A座16层, Beijing 100098 (CN)。
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/091574 (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (22) 国际申请日: 2019年6月17日 (17.06.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 西门子(中国)有限公司(SIEMENS LTD., CHINA) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区望京中环南路7号, Beijing 100102 (CN)。
- (72) 发明人: 梁栋(LIANG, Dong); 中国北京市朝阳区太阳公元6号楼701, Beijing 100102 (CN)。
- (74) 代理人: 北京康信知识产权代理有限公司(KANGXIN PARTNERS, P.C.); 中国北京
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,

(54) Title: COORDINATE SYSTEM CALIBRATION METHOD, APPARATUS AND COMPUTER-READABLE MEDIUM

(54) 发明名称: 一种坐标系校准方法、装置和计算机可读介质

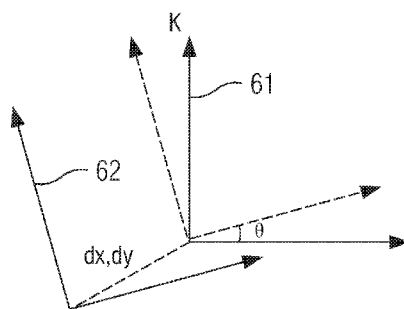


图4

(57) Abstract: The present invention relates to the technical field of industrial robotics, and particularly relates to a coordinate system calibration method, an apparatus and a computer-readable medium. The coordinate system calibration method provided in embodiments of the present invention comprises: when an actuator of a robotic manipulator is in a first position, controlling a camera to photograph a target object; controlling the robotic manipulator to move, causing the actuator to rotate around a z axis of the actuator to a second position and a third position, and photographing at each; merging a position of the target object in the picture photographed at the second position and a position of the target object in the picture photographed at the third location into the picture photographed at the first position; determining a center of a circle in which the three positions of the target object are in the picture after merging of positions to be the TCP position of the actuator in a camera coordinate system; according to the TCP position, determining an offset between the coordinate origins of the camera coordinate system and the actuator coordinate system. The invention has the advantage of simple operation.

WO 2020/252631 A1

AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：涉及工业机器人技术领域，尤其涉及一种坐标系校准方法、装置和计算机可读介质。本发明实施例提供的一种坐标校准方法，包括：在机械臂的执行器处于第一位置时，控制摄像头对目标物体拍照；控制机械臂移动，使得执行器围绕执行器的z轴旋转第二位置以及第三位置并分别拍照；将第二位置处所拍摄的照片中目标物体的位置以及在第三位置处所拍摄的照片中目标物体的位置均合并到在第一位置处所拍摄的照片中；将合并位置后的照片中目标物体的三个位置所在圆周的圆心确定为在摄像头坐标系中执行器的TCP位置；根据TCP位置确定摄像头坐标系和执行器坐标系的坐标原点之间的偏移。具有操作简单的优点。

一种坐标系校准方法、装置和计算机可读介质

技术领域

本发明涉及工业机器人技术领域，尤其涉及一种坐标系校准方法、装置和计算机可读介质。

背景技术

“eye on hand”机器人是指摄像头（眼）安装在机械臂所连接的执行器（手，比如一个夹持器）上，而非安装在机器人旁边。为了实现执行器自动执行操作过程中与摄像头之间相互配合，需要确定执行器坐标系和摄像头坐标系之间的转换关系，即进行手眼校准。

目前为止，有两种获取上述转换关系的方法：第一种方法中，用户 30 使用示教器 50 控制执行器 20 所连接的机械臂 21，以使得执行器触碰工作台 40 上的若干个点（通常是 9 个点或 16 个点）。如图 1 所示，通过执行器 20 触碰工作台 40 上的点，可获得这些点在执行器坐标系中的坐标。之后，用户 30 控制机械臂 21 移动到一个预设的位置，然后控制摄像头 10 对已触碰过的点拍照以获取它们在摄像头坐标系中的坐标。进而计算得到两个坐标系的转换关系。

如图 2 所示，另一种方法中，用户 30 控制机械臂 21 沿着设定的路径经过工作台 40 上的各个点，在移动过程中控制摄像头 10 对工作台 40 上一个目标物体 60 进行拍照。然后根据在机械臂 21 移动过程中执行器 20 的位置以及拍照所记录的目标物体 60 的坐标来确定两个坐标系之间的转换关系。

发明内容

本发明实施例提供了一种坐标系校准方法、装置和计算机可读介质，用于进行手眼校准。与前述的两种方法相比，本发明实施例具有操作方便、运算简单的优点。

第一方面，提供一种坐标系校准方法，包括：在一个机械臂上所固定连接的执行器处于第一位置时，控制与所述执行器固定连接的摄像头对机械臂所操作的工作台上放置的目标物体拍照，其中所述执行器的执行器坐标系的 z 轴以及所述摄像头的摄像头坐标系的 z' 轴均与所述工作台垂直；控制所述机械臂移动，使得所述执行器围绕所述执行器的 z 轴旋转到第二位置以及第三位置；在所述执行器处于所述第二位置和所述第三位置时，分别控制所述摄像头对所述目标物体进行拍照；将所述第二位置处所拍摄照片中目标物体的位置以及在所述第

三位置处所拍摄照片中目标物体的位置均合并到在所述第一位置处所拍摄的照片中；将合并位置后的照片中目标物体的三个位置所在圆周的圆心确定为在所述摄像头坐标系中所述执行器的 TCP 位置；根据确定的所述摄像头坐标系中所述执行器的 TCP 位置确定所述摄像头坐标系和所述执行器坐标系的坐标原点之间的偏移。

第二方面，提供一种坐标系校准装置，包括：一个控制模块，被配置为在一个机械臂上所固定连接的执行器处于第一位置时，控制与所述执行器固定连接的摄像头对机械臂所操作的工作台上放置的目标物体拍照，其中所述执行器的执行器坐标系的 z 轴以及所述摄像头的摄像头坐标系的 z'轴均与所述工作台垂直；控制所述机械臂移动，使得所述执行器围绕所述执行器的 z 轴旋转到第二位置以及第三位置；在所述执行器处于所述第二位置和所述第三位置时，分别控制所述摄像头对所述目标物体进行拍照；一个照片处理模块，被配置为将所述第二位置处所拍摄照片中目标物体的位置以及在所述第三位置处所拍摄照片中目标物体的位置均合并到在所述第一位置处所拍摄的照片中；一个计算模块，被配置为将合并位置后的照片中目标物体的三个位置所在圆周的圆心确定为在所述摄像头坐标系中所述执行器的 TCP 位置；以及根据确定的所述摄像头坐标系中所述执行器的 TCP 位置确定所述摄像头坐标系和所述执行器坐标系的坐标原点之间的偏移。

第三方面，提供一种坐标系校准装置，包括：至少一个存储器，被配置为存储计算机可读代码；至少一个处理器，被配置为调用所述计算机可读代码，执行下述步骤：在一个机械臂上所固定连接的执行器处于第一位置时，控制与所述执行器固定连接的摄像头对机械臂所操作的工作台上放置的目标物体拍照，其中所述执行器的执行器坐标系的 z 轴以及所述摄像头的摄像头坐标系的 z'轴均与所述工作台垂直；控制所述机械臂移动，使得所述执行器围绕所述执行器的 z 轴旋转到第二位置以及第三位置；在所述执行器处于所述第二位置和所述第三位置处时，分别控制所述摄像头对所述目标物体进行拍照；将所述第二位置处所拍摄照片中目标物体的位置以及在所述第三位置处所拍摄照片中目标物体的位置均合并到在所述第一位置处所拍摄的照片中；将合并位置后的照片中目标物体的三个位置所在圆周的圆心确定为在所述摄像头坐标系中所述执行器的 TCP 位置；根据确定的所述摄像头坐标系中所述执行器的 TCP 位置确定所述摄像头坐标系和所述执行器坐标系的坐标原点之间的偏移。

第四方面，提供一种计算机可读介质，所述计算机可读介质上存储有计算机可读指令，所述计算机可读指令在被处理器执行时，使所述处理器执行下述步骤：在一个机械臂上所固定连接的执行器处于第一位置时，控制与所述执行器固定连接的摄像头对机械臂所操作的工作台上放置的目标物体拍照，其中所述执行器的执行器坐标系的 z 轴以及所述摄像头的摄像头坐标系的 z'轴均与所述工作台垂直；控制所述机械臂移动，使得所述执行器围绕所述执行

器的 z 轴旋转第二位置以及第三位置；在所述执行器处于所述第二位置和所述第三位置时，分别控制所述摄像头对所述目标物体进行拍照；将所述第二位置处所拍摄照片中目标物体的位置以及在所述第三位置处所拍摄照片中目标物体的位置均合并到在所述第一位置处所拍摄的照片中；将合并位置后的照片中目标物体的三个位置所在圆周的圆心确定为在所述摄像头坐标系中所述执行器的 TCP 位置；根据确定的所述摄像头坐标系中所述执行器的 TCP 位置确定所述摄像头坐标系和所述执行器坐标系的坐标原点之间的偏移。

可选地，在上述任意方面所提供的方案中，还可以控制所述机械臂移动，使得执行器从所述第一位置沿着所述执行器坐标系的 x 轴移动到第四位置，并控制摄像头拍照；将在所述第四位置处所拍摄照片中目标物体的位置合并到在所述第一位置处所拍摄照片中；根据合并位置后的照片中目标物体的两个位置在所述摄像头坐标系下的坐标，确定所述执行器坐标系和所述摄像头坐标系之间的旋转角度。

可选地，在上述任意方面所提供的方案中，还可以根据合并后位置的照片中目标物体的两个位置在所述摄像头坐标系下的坐标，确定所述执行器坐标系和所述摄像头坐标系中长度的比例关系。

本发明实施例与已有的手眼校准的方案，具有操作简单、容易，高效的优点。为了获取坐标转换所需的参数，仅需控制机械臂移动和旋转有限次数，且无需精确地控制执行器移动的距离和角度，这意味着操作更容易，无需设置大量参数，对操作者的要求较低。

附图说明

图 1 和图 2 示出了两种手眼校准的方法。

图 3 为本发明实施例中控制机械臂移动并拍照的场景，以及执行器坐标系和摄像头坐标系。

图 4 示出了进行坐标系转换所需要的四个参数。

图 5 示出了执行器处于原始位置时拍摄的照片中目标物体和摄像头的位置以及摄像头的视野范围。

图 6 示出了控制执行器旋转并拍摄照片中目标物体、摄像头的位置以及摄像头的视野范围。

图 7 示出了本发明实施例中确定执行器的 TCP 位置的方法。

图 8 示出了控制执行器平移并拍摄照片中目标物体、摄像头的位置以及摄像头的视野范围。

图 9 示出了本发明实施例中确定尺度因子 K 和旋转角 θ 的方法。

图 10 为本发明实施例提供的坐标系校准方法的流程图。

图 11 为本发明实施例提供的坐标系校准装置的一种结构示意图。

图 12 为本发明实施例提供的坐标系校准装置的另一种结构示意图。

附图标记列表：

10: 摄像头	20: 执行器	21: 机械臂
30: 用户	40: 操作台	50: 示教器
60: 目标物体	61: 执行器坐标系	62: 摄像头坐标系
71: 第一位置	72: 第二位置	73: 第三位置
74: 第四位置	81、81'、81''：摄像头 10 在照片中的位置	
82、82'、82''、82'''：目标物体 60 在照片中的位置		83、83'：TCP 位置
84、84'、84''、84'''：摄像头的视野范围		85: 圆周
S1001~S1010: 方法步骤	1101: 控制模块	1102: 照片处理模块
1103: 计算模块	1104: 存储器	1105: 处理器
110: 坐标系校准装置		

具体实施方式

现在将参考示例实施方式讨论本文描述的主题。应该理解，讨论这些实施方式只是为了使得本领域技术人员能够更好地理解从而实现本文描述的主题，并非是对权利要求书中所阐述的保护范围、适用性或者示例的限制。可以在不脱离本公开内容的保护范围的情况下，对所讨论的元素的功能和排列进行改变。各个示例可以根据需要，省略、替代或者添加各种过程或组件。例如，所描述的方法可以按照与所描述的顺序不同的顺序来执行，以及各个步骤可以被添加、省略或者组合。另外，相对一些示例所描述的特征在其它例子中也可以进行组合。

如本文中使用的，术语“包括”及其变型表示开放的术语，含义是“包括但不限于”。术语“基于”表示“至少部分地基于”。术语“一个实施例”和“一实施例”表示“至少一个实施例”。术语“另一个实施例”表示“至少一个其他实施例”。术语“第一”、“第二”等可以指代不同的或相同的对象。下面可以包括其他的定义，无论是明确的还是隐含的。除非上下文中明确地指明，否则一个术语的定义在整个说明书中是一致的。

如图 3 所示，本发明实施例中，机械臂 21 的执行器 20 上安装有摄像头 10。用户 30 通

过示教器 50 控制机械臂 21 的移动, 带动执行器 20 在工作台 40 上操作。在工作台 40 上放置一个目标物体 60, 该目标物体 60 在摄像头 10 的拍摄范围内。

本发明实施例中, 假定执行器 20 的执行器坐标系 61 的 z 轴以及摄像头 10 的摄像头坐标系 62 的 z' 轴均与工作台 40 垂直。因此, 在确定摄像头坐标系 62 与执行器坐标系 61 之间的关系时, 仅需确定执行器坐标系 61 的 x 轴、y 轴与摄像头坐标系 62 的 x' 轴和 y' 轴之间的关系, 如图 4 所示。为进行坐标系转换, 需要 4 个参数: 尺度因子 K (用于表示两个坐标系中长度的比例关系)、偏移 dx、偏移 dy (指在二维坐标系下两个坐标系原点之间的距离)、两个坐标系之间的旋转角 θ (指在二维坐标系下, y 轴和 y' 轴之间, 或者 x 轴和 x' 轴之间的夹角)。本发明实施例中, 以摄像头坐标系 62 到执行器坐标系 61 进行顺时针旋转为例加以说明, 具体实施时, 也可以考虑逆时针旋转, 原理相同, 这里不再赘述。

为了获取上述 4 个参数, 控制机械臂 21 移动, 进而带动与机械臂 21 连接的执行器 20 的移动, 使得执行器 20 移动到不同的位置, 并在每个位置处控制摄像头 10 拍摄照片, 其中在每个位置处均保证目标物体 60 在摄像头 10 的视野范围内。

首先设定一个第一位置 71 作为执行器 20 所处的原始位置, 在第一位置 71 处控制摄像头 10 拍照, 照片中摄像头 10 位于位置 81、目标物体 60 位于位置 82、执行器 20 的工具中心点 (Tool Center Point, TCP) 位于位置 83, 摄像头 10 的视野范围为范围 84, 如图 5 所示。

然后, 控制机械臂 21 使得执行器 20 以执行器 20 的 z 轴为轴旋转到第二位置 72 和第三位置 73, 在旋转过程中目标物体 60 保持不动。其中, 当执行器 20 移动到第二位置 72 处时, 控制摄像头 10 拍照, 照片中摄像头 10 位于位置 81', 摄像头 10 的视野范围变为范围 84'; 当执行器 20 移动到第三位置 73 处时, 控制摄像头 10 拍照, 照片中摄像头 10 位于位置 81'', 摄像头 10 的视野范围变为范围 84'', 如图 6 所示。

将执行器 20 移动到第二位置 72 处所拍摄的照片以及执行器 20 移动到第三位置 73 处所拍摄的照片中目标物体 60 的位置合并到执行器 20 在第一位置 71 处所拍摄的照片中, 当执行器 20 处于第一位置 71、第二位置 72 和第三位置 73 时, 目标物体 60 在合并后照片中的位置分别为位置 82、位置 82' 和位置 82''。由于执行器 20 是围绕执行器坐标系 61 的 z 轴旋转的, 而执行器 20 的 TCP83 位于 z 轴上, 因此, 执行器 20 实际是以 TCP83 为圆心, 以 z 轴为轴旋转, 并且摄像头 10 固定在执行器 20 上, 也是围绕执行器 20 的 z 轴旋转, 因此位置 82、位置 82' 和位置 82'' 在同一个圆周 85 上 (如图 7 所示), 而该圆周 85 的圆心即为 TCP83, 进而能够计算得到执行器 20 的 TCP83 在摄像头坐标系 62 下的坐标 (Cx, Cy), 而在执行器坐标系 61 下, TCP83 的坐标为 (0, 0), 因此, 可以得到 $dx = -Cx$, $dy = -Cy$ 。

接下来, 控制机械臂 21 移动, 使得执行器 20 从第一位置 71 沿着执行器坐标系 61 的 x

轴移动距离 d 到第四位置 74 并控制摄像头 10 拍照, 如图 8 所示。然后将执行器 20 处于第四位置 74 处所拍摄的照片中目标物体 60 的位置 82 合并到执行器 20 在第一位置 71 处所拍摄的照片中, 如图 9 中的位置 82'。在摄像头坐标系 62 下, 位置 82 和位置 82' 的坐标分别为 $(Cx1, Cy1)$ 和 $(Cx2, Cy2)$, 那么角 θ 可以通过下面公式 (1) 计算得到, 其中 Abs 表示取绝对值。

$$\tan \theta = \frac{Abs(Cx1 - Cx2)}{Abs(Cy1 - Cy2)} \dots \text{公式 (1)}$$

执行器 20 在第一位置 71 和第四位置 72 处所拍摄的两张照片中目标物体 60 的位置 82 和 82' 之间的距离 dc 可以通过下面的公式 (2) 计算得到:

$$dc = \sqrt{(Cx1 - Cx2)^2 + (Cy1 - Cy2)^2} \dots \text{公式 (2)}$$

因此, 尺度因子 K 可通过下面的公式 (3) 计算得到:

$$K = \frac{d}{dc} \dots \text{公式 (3)}$$

经过上述的操作和计算, 参数 K 、 dx 、 dy 和 θ 可以容易地得到。由于仅需要简单地移动机械臂 21 和在有限的几个位置处拍照, 无需精确控制每次移动的距离和角度, 简化了手眼校准的过程, 且计算结果准确。

总结上述的过程如图 10 所示, 本发明实施例提供了一种坐标系校准方法, 该方法可用于获取 “eye on hand” 机器人的执行器坐标系和摄像头坐标系之间的转换关系。该方法的前提是执行器坐标系的 z 轴以及摄像头坐标系的 z' 轴均与机械臂所操作的工作台垂直。如图 10 所示, 该方法可包括如下步骤:

S1001: 在一个机械臂上所固定连接的执行器处于第一位置时, 控制与执行器固定连接的摄像头对机械臂所操作的工作台上放置的目标物体拍照。

S1002: 控制机械臂移动, 使得执行器围绕执行器的 z 轴旋转到第二位置以及第三位置。

S1003: 在执行器处于第二位置和第三位置处分别控制摄像头对目标物体进行拍照。

S1004: 将第二位置处所拍摄照片中目标物体的位置以及在第三位置处所拍摄照片中目标物体的位置均合并到在第一位置处所拍摄的照片中。

S1005: 将合并位置后的照片中目标物体的三个位置所在圆周的圆心确定为在摄像头坐标系中执行器的 TCP 位置。

S1006: 根据确定的摄像头坐标系中执行器的 TCP 位置确定摄像头坐标系和执行器坐标系的坐标原点之间的偏移。

S1007: 控制机械臂移动, 使得执行器从第一位置沿着执行器坐标系的 x 轴移动到第四位置, 并控制摄像头拍照。

S1008: 将在第四位置处所拍摄照片中目标物体的位置合并到在第一位置处所拍摄照片中。

S1009: 根据合并位置后的照片中目标物体的两个位置在摄像头坐标系下的坐标, 确定执行器坐标系和摄像头坐标系之间的旋转角度。

S1010: 根据合并后位置的照片中目标物体的两个位置在摄像头坐标系下的坐标, 确定执行器坐标系和摄像头坐标系中长度的比例关系。

该方法的其他可选实现方式可参考图 3~图 9 以及对应的描述, 这里不再赘述。

本发明实施例还提供了一种坐标系校准装置 110, 包括:

一个控制模块 1101, 被配置为: 在一个机械臂上所固定连接的执行器处于第一位置时, 控制与执行器固定连接的摄像头对机械臂所操作的工作台上放置的目标物体拍照, 其中执行器的执行器坐标系的 z 轴以及摄像头的摄像头坐标系的 z' 轴均与工作台垂直; 控制机械臂移动, 使得执行器围绕执行器的 z 轴转到第二位置以及第三位置; 在第二位置和第三位置处分别对目标物体进行拍照;

一个照片处理模块 1102, 被配置为将第二位置处所拍摄照片中目标物体的位置以及在第三位置处所拍摄照片中目标物体的位置均合并到第一位置处拍摄的照片中;

一个计算模块 1103, 被配置为将合并位置后的照片中目标物体的三个位置所在圆周的圆心确定为在摄像头坐标系中执行器的 TCP 位置; 以及根据确定的摄像头坐标系中执行器的 TCP 位置确定摄像头坐标系和执行器坐标系的坐标原点之间的偏移。

可选地, 控制模块 1101, 还被配置为控制机械臂移动, 使得执行器从第一位置沿着执行器坐标系的 x 轴移动到第四位置, 并控制摄像头拍照; 照片处理模块 1102, 还被配置为将在第四位置处所拍摄照片中目标物体的位置合并到在第一位置处所拍摄照片中; 计算模块 1103, 还被配置为根据合并位置后的照片中目标物体的两个位置在摄像头坐标系下的坐标, 确定执行器坐标系和摄像头坐标系之间的旋转角度。

可选地, 计算模块 1103, 还被配置为根据合并后位置的照片中目标物体的两个位置在摄像头坐标系下的坐标, 确定执行器坐标系和摄像头坐标系中长度的比例关系。

该装置 110 的其他可选实现方式可参考图 3~图 9 以及对应的描述, 其中, 控制模块 1101 用于移动机械臂以及控制摄像头拍照等, 照片处理模块 1102 用于对摄像头拍摄的图片进行处理, 计算模块 1103 用于计算进行坐标转换所需的参数等。

图 12 为本发明实施例提供的坐标系校准装置 110 的另一种结构示意图。如图 12 所示, 在此结构下, 坐标系校准装置 110 可包括至少一个存储器 1104, 用于存放计算机可读代码;

至少一个处理器 1105，被配置为执行至少一个存储器 1104 存储的计算机可读代码，执行前述坐标系校准方法。其中，图 11 中示出的各个模块可视为存储器 1104 中存储的计算机可读代码编写的程序模块，当这些程序模块被处理器 1105 调用时，能够执行前述坐标系校准方法。

此外，上述各模块也可视为由硬件和软件组合而实现的各个功能模块，坐标系校准装置 110 在执行坐标系校准方法时涉及的各种功能。上述各模块还可视为由硬件实现的各个功能模块，用于实现坐标系校准装置 110 在执行坐标系校准方法时涉及的各种功能，比如预先将该方法中涉及的各流程的控制逻辑烧制到诸如现场可编程门阵列（Field-Programmable Gate Array, FPGA）芯片或复杂可编程逻辑器件（Complex Programmable Logic Device, CPLD）中，而由这些芯片或器件执行上述各模块的功能，具体实现方式可依工程实践而定。

在具体实现时，该坐标系校准装置 110 可以作为示教器 50 的一部分功能来实现。基于示教器 50 已实现的功能来控制机械臂 21 的移动以及摄像头 10 拍摄照片。参数计算等操作亦可利用示教器 50 已有的处理能力来完成。

此外，本发明实施例还提供一种计算机可读介质，该计算机可读介质上存储有计算机可读指令，计算机可读指令在被处理器执行时，使处理器执行前述的坐标系校准方法。计算机可读介质的实施例包括软盘、硬盘、磁光盘、光盘（如 CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW）、磁带、非易失性存储卡和 ROM。可选地，可以由通信网络从服务器计算机上或云上下载计算机可读指令。

综上，本发明实施例提供一种坐标系校准方法、装置和计算机可读介质，用于进行手眼校准。与已有方法相比，本发明实施例具有操作简单、容易，高效的优点。为了获取坐标转换所需的四个参数，仅需要控制机械臂移动三次，而已有的方法通常要移动九次或者更多次（比如对于实时操作系统 ROS 所实现的手眼校准，通常需要移动机械臂 16 次。并且本发明实施例中机械臂的移动无需量化，这意味着操作更容易（无需精确地移动特定的距离和角度），无需设置大量参数，对操作者的要求较低。

需要说明的是，上述各流程和各系统结构图中不是所有的步骤和模块都是必须的，可以根据实际的需要忽略某些步骤或模块。各步骤的执行顺序不是固定的，可以根据需要进行调整。上述各实施例中描述的系统结构可以是物理结构，也可以是逻辑结构，即，有些模块可

能由同一物理实体实现，或者，有些模块可能分由多个物理实体实现，或者，可以由多个独立设备中的某些部件共同实现。

权利要求书

1、一种坐标系校准方法，其特征在于，包括：

在一个机械臂（21）上所固定连接的执行器（20）处于第一位置（71）时，控制与所述执行器（20）固定连接的摄像头（10）对机械臂（21）所操作的工作台（40）上放置的目标物体（60）拍照，其中所述执行器（20）的执行器坐标系（61）的z轴以及所述摄像头（10）的摄像头坐标系（62）的z'轴均与所述工作台（40）垂直；

控制所述机械臂（21）移动，使得所述执行器（20）围绕所述执行器（20）的z轴旋转到第二位置（72）以及第三位置（73）；

在所述执行器（20）处于所述第二位置（72）和所述第三位置（73）时，分别控制所述摄像头（10）对所述目标物体（60）进行拍照；

将所述第二位置（72）处所拍摄照片中目标物体（60）的位置以及在所述第三位置（73）处所拍摄照片中目标物体（60）的位置均合并到在第一位置（71）处所拍摄的照片中；

将合并位置后的照片中目标物体（60）的三个位置所在圆周的圆心确定为在所述摄像头坐标系（62）中所述执行器（20）的TCP位置；

根据确定的所述摄像头坐标系（62）中所述执行器（20）的TCP位置确定所述摄像头坐标系（62）和所述执行器坐标系（61）的坐标原点之间的偏移。

2、如权利要求1所述的方法，其特征在于，还包括：

控制所述机械臂（21）移动，使得执行器（20）从所述第一位置沿着所述执行器坐标系（61）的x轴移动到第四位置（74），并控制摄像头（10）拍照；

将在所述第四位置（74）处所拍摄照片中目标物体（60）的位置合并到在第一位置（71）处所拍摄的照片中；

根据合并位置后的照片中目标物体（60）的两个位置在所述摄像头坐标系（62）下的坐标，确定所述执行器坐标系（61）和所述摄像头坐标系（62）之间的旋转角度。

3、如权利要求2所述的方法，其特征在于，还包括：

根据合并后位置的照片中目标物体（60）的两个位置在所述摄像头坐标系（62）下的坐标，确定所述执行器坐标系（61）和所述摄像头坐标系（62）中长度的比例关系。

4、一种坐标系校准装置（110），其特征在于，包括：

一个控制模块（1101），被配置为：

在一个机械臂（21）上所固定连接的执行器（20）处于第一位置（71）时，控制与所述执行器（20）固定连接的摄像头（10）对机械臂（21）所操作的工作台（40）上放置的目标物体（60）拍照，其中所述执行器（20）的执行器坐标系（61）的 z 轴以及所述摄像头（10）的摄像头坐标系（62）的 z'轴均与所述工作台（40）垂直；

控制所述机械臂（21）移动，使得所述执行器（20）围绕所述执行器（20）的 z 轴旋转到第二位置（72）以及第三位置（73）；

在所述执行器（20）处于所述第二位置（72）和所述第三位置（73）时，分别控制所述摄像头（10）对所述目标物体（60）进行拍照；

一个照片处理模块（1102），被配置为将所述第二位置（72）处所拍摄照片中目标物体（60）的位置以及在所述第三位置（73）处所拍摄照片中目标物体（60）的位置均合并到在第一位置（71）处所拍摄的照片中；

一个计算模块（1103），被配置为将合并位置后的照片中目标物体（60）的三个位置所在圆周的圆心确定为在所述摄像头坐标系（62）中所述执行器（20）的 TCP 位置；以及根据确定的所述摄像头坐标系（62）中所述执行器（20）的 TCP 位置确定所述摄像头坐标系（62）和所述执行器坐标系（61）的坐标原点之间的偏移。

5、如权利要求 4 所述的装置（110），其特征在于，

所述控制模块（1101），还被配置为控制所述机械臂（21）移动，使得执行器（20）从所述第一位置沿着所述执行器坐标系（61）的 x 轴移动到第四位置（74），并控制摄像头（10）拍照；

所述照片处理模块（1102），还被配置为将在所述第四位置（74）处所拍摄照片中目标物体（60）的位置合并到在第一位置（71）处所拍摄照片中；

所述计算模块（1103），还被配置为根据合并位置后的照片中目标物体（60）的两个位置在所述摄像头坐标系（62）下的坐标，确定所述执行器坐标系（61）和所述摄像头坐标系（62）之间的旋转角度。

6、如权利要求 5 所述的装置（110），其特征在于，所述计算模块（1103），还被配置为根据合并后位置的照片中目标物体（60）的两个位置在所述摄像头坐标系（62）下的坐标，确定所述执行器坐标系（61）和所述摄像头坐标系（62）中长度的比例关系。

7、一种坐标系校准装置（110），其特征在于，包括：

至少一个存储器 (1104), 被配置为存储计算机可读代码;

至少一个处理器 (1105), 被配置为调用所述计算机可读代码, 执行下述步骤:

在一个机械臂 (21) 上所固定连接的执行器 (20) 处于第一位置 (71) 时, 控制与所述执行器 (20) 固定连接的摄像头 (10) 对机械臂 (21) 所操作的工作台 (40) 上放置的目标物体 (60) 拍照, 其中所述执行器 (20) 的执行器坐标系 (61) 的 z 轴以及所述摄像头 (10) 的摄像头坐标系 (62) 的 z' 轴均与所述工作台 (40) 垂直;

控制所述机械臂 (21) 移动, 使得所述执行器 (20) 围绕所述执行器 (20) 的 z 轴旋转到第二位置 (72) 以及第三位置 (73);

在所述执行器 (20) 处于所述第二位置 (72) 和所述第三位置 (73) 处时, 分别控制所述摄像头 (10) 对所述目标物体 (60) 进行拍照;

将所述第二位置 (72) 处所拍摄照片中目标物体 (60) 的位置以及在所述第三位置 (73) 处所拍摄照片中目标物体 (60) 的位置均合并到在所述第一位置 (71) 处所拍摄的照片中;

将合并位置后的照片中目标物体 (60) 的三个位置所在圆周的圆心确定为在所述摄像头坐标系 (62) 中所述执行器 (20) 的 TCP 位置;

根据确定的所述摄像头坐标系 (62) 中所述执行器 (20) 的 TCP 位置确定所述摄像头坐标系 (62) 和所述执行器坐标系 (61) 的坐标原点之间的偏移。

8、如权利要求 7 所述的装置 (110), 其特征在于, 所述至少一个处理器 (1105), 还被配置为调用所述计算机可读代码, 执行下述步骤:

控制所述机械臂 (21) 移动, 使得执行器 (20) 从所述第一位置沿着所述执行器坐标系 (61) 的 x 轴移动到第四位置 (74), 并控制摄像头 (10) 拍照;

将在所述第四位置 (74) 处所拍摄照片中目标物体 (60) 的位置合并到在所述第一位置 (71) 处所拍摄照片中;

根据合并位置后的照片中目标物体 (60) 的两个位置在所述摄像头坐标系 (62) 下的坐标, 确定所述执行器坐标系 (61) 和所述摄像头坐标系 (62) 之间的旋转角度。

9、如权利要求 8 所述的装置 (110), 其特征在于, 所述至少一个处理器 (1105), 还被配置为调用所述计算机可读代码, 执行下述步骤:

根据合并后位置的照片中目标物体 (60) 的两个位置在所述摄像头坐标系 (62) 下的坐标, 确定所述执行器坐标系 (61) 和所述摄像头坐标系 (62) 中长度的比例关系。

10、一种计算机可读介质，其特征在于，所述计算机可读介质上存储有计算机可读指令，所述计算机可读指令在被处理器执行时，使所述处理器执行下述步骤：

在一个机械臂（21）上所固定连接的执行器（20）处于第一位置（71）时，控制与所述执行器（20）固定连接的摄像头（10）对机械臂（21）所操作的工作台（40）上放置的目标物体（60）拍照，其中所述执行器（20）的执行器坐标系（61）的z轴以及所述摄像头（10）的摄像头坐标系（62）的z'轴均与所述工作台（40）垂直；

控制所述机械臂（21）移动，使得所述执行器（20）围绕所述执行器（20）的z轴旋转到第二位置（72）以及第三位置（73）；

在所述执行器（20）处于所述第二位置（72）和所述第三位置（73）时，分别控制所述摄像头（10）对所述目标物体（60）进行拍照；

将所述第二位置（72）处所拍摄照片中目标物体（60）的位置以及在所述第三位置（73）处所拍摄照片中目标物体（60）的位置均合并到在第一位置（71）处所拍摄的照片中；

将合并位置后的照片中目标物体（60）的三个位置所在圆周的圆心确定为在所述摄像头坐标系（62）中所述执行器（20）的TCP位置；

根据确定的所述摄像头坐标系（62）中所述执行器（20）的TCP位置确定所述摄像头坐标系（62）和所述执行器坐标系（61）的坐标原点之间的偏移。

11、如权利要求10所述的介质，其特征在于，所述计算机可读指令在被所述处理器执行时，还使所述处理器执行下述步骤：

控制所述机械臂（21）移动，使得执行器（20）从所述第一位置沿着所述执行器坐标系（61）的x轴移动到第四位置（74），并控制摄像头（10）拍照；

将在所述第四位置（74）处所拍摄照片中目标物体（60）的位置合并到在第一位置（71）处所拍摄照片中；

根据合并位置后的照片中目标物体（60）的两个位置在所述摄像头坐标系（62）的坐标，确定所述执行器坐标系（61）和所述摄像头坐标系（62）之间的旋转角度。

12、如权利要求11所述的介质，其特征在于，所述计算机可读指令在被所述处理器执行时，还使所述处理器执行下述步骤：

根据合并后位置的照片中目标物体（60）的两个位置在所述摄像头坐标系（62）下的坐标，确定所述执行器坐标系（61）和所述摄像头坐标系（62）中长度的比例关系。

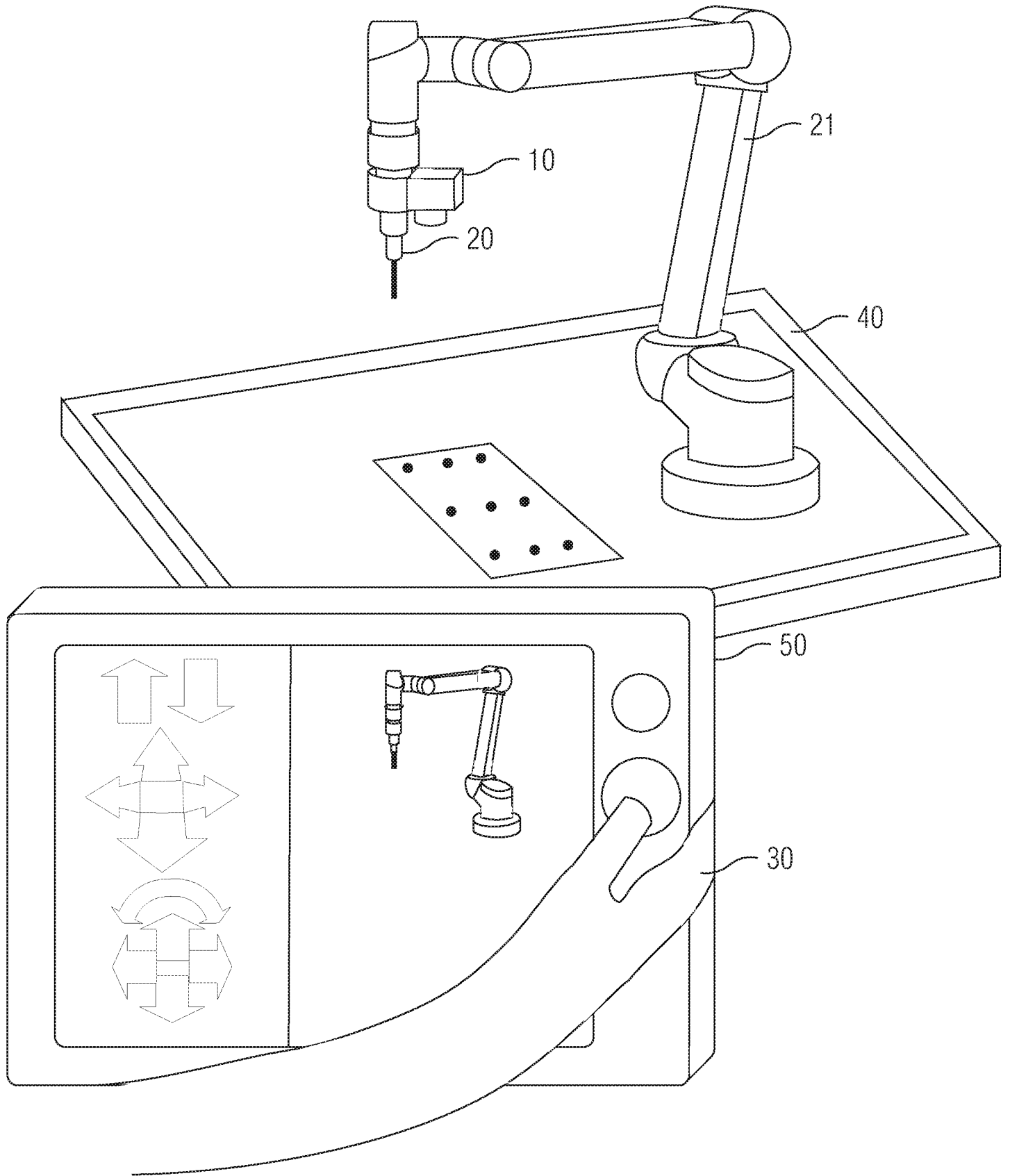


图1

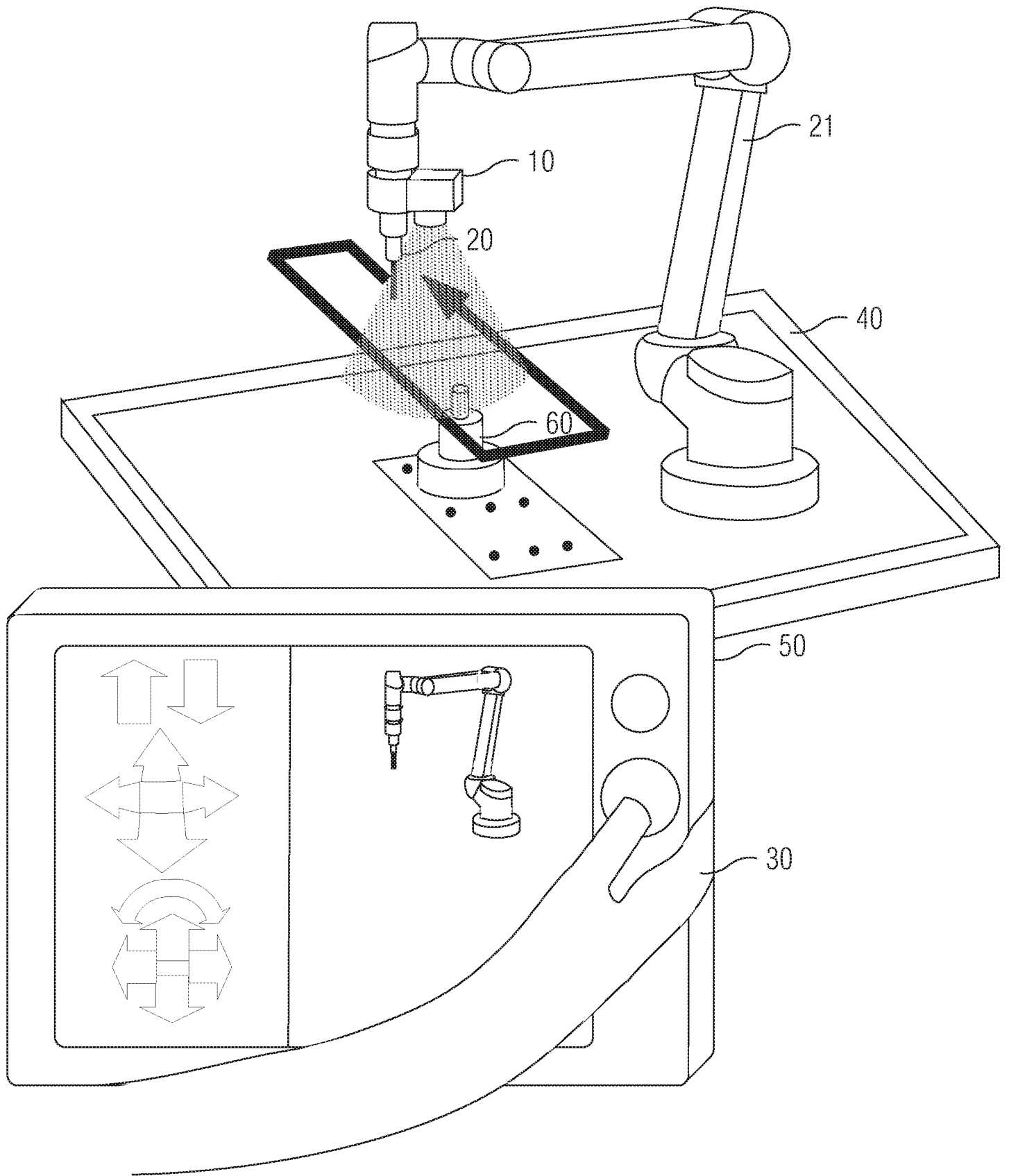


图2

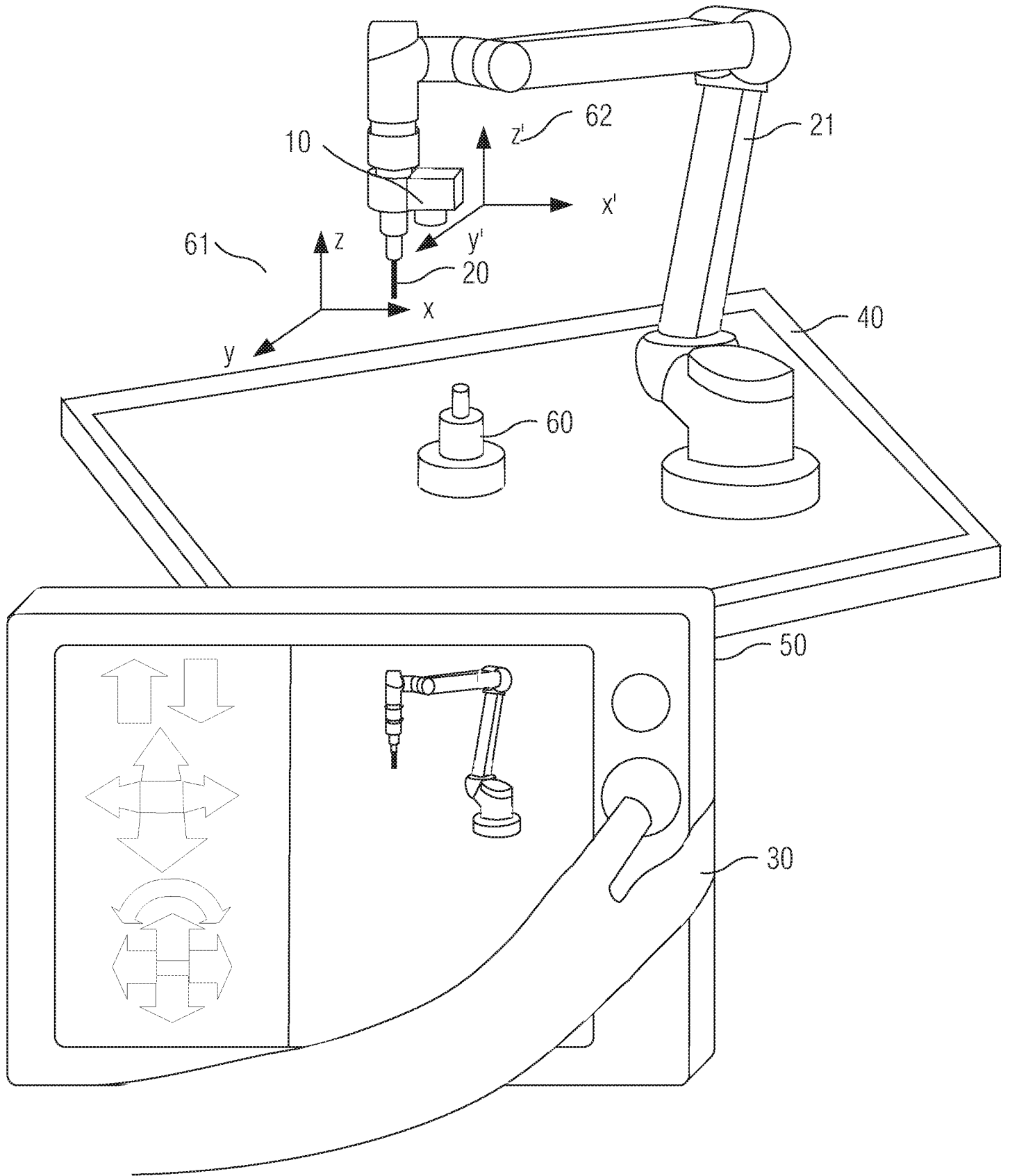


图3

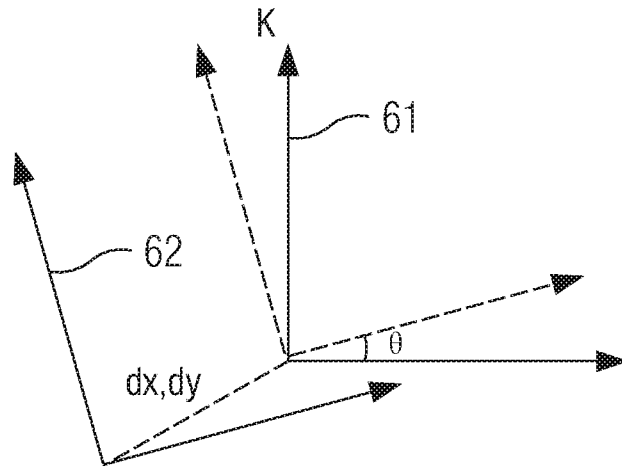


图4

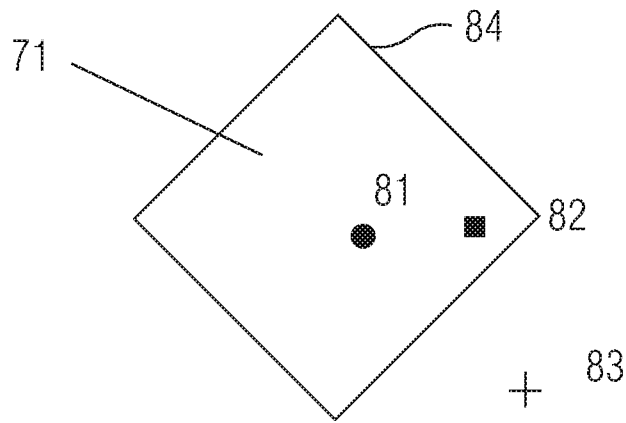


图5

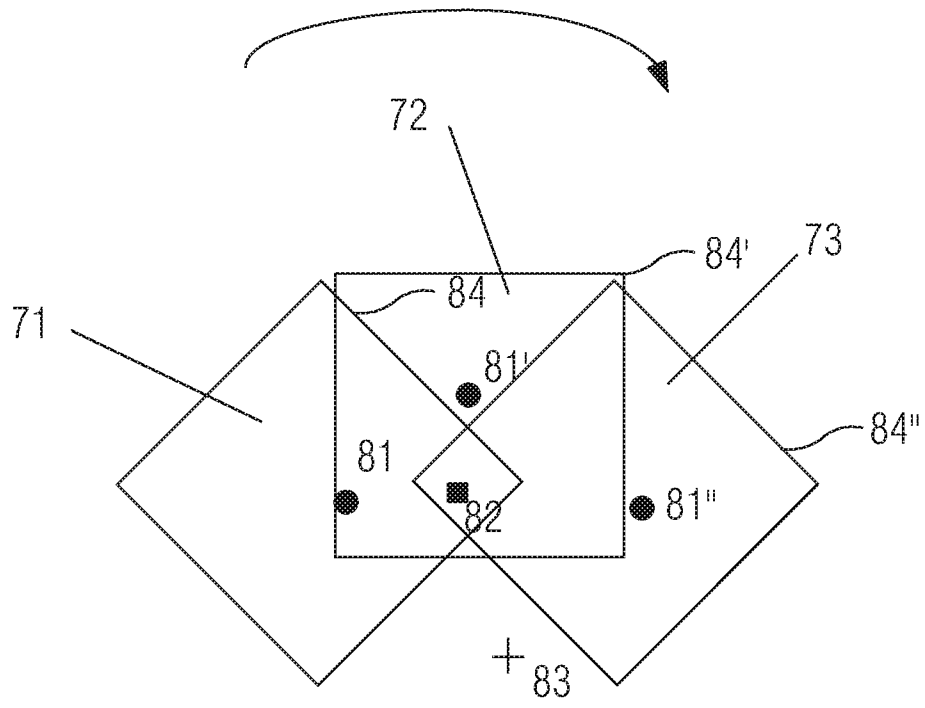


图6

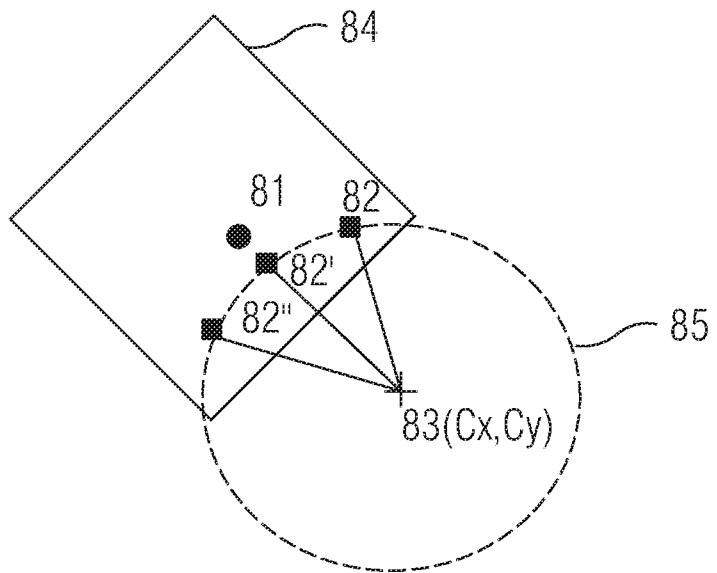


图7

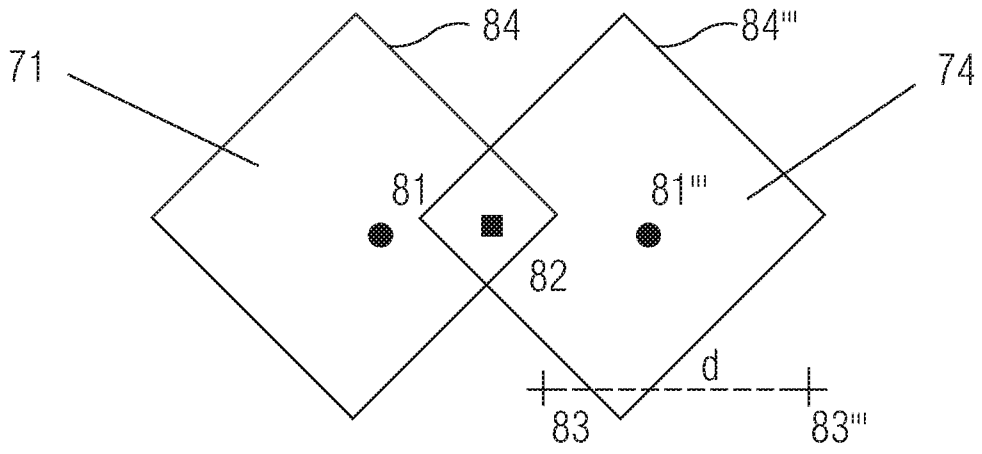


图8

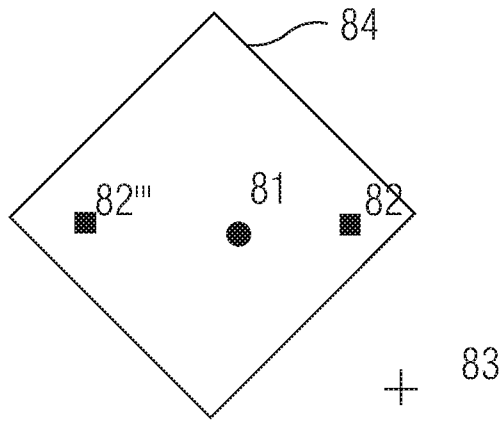


图9

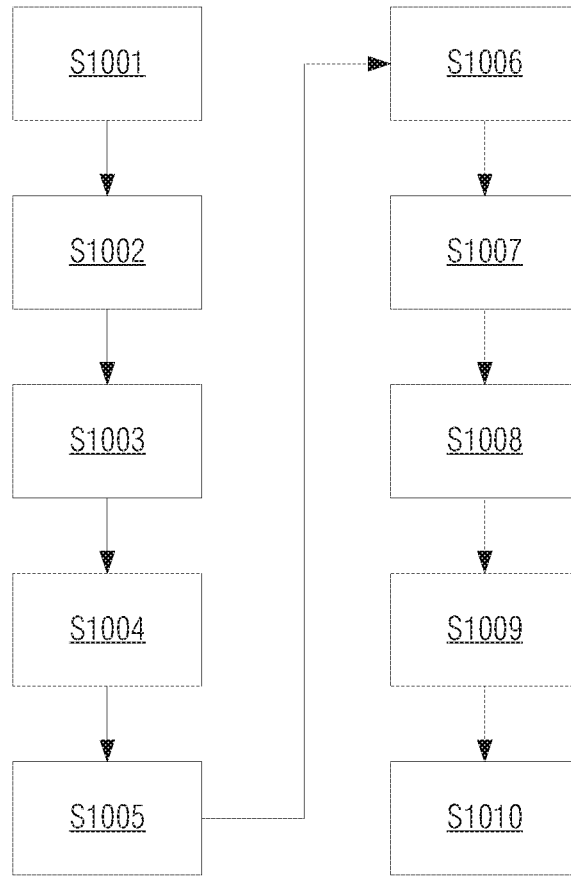


图10

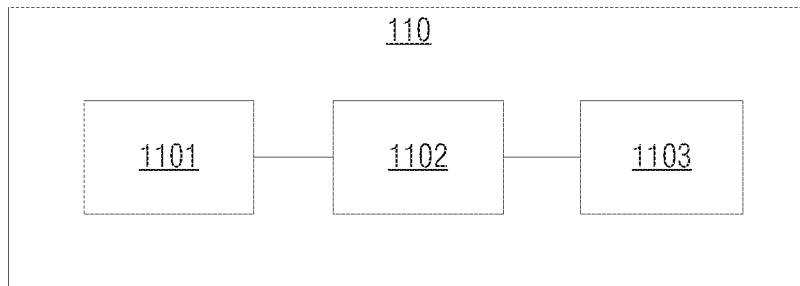


图11

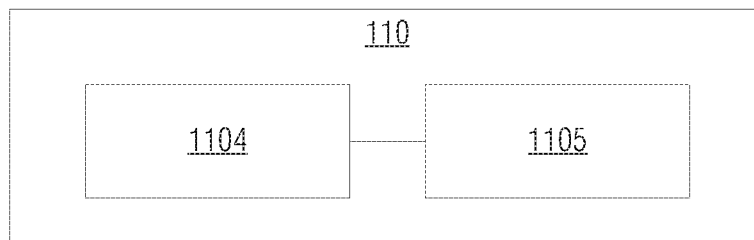


图12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/091574

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
B25J 19/00(2006.01)i; G06T 7/00(2017.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B25J; G06T		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, 机器人, 坐标, 系, 手, 眼, 标定, 校准, 校正, 机械, 臂, 执行器, 摄像头, 相机, 旋转, 轴, 位置, 照片, 图片, 图像, 定位, 圆心, 偏移, 角度, robot, coordinat??. system, hand, eye, demarcat+, calibrat+, correct+, mechanical, arm, actuator, camera, rotat+, axis, position, picture, image, locat+, center, circle, offset, angle		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 104354167 A (GUANGDONG ZHENGYE TECHNOLOGY CO., LTD.) 18 February 2015 (2015-02-18) description, paragraphs 5-114	1-12
A	CN 109781164 A (CHAI NT ROBOTICS CO., LTD.) 21 May 2019 (2019-05-21) entire document	1-12
A	CN 106426172 A (SHENZHEN YUANQI INTELLIGENT TECHNOLOGY CO., LTD.) 22 February 2017 (2017-02-22) entire document	1-12
A	CN 108748159 A (WUXI XINJE ELECTRONIC CO., LTD.) 06 November 2018 (2018-11-06) entire document	1-12
A	CN 107738254 A (ACADEMY OF OPTO-ELECTRONICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES et al.) 27 February 2018 (2018-02-27) entire document	1-12
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 09 March 2020		Date of mailing of the international search report 16 March 2020
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/091574

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	104354167	A	18 February 2015	CN	104354167	B	06 April 2016
CN	109781164	A	21 May 2019	None			
CN	106426172	A	22 February 2017	CN	106426172	B	16 April 2019
CN	108748159	A	06 November 2018	None			
CN	107738254	A	27 February 2018	CN	107738254	B	24 December 2019

<p>A. 主题的分类</p> <p>B25J 19/00(2006.01)i; G06T 7/00(2017.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																				
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>B25J; G06T</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, 机器人, 坐标, 系, 手, 眼, 标定, 校准, 校正, 机械, 臂, 执行器, 摄像头, 相机, 旋转, 轴, 位置, 照片, 图片, 图像, 定位, 圆心, 偏移, 角度, robot, coordinat??, system, hand, eye, demarcate+, calibrat+, correct+, mechanical, arm, actuator, camera, rotat+, axis, position, picture, image, locat+, center, circle, offset, angle</p>																				
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 104354167 A (广东正业科技股份有限公司) 2015年 2月 18日 (2015 - 02 - 18) 说明书第5-114段</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109781164 A (长沙长泰机器人有限公司) 2019年 5月 21日 (2019 - 05 - 21) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106426172 A (深圳元启智能技术有限公司) 2017年 2月 22日 (2017 - 02 - 22) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108748159 A (无锡信捷电气股份有限公司) 2018年 11月 6日 (2018 - 11 - 06) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107738254 A (中国科学院光电研究院等) 2018年 2月 27日 (2018 - 02 - 27) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 104354167 A (广东正业科技股份有限公司) 2015年 2月 18日 (2015 - 02 - 18) 说明书第5-114段	1-12	A	CN 109781164 A (长沙长泰机器人有限公司) 2019年 5月 21日 (2019 - 05 - 21) 全文	1-12	A	CN 106426172 A (深圳元启智能技术有限公司) 2017年 2月 22日 (2017 - 02 - 22) 全文	1-12	A	CN 108748159 A (无锡信捷电气股份有限公司) 2018年 11月 6日 (2018 - 11 - 06) 全文	1-12	A	CN 107738254 A (中国科学院光电研究院等) 2018年 2月 27日 (2018 - 02 - 27) 全文	1-12
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
X	CN 104354167 A (广东正业科技股份有限公司) 2015年 2月 18日 (2015 - 02 - 18) 说明书第5-114段	1-12																		
A	CN 109781164 A (长沙长泰机器人有限公司) 2019年 5月 21日 (2019 - 05 - 21) 全文	1-12																		
A	CN 106426172 A (深圳元启智能技术有限公司) 2017年 2月 22日 (2017 - 02 - 22) 全文	1-12																		
A	CN 108748159 A (无锡信捷电气股份有限公司) 2018年 11月 6日 (2018 - 11 - 06) 全文	1-12																		
A	CN 107738254 A (中国科学院光电研究院等) 2018年 2月 27日 (2018 - 02 - 27) 全文	1-12																		
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																				
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																				
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2020年 3月 9日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2020年 3月 16日</p>																		
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN)</p> <p>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>史江峰</p> <p>电话号码 62089926</p>																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/091574

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104354167	A	2015年 2月 18日	CN	104354167	B	2016年 4月 6日
CN	109781164	A	2019年 5月 21日	无			
CN	106426172	A	2017年 2月 22日	CN	106426172	B	2019年 4月 16日
CN	108748159	A	2018年 11月 6日	无			
CN	107738254	A	2018年 2月 27日	CN	107738254	B	2019年 12月 24日