

# (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  
2021年1月28日 (28.01.2021)



(10) 国际公布号  
**WO 2021/012122 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
**B25J 9/16** (2006.01)      **G06T 7/80** (2017.01)  
**B25J 9/00** (2006.01)
- (21) 国际申请号:                      PCT/CN2019/096906
- (22) 国际申请日:                      2019年7月19日 (19.07.2019)
- (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: 贺银增 (HE, Yinzeng); 中国江苏省苏州市工业园区翰林路1号海德公园33栋606室, Jiangsu 215321 (CN)。 陈颀潇 (CHEN, Qixiao); 中国北京市望京东园624号国风上观1-102, Beijing 110105 (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

市海淀区知春路甲48号盈都大厦A座16层, Beijing 100098 (CN)。

- (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。
- (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, 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,

(54) Title: ROBOT HAND-EYE CALIBRATION METHOD AND APPARATUS, COMPUTING DEVICE, MEDIUM AND PRODUCT

(54) 发明名称: 机器人手眼标定方法、装置、计算设备、介质以及产品

(57) Abstract: A robot hand-eye calibration method and apparatus, a computing device, a medium, and a product. The method comprises: a calibration device (108) at the end of a robot arm (102) is controlled to move to a calibration plate (112); when a force sensor (104) on the robot arm (102) detects that the force of the contact between the end (110) of the calibration device and the calibration plate (112) reaches a predetermined value, the robot arm (102) stops to move, and the end (110) of the calibration device performs marking at the contact position between the end of the calibration device and the calibration plate (112); the robot arm (102) moves upward in the direction perpendicular to the calibration plate (112) and stops at a position where the end of the robot arm (102) is at a predetermined height; at this position, a camera (106) at the end of the robot arm (102) photographs the marks on the calibration plate (112), records the coordinates of the marks in the camera coordinate system, and records the coordinates of the end (110) of the calibration device in the robot coordinate system when the robot arm (102) stops at this position; and a calibration transformation matrix is calculated according to the recorded coordinates of at least three marks on the calibration plate (112) in the camera coordinate system and the corresponding coordinates of the end (110) of the calibration device in the robot coordinate system.

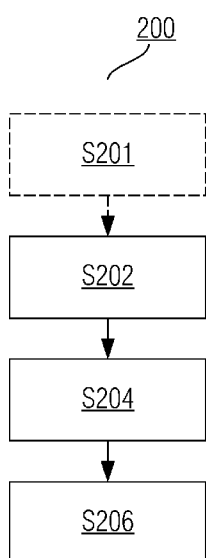
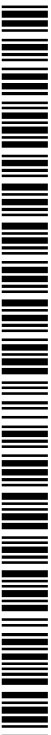


图2



WO 2021/012122 A1

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:** 一种机器人手眼标定方法、装置、计算设备、介质以及产品。方法包括: 控制机器人手臂(102)末端的标定装置(108)移动至标定板(112), 当机器人手臂(102)上的力传感器(104)检测到标定装置的末端(110)与标定板(112)的接触达到预定大小的力时, 机器人手臂(102)停止移动, 标定装置的末端(110)在其与标定板(112)的接触位置处进行标记, 机器人手臂(102)在垂直于标定板(112)的方向上向上移动至机器人手臂(102)末端处于预定高度的位置处停止, 在该位置处, 机器人手臂(102)末端的相机(106)对标定板(112)上的标记进行拍摄, 记录标记在相机坐标系下的坐标, 并且记录机器人手臂(102)停止在该位置处时, 标定装置的末端(110)在机器人坐标系下的坐标; 根据所记录的标定板(112)上的至少三个标记在相机坐标系下的坐标和对应的标定装置的末端(110)在机器人坐标系下的坐标来计算标定变换矩阵。

## 机器人手眼标定方法、装置、计算设备、介质以及产品

### 5 技术领域

本公开通常涉及机器人领域，更具体地，涉及机器人手眼标定方法、装置、计算设备、介质以及产品。

### 背景技术

10 在工业应用领域中，机器人需要依靠手眼系统执行机械加工、安装等任务。手眼系统是由相机和机器人手臂构成的视觉系统，其中，相机相当于人的眼睛，机器人手臂末端相当于人的手。

视觉定位引导机器人手臂执行任务，首先要将相机坐标和机器人坐标进行标定，使视觉定位的相机坐标转换为机器人坐标，以完成视觉的引导，  
15 其中手眼标定是视觉引导机器人手臂的关键所在。

目前这个手眼标定过程通常是通过人工来完成，机器人需要由相机示教。具体地，在机器人手臂末端安装一个标定针，手动操作机器人手臂移动至标定板的九个点的位置。由于相机坐标系和机器人坐标系中的目标位置都要收集来计算标定数据，这需要开发者的大量工作；此外，由于标定  
20 针的精度会影响标定精度，且手动操作机器人手臂移动至九个点的精度要求较高，标定精度受人为因素影响较大且标定的时间较长，因此，传统的手眼标定的方法存在标定过程复杂、标定效率低且标定精度受人为因素影响较大的问题。

另外，由于相机的成像平面不完全平行于标定板也会影响标定的精度。  
25 因此，需要一种具有较高测量精度的自动手眼标定的方法。

### 发明内容

在下文中给出关于本发明的简要概述，以便提供关于本发明的某些方面的基本理解。应当理解，这个概述并不是关于本发明的穷举性概述。它  
30 并不是意图确定本发明的关键或重要部分，也不是意图限定本发明的范围。

其目的仅仅是以简化的形式给出某些概念，以此作为稍后论述的更详细描述的前序。

5 鉴于上述，本公开提供了一种具有较高测量精度的自动手眼标定的方法。在本公开的技术方案中，在机器人手臂上引入了一个力传感器，利用该力传感器可以实现自动手眼标定。

10 根据本公开的一个方面，提供了机器人手眼标定方法，包括：坐标记录步骤：控制机器人手臂末端的标定装置移动至标定板，当机器人手臂上的力传感器检测到所述标定装置的末端与所述标定板的接触达到预定大小的力时，所述机器人手臂停止移动，所述标定装置的末端在其与所述标定板的接触位置处进行标记，所述机器人手臂在垂直于所述标定板的方向上向上移动至所述机器人手臂末端处于预定高度的位置处停止，在该位置处，所述机器人手臂末端的相机对所述标定板上的标记进行拍摄，记录所述标记在相机坐标系下的坐标，并且记录在所述机器人手臂停止在该位置处时，所述标定装置的末端在机器人坐标系下的坐标；移动控制步骤：控制所述  
15 机器人手臂在所述标定板上平移至少两次，在每次移动之后都执行所述坐标记录步骤；以及变换矩阵计算步骤：根据所记录的所述标定板上的至少三个标记在所述相机坐标系下的坐标和对应的所述标定装置的末端在所述机器人坐标系下的坐标来计算标定变换矩阵。

20 以这样的方式，通过控制机器人手臂末端的标定装置在标定板上依次进行标记至少三次，针对每一个标记，分别用相机进行拍摄，记录每一个标记在相机坐标系下的坐标以及拍摄标记时标定装置的末端在相机坐标系下的坐标来计算标定变换矩阵，其中，通过采用一个力传感器来检测标定装置的末端与标定板的接触，使得机器人手臂可以知道何时停止移动，何时进行标记，通过这样的方式，可以在没有人为操作的情况下，自动完成  
25 机器人的手眼标定的过程。

可选地，在上述方面的一个示例中，在执行所述机器人坐标记录步骤之前，所述方法还包括平行校正步骤：利用所述力传感器来校正所述相机的成像平面与所述标定板的平面平行。

30 可选地，在上述方面的一个示例中，所述平行校正步骤包括：利用所述力传感器获取所述机器人手臂末端的力矩；以及基于所述力矩调整所述

所述机器人手臂末端的姿态以使得设置在所述机器人手臂末端的所述相机的成像平面与所述标定板的平面平行。

以这样的方式，可以实现相机的成像平面与标定板的平面平行，从而减小由于相机的成像平面与标定板的平面不平行所引起的标定误差，提高手眼标定的精确度。

可选地，在上述方面的一个示例中，所述预定高度根据所述相机的焦距预先设定，以使得所述标定板上的标记在所述相机的成像平面上清晰成像。

以这样的方式，可以使得相机在进行拍摄时与标定板之间保持合适的距离，来确保相机成像的清晰度，从而进一步提高标定精确度。

根据本公开的另一方面，提供了机器人手眼标定装置，包括：一个坐标记录单元，所述坐标记录单元控制机器人手臂末端的标定装置移动至标定板，当机器人手臂上的力传感器检测到所述标定装置的末端与所述标定板接触达到预定大小的力时，所述机器人手臂停止移动，所述标定装置的末端在其与所述标定板的接触位置处进行标记，所述机器人手臂在垂直于所述标定板的方向上向上移动至所述机器人手臂末端处于预定高度的位置处停止，在该位置处，所述机器人手臂末端的相机对所述标定板上的标记进行拍摄，记录所述标记在相机坐标系下的坐标，并且记录在所述机器人手臂停止在该位置处时，所述标定装置的末端在机器人坐标系下的坐标；一个移动控制单元，所述移动控制单元控制所述标定装置在所述标定板上方移动至少两次，在每次移动之后都执行所述坐标记录步骤；以及一个变换矩阵计算单元，所述变换矩阵计算单元根据所记录的所述标定板上的至少三个标记在所述相机坐标系下的坐标和对应的所述标定装置的末端在所述机器人坐标系下的坐标来计算标定变换矩阵。

以这样的方式，通过控制机器人手臂末端的标定装置在标定板上依次进行标记，针对每一个标记，分别用相机进行拍摄，记录每一个标记在相机坐标系下的坐标以及拍摄标记时标定装置的末端在相机坐标系下的坐标来计算标定变换矩阵，其中，通过采用一个力传感器来检测标定装置的末端与标定板的接触，使得机器人手臂可以知道何时停止移动，何时进行标记，通过这样的方式，可以在没有人为操作的情况下，自动完成机器人的

手眼标定的过程。

可选地，在上述方面的一个示例中，机器人手眼标定装置还包括：一个平行校正单元，所述平行校正单元利用所述力传感器来校正所述相机的成像平面与所述标定板的平面平行。

5 可选地，在上述方面的一个示例中，所述平行校正单元进一步被配置为：利用所述力传感器获取所述机器人手臂末端的力矩；以及基于所述力矩调整所述机器人手臂末端的姿态以使得设置在所述机器人手臂末端的所述相机的成像平面与所述标定板的平面平行。

10 以这样的方式，可以实现相机的成像平面与标定板的平面平行，从而减小由于相机的成像平面与标定板的平面不平行所引起的标定误差，提高手眼标定的精确度。

可选地，在上述方面的一个示例中，所述预定高度根据所述相机的焦距预先设定，以使得所述标定板上的标记在所述相机的成像平面上清晰成像。

15 以这样的方式，可以使得相机在进行拍摄时与标定板之间保持合适的距离，来确保相机成像的清晰度，从而进一步提高标定精确度。

根据本公开的另一方面，提供了机器人手臂，包括：一个力传感器；一个相机；一个标定装置，其中，所述力传感器检测所述标定装置的末端与标定板的接触的力的大小以及获取机器人手臂的力矩。

20 通过采用一个力传感器来检测标定装置的末端与标定板的接触，使得机器人手臂可以知道何时停止移动，何时进行标记，通过这样的方式，可以在没有人为操作的情况下，自动完成机器人的手眼标定的过程。

25 根据本公开的另一方面，提供了一种计算设备，包括：至少一个处理器；以及与所述至少一个处理器耦合的一个存储器，所述存储器用于存储指令，当所述指令被所述至少一个处理器执行时，使得所述处理器执行如上所述的方法。

根据本公开的另一方面，提供了一种非暂时性机器可读存储介质，其存储有可执行指令，所述指令当被执行时使得所述机器执行如上所述的方法。

30 根据本公开的另一方面，提供了一种计算机程序产品，所述计算机程

序产品被有形地存储在计算机可读介质上并且包括计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被执行时使至少一个处理器执行如上所述的方法。

## 附图说明

5 参照下面结合附图对本发明实施例的说明，会更加容易地理解本发明的以上和其它目的、特点和优点。附图中的部件只是为了示出本发明的原理。在附图中，相同的或类似的技术特征或部件将采用相同或类似的附图标记来表示。以下附图仅旨在于对本发明做示意性说明和解释，并限定本发明的范围。

10 图 1 示出了根据本公开的一个实施例的机器人手臂的示意图；

图 2 示出了根据本公开的一个实施例的机器人手眼标定方法的示例性过程的流程图；

图 3 是示出图 2 中的方框 S208 中的操作的一种示例性过程的流程图；

15 图 4 是示出了根据本公开的一个实施例的机器人手眼标定装置的示例性配置的框图；以及

图 5 示出了根据本公开的实施例的对机器人进行手眼标定的计算设备的方框图。

## 附图标记

20 102: 机器人手臂

104: 力传感器

106: 相机

108: 标定装置

110: 标定装置的末端

25 112: 标定板

200: 机器人手眼标定方法

S201、S202、S204、S206、S302、S304: 步骤

400: 机器人手眼标定装置

401: 平行校正单元

30 402: 坐标记录单元

404: 移动控制单元  
406: 变换矩阵计算单元  
500: 计算设备  
502: 处理器  
5 504: 存储器

## 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。

本公开提供了一种具有较高测量精度的机器人自动手眼标定的方法。在本公开的技术方案中，在机器人手臂上引入了一个力传感器，利用该力传感器可以实现自动手眼标定。

图 1 示出了根据本公开的一个实施例的机器人的示意图。在图 1 中，102 是机器人手臂，104 是设置在机器人手臂上的力传感器，106 是设置在机器人手臂末端的相机，108 是设置在机器人手臂末端的标定装置，110 是标定装置 108 的末端，112 是标定板。

其中，相机 106 固定在机器人手臂 102 的末端的适当位置，标定装置 108 固定在机器人手臂 102 的末端的适当位置，可以通过本领域技术人员了



解的工具坐标系标定程序来获取标定装置的末端 110 与机器人手臂 102 末端的相对位置。力传感器 104 安装在机器人手臂 102 与标定装置 108 之间。可以理解，图 1 是设置有一个力传感器的机器人手臂的示意图，其中各部件之间的关系只是示意性的，本领域技术人员可以根据需要来设置各部件之间的位置关系，而限于图 1 所示。

力传感器 104 可以用于检测标定装置的末端 110 与标定板 112 的接触力的大小，在检测到接触的力达到预定大小时，机器人手臂将停止移动，标定工具的末端 110 可以在标定板 112 上在这个接触位置处进行标记。然后通过记录至少三个标记在相机坐标系下的坐标和进行拍摄时标定装置的末端在机器人坐标系下的坐标可以计算标定变换矩阵，从而实现机器人的手眼标定。

下面结合附图来描述根据本公开实施例的机器人手眼标定方法和装置。

图 2 示出了根据本公开的一个实施例的机器人手眼标定方法 200 的示例性过程的流程图。

首先，在方框 S202 中，执行坐标记录步骤，控制机器人手臂末端的标定装置移动至标定板，当机器人手臂上的力传感器检测到所述标定装置的末端与所述标定板接触达到预定大小的力时，所述机器人手臂停止移动，所述标定装置的末端在其与所述标定板的接触位置处进行标记，所述机器人手臂在垂直于所述标定板的方向上向上移动至预定高度的位置处停止，在该位置处，所述机器人手臂末端的相机对所述标定板上的标记进行拍摄，记录所述标记在相机坐标系下的坐标，并且记录在所述机器人手臂停止在该位置处时，所述标定装置的末端在机器人坐标系下的坐标。

具体地，设置在机器人手臂 102 上的力传感器 104 可以用于检测标定装置 108 的末端 110 与标定板 112 的接触的力的大小，在力传感器 104 检测到标定装置 108 的末端 110 与标定板 112 的接触达到预定大小的力时，机器人手臂 102 将停止移动，此时标定装置 108 的末端 110 可以在标定板 112 上标记这个接触位置。

这里的预定大小的接触力可以使得标定装置 108 的末端恰好在标定板 112 进行适当的标记，可以由技术人员根据经验预先设定这个预定大小。

在进行标记之后，机器人手臂 102 离开标定板 112，在垂直于所述标定板 112 的方向上向上移动至预定高度的位置处停止，在该位置处，由相机 106 对标定板 112 上的标记进行拍摄。

5 这里的预定高度可以根据相机的焦距预先设定，以使得所述标定板上的标记能够在所述相机的成像平面上清晰成像。

由于机器人通常采用的工业镜头不是自动对焦的，需要手动对焦。这意味着在某个距离上的物体拍的最清晰。离镜头太近或太远，图像都不清晰。另一方面，在不同距离下，物体在 CCD/CMOS 成像尺寸是不同的（反映为两个像素对应的物理距离不一样），只有在固定距离下，手眼标定才有意义。

10 相机 106 固定在机器人手臂 102 末端的适当位置处，相机 106 相对于机器人手臂 102 末端的二维位置是可以通过标定获取的。要使得相机 106 的镜头与标定板 112 之间保持适当的距离，主要是通过精确地计算来确定机器人手臂 102 末端和标定板 112 之间的距离。在一个示例中，可以用测量值来验证，通过调整拍照高度来保证标定板始终处于相机的焦平面上（即成像清晰）。

因此，根据相机 106 的焦距预先设定预定高度，机器人手臂 102 在预定高度处停止，可以使得相机 102 在与标定板 11 之间保持适当距离的位置处进行拍摄，来确保相机成像的清晰度，从而可以进一步提高标定精确度。

20 接着，记录该标记在相机坐标系下的坐标，以及在相机拍摄该标记时，即机器人手臂停止在预定高度的位置处时，标定装置的末端在机器人坐标系下的坐标。

通过方框 S202 中的操作，可以获得用于进行机器人的手眼标定的分别在相机坐标系下和机器人坐标系下的一组坐标。

25 接着，在方框 S204 中，控制机器人手臂在所述标定板上方平移至少两次，在每次移动之后都执行方框 S202 中的操作。

通过移动机器人手臂，然后分别执行 S202 中的操作，总共可以获得用于进行机器人的手眼标定的分别在相机坐标系下和机器人坐标系下的至少三组坐标。

30 最后，在方框 S206 中，根据所记录的所述标定板上的至少三个标记在

所述相机坐标系下的坐标和对应的所述标定装置的末端在所述机器人坐标系下的坐标来计算标定变换矩阵。

本领域技术人员可以理解基于这三组坐标来计算变换矩阵的具体过程，在此不再赘述。

5        在根据本实施例的方法中，通过控制机器人手臂末端的标定装置在标定板上依次进行标记至少三次，针对每一个标记，分别用相机进行拍摄，记录每一个标记在相机坐标系下的坐标以及拍摄标记时标定装置的末端在相机坐标系下的坐标来计算标定变换矩阵。其中，采用了一个力传感器来检测标定装置的末端与标定板的接触，使得机器人手臂可以知道何时停止移动，何时进行标记，通过这样的方式，可以在没有人为操作的情况下，  
10        自动完成机器人的手眼标定的过程。

在一个示例中，在进行手眼标定的过程之前，该方法还可以包括方框 S201 中的平行校正步骤：利用所述力传感器来校正所述相机的成像平面与  
所述标定板的平面平行。

15        具体地，如图 3 所示，可以通过以下过程来实现方框 S201 中的操作。

首先，在方框 S302 中，利用所述力传感器 104 获取所述机器人手臂 102 末端的力矩。

接着，在方框 S304 中，基于所述力矩调整所述所述机器人手臂 102 末端的姿态以使得设置在机器人手臂 102 末端的相机 106 的成像平面与标定  
20        板 112 的平面平行。

具体地，可以根据传感器获取的力矩值，通过算法调整机器人手臂末端的姿态，使得力矩值达到设定值，来保证设置在机器人手臂末端的相机的成像平面与标定板平面平行。

也就是说，在进行机器人手眼标定之前，先通过平行校正步骤来确定  
25        机器人手臂末端的姿态使得机器人手臂末端上的相机的成像平面与标定板平面平行。在此后移动机器人手臂时都保持机器人手臂的姿态不变，而仅在 x、y、z 方向上移动。

通过采用图 3 所示的方式来实现相机的成像平面与标定板的平行，可以减小由于相机的成像平面与标定板不平行所引起的标定误差，从而可以  
30        提高手眼标定的精确度。

图 4 是示出了根据本公开的一个实施例的机器人手眼标定装置 400 的示例性配置的框图。

如图 4 所示，机器人手眼标定装置 400 包括：一个坐标记录单元 402、一个移动控制单元 404 和一个变换矩阵计算单元 406。

5 其中，机器人坐标记录单元 402 控制机器人手臂末端的标定装置移动至标定板，当机器人手臂上的力传感器检测到所述标定装置的末端与所述标定板接触达到预定大小的力时，所述机器人手臂停止移动，所述标定装置的末端在其与所述标定板的接触位置处进行标记，所述机器人手臂在垂直于所述标定板的方向上向上移动至所述机器人手臂末端处于预定高度的位置处停止，在该位置处，所述机器人手臂末端的相机对所述标定板上的标记进行拍摄，记录所述标记在相机坐标系下的坐标，并且记录在所述机器人手臂停止在该位置处时，所述标定装置的末端在机器人坐标系下的坐标。

15 其中，所述预定高度根据所述相机的焦距预先设定，以使得所述标定板上的标记在所述相机的成像平面上清晰成像。

移动控制单元 404 控制所述标定装置在所述标定板上方移动至少两次。

变换矩阵计算单元 406 根据所记录的所述标定板上的至少三个标记在所述相机坐标系下的坐标和对应的所述标定装置的末端在所述机器人坐标系下的坐标来计算标定变换矩阵。

20 在一个示例中，机器人手眼标定装置 400 还可以包括一个平行校正单元 401，所述平行校正单元 401 利用所述力传感器来校正所述相机的成像平面与所述标定板的平面平行。

具体地，所述平行校正单元 401 可以被配置为：利用所述力传感器获取所述机器人手臂末端的力矩；以及基于所述力矩调整所述机器人手臂末端的姿态以使得设置在所述机器人手臂末端的所述相机的成像平面与  
25 所述标定板的平面平行。

机器人手眼标定装置 400 的各个部分的操作和功能的细节例如可以与参照结合图 1-3 所描述的本公开的机器人手眼标定方法的实施例的相关部分相同或类似，这里不再详细描述。

30 在此需要说明的是，图 4 所示的机器人手眼标定装置 400 及其组成单

元的结构仅仅是示例性的，本领域技术人员可以根据需要对图 4 所示的结构框图进行修改。

如上参照图 1 到图 4，对根据本公开的实施例的机器人手眼标定方法和装置进行了描述。上面的机器人手眼标定装置可以采用硬件实现，也可以  
5 采用软件或者硬件和软件的组合来实现。

在本公开中，机器人手眼标定装置 400 可以利用计算设备实现。图 5 示出了根据本公开的实施例的对机器人进行手眼标定的计算设备 500 的方框图。根据一个实施例，计算设备 500 可以包括至少一个处理器 502，处理器 502 执行在计算机可读存储介质（即，存储器 504）中存储或编码的至少  
10 一个计算机可读指令（即，上述以软件形式实现的元素）。

在一个实施例中，在存储器 504 中存储计算机可执行指令，其当执行时使得至少一个处理器 502 完成以下动作：控制机器人手臂末端的标定装置移动至标定板，当机器人手臂上的力传感器检测到所述标定装置的末端与  
15 所述标定板的接触达到预定大小的力时，所述机器人手臂停止移动，所述标定装置的末端在其与所述标定板的接触位置处进行标记，所述机器人手臂在垂直于所述标定板的方向上向上移动至所述机器人手臂末端处于预定高度的位置处停止，在该位置处，所述机器人手臂末端的相机对所述标定板上的标记进行拍摄，记录所述标记在相机坐标系下的坐标，并且记录在所述机器人手臂停止在该位置处时，所述标定装置的末端在机器人坐标系下的坐标；控制所述机器人手臂在所述标定板上  
20 方平移至少两次，在每次移动之后都执行所述坐标记录步骤；以及根据所记录的所述标定板上的至少三个标记在所述相机坐标系下的坐标和对应的所述标定装置的末端在所述机器人坐标系下的坐标来计算标定变换矩阵。

应该理解，在存储器 504 中存储的计算机可执行指令当执行时使得至少  
25 一个处理器 502 进行本公开的各个实施例中以上结合图 1-4 描述的各种操作和功能。

根据一个实施例，提供了一种非暂时性机器可读介质。该非暂时性机器可读介质可以具有机器可执行指令（即，上述以软件形式实现的元素），该指令当被机器执行时，使得机器执行本公开的各个实施例中以上结合图  
30 1-4 描述的各种操作和功能。

根据一个实施例，提供了一种计算机程序产品，包括计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被执行时使至少一个处理器执行本公开的各个实施例中以上结合图 1-4 描述的各种操作和功能。

5 上面结合附图阐述的具体实施方式描述了示例性实施例，但并不表示可以实现的或者落入权利要求书的保护范围的所有实施例。在整个本说明书中使用的术语“示例性”意味着“用作示例、实例或例示”，并不意味着比其它实施例“优选”或“具有优势”。出于提供对所描述技术的理解的目的，具体实施方式包括具体细节。然而，可以在没有这些具体细节的情况下实施这些技术。在一些实例中，为了避免对所描述的实施例的概念造成  
10 难以理解，公知的结构和装置以框图形式示出。

本公开内容的上述描述被提供来使得本领域任何普通技术人员能够实现或者使用本公开内容。对于本领域普通技术人员来说，对本公开内容进行的各种修改是显而易见的，并且，也可以在不脱离本公开内容的保护范围的情况下，将本文所定义的一般性原理应用于其它变型。因此，本公开  
15 内容并不限于本文所描述的示例和设计，而是与符合本文公开的原理和新颖性特征的最广范围相一致。

# 权 利 要 求 书

## 1、机器人手眼标定方法，包括：

坐标记录步骤：控制机器人手臂末端的标定装置移动至标定板，当机器人手臂上的力传感器检测到所述标定装置的末端与所述标定板的接触达到预定大小的力时，所述机器人手臂停止移动，所述标定装置的末端在其与所述标定板的接触位置处进行标记，所述机器人手臂在垂直于所述标定板的方向上向上移动至所述机器人手臂末端处于预定高度的位置处停止，在该位置处，所述机器人手臂末端的相机对所述标定板上的标记进行拍摄，记录所述标记在相机坐标系下的坐标，并且记录在所述机器人手臂停止在该位置处时，所述标定装置的末端在机器人坐标系下的坐标；

移动控制步骤：控制所述机器人手臂在所述标定板上平移至少两次，在每次移动之后都执行所述坐标记录步骤；以及

变换矩阵计算步骤：根据所记录的所述标定板上的至少三个标记在所述相机坐标系下的坐标和对应的所述标定装置的末端在所述机器人坐标系下的坐标来计算标定变换矩阵。

2、如权利要求 1 所述的方法，其中，在执行所述坐标记录步骤之前，所述方法还包括：

平行校正步骤：利用所述力传感器来校正所述相机的成像平面与所述标定板的平面平行。

## 3、如权利要求 2 所述的方法，其中，所述平行校正步骤包括：

利用所述力传感器获取所述机器人手臂末端的力矩；以及

基于所述力矩调整所述机器人手臂末端的姿态以使得设置在所述机器人手臂末端的所述相机的成像平面与所述标定板的平面平行。

4、如权利要求 1-3 中任意一项所述的方法，其中，所述预定高度根据所述相机的焦距预先设定，以使得所述标定板上的标记在所述相机的成像平面上清晰成像。

5、机器人手眼标定装置（400），包括：

一个坐标记录单元（402），所述坐标记录单元（402）控制机器人手臂末端的标定装置移动至标定板，当机器人手臂上的力传感器检测到所述标定装置的末端与所述标定板接触达到预定大小的力时，所述机器人手臂停止移动，所述标定装置的末端在其与所述标定板的接触位置处进行标记，所述机器人手臂在垂直于所述标定板的方向上向上移动至所述机器人手臂末端处于预定高度的位置处停止，在该位置处，所述机器人手臂末端的相机对所述标定板上的标记进行拍摄，记录所述标记在相机坐标系下的坐标，并且记录在所述机器人手臂停止在该位置处时，所述标定装置的末端在机器人坐标系下的坐标；

一个移动控制单元（404），所述移动控制单元（404）控制所述标定装置在所述标定板上方移动至少两次，在每次移动之后都执行所述坐标记录步骤；以及

一个变换矩阵计算单元（406），所述变换矩阵计算单元（408）根据所记录的所述标定板上的至少三个标记在所述相机坐标系下的坐标和对应的所述标定装置的末端在所述机器人坐标系下的坐标来计算标定变换矩阵。

6、如权利要求 5 所述的装置（400），其中，还包括：

一个平行校正单元（408），所述平行校正单元（408）利用所述力传感器来校正所述相机的成像平面与所述标定板的平面平行。

7、如权利要求 6 所述的装置（400），其中，所述平行校正单元（401）进一步被配置为：

利用所述力传感器获取所述机器人手臂末端的力矩；以及

基于所述力矩调整所述机器人手臂末端的姿态以使得设置在所述机器人手臂末端的所述相机的成像平面与所述标定板的平面平行。

8、如权利要求 5-7 中任意一项所述的装置（400），其中，所述预定高度根据所述相机的焦距预先设定，以使得所述标定板上的标记在所述相机



的成像平面上清晰成像。

9、机器人手臂（102），包括：

一个力传感器（104）；

一个相机（106）；以及

一个标定装置（108），

其中，所述力传感器（104）检测所述标定装置（108）的末端（110）与标定板（112）的接触的力的大小以及获取机器人手臂（102）的力矩。

10、计算设备（500），包括：

至少一个处理器（502）；以及

与所述至少一个处理器（502）耦合的一个存储器（504），所述存储器用于存储指令，当所述指令被所述至少一个处理器（502）执行时，使得所述处理器（502）执行如权利要求 1 到 4 中任意一项所述的方法。

11、一种非暂时性机器可读存储介质，其存储有可执行指令，所述指令当被执行时使得机器执行如权利要求 1 到 4 中任意一项所述的方法。

12、一种计算机程序产品，所述计算机程序产品被有形地存储在计算机可读介质上并且包括计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被执行时使至少一个处理器执行根据权利要求 1 至 4 中任意一项所述的方法。

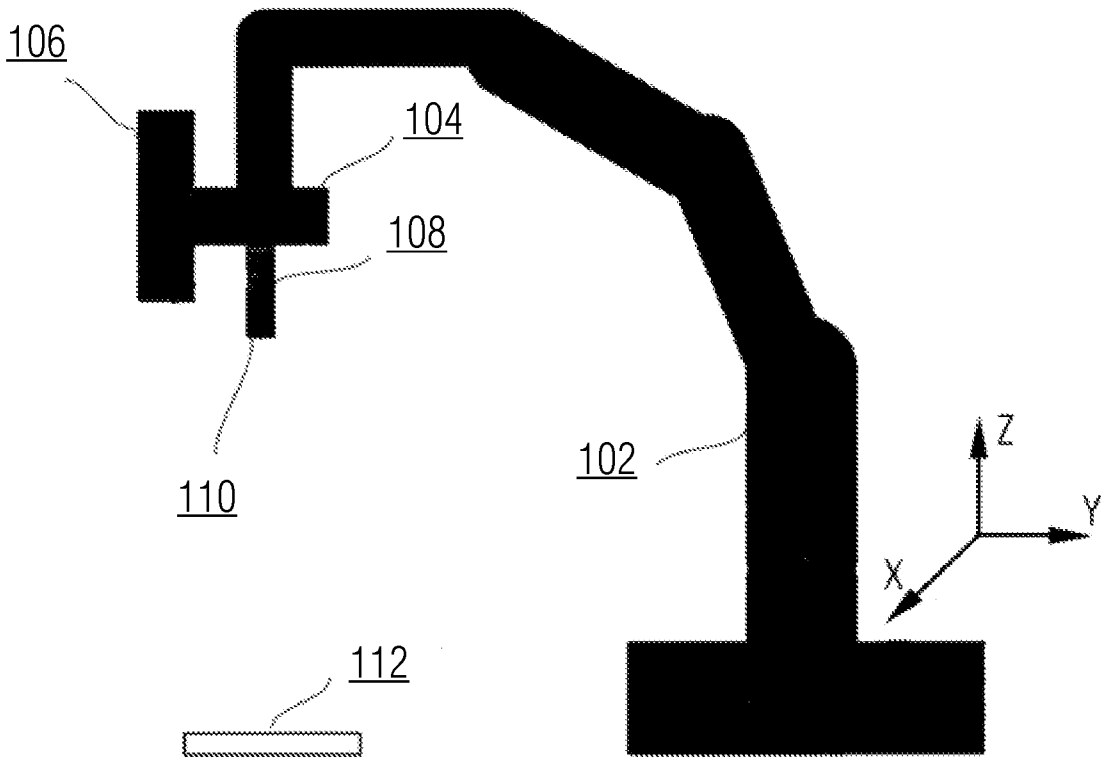


图1

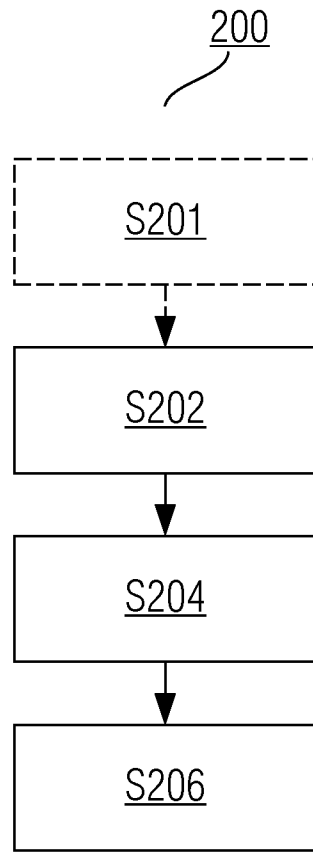


图2

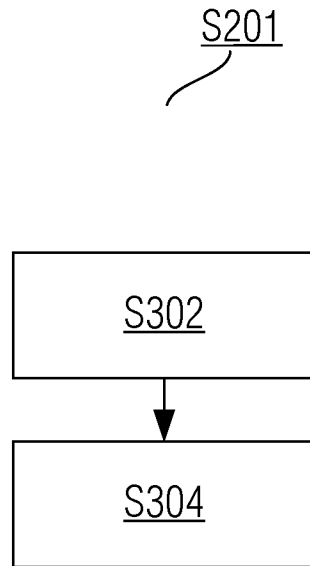


图3

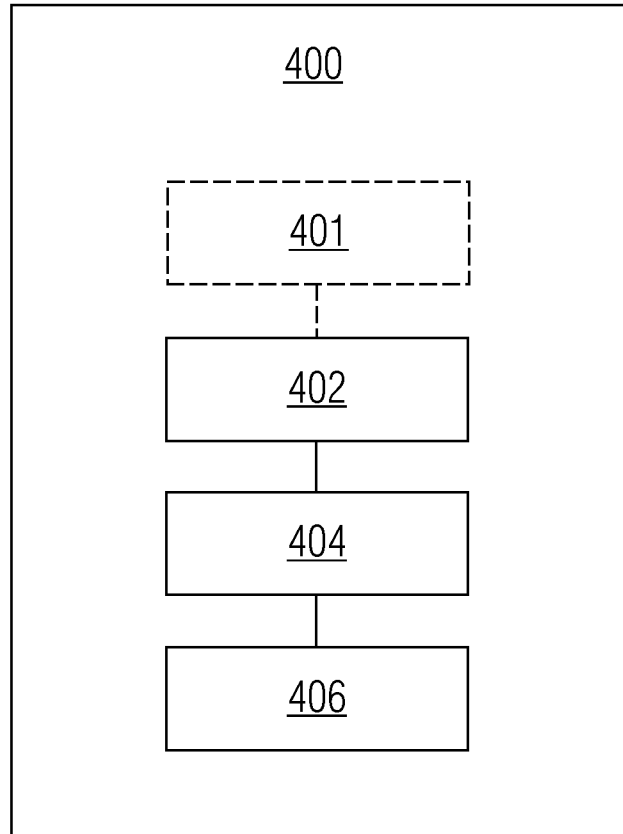


图4

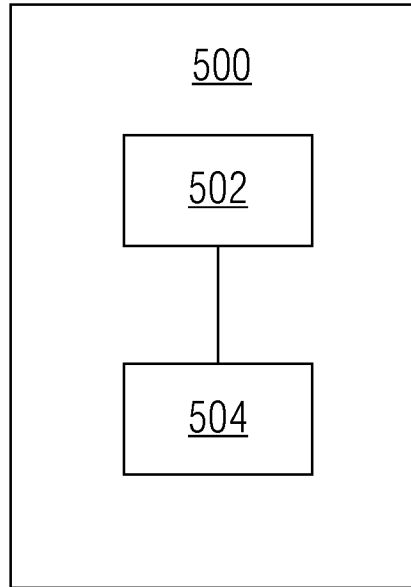


图5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/096906

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
B25J 9/16(2006.01)i; B25J 9/00(2006.01)i; G06T 7/80(2017.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
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; VEN; CNKI; USTXT; WOTXT; EPTXT: 手眼, 标定, 手臂, 机械臂, 标定板, 接触, 力, 传感器, 探针, 测针, 标定针, eye-in-hand, eye-to-hand, arm, camera, force, probe, calibration		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 102310409 A (YASKAWA ELECTRIC CORPORATION) 11 January 2012 (2012-01-11) description, paragraphs [0015]-[0101], and figures 1-3	9
Y	CN 109671122 A (SICHUAN CHANGHONG ELECTRIC CO., LTD.) 23 April 2019 (2019-04-23) description, paragraphs [0030]-[0052], figures 1, 2	1-8, 10-12
Y	CN 102310409 A (YASKAWA ELECTRIC CORPORATION) 11 January 2012 (2012-01-11) description, paragraphs [0015]-[0101], and figures 1-3	1-8, 10-12
A	US 2017368687 A1 (QUANTA STORAGE INC.) 28 December 2017 (2017-12-28) entire document	1-12
A	CN 106272424 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 04 January 2017 (2017-01-04) entire document	1-12
A	CN 105844670 A (DONGGUAN SUMEIDA AUTOMATION CO., LTD.) 10 August 2016 (2016-08-10) 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 <b>20 February 2020</b>		Date of mailing of the international search report <b>09 April 2020</b>
Name and mailing address of the ISA/CN <b>China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China</b> Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer   Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2019/096906**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	102310409	A	11 January 2012	EP	2460628	A2	06 June 2012
				EP	2460628	A3	21 September 2016
				US	2012004774	A1	05 January 2012
				JP	5505138	B2	28 May 2014
				US	8498745	B2	30 July 2013
				JP	2012011531	A	19 January 2012
CN	109671122	A	23 April 2019	None			
US	2017368687	A1	28 December 2017	US	10059005	B2	28 August 2018
CN	106272424	A	04 January 2017	CN	106272424	B	27 October 2017
CN	105844670	A	10 August 2016	CN	105844670	B	18 December 2018



国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/096906

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>B25J 9/16(2006.01)i; B25J 9/00(2006.01)i; G06T 7/80(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>B. 检索领域</b></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;VEN;CNKI;USTXT;WOTXT;EPTXT; 手眼, 标定, 手臂, 机械臂, 标定板, 接触, 力, 传感器, 探针, 测针, 标定针, eye-in-hand, eye-to-hand, arm, camera, force, probe, calibration</p>																							
<p><b>C. 相关文件</b></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 102310409 A (株式会社安川电机) 2012年 1月 11日 (2012 - 01 - 11) 说明书第[0015]-[0101]段、附图1-3</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 109671122 A (四川长虹电器股份有限公司) 2019年 4月 23日 (2019 - 04 - 23) 说明书第[0030]-[0052]段、附图1、2</td> <td>1-8、10-12</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 102310409 A (株式会社安川电机) 2012年 1月 11日 (2012 - 01 - 11) 说明书第[0015]-[0101]段、附图1-3</td> <td>1-8、10-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2017368687 A1 (QUANTA STORAGE INC) 2017年 12月 28日 (2017 - 12 - 28) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106272424 A (华中科技大学) 2017年 1月 4日 (2017 - 01 - 04) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105844670 A (东莞市速美达自动化有限公司) 2016年 8月 10日 (2016 - 08 - 10) 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 102310409 A (株式会社安川电机) 2012年 1月 11日 (2012 - 01 - 11) 说明书第[0015]-[0101]段、附图1-3	9	Y	CN 109671122 A (四川长虹电器股份有限公司) 2019年 4月 23日 (2019 - 04 - 23) 说明书第[0030]-[0052]段、附图1、2	1-8、10-12	Y	CN 102310409 A (株式会社安川电机) 2012年 1月 11日 (2012 - 01 - 11) 说明书第[0015]-[0101]段、附图1-3	1-8、10-12	A	US 2017368687 A1 (QUANTA STORAGE INC) 2017年 12月 28日 (2017 - 12 - 28) 全文	1-12	A	CN 106272424 A (华中科技大学) 2017年 1月 4日 (2017 - 01 - 04) 全文	1-12	A	CN 105844670 A (东莞市速美达自动化有限公司) 2016年 8月 10日 (2016 - 08 - 10) 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 102310409 A (株式会社安川电机) 2012年 1月 11日 (2012 - 01 - 11) 说明书第[0015]-[0101]段、附图1-3	9																					
Y	CN 109671122 A (四川长虹电器股份有限公司) 2019年 4月 23日 (2019 - 04 - 23) 说明书第[0030]-[0052]段、附图1、2	1-8、10-12																					
Y	CN 102310409 A (株式会社安川电机) 2012年 1月 11日 (2012 - 01 - 11) 说明书第[0015]-[0101]段、附图1-3	1-8、10-12																					
A	US 2017368687 A1 (QUANTA STORAGE INC) 2017年 12月 28日 (2017 - 12 - 28) 全文	1-12																					
A	CN 106272424 A (华中科技大学) 2017年 1月 4日 (2017 - 01 - 04) 全文	1-12																					
A	CN 105844670 A (东莞市速美达自动化有限公司) 2016年 8月 10日 (2016 - 08 - 10) 全文	1-12																					
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <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>“&amp;” 同族专利的文件</p>																							
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2020年 2月 20日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2020年 4月 9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) 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>李雅娟</p> <p>电话号码 (86-512)-88995583</p>																					

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/096906

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	102310409	A	2012年 1月 11日	EP	2460628	A2	2012年 6月 6日
				EP	2460628	A3	2016年 9月 21日
				US	2012004774	A1	2012年 1月 5日
				JP	5505138	B2	2014年 5月 28日
				US	8498745	B2	2013年 7月 30日
				JP	2012011531	A	2012年 1月 19日
CN	109671122	A	2019年 4月 23日	无			
US	2017368687	A1	2017年 12月 28日	US	10059005	B2	2018年 8月 28日
CN	106272424	A	2017年 1月 4日	CN	106272424	B	2017年 10月 27日
CN	105844670	A	2016年 8月 10日	CN	105844670	B	2018年 12月 18日