

(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
2024年12月19日 (19.12.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/254962 A1

- (51) 国际专利分类号:
B25J 9/16 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/110985
- (22) 国际申请日: 2023年8月3日 (03.08.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310721857.1 2023年6月16日 (16.06.2023) CN
- (71) 申请人: 南方电网电力科技股份有限公司 (CHINA SOUTHERN POWER GRID TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省广州市越秀区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼501-503室, Guangdong 510030 (CN)。
- (72) 发明人: 王杨 (WANG, Yang); 中国广东省广州市越秀区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼

501-503室, Guangdong 510030 (CN)。吴晖 (WU, Hui); 中国广东省广州市越秀区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼501-503室, Guangdong 510030 (CN)。麦晓明 (MAI, Xiaoming); 中国广东省广州市越秀区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼501-503室, Guangdong 510030 (CN)。张晓晔 (ZHANG, Xiaoye); 中国广东省广州市越秀区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼501-503室, Guangdong 510030 (CN)。黎佩馨 (LI, Peixin); 中国广东省广州市越秀区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼501-503室, Guangdong 510030 (CN)。林国营 (LIN, Guoying); 中国广东省广州市越秀区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼501-503室, Guangdong 510030 (CN)。吴昊 (WU, Hao); 中国广东省广州市越秀区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼501-503室, Guangdong 510030 (CN)。宋景慧 (SONG, Jinghui); 中国广东省广州市越秀

(54) Title: MECHANICAL ARM CONTROL ZERO POINT CALIBRATION METHOD AND RELATED APPARATUS

(54) 发明名称: 一种机械臂控制零点标定方法及相关装置

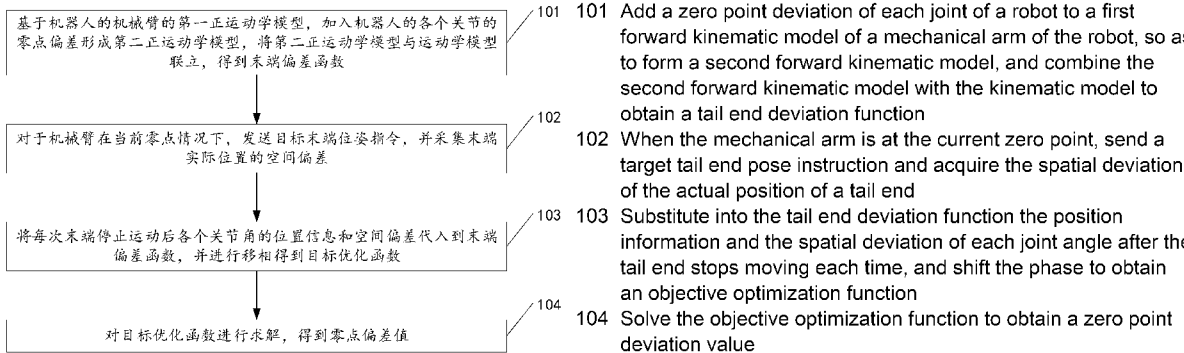


图1

(57) Abstract: A mechanical arm control zero point calibration method and a related apparatus. The mechanical arm control zero point calibration method comprises: adding a zero point deviation of each joint of a robot to a first forward kinematic model of a mechanical arm of the robot, so as to form a second forward kinematic model, and combining the second forward kinematic model with the first forward kinematic model to obtain a tail end deviation function; when the mechanical arm is at the current zero point, sending a target tail end pose instruction and acquiring the spatial deviation of the actual position of a tail end; substituting into the tail end deviation function the position information and the spatial deviation of each joint angle after the tail end stops moving each time, and shifting the phase to obtain an objective optimization function; and solving the objective optimization function to obtain a zero point deviation value.

(57) 摘要: 一种机械臂控制零点标定方法及相关装置, 机械臂控制零点标定方法包括: 基于机器人的机械臂的第一正运动学模型, 加入机器人的各个关节的零点偏差形成第二正运动学模型, 将第二正运动学模型与第一正运动学模型联立得到末端偏差函数; 对于机械臂在当前零点情况下, 发送目标末端位姿指令, 采集末端实际位置的空间偏差; 将每次末端停止运动后各个关节角的位置信息和空间偏差代入到末端偏差函数, 并进行移相得到目标优化函数; 对目标优化函数进行求解, 得到零点偏差值。

区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼501-503室, Guangdong 510030 (CN)。曾琦(ZENG, Qi); 中国广东省广州市越秀区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼501-503室, Guangdong 510030 (CN)。朱曦萌(ZHU, Ximeng); 中国广东省广州市越秀区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼501-503室, Guangdong 510030 (CN)。苏启奖(SU, Qijiang); 中国广东省广州市越秀区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼501-503室, Guangdong 510030 (CN)。郭俊杰(GUO, Junjie); 中国广东省广州市越秀区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼501-503室, Guangdong 510030 (CN)。黎子洋(LI, Ziyang); 中国广东省广州市越秀区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼501-503室, Guangdong 510030 (CN)。谭金(TAN, Jin); 中国广东省广州市越秀区西华路捶帽新街1-3号华业大厦附楼501-503室, Guangdong 510030 (CN)。

(74) 代理人: 广州三环专利商标代理有限公司(SCIHEAD IP LAW FIRM); 中国广东省广州市越秀区先烈中路80号汇华商贸大厦1508室, Guangdong 510070 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

一种机械臂控制零点标定方法及相关装置

技术领域

本申请涉及机器人控制技术领域，尤其涉及一种机械臂控制零点标定方法及相关装置。

背景技术

随着机器人技术的发展，将串联机器人装载于传统工程机械或机床的末端，利用机器人的灵活性和高精度以及工程机械的高负载和大范围移动的能力，用于实现在大范围移动空间中的精密作业成为发展趋势，如飞机机身加工、高铁车身打磨、船体外观焊接等。除了在车间环境内进行机械加工，该类设备也可用高危行业的户外高空作业，如户外架空线路带电抢修作业、爆破炸药填充等。

高精度目标跟踪是该类机器人功能的关键。通过视觉感知获得目标相对机器人的相对位姿，再通过双机械臂自身的协同运动控制实现机械臂末端与作业点的高精度交互。由于机械臂的组装误差，双臂之间各个编码器的零点在物理上并不一致，这就导致双臂无法在同一个坐标系下实现高精度物理交互，也就是双臂不能以相同的精度跟踪同一个目标的空间位姿，这不利于实现双臂协作。因此，解决机械臂标零问题对于基于视觉定位并依赖绝对定位精度的双臂协作机器人尤为重要。

然而，目前行业中常用的标定多针对单臂机器人，常用的方法包括硬件法和软件法。硬件法是在机器人的外壳上制作具有一定精度的刻度或标志，通过在机械臂装配环节完成刻度或标志的对正实现校零。这种方法适合大批量高利润率的机械臂生产线，以保证加工的刻度或标志达到较高精度，否则组装误差太大无法满足双臂协同需要。软件法是通过控制机械臂末端以不同的姿态去触碰某一固定的理论位置点，测量理论位置和实际位置之差，并构建非线性方程组，通过高斯消元的方式求得各个关节的偏差角。该方法算法实现难度大，实现难度高，不利于广泛使用。

发明内容

本申请提供了一种机械臂控制零点标定方法及相关装置，用于解决现有技术的算法实现难度大，实现难度高，不利于广泛使用的技术问题。

有鉴于此，本申请第一方面提供了一种机械臂控制零点标定方法，所述方法包括：

基于机器人的机械臂的第一正运动学模型，加入机器人的各个关节的零点偏差形成第二正运动学模型，将所述第二正运动学模型与运动学模型联立，得到末端偏差函数；

对于机械臂在当前零点情况下，发送目标末端位姿指令，并采集末端实际位置的空间偏差；

将每次末端停止运动后各个关节角的位置信息和所述空间偏差代入到所述末端偏差函数，并进行移相得到目标优化函数；

对所述目标优化函数进行求解，得到零点偏差值。

可选地，所述对于机械臂在当前零点情况下，发送目标末端位姿指令，并采集末端实际位置的空间偏差，具体包括：

对于机械臂在当前零点情况下，发送 m 次目标末端位姿指令，采集在第二次至第 m 次的每次所述目标末端位姿指令下达且机械臂停止运动后，末端位置与第一次所述目标末端位姿指令下达后末端实际位置的空间偏差。

可选地，所述末端偏差函数，具体为：

$$\Delta p = p' - p = f(q + \Delta q) - f(q);$$

式中， f 为机械臂的正运动学模型， q 为 n 维向量表示各个关节角角度； p 为 3 维向量表示基于 f 的末端空间位姿， Δq 为 n 维向量表示各个关节角当前零点与理想零点之间的偏差。

可选地，所述目标优化函数，具体为：

$$e_i = \Delta p_i - (f(q_i + \Delta q) - f(q_i));$$

式中， $i=1,2,\dots,m$ ， f 为机械臂的正运动学模型， q 为 n 维向量表示各个关节角角度； p 为 3 维向量表示基于 f 的末端空间位姿， Δq 为 n 维向量表示各个关节角当前零点与理想零点之间的偏差。

本申请第二方面提供一种机械臂控制零点标定系统，所述系统包括：

建模单元，用于基于机器人的机械臂的第一正运动学模型，加入机器人的各个关节的零点偏差形成第二正运动学模型，将所述第二正运动学模型与运动学模型联立，得到末端偏差函数；

采集单元，用于对于机械臂在当前零点情况下，发送目标末端位姿指令，并采集末端实际位置的空间偏差；

变换单元，用于将每次末端停止运动后各个关节角的位置信息和所述空间偏差代入到所述末端偏差函数，并进行移相得到目标优化函数；

计算单元，用于对所述目标优化函数进行求解，得到零点偏差值。

可选地，所述采集单元，具体用于：

对于机械臂在当前零点情况下，发送 m 次目标末端位姿指令，采集在第二次至第 m 次的每次所述目标末端位姿指令下达且机械臂停止运动后，末端位置与第一次所述目标末端位姿指令下达后末端实际位置的空间偏差。

可选地，所述末端偏差函数，具体为：

$$\Delta p = p' - p = f(q + \Delta q) - f(q);$$

式中， f 为机械臂的正运动学模型， q 为 n 维向量表示各个关节角角度； p 为 3 维向量表示基于 f 的末端空间位姿， Δq 为 n 维向量表示各个关节角当前零点与理想零点之间的偏差。

可选地，所述目标优化函数，具体为：

$$e_i = \Delta p_i - (f(q_i + \Delta q) - f(q_i));$$

式中， $i=1,2,\dots,m$ ， f 为机械臂的正运动学模型， q 为 n 维向量表示各个关节角角度； p 为 3 维向量表示基于 f 的末端空间位姿， Δq 为 n 维向量表示各个关节角当前零点与理想零点之间的偏差。

本申请第三方面提供一种机械臂控制零点标定设备，所述设备包括处理器以及存储器：

所述存储器用于存储程序代码，并将所述程序代码传输给所述处理器；

所述处理器用于根据所述程序代码中的指令，执行如上述第一方面所述的机械臂控制零点标定方法的步骤。

本申请第四方面提供一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质用于存储程序代码，所述程序代码用于执行上述第一方面所述的机械臂控

制零点标定方法。

从以上技术方案可以看出，本申请具有以下优点：

本申请提供了一种机械臂控制零点标定方法，包括：基于机器人的机械臂的第一正运动学模型，加入机器人的各个关节的零点偏差形成第二正运动学模型，将第二正运动学模型与运动学模型联立，得到末端偏差函数；对于机械臂在当前零点情况下，发送目标末端位姿指令，并采集末端实际位置的空间偏差；将每次末端停止运动后各个关节角的位置信息和空间偏差代入到末端偏差函数，并进行移相得到目标优化函数；对目标优化函数进行求解，得到零点偏差值。

与现有技术相比，本申请：

1、求解方法简单，不受机械臂关节数量限制，对于常见的3自由度、6自由度和7自由度等机械臂都适用。

2、不受机械臂关节的加工精度限制，即使无法加工刻度或标志也可以实现校零。

附图说明

图1为本申请实施例中提供的一种机械臂控制零点标定方法的流程示意图；

图2为本申请实施例中提供的一种机械臂控制零点标定系统的结构示意图。

具体实施方式

为了使本技术领域的人员更好地理解本申请方案，下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，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，都属于本申请保护的范围。

请参阅图1，本申请实施例中提供的一种机械臂控制零点标定方法，包括：步骤101、基于机器人的机械臂的第一正运动学模型，加入机器人的各个

关节的零点偏差形成第二正运动学模型，将第二正运动学模型与运动学模型联立，得到末端偏差函数；

需要说明的是，基于机械臂的正运动学模型 p ，加入各个关节的零点偏差形成新的正运动学模型 p' 。并与原运动学模型 p 联立，得到末端偏差函数。即：

$$p = f(q) \quad (1)$$

$$p' = f(q + \Delta q) \quad (2)$$

$$\Delta p = p' - p = f(q + \Delta q) - f(q) \quad (3)$$

式中， f 为机械臂的正运动学模型， q 为 n 维向量表示各个关节角角度； p 为 3 维向量表示基于 f 的末端空间位姿， Δq 为 n 维向量表示各个关节角当前零点与理想零点之间的偏差。

步骤 102、对于机械臂在当前零点情况下，发送目标末端位姿指令，并采集末端实际位置的空间偏差；

需要说明的是，对于机械臂在当前零点情况下，多次发送目标末端位姿指令；目标末端位姿指令需保证位置不变、姿态可变。

若下达 m 次指令；采用测量系统采集在第 2 次至第 m 次的每次目标末端位姿下达后且机械臂停止运动后末端位置与第 1 次下达后末端实际位置的空间偏差。

步骤 103、将每次末端停止运动后各个关节角的位置信息和空间偏差代入到末端偏差函数，并进行移相得到目标优化函数；

需要说明的是，将每次末端停止运动后各个关节角的位置代入 (3) 式最右边，末端空间偏差带入 (3) 式最左边，并通过移相得到目标优化函数，即：

$$e_i = \Delta p_i - (f(q_i + \Delta q) - f(q_i)) \quad i=1,2,\dots,m \quad (4)$$

步骤 104、对目标优化函数进行求解，得到零点偏差值。

需要说明的是，令目标优化函数为：

$$g = \sqrt{\sum_{i=1}^m e_i^2} \quad (5)$$

则求解关节角零点偏差可转化为求解 g 最小时 Δq 的大小问题。

至此，可采用 Matlab 软件的 Global Optimization Toolbox（全局优化）工具箱进行求解，即可得到零点偏差大小。

本实施例提供的机械臂控制零点标定方法，针对机械臂校零这一问题，基于演化算法的关节角度的零点偏置求解方法；将机器人关节校零过程等效成一个有约束的多变量函数的全局优化问题，通过寻找最优解确定当前零点与理想零点之间的偏差。

以上为本申请实施例中提供的一种机械臂控制零点标定方法，以下为本申请实施例中提供的一种机械臂控制零点标定系统。

请参阅图 2，本申请实施例中提供的一种机械臂控制零点标定系统，包括：建模单元 201，用于基于机器人的机械臂的第一正运动学模型，加入机器人的各个关节的零点偏差形成第二正运动学模型，将第二正运动学模型与运动学模型联立，得到末端偏差函数；

采集单元 202，用于对于机械臂在当前零点情况下，发送目标末端位姿指令，并采集末端实际位置的空间偏差；

变换单元 203，用于将每次末端停止运动后各个关节角的位置信息和空间偏差代入到末端偏差函数，并进行移相得到目标优化函数；

计算单元 204，用于对目标优化函数进行求解，得到零点偏差值。

进一步地，本申请实施例中还提供了一种机械臂控制零点标定设备，所述设备包括处理器以及存储器：

所述存储器用于存储程序代码，并将所述程序代码传输给所述处理器；

所述处理器用于根据所述程序代码中的指令，执行如上述方法实施例所述的机械臂控制零点标定方法的步骤。

进一步地，本申请实施例中还提供了计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质用于存储程序代码，所述程序代码用于执行上述方法实施例所述的机械臂控制零点标定方法。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的系统 and 单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

本申请的说明书及上述附图中的术语“第一”、“第二”、“第三”、“第四”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便这里描述的本申请的实施例例

如能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

应当理解，在本申请中，“至少一个（项）”是指一个或者多个，“多个”是指两个或两个以上。“和/或”，用于描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，“A 和/或 B”可以表示：只存在 A，只存在 B 以及同时存在 A 和 B 三种情况，其中 A，B 可以是单数或者复数。字符“/”一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。“以下至少一项（个）”或其类似表达，是指这些项中的任意组合，包括单项（个）或复数项（个）的任意组合。例如，a，b 或 c 中的至少一项（个），可以表示：a，b，c，“a 和 b”，“a 和 c”，“b 和 c”，或“a 和 b 和 c”，其中 a，b，c 可以是单个，也可以是多个。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统，装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。

所述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售

或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等等）执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U盘、移动硬盘、只读存储器（英文全称：Read-Only Memory，英文缩写：ROM）、随机存取存储器（英文全称：Random Access Memory，英文缩写：RAM）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上所述，以上实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的精神和范围。

权利要求书

1、一种机械臂控制零点标定方法，其特征在于，包括：

基于机器人的机械臂的第一正运动学模型，加入机器人的各个关节的零点偏差形成第二正运动学模型，将所述第二正运动学模型与运动学模型联立，得到末端偏差函数；

对于机械臂在当前零点情况下，发送目标末端位姿指令，并采集末端实际位置的空间偏差；

将每次末端停止运动后各个关节角的位置信息和所述空间偏差代入到所述末端偏差函数，并进行移相得到目标优化函数；

对所述目标优化函数进行求解，得到零点偏差值。

2、根据权利要求1所述的机械臂控制零点标定方法，其特征在于，所述对于机械臂在当前零点情况下，发送目标末端位姿指令，并采集末端实际位置的空间偏差，具体包括：

对于机械臂在当前零点情况下，发送 m 次目标末端位姿指令，采集在第二次至第 m 次的每次所述目标末端位姿指令下达且机械臂停止运动后，末端位置与第一次所述目标末端位姿指令下达后末端实际位置的空间偏差。

3、根据权利要求1所述的机械臂控制零点标定方法，其特征在于，所述末端偏差函数，具体为：

$$\Delta p = p' - p = f(q + \Delta q) - f(q);$$

式中， f 为机械臂的正运动学模型， q 为 n 维向量表示各个关节角角度； p 为 3 维向量表示基于 f 的末端空间位姿， Δq 为 n 维向量表示各个关节角当前零点与理想零点之间的偏差。

4、根据权利要求1所述的机械臂控制零点标定方法，其特征在于，所述目标优化函数，具体为：

$$e_i = \Delta p_i - (f(q_i + \Delta q) - f(q_i));$$

式中， $i=1,2,\dots,m$ ， f 为机械臂的正运动学模型， q 为 n 维向量表示各个关节角角度； p 为 3 维向量表示基于 f 的末端空间位姿， Δq 为 n 维向量表示各个关节角当前零点与理想零点之间的偏差。

5、一种机械臂控制零点标定系统，其特征在于，包括：

建模单元，用于基于的机械臂的第一正运动学模型，加入的各个关节的

零点偏差形成第二正运动学模型，将所述第二正运动学模型与运动学模型联立，得到末端偏差函数；

采集单元，用于对于机械臂在当前零点情况下，发送目标末端位姿指令，并采集末端实际位置的空间偏差；

变换单元，用于将每次末端停止运动后各个关节角的位置信息和所述空间偏差代入到所述末端偏差函数，并进行移相得到目标优化函数；

计算单元，用于对所述目标优化函数进行求解，得到零点偏差值。

6、根据权利要求5所述的机械臂控制零点标定系统，其特征在于，所述采集单元，具体用于：

对于机械臂在当前零点情况下，发送 m 次目标末端位姿指令，采集在第二次至第 m 次的每次所述目标末端位姿指令下达且机械臂停止运动后，末端位置与第一次所述目标末端位姿指令下达后末端实际位置的空间偏差。

7、根据权利要求5所述的机械臂控制零点标定系统，其特征在于，所述末端偏差函数，具体为：

$$\Delta p = p' - p = f(q + \Delta q) - f(q);$$

式中， f 为机械臂的正运动学模型， q 为 n 维向量表示各个关节角角度； p 为 3 维向量表示基于 f 的末端空间位姿， Δq 为 n 维向量表示各个关节角当前零点与理想零点之间的偏差。

8、根据权利要求5所述的机械臂控制零点标定系统，其特征在于，所述目标优化函数，具体为：

$$e_i = \Delta p_i - (f(q_i + \Delta q) - f(q_i));$$

式中， $i=1,2,\dots,m$ ， f 为机械臂的正运动学模型， q 为 n 维向量表示各个关节角角度； p 为 3 维向量表示基于 f 的末端空间位姿， Δq 为 n 维向量表示各个关节角当前零点与理想零点之间的偏差。

9、一种机械臂控制零点标定设备，其特征在于，所述设备包括处理器以及存储器：

所述存储器用于存储程序代码，并将所述程序代码传输给所述处理器；

所述处理器用于根据所述程序代码中的指令执行权利要求1-4任一项所述的机械臂控制零点标定方法。

10、一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质用于存储程序代码，所述程序代码用于执行权利要求 1-4 任一项所述的机械臂控制零点标定方法。

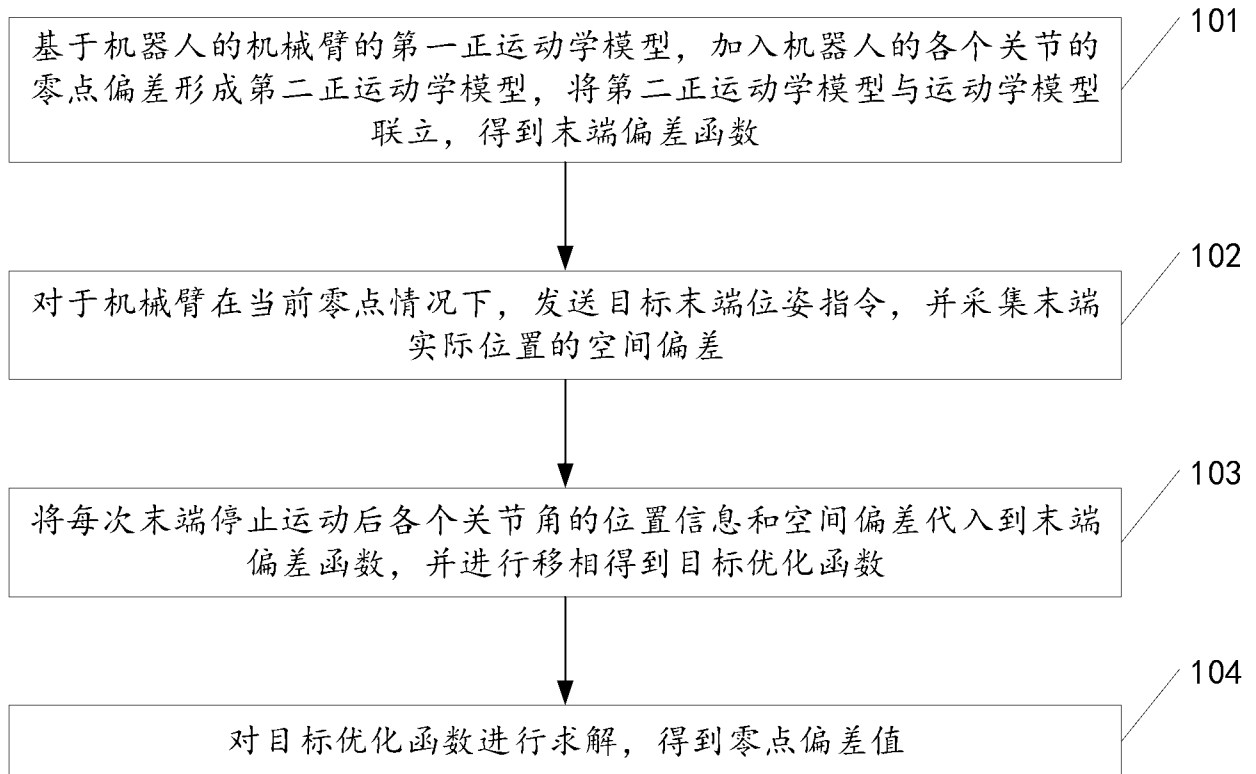


图 1

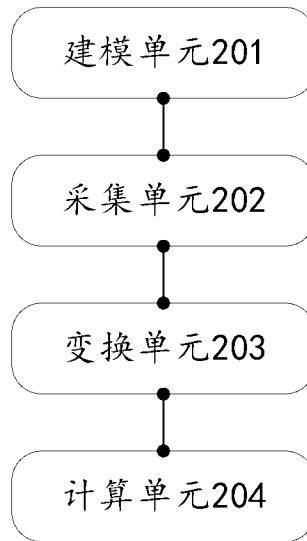


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/110985

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
B25J9/16(2006.01)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)		
IPC:B25J G05B		
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)		
CNKI; CNABS; CNTXT; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT: 机器人, 机械臂, 机械手, 零点, 零位, 原点, 标定, 校正, 整定, 关节, 角度, 偏差, 误差, 末端, 位置, 空间, 轨迹, robot, manipulator, zero, position, calibration, error, locus		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	何英武等 (HE, Yingwu et al.). "基于工具坐标标定改进的工业机器人零点位置自整定方法 (Improved Home Position Self-tuning Method of Industrial Robot Based on Tool Coordinate Calibration)" <i>机床与液压 (Machine Tool & Hydraulics)</i> , Vol. 49, No. 5, 15 March 2021 (2021-03-15), ISSN: 1001-3881, pages 14-19	1-10
Y	田应仲等 (TIAN, Yingzhong et al.). "包含复合机构的6R机器人误差补偿算法与实验研究 (Non-official translation: Error Compensation Algorithm and Experimental Study of 6R Robot Including Composite Mechanism)" <i>机械制造 (Machinery)</i> , Vol. 53, No. 615, 30 November 2015 (2015-11-30), ISSN: 1000-4998, pages 89-92	1-10
A	CN 111390914 A (SHANGHAI GENE AUTOMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 10 July 2020 (2020-07-10) entire document	1-10
A	CN 107553493 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 09 January 2018 (2018-01-09) entire document	1-10
<input checked="" 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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		Date of mailing of the international search report
30 October 2023		15 December 2023
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/110985

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 114932551 A (SHANGHAI JINGWU KUZU TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD.) 23 August 2022 (2022-08-23) entire document	1-10
A	EP 2199036 A2 (KUKA ROBOTER GMBH) 23 June 2010 (2010-06-23) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/CN2023/110985

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111390914	A	10 July 2020	CN	111390914	B	28 February 2023
CN	107553493	A	09 January 2018	None			
CN	114932551	A	23 August 2022	None			
EP	2199036	A2	23 June 2010	DE	102008060052	A1	17 June 2010
				EP	2199036	A3	20 March 2013

<p>A. 主题的分类</p> <p>B25J9/16(2006.01)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>IPC:B25J G05B</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>CNKI;CNABS;CNTXT;VEN;USTXT;EPTXT;WOTXT: 机器人, 机械臂, 机械手, 零点, 零位, 原点, 标定, 校正, 整定, 关节, 角度, 偏差, 误差, 末端, 位置, 空间, 轨迹, robot, manipulator, zero, position, calibration, error, locus</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>Y</td> <td>何英武等. "基于工具坐标标定改进的工业机器人零点位置自整定方法" 机床与液压, 第49卷, 第5期, 2021年3月15日 (2021 - 03 - 15), ISSN: 1001-3881, 第14-19页</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>田应仲等. "包含复合机构的6R机器人误差补偿算法与实验研究" 机械制造, 第53卷, 第615期, 2015年11月30日 (2015 - 11 - 30), ISSN: 1000-4998, 第89-92页</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111390914 A (上海智殷自动化科技有限公司) 2020年7月10日 (2020 - 07 - 10) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107553493 A (东南大学) 2018年1月9日 (2018 - 01 - 09) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 114932551 A (上海景吾酷租科技发展有限公司) 2022年8月23日 (2022 - 08 - 23) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" 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> <table border="0"> <tr> <td> <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>"D" 申请人在国际申请中引证的文件</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> </td> <td> <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> </td> </tr> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	Y	何英武等. "基于工具坐标标定改进的工业机器人零点位置自整定方法" 机床与液压, 第49卷, 第5期, 2021年3月15日 (2021 - 03 - 15), ISSN: 1001-3881, 第14-19页	1-10	Y	田应仲等. "包含复合机构的6R机器人误差补偿算法与实验研究" 机械制造, 第53卷, 第615期, 2015年11月30日 (2015 - 11 - 30), ISSN: 1000-4998, 第89-92页	1-10	A	CN 111390914 A (上海智殷自动化科技有限公司) 2020年7月10日 (2020 - 07 - 10) 全文	1-10	A	CN 107553493 A (东南大学) 2018年1月9日 (2018 - 01 - 09) 全文	1-10	A	CN 114932551 A (上海景吾酷租科技发展有限公司) 2022年8月23日 (2022 - 08 - 23) 全文	1-10	<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>"D" 申请人在国际申请中引证的文件</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>
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																				
Y	何英武等. "基于工具坐标标定改进的工业机器人零点位置自整定方法" 机床与液压, 第49卷, 第5期, 2021年3月15日 (2021 - 03 - 15), ISSN: 1001-3881, 第14-19页	1-10																				
Y	田应仲等. "包含复合机构的6R机器人误差补偿算法与实验研究" 机械制造, 第53卷, 第615期, 2015年11月30日 (2015 - 11 - 30), ISSN: 1000-4998, 第89-92页	1-10																				
A	CN 111390914 A (上海智殷自动化科技有限公司) 2020年7月10日 (2020 - 07 - 10) 全文	1-10																				
A	CN 107553493 A (东南大学) 2018年1月9日 (2018 - 01 - 09) 全文	1-10																				
A	CN 114932551 A (上海景吾酷租科技发展有限公司) 2022年8月23日 (2022 - 08 - 23) 全文	1-10																				
<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>"D" 申请人在国际申请中引证的文件</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>2023年10月30日</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2023年12月15日</p>																					
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p>	<p>授权官员</p> <p>朱哲</p> <p>电话号码 (+86) 0512-88995589</p>																					

C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	EP 2199036 A2 (KUKA ROBOTER GMBH) 2010年6月23日 (2010 - 06 - 23) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/110985

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	111390914	A	2020年7月10日	CN	111390914	B	2023年2月28日
CN	107553493	A	2018年1月9日	无			
CN	114932551	A	2022年8月23日	无			
EP	2199036	A2	2010年6月23日	DE	102008060052	A1	2010年6月17日
				EP	2199036	A3	2013年3月20日