

(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
2022 年 8 月 11 日 (11.08.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/166330 A1

(51) 国际专利分类号:
G05D 1/02 (2020.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/133000

(22) 国际申请日: 2021 年 11 月 25 日 (25.11.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202110164560.0 2021年2月5日 (05.02.2021) CN

(71) 申请人: 深圳市优必选科技股份有限公司
(**UBTECH ROBOTICS CORP LTD**) [CN/CN]; 中国
广东省深圳市南山区学苑大道1001号南山智园
C1栋16、22楼, Guangdong 518000 (CN)。

(72) 发明人: 曾 献 文 (**ZENG, Xianwen**); 中国 广东省
深圳市南山区学苑大道1001号南山智园C1

栋16、22楼, Guangdong 518000 (CN)。 刘 益 彰
(**LIU, Yizhang**); 中国广东省深圳市南山区学苑
大道1001号南山智园C1栋16、22楼, Guangdong
518000 (CN)。 陈金亮(**CHEN, Jinliang**); 中国广
东省深圳市南山区学苑大道1001号南山智园C1
栋16、22楼, Guangdong 518000 (CN)。 张美辉
(**ZHANG, Meihui**); 中国广东省深圳市南山区学苑
大道1001号南山智园C1栋16、22楼, Guangdong
518000 (CN)。 熊友军(**XIONG, Youjun**); 中国广
东省深圳市南山区学苑大道1001号南山智园C1
栋16、22楼, Guangdong 518000 (CN)。

(74) 代理人: 北京超凡宏宇专利代理事务所 (特殊普
通合伙) (**CHOFN INTELLECTUAL PROPERTY**);
中国北京市海淀区北四环西路68号左岸工社
12层1215-1218室, Beijing 100080 (CN)。

(54) **Title:** POSITION ADJUSTMENT METHOD AND APPARATUS, TERMINAL DEVICE AND READABLE STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 位置调整方法、装置、终端设备及可读存储介质

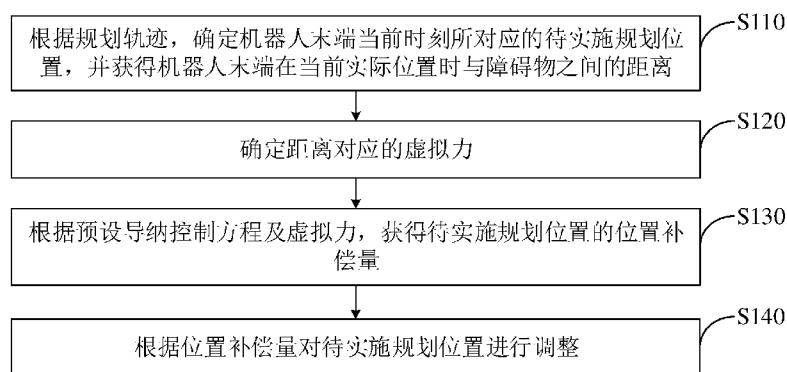


图 2

- S110 Determine a planning position to be implemented corresponding to a current moment of a robot end according to a planning trajectory, and obtain a distance between the robot end at the current actual position and an obstacle
- S120 Determine a virtual force corresponding to the distance
- S130 Obtain a position compensation amount of said planning position according to a preset admittance control equation and the virtual force
- S140 Adjust said position according to the position compensation amount

(57) **Abstract:** A position adjustment method and apparatus, a terminal device and a readable storage medium, related to the technical field of robots. The method comprises: determining a planning position to be implemented corresponding to a current moment of a robot end according to a planning trajectory, and obtaining a distance between the robot end at the current actual position and an obstacle (S110); determining a virtual force corresponding to the distance (S120); obtaining a position compensation amount of said planning position according to a preset admittance control equation and the virtual force (S130); and adjusting said position according to the position compensation amount (S140). Therefore, the virtual force can be generated according to the spatial distance between the robot

(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, IT, 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, 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, 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, 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))。

at the current actual position and the obstacle, then the position adjustment amount is generated in real time by means of admittance control on the basis of the virtual force, and the planning position corresponding to the current moment is adjusted, such that online adjustment of the planning trajectory is achieved, and collision is avoided.

(57) 摘要: 一种位置调整方法、装置、终端设备及可读存储介质, 涉及机器人技术领域。该方法包括: 根据规划轨迹, 确定机器人末端当前时刻所对应的待实施规划位置, 并获得机器人末端在当前实际位置时与障碍物之间的距离(S110); 确定距离对应的虚拟力(S120); 根据预设导纳控制方程及虚拟力, 获得待实施规划位置的位置补偿量(S130); 根据位置补偿量对待实施规划位置进行调整(S140)。由此, 可根据机器人在当前实际位置时与障碍物的空间距离产生虚拟力, 进而通过导纳控制基于该虚拟力实时地产生位置调整量, 并对当前时刻所对应的规划位置进行调整, 从而实现对规划轨迹的在线调整, 避免碰撞。

位置调整方法、装置、终端设备及可读存储介质

相关申请的交叉引用

本申请要求于 2021 年 02 月 05 日提交中国专利局的申请号为 2021101645600、名称
5 为“位置调整方法、装置、终端设备及可读存储介质”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

本申请涉及机器人技术领域，具体而言，涉及一种位置调整方法、装置、终端设备
10 及可读存储介质。

背景技术

目前一般是提前规划好轨迹，然后机器人按照规划轨迹进行运动作业。然而，当工作路径中出现意外的障碍物时，若机器人仍然按照规划轨迹运动，则不可避免地会与障碍物发生碰撞，导致机器人、障碍物中的至少任一个受到损伤。因此，如何避免机器人在根据规划轨迹进行作业时与障碍物发生碰撞，已成为本领域技术人员亟需解决的技术问题。
15

申请内容

20 本申请的目的在于提供一种位置调整方法、装置、终端设备和可读存储介质，其能够根据机器人在当前实际位置时与障碍物的空间距离产生虚拟力，进而通过导纳控制基于该虚拟力实时地产生位置调整量，以对规划轨迹实现在线调整，从而避免碰撞。

为了实现上述目的，本申请实施例采用的技术方案如下：

第一方面，本申请实施例提供一种位置调整方法，包括：

25 根据规划轨迹，确定机器人末端当前时刻所对应的待实施规划位置，并获得所述机器人末端在当前实际位置时与障碍物之间的距离；

确定所述距离对应的虚拟力；

根据预设导纳控制方程及所述虚拟力，获得所述待实施规划位置的位置补偿量；

根据所述位置补偿量对所述待实施规划位置进行调整。

30 在可选的实施方式中，所述根据预设导纳控制方程及所述虚拟力，获得所述待实施

规划位置的位置补偿量，包括：

根据所述预设导纳控制方程、所述当前实际位置对应的历史补偿量信息及虚拟力，计算得到所述位置补偿量，其中，所述历史补偿量信息根据所述当前实际位置及所述当前实际位置对应的历史规划位置得到。

- 5 在可选的实施方式中，所述根据所述预设导纳控制方程、所述当前实际位置对应的历史补偿量信息及虚拟力，计算得到所述位置补偿量，包括：

在所述虚拟力为零时，确定所述位置补偿量为零。

- 在可选的实施方式中，所述历史补偿量信息包括历史位置补偿量及历史速度补偿量，所述根据所述预设导纳控制方程、所述当前实际位置对应的历史补偿量信息及虚拟力，
10 计算得到所述位置补偿量，包括：

根据所述预设导纳控制方程、所述历史位置补偿量及历史速度补偿量，计算得所述待实施规划位置的加速度补偿量，其中，所述预设导纳控制方程为：

$$\Delta \ddot{X}(t) = M^{-1} [f_{\text{virtual}}(t) - B(\dot{X}_c(t-n) - \dot{X}_r(t-n)) - K(X_c(t-n) - X_r(t-n))]$$

- 其中， $\Delta \ddot{X}(t)$ 表示所述待实施规划位置的加速度补偿量， M 表示期望阻抗模型的
15 惯性矩阵， B 表示期望阻抗模型的阻尼矩阵， K 表示期望阻抗模型的刚度矩阵， t 表示当前时刻， $f_{\text{virtual}}(t)$ 表示所述虚拟力， $X_c(t-n) - X_r(t-n)$ 表示所述当前实际位置所对应的历史位置补偿量， $\dot{X}_c(t-n) - \dot{X}_r(t-n)$ 表示所述当前实际位置所对应的历史速度补偿量；

- 根据所述加速度补偿量、历史位置补偿量及历史速度补偿量以及第一预设计算公式，
20 计算得到所述位置补偿量，其中，所述第一预设计算公式为：

$$\Delta \dot{X}(t) = \Delta \dot{X}(t-n) + \Delta \ddot{X}(t) \cdot T$$

$$\Delta X(t) = \Delta X(t-n) + \Delta \dot{X}(t) \cdot T$$

其中， $\Delta X(t)$ 表示所述位置补偿量， $\Delta \dot{X}(t-n) = \dot{X}_c(t-n) - \dot{X}_r(t-n)$ ，
 $\Delta X(t-n) = X_c(t-n) - X_r(t-n)$ ， $\Delta \dot{X}(t)$ 表示所述待实施规划位置的速度补偿量信息， T 表示当前时刻与历史时刻 $t-n$ 的时间差。

- 25 在可选的实施方式中，所述历史补偿量信息包括历史位置补偿量，所述根据所述预设导纳控制方程、所述当前实际位置对应的历史补偿量信息及虚拟力，计算得到所述位置补偿量，包括：

根据所述预设导纳控制方程及所述虚拟力,计算得所述待实施规划位置的速度补偿量信息,其中,所述预设导纳控制方程为:

$$\Delta \dot{X}(t) = B^{-1} f_{\text{virtual}}(t)$$

其中, $\Delta \dot{X}(t)$ 表示所述待实施规划位置的速度补偿量信息, B 表示期望阻抗模型的
5 阻尼矩阵, t 表示当前时刻, $f_{\text{virtual}}(t)$ 表示虚拟力;

根据所述速度补偿量信息、历史位置补偿量及第二预设计算公式,计算得到所述位置补偿量,其中,所述第二预设计算公式为:

$$\Delta X(t) = \Delta X(t-n) + \Delta \dot{X}(t) \cdot T$$

其中, $\Delta X(t)$ 表示所述位置补偿量, $\Delta X(t-n)$ 表示历史位置补偿量, T 表示当前
10 时刻与历史时刻 $t-n$ 的时间差。

在可选的实施方式中,所述根据所述位置补偿量对所述待实施规划位置进行调整,包括:

在所述虚拟力为零时,将所述虚拟力为零前一时刻的位置补偿量叠加至所述待实施规划位置。

15 在可选的实施方式中,所述确定所述距离对应的虚拟力,包括:

在所述距离大于预设安全距离的情况下,确定所述距离对应的虚拟力为0;

在所述距离不大于所述预设安全距离的情况下,根据预设虚拟力计算公式计算得到所述距离对应的虚拟力。

第二方面,本申请实施例提供一种位置调整装置,包括:

20 距离确定模块,用于根据规划轨迹,确定机器人末端当前时刻所对应的待实施规划位置,并获得所述机器人末端在当前实际位置时与障碍物之间的距离;

虚拟力确定模块,用于确定所述距离对应的虚拟力;

计算模块,用于根据预设导纳控制方程及所述虚拟力,获得所述待实施规划位置的位置补偿量;

25 调整模块,用于根据所述位置补偿量对所述待实施规划位置进行调整。

第三方面,本申请实施例提供一种终端设备,包括处理器和存储器,所述存储器存储有能够被所述处理器执行的机器可执行指令,所述处理器可执行所述机器可执行指令以实现前述实施方式中任意一项所述的位置调整方法。

第四方面,本申请实施例提供一种可读存储介质,其上存储有计算机程序,所述计

算机程序被处理器执行时实现如前述实施方式中任意一项所述的位置调整方法。

本申请实施例提供一种位置调整方法、装置、终端设备及可读存储介质，根据规划轨迹，确定机器人末端在当前时刻所对应的待实施规划位置，并获得该机器人末端在当前实际位置时与障碍物之间的距离，进而根据该距离确定出该距离所对应的虚拟力；然后根据预设导纳控制方程及该虚拟力，获得待实施规划位置的位置补偿量，接着根据该位置补偿量对待实施规划位置进行调整。由此，可根据机器人在当前时刻所在的实际位置与障碍物的空间距离产生虚拟力，进而通过导纳控制基于该虚拟力实时地产生位置调整量，对当前时刻所对应的规划位置进行在线调整，从而避免后续与障碍物发生碰撞。本申请实施例可实时根据动态的相对位姿，对规划轨迹进行重新规划，从而避免碰撞。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，应当理解，以下附图仅示出了本申请的某些实施例，因此不应被看作是对范围的限定，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

图 1 为本申请实施例提供的终端设备的方框示意图；

图 2 为本申请实施例提供的位置调整方法的流程示意图；

图 3 为本申请实施例的一种避障示意图；

图 4 为本申请实施例提供的基于虚拟力的导纳控制示意图；

图 5 为本申请实施例提供的另一种避障示意图；

图 6 为本申请实施例提供的位置调整装置的方框示意图之一；

图 7 为本申请实施例提供的位置调整装置的方框示意图之二。

图标：100-终端设备；110-存储器；120-处理器；130-通信单元；200-位置调整装置；210-距离确定模块；220-虚拟力确定模块；230-计算模块；240-调整模块；250-控制模块。

具体实施方式

为使本申请实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，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，所描述的实施例是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本申请实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

因此，以下对在附图中提供的本申请的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的

本申请的范围，而是仅仅代表本申请的选定实施例。基于本申请的实施例，本领域技术人员在没有做出创造性劳动的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。

需要说明的是，术语“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个...”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

下面结合附图，对本申请的一些实施方式作详细说明。在不冲突的情况下，下述的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

当前会基于视觉设备动态监测机器人在当前位置时与环境中物体的距离，该方式虽然能够一定程度上对碰撞进行预知。但也仅仅只是预知，并不会实时根据动态的相对位姿对规划好的轨迹进行重新规划，因此，碰撞问题依旧得不到解决。

因此，发明人提出了本申请实施例中的位置调整方法，可实时根据当前所在的实际位置与障碍物之间的动态的相对位姿，对规划轨迹进行重新规划，从而避免碰撞。

下面结合附图对本申请实施例进行详细的说明。

请参照图 1，图 1 为本申请实施例提供的终端设备 100 的方框示意图。所述终端设备 100 可以是，但不限于，电脑、服务器或者机器人的一部分等（比如，机器人的控制设备）。所述终端设备 100 包括存储器 110、处理器 120 及通信单元 130。所述存储器 110、处理器 120 以及通信单元 130 各元件相互之间直接或间接地电性连接，以实现数据的传输或交互。例如，这些元件相互之间可通过一条或多条通讯总线或信号线实现电性连接。

其中，存储器 110 用于存储程序或者数据。所述存储器 110 可以是，但不限于，随机存取存储器（Random Access Memory，RAM），只读存储器（Read Only Memory，ROM），可编程只读存储器（Programmable Read-Only Memory，PROM），可擦除只读存储器（Erasable Programmable Read-Only Memory，EPROM），电可擦除只读存储器（Electric Erasable Programmable Read-Only Memory，EEPROM）等。

处理器 120 用于读/写存储器 110 中存储的数据或程序，并执行相应地功能。比如，

存储器 110 中存储有位置调整装置 200，所述位置调整装置 200 包括至少一个可以软件或固件（firmware）的形式存储于所述存储器 110 中的软件功能模块。所述处理器 120 通过运行存储在存储器 110 内的软件程序以及模块，如本申请实施例中的位置调整装置 200，从而执行各种功能应用以及数据处理，即实现本申请实施例中的位置调整方法。

5 通信单元 130 用于通过网络建立所述终端设备 100 与其它通信终端之间的通信连接，并用于通过所述网络收发数据。

应当理解的是，图 1 所示的结构仅为终端设备 100 的结构示意图，所述终端设备 100 还可包括比图 1 中所示更多或者更少的组件，或者具有与图 1 所示不同的配置。图 1 中所示的各组件可以采用硬件、软件或其组合实现。

10 请参照图 2，图 2 为本申请实施例提供的位置调整方法的流程示意图之一。所述方法可应用于上述终端设备 100。下面对位置调整方法的具体流程进行详细阐述。所述方法可以包括步骤 S110~步骤 S140。

步骤 S110，根据规划轨迹，确定机器人末端当前时刻所对应的待实施规划位置，并获得所述机器人末端在当前实际位置时与障碍物之间的距离。

15 所述规划轨迹表示预先规划好的路径，该路径中可以包括多个预先规划好的机器人末端应该依次到达的位置，也即该路径中包括多个规划位置。机器人按照所述规划轨迹进行作业。在当前时刻，可根据所述规划轨迹，确定机器人末端在当前时刻所对应的规划位置，并将该规划位置作为待实施规划位置；也即，所述待实施规划为在所述规划轨迹中，所述机器人末端当前时刻对应的规划位置。当前时刻所对应的待实施规划位置，
20 为预先规划好的机器人末端在目标未来时刻所在的位置，目标未来时刻为当前时刻之后的某个时刻。

可选地，所述当前时刻与所述目标未来时刻之间的时间差可以是一个控制周期，也可以是多个控制周期，具体可根据实际需求设置。其中，通过一个控制周期，机器人末端可由一个位置移动到另一个位置。也就是说，按照所述规划轨迹，当前时刻所对应的
25 待实施规划位置，可以是机器人末端接下来需要马上到达的第一个规划位置；也可以不是机器人末端接下来需要马上到达的第一个规划位置，而是接下来需要达到的第 N 个规划位置。

在本实施例中，还可以获得所述机器人末端在当前时刻所在的当前实际位置时，与障碍物之间的距离。可选地，可以通过视觉设备（比如，相机）或者其他设备（比如，

雷达)持续实时获取机器人末端与障碍物之间的距离,从而在需要时,直接得到所述距离。

步骤 S120, 确定所述距离对应的虚拟力。

在获得所述距离的情况下,可通过任意的方式基于所述距离,计算得到一个虚拟力。

5 步骤 S130, 根据预设导纳控制方程及所述虚拟力, 获得所述待实施规划位置的位置补偿量。

所述预设导纳控制方程为根据导纳控制方程设计的方程。其中, 所述导纳控制方程为:

$$M(\ddot{X}_c - \ddot{X}_r) + B(\dot{X}_c - \dot{X}_r) + K(X_c - X_r) = f_{virtual}$$

10 其中, M 表示期望阻抗模型的惯性矩阵, B 表示期望阻抗模型的阻尼矩阵, K 表示期望阻抗模型的刚度矩阵; X_c 表示位置向量; X_r 表示期望位置向量; $\dot{X}_c$ 表示位置向量 X_c 关于时间的一阶导数; $\dot{X}_r$ 表示期望位置向量 X_r 关于时间的一阶导数; $\ddot{X}_c$ 表示位置向量 X_c 关于时间的二阶导数; $\ddot{X}_r$ 表示期望位置向量 X_r 关于时间的二阶导数; F 表示反馈的实际广义力。 $\Delta X = X_c - X_r$ 表示位置补偿量。

15 所述预设导纳控制方程具体可以根据实际需求进行设置。比如, 使用惯性矩阵、阻尼矩阵及刚度矩阵设置所述预设导纳控制方程, 也即与上述导纳控制方程相似。可将计算得到的所述虚拟力代入上述方程中, 以便计算出一个位置补偿量, 并将其作为所述待实施规划位置所对应的位置补偿量, 进而根据该位置补偿量对所述待实施规划位置进行调整。

20 步骤 S140, 根据所述位置补偿量对所述待实施规划位置进行调整。

在获得所述待实施规划位置所对应的所述位置补偿量的情况下, 可基于该位置补偿量对该待实施规划位置进行调整, 并将调整后的待实施规划位置作为目标实施位置。比如, 可将所述位置补偿量与所述待实施规划位置相加, 并将相加结果作为所述目标实施位置。

25 在本实施例中, 每当所述机器人末端到达一个位置后, 即可执行上述步骤 S110~步骤 S140, 从而对规划位置进行调整, 以便得到能够避免碰撞的目标实施位置, 进而基于该目标实施位置进行移动。

本申请实施例可根据机器人在当前时刻所在的实际位置(即当前实际位置)时与障碍物之间的空间距离, 产生虚拟力, 进而通过导纳控制基于该虚拟力实时地产生位置调

整量，对当前时刻对应的规划位置进行在线调整，从而避免在目标未来时刻与障碍物发生碰撞。由此，可实时根据动态的机器人与障碍物之间的相对位姿，对规划轨迹进行重新规划，从而避免碰撞。

5 可选地，在确定所述目标实施位置之后，所述方法还可以包括：控制所述机器人末端在目标未来时刻移动至所述目标实施位置。

可根据调整后得到的目标实施位置控制所述机器人末端的移动，使得所述机器人末端在所述目标未来时刻移动至所述目标实施位置，从而避免发生碰撞。当然可以理解的是，在需要根据当前时刻对应的待实施规划位置进行移动的情况下，才根据通过对待实施规划位置进行调整得到的目标实施位置，控制所述机器人末端进行移动。

10 作为一种可选的实施方式，所述目标未来时刻为当前时刻的下一时刻，也即，所述目标未来时刻与当前时刻的时间差为一个控制周期。由此，每到达一个位置后，即可计算当前时刻所对应的规划位置对应的位置补偿量，也即计算下一时刻应该到达的规划位置所对应的位置补偿量，并根据计算出的位置补偿量对下一时刻应该到达的规划位置进行调整，进而根据调整后得到的位置控制下一次的移动，以在下一时刻到达调整后的位置，从而避免与障碍物发生碰撞。

15 作为另一种可选的实施方式，所述目标未来时刻与当前时刻的时间差为多个控制周期。由此，每到达一个位置后，即可计算某个非下一时刻的未来时刻应该到达的规划位置所对应的位置补偿量，并根据位置补偿量对该未来时刻应该到达的规划位置进行调整，进而在需要时根据调整后得到的位置控制某次的移动，以在该未来时刻到达调整后的位置，从而避免与障碍物发生碰撞。

20 可选地，可预先设置一个预设安全距离，所述预设安全距离的具体值可以根据实际需求设置。可通过如下方式计算得到所述虚拟力：判断所述机器人末端在所述当前实际位置时与障碍物之间的距离是否大于所述预设安全距离；若大于，则确定所述距离对应的虚拟力为 0；若不大于，则可以根据预设虚拟力计算公式，计算得到所述距离对应的所述虚拟力。其中，可选地，在所述预设虚拟力计算公式中，距离越小，虚拟力越大。所述预设虚拟力计算公式可以根据实际距离设置。

由此，可基于所述预设安全距离，根据机器人末端当前与障碍物的距离远近，将机器人的作业空间分为安全空间和危险空间，基于导纳控制的位置调整方式能为安全空间和危险空间的位置控制提供统一框架，从而保持两者之间切换时的稳定性。

作为一种可选的实施方式，所述预设虚拟力计算公式为：

$$f_{virtual} = f_{max} \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{d}{d_{safe}}\right)$$

其中， $f_{virtual}$ 表示虚拟力， f_{max} 表示预先设定的最大虚拟力， d 表示所述机器人末端在所述当前实际位置时与障碍物之间的距离， d_{safe} 表示所述预设安全距离。

5 在上述预设虚拟力计算公式下，获得所述虚拟力的方式可以用以下公式表示：

$$f_{virtual} = \begin{cases} f_{max} \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{d}{d_{safe}}\right) & 0 \leq d \leq d_{safe} \\ 0 & d > d_{safe} \end{cases}$$

在获得所述虚拟力的情况下，可根据所述预设导纳控制方程、所述机器人末端所在的当前实际位置所对应的历史补偿量信息及虚拟力，计算得到所述待实施规划位置的位置补偿量。其中，所述历史补偿量信息根据所述机器人末端的当前实际位置及所述当前实际位置对应的历史规划位置得到。其中，所述当前实际位置由对所述历史规划位置进行调整得到，当然可以理解的是，调整幅度可以为 0，也可以不为 0，由实际情况确定。由此，可结合机器人末端当前所在位置所使用的补偿量信息以及虚拟力，通过导纳控制方式，计算得到所述待实施规划位置的位置补偿量。值得说明的是，在某些情况下（比如，在静止状态下开始执行本方案时），所述当前实际位置若没有对应的历史规划位置，
10 可根据实际需求设置所述当前实际位置对应的历史补偿量信息，比如，设置为 0，以便基于设置的历史补偿量信息确定所述位置补偿量。

请参照图 3，图 3 为本申请实施例的一种避障示意图。可选地，作为一种可选的实施方式，在进行位置调整时，可通过调整位置产生安全距离以避开障碍物；当障碍物主动远离、或者随着机器人的运动使得机器人远离障碍物时，可使机器人重新回到规划的
20 轨迹，也即继续按照规划位置进行移动。由此，可使得机器人在避开障碍物后，继续按照该时刻原本的规划位置进行移动，从而继续进行作业，保证作业效果。

可选地，在所述虚拟力为零时，可确定由该虚拟力计算出的位置补偿量为零，从而可以控制机器人末端按照轨迹运行。作为一种实现方式，可以在虚拟力为零时，就直接确定位置补偿量为零。作为另一种实现方式，可以在虚拟力为零持续一段时间后，
25 确定所述一段时间后对应的位置补偿量为零，也即，在虚拟力持续为零的情况下，位置补偿量可由非零逐渐变为零。

请参照图 4，图 4 为本申请实施例提供的基于虚拟力的导纳控制示意图。在本实施方式中，所述当前实际位置对应的历史补偿量信息包括历史位置补偿量 $\Delta X(t-n)$ 及历史速度补偿量 $\Delta \dot{X}(t-n)$ 。 n 表示至少一个控制周期的总时长。当所述目标未来时刻与当前时刻之间的时间差为一个控制周期时，如图 4 所示，历史补偿量信息可以包括历史位置补偿量 $\Delta X(t-1)$ 及历史速度补偿量 $\Delta \dot{X}(t-1)$ 。可先根据所述预设导纳控制方程、所述历史位置补偿量及历史速度补偿量，计算得所述待实施规划位置的加速度补偿量。

其中，所述预设导纳控制方程为：

$$\Delta \ddot{X}(t) = M^{-1} [f_{\text{virtual}}(t) - B(\dot{X}_c(t-n) - \dot{X}_r(t-n)) - K(X_c(t-n) - X_r(t-n))]$$

其中， $\Delta \ddot{X}(t)$ 表示所述待实施规划位置的加速度补偿量； M 表示期望阻抗模型的惯性矩阵， B 表示期望阻抗模型的阻尼矩阵， K 表示期望阻抗模型的刚度矩阵； t 表示当前时刻， $t-n$ 表示历史时刻；历史时刻与当前时刻的时间差，等于目标未来时刻与当前时刻的时间差； $f_{\text{virtual}}(t)$ 表示当前时刻的虚拟力； $X_c(t-n)$ 表示当前实际位置， $X_r(t-n)$ 表示当前实际位置对应的历史规划位置，也即历史时刻所对应的规划位置； $X_c(t-n) - X_r(t-n)$ 表示当前实际位置所对应的历史位置补偿量，即当前时刻所在的当前实际位置与当前实际位置所对应的历史规划位置之间的位置补偿量 $\Delta X(t-n)$ ； $\dot{X}_c(t-n)$ 表示当前实际位置 $X_c(t-n)$ 关于时间的一阶导数，即当前实际位置 $X_c(t-n)$ 的速度； $\dot{X}_r(t-n)$ 表示历史规划位置 $X_r(t-n)$ 关于时间的一阶导数，即历史规划位置 $X_r(t-n)$ 的速度； $\dot{X}_c(t-n) - \dot{X}_r(t-n)$ 表示当前实际位置所对应的历史速度补偿量 $\Delta \dot{X}(t-n)$ 。

然后，根据所述加速度补偿量、历史位置补偿量及历史速度补偿量以及第一预设计算公式，计算得到所述位置补偿量。其中，所述第一预设计算公式为：

$$\Delta \dot{X}(t) = \Delta \dot{X}(t-n) + \Delta \ddot{X}(t) \cdot T$$

$$\Delta X(t) = \Delta X(t-n) + \Delta \dot{X}(t) \cdot T$$

其中， $\Delta X(t)$ 表示所述位置补偿量， $\Delta \dot{X}(t-n) = \dot{X}_c(t-n) - \dot{X}_r(t-n)$ ， $\Delta X(t-n) = X_c(t-n) - X_r(t-n)$ ， $\Delta \dot{X}(t)$ 表示所述待实施规划位置的速度补偿量信息， T 表示当前时刻与历史时刻 $t-n$ 的时间差。

如图 4 所示,在获得位置补偿量之后,可基于该位置补偿量及待实施规划位置 $X_r(t)$, 获得目标实施位置 $X_c(t)$ 。在当前时刻与目标未来时刻的时间差为一个控制周期的情况下,可进而通过机械臂运动学逆解 IK 获得该目标实施位置 $X_c(t)$ 所对应的指令关节角度。伺服系统可根据指令关节角度进行控制,以使机器人末端在目标未来时刻移动到该目标实施位置。

在该方式下,当机器人与障碍物之间的距离 d 小于预设安全距离时,则会产生虚拟力 $f_{virtual}$,进而基于导纳控制产生位置补偿量 $\Delta X = X_c - X_r$,其中, X_c 表示实际位置(或者称为指令位置), X_r 表示规划位置。当障碍物主动远离、或随着机器人运动使得机器人远离障碍物时, d 增大使得 $f_{virtual} \approx 0$,由于刚度项的存在,导纳控制方式会继续输出位置补偿量,直到 $\Delta X = X_c - X_r = 0$,此时,机器人则会重新回到规划轨迹。

请参照图 5,图 5 为本申请实施例提供的另一种避障示意图。可选地,作为另一种可选的实施方式,在进行位置调整时,可通过调整位置产生安全距离以避开障碍物,并在后续轨迹中保持该安全距离。由此可保证机器人的安全。

在该实施方式中,在所述虚拟力为零时,可以将所述虚拟力为零前一时刻的位置补偿量作为当前时刻的待实施规划位置对应的位置补偿量,并将所述虚拟力为零前一时刻的位置补偿量叠加至所述待实施规划位置,实现对该实施规划位置的调整。如图 5 所示,若从某一时刻开始根据机械臂末端与障碍物之间的距离确定的虚拟力持续为 0,也即相当于虚拟力消失,那么在虚拟力消失之后,可将虚拟力消失之前的位置补偿量叠加至所述规划轨迹中后续的每一个规划位置,使得在虚拟力消失后,所述规划轨迹中后续的每一个规划位置与对应的调整后的规划位置之间的差距均为虚拟力消失之前的位置补偿量,也即,图 5 中虚拟力消失后的轨迹(即调整后的后续轨迹)与原规划轨迹(即调整前的后续轨迹)之间的差距为虚拟力消失之前的位置补偿量。比如,规划轨迹中依次包括规划位置 A1、A2、A3、A4,若在计算规划位置 A1 时确定出的虚拟力不为 0,则针对该规划位置 1 可计算出一非零的位置补偿量;若之后确定出的虚拟力均为 0,则可以将规划位置 A1 对应的位置补偿量分别叠加至规划位置 A2~A4 上。

在图 5 所示实施方式中,所述历史补偿量信息可以包括历史位置补偿量。可先根据所述预设导纳控制方程及所述虚拟力,计算得所述待实施规划位置的速度补偿量信息。其中,所述预设导纳控制方程为:

$$\Delta \dot{X}(t) = B^{-1} f_{virtual}(t)$$

其中， $\Delta \dot{X}(t)$ 表示所述待实施规划位置的速度补偿量信息， B 表示期望阻抗模型的阻尼矩阵， t 表示当前时刻， $f_{virtual}(t)$ 表示当前时刻的虚拟力。

然后，根据所述速度补偿量信息、历史位置补偿量及第二预设计算公式，计算得到
5 所述位置补偿量。其中，所述第二预设计算公式为：

$$\Delta X(t) = \Delta X(t-n) + \Delta \dot{X}(t) \cdot T$$

其中， $\Delta X(t)$ 表示所述位置补偿量， $\Delta X(t-n)$ 表示历史位置补偿量， T 表示当前时刻与历史时刻 $t-n$ 的时间差。其中，关于该方式中字符的具体说明可参照上一方式中对字符的说明，在此不再赘述。

10 在本方式下，虚拟力 $f_{virtual}$ 使导纳控制方式产生位置补偿量 ΔX ，并在 $f_{virtual}$ 恢复为 0 时，使位置补偿量的变化速度置 0，即机器人后续轨迹中保持该位置补偿量 ΔX 。

为了执行上述实施例及各个可能的方式中的相应步骤，下面给出一种位置调整装置 200 的实现方式，可选地，该位置调整装置 200 可以采用上述图 1 所示的终端设备 100 的器件结构。进一步地，请参照图 6，图 6 为本申请实施例提供的位置调整装置 200 的
15 方框示意图之一。需要说明的是，本实施例所提供的位置调整装置 200，其基本原理及产生的技术效果和上述实施例相同，为简要描述，本实施例部分未提及之处，可参考上述的实施例中相应内容。所述位置调整装置 200 可以包括：距离确定模块 210、虚拟力确定模块 220、计算模块 230。

所述距离确定模块 210，用于根据规划轨迹，确定机器人末端当前时刻所对应的待
20 实施规划位置，并获得所述机器人末端在当前实际位置时与障碍物之间的距离。

所述虚拟力确定模块 220，用于确定所述距离对应的虚拟力。

所述计算模块 230，用于根据预设导纳控制方程及所述虚拟力，获得所述待实施规划位置的位置补偿量。

所述调整模块 240，用于根据所述位置补偿量对所述待实施规划位置进行调整。

25 可选地，在本实施例中，所述计算模块 230 具体用于：所述根据预设导纳控制方程及所述虚拟力，获得所述待实施规划位置的位置补偿量，包括：根据所述预设导纳控制方程、所述当前实际位置对应的历史补偿量信息及虚拟力，计算得到所述位置补偿量，其中，所述历史补偿量信息根据所述当前实际位置及所述当前实际位置对应的历史规划

位置得到。

可选地，在本实施例中，所述计算模块 230 具体用于在所述虚拟力为零时，确定所述位置补偿量为零。

可选地，在本实施例中，所述历史补偿量信息包括历史位置补偿量及历史速度补偿量，所述计算模块 230 具体用于：

根据所述预设导纳控制方程、所述历史位置补偿量及历史速度补偿量，计算得所述待实施规划位置的加速度补偿量，其中，所述预设导纳控制方程为：

$$\Delta \ddot{X}(t) = M^{-1} [f_{\text{virtual}}(t) - B(\dot{X}_c(t-n) - \dot{X}_r(t-n)) - K(X_c(t-n) - X_r(t-n))]$$

其中， $\Delta \ddot{X}(t)$ 表示所述待实施规划位置的加速度补偿量， M 表示期望阻抗模型的惯性矩阵， B 表示期望阻抗模型的阻尼矩阵， K 表示期望阻抗模型的刚度矩阵， t 表示当前时刻， $f_{\text{virtual}}(t)$ 表示所述虚拟力， $X_c(t-n) - X_r(t-n)$ 表示所述当前实际位置所对应的历史位置补偿量， $\dot{X}_c(t-n) - \dot{X}_r(t-n)$ 表示所述当前实际位置所对应的历史速度补偿量；

根据所述加速度补偿量、历史位置补偿量及历史速度补偿量以及第一预设计算公式，计算得到所述位置补偿量，其中，所述第一预设计算公式为：

$$\Delta \dot{X}(t) = \Delta \dot{X}(t-n) + \Delta \ddot{X}(t) \cdot T$$

$$\Delta X(t) = \Delta X(t-n) + \Delta \dot{X}(t) \cdot T$$

其中， $\Delta X(t)$ 表示所述位置补偿量， $\Delta \dot{X}(t-n) = \dot{X}_c(t-n) - \dot{X}_r(t-n)$ ， $\Delta X(t-n) = X_c(t-n) - X_r(t-n)$ ， $\Delta \dot{X}(t)$ 表示所述待实施规划位置的速度补偿量信息， T 表示当前时刻与历史时刻 $t-n$ 的时间差。

可选地，在本实施例中，所述历史补偿量信息包括历史位置补偿量，所述计算模块 230 具体用于：

根据所述预设导纳控制方程及所述虚拟力，计算得所述待实施规划位置的速度补偿量信息，其中，所述预设导纳控制方程为：

$$\Delta \dot{X}(t) = B^{-1} f_{\text{virtual}}(t)$$

其中， $\Delta \dot{X}(t)$ 表示所述待实施规划位置的速度补偿量信息， B 表示期望阻抗模型的

阻尼矩阵， t 表示当前时刻， $f_{virtual}(t)$ 表示虚拟力；

根据所述速度补偿量信息、历史位置补偿量及第二预设计算公式，计算得到所述位置补偿量，其中，所述第二预设计算公式为：

$$\Delta X(t) = \Delta X(t-n) + \Delta \dot{X}(t) \cdot T$$

5 其中， $\Delta X(t)$ 表示所述位置补偿量， $\Delta X(t-n)$ 表示历史位置补偿量， T 表示当前时刻与历史时刻 $t-n$ 的时间差。

可选地，在本实施例中，所述调整模块 240 具体用于在所述虚拟力为零时，将所述虚拟力为零前一时刻的位置补偿量叠加至所述待实施规划位置。

10 可选地，在本实施例中，所述虚拟力确定模块 220 具体用于：在所述距离大于预设安全距离的情况下，确定所述距离对应的虚拟力为 0；在所述距离不大于所述预设安全距离的情况下，根据预设虚拟力计算公式计算得到所述距离对应的虚拟力。

可选地，在所述预设虚拟力计算公式中，距离越小，虚拟力越大。

请参照图 7，图 7 为本申请实施例提供的位置调整装置 200 的方框示意图之二。所述位置调整装置 200 还可以包括控制模块 250。

15 所述控制模块 250，用于控制所述机器人末端在目标未来时刻移动至所述目标实施位置。

20 可选地，上述模块可以软件或固件(Firmware)的形式存储于图 1 所示的存储器 110 中或固化于终端设备 100 的操作系统(Operating System, OS)中，并可由图 1 中的处理器 120 执行。同时，执行上述模块所需的数据、程序的代码等可以存储在存储器 110 中。

本申请实施例还提供一种可读存储介质，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现所述的位置调整方法。

综上所述，本申请实施例提供了种位置调整方法、装置、终端设备及可读存储介质，根据规划轨迹，确定机器人末端在当前时刻所对应的待实施规划位置，并获得该机器人末端在当前实际位置时与障碍物之间的距离，进而根据该距离确定出该距离所对应的虚拟力；然后根据预设导纳控制方程及该虚拟力，获得待实施规划位置的位置补偿量，接着根据该位置补偿量对待实施规划位置进行调整。由此，可根据机器人在当前时刻所在的实际位置与障碍物的空间距离产生虚拟力，进而通过导纳控制基于该虚拟力实时地产生位置调整量，对当前时刻所对应的规划位置进行在线调整，从而避免后续与障碍物发

生碰撞。本申请实施例可实时根据动态的相对位姿，对规划轨迹进行重新规划，从而避免碰撞。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的装置和方法，也可以通过其它的方式实现。以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，附图中的流程图和框图显示了根据本申请的多个实施例的装置、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上，流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段或代码的一部分，所述模块、程序段或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意，在有些作为替换的实现方式中，方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如，两个连续的方框实际上可以基本并行地执行，它们有时也可以按相反的顺序执行，这依所涉及的功能而定。也要注意的，框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合，可以用执行规定的功能或动作的专用的基于硬件的系统来实现，或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

另外，在本申请各个实施例中的各功能模块可以集成在一起形成一个独立的部分，也可以是各个模块单独存在，也可以两个或两个以上模块集成形成一个独立的部分。

所述功能如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用，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）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（ROM，Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上所述仅为本申请的可选实施例而已，并不用于限制本申请，对于本领域的技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

权利要求

1. 一种位置调整方法，其特征在于，包括：

根据规划轨迹，确定机器人末端当前时刻所对应的待实施规划位置，并获得所述机器人末端在当前实际位置时与障碍物之间的距离；

确定所述距离对应的虚拟力；

根据预设导纳控制方程及所述虚拟力，获得所述待实施规划位置的位置补偿量；

根据所述位置补偿量对所述待实施规划位置进行调整。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据预设导纳控制方程及所述虚拟力，获得所述待实施规划位置的位置补偿量，包括：

根据所述预设导纳控制方程、所述当前实际位置对应的历史补偿量信息及虚拟力，计算得到所述位置补偿量，其中，所述历史补偿量信息根据所述当前实际位置及所述当前实际位置对应的历史规划位置得到。

3. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述根据所述预设导纳控制方程、所述当前实际位置对应的历史补偿量信息及虚拟力，计算得到所述位置补偿量，包括：

在所述虚拟力为零时，确定所述位置补偿量为零。

4. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述历史补偿量信息包括历史位置补偿量及历史速度补偿量，所述根据所述预设导纳控制方程、所述当前实际位置对应的历史补偿量信息及虚拟力，计算得到所述位置补偿量，包括：

根据所述预设导纳控制方程、所述历史位置补偿量及历史速度补偿量，计算得所述待实施规划位置的加速度补偿量，其中，所述预设导纳控制方程为：

$$\Delta \ddot{X}(t) = M^{-1} [f_{\text{virtual}}(t) - B(\dot{X}_c(t-n) - \dot{X}_r(t-n)) - K(X_c(t-n) - X_r(t-n))]$$

其中， $\Delta \ddot{X}(t)$ 表示所述待实施规划位置的加速度补偿量， M 表示期望阻抗模型的惯性矩阵， B 表示期望阻抗模型的阻尼矩阵， K 表示期望阻抗模型的刚度矩阵， t 表示当前时刻， $f_{\text{virtual}}(t)$ 表示所述虚拟力， $X_c(t-n) - X_r(t-n)$ 表示所述当前实际位置所对应的历史位置补偿量， $\dot{X}_c(t-n) - \dot{X}_r(t-n)$ 表示所述当前实际位置所对应的历史速度补偿量；

根据所述加速度补偿量、历史位置补偿量及历史速度补偿量以及第一预设计算公式，计算得到所述位置补偿量，其中，所述第一预设计算公式为：

$$\Delta \dot{X}(t) = \Delta \dot{X}(t-n) + \Delta \ddot{X}(t) \cdot T$$

$$\Delta X(t) = \Delta X(t-n) + \Delta \dot{X}(t) \cdot T$$

其中， $\Delta X(t)$ 表示所述位置补偿量， $\Delta \dot{X}(t-n) = \dot{X}_c(t-n) - \dot{X}_r(t-n)$ ， $\Delta X(t-n) = X_c(t-n) - X_r(t-n)$ ， $\Delta \dot{X}(t)$ 表示所述待实施规划位置的速度补偿量信息， T 表示当前时刻与历史时刻 $t-n$ 的时间差。

5. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述历史补偿量信息包括历史位置补偿量，所述根据所述预设导纳控制方程、所述当前实际位置对应的历史补偿量信息及虚拟力，计算得到所述位置补偿量，包括：

10 根据所述预设导纳控制方程及所述虚拟力，计算得所述待实施规划位置的速度补偿量信息，其中，所述预设导纳控制方程为：

$$\Delta \dot{X}(t) = B^{-1} f_{\text{virtual}}(t)$$

其中， $\Delta \dot{X}(t)$ 表示所述待实施规划位置的速度补偿量信息， B 表示期望阻抗模型的阻尼矩阵， t 表示当前时刻， $f_{\text{virtual}}(t)$ 表示虚拟力；

15 根据所述速度补偿量信息、历史位置补偿量及第二预设计算公式，计算得到所述位置补偿量，其中，所述第二预设计算公式为：

$$\Delta X(t) = \Delta X(t-n) + \Delta \dot{X}(t) \cdot T$$

其中， $\Delta X(t)$ 表示所述位置补偿量， $\Delta X(t-n)$ 表示历史位置补偿量， T 表示当前时刻与历史时刻 $t-n$ 的时间差。

20 6. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据所述位置补偿量对所述待实施规划位置进行调整，包括：

在所述虚拟力为零时，将所述虚拟力为零前一时刻的位置补偿量叠加至所述待实施规划位置。

25 7. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述确定所述距离对应的虚拟力，包括：

在所述距离大于预设安全距离的情况下，确定所述距离对应的虚拟力为 0；

在所述距离不大于所述预设安全距离的情况下，根据预设虚拟力计算公式计算得到所述距离对应的虚拟力。

8.一种位置调整装置，其特征在于，包括：

5 距离确定模块，用于根据规划轨迹，确定机器人末端当前时刻所对应的待实施规划位置，并获得所述机器人末端在当前实际位置时与障碍物之间的距离；

虚拟力确定模块，用于确定所述距离对应的虚拟力；

计算模块，用于根据预设导纳控制方程及所述虚拟力，获得所述待实施规划位置的位置补偿量；

10 调整模块，用于根据所述位置补偿量对所述待实施规划位置进行调整。

9.一种终端设备，其特征在于，包括处理器和存储器，所述存储器存储有能够被所述处理器执行的机器可执行指令，所述处理器可执行所述机器可执行指令以实现权利要求 1-6 中任意一项所述的位置调整方法。

15 10.一种可读存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求 1-6 中任意一项所述的位置调整方法。

20

25

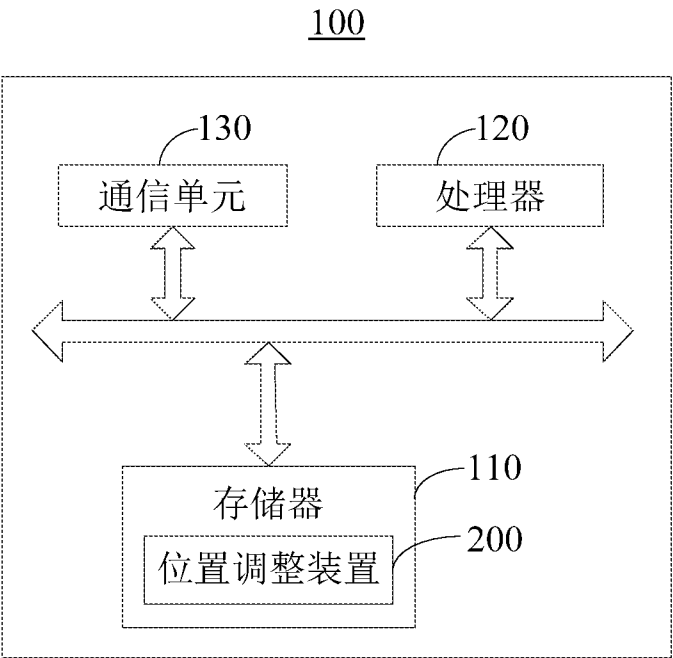


图 1

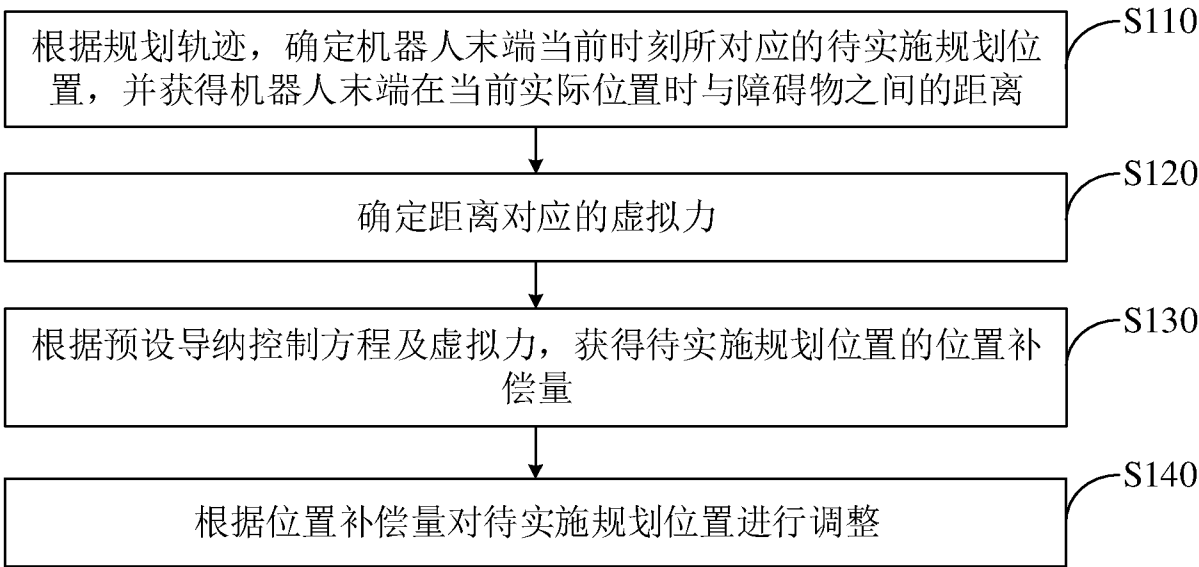


图 2

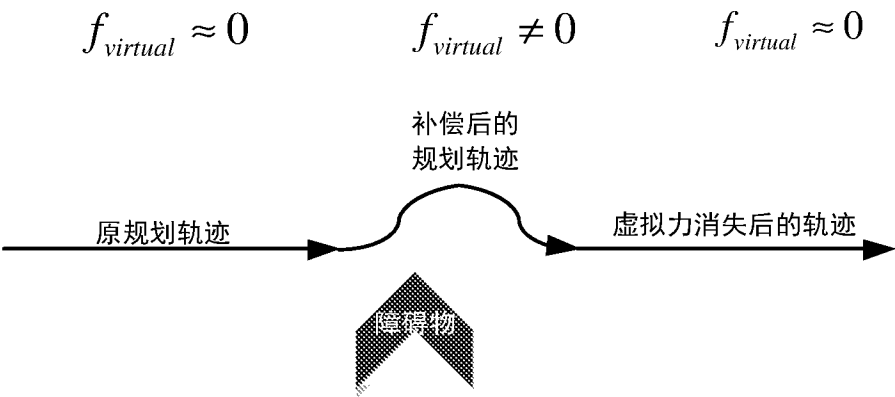


图 3

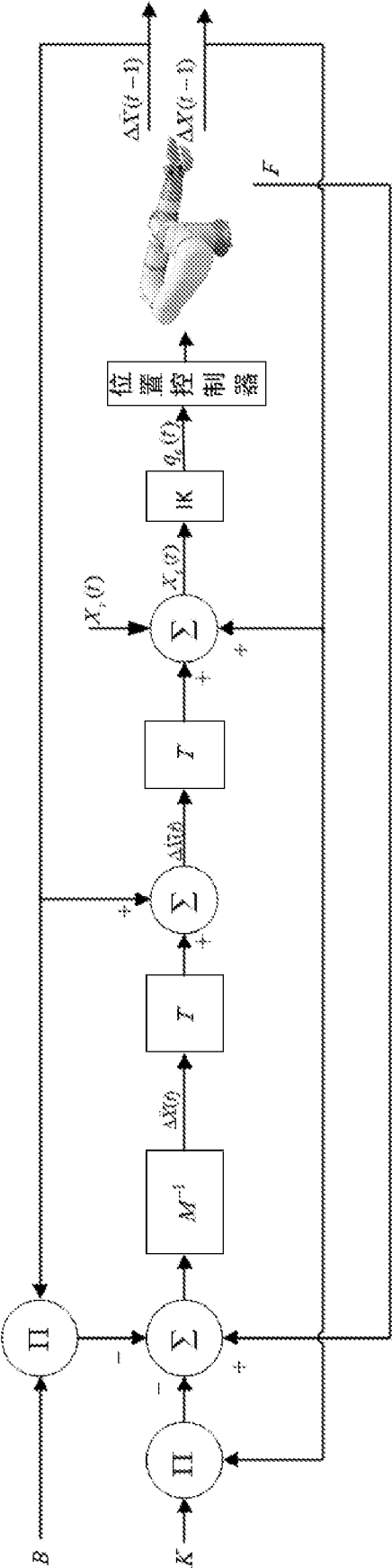


图 4

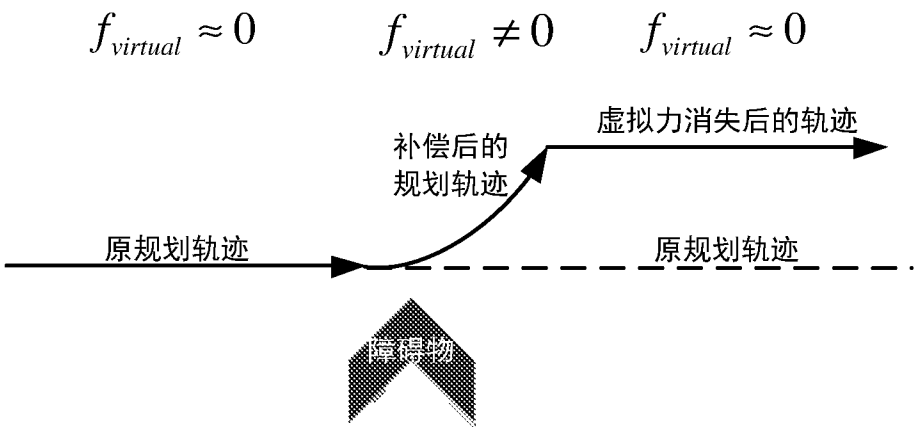


图 5

200

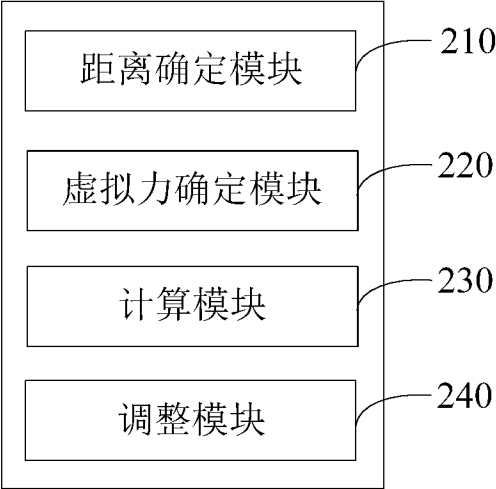


图 6

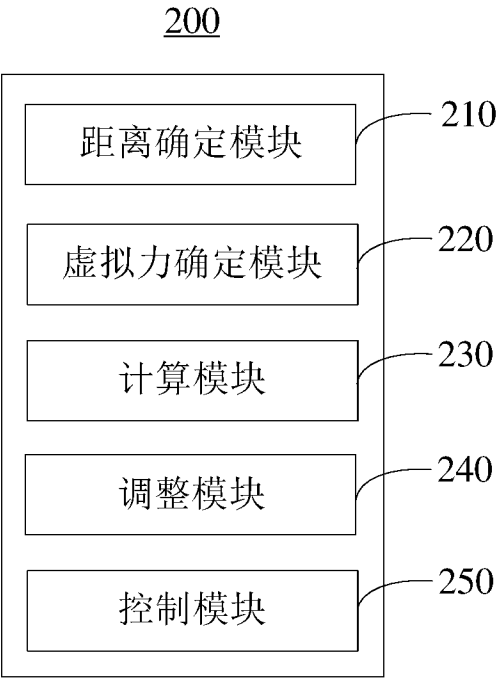


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/133000

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D 1/02(2020.01)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)

G05D

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; WAPABS; VEN; ENTXTC; CNKI; IEEE; 机器人, 末端, 机械手, 机械臂, 轨迹, 路线, 路径, 线路, 规划, 障碍, 距离, 导纳, 虚拟力, 位置, 补偿, robot, bottom, mechanical arm, manipulator, track, path, route, plan, barrier, obstacle, distance, admittance, fictitious, virtual, force, location, position, compensate

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 112947439 A (UBTECH ROBOTICS CORP.) 11 June 2021 (2021-06-11) claims 1-10	1-10
Y	CN 111923038 A (SHENZHEN YUEJIANG TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 November 2020 (2020-11-13) description, paragraphs 47-82, 86, 89-91, figures 1-6	1-3, 6-10
Y	CN 110035871 A (COGNIBOTICS AB) 19 July 2019 (2019-07-19) description, paragraphs 85-247, and figures 1-4	1-3, 6-10
A	CN 107907131 A (ANKOBOT (SHANGHAI) INTELLIGENT TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 April 2018 (2018-04-13) entire document	1-10
A	CN 108472028 A (VERB SURGICAL INC.) 31 August 2018 (2018-08-31) entire document	1-10
A	CN 111252162 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 09 June 2020 (2020-06-09) entire document	1-10
A	US 2014172172 A1 (HYUNDAI MOTOR CO., LTD.) 19 June 2014 (2014-06-19) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

25 January 2022

Date of mailing of the international search report

18 February 2022

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

International application No.

PCT/CN2021/133000

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2016229050 A1 (ABB TECHNOLOGY AG.) 11 August 2016 (2016-08-11) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/133000

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	112947439	A	11 June 2021	None			
CN	111923038	A	13 November 2020	None			
CN	110035871	A	19 July 2019	WO	2018087123	A2	17 May 2018
				WO	2018087123	A3	09 August 2018
				KR	20190075098	A	28 June 2019
				DK	3538328	T3	07 September 2020
				DK	3538328	T5	28 September 2020
				EP	3538328	A2	18 September 2019
				EP	3538328	B1	10 June 2020
				US	2019358817	A1	28 November 2019
CN	107907131	A	13 April 2018	EP	3708954	A1	16 September 2020
				EP	3708954	A4	30 December 2020
				WO	2019090833	A1	16 May 2019
CN	108472028	A	31 August 2018	AU	2020203372	A1	11 June 2020
				AU	2020203372	B2	23 September 2021
				US	2020306997	A1	01 October 2020
				US	2018079090	A1	22 March 2018
				US	10661453	B2	26 May 2020
				CA	3034639	A1	22 March 2018
				CA	3034639	C	23 March 2021
				EP	3512436	A1	24 July 2019
				EP	3512436	A4	06 May 2020
				BR	112019004223	A2	28 May 2019
				WO	2018053349	A1	22 March 2018
				KR	20190049728	A	09 May 2019
				KR	102257827	B1	31 May 2021
				JP	2019534060	A	28 November 2019
				JP	6783925	B2	11 November 2020
				AU	2017326462	A1	07 March 2019
				AU	2017326462	B2	27 February 2020
CN	111252162	A	09 June 2020	None			
US	2014172172	A1	19 June 2014	US	9073207	B2	07 July 2015
				KR	101383726	B1	08 April 2014
				CN	103862469	A	18 June 2014
US	2016229050	A1	11 August 2016	US	9849595	B2	26 December 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/133000

A. 主题的分类

G05D 1/02 (2020.01) i

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

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

G05D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

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))

CNABS;CNTXT;WAPABS;VEN;ENTXTC;CNKI;IEEE:机器人, 末端, 机械手, 机械臂, 轨迹, 路线, 路径, 线路, 规划, 障碍, 距离, 导纳, 虚拟力, 位置, 补偿, robot, bottom, mechanical arm, manipulator, track, path, route, plan, barrier, obstacle, distance, admittance, fictitious, virtual, force, location, position, compensate

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
PX	CN 112947439 A (深圳市优必选科技股份有限公司) 2021年6月11日 (2021 - 06 - 11) 权利要求1-10	1-10
Y	CN 111923038 A (深圳市越疆科技有限公司) 2020年11月13日 (2020 - 11 - 13) 说明书第47-82, 86, 89-91段, 图1-6	1-3, 6-10
Y	CN 110035871 A (康格尼博提克斯股份公司) 2019年7月19日 (2019 - 07 - 19) 说明书第85-247段, 图1-4	1-3, 6-10
A	CN 107907131 A (珊口上海智能科技有限公司) 2018年4月13日 (2018 - 04 - 13) 全文	1-10
A	CN 108472028 A (威博外科公司) 2018年8月31日 (2018 - 08 - 31) 全文	1-10
A	CN 111252162 A (北京理工大学) 2020年6月9日 (2020 - 06 - 09) 全文	1-10
A	US 2014172172 A1 (HYUNDAI MOTOR CO LTD) 2014年6月19日 (2014 - 06 - 19) 全文	1-10

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“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)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“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

“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

“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

“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

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2022年1月25日

国际检索报告邮寄日期

2022年2月18日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

传真号 (86-10)62019451

受权官员

杜晓强

电话号码 (86-27)59371192

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	US 2016229050 A1 (ABB TECHNOLOGY AG) 2016年8月11日 (2016 - 08 - 11) 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/CN2021/133000

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	112947439	A	2021年6月11日	无			
CN	111923038	A	2020年11月13日	无			
CN	110035871	A	2019年7月19日	WO	2018087123	A2	2018年5月17日
				WO	2018087123	A3	2018年8月9日
				KR	20190075098	A	2019年6月28日
				DK	3538328	T3	2020年9月7日
				DK	3538328	T5	2020年9月28日
				EP	3538328	A2	2019年9月18日
				EP	3538328	B1	2020年6月10日
				US	2019358817	A1	2019年11月28日
CN	107907131	A	2018年4月13日	EP	3708954	A1	2020年9月16日
				EP	3708954	A4	2020年12月30日
				WO	2019090833	A1	2019年5月16日
CN	108472028	A	2018年8月31日	AU	2020203372	A1	2020年6月11日
				AU	2020203372	B2	2021年9月23日
				US	2020306997	A1	2020年10月1日
				US	2018079090	A1	2018年3月22日
				US	10661453	B2	2020年5月26日
				CA	3034639	A1	2018年3月22日
				CA	3034639	C	2021年3月23日
				EP	3512436	A1	2019年7月24日
				EP	3512436	A4	2020年5月6日
				BR	112019004223	A2	2019年5月28日
				WO	2018053349	A1	2018年3月22日
				KR	20190049728	A	2019年5月9日
				KR	102257827	B1	2021年5月31日
				JP	2019534060	A	2019年11月28日
				JP	6783925	B2	2020年11月11日
				AU	2017326462	A1	2019年3月7日
				AU	2017326462	B2	2020年2月27日
CN	111252162	A	2020年6月9日	无			
US	2014172172	A1	2014年6月19日	US	9073207	B2	2015年7月7日
				KR	101383726	B1	2014年4月8日
				CN	103862469	A	2014年6月18日
US	2016229050	A1	2016年8月11日	US	9849595	B2	2017年12月26日