

(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
2017 年 12 月 28 日 (28.12.2017)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2017/219640 A1

- (51) 国际专利分类号:
B25J 9/18 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/113194
- (22) 国际申请日: 2016 年 12 月 29 日 (29.12.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610452034.3 2016 年 6 月 20 日 (20.06.2016) CN
- (71) 申请人: 广州视源电子科技有限公司 (GUANGZHOU SHIYUAN ELECTRONICS CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省广州市黄埔区云埔四路 6 号, Guangdong 510530 (CN)。
- (72) 发明人: 罗汉杰(LUO, Hanjie); 中国广东省广州市黄埔区云埔四路 6 号, Guangdong 510530 (CN)。
- (74) 代理人: 广州三环专利代理有限公司 (SCIHEAD PATENT AGENT CO., LTD.); 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, 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, 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,

(54) Title: TRAJECTORY PLANNING METHOD AND DEVICE FOR MECHANICAL ARM

(54) 发明名称: 一种机械臂的轨迹规划方法及装置

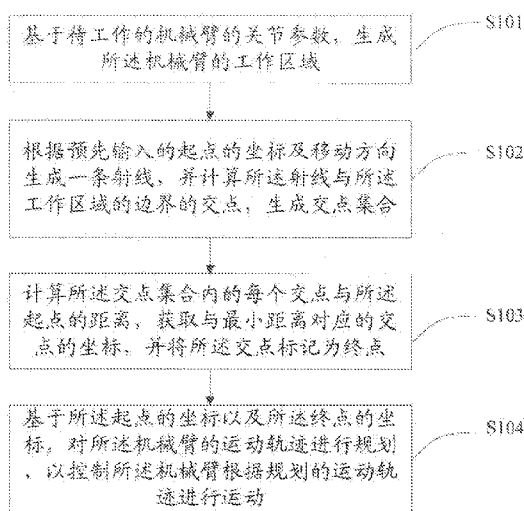


图 1

- S101 Generate, on the basis of joint parameters of a machine arm that is to work, a work area of the mechanism arm
- S102 Generate a ray according to the coordinate of a start point input in advance and a moving direction, and calculate intersection points between the ray and the boundary of the work area to generate an intersection point set
- S102 Calculate the distance between each intersection point in the intersection point set and the start point to obtain the coordinate of an intersection point corresponding to the minimum distance, and mark the intersection point as an end point
- S104 Plan the movement trajectory of the mechanical arm on the basis of the coordinate of the start point and the coordinate of the end point in order to control the mechanical arm to move according to the planned movement trajectory

(57) Abstract: A trajectory planning method and device for a mechanical arm. The planning method comprises: generating, on the basis of joint parameters of a machine arm that is to work, a work area of the mechanism arm; generating a ray according to the coordinate of a start point input in advance and a moving direction, and calculating intersection points between the ray and the boundary of the work area to generate an intersection point set; calculating the distance between each intersection point in the intersection point set and the start point to obtain the coordinate of an intersection point corresponding to the minimum distance, and marking the intersection point as an end point; and planning the movement trajectory of the mechanical arm on the basis of the coordinate of the start point and the coordinate of the end point. The trajectory planning method for a mechanical arm determines the boundary of the work area of the

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, 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))。

mechanical arm on the basis of a geometric method, so that a robot can know the position of the end point in advance before moving, thereby facilitating planning the movement trajectory by the robot.

(57) 摘要: 一种机械臂的轨迹规划方法及规划装置, 该规划方法包括: 基于待工作的机械臂的关节参数, 生成机械臂的工作区域; 根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线, 并计算射线与工作区域的边界的交点, 生成交点集合; 计算交点集合内的每个交点与起点的距离, 获取与最小距离对应的交点的坐标, 并将交点标记为终点; 基于起点的坐标以及终点的坐标, 对机械臂的运动轨迹进行规划。该机械臂轨迹规划方法基于几何的方法来确定机械臂工作区域的边界, 从而使得机器人在运动前就可以提前知道终点的位置, 方便机器人进行运动轨迹的规划。

一种机械臂的轨迹规划方法及装置

技术领域

本发明涉及机械臂运动轨迹规划领域，尤其涉及一种机械臂的轨迹规划方法及装置。

背景技术

在机械臂的工作过程中，需要对机械臂的轨迹进行规划，一般来说，这种轨迹规划都是通过预定的速度规划算法来实现的，例如，可使用 S 型(Double S)速度规划算法来完成机械臂的轨迹规划。

有些速度规划算法在进行轨迹规划时，需要事先接收用户提供的起点和终点的位置，然后程序会在两点之间生成一系列的插补点来描述机械臂的运行轨迹。比如在示教功能中，用户通过手持设备发送指令，使得机械臂从起点出发，一直沿某个方向直线运动，直至到达工作区域的边界（即终点）。

其中，起点位置是由用户指定的，因而可以很简单获得，但是终点的位置（即工作区域的边界）是由机械臂的结构决定的，需要通过监测或计算获得。传统的方法是通过不断监测当前机械臂的是否已经是到达极限位置来实现，但是这种方法需要对路径上所有的位置点进行检测，效率低，且计算量大。

发明内容

针对上述问题，本发明的目的在于提供一种机械臂的轨迹规划方法及装置，在运动前就可以提前知道终点的位置，方便机器人进行运动轨迹的规划。

本发明提供了一种机械臂的轨迹规划方法，包括如下步骤：

基于待工作的机械臂的关节参数，生成所述机械臂的工作区域；

根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，并计算所述射线与所述工作区域的边界的交点，生成交点集合；

计算所述交点集合内的每个交点与所述起点的距离，获取与最小距离对应的交点的坐标，并将所述交点标记为终点；

基于所述起点的坐标以及所述终点的坐标，对所述机械臂的运动轨迹进行规划，以控制所述机械臂根据规划的运动轨迹进行运动。

优选地，所述机械臂为 SCARA 型机械臂。

优选地，所述关节参数包括关节类型、关节之间的臂长及关节的活动范围；则所述基于待工作的机械臂的关节参数，生成所述机械臂的工作区域，具体包括：

根据机械臂的关节类型及关节之间的相对位置关系，基于 DH 坐标系建立生成每个关节的坐标系；

根据每个关节的坐标系、每个关节的活动范围及关节之间的臂长，生成所述机械臂的工作区域。

优选地，所述根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，并计算所述射线与所述工作区域的边界的交点，生成交点集合，具体为：

将所述工作区域分解为至少两段弧线，获取每段弧线的圆心、半径及圆心角范围，并生成与每段弧线对应的圆的方程；

根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，计算所述射线与每个圆的交点；

计算所述交点在所述交点所在的圆上的弧度角，并在所述弧度角位于所述圆心角范围内时，将所述交点存入预设的集合，生成交点集合。

优选地，所述根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，计算所述射线与每个圆的交点具体为：

根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，将所述射线方程与每个圆的方程进行联立，基于参数方程法计算所述射线与每个圆的交点。

优选地，所述根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，计算所述射线与每个圆的交点具体为：

根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，基于射线与圆相交测试的优化算法计算所述射线与每个圆的交点。

本发明还提供了一种机械臂的轨迹规划装置，包括：

工作区域生成单元，用于基于待工作的机械臂的关节参数，生成所述机械臂的工作区域；

交点集合生成单元，用于根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，并计算所述射线与所述工作区域的边界的交点，生成交点集合；

终点标记单元，用于计算所述交点集合内的每个交点与所述起点的距离，获取与最小距离对应的交点的坐标，并将所述交点标记为终点；

运动轨迹规划单元，用于基于所述起点的坐标以及所述终点的坐标，对所述机械臂的运动轨迹进行规划，以控制所述机械臂根据规划的运动轨迹进行运动。

优选地，所述机械臂为 SCARA 型机械臂。

优选地，所述关节参数包括关节类型、关节之间的臂长及关节的活动范围；则所述工作区域生成单元具体包括：

坐标系生成模块，用于根据机械臂的关节类型及关节之间的相对位置关系，基于 DH 坐标系建立生成每个关节的坐标系；

工作区域生成模块，用于根据每个关节的坐标系、每个关节的活动范围及关节之间的臂长，生成所述机械臂的工作区域。

优选地，所述交点集合生成单元具体包括：

工作区域分解模块，用于将所述工作区域分解为至少两段弧线，获取每段弧线的圆心、半径及圆心角范围，并生成与每段弧线对应的圆的方程；

交点计算模块，用于根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，计算所述射线与每个圆的交点；

判断模块，用于计算所述交点在所述交点所在的圆上的弧度角，并在所述弧度角位于所述圆心角范围内时，确定所述交点位于所述弧线上，将所述交点存入预设的集合，生成交点集合。

本发明实施例提供的机械臂的运动轨迹规划方法及装置，通过生成所述机械臂的工作区域，再计算由预先输入的起点的坐标及移动方向生成的射线与工作区域的边界的交点，并获取与起点具有最小距离的交点的坐标，获得与所述起点及移动方向相应的终点，再根据所述起点以及所述终点的坐标进行运动轨迹的规划。本发明基于几何的方法来确定机械臂工作区域的边界因此机器人在运动前就可以提前知道终点的位置，方便机器人进行运动轨迹的规划。

附图说明

为了更清楚地说明本发明的技术方案，下面将对实施方式中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施方式，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的附图。

图 1 是本发明实施例提供的机械臂的轨迹规划方法的流程示意图。

图 2 是 SCARA 型机械臂的结构示意图。

图 3 是图 2 所示的 SCARA 型机械臂在 DH 坐标系的示意图。

图 4 是图 2 所示的 SCARA 型机械臂的工作区域示意图。

图 5 是图 4 所示的工作区域的俯视图。

图 6 是射线与工作区域的连接示意图。

图 7 是本发明实施例提供的通过射线与圆相交测试的优化算法来计算射线与圆的交点的

流程示意图。

图 8 (a) 至 (c) 是图 7 所示的优化算法的原理图。

图 9 是本发明实施例提供的机械臂的轨迹规划装置的结构示意图。

图 10 是图 9 的工作区域生成单元的结构示意图。

图 11 是图 9 的交点集合生成单元的结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，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，都属于本发明保护的范围。

请参阅图 1，本发明实施例提供一种机械臂的轨迹规划方法，所述机械臂的轨迹规划方法可由机械臂的轨迹规划装置来执行，并至少包括如下步骤：

S101，基于待工作的机械臂的关节参数，生成所述机械臂的工作区域。

在本发明实施例中，机械臂是机器人技术领域中最广泛应用的自动化机械装置，其广泛应用于工业制造、医学治疗、娱乐服务、军事、半导体制造以及太空探索等领域。尽管它们的形态各有不同，但它们都有一个共同的特点，就是能够接受指令，并根据指令精确地定位到三维（或二维）空间上的某一点进行作业。

一般来说，一个机械臂包括若干个关节，每个关节都具有关节参数，所述关节参数可包括关节类型、臂长（连接两个关节的连接臂的长度）、活动范围等。其中，所述关节类型可包括转动关节及滑动关节，转动关节可控制连接臂的转动，而滑动关节可实现连接臂的垂直滑动。通过不同关节的组合，即可控制所述机械臂的工作区域。具体地，可通过如下步骤来确定所述机械臂的工作区域：

S1011，根据机械臂的关节类型及关节之间的相对位置关系，基于 DH 坐标系建立生成每个关节的坐标系。

如图 2 所示，以 SCARA(Selective Compliant Articulated Robot for Assembly)型机械臂为例，其具有 4 个关节 J1，J2，J3，J4，其中 J1，J2，J4 为转动关节，且 J1 与 J2，J2 与 J4 通过相应的连接臂进行连接，而 J3 为滑动关节。当然，应当理解的是，本发明还可应用于其他类型的机械臂，在此不做赘述。

在确定上述关节后，需要针对每个关节建立坐标系，如图 3 所示，可基于 DH(Denavit-Hartenberg)坐标系来建立每个关节的坐标系，其中转动关节 J_i 的转动轴与各自的

zi 轴（转动关节 J_i 的连接臂绕 zi 轴转动）互相平行，连接臂的臂长为 α_i , $\{i \mid i \in \{1,2,4\}\}$ ；滑动关节 J_3 的轴（z3 轴）跟 J_4 的轴（z4 轴）平行。在确定出 zi 轴后，可用第一个关节指向第二个关节的方向作为 xi 方向，而 yi 的方向可基于右手定则来确定，如此，即生成了每个关节的坐标系。

S1012, 根据每个关节的坐标系、每个关节的活动范围及关节之间的臂长，生成所述机械臂的工作区域。

在本发明实施例中，在生成每个关节的坐标系后，根据每个关节的活动范围（对于转动关节，其活动范围为其连接臂转动的转动角范围，对于滑动关节，其活动范围为其连接臂的上下运动范围），即可生成所述机械臂的工作区域（如图 4 所示），此时，只需在平面进行投影即可生成如图 5 所示的俯视图。

S102, 根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，并计算所述射线与所述工作区域的边界的交点，生成交点集合。

具体的，在利用机械臂进行示教时，最常用的功能为用户通过手持设备发送指令，使得所述机械臂从预设的起点出发，并一直沿某个方向直线移动，直至到达工作区域的边界（终点）。其中，所述机械臂在移动时需事先知道终点才能进行运动轨迹的规划，在本发明实施例中，为了获得所述终点，具体地，可包括：

S1021, 将所述工作区域分解为至少两段弧线，获取每段弧线的圆心、半径及圆心角范围，并生成与每段弧线对应的圆的方程。

从图 5 中可以看出，所述机械臂的工作区域是由 $\widehat{HAB}$, $\widehat{BC}$, $\widehat{CEG}$, $\widehat{GH}$ 四段弧线所围成。而这四段弧线分别位于 $\odot O_1$, $\odot O_2$, $\odot O_3$, $\odot O_4$ 四个圆上。圆心 O_1 , O_4 与 J_1 轴重合； O_2 和 O_3 分别为 J_1 轴转动到正负极限时 J_2 轴的位置。 j_{Max}^i 和 j_{Min}^i 分别是轴 J_i 的正/负方向的最大活动范围， $j_{Min}^i \leq j_{Max}^i$, $\{j^i \mid -\pi \leq j^i \leq \pi\}$ 。

这四段弧线的详细参数可参照表 1 所示：

表 1

弧线	所在圆	圆心 O_i	半径 r_i	θ_{Min}^i	θ_{Max}^i
$\widehat{HAB}$	$\odot O_1$	$[0,0]^T$	$\alpha_1 + \alpha_2$	j_{Min}^1	j_{Max}^1
$\widehat{BC}$	$\odot O_2$	$[\alpha_1 \cos \theta_{Max}^1, \alpha_1 \sin \theta_{Max}^1]^T$	α_2	0	j_{Max}^2
$\widehat{GH}$	$\odot O_3$	$[\alpha_1 \cos \theta_{Min}^1, \alpha_1 \sin \theta_{Min}^1]^T$	α_2	j_{Min}^2	0
$\widehat{CEG}$	$\odot O_4$	$[0,0]^T$	$ \vec{CO_4} $	θ_{Min}^4	θ_{Max}^4

其中：

$$\overrightarrow{CO_4} = \begin{bmatrix} \alpha_2 \cos \theta_{Max}^2 \cos \theta_{Max}^1 - \alpha_2 \sin \theta_{Max}^2 \sin \theta_{Max}^1 + \alpha_1 \cos \theta_{Max}^1 \\ \alpha_2 \cos \theta_{Max}^2 \sin \theta_{Max}^1 + \alpha_2 \sin \theta_{Max}^2 \cos \theta_{Max}^1 + \alpha_1 \sin \theta_{Max}^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x(\theta_{Max}^1, \theta_{Max}^2) \\ f_y(\theta_{Max}^1, \theta_{Max}^2) \end{bmatrix}$$

$$\theta_{Min}^4 = \tan^{-1}(f_y(\theta_{Min}^1, \theta_{Min}^2), f_x(\theta_{Min}^1, \theta_{Min}^2))$$

$$\theta_{Max}^4 = \tan^{-1}(f_y(\theta_{Max}^1, \theta_{Max}^2), f_x(\theta_{Max}^1, \theta_{Max}^2))$$

S1022, 根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线, 计算所述射线与每个圆的交点。

在本发明实施例中, 假设起点为 I , 方向向量为 $\mathbf{n}$, $\|\mathbf{n}\|$ 为方向向量 $\mathbf{n}$ 的单位向量。则此时射线可表示为 $R(u) = I + u \cdot \|\mathbf{n}\|$ 。

如果起点 I 位于工作区域内, 则射线 $R(u)$ 必与某圆 $\odot O_i$ 有交点 κ_j^i 。

其中, 在计算交点时, 可通过将射线 $R(u)$ 的方程依次与每个圆的方程进行联立, 在利用参数方程法求解获得。

S1023, 计算所述交点在所述交点所在的圆上的弧度角, 并在所述弧度角位于所述圆心角范围内时, 确定所述交点位于所述弧线上, 将所述交点存入预设的集合, 生成交点集合。

在本发明实施例中, 上述求得的交点中, 有些虽然与圆相交, 但是并没有位于弧线上, 因而需要去除。具体地, 如图 6 所示, 射线 IP 分别与 $\odot O_1$ 相交于点 N ; 与 $\odot O_2$ 相交于点 K 和点 M ; 与 $\odot O_4$ 相交于点 J 和点 L ; 与 $\odot O_3$ 没有交点。其中, 点 K, N 虽然在圆上, 但是并不在围成所述工作区域的弧线上, 所以在得到交点后, 还要查看所述交点的弧度角 θ^i 是否满足 $\theta_{Min}^i \leq \theta^i \leq \theta_{Max}^i$ 。

具体地, 假设点 $s(x, y)$ 是 $\odot O_i$ 上的一个点, 则点 s 相对于 $\odot O_i$ 的弧度角 θ^i 为:

$$\theta^i = \begin{cases} \tan^{-1}(y, x), & \text{if } i = 1 \\ \tan^{-1}(-x \sin \theta_{Max}^1 + y \cos \theta_{Max}^1, x \cos \theta_{Max}^1 + y \sin \theta_{Max}^1), & \text{if } i = 2 \\ \tan^{-1}(-x \sin \theta_{Min}^1 + y \cos \theta_{Min}^1, x \cos \theta_{Min}^1 + y \sin \theta_{Min}^1), & \text{if } i = 3 \\ \tan^{-1}(y, x), & \text{if } i = 4 \end{cases}$$

通过上述公式就可以确定哪些交点是在弧线上, 哪些不在。此时, 将那些位于弧线上的交点存入预设的集合 $\xi = \{\kappa^i\}$ 中, 生成交点集合。

需要说明的是, 在本发明的其他实施例中, 所述工作区域并不一定是由圆的弧线组成。例如, 所述工作区域可能由椭圆的弧线组成或者由不同类型的几何形状的弧线混合组成, 此时, 同理, 可获得这些弧线对应的几何形状的方程及角度范围, 再通过上述的方法即可计算生成交点集合, 这些技术方案均在本发明的保护范围之内, 在此不做赘述。

S103, 计算所述交点集合内的每个交点与所述起点的距离, 获取与最小距离对应的交点

的坐标, 并将所述交点标记为终点。

在本发明实施例中, 可通过欧拉公式计算得到每个交点与所述起点 I 的距离, 然后对计算得到的每个距离进行比较, 获取与最小距离对应的交点的坐标, 并将所述交点标记为终点, 此时, 即得到所需的工作区域的边界。

S104, 基于所述起点的坐标以及所述终点的坐标, 对所述机械臂的运动轨迹进行规划, 以控制所述机械臂根据规划的运动轨迹进行运动。

在本发明实施例中, 在获得与所述起点及所述移动方向对应的终点的坐标后, 即可根据所述起点的坐标以及所述终点的坐标, 对所述机械臂的运动轨迹进行规划。

例如, 以典型的 S 型速度规划算法为例, 其在接收到所述起点的坐标、所述终点的坐标后, 即可规划得到七段运动过程, 并通过这七段运动过程实现了将所述机械臂从所述起点 (初速度为零) 平稳快速的移动到所述终点 (末速度也为零)。

综上所述, 本发明实施例提供的机械臂的运动轨迹规划方法, 通过生成所述机械臂的工作区域, 再计算由预先输入的起点的坐标及移动方向生成的射线与工作区域的边界的交点, 并获取与起点具有最小距离的交点的坐标, 获得与所述起点及移动方向相应的终点, 再根据所述起点以及所述终点的坐标进行运动轨迹的规划。本发明基于几何的方法来确定机械臂工作区域的边界因此机器人在运动前就可以提前知道终点的位置, 方便机器人进行运动轨迹的规划。

为了便于对本发明的理解, 下面将对本发明的一些优选实施例做进一步的描述。

优选地, 针对步骤 S1022, 在生成所述射线后, 可以使用传统的参数方程法求交点, 也可以使用 Akenine-Möller 等提出的基于射线与圆相交测试的优化算法来计算所述射线与每个圆的交点。

具体地, 如图 7 所示, 设射线的参数方程为 $R(u) = I + u \cdot \|n\|$, 其中 $\|n\|$ 是单位长度。如图 8(a) 所示, 首先计算出从起点 I 出发到圆心 O_i 的向量 $\vec{a} = I - O_i$, 向量 $\vec{a}$ 的长度 $a^2 = \vec{a} \cdot \vec{a}$ 以及向量 $\vec{a}$ 沿着 $\|n\|$ 方向的投影 $l = \|n\| \cdot \vec{a}$: 若 $a^2 > r_i^2$ 且 $l < 0$, 则说明起点位于 $\odot O_i$ 外, 且射线的方向沿远离 $\odot O_i$ 方向延伸, 因此所述射线与 $\odot O_i$ 不相交 (如图 8(b) 所示), 此时完成第一次排除测试。否则, 利用勾股定理计算出圆心 O_i 与投影之间距离的平方: $m^2 = a^2 - l^2$, 若 $m^2 > r_i^2$, 则可以判定射线与圆 O_i 一定不相交, 完成第二次排除测试。如果射线和 $\odot O_i$ 经过两次排除测试, 则就可以判定它们一定相交。接下来, 计算射线与 $\odot O_i$ 的交点: 首先, 计算出距离 $q = \sqrt{r_i^2 - m^2}$, 然后判断起点 I 是否位于 $\odot O_i$ 内, 若 $a^2 > r_i^2$, 则说明起点 I 位于 $\odot O_i$ 外, 此时, 所述射线与圆

O_i 有两个交点, 分别为 $\kappa_0^i = I + (l + q) \cdot \|n\|$ 以及 $\kappa_1^i = I + (l - q) \cdot \|n\|$ (如图 8 (a) 所示)。若 $a^2 < r_i^2$, 则说明起点 I 位于圆 O_i 内, 此时, 所述射线与圆 O_i 有一个交点, 为 $I + (l + q) \cdot \|n\|$ (如图 8 (c) 所示)。

本优选方案中, 在计算射线与圆的交点之前, 先通过两次测试判断射线与圆是否有交点, 在计算时, 仅计算与射线有交点的圆, 而不需要对那些与射线没有交点的圆进行计算, 如此, 减小了计算量, 提升了计算效率。

请一并参阅图 9, 本发明实施例还提供一种机械臂的轨迹规划装置 100, 其包括:

工作区域生成单元 10, 用于基于待工作的机械臂的关节参数, 生成所述机械臂的工作区域。

交点集合生成单元 20, 用于根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线, 并计算所述射线与所述工作区域的边界的交点, 生成交点集合;

终点标记单元 30, 用于计算所述交点集合内的每个交点与所述起点的距离, 获取与最小距离对应的交点的坐标, 并将所述交点标记为终点;

运动轨迹规划单元 40, 用于基于所述起点的坐标以及所述终点的坐标, 对所述机械臂的运动轨迹进行规划, 以控制所述机械臂根据规划的运动轨迹进行运动。

其中, 优选地, 所述机械臂为 SCARA 型机械臂。

其中, 优选地, 请一并参阅图 10, 所述工作区域生成单元 10 具体包括:

坐标系生成模块 11, 用于根据机械臂的关节类型及关节之间的相对位置关系, 基于 DH 坐标系建立生成每个关节的坐标系。

工作区域生成模块 12, 用于根据每个关节的坐标系、每个关节的活动范围及关节之间的臂长, 生成所述机械臂的工作区域。

其中, 优选地, 请一并参阅图 11, 所述交点集合生成单元 20 具体包括:

工作区域分解模块 21, 用于将所述工作区域分解为至少两段弧线, 获取每段弧线的圆心、半径及圆心角范围, 并生成与每段弧线对应的圆的方程。

交点计算模块 22, 用于根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线, 计算所述射线与每个圆的交点。

其中, 所述交点计算模块 22 在计算所述射线与每个圆的交点的时候, 可直接将所述射线与每个圆进行联立计算得到, 也可基于射线与圆相交测试的优化算法计算所述射线与每个圆的交点, 本发明不做具体限定。

判断模块 23, 用于计算所述交点在所述交点所在的圆上的弧度角, 并在所述弧度角位于

所述圆心角范围内时，确定所述交点位于所述弧线上，将所述交点存入预设的集合，生成交点集合。

综上所述，本发明实施例提供的机械臂的运动轨迹规划装置 100，由所述工作区域生成单元 10 生成所述机械臂的工作区域，再由交点集合生成单元 20 计算由预先输入的起点的坐标及移动方向生成的射线与工作区域的边界的交点，并由所述终点标记单元 30 获取与起点具有最小距离的交点的坐标，获得与所述起点及移动方向相应的终点，最后由运动轨迹规划单元 40 根据所述起点以及所述终点的坐标进行运动轨迹的规划。本发明基于几何的方法来确定机械臂工作区域的边界因此机器人在运动前就可以提前知道终点的位置，方便机器人进行运动轨迹的规划。

以上所揭露的仅为本发明一种较佳实施例而已，当然不能以此来限定本发明之权利范围，本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分流程，并依本发明权利要求所作的等同变化，仍属于发明所涵盖的范围。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程，是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的程序可存储于一计算机可读取存储介质中，该程序在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，所述的存储介质可为磁碟、光盘、只读存储记忆体（Read-Only Memory，ROM）或随机存储记忆体（Random Access Memory，RAM）等。

权利要求书

1、一种机械臂的轨迹规划方法，其特征在于，包括如下步骤：

基于待工作的机械臂的关节参数，生成所述机械臂的工作区域；

根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，并计算所述射线与所述工作区域的边界的交点，生成交点集合；

计算所述交点集合内的每个交点与所述起点的距离，获取与最小距离对应的交点的坐标，并将所述交点标记为终点；

基于所述起点的坐标以及所述终点的坐标，对所述机械臂的运动轨迹进行规划，以控制所述机械臂根据规划的运动轨迹进行运动。

2、根据权利要求1所述的机械臂的轨迹规划方法，其特征在于，所述机械臂为 SCARA 型机械臂。

3、根据权利要求1所述的机械臂的轨迹规划方法，其特征在于，

所述关节参数包括关节类型、关节之间的臂长及关节的活动范围；

则所述基于待工作的机械臂的关节参数，生成所述机械臂的工作区域，具体包括：

根据机械臂的关节类型及关节之间的相对位置关系，基于 DH 坐标系建立生成每个关节的坐标系；

根据每个关节的坐标系、每个关节的活动范围及关节之间的臂长，生成所述机械臂的工作区域。

4、根据权利要求1所述的机械臂的轨迹规划方法，其特征在于，所述根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，并计算所述射线与所述工作区域的边界的交点，生成交点集合，具体为：

将所述工作区域分解为至少两段弧线，获取每段弧线的圆心、半径及圆心角范围，并生成与每段弧线对应的圆的方程；

根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，计算所述射线与每个圆的交点；

计算所述交点在所述交点所在的圆上的弧度角，并在所述弧度角位于所述圆心角范围内时，将所述交点存入预设的交点集合，生成交点集合。

5、根据权利要求4所述的机械臂的轨迹规划方法，其特征在于，所述根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，计算所述射线与每个圆的交点具体为：

根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，将所述射线方程与每个圆的方程进行联立，基于参数方程法计算所述射线与每个圆的交点。

6、根据权利要求4所述的机械臂的轨迹规划方法，其特征在于，所述根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，计算所述射线与每个圆的交点具体为：

根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，基于射线与圆相交测试的优化算法计算所述射线与每个圆的交点。

7、一种机械臂的轨迹规划装置，其特征在于，包括：

工作区域生成单元，用于基于待工作的机械臂的关节参数，生成所述机械臂的工作区域；

交点集合生成单元，用于根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，并计算所述射线与所述工作区域的边界的交点，生成交点集合；

终点标记单元，用于计算所述交点集合内的每个交点与所述起点的距离，获取与最小距离对应的交点的坐标，并将所述交点标记为终点；

运动轨迹规划单元，用于基于所述起点的坐标以及所述终点的坐标，对所述机械臂的运动轨迹进行规划，以控制所述机械臂根据规划的运动轨迹进行运动。

8、根据权利要求7所述的机械臂的轨迹规划装置，其特征在于，所述机械臂为 SCARA 型机械臂。

9、根据权利要求7所述的机械臂的轨迹规划装置，其特征在于，

所述关节参数包括关节类型、关节之间的臂长及关节的活动范围；

所述工作区域生成单元具体包括：

坐标系生成模块，用于根据机械臂的关节类型及关节之间的相对位置关系，基于 DH 坐标系建立生成每个关节的坐标系；

工作区域生成模块，用于根据每个关节的坐标系、每个关节的活动范围及关节之间的臂长，生成所述机械臂的工作区域。

10、根据权利要求7所述的机械臂的轨迹规划装置，其特征在于，所述交点集合生成单元具体包括：

工作区域分解模块，用于将所述工作区域分解为至少两段弧线，获取每段弧线的圆心、半径及圆心角范围，并生成与每段弧线对应的圆的方程；

交点计算模块，用于根据预先输入的起点的坐标及移动方向生成一条射线，计算所述射线与每个圆的交点；

判断模块，用于计算所述交点在所述交点所在的圆上的弧度角，并在所述弧度角位于所述圆心角范围内时，确定所述交点位于所述弧线上，将所述交点存入预设的集合，生成交点集合。



图 1

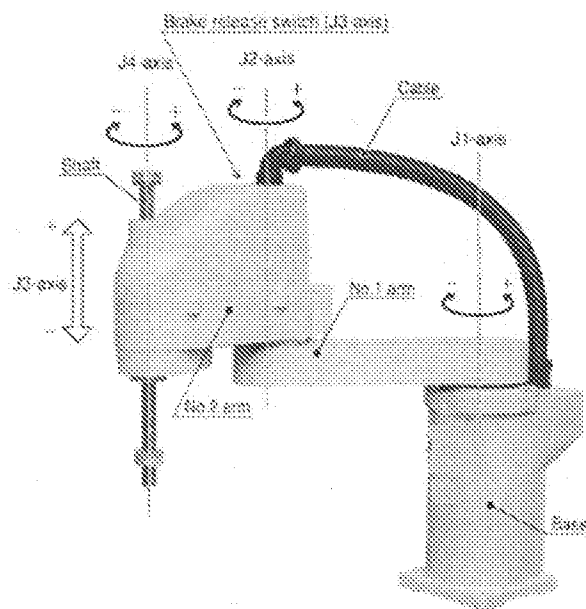


图 2

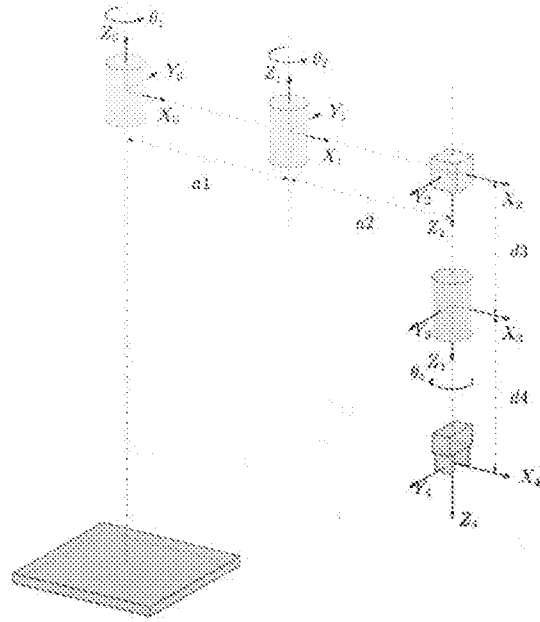


图 3

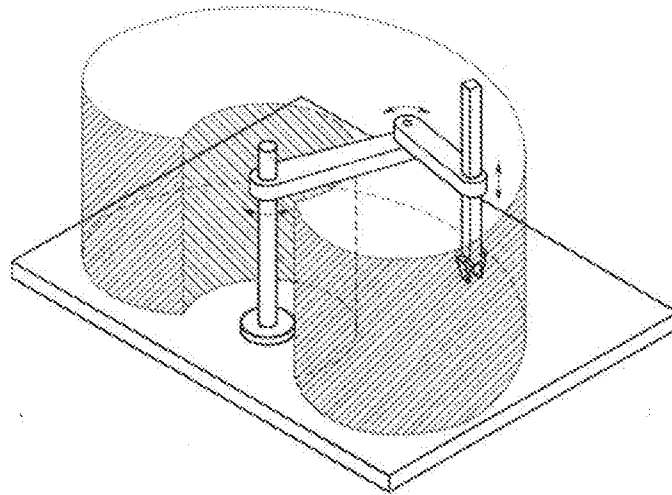


图 4

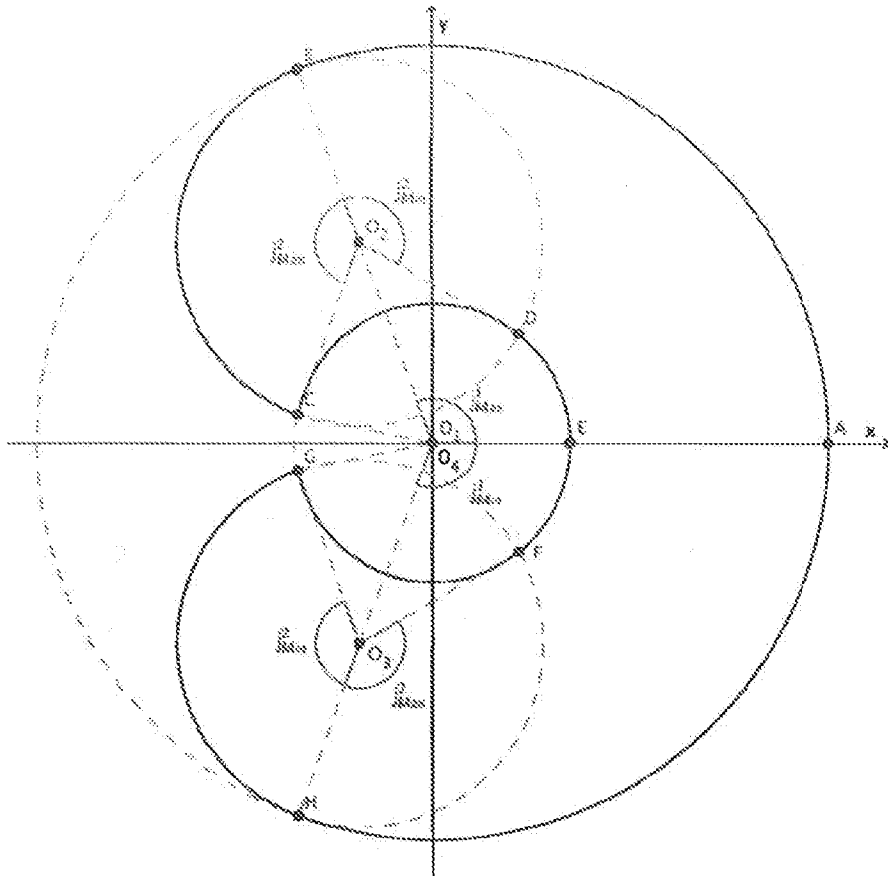


图 5

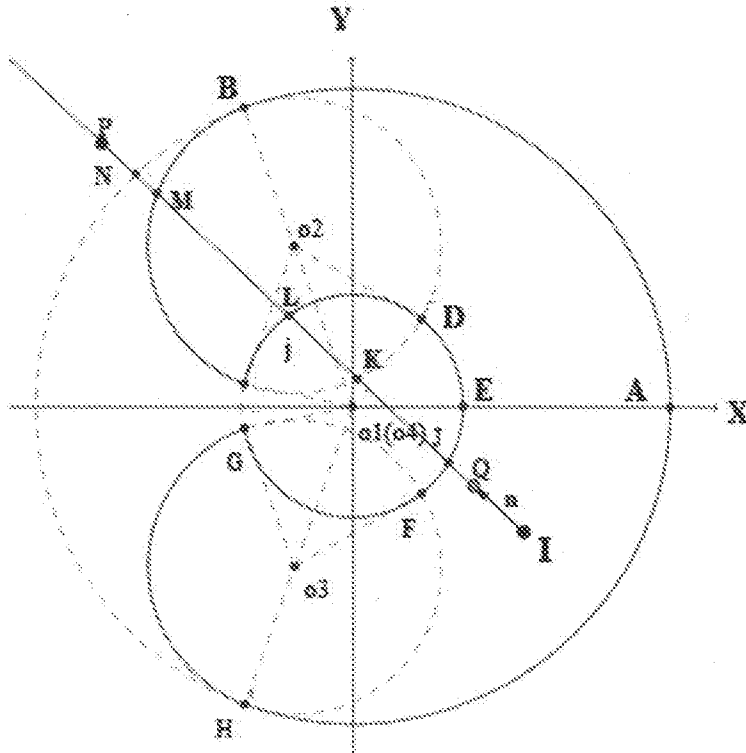


图 6

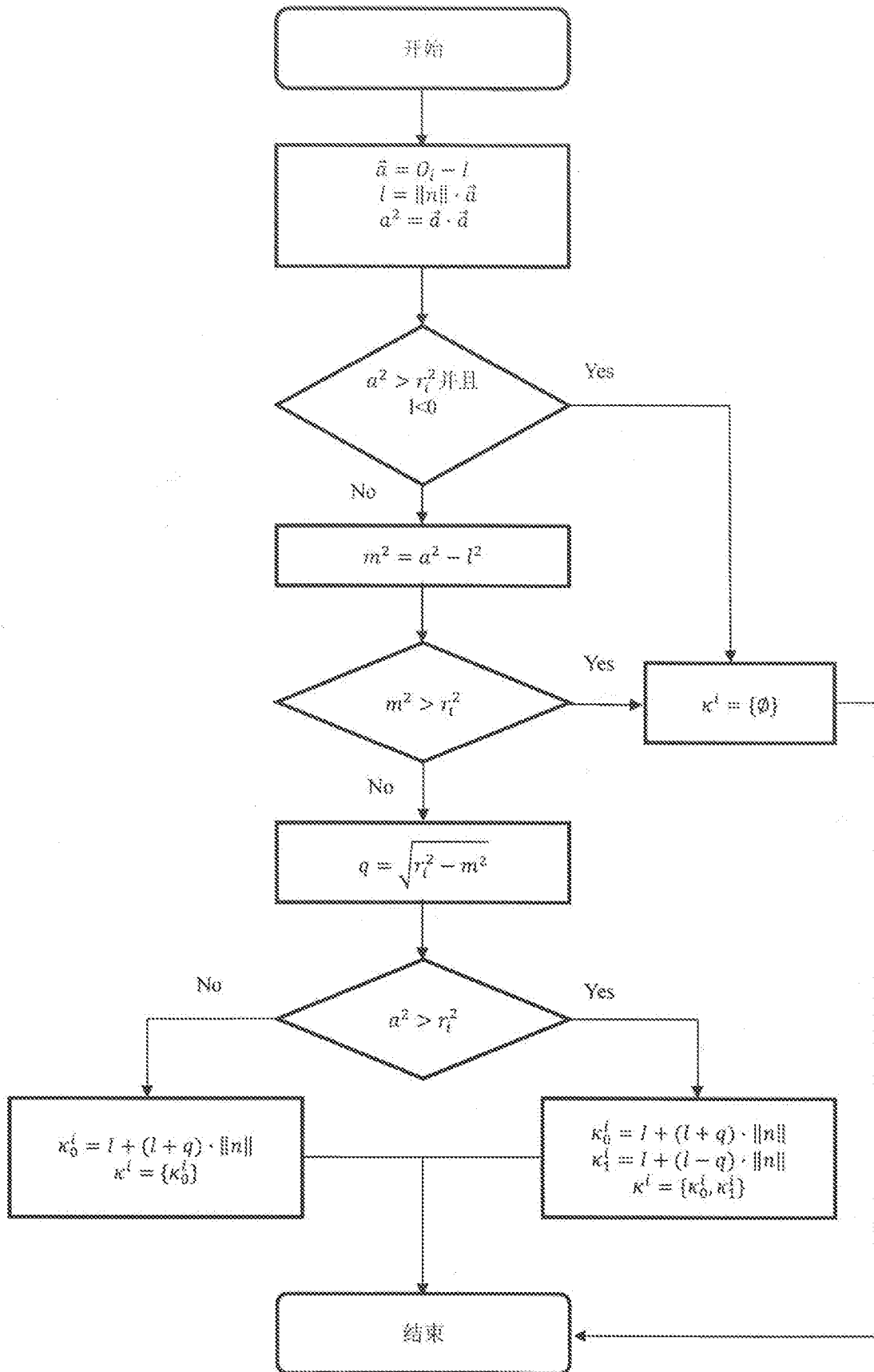


图 7

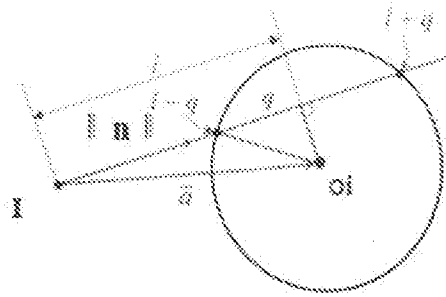


图 8(a)

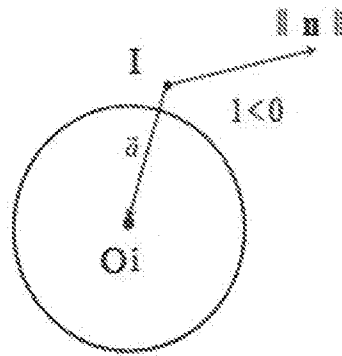


图 8(b)

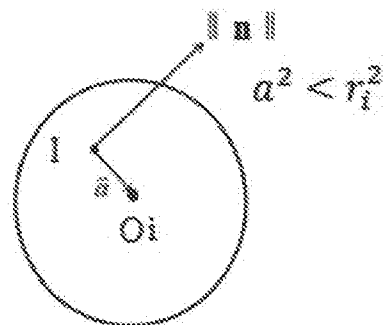


图 8(c)

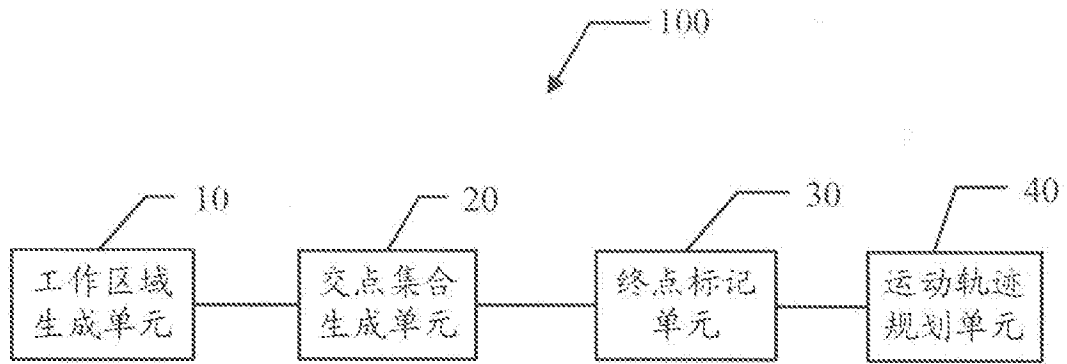


图 9

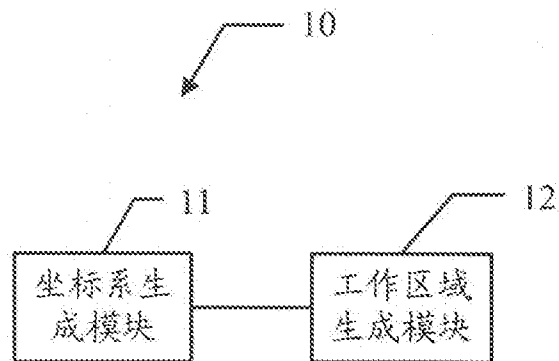


图 10

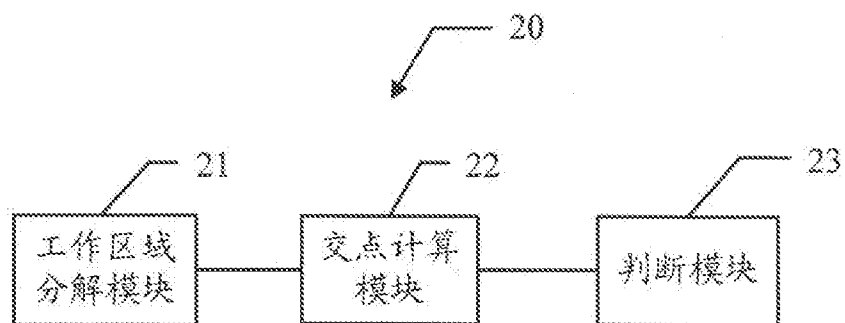


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/113194

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J 9/18 (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)

B25J

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, YEN, CNKI: robot arm, trail, trajectory, point, destination, boundary, work area

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 106041941 A (GUANGZHOU CVTE ELECTRONIC TECHNOLOGY CO., LTD.) 26 October 2016 (26.10.2016) the whole document	1-10
PX	CN 105922265 A (GUANGZHOU CVTE ELECTRONIC TECHNOLOGY CO., LTD.) 07 September 2016 (07.09.2016) the whole document	1-10
A	CN 101898358 A (KUKA ROBOTER GMBH) 01 December 2010 (01.12.2010) description, pages 1-5, and figures 1 and 2	1-10
A	CN 104684695 A (KUKA ROBOTER GMBH) 03 June 2015 (03.06.2015) the whole document	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 13 March 2017	Date of mailing of the international search report 31 March 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer HUANG, Junrong Telephone No. (86-10) 62085372

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/CN2016/113194

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104457566 A (NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY) 25 March 2015 (25.03.2015) the whole document	1-10
A	CN 105291115 A (KUKA ROBOTER GMBH) 03 February 2016 (03.02.2016) the whole document	1-10
A	US 2015134111 A1 (CANON K.K.) 14 May 2015 (14.05.2015) the whole document	1-10
A	EP 2898996 A1 (PLUM SP Z O O) 29 July 2015 (29.07.2015) the whole document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/113194

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 106041941 A	26 October 2016	None	
CN 105922265 A	07 September 2016	None	
CN 101898358 A	01 December 2010	DE 102009023307 A1	02 December 2010
		US 2010305753 A1	02 December 2010
		EP 2255931 A2	01 December 2010
		EP 2255931 A3	30 April 2014
		CN 101898358 B	17 June 2015
		KR 20100129206 A	08 December 2010
		US 8774965 B2	08 July 2014
CN 104684695 A	03 June 2015	EP 2879842 A1	10 June 2015
		DE 102012015437 A1	15 May 2014
		US 2015239123 A1	27 August 2015
		WO 2014019706 A1	06 February 2014
CN 104457566 A	25 March 2015	None	
CN 105291115 A	03 February 2016	KR 20160012934 A	03 February 2016
		US 2016026751 A1	28 January 2016
		EP 2977149 A2	27 January 2016
		EP 2977149 A3	30 March 2016
		DE 102014011012 A1	28 January 2016
US 2015134111 A1	14 May 2015	JP 2015116663 A	25 June 2015
		US 9352465 B2	31 May 2016
EP 2898996 A1	29 July 2015	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/113194

A. 主题的分类

B25J 9/18(2006.01)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)

B25J

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, VEN, CNKI: robot arm, trail, trajectory, point, 机械臂, 路线, 轨迹, 行程, 终点, 边界, 工作区域

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 106041941 A (广州视源电子科技有限公司) 2016年 10月 26日 (2016 - 10 - 26) 全文	1-10
PX	CN 105922265 A (广州视源电子科技有限公司) 2016年 9月 7日 (2016 - 09 - 07) 全文	1-10
A	CN 101898358 A (库卡机器人有限公司) 2010年 12月 1日 (2010 - 12 - 01) 说明书第1-5页, 附图1-2	1-10
A	CN 104684695 A (库卡罗伯特有限公司) 2015年 6月 3日 (2015 - 06 - 03) 全文	1-10
A	CN 104457566 A (西北工业大学) 2015年 3月 25日 (2015 - 03 - 25) 全文	1-10
A	CN 105291115 A (库卡罗伯特有限公司) 2016年 2月 3日 (2016 - 02 - 03) 全文	1-10
A	US 2015134111 A1 (CANON KK) 2015年 5月 14日 (2015 - 05 - 14) 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

2017年 3月 13日

国际检索报告邮寄日期

2017年 3月 31日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(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

黄军容

电话号码 (86-10)62085372

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 2898996 A1 (PLUM SP Z O O) 2015年 7月 29日 (2015 - 07 - 29) 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/CN2016/113194

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	106041941	A	2016年 10月 26日	无			
CN	105922265	A	2016年 9月 7日	无			
CN	101898358	A	2010年 12月 1日	DE	102009023307	A1	2010年 12月 2日
				US	2010305753	A1	2010年 12月 2日
				EP	2255931	A2	2010年 12月 1日
				EP	2255931	A3	2014年 4月 30日
				CN	101898358	B	2015年 6月 17日
				KR	20100129206	A	2010年 12月 8日
				US	8774965	B2	2014年 7月 8日
CN	104684695	A	2015年 6月 3日	EP	2879842	A1	2015年 6月 10日
				DE	102012015437	A1	2014年 5月 15日
				US	2015239123	A1	2015年 8月 27日
				WO	2014019706	A1	2014年 2月 6日
CN	104457566	A	2015年 3月 25日	无			
CN	105291115	A	2016年 2月 3日	KR	20160012934	A	2016年 2月 3日
				US	2016026751	A1	2016年 1月 28日
				EP	2977149	A2	2016年 1月 27日
				EP	2977149	A3	2016年 3月 30日
				DE	102014011012	A1	2016年 1月 28日
US	2015134111	A1	2015年 5月 14日	JP	2015116663	A	2015年 6月 25日
				US	9352465	B2	2016年 5月 31日
EP	2898996	A1	2015年 7月 29日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)