



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105455834 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 06

(21) 申请号 201410438924. X

(22) 申请日 2014. 08. 30

(71) 申请人 上海联影医疗科技有限公司
地址 201807 上海市嘉定区城北路 2258 号

(72) 发明人 王炜 王维

(51) Int. Cl.
A61B 6/03(2006. 01)

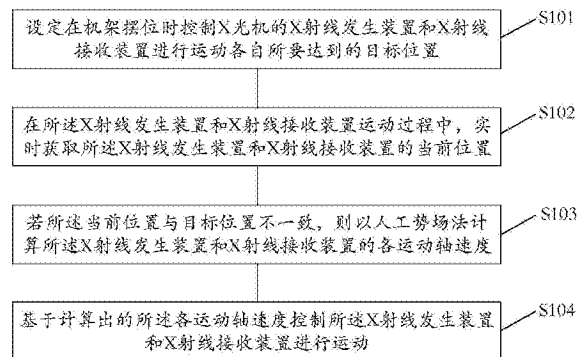
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

X 光机运动轨迹规划方法与装置

(57) 摘要

一种 X 光机运动轨迹规划方法与装置, 所述方法包括: 设定在机架摆位时控制 X 光机的 X 射线发生装置和 X 射线接收装置进行运动各自所要达到的目标位置; 在所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置运动过程中, 实时获取所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置的当前位置; 若所述当前位置与目标位置不一致, 则以人工势场法计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各运动轴速度; 基于计算出的所述各运动轴速度控制所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置进行运动。本发明技术方案能够实现 X 光机在机架摆位时简单、快捷地规划出既平滑又安全, 且适合多目标同时运动时的运动路径。



1. 一种 X 光机运动轨迹规划方法,其特征在于,包括:

设定在机架摆位时控制 X 光机的 X 射线发生装置和 X 射线接收装置进行运动各自所要达到的目标位置;

在所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置运动过程中,实时获取所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置的当前位置;

若所述当前位置与目标位置不一致,则以人工势场法计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各运动轴速度;

基于计算出的所述各运动轴速度控制所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置进行运动。

2. 根据权利要求 1 所述的 X 光机运动轨迹规划方法,其特征在于,所述以人工势场法计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各运动轴速度包括:

将所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置互为各自运动至目标位置途中的障碍物;

以所述 X 射线发生装置的旋转中心为球心,且能完全容纳所述 X 射线发生装置的球形区域作为所述 X 射线发生装置的碰撞区域;

以所述 X 射线接收装置的旋转中心为球心,且能完全容纳所述 X 射线接收装置的球形区域作为所述 X 射线接收装置的碰撞区域。

3. 根据权利要求 2 所述的 X 光机运动轨迹规划方法,其特征在于,所述以人工势场法计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各运动轴速度还包括:

分别计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各自运动至目标位置途中所有障碍物的排斥力;

分别计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各自目标位置的吸引力;

分别计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各自所对应排斥力与吸引力的合力;

根据所述合力计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各运动轴速度。

4. 根据权利要求 3 所述的 X 光机运动轨迹规划方法,其特征在于,所述分别计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各自运动至目标位置途中所有障碍物的排斥力包括:

若 D_{FT} 小于或等于 D_{max} , 则:

$$\begin{cases} \bar{F}_{FTX} = K_F \bar{D}_{FTX} / D_{FT}^2; \\ \bar{F}_{FTZ} = K_F \bar{D}_{FTZ} / D_{FT}^2; \end{cases}$$

其中, D_{FT} 为所述 X 射线发生装置的碰撞区域或所述 X 射线接收装置的碰撞区域与其障碍物的碰撞区域之间的距离, \bar{D}_{FTX} 和 \bar{D}_{FTZ} 分别是 D_{FT} 在 x 轴方向和 z 轴方向的分量, D_{max} 为障碍物开始排斥的最大距离阈值, \bar{F}_{FTX} 和 \bar{F}_{FTZ} 分别为所述 X 射线发生装置或所述 X 射线接收装置在 x 轴方向的排斥力和在 z 轴方向的排斥力, K_F 为比例系数。

5. 根据权利要求 3 所述的 X 光机运动轨迹规划方法,其特征在于,所述分别计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各自目标位置的吸引力包括:

若 D_g 大于或等于 D_{min} , 则:

$$D_g = \begin{cases} D_{goal} & (D_{goal} > D_{run}) \\ D_{run} & (D_{goal} \leq D_{run}) \end{cases};$$

$$\begin{cases} \vec{F}_{\text{goalX}} = K_g \vec{D}_{\text{goalX}} D_g / D_{\text{goal}}; \\ \vec{F}_{\text{goalZ}} = K_g \vec{D}_{\text{goalZ}} D_g / D_{\text{goal}}; \end{cases}$$

其中, \vec{F}_{goalX} 、 \vec{F}_{goalZ} 分别为所述 X 射线发生装置或所述 X 射线接收装置在 x 轴方向目标位置的吸引力和在 z 轴方向目标位置的吸引力, K_g 为比例系数, D_{min} 为当前位置与目标位置之间的距离偏差阈值, D_{goal} 为所述 X 射线发生装置或所述 X 射线接收装置的当前位置与相应目标位置之间的距离, D_{run} 为吸引力最小阈值, \vec{D}_{goalX} 和 \vec{D}_{goalZ} 分别是 D_{goal} 在 x 轴方向和 z 轴方向的分量。

6. 根据权利要求 3 所述的 X 光机运动轨迹规划方法, 其特征在于, 所述根据所述合力计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置的运动轴速度包括:

$$\vec{v}_X = \begin{cases} K_v \vec{F}_X & |K_v \vec{F}_X| \leq |\vec{v}_{\text{maxX}}| \\ \vec{v}_{\text{maxX}} & |K_v \vec{F}_X| > |\vec{v}_{\text{maxX}}| \end{cases},$$

$$\vec{v}_Z = \begin{cases} K_v \vec{F}_Z & |K_v \vec{F}_Z| \leq |\vec{v}_{\text{maxZ}}| \\ \vec{v}_{\text{maxZ}} & |K_v \vec{F}_Z| > |\vec{v}_{\text{maxZ}}| \end{cases},$$

其中, \vec{v}_X 、 \vec{v}_Z 分别为所述 X 射线发生装置或所述 X 射线接收装置在 x 轴和 z 轴方向的速度, \vec{F}_X 、 \vec{F}_Z 为所述 X 射线发生装置或所述 X 射线接收装置在 x 轴和 z 轴方向的合力, K_v 为力与速度的转换比例系数, \vec{v}_{maxX} 、 \vec{v}_{maxZ} 分别为 x 轴和 z 轴方向的最大速度。

7. 根据权利要求 1 所述的 X 光机运动轨迹规划方法, 其特征在于, 所述 X 射线发生装置包括球管和限束器, 所述 X 射线接收装置包括内置平板探测器的胸片盒。

8. 一种 X 光机运动轨迹规划装置, 其特征在于, 包括:

设定单元, 适于设定在机架摆位时控制 X 光机的 X 射线发生装置和 X 射线接收装置进行运动各自所要达到的目标位置;

位置获取单元, 适于在所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置运动过程中, 实时获取所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置的当前位置;

计算单元, 适于在所述当前位置与目标位置不一致时, 以人工势场法计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置的运动轴速度;

控制单元, 适于基于计算出的所述各运动轴速度控制所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置进行运动。

9. 根据权利要求 8 所述的 X 光机运动轨迹规划装置, 其特征在于, 所述计算单元在以人工势场法计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置的运动轴速度时, 将所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置互为各自运动至目标位置途中的障碍物, 以所述 X 射线发生装置的旋转中心为球心, 且能完全容纳所述 X 射线发生装置的球形区域作为所述 X 射线发生装置的碰撞区域, 以所述 X 射线接收装置的旋转中心为球心, 且能完全容纳所述 X 射线接收装置的球形区域作为所述 X 射线接收装置的碰撞区域。

10. 根据权利要求 8 所述的 X 光机运动轨迹规划装置, 其特征在于, 所述 X 射线发生装置包括球管和限束器, 所述 X 射线接收装置包括内置平板探测器的胸片盒。

X 光机运动轨迹规划方法与装置

技术领域

[0001] 本发明涉及 X 射线摄影系统技术领域,特别涉及一种 X 光机运动轨迹规划方法与装置。

背景技术

[0002] 目前市场上部分医用数字化 X 射线摄影 (DR, Digital Radiography) 系统在机架摆位时采用了电动一键到位功能,在电动过程中需要解决路径规划和防碰撞问题。

[0003] 现有技术中, DR 系统采用的一键到位路径规划方法一般为路径插值算法,通过在当前位置和目标位置之间计算出中间位置点来避开障碍,能够确保一定的安全性,而且该算法简单易行,针对于运动较为简单的 X 光机有一定优势,但是运动路径被分割为多条直线,轨迹不够平滑。若是仅仅追求运动轨迹的平滑性,则又无法确保在机架摆位时 X 光机的相关部件运动过程中的安全性。

[0004] 此外,现有技术中通常采用的静态路径规划算法,难以解决多目标同时运动时路径复杂变化的问题。

[0005] 因此,现有技术无法实现 X 光机在机架摆位时简单、快捷地规划出既平滑又安全,且适合多目标同时运动时的运动路径。

发明内容

[0006] 本发明要解决的是现有技术规划 X 光机在机架摆位时的运动路径不够平滑和安全,且无法解决多目标同时运动时路径复杂变化的问题。

[0007] 为解决上述问题,本发明技术方案提供一种 X 光机运动轨迹规划方法,包括:

[0008] 设定在机架摆位时控制 X 光机的 X 射线发生装置和 X 射线接收装置进行运动各自所要达到的目标位置;

[0009] 在所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置运动过程中,实时获取所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置的当前位置;

[0010] 若所述当前位置与目标位置不一致,则以人工势场法计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置的运动轴速度;

[0011] 基于计算出的所述各运动轴速度控制所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置进行运动。

[0012] 可选的,所述以人工势场法计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置的运动轴速度包括:

[0013] 将所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置互为各自运动至目标位置途中的障碍物;

[0014] 以所述 X 射线发生装置的旋转中心为球心,且能完全容纳所述 X 射线发生装置的球形区域作为所述 X 射线发生装置的碰撞区域;

[0015] 以所述 X 射线接收装置的旋转中心为球心,且能完全容纳所述 X 射线接收装置的

球形区域作为所述 X 射线接收装置的碰撞区域。

[0016] 可选的,所述以人工势场法计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各运动轴速度还包括:

[0017] 分别计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各自运动至目标位置途中所有障碍物的排斥力;

[0018] 分别计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各自目标位置的吸引力;

[0019] 分别计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各自所对应排斥力与吸引力的合力;

[0020] 根据所述合力计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各运动轴速度。

[0021] 可选的,所述分别计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各自运动至目标位置途中所有障碍物的排斥力包括:

[0022] 若 D_{FT} 小于或等于 D_{max} , 则:

[0023]

$$\begin{cases} \bar{F}_{FTX} = K_F \bar{D}_{FTX} / D_{FT}^2, \\ \bar{F}_{FTZ} = K_F \bar{D}_{FTZ} / D_{FT}^2, \end{cases}$$

[0024] 其中, D_{FT} 为所述 X 射线发生装置的碰撞区域或所述 X 射线接收装置的碰撞区域与其障碍物的碰撞区域之间的距离, \bar{D}_{FTX} 和 \bar{D}_{FTZ} 分别是 D_{FT} 在 x 轴方向和 z 轴方向的分量, D_{max} 为障碍物开始排斥的最大距离阈值, \bar{F}_{FTX} 和 \bar{F}_{FTZ} 分别为所述 X 射线发生装置或所述 X 射线接收装置在 x 轴方向的排斥力和在 z 轴方向的排斥力, K_F 为比例系数。

[0025] 可选的,所述分别计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各自目标位置的吸引力包括:

[0026] 若 D_g 大于或等于 D_{min} , 则:

$$[0027] \quad D_g = \begin{cases} D_{goal} & (D_{goal} > D_{run}), \\ D_{run} & (D_{goal} \leq D_{run}), \end{cases}$$

[0028]

$$\begin{cases} \bar{F}_{goalX} = K_g \bar{D}_{goalX} D_g / D_{goal}, \\ \bar{F}_{goalZ} = K_g \bar{D}_{goalZ} D_g / D_{goal}, \end{cases}$$

[0029] 其中, \bar{F}_{goalX} 、 \bar{F}_{goalZ} 分别为所述 X 射线发生装置或所述 X 射线接收装置在 x 轴方向目标位置的吸引力和在 z 轴方向目标位置的吸引力, K_g 为比例系数, D_{min} 为当前位置与目标位置之间的距离偏差阈值, D_{goal} 为所述 X 射线发生装置或所述 X 射线接收装置的当前位置与相应目标位置之间的距离, D_{run} 为吸引力最小阈值, \bar{D}_{goalX} 和 \bar{D}_{goalZ} 分别是 D_{goal} 在 x 轴方向和 z 轴方向的分量。

[0030] 可选的,所述根据所述合力计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各运动轴速度包括:

[0031]

$$\bar{v}_X = \begin{cases} K_v \bar{F}_X & |K_v \bar{F}_X| \leq |\bar{v}_{\max X}| \\ \bar{v}_{\max X} & |K_v \bar{F}_X| > |\bar{v}_{\max X}| \end{cases},$$

[0032]

$$\bar{v}_Z = \begin{cases} K_v \bar{F}_Z & |K_v \bar{F}_Z| \leq |\bar{v}_{\max Z}| \\ \bar{v}_{\max Z} & |K_v \bar{F}_Z| > |\bar{v}_{\max Z}| \end{cases},$$

[0033] 其中， \bar{v}_X 、 \bar{v}_Z 分别为所述X射线发生装置或所述X射线接收装置在x轴和z轴方向的速度， \bar{F}_X 、 \bar{F}_Z 为所述X射线发生装置或所述X射线接收装置在x轴和z轴方向的合力， K_v 为力与速度的转换比例系数， $\bar{v}_{\max X}$ 、 $\bar{v}_{\max Z}$ 分别为x轴和z轴方向的最大速度。

[0034] 可选的，所述X射线发生装置包括球管和限束器，所述X射线接收装置包括内置平板探测器的胸片盒。

[0035] 为解决上述问题，本发明技术方案还提供一种X光机运动轨迹规划装置，包括：

[0036] 设定单元，适于设定在机架摆位时控制X光机的X射线发生装置和X射线接收装置进行运动各自所要达到的目标位置；

[0037] 位置获取单元，适于在所述X射线发生装置和X射线接收装置运动过程中，实时获取所述X射线发生装置和X射线接收装置的当前位置；

[0038] 计算单元，适于在所述当前位置与目标位置不一致时，以人工势场法计算所述X射线发生装置和X射线接收装置各运动轴速度；

[0039] 控制单元，适于基于计算出的所述各运动轴速度控制所述X射线发生装置和X射线接收装置进行运动。

[0040] 与现有技术相比，本发明的技术方案至少具有以下优点：

[0041] 在X光机的机架摆位执行一键到位时，通过人工势场法计算X光机中X射线发生装置和X射线接收装置各运动轴速度，并以此进行实时速度的控制，从而能够在解决防撞问题（确保安全性）的前提下，使得一键到位的路径相比于普通的点到点路径插值算法更加平滑，且相比于静态路径规划算法，能够解决多目标同时运动时路径复杂变化的问题。

[0042] 通过将X光机的机架形态转换为简单的形状模型，并按照该形状模型确定以人工势场法进行相关计算过程中X射线发生装置和X射线接收装置各自的碰撞区域，如此使X光机中X射线发生装置和X射线接收装置的旋转运动将不会影响碰撞区域的形状和位置，从而实现了X射线发生装置旋转速度和X射线接收装置旋转速度与其他各个轴速度之间的解耦，使得相关计算更为简单和快捷。

[0043] 由于X光机一键到位过程中，X射线发生装置和X射线接收装置均为通过固定的导轨沿X轴或Z轴方向做直线运动，因此在应用上避开了人工势场法所存在的局部极小问题。

附图说明

[0044] 图1是本发明技术方案提供的X光机运动轨迹规划方法的流程示意图；

[0045] 图2是通过人工势场法进行路径规划的原理示意图；

- [0046] 图 3 是本发明实施例的 X 光机一键到位的流程示意图；
- [0047] 图 4 是本发明实施例的 X 光机的机架形态的示意图；
- [0048] 图 5 是由图 4 所示 X 光机的机架形态转换而成的形状模型的示意图；
- [0049] 图 6 是本发明实施例的计算球管和胸片盒的各运动轴速度的流程示意图；
- [0050] 图 7 是本发明实施例的 X 光机人工势场法路径规划的示意图。

具体实施方式

[0051] 现有技术中,通常采用路径插值算法规划 X 光机在机架摆位时的运动路径,虽然该方法能够较为简单地解决防碰撞问题,确保 X 光机的相关部件在一键到位的运动过程中的安全性,但是由于运动路径被分割为多条直线,导致轨迹不够平滑,而且现有的静态路径规划算法,也难以解决多目标同时运动时路径复杂变化的问题。

[0052] 为解决上述问题,本发明技术方案在 X 光机电动运动中引入了一种基于人工势场法的运动轨迹规划方法,该方法通过人工势场法计算 X 光机中相关部件运动过程中各运动轴速度,并以此进行实时速度的控制,由此能够实现在 X 光机的一键到位时简单、快捷地规划出既平滑又安全,且适合多目标同时运动时的运动路径。

[0053] 如图 1 所示,本发明技术方案提供的 X 光机运动轨迹规划方法包括:

[0054] 步骤 S101,设定在机架摆位时控制 X 光机的 X 射线发生装置和 X 射线接收装置进行运动各自所要达到的目标位置;

[0055] 步骤 S102,在所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置运动过程中,实时获取所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置的当前位置;

[0056] 步骤 S103,若所述当前位置与目标位置不一致,则以人工势场法计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各运动轴速度;

[0057] 步骤 S104,基于计算出的所述各运动轴速度控制所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置进行运动。

[0058] 其中,在具体实施时,步骤 S103 中所述以人工势场法计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各运动轴速度可以包括:将所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置互为各自运动至目标位置途中的障碍物;以所述 X 射线发生装置的旋转中心为球心,且能完全容纳所述 X 射线发生装置的球形区域作为所述 X 射线发生装置的碰撞区域;以所述 X 射线接收装置的旋转中心为球心,且能完全容纳所述 X 射线接收装置的球形区域作为所述 X 射线发生装置的碰撞区域。

[0059] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更为明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施例作详细的说明。

[0060] 先对通过人工势场法进行路径规划的原理进行简单介绍。

[0061] 基于人工势场法的路径规划方法能够用于多个物体运动到不同目标点的场景,该方法可以很好的解决多物体之间的防碰撞问题,且应用势场法规划出来的路径一般是比较平滑并且安全的。如图 2 所示,它的基本思想是将物体在周围环境中的运动,设计成一种抽象的人造引力场中的运动,目标点(即物体运动所要达到的目标位置)对物体产生“引力”,障碍物对物体产生“斥力”,最后通过求“合力”来控制物体的运动。

[0062] 本实施例中,以所述 X 射线发生装置包括球管和限束器,所述 X 射线接收装置包括

内置平板探测器的胸片盒为例进行说明,在其他实施例中,X射线发生装置和X射线接收装置都还可以包含其他相关部件,而且X射线接收装置也并非一定是以胸片盒的形态存在。由于X光机中球管、限束器、平板探测器以及胸片盒等概念都是本领域技术人员所公知的,因此对于这些部件的构造和功能此处不作详细介绍。

[0063] 需要说明的是,在实际实施时,尽管与球管相连接的限束器属于X射线发生装置的组成部分之一,但由于其是随球管一起运动的,而且应用人工势场法时需要确定碰撞区域(参见后面相关描述),X射线发生装置的碰撞区域主要是由球管的构造特点所决定的,一般与限束器的构造特点关系不大,因此,为了方便叙述,在本实施例中仅以球管作为考察对象进行说明。

[0064] X光机在一键到位过程中,需要球管和胸片盒同时运动,将人工势场法应用于X光机的悬吊架和胸片架的运动路径规划,可以兼顾多物体运动防碰撞以及轨迹平滑的需求。而X光机本身运动的特性,即X射线发生装置和X射线接收装置均是通过固定的导轨沿X轴或Z轴方向做直线运动,又弥补了人工势场法所存在的局部极小问题。

[0065] 用户设置了一键到位的目标点后,X光机系统控制软件需要控制驱动器,使各运动轴运动,从而使球管和胸片盒到达指定位置,方便医师完成曝光操作。整个一键到位过程中控制的关键在于路径规划,本发明实施例中采用了人工势场法计算球管和胸片盒的各运动轴速度,实现了防碰撞和路径规划功能。

[0066] 如图3所示,本发明实施例的X光机一键到位的流程如下:

[0067] 首先执行步骤S201,设置球管和胸片盒一键到位的目标位置。步骤S201之后,执行步骤S202,获取球管和胸片盒的当前位置。

[0068] 在步骤S202中,对于球管的当前位置以及胸片盒的当前位置都是采用实时获取、不断更新的方式,获取到球管和胸片盒各自所处的当前位置之后,将相关数据反馈至X光机系统控制软件,以便后续步骤中与设置的球管和胸片盒一键到位的目标位置进行比较。

[0069] 在获取到球管和胸片盒的当前位置之后,执行步骤S203,判断当前位置是否与目标位置一致。

[0070] 具体地,就球管来说,将获取到的球管的当前位置与此前所设置的球管的目标位置进行比较;若两者一致,则表明球管已经运动到了预设的目标位置,简单地说,球管已经到位了,此时对于球管的一键到位已结束;若两者不一致,则球管仍然未到位,需要控制驱动器使球管继续向着目标位置进行运动。

[0071] 类似地,就胸片盒来说,需要将获取到的胸片盒的当前位置与此前所设置的胸片盒的目标位置进行比较,若两者一致,则表明胸片盒已经完成了一键到位,若两者不一致,则表明胸片盒仍然未到位,需要控制驱动器使胸片盒继续向其相应的目标位置进行运动。

[0072] 本实施例中,控制驱动器使球管和胸片盒向着各自的目标位置进行运动的各运动轴速度,是通过人工势场法计算获得的。

[0073] 若通过步骤S203判断出当前位置与目标位置不一致,执行步骤S204,通过人工势场法计算球管和胸片盒的各运动轴速度。

[0074] 具体实施时,通过人工势场法计算球管和胸片盒的各运动轴速度首先需要确定应用人工势场法时的障碍物和碰撞区域。

[0075] 本实施例中,可以将球管和胸片盒互为各自运动至目标位置途中的障碍物;以球

管的旋转中心为球心,且能完全容纳球管以及限束器的球形区域作为球管的碰撞区域;以胸片盒的旋转中心为球心,且能完全容纳胸片盒的球形区域作为胸片盒的碰撞区域。

[0076] 本实施例中,为了计算方便,需要将 X 光机的机架形态转换为简单的形状模型。

[0077] X 光机的机架形态如图 4 所示,其中:内置平板探测器的胸片盒设置在胸片架上,胸片盒可以绕其旋转中心作旋转运动,图 4 中以“Tilt”标识的箭头表示胸片盒的旋转运动,其也可以沿 z 轴方向进行运动;球管以及与其相连的限束器设置于悬吊架下,通过悬吊架沿 x 轴或 z 轴方向的导轨的运动可以使球管和限束器在 x 轴以及 z 轴进行运动,球管还可以绕其旋转中心作旋转运动,图 4 中以“RHA”标识的箭头表示球管的旋转运动。

[0078] 由 X 光机的机架形态转换而成的形状模型如图 5 所示,其中,胸片盒和球管各自的碰撞区域可以分别简化为半径为 r_{FD} 、 r_{Tube} 的球形,从图 5 可知, r_{FD} 通常接近于胸片盒旋转中心至胸片盒其中一端的距离, r_{Tube} 通常接近于球管旋转中心至球管其中一端的距离。本实施例中,将以球管旋转中心为球心,以半径为 r_{Tube} 构成的球形区域作为球管的碰撞区域,简称为“球管区域”,将以胸片盒旋转中心为球心,以半径为 r_{FD} 构成的球形区域作为胸片盒的碰撞区域,简称为“胸片盒区域”。此外,在图 5 中,球管在 x 轴和 z 轴进行运动的轴速度分别以 V_{TubeX} 和 V_{TubeZ} 表示,胸片盒在 z 轴进行运动的轴速度以 V_{FDZ} 表示。

[0079] 将 X 光机的机架形态转换成如图 5 所示的形状模型后,这样胸片盒和球管的旋转运动将不会影响碰撞区域的形状和位置,从而实现了胸片盒旋转速度 V_{Tilt} 和球管旋转速度 V_{RHA} 与其他各个轴速度之间的解耦。

[0080] 本实施例中,对于与胸片盒的 z 轴速度 V_{FDZ} 、球管的 z 轴速度 V_{TubeZ} 和 x 轴速度 V_{TubeX} 之间互不影响的胸片盒旋转速度 V_{Tilt} 和球管旋转速度 V_{RHA} ,可以利用比例积分微分 (PID, Proportional Integral Derivative) 控制算法计算,具体公式如下:

[0081]

$$\begin{cases} V_{Tilt} = K_{Tp} (\Delta P_{Tt} + 1/T_{Ti} \sum \Delta P_{Tt} \Delta t + T_{Td} (\Delta P_{Tt} - \Delta P_{Tt-1}) / \Delta t) \\ V_{RHA} = K_{Rp} (\Delta P_{Rt} + 1/T_{Ri} \sum \Delta P_{Rt} \Delta t + T_{Rd} (\Delta P_{Rt} - \Delta P_{Rt-1}) / \Delta t) \end{cases} \quad (1)$$

[0082] 其中, K_{Tp} 、 T_{Ti} 、 T_{Td} 、 K_{Rp} 、 T_{Ri} 、 T_{Rd} 为 PID 常数,可以通过测试获得; ΔP_{Tt} 为胸片盒 Tilt 轴目标角度与 t 时刻角度的差值; ΔP_{Rt} 为球管 RHA 轴目标角度与 t 时刻角度的差值, Δt 为采样周期。

[0083] 胸片盒的 z 轴速度 V_{FDZ} 、球管的 z 轴速度 V_{TubeZ} 和 x 轴速度 V_{TubeX} 三者会影响碰撞区域的位置,而考虑到避障,轴速度又受碰撞区域的影响。

[0084] 在本发明实施例中,通过人工势场法计算出球管和胸片盒的各运动轴速度,并以此实时更新速度,从而完成避障和路径规划功能。下面以球管轴速度计算为例进行分析,此时胸片盒相对于球管为障碍物,结合图 6 和图 7,步骤 S204 的具体计算方法包括如下步骤:

[0085] 执行步骤 S301,分别计算球管和胸片盒各自运动至目标位置途中所有障碍物的排斥力。

[0086] 若以球管轴速度计算为例,步骤 S301 具体就是计算球管运动至目标位置途中,障碍物胸片盒对其产生的排斥力,计算方法如下:

[0087] 若 D_{FT} 小于或等于 D_{max} ,则按照以下公式 (2) 进行计算:

[0088]

$$\begin{cases} \bar{\mathbf{F}}_{\text{FTX}} = K_F \bar{\mathbf{D}}_{\text{FTX}} / D_{\text{FT}}^2, \\ \bar{\mathbf{F}}_{\text{FTZ}} = K_F \bar{\mathbf{D}}_{\text{FTZ}} / D_{\text{FT}}^2, \end{cases} \quad (2)$$

[0089] 其中, D_{FT} 为球管区域与胸片盒区域之间的距离, 如图 5 所示, D_{FT} 等于球管旋转中心与胸片盒旋转中心之间的距离再减去 r_{FD} 和 r_{Tube} , $\bar{\mathbf{D}}_{\text{FTX}}$ 和 $\bar{\mathbf{D}}_{\text{FTZ}}$ 分别是 D_{FT} 在 x 轴方向和 z 轴方向的分量, D_{max} 为障碍物开始排斥的最大距离阈值, $\bar{\mathbf{F}}_{\text{FTX}}$ 和 $\bar{\mathbf{F}}_{\text{FTZ}}$ 分别为球管在 x 轴方向的排斥力和在 z 轴方向的排斥力, K_F 为比例系数。

[0090] 需要说明的是, 由于本实施例中应用了人工势场法, 而人工势场法中的“排斥力”和“吸引力”都是一种人为抽象出来的力, 本领域技术人员能够理解的是, 球管在 x 轴方向和 z 轴方向的排斥力, 指的就是球管的障碍物胸片盒对球管所形成的在 x 轴方向和 z 轴方向的排斥力。同理, 球管在 x 轴方向目标位置的吸引力和在 z 轴方向目标位置的吸引力, 分别指的就是球管的目标位置对其在 x 轴方向和 z 轴方向所形成的吸引力。

[0091] 在实际实施时, 若判断出 $D_{\text{FT}} > D_{\text{max}}$, 则排斥力 $\bar{\mathbf{F}}_{\text{FTX}}$ 、 $\bar{\mathbf{F}}_{\text{FTZ}}$ 为 0, 排斥力计算结束, 否则继续按照公式 (2) 进行计算排斥力 $\bar{\mathbf{F}}_{\text{FTX}}$ 、 $\bar{\mathbf{F}}_{\text{FTZ}}$ 。根据公式 (2) 可以看出, D_{FT} 越小, 排斥力越大, D_{FT} 接近 0 时, 排斥力无限大, 从而保证了安全性。

[0092] 执行步骤 S302, 分别计算球管和胸片盒各自目标位置的吸引力。

[0093] 若以球管轴速度的计算为例, 步骤 S302 具体就是计算球管的目标位置对球管产生的吸引力, 计算方法如下:

[0094] 若 D_g 大于或等于 D_{min} , 则按照以下公式 (3) 和 (4) 进行计算:

[0095]

$$D_g = \begin{cases} D_{\text{goal}} & (D_{\text{goal}} > D_{\text{run}}) \\ D_{\text{run}} & (D_{\text{goal}} \leq D_{\text{run}}) \end{cases} \quad (3)$$

[0096]

$$\begin{cases} \bar{\mathbf{F}}_{\text{goalX}} = K_g \bar{\mathbf{D}}_{\text{goalX}} D_g / D_{\text{goal}} \\ \bar{\mathbf{F}}_{\text{goalZ}} = K_g \bar{\mathbf{D}}_{\text{goalZ}} D_g / D_{\text{goal}} \end{cases} \quad (4)$$

[0097] 其中, $\bar{\mathbf{F}}_{\text{goalX}}$ 、 $\bar{\mathbf{F}}_{\text{goalZ}}$ 分别为球管在 x 轴方向目标位置的吸引力和在 z 轴方向目标位置的吸引力, K_g 为比例系数, D_{min} 为当前位置与目标位置之间的距离偏差阈值, D_{goal} 为球管的当前位置与相应目标位置之间的距离, D_{run} 为吸引力最小阈值, $\bar{\mathbf{D}}_{\text{goalX}}$ 和 $\bar{\mathbf{D}}_{\text{goalZ}}$ 分别是 D_{goal} 在 x 轴方向和 z 轴方向的分量。

[0098] 在实际实施时, 若判断出 $D_{\text{goal}} < D_{\text{min}}$, 则认为设置的球管的目标位置已经到达, 将 $\bar{\mathbf{F}}_{\text{goalX}}$ 和 $\bar{\mathbf{F}}_{\text{goalZ}}$ 置为 0, 吸引力计算结束, 否则继续按照以下公式 (3) 和 (4) 进行计算。

[0099] 需要说明的是, 所述距离偏差阈值 D_{min} 由精度要求决定, 设置吸引力最小阈值 D_{run} 的作用是能够防止吸引力过小导致运动速度过慢。

[0100] 执行步骤 S303, 分别计算球管和胸片盒各自所对应排斥力与吸引力的合力;

[0101] 若以球管轴速度的计算为例, 步骤 S303 具体就是计算球管在 x 轴方向和 z 轴方向

所对应排斥力与吸引力的合力,计算方法如下:

[0102]

$$\begin{cases} \bar{\mathbf{F}}_X = \bar{\mathbf{F}}_{\text{goalX}} - \bar{\mathbf{F}}_{\text{FTX}} \\ \bar{\mathbf{F}}_Z = \bar{\mathbf{F}}_{\text{goalZ}} - \bar{\mathbf{F}}_{\text{FTZ}} \end{cases} \quad (5)$$

[0103] 其中, $\bar{\mathbf{F}}_X$ 是球管在 x 轴方向所对应排斥力与吸引力的合力, $\bar{\mathbf{F}}_Z$ 是球管在 z 轴方向所对应排斥力与吸引力的合力。

[0104] 执行步骤 S304, 根据所述合力计算球管和胸片盒的各运动轴速度。

[0105] 若以球管轴速度的计算为例, 步骤 S304 具体就是计算球管在 x 轴速度和在 z 轴速度。根据合力计算速度的公式如下:

[0106]

$$\bar{\mathbf{v}}_X = \begin{cases} K_v \bar{\mathbf{F}}_X & |K_v \bar{\mathbf{F}}_X| \leq |\bar{\mathbf{v}}_{\text{maxX}}| \\ \bar{\mathbf{v}}_{\text{maxX}} & |K_v \bar{\mathbf{F}}_X| > |\bar{\mathbf{v}}_{\text{maxX}}| \end{cases} \quad (6)$$

[0107]

$$\bar{\mathbf{v}}_Z = \begin{cases} K_v \bar{\mathbf{F}}_Z & |K_v \bar{\mathbf{F}}_Z| \leq |\bar{\mathbf{v}}_{\text{maxZ}}| \\ \bar{\mathbf{v}}_{\text{maxZ}} & |K_v \bar{\mathbf{F}}_Z| > |\bar{\mathbf{v}}_{\text{maxZ}}| \end{cases} \quad (7)$$

[0108] 其中, $\bar{\mathbf{v}}_X$ 、 $\bar{\mathbf{v}}_Z$ 分别为球管在 x 轴和 z 轴方向的速度, K_v 为力与速度的转换比例系数, $\bar{\mathbf{v}}_{\text{maxX}}$ 、 $\bar{\mathbf{v}}_{\text{maxZ}}$ 分别为球管在 x 轴和 z 轴方向的最大速度。

[0109] 本领域技术人员能够理解的是, 胸片盒的 z 轴速度 V_{FDZ} 计算方法同上, 区别只是将球管作为障碍物。

[0110] 步骤 S204 之后, 则执行步骤 S205, 将计算出的球管和胸片盒的各运动轴速度发送给驱动器进行运动控制。

[0111] 具体地, 当球管和胸片盒在各个轴的速度计算出来后, 即可将计算得到的速度值发送到各个轴的驱动器中, 从而控制机架运动, 实现了 X 光机的一键到位路径规划和避障功能。

[0112] 由于控制机架运动需要根据实时计算获得的球管和胸片盒在各个轴的速度, 因此步骤 S205 之后仍然需要跳转到步骤 S202, 继续获取球管和胸片盒的当前位置, 循环执行相关步骤, 直至步骤 S203 判断出当前位置与目标位置一直, 则结束 X 光机的一键到位操作。

[0113] 由于驱动器根据球管和胸片盒的轴速度控制机架运动的过程为本领域技术人员所知晓, 此处不再详细描述。

[0114] 基于上述 X 光机运动轨迹规划方法, 本实施例还提供一种 X 光机运动轨迹规划装置, 包括: 设定单元, 适于设定在机架摆位时控制 X 光机的 X 射线发生装置和 X 射线接收装置进行运动各自所要达到的目标位置; 位置获取单元, 适于在所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置运动过程中, 实时获取所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置的当前位置; 计算单元, 适于在所述当前位置与目标位置不一致时, 以人工势场法计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各运动轴速度; 控制单元, 适于基于计算出的所述各运动轴速度控制所述

X 射线发生装置和 X 射线接收装置进行运动。

[0115] 具体实施时,所述计算单元在以人工势场法计算所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置各运动轴速度时,将所述 X 射线发生装置和 X 射线接收装置互为各自运动至目标位置途中的障碍物,以所述 X 射线发生装置的旋转中心为球心,且能完全容纳所述 X 射线发生装置的球形区域作为所述 X 射线发生装置的碰撞区域,以所述 X 射线接收装置的旋转中心为球心,且能完全容纳所述 X 射线接收装置的球形区域作为所述 X 射线发生装置的碰撞区域。

[0116] 本实施例中,所述 X 射线发生装置包括球管和限束器,所述 X 射线接收装置包括内置平板探测器的胸片盒。

[0117] 所述 X 光机运动轨迹规划装置的具体实施可以参考上述 X 光机运动轨迹规划方法的实施,此处不再赘述。

[0118] 本领域技术人员可以理解,实现上述实施例中所述 X 光机运动轨迹规划装置的全部或部分是可以通程序来指令相关的硬件来完成,所述的程序可以存储于计算机可读存储介质中,所述存储介质可以是 ROM、RAM、磁碟、光盘等。

[0119] 虽然本发明披露如上,但本发明并非限于此。任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,均可作各种更动与修改,因此本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

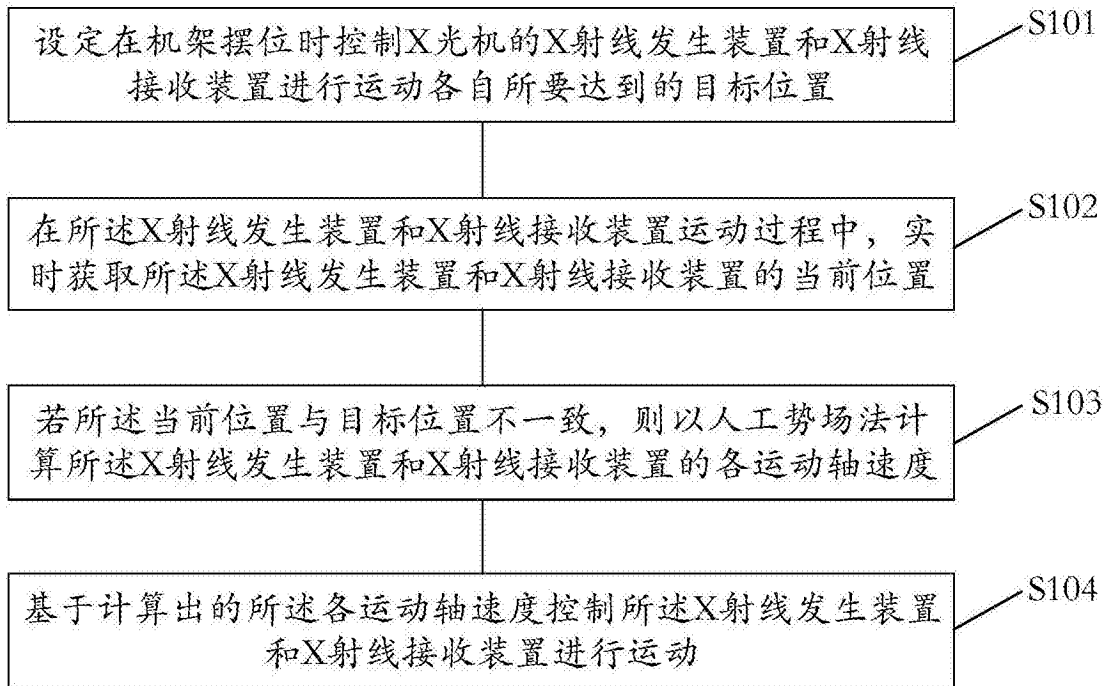


图 1

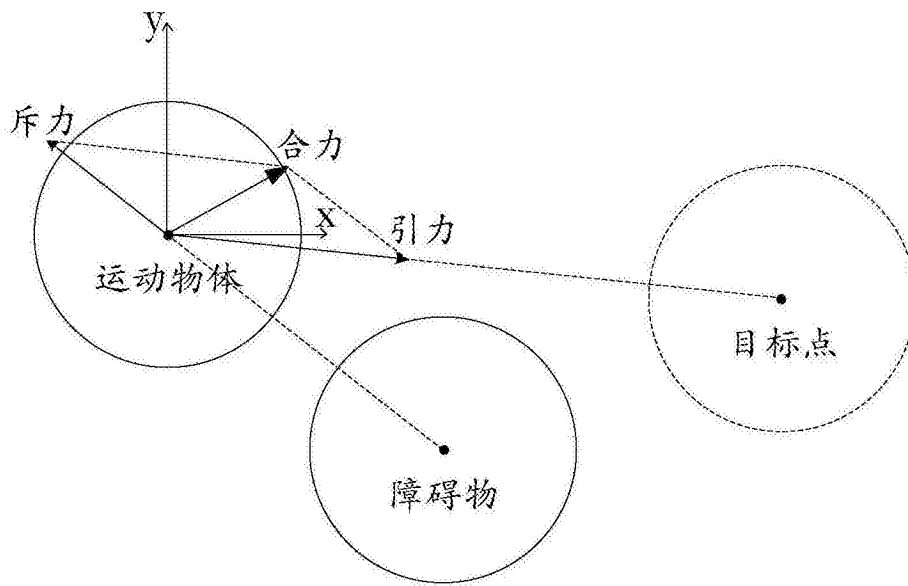


图 2

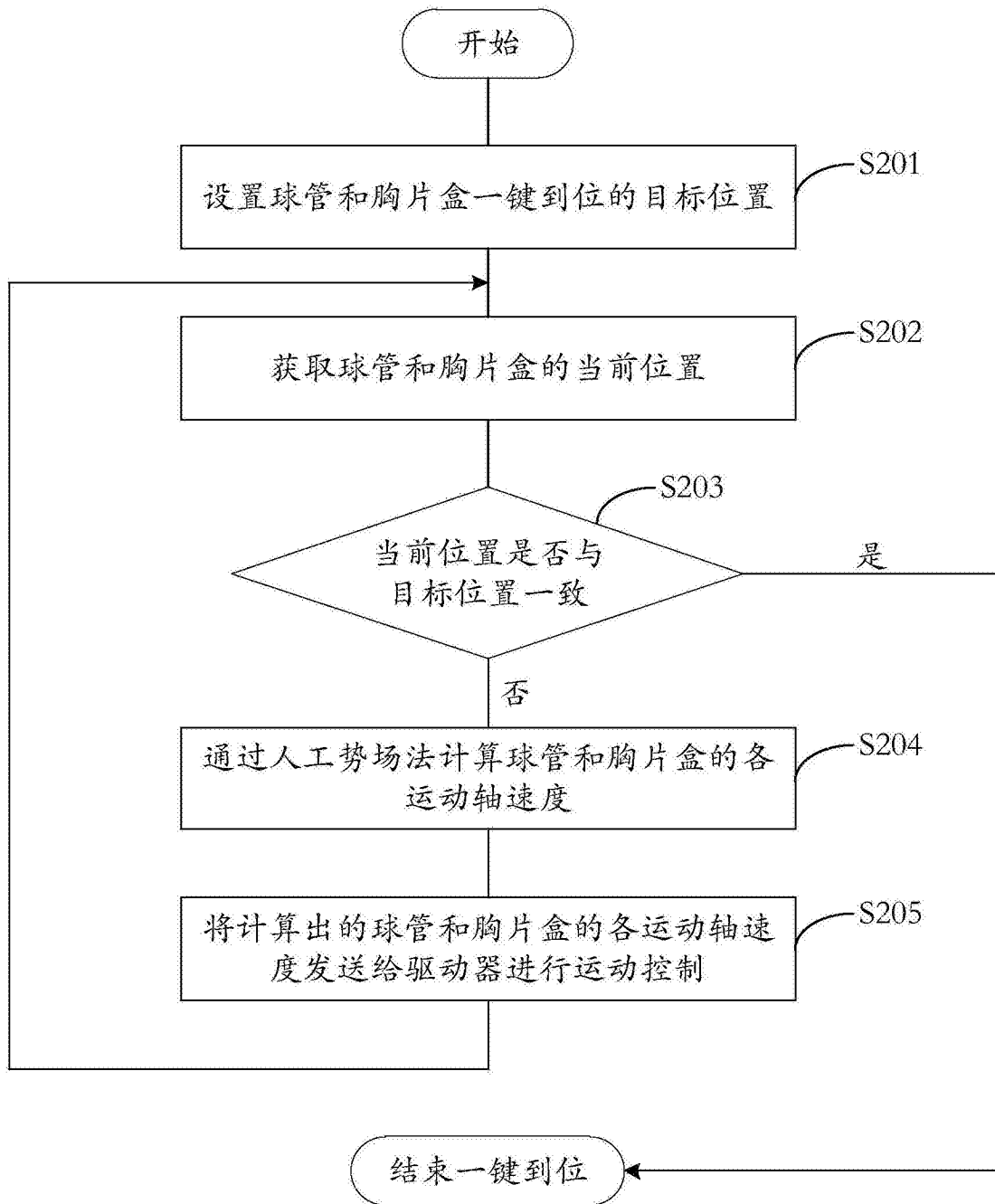


图 3

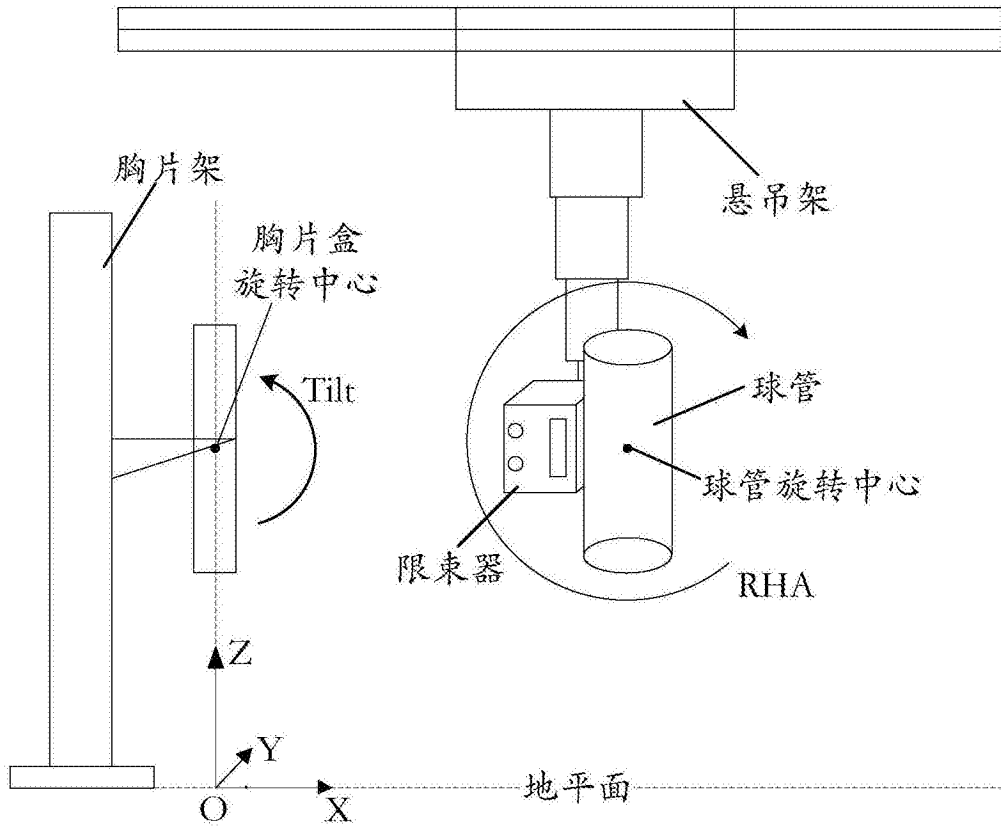


图 4

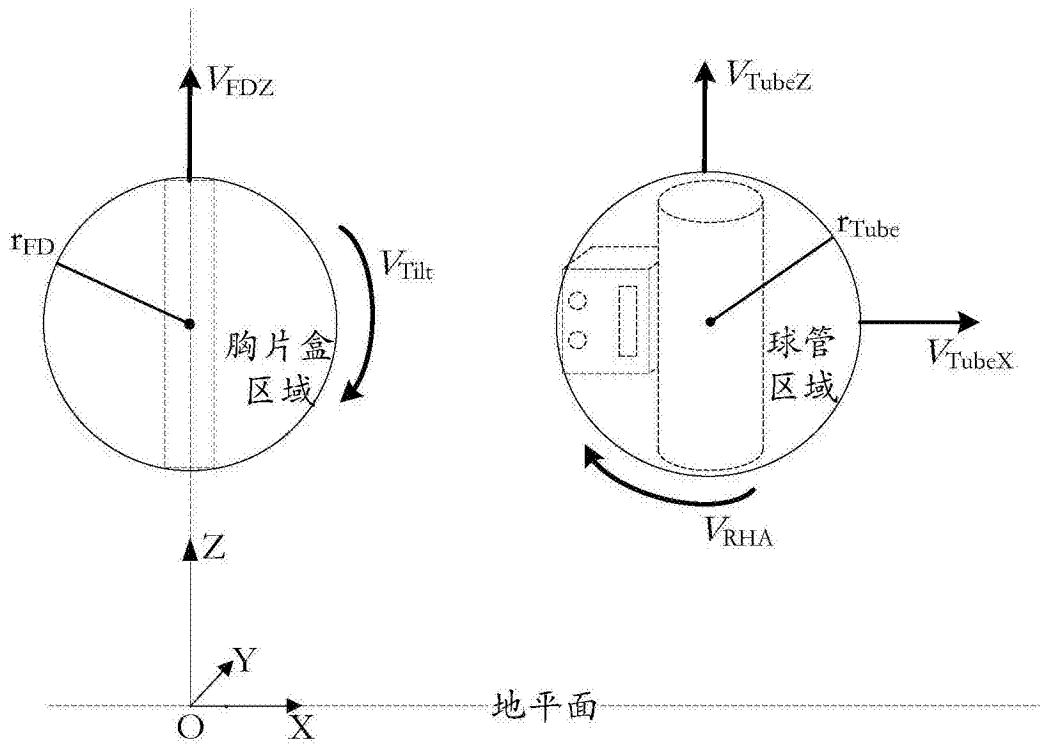


图 5

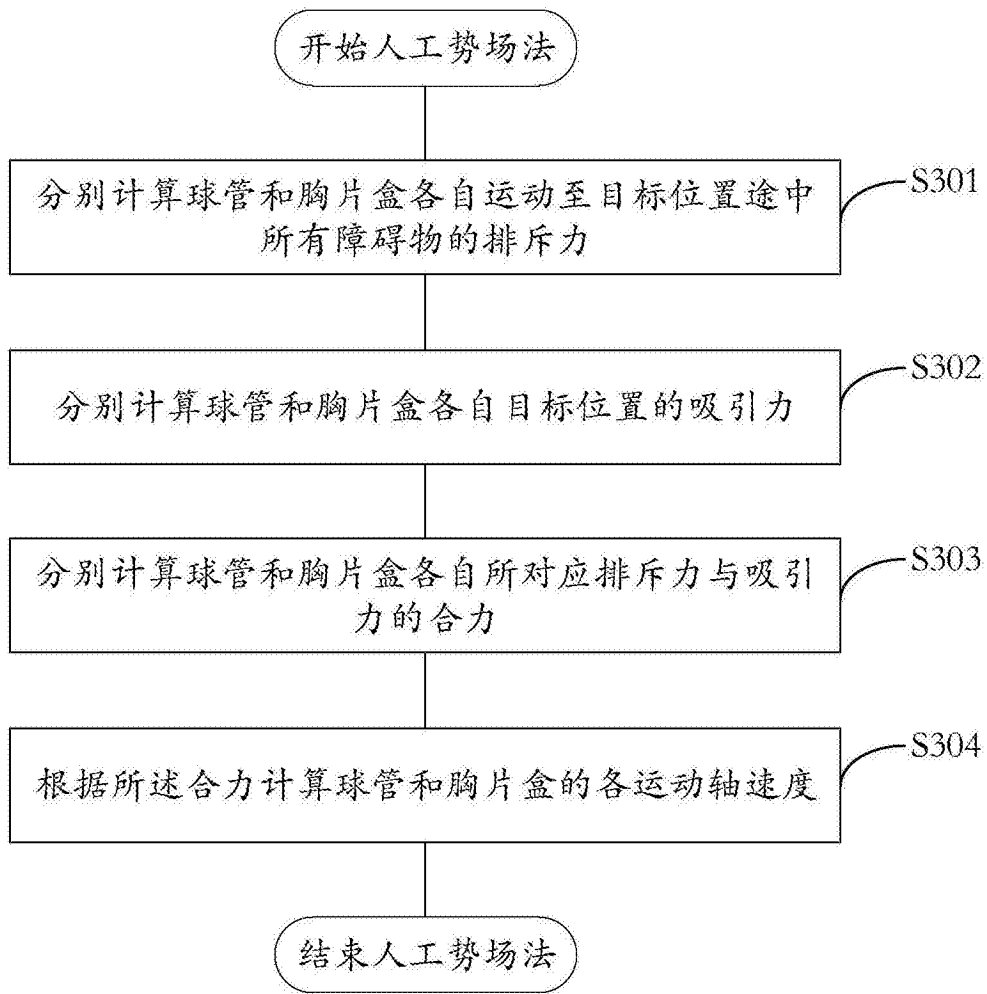


图 6

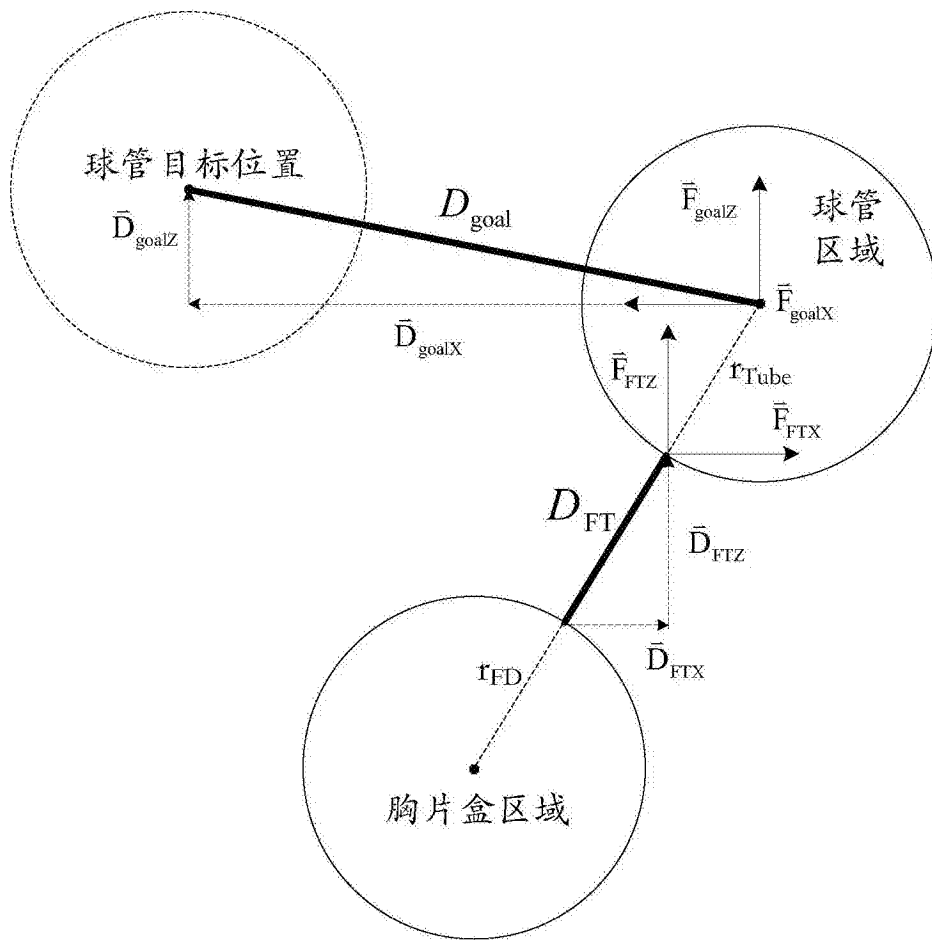


图 7