



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106272433 B

(45)授权公告日 2019.03.26

(21)申请号 201610860722.3

(22)申请日 2016.09.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106272433 A

(43)申请公布日 2017.01.04

(73)专利权人 中科新松有限公司
地址 201206 上海市浦东新区金藏路351号
11幢西101室

(72)发明人 项四通 孙超 李法设 刘保军
杨砾

(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332
代理人 张海英 林波

(51)Int.Cl.
B25J 9/16(2006.01)

(56)对比文件

- CN 205396265 U, 2016.07.27,
- CN 105300378 A, 2016.02.03,
- CN 204844150 U, 2015.12.09,
- CN 1499324 A, 2004.05.26,
- US 2015142169 A1, 2015.05.21,
- CN 102083352 A, 2011.06.01,
- CN 102596517 A, 2012.07.18,
- CN 101612733 A, 2009.12.30,

审查员 张倩茹

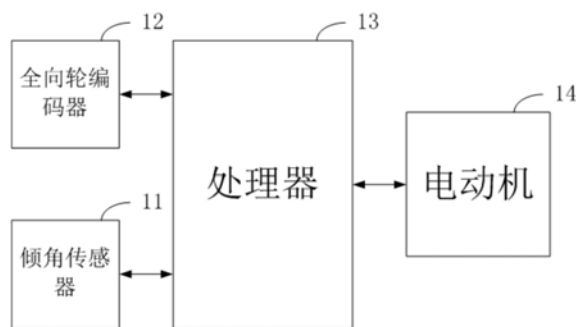
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54)发明名称

自主移动机器人的轨迹定位系统及方法

(57)摘要

本发明实施例公开了一种自主移动机器人的轨迹定位系统及方法。所述系统包括：倾角传感器，用于测量所述自主移动机器人的航向角；全向轮编码器，用于测量所述自主移动机器人的位移量，并且所述全向轮的设置方向与所述自主移动机器人的行进方向之间呈预设夹角；处理器，用于通过将所述位置与目标位置进行比较，得到对应的位置增量，以及根据所述位置增量驱动电动机进行经过补偿的位置移动；电动机，用于在所述处理器的驱动下进行经过补偿的位置移动。本发明实施例提供的自主移动机器人的轨迹定位系统及方法显著提高了自主移动机器人的运动精度。



1. 一种自主移动机器人的轨迹定位系统,其特征在于,包括:

倾角传感器,设置在所述自主移动机器人的前端面上,用于测量所述自主移动机器人的航向角;

全向轮编码器,一个增量编码器与设置在底面上的全向轮相关联,组成一个全向轮编码器,用于测量所述自主移动机器人的位移量,并且所述全向轮的设置方向与所述自主移动机器人的行进方向之间呈预设夹角;

处理器,与所述倾角传感器及所述全向轮编码器电连接,用于根据所述倾角传感器测量得到的航向角,以及所述全向轮编码器测量得到的位移量,确定所述自主移动机器人当前的位置,并通过将所述位置与目标位置进行比较,根据运动控制模型得到对应的位置补偿量,以及根据所述位置补偿量驱动电动机进行经过补偿的位置移动;

电动机,用于在所述处理器的驱动下进行经过补偿的位置移动;

所述全向轮编码器包括:两个分别独立设置的全向轮编码器;

所述全向轮编码器包括:增量编码器和全向轮;

所述运动控制模型由如下公式给出:

$$\begin{cases} v = v_r \cos e_\theta + k_1 e_t \\ \omega = \omega_r + k_2 e_n + k_3 e_\theta \end{cases}$$

其中, v_r 和 ω_r 为理想的速度和角速度, v 和 ω 为实际修正的速度和角速度, e_t 为切向误差, e_n 为径向误差, e_θ 为角度误差;

沿x轴及沿y轴的位置增量可以通过如下公式给出:

$$\begin{cases} \delta x = \frac{[\Delta U_1 + (L \cdot \sin \theta_1 + B \cdot \cos \theta_1) \cdot \delta \theta] \cdot \cos \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ - \frac{[\Delta U_2 - (L \cdot \sin \theta_2 + B \cdot \cos \theta_2) \cdot \delta \theta] \cdot \cos \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ \delta y = \frac{[\Delta U_1 + (L \cdot \sin \theta_1 + B \cdot \cos \theta_1) \cdot \delta \theta] \cdot \sin \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ + \frac{[\Delta U_2 - (L \cdot \sin \theta_2 + B \cdot \cos \theta_2) \cdot \delta \theta] \cdot \sin \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \end{cases}$$

θ_1 为第一全向轮的设置方向与所述行进方向之间的夹角, θ_2 为第二全向轮的设置方向与所述行进方向之间的夹角, L 为全向轮编码器轴线到机器人驱动轮轴线的距离, B 为两个全向轮编码器之间距离的一半, ΔU_1 为第一全向轮编码器的读数增量, ΔU_2 为第二全向轮编码器的读数增量, δx 为机器人在预定平面直角坐标系的x轴方向上的位置增量, δy 为机器人在所述预定平面直角坐标系的y轴方向上的位置增量, $\delta \theta$ 为机器人的航向角增量。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述倾角传感器采用惯性导航技术测量所述自主移动机器人的动态横滚角和俯仰角,通过合理地安装,将倾角传感器的横滚角转化为所述自主移动机器人的航向角。

3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述预设夹角的取值大于 0° ,小于 90° 。

4. 一种自主移动机器人的轨迹定位方法,其特征在于,包括:

对所述自主移动机器人建立平面直角坐标系;

实时读取两个分别与所述自主移动机器人的行进方向呈预定夹角 θ_1, θ_2 布置的全向轮编码器以及倾角传感器在时间段 Δt 内的数值增量,分别记录为 $\Delta U_1, \Delta U_2$ 及 $\delta\theta$;

根据所述全向轮编码器的读数,计算所述自主移动机器人在时间段 Δt 内在所述平面直角坐标系的x轴及y轴上分别的位置增量 $\delta x, \delta y$;

通过对所述位置增量 $\delta x, \delta y$ 的积分,得到所述自主移动机器人的当前位置 x, y ,同时根据所述倾角传感器的读数确定所述自主移动机器人当前的航向角 θ ;

将所述自主移动机器人的当前位置 (x, y, θ) 与理想位置 $(x_\gamma, y_\gamma, \theta_\gamma)$ 进行比较,得到所述自主移动机器人的轨迹偏差 $(\Delta x, \Delta y, \Delta \theta)$;

基于李雅普诺夫稳定判据,建立使轨迹误差收敛的运动控制模型,对所述轨迹偏差 $(\Delta x, \Delta y, \Delta \theta)$ 进行补偿。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,基于李雅普诺夫稳定判据,建立使轨迹误差收敛的运动控制模型,对所述轨迹偏差进行补偿包括:

将所述自主移动机器人在全局坐标系下的轨迹误差转换到所述自主移动机器人的局部坐标系下,得到切向误差、法向误差以及角度误差;

基于李雅普诺夫稳定判据,建立使轨迹误差收敛的运动控制模型,修正实际向所述自主移动机器人下发的速度和角速度;

按照所述运动控制模型执行运动命令,重新计算左右驱动轮的转速并下发给电动机。

自主移动机器人的轨迹定位系统及方法

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及机器人技术领域,尤其涉及一种自主移动机器人的轨迹定位系统及方法。

背景技术

[0002] 在工业制造中,机器人已经取得了许多重大的成果,譬如机械臂在汽车、电子工业和医疗行业中有着成功的应用。但这些商用机器人存在着一个根本的缺点:缺少机动性。固定的机械臂其运动范围是有限的,相反自主移动机器人能够灵活地穿梭于整个作业区域。

[0003] 对于自主移动机器人而言,精确地定位和轨迹控制是提高其作业性能的关键。自主移动机器人在受到外界扰动、摩擦和路面不平整等因素的影响下,会偏离原规划的路径,为此需要实时对自主移动机器人进行定位和纠偏。

发明内容

[0004] 针对上述技术问题,本发明实施例提供了一种自主移动机器人的轨迹定位系统及方法,以提高自主移动机器人的运动精度。

[0005] 一方面,本发明实施例提供了一种自主移动机器人的轨迹定位系统,所述系统包括:

[0006] 倾角传感器,设置在所述自主移动机器人的前端面上,用于测量所述自主移动机器人的航向角;

[0007] 全向轮编码器,一个增量编码器与设置在底面上的全向轮关联,组成一个全向轮编码器,用于测量所述自主移动机器人的位移量,并且所述全向轮的设置方向与所述自主移动机器人的行进方向之间呈预设夹角;

[0008] 处理器,与所述倾角传感器及所述全向轮编码器电连接,用于根据所述倾角传感器测量得到的航向角,以及所述全向轮编码器测量得到的位移量,确定所述自主移动机器人当前的位置,并通过将所述位置与目标位置进行比较,根据运动控制模型得到对应的位置增量,以及根据所述位置增量驱动电动机进行经过补偿的位置移动;

[0009] 电动机,用于在所述处理器的驱动下进行经过补偿的位置移动。

[0010] 另一方面,本发明实施例还提供了一种自主移动机器人的轨迹定位方法,所述方法包括:

[0011] 根据两个分别与所述自主移动机器人的行进方向呈预定夹角 θ_1, θ_2 布置的全向轮编码的读数 $\Delta U_1, \Delta U_2$,确定所述自主移动机器人的位置 x, y ,同时根据倾角传感器的读数确定所述自主移动机器人的航向角 θ ;

[0012] 将所述自主移动机器人的当前位置 (x, y, θ) 与理想位置 $(x_\gamma, y_\gamma, \theta_\gamma)$ 进行比较,得到所述自主移动机器人的轨迹偏差 $(\Delta x, \Delta y, \Delta \theta)$;

[0013] 基于李雅普诺夫稳定判据,建立使轨迹误差收敛的运动控制模型,对所述轨迹偏差 $(\Delta x, \Delta y, \Delta \theta)$ 进行补偿。

[0014] 本发明实施例提供的自主移动机器人的轨迹定位系统及方法,通过与机器人的行进方向呈一定角度的设置全向轮,针对该全向轮设置用于测距的全向轮编码器,以及设置用于测量航向角的倾角传感器,在利用与上述全向轮编码器及倾角传感器分别电连接的处理器,使得处理器能够根据上述全向轮编码器输出的读数及所述倾角传感器,利用预定的运动控制模型输出的倾角估计位移补偿量,明显提高了自主移动机器人的运动精度。

附图说明

[0015] 通过阅读参照以下附图所作的对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0016] 图1是本发明第一实施例提供的自主移动机器人的轨迹定位系统的结构图;

[0017] 图2是本发明第一实施例提供的全向轮的布置方位的示意图;

[0018] 图3A是本发明第一实施例提供的X轴定位精度的对比图;

[0019] 图3B是本发明第一实施例提供的Y轴定位精度的对比图;

[0020] 图4是本发明第一实施例提供的自主移动机器人的运动精度的对比图;

[0021] 图5是本发明第二实施例提供的自主移动机器人的轨迹定位方法的流程图;

[0022] 图6是本发明第三实施例提供的自主移动机器人的轨迹定位方法中参数确定操作的流程图;

[0023] 图7是本发明第四实施例提供的自主移动机器人的轨迹定位方法中补偿操作的流程图;

[0024] 图8是本发明第四实施例提供的全局坐标系与局部坐标系之间的关系示意图。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是,此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本发明,而非对本发明的限定。另外还需要说明的是,为了便于描述,附图中仅示出了与本发明相关的部分而非全部结构。

[0026] 第一实施例

[0027] 本实施例提供了自主移动机器人的轨迹定位系统的一种技术方案。在该技术方案中,所述自主移动机器人的轨迹定位系统包括:倾角传感器11、全向轮编码器12、处理器13,以及电动机14。

[0028] 参见图1,所述倾角传感器11用于测量所述自主移动机器人的航向角。具体的,所述倾角传感器11直接测量得到的物理量是所述自主移动机器人的动态横滚角和俯仰角。根据所述倾角传感器11测量得到所述动态横滚角及俯仰角,与所述倾角传感器11直接电连接的所述处理器13能够直接确定所述自主移动机器人的航向角。

[0029] 优选的,所述倾角传感器11设置在所述自主移动机器人的前端面上。

[0030] 所述全向轮编码器12与设置在所述自主移动机器人的底面上的全向轮关联。在所述自主移动机器人的底面上设置的全向轮的数量是两个,因此,所述自主移动机器人所包含的全向轮编码器12的数量也是两个。所述全向轮编码器的作用在于测量所述自主移动机器人的位移量。

[0031] 为了提高所述自主移动机器人的定位精度,所述全向轮以一种特殊的方式被设置

在所述自主移动机器人的底面上。图2示出了这种特殊的设置方式。参见图2,在所述自主移动机器人的底面上设置有驱动轮(后轮)21、万向轮(前轮)24以及全向轮22。并且在所述全向轮上还关联设置有全向轮编码器23。所述全向轮22的设置方向与所述自主移动机器人的行进方向之间呈一定的夹角。并且,上述夹角的取值大于 0° ,小于 90° 。也就是说,所述全向轮22的设置方向与所述自主移动机器人的行进方向之间呈锐角夹角。换言之,所述全向轮22不再像以往的设置方式那样,与机器人的行进方向平行或者垂直设置。

[0032] 由于所述全向轮能够沿两个自由度方向滚动,因此上述呈一定角度的全向轮设置方式不会阻碍所述自主移动机器人的移动。而且,优选的,所述全向轮编码器是增量编码器。

[0033] 另外,在上述的图2中,B表示两个全向轮编码器之间距离的一半,L表示全向轮编码器轴线到机器人驱动轮轴线的距离。

[0034] 所述处理器13分别与所述倾角传感器11及所述全向轮编码器12电连接。所述处理器13根据所述倾角传感器11测量到的动态横滚角及俯仰角,以及所述全向轮编码器12测量得到的位移量,计算当前所述自主移动机器人的位置增量,也即对所述自主移动机器人进行定位。进一步的,所述处理器13还将计算得到的所述自主移动机器人当前所在的位置与目标位置进行比较,以得到相应的位置补偿量。

[0035] 更为具体的,沿x轴及沿y轴的位置增量可以通过如下公式给出:

$$[0036] \begin{cases} \delta_x = \frac{[\Delta U_1 + (L \cdot \sin \theta_1 + B \cdot \cos \theta_1) \cdot \delta\theta] \cdot \cos \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ - \frac{[\Delta U_2 - (L \cdot \sin \theta_2 + B \cdot \cos \theta_2) \cdot \delta\theta] \cdot \cos \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ \delta_y = \frac{[\Delta U_1 + (L \cdot \sin \theta_1 + B \cdot \cos \theta_1) \cdot \delta\theta] \cdot \sin \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ + \frac{[\Delta U_2 - (L \cdot \sin \theta_2 + B \cdot \cos \theta_2) \cdot \delta\theta] \cdot \sin \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \end{cases}$$

[0037] 其中, θ_1 为第一全向轮的设置方向与所述行进方向之间的夹角, θ_2 为第二全向轮的设置方向与所述行进方向之间的夹角,L为全向轮编码器轴线到机器人驱动轮轴线的距离,B为两个全向轮编码器之间距离的一半, ΔU_1 为第一全向轮编码器的读数增量, ΔU_2 为第二全向轮编码器的读数增量, δ_x 为机器人在预定平面直角坐标系的x轴方向上的位置增量, δ_y 为机器人在所述预定平面直角坐标系的y轴方向上的位置增量, $\delta\theta$ 为机器人的航向角增量。具体的,上述 θ_1 及 θ_2 的取值都是 45° 。

[0038] 在确定了位置增量之后,将所述自主移动机器人所在的位置与目标位置进行比较,以根据给定的运动控制模型确定位置补偿量。而且,所述运动控制模型根据李雅普诺夫稳定判据判定为一致稳定。也就是说,根据所述运动控制模型确定的轨迹误差趋向于收敛。

[0039] 具体的,在确定了位置增量之后,利用如下公式计算切向误差 e_t 、径向误差 e_n ,以及角度误差 e_θ :

$$[0040] \quad \mathbf{e} = \begin{bmatrix} e_t \\ e_n \\ e_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta \theta \end{bmatrix}$$

[0041] 其中, θ 为所述自主移动机器人的航向角。

[0042] 确定了上述误差向量之后, 根据如下运动控制模型确定电动机的速度及角速度:

$$[0043] \quad \begin{cases} v = v_r \cos e_\theta + k_1 e_t \\ \omega = \omega_r + k_2 e_n + k_3 e_\theta \end{cases}$$

[0044] 其中, v_r 和 ω_r 为理想的速度和角速度, v 和 ω 为实际修正的速度和角速度。

[0045] 在将所述全向轮22与所述自主移动机器人的行进方向呈一定角度设置之后, 根据本实施例提供的公式计算得到的x轴方向的位置增量及y轴方向的位置增量的数据精度都大大提高。图3A及图3B分别示出的在全向轮的不同设置方式下, x轴方向的位置增量的比较图, 以及y轴方向的位置增量的比较图。在采集图3A及图3B示出的数据的试验中, 将所述自主移动机器人所述自主移动机器人以300mm/s向上运动3.5米, 然后后退返回起始位置。在设置方式一中, 所述自主移动机器人的两个全向轮与该机器人的运行方向平行设置, 而在设置方式二下, 所述自主移动机器人的两个全向轮分别与机器人的运行方向呈45°夹角设置。由图3A及图3B可以明显看出, 将所述全向轮呈一定角度设置之后, 计算得到的x轴方向及y轴方向上的位置增量的数据精度较高。

[0046] 所述电动机14与所述处理器13电连接, 用于根据所述处理器13输出的驱动信号驱动所述自主移动机器人进行补偿位移。更为具体的, 所述电动机14用于根据所述驱动信号中包含的位置补偿量进行补偿位移, 以便对之前的位移误差进行补偿。

[0047] 在将全向轮与所述自主移动机器人的行进方向呈一定角度设置之后, 计算得到的位置增量对外界扰动、摩擦和路面不平整等因素的影响较为鲁棒, 而且由于对机器人的位置误差进行了补偿, 因而能够大幅提高自主移动机器人的运动精度。参见图4, 在对位置误差进行补偿之后, 所述自主移动机器人的位置误差大幅降低。

[0048] 本实施例通过倾角传感器测量航向角, 通过全向轮编码器测量距离, 根据上述航向角及距离对所述自主移动机器人进行定位, 并且根据所述自主移动机器人当前的位置与目标位置之间的差异进行位置补偿, 从而大大提高了自主移动机器人的运动精度。

[0049] 第二实施例

[0050] 本实施例提供了自主移动机器人的轨迹定位方法的一种技术方案。在该技术方案中, 所述自主移动机器人的轨迹定位方法包括: 根据两个分别与所述自主移动机器人的行进方向呈预定夹角 θ_1, θ_2 布置的全向轮编码的读数 $\Delta U_1, \Delta U_2$, 确定所述自主移动机器人的位置 x, y , 同时根据倾角传感器的读数确定所述自主移动机器人的航向角 θ ; 将所述自主移动机器人的当前位置 (x, y, θ) 与理想位置 $(x_\gamma, y_\gamma, \theta_\gamma)$ 进行比较, 得到所述自主移动机器人的轨迹偏差 $(\Delta x, \Delta y, \Delta \theta)$; 基于李雅普诺夫稳定判据, 建立使轨迹误差收敛的运动控制模型, 对所述轨迹偏差 $(\Delta x, \Delta y, \Delta \theta)$ 进行补偿。

[0051] 参见图5, 所述自主移动机器人的轨迹定位方法包括:

[0052] S51, 根据两个分别与所述自主移动机器人的行进方向呈预定夹角 θ_1, θ_2 布置的全向轮编码的读数 $\Delta U_1, \Delta U_2$, 确定所述自主移动机器人的位置 x, y , 同时根据倾角传感器的读

数确定所述自主移动机器人的航向角 θ 。

[0053] 在获取到所述全向轮编码器的读数 ΔU_1 及 ΔU_2 ,以及获取到所述倾角传感器采集到的航向角 θ 之后,首先根据如下公式计算所述自主移动机器人在时间段 Δt 内的位置增量 $\delta x, \delta y$:

$$[0054] \quad \begin{cases} \delta x = \frac{[\Delta U_1 + (L \cdot \sin \theta_1 + B \cdot \cos \theta_1) \cdot \delta \theta] \cdot \cos \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ - \frac{[\Delta U_2 - (L \cdot \sin \theta_2 + B \cdot \cos \theta_2) \cdot \delta \theta] \cdot \cos \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ \delta y = \frac{[\Delta U_1 + (L \cdot \sin \theta_1 + B \cdot \cos \theta_1) \cdot \delta \theta] \cdot \sin \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ + \frac{[\Delta U_2 - (L \cdot \sin \theta_2 + B \cdot \cos \theta_2) \cdot \delta \theta] \cdot \sin \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \end{cases}$$

[0055] 其中, θ_1 为第一全向轮的设置方向与所述行进方向之间的夹角, θ_2 为第二全向轮的设置方向与所述行进方向之间的夹角, L 为全向轮编码器轴线到机器人驱动轮轴线的距离, B 为两个全向轮编码器之间距离的一半, ΔU_1 为第一全向轮编码器的读数增量, ΔU_2 为第二全向轮编码器的读数增量, δx 为机器人在预定平面直角坐标系的 x 轴方向上的位置增量, δy 为机器人在所述预定平面直角坐标系的 y 轴方向上的位置增量, $\delta \theta$ 为机器人的航向角增量。

[0056] 在确定了时间段 Δt 内的位置增量 $\delta x, \delta y$ 之后,通过对上述位置增量的积分获得所述自主移动机器人的当前位置 x, y 。

[0057] S52,将所述自主移动机器人的当前位置 (x, y, θ) 与理想位置 (x_r, y_r, θ_r) 进行比较,得到所述自主移动机器人的轨迹偏差 $(\Delta x, \Delta y, \Delta \theta)$ 。

[0058] 具体的,根据如下几个公式计算所述自主移动机器人的轨迹偏差:

$$[0059] \quad \Delta x = x_r - x$$

$$[0060] \quad \Delta y = y_r - y$$

$$[0061] \quad \Delta \theta = \theta_r - \theta$$

[0062] 进而得到自主移动机器人在局部坐标系下的切向、径向和角度误差:

$$[0063] \quad \mathbf{e} = \begin{bmatrix} e_t \\ e_n \\ e_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta \theta \end{bmatrix}$$

[0064] S53,基于李雅普诺夫稳定判据,建立使轨迹误差收敛的运动控制模型如下,对所述轨迹偏差 $(\Delta x, \Delta y, \Delta \theta)$ 进行补偿。

$$[0065] \quad \begin{cases} v = v_r \cos e_\theta + k_1 e_t \\ \omega = \omega_r + k_2 e_n + k_3 e_\theta \end{cases}$$

[0066] 其中, v_r 和 ω_r 为理想的速度与角速度, v 和 ω 为实际修正后的速度与角速度。

[0067] 基于该运动控制模型,令 $k_1 = k_3 = 2\zeta a$ 且 $k_2 = (a^2 - \omega^2) / v_r$,可以得到如下线性化误差的动态方程:

$$[0068] \quad \dot{\mathbf{e}} = A(t)\mathbf{e} = \begin{bmatrix} -k_1 & \omega_r & 0 \\ -\omega_r & 0 & v_r \\ 0 & -k_2 & -k_3 \end{bmatrix} \cdot \mathbf{e}$$

[0069] 则矩阵A(t)的特征方程可以写为:

$$[0070] \quad p(\lambda) = (\lambda + 2\zeta a)(\lambda^2 + 2\zeta a\lambda + a^2)$$

[0071] 取a和 ζ 为正值,则特征方程的根均具有负实部,根据李雅普诺夫稳定判据,该控制方法是渐进稳定的。

[0072] 具体的,根据所述运动控制模型,基于所述轨迹偏差修正实际向自主移动机器人下发的速度与角速度,最后重新计算左右轮的转速并下发给电动机。

[0073] 本实施例通过根据两个分别与所述自主移动机器人的行进方向呈预定夹角布置的全向轮编码的读数,确定所述自主移动机器人的位置,同时根据倾角传感器的读数确定所述自主移动机器人的航向角,将所述自主移动机器人的当前位置与理想位置进行比较,得到所述自主移动机器人的轨迹偏差,以及基于李雅普诺夫稳定判据,建立使轨迹误差收敛的运动控制模型,对所述轨迹偏差进行补偿,明显了提高了自主移动机器人的运动精度。

[0074] 第三实施例

[0075] 本实施例以本发明上述实施例为基础,进一步的提供了所述自主移动机器人的轨迹定位方法中参数确定操作的一种技术方案。在该技术方案中,根据两个分别与所述自主移动机器人的行进方向呈预定夹角 θ_1, θ_2 布置的全向轮编码的读数 $\Delta U_1, \Delta U_2$,确定所述自主移动机器人的位置x,y,同时根据倾角传感器的读数确定所述自主移动机器人的航向角 θ 包括:对所述自主移动机器人建立平面直角坐标系;实时读取两个所述全向轮编码器以及所述倾角传感器在时间段 Δt 内的数值增量,分别记录为 $\Delta U_1, \Delta U_2$ 及 $\delta\theta$;根据所述全向轮编码器的读数,计算所述自主移动机器人在时间段 Δt 内在所述平面直角坐标系的X轴及Y轴上分别的位置增量 $\delta x, \delta y$;通过对所述位置增量 $\delta x, \delta y$ 的积分,得到所述自主移动机器人的当前位置x,y,同时根据所述倾角传感器的读数确定所述自主移动机器人当前的航向角 θ 。

[0076] 参见图6,根据两个分别与所述自主移动机器人的行进方向呈预定夹角布置的全向轮编码的读数,确定所述自主移动机器人的位置,同时根据倾角传感器的读数确定所述自主移动机器人的航向角包括:

[0077] S61,对所述自主移动机器人建立平面直角坐标系。

[0078] 尽管所述自主移动机器人所在的运动平面有时会出现不平整的情况,但是,其大致上的形状呈平整的平面。为了能够准确的描述所述自主移动机器人的位置,针对所述运动平面,预先建立一个平面直角坐标系。在建立了上述平面直角坐标系之后,所述自主移动机器人的位置就可以用所述平面直角坐标系内的位置点进行准确的描述。

[0079] S62,实时读取两个所述全向轮编码器以及所述倾角传感器在时间段 Δt 内的数值增量,分别记录为 $\Delta U_1, \Delta U_2$ 及 $\delta\theta$ 。

[0080] 其中, ΔU_1 是两个全向轮编码器中的第一全向轮编码器输出的位置增量,而 ΔU_2 则是第二全向轮编码器输出的位置增量。 $\delta\theta$ 是所述倾角传感器输出的角度数值的增量。

[0081] S63,根据所述全向轮编码器的读数,计算所述自主移动机器人在时间段 Δt 内在所述平面直角坐标系的x轴及y轴上分别的位置增量 $\delta x, \delta y$ 。

[0082] 具体的,根据如下公式计算所述自主移动机器人在x轴及y轴上分别的位置增量 δ

$x, \delta y$:

$$[0083] \quad \begin{cases} \delta x = \frac{[\Delta U_1 + (L \cdot \sin \theta_1 + B \cdot \cos \theta_1) \cdot \delta \theta] \cdot \cos \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ - \frac{[\Delta U_2 - (L \cdot \sin \theta_2 + B \cdot \cos \theta_2) \cdot \delta \theta] \cdot \cos \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ \delta y = \frac{[\Delta U_1 + (L \cdot \sin \theta_1 + B \cdot \cos \theta_1) \cdot \delta \theta] \cdot \sin \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ + \frac{[\Delta U_2 - (L \cdot \sin \theta_2 + B \cdot \cos \theta_2) \cdot \delta \theta] \cdot \sin \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \end{cases}$$

[0084] 其中, θ_1 为第一全向轮的设置方向与所述行进方向之间的夹角, θ_2 为第二全向轮的设置方向与所述行进方向之间的夹角, L 为全向轮编码器轴线到机器人驱动轮轴线的距离, B 为两个全向轮编码器之间距离的一半, ΔU_1 为第一全向轮编码器的读数增量, ΔU_2 为第二全向轮编码器的读数增量, δx 为机器人在预定平面直角坐标系的 x 轴方向上的位置增量, δy 为机器人在所述预定平面直角坐标系的 y 轴方向上的位置增量, $\delta \theta$ 为机器人的航向角增量。

[0085] S64, 通过对所述位置增量 $\delta x, \delta y$ 的积分, 得到所述自主移动机器人的当前位置 x, y , 同时根据所述倾角传感器的读数确定所述自主移动机器人当前的航向角 θ 。

[0086] 本实施例通过对所述自主移动机器人建立平面直角坐标系, 实时读取两个所述全向轮编码器以及所述倾角传感器在时间段 Δt 内的数值增量, 根据所述全向轮编码器的读数, 计算所述自主移动机器人在时间段 Δt 内在所述平面直角坐标系的 x 轴及 y 轴上分别的位置增量, 通过对所述位置增量的积分, 得到所述自主移动机器人的当前位置, 同时根据所述倾角传感器的读数确定所述自主移动机器人当前的航向角, 实现了对所述自主移动机器人的定位。

[0087] 第四实施例

[0088] 本实施例以本发明上述实施例为基础, 进一步的提供了所述自主移动机器人的轨迹定位方法中补偿操作的一种技术方案。在该技术方案中, 基于李雅普诺夫稳定判据, 建立使轨迹误差收敛的运动控制模型, 对所述轨迹偏差进行补偿包括: 将所述自主移动机器人在全局坐标系下的轨迹误差转换到所述自主移动机器人的局部坐标系下, 得到切向误差、法向误差以及角度误差; 基于李雅普诺夫稳定判据, 建立使轨迹误差收敛的运动控制模型, 修正实际向所述自主移动机器人下发的速度和角速度; 按照所述运动控制模型执行运动命令, 重新计算左右驱动轮的转速并下发给电动机。

[0089] 参见图7, 基于李雅普诺夫稳定判据, 建立使轨迹误差收敛的运动控制模型, 对所述轨迹偏差进行补偿包括:

[0090] S71, 将所述自主移动机器人在全局坐标系下的轨迹误差转换到所述自主移动机器人的局部坐标系下, 得到切向误差、法向误差以及角度误差。

[0091] 图8示出了全局坐标系 (x_G, y_G) 与局部坐标系 (x_R, y_R) 之间的位置关系。参见图8, 所述全局坐标系是在所述自主移动机器人的运动平面上建立的平面直角坐标系。该坐标系的原点定位并不依据所述自主移动机器人的位置而改变。所述局部坐标虽然也是在所述运动平面上建立的平面直角坐标系, 但是其坐标原点是所述自主移动机器人上的固定位置点, 而且其 x_R 轴的指向以所述自主移动机器人的运行方向为准。

[0092] 由于要依据在所述全局坐标系下计算得到的轨迹误差,对所述自主移动机器人进行下一步的动作控制,需要将上述绝对的轨迹误差转换为能够直接用于对所述自主移动机器人进行控制的控制量,因此,需要将所述轨迹误差转换至所述局部坐标系下。在上述转换中,除了对原始的坐标取值进行平移之外,还需要对坐标值进行进一步的旋转。

[0093] S72,基于李雅普诺夫稳定判据,建立使轨迹误差收敛的运动控制模型,修正实际向所述自主移动机器人下发的速度和角速度。

[0094] 具体的,所述运动控制模型具有如下形式:

$$[0095] \begin{cases} v = v_r \cos e_\theta + k_1 e_t \\ \omega = \omega_r + k_2 e_n + k_3 e_\theta \end{cases}$$

[0096] 其中, v_r 和 ω_r 为理想的速度和角速度, v 和 ω 为实际修正的速度和角速度, e_t 、 e_n 、 e_θ 分别表示切向误差、径向误差,以及角度误差。

[0097] S73,按照所述运动控制模型执行运动命令,重新计算左右驱动轮的转速并下发给电动机。

[0098] 修正了速度和角速度之后,可以依据修正后的速度和角速度,计算左驱动轮及右驱动轮的转速,再依据重新计算的转速驱动电动机,使所述自主移动机器人依据修正后的速度和角速度进行位置移动。

[0099] 本实施例通过将所述自主移动机器人在全局坐标系下的轨迹误差转换到所述自主移动机器人的局部坐标系下,得到切向误差、法向误差以及角度误差,基于李雅普诺夫稳定判据,建立使轨迹误差收敛的运动控制模型,修正实际向所述自主移动机器人下发的速度和角速度,以及按照所述运动控制模型执行运动命令,重新计算左右驱动轮的转速并下发给电动机,实现了自主移动机器人的经过补偿的位置移动,显著的提高了机器人的运动精度。

[0100] 以上所述仅为本发明的优选实施例,并不用于限制本发明,对于本领域技术人员而言,本发明可以有各种改动和变化。凡在本发明的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

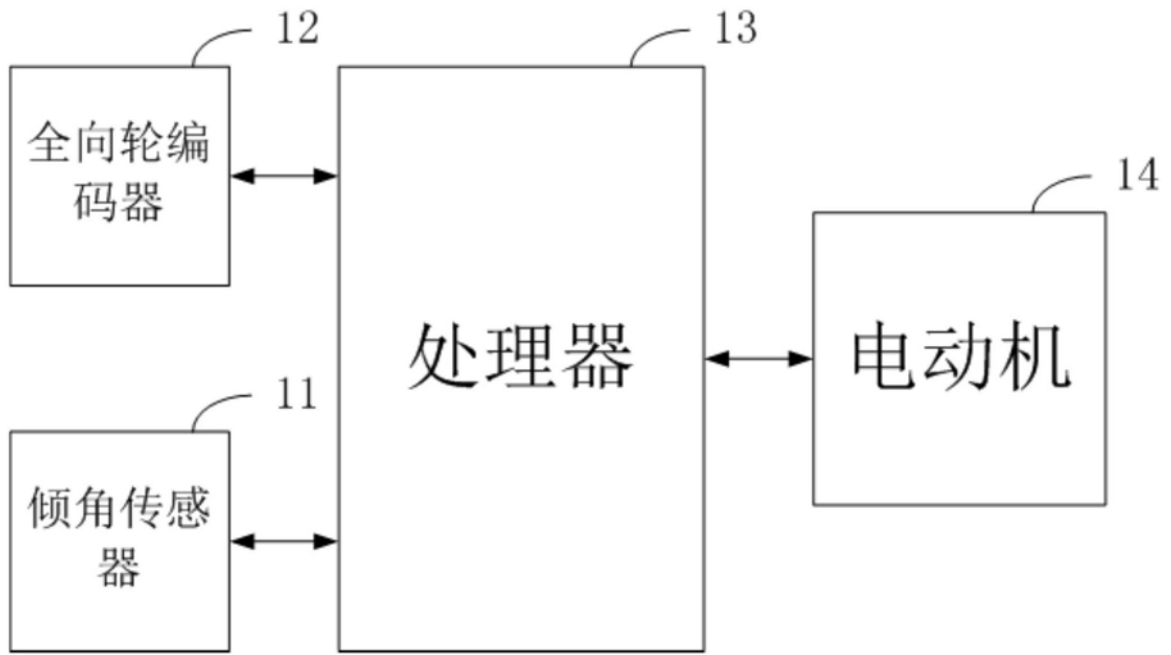


图1

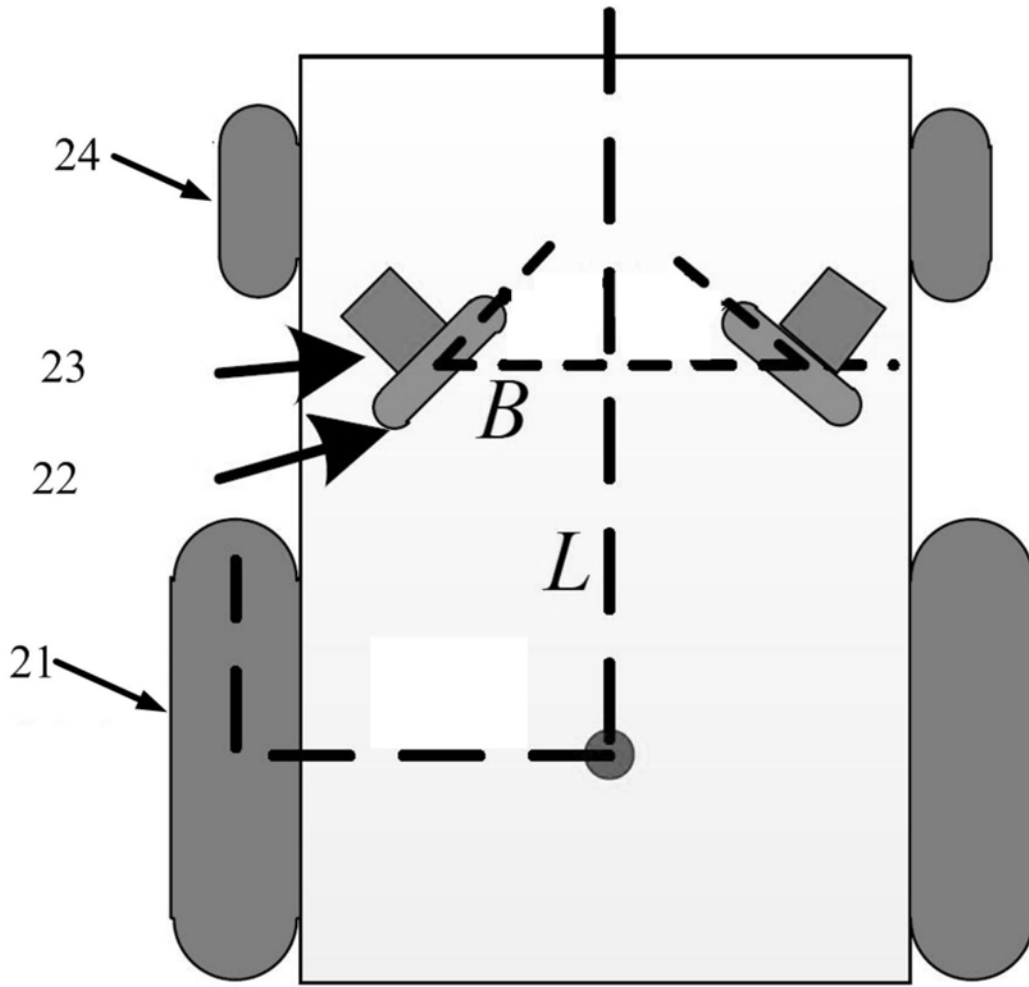


图2

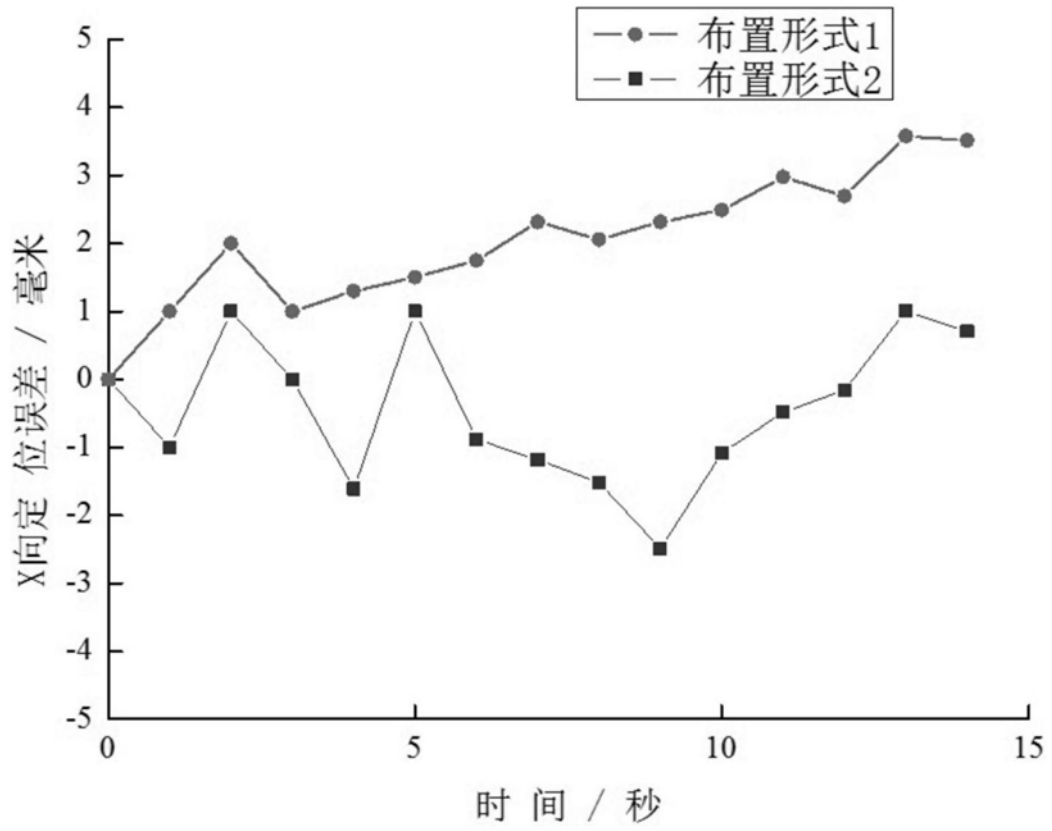


图3A

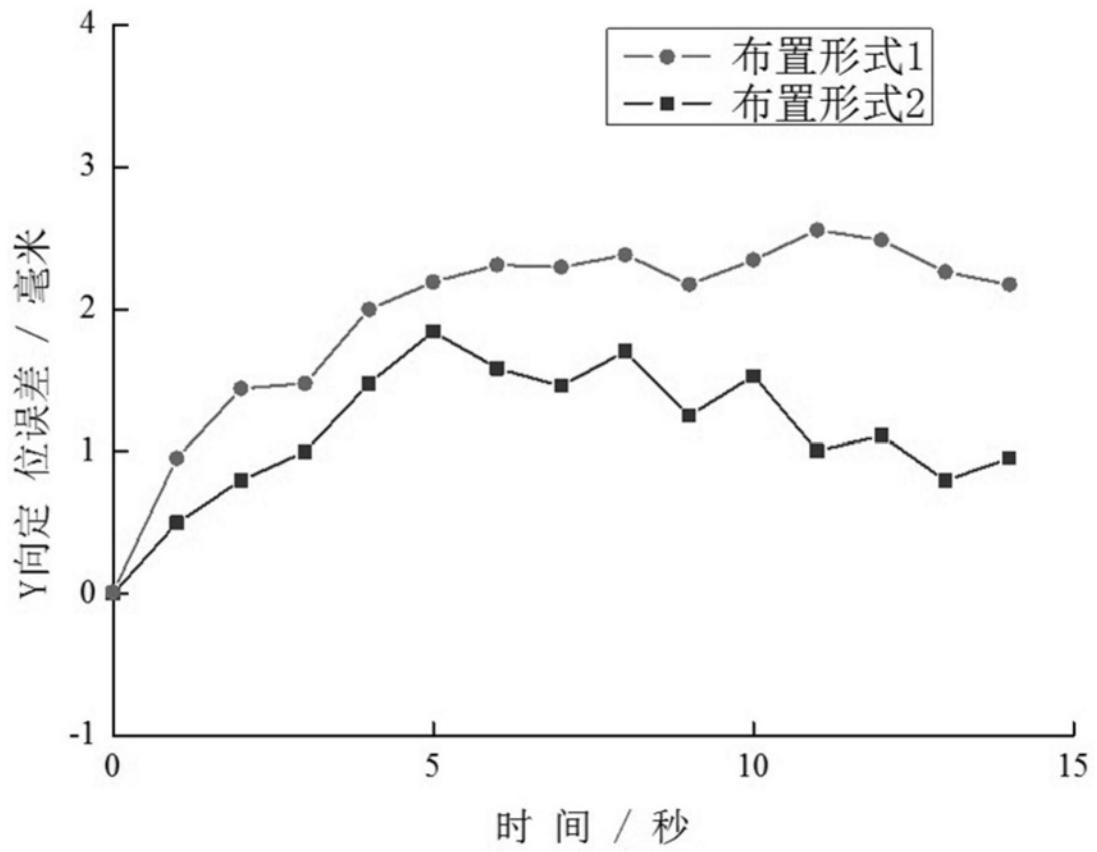


图3B

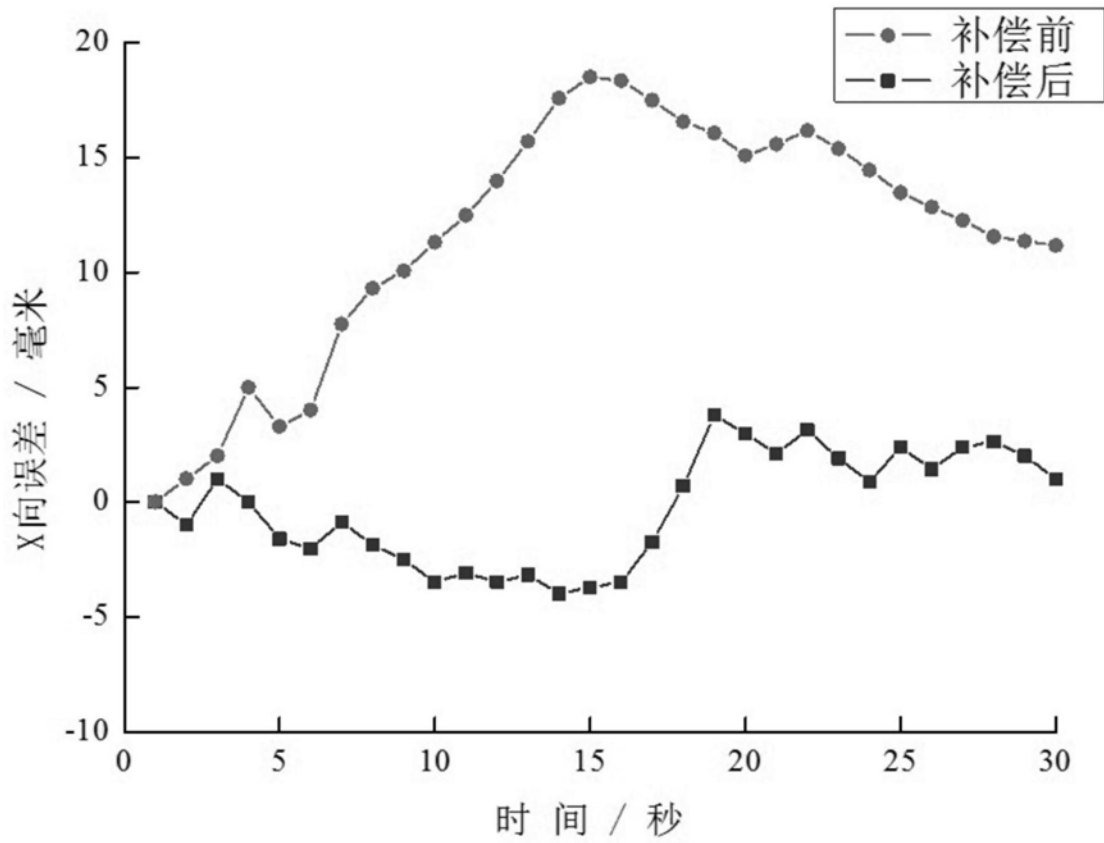


图4

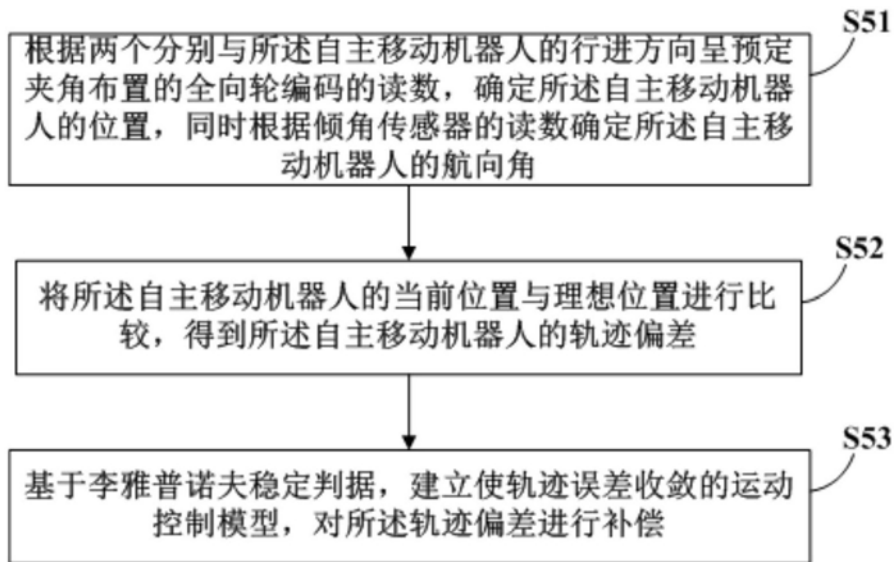


图5

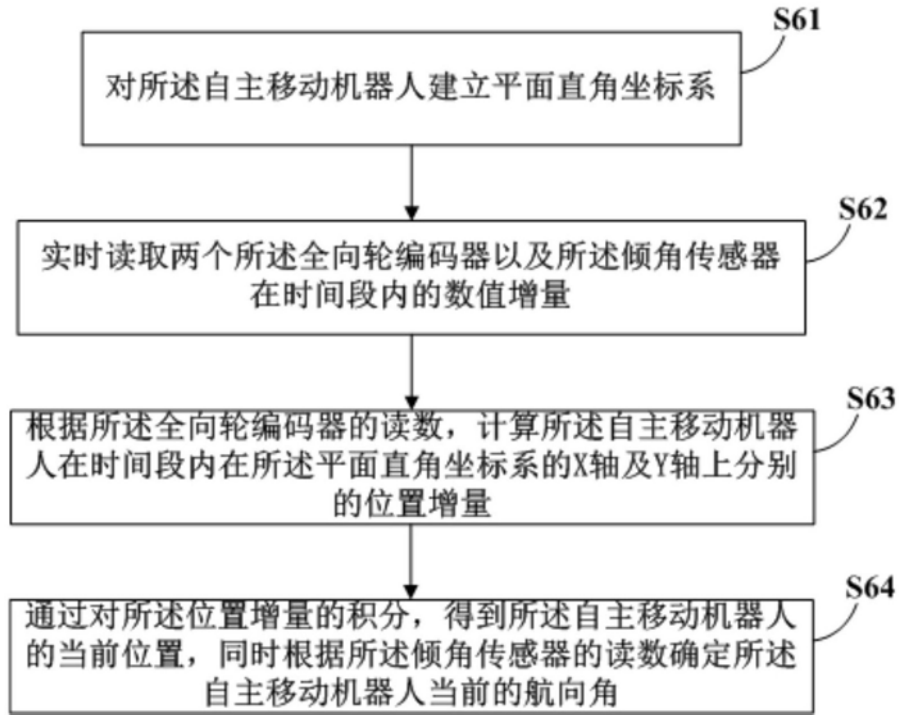


图6

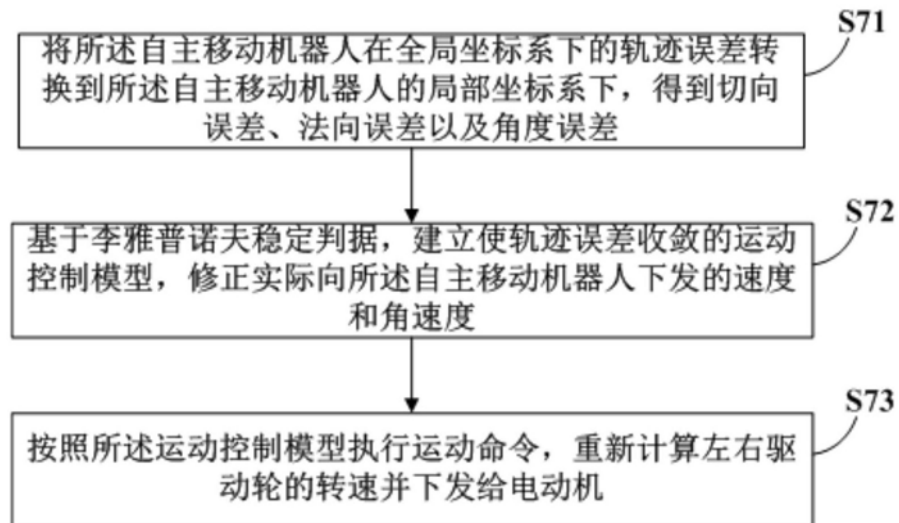


图7

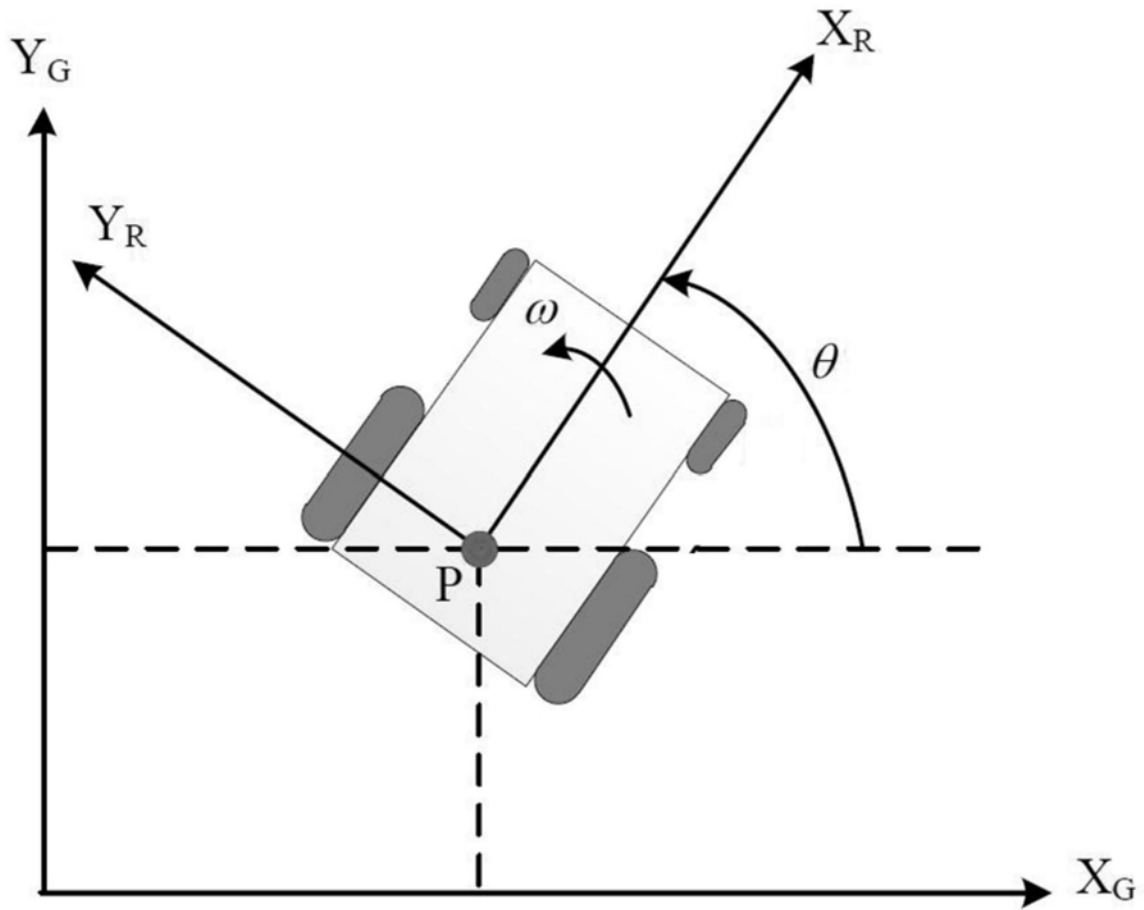


图8