

全方位水平姿态爬楼机器人机械系统及关键技术研究

匡 畅

广东水利电力职业技术学院 广东广州 510635

摘 要:本文中主要对全方位水平姿态爬楼机器人进行了分析,该机器人具有爬楼、越障等功能,采取三自由度足式移动方式,与传统的行走机器人有较大差异,可解决传统机器人在复杂环境中机动性差、运送质量低等问题。同时,本文中对爬楼机器人在解决路径、旋转楼梯等方面的问题进行了分析。

关键词:爬楼机器人;机械系统;行走机构

Research on mechanical system and key technology of all-directional horizontal attitude climbing robot

Chang Kuang

Guangdong Technical College of Water Resources and Electric Engineering, Guangzhou 510625, China

Abstract: This paper mainly analyzes the all-round horizontal attitude climbing robot. The robot has the functions of climbing and obstacle crossing, and adopts the three-degree-of-freedom foot movement mode, which is quite different from the traditional walking robot, and can solve the problems of poor mobility and low delivery quality of the traditional robot in the complex environment. At the same time, this paper analyzes the problems of stair climbing robot in solving the path and spiral stairs.

Key words: climb building robots; Mechanical system; Travelling mechanism

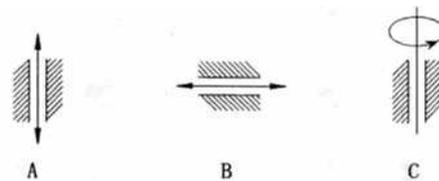
随着当代经济与科技的全面发展,高层建筑已经成为城市的主要建筑,能够有效地提升城市空间利用率,这也使得通过楼梯、电梯进行物品输送较为常见。电梯在输送中容易受到外界因素影响,如停电、自然灾害等,使得部分情况下需要通过楼梯完成物品输送,而机器人具备良好的适应能力与稳定性,能够完成一定的输送任务,但在高层建筑中的非环境结构的输送上仍然存在问题。全方位水平姿态爬楼机器人在理论上具有解决上述问题的能力,本文则主要对其机械系统、关键技术展开研究。

一、机器人机构的总体设计方法与概念

(一)全方位水平姿态爬楼机器人设计

机器人的主要运动环境为空间立体环境,在对其进行设计时,需着重解决机器人的运动自由度问题。每种自由度能够解决某一方向的运动问题,自由度主要可以分为三种,如图一所示。通过对不同自由度进行组合,可解决多种方向的运动问题,本文中主要根据

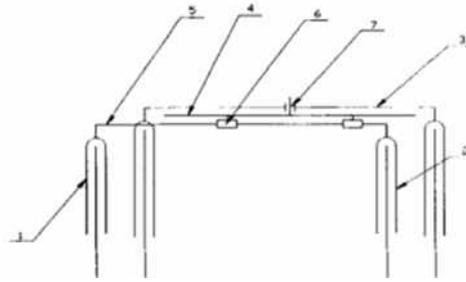
这一原理对机器人进行设计



图一 机器人运动自由度示意图

(二)机器人的成型设计

为进一步提升机器人在实际应用过程中的稳定性,采用并联机构对不同自由度进行组合,分别为上台上下自由度与下台上下自由度,其中,前者包含四组自由度形式,后者包含两种自由度形式。同时,机器人中的转动机构、移动机构以及上下运动机构都需要具备相对应的装置,以实现机器人在立体空间内的运动。在进行成型设计的过程中,该机器人可分为两部分,即上台整体与下台整体,二者通过转动副进行连接,可形成相对旋转运动,如图二所示。



图二 机器人机构侧视示意图

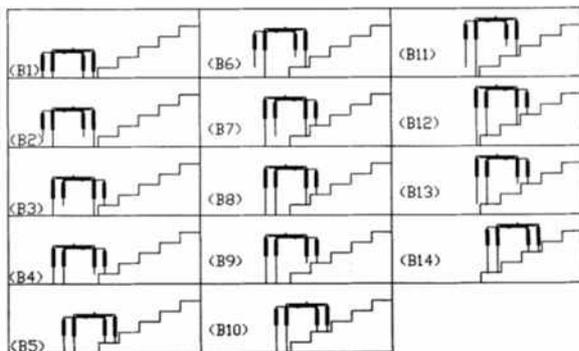
(三) 移动原理与爬楼原理

机器人的水平移动原理如图三所示，从 A1 至 A5 的过程中，机器人从左至右进行运动，通过上台机构与下台机构的交替运动，可以实现机器人的稳定移动，使其完成水平行走。



图三 机器人水平移动原理示意图

机器人爬楼原理示意图如图四所示，可观察到 B1 时机器人处于稳定状态，B2 至 B3 机器人的下台机构完成运动，B4 至 B5 其上台机构完成运动。通过上台机构与下台机构的循环运动，机器人能够完成连续的爬楼运动，且整体运动过程较为稳定。



图四 机器人爬楼原理示意图

(四) 器材选择与电机选择

对机器人的框架器材以及使用的电机进行选择时，应当对设计要求以及材料价格进行综合考虑，由于本次设计的机器人体积较大，设计周期较长，选用的框架材料为铝型材。铝型材具有良好的可加工性能，且整体费用较低，同时选用电动推杆作为机器人的抬升机构。对机器人电机进行选择时，需考虑电机的功率，可选用转动电机与步进电机，以解决机器人转动运动与直线运动时的驱动问题，确保该机器人能够实现较为稳定的运动。

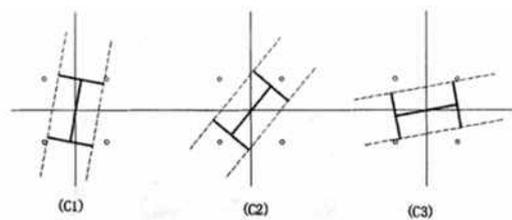
(五) 控制系统规划

控制系统能够对机器人的核心功能产生影响，本文中在对机器人控制系统进行分析时，同样遵循从简的设计原则，主要研究通过控制系统实现机器人的基本运动功能。在对控制系统进行规划时，采用 PLC 编程的方式对不同部件进行控制，可起到进一步降低设计难度的作用。控制系统的主要控制对象为直流电机、步进电机以及推杆电机，通过对电机进行控制，可以实现对机器人的运动状态的调整。同时，在设计控制系统时，也需要尽量减少传感器的使用，以确保控制系统的简便性。

二、机器人功能分析与理论分析

(一) 转动干涉分析

对于全方位水平姿态机器人，其机械系统的转动过程尤为重要，能够对机器人的行走功能产生较大影响。机器人在完成下台转动时，主要是通过控制运动单元的转动，从而实现机器人行走方向的改变。而由于本次设计中的机器人外形为正方体形状，使该机器人更为适合 90° 转弯以及 180° 转弯，在对其进行任意角度的转动时，存在一定的困难。针对机器人的转动问题，本文中主要对三种情况进行了分析，如图五所示，并根据 C2 所示的转动问题进行建模分析，得到在没有其他干扰因素的情况下，机器人在转动后的位移与其转动角度的关系。



图五 机器人转动极限位置

(二) 重心平衡规划设计

机器人通过不同机构的交替运动实现行走，在其整个行走过程中，重心保持平衡，如机器人在上下楼梯时，其重心的方向会与楼梯走势保持一致。本次研究中，机器人的整体体积较小，使得机器人的结构尺寸与其位移距离之间存在较大差距，导致机器人在行走时可能会出现踩空的情况，使得机器人的运动状态受到影响。而为避免机器人在行走时踩空，可通过应用错位平分的方式调整其运动过程，在对机器人的重心进行设计时，也需要应用该方法。

(二) 关键零件有限元分析

机器人的整体框架为铝型材,在对关键零件进行有限元分析时,首先需要不同的关键零件进行三维建模,而建模软件的选用也会对后续的分析过程产生一定影响,本次研究中所采用的建模软件为SolidWorks。该软件不仅能够在进行建模的过程中,对机器人的设计进行再次修改,其整体操作过程也较为简便,同时也包含多种捆绑包,使其具备一定的分析功能。

三、机器人的路径规划原理

(一) 路径轨迹规划

在机器人的实际工作环境中,可能会存在一定的障碍物,而对路径轨迹进行规划,则是需要在避开障碍物的前提下,寻找最为合适的运动路径,避免机器人在运动过程中受到障碍物影响。本次研究中,在进行机器人的路径规划时,主要应用以直线代替曲线的方法,基于全方位行走的基础前提下,通过调整机器人的直线行走与旋转完成路径规划,有效地解决了机器人的路径失真的问题。即通过对路径情况以及机器人的初始状态进行分析,并且根据分析结果设定失真值,通过反推得到不失真的路径轨迹规划。

(二) 路径轨迹规划原理

在对机器人的路径轨迹进行规划时,往往将其看作单调曲线,并根据曲线建立坐标系进行求解。而若机器人的路径轨迹不单调时,则可以划分完成的轨迹的方法,将其分为不同的单调曲线,并在不同曲线的接点处进行求解,以此得到机器人的完整轨迹。而在求解的过程中,常用的方法有根据二元方程求极值、几何代替以及垂线代替等。

四、机器人测试与实验

在完成机器人的结构与路径规划后,需要对其进行相应的实验,以此验证机器人的行走功能,本文中则主要对机器人的直角转弯功能与楼梯爬越功能进行了分析。

(一) 测试直角路径

在实验过程中,机器人可较好地完成转弯任务,整体行走过程较为平稳,但也存在同步性较差的问题,需要对机器人的控制程序进行相应调整。同时,在其行走过程中,当机器人转弯后,其转动电机的控制较为稳定,可实现机器人稳定的直线转弯运动,整体转弯过程能够满足设计要求。

(二) 测试楼梯爬越

机器人的楼梯爬越原理在前文中已经进行论述,而在楼梯爬越实验过程中,机器人能够实现现在已经完成规划的路径中稳定爬越楼梯,即该机器人能够通过组件的循环运动完成楼梯爬越,也可以证明本次研究中的机器人运动理论的正确性。

五、研究结论与建议

(一) 主要研究成果与展望

本文中的主要研究成果如下:(1)对机器人的全方位运动进行了研究,解决了机器人在爬越楼梯时的转向问题,使其能够在物品输送、调度方面具有良好的应用前景。(2)对机器人在运动过程中的重心问题进行探究,通过上下装置错位的方法使其重心能够始终保持平稳。(3)对机器人的运动理论、成型过程进行了探究分析。(4)对机器人的轨迹规划与楼梯爬越、越障过程进行了分析,有助于提升机器人在非结构环境下的功能性,使其适用性更强。(5)通过以直代曲的方法对机器人的路径失真问题进行研究,同时应用编程对理论进行验证。

(二) 研究建议

本次研究中尚且存在部分问题,对后续研究存在以下建议:(1)对机器人的足点进行组合,可改变其运动姿态。(2)本次研究中在机器人的成型以及控制系统的规划方面,以简化为基本原则,在后续研究中,可通过改变成型材料、更换零件等方式对机器人的设计进行优化。(3)本次研究中并没有对机器人的功能进行深入探索,只对其基础功能进行分析,在后续研究中可以根据实际需求对其功能进行调整。

参考文献:

- [1]胡雅琪,吴育飞.爬楼机器人[J].农村青少年科学探究,2021(22).
- [2]桑成松.一种平面行驶和爬楼梯跟随机器人的设计与研究[D].上海海洋大学,2021.
- [3]方展杰.仿人步态爬楼的机器人机构原理与功能研究[D].华南理工大学.

作者简介:匡畅(1987.11-),男,汉族,湖南湘潭人,讲师,本科学历,研究方向为单片机技术。

项目名称:2020年广东省普通高校青年创新人才项目“基于Visual-SLAM技术的外卖配送机器人研究”(编号:2020KQNCX176)。