

线驱动连续体机器人设计与实现解析

周海君

(沈阳科技学院, 辽宁 沈阳 110000)

摘要 线驱动连续体机器人是现代化科学技术发展的体现, 并且具有结构轻量化、柔顺性较好的特点, 在后期应用期间还具有一定的连续变形等特点。但是, 在线驱动连续体机器人实际运行期间很容易产生变形, 进而带来较大的误差, 将影响机器人控制的精准度以及其使用性能。对此, 本文通过对线驱动连续体机器人相关内容的了解, 对其设计与实现的相关内容展开了分析和阐述, 以供同行业人员参考。

关键词 线驱动连续体机器人; 精准性; 系统设计方案; 构型设计; 单关节模块设计

中图分类号: TP242

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)09-0026-03

随着现代化科学技术的发展, 更多新型种类机器人展现在人们眼前, 线驱动连续体机器人就是其中较为显著的一个, 并且线驱动连续体机器人的出现, 可以为相关行业的生产提供便利的条件。同时, 传统的机器人经常会受到自身结构的影响, 无法完成复杂工作条件的各项操作任务。由于线驱动连续体机器人自身具有良好的弯曲性能, 可以避免外界环境对机器人的约束, 可以更好地完成各项生产工作。但是, 由于线驱动连续体机器人的结构相对较为复杂, 所以在设计的时候, 需要对各个方面进行综合性的考虑, 并且进行合理的设计, 以此保证线驱动连续体机器人的精准度。

1 线驱动连续体机器人概况分析

通过对线驱动连续体机器人概述和特点的了解, 可以更好地展开线驱动连续体机器人设计与实现, 以及分析其发展趋势, 这样才能实现预期的目的, 确保其运行性能^[1]。

1.1 概述

1. 线驱动连续体机器人由激光模块、内窥镜、触觉反馈设备等方面组成。其中, 驱动模块作为线驱动连续体机器人的核心, 主要是在线连续机械臂、电滑轨的基础之上, 以此形成机械臂系统。同时, 电滑轨驱动机械臂在运行期间, 主要是确保整体运行的稳定性和安全性, 并且将其置于机械臂的光纤中; 激光器、激光器纤维等设备激光模块。激光器属于光纤中的激光源, 光纤主要负责数据和信息的传输^[2]。另外, 内窥镜主要是传输图像的光纤、相机以及对图像处理的

主要设备, 并且在线驱动连续体机器人内, 主要是负责监控激光在系统内的运行行为, 实时地将各项信息和数据画面传输给操作人员, 这样操作人员可以根据画面的各项信息和数据更好地完成各项指令, 确保线驱动连续体机器人运行的精准性。

2. 线驱动连续体机器人在使用期间, 主要是握住以及移动操作手柄, 逐渐传达操作者的指令, 并且主机将运动指令传输给机械臂, 从而线驱动连续体机器人的运动。同时, 机械臂系统在运行的时候, 激光能量纤维会将目标信息传输到相应位置, 并且发挥出自身的作用。另外, 在该阶段, 内窥镜始终起到监控激光的行为, 拍摄到相关画面, 并且传输到主机设备, 使操作人员获取各项信息, 以便执行各项操作方案。

1.2 特点

线驱动连续体机器人具有结构轻量化以及灵活高等特点, 在具体运行期间, 可以在自身弯曲变形中实现对非规则形状物体的抓取, 从而获取相关的信息和数据, 并且在很多行业领域中都有着广泛的应用^[3]。同时, 在线驱动连续体机器人运行期间, 传统系统经常会受到非线摩擦、伸长关节、以及关节之间耦合作用的影响, 其控制精度相对较低, 影响其定位精准以及抓取量, 这时就需对现有结果不断进行设计和优化, 从而提升线驱动连续体机器人的使用品质。

2 线驱动连续体机器人设计与实现

由于线驱动连续体机器人设计相对较为复杂, 所以在设计与实现的时候, 必须明确其要点, 这样才能保证其良好的设计和实现效果。那么, 在线驱动连续

体机器人设计和实现的时候,应当重点考虑以下几点内容。

2.1 系统设计方案

线驱动连续体机器人属于一种高冗余自由度的机器人,并且与传统的机器人有着很大的不同,不仅体积相对较小,灵敏度也相对较高,并且可以在复杂、受限的环境中,采取多样化的运动方式完成各项指令。对此,在线驱动连续体机器人系统设计,需要对各项要求进行综合性的考虑,尤其是灵活性、定位、结构紧凑等方面,并且需要根据线驱动连续体机器人的特性,对控制部分、驱动部分、机器人本体等方面进行设计。

另外,在设计的时候,通过利用 Arduino 控制器,与红外遥控器进行配合,可以很好地提升线驱动连续体机器人的性能。针对驱动部分,采用电机和丝杠的模式,将线缆固定于丝杠上,这样可以通过电极运动带动丝杠,实现反复运行,从而对线缆进行控制^[4]。

2.2 构型设计

构型是线驱动连续体机器人设计与实践中一项重点内容,主要基于柔性支撑的一种线驱动连续体机器人,并且在设计和实现的时候,需要对构型的单关节模块进行设计。

同时,为了获取更好的工作空间,需要根据相关标准,对构型尺寸进行优化,这样才能有效提升线驱动连续体机器人设计人员的精准性。另外,由于线驱动连续体机器人经常在复杂条件和环境中运行,所以在构型设计的时候,需要对使用条件进行考虑,适当进行调整,减少复杂环境对线驱动连续体机器人运行的影响。

2.3 单关节模块设计

在柔性支撑的基础之上,需要从基座、动平台、柔性支撑骨架、以及驱动等方面进行设计,并且在柔性支撑骨架设计的时候,需要用液压软骨材料,这样可以有效提升线驱动连续体机器人的抗拉强度、扭转刚度等,避免出现拉伸、压缩、扭转、变形等问题。另外,需要结合设计情况,将连接点均匀地布置在动平台与基座上,这样可以利用驱动电机牵引,以此保证良好的设计效果^[5]。同时,在设计的时候,需要确定设计变量,根据相关的约束条件,以及目标函数,从而构建数据模型,根据模型得出最优参数。其公式为:目标函数为 $\max(V_{fc})$, 并且如果约束条件为: $0 \leq d \leq 200\text{mm}$,

$0 \leq L \leq 200\text{mm}$, $-\pi \leq \alpha \leq \pi$, $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$, 其中, V_{fc} 为最大的封闭工作空间, L 为关节模块的高度, r 为连接点的半径, α 为关节模块的弯曲方向, θ 为关节模块的弯曲角。在设计的时候,选定设计目标函数,以及确定约束条件以后,可以采取遗传算法进行求解,从而得出最优的设计参数,以此保证线驱动连续体机器人设计的准确性,确保其精准实现于实际工作中。

2.4 软件设计

软件设计一直都是线驱动连续体机器人设计的重点,主要是利用 Arduino 完成各项设计作业。同时,在软件设计和实现的时候,Arduino 控制运行之前,需要利用红外遥控器进行控制,并且如果选取转轴自由角度模式的话,应当采用遥控器,根据顺序将三个关节角度输入 Arduino 中,并且构建 α 、 β 和 ϕ 、 θ 之间的运动学关系,反求得到 ϕ 、 θ , 根据其结果,计算出丝杠移动距离。将所得出的距离,根据运动质量进行转换,形成步进电机控制脉冲数目。但是,如果选取转轴固定角度模式,需要利用遥控器选取运行状态,设定关节角度的运行状态^[6]。

另外,在设计的时候,需要预先储存不同关节角度的对应电极脉冲数据,并且可以利用 Arduino 进行控制,以此实现固定角度的运行,确保机器人良好的运行性能。

2.5 结构组装

需要根据线驱动连续体机器人的原理,以及接线图,做好各个电气元件的连接,并且利用 3-D 打印的方式进行制造,将各项结构图详细、准确地打印出来,根据图纸高效地完成整体组装工作。同时,在结构组装的时候,需要将丝杠和电机等部件以及步进电机驱动器置于末端箱体内,并且利用 USB 线缆与控制芯片、计算机等进行连接,以此形成一个完善的系统。

2.6 系统调试

在线驱动连续体机器人设计完成以后,需要与电源进行连接,根据实际情况,对系统进行设置,并且需要利用红外开关基于输入的角度,对运行范围进行严格的控制。在系统调试的时候,根据相关要求,轴向角度限制应当设置为: $0^\circ \sim 10^\circ$, 轴向角限制应当设置为 $0^\circ \sim 359^\circ$ ^[7]。同时,在系统测试时需要以转走自由角度为例,在启动之前,需要在起始位置的三个环节进行设置,并且应当对电机运动步数进行计算,根据计算结果,得知控制脉冲数目,如表 1 所示。另外,

表1 对应目标位置电机的控制脉冲数

目标位置	电机 1	电机 2	电机 3	电机 4	电机 5	电机 6
关节 1 (10, 0)	1113	535	535	966	37	15
关节 2 (10, 0)	0	0	0	965	938	16
关节 3 (10, 0)	0	0	0	0	0	0

在电源接通以后, 需要利用红外遥控器对电机运行模式进行设置, 并且对运行角度进行控制。利用相关软件, 对运行角度所对应的电极脉冲数目进行计算, 再通过利用控制芯片, 对电机转动进行控制, 从而确保线驱动连续体机器人控制的精准度。

3 线驱动连续体机器人运动学分析

对于线驱动连续体机器人, 其末端位置主要是由驱动绳的长度所确定, 所以需要线驱动连续体机器人的运动学进行分析, 对绳索长度以及末端系统位置之间的关系进行研究, 并且需要对已知的驱动绳长度、驱动连续体机器人末端移动的位置参数进行计算, 还需要根据逆运动学分析的原则, 对各个关节绳索长度进行合理的设定。另外, 在设计和实现的时候, 需要将柔性支撑结构作为基础。传统的运动学模型的构建方式一般以 D-H 参数法为主, 无法很好地描述其运行状态。对此, 在线驱动连续体机器人运行学分析的时候, 可以利用瞬时旋转轴的原理, 对线驱动连续体机器人的弯曲运动进行描述, 再利用螺旋理论构建其正运动学模型^[8]。另外, 从逆运动学分的角度来说, 一般以冗余系统作为基础, 这时在设计和实现的时候, 可以利用数值逆运动学的方式, 对驱动连续体机器人的运动状况进行计算, 以此保证驱动连续体机器人运行的精准性。

4 发展趋势

就目前情况来看, 线驱动连续体机器人具有良好的发展趋势, 主要表现为以下几点内容。

1. 需要根据现有情况, 对形状感知模型进行优化, 并且可以将柔性传感器理想化作为线模型, 由于形状感知模型存在着一定的误差, 会对形状感知结果造成一定的影响。同时, 形状、性能等方面需要进一步优化, 以此减少异常问题的产生。

2. 需要根据相关要求, 对感知反馈系统进行检验, 并且受到时间方面的限制, 这时为了确保模型的可行性, 可以在柔性传感器的基础之上, 对其不断进行优化, 从而提升线驱动连续体机器人的运行性能。

3. 在线驱动连续体机器人发展期间, 可以对柔性被动支撑结构进行优化, 从而强化其精准度^[9]。另外, 还需要结合相关行业的需求, 对其有针对性地进行优化, 这样才能保证其良好的发展趋势, 实现自身的价值。

5 结语

综上所述, 线驱动连续体机器人在很多行业领域中都拥有着广泛的应用, 但是在线驱动连续体机器人设计和实现的时候, 其结构相对较为复杂, 所以难度相对较大。同时, 传统的机器人存在着一定的弊端, 所以为了满足各个方面的需求, 在线驱动连续体机器人设计与实现的时候, 要严格落实各项要点, 这样才能保证良好的设计和实现效果, 促使线驱动连续体机器人可以更好地发展。

参考文献:

- [1] 齐飞, 张恒, 裴海珊, 等. 基于力传递模型的连续体机器人驱动误差补偿研究 [J]. 农业机械学报, 2023, 54(01): 402-411.
- [2] 袁俊杰, 魏任寒, 何广平, 等. 基于 EtherCAT 的连续体机器人主从站设计 [J]. 机床与液压, 2022, 50(21): 7-13.
- [3] 孙广开, 何彦霖, 于洋, 等. 连续体手术机器人光纤导航技术现状和展望 [J]. 机械工程学报, 2023, 59(01): 1-18.
- [4] 李进华, 卜逸凡, 李晓阳, 等. 丝驱动连续体机器人的无模型自适应控制 [J]. 天津大学学报(自然科学与工程技术版), 2022, 55(07): 754-763.
- [5] 金淼, 金敏敏, 罗婷婷, 等. 基于连续体结构的软机器人驱动系统设计 [J]. 中国医疗设备, 2022, 37(06): 15-18, 34.
- [6] 倪阳阳, 李木军. 分段式磁响应软连续体机器人的设计及仿真 [J]. 新技术新工艺, 2022(05): 23-28.
- [7] 朱雨琪, 向国菲, 马丛俊, 等. 基于建模优化的连续体机器人轨迹跟踪及扰动抑制策略研究 [J]. 空间控制技术与应用, 2022, 48(02): 29-38.
- [8] 郭艳婕, 李升, 索劭轩, 等. 线驱动的连续体机器人设计与实现 [J]. 实验技术与管理, 2021, 38(03): 98-102.
- [9] 牛国臣, 张云霄. 连续型机器人运动学仿真和操控系统设计 [J]. 智能系统学报, 2020, 15(06): 1058-1067.