

基于颜色识别的物料搬运机器人有限元分析

赵文轩 耿嘉鸿 于艳杰 王钰博 付勋艳
(青岛黄海学院 山东 青岛 266555)

摘要: 基于颜色识别的物料搬运机器人是一种能够自主进行沿轨迹运行的机器人, 可夹取预设颜色的物料并将其放回物料放置点。根据不同场合的需求, 该机器人采用了麦克纳姆轮作为驱动轮, 夹取装置安置在机器人前端, 颜色识别装置位于底盘前端。此外, 还安装了灰度传感器、新型颜色识别模块, 提高了其识别物料的稳定性的。底盘装配有寻迹传感器、红外线测距仪和陀螺仪, 使其能够更加精准地沿预设轨迹运行, 并具有一定的自主调节能力。

关键词: 控制系统; 结构设计; 物料搬运; 力学分析

0 引言

随着社会不断发展, 人口老龄化不断加剧, 劳动力有了巨大的缺失, 企业的劳动力成本大幅提高, 机器人的发展不仅节省成本, 还提供了巨大的劳动力。机器人不仅结合了电力控制, 还有精密的结构设计, 能够完成高效率的搬运工作。机器人的出现增加了工作环境的范围, 尤其是在存在危险的环境下的, 人类无法前往的情况下, 就体现出了物料搬运机器人研究的重要意义。现在所研究的大都是固定的筛检机器人, 不仅工作效率低, 而且不能适用于各种环境。本文设计的基于颜色识别的物料搬运机器人, 采用了万向麦克纳姆轮, 拥有零转弯半径, 不仅能够狭小的空间进行物料搬运工作, 还可以通过传感器感知待搬运物料的位置, 从而搬运目标物料并选择合适的路径进行自主运动, 并将物料放置在指定区域。

1 总体方案设计

基于颜色识别的物料搬运机器人的系统设计分为驱动模块和控制模块, 驱动机构包含了执行机构、传动机构, 执行机构的作用主要由前端的机械爪构成, 主要用来完成控制系统所要求的工作, 传动机构包含了提供动力系统的电机和传递动力的各个齿轮和轴。为了使机器人在搬运过程中更加稳定, 采用了底盘四轮驱动式结构, 分模块设计可以减少运行时的出错率, 增加了机器人的可扩展性。总体设计如图 1 所示。

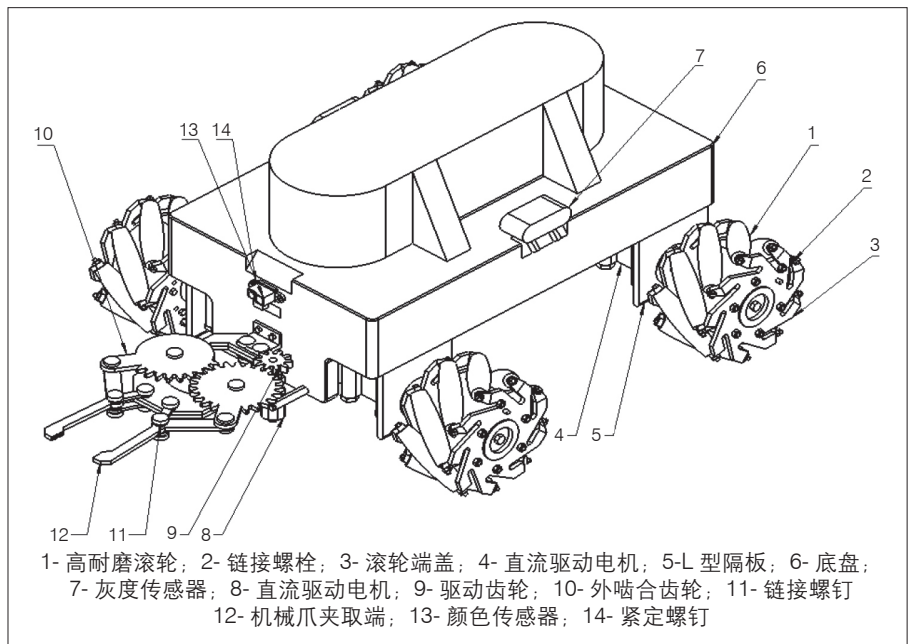


图 1 总体结构设计图

机械爪是主要的执行机构, 主要用来执行控制模块发出夹取命令, 主要有齿轮啮合传递动力, 由一对外啮合齿轮带动夹具前端进行夹取, 齿轮传动增加了夹取的准确性和稳定性, 能够更好完成夹取任务。

2 控制系统设计

2.1 控制系统

控制部分是机器人的核心, 该部分由传感器模块、动力模块、通讯模块构成。物料搬运机器人控制部分采用了 STM32F103 RCT6 集成芯片作为控制核心, 集成芯片的性能参数如表 1 所示。

动力模块是利用芯片自带 PWM 输出端口、定时器和计数器, 达到精确地控制机器人上的减速电机。舵机

表1 STM32F103RCT6 集成芯片性能参数

| MCU 型号 | FLASH | RAM | 工作频率 | 外设资源 |
|---------------|-------|------|-----------|---------------------------------------|
| STM32F103RCT6 | 256kB | 48kB | 0 ~ 72MHz | 51 个 I/O 接口、4 个 16 位计数器、16 路 12 位 A/D |

驱动是通过上拉 STM32 集成芯片的 USART 的 I/O 口和 CDS5500 串口舵机通信, 发送指令, 达到控制串口舵机精准转动的效果。

2.2 传感部分设计

传感器的主要作用是实时检测外界的环境变化, 其性能的好坏决定了颜色识别物料搬运机器人与外界环境进行人机交互的功能是否达到预期。该机器人包含了寻迹模块、二维码识别模块、颜色识别模块三种传感器。寻迹传感器的主要作用是在机器人运动过程中, 能够使机器人按照预先设定好的路线运行, 当运行中出现偏差时, 能够及时检测出偏差并主动调整; 在指定方向对机器人及时进行位置调整, 以免在移动过程中误差逐渐扩大。通过对各种寻迹传感器综合性能的对比, 根据物料搬运机器人的特点, 采用了单光束红外光传感器, 由光敏二极管、电阻、LED、光敏二极管电阻等元件组成, 并且使用 LM324 电压比较器用来提高模块灵敏度, 还加入光敏反射器, 对输出信号进行过滤处理, 提高循迹模块稳定性。二维码识别模块 GM65 适用于多种应用环境, 采用了灰度传感器, 可大大提高机器人对物料颜色的拾取, 并且可以连续扫描并夹取, 极大地提高了物料搬运机器人的效率。

3 麦克纳姆轮有限元分析

3.1 麦克纳姆轮边子轴的有限元分析

麦克纳姆轮由 2 个高硬度端盖和 9 个高耐磨滚轮组成, 端盖连接于传动主轴上, 滚轮的两端连接于端盖边缘成 45° 倾斜状态, 滚轮组件包括转轴、轮毂、橡胶外层和 2 个锁紧螺钉, 轮毂与转轴转动连接, 橡胶外层包覆在轮毂外周, 轮毂的两端均设有容纳槽, 2 个滚子轴承位于容纳槽内, 并安装在转轴上, 2 个平面轴承安装在转轴上, 并与相应的滚子轴承相抵, 转轴的两端通过锁紧螺钉与相应的端盖固定连接, 其棍子需要承受足够的挤压力, 所以需要具备较高的屈服强度和抗拉强度。麦克纳姆轮设计参数如表 2 所示。

棍子轴主要承受压力和摩擦力, 起主要的运动作用, 所以对棍子轴的三维建模进行有限元分析, 先将其材料确定, 棍子轴的轴心材料采用的是 AISI4340 钢, 链接的部分采用的是合金钢, 外围的棍子部分采用的是橡胶, 其各个参数值参考表 3 材料参数表。

因为棍子轴的表面接触地面, 所以其外圆面承受

压力, 固定其轴心两端, 对辊轮的外边面施加 125N 的压力, 应力有限元分析图如图 2 所示, 棍子轮上最大的应力为 $1.647 \times 10^8 \text{N/m}^2$, 最小应力为 $2.664 \times 10^3 \text{N/m}^2$, 符合设计要求。

3.2 芯轴的有限元分析

芯轴用于链接直流驱动电机和麦克纳姆轮, 不仅要承受轮转动时产生的扭转力, 还要承受底盘因重力而产生的弯矩, 对此芯轴的综合力学性能要求较高。芯轴三维模型如图 3 所示。

芯轴选用合金结构钢, 合金结构钢具有较好的综合力学性能, 大大提高轴的屈服强度, 所选合金钢的力学性能如表 4 所示。

芯轴的受力点在其最小端的链接断面和各个段的轴心处, 固定芯轴的两端, 在芯轴的中段施加 100N 的力, 其最大应力为 $5.164 \times 10^6 \text{N/m}^2$, 最小应力为 $4.444 \times 10^2 \text{N/m}^2$, 根据图 4 所示芯轴应力有限元分析图得出, 符合设计要求。

棍子轴在 120N 的力作用下所产生的最大应力在棍子轴与法兰连接处为 $1.647 \times 10^8 \text{N/m}^2$, 最小应力为 $2.664 \times 10^3 \text{N/m}^2$ 在棍子轴的中间, 其设计完全符合要求。

表2 麦克纳姆轮设计参数

| 参数名称 | 初始数值 |
|--------------|------|
| 车轮尺寸 /mm | 100 |
| 棍子轴大径 /mm | 3 |
| 棍子轴小径 /mm | 5 |
| 棍子轴长度 /mm | 65 |
| 棍子轴个数 /mm | 9 |
| 轮宽 /mm | 40 |
| 棍子轴曲线与轮毂轴线夹角 | 45° |

表3 材料参数表

| 材料 | 泊松比 | 屈服强度 / MPa | 张力强度 / (N/m ²) | 质量密度 / (kg/m ³) |
|------------|-------|------------|----------------------------|-----------------------------|
| AISI4340 钢 | 0.285 | 470 | 745 | 7850 |
| 合金钢 | 0.28 | 620.422 | 723.8256 | 7700 |
| 橡胶 | 0.45 | 0.15 | 102 | 960 |

表4 合金钢的力学性能

| 属性 | 数值 | 单位 |
|-------|-----------|-------------------|
| 弹性模量 | 2.1E+11 | N/m ² |
| 中泊松比 | 0.28 | 不适用 |
| 中抗剪模量 | 7.9E+11 | N/m ² |
| 质量密度 | 7700 | kg/m ³ |
| 张力强度 | 723825500 | N/m ² |
| 压缩强度 | 523617010 | N/m ² |
| 屈服强度 | 620421000 | N/m ² |

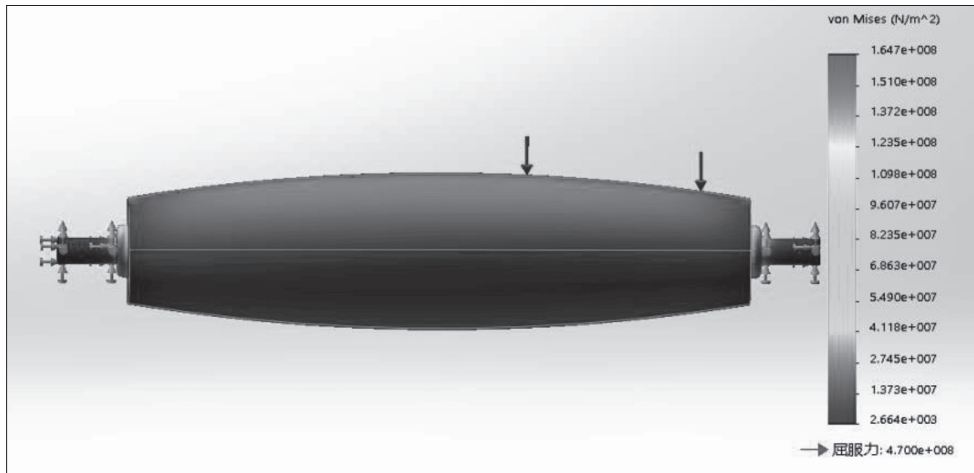


图2 应力有限元分析图

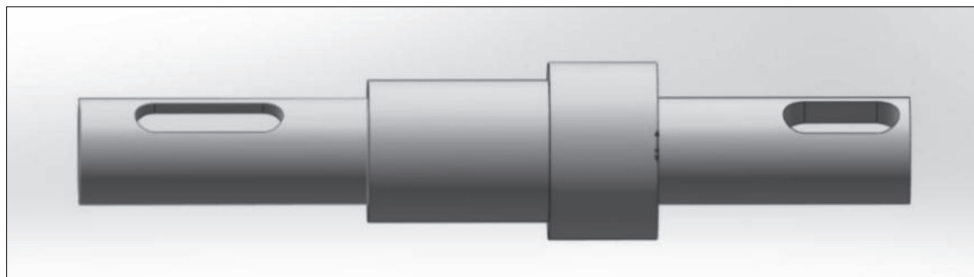


图3 芯轴三维模型

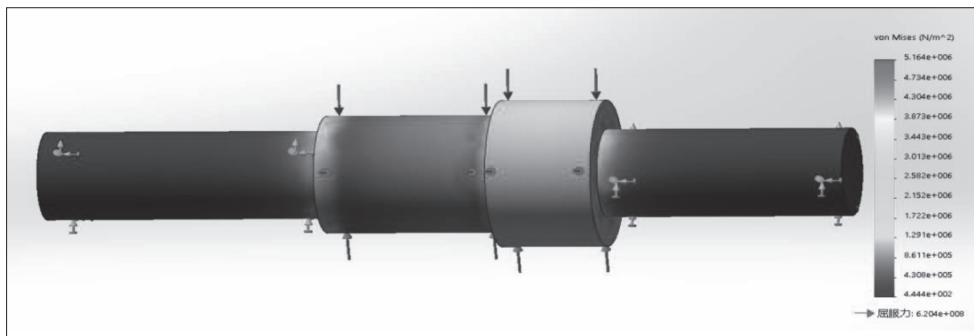


图4 芯轴的应力有限元分析图

芯轴和减震弹簧在 100N 力作用下变形量也极小，所产生的应力不会影响其正常的工作，所以此设计符合要求。

4 结语

搬运机器人的材料简单易采购，各个部分链接紧密，采用麦克纳姆轮使得机器人能够全方位移动，四轮的底盘能够在移动过程中更加稳定，灰度传感器的运用使得影响更加清晰，夹取更加准确，主要的受力零件也能够保证在承载范围内。

基金项目：2021 年山东省大学生创新训练项目 (S202113320087)。

参考文献：

[1] 潘光良. 搬运机器人自动化系统研究 [J]. 智能机器, 2019 (01): 36-38.

[2] 苏晨, 汤亮. 萝卜采收机械手的设计 [J]. 湖北农业科学, 2015 (09): 210-213.

[3] 黄民, 刘相权. 拣选机器人自动搬运系统设计 [J]. 北京信息科技大学学报 (自然科学版), 2019, 34 (02): 81-86.

[4] 赵忠玉, 葛古福. 浅析四自由度物料搬运机械手的初步设计 [J]. 世界有色金属, 2017 (17): 282-283.

[5] 田方, 牟昌进. SR 关节型机械手运动学性能分析及其仿真的研究 [J]. 重型机械, 2017 (02): 80-83.

机械手运动学性能分析及其仿真的研究 [J]. 重型机械, 2017 (02): 80-83.