

便携机械手臂结构的研究

历雪 左爽 梁家兴 孙振超

哈尔滨剑桥学院 黑龙江哈尔滨 150069

摘要: 随着机器人技术的发展, 作为机器人的一个分支, 机械臂控制技术的研究越来越成为机器人技术的研究热点。为了完成对远端机械臂的操作控制任务, 本文完成了移动机械臂本体的结构设计与仿真并设计了机械臂控制系统。

关键词: 移动机械臂; 控制系统; 运动

Study on the structure of portable mechanical arm

Xue Li Shuang Zuo Jiaying Liang Zhenchao Sun

Harbin Cambridge University, Harbin 150069

Abstract: With the development of robot technology, as a branch of robot, the research of manipulator control technology has become a hot spot of robot technology. In order to control the remote manipulator, the structure design and simulation of the mobile manipulator and the control system of the manipulator are completed in this paper.

Keywords: Mobile manipulator; Control system; Motion

前言

目前实际应用的绝大多数机械臂都是固定在基座上的, 它们只能固定在某一位置上进行操作, 因而其应用范围多限于工业生产中的重复性工作。于是实际生产生活中迫切需要一种活动空间大, 能适用于各种复杂环境任务和任务的移动机器人。由于移动机器人很多都是实现移动的, 并没有课控制的手臂, 所以没有抓取物体的功能。为了让移动机器人能够完成简单的作业, 在它上面安装两只轻型服务型机械臂显得尤其重要。

一、机械臂各项指标的确定

移动机械臂是固定在移动平台上的机械臂, 其各项指标应该与其运动平台相适应。移动平台的简单介绍。



图1 移动平台本体实体图

如图1所示移动平台即为本文设计的移动机械臂的搭载平台其规格为长672mm、宽为515mm, 其支撑臂长度365mm, 其质心分布在机器人机械结构的中心。运动平台上每一个驱动部分都各自有一个电机驱动, 能够实现原地360度旋转。机器人本体重量为25kg。通过各个支撑臂的协调运动使平台能适用于较为复杂的环境。移动平台使用远程地面站进行遥控运动, 同时能够通过高清摄像头将平台所处周围的环境实时传递给遥控者, 使指挥更加便捷人

性化。移动平台另一个亮点就是使用了履带式运动代替了传统的轮胎滚动的运动, 其优点是增大移动平台与地面的接触面积从而增强摩擦力, 使得移动平台具有更强的通过性。

二、机械零部件设计

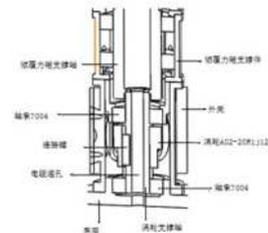


图2 机械臂第一关节剖面图

图2所示是使用solidworks2015设计的第一关节涡轮的支撑部分的机械结构, 根据所选取的涡轮蜗杆的尺寸来设计其支撑轴既外围部件。设计中的轴承为向心推力轴承, 其既能承受由于机械臂蜗轮蜗杆传动过程中产生的轴向力又能承受产生的径向力(下文中有轴承受力计算), 倾覆力矩支撑件主要是用来承受机械臂及其夹持重物由于重力而产生的力矩, 该支架可消除了弯矩对涡轮支撑轴的影响, 从而提高传动的准确性, 从而实现了力矩传递与抵抗弯矩分开的设计方式; 外壳主要就是承受轴承传递力并且对其他构件起到支撑的作用; 涡轮AG2-20R1J12就是传递扭矩的作用, 涡轮支撑轴用来传递扭矩, 连接并支撑各个部件。底座是用来将机械臂与移动平台连接在一起的中间连接件, 电缆通过孔是涡轮支撑轴的中间空心的部分主要是用于放置电源线既信号线以此来连接娶她关节的电机驱动模块, 连接键是涡轮与支撑轴之间连接的零件, 通过轴键之间的挤压及轮键之间的挤压传递运动。

三、控制系统硬件设计

在进行软件部分设计之前将控制系统设计并搭建出来也十分重要,在进行硬件控制系统中,都是本着高效安全、运行稳定的原则进行设计,使其能够在相对恶劣的环境中完成预定的任务。如图3所示,为硬件设计安排的布局。

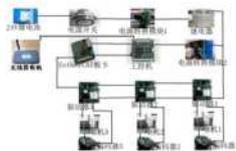


图3 机械臂硬件设计布置图

在硬件设计的过程中,本着避免直接控制大电流的原则设计了图3所示的布局结构,首先使用电源开关给电源模块1上电,电源模块将转换输出的12V电压用来驱动继电器动作,从而实现继电器为驱动器供电并为驱动工控机工作的电源转换模块2工作,工控机电源需要两种电压的电源,即5V和12V.5V用来启动工控机的内部操作系统部件,12V用来驱动其外围部件工作,比如:串口、网口、USB数据口等等。在驱动器部分的电源用来使其驱动电机运转,上图中,编码器连回到驱动器的连线标示的是编码器将电机转速、位置等信息传到驱动器。图示电机1、2、3则为机械臂每个关节的驱动部分。无线接收机到达工控机的部分标示的为无线设备将接收到的控制指令发送到工控机。

标准的以太网最初由 Xerox 公司创建,并由 Xerox、intel 和 DEC 公司联合开发,采用最通用的通信协议标准,以太网通信使用 CSMA/CD(带有冲突检测的载波侦听多路访问)的访问控制方法,在发送数据的过程中,与其他需要发送信息的进程发生冲突,系统会自动尝试重发数据,数据重发次数能够达到16次之多,当然这种访问技术降低了数据通信的实时性。而且一旦出现掉线,哪怕是仅仅几秒的时间,就有可能造成生产线的停止甚至是设备故障,标准以太网满足不了工业控制的实时性要求。在工业控制中使用的以太网技术成为工业以太网技术,其在技术方面上与商用以太网是兼容的,但是两种应用领域不同的以太网产品不同,工业以太网在互操作性、抗干扰性、可操作性以及实时性方面完全能够满足工业现场总线的要求。随着工业自动化技术的发展,工业以太网技术同时也得到了广泛的发展。

德国倍福(BECKHOFF)自动化公司于2003提出了实时工业以太网技 EtherCAT 并于2005年使其成为国际标准(IEC/PAS62407)。EtherCAT 现场总线其优点为高速和高数据性,支持多种连接拓扑结构。在 EtherCAT 通信过程中,数据的获取并不是通过各个从站获取各个数据包实现的,而是数据传输到某个从站时,从站控制器将识别其自身对应的数据位,并且将有效的数据进行提取和插入,以此完成信息交换。EtherCAT 通信以此种通信方案解决了其他以太网通讯的限制,因此与协议堆栈软件的实时运行系统或

处理器的性能是无关的。

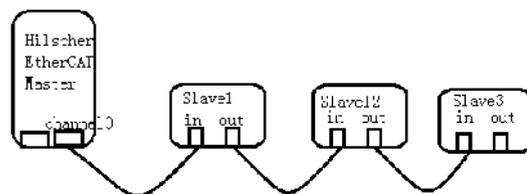
EtherCAT 的主要特点如下:

- EtherCAT 通信应用十分广泛,任何带商用以太网控制器的控制单元都可以作为 EtherCAT 主站。
- 只要是在同一现场总线中, EtherCAT 设备就可以和其他的设备一块运行。
- 从站可以是 I/O 节点或复杂节点,并不需要从属子网。
- 其刷新时间相对较短,数据刷新周期小于 100us。
- 从站之间同步时间较短,其精度可以小于 1us。

现场总线 EtherCAT 的出现使现场总线实时控制领域又迈进了一大步。



选择的 EtherCAT 通信的主站设备是赫优讯(Hilscher) cifax 板卡,在 EtherCAT 通信中,并不像标准的以太网那样在每一个从站节点处接受数据,而是主站发送数据报文经过每一个从站,每一个从站会将数据报文中与之相对应的数据取出来,同时将从站采集到的数据写到数据报文的对应位置,当经过最后一个从站之后,将数据报文充分处理之后返回给主站,从站的读取以及写入数据是由从站 ESC(EtherCAT Slave Controller)即从站控制器完成的。EtherCAT 现场总线支持多种组网方式,灵活性强,其类型包含线型、树型和星型等。本文 EtherCAT 网络采取的是线型网络扩展, Cifax 板卡的 Channel 0 端口连接从站 1 的 EtherCAT 输入端,从站 1 的输出端连接从站 2 的 EtherCAT 输入端,以此类推连接所有的从站设备。从而搭建起整个硬件 EtherCAT 网络。此种连接方法能够快捷的进行网络搭建,网络结构简单,易于网络扩展,特别是当其中某两个设备之间的连线出现问题时不会影响其他设备间的通信,最大限度地保证了系统的稳定性。



现如今,在工业控制领域中,上位机控制端与下位机控制器之间在应用层常使用 CANopen 协议进行数据交互。CANopen 协议采用对象和模块化的架构思想,具有很高的适应性。通常 CANopen 通信设备分为通信模块、对象字典及应用部分三个部分。通信模块主要的就是负责现场总线上的数据的发送与接收;应用模块主要完成处理硬件接口

和控制内部设备；对象字典主要是用来映射上位机指令码与下位机控制指令的一种对应关系。对象字典也有不同的数据模块组成，主要包括索引、对象的类型、对象名称、子索引以及对象强制等等。

CANopen 协议通信特点：

1、在现场总线中，每一个应用层支持 CANopen 通信协议的设备在其设备网络中都有其唯一的 ID 号，在网络中，主机可以和其中任意一台从站设备进行通信，而从站与从站的通信是被禁止的。

2、CANopen 协议面向多种应用对象，具有比较高的灵活性、及可配置型。为了保证 CAN 总线具有较高的实时性，在信息传输的过程中，采用优先仲裁的请求方式，也就是说，优先级比较高的通信报文会优先得到处理，在设备通信中，总共定义了 4 种报文，即管理报文、服务数据对象（SDO）、过程数据对象（PDO）、预定义报文。

四、结语

本文主要以设计轻量化、灵活度高的移动式机械臂为研究内容，文中对机械臂构型、机械构件的设计、机械臂正逆运动学仿真、机械臂控制系统设计进行了比较详细的研究，实现了总线运动控制系统对关节电机进行实时控制

的运动控制，机械臂上搭载可视高清摄像头通过无线传输设备将操作任务现场环境实时传输到远程控制平台，增强了系统的可控性，移动式机械臂与移动平台搭配形成的移动系统将能够有效的应对各种突发情况，适用于灾难救援、公共安全应急响应等安防领域。

参考文献：

[1] 徐国华, 谭民. 移动机器人的发展现状及其趋势. 机器人技术应用. 2001,(3):7-14.

[2] 王田苗. 工业机器人发展思考. 机器人技术与应用. 2004,(3):1-4.

[3] 张金果. 便携式棉花采摘机械手结构参数优化研究 [J]. 中国农机化学报. 2019,40(08):37-42.

基金项目：

(1) 2022 年省级大学生创新创业训练计划项目《便携承重手臂结构》（项目编号：X202213303009）阶段性研究成果

(2) 黑龙江省高等教育教学改革项目《新工科背景下基于“SPCI”四位一体人才培养模式的研究与实践》阶段性研究成果