

桁架机械手电气与控制系统设计研究

余茂繁

(日进工机(佛山)智能科技有限公司, 广东 佛山 518000)

摘要 桁架机械手作为现代工业自动化的重要组成部分, 其电气与控制系统的设计对于提升生产效率和保障系统稳定性至关重要。本文以桁架机械手为研究对象, 对其电气与控制系统进行深入分析, 首先对桁架机械手的基本控制原理以及系统组成部分进行了介绍, 之后根据实际需求以及桁架机械手的功能对系统核心控制器的选型进行了研究, 最后通过对自动化控制技术进行研究, 找到合理的控制方案。

关键词 桁架机械手; 电气与控制系统; 伺服电机

中图分类号: TH16

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)10-0118-03

桁架机械手广泛应用于现代制造业的各种自动化生产线中, 如汽车制造、电子装配和物流搬运等领域。其高效、精确和灵活的操作特点使其成为工业机器人中的重要一员。在工业自动化程度不断提升的过程中, 人们对桁架机械手的性能要求也越来越高, 而电气与控制系统作为其核心部分, 直接影响到机械手的整体性能和可靠性。当前, 国内外在桁架机械手电气与控制系统设计方面已经积累了丰富的经验。国外的技术相对成熟, 尤其是在硬件选型和软件控制策略上, 具有较高的自动化水平和智能化程度。国内的研究虽然起步较晚, 但近年来发展迅速, 在一些特定应用领域也取得了显著成效。

1 桁架机械手基本配置以及工作原理

1.1 桁架机械手基本配置

目前常见的桁架机械手主要分为三个部分, 分别为传感部分、机械部分以及控制部分, 在桁架机械手的传感部分中, 涉及对机械手位置、速度、力度等参数的测量, 因此需要安装相应的传感器模块, 而机械手的机械部分主要是指设备的主体, 控制部分则主要是利用传感器等信号, 在对其进行处理之后给出的逻辑控制。本文设计的机械手其主体部分主要采用桁架结构, 是一种标准的桁架机器人, 主要是针对工业加工中机床加工开发的机械手设备, 负责加工过程中的上下料以及各加工环节的运转, 在机械结构设计上采用了模块结构, 可以根据实际加工需求对各模块进行组装, 机械手末端负载能力需要在 40 kg 以下, 桁架接卸的 Z 轴以及 X 轴采用伺服电机驱动, 以便实现机械手的快速精准移动, 而为了实现不同客户对于物体的不同抓取需求, 机械手的抓取部分则需要根据实际

加工物体的情况进行精准设计, 而且可以根据不同物体的尺寸设计不同规格的抓手, 以便使机械手具有更强的适应性。同时, 为了满足工业加工过程中对不同物品的夹取需求, 在夹持攻坚设计中将整个机构设置成可拆卸式, 用户可以根据不同夹取需求对夹持定位机构进行更换^[1]。

1.2 伺服传动系统

在机械手中, 伺服传动系统主要是指在控制器下达指令之后对机械结构进行控制, 确保机械手能够按照既定指令开展行动。在自动化生产过程中增加伺服控制系统能够为机械手提供有效的动力和控制逻辑, 其主要组成如图 1 所示。

在本系统设计中, 由于抓取工件形状不规则, 整体体积较小, 因此对于机械手的抓取精度要求较高, 所以选择桁架机械手电机为三相交流伺服电机, 这种电机功率较大, 最高转动速度低, 能够满足工业加工需求^[2]。这种类型的电机简单来说就是执行电机, 其属于控制电机的一种, 能够对机械装置运动进行有效控制, 伺服电机对于机械装置的定位主要依靠收到的脉冲来实现, 当电机运行中接收到 1 个脉冲, 相应地就会旋转到 1 个脉冲所对应的角度, 进而实现对机械装置的部分移动。同时, 由于伺服电机本身就带有发出脉冲的功能, 因此电机每转动一下都会发出相应数量的脉冲, 这样就会与伺服电机接收的脉冲形成闭环, 以此来实现电机的精准控制。目前, 这种伺服电机在我国工业领域中有广泛应用, 其闭环控制功能比步进电机更具适用性, 传统的步进电机由于缺乏反馈信号, 一旦电机发生打滑或者卡死的情况, 就会出现丢转情况, 进而影响整体加工精度。

在伺服传动系统中还包含伺服控制系统, 该系统

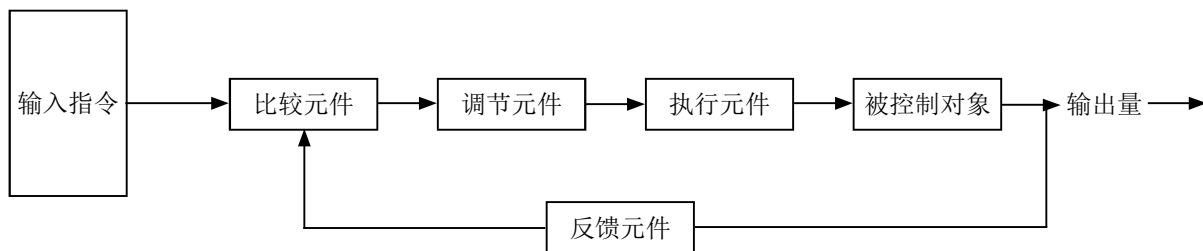


图 1 伺服系统组成

主要通过伺服控制器向传统系统发送不同的控制指令，通过模拟量和脉冲对系统进行控制，系统通过数控系统给出相应指令，包括前进、停止等，伺服电机会在测量到信号之后将信号反馈给运动控制器，通过这种方式得到一定关系之后，再对系统进行进一步调整，以便完成加工所需要的操作。伺服电机控制的基本形式如图 2。

2 桁架机械手控制系统电气设计

2.1 电气系统基本结构以及设计原理

本文设计的桁架机械手主要建立在 X, Z1, Z2 三个坐标系统上，以此来对工件进行精准调整，实现自动化生产，电气系统设计的核心是利用 PLC 控制器实现，利用控制器对各种输入信号进行分类识别和分析，在得到分析结果之后，对各输出元件进行控制，包括指示灯、继电器、驱动器等，最后实现在 X, Z1, Z2 坐标系上的联合运动^[3]。

在电气系统中，控制对象主要包括传动机构以及机械手、传感器以及驱动电机等部分，外部驱动器通过伺服电机获得动力，之后将齿轮传动机构与电机轴相连接，带动机械手进行运动。本系统中将机械手设计为一拖二结构，Z 轴与 X 轴高度为 5.2 m，长度为 4.5 m，重约 5 500 kg 的钢结构。机械手的末端配置两个爪子，用于上料和下料的转换，之后通过堆垛式将毛坯元件输送至料工位，在料工位上安装感应装置，能够对元件是否运输到位进行判断。这些元件的主要任务就是将上料台上的毛坯料输送到机床中进行粗加工，在将粗加工结束后的元件输送到下一台机床中进行精加工，最后再进行下料。

2.2 系统硬件平台设计

本系统硬件平台借助先进的网络机构将参与控制的内部元件进行联合进行共同做功，在硬件选用方面，采用了基于客户端网络控制结构，通过不同的通信协议，比如 PN 等，一同组成机械手的通信网络，实现对设备的快速控制以及数据收集等功能。其中现场设备主要包含软启动器、继电器以及伺服控制器等 MCC 电气设备，借助 PN 通信协议进行连接，而在控制级设备中，主要包含主系统和分系统中的远程 I/O 设备，同样通过 PN 连接。整个生产流程包含粗料加工机床、翻转工位、上下料台、精加工机床、吹气工位以及相应的防护措施^[4]。

2.3 软件平台设计

机械手的系统软件平台主要是为各系统部件提供一个有效的软件环境，以便实现对各部件的精准调动。其中主控制器作为生产调度控制中心，能够实现对生产线的调度、监视、控制等功能，是工作人员对系统进行控制的重要环节。在机械手的加工机床、料台上有着交互信号，内置 PLC 控制器，以便对机械手的动作进行控制，并将设备的运行状态反馈给控制器。

在系统网络拓扑方面由核心高精数控的控制器对其进行控制，本系统中采用了 Profinet 通信方式实现数控机床加工，可以连接 Profinet 现场通信网络直接与主控制器内置 PLC 间进行通信。在现场加工中利用硬线对机械手、料台以及控制器和机床也是采用 Profinet 进行通讯^[5]。

2.4 系统传动方式设计

在机械手传动机构中主要包含蜗杆传动、滚珠丝杆传动以及齿轮传动等方式，在本设计中主要依靠齿

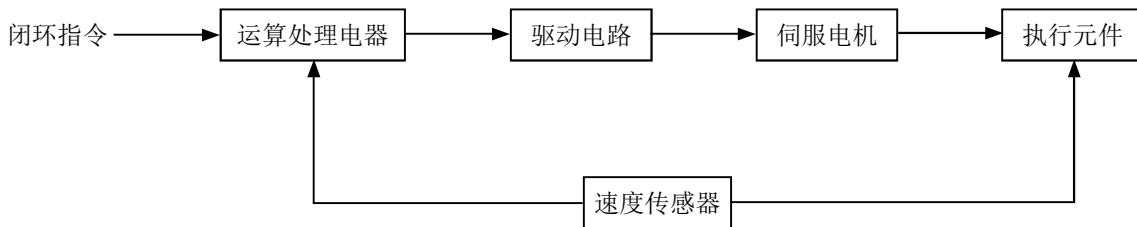


图 2 伺服控制方式的基本形式

轮传动, 为了对机械手的闭环控制, 采用性能优良的三相交流异步电机作为驱动系统。在控制器的选型方面, 采用发那科 Oi-TF 数控系统, 73 个输入点, 22 个输出点, 报警点数 25 个, 选用 2 个混合 IO 模块。在电源连接中, 本设计采用了 380 V 电压供电, 电源线线径为 10 mm²。

2.5 电气元件选型

本设计方案主要采用齿轮传动形式, 因此伺服电机系统属于恒定负载下的伺服系统, 在工作中工件的最大重量在 25 kg, 齿轮直径为 70 mm, 系统负载重量为 40 kg, 因此为了满足实际工作要求, 在设计过程中选择了发那科 AIF 22/4000 伺服电机, 其转矩为 22N·m, 额定功率为 4.5 kW, 转速为 4 000 rpm, 同时该电机能够进行增益设置, 能够充分满足加工需求。

在低压断路器选择上, 由于机械手需要进行频繁的不断电操作, 因此需要低压断路器具备零号的灭弧功能, 因此选择施耐德品牌下的 IC65 断路器。而在传感器选择上需要选择能够满足 X 轴与 Z 轴最大运动需求的传感器。

在电器柜设计中, 本系统将电器柜设计成双开门结构, 内部配置 1 个标准的安装板, 1 个侧面安装板以及照明系统 1 套, 在电器柜底部配置 1 个活动底板, 方便后期的走线与堵胶。在柜子右侧开 5 个插头孔, 在左侧开空调安装孔, 柜子侧面有 10 个重载接头安装孔, 6 个圆形电机快速接头安装孔。

3 桁架机械手控制系统实现

桁架机械手控制系统作为机械手的核心控制部分, 需要通过传感器将收集到的指令进行输送, 并完成对机械手的精准控制。在本系统设计中将 G 代码输入数控系统后, 系统会转变成数字信号, 并借助功率放大装置, 将原本的数字信号转变为可以被设备识别的电信号, 并在系统电机的转动控制下, 实现机械手的各项运动。

3.1 伺服系统的控制方式

在伺服驱动器中, 主要涉及三种控制方式, 分别是位置控制、速度控制以及转矩控制。其中位置控制通常是通过外部输入的脉冲频率对转动速度大小进行确定, 并利用脉冲的具体数量确定机械转动角度。而在速度控制中, 可以通过脉冲频率以及模拟量输入对速度进行控制, 在有上位控制装置的外环 PID 控制模式下还可以对其进行定位^[6]。

3.2 伺服控制信号

本系统中包含的伺服控制信号主要包括伺服准备号、伺服报警、伺服使能信号, 其中伺服准备号以及伺服报警为 I/O 输入信号, 伺服使能则是 I/O 输出信号。

在出入信号接口中, 机床在工作中作为机械手系统的输入信号, 其中信号的交互主要是由机械手以及重载连接床进行控制。而在输出信号中, 机械手在工作中需要对输出信号进行反馈。

3.3 程序设计

在主程序以及子程序中需要进行简化编程, 当存在相同的控制过程中需要在生产过程中进行多次使用时, 可以将这部分程序指令作为单独的程序进行调用, 对这部分程序进行调用的程序为主程序, 被调用的程序则是子程序, 主程序与子程序都需要占据整体的存储空间, 而且子程序需要拥有独立的程序名称, 以便能够对主程序进行快速调用。在动作控制的实现过程中, 首先要通过子程序对每个工作流程进行设计, 本系统中主程序想要实现机械手的动作控制需要调用 6 个不同的子程序。在控制程序中重复的程序动作包括上料台取料、机床上料、机床换料、下料台下料等。通过对生产各环节进行分解, 并将其编制成不同的子程序, 想要实现不同的生产动作, 只需要将不同程序按照既定顺序进行调用即可, 通过这种方式在主程序的控制下就可以实现机床的自动化生产。

4 结束语

通过对桁架机械手电气与控制系统设计的深入研究, 可以发现科学合理的系统设计对机械手的性能提升具有重要作用。国外在该领域的先进技术和成熟经验为我们提供了宝贵的借鉴。本文通过对桁架机械手的工作原理和基本结构进行分析, 提出了有效的系统设计方案, 并以某实际加工场景为例, 对系统结构设计、软件设计以及硬件选择进行了深入分析, 希望能够为我国桁架机械手系统设计提供有效借鉴。

参考文献:

- [1] 陆佳琪, 庞金钦, 张存吉, 等. 基于西门子 S7-1200PLC 的简易上下料机械手系统设计[J]. 科学技术创新, 2023(01): 108-111.
- [2] 冯军. 基于西门子 S7-1200PLC 的简易上下料机械手系统设计[J]. 读友, 2023(09): 244-246.
- [3] 杨轶霞. 基于 PLC 和力控组态软件的搬运机械手模拟仿真系统设计[J]. 中国设备工程, 2024(05): 152-154.
- [4] 李浩, 文彪, 左学海, 等. 煤研石分拣机械手的系统设计及实验模拟[J]. 煤, 2023, 32(04): 21-23.
- [5] 徐嘉晨. 基于机器视觉的无序上下料机械手控制系统设计与开发[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2023.
- [6] 禹鑫焱, 赵崇良, 陈磊, 等. 基于区域姿态解算的五指机械手抓取系统设计与实现[J]. 机器人, 2023, 45(06): 698-709.