

协作机器人应用与系统集成

闫 毅

四川工程职业技术大学, 四川 德阳 618000

摘 要: 协作机器人是机器人的一种, 可以安全地与人进行近距离的交互与接触, 它把机器人精确的重复动作、耐久与人类独特的技巧、能力结合起来, 在众多行业得到越来越多的应用, 不少的机器人企业在协作机器人的研究和生产上发力。随着人工智能、机器学习等技术将被更深入地应用于机器人的感知、决策和执行过程中, 协作机器人技术将朝着更加智能化、灵活化、多功能的方向发展, 协作机器人在提高生产效率、提升产品质量展现出它独特的性能, 它的应用范围将进一步扩展。

关键词: 协作机器人; 智能化; 控制器; 传感器; 系统集成

1 什么是协作机器人

协作机器人 (Cobot) 是一种人机协作机器人, 专为与人安全协作而设计的机器人, 它能够与操作人员安全、灵活地协作完成任务, 且无需安全隔离措施。

协作机器人配备力传感器和力限制器, 集成了控制系统和智能算法, 能感知周围环境, 在协作区域内与人的协同作业和互动中, 可检测到与人的接触, 并且自动停止或限制其运动, 确保操作人员安全; 机器人手臂和关节采用圆形边缘和软性材料覆盖, 减少与人接触时造成的伤害。

与工业机器人相比, 协作机器人安全性更高, 其作业场地不需安全围栏, 适合更加柔性的生产环境, 当使用者触碰或接近安全警示范围时, 机器人便会停止工作; 协作机器人适合处理高精度的工作, 广泛应用于汽车制造、电子组装、食品生产、物流及医疗等行业, 特别对于产品种类多、体积小, 灵活性要求比较高的地方。

传统的工业机器人体积庞大, 没有“眼睛”、没有“耳朵”, 很难在成本可控的情况下, 给出性能满意的解决方案。无法感知周围环境, 需要用围栏隔离开来, 保证操作人员和周围其它人员的安全, 而协作机器人是一种非常安全的人机交互设备, 机器人本体上加装了传感器, 如皮肤型传感器或力矩反馈传感器等, 当人接触到协作机器人的时候, 机器人通过感知触碰进而停止运动, 提供保护。

协作机器人可以在操作员的控制牵引下, 进行拖动示教, 抵达工作区域内的任意位置, 并可记忆拖动过程, 进行记忆回放。协作机器人的广泛使用, 对于提高生产效率, 保证产品质量和工作的安全有重要意义。

2 协作机器人在生产中的应用场景

随着人工智能和机器人技术的不断发展, 协作机器人已成为工业生产和制造业中的一种重要机器人类型。相对于传统机器人, 协作机器人更为安全、灵活和易于操作, 能够与人类在同一工作环境下协同工作, 提高生产效率和

减少人为失误。协作机器人的出现进一步提高了工业生产的效率, 其出色性能和广泛应用场景也使其成为近年机器人市场的一个热门领域。

在汽车领域, 汽车工业一直是机器人技术最广泛应用的领域之一, 在帮助改进生产线和生产工艺, 机器人和工人一起工作, 以提高操作效率。在福特汽车的装配线上部署了协作机器人, 与工人协作组装车门和仪表盘, 不仅提高了生产效率, 还提高了产品质量; 不仅如此, 面向未来, 协作机器人将更加智能化和定制化, 依据个人的生产需求设计和使用, 协作机器人将得到广泛应用。在电子制造业中, 协作机器人可以执行从组装到测试整个流程, 这可以大大提高整个过程的速度和准确性。电子工业对准确性的要求很高, 而协作机器人可以通过与机器视觉等技术的融合可以完美解决这些棘手的问题, 往往精确度超过人工操作。

在物流仓储领域, 协作机器人可以在大型物流中心或仓库中拾取和堆放物品。这种机器人可以大大提高物流行业的效率, 从而降低了企业的物流成本。

协作机器人也被应用于医疗保健行业, 在医院中, 协作机器人可以帮助医生和护理人员执行工具清洗、药品配药、帮助搬运病人等繁琐的工作任务, 并且精度与安全性更高。它们还可以用于进行外科手术的实时监测、无菌化操作等高强度的工作任务, 协作机器人将成为医院的智能助手, 可以有效地帮助医生和护士执行各种任务, 降低病人风险, 优化医疗服务。

协作机器人还可以被用于智能家居行业。例如, 智能家居机器人可以在用户家中完成各种家务劳动, 从而提高家庭生活的舒适度。在未来, 协作机器人将有助于服务行业进行自动化。协作机器人可以帮助执行酒店房间清洁、食品和饮料服务等繁琐的工作任务, 并且可以自动调节温度, 轻松维护房间。它们还可以与客人进行交互, 进行自动导航等方面的服务。这些机器人将成为酒店、餐馆等服务行业必不可少的一部分。

在建筑业中, 它们可以协助工人完成一些繁杂的工作, 例如砖头的叠加、混凝土的制作、金

属结构的制作等。它们还可以在建筑过程中提供更高精度的测量服务，减少人为因素对测量的影响。

农业也是协作机器人未来应用的领域之一，协作机器人可以帮助进行种植、施肥、病虫害控制等任务，从而提高生产效率和质量。当下，全球农业产业的自动化程度不断提高，协作机器人的应用也将越来越多。

3 协作机器人系统集成的架构

多关节机器人的应用，提升了操作的灵活性，协作机器人（Cobots）兴起，增强了人机交互能力。协作机器人本身的功能有限，接口不够充足，机器人系统集成在现代工业生产中起着至关重要的作用，它是一种以控制器为核心，将机器人以及多种独立的生产设备、传感器、

控制系统、信息化管理系统有机融合的整体解决方案，旨在实现生产流程的自动化和智能化，通过统一的数据平台，协调设备的运行和管理，实现设备间无缝协同作业，解决不同设备间的兼容问题。

控制器：是整个系统的核心，根据预设的控制算法，对传感器送来的信号进行处理，计算出需要调整的参数，发出相应的控制指令。

传感器系统：相当于系统的眼睛，用于检测生产过程中的各种参数，如温度、压力、流量等，并将这些信息转化为电信号。

执行器：相当于人的手和脚，作用在于根据控制器发出的指令，执行相应的操作，如：控制机器人执行抓取动作、调整阀门的开度、改变电机的转速等。协作机器人属于执行器的一种。

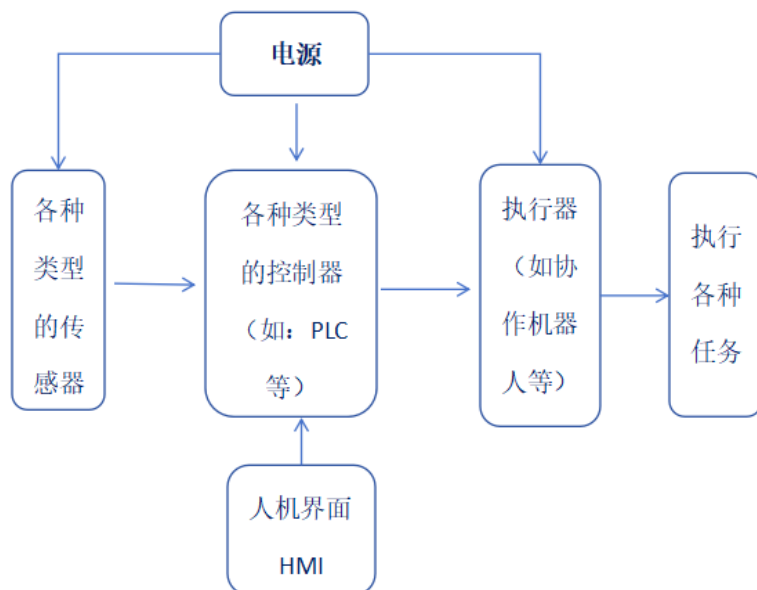


图 1：协作机器人系统集成框架

人机界面：在现代自动化控制系统，人机界面是必不可少的，它是人和系统交流的桥梁，提供操作人员与控制系统之间的交互界面，参数设置，动作指令的发出，控制系统的状态显示等。

通信网络：作用就是将各类控制软件、数据库系统、ERP（企业资源计划系统）、MES（制造执行系统）等信息化工具进行一体化设计，确保数据流畅无阻，实现各个子系统之间的信息传输，确保整个自动化系统的协调工作。

协同机制：机器人协同作业是指多个机器人之间，机器人和其它运动系统之间在执行同一任务或不同任务时，相互配合、信息共享和决策优化，实现高效、稳定、安全的工作。

4 协作机器人控制系统集成设计

协作机器人系统集成控制设计就是将自动化技术和机器人技术相结合，通过高度协调的操作来实现生产过程的优化。控制系统的设计是实现自动化和机器人集成工艺的核心，一个高

效的控制系统能够确保整个生产流程的平稳运行，提高生产效率，降低成本，保证产品质量，控制系统设计中主要包括系统架构设计、控制器的选择、传感器及执行器的选择、通信协议、人机界面、软件和硬件的协同工作等几大关键部分。

4.1 控制系统集成设计

控制系统的架构决定了整个系统的布局和功能模块的划分，合理的架构设计可以确保各个模块之间的高效协作，可以提高整体性能。常见的控制系统架构包括集中式、分布式和混合式，对于采用什么样的控制方式，要结合实际情况和系统的复杂程度。

系统集成是指将各个独立的子系统集成到一个完整的系统中，以实现特定的功能和性能要求。对于协作机器人，系统集成涉及协作机器人与控制器、协作机器人与别的机器人、控制器与外围设备、协作机器人与外部设备（如传感器、PLC、视觉系统等）的连接和通信，以及这些设备之间的协同工作等。

4.2 控制器的选择

控制器的选择是协作机器人控制系统设计的关键,控制器的选择需要考虑的因素比较多,包括系统的需求、成本、性能和扩展性等诸多元素。常见的控制器有微处理器、数字信号处理器(DSP)、可编程控制器(PLC)等,在选择控制器时,需要根据具体的应用场景和需求进行评估和选择。

当涉及到更复杂的控制系统时,如包含有人机界面(HMI)在内的综合解决方案,则通常会采用更高性能的可编程逻辑控制器(PLC),比如S7-1200或1500系列。这类高级别的PLC可以通过多种接口轻松连接至各种类型的末端执行器,并负责整个生产线的状态监控与任务调度管理。

4.3 传感器与执行器的选择

传感器是控制系统的重要组成部分,是机器人以及整个系统获取外部信息的重要途径,主要包括视觉、触觉、听觉、嗅觉等传感器,视觉系统能够识别物体的形状、颜色、位置等信息;触觉系统能感知物体的质地、温度的物理特性;听觉系统能够捕捉声音的方向、强度等信息;嗅觉系统能够探测气体成分等化学信息。这些感知系统共同构成了机器人乃至整个自动化系统对环境的全面感知能力。执行器用于执行控制器发出的指令,从系统控制器的角度来说,协作机器人也是一种执行器。

在控制系统设计中,需要根据实际应用场景选择合适的传感器和执行器,传感器需要具备高精度、高稳定性和低延迟等特点,以获取准确的输入信号;执行器需要具备快速响应、大扭矩和高可靠性的特点,满足系统对输出性能的要求。

4.4 通信协议的选择

在控制系统中,各个模块之间需要进行有效的通信以实现协同工作,就需要进行及时的信息传输,因此,选择合适的通信协议至关重要,常见的通信协议有基于RS-485的串行通信协议、Ethernet、OPC-UA等,不同的通信协议具有不同的特点和使用范围,需要根据实际应用场景进行选择。例如:对于实时性要求较高的场合,可以选择以太网通信;对于距离较远或干扰比较大的地方,可以考虑使用RS-485或CAN总线通信。

4.5 软件和硬件的协同设计

控制系统的软件和硬件需要紧密协同工作以实现最优性能,在控制系统设计中,需要充分

考虑软件和硬件之间的交互方式和接口规范,通过合理的设计实现软件和硬件的协同,可以提高系统的可靠性和稳定性,同时,还需关注软件的优化和升级,以适应不断变化的技术环境和市场需求。

4.6 安全性与可靠性设计

控制系统的安全性和可靠性是设计和工作过程中的重要考虑因素,在控制系统设计中,需要采用多种技术和措施来确保系统的安全性和可靠性。可以通过冗余设计来提高系统的容错能力,通过密码保护和访问控制来防止未经授权的访问,通过定期的测试和维护来确保系统的稳定运行,此外,还需关注系统的环境适应性和抗干扰能力,以提高系统在实际工况下的可靠性。

4.7 协同工作的安全策略

协作机器人在自动化系统的集成过程中,要研究和制定多机的协同工作策略,对于提升安全可靠、提高生产效率、降低成本和提高产品质量具有重要意义。协同工作的策略要考虑的因素比较多,包括:各个系统任务的分配,根据各个系统的能力、任务性质和资源等因素,合理分配任务,确保高效执行;建立机器人之间、机器人和其它设备之间的通信,实现信息共享、提高协同工作的实时性和准确性;通过优化决策算法,使机器人能够根据实时环境变化调整作业策略,提高协同作业的适应性;通过设置安全区域,检测碰撞等手段,防止机器人之间、机器人和其它设备间发生碰撞。

5 结束语

协作机器人在自动化领域的应用越来越广泛,能够与人协同工作,完成各种复杂的任务,它们具有高度的灵活性、协同性,能够适应不同生产环境的需求;在工业控制领域,协作机器人与PLC系统的集成是一个复杂的过程,涉及到通信协议的选择、远程控制的实现、机器人与传感器的集成、机器人与视觉系统的集成等多个方面,需要工程技术人员付出更多的智慧;当然随着技术的不断进步,人工智能、机器学习等技术将被更深入地应用于机器人的感知、决策和执行过程中,未来的协作机器人技术将朝着更加智能化、灵活化、多功能的方向发展,协作机器人能够更灵活应用于复杂多变的环境,进一步提高生产效率、产品质量和扩展应用范围。

参考文献:

- [1] 朱二欣. 协作机器人系统集成及安全方案研究 [J]. 机器人技术与应用, 2021, (03): 33-37. DOI: CNKI:SUN:JIQI.0.2021-03-011.
- [2] 庞莹莹. 基于RBF神经网络的协作机器人网络化控制 [D]. 北方工业大学, 2024. DOI: 10.26926/d.cnki.gbfgu.2024.000593.

作者简介: 闫毅 (1970.10—), 男, 汉, 四川渠县, 硕士研究生, 实验师, 研究方向: 控制工程。