

工业机器人在电器非标自动化设备中的集成与应用

刘占磊 殷延海 唐乾隆 田涛

河南省太康县马头镇陈集行政村, 河南 太康 475400

[摘要]在制造业加速向智能化方向的深度转型的大背景之下, 电器行业对非标自动化设备的依赖程度与日俱增, 工业机器人因其具有可编程性、高灵活性以及高精度性的特点而成为核心执行单元, 其与电器非标自动化设备的深度集成已成为突破传统电器生产中人工操作误差大、效率低下、提升产品质量的关键路径。文中立足电器制造全流程, 阐述工业机器人与电器非标自动化设备的集成基础、核心技术、应用场景, 分析集成过程中的关键点与优化方向, 探讨行业发展趋势, 为相关领域的技术应用与升级提供参考, 助力电器制造业实现高质量发展。

[关键词]工业机器人; 电器; 非标自动化设备; 集成与应用

DOI: 10.33142/ec.v9i1.18880

中图分类号: TP242.2

文献标识码: A

Integration and Application of Industrial Robots in Non-standard Electrical Automation Equipment

LIU Zhanlei, YIN Yanhai, TANG Qianlong, TIAN Tao

Chenji Xingzheng Village, Matou Town, Taikang County, He'nan Province, Taikang, He'nan, 475400, China

Abstract: Against the backdrop of accelerating the deep transformation of the manufacturing industry towards intelligence, the electrical industry's dependence on non-standard automation equipment is increasing day by day. Industrial robots have become the core execution unit due to their programmability, high flexibility, and high precision. Their deep integration with non-standard electrical automation equipment has become a key path to breaking through the large manual operation errors, low efficiency, and improving product quality in traditional electrical production. The article focuses on the entire process of electrical manufacturing, elaborating on the integration foundation, core technologies, and application scenarios of industrial robots and non-standard automation equipment for electrical appliances. It analyzes the key points and optimization directions in the integration process, explores industry development trends, and provides references for technology applications and upgrades in related fields, helping the electrical manufacturing industry achieve high-quality development.

Keywords: industrial robots; an electric appliance; non-standard automation equipment; integration and application

引言

电气行业涉及家用电器、工业电器的研究开发、制造及组装, 其产品生产既具有标准化、通用化的生产工序又存在大量根据客户订单而进行的个性化生产, 特别是针对非标电器、特种电器产品的生产, 对生产设备的适应能力、柔性提出了更高的要求。非标自动装备以高度个性化的定制为基础, 能够满足特定生产条件、适合特殊的生产工艺过程、补足了标准化自动化程度高而针对性差的劣势, 在电器生产装配、测试、搬运、包装等方面得到广泛应用。工业机器人凭借高精度、高稳定性、可柔性编程的优势, 既能满足电器生产的个性化工艺需求, 又能提升生产效率、保障产品一致性, 降低人力成本与人为误差。现阶段, 在工业 4.0 的大背景下, 工业机器人及电气定制化自动化的应用由简单满足工艺流程步骤到整体过程匹配、智能融合的应用转变成电气行业转型发展的关键点, 并伴随诸多如兼容性、协调性等方面的问题, 因此应进一步改进并实现标准化集成: 释放产业增长潜力。

1 工业机器人与电器非标自动化设备的集成基础

1.1 核心组件适配性

工业机器人及电器非标自动化设备的整体整合首先要从关键部分进行契合, 即在结构上、控制上以及传动上的相互契合, 以保证其工作的整体和谐度。首先是在结构上, 工业机器人自身的承载力大小、工作范围大小以及自身的工作精确程度等方面应该与非标自动化设备的工作位置及其具体操作方式相适应, 比如针对电气产品精确定位安装等工作就应使用承载力较低、工作精度较高的关节链式机器人。而对于搬重物、大电器壳体加工等应用场景则需适配重载机器人, 并通过定制化连接件、工装夹具完成机器人与非标机器人的机械对接, 避免工作过程中的偏移、干涉。工业机器人伺服驱动以及非标自动化的动力传送系统要能够同时进行传动, 并保证运动过程中的路线及工作速度相同, 避免由于两者不匹配而带来的作业偏差; 控制部分它们之间的通讯方式应该相适应, 以达到迅速传递信息的目的, 这是下一步协作的基础条件之一。

1.2 集成核心原则

工业机器人与电器非标自动化设备的集成需遵循三大核心原则，一是工艺适应原则，集成应以电器的具体生产工艺流程为对象进行设计，首先考虑保证关键工序的加工质量和加工速度，并避免不必要的集成而造成人力物力上的浪费；二是柔性适应原则，集成应在一定程度上具有伸缩性和灵活性，可以满足不同品种、尺寸电器产品的生产要求，在一定程度上减少由于产品更新给设备带来的一系列麻烦。三是安全可靠的原则，做好相关安全保障措施，避免在人与机器人、机器人与其他非标设备交互过程中发生撞击、干涉等情况，并能保证长时间连续运行不出现故障。

1.3 集成流程框架

工业机器人与电器非标自动化设备的集成是一个系统性工程，需遵循标准化流程逐步推进，确保集成质量。具体流程见图 1。

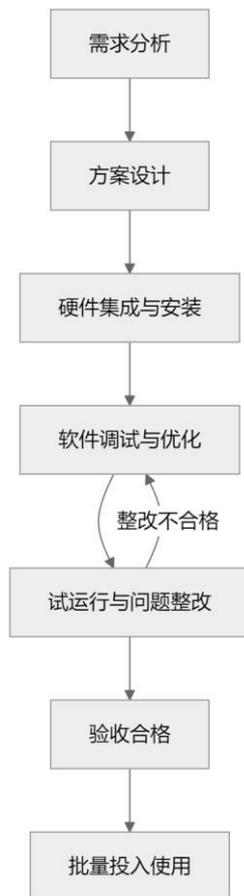


图 1 工业机器人与电器非标自动化设备集成流程

2 工业机器人与电器非标自动化设备的集成核心技术

2.1 机械集成技术

机械集成是二者集成的基础，主要是指机器人及非标

自动化设备的准确匹配以及零干扰工作，技术点涉及工装夹具定制、机械适配性以及位置布局。其中工装夹具就是机器人及电气零件的连接工具，其需要依据零件的大小、形态进行定制，并采取标准化模式设计，保证夹持可靠性和兼容性，在不伤害零件的前提下完成装夹，并缩短换型时间；机型匹配性考虑，不同的工业机器人机型（串联、并联、SCARA 等）需要匹配相应的专用设备接口，如 SCARA 机器人适合在平面内进行精确装配，需要配备轻型专用工位台。保证工作精度；并联机器人的应用是针对高速分拣设计，在布局上需要对非标输送线进行优化，使得物料能够得到快速衔接。在空间布局方面应结合车间生产场地大小，对机器人的摆放以及非标准设备的位置进行合理布置，避免发生作业干涉，并尽量减小物料的传送距离以提高作业节拍。

2.2 控制系统集成技术

控制系统是集成系统的“大脑”，关键在于实现机器人和非标自动化设备的指令协同、数据互通。应选用通用工业通信协议或者通过协议网关实现不同协议转换，保证机器人控制器和非标设备控制系统之间的指令快速传输，响应延迟控制在毫秒级，满足快速使用的要求。针对使用私有协议的设备，需要进行专门的接口开发，实现信息共享，解决协议壁垒造成的协作困难的问题。软件编程上，根据电器生产流程，编写机器人的移动路径和对非标设备的控制程序，并使得两者配合工作一如在电器组装环节，编写机器人搬运、定姿、组装的代码，协调驱动异形传送带、压合机，保证装配工序的流畅度。协同控制技术是建立一个共同的控制单元来控制机器人手和异形设备，能够动态地设定操作条件并监视其运行状况，及时处理生产中出现的各种问题，并能实现多个机器人手和多个异形设备之间的协作工作，提高生产效率。

2.3 感知与检测集成技术

感知与检测技术是提高集成系统智能化程度、保证产品质量的重要手段，通过对集成系统中传感器、视觉检测设备等进行集成，实现对作业过程、产品质量的实时监控及反馈信息。在感知层面上，在机器人末端、非标设备工位上布置力传感器、位置传感器能够对作业过程中产生的力、位置信息进行实时采集，将信息反馈给控制系统，调节机器人的运动轨迹以及作用力大小，防止因用力过猛而破坏零部件或者由于位置偏移而导致装配失败等情况的发生。比如，在电器零部件装配的过程中，可以通过安装力传感器来控制零部件装配的作用力，保证零部件被紧密地装配起来，并且没有受到损坏；从检测方面来说，可以整合视觉检测系统，对电器零部件的尺寸、外观、装配精度等方面进行检测，剔除不良品，并把检测结果传入到控制部分进行循环改善。机器视觉可以做到 0.1mm 以内的精确测量，大大超过人的目测能力，能够有效地减少人工

产生的误差,提高良品率,特别适合小零件、精细的电气配件的检测。此外,部分集成系统还会集成真空检漏、电流检测等专用设备,适配电器生产的特殊检测需求,确保产品符合质量标准。

3 工业机器人在电器非标自动化设备中的应用场景

3.1 零部件加工环节

电器零部件数量大、规格多,部分特殊零部件需要定制化加工,传统的加工设备适配性差、效率低,而工业机器人与非标加工设备的集成,可实现零部件的精准加工与柔性适配。如在电器外壳加工过程中,集成机器人与非标切割、打磨设备,根据外壳的尺寸、形状,编制自定义加工程序,完成切削—磨削—抛光一体化加工,提高加工精度及平面质量,并能够迅速更换加工参数以适应不同尺寸外壳的加工。

3.2 装配环节

装配是电器制造的关键工艺过程之一,工序复杂、精度要求较高,而传统的手工装配方式存在工作效率低、加工误差大的缺点,容易造成产品品质不均一的现象,将工业机器人与非标装配装置相结合,能够实现装配过程的自动化、精确化。比如小型电器(如遥控器)的装配,通过 SCARA 机器人与非标装配工作台集成设计,可以进行外壳组装、按键装配、线头焊接等多个步骤的装配任务,机器人对零件进行准确拾取,结合机器视觉技术,保证装配精度的同时,工作节奏固定,大大提高装配效率。在大型家电(如空调、工业控制柜)装配过程中,利用重载机器人结合非标输送及定位设备对压缩机、电路板、接触器等大件进行搬运及装配工作,减轻人员劳动强度,并能避免人工搬运带来的零部件破损。6轴机器人由于具有多自由度的优势,可以实现冷凝器等部件无人化自动安装,大幅提高装配速度和一致性。另外,集成系统还可以进行多个机器人的协同装配,在面对复杂电器的多道装配工序的时候可以分工合作、同步工作,从而提高生产效率。

3.3 检测环节

工业机器人与非标检测设备的集成,可实现检测工序的自动化、全方位覆盖。电器密封性检测中,集成机器人与真空检漏设备,对空调、冰箱等电器进行密封性精准检测,由机器人将产品送入非标检漏工位,并通过真空度控制及泄漏率检测来判断产品密封性是否合格;电器外观检测:集成机器人与视觉检测系统,能够对产品的表面划痕、色差、瑕疵进行及时检查,并提高其准确率。

3.4 搬运与包装环节

工业机器人与非标搬运、包装设备的集成,可实现全流程自动化,减少人工干预。AGV 机器人能够精准搬运超过 2 吨的物料,而且整个过程不需要人参与,极大提高

了搬运效率;将机器人和非标包装设备(包括自动绕膜机、开箱机、打包机)组合起来,可以对电器成品进行整理、包装、打码、堆码等工作,由机器人将电器成品精准抓起,再结合非标包装设备进行包装工作,另外还可以根据产品尺寸大小,设置包装参数,适应不同规格电器的包装需求。自动绕膜、开箱、打包一体化集成设计,实现包装作业的无人化操作,包装质量稳定美观,并提高包装效率,降低包装成本。

4 工业机器人与电器非标自动化设备集成的关键点与优化方向

4.1 核心关键点

在制定集成方案时,必须充分结合电气生产环节的工艺以及现场作业的节拍,经过合理全面的分析与评估,选择合适的非标设备结构和机器人型号,在杜绝过度集成导致的资源浪费的前提下,确保整个集成系统可以更加精准地切合实际生产需求。值得注意的是,要着重关注机器人与非标设备之间的通信协议兼容性难题,以免因兼容性不足导致数据传输错误、指令执行延迟运行故障。另外,为了确保后续设备的扩展与升级,注意预留接口。在完成基层工作之后,借助先进的仿真分析技术以及高精度的测量仪器,展开全面的试运行与调试作业。并以实际的作业场景以及具体的工艺要求为依据,精准调节作业参数,优化机器人运动轨迹。构建一套精细化且全面的安全防护体系,精准识别并有效规避机器人与非标设备协同作业场景中存在的各类潜在安全风险,确保设备的稳定运行,以及为操作人员的人身安全提供保障。

4.2 优化方向

融入人工智能、大数据等技术,实现集成系统的自主学习、自适应调整,搭建智能监控平台,实现对设备运行状态、生产进度、产品质量的实时监控与数据分析,为生产管理提供决策支持。借助 AIoT 技术实现设备数据的实时采集与分析,可提前预警潜在故障,减少停机损失。推进模块化集成,采用模块化设计理念,将机器人、非标设备、工装夹具等组件设计为标准化模块,提升组件的通用性与可替换性,缩短集成周期、降低改造成本,同时便于后续的维护与升级。模块化接口适配器可有效解决不同设备的接口兼容问题,提升集成灵活性。此外,优化成本控制,在保障集成质量与性能的前提下,选择性性价比高的组件与技术看方案,简化集成结构,降低设备采购与集成成本;通过提升生产效率、减少故障停机时间,降低后期运营成本,提升集成系统的经济性。另外,突破核心技术瓶颈,加大对高精度机器人、专用传感器、协同控制软件等核心组件的研发投入,提升国产组件的性能与兼容性,打破国外技术垄断,降低对进口组件的依赖,同时针对特殊电器生产需求,研发定制化集成技术,拓展应用场景。目前国内在伺服机、减速器等核心部件上仍有差距,需加快国产

替代进程。

5 结论

电气非标自动化设备是工业机器人技术与其他相关技术如机械、控制、传感等综合应用的结果,能够实现电器产品的自动、准确、灵活地加工,解决了人工操作速度慢、精度低、体力消耗大及产品通用性等问题,提高生产效率并保证产品质量,节约了生产成本。未来,随着智能化、柔性化、协同化、绿色化技术的持续推进,工业机器人与电器非标自动化设备的集成将呈现更广阔的发展前景,将进一步渗透到电器生产的各个细分领域,推动电器制造业向高质量、智能化、绿色化方向发展。

[参考文献]

- [1]王仲,罗飞,杨仓军.工业机器人应用系统集成[M].北京:航空工业出版社,2021.
- [2]亿欧智库.2022 中国工业机器人市场研究报告[EB/OL].(2022-06-01)[2025-04-06].
- [3]邓仲良,屈小博.工业机器人发展与制造业转型升级:基于中国工业机器人使用的调查[J].改革,2021(8):25-37.
- [4]易小琅,伏开鑫,陈颇.从“制造”到“智造”:人工智能技术集成驱动体育用品制造业高质量发展的内蕴机理与策略架构[J].体育学研究,2024,38(3):54-67.
- [5]谢雨,李可成.人工智能技术在工业机器人远程控制与生成中的应用[J].百科知识,2025(18):20-22.

作者简介:刘占磊(1995.4—),毕业院校:河南工业大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前工作单位:浙江正泰电器股份有限公司。