

装配钳工半自动化技术的研究与应用

郝 焱 王金锋 冯继光 陈 怡 曾祥辉

中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西 西安 710089

摘 要：制造业的飞速发展，对产品装配环节提出了高精度、高效率与高稳定性的严苛要求。本文聚焦于装配钳工半自动化技术的研究与应用。阐述了该技术的概述，剖析其关键构成，涵盖自动化装配设备、智能控制系统以及人机协作技术。同时探讨实施该技术的要点，包括设备选型与集成、工艺流程优化等。并展望其发展趋势，即智能化程度提升、与工业互联网融合以及融入绿色环保理念，旨在为装配钳工半自动化技术的进一步发展和应用提供参考。

关键词：装配钳工；半自动化技术；研究与应用

引言：在制造业不断发展的当下，提高生产效率与质量成为关键。装配钳工作为制造业中的重要环节，传统的手工装配方式面临着效率低、精度难以保证等问题。半自动化技术的引入为装配钳工带来了新的变革机遇。它能够在一定程度上结合人力与自动化设备的优势，既发挥人的灵活性和创造性，又利用自动化设备的高效和精准。本文深入研究装配钳工半自动化技术，分析其构成、实施要点及发展趋势，以推动该技术在制造业中的广泛应用与发展。

1 装配钳工半自动化技术概述

装配钳工半自动化技术是在传统装配钳工工艺基础上，融入自动化、智能化元素，实现人工操作与自动化设备协同作业的先进生产模式。传统装配钳工工作主要依赖工人手工操作，虽具有灵活性，但效率低、劳动强度大且产品质量受工人技能水平影响波动明显。而半自动化技术的出现，有效弥补了这些不足。该技术利用自动化设备承担重复性、规律性强的工作任务，例如零件的搬运、简单部件的组装等。工人则专注于需要精细操作、复杂判断以及创造性思维的环节，像精密零件的调整、设备整体调试等。如此一来，极大地提高了生产效率，相较于纯手工装配可缩短大量工时。同时，由于自动化设备运行精度高，能显著提升产品装配质量的稳定性，减少次品率。在应用场景方面，广泛适用于机械制造、电子设备生产、汽车零部件装配等众多行业。无论是中小批量、多品种产品的柔性生产，还是大规模标准化产品的高效装配，装配钳工半自动化技术都展现出强大的适用性与优势，正逐步成为现代制造业提升竞争力的重要手段^[1]。

2 装配钳工半自动化技术的关键构成

2.1 自动化装配设备

2.1.1 机器人手臂的应用

机器人手臂在装配钳工半自动化生产中，那作用可不容小觑。它的关节构造灵活，能像人的手臂一样，在三维空间里精准地抓取、搬运零件，完成装配工作。通过提前编好程序，设定动作路线，机器人手臂可以不知疲倦地重复干活，特别适合那些对一致性要求极高的装配操作。就拿电子设备装配来说，机器人手臂能够精准地把微小的电子元件，安放在电路板的指定位置，精度能达到微米级别，这是人眼识别和手工操作远远比不上的。而且，它能承担较大的工作负荷，大幅提升装配速度，缩短产品生产周期，为企业提高生产效率和产能提供有力支持。

2.1.2 自动化输送线

自动化输送线堪称生产车间的“大动脉”，持续不断地把待装配的零件送到各个装配工位。它按照生产流程和工艺要求，稳定地保持一定速度和节奏运行。常见的自动化输送线有皮带式、链式等。在汽车零部件装配车间，自动化输送线会把发动机、底盘等大型部件，有条不紊地送到不同的装配区域，工人和机器人手臂就在沿线的工位上协同工作。这样的输送方式，不仅提升了物料流转的效率，减少了人工搬运浪费的时间和劳动强度，还保障了装配流程的连贯与稳定。

2.2 智能控制系统

2.2.1 传感器技术

传感器技术如同智能控制系统的“触角”，负责实时感知生产过程中的各类信息。在装配钳工半自动化场景下，传感器能监测零件的位置、尺寸、装配力度等关键参数。例如，位置传感器可精准检测机器人手臂抓取零件的位置，保证零件准确无误地放置到装配位点，避免因位置偏差导致装配失败。力传感器则在装配过程中，实时监测施加的装配力，当力度超出预设范围，立即反馈给控制系统，防止零件因受力不当而损坏。在电

子设备装配中,传感器能快速识别微小元件的方向和极性,确保元件正确安装。

2.2.2 可编程逻辑控制器(PLC)

可编程逻辑控制器(PLC)是智能控制系统的核心运算与控制单元。它根据预设的程序逻辑,对传感器收集来的数据进行分析处理,并据此发出指令,精准控制自动化设备的运行。在装配生产线中,PLC可协调机器人手臂、自动化输送线等设备的协同作业。如控制自动化输送线在特定时刻、以特定速度将零件输送至指定工位,同时指挥机器人手臂按照既定顺序与动作完成零件抓取、装配。当生产需求或产品型号发生变化时,只需修改PLC中的程序,就能快速调整设备运行逻辑,实现生产的柔性化。

2.3 人机协作技术

2.3.1 安全防护系统

安全防护系统是人机协作环境下的坚实护盾。在装配车间,工人与高速运转的自动化设备并肩作业,稍有不慎便可能引发安全事故。安全防护系统通过多种手段保障人员安全。例如,光幕传感器可在设备周边形成一道不可见的光幕,一旦有人体或异物闯入危险区域,光幕被遮挡,设备会立即停止运行,避免碰撞事故发生。急停按钮则分布在车间各处,方便工人在突发情况下第一时间按下,让所有相关设备紧急制动。此外,安全围栏将高风险的自动化操作区域隔离,防止人员误触。通过全方位的安全防护体系,确保工人在安全的环境中与自动化设备协同工作,消除安全隐患,为生产的连续性提供保障。

2.3.2 交互界面设计

交互界面设计搭建起了人与智能设备沟通的桥梁。直观、友好的交互界面能让工人快速熟悉并高效操作自动化设备。在装配钳工半自动化场景中,交互界面多采用图形化设计,以清晰易懂的图标和可视化流程展示设备状态、操作步骤等信息。工人通过触摸屏幕或操作手柄,即可轻松下达指令,如设定机器人手臂的动作参数、调整自动化输送线的运行速度等。同时,界面还能实时反馈设备运行数据,像零件装配进度、设备故障报警等,帮助工人及时掌握生产情况并做出应对。良好的交互界面设计降低了工人操作设备的难度,提高了操作准确性与效率,促进了人机协作的顺畅进行,充分发挥出半自动化技术的优势^[2]。

3 实施装配钳工半自动化技术的要点

3.1 设备选型与集成

设备选型与集成是实施装配钳工半自动化技术的基

石。企业需综合考量多方面因素进行设备选型。首先,依据自身产品特点,如产品尺寸、精度要求等,选择适配的自动化设备。例如,精密仪器装配需高精度的机器人手臂,其重复定位精度要达到亚毫米级甚至更高,才能确保零件装配的准确性。其次,结合生产规模确定设备产能。大规模生产宜选用高效、高负载的自动化输送线,保证物料快速、稳定流转。在设备集成阶段,要确保各设备间通信协议兼容,数据交互流畅。例如,将机器人手臂与自动化输送线集成时,需通过统一的控制系统,使输送线精准地在指定位置暂停,等待机器人手臂抓取零件,实现无缝对接。专业的系统集成团队可运用先进的接口技术与软件算法,消除设备间的“信息孤岛”,构建起高效协同的半自动化装配系统,充分发挥各设备的性能优势,为后续生产流程顺畅运行奠定坚实基础。

3.2 工艺流程优化

工艺流程优化是提升半自动化装配效率的关键。引入半自动化技术后,传统装配流程需全面革新。第一步是对现有装配工序进行详细拆解分析,识别出可由自动化设备高效完成的重复性任务,如简单零件的抓取与安装。以汽车零部件装配为例,可将螺母拧紧、垫片安装等标准化操作交由自动化设备负责。同时,重新规划零件配送路径,借助自动化输送线构建简洁、高效的物料流。合理布局装配工位,减少工人与设备间的移动距离,降低时间损耗。此外,要注重人机协作流程设计,明确工人与自动化设备在各装配环节的职责与衔接点。例如,工人完成复杂零件的初步定位后,自动化设备精准完成紧固操作,通过紧密协作,提高整体装配节奏。

3.3 人员技能适配与培养

人员技能适配与培养是保障半自动化技术落地的重要支撑。半自动化生产环境要求工人掌握全新技能体系。一方面,工人要熟练操作各类自动化设备,包括机器人手臂的编程示教、自动化输送线的参数设置等。企业可与设备供应商合作,邀请专业技术人员开展设备操作培训课程,通过现场演示、实操练习,让工人快速上手。另一方面,工人需具备基础的设备维护与故障排查能力,以便在设备出现小故障时能及时处理,减少停机时间。企业可组织内部技术骨干分享经验,开展故障诊断与维修技巧培训。同时,鼓励工人学习先进的装配工艺知识,提升其在复杂装配环节的判断力与操作水平。建立完善的技能考核与激励机制,对掌握新技能、表现优秀的工人给予奖励,激发工人自主学习热情,打造一支既懂钳工传统工艺,又能驾驭现代自动化设备的高素质

质人才队伍,确保半自动化生产顺利推进。

3.4 数据监测与质量管控

数据监测与质量管控是提升产品质量的核心手段。在半自动化装配过程中,利用传感器实时采集大量关键数据。例如,通过力传感器监测零件装配时的拧紧力,确保紧固程度符合标准;位置传感器跟踪零件装配位置,防止偏差超范围。智能控制系统对这些数据进行实时分析处理,一旦数据异常,立即发出警报。企业基于数据分析构建质量管控模型,设定质量控制阈值。如通过长期数据积累,确定某类零件装配尺寸的合理波动范围,当实际装配尺寸超出该范围时,系统自动追溯至相关装配环节,分析原因,可能是设备参数异常或工人操作失误,进而及时调整。此外,利用数据挖掘技术,对历史质量数据进行深度分析,挖掘潜在质量问题规律,为工艺改进、设备优化提供有力依据,持续提升产品装配质量,树立企业良好品牌形象^[3]。

4 装配钳工半自动化技术的发展趋势

4.1 智能化程度不断提高

未来,装配钳工半自动化技术的智能化程度将持续攀升。一方面,智能设备将具备更强的自主决策能力。例如,机器人手臂搭载先进的人工智能算法,可依据实时采集的零件数据与装配环境信息,自主优化装配路径,灵活应对复杂多变的装配任务,减少人工干预。另一方面,设备的自我诊断与修复功能会日益完善。通过对设备运行数据的深度分析,系统能提前预测故障隐患,并在故障发生时迅速定位问题,自动尝试修复或给出精准维修建议,大幅缩短设备停机时间,保障生产连续性。智能化程度的提升,将使装配过程更加高效、精准,进一步解放人力,推动制造业向高端化迈进。

4.2 与工业互联网深度融合

装配钳工半自动化技术与工业互联网的融合是必然趋势。借助工业互联网,生产线上的各类设备将实现互联互通,数据得以实时共享。企业能远程监控设备运行状态,进行集中管理与调度。不同工厂间也可通过工业互联网协同作业,实现资源优化配置。例如,一家企

业在某一装配环节遇到技术难题,可借助工业互联网平台,快速获取其他企业的成功经验与解决方案。同时,基于工业互联网大数据分析,企业可精准洞察市场需求,优化生产计划,实现定制化生产,提升企业的市场响应速度与竞争力,推动整个行业向智能化、协同化方向发展。

4.3 绿色环保理念贯穿技术发展

在可持续发展理念的推动下,绿色环保将贯穿装配钳工半自动化技术发展全程。从设备设计制造环节,就将注重节能减排,采用新型环保材料与节能技术,降低设备运行能耗。例如,研发高效节能的自动化输送线驱动系统,减少电力消耗。在生产过程中,通过优化工艺流程,减少原材料浪费与废弃物产生。同时,智能控制系统可依据生产负荷实时调整设备运行功率,实现能源的高效利用。此外,对于报废设备与零部件,将建立完善的回收再利用机制,使整个装配钳工半自动化生产体系更加绿色、环保,契合社会发展的长远需求^[4]。

结束语

综上所述,装配钳工半自动化技术凭借自动化装配设备、智能控制系统与人机协作技术的有机融合,在制造业中展现出显著优势。从设备选型集成到工艺流程优化,从人员技能培养到数据监测质量管控,各实施要点紧密关联,共同推动生产效率提升、产品质量稳定。当下,该技术已在众多行业落地应用并收获成果。

参考文献

- [1]侯昌弟.高精度机械加工中钳工装配技术的优化与应用[J].建筑技术科学,2024.102-103
- [2]郭敏敏,秦鹏杰,郗永禄,陈广毅.基于装配钳工的精密配合件加工与装配技术研究[J].建筑技术科学,2025.202-203
- [3]任川,程艳飞.钳工装配在机械制造中的应用与发展趋势分析[J].建筑技术科学,2024.211-212
- [4]宾河湘.钳工装配在铁路机械装配中的关键角色分析[J].建筑技术科学,2022.245-246