

非标自动化机械设计的创新方法与实践

赵添甜

广州隆控机电设备有限公司，广东 广州 511475

DOI:10.61369/ME.2025040005

摘要：本文探讨非标自动化机械设计，包括其特性如模块化等。阐述技术创新维度体系中的评价模型要素，介绍半自动化改造路径及相关技术要点。还涉及多源信息融合检测、全自动化系统升级、汽车零部件加工等案例及相关技术，强调模块化设计与智能改造的成效，展望数字孪生与可持续设计的融合前景。

关键词：非标自动化机械设计；技术创新；智能改造

Innovative Methods and Practice of Non-standard Automation Machinery Design

Zhao Tiantian

Guangzhou Longkong Mechanical and Electrical Equipment Co., LTD., Guangzhou, Guangdong 511475

Abstract : This paper explores the design of non-standard automated machinery, including its characteristics such as modularity. It outlines the evaluation model elements within the framework of technological innovation and introduces the semi-automated transformation path and key technical points. The paper also covers case studies and related technologies, including multi-source information fusion detection, full automation system upgrades, and automotive parts processing. It highlights the effectiveness of modular design and intelligent transformation and looks forward to the integration of digital twins and sustainable design.

Keywords : non-standard automated machinery design; technological innovation; intelligent transformation

引言

非标自动化机械设计是满足特定生产需求的定制化设计过程，涉及多学科知识。在工业4.0（2013年颁布）推动下，其设计指标需具备动态适应性。模块化、可重构性和智能感知能力等特性使非标自动化设备有别于传统专用设备。同时，在技术创新维度体系中，建立涵盖运动控制精度等关键要素的评价模型至关重要。而且，半自动化改造的技术路径、多源信息融合检测、全自动化系统的智能升级以及不同行业案例中的应用都体现了非标自动化机械设计的复杂性和重要性，其发展对于提高生产效率、降低成本具有关键作用，未来数字孪生技术与可持续设计理念的融合应用将有广阔前景。

一、非标自动化机械设计的理论框架

（一）概念界定与特性分析

非标自动化机械设计是一个涉及多学科知识的复杂领域。它是在传统自动化机械设计基础上，针对特定生产需求进行定制化设计的过程^[1]。其核心在于满足特定生产任务的高效、精准和灵活要求。与传统专用设备相比，非标自动化设备具有其独特的特性。模块化是其重要特征之一，通过将设备分解为多个独立模块，使其便于组装、维护和升级；可重构性使得设备能够根据生产需求的变化来快速调整相应的结构和功能；智能感知能力则让设备可以实时监测生产过程中的各种参数，以实现智能化控制。在工业4.0背景下，设计指标还需具备动态适应性，以应对不断变

化的生产环境和要求。

（二）技术创新维度体系

在非标自动化机械设计的技术创新维度体系中，建立科学的评价模型至关重要。该模型涵盖运动控制精度、多任务兼容性以及状态自诊断能力等关键要素^[2]。运动控制精度直接影响机械的运行准确性与稳定性，是衡量设计质量的重要指标之一。多任务兼容性则体现了设备在复杂工况下处理多种任务的能力，反映其适应性与灵活性。状态自诊断能力有助于及时发现设备故障、提高维护效率、保障生产的连续性。同时，运用TRIZ理论分析功能实现与成本控制的矛盾矩阵，能够为推导技术突破路径提供有效方法，促进非标自动化机械设计在技术创新上的不断发展。

二、半自动化改造的技术路径

(一) 人机协作界面优化

在半自动化改造的技术路径中，人机协作界面优化至关重要，优化时数安全防护系统最重要、最优先。对于安全防护系统与视觉引导装置的集成，需确保两者在数据传输和协同工作上的高效性、一致性，使操作人员能及时获取准确的视觉引导信息，同时安全防护系统能实时监测并保障操作安全^[3]。基于力反馈的柔性装夹机构开发，则要注重力反馈的精准性和及时性，让操作人员能通过力的感知来更好地控制装夹过程。多模态交互设计方面，应整合视觉、听觉、触觉等多种交互方式，以让操作员更好的理解设备的意图，例如通过语音提示辅助操作，利用触觉反馈增强操作的真实感，从而降低操作人员技能门槛，提高人机协作的效率和质量。

(二) 工艺参数自整定算法

构建专家系统与深度学习融合的工艺决策模型，实现切削参数、夹持力等工艺参数的动态调整。专家系统可利用已有的工艺知识和经验规则进行初步决策^[4]。深度学习算法则通过对大量工艺数据的学习，挖掘数据中的潜在规律，以对工艺规律进行深度总结。两者融合，便能够更准确地根据加工状态和工件特性选择更合适的工艺参数。同时，设计边缘计算架构以确保实时控制性能。边缘计算可在靠近数据源的地方进行数据处理和分析，减少数据传输延迟，从而及时根据工艺参数的调整需求对设备进行实时控制，以此保证加工过程的高效和精准。

三、全自动化系统的智能升级

(一) 智能感知技术集成

1. 多源信息融合检测

在多源信息融合检测方面，整合机器视觉、振动传感与声发射监测技术是其中的关键。机器视觉可对零件外观进行高精度检测，获取其形状、尺寸、颜色等信息^[5]。振动传感能够捕捉零件在运行过程中的振动特征，以此反映其内部结构的稳定性。声发射监测技术则可检测零件在受力过程中产生的声发射信号，从而推断其潜在的缺陷。通过将这些不同来源的信息进行整合，可以建立更为全面准确的零件质量在线评估系统。同时，设计模糊神经网络，利用其强大的非线性映射能力和自适应学习能力，对整合后的信息进行处理，实现对零件异常状态的准确识别。

2. 自适应定位算法

在全自动化系统的智能升级中，智能感知技术集成的自适应定位算法至关重要。例如研发基于强化学习的机械臂路径规划算法，能够有效提升机械臂的运动效率和准确性^[6]。同时，点云匹配技术的应用为解决复杂工件定位难题提供了新的思路，通过对工件的点云数据进行分析和匹配，以此实现更精确的定位。此外，在不同干扰条件下对定位重复精度进行验证也是一个关键环节，这有助于确保系统在实际工作环境中的稳定性和可靠性，进一步提升全自动化系统的智能水平和工作性能。

(二) 系统改造实践分析

1. 柔性供料系统重构

在全自动化系统的智能升级中，柔性供料系统重构是其中一个关键部分。对于振动盘和机器人抓取的协同控制机制进行解析，再通过合理的算法和程序设计，两相结合来实现两者之间的高效配合^[7]。开发可变节拍调节程序，使系统能够根据生产需求灵活调整供料节奏。对比改造前后产线换型时间数据，可以直观地看到这些改进措施的效果。改造后的产线换型时间明显缩短，提高了生产效率，降低了生产成本，同时也提升了系统的智能化程度和柔性生产能力，更好地适应了市场多样化的需求。

2. 能源监控模块嵌入

在全自动化系统的智能升级中，能源监控模块嵌入至关重要。对于非标自动化机械设计，需设计能效评估指标体系^[8]。通过集成电流检测与热成像装置，能够更全面地获取设备的能耗信息。电流检测可实时监测设备运行时的电流变化，从而了解功率消耗情况。热成像装置则能直观地呈现设备各部分的温度分布，发现潜在的能量损耗热点。在此基础上，进一步构建设备状态-能耗关联模型，该模型可以分析设备不同运行状态下的能耗特征，从而验证节能效果，为系统的优化和节能措施的实施提供强有力的数据支持。

四、创新设计方法的应用实践

(一) 汽车零部件加工案例

1. 多品种共线生产需求

在汽车零部件加工中，以发动机壳体加工工位为例，此工位面临多品种共线生产需求。为满足需求，需分析产品族特征，运用参数化设计构建快速换型系统。通过对发动机壳体的多种特征进行研究，提取其共性与差异，为参数化设计提供良好的基础。利用参数化设计手段，可快速调整生产线设置以适应不同品种的生产。同时，夹具方案对多品种共线生产至关重要。采用正交试验方法，对多种可能的夹具方案进行测试和比较，从成本、生产效率、换型效率等多方面角度去考虑，以期获得最优夹具方案，以最大化提高生产效率和产品质量，满足多品种共线生产的需求^[9]。

2. 在线检测系统实现

在汽车零部件加工案例的在线检测系统实现中，开发了具有温度补偿功能的激光测量装置^[10]。该装置能够有效克服温度变化对测量精度的影响，确保在不同温度的条件下都能准确获取零部件的尺寸数据。同时，设计了SPC数据分析模块，通过对大量测量数据的实时分析，能够及时发现生产过程中的异常波动，为质量控制提供了有力支持。经过实际应用验证，系统的CPK值有了显著提升，表明该在线检测系统在保证汽车零部件加工质量方面具有良好的效果，为汽车零部件加工的高效、精准生产提供了可靠保障。

(二) 3C产品装配案例

1. 精密对位关键技术

在3C产品装配案例中，精密对位关键技术至关重要。对于

微米级视觉定位系统开发，需深入研究其相关技术细节。其中，光源波长对识别精度有着显著影响。不同波长的光源在照射物体时，会因物体表面特性及光学原理，产生不同的反射和折射效果，从而影响视觉系统对物体位置和特征的准确识别。同时，运用粒子群算法优化相机标定参数也是关键环节。相机标定参数的准确性直接关系到视觉定位的精度，粒子群算法通过模拟鸟群觅食行为，能够快速搜索到最优的标定参数组合，提高了相机的定位精度，从而实现3C产品装配过程中的精密对位。

2. 防静电系统集成

在3C产品装配的防静电系统集成中，开发了离子风与导电材料复合防护方案。通过将离子风技术与导电材料特性相结合，更高效地中和静电。同时设计了实时监测报警装置，能及时察觉静电异常情况并发出警报，确保装配环境的静电安全。在不同湿度条件下对该系统进行静电消除效率测试，结果显示在多种湿度环境中，此复合防护方案都能保持较好的静电消除效果。这一集成方案为3C产品装配过程中的防静电问题提供了可靠保障，有助于提高产品质量和生产效率。

(三) 包装设备升级案例

1. 多规格自适应调整

在包装设备升级案例中，多规格自适应调整是关键。通过设计变螺距螺杆供料机构，以此实现对不同规格物料的精准供料。该机构可根据物料的尺寸和形状，自动调整螺距，确保物料能够稳定、均匀地供给。同时，开发基于二维码识别的参数自动匹配系统，进一步提高了设备的自适应能力。当包装不同规格的产品时，系统通过识别产品上的二维码，自动获取相应的包装参数，并对设备进行快速调整。在实际应用中，对袋长控制精度指标进

行了验证。结果表明，这种多规格自适应调整的设计方法能够有效提高包装设备的灵活性和适应性，满足不同规格产品的包装需求，提升了包装质量和生产效率。

2. 故障自诊断实现

构建设备健康状态评估模型，需综合考虑包装设备各部件的运行参数。以振动信号为关键指标，分析其频率、幅值等特征，构建其与设备健康状况的关联。开发基于振动信号的轴承寿命预测算法，通过对历史数据和实时监测数据的深度学习，建立预测模型。该模型能够提前预警轴承可能出现的故障，为维修提供准确时间节点和处理方式。以此实现维修周期优化20%以上，减少设备突发故障带来的生产停滞，提高包装设备整体运行效率和可靠性，降低维修成本和设备更换频率。

五、总结

模块化设计方法与智能改造技术在非标自动化机械设计中展现出显著成效。通过这些创新手段，设备柔性得到极大提升。在实际生产中，生产节拍提升率得以量化，故障停机情况也有了明显改善，减少值可明确衡量。这不仅提高了生产效率，还降低了生产成本和维护成本。

展望未来，数字孪生技术与可持续设计理念在非标自动化领域的融合应用具有广阔前景。数字孪生技术可实现虚拟模型与物理实体的精准映射，为设备的优化设计、故障预测和维护提供有力支持。可持续设计理念则促使设计过程更加注重环保、资源利用效率和产品生命周期的整体效益，有助于非标自动化机械设计在满足生产需求的同时，又能更好地适应社会可持续发展的要求。

参考文献

- [1] 孙江华.马克思主义实践观视角下的创新实践探析 [D].华南理工大学, 2023.
- [2] 张碧蘅. J公司非标自动化产品营销策略研究 [D].苏州大学, 2021.
- [3] 余虹.A公司非标自动化项目流程管理优化研究 [D].大连理工大学, 2023.
- [4] 程威.R公司的非标自动化业务流程再造研究 [D].苏州大学, 2021.
- [5] 宋麒.大数据驱动的非标自动化设备运维系统设计 [D].武汉纺织大学, 2023.
- [6] 陈挺.非标自动化机械设计标准化路径 [J].今日自动化, 2023(10):140-142.
- [7] 冯东生.机械设计制造及其自动化发展分析 [J].玩具世界, 2023(3):251-253.
- [8] 张利军.岩土工程技术创新方法与实践 [J].建筑技术开发, 2021, 48(20):108-109.
- [9] 吕旭东, 柳玉玲, 高铭.非标自动化机械设备的创新设计探讨 [J].中国设备工程, 2021(16):177-178.
- [10] 袁潮恒.非标自动化机械设备的创新设计探究 [J].今日自动化, 2022(6):54-56.