

# 面向未来制造的机电系统集成与非标设备创新设计思路

余建淳<sup>1</sup> 吴 华<sup>2</sup>

1. 宁波讯强电子科技有限公司 浙江 宁波 315000

2. 宁波华科联众自动化有限公司 浙江 宁波 315000

**摘要:** 本文围绕面向未来制造的机电系统集成与非标设备创新设计展开研究。阐述了机电系统集成与非标设备的理论基础及相互关联,探讨智能化控制、传感检测、通信网络等关键技术,提出设计流程优化、创新工具应用、可持续性设计等创新方法。结合汽车、电子、医疗器械行业案例,展现其在提升生产效率与产品质量方面的显著成效,为制造业高端化、智能化发展提供理论与实践参考。

**关键词:** 机电系统; 非标设备; 创新设计

## 1 机电系统集成与非标设备的理论基础

### 1.1 机电系统集成概述

机电系统集成是一项融合机械工程、电子技术、计算机科学、自动控制等多学科知识的综合性技术。它以机械结构为载体,以电子信息为纽带,通过对机械、电子、软件等各组成部分进行有机整合,使系统整体性能超越各部分性能简单相加,实现高效、智能、可靠运行。从系统构成来看,机电系统集成涵盖动力系统、传动系统、执行系统、传感检测系统和控制系统等关键模块。动力系统为整个系统提供能量,传动系统将动力合理分配与转换,执行系统完成具体的工作任务,传感检测系统实时采集运行数据,控制系统则根据预设目标和反馈信息对系统进行精准调控<sup>[1]</sup>。随着工业技术的发展,机电系统集成经历了从简单组合到深度融合的演进过程。早期,机械和电子部分相对独立,仅通过简单的电气连接协同工作;如今,借助计算机技术和通信技术,机电系统实现了信息的实时交互与共享,向智能化、网络化方向发展,广泛应用于工业生产、交通运输、航空航天等众多领域。

### 1.2 非标设备基本理论

非标设备,即非标准设备,是根据特定用户需求、工艺要求或生产场景专门设计制造的设备,不遵循通用的国家标准或行业标准。其核心特点在于定制化,能够满足企业独特的生产工艺、产品规格或功能需求,解决标准化设备无法解决的特殊问题。非标设备的设计制造通常围绕特定的生产工艺或功能需求展开。设计人员需要深入了解用户的生产流程、技术参数、质量要求等,从机械结构设计、电气控制方案制定到软件程序编写,都要进行个性化设计。例如,在新能源电池生产中,为实现极片涂布工艺的高精度要求,企业往往需要定制非

标涂布设备,该设备需针对极片材料特性、涂布厚度公差等参数进行专门设计,确保涂布质量稳定可靠。非标设备的应用领域十分广泛,在汽车零部件加工、电子产品组装、食品包装、医药生产等行业均发挥着重要作用。与标准设备相比,非标设备虽然前期研发设计成本较高,但在满足特殊生产需求、提高生产效率、保证产品质量等方面具有显著优势,能够为企业创造独特的竞争价值。

### 1.3 机电系统集成与非标设备的关联

机电系统集成与非标设备紧密相连,相互促进。一方面,机电系统集成是实现非标设备功能的核心技术手段。非标设备的设计制造离不开机电系统集成技术,通过将机械、电子、控制等子系统进行优化整合,才能打造出满足特定需求非标设备。例如,在自动化生产线中的非标检测设备,需集成精密机械结构、高性能传感器、智能控制系统等,实现对产品的快速、精准检测。另一方面,非标设备为机电系统集成技术提供了广阔的应用场景。非标设备的多样性和特殊性促使机电系统集成技术不断创新和发展。不同行业、不同工艺对非标设备的需求各异,推动着机电系统集成在结构设计、控制算法、通信协议等方面持续改进,以适应各种复杂的应用环境。两者的有机结合,既提升非标设备的智能化、自动化水平,也促进机电系统集成技术的不断进步,共同推动制造业向高端化、智能化方向发展。

## 2 面向未来制造的机电系统集成关键技术

### 2.1 智能化控制技术

智能化控制技术是未来机电系统集成的核心驱动力,它融合了人工智能、机器学习、专家系统等先进技术,使机电系统具备自主感知、分析、决策和控制能力。在智能制造领域,智能化控制技术能够根据生产环

境和任务要求,自动优化控制策略,实现设备的高效运行和故障预警。以工业机器人为例,通过引入深度学习算法,机器人可以对复杂的作业环境进行图像识别和分析,自主规划运动路径,精准完成装配、焊接等任务。同时基于强化学习的智能控制系统能够根据机器人的运行状态和任务反馈,不断调整控制参数,提高作业精度和效率。智能化控制技术还可应用于预测性维护,通过对设备运行数据的实时监测和分析,提前发现潜在故障,制定维护计划,降低设备停机时间和维修成本<sup>[2]</sup>。

## 2.2 传感与检测技术

传感与检测技术是机电系统集成的“感官”,为系统提供实时、准确的运行信息。随着技术的不断发展,传感与检测技术朝着高精度、高可靠性、微型化、智能化方向发展,能够满足复杂工业环境下的多样化检测需求。新型传感器如光纤传感器、MEMS传感器等,具有灵敏度高、抗干扰能力强、体积小等优点,广泛应用于位移、压力、温度、振动等物理量的检测。在机电系统中,传感与检测技术不仅用于设备运行状态监测,还在质量控制、过程优化等方面发挥重要作用。例如,在精密加工设备中,通过高精度位移传感器实时监测刀具位置和工件尺寸,结合反馈控制算法,实现加工精度的闭环控制;在自动化生产线中,视觉检测系统利用机器视觉技术对产品外观、尺寸进行快速检测,及时发现缺陷产品,提高产品质量。

## 2.3 通信与网络技术

通信与网络技术是实现机电系统集成互联互通的关键,它打破了设备之间的信息孤岛,实现了数据的实时传输和共享,为智能制造提供坚实的网络基础。工业以太网、5G、物联网等先进通信技术的应用,显著提升机电系统的通信效率和稳定性。工业以太网以其高速、可靠的特点,成为工业现场设备通信的主流技术,支持设备之间的实时数据交互和协同控制。5G技术的低时延、高带宽特性,为远程监控、设备远程调试等应用场景提供了可能,使工程师能够实时掌握设备运行状态并进行远程操作。物联网技术则实现了设备的智能化连接,通过传感器将设备运行数据上传至云端,利用大数据分析和云计算技术,实现设备的远程管理、故障诊断和性能优化。通信与网络技术的发展,推动机电系统向网络化、协同化方向迈进,促进了智能制造生态系统的构建。

## 3 非标设备创新设计方法

### 3.1 设计流程优化

传统的非标设备设计流程往往存在周期长、成本高、效率低等问题。优化设计流程是提高非标设备设计

质量和效率的关键。现代非标设备设计流程强调并行工程和协同设计理念,打破部门之间的壁垒,实现设计、制造、工艺等多部门的协同工作。在设计初期,各部门人员共同参与需求分析和方案论证,充分考虑制造工艺、装配要求、成本控制等因素,避免设计后期的频繁修改。借助数字化设计工具,如三维建模软件、有限元分析软件等,对设计方案进行虚拟仿真和优化,提前发现潜在问题,缩短设计周期。另外,引入模块化设计方法,将非标设备分解为功能相对独立的模块,通过模块的组合和复用,提高设计效率,降低生产成本,增强设备的可维护性和扩展性。

### 3.2 创新设计工具

创新设计工具的蓬勃发展,正重塑非标设备设计的格局,为行业带来了前所未有的变革。计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程(CAE)、计算机辅助制造(CAM)等软件,构成了现代非标设备设计的核心技术体系。其中,三维CAD软件凭借强大的建模功能,将设计师的创意从抽象概念转化为直观的三维模型。在设计复杂的非标自动化生产线时,设计师能够通过三维CAD软件,精确构建出每一个机械部件,模拟其运动轨迹,直观展示设备的装配关系和空间布局。这不仅方便了设计团队内部的沟通,还能让客户提前预览设计效果,及时提出修改意见,大幅缩短设计周期。CAE软件则从工程分析的角度,利用有限元分析、计算流体力学等技术,对设备在实际运行中的力学性能、热性能、流体力学性能等进行全面仿真。以重型非标压力容器设计为例,借助CAE软件,工程师可以模拟容器在高压、高温等极端工况下的受力情况,优化容器的结构设计,确保其安全性和可靠性,有效避免因设计缺陷导致的安全事故。CAM软件则实现设计与制造的无缝衔接,它能根据设计模型自动生成数控加工代码,直接驱动数控机床进行加工,不仅提高加工精度,还显著提升生产效率<sup>[3]</sup>。近年来,虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术也在非标设备设计领域展现出巨大潜力。VR技术通过构建高度逼真的虚拟环境,让设计师能够沉浸式地体验设备的运行过程和操作环境,提前发现人机工程学方面的问题,如操作空间是否合理、人机交互是否便捷等,并及时进行优化。AR技术则将虚拟的设计模型与现实场景相结合,在设备安装调试阶段,技术人员通过AR设备可以直观地看到设备各部件的安装位置和连接方式,大大提高安装调试的效率,同时也为操作人员的培训提供了更加直观、高效的方式。这些创新设计工具相互融合,正推动非标设备设计向数字化、智能化、高效化方向不断迈进。

### 3.3 可持续性设计

随着环保意识的增强和可持续发展理念的深入人心,可持续性设计成为非标设备创新设计的重要方向。可持续性设计要求在设备设计过程中,充分考虑资源利用效率、能源消耗、环境污染等因素,实现设备全生命周期的绿色化。在材料选择方面,优先选用可再生、可回收的环保材料,减少对环境的影响;在结构设计上,采用轻量化设计理念,降低设备制造过程中的材料消耗和能源消耗;在能源利用方面,推广应用节能技术,如伺服驱动系统、能量回收装置等,提高设备的能源利用效率。可持续性设计还注重设备的可维护性和可升级性,延长设备使用寿命,减少设备报废带来的资源浪费和环境污染。通过可持续性设计,非标设备不仅能够满足用户的生产需求,还能实现经济效益和环境效益的双赢。

## 4 机电系统集成与非标设备创新设计的案例研究

### 4.1 汽车制造行业案例

在汽车制造行业,机电系统集成与非标设备的创新应用极大地提高了生产效率和产品质量。以汽车车身焊接生产线为例,传统的焊接方式采用人工操作,效率低、质量不稳定。通过引入机电系统集成技术和非标焊接设备,实现了焊接过程的自动化和智能化。非标焊接设备根据汽车车身的结构特点和焊接工艺要求进行定制设计,集成高精度的机械手臂、先进的焊接电源、视觉检测系统和智能控制系统。机械手臂在视觉系统的引导下,能够精准定位焊接位置,焊接电源根据不同的焊接工艺参数自动调整焊接电流和电压,确保焊接质量稳定可靠。同时,智能控制系统实时监测焊接过程中的各项参数,对异常情况及时报警并进行自动调整。该生产线的应用使汽车车身焊接效率提高了50%以上,焊接缺陷率降低了80%,显著提升汽车制造企业的竞争力。

### 4.2 电子制造行业案例

电子制造行业对设备的精度、速度和自动化程度要求极高,机电系统集成与非标设备的创新设计在此领域发挥着重要作用。在手机屏幕组装生产线中,为满足超薄、超轻手机屏幕的高精度组装需求,企业定制开发了非标自动化组装设备。该设备集成了精密机械传动机构、高分辨率视觉检测系统、真空吸附装置和柔性抓取机构等。精密机械传动机构确保了组装过程中的位置精

度,视觉检测系统能够实时检测屏幕和零部件的尺寸、位置和缺陷,真空吸附装置和柔性抓取机构则实现了对超薄屏幕的无损抓取和放置。通过机电系统集成技术,将组装设备与生产线的其他设备进行联网,实现了生产数据的实时共享和协同控制。该非标设备的应用使手机屏幕组装效率提高了40%,产品合格率达到99.5%,满足了电子制造行业快速发展的需求。

### 4.3 医疗器械行业案例

医疗器械行业对设备的安全性、可靠性和卫生标准要求严格,机电系统集成与非标设备的创新设计为医疗器械的研发和生产提供有力支持。在医用口罩生产设备的研发中,针对口罩生产工艺的特殊性和卫生要求,设计制造了非标自动化口罩生产设备。该设备集成无纺布送料机构、鼻梁条焊接机构、耳带焊接机构、口罩裁切机构和在线检测系统等<sup>[4]</sup>。各机构通过机电系统集成技术实现精准协同工作,确保口罩的生产质量和效率。在线检测系统采用光电传感器和机器视觉技术,对口罩的尺寸、外观、耳带焊接强度等进行实时检测,自动剔除不合格产品。同时设备的关键部件采用不锈钢材质和特殊表面处理工艺,满足医疗器械的卫生要求。该非标设备的成功应用,有效提高了医用口罩的生产效率和质量,为疫情防控提供了重要的物资保障。

### 结束语

文章系统分析了机电系统集成与非标设备的创新设计思路与实践。随着技术进步,二者将深度融合人工智能、物联网等前沿技术。未来研究可聚焦于探索更高效的集成模式,开发满足新兴产业需求的非标设备,持续优化设计方法,助力制造业向智能化、绿色化迈进,提升我国制造业的国际竞争力。

### 参考文献

- [1]王明.柔性制造中非标自动化系统的应用[J].制造技术,2020,18(2):45-58.
- [2]张红,李雷.非标自动化系统集成技术研究与应用[J].现代制造工程,2019,25(4):112-125.
- [3]张慧.钢结构桥梁钢箱梁的智能制造技术探究[J].大众标准化,2024,(12):178-180.
- [4]王玉林,杨晓东,周鑫.汽车领域人工智能应用探讨[J].农业装备与车辆工程,2024,62(06):86-88.