

自动化技术在机械设计制造中的应用及优化措施

郝文超

石家庄煤矿机械有限责任公司, 河北 石家庄 051431

[摘要] 随着科技的不断进步和社会的不断发展, 自动化技术在机械设计制造领域的应用日益广泛, 成为推动产业升级和经济增长的重要引擎。自动化技术的迅速发展不仅为传统制造业带来了新的发展机遇, 也为人类社会带来了深远的变革。通过自动化技术的应用, 传统的生产模式正在向数字化、智能化和灵活化方向迈进, 推动着机械设计制造行业朝着更加高效、精准、可持续发展的方向发展。因此, 深入探讨自动化技术在机械设计制造中的应用及其优化措施, 不仅对于促进产业升级和提升经济竞争力具有重要意义, 也是应对全球制造业发展趋势、推动科技创新的迫切需求。

[关键词] 机械自动化技术; 机械制造; 智能化

DOI: 10.33142/ec.v7i4.11636

中图分类号: TH16

文献标识码: A

Application and Optimization Measures of Automation Technology in Mechanical Design and Manufacturing

HAO Wenchao

Shijiazhuang Coal Mining Machinery Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 051431, China

Abstract: With the continuous progress of technology and the continuous development of society, the application of automation technology in the field of mechanical design and manufacturing is becoming increasingly widespread, becoming an important engine for promoting industrial upgrading and economic growth. The rapid development of automation technology not only brings new development opportunities to traditional manufacturing industry, but also profound changes to human society. Through the application of automation technology, traditional production models are moving towards digitalization, intelligence, and flexibility, promoting the development of mechanical design and manufacturing industry towards more efficient, accurate, and sustainable directions. Therefore, in-depth exploration of the application and optimization measures of automation technology in mechanical design and manufacturing is not only of great significance for promoting industrial upgrading and enhancing economic competitiveness, but also an urgent need to respond to global manufacturing development trends and promote technological innovation.

Keywords: mechanical automation technology; mechanical manufacturing; intelligence

引言

随着科技不断进步和社会需求的不断变化, 传统的机械设计制造方式已经难以满足日益增长的市场需求和生产要求。为了提高生产效率、优化产品质量、降低生产成本, 机械设计制造行业亟需引入更先进、更智能的技术手段。基于此, 自动化技术应运而生, 并迅速在机械设计制造领域得到广泛应用。自动化技术的引入不仅可以实现生产过程的智能化、数字化和灵活化, 还可以提升企业竞争力, 加快技术创新和产品更新换代的速度。

1 自动化技术的定义

自动化技术是利用控制理论、计算机技术、信息技术以及相关的监控、检测和操作技术, 实现生产过程自动化控制和管理的先进技术。通过构建人机一体化的系统, 减少人工操作, 实现工艺过程的自动控制、操作和管理, 系统的核心组成部分包括被自动化的对象、执行机构、传感器、控制系统和控制算法。执行机构负责执行和实现对被控对象的控制, 传感器用于实时监测被控对象的参数和状态, 其精度可达 0.01mm。控制系统通过控制算法对检测

到的信息进行分析和处理, 生成控制指令, 最终驱动执行机构实现自动化控制目标, 其控制精度可达 0.001s。

2 机械自动化技术的特点

2.1 多种技术融合

随着科技的不断发展, 各种先进技术如控制器局域网 (Controller Area Network, CAN) 总线技术、可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 技术、自动化等应用技术不断涌现, 机械制造业开始将这些技术有机地融合在一起, 构建起更加智能、高效的自动化生产系统。在机械制造过程中, 各种设备的运行需要通过传感设备来感知和传递信息, 从而实现无人化指令控制。CAN 总线技术能够增强自动控制系统中的数据收集与集成能力, 有效消除信息干扰问题, 特别适用于规模庞大的机械生产环境。而 PLC 技术则不仅保障了机械生产线各个设备的正常运行, 而且有效避免了各单元之间信号的相互干扰, 使机械制造自动化控制更加高效。为了解决设备刚性和连续运行等多种因素可能带来的偏差, 提出了多种技术融合的机械自动化系统, 促进机械装备在生产过程中的自适应

调节，确保产品的精度和生产效率。

2.2 实现自我诊断

实现自我诊断是机械自动化技术中的重要特点之一。引入自动化技术可以实现设备的自我诊断功能，从而降低设备故障的发生率。首先，自动化技术可以实时监测设备的运行状态，一旦发现异常数据或故障迹象，会立即发出预警或故障报警，提醒工作人员及时采取措施，避免事故的发生。其次，通过利用机械自动化系统中的“专家库系统”和“智能分析模块”，可以迅速确定故障的类型和原因，快速定位故障点，为技术人员提供准确的故障信息，从而缩短故障诊断的时间，降低修复成本。

2.3 实现机械自动设计

随着计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)技术的不断发展，机械自动设计已成为现代机械制造中的重要组成部分。通过CAD软件，工程师可以利用计算机进行产品设计和工程图纸的绘制，实现对产品结构、尺寸和装配关系等方面的自动化设计。同时，CAM技术则可以将设计好的产品模型转化为数控机床可识别的加工代码，实现对零件加工过程的自动化控制。此外，随着人工智能和机器学习等技术的发展，还可以实现机械设计过程的智能化和自适应性，根据用户需求和反馈实时调整设计方案，进一步提高设计效率和质量。

3 自动化技术在机械设计中的应用

3.1 计算机辅助设计

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)技术是机械设计中的关键应用之一。通过CAD系统，工程师可以利用计算机实现对产品的几何形状和相关参数的数字化描述和建模。CAD软件包括绘图、分析和接口三类软件，能够快速生成2D工程图和3D实体模型，实现复杂形状零部件的精确设计，设计精度可达 $0.001\text{mm}^{[1]}$ 。此外，CAD系统支持运动仿真、结构分析、动力学分析等功能，可以验证设计的合理性，缩短产品设计周期，设计效率提高5~8倍。使用CAD系统和传统手工设计机械产品的差异见表1。

表1 CAD系统和传统手工设计机械产品的差异

比较项	CAD系统	手工设计
设计精度/mm	0.001	0.1
修改设计方案时间	1~2h	3~5d
复杂形状设计能力	可以设计	无法设计
结构分析仿真时间	2~4h	不支持
交流设计方案时间	10min	$\geq 1\text{d}$
产品数据管理	发送文件全生命周期可追溯	容易遗失

根据表1的比较，CAD系统相比传统手工设计具有明显优势。在设计精度方面，CAD系统的设计精度可达 0.001mm ，远高于手工设计的 0.1mm 。修改设计方案所需时间方面，CAD系统仅需1~2小时，而手工设计则需要3~5天。CAD系统还支持结构分析仿真等功能，而传统手工

设计则无法实现。此外，CAD系统支持产品数据管理，能够实现设计数据的标准化管理和数字化交流，全生命周期可追溯，而手工设计容易遗失设计数据。

3.2 三维建模与仿真

三维建模与仿真是CAD技术的重要延伸，通过构建产品或部件的三维数字化模型，并进行多学科综合仿真，全面模拟和验证设计方案，大幅缩短产品研发设计周期。具体而言，三维建模与仿真技术能够实现微米级设计精度。例如，在航空发动机涡轮叶片的设计中，几何公差可控制在 $\pm 50\mu\text{m}$ 以内，转子系统的运动学误差小于 $10\mu\text{m}$ 。典型的航空发动机整机三维模型通常包含约100万个组件，文件数据量可达TB级。在高速运动条件下，叶片表面的流体压力响应频率可达20kHz。采用大涡模拟和壁面函数描述边界层效应，空间分辨率可达1mm，时间分辨率可达 $1\mu\text{s}$ ，仿真网格数可超过20亿个。将高精度的三维建模与高性能计算相结合，能够有效指导工程设计与制造。举例来说，某高端数控机床的定位精度从原来的 $25\mu\text{m}$ 提高到 $15\mu\text{m}$ ，加工质量提升了约30%；而一个5万吨级海工平台的设计重量计算误差控制在1%之内。这些成果都是三维数字化技术与先进仿真结合所带来的质的飞跃。利用图形处理器(GPU)并行计算，可以显著缩短仿真优化时间。云计算技术使得即使是小微企业也能够便捷使用大型计算机辅助工程(CAE)软件，从而使得“仿真即服务”成为可能。

3.3 优化设计方法

优化设计是基于CAD三维模型在满足产品功能和使用要求的前提下，通过优化算法搜索最佳设计方案，以实现产品性能的极致。该方法建立在数学描述产品多学科性能指标的优化模型之上，通过应用先进的仿真分析和优化算法，对部件尺寸、材料属性、结构布局等关键参数进行自动化搜索和综合优化，从而输出全局最优的设计候选方案。例如，在某型号高端数控机床主轴结构优化设计中，考虑的设计变量达到14个，包括主轴颈最小直径、前后端颈长度比例、锥度分段位置等。同时需要优化的性能指标有最大速度、刚度、临界速度和质量等。经过多目标优化后，该机床主轴整体刚度提高了8%，最大转速由原来的 $20,000\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ 提高到 $32,000\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ ，加工精度提高到 $\pm 3\mu\text{m}^{[2]}$ 。优化设计方法的关键在于整合CAD、CAE、计算机辅助制造(CAM)和高性能计算技术，实现设计的自动化和数位化优化。当前，诸如Siemens HEEDS、Phoenics Opti等软件已经成功应用于航空航天、汽车和高端设备的设计研发过程中。这些软件的使用大幅提高了工程设计效率，降低了产品试制周期和成本，成为实现数字化设计的重要手段。

4 机械自动化在机械制造中的具体应用

4.1 柔性自动化技术

柔性自动化技术在机械制造领域发挥着重要作用，其灵活性和适应性使得生产线能够有效地应对多样化的生产需求和复杂的加工问题。一种典型的柔性自动化加工线

如图1所示,由数控冲床、自动化立体料库和自动折弯单元组成。这种布局不仅提高了生产效率,还降低了生产成本,达到了节约时间、增加产品收益的目标。

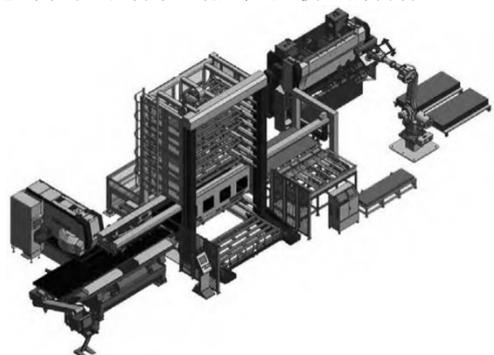


图1 数控冲床 + 自动化立体料库 + 自动折弯单元

这条柔性自动化生产线的核心在于其多样性的运行模式。首先是全自动模式,当生产需要时,整个系统可以独立工作,无需人工干预。其次是半自动模式,操作人员可以在需要时手动干预,如紧急工件加工或设备故障处理。最后是单体运行模式,每个部件都可以独立运行,使得整个生产线具有更高的灵活性和可控性。从整体来看,柔性自动化技术使得生产线能够根据不同的需求和情况进行调整和优化,最大限度地提高了设备利用率和生产效率。从局部来看,每个部分都能够独立运作,能够应对突发性问题,保证生产的稳定进行。

4.2 智能化自动技术

智能化自动技术是机械制造领域中的一项重要发展趋势,它通过引入人工智能和先进的感知技术,使得自动化系统具备更高的智能化水平和自主决策能力。智能化自动技术通过各种传感器和监测装置,智能化自动系统可以实时获取生产环境的信息和产品状态,并对这些信息进行分析和处理,系统可以做出智能决策,调整生产参数和工艺流程,以实现最优的生产效率和产品质量。例如,在某个智能化自动化生产线上,智能机器人可以根据产品类型和生产进度自主调整工作路径和速度,避免碰撞和交叉干扰,提高生产效率和安全性。

4.3 集成化自动技术

集成化自动技术是指将各种自动化系统、设备和工艺流程进行整合和优化,实现生产过程的全面自动化和无缝连接。在集成化自动技术中,通过使用统一的数据格式和通信协议,不同的自动化系统可以实现信息共享和实时通信,实现生产过程的协同控制和优化。例如,使用工业物联网技术和云计算平台,可以实现生产数据的实时采集、分析和监控,为生产决策提供数据支持。集成化自动技术还可以通过使用先进的调度算法和智能控制系统,可以根据订单需求和设备状态实时调整生产计划和工艺流程,最大

限度地提高生产效率和资源利用率。据统计,采用集成化自动技术的生产线,生产效率可以提高20%以上,生产周期可以缩短30%以上,同时还可以降低15%的能耗和废品率。

5 机械设计制造中自动化技术的优化措施

5.1 促进产学研合作

产学研合作将工业界、学术界和科研机构紧密联系起来,促进知识和技术的交流与共享,加速科研成果的转化和应用。学术界和科研机构通过开展与工业界的合作研究,可以更加深入地了解实际生产中的问题和需求,有针对性地开展科研项目,并将研究成果转化为实际的技术和产品。通过与工业界的合作项目,学术界和科研机构可以培养更加符合市场需求的高级人才,为企业输送技术和管理人才。

5.2 加强人才培养

随着自动化技术的不断发展和应用,对于高素质的专业人才需求日益增加。加强人才培养需要从教育体系入手,建立符合行业需求的人才培养体系和课程体系。通过与行业企业合作,了解市场需求和行业发展趋势,调整和优化教学内容和方法,使之与实际生产需求相匹配。加强实践教学环节,提供更多的实习机会和项目实践,培养学生的实际操作能力和解决问题的能力。随着自动化技术的发展,机械设计制造领域需要的不仅是机械工程专业的技术人才,还需要具备电子、计算机、控制等相关专业知识的复合型人才。

5.3 提供政策支持

提供政策支持是推动自动化技术在机械设计制造领域发展的重要举措之一。政府可以通过财政资金和税收政策支持自动化技术的研发和应用^[3]。例如,可以设立专项资金用于支持企业开展自动化技术的研发和应用项目,降低企业研发成本和技术投入。通过制定产业政策和规划,明确自动化技术在机械设计制造领域的发展方向 and 重点领域,引导企业加大自动化技术的研发和应用力度。加强技术交流合作,鼓励企业之间、企业与科研机构之间开展技术交流合作,促进自动化技术的共享和传播,推动行业的整体发展。总之,提供政策支持是推动自动化技术在机械设计制造领域发展的重要举措。政府可以通过财政资金和税收政策支持自动化技术的研发和应用;加强对自动化技术产业的引导和扶持,建立健全的产业发展体系和支持政策;加强对人才培养和技术交流的支持,提高人才培养水平和质量,促进技术交流合作,推动自动化技术在机械设计制造领域的持续发展。

6 结语

随着科技的不断进步和人类社会的不断发展,自动化技术在机械设计制造领域的应用已经成为推动产业升级和经济增长的重要动力。计算机辅助设计、三维建模与仿

真、优化设计方法以及柔性、智能化和集成化自动化技术的应用，我们可以更高效地实现产品设计和制造过程的数字化、智能化和自动化。同时，政策支持、产学研合作以及人才培养等方面的努力也为自动化技术的发展提供了重要保障和支持。未来，应不断探索创新，积极应用自动化技术，推动行业的发展和进步。只有在不断追求技术创新和实际应用的过程中，才能更好地适应时代的发展潮流，为推动社会经济的可持续发展贡献自己的力量。相信随着自动化技术的不断发展和完善，机械设计制造领域将迎来更加光明的未来，为构建更加美好的社会做出更大的贡献。

[参考文献]

- [1]张莉英. 自动化技术在汽车内燃机机械制造中的应用探究[J]. 内燃机工程, 2024, 45(1): 111.
 - [2]陆小健, 丁苗江, 夏君君. 机电自动化技术在机械制造中的应用问题及解决对策[J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(11): 76-78.
 - [3]罗长威. 自动化技术在机械设计制造中的应用及优化措施[J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(10): 67-69.
- 作者简介：郝文超（1982.3—），毕业院校：河北建筑工程学院，所学专业：机械设计制造及其自动化，职务：总经理助理，职称级别：中级工程师。