智能化改造在传统机电生产线中的应用实践

应禄森[1]，袁伟瑞[2]

[1]台州中恒机械股份有限公司　浙江台州
[2]诸暨市城市广场物业管理有限公司　浙江诸暨

【摘要】在工业数字化转型加速推进的背景下，传统机电生产线因自动化程度低、管理模式粗放等问题，难以适应市场竞争需求。智能化改造依托物联网、人工智能等技术，对生产设备、流程与管理体系进行全面升级。本文深入分析改造背景与需求，探讨设备智能化升级、流程数字化优化等实践路径，剖析技术、人才、资金等方面的挑战，展望多技术融合等发展趋势，为传统机电制造业转型升级提供系统性方案。

【关键词】传统机电生产线；智能化改造；物联网技术
【收稿日期】2025 年 5 月 15 日　　【出刊日期】2025 年 6 月 6 日　　【DOI】10.12208/j.aics.20250012

Application practice of intelligent transformation in traditional electromechanical production lines

Lusen Ying[1], Weirui Yuan[2]

[1]Taizhou Zhongheng Machinery Co., Ltd, Taizhou, Zhejiang
[2]Zhuji City Urban Plaza Property Management Co., Ltd, Zhuji, Zhejiang

【**Abstract**】Against the backdrop of accelerated industrial digital transformation, traditional electromechanical production lines are unable to meet market competition demands due to low automation levels and extensive management models. The intelligent transformation relies on technologies such as the Internet of Things and artificial intelligence to comprehensively upgrade production equipment, processes, and management systems. This article deeply analyzes the background and requirements of the transformation, explores practical paths such as equipment intelligent upgrading and process digital optimization, analyzes challenges in technology, talent, and funding, and looks forward to development trends such as multi technology integration, providing systematic solutions for the transformation and upgrading of traditional electromechanical manufacturing industry.

【**Keywords**】Traditional electromechanical production line; Intelligent transformation; The Internet of Things

引言

随着工业 4.0 与智能制造战略的深入实施，全球制造业正迎来智能化变革。传统机电生产线作为制造业的重要组成部分，长期依赖人工操作与经验管理，存在生产效率低下、资源配置不合理、质量管控滞后等问题。在市场需求日益多样化、个性化的今天，传统生产线已难以满足高质量、高效率的生产要求[1]。通过智能化改造引入先进技术，实现生产全流程的数字化、网络化与智能化，是传统机电制造业突破发展瓶颈、提升核心竞争力的必然选择。

1 传统机电生产线智能化改造的背景与需求

1.1 全球制造业智能化发展态势

全球制造业智能化发展呈现加速趋势。工业发达国家纷纷推进智能制造战略，德国“工业 4.0”强调通过信息物理系统实现生产智能化，美国“先进制造伙伴计划”聚焦于先进制造技术研发与应用[2]。在技术层面，物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术与制造业深度融合，催生出智能工厂、数字孪生等新型制造模式。企业层面，越来越多的制造企业开始加大智能化投入，通过部署智能装备、建设数字化车间，提升生产效率与产品质量。

1.2 传统机电生产线现存问题剖析

作者简介：应禄森（1990-）男，汉族，浙江温岭人，本科，助理工程师，研究方向：机电生产制造；袁伟瑞（1982-）男，汉族，浙江诸暨人，本科，工程师，研究方向：信息系统集成。

传统机电生产线在运行过程中暴露出诸多问题。设备层面，大量老旧设备自动化程度低，依赖人工操作，不仅生产效率低下，而且容易出现操作失误。设备之间缺乏互联互通，形成信息孤岛，难以实现生产数据的实时采集与共享。生产流程方面，生产计划制定往往依靠经验，缺乏科学的数据分析支持，导致生产调度不合理，资源利用率低。质量管控主要依赖人工抽检，无法实现生产过程的全流程监控，难以保证产品质量的稳定性。管理模式上，传统的层级式管理决策链条长，信息传递效率低，对市场变化的响应速度慢，难以满足客户个性化定制需求[3]。

1.3 智能化改造的战略价值与现实需求

智能化改造对传统机电生产线具有重要的战略价值与现实需求。从战略层面看，它是企业适应全球制造业竞争、实现转型升级的关键举措，有助于企业在新一轮产业变革中抢占先机[4]。现实需求方面，智能化改造能够提高生产效率，通过自动化设备与智能调度系统，减少生产过程中的等待时间与资源浪费。提升产品质量，利用传感器与大数据分析实现生产过程的实时监控与质量追溯，降低次品率。此外，智能化改造还能优化资源配置，通过能源管理系统实现能源的精准控制，降低生产成本[5]。

2 智能化改造在传统机电生产线中的设备升级实践

2.1 生产设备的智能化改造技术路径

生产设备的智能化改造需遵循多种技术路径。首先是设备自动化升级，通过加装伺服电机、传感器等装置，实现设备的自动化操作与精确控制，减少人工干预。其次是数控化改造，将传统设备升级为数控机床，利用数控系统实现复杂加工工艺的编程与执行，提高加工精度与效率[6]。再者是设备的智能化联网，采用工业以太网、5G 等通信技术，将设备接入企业网络，实现设备之间的数据交互与远程监控[7]。此外，还可引入人工智能技术，为设备赋予自主决策能力，如智能诊断系统能够根据设备运行数据自动判断故障并提出解决方案，提升设备的可靠性与维护效率。

2.2 设备互联互通与数据采集体系构建

构建设备互联互通与数据采集体系是实现生产线智能化的基础。在网络架构方面，搭建工业互联网平台，采用边缘计算与云计算相结合的模式，实现设备数据的就近处理与云端存储。设备端部署各类传感器，对设备的运行状态、加工参数等数据进行实时采集[8]。制定统一的数据通信协议，确保不同厂家、不同类型设备之间的数据能够顺畅传输与交互。通过数据采集系统将设备数据进行汇聚、清洗与预处理，为后续的数据分析与应用提供准确的数据支撑，实现设备的远程监控、故障预警与性能优化。

2.3 智能设备与生产线的协同优化策略

实现智能设备与生产线的协同优化，需要从多个维度入手。在设备布局上，根据生产工艺与物流路径，对智能设备进行合理规划与布局，减少物料搬运距离与时间。生产节拍协调方面，通过对各设备生产能力的分析，优化生产流程，使各设备的生产节拍相匹配，避免出现生产瓶颈。利用数字孪生技术，在虚拟环境中构建生产线模型，对设备运行、生产流程进行模拟仿真，提前发现潜在问题并进行优化调整。建立设备协同控制机制，根据生产任务与设备状态，自动分配生产任务，实现设备之间的协同作业，提高生产线整体运行效率[9]。

3 智能化改造在传统机电生产线中的流程优化实践

3.1 生产流程的数字化建模与仿真

生产流程的数字化建模与仿真是实现流程优化的重要手段。运用三维建模软件与仿真工具，对生产线的工艺流程、设备布局、物流路径等进行数字化建模，构建虚拟生产线。在建模过程中，准确录入设备参数、加工工艺等数据，确保模型的真实性与准确性。通过对虚拟生产线的运行仿真，模拟不同生产场景下的生产过程，分析生产流程中的瓶颈环节与不合理之处。基于仿真结果，对生产流程进行优化调整，如优化设备布局、调整生产节拍、改进加工工艺等，为实际生产提供科学的优化方案，降低生产过程中的不确定性与风险。

3.2 基于数据驱动的智能生产调度优化

基于数据驱动的智能生产调度优化以实时生产数据为基础。通过对设备运行数据、订单数据、物料库存数据等多源数据的采集与分析，建立生产调度模型。利用人工智能算法，如遗传算法、神经网络算法等，对生产任务进行智能排程，综合考虑订单优先级、设备产能、物料供应等因素，生成最优的生产调度方案。实时监控生产进度，当出现设备故障、订单变更等突发情况时，系统能够自动重新调度生产任务，确保生产计划的顺利执行。通过智能生产调度优化，提高生产资源的利用率，缩短产品生产周期，提升企业对市场需求的响应速度[10]。

3.3 质量管控流程的智能化升级方案

质量管控流程的智能化升级围绕生产全过程展开。在生产前，利用大数据分析技术对原材料质量数据进行分析，筛选优质供应商，确保原材料质量。生产过程中，

通过在关键工序部署传感器与视觉检测设备，实时采集产品尺寸、外观、性能等质量数据，并与标准工艺参数进行对比分析，一旦发现质量偏差，及时发出预警并自动调整生产参数。建立质量追溯系统，对产品生产过程中的原材料批次、加工设备、操作人员等信息进行记录，实现产品质量的全流程追溯。利用机器学习算法对质量数据进行深度挖掘，分析质量问题产生的原因，提出改进措施，持续优化生产工艺，提高产品质量稳定性。

4 智能化改造在传统机电生产线中面临的挑战

4.1 技术融合与系统集成的复杂性难题

智能化改造涉及多种技术的融合与系统集成，面临诸多复杂性难题。物联网、大数据、人工智能等技术在应用过程中，需要解决不同技术之间的兼容性问题。不同厂家的设备、软件系统采用的技术标准与通信协议各不相同，导致系统集成难度大，容易出现数据传输不畅、系统不稳定等问题。此外，智能化改造还需要对企业原有的信息系统进行升级与整合，如将生产管理系统、企业资源计划系统与新的智能化系统进行对接，实现数据的共享与协同，这对企业的技术能力与实施经验提出了更高要求。

4.2 人才短缺与员工技能转型困境

智能化改造对人才提出了新的需求，企业面临人才短缺与员工技能转型困境。一方面，精通物联网、人工智能等技术的高端人才稀缺，难以满足企业智能化改造的技术需求。另一方面，企业现有员工大多熟悉传统生产模式与管理方式，对智能化技术了解有限，需要进行技能转型培训。然而，员工技能转型面临诸多困难，部分员工年龄较大，学习新技能的能力有限，对新技术存在抵触情绪。同时，企业内部缺乏完善的培训体系与激励机制，难以有效推动员工技能转型，导致企业在智能化改造过程中面临人才瓶颈。

4.3 资金投入与投资回报的平衡挑战

智能化改造需要大量的资金投入，包括设备采购、软件研发、系统集成、人员培训等方面，这对企业的资金实力是一个巨大考验。对于中小企业来说，高额的资金投入可能会带来较大的财务压力。此外，智能化改造的投资回报周期较长，短期内难以看到明显的经济效益，企业难以准确评估投资回报率。在资金有限的情况下，如何合理分配资金，确保智能化改造项目的顺利实施，并实现预期的投资回报，是企业面临的重要挑战。企业需要在资金投入与投资回报之间找到平衡点，制定科学的投资规划与成本控制策略。

5 传统机电生产线智能化改造的发展趋势

5.1 多技术深度融合创新趋势

未来，传统机电生产线智能化改造将呈现多技术深度融合创新趋势。物联网、大数据、人工智能、区块链等技术将进一步融合，形成更加智能化、集成化的解决方案。例如，物联网技术实现设备的互联互通与数据采集，大数据技术对海量数据进行分析处理，人工智能技术基于数据分析结果实现智能决策，区块链技术则保障数据的安全与可信共享。通过多技术的协同创新，实现生产线的自主感知、智能决策与自适应调整，提升生产线的智能化水平与灵活性，满足多样化、个性化的生产需求。

5.2 绿色智能与可持续发展方向

绿色智能与可持续发展将成为传统机电生产线智能化改造的重要方向。在智能化改造过程中，更加注重能源的高效利用与环境保护。通过智能能源管理系统，对生产线的能源消耗进行实时监测与优化控制，实现能源的精准分配与节约使用。采用绿色制造技术，如环保型加工工艺、可回收材料应用等，减少生产过程中的污染物排放。同时，通过智能化手段实现生产废弃物的循环利用，提高资源利用率，降低企业生产成本。推动传统机电生产线向绿色智能转型，实现经济效益与环境效益的双赢，符合全球可持续发展的战略要求。

5.3 产业链协同与生态化发展格局

产业链协同与生态化发展将是传统机电生产线智能化改造的未来趋势。企业不再局限于自身生产线的智能化改造，而是通过工业互联网平台与产业链上下游企业进行数据共享与协同合作。从原材料采购、产品设计、生产制造到产品销售与售后服务，实现全产业链的智能化协同。构建产业生态系统，企业与供应商、客户、科研机构等建立紧密的合作关系，共同开展技术研发、标准制定与市场拓展。

6 结论

通过对改造背景与需求的分析，明确了设备升级、流程优化等应用实践方向，同时也认识到面临的技术、人才、资金等挑战。未来，多技术融合、绿色智能、产业链协同将成为发展趋势。企业应抓住机遇，积极应对挑战，科学规划智能化改造方案，逐步推进生产线的智能化转型，提升企业核心竞争力，推动传统机电制造业在智能化浪潮中实现高质量发展。

参考文献

[1] 马岳.基于数字孪生技术的机电一体化平台虚拟生产线与虚拟调试系统设计研究[J].造纸装备及材料,2024,

53(11): 115-117.

[2] 陈永新.基于机电一体化的自动化生产线设计与优化[J].数字技术与应用,2024,42(06):225-227.

[3] 张卿源.基于数字孪生的机电生产线虚拟调试数据映射研究[D].南京邮电大学,2023.

[4] 马志刚. 机电一体化系统在机械工程中的实际应用 [J]. 产业与科技论坛, 2023, 22 (09): 40-41.

[5] 刘昌鹏.柔性生产线功能单元组成及机电控制设计[J].农机使用与维修,2021,(12):38-40.

[6] 杨昆,王艳春,郭湖东,等.面向 3C 自动化生产线的装配工业机器人多功能组合夹具设计[J].科学技术创新,2019,(29):105-106.

[7] 杨文蕾. 机电一体化系统在农业机械工程中的应用 [J]. 机械管理开发, 2023, 38 (06): 265-266+269.

[8] 赵海涛,张宏涛,阮国勇,等.智能化机械传动装置设计[J].中国机械,2023,(35):30-33.

[9] 黄梁.制造业智能化发展中的机械加工工艺分析[J].模具制造,2024,24(12):197-199.

[10] 王凯.机械自动化技术在机械制造业中的应用[J].造纸装备及材料,2021,50(10):11-12.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心（OAJRC）所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

OPEN ACCESS