

电梯制造企业数字化转型的策略与实践

刘钦亮

日立电梯（中国）有限公司，广东 广州 510000

DOI: 10.61369/TACS.2025110056

摘 要： 本文围绕电梯制造企业的数字化转型展开。介绍了钣金件连接工艺革新，包括抽铆、锁铆和无铆技术。阐述了精益生产与智能制造融合路径、智能柔性生产系统构建、数据采集与分析、关键技术验证机制等方面内容，同时提及面临问题及发展路径。

关 键 词： 电梯制造；数字化转型；钣金工艺

Strategy and Practice of Digital Transformation of Elevator Manufacturing Enterprises

Liu Qinliang

Hitachi Elevator (China) Co., LTD., Guangzhou Guangdong 510000

Abstract： This article focuses on the digital transformation of elevator manufacturing enterprises. It introduces innovations in sheet metal connection techniques, including riveting, locking riveting, and rivetless technology. The article also discusses the integration of lean production with intelligent manufacturing, the development of intelligent flexible production systems, data collection and analysis, and the verification mechanisms for key technologies. Additionally, it addresses the challenges faced and outlines potential development paths.

Keywords： elevator manufacturing; digital transformation; sheet metal process

引言

随着制造业的发展，电梯制造企业面临着数字化转型的挑战与机遇。2021年发布的《工业互联网创新发展行动计划（2021－2023年）》强调了推动制造业数字化转型的重要性。在此背景下，电梯钣金件工艺不断革新，抽铆、锁铆、无铆等技术展现出优势。同时，在电梯制造各环节，如门板、轿厢立柱制造，新工艺应用提升了质量和效率。精益生产与智能制造融合路径中，工艺优化与生产标准化受重视。在智能柔性生产系统构建、冲压成型及铆接装配环节的数据采集、钣金件成型仿真系统建立、机器视觉检测设备集成以及统计过程控制等方面都有相应发展，共同推动电梯制造企业数字化转型。

一、电梯钣金件新工艺技术特征

（一）机械连接工艺革新路径

抽铆、锁铆、无铆技术是电梯钣金件机械连接工艺的重要革新。抽铆是通过抽芯铆钉的变形实现连接，其工艺参数包括铆钉直径、材质等^[1]。锁铆则是利用专用设备使铆钉变形锁住板材，对板材表面要求相对较低。无铆技术借助压力使板材局部塑性变形实现连接，无需铆钉。与传统焊接工艺相比，这些技术具有显著优势。首先，避免了焊接热影响区对钣金件材质性能的影响，保证了钣金件的强度和稳定性。其次，减少了焊接过程中的变形问题，提高了钣金件的尺寸精度。再者，工艺过程相对简单，易于操作和控制，提高了生产效率和产品质量。

（二）新型工艺应用场景分析

在电梯制造中，新工艺技术在不同部件上有独特应用场景。以电梯门板为例，新工艺可能涉及先进的切割技术，能精准切割

出符合设计要求的门板形状，提高尺寸精度，同时减少材料浪费^[2]。对于轿厢立柱，可能采用新的折弯工艺，实现更复杂的形状和更高的结构强度。这些新工艺组合应用，可提升整体生产效率 and 产品质量。例如，新的表面处理工艺可增强钣金件的耐腐蚀性和美观度，适用于对外观和使用寿命有要求的电梯部件。通过合理组合不同新工艺，能够更好地满足电梯在不同环境和使用要求下的性能需求。

二、精益生产与智能制造融合路径

（一）工艺优化与生产标准化

在精益生产与智能制造融合路径中，工艺优化与生产标准化至关重要。对于电梯制造企业而言，建立价值流分析模型是关键步骤。通过该模型，能够精准识别生产流程中的非增值活动，从而实现工时压缩^[3]。同时，工装夹具的标准化对提高换模效率有着

显著作用。标准化的工装夹具不仅可以减少模具更换时间，提高设备利用率，还能提升产品质量的稳定性。在实际操作中，企业需要对工装夹具的设计、制造和使用进行规范，确保其符合统一的标准。这一系列举措有助于企业在精益生产的基础上更好地融合智能制造，提升整体生产效率和竞争力。

（二）智能柔性生产系统构建

在智能柔性生产系统构建中，需研究 MES 系统与智能铆接设备的联动机制以实现订单驱动的动态排产优化。MES 系统作为制造执行系统，能够对生产过程进行实时监控和管理。通过与智能铆接设备的连接，可以获取设备的运行状态、生产数据等关键信息。基于这些信息以及订单需求，利用先进的算法和数据分析技术，对生产计划进行动态调整和优化。这样可以更好地适应市场变化和客户个性化需求，提高生产效率和质量，减少生产周期和成本，增强企业在市场中的竞争力^[4]。

三、数字化转型技术支撑体系

（一）数据采集与工艺仿真

1. 物联网传感器布置方案

在冲压成型、铆接装配环节，合理部署多维数据采集终端对于电梯制造企业的数字化转型至关重要。通过在冲压设备上安装压力传感器、位移传感器等，可实时采集压力、位移等关键数据，监测冲压过程的稳定性和准确性^[5]。在铆接装配环节，可利用视觉传感器对零部件的装配位置和姿态进行精确检测，同时配合扭矩传感器对铆接的扭矩进行监测，确保装配质量。这些传感器采集的数据能够实时传输至数据处理中心，为后续的工艺仿真和质量控制提供准确的数据基础，从而实现对生产过程的精细化管理和优化。

2. 数字孪生模型构建

建立基于物理特性的钣金件成型仿真系统对于电梯制造企业数字化转型至关重要。该系统需精确采集钣金件的物理特性数据，包括材质、厚度、硬度等^[6]。通过这些数据构建数字孪生模型，模拟钣金件在成型过程中的应力、应变等情况。利用工艺仿真技术，对不同工艺参数进行预验证，如冲压速度、压力大小等。这有助于优化工艺参数，提高钣金件成型质量，减少废品率，降低生产成本。同时，数字孪生模型可实时反映实际生产过程中的状态，为生产过程的监控和调整提供依据，进一步提升企业的生产效率和竞争力。

（二）质量管控系统升级

1. 在线检测技术应用

集成机器视觉检测设备是在线检测技术应用的关键。该设备可实现铆接质量实时监控，能快速、准确地获取铆接部位的图像信息，通过图像处理算法对图像进行分析，提取相关特征参数，进而判断铆接质量是否符合标准要求^[7]。这不仅提高了检测效率，还避免了人工检测可能出现的误差和疏漏。同时，机器视觉检测设备可与企业的质量管控系统集成，实时将检测数据反馈给系统，为质量管控提供有力的数据支持，有助于企业及时发现质量

问题，采取相应措施进行改进，提升产品整体质量。

2.SPC 过程控制技术

统计过程控制（SPC）是一种借助数理统计方法对生产过程进行分析评价，根据反馈信息及时发现系统性因素出现的征兆，并采取措施消除其影响，使过程维持在仅受随机性因素影响的受控状态，以达到控制质量的目的的技术。在电梯制造企业数字化转型中，SPC 可用于对关键工艺参数进行实时监控和分析。通过收集大量的生产数据，运用统计方法绘制控制图，如均值 - 极差控制图、均值 - 标准差控制图等，判断生产过程是否稳定。一旦发现数据点超出控制限或呈现异常趋势，即可及时查找原因，采取纠正措施，从而确保产品质量的一致性和稳定性，提高企业的质量管控水平^[8]。

四、企业实施路径与保障机制

（一）分阶段数字化转型规划

1. 五年三阶段实施路径

在五年三阶段实施路径中，第一阶段注重基础建设与单点突破。企业需对关键生产设备进行自动化升级改造，引入先进的传感器和控制系统，实现数据采集与初步分析，提升单机设备的生产效率和质量稳定性^[9]。第二阶段推进系统集成与车间协同，将各个单机自动化系统进行集成，构建车间级的生产管理系统，实现生产计划、物料配送、质量检测等环节的协同运作，提高车间整体的智能化水平。第三阶段达成企业级的数字化整合与优化，通过工业互联网技术，实现企业内部各个部门之间以及与上下游企业的信息互联互通，优化供应链管理，提升企业的市场竞争力和创新能力，全面完成从单机自动化到车间智能化的递进改造。

2. 关键技术验证机制

在关键技术验证机制方面，电梯制造企业需建立新工艺试点应用评估体系及风险防控预案。对于新工艺试点应用评估体系，要明确评估指标，涵盖工艺可行性、生产效率提升、产品质量改进等多个维度，通过科学的评估方法对新工艺进行全面评估^[10]。同时，制定风险防控预案至关重要。识别新工艺应用过程中可能出现的技术风险、生产风险以及市场风险等，针对不同风险制定相应的应对措施。例如，对于技术风险，可设立技术攻关小组，及时解决出现的技术难题；对于生产风险，优化生产流程和资源配置，确保生产的连续性和稳定性。通过这些措施，保障关键技术验证的顺利进行，推动企业数字化转型。

（二）人才培育体系重构

1. 复合型人才培养模式

电梯制造企业数字化转型需构建设备操作、数据分析、系统维护的阶梯培养计划。在设备操作层面，通过理论与实践结合，使员工熟练掌握数字化设备操作技能。数据分析培养应注重基础数据分析方法和工具的学习，让员工具备从大量数据中提取有价值信息的能力。对于系统维护，要深入了解数字化系统架构和运行原理，培养员工解决系统故障和优化系统性能的能力。同时，建立实践操作平台和模拟环境，让员工在实际操作中提升技能。

还需与高校、科研机构合作，引入外部资源，拓宽人才培养渠道，为企业数字化转型提供复合型人才保障。

2. 数字化文化培育策略

在企业实施路径与保障机制方面，对于人才培育体系重构及数字化文化培育策略，电梯制造企业可从以下着手。知识管理系统建设至关重要，它能整合企业内外部知识资源，形成知识数据库。员工可通过该系统便捷获取各类知识，促进经验传承。同时，鼓励员工在系统中分享创新想法和实践经验，激发创新意识。设立激励机制，对积极贡献知识和提出创新思路的员工给予奖励。定期组织培训活动，以知识管理系统内容为基础，提升员工数字化技能和知识水平。营造数字化文化氛围，使员工在潜移默化中接受数字化理念，推动企业数字化转型实践深入开展。

（三）管理协同机制创新

1. 跨部门协作平台建设

企业可通过建立跨部门协作平台来实现管理协同机制创新。该平台整合研发、生产、质量等部门数据，打破信息孤岛。在平台上，研发部门能实时共享设计方案与技术参数，生产部门据此安排生产计划并反馈生产进度，质量部门则依据相关数据进行质量检测与控制。通过这一平台，各部门可进行高效沟通与协作，避免因信息不畅导致的问题。同时，设置统一的数据标准和接口，确保数据的准确性和一致性。利用数据分析工具，挖掘数据价值，为企业决策提供支持，从而提升企业整体运营效率和数字化转型效果。

2. 供应链集成管理系统

企业可构建供应链集成管理系统以实现数字化转型。通过建立统一的数据平台，整合供应商数据，打破信息孤岛，实现数据互通。利用物联网技术对原材料进行标识和追踪，将相关信息上传至云端，便于实时查询和追溯。同时，建立供应商评估和激励机制，促进供应商积极参与数字化管理，提高原材料质量和供应稳定性。在企业内部，加强各部门之间的协同合作，确保供应链信息在采购、生产、销售等环节的顺畅流通。借助数据分析工具，对供应链数据进行挖掘和分析，优化采购决策、库存管理和生产计划，提高企业运营效率和竞争力。

五、总结

电梯制造企业在数字化转型过程中，钣金工艺革新与数字技术融合取得了一定成效。然而，也面临一些问题，如工艺数据库建设滞后，影响了工艺知识的有效积累与传承；设备互联协议标准化不足，阻碍了设备间的高效协同。基于此，应探索基于工业互联网平台的智能工厂发展路径。一方面，持续优化工艺参数知识库，以提升工艺的精准性和稳定性。另一方面，深化5G+边缘计算在设备运维中的应用，实现设备的实时监测和故障预警。通过这些举措，推动电梯制造向预测性制造模式转型，提高生产效率和产品质量，增强企业在市场中的竞争力。

参考文献

[1] 林倩. 制造企业数字化转型绩效的影响路径与提升策略研究 [D]. 海南师范大学, 2023.
[2] 谢孟鑫. 数据赋能驱动制造业企业转型升级研究——数字化转型的策略分析 [D]. 华南理工大学, 2021.
[3] 韩冰. 高端装备制造企业数字化转型能力评价研究 [D]. 哈尔滨工程大学, 2022.
[4] 沈晨晨. 制造企业数字化转型风险识别与评价研究——以 HC 企业为例 [D]. 山东理工大学, 2023.
[5] 王悦珊. 数字化转型对制造企业绩效的影响研究 [D]. 燕山大学, 2023.
[6] 由瑞凯, 赵璐, 刘婉平. 建筑企业数字化转型策略与实践 [J]. 建筑经济, 2021, 42(8): 10-14
[7] 任源晨. 中小制造企业数字化转型策略研究 [J]. 中小企业管理与科技, 2023, (07): 92-94.
[8] 张星星, 彭爱军. 制造型企业数字化转型诊断实践 [J]. 质量与认证, 2022, (01): 59-60.
[9] 黄杰鹏. 制造企业数字化转型对创新绩效的影响研究 [D]. 哈尔滨理工大学, 2023.
[10] 施英英. 建筑企业数字化转型策略与实践 [J]. 商业观察, 2022, (13): 32-34.