

变压器制造工艺在机电工程管理体系中的研究 及优化策略

林先永

广东 中山 528449

DOI:10.61369/ME.2025110039

摘 要： 变压器制造工艺在机电工程管理体系中存在工艺标准化不足等问题。可通过基于数字孪生技术优化工艺参数、构建风险管理机制、规范标准管理技术等策略进行优化，同时应建立持续改进机制、数字化工艺平台等，实施效果显著，未来需升级工艺知识管理系统，深化数字孪生与 AI 技术应用。

关 键 词： 变压器制造工艺；机电工程管理体系；优化策略

Research and Optimization Strategy of Transformer Manufacturing Process in Electromechanical Engineering Management System

Lin Xianyong

Zhongshan, Guangdong 528449

Abstract： There are some problems in the process standardization of transformer manufacturing process in the electromechanical engineering management system. It can be optimized by optimizing process parameters based on digital twin technology, constructing risk management mechanism, standardizing turnover management technology and other strategies. At the same time, continuous improvement mechanism and digital process platform should be established, with significant implementation effect. In the future, it is necessary to upgrade the process knowledge management system and deepen the application of digital twin and AI technology.

Keywords： transformer manufacturing process; electromechanical engineering management system; optimization strategy

引言

在机电工程管理体系中，变压器制造工艺面临诸多挑战，工艺标准化程度不足影响产品质量与生产效率。2021 年颁布的《制造业数字化转型实施方案》强调推动制造业数字化、智能化升级。在此政策指引下，相关研究聚焦于变压器制造工艺的优化。从基于数字孪生技术的工艺参数优化，到风险管理机制构建、标准管理技术规范，再到构建贝叶斯网络预警模型、数字化工艺平台等多方面探索，旨在全面提升变压器制造工艺水平，推动机电工程管理体系高效运行，契合政策所倡导的制造业升级方向。

一、变压器制造工艺的技术管理体系研究

（一）制造工艺技术现状分析

当前变压器制造工艺在机电工程管理体系中，关键技术环节存在工艺标准化程度不足的状况。以绕线工艺为例，在导线选型、匝数控制以及绕制速度等方面，缺乏统一明确的标准规范，导致不同批次产品在性能上出现波动。铁芯叠装技术方面，叠片的尺寸精度、叠装顺序及压紧程度的标准不够完善，影响铁芯的磁性能与机械稳定性。绝缘处理环节，绝缘材料的选择、涂刷工

艺及干燥处理时间等缺乏精准标准，使得绝缘性能参差不齐。这些工艺标准化程度不足的问题，严重影响变压器制造质量与生产效率，亟待基于 PDCA 循环框架进行优化完善^[1]。

（二）技术优化创新路径

为实现变压器制造工艺的技术优化创新，可提出基于数字孪生技术的工艺参数优化模型。数字孪生技术能够创建与实际制造过程高度匹配的虚拟模型，通过对虚拟模型的模拟、分析与优化，精准调整实际制造工艺参数。在此基础上，构建工艺参数数据库，它可系统收集、整理与存储各类工艺参数，为工艺优化提

供丰富的数据支撑^[2]。同时，误差补偿机制不可或缺，它能实时监测制造过程中的误差，并及时采取补偿措施，降低误差对产品质量的影响。这一技术管理体系，从工艺参数优化、数据支持到误差处理，全方位提升变压器制造工艺水平，推动机电工程管理体系朝着更高效、精准的方向发展。

二、机电工程风险管理机制构建

（一）风险要素识别与评估

在机电工程风险管理机制构建中，风险要素识别与评估至关重要。运用 FMEA 方法，针对变压器制造工艺，需对多种风险要素进行精准识别与科学评估。设备选型风险方面，需考量所选设备能否满足制造工艺要求，若选型不当，可能影响产品质量与生产效率。工艺兼容性风险，要判断不同工艺环节之间能否顺畅衔接，否则易导致生产中断或出现质量瑕疵。供应链风险，需关注原材料供应的稳定性、及时性等，供应不畅会使生产停滞。通过 FMEA 方法对这些风险要素进行定级分类，依据风险发生的可能性、影响程度等指标，将风险分为高、中、低不同等级，从而为后续针对性制定风险管理策略提供有力依据^[3]。

（二）动态风险管控策略

机电工程风险管理中，动态风险管控策略至关重要。借助风险预警指标库，持续监测与收集各类与变压器制造工艺相关的指标数据，如原材料质量波动、生产设备运行参数异常等，通过数据分析及时察觉潜在风险信号。同时，基于应急预案管理模块，针对不同风险场景制定详细且具有可操作性的应对预案，定期开展演练与模拟，确保在风险实际发生时能迅速响应，将损失降到最低。此外，通过风险转移机制，合理运用保险、合同条款等方式，将部分难以承受的风险转移给第三方。例如在原材料采购合同中明确供应商责任，当原材料出现质量问题时由供应商承担损失。如此，实现对机电工程风险的动态、全面、有效管控^[4]。

三、标准管理在制造体系中的应用

（一）标准管理技术规范

1. 变压器标准工艺流程

在变压器制造体系中，标准管理有着关键应用。针对不同容量的变压器，需制定差异化标准作业指导书。对于大容量变压器，因其结构复杂、重量大，标准作业指导书需更细致地规划吊装步骤。明确吊装点位计算方法至关重要，要依据变压器的形状、重心分布等参数精准计算，确保吊装过程中变压器的平衡与稳定。同时，应力监测标准也不容忽视，在标准过程中，通过应力传感器等设备实时监测变压器关键部位的应力变化情况，依据应力监测标准来判断标准操作是否安全合理，避免因应力集中等问题对变压器造成损伤^[5]。这样通过规范的标准管理技术，保障变压器在制造过程中标准环节的顺利进行，提升整体制造质量。

2. 作业安全控制体系

在变压器制造体系中，标准管理的应用至关重要。从标准管

理技术规范而言，需精准制定变压器标准过程中的各项操作标准，涵盖标准角度、速度、起吊点选择等，以确保变压器在标准时不受损伤。在作业安全控制体系方面，要着重关注人员与设备安全。为操作人员配备符合安全防护装备配置规范的工装，如安全帽、安全鞋、防护手套等，避免因操作不当或防护不足引发安全事故。同时，借助开发的基于物联网的实时形变监测系统，实时监控变压器标准过程中的形变情况，一旦出现异常及时预警并调整操作，实现对变压器制造过程中标准环节的全面、科学管理，有效保障制造质量与作业安全^[6]。

（二）管理效能提升路径

1. 异常状态预警模型

在变压器制造工艺的机电工程管理体系中，构建整合力学仿真数据和历史事故案例的贝叶斯网络预警模型对管理效能提升意义重大。通过收集大量变压器力学仿真数据，涵盖不同工况下的应力、应变等关键指标^[7]，同时全面梳理历史事故案例，明确事故发生的原因、过程及影响。将二者整合，以贝叶斯网络为框架，确定各因素间的条件概率关系。该模型可有效分析当前制造过程中的异常状态，当出现与历史事故相似的力学数据特征时，及时发出预警，使管理人员提前采取措施，避免事故发生，从而优化变压器制造工艺，提升机电工程管理体系的整体效能。

2. 持续改进机制

在变压器制造工艺于机电工程管理体系中，持续改进机制至关重要。制定包含 PDCA 循环和 5WHY 分析法的质量问题追溯改进流程是关键举措。PDCA 循环促使制造工艺不断优化，通过计划（Plan）明确改进目标与方案，执行（Do）落实措施，检查（Check）评估效果，处理（Act）总结经验教训并制定新计划^[8]。5WHY 分析法深入挖掘质量问题根源，从表面现象出发，连续追问“为什么”，直至找出根本原因，为制定针对性解决方案提供依据。二者相结合，可全面提升变压器制造工艺质量，提高生产效率，增强机电工程管理体系的稳定性与可靠性，实现管理效能的提升。

四、综合优化策略体系设计

（一）技术管理协同优化

1. 数字化工艺平台构建

在变压器制造工艺的机电工程管理体系中，构建数字化工艺平台至关重要。通过设计集成工艺知识库，将变压器制造过程中的各类工艺知识进行整合存储，涵盖原材料特性、加工工艺标准、质量检测规范等内容，为生产提供全面的知识支撑^[9]。虚拟调试模块则利用虚拟技术对变压器制造流程进行模拟调试，提前发现潜在的设计缺陷、工序冲突等问题，有效缩短实际调试周期，降低生产成本。工艺仿真系统可对制造工艺的关键环节进行仿真分析，如绕组绕制、铁芯装配等，直观展示工艺效果，辅助优化工艺参数，提升工艺的准确性与可靠性。通过这一数字化平台架构，实现变压器制造工艺的高效、精准管理与优化。

2. 标准化作业体系

在变压器制造工艺的机电工程管理体系中，标准化作业体系

至关重要。通过制定覆盖工艺流程卡、检验基准书和技术协议模板的三级标准文件体系，能有效提升工艺的规范性与质量稳定性。工艺流程卡详细记录变压器制造各环节操作步骤、参数设定等，为一线生产人员提供明确指导，确保操作统一规范。检验基准书明确各工序检验项目、方法及合格标准，为质量控制提供可靠依据，便于及时发现并纠正偏差。技术协议模板则规范与供应商等合作中的技术要求、验收标准等，保障供应链技术协同。此三级标准文件体系相互关联、相互支撑，共同构建起科学完善的标准化作业体系，全面提升变压器制造工艺水平，推动机电工程管理体系高效运行^[10]。

（二）风险管理体系升级

1. 多维度管控网络

建立涵盖事前预防、事中控制、事后改进的三阶段管控网络，能有效实现变压器制造工艺在机电工程管理体系中的优化。事前预防着重于深入分析制造工艺各环节潜在风险，对原材料采购标准、设备性能参数等严格把关，依据过往经验与数据分析，制定针对性风险预案。事中控制时，实时监测制造流程，利用先进传感器与监测系统跟踪工艺参数，如绕组绕制的匝数、厚度等，一旦参数偏离标准立即预警并调整。事后改进则在产品交付使用后，收集反馈信息，对出现的质量问题或性能缺陷进行分析，从工艺方法、人员操作等方面查找原因，据此完善工艺规范，持续提升变压器制造工艺水平，确保机电工程管理体系的高效运行。

2. 应急资源管理系统

在变压器制造工艺的机电工程管理体系中，应急资源管理系统通过开发整合应急物资数据库、专家决策库和通讯指挥模块的智能管理平台来实现优化。应急物资数据库精准收录各类与变压器制造相关的应急物资信息，包括物资种类、数量、存放位置等，确保在突发状况下能快速定位与调配。专家决策库汇聚行业资深专家针对常见制造故障及风险的解决方案，为应急处理提供专业指导。通讯指挥模块搭建高效的沟通桥梁，实现各部门、人员间实时信息传递，使指挥调度更加顺畅，保障应急行动迅速、有序开展，以此提升整个应急资源管理系统的效率与响应能力，助力变压器制造工艺在机电工程管理体系中稳健运行。

（三）组织管理机制创新

1. 矩阵式管理架构

在变压器制造工艺的机电工程管理体系中，矩阵式管理架构

是组织管理机制创新的关键。这种架构融合项目管理和职能管理双维度。从项目管理维度看，针对每个变压器制造项目设立项目经理，全面负责项目进度、质量及成本等，确保项目按计划高效推进。从职能管理维度，组建专业职能团队，如设计、工艺、采购等，为各项目提供专业支持与技术指导。通过这种矩阵式架构，打破传统部门壁垒，加强不同专业间协作与沟通，使技术与项目需求紧密结合。一方面提高资源利用效率，同一专业人员可服务多个项目；另一方面提升应对复杂制造工艺问题的能力，促进变压器制造工艺在机电工程管理体系中的优化与创新。

2. 人才培养机制

在变压器制造工艺的机电工程管理体系中，人才培养机制极为关键。构建技能认证体系，依据变压器制造不同环节所需专业技能，制定明确且细致的认证标准，涵盖从基础操作到复杂工艺处理的全方位技能，确保员工技能水平与岗位要求精准匹配。打造案例教学库，收集整理变压器制造过程中的典型成功与失败案例，详细剖析案例中的工艺要点、问题解决思路等，通过案例研讨，提升员工对实际生产问题的分析与处理能力。推行岗位轮训制度，让员工在制造工艺的不同岗位间轮转实践，全面熟悉各环节流程，不仅拓宽员工视野，更培养复合型人才，使他们能从全局视角优化工艺、解决跨岗位问题，从而为变压器制造工艺在机电工程管理体系中的优化提供坚实的人才支撑。

五、总结

变压器制造工艺在机电工程管理体系中的优化策略在技术管理、风险控制、标准管理等模块取得了显著实施效果。技术管理优化提升了工艺的精准度与效率，风险控制有效降低潜在风险对生产的影响，标准管理确保变压器关键工序的安全与质量。面向智能制造时代，工艺知识管理系统亟待升级，通过整合数据资源、强化知识挖掘，以适应智能化生产需求。同时，数字孪生与AI技术在工艺优化中前景广阔，数字孪生可实现虚拟模拟与实时监测，AI技术能助力智能决策与预测性维护。未来，应进一步深化这些技术的应用，推动变压器制造工艺向智能化、高效化、优质化方向持续迈进，提升机电工程管理体系的整体效能。

参考文献

- [1] 杨敬萍. 伊泰公司税务风险管理体系优化研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2021.
- [2] 张亚峰. YD酒店绩效管理体系优化研究 [D]. 南昌大学, 2021.
- [3] 徐玲杰. H公司培训管理问题及优化策略研究 [D]. 对外经济贸易大学, 2021.
- [4] 周杰. A国有企业内控管理体系优化研究 [D]. 江西财经大学, 2023.
- [5] 孔苗. 少先队红色故事育人的现状及优化策略研究 [D]. 广西师范大学, 2023.
- [6] 杨岩. 机电工程中安装施工的优化策略 [J]. 集成电路应用, 2021, 38(7): 116-117.
- [7] 郭顺生. 机电工程设备安装特点及优化策略 [J]. 大众标准化, 2020(23): 56-57.
- [8] 郑小玲. 企业汇率风险管理体系问题及优化策略研究 [J]. 中小企业管理与科技, 2024(10): 64-66.
- [9] 赵凡云. 机电工程设备安装质量特点及优化策略研究 [J]. 电力设备管理, 2024(4): 162-164.
- [10] 李炜. 建筑机电工程中安装施工管理的优化策略探讨 [J]. 建筑与装饰, 2021(6): 60.