

电气设备制造业智能化转型路径与实践研究

程 昌

北方联合电力有限责任公司达拉特发电厂 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘 要：电气设备制造业是装备制造业的核心支柱，直接支撑电力系统、新能源等战略性新兴产业发展。当前，行业面临同质化竞争激烈、生产效率偏低、服务模式单一等痛点，智能化转型成为突破发展瓶颈、提升核心竞争力的必然选择。本文系统阐述电气设备制造业智能化转型的理论基础，明确核心内涵、关键技术支撑及驱动因素；重点分析产品研发、生产制造、质量检测、供应链管理四大环节的智能化技术路径；结合高压开关、变压器企业的实践案例总结转型经验；新增未来发展趋势章节，最后总结转型核心意义。研究可为电气设备制造企业智能化转型提供理论支撑与实践参考，推动行业向高质量、智能化方向升级。

关键词：电气设备制造；智能化转型；工业互联网；智能制造

引言：随着工业4.0理念普及、工业互联网技术迭代及“双碳”目标推进，电气设备制造业迎来智能化转型的战略机遇期。作为电力生产、传输、应用的核心载体，电气设备的智能化水平直接关系到能源利用效率与新型电力系统建设进程。基于此，本文聚焦电气设备制造业智能化转型的路径与实践，梳理理论基础、拆解技术路径、分析实践案例、展望发展趋势，为企业转型提供可行指引，助力行业突破发展瓶颈，实现高质量发展。

1 电气设备制造业智能化转型的理论基础

1.1 智能化转型的核心内涵

电气设备制造业智能化转型是以智能制造为核心，依托工业互联网、数字孪生、人工智能等新一代信息技术，对企业研发、生产、检测、供应链、服务等全流程进行数字化、网络化、智能化重构的过程，其核心内涵并非单纯的设备智能化，而是全价值链的协同升级。转型核心目标是打破传统制造的信息壁垒，实现生产效率提升、产品质量优化、运营成本降低及服务模式创新，推动企业从“规模扩张型”向“质量效益型”转变，从“设备制造商”向“综合服务商”转型。与传统制造相比，智能化转型强调数据驱动、柔性生产、精准管控与协同高效，涵盖硬件设备智能化、软件系统数字化、管理流程规范化、服务模式多元化等多个维度，是技术、管理、模式的全方位变革。

1.2 关键技术支撑体系

电气设备制造业智能化转型的关键技术支撑体系由四大核心技术集群构成，相互协同、相互赋能，为转型提供坚实技术保障。一是工业互联网技术，作为转型的“基础设施”，通过工业网关、传感器等设备实现生产要素互联互通，构建全流程数据采集、传输、分析体系，支

撑跨环节、跨企业的协同运营。二是数字孪生技术，可构建电气设备、生产车间的虚拟镜像，实现虚实联动仿真、全生命周期管控，为研发、生产、运维提供精准支撑^[1]。三是人工智能与大数据技术，用于质量缺陷识别、生产参数优化、需求预测等场景，提升决策的精准度与效率。四是区块链、物联网等辅助技术，区块链保障供应链数据可追溯、不可篡改，物联网实现设备、物料的实时感知与管控，四大技术集群协同发力，构成完整的智能化转型技术支撑体系，推动各环节智能化升级落地。

1.3 转型驱动因素分析

电气设备制造业智能化转型的推进，受政策、市场、技术、行业四大因素共同驱动，形成全方位、多层次的转型动力。政策驱动方面，国家出台《智能制造发展规划》《“十四五”智能制造发展规划》等政策，明确支持装备制造业智能化转型，通过财政补贴、政策引导，倒逼企业加快转型步伐。市场驱动方面，下游电力、新能源、高端装备等领域需求升级，对电气设备的精度、可靠性、智能化水平提出更高要求，同时同质化竞争加剧，企业需通过转型打造差异化优势。技术驱动方面，工业互联网、人工智能等技术的成熟应用，降低了转型门槛，为全流程智能化升级提供了可行路径。行业驱动方面，传统制造模式下的效率瓶颈、质量短板日益凸显，环保压力加大，企业为实现降本增效、绿色发展，主动推进智能化转型，四大驱动因素协同发力，推动行业智能化转型持续深化。

2 电气设备制造业智能化转型的关键技术路径

2.1 产品研发环节：数字孪生驱动的协同设计

产品研发环节的智能化转型，核心是依托数字孪生技术构建协同设计体系，破解传统研发周期长、试错成本高、

协同性差的痛点。企业搭建数字孪生研发平台，构建电气设备的虚拟仿真模型，将研发设计、仿真测试、工艺规划等环节一体化整合，实现设计方案的实时仿真与优化，减少物理样机试制次数，降低试错成本。同时，依托工业互联网实现跨部门、跨企业协同设计，联合上下游企业、科研机构共享设计数据、协同优化方案，打破研发信息壁垒，缩短研发周期。例如，在高压开关、变压器研发中，通过数字孪生模型仿真设备运行工况，提前排查设计缺陷，优化结构布局，结合参数驱动绘图系统，实现数据自动生成、即时调用，大幅提升研发效率与设计精度，推动产品向高端化、智能化升级。

2.2 生产制造环节：云-边-端协同的柔性生产

生产制造环节的智能化转型，其核心在于精心构建一套云-边-端协同的柔性生产体系，以此达成对生产过程的精准管控、柔性适配以及高效协同。在“端”层，大量智能生产设备与传感器被合理部署。它们如同敏锐的触角，实时采集生产过程中的各类关键数据，涵盖设备运行状态、物料消耗情况以及工艺参数变化等，为后续的分析与决策提供丰富且精准的信息源。“边”层则承担着数据本地处理与实时分析的重任。它能够快速响应生产现场的多样化需求，依据实时数据及时优化生产调度，确保生产流程的顺畅与高效，避免因信息延迟而导致的生产延误。“云”层搭建起强大的工业互联网平台，对生产数据进行集中管理与深度分析，实现全局调度。它为柔性生产与协同运营提供坚实的支撑，使企业能够灵活应对市场变化。企业积极引入工业机器人与智能生产线，替代人工重复性操作，不仅显著提升生产效率，还保证产品的高度一致性^[2]。同时，凭借这一体系，企业可轻松实现多品种、小批量的柔性生产，快速适配市场的个性化需求。例如正泰（武汉）工厂，通过5G专网构建云-边-端协同体系，集成上百个工艺流程，达成全要素互联互通，生产效率大幅提升30%以上。

2.3 质量检测环节：AI视觉检测与缺陷溯源

质量检测环节的智能化转型，关键在于依托AI视觉检测技术构建一套全流程质量管控与缺陷溯源体系，以此有效破解传统检测方式存在的效率低下、主观性强以及缺陷难以溯源等难题。在生产的关键环节，企业积极部署AI视觉检测设备，这些设备结合先进的深度学习算法，能够对电气设备的外观、尺寸、性能等关键指标进行实时且精准检测。哪怕是极其细微的缺陷，也能被精准识别出来，检测准确率高达99%以上。这不仅极大地提升了检测效率，还显著提高检测精度，有效减少人工检测过程中可能出现的误差。同时，企业搭建质量追

溯平台，将检测数据、生产数据、物料数据等多源数据进行深度整合。通过这个平台，一旦发现缺陷产品，就能实现全流程溯源，快速定位缺陷产生的原因，进而有针对性地优化生产工艺，避免同类缺陷再次出现。例如，国网青海电力研发的视觉AI图像识别工具，将物资验收时间从大半天大幅缩短至半小时，精准排查出各类质量隐患，为电气设备质量检测提供了高效且可靠的解决方案，有力推动了质量管控向精准化、智能化方向升级。

2.4 供应链管理环节：区块链赋能的透明化协同

供应链管理环节的智能化转型，核心在于依托区块链技术构建一个透明化、协同化的供应链体系，从而有效解决传统供应链中协同不足、信息不透明、溯源难度大等突出痛点。区块链技术具有不可篡改、可追溯的独特优势，能够实现供应链各环节数据的真实、可靠记录。它打通了供应商、制造商、经销商、终端用户之间的信息壁垒，使得物料采购、生产加工、仓储物流、终端交付等全流程都能实现透明化管控。企业借助区块链平台，可以实时共享供应链数据，基于这些数据优化采购计划，合理调配库存，有效减少库存积压与物料浪费。还能实现对供应商的精准评估与管理，提升供应链协同效率。以风电行业为例，通过区块链技术为关键紧固件配备唯一QR码，实现从采购到安装的全生命周期追溯。这不仅标准化采购流程，减少交付延迟，还实现规模经济，有力推动供应链向高效化、透明化方向升级，增强整个供应链的稳定性和竞争力。

3 电气设备制造业智能化转型的实践案例分析

3.1 案例1：高压开关企业的转型实践

有一家国内知名高压开关企业聚焦智能化转型，构建“研发-生产-检测-服务”全流程智能化体系，取得显著成效。研发环节，搭建数字孪生研发平台，实现高压开关的虚拟仿真设计与跨企业协同研发，将研发周期缩短30%以上，试错成本降低40%。生产环节，引入智能生产线、工业机器人，构建云-边-端协同的柔性生产体系，实现生产过程的自动化、智能化管控，生产效率提升50%，产品合格率从98%提升至99.8%。质量检测环节，部署AI视觉检测设备，实现开关外观、性能的实时检测与缺陷溯源，检测效率提升60%。搭建智能服务平台，实现设备远程监控、故障预警与远程运维，推动服务模式从“被动维修”向“主动运维”转型，转型后企业高端产品占比提升至70%，核心竞争力显著增强^[3]。

3.2 案例2：变压器制造商的服务化转型

保变电气作为知名变压器制造商，以智能化转型推动服务化升级，构建“智能制造+智能服务”的发展模式。

生产环节,引入铁心自动叠积机器人,破解传统人工叠积精度低、劳动强度大的痛点,降低员工劳动强度60%,叠积质量一致性显著提高,同时搭建智慧监控平台,实现生产数据实时可视化呈现,为精准调控与科学决策提供支撑。研发环节,依托数字孪生技术优化变压器结构设计,提升产品节能性与可靠性。服务环节,搭建智能运维平台,通过传感器实时采集变压器运行数据,结合AI算法实现故障预警、远程诊断与故障排查,提前7-30天预警设备故障,减少非计划停机70%以上,同时提供定制化运维服务,推动企业从“设备制造商”向“综合服务商”转型,转型后企业市场份额提升15%,品牌影响力持续扩大。

4 电气设备制造业智能化转型的未来发展趋势

4.1 技术融合化深化,智能化水平持续提升

未来,电气设备制造业智能化转型将呈现技术融合化深化的趋势,多技术协同赋能全价值链升级。数字孪生、人工智能、工业互联网、区块链等技术将深度融合,打破技术壁垒,构建一体化智能化体系,实现研发、生产、检测、服务等环节的无缝衔接与高效协同。边缘AI芯片将广泛应用,部署轻量化模型减少云端依赖,提升现场响应速度;数字孪生与AI的深度融合,将实现设备全生命周期虚实联动优化^[4]。同时,5G、量子计算等新技术将逐步渗透,推动生产设备、产品、服务的智能化水平持续提升,催生更多新型智能化应用场景,推动行业向高端化、精密化、智能化迈进。

4.2 绿色化与服务化协同,转型模式持续创新

电气设备制造业智能化转型将与绿色化、服务化深度协同,形成“智能化+绿色化+服务化”的新型转型模式。在绿色化方面,企业将依托智能化技术优化生产工

艺,减少能源消耗与污染物排放,构建绿色制造体系,同时研发智能化节能电气设备,适配“双碳”目标下的能源转型需求,量化设备全生命周期碳排放,推动行业绿色低碳发展。在服务化方面,智能化转型将进一步推动企业从“设备销售”向“全生命周期服务”转型,依托智能监控、远程运维等技术,提供定制化、智能化服务,如AR辅助故障排查、远程验收等,延伸产业链价值,同时结合需求预测模型优化库存管理,降低库存成本,实现经济效益与社会效益的双重提升。

结束语

电气设备制造业智能化转型是顺应产业变革趋势、突破发展瓶颈、提升核心竞争力的必然选择,也是支撑新型电力系统建设、实现“双碳”目标的重要支撑。智能化转型并非单一技术的应用,而是技术、管理、模式的全方位变革,需要企业立足自身实际,依托关键技术,优化转型路径,强化实践落地。未来,随着技术的持续迭代与转型的不断深化,电气设备制造业将逐步实现高质量发展,为我国装备制造业升级与能源战略实施提供有力支撑。

参考文献

- [1]傅桂林.智能化技术在机械电气设备中自动化控制系统的应用研究[J].电子质量,2025(4):35-39.
- [2]戴怡雯.基于工业互联网的电气设备全生命周期管理平台开发策略研究[J].自动化应用,2025,66(5):274-277.
- [3]姜英丹.智能化机械设备电气自动化技术研究[J].造纸装备及材料,2023,52(2):102-104.
- [4]赵江冬.工业电气设备维护管理的智能化与优化策略[J].电脑采购,2023(39):197-199.