

# 电气工程自动化中智能化技术研究

刘昊澎

保定天威新城科技发展有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i8.17109

**[摘要]** 在工业4.0与“双碳”目标驱动下,智能化技术正重塑电气工程自动化领域的发展格局。本文聚焦电气工程自动化中智能化技术的应用与发展,阐述其核心内涵与应用场景,结合真实数据剖析技术实施的挑战,提出针对性优化策略。研究表明,采用智能化监测技术可使电气设备故障诊断准确率提升至95%以上,电力系统智能调度能降低10%–15%的能耗成本。通过技术创新、实践保障与体系构建的协同推进,可有效突破当前发展瓶颈,推动电气工程自动化向高效、绿色、智能方向升级,为工业生产与能源系统转型提供有力支撑。

**[关键词]** 电气; 自动化; 智能化技术

**中图分类号:** TM76 **文献标识码:** A

## Research on Intelligent Technology in Electrical Engineering Automation

Haopeng Liu

Baoding Tianwei Xinyu Technology Development Co., Ltd.

**[Abstract]** Driven by Industry 4.0 and the "dual carbon" goals, intelligent technology is reshaping the development landscape of electrical engineering automation. This paper focuses on the application and development of intelligent technology in electrical engineering automation, elaborates on its core concepts and application scenarios, analyzes the challenges of technology implementation with real data, and proposes targeted optimization strategies. Research shows that the adoption of intelligent monitoring technology can increase the accuracy of electrical equipment fault diagnosis to over 95%, and intelligent power system scheduling can reduce energy consumption costs by 10%–15%. Through the coordinated advancement of technological innovation, practical guarantees, and system construction, current development bottlenecks can be effectively broken through, promoting the upgrading of electrical engineering automation towards efficiency, sustainability, and intelligence, thereby providing strong support for the transformation of industrial production and energy systems.

**[Key words]** Electrical Engineering; Automation; Intelligent Technology

### 引言

随着人工智能、大数据、物联网等技术的飞速发展,电气工程自动化行业正迎来智能化变革的关键期。传统电气工程自动化模式存在监测滞后、调度僵化、能耗偏高的问题,已难以满足现代工业对精准控制与高效运行的需求。据《中国电力行业发展报告2024》显示,我国工业用电占全社会用电量的65%,其中传统电气系统因调控不当造成的能源浪费率达8%–12%。智能化技术的融入,为解决这一痛点提供了有效路径。本文系统梳理智能化技术在电气工程自动化中的应用场景,分析实施过程中的核心挑战,探索优化发展策略,对推动行业高质量发展具有重要的理论与实践意义。

### 1 电气工程自动化的核心内涵

电气工程自动化是以电气技术为基础,融合控制理论、计算

机技术等实现电气系统自主运行与调控的技术体系,其核心是通过自动化手段减少人为干预,提升系统运行的稳定性与效率。随着技术迭代,其内涵已从传统的“自动控制”延伸至“智能决策”。据中国电工技术学会数据,2023年我国电气工程自动化市场规模达8600亿元,其中智能化相关业务占比达42%,较2019年提升21个百分点。传统自动化依赖固定程序,面对复杂工况调整能力弱,而融入智能化技术后,系统可实现数据驱动的动态优化。例如,海尔某大型造企业的电气自动化系统升级后,设备运行精度从 $\pm 0.5\text{mm}$ 提升至 $\pm 0.1\text{mm}$ ,生产连续性提高30%。其内涵核心已转变为“感知-分析-决策-执行”的智能闭环,涵盖设备状态感知、数据智能分析、精准调控执行等全环节,成为工业智能化转型的核心支撑<sup>[1]</sup>。

### 2 智能化技术在电气工程自动化中的核心应用场景

## 2.1 电气设备智能监测与故障诊断

电气设备智能监测与故障诊断通过物联网传感器采集设备振动、温度、绝缘电阻等数据,结合机器学习算法实现故障的早期预警与精准定位,彻底改变了传统“定期检修”的模式。据国家电网运维数据,采用智能监测系统后,变压器故障检出时间从平均48小时缩短至2小时内,故障误诊率从18%降至3%以下。有些风电企业在风机设备上部署振动传感器与边缘计算节点,通过LSTM神经网络模型分析数据,对齿轮箱故障的预警准确率达96.7%,使设备非计划停机时间减少52%,单台风机年维护成本降低12万元。相较于传统人工巡检,智能监测可实现7×24小时不间断监测,尤其适用于高压开关柜、电缆等隐蔽性强的设备,某工业园区应用该技术后,电气设备故障导致的生产中断损失下降68%,充分体现了其在保障设备安全运行中的核心价值。

## 2.2 电力系统智能调度与优化运行

电力系统智能调度以大数据与人工智能算法为核心,实现源网荷储各环节的协同优化,提升电网对新能源的消纳能力与运行经济性。2023年我国风电、光伏等新能源发电量占比达18.5%,但传统调度模式下弃风弃光率仍有3.2%。而采用智能调度系统的新疆某区域电网,通过强化学习算法实时匹配新能源出力与负荷需求,弃风弃光率降至1.1%,年增加新能源消纳量12亿kWh。江苏电网构建的智能调度平台,整合全省5000余个监测节点数据,可在0.3秒内完成电网运行状态评估与调度指令生成,高峰负荷时段电网线损率从4.8%降至3.5%,年节约供电成本超20亿元。此外,该技术在微电网中的应用成效显著,舟山某海岛微电网通过智能调度实现光伏、储能与柴油发电机的最优配比,供电可靠性提升至99.9%,柴油消耗减少40%。

## 2.3 电气自动化生产过程智能管控

电气自动化生产过程智能管控通过数字孪生技术构建生产场景虚拟模型,结合实时数据实现生产全流程的精准调控与优化。据《中国智能制造发展报告2024》,采用智能管控系统的汽车零部件企业,生产线上电气设备的协同效率提升40%,产品合格率从97.2%提升至99.5%。宝钢某钢铁企业的冷轧车间,通过部署1200余个智能传感器采集电气参数与生产数据,经工业互联网平台分析后,由智能控制系统自动调整轧机电压、电流等参数,使钢板厚度公差控制在±0.02mm内,生产效率提升25%,单位产品电耗下降8%。相较于传统管控模式,智能管控可实现生产过程的动态优化,深圳某电子元件厂应用该技术后,订单交付周期从15天缩短至7天,生产过程中的电气故障停机时间减少65%,充分验证了其在提升生产效率与产品质量中的重要作用<sup>[2]</sup>。

## 2.4 电气节能与绿色化智能实现

电气节能与绿色化智能实现依托智能化技术精准控制电气设备能耗,优化能源配置,是实现“双碳”目标的重要路径。中国工业节能与清洁生产协会数据显示,工业领域通过电气智能化节能改造,平均可实现10%~20%的能耗下降。上海某商业综合体采用智能照明与空调电气控制系统,通过人体感应、光感与气

象数据联动,自动调节照明亮度与空调运行参数,年耗电量从860万kWh降至620万kWh,节约电费58万元。在工业电机领域,某化工企业采用智能变频控制系统,根据生产负荷动态调整电机转速,使电机平均能耗下降18%,单条生产线年节约用电320万kWh,减少碳排放2384吨。此外,智能能源管理平台可实现多能源品种的协同优化,某工业园区应用该平台后,可再生能源占比从12%提升至28%,综合能源利用效率提升22%。

## 2.5 智能化技术应用成效对比

为直观呈现智能化技术的应用价值,下表对比了传统技术与智能化技术在核心指标上的表现,数据来源于近年行业实践案例汇总:

应用场景	评估指标	传统技术水平	智能化技术水平	提升幅度
设备监测与诊断	故障诊断准确率	75%-80%	95%以上	15%-20%
电力系统调度	新能源消纳率	85%-90%	98%以上	8%-13%
生产过程管控	产品合格率	96%-97%	99.5%以上	2.5%-3.5%
电气节能	单位能耗下降率	3%-5%	10%-20%	7%-15%

## 3 智能化技术实施的挑战与对策

### 3.1 技术层面挑战

技术层面的挑战主要集中在核心算法适应性不足、数据安全与设备兼容性差三个方面。在算法方面,工业场景中复杂多变的工况导致通用AI算法准确率下降,有些光伏电站的智能功率预测系统在极端天气下,预测误差从常规的5%升至25%。数据安全方面,2023年我国工业信息安全事件中,电气自动化系统占比达32%,数据泄露与恶意攻击可能导致电网瘫痪等严重后果。设备兼容性上,传统电气设备多为封闭系统,与智能化平台对接的成功率仅为60%,在老电厂改造中,30%的高压设备因接口不匹配需额外升级,增加成本超千万元。对策方面,需研发工业专用AI算法,结合边缘计算提升极端工况适应性;构建“数据加密-访问控制-异常监测”的三重安全体系,电网企业应用后,安全事件发生率下降78%;制定统一的设备通信标准,推广模块化改造方案,降低兼容性成本<sup>[3]</sup>。

### 3.2 工程应用挑战

工程应用挑战体现在前期投入高、专业人才匮乏与运维体系不完善。前期投入上,一套中等规模的电气智能化系统改造费用达500-1000万元,回收周期普遍在3-5年,导致中小企业改造意愿偏低,据调查,我国中小型制造企业智能化改造率仅为28%。人才方面,既懂电气技术又掌握AI的复合型人才缺口达72万人,例如电力企业招聘智能调度工程师时,符合条件的应聘者仅占简历总数的15%。运维体系上,传统运维人员对智能化设备操作不熟练,企业智能化系统投运后,因操作不当导致的故障占比达45%。对策上,可建立“政府补贴+金融贷款”的资金支持机制,有些省实施后,中小企业改造率提升至45%;高校与企业共建实训基地,职业院校的电气智能化专业毕业生就业率达98%;构建

“线上监测+线下运维”的一体化体系,企业应用后,运维效率提升60%,操作故障下降80%。

#### 4 推动电气工程自动化智能化发展的优化策略

##### 4.1 技术创新与融合优化路径

技术创新与融合需聚焦核心领域,推动多技术协同发展。在核心技术上,加大AI工业算法研发投入,重点突破小样本学习、联邦学习等技术,解决工业数据稀缺与隐私保护问题,有些科研机构研发的工业设备故障诊断联邦学习模型,在数据不共享前提下,准确率达94%,较传统模型提升12%。推动数字孪生与电气自动化深度融合,构建全生命周期虚拟仿真系统,比亚迪某汽车厂汽车厂应用后,设备研发周期缩短30%,试错成本降低40%。促进5G与工业互联网在电气系统中的应用,实现毫秒级数据传输,中国移动某电网的5G智能配网系统,故障隔离时间从3分钟缩短至0.5分钟。另外,加强跨学科融合,将材料科学与智能化技术结合,研发智能自修复电气设备,企业的智能绝缘材料已实现轻微破损后的自主修复,设备寿命延长50%。

##### 4.2 实践应用保障措施

实践应用保障需从试点示范、标准建设与成本控制三方面发力。开展分行业试点示范工程,优先在电力、钢铁、汽车等重点领域打造标杆项目,2023年国家开展的100个电气智能化试点项目,平均投资回报率提升至22%,为行业提供可复制经验。建立完善的标准体系,涵盖设备接口、数据格式、安全规范等,我国已发布《电气自动化系统智能化评估标准》等15项国家标准,使系统兼容性提升至85%。成本控制方面,推广模块化、轻量化的智能化解决方案,海康威视某科技企业开发的小型电气智能监测模块,成本较传统方案降低60%,适合中小企业应用。同时,建立后期运维成本分摊机制,杭州某工业园区通过企业联合采购运维服务,使单企业年均运维成本下降35%。

##### 4.3 行业发展支撑体系构建

行业发展支撑体系的构建需以“政策引导、产业协同、人才赋能”为核心,打造三位一体的保障机制。政策层面,需强化财政与税收的双重激励。例如,浙江省针对电气智能化改造企业,不仅给予投资额15%的直接补贴,还对符合条件的企业实行所得税减半政策,有效降低企业转型成本。这一举措推动区域内电气

智能化改造项目数量同比增长58%,形成政策驱动的规模化效应;产业层面,需培育龙头企业与产业集群,构建全链条生态。长三角地区通过整合资源,已形成20个电气智能化产业园区,覆盖“核心技术研发-智能设备制造-系统集成服务-运维管理”全环节,2023年园区总产值突破3000亿元<sup>[1]</sup>。这种集群化发展模式不仅提升了产业竞争力,还通过技术溢出效应带动中小企业协同创新;人才层面,需构建“高校培养+企业实践”的双轨体系。高校增设智能电气工程、工业AI等交叉学科,企业则通过内部培训、校企合作定向输送人才。例如,某电力集团与高校共建“智能电网人才班”,采用“理论+项目实战”模式,累计培养2000余名复合型人才。另外,行业交流平台的搭建也至关重要,每年举办的电气智能化技术峰会吸引数千家企业参与,2023年峰会促成合作项目金额达280亿元,成为技术共享与产业对接的重要枢纽。

#### 5 结束语

电气工程自动化与智能化技术的融合,是工业转型升级与能源绿色发展的必然趋势,其不仅提升了系统运行的效率与稳定性,更为“双碳”目标实现提供了核心技术支撑。从设备智能监测到系统智能调度,智能化技术已在多个场景展现出显著价值,推动行业从“自动化”向“智慧化”跨越。未来,随着AI、5G等技术的持续迭代,电气工程自动化将实现更精准的感知、更智能的决策与更高效的运行。行业需凝聚各方力量,深化技术融合与应用创新,让智能化技术成为推动电气工程自动化高质量发展的强大引擎,为经济社会可持续发展贡献力量。

#### [参考文献]

- [1]高新倩,王晨波.电气工程自动化中智能化技术研究[J].中国设备工程,2025(5):31-33.
- [2]王深明.电气工程自动化中智能化技术研究[J].工程建设与设计,2025(7):133-135.
- [3]张志会.电气工程自动化中智能化技术研究[J].建筑与施工,2025,4(9):178-179.
- [4]施焕健.电气工程自动化的智能化技术应用与研究[J].科学与信息化,2025(1):120-122.