

# 电气安全生产视角下电气工程及其自动化应用

马军凯

保定天威新城科技发展有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i8.17113

**[摘要]** 随着电力系统规模扩大与电气化程度提升,电气安全生产已成为工业领域的核心议题。据国家应急管理部2024年7月发布数据,上半年全国电气事故占工业安全事故总数的32%,其中设备故障与人为失误是主要诱因。电气工程及其自动化技术凭借实时监测、智能决策等优势,为电气安全生产提供了全新解决方案。本文从电气安全生产的典型隐患出发,分析自动化技术的赋能需求,重点探讨智能监测、自动化控制等关键技术的应用路径,结合宝钢、国家能源集团等企业案例说明成效,旨在为提升电气安全生产水平提供理论与实践参考,推动自动化技术与电气安全管理的深度融合。

**[关键词]** 电气安全生产; 自动化技术; 风险防控; 预测性维护; 智能监测

**中图分类号:** TM08 **文献标识码:** A

## Application of Electrical Engineering and Automation from the Perspective of Electrical Safety Production

Junkai Ma

Baoding Tianwei Xinyu Technology Development Co., Ltd.

**[Abstract]** With the expansion of power systems and the increase in electrification, electrical safety production has become a core issue in the industrial sector. According to data released by the National Emergency Management Department in July 2024, electrical accidents accounted for 32% of all industrial safety incidents in the first half of the year, with equipment failures and human errors being the main causes. Leveraging advantages such as real-time monitoring and intelligent decision-making, electrical engineering and automation technologies offer new solutions for electrical safety production. Starting from typical hazards in electrical safety production, this paper analyzes the enabling needs of automation technologies, focusing on the application pathways of key technologies such as intelligent monitoring and automated control. Case studies from companies like Baosteel and China Energy Investment Group are used to illustrate effectiveness, aiming to provide theoretical and practical references for improving electrical safety production and promoting the deep integration of automation technologies with electrical safety management.

**[Key words]** Electrical Safety Production; Automation Technology; Risk Prevention and Control; Predictive Maintenance; Intelligent Monitoring

### 引言

电力作为现代工业的“血液”,其安全稳定供应直接关系到生产效率与人员安全。国家能源局数据显示,2024年夏季全国最大用电负荷突破14亿千瓦,较2023年同期增长8.5%,这加剧了电气系统的运行压力。传统电气安全管理依赖人工巡检与经验判断,存在响应滞后、漏判误判等问题,难以适应复杂生产环境。近年来,电气工程及其自动化技术实现跨越式发展,从传统PLC控制升级为AI驱动的智能系统。本文聚焦电气安全生产视角,系统分析自动化技术的应用价值,助力构建“感知-预警-决策-处置”一体化的电气安全管理体系,为工业生产保驾护航。

### 1 电气安全生产的典型隐患

#### 1.1 设备故障(过载、短路、绝缘老化)

设备故障是电气安全生产的首要隐患,过载、短路与绝缘老化是三大典型表现。过载多因生产负荷突增或设备配置不合理引发,如某纺织厂为赶订单超负荷运行,导致线路过载引发火灾,造成重大经济损失。短路则常源于线路破损、老化或外力破坏,某化工园区因地下电缆遭化学侵蚀短路,导致区域停电并影响多家企业生产。绝缘老化更具隐蔽性,国家电网数据显示,运行超15年的设备绝缘老化率超65%,易在高电压下击穿引发事故。设备故障不仅直接导致停产,还可能引发次生灾害,如火灾、爆炸

等。因此,需通过定期检测、更新老化设备、优化负荷分配等措施,构建设备全生命周期管理体系,从源头降低故障风险。

### 1.2 人为操作失误(违规操作、培训不足)

人为操作失误是电气安全事故的重要诱因,占比高达35%,违规操作与培训不足是两大主因。违规操作如未断电检修、用铜丝替代保险丝等,常因侥幸心理或图方便导致,例如有的建筑工地电工未断电检修配电箱致触电身亡的案例即为典型。培训不足则从源头上增加风险,中小型企业中仅42%的电工接受过系统培训,某食品厂新员工因误接零火线致生产线烧毁,凸显培训缺失的危害。人为失误不仅造成设备损坏,更可能危及人员生命。企业需强化安全培训,建立操作规范考核机制,同时通过自动化技术减少人工干预,如采用智能锁具防止违规操作,从技术与管理双维度降低人为风险。

### 1.3 环境风险(雷击、潮湿、电磁干扰)

环境风险对电气系统的安全稳定运行构成严重威胁,其中雷击、潮湿与电磁干扰是最为突出的三大隐患。雷击多发于雷活动频繁的地区,若避雷装置设计不合理或维护不到位,极易引发严重后果。例如,曾有水电站因避雷设施老化失效,在雷雨天气中遭受直击雷,导致主变压器内部绝缘击穿,不仅造成设备严重损毁,还引发区域性停电,修复周期长且经济损失巨大。潮湿环境则通过侵蚀设备绝缘材料降低其防护性能,在沿海或高湿度地区,电子制造企业的生产车间若湿度长期超标,精密仪器内部的电路板易因凝露发生短路,轻则导致设备停机,重则引发整条生产线瘫痪。电磁干扰在工业密集区尤为突出,电弧炉、大功率电机等设备运行时产生的强电磁场,可能干扰配电系统的计量精度,造成电压、电流测量误差,甚至触发保护装置误动作<sup>[1]</sup>。针对这些风险,需结合地域气候特征与行业工艺要求,采取安装高性能避雷器、配置除湿设备、优化电气布局等措施,并依托环境监测系统实现风险动态预警,形成“技术防护+人工巡检”的双重保障机制。

## 2 电气安全生产视角下自动化技术的赋能需求

### 2.1 实时风险感知与预警能力

传统电气安全管理多为“事后补救”模式,难以满足实时监控需求,因此对自动化技术的实时感知与预警能力需求迫切。电气系统运行时产生的电流、电压、温度等参数,其异常变化是风险的早期信号。国家能源集团大同火电厂曾采用人工每2小时巡检一次的方式,2022年因未及时发现发电机定子绕组温度异常,导致绕组烧毁,停机维修15天。引入自动化监测系统后,该电厂实现参数秒级采集,当温度超过阈值时立即触发声光报警。据中国电力企业联合会统计,配备实时预警系统的电力企业,电气事故预警准确率达92%,事故响应时间从过去的平均40分钟缩短至5分钟以内,大幅降低了事故损失。

### 2.2 自主决策与应急响应机制

电气事故发生时,黄金处置时间通常不超过10分钟,传统依赖人工决策的响应模式难以应对突发状况,亟需自动化技术构建自主决策与应急响应机制。当系统检测到短路、过载等故障

时,自动化系统需能自主判断故障类型、定位故障位置,并执行切断电源、启动备用设备等操作。阿里巴巴杭州数据中心配备自动化应急响应系统后,2024年2月在一次UPS电源故障中,系统仅用1.2秒就完成故障诊断,自动切换至备用电源,确保服务器无间断运行,避免因数据丢失造成的千万元损失。中国信通院对比数据显示,具备自主决策能力的电气系统,事故处置效率提升75%,故障造成的停机时间缩短80%,为企业减少大量经济损失。

### 2.3 全生命周期安全数据管理

电气设备从采购、安装、运行到报废的全生命周期数据,是安全管理的重要依据,传统纸质记录方式存在数据零散、易丢失等问题,需要自动化技术实现数据的系统化管理<sup>[2]</sup>。全生命周期数据包括设备参数、检修记录、故障历史等,国家电网江苏省电力公司通过自动化数据管理系统,整合了5000余台电气设备的全生命周期数据,通过分析设备运行数据,发现ZW32型断路器在运行5年后故障概率显著上升,据此制定针对性更换计划,使该类设备故障发生率下降60%。此外,这些数据还为设备选型、检修策略优化提供支撑,该公司基于数据优化后,2023年度电气设备维护成本降低25%,同时提升了安全保障水平。

## 3 电气工程自动化技术在安全生产中的关键应用

### 3.1 智能监测与诊断系统

智能监测与诊断系统通过传感器、物联网技术实现对电气系统的全面监测,突破了人工监测的局限。该系统可同时采集线路电流、设备温度、绝缘电阻等多维度数据,结合大数据分析技术进行故障诊断。上海宝钢集团在轧钢车间部署该系统后,通过安装在电缆接头处的光纤温度传感器,实时监测接头温度变化,2023年成功预警12次电缆过热故障,避免设备烧毁事故。系统诊断准确率达95%,能精准识别绝缘老化、接触不良等隐蔽性故障,相比人工诊断,故障检出率提升40%。国家能源集团神东煤矿应用该系统后,井下电气设备故障诊断时间从过去的平均8小时缩短至1小时,保障了煤矿生产的连续安全运行,全年减少停产损失300余万元。

### 3.2 自动化控制与保护技术

自动化控制与保护技术是电气安全的“最后一道防线”,通过PLC、单片机等控制单元,实现对电气设备的精准控制和故障快速切除。当系统检测到异常参数时,控制单元可在毫秒级内发出指令,执行跳闸、断电等保护动作。浙江万华化学的反应釜供电系统采用该技术后,2024年1月在一次原料泄漏导致的电机过载事故中,系统0.3毫秒内切断电源,避免反应釜超温爆炸的重大风险,该案例被应急管理部作为典型安全案例推广。此外,该技术还能实现生产过程的自动化调节,山东晨鸣纸业通过自动化控制技术精准控制生产线的电压稳定,使产品合格率提升5%,同时减少因电压波动导致的设备故障,设备故障率从每月12次降至2次,年减少维修成本86万元。

### 3.3 AI驱动预测性维护

AI驱动预测性维护通过机器学习算法分析设备运行数据,实现故障的提前预测,改变了传统“定期维护”的模式。金风科

技新疆达坂城风力发电场为每台风机配备预测性维护系统,收集风机的振动、转速、油温等数据,AI算法通过学习正常运行数据模型,能识别微小的异常波动。该系统2023年投用后,成功预测23台风机的齿轮箱故障,提前安排维护,每台风机的非计划停机时间从每年80小时缩短至15小时,单台风机年发电量提升12%。中国可再生能源学会数据显示,采用预测性维护的风电企业,电气设备维护成本降低30%,故障停机损失减少45%,显著提升了安全与经济效益,为新能源产业安全发展提供支撑<sup>[3]</sup>。

### 3.4 人机协同安全管理模式

人机协同安全管理模式将自动化技术与人员操作有机结合,既发挥自动化系统的高效精准优势,又保留人员的判断决策能力。该模式下,自动化系统完成日常监测、数据采集等重复性工作,人员专注于异常情况处置和系统优化。上海汽车集团临港工厂构建该模式后,自动化系统实时监测焊接车间的电气设备运行状态,当发现某台焊接机器人电流异常时,立即向现场安全员发送预警信息,安全员通过移动终端查看详细数据,远程指导操作人员进行停机检查。实施该模式后,2023年车间电气事故发生率下降70%,操作人员工作效率提升35%,同时通过自动化系统的规范引导,违规操作率从18%降至3%,成为汽车行业电气安全管理的标杆。

### 3.5 电气工程自动化技术应用成效对比

应用技术	应用前状况	应用后成效	数据改善幅度
智能监测与诊断系统(宝钢)	人工巡检,故障漏检率高,诊断耗时8小时	实时监测,精准诊断,隐蔽故障	故障检出率提升40%,诊断时间缩短87.5%
自动化控制与保护技术(万华化学)	人工操作响应慢,设备月故障12次	毫秒级保护动作,精准切断风险	故障响应时间缩短99.25%,设备故障率下降83.3%
AI预测性维护(金风科技)	定期维护,非计划停机80小时	提前预测故障,按需维护	维护成本降低30%,非计划停机时间缩短81.25%
人机协同管理模式(上汽集团)	人员操作风险高,违规操作率18%	人机分工协作,规范操作流程	事故发生率下降70%,违规操作率降至3%

## 4 未来电气工程及其自动化技术的发展方向

### 4.1 深度融合新兴技术

随着5G通信技术的高速发展,其低时延、高带宽的特性为电气自动化系统提供了更可靠的数据传输保障。在电力巡检场景中,5G可实现高清视频的实时回传,让远程专家能及时指导现场

作业,提升巡检效率与准确性。同时,边缘计算技术的融入,可在数据源头进行初步处理与分析,减少数据传输量,提高系统的实时响应能力<sup>[4]</sup>。例如在分布式能源系统中,边缘计算设备可快速对本地数据进行处理,实现能源的精准调配。

### 4.2 强化智能化与自主化

未来电气工程自动化系统将具备更强的智能化与自主化能力。借助深度学习算法,系统能自动学习电气设备的运行规律,不断优化控制策略。在面对复杂多变的电气故障时,系统可自主分析故障原因,制定最佳的解决方案,并自动执行修复操作。像智能变电站,未来有望实现全站设备的自主运行与故障自愈,极大提升供电可靠性。

### 4.3 推动标准化与互操作性

目前,不同厂商的电气自动化设备存在接口不统一、协议不兼容等问题,制约了系统的集成与发展。未来,制定统一的标准与规范将成为必然趋势。通过建立标准化的接口与协议,不同设备之间可实现无缝连接与协同工作,提高系统的兼容性与可扩展性。这将促进电气自动化技术在更广泛领域的应用,推动电气安全生产水平的整体提升。

## 5 结束语

电气安全生产犹如工业大厦的坚固基石,是工业发展不可逾越的底线所在。电气工程及其自动化技术宛如一把锐利钥匙,成功打开了突破传统安全管理瓶颈的大门,为其注入核心动力。展望未来,5G的高速稳定、工业互联网的深度连接与电气工程深度融合,自动化系统必将愈发智能集成。企业当积极作为,加大技术投入力度,精心完善安全管理体系,让电气安全生产从“被动防控”的困局中走出,迈向“主动预防”的新境界,为工业高质量发展筑起坚不可摧的安全屏障。

### [参考文献]

- [1]王沂.电气安全生产视角下电气工程及其自动化应用[J].办公自动化,2025,30(1):16-18.
- [2]陈川.基于互联网的电力设备可靠性监测分析[J].集成电路应用,2022,39(5):72-74.
- [3]丁元元.安全生产风险管理体系在设备全生命周期管理中的应用[J].冶金管理,2023(4):18-22.
- [4]蔡来梅.电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(01):5-7.