

电气安全生产视角下电气工程及其自动化应用

王青春

沈阳新北热电有限责任公司 辽宁 沈阳 110000

摘要：本文从电气安全生产视角探讨电气工程及其自动化应用。首先分析电气安全生产核心要素、面临风险及传统管理局限。接着阐述自动化在风险预防、操作规范、应急响应和数据驱动决策中的关键作用。然后介绍智能监测、自动化控制、远程操作和能源管理等应用方向。最后探讨技术实施中的系统可靠性、人机协作和网络安全等关键问题与对策，为电气安全生产提供参考。

关键词：电气安全生产；电气工程自动化；智能监测；应急响应

引言：电力是现代工业与社会运转的核心动力，电气安全生产关乎人员安全、设备稳定及环境无害。传统电气安全管理依赖人工监控，存在滞后性，且难以应对复杂系统中的隐蔽风险。随着电气系统规模扩大与技术升级，传统模式已难以满足需求。电气工程及其自动化技术凭借实时监测、智能预警、快速响应等优势，成为提升电气安全生产水平的关键手段。本文将系统探讨其应用路径与实施要点。

1 电气安全生产的核心要素与挑战

1.1 电气安全生产的定义与目标

电气安全生产是在电力系统运行、电气设备操作及相关作业过程中，通过科学管理和技术手段，保障生产活动安全有序开展体系。其目标聚焦三个关键维度，分别是人员安全、设备稳定与环境无害^[1]。人员安全要求所有参与电气作业的个体在工作全程远离安全隐患，避免因电气相关问题受到伤害，确保作业人员在安全的环境中完成各项任务。设备稳定意味着电气设备需长期保持良好运行状态，减少故障发生概率，保障设备在设计寿命周期内持续发挥正常功能，为生产活动提供可靠支撑。环境无害则强调电气生产过程中避免对周边自然环境和生态系统造成负面影响，防止因电气设备运行或事故引发环境污染问题，维护生态环境平衡。

1.2 主要风险因素

电气安全生产过程中面临多种风险因素，这些因素可能单独或共同作用引发安全事故。设备故障是常见风险之一，电气设备长期使用后，内部部件可能出现老化、磨损或性能下降等情况，若未及时发现和处理，会导致设备无法正常运行，甚至引发更严重的安全问题。操作失误同样不容忽视，作业人员进行电气操作时，若对操作流程不熟悉、违反操作规程或注意力不集中，容易出现操作偏差，进而触发安全隐患。系统漏洞存在

于电力系统的设计或运行环节，部分系统在架构设计上可能存在缺陷，或者在长期运行中因技术更新不及时出现安全漏洞，给外部干扰或内部故障传播提供可乘之机。环境干扰也会对电气安全生产产生影响，高温、潮湿、粉尘、雷电等外部环境因素，可能破坏电气设备的正常工作条件，干扰电力系统的稳定运行，增加安全事故发生的风险。

1.3 传统安全管理的局限性

传统安全管理模式在应对电气安全生产需求时，存在明显局限性，难以全面保障生产安全。依赖人工监控的滞后性是突出问题，传统模式下，大量安全监控工作依靠人工完成，作业人员通过定期巡检、人工记录等方式监测设备和系统状态。这种方式无法实现实时监测，当设备或系统出现异常时，人工发现和处理往往需要一定时间，在此期间安全隐患可能进一步扩大，导致事故发生。复杂系统中的风险隐蔽性也给传统安全管理带来挑战，随着电力系统规模不断扩大，系统结构日益复杂，部分安全风险隐藏在复杂的系统链路或设备内部，传统人工监控手段难以深入排查，无法及时识别这些隐蔽性风险，使得安全管理存在漏洞，难以全面覆盖所有潜在危险点。

2 电气工程及其自动化在安全生产中的关键作用

2.1 风险预防与控制

自动化监测系统可实时采集电气设备运行中的电压波动、电流峰值、绕组温度、绝缘电阻等多类关键参数，这些参数直接反映设备运行状态^[2]。当任意一项参数超出预设的安全阈值时，系统能通过传感器与数据处理模块迅速识别异常，随即通过声光信号或系统弹窗发出提示，避免参数异常在无人察觉的情况下持续扩大，进而引发设备烧毁、线路短路等安全问题。智能预警机制依托预先构建的安全模型与长期积累的历史故障数据，

对设备运行趋势进行动态追踪与多维度分析,例如通过对比当前运行参数与历史正常参数的偏差,预判可能出现的轴承磨损、触点老化等故障风险,再通过提前安排检修、调整运行负荷等干预措施,从源头降低事故发生概率,为安全生产构建前置保障屏障。

2.2 操作规范与标准化

自动化流程通过内置的逻辑程序,自主完成电气设备的启动前自检、运行中的参数调节、停机时的分步断电等全流程操作,大幅减少人工直接触碰设备按钮、调整接线等干预环节。这种模式能有效避免因作业者对操作流程记忆偏差、疲劳状态下的判断失误,或是不同人员操作习惯差异带来的安全隐患,比如误将高压开关当作低压开关操作的风险。程序化控制严格遵循行业安全标准与设备操作手册,将每一步操作的顺序、时长、参数要求固化为指令,无论作业场景从车间切换到变电站,或是操作人员发生轮换,都能确保操作步骤的高度一致性,彻底消除因操作不规范留下的安全漏洞,持续维护生产过程的稳定秩序。

2.3 应急响应与故障隔离

快速切断故障源的自动化设计在检测到设备短路、漏电等故障,或是系统出现电压骤降、频率异常等问题时,能在毫秒级时间内自动触发保护回路,通过断路器切断故障区域电源,同时启动隔离装置将故障部件与正常运行的设备分隔开,防止故障电流蔓延至其他设备或区域,避免事故范围从单一设备扩大到整个生产线,显著降低事故造成的破坏程度。系统自恢复能力在故障排除后,无需依赖人工逐一检查设备状态、重新设置参数,而是按照预设的恢复逻辑,先对隔离区域进行绝缘测试,再逐步恢复供电与设备运行,整个过程高效有序,有效缩短因故障导致的停机时间,减少停机期间生产中断带来的经济损失,同时降低长时间停机后重启可能引发的二次安全风险。

2.4 数据驱动的安全决策

大数据分析技术对长期积累的设备运行数据、故障发生时间与原因记录、环境温度湿度变化等信息进行深度挖掘,通过算法筛选出隐藏在海量数据中的风险关联规律,比如某类设备在环境湿度超过60%时故障概率明显上升的趋势,进而精准预测潜在风险点,为安全管理决策提供量化的科学依据,而非依赖经验判断。基于数据分析结果优化维护策略,可摆脱传统“定期维护”的固定模式,转而根据设备实际损耗情况,比如通过电流波动数据判断线圈老化程度,制定针对性的维护计划,既避免过度维护导致的人力与物料资源浪费,又防止因维护

不足使设备带“病”运行引发故障,在延长设备使用寿命的同时,进一步加固安全生产的基础防线。

3 电气工程自动化技术的核心应用方向

3.1 智能监测与诊断系统

多传感器融合技术整合电压、电流、温度、振动等不同类型传感器采集的信息,通过数据互补与交叉验证,实现对电气设备运行状态的全面感知。这种技术能突破单一传感器监测范围有限、易受干扰的局限,精准捕捉设备从正常运行到异常初期的细微变化,甚至能识别出人工巡检难以发现的隐性参数波动,为后续诊断提供完整数据支撑^[3]。基于机器学习的故障模式识别通过对大量历史故障数据的训练,构建出能自主学习的诊断模型,可自动识别设备运行中的异常特征,区分不同类型的故障模式,比如准确判断是绕组短路还是轴承磨损导致的设备异常,无需人工逐一排查,大幅提升故障诊断的效率与准确性,减少因诊断延误引发的安全风险。

3.2 自动化控制与保护装置

继电保护系统的快速响应机制依托高精度检测元件与高速运算模块,在电气系统出现短路、过载、接地等故障时,能在极短时间内识别故障信号并触发保护动作,通过切断故障回路避免故障扩大。这种快速响应能力可有效减少故障对设备的冲击,降低设备损坏程度,保障系统整体稳定,尤其在高压供电系统中能避免故障引发的大面积停电。自适应控制算法能实时监测电气系统的负载变化,根据负载波动情况自动调整控制参数,比如在电机负载突然增加时,及时调整输出电压与频率,确保电机始终在稳定工况下运行,避免因负载动态变化导致的设备效率下降或安全隐患,适应复杂多变的生产需求,即使在多设备同时运行的复杂场景中也能保持稳定控制。

3.3 远程操作与无人化系统

危险环境下的远程控制技术通过高清摄像头、远程操作终端与信号传输模块,让作业人员在安全区域就能对高压配电室、地下电缆井等危险场景中的设备进行操作,无需进入高风险区域,从根本上避免作业人员暴露在触电、中毒等危险中。工业机器人替代高危作业可承担起电气设备安装中的高空作业、带电设备检修等风险较高的任务,机器人具备精准的动作控制与稳定的作业能力,能按照预设程序完成接线、检测等操作,还可通过实时数据反馈调整操作精度,既避免人工操作的安全风险,又能保证作业质量的一致性,提升高危环节的作业安全性与效率。

3.4 能源管理与优化

能源管理与优化方向聚焦提升能源利用效率与系统稳定性。智能电网通过实时监测各区域用电负荷，动态调整电力分配方案，实现负荷平衡，同时结合节能控制策略，减少电力传输与使用过程中的能源损耗。分布式能源系统的协同调度技术整合太阳能、风能等分布式能源资源，根据能源产出量与用电需求变化，优化能源分配路径，确保各类能源高效互补利用，降低对传统能源的依赖，推动电气系统向绿色、高效方向发展。

4 技术实施中的关键问题与对策

4.1 系统可靠性与容错设计

电气自动化系统在复杂工业环境中易受电磁干扰、电压波动等因素影响，可能出现模块故障或数据传输异常，影响整体运行稳定性。冗余配置通过在关键环节设置备份模块与线路，比如对核心控制器、电源回路采用双重备份，在化工、电力等对连续性要求极高的行业中，当主系统出现问题时，备份系统能在毫秒级内快速切换投入运行，有效提升系统抗干扰能力，避免单一故障导致整体瘫痪^[4]。故障注入测试通过模拟设备老化、信号中断、参数异常等各类故障场景，检验系统在不同故障状态下的应对能力，验证系统是否具备自动识别故障、隔离故障、维持基础功能的韧性，帮助提前发现设计漏洞，优化容错机制，确保系统在实际运行中面对突发故障时仍能保持稳定，减少因系统停摆造成的损失。

4.2 人机协作的边界管理

自动化技术应用中若未明确人机职责划分，易出现操作重叠或责任真空，比如人工误操作干预自动化流程，或自动化系统异常时人工未能及时介入。明确自动化与人工操作的职责划分需通过制定操作规范，界定哪些环节由系统自主完成，哪些环节需人工确认或干预，比如设备常规运行由自动化系统控制，系统故障报警后需人工排查维修，避免职责混淆引发安全问题。培训体系适配自动化技术需求需针对新设备、新流程设计专项课程，涵盖系统操作逻辑、故障识别方法、应急处理流程等内容，还可加入模拟操作训练，让作业人员在虚拟

场景中熟悉系统响应模式，提升对自动化技术的理解与操作能力，确保人员能与自动化系统高效配合，而非因技术不熟悉导致协作脱节。

4.3 网络安全与数据保护

工业控制系统（ICS）连接网络后易面临黑客攻击、恶意代码注入等风险，一旦系统被入侵，可能导致设备失控、生产中断，甚至泄露敏感运行数据。工业控制系统的安全防护需部署专用防火墙、入侵检测系统，对网络访问进行严格过滤，阻断非法连接与异常数据传输，定期更新系统固件与安全补丁，修复已知漏洞，构建多层级网络安全防护屏障。数据加密与访问控制机制针对系统采集的设备运行数据、操作记录等敏感信息，采用对称加密或非对称加密算法进行数据存储与传输，防止数据被窃取或篡改；通过设置不同层级的访问权限，比如运维人员仅能查看数据、管理人员可修改权限，限制人员对数据的查看与修改范围，只有授权人员才能获取关键数据，保障数据安全与隐私，维护系统运行的可信度。

结束语

电气工程及其自动化技术为电气安全生产提供了全方位支撑，从风险预防、操作规范到应急响应与数据决策，均展现出显著优势。智能监测、自动化控制等应用方向，进一步提升了安全管理的精准性与效率。然而，技术实施中仍需关注系统可靠性、人机协作边界及网络安全等关键问题。未来，随着技术持续创新，电气安全生产将迈向更智能、高效、可靠的新阶段。

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(01):16-18.
- [2]郭树坤.电气工程中自动化技术应用探讨[J].中国战略新兴产业,2024,(05):50-52.
- [3]夏咏荷,成福明.电气工程中自动化技术的应用研究[J].光源与照明,2024,(04):213-215.
- [4]张笑寒.电气工程中电气自动化的融合分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(36):4-6.