

电气自动化控制设备运行安全可靠分析

马颜龙

国家能源集团宁夏煤业公司烯烃一公司 宁夏 银川 750000

摘要: 电气自动化控制设备在工业等领域应用广泛,其运行安全性至关重要。本文阐述设备组成分类、工作原理与运行模式,分析内部因素如硬件、软件、老化磨损,外部因素如环境、供电、人为对可靠性的影响。提出提升策略,包括设备选型采购、安装调试、运行管理维护及人员培训管理,为保障设备安全可靠运行提供参考。

关键词: 电气自动化控制设备;运行安全性;影响因素;提升策略

引言:电气自动化控制设备作为现代工业、建筑、交通等领域的关键支撑,极大提升了生产效率与系统稳定性。其运行安全性不仅关乎设备自身性能,更直接影响整个系统的正常运转与生产安全。然而,设备在运行过程中受多种因素影响,易出现故障,降低可靠性。深入分析这些因素并提出有效提升策略,对保障设备稳定运行意义重大。

1 电气自动化控制设备基础

1.1 设备组成与分类

电气自动化控制设备由多个关键部分协同构成,传感器作为信息获取源头,负责实时监测环境参数或设备状态,将物理量转化为电信号^[1]。一般而言,一个中等规模工业自动化控制系统中,传感器数量可达50-100个,它们精准采集各类数据,为后续控制提供基础。控制器作为核心处理单元,接收传感器信号后,依预设逻辑运算分析,生成控制指令。常见控制器运算速度每秒数百万次甚至更高,能短时间内完成复杂运算。执行器根据控制器指令驱动机械部件动作,完成操作任务。通信模块实现设备间数据交互,确保信息流通。各部分紧密配合,传感器提供原始数据,控制器智能决策,执行器执行动作,通信模块保障信息传递,构成完整控制闭环。依据应用领域差异,电气自动化控制设备可细分为工业、建筑、交通自动化控制设备等。工业自动化控制设备侧重生产线流程控制,提升生产效率与产品质量;建筑自动化控制设备聚焦楼宇环境调节,实现能源优化与舒适度提升;交通自动化控制设备应用于交通信号管理,保障交通流畅安全。从功能特点出发,设备还可分为开环与闭环控制设备,前者输出不反馈至输入端,适用于简单场景;后者通过反馈机制形成闭环,有更高控制精度与稳定性,适用于复杂系统控制。

1.2 工作原理与运行模式

电气自动化控制设备工作原理基于信号闭环处理流

程。传感器持续采集环境或设备状态信号,经信号调理电路转换后送入控制器。控制器依据预设算法对信号进行分析处理,生成控制指令。指令通过驱动电路放大后送达执行器,驱动机械部件完成相应动作。执行结果通过反馈机制返回控制器,形成闭环控制,确保系统稳定运行。设备运行模式多样,自动运行模式下,系统依据预设程序自主完成控制任务,无需人工干预,适用于长期稳定运行场景。在化工生产连续作业中,自动运行模式可连续运行720-1440小时无故障。手动运行模式允许操作人员直接介入,通过操作面板或控制终端发送指令,适用于调试、维护或紧急情况处理。远程控制模式借助网络通信技术,实现设备远程监控与操作,提升管理效率与灵活性,适用于分布式系统或跨区域管理场景。在跨地区的大型电力系统中,远程控制模式可实现对数百公里外设备的实时监控与操作。

2 影响电气自动化控制设备运行安全可靠的内部因素

2.1 设备硬件因素

元器件质量是决定设备可靠性的基石。传感器作为数据采集前端,精度不足会导致测量误差累积,稳定性差则可能引发信号漂移,缩短有效使用寿命更会直接降低设备整体可靠性。继电器触点材料耐磨性不足易引发接触不良,集成电路封装工艺缺陷可能造成内部线路断路,这些细微质量差异都会在长期运行中逐步放大,最终影响设备稳定运行^[2]。硬件设计水平直接影响设备抗干扰能力与运行稳定性。电路布局不合理可能引发信号串扰,布线密度过高会导致散热困难,缺乏电磁屏蔽设计会使设备易受外界干扰。硬件结构强度不足在振动环境下易出现机械变形,散热设计缺陷会加速元器件老化,这些设计缺陷都会为设备埋下安全隐患。制造工艺水平贯穿设备生产全过程。焊接虚焊会形成隐性故障点,装配精度偏差可能引发机械卡滞,加工工艺粗糙会

降低部件配合精度。这些工艺缺陷在初期可能仅表现为间歇性故障，但随着运行时间延长会逐步演变为致命故障，严重影响设备可靠性。

2.2 设备软件因素

软件设计质量是设备智能化的核心保障。架构设计不合理会导致系统资源分配冲突，算法误差累积可能引发控制失准，程序逻辑漏洞可能造成执行流程紊乱。软件漏洞若未及时修复，可能被恶意利用导致系统崩溃，缺乏容错设计的软件在异常输入时易陷入死循环，这些软件缺陷都会直接威胁设备运行安全。软件更新维护是保障设备持续可靠运行的关键环节。更新过程中版本兼容性问题可能引发系统瘫痪，更新包传输错误会导致设备功能异常，更新后参数配置不当可能造成控制性能下降。定期维护若不及时，会积累大量冗余数据，软件性能逐渐劣化，最终影响设备响应速度与控制精度。

2.3 设备老化与磨损

自然老化是设备运行不可避免的物理过程。温度循环变化会引发材料热胀冷缩，湿度侵蚀会加速金属部件氧化，腐蚀性气体接触会破坏元器件封装。这些环境因素与材料特性相互作用，导致元器件参数漂移、绝缘性能下降、机械强度减弱，最终表现为设备故障率随运行时间呈指数增长。设备运行5-10年后，故障率可能从初始的1-2次/年上升到5-10次/年。机械磨损是运动部件的固有损耗现象。齿轮啮合面磨损会增大传动间隙，轴承滚动体疲劳会引发振动异常，传动带拉伸变形会导致传动比失准。这些机械损伤会逐步降低设备运动精度，增加能量损耗，当磨损累积超过临界值时，可能引发设备突然停机或功能失效。齿轮啮合面磨损后，传动间隙可能增大0.1-0.5毫米。

3 影响电气自动化控制设备运行安全可靠性的外部因素

3.1 环境因素

温度变化对设备运行稳定性构成直接挑战。高温环境加速元器件热老化，半导体器件参数漂移加剧，电容等储能元件漏电流增大，长期高温甚至可能引发绝缘材料碳化。低温环境使润滑剂黏度增加，机械部件启动阻力增大，部分塑料部件脆化风险上升，极端低温还可能导致显示屏异常或电池性能衰减。湿度条件通过多重机制影响设备可靠性^[3]。高湿度下，空气中的水蒸气易在设备内部冷凝成水珠，造成电路板短路或金属部件锈蚀。低湿度环境易产生静电积聚，当静电电压超过电子元器件耐受阈值，可能引发击穿损坏。湿度波动还会致材料吸湿膨胀或失水收缩，造成机械结构应力变化。粉尘与

腐蚀性气体构成双重侵蚀威胁。粉尘颗粒沉积在散热通道表面，形成隔热层阻碍热量散发，还可能侵入精密机械结构影响运动精度。腐蚀性气体通过化学反应破坏金属保护层，氯化物、硫化物等活性物质加速设备金属部件电化学腐蚀，降低结构强度与导电性能。电磁干扰通过信号耦合影响设备功能。雷电产生的瞬态电磁脉冲可能通过电源线或信号线侵入，造成半导体器件击穿或数据存储错误。高压输电线路产生的工频电磁场会在设备内部感应出干扰电压，影响模拟量采集精度。无线电设备发射的谐波信号可能干扰数字通信链路，导致控制指令传输错误。

3.2 供电因素

电压波动对设备造成持续应力冲击。过电压工况会使绝缘材料承受超出设计值的电场强度，加速绝缘老化进程，电容类元件过压击穿风险显著增加。欠电压状态则导致电机类负载转矩不足，频繁启停增加机械磨损，同时可能引发控制电路工作异常。频率偏移对敏感设备产生显著影响。电机转速与电源频率严格对应，频率波动会直接导致转速不稳定，影响生产流程精度。变频器等电力电子设备在频率异常时可能进入保护状态，中断设备运行。精密测量仪器对频率波动更为敏感，可能引发测量数据失真。电源质量缺陷通过谐波传导影响设备效能。非线性负载产生的谐波电流在供电系统中传播，导致设备发热量异常增加，降低能源转换效率。谐波电压还会在设备内部产生附加损耗，加速元器件性能劣化。电源噪声干扰可能掩盖有效信号，降低信号采集系统信噪比。

3.3 人为因素

操作失误源于多重认知偏差。操作人员对设备特性理解不足时，可能设置超出安全范围的运行参数，或未按规定顺序执行启停操作。注意力分散或习惯性违章行为可能导致关键保护装置被误解除，增加设备超限运行风险。维护缺失形成可靠性隐患累积。未定期更换达到寿命极限的易损件，可能引发连锁故障。设备表面灰尘堆积会阻碍散热，关键部位润滑不足会加速机械磨损。未及时更新的校准参数可能导致控制精度逐渐偏离标准值。恶意破坏行为造成直接物理损伤。故意损坏设备外壳或操作界面会破坏防护功能，盗窃关键部件会使设备丧失部分功能。蓄意输入错误控制指令可能引发设备异常动作，造成机械结构永久变形或电气系统过载损坏。

4 提升电气自动化控制设备运行安全可靠性的策略

4.1 设备选型与采购

在电气自动化控制设备的选型与采购环节，做出正

确选择是保障设备后续运行安全可靠的基础。优先挑选那些在市场上拥有良好信誉的品牌以及供应商至关重要^[4]。良好信誉意味着该品牌和供应商在过往的生产与销售过程中,始终坚守质量底线,产品质量稳定可靠,能够为设备的安全稳定运行提供有力支撑。除了关注品牌与供应商信誉,设备的适用性和兼容性也不容忽视。实际应用场景千差万别,需求也各不相同。要根据具体的使用环境、工作要求等因素,精准选择适合的设备型号和规格。若设备选型不当,可能导致设备无法充分发挥性能,甚至无法正常运行。同时,确保设备与其他系统或设备具备良好的兼容性,能避免因不兼容引发的信号干扰、数据传输错误等问题,保障整个自动化系统的协同工作。在选型时,应至少对比3家不同供应商的产品,综合评估后做出最优选择。

4.2 设备安装与调试

设备安装与调试是设备投入运行前的关键步骤。安装过程中,必须严格按照安装规范操作。设备的安装位置需合理规划,要考虑到通风、散热、操作便利性等因素;安装方式要符合设备的设计要求,确保设备固定牢固;接线方式更要准确无误,避免出现短路、断路等电气故障。任何安装不当都可能为设备后续运行埋下故障隐患。设备安装完成后,全面的调试和测试不可或缺。功能测试旨在验证设备各项功能是否正常实现;性能测试用于评估设备在各种工况下的性能指标是否达标;安全测试则着重检查设备是否存在安全隐患。通过这一系列测试,确保设备能够以最佳状态投入正常运行。调试过程中,要对设备的各项性能指标进行至少3次重复测试,确保数据准确可靠。

4.3 设备运行管理与维护

建立完善的运行管理制度是保障设备长期安全可靠运行的重要保障。制定详细的设备运行操作规程,规范操作人员的行为;制定科学合理的维护保养计划,明确维护保养的周期和内容;制定应急预案,以便在设备出现突发故障时能够迅速响应,降低损失。加强设备状态监测与故障诊断是及时发现设备问题、预防故障发生的有效手段。借助先进的监测技术和设备,实时获取设备的运行参数和状态信息。一旦发现异常,运用故障诊断

技术准确判断故障原因,为维修工作提供精准指导。定期进行设备维护保养能延长设备使用寿命,提高设备可靠性。按照维护保养计划,定期对设备进行清洁,去除灰尘和污垢;进行润滑,减少部件磨损;紧固松动的部件;及时更换易损件,确保设备始终处于良好的运行状态。维护保养周期应根据设备类型和使用频率确定,一般每月至少进行1次全面维护保养。

4.4 人员培训与管理

人员素质对设备运行安全性有着直接影响。加强操作人员培训,使其熟悉设备的操作规程、性能特点和注意事项,提高操作技能和安全意识,能够减少因操作不当引发的故障。培养专业的维护人员同样重要。专业的维护人员掌握先进的维护保养技术和故障诊断维修技能,能够在设备出现故障时迅速、有效地进行处理,保障设备的正常运行^[5]。建立人员考核机制,对操作人员和维护人员的操作技能、维护水平、安全意识等进行定期考核。通过考核激励人员不断提升自身素质,为设备的安全可靠运行提供坚实的人力保障。操作人员和维护人员每年至少参加2次专业培训课程,以不断提升自身能力。

结束语

电气自动化控制设备运行安全性受多因素制约,通过合理选型采购、规范安装调试、完善运行管理维护以及加强人员培训管理等一系列策略,可有效提升设备可靠性。各环节紧密配合,形成全方位保障体系,能降低设备故障率,确保设备在复杂环境下稳定运行,为各领域自动化系统的高效运作提供坚实保障。

参考文献

- [1]王涛.电气自动化控制设备的可靠性分析[J].电子技术与软件工程,2023,(20):132+141.
- [2]邵辉.电气自动化控制设备的可靠性分析[J].电气技术与经济,2022,(05):19-21.
- [3]欧阳俊.电气自动化控制设备可靠性分析[J].凿岩机械气动工具,2025,51(1):19-21.
- [4]束长军.浅谈化工企业电气自动化控制设备的可靠性[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2021(04):166-167.
- [5]彭胜吉.浅析电气自动化控制设备的可靠性[J].电气开关,2021,59(03):1-2.