

机电自动化控制系统可靠性提升策略分析

董竹仙

巧家六合流域水电开发有限公司 云南 昭通 654600

摘要: 随着工业自动化水平的不断提升,机电自动化控制系统已广泛应用于各类工业生产场景,成为保障生产连续性、提升生产效率的核心支撑。本文结合机电自动化控制系统的核心构成,深入分析系统可靠性现存问题,从硬件系统、软件系统、抗干扰能力、管理维护体系四个核心维度,提出针对性、可操作的可靠性提升策略,构建全方位的可靠性保障体系,为工业领域机电自动化控制系统的稳定运行提供理论参考和实践指导,推动机电自动化技术的持续优化与发展。

关键词: 机电; 自动化控制系统; 可靠性; 提升; 策略

引言

当前多数工业场景中的机电自动化控制系统,受硬件选型、软件设计、现场环境、管理维护等多方面因素影响,频繁出现故障停机、控制偏差等问题,不仅影响生产进度,增加设备维修成本,还可能引发安全隐患,制约了工业生产效率和产业转型升级。因此,深入研究机电自动化控制系统可靠性的提升策略,排查现存问题、剖析问题成因,探索科学有效的优化路径,对于解决系统运行痛点、保障生产连续性、降低运营成本,推动机电自动化技术的高质量发展具有重要的理论意义和现实价值。

1 机电自动化控制系统核心构成

(1) 机电自动化硬件系统是控制系统的物理载体,是所有控制指令落地执行的基础,也是保障系统可靠性的首要环节。不同于简单的设备拼接,硬件系统的构成需兼顾兼容性、稳定性和抗干扰性,核心包括控制器、传感器、执行器以及通信模块四大类。控制器作为硬件核心,承担着指令运算、信号处理和逻辑判断的功能,其运算速度和稳定性直接决定控制精度。传感器负责采集温度、压力、转速等现场各类物理量,将模拟信号转化为数字信号传输给控制器,其灵敏度和抗干扰能力直接影响控制指令的准确性。执行器则根据控制器发出的指令完成启停、调速、换向等具体动作,其响应速度和运行稳定性直接关系到控制任务的落地效果^[1]。通信模块则负责各硬件部件之间的信号传输,确保数据传递的流畅性和准确性,避免信号丢失或延迟导致系统失控。(2) 软件系统是实现自动化控制逻辑的核心,其性能直接决定系统的控制灵活性和智能化水平。软件系统并非简单的程序堆砌,而是由系统软件和应用软件两部分组成,两者相互配合、协同工作。(3) 控制算法是

连接硬件与软件的核心纽带,是实现精准控制的核心逻辑,决定着系统对复杂工况的适应能力和控制精度。控制算法并非固定不变的公式,而是根据不同的控制需求和工况特点,经过优化设计的逻辑模型,其核心作用是对传感器传输的信号进行分析处理,结合预设的控制目标,计算出最优控制指令,驱动执行器精准动作。不同的机电自动化场景需要适配不同的控制算法,算法的优化程度直接影响系统的响应速度、控制精度和稳定性,合理的算法设计能够有效减少系统误差,提升系统应对复杂工况的能力,确保控制系统在各类场景下都能稳定、精准运行。

2 机电自动化控制系统可靠性现存问题

(1) 机电自动化硬件故障是影响控制系统可靠性最直观、最常见的问题,也是最易引发系统停机的关键因素。硬件作为系统的物理基础,其运行状态直接决定系统的稳定与否,不同于简单的部件损坏,很多硬件故障源于长期运行中的损耗与不合理运行。部分硬件元器件选型缺乏针对性,未能结合工业现场的复杂环境适配对应规格,长期在高温、高湿或粉尘环境下运行,容易出现老化、腐蚀现象,导致接触不良、信号传输中断^[2]。此外,还有部分硬件在安装过程中缺乏规范操作,接口连接不牢固,长期运行中受振动影响,容易出现松动、脱落等问题,进而引发控制器、传感器等核心部件故障,导致系统无法正常接收或执行指令,甚至出现误动作。(2) 软件漏洞是隐藏在控制系统中的“隐形隐患”,其危害往往具有滞后性,难以被及时发现,却可能引发严重的系统故障。软件作为系统的控制核心,其编程逻辑的合理性和代码的完整性直接影响可靠性。有的软件在开发过程中,缺乏全面的逻辑校验,存在代码冗余、逻辑漏洞等问题,在复杂工况下,容易出现程序卡死、指

令错乱等现象。(3) 抗干扰能力弱是当前控制系统普遍存在的共性问题,工业现场的复杂环境的各类干扰,容易破坏系统的正常运行秩序。工业现场往往存在大量的电磁设备,这些设备运行时会产生强烈的电磁干扰,容易干扰传感器的信号采集和控制器的信号处理,导致信号失真、指令延迟,影响控制精度。并且,现场的温湿度波动、粉尘腐蚀、电压不稳定等因素,也会对系统的硬件和软件产生干扰,导致硬件性能下降、软件运行异常,尤其在高精度控制场景中,轻微的干扰就可能引发系统故障,影响生产质量。

3 机电自动化控制系统可靠性提升策略

3.1 机电自动化硬件系统可靠性提升策略

(1) 优选高质量元器件、规范选型与安装,是提升硬件系统可靠性的重要前提,也是从源头规避硬件故障的关键。元器件的质量直接决定硬件的运行稳定性,不能单纯追求成本控制而选用劣质元器件,要根据控制系统的运行工况、控制精度要求,筛选符合标准、性能稳定的优质元器件,优先选择口碑良好、质量有保障的厂家产品,确保元器件的各项参数与系统需求高度匹配。选型过程中,需充分考虑工业现场的环境特点,比如高温、高湿、多粉尘的场景,应选用耐高温、防水防尘的元器件,避免因环境适配性不足导致元器件快速老化。

(2) 优化硬件结构设计,提升抗损耗能力,是延长硬件使用寿命、提升可靠性的核心举措。传统硬件结构设计往往注重功能实现,忽视了抗损耗和抗干扰的设计,导致硬件在长期运行中易出现损耗过快、性能下降等问题。优化硬件结构设计,要结合系统的运行特点和现场环境,对硬件的布局、散热、防护等方面进行针对性设计^[3]。合理规划硬件布局,避免核心元器件相互干扰,并预留充足的散热空间,设计高效的散热结构,减少高温对元器件的损耗,防止因过热导致元器件性能衰减或损坏。(3) 加强硬件检测与老化筛选,是及时排查潜在隐患、保障硬件质量的重要环节,也是避免不合格硬件投入使用的关键防线。硬件元器件在生产、运输过程中,可能存在隐性质量问题,若直接投入使用,极易引发系统故障。因此,在硬件投入使用前,需建立全面的检测与老化筛选机制,对所有元器件进行严格检测,排查元器件的性能缺陷、参数偏差等问题,剔除不合格产品。

3.2 软件系统可靠性提升策略

(1) 优化编程逻辑、减少代码漏洞是提升软件系统可靠性的根本前提,也是从源头规避软件故障的核心举措。编程逻辑的合理性直接决定软件运行的稳定性,不能单纯追求功能实现而忽视逻辑严谨性,需摒弃传统固

化的编程模式,结合控制系统的控制需求,构建简洁、高效、严谨的编程逻辑。在编程过程中,注重代码的规范性和可读性,避免冗余代码堆积,减少因逻辑混乱、代码冲突引发的漏洞,同时强化逻辑校验设计,针对可能出现的异常场景,提前设置应对逻辑,避免程序因突发情况出现卡死、指令错乱等问题。(2) 完善软件测试与调试流程,是排查软件隐患、验证软件性能的关键环节,也是确保软件符合控制需求的重要保障。以往的软件测试多流于形式,仅在软件开发完成后进行简单测试,难以发现隐藏的深层漏洞,不能充分验证软件的可靠性。完善测试与调试流程,要构建全流程测试体系,将测试环节贯穿于软件开发的全过程,从需求分析、编程开发到初步成型,分阶段开展针对性测试。测试过程中,不仅要验证软件的基本功能是否达标,还要模拟工业现场的复杂工况,测试软件在极端环境、高负荷运行下的稳定性,排查潜在的漏洞和兼容性问题。调试环节则需针对测试中发现的问题,精准定位漏洞根源,科学优化编程逻辑和代码,确保软件能够适配硬件设备、满足控制需求,最大限度减少软件故障隐患。(3) 建立软件定期升级与维护机制,是延长软件使用寿命、持续提升可靠性的重要支撑,也是应对工况变化、弥补已知漏洞的关键举措。软件并非一成不变,随着工业生产需求的升级、硬件设备的更新以及已知漏洞的暴露,需建立常态化的升级与维护机制,避免软件因版本落后、漏洞未修复而影响系统可靠性。定期对软件进行全面排查,及时发现运行过程中出现的异常的问题,针对性开展维护工作,修复已知漏洞、优化运行性能。并且,根据生产需求和技术发展,定期对软件进行升级,完善软件功能、提升兼容性和稳定性,确保软件始终与硬件设备、生产工况保持适配,持续为机电自动化控制系统的可靠运行提供支撑,形成闭环管理。

3.3 抗干扰能力提升策略

(1) 电磁干扰是工业现场最主要的干扰来源,其传播范围广、影响程度深,容易对传感器信号采集、控制器指令处理和信号传输造成干扰,进而引发系统异常。电磁干扰抑制需从屏蔽、接地、滤波三个维度协同发力,形成立体式防护,而非简单叠加单一防护措施。屏蔽设计要结合干扰信号的传播路径,对控制系统的核心部件和信号线路进行针对性屏蔽,选用屏蔽性能较好的材料,减少电磁信号的穿透,以防外部电磁干扰侵入系统内部,并防止系统内部电磁信号对外扩散,避免部件间的相互干扰^[4]。(2) 接地设计是电磁干扰抑制的关键环节,合理的接地的能够快速导出干扰电流,降低干

扰信号对系统的影响。要摒弃传统粗放式的接地方式,根据不同部件的功能特点,设计独立的接地回路,确保接地电阻符合标准,避免因接地不良、接地混乱导致干扰信号堆积,进而引发信号失真、设备损坏等问题。滤波设计则主要针对信号传输过程中的杂波干扰,在信号线路上合理配置滤波器,筛选出有用信号,过滤掉杂波干扰,以保证信号传输的纯净度,减少干扰对控制指令精度的影响,让系统能够准确接收和执行各类指令。

(2) 环境适应性优化是提升系统抗干扰能力的重要补充,工业现场的温湿度波动、粉尘、水汽等环境因素,不仅会干扰系统信号传输,还会加速硬件老化、引发软件运行异常,进而降低系统可靠性。环境适应性优化需聚焦温湿度控制和防尘防水两大核心,结合现场环境特点制定个性化防护方案,而非照盲目搬通用标准。温湿度控制需根据控制系统核心部件的运行要求,配置精准的温湿度调节设备,保持系统运行环境的温湿度稳定,避免高温导致元器件性能衰减、低温造成线路老化,防止湿度超标引发的短路、腐蚀问题。(3) 防尘防水设计则需结合现场粉尘、水汽的浓度,对系统硬件设备进行针对性防护,优化设备密封结构,选用防尘防水性能优良的外壳和接口,减少粉尘、水汽侵入设备内部,避免硬件接触不良、线路腐蚀等问题。通过环境适应性优化,为控制系统营造稳定、安全的运行环境,减少环境因素带来的干扰,与电磁干扰抑制措施相互配合,全方位提升系统的抗干扰能力,为控制系统的可靠运行保驾护航。

3.4 管理与维护体系完善策略

(1) 全生命周期维护打破了传统维护的碎片化局限,不再局限于故障发生后的维修,而是覆盖系统选型、安装、运行、淘汰的每一个环节,形成“预防-维护-修复-优化”的完整闭环。在系统投入运行前,结合其运行工况和性能要求,制定个性化的维护方案,明确维护周期、维护内容和维护标准^[5]。在运行过程中,定期开展巡检维护,重点排查硬件老化、软件异常等潜在

隐患,及时进行处理,避免小隐患演变成大故障。(2) 加强操作人员专业培训,是完善管理与维护体系的重要支撑,操作人员的专业素养直接决定系统操作和维护的规范性。机电自动化控制系统结构复杂、技术含量高,对操作人员的专业能力提出了较高要求,不能简单开展模板化培训,需结合系统的具体结构、运行原理和操作流程,开展个性化、针对性的培训。(3) 完善故障监测与预警系统,是实现维护工作主动化、智能化的关键,也是降低故障损失的重要举措。传统的故障排查多依赖人工巡检,效率低下,且难以发现隐蔽性较强的潜在隐患。完善故障监测与预警系统,需结合系统的运行特点,配置精准的监测设备,实时采集系统的运行参数、硬件状态、软件运行情况等各类数据,通过数据分析识别异常信号,及时发出预警信息。

结语

综上所述,机电自动化控制系统的可靠性是系统长效稳定运行的核心,也是工业生产高质量发展的重要保障。未来,还需结合技术发展趋势,进一步优化提升策略,融入智能化监测、大数据分析等新技术,推动控制系统可靠性向更高水平发展,为工业生产的智能化、精细化发展提供更有力的支撑。

参考文献

- [1]刘侠.电气自动化控制系统的可靠性分析与提升策略研究[J].中国井矿盐,2025,56(4):28-29.
- [2]付兴,穆宇森.基于电气自动化技术的照明系统可靠性与安全性提升策略[J].光源与照明,2026,(2):38-40.
- [3]索鹏程.基于PLC的机械电气自动化控制系统可靠性提升策略[J].中国金属通报,2025,(12):116-118.
- [4]李小君,冯国君,胡宁.基于物联网技术的电气自动化控制系统可靠性提升策略探讨[J].仪器仪表用户,2025,32(5):138-139+142.
- [5]原伟丽,郝喜彬,信传明.电力工程中自动化控制技术的集成应用与可靠性提升研究[J].消费电子,2026,(8):158-160.