

# 建筑电气自动化系统的可靠性优化

吕恩点

河北建设集团装饰工程有限公司 河北 保定 100020

**摘要：**建筑电气自动化系统的可靠性直接影响建筑功能的稳定运行。本文分析了影响该系统可靠性的关键因素，包括设备选型、系统设计、环境及人员操作。针对这些因素，提出优化策略：设备选型注重兼容性与参数匹配，系统设计强化架构合理性与冗余设计，环境优化通过改善运行条件与监测预警，人员管理加强培训与规范流程。研究为提升建筑电气自动化系统的稳定性与安全性提供了实践参考。

**关键词：**建筑电气；自动化系统；可靠性优化

引言：随着智能建筑的快速发展，建筑电气自动化系统在能源管理、设备控制、安全保障等方面发挥着核心作用，其可靠性成为衡量建筑智能化水平的关键指标。然而，当前系统运行中常因设备选型不当、设计缺陷、环境影响及人为操作失误等问题，导致故障频发，影响建筑功能的正常发挥。因此，深入分析影响系统可靠性的各类因素，探索科学有效的优化策略，对减少故障发生率、延长系统寿命、提升建筑运行效率具有重要意义。本文围绕建筑电气自动化系统的可靠性展开研究，旨在为系统的稳定运行提供理论与实践支持。

## 1 建筑电气自动化系统概述

建筑电气自动化系统是基于现代控制理论、通信技术与计算机技术，对建筑内电气设备及相关系统进行集中监控、自动调节与智能管理的综合系统。其核心构成包括传感器、控制器、执行器等硬件设备，以及数据采集、逻辑运算、远程控制等软件模块，通过总线网络实现各子系统的信息交互与协同运行。该系统覆盖范围广泛，涵盖供配电系统、照明系统、空调通风系统、给排水系统、消防系统及安防系统等，可实现对设备运行状态的实时监测、能耗的动态调控、故障的自动报警与应急处理等功能。在智能建筑中，其作用尤为关键：一方面通过优化设备运行参数，降低能源消耗，提升建筑的节能环保性能；另一方面通过集中化管理，减少人工干预，提高系统运行效率与响应速度。随着物联网与人工智能技术的融入，现代建筑电气自动化系统正朝着数字化、网络化与智能化方向发展，其集成度与复杂度不断提升，对系统的稳定性、安全性与可靠性提出了更高要求，成为支撑建筑高效、安全、舒适运行的核心基础设施<sup>[1]</sup>。

## 2 影响建筑电气自动化系统可靠性的因素

### 2.1 设备选型因素

#### 2.1.1 设备质量参差不齐

市场上建筑电气自动化系统相关设备供应商众多，产品质量差异显著。部分厂商为降低成本，使用劣质元器件或简化生产工艺，导致设备抗干扰能力弱、运行稳定性差。一些低价设备在长期高负荷运行中易出现部件老化、功能失效等问题，增加系统故障概率，且不同批次设备质量波动大，给系统整体可靠性埋下隐患。

#### 2.1.2 设备兼容性问题

不同品牌、型号的设备在设计标准、通信协议、接口规格等方面存在差异，集成时易出现兼容性问题。例如，传感器采集的数据无法被控制器识别，执行器与控制指令不匹配，导致子系统间信息传递中断或指令执行偏差，造成系统联动失效，影响整体协调运行，甚至引发局部功能瘫痪。

#### 2.1.3 设备额定参数不匹配

设备额定参数与实际运行需求不匹配是常见问题。若选型时未充分考虑建筑负荷变化、环境条件等因素，可能出现控制器额定功率不足、传感器测量范围与实际需求偏差过大等情况。这会导致设备长期处于超载或低效状态，加速设备损耗，降低运行稳定性，增加故障发生的可能性。

## 2.2 系统设计因素

### 2.2.1 系统架构不合理

部分建筑电气自动化系统架构设计缺乏全局规划，存在层级混乱、节点冗余或链路单一等问题。例如，核心控制器与子系统采用星型拓扑连接时，中心节点故障会导致整体瘫痪；或因未按功能模块划分区域，造成数据传输延迟、指令响应滞后，降低系统运行效率与抗风险能力。

### 2.2.2 冗余设计不足

冗余设计缺失或不完善会使系统抗故障能力薄弱。如关键设备未设置备用单元，某一控制器或通信链路失

效后,无替代模块及时接管功能,导致局部系统停运;电源冗余设计不到位,突发断电时备用电源切换延迟或失效,引发数据丢失或设备非正常停机。

### 2.2.3 电磁兼容性设计不完善

系统设计中若忽视电磁兼容性,易受内部设备与外部环境的电磁干扰。例如,强电设备与弱电控制系统布线间距不足,产生电磁耦合;未采用屏蔽线缆或接地措施不当,导致传感器信号失真、控制器误动作,影响系统数据采集与指令执行的准确性。

## 2.3 环境因素

### 2.3.1 温度与湿度影响

设备运行环境温度超出额定范围时,会导致元器件性能下降、绝缘老化加速,高温还可能引发散热不良,造成电路过载。湿度过高易使设备内部出现凝露,腐蚀金属部件、短路电路;湿度过低则会产生静电,干扰电子信号传输,影响系统控制精度与稳定性<sup>[2]</sup>。

### 2.3.2 灰尘与腐蚀性气体

空气中的灰尘长期堆积在设备内部,会堵塞散热通道,导致设备温升过高,同时覆盖电路板触点,增加接触电阻引发故障。工业建筑或污染区域的腐蚀性气体,会侵蚀设备金属外壳与内部线路,破坏绝缘层,缩短设备使用寿命,甚至引发漏电等安全隐患。

### 2.3.3 电磁干扰

周边大功率电气设备、通信基站等产生的电磁辐射,会干扰系统内弱电信号的传输。例如,高频电磁波可能导致传感器数据失真、控制器指令误触发,使设备运行出现异常波动,严重时会造成系统逻辑混乱,引发自动控制功能失效。

## 2.4 人员操作因素

### 2.4.1 操作失误

操作人员对系统功能不熟悉或违反操作规程,易引发误操作。例如,误触关键控制按钮导致设备突然启停,参数设置错误造成系统运行逻辑紊乱,或在手动干预时未同步更新自动控制程序,引发设备冲突运行,这些失误可能直接导致局部功能中断甚至系统瘫痪。

### 2.4.2 维护不到位

日常维护缺乏规范性与周期性,会使设备隐患难以及时发现。如未定期清洁传感器导致数据采集偏差,忽视线路接头检查引发接触不良,或未按要求更换老化元器件,可能使小故障逐渐扩大为系统性问题,增加故障修复难度与停机时间,降低系统运行可靠性。

### 2.4.3 应急处理能力不足

面对系统突发故障时,工作人员若缺乏专业知识与

应急预案,易出现判断失误或处理迟缓。例如,未能快速定位故障点、误判故障原因导致错误操作,或在断电、火灾等紧急情况下,无法及时启动备用系统,会加剧故障影响范围,延长恢复时间,甚至引发安全事故。

## 3 建筑电气自动化系统可靠性优化策略

### 3.1 设备选型优化

#### 3.1.1 确保设备兼容性

在设备选型阶段,需建立统一的技术标准,优先选择同一品牌或经过认证的兼容系列产品,减少因通信协议、接口规格差异导致的集成问题。同时,在采购前进行模拟测试,通过搭建临时测试环境,验证不同设备间的数据传输效率、指令响应一致性及协同运行稳定性。对于多品牌混合组网场景,应选用支持通用协议(如Modbus、BACnet)的设备,并配备协议转换器,确保传感器、控制器、执行器等各环节信息交互无阻碍,从源头避免因兼容性不足引发的系统联动失效<sup>[3]</sup>。

#### 3.1.2 合理匹配设备额定参数

设备选型需结合建筑实际运行需求,通过负荷计算确定设备额定参数。例如,控制器额定功率应预留10%-20%的余量,以应对短期负荷波动;传感器测量范围需覆盖实际工况的极值,确保数据采集的准确性。同时,考虑环境因素对参数的影响,如高温环境下选用耐高温等级更高的元器件,潮湿环境中优先选择防潮型设备。通过参数的精准匹配,避免设备长期处于超载或低效运行状态,降低因参数不匹配导致的故障风险,延长设备使用寿命。

### 3.2 系统设计优化

#### 3.2.1 采用合理的系统架构

系统架构设计应遵循模块化与分层化原则,按功能划分为供配电、照明、安防等独立子系统,各子系统通过主干网实现数据互通,避免单一节点故障影响全局。采用分布式控制架构,将控制功能分散到各区域控制器,减少中央控制器的负荷压力。同时,优化通信链路设计,核心线路采用环形拓扑提高容错能力,分支线路采用星型拓扑便于维护,确保数据传输路径清晰、冗余适度,提升系统整体响应速度与抗干扰能力。

#### 3.2.2 加强冗余设计

针对关键设备与链路实施多级冗余策略,如为核心控制器配置热备份单元,主备设备实时同步数据,故障时自动切换且切换时间控制在毫秒级;通信网络采用双总线冗余,主总线故障后备用总线立即接管传输任务。电源系统设计不间断电源(UPS)与双回路供电,确保突发断电时设备持续运行。此外,在软件层面设置冗余校验机制,对关键数据进行多重备份与校验,防止数据丢

失或错误,通过硬件与软件的双重冗余,显著降低系统单点故障风险。

### 3.2.3 完善电磁兼容性设计

在电路设计中采用隔离技术,通过光电耦合器、隔离变压器等元件分离强电与弱电回路,减少电磁传导干扰。布线时严格区分动力电缆与控制电缆,间距保持在0.5米以上,平行敷设时采用屏蔽层接地处理;敏感设备如传感器、控制器外壳采用金属屏蔽,屏蔽层与接地网可靠连接,降低电磁辐射干扰。同时,在设备电源端安装滤波器,抑制高频干扰信号侵入,通过硬件隔离、布线规范与滤波措施的结合,构建全方位的电磁防护体系,确保系统在复杂电磁环境中稳定运行。

## 3.3 环境适应性优化

### 3.3.1 改善设备运行环境

针对设备对温湿度的敏感特性,在机房、控制柜等关键区域安装恒温恒湿空调系统,将温度控制在15-30°C,相对湿度保持在40%-60%,避免凝露或过度干燥对元器件的损害。同时,定期对设备运行空间进行清洁除尘,采用密封式机柜减少灰尘侵入,在腐蚀性气体浓度较高的区域,设置气体净化装置,降低有害气体对设备金属部件和线路的侵蚀,为设备提供稳定洁净的运行环境。

### 3.3.2 电磁防护措施

在系统周边合理规划设备布局,将大功率电气设备与弱电控制系统保持安全距离,一般不小于5米,减少电磁辐射直接影响。对敏感线路采用穿金属管敷设或屏蔽电缆,屏蔽层两端可靠接地,接地电阻控制在4Ω以下,增强对电磁干扰的阻隔能力。此外,在变压器、电机等强电磁源附近安装电磁屏蔽罩,通过物理隔离削弱电磁信号的传播,从空间布局和线路防护两方面构建电磁防护屏障。

### 3.3.3 环境监测与预警

在设备运行环境中部署温湿度传感器、灰尘浓度探测器、电磁强度监测仪等装置,实时采集环境参数并传输至中央监控系统。系统设置多级预警阈值,当参数超出正常范围时,自动触发声光报警并推送信息至管理人员手机终端。同时,结合历史数据建立环境变化趋势模型,提前预判可能出现的异常情况,为主动维护提供数据支持,通过实时监测与预警,将环境因素对系统的影响控制在最小范围。

## 3.4 人员管理优化

### 3.4.1 加强人员培训

构建系统化的培训体系,针对不同岗位制定分层培训内容:操作岗重点培训设备功能、操作界面及基础参

数设置,确保熟练掌握日常启停、模式切换等操作;维护岗深入讲解系统架构、元器件原理及故障诊断方法,通过实操演练提升线路检测、模块更换等技能。定期组织技术交流活动,邀请厂家技术人员开展新设备、新技术培训,结合案例分析强化对常见故障成因的理解。

### 3.4.2 建立规范的操作流程与维护制度

制定标准化操作手册,明确设备启停顺序、参数调整范围、手动/自动模式切换条件等关键操作步骤,配套图文说明与视频教程,确保操作有据可依。建立分级维护制度:日常维护由值班人员每日检查设备运行状态、清洁表面灰尘;定期维护按季度开展线路绝缘检测、传感器校准、软件版本更新等深度保养;专项维护针对高负荷设备(如控制柜、UPS电源)进行年度全面检修。同时,引入信息化管理系统记录维护内容、时间及责任人,形成可追溯的维护档案,通过流程规范化与维护常态化,降低人为疏漏引发的故障风险。

### 3.4.3 提高应急处理能力

制定覆盖断电、设备宕机、数据传输中断等场景的应急预案,明确故障响应流程、各岗位职责及协作机制,定期组织实战演练(如模拟控制器故障时的备用系统切换),提升团队协同处置能力。配备应急工具包(含备用模块、测试仪器、通讯设备),确保故障发生时能快速取用。建立与厂家技术支持的联动机制,对于复杂故障可通过远程诊断或现场支援加速解决。通过预案演练与资源储备,缩短故障排查与恢复时间,最大限度降低突发故障对系统运行的影响<sup>[4]</sup>。

## 结束语

综上所述,建筑电气自动化系统的可靠性优化是一项系统性工程,需从设备选型、系统设计、环境适应及人员管理等多维度协同发力。通过科学选型、合理设计、环境调控与规范管理,可有效降低故障风险,提升系统稳定性。随着智能化技术的不断发展,结合大数据与AI的预测性维护、自适应控制等新技术将为可靠性优化提供更多可能

## 参考文献

- [1]张玲玲.电气自动化控制系统的应用和发展[J].中国设备工程,2022(21):115-117.
- [2]何子康.浅谈电气自动化控制系统的应用及发展[J].南方农机,2022,53(09):180-182.
- [3]卢超龙.电气自动化控制系统的应用与发展研究[J].中国高新科技,2021(19):56-57.
- [4]冷富强.电气自动化控制系统的应用及发展趋势[J].光源与照明,2021(03):110-111.