

智能家居用电安全实时监测与自适应控制系统研究

焦灵侠

西安工商学院, 陕西 西安 710000

DOI:10.61369/ETI.2026020014

摘 要 : 随着智能家居普及, 家庭用电设备增多、环境复杂化, 用电安全隐患凸显, 传统监测与控制模式已无法满足需求。本文设计智能家居用电安全实时监测系统, 构建自适应控制系统, 实现用电数据多维度采集、实时处理、风险精准识别及分级自适应控制。该系统可有效解决传统模式实时性差、防护被动、协同不足等问题, 提升家居用电安全水平, 推动智能家居安全化、智能化发展, 具有重要的工程应用价值与实践意义。

关 键 词 : 智能家居; 用电安全; 实时监测; 自适应控制; 风险识别

Research on Real-time Monitoring and Adaptive Control System for Smart Home Electrical Safety

Jiao Lingxia

Xi'an Technology and Business College, Xi'an, Shaanxi 710000

Abstract : With the widespread adoption of smart homes, the increasing number of household electrical devices and growing environmental complexity have highlighted the risks of electrical safety hazards, rendering traditional monitoring and control methods inadequate. This paper designs a real-time electrical safety monitoring system for smart homes, establishing an adaptive control system capable of multi-dimensional data collection, real-time processing, precise risk identification, and hierarchical adaptive control. The system effectively addresses the shortcomings of conventional approaches—such as poor real-time performance, passive protection, and insufficient coordination—enhancing household electrical safety, advancing the secure and intelligent development of smart homes, and holding significant engineering application value and practical importance.

Keywords : smart home; electricity safety; real time monitoring; adaptive control; risk identification

引言

当前, 智能设备与大功率电器广泛进入家庭, 智能家居已成为居住生活主流趋势, 但随之而来的用电安全问题日益突出, 线路老化、过载、漏电等隐患易引发安全事故, 威胁人身与财产安全。传统用电保护手段存在监测滞后、防护被动、设备协同性差等弊端, 难以适配复杂多变的家居用电场景。在此背景下, 开展智能家居用电安全实时监测与自适应控制系统研究, 构建科学高效的安全防护体系, 成为破解当前用电安全难题、推动智能家居高质量发展的关键举措。

一、智能家居用电安全核心需求

现代居住场景对电力供给的稳定与可靠提出更高要求, 各类智能设备与大功率电器普及, 使家庭用电环境复杂度持续提升, 安全保障成为智能家居建设的基础前提。居住者不仅需要稳定电力支撑, 更需全天候、无死角的安全防护, 提前识别线路老化、漏电等潜在风险, 避免隐患演变为事故。不同空间、设备的用电行为存在差异, 潮湿区域与普通区域防护重点不同, 需针对性监测保护策略, 兼顾舒适性与安全性^[1]。随着储能设备、充电装置进入家庭, 传统被动保护模式难以覆盖新型用电场景, 主动预警、快速响应成为刚需。系统需在干扰生活的前提下, 完成风险识别、分级预警与远程告知, 让用户随时掌握用电状态。安全

机制还需具备学习适配能力, 结合用户作息与环境变化动态调整, 同时强化特殊群体防护, 构建全场景用电安全屏障, 为智能家居高质量发展筑牢基础。

二、智能家居用电安全现状

(一) 用电监测手段传统, 实时性与智能化不足

当前家庭用电监测大多依赖基础计量与保护装置, 信息采集维度单一、传输延迟明显, 难以满足精细化安全管理需求。传统设备仅能记录总体用电情况, 无法区分回路与设备级用电状态, 对局部异常、隐性故障感知薄弱。数据采集以固定周期上报为主, 缺少连续追踪与动态捕捉能力, 瞬时波动、渐变异常等关键

信息易被忽略，风险发现存在明显滞后。监测终端缺少协同，数据分散存储，用户难以全面掌握整体用电安全状况^[2]。

（二）隐患预警机制滞后，主动防护能力薄弱

现有用电安全体系以事后处置为主，主动预防与前置防护能力不足。预警多依赖极端参数超标，缺少早期苗头识别与渐进式提醒，难以防患于未然。预警渠道单一，仅本地提示，远程用户无法及时接收，易错过最佳处置窗口。内容多为简单告警，缺乏风险定位、影响范围与处置建议，用户难以快速行动。系统无风险等级划分，异常均采用相同响应，易过度防护或防护不足^[3]。

（三）设备控制缺乏协同，自适应调节水平较低

家庭用电设备与保护装置多为独立运行，品牌与协议差异形成控制孤岛，难以实现统一调度与协同防护。不同设备遵循各自控制逻辑，异常时各自响应，易出现动作冲突、保护失效或不必要断电，影响系统稳定性与用电连续性。控制策略以固定规则为主，缺乏对环境、用户行为及用电状态的综合适配，无法动态调整以适配实际场景^[4]。大功率设备集中启动、多回路同时加载易引发负荷波动，系统缺少智能削峰与顺序调节机制，增加过载与跳闸风险。

三、智能家居用电安全实时监测系统设计

（一）用电安全监测总体架构设计

科学合理的总体架构是监测系统稳定运行的基础，采用分层协同、云端结合的思路搭建全域感知与智能处理体系，如图1所示。

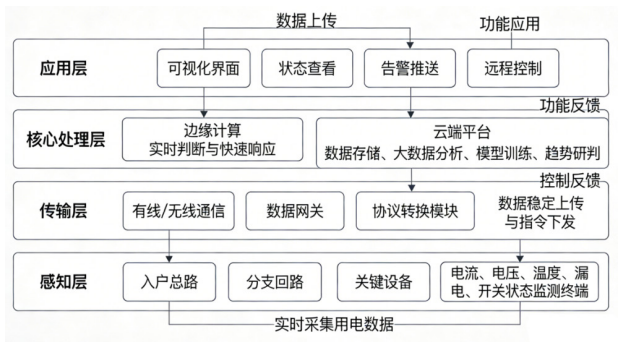


图1：整体框架图

架构以安全保障为核心，覆盖数据采集、传输、处理、分析、展示全流程，实现用电状态可感、可知、可控。底层部署多元化感知终端，覆盖入户总路、分支回路与关键设备，完成各类参数与设备状态的不间断采集，确保信息无死角。中间层负责数据可靠传输与协议转换，兼容多种通信方式，保障采集信息稳定上传与控制指令顺畅下达。核心处理层整合边缘计算与云端算力，本地端实现快速响应与实时判断，云端承担大数据分析、模型训练与长期趋势研判，提升处理效率与决策精度^[5]。应用层为用户提供可视化界面与远程操作入口，支持状态查看、告警推送等功能，降低使用门槛。架构兼顾扩展性与兼容性，支持终端新增与功能升级，适配不同家居场景，通过模块化设计降低耦合度，提升维护与故障定位效率，以实时性、准确性、可靠性为目

标，构建完整的安全监测体系。

（二）多维度用电数据采集模块设计

数据采集模块是监测系统的感知神经，通过全方位、高精度信息获取为安全判断提供坚实支撑。采集终端覆盖电流、电压、功率、漏电、温度、电弧等关键指标，兼顾常规参数与隐性风险特征，全面还原用电真实状态。总回路、分支回路与关键设备采集形成点线面结合的网络，实现整体监控、分区定位与重点防护。传感器选用高灵敏度、高稳定性元件，保障长时间连续工作精度，可捕捉微小波动与渐变异常^[6]。采集频率根据安全需求动态调整，平衡准确性与资源消耗，模块具备数据预处理能力，通过滤波、去噪与校验剔除干扰信号，提升上传数据质量。同时支持断点续传与本地缓存，避免网络波动造成数据丢失，确保信息完整。采集终端采用低功耗设计，减少能耗与发热，安装便捷通用，无需大规模改造即可适配新旧家居环境，通过标准化接口与协议，保证与后续处理模块无缝对接，为风险识别与安全决策提供高质量数据支撑。

（三）实时数据处理与风险识别模块设计

实时数据处理与风险识别是监测系统的核心大脑，通过高效运算与智能算法实现异常快速锁定与风险精准判断。模块采用流式处理架构，对持续上传的数据逐帧解析对比，确保异常出现瞬间被捕捉。建立多维度判断模型，结合阈值判断、趋势分析等方式，全面识别过载、漏电、过热等典型风险，针对不同设备与场景建立专属特征库，提升识别准确率，减少误报漏报。处理过程兼顾速度与深度，边缘端实现毫秒级响应以满足即时保护需求，云端持续优化算法模型^[7]。模块具备风险等级评估功能，根据异常程度、持续时间等自动划分级别，为后续控制提供依据，同时支持风险溯源与路径分析，辅助故障排查。处理结果同步推送至展示界面与控制模块，实现监测与响应无缝衔接，系统自带运行自检机制，定期检查处理流程与算法状态，通过持续学习迭代，适应家庭用电习惯变化，保持风险识别的精准性与时效性。

四、智能家居用电安全自适应控制系统构建

（一）基于风险等级的自适应控制逻辑构建

自适应控制逻辑以风险等级为核心依据，实现差异化、精细化响应，平衡安全防护与用电连续性，如图2所示。

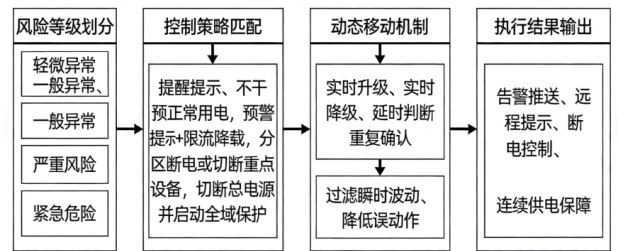


图2：自适应控制逻辑框架图

系统根据风险识别结果自动划分等级，针对轻微异常、一般异常、严重风险、紧急危险制定对应控制策略。轻微异常以提醒为主，不干预正常用电，引导用户关注并适时检查。一般异常启

动预警提示，同时采取限流、降载等温和调节措施，缓解风险扩大，避免不必要断电。严重风险执行分区断电或重点设备切断，隔离故障区域，保护非故障部分正常运行^[8]。紧急危险立即启动全域保护，切断总电源并发出强提醒，保障人身与财产安全。控制逻辑具备动态调整能力，根据风险变化实时升级或降级响应，避免僵化执行造成不便。融入延时判断与重复确认机制，对瞬时波动与短暂干扰过滤处理，降低误动作概率。支持用户自定义参数，在安全框架内适配个性化使用习惯，提升接受度。逻辑设计遵循安全优先、最小干预原则，在消除风险前提下尽可能保障生活用电连续性，实现安全与便捷的统一。

（二）用电设备智能联动保护体系构建

智能联动保护体系打破设备独立运行格局，通过协同动作构建一体化防护网络，提升整体安全响应能力。体系以安全网关为中枢，整合监测终端、保护装置、用电设备与报警组件，实现指令同步与动作协同。当异常发生时，系统按照预设路径快速下达指令，相关设备同步响应，形成立体防护效果。对大功率设备、高危设备优先管控，故障出现时优先切断或降载，从源头降低风险。分区联动机制确保故障局限在最小范围，避免单点异常影响全屋用电。联动策略结合场景特点优化，厨房、卫生间等区域强化漏电与过热保护，卧室、客厅侧重过载与无人状态管控^[9]。支持场景化联动模式，离家、睡眠、会客等状态自动切换防护强度，适配不同生活节奏。联动过程具备状态反馈与动作确认功能，确保指令执行到位，避免失效或遗漏。体系兼容不同品牌与协议设备，通过统一转换实现跨设备协同，降低部署门槛。通过有序联动、精准防护、分区隔离，提升系统整体响应速度与保护效果。

（三）安全自适应优化与决策机制构建

自适应优化与决策机制赋予系统自我进化能力，在长期运行

中持续提升防护效果与适配水平。机制基于历史数据与实时状态，不断优化监测参数、预警阈值与控制策略，减少人工调整。通过学习用户用电习惯，自动区分正常波动与异常行为，提升判断精准度，降低误报率。结合环境变化、设备老化、季节更替等因素，动态调整保护强度与响应速度，保持最佳运行状态。系统具备故障自愈与容错能力，局部终端异常时自动切换备用方案，保证整体功能不中断。决策过程综合安全等级、用电需求、设备状态与用户习惯，多目标平衡得出最优方案^[10]。支持远程升级与模型更新，融入新的安全算法与保护逻辑，适应技术发展与新型风险，同时自动生成安全报告与优化建议，帮助用户了解用电状况与潜在隐患。机制遵循稳定可靠、简洁高效原则，后台静默运行不干扰使用，通过持续学习、自主优化与智能决策，实现用电安全保障从被动响应到主动预防、从固定规则到自适应调节的升级。

五、结语

本文围绕智能家居用电安全需求，针对现有监测与控制体系的不足，完成了实时监测系统设计与自适应控制系统构建，实现了用电数据精准采集、风险快速识别及分级自适应防护。该系统有效弥补了传统模式的短板，提升了家居用电安全的主动性与智能化水平。未来可进一步优化算法模型，提升复杂场景下风险识别精度，推动系统与新型家居设备的深度适配，为智能家居用电安全提供更全面、可靠的技术支撑。

参考文献

[1] 夏成羿, 周新宇. 基于物联网技术的智能家居电气自动化系统研究 [J]. 质量与市场, 2025, (12): 88-90.
[2] 刘爱民, 刘东海, 顾祖新, 等. 基于人工智能的智慧住宅系统设计研究 [J]. 住区, 2025, (06): 119-126.
[3] 陈军. 电工电子技术在智能控制系统中的应用与优化策略 [J]. 造纸装备及材料, 2025, 54(12): 82-84.
[4] 王腾飞. 基于 STM32 的智能家居灯光控制系统设计 [J]. 电子技术, 2025, 54(12): 56-57.
[5] 刘翔, 张义宽, 陈浩. 智能家居系统设计与实现 [J]. 微型电脑应用, 2025, 41(12): 277-281.
[6] 吴志恒. 智能家居环境下电器自动化控制系统的安全性设计与保护机制研究 [J]. 塑料包装, 2025, 35(06): 143-145.
[7] 梁荣杰. 智能家居背景下电力安装工程智能化升级路径探讨 [J]. 家电维修, 2025, (10): 95-97.
[8] 金煜, 焦康威. 智能用电互动模式及安全性研究 [J]. 电工技术, 2025, (16): 174-183+187.
[9] 彭岚峰, 章小宝. 面向智能应用的电力通信数据传输方案设计 [J]. 现代电子技术, 2025, 48(11): 23-28.
[10] 陈卓恒. 基于物联网的数据中心服务器群实时监控与控制技术研究 [J]. 中国宽带, 2025, 21(02): 136-138.