

# 智能配电系统中自动化控制的可靠性提升路径及实践

王琦

上海函倍物业管理有限公司，上海，200001；

**摘要：**新型电力系统建设背景下，智能配电系统自动化控制的可靠运行成为电网安全稳定的核心支撑。当前配电自动化系统在实际运行中仍面临设备兼容性不足、通信链路稳定性欠佳、控制策略适应性不强、运维体系不完善等问题，直接影响配电网络的供电连续性与故障处置效率。提升自动化控制可靠性作为保障智能配电系统高效运行的关键手段，其核心价值在于实现硬件设备、通信网络、控制算法与运维管理的协同优化。本文以智能配电系统工程应用为实践载体，明确自动化控制可靠性提升的核心内涵，阐释其在供电保障、故障防御、效率提升与安全管控方面的关键意义，从设备选型优化、通信架构重构、控制策略完善、运维体系升级四个维度探索可靠性提升的实践路径，为推动智能配电自动化系统稳定运行、支撑新型电力系统高质量发展提供可行的工程方案与理论参考。

**关键词：**智能配电系统；自动化控制；可靠性提升

**DOI：**10.69979/3029-2727.26.02.075

随着新型电力系统建设向纵深推进，配电环节作为连接电网与用户的关键载体，其自动化、智能化水平直接决定电网供电质量与服务能力。智能配电系统自动化控制技术的广泛应用，实现了配电网络运行状态实时监测、故障快速定位隔离与负荷优化调控，但在工程实践中，设备运行稳定性、通信传输可靠性、控制逻辑适配性及全生命周期运维等层面的问题仍未得到系统性解决，制约了配电自动化系统功能效能的充分释放<sup>[1]</sup>。提升自动化控制可靠性作为重构智能配电系统运行生态的重要举措，其核心要义在于推动设备层、通信层、控制层与运维层的深度融合与协同发力。基于此，本文立足智能配电工程实际应用场景，结合典型配电自动化系统架构与运行案例，聚焦硬件设备可靠性、通信网络稳定性、控制策略科学性与运维管理规范四大核心维度，系统探索自动化控制可靠性提升的实践路径与操作策略，为增强电网供电保障能力、提升故障处置效率、推动配电网络高质量运行提供理论支撑与工程指导。

## 1 智能配电系统自动化控制可靠性提升内涵

智能配电系统自动化控制可靠性提升是以电网安全稳定运行为核心目标的技术体系与管理模式革新，实现设备、通信、控制、运维四大要素的有机协同与整体优化。技术实施主体需将可靠性目标、技术方案、运行管控与评价体系进行系统性整合，使各环节在技术逻辑与工程实践上保持高度一致。智能配电自动化控制可靠性提升理念强调以电网安全运行与用户可靠用电为导向，通过科学选型适配硬件设备、构建稳定高效通信传

输通道、设计鲁棒性控制算法、建立全周期运维管控机制，形成“目标引领设计、设计保障运行、运行驱动优化、优化反哺目标”的闭环管控体系，最终实现设备运行稳定化、通信传输高效化、控制决策精准化、运维管理规范化的统一，为智能配电系统自动化控制可靠性持续提升提供核心技术与管理支撑<sup>[2]</sup>。

## 2 智能配电系统自动化控制可靠性提升的重要性

### 2.1 保障供电连续稳定，筑牢电网运行根基

智能配电系统自动化控制可靠性提升以电网安全供电为根本目标，有效解决传统配电系统中故障响应滞后、运行状态不明、调控手段单一等突出问题。通过对馈线终端、配电终端、测控装置等核心设备进行可靠性优化，结合实时通信与精准控制策略，实现配电网络运行状态全维度感知、异常情况快速预警与故障区域自动隔离，最大限度缩短停电时间、缩小停电范围。这种以可靠性为核心的运行管控模式，使配电系统从被动故障处置转向主动安全防御，确保电网始终处于稳定运行区间，为用户提供连续、优质、可靠的电力供应，夯实新型电力系统建设的配电侧基础。

### 2.2 提升故障处置效能，增强电网应急能力

可靠性提升体系构建了“监测—预警—诊断—处置—恢复”的全流程故障管控闭环，打破传统配电故障处理中人工排查、分段试投、逐级隔离的低效模式。借助自动化控制技术与可靠性保障机制，系统可实时采集线

路电流、电压、开关状态等关键运行数据，通过预设逻辑与智能算法快速判定故障类型与位置，自动执行分闸、合闸、负荷转移等控制指令。运维人员可基于实时数据与故障信息开展精准处置，无需现场逐段排查，显著缩短故障定位与供电恢复时长，全面提升配电网应对突发故障与极端工况的应急处置能力<sup>[3]</sup>。

### 3 智能配电系统自动化控制可靠性提升策略研究

#### 3.1 聚焦设备本质安全，构建硬件支撑的可靠性体系

新型电力系统背景下，硬件设备可靠性是智能配电自动化控制稳定运行的物理基础。工程实施主体需以系统长期可靠运行为核心，结合配电网运行工况与环境特征，搭建设备选型、安装调试、运行监测、状态评估全周期硬件保障框架，实现设备性能、运行环境与控制需求的高度匹配，为自动化控制功能可靠执行提供坚实硬件支撑。

首先，在终端设备选型与配置环节，需综合考量运行环境温度、湿度、电磁干扰等外部条件，优先选择通过权威检测认证、具备宽温运行、强抗干扰能力的配电终端、测控装置、开关设备等核心硬件。针对户外、高湿、强干扰等特殊运行场景，采用密封加固、电磁屏蔽、防雷保护等强化设计，提升设备对恶劣环境的适应能力。同时按照关键设备冗余配置原则，对核心测控单元、电源模块、通信模块进行双备份或多备份设计，避免单点故障引发系统控制失效。

其次，设备安装与调试阶段严格遵循工程技术规范，开展接地系统、布线工艺、防护等级等全要素质量管控，消除安装环节潜在隐患。调试过程覆盖设备单体功能、通信对接、联动控制、故障响应等全场景测试，确保设备参数配置准确、功能运行正常、指令执行可靠。

最后，建立设备状态在线监测和周期性评价机制，实时采集设备运行电压、电流、温度、绝缘性能等主要参数，用趋势分析和异常判定模型提前发现潜在的故障隐患。根据设备运行年限、工况条件、检修记录来开展状态评价工作，形成差别化的检修及更换计划，由原来的定期检修向现在的状态检修转变，从而加强设备运维的针对性与有效性。创建设备全生命周期管理档案，对选型、安装、运行、检修、更换等全过程的信息进行记载，给设备的合理配置以及运维决策赋予数据支撑。依靠设备本质安全改善和全周期管理，从物理层面清除硬件故障造成的控制失效风险，保证自动化控制系统一直

稳定地运作，创建起“硬件可靠支撑控制、控制精准驱动设备”的良性循环，给智能配电系统自动化控制可靠性筑牢底层根基。

#### 3.2 重构通信传输架构，打造稳定高效的数据传输通道

通信网络是配电终端和主站系统之间的纽带，传输稳定、实时是通信网络保证自动化控制指令准确执行的前提。根据智能配电系统多终端接入、大数据量传输、高实时性要求的运行需求，从通信架构优化、链路冗余设计、协议标准化改造、安全防护强化四个方面入手，构建高可靠、低时延、广覆盖的通信传输体系，保证运行数据和控制指令的稳定传输。

首先，对通信网络拓扑结构进行优化，根据配电网覆盖范围、终端分布密度、数据传输需求等条件，采用光纤通信、电力载波、无线专网等通信方式互相补充的方式组网。核心区域、关键节点优先采用光纤通信，保证传输带宽和稳定性，终端分散、布线困难区域采用无线专网或者电力载波，提高覆盖能力、部署灵活性。采用多种通信方式配合使用，保证通信的可靠性、覆盖范围和建设成本，满足不同场景下数据传输的要求。

其次，对通信链路进行冗余备份，采用双链路或者多链路的方式，主链路和备用链路采用不同的通信方式或者物理路径，防止单条链路中断造成数据传输中断。配置链路自动切换，主链路出现时延超标、丢包率过高等异常时，系统自动切换到备用链路，保证数据传输不中断、控制指令不延误。

最后，强化通信网络安全防护，构建边界防护、传输加密、终端认证三位一体的安全防御体系。部署防火墙、入侵检测、安全审计等网络安全设备，防范外部非法入侵与恶意攻击；对关键运行数据与控制指令采用加密传输，防止数据窃取与篡改；对接入终端进行身份认证与权限管理，杜绝非法终端接入引发安全风险。同时建立通信状态实时监测机制，实时监控链路通断、时延、丢包率等指标，异常情况及时预警并启动应急处置，保障通信网络持续稳定安全运行。

#### 3.3 优化控制逻辑算法，完善精准高效的智能控制体系

控制逻辑和算法属于智能配电自动化系统的大脑，控制逻辑的鲁棒性、适应性以及精准性会直接影响到控制的效果以及系统可靠性。针对新能源接入、负荷波动、多源协同等复杂运行场景，需要通过控制策略优化、逻辑完善、算法升级、场景适配来构建全覆盖、高适配、

强鲁棒的自动化控制体系,保证系统在各种工况下都能够做出准确可靠的控制决策。

首先,完善基础控制逻辑,整理出故障处理、电压调节、负荷控制、备自投等主要控制流程,改善控制条件判定、指令执行顺序、联锁保护逻辑,防止逻辑冲突、误判误动等问题。控制逻辑设计考虑到电网运行方式变化、设备状态不同、极端工况等,增加多重判定条件和安全约束,保证控制指令只在满足全部安全条件时执行,防止由于单个信号异常造成误操作。

其次,提高控制算法的鲁棒性、适应性,采用自适应控制、模糊控制、预测控制等先进的控制算法,对故障定位、负荷分配、电压无功调节等主要控制模型进行优化。算法设计考虑数据缺失、通信延迟、测量误差等实际运行问题,提高对不确定因素的容错能力。对分布式电源高渗透的场景进行源网荷储协同控制算法的完善,使新能源出力、负荷需求、电网承载能力三者之间实现动态匹配,提高系统对波动负荷、随机出力的适应能力。

最后,根据城市配网、农村配网、工业园区配网等不同的网络情况,制定出不同的控制方案。城市配网侧重故障快速隔离和供电恢复,提高供电可靠性;农村配网侧重线路监测和异常预警,适应长距离、多分支运行的特点;工业园区配网侧重负荷优化控制和电能质量调节,满足工业用户高可靠用电需求。用场景化策略定制来提高控制方案与实际工况的匹配度。

### 3.4 依托全周期管理,构建规范智能的运维保障体系

运维管理是保证智能配电自动化系统长期可靠运行的重要环节,贯穿于系统规划、建设、运行、退役的全过程。传统的运维模式存在着响应慢、手段单一、管理粗放等缺陷,不能满足高可靠性运行的要求。需要依靠运维模式升级、技术手段革新、管理制度完善、人员能力提高来创建标准化、智能化、高效化的全周期运维体系,给自动化控制可靠性持续改善赋予长效保障。

首先,创新运维管理模式,由被动故障抢修变为主动预测运维,把设备状态、运行数据、历史故障等各方面信息整合起来,创建运维预测模型,提前发现潜在的故障隐患并制订处置方案。建立分级运维机制,根据故障影响范围和严重程度来划分运维等级,配置差异化的运维资源和处置流程,提高运维响应效率和精准度。

其次,推进运维技术智能化升级,搭建一体化运维

平台,整合设备监测、通信监控、控制状态、故障告警等功能,实现全域运行数据集中展示、异常信息统一告警、运维任务一键派发。利用大数据分析、可视化展示等技术,直观地展示系统运行状态和故障信息,使运维人员可以迅速做出决策。推广移动运维终端应用,现场数据采集、故障查询、任务接收、操作记录等功能移动端处理,提高现场运维效率。

最后,加强运维人员专业能力建设,根据智能配电自动化技术特点,开展设备操作、通信调试、控制逻辑、故障处置、安全防护等专项培训,提高运维人员技术水平和应急处置能力。定期开展实战化应急演练,模拟线路故障、通信中断、控制异常等典型场景,提高运维团队协同处置、快速响应的能力。

## 4 结论

智能配电系统自动化控制可靠性提升是新型电力系统背景下电网高质量发展的必然选择,其核心价值在于实现硬件设备、通信网络、控制算法与运维管理的协同优化。通过设备本质安全提升、通信架构重构、控制策略完善、运维体系升级等系统化策略,为智能配电自动化控制可靠性提升提供了可落地、可复制、可推广的工程路径。立足智能配电工程实际应用,针对不同运行场景、设备类型与控制需求实施精准化可靠性提升措施,能够有效增强系统运行稳定性、故障处置效率、安全防御能力与资源配置水平,促进电网供电保障、应急处置、经济运行与安全管控能力全面提升,为智能配电系统高质量发展、新型电力系统稳步建设提供坚实技术与管理支撑。

## 参考文献

- [1]王毅.智能配电系统优化设计及能效提升研究[J].通讯世界,2026,33(03):138-140.
- [2]吴静丽,张芳,霍文进,等.电气自动化技术在智能楼宇供配电系统中的应用与优化[J].产业与科技论坛,2026,25(05):30-32.
- [3]张君,蔡惠飞,李红.大中型泵站智能配电系统运行技术应用[J].电力设备管理,2026,(04):219-221.

作者简介:王琦(1988.05-),男,汉,籍贯:上海市长宁区,学历:本科,职称:无,研究方向:电气(电气自动化控制系统)。