

固原农村配电网供电可靠率提升路径研究

乔峰

固原农村电力服务有限公司, 宁夏 固原 756000

DOI:10.61369/EPTSM.2026060006

摘 要 : 供电可靠率是衡量配电网运行管理水平、供电服务质量的核心指标, 直接关系农村居民日常生活用电、农业生产用电及乡村产业发展用电的连续性与安全性。宁夏固原农村地区地处南部山区, 地形地貌复杂、村落分布分散、交通条件受限。经过多年建设与运维优化, 辖区配电网开关配置已趋于合理, 且线路负荷分布均匀、负载率整体受控, 网架运行结构整体稳定。

然而, 受山区特殊地理环境、自然外力侵蚀及传统运维模式限制, 供电可靠率提升仍面临制约。特别是在负荷分布均匀的前提下, 如何通过精细化的检修停电管控、差异化的带电作业模式, 以实现压降停电时户数、提升供电可靠率, 成为当前运维管理的核心课题。

本文立足开关配置合理、负荷分布均匀的现实基础, 深入剖析影响供电可靠率的关键因素, 重点从优化检修停电管理、盘活带电作业能力、深化红外测温监测体系、精准故障处置三个维度制定提升策略, 旨在构建一套贴合山区实际、适配均匀负荷特征的运维体系, 切实缩短停电时长、缩小停电范围、稳步提升供电可靠率, 为区域农村经济高质量发展提供坚强支撑。

关 键 词 : 供电可靠率; 农村配电网; 负荷分布均匀; 鸟害防控; 绝缘工具

Research on Pathways to Improve the Power Supply Reliability Rate of Rural Distribution Networks in Guyuan

Qiao Feng

Guyuan Rural Electric Power Service Co., Ltd., Guyuan, Ningxia 756000

Abstract : The power supply reliability rate is a core indicator for evaluating the operational management level and service quality of distribution networks, directly impacting the continuity and safety of electricity supply for rural residents' daily lives, agricultural production, and rural industrial development. The rural area of Guyuan, Ningxia, located in the southern mountainous region, features complex topography, scattered village distribution, and limited transportation conditions. After years of construction and operational optimization, the switch configuration of the local distribution network has become more rational, with even load distribution across lines, generally controlled load rates, and a stable overall network structure.

However, constrained by the unique geographical environment of mountainous regions, natural erosion, and limitations of traditional operation and maintenance models, improving power supply reliability remains challenging. Particularly under conditions of uniform load distribution, the key challenge in current O&M management lies in achieving reduced outage impacts and enhanced reliability through refined outage control protocols and tailored live-line work approaches.

Based on the practical foundation of rational switch configurations and uniform load distribution, this paper conducts an in-depth analysis of the key factors affecting power supply reliability. It proposes improvement strategies focusing on three dimensions: optimizing maintenance outage management, enhancing live-line work capabilities, and advancing the infrared temperature monitoring system, along with precise fault handling. The aim is to establish an operation and maintenance system tailored to mountainous conditions and balanced load characteristics, effectively reducing outage duration, minimizing outage scope, and steadily improving power supply reliability, thereby providing robust support for high-quality rural economic development in the region.

Keywords : power supply reliability rate; rural distribution network; even load distribution; bird hazard prevention and control; insulating tools

引言

在乡村振兴战略全面推进的背景下，农村电气化水平持续提升，农业机械化、乡村产业多元化对电力供应稳定性提出更高要求，供电可靠率成为衡量农村配电网运维质效的关键指标。固原市作为宁夏南部山区农业重镇，农村配电网覆盖范围广、线路跨度大、地形地貌复杂，虽已实现开关配置科学化、负荷分布均匀化，具备良好网架基础，但山区特殊环境带来的运维难题仍较为突出。

当前，辖区配电网面临外力故障频发、偏远区域运维受限、隐性设备缺陷难排查、停电管控粗放等问题，传统运维模式无法充分发挥均匀负荷、合理网架的优势，计划停电与非计划停电仍影响供电可靠率提升。在此背景下，本文结合固原农村配电网实际运行特点，聚焦停电管控、设备运维、故障处置、技术应用等核心环节，融入红外测温精细化监测技术，探索适配山区农村、可落地实施的供电可靠率提升路径，破解配电网运维瓶颈，保障农村电力持续稳定供应^[1]。

一、影响固原农村配电网供电可靠率的核心因素

（一）检修停电管控粗放，负荷均匀优势未充分发挥

固原农村配电网负荷分布均匀，为精细化停电运维提供了基础条件，但实际检修作业中，停电管控仍存在明显短板。一是检修停电范围划定不精准，部分作业仍采用区段大面积停电模式，未遵循“最小停电范围”原则，非作业区段用户被迫停电，造成不必要的用电中断；二是检修时间安排不合理，未结合农村用电负荷曲线，部分作业安排在农业生产、居民用电高峰时段，放大停电影响；三是作业流程衔接不畅，前期准备不充分、现场施工效率低，人为拉长停电时长，导致停电时户数居高不下，未能发挥均匀负荷下灵活调电、缩小停电范围的优势。

（二）外力故障频发，突发停电风险高

外力破坏是造成固原农村配电网非计划停电的首要因素。辖区山地面积广、生态环境优越，鸟类活动密集，杆塔、绝缘子易聚集筑巢，鸟粪、鸟巢极易诱发线路绝缘闪络、相间短路等故障；农村农业生产广泛使用地膜、塑料薄膜等轻质杂物，大风天气下极易飘散缠绕导线、金具及绝缘子，引发线路跳闸停运。此类外力故障具有突发性强、隐蔽性高、季节性明显等特点，且多发生在偏远山区线路，故障排查、抢修难度大、耗时长，频繁突发故障严重削弱供电连续性，直接拉低整体供电可靠水平^[2]。

（三）地理条件受限，带电作业覆盖不足

带电作业是压降计划停电、提升供电可靠率的核心手段，但固原山区地形复杂、路况较差，带电作业开展存在明显局限性。一方面，偏远村落、田间线路道路狭窄陡峭，大型带电作业车辆无法通行，形成带电作业盲区；另一方面，现有带电作业力量配置与山区运维需求不匹配，偏远区域只能依靠传统绝缘工具开展简易带电作业，作业范围、效率受限，部分本可带电开展的检修工作只能转为停电作业，增加计划停电频次。

（四）设备运维方式粗放，隐蔽发热缺陷排查难度大

山区配网电力设备常年暴露在户外环境，长期受风沙侵袭、雨雪冲刷、低温霜冻等恶劣气象影响，极易出现接线端子锈蚀、绝缘性能衰减、线路金具松动等各类安全隐患。传统人工巡视只能发现设备外表可见故障，无法排查线路接头、开关触头、电缆终端等内部隐蔽位置的发热问题。这类潜伏性缺陷会随运行时间

不断恶化，最终诱发设备烧损、线路跳闸等非计划停电事件。同时山区偏远线路存在巡检盲区，设备潜在隐患无法做到提前发现、及时处理，进一步加大了电网停电风险。

（五）故障抢修效率偏低，停电间隔难以压缩

固原地区农村配电网线路布设跨度大、点位布局分散，传统故障排查主要依靠人工全线徒步巡线，故障定位耗时长、效率低。虽已有部分线路安装故障指示装置，但智能化应用程度不足，无法实现故障区段与故障类型的精准判定。再加之地处偏远山区，道路交通条件受限，抢修人员赶赴现场、备品物资调度调配不够及时，故障隔离、抢修施工与恢复送电各环节衔接滞后，造成用户停电时间明显拉长，直接影响区域供电可靠率指标水平^[3]。

二、固原农村配电网供电可靠率提升对策

（一）检修停电实施精益化管控，有效压降停电时户数

依托当地电网负荷分布相对均衡的先天条件，以精准把控停电范围、压缩停电时长为核心抓手，全方位降低停电时户数。

1.推行最小化停电区间管控模式。严格落实检修作业范围审核制度，作业前实地勘查现场实际工况，杜绝粗放式大面积拉闸停电。针对负荷平稳的配电线路，通过精准操作分段开关，将停电范围严格限定在作业点位及周边最小必需区域，保障非作业片区用户正常用电不受中断。

2.科学优化检修计划编制。结合电网负荷变化规律与农村居民用电作息特征，合理编制年度、月度检修实施方案。优先选取夜间用电低谷、农闲淡季等时段安排停电检修，最大限度降低施工停电影响。对跨周期连续施工项目统一统筹规划，避免同区域重复停电，提升单次检修作业整体效益。

3.规范停电作业全流程管控。细化各专业检修岗位职责，精简内部审批流程，强化施工现场统一调度统筹。严格管控检修工期节点，提前配齐作业人员、施工机具及各类物资，实现停电即刻开工、完工即刻送电，从流程层面杜绝无效停电耗时浪费^[4]。

（二）打造全域带电作业体系，消除停电检修盲区

结合山区地形复杂、通行受限的实际情况，构建带电作业车辆+绝缘专用工具互补作业模式，实现全域带电检修全覆盖，从

源头减少不必要计划性停电。

1. 标准化开展带电作业车现场施工。对交通便利、用电负荷集中的乡镇集镇及重点配电台区，配齐配强带电作业车辆与专业作业班组，全面覆盖线路常规检修、设备隐患治理、新增负荷接入等日常业务。严格遵循“能带电作业不停电”原则，从根本上缩减非必要计划停电任务。

2. 大力推广绝缘工具山地带电作业。针对道路狭窄、大型作业车辆无法抵达的深山偏远点位，普及绝缘操作杆、绝缘防护手套、绝缘梯等便携绝缘器具开展带电作业。通过常态化专业培训与现场实操演练，持续提升作业人员在复杂地形下的带电操作技能和安全管控能力。依托负荷分布均衡特点统筹调配作业资源，实现偏远山区、边远台区带电检修全覆盖，将停电造成的影响降至最低^[5]。

（三）引入红外测温技术，实现设备隐患前置预防

依托红外热成像检测手段，搭建配网设备全生命周期温度监测体系，推动设备运维从传统事后抢修，向事前隐患预判防控转型，是提升供电可靠性的核心技术举措。

1. 常态化开展红外测温日常巡检。将红外测温纳入配网日常固定巡检内容，为基层运维班组配置便携式红外热成像设备，对配电柜、高压开关柜、配电变压器、电缆接头、开关触头、母线接点等关键电气部位，开展全覆盖无接触温度检测。重点关注高负荷线路、老旧设备及历年易发热点位，提前识别接触电阻超标、绝缘老化、接线松动等隐蔽缺陷。

2. 建立测温档案台账与运行趋势分析机制。对每次红外测温数据进行完整留存备案，按单台设备建立专属温度档案，做到一台设备一套台账。通过纵向比对历史测温数据、分析温度变化趋势，精准研判设备健康运行状态。针对温升异常、温度持续走高的设备及时发布预警，实现隐患早发现、早研判、早处置。

3. 依托测温结果精准指导检修消缺。以红外测温检测数据为依据，精准定位发热隐患具体位置及故障严重等级，为停电检修计划编制提供科学支撑。对一般性发热缺陷，在条件允许前提下优先采取带电方式消缺；对严重高温安全隐患，单独制定专项停电检修方案，彻底消除设备隐患，有效减少设备过热引发的突发停电概率^[6]。

4. 强化红外测温专业技术保障。定期对红外测温仪器进行校验、保养和维护，确保检测数据精准可靠。加大运维人员专业培训力度，提升工作人员对热缺陷图谱识别、异常数据研判分析能力，充分发挥红外测温在设备状态监测中的实际应用价值。

（四）强化外部隐患综合治理，降低线路突发故障频次

1. 实行差异化巡检与专项防护。整合人工巡视、无人机航拍、红外测温等多元巡检方式，实现复杂山地全维度、全覆盖设备巡查。针对风沙、雨雪、霜冻等恶劣天气，为关键设备加装防污闪、防腐蚀防护装置。重点整治高负荷区段及偏远山区设备隐患，建立隐患整治台账，实行登记、治理、销号闭环管理，从源头降低设备故障发生概率。

2. 精细化推进鸟害与线路异物治理。坚持预防治理并举原

则，在鸟类活动频繁的线路杆塔安装防鸟刺、智能驱鸟装置，建立杆塔鸟窝定期清理常态化机制。联合地方政府开展电力设施保护宣传，常态化整治线路通道漂浮杂物；大风强对流天气过后开展专项特巡，及时清理线路缠绕薄膜、枯枝等异物，全面消除外部环境引发的供电故障隐患。

（五）依托智能化应用，提升故障排查与抢修效率

1. 实现故障区段智能精准定位。深化配电自动化终端与故障指示器落地应用，结合农村配网负荷平稳运行特征，搭建智能故障分析研判模型。利用电网实时运行数据快速锁定故障区间，改变传统全线盲目巡线模式，大幅缩短故障查找耗时。

2. 优化区域应急抢修协同机制。结合县域电网整体布局合理规划抢修责任片区，提前布点储备抢修物资与值守人员。严格执行“先隔离故障、再恢复供电、后全面抢修”工作原则，故障发生后第一时间利用分段开关隔离故障点位，通过电网联络线路优先恢复非故障区域供电，再组织人员开展现场抢修，最大限度压缩用户停电时长^[7]。

三、保障措施

（一）强化组织统筹保障

成立供电可靠率专项提升工作领导小组，统筹整合运维检修、安全管理、物资供应等核心业务资源，明确各部门岗位职责，细化量化各项工作指标。定期召开专项工作推进会，将停电精益管控、带电作业推广、红外测温落地、隐患综合治理等重点任务逐项分解压实，实行全过程闭环督导、动态跟踪督办，确保各项提质增效举措落地见效。

（二）夯实专业技术保障

加大老旧设备更新改造与智能化技术升级投入，配齐红外测温仪、巡检无人机、标准化绝缘作业器具、故障快速定位装置等专业运维装备。常态化组织带电作业、红外检测、应急抢修等实操培训与技能比武，全面提升一线运维人员现场作业专业能力。健全新技术应用考核管理机制，积极推广先进运维工艺与数字化管控工具，为持续提升供电可靠率筑牢技术底座^[8]。

（三）健全制度体系保障

修订完善配网停电管理办法、带电作业操作规程、红外测温运维标准、隐患排查治理细则等制度规范，进一步优化作业流程、统一管控标准、规范现场操作流程。将供电可靠率、停电时户数、红外测温完成率、隐患闭环处置率等核心指标纳入全员绩效考核体系，强化全过程刚性管控与结果问责，充分调动全员主动运维、精益管控的工作积极性与责任意识。

（四）完善多方协同保障

加强与地方政府、乡镇及村组的沟通对接，健全政企联动、属地协同的电力设施防护工作机制，主动争取政策支持和群众理解配合。常态化开展安全用电、电力设施保护宣传科普，持续提升农村群众护线用电安全意识，构建多方联动、齐抓共管的电网运维防护格局，不断优化农村配网安全稳定运行外部环境^[9]。

四、结论

固原农村配电网具备开关配置合理、负荷分布均匀的良好网架基础，制约供电可靠率提升的核心问题集中在停电管控粗放、外力故障频发、带电作业覆盖不足、设备隐性缺陷难排查、故障处置滞后等方面。通过推行检修停电精细化管控、构建全域带电作业体系、应用红外测温技术实现设备隐患超前防控、强化外力隐患治理、优化智能化故障处置，可有效破解山区配电网运维难

题，充分发挥现有网架优势，切实缩短停电时长、缩小停电范围、压降停电时户数。

在后续运维工作中，需持续深化精细化运维理念，常态化落实各项提升措施，不断优化红外测温、故障定位等技术应用，完善运维管理机制，全面提升配电网运行稳定性与供电服务质量，稳步提高固原农村配电网供电可靠率，为乡村振兴、农村经济高质量发展提供坚实、可靠的电力保障^[10]。

参考文献

-
- [1] 国家能源局. 农村配电网建设与改造技术规范 [S]. 2022.
- [2] 国家电网有限公司. 配电网供电可靠性管理办法 [S]. 2023.
- [3] 电力设备红外热成像检测技术应用导则 [S]. 中国电力企业联合会, 2021.
- [4] 张卫东. 农村配电网供电可靠性提升策略与实践 [J]. 电力工程技术, 2022, 41(03): 189–193.
- [5] 黄伟. 配电网负荷均衡优化与供电可靠性协同提升技术 [J]. 电网技术, 2021, 45(08): 3012–3019.
- [6] 王健. 带电作业在农村配电网运维中的应用 [J]. 供用电, 2023, 40(02): 78–83.
- [7] 刘志强. 偏远山区配电网绝缘工具带电作业实操研究 [J]. 电力安全技术, 2023, 25(07): 67–70.
- [8] 李丽. 山区农村配电网外力故障防控措施研究 [J]. 农村电气化, 2024(05): 23–25.
- [9] 陈强. 红外测温技术在配电网设备故障诊断中的应用 [J]. 电力设备管理, 2022(11): 156–157.
- [10] 赵丽. 山区农村配电网智能化运维与可靠性提升研究 [J]. 中国农村水利水电, 2023(04): 210–214.