

配电带电作业及停电检修配合研究与应用

韩志超 漆建毅 黄 凯

国网新疆电力有限公司哈密供电公司 新疆 哈密 839000

摘 要：随着社会经济的持续发展和人民生活水平的不断提高，用户对电力供应可靠性的期望值已攀升至前所未有的高度。传统的单一依赖停电检修模式因不可避免地造成供电中断，已难以满足现代电网精益化运维的需求。在此背景下，配电带电作业作为保障连续供电的关键技术应运而生并迅速发展。然而，带电作业自身亦存在作业范围、技术复杂度及安全风险等方面的局限性。本文旨在系统性地探讨配电带电作业与停电检修两种核心运维模式的本质特征、内在联系与互补优势，并深入研究二者协同配合的理论基础、组织架构、优化策略及未来发展方向。通过构建以“能带不停”为核心原则的综合检修体系，可有效整合两种模式的优势，最大限度减少用户停电感知，提升配网运行效率与服务质量，为构建高可靠、高韧性、智能化的现代配电网提供坚实的运维支撑。

关键词：配电带电作业；停电检修；协同配合；供电可靠性

引言

配电作为电力系统连接用户的关键环节，其可靠性直接影响用电体验。传统依赖计划停电检修的方式已难以满足用户对“零停电”的迫切需求，尤其在城市化与数字经济快速发展的背景下，“停电难”成为运维核心矛盾。为此，配电带电作业技术被广泛推广，可在设备不停电状态下完成检测、维护与消缺，有效减少供电中断。我国自20世纪50年代起发展带电作业，已在10kV/20kV配网形成较成熟体系。然而，该技术在大型设备更换、复杂改造等场景中仍受限，且对环境、人员技能及工器具要求高。因此，单一模式难以实现最优运维效果。唯有将带电作业与停电检修统筹规划、深度融合，构建高效灵活的综合检修策略，方能提升配网可靠性与服务质量。本文将系统探讨二者协同的技术路径与管理机制。

1 配电带电作业与停电检修的技术特征与局限性分析

1.1 配电带电作业的技术特征与挑战

配电带电作业通过绝缘隔离与电位控制，在保障安全距离前提下实现不停电运维，核心优势是维持供电连续性，提升用户满意度。作业方式多样，包括地电位、中间电位和等电位作业，其中绝缘斗臂车因安全灵活成为主流。该技术高度依赖高性能绝缘工具、专用车辆及先进检测设备。然而，其面临显著挑战：一是安全风险高，绝缘失效或操作失误易致触电或短路；二是作业范围受限，难以应对多回路交叉、大型设备更换等复杂任务；三是成本高昂，涉及特种装备购置维护及人员高强度专业培训。因此，虽具“无感检修”优势，但应用场景和技术条件限制明显。

1.2 停电检修的技术特征与局限性

停电检修是在设备完全断电并验明无电后进行的全面维护，具有作业安全性高、自由度大等优势，可开展解体检修、老旧设备更换及复杂改造等深度作业，且对专用绝缘工具依赖小、技术门槛较低^[1]。然而，其根本局限在于必然造成供电中断，严重影响用户生产生活，尤其在重要负荷区域后果更为严重。此外，停电需提前协调用户、调度、营销等多方，流程繁琐、易受干扰；频繁停电不仅损害供电企业形象，还可能引发用户经济损失，从社会整体效益看，远低于带电作业。因此，尽管作业彻底，但其“中断式”特性已难以适应高可靠性用电需求。

2 协同配合的核心原则

（1）“能带不停”原则：这是协同配合的首要准则。凡是在技术上可行、安全上有保障的作业项目，应优先采用带电作业方式，坚决杜绝“能带电却停电”的现象。（2）“最小化停电”原则：对于必须停电的作业，应通过带电作业的辅助，将停电范围和时间压缩到极致。例如，利用带电作业提前完成部分准备工作，或在停电窗口期前后，通过带电作业恢复非必要停电区域的供电。（3）“全过程协同”原则：协同配合不应仅停留在作业执行层面，而应贯穿于检修计划编制、现场勘察、方案制定、资源调配、过程管控及事后评估的全过程。各专业、各部门需打破壁垒，形成合力。

3 协同配合的组织模式与实施路径

3.1 一体化的组织管理模式

3.1.1 实体化运作的“配网综合检修中心”

传统的运维体系往往呈现出一种线性的、割裂的状

态：运检部门制定计划，停电检修班组作为主力执行大规模改造任务，而带电作业班组则如同一支“特种部队”，仅在特定需求被提出时才被动介入。这种模式下，信息传递链条冗长，决策依据片面，导致大量本可通过带电作业完成的任务最终仍以停电方式处理，“能带不停”的原则难以真正落地。因此，必须推动组织形态的根本性重塑。理想的解决方案是成立一个实体化运作的“配网综合检修中心”。该中心应作为一个独立的利润或成本中心，直接隶属于地市级公司的运维体系，统一承接辖区内所有中低压配网的检修、消缺及改造需求。通过物理上的整合，消除信息孤岛，为协同决策提供组织保障。

3.1.2 内部柔性化班组结构

中心内部结构不应再固化为泾渭分明的“带电班”与“停电班”，而应采用更为灵活的“项目制+专业组”模式。中心设立带电作业、停电检修、安全监察、装备管理等专业支撑组，这些小组构成中心的技术智库，负责各自领域的技术标准制定、人员资质培训、工器具全生命周期维护以及安全风险库的动态更新。与此同时，根据具体任务的复杂度与工作量，动态组建由项目经理（Project Manager, PM）领导的综合检修项目部^[2]。项目经理作为核心决策者，必须是经过严格选拔和复合培养的骨干人才，精通两种作业模式的技术细节、安全规程与适用边界，能够独立判断并制定最优的协同策略。

3.1.3 绩效考核机制的重构

任何组织变革的成功，最终都依赖于科学的激励与约束机制。必须对原有的绩效考核体系进行彻底重构，将以“减少用户停电感知”为核心的指标置于绝对优先地位。核心考核指标应包括带电作业率、协同作业在总计划中的占比、单次协同作业平均减少的停电时户数（CML）等，并将这些指标与团队及个人的绩效奖金、晋升通道直接挂钩。同时，引入“协同方案优化采纳率”、“联合勘察执行率”等过程性指标，引导员工在日常工作中主动思考协同的可能性。当然，所有这一切都必须建立在绝对安全的基石之上，任何因违规操作导致的安全事故都应实行“一票否决”，确保协同效率的提升绝不以牺牲安全为代价。

3.2 标准化、数字化的协同作业全流程

3.2.1 任务接收与智能初筛

当一项新的检修需求产生时，无论是来自生产管理系统（PMS）、客户服务工单（95598）还是日常巡视，都应首先汇集到综合检修中心的统一任务池中。在此入口环节，借助信息化平台内置的智能规则引擎，系统可

对海量任务进行初步筛选与价值判断。系统能够自动识别出符合典型带电作业特征的标准化项目（如更换避雷器、加装故障指示器），并将其标记为“建议带电”；同时，对于位于同杆多回、交叉跨越、狭窄巷道等高风险区域的复杂任务，系统会自动发出协同勘察预警^[3]。更进一步，系统甚至可以基于电网拓扑和负荷数据，初步估算若采用带电或协同方式，预计可减少的停电时户数，为后续的人工决策提供量化依据，从而将经验驱动转变为数据驱动。

3.2.2 联合现场勘察与方案共创

对于那些被系统标记为复杂、高风险或效益显著的任务，强制性的联合现场勘察便成为不可或缺的关键决策环节。这并非简单的人员叠加，而是要求一名带电作业专家与一名停电检修专家共同赴现场，带着各自的视角审视同一个问题。他们利用标准化的电子勘察APP，详尽记录现场环境、设备老化状况、精确的安全距离、实时负荷情况以及周边用户的重要性等级等关键要素，并通过拍照、录像等方式固化现场证据。勘察结束后，双方立即在现场或返回后短时间内召开方案共创会。会议不再是单向汇报，而是双向甚至多向的思维碰撞。借助增强现实（AR）或三维建模等可视化技术，双方可以在虚拟空间中模拟不同的作业方案，直观地比选其安全性、作业效率、所需工期及对用户的影响。最终形成的《协同作业方案书》将成为整个作业的“宪法”，其核心价值在于精确地界定了作业的“切割线”——哪些步骤必须在带电状态下完成以保障连续供电，哪些步骤又必须在停电状态下进行以确保作业的彻底性和安全性，并清晰规划了二者之间的时序逻辑、衔接点及总工期。

3.2.3 计划融合、精准发布与资源调度

方案一旦经过审批，便进入执行准备阶段。此时，协同方案需被无缝融合进周度或月度的检修计划之中，由系统自动生成一份包含带电与停电双重属性的复合型工单。营销系统据此向受影响的用户发送精准到户、内容详实的停电通知，明确告知本次作业已最大限度采用带电技术，仅极小范围需短暂停电XX分钟，以此提升用户的知情权、理解度与满意度，将负面影响降至最低。与此同时，后台的智能资源调度系统根据方案书中的详细需求，自动匹配并指派所需的绝缘斗臂车、移动电源车、特种绝缘工器具以及具备相应资质的复合型作业人员，确保所有资源要素在正确的时间抵达正确的地点，实现人、车、物、工具的最优配置。

3.2.4 协同执行与全过程数字化监护

到了现场执行环节，项目经理作为总指挥，通过

防爆移动终端（如专用PAD或手机）实现全过程的数字化、可视化监护。电子工作票取代了传统的纸质票，所有安全措施布置与拆除均通过扫码确认，杜绝了人为疏漏。在关键作业点部署的4G/5G布控球，能将高清现场画面实时回传至中心监控室，供远程安全监督员进行旁站式监护，并在遇到技术难题时，可即时连线后方专家团队提供技术支持。两个作业面（带电与停电）的进度通过系统实时同步，确保工序间的无缝衔接^[4]。例如，当带电作业组成功完成引流线的断开操作并在系统中确认后，系统会自动触发指令，通知停电作业组可以开始验电、挂接地线等后续操作，极大地提升了协同效率。

3.2.5 闭环评估与知识沉淀

协同作业结束后，系统自动评估成效，量化减少的停电时户数、节约的成本及工期缩短等硬指标，并组织安全、技术、客服等多方开展安全规范性、技术合理性及用户沟通效果等软性评价。所有结构化数据与非结构化资料（如方案、照片、视频、经验总结）均归档至“协同作业知识库”。该知识库非静态档案，而是依托自然语言处理（NLP）实现智能检索的动态智慧资产，可在类似任务中自动推荐历史最优方案，支撑决策。通过组织变革、流程再造与数字化赋能的深度融合，带电作业与停电检修的协同从个案经验升华为稳定、高效、可复制的核心运维能力，形成自我学习、持续进化的闭环体系。

4 面向未来的协同优化策略与发展展望

4.1 基于数字孪生的检修计划优化

利用数字孪生技术，构建配电网的高保真虚拟模型。在该模型上，可以模拟不同检修方案（纯停电、纯带电、协同配合）对电网潮流、电压质量、用户影响等指标的影响。通过多目标优化算法，自动寻找到最优的协同检修计划，实现从“经验驱动”向“数据驱动”的转变。

4.2 智能化装备赋能协同作业

一是智能绝缘斗臂车：集成环境感知、自动定位、机械臂辅助等功能，可降低作业强度，提升作业精度与安全

性。二是机器人带电作业：在极端恶劣或高风险环境下，可由机器人替代人工作业，进一步拓展带电作业的应用边界。三是移动式储能/发电车：在必须停电的区域，通过接入移动电源，可为关键负荷提供临时供电，实现物理上的“无感”过渡，这是协同配合的高级形态。

4.3 融入主动配电网的运维体系

未来的主动配电网具备高度的自愈能力和源-网-荷-储互动能力。协同检修策略需与配网自动化（FA）、分布式能源管理（DERMS）等系统深度融合。例如，在FA动作隔离故障后，可立即调派带电作业力量处理上游故障，同时利用联络开关和分布式电源转供下游负荷，将停电影响降至最低。

5 结语

配电带电作业与停电检修并非相互排斥的对立关系，而是相辅相成、互为补充的统一体。通过深入研究二者的内在机理，摒弃“非此即彼”的传统思维，积极构建以“能带不停、最小化停电”为核心原则的协同配合体系，是提升配网供电可靠性、优化电力营商环境的必由之路。这一体系的建立，不仅需要技术创新与装备升级，更需要管理模式的变革与组织文化的重塑。展望未来，随着人工智能、物联网、机器人等前沿技术的深度融入，配电运维将迈向更高水平的智能化与自主化，而协同配合的理念也将成为其中不可或缺的核心支柱，为构建安全、高效、绿色、智能的现代能源体系贡献关键力量。

参考文献

- [1]甄志辉,阮海涛,董奎元,等.配电带电作业及停电检修的配合研究[J].电力设备管理,2025,(11):202-204.
- [2]黄弘哲.配电线路带电作业技术和停电检修技术的配合应用[J].科技风,2025,(34):100-102.
- [3]杜培伟,李亚运,乔福泉.简谈配电网带电作业和停电检修的配合应用[J].仪器仪表用户,2024,31(12):75-76+79.
- [4]杨其成.配电网带电作业和停电检修的配合应用研究[J].云南电力技术,2024,52(05):2-4.