

基于全生命周期管理的电力通信传输线路维护优化研究

葛文洁 陈琳 李万隆 裴金刚 高晨博 杨明飞

甘肃同兴智能科技发展有限公司 甘肃 兰州 730050

摘要：电力通信传输线路维护正从传统的定期检修与故障后处理模式，向覆盖规划建设、试运行、常态化运行及老化衰退的全生命周期管理体系转变。该体系遵循全局性、前置性与动态性原则，通过分阶段优化策略及岗位、流程、人员、物资等保障体系的系统改进，着力解决传统模式中阶段割裂、被动应对等问题，以实现维护工作的系统性与预判性，提升整体运维效能。

关键词：电力通信传输线路；全生命周期维护；维护优化策略；运维保障体系

引言：电力通信传输线路是电力系统安全稳定运行的关键支撑。传统维护模式以定期检修和故障后处理为主，在规划建设、日常运行及全流程协同等方面存在诸多短板，难以适应当前运维要求。引入全生命周期管理理念，分阶段实施维护优化并配套完善保障体系，是提升线路运维水平的有效路径，对保障电力通信网络可靠运行具有积极意义。

1 电力通信传输线路传统维护模式及现存问题

1.1 传统线路维护核心模式与运行机制

传统电力通信传输线路维护采取定期检修与故障后处理相结合的方式开展各项工作。维护工作主要依照固定时间周期对线路实施巡检和测试，同时依据设备运行年限制定相应维护计划。这种模式在实际运转中表现出较强的计划性特征，各项作业安排相对固定。不过这种机制在应对线路状态突变时显得较为被动，巡查周期内难以实时掌握线路真实运行状况。维护决策大多依靠过往经验，缺乏针对线路个体差异的精细化调整手段，整体维护效率存在明显提升空间。

1.2 规划建设阶段存在的运维隐患问题

在通信传输线路的规划与建设环节，对后期运维需求的考量往往不够充分。线路路径选择时偏向于施工便利性和经济性指标，而对地质条件变化及周边环境演变等长期影响因素缺乏深入评估。建设过程中的隐蔽工程如直埋光缆的防护处理、接头盒密封工艺等环节，其施工质量对后续运行稳定性产生直接影响。部分线路在建成投运后便暴露出设计层面的先天不足，这些问题在规划建设阶段难以被及时发现，成为后期运行中反复出现的故障诱因。

1.3 日常运行阶段维护工作的短板问题

日常维护工作在实施层面暴露出诸多薄弱环节。线路巡视多采用目测观察与仪表检测相结合的方式，对于隐蔽性较强的内部损伤缺乏有效识别手段。故障排查往往依赖维护人员个人技能水平，不同人员之间的技术判断存在较大差异^[1]。线路资料的更新维护不够及时，现场情况与档案记录之间存在脱节现象。维护作业完成后缺乏系统的效果验证环节，同类问题反复发生的现象较为普遍，导致日常维护工作长期处于被动应对状态。

1.4 全流程维护协同与管控体系缺陷

从规划建设到日常运行再到故障处理的整个维护链条中，各环节之间的信息传递和业务衔接存在明显断层。前期建设阶段的技术资料未能有效移交给运维部门，运行中积累的故障数据也难以反馈到后续改造决策中。不同维护班组之间的职责划分存在模糊地带，交叉区域的工作容易出现推诿或遗漏。整体管控体系缺乏统一的数据平台支撑，各类维护信息分散在不同环节，难以形成完整的线路运行状态评估，制约了维护工作的系统性和预判性。

2 基于全生命周期的线路维护优化总体架构与设计原则

2.1 维护优化体系整体架构搭建

全生命周期维护优化体系的架构搭建需要覆盖线路从规划建设到报废退运的完整历程。架构设计将整个维护周期划分为若干个相互衔接的阶段，每个阶段设置明确的维护任务与责任主体。体系内部建立统一的信息流转通道，确保各阶段产生的技术资料和维护数据能够顺畅传递至后续环节。架构中嵌入状态监测与评估模块，

用以持续跟踪线路运行特征变化。整体架构强调各模块之间的功能耦合关系,通过系统性的结构设计来支撑维护决策的科学制定与动态调整。

2.2 全生命周期维护优化核心设计原则

维护优化体系的设计遵循全局性、前置性和动态性三项基本原则。全局性原则要求将线路的每一个阶段纳入统一考量,杜绝阶段割裂所造成的维护盲区。前置性原则强调在规划建设阶段即充分输入后续运维需求,从源头减少运行期隐患。动态性原则要求维护策略能够根据线路实际状态和环境条件变化进行适应性调整。这三项原则相互支撑,共同构成优化体系的价值导向,保证维护工作在不同阶段具备连贯性与针对性,提升整体维护效能。

2.3 分阶段维护优化核心目标界定

各阶段的维护优化目标依据线路所处生命周期位置加以区分。规划建设阶段以降低先天缺陷为核心目标,确保线路投运时具备良好的可维护性和运行可靠性。运行维护阶段以提升故障预警能力和维护作业质量为核心目标,着力缩短故障响应时间并降低重复发生率。退运更新阶段以资产价值评估和退出方案优化为核心目标,合理安排线路替换时序^[2]。各阶段目标之间形成递进关系,前一阶段目标的实现程度直接影响后续阶段的工作基础,从而形成完整的目标链条。

3 电力通信传输线路全生命周期分阶段维护优化策略

3.1 规划建设阶段:前置性维护防控优化

规划建设阶段的前置性维护防控着重于在线路诞生初期就将运维需求融入设计与施工之中。在线路路径选择环节,需综合考量地形地貌及周边设施分布对后期巡线造成的影响,合理规避难以抵达或环境恶劣的区段。设备选型与材料采购环节应当考虑备品备件的通用性和可替换性,降低后期维护的物资储备难度。施工工艺管控方面须对隐蔽工程、接头制作及防护处理等关键工序设定明确的技术标准,并通过过程监督确保落实到位。竣工资料的编制应涵盖隐蔽工程记录、测试数据及设备原始参数等完整信息,为后续运维阶段提供准确可靠的基础档案。

3.2 试运行阶段:隐患排查与适配调试优化

试运行阶段是线路正式投入常态化运行前的关键检验窗口期。该阶段的核心任务是对线路进行全面的带负荷测试与运行参数采集,重点核查传输性能指标是否达到设计预期。对测试中暴露出的性能偏差及不稳定现象须及时进行原因追溯与针对性调整,确保线路各项运行

参数与实际承载需求相匹配。检验前期制定的维护规程和巡检方案在真实运行环境下是否切实可行,对不适应现场条件的条款进行修订完善。该阶段还需建立线路初始状态档案,完整记录投运初期的各类基准数据^[3]。

3.3 常态化运行阶段:精细化运维管控优化

常态化运行阶段的精细化运维管控聚焦于日常维护工作的规范化与差异化。维护策略的制定依据线路运行年限、历史故障记录及当前状态评估结果实施分级分类管理,使维护资源向高风险或关键区段适度倾斜。巡检计划打破完全固定的周期模式,根据季节变化、负荷波动及外部环境变动进行动态调整。隐患排查工作建立问题闭环处理机制,从发现登记到原因分析再到整改落实最后到效果验证,各个步骤均须有明确的责任人和完成时限。运行数据的积累与分析形成常态,通过趋势变化预判可能出现的性能劣化并提前介入。

3.4 老化衰退阶段:状态评估与靶向维护优化

老化衰退阶段需要建立以状态评估结果为导向的靶向维护策略。随着线路运行年限增长,各类性能参数呈现逐步衰退的趋势,须定期开展绝缘性能、传输衰减及机械强度等关键指标的量化测试,准确掌握线路的实际健康水平。依据评估结果对线路进行分级归类,针对不同等级制定差异化的维护处置方案。对于状态尚可的区段维持常规维护频次并加强监测,对于性能明显下滑的区段安排专项检修或局部更换,对于已不具备运行价值的区段及时启动整体更换的规划论证。靶向维护强调维护资源的精准投放,避免老化阶段出现维护过度与维护不足并存的情况。

4 全生命周期维护管理保障体系优化

4.1 运维岗位职责与分工体系优化

运维岗位职责与分工体系的优化着眼于消除职责交叉和管理盲区。首先要对维护全过程中涉及的各项具体工作逐项分解,明确每项作业对应的责任岗位和配合岗位。对于涉及多环节协同的维护任务,须指定牵头岗位以统筹协调各方工作节奏。分工体系建立动态调整机制,当线路规模、技术条件或管理模式发生变化时,能够及时对岗位职责进行重新梳理与分配。各岗位的权责边界应当清晰界定,避免出现推诿的现象^[4]。从实践来看,有通信专业在2025年围绕“职责与权限、工作内容与要求、检查与考核、报告与记录”四个方面完成了岗位工作标准修编,聚焦新班组职能定位,细化各岗位职责,有效解决了业务衔接模糊的问题。建立岗位职责履行情况的定期评估制度,通过实际

工作成效来检验分工体系的合理性,针对暴露出的职责缺位或重叠问题及时加以修正,使分工体系始终契合维护工作的实际需要。

4.2 运维流程标准化与规范化优化

运维流程标准化规范化建设是提升维护质量一致性的基础性工作。各项维护作业从任务下达到现场实施再到结果反馈,每一个操作环节都应当具备明确的工作指引和质量要求。作业指导书的编制须充分考虑现场实际条件,确保规定的操作步骤具备可执行性。流程中设置必要的质量把控节点,在关键工序完成后进行逐项核查确认,避免问题累积到最终环节才发现。对于异常情况的处置,建立分级响应流程,明确不同严重程度的问题对应何种处理权限和处置方式。有通信专业在 2025 年设置通信专业指标共 19 项,创新运用“通信系统支撑保障率”考核指标并细化分解为 19 个可量化的支撑指标,进一步细化了各项工作要求及目标任务。流程运行过程中注重收集一线人员的操作反馈,据此对标准文件进行滚动修订,使其逐步贴近实际、易于执行,真正发挥规范作业行为的作用。

4.3 运维人员专业能力培养体系优化

运维人员专业能力培养体系优化聚焦于技能结构与岗位需求的精准匹配。首先对各岗位所需的知识结构和操作技能进行系统梳理,形成明确的能力模型,据此制定差异化的培养方案。对于新入职人员侧重基础操作规范和安全要点的训练,使其尽快达到独立上岗要求。对于在岗人员则结合设备技术更新和维护模式变化,定期组织针对性的技能提升培训,确保其专业知识不落后于工作实际需要。从行业实践来看,有班组在 2025 年构建系统化培训体系,坚持“师带徒”机制,全年开展培训 185 人次、实景演练 8 次。另有企业针对员工技能瓶颈,累计完成 32 次理论授课与 13 次现场实操教学,推动员工常规检修时长从 4 小时缩短至 2 小时,复杂故障协同处置能力提升 50%。建立技能考核与岗位晋升的关联机制,激发人员持续学习的主动性,逐步形成一支技术过硬的

运维队伍。

4.4 运维物资与设备管控体系优化

运维物资与设备管控体系优化着重提升资源保障的及时性和经济性。备品备件的储备管理需要依据线路规模、故障统计规律和设备服役年限进行科学测算,合理确定各类物资的安全库存线,既避免储备不足影响故障抢修,也防止过量囤积造成资金占用。物资出入库实行全流程记录管理,确保每件物资的流向和使用情况均可追溯。有供电公司在 2026 年度首次物资全面盘点中,覆盖公司本部及各基层单位的全部库存物资,重点聚焦电力设备、电缆附件、应急抢修备品备件等关键物资^[5]。仪器仪表及检修设备须建立定期送检校准制度,保证检测数据的准确可靠。建立物资消耗分析与设备使用评价机制,通过对历史数据的统计分析,不断修正储备定额和采购计划,使物资管控从经验主导逐步转向数据支撑,确保维护资源在需要时能够快速到位并发挥作用。

结束语:总的来看,电力通信传输线路维护工作的优化,核心在于打破传统阶段割裂的做法,将全生命周期管理理念贯穿始终。通过完善各阶段维护策略,并在岗位、流程、人员及物资等保障层面实施配套改进,能够逐步建立起系统性更强、响应更及时的运维体系。这一转变有助于提升线路运行的可靠性与维护资源的利用效率,为电力通信网络的高质量发展提供切实支撑。

参考文献

- [1] 王卫京. 基于电力载波的输电线路状态监测方法[J]. 电力设备管理,2025(7):113-115.
- [2] 邢善雯. 照明控制系统中电力线通信技术应用[J]. 中国照明电器,2024(7):128-130.
- [3] 杜杭. 基于计算机通信的中压配电线路输电线维修检测技术研究[J]. 模型世界,2024(26):120-122.
- [4] 曹小平. 高压输电线路智能化运行维护技术分析[J]. 工程施工新技术,2026,(5):11-15.
- [5] 黎雄飞. 电力通信传输线路优化设计和施工技术分析[J]. 通讯世界,2025,32(12):112-114.