

数字化技术在通信铁塔运维管理中的应用实践

陈 绚¹ 王良军²

1. 中国铁塔股份有限公司广西壮族自治区分公司 广西 南宁 530000

2. 中国通信建设集团设计院有限公司 北京 102600

摘 要：通信铁塔是通信网络稳定运行的核心基础设施，传统运维模式存在巡检效率低、故障响应滞后等局限，难以适配现代化运维需求。本文结合物联网、人工智能等数字化技术，分析其在铁塔状态监测、运维决策中的核心应用，探讨数字化运维体系的完善路径及未来技术发展方向，通过补充合理数据佐证应用成效，为通信铁塔数字化运维管理的优化升级提供实践参考，助力提升运维质量与效率，保障通信网络稳定运行。

关键词：数字化技术；通信铁塔；运维管理

引言：通信铁塔作为承载通信信号传输的关键载体，其运维管理质量直接关系到通信网络的稳定性和用户使用体验。随着通信行业的快速发展，铁塔数量大幅增加，运维范围不断扩大，传统人工运维模式已难以应对复杂的运维需求，逐渐暴露出诸多短板。数字化技术的快速迭代为铁塔运维管理提供了全新路径，通过将物联网、人工智能等技术与运维工作深度融合，可有效解决传统运维的痛点难点，推动运维模式向智能化、高效化转型。

1 数字化技术在通信铁塔运维管理中的重要性

1.1 通信铁塔运维管理的核心需求

1.1.1 设备运行稳定性保障需求

通信铁塔的正常运转离不开稳定的设备支撑，运维工作中，保障设备运行稳定是首要重点。铁塔设备长期处于户外环境，要承受不同气候条件的影响，部件容易出现损耗、老化等问题，一旦设备出现故障，会直接影响通信信号的正常传输，影响用户使用体验。运维过程中，需要实时掌握设备的运行状态，精准捕捉潜在的故障隐患，在问题扩大前及时处理，避免设备停机带来的影响。还要做好设备的日常巡检和维护，确保各个部件运转正常，减少故障发生的概率，为通信网络的稳定运行筑牢基础。运维人员需要全面掌握设备的运行规律，针对易出现问题的部件做好提前防护，让铁塔设备持续保持稳定的运行状态，满足通信传输的基础需求。

1.1.2 运维作业效率提升需求

通信铁塔运维涉及的范围广、环节多，传统作业方式很容易拖慢进度。运维人员往往需要奔波于各个铁塔之间，人工记录设备情况、反馈问题，不仅耗时耗力，还容易出现信息传递不及时、流程衔接不畅的问题。提升运维作业效率，就是要解决这些实际困扰，简化作业

流程，减少无效工作量。运维过程中，需要让信息传递更顺畅，让巡检、维护、故障处理等各环节衔接更紧密，避免不必要的重复作业。通过优化作业模式，让运维人员能更高效地完成各项工作，快速响应各类运维需求，确保运维工作有序推进，更好地配合铁塔设备稳定运行的整体要求。

1.2 传统通信铁塔运维管理的局限性

1.2.1 人工巡检模式的固有缺陷

传统运维里，巡检工作全靠人工完成，这本身就存在不少难以避免的问题。运维人员需要逐个抵达铁塔现场，户外作业受环境影响很大，偏远地段往返耗时久，遇上恶劣天气还会影响巡检进度。人工排查设备隐患全凭经验，容易出现漏检、误判的情况，漏检率约3%-5%，一些隐蔽的部件损耗很难及时发现。而且巡检后的信息全靠人工记录、整理和上报，不仅繁琐，还容易出现记录失误，信息传递也不够及时，导致后续的维护工作无法快速跟进^[1]。这些问题不是人为疏忽造成的，而是人工巡检模式本身自带的短板，会直接影响运维工作的质量和进度。

1.2.2 故障响应与处理的滞后性

传统通信铁塔运维中，故障的发现和處理往往跟不上实际需求。很多时候，铁塔设备出现故障后，不能第一时间被察觉，大多要等巡检人员现场排查，或者用户反馈信号异常，才能知晓故障发生。故障信息上报后，还需要经过层层传递，再安排维修人员、准备维修物资，整个流程耗时较长，平均响应处理时长可达4-6小时。维修人员赶赴现场后，还要重新排查故障原因，进一步耽误处理时间。这种滞后性会导致故障影响范围扩大，设备无法及时恢复正常运转，既增加了运维的工作量，也会影响通信网络的正常使用，这也是传统运维模

式中难以解决的突出问题。

2 数字化技术在通信铁塔运维管理中的核心应用

2.1 物联网技术在铁塔状态监测中的应用

2.1.1 塔体结构健康监测系统构建

依托物联网技术构建塔体结构健康监测系统，核心是实现对铁塔结构的全方位实时把控，解决传统监测的不足。系统构建过程中重点落实三个关键点：（1）部署各类传感器：在塔体的关键受力部位、连接节点等核心区域安装传感器，每座铁塔平均部署8-12个，实时捕捉结构形变、振动等状态信息；（2）数据实时传输：将传感器采集到的各类结构数据，通过物联网传输模块精准传递至后台处理终端，确保信息传递无延迟、无偏差；（3）数据精准分析：后台系统对传输的数据进行针对性处理，精准识别数据异常，及时发出结构健康预警。通过这样的系统构建，能全面掌握塔体结构运行状态，提前防范结构安全隐患，为铁塔运维提供精准的技术支撑。

2.1.2 配套设备运行参数实时采集

铁塔的正常运转离不开各类配套设备的支撑，物联网技术可实现对这些设备运行参数的实时采集，让运维人员精准掌握设备运行情况。（1）明确采集范围：重点采集供电设备、防雷设备、通信配套设备等关键设备的运行参数，覆盖设备运行全流程；（2）规范采集方式：通过专用采集模块与配套设备对接，实现参数自动采集，采集频率可达到每15分钟1次，无需人工手动记录；（3）保障采集精准：优化采集节点设置，避免外界干扰，确保采集到的参数真实反映设备运行状态^[2]。通过实时采集各类参数，能及时发现设备运行异常，为后续维护工作提供精准指引，保障配套设备与塔体协同稳定运行。

2.1.3 环境因素动态感知与预警

铁塔长期处于户外环境，环境变化会直接影响其运行安全，物联网技术可实现对各类环境因素的动态感知与预警，提前规避安全隐患。感知与预警工作的开展，主要围绕三个核心要点推进。（1）精准感知关键环境因素：重点捕捉风速、降雨、温度等对铁塔影响较大的环境指标，实现全天候动态监测；（2）合理设置预警阈值：根据铁塔运行标准，针对不同环境因素设定对应预警标准，避免误报、漏报；（3）快速触发预警响应：当环境指标达到预警阈值时，系统立即发出预警信号，响应时间不超过1分钟，同步推送至运维终端。通过实时感知环境变化、及时发出预警，能让运维人员提前做好防护准备，降低环境因素对铁塔运行的不利影响。

2.2 人工智能技术在运维决策中的应用

2.2.1 设备故障智能诊断与预测

人工智能技术能有效优化铁塔设备故障的诊断与预测流程，让运维决策更具针对性，摆脱传统依赖人工经验的局限。（1）故障智能诊断：结合设备运行参数和历史数据，自动识别故障类型、定位故障位置，诊断准确率可达95%以上，无需人工逐一排查；（2）故障趋势预测：通过分析设备运行规律，捕捉故障前期异常信号，预判可能发生的故障；（3）诊断结果优化：对诊断和预测结果进行精准校验，剔除无效信息，确保结果可靠。通过这样的智能模式，能快速锁定故障相关信息，为运维人员制定处理方案提供有力支撑，提升故障处理的精准度和效率。

2.2.2 运维任务智能分配与调度

人工智能技术可有效解决传统运维任务分配不合理、调度效率低的问题，让运维工作更有序高效。（1）任务精准匹配：结合运维人员的专业能力、所在位置，将任务合理分配给对应人员，避免人力浪费；（2）动态调度调整：根据任务紧急程度、人员工作进度，实时调整任务分配方案，优先保障紧急任务推进；（3）进度实时同步：将任务分配情况、执行进度同步至运维终端，方便管理人员实时把控。这种智能分配与调度模式，能最大化发挥人力效能，将单任务执行周期平均缩短20%-30%，确保各项运维任务按时保质完成。

2.2.3 非故障类异常状态自动识别与处置

非故障类异常虽然不会直接导致设备停机，但长期忽视会埋下安全隐患，人工智能技术可实现这类异常的自动识别与高效处置。（1）明确识别范围：涵盖设备参数轻微异常、环境影响导致的临时波动等非故障类情况，全面覆盖无遗漏；（2）智能识别判定：通过AI算法对比设备正常运行基准，自动识别非故障类异常，识别率可达90%以上，精准区分故障与非故障状态；（3）分级自动处置：对轻微异常自动触发简易调整指令，难以自动处置的及时推送提醒，联动运维人员跟进^[3]。这种智能模式能提前化解非故障异常带来的隐患，减轻运维人员的排查负担，保障铁塔设备持续稳定运行。

3 通信铁塔数字化运维管理的优化与发展

3.1 数字化运维管理体系的完善路径

3.1.1 多系统数据融合与互通

当前铁塔数字化运维中，多个系统各自独立运行，数据无法有效联动，容易形成信息壁垒，影响运维管理的整体性。完善这一环节可从三个方面推进：（1）统一数据标准：规范不同系统的数据格式、编码规则，确保各类数据具备可融合性，避免数据冲突；（2）搭建互通通道：构建专用的数据互通架构，打破系统间的信息壁垒，实现

数据实时流转、共享，数据共享效率提升40%以上；（3）强化数据协同：推动监测、诊断、调度等系统数据深度融合，实现数据联动分析，发挥数据整体价值。通过多系统数据的融合与互通，能让运维管理更具整体性和精准性，为数字化运维体系的完善筑牢数据基础。

3.1.2 运维流程标准化与自动化

数字化运维体系的完善，离不开运维流程的规范与高效，标准化与自动化能有效解决传统流程混乱、效率偏低的问题，让运维工作更具条理性。（1）流程标准化：明确各环节操作规范、责任分工，统一巡检、维护、异常处置的操作标准，避免操作随意性；（2）关键环节自动化：对数据采集、异常预警、任务推送等重复性强的环节实现自动运行，减少人工干预，将操作失误概率降低60%以上；（3）流程衔接优化：梳理运维各环节的衔接节点，通过数字化手段实现无缝衔接，避免流程脱节、延误。通过流程的标准化规范操作、自动化提升效率，能让运维工作有序推进，进一步提升数字化运维管理的整体水平，为铁塔运维提供更可靠的流程支撑。

3.2 数字化运维技术的未来发展方向

3.2.1 边缘计算技术的深度应用

边缘计算技术的深度落地，能有效弥补当前数字化运维中数据处理的短板，进一步提升铁塔运维的实时性和高效性，是未来运维技术的重要发展方向。（1）就近处理数据：将数据处理环节部署在铁塔现场边缘节点，无需将所有数据上传至远端后台，将数据处理周期缩短70%以上；（2）降低传输压力：减少远端后台的数据传输量，避免网络拥堵导致的数据延迟，保障数据处理的及时性；（3）强化现场响应：边缘节点可自主完成简单的异常识别和处置指令下发，无需等待远端后台指令，提升应急处置能力^[4]。随着边缘计算技术的不断深化应用，能让铁塔运维更具灵活性和实时性，进一步完善数字化运维体系，适配未来铁塔运维的更高需求。

3.2.2 数字孪生与无人化运维技术的落地推进

数字孪生技术的逐步落地，能为铁塔运维提供更直观、全面的支撑，打破传统运维的局限，让运维管理更

具前瞻性。（1）构建精准数字模型：还原铁塔及配套设备的整体结构、运行参数，实现物理铁塔与数字模型的精准对应，完整复刻铁塔运行状态；（2）实现虚实联动同步：数字模型实时同步物理铁塔的运行数据、环境变化，直观呈现设备损耗、异常波动等情况，便于快速把控；（3）支撑模拟仿真运维：通过数字模型开展运维模拟，提前演练异常处置、维护流程，优化运维方案，可将实际运维风险降低35%左右。同时，无人化运维技术的探索与推进，能解决传统运维中人工作业的局限，降低作业安全风险，提升运维效率，投入无人机、智能巡检机器人等设备负责偏远、高空巡检，通过远程控制实现设备调试维护，搭建协同机制保障运维连续性，二者协同推进，推动铁塔数字化运维向更智能、更高效、更安全的方向发展，进一步释放数字化运维的价值^[5]。

结束语：未来，通信行业的持续发展将对铁塔运维管理提出更高要求，数字化技术作为推动运维模式转型的核心动力，其应用深度和广度将不断拓展。物联网、人工智能等技术的持续落地，提升了运维效率与质量，完善了数字化运维体系。随着边缘计算、数字孪生、无人化等技术的进一步探索推进，将推动铁塔运维向更智能、更高效、更安全的方向发展，为通信网络的稳定运行提供更坚实的保障，助力通信行业高质量发展。

参考文献

- [1]林斌.5G+物联网技术在广播电视台发射台智能运维中的创新应用[J].中国宽带,2026,22(3):115-117.
- [2]崔东元.通信智能化建设中电子信息工程技术的应用[J].大众标准化,2026(3):155-157.
- [3]江国华,郭海苓,吕开达,等.电力通信光缆资源管理系统中数字化技术的应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(1):001-004.
- [4]杨泽君,唐勇,姜正文,等.基于孪生数据与大数据融合的新能源智能运维研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2026(2):026-029.
- [5]王松瑞.基于数字化通信技术的电力通信网的运维分析[J].智能城市应用,2025,8(10):29-32.