 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i10.7891

# Construction, operation and maintenance management of medium wave transmitter remote monitoring system

**Peng Luo**

Xinjiang Radio and Television Bureau 2071, Xinjiang, Akesu, 842300, China

**Abstract**

To address operational challenges including high field maintenance costs and delayed fault response at 2071 medium-wave transmission stations under the Xinjiang Radio and Television Bureau, this study developed a three-tier remote monitoring system comprising perception layer, transmission layer, and application layer. The perception layer integrates 12 types of terminals such as voltage/current sensors and power detectors to collect core transmitter parameters every second. The transmission layer employs dual "5G + satellite backup" links ensuring stable data transmission with a success rate ≥ 99.8% for all 2071 stations. The application layer establishes a monitoring platform featuring real-time monitoring, fault prediction, and remote control capabilities, automatically triggering pop-up alerts and SMS notifications for abnormal parameters. A maintenance management system encompassing routine inspections, periodic calibration, and emergency response has been implemented. Optimized equipment protection strategies were developed for the extreme operating environment in Baicheng County, Xinjiang (−35℃°C in winter and 42℃°C in summer), providing a replicable model for efficient medium-wave transmission station operations in southern Xinjiang.

**Keywords**

medium wave transmitter; remote monitoring system; operation and maintenance management; 2071 stations of Xinjiang Radio and Television Bureau; fault warning

# 中波发射机远程监控系统的构建与运维管理

罗鹏

新疆广电局 2071 台，中国 · 新疆 阿克苏 842300

**摘　要**

为解决新疆广电局2071台中波发射机现场运维成本高、故障响应不及时等问题，本文设计并搭建“感知层-传输层-应用层”三级远程监控系统，感知层布置电压/电流传感器、功率检测器等12类终端，每秒采集发射机核心参数；传输层采用“5G+卫星备份”两条链路，保证2071台站点数据传输稳定，传输成功率≥99.8%；应用层构建监控平台，集合实时监测、故障预警、远程控制功能，可对异常参数自动弹窗并短信告警。构建“日常巡检-定期校准-应急处置”运维管理体系，依照2071台驻地新疆拜城县极端环境（冬季-35℃、夏季42℃）对设备防护策略进行优化，为南疆地区中波发射台高效运维提供可推广的范例。

**关键词**

中波发射机；远程监控系统；运维管理；新疆广电局2071台；故障预警

## 1 引言

中波发射机是广播信号覆盖的核心装备，新疆广电局 2071 台作为南疆重要发射站，负责传输 2 套中央台、2 套新疆台的节目、一套调频台节目，负责着 10 台发射机播出运维工作，台站所在位置为一片湿地，交通不便利，自然环境很恶劣 [1]。传统运维是依靠“定期现场巡检 + 故障后抢修”模式，存在三个痛点，一是参数监测无法实时开展，发射机输出功率波动、驻波比异常等问题造成的隐患难以马上发现，二是故障响应慢，如出现一些疑难故障时，厂家技术人员得驱车 8-12 小时才能抵达我台，平均修复故障用时超 12 小时，影响信号覆盖质量。

目前学界对中波发射机监控的研究大多集中于单一参数监测，缺少针对南疆偏远站点、极端环境的系统性解决措施。本文按照新疆广电局 2071 台实际需求，从系统构建和运维管理两方面开展工作，设计出能覆盖“数据采集 - 传输 - 分析 - 处置”全流程的远程监控体系，要提升发射机运行的稳定性、降低运维的成本，为南疆偏远地区广电设备管理提供技术支持。

【作者简介】罗鹏（1984–），男，中国湖南衡阳人，本科，助理工程师，从事中波广研究。

## 2 中波发射机远程监控系统构建方案

按照“全面感知、稳定传输、智能应用”原则，建立“感知层 - 传输层 - 应用层”三级远程监控系统，适应新疆广电局 2071 台 8 台中波发射机的差异化需求。

### 2.1 感知层：全参数数据采集终端部署

感知层是监控系统的根基，要全面采集发射机核心运行参数和环境参数，对 2071 台主流 1kW 中波发射机，布置 12 类采集终端，具体配置与功能如表 1 所示。

为适应南疆极端环境，对采集终端做防护改造。温度传感器选 -50℃ ~85℃宽温型，湿度传感器添加防尘外壳，户外布置的风速风向传感器装上防沙罩，保证终端在冬季低温、夏季高温、有风沙的天气下稳定工作 [2]。

**表 1 全参数数据采集终端部署**

| 终端类型 | 部署位置 | 采集参数 | 采集间隔 | 精度要求 | 数量（台 / 站） |
|---|---|---|---|---|---|
| 电压 / 电流传感器 | 电源输入端 | 输入电压、工作电流 | 1s | ±0.5% | 2 |
| 功率检测器 | 输出端 | 载波功率、边带功率 | 1s | ±1% | 1 |
| 驻波比传感器 | 天线馈线接口 | 驻波比（VSWR） | 2s | ±0.05 | 1 |
| 温度传感器 | 腔体、功放模块 | 腔体温度、模块温度 | 5s | ±0.3℃ | 8 |
| 湿度传感器 | 机房内 | 机房湿度 | 10s | ±3%RH | 1 |
| 风速风向传感器 | 天线塔周边 | 风速、风向 | 30s | 风速 ±0.5m/s | 1 |
| 门禁传感器 | 机房大门 | 门开关状态 | 实时 | 开关量识别 | 1 |
| 视频监控摄像头 | 机房内、天线区 | 设备状态、人员活动 | 15 帧 /s | 1080P 分辨率 | 4 |

### 2.2 传输层：双链路数据传输设计

传输层得保证 2071 台监测数据与广电局节传中心的数据稳定传输，因为南疆部分地区 5G 信号弱，采用“5G 为主、卫星备份”双链路设计。

#### 2.2.1 5G 传输链路

四套中波台节目采用了工业级 5G 路由器（型号：华为 AR502H，能双卡双待，能接入新疆移动、联通两个运营商网络，主卡信号弱于 -90dBm 就自动切换到副卡，保证数据传输连续，路由器设置 VPN 隧道加密，防止数据在传输时泄露，单站点数据传输速度可达 10Mbps，能满足参数采集以及视频监控的带宽需求。

#### 2.2.2 卫星备份链路

备用卫星链路方面布置了北斗卫星终端（型号：航天科技 HTS-100，用作 5G 链路故障时的备份，卫星终端具备短报文通信功能，单次传输量为 1000 字节，要是 5G 链路中断时间超过 25 秒，自动切换到卫星链路，先传故障告警数据，关键异常信息不丢失 [3]。

### 2.3 应用层：智能监控平台开发

应用层按照 B/S 架构开发远程监控平台，部署到新疆广电局 2071 台私有云服务器，支持电脑和手机 APP 端访问，有四大核心功能模块。

#### 2.3.1 实时监测模块

平台首页以图形形式呈现 8 台发射机及天调网络分布的物理位置，标记各发射机及天调网络运行状态，能看实时参数曲线，为核心参数设定阈值，参数数值超出阈值时自动标红，并且弹窗提示异常站点以及具体参数。

#### 2.3.2 故障预警模块

运用“阈值判断 + 趋势分析”双预警方法，一是若参数超过预设阈值，系统马上触发一级告警，向运维负责人推短信。二是借助 LSTM 算法对参数趋势进行分析，若输出功率连续 1 分钟下降超 5%，立即发出二级预警，预测潜在故障。

#### 2.3.3 远程控制模块

对有远程操作条件的设备，平台支持对权限分级管控：运维人员用手机 APP 扫码验证后，能远程调节发射机衰减量（调节精度 ±0.5dB）、重启故障模块，不用到现场操作。

#### 2.3.4 数据统计模块

自动生成《月度运行报告》，里面有各站点参数达标率（例如输出功率达标率、信号传输稳定率）、故障次数、运维记录等数据，里面有各站点参数达标率（像输出功率达标率、信号传输稳定率）、故障次数、运维记录这些数据，能导出 Excel 格式，为运维优化提供数据支持。

## 3 基于监控系统的运维管理体系优化

建成远程监控系统后，按照新疆广电局 2071 台实际情况，创建“预防 - 处置 - 优化”闭环运维管理体系，依照南疆偏远地区极端环境特点细化管理流程。

### 3.1 日常运维：从“定期巡检”到“精准监测”

不采用传统“每月 2 次全站点巡检”模式，依据监控系统数据制订有差异的运维计划。参数连续 15 天没异常的正常节点，将现场巡检周期延长至 1 个月，利用平台每天远程检查关键参数，每周出《远程巡检报告》。预警设备的参数出现趋势性异常，例如腔体温度逐渐升高）运维人员利用平台远程调整（如打开备用散热风扇，若没效果就在 6 小时内到现场排查。高风险设备（如新疆汉语节目发射机和每年历史故障次数达到或超过 3 次）每月对功率检测器、驻波比传感器进行一次远程校准，每一个月到现场检查天线匹配网络，防止参数漂移引发故障。鉴于新疆冬季低温可达 -35℃夏季高温可达 42℃的特点，从 10 月到次年 3 月，

每日远程监测机房加热设备的运行，保证机房及天调室温度≥ 10℃，从 5 月到 8 月每日远程监测机房制冷设备的运行，保证机房及天调室温度≤ 20℃，防止发射机各个模块因低温或高温引起的故障 [4]。

### 3.2 故障处置：“分级响应 + 远程优先”

构建故障分级处理机制，依据故障影响范围与紧急程度分为三级，用监控系统高效处理。一级故障（主发射机停止运行，信号中断）时系统发出最高级别告警，值守人员要在 30 秒内做出响应，观察自动化监控平台有无及时倒备，要是自动化监控平台没办法解决，立即安排值班值守人员手动切备，并在当天节目播出完毕后安排技术骨干到现场抢修故障。二级故障（如备路设备参数不正常），值班值守人员要在第一时间分析原因，用调整备用天线匹配器、调整备用卫星接收机等办法临时处理，等当天节目播出完毕后安排人员到现场彻底修复。三级故障（非关键参数出现异常，如机房湿度稍微高）放进每周运维计划，通过定期巡检解决，不影响发射机正常工作。

### 3.3 设备校准与防护：适配新疆极端环境

#### 3.3.1 定期校准机制

由于新疆昼夜温差能达到 20℃，容易造成传感器参数漂移，构建“季度远程校准 + 年度现场校准”体系。每季度借助监控平台向传感器输送标准信号，自动校正采集偏差，保证参数精度。每年 4-5 月春季，9-10 月秋季，安排技术人员拿上标准仪器，对铁塔拉锚、天调网络、功率检测器、驻波比传感器等核心终端做现场校准。

#### 3.3.2 极端环境防护

针对新疆冬季冷、夏季热且风沙多的特点，改进设备防护方案。冬季天调室安装电加热设备，功率 3000W，温度低于 5℃自动开启，给天线馈线包上保温棉，防止积雪结冰让驻波比超标。夏季给机房及天调室装上制冷量 10 匹的工业空调，监控平台设置温度联动控制，机房温度超过 25℃就自动开空调，还要给功放模块加装更强劲的散热风扇，防止高温烧毁模块。机房及天调室通风口装防尘网，每 2 个月远程提醒换网，给户外传感器加防风沙罩。

## 4 系统优化建议

### 4.1 短期优化建议（1–2 年）

现在系统主要监测的是电气参数，之后增加发射机音频指标（像信噪比、失真度）的采集，安装音频分析仪，保障节目传输音质，解决 5G 信号不稳定的问题。增添 5G 信号增强器，把卫星链路带宽从 128kbps 提升到 512kbps，提高视频监控画面的流畅程度，在现有的手机 APP 里添加“远程调试”模块，让运维人员能通过 APP 查看发射机内部电路状态，进而减少现场操作 [5]。

### 4.2 中期发展方向（3–5 年）

用 1-2 年运行积累的故障数据，训练 AI 诊断模型，做到“异常参数 - 故障原因 - 处置方案”的自动匹配，比如驻波比超标时自动判断是天线故障还是馈线接触不良，然后推送维修步骤。与新疆广电局节传中心另外的发射台站，搭建南北疆中波发射机协同监控平台，实现资源共享，处理大范围故障。在远端天调室（新疆维语节目与中央一套节目天调室距离配电室过远需安装电源增压设备）设置“光伏 + 储能”供电系统，用监控平台远程管理储能 SOC，保证发射机和监控设备稳定供电。

### 4.3 长期创新方向（5 年以上）

在极端环境台站先进行试点，部署运维机器人，让其配备机械臂以及高清摄像头，利用监控平台远程控制机器人开展传感器校准、部件更换等简单操作，实现“无人化运维”。搭建发射机数字孪生模型，实时展现物理设备运行状态，模拟像功放模块损坏、电源故障这类不同故障下系统的反应。优化应急处理预案，绿能和监控融合让监控系统与站点新能源设备（光伏、储能）联动。

## 5 结语

考虑到新疆广电局 2071 台的实际需求，本文建立“感知层 - 传输层 - 应用层”远程监控系统，实现中波发射机参数实时采集、稳定传输和智能分析，解决了传统运维低效问题。通过配套的“日常运维 - 故障处置 - 设备防护”管理体系，结合南疆极端环境优化策略，让系统在严寒、高温、风沙条件下能稳定运行，增强发射机运行可靠性，系统能为南疆地区中波发射台数字化和智能化转型提供技术参考，有在新疆甚至全国同类发射台推广的价值。

## 参考文献

[1] 王俊杰.中波发射台远程监控系统的组成及应用[J].电声技术,2025,49(05):13-15.DOI:10.16311/j.audioe.2025.05.005.

[2] 石金山,郑良金,李品耐,等.中波发射机接入远程监控系统的改造与实现[J].电视技术,2024,48(08):89-95.DOI:10.16280/j.videoe.2024.08.025.

[3] 周宇.浅谈广播发射台自动化远程监控系统[J].数字传媒研究,2022,39(02):65-68.DOI:CNKI:SUN:LMYD.0.2022-02-016.

[4] 李光明,杨宏,许园园,等.一种新型广播发射机的远程监控系统的设计与实现[J].工业仪表与自动化装置,2021,(01):26-30+54.DOI:CNKI:SUN:GYZD.0.2021-01-006.

[5] 史亮.中波广播发射台远程监控系统及应用[J].中国有线电视,2020,(10):1225-1227.DOI:CNKI:SUN:YXDS.0.2020-10-056.