

基于专线网络的多级视频会议系统运维保障技术研究

格斯尔

阿拉善盟交通运输综合保障中心 内蒙古 阿拉善盟 750306

【摘要】：在多级政务与行业办公体系中，专线视频会议是上下级部门互联互通、远程协同办公、业务部署调度的核心通信载体，具备私密性强、传输稳定、安全性高的核心优势。完整的多级专线视频会议系统以专线传输网络为基础，依托 MCU 多点控制单元、音视频矩阵系统、专业音频系统等核心设备搭建组网，实现本地会场与上级、下级部门的常态化跨级会议交互。为解决多级会议组网复杂、设备联动环节多、跨级传输链路长引发的运行不稳定问题，本文梳理专线视频会议系统的核心设备架构与多级组网逻辑，分析系统运行中的常见故障与运维短板，从设备运维、专线链路优化、系统联动调试、常态化保障机制四个维度，构建适配多级互联场景的视频会议保障体系，提出针对性的运维保障与优化策略，全面提升多级专线视频会议的流畅性、稳定性与可靠性，保障各级部门会议业务高效有序开展。

【关键词】：电子工程；专线网络；多级视频会议；MCU；矩阵系统；运维保障

DOI:10.12417/2705-0998.26.13.015

1 引言

多级专线视频会议系统区别于公网视频会议，采用专属物理专线构建端到端传输通道，独立于公共互联网，专门服务于上下级部门之间的远程会议沟通、工作部署与业务联动。系统整体架构由专线传输网络、核心处理设备、音视频终端设备、辅助控制系统四部分组成，其中 MCU、音视频矩阵系统、音频系统是保障会议信号转发、切换、处理、输出的核心硬件，直接决定多级会议的交互质量与运行稳定性。多级会议场景下，本地会场需要同时对接上级部门主会场与下级部门分会场，组网层级多、信号传输路径复杂、设备联动逻辑繁琐，对系统运维保障工作提出了更高标准的要求。常态化、专业化的运维保障是规避音视频卡顿、信号中断、切换失效、音频失真等故障的核心手段，也是保障多级政务与行业会议常态化稳定运行的关键。本文结合多级专线视频会议的组网特点与核心设备运行原理，系统梳理运维保障关键技术与实施流程，构建标准化、常态化的会议保障工作体系。

2 多级专线视频会议系统核心架构与设备功能

基于专线网络的多级视频会议系统采用层级化组网模式，以本地会场为中间节点，通过专属专线分别对接上级核心会议节点与下级分支会议节点，实现三级及以上部门的互联互通。整套系统摒弃公网传输模式，依托专属专线实现音视频信号的闭环传输，配合核心硬件设备完成信号的汇聚、转发、切换、处理与输出，各设备分工明确、联动运行，构成完整的多级会议通信体系。

MCU 多点控制单元是多级视频会议系统的核心枢纽设备，承担着全网音视频信号汇聚、转发、分发与混音的核心功能。在多级会议场景中，MCU 可同时接入上级主会场、本地会场、多个下级分会场的信号，完成多路视频画面的合成切换、多路音频信号的混合处理，实现多点实时交互。相较于普通会

议终端，MCU 支持多节点并发接入、层级化信号调度，能够适配多级部门同时参会的业务需求，是保障跨层级会议互联互通的核心设备，其运行状态直接决定整体会议系统的承载能力与稳定性。

音视频矩阵系统是会议信号调度的核心切换设备，主要负责本地会场音视频信号的输入输出调度、多画面切换、信号路由分配。在多级会议运行过程中，矩阵系统可实现本地终端信号、上级下行信号、下级上行信号的自由切换与灵活调度，支持多画面分屏显示、信号一键切换、故障信号隔离等功能，有效解决多节点信号混杂、画面切换卡顿、信号冲突等问题。矩阵系统的稳定运行，能够保障多级会议画面切换流畅、信号传输有序，满足不同会议场景下的画面调度需求。

音频系统是保障会议语音交互质量的关键配套体系，由拾音设备、音频处理设备、扩音设备、降噪设备组成，主要完成会议语音信号的采集、降噪、放大、传输与输出。多级远程会议对语音实时性、清晰度、同步性要求极高，音频系统可有效过滤环境杂音、消除回声、平衡多路语音音量，避免出现语音失真、声音延迟、断音、杂音干扰等问题，保障上下级部门语音交互清晰顺畅。同时，音频系统可与 MCU、矩阵系统联动适配，实现音视频信号同步传输，规避音画不同步故障。

专线传输网络是整套系统的传输基础，采用独立物理链路，专属承载视频会议业务，无其他业务抢占带宽，具备低延迟、低丢包、高带宽、高保密的特点。相较于公网网络，专线网络可有效规避网络拥堵、数据泄露、信号干扰等问题，为多级跨区域音视频信号传输提供稳定的链路支撑，是保障多级视频会议高质量运行的底层基础。

3 多级专线视频会议系统运行常见问题与运维短板

在本地对接上下级部门的多级会议常态化运行中，受组网结构、设备运行损耗、链路环境、运维操作等多重因素影响，

系统容易出现各类稳定性问题，同时现有运维模式存在明显短板，难以适配高频次、高标准的多级会议保障需求。

系统硬件设备运行故障是最常见的问题类型。MCU 设备长期不间断运行易出现缓存堆积、进程异常、端口故障等问题，导致多路信号转发卡顿、部分分会场接入失败、会议掉线等情况。音视频矩阵系统长期频繁切换信号，容易出现路由紊乱、切换响应延迟、信号输出异常等故障，造成会议画面黑屏、闪屏、切换失效。音频系统易出现拾音故障、降噪失效、线路接触不良等问题，引发语音杂音、回声、音量失衡等现象，严重影响会议交互体验。各类核心设备的硬件老化、参数偏移、程序异常，是导致会议运行故障的主要内因。

专线链路传输异常直接影响跨级会议质量。虽然专线网络稳定性远优于公网，但长期运行中会出现线路衰减、端口松动、链路干扰等问题，引发轻微丢包、延迟波动，造成远程会议画面卡顿、音画不同步、短暂断连等问题。多级会议链路层级多、传输距离长，任意一段上下级专线链路出现异常，都会直接影响整体会议效果，且链路故障排查难度相对较高。

设备联动适配异常频发于多级会议场景。MCU、矩阵系统、音频系统属于独立硬件设备，参数配置、运行逻辑各不相同，多级会议运行时需要多设备协同联动。日常运维中，设备参数不匹配、联动协议适配异常、信号传输时序错乱等问题较为常见，容易引发音视频信号不同步、信号切换冲突、部分节点信号丢失等联动故障，这类复合型故障排查难度大，对运维人员专业能力要求较高。

常态化运维保障机制不完善是系统故障频发的核心管理短板。目前多数场景下的视频会议保障以会前临时调试、故障事后处置为主，缺乏常态化、周期性的设备巡检、链路检测、参数校准工作。运维人员多侧重基础设备故障排查，对多级组网的联动优化、专线链路隐患排查、设备参数精细化调试关注度不足，预防性保障能力薄弱。同时，针对上下级多级会议的专项保障流程不规范，应急处置预案不完善，突发故障处置效率偏低，容易影响会议正常开展。

4 多级专线视频会议系统全方位运维保障策略

4.1 核心设备精细化运维，夯实硬件运行基础

针对 MCU、矩阵系统、音频系统三大核心设备，建立分设备、周期性的精细化运维机制，从硬件检测、参数校准、程序维护、故障排查四个方面落实常态化保障。针对 MCU 设备，定期开展设备整机巡检，清理设备运行缓存，检查端口运行状态、设备温度、供电稳定性，定期重启优化运行进程，规避长期运行导致的卡顿、掉线问题。同时，根据上下级多级参会节点数量，合理配置 MCU 接入权限、带宽分配、信号转发参数，保障多节点并发接入时的运行稳定性，定期更新设备固件，修复系统漏洞，提升设备多路信号处理能力。

针对音视频矩阵系统，重点做好信号路由调试与切换功能检测。每日会前完成多场景信号切换测试，模拟本地、上级、下级信号切换操作，排查切换延迟、信号丢失、画面异常等问题。定期梳理矩阵路由配置，清理无效路由条目，优化多信号调度逻辑，避免多路信号冲突干扰。同时检查矩阵输入输出接口、线路连接状态，紧固线路接口，更换老化线路，保障信号传输通路稳定。

针对音频系统，开展全链路音质调试与设备检测。定期检测拾音设备、扩音设备运行状态，校准音频参数，优化降噪、回声消除、音量平衡功能，适配不同会场环境。完成多级语音联调测试，对接上级、下级会场测试语音传输效果，排查远程语音延迟、杂音、断音等问题。定期检查音频线路、电源设备，杜绝线路接触不良、设备供电不稳引发的音频故障，保障多级会议语音交互质量。

4.2 专线链路专项优化，保障跨级传输稳定

专线链路是多级视频会议传输的核心载体，需建立专属的链路运维与优化机制，全面排查链路隐患，提升跨层级信号传输稳定性。定期联合网络运维部门，对本地对接上级、本地对接下级的双向专线链路进行全链路检测，排查线路衰减、端口异常、链路干扰等隐患问题，精准定位链路薄弱节点并及时整改。针对视频会议业务，优化专线带宽分配策略，为音视频传输业务设置专属带宽优先级，杜绝带宽占用波动导致的传输异常。

同时，搭建专线链路实时监测机制，会议期间全程监测链路延迟、丢包率、带宽利用率等运行状态，实时掌握链路运行质量。针对多级会议长链路传输特点，优化数据传输协议，减少数据传输损耗，降低音视频信号延迟。建立链路故障快速排查机制，梳理上下级专线链路节点台账，明确各段链路责任范围，实现链路故障快速定位、快速处置，最大限度缩短故障持续时间。

4.3 多设备联动优化，解决协同运行隐患

聚焦多级会议多设备协同运行痛点，优化 MCU、矩阵系统、音频系统的联动逻辑，统一设备运行参数与传输时序，解决设备适配异常、联动冲突等问题。规范各设备参数配置标准，统一音视频编码格式、传输帧率、信号同步参数，实现三大核心设备参数适配匹配，从根源规避音画不同步、信号冲突等故障。

建立多级联调常态化机制，定期开展本地与上级、下级部门的全流程联调测试，完整模拟正式会议的信号接入、画面切换、语音交互、多节点互动等全流程场景，全面排查设备联动隐患。针对联调中发现的适配问题，针对性优化设备联动协议，调整信号传输时序，优化多路信号混合处理逻辑，提升多设备协同运行的流畅性。同时，简化多级会议操作流程，固化标准

操作程序，减少人为操作失误引发的联动故障。

4.4 完善常态化保障体系与应急机制

构建预防为主、防治结合的常态化运维保障体系，规范多级专线视频会议的全流程保障流程。建立日常巡检制度，划分日检、周检、月检工作内容，日检聚焦会前设备、链路、信号快速排查，周检开展设备功能全面调试与链路检测，月检完成设备深度维护、参数全面校准、隐患全面整改，实现故障提前预判、提前处置。

规范会前、会中、会后全流程保障流程。会前提前完成设备开机预热、参数调试、多级联调、链路检测，确认上下级节点接入正常、音视频交互流畅；会中安排专人全程值守，实时监测设备运行状态、链路传输质量、会议运行情况，及时处置轻微故障；会后做好设备关机维护、运行日志记录、故障台账整理，总结保障问题，持续优化保障方案。

搭建完善的应急处置预案，针对会议中高频出现的设备掉线、信号中断、画面卡顿、音频异常、链路故障等突发问题，制定标准化应急处置流程，明确故障处置步骤、责任人员、处

置时限。定期开展应急演练，提升运维人员突发故障处置能力，确保多级会议突发故障能够快速响应、高效处置，最大限度降低故障对会议的影响。同时，储备备用设备与备用链路，在核心设备或主用专线故障时，可快速切换备用资源，保障会议不中断。

5 结语

基于专线网络的多级视频会议系统是上下级部门互联互通、远程协同办公的重要通信基础设施，MCU、矩阵系统、音频系统等核心设备的稳定运行与专线链路的可靠传输，是保障会议质量的核心关键。多级会议场景组网复杂、设备联动要求高、传输链路层级多，运行过程中易出现硬件故障、链路异常、设备联动失调等问题。通过落实核心设备精细化运维、专线链路专项优化、多设备联动调试、常态化保障与应急机制建设等策略，能够全面解决多级专线视频会议的运行短板，有效提升系统运行的稳定性、流畅性与安全性。常态化、专业化的运维保障体系，可充分发挥专线视频会议的技术优势，持续满足上下级部门多级会议的常态化开展需求，为各级部门远程办公、业务调度、工作部署提供可靠的通信支撑。

参考文献：

- [1] 胡福强.铁路云视频会议系统中音视频安全交换技术的研究与应用[J].铁路计算机应用,2025,34(08):62-66.
- [2] 刘军.高清视频会议系统运维故障排查与优化策略[J].信息技术,2024,48(05):112-116.
- [3] 格斯尔.矩阵系统在专线视频会议多画面切换中的稳定性提升研究[J].数字技术与应用,2026,34(02):189-191.
- [4] 王浩,李立.基于专线网络的多级视频会议系统优化设计[J].通信技术,2023,56(09):1021-1026.
- [5] 陈鑫.视频会议 MCU 设备运行稳定性优化与运维保障[J].电脑知识与技术,2024,20(12):234-236.
- [6] 邓树荣.多源信道融合下视频会议系统的运维保障技术[J].华北地震科学,2023,41(S1):78-81.