

浅谈电力通信调度交换机组网建设

张文娜

呼和浩特供电公司 内蒙古 呼和浩特 010010

摘要：电力通信系统是电网安全稳定运行的重要支撑，调度交换机作为其核心设备，承担着指令传递、调度指挥等关键任务。本文围绕电力通信调度交换机组网建设展开研究，阐述了调度交换机的定义、功能及在电力通信中的关键作用，分析了组网要遵循的可靠性、安全性、可扩展性和经济性原则。重点探讨了信令、路由、冗余备份及网络安全等关键技术，并提出了包括组网方案设计、设备选型与部署、测试验证的实施路径。研究旨在为电力行业构建稳定、高效、安全的调度通信网络提供理论与实践参考，助力提升电力系统调度指挥能力和应急处置水平。

关键词：电力通信调度交换机；组网关键技术；实施路径

引言：随着智能电网建设推进，电力业务对调度通信的可靠性、安全性和高效性提出更高要求，调度交换机组网建设的重要性愈发凸显。本文结合呼和浩特供电公司实践，从调度交换机概述入手，深入分析组网原则、关键技术及实施路径，为优化电力通信调度交换机组网提供思路，以满足电力系统持续发展的通信需求。

1 电力通信调度交换机概述

1.1 调度交换机的定义与功能

电力通信调度交换机是专为电力行业设计的专用通信设备，通过集成语音交换、指令传输、多终端协同等功能，构建电力调度指挥的专用通信通道。其核心定位是连接调度中心、变电站、发电厂等关键节点，实现跨层级、跨区域的实时通信。

在功能层面，调度交换机的功能体现在以下四个方面：（1）语音交换功能。支持调度台与终端、终端与终端之间的双向语音通信，具备低时延、高接通率的特性，确保调度指令“零丢包”传递；（2）调度指挥功能。通过优先级设置实现“强拆、强插、强显”等调度操作，保障紧急情况下调度员对通信链路的绝对控制权；（3）会议调度功能。可快速组建多方会议，支持同时接入数十个终端，满足电网故障时多部门协同决策需求；（4）录音与回放功能。对所有调度通话进行实时录音，形成可追溯的操作记录，为事故分析、责任认定提供依据。

1.2 调度交换机在电力通信中的作用

调度交换机是电力通信系统的核心支撑设备，其作用主要体现在以下方面：（1）保障电力调度业务连续性。电力系统24小时不间断运行，要求调度指令传递“零中断”。调度交换机通过冗余设计（如双机热备、链路备份），可在单点故障时自动切换，确保调度通信

不间断，为电网稳定运行提供底层保障。（2）提升调度效率的关键工具。传统通信方式存在接线复杂、响应滞后等问题，而调度交换机通过预设快捷键、一键直呼等功能，将调度指令传递时间缩短至秒级，显著提升倒闸操作、负荷调整等日常调度的执行效率。（3）增强电网应急处置能力。在电网故障或自然灾害等突发情况下，调度交换机可快速启动应急通信模式，通过会议调度功能集结运维团队、实时传递故障信息，并借助录音功能留存处置过程，为灾后复盘与流程优化提供数据支持^[1]。

2 电力通信调度交换机组网的原则

电力通信调度交换机组网要以电力系统的稳定性、安全性和高效性为核心目标，遵循以下四大原则：（1）可靠性优先原则。电力调度通信直接关系到电网运行安全，任何中断都可能引发大面积停电等严重后果。因此，组网需通过“硬件冗余+链路冗余”双重设计保障可靠性：核心设备采用双机热备模式，主备机切换时间控制在毫秒级；传输链路采用环形或网状拓扑，避免单点故障导致通信中断。同时具备故障自愈能力，通过智能路由算法自动切换至备用路径，确保调度指令“断不了、传得准”。（2）安全性防护原则。电力通信网是关键信息基础设施，需构建多层防护体系。在物理层，设备需具备防雷、抗电磁干扰能力，适应变电站等强电磁环境；在网络层，部署防火墙和入侵检测系统，限制非授权终端接入，防范恶意攻击；在应用层，对调度指令和通话内容进行加密处理，同时通过权限分级管理，严格控制调度操作权限，杜绝越权使用风险。（3）可扩展性适配原则。随着新能源并网、智能电网建设推进，电力业务对通信需求持续增长。组网需预留足够扩展空间：硬件接口支持模块化扩容，可根据终端数量增加灵活添加板卡；协议兼容SIP、H.323等主流标准，便于接入

新类型终端；网络架构支持平滑升级，能逐步融合SDN/NFV等新技术，避免“推倒重来”式改造造成的资源浪费。（4）经济性平衡原则。在满足可靠性和安全性的前提下，需优化资源配置。通过“核心层高标准+接入层适度简化”的分层设计，降低整体建设成本；采用国产芯片和设备，减少对进口技术的依赖，同时降低维护费用；结合电力业务分布特点，合理规划节点布局，避免过度冗余导致的资源闲置，实现技术性能与经济效益的平衡^[2]。

3 电力通信调度交换机组网关键技术

3.1 信令技术

信令技术是电力通信调度交换机实现终端互联、指令传递的核心支撑。电力调度场景中，常用的信令协议包括以下No.7信令和Q信令，两者基于不同的技术架构适配电力通信的特殊需求。（1）No.7信令采用分层结构，分为消息传递部分（MTP）和用户部分（UP）。MTP负责信令消息的路由、转发和差错控制，通过固定长度的信令单元实现高速传输，适应大容量、多节点的组网环境；UP则针对电力调度业务定义专用信令，支持调度指令优先级标记、强拆强插等特殊操作。在组网中，No.7信令通过独立的信令链路 with 语音链路分离，避免信令拥堵影响语音传输，同时具备迂回路由能力，当主信令链路故障时自动切换至备用链路，保障信令传输的连续性。（2）Q信令是面向专用调度通信的协议，基于电路交换技术设计，采用主从控制模式。调度台作为主设备，通过Q信令对终端进行状态监控、呼叫控制和权限管理，终端则被动响应主设备的指令。其信令格式简洁，包含地址码、控制码和数据字段，可快速完成呼叫建立与释放，时延通常控制在数百毫秒内。

3.2 路由技术

路由技术在调度交换机组网中负责确定话务流的传输路径。电力调度场景中，路由选择要结合业务特性和网络状态，主要采用以下基于号码的路由和基于优先级的路由两种策略。（1）基于号码的路由以终端号码为核心依据，通过预设的号码分析规则确定路由方向。号码结构通常包含区域码、设备类型码和终端序号，交换机通过解析号码中的区域码定位目标所在区域，再根据设备类型码选择对应的传输链路。例如，针对变电站终端的呼叫，路由策略会优先选择直达变电站的专用链路，避免经过多级转发导致时延增加。（2）基于优先级的路由则根据业务的紧急程度动态调整传输路径。调度通信中，故障抢修、事故处理等业务被标记为高优先级，日常巡检、数据采集等业务为低优先级。路由算法会为高

优先级业务分配带宽充足、时延低的主用链路，低优先级业务则使用备用链路或共享链路。当主用链路出现拥堵时，低优先级业务会自动退让，确保高优先级业务的通信质量不受影响。该策略通过动态路由由协议实现，交换机实时监测链路状态，根据带宽使用率、丢包率等参数调整路由权重，适用于业务流量波动较大的场景。

3.3 冗余备份技术

冗余备份技术通过在设备、链路、电源等层面设置备用资源，实现故障状态下的无缝切换，避免单点故障导致的通信中断。其设计要遵循“N+1”或“2N”冗余原则，确保备用资源与主用资源具备同等的技术性能。

（1）设备冗余主要针对核心交换机和调度台，采用双机热备模式。主用设备实时处理话务和信令，备用设备处于同步状态，通过心跳检测机制实时监测主用设备的运行状态。当主用设备出现硬件故障或软件异常时，备用设备在毫秒级时间内接管所有业务，切换过程对终端用户透明。部分场景中，还会引入第三台设备作为冷备，用于主备设备同时故障时的应急启动。（2）链路冗余通过多路径设计实现，核心节点间通常采用环形或网状连接，每个节点至少连接两条不同的传输链路。链路状态通过实时监测协议进行监控，当某条链路的丢包率、时延超过阈值时，路由算法自动将话务切换至备用链路。对于变电站等关键节点，链路冗余还会结合不同传输介质，如同时部署光纤和微波链路，避免单一介质受自然环境因素影响导致的中断。（3）电源冗余采用双路独立供电设计，主电源与备用电源来自不同的供电回路，通过电源切换模块实现无缝切换。核心设备还内置蓄电池组，在外部供电全部中断时可维持数小时的正常运行，为应急供电系统的启动争取时间。电源冗余需配合防雷接地系统，避免电压波动或雷击对设备造成损坏。

3.4 网络安全技术

网络安全技术用于抵御调度交换机组网面临的恶意攻击、非授权访问等安全威胁。其技术体系涵盖以下访问控制、数据加密、状态监测等多个维度。（1）访问控制技术通过终端身份认证和权限管理限制接入范围。终端接入网络前，需通过基于数字证书的身份认证，证书包含终端的物理地址、设备类型等信息，交换机验证通过后才分配通信资源。权限管理采用分级模式，不同层级的终端被赋予不同的操作权限，如调度台具备强拆强插权限，普通终端仅具备基本通话权限，权限配置通过加密信道下发并存储于交换机的安全模块中。（2）数据加密技术用于保护传输过程中的信令和语音数据。信令加密采用对称加密算法，主从设备间通过预设的密钥对

信令消息进行加密处理,密钥定期自动更新,避免长期使用导致的泄露风险。语音数据加密则在编码阶段嵌入加密因子,接收端通过对应的解密算法还原语音信号,加密过程对语音质量的影响控制在可接受范围内,确保通话清晰度不受明显影响。(3)状态监测技术通过入侵检测系统和日志审计机制实时捕捉异常行为。入侵检测系统通过分析网络流量特征,识别端口扫描、异常呼叫等攻击行为,发现异常时立即触发告警并阻断相关链路。日志审计机制则记录所有通信事件和操作行为,包括呼叫时间、终端地址、操作指令等,日志信息加密存储且不可篡改,为安全事件追溯提供依据^[3]。

4 电力通信调度交换机组网建设的实施路径

电力通信调度交换机组网建设需结合电力系统的拓扑结构、业务需求和技术特性,通过科学规划与分步实施,确保网络架构稳定可靠、功能适配实际场景。其核心实施路径包括以下组网方案设计、设备选型与部署、测试验证三个关键环节。(1)组网方案设计要以业务覆盖范围为基础,构建分层架构。核心层部署于调度中心,采用大容量调度交换机作为核心节点,通过网状拓扑连接各区域分中心,支撑跨区域调度业务;汇聚层设置在地区变电站或集控站,采用中型交换机实现区域内终端的集中接入与话务汇聚,通过环形链路的核心层互联,提升区域内通信的冗余能力;接入层直接连接发电厂、配电所等终端站点,采用小型化设备或协议转换器,适配不同类型的终端接口(如模拟话机、IP终端),并通过星型拓扑接入汇聚层。方案设计中需重点核算话务量,根据终端数量、并发呼叫需求确定交换机的容量,同时预留20%-30%的冗余带宽,以应对业务增长。(2)设备选型要兼顾技术适配性与场景兼容性。核心交换机应具备支持No.7信令与SIP协议双模运行的能力,满足传统调度业务与IP化转型的需求,且单机容量不低于1000线,支持双机热备与无缝切换;汇聚层设备需具备链路聚合功能,可将多条物理链路绑定为逻辑链路,提

升带宽利用率与可靠性;接入层设备需具备抗恶劣环境能力,工作温度范围覆盖-40℃至70℃,支持防雷等级不低于4级,适应变电站户外或强电磁环境。此外,设备需通过电力行业专用认证,确保硬件接口、通信协议与电力监控系统兼容,避免出现接入冲突。(3)部署实施阶段要遵循“先试点后推广”的原则。试点阶段选择业务相对简单的区域(如单一变电站与调度中心的连接),完成设备安装、链路铺设与参数配置,重点验证信令交互的稳定性、路由切换的及时性和安全防护的有效性;试点通过后,逐步扩展至全网部署,部署过程中需制定详细的割接方案,采用“并行运行”模式,即新网络与原有网络同时工作,通过数据同步确保业务不中断,待新网络运行稳定后再停用旧设备。部署完成后,需对网络拓扑进行可视化建模,将设备位置、链路状态、业务分布等信息纳入网管系统,实现对全网运行状态的实时监控与集中管理^[4]。

结束语:电力通信调度交换机组网建设需综合考量多方面因素,遵循科学原则,运用关键技术,严格实施路径。通过合理设计与部署,可构建起适应电力系统需求的调度通信网络。随着技术发展,需持续探索组网技术创新,提升网络的智能化与国产化水平。呼和浩特供电公司及行业内其他单位应不断优化组网方案,确保电力调度通信稳定可靠,为电网安全高效运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]张静.电力调度程控交换机组网的建设运用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(1):084-087.
- [2]高健文.智能配电网中通信网路由调度算法研究[D].安徽:安徽理工大学,2021(3):22-23.
- [3]刘路平.软交换技术在电力通信网中的实际应用[J].通信电源技术,2013,30(5):90-91+95.
- [4]蒋迪,莫熙,邵其专.基于VoIP技术的多网融合电网调度指挥系统研究[J].自动化与仪器仪表,2020(2):114-116.