

# 浅谈光纤通信在通信工程中应用及维护

齐 锋

内蒙古东乌铁路有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘要：**本文聚焦光纤通信在通信工程中的应用与维护。先阐述光纤通信以光波为载体、光纤为媒介的原理及系统组成，凸显其传输优势。接着介绍其在骨干传输网络、接入网、特种场景的应用，以及与其他技术的融合。随后分析线路、设备故障及环境因素导致的故障。最后从日常巡检、故障检测定位、应急处理三方面提出维护方法策略，旨在为光纤通信在通信工程中的稳定应用提供参考。

**关键词：**光纤通信；通信工程；应用场景；维护技术

引言：在信息飞速发展的当下，通信工程作为信息传递的基石，其重要性不言而喻。光纤通信作为现代通信的关键技术，凭借大容量、长距离、抗干扰等突出优势，在通信工程中占据核心地位，广泛应用于骨干传输、接入网、特种场景等多个领域，且不断与其他前沿技术融合创新。本文将深入探讨光纤通信在通信工程中的应用场景，并剖析其常见故障，提出切实可行的维护策略。

## 1 光纤通信技术基础

光纤通信以光波为信息载体、光纤为传输媒介，在现代通信中占据核心地位。其原理基于光的全反射：光纤由纤芯和包层构成，纤芯折射率高于包层，光在纤芯中传播且入射角大于临界角时，会在界面发生全反射，实现长距离传输。该系统主要由光发射机、光纤、光接收机组成。光发射机用激光器或发光二极管作光源，将电信号转为光信号并耦合进光纤；光纤带宽大、损耗低、抗电磁干扰，不同类型适用于不同场景，如单模光纤适合长距离、大容量传输；光接收机用光电二极管将光信号还原为电信号<sup>[1]</sup>。光纤通信较传统电通信优势明显，如传输容量大、距离远、干扰小、保密性好，在多个领域广泛应用，且持续向更高速度、更大容量、更低损耗方向发展，支撑着现代信息社会。

## 2 光纤通信在通信工程中的应用

### 2.1 骨干传输网络

骨干传输网络是通信网络的核心骨架，承担着不同区域、不同运营商之间的大容量数据传输任务，光纤通信技术凭借超大带宽和低损耗特性成为骨干网的首选传输技术。当前骨干传输网络主要采用波分复用技术，通过在单根光纤上传输多个不同波长的光信号，大幅提升传输容量，单根光纤的传输容量已从最初的千兆级别发展到如今的太比特级别，部分先进的骨干网系统甚至实

现了数十太比特的传输容量。骨干网的节点设备主要包括光交叉连接设备和光分插复用设备，光交叉连接设备实现不同波长信号的灵活调度和路由转换，光分插复用设备可在不中断整体传输的情况下，实现特定波长信号的上下路，提升网络灵活性。骨干网的传输链路多采用单模光纤，结合光放大器补偿传输损耗，实现数千公里的长距离传输，无需频繁设置中继站。在实际部署中，骨干网通常采用环形、网状等拓扑结构，环形结构具备自愈能力，当某段链路故障时可自动切换至备用链路，网状结构则通过多路径冗余提升网络可靠性，保障全国乃至全球范围内的通信业务稳定传输。

### 2.2 接入网应用

接入网作为通信网络连接用户的“最后一公里”，光纤通信技术的应用有效解决了传统铜缆接入带宽不足、损耗大等问题，推动接入网向高速化、宽带化发展，其中光纤到户是当前主流的接入方式。光纤到户系统通过光线路终端、光网络单元和光分配网实现信号传输，光线路终端部署在运营商机房，连接骨干传输网络，光网络单元安装在用户端，实现光信号与电信号的转换，光分配网通过光分路器等设备将光信号分配至多个用户，实现资源共享<sup>[2]</sup>。光纤到户可提供千兆级别的下行带宽和百兆级别的上行带宽，满足用户对超高清视频观看、在线游戏、云存储等大带宽业务的需求。除光纤到户外，光纤到楼也是常见的接入方式，光网络单元部署在楼道内，通过网线连接用户终端，适用于居民小区、办公楼等集中用户场景，降低单个用户的接入成本。在农村、偏远地区，还会采用光纤到村的方式，结合无线通信技术实现宽带覆盖，解决农村地区通信基础设施薄弱问题。光纤接入网的部署大幅提升了用户接入速率，为数字经济发展奠定了坚实的接入层基础。

### 2.3 特种场景应用

光纤通信技术凭借抗干扰、耐高温、体积小等特性，在多个特种场景中发挥着不可替代的作用，为特殊领域的通信保障提供有力支撑。在电力系统中，光纤通信被广泛应用于智能电网的数据传输，由于光纤不受电磁干扰，可与高压电力线路同沟敷设，实现变电站之间、变电站与控制中心之间的实时数据传输，包括电力负荷监测、设备状态诊断等信息，保障电网稳定运行。在石油化工领域，光纤可适应高温、高腐蚀的恶劣环境，用于油气田开采、炼化厂区的通信链路，传输生产监控数据、安全预警信息等，同时光纤传感技术还可与通信技术结合，实现对管道泄漏、设备形变的实时监测。在航空航天领域，光纤通信凭借重量轻、抗辐射的优势，用于航天器内部的通信链路，传输导航数据、设备运行参数等关键信息，减少航天器的重量负荷，提升通信可靠性。在水下通信场景中，海底光缆是跨洋通信的核心设施，能够实现不同大陆之间的大容量数据传输，其外层包裹着坚固的防护层，可抵御海水腐蚀、海洋生物破坏和船舶锚泊等影响，保障全球互联网、国际电话等业务的跨洋传输。

#### 2.4 与其他技术的融合

光纤通信技术与其他前沿技术的深度融合，不断拓展其应用边界，推动通信网络向更智能、更高效的方向发展。在与5G技术融合方面，光纤通信为5G网络提供核心传输支撑，5G基站的密集部署需要大容量、低时延的传输链路，光纤凭借超大带宽和低时延特性，实现基站与核心网之间的连接，同时光纤前传、中传、回传方案的优化，保障5G网络对不同业务场景的适配，如增强移动宽带、超高可靠低时延通信等。在与云计算、大数据技术融合时，光纤通信构建的高速传输网络为数据中心之间的互联提供保障，数据中心内部服务器集群的通信以及不同区域数据中心之间的数据同步、灾备备份等，都依赖光纤通信实现海量数据的快速传输，提升云计算和大数据处理的效率。在与物联网技术融合方面，光纤通信与光纤传感技术结合，形成智能传感网络，可实现对温度、压力、振动等物理量的监测，同时通过光纤传输监测数据，适用于工业物联网、智慧交通等场景，实现数据采集与传输的一体化。

### 3 光纤通信常见故障及原因分析

#### 3.1 线路故障

线路故障是光纤通信系统常见类型，涉及光纤及相关连接部件异常，原因多样，影响信号传输质量。光纤断裂是严重故障，多因外部机械力，如施工时工程机械误挖光缆，架空光缆遇大风、暴雨致杆塔倒塌或被挂

断，地下光缆受地质沉降、管道挤压断裂，会造成信号中断。光纤接头故障常见，接头损耗大或接触不良会导致信号衰减，原因有熔接质量差，如端面切割不平整、熔接参数不当致熔接处有气泡或偏芯；接头盒密封不严，水汽进入使光纤氧化腐蚀；活动连接器插拔多，插针磨损、端面污染<sup>[3]</sup>。光纤老化也是重要原因，长期使用后光学特性变化，纤芯与包层界面粗糙，散射损耗增加，涂覆层老化脱落，光纤易受外界影响断裂或损耗增大，影响信号传输。

#### 3.2 设备故障

设备故障是光纤通信系统重要故障类型，涉及光发射机等核心设备异常，与设备组件损耗、电路故障相关。光发射机故障表现为无法输出光信号或输出光功率不足，原因是光源组件损坏，如半导体激光器长期高功率工作致阈值电流升高、输出功率下降甚至损坏；驱动电路故障，如驱动芯片烧毁、元件老化失效，无法提供稳定驱动电流；调制电路异常，使电信号无法正常加载到光信号。光接收机故障表现为接收灵敏度下降、无法还原电信号，因光电探测器老化致响应度降低；前置放大器故障，如放大芯片性能衰减、噪声增大，无法有效放大微弱电信号；信号处理电路异常，使还原电信号失真。光放大器故障致传输信号损耗无法补偿，因泵浦激光器功率衰减等，影响放大效果，导致系统传输中断或性能下降。

#### 3.3 环境因素导致的故障

环境因素对光纤通信系统稳定性影响大，自然和人为环境都可能引发故障，需针对性防护。温度变化是常见因素，温度过高，光发射机等设备内电子元件性能受影响，如激光器阈值电流变化致输出功率不稳定，光接收机灵敏度下降，光纤热膨胀使接头处应力增大、损耗增加；温度过低，光纤变脆易断裂，设备内电池等元件容量下降，影响供电。湿度超标是隐患，环境湿度过高，水汽进入设备致电路短路、元件腐蚀，进入接头盒使光纤接头氧化、增加传输损耗，地下光缆管道进水加速外护层老化，致光纤受潮断裂。电磁干扰虽对光纤影响小，但会干扰设备供电和信号处理电路，如大功率设备产生电磁辐射致电路出现噪声，影响信号质量。沙尘、盐雾会磨损设备接口、腐蚀光缆外护层，引发系统故障。

### 4 光纤通信维护的方法与策略

#### 4.1 日常巡检与维护

日常巡检与维护是保障光纤通信系统稳定运行的基础，通过定期检查和维修可及时发现潜在隐患，降低故

障发生概率,分为线路巡检和设备维护两部分。线路巡检需根据光缆敷设方式制定不同方案,架空光缆巡检时,要检查杆塔是否倾斜、基础是否沉降,光缆有无磨损、断股、悬挂异物等情况,绝缘子、金具等附件是否完好;地下光缆巡检要查看管道井盖是否缺失、损坏,管道周边有无施工迹象,及时制止可能破坏光缆的施工行为,直埋光缆要检查路由标识是否清晰,有无挖掘、碾压痕迹。接头盒是巡检重点,需检查密封是否完好,有无渗水、腐蚀迹象,标识是否清晰。设备维护主要针对机房内设备,定期清洁光发射机、光接收机等设备的表面灰尘,检查设备指示灯是否正常,通过监控系统监测设备的工作参数,如光功率、工作温度、电流电压等,确保参数在正常范围内。定期对光纤连接器进行清洁,使用专用清洁纸和清洁剂去除端面污染,检查活动连接器的插拔情况,避免过度磨损。另外,要定期备份设备配置数据,更新设备固件,做好维护记录,为后续故障排查和系统优化提供依据。

#### 4.2 故障检测与定位技术

故障检测与定位技术是光纤通信维护的核心,精准快速的检测定位可缩短故障修复时间,降低故障造成的损失,常用技术包括光时域反射仪检测、光功率计检测等。光时域反射仪是最常用的故障检测设备,其原理是向光纤中发射一束光脉冲,光脉冲在传输过程中遇到损耗点、断裂点时会产生反射,光时域反射仪接收反射光信号后,根据光信号的传输时间和衰减情况,可精准计算出故障点的位置、损耗大小,能有效检测光纤断裂、接头损耗过大、光纤老化等故障,定位精度可达米级,为故障修复提供精确位置信息。光功率计用于检测光发射机输出光功率和光接收机接收光功率,通过对比实际测量值与标准值,可判断光发射机是否功率不足、光接收机灵敏度是否下降,以及线路是否存在过大损耗,辅助判断故障类型。在复杂系统中,还会采用光频谱分析仪检测光信号的频谱特性,判断是否存在波长漂移、信号干扰等问题。对于骨干网等复杂网络,可通过网络管理系统实时监测各节点的传输状态,当发生故障时,系统可快速定位故障节点和链路,结合现场检测设备实现故障精准定位。

#### 4.3 应急处理措施

应急处理措施是应对光纤通信系统突发故障的关键,通过快速响应和科学处置,可最大限度减少故障对通信业务的影响,保障系统尽快恢复正常运行。故障发生后,首先要启动应急响应流程,运维人员接到故障告警后,需在规定时间内抵达现场,通过携带的光时域反射仪、光功率计等设备快速检测,明确故障类型和位置,同时与监控中心保持实时沟通,反馈故障情况<sup>[4]</sup>。对于光纤断裂故障,若为架空光缆断裂,需先设置安全警示标识,避免无关人员靠近,然后使用熔接机进行光纤熔接,熔接前要切割平整光纤端面,熔接后检测接头损耗,确保符合要求,最后封装接头盒;若为地下光缆断裂,需谨慎开挖,避免损坏其他管线,找到断裂点后进行熔接修复。对于设备故障,如光发射机、光放大器故障,需启用备用设备,快速更换故障设备,确保传输链路尽快恢复,更换后的故障设备送修检测,分析故障原因。在故障修复过程中,要优先保障重要业务的传输,通过路由调度将重要业务切换至备用链路。故障排除后,需对修复后的线路和设备进行性能测试,确认传输质量达标,同时撰写故障报告,分析故障原因,优化后续维护策略,避免同类故障再次发生。

#### 结束语

光纤通信凭借独特优势,在通信工程各领域广泛应用且不断拓展边界。然而,线路、设备故障及环境因素等,仍对其稳定运行构成挑战。通过日常巡检维护、精准故障检测定位以及科学应急处理等维护方法策略,可有效降低故障发生概率、缩短修复时间。未来,随着技术持续进步,光纤通信将更好地服务于通信工程,为信息社会的飞速发展提供更坚实有力的支撑。

#### 参考文献

- [1]张文亮,卢社阶.光纤通信系统的数据保密方法研究.激光杂志,2020,41(05):149-152.
- [2]王贵峰,李云龙,徐嘉.浅谈光纤通信在通信工程中的应用及维护[J].通信管理与技术,2025(1):41-43.
- [3]杜俊轶.光纤通信传输技术在现代通信工程中的应用[J].通讯世界,2022,29(3):19-21.
- [4]毛虎.光纤通信网络传输技术及其应用研究[J].轻工标准与质量,2022(04):117-119.