

论有线传输技术在通信工程中的运用

胡懿洋

西安明德理工学院，陕西西安，710124；

摘要：有线传输技术作为通信工程领域的关键组成部分，在推动信息化社会发展中扮演着不可替代的角色。其技术演进不仅支撑着基础网络设施的构建，更为5G、物联网、工业互联网等新兴技术的落地提供了物理层保障。近年来，随着数据传输需求的指数级增长，有线传输技术凭借低延迟、高带宽、抗干扰能力强等特性，在光纤通信、电力线载波、同轴电缆传输等场景中持续发挥核心作用。光纤传输通过改进编码技术和多模复用方案，单纤传输容量已突破拍比特量级，显著提升了骨干网络的数据承载能力；电力线载波技术通过“一线多用”模式，降低了智能电网的部署成本；同轴电缆则凭借频带宽、抗干扰强的优势，在有线电视网络改造中实现了三网融合。此外，有线传输技术与数字信号处理、网络切片等技术的融合，进一步增强了通信系统的抗干扰能力和资源调度灵活性。

关键词：有线传输技术；通信工程；光纤传输

DOI：10.64216/3080-1508.26.02.032

前言

通信工程领域的快速发展深刻改变了信息传递与交互的方式，其技术迭代与创新直接关系到社会经济的现代化进程。在这一进程中，有线传输技术作为传统通信技术的核心载体，始终占据着重要地位。随着数据传输需求的指数级增长，通信系统对稳定性和可靠性的要求日益提升，有线传输技术凭借其低延迟、高带宽、抗干扰能力强等优势，在光纤通信、电力线载波、同轴电缆传输等场景中持续发挥着不可替代的作用。作为通信工程技术体系的重要组成部分，有线传输技术不仅支撑着基础网络设施的构建，还为5G、物联网、工业互联网等新兴技术提供了关键的物理层保障。

当前通信工程的发展正面临两大核心挑战：一是海量数据传输需求与现有网络容量之间的矛盾，二是复杂环境下通信可靠性与安全性的保障需求。有线传输技术在应对这些挑战中展现出独特价值。例如，通过改进光纤传输的编码技术和多模复用方案，单纤传输容量已突破每秒拍比特量级，显著提升了骨干网络的数据承载能力。同时，在电力系统与通信网络的深度融合场景中，基于电力线的有线传输技术实现了“一线多用”，既降低了基础设施部署成本，又为智能电网的实时监测与控制提供了高效通道。此外，有线传输技术与数字信号处理、网络切片等技术的结合，进一步增强了通信系统的抗干扰能力和资源调度灵活性。

1 相关理论

1.1 有线传输技术基本概念

有线传输技术是通信工程领域中实现信息稳定可靠传输的核心技术之一，其通过物理介质建立信号传递路径，能够有效保障数据传输的稳定性和安全性。根据数字通信的基本概念，通信系统根据传输信号的波形可分为模拟通信和数字通信两类，其中数字通信是指通过有线介质传输数字信号的通信方式，其具备抗干扰能力强、传输距离远等显著优势。从技术分类角度来看，有线传输技术主要包含光纤传输、同轴电缆传输及双绞线传输等多种形式，各类技术在传输速率、介质特性及应用场景上存在差异。

1.2 通信工程基础理论

通信工程是以现代声、光、电技术为基础，结合相应软件技术实现信息交流的工程学科。其核心功能在于通过物理介质和信号处理技术，将信息高效、可靠地传输至目标终端。随着通信业务承载量的持续增长，传输技术的革新成为推动通信工程发展的关键驱动力。现代通信工程体系架构包含物理层、数据链路层、网络层等多层结构，其中物理层负责信号的物理传输，是整个系统的基础。有线传输技术作为物理层的核心实现方式，依赖光纤、同轴电缆等介质，通过光或电信号完成信息的定向传递。光纤凭借其高带宽、低损耗的特性，成为长距离、大容量通信场景的首选载体，有效提升了数据传输速度和质量，为信息时代的高效交互提供了重要支撑。

1.3 有线传输与通信工程关联理论

有线传输技术是通信工程核心，其理论与实践关联信息传输物理特性和系统架构设计。通信领域中，有线传输依赖导体或光纤等介质传电信号或光信号，稳定性和抗干扰能力保障通信系统可靠性。与无线传输相比，有线传输借物理介质承载信号，能规避电磁干扰和信号衰减，在复杂电磁环境或长距离传输中优势明显，是现代通信网络数据传输主要载体，支撑通信工程基建。理论上，其发展与通信工程优化需求相关，如频移键控（FSK）技术，40Gb/s 传输链路研究显示，通过色散管理和功率水平弹性控制，可在 100 公里单模光纤（SMF）稳定传输，支持基于半导体光放大器的透明波长转换。此类突破验证了有线传输在超高速场景可行性，为信号完整性与传输距离平衡提供理论依据，拓展了有线网络覆盖范围，是构建骨干通信网核心技术路径。

2 有线传输技术类型及特点

2.1 双绞线传输技术

双绞线传输技术是基础且广泛应用的有线传输手段，核心原理是将两根绝缘导线绞合成对，利用电磁场相互抵消降低信号干扰。其结构设计中，每对线缆绞合节距经精密计算，能抑制外部电磁干扰（EMI）和串扰，减少信号传输能量损耗。根据屏蔽方式，分为非屏蔽双绞线（UTP）和屏蔽双绞线（STP），UTP 靠绞合结构抗干扰，STP 增加金属屏蔽层抑制高频干扰，适用于工业场景。传输特性上，其带宽与线缆类别相关，如 Cat5e 支持 100MHz 带宽，适用于千兆以太网；Cat6 及以上通过优化绞合密度和绝缘材料，将带宽提至 250MHz 以上，满足万兆传输。传输速率受线缆规格和距离影响，100 米内可稳定实现百兆至万兆速率。需注意，其衰减特性随频率升高而增加，高频传输需均衡技术补偿失真。此外，虽抗干扰优于同轴电缆，但长距离或高干扰环境下，串扰可能致误码率上升。

2.2 同轴电缆传输技术

同轴电缆传输技术是有线通信重要组成部分，因结构设计与性能优势在多场景广泛应用。其核心组件有中心导体、绝缘介质层、屏蔽层和外护套。中心导体用高纯度铜线或铜合金，确保低电阻与稳定信号传导；绝缘介质层由低损耗材料构成，优化介电常数和介质损耗角正切值，减少高频信号能量损耗；屏蔽层由金属编织网或铝箔构成，抵消外部电磁场干扰，抑制内部信号辐射

泄漏；外护套采用阻燃聚氯乙烯或尼龙材料，保护内部结构，满足耐候性要求。这种分层结构实现信号定向传输，为高频段数据通信提供基础。

在性能上，同轴电缆优势显著。一是高频传输特性突出，如 RG - 6 支持 300MHz 至 1.5GHz 带宽，RG - 11 在 200MHz 频率下衰减系数低，适合模拟电视信号和数字数据传输。二是电磁屏蔽效能达 80dB 以上，能抵御外部电磁干扰，避免信号串扰，双层屏蔽电缆可使信噪比提升 15dB 以上。三是相比双绞线，1GHz 时衰减系数仅为 0.2dB/m，配合阻抗匹配技术可无中继传输 5 公里以上，适用于远程监控和分布式系统，且介质损耗角正切值低于 0.0005，确保高频信号能量利用率。

2.3 光纤传输技术

光纤传输技术依托于光的全反射原理，通过纤芯与包层折射率差异实现光信号的定向传输。在光纤结构中，高折射率的纤芯（通常采用高纯度石英玻璃）与低折射率的包层构成介质界面，当入射角大于临界角时，光信号在纤芯内部形成全反射，从而实现远距离的信号传导。这种物理机制使光纤具备独特的传输特性：单模光纤通过单一光束传输可有效抑制模间色散，而多模光纤则通过多光路并行提升传输容量，二者在不同场景下形成互补的技术方案。

光纤传输技术的核心优势体现在其卓越的高带宽与低传输损耗特性。在频谱资源方面，光纤的光波长范围可达数百纳米，可支持多波长复用技术（如 DWDM），单光纤传输带宽已突破 100Tbps 量级，较传统铜缆传输带宽提升三个数量级。低损耗特性源于石英玻璃材料对红外光谱的优异透射性能，通过掺杂纯度优化与微结构设计，1550nm 波段的传输损耗可降至 0.18dB/km 以下，较同轴电缆的每公里 70dB 损耗实现数量级突破。这种特性组合使光纤系统在 1000 公里传输距离内仍能保持信号完整性，显著降低中继节点需求。

3 有线传输技术在通信工程中的具体运用

3.1 在本地电话网中的应用

有线传输技术是通信网络基础设施的核心支撑，在本地电话网中作用不可替代。本地电话网稳定运行依赖高可靠性传输系统，光纤传输技术因大容量、低损耗和抗电磁干扰，成为骨干层和汇聚层的主要传输方案。单模光纤用波分复用技术实现多波长信号同时传输，提升光缆资源利用率，单纤双向传输使本地网干线带宽达 Tbit/s 量级。该技术架构满足了语音和数据业务需求，

冗余光路设计实现网络自愈，主用光纤故障时，保护倒换机制 50ms 内完成业务切换，提升网络可用性。数字传输系统体现技术迭代带来的性能提升，基于 SDH 的同步数字体系确保不同业务流精确时钟同步，对承载 TDM 电话业务至关重要。近年来，OTN 技术优化本地网传输架构，既保证传统 TDM 业务可靠传输，又为 IP 化业务提供高效承载通道。在接入层，EPON 和 GPON 技术通过无源光网络架构降低维护复杂度，分光比扩展覆盖范围，结合 DBA 算法实现带宽资源智能分配。

3.2 在数据通信网中的应用

有线传输技术是通信工程领域的核心支撑，在数据通信网中作用不可替代。它通过物理介质实现数据稳定传输与高效互联，决定网络系统的传输速率、覆盖范围和服务质量。在数据通信网络架构中，有线传输依托光纤、同轴电缆和双绞线等构建传输通道，提供物理层支持。光纤传输技术因超大带宽、低损耗和抗电磁干扰，成为骨干网和城域网的核心传输媒介。骨干网络中，波分复用技术使单光纤传输容量达数太比特每秒，提升数据承载能力。光纤到户普及推动家庭宽带接入速率突破千兆，促进高带宽业务发展。同轴电缆因频带宽、抗干扰能力强，在有线电视网络改造中用于承载数据业务，实现三网融合。局域网建设中，双绞线因成本低、布线灵活，成为企业内网和家庭网络的选择。家庭网络标准传输介质，千兆以太网用四对双绞线并行传输，实现 1000Mbps 稳定传输速率。有线传输技术在数据通信网络部署需结合网络层级特性优化设计。

3.3 在宽带接入网中的应用

通信技术发展，宽带接入网性能影响用户体验和网络资源利用率。有线传输技术因高带宽、低时延、抗干扰强，在宽带接入领域占核心地位。光纤到户（FTTH）架构中，部署单模光纤连接用户终端，实现 10Gbps 双向传输，采用波分复用（WDM）和无源光网络（PON）架构、光线路终端（OLT）与光网络单元（ONU）分布式部署，解决铜缆带宽瓶颈。光纤传输抗电磁干扰优势明显，适用于对信号稳定性要求高的场景。混合光纤同轴（HFC）网络改造同轴电缆基础设施，双向改造结合正交幅度调制（QAM）与数字包封传输技术，实现下行 2Gbps、上行 300Mbps 接入能力。部署光节点前移策略，配合 DOCSIS 3.1 标准的 256QAM 调制和频谱捆绑技术提升频谱利用率，保留原有投资，实现三网融合，

为运营商提供经济高效升级路径，10 公里内稳定速率超 500Mbps，满足 4K 视频传输需求。

3.4 在广播电视台传输中的应用

在广播电视台传输领域，有线传输技术因高稳定性、大容量、抗干扰强，是保障信号高质量传输核心手段。应用方式有同轴电缆传输、光纤传输及混合传输三种，满足信号全流程需求。同轴电缆传输基于电磁屏蔽特性，由内导体、绝缘介质、外导体及护套构成，内导体传信号，外导体屏蔽干扰、减少损耗。常用于短距离传输，如演播室设备连接、社区有线电视末端接入，成本低、安装灵活，支持模拟与数字信号混合传输，如模拟电视时代可直接传输未经 调制基带视频信号，保证原始信号质量；进入数字电视阶段，利用 QAM 调制技术，同轴电缆可承载多路数字电视信号，单芯传输容量达数百兆比特每秒，满足高清节目传输需求。但因同轴电缆有带宽限制和高频衰减特性，难以适应超高清、互动电视等大带宽业务的长距离传输。

4 结论

有线传输技术在通信工程领域的应用持续深化，其在数据传输的稳定性、高速度及抗干扰能力方面展现出显著优势。通过系统性分析光纤通信、同轴电缆传输及电力线载波通信等主流技术的实践案例，可清晰梳理其在现代通信网络架构中的核心作用。光纤传输凭借其超高的带宽容量与极低的信号衰减特性，已成为骨干网与数据中心互联的首选方案，尤其在 5G 回传与云计算基础设施中发挥着不可替代的作用。同轴电缆技术在广电网络改造与局域网部署中亦表现出色，其成本效益与兼容性优势进一步推动了混合光纤同轴（HFC）网络的升级迭代。电力线通信技术则通过创新调制解调方案，有效解决了传统电力网络中的噪声干扰问题，为智能电网与物联网终端接入提供了经济高效的解决方案。

参考文献

- [1] 范文静,王丽艳. 通信工程中有线传输通信技术的优势及网络化改进建议[J]. 数字技术与应用,2025,43(06):50-52.
- [2] 赵斯佳. 通信工程中有线传输技术的改进与未来趋势[J]. 中国宽带,2025,21(07):73-75.
- [3] 张晓辉. 通信工程中有线传输技术及其网络化改进策略研究[J]. 现代工程科技,2025,4(10):17-20.