

通信光缆的敷设及测试技术分析

郝娜娜

淮北理工学院，安徽淮北，235000；

摘要：本文研究目的在于分析通信光缆的敷设技术与测试技术。研究阶段，就光缆敷设的方法、不同方法的技术要点进行归纳、总结、探讨，提出光纤链路损耗测试、光缆连通性测试、链路损耗分析的具体方法，并针对光缆完成敷设后、竣工前的检测技术进行探讨，以确保相关企业、工程团队掌握不同的施工技术要点、测试方法，构建出科学、合理的光缆敷设施工方案，为光缆高质量敷设、质量检测工作的开展提供技术支持。

关键词：通信光缆；敷设；链路损耗检测；抗干扰测试

DOI：10.69979/3029-2700.25.06.083

通信作为现代社会发展的基础设施，直接关乎着经济、民生以及各个产业的发展。通信光缆作为现代通信的重要基础设施，被广泛应用于城市、农村地区通信网络建设工程，而施工人员团队掌握通信光缆的敷设方法、技术要点以及施工后的质量测试，对于发挥通信光既定功能，提升通信网络性能、稳定性而言有着重要的支撑作用。

1 新时期下通信光缆敷设质量的重要性

1.1 决定数据传输的速度与稳定性

作为信息传输的核心基础设施，光缆敷设的质量，决定了数据传输的速度以及传输过程中的稳定性。良好的敷设质量，可确保低信号衰减、高传输效率，这对于支持高带宽应用、满足日益增长的数据传输需求而言至关重要，特别是在 5G、物联网、云计算等新兴技术不断渗透至社会发展各个角落的背景下，网络的高可靠性、低延迟要求愈加明显，而这些性能都依赖于优质的光缆基础设施。

1.2 决定后期维护成本

从经济角度来看，优质光缆敷设，可以显著降低后期通信网络的运行与维护成本。高质量的敷设施工，不仅可以减少因施工问题导致的较高故障频率，亦可起到延长光缆使用寿命、降低替换、维修频率的作用。这种经济效益，在光缆的长期使用中至关重要，可以让企业即便初期投入较高的成本，在后期仍旧可以通过降低维修、更换费用而实现成本效益目标。

1.3 决定信息安全

随着网络攻击频率、复杂度不断增加，信息安全面临着严峻的挑战。光缆一旦受到损坏，不仅可能导致数

据出现中断，还可能带来数据泄露的潜在风险。因此，保护物理基础设施的完整性，对于维护信息安全而言至关重要。高质量的光缆敷，可以有效防止物理层面的损坏、入侵，为构建安全、可靠通信网络奠定坚实基础。

2 通信光缆敷设方法分析

通信光缆的敷设，可分为地下敷设、架空敷设、隧道敷设。其中通信光缆地下敷设的原理是将光缆埋设在地下的土层、专用沟槽或是管线内，利用物理隔离的形式保护光缆避免受到外界环境如机械损伤、温度变化、水体侵蚀带来的影响。通信光缆地下敷设，其特点在于抗拉、抗压以及防水性能良好，适合通信网络长期的使用，不受到自然灾害如冰雹、台风带来的影响。该敷设形式，适用于城市主干道、高速公路光缆敷设亦或是需要隐蔽性的场合，如军事设施区域等。

架空敷设的原理，是将光缆悬挂在半空，使用吊线、杆塔等支撑结构进行固定，以空气作为绝缘介质进行信号的传输。架空光缆敷设的特点在于灵活性较强，便于灵活调整线路与开展日常的维护工作，但缺点在于易于受到外界环境的干扰，如大风、雷击或是鸟害。通常，通信光缆架空敷设适用于山区、乡村等地形较为复杂的区域。

通信光缆隧道敷设的原理是在既有地下隧道如公路隧道、人防工程或是地铁隧道内敷设光缆，利用隧道的结构来提供空间的支撑以及物理保护。隧道敷设的特点在于环境可控性，可以避免光缆受到地表温度、湿度变化带来的影响，其适用场景集中于铁路、地铁隧道以及地下管廊内多业务的综合性光缆分布。这一敷设方式的优点同样是可以避免受到外界环境带来的侵袭，但缺点在于会受到既有隧道结构以及空间的限制，施工灵活度较低^[1]。表 1 为三种不同敷设方式优缺点的对比：

表1 不同光缆敷设方式优缺点对比

敷设方式	缺点	优点	成本
光缆地下敷设	施工复杂且成本较高	较高的安全性、稳定性	中-高
光缆架空敷设	易受自然环境影响	灵活性高、成本较低	低
光缆隧道敷设	受隧道现有结构、空间的制约	较高的安全性、稳定性	中

3 光缆敷设中的技术要点

光缆敷设期间的技术要点,可基于不同光缆敷设方式进行多维度分析。

3.1 地下敷设技术要点

3.1.1 前期准备

在地下光缆敷设的前期准备中,勘察工作、资料收集尤为重要。工程人员需要准确测量、记录敷设路线的地下水位、现有地下管线分布图等关键信息,确保制定合理的路由方案,避免施工过程中光缆沟槽同其他地下设施发生冲突。此外,光缆路由设计,必须符合相关技术标准,最小弯曲半径应确保满足大于光缆直径的20倍,同时光缆埋深亦需满足 $\geq 0.8\text{m}$ 要求,以免受到地面压力、外力作用带来的影响。

3.1.2 沟槽开挖

开挖沟槽阶段,需确保沟槽宽度不仅以光缆的直径为依据,还应预留充足的操作空间(30cm左右),即沟槽宽度需大于光缆外径的两倍外加30cm。为防止损坏光缆,沟槽底部务必进行充分夯实,随后铺设厚度为10cm细沙保护光缆。

3.1.3 光缆敷设

光缆敷设阶段,管道的敷设需要细致规划,可选用多孔梅花管、PVC管道,对于管径的选择,必须全包光缆穿入后仍保留30%~40%空隙,且管道的开口处应使用防护帽覆盖,防止异物进入影响光缆敷设效果。光缆敷设作业环节下,施工手法尤为关键,作业中光缆穿过管道期间的电缆牵引速度应保持在 $\leq 15\text{m/min}$,避免过快牵引导致光缆表面磨损,牵引力则应控制在光缆标称抗拉强度的60%左右,保证光缆的完整性。为减少穿越期间的摩擦力,施工期间应使用花轮组辅助,特别是管道转弯部位,必须使用导向轮^[2]。

3.1.4 光缆保护与回填

敷设完成后,光缆外层需要用钢丝铠增强保护,特别是接头部位,建议施工团队采用热缩套管来达到密封、防护目标。沟槽回填阶段应要求施工人员采取分层回填、夯实的形式,每层夯实度均应 $\geq 90\%$ 。

3.2 架空敷设技术要点

3.2.1 塔杆选型

架空光缆塔杆选型阶段,工程团队应根据具体荷载需求精确选择塔杆的材料,当前,架空光缆常用塔杆材料包括水泥杆、角钢塔,但不论选择何种材料,塔杆的高度必须 $\geq 6\text{m}$,保证光缆不受地面的干扰,同时,塔杆之间的间距应 $\leq 50\text{m}$,实际部署时需因地制宜合理调整。

3.2.2 安装吊线

吊线安装施工,应选用镀锌钢绞线作为承重吊线,吊线的张力调整需控制在 \leq 设计值80%以内,避免因过高张力引发结构出现变形。此外,施工团队需严格进行吊线弧垂精确计算,以保证整条线路的稳定性。

3.2.3 光缆架设

光缆架设是作为整个过程核心步骤,作业阶段需将光缆固定在吊线上,通过夹具调节来避免防止光缆来回摆动,夹具间距应保持 $\leq 1.5\text{m}$ 以内。同时,为了稳定光缆,避免其接受地面以及其他因素的影响,弧垂调节必须使光缆的最低点距离地面的高度 $\geq 5.5\text{m}$,对于行车经过区域则应 $\geq 7\text{m}$,避免交通车流与光缆相互干扰。

3.2.4 防雷措施

架空敷设的防雷措施设置阶段,应严格设置避雷针防止光缆在雷雨天气遭受雷击。对于接地系统,必须确保接地电阻维持在 $\leq 10\Omega$ 水平,且避雷针高度应 $\geq 1.5\text{m}$,并严格进行塔架金属构件同避雷系统的连接^[3]。

3.3 隧道敷设技术要点

3.3.1 隧道内环境控制

采取隧道光缆敷设形式期间,隧道内的通风、排水是确保施工、运营安全的重要条件。一方面,隧道内通风系统需确保隧道内的空气的流通顺畅,风速率应达到5次/h,避免热积累、有害气体在隧道内滞留。同时,应要求隧道内积水深度 $\leq 5\text{cm}$,施工期间应沿隧道壁设置直径不小于100mm的排水管,有效排除积水,保持隧道内部干燥。防火方面,应在隧道内关键区域安装防火板,同时对于光缆穿墙部位应严格使用防火套管,在火灾期间火势的蔓延。

3.3.2 支架安装

支架安装作为光缆稳固之重要环节,应合理安排支架的间距。采取光缆水平敷设形式下,支架间距应 $\leq 1.5\text{m}$ 。而垂直敷设形式下,间距则需控制在 $\leq 0.8\text{m}$ 。对于支架材料,必须采用镀锌钢管,增强支架的耐久性,确保支架可以长时间承载光缆重量。

3.3.3 光缆固定

在光缆固定缓解下,工程团队需严格使用卡箍来保证光缆稳定性,防止光缆移位、松动。对于多根光缆并行敷设的情况,需将其牢固绑扎成束,保障光缆运营阶

段的整体稳定性。

3.3.4 施工安全

施工期间，需确保隧道内具备适宜的照明、通风，以提供良好的施工环境。具体控制阶段，隧道内施工照明应达到 50lx 以上亮度，以确保施工团队具有良好的可视条件。同时，施工过程中隧道内通风设备需保持持续运作状态，以实时提供新鲜空气，降低施工人员暴露于潜在危害内的风险^[4]。

4 光缆敷设工程中的测试技术研究

目前，光缆敷设工程竣工前的测试技术，集中于光纤链路损耗测试、光缆连通性测试、抗干扰测试。

4.1 光纤链路损耗测试

光缆敷设工程中，光纤链路损耗测试是验证光缆性能的重要步骤。这一测试工作主要工具包括用光时域反射仪（OTDR）、光源光功率计。

测试阶段，首先进行端点校准，旨在确保测试仪器的精度。其次，然后使用 OTDR 进行测试，操作阶段，测试波长通常设定在 1310nm~1550nm，测试的脉冲宽度范围设置为 1~10ns，从而适用于不同链路的长度、损耗特性。这一过程中，OTDR 设备会通过发射接收光脉冲，显示光纤链路中的损耗分布情况，具体故障点位置。最后，完成测试获取数据后，技术人员使用 OTDR 曲线来计算整条光纤链路的损耗值（dB/km）。通常，工程设计期间，会根据不同类型光纤类型设计损耗要求阈值，例如单模光纤，其检测期间应确保损耗控制在≤0.25dB/km 以内，最终判断光纤性能是否符合标准^[5]。

4.2 光缆连通性测试

光缆连通性测试，旨在确认完成施工后光缆的完整性、可靠连接情况。该测试工具主要为红光笔（光纤识别仪）。测试阶段，利用红光笔发射可见光，初步检测光纤的连通性，将红光笔的一端连接到待测光缆，观察光纤另一端是否有光亮，可快速判断光缆纤芯是否存在断裂、损坏。这种方法具有简便、直观的特征，适用于现场快速排查光纤的断点，但其精度有限，无法详细分析损耗情况。因此，测试期间通常会配合 OTRD 设备，在发现存在端点问题后，结合 OTDR 执行更为深入的故障定位、链路损耗分析，从而为工厂排查提供有效的技术支持^[6]。

4.3 抗干扰测试

光缆抗干扰测试，传统方式是使用电磁场强度测试仪结合频谱分析仪，通过模拟外部干扰，如射频信号、高压线的干扰来监测信号的质量。在人工智能飞速发展

下，目前已有部分电力企业开始应用 AI 人工智能进行光缆抗干扰测试。这一过程中，主要基于 CNN 卷积神经网络对光缆内传输的非线性失真、噪声模式进行分析，并自动分类干扰源的类型，如射频、工业设备、雷击、高压电等。这一过程中，首先使用高速光示波器进行光信号时域波形的采集。随后，进行特征提取，如峰值间隔抖动、Q 因子、信号眼图，基于收集的数据进行 LSTM 网络训练，构建干扰分类模型，最终快速获取光缆施工后抗干扰能力，为后续验收提供决策依据。此外，目前亦有部分企业开始使用空间电磁场耦合测试来分析抗干扰的能力，即模拟光缆在复杂三维空间的挤压、扭曲、临近金属物体等干扰场景，随后利用三维机械臂精准控制光缆位置、弯曲半径，配合近场探头来测量耦合强度，从而确认光缆的抗干扰能力^[7]。

5 结语

如上分析，本文就光缆的敷设、测试技术开展探讨，对地下敷设、架空敷设、隧道敷设进行敷设方法的具体分析，在对不同敷设方式优缺点进行比较后，以光缆敷设形式分类为依据，对每一种敷设形式的技术要点进行详细探讨，并在最后针对完成敷设的光缆提出光纤链路损耗测试、光缆连通性测试，且在光缆抗干扰测试中，对新型技术进行探讨。相关工程单位、企业可借鉴本文合理设计通信光缆敷设方案，以确保光缆发挥既定功效，保障不同区域数据的稳定、安全传输。

参考文献

- [1] 张西安. 通信光缆敷设测试技术与数字音频技术关系探讨 [J]. 电声技术, 2024, 48 (04): 143-145.
- [2] 王晓杰. 高速公路隧道通信光缆敷设与熔接施工技术 [J]. 交通科技与管理, 2023, 4 (11): 73-75.
- [3] 高飞翔. 通信光缆线路施工与日常维护常见影响因素分析 [J]. 中国新通信, 2023, 25 (05): 7-9.
- [4] 韩一博. 通信光缆管道新工艺新材料分析 [J]. 中国科技信息, 2022, (12): 69-71.
- [5] 顾伟. 通信光缆的敷设及测试技术探讨 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12 (02): 139-140.
- [6] 陈佳. 通信光缆线路施工管控方案浅析 [J]. 黑龙江科学, 2020, 11 (22): 114-115.
- [7] 杨俊. 关于电力通信光缆鼠类啃咬原因分析与防范措施的研究 [J]. 中国新通信, 2019, 21 (04): 122-123.

作者简介：郝娜娜（1997-），女，汉族，河南夏邑人，助教，硕士研究生，单位：淮北理工学院，研究方向：计算机视觉、无线通信。