

光纤熔接技术

光纤传输具有传输频带宽、通信容量大、损耗低、不受电磁干扰、光缆直径小、重量轻、原材料来源丰富等优点，因而正成为新的传输媒介。光在光纤中传输时会产生损耗，这种损耗主要是由光纤自身的传输损耗和光纤接头处的熔接损耗组成。光缆一经订购，其光纤自身的传输损耗也基本确定，而光纤接头处的熔接损耗则与光纤的本身及现场施工有关。努力降低光纤接头处的熔接损耗，则可增大光纤中继放大传输距离和提高光纤链路的衰减裕量。

一、影响光纤熔接损耗的主要因素

影响光纤熔接损耗的因素较多，大体可分为光纤本征因素和非本征因素两类。

1. 光纤本征因素是指光纤自身因素，主要有四点。

- (1) 光纤模场直径不一致；
- (2) 两根光纤芯径失配；
- (3) 纤芯截面不圆；
- (4) 纤芯与包层同心度不佳。

其中光纤模场直径不一致影响最大，按 CCITT(国际电报电话咨询委员会)建议，单模光纤的容限标准如下：

模场直径： $(9\sim 10\mu\text{m}) \pm 10\%$ ，即容限约 $\pm 1\mu\text{m}$ ；

包层直径： $125\pm 3\mu\text{m}$ ；

模场同心度误差 $\leq 6\%$ ，包层不圆度 $\leq 2\%$ 。

2. 影响光纤接续损耗的非本征因素即接续技术。

(1) 轴心错位：单模光纤纤芯很细，两根对接光纤轴心错位会影响接续损耗。当错位 $1.2\mu\text{m}$ 时，接续损耗达 0.5dB 。

(2) 轴心倾斜：当光纤断面倾斜 1° 时，约产生 0.6dB 的接续损耗，如果要求接续损耗 $\leq 0.1\text{dB}$ ，则单模光纤的倾角应为 $\leq 0.3^\circ$ 。

(3) 端面分离：活动连接器的连接不好，很容易产生端面分离，造成连接损耗较大。当熔接机放电电压较低时，也容易产生端面分离，此情况一般在有拉力测试功能的熔接机中可以发现。

(4) 端面质量：光纤端面的平整度差时也会产生损耗，甚至气泡。

(5) 接续点附近光纤物理变形：光缆在架设过程中的拉伸变形，接续盒中夹固光缆压力太大等，都会对接续损耗有影响，甚至熔接几次都不能改善。

3. 其他因素的影响。

接续人员操作水平、操作步骤、盘纤工艺水平、熔接机中电极清洁程度、熔接参数设置、工作环境清洁程度等均会影响到熔接损耗的值。

二、降低光纤熔接损耗的措施

1. 一条线路上尽量采用同一批次的优质名牌裸纤

对于同一批次的光纤，其模场直径基本相同，光纤在某点断开后，两端间的模场直径可视为一致，因而在此断开点熔接可使模场直径对光纤熔接损耗的影响降到最低程度。所以要求光缆生产厂家用同一批次的裸纤，按要求的光缆长度连续生产，在每盘上顺序编号并分清 A、B 端，不得跳号。敷设光缆时须按编号沿确定的路由顺序布放，并保证前盘光缆的 B 端要和后一盘光缆的 A 端相连，从而保证接续时能在断开点熔接，并使熔接损耗值达到最小。

2. 光缆架设按要求进行

在光缆敷设施工中，严禁光缆打小圈及折、扭曲，3km 的光缆必须 80 人以上施工，4km 必须 100 人以上施工，并配备 6~8 部对讲机；另外“前走后跟，光缆上肩”的放缆方法，能够有效地防止打背扣的发生。牵引力不超过光缆允许的 80%，瞬间最大牵引力不超过 100%，牵引力应加在光缆的加强件上。敷放光缆应严格按光缆施工要求，从而最低限度地降低光缆施工中光纤受损伤的几率，避免光纤芯受损伤导致的熔接损耗增大。

3. 挑选经验丰富训练有素的光纤接续人员进行接续

现在熔接大多是熔接机自动熔接，但接续人员的水平直接影响接续损耗的大小。接续人员应严格按照光纤熔接工艺流程图进行接续，并且熔接过程中应一边熔接一边用 OTDR 测试熔接点的接续损耗。不符合要求的应重新熔接，对熔接损耗值较大的点，反复熔接次数以 3~4 次为宜，多根光纤熔接损耗都较大时，可剪除一段光缆重新开缆熔接。

4. 接续光缆应在整洁的环境中进行

严禁在多尘及潮湿的环境中露天操作，光缆接续部位及工具、材料应保持清洁，不得让光纤接头受潮，

准备切割的光纤必须清洁，不得有污物。切割后光纤不得在空气中暴露时间过长尤其是在多尘潮湿的环境中。

5. 选用精度高的光纤端面切割器来制备光纤端面

光纤端面的好坏直接影响到熔接损耗大小，切割的光纤应为平整的镜面，无毛刺，无缺损。光纤端面的轴线倾角应小于 1 度，高精度的光纤端面切割器不但提高光纤切割的成功率，也可以提高光纤端面的质量。这对 OTDR 测试不着的熔接点（即 OTDR 测试盲点）和光纤维护及抢修尤为重要。

6. 熔接机的正确使用

熔接机的功能就是把两根光纤熔接到一起，所以正确使用熔接机也是降低光纤接续损耗的重要措施。根据光纤类型正确合理地设置熔接参数、预放电电流、时间及主放电电流、主放电时间等，并且在使用中和使用后及时去除熔接机中的灰尘，特别是夹具、各镜面和 v 型槽内的粉尘和光纤碎末的去除。每次使用前应使熔接机在熔接环境中放置至少十五分钟，特别是在放置与使用环境差别较大的地方（如冬天的室内与室外），根据当时的气压、温度、湿度等环境情况，重新设置熔接机的放电电压及放电位置，以及使 v 型槽驱动器复位等调整。

三、 光纤接续点损耗的测量

光损耗是度量一个光纤接头质量的重要指标，有几种测量方法可以确定光纤接头的光损耗，如使用光时域反射仪（OTDR）或熔接接头的损耗评估方案等。

1. 熔接接头损耗评估

某些熔接机使用一种光纤成像和测量几何参数的断面排列系统。通过从两个垂直方向观察光纤，计算机处理并分析该图像来确定包层的偏移、纤芯的畸变、光纤外径的变化和其他关键参数，使用这些参数来评价接头的损耗。依赖于接头和它的损耗评估算法求得的接续损耗可能和真实的接续损耗有相当大的差异。

2. 使用光时域反射仪（OTDR）

光时域反射仪（OTDR: Optical Time Domain Reflectometer）又称背向散射仪，其原理是：往光纤中传输光脉冲时，由于在光纤中散射的微量光，返回光源侧后，可以利用时基来观察反射的返回光程度。由于光纤的模场直径影响它的后向散射，因此在接头两边的光纤可能会产生不同的后向散射，从而遮蔽接头的真实损耗。如果从两个方向测量接头的损耗，并求出这两个结果的平均值，便可消除单向 OTDR 测量的人

为因素误差。然而，多数情况是操作人员仅从一个方向测量接头损耗，其结果并不十分准确，事实上，由于具有失配模场直径的光纤引起的损耗可能比内在接头损耗自身大 10 倍。

造成光纤衰减的多种原因

1、造成光纤衰减的主要因素有：本征，弯曲，挤压，杂质，不均匀和对接等。

本征：是光纤的固有损耗，包括：瑞利散射，固有吸收等。

弯曲：光纤弯曲时部分光纤内的光会因散射而损失掉，造成损耗。

挤压：光纤受到挤压时产生微小的弯曲而造成的损耗。

杂质：光纤内杂质吸收和散射在光纤中传播的光，造成的损失。

不均匀：光纤材料的折射率不均匀造成的损耗。

对接：光纤对接时产生的损耗，如：不同轴(单模光纤同轴度要求小于 $0.8\mu\text{m}$)，端面与轴心不垂直，端面不平，对接心径不匹配和熔接质量差等。

当光从光纤的一端射入，从另一端射出时，光的强度会减弱。这意味着光信号通过光纤传播后，光能量衰减了一部分。这说明光纤中有某些物质或因某种原因，阻挡光信号通过。这就是光纤的传输损耗。只有降低光纤损耗，才能使光信号畅通无阻。

2、光纤损耗的分类

光纤损耗大致可分为光纤具有的固有损耗以及光纤制成后由使用条件造成的附加损耗。具体细分如下：

光纤损耗可分为固有损耗和附加损耗。

固有损耗包括散射损耗、吸收损耗和因光纤结构不完善引起的损耗。

附加损耗则包括微弯损耗、弯曲损耗和接续损耗。

其中，附加损耗是在光纤的铺设过程中人为造成的。在实际应用中，不可避免地要将光纤一根接一根地接起来，光纤连接会产生损耗。光纤微小弯曲、挤压、拉伸受力也会引起损耗。这些都是光纤使用条件引起的损耗。究其主要原因是在这些条件下，光纤纤芯中的传输模式发生了变化。附加损耗是可以尽量避免的。下面，我们只讨论光纤的固有损耗。

固有损耗中，散射损耗和吸收损耗是由光纤材料本身的特性决定的，在不同的工作波长下引起的固有损耗也不同。搞清楚产生损耗的机理，定量地分析各种因素引起的损耗的大小，对于研制低损耗光纤，合理使用光纤有着极其重要的意义。

3、材料的吸收损耗

制造光纤的材料能够吸收光能。光纤材料中的粒子吸收光能以后，产生振动、发热，而将能量散失掉，这样就产生了吸收损耗。

我们知道，物质是由原子、分子构成的，而原子又由原子核和核外电子组成，电子以一定的轨道围绕原子核旋转。这就像我们生活的地球以及金星、火星等行星都围绕太阳旋转一样，每一个电子都具有一定的能量，处在某一轨道上，或者说每一轨道都有一个确定的能级。距原子核近的轨道能级较低，距原子核越远的轨道能级越高。轨道之间的这种能级差别的大小就叫能级差。当电子从低能级向高能级跃迁时，就要吸收相应级别的能级差的能量。

在光纤中，当某一能级的电子受到与该能级差相对应的波长的光照射时，则位于低能级轨道上的电子将跃迁到能级高的轨道上。这一电子吸收了光能，就产生了光的吸收损耗。

制造光纤的基本材料二氧化硅（SiO₂）本身就吸收光，一个叫紫外吸收，另外一个叫红外吸收。目前光纤通信一般仅工作在 0.8~1.6μm 波长区，因此我们只讨论这一工作区的损耗。

石英玻璃中电子跃迁产生的吸收峰在紫外区的 0.1~0.2μm 波长左右。随着波长增大，其吸收作用逐渐减小，但影响区域很宽，直到 1μm 以上的波长。不过，紫外吸收对在红外区工作的石英光纤的影响不大。例如，在 0.6μm 波长的可见光区，紫外吸收可达 1dB / km，在 0.8μm 波长时降到 0.2~0.3dB / km，而在 1.2μm 波长时，大约只有 0.1dB / km。

石英光纤的红外吸收损耗是由红外区材料的分子振动产生的。在 2μm 以上波段有几个振动吸收峰。

由于受光纤中各种掺杂元素的影响，石英光纤在 2μm 以上的波段不可能出现低损耗窗口，在 1.85μm 波长的理论极限损耗为 1dB / km。

通过研究，还发现石英玻璃中有一些“破坏分子”在捣乱，主要是一些有害过渡金属杂质，如铜、铁、铬、锰等。这些“坏蛋”在光照射下，贪婪地吸收光能，乱蹦乱跳，造成了光能的损失。清?quot;捣乱分子”，对制造光纤的材料进行格的化学提纯，就可以大大降低损耗。

石英光纤中的另一个吸收源是氢氧根（OH⁻） 期的研究，人们发现氢氧根在光纤工作波段上有三个吸收峰，它们分别是 0.95μm、1.24μm 和 1.38μm，其中 1.38μm 波长的吸收损耗最为严重，对光纤的影响也最大。在 1.38μm 波长，含量仅占 0.0001 的氢氧根产生的吸收峰损耗就高达 33dB/km。

这些氢氧根是从哪里来的呢？氢氧根的来源很多，一是制造光纤的材料中有水分和氢氧化合物，这些氢氧化合物在原料提纯过程中不易被清除掉，最后仍以氢氧根的形式残留在光纤中；二是制造光纤的氢氧化物中含有少量的水分；三是光纤的制造过程中因化学反应而生成了水；四是外界空气的进入带来了水蒸气。然而，现在的制造工艺已经发展到了相当高的水平，氢氧根的含量已经降到了足够低的程度，它对光纤的影响可以忽略不计了。

4、散射损耗

在黑夜里，用手电筒向空中照射，可以看到一束光柱。人们也曾看到过夜空中探照灯发出粗大光柱。那么，为什么我们会看见这些光柱呢？这是因为有许多烟雾、灰尘等微小颗粒浮游于大气之中，光照射在这些颗粒上，产生了散射，就射向了四面八方。这个现象是由瑞利最先发现的，所以人们把这种散射命名为“瑞利散射”。

散射是怎样产生的呢？原来组成物质的分子、原子、电子等微小粒子是以某些固有频率进行振动的，并能释放出波长与该振动频率相应的光。粒子的振动频率由粒子的大小来决定。粒子越大，振动频率越低，释放出的光的波长越长；粒子越小，振动频率越高，释放出的光的波长越短。这种振动频率称做粒子的固有振动频率。但是这种振动并不是自行产生，它需要一定的能量。一旦粒子受到具有一定波长的光照射，而照射光的频率与该粒子固有振动频率相同，就会引起共振。粒子内的电子便以该振动频率开始振动，结果是该粒子向四面八方散射出光，入射光的能量被吸收而转化为粒子的能量，粒子又将能量重新以光能的形式射出去。因此，对于在外部观察的人来说，看到的好像是光撞到粒子以后，向四面八方飞散出去了。

光纤内也有瑞利散射，由此而产生的光损耗就称为瑞利散射损耗。鉴于目前的光纤制造工艺水平，可以说瑞利散射损耗是无法避免的。但是，由于瑞利散射损耗的大小与光波长的4次方成反比，所以光纤工作在长波长区时，瑞利散射损耗的影响可以大大减小。

5、先天不足，爱莫能助

光纤结构不完善，如由光纤中有气泡、杂质，或者粗细不均匀，特别是芯-包层交界面不平滑等，光线传到这些地方时，就会有一部分光散射到各个方向，造成损耗。这种损耗是可以想办法克服的，那就是要改善光纤制造的工艺。

散射使光射向四面八方，其中有一部分散射光沿着与光纤传播相反的方向反射回来，在光纤的入射端可接收到这部分散射光。光的散射使得一部分光能受到损失，这是人们所不希望的。但是，这种现象也可以为我们所利用，因为如果我们在发送端对接收到的这部分光的强弱进行分析，可以检查出这根光纤的断点、缺陷和损耗大小。这样，通过人的聪明才智，就把坏事变成了好事。

光缆终端方式注意要点

早期的光传输系统由于光纤的光损耗较大，活动连接器的加工精度也不够，故通常采用光缆直接终端法。具体方法是将线路侧的光纤与光端机来的尾巴光纤在终端盒内作固定连接。

随着光器件工艺的提高，同时考虑机房布局及调度的方便，目前都采用 O D F 架终端方法，即原本进入光端机的尾巴光纤先进到 O D F 架，然后通过一双插头的连接纤（又称跳线）将 O D F 架和光端机相连接。在此终端方式中，尾巴光纤进 O D F 架的这一部分由光缆专业施工人员布放，工艺规范，且路径较短，所以这一部分在以后的运行中故障通常很少。而出现问题最多的是 O D F 架和光端机间的跳线部分，跳线一般由机务人员布放，如果布放环境复杂，布放中不注意规范，常常会使所布放的跳线留下隐患，故需要注意以下几点。

(1) 避免跳线在走线中出现直角，特别是不应用塑料带将跳线扎成为直角，否则光纤因长期受应力影响而可能出现断裂，并引起光损耗不断增大。跳线在拐弯时应走曲线，且弯曲半径应 $\geq 40\text{mm}$ ，布放中要保证跳线不受力、不受压，以避免跳线长期的应力疲劳。

(2) 避免跳线插头和转接器（又称法兰盘）在连接中出现藕合不紧的情况，如果插头插入不好或者只插入一部分，一般会引起 10~20 d B 的光衰耗，使跳线的插入损耗大大增加，引起光通信系统的传输特性劣化。特别是在中继距离较长或者光端机光发送功率低的情况下，光通信系统的不稳定性将表现得尤为明显。

(3) 有些安装在农村地区用户端的光通信系统设备，因为环境较差易受鼠害的攻击，所以一方面要注意环境的治理，另一方面连接的跳线尽量由光通信系统设备的上方进入，避免跳线由地槽或地面进入设备。有些光通信系统如果用的是直接终端法，则终端盒最好挂在墙上而不要放在地槽下或地面上。

维护人员如对跳线的布放不加以注意，光通信系统在使用一段时间后会 出现单个或瞬间的大误码，光通信系统将变得不稳定。此时光通信系统出现故障的表现形态不一，故障的原因不易判断，故障的部位不易查找，严重时光通信系统将出现中断。故规范操作，避免不 规范行为是保证光通信系统稳定的重要条件。

光缆出现故障的原因分析及解决方法

最终用户或任何为网络不通而付出代价的用户都会关注电缆的一个主要问题，这就是为什么光缆会出故障。任何使用光缆的网络，其光缆链路对整个网络的性能都是至关重要的。所以确保光缆链路始终处于最佳状态无疑是非常关键的。为了帮助了解光缆故障的原因，福禄克网络通过第三方独立调查分析了大量网络最终用户和光缆安装商关于光缆链路的问题。

调查研究是由 Martin Technical Research 独立完成的,题目是光缆链路的故障原因。调查研究是评估 800 个电缆安装商,他们有 20%以上的工作是光缆的安装。在这些公司中,50%是采用随机的调查和询问,另外 50%还直接询问了网络上最终用户关于光缆的问题。最后福禄克网络和 Martin Technical Research 公司认为这种混合 调查的结果基本可以代表光缆故障的整体情况。

背景资料:

安装商包括数据通讯合同商,电气合同商,电信合同商,独立的光缆合同商,系统集成商,网络咨询商。平均每个公司有 15.4 个光缆的技术人员。这些合同商平均起来有 36%的工作与光缆相关。3500 个最终用户平均每个单位有 2.3 个光缆的技术人员,他们包括了教育、制造、政、银行、人寿保险、零售连锁商、印刷/出版商、研究实验室以及公用事业。并不令人吃惊的是 92%的最终用户都有光缆主干网,28%的用户有光缆到桌面的网络。那些光缆到桌面的用户有 38%的站点是光缆到桌面。

光缆链路的安装

安装高性能光缆链路的过程包括铺设光缆,光缆双端连接器的端接,双端跳线和网络设备的连接。铺设光缆时不要严重地弯曲光缆,它们会造成过量的损耗。被调查的网络用户主要安装的是 62.5/125mm 的光缆,但数据显示 50/125mm 的光缆也有明显的增加。此外目前使用最广泛的仍然是 ST 和 SC 连接口。

端接对链路损耗的影响非常大,而且它们会对多模光缆产生模式干扰。连接器可以是在事先抛光好的光缆连接处熔接安装,或在现场进行抛光。当使用事先抛光的连接器时,安装商一般不会感觉到检测连接器端接面的重要性,因为连接器的端接面是供应商在可以控制的环境中抛光的。对现场抛光的光纤连接器,安装商使用 100 或 200 倍放大镜检查端接面。当安装商确信连接器端接完好后将其安装到配线架或信息点出口等待后来的损耗测试。此时,对光缆进行标识就变得非常重要,因为安装商必须确保光缆一侧的发送端必须标识为对应光缆另一侧的接收端。

我们发现能够完成优良工程的安装商都有优良的工具。研究显示 86%的安装商使用放大镜来检测光缆的端接面,而 80%的最终用户也使用这种方法。

背景资料:

当使用放大镜检测光缆端接面时,一定使用激光安全滤波等级的工具以防止正在工作的光缆中不可见的红外线伤害眼睛。

安装过程中常见的光缆故障原因

调查的结果一致表明(89%的用户和合同商)在光缆安装过程中最常见的故障是光缆连接器端接面不洁。无需多说，C先生需要和D先生沟通来解决安装的问题。

一般，安装商使用100倍放大镜检查连接器的端接面，但它并不能查出所有端接面不洁和划痕的问题。250倍放大镜和400倍放大镜检查端接面不洁的区别。虽然整体看不出不洁的端接面，但是高倍的放大镜可以揭示信号传输的光缆核心的微小不洁问题。

光缆链路故障诊断中的常见问题

光缆链路的故障诊断发生在安装过程的最后一步。很多时候故障诊断发生在当安装的链路不能通过损耗测试的指标。故障诊断还发生在安装网络设备的时候。非常奇怪的是，此时光缆端接面的检测并不总是进行来保证光缆性能。例如只有60%的合同商涉及光缆端接面的检查。而网络用户只有46%检查光缆端接面。

此时不进行端接面检查的主要原因是配线架或信息点出口探测连接器的端接面是非常麻烦的，使得测试非常费时。在配线架后面将光缆的适配器拆下，检查端接面，重新连接适配器，该过程的平均时间是10分钟左右。即使如此，还寄希望于安装人员不会意外地接触到光缆端接面而造成光缆端接面更大的损伤。

检查光缆端接面最有效的方法是使用视频放大镜。视频放大镜可以直接插入到配线架以及设备的接口。由于不必在配线架背板拆开适配器进行检查以及检查后再重新连接，从而节省了大量的时间。视频放大镜提供直至400倍的放大能力以及各种类型的光缆连接器探头，包括微型连接器(SFF)，同时它还避免了可能由于工作中的红外光源对眼睛的损伤。和传统方法相比，用这种方式检查端接面可以节省大约90%的时间。也就是说6个连接器用6分钟检测完毕，而用传统方法需要60分钟。验证并确保光缆端接面的清洁就排除了光缆性能最大的潜在问题。

视频放大镜也可以安全地使用在工作中的光缆上。例如如果一个100BASE-FX 24口交换机的一个口有问题，你可以使用视频放大镜直接检测端口的洁净度，即使交换机是开机以及其它端口都在工作的情况下。在这种情况下，你就可以直接查找故障并且和设备供应商一起确认问题所在，而且只要不断电，也不影响交换机其它端口的正常工作。在这次调研中67%的安装合同商都遇到了设备的光缆端口不清洁的问题，而44%的网络用户也遇到过同样的问题。

背景资料:

视频放大镜检查网络设备端口可能会发现污染非常严重的端口。在对这些不洁的端口进行清洁之前，请联系设备供应商以确保没有违反保修的规则。

一个有趣的事情是清洁了一个连接器但是却弄脏了另一个连接器。因为检查完一个脏的连接器后没有清洁测试仪上的探头就又要去测试另外的连接器导致了交叉污染。所以清洁测试仪的探头是非常重要的。如果使用不洁的测试跳线，极可能将污染扩散导致非常高的损耗。请记住，跳线是可以被不洁的连接器所污染。同样，请认真想一下，有多少安装的跳线的端接面是没有清洁过以及测试过。例如不小心用手接触到光缆的端接面可以导致非常严重的污染。这些跳线被发现是很多网络故障的直接原因。不为人知的是，安装商和网络最终用户将网络设备连接的时候没有检查过跳线和设备端口的洁净度情况，这带来了 50% 以上的潜在问题。

有趣的是，90% 的合同商和 80% 的最终用户在每次安装连接器的时候都对端接面进行检查。他们的一般做法是使用 100 或 200 倍的放大镜进行检查。清洁端接面和适配器时，92% 的合同商和 82% 的最终用户使用酒精。另一个常用的清洁方法是压缩空气，30% 的合同商和 12% 的网络用户使用这种方法。有些人同时使用两种方法。还有其他人使用潮湿的酒精布清洁并使用非麻丝布擦拭，因为酒精和压缩空气可能仍然会在光缆端接面留下残留物。

光缆的测试仪器

最常用的光缆测试仪器是光功率损耗测试包(OLTS)以及光时域反射计(OTDR)。此外，调研结果中还有部分用户使用可视故障定位仪(VFLs)来检测光的极性、断点，以及大的衰减，例如配线架上光缆的过紧捆扎。某些 VFLs 可以产生两个光源，一个稳定一个振荡，来帮助识别微型接口(SFF)的光缆极性。调查也说明 OTDRs 也被用来定位连接器，熔接点以及弯曲过度的故障。调查说明在很多情况下用户也要求 OTDR 曲线和 OLTS(损耗测试)一起提供来保证所安装的光缆没有过度弯曲，不良的熔接以及连接器。此时最终用户不仅确保光缆应用是在损耗限之内，而且对光缆的安装质量非常有信心，对他们所付出的费用也感到放心。图 5 是光缆的测试仪器使用情况。

小结

灰尘以及其他的污染是光缆数据传输的主要敌人，特别是那些高速网络。千兆以太网标准规定对光缆链路损耗的余量只有 2.38dB，很小的不洁就可以造成严重的影响。简单地检查连接器的洁净度以及使用防尘盖(套)就可以有效地保护连接器不受污染。然而，在光缆故障诊断的时候，合适的测试工具，例如视频放大镜、OTDR，可以大大地缩短故障诊断的时间，从而缩短网络出故障的时间，减少由于网络中断而造成的损失。

背景资料：10 个减少光缆故障最有效的方法

1. 记住光缆的强度系数，不可大力拖拽光缆，不可过度弯曲光缆。
2. 按照厂商的要求在安装过程中清洁连接器。
3. 使用视频放大镜检查连接器的洁净度和划伤情况。
4. 使用 VFL 检验光缆的方向。
5. 按照标准，使用 OLTS 和 OTDR 测试安装的光缆。
6. 当测试光缆链路时，使用清洁的跳线 并始终保持其清洁 。
7. 所有连接器都要安装防尘罩套 。
8. 使用视频放大镜检查跳线的端接面。
9. 在清洁光缆端口之前咨询设备厂商。
10. 出现故障时使用合适的工具可以减少故障诊断的时间并节省用户的费

光缆网络的敷设与测试

随着光纤传输技术的日渐成熟以及光纤在价格上越来越低，传统的同轴电缆传输越来越不适应今天光电网络的发展，而作为传播信息载体的光纤，具有传输损耗小、传输距离远、工作频带宽、抗干扰能力强等优点，使之成为光电网络最理想的传播载体。光纤是由极纯净的石英制成。光纤有线电视中只使用单模光纤，其包层直径为 125 μm ，缓冲层直径为 250 μm ，通光部分的芯径只有 8 ~ 10 μm 。光缆的敷设与施工应考虑的事项与电缆工程大致相同。但光纤抗张力、抗侧压性能差，容易折断，因此在施工方法、工艺要求、工序流程等方面技术要求较高，对测试仪器仪表、机具工具、辅助材料等要求精度高、干燥清洁，还要求操作人员有较高的技术知识和操作技能。

光缆施工大致分为以下几步：准备→路由工程→光缆敷设→光缆接续→工程验收。

1. 准备工作

(1) 检查设计资料、原材料、施工工具和器材是否齐全, 光纤熔接用设备由厂家负责, 可暂不考虑。

(2) 组建一支高素质的施工队伍。这一点至关重要, 因为光纤施工比电缆施工要求要严格得多, 任何施工中的疏忽都将可能造成光纤损耗增大, 甚至断芯。

2. 路由工程

(1) 光缆敷设前首先要对光缆经过的路由做认真勘查, 了解当地道路建设和规划, 尽量避开坑塘、打麦场、加油站等这些潜在的隐患。路由确定后, 对其长度做实际测量, 精确到 50 m 之内。还要加上布放时的自然弯曲和各种预留长度, 各种预留还包括插入孔内弯曲、杆上预留、接头两端预留、水平面弧度增加等其他特殊预留。为了使光缆在发生断裂时再接续, 应在每百米处留有一定裕量, 裕量长度一般为 5%~10%, 根据实际需要的长度订购, 并在绕盘时注明。

(2) 画路径施工图。在预先栽好的电杆上编号, 画出路径施工图, 并说明每根电杆或地下管道出口电杆的号码以及管道长度, 并定出需要留出裕量的长度和位置。这样可有效地利用光缆的长度, 合理配置, 使熔接点尽量减少。

(3) 两根光纤接头处最好安设在地势平坦、地质稳固的地点, 避开水塘、河流、沟渠及道路, 最好设在电杆或管道出口处, 架空光缆接头应落在电杆旁 0.5~1 m 左右, 这一工作称为"配盘"。合理的配盘可以减少熔接点。另外在施工图上还应说明熔接点位置, 当光缆发生断点时, 便于迅速用仪器找到断点进行维修。

3. 光缆敷设

(1) 同一批次的光纤, 其模场直径基本相同, 光纤在某点断开后, 两端间的模场可视为一致, 因而在此断开点熔接可使模场直径对光纤熔接损耗的影响降到最低程度。所以要求光缆生产厂家用同一批次的裸纤, 按要求的光缆长度连续生产, 在每盘上顺序编号, 并分别标明 A (红色)、B (绿色) 端, 不得跳号。架设光缆时需按编号沿确定的路由顺序布放, 并保证前盘光缆的 B 端要和后一盘光缆的 A 端相连, 从而保证接续时两光纤端面模场直径基本相同, 使熔接损耗值达到最小。

(2) 架空光缆可用 7.2 mm 的镀锌钢绞线作悬挂光缆的吊线。吊线与光缆要良好接地, 要有防雷、防电措施, 并有防震、防风的机械性能。架空吊线与电力线的水平与垂直距离要 2 m 以上, 离地面

最小高度为 5 m，离房顶最小距离为 1.5 m。架空光缆的挂式有 3 种：吊线托挂式、吊线缠绕式与自承式。自承式不用钢绞吊线，光缆下垂，承受风荷力较差，因此常用吊挂式。

(3) 架空光缆布放。由于光缆的卷盘长度比电缆长得多，长度可能达几千米，故受到允许的额定拉力和弯曲半径的限制，在施工中特别注意不能猛拉和发生扭结现象。一般光缆可允许的拉力约为 150~200 kg，光缆转弯时弯曲半径应大于或等于光缆外径的 10~15 倍，施工布放时弯曲半径应大于或等于 20 倍。为了避免由于光缆放置于路段中间，离电杆约 20 m 处，向两反方向架设，先架设前半卷，在把后半卷光缆从盘上放下来，按"8"字型方式放在地上，然后布放。

(4) 在光缆布放时，严禁光缆打小圈及折、扭曲，并要配备一定数量的对讲机，"前走后跟，光缆上肩"的放缆方法，能够有效地防止背扣的发生，还要注意用力均匀，牵引力不超过光缆允许的 80%，瞬间最大牵引力不超过 100%。另外，架设时，在光缆的转弯处或地形较复杂处应有专人负责，严禁车辆碾压。架空布放光缆使用滑轮车，在架杆和吊线上预先挂好滑轮（一般每 10~20 m 挂一个滑轮），在光缆引上滑轮、引下滑轮处减少垂度，减小所受张力。然后在滑轮间穿好牵引绳，牵引绳系住光缆的牵引头，用一定牵引力让光缆爬上架杆，吊挂在吊线上。光缆挂钩的间距为 40 cm，挂钩在吊线上的搭扣方向要一致，每根电杆处要有凸型滴水沟，每盘光缆在接头处应留有杆长加 3 m 的余量，以便接续盒地面熔接操作，并且每隔几百米要有一定的盘留。

4. 光缆接续

(1) 常见的光缆有层绞式、骨架式和中心束管式光缆，纤芯的颜色按顺序分为本、橙、绿、棕、灰、白、黑、红、黄、紫、粉红、青绿，这称为纤芯颜色的全色谱，有些光缆厂家用"蓝"替换色谱中的某颜色。多芯光缆把不同颜色的光纤放在同一束管中成为一组，这样一根多芯光缆里就可能有好几个束管。正对光缆横截面，把红束管看作光缆的第一束管，顺时针依次为白一、白二、白三.....最后一根是绿束管。光纤接续，应遵循的原则是：芯数相等时，相同束管内的对应色光纤对接，芯数不同时，按顺序先接芯数大的，再接芯数小的。

(2) 光纤接续的过程和步骤：

a. 开剥光缆，并将光缆固定到接续盒内。

b. 分纤将光纤穿过热缩管。将不同束管、不同颜色的光纤分开。穿过热缩管。剥取涂覆层的光纤很脆弱，使用热缩管，可以保护光纤熔接头。

c. 打开熔接机电源，选择合适的熔接程序。每次使用熔接机前，应使熔接机在熔接环境中放置至少十五分钟，并在使用中和使用后及时去除熔接机中的灰尘，特别是夹具、各镜面型槽内的粉尘和光纤碎末。

d. 制作光纤端面。光纤端面制作的好坏将直接影响接续质量，所以在熔接前，一定要做好合格的端面。

e. 放置光纤。将光纤放在熔接机的V形槽中，小心压上光纤压板和光纤夹具，要根据光纤切割长度设置光纤在压板中的位置，关上防风罩。

f. 接续光纤，按下s t a r t键后，光纤相向移动，移动过程中，进行预加热放电使端面软化，由于表面张力作用，光纤端面变圆，进一步对准中心，并移动光纤，当光纤端面之间的间隙合适后熔接机停止相向移动，设定初始间隙，熔接机测量，并显示切割角度。在初始间隙设定完成后，开始执行纤芯或包层对准，然后熔接机减小间隙，高压放电产生的电弧将两根光纤熔接在一起，最后微处理器估算损耗，并将数值显示在显示器上。

g. 移出光纤用加热炉加热热缩管。打开防风罩，把光纤从熔接机上取出，再将热缩管放在裸纤中心，放到加热炉中加热，完毕后从加热器中取出光纤，冷却等待。

h. 盘纤并固定。将接续好的光纤盘到光纤收容盘上，在盘纤时，盘圈的半径越大，弧度越大，整个线路的损耗越小，所以一定要保持一定的半径，使激光在纤芯里传输时，避免产生不必要的损耗产生。

i. 密封和挂起。野外接续盒一定要密封好，防止进水。

5. 工程验收

工程验收是光缆施工的最后一个环节，除了杆路验收外，用O T D R（光时域反射计）测试仪测试光纤链路损耗最能说明光缆施工质量的好坏，施工好的光缆工程。O T D R测试图整体显得平滑，各段斜率一致，更无断点。最后验证整个光纤链路损耗是否在设计范围之内。施工完成后，还要用O T D R测试仪和打印机打印出O T D R测试图作为资料保存起来，为以后光缆线路维护做准备。

6. 光缆测试

光纤在架设、熔接完工后就是测试工作，使用的仪器主要是OTDR测试仪，用OTDR测试仪，可以测试：a. 光纤断点的位置；b. 光纤链路的全程损耗；c. 了解沿光纤长度的损耗分布；d. 光纤接续点的接头损耗。

为了测试准确，OTDR测试仪的脉冲大小和宽度要适当选择，按照厂方给出的折射率n值的指标设定。在判断故障点时，如果光缆长度预先不知道，可先放在自动位置，找出故障点的大体地点，然后放在手动位置，将脉冲大小和宽度选择小一点，但要与光缆长度相对应，盲区减小直至与坐标线重合。脉宽越小越精确，当然脉冲太小后曲线显示出现噪波，要恰到好处。再就是加接探纤盘。目的是为了防止近处有盲区不易发觉。关于判断断点时，如果断点不在接续盒处，将就近处接续盒打开，接上OTDR测试仪，测试故障点距测试点的准确距离，利用光缆上的米标就很容易找出故障点。利用米标查找故障时，对层绞式光缆还有一个绞合率问题，那就是光缆的长度和光纤的长度并不相等，光纤的长度大约是光缆长度的1.005倍。

利用上述方法，我们已成功排除多处断点和高损耗点。根据经验，高损耗点主要是光缆在架设过程中打折造成的，如遇打折，要用手顺其反方向校正，还不能解决，那只有加接续盒，别无它法。在使用OTDR测试仪时，我们发现同一接续点从两个方向测试，接头损耗相差很多，这是由于光缆的模场直径影响它的后向散射，因此在接头两边的光纤可能会产生不同的后向散射，从而遮蔽接头的真实损耗。如果从两个方向测量接头的损耗，并求出这两个结果的平均值，便可消除单向OTDR测量的人为因素误差。由此看来，仅从一个方向测量接头损耗，其结果并不十分准确。