

# 测试今天的高速多模光纤网络

## 如何确定使用何种光源?

为了满足更快速的数据传输对带宽持续增长的需求，校园网和智能建筑内的众多专用网络正在向高速网络(比如千兆以太网)升级，为了获得更高的数据传输速率，1G-10G 的网络设备像路由器、交换机等均采用高速激光光源替代 LED 光源。数据传输使用了激光和 LED 光源，在对光纤链路进行认证测试时，您如何确定使用何种光源呢?

### 目录

实施概要 .....	2
光纤链路的认证测试.....	3
光纤传输的基本原理.....	4
应用系统要求.....	6



## 测试今天的高速多模光纤网络

### 如何确定使用何种光源?

单模光纤接口的高速网络设备使用 Fabry-Perot (FP) 激光光源。用于 LAN 网络中的 FP 激光波长通常为 1310 nm 或者 1550 nm。使用相似的激光光源来测量单模光纤的损耗。因为用于测量连接损耗的光源与网络设备使用光源的特性相匹配，所以所测损耗与传输的网络信号的损耗十分接近。

多模光纤则更加复杂一些。设计用于多模光纤的网络设备既可以使用 LED 也可以使用激光光源。10/100 Mb 以太网技术的网络设备中多数使用 LED 光源。使用激光光源的速度更高网络设备可以支持 1 或 10 Gigabit 网络技术。多模光纤所使用的通常是 VCSEL 型激光器。VCSEL 激光光源发出波长 850 nm 的光束，能提供很高的数据传输速率；由于价格比 FP 激光器便宜很多，所以在成本上具有优势。

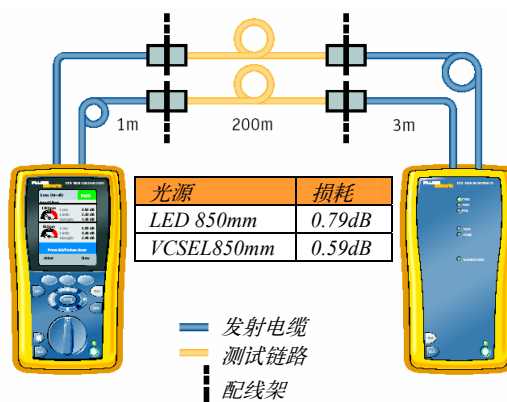
850 nm LED 和 850 nm VCSEL 发出的光是不同的。用技术术语来说，这两种光源的发光形态不同。LED 在多模纤芯的整个截面发光相对均匀。相反，VCSEL 光源发出的光束狭窄，它发出的光集中在纤芯的中心，离开中心后迅速减弱；到接近包层分界面的地方则基本消失。两种不同的发光形态导致损耗测量结果出现差异。

使用 LED 测量的损耗大于使用 VCSEL 测量的损耗。为了说明这个差异，我们分别用 LED 和 VCSEL 光源来测试一段 200 米长 62.5  $\mu\text{m}$  的多模光纤。见图 1。在 850 nm 波长值上，使用 LED 与使用 VCSEL 测量的连接损耗相差 0.20 dB。在光纤损耗比较紧张的链路中，这种差异可能导致测试结果不合格(Fail)。

### 光纤链路的认证 - 普通（或默认）光源规格与特定光源规格

TIA 和 ISO 标准规定，光纤链路的认证应该包括：在两个常用波长上对每根光纤的损耗进行测量，并且确认连接中的两根光纤的极性。（水平布线 - 最大长度 100 m - 只需要在一种波长上进行测试。）

TIA-568-B.1 标准参考了 TIA 526-14 标准，规定了已安装的多模光纤链路的光功率损耗测试，OFSTP-14 标准的附件 A 则在新版本中定义了光源的光耦合效率 CPR( Coupled Power Ratio)，该标准定义了光耦合率的测量方法，把光源分为五类：一类(过填充)到五类(弱填充)。



一般来讲，LED 光源是 1 类光源，而 FP 激光是典型的 5 类光源。TIA-526-14 标准中的 Section 3 讨论的就是这些光源。尤其在 3.1.3 节描述道：

“测试模块中光源应当与附件 A 中定义的 1-5 类光源中的某个类型的特性能够匹配，如果在一份参考文件中没有另外指定，则应该使用 1 类光源，并且要按照 Section 7.1.3 在测试报告中注明。一类光源测试得出的是损耗的最大值和最保守值。”

工业标准强调结构化布线系统中光纤传输信号的一般自然状态，他们在安装的链路中不作任何假定。正如上面提到的。那样，LED 光源(CPR 一类)在多模光纤中的信号损失是较大的，因此除非特别需求和指定，结构化布线系统都建议使用 LED 光源来认证测试多模光纤链路，这种测试提供了最差的链路测试结果。

			光源	
测试应用系统	网络数据传输速率	光纤类型	网络设备	测试设备
新型布线安装				
网络升级认证	10/100Mbps	MM	LED	LED
	1/10Gbps	Laser Optimized	VCSEL	VCSEL- (特定的) 根据应用系统*LED-一般的
现有的布线体系				
网络更新认证	1/10Gbps	MM	VCSEL	VCSEL*

\* 请注意：测试链路损耗将十分接近网络传输信号的损耗。

表 1 - 多模光纤链路认证的光源选择

然而，网络所有者希望知道光纤链路到底能不能支持一些特定应用。比如，如果安装的链路将用于支持千兆以太网应用，网络工程师会要求当网络设备（交换机、路由器、服务器等）开启的时候，使用与网络设备实际使用相同的光源来评估光纤的损耗性能，在这种情况下，工程师可能会选择用 VCSEL 或者 FP 激光光源来做测试，由于测试光源与该应用所使用光源类型完全匹配，所以测试的损耗结果最接近实际值。

## 白皮书

当对已经安装的多模光纤链路进行测试看是否能支持升级到千兆以太网应用时,用 VCSEL 或者 FP 激光光源测试的结果则是更合适的。

总之,标准默认建议的是使用通用的测试方案,但是对于布线系统的部署来说,如果这个信息与部署相关而且是已知的,网络拥有者或咨询公司可以在部署光纤系统时指定使用其它相关的光源。通用光源就是指 CPR 一类光源(LED 光源)。

上述讨论的关键在于,如果您需要使用非 LED 光源,那么需要在工作文档中指明。(见表 1)。

## 光纤传输的基本原理

### 激光 VS. LED 光源

激光发出的是能量非常高、集中(窄)的光束,而 LED 发射出的光束能级较低,光束更分散。而且激光的脉冲频率比 LED 高很多,这是高速网络需要使用激光的主要原因之一。在单模连接中,使用的是传统的 Fabry-Perot 激光器;新型 VCSEL(垂直腔体表面发光)激光器则使用在基于多模光纤的短波长千兆以太网网络中。

### 多模 VS. 单模光纤

多模光纤与单模光纤在物理上的主要不同之处是光纤的纤芯尺寸。纤芯是传输光信号的中心玻璃导体。多模光纤有两种纤芯尺寸,50.0  $\mu\text{m}$  和 62.5  $\mu\text{m}$ ,而单模光纤只有 9  $\mu\text{m}$  的纤芯尺寸。多模光纤允许光线在其纤芯以多路径(或者模式)方式传输,而单模光纤,正如它的名字所表达出的,仅允许光线通过单一路径传输。见图 2。决定部署多模光纤而不是单模光纤并不是基于光纤自身的成本,而是基于光电子学成本(网络设备成本),以及基于连接带宽的要求和传输连接的长度。单模光纤与激光光源相结合,要比多模光纤所能传输的距离更长,传送的带宽更高。

### 多模光纤 VS. 激光优化的多模光纤

激光优化的多模光纤用于支持使用 850 纳米 VCSEL 光源的千兆以太网光纤链路中,以便达到局域网应用(如校园网和建筑物内的骨干光纤)的合理距离。与传统的多模光纤相比,激光优化的多模光纤直径和衰减特性是一样的,但拥有不同的折射率剖面分布。与传统的多模光纤相比,使用类似激光的光源(VCSEL)加上这种光纤核心的传输特性使其可以传输更高的带宽并支持更长距离。

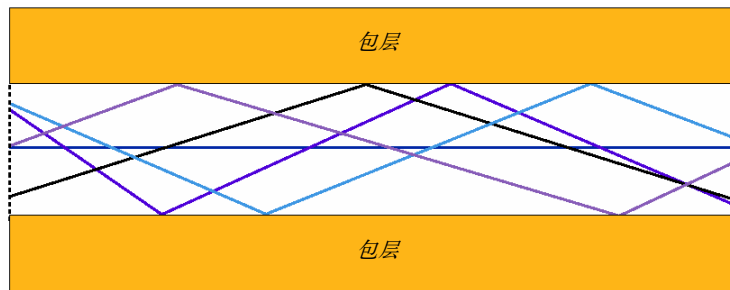


图 2a - 多模光纤



图 2b - 单模光纤

## 高阶模与低阶模

光线能够沿着许多可能路径在多模光纤中传输，这些路径具有不同的损耗特性。限制在光纤纤芯的中心的路径或者模式称为“低阶模”，而那些接近纤芯/包层分界面传输的路径或模式称为“高阶模”。当测量多模光纤损耗的时候，这种区分很重要。由于光纤的弯曲，高阶模更容易损耗。当弯曲过紧时，高阶模完全损失掉，而许多低阶模继续沿光纤传播。由于纤芯在连接点处不重合，高阶模也会首先被衰减。在使用 LED 光源时，为了提高多模光纤损耗测量的可重复性和一致性，标准建议围绕被称作“心轴”的圆柱体包裹与光源相连接的测试光缆。在测试信号到达 被测测试链路之前，这些在光缆内部的紧密包层或弯曲分离出高阶模。如果心轴包层应用于 LED 光源跳线，测试中的光纤被测损耗将会降低。例如，当测试如表 2 所述的连接时，我们观察到，使用心轴包层与不使用心轴包层，被测损耗有 0.15 dB 的差异。

发光情况	损耗
LED 850 nm 光源，测试跳线没有应用包层	0.94 dB
LED 850 nm 光源，5 层包层 围绕 17 mm 心轴	0.79 dB

表 2 - 使用心轴的情况下损耗结果的差异

因为激光发出的是集中的光束，在多模光纤中，激光的发光形态几乎不产生高阶模。回忆一下 LED 发出的圆锥形光分散到光纤的发光截面上，因此产生许多高阶模。由 VCSEL 发出的光类似激光的发光形态，发出狭窄集中的光束。这限制了纤芯中光的散射，提高了多模光纤的带宽。而且，有激光或者 VCSEL 时并没有使用心轴，因为其高阶模很少甚至没有。若使用心轴的话，反倒会产生高阶模。

## 应用系统要求

应用系统规格中总是参照端到端连接，它在 TIA 或者 ISO 标准中定义成“信道(Channel)”。如果是分段安装或是测试布线系统，应用系统的专业操作要求必须注意遵守总的信道限制。表 3 在下面列出了许多应用系统的最大建议长度和最大连接损耗。很显然，高性能的 Gigabit 要求是最苛刻的。基于光纤的带宽等级，光纤长度受到了限制；而且可允许的信道损耗明显低于使用早期网络技术所产生的信道损耗。

在千兆以太网标准中指定的损耗限制接近 TIA 或 ISO 标准中指定的损耗限制，而早期网络应用系统在更严格的 TIA 和 ISO 规格之上显示出一个明显的差量或净空。最新的规格基于以下性能：人们期望规格来自于不用考虑应用系统的专业安装布线系统。只要应用系统不提出比 TIA 或 ISO 规格更高的性能要求，布线基础架构将不妨碍网络应用系统。

应用系统	光源	λ (nm)	最大信道长度(m)		最大信道衰减(dB)	
			62.5μm	50μm	62.5μm	50μm
10BASE-FL	LED	850	2000		12.5	7.8
100BASE-FX	LED	1300	2000		11	6.3
ATM 155	LED	1300	2000		10	5.3
ATM 155	Laser	850	1000		7.2	7.2
ATM 622	LED	1300	500		6.0	6.0
ATM 622	Laser	850	300		4.0	4.0
1000BASE-SX	Laser	850	220-275 <sup>(1)</sup>	500-550 <sup>(1)</sup>	2.38	3.56
1000BASE-LX	Laser	1300	550		2.35	2.35

1-请注意：信道长度限制依赖于光纤的带宽等级；少量的应用使用低带宽类型的光纤(160 MHz·Km)

表 3 - 基于光纤介质和光源的应用系统要求

观察千兆以太网应用的最严格规范，其数值非常接近 TIA 或 ISO 的规范值，这可能引发测试多模光纤是否需要采用 VCSEL 或 FP 激光光源的争议。比如，用户要求安装部署激光优化光纤以支持未来的 1G-10G 的以太网应用，但起初安装的是 100M 的以太网设备。此时若使用 VCSEL 或 FP 激光光源做测试，那么您将知道这不能获得该条链路在最差情况下的损耗值。最初部署的 100M 以太网应用，由于相对于 TIA 或 ISO 标准有很大的余量，不会受到标准规范的任何影响。也许更重要的是在安装链路时就要确保其能在未来的一段时间内适当地支持千兆以太网技术，使得链路长度和损耗值都符合规范的要求。

网络超级透视  
NETWORK SUPERVISION

美国福禄克网络公司

<http://www.flukenetworks.com.cn>

<http://www.flukenetworks.com>

北京办事处: (010)65123435    重庆联络处: (023)89038590  
 上海办事处: (021)63548829    沈阳联络处: (024)23286038  
 广州办事处: (020)38795800    济南联络处: (0531)86127616  
 成都办事处: (028)85268810    深圳联络处: (0755)83680050  
 西安办事处: (029)88376090    北京维修站: (010)65123436  
 武汉联络处: (027)85743397    全国免费服务热线: 4008103435