

光无源器件

摘要

目录-

1. 1 [概念](#)
2. 2 [品种](#)
3. 3 [测试图](#)
4. 4 [原理及应用](#)

概念

光[无源器件](#)是光纤通信设备的重要组成部分,也是其它光纤应用领域不可缺少的元器件。具有高[回波损耗](#)、低[插入损耗](#)、高可靠性、稳定性、机械耐磨性和抗腐蚀性、易于操作等特点,广泛应用于长距离通信、区域网络及光纤到户、视频传输、光纤感测等等。

品种

- ▲ FC、SC、ST、LC 等多种类型适配器
- ▲ 有 PC、UPC、[APC](#) 三种形式
- ▲ FC、SC、ST、LC 等各种型号和规格的尾纤（包括带状和束状），芯数从单芯到 12 芯不等。

测试图

光无源器件测试是光无源器件生产工艺的重要组成部分,无论是测试设备的选型还是测试平台的搭建其实都反映了器件厂商的测试理念,或者说是器件厂商对精密仪器以及精密测试的认识。不同测试设备、不同测试系统搭建方法都会对测试的精度、可靠性和可操作性产生影响。本文简要介绍光无源器件的测试,并讨论不同测试系统对精确性、可靠性和重复性的影响。

在[图一](#)所示的测试系统中,测试光首先通过偏振控制器,然后经过回波损耗仪,回波损耗仪的输出端相当于测试的光输出口。这里需要强调一点,由于偏振控制器有 1~2dB 插入损耗,回波损耗仪约有 5dB 插入损耗,所以此时输出光与直接光源输出光相比要小 6~7dB。可以用两根单端跳线分别接在回损仪和[功率计](#)上,采用熔接方式做测试参考,同样可采用熔接方法将被测器件接入光路以测试器件的插损、偏振相关损耗(PDL)和回波损耗(ORL)。

该方法是很多器件生产厂商常用的,优点是非常方便,如果功率计端采用裸光纤适配器,则只需 5 次切纤、2 次熔纤(回损采用比较法测试*)便可完成插损、回损及偏振相关损耗的测试。但是这种测试方法却有严重的缺点:由于偏振控制器采用随机扫描 Poincare 球面方法测试偏振相关损耗,无需做测试参考,所以系统测得的 PDL 实际上是偏振控制器输出端到[光功率计](#)输入端之间链路上的综合 PDL 值。由于回损仪中的耦合器等无源器件以及回损仪 APC 的光口自身都有不小的 PDL,仅 APC 光口 PDL 值就

有约 0.007dB，且 PDL 相加并不成立，所以 PDL 测试值系统误差较大，测试的重复性和可靠性都不理想，所以这种方法不是值得推荐的方法。改进测试方法见图 2 所示。

在图 2 测试系统中，由于测试光先通过回损仪再通过偏振控制器，所以光源输出端与偏振控制器输入端之间的光偏振状态不会发生大的变化，也就是说系统可测得较准确的 DUT PDL 值。然而问题还没有解决，PDL 是可以了，但回波损耗测试却受到影响。我们知道，测试 DUT 回波损耗需要先测出测试系统本身的回光功率，然后测出系统与 DUT 共同的回光功率，相减得出 DUT 回光功率。从数学上容易理解，系统回光功率相对越小，DUT 回损值的精确度、可靠性以及动态范围就会越好，反之则越差。在第二种系统中，系统回光功率包含了偏振控制器回光功率，所以比较大，进而限制了 DUT 回损测试的可靠性和动态范围。但一般而言，只要不是测试 -60dB 以外的回损值，这种配置的问题还不大，因此它在回损要求不高的场合是一种还算过得去的测试方法。除了上述两种测试方案以外，还有一种基于 Mueller 矩阵法的测试系统(图 3)。

这种测试系统采用基于掺铒光纤环的可调谐激光器(EDF-TLS)而非普通外腔式激光器，这点很重要，后文还有论述，此外它还加上 Mueller 矩阵分析法专用的偏振控制器、回损仪和光功率计。由于采用 Mueller 矩阵法测试 PDL 时要求测试光有稳定的偏振状态，所以可调谐光源与偏振控制器之间以及偏振控制器与回损仪之间要用硬跳线连接，这样可以排除光纤摆动对测试的影响。用 Mueller 矩阵法测试 PDL 需要做参考，所以在一定程度上可以排除测试链路对 PDL 测试的影响，因此这个系统可以得到较高的 PDL 测试精度以及回损与插损精度，测试的可靠性和可操作性都很好。在该系统中每个测试单元不是独立地工作，它们必须整合为一体，可调谐光源不停扫描，功率计不停采集数据，测试主机分析采集所得数据，最后得出 IL、PDL 和 ORL 随波长变化的曲线。这种方法目前主要用在像 DWDM 器件等多通道器件测试上，是目前非常先进的测试方法。

上述三种测试方法中，笔者认为除了最后一种方法是测试 DWDM 多通道器件实现快速测试的最佳方案以外，其它两种方法都不足取，原因是它们都一味强调方便，而忽略了精密测试的精确、可靠性及重复性的要求。这也是为什么很多器件厂家测试同样的产品，今天测和明天测结果会大相径庭的原因。解决办法参见图 4 的耦合器测试装配方式。

利用图 4 的配置可以一次得出器件的回损和方向性参数，以及器件 PDL 和平均 IL。由于测试激光光源为偏振光源，这样对于器件插损测试就有一个 PDL 值大小系统测试的不确定性，如果器件本身 PDL 较大会比较成问题，所以采用去偏振器进行平均损耗测试。

这种测试方法的优点是测试稳定准确，基本排除了理论或系统误差，甚至抑制了随机误差，如插损采用无源去偏振器测试，缺点是需要搭建三个工位。EXFO 公司资深专家、国际电联 PMD 组主席 Andre Girard 有一句口头禅，叫做 Nothing perfect! 器件测试也是这样，是想要测试方便，但测试可靠性、重复性下降，还是想要测试可靠性与精度较高，但测试相对麻烦呢？一切都在个人取舍之间。上面是从测试工位的搭建即测试工位的拓扑关系来讨论器件最佳测试，其实测试工艺中测试设备的选型占有更重要的位置。

下面分别论述测试光源、功率计、偏振控制器以及测试系统对测试精确性、可靠性和重复性的影响。

1. 光源选择

测试光源是测试系统的激励源，由于用于测试而非用于传输，一般来说不需要功率太高，激光光源 0dBm，宽谱源-10dBm/nm 足以满足测试要求。同样因为是用于测试，光源的功率[稳定度](#)相当重要，除此之外还有一个相干长度的问题。其实任何激光光源都有相干长度的问题，一般 FP 或 DFB 激光光源的相干长度为 1, 000 米或更长，人为使激光器的线宽变宽后也有 10 米左右，这就是说，只要测试系统的光路短于这个长度，就会有干涉，测试就会测不准或者可靠性降低。有一种基于掺铒光纤环的可调谐激光器很好地解决了这一问题，该激光器相干长度只有 15 厘米，而器件测试长度一般 1~3 米，所以一定不会有相干的影响，从而使测试值的稳定度、重复性和可靠性都非常高，是一种非常适合于器件测试的光源。

除了相干长度，激光光源信噪比是另一个关键参数，激光光源的信号与源[自发辐射](#)噪声的比值 (S/SSE) 是限制测试动态范围的关键因素。如果 S/SSE 只有 60dB，那么当测试 65dB 的[滤光片](#)时由于滤光片不能滤去自发辐射噪声，所以测试只能显示 60dB，导致测试失败。一般而言，可调谐激光光源的 S/SSE 有 75dB，所以在要求测试大动态范围器件时应注意光源的 S/SSE 值。

对于宽谱源或 ASE 光源而言，波谱稳定度是一个关键参数，波谱稳定度是比积分功率稳定度更严格、更有意义的参数，它表征宽谱源在一段时间内波谱峰峰值变化的最大值。由于宽谱源一般配合光谱仪或波长计之类波长选择设备使用，所以积分功率稳定度对于测试没有太大意义。

2. 功率计选择

功率计探测器的材料大致决定了功率计的整体性能，一般有 Ge、Si、InGaAs 等材料的探测器，除此之外还有一种低偏振反映度 ([PDR](#)) 探测器，这种探测器是在 InGaAs 探测器的基础上添加一些材料使得其对 PDL 非常不敏感，所以很适合用于 PDL 的测试。

除了材料之外，探测器面积是决定其用途的重要参数，探测器面积越大，其受光能力就越强，但灵敏度则会降低，反之亦然。所以一般用于校准的光功率计探测器面积都大于 3mm²，用于探测很小的光功率如-100dBm 光能量探测器面积一般为 1mm²。一般来说如果光功率计采用裸光纤适配器，则要求光功率计探测器面积大于 3mm²，否则光纤出射光很难充分耦合到探测器上，使测试重复性和可靠性大大降低。其实即使采用大面积探测器，裸光纤适配器中的光纤也极有可能触及探测器，导致探测器老化，使测试精度降低，所以一般建议采用熔接的方法，这样虽然增加了一次熔纤，但是确保了测试的长期稳定性和可靠性。

除了以上传统的探测器类型，还有一种宽口径[积分球](#)探测器技术。这种探测器的探测器面积相当于 7mm²，由于采用积分球技术，所以它没有传统大口径探测器的表面不均匀性、光纤对准和光纤头容易触及探测器表面的问题，测试重复性也是传统探测器所无法相比的。

3. 偏振控制器选择

对随机扫描 Poincare 球偏振控制器 (PC) 而言，扫描周期、覆盖 Poincare 球面积、偏振光经过 PC 情况以及由于 PC 导致的光功率波动值

等都是些关键参数。这些参数的意思很容易理解，这里只想着重论述由于 PC 导致的光功率波动对测试的影响。我们知道 PDL 的测试其实就是探测当传输光偏振态(SOP)发生变化时，通过被测器件的光功率变化的最大值，所以如果由于其它原因导致光功率发生变化，测试系统就会误以为这也是 PDL，导致 PDL 测试过大。所以对于 PC 而言，光功率波动值将直接影响测试的准确度。

4. 测试系统的选择

所谓测试系统主要是指两个以上测试表或模块联合工作，形成组合之后新的操作界面，并完成自动测试的测试设备。传统系统搭建是通过一台计算机，用 GPIB 口控制几台光测试仪表进行，这里着重介绍通过模块组装系统的方法。其主要思路是，测试主机本身就是一台标准电脑，测试主机带有 5 个插槽，可以插入测试模块，组成简单的系统，对于大的测试系统还可添加扩展机，主机与扩展机之间通过数据线连接。这样扩展机上的槽位与主机上的槽位没有任何区别，插在扩展机上的模块与插在主机上的模块在数据传输速率上也没有任何区别，所以这种组建测试系统的方法使得系统数据传输速度非常快，操作也很方便。扩展机上还可级联扩展机，以组成更大的系统，所以扩容性非常好，例如 EXFO 的 IQS-12004B DWDM 测试系统将可调谐光源、快速光功率计、Muller 矩阵法偏振控制器和波长校准单元有机地结合起来，测试波长精度达 5pm，只需点击鼠标就可测得 IL、ORL 和 PDL 随波长的变化曲线，并得出串扰矩阵，这也恰恰展示了利用主机+扩展机进行系统搭建的优势。

本文结论

本文从测试工位的拓扑结构以及测试设备选择两个角度论述了测试工艺的可靠性、精度与重复性。其实光器件的生产工艺是很复杂的学问，不是简单几句话就可说清楚，不同的产品工艺均有所不同，值得深入研究，这样才不至于出了问题还不清楚出了什么问题而手忙脚乱。

*所谓比较法测试回损是指采用标准回损跳线(一般为回损值 14.7dB 并经过国际相关组织认证的标准跳线)对系统进行校准，被测器件的回光与之比较得出回损值。这种测试回损的方法较传统法更为方便，测试值精度更高，且受光源、光功率计等的不稳定影响较小。

原理及应用

光无源器件是光纤通信设备的重要组成部分。它是一种光学元器件，其工艺原理遵守光学的基本规律及光线理论和电磁波理论、各项[技术指标](#)、多种计算公式和各种测试方法，与纤维光学、集成光学息息相关；因此它与电无源器件有本质的区别。在光纤有线电视中，其起着连接、分配、隔离、滤波等作用。实际上光无源器件有很多种，限于篇幅，此处仅讲述常用的几种—[光分路器](#)、[光衰减器](#)、[光隔离器](#)、连接器、跳线、光开关。

一、光纤活动连接器。

光纤活动连接器是实现光纤之间活动连接的无源光器件，它还有将光纤与有源器件、光纤与其它无源器件、光纤与系统和仪表进行连接的功能。活动连接器伴随着[光通信](#)的发展而发展，现在已形成门类齐全、品种繁多的系统产品，是光纤应用领域中不可缺少的、应用最广泛的基础元件之一。

尽管光纤(缆)活动连接器在结构上千差万别，品种上多种多样，但按其功能可以分成如下几部分：连接器插头、[光纤跳线](#)、转换器、变换器

等。这些部件可以单独作为器件使用，也可以合在一起成为组件使用。实际上，一个活动连接器习惯上是指两个连接器插头加一个转换器。

(1) 连接器插头。

使光纤在转换器或变换器中完成插拔功能的部件称为插头，连接器插头由插针体和若干外部机械结构零件组成。两个插头在插入转换器或变换器后可以实现光纤（缆）之间的对接；插头的机械结构用于对光纤进行有效的保护。插针是一个带有微孔的精密圆柱体，其主要尺寸如下：

外径 $\Phi 2.499 \pm 0.0005\text{mm}$

外径不圆度 $< 0.0005\text{mm}$

微孔直径 $\Phi 126 \pm 0.5\mu\text{m}$

微孔偏心量 $< 1\mu\text{m}$

微孔深度 4mm 或 10mm

插针外圆柱体光洁度 $\nabla 14$

端面曲率半径 20-60mm

插针的材料有不锈钢、全陶瓷、玻璃和塑料几种。现在市场上用得最多的是陶瓷，[陶瓷材料](#)具有极好的温度稳定性，耐磨性和抗腐蚀能力，但价格也较贵。塑料插头价格便宜，但不耐用。市场上也有较多插头在采用塑料冒充陶瓷，工程人员在购买时请予识别。

插针和光纤相结合成为插针体。插针体的制作是将选配好的光纤插入微孔中，用胶固定后，再加工其端面，插头端面的曲率半径对反射损耗影响很大，通常曲率半径越小，反射损耗越大。插头按其端面的形状可分为3类：PC型、[SPC](#)型、APC型。PC型插头端面曲率半径最大，近乎平面接触，反射损耗最低；SPC型插头端面的曲率半径为20mm，反射损耗可达45dB，插入损耗可以做到小于0.2dB；反射损耗最高的是APC型，它除了采用球面接触外，还把端面加工成斜面，以使[反射光](#)反射出光纤，避免反射回光发射机。斜面的倾角越大，反射损耗越大，但插入损耗也随之增大，一般取倾角为 8° — 9° ，此时插入损耗约0.2dB，反射损耗可达60DB，在CATV系统中所有的光纤插头端面均为APC型。要想保证插针体的质量，光纤的几何尺寸必须达到下列要求：光纤外径比微孔直径小0.0005mm；光纤纤芯的[同轴度](#)小于0.0005mm。因此，插针和光纤以及两者的选配对接连接器插头的质量影响极大，也是连接器插头质量好坏的关键。不同厂家的产品工艺水平不一样，因而差别就很大，在实际应用中，本人也曾多次碰到一个插头插损1dB以上的情况，而正常值一般小于0.3dB。在工程应用中，不要小看一个小小的插头，质量低劣的插头对系统的影响是很大的；在选购时一定要选用信誉高、知名厂家的产品。

(2) 跳线。

将一根光纤的两头都装上插头，称为跳线。连接器插头是跳线的特殊情况，即只在光纤的一头装有插头。在工程及仪表应用中，大量使用着各种型号、规格的跳线，跳线中光纤两头的插头可以是同一型号，也可以是不同的型号。跳线可以是单芯的，也可以是多芯的。跳线的价格主要由接头的质量决定。因而价格也相差较大。在选用跳线时，本着质优价廉去选是不错，但一定不要买质次价低的产品。

(3) 转换器。

把光纤接头连接在一起，从而使光纤接通的器件称为转换器，转换器

俗称法兰盘。在 CATV 系统中用得最多的是 FC 型连接器；SC 型连接器因使用方便、价格低廉，可以密集安装等优点，应用前景也不错，除此地外，ST 型连接器也有一定数量的应用。

a. FC 型连接器。FC 型连接器是一种用[螺纹连接](#)，外部元件采用[金属材料](#)制作的圆形连接器。它是我国采用的主要品种，在有线电视[光网络](#)系统中大量应用；其有较强的抗拉强度，能适应各种工程的要求。

b. SC 型连接器。SC 型连接器外壳采用[工程塑料](#)制作，采用矩形结构，便于密集安装；不用螺纹连接，可以直接插拔，操作空间小。实用于高密度安装，使用方便。

c. ST 型连接器。ST 型连接器采用带键的卡口式锁紧结构，确保连接时准确对中。

这三种连接器虽然外观不一样，但核心元件——套筒是一样的。套筒是一个加工精密的套管（有开口和不开口两种），两个插针在套筒中对接并保证两根光纤的对准。其原理是：以插针的外圆柱面为基准面，插针与套筒之间为紧配合；当光纤纤芯外圆柱面的同轴度、插针的外圆柱面和端面、以及套筒的[内孔加工](#)的非常精密时，两根插针在套筒中对接，就实现了两根光纤的对准。

下面详细讲一下套筒。套筒有两种结构：开口套筒与不开口套筒。

a. 开口套筒。开口套筒在连接器中使用最普遍，其主要尺寸为：外径： $\Phi 3.2 \pm 0.01\text{mm}$ ，内径 $\Phi 2.5 \pm 0.02\text{mm}$ ，内孔光洁度： $\nabla 14$ ；[弹性形变](#)：小于 0.0005mm ，插针插入或拔出套筒的力： $3.92\text{--}5.88\text{N}$ 。开口套筒采用高弹性的材料，如[磷青铜](#)、铍青铜和氧化锆陶瓷制作，当插针插入套筒之后，套筒对插针的夹持力应保持稳定，这三种材料制作的套筒都在应用，但以铍青铜和氧化锆陶瓷居多。b. 不开口套筒。不开口套筒在连接器中应用较少，在光纤与有源器件的连接中应用较多，其外型尺寸与开口套筒基本上一致。不同之处在于它的内孔直径为 $\Phi 2.5 + 0.0005\text{mm}$ ，即比插针的外径大 $1\mu\text{m}$ ；既让插针能够顺利插入，同时间隙也不能太大，保证光纤与有源器件（如激光管、探测器）连接时，重复性、互换性达到要求的指标。

上述三种型号的转换器，只能对同型号的插头进行连接，对不同型号插头的连接，就需要下面三种转换器。即：FC/SC 型转换器——用于 FC 与 SC 型插头互连；FC/ST 型转换器——用于 FC 与 ST 型插头互连，SC/ST 型转换器——用于 SC 与 ST 型插头互连。市场上的法兰盘价格高低之间相关数倍，其实讲完这些，读者也应该明白原因在何处。

（4）变换器。

将某一种型号的插头变换成另一型号插头的器件叫做变换器，该器件由两部分组成，其中一半为某一型号的转换器，另一半为其它型号的插头。使用时将某一型号的插头插入同型号的转换器中，就变成其它型号的插头了。在实际工程应用中，往往会遇到这种情况，即手头上有某种型号的插头，而仪表或系统中是另一型号的转换器，彼此配不上，不能工作。如果备有这种型号的变换器，问题就迎刃而解了。对于 FC、SC、ST 三种连接器，要做到能完全互换，有下述 6 种变换器。SC—FC，将 SC 插头变换成 FC 插头；ST—FC 将 ST 插头变换成 FC 插头；FC—SC 将 FC 插头变换成 SC 插头；FC—ST 将 FC 插头变换成 ST 插头，SC—ST 将 SC 插头变换成 ST 插

头；ST—SC 将 ST 插头变换成 SC 插头。

实际上光纤的活动连接除了采用上述的活动连接器外，如果是紧急抢修断光缆，而手头又没有熔接机，通常采用一种机械连接头（也称快速接线子）处理。其利用一个玻璃微细管来定位，用一套机械装置来紧固光纤，使用时先切开光纤，对端面进行清洁处理，光纤端头保留 6—8mm，然后将光纤的两个端面在玻璃微细管的中央对准后夹紧，拧紧两端的螺帽即可实现光纤的可靠连接。这种机械连接头的长度约 40mm，直径不超过 5.7mm，平均插入损耗小于 0.4dB，反射损耗大于 50dB，抗拉强度大于 1.25kg，更重要的是装配时间极短，确实是一种快速抢修必备工具。

2. 光纤活动连接器的表征指标

(1) 插入损耗。

插入损耗定义为光纤中的光信号通过活动连接器之后，其输出光功率相对输入光功率的比率的分贝比。其表达式为 $IL = -10 \log_{10} P_I/P_0$ (dB)，其中 P_0 —输入端的光功率， P_I —输出端的光功率。插入损耗越小越好。从理论上讲影响插入损耗的主要因素有以下几种：纤芯错位损耗、光纤倾斜损耗、光纤端面间隙损耗、光纤端面的菲涅耳反射损耗、纤芯直径不同损耗、数值孔径不同损耗。不管那种损耗都和生产工艺有关，因此生产工艺技术是关键。

(2) 回波损耗。

回波损耗又称反射损耗，是指在光纤连接处，后向反射光相对于输入光的比率的分贝数，其表达式为 $RL = -10 \log_{10} P_r/P_0$ dB，其中 P_0 —输入光功率， P_r —后向反射光功率。反射损耗愈大愈好，以减少反射光对光源和系统的影响。改进回波损耗的途径只有一个，即将插头端面加工成球面或斜球面。球面接触，使纤芯之间的间隙接近于“0”，达到“物理接触”，使端面间隙和多次反射所引起的插入损耗得以消除，从而使后向反射光大为减少。斜球面接触除了实现光纤端面的物理接触以外，还可以将微弱的后向光加以旁路，使其难以进入原来的纤芯，斜球面接触可以使回波损耗达到 60dB 以上，甚至达到 70dB。关于插头的类型定义前面已述，此处不多讲。在 CATV 系统中都选用 APC 型端面的接头，这种接头的反射损耗完全可以达到系统要求，当然加工工艺不好的 APC 接头反射损耗比 PC 型接头的还要低也是可能的。

(3) 重复性。

重复性是指对同一对插头，在同一只转换器中，多次插拔之后，其插入损耗的变化范围，单位用 DB 表示。插拔次数一般取 5 次，先求出 5 个数据的平均值，再计算相对于平均值的变化范围。性能稳定的连接器的重复性应小于 ± 0.1 dB。重复性和[使用寿命](#)是有区别的，前者是在有限的插拔次数内，插入损耗的变化范围；后者是指在插拔一定次数后，器件就不能保证完好无损了。

(4) 互换性。

互换性是指不同插头之间或者同转换器任意置换之后，其插入损耗的范围。这个指标更能说明连接器性能的一致性。质量较好的连接器，其互换性应能控制在 ± 0.15 dB 以内。

重复性和互换性考核连接器[结构设计](#)和加工工艺的合理与否，也是表明连接器实用化的重要标志。质量好的跳线和转换器，其重复性和互换性

是合格的，即使是不同厂家的产品在一起使用；质量低劣的产品即使是同一厂家的产品也很差。更不用说不同厂家产品混合使用的情况。

3、活动连接器的使用

活动连接器一般用于下述位置：①光端机到光配接箱之间采用光纤跳线；②在光配线箱内采用法兰盘将光端机来的跳线与引出光缆相连的尾纤连通；③各种光测试仪一般将光跳线一端头固定在测试口上另一端与测试点连接；④光端机内部采用尾纤与法兰盘相连以引出引入光信号；⑤光发射机内部，激光器输出尾纤通过法兰盘与系统主干尾纤相连；⑥光分路器的输入、输出尾纤与法兰盘的活动连接。

二、光分路器

与[同轴电缆传输](#)系统一样，光网络系统也需要将光信号进行耦合、分支、分配，这就需要光分路器来实现，光分路器是光纤链路中最重要的无源器件之一，是具有多个输入端和多个输出端的光纤汇接器件，常用 $M \times N$ 来表示一个[分路器](#)有 M 个输入端和 N 个输出端。在光纤 CATV 系统中使用的光分路器一般都是 1×2 、 1×3 以及由它们组成的 $1 \times N$ 光分路器。

1. 光分路器的分光原理

光分路器按原理可以分为光纤型和平面波导型两种，光纤熔融拉锥型产品是将两根或多根光纤进行侧面熔接而成；光波导型是微光学元件型产品，采用光刻技术，在介质或半导体基板上形成光波导，实现分支分配功能。这两种型的分光原理类似，它们通过改变光纤间的消逝场相互耦合（耦合度，耦合长度）以及改变光纤纤半径来实现不同大小分支量，反之也可以将多路光信号合为一路信号叫做合成器。熔锥型光纤耦合器因制作方法简单、价格便宜、容易与外部光纤连接成为一整体，而且可以耐[机械振动](#)和温度变化等优点，目前成为市场的主流制造技术。

熔融拉锥法就是将两根（或两根以上）除去涂覆层的光纤以一定的方法靠扰，在高温加热下熔融，同时向两侧拉伸，最终在加热区形成双锥体形式的特殊波导结构，通过控制光纤扭转的角度和拉伸的长度，可得到不同的分光比例。最后把拉锥区用固化胶固化在石英基片上插入不锈钢管内，这就是光分路器。这种生产工艺因固化胶的[热膨胀系数](#)与石英基片、不锈钢管的不一致，在[环境温度](#)变化时热胀冷缩的程度就不一致，此种情况容易导致光分路器损坏，尤其把光分路放在野外的情况更甚，这也是光分路容易损坏得最主要原因。对于更多路数的分路器生产可以用多个二分路器组成。

2. 光分路器的常用技术指标

(1) 插入损耗。

光分路器的插入损耗是指每一路输出相对于输入光损失的 dB 数，其数学表达式为： $A_i = -10 \lg P_{outi} / P_{in}$ ，其中 A_i 是指第 i 个输出端口的插入损耗； P_{outi} 是第 i 个输出端口的光功率； P_{in} 是输入端的光功率值。

(2) 附加损耗。

附加损耗定义为所有输出端口的光功率总和相对于输入光功率损失的 DB 数。值得一提的是，对于光纤耦合器，附加损耗是体现器件[制造工艺](#)质量的指标，反映的是器件制作过程的固有损耗，这个损耗越小越好，是制作质量优劣的考核指标。而插入损耗则仅表示各个输出端口的[输出功率](#)状况，不仅有固有损耗的因素，更考虑了分光比的影响。因此不同的光

纤耦合器之间，插入损耗的差异并不能反映器件制作质量的优劣。对于 1*N 单模标准型光分路器附加损耗如下表所示：

分路数	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	16
附加损耗 DB	0.2	0.3	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2

(3) 分光比。

分光比定义为光分路器各输出端口的输出功率比值，在系统应用中，分光比的确定是根据实际系统光节点所需的光功率的多少，确定合适的分光比（平均分配的除外），光分路器的分光比与传输光的波长有关，例如一个光分路在传输 1.31 微米的光时两个输出端的光分比为 50:50；在传输 1.5 μ m 的光时，则变为 70:30（之所以出现这种情况，是因为光分路器都有一定的带宽，即分光比基本不变时所传输光信号的频带宽度）。所以在订做光分路器时一定要注明波长。

(4) 隔离度。

隔离度是指光分路器的某一光路对其他光路中的光信号的隔离能力。在以上各指标中，隔离度对于光分路器的意义更为重大，在实际系统应用中往往需要隔离度达到 40dB 以上的器件，否则将影响整个系统的性能。

另外光分路器的稳定性也是一个重要的指标，所谓稳定性是指在外界温度变化，其它器件的工作状态变化时，光分路器的分光比和其它性能指标都应基本保持不变，实际上光分路器的稳定性完全取决于生产厂家的工艺水平，不同厂家的产品，质量悬殊相当大。在实际应用中，本人也确实碰到很多质量低劣的光分路器，不仅性能指标劣化快，而且损坏率相当高，作为光纤干线的重要器件，在选购时一定要加以注意，不能光看价格，工艺水平低的光分路价格肯定低。

三、光衰减器

光衰减器是一种非常重要的纤维光学无源器件，是光纤 CATV 中的一个不可缺少的器件。到目前为止市场上已经形成了固定式、步进可调式、连续可调式及智能型光衰减器四种系列。

1、 衰减器的衰减原理。光衰减器的类型很多，不同类型的衰减器分别采用不同的工作原理。

① 位移型光衰减器。

众所周知，当两段光纤进行连接时，必须达到相当高的对中精度，才能使光信号以较小的损耗传输过去。反过来，如果将光纤的对中精度做适当的调整，就可以控制其衰减量。位移型光衰减器就是根据这个原理，有意让光纤在对接时，发生一定的错位。使光能量损失一些，从而达到控制衰减量的目的，位移型光衰减器又分为两种：横向位移型光衰减器、轴向位移型光衰减器。横向位移型光衰减器是一种比较传统的方法，由于横向位移参数的数量级均在微米级，所以一般不用来制作可变衰减器，仅用于固定衰减器的制作中，并采用熔接或粘接法，到目前仍有较大的市场，其优点在于回波损耗高，一般都大于 60dB。轴向位移型光衰减器在工艺设计上只要用机械的方法将两根光纤拉开一定距离进行对中，就可实现衰减的目的。这种原理主要用于固定光衰减器和一些小型可变光衰减器的制作。

② 薄膜型光衰减器。

这种衰减器利用光在金属薄膜表面的反射光强与薄膜厚度有关的原

理制成。如果玻璃衬底上蒸镀的金属薄膜的厚度固定，就制成固定光衰减器。如果在光纤中斜向插入蒸镀有不同厚度的一系列圆盘型金属薄膜的玻璃衬底，使光路中插入不同厚度的金属薄膜，就能改变反射光的强度，即可得到不同的衰减量，制成可变衰减器。

③ 衰减片型光衰减器。

衰减片型光衰减器直接将具有吸收特性的衰减片固定在光纤的端面上或光路中，达到衰减光信号的目的，这种方法不仅可以用来制作固定光衰减器，也可用来制作可变光衰减器。

2. 光衰减器的性能指标。

① 衰减量和插入损耗。

衰减量和插入损耗是光衰减器的重要指标，固定光衰减器的衰减量指标实际上就是其插入损耗，而可变衰减器除了衰减量外，还有单独的插入损耗指标，高质量的可变衰减器的插入损耗在 1.0dB 以下，一般情况下普通可变衰减器的该项指标小于 2.5dB 即可使用。在实际选用可调衰减器时，插入损耗越小越好。但这势必会牵扯到价格。

② 光衰减器的衰减精度。

衰减精度是光衰减器的重要指标。通常机械式可调光衰减器的衰减精度为其衰减量的 ± 0.1 倍。其大小取决于机械元件的精密加工程度。固定式光衰减器的衰减精度很高。通常衰减精度越高，价格就越高。

③ 回波损耗。

在光器件参数中影响系统性能的一个重要指标是回波损耗。回返光对光网络系统的影响是众所周知的。光衰减器的回波损耗是指入射到光衰减器中的光能量和衰减器中沿入射光路反射出的光能量之比。高性能光衰减器的回波损耗在 45dB 以上。事实上由于工艺等方面的原因，衰减器实际回波损耗离理论值还有一定差距，为了不致于降低整个线路回波损耗，必须在相应线路中使用高回损衰减器，同时还要求光衰减器具有更宽的温度使用范围和频谱范围。

3. 光衰减器的应用范围。

固定式光衰减器主要用于对光路中的光能量进行固定量的衰减，其温度特性极佳。在系统的调试中，常用于模拟光信号经过一段光纤后的相应衰减或用在中继站中减小富余的光功率，防止[光接收机](#)饱和；也可用于对光测试仪器的校准定标。对于不同的线路接口，可使用不同的固定衰减器；如果接口是尾纤型的，可用尾纤型的光衰减器焊接于光路的两段光纤之间；如果是在系统调试过程中有连接器接口，则用转换器式或变换器式固定衰减器比较方便。在实际应用中常常需要衰减量可随用户需要而改变的光衰减器。所以可变衰减器的应用范围更广泛。例如由于 EDFA、CATV 光系统的设计富余度和实际系统中光功率的富余度不完全一样，在对系统进行 [BER](#) 评估，防止接收机饱和时，就必须在系统中插入可变光衰减器，另外，在纤维光学（如光功率计或 OTDR）的计量、定标也将使用可变衰减器。从[市场需求](#)的角度看，一方面光衰减器正向着小型化，系列化、低价格方向发展。另一方面由于普通型光衰减器已相当成熟，光衰减器正向着高性能方向发展，如智能化光衰减器，高回损光衰减器等。

四. 光隔离器

光隔离器是一种非互易光学元件，它只容许光束沿一个方向通过，对

反射光有很强的阻挡作用。在 CATV 光传输系统中，由于光纤活动连接器，光纤熔接头，光学元件的存在和光纤本身的瑞利散射的作用，总是存在反射光波，对系统性能产生有害的影响，因此就必须采用光隔离器消除反射波的影响，在光反射机，[光放大器](#)中都装有光隔离器，

[隔离器](#)由起偏器，旋光器和检偏器三部分组成。起偏器是一种光学器件，当光束入射到它上面时，其输出光束变成了某一方向的线性偏振光，该方向就是起偏器的偏振轴。当入射[光的偏振](#)方向与起偏器的偏振轴垂直时光不能通过，因此起偏器又可作检偏器用。旋光器由旋光性材料和套在外面的永久磁铁组成，借助[磁光效应](#)，使通过它的光的偏振方向发生一定程度的旋转。

光隔离器的工作原理为：起偏器与检偏器的偏振轴相差 45° ，当入射光经过起偏器时，被变成线偏振光，然后经旋光器，其偏振面被旋转 45° ，刚好与检偏器的偏振方向一致，于是光信号顺利通过光隔离器而进入光路中。如果有反射光出现时，反射光通过检偏器和旋光器后，其偏振方向与起偏器的偏振方向正交而不能通过起偏器，从而达到了隔离反射光的目的，每级光隔离器对反射光的损耗高达 35dB 以上。

在 CATV 系统中对光隔离器性能的要求是：正向损耗低、反向隔离度高、回波损耗高、器件体积小、环境性能好。由于光隔离器比较贵重，所以一般应用在光源中，在光纤线路中不用，只所以不用并不是不需要，而是从成本考虑。如果光隔离器价格便宜，插入损耗又小，可以在线路中应用，以提高系统性能。

五、光开关

光开关是一种光路控制器件，起着切换光路的作用，在光纤传输网络和各种光交换系统中，可由微机控制实现分光交换，实现各终端之间、终端与中心之间信息的分配与交换智能化；在普通的光传输系统中，可用于主备用光路的切换，也可用于光纤、光器件的测试及光纤传感网络中，使光纤传输系统，测量仪表或传感系统工作稳定可靠，使用方便。

在 CATV 光网络中，为保证有线电视系统的不断工作，应配备备份光发射机，当正在工作的光发射机出故障时，利用光开关就可以在极短的时间内（小于 1ms）将备份光发射机接入系统，保证其正常工作。

根据其工作原理，光开关可分为机械式和非机械式两大类。机械式光开关靠光纤或光学元件移动使光路发生改变，目前市场上的光开关一般为机械式，其优点是插入损耗低，一般小于 1.5dB；隔离度高，一般大于 45dB，不受偏振和波长的影响。非机械式光开关则依靠[电光效应](#)、磁光效应、[声光效应](#)以及热光效应来改变波导折射率，使光路发生改变，这也是一项新技术，这类开关的优点是：开关时间短，体积小，便于光集成或光电集成；不足之处是插入损耗大，隔离度低。

六、波分复用器

在一根光纤内同时传送几个不同波长的光信号通信方式叫做波分复用，采用波分复用技术，只要在发送端和接收端增加少量的合波、分波设备，就可以大幅度增加光纤的传输容量，提高经济效益。对于已经铺设的光缆，采用波分复用技术，也可实现多路传输，起到[降低成本](#)和扩充容量的作用。波分复用器在光路中起到合波和分波的作用，它把不同波长的光信号汇集（合波）到一根光纤中传输，到了接收端，又把由光纤传输来的

复用光信号重新分离（分波）出来。根据分光原理的不同，波分复用器又可分为枝镜型、干涉模型和衍射光栅型三种，目前市场上的产品大多数是衍射光栅型。波分复用器的主要指标有插入损耗、串音损耗、波长间隔和复用路数等。插入损耗是指因使用波分复用器而带来的光功率损耗，一般在 1—5dB 左右。串音损耗表示波分复用器对各波长的分隔程度。串音衰减越大越好，应大于 20dB。

七、光接头盒、光配线箱、光终端盒

由于每盘光缆长度大多在 2.5KM 以下，因此在长距离光缆连接时需要连接光缆，为保证连接强度和在各种环境情况下使用，都要安装接头盒。光接头盒能够起密封和防水作用，它可以横式安装，也可以竖式安装。为了保证连接强度，先在一段连接光缆之间用钢丝加固，然后将每根熔接好的光纤用插板分层排列。一根光缆输出，选择 1*1 接头盒，如果是一根光缆输入，N 根光缆输出，选择 1*N 接头盒。当光缆芯数超过 16 对，订购时需要说明是多少芯光缆，以便内部增加光纤热收缩套管和光纤托板。

当 16 芯以上光缆进入室内并分配给不同设备时需要安装光配线箱，光配线箱上有活动接头、法兰盘、光分路器，既可固定光缆、又可进行光设备的配接。

当 16 芯以下光缆进入室内并且分配给不同设备时，可安装光终端盒，光终端盒一端和室外光缆连接，另一端分出若干根尾纤连接到光设备。

在有线电视光网络系统中用到大量的光无源器件，光系统的质量与稳定性与光无源器件息息相关，即使有源器件采用世界著名品牌，如果无源器件不仔细加以选择，也会导致系统质量低劣。

相关词条：