光纤通信与调试技术实验讲义

实验 1 光纤的熔接

一、实验目的

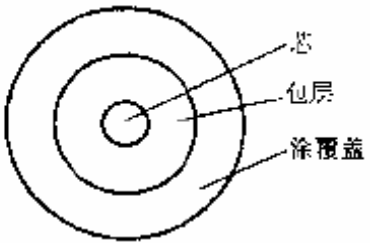
通过熔接的方法使光纤无缝的接续在一起。

二、实验仪器：

光纤熔接机、剥纤钳、光纤切割刀、清洁棉等。

三、实验原理

光纤是光波的传输媒质，其结构如图2.1所示。



按光纤中传输模式的多少，光纤可分为多模光纤和单模光纤两类。在单模光纤中只能传输一个模式，多模光纤则能承载成百上千个模式。单模光纤：中心玻璃芯较细（5～10μm），只能传一种模式的光。单模光纤可提供最大的信息载容量，单模光纤的折射率可选用阶跃型分布，也可选用梯度型分布，目前商用的常规单模光纤，一般选用阶跃型折射率分布。阶跃型单模光纤是高带宽、低损耗的优质光纤，这种光纤适合长距离光传输。多模光纤：中心玻璃芯较粗(50 或 62.5μm)，耦合入光纤的光功率较大，可传多种模式的光。但其模间色散较大，每一种模式到达光纤终端的时间先后不同，造成了脉冲的展宽，这就限制了传输数字信号的频率，而且随距离的增加会更加严重。因此，多模光纤传输的距离就比较近，一般只有几公里。除此之外，多模光纤弯曲损耗比较大。

四、实验步骤：

1、 光纤处理

1) 套入热缩管。

2) 光纤涂面层的剥除

掌握平、稳、快三字剥纤法。“平”，即持纤要平。左手拇指和食指捏紧光纤，使之成水平状，所露长度以 5cm 为宜，余纤在无名指、小拇指之间自然打弯，以增加力度，防止打滑。“稳”，即剥纤钳要握得稳。“快”，即剥纤要快，剥纤

钳应与光纤垂直，上方向内倾斜一定角度，然后用钳口轻轻卡住光纤，右手随之用力，顺光纤轴向平推出去，整个过程要自然流畅，一气呵成。

3）裸纤的清洁

观察光纤剥除部分的涂覆层是否全部剥除，若有残留应重剥。如有极少量不易剥除的涂覆层，可用棉球沾适量酒精，边浸渍，边逐步擦除。

将棉花撕成层面平整的扇形小块，沾少许酒精（以两指相捏无溢出为宜），折成 V”形，夹住已剥覆的光纤，顺光纤轴向擦拭，力争一次成功，一块棉花使用 2～3 次后要及时更换，每次要使用棉花的不同部位和层面，这样既可提高棉花利用率，又防止了探纤的两次污染。

2、 光纤的切割

裸纤的切割，首先清洁切刀和调整切刀位置，切刀的摆放要平稳，切割时，动作要自然，平稳，勿重，勿轻。避免断纤、斜角、毛刺及裂痕等不良端面产生。另外，合理分配和使用自己的右手手指，使之与切刀的具体部件相对应、协调，提高切割速度和质量。

3、 光纤的熔接

1） 打开熔接机电源，选择合适的熔接方式。光纤熔接机的供电电源有直流和交流两种，要根据供电电流的种类来合理开关。每次使用熔接机前，应使熔接机在熔接环境中放置至少 15 分钟。根据光纤类型设置熔接参数、预放电时间、时间及主放电时间、主放电时间等。及时清洁熔接机“V”形槽、电极、物镜、熔接室等。如没有特殊情况，一般选择用自动熔接程序。

2） 观察熔接中有无气泡、过细、过粗、虚熔、分离等不良现象，注意 OTDR 跟踪监测结果，及时分析产生上述不良现象的原因，采取相应的改进措施。如多次出现虚熔现象，应检查熔接的两根光纤的材料、型号是否匹配，切刀和熔接机是否被灰尘污染，并检查电极氧化状况，若均无问题，则应适当提高熔接电流。

3） 熔热缩管：

将热缩管移至熔接口，放进熔接机上的热缩槽中进行热缩固定。

五、实验注意事项

1、在实验过程中切勿将光纤端面对着人。

2、实验过程中切勿任意弯折光纤跳线。

3、 实验过程中严格遵守光纤熔接机使用规范。

六、实验报告

1、记录光纤熔接损耗。

2、思考为什么光纤接头用热缩管法增强保护时，从加热器中取出的光纤接头要放到散热片上迅速散热？

实验 2 光缆接续及接头盒安装

一、实验目的

1、了解光纤通信光缆接续的作用

2、 掌握光纤熔接机的使用方法

3、 掌握光缆接续及接头盒的安装方法

二、实验工具

光缆、光缆接头盒及附件、接续工具和仪器

三、实验原理

光缆一般要求按端别次序敷设，因此应掌握光缆端别的识别。与电缆一样，光缆也分A端与B端。对中心束管式光缆，因其缆芯只有一根松套管，无端别标识的必要；对层绞式和骨架式光缆的缆芯，有多根绞合单元，为便于光缆接续时一一对应不错纤，要求对光缆端别进行识别。

1、光缆：全色谱光缆和领示色谱光缆

全色谱光缆——松套管色谱为：

蓝、橙、绿、棕、灰、白、红、黑、黄、紫、粉红、青蓝

领示色谱光缆——领示色为：

红、绿或蓝、橙，其他松套管为白色

2、 光缆端别的识别

采用领示色谱时，面对光缆截面，由领示松套管（或填充线），以红头绿尾（或蓝头黄尾）的顺序，顺时针为A端；逆时针为B端。

采用全色谱光纤松套管时，面对光缆截面，以蓝、橙、绿、棕、灰……的顺序，顺时针为A端；逆时针为B端。

3、 光纤纤序的识别

光纤松套管（或光纤单元）的排列顺序确定之后，即可确定光缆内光纤的纤序。通常松套管（或光纤单元）内的光纤数和光纤色谱是对应的的（规格4、6、8、12芯）。先管序，后纤序（不足12芯，顺截）

光纤序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
颜色	蓝	桔	绿	棕	灰	白	红	黑	黄	紫	粉红	青蓝

四、实验内容及步骤

1、准备工作

① 开剥光缆，并将光缆固定到接续盒内。

注意不要伤到束管，开剥长度取 1m 左右，用卫生纸将油膏擦拭干净，将光缆穿入接续盒固定。

② 将不同束管、不同颜色的光纤分开，穿过热缩管。

③ 准备熔接机。

使用前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。

2、制备光纤端面

①专用剥线钳，剥除光纤涂覆层，剥除长度约为 35mm。注意剥除光纤涂覆层时要平、稳、快，即持纤要平、握钳要稳、剥纤要快，整个过程自然流畅，一气呵成。

②清洗裸光纤

用脱脂棉沾少许酒精，夹住已剥覆光纤，顺光纤端面方向，从不同角度擦拭，擦拭发出“吱吱”响声（2-3 次）。

③切割光纤断面

应用专用光纤切割刀。切割时应将光纤切割刀放置平稳，并清洗切割刀的刀片，切割出的光纤端面应与轴线垂直且平整、无毛刺、无缺损。光纤的切割长度应视热缩套管的长度而定。对于长为 60mm 的热缩套管，光纤的切割长度应为 16±1mm。 。

3、光纤熔接

① 打开熔接机的防风罩及光纤压板。

②将制备好的两根光纤分别放入熔接机的 V 型槽内，光纤端面距电极 0.5～1.5mm；注意将光纤放入熔接机的 V 型槽时，光纤端面不得触及槽底和电极，以防止损伤光纤端面。

③ 轻轻盖上光纤压板以压住光纤。

④关闭防风罩。

⑤按下“自动”键，熔接机便自动进行清洁、光纤校准、端面检查、间隙预留、预

熔、光纤推进（光纤端面间隔为 20μm）、放电、连接损耗估算、张力测试等操作。

4、接头部位增强保护

把光纤从熔接机上取出，经检测光纤接续损耗满足质量要求后，再将热缩管放在裸纤中心（接头部位），放到专用加热器上加热。一般选用 60mm 热缩套管，加热约为 85 秒。采用热可缩管加强保护时，要求加强管收缩均匀，管中无气泡。

5、盘纤固定

1) 基本要求：光纤接续应按顺序排列整齐、布置合理，并应将光纤接头固定，光纤接头部位应平直，不应受力。

① 根据光缆接头套管（盒）的不同结构，按工艺要求将接续后的光纤收冗余长盘放在骨架上，光纤的盘绕方向应一致，松紧适度。

② 收容余长的光纤盘绕弯曲的曲率半径应大于 40mm。光纤收冗余长的长度不应小于 1.2m。

③ 光纤盘留按顺序收容，不应有扭绞受压现象。应用海绵等缓冲材料压住光纤形成保护层。

④ 每根光纤贴上纤序标记，以便今后检测时备查。

2) 盘纤方法：

① 先中间后两边

先将热缩后的套管逐个放置于固定槽中，然后再处理两侧余纤。优点：有利于保护光纤接点，避免盘纤可能造成的损害。在光纤预留盘空间小、光纤不易盘绕和固定时，常用此种方法。

② 从一端开始盘纤，固定热缩管，然后再处理另一侧余纤。

优点：可根据一侧余纤长度灵活选择热缩管安放位置，方便、快捷，可避免出现急弯、小圈现象。

特殊情况的处理。

③ 如个别光纤过长或过短时，可将其放在最后，单独盘绕；带有特殊光器件时，可将其置入另一盘处理，若与普通光纤共盘时，应将其轻置于普通光纤之上，两者之间加缓冲衬垫，以防止挤压造成断纤，且特殊光器件尾纤不可太长。

根据实际情况采用多种图形盘纤。

④ 按余纤的长度和预留空间大小，顺势自然盘绕，且勿生拉硬拽，应灵活地采

用圆、椭圆、“CC”、“～”多种图形盘纤（注意 R≥4cm），尽可能最大限度利用预留空间和有效降低因盘纤带来的附加损耗。

五、实验要求

1、熔接效果，接续损耗绝对值在0.06dB以下。

2、裸纤位于热缩套管的中间位置，左右无明显偏差,钢棒与纤芯的涂覆层重叠部分每端应不小于0.8cm。

3、光纤尽量以收容盘的最大内径予以收容，盘绕半径不小于37.5mm；

4、热缩管应根据收容盘位置编号按照纤序依次排列，并基本位于收容盘内专用凹槽的中间位置，而且安全牢固。

5、光纤必须盘在收容盘的扣环以下；光纤不得压在热缩管下。

六、注意事项

1、严格按照熔接机的操作规范执行，爱护仪表，严禁不规范操作。除热熔操作外，在熔接机的自动处理进程中，不得强行退出操作，光纤熔接后出现损耗估值方可取纤。在制作光纤端面时必须关闭防风盖。

2、热熔热缩套管时只能利用本机自带的热熔炉，一次热熔过程只得热熔一根套管，热缩管两端不得有喇叭口、无杂质、热缩后管内无气泡。

3、切割刀、熔接机不使用时必须放在仪表箱里。

七、实验报告

1、记录每一根光纤的连接损耗值。

2、记录光缆接续的步骤及关键参数。

实验 3 测量光纤长度、损耗

一、实验目的

1、掌握用背向散射法测量光纤衰减和光纤长度的原理；

2、掌握光时域反射仪的工作原理和使用方法；

3、掌握背向散射法测量光纤衰减和光纤长度的方法和操作步骤。

二、实验仪器及器件

光纤若干、OTDR（Optical Time Domain Reflectometer）光时域反射仪

三、实验原理

1．OTDR 的工作原理

（1）几个基本概念

OTDR 的工作原理就是基于光纤的背向散射和菲涅尔反射。

①背向散射

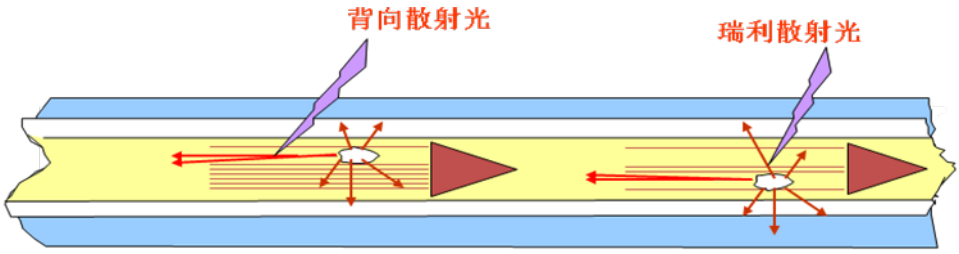
光纤结构上存在着微小的折射率不均匀点，使光波产生向各个方向的散射----瑞利散射。收集沿光纤链路返回到光纤始端的瑞利散射光，称为背向散射光（简称背向散射）。

②菲涅尔反射

光波在传输过程中通过折射率不同的介质时所产生的反射。

（2）OTDR 的测试原理

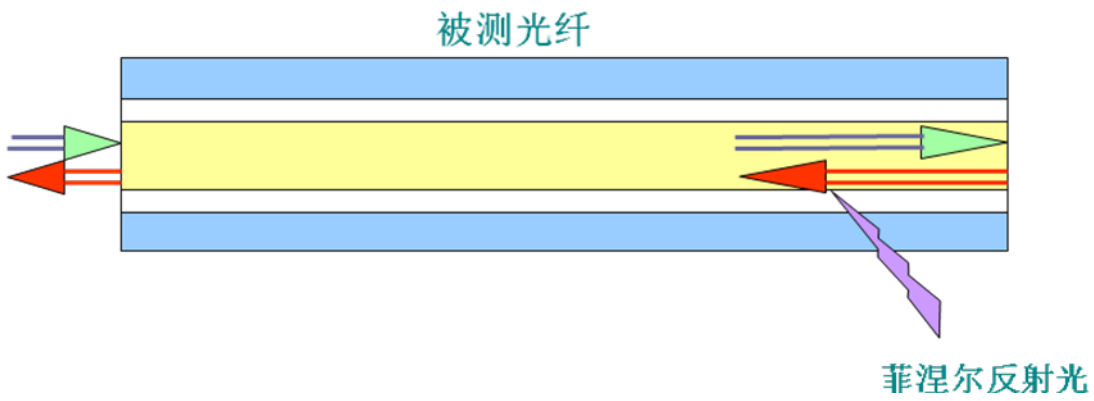
① 背向散射光



❖ 瑞利散射光：由于光纤微小折射率不均匀点产生的散射

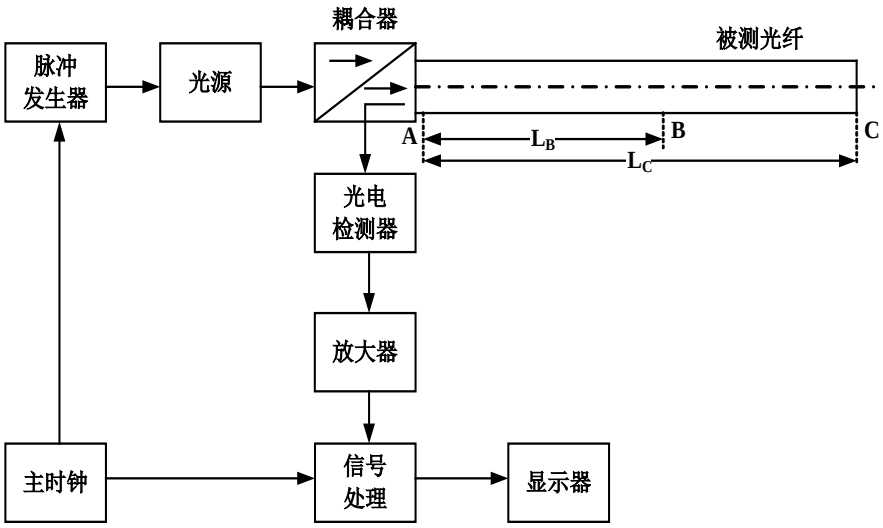
❖ 背向散射光：返回到始端的瑞利散射光

② 菲涅尔反射光



菲涅尔反射光：由于折射率不同产生的反射

③ OTDR 的原理图



测试背向散射光及菲涅尔反射光功率

➢ 计算光纤对光的损耗

$$\alpha_{BC} = \frac{1}{2} \times 10 \lg \frac{P_B}{P_C}$$

测试光持续时间

➢ 计算光纤的长度

$$L = T \cdot c / 2n$$

四、实验步骤

1、模式设置

➢ “自动”模式

只需要设置折射率、波长最基本的参数，其它由仪表在测试中自动设定，按下自动测试（测试）键，整条曲线和事件表都会被显示，测试时间短，速度快，操作简单，宜在查找故障的段落和部位时使用。

➢ “手动”模式

使用者手动执行的完整 OTDR 测试，可以控制所有测试参数（如距离范围、脉冲宽度和取样时间等）。主要用于对测试曲线上的事件进行详细分析，可通过变换、移动游标，放大曲线的某一段落等功能对事件进行准确定位，提高测试的分辨率，增加测试的精度，在光纤线路的实际测试中常被采用。3．测量光纤活动连接器的插入损耗。

2、参数设置

测试之前，应对 OTDR 的参数进行设置。设置参数包括波长、取样时间、折射率、余长系数、脉冲宽度、距离（量程）等。

➢ 波长的设置

- ❖ 光纤在不同波长下的损耗值是不同的，测试前，应根据被测光纤的实际使用情况，对 OTDR 的波长进行设置。
- ❖ 对于单模光纤，OTDR 可选择 1310nm，也可选择 1550nm，或二者都选。

➢ 取样时间设置

- ❖ 取样时间越长，OTDR 获得的曲线效果越好（取样时间的加长，更多的噪声被平均掉）。
- ❖ 增大取样时间可提高信噪比以及 OTDR 检测小事件的能力。
- ❖ 取样时间一般在 15s～3min 之间。

➢ 距离范围和脉冲宽度的设置

- ❖ OTDR 的距离范围（量程）：必须大于被测实际光纤的长度。

小量程会加快测试的速度，较大量程会增加测试误差。距离范围一般取被测光纤长度的 1.5～2 倍。

- ❖ 脉冲宽度：OTDR 发射到光纤的光脉冲长度。

窄脉冲可提高分辨率，适用于短光纤测试；宽脉冲可提高动态范围，适用于长光纤测试。

➢ d．折射率和余长系数设置

- ❖ 折射率：决定 OTDR 测试距离的精确度

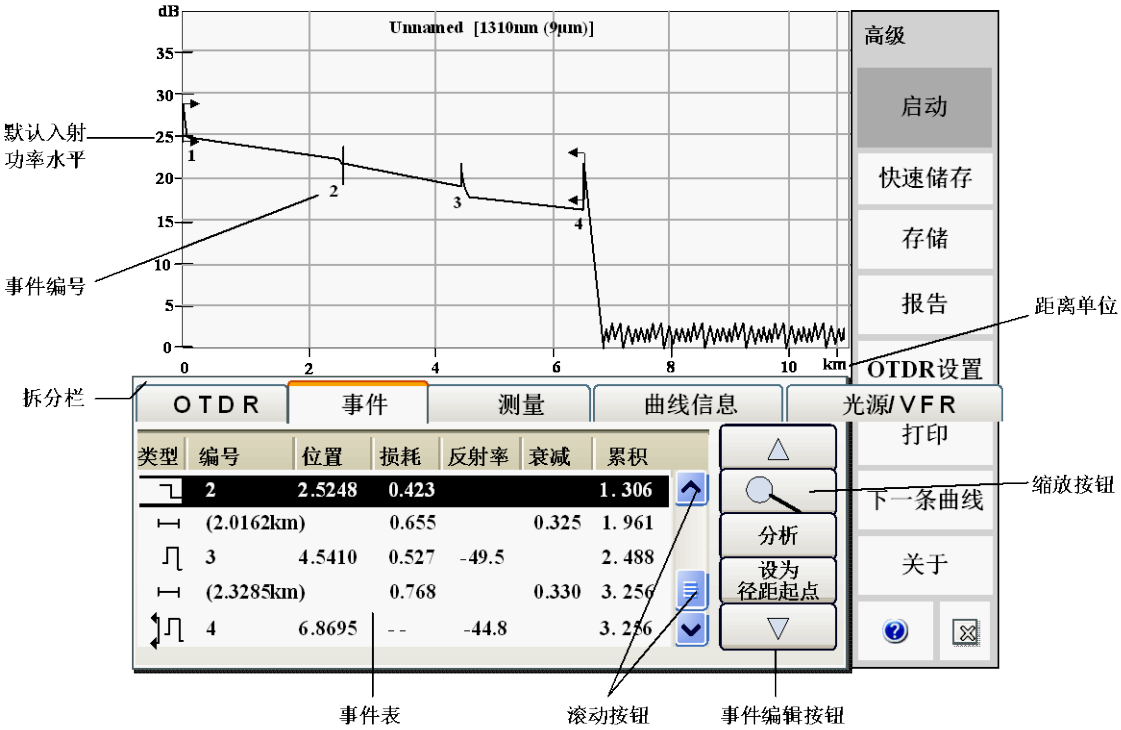
❖ 余长系数：考虑光缆长度和光缆中的光纤长度之间的差值。

➢ 阈值的设置

❖ 为测试设置通过/未通过阈值参数。

包括损耗阈值（dB）、衰减阈值（dB/km）和反射率阈值（dB）。阈值的设置，可使 OTDR 允许忽略小于阈值的事件，只检测大于阈值的事件。

3、参数设置完毕，按启动键（start），OTDR 发射光脉冲，开始进行取样，取样完成后，进行取样分析。完成分析后，曲线即会显示，同时事件也将出现在事件表中 。



五、实验注意事项

1、在实验过程中切勿将光纤端面对着人。

2、实验过程中切勿任意弯折光纤跳线。

3、 实验过程中严格遵守 OTDR 使用规范。

六、实验报告

1、记录 OTDR 设置参数。

2、记录光纤长度及各个事件性质和损耗。

实验 4 电话语音光纤传输系统

一、实验目的

1、了解电话语音信号光纤系统的通信原理

2、了解完整的电话语音信号光纤通信系统的基本结构

3、了解用户接口电路的原理

二、实验原理

本实验系统的电话系统采用热线电话的工作模式：其中任意一路摘机后（假定是甲路），另一路将振铃（假定是乙路），而电话甲将送回铃音。当乙路摘机后，双方进入通话状态。当其中一路挂机后，另一路将送忙音，当两部电话机都挂机后通话结束。

三、实验仪器

光纤通信实验箱 1 台，电话 2 部，FC/PC 光纤跳线 2 根，导线若干

四、实验内容及步骤

1、关闭系统电源，用光纤跳线连接 1310nm 光发模块和 1310nm 光收模块。

2、将 1310nm 光发模块的 J101 设置为“模拟”。

3、将 1310nm 光收模块的 RP106 顺时针旋到最大，RP107 逆时针旋到最大。

4、同理，按 1、2、3 操作步骤来设置 1550nm 的光发模块和 1550nm 的光收模块。

5、连接导线的连接方式如下：

电话甲 （模拟电信号输出）	P514—— P104	1310nm 光发模块 （模拟电信号输入，模拟光信号输出）
1310nm 光收模块 （模拟光信号输入，模拟电信号输出）	P105—— P517	电话乙 （模拟电信号输入）
电话乙 （模拟电信号输出）	P516—— P204	1550nm 光发模块 （模拟电信号输入，模拟光信号输出）
1550nm 光收模块	P205——	电话甲

（模拟光信号输入，模拟电信号输出）	P515	（模拟电信号输入）

6、打开系统电源，摘起两部电话（如果听到嘟……嘟的忙音，请将两部电话挂好后重新摘起），测试两部电话的通话情况。

7、根据通话效果，调整仪器旋钮，将 1310nm 光收发模块和 1550nm 光收发模块调为无失真传输状态。

8、关闭系统电源，拆除实验导线。将各实验仪器摆放整齐。

五、实验报告

叙述热线电话的通话流程。

六、注意事项

1、在实验过程中切勿将光纤端面对着人，切勿带电进行光纤的连接。

2、在插拔光纤跳线时一定要水平的轻轻的插拔，切勿弯折。在插之前要将光纤跳线的凸部和光纤活动连接器的凹部对准后再插入。

七、思考题

1、若电话不能通信，请分析导致的原因有哪些？

2、若听到的噪声太大，说明什么问题，应如何调节旋钮？

3、若听到的声音很小，说明什么问题，应如何调节旋钮？

实验 5　图像光纤传输系统

一、实验目的

1.了解图像信号光纤系统的通信原理。

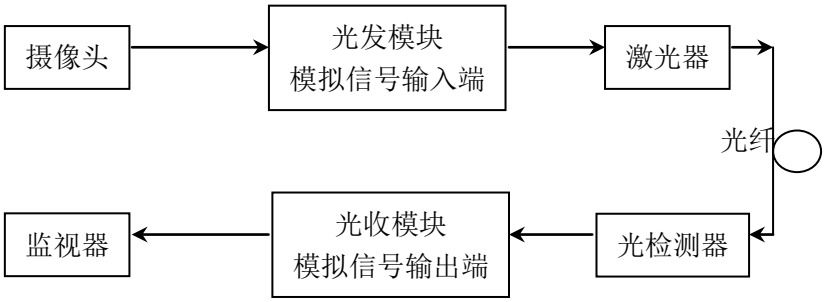
2.了解完整的图像信号光纤通信系统的基本结构。

二、实验仪器

光纤通信实验系统 1 台，监视器 1 台，摄像头 1 个，光纤跳线 1 根，示波器 1 台。

三、实验原理

因为视频信号的带宽为 0～6Mhz 相对于语音信号的 0～3Khz 来说宽了许多，因此光发射机和光接收机的要求更加严格。在实验中应该认真仔细的调整才能得到满意的图像传输效果。实验框图如下：



光纤图像传输框图

四、实验内容

1.图像信号的单光纤传输

五、实验步骤：

1.关闭系统电源，用光纤跳线连接 1310nm 光发模块和 1310nm 光收模块。

2.将模拟信号源模块的正弦波（P410）连接到 1310nm 光发模块的 P104。

3.把 1310nm 光发模块的 J101 设置为“模拟”。

4.将模拟信号源模块的开关 J400 的调到 1K 端。

5.将 1310nm 光收模块的 RP106 顺时针旋到最大，RP107 逆时针旋到最大。

6.打开系统电源，用示波器观测模拟信号源模块的 TP402,调节模拟信源模块

的 RP400，使信号的峰值为 2V。

7.用示波器观测模拟信号源的 TP402 和 1310nm 光收的 TP108,调节 1310nm 光发的 RP104 使 TP108 的波形和 TP402 的相同,且幅值最大。此时，1310nm 光收发模块无失真的传输模拟信号。

8.用视频连接线连接摄像头和 1310nm 光发模块的 P104。再用视频连接线连接 1310nm 模拟输出和监视器。

9.打开系统电源，可以观察到监视器上会显示摄像头传输的视频信号。（注意：监视器背后有一按键应将其设置为 AV 模式。如果图像比较模糊，调节摄像头的焦距即可得到清晰的图像。）

10.调节 1310nm 光收模块的 RP106、RP108，观察图像有何变化。

11.关闭系统电源，拆除实验导线。将各实验仪器摆放整齐。

六、实验注意事项

1.在实验过程中切勿将光纤端面对着人，切勿带电进行光纤的连接。

七、实验报告

1. 描述模拟信号光纤传输的原理。
2. 描述 RP106 和 RP108 变化时，图像有何变化？