

任务实施

一、掌握光纤的损耗特性

(一) 光纤损耗的原因

光能在光纤中传播时,会有一部分光能被光纤内部吸收,有一部分光可能辐射到光纤的外部,从而使光能减少,进而产生损耗。由于损耗的存在,使光信号在光纤中传输的幅度减小,在很大程度上限制了系统的传输距离。光纤的损耗分为吸收损耗和散射损耗两种,其中吸收损耗是光波通过光纤材料时,有一部分光能变成热能,造成光功率的损失。散射损耗是由于光纤的材料、形状、折射率分布等的缺陷或不均匀,使光纤中传导的光发生散射,由此产生的损耗为散射损耗,光纤损耗系数用 α 表示,即

$$\alpha = \frac{10}{L} \lg \frac{P_1}{P_2} \quad (\text{dB/km}) \quad (2-2-1)$$

式中, P_1 为入射光功率; P_2 为传输后的输出光功率; L 为被测光纤长度,单位 km; P_1 和 P_2 分别为输入光功率和输出光功率,单位 W; 损耗与波长的关系曲线称为损耗特征曲线谱,如图 2-2-1 所示。

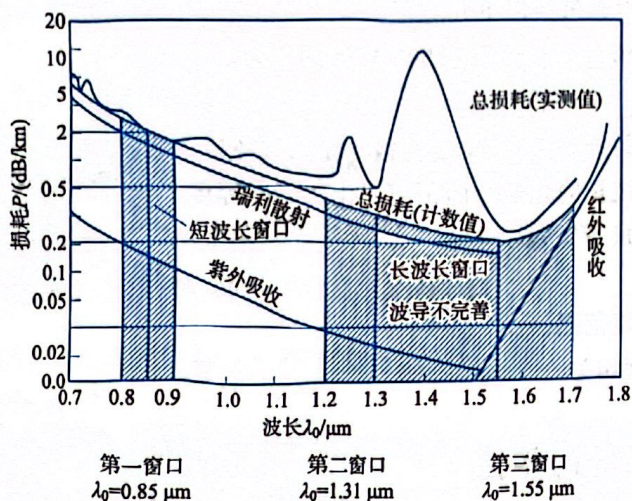


图 2-2-1 光纤的损耗特征曲线谱

从光纤的损耗特征曲线谱可以看到损耗出现的最高峰,称为吸收峰。损耗较低所对应的波长称为窗口。常说的光纤有 3 个低损耗窗口,波长分别为:

- (1) $\lambda_0 = 0.85 \mu\text{m}$ 短波长波段。
- (2) $\lambda_0 = 1.31 \mu\text{m}$ 长波长波段。
- (3) $\lambda_0 = 1.55 \mu\text{m}$ 长波长波段。

产生光纤损耗的原因很复杂,主要与光纤材料本身的特性有关;其次,制造工艺也影响光纤的损耗,影响损耗的制造工艺因素很多,归结起来主要有吸收损耗和散射损耗两种。损耗产生的原因有以下几点:

(1) 光纤的电子跃迁和分子的振动都要吸收一部分光能,造成光的损耗,产生衰减。

(2) 光纤原料中存在的过渡金属离子(如铁、铬、钴、铜等)杂质,在光照下产生振动和电子跃迁,产生衰减。

(3) 熔融的石英玻璃中含有水,水分子中的氢氧根离子振动也会吸收一部分光能,产生衰减。

(4) 光在光纤中存在瑞利散射,产生衰减。

(5) 光纤接头和弯曲,产生衰减。

(二) 测量光纤的损耗特性

光纤损耗测量主要有剪断法、插入法和背向散射法三种基本方法。

1. 剪断法

由式(2-2-1)可见,只要测量长度为 L_2 的长光纤输出光功率 P_2 ,保持注入条件不变,在注入装置附近剪断光纤,保留长度为 L_1 (一般为 2~3 m) 的短光纤,测量其输出光功率 P_1 (即长度为 $L = L_2 - L_1$ 这段光纤的输入光功率),根据式(2-2-1)就可以计算出 α 值。剪断法光纤损耗测量系统框图如图 2-2-2 所示。

对于损耗谱的测量要求采用光谱宽度很宽的光源(如卤灯或发光二极管)和波长选择器(如单色仪或滤光片),测出不同波长的光功率 $P_1(\lambda)$ 和 $P_2(\lambda)$,然后计算 $\alpha(\lambda)$ 值。

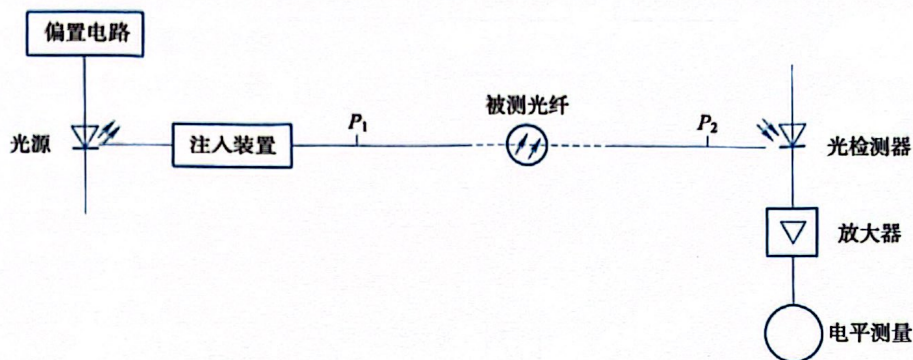


图 2-2-2 剪断法光纤损耗测量系统框图

2. 插入法

剪断法是根据损耗系数的定义,直接测量传输光功率实现的,所用仪器简单,测量结果准确,因而被确定为基准方法。但 this 方法是破坏性的,不利于多次重复测量。在实际应用中,可以采用插入法作为替代方法。插入法是在注入装置的输出和光检测器的输入之间直接连接,测出光功率 P_1 ,然后在两者之间插入被测光纤,再测出光功率 P_2 ,据此计算 α 值。这种方法可以根据工作环境灵活运用,但应对连接损耗做合理的修正。

3. 背向散射法

瑞利散射光功率与传输光功率成比例。利用与传输光相反方向的瑞利散射光功率确定光纤损耗系数的方法,称为背向散射法。

设在光纤中正向传输光功率为 P ,经过 L_1 和 L_2 点 ($L_1 < L_2$) 时分别为 P_1 和 P_2 ($P_1 > P_2$),从这两点返回输入端 ($L=0$)。光检测器的背向散射光功率分别为 $P_d(L_1)$ 和 $P_d(L_2)$,经分析推导出,正向和反向平均损耗系数如式 2-2-2 所示。



$$\alpha = \frac{10}{2(L_2 - L_1)} \lg \frac{P_d(L_1)}{P_d(L_2)} \quad (2-2-2)$$

式中,右边分母中因子2是光经过正向和反向两次传输产生的结果。

背向散射法不仅可以测量损耗系数,还可利用光在光纤中传输的时间来确定光纤的长度 L 。显然,有

$$L = \frac{ct}{2n_1} \quad (2-2-3)$$

式中, c 为真空中的光速; n_1 为光纤的纤芯折射率; t 为光脉冲的往返传播时间。

图2-2-3所示为背向散射法光纤损耗测量系统框图。光源应采用特定波长稳定的大功率激光器,调制的脉冲宽度和重复频率应和所要求的长度分辨率相适应。耦合器件把光脉冲注入被测光纤,又把背向散射光注入光检测器。光检测器应有很高的灵敏度。

用背向散射法的原理设计的测量仪器称为光时域反射仪(OTDR)。这种仪器采用单端输入和输出,不破坏光纤,使用非常方便。OTDR不仅可以测量光纤损耗系数和光纤长度,还可以测量连接器和接头的损耗,观察光纤沿线的均匀性和确定故障点的位置,是光纤通信系统工程现场测量不可缺少的工具。

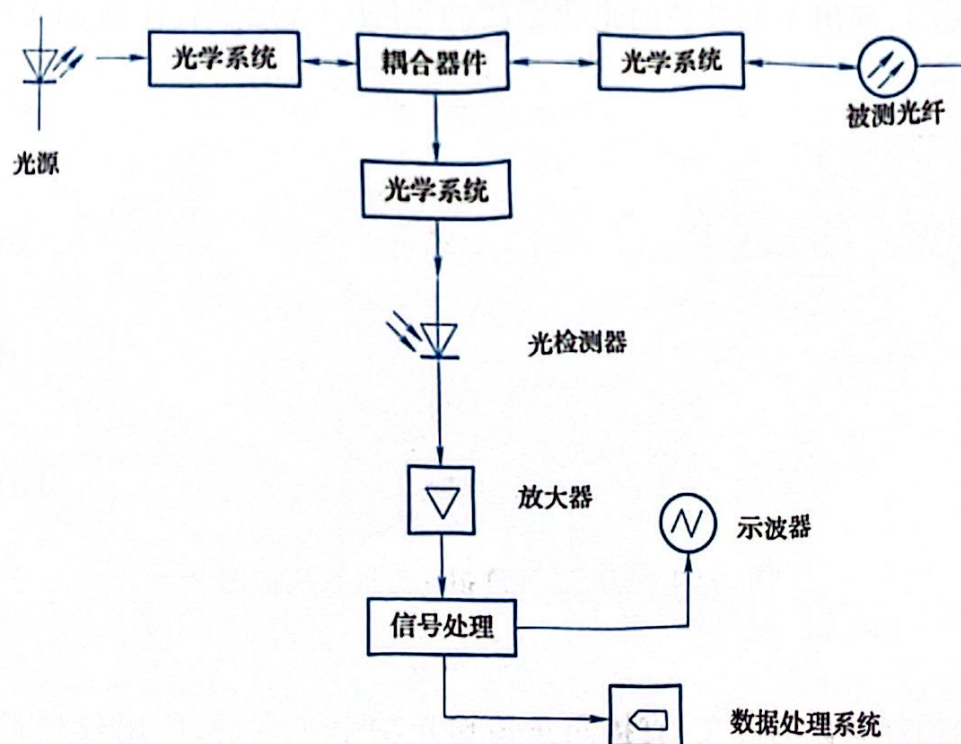


图 2-2-3 背向散射法光纤损耗测量系统框图

