维普资讯 http://www.cqvip.com

2001年3月 阜阳师范学院学报(自然科学版) March 2001
第18卷第1期 Journal of Fuyang Teachers College (Natural Science) Vol. 18. No. 1

OTDR在光纤测试中的应用

黄友锐 魏庆农 刘文清

(中国科学院安徽光学精密机械研究所,合肥 230031)

摘 要 本文介绍了OTDR的工作原理,叙述了OTDR在光纤测量中的几点经验和技巧,从而提高了我们的工作效率和处理事件的能力。

关键词 光时域反射仪 光纤测量 应用

分类号 TN253 **文献标识码**:A **文章编号**:1004-4329(2001)01-0012-03

1 引言

光时域反射仪OTDR(Optical Time Domain Reflectometer)是表征光纤传输特性的测试仪器。在光纤的研制和光纤通信工程的施工和维护中,光纤光缆的衰耗、长度、故障点、断点、接头损耗等都是需要测量的项目。用OTDR对这些项目进行测试,其方法简单、操作方便、快速直观、又是一种非破坏性测试,因此得到广泛应用。通过多次使用OTDR测试仪,我们对测试过程中出现的一些现象,进行了分析和处理,提供同行参考。

2 OTDR原理

光时域发射仪的原理结构方框图如图1所示。OTDR中的脉冲发生器发出宽度可调的窄脉冲驱动激光二极管(LD),产生所需宽度的光脉冲(通常为2μs~20μs),通过光路耦合到光纤中。光在光纤中传输产生两种反射:一种是纤芯纵向上局部折射率跃变变化产生的菲涅尔反射光;另一种是纤芯内部存在直径小于波长的材料密度不均匀区,各区域之间微弱折射率偏差产生的瑞利散射光,且其中一部分光反射到光纤入射端,这一部分光称为瑞利背向散射光。OTDR法就是通过检测瑞利背向散射光,观测和分析从光纤中返回入射端的背向散射光的脉冲变化,测量光纤的总损耗、局部损耗及连接损耗。也可通过检测瑞利散射光和菲涅尔反射光,检测光纤的长度和断点。对于完全不产生菲涅尔反射光的故障,也可通过检测瑞利散射光检测其位置。

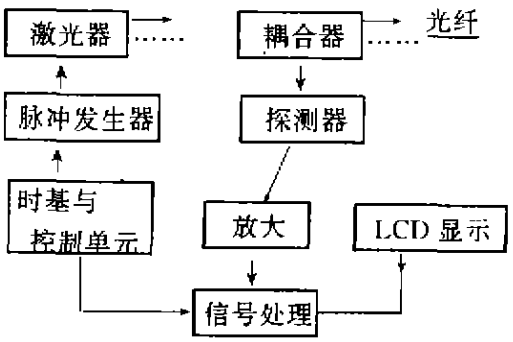

图1 OTDR原理结论方框图

理论上OTDR方法的最小分辨率为 $\Delta L = WV_g/2$,W 为注入光纤的光脉冲脉宽。V_g 为光在光纤中传输的群速度(km/s),这是因为在 ΔL 段内所有点的后面散射光将同时到达接收端。设注入光纤的脉冲功率为 P_{in},则光纤上距离始点 Z 处所有分辨率范围内 dz 段散射光的总功率经后向传播并回到始端的功率 $P(z)$ 为:

$$P(z)=3P_{in}(NA)^2/(8n_1^2)\int_0^z a_s(z)e^{-2a_t(z)}dz \quad (1)$$

式中 $a_s(z)$ 为 Z 处光纤散射系数,$a_t(z)$ 为 Z 处光衰减系数,NA 为光纤数值孔径,n_1 为纤芯折射率。

根据背向散射光的功率公式,可测得 z_1 和 z_2 两处散射回来的光功率,并假定光纤结构参数沿轴向均匀,则 z_1 和 z_2 间光纤的平均衰减系数 α 为:

$$a=\frac{5}{z_1-z_2}\lg\frac{P(z_1)}{P(z_2)}(\mathrm{dB/km}) \quad (2)$$

收稿日期:2000-03-13

第1作者简介:黄友锐(1971-),男,现工作单位:淮南工业学院电气工程系,博士.研究方向:光纤光缆专用设备的自动控制。

维普资讯 http://www.cqvip.com

与距离有关的信息是通过测量发出脉冲与接收后向散射光的时间差 Δt 和光纤的群折射率 N 值得到的,如下式所示

$$L=c\Delta t/(2N) \quad (3)$$

其中 c 为真空中的光速

OTDR可以精确测量后向散射光的光功率,并通过式(2)和式(3)来测量沿光纤长度上任一点特性大的微小变化,如图2所示。

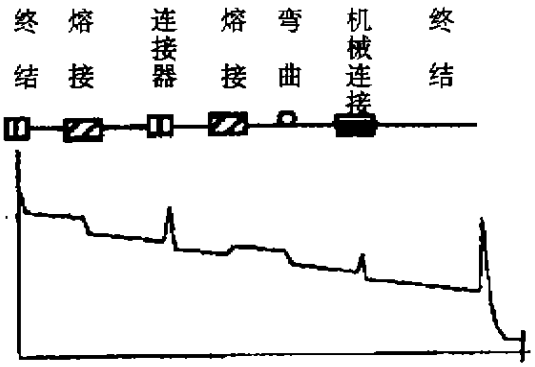

图2 OTDR曲线与光纤链路的对应关系

3 OTDR的使用

3.1 参数设置

在使用OTDR前,我们必须先根据被测系统的具体情况进行参数配置,通过菜单选择来设置光纤折射率指数、系统工作波长、光纤类型(单模或多模)、测试脉冲宽度等参数。因为脉冲宽度与动态范围、盲区范围成比例,但与测试分辨率成反比,一般来说使用宽脉冲测试长距离光缆时效果更佳。另外,为了减小实时测试带来的不稳定性,要选择平均测量值来显示测试曲线;为了测试点附近线路损耗对测试结果的影响,测量某点损耗时,要将测试参考线尽量靠近测试点。

3.2 曲线分析

大多数现代OTDR可进行全自动测量而很少用户介入,这种情况下,OTDR自动探测和测量所有事件、段和光纤终结,并以图形和列表的形式给出测量结果。但有时需要操作者对OTDR曲线进行手动分析。手动测量事件损耗和光纤段损耗的方法有:两点法和LSA法(在OTDR所带使用说明书中有详细介绍,这里不在介绍)。两点法简单明了,然而这种方法的准确性受限于曲线平滑度和使用者正确置位光标能力。LSA法是测量不含有明显事件光纤损耗的最好方法,特别适用于含有噪音的曲线。

4 经验与技巧

4.1 接头要清洁

光纤端面和连接器要保持清洁,否则将导致测量不可靠、曲线噪声多甚至测量不可进行。要获得精确的、可重复的测量,光系统内所有物理连接点清洁极为重要。

4.2 盲区事件的分析处理

通常用OTDR可以测量到两种反射信号:瑞利散射和菲涅尔反射。菲涅尔反射发生在连接器断面的折射指数有很大变化处,可以达到−14db这样强的信号会使OTDR的接收器处于饱和状态,OTDR需要一定的时间恢复到正常情况,这个恢复时间将使若干米距离的被测光纤的传输质量无法测量,形成盲区,简单地说盲区是脉冲宽度和恢复时间之和。我们可以使用一段200m左右附加光纤,用接头熔接法将这段光纤和被测光纤连接起来,使前端盲区完全落在这段光纤上,这种方法被广泛使用,以解决盲区问题。

4.3 接头损耗的测量

在测量接头损耗时,会发现从两个不同端测量光纤损耗的结果有时相差很大,这主要是由于两根光纤的对接面的折射率或尺寸不同,使对接面的散射系数以及其它特性参数不匹配引起的。因此在测量接头损耗时一定要进行双向测量,并对测量结果取平均值作为接头损耗。

4.4 幻峰现象及处理方法

我们在长期实际测试中,有时会遇到这种现象,特别是在检修光路寻找故障点时,发现在OTDR屏幕上显示的后向散射曲线有断开现象,而且在间断点上方还会出现斑点,整个形状呈尖峰状,它在OTDR屏幕上显示的图形如图3所示,它有时并不是有真正的连接器或断点引起的菲涅尔反射峰,我们把这种现象称作为幻峰现象。经过多次观察和分析,我们认为这是由于菲涅尔反射太强而引起的二次反射所造成的。在这种情况下,菲涅尔反射信号往往比后向散射信号高出30db;当然还有一种情况是由于菲涅尔反射点与测试距离范围之间的关系引起的。幻峰现象的出现会使我们在检修光路寻找故障点时常误把幻峰当作光纤故障点的菲涅尔反射,于是往往造成对故障点判断错误,它还会造成后向曲线失真,使得对该点附近的光纤损耗测试结果产

维普资讯 http://www.cqvip.com

生较大误差。我们在光纤测试中常采用以下步骤判别是否存在幻峰现象:①如果菲涅尔反射点与配盘图上的接续点位置不一致,则该菲涅尔反射点必定是光纤的故障点或幻峰。②如果在同一间距上出现了几个菲涅尔反射峰,那么大的反射峰为实峰,其余的是幻峰。③改变测试距离范围,若变换前后出现的反射峰没有发生变化,那么可以判定该反射峰为实峰,反之为幻峰。我们在实际工作中常采用以下方法来消除幻峰现象:在强反射处使用折射率匹配液以减少反射,在光纤接口处涂加匹配液,以改善耦合效果。选择大于被测光纤两倍的测试范围,以改变其测试条件。

图3 幻峰的形状

4.5 非接头事件处理

由于施工人员不慎,会造成这样的非正常事件,例如用OTDR测得的曲线如图4所示。有人认为是接头没接好,可实际上不是接头问题,可能是装入接头盒时,松套管被压弯,或盘绕光纤有小的弯曲半径,或有"背扣"等现象造成。

图4 非接头事件的曲线图

参考文献

1 马正先等.OTDR在光纤测量中的应用.激光杂志,1999.1

2 王明鉴.光缆工程基础.北京:北京邮电出版社,1993

3 胡战洪等.OTDR法在单模光纤测试中的应用.光通信研究,1991.2

Application of an OTDR in Optical Fiber Measurement

Huang Yourui Wei Qingnong Liu Wenqing

(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Academy of Sciences of China, Hefei 230031)

Abstract: This paper is to make a introduction to the principles of an OTDR. Tips and tricks in optical fiber measurements are also descirbed. This can improve the ability and efficiency in the work.

Key Words: Optical Time Domain Reflectometer; Optical Fiber Measurement; Application.