

光传输设备安装测试 实训教程

GUANGCHUANSHU SHEBEI ANZHUANG CESHI
SHIXUN JIAOCHENG

主编 蒋康明 李伟坚 吴赞红



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

光传输设备安装测试 实训教程

GUANGCHUANSHU SHEBEI ANZHUANG CESHI
SHIXUN JIAOCHENG

主编 蒋康明 李伟坚 吴赞红



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

中国·广州

图书在版编目 (CIP) 数据

光传输设备安装测试实训教程/蒋康明, 李伟坚, 吴赞红主编. —广州: 暨南大学出版社, 2014. 8

ISBN 978 - 7 - 5668 - 0800 - 4

I. ①光… II. ①蒋… ②李… ③吴… III. ①光传输设备—教材
IV. ①TN818

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 237737 号

出版发行: 暨南大学出版社

地 址: 中国广州暨南大学

电 话: 总编室 (8620) 85221601

营销部 (8620) 85225284 85228291 85228292 (邮购)

传 真: (8620) 85221583 (办公室) 85223774 (营销部)

邮 编: 510630

网 址: <http://www.jnupress.com> <http://press.jnu.edu.cn>

排 版: 广州市天河星辰文化发展部照排中心

印 刷: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本: 787mm × 960mm 1/16

印 张: 12

字 数: 139 千

版 次: 2014 年 8 月第 1 版

印 次: 2014 年 8 月第 1 次

定 价: 28.00 元

(暨大版图书如有印装质量问题, 请与出版社总编室联系调换)

编委会名单

主 编：蒋康明 李伟坚 吴赞红

副主编：曾 瑛 赖 群 范继新 汪 莹

编 委：郭苑灵 何 杰 黄 平 李爱东

李 杰 刘新展 余子勇 刘友好

廖兵兵 张 俊 郑全朝 陈淑伟

主编单位：广东电网公司电力调度控制中心

广东益泰达科技发展有限公司

前 言

随着电网建设的不断深入，作为电力系统基础支撑的电力通信得到了蓬勃发展。其中，光纤通信以其大带宽、大容量、高速率等优点在电力系统中得到了广泛的应用，成为电力通信的主要手段，为电力通信的快速发展和网络技术的普及应用提供了基础保证。因此，正确、科学、规范地安装、测试和使用传输设备，对电力通信网安全可靠地运行有着举足轻重的意义。

目前，市面上介绍光传输设备安装测试及故障分析处理的书籍往往偏重于基础理论知识铺排，且以纯文字描述为主，缺乏系统、完整的光传输设备的实操过程，实用性较差。特别是对于现场运行人员来说，这些书籍有用信息的获取量小且范围分散，原理较为深奥难解，学习效果不佳，难以满足光传输设备运维人员快速上手的学习要求。

针对以上问题，我们突破传统，编写了《光传输设备安装测试实训教程》。本书以广东电网通信施工作业中常见的光传输网络技术及设备为主要介绍对象，并与其他光传输网络技术和设备作比较，在系统地介绍光传输网络技术和设备的基础概念及技术规范的基础上，结合大量的工程实践经验和现场施工素材，全面地介绍了光传输设备的施工前准备、设备安装、设备单机测试、



系统测试、故障分析及处理等内容，并总结了其中重要的施工要素与注意事项。

本书理论结合实例，在必要的基础原理介绍上，辅以大量的现场操作和作业图片，图文并茂，形象生动，可读性强；内容覆盖光传输设备的到货、检查、安装、配置、调试、测试、故障分析处理的全过程，并对其中的关键技术进行了重点介绍和差异分析，具有较好的系统性。本书是一本具有鲜明电网特色的实操培训教程，志在让有现场操作需求的学员及电力通信运维人员能更容易地理解光传输设备实操的相关知识和技术要求，并针对自身需求，迅速获取所需知识，从而掌握光传输设备施工作业的相关技能。

蒋康明

2014 年 2 月 6 日

目 录

前 言	1
1 光传输技术发展及应用需求	1
1.1 光纤通信发展简史	1
1.2 光纤通信的优越性	4
1.3 光传输的概念介绍	6
1.4 光传输的发展及相关技术	12
1.5 电力通信网的业务需求	18
1.6 术语和定义	21
2 光传输网络设备的技术要求	24
2.1 一般性要求	24
2.2 SDH 技术要求	27
2.3 以太网技术要求	35
2.4 网管系统技术要求	42
2.5 光放大器技术要求	44
2.6 色散补偿技术要求	44



3	光传输设备安装	46
3.1	危险点分析及预控措施	47
3.2	施工前准备	50
3.3	设备安装	56
4	光传输设备单机测试	89
4.1	单机测试配置实例说明	90
4.2	检查单站硬件	91
4.3	调试机柜接通电源过程	99
4.4	调试子架功能	101
4.5	检查软件版本	107
4.6	测试单站光电接口指标	108
4.7	测试所有电口通断百分百无误	111
4.8	测试尾纤布放百分百无误	111
4.9	备份网元数据库	112
4.10	测试单站掉电后能够重新启动	113
4.11	单站测试完成后的收尾工作	113
5	光传输网络系统测试	115
5.1	光传输网络系统测试工程信息	116
5.2	系统调试的启动工作	124
5.3	光纤连接测试	125
5.4	ECC 路由测试	128
5.5	业务通道可用性测试	131
5.6	自愈保护倒换测试	134

5.7 时钟保护倒换测试	138
5.8 全网误码测试	139
 6 故障分析及处理方法	 142
6.1 故障定位基本思路和方法	142
6.2 常见告警原因分析	153
6.3 典型故障的分析处理	158
 附录 A 接口技术指标	 170
附录 B 检验检查报告	177

1 光传输技术发展及应用需求

1.1 光纤通信发展简史

伴随社会的进步与发展，以及人们日益增长的物质与文化需求，通信向大容量、长距离的方向发展已经是必然的趋势。由于光波具有极大的频率（大约 3 亿兆赫兹），也就是说具有极大的带宽，从而可以容纳巨大的通信信息，所以用光波作为载体来进行通信，一直是人们几百年来追求的目标。

1.1.1 光纤通信的里程碑

在 20 世纪 60 年代中期以前，人们虽然苦心研究过光圈波导、气体透镜波导、空心金属波导管等，想用它们作为传送光波的媒体以实现通信，但终因它们要么衰耗过大要么造价昂贵而无法实用化。历经几百年，人们始终没有找到传输光波的理想传送媒体。

1966 年 7 月，英籍华裔学者高锟博士（K. C. Kao）在 *PIEE* 杂志上发表了一篇十分著名的文章——《用于光频的光纤表面波导》，该文从理论上分析证明了用光纤作为传输媒体以实现光通

信的可能性，并设计了通信用光纤的波导结（即阶跃光纤）。更重要的是，它科学地预言了制造通信用的超低耗光纤的可能性，即加强原材料提纯，加入适当的掺杂剂，可以把光纤的衰耗系数降低到 20dB/km 以下。而当时世界上只能制造用于工业、医学方面的光纤，其衰耗在 $1\,000\text{dB/km}$ 以上。对于制造衰耗系数在 20dB/km 以下的光纤，被认为是可望而不可即的。后来的事实发展有力地证明了高锟博士文章的理论性及其科学大胆预言的正确性，因此该文被誉为光纤通信的里程碑。

1.1.2 导火索

1970 年，美国康宁玻璃公司根据高锟文章的设想，用改进型化学相沉积法（MCVD 法）制造出当时世界上第一根超低耗光纤，成为光纤通信爆炸性竞相发展的导火索。

虽然当时康宁玻璃公司制造出的光纤只有几米长，衰耗系数约 20dB/km ，而且几个小时之后便损坏了，逗号但它毕竟证明了用当时的科学技术与工艺方法去制造通信用的超低耗光纤是完全有可能的，也就是说找到了实现低衰耗传输光波的理想传输媒体，这是光通信研究的重大实质性突破。

1.1.3 爆炸性发展

自 1970 年以后，世界许多发达国家对光纤通信的研究倾注了大量的人力与物力，其来势之汹、规模之大、速度之快远远超出了人们的意料，从而使光纤通信技术得到了极其惊人的发展。

从光纤的衰耗系数来看：

1970 年： 20dB/km

1972 年： 4dB/km



1974 年: 1.1dB/km

1976 年: 0.5dB/km

1979 年: 0.2dB/km

1990 年: 0.14dB/km

1990 年时已经接近石英光纤的理论衰减极限值 0.1dB/km。

从光器件来看: 1970 年, 美国贝尔实验室研制出世界上第一只在室温下连续波工作的砷化镓铝半导体激光器, 为光纤通信找到了合适的光源器件。后来逐渐发展到性能更好、寿命达几万小时的异质结条形激光器和现在的分布反馈式单纵模激光器 (DFB) 以及多量子阱激光器 (MQW)。光接收器件也从简单的硅光二极管 (PIN) 发展到量子效率达 90% 的 III - V 族雪崩光电二极管 (APD)。

从光纤通信系统来看: 正是光纤制造技术和光电器件制造技术的飞速发展, 以及超大规模集成电路技术和微处理机技术的发展, 带动了光纤通信系统从小容量到大容量、从短距离到长距离、从低水平到高水平、从旧体制 (PDH) 到新体制 (SDH) 的迅猛发展。

1976 年, 美国在亚特兰大开通了世界上第一个实用化的光纤通信系统, 传输速率为 45Mb/s, 中继距离为 10 km。

1980 年, 多模光纤通信系统商用化 (140Mb/s), 并着手单模光纤通信系统的现场试验工作。

1990 年, 单模光纤通信系统进入商用化阶段 (565Mb/s), 并着手进行零色散移位光纤和波分复用及相干光通信的现场试验, 而且陆续制定数字同步体系 (SDH) 的技术标准。

1993 年, 622Mb/s 以下的 SDH 产品开始商用化。



1995 年, 2.5Gb/s 的 SDH 产品进入商用化阶段。

1996 年, 10Gb/s 的 SDH 产品进入商用化阶段。

1997 年, 采用了波分复用技术 (WDM) 的 20Gb/s 和 40Gb/s 的 SDH 产品试验取得重大突破。

此外, 在光孤子通信、超长波长通信和相干光通信方面也正在取得巨大的进展。总之, 从 1970 年到现在虽然只有短短四十多年的时间, 但光纤通信技术取得了极其惊人的发展。用带极大的光波作为传送信息的载体以实现通信, 几百年来人们梦寐以求的这一幻想在今天已成为活生生的现实。然而就目前的光纤通信而言, 其实际应用仅是其潜在能力的 2% 左右, 尚有巨大的潜力等待人们去开发和利用。因此, 光纤通信技术并未停滞不前, 而是向着更高水平、更高阶段的方向发展。

1.2 光纤通信的优越性

光纤通信之所以受到人们的极大重视, 这是因为和其他通信手段相比, 它具有无与伦比的优越性。

1.2.1 通信容量大

从理论上讲, 一根仅有头发丝粗细的光纤可以同时传输 1 000 亿个话路。虽然目前远远未达到如此大的传输容量, 但用一根光纤同时传输 24 万个话路的试验已经取得成功, 它的传输容量比传统的明线、同轴电缆、微波等要大几十倍乃至上千倍。一根光纤的传输容量如此巨大, 而一根光缆可以包括几十根甚至上千根光纤, 如果再加上波分复用技术, 把一根光纤当作几根甚



至几十根光纤来使用，其通信容量之大就更加惊人了。

1.2.2 中继距离长

由于光纤具有极低的衰耗系数（目前商用化石英光纤已达 0.19dB/km 以下），若配以适当的光发送与光接收设备，可使其中继距离达数百公里，这是传统的电缆、微波等根本无法比拟的。因此，光纤通信特别适用于长途一、二级干线通信。据报道，用一根光纤同时传输 24 万个话路、100 千米无中继的试验已经取得成功。此外，正在进行的光孤子通信试验，已达到传输 120 万个话路、6 000 千米无中继的水平。因此，在不久的将来，实现全球无中继的光纤通信是完全有可能的。

1.2.3 保密性能好

光波在光纤传输时只在其芯区进行，基本上没有光“泄露”出去，因此其保密性能极好。

1.2.4 适应能力强

光波在光纤中传输时不怕外界强电磁场的干扰，耐腐蚀，可挠性强（弯曲半径大于 25 厘米时，其性能不受影响）等。

1.2.5 体积小、重量轻、便于施工维护

光缆的敷设方式方便灵活，既可以直埋、管道敷设，又可以水底敷设和架空。

1.2.6 原材料来源丰富，潜在价格低廉

制造石英光纤最基本的原材料是二氧化硅，即砂子，而砂子

在自然界中几乎是取之不尽、用之不竭的，因此其潜在价格十分低廉。

1.3 光传输的概念介绍

光波属于电磁波范畴，其中，紫外线、可见光、红外线都属于光波。光传输是以光波为载波，以光导纤维为传输介质的信息传输过程或方式。光传输与电传输的主要区别如下：

- (1) 以高频率光波作为载波传输信号。
- (2) 用光缆作为传输介质。

1.3.1 光传输的基本概念

1.3.1.1 光纤及其分类

光纤的基本结构是纤芯和包层所构成的同心圆柱体。

光纤是一种介质波导，具有把光封闭在其中并沿轴向传播的波导结构，纤芯和包层的折射率不同，如图 1-1 所示：

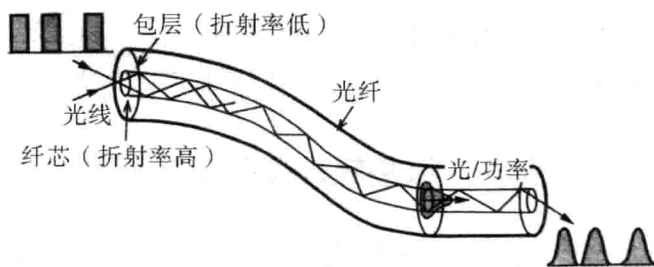


图 1-1 光纤基本结构

- (1) 按传导模式数量来分类，可分为单模光纤和多模光纤。
- (2) 按折射率分布不同来分类，可分为阶跃光纤和渐变



光纤。

(3) 按套塑层的不同来分类,可分为紧套光纤和松套光纤。

1.3.1.2 光纤的传输特性

1. 损耗

光波在光纤中传输时,随着传输距离的增加,其功率会不断下降,光纤对光波产生的衰减作用称为损耗。用衰减系数(损耗系数)来衡量,主要有吸收损耗和散射损耗等。

2. 色散

光纤所传输的信号是由不同的频率成分和不同的模式成分携带的,传输速度也不同,因而可能导致信号畸变。色散将使光脉冲产生时间上的展宽,严重时会导致光脉冲前后相互重叠,造成码间干扰,增加误码率,影响传输容量,并限制光传输系统的中继距离。常以色散系数、最大时延差和光纤带宽等不同方法来表征,如图1-2所示:

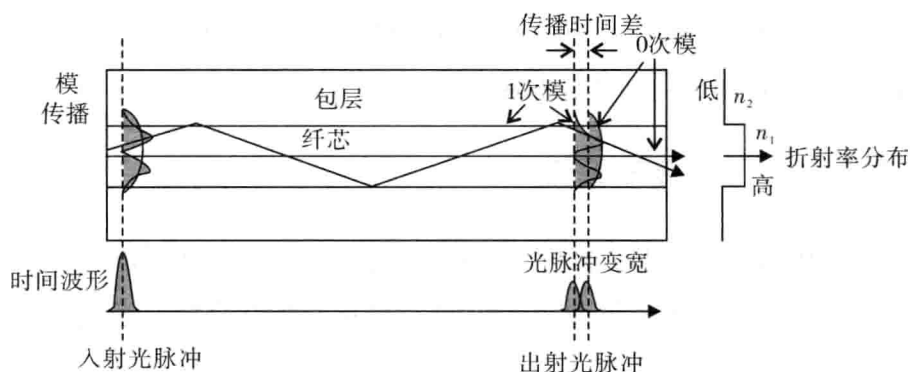


图1-2 光纤色散图



3. 非线性效应

在高强度电磁场中,任何电介质对光的响应都会变成非线性;而在光传输中,激光器输出的高功率将导致光纤的非线性效应。

1.3.1.3 光传输的波长

(1) 光传输在近红外区进行系统工作,波长为 $0.8 \sim 1.71 \mu\text{m}$,相应的频率段为 $176 \sim 375 \text{ THz}$ 。

(2) 短波长波段: $0.8 \sim 1.0 \mu\text{m}$,实用工作波长为 $0.85 \mu\text{m}$ 。

(3) 长波长波段: $1.0 \sim 1.8 \mu\text{m}$,实用工作波长为 $1.31 \mu\text{m}$ 和 $1.55 \mu\text{m}$

1.3.1.4 光传输中的线路码型

(1) mBnB 码(又称分组码):使变换后的码流产生多余的比特,用来传送与误码检测相关的信息。

(2) 插入比特码:把输入的信息码流按 m 比特分为一组,再在每组的 m 位之后插入一个比特,组成线路码。

(3) 加扰码:把已知二进制序列按一定方法加入到信息码流中,在接收端用同样的方法再恢复出原信息码流。

1.3.2 光传输系统

光传输系统包括:信源端的光发送机(光调制设备)、信宿端的光接收机(光解调设备)和进行连接的光纤介质。若进行远距离传输,在线路中间还需插入中继器。数字光传输系统一般由 PCM 终端设备、数字复用设备、光端机(双向)、光纤和光中继设备(双向)以及电端机、备用系统和辅助系统等组成。