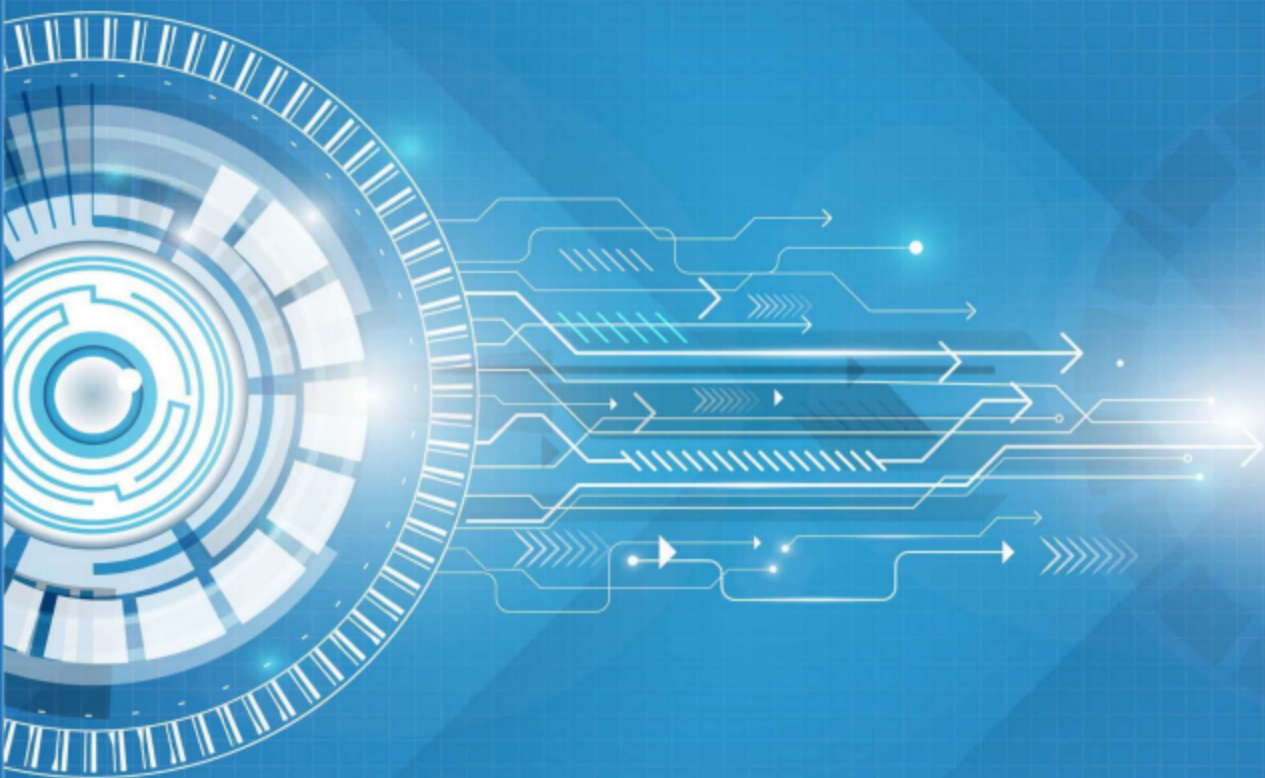


光缆线路工程及维护

张抒 著



天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

光缆线路工程及维护

张 抒 著

天津出版传媒集团



天津科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

光缆线路工程及维护 / 张抒著. — 天津 : 天津科学技术出版社, 2019. 2

ISBN 978-7-5576-5995-0

I. ①光… II. ①张… III. ①光纤通信—通信线路—线路工程—维修 IV. ①TN913.33

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第029277号

光缆线路工程及维护

GUANGLAN XIANLU GONGCHENG JI WEIHU

责任编辑: 王 冬

责任印制: 兰 毅

出 版: 天津出版传媒集团
天津科学技术出版社

地 址: 天津市西康路 35 号

邮 编: 300051

电 话: (022) 23332397

网 址: www.tjkjcs.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 天津印艺通制版印刷有限责任公司

开本 787×1092 1/16 印张 12 字数 200 000

2019年2月第1版第1次印刷

定价: 50.00 元

作者简介

一、个人简介

张抒（1960—），女，汉族，现任国家广播电视总局广播电视卫星直播管理中心高级工程师，毕业于北京传媒大学广播电视工程系。研究专长：广播电视传输系统。

1980 年至今在国家广播电视总局广播电视卫星直播管理中心从事广播电视传输系统及维护工作 38 年。1998 年至 2011 年在广播电影电视总局节目传输中心任技术办公室主任期间主持了广播电影电视总局无线局节目传输中心至人民大会堂、中央电视台、中央人民广播电台、中国国际广播电台、中央电视发射塔、北京地区四个地球站、总局监测中心、总局京郊发射台、总局月坛发射台、总局调度指挥中心、总局 A213 等光缆线路工程的建设和维护；同时还主持了以上工程光传输系统设备的安装、调试、维护；光指标的制定、测试、工程验收等工作。

二、获得奖励

1999 年获国家广播电影电视总局广播大楼技术搬迁、调度中心缆线割接及开通运行工作突出贡献奖；

1999 年获国家广播电影电视总局无线局技术改造工程先进个人二等奖；

2001 年获中直机关先进女职工；

2001 年获全国广播电台技术工作会议优秀论文二等奖；

2004 年获国家广播电影电视总局无线局合理化建议和技术改进三等奖(环路光缆)；

2007 年获国家广播电影电视总局无线局技术进步三等奖(值班日志管理系统)；

2008 年获国家广播电影电视总局无线局技术进步三等奖(光缆入地工程)；

2008 年获国家广播电影电视总局无线局优秀科技论文三等奖；

2011 年获国家广播电影电视总局无线局技术进步一等奖(100 路扩容)；

2011 年获国家广播电影电视总局无线局技术进步二等奖(在线培训)；

2011 年获王选新闻科学技术奖三等奖(卫星天线电热膜融雪)；

2010 年获全国广播电台技术工作会议优秀论文二等奖。

三、发表论文

在国内核心刊物上共发表文章 13 篇。

前 言

光缆线路工程及维护是现代光缆传输系统的重要组成部分。光缆传输系统工程及维护需要很多技术过硬,素质较高的基层维护管理人员。本书针对光缆传输领域的维护人员的要求,面向工作岗位,以工程项目为依托,以完成维护任务为目的,使读者在逐步学习中掌握线路工程施工知识,熟悉维护工作岗位任务。

本书相对于以前的光缆线路工程及维护类教材,减少了基本器件原理的介绍,增加了工作过程的内容,使读者了解光缆传输系统组成、光纤通信基本概念;光缆线路工程施工、工程验收;光器件的结构、性能、使用方法;光测试仪的使用;掌握光缆线路的日常维护和故障处理方法。满足广电、通信行业光传输系统综合维护工作人员的需求,达到具备光缆线路工程规范施工能力、具备光缆传输设备日常巡检维护能力、具备光缆线路日常巡检维护能力、具备光缆传输系统故障处理能力。

在本书编写的过程中,笔者充分利用了近 20 年来在光缆线路工程及维护中积累的测试数据、绘图和照片,使本书内容更加生动。由于作者水平有限,书中错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2018 年 9 月

目 录

第一章 概述	1
第一节 简介	1
第二节 光纤通信系统的基本组成	1
第三节 光纤通信系统的分类	5
第四节 光纤通信的特点	8
第二章 光纤光缆	12
第一节 概述	12
第二节 光纤	12
第三节 通信光缆	23
第三章 光缆线路工程	41
第一节 光缆线路工程的勘察设计	41
第二节 光缆敷设原则	42
第三节 架空光缆敷设	44
第四节 管道光缆敷设	45
第五节 直埋光缆敷设	47
第六节 野战光缆敷设	51
第七节 光纤接续	54
第八节 光缆接续	56
第九节 光缆线路成端	59
第四章 光缆线路工程验收	67
第一节 工程验度依据	67
第二节 随工验收	67

第三节 初步验收	69
第三节 竣工验收	71
第五章 光缆线路防护	78
第一节 光缆线路机械防护	78
第二节 光缆线路防雷电	78
第三节 光缆线路防强电	83
第四节 光缆线路防洪	85
第五节 光缆线路防白蚁	85
第六节 光缆线路防鼠	86
第七节 光缆线路的防冻	87
第八节 光缆线路防腐蚀	88
第六章 光器件、光测试仪	89
第一节 无源光器件	89
第二节 有源光器件	120
第三节 光测试仪	128
第七章 光缆线路维护	152
第一节 光缆线路维护的基本任务	152
第二节 光缆线路维护内容	152
第三节 光缆线路维护方法	153
第四节 光缆线路维护的要求	156
第五节 光缆线路维护标准	157
第六节 光缆线路的维护管理	160
第七节 光缆线路巡线与管理	163
第八章 光缆线路故障处理	168
第一节 光缆线路故障的分类	168
第二节 光缆线路故障原因	168
第三节 光缆线路故障处理要求	170
第四节 光缆线路故障抢修流程	171
第五节 光缆线路故障点的定位	173
第六节 故障修复	178

第一章 概 述

第一节 简 介

1.基本概念

利用光导纤维传输光波信号的通信方式称为光纤通信。光导纤维(简称为光纤)本身是种介质,目前实用通信光纤的基础材料是 SiO_2 ,因此它属于介质光波导的范畴。

光纤通信是以光纤为传输载体,利用激光的相干性和方向性,将激光作为信息的载体在光纤中进行传输的通信方式。在发送端首先把传送的信息变成电信号,然后调制到激光器发出的激光束上,使光的强度随电信号的幅度(频率)变化而变化,并通过光纤发送出去;在接收端检测到光信号后把它变成电信号,经解调后恢复原信息。

2.光波波谱

光纤通信的波谱频率在 $1.6 \times 10^{14} \sim 3.75 \times 10^{14} \text{Hz}$ 之间,即波长在 $0.8 \sim 1.8 \mu\text{m}$ 之间,属于红外波段,将 $0.8 \sim 0.9 \mu\text{m}$ 的波长称为短波长, $1.0 \sim 1.8 \mu\text{m}$ 的波长称为长波长, $2.0 \mu\text{m}$ 以上的波长称为超长波长。

$1 \mu\text{m}$ (微米) $= 10^{-6} \text{m}$, 1MHz (兆赫) $= 10^6 \text{Hz}$, 1GHz (吉赫) $= 10^9 \text{Hz}$

光波是电磁波,光波范围包括红外线、可见光、紫外线,可见光由红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫七种颜色的连续光波组成,其中红光的波长最长,紫光的波长最短。波长再短的就是 X 射线、Y 射线。

第二节 光纤通信系统的基本组成

光纤通信系统是指利用相干性和方向性极好的激光束作载波(称光载波,频率为 10^{14}Hz)来携带信息,并利用光纤作为传输介质来进行传输的光传输方式。

目前单向传输的光纤通信系统普遍采用单模光纤、光发送机、光接收机组成。

如果信号要传送的距离较长,光信号则会在光纤中产生光功率损耗和信号畸变,需要引入中继设备对其进行功率放大、波形整形,可将中继设备理解为串联在光纤线路中的光收 / 发设备。

光纤通信系统是由光发送机、光纤 (或光缆)、光接收机等基本单元组成,此外系统中还包含一些互连与光信号处理部件,如光纤连接器、光放大器、光衰减器、光分路器等。图 1-1 所示为单向传输的光纤通信系统,包括发射、接收和作为基本光纤传输系统。

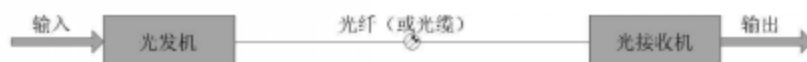


图 1-1 单向传输的光纤通信系统

基本光纤传输系统的三个组成部分如下。

1. 光发送机

(1) 功能

光发送机的作用是将电信号转化为光信号,并将生成的光信号注入光纤中进行传输。

(2) 组成框图

图 1-2 是光发送机的组成框图,它由光源、调制器和信道耦合器组成。



图 1-2 光发送机框图

(3) 光源

光源是发送部分的关键器件,其输出光功率是光发送机的一个重要设计参数,因为光发送机输出耦合进光纤的平均光功率越大,容许的传输距离越长。

(4) 光功率

光功率通常以 1mW 为参考电平,以 dBm 为单位,定义为

$$p = 10 \lg \frac{P(mW)}{1(mW)} [dbm]$$

因此,1mW 为 0dBm,1 μ W 相应于 -30dBm。

(5) 调制方式

由光源发出的光波在调制器中受到电信号的调制，成为已调光波。目前有两种调制方式。

1) 直接强度调制。半导体光源的直接强度调制 (IM)，即用电信号对光源的注入电流进行调制，使其输出光波的强度随调制信号而变化，从而实现直接强度调制。直接调制设备简单、成本低、容易实现，它是目前光纤传输系统广泛使用的调制方式。

按目前应用情况看，它主要有三种应用：①点到点传输应用；②广播与分配网应用；③局域网应用。

2) 间接调制。主要特点是光源和调制器分开。优点是调制速度高，但设备较为复杂，一般用于大容量、长距离的光传输系统。

2. 光纤光缆

(1) 光纤

光纤是光导纤维的简称，它是一根比人头发略粗的玻璃丝。光纤外径一般为 $125\sim 140\mu\text{m}$ ，芯径一般为 $3\sim 100\mu\text{m}$ 。

(2) 功能

光纤在光传输系统中的作用是：在不受外界干扰的条件下，低损耗、小失真地用光纤作为传输通道，把来自光发射机的光信号从光发机以尽可能小的畸变和衰减传输到光接收机。

(3) 优点

光纤是优良的传输媒介，与电缆、自由空间媒介相比，光纤具有低的传输损耗、宽的传输频带、大的传输容量、长的传输距离、高的传输速率；同时还具有抗电磁干扰强、保密性好、无串话干扰、温度稳定性好、寿命长、尺寸小、重量轻、价格低等优点。

(4) 光缆

光缆则是为光纤提供机械保护，保证在制造、敷设、使用过程中光纤不断裂，而且所受的应力小；在保持光纤原来的传输性能下，使光纤在长期使用过程中传输性能稳定可靠。

(5) 光缆的结构形式

根据不同的使用情况，光纤可以制成不同结构形式的光缆。如单芯软光缆、带状光缆、架空光缆、室内光缆、地下光缆、海底光缆、野战光缆等等。

(6) 特性参数

光纤的基本特性参数是损耗与色散。其单位分别为 db/km 和 $\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ 。损耗直接影响传输距离，色散将引起光脉冲信号展宽和码间串扰，当经过一定距离传输后会出现严重的波形失真，即传输距离越长，波形失真就越严重。在数字传输系统中，波形失真引起的码间干扰，会导致光接收灵敏度降低，直接影响系统的传输距离。所以，为实现高速长距离传输，要求光纤具有低损耗和低色散特性。

(7) 类型

光纤有多种类型，按传输模式分有多模和单模光纤两种。不同类型的光纤具有不同的损耗和色散特性。

1) 用于 $1.3\mu\text{m}$ 光波系统中有多模和单模光纤两种，其在波长 $1.3\mu\text{m}$ 处的损耗一般小于 1db/km ，目前已达到 0.35db/km ，由于靠近零色散波长处 ($\lambda_0=1.276\mu\text{m}$)，色散很低。

2) 用于 $1.5\mu\text{m}$ 光波系统中的光纤有两种：一种为常规单模光纤，其损耗最低，约 0.2db/km ，但色散较大，约 $16\sim 20\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ ；另一种为非零色散位移单模光纤，零色散波长短于 $1.55\mu\text{m}$ ，这种在波长 $1.55\mu\text{m}$ 处损耗最小、色散也最小的光纤，适用于超大容量、超长距离的数字、模拟传输，常用于信息高速公路超干线。

(8) 色散

需要注意的是，对于单模光纤来说，传输速率在 140Mb/s 以下一般只受损耗限制，色散对传输距离影响不大；而传输速率在 565Mb/s 以上时，由于光源有一定的谱线宽度，可能会给传输距离带来较大影响。目前，采用动态单纵模激光器，特别是多量子阱激光器 (MQW) 后，传输速率为 2.5Gb/s 的系统传输距离几乎不受色散限制。

3. 光接收机

(1) 功能

光接收机的作用是将光纤输出端接收到的光信号转换回原始的电信号。

(2) 组成框图

图 1-3 是光接收机的基本框图，它由耦合器，光电检测器和解调器组成。

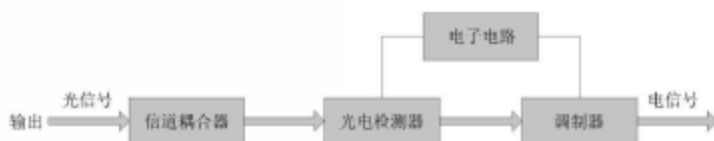


图 1-3 光接收机的基本框图

(3) 光电检测器

光电检测器是光接收的主要部件。从光纤中传输来的已调波信号入射到光电检波器的光敏面上，光电检波器将光信号解调成电信号，然后进行电放大处理，还原成原来的信息。因为光纤输出的光信号很微弱，所以为了有效地将光信号转换为电信号，要求光电检波器有高的响应度、低噪声和快的响应速度。

(4) 灵敏度

光接收机的主要指标是灵敏度，它是反映光纤传输系统质量好坏的综合性指标，受到整个系统的信噪比或误码率的限制。接收机灵敏度越高，即满足系统误比特率要求的最低接收光功率越小，传输距离就越长。

(5) 接收方式

光接收机有两种接收方式。

1) 直接检波 DD (Direct Detection)，即单独使用光电检波器直接将光信号变为电信号。此种接受方式的优点是设备简单、经济，是当前实用光传输系统普遍采用的接收方式。

2) 外差检波方式 CD (Coherent Direction)，即光接收机产生一个本地振荡光波，与光纤输出的光波信号在光混频器中差拍产生中频信号，经光电检波器变换为中频电信号。此种接受方式的优点是接收机灵敏度高，但设备复杂。

第三节 光纤通信系统的分类

1.按波长和光纤类型分类

根据传输的波长，可以将光纤通信系统分为短波长光纤通信系统，长波长光纤通信系统以及超长波长光纤通信系统。

- 1) 短波长工作波长($0.85\mu\text{m}$ 左右)多模光纤通信系统，中继距离小于或等于 10km 。
- 2) 长波长工作波长($1.31\mu\text{m}$)多模光纤通信系统，中继距离大于 80km 。

- 3) 长波长工作波长($1.31\mu\text{m}$)单模光纤通信系统, 中继距离大于 80km 。
- 4) 长波长工作波长($1.55\mu\text{m}$)单模光纤通信系统, 中继距离大于 80km 。
- 5) 超长波长光纤通信系统工作波长大于或等于 $2\mu\text{m}$, 中继距离大于或等于 1000km , 采用非石英光纤。

2.按光纤传导模式数量划分

根据光纤的传导模式数量, 可以将光纤通信系统分为多模光纤通信系统和单模光纤通信系统。多模光纤通信系统是早期采用的光纤通信系统, 目前主要用于计算机局域网中。单模光纤通信系统是目前广泛采用的光纤通信系统, 它具有传输损耗小、传输带宽大等特点。

3.按传输信号分类

(1) 数字光纤通信系统

用参数取值离散的信号(如脉冲的有和无、电压的高和低等)代表信息, 强调的是信号和信息之间的一一对应关系。数字通信系统的优点如下。

- 1) 抗干扰能力强, 传输质量。
- 2) 可以用再生中继, 传输距离长。
- 3) 适用各种业务的传输, 灵活性大。
- 4) 容易实现高强度的保密通信。
- 5) 数字通信系统大量采用数字电路, 易于集成, 从而实现小型化、微型化, 增强设备可靠性, 有利于降低成本。

数字通信的缺点: 是占用频带较宽, 系统的频带利用率不高。例如, 一路模拟电话只占用 4kHz 的带宽, 而一路数字电话要占用 64kHz 的带宽。

(2) 模拟光纤通信系统

用参数取值连续的信号代表信息, 强调的是变换过程中信号和信息之间的线性关系。这种基本特征决定着两种通信方式的优缺点和不同时期的发展趋势。模拟光纤通信系统的优点: 占用带宽较窄, 电路简单, 易于实现, 价格便宜等。

模拟光纤通信系统主要应用在广播电视短程传输、工业与交通监控管理系统、共用天线系统、计算机网络及宽带的综合业务局域网中的光纤传输系统等。

3.按调制方式分类

- 1) 直接调制光纤通信系统。将待传输的数字电信号直接在光源的发光过程中

进行调制。又称为内调制光纤通信系统。设备较简单、价廉、调制效率较高。但会使光谱有所增宽,影响速率的提高。

2) 外调制光纤通信系统。在光源发出光之后,在光的输出通路上加调制器进行调制。又称为间接调制光纤通信系统,对光源谱线影响小,具有调制速率高的特点,所以是一种有发展前途的光纤通信系统,在实际中已得到了部分应用,适合高速率的通信,如在高速光纤通信系统中,已采用间接调制方式。

3) 外差光纤通信系统又称相干光通信系统。其优点是接收灵敏度高,信道选择性好,但设备复杂。

4.按传输速率分类

- 1) 低速光纤通信系统。传输速率为 2Mbit/s、8Mbit/s。
- 2) 中速光纤通信系统传输速率为 34Mbit/s、140Mbit/s。
- 3) 高速光纤通信系统传输速率 ≥ 565 Mbit/s。

5.按应用范围分类

- 1) 公用光纤通信系统。
- 2) 专用光纤通信系统。

6.按数字复接方式分类

- 1) 准同步数字系列(PDH),速率一般是在 565Mbit/s 以下。
- 2) 同步数字系列(SDH)目前,实用的 SDH 系统其单波长通信速率可达 2.5Gbit/s 和 10Gbit/s。

7.其他类型的光纤通信系统如表 1-1 所示

表 1-1 其他类型的光纤通信系统类别

类别	特点
相干光纤通信系统	光接收灵敏度高,光频率选择性好,设备复杂
光波分复用通信系统	一根光纤中传输多个单向/双向波长,超大容量,经济效益好
光频分复用通信系统	可大大增加复用光信道,各信道间干扰小,实现技术复杂
光时分复用通信系统	可实现超高速传输、技术先进
全光通信系统	传输过程无光/电转换,具有光交换功能,通信质量高
副载波复用光纤通信系统	数模混传,频带宽,成本低,对光源线性要求高
光孤子通信系统	传输速率高,中继距离长,设计复杂
量子光通信系统	量子信息论在光通信中的应用

第四节 光纤通信的特点

在光纤通信系统中,作为载波的光波频率比电波频率高得多,而作为传输介质的光纤又和低等)比同轴电缆损耗低得多,因此相对于电缆或微波通信,光纤通信具有许多独特的优点。

1.频带宽、传输容量大

传输容量大是光纤通信优于其他通信的最显著特点。现在光纤通信使用的光波频率为 $10^{14} \sim 10^{15}$ Hz 数量级,是常用的微波频率的 $10^4 \sim 10^5$ 倍,因而信息容量理论上比微波高出 $10^4 \sim 10^5$ 倍。因此光纤通信具有很大的通信容量,这是光纤通信优于其他通信的最显著特点。一根光纤理论上可以同时传输近 100 亿路电话和 1000 万路电视节目,目前,实际应用中的每对光纤可传输 480000 多路电话信号(40Gb/s),比 3600 路同轴电缆的通信容量大得多。

2.损耗小、中继距离长

电缆的每千米传输损耗通常在几 dB 到十几 dB,目前,单模光纤在 $1.31 \mu\text{m}$ 窗口的损耗约为 0.35dB/km,在 $1.55 \mu\text{m}$ 窗口的损耗低至 0.2dB/km,与此相比,同轴电缆对 60MHz 信号的衰耗为 19dB/km,全色谱全塑电缆对 4MHz 信号的衰耗为 20dB/km,这比其他通信线路的损耗系数都要低。由于光纤通信的损耗很小,光纤通信系统的最大中继距离可达 200km 以上。如果将来采用非石英系的极低损耗光纤,其理论损耗系数可下降到 $10^{-5} \sim 10^{-3}$ dB/km,则光纤通信系统的中继距离可达数千千米甚至数万千米,这对降低海底通信的成本、提高其可靠性及稳定性具有特别重要的意义。

3.光纤尺寸小、质量轻

通信设备的体积和重量对许多领域具有重要的意义,特别是军事、潜艇通信控制系统、航空及宇宙飞船等领域。光纤的芯径很细,外径仅 $125 \mu\text{m}$,其套塑后的尺寸也小于 1mm,它只有单管同轴电缆芯径的 1%左右;光缆的直径也很小,八芯光缆横截面直径约为 10mm,而标准同轴电缆为 47mm。目前,利用光纤通信的这个特点,在市话中继线路中成功地解决了地下管道拥挤的问题,节省了地下管道的建设投资。同等传输容量的光缆重量比电缆轻很多,例如 18 管同轴电缆每米重量为 11kg,而同

等容量的光缆仅重 90g。

由于电缆的体积和重量都较大,在安装时必须慎重处理接地和屏蔽问题,因此电缆不适用于空间狭小的场合,如舰船和飞机上。但是,光纤的重量轻、体积小,很适合用于这种场合。近年来,许多国家在飞机上使用光纤通信设备,不仅降低了通信设备、飞机的制造成本,而且提高了通信系统的抗干扰能力、保密性及飞机设计的灵活性。

4.抗电磁干扰性能好

任何信息传输系统都应具有一定的抗干扰能力,否则就无实用意义。通信的干扰源很多:有天然干扰源,如雷电、电离层的变化及太阳的黑子活动等;有工业干扰源,如电动马达和高压电力线等;还有无线电通信的相互干扰等。这些干扰的影响都是现代通信必须认真对待的问题。一般说来,现有的电通信尽管采取了各种措施,但都不能满意地解决以上各种干扰问题。

光纤是由电绝缘的石英材料制成的,并且光纤通信使用的光载波频率很高,因此光纤通信线路不受各种电磁场的干扰和雷击的损坏,所以无金属加强筋的光缆非常适合于存在强电磁场干扰的高压电力线路周围,以及油田、煤矿和化工厂等易燃易爆的环境中使用,这从根本上解决了电通信系统多年来困扰人们的干扰问题。

5.保密性好、泄漏小

对通信系统的另一个重要要求是保密性好。然而,随着科学技术的发展,传统的通信方式很容易被人窃听,只要在明线或电缆线路附近(甚至几千米之外)设置一个特别的接收装置,就可以获得明线或电缆中传输的信息,可是对光缆信号的窃听却困难得多。因此,现有的通信系统都面临着如何提高保密性的问题。

光纤通信与电通信不同,在光纤中传输的光波是不会跑到光纤之外的,即使在转弯处弯曲半径很小时,漏出光纤的光波也十分微弱。如果在光纤或光缆表面涂一层消光剂,光纤中的光波就完全不会泄漏,既无辐射,也难于窃听。没有专用的特殊工具,光纤是不能分接的。此外,由于光纤中的光波不会泄漏出去,在通信中常见的线路之间的串话现象也就可以完全避免,同时,它也不会干扰其他通信设备或测试设备。因此信息在光纤中的传输非常安全,这对军事、政治和经济都具有重要的

意义。

6. 节约金属材料，有利于资源合理使用

现有的电话线或电缆是由铜、铝、铅等金属材料制成的。但从目前地质调查情况来看,世界上铜的储藏量极其有限,美国能源部预测,按现在的开采速度,世界上的铜最多还能开采 50 年左右。光纤的主要原材料是石英(二氧化硅),来源丰富,日本专家预言,将日本本土挖掘 10cm,开采的石英可供日本使用 15 亿年。如果从上海至北京修一条同轴电缆线路(早期使用的电缆),需要铜 800t、铅 300t,如果用光纤代替铜、铅等有色金属,在保持同样的传输容量的条件下,仅需要 10kg 石英,因此,光纤通信技术的推广应用将节约大量的有色金属材料,具有合理使用地球资源的战略意义。表 1-2 列出了光缆和其他几种传输介质特性的比较情况。

表 1-2 光缆和其他几种传输介质特性比较

介质 特性	对称电缆或 四芯对绞电缆	同轴电缆	微波波导	光纤(缆)
传输体直径(mm)	1~4	10	50	0.1~0.2
缆的重量比 (同等传输容量)	1	1	1	0.1
每段缆的制造长度(m)	100~500	100~500	3~10	>2000
传输的损耗(dB/km)	20(4MHz 时)	19(60MHz 时)	2	0.2~3
带宽(MHz)	6	400	4~120(GHz) (指微波频带)	>10GHz·km (指所传送信号)
敷设安装	方便	方便	特殊	方便
接头和连接	方便	方便	较方便	方便
中继距离(km)	1~2	1.5	10	>50(通过使用 EDFA 可按需调整)

7. 适应恶劣环境下运行

光纤不会锈蚀、不怕高温,光纤接头不会产生电火花放电,可用于易燃易爆及有锈蚀危险的环境中。这些优点恰是金属导线不足之处,所以光纤通信还适宜于化工厂、矿井及水下通信控制系统等多种恶劣环境。

总之,由于通信用光纤都是用石英玻璃和塑料制成的,是极好的电绝缘体,而且光信号在光缆中传输时不易产生泄漏,所以不存在电气危害、电磁干扰、必须接地、屏蔽和保密性差等问题,再加上传输特性好的优点,使光纤成为迄今为止最好的信息传输媒质,因此不管是在干线网上,还是在接入网上,光纤通信都取得了飞速