

# 长途通信光缆 线路维护手册

□ 邮电部电信总局主编 □ 人民邮电出版社

**DIANXIN**

**SHEBEI**

**WEIHU**

**SHOUCE**

**RENMIN YOUDIAN CHUBANSHE**

# 长途通信光缆线路维护手册

邮电部电信总局 主编

人民邮电出版社

登记证号（京）143号

## 内 容 提 要

本手册是长途光缆线路维护人员的一本常备工具书。主要内容包括光纤通信系统简介，光缆维护工作中的设备管理与维护职责，光缆的维护与修理，敷设与加固，光缆的接续与成端，长途光缆线路测试，障碍处理，光缆的三防等，并对光缆维护中常用的仪器仪表也作了简介。本手册主要读者对象为从事长途光缆线路的维护及管理人员。

### 长途通信光缆线路维护手册

邮电部电信总局 主编

\*

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街27号

北京春雷印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

\*

开本：850×1168 1/32 1992年12月 第一版

印张：10 28/32 页数：176 1993年10月北京第2次印刷

字数：285千字 插页：2 印数：13001—17000册

ISBN 7-115-04791-X/TN·561

定价：10.30元

# 《电信设备维护手册》

## 编 审 委 员 会

主任委员：朱高峰

副主任委员：高惠刚 牛田佳 郝为民 陈芳烈

委 员：（按姓氏笔划为序）

|     |     |         |     |
|-----|-----|---------|-----|
| 孙 泉 | 孙学博 | 卡德尔·色依提 |     |
| 田甲荣 | 冯连宝 | 冯瑛华     | 朱家琦 |
| 陈运兴 | 陆祖源 | 邹均其     | 杨仕纪 |
| 杨家善 | 罗天瑞 | 林升华     | 张天华 |
| 张仲考 | 张伟国 | 张宗耀     | 赵灿新 |
| 赵继祥 | 俞振兴 | 唐义俊     | 韩 佑 |
| 贾怀玉 | 徐世昌 | 高选铭     | 黄万顺 |
| 康允亮 | 崔德述 | 蒋水雅     | 潘保强 |
| 黎应南 | 樊留斌 |         |     |

执行编委：陆祖源 赵继祥 黄万顺

## 前 言

随着我国经济建设的发展，电信事业在“七五”期间发展非常迅速，新技术设备不断采用，装备水平显著提高。为了满足国民经济各部门和人民群众对电信业务的需求，除了加快电信设施的建设外，还需通过维护工作使在用电信设备处于良好状态，充分发挥其效能。

良好的电信设备的维护质量是确保整个电信网优质高效安全运行的重要保证。做好设备和电路的维护管理工作是电信部门的重要任务。为了帮助从事设备维护的技术人员和管理人员做好设备的维护工作，保证设备维护质量，我局和人民邮电出版社共同组织了一些长期在第一线工作，既有较扎实的理论基础，又有较丰富的实践经验的工程技术人员总结多年来的工作经验，根据有关技术维护规程要求，编写了这套《电信设备维护手册》。它既是当前维护工作急需，又是巩固设备整治成果的重要措施。

这套手册以值机人员及设备管理人员为主要读者对象，在编写中注意了从全程全网出发，除了重点介绍维护人员应当掌握的基本维护方法和基本操作技能外，还考虑了专业的适当外延，并从实际出发，对新设备力求介绍新的维护方法，对传统设备则注重介绍长期以来行之有效的维护管理方法。希望各级维护部门组织有关技术维护人员认真学习，并结合具体情况贯彻执行，努力提高电信设备和电路质量，保证全网通信畅通。

由于设备不断更新，许多新设备的维护方法和一些维护指标需在实践中补充完善，维护经验还不全面，所以手册内容难免有不足之处，希望各级维护部门在使用过程中，及时将意见反映到我局，以便今后修订完善，使这套维护手册在电信设备维护工作中更好地发挥作用。

邮电部电信总局

## 编 者 的 话

光纤通信是一门崭新技术，具有令人注目的特点，现已呈现出广阔的前景，作为长途线路维护部门的管理和技术人员掌握光纤数字技术已是当务之急。

本手册从长途光缆维护使用角度出发主要阐述了长途光缆的构成、原理，维护项目、周期、标准，测试及接续方法，障碍判断及处理，三防知识及仪表的使用、维修保养等。

参加本手册编写的有：廖锡模（第一、二章），韩山虎（第四、五章），曾少凡（第三、八章），李国华（第六、十一章），谢水生（第七章），徐荫奎（第九、十章）。

本手册由徐荫奎统编及审校，王仁表协助审校，电信总局曹献民审定。

在本手册编写过程中福建柳建明，广东陈国骢、刘克文、谢桂月，湖北高山林，邮电部设计院段洪波等同志提供了有益的帮助，在此表示感谢。

由于编者的技术水平与实践经验有限，手册中错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

1992年5月

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| <b>第一章 光纤通信系统概述</b> .....  | 1  |
| 第一节 光纤通信系统的基本构成.....       | 1  |
| 一、系统的基本构成.....             | 1  |
| 二、中继距离的计算.....             | 9  |
| 三、码型与误码率的概念 .....          | 12 |
| 四、主备用、监控和公务联络系统 .....      | 17 |
| 第二节 光纤通信的特征 .....          | 24 |
| <b>第二章 光纤光缆</b> .....      | 27 |
| 第一节 光纤 .....               | 27 |
| 一、光纤的结构 .....              | 27 |
| 二、光纤的种类 .....              | 36 |
| 三、光纤的传输特性 .....            | 37 |
| 四、光纤的机械特性和温度特性 .....       | 50 |
| 五、光纤的制造工艺 .....            | 54 |
| 第二节 光缆 .....               | 54 |
| 一、光缆的结构 .....              | 54 |
| 二、光缆结构的选择 .....            | 72 |
| 三、光缆的传输特性 .....            | 77 |
| 四、光缆的机械特性 .....            | 80 |
| <b>第三章 设备管理与维护职责</b> ..... | 87 |
| 第一节 设备管理 .....             | 87 |
| 一、长途光缆线路等级的划分 .....        | 87 |
| 二、长途光缆线路的构成 .....          | 87 |

|                        |            |
|------------------------|------------|
| 三、长途光缆线路的维护分界 .....    | 87         |
| 四、长途光缆线路设备变动的报批 .....  | 88         |
| 第二节 维护职责 .....         | 88         |
| <b>第四章 维护与修理 .....</b> | <b>92</b>  |
| 第一节 维护任务、项目、周期 .....   | 92         |
| 第二节 光缆线路的维护 .....      | 95         |
| 一、直埋光缆的维护 .....        | 95         |
| 二、管道光缆的维护 .....        | 100        |
| 三、架空光缆的维护 .....        | 101        |
| 四、水底光缆的维护 .....        | 103        |
| 五、巡回和护线宣传 .....        | 103        |
| 第三节 光缆线路的修理 .....      | 104        |
| 一、光缆外护套的修理 .....       | 104        |
| 二、接头的修理 .....          | 110        |
| <b>第五章 敷设与加固 .....</b> | <b>111</b> |
| 第一节 光缆的单盘检验 .....      | 111        |
| 第二节 光缆敷设的一般规定 .....    | 112        |
| 一、光缆配盘 .....           | 112        |
| 二、光缆布放长度的预算 .....      | 113        |
| 三、光缆弯曲半径要求 .....       | 115        |
| 四、光缆牵引 .....           | 115        |
| 第三节 光缆敷设与加固 .....      | 116        |
| 一、直埋光缆的敷设与加固 .....     | 116        |
| 二、管道光缆的敷设与防护 .....     | 123        |
| 三、架空光缆的架设与防护 .....     | 125        |
| 四、水底光缆的敷设与防护 .....     | 135        |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| <b>第六章 光缆的接续与成端</b>               | 140 |
| <b>第一节 光纤的接续</b>                  | 140 |
| 一、光纤接续的种类                         | 140 |
| 二、光纤的连接损耗                         | 153 |
| 三、光纤接续的操作方法                       | 162 |
| <b>第二节 光缆的接续</b>                  | 178 |
| 一、光缆护套的类型及特性                      | 178 |
| 二、对光缆接头盒性能的要求                     | 179 |
| 三、光缆接续的一般步骤                       | 180 |
| 四、光缆护套接续的种类及方法                    | 180 |
| 五、光缆加强心及金属护套的接续                   | 183 |
| 六、光缆接头监测线与监测标石的连接                 | 186 |
| 七、光缆接头的防水处理及保护                    | 189 |
| <b>第三节 光缆的成端</b>                  | 192 |
| 一、光缆的成端方法                         | 192 |
| 二、光缆成端的技术要求                       | 196 |
| <b>第七章 长途光缆线路测试</b>               | 197 |
| <b>第一节 测试项目、周期与标准</b>             | 197 |
| 一、光特性测试                           | 197 |
| 二、电特性测试                           | 198 |
| 三、标准要求                            | 199 |
| <b>第二节 光特性测试</b>                  | 200 |
| 一、剪断法测量光纤衰减                       | 201 |
| 二、插入法测量光纤衰减                       | 205 |
| 三、用后向散射法测量光纤衰减及检查光纤后向散射<br>信号曲线波形 | 207 |
| <b>第八章 防蚀、防雷、防强电</b>              | 220 |

|            |                    |            |
|------------|--------------------|------------|
| 第一节        | 防蚀                 | 220        |
| 第二节        | 防雷                 | 222        |
| 一、         | 地下光缆雷击故障的类型及其原因    | 223        |
| 二、         | 地下光缆雷击故障的一般规律      | 223        |
| 三、         | 光缆防雷地段的确定          | 223        |
| 四、         | 光缆的防雷措施            | 225        |
| 五、         | 防雷设施的维护            | 227        |
| 第三节        | 防强电                | 229        |
| 一、         | 强电对光缆线路的影响及容许值     | 229        |
| 二、         | 强电影响的计算内容和计算方法     | 230        |
| 三、         | 光缆线路与强电设施的隔距要求     | 233        |
| 四、         | 防护措施               | 234        |
| <b>第九章</b> | <b>障碍处理</b>        | <b>235</b> |
| 第一节        | 一般规定               | 235        |
| 一、         | 长途光缆线路障碍的定义        | 235        |
| 二、         | 长途光缆线路障碍的分类        | 235        |
| 三、         | 长途光缆线路障碍的统计与计算     | 236        |
| 四、         | 查修要求               | 237        |
| 第二节        | 修复程序               | 237        |
| 第三节        | 障碍点的测试与判断          | 239        |
| 一、         | 光缆线路常见的障碍现象和原因     | 239        |
| 二、         | 障碍点的查找             | 240        |
| 三、         | OTDR 测试障碍点的误差分析与对策 | 240        |
| 第四节        | 障碍的修理              | 249        |
| 一、         | 应急抢修               | 249        |
| 二、         | 正式修复               | 253        |
| 第五节        | 传报与分析              | 255        |
| 一、         | 障碍的登记与报告           | 255        |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 二、障碍的分析·····                         | 255 |
| <b>第十章 维护质量管理</b> ·····              | 256 |
| 第一节 设备技术资料及其管理·····                  | 256 |
| 第二节 质量监督检查·····                      | 258 |
| 第三节 信息反馈·····                        | 259 |
| 一、巡回及其汇报制度·····                      | 259 |
| 二、机线联系制度·····                        | 259 |
| 三、“工作计划完成表”审批制度·····                 | 260 |
| 四、上级主管单位对基层的信息反馈·····                | 261 |
| <b>第十一章 维护常用工具、仪表、器材的管理与使用</b> ····· | 262 |
| 第一节 工具、仪表、器材的管理·····                 | 262 |
| 一、工具、仪表、器材的管理规定·····                 | 262 |
| 二、仪表、机具的配备标准·····                    | 263 |
| 第二节 光时域反射仪(OTDR)·····                | 263 |
| 一、测试的简单原理及测试项目·····                  | 263 |
| 二、操作方法·····                          | 265 |
| 三、维修与保养·····                         | 277 |
| 第三节 光纤熔接机·····                       | 278 |
| 一、技术要求·····                          | 278 |
| 二、面板介绍·····                          | 279 |
| 三、接续操作·····                          | 281 |
| 四、维护与保养·····                         | 282 |
| 第四节 光源与光功率计·····                     | 282 |
| 一、AQ-1317 型光源·····                   | 282 |
| 二、AQ-1125 型光功率计·····                 | 285 |
| 第五节 氦氖激光器·····                       | 291 |
| 一、测试原理·····                          | 291 |
| 二、面板介绍·····                          | 292 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 三、技术规格.....                 | 293 |
| 四、操作步骤.....                 | 294 |
| 五、维护与保养.....                | 295 |
| 第六节 光缆金属护套对地绝缘测试仪.....      | 295 |
| 一、仪表工作原理.....               | 296 |
| 二、主要技术指标.....               | 296 |
| 三、使用方法.....                 | 297 |
| 附录一、光缆维护中心常用仪表、工具、器材配置参考表   | 301 |
| 附录二、关于光纤光缆参数的建议 and 规定..... | 304 |
| 附录三、光缆型号的编制方法.....          | 307 |
| 附录四、光通信国家标准索引.....          | 312 |
| 附录五、国外厂家直埋光缆（典型例）结构表 .....  | 插页  |
| 附录六、光缆线路维护图符号及图样.....       | 320 |
| 附录七、光缆线路维护及测试记录表格.....      | 322 |

# 第一章 光纤通信系统概述

## 第一节 光纤通信系统的基本构成

### 一、系统的基本构成

光纤通信是以光波为载体，光纤为传输媒质的通信方式。光纤通信系统采用由多根光纤构成的光缆做为传输线路。为了在光纤中以光的形式来传输信号，分别在发送端装有将电信号转变成光信号的光发送机（电-光变换器），在接收端装有将光信号还原成电信号的光接收机（光-电变换器）。在传输过程中，光信号的中继放大也要先变换为电信号，电信号经中继放大后再变换为光信号，然后送到线路中继续传输。

由于光通信适用于数字化的通信网，因此为现代化通信网所广泛使用。为了简要地介绍数字光纤通信系统的基本构成，现以140Mbit/s光纤通信系统作为例子进行说明，140Mbit/s光纤通信系统方框图示于图1-1。从用户终端（如电话机、电传机、传真机或载报机等）来的信号（这里以电话为例为话音信号），经过音终架、配线架，从音频二线转变为音频四线，进入PCM基群电端机（1st），变换为数字信号，由30个这样的数字信号（PCM电话信号）合成一个基群信号（数码率为2.048Mbit/s，一般简称为2Mbit/s），然后与其它多个基群信号经过二次群复接设备（2nd）、三次群复接设备（3rd）和四次群复接设备（4th）汇总成为传输速率为

图 1-1 140Mbit/s 光纤通信系统方框图

140Mbit/s 的具有 1920 个话路的数字信号。从上述电端机来的电信号通过线路倒换设备 (L-SW) 送到光线路终端设备 (OLT, 即光端机), 在这里变换为适合光传输的线路码, 并附上监视终端局、光中继器以及检测传输系统的通信是否正常进行的代码等。这样经过码型变换的信号在 E-O (电-光) 变换设备中经过电-光变换后成为光信号入射到光纤。通过光纤而来的光信号到达光中继器 (OREG)。光信号因受到光线路的衰减和色散 (时延之差) 的影响, 光功率变低, 波形出现畸变。光中继器先将光信号变换为电信号, 然后对衰减和畸变进行补偿, 再将电信号转变为光信号, 又通过光纤传送, 最终到达接收端的光线路终端设备 (OLT)。在接收端受到与发送端相反的 O-E 变换 (光-电变换) 和线路码逆变换, 得到与发送端输入到光端机的信号一样的电信号。这 140Mbit/s 的电信号通过四次群分接设备 (4th)、三次群分接设备 (3rd)、二次群分接设备 (2nd), 逐级降低传输速率, 在 PCM 基群电端机 (1st) 中将输入进来的 2Mbit/s 的基群信号分路成为 30 个 PCM 电话信号, 再变换为话音信号输出到音频四线接口, 然后经过配线架、音终架转变为音频二线, 话音信号通过二线用户线送到对方用户终端 (即话机)。在图 1-1 中, 中继器只有一个, 实际上可以是多个。另外, 还有 2Mbit/s 接口, 从长话数字程控交换机 (SPC) 来的 30 路数字电话信号通过数字分配架 (DDF) 就接到这个接口, 进入光纤通信系统进行传输。到达对端后, 同样从 2Mbit/s 接口送出原来的 30 路数字电话信号, 经数字分配架进入到对端的长话数字程控交换机。这样就可以把数字交换系统与数字传输系统直接连接进行数字通信, 避免了数模、模数转换, 提高了通信质量。线路监控设备 (L-SV) 自动地对通信线路的传输质量和各种组成设备的工作状态进行监测与控制。线路公务、数据通信设备 (L-SD) 作为局站与线路维护用的公务通信联络。

现将当前光通信系统的基本构成要素简介如下:

## 1. 光缆

任何传输系统首先要有一个传输媒质，传输媒质是传输系统的基础。光缆就是光纤通信系统的基础。光纤通信系统的特点是由光缆这样的媒质来决定的。光缆具有与以往通信所用的其他传输媒质迥然不同的特点。光缆的特点、特性等在第二章介绍。

## 2. 电端机

光通信采用数字传输方式。数字传输，概略地说，就是把模拟消息转化成以“0”或“1”的数字形式的信号进行传输。

时分复用是传输数字信号最普通的、最经济的手段。PCM 通信采用的就是这种方式。目前国际上采用的有二种系列，一种是欧洲和我国采用的 30 路系列，另一种是北美和日本采用的 24 路系列。表 1-1 示出我国采用的系列。

表 1-1 我国采用的 PCM 数字电话系列

| 分 级 | 话路数  | 数码率<br>(Mbit/s)    | 速率容差                    |
|-----|------|--------------------|-------------------------|
| 基 群 | 30   | 2.048              | $\pm 50 \times 10^{-6}$ |
| 二次群 | 120  | 8.448              | $\pm 30 \times 10^{-6}$ |
| 三次群 | 480  | 34.368             | $\pm 20 \times 10^{-6}$ |
| 四次群 | 1920 | 139.264            | $\pm 15 \times 10^{-6}$ |
| 五次群 | 7680 | $4 \times 139.264$ | $\pm 15 \times 10^{-6}$ |

电端机由各次群复用设备构成，将低次群复用到高次群，以获得所需传输的速率，送到光端机转换成光信号，然后送入光缆线路传输。接收端的电端机的作用与发送端的正好相反。各次群复用设备（包括复接设备与分接设备）的数码率均符合表 1-1 的要求。通常复用设备的应用是按次序逐级升降，但有时为了节省投资、降低功耗和提高系统可靠性，从低次群至高次群的复用、反复用，采用跳级复用设备，例如用单个机盘从 2Mbit/s 直接复用到 34Mbit/s（或

从 34Mbit/s 反复用到 2Mbit/s), 减少了 8Mbit/s 公共单元或 8Mbit/s 盘等。各分路站还可采用分路插入设备来上下电路, 例如 140Mbit/s 系统中每个分路插入设备能够上下 2 个 34Mbit/s 支路 (或 8 个 8Mbit/s 支路) 共 960 条电路, 而另外的两个 34Mbit/s 支路 (或 8 个 8Mbit/s 支路) 直通转接, 简化了设备。

3. 光端机

光端机包括光发送机与光接收机。

(1) 光发送机

光发送机由码型变换电路、随输入电信号变化的驱动电路和发光器件 (光源) 组成 (图 1-2)。从电端机来的复用了的电信号, 由码型变换电路变换为适合于中继传输的码。这样经过码型变换的电信号通过驱动电路, 在光调制电路里变换为光信号, 送进光缆里。光的调制方法采用使发光元件的电流按脉冲形状变化而变化发光强度的强度调制。

现在光通信用的、具有代表性的光源是发光二极管 (LED) 和半导体激光二极管 (LD)。发光原理上的差别决定了 LED 和 LD 的特征。表 1-2 归纳了两种光源的特性。

表 1-2                      典型光源的特性

| 光 源     | LD                 | LED                |
|---------|--------------------|--------------------|
| 波 长     | 1.2~1.6 $\mu$ m    | 1.1~1.6 $\mu$ m    |
| 输出功率    | 3.5mW              | 1mW                |
| 与光纤耦合损耗 | 3~5dB              | 15~20dB            |
| 谱线宽度    | <2nm               | 100nm              |
| 调制带宽    | 1000MHz            | 30MHz              |
| 调制方法    | 脉 冲                | 脉冲, 模拟             |
| 寿 命     | 10 <sup>5</sup> 小时 | 10 <sup>7</sup> 小时 |
| 用 途     | 长距离 大容量            | 短距离 小容量            |