



电力通信光缆施工 实训教程

DIANLI TONGXIN GUANGLAN SHIGONG
SHIXUN JIAOCHENG

主编 蒋康明 汪 莹



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

013025688

TN915.853
02

电力通信光缆施工 实训教程

DIANLI TONGXIN GUANGLAN SHIGONG
SHIXUN JIAOCHENG

主编 蒋康明 汪莹



北航

C1633710



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

中国·广州

TN915.853

图书在版编目 (CIP) 数据

电力通信光缆施工实训教程/蒋康明, 汪莹主编. —广州: 暨南大学出版社, 2013. 3

ISBN 978 - 7 - 5668 - 0441 - 9

I. ①电… II. ①蒋…②汪… III. ①电力通信系统—光纤通信—通信线路—工程施工—教材 IV. ①TN915. 853

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 297770 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: 广东省农垦总局印刷厂

开 本: 787mm × 960mm 1/16

印 张: 9.75

字 数: 111 千

版 次: 2013 年 3 月第 1 版

印 次: 2013 年 3 月第 1 次

定 价: 26.00 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 汪 莹

副 主 编：李伟坚 吴赞红 黄 斌 郭苑灵

编 委：骆宇平 杨 毅 李爱东 胡俊杨 何 杰

曾 瑛 苏凯斌 廖兵兵 张 俊 郑全朝

赵智文

主编单位：广东电网公司电力调度控制中心

泰豪软件股份有限公司

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也取得了蓬勃的发展。其中，光纤通信以其宽带宽、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。电力通信光缆是电力业务的主要承载介质，正确、科学、规范地使用、建设、维护电力光缆，对电力通信网的安全可靠运行有着举足轻重的意义。

目前，市面上介绍电力光缆的书籍往往偏重于基础理论知识，且以纯文字描述为主，缺乏系统、完整的电力光缆实操过程的内容，实用性较差。特别是对于现场运维人员来说，这些书籍的有用信息的获取量小且分布范围广，原理较为深奥难解，学习效果不佳，难以满足电力光缆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《电力通信光缆施工实训教程》。本书以广东电网通信施工作业中常见的 OPGW 光缆为主要介绍对象，辅以与其他电力特种光缆的异同比较，在系统地介绍电力光缆的基础概念及技术规范的基础上，结合大量工程实践经验和现场施工素材，介绍了电力通信光缆的施工前准备工作、光缆安装架设、光纤接续、光缆成端及光缆测试验收等内容，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之上，辅以大量的现场施工、作业图片，图文并茂，形象生动，可读性强；内容覆盖电力光缆从到货、查检到安装、验收的全过程，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，旨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电力光缆的相关知识和技术要求，并能针对自身需求，迅速获取所需知识，从而掌握电力光缆施工作业的相关技能。

目 录

前 言	1
第一章 电力通信光缆基础概念及技术要求	1
一、光通信的发展	1
二、通信光缆的发展	2
三、术语和定义	7
第二章 电力光缆介绍	9
一、光缆的种类	9
二、电力特种光缆	11
三、光缆的结构	14
四、光缆型号命名方法	17
五、OPGW 光缆的技术要求	20
六、金具及接头盒	23
第三章 光缆施工前准备	41
一、光缆线盘的运输与存放	41
二、光缆到货盘检	43



三、光缆金具及附件检查	45
四、专用工器具和施工器具准备	46
五、放线通道处理	54
 第四章 光缆的安装	56
一、OPGW 光缆安装整体流程	56
二、光缆架线	58
三、光缆紧线调弛度	68
四、光缆金具附件安装	70
 第五章 光缆的接续	81
一、光缆接续基本概念及接续流程	81
二、光缆接续的准备工作	83
三、开剥光缆	86
四、开剥固定缆芯	88
五、开剥光纤	95
六、熔接光纤	98
七、盘纤	103
八、封盒固定	105
九、光纤测试	107
 第六章 光缆的成端	108
一、光缆成端基本概念及流程	108
二、准备工器具和材料	111
三、穿过机柜	111



四、开剥光缆	113
五、开剥固定缆芯	113
六、开剥光纤	114
七、熔接光纤	114
八、盘纤	114
九、封盒固定	115
十、光纤测试	118
 第七章 光缆的测试	119
一、光缆测试基础概念	119
二、光缆测试相关仪器简介	119
三、光缆测试	127
 附录	137

第一章 电力通信光缆基础概念及技术要求

一、光通信的发展

日出和日落代表白昼和黑夜，用火取暖或驱赶野兽代表此处有人类，北斗星的亮光则代表着方向。按“光通信”最广的意义，我们已无法追溯最古老、最原始的光通信的年代和用途。

早在三千多年前的我国周朝，人们就以升起狼烟的方式来传达敌人入侵的警报，通过逐个烽火台升起狼烟的信息中继，将警报以最快速度传递至京城。这是目视光通信的基本形式。法国人夏布（Chappe）在 1791 年发明的扬旗式通信机发展和提高了目视光通信技术。扬旗式通信机是通过在高塔上三块活动木板的不同组合，传递约定的符号和字母，从而扩展了信息容量，经 120 个中继站，10 ~ 12 分钟后便可将信息从巴黎传送到 764 千米之遥的土伦。近代的目视光通信技术如灯光莫尔斯代码可传递完整的词句；而红绿灯至今仍指挥着全世界的交通，机动车驾驶者也依然通过转弯灯、双闪灯等表达自己的行驶意图。



二、通信光缆的发展

1976 年,美国贝尔研究所在亚特兰大建成第一个光纤通信实验系统,采用了西方电气公司制造的含有 144 根光纤的光缆。1980 年,由多模光纤制成的商用光缆开始在市局间中继线和少数长途线路上采用。单模光纤制成的商用光缆于 1983 年开始在长途线路上采用。1988 年,连接美国与英法之间的第一条横跨大西洋的海底光缆敷设成功,不久又建成了第一条横跨太平洋的海底光缆。中国于 20 世纪 70 年代末自行研制出通信光缆,采用的是多模光纤,缆心结构为层绞式,曾先后在上海、北京、武汉等地开展现场试验。不久后便在市电话网内作为局间中继线试用,1984 年以后,逐渐用于长途线路,并开始采用单模光纤。通信光缆比铜线电缆具有更大的传输容量,中继段距离长,体积小,重量轻,无电磁干扰,自 1976 年以后发展成长途干线、市内中继、近海及跨洋海底通信以及局域网、专用网等有线传输线路骨干,并开始向市内用户环路配线网的领域发展,为光纤到户、宽带综合业务数字网提供了传输线路。

1. 通信光缆国际发展历史

(1) 1880 年,贝尔发明了一种利用光波作载波传递话音信息的“光电话”,它证明了利用光波作载波传递信息的可能性,是光通信历史上的第一步。

(2) 1960 年,美国科学家梅曼 (Meiman) 发明了第一个红宝石激光器。激光 (LASER) 与普通光相比,谱线很窄,方向性极好,是一种频率和相位都一致的相干光,特性与无线电波相



似，是一种理想的光载波。激光器的出现使光波通信进入了一个崭新的阶段。

(3) 1966 年，英籍华人高锟 (K. C. Kao) 博士首次利用无线电波导通信原理，提出了低损耗的光导纤维（简称光纤）的概念。

(4) 1970 年，美国康宁公司首次研制出损耗为 20dB/km （光波沿光纤传输 1km 后，光损耗为原有的 1% ）的石英光纤，它是一种理想的传输介质。

(5) 1970 年，贝尔实验室研制出室温下连续振荡的半导体激光器 (LD)。从此开始了光纤通信迅速发展的时代，因此人们把 1970 年称为光纤通信元年。

(6) 1974 年，贝尔实验室发明了制造低损耗光纤的方法——改进的气相沉积法 (MCVD)，光纤损耗下降到 1dB/km 。

(7) 1976 年，日本电报电话公司研制出更低损耗的光纤，损耗下降到 0.5dB/km 。

(8) 1976 年，美国在亚特兰大成功地进行了 44.7Mbit/s 的光纤通信系统试验。日本电报电话公司开始了 64km ， 32Mbit/s 突变折射率光纤系统的室内试验，并研制出波长为 $1.3\mu\text{m}$ 的半导体激光器。

(9) 1979 年，日本电报电话公司研制出 0.2dB/km 的极低损耗石英光纤 ($1.5\mu\text{m}$)。

(10) 1984 年，实现了中继距离 50km ，速率为 1.7Gbit/s 的实用化光纤传输系统。

(11) 1990 年，用 $1.55\mu\text{m}$ 长波长 SM 光纤传输系统，中继距离超过 100km ，速率为 2.4Gb/s 的光纤传输。20 世纪 90 年代



以来,第四代光纤通信系统以频分复用增加速率和使用光放大器增加中继距离为标志,可以使用(也可以不使用)相干接收方式,使系统的通信容量迅速增加,实现了在 2.5Gb/s 速率上传输 4 500 km 和在 10Gb/s 的速率上传输 1 500km 的试验。

(12) 光通信的未来:孤子通信系统(EDFA)(1834 年斯柯特鲁塞尔发现船行水上的孤立波)。光孤子,即由于光纤的非线性效应与光纤色散相互抵消,使光脉冲在无损耗的光纤中保持其形状不变地传输的现象。光孤子通信系统将使超长距离的光纤传输成为可能,1992 年 NTT 试验实现了在 10Gb/s 的码率下光孤子沿环路传输 12 000km 的距离(可在 1 000℃ 的高温下工作)。

2. 通信光缆国内发展历史

(1) 1963 年,开始光通信的研究。

(2) 1977 年,第一根短波长(0.85 μ m)阶跃型石英光纤问世,损耗为 300dB/km。

(3) 1978 年,阶跃光纤的衰减降至 5dB/km。研制出短波长多模梯度光纤,即 G.651 光纤。

(4) 1979 年,研制出多模长波长光纤,其衰减为 1dB/km。建成 5.7km、8Mb/s 光通信系统试验段。

(5) 1980 年,1 300nm 窗口衰减至 0.48dB/km,1 550nm 窗口衰减为 0.29dB/km。

(6) 1981 年,多模光纤活动连接器进入实用阶段。

(7) 1984 年,武汉、天津 34Mb/s 市话中继光传输系统工程建成(多模)。

(8) 1990 年,研制出 G.652 标准单模光纤,最小衰减至 0.35dB/km,1992 年降至 0.26dB/km。



(9) 1991 年, 研制出 G. 653 色散位移光纤, 最小衰减为 0.22dB/km。

(10) 1997 年, 研制出 G. 655 非零色散位移光纤。

(11) “六五”、“七五”、“八五”铺设“八纵八横”光纤线路总长约 70 000km。

虽然国内进行光纤光缆的研制仅短短 20 多年, 其应用却已相当普遍。在实际网络中, 无论是核心网还是接入网, 目前主要应用的还是 G. 652 光纤。在核心网中, 新建线路已开始采用 G. 655 光纤, 在接入网中已开始应用光纤带光缆。我国光通信领域已掌握了光纤、器件、系统等各方面的关键技术, 逐渐走进了国际光通信的先进行列, 尤其在主要技术上, 都有了自己的特色和创新。

3. 中国电力通信的发展

电力通信网是电力系统不可缺少的组成部分, 是电网调度自动化、管理现代化和电力市场运营的基础, 是确保电网安全、优质、经济运行的重大基础设施。它与电网的继电保护及安全自动装置、电网调度自动化系统一起构建了现代电网安全、稳定、经济运行的三大支柱。中国电力通信发展 50 年来, 经历了从有线通信到无线通信、从以电力线载波通信为主到以微波通信为主、从以微波通信为主到以光纤通信为主、从模拟通信到数字通信的发展过程。

(1) 电网以模拟电力线载波通信为主的时代长达近 30 年(20 世纪 50—70 年代)。

在 20 世纪 40 年代末, 中国除东北有几条输电线外, 其他地区都处于以城市为中心的孤立系统阶段, 调度通信主要依赖明线



电话，长距离调度则使用日本生产的电力线载波机。

到 20 世纪 70 年代末期，中国电力通信中电力线载波通信占据主导地位，这个时期，中国模拟电力线载波机技术已趋成熟，当时以 ZDD-12、ZJ-5、ZBD-3 机型为代表，在技术指标上得到了较大的提高，并成为我国应用时间最长的主流机型。

(2) 中国电力专用通信网开始全面建设时期（20 世纪 80 年代）。

进入 20 世纪 80 年代以来，我国电力事业和电力系统迅猛发展。大电站、大机组、超高压输电线路不断增加，电网规模越来越大。20 世纪 80 年代是我国电力通信大发展时期。1978 年国家根据电力生产的特殊需求，正式批准建设电力专用通信网。自此，我国电力通信事业伴随着电网的发展，以前所未有的速度向前发展。

1982 年，与国内最早开通光纤电路差不多同时，电力系统第一条光纤通信线路在山西太原供电局投运。同年，原水利电力部建成以北京为中心，连接南宁、广州、成都等地面站的卫星通信系统。

(3) 中国电力通信大发展、光纤通信新技术普遍推广应用、电力一通信一体化初见端倪时期（20 世纪 90 年代）。

中国电力系统电力一通信一体化的实现具有得天独厚的潜力。其中，OPGW、GWWOP、ADSS 等将光纤束装入架空地线或架设在输电线上，实现了电力输送和通信功能一体化，光缆在电力通信中得到了广泛的应用。



三、术语和定义

(1) 光纤复合架空地线 (Optical Fiber Composite Overhead Ground Wire, OPGW): 一种具有电力架空地线和通信双重功能的金属光缆。

(2) 全介质自承式光缆 (All Dielectric Self-Supporting Optical Fiber Cable, ADSS): 一种两点间无支撑直接悬挂于电力杆塔上的非金属光缆。

(3) 光纤复合架空相线 (Optical Phase Conductor, OPPC): 一种具有电力架空相线和通信能力双重功能的金属光缆。

(4) 海底光缆 (Submarine Optical Fiber Cables): 敷设于海底的光缆。按敷设深度不同, 可分为深海光缆和浅海光缆两大类。

(5) 深海光缆 (Deep Water Optical Fiber Cables): 敷设于海水深度大于 500m 海区的光缆。

(6) 浅海光缆 (Shallow Water Optical Fiber Cables): 敷设于海水深度小于 500m 海区的光缆。

(7) 额定拉断力 (Rated Tensile Strength, RTS): 按光缆结构计算的拉断力, 其值为各承载构件的承载截面积、最小抗拉强度和绞合系数的乘积之和。

(8) 最大允许张力 (Maximum Allowable Tension, MAT): 可以施加到光缆上而不使其降低性能的最大张力。

(9) 年平均运行张力 (Everyday Stress, EDS): 无风无冰年平均气温下光缆所受的张力。



(10) 光纤元件 (Optical Elements): 光缆中传输光信号的光学元件, 如涂覆光纤、紧包光纤或光纤带。

(11) 单元 (Optical Unit): 由光纤和保护材料构成的部件。

(12) 缆芯 (Cable Core): 光缆中内保护层及其以内的部分, 包含一个或多个光单元的绞合层、金属管或骨架芯等。