

通信光纤光缆制造设备 及产业发展

《通信光纤光缆制造设备及产业发展》编委会

慕成斌 总编

李国昌 任明当 蒋小强 等 主编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

通信光纤光缆制造设备及产业发展

《通信光纤光缆制造设备及产业发展》编委会

慕成斌 总编

李国昌 任明当 蒋小强 等主编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书介绍了自 20 世纪 70 年代以来,中国通信光纤光缆用制造设备产业的发展历程、技术进步和产业现状。本书内容丰富、全面,资料翔实、具体,阐述清晰、明了、深入。内容涵盖了通信光纤光缆产品及制造用的设备,包括光纤预制棒、光纤、各品种光缆用的制造设备(如制棒设备、光纤拉丝机、着色机、光纤被覆设备、成缆机、基础生产线、铠装设备等)的技术原理、制造工艺、性能指标;阐述了光纤光缆产业制造智能化、创新研究发展方向以及企业状况。全书共分为六篇,第一篇为绪论篇,第二、三、四、五篇分别为光纤预制棒设备、光纤设备、光缆设备、制造智能化篇,第六篇为产业发展篇。

本书可作为高等院校光纤通信、光纤光缆、有线传输、制造设备、通信工程的专业教材或通信工程技术人员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

通信光纤光缆制造设备及产业发展/慕成斌总编.

--上海:同济大学出版社,2017.7

ISBN 978-7-5608-7167-7

I. ①通… II. ①慕… III. ①光导纤维通信系统—生产设备—研究 ②光导纤维通信系统—通信工业—产业发展—研究—中国 IV. ①TN818 ②F426.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 165165 号

通信光纤光缆制造设备及产业发展

总编 慕成斌

责任编辑 武 钢 助理编辑 蔡梦茜 责任校对 徐春莲 封面设计 鲁亚敏 潘向葵

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 上海同济印刷厂有限公司

开 本 889mm×1194mm 1/16

印 张 32.5

字 数 1040000

版 次 2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-7167-7

定 价 138.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

本书参编单位

主办 “通信光电缆材料设备(TOEM)市场与技术论坛”理事会

协办	中国电子科技集团第八研究所	安徽高创光电通信技术有限公司
	上海千一光纤光缆设备有限公司	上海昱品通信科技股份有限公司
	中天智能装备有限公司	合肥通鼎光电科技有限公司
	合肥大成通信设备有限公司	上海伟业创兴机电设备有限公司
	上海拓鹰机电设备有限公司	无锡市宏晨电工机械有限公司
	湖州宇易电气自动化设备有限公司	舟山市安格机械有限公司
	通鼎互联信息股份有限公司	亨通光电股份有限公司
	富通集团有限公司	中天科技股份有限公司
	通光集团有限公司	江苏法尔胜光通信科技有限公司
	湖北凯乐科技股份有限公司	江阴泛科光通材料有限公司
	浙江万马高分子材料有限公司	马鞍山法尔盛科技有限公司
	深圳鑫昌龙新材料科技股份有限公司	

感谢	中国电子科技集团第二十三研究所	武汉邮电科学研究院
	上海电缆研究所	长飞光纤光缆股份有限公司
	江苏南方通信股份有限公司	江苏永鼎股份有限公司
	深圳特发信息股份有限公司	

鸣谢 《光电通信》杂志

本书编委会

主 任 慕成斌
副 主 任 舒福胜 蒋小强 谢书鸿 江 平 张 忠 张立永 周震华 谢谊健 丁 斌
委 员 陈国庆 张继华 钱明煜 王 伟 杜柏林 黄俊华
(姓氏笔画为序)
于新强 韦祖国 王建春 司树华 刘 炜 刘明镜 刘延辉 江 斌 江顺煌
闫长鹞 任明当 朱荣华 许定昉 沈一春 轩传吴 宋志伦 李国昌 李彦弘
李震宇 陈文新 张伟民 陆国梁 孟庆伟 岳光明 周银山 段志刚 贺岳年
赵靳维 袁 健 顾震平 戚 卫 黄正欧 谢小江 慕 伟 魏忠诚

秘 书 长 钱明煜(兼) 鲁为民
副 秘 书 长 鲍玉荣 刘 芳

总 编 慕成斌
副 总 编 李国昌 任明当 蒋小强 轩传吴 李震宇 陈国庆
高 级 顾 问 谢谊健 陆国梁

编 写 人 员 (排名不分先后)

第一篇

主 编 慕成斌 刘延辉
编 写 姜正权 张海军 任明当 谢谊健

第二篇

主 编 蒋小强 向德成
主 执 笔 魏忠诚 卢松涛 曹明慧 范修远 满小忠 轩传吴

第三篇

主 编 李震宇 卢松涛
主 执 笔 朱 坤 曹明慧 张 亮 向德成 蒋锡华 陈正飞 陈 兵

第四篇

主 编 任明当
主 执 笔 朱宇杭 刘玉琴 黄正欧 孟庆伟 万 冰 黄俊华 周银山 施正超
刘明镜 赵靳维 陈文新 吴烈节 陈树林 顾震平 陈国庆 于新强
季 忠 张 旭 胡鹏翔
参 加 谢谊健 赖继光 姜 军 束 军 包燕康 曹志刚 蔡炳余 沈 峰
江顺煌 张海军 张 涛 孙勤良

第五篇

主 编 李国昌 轩传吴
编 写 甘发勇 杨喜海 江 荣 李兴进 彭鹏苇 李 龙

第六篇

主 编 鲁为民 鲍玉荣
编 写 各单位编写和编写人员供稿

编 审 专 家 (以姓氏笔划为序)
韦祖国(永鼎) 王爱国(特发) 张 波(金龙) 张伟民(特发)
沈一春(中天) 李彦弘(23 所) 袁 健(亨通) 韩向荣(凯乐)
慕 伟(23 所)

序

中国光纤光缆产业发展的历史是中国产业自主创新发展的一个成功范例,走过了从引进到消化吸收再创新的艰苦实践,经历了从生产低端产品到研发高端产品,从产业链下游到产业链上游,从生产产品到研发生产装备,不断升华历练,跻身全球行业领先企业。

中国光纤光缆产业的发展首先得益于改革开放和中国巨大的市场,这一环境对我国其他行业的产业同样存在,但不是所有行业的产业都能抓住这一机会,光纤光缆产业做到了。在改革开放之初,中国以跨越式发展通信基础设施,交换机越过了纵横制而发展程控交换,传输系统跳过了中同轴电缆进入光纤时代。一方面直接引进国外包括光缆在内的光纤干线传输系统,另一方面通过成立中外合资企业引进光缆生产技术,同时国内的研发机构研制光缆,民营企业买来国外的成缆设备试制光缆。生产光缆是进入光纤传输系统产业链的第一步,但从产业链利润看,光缆生产处于低端地位。国内企业利用光缆生产中获得的第一桶金,购买拉丝机上马光纤生产。经过 20 多年的努力,中国成为光纤光缆产业大国,但企业并未停步,继续向产业上游拓展,通过探索创新,实现光纤预制棒的自主生产,产品质量和成本及生产规模都具有很强的市场竞争力。更值得称道的是,通过不懈努力,国内企业完全掌握了光纤光缆生产线装备的研制生产,将光纤光缆产业发展的命运掌握在自己手上。从产品到生产装备实现自主可控,光纤光缆产业成为我国产业发展的典范。

《通信光纤光缆制造设备及产业发展》一书很好地回顾了我国光纤光缆产业,特别是生产装备的发展历程。总结经验是为了增强我们走自主创新之路的信心,更好地开拓未来。宽带化对光纤通信系统容量的要求不断扩展,光纤和光缆技术的创新永无止境,展宽可用带宽、进一步降低损耗和适应微弯应用的努力不会停步,包括海底光缆和各种新型光缆还有待开发,云计算和 5G 移动通信既为光纤通信开辟了新的市场也提出了更高的要求,通信提速降费,等等。期待光纤光缆行业做出更大的贡献!当前光纤光缆通信面临发展的黄金时期,愿光纤光缆行业不忘初心继续前进!

中国工程院院士



2017 年 3 月

前言

光纤光缆行业的人们,每当讲起制造设备产业伴随中国光纤光缆走过了近 40 年历程的时候,都会激动、赞叹。近 40 年的历史,是中国光纤光缆发展史中的一部分,曾经为之奋斗过的人们,永远不会忘怀。但是,因为它在中国现代电信、互联网发展史上,写下了重重地一笔,更显得它壮丽、辉煌。

在 2015 年 11 月,通信光纤光缆材料设备企业在北京人大会议中心召开“通信光电缆材料(TOEM)技术与市场论坛”理事会扩大会议。会议期间,研究并深入总结材料设备产业伴随中国光纤光缆 30 多年历程中材料设备技术和产业的发展一事。会议纪要中写道,“会议研究并同意在编写完成《通信光纤光缆材料及产业发展》后,启动编写《通信光纤光缆制造设备及产业发展》一书,其目的是:①回顾设备制造产业近 40 年来,伴随中国光纤光缆发展走过的历程,为中国电信信息现代化建设建立的卓越功勋;②记载设备制造产业里程碑式的技术重大突破、成果和经历,因为它推动了通信媒介科学技术的进步和科学、工程技术人员成长;③总结已经逐步形成规模的、不断壮大的设备制造产业,以及在改革开放中艰苦创业,并为之奋斗的近三代人的业绩;④通过编写过程激励经历了过去的人们,年轻的新生力量,发展既定的事业,总结经验、不断进取、奋发图强,坚持自主创新,把握机遇、迎接挑战,共创产业、企业发展的美好明天”。

会议决定编写工程由材料设备制造企业的“TOEM 技术和市场论坛”理事会主办,由设备企业支持赞助。于 2016 年 1 月 6 日在通鼎活动中心召开了编写启动会议,TOEM 领导、设备企业和行业专家等出席了会议。会议通过了编写大纲,组织了设备和光纤光缆企业专家编写委员会,由行业资深专家、论坛名誉理事长慕成斌任编委会主任,行业专业研究院所、设备企业、光纤光缆领军企业的领导、行业资深专家任副主任和委员;聘请慕成斌为总编,谢谊健、陆国梁为高级顾问,同时提名副总编和参加各章节编写人选。对编写工作明确了编写目的、内容、经费、人员、进度等要求,标志着《通信光纤光缆制造设备及产业发展》编写工作正式启动。

一年又三个月的时间过去了,编写人员凭借自身资深经验、学识和体会,做了大量工作,完成了编写任务。全书内容丰富、原理性强、资料翔实。编写工作得到了光纤光缆行业、企业的大力支持;编委会组织编写人员在南浔宇易、江阴泛科、通光集团召开了三次编写会议,完成了第二、三、四、五篇的编写内容确定及编写人员分工;在舟山安格、通鼎召开协调会议,得以对二、三、四、五篇的编写内容调整及编写人员协调分工;在深圳鑫昌隆、湖北凯乐、临安万马、上海千一、马鞍山法尔盛四次编审会议中进行一、二、三、四、五、六篇内容的审定。同时,在审稿阶段也得到了中电第 23 研究所、深圳特发、湖北凯乐、烽火飞虹、中天科技光棒、亨通光纤等单位行业知名专家的支持、审稿,对邀请的专家沈一春、袁健、韩向荣、慕伟、张伟民、王爱国、张波、李彦弘、韦祖国等表示感谢。本书由企业、行业近五十余人参与编写,于 2017 年 2~3 月间完成了编写任务。

很高兴的是,中国电科第八研究所、合肥高创公司、上海昱品、中天智能设备、上海千一、合肥通鼎、合肥大成、上海拓鹰、上海伟业、无锡宏晨、湖州宇易、舟山安格等设备企业给编写工作予以支持赞助;感谢通鼎互联、亨通光电、富通集团、中天科技、法尔胜光通、通光集团、湖北凯乐、江阴泛科、马鞍山法尔盛等光纤光缆、材料企业不仅给予支持赞助,还多次为编写会议提供了会场和资助,支持编写工作。非常感谢中国电科第八研究所设备企业领导:舒福胜、谢谊健、陈国庆、周银山、张继华、陈文新、刘明镜、丁斌、江顺煌等,以及光纤光缆企业蒋小强总裁,张忠总经理、韩向荣总经理等多次落实编写工作并参加编写会议。

今天,翻开《通信光纤光缆制造设备及产业发展》一书,一个无可争辩的事实是:中国光纤光缆设

备制造产业为中国信息化基础网络建设作出了贡献,中国光纤光缆及设备制造已经是世界制造业大国。

到2016年中期,我国拥有了世界最大的2000万公里干线光缆网。这是中国一张很大的基本靠自己的力量建造的光缆传输网,包括我国六大基础电信运营商,以及广电、电力、石油等光缆传输设备,全国所用光缆总长约为2500万公里,所用光纤约达4.5亿公里。

现在,我国具有了年产1.9亿公里光纤的预制棒生产能力,年产2.6亿公里光纤生产能力,年产2.9亿纤芯公里的光缆生产能力;拥有了近百家光纤光缆、设备制造、材料生产企业,完全可以满足国内市场需求,并进入国际市场。

我国光纤光缆材料技术获得了长足进步。具有了光纤预制棒技术的知识产权和5600~5800吨的生产规模。2000年之前,我国应用的光纤绝大部分是进口的,国产光纤中的大部分又是用进口预制棒拉制的。现在,中国的光纤在质和量两方面都发生了巨大变化,国产光纤的技术指标是国际先进水平;同时,建立了几个千、百吨以上规模的光纤预制棒生产基地,预制棒技术已经实现了群体突破,可以预计至2020年,国产光纤预制棒产能可达到11000吨。

我国已经形成了棒、纤、缆完整产业链,光纤光缆产品品种齐全的制造体系,以及所用的材料和设备制造体系。其中,更令人瞩目的是产品所用原材料、设备基本都能自给,特种光缆产品,如大数据中心用各品种光缆、具有环保性能的室内光缆、高速铁路用光缆、电力网用光缆、海底光缆等。特别是OPGW光缆,是具有自主知识产权的品牌产品,结束了高等级OPGW光缆进口的历史。在短短的数年内,在线运行的750kV/500kV输电系统中的超低损耗OPGW光缆遍布全国各地,并已经出口国外。

当前,国家实施“宽带中国”策略,光纤通信的发展方向是构建全光网络,即接入网、城域网、骨干网、互联网、物联网等完全实现“光纤传输代替铜线传输”。一个日渐清晰的互联全光网络正逐渐显现在我们的视野里。同时也预示了光纤光缆及设备制造业广阔的发展前景。

通览《通信光纤光缆制造设备及产业发展》一书,让亲身经历了我国光纤光缆近40年发展历程的企业家、专家、工程技术人员、生产人员们,为我国信息传输现代化建设所作的努力,为光纤光缆及制造设备实现国产化所作的技术和产业发展的贡献而欣慰;更会倍受激励和鼓舞未来的人们抓住机遇、不断进取,适应市场高速发展的需求,促进产业和谐健康地发展而努力。

《通信光纤光缆制造设备及产业发展》的出版,让我们感到骄傲和自豪!

在本书出版的时候,对参加编写的人员以及给予帮助的人们致以衷心的感谢。同时,由于光纤光缆制造设备技术在不断进步,我国的光纤光缆制造设备企业、产业发展也很快,因此,在本书编写过程中难免有不足之处,亦望予以指正。

感谢通鼎互联、《光电通信》杂志对本书编写工作给予的特别支持和帮助。

在此,对本书出版给予支持的同济大学出版社表示衷心感谢。

慕成斌

丁酉年春于安徽·雨山湖畔

目 录

序
前言

第一篇 绪论

第一章 光纤通信的兴起及传输媒质的变革	3
第一节 光纤通信	3
第二节 通信光纤技术	4
第三节 通信光缆制造技术	6
第二章 我国通信光纤光缆产业化	7
第三章 通信光纤光缆制造设备的发展及产业	12
第一节 制造设备技术发展概述	12
第二节 通信光纤光缆制造设备产业	14
第三节 通信光纤光缆制造设备发展展望	16

第二篇 光纤预制棒制造设备

第一章 光纤预制棒结构设计及制造方法	21
第一节 概 述	21
第二节 光纤预制棒结构设计	22
第三节 光纤预制棒制造方法	42
第二章 光纤预制棒制造系统	52
第一节 改进型化学气相沉积(MCVD)设备	52
第二节 等离子体化学气相沉积(PCVD)设备	62
第三节 外部气相沉积(OVD)设备	71
第四节 气相轴向沉积(VAD)设备	85
第五节 先进型等离子体气相沉积(APVD)设备	92
第三章 光纤预制棒辅助制造设备	95
第一节 预制棒工厂 SiCl_4 和 GeCl_4 集中供料系统	95
第二节 外围供气系统	98
第三节 废气处理设备	101
第四节 腐蚀与清洗设备	107
第五节 玻璃加工车床	111

第三篇 光纤制造设备

第一章 概述	115
第一节 光纤分类与应用	115
第二节 制造方法	121
第二章 拉丝塔	126
第一节 总体构成	126
第二节 子系统	128
第三章 光纤拉丝辅助设备	159
第一节 光纤预制棒辅助运输工具	159
第二节 玻璃加工车床	160
第三节 筛选/复绕设备	162
第四节 氦气处理设备	164

第四篇 光缆制造设备

第一章 光缆的结构和分类	169
第一节 光缆结构设计及基本要求	169
第二节 光缆设计制造要素	171
第三节 光缆的结构及分类	172
第四节 室外光缆	175
第五节 室内光缆	180
第六节 金属被覆套管光单元光缆	186
第七节 光电混合缆	191
第二章 光纤着色及并带设备	195
第一节 概述	195
第二节 光纤着色机	199
第三节 光纤并带机	202
第三章 光纤被覆设备	207
第一节 二次被覆光纤的结构和要求	207
第二节 紧套光纤被覆生产线	213
第三节 松套光纤被覆生产线	221
第四节 光纤带二次被覆生产线	231
第四章 光缆成缆机	236
第一节 概述	236
第二节 SZ 绞合成缆机	241

第三节 笼绞成缆机	257
第四节 盘绞式光缆成缆机	266
第五节 骨架式带状光缆成缆机	272
第五章 光缆护套设备	278
第一节 概述	278
第二节 光缆护套生产线	283
第三节 光缆护套生产线的特种配置装备	300
第六章 软光缆生产线	309
第一节 概述	309
第二节 蝶形光缆生产线	317
第三节 单/双芯软光缆生产线	323
第四节 金属螺旋管铠装软光缆生产线	331
第七章 光纤复合缆(OPGW/OPPC)生产线	336
第一节 概述	336
第二节 不锈钢管二次被覆生产线	341
第三节 铝管挤出生产线	354
第四节 OPGW/OPPC 成缆机	361
第五节 辅助设备	372
第八章 光缆装铠生产线	378
第一节 概述	378
第二节 普通光缆钢丝装铠生产线	379
第三节 海底光缆钢丝装铠生产线	385
第四节 钢带装铠机	393

第五篇 光纤光缆制造智能化

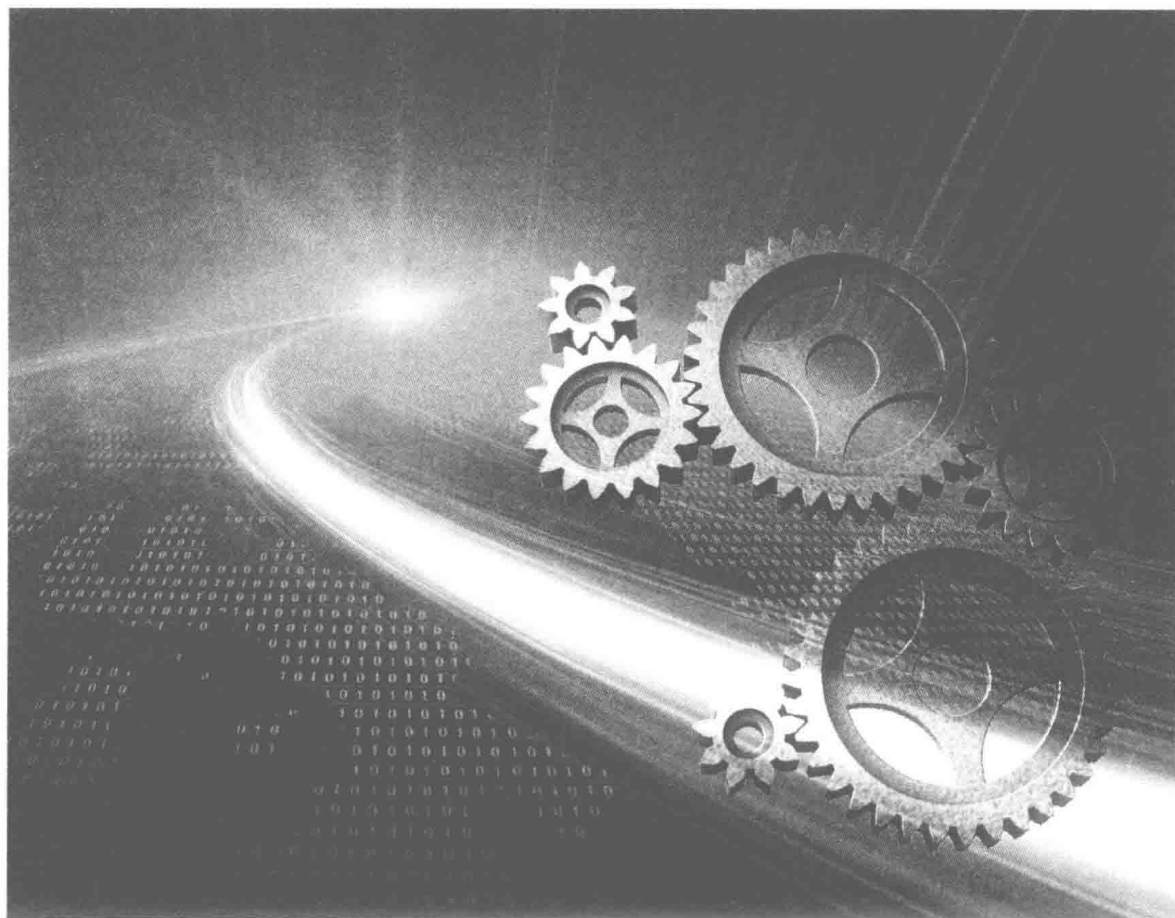
第一章 概述	399
第一节 工业制造发展及制造智能化	399
第二节 光纤光缆行业的智能制造	404
第二章 集中控制系统	412
第一节 工业以太网	413
第二节 SCADA 系统	415
第三节 制造执行系统(MES)	418
第三章 智能物料系统	421
第一节 概述	421
第二节 集中供料	423

第三节 智能物流	426
----------------	-----

第六篇 通信光纤光缆、设备企业及为之贡献的人们

第一章 光纤光缆设备制造企业	435
第二章 光纤光缆制造企业	459
第三章 为之贡献的人们、部分编写者介绍	484

第一篇 绪论



第一章 光纤通信的兴起及传输媒质的变革

第一节 光纤通信

光纤的发明开创了以光导纤维作为传输媒介的光纤通信实用化新纪元。

1966年,英籍华裔科学家高锟博士在他完成的论文《光频率的介质纤维表面波导》中提出:只要去除玻璃中的杂质,使其对光的吸收减到最小,就可以利用光导纤维进行远距离光信息传输。指出用作光通信传输的光导纤维的损耗必须小于每公里20分贝。这一观点的提出从理论上分析证明了用光纤作为传输媒介来实现光通信的可能性,并预言了制造通信用的超低损耗光纤的可能性。

受高锟博士论文的启发,美国康宁公司科学家罗伯特·莫勒博士、唐纳德·凯克博士和皮特·舒尔茨博士坚信信息可以通过光来传输,他们花了4年时间对不同特性的玻璃材料进行实验,最终获得了成功,于1970年发明了第一根可用于通信的每公里20分贝的低损耗光导纤维。高锟博士的预言终于成真。光导纤维从此拉开了光纤通信的序幕。光纤的发明解决了光通信实用化的传输媒介问题。

激光器的发明史几乎与光纤发明史同步。激光器的发明解决了实现光通信实用化的另一个关键——高强度稳定光源问题。经法国、美国科学家的努力,以美国贝尔实验室雄厚的资金和人力的大量投入,于1970年,第一台能在室温下连续工作的双异质结GaAs/AlGaAs半导体激光器问世,为实用化的高强度稳定通信光源奠定了基础,解决了光通信实用化的另一个根本问题。因此,1970年是光通信发展史上值得纪念的重要年份。在这一年里,实用化的低损耗光纤和稳定化激光光源双双问世,使人们看到了光纤通信的曙光,揭开了光纤通信发展的新篇章,开启了光纤通信发展的新纪元。1970年应该定义为光纤通信真正开启波澜壮阔伟大征程的历史元年!

1970年,激光器和低损耗光纤这两项关键技术的重大突破,使光纤通信开始从理想变成可能,立即引起了世界各国的重视,竞相进行研究和实验。1974年美国贝尔研究所发明了低损耗光纤制法——CVD法(气相沉积法),使光纤损耗降低到1dB/km;1977年,贝尔研究所和日本电报电话公司几乎同时研制成功寿命达100万小时(实用中10年左右)的半导体激光器,从而有了真正实用的激光器。1977年,世界上第一条光纤通信系统在美国芝加哥市投入商用,速率为45Mb/s。

1977年,我国在上海和武汉成功的研制中国的实用光纤。1979年,我国分别在北京和上海建成了市话光缆通信试验系统,比世界上第一条光纤通信系统只晚两年多。

光纤通信进入试验和应用阶段以后,发展极为迅速。如果以1970年作为光纤通信发展元年算起,光纤通信由于技术的不断进步,在全球的实用推进发展大致可分成如下五个阶段:

第一阶段(1970—1980年),是全球光纤通信发展的启动阶段。主要特征是光纤通信技术从试验室基础成果到社会商业应用的转化。这个时期,出现了短波长(850nm)低速率(34Mb/s或45Mb/s)多模光纤通信系统,无中继传输距离约为10km。

第二阶段(1980—1990年),是全球光纤通信发展的活跃阶段。主要特征是光纤通信技术商业应用的多样化。是以技术导引社会应用,并以社会应用推进技术发展的活跃阶段,也是光纤通信技术得到大力推广应用和大发展的时期。在这个时期,光纤从多模发展到单模,工作波长从短波长(850nm)发展到长波长(1310nm和1550nm),实现了工作波长为1310nm、传输速率为140~565Mb/s的单模光纤通信系统,无中继传输距离为50~100km。

第三阶段(1990—2000年),是全球光纤通信发展的高速阶段。主要特征是光纤通信社会商业应用的迅速普及,也是以超大容量超长距离为发展目标,全面深入开展新技术研究的时期。这个时期,在社会经济层面,互联网开始引起公众注意。1996年,对大部分美国的上市公司而言,一个公开的网站已成为必需品,互联网带来了各种在以前不可能的新商业模式,并引来风险基金的投资,极大推进了光纤通信网络建设。在技术创新领域,出现了1550nm色散位移单模光纤通信系统,采用外调制技术,传输速率可达2.5~10Gbit/s,无中继传输距离可达100~150km,实验室可以达到更高水平。在此期间,全球核心网、城域网开始大规模部署光纤通信系统。

第四阶段(2000—2010年),是全球光纤通信发展的调整阶段。在社会经济层面,其标志性事件是从2000年3月中旬开始,以互联网高科技企业为主的纳斯达克指数开始大幅下跌,网络经济危机全面爆发,到同年9月21日,纳斯达克指数从3月中旬的5050点跌至1088点,跌幅高达近79%。互联网高科技企业市值大幅缩水成为互联网泡沫破裂的主要标志,导致市场应用端需求剧减,致使全球光纤通信发展遭遇重挫;在技术层面,光放大技术、波分复用技术、相干光通信技术逐渐成熟并进入实用阶段,超长距离、超大容量、超高速率传输渐入佳境,为全球光纤通信的后续发展积蓄了充足的能量。应用层面的重挫与技术层面的进步同期并存,决定了光纤通信发展在这一周期必须进行盘桓调整的基调。2005年后,随着市场需求跌入低谷后的重新复苏,尤其是网络宽带化建设和无线互联网应用开始初露头角,光纤通信发展逐渐走出低迷,重新进入发展活跃期。

第五阶段(2010年以后),是全球光纤通信发展全面深入推进阶段。这一阶段的发展正在进行中。这一阶段,网络宽带化战略已成为世界众多国家的首选,主要特征集中在三个方面:①在系统传输速率方面,100G已经进入商用,400G系统已经进入试验,实验室最高系统速率已达Tb/s量级;②在传输媒介方面,光纤中的低损耗光纤乃至超低损耗光纤已被应用,超低损耗光纤产品的极限传输损耗已经达到0.154dB/km,非常接近理论极限值。③在网络建设方面,FTTH、大数据中心全面部署,光进铜退持续推进,无线互联网建设渐入佳境,3G/4G建设,乃至5G即将推出,无线+有线的接入网宽带化网络建设,进而梦寐以求的信息社会,正在微笑着向我们走来!

信息化是现代社会的主要标志,信息高速公路是实现现代社会信息化的基础和前提,光纤光缆是构筑信息高速公路的不可替代的唯一媒介。光纤的发明开启了一个新的时代,是世界光通信发展史上具有革命性意义的里程碑,它开创了有线通信传输媒质的重大变革,改变了人们的工作方式和生活方式,更重要的是它大大推进了人类社会的物质文明和精神文明建设,高锟博士因此而荣获诺贝尔奖是众望所归,当之无愧!

第二节 通信光纤技术

通信光纤的主要原材料是石英玻璃,是全介质材料的组合体。光纤是将光纤预制棒在具有预制棒拉丝端加热装置、裸纤涂覆装置、外径检测装置、张力牵引装置的光纤拉丝设备上拉制而成的。

常规光纤由裸光纤和涂覆层组成。裸光纤的主要材料是纯石英(二氧化硅),根据光纤类别的不同和结构设计的不同,纤芯区或包层区掺有极少量的锗、氟等无机材料。经拉制而成的裸光纤表面极易生长微细的裂纹,如果没有合适的保护层,稍一弯折极易断裂,根本没有实际应用价值。因此,在光纤拉制工艺过程中,光导纤维一出拉丝炉就立刻被涂覆上有机树脂材料,用于弥补表面微裂纹缺陷,增强抗弯折和抗拉伸能力。涂覆层的材料是有机树脂,一般由内外两层构成,内层低模量树脂,外层高模量树脂。这一涂覆过程称为光纤一次涂覆增强。经一次涂覆增强后的光纤具备了一定的抗拉伸和抗弯折能力,经各项指标检测合格后成为光纤成品。

光纤尽管具备了一定的抵抗外力的能力,但要大长度用于各种敷设环境来承担光通信的重任还是太脆弱了。所以,根据不同敷设环境条件来设计制造光纤保护层和保护结构就成为光纤光缆结构