

教育部推荐教材

21世纪高职高专系列规划教材

光纤通信

主 编 卜爱琴

参 编 李志菁 潘平平 付 涛

赵 琳 吴 婷 冯宪慧



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

教育部推荐教材

21世纪高职高专系列规划教材

光纤通信

主 编 卜爱琴

参 编 李志菁 潘平平 付 涛

赵 琳 吴 婷 冯宪慧

江苏工业学院图书馆
藏书章



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

光纤通信 / 卜爱琴主编. —北京: 北京师范大学出版社,
2009.6

(21 世纪高职高专系列规划教材)

ISBN 978-7-303-10330-0

I. 光… II. 卜… III. 光纤通信—高等学校: 技术学
校—教材 IV. TH929.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 086608 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 北京东方圣雅印刷有限公司

装 订: 三河文成装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 184 mm × 260 mm

印 张: 15.75

字 数: 332 千字

版 次: 2009 年 8 月第 1 版

印 次: 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 26.00 元

策划编辑: 周光明

责任编辑: 周光明

美术编辑: 李葆芬

装帧设计: 张 虹

责任校对: 陈 民

责任印制: 马鸿麟

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

出版说明

随着我国经济建设的发展,社会对技术型应用人才的需求日趋紧迫,这也促进了我国职业教育的迅猛发展,我国职业教育已经进入了平稳、持续、有序的发展阶段。为了适应社会对技术型应用人才的需求和职业教育的发展,教育部对职业教育进行了卓有成效的改革,职业教育与成人教育司、高等教育司分别颁布了调整后的中等职业教育、高等职业教育专业设置目录,为职业院校专业设置提供了依据。教育部连同其他五部委共同确定数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理为紧缺人才培养专业,选择了上千家高职、中职学校和企业作为示范培养单位,拨出专款进行扶持,力争培养一批具有较高实践能力的紧缺人才。

职业教育的快速发展,也为职业教材的出版发行迎来了新的春天和新的挑战。教材出版发行为职业教育的发展服务,必须体现新的理念、新的要求,进行必要的改革。为此,在教育部高等教育司、职业教育与成人教育司、北京师范大学等的大力支持下,北京师范大学出版社在全国范围内筹建了“全国职业教育教材改革与出版领导小组”,集全国各地上百位专家、教授于一体,对中等高等职业院校的文化基础课、专业基础课、专业课教材的改革与出版工作进行深入的研究与指导。2004年8月,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”召开了“全国有特色高职教材改革研讨会”,来自全国20多个省、市、区的近百位高职院校的院校长、系主任、教研室主任和一线骨干教师参加了此次会议。围绕如何编写出版好适应新形势发展的高等职业教育教材,与会代表进行了热烈的研讨,为新一轮教材的出版献计献策。这次会议共组织高职教材50余种,包括文化基础课、电工电子、数控、计算机教材。2005年~2006年期间,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”先后在昆明、哈尔滨、天津召开高职高专教材研讨会,对当前高职高专教材的改革与发展、高职院校教学、师资培养等进行了深入的探讨,同时推出了一批公共素质教育、商贸、财会、旅游类高职教材。这些教材的特点如下。

1. 紧紧围绕教育改革,适应新的教学要求。过渡时期具有新的教学要

求,这批教材是在教育部的指导下,针对过渡时期教学的特点,以3年制为基础,兼顾2年制,以“实用、够用”为度,淡化理论,注重实践,消减过时、用不上的知识,内容体系更趋合理。

2. 教材配套齐全。将逐步完善各类专业课、专业基础课、文化基础课教材,所出版的教材都配有电子教案,部分教材配有电子课件和实验、习题指导。

3. 教材编写力求语言通俗简练,讲解深入浅出,使学生在理解的基础上学习,不囫圇吞枣,死记硬背。

4. 教材配有大量的例题、习题、实训,通过例题讲解、习题练习、实验实训,加强学生对理论的理解以及动手能力的培养。

5. 反映行业新的发展,教材编写注重吸收新知识、新技术、新工艺。

北京师范大学出版社是教育部职业教育教材出版基地之一,有着近20年的职业教育教材出版历史,具有丰富的编辑出版经验。这批高职教材的编写得到了教育部相关部门的大力支持,部分教材通过教育部审核,被列入职业教育与成人教育司高职推荐教材,并有25种教材列为“十一五”国家级规划教材。我们还将开发电子信息类的通信、机电、电气、计算机、工商管理等专业教材,希望广大师生积极选用。

教材建设是一项任重道远的工作,需要教师、专家、学校、出版社、教育行政部门的共同努力才能逐步获得发展。我们衷心希望更多的学校、更多的专家加入到我们的教材改革出版工作中来,北京师范大学出版社职业教育与教师教育分社全体人员也将备加努力,为职业教育的改革与发展服务。

全国职业教育教材改革与出版领导小组
北京师范大学出版社

参加教材编写的单位名单

(排名不分先后)

沈阳工程学院

山东劳动职业技术学院

济宁职业技术学院

辽宁省交通高等专科学校

浙江机电职业技术学院

杭州职业技术学院

西安科技大学电子信息学院

西安科技大学通信学院

西安科技大学机械学院

天津渤海职业技术学院

天津渤海集团公司教育中心

连云港职业技术学院

景德镇高等专科学校

徐州工业职业技术学院

广州科技贸易职业学院

江西信息应用职业技术学院

浙江商业职业技术学院

内蒙古电子信息职业技术学院

济源职业技术学院

河南科技学院

苏州经贸职业技术学院

苏州技师学院

苏州工业园区职业技术学院

苏州江南赛特数控设备有限公司

苏州机械技工学院

浙江工商职业技术学院

温州大学

四川工商职业技术学院

常州轻工职业技术学院

河北工业职业技术学院

陕西纺织服装职业技术学院

唐山学院

江西现代职业技术学院

江西生物科技职业学院

黄冈高级技工学校

深圳高级技工学校

徐州技师学院

天津理工大学中环信息学院

天津机械职工技术学院

西安工程大学

青岛船舶学院

河北中信联信息技术有限公司

张家港职教中心

太原理工大学轻纺学院

浙江交通职业技术学院

保定职业技术学院

绵阳职业技术学院

北岳职业技术学院

天津职业大学

石家庄信息工程职业学院

襄樊职业技术学院

九江职业技术学院

青岛远洋船员学院

无锡科技职业学院

广东白云职业技术学院

三峡大学职业技术学院

西安欧亚学院实验中心

天津机电职业技术学院

中华女子学院山东分院

漯河职业技术学院

济南市高级技工学校

沈阳职业技术学院

江西新余高等专科学校

赣南师范学院

江西交通职业技术学院

河北农业大学城建学院

华北电力大学

北京工业职业技术学院

湖北职业技术学院

河北化工医药职业技术学院

天津电子信息职业技术学院

广东松山职业技术学院

北京师范大学

山西大学工程学院

平顶山工学院

黄石理工学院

广东岭南职业技术学院

青岛港湾职业技术学院

郑州铁路职业技术学院

北京电子科技职业学院

北京农业职业技术学院

宁波职业技术学院

宁波工程学院

北京化工大学成教学院

天津交通职业技术学院

济南电子机械工程学院

山东职业技术学院

济南职业技术学院

山东省经济管理干部学院

鲁东大学

山东财政学院

山东省农业管理干部学院

浙江工贸职业技术学院

天津中德职业技术学院

天津现代职业技术学院

天津青年职业技术学院

无锡南洋学院

北京城市学院

北京经济技术职业学院

北京联合大学

北京信息职业技术学院

北京财贸职业学院

华北科技学院

青岛科技大学技术专修学院

山东大王职业学院

大红鹰职业技术学院

广东华立学院

广西工贸职业技术学院

贵州商业高等专科学校

桂林旅游职业技术学院

河北司法警官职业学院

黑龙江省教科院

湖北财经高等专科学校

华东师范大学职成教所

淮南职业技术学院

淮阴工学院

黄河水利职业技术学院

南京工业职业技术学院

南京铁道职业技术学院

黔南民族职业技术学院

青岛职业技术学院
陕西财经职业技术学院
陕西职业技术学院
深圳信息职业技术学院
深圳职业技术学院
石家庄职业技术学院
四川建筑职业技术学院
四川职业技术学院
太原旅游职业技术学院
泰山职业技术学院
温州职业技术学院
无锡商业职业技术学院
武汉商业服务学院
杨凌职业技术学院
浙江工贸职业技术学院
郑州旅游职业技术学院
淄博职业技术学院
云南机电职业技术学院
山东省贸易职工大学
聊城职业技术学院
山东司法警官职业学院
河南质量工程职业学院
山东科技大学职业技术学院
云南林业职业技术学院
云南国防工业职业技术学院
云南文化艺术职业学院
云南农业职业技术学院
云南能源职业技术学院
云南交通职业技术学院
云南司法警官职业学院
云南热带作物职业技术学院
西双版纳职业技术学院
玉溪农业职业技术学院

云南科技信息职业学院
昆明艺术职业学院
云南经济管理职业学院
云南爱因森软件职业学院
云南农业大学
云南师范大学
昆明大学
陕西安康师范学院
云南水利水电学校
昆明工业职业技术学院
云南财税学院
云南大学高职学院
山西综合职业技术学院
温州科技职业技术学院
昆明广播电视大学
天津职教中心
天津工程职业技术学院
天狮职业技术学院
天津师范大学
天津管理干部学院
天津滨海职业技术学院
天津铁道职业技术学院
天津音乐学院
天津石油职业技术学院
渤海石油职业技术学院
天津冶金职业技术学院
天津城市职业学院
常州机电职业技术学院
天津公安警官职业技术学院
武警昆明指挥学院
天津工业大学
天津开发区职业技术学院
黑龙江大兴安岭职业学院

黑龙江农业经济职业技术学院
黑龙江农业工程职业技术学院
黑龙江农业职业技术学院
黑龙江生物科技职业技术学院
黑龙江旅游职业技术学院
中国民航飞行学院
四川信息职业技术学院
四川航天职业技术学院
四川成都纺织高等专科学校
四川科技职业学院
四川乐山职业技术学院
四川泸州职业技术学院
成都农业科技职业技术学院
四川宜宾职业技术学院
江西省委党校
齐齐哈尔职业学院
深圳安泰信电子有限公司
潍坊教育学院

德州科技职业技术学院
天一学院
成都烹饪高等专科学校
河南质量工程职业技术学院
河南商业高等专科学校
天津大学
北京政法干部管理学院
北京理工大学珠海学院
中山火炬职业技术学院
周口职业技术学院
永城职业技术学院
河北工程技术高等专科学校
武汉铁路职业技术学院
四川教育学院
四川师范大学
四川工程职业技术学院
河南教育学院
华豫学院

前 言

随着光纤通信在我国规模化、产业化发展,光纤通信已成为现代通信网络中最为重要的基础设施,社会对光纤通信技术人才的需求也日益迫切,尤其是对既有理论基础,又有实践技能的应用型人才需求较大。目前,光纤通信方面的本科教材很多,但真正做到理论和现场实际联系紧密、适合高职高专学生学习特点的教材却十分紧缺,为此,北京师范大学出版社组织部分高职院校的骨干教师编写了《光纤通信》这本教材。这本书不仅凝结了笔者二十多年的教学心得,而且还汲取了多位老师的教学精髓,体现在教材的编写上不仅注重系统性和实用性,而且注重学生的技术运用能力和岗位工作能力的培养,以满足高职高专在校通信专业学生和从事通信的工程技术人员的需要。

本书共分10章:

第1章介绍光纤通信的发展现状、光纤通信的基本组成、光纤通信的特点及发展趋势。

第2章介绍光纤的结构和分类、光纤的导光原理、光纤的损耗和色散特性、光缆的结构和种类以及光缆的型号。

第3章介绍光缆线路的敷设、光纤光缆的接续与成端、光缆线路的测试以及光缆线路的维护。

第4章介绍光源器件的工作原理、基本结构和工作特性。

第5章介绍光电检测器的工作原理、基本结构和工作特性。

第6章介绍无源光器件的种类、作用、主要性能及应用。

第7章介绍PDH光传输系统,包括光发射机和光接收机的组成、工作原理和主要性能指标,光中继器和光放大器的组成与应用、光纤通信常用线路码型及中继距离的计算。

第8章介绍SDH的基本概念、速率与帧结构,SDH的同步复用与映射原理、SDH开销、SDH设备的逻辑功能描述、SDH传送网与自愈网、SDH网同步、网络传输性能及华为OptiX OSN 2500光传输设备。

第9章介绍光波分复用系统,包括密集波分系统(DWDM)的概念和特点,DWDM的基本类型、DWDM系统的基本结构和工作原理、华为OptiX BSW 320GDWDM设备。

第10章介绍光纤通信实训,包括光纤与光缆的接续、光缆交接箱与ODF架的成端、OTDR的使用与光纤的测试、光纤通信系统误码的测试、光发射机和光接收机性能参数的测试及SDH设备的维护。

本书由天津铁道职业技术学院卜爱琴任主编,并编写第8章;天津电子信息职业技术学院李志菁编写第1章和第2章;河北工程技术高等专科学校潘平平编写第3章;郑州铁路职业技术学院的付涛编写第4章;天津天狮学院的赵琳编写第5章和第6章;武汉铁路职业技术学院吴婷编写第7章和第9章(第1~3节);天津铁道职业技术学院冯宪慧编写第10章和第9章(第4、5节);全书由卜爱琴统稿。

由于编者水平有限加之时间仓促,书中难免存在错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2009年7月

目 录

第1章 概论	(1)
1.1 光纤通信的发展概况	(1)
1.1.1 光通信的发展史	(1)
1.1.2 光纤通信发展概况	(2)
1.2 光在电磁波谱中的位置	(3)
1.3 光纤通信系统的基本组成	(4)
1.3.1 光纤通信系统的基本组成	(4)
1.3.2 光纤通信系统的分类	(5)
1.4 光纤通信的特点	(6)
1.4.1 光纤通信的优点	(6)
1.4.2 光纤通信的缺点	(7)
1.5 光纤通信的发展趋势	(8)
本章小结	(10)
习题与思考题	(11)
第2章 光纤与光缆	(12)
2.1 光纤的结构和分类	(12)
2.1.1 光纤的结构	(12)
2.1.2 光纤的分类	(13)
2.1.3 光纤的几何参数	(16)
2.2 光纤的导光原理	(16)
2.2.1 光的反射和折射	(16)
2.2.2 光在光纤中的射线传播	(17)
2.2.3 光纤的光学参数	(20)
2.2.4 光纤中的模式传输	(21)
2.3 光纤的损耗特性	(23)
2.3.1 光纤损耗的概念	(23)

2.3.2 产生光纤损耗的原因	(24)
2.3.3 光纤的损耗波谱曲线	(26)
2.4 光纤的色散特性	(26)
2.4.1 色散的概念	(26)
2.4.2 色散的分类	(27)
2.4.3 单模光纤的色散	(29)
2.5 光缆的结构和种类	(30)
2.5.1 光缆的结构	(30)
2.5.2 典型结构的光缆	(31)
2.5.3 光缆的种类	(32)
2.6 光缆的型号	(33)
2.6.1 光缆的型式代号	(33)
2.6.2 光纤的规格代号	(34)
本章小结	(35)
习题与思考题	(36)
第3章 光缆线路的施工与维护	(37)
3.1 光缆线路的敷设	(37)
3.1.1 光缆的直埋敷设	(38)
3.1.2 光缆的管道敷设	(40)
3.1.3 光缆的架空敷设	(43)
3.1.4 光缆的水底敷设	(44)
3.2 光缆的接续与成端	(45)
3.2.1 光纤的接续	(46)
3.2.2 光缆的接续	(49)
3.2.3 光缆的成端	(51)
3.3 光缆线路的测试	(52)
3.3.1 光缆线路测试的内容	(52)
3.3.2 光纤衰减的测试	(53)

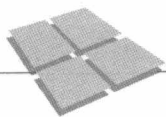
目 录

第1章 概论	(1)
1.1 光纤通信的发展概况	(1)
1.1.1 光通信的发展史	(1)
1.1.2 光纤通信发展概况	(2)
1.2 光在电磁波谱中的位置	(3)
1.3 光纤通信系统的基本组成	(4)
1.3.1 光纤通信系统的基本组成	(4)
1.3.2 光纤通信系统的分类	(5)
1.4 光纤通信的特点	(6)
1.4.1 光纤通信的优点	(6)
1.4.2 光纤通信的缺点	(7)
1.5 光纤通信的发展趋势	(8)
本章小结	(10)
习题与思考题	(11)
第2章 光纤与光缆	(12)
2.1 光纤的结构和分类	(12)
2.1.1 光纤的结构	(12)
2.1.2 光纤的分类	(13)
2.1.3 光纤的几何参数	(16)
2.2 光纤的导光原理	(16)
2.2.1 光的反射和折射	(16)
2.2.2 光在光纤中的射线传播	(17)
2.2.3 光纤的光学参数	(20)
2.2.4 光纤中的模式传输	(21)
2.3 光纤的损耗特性	(23)
2.3.1 光纤损耗的概念	(23)

2.3.2 产生光纤损耗的原因	(24)
2.3.3 光纤的损耗波谱曲线	(26)
2.4 光纤的色散特性	(26)
2.4.1 色散的概念	(26)
2.4.2 色散的分类	(27)
2.4.3 单模光纤的色散	(29)
2.5 光缆的结构和种类	(30)
2.5.1 光缆的结构	(30)
2.5.2 典型结构的光缆	(31)
2.5.3 光缆的种类	(32)
2.6 光缆的型号	(33)
2.6.1 光缆的型式代号	(33)
2.6.2 光纤的规格代号	(34)
本章小结	(35)
习题与思考题	(36)
第3章 光缆线路的施工与维护	(37)
3.1 光缆线路的敷设	(37)
3.1.1 光缆的直埋敷设	(38)
3.1.2 光缆的管道敷设	(40)
3.1.3 光缆的架空敷设	(43)
3.1.4 光缆的水底敷设	(44)
3.2 光缆的接续与成端	(45)
3.2.1 光纤的接续	(46)
3.2.2 光缆的接续	(49)
3.2.3 光缆的成端	(51)
3.3 光缆线路的测试	(52)
3.3.1 光缆线路测试的内容	(52)
3.3.2 光纤衰减的测试	(53)

7.2.3 光发射机的主要指标	(101)
7.3 光接收机	(101)
7.3.1 数字光接收机的基本组成	(102)
7.3.2 光接收机的主要指标	(104)
7.4 线路码型	(105)
7.4.1 线路编码的必要性	(105)
7.4.2 光纤通信中常用码型	(106)
7.5 光中继器与光放大器	(109)
7.5.1 光中继器	(109)
7.5.2 光放大器	(109)
7.6 中继距离的计算	(112)
7.6.1 损耗受限系统	(112)
7.6.2 色散受限系统	(113)
本章小结	(114)
习题与思考题	(115)
第8章 SDH 光传输系统	(116)
8.1 SDH 的产生	(116)
8.1.1 PDH 的固有弱点	(116)
8.1.2 SDH 的概念	(118)
8.1.3 SDH 的特点	(118)
8.2 SDH 的速率与帧结构	(119)
8.2.1 SDH 的速率	(119)
8.2.2 SDH 的帧结构	(120)
8.2.3 SDH 帧结构的组成	(120)
8.3 SDH 的同步复用和映射方法	(121)
8.3.1 SDH 的复用结构	(121)
8.3.2 SDH 的映射	(123)
8.3.3 定位	(127)
8.3.4 复用	(131)
8.4 SDH 开销	(133)
8.4.1 段开销(SOH)	(133)
8.4.2 通道开销(POH)	(136)

8.5 SDH 设备的逻辑功能	(137)
8.5.1 SDH 设备的逻辑功能描述	(137)
8.5.2 SDH 网元功能块的组成	(141)
8.6 SDH 传送网和自愈网	(144)
8.6.1 SDH 传送网分层模型	(144)
8.6.2 SDH 传送网的物理拓扑	(145)
8.6.3 SDH 自愈网	(146)
8.6.4 我国的 SDH 网络结构	(152)
8.7 光接口类型和参数	(153)
8.7.1 光接口的位置	(154)
8.7.2 光接口的分类	(154)
8.7.3 光接口参数	(155)
8.8 SDH 的网同步	(159)
8.8.1 网同步的工作方式	(159)
8.8.2 从时钟的工作模式	(160)
8.8.3 SDH 网同步的结构	(161)
8.8.4 SDH 网元的同步方式	(162)
8.9 SDH 传输网的性能指标	(162)
8.9.1 误码性能	(162)
8.9.2 抖动性能	(164)
8.10 华为 OptiX OSN 2500 设备	(165)
8.10.1 系统介绍	(165)
8.10.2 OptiX OSN 2500 设备说明	(166)
8.10.3 OptiX OSN 2500 单板介绍	(168)
8.10.4 OptiX OSN 2500 设备配置	(169)
8.10.5 SDH 网络管理	(171)



本章小结	(173)	10.1.4 操作方法和步骤	(196)
习题与思考题	(174)	10.2 光缆的接续	(202)
第9章 光波分复用系统	(176)	10.2.1 实训目的	(202)
9.1 光波分复用概述	(176)	10.2.2 实训器材	(202)
9.1.1 光波分复用的概念	(177)	10.2.3 操作方法和步骤	(202)
9.1.2 DWDM 系统的构成	(177)	10.3 光缆交接箱的成端	(206)
9.1.3 DWDM 的特点	(178)	10.3.1 实训目的	(206)
9.2 DWDM 的基本类型	(179)	10.3.2 实训器材	(206)
9.2.1 双纤单向 DWDM	(179)	10.3.3 光缆交接箱的基本功能	(206)
9.2.2 单纤双向 DWDM	(180)	10.3.4 操作方法和步骤	(207)
9.2.3 集成式 DWDM	(180)	10.4 ODF 架成端	(208)
9.2.4 开放式 DWDM	(181)	10.4.1 实训目的	(208)
9.3 DWDM 系统的基本结构与工作原理	(181)	10.4.2 实训器材	(208)
9.4 DWDM 系统的技术问题	(183)	10.4.3 ODF 架的基本功能	(208)
9.4.1 DWDM 传输系统所用的光源	(183)	10.4.4 操作方法和步骤	(209)
9.4.2 光放大技术	(184)	10.5 OTDR 的使用和光纤的测试	(209)
9.4.3 光合波与分波技术	(185)	10.5.1 实训目的	(209)
9.4.4 光纤的选型	(185)	10.5.2 实训器材	(210)
9.5 华为 OptiX BWS 320 G DWDM 设备	(186)	10.5.3 光时域反射仪的原理与使用	(210)
9.5.1 OptiX BWS 320 G 系统的特点	(186)	10.5.4 操作方法和步骤	(217)
9.5.2 OptiX BWS 320 G 系统的网元类型	(187)	10.6 光纤通信系统误码性能的测试	(220)
9.5.3 OptiX BWS 320 G 系统单板介绍	(190)	10.6.1 实训目的	(220)
9.5.4 OptiX BWS 320 G 系统的组网与应用	(191)	10.6.2 实训器材	(220)
本章小结	(193)	10.6.3 误码测试仪的原理与使用	(220)
习题与思考题	(193)	10.6.4 测试方法和步骤	(222)
第10章 光纤通信实训	(194)	10.7 平均发送光功率和消光比的测试	(223)
10.1 光纤的接续	(194)	10.7.1 实训目的	(223)
10.1.1 实训目的	(194)	10.7.2 实训器材	(223)
10.1.2 实训器材	(195)	10.7.3 光功率计的原理与使用	(223)
10.1.3 光纤熔接机的结构和使用的测试方法和步骤	(195)	10.7.4	(225)

10.8 光接收机灵敏度和动态范围的测试	(226)	10.9.1 实训目的	(228)
10.8.1 实训目的	(226)	10.9.2 SDH 设备的日常维护	(228)
10.8.2 实训器材	(226)	10.9.3 SDH 设备的故障处理	(230)
10.8.3 光接收机灵敏度的测试	(227)	10.9.4 SDH 设备维护的注意事项	(234)
10.8.4 光接收机动态范围的测试	(228)	本章小结	(235)
10.9 SDH 设备的维护	(228)	习题与思考题	(236)

第1章 概 论

【学习目标】

1. 掌握光纤通信的概念。

2. 了解光纤通信的产生及发展趋势。

3. 掌握光纤通信系统的基本组成。

4. 掌握光纤通信的波长范围和工作窗口。

5. 掌握光纤通信的特点。

【学习重点】

1. 光纤通信的基本概念。

2. 光在电磁波谱中的位置。

3. 光纤通信系统的基本组成。

4. 光纤通信的特点。

【学习难点】

1. 光在电磁波谱中的位置。

2. 光纤通信的特点。

光纤通信是20世纪70年代初期出现的一种新的通信技术。光纤通信由于具有通信容量大、传输距离长、抗电磁干扰、保密性好等优点，因此，在短短的三四十年的得到了迅速发展。如今，光纤通信已成为国内、国际通信网中的主要通信方式，并成为“信息高速公路”的重要组成部分。

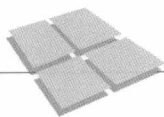
1.1 光纤通信的发展概况

光纤通信是以光波为载波，以光导纤维(简称光纤)为传输介质的一种通信方式。它是由光通信逐步发展演变而来的。

1.1.1 光通信的发展史

光通信是一种古老的信息传递方式，也是一种被普遍使用的信息交流方法。我国古代用烽火台的火光传送敌情，近代战争中用信号弹指挥作战以及现代用信号灯指挥交通均可称为光通信。然而我们所说的光通信与这些简单的视觉光通信完全不同，它是指以光波作为信息载体的通信方式，它的发展应从贝尔的光电话说起。

1880年，美国科学家贝尔发明了光电话。他用普通光源发出的自然光束作为信息的载体，在200米的大气空间完成了语音信息的传送。光电话的发明，使用光波作为信息载体成为可能，因此引起人们的极大关注。但由于当时技术条件的限制，这种形式的光通信一直未能发展到实用阶段。究其原因有二：一是没有可靠的、高强度的光源；二是没有稳定的、低损耗的传输介质，因而难以得到高质量的光通信。在此后的几十年里，由于上述两个问题没有解决，而使光通信的发展非常缓慢。



1960年,美国科学家梅曼(Maiman)发明了世界上第一台红宝石激光器,给光源的解决带来了极大希望,因为激光器发出的激光能量集中、方向性强、亮度高、带宽大。更为有意义的是1962年研制成功了半导体激光器,并于1970年实现了连续波工作,而且工作寿命日益提高,再加上其体积小,重量轻,功率转换效率高以及可以直接调制等优点,使其十分适合光通信。因此,第一个问题得到了圆满解决。

光源问题的解决掀起了光通信研究的热潮。从1961年到1970年研究的光通信大多是利用大气作为传输介质来传输光波。这种通信方式的优点是无须敷设线路,经济方便;但缺点是受气候影响十分严重,雾、雨、雪会使通信中断,除此之外,大气传输光波还要求收、发两端直接可见,难以实现。要充分发挥光波作为信息载体的作用,必须寻找全新的概念,寻找一种较为理想的光传输介质的解决办法。

1966年,英国标准电信研究所的英籍华人高锟发表了首篇开创性和奠基性论文——光频率的介质纤维表面波导(Dielectric-fibre Surface Waveguides for Optical Frequencies)。他指出:用玻璃可以制成衰减为20dB/km的光导纤维(简称光纤),可当时最好的玻璃衰减为1000dB/km,高锟分析了玻璃产生衰减的原因,从理论上预言,如果能消除玻璃中的各种杂质,就有可能制成低损耗的光纤。这一重大研究成果使光纤通信的研究出现了生机,所以英籍华人高锟被誉为“光纤通信之父”。

1970年是光纤通信史上闪光的一年。这一年美国康宁公司首先制成了世界上第一根衰减为20dB/km的低损耗石英光纤,使光纤远距离传输光波成为可能。这是光通信发展的划时代事件,它使人们确认光纤完全能胜任作为光通信的传输介质,使原来处于朦胧状态的光通信形象至此豁然开朗,也就是说,确立了光通信向光纤通信方向发展的明确目标,揭开了光纤通信发展的新篇章。这也是通信技术发展史上的一次“重大变革”。于是,有人也将1970年称为光纤通信的“元年”。

此后数年中,光纤通信得到了爆炸性的发展。至1972年光纤损耗降到了4dB/km,1974年降到了2dB/km,1976年又获得了 $1.31\mu\text{m}$ 、 $1.55\mu\text{m}$ 两个低损耗的长波长窗口,1980年 $1.55\mu\text{m}$ 窗口处的光纤损耗低至0.2dB/km,已接近理论值。到80年代中期,已能获得小于0.4dB/km($1.31\mu\text{m}$ 处)和0.25dB/km($1.55\mu\text{m}$ 处)的低损耗商用光纤。

随着光纤损耗的降低,也随着新的激光器件和光检测器的不断研制成功,各种实用的光纤通信系统陆续出现。1976年美国贝尔实验室在亚特兰大成功地进行了距离为10km、速率为45Mb/s的光纤通信系统的商用试验,使光纤通信向实用化迈进了第一步。至80年代初,光纤通信系统已在各国大规模推广应用。1990年,565Mb/s单模光纤通信系统进入商用化阶段,并着手进行零色散位移单模光纤、波分复用及相干光通信的现场试验,而且已陆续制定了同步数字体系SDH的技术标准。1993年,622Mb/s的SDH光纤通信系统进入商用化。1995年,2.5Gb/s的SDH光纤通信系统进入商用化。1998年,10Gb/s的SDH光纤通信系统进入商用化。2000年,总容量为320Gb/s的DWDM系统进入商用化。

目前,光纤通信无可争议地成为通信网络中最为重要的基础设施,它已成为全球信息基础设施(GII)和国家高速信息公路(NII)的重要组成部分。

1.1.2 光纤通信发展概况

光纤通信是在20世纪70年代初发展起来的,是现代光学和电子学相结合的一门