



高职高专“十二五”规划教材

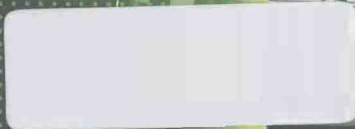
城市轨道交通控制专业



光通信技术与设备维护

● 朱 锦 主编

● 杜胜军 主审



化学工业出版社

本书提供配套教学课件

免费下载地址: www.cipedu.com.cn

高职高专“十二五”规划教材
——城市轨道交通控制专业

光通信技术与设备维护

	朱 锦	主编
贾 萍	张江波	副主编
	杜胜军	主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书主要包括光通信、光工程和光传输三部分。光通信主要介绍光纤通信技术的基本知识,包括光纤通信系统的认知,光纤、光缆的认知,光仪表、光器件的认知;光工程主要介绍了光缆线路的施工,包括光纤通信工程的设计,光缆线路工程施工步骤,重点介绍了架空光缆、管道光缆、直埋光缆、水底光缆和进入光缆的敷设过程,同时介绍了光缆的接续和光缆线路的维护工作;光传输主要介绍了目前光纤通信系统 PDH、SDH 和 WDM 三种,重点介绍了 SDH 的原理、中兴 SDH 设备及日常工作、故障处理等内容。各校可以根据专业设置情况,选择其中的内容进行讲授。

本书可以作为高等院校通信技术、电子信息技术等专业光纤通信类课程的专业教材,也可以作为现场工程技术人员的培训教材和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

光通信技术与设备维护/朱锦主编. —北京:化学工业出版社, 2014.3

高职高专“十二五”规划教材——城市轨道交通控制专业
ISBN 978-7-122-19567-8

I. ①光… II. ①朱… III. ①光通信-通信设备-高等职业教育-教材 IV. ①TN929.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 012089 号

责任编辑:张建茹 刘 哲

装帧设计:尹琳琳

责任校对:边 涛

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 496 千字 2014 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:40.00 元

版权所有 违者必究

“城市轨道交通控制专业”教材编写委员会

- 主 任：**张惠敏（郑州铁路职业技术学院 系主任 教授）
贾 萍（郑州市轨道交通有限公司设备物资部副部长 高级工程师）
- 副 主 任：**穆中华（郑州铁路职业技术学院 副教授 高级工程师）
陈享成（郑州铁路职业技术学院 副主任 副教授）
王民湘（郑州铁路局郑州电务段副段长 教授级高工）
金立新（郑州铁路局通信段副段长 高级工程师）
郑予君（河南辉煌科技股份有限公司 总经理）
谢 鸥（中兴通讯股份有限公司 NC 通讯学院 总经理）
王明英（郑州铁路局郑州电务段职工教育科科长 高级工程师）
杜胜军（郑州铁路局通信段职工教育科科长 高级工程师）
左在文（郑州铁路局新乡电务段职工教育科科长 高级工程师）
胡宜军（郑州市装联电子有限公司 总经理）
李福建（河南辉煌科技股份有限公司 工程师）
莫振栋（柳州铁道职业技术学院 系主任 副教授 铁道行指委铁道通信信号专业指导委员会秘书）
翟红兵（辽宁铁道职业技术学院 副院长 副教授 铁道行指委铁道通信信号专指委委员）
薄宜勇（南京铁道职业技术学院 系主任 副教授 铁道行指委铁道通信信号专指委委员）
高嵘华（西安铁路职业技术学院 副教授 铁道行指委铁道通信信号专指委委员）
李 锐（安徽交通职业技术学院 系主任 副教授）

委 员（按拼音排序）：

毕纲要	薄宜勇	曹 冰	曹丽新	常仁杰	陈福涛	陈享成
陈艳华	陈志红	程 灿	程建兵	杜胜军	杜先华	付 涛
高 峰	高嵘华	高 玉	胡小伟	胡宜军	黄根岭	贾 萍
江兴盟	蒋建华	金立新	兰天明	李春莹	李芳毅	李福建
李丽兰	李 锐	李珊珊	李勇霞	梁宏伟	梁明亮	刘海燕
刘素芳	刘 伟	刘喜菊	刘云珍	孟克与	莫振栋	穆中华
彭大天	任全会	阮祥国	邵连付	孙逸洁	陶汉卿	王民湘
王明英	王 庆	王 文	王学力	韦成杰	吴广荣	吴 昕
吴新民	谢 丹	谢 鸥	徐晓冰	薛 波	燕 燕	杨 辉
杨婧雅	杨艳芳	于 军	翟红兵	张惠敏	张江波	张清森
张云凤	赵 静	赵文丽	赵 阳	郑乐藩	郑予君	周朝东
周建涛	周栓林	朱 锦	朱力宏	朱卓瑾	左在文	

国家骨干高职院校建设 郑州铁路职业技术学院项目化教学规划教材建设委员会

主 任：苏东民（郑州铁路职业技术学院）

李学章（郑州铁路局）

副主任：董黎生（郑州铁路职业技术学院）

张 洲（郑州市轨道交通有限公司）

胡书强（郑州铁路局职工教育处）

委 员（按拼音排序）：

陈享成（郑州铁路职业技术学院）

戴明宏（郑州铁路职业技术学院）

董黎生（郑州铁路职业技术学院）

冯 湘（郑州铁路职业技术学院）

耿长清（郑州铁路职业技术学院）

胡殿宇（郑州铁路职业技术学院）

胡书强（郑州铁路局职工教育处）

华 平（郑州铁路职业技术学院）

李保成（郑州铁路局工务处）

李福胜（郑州铁路职业技术学院）

李学章（郑州铁路局）

马锡忠（郑州铁路局运输处）

马子彦（郑州市轨道交通有限公司）

倪 居（郑州铁路职业技术学院）

石建伟（郑州铁路局车辆处）

宋文朝（郑州铁路局机务处）

苏东民（郑州铁路职业技术学院）

王汉兵（郑州铁路局供电处）

伍 玫（郑州铁路职业技术学院）

徐广民（郑州铁路职业技术学院）

杨泽举（郑州铁路局电务处）

张 洲（郑州市轨道交通有限公司）

张惠敏（郑州铁路职业技术学院）

张中央（郑州铁路职业技术学院）



“城市轨道交通控制专业”是伴随城市快速发展、交通运输运能需求快速增长而发展起来的新兴专业，是城轨交通运输调度指挥系统核心设备运营维护的关键岗位。城市轨道交通控制系统是城轨交通系统运输调度指挥的灵魂，其全自动行车调度指挥控制模式，向传统的以轨道电路作为信息传输媒介的列车运行控制系统提出了新的挑战。随着 3C 技术 [即：控制技术 (Control)、通信技术 (Communication) 和计算机技术 (Computer)] 的飞跃发展，城轨交通控制专业岗位内涵和从业标准也随着技术和装备的升级不断发生变化，对岗位能力的需求向集信号控制、通信、计算机网络于一体的复合人才转化。

本套教材以职业岗位能力为依据，形成以城市轨道交通控制专业为核心、由铁道通信信号、铁道通信技术、电子信息工程技术等专业组成的专业群，搭建了专业群课程技术平台并形成各专业课程体系，教材开发全过程体现了校企合作，由铁路及城市轨道交通等运维企业、产品制造及系统集成企业、全国铁道行业教学指导委员会铁道通信信号专业教学指导委员会和部分相关院校合作完成。

本套教材在内容上，以检修过程型、操作程序型、故障检测型、工艺型项目为主体，紧密结合职业技能鉴定标准，涵盖现场的检修作业流程、常见故障处理；在形式上，以实际岗位工作项目为编写单元，设置包括学习提示、工艺（操作或检修）流程、工艺（操作或检修）标准、课堂组织、自我评价、非专业能力拓展等内容，强调教学过程的设计；在场景设计上，要求课堂环境模拟现场的岗位情境、模拟具体工作过程，方便学生自主学习、自我训练、自我评价，实现“做中学”（learning by doing），融“学习过程”与“工作过程”为一体。

本套教材兼顾国铁与地铁领域信号设备制式等方面的不同需求，求同存异。整体采用模块化结构，使用时，可有针对性地灵活选择所需要的模块，并结合各自的优势和特色，使教学内容和形式不断丰富和完善，共同为“城市轨道交通控制专业”的发展作出更大贡献。

“城市轨道交通控制专业”教材编委会
2013 年 7 月

光纤通信技术、光传输技术、光缆线路工程等方面需求的技能型人才一直是高职通信专业培养目标之一，几乎所有的通信技术、电子信息类专业都开设有光纤通信类课程，光纤通信作为通信专业的核心课程，其地位是不可动摇的。随着光通信的发展，这门课程也在不断地增加新知识、新技术、新理念。本课程一般安排在学生大学二年级开设，学生前期学习了电子技术、通信原理等专业基础课程，与程控交换、数据通信等通信技术类课程同期学习，构成通信网络的承载体系，为后期的接入网技术、通信线缆概预算、移动通信技术等提供支撑。

目前国内外同类教材非常多，主要的编写方式是以光纤通信理论知识、光传输理论知识介绍为主，附有少量的实验操作。以项目化教学方式编写的教材就比较少。通过编者多年教学经验，根据高职高专的教学特点开发和编写了《光通信技术与设备维护》教材，本教材是以校企合作为基础，联合企业现场的工作人员对于项目分配、任务设定、考核细则都进行了详细的论证，具有非常高的可执行性。

本书共分三个模块：光通信、光工程和光传输。各模块分别附有不同的项目。各学校可以根据各自的实际教学条件选择不同的项目开展教学。

另外，本教材通过前期的资源共享平台的建设，可以提供项目化教学实施方案、项目化教学考核方案、电子教案、多媒体课件、部分实操环节视频、配套习题、职业资格考试培训资料及教材部分章节的企业素材，可以方便学生自学和企业职工学习。

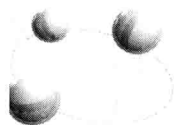
本书为城市轨道交通控制专业及专业群建设国家骨干院校建设项目中央财政重点支持专业建设项目之一，项目标号 11-18-04。

本书是由郑州铁路职业技术学院朱锦主编，负责全书的规划与统稿；郑州市轨道交通有限公司的贾萍和张江波任副主编；郑州铁路局郑州通信段杜胜军任主审。参加本书编写任务的人员及分工如下：郑州市轨道交通有限公司张江波编写了项目一、项目二和项目三；郑州铁路职业技术学院付涛编写了项目四的 4.1~4.5 节；郑州铁路职业技术学院谢丹编写了项目四的 4.6、4.7 节；郑州铁路职业技术学院张俊逸编写了项目五；河南省电力公司高峰编写了项目六的 6.1、6.5 和 6.6 节；郑州铁路职业技术学院赵新颖编写了项目六的 6.2、6.3.1 和 6.3.2 节；郑州市轨道交通有限公司贾萍编写了项目六的 6.3.3 节；郑州铁路职业技术学院刘伟编写了项目六的 6.4 节；郑州铁路职业技术学院杨靖雅编写了项目六的 6.7 节；郑州铁路职业技术学院张清森编写了项目七；郑州铁路职业技术学院朱锦编写了项目八的 8.1 节和课程设计部分；中兴通讯股份有限公司赵阳编写了项目八的 8.2 节和课程设计部分；郑州铁路职业技术学院黄根岭编写了项目八的 8.3、8.4 节；中兴通讯股份有限公司代华编写了项目九。

本书在编写过程中得到了企业、学院各位领导和化学工业出版社的热情支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

编者
2013 年 12 月



目录

课程设计	1
模块一 光通信	5
项目一 光纤通信认知	5
【学习目标】	5
【相关知识】	5
1.1 光纤通信系统简介	5
1.2 光纤通信的光波波谱	6
1.3 光纤通信的特点及应用	6
1.4 光纤通信的发展现状与趋势	7
【知识巩固】	8
项目二 光纤认知	8
【学习目标】	8
【相关知识】	8
2.1 光纤简介	8
2.2 光纤的导光原理	11
2.3 光纤的特性	13
2.4 光纤接续	18
【知识巩固】	26
项目三 光缆认知	27
【学习目标】	27
【相关知识】	27
3.1 光缆简介	27
3.2 典型光缆介绍	29
3.3 光缆的型号	31
3.4 光缆的端别及纤序	34
【知识巩固】	36
项目四 光器件认知	37
【学习目标】	37
【相关知识】	37
4.1 光源	37
4.2 光检测器	48
4.3 光功率计	52

4.4 光话机	55
4.5 光时域反射仪	58
4.6 无源光器件	68
4.7 无源光器件	74
【知识巩固】	78

模块二 光工程 81

项目五 光纤通信工程设计	81
--------------------	----

【学习目标】	81
--------------	----

5.1 工程设计概述	81
5.2 传输系统的制式	83
5.3 路由及中继站站址的选择	83
5.4 再生段距离的计算	84
5.5 线路码型的选择	86
5.6 光纤光缆的选型	86
5.7 光电设备的配置与选择	89
5.8 供电系统	90
5.9 光纤通信工程概、预算	92

【知识巩固】	92
--------------	----

项目六 光缆线路施工与维护	93
---------------------	----

【学习目标】	93
--------------	----

【相关知识】	94
--------------	----

6.1 通信光缆工程的建设程序	94
6.2 光缆线路工程的查勘	97
6.3 光缆线路的施工	114
6.4 光缆的接续与安装	166
6.5 光缆线路工程竣工	176
6.6 光缆线路的维护	181
6.7 光缆线路的维修	186

【知识巩固】	195
--------------	-----

模块三 光传输 197

项目七 PDH 光传输系统	197
---------------------	-----

【学习目标】	197
--------------	-----

【相关知识】	197
--------------	-----

7.1 PDH 光传输系统的组成	197
7.2 光发射机	199
7.3 光接收机	201
7.4 光中继器与光放大器	202

7.5 线路码型	205
【知识巩固】	208
项目八 SDH 光传输系统	208
【学习目标】	208
【相关知识】	209
8.1 SDH 基本原理	209
8.2 基于 SDH 的多业务平台——MSTP	247
8.3 传输设备	258
8.4 传输系统故障处理	275
【知识巩固】	289
项目九 WDM 光传输系统	290
【学习目标】	290
【相关知识】	291
9.1 光网络复用技术的发展	291
9.2 WDM 技术发展背景	292
9.3 CWDM 技术简介	293
9.4 DWDM 技术	293
9.5 中兴波分产品简介	298
9.6 光网络未来发展趋势	299
【知识巩固】	301

 参考文献	303
---	-----

课程设计

一、课程设置依据

随着光传输网络在中国规模化、产业化发展，光通信网络已成为现代通信网络中最为重要的基础设施，社会各行业对光纤通信技术人才的需求也日益迫切，特别是对既有理论基础，又有实践技能的应用型人才需求更大。《光纤通信与设备维护》的课程在设置上，以相关行业岗位需求为导向，以通信行业职业能力培养为目标，以单科独进形式开展教学，设计教学情境、精选实作项目，实施工学结合、提升实践技能，体验工作过程。通过教学做一体化的教学过程，培养学生具有良好的光器件使用和维护能力，对光传输网设备能够安装调试、操作维护和技术支持，具有光通信施工的工程安装、测试、验收以及维护管理能力。

二、课程内容及学时分配

本课程依照项目化教学开展，在教学过程中完成考核。具体的学时分配如下表所示。

单元内容	讲授	实 验			小计
		实验	现场教学	考核	
模块一 光通信	10	10	6	2	28
模块二 光工程	12	6	2	2	22
模块三 光传输	12	14	12	2	40

三、教学设计思路

在本课程的教学设计中，弱化理论知识的分析，强化实践操作；在课堂教学中，主要采用多媒体教学、多媒体演示、现场演练为主的教学方式，以简单实用为教学的主导方向；学生在三周的单科独进教学结束后，需要完成九个项目的工作。具体的教学设计如下表。

项目名称	任务名称	主要内容	教 学 设 计	教学方法	建议学时	教学环境
模块一 光通信	项目一 光纤通信认知	1. 光纤通信的发展概况； 2. 光纤通信系统的组成； 3. 光纤通信的发展	课程介绍、教学要求等。时间:10min 一、理论基础 理论讲授,PPT 演示,常见光器件、光仪表演示。 二、任务布置 理论讲授,实物展示,教师演示。实验内容、实验器材、实验报告要求。 三、任务实施 学生分组完成,教师指导。 四、项目总结 项目内容总结,任务单、课业收取。	理论讲授法 实物展示 多媒体辅助教学	2	多媒体教室



续表

项目名称	任务名称	主要内容	教 学 设 计	教学方法	建议学时	教学环境
模块一 光通信	项目二 光纤认知	1. 光纤的结构、原理和特性； 2. 光纤熔接机的使用	课前提问,本项目总体介绍。 一、理论基础 1. 光纤:理论讲解、PPT演示、常见光纤展示; 2. 光纤熔接机的使用:理论讲解、PPT演示、视频播放、教师演示。 二、任务布置 理论讲授,实物展示,教师演示。实验内容、实验器材、实验报告要求。 三、任务实施 学生分组完成,教师指导。 四、实作考核 1. 考核内容:光纤熔接; 2. 考核方式:单独考试。 五、项目总结 项目内容总结,任务单、课业收取	多媒体辅助教学 讲授法 实物展示法 演示法 视频辅助教学	12	光纤熔接机及配套实验设备
	项目三 光缆认知	1. 光缆的结构、型号和种类; 2. 光缆端别的识别	课前提问,本项目总体介绍。 一、理论基础 光缆:理论讲解、PPT演示、常见光纤展示。 二、任务布置 理论讲授,实物展示,教师演示。实验内容、实验器材、实验报告要求。 三、任务实施 学生分组完成,教师指导。 四、实作考核 1. 考核内容:光缆端别的识别; 2. 考核方式:单独考试。 五、项目总结 项目内容总结,任务单、课业收取	多媒体辅助教学 讲授法 实物展示法 演示法 视频辅助教学	4	光缆
	项目四 光器件认知	1. 各种光仪表的原理及使用; 2. 各种常见光器件的原理及认知	课前提问,本项目总体介绍。 一、理论基础 1. 光仪表:理论讲解、PPT演示、光仪表展示; 2. 光器件:理论讲解、PPT演示、光器件展示。 二、任务布置 理论讲授,实物展示,教师演示。实验内容、实验器材、实验报告要求。 三、任务实施 学生分组完成,教师指导。 四、实作考核 1. 考核内容:无源光器件的识别、尾纤的识别; 2. 考核方式:单独考试。 五、项目总结 项目内容总结,任务单、课业收取	多媒体辅助教学 讲授法 实物展示法 演示法	10	光源、光时域反射仪、各类无源光器件等



续表

项目名称	任务名称	主要内容	教 学 设 计	教学方法	建议学时	教学环境
模块二 光工程	项目五 光纤通信工程设计	1. 光纤通信工程设计的 具体内容; 2. 光纤通信工程相关 图纸的识读; 3. 光纤通信工程设计的 相关文档	课前提问,本项目总体介绍。 一、理论基础 理论讲解、PPT 演示、图片展示 二、任务布置 理论讲授,教师演示,图纸识读;实验内容、实验器材、实验报告要求。 三、任务实施 学生独立完成,教师指导;分组展示课业效果,大家探讨。 四、实作考核 1. 考核内容:光缆线路、指示图标的识读; 2. 考核方式:单独考试。 五、项目总结 项目内容总结,任务单、课业收取	多媒体辅助教学 讲授法 图片展示 演示法	6	多媒体教室
	项目六 光缆线路施工与维护	1. 光缆的线路敷设方式; 2. 光缆线路的测试与维护; 3. 光缆的成端方法和技术	课前提问,本项目总体介绍。 一、理论基础 理论讲解、PPT 演示、图片展示、现场演示 二、任务布置 理论讲授,教师演示,视频观看;实验内容、实验器材、实验报告要求。 三、任务实施 学生独立完成,教师指导。 四、实作考核 1. 考核内容:光缆交接箱的成端、光缆的接续; 2. 考核方式:单独考试。 五、项目总结 项目内容总结,任务单、课业收取	多媒体辅助教学 讲授法 实物展示法 演示法	16	光缆线路敷设环境、光缆敷设相关工具等、光缆接续盒、光缆交接箱等
模块三 光传输	项目七 PDH 光传输系统	1. PDH 光传输系统的组成; 2. PDH 光端机	课前提问,本项目总体介绍。 一、理论基础 理论讲解、PPT 演示。 二、任务布置 理论讲授,实物展示,教师演示。实验内容、实验器材、实验报告要求。 三、任务实施 学生分组完成,教师指导。 四、项目总结 项目内容总结,任务单、课业收取。	多媒体辅助教学 讲授法 演示法	4	多媒体教室
	项目八 SDH 光传输系统	1. SDH 的相关理论知识; 2. SDH 传输设备(中兴)认知; 3. SDH 设备相关操作技术	课前提问,本项目总体介绍。 一、理论基础 理论讲解、PPT 演示、设备展示、板卡认知、教师演示。 二、任务布置 理论讲授,教师演示;实验内容、实验器材、实验报告要求。 三、任务实施 学生独立完成,教师指导。 四、实作考核 1. 考核内容:按要求完成 SDH 环形网络组建、电路业务配置、数据业务配置、公务和时钟配置、保护配置等; 2. 考核方式:单独考试。 五、项目总结 项目内容总结,任务单、课业收取	多媒体辅助教学 讲授法 实物展示法 演示法 现场参观	34	SDH 设备

续表

项目名称	任务名称	主要内容	教 学 设 计	教学方法	建议学时	教学环境
模块三 光传输	项目九 WDM 光传输系统	1. WDM 技术的原理及应用 2. PTN 技术的原理及应用	课前提问,本项目总体介绍。 一、理论基础 理论讲解、PPT 演示。 二、任务布置 理论讲授,实物展示,教师演示。实验内容、实验器材、实验报告要求。 三、任务实施 学生分组完成,教师指导。 四、项目总结 项目内容总结,任务单、课业收取。	多媒体辅助教学 讲授法 实物展示法 演示法 现场参观	2	WDM 设备

四、考核要求

本课程不再采用期末闭卷考试,3周项目化教学完毕考核也同步完成。

1. 评价方式及评价标准

考核内容包括实操考试和应知应会的闭卷考试两部分,其中实操考核共80分,应知应会共20分,总分100分。

2. 实操考核在进行完相关教学以后由任课老师确定考核时间,进行相关考核。与此相关的考核包括以下内容:

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| ① 光纤熔接(40分): | ⑧ 环形网络的组建(20分): |
| ② 光纤模拟线路测试(40分): | ⑨ 环形网络电路业务的配置(40分): |
| ③ 无源光器件识别(20分): | ⑩ 链形网络数据业务的配置(40分): |
| ④ 尾纤识别(20分): | ⑪ 公务和时钟的配置(20分): |
| ⑤ 光仪器识别(20分): | ⑫ 链形网络通道和复用段的保护配置(20分): |
| ⑥ 光缆的接头盒的处理(20分): | ⑬ 环形网络通道保护的配置(40分): |
| ⑦ OTDR对光纤的测试及分析(40分): | ⑭ 环形网络复用段保护配置(20分): |

3. 应知应会理论考核

应知应会理论试题分为填空、选择、判断、简答、计算等五个部分。总分值20分。应知应会试题主要参考通信工试题库、线缆大赛试题库等资源,结合具体教学内容自动生成试卷,同进度不同班级不同试卷,在完成教学以后安排一个学时进行考试。



模块一 光 通 信

项目一 ●●● 光纤通信认知



学习目标 ▶▶▶

1. 完成对光纤通信系统的认知。
2. 掌握光纤通信系统的组成功能及作用。
3. 了解光纤通信系统的发展。



相关知识 ▶▶▶

1.1 光纤通信系统简介

光纤通信就是以光波为载波，光导纤维为传输介质的通信方式。随着人类社会的进步与发展，人们对于信息的需求呈现出爆炸性的增长，信息高速公路建设也成为世界性的热潮，作为信息高速公路的核心和支柱，各国都在不遗余力地发展光纤通信技术及其相关产业，光纤通信事业也得到了空前发展。

1.1.1 光纤通信系统的组成

数字光纤通信系统主要由电端机、光端机（光发射机、光接收机）、光纤等部分组成，如图 1-1 所示。

其中，电端机的作用是对来自信源的信号进行处理；发送端的光端机称为光发射机，主要组成部分是光源，实现电信号到光信号的转换；接收端的光端机称为光接收机，主要组成部分是光检测器，将来自光纤的光信号还原成电信号，经过放大、整形、再生后输入到电端机的接收端；如果是长距离的光纤通信系统，还需要有中继器，将



图 1-1 数字光纤通信系统模型



经过长距离光纤衰减和畸变后的微弱光信号放大、整形、再生成一定强度的光信号，继续在光纤中传送；光纤的作用是传输光信号。

1.1.2 光纤通信系统的分类

光纤通信系统根据使用的光传输波长、调制信号形式、传输信号的调制方式、光纤传导模式数量的不同，有以下几种分类方式。

(1) 按照传输光波长划分 根据传输波长，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。光纤通信系统的工作波长及中继距离如表 1-1 所示。

表 1-1 光纤通信系统工作波长及中继距离

光纤通信系统	短波长光纤通信系统	长波长光纤通信系统	超长波长光纤通信系统
工作波长/ μm	0.7~0.9	1.1~1.6	不小于 2
中继距离/km	小于或等于 10	大于 100	不小于 1000

目前，短波长光纤通信系统已经被长波长光纤通信系统所代替，长波长光纤通信系统是应用主流，而超长波长光纤通信系统是重要的研究方向。

(2) 按照调制信号形式划分 根据调制信号的形式，将光纤通信系统分为模拟光纤通信系统和数字光纤通信系统。模拟光纤通信系统使用的调制信号为模拟信号，如有线电视 HFC 网；数字光纤通信系统使用的调制信号为数字信号，几乎适用于各种信号的传输，目前广泛应用。

(3) 按照传输信号的调制方式划分 根据光源的调制方式，将光纤通信系统分为直接调制光纤通信系统和间接调制光纤通信系统。直接调制光纤通信系统设备简单，应用广泛；间接调制光纤通信系统调制速率高，具有发展前途，在实际中也得到了部分应用。

(4) 按照光纤传导模式数量划分 根据光纤的传导模式数量，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。多模光纤通信系统在早期的光纤通信系统中采用，主要应用于计算机局域网；单模光纤通信系统目前广泛应用于长途以及大容量的光纤通信系统中。

1.2 光纤通信的光波波谱

光纤通信的光波长在 $0.8\sim 1.8\mu\text{m}$ 之间，其中 $0.8\sim 0.9\mu\text{m}$ 称为短波长， $1.0\sim 1.8\mu\text{m}$ 称为长波长， $2.0\mu\text{m}$ 以上称为超长波长。在短波长和长波长区间中，光纤通信有 3 个低损耗窗口，分别是 $0.85\mu\text{m}$ 的短波长窗口、 $1.31\mu\text{m}$ 和 $1.55\mu\text{m}$ 的长波长窗口。

1.3 光纤通信的特点及应用

1.3.1 光纤通信的特点

光纤通信与电通信方式的主要区别有两点：一是用光波作为载波传输信号，二是用光纤构成的光缆作为传输线路。所以与电缆或微波通信相比，光纤通信具有以下优点。

(1) 巨大的传输容量 在实际应用中，一根头发丝粗细的光纤中可以同时传输 24 万路光信号，远远高出电缆和微波的传输容量；而一根光缆中又包含几十甚至上百根光纤，再加上波分复用技术，一根光缆的传输容量是非常巨大的。



(2) 极低的传输损耗 目前单模光纤在 $1.31\mu\text{m}$ 窗口的损耗为 0.35dB/km ，在 $1.55\mu\text{m}$ 窗口的损耗低至 0.2dB/km ，同时，合适的光端机设备以及光放大器，使得光纤传输的中继距离达到数百千米以上，甚至数千千米。

(3) 信道串扰小，保密性能好 光纤的结构保证光在传输中很少向外泄漏，因而在光纤中传输的信息之间不会产生串扰，更不易被窃听，保密性优于传统的电通信方式。

(4) 抗电磁干扰 光纤的主要成分是石英，不怕电磁干扰，不受外界光的影响，在核辐射的环境中，光纤通信也能正常进行。所以可以广泛应用于电力输配、电气化铁路、雷击多发区、核试验等环境中。

(5) 体积小、重量轻 $24\sim 28$ 芯光缆外径约为 18mm ，比同样传输能力的电缆要细得多，重量约为电缆的 $1/3\sim 1/10$ 。

(6) 原材料来源丰富，价格低廉 制造光纤的材料是极为普通的硅酸盐，与电缆相比，可节约大量的金属材料，大幅度降低成本，节约资源。

当然，光纤通信同样也存在着自身的一些缺点，比如，需要光电变换部分、光直接放大困难、电力传输困难、弯曲半径不宜太小、需要高级的切割接续技术、分路耦合不方便等，但是这些都不是严重的问题，并且随着技术的发展，这些问题都是可以获得解决的。

1.3.2 光纤通信的应用

光纤通信的应用主要体现在以下几个方面：

- ① 作为传输线在公用电信网中应用；
- ② 作为连接线在局域网中应用；
- ③ 作为接入线在综合业务网中应用；
- ④ 作为通信线在危险环境中应用；
- ⑤ 在不同网络层面中应用；
- ⑥ 在专网中应用。

1.4 光纤通信的发展现状与趋势

1.4.1 光纤通信发展的现状

随着光纤制造技术和光器件制造水平的发展，超大规模集成电路技术和微处理技术在光纤通信系统的应用，带动了光纤通信系统从小容量到大容量、从短距离到长距离、从旧体制到新体制的发展。目前的光纤通信系统在通信网、广播电视网、计算机网络以及其他数据传输系统中广泛应用，而且综合业务光纤接入网也提供了各种各样的社区服务。

1.4.2 光纤通信发展的趋势

光纤通信未来的发展方向主要表现在以下几个方面：

- ① 向超高速系统发展；
- ② 向超大容量 WDM 系统演进；
- ③ 向光传送网方向发展；
- ④ 向 G.655 光纤发展；
- ⑤ 向宽带光纤接入网方向发展。