



光纤通信工程

(第2版)



曾庆珠◎主编



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



“十三五”职业教育国家规划教材

国家精品在线开放课程配套教材

新型工单式教材

光纤通信工程

(第2版)

主 编 曾庆珠

副主编 黄先栋 张志友 杨前华

周 波 丁秀峰 李 洁

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

光纤通信工程 / 曾庆珠主编. —2 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2019. 9
(2019. 10 重印)

ISBN 978 - 7 - 5682 - 7576 - 7

I. ①光… II. ①曾… III. ①光纤通信 - 通信工程 - 高等学校 - 教材 IV. ①TN929. 11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 206848 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 唐山富达印务有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 21

字 数 / 496 千字

版 次 / 2019 年 9 月第 2 版 2019 年 10 月第 2 次印刷

定 价 / 53.00 元

责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 钟 博

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 施胜娟

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言

Preface

本教材的编写按照“以光纤通信工程施工为主线，以理论与实践相结合为原则，以光纤通信工程岗位职业技能培养为重点”，使学生的知识、技能、职业素质更贴近光纤通信工程职业岗位要求。本书与江苏省通信服务有限公司合作，按照光纤通信工程规划、设计、施工、验收的工作流程设计典型工作任务，将理论、实践、实训内容、职业技能鉴定内容融为一体，通过团队合作，让学生参与整个工作过程，是“教、学、做一体化”的教材。教材注重工作过程和实境教学。本书使用以实际需求为题材制作的各种经典案例，开展工程项目，每个项目设置若干任务。教材的编写遵循“任务驱动、项目导向”，以“简单任务到复杂任务设计，再到项目设计”的能力发展过程为指导，按照工作复杂度“由浅入深”的原则设置教学单元；以光纤通信工程规划、设计、施工、验收为主线，串联各个任务及综合项目，便于教师采用项目教学法引导学生开展自主学习，便于学生学习、构建和内化知识与技能，强化自学能力。项目式教学强调以模块化的项目为中心进行阶段技能训练，以综合性的项目加强训练和考核，注重过程控制，有利于“教中学、学中做、做中学”三阶段的推进，能力的逐步提升，素质的逐步形成，知识的内化。

本教材是一本适合高职高专院校学生使用的通信类教材，针对通信专业领域人才培养目标，借助校企合作，以光纤通信工程规划、设计、施工、验收为主线，把课堂知识、工程应用、隐性知识融入其中，有效整合资源，给学习者打开了一个广阔的天地。微课、MOOC等数字资源（利用数字二维码将其引入课程）和纸质教材互补，在纸质教材中进行教学资源的系统性标注，资源关联细致，无缝链接，形成一个全方位的、更加适合学生学习的“一体化”“立体化”教材体系。

学习单元1“光纤通信工程”，主要介绍光纤通信和光纤通信工程，由沈敏、曾庆珠和杨前华编写；学习单元2“光缆”，主要介绍光纤光缆、皮线光缆和海底光缆，由曾庆珠编写；学习单元3“光器件及设备”，主要介绍光有源器件、光无源器件和光端机，由曾庆珠编写；学习单元4“光缆工程施工”，主要介绍光缆工程施工、光缆单盘检测、路由复测、光缆配盘、光缆敷设、光纤熔接、光缆接头盒的制作、光缆ODF成端、光缆线路竣工和光缆接入工程项目，由曾庆珠编写；学习单元5“工程测试”，主要介绍OTDR测试和光缆线路测试，由曾庆珠编写；学习单元6“PTN技术”，主要介绍PTN原理及设备、PTN业务配置和保护，由黄先栋和杜庆波编写；学习单元7“OTN技术”，主要介绍OTN原理及设备、OTN设备组网连接、功率调整和保护，由丁秀峰和张志友编写。周波和李浩等老师参与编写了部分内容，全书由曾庆珠负责统稿。

由于编者水平有限，书中错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

Contents

▶学习单元1 光纤通信工程	1
任务1-1 光纤通信（系统）认知	1
任务1-2 光纤通信工程	7
▶学习单元2 光缆	12
任务2-1 光纤光缆	12
任务2-2 皮线光缆	28
任务2-3 海底光缆	32
▶学习单元3 光器件及设备	38
任务3-1 光有源器件	38
任务3-2 光无源器件	52
任务3-3 光端机	63
任务3-4 光纤放大器	70
任务3-5 PDH 与 SDH	74
任务3-6 SDH 帧结构	79
任务3-7 SDH 复用	88
▶学习单元4 光缆工程施工	97
任务4-1 光缆工程施工概述	97
任务4-2 光缆单盘检验	99
任务4-3 路由复测	107
任务4-4 光缆配盘	111
任务4-5 光缆敷设	116
任务4-6 光纤熔接	137
任务4-7 光缆接头盒的制作	142
任务4-8 光缆 ODF 成端	149
任务4-9 光缆线路竣工	153
项目4-10 光缆接入工程项目	162

▶学习单元5 工程测试	165
任务5-1 OTDR测试	165
任务5-2 光缆线路测试	171
▶学习单元6 PTN技术	175
任务6-1 PTN技术认知	175
任务6-2 PTN基础配置	185
任务6-3 PTN业务配置——EPL	205
任务6-4 PTN保护	210
▶学习单元7 OTN技术	229
任务7-1 常用OTN设备简介	229
任务7-2 常用单板	238
任务7-3 信号流与光纤连接	250
任务7-4 光功率调整基础	257
任务7-5 OTN各单元的光功率调整	259
任务7-6 OTN系统光功率联调	263
任务7-7 OTN光层保护	266
任务7-8 OTN电层保护	273
▶参考文献	280

学 习 单 元 1

光纤通信工程

任务 1-1 光纤通信（系统）认知

教学内容

- (1) 光纤通信的发展历史；
- (2) 光纤通信系统的结构与分类；
- (3) 光纤通信的特点；
- (4) 光纤通信的器件与产品；
- (5) 光纤通信的应用及发展趋势。

技能要求

- (1) 能画出光纤通信的组成；
- (2) 能分析光纤通信的应用。

任务描述

本任务以国家级“网络与通信”实训基地或教师提供的光纤通信系统图纸为对象，进行实地考察，以配合理论知识的学习，完成对光纤通信（系统）的认识。

本任务旨在让学习者理解光纤通信工程的具体工作内容以及各阶段的基本工作任务。

任务分析

通过任务训练，让学生巩固光纤通信（系统）的内容；通过观察和分析光纤通信系统，进一步巩固以下知识：

- (1) 光纤通信；

- (2) 光纤通信系统的组成；
- (3) 光纤通信的特点；
- (4) 光纤通信的应用。

知识准备

1. 光纤通信的概念

三千多年前，在周朝人们就利用烽火台的火光传送敌情消息。到了近现代，战争中用信号弹指挥作战、城市中使用信号灯指挥交通等传递信息的方式均可称为目视光通信。



视频 1-1 光纤通信中质量和大小

光纤通信是以光波作为信息载体，以光纤作为传输媒介的一种通信方式（“有线”光通信）。如今，光纤的传输频带宽、抗干扰性高、信号衰减小，远优于电缆、微波通信，已成为世界通信中的主要传输方式。光纤通信如视频 1-1 所示。

光纤通信的关键是合适的光源和合适的传输介质。光纤通信、卫星通信和无线电通信是现代通信网的三大支柱。其中光纤通信是主体，这是因为光纤通信具有许多突出的发展优势，其必将成为 21 世纪最重要的战略性产业。

2. 光纤通信系统的组成

光纤通信系统的基本组成如图 1-1 所示，主要包括光端机（光发送机、光接收机）、光中继器、光无源器件和光纤光缆（广义信道）四大部分。

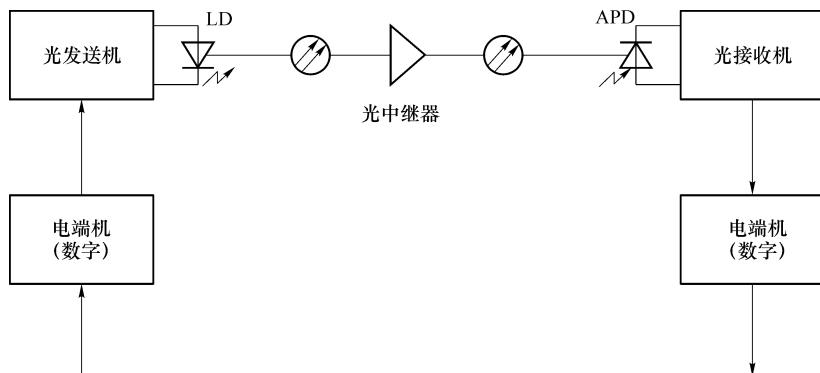


图 1-1 光纤通信系统的基本组成

(1) 光发送机。光发送机是实现电/光转换的光端机（发射）。它由光源、驱动器和调制器组成。其功能是将来自电端机的电信号对光源发出的光波进行调制，产生已调光波，然后再将已调的光信号耦合到光纤或光缆中去传输。电端机就是常规的电子通信设备。光在电磁波谱中的位置如动画 1-1 所示。



动画 1-1 光在电磁波谱中的位置

(2) 光接收机。光接收机是实现光/电转换的光端机（接收）。它由光检测器和光放大器组成。其功能是将光纤或光缆传输来的光信号，经光检测器转变为电信号，然后再将这微弱的电信号经放大电路放大到足够的电平，送到接收端的电端机去。光电如图 1-2、动画 1-2 所示。

(3) 光纤光缆。光纤光缆构成光的传输通路（信道）。其功能是将发送端发出的已调光信号，经过光纤或光缆的远距离传输后，耦合到接收端的光检测器上，完成传送信息的任务。

(4) 中继器。中继器由光检测器、光源和判决再生电路组成。它的作用有两个：一个是补偿光信号在光纤中传输时受到的衰减；另一个是对波形失真的脉冲进行整形。

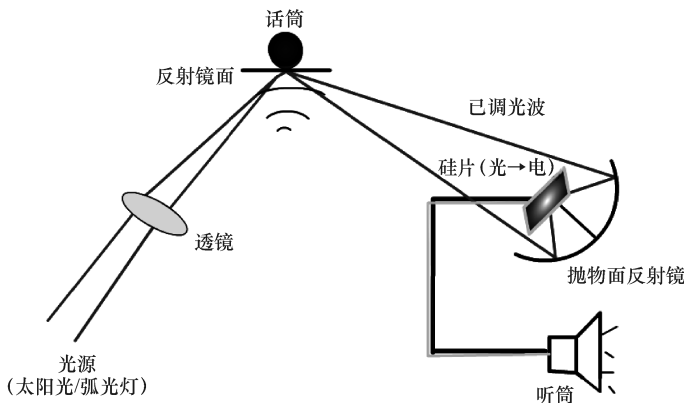


图 1-2 光电话

(5) 光纤连接器、耦合器等无源器件。由于光纤或光缆的长度受光纤拉制工艺和光缆施工条件的限制，且光纤的拉制长度也是有限度的（如 1~2 km），因此一条光纤线路可能由多根光纤连接而成。于是，光纤间的连接、光纤与光端机的连接及耦合，对光纤连接器、耦合器等无源器件的使用是必不可少的。



动画 1-2 光电话

3. 光纤通信系统的分类（见表 1-1）

表 1-1 光纤通信系统的分类

分类形式	分类	备注
按波长分类	①短波长光纤通信系统，其工作波长为 0.85 μm	中继距离较短
	②长波长光纤通信系统，其工作波长为 1.31 μm 和 1.55 μm	中继距离较长
	③超长波长光纤通信系统，其工作波长大于 2 μm	可实现 1 000 km 无中继传输
按光纤模式分类	①多模光纤通信系统	多用于广播、电视（彩色）、工业监视、交通监控
	②单模光纤通信系统	多用于 PCM 数字信号的传输，使用广泛
按调制方式分类	①直接强度调制光纤通信系统	设备较简单、价廉、调制效率较高，但会使光谱有所增宽，影响速率的提高
	②外调制光纤通信系统	光源谱线影响小，适合高速率的通信
按应用范围分类	①公用光纤通信系统	多用于电信运营商
	②专用光纤通信系统	多用于电力、铁路、交通、军事等方面

续表

分类形式	分类	备注
按传输信道数目分类	①单信道系统	一根光纤传送一个光波长，采用时分复用（TDM）来提高系统传输容量
	②粗波分复用系统（CWDM）	多用于以一根光纤传送少量不同光波（信道间隔 > 20 nm）、业务类型繁杂、传输容量多变的城域网
	③密集波分复用系统（DWDM）	用一根光纤传送多个不同波长的光信号（信道间隔 < 8 nm），采用时分复用提高每一波长的传输速率，可大大提高系统容量

4. 光纤通信的特点

光纤通信作为一门新兴技术，近年来发展速度之快、应用面之广是通信史上罕见的，它也是世界新技术革命的重要标志和未来信息社会中各种信息的主要传送工具。其特点如下所述：

(1) 光纤通信的优点。

- ①通信容量大、传输距离远，无中继传输距离可达几十甚至上百千米；
- ②信号干扰小、保密性能好；
- ③不受电磁干扰、传输质量佳；
- ④光纤尺寸小、质量轻，便于施工和运输；
- ⑤原材料来源丰富，环境保护好，有利于节约有色金属（铜）；
- ⑥无辐射，难以窃听，保密性能好；
- ⑦光缆适应性强，寿命长。

(2) 光纤通信的缺点。

- ①质地脆，机械强度差；
- ②光纤光缆切割和接续需要一定的工具、设备和技术；
- ③分路、耦合不灵活；
- ④光纤光缆的弯曲半径不能过小（> 20 cm）；
- ⑤电力传输困难。

5. 光纤通信的发展及应用

1) 光纤通信的发展历史

烽火和狼烟、望远镜、旗语和信号灯等是早期人类使用光传递信息的方式，其特点是传输的容量极其有限。光纤通信发展事件见表 1-2。

表 1-2 光纤通信发展事件

序号	年份	事件	备注
1	1880	美国科学家贝尔发明光电话，如图 1-2 所示	其应用较少
2	1960	美国梅曼发明第一台红宝石激光器，如图 1-3 所示，其输出功率为 10 000 W，发出的激光强度为阳光的 1 000 万倍	其缺点是不易耦合

续表

序号	年份	事件	备注
3	1966	光纤之父高锟博士发表了一篇题为《光频率介质纤维表面波导》的论文,说明只要解决好玻璃纯度和成分等问题,就能够利用玻璃制作光学纤维,从而高效传输信息	—
4	1970	美国康宁(Coming)公司成功研制损耗率为20 dB/km的石英光纤;半导体激光器研制成功	其推动了光纤通信的发展
5	1976	美国亚特兰大建成了速率为44.736 Mb/s、传输距离约10 km的多模光纤通信系统,其采用GaAlAs激光器作为光源	实用化迈出了第一步
6	1977	芝加哥投入使用速率为45 Mb/s的光纤通信系统	第一个商用
7	1980	第一代光纤通信系统投入使用	市话网局间
8	1988	美、日、英、法发起第一条横跨大西洋的TAT-8海底光缆通信系统	实现了海底通信
9	1989	第一个横跨太平洋的TPC-3/HAW-4海底光缆通信系统建成,全长132 000 km	实现了全球通信

我国从20世纪70年代初就开始了光纤通信的基础研究,并在几年之内取得了阶段性研究成果;我国在20世纪70年代末进行了光纤通信系统现场试验;20世纪90年代初期,我国开始光纤通信系统的大量建设,光缆逐渐取代电缆,并完成了“八纵八横”国家干线。这些干线主要采用PDH140 Mb/s系统。此外,我国生产的光器件产品在国际市场也具有较强的竞争力。由此可见,我国已具有大力发展光纤通信的综合实力。

2) 光纤通信的发展趋势

光纤通信技术已经成为我国科技领域的重要研发方向,其技术设备水平在不断进步。现从光纤通信技术的全局出发,结合信息科技领域的技术发展方向,对光纤通信的发展趋势进行分析如下:

(1) 光孤子通信。光孤子是一种特殊的ps数量级的超短光脉冲,由于它在光纤的反常色散区,群速度色散和非线性效应相互平衡,因而经过光纤长距离传输后,波形和速度都保持不变。光孤子通信就是利用光孤子作为载体实现长距离无畸变的通信,在零误码的情况下信息传递可达万里之遥。

光孤子技术未来的前景:在传输速度方面采用超长距离的高速通信,时域和频域的超短脉冲控制技术以及超短脉冲的产生和应用技术使现行速率10~20 Gb/s提高到100 Gb/s以上;在增大传输距离方面采用重定时、整形、再生技术,光学滤波使传输距离提高到100 000 km以上;在高性能EDFA方面获得低噪声高输出EDFA。当然实际的光孤子通信仍然存在许多技术难题,但目前已取得的突破性进展使人们相信,光孤子通信在超长距离、高

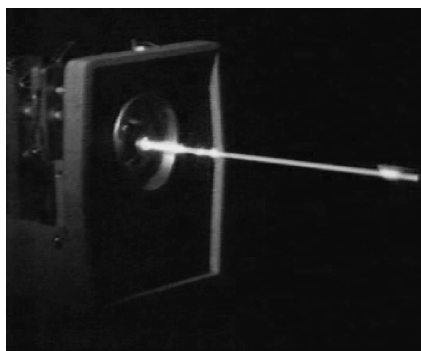


图1-3 红宝石激光器

速、大容量的全光通信中，尤其在海底光通信系统中，有着较好的发展前景。

(2) 光网络智能化。作为信息技术的两大载体，计算机技术和通信技术对人们生活的影 响十分大，在提倡智能化的现代社会，实现光纤通信技术的智能化是一直科技工作者研发的方向。人们在通信技术中接入智能化载体的计算机技术，促使通信技术向智能化的方向进步。现代光网络系统在完成传输功能的同时，光网络智能化能够赋予其自动发现功能、连续控制功能 and 自我保护和恢复功能。未来，实现更高级、更高效的智能化光网络是光纤通信系统的重点研发目标之一。

(3) 全光网络。光纤通信技术的最高发展阶段就是实现全光网络，这是光纤技术的最理想化的实现形式。全光网络是光纤通信技术进步和革新的终极发展目标，未来的通信网络将会进入全光阶段。

(4) 光器件集成化。光器件集成化是光电子器件发展一直追求的目标，即将激光器、检测器、调制器等分散的芯片集成到一个芯片中。光器件集成化对全光网络的实现非常重要，是其核心技术之一。

3) 光纤通信的应用（中国）

光纤通信技术在我国的发展不是一帆风顺的，它凝聚了几代科技工作者的智慧结晶。我国光纤通信技术的发展势头非常好，人才队伍的建设卓有成效，技术创新也步入了快车道。我国光纤通信系统主要有以下几种模式：

(1) 单模光纤。单模光纤在光纤通信系统中的应用十分普遍，是最常见的光纤类型，它拥有很细的中心玻璃芯。其一般主要用来传输稳定性比较好且谱带窄的单一模式的光。对于其他类型的光源，其传输效果比较差。

(2) 光纤接入网。光纤接入网就是利用光纤作为实现接入网信息传输介质的网络信息系统。光纤接入网为了实现比较高的通信容量，一般都会增加光纤的芯数，其传输距离比较短，分支比较多，分叉比较频繁。对于光纤接入网，在市内布设网络通道时，增加光纤芯数必然会增大光纤的装填密度，但由于管道内径是给定的，因此采取一定的技术手段缩小光纤直径、降低光纤重量是非常有必要的。目前，我国使用最广泛的接入网光纤是 G652 单模光纤。

(3) 室内光纤。室内光纤需要满足各种室内信息传输和发送活动的需求，因此必须具备多功能特点。IEC 在对光纤进行分类时，划分了室内光纤。室内光纤的主要功能是传输和发送语音、数据和视频信号等，包括局内光纤和综合布线两个组成部分。局内光纤一般有其固定的布设位置，主要是中心局和各类电信机房内部；综合布线就是提供给用户使用的光纤，一般布设在室内用户端，且应选用不易损耗的光纤，以防止在使用过程中损耗较快。

(4) 通信光纤。光纤可以作为一种完全不含有磁性和金属成分的全介质使用，这种特性使其具备很强的抗干扰能力。这种类别的全介质光纤将会成为电力系统最合适的传输材料，在数据传输上具备较好的优势，但是传输容量相对而言比较小。因此，其产品的性能和结构还有待进一步开发和提升。

(5) 塑料光纤。塑料光纤是一种比较新颖的光纤材料，其制造成本低、传输速度快，目前其在通信领域的发展速度很快。作为一种短距离的信息传输介质，其具备很多性能优势，在汽车传输系统和数据智能系统中具有良好的应用前景。

任务实施

(1) 据光纤通信(系统)的概念、组成、特点、发展及应用等知识,通过实地参观去认识学校中的光纤通信系统。在实践中,按照光纤通信系统地点的不同分别进行记录。对实践过程中有疑问的地方进行备注并分析讨论。

(2) 分析光纤通信系统。进行实地调查、参观,或由教师提供光纤通信系统图,对照光纤通信系统的组成,分析所参观的对象包含哪个或哪些组成部分及功能,并试找出参观过程中看到的设备或者材料;也可观看动画 1-3,进行表 1-3 的数据填写。



动画 1-3 光纤通信介绍

表 1-3 认识光纤通信系统

序号	参观地点	系统机构示意图	设备及耗材	功能
1	光纤实训室			
2	交换实训室			
3				
4				
5				
...				

任务总结(拓展)

- (1) 了解光纤通信系统的组网结构。
- (2) 绘制光端机的框图(发射系统、接收系统)。

任务 1-2 光纤通信工程

教学内容

- (1) 光纤通信工程的主要内容;
- (2) 光纤通信工程的主要流程。

技能要求

- (1) 能画出光纤通信工程的流程;
- (2) 能分析光纤通信工程。

任务描述

本任务旨在让学习者进一步熟悉光纤通信工程的流程,熟悉其各阶段的主要工作内容和要求。

任务引导

假如你是某通信公司的技术负责人，负责工程项目招标或投标，请问你该如何编制招标或投标文件？

知识准备

我国通信工程项目建设分为建设前期（立项阶段）、建设期（实施阶段）和生产期（验收投产阶段）三个阶段。建设前期主要包括编制项目建议书、可行性研究、评估决策和初步设计；建设期主要包括施工准备、建设实施和竣工验收；生产期主要包括成产运营、设计回访和总结评价。具体如图 1-4 所示。

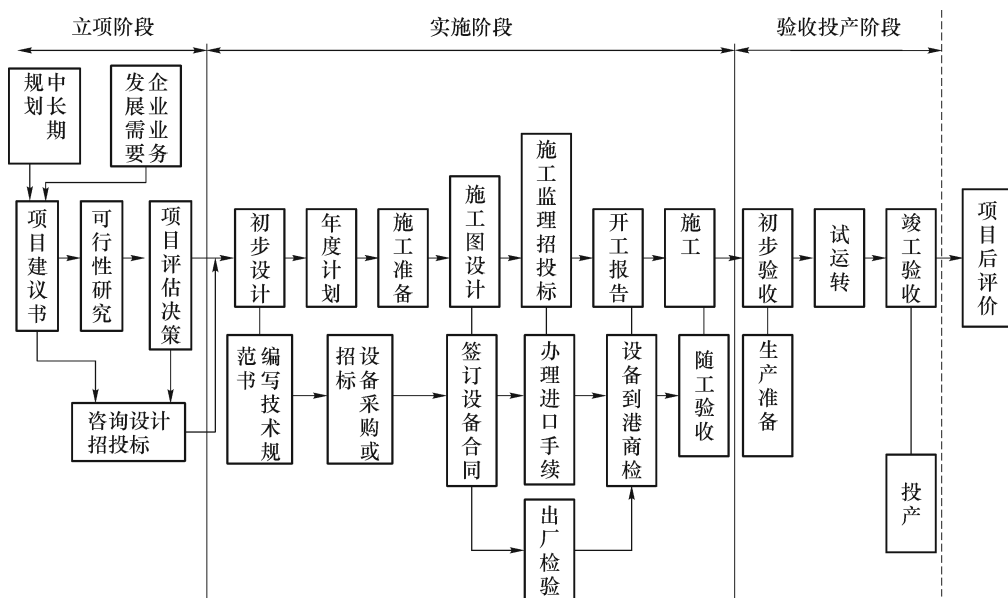


图 1-4 通信工程的基本建设程序

1. 编制项目建议书

项目建议书是对某一具体项目的建议文件，编制项目建议书是基本建设程序中最初阶段的工作，是投资决策前对拟建项目的轮廓设想，内容是论述项目建设的必要性、条件的可行性和获得的可能性。项目建议书经有审批权限的部门批准后，可以进行可行性研究工作，但这并不表明项目非上不可，项目建议书不是项目的最终决策。

2. 可行性研究

可行性研究是项目前期工作的重要内容。在项目决策前，需对项目有关的工程、技术、经济、市场等各方面条件和情况进行调查、研究和分析；对各种可能的建设方案和技术方案进行比较论证；对项目建成后的经济效益、风险状况进行预测和评价。可行性研究是一种科学分析方法，考查项目技术上的先进性和适应性、经济上的营利性和合理性、建设上的可能性和可行性。其目的是回答是否有必要建设、是否可能建设和如何进行建设的问题，其结论

为投资者对项目的最终决策提供直接的依据。最后在可行性研究的基础上编制可行性研究报告。

3. 建设项目评估、决策

在可行性研究报告提出后，由具有一定资质的咨询评估单位对拟建项目本身及可行性研究报告进行技术上和经济上的评价论证。可行性研究报告的审查主要是根据市场的需求，经过经济、财务评价，从方案和造价的合理性等方面来进行的。这种评价论证是站在客观的角度，对项目进行分析评价，判断项目可行性研究报告提出的方案是否可行、科学、客观、公正，为决策部门、单位或业主对项目的审批决策提供依据。报告经评审后按项目审批权限由各级审批部门进行审批。报告批准后，即国家或企业同意对该项目进行投资后，可将其列入预备项目计划。

4. 初步设计

一般的，通信建设项目的设计过程分为初步设计和施工图纸设计两个阶段。对技术复杂而又缺乏经验的项目，可增加技术设计阶段；对规模不大、技术成熟的项目，经主管部门同意，可不分阶段一次完成设计（一阶段设计）。

初步设计是根据已批准的可行性研究报告，以及有关的设计标准、规范，通过现场勘察工作所取得的可靠的实际基础资料进行编制。

5. 年度计划

年度计划包括基本建设拨款计划，设备和主材采购、储备计划，贷款计划，工期组织配合计划等。

6. 施工准备

施工准备是基本建设程序中的重要环节，是衔接基本建设和生产的桥梁。建设单位应根据建设项目或单项工程的技术特点来适时组织机构。

7. 施工图设计

施工图设计的主要内容是根据批准的初步设计和主要设备订货合同，绘制出正确、完整和尽可能详细的施工图。施工图完成后，必须由施工图设计审查单位进行审批并加盖审查专用章后才可使用。审查单位必须是取得审查资格且符合审查权限要求的设计咨询单位。

8. 施工、监理招投标

施工、监理招投标是建设单位将建设工程发包，鼓励施工企业投标竞争，从中标定出技术、管理水平高，信誉可靠且报价合理的中标企业。工程施工和监理必须由持有通信工程施工和监理资质的企业承担。建设单位组织编制标书，公开向社会招标，通过签订合同组成合作关系。

9. 项目开工审批

在签订了施工及监理合同，建设单位落实了年度资金拨款、主材供应和工程管理组织等各项准备工作就绪后，建设项目在开工前由建设单位会同施工单位提出开工报告。

10. 组织施工

施工单位应按照已批准的施工图进行施工，施工监理代表建设单位对施工过程中的工程

质量、进度、资金使用进行全过程管理控制，做到随工验收或单项验收。

11. 初步验收

初步验收是由施工企业在完成施工承包合同工程量后，依据合同条款向建设单位申请完成验收。

12. 试运行

试运行由建设单位负责组织，由厂商、设计、施工和维护部门参加，对建设系统的性能、功能和各项技术指标以及设计和施工质量等进行全面考核。

13. 竣工验收

竣工验收是工程建设过程的最后一个环节，是全面考核建设成果、检验设计和工程质量是否符合要求、审查投资使用是否合理的重要步骤。

14. 项目后评价

项目后评价是工程项目竣工投产、生产运营一段时间后，再对项目的立项决策、设计施工、竣工投产、生产运营等全面过程进行系统评价的一种技术经济活动。

任务实施

1. 认识光纤通信工程

根据光纤通信工程的基本建设程序，查询资料，完成各个组成部分的功能，并整理好各部分的功能。

2. 完成学院学生公寓光纤通信工程（文档）

以学生公寓为例，整理出光纤通信工程的建设程序内容。

任务总结（拓展）

- (1) 完成通信设备安装资料整理（流程图、各部分的作用）；
- (2) 完成通信工程施工资料整理（流程图、各部分的作用）。



习 题

一、填空题

1. 光纤通信是以_____作为信息载体，以_____作为传输媒介的一种通信方式。
2. 光纤通信系统的基本组成主要包括光端机（光发射机、光接收机）、光中继器、光无源器件和_____（广义信道）四大部分。
3. 美国科学家_____发明了光电话，_____博士（“光纤之父”，曾获诺贝尔奖）

发表了一篇题为《光频率介质纤维表面波导》的论文。

4. 我国通信工程项目建设程序分为建设前期、_____和生产期三个阶段，建设前期主要包括编制项目建议书、可行性研究、评估决策、初步设计；建设期主要包括施工准备、_____和竣工验收；生产期主要包括成产运营、设计回访和总结评价。

5. 短波长光纤通信系统的工作波长为 $0.85\ \mu\text{m}$ ；长波长光纤通信系统的工作波长为_____和_____。

二、简单题

1. 光纤通信的特点（优点和缺点）是什么？
2. 光纤通信系统由哪几部分组成？各部分的功能是什么？
3. 画出通信工程的基本建设程序。