



普通高等教育“十一五”
国家级规划教材

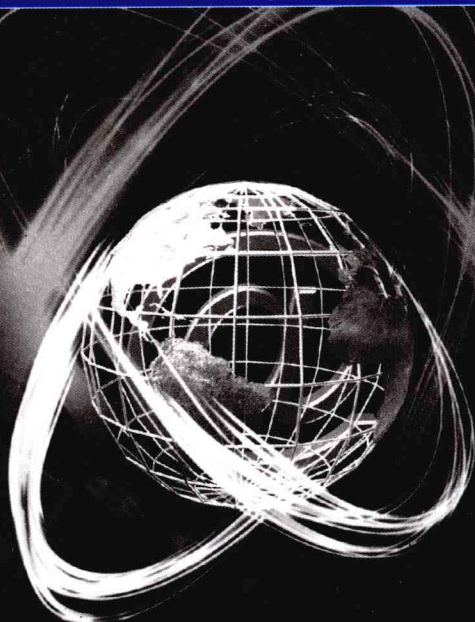
网络工程设计与实践

(第二版)

夏靖波 杜华桦 段弢 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xdph.com>



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

网络工程设计与实践

(第二版)

夏靖波 杜华桦 段弢 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书以计算机网络为基础,侧重于从实践的角度介绍网络工程和网络管理方面的知识。全书按内容可分为网络工程设计、设备管理、系统管理、网络管理和网络系统原理五个部分,包括综合布线、网络规划、路由交换原理、网络服务建立、网络工具使用、网络管理平台使用、网络协议基础、网络故障检测、路由算法、网络程序设计等方面的知识。

本书内容丰富、深入浅出,注重理论与实践相结合,覆盖了基本的网络概念、网络模型和网络理论以及具体的网络实践。

本书可作为高等院校网络工程专业、计算机应用专业及其他相关专业高年级本科生和研究生的教材,也可作为相关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

网络工程设计与实践 / 夏靖波, 杜华桦, 段弢编著. —2 版. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2011.6
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5606-2596-6

I. 网… II. ①夏… ②杜… ③段… III. 计算机网络—设计—高等学校—教材 IV. TP393.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 098669 号

策 划 戚文艳

责任编辑 杨宗周 戚文艳

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com

电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2011 年 6 月第 2 版 2011 年 6 月第 3 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 25.5

字 数 604 千字

印 数 8001~11 000 册

定 价 43.00 元

ISBN 978-7-5606-2596-6/TP·1282

XDUP 2888002-3

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

第二版前言

《网络工程设计与实践》一书自 2005 年由西安电子科技大学出版社出版发行以来，已被全国多所高校的相关专业选为授课教材。根据第一版使用过程中读者的意见和建议，结合计算机技术和网络技术的最新发展，我们对本书进行了调整，优化了章节结构，更正了书中的错误，将描述的操作系统对象由 Windows 2000 调整为 Windows 2003。同时，尽量使用开源软件版本，例如以 Wireshark 取代 Sniffer Pro，以符合开源化这一网络发展的大趋势。

在本书的修订过程中，柏骏、任高民、尹波等同志参与了校订工作，在此表示感谢。

由于编者水平有限，在书的结构和内容上难免存在一些缺陷和不妥，殷切希望广大读者批评指正。如在本书的使用和学习方面存在问题，欢迎与作者联系。作者的电子邮箱为 jbxia@sina.com。

编 者

2011 年 3 月

第一版前言

随着信息技术的发展,网络规模的不断扩大,网络的复杂性日益提高,对网络管理和网络设计等方面的要求越来越多且越来越高。因此,培养计算机网络管理与设计方面的专门人才,已经成了当务之急。

我们根据多年的教学实践和网络技术的发展趋势,查阅了大量的参考文献编写了本书。全书共分为12章,根据内容可以归纳成以下五个部分:

(1) 网络工程设计部分:包含第1章和第7章,主要介绍了综合布线原理、线缆制作、网络测试仪器的使用、网络规划原理、网络方案设计等方面的知识。

(2) 设备管理部分:包含第2章和第3章,主要介绍了路由/交换技术基本原理、网络核心设备设置、LAN/WAN协议等方面的知识。

(3) 系统管理部分:包含第4章和第6章,介绍了基于Windows平台的WWW、FTP、DHCP和DNS服务的建立以及Windows平台下命令行网络工具的使用。

(4) 网络管理部分:包含第5、8、9、10章,介绍了网络管理平台的基础知识、Windows系统内置网络管理功能、网络结构、网络协议基础、网络测试和网络系统故障分析与检测等方面的知识。

(5) 系统原理部分:包含第11、12章,介绍了路由算法、套接字编程、Sockets库函数、网络程序设计等方面的知识。

本书由夏靖波统稿。第2、3、4、5、6、9章由杜华桦编写,第1、11、12章由段弢编写,第7、8、10章由夏靖波编写。

本书得到了教育部“高等学校重点实验室访问学者基金”的资助。在本书的编写过程中得到了空军工程大学电讯工程学院网络工程系很多同志的帮助和支持,在此一并表示感谢。

如在本书的使用和学习方面存在问题,欢迎与作者联系,电子邮箱为:jbxiad@sina.com。由于编者水平有限,书中难免存在一些错误和不足,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

2005年5月

目 录

第 1 章 布线原理与线缆制作	1	2.3.5 交换设备间的连接	45
1.1 布线原理	1	2.4 交换机配置方式	45
1.1.1 综合布线系统综述	1	2.4.1 RS-232 口配置	45
1.1.2 综合布线的优点	2	2.4.2 Telnet 配置	46
1.1.3 综合布线系统标准	2	2.4.3 Web 配置	46
1.1.4 综合布线系统设计等级	4	2.5 交换机设置	47
1.1.5 综合布线系统设计要点	5	2.5.1 交换机的首次配置	47
1.2 线缆的制作	5	2.5.2 控制台的使用	47
1.2.1 双绞线	5	2.5.3 系统基本配置	48
1.2.2 双绞线的制作	7	2.5.4 Web 配置	61
1.3 网络测试仪的使用	9	思考题	62
1.3.1 DSP-4000	9	第 3 章 路由器设置与互连	63
1.3.2 OneTouch 网络助手	21	3.1 基本原理	63
1.3.3 Fluke 620 局域网电缆测试仪	27	3.1.1 路由器的基本组成	63
1.3.4 ST-248 网络电缆测试仪	31	3.1.2 路由器的基本功能	65
思考题	32	3.1.3 路由器的分类	65
第 2 章 Hub 原理与交换机设置互连	33	3.1.4 路由器的接口信息及其配置环境 的搭建	66
2.1 基本原理	33	3.2 WAN 协议	68
2.1.1 交换技术基础	33	3.2.1 X.25	68
2.1.2 交换机的外观	35	3.2.2 SLIP	68
2.1.3 交换机的内部组成	35	3.2.3 PPP	69
2.1.4 交换机的简单分类	35	3.2.4 帧中继	70
2.1.5 交换机在网络中的连接及作用	36	3.3 路由器的互连	70
2.1.6 局域网交换机的选择	38	3.3.1 路由器系统特性参数	70
2.1.7 交换机应用中应注意的问题	38	3.3.2 路由器安装要求	70
2.2 LAN 协议	39	3.3.3 路由器的安装	71
2.2.1 LAN 协议属性	39	3.3.4 路由器的串行连接	73
2.2.2 LAN 性能的改善	41	3.4 路由器的配置方式	74
2.3 交换机互连	42	3.4.1 Console 配置	74
2.3.1 系统特性	42	3.4.2 Telnet 配置	74
2.3.2 外观与接口	43	3.4.3 AUX 配置	75
2.3.3 LED 说明	44	3.5 路由器的设置	75
2.3.4 交换机与终端的连接	44		

3.5.1 获得帮助	75	5.3.3 使用自动发现创建网络图	163
3.5.2 命令模式	75	5.3.4 监视网络节点	164
3.5.3 系统监控模式配置	76	5.3.5 管理节点	165
3.5.4 系统基本配置	78	5.3.6 设备显示	168
3.5.5 广域网协议配置	81	思考题	170
3.5.6 配置实例	84		
思考题	90		
第 4 章 Internet/Intranet		第 6 章 Windows 2000 网络	
应用的建立	91	工具应用	171
4.1 活动目录概述	91	6.1 命令行网络工具	171
4.1.1 活动目录的概念与特点	91	6.1.1 ARP 命令	172
4.1.2 活动目录的建立	99	6.1.2 FTP 命令	172
4.1.3 利用活动目录管理对象	104	6.1.3 Hostname 命令	174
4.2 WWW 和 FTP 服务的配置与管理	112	6.1.4 IPConfig 命令	174
4.2.1 IIS 简介	112	6.1.5 Nbtstat 命令	175
4.2.2 IIS 6.0 的安装	113	6.1.6 NET 命令	176
4.2.3 服务器管理	114	6.1.7 NETSTAT 命令	181
4.2.4 Web 站点管理	117	6.1.8 PathPing 命令	182
4.2.5 安全简介	120	6.1.9 Ping 命令	183
4.3 DHCP 的安装与配置	121	6.1.10 Route 命令	183
4.3.1 DHCP 简介	121	6.1.11 Telnet 命令	185
4.3.2 理解 DHCP	123	6.1.12 TFTP 命令	185
4.3.3 DHCP 的使用	125	6.1.13 TLNTADMN 命令	186
4.4 DNS 的安装与配置	132	6.1.14 Tracert 命令	186
4.4.1 DNS 简介	132	6.2 网络管理	187
4.4.2 理解 DNS	137	6.2.1 测试 TCP/IP 配置	187
4.4.3 DNS 的安装与设置	144	6.2.2 验证链路状况	187
思考题	149	6.2.3 测试 TCP/IP 连接	189
第 5 章 网络管理平台与工具	151	6.3 网络协议失配故障的检测与排除	190
5.1 网络管理平台	151	6.3.1 故障检测	191
5.1.1 网络管理平台的功能与特征	151	6.3.2 实例	191
5.1.2 网络管理平台的结构	153	思考题	193
5.1.3 网络管理平台的操作环境	157		
5.2 分布式网络管理平台	158	第 7 章 网络工程实例分析与设计	194
5.3 网络管理平台举例	160	7.1 基本原理	194
5.3.1 SNMPc 简介	160	7.1.1 网络规划基本原理及其作用	194
5.3.2 人工创建网络图	161	7.1.2 网络总体设计	196
		7.1.3 网络拓扑结构的选择	196
		7.1.4 网络设备的选型与比较	198
		7.1.5 网络实施	205

7.2 网络总体方案设计.....	207	9.4.1 TCP 连接.....	278
7.2.1 网络系统的组成.....	207	9.4.2 Ping.....	282
7.2.2 XX 学校校园网案例.....	212	9.4.3 Tracert.....	286
思考题.....	215	9.4.4 UDP 数据.....	288
第 8 章 网络管理的实现	217	9.4.5 SNMP 数据.....	290
8.1 网络管理系统平台简介.....	217	9.4.6 网络嗅探设备检测.....	292
8.1.1 选择网管系统的原则.....	217	思考题.....	293
8.1.2 网络管理的基本内容.....	218	第 10 章 网络故障及其处理	294
8.1.3 网络管理的实现.....	218	10.1 常见的网络系统故障.....	294
8.2 基于 Windows 2003 实现网络管理.....	219	10.1.1 网络系统故障概述.....	294
8.2.1 用户管理.....	219	10.1.2 通信媒介故障.....	294
8.2.2 性能管理.....	225	10.1.3 计算机故障.....	295
8.2.3 使用性能监视器监控网络.....	226	10.1.4 通信设备故障.....	296
8.2.4 使用网络监视器监控网络.....	232	10.1.5 协议失配.....	297
8.2.5 远程访问管理.....	237	10.1.6 网络堵塞.....	297
8.2.6 使用 NET 命令进行网络管理.....	250	10.1.7 网络风暴.....	297
思考题.....	250	10.2 网络故障的分析与检测方法.....	297
第 9 章 网络数据报的捕获与分析	251	10.3 排除网络故障的常用工具.....	303
9.1 基本原理.....	251	10.4 网络测试.....	306
9.1.1 TCP/IP 体系结构.....	251	10.4.1 延误时间的测量分析.....	306
9.1.2 TCP/IP 组件.....	252	10.4.2 吞吐量的测量分析.....	307
9.1.3 IEEE 802.3 网络.....	253	10.4.3 基本的线缆测试.....	308
9.1.4 数据监听原理.....	255	10.5 网络故障的解析举例.....	311
9.1.5 网络拓扑与数据监听.....	256	10.5.1 服务器与局域网交换故障的检测 与排除举例.....	311
9.2 常见的 IP 数据报.....	259	10.5.2 路由器故障的检测与排除举例.....	314
9.2.1 IPv4 头结构.....	260	10.5.3 TCP/IP 故障的检测与排除举例.....	317
9.2.2 TCP.....	261	10.5.4 ISDN 故障的检测与排除举例.....	319
9.2.3 UDP.....	264	思考题.....	323
9.2.4 ARP.....	265	第 11 章 路由算法与实验	324
9.2.5 ICMP.....	268	11.1 基本原理.....	324
9.2.6 SNMP.....	270	11.1.1 路由器的定义.....	324
9.3 Wireshark 的使用.....	275	11.1.2 路由器的构成.....	324
9.3.1 数据报捕捉.....	275	11.1.3 路由器的分类.....	325
9.3.2 停止捕捉.....	277	11.1.4 路由器的功能.....	325
9.3.3 重新启动捕捉.....	277	11.1.5 路由选择算法.....	326
9.3.4 数据报分析.....	277	11.1.6 图论基础知识.....	329
9.4 数据采集与分析.....	278		

11.2 Prim 算法	337	12.3.1 库函数综述	354
11.2.1 Prim 算法原理	337	12.3.2 标准 Sockets 函数	357
11.2.2 Prim 算法实现	339	12.3.3 数据库函数	365
11.3 Kruskal 算法	340	12.3.4 增设函数	367
11.3.1 Kruskal 算法原理	340	12.4 典型套接字系统调用时序图	372
11.3.2 Kruskal 算法实现	342	12.5 Windows Sockets 对 Berkeley Sockets 的扩充	373
11.4 Dijkstra 算法	343	12.6 基于 WinSock 函数的网络应用 程序开发	374
11.4.1 Dijkstra 算法原理	343	12.6.1 服务器程序	375
11.4.2 Dijkstra 算法实现	344	12.6.2 客户程序	379
11.5 Floyd 算法	346	12.7 使用面向对象的开发语言提供的与网络 通信相关的类开发网络应用程序	383
11.5.1 Floyd 算法原理	346	12.7.1 CAsyncSocket	383
11.5.2 Floyd 算法实现	348	12.7.2 CSocket	384
思考题	349	12.7.3 开发网络通信程序的技术要点	386
第 12 章 WinSock 网络程序设计	350	12.7.4 制作过程	386
12.1 WinSock 的基本情况	350	12.8 使用可视化开发工具的网络控件开发 网络应用程序	392
12.2 套接字编程基本概念	350	思考题	395
12.2.1 套接字	350	参考书目	396
12.2.2 网间进程通信	351		
12.2.3 服务方式	352		
12.2.4 客户机/服务器模式	353		
12.3 Sockets 库函数	354		

第1章 布线原理与线缆制作

【建议学时】4 学时

【主要内容】

- (1) 布线原理
- (2) 线缆的制作
- (3) DSP-4000/Fluke 620/OneTouch/ST-248 网络测试仪表的使用

1.1 布线原理

1.1.1 综合布线系统综述

信息社会中,在一座现代化的大楼内,除了有电话、传真、空调、消防、动力、照明电线外,计算机网络线路也是不可缺少的。布线系统的对象是建筑物或楼宇内的传输网络,该网络使语音和数据通信设备、交换设备和其他信息管理系统彼此相连,并使这些设备与外部通信网络连接。它包含着建筑物内部线路和外部线路(网络线路、电话局线路)间的民用电缆及相关的设备连接设施。布线系统由传输介质、线路管理硬件、连接器、插座、插头、适配器、传输电子线路、电气保护设施等部件组成,并由这些部件来构造各种子系统。

综合布线系统应该说是跨学科的系统工程,其主要包括以下几个方面:

- (1) 楼宇自动化系统(BA)。
- (2) 通信自动化系统(CA)。
- (3) 办公自动化系统(OA)。
- (4) 计算机网络系统(CN)。

随着 Internet 和信息高速公路的发展,各国的政府机关、大的集团公司均针对自己楼宇的特点进行综合布线,以适应新的需要。智能化大厦、智能化小区已成为新世纪的开发热点。理想的布线系统表现为:支持语音应用、数据传输、影像影视,而且最终能支持综合型的应用。由于综合型的语音和数据传输的网络布线系统选用的线材、传输介质是多样的(屏蔽、非屏蔽双绞线,光缆等),一般单位可根据自己的特点选择布线结构和线材。目前布线系统可划分为6个子系统,它们是:

- (1) 工作区子系统。
- (2) 水平干线子系统。
- (3) 管理间子系统。
- (4) 垂直干线子系统。
- (5) 楼宇(建筑群)子系统。



(6) 设备间子系统。

大楼的综合布线系统是将各种不同的部分组成一个有机的整体，而不是像传统布线那样自成体系，互不相干。综合布线系统结构如图 1.1 所示。

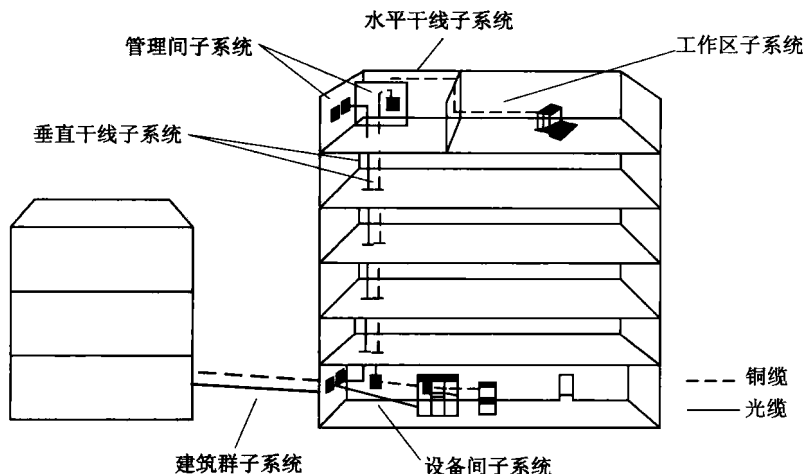


图 1.1 综合布线系统结构

1.1.2 综合布线的优点

综合布线的主要优点为：

(1) 结构清晰，便于管理维护。

综合布线采用统一材料、统一设计、统一布线、统一安装的标准化施工，目的是使结构清晰，便于集中管理和维护。

(2) 材料先进、统一，适应今后的发展需要。

综合布线系统采用了先进的材料，如 5 类非屏蔽双绞线，传输速率在 100 Mb/s 以上，完全能够满足未来 5~10 年的发展需要。

(3) 灵活性强，适应各种不同的需求。

一个标准的插座，既可接入电话，又可用于连接计算机终端，实现语音/数据点互换，可适应各种不同拓扑结构的局域网。

(4) 便于扩充，既节约费用又提高了系统的可靠性。

综合布线系统采用的冗余布线和星型结构的布线方式既提高了设备的工作能力，又便于用户扩充。虽然传统布线所用线材比综合布线的线材要便宜，但综合布线可统一安排线路走向，统一施工，这样就减少了用料和施工费用，也减少了大楼的使用空间，而且使用的线材都是质量较高的材料。

1.1.3 综合布线系统标准

1. 综合布线系统标准

目前，综合布线系统标准一般为 CECS 和 EIA/TIA 等标准化组织为综合布线系统制定的一系列标准。这些标准主要有：

- (1) EIA/TIA-568: 民用建筑线缆标准。
- (2) EIA/TIA-569: 民用建筑通信通道和空间标准。
- (3) EIA/TIA-607: 民用建筑中有关通信接地标准。
- (4) EIA/TIA-600: 民用建筑通信管理标准。

这些标准支持下列计算机网络标准:

- (1) IEEE 802.3: 总线局域网络标准。
- (2) IEEE 802.5: 环型局域网络标准。
- (3) FDDI: 光纤分布数据接口高速网络标准。
- (4) CDDI: 铜线分布数据接口高速网络标准。
- (5) ATM: 异步传输模式。

在布线工程中,经常用到 CECS 92:95 或 CECS 92:97 标准。CECS 92:95《建筑与建筑群综合布线系统工程设计规范》是由中国工程建设标准化协会通信工程委员会北京分会、中国工程建设标准化协会通信工程委员会智能建筑信息系统分会、(原)冶金部北京钢铁设计研究总院、(原)邮电部北京设计院、中国石化北京石油化工工程公司共同编制而成的综合布线标准,而 CECS 92:97 是它的修订版。

2. 综合布线标准要点

1) 目的

- (1) 规范一个通用语音和数据传输的电信布线标准,以支持多设备、多用户的环境。
- (2) 为服务于商业的电信设备和布线产品的设计提供方向。
- (3) 能够对商用建筑中的结构化布线进行规划和安装,使之能够满足用户的多种电信要求。

- (4) 为各种类型的线缆、连接件以及布线系统的设计和安装建立性能和技术标准。

2) 范围

- (1) 标准针对的是“商业办公”电信系统。
- (2) 布线系统的使用寿命要求在 10 年以上。

3) 标准内容

标准内容包括所用介质、拓扑结构、布线距离、用户接口、线缆规格、连接件性能、安装程序等。

4) 几种布线系统涉及的范围和要点

- (1) 水平干线布线系统: 涉及水平跳线架、水平线缆、线缆出入口/连接器、转换点等。
- (2) 垂直干线布线系统: 涉及主跳线架、中间跳线架、建筑外主干线缆、建筑内主干线缆等。

(3) UTP 布线系统: UTP 布线系统按传输特性可划分为五类。

- ① 3 类: 16 MHz 以下的传输特性。
- ② 4 类: 20 MHz 以下的传输特性。
- ③ 5 类: 100 MHz 以下的传输特性。
- ④ 超 5 类: 155 MHz 以下的传输特性。
- ⑤ 6 类: 200 MHz 以下的传输特性。

目前, 主要使用 5 类、超 5 类 UTP 布线系统。

(4) 光缆布线系统: 在光缆布线中有水平干线子系统和垂直干线子系统两种, 它们分别使用不同类型的光缆。

① 水平干线子系统: 使用 62.5/125 μm 多模光缆(出入口有两条光缆), 多为室内型光缆。

② 垂直干线子系统: 使用 62.5/125 μm 多模光缆或 10/125 μm 单模光缆。

综合布线系统标准是一个开放的系统标准, 得到了广泛应用。按照综合布线系统标准进行布线, 为用户提供了方便, 也保护了用户的利益。

1.1.4 综合布线系统设计等级

建筑物的综合布线系统一般有三种不同的布线系统等级, 它们是:

- (1) 基本型综合布线系统。
- (2) 增强型综合布线系统。
- (3) 综合型综合布线系统。

1. 基本型综合布线系统

基本型综合布线系统方案是一个经济有效的布线方案。它支持语音或综合型语音/数据产品, 并能够全面过渡到数据的异步传输或综合型综合布线系统。它的基本配置如下:

- (1) 每一个工作区有一个信息插座。
- (2) 每一个工作区有一条水平布线的四对 UTP 系统。
- (3) 完全采用 110 A 交叉连接硬件, 并与未来的附加设备兼容。
- (4) 每个工作区的干线电缆至少有两对双绞线。

基本型综合布线系统的特性如下:

- (1) 能够支持所有语音和数据传输应用。
- (2) 支持语音、综合型语音/数据高速传输。
- (3) 便于维护人员维护、管理。
- (4) 能够支持众多厂家的产品设备和特殊信息的传输。

2. 增强型综合布线系统

增强型综合布线系统不仅支持语音和数据的应用, 还支持图像、影像、影视、视频会议等。它不仅为增加功能提供发展的余地, 而且能够利用接线板进行管理。它的基本配置如下:

- (1) 每个工作区有两个以上信息插座。
- (2) 每个信息插座均有水平布线的四对 UTP 系统。
- (3) 具有 110 A 交叉连接硬件。
- (4) 每个工作区的电缆至少有八对双绞线。

增强型综合布线系统的特点如下:

- (1) 每个工作区有两个信息插座, 灵活方便, 功能齐全。
- (2) 任何一个插座都可以提供语音和高速数据传输功能。
- (3) 便于管理与维护。
- (4) 能够为众多厂商提供良好的服务环境。

3. 综合型综合布线系统

综合型综合布线系统是将双绞线和光缆纳入建筑物布线的系统。它的基本配置如下：

- (1) 在建筑、建筑群的干线或水平布线子系统中配置 $62.5\ \mu\text{m}$ 的光缆。
- (2) 在每个工作区的电缆内配有四对双绞线。
- (3) 每个工作区的电缆中应有两对以上的双绞线。

综合型综合布线系统的特点如下：

- (1) 每个工作区有两个以上的信息插座，灵活方便，功能齐全。
- (2) 任何一个信息插座都可供语音和高速数据传输。
- (3) 能够为客户提供良好的服务环境。

1.1.5 综合布线系统设计要点

综合布线系统的设计方案不是一成不变的，而是随着环境、用户的要求来确定的。其要点如下：

- (1) 尽量满足用户的通信要求。
- (2) 了解建筑物、楼宇间的通信环境，确定合适的通信网络拓扑结构。
- (3) 选取适用的介质。
- (4) 以开放式为基准，尽量与大多数厂家产品和服务兼容。

(5) 将初步的系统设计和建设费用预算告知用户，在征得用户同意并订立合同书后，再制定详细的设计方案。

1.2 线缆的制作

网络通信线路的选择必须考虑网络的性能、价格、使用规则、安装难易性、可扩展性及其他一些因素。目前，在通信线路上使用的传输介质有：双绞线、同轴电缆、大对数线缆和光导纤维。

1.2.1 双绞线

双绞线(TP, Twisted Pair)是最常用的传输介质，由呈螺旋排列的四对绝缘导线组成，每两根导线相互扭绞在一起，可使线对之间的电磁干扰减至最小。双绞线用 RJ-45 头连接在网络设备上，如图 1.2 所示。目前在局域网中使用的双绞线有屏蔽双绞线 STP 和非屏蔽双绞线 UTP 两类，每类又分为若干等级。

对于双绞线(无论是 3 类、5 类，还是屏蔽、非屏蔽)，用户主要关心的是：衰减、近端串扰、特性阻抗、分布电容、直流电阻等。为了便于理解，我们首先解释几个名词。

- (1) 衰减。它用来度量在链路中信号的损失程度。衰减随频率而变化，所以应测量在应

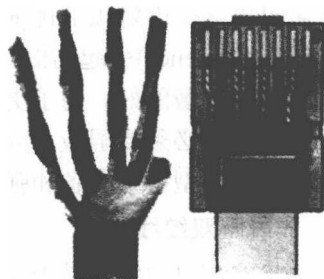


图 1.2 带 RJ-45 头的双绞线



用范围内的全部频率上的衰减。

(2) 近端串扰。近端串扰(NEXT, Near-End Crosstalk Loss)用来测量一条 UTP 链路中从一对线到另一对线的信号耦合。对于 UTP 链路来说,这是一个关键的性能指标,也是最难精确测量的一个指标,尤其是随着信号频率的增加,其测量难度就更大。

串扰分近端串扰和远端串扰(FEXT),测试仪主要是测量 NEXT 值的。由于线路损耗对 FEXT 的量值影响较小,因而在 3 类、5 类系统中忽略不计。NEXT 值并不表示在近端点所产生的串扰值,它只是表示在近端点所测量到的串扰值。这个量值会随电缆长度不同而变化,电缆越长,该值越小。同时发送端的信号也会衰减,对其他线对的串扰也相对变小。实验证明,只有在 40 m 内测量得到的 NEXT 值较真实,如果另一端是远于 40 m 的信息插座,它会产生一定程度的串扰,但测试仪可能无法测量到这个串扰值。因此,测量 NEXT 值最好在两个端点都进行。现在的测试仪都配有相应设备,使得在链路的一端就能测量出两端的 NEXT 值。

(3) 直流电阻。它是指一对导线电阻的和,常用的规格不大于 $19.2\ \Omega$ 。每对间的差异不能太大(小于 $0.1\ \Omega$),否则可能接触不良,这时必须检查连接点。

(4) 特性阻抗。与环路电阻不同,特性阻抗包括电阻及频率为 $1\sim 100\ \text{MHz}$ 的电感抗及电容抗,它与一对电线之间的距离及绝缘的电气性能有关。各种电缆有不同的特性阻抗,对双绞线电缆而言,则有 $100\ \Omega$ 、 $120\ \Omega$ 及 $150\ \Omega$ 几种。

(5) 衰减串扰比(ACR)。在某些频率范围内,串扰与衰减量的比例关系是反映电缆性能的另一个重要参数。ACR 有时也以信噪比(SNR, Signal-Noise Ratio)表示,它由最差的衰减量与 NEXT 值的差值计算。ACR 值越大,表示抗干扰的能力越强,系统要求至少大于 10 dB。

(6) 电缆特性。通信信道的品质是由它的电缆特性信噪比(SNR)来描述的。SNR 是在考虑到干扰信号的情况下,对数据信号强度的一个度量。如果 SNR 过低,将导致接收器在接收数据信号时不能分辨数据信号和噪音信号,最终引起数据错误。因此,为了将数据错误限制在一定范围内,必须定义一个最小的可接收的 SNR。

1. 屏蔽双绞线

屏蔽双绞线(STP, Shielded Twisted-Pair)由成对的绝缘实心电缆组成。在实心电缆上包围着一层编织的或起皱的屏蔽。编织的屏蔽用于室内布线,起皱的屏蔽用于室外或地下布线。屏蔽可以减少由射频干扰(RFI, Radio Frequency Interference)和电磁干扰(EMI, Electro-Magnetic Interference)引起的信号干扰。将一对电线缠绕在一起也有助于减少 RFI 和 EMI,但是效果不如屏蔽的好。为了更有效地减少 RFI 和 EMI,每一对线的绞距必须是不同的,而且插头和插座必须要屏蔽,同时 STP 要正确接地,以获得可靠的传输信号控制点。

在周围有重型电力设备和强干扰源时,推荐使用屏蔽双绞线。

2. 非屏蔽双绞线

由于价格相对便宜且易于安装,因此非屏蔽双绞线(UTP, Unshielded Twisted-Pair)是最常用到的网络电缆。UTP 由绝缘的外部遮蔽套内的成对的电缆线组成,在一对对缠绕在一起的绝缘电线和电缆外部的套之间并没有屏蔽。在网络设备、工作站和文件服务器连接中还内置了称为介质过滤器(media filter)的电气设备,用来减少 EMI 和 RFI。图 1.3 是双绞线的示意图,图(a)是屏蔽双绞线,图(b)是非屏蔽双绞线。

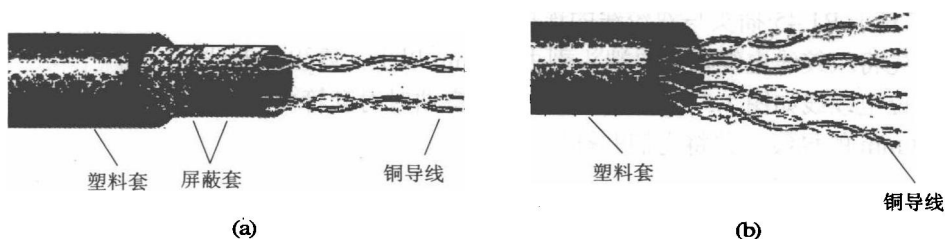


图 1.3 双绞线

(a) 屏蔽双绞线; (b) 非屏蔽双绞线

1.2.2 双绞线的制作

1. 信息模块压接技术

1) EIA/TIA568A 和 EIA/TIA568B 的关系

信息模块的压制方式分 EIA/TIA568A 和 EIA/TIA568B 两种。EIA/TIA568A 信息模块和 EIA/TIA568B 信息模块的物理线路分布如图 1.4 所示。

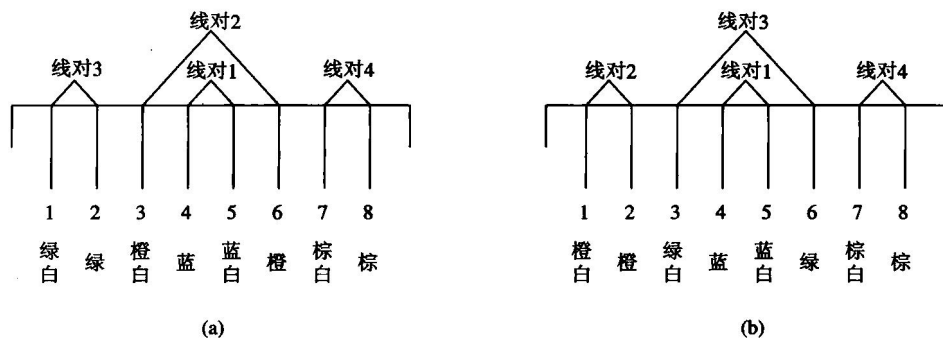


图 1.4 EIA/TIA568A 和 EIA/TIA568B 信息模块物理线路连接方式

(a) EIA/TIA568A; (b) EIA/TIA568B

信息模块压接时，无论是采用 EIA/TIA568A 还是采用 EIA/TIA568B，均在一个模块中实现。这两种方式的线对分布不一样，在一个系统中只能选择一种，不可混用。

2) 信息模块压接技术

信息模块压接时一般有两种方式：

- (1) 用打线工具压接。
- (2) 不用打线工具直接压接。

根据工程经验，一般采用打线工具进行压接模块。对信息模块压接时应注意以下几点：

- (1) 双绞线是成对缠绕的。导线成对均匀地缠绕可提高抗干扰能力，同时可减小信号的衰减。压接时应将双绞线一对一对拧开放入与信息模块相对的端口上。
- (2) 在双绞线与信息模块的压接处应防止拧绞或撕裂，并防止有断线的伤痕。
- (3) 使用压线工具压接时，要压实，不能有松动的地方。

2. 双绞线与 RJ-45 插头的连接技术

RJ-45 的连接也分为 TIA568A 与 TIA568B 两种方式，连接方式必须与信息模块采用的

方式相同。对于 RJ-45 插头与双绞线的连接, 需要了解以下事宜, 以 TIA568A 为例。

(1) 首先将双绞线电缆套管自端头剥去 20 mm 以上, 露出四对线。

(2) 定位电缆线如图 1.5 所示。为防止插头弯曲时对套管内的线对造成损伤, 套管内至少应留出 8 mm 的导线, 并将它们并排排列。

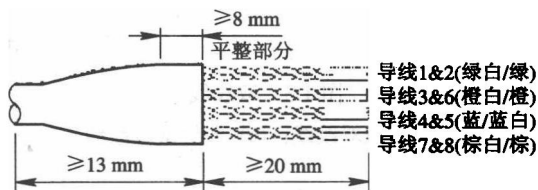


图 1.5 连接剥线示意图

(3) 将绝缘导线解扭, 并按正确的顺序平行排列, 导线 6 跨过导线 4 和导线 5。在套管里不应有未扭绞的导线。

(4) 导线经修整后(导线端面应平整, 避免毛刺影响性能)距套管的长度为 14 mm。从线头(如图 1.6 所示)开始, 至少 10 ± 1 mm 之内导线之间不应有交叉, 导线 6 应在距套管 4 mm 之内跨过导线 4 和导线 5。

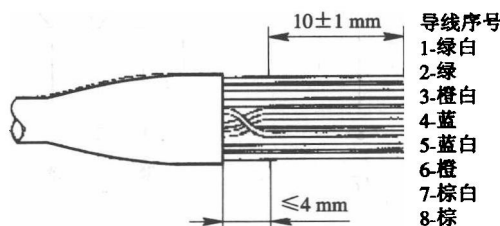


图 1.6 双绞线排列方式和必要的长度

(5) 将导线插入 RJ-45 插头, 导线在 RJ-45 头部能够见到铜芯, 套管内的平坦部分应从插塞后端延伸直至张力消除(如图 1.7 所示), 套管伸出插塞后端至少 6 mm。

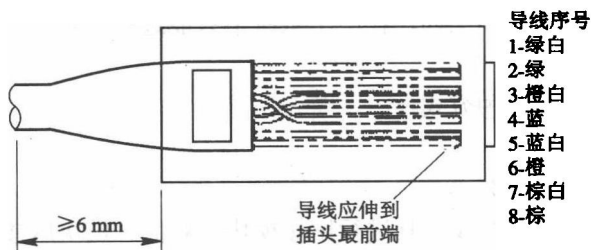


图 1.7 RJ-45 插头压线的要求(TIA568A)

(6) 用压线工具压实 RJ-45 插头。RJ-45 与信息模块的关系如图 1.8 所示。