

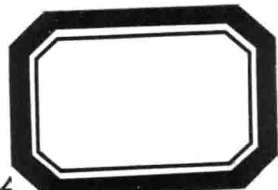


普通高等学校计算机教育课程“十二五”规划教材·创新系列

网络工程与综合布线

吴 诺 黄承韬 吕景刚 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



普通高等学校计算机教育课程“十二五”规划教材·创新系列

网络工程与综合布线

吴 诺 黄承韬 吕景刚 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本教材比较全面地结合网络工程实际,从基础概念、基本知识到网络工程的设计、施工、招投标等内容都做了不同程度的介绍,还根据实际工程需要做了不同篇幅的实验设计。

本教材共分为7章,并有一个附录。第1章介绍网络工程综合布线的基本概念、基础材料和基础设备知识;第2章介绍网络工程的基础概念、常用设备和IP地址的基础知识;第3章介绍网络工程的需求分析与基本设计的知识,包括招投标的基本程序知识、招投标文件等;第4章介绍网络工程施工技术;第5章设计网络工程的基本实验;第6章是网络工程的综合实验;第7章介绍网络工程的竣工文档;附录中收集了网络工程设计施工主要依据的国际、国内标准。整个教材的主题明确,案例基本上采集于真实的网络工程数据,具有较好的实务操作性。

本教材的目的是培养具有动手操作能力的网络工程技术人员,并使他们快速具备实务操作的能力。本教材不仅可以满足高等院校“网络工程”类专业的教学实验需要,还可以满足高职院校相关专业的教学需要,并能够成为企业快速培训网络工程技术人员的主要教程。

图书在版编目(CIP)数据

网络工程与综合布线/吴诺,黄承韬,吕景刚主编.

—北京:中国铁道出版社,2013.9

普通高等学校计算机教育课程“十二五”规划教材·
创新系列

ISBN 978-7-113-17231-2

I. ①网… II. ①吴… ②黄… ③吕… III. ①计算机

网络—高等学校—教材②计算机网络—布线—高等学校—
教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第200784号

书 名:网络工程与综合布线

作 者:吴 诺 黄承韬 吕景刚 主编

策 划:孟 欣

读者热线:400-668-0820

责任编辑:孟 欣 贾淑媛

封面设计:谈晓库

封面制作:白 雪

责任印制:李 佳

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.51eds.com>

印 刷:航远印刷有限公司

版 次:2013年9月第1版 2013年9月第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:16.5 字数:398千

印 数:1~2 000册

书 号:ISBN 978-7-113-17231-2

定 价:32.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010)63550836

打击盗版举报电话:(010)63549504

本教材是在高等院校的工科类专业推行“卓越工程师”计划的背景下,在现有教学实践总结的基础上,在广泛征求了系统网络工程施工企业的管理人员和技术人员需求后编写的。

本教材比较全面地结合网络工程实际,从基础概念、基本知识到网络工程的设计、施工、招投标等内容都做了不同程度的介绍,还根据实际工程需要做了不同篇幅的实验设计。本教材的目的是辅助培养具有动手操作能力的网络工程技术人员,并使他们快速具备实务操作的能力。本教材不仅可以满足高等院校“网络工程”类专业的教学实验需要,还可以满足高职院校相关专业的教学需要,并能够成为企业快速培训网络工程技术人员的主要教程。

在教材的编制过程中,我们参考了大量国内有关综合布线技术、网络系统集成类的教材,从中受益匪浅。本教材内容设计基本上是按照网络工程的基础布线和设备、原理知识、网络工程的设计与施工知识、网络招投标知识,以及相关实验设计来构成的,主要目的是要涵盖网络工程项目的各个实际环节,使教材不仅能成为一本务实的实验教材,还能成为一本企业工程技术人员的工作参考手册。

需要认真说明一下的是,根据实践教学结果发现,单纯的综合布线类实验教程和实验设备对于本科院校的学生教学效益不高,表现为无法模拟各类建筑和场地,因此无法综合运用原理知识完成设计、施工等的应用实验,而单纯性的布线工艺实验价值不高。因此,我们设计这个教材的另一个主要目的就是要支持教师将现有的综合布线实验与网络设备实验融合起来,形成综合性实验,在新的实验环境配合下,大幅度提升网络工程实验教学效益。本教材的编写还得到了天津市德勤和创科技公司的支持,在此一并表示感谢。

本教材由吴诺、黄承韬、吕景刚主编。第1~4章由吴诺编写,马勤也参与了第2章的部分内容,第5章由吕景刚编写,第6、第7章由黄承韬编写,华斌教授对全部书稿进行了审读,提出了很多宝贵意见。由于编者的水平限制,虽然我们经过了多次修改,但仍然难免在教材中存在一些问题。我们恳请广大读者批评指正,使本教材不断完善。

编者

2013年5月

第 1 章 网络综合布线系统基础知识	1
1.1 网络综合布线系统	1
1.1.1 综合布线系统的概念	1
1.1.2 综合布线系统的特点	2
1.1.3 综合布线系统的构成	3
1.2 综合布线线材与配套端接设备	6
1.2.1 双绞线	6
1.2.2 光纤	10
1.2.3 大对数线缆	14
1.2.4 跳线	16
1.2.5 光纤跳线	17
1.2.6 光纤收发器	18
1.3 综合布线设备与耗材	19
1.3.1 配线架	19
1.3.2 跳线架	20
1.3.3 理线架	20
1.3.4 理线环	20
1.3.5 标签	21
1.3.6 用户端的工程材料	22
1.4 综合布线系统辅料	25
1.4.1 线管	25
1.4.2 线槽	27
1.4.3 桥架	27
1.4.4 光纤沟	29
1.4.5 网络机柜和机架	29
1.5 配套强电的基础知识	31
1.5.1 地线	31
1.5.2 配电箱	31
1.5.3 空气断路器	33
1.5.4 线径与功率	33
1.5.5 负载	33
第 2 章 网络工程常用基础知识	35
2.1 集线器与交换机	35
2.2 路由器	37
2.3 防火墙	38

2.3.1	防火墙的定义	38
2.3.2	防火墙的类型	38
2.4	无线网络的互连设备	40
2.5	服务器	44
2.5.1	服务器分类	45
2.5.2	服务器的基本外部结构	46
2.6	网络存储设备	47
2.6.1	磁盘阵列	47
2.6.2	DAS	49
2.6.3	NAS	50
2.6.4	SAN	50
2.7	网管系统	51
2.8	IPv4 地址的基本概念	53
2.9	子网掩码	56
2.9.1	子网掩码的作用	56
2.9.2	子网掩码的计算方法	57
2.10	IPv6 地址基本概念	59
2.10.1	IPv6 概述	59
2.10.2	IPv6 地址及协议结构	59
第 3 章	网络工程项目需求分析与设计	62
3.1	网络工程项目招标	62
3.1.1	网络工程项目招标的基本概念	62
3.1.2	网络工程项目招标的方式	63
3.1.3	网络工程项目招标的程序	64
3.1.4	招标文件	65
3.2	项目需求分析与逻辑设计	67
3.2.1	项目需求分析的基本过程	67
3.2.2	项目需求分析重要文档的编制	71
3.3	网络工程项目施工设计	73
3.3.1	水平布线子系统设计	73
3.3.2	垂直干线子系统设计	81
3.3.3	设备间子系统设计	84
3.3.4	建筑群子系统设计	85
3.4	网络工程概预算	85
3.4.1	综合布线系统工程概预算概述	86
3.4.2	综合布线工程的工程量计算原则	87
3.4.3	综合布线系统的预算设计方式	87
3.4.4	建筑与建筑群综合布线系统预算定额参考	89
3.5	网络工程项目整体设计方案	96
3.6	网络工程项目投标	100

3.6.1	工程投标的基本概念	100
3.6.2	分析招标文件	101
3.6.3	编制投标文件	101
3.6.4	工程项目的投标报价	102
3.7	网络工程项目投标文件目录样例	102
第4章	网络工程施工	107
4.1	网络综合布线工程安装施工的要求和准备	107
4.1.1	网络综合布线工程安装施工的要求	107
4.1.2	网络综合布线工程安装施工前的准备	107
4.2	网络综合布线施工	109
4.2.1	弱电沟与线槽	109
4.2.2	光缆施工技术	114
4.2.3	综合布线工程的施工配合	123
4.3	网络工程的设备安装	123
4.3.1	机房整体环境要求	124
4.3.2	机柜安装	129
4.3.3	机柜内线缆安装的重要知识	130
4.3.4	配线架与理线架的安装	131
4.3.5	网络设备安装与 IP 地址分配	131
4.4	网络系统测试	133
4.4.1	综合布线工程测试概述	133
4.4.2	电缆测试	133
4.4.3	双绞线测试	134
4.4.4	大对数线缆测试	140
4.4.5	光纤测试	140
第5章	网络工程基础实验	146
5.1	标准网络机柜和设备安装实验	146
【实验 5-1】	RJ-45 水晶头端接、网络跳线制作和测试实验	146
【实验 5-2】	信息模块端接实验	148
【实验 5-3】	网络配线架端接实验	149
【实验 5-4】	110 型通信跳线架端接实验	150
【实验 5-5】	机柜安装实验	151
5.2	简单链路实验	153
【实验 5-6】	简单链路实验	153
5.3	复杂链路实验	154
【实验 5-7】	复杂链路实验	154
5.4	交换机简单配置实验	156
【实验 5-8】	交换机配置方式及常用配置命令实验	156
【实验 5-9】	交换机的端口配置实验	159
【实验 5-10】	交换机 VLAN 的基本配置实验	160

5.5	路由器简单配置实验	162
	【实验 5-11】 路由器的基本配置方法	162
	【实验 5-12】 路由器的基本配置命令	163
	【实验 5-13】 路由协议配置	164
	【实验 5-14】 防火墙配置	166
5.6	交换机容错配置实验	167
	【实验 5-15】 华为 3COM 三层交换机的 VRRP 配置	169
5.7	服务器容错配置实验	171
	【实验 5-16】 服务器基本 I/O 的容错设置	172
第 6 章	网络工程设计实验	175
6.1	项目设计总体需求	175
6.2	工作区设计实验	177
	【实验 6-1】 敞开式办公区工作区设计实验	180
	【实验 6-2】 传统办公区工作区设计实验	182
	【实验 6-3】 商场工作区设计实验	184
	【实验 6-4】 酒店工作区设计实验	187
6.3	电信间与设备间子系统设计实验	189
	【实验 6-5】 电信间设计实验	193
	【实验 6-6】 设备间设计实验	199
6.4	楼宇网络工程项目设计实验	202
	【实验 6-7】 高层建筑网络工程总体设计	204
	【实验 6-8】 水平布线子系统设计	207
	【实验 6-9】 垂直干线子系统设计	209
	【实验 6-10】 大型商场综合布线系统设计	212
6.5	建筑群网络工程设计实验	215
	【实验 6-11】 园区内两幢建筑的建筑群子系统设计	215
	【实验 6-12】 园区内多幢建筑的建筑群子系统设计	216
6.6	网络工程地址分配实验	218
	【实验 6-13】 园区网络拓扑设计	220
	【实验 6-14】 IP 地址分配方案设计	222
第 7 章	网络工程竣工文档	234
7.1	综合布线系统竣工验收	234
	【实验 7-1】 综合布线系统竣工验收	236
7.2	网络工程系统竣工验收	239
	【实验 7-2】 网络工程系统竣工验收	241
7.3	系统测试	245
	【实验 7-3】 系统测试报告	247
附录 A	综合布线标准	250

第 1 章 网络综合布线系统基础知识

本章结构

本章首先介绍综合布线系统的基本概念，包括工作区、配线子系统、干线子系统、建筑群子系统、设备间、电信间、进线间和管理等共 8 个部分，然后详细地介绍综合布线系统中的介质、材料等相关基础知识。

综合布线系统知识是网络工程整体知识的第一部分内容。综合布线的相关知识还涉及强电、弱电的基础知识以及建筑学、通信工程等相关知识，是网络工程师必须了解和掌握的基础知识。本章介绍综合布线的基本概念和基本材料，让学生了解和建立综合布线系统的概貌。

1.1 网络综合布线系统

综合布线系统是一种模块化的、具有灵活配置能力的建筑物内或建筑群之间的信息传输通道。通过它可使语音设备、数据设备、交换设备及各种控制设备与信息管理系统连接起来，形成一个具有高带宽的区域网络系统。综合布线系统由不同系列和规格的部件组成，其中包括：传输介质、相关连接硬件（如配线架、连接器、插座、插头、适配器）以及电气保护设备等。这些部件可用来构建各种子系统，它们都有各自的具体用途，不仅易于实施，而且能随需求的变化而平稳升级。

Bell 实验室于 20 世纪 80 年代末期在美国率先推出了结构化综合布线系统（SCS）。1985 年初，计算机工业协会（CCIA）提出对大楼布线系统标准化的倡议。1991 年 7 月，ANSI/EIA/TIA 568《商业大楼电信布线标准》问世，与布线通道及空间、管理、电缆性能及连接硬件性能等有关的相关标准也同时推出。1995 年底，TIA/EIA 568 标准正式更新为 TIA/EIA 568A，同时，国际标准化组织（ISO）推出相应标准 ISO/IEC/IS 11801。1997 年，TIA 出台 6 类布线系统草案，同期，基于光纤的千兆网标准推出。1999 年至今，TIA 又陆续推出了 6 类布线系统正式标准，ISO 推出 7 类布线标准。2002 年 6 月，正式通过的 6 类布线标准成为 TIA/EIA 568B 标准的附录，它被正式命名为 TIA/EIA 568B.2-1。

我国在 20 世纪 80 年代末期开始引入综合布线系统，20 世纪 90 年代中后期综合布线系统得到了迅速发展。目前，现代化建筑中已广泛采用综合布线系统，“综合布线”已成为我国现代化建筑工程中的热门课题，也是建筑工程、通信工程设计及安装施工相互结合的一项十分重要的内容。

1.1.1 综合布线系统的概念

综合布线系统采用了一系列高质量的标准材料，以模块化的组合方式，把语音、数据、图像和部分控制信号系统用统一的传输介质进行综合，经过统一的规划设计，综合在一套标准的、

结构化的布线系统中,将现代建筑的三大子系统有机地连接起来,为现代建筑的系统集成提供了物理介质,是智能建筑的重要组成部分。

作为布线系统,美国标准将其划分为建筑群子系统、垂直干线子系统、水平干线子系统、设备间子系统、管理间子系统和工作区子系统 6 个独立的子系统;我国国家标准(GB 50311—2007)将其划分为工作区、配线子系统、干线子系统、建筑群子系统、设备间、进线间、电信间和管理 8 个部分。

美国标准综合布线系统结构如图 1-1(a)所示,我国国家标准(GB 50311—2007)综合布线系统结构如图 1-1(b)所示。

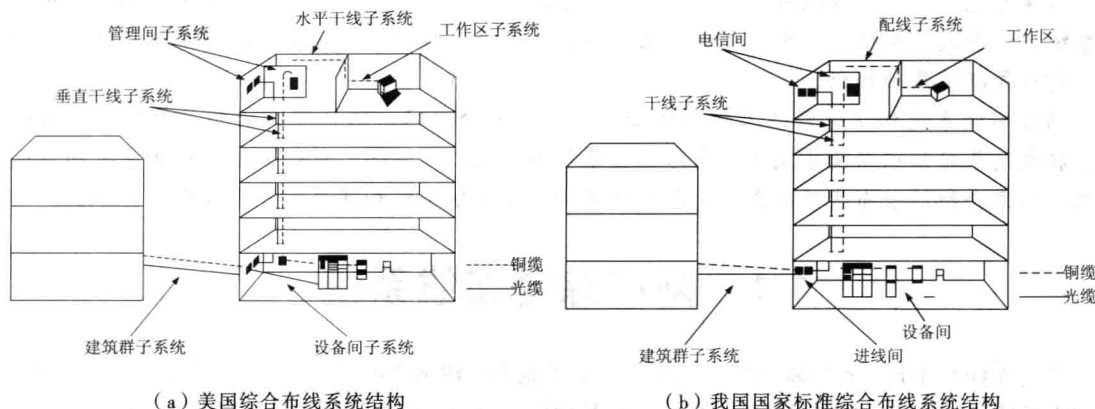


图 1-1 综合布线系统结构

综合布线系统是弱电系统的核心工程,适用场合不仅涉及商务、办公等智能楼宇和建筑群,连高层住宅和居民小区也普遍采用综合布线系统。为适应新的需要,我国国家标准(GB 50311—2007)自 2007 年 10 月 1 日起实施。为了方便工程设计、施工安装,本书在 GB 50311—2007《综合布线系统工程设计规范》的基础上编写综合布线系统的设计与施工技术。

1.1.2 综合布线系统的特点

综合布线系统具有如下特性:

① 可靠、实用性。布线系统要能够充分适应现代和未来技术发展的需要,实现语音传输,高速数据通信,高显像度图片传输,支持各种网络设备、通信协议和包括管理信息系统、商务处理活动、多媒体系统的广泛应用。布线系统还要能够支持其他一些非数据的通信应用,如电话系统等。

② 先进性。布线系统作为整个建筑的基础设施,要采用先进的科学技术,要着眼于未来,保证系统具有一定的超前性,能够支持未来的网络技术和应用。

③ 灵活性。布线系统对于其服务的设备有一定的独立性,能够满足多种应用的要求,每个信息点可以连接不同的设备,如数据终端、模拟或数字式电话机、程控电话或分机、个人计算机、工作站、打印机、多媒体计算机和主机等。布线系统要可以连接成包括星形、环形、总线型等各种不同的逻辑结构。

④ 模块化。布线系统中除去固定于建筑物内的水平线缆外,其余所有的设备都应当是任意更换、插拔的标准组件,以方便使用、管理和扩充。

⑤ 扩充性。布线系统应当是可扩充的，以便在系统需要改进时可以有充分的余地将设备扩展进去。

⑥ 标准化。布线系统要采用和支持各种相关技术的国际标准、国家标准和行业标准，这样不仅能支持现在的各种应用，还能适应未来的技术发展需要。

1.1.3 综合布线系统的构成

国家标准将布线系统划分为工作区、干线子系统、配线子系统、建筑群子系统、设备间、电信间、进线间和管理等共8个部分，下面分别予以介绍。

综合布线系统的构成表示图可分为基本构成表示图、布线子系统构成表示图和布线系统入口设施表示图。布线基本构成表示图如图1-2所示。

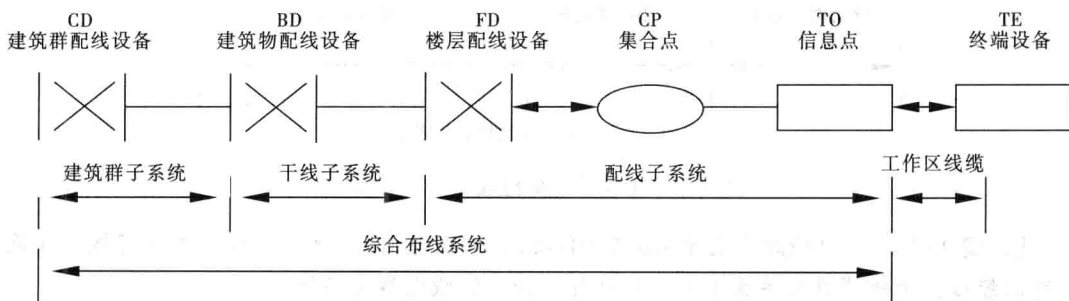
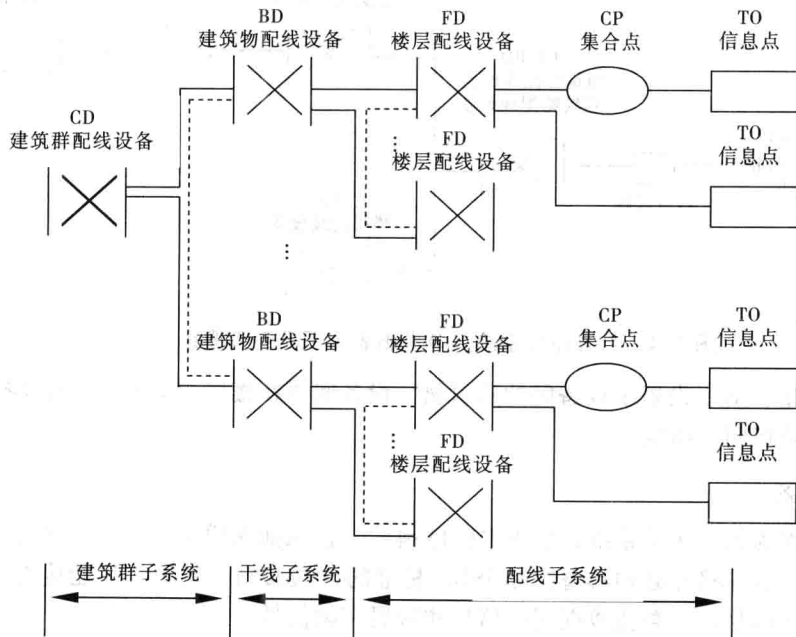


图 1-2 综合布线系统基本构成表示图

布线子系统构成如图1-3(a)、(b)所示。



(a) 布线子系统构成表示图 1

图 1-3 布线子系统构成表示图

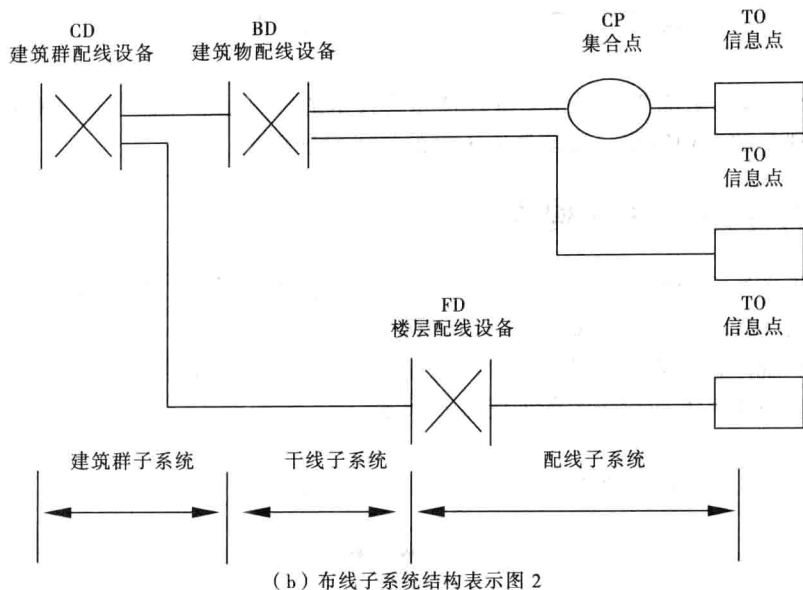


图 1-3 布线子系统构成表示图 (续)

注：图 1-3 (a) 中的虚线表示 BD 与 BD 之间，FD 与 FD 之间可以设置主干缆线。建筑物 FD 可以经过主干缆线直接连至 CD，TO 也可以经过配线缆线直接连至 BD。

综合布线系统入口设施及引入缆线构成如图 1-4 所示。

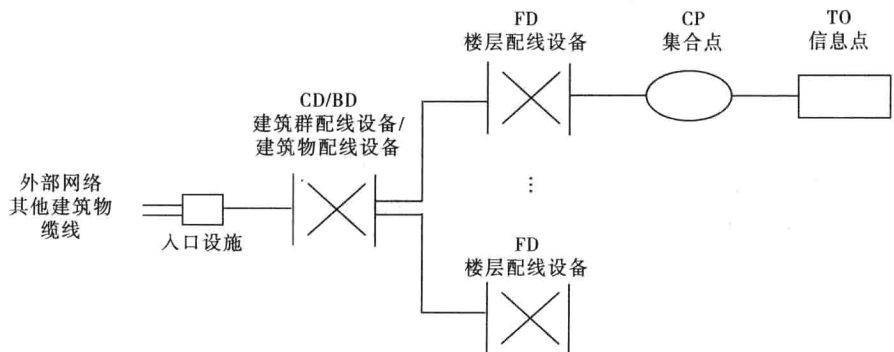


图 1-4 综合布线系统入口设施表示图及引入缆线构成图

在图 1-4 中，对于设置了设备间的建筑物，设备间所在楼层的 FD 可以和设备中的 CD/BD 及入口设施安装在同一场地。

1. 工作区

工作区又称为服务区子系统，它由 RJ-45 跳线、信息插座模块与所连接的终端设备组成。工作区中所使用的连接器必须具备国际 ISDN 标准的 8 位接口，这种接口能接受楼宇自动化系统中的所有低压信号以及高速数据网络信息和数码声频信号。

2. 干线子系统

干线子系统也称为垂直干线子系统或骨干子系统，它是整个建筑物综合布线系统的一部分，提供建筑物的干线电缆。干线子系统应由设备间至电信间的干线电缆和光缆，以及安装在设备间的建筑物配线设备及设备缆线和跳线组成。负责连接电信间到设备间的子系统一般使用光缆或非屏蔽双绞线。

干线子系统还包括：

- ① 干线或远程通信（卫星）接线间、设备间之间的竖向或横向的电缆走向用的通道。
- ② 设备间和网络接口之间的连接电缆或设备与建筑群子系统各设施间的电缆。
- ③ 干线接线间与各远程通信（卫星）接线间之间的连接电缆。
- ④ 主设备间和计算机主机房之间的干线电缆。

3. 配线子系统

配线子系统应由工作区的信息插座模块、信息插座模块至电信间配线设备（FD）的配线电缆或光缆、电信间的配线设备及设备缆线和跳线等组成。

配线子系统又称为水平布线子系统，它包括从工作区的信息插座开始到电信间的配线设备及设备缆线和跳线，其一般为星形结构。它与干线子系统的区别在于：配线子系统总是在一个楼层上，仅仅是信息插座与电信间连接。在综合布线系统中，配线子系统由4对UTP（非屏蔽双绞线）组成，能支持大多数现代化通信设备。如果有磁场干扰或信息保密，可用屏蔽双绞线；如果需要高宽带应用，可以采用光缆。

4. 电信间

电信间（也称为管理间子系统）由交叉连接、互连和I/O组成。电信间为连接其他子系统提供手段，它是连接干线子系统和配线子系统的子系统，其主要设备是配线架、集线器、交换机、机柜和电源。

交叉连接和互连允许将通信线路定位或重定位在建筑物的不同部分，以便能更容易地管理通信线路。I/O位于用户工作区和其他房间或办公室，使用户在移动终端设备上能够方便地对其进行插拔。

5. 建筑群子系统

建筑群子系统也可称为楼宇子系统。它是将一个建筑物中的电缆延伸到另一个建筑物，通常由光缆和相应设备组成。它支持楼宇之间的通信，其中包括导线电缆、光缆以及防止电缆上的脉冲电压进入建筑物的电气保护装置。

在建筑群子系统中，会遇到室外铺设电缆问题，一般有3种情况：架空电缆、直埋电缆、地下管道电缆，或者这3种电缆的任意组合，具体情况应根据现场的环境来决定。

6. 设备间

设备间是在每幢建筑物的适当地点进行网络管理和信息交换的场地。对于综合布线系统工程设计，设备间主要安装建筑物配线设备。电话交换机、计算机主机设备及入口设施也可与配线设备安装在一起。

设备间也称设备间子系统或设备子系统。设备间由电缆、连接器和相关设备组成。它把各种公共系统设备的多种不同设备互连起来，其中包括电信部门的光缆、同轴电缆、程控交换机等。

7. 进线间

进线间也可称为进线间子系统。进线间是建筑物外部通信和信息管线的入口部位，并可作为入口设施和建筑群配线设备的安装场地。

8. 管理

管理是对工作区、电信间、设备间、进线间的配线设备、缆线、信息插座模块等设施按一定的模式进行标识和记录。综合布线系统应有良好的标记系统，如建筑物名称、建筑物位置、区号、起始点和功能等标志。综合布线系统使用了三种标记：电缆标记、场标记和插入标记，其中插入标记最常用。这些标记通常采用硬纸片或其他方式，由安装人员在需要时取下来使用。

1.2 综合布线线材与配套端接设备

在计算机与计算机连网时，首先会遇到通信线路和通道传输问题。目前，计算机通信分为有线通信和无线通信两种。有线通信利用电缆、光缆或电话线来充当传输介质，而无线通信利用卫星、微波、红外线来充当传输介质。

网络通信线路的选择必须考虑网络的性能、价格、使用规则、安装的容易性、可扩展性及其他一些因素。

在网络布线系统中使用的线缆通常分为双绞线、同轴电缆、大对数线缆、光缆等。市场上供应的品种型号很多，工程技术人员应根据实际的工程需求来选购线缆，本节主要就有线通信介质进行介绍。

1.2.1 双绞线

双绞线（Twisted Pair，TP）是一种综合布线工程中最常用的传输介质。双绞线是由两根具有绝缘保护层的铜导线组成。把两根绝缘的铜导线按一定间距互相绞合在一起，可降低信号干扰的程度，每一根导线在传输中辐射出来的电波会被另一根导线上发出的电波抵消。双绞线截面图如图 1-5 所示。

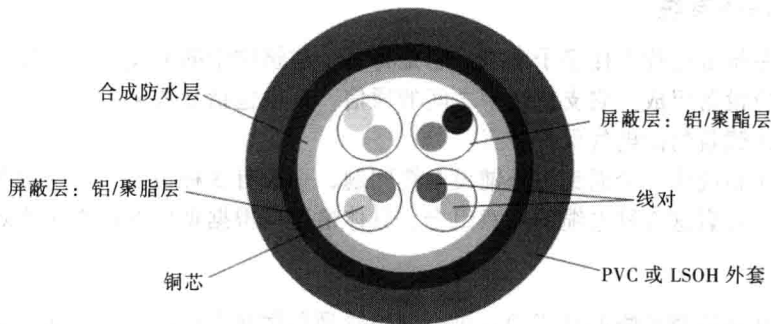


图 1-5 双绞线截面图

1. 双绞线分类

- ① 从线芯对数上分为：8 芯 4 对、50 芯 25 对、100 芯 50 对。

② 从电气角度上分为：100Ω 双绞线、120Ω 双绞线、150Ω 双绞线。

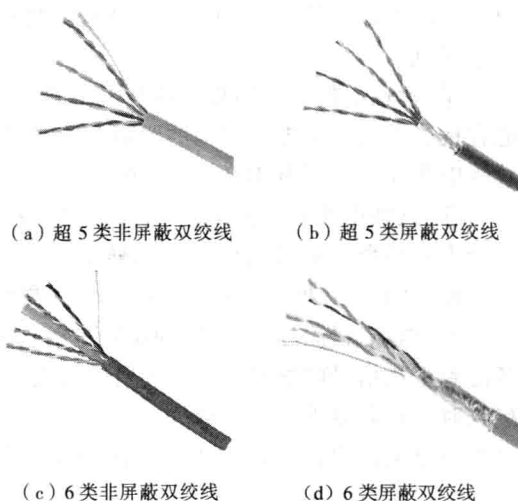
③ 从结构上分为：UTP（非屏蔽双绞线）、FTP（包铝箔的屏蔽双绞线）、SFTP（包铝箔、加铜编织网的屏蔽双绞线）、STP（每对芯线电缆包铝箔、总体加铜纺织网）。

④ 从防火等级上分为：

- CMP：用于压力通风阻燃。
- CMR：用于垂直主干。
- CM：除阻燃和垂直主干外的普通使用。
- CMX：是 UL 防火等级中级别最低的。
- OFNP：非导体压力通风阻燃。
- OFNR：非导体垂直主干。
- OFN：非导体光纤电缆，除阻燃和垂直主干外。

⑤ 从级别上分为：

- 非屏蔽双绞线：
 - 3 类（带宽 16 Mbit/s）。
 - 5 类（带宽 100 Mbit/s）。
 - 超 5 类（带宽 100 Mbit/s）。
 - 6 类（带宽 250 Mbit/s）。
- 屏蔽双绞线：
 - 3 类（带宽 16 Mbit/s）。
 - 4 类（带宽 20 Mbit/s）。
 - 5 类（带宽 100 Mbit/s）。
 - 超 5 类（带宽 100 Mbit/s）。
 - 6 类（带宽 250 Mbit/s）。
 - 7 类（带宽 600 Mbit/s）。



部分类别的双绞线如图 1-6 所示。

图 1-6 双绞线

国际电气工业协会（EIA）为双绞线电缆定义了不同质量的型号。

计算机网络综合布线使用第 3、4、5 类、超 5 类（5e）、6 类，这五种分别定义为：

① 第 3 类：指目前在 ANSI 和 TIA/EIA 568 标准中指定的电缆。该电缆的传输特性最高规格为 16 MHz，用于语音传输及最高传输速率为 10 Mbit/s 的数据传输。

② 第 4 类：该类电缆的传输特性最高规格为 20 MHz，用于语音传输和最高传输速率 16 Mbit/s 的数据传输。

③ 第 5 类：该类电缆增加了绕线密度，外套是一种高质量的绝缘材料，传输特性的最高规格为 100 MHz，用于语音传输和最高传输速率为 100 Mbit/s 的数据传输。

④ 超 5 类：在 5 类双绞线的基础上，增加了额外的参数（ps NEXT、ps ACR）和部分性能提升，但传输速率仍为 100 Mbit/s。

⑤ 6 类：在物理上与超 5 类不同，线对与线材之间是分隔的，数据传输的速率为 250 Mbit/s，其标准已于 2002 年 6 月 5 日通过。

2. 双绞线的主要技术指标

对于双绞线，用户所关心的是：衰减、串扰、特性阻抗、分布电容、直流电阻等。为了便

于理解, 首先解释几个名词:

① 衰减 (Attenuation): 是沿链路传输的信号损失度量。衰减随频率而变化, 所以应测量在应用范围内的全部频率上的衰减。

② 串扰: 串扰分近端串扰 (NEXT) 和远端串扰 (FEXT), 测试仪主要是测量 NEXT。由于线路损耗, FEXT 的量值影响较小。在 3 类、5 类系统中忽略不计。NEXT 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的不同而变化, 电缆越长值越小。

近端串扰 NEXT 损耗 (Near-End Crosstalk Loss) 是测量一条 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。

③ 直流电阻: 直流环路电阻会衰耗一部分信号并转变成热量, 它是指一对导线环电阻, 11801 的规格不得大于 $19.2\ \Omega$, 每对间的不平衡电阻小于 $0.1\ \Omega$, 否则表示接触不良, 必须检查连接点。

④ 特性阻抗: 与环路直接电阻不同, 特性阻抗包括电阻及频率自 $1\sim 100\ \text{MHz}$ 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 $150\ \Omega$ 。

⑤ 衰减串扰比 (ACR): 在某些频率范围, 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) 表示, 它由最差的衰减量与 NEXT 量值的差值计算。较大的 ACR 值表示对抗干扰的能力更强, 系统要求至少大于 $10\ \text{dB}$ 。

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, 将导致数据信号在被接收时, 接收器不能分辨数据信号和噪声信号, 最终引起数据错误。因此, 为了使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。

3. 双绞线的绞距

在双绞线电缆内, 不同线对具有不同的绞距长度。一般地说, 4 对双绞线绞距周期在 $38.1\ \text{mm}$ 长度内, 按逆时针方向扭绞, 一对线对的扭绞长度在 $12.7\ \text{mm}$ 以内。

4. 双绞线的线规

美国线缆线规 (American Wire Gauge, AWG) 是用于测量铜导线直径及直流电阻的标准。线规号的范围是 $0000\sim 28$ 号, 其直径、直流电阻、质量的相互关系如表 1-1 所示。

表 1-1 美国线缆线规

线 规 号	线 规 直 径		直流电阻/ (Ω/km)	质量/ (kg/km)
	mm	in		
28	0.320	0.0126	214	0.716
27	0.361	0.0142	169	0.908
26	0.404	0.0159	135	1.14
25	0.455	0.0179	106	1.44
24	0.511	0.0201	84.2	1.82
23	0.574	0.0226	66.6	2.32

续表

线 规 号	线 规 直 径		直流电阻 (Ω/km)	质量/ (kg/km)
	mm	in		
22	0.643	0.0253	53.2	2.89
21	0.724	0.0285	41.9	3.66
20	0.813	0.0320	33.3	4.61
19	0.912	0.0359	26.4	5.80
18	1.020	0.0403	21.0	7.32
17	1.144	0.045	16.3	9.24
16	1.296	0.051	13.4	11.65
15	1.449	0.057	10.4	14.69
14	1.627	0.064	8.1	18.09
13	1.830	0.072	6.5	23.39
12	2.059	0.081	5.2	29.50
11	2.313	0.091	4.2	37.10
10	2.593	0.102	3.3	46.79
9	2.898	0.114	2.6	59
8	3.254	0.128	2.0	74.5
7	3.660	0.144	1.6	93.87
6	4.118	0.162	1.3	118.46
5	4.626	0.182	1.0	49.00
4	5.186	0.204	0.8	187.74
3	5.821	0.229	0.7	236.91
2	6.558	0.258	0.5	299.49
1	7.346	0.289	0.4	376.97
0	8.261	0.325	0.3	475.31
00	9.278	0.365	0.26	600.47
000	10.422	0.410	0.2	756.92
0000	11.693	0.460	0.16	955.09

5. 影响双绞线性能的主要因素

在工程施工过程中,影响网络双绞线的数据传输速率和距离的主要因素有:

- ① 网络双绞线配线端接工程技术。
- ② 布线拉力。
- ③ 布线曲率半径。
- ④ 布线绑扎技术。
- ⑤ 电磁干扰。
- ⑥ 工作温度。