

## 第2章 综合布线与机房工程

计算机网络主要由“信源（数据发送端）、信道、信宿（数据接收端）”三部分组成，信源通过信道连接信宿。信道包括有线和无线两类，有线信道需要敷设线缆。服务器是终端共享的数据源，服务器通过路由交换设备连接信道，这些设备均要部署在机房内。网络工程技术人员，既要会修信道（网络布线），也要会构建信源管理所（网络机房）。

本章简单介绍综合布线系统的相关标准及安全布线的基本要求。重点介绍综合布线设计、安装及测试的相关技术与规范。通过案例，讨论数据中心机房布线、供电、制冷、节能，以及接地保护的技术路线。通过本章学习，从知识、情感及技能方面，达到以下目标。

（1）描述综合布线 EIA/TIA-568、ISO/IEC 11801 标准，了解 GB 50311—2007 规范。识别 EIA/TIA-568 三层配线间连接、ISO 11801 水平布线等规范，以及局域网光缆传输指标（知识重点）。会使用工具制作 EIA/TIA-568A/568B 的 UTP 接头（技能重点）。

（2）理解综合布线设计思想、原则、范围及步骤（知识重点），能够根据距离、带宽、电磁环境和地理环境的要求，选择合适的传输介质，进行室内综合布线、建筑群综合布线设计和 UTP 线缆测试（知识重点与难点）。走访网络管理部门，调查与研究综合布线系统结构与布线的关键技术（情感与技能重点）。

（3）理解网络中心机房布线、供电、制冷、节能，以及接地保护的方法和步骤（知识重点与难点）。走访数据中心，调查与研究机房建设技术路线，获得机房设计的感性认识（情感与技能）。尝试、模仿网络专家分析问题、解决问题的行为（情感难点），能按照用户网络组网需求，撰写简单的网络布线与机房工程任务书（技能难点）。

### 2.1 综合布线系统标准

目前，综合布线系统（Premises Distribution System, PDS）被广泛遵循的标准有：北美标准 EIA/TIA-568A；国际标准化组织（ISO）和国际电子技术委员会（IEC）制定的 ISO/IEC 11801 标准；欧洲通信布线标准 EN 50173。各布线系统器件厂商遵照此标准提供了自己的布线产品系列，如 IBM 的先进性连接系统（Advanced Connectivity System）、AT&T 的结构化综合布线系统（Structured Cabling System）、AMP 的开放式布线系统（Open Wiring System）等。

#### 2.1.1 EIA/TIA-568A 标准

结构化综合布线系统（Structured Cabling Systems, SCS）采用模块化设计和分层星状拓扑结构，它能适应任何大楼或建筑物的布线系统，其代表产品是建筑与建筑群综合布线系统。另外，还有两种先进的系统，即智能大楼布线系统（IBS）和工业布线系统（IDS）。它们的原理和设计方法基本相同，差别是 PDS 以商务环境和办公自动化环境为主。

##### 1. EIA/TIA-568A 标准及内容

EIA/TIA-568 标准于 1985 年在美国开始制定，经过 6 年的努力，于 1991 年形成第 1 版

EIA/TIA-568。这个文件是综合布线标准的奠基性文件，与 EIA/TIA-569、TSB36、TSB40 等文件形成北美综合布线系列文件。EIA/TIA568 标准经过改进，于 1995 年 10 月正式修订为 EIA/TIA-568A 标准。该标准制定的目的和内容如下。

(1) 标准的目的。建立支持多厂商用户环境的通用布线系统；进行商用建筑结构化布线系统的设计和安装指导，便于用户连接和建立系统；确定布线系统配置的性能和技术标准，提供建筑群和商用大楼内通信布线的最低要求。

(2) 标准的基本内容。建议的拓扑结构和布线距离，决定性能的介质参数，确保互通性；规定了连接器引脚功能的分配；办公环境通信布线的最低要求；通信布线系统要求具有 10 年以上的使用期限。

## 2. EIA/TIA-568A 所建议的拓扑结构

EIA/TIA-568A 完全遵循结构化综合布线系统规范，建议的拓扑结构是主干分层星状拓扑结构，如图 2.1 所示。EIA/TIA-568A 规定了两个层次。

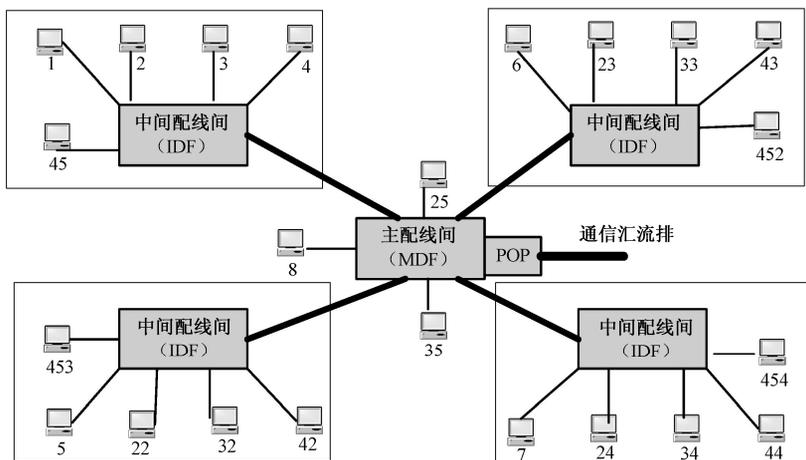


图 2.1 主干分层星状拓扑结构示意图

第一层次，在一幢大楼内，从主配线间 MDF (设备机房) 的主跳线连接配线架按星状拓扑将主干电缆直接连到中间配线间 IDF (通信室) 配线架。通过水平跳线连接，再按星状拓扑将水平线缆连到各房间内工作区的通信出口处 (信息终端、计算机)。

第二层次，在一幢大楼内，当从层次结构第一层的主跳线连接 (MDF) 配线架到通信配线间 (IDF) 之间的距离大于 UTP 所限定的距离 90 m，或者连到另一幢大楼的设备间时，在 MDF 与 IDF 之间需要增加一个设备机房 (即层次结构的第二层)。

## 3. EIA/TIA-568A 水平线缆

(1) 推荐使用的水平线缆。

- 4 对 100Ω 5 类 UTP (非屏蔽双绞线)；
- 2 对 150Ω STP-A (屏蔽双绞线)，端接 IEEE 802.5 数据接口；
- 62.5/125 (μm) 双芯多模光缆，端接 SC 连接器；
- ANSI/TIA/EIA-568B 标准允许使用 50/125 (μm) 多模光缆；

- 50Ω同轴电缆也被认可，但初装时不可使用。

虽然 TIA/EIA-568-A 标准承认 50Ω同轴电缆，但是在新的网络项目中不建议使用。4 对 100Ω 5 类 UTP 的性能定义到 100MHz，应采用 100Base-T。

(2) 水平线缆选择原则。每个工作区（即每个面板）至少有两个通信插座，一个用于话音，另一个用于数据传输。第一个插座要适合三类或更高标准的 4 对 100Ω UTP。第二个插座要能支持 5 类 4 对 100Ω UTP（推荐 5 类线）、2 对 150Ω STP-A 电缆、62.5/125 (μm) 双芯多模光缆等介质。

#### 4. 主干电缆和光缆

主干电缆是布线系统在不同层次的配线架之间的连线（如图 2.2 所示），包括主配线交叉连接（MC）、中间配线交叉连接（IC）、水平配线交叉连接（HC），以及主干和水平布线。主干连接、中间到水平的连线，一般由多对数铜缆、多芯光缆及二者相结合而组成。

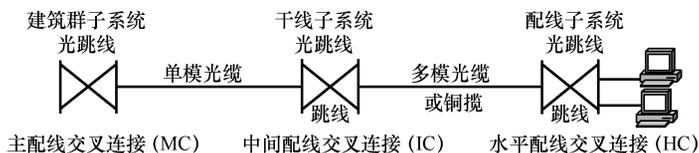


图 2.2 三层配线间连接示意图

(1) EIA/TIA-568A 推荐使用的\*\*主干电缆和光缆\*\*。 $100\Omega$ 多对数 UTP24AWG、4 对  $100\Omega$  UTP24AWG5 类、 $150\Omega$  STP-A、 $62.5/125\mu\text{m}$  多模光缆等介质可独立或组合使用。ANSI/TIA/EIA-568B 标准允许使用  $50/125\mu\text{m}$  多模光缆。

(2) EIA/TIA-568 干线距离，如表 2.1 所示。铜缆布线系统分级与类别，如表 2.2 所示。3 类、5/5e 类（超 5 类）、6 类、7 类布线系统应能支持向下兼容的应用。

表 2.1 话音和低速数据的应用

媒体形式	MC-HC	HC-IC	IC-MC
100Ω UTP（语音）	800 m	500 m	300 m
150Ω STP-A	700 m	500 m	700 m
100Ω UTP（数据）	90 m		
多模光纤 MM Fiber	2 000 m	500 m	1 500 m
单模光纤 SM Fiber	3 000 m	500 m	2 500 m

表 2.2 铜缆布线系统分级与类别

系统分级	支持带宽 (Hz)	支持应用器件	
		电缆	连接硬件
A	100k		
B	1M		
C	16M	3 类	3 类
D	100M	5/5e 类	5/5e 类
E	250M	6 类	6 类
F	600M	7 类	7 类

在5~100MHz特定频带宽度内应用时，假定每端设备线的长度为5m，则UTP或STP-A的最大干线距离均为90m。MC主跳线连接最长距离为20m。MC和IC中机房设备线缆最长距离为30m。

(3) 综合布线系统工程的产品类别及链路、信道等级确定应综合考虑建筑物的功能、应用网络、业务终端类型、业务的需求及发展、性能价格、现场安装条件等因素，应符合表2.3的要求。光纤在100Mbps、1Gbps以太网中支持的传输距离，如表2.4所示。

表2.3 布线系统等级与类别的选用

业务种类	配线子系统		干线子系统		建筑群子系统	
	等级	类别	等级	类别	等级	类别
语音	D/E	5e/6	C	3类(大对数)	C	3类(室外大对数)
数据	D/E/F	5e/6/7	D/E/F	5e/6/7(4对)		
	光纤(多模或单模)	多模62.5μm, 50μm 单模<10μm	光纤	多模62.5μm, 50μm 单模<10μm	光纤	多模62.5μm, 50μm 单模<10μm
其他应用	可采用5e/6类4对双绞电缆和62.5μm多模/50μm多模/<10μm单模光缆					

表2.4 100Mbps、1Gbps以太网中光纤应用传输距离

光纤类型	应用网络	光纤直径(μm)	波长(nm)	带宽(MHz)	应用距离(m)
多模	100Base-FX	62.5	850		2000
	1000Base-SX			160	220
	1000Base-LX			200	275
				500	550
	1000Base-SX	50	850	400	500
	1000Base-LX			500	550
				1300	400
				500	550
单模	1000Base-LX	<10	1310		5000

### 5. UTP 连接硬件

为了便于网络互连，EIA/TIA-568A标准对UTP信息插座推荐使用RJ-45插头和插座。接头制作有T568A(白绿、绿，白橙、橙，蓝、白蓝，白棕、棕)和T568B(白橙、橙，白绿、绿，蓝、白蓝，白棕、棕)两种方式。T568A/568B针脚和线对连接，如图2.3所示。

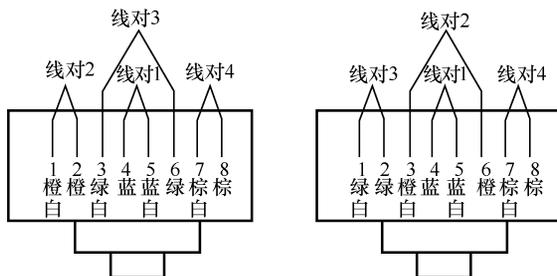


图2.3 T568A/568B针脚和线对连接示意图

RJ (Registered Jack) 表示属于已注册插座。标准建议用 T568A, 对于一般布线系统 T568B 也适用。T568A 与 T568B 只是在蓝、橙、绿、棕 4 对线中位于第 2 的橙对和位于第 3 的绿对位置交换。

## 6. 跳线

跳线分为工作区连接电缆、设备间设备线和配线架跳线。100Ω UTP 跳线色标如表 2.5 所示, 水平电缆 UTP 和工作区电缆的最大长度如表 2.6 所示。

表 2.5 100 Ω UTP 跳线色标

导体标识	色标选项 1	色标选项 2
对 1	白-蓝 (W-BL)、蓝 (BL)	绿 (G)、红 (R)
对 2	白-橙 (W-O)、橙 (O)	黑 (BK)、黄 (Y)
对 3	白-绿 (W-G)、绿 (G)	蓝 (BL)、橙 (O)
对 4	白-棕 (W-BR)、棕 (BR)	棕 (BR)、蓝灰 (S)

表 2.6 水平电缆 UTP 和工作区电缆的最大长度

水平电缆长度 (m)	最长工作区电缆 (m)	水平 UTP 两端设备线以及跳线 (m)	端到端 UTP 总长度 (m)
90	3	9	99
85	7	14	99
80	11	18	98
75	15	22	97
70	20	27	97

### 2.1.2 ISO/IEC 11801 标准

综合布线国际标准 ISO/IEC 11801 是在 1995 年正式颁布的。ISO 11801 建议的拓扑结构是主干分层的星状结构。分层星状拓扑结构适用于没有星状结构的建筑楼布线系统 (如环状、总线和树状) 设计, 针对环状结构和总线结构设计时, 允许在两个通信室之间直接布线。这种布线是对基本星状拓扑的补充。

#### 1. 拓扑结构

ISO 11801 建议的主干分层星状结构允许在建筑楼内布线区之间和楼层布线区之间连线。如果建筑楼的布线系统不能采用星状结构时, 可采用总线结构或树状结构, 以方便建筑楼内的两个通信房间直接布线。

#### 2. ISO 11801 传输介质

(1) 传输介质种类。

- 100Ω/120Ω 2 对/4 对 FTP, 按 16MHz、20MHz、100MHz, 分为三、四、五类;
- 150Ω STP;
- 62.5/125 (μm) 多模光缆;

- 50/125 (μm) 多模光缆;
- 8.3~10/125 (μm) 单模光缆。

(2) 水平线缆。ISO 11801 水平线为铜缆，推荐使用屏蔽线 FTP (Foiled Twisted Pair) 和 STP (Shielded Twisted Pair)。STP 与 FTP 是两种结构不同的屏蔽线。

STP 是全屏蔽电缆，有较高的容量和较好的抗干扰特性。过去曾广泛地用于数据传输，但成本高，施工难度大，接地要求严格，屏蔽电缆系统必须全程屏蔽。STP 的特性阻抗为 150 Ω，两对线分别加铝箔屏蔽，外面还有两层铝箔和铜编织网屏蔽层。

FTP 又称为 SCTP (Screened Twisted Pair)。FTP 的特性阻抗为 100 Ω，水平线采用 2 对或 4 对的 FTP，在结构上是整体屏蔽，对于 4 对 FTP 即 4 对双绞线的外面，包着一个铝箔屏蔽层；其线径范围：0.4 mm < 线径 < 0.65 mm，不同线径对应不同特性阻抗的电缆。

(3) 通信信息插座。ISO 11801 允许应用 2 对插座，但无特定设计和对数确定的插座规定。信息插座性能如表 2.7 所示。信息插座反射率随传输频率变化范围是：1 MHz < f < 20 MHz，23 dB；20 MHz < f < 100 MHz，14 dB。

表 2.7 信息插座性能

频率/MHz	衰减/dB		NEXT 串音/dB	
	100~120Ω	150Ω	100~120Ω	150Ω
1	0.1	0.05	80	86.5
4	0.1	0.05	68	74.4
10	0.1	0.10	60	66.5
16	0.2	0.15	56	62.4
20	0.2	0.15	54	60.5
31.25	0.2	0.15	50	56.6
32.5	0.3	0.2	44	50.6
100	0.4	0.25	40	46.5

(4) ISO 11801 传输级别分类。按应用和频率可分为 A、B、C、D 四级，如表 2.8 所示。

表 2.8 ISO 11801 传输级别分类

使用级别	A 级 话音和低频	B 级 中速数字信号	C 级 高速数字信号	D 级 超高速数字信号
3 类 100 和 120Ω	2km	500m	100m	—
4 类 100 和 120Ω	3km	600m	150m	—
5 类 100 和 120Ω	3km	700m	160m	100m
150Ω STP	3km	1km	250m	150m

## 2. 屏蔽线传输特性

(1) 线缆和连接硬件衰减。线缆和连接硬件衰减与特性阻抗无关，具有相同的规定，如表 2.9 所示。

表 2.9 连接线路衰减、串音 NEXT 及 ACR 的规定

频率/MHz	衰减/dB	NEXT (串音)	ACR	可能 ACR
1.0	2.50	54	—	51.5
4.0	4.80	45	—	40.2
10.0	7.50	39	35.0	31.5
16.0	9.40	36	30.0	26.6
20.0	10.50	35	28.0	24.5
31.25	13.10	32	23.0	18.9
62.50	18.40	27	13.0	8.6
100.0	23.20	24	4.0	2.8

(2) 衰减串扰比 (ACR)。在某些频率范围内,串扰与衰减量的比值也是一个重要的参数,即衰减串扰比 (ACR)。ACR 有时用信噪比 (SNR) 来表示,它们都是反映电缆性能的重要参数。ACR 实际上代表了信号传输的通频带宽,通频带越宽,信息通过就越容易,越不容易受到干扰。ACR 值越大,表示抗干扰的能力越强,ACR 可由在某个特定频率下的串音 dB 值与相同频率下 100m 内的衰减 dB 值的差值来表示。水平电缆 100m 衰减和近端串音 NEXT 如表 2.10 所示;其中 100Ω 和 120 Ω FTP 电缆反射率为 23dB,150Ω STP 电缆反射率为 24dB。

表 2.10 水平电缆 100m 衰减和近端串音 NEXT

频率/MHz	100m 衰减/dB			NEXT/dB	
	100Ω	120Ω	150Ω	100Ω	150Ω
1	2.1	1.8	—	62	—
4	4.3	3.6	2.2	53	58
10	6.6	5.2	3.6	47	53
16	8.2	6.2	4.4	44	50
20	9.2	7.0	4.9	42	49
31.25	11.8	8.8	6.9	40	46
62.5	17.1	12.5	9.8	35	41
100	22.0	17.0	12.3	32	38

### 3. ISO 11801 水平布线模式

ISO 11801 定义“通道”(Channel)和“链路”(Link)两种水平布线模式,但与 TSB-67 测试标准的基本链路(Basic Link)不同,它含有 5m 快接式跳线。按照 ISO 11801 性能参数,设计的水平布线模式如图 2.4 所示。

### 4. 直流环路电阻

直流环路电阻是指一对双绞线的两条铜导线电阻之和,直流环路电阻将使信号能量部分转变成热能损耗掉。ISO 11801 规定 100Ω 双绞线直流环路电阻不大于 19.2Ω/100m,150Ω STP 直流环路电阻为 12Ω/100m。每对双绞线之间相差要小于 0.1Ω,不能太大;否则,说明接触不良,必须进一步检查连接点。

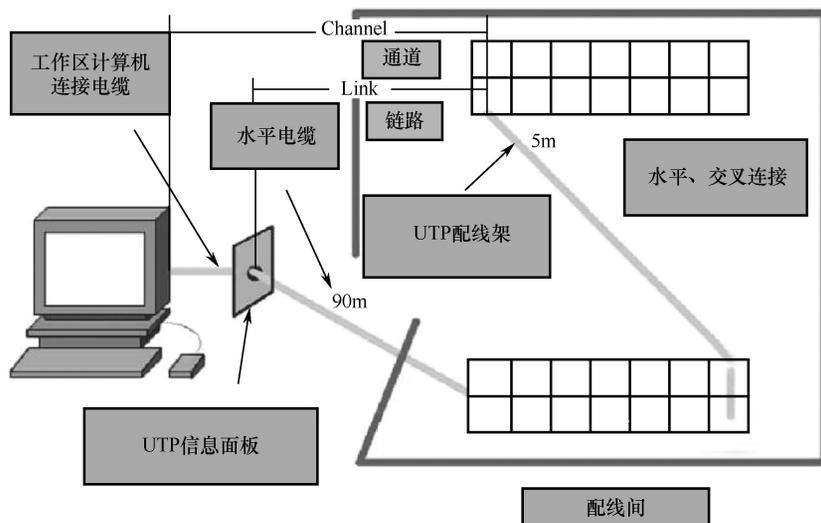


图 2.4 ISO 11801 水平布线模式

### 2.1.3 综合布线工程设计规范

GB 50311—2007 规范是根据我国建设部建标〔2004〕67号文件《关于印发“二〇〇四年工程建设国家标准制订、修订计划”的通知》要求，对原《建筑与建筑群综合布线系统工程设计规范》GB/T 50311—2000 工程建设国家标准进行了修订，由信息产业部作为主编部门，中国移动通信集团设计院有限公司会同其他参编单位组成规范编写组共同编写完成的。

GB 50311—2007 规范适用于新建、扩建、改建建筑与建筑群综合布线系统工程设计。综合布线系统设施及管线的建设，应纳入建筑与建筑群相应的规划设计之中。工程设计时，应根据工程项目的性质、功能、环境条件和近、远期用户需求进行设计，并应考虑施工和维护方便，确保综合布线系统工程的质量和安全性，做到技术先进、经济合理。综合布线系统应与信息设施系统、信息化应用系统、公共安全系统、建筑设备管理系统等统筹规划，相互协调，并按照各系统信息的传输要求优化设计。（限于篇幅，不再赘述，读者可参考相关内容。）

## 2.2 综合布线设计与安装

综合布线是智能大厦建设中的一技术工程项目，它不完全是建筑工程中的“弱电”工程。智能化建筑是由智能化建筑环境内系统集成中心，利用综合布线系统连接和控制“3A”系统组成的。3A即楼宇自动化（Building Automation）、办公自动化（Office Automation）和通信自动化（Communication Automation）。布线系统设计是否合理，直接影响到3A的功能。

### 2.2.1 设计思想与原则

目前，国际上各综合布线产品都提出了15年质量保证体系，但并没有提出多少年投资保证。为了保护建筑物布线投资者的利益，综合布线工程设计可采取“总体规划，分步实施，建筑楼内布线一步到位”的思想。这样，可以降低布线施工成本。具体设计原则如下。

(1) 用户至上。首先是以建筑与建筑群对综合布线系统的要求为基础,并以满足用户需求为目标,最大限度地满足用户提出的功能需求,并针对业务的特点,确保使用性。

(2) 先进性。在满足用户需求的前提下,充分考虑信息社会迅猛发展的趋势,在技术上适度超前,使提出的方案保证将建筑与建筑群建成先进的、现代化的信息大楼。

(3) 灵活性和可扩展性。充分考虑楼宇内所涉及的各部门信息的集成和共享,保证整个系统的先进性、合理性,实现分散式控制、集中统一式管理。总体结构具有可扩展性和兼容性,可以集成不同厂商不同类型的先进产品,使整个系统可随技术的进步和发展而不断得到充实和提高。

(4) 标准化和扩展性。网络结构化综合布线系统的设计必须依照国际和国家的有关标准进行。此外,根据系统总体结构的要求,各个子系统必须实现结构化和标准化,并代表当今最新的技术成就。

(5) 经济性。在实现先进性、可靠性的前提下,达到功能和经济的优化设计。结构化综合布线系统的设计采用新技术、新材料、新工艺,使综合化布线大楼能够满足智能大厦的各项指标。

## 2.2.2 设计范围与步骤

综合布线系统是一个模块化结构、星状布线并且具有开放特性的布线系统。该系统一般包括工作区子系统、水平子系统、管理子系统、垂直子系统、建筑群子系统和设备子系统等,如图 2.5 所示。按照该图所示的范围,综合布线系统的设计步骤如下。

- (1) 获取建筑物平面图。
- (2) 分析用户需求,生成问题清单。
- (3) 进行系统结构设计,生成物理拓扑技术文档。
- (4) 进行布线路由设计,生成逻辑拓扑、插座和电缆索引表;设备 MAC 地址和 IP 地址索引表等技术文档。
- (5) 绘制布线施工图,生成插座标号、布设电缆标号等技术文档。
- (6) 编制布线用料清单。

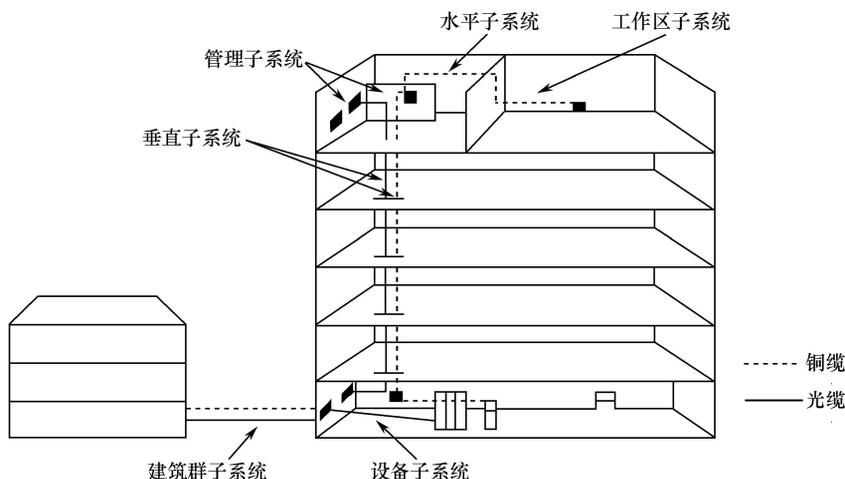


图 2.5 综合布线系统结构图

星状拓扑结构布线方式具有多元化的功能,可以使任一子系统单独布线,从而使每一子系统均为一个独立的单元组,因而在更改任一子系统时,均不会影响其他子系统。

一个设计完善的布线系统,其目标是在既定时间以外,允许在有新需求的集成过程中,不必再去进行水平布线,以免损坏建筑装饰而影响美观。

### 2.2.3 工作区子系统

工作区子系统又称为服务区子系统,它是由 RJ-45 插座和其所连接的设备(终端或工作站)组成的。根据实际需要,可以将工作区子系统分为以下三个设计等级。

(1) 基本型。适用于综合布线系统中配置标准较低的情况,用铜芯电缆组网。其配置为:每个工作区(站)有一个信息插座。每个工作区(站)的配线电缆为一条 4 对双绞线,引至楼层配线架。完全采用夹接式交接硬件。每个工作区(站)的干线电缆(即楼层配线架至设备间总配线架电缆)至少有 2 对双绞线。

(2) 增强型。适用于综合布线系统中配置标准中等的情况,用铜芯电缆组网。其配置为:每个工作区(站)有两个以上的信息插座。每个工作区(站)的配线电缆均为一条独立的 4 对双绞线,引至楼层配线架。采用夹接式(110A 系列)或接插式(110P 系列)交接硬件。每个工作区(站)的干线电缆(即楼层配线架至设备间总配线架)至少有 3 对双绞线。

(3) 综合型。适用于综合布线系统中配置标准较高的情况,用光缆和铜芯电缆混合组网。其配置为:在基本型和增强型综合布线系统的基础上增设光缆系统。在每个基本型工作区的干线电缆中至少配有 2 对双绞线。在每个增强型工作区的干线电缆中至少有 3 对双绞线。

所有基本型、增强型、综合型综合布线系统都能支持语音、数据、图像等服务,能随工程的需要转向更高功能的布线系统。它们之间的主要区别在于支持语音和数据服务所采用的方式,以及在移动和重新布局时实施线路管理的灵活性。

在进行终端设备或 I/O 连接时,可能需要某种传输电子装置,但这种装置并不是工作区子系统的一部分。例如调制解调器,它能为终端与其他设备之间的兼容性、传输距离的延长提供所需的转换信号,但不能说是工作区子系统的一部分。

工作区子系统所使用的连接器必须具备国际标准的 8 位接口,这种接口能接收楼宇自动化系统所有低压信号以及高速数据网络和数码声频信号。设计与安装工作区服务子系统时要注意如下几点。

(1) 从 RJ-45 插座到终端设备之间的连线用 UTP 双绞线,一般不要超过 6m。

(2) RJ-45 插座需安装在墙壁上或不易碰到的地方,插座区距离地面 30cm 以上。

(3) 配线架上的信息模块与信息插座和插头的线缆的制作要采用同一标准,如 568A 或 568B,不可接错。

(4) 确定 I/O 插座的类型。I/O 插座分为嵌入式和表面安装式两种,可根据实际情况,采用不同的安装式样来满足不同的需要。通常,新建筑物采用嵌入式 I/O 插座,而现有的建筑物采用表面安装式的 I/O 插座。

(5) 估算 I/O 插座数量。一般给出两种平面图供用户选择:一种是每  $9\text{m}^2$  1 个 I/O 插座的基本型平面图;另一种是每  $9\text{m}^2$  2 个 I/O 插座的增强型或综合型平面图。

## 2.2.4 水平与垂直子系统

### 1. 水平子系统

水平子系统也称为水平布线子系统。水平子系统是从 RJ-45 插座开始到管理子系统的配线柜，其结构一般采用星状。它与干线子系统的区别是：水平子系统总是在一个楼层上，并与信息插座连接。在综合布线系统中，水平子系统由 4 对 UTP 组成，能支持大多数现代化通信设备。如果需要某些宽带应用，则可以采用光缆。

从用户工作区的信息插座开始，水平子系统在交叉连接处连接，或在小型通信系统中在“远程卫星配线间、干线配线间或设备间”任何一处进行互连。在设备间，当设备终端位于同一层时，水平子系统将在干线配线间或远程卫星配线间的交叉连接处连接。

对于水平子系统，综合布线的设计必须具有全面通信介质方面的知识，能够向用户提供完善而又经济的设计。考虑用户的需求，设计与安装要注意以下几点。

- (1) 水平子系统用线一般为 UTP 双绞线。
- (2) 长度一般不超过 90m。
- (3) UTP 双绞线必须敷设线槽或在天花板吊顶内布线。
- (4) 不提倡敷设地面线槽。
- (5) 用 5 类双绞线的传输速率为 100Mbps，用超 5 类双绞线的传输速率为 1000 Mbps。
- (6) 确定介质布线方法和电缆的走向。
- (7) 确定至服务接线间的最近 I/O 距离。
- (8) 确定至服务接线间的最远 I/O 距离。
- (9) 计算水平子系统所需的线缆长度。

### 2. 垂直子系统

垂直子系统也称干线子系统。垂直子系统提供建筑物的垂直线缆，负责连接管理子系统到设备子系统。一般都选用光纤（单模、多模）或大对数的非屏蔽双绞线。

垂直子系统提供建筑物垂直线缆的路由，它通常是在两个单元之间，特别是在唯一中心点的公共系统设备处提供多个线路设施。该子系统由所有的布线电缆组成，或由导线、光缆以及将此光缆连到其他地方的相关支撑硬件组合而成。传输介质可包括一幢多层建筑物楼层之间垂直布线的内部电缆或从主要单元（如计算机房或设备间）和其他垂直接线间来的电缆。

垂直子系统还包括：垂直或远程通信接线间和设备间之间的竖向或横向电缆的通道，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，垂直接线间与各远程通信接线间之间的连接电缆，主垂直间和计算机主机房之间的垂直电缆。为了与其他建筑物进行通信，垂直子系统将中断线交叉连接点和网络接口连接起来。网络接口通常放在设备相邻的房间。设计与安装时要注意以下事项。

- (1) 垂直子系统一般选用超 5 类 UTP 电缆或多模光纤，以提高传输速率。
- (2) 垂直电缆的拐弯处不要直角拐弯，应有一定的弧弯，以防线缆受损。
- (3) 垂直电缆要安装在 PVC 管内或槽内，架空电缆要防止雷击。
- (4) 确定每层楼的垂直要求和防雷击的设施。
- (5) 综合整幢大楼垂直要求和防雷击的设施。

## 2.2.5 设备与管理子系统

### 1. 设备子系统

设备子系统也称设备间子系统，即安装网络设备的房间。EIA/TIA-569 标准规定了设备间的网络布线。它是布线系统最主要的管理区域，所有楼层的数据信息都由电缆或光缆传送至此。设备间是在每一幢大楼的适当地点设置进线设备、进行网络管理以及管理人员值班的场所。设备子系统主要由综合布线系统的建筑楼进出线缆设备、电话交换、数据交换（第二层、第三层交换机等）等各种网络通信设备及其配线设备组成。

设备间内的所有进线终端设备应采用色标区别各类用途的配线区。设备间的位置及大小应根据设备的数量、规模、最佳网络中心位置等内容综合考虑确定。设计与安装时要注意以下几点。

- (1) 设备间要有足够的空间，以保障设备间的设备存放。
- (2) 设备间要有良好的工作环境，如温度 $\leq 25^{\circ}\text{C}$ 、无尘、无干扰等。
- (3) 设备间建设标准应按机房建设标准设计，要有性能良好的接地保护系统。

### 2. 管理子系统

管理子系统放置综合布线系统设备，包括水平、主干布线系统的机械和通信设备。管理子系统设置在楼层配线设备的房间内，主要由交接间的配线设备、输入/输出设备等组成。通常，管理子系统与设备子系统在同一房间内。交连和互连允许将通信线路定位或重定位在建筑楼的不同部分，以便能更容易地管理通信线路。通信线缆输入/输出位于用户工作区和其他房间或办公室内，使在移动终端设备时能够方便地进行插拔。

使用跨接线或插入线时，交叉连接允许将“端接在单元一端电缆上的通信线路”连接到“端接在单元另一端电缆上的线路”。插入线包含几根导线，而且每根导线末端均有一个连接器。插入线为重新安排线路提供一种简易的方法，可将交叉连接处的两根导线断点连接起来。

互连实现与交叉连接相同的目的，但不使用跨接线（如 RJ-45 的 UTP 跳线、RJ-11 的电话跳线）或插入线，只使用带插头的导线、插座和适配器。互连和交叉连接也适用于光纤。

在远程通信接线区，如安装在墙上的布线区，交叉连接可以不要插入线，因为线路经常是通过跨接线连接到输入/输出连接器上的。设计与安装时要注意如下几点。

- (1) 配线架的配线对数由可管理的信息点数决定。
- (2) 利用配线架的跳线功能，可使布线系统灵活、功能多样化。
- (3) 配线柜一般由配线模块、配线架和理线面板组成。
- (4) 管理子系统应有足够的空间放置配线柜和网络设备。
- (5) 网络设备需配有安全接地保护系统和功率匹配的净化电源或 UPS 电源。
- (6) 设备房间内应保持一定的温度和湿度，保养好设备。

## 2.2.6 建筑群子系统

建筑群子系统提供外部建筑物与大楼内布线的连接点。EIA/TIA-569 标准规定了网络接口的物理规格，实现建筑群之间的连接。建筑群子系统由两个以上建筑物的电话、数据和监视系统组成一个建筑群综合布线系统，连接各建筑物之间的缆线和配线设备，组成建筑群子

系统。

建筑群子系统是综合布线系统的骨干部分，它支持楼宇之间通信所需的硬件，其中包括导线电缆、光缆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，为了能进行远距离通信（大于 100m），以及防止雷击对网络设备造成的损坏，一般采用多模或单模光缆。室外敷设光缆一般有三种情况——架空、直埋和地下管道，或者这三种的任意组合，具体情况应根据现场的环境来决定。

在有条件的情况下，建筑群子系统应采用地下管道敷设方式，管道内敷设的铜缆或光缆应遵循电话管道和入孔的各项设计规定。此外，安装时至少应预留 2~4 个备用管孔，以供扩充之用。建筑群子系统采用直埋沟敷设时，如果在同一个沟内埋入了其他的图像和监控电缆，应设立明显的公用标志。

### 2.2.7 非屏蔽双绞线安装

通常，非屏蔽双绞线包括 5 类、超 5 类、6 类铜线。非屏蔽双绞线用于非涉密系统。

#### 1. 非屏蔽双绞线安装要点

(1) 桥架制作合理，保证合适的线缆弯曲半径。上下左右绕过其他线槽时，转弯坡度要平缓，重点注意两端线缆垂直受力后是否还能在不压损线缆的前提下盖上盖板。

(2) 放线过程中应主要注意对拉力的控制，对于带卷轴包装的线缆，建议两头至少各安排一名工人，把卷轴套在自制的拉线杆上，放线端的工人先从卷轴箱内预拉出一部分线缆，供合作者在管线另一端抽取，预拉出的线不能过多，避免多根线在场地上缠结环绕。

(3) 拉线工序结束后，要整理和保护好两端留出的冗余线缆，盘线时要顺着原来的旋转方向，线圈直径不要太小，尽可能用废线头固定在桥架、吊顶上或纸箱内，做好标注，提醒其他人员勿动勿踩。

(4) 在整理、绑扎、安置线缆时，冗余线缆不要太长，不要让线缆叠加受力，线圈顺势盘整，固定扎绳不要勒得过紧。

(5) 在整个施工期间，应及时通报工艺流程，与各工种负责人做好沟通，发现问题马上通知用户，在其他后续工种开始前及时完成本工种任务。

(6) 如果安装的是非屏蔽双绞线，对接地要求不高，可在与机柜相连的主线槽处接地。

(7) 线槽规格的确定：线槽的横截面积留 40% 的富余量以备扩充，超 5 类双绞线的横截面积为  $0.3\text{cm}^2$ 。

(8) 线槽安装时，应注意与强电线槽的隔离。布线系统应避免与强电线路在无屏蔽、距离小于 20cm 情况下平行走 3m 以上。如果无法避免，该段线槽需采取屏蔽隔离措施。进入家具的电缆管线由最近的吊顶线槽沿隔墙下到地面，并从地面线槽埋管到家具隔断下。

(9) 管槽过渡、接口不应该有毛刺，线槽过渡要平滑。

(10) 线管超过两个弯头必须留分线盒。

(11) 墙装底盒安装应该距地面 30cm 以上，并与其他底盒保持等高、平行。

(12) 线管采用镀锌薄壁钢管或 PVC 管。

(13) 光缆敷设需要有钢绞线、挂钩、胀塞、螺丝、拉板等附件。

(14) 光缆架空要有保护措施（尤其是横跨电力线时），以防止施工人员的意外伤害。

(15) 楼内布线需要穿墙、穿楼板时，操作电锤或电钻要有保护措施。

## 2.6 类线缆安装要点

6类线缆布线施工，应特别注意以下几点。

(1) 如果在两个终端间有多余的线缆，应该按照需要的长度将其剪断，而不应将其卷起并捆绑起来。

(2) 线缆的接头处反缠绕开的线段的距离不应超过 2cm，过长会引起较大的近端串扰。

(3) 在接头处，线缆的外保护层需要压在接头内而不能在接头外。虽然在线缆受到外界拉力时整个线缆均会受力，但若外保护层压在接头外，则受力的将主要是线缆和接头连接的金属部分。

(4) 线缆接线施工时，线缆的拉力是有一定限制的，一般为 9kg 左右。过大的拉力会破坏线缆对绞的匀称性。

由于 6 类线缆的外径要比一般的 5 类线粗，为了避免线缆的缠绕（特别是在弯头处），在管线设计时一定要注意管径的填充度，一般内径为 20mm 的线管以放两根 6 类线为宜。

### 2.2.8 屏蔽双绞线安装

屏蔽双绞线常用于涉密系统。根据屏蔽方式的不同，屏蔽双绞线分为两类，即 STP (Shielded Twisted-Pair) 和 FTP (Foil Twisted-Pair)。STP 是指 8 芯中的每芯线都有各自屏蔽层的屏蔽双绞线，FTP 是指 8 芯整体屏蔽的屏蔽双绞线。屏蔽双绞线的外层由铝箔包裹，以减小辐射，但并不能完全消除辐射。屏蔽双绞线的价格相对较高，安装时要比非屏蔽双绞线电缆困难，且必须采用支持屏蔽功能的特殊连接器和相应的安装技术。

屏蔽布线系统必须是从终点到终点的连续的屏蔽路径。例如，AMP NETCONNECT 屏蔽布线系统从工作区域的信息插座、双绞线、配线架到 RJ-45 跳线，组成了从终点到终点的连续的屏蔽路径。屏蔽路径结构示意图如图 2.6 所示。

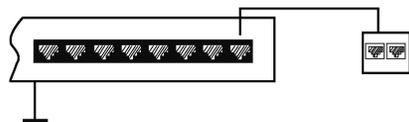


图 2.6 屏蔽路径结构示意图

屏蔽布线系统所有设施应选择同一品牌的产品。屏蔽线缆安装时，要充分考虑屏蔽接地的连续性，使传输铜缆及其连接点完全置于屏蔽层的包覆之中。在水平子系统 FTP 连接的两端，RJ-45 屏蔽接口的屏蔽金属壳与 RJ-45 接头的金属包覆套采用紧密嵌套接合，确保跳线和接口完全充分地接触。例如，AMP 的 4 对 FTP 线有锡箔屏蔽包覆层，屏蔽层内有一条接地线，这条接地线对于降低接地电阻并保持一个低的接地电阻有重要作用。

为了使安装好的屏蔽布线系统接地良好，屏蔽布线安装工艺要求屏蔽层的续接密实、连续。一个完全紧密的接地系统会提高屏蔽系统的整体性能，降低接地电阻，并使其一直保持低于  $1\Omega$  的电阻值。每个屏蔽配线架独立接地，每个配线架只有一个接地点，尽量缩短屏蔽线的开剥长度，保持双绞线转弯时有大于线径 8 倍的弯曲半径。

## 2.3 综合布线系统的保护

### 2.3.1 过压与过流的保护

综合布线电气保护的目的是，为了减小电气故障对综合布线的电缆和相关连接硬件的损坏，同时避免终端设备或器件的损坏，保障系统的正常运行。

室外通信电缆进入建筑物时，通常在入口处经过一次转接进入室内。在转接处应加装电气保护设备，这样可以避免因电缆受到雷击产生感应电势或与电力线路接触损坏用户设备。电气保护主要分为过压保护和过流保护两种，这些保护装置通常安装在建筑物入口的专用房间或墙面上。

综合布线的过压保护可选用气体放电管保护器或固态保护器。气体放电管保护器使用断开或放电间隙来限制导体和地之间的电压。放电间隙由粘在陶瓷外壳内密封的两个金属电柱形成，并充有惰性气体。当两个电极之间的电位差超过交流 250V 或雷电浪涌电压超过 700V 时，气体放电管出现电弧，为导体和地电极之间提供一条导电通路。

固态保护器适合于较低的击穿电压（60~90V），而且其电路中不能有振铃电压。它利用电子电路将过量的有害电压泄放至地，而不影响电缆的传输质量。固态保护器是一种电子开关，在未达到击穿电压前，可进行稳定的电压钳位；一旦超过击穿电压，它便将过电压引入地。固态保护器为综合布线提供了最佳的保护。

综合布线系统除了采用过压保护外，还同时采用过流保护。过流保护器串联在线路中，当线路发生过流时，就切断线路。为了维护方便，过流保护一般都采用有自动恢复功能的保护器。

### 2.3.2 干扰和辐射的屏蔽

电磁干扰和辐射是整个应用系统的问题，由综合布线电缆引起的干扰只是其中的一部分，而且辐射能量与发送信号的电压和频率有关。采用屏蔽是为了在有干扰的环境下保证综合布线通道的传输性能。屏蔽包括两方面：一是减少电缆本身向外辐射的能量；二是提高电缆抗外来电磁干扰的能力。

综合布线的整体性能，取决于应用系统中最薄弱的电缆和相关连接硬件性能及其连接工艺。在综合布线中，最薄弱的环节是配线架与电缆连接部件以及信息插座与插头的接触部位。当屏蔽电缆的屏蔽层在安装过程中出现裂缝时，也构成了屏蔽通道的薄弱环节。为了消除电磁干扰，除了要求屏蔽层没有间断点外，还要求整体传输通道必须达到 360° 全程屏蔽。这种要求，对于一个点到点的连接通道来说，是很难达到的。因为其中的信息插口、跳线等很难做到全屏蔽，再加上屏蔽层的腐蚀、氧化破损等因素，因而没有一个通道能真正做到全程屏蔽。同时，屏蔽电缆的屏蔽层对低频磁场的屏蔽效果较差，不能抵御电动机之类的设备产生的低频干扰。所以采用屏蔽电缆也不能完全消除电磁干扰。

屏蔽有静电屏蔽和磁场屏蔽两种。从理论上讲，为减少干扰，可采用屏蔽措施。屏蔽的原理是在屏蔽层接地后，使干扰电流经屏蔽层短路入地。因此，屏蔽层的妥善接地是十分重要的。若接地不良，则不但不能减少干扰，反而会使干扰增大。当接地点安排不正确时，接

地电阻将增大，导致接地电位不均衡，引起接地噪声，即在传输通道的某两点产生电位差，从而使金属屏蔽层上产生干扰电流。这时，屏蔽层本身就形成了一个最大的干扰源，导致其性能远不如非屏蔽传输通道。因此，为了保证屏蔽效果，必须对屏蔽层进行正确可靠的接地。

在实际应用中，为了尽可能地降低干扰，除保持屏蔽层的完整、对屏蔽层可靠接地外；还应注意传输通道的工作环境，远离电力线路、变压器或电动机房等各种干扰源。当综合布线环境极为恶劣、电磁干扰强、信息传输率又高时，可直接采用光缆，以保证信道的传输特性。

## 2.4 综合布线系统的测试

### 2.4.1 双绞线的测试与标准

#### 1. 测试内容

网络工程项目所用布线产品，都必须满足国际标准并通过 ISO 9001（2000 版）及 UL 验证。在工程完工后，必须对整个系统进行全面测试，所有测试程序均要遵循国际标准 TIA/EIA TSB-67 进行。双绞线系统的测试内容包括：双绞线端接线图测试；线缆长度测试；衰减测试；近端串扰测试。

#### 2. 双绞线端接线图测试与标准

（1）水平子系统测试。水平子系统的 4 对非屏蔽或屏蔽双绞线（UTP/FTP/STP）的连接均按标准进行，在配线架一端按以下方式来连接。

- 第 1 对：[蓝白]蓝；
- 第 2 对：[橙白]橙；
- 第 3 对：[绿白]绿；
- 第 4 对：[棕白]棕。

对信息插座的连接，可按几种标准来实现，即 4 对双绞线可按 568A、568B、USOC 等标准实现连接。按 568A、568B、USOC 标准实现信息插座的连接，如表 2.11 所示。

表 2.11 按几种标准实现信息插座的连接

568A 标准			568B 标准			USOC 标准		
线对号	线中继	线芯号	线对号	线中继	线芯号	线对号	线中继	线芯号
1	T1	5	1	T1	5	1	T1	5
	R1	4		R1	4		R1	4
2	T2	3	2	T2	1	2	T2	3
	R2	6		R2	2		R2	6
3	T3	1	3	T3	3	3	T3	2
	R3	2		R3	6		R3	7
4	T4	7	4	T4	7	4	T4	1
	R4	8		R4	8		R4	8

一条跳线的一端做成 568A，另一端做成 568B，则此跳线是交叉线，可用于交换机（普

通口)之间的级联。跳线两端线序(色标)全反,则此跳线是全反线,用于网络设备(交换机、路由器)的控制口(Console)和计算机的串口(RS-232C)连接,通过计算机的“超级终端”程序,安装与调试网络通信设备。

水平子系统可采用EIA/TIA 586A、EIA/TIA 586B标准连接,通常采用EIA/TIA 586B标准。测试仪器一般可选用Fluke DSP100/2000,其中一端是该测试仪的主机,另一端为测试仪的终端。测试结果要求所有网络信息点连接的正确性要保证100%,即要保证所有信息点无短路、开路、线对绕接、线对反接等端接错误。

(2)垂直子系统测试。在垂直子系统中,大对数缆线的连接正确性是由色码得到保证的,色码编排表如表2.12所示。

表2.12 色码编排表

线对号	端部	环箍
1~5	白(W)	蓝(BL)
6~10	红(R)	橙(O)
11~15	黑(BK)	绿(G)
16~20	黄(Y)	棕(BR)
21~25	紫(V)	灰(S)

按顺序组合,如1~5对线有:蓝白、蓝为第一对线;橙白、橙为第二对线;绿白、绿为第三对线;棕白、棕为第四对线;灰白、灰为第五对线,其他依此类推。安装按此色标顺序进行,方可保证连接的正确性。

垂直子系统中所用的多芯双绞线的测试仪器,可采用Fluke DSP2000缆线测试仪。其测试方法是,一端接Fluke DSP100/2000缆线测试仪的主机,另一端接Fluke DSP100/2000缆线测试仪的终端Loopback。当测试仪器显示被测缆线的连接正确性为100%,无短路、开路、绕接、错接现象时,表示测试通过。

### 3. 线缆长度测试与标准

(1)基本链路(Basic Link)。基本链路是包括从配线间的配线架敷设至用户房间的信息模块水平布线的长度。测试长度不能超过94m,该长度含两条2m测试跳线。

(2)信道(Channel Link)。信道是包括从配线间的配线架敷设至用户房间的信息模块水平布线的长度,加上用户房间的信息模块连接至计算机跳线的长度。其测试长度不能超过99m,该长度含3条3m跳线。

### 4. 衰减测试与标准

衰减是信号在传输介质上进行传输的过程中所产生的损耗。衰减测试包括以下内容。

(1)测试对象:5类布线整体测试。

(2)测试条件:对5类线及相关产品实现从1~100MHz的测试,测试温度为20℃~30℃,信息点到配线室距离不超过90m。信道中水平UTP长度=90m+10m,包括设备跳线、快接式跳线或卡接式跳线。基本链路中水平UTP长度=90m+4m,包括测试仪跳线。

(3)测试仪器:Fluke DSP2000缆线测试仪。

(4)测试方法:被测线路一端安装仪器,另一端接Loopback,仪器的显示器上将显示测试结果或结论,一般显示通过或不通过。

(5) 测试结果：在不超过如表 2.13 所示结果的情况下，视为测试通过。

表 2.13 衰减测试标准

f / MHz	最大衰减测试值（测试温度为 20℃）/dB					
	信道（100m）			基本链路（94m）		
	Cat.3	Cat.4	Cat.5	Cat.3	Cat.4	Cat.5
1	4.2	2.6	2.5	3.2	2.2	2.1
4	7.3	4.8	4.5	6.1	4.3	4
8	10.2	6.7	6.3	8.8	6	5.7
10	11.5	7.5	7	10	6.8	6.3
16	14.9	9.9	9.2	13.2	8.8	8.2
20		11	10.3		9.9	9.2
25			11.4			10.3
31.25			12.8			11.5
62.5			18.5			16.7
100			24			21.6

### 5. 近端串扰（NEXT）测试与标准

近端串扰（NEXT）本身对终接点（跳线架、信息插座）处的非双绞金属线很敏感，同时对粗劣的安装也非常敏感。例如，5 类线在终接点处的打开绞合的线长度至多不能超过 13 mm。因此，对 NEXT 的测试相当重要。NEXT 的计算公式为： $NEXT=20\lg(V_n/V_i)$  (dB)，式中  $V_i$  是输入值（也是正常电压值）， $V_n$  是所产生的干扰信号。因为  $V_n < V_i$ ，所以表 2.14 中出现的 NEXT 值为负数。近端串扰测试包括以下内容。

(1) 测试对象：3 类、5 类产品的联合测试。

(2) 测试条件：对 3 类、5 类线及相关产品实现从 1~100MHz 的测试，测试温度为 20℃~30℃，信息点到配线架距离不超过 90m。

(3) 测试结果。测试结果显示在仪器上，一般显示通过或不通过。显示的测试结果不应超过如表 2.14 所示的值（注意：表中值为负数）。

表 2.14 NEXT 测试标准

f / MHz	近端串扰（NEXT）测试值（测试温度为 20℃）/dB					
	信道（100m）			基本链路（94m）		
	Cat.3	Cat.4	Cat.5	Cat.3	Cat.4	Cat.5
1	39.1	53.3	60	40.1	54.7	60
4	29.3	43.3	50.6	30.7	45.1	51.8
8	24.3	38.2	45.6	25.9	40.2	47.1
10	22.7	36.6	44	24.3	38.6	45.5
16	19.3	33.1	40.6	21	35.3	42.3
20		31.4	39		33.7	40.7
25			37.4			39.1
31.25			35.7			37.6
62.5			30.6			32.7
100			27.1			29.3