

2

综合布线常用介质与器材

学习目标

- 了解常用网络传输介质，能在具体应用中正确选择
- 认识综合布线常用施工材料及其用途
- 掌握布线工具的使用
- 双绞线水晶头的制作

重点难点

- 在具体应用中正确选择网络传输介质
- 综合布线常用施工材料及其用途
- 布线工具的使用
- 双绞线水晶头的制作

2.1 综合布线系统中的常用传输介质

在网络传输时，首先遇到的是通信线路和通道传输问题。目前，网络通信分为有线通信和无线通信两种。有线通信是利用有线传输介质，如用铜缆或光缆作为信号的传输载体；无线通信系统是利用无线传输介质，如用卫星、微波和红外线作为信号的传输载体。

目前，在通信线路上使用的传输介质有双绞线、大对数双绞线和光缆。

2.1.1 双绞线

双绞线（Twisted Pair Cable）是综合布线工程中最常用的一种传输介质，大多数数据和语

音网络都使用双绞线布线。双绞线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节距互相绞在一起,可降低信号干扰的程度,每一根导线在传输中辐射的电波会被另一根导线上发出的电波抵消。把一对或多对双绞线放在一个绝缘套管中便构成了双绞线电缆,如图 2-1 所示。与其他传输介质相比,双绞线在传输距离、信道宽度和数据传输速度等方面均受到一定的限制,但是价格较为低廉。

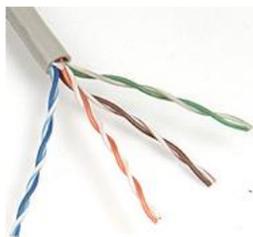


图 2-1 双绞线电缆

1. 双绞线的种类

双绞线可分为屏蔽双绞线 (Shielded Twisted Pair, STP) 和非屏蔽双绞线电缆 (Unshielded Twisted Pair, UTP)。

(1) 屏蔽双绞线。

屏蔽双绞线是在双绞线电缆中增加了金属屏蔽层,目的是为了提 高电缆的物理性能和电气性能,减少电缆信号传输中的电磁干扰。电缆屏蔽层采用金属箔、金属网或金属丝等材料组成,它能将噪声转变为直流电,屏蔽层上的噪声电流与双绞线上的噪声电流相反,因而两者可相互抵消。

电缆屏蔽层的设计有以下几种形式:

- 1) 屏蔽整个电缆。
- 2) 屏蔽电缆中的线对。
- 3) 屏蔽电缆中的单根导线。

屏蔽双绞线电缆分为 STP (如图 2-2 所示) 和 ScTP (FTP) (如图 2-3 所示) 两类。两类屏蔽双绞线电缆的主要区别在于屏蔽层的设计形式不同:STP 的屏蔽层屏蔽每个线对,而 ScTP 的屏蔽层则屏蔽整个电缆。

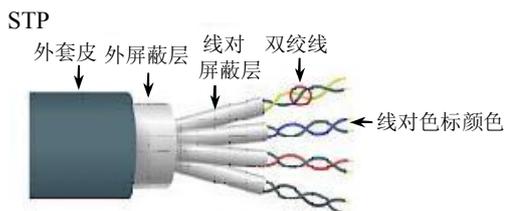


图 2-2 STP 屏蔽双绞线电缆

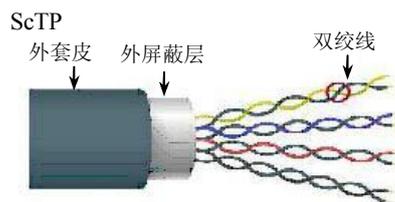


图 2-3 ScTP 屏蔽双绞线电缆

(2) 非屏蔽双绞线。

非屏蔽双绞线没有屏蔽双绞线的金属屏蔽层，它在绝缘套管中封装了一对或一对以上的双绞线，每对双绞线按一定节距互相绞合在一起，这样可以提高系统本身的抗电子噪声和电磁干扰的能力，但不能防止周围的电子干扰。其特点是直径小，节省所占用的空间，重量轻，易弯曲，有阻燃性，适用于结构化综合布线。

计算机综合布线使用的双绞线的种类如图 2-4 所示。

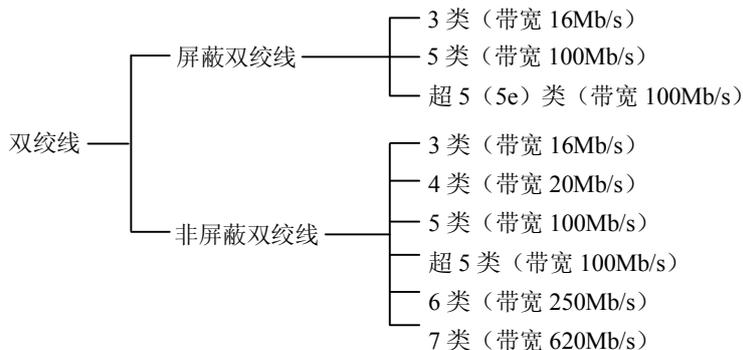


图 2-4 计算机综合布线使用的双绞线种类

国际标准化组织（ISO）为不同传输特性的双绞线电缆定义了多种规格型号，常用的有：

- 3 类（CAT-3）：该类电缆的频率带宽最高为 16MHz，数据传输最高速率为 10Mb/s。目前 3 类双绞线除了在电话布线系统中有一定程度的应用以外，其余系统已不再推荐使用。
- 4 类（CAT-4）：该类电缆的传输频率为 20MHz，用于语音传输和最高传输速率为 16Mb/s 的数据传输，主要用于基于 16Mb/s 的令牌局域网和 10Base-T 以太网。
- 5 类（CAT-5）：该类电缆增加了绕线密度，外套是一种高质量的绝缘材料，最高带宽为 100MHz，数据传输最高速率为 100Mb/s。目前 5 类双绞线电缆已广泛应用于电话、保安、自动控制等网络中，但在计算机网络布线中已逐渐失去市场。
- 超 5 类（CAT-5e）：超 5 类电缆的传输频率为 100MHz，传输速率可达到 100Mb/s。与 5 类双绞线电缆相比，具有更多的扭绞数目，可以更好地抵抗来自外部和电缆内部其他导线的干扰，从而提升了性能。因此超 5 类双绞线电缆具有更好的传输性能，更适合支持 1000Base-T 网络，是目前综合布线系统的主流产品。
- 6 类（CAT-6）：其性能超过 CAT-5e，电缆频率带宽为 250MHz 以上，主要应用于 100Base-T 快速以太网和 1000Base-T 以太网中。6 类电缆的绞距比超 5 类电缆更密，线对间的相互影响更小，从而提高了串扰的性能，更适合用于全双工的高速千兆网络，是目前综合布线系统中常用的传输介质。
- 7 类（CAT-7）：该类电缆是欧洲提出的一种电缆标准，其最高频率带宽是 600MHz，传输速率可达 10Gbps，主要用于万兆以太网综合布线。

2. 双绞线的制作

计算机网络工程中使用 4 对非屏蔽双绞线做导线。为了便于管理，UTP 的每对双绞线均用颜色标识，4 对分别使用橙色、绿色、蓝色和棕色线对表示。每对双绞线中，有一根为线对纯颜色，另一根为白底色加上线对纯颜色的条纹或斑点，具体的颜色编码如表 2-1 所示。

表 2-1 4 对 UTP 电缆的颜色编码表

线对	色标	英文缩写
线对-1	白—橙 橙	W—O O
线对-2	白—绿 绿	W—G G
线对-3	白—蓝 蓝	W—BL BL
线对-4	白—棕 棕	W—BR BR

安装人员可以通过颜色编码来区分每根导线，EIA/TIA 标准描述了两种端接 4 对双绞线电缆时每种颜色的导线排列关系，分别为 EIA/TIA 568-A 标准和 EIA/TIA 568-B 标准。

EIA/TIA 568-A 的线序定义依次为绿白、绿、橙白、蓝、蓝白、橙、棕白、棕，其标号如表 2-2 所示。

表 2-2 EIA/TIA 568-A 的线序

引脚	1	2	3	4	5	6	7	8
EIA/TIA 568-A	绿白	绿	橙白	蓝	蓝白	橙	棕白	棕

EIA/TIA 568-B 的线序定义依次为橙白、橙、绿白、蓝、蓝白、绿、棕白、棕，其标号如表 2-3 所示。

表 2-3 EIA/TIA 568-B 的线序

引脚	1	2	3	4	5	6	7	8
EIA/TIA 568-B	橙白	橙	绿白	蓝	蓝白	绿	棕白	棕

在网络连接中常常采用直通网线和交叉网线两种网线，它们均是根据 T568-A 和 T568-B 标准进行制作的。

(1) 直通网线：网线两端均按同一标准（或为 T568-A，或为 T568-B）制作，用于交换机、集线器与计算机之间的连接。在同一个工程项目中，必须确保所有的端接采用相同的接线模式，即或者是 T568-A，或者是 T568-B，不可混用。

(2) 交叉网线：网线一端按 T568-A 标准制作，另一端按 T568-B 标准制作，用于交换机与交换机、集线器与集线器、计算机与计算机之间的连接。

3. 双绞线的电气特性参数

对于双绞线，我们最关心的是表征其性能的几个指标。常用的指标是：衰减、近端串扰、特性阻抗、分布电容、直流电阻等，这些指标也是在综合布线认证测试中的主要参数。为了便于理解，首先解释几个名词。

(1) 衰减 (Attenuation)：是沿链路的信号损失度量。衰减与线缆的长度有关系，随着长度的增加，信号衰减也随之增加。由于衰减随频率而变化，因此，应测量在应用范围内的全部频率上的衰减。

(2) 近端串扰 (NEXT)：近端串扰损耗是指一条 UTP 链路中从一对线到另一对线的信号耦合。对于 UTP 链路，NEXT 是一个关键的性能指标，也是最难精确测量的一个指标。随着信号频率的增加，其测量难度将加大。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不同而变化，电缆越长，其值变得越小。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。

串扰分近端串扰和远端串扰 (FEXT)，测试仪主要是测量 NEXT，由于存在线路损耗，因此 FEXT 的量值的影响较小。

(3) 直流电阻：直流环路电阻会消耗一部分信号并转变成热量，它是指一对导线电阻的和，11801 规格的双绞线的直流电阻不得大于 19.2 欧姆。每对间的差异不能太大 (小于 0.1 欧姆)，否则表示接触不良，必须检查连接点。

(4) 特性阻抗：与环路直流电阻不同，特性阻抗包括电阻及频率为 1~100MHz 的电感阻抗及电容阻抗，它与一对电线之间的距离及绝缘体的电气性能有关。各种电缆有不同的特性阻抗，而双绞线电缆则有 100 欧姆、120 欧姆及 150 欧姆三种。

(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 (Signal-Noise ratio, SNR) 表示，它由最差的衰减量与 NEXT 量值的差值计算。ACR 值较大，表示抗干扰的能力较强。一般系统要求至少大于 10 分贝。

(6) 电缆特性：通信信道的品质是由它的电缆特性——信噪比来描述的。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，在接收数据信号时，将导致接收器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。

4. 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 38.1mm 长度内，按逆时针方向扭绞，一线对的扭绞长度在 12.7mm 以内。

2.1.2 大对数电缆

大对数电缆，即大对数干线电缆。大对数电缆一般为 25 线对（或更多）成束的电缆结构。从外观上看，是直径更大的单根电缆。它也采用颜色编码进行管理，每个线对束都有不同的颜色编码，同一束内的每个线对又有不同的颜色编码，如图 2-5 所示。



图 2-5 大对数电缆

2.1.3 同轴电缆

同轴电缆（Coaxial Cable）是局域网中最常见的传输介质之一，其频率特性比双绞线好，能进行较宽频带的信息传输（传输速率为 10Mb/s）。由于它的屏蔽性能好，抗干扰能力强，通常用于基带传输。目前更多地使用于有线电视或视频等网络应用中，在计算机网络中应用较少。

1. 同轴电缆的结构

同轴电缆由一根空心的外圆柱导体及其所包围的单根内导线组成，由里到外依次是导体、塑胶绝缘层、金属网状屏蔽层和外套皮（如图 2-6 所示），由于导体与网状屏蔽层同轴，故名为同轴电缆。这种结构的金属屏蔽网可防止中心导体向外辐射电磁场，也可用来防止外界电磁场干扰中心导体的信号。

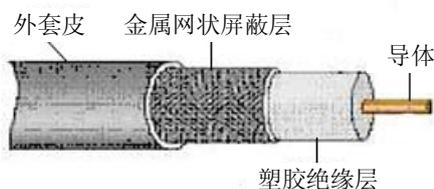


图 2-6 同轴电缆的结构

2. 同轴电缆的种类

同轴电缆可分为两种基本类型：基带同轴电缆和宽带同轴电缆。

（1）基带同轴电缆。

基带同轴电缆的特性阻抗为 50Ω ，其屏蔽线是用铜做成网状的，主要型号包括 RG-8、RG-11、RG-58 或 58 系列，主要用于无线电和计算机局域网。

（2）宽带同轴电缆。

宽带同轴电缆的特性阻抗为 75Ω ，其屏蔽层通常是用铝冲压而成的，主要型号包括 RG-6

或 6 系列、RG-59 或 59 系列，主要用于视频传输，也可用于宽带数据网络。

同轴电缆根据其直径大小可以分为：细同轴电缆和粗同轴电缆。

(1) 细同轴电缆。

细缆的直径为 0.26cm，阻抗是 50Ω ，最大传输距离为 185m，使用时与 50Ω 终端电阻、T 型连接器、BNC 接头和网卡相连，十分适合架设终端设备较为集中的小型以太网。缆线总长不要超过 185m，否则信号将严重衰减。

(2) 粗同轴电缆。

粗缆 (RG-11) 的直径为 1.27cm，阻抗是 75Ω ，最大传输距离达到 500m。由于粗缆的强度较大，最大传输距离也比细缆长，因此粗缆的主要用途是扮演网络主干的角色，用来连接数个由细缆所结成的网络。

为了保持同轴电缆正确的电气特性，电缆屏蔽层必须接地，同时两头要有终端来削弱信号反射作用。

同轴电缆支持的数据传输速度只有 10Mb/s，无法满足目前局域网的传输速度要求，所以在计算机局域网布线中已不再使用同轴电缆。

2.1.4 光纤与光缆

1. 光纤

光纤是一种传输光束的细而柔韧的媒质，又称光导纤维。光缆由一捆光纤组成，光缆不受电磁干扰的影响，具有更高的数据传输速率和更远的传输距离，这使得光缆成为目前综合布线系统中常用的传输介质之一。

典型的光纤结构如图 2-7 所示，自内向外为纤芯、包层及涂覆层。光纤芯的折射率较高，包层的折射率较低，光以不同的角度送入光纤芯，在包层和光纤芯的界面发生反射，进行远距离的传输。包层的外面有一层很薄的涂覆层，涂覆材料为硅酮树脂或聚氨基甲酸乙酯，涂覆层的外面套塑（或称二次涂覆），套塑的材料大多采用尼龙、聚乙烯或聚丙烯等塑料，可防止周围环境对光纤的伤害，如水、火、电击等。

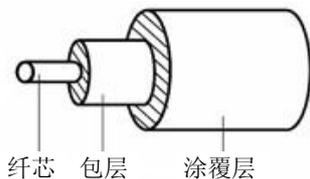


图 2-7 光纤结构

2. 光纤通信

光纤通信系统是以光波为载体，以光纤为传输介质的通信方式，光纤通信系统的组成如图 2-8 所示。



图 2-8 光纤通信系统的组成

在发送端，通过光发送机将电信号转换成光信号，再把光信号导入光纤；在接收端，光接收机负责接收光纤上传输的光信号，并将其转换为电信号，经过解码后再做相应处理。光发送机和光接收机可以是分离的单元，也可以使用一种被称为收发器的设备，它能够同时具有光发送机和光接收机的功能。另外，光信号在光纤中只能沿着一个方向传输，所以全双工系统应采用两根光纤。

光纤通信具有以下特点：

- (1) 传输频带宽，通信容量大。
- (2) 线路损耗低，传输距离远。
- (3) 抗化学腐蚀能力强。
- (4) 线径细，质量小。
- (5) 抗干扰能力强，应用范围广。
- (6) 制造资源丰富。

3. 光纤的分类

光纤主要有两大类：单模光纤和多模光纤。

(1) 单模光纤。

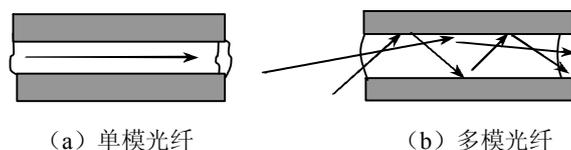
单模光纤（Single Mode Fiber, SMF）采用固体激光器作光源，在给定的工作波长上只能以单一模式的光传输信号，光信号可以沿着光纤的轴向传播，如图 2-9（a）所示，没有模分散的特性，光信号损耗很小，离散也很小，传播的距离较远。单模导入波长为 1310nm 和 1550nm。

单模光纤的纤芯和包层具有多种不同的尺寸，尺寸的大小将决定光信号在光纤中的传输质量。目前常见的单模光纤主要有 8.3 μm /125 μm （纤芯直径/包层直径）、9 μm /125 μm 和 10 μm /125 μm 等规格。根据 TIA/EIA 标准，用于干线布线的单模光纤具有更高的带宽且最远传输距离可以达到 3km，电话公司通过特殊设备处理可以使单模光纤达到 65km 的传输距离，因此单模光纤主要用于建筑物之间的互联或广域网连接。

(2) 多模光纤。

多模光纤（Multi Mode Fiber, MMF）可以使用 LED 作为光源，也可以使用激光器作为光源，在给定的工作波长上，以多个模式同时传输光信号，如图 2-9（b）所示，形成模分散，限制了带宽和距离，因此多模光纤的芯大，传输速度低，距离短，成本低，多模导入波长为 850nm 和 1300nm。

目前常见的多模光纤主要有 50 μm /125 μm 、62.5 μm /125 μm 和 100 μm /140 μm 等规格。多模光纤主要用于建筑物内的局域网干线连接。在综合布线系统中主要使用具有 62.5 μm 纤芯直径和 125 μm 包层直径的多模光纤，在传输性能要求更高的情况下，也可以使用 50 μm /125 μm 规格的光纤。



(a) 单模光纤

(b) 多模光纤

图 2-9 单模光纤和多模光纤光轨迹图

表 2-4 和表 2-5 分别列出了光纤在 100Mb/s（百兆）、1Gbps（千兆）和 10Gbps（万兆）以太网中支持的传输距离。

表 2-4 百兆、千兆以太网中光纤支持的传输距离

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

表 2-5 万兆以太网中光纤支持的传输距离

光纤类型	应用网络	光纤直径/ μm	波长/nm	模式带宽/MHz	应用距离/m
多模光纤	10G Base-S	62.5	850	160/150	26
				200/500	33
				400/400	66
		500/500		82	
		2000		300	
	10G Base-LX4	62.5	1300	500/500	300
400/400				240	
500/500				300	
单模光纤	10G Base-L	<10	1310	—	1000
	10G Base-E		1550	—	30000~40000
	10G Base-LX4		1300	—	1000

按构成材料不同，光纤还可分为玻璃光纤、胶套硅光纤和塑料光纤三类。

按折射率分布分类，光纤可以分为跳变式光纤和渐变式光纤两种。

4. 光缆

光缆纤芯的数目是指一根线缆中的纤芯个数，主要有三类。

(1) 单芯光缆的网络护套中只有一根光纤，通常有一个较大的缓冲层和一个较厚的保护层，如图 2-10 所示。

(2) 双芯光缆在护套中有两根光纤线芯，通常用于光纤局域网的主干网线。

(3) 多芯光缆是指在一个护套中包含了两根以上的光纤线芯，主要用于局域网，如图 2-11 所示。



图 2-10 单芯光缆



图 2-11 多芯光缆

5. 光缆的分类

常见光缆的分类方法如表 2-6 所示。

表 2-6 常见光缆的分类方法

分类方法	光缆种类
按光缆结构分	束管式光缆、层绞式光缆、紧抱式光缆、带式光缆、非金属光缆和可分支光缆等
按敷设方式分	架空光缆、管道光缆、铠装地理光缆、水底光缆和海底光缆等
按用途分	长途通信用光缆、短途室外光缆、室内光缆和混合光缆等
按传输模式分	单模光缆、多模光缆
按维护方式分	充油光缆、充气光缆

在综合布线系统中，主要按照光缆的使用环境和敷设方式进行分类。

(1) 室内光缆。

室内光缆的抗拉强度较小，保护层较差，但也更轻便、更经济。室内光缆主要适用于综合布线系统中的水平干线子系统和垂直干线子系统。室内光缆可以分为以下几种类型。

1) 多用途室内光缆：多用途室内光缆的结构设计是按照各种室内所用场所的需要而定的，如图 2-12 所示。

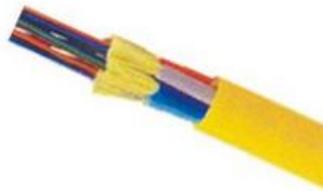


图 2-12 多用途室内光缆

2) 分支光缆：多用于布线终接和维护。分支光缆便于各光纤的独立布线或分支布线，其结构如图 2-13 所示。



图 2-13 分支光缆

3) 互连光缆：为布线系统进行语音、数据和视频图像传输设备互连所设计的光缆，使用的是单纤和双纤结构，如图 2-14 所示。互连光缆连接容易，在楼内布线中可用作跳线。



图 2-14 互连光缆

(2) 室外光缆。

室外光缆的抗拉强度比较大，保护层厚重，在综合布线系统中主要用于建筑群子系统，根据敷设方式的不同，室外光缆可分为架空式光缆、管道式光缆、直埋式光缆、隧道光缆和水底光缆等。

1) 架空式光缆：架空式光缆是架挂在电杆上使用的光缆，这种敷设方式可以利用原来的架空明线杆路，从而节省费用、缩短建设周期。当地面不适宜开挖或无法开挖（如需要跨越河道敷设）时，可以考虑采用架空的方式敷设光缆。架空式光缆的敷设方式有吊线式和自承式两种。架空式光缆的结构如图 2-15 所示。

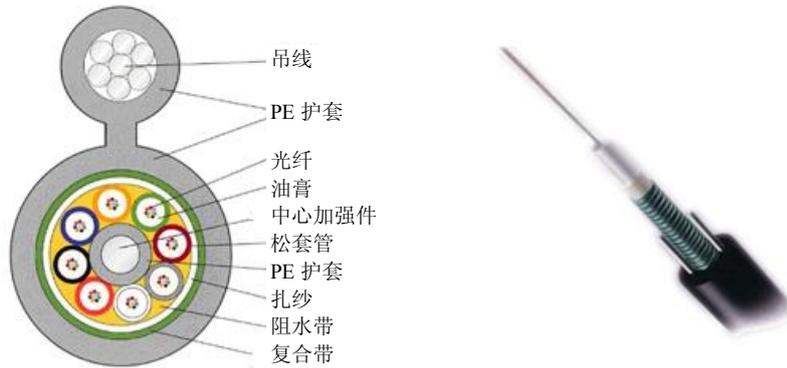


图 2-15 架空式光缆结构

2) 管道式光缆：在新建成的建筑物中都预留了专用的布线管道，在布线中多使用管道式光缆。管道式光缆的强度并不大，但是拥有较好的防水性能，除了用于管道布线外，还可以通过预先敷设的承重钢缆来用于架空铺设。管道式光缆的结构如图 2-16 所示。



图 2-16 管道式光缆结构

3) 直埋式光缆：直埋式光缆在布线时需要在地下开挖一定深度的地沟（大约 1m 左右），用于埋设光缆。直埋式光缆通常有两层金属保护层，并且具有很好的防水性能，如图 2-17 所示。



图 2-17 直埋式光缆

4) 隧道光缆: 是指经过公路、铁路等交通隧道的光缆。

5) 水底光缆: 是指穿越江河、湖泊、海峡水底的光缆。

4)、5) 两种光缆需要选用优质光纤, 以确保光缆具有优良的传输性能。在使用时要精确控制光纤余长, 保证光缆具有优良的机械特性和温度特性。要对工艺和原材料进行严格的控制, 以保证光缆稳定工作 30 年以上。在松套管内填充特种油膏, 对光纤进行关键的保护。采用全截面阻水结构, 确保光缆有良好的阻水防潮性能。中心加强构件采用增强玻璃纤维塑料 (FRP) 制成。双面覆膜复合铝带纵包, 与 PE 护套紧密粘结, 既确保了光缆的径向防潮, 又增强了光缆的耐侧压能力。如果在光缆中选用非金属加强构件, 可以适用于多雷地区。

(3) 室内/室外通用光缆。

由于敷设方式的不同, 室外光缆必须具有与室内光缆不同的结构特点。室外光缆要承受水蒸气扩散和潮气的侵入, 必须具有足够的机械强度及防止啮咬等保护措施。室外光缆由于有 PE 护套及易燃填充物, 不适合室内敷设, 因此人们在建筑物的光缆入口处为室内光缆设置了一个移入点, 这样室内光缆才能可靠地在建筑物内进行敷设。室内/室外通用光缆结构如图 2-18 所示, 既可在室内使用也可在室外使用, 不需要在室外向室内的过渡点进行熔接。

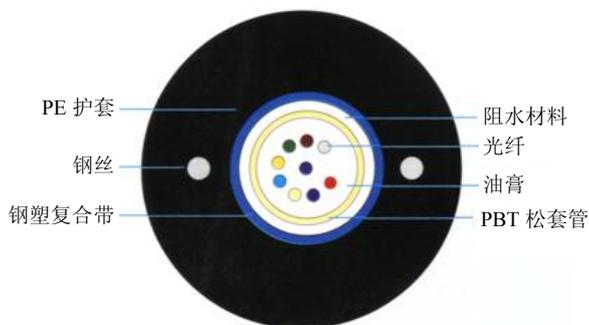


图 2-18 室内/室外通用光缆结构

6. 光缆的主要用料

光缆是由光纤、高分子材料、金属-塑料复合管及金属加强件等共同构成的传输介质。

(1) 纤芯: 要求有较大的扩充能力、较高的信噪比、较低的比特误码率、较长的放大器间距和较高的信息运载能力。

(2) 光纤油膏: 在光纤中填充油膏一方面是防止空气中的潮气侵蚀光纤, 另一方面对光纤起衬垫作用, 减小光纤受震动或冲击的影响。

(3) 护套材料: 对光缆长期可靠性具有相当重要的作用, 是决定光缆拉伸、压扁、弯曲特性, 温度特性, 耐劳化特性以及光缆的疲劳特性的关键因素。

(4) 套管材料: 是光缆制造过程中光纤的第一道机械保护层。

7. 光纤的连接方式

(1) 熔接: 用放电的方法将光纤连接点熔化并连接在一起。一般用于长途接续、永久或

半永久固定连接，熔接处有一点衰减，但衰减在所有连接方法中是最低的。

(2) 机械接合：用机械和化学的方法将其接合。方法是将两根小心切割好的光纤的一端放在一个套管中，然后钳起来或粘接在一起并固定。训练有素的工作人员进行机械接合大约需要 5 分钟的时间，光源的损失约为 10%。

(3) 模块式连接：利用各种光纤连接器件将站点与站点或站点与光缆连接在一起，连接头要损耗 10%~20% 的光源，但重新配置布线系统很方便。模块式连接的特点是灵活、简单、方便、可靠。

2.1.5 有线传输介质的选择

在设计综合布线系统时，需要考虑实际采用的传输介质的不同性能指标，综合布线工程需要根据不同的网络性能需求和布线环境，选用不同的传输介质。《综合布线系统工程设计规范》(GB 50311—2007) 明确规定了综合布线系统等级与类别选用要求，如表 2-7 所示。

表 2-7 综合布线系统等级与类别选用

业务类别	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 (大对数)	C	3 (室外大对数)
数据	D/E/F	5e/6/7	D/E/F	5e/6/7		
	光纤	62.5 μ m 多模 50 μ m 多模 <10 μ m 单模	光纤	62.5 μ m 多模 50 μ m 多模 <10 μ m 单模	光纤	62.5 μ m 多模 50 μ m 多模 <10 μ m 单模
其他应用	可采用 5e/6 类电缆和 62.5 μ m 多模/50 μ m 多模/<10 μ m 单模光缆					

2.2 综合布线系统工程常用施工材料与工具

综合布线系统的最终目标是在建筑物内建立一条“信息高速公路”，因此，在综合布线系统工程的设计和施工过程中，除了要使用双绞线、同轴电缆、光缆等传输介质外，还需要考虑相关的连接部件与器材。

2.2.1 信息插座

信息插座是在一块金属或塑料面板上，以固定或模块化方式集成不同种类和数量的连接器，用于实现工作区子系统内的用户设备与网络线缆之间的物理和电气连接，它为工作区布线提供了与水平布线相连的接口。

信息插座通常由信息模块、面板和底盒三部分组成，如图 2-19 所示。

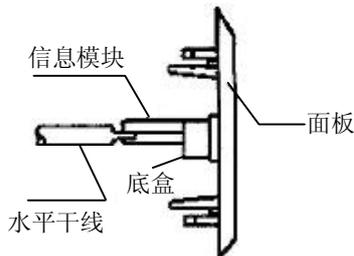


图 2-19 信息插座结构示意图

1. 信息插座结构分类

- (1) 按插孔数分，有单口、双口、三口和四口的型号。
- (2) 按插孔形状分，有平面插口和斜口插口。
- (3) 按面板与连接器的结合分，有固定式和模块化。
- (4) 按安装位置分，有墙面式、桌面式和地面式。

下面简要叙述固定式和模块化信息插座的结构特征。

1) 固定式信息插座。固定式信息插座上的端口或插孔被固化在面板上，结构由厂商决定，面板上的端口数量和类型是不能改变的，如图 2-20 所示。



图 2-20 固定式信息插座

固定式信息插座的安装位置一般被设计在工作区的墙面、桌面或地面上，在设计时根据需要考虑安装位置和种类等。

2) 模块化信息插座。模块化信息插座上的端口数量和类型可以根据需要来决定，模块化信息插座安装完后，如果需要改变端口类型，只需在同一面板上更换所要的端口组件即可，而无需重新更换信息插座。由于它具有灵活性的特点，因此成为综合布线系统首选的信息插座。

2. RJ-45 信息模块

信息插座中的信息模块通过水平干线与楼层配线架相连，通过工作区跳线与应用综合布线系统的设备相连，因此，信息模块的类型必须与水平干线和工作区跳线的线缆类型一致。

RJ-45 信息模块根据 ISO/IEC11801、TIA/EIA568 的国际标准设计制造，该模块为 8 线式插座模块，适用于双绞线电缆的连接。RJ-45 信息模块如图 2-21 所示。



图 2-21 RJ-45 信息模块

RJ-45 信息模块的类型要求与双绞线电缆的类型要求是一一对应的。其可以分为 3 类、4 类、5 类、5e 类、6 类 RJ-45 信息模块等。

3. 面板和底盒

信息插座面板用于在信息出口位置安装固定信息模块。插座面板有英式、美式和欧式三种。国内普遍采用英式面板，为正方形 86mm×86mm 规格，如图 2-22 所示。



图 2-22 插座面板

信息插座的底盒一般是塑料材质，预埋在墙体里的底盒也可以有金属材料的。底盒有单底盒和双底盒两种，图 2-23 所示为单接线底盒。一个底盒安装一个面板，并且底盒的大小必须与面板制式相匹配。接线底盒有明装和暗装两种，明装底盒可以安装在墙面上或预埋在墙体内部。接线底盒内有供固定面板用的螺钉孔，随面板配有将面板固定在接线底盒上的螺钉。接线底盒上都预留了穿线孔，有的接线底盒穿线孔是通的，有的接线底盒在多个方向上预留有穿线位，安装时凿穿与线管对接的穿线位即可。



图 2-23 单接线底盒

4. 信息插座的设计与安装

在设计和安装信息插座时，必须根据要进行安装的对象性质考虑以下两点：

(1) 信息插座的定位。

在工作区子系统中，信息插座的位置设计合理是非常重要的。在综合布线中，大多数标准要求连接工作站与信息插座的最大电缆长度不能超过 3m，光纤不能超过 10m。在定位一个信息插座时，要考虑到信息插座的垂直位置和水平位置。在定位信息插座的垂直位置时，主要参考民用或商用电气法规（NEC）中的有关内容。在定位信息插座的水平位置时，应使其尽可能靠近工作站的位置。

(2) 信息插座的装配。

如果将信息插座安装到墙壁上，可以使用如下接线底盒：

1) 暗装式接线底盒。最常用的信息插座安装方法，一般使用金属或塑料制作的小盒，施工时被固定在墙壁上，接线盒内有用于固定信息插座的螺丝孔。

2) 明装式接线底盒。这种底盒一般在旧建筑物或很难在墙壁内布线时使用，线缆穿过布线槽接入固定在墙壁表面的接线底盒中。

2.2.2 配线架

配线架是铜缆或光缆进行端接和连接的装置。配线架是管理子系统中最重要的组件，是实现垂直干线和水平干线两个子系统交叉连接的枢纽，一般放置在管理区和设备间的机柜中。

在网络工程中常用的配线架有双绞线电缆配线架和光纤配线架。

1. 电缆配线架

电缆配线架分为 110 型配线架系统、模块式快速配线架系统和多媒体配线架。

(1) 110 型配线架系统。

110 型配线架有 25 对、50 对、100 对和 300 对多种规格，它的套件还包括 4 对连接块或 5 对连接块、空白标签、标签夹和基座。110 型配线架系统使用的插拔快接可以简单地进行回路的重新排列，这样就为非专业技术人员管理交叉连接系统提供了方便。110 型配线架系统如图 2-24 所示。



图 2-24 110 型配线架系统

(2) 模块式快速配线架系统。

模块式快速配线架又称为机架式配线架，是一种宽度为 19 英寸的模块式嵌座配线架，线架后部以一块印制电路板的互联网数据中心（Internet Data Center, IDC）连接块为特色，该连接块用于端接工作站、设备或中继电缆。模块式快速配线架系统如图 2-25 所示。

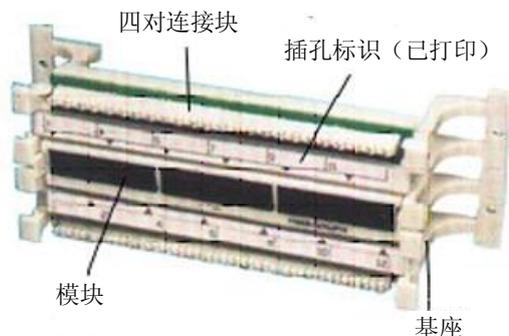


图 2-25 模块式快速配线架系统

(3) 多媒体配线架。

多媒体配线架如图 2-26 所示，免工具模块端接，高密度，同时支持各种 YYY 混用，颜色标识，自带接地线排，有齐平式和嵌入式两种安装方式，适用于配线间和设备间 RJ-45 语音和数据的端接以及光纤的端接、安装和管理。

2. 光缆配线架

光缆配线架如图 2-27 所示，是一个可以打开的盒子，其作用是在管理子系统中对光缆进行连接，同时对光缆进行固定和保护。



图 2-26 多媒体配线架

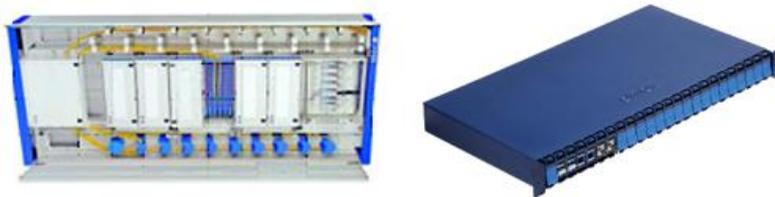


图 2-27 光缆配线架

2.2.3 连接器

连接器是用来将有线传输介质与网络通信设备或其他传输介质连接起来的布线部件。根据综合布线系统中使用的线缆，与之对应的连接器也分为三种类型。

1. 双绞线连接器

在双绞线布线系统中，通常使用 RJ-45 连接器（俗称 RJ-45 水晶头）。它是一种透明的塑料接头插件，其外形与电话线的插头类似，只是电话线用的是 RJ-11 插头，是 2 针的，而 RJ-45 连接器是 8 针的。新 RJ-45 连接器头部有 8 片平行的带 V 字形刀口的铜片并排放置，V 字头的两尖锐处是较为锋利的刀口。制作双绞线插头时，将双绞线中的 8 根导线按一定的顺序插入 RJ-45 连接器的插头中，导线位于 V 字形刀口的上部，用压线钳将 RJ-45 插头压紧，这时 RJ-45 连接器中的 8 片 V 字形刀口将分别刺破每根双绞线绝缘外皮，使得 RJ-45 连接器与双绞线中的各导线紧密连接。RJ-45 连接器与其连接图如图 2-28 所示。

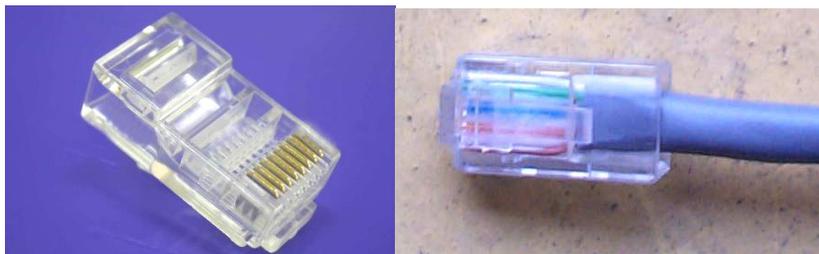


图 2-28 RJ-45 连接器与其连接图

RJ-45 连接器与插座（RJ-45 模块）共同组成一个完整的连接器单元。

2. 同轴电缆连接器

同轴电缆用同轴电缆连接器端接。同轴电缆连接器有许多不同的类型，常用的有 BNC 型、F 型和 N 型。

（1）BNC 型同轴电缆连接器。

BNC 型同轴电缆连接器如图 2-29 所示，是和 RG-58 细缆一起使用的，单个 BNC 型同轴电缆连接器接在 RG-58 同轴电缆的末端，是 Male 式连接器。Female 式 BNC 型同轴电缆连接器安装在通信网卡上。BNC 型同轴电缆连接器是一个卡口式连接器，连接器滑动插入 Female 式的连接器中，然后通过旋转固定。旋转一半就可以把连接器锁住，往相反方向旋转就可以解除锁定。



图 2-29 BNC 型同轴电缆连接器

BNC 型同轴电缆连接器在细缆以太网局域网中应用广泛。RG-58 同轴电缆用 Male 式 BNC 型同轴电缆连接器端接。BNCT 型连接器用来把两条 RG-58 电缆连接在一起。细缆以太网网卡的后面装有 Female 式的 BNC 型同轴电缆连接器，这样就可以和 BNC 型同轴电缆连接器相接。

（2）F 型同轴电缆连接器。

F 型同轴电缆连接器一般用在有线电视系统的 RG-59 或 RG-6 同轴电缆上。F 型同轴电缆连接器是一个螺口连接器。Male 式连接器通过螺口与通信设备上的 Female 式 F 型连接器拧在

一起，或者拧在 Female 式耦合器上。耦合器可以使两条同轴电缆连接在一起，耦合器通常安装在信息插座上。同轴电缆用 F 型同轴电缆连接器端接，然后接在耦合器的后面，即信息插座的后面，这是家用有线电视电缆连接的常见结构。

(3) N 型同轴电缆连接器。

N 型同轴电缆连接器用于 RG-8 粗缆连接，主要应用于早期的以太局域网。N 型同轴电缆连接器是一个螺口连接器，用于同轴电缆的端接。N 型同轴电缆连接器是 Male 式连接器，N 型端接器和节套连接器都是 Female 式连接器。

3. 光纤连接器

光纤连接器是用来对光缆进行端接的。大多数光纤连接器由三个部分组成，即两个光纤接头和一个耦合器。两个光纤接头装进两根光纤末端，耦合器对准两个光纤接头套管，完成光纤连接。

光纤连接器与铜缆连接器不同，它是把两根光缆的芯子对齐，提供低损耗的连接。连接器的对准功能使得光线可以从一条光缆进入另一条光缆或者通信设备。实际上，光纤连接器的对准功能必须非常精确。

按照不同的分类方法，光缆连接器可以分为不同的类型。按传输媒介的不同可分为单模光缆连接器和多模光缆连接器；按结构的不同可分为 FC、SC、ST、D4、DIN、Biconic、MU、LC、MT 等各种形式；按连接器的插针端面不同可分为 FC、PC、UPC 和 APC；按光缆芯数不同有单芯、多芯之分；按端面接触方式可分为 PC、UPC 和 APC 型。综合布线领域应用最多的光纤连接器是以 2.5mm 陶瓷插针为主的 FC、SC 和 ST 型。

(1) FC 型光缆连接器。

FC 型光缆连接器的外部加强方式采用金属套，紧固方式为螺丝扣，如图 2-30 所示。此类连接器结构简单、操作方便、制作容易，但光缆端面对微尘较为敏感。

(2) SC 型光缆连接器。

SC 型光缆连接器外壳呈矩形，所采用的插针和耦合套筒的结构尺寸与 FC 型完全相同。其中插针的端面多采用 PC 或 APC 型研磨方式，紧固方式采用插拔闩锁，不需旋转。此类 SC 型光缆连接器价格低廉，插拔方便，介入损耗波动小，抗压强度较高，安装密度高。其形态如图 2-31 所示。



图 2-30 FC 型光缆连接器



图 2-31 SC 型光缆连接器

(3) ST 型光缆连接器。

ST 型光缆连接器由一对经精密模压成形的圆锥形圆筒插头和一个内部装有塑料套筒的耦合组件组成，插头可连接光纤光缆和设备，如图 2-32 所示。

(4) MT-RJ 型光缆连接器。

MT-RJ 型光缆连接器带有与 RJ-45 型 LAN 连接器相同的门锁机构，通过安装在小型套管两侧的导向锁对准光缆。为便于与光收发信号相连，该连接器端面光缆为双芯排列设计，是主要用于数据传输的高密度光缆连接器，如图 2-33 所示。



图 2-32 ST 型光缆连接器



图 2-33 MT-RJ 型光缆连接器

(5) LC 型光缆连接器。

LC 型光缆连接器如图 2-34 所示，采用操作方便的模块化插孔门锁机构制成，该连接器所采用的插针和套筒的结构尺寸是普通 SC、FC 等连接器所用尺寸的一半，提高了光纤配线架中光缆连接器的密度。

(6) MU 型光缆连接器。

MU 型光缆连接器如图 2-35 所示，是以 SC 型光缆连接器为基础研发的世界最小的单芯光缆连接器，其优势在于能实现高密度安装。随着光缆网络向更大带宽、更大容量方向的迅速发展以及 DWDM 技术的广泛应用，对 MU 型光缆连接器的需求也迅速增长。



图 2-34 LC 型光缆连接器

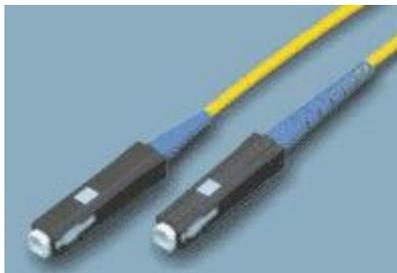


图 2-35 MU 型光缆连接器

2.2.4 布线器材

综合布线系统中明敷或暗敷管路和槽道系统是常用的一种辅助设施，有时简称为管槽系统。

1. 线槽

线槽分为金属线槽和 PVC 塑料线槽。

(1) 金属线槽

金属线槽由槽底和槽盖组成，一般每根槽的长度为 2m，槽与槽连接时使用相应尺寸的铁板和螺丝固定。槽的外形如图 2-36 所示。



图 2-36 金属线槽

综合布线系统中一般使用的金属线槽的规格有：50mm×100mm、100mm×100mm、100mm×200mm、100mm×300mm、200mm×400mm 等。

(2) PVC 塑料线槽

PVC 塑料线槽是综合布线工程明敷管槽时广泛使用的一种材料，如图 2-37 所示。它是一种带盖板封闭式的管槽材料，盖板和槽体通过卡槽合紧。其型号有 PVC-20 系列、PVC-25 系列、PVC-30 系列、PVC-40 系列、PVC-60 系列等。

与 PVC 塑料线槽配套的连接件有：阳角、阴角、直转角、平三通、左三通、右三通、接头、终端头等，如图 2-38 所示。



图 2-37 PVC 塑料线槽

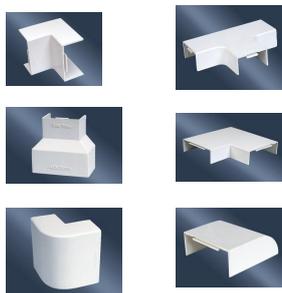


图 2-38 与 PVC 塑料线槽配套的连接件

2. 线管

线管材料有钢管、塑料管和混凝土管等。

(1) 钢管

钢管按制造方法不同分为无缝钢管和焊接钢管；按壁厚不同分为普通钢管、加厚钢管和薄壁钢管。

普通钢管和加厚钢管统称为水管，有时简称为厚管，它有管壁较厚、机械强度高和承压能力较大等特点，在综合布线系统中主要用在垂直干线上升管路和房屋底层。

薄壁钢管又简称薄管或电管，因管壁较薄，所以承受压力不能太大，常用于建筑物天花板内外部受力较小的暗敷管路。

工程施工中常用的钢管（以外径 mm 为单位）有 D16、D20、D25、D32、D40、D50 和 D63 等规格。一般管内填充物占 30%左右，以便于穿线。软管（俗称蛇皮管）供弯曲的地方使用。

钢管具有屏蔽电磁干扰能力强，机械强度高，密封性能好，抗弯、抗压和抗拉性能好等特点。在机房的综合布线系统中，常常在同一金属线槽中安装双绞线和电源线，这时将电源线安装在钢管中，再与双绞线一起敷设在线槽中，可起到良好的电磁屏蔽作用。

（2）塑料管。

塑料管是由树脂、稳定剂以及添加剂配制挤塑成型的。综合布线系统中通常采用聚氯乙烯管材（PVC-U 管）、双壁波纹管、铝塑复合管等。

聚氯乙烯管材是综合布线工程中使用最多的一种塑料管，管长通常为 4m、5.5m 或 6m，PVC-U 管具有优异的耐酸、耐碱、耐腐蚀性，且耐外压强度、耐冲击强度等都非常高，具有优异的电气绝缘性能，适用于各种条件下的电线、电缆的保护套管配管工程。聚氯乙烯管及管件如图 2-39 所示。

双壁波纹管如图 2-40 所示，其特点为：刚性大，耐压强度高于同等规格普通光身塑料管；重量是同规格普通塑料管的一半，从而方便施工，减轻工人劳动强度；密封好，在地下水位高的地方使用更能显示出其优越性；波纹结构能加强管道对土壤负荷抵抗力，便于连续敷设在凹凸不平的地面上；工程造价比普通塑料管低 1/3。



图 2-39 聚氯乙烯管及管件



图 2-40 双壁波纹管

铝塑复合管如图 2-41 所示，是一种良好的屏蔽材料，因此常用作综合布线、通信线路的屏蔽管道。

（3）混凝土管。

混凝土管按所使用材料和制造方法分为干打管和湿打管。其中干打管（砂浆管）在一些大型的电信通信施工中常常使用。

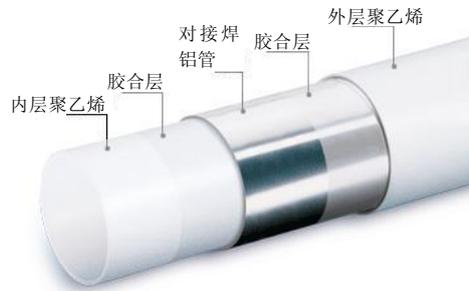


图 2-41 铝塑复合管

3. 桥架

桥架是综合布线系统的一个重要器材，它是建筑物内布线不可缺少的部分。桥架通常固定在楼顶或墙壁上，主要用于线缆的支撑。

根据桥架本身的形状和组成结构，可将其分为槽式桥架、托盘式桥架和梯级式桥架三种类型，如图 2-42 所示。

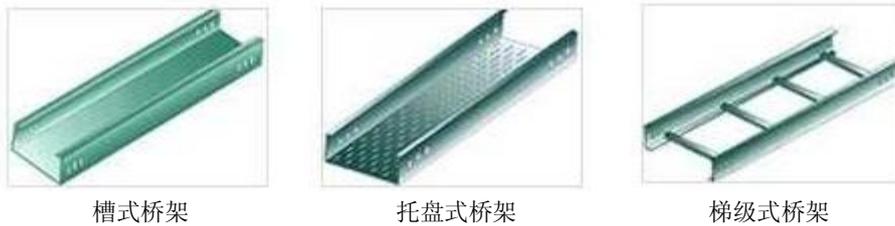


图 2-42 桥架类型

桥架应用如图 2-43 所示。



图 2-43 数据中心桥架施工走线图

2.2.5 布线工具

在网络布线系统中，进行缆线端接要借助于施工工具——布线工具。

1. 剥线工具

(1) 双绞线剥线钳。

双绞线剥线钳用于剥去双绞线的外护套，同时保证双绞线外端面的平整，如图 2-44 所示。在剥线时必须想办法不在导线上留有剥线的刻痕，否则可能会损坏导线包皮下的金属导体。

双绞线剥线钳也具有压线功能，将双绞线按照一定的线序插入 RJ-45 水晶头，然后把水晶头放入剥线钳的压线部位，用力压下剥线钳的手柄，听到一声轻微的“喀”的响声，就完成了 RJ-45 水晶头跳线的压制。

(2) 同轴电缆剥线钳。

同轴电缆剥线钳如图 2-45 所示。分别对应于电缆的不同材质层，在剥线时，把同轴电缆放入剥线钳上不同孔径的剥线孔内，用剥线刀切割不同层的外皮，以导线为轴旋转剥线钳一周，然后向电缆末端拉出，除去已经切断的外皮。



图 2-44 双绞线剥/压线钳



图 2-45 同轴电缆剥线钳

(3) 光纤剥线钳。

光纤的外护套直径、覆盖层厚度、缓冲层厚度等都是标准化的，使用如图 2-46 所示的光纤剥线钳能够剥去外皮，而且一般不会损伤内层。



图 2-46 光纤剥线钳

2. 压接工具

双绞线网线制作过程中，压线钳是最主要的制作工具。一把钳子包括了双绞线切割、剥离外护套、水晶头压接等多种功能。适用于 RJ-45、RJ-11 水晶头的压接。

3. 打线工具

(1) 单对 110 型打线工具。

双绞线的一端连接在信息插座或配线架的相应接口处，然后使用 110 型打线工具将导线压

入相应的茬口。单对 110 型打线工具如图 2-47 所示。

该工具适用于线缆、110 型模块及配线架的连接作业，使用时只需简单地在手柄上推一下，就能将导线卡接在模块中，完成端接过程。

(2) 5 对 110 型打线工具。

该工具是一种简便快捷的 110 型连接端子打线工具，一次最多可以接 5 对的连接块，适用于线缆、跳接块及跳线架的连接作业，其外形如图 2-48 所示。



图 2-47 单对 110 型打线钳



图 2-48 5 对 110 型打线钳

实 训

1. 实训目的

- (1) 掌握双绞线的制作方法（剥、理、插、压）。
- (2) 掌握 T568B 标准线序的排列顺序。
- (3) 掌握直通线、交叉线的制作方法和使用环境。
- (4) 掌握双绞线导通性测试的简单方法。

2. 实训内容

- (1) 双绞线直通线的制作。
- (2) 双绞线交叉线的制作。

3. 实训设备、材料和工具

- (1) 非屏蔽 UTP 超五类双绞线。
- (2) RJ-45 接头（水晶头）若干。
- (3) 用于接驳水晶头的专用剥线/压线钳。
- (4) 专用测线仪。

4. 实训步骤

(1) 剥开双绞线外绝缘护套。用双绞线剥线钳先剪一段符合布线长度要求的网线，然后把剪齐的一端插入到剥线钳用于剥线的缺口中（注意网线不能弯，直插进去），稍微握紧压线钳慢慢旋转一圈（无需担心会损坏网线里面芯线的包皮，因为剥线的两刀片之间留有一定距离，

这距离通常就是里面 4 对芯线的直径)，让刀口划开双绞线的保护胶皮，拔下胶皮，如图 2-49 和图 2-50 所示。



图 2-49 剥开双绞线外绝缘套



图 2-50 把保护胶皮去掉

(2) 拆开 4 对双绞线。剥除外保护胶皮后即可见到双绞线的 4 对 8 条芯线。每对缠绕的两根芯线是由一条全色芯线加上一条只染有少许相应颜色的花白芯线组成。四条全色芯线的颜色为：棕色、橙色、绿色、蓝色。拆开 4 对双绞线，同时保护 2 根单绞线不被拆开，如图 2-51 所示。

(3) 拆开单绞线并将 8 芯线排好线序。把 4 对单绞线分别拆开，同时将每条芯线轻轻捋直，按照 568B 线序水平排好。在排线过程中注意从线端开始，相互分开，并列排列，不能重叠。568B 线序为白橙、橙、白绿、蓝、白蓝、绿、白棕、棕，如图 2-52 所示。

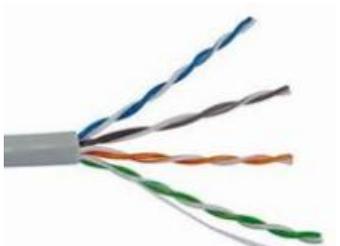


图 2-51 拆开 4 对双绞线



图 2-52 按 568B 线序排好

(4) 剪齐线端。把整理好线序的 8 根线端一次剪掉，留 15mm 左右长度，如图 2-53 所示。这个长度刚好能将各细导线插入到各自的线槽。如果该段留得过长，一方面由于线对不再互绞而增加串扰，另一方面会由于水晶头不能压住护套而导致电缆从水晶头中脱出，造成线路接触不良甚至中断。裁剪之后，应该尽量把线缆按紧，并且避免大幅度的移动或者弯曲网线。

(5) 插入 RJ-45 水晶头。把水晶头有塑料弹簧片的一面向下，有针脚的一面向上，使有针脚的一端远离自己，有方形孔的一端对着自己，然后把剪齐排列好的 8 条芯线对准水晶头开口并排插入水晶头中，如图 2-54 所示。注意一定要使各条芯线都插到水晶头的底部，不能弯曲（因为水晶头是透明的，所以从水晶头有卡位的一面可以清楚地看到每条芯线所插入的位置）。



图 2-53 剪齐线端



图 2-54 插入 RJ-45 水晶头

(6) 压接。确认所有芯线都插到水晶头底部后，即可将插入网线的水晶头放入压线钳压线对应的刀口中，用力一次压紧，如图 2-55 所示。

至此，这个 RJ-45 水晶头就压接好了，如图 2-56 所示。按照相同的方法制作双绞线另一端的水晶头，要注意的是，芯线排列顺序一定要与另一端的顺序完全一样，这样整条网线（直通线）的制作就算完成了。



图 2-55 压接 RJ-45 水晶头

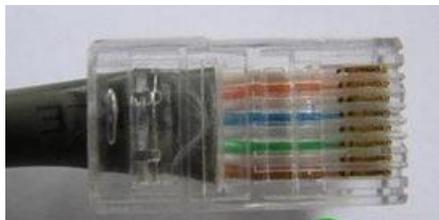


图 2-56 压接好的 RJ-45 水晶头

(7) 测试。把直通线两端的 RJ-45 水晶头分别插入网线测试仪对应的插口中，观察测试仪指示灯闪烁顺序，如图 2-57 所示。如果线序和压接正确，测试仪上的 8 个指示灯应该依次为绿色闪过，证明网线制作成功，可以顺利的完成数据的发送与接收。



图 2-57 测试

若出现任何一个灯为红灯或黄灯，都证明存在断路或者接触不良现象，此时最好先将两端水晶头再用压线钳压一次，再测，如果故障依旧，再检查一下两端芯线的排列顺序是否一样，如果不一样，剪掉一端重新制作水晶头。

交叉线的制作步骤同上，只是一端为 T568B 线序，另一端为 T568A 线序：绿白、绿、橙

白、蓝、蓝白、橙、棕白、棕。交叉线制作完成以后，一端可以连接到交换机、路由器的 Console 口，另一端通过 RJ-45-DB9 转接头连接到计算机的 COM 口上，就可以通过计算机的超级终端对网络设备进行配置了。

习 题

1. 综合布线系统常用的传输介质有哪些？
2. 光纤的连接方式有几种？
3. T568A 和 T568B 标准线序的排列顺序分别是什么？